STC micro™
宏 晶 科 技

深圳国芯人工智能有限公司

STC16F 系列单片机
技术参考手册

技术支持网站：www.STCMCUDATA.com
资料更新日期：**2021/02/24**

目录

1 概述

STC16F 系列单片机是不需要外部晶振和外部复位的单片机，是以超强抗干扰/超低价/高速/低功耗为目标的 16 位 8051 单片机，在相同的工作频率下，STC16F 系列单片机比传统的 8051 约快 70 倍。

STC16F 系列单片机是 STC 生产的单时钟/机器周期(1T)的单片机，是宽电压/高速/高可靠/低功耗/强抗静电/较强抗干扰的新一代 16 位 8051 单片机，超级加密。

MCU 内部集成高精度 R/C 时钟(±0.3%，常温下+25℃)，−1.38%～+1.42%温飘(-40℃~+85℃)，−0.88%～+1.05%温飘(-20℃~+65℃)。ISP 编程时 4MHz~35MHz 宽范围可设置（注意：温度范围为-40℃~+85℃时，最高频率须控制在 35MHz 以下），可彻底省掉外部昂贵的晶振和外部复位电路(内部已集成高可靠复位电路，ISP 编程时 4 级复位门槛电压可选)。

MCU 内部有 4 个可选时钟源：内部 20M~40MHz 高精度 IRC 时钟（可适当调高或调低）、内部 32KHz 的低速 IRC、外部 4M~33M 晶振或外部时钟信号以及内部 PLL 输出时钟。用户代码中可自由选择时钟源，时钟源选定后可再经过 8-bit 的分频器分频后再将时钟信号提供给 CPU 和各个外设（如定时器、串口、SPI 等）。

MCU 提供两种低功耗模式：IDLE 模式和 STOP 模式。IDLE 模式下，MCU 停止给 CPU 提供时钟，CPU 无时钟，CPU 停止执行指令，但所有的外设仍处于工作状态，此时功耗约为 1.3mA（6MHz 工作频率）。STOP 模式即为主时钟停振模式，即传统的掉电模式/停电模式/停机模式，此时 CPU 和全部外设都停止工作，功耗可降低到 0.1uA 以下。

MCU 提供了丰富的数字外设（4 个串口、5 个定时器、**2 组针对三相电机控制能够输出互补/对称/带死区控制信号的 16 位高级 PWM 定时器**以及 I²C、SPI、**USB、CAN、LIN**）接口与模拟外设（**超高速 12 位 ADC**、比较器），可满足广大用户的设计需求。

STC16F 系列单片机内核已集成 16 位乘除单元，部分型号内扩 32 位乘除单元 MDU32（包含 32 位除以 32 位和 32 位乘以 32 位）和单精度浮点运算器，将 STC 的 16 位 8051 单片机的运算性能一下拉到巅峰，比没有单精度浮点运算器的通用 32 位 MCU 还要强。

STC16F 系列单片机内部集成了增强型的双数据指针。通过程序控制, 可实现数据指针自动递增或递减功能以及两组数据指针的自动切换功能。

产品线	I/O	UART	定时器	ADC	高级 PWM	比较器	SPI	I2C	USB	CAN	LIN	FPMU	MDU32
STC16F40K128 系列	60	4	5	15_{CH}*12_{B}	●	●	●	●	●	●	●	●	●

2 特性及价格

2.1 STC16F40K128 系列特性及价格

➢ 选型价格（不需要外部晶振、不需要外部复位，12 位 ADC，15 通道）

单片机型号	工作电压（V）	Flash 程序存储器 10 万次 字节	edata 内部扩展 DATA RAM 可做堆栈或变量 字节	xdata 内部大容量扩展 SRAM 可做变量 字节	强大的双 DPTR 可增可减	EEPROM 10 万次 字节（暂不支持）	I/O 口最多数量	串口并可掉电唤醒	全速 USB	CAN 总线	LIN 总线	SPI	I^2C	MDU32 硬件 32 位乘除法器	FPMU 单精度浮点运算器	定时器/计数器（T0-T4 外部管脚也可掉电唤醒）	16 位高级 PWM 定时器 互补对称死区控制	掉电唤醒专用定时器	15 路高速 ADC（8 路 PWM 可当 8 路 D/A 使用）	比较器（可当 1 路 A/D，可作外部掉电检测）	内部低压检测中断并可掉电唤醒	看门狗 复位定时器	内部高可靠复位（可选复位门槛电压）	内部高精准时钟（36MHz 以下可调）	可对外输出时钟及复位	可设置下次更新程序需口令 程序加密后传输（防拦截）	支持 RS485 下载	支持硬件 USB 直接下载和硬件 USB 仿真	本身就可在线仿真（后续支持）	封装			2020 年新品供货信息
																														LQFP64	QFN64	LQFP48	
STC16F40K128	1.9-5.5	120K	8K	32K	2	IAP	60	4	有	有	有	有	有	有	有	5	2	有	12 位	有	有	有	4 级	有	是	有	是	是	是	-	有	-	有	送样

➢ 内核

✓ 超高速 16 位 8051 内核（1T），比传统 8051 约快 70 倍以上

✓ 24 个中断源，4 级中断优先级

✓ ~~支持在线仿真（后续支持）~~

➢ 工作电压

✓ 1.9V～5.5V

✓ 内建 LDO

➢ 工作温度

✓ -40℃～85℃

➢ Flash 存储器

✓ 最大 120K 字节 FLASH 程序存储器（ROM），用于存储用户代码，前 60K（FE0000H-FEEFFFH），后 60K（FF0000H- FFEFFFH）

✓ ~~支持用户配置 EEPROM 大小，512 字节单页擦除，擦写次数可达 10 万次以上（暂不支持）~~

✓ 支持在系统编程方式（ISP）更新用户应用程序，无需专用编程器

✓ ~~支持单芯片仿真，无需专用仿真器，理论断点个数无限制（后续支持）~~

➢ SRAM

✓ 8K 字节内部 SRAM（EDATA）

✓ 32K 字节内部扩展 RAM（内部 XDATA）

✓ **xdata 使用注意：**

定义变量时可将单字节变量定义在 xdata 里面，多字节（2 字节、4 字节）变量需要定义在 edata 里面。后续版本会取消这种使用限制。

➢ 时钟控制

✓ 内部高精度 IRC（ISP 编程时可进行上下调整）

- 误差±0.3%（常温下 25℃）
- -1.35%～+1.30%温漂（全温度范围，-40℃～85℃）
- -0.76%～+0.98%温漂（温度范围，-20℃～65℃）

✓ 内部 32KHz 低速 IRC（误差较大）
✓ 外部晶振（4MHz～33MHz）和外部时钟
✓ 内部 PLL 输出时钟

用户可自由选择上面的 4 种时钟源

➢ **复位**

✓ 硬件复位
- 上电复位，复位电压值为 1.7V～1.9V。（**在芯片未使能低压复位功能时有效**）
- 复位脚复位，出厂时 P5.4 默认为 I/O 口，ISP 下载时可将 P5.4 管脚设置为复位脚（**注意：当设置 P5.4 管脚为复位脚时，复位电平为低电平**）
- 看门狗溢出复位
- 低压检测复位，提供 4 级低压检测电压：2.0V、2.4V、2.7V、3.0V。

✓ 软件复位
- 软件方式写复位触发寄存器

➢ **中断**

✓ 提供 24 个中断源：INT0、INT1、INT2、INT3、INT4、定时器 0、定时器 1、定时器 2、定时器 3、定时器 4、串口 1、串口 2、串口 3、串口 4、ADC 模数转换、LVD 低压检测、SPI、I^2C、比较器、PWMA、PWMB、USB、CAN、LIN
✓ 提供 4 级中断优先级

➢ **数字外设**

✓ 5 个 16 位定时器：定时器 0、定时器 1、定时器 2、定时器 3、定时器 4，其中定时器 0 的模式 3 具有 NMI（不可屏蔽中断）功能，定时器 0 和定时器 1 的模式 0 为 16 位自动重载模式
✓ 4 个高速串口：串口 1、串口 2、串口 3、串口 4，波特率时钟源最快可为 FOSC/4
✓ 2 组高级 PWM，可实现 8 通道（4 组互补对称）带死区的控制的 PWM，并支持外部异常检测功能
✓ SPI：支持主机模式和从机模式以及主机/从机自动切换
✓ I^2C：支持主机模式和从机模式
✓ ICE：硬件支持仿真
✓ **USB：USB2.0/USB1.1 兼容全速 USB，6 个双向端点，支持 4 种端点传输模式（控制传输、中断传输、批量传输和同步传输），每个端点拥有 64 字节的缓冲区**
✓ **CAN：一个 CAN 2.0 控制单元**
✓ **LIN：一个 LIN 1.3、2.1 控制单元**
✓ **MDU32：硬件 32 位乘除法器（包含 32 位除以 32 位、32 位乘以 32 位）**
✓ **FPMU：单精度浮点运算器**

➢ **模拟外设**

✓ ADC：超高速 ADC，支持 **12 位高精度 15** 通道（通道 0～通道 14）的模数转换，ADC 的通道 15 用于测试内部参考电压（芯片在出厂时，内部参考电压调整为 **1.19V**，误差±1%）
✓ 比较器：一组比较器

➢ **GPIO**

✓ 最多可达 60 个 GPIO：P0.0~P0.7、P1.0~ P1.7（无 P1.2）、P2.0~P2.7、P3.0~P3.7、P4.0~P4.7、P5.0~P5.4、P6.0~P6.7、P7.0~P7.7
✓ 所有的 GPIO 均支持如下 4 种模式：准双向口模式、强推挽输出模式、开漏输出模式、高阻输入模式

- ✓ 除 P3.0 和 P3.1 外，其余所有 IO 口上电后的状态均为高阻输入状态，用户在使用 IO 口时必须先设置 IO 口模式
- ✓ 另外每个 I/O 均可独立使能内部 4K 上拉电阻

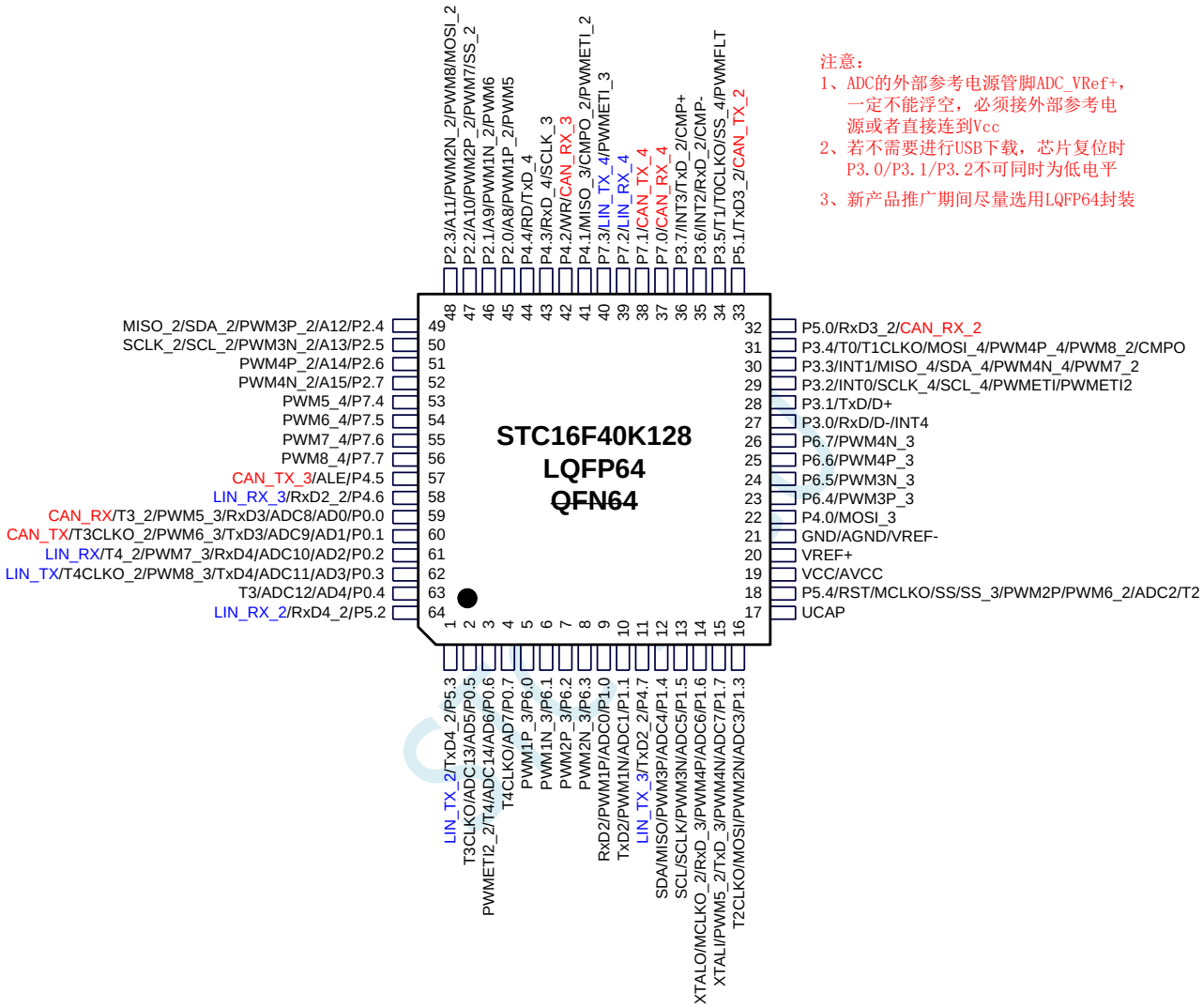
➢ 封装

- ✓ LQFP64、QFN64、LQFP48

3 管脚及说明

3.1 管脚图

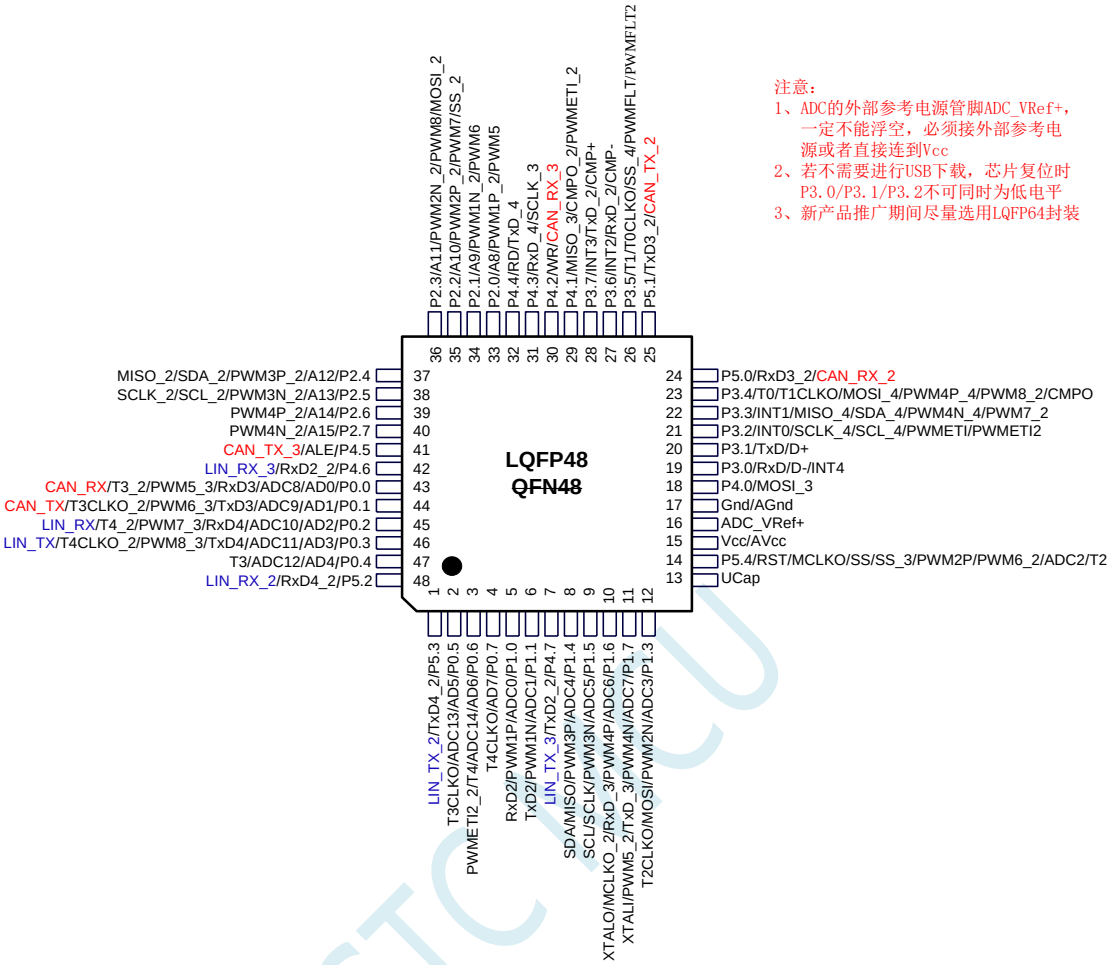
3.1.1 STC16F40K128 系列管脚图

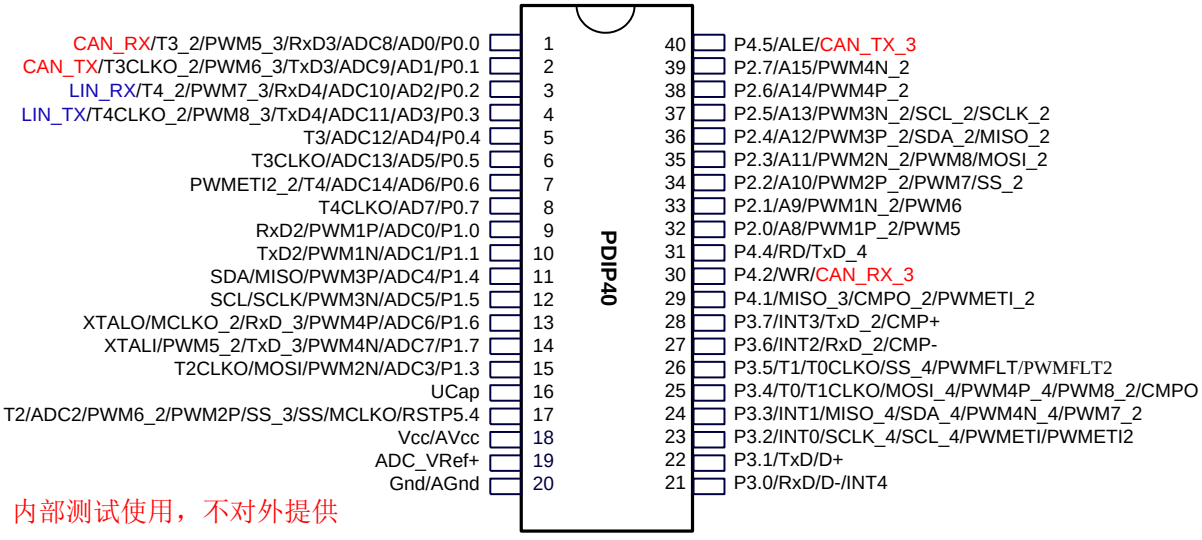


注意： **1、除 P3.0 和 P3.1 外，其余所有 I/O 口上电后的状态均为高阻输入状态，用户在使用 I/O 口时必须先设置 I/O 口模式**

2、所有的 I/O 口均可以设置为准双向口模式、强推挽输出模式、开漏输出模式或者高阻输入模式，另外每个 I/O 均可独立使能内部 4K 上拉电阻

3、当使能 P5.4 口为复位脚时，复位电平为低电平





内部测试使用，不对外提供

3.2 管脚说明

3.2.1 STC16F40K128 系列管脚说明

编号		名称	类型	说明
LQFP64	LQFP48			
1	1	P5.3	I/O	标准 IO 口
		TxD4_2	O	串口 4 的发送脚
		LIN_TX_2	O	LIN 总线发送脚
2	2	P0.5	I/O	标准 IO 口
		AD5	I	地址总线
		ADC13	I	ADC 模拟输入通道 13
		T3CLKO	O	定时器 3 时钟分频输出
3	3	P0.6	I/O	标准 IO 口
		AD6	I	地址总线
		ADC14	I	ADC 模拟输入通道 14
		T4	I	定时器 4 外部时钟输入
		PWMFLT2_2	I	增强 PWM 的外部异常检测脚
4	4	P0.7	I/O	标准 IO 口
		AD7	I	地址总线
		T4CLKO	O	定时器 4 时钟分频输出
5		P6.0	I/O	标准 IO 口
		PWM1P_3	I/O	PWM1 的捕获输入和脉冲输出正极
6		P6.1	I/O	标准 IO 口
		PWM1N_3	I/O	PWM1 的捕获输入和脉冲输出负极
7		P6.2	I/O	标准 IO 口
		PWM2P_3	I/O	PWM2 的捕获输入和脉冲输出正极
8		P6.3	I/O	标准 IO 口
		PWM2N_3	I/O	PWM2 的捕获输入和脉冲输出负极
9	5	P1.0	I/O	标准 IO 口
		ADC0	I	ADC 模拟输入通道 0
		PWM1P	I/O	PWM1 的捕获输入和脉冲输出正极
		RxD2	I	串口 2 的接收脚
10	6	P1.1	I/O	标准 IO 口
		ADC1	I	ADC 模拟输入通道 1
		PWM1N	I/O	PWM1 的捕获输入和脉冲输出负极
		TxD2	I	串口 2 的发送脚

编号		名称	类型	说明
LQFP64	LQFP48			
11	7	P4.7	I/O	标准 IO 口
		TxD2_2	I	串口 2 的发送脚
		LIN_TX_3	O	LIN 总线发送脚
12	8	P1.4	I/O	标准 IO 口
		ADC4	I	ADC 模拟输入通道 4
		PWM3P	I/O	PWM3 的捕获输入和脉冲输出正极
		MISO	I/O	SPI 主机输入从机输出
		SDA	I/O	I2C 接口的数据线
13	9	P1.5	I/O	标准 IO 口
		ADC5	I	ADC 模拟输入通道 5
		PWM3N	I/O	PWM3 的捕获输入和脉冲输出负极
		SCLK	I/O	SPI 的时钟脚
		SCL	I/O	I2C 的时钟线
14	10	P1.6	I/O	标准 IO 口
		ADC6	I	ADC 模拟输入通道 6
		RxD_3	I	串口 1 的接收脚
		PWM4P	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出正极
		MCLKO_2	O	主时钟分频输出
		XTALO	O	外部晶振的输出脚
15	11	P1.7	I/O	标准 IO 口
		ADC7	I	ADC 模拟输入通道 7
		TxD_3	O	串口 1 的发送脚
		PWM4N	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出负极
		PWM5_2	I/O	PWM5 的捕获输入和脉冲输出
		XTALI	I	外部晶振/外部时钟的输入脚
16	12	P1.3	I/O	标准 IO 口
		ADC3	I	ADC 模拟输入通道 3
		MOSI	I/O	SPI 主机输出从机输入
		PWM2N	I/O	PWM2 的捕获输入和脉冲输出负极
		T2CLKO	O	定时器 2 时钟分频输出
17	13	UCAP	I	USB 内核电源稳压脚
18	14	P5.4	I/O	标准 IO 口
		RST	I	复位引脚
		MCLKO	O	主时钟分频输出
		SS_3	I	SPI 的从机选择脚（主机为输出）
		SS	I	SPI 的从机选择脚（主机为输出）
		PWM2P	I/O	PWM2 的捕获输入和脉冲输出正极
		PWM6_2	I/O	PWM6 的捕获输入和脉冲输出
		T2	I	定时器 2 外部时钟输入
		ADC2	I	ADC 模拟输入通道 2

编号		名称	类型	说明
LQFP64	LQFP48			
19	15	Vcc	VCC	电源脚
		AVcc	VCC	ADC 电源脚
20	16	Vref+	I	ADC 的参考电压脚
21	17	Gnd	GND	地线
		Agnd	GND	ADC 地线
		Vref-	I	ADC 的参考电压地线
22	18	P4.0	I/O	标准 IO 口
		MOSI_3	I/O	SPI 主机输出从机输入
23		P6.4	I/O	标准 IO 口
		PWM3P_3	I/O	PWM3 的捕获输入和脉冲输出正极
24		P6.5	I/O	标准 IO 口
		PWM3N_3	I/O	PWM3 的捕获输入和脉冲输出负极
25		P6.6	I/O	标准 IO 口
		PWM4P_3	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出正极
26		P6.7	I/O	标准 IO 口
		PWM4N_3	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出负极
27	19	P3.0	I/O	标准 IO 口
		D-	I/O	USB 数据口
		RxD	I	串口 1 的接收脚
		INT4	I	外部中断 4
28	20	P3.1	I/O	标准 IO 口
		D+	I/O	USB 数据口
		TxD	O	串口 1 的发送脚
29	21	P3.2	I/O	标准 IO 口
		INT0	I	外部中断 0
		SCLK_4	I/O	SPI 的时钟脚
		SCL_4	I/O	I2C 的时钟线
		PWMETI	I	PWM 外部触发输入脚
		PWMETI2	I	PWM 外部触发输入脚 2

编号		名称	类型	说明
LQFP64	LQFP48			
30	22	P3.3	I/O	标准 IO 口
		INT1	I	外部中断 1
		MISO_4	I/O	SPI 主机输入从机输出
		SDA_4	I/O	I2C 接口的数据线
		PWM4N_4	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出负极
		PWM7_2	I/O	PWM7 的捕获输入和脉冲输出
31	23	P3.4	I/O	标准 IO 口
		T0	I	定时器 0 外部时钟输入
		T1CLKO	O	定时器 1 时钟分频输出
		MOSI_4	I/O	SPI 主机输出从机输入
		PWM4P_4	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出正极
		PWM8_2	I/O	PWM8 的捕获输入和脉冲输出
		CMPO	O	比较器输出
32	24	P5.0	I/O	标准 IO 口
		RxD3_2	I	串口 3 的接收脚
		CAN_RX_2	I	CAN 总线接收脚
33	25	P5.1	I/O	标准 IO 口
		TxD3_2	O	串口 3 的发送脚
		CAN_TX_2	O	CAN 总线发送脚
34	26	P3.5	I/O	标准 IO 口
		T1	I	定时器 1 外部时钟输入
		T0CLKO	O	定时器 0 时钟分频输出
		SS_4	I	SPI 的从机选择脚（主机为输出）
		PWMFLT	I	增强 PWM 的外部异常检测脚
35	27	P3.6	I/O	标准 IO 口
		INT2	I	外部中断 2
		RxD_2	I	串口 1 的接收脚
		CMP-	I	比较器负极输入
36	28	P3.7	I/O	标准 IO 口
		INT3	I	外部中断 3
		TxD_2	O	串口 1 的发送脚
		CMP+	I	比较器正极输入
37		P7.0	I/O	标准 IO 口
		CAN_RX_4	I	CAN 总线接收脚
38		P7.1	I/O	标准 IO 口
		CAN_TX_4	O	CAN 总线发送脚
39		P7.2	I/O	标准 IO 口
		LIN_RX_4	I	LIN 总线接收脚

编号		名称	类型	说明
LQFP64	LQFP48			
40		P7.3	I/O	标准 IO 口
		LIN_TX_4	O	LIN 总线发送脚
		PWMETI_3	I	PWM 外部触发输入脚
41	29	P4.1	I/O	标准 IO 口
		MISO_3	I/O	SPI 主机输入从机输出
		CMPO_2	O	比较器输出
		PWMETI_3	I	PWM 外部触发输入脚
42	30	P4.2	I/O	标准 IO 口
		WR	O	外部总线的写信号线
		CAN_RX_3	I	CAN 总线接收脚
43	31	P4.3	I/O	标准 IO 口
		RxD_4	I	串口 1 的接收脚
		SCLK_3	I/O	SPI 的时钟脚
44	32	P4.4	I/O	标准 IO 口
		RD	O	外部总线的读信号线
		TxD_4	O	串口 1 的发送脚
45	33	P2.0	I/O	标准 IO 口
		A8	I	地址总线
		PWM1P_2	I/O	PWM1 的捕获输入和脉冲输出正极
		PWM5	I/O	PWM5 的捕获输入和脉冲输出
46	34	P2.1	I/O	标准 IO 口
		A9	I	地址总线
		PWM1N_2	I/O	PWM1 的捕获输入和脉冲输出负极
		PWM6	I/O	PWM6 的捕获输入和脉冲输出
47	35	P2.2	I/O	标准 IO 口
		A10	I	地址总线
		SS_2	I	SPI 的从机选择脚（主机为输出）
		PWM2P_2	I/O	PWM2 的捕获输入和脉冲输出正极
		PWM7	I/O	PWM7 的捕获输入和脉冲输出
48	36	P2.3	I/O	标准 IO 口
		A11	I	地址总线
		MOSI_2	I/O	SPI 主机输出从机输入
		PWM2N_2	I/O	PWM2 的捕获输入和脉冲输出负极
		PWM8	I/O	PWM8 的捕获输入和脉冲输出
49	37	P2.4	I/O	标准 IO 口
		A12	I	地址总线
		MISO_2	I/O	SPI 主机输入从机输出
		SDA_2	I/O	I2C 接口的数据线
		PWM3P_2	I/O	PWM3 的捕获输入和脉冲输出正极

编号		名称	类型	说明
LQFP64	LQFP48			
50	38	P2.5	I/O	标准 IO 口
		A13	I	地址总线
		SCLK_2	I/O	SPI 的时钟脚
		SCL_2	I/O	I2C 的时钟线
		PWM3N_2	I/O	PWM3 的捕获输入和脉冲输出负极
51	39	P2.6	I/O	标准 IO 口
		A14	I	地址总线
		PWM4P_2	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出正极
52	40	P2.7	I/O	标准 IO 口
		A15	I	地址总线
		PWM4N_2	I/O	PWM4 的捕获输入和脉冲输出负极
53		P7.4	I/O	标准 IO 口
		PWM5_4	I/O	PWM5 的捕获输入和脉冲输出
54		P7.5	I/O	标准 IO 口
		PWM6_4	I/O	PWM6 的捕获输入和脉冲输出
55		P7.6	I/O	标准 IO 口
		PWM7_4	I/O	PWM7 的捕获输入和脉冲输出
56		P7.7	I/O	标准 IO 口
		PWM8_4	I/O	PWM8 的捕获输入和脉冲输出
57	41	P4.5	I/O	标准 IO 口
		ALE	O	地址锁存信号
		CAN_TX_3	O	CAN 总线发送脚
58	42	P4.6	I/O	标准 IO 口
		RxD2_2	I	串口 2 的接收脚
		LIN_RX_3	I	LIN 总线接收脚
59	43	P0.0	I/O	标准 IO 口
		AD0	I	地址总线
		ADC8	I	ADC 模拟输入通道 8
		RxD3	I	串口 3 的接收脚
		PWM5_3	I/O	PWM5 的捕获输入和脉冲输出
		CAN_RX	I	CAN 总线接收脚

编号		名称	类型	说明
LQFP64	LQFP48			
60	44	P0.1	I/O	标准 IO 口
		AD1	I	地址总线
		ADC9	I	ADC 模拟输入通道 9
		TxD3	O	串口 3 的发送脚
		PWM6_3	I/O	PWM6 的捕获输入和脉冲输出
		CAN_TX	O	CAN 总线发送脚
61	45	P0.2	I/O	标准 IO 口
		AD2	I	地址总线
		ADC10	I	ADC 模拟输入通道 10
		RxD4	I	串口 4 的接收脚
		PWM7_3	I/O	PWM7 的捕获输入和脉冲输出
		LIN_RX	I	LIN 总线接收脚
62	46	P0.3	I/O	标准 IO 口
		AD3	I	地址总线
		ADC11	I	ADC 模拟输入通道 11
		TxD4	O	串口 4 的发送脚
		PWM8_3	I/O	PWM8 的捕获输入和脉冲输出
		LIN_TX	O	LIN 总线发送脚
63	47	P0.4	I/O	标准 IO 口
		AD4	I	地址总线
		ADC12	I	ADC 模拟输入通道 12
		T3	I	定时器 3 外部时钟输入
64	48	P5.2	I/O	标准 IO 口
		RxD4_2	I	串口 4 的接收脚
		LIN_RX_2	I	LIN 总线接收脚

3.3 功能脚切换

STC16F 系列单片机的特殊外设串口、SPI、PWM、I²C、CAN、LIN 以及总线控制脚可以在多个 I/O 直接进行切换，以实现一个外设当作多个设备进行分时复用。

3.3.1 功能脚切换相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
P_SW1	外设端口切换寄存器 1	9AH	S1_S[1:0]		CAN_S[1:0]		SPI_S[1:0]		LIN_S[1:0]		nn00,0000
P_SW2	外设端口切换寄存器 2	9BH	EAXFR	-	I2C_S[1:0]		CMPO_S	S4_S	S3_S	S2_S	0x00,0000

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
MCLKOCR	主时钟输出控制寄存器	7EFE07H	MCLKO_S	MCLKODIV[6:0]							0000,0000
PWMA_PS	PWMA 切换寄存器	7EFEB2H	C4PS[1:0]		C3PS[1:0]		C2PS[1:0]		C1PS[1:0]		0000,0000
PWMB_PS	PWMB 切换寄存器	7EFEB6H	C8PS[1:0]		C7PS[1:0]		C6PS[1:0]		C5PS[1:0]		0000,0000
T3T4PIN	T3/T4 选择寄存器	7EFEACH	-	-	-	-	-	-	-	T3T4SEL	xxxx,xxx0

3.3.2 外设端口切换控制寄存器 1（P_SW1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW1	A2H	S1_S[1:0]		CAN_S[1:0]		SPI_S[1:0]		LIN_S[1:0]	

S1_S[1:0]：串口 1 功能脚选择位

S1_S[1:0]	RxD	TxD
00	P3.0	P3.1
01	P3.6	P3.7
10	P1.6	P1.7
11	P4.3	P4.4

CAN_S[1:0]：CAN 功能脚选择位

CAN_S[1:0]	CAN_RX	CAN_TX
00	P0.0	P0.1
01	P5.0	P5.1
10	P4.2	P4.5
11	P7.0	P7.1

LIN_S[1:0]：LIN 功能脚选择位

LIN_S[1:0]	LIN_RX	LIN_TX
00	P0.2	P0.3
01	P5.2	P5.3
10	P4.6	P4.7
11	P7.2	P7.3

SPI_S[1:0]：SPI 功能脚选择位

SPI_S[1:0]	SS	MOSI	MISO	SCLK
00	P5.4	P1.3	P1.4	P1.5
01	P2.2	P2.3	P2.4	P2.5

10	P5.4	P4.0	P4.1	P4.3
11	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2

3.3.3 外设端口切换控制寄存器 2（P_SW2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW2	BAH	EAXFR	-	I2C_S[1:0]		CMPO_S	S4_S	S3_S	S2_S

I2C_S[1:0]：I²C 功能脚选择位

I2C_S[1:0]	SCL	SDA
00	P1.5	P1.4
01	P2.5	P2.4
10	-	-
11	P3.2	P3.3

CMPO_S：比较器输出脚选择位

CMPO_S	CMPO
0	P3.4
1	P4.1

S4_S：串口 4 功能脚选择位

S4_S	RxD4	TxD4
0	P0.2	P0.3
1	P5.2	P5.3

S3_S：串口 3 功能脚选择位

S3_S	RxD3	TxD3
0	P0.0	P0.1
1	P5.0	P5.1

S2_S：串口 2 功能脚选择位

S2_S	RxD2	TxD2
0	P1.0	P1.1
1	P4.6	P4.7

3.3.4 时钟选择寄存器（MCLKOCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
MCLKOCR	7EFE07H	MCLKO_S	MCLKODIV[6:0]						

MCLKO_S：主时钟输出脚选择位

MCLKO_S	MCLKO
0	P5.4
1	P1.6

3.3.5 T3/T4 选择寄存器（T3T4PIN）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
T3T4PIN	7EFEACH	-	-	-	-	-	-	-	T3T4SEL

T3T4SEL：T3/T3CLKO/T4/T4CLKO 脚选择位

T3T4SEL	T3	T3CLKO	T4	T4CLKO
0	P0.4	P0.5	P0.6	P0.7
1	P0.0	P0.1	P0.2	P0.3

3.3.6 高级 PWM 选择寄存器（PWMn_PS）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_PS	7EFEB2H	C4PS[1:0]		C3PS[1:0]		C2PS[1:0]		C1PS[1:0]	
PWMB_PS	7EFEB6H	C8PS[1:0]		C7PS[1:0]		C6PS[1:0]		C5PS[1:0]	

C1PS[1:0]：高级 PWM 通道 1 输出脚选择位

C1PS[1:0]	PWM1P	PWM1N
00	P1.0	P1.1
01	P2.0	P2.1
10	P6.0	P6.1
11	-	-

C2PS[1:0]：高级 PWM 通道 2 输出脚选择位

C2PS[1:0]	PWM2P	PWM2N
00	P5.4	P1.3
01	P2.2	P2.3
10	P6.2	P6.3
11	-	-

C3PS[1:0]：高级 PWM 通道 3 输出脚选择位

C3PS[1:0]	PWM3P	PWM3N
00	P1.4	P1.5
01	P2.4	P2.5
10	P6.4	P6.5
11	-	-

C4PS[1:0]：高级 PWM 通道 4 输出脚选择位

C4PS[1:0]	PWM4P	PWM4N
00	P1.6	P1.7
01	P2.6	P2.7
10	P6.6	P6.7
11	P3.4	P3.3

C5PS[1:0]：高级 PWM 通道 5 输出脚选择位

C5PS[1:0]	PWM5
00	P2.0
01	P1.7
10	P0.0
11	P7.4

C6PS[1:0]：高级 PWM 通道 6 输出脚选择位

C6PS[1:0]	PWM6
00	P2.1
01	P5.4
10	P0.1
11	P7.5

C7PS[1:0]：高级 PWM 通道 7 输出脚选择位

C7PS[1:0]	PWM7
00	P2.2

01	P3.3
10	P0.2
11	P7.6

C8PS[1:0]：高级 PWM 通道 8 输出脚选择位

C8PS[1:0]	PWM8
00	P2.3
01	P3.4
10	P0.3
11	P7.7

3.4 范例程序

3.4.1 串口 1 切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW1 = 0x00;                               //RXD/P3.0, TXD/P3.1
//  P_SW1 = 0x40;                               //RXD_2/P3.6, TXD_2/P3.7
//  P_SW1 = 0x80;                               //RXD_3/P1.6, TXD_3/P1.7
//  P_SW1 = 0xc0;                               //RXD_4/P4.3, TXD_4/P4.4

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H
```

```
        MOV     P_SW1,#00H          ;RXD/P3.0, TXD/P3.1
;       MOV     P_SW1,#40H          ;RXD_2/P3.6, TXD_2/P3.7
;       MOV     P_SW1,#80H          ;RXD_3/P1.6, TXD_3/P1.7
;       MOV     P_SW1,#0C0H         ;RXD_4/P4.3, TXD_4/P4.4

        SJMP    $

        END
```

3.4.2 串口 2 切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x00;                   //RXD2/P1.0, TXD2/P1.1
//  P_SW2 = 0x01;                   //RXD2_2/P4.6, TXD2_2/P4.7

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
```

```
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#00H              ;RXD2/P1.0, TXD2/P1.1
;       MOV     P_SW2,#01H              ;RXD2_2/P4.0, TXD2_2/P4.2

        SJMP    $

        END
```

3.4.3 串口 3 切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x00;                       //RXD3/P0.0, TXD3/P0.1
//  P_SW2 = 0x02;                       //RXD3_2/P5.0, TXD3_2/P5.1

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
```

```
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#00H          ;RXD3/P0.0, TXD3/P0.1
;       MOV     P_SW2,#02H          ;RXD3_2/P5.0, TXD3_2/P5.1

        SJMP    $

        END
```

3.4.4 串口 4 切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x00;                   //RXD4/P0.2, TXD4/P0.3
//  P_SW2 = 0x04;                   //RXD4_2/P5.2, TXD4_2/P5.3

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
```

```
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#00H          ;RXD4/P0.2, TXD4/P0.3
;       MOV     P_SW2,#04H          ;RXD4_2/P5.2, TXD4_2/P5.3

        SJMP    $

        END
```

3.4.5 SPI 切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW1 = 0x00;                   //SS/P1.2, MOSI/P1.3, MISO/P1.4, SCLK/P1.5
//  P_SW1 = 0x04;                   //SS_2/P2.2, MOSI_2/P2.3, MISO_2/P2.4, SCLK_2/P2.5
//  P_SW1 = 0x08;                   //SS_3/P5.4, MOSI_3/P4.0, MISO_3/P4.1, SCLK_3/P4.3
//  P_SW1 = 0x0c;                   //SS_4/P3.5, MOSI_4/P3.4, MISO_4/P3.3, SCLK_4/P3.2

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
```

```
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     P_SW1,#00H          ;SS/P1.2, MOSI/P1.3, MISO/P1.4, SCLK/P1.5
;           MOV     P_SW1,#04H          ;SS_2/P2.2, MOSI_2/P2.3, MISO_2/P2.4, SCLK_2/P2.5
;           MOV     P_SW1,#08H          ;SS_3/P5.4, MOSI_3/P4.0, MISO_3/P4.1, SCLK_3/P4.3
;           MOV     P_SW1,#0CH          ;SS_4/P3.5, MOSI_4/P3.4, MISO_4/P3.3, SCLK_4/P3.2

            SJMP    $

            END
```

3.4.6 I2C 切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

void main()
{
        P0M0 = 0x00;
        P0M1 = 0x00;
        P1M0 = 0x00;
        P1M1 = 0x00;
        P2M0 = 0x00;
        P2M1 = 0x00;
        P3M0 = 0x00;
        P3M1 = 0x00;
        P4M0 = 0x00;
        P4M1 = 0x00;
        P5M0 = 0x00;
        P5M1 = 0x00;

        P_SW2 = 0x00;                   //SCL/P1.5, SDA/P1.4
//      P_SW2 = 0x10;                   //SCL_2/P2.5, SDA_2/P2.4
//      P_SW2 = 0x20;                   //SCL_3/P7.7, SDA_3/P7.6
//      P_SW2 = 0x30;                   //SCL_4/P3.2, SDA_4/P3.3

        while (1);
```

```
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN

                ORG         0100H
MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                MOV         P_SW2,#00H          ;SCL/P1.5, SDA/P1.4
;               MOV         P_SW2,#10H          ;SCL_2/P2.5, SDA_2/P2.4
;               MOV         P_SW2,#20H          ;SCL_3/P7.7, SDA_3/P7.6
;               MOV         P_SW2,#30H          ;SCL_4/P3.2, SDA_4/P3.3

                SJMP        $

                END
```

3.4.7 比较器输出切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
```

```
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x00;                                   //CMPO/P3.4
//  P_SW2 = 0x08;                                   //CMPO_2/P4.1

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            MOV         P_SW2,#00H              ;CMPO/P3.4
;           MOV         P_SW2,#08H              ;CMPO_2/P4.1

            SJMP        $

            END
```

3.4.8 主时钟输出切换

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
```

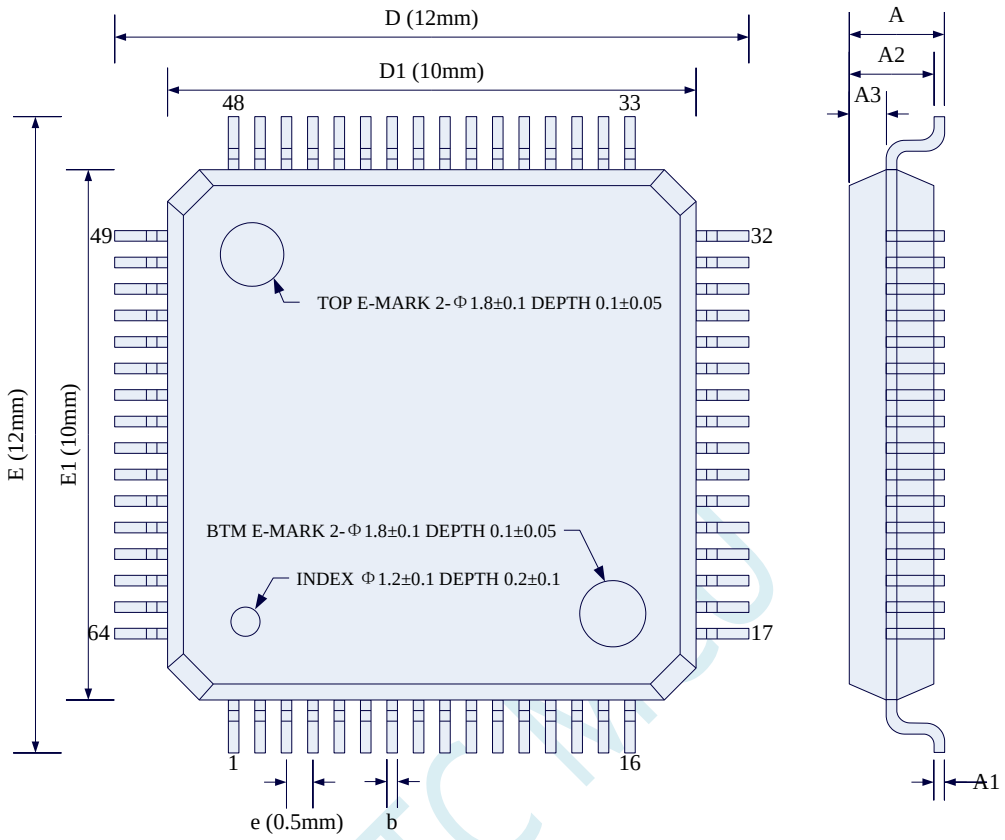
```
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;
    MCLKOCR = 0x04;                 //IRC/4 output via MCLKO/P5.4
//  MCLKOCR = 0x84;                 //IRC/4 output via MCLKO_2/P1.6
    P_SW2 = 0x00;

    while (1);
}
```

汇编代码

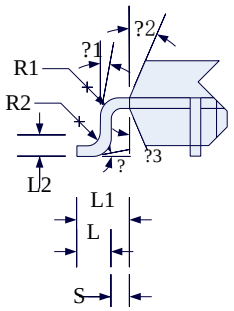
```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H
        MOV     A,#04H              ;IRC/4 output via MCLKO/P5.4
;       MOV     A,#84H              ;IRC/4 output via MCLKO_2/P1.6
        MOV     DPTR,#MCLKOCR
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     P_SW2,#00H

        SJMP    $

        END
```

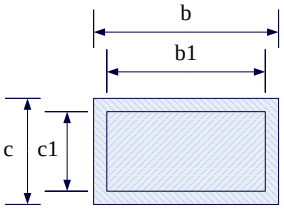
4 封装尺寸图

4.1 LQFP64S 封装尺寸图（12mm*12mm）



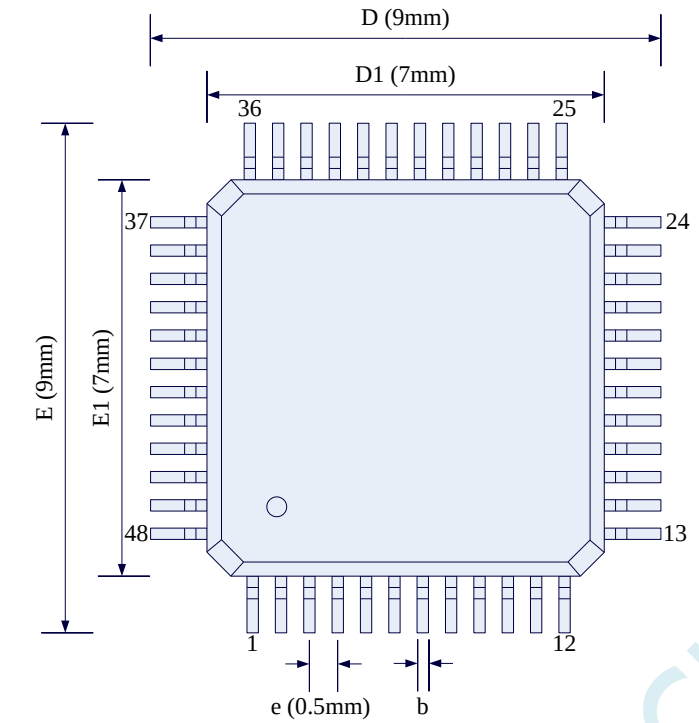
一般尺寸			
测量单位：毫米/mm			
SYMBOL	MIN	TYP	MAX
A	-	-	1.60
A1	0.05	-	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.18	-	0.27
b1	0.17	0.20	0.23
c	0.13	-	0.18
c1	0.12	0.127	0.134
D	11.80	12.00	12.20
D1	9.90	10.00	10.10
E	11.80	12.00	12.20
E1	9.90	10.00	10.10
e	0.50BSC		
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00REF		
L2	0.25BSC		
R1	0.08	-	-
R2	0.08	-	0.20
S	0.20	-	-
?	0°	3.5°	7°
?1	0°	-	-
?2	11°	12°	13°
?3	11°	12°	13°



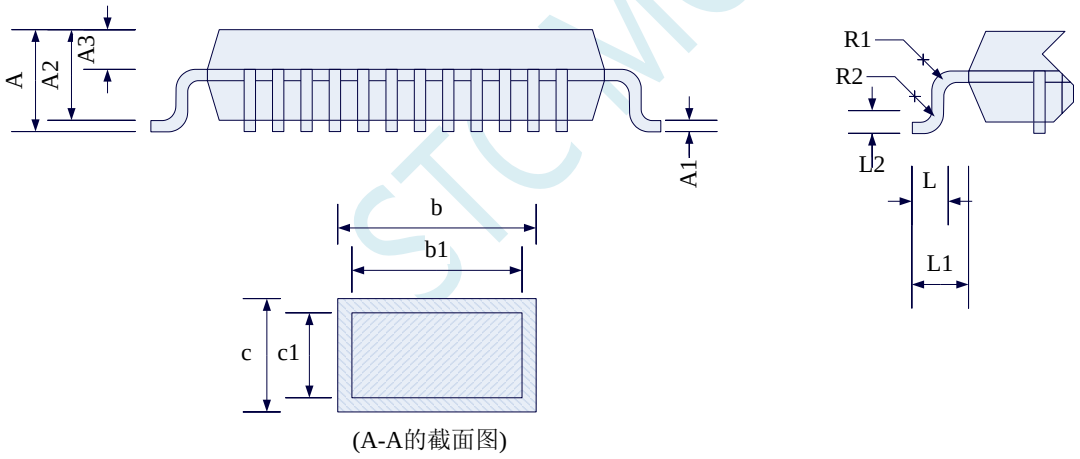


(A-A的截面图)

4.2 LQFP48 封装尺寸图（9mm*9mm）

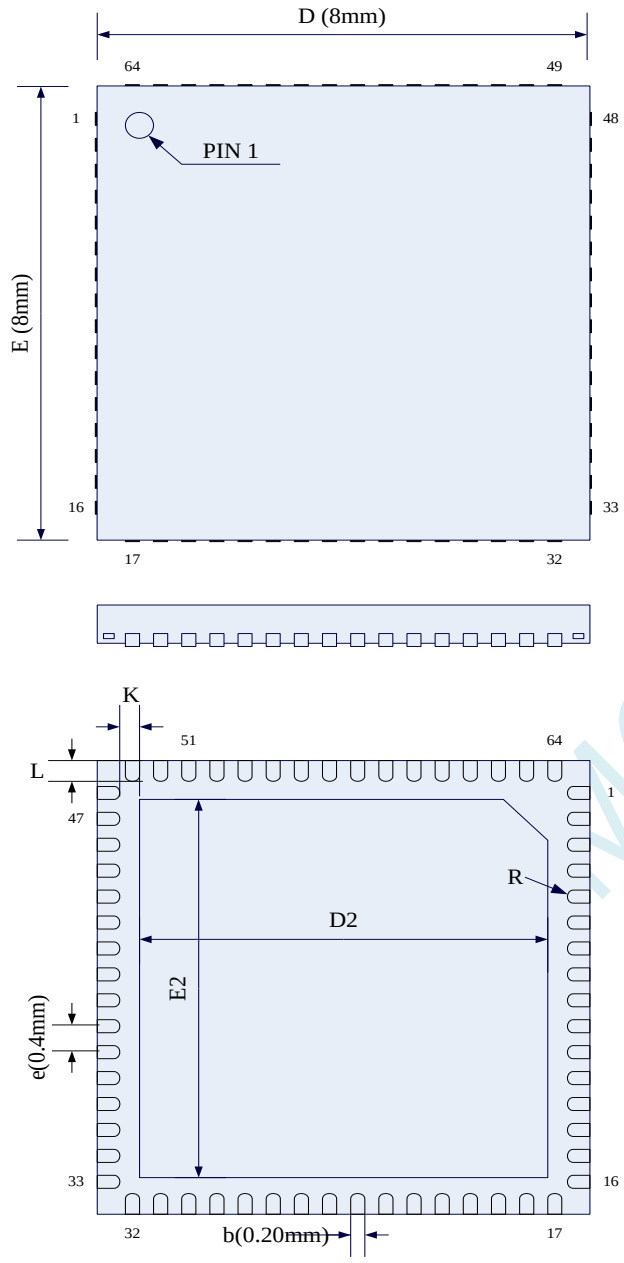


一般尺寸			
测量单位：毫米/mm			
SYMBOL	MIN	TYP	MAX
A	-	-	1.60
A1	0.05	-	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.18	-	0.27
b1	0.17	0.20	0.23
c	0.13	-	0.18
c1	0.12	0.127	0.134
D	8.80	9.00	9.20
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.80	9.00	9.20
E1	6.90	7.00	7.10
e	0.45	0.50	0.55
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00REF		
L2	0.25BSC		
R1	0.08	-	-
R2	0.08	-	0.20
S	0.20	-	-

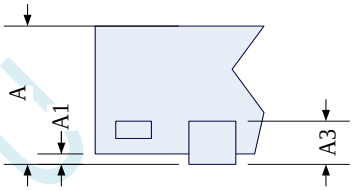


(A-A的截面图)

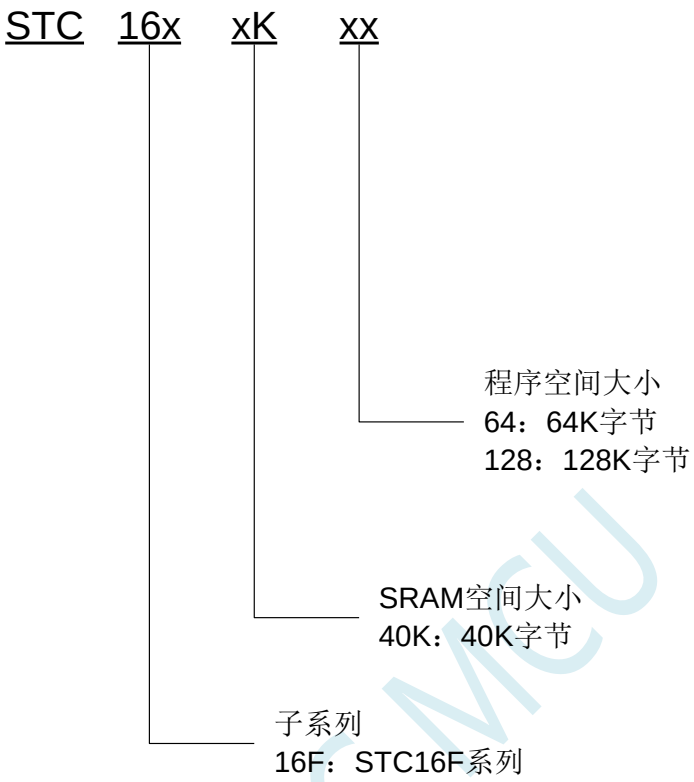
4.3 QFN64 封装尺寸图（8mm*8mm）（暂无）



一般尺寸			
测量单位：毫米/mm			
SYMBOL	MIN	TYP	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A2	0.50	0.55	0.60
A3		0.20REF	
b	0.15	0.20	0.25
D	7.90	8.00	8.10
E	7.90	8.00	8.10
D2	5.90	6.00	6.10
E2	5.90	6.00	6.10
e	0.30	0.40	0.50
L	0.30	0.40	0.50
K		0.40	
R	0.09	-	-



4.4 STC16F 系列单片机命名规则



5 开发环境的建立与 ISP 下载

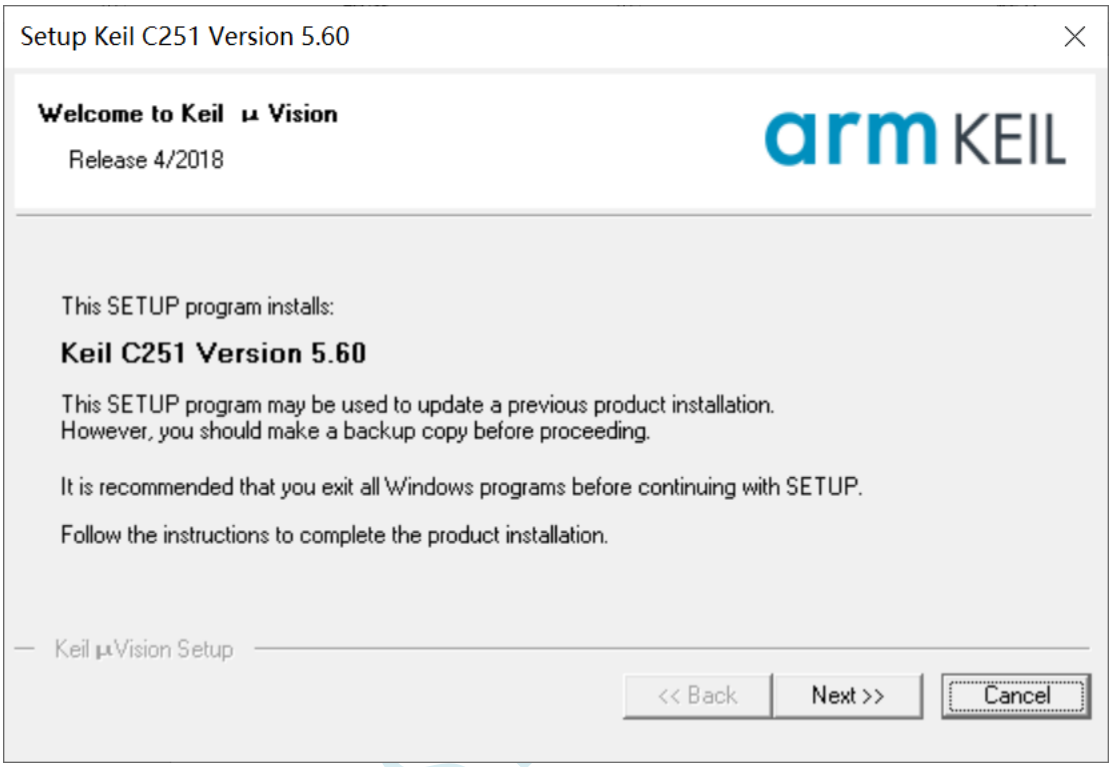
5.1 安装 Keil

首先登录 Keil 官网，下载最新版的 C251 安装包，下载链接如下：

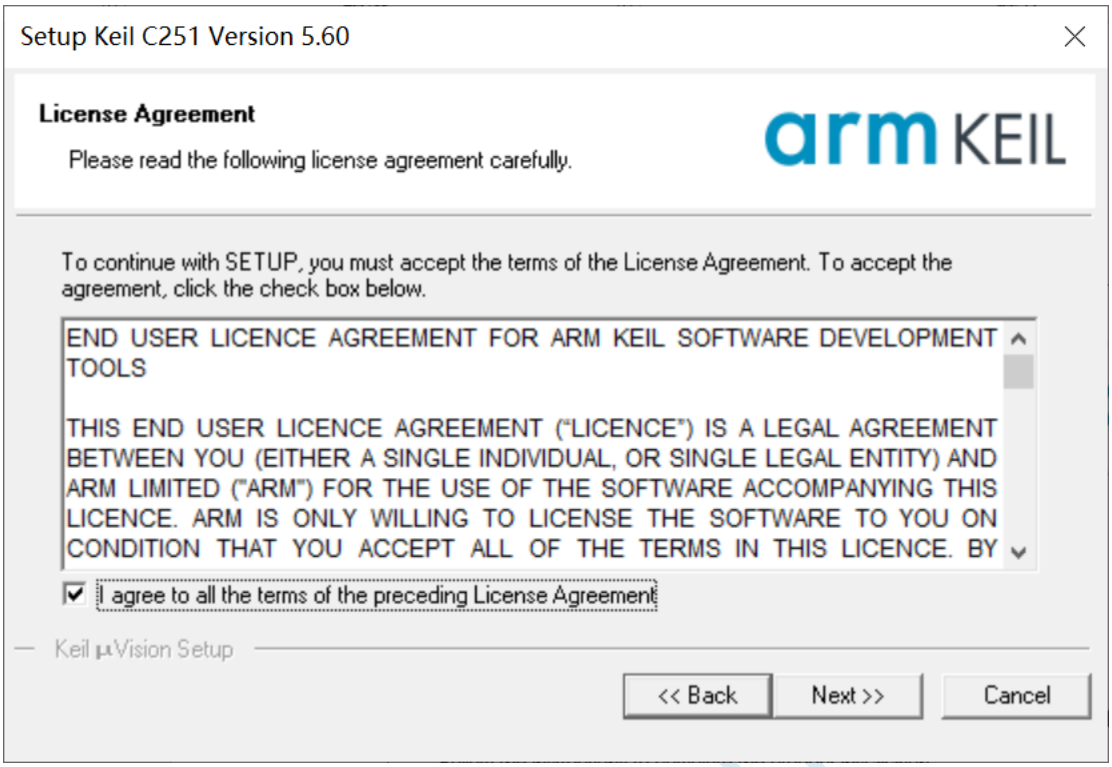
Keil Product Downloads

信息随便填写，点确定后进入下载页面进行下载。

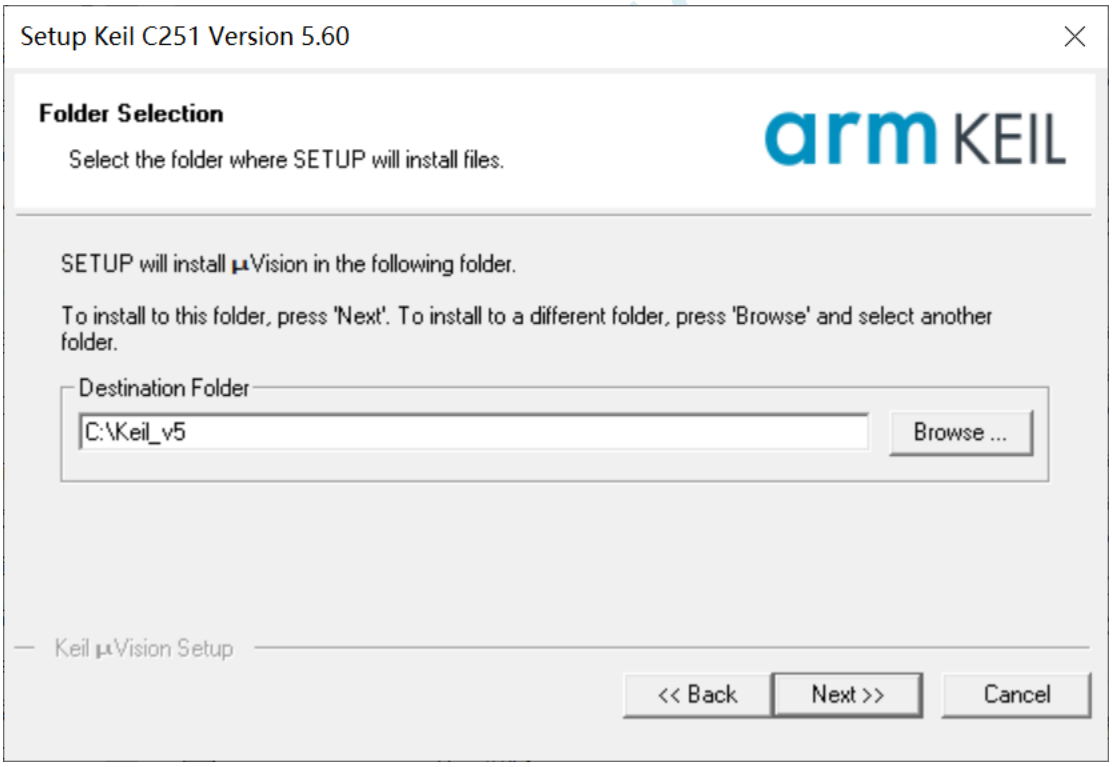
双击下载的安装包开始安装，点击“Next”：



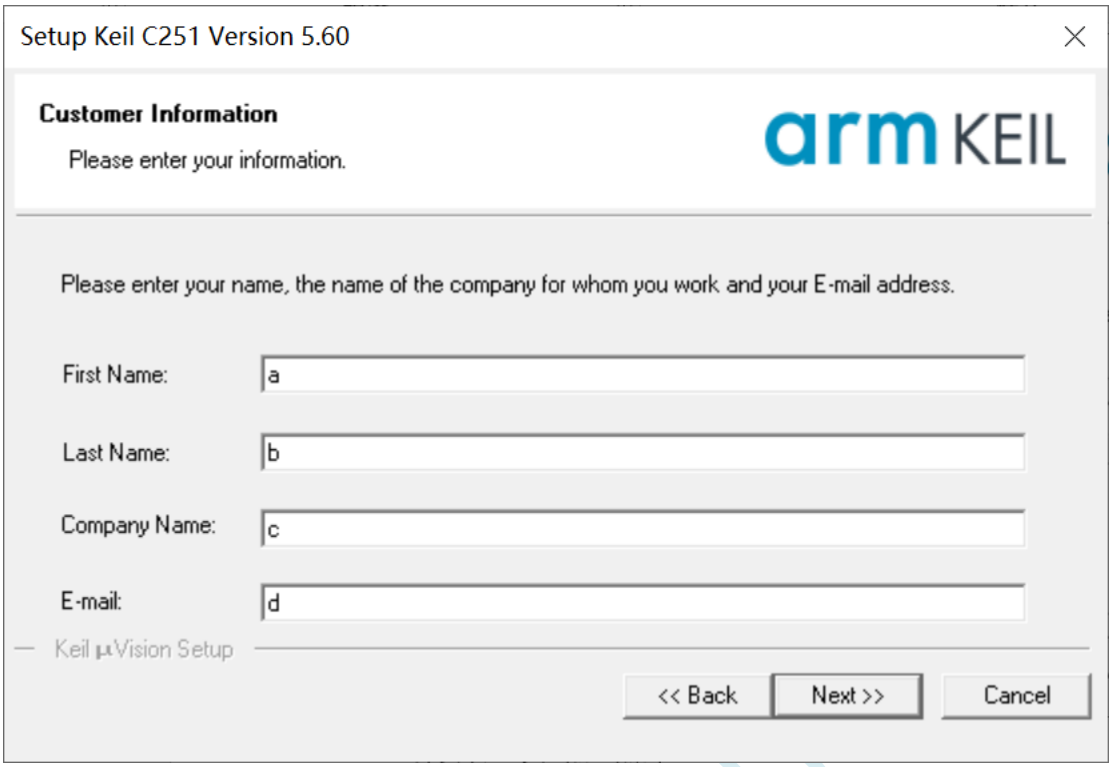
勾选“I agree to all the terms of the preceding License Agreement”,然后点击“Next”：



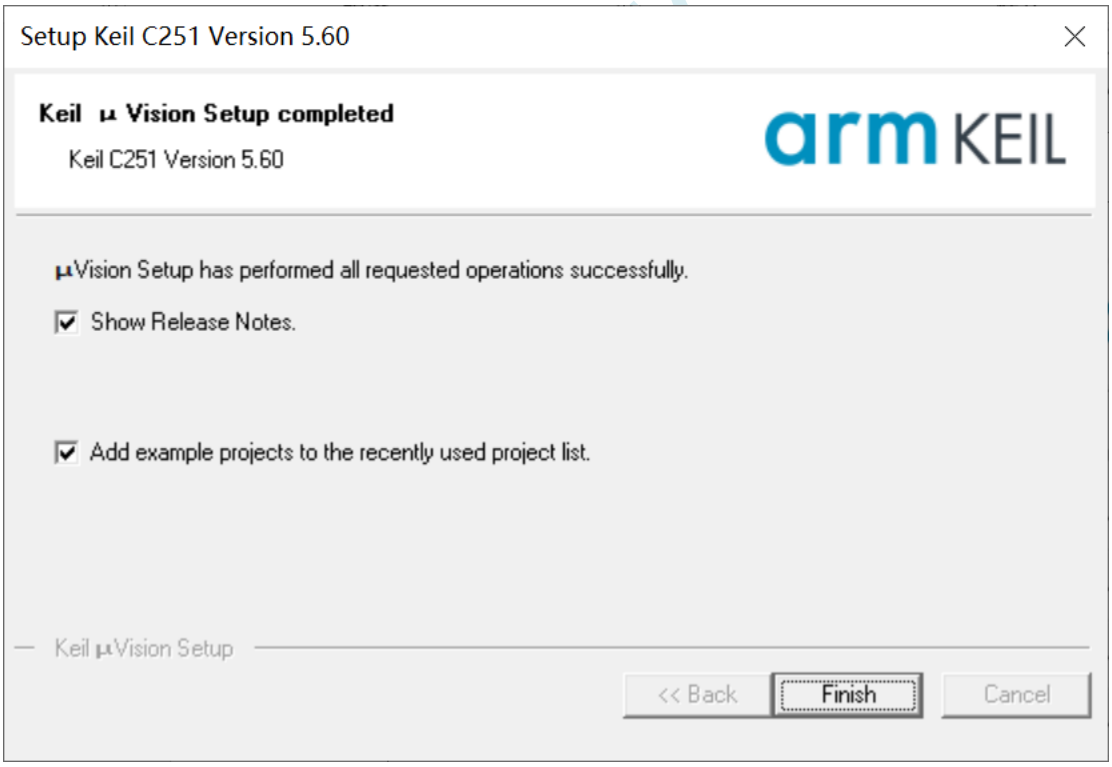
选择安装目录，然后点击“Next”：



填写个人信息，然后点击“Next”：



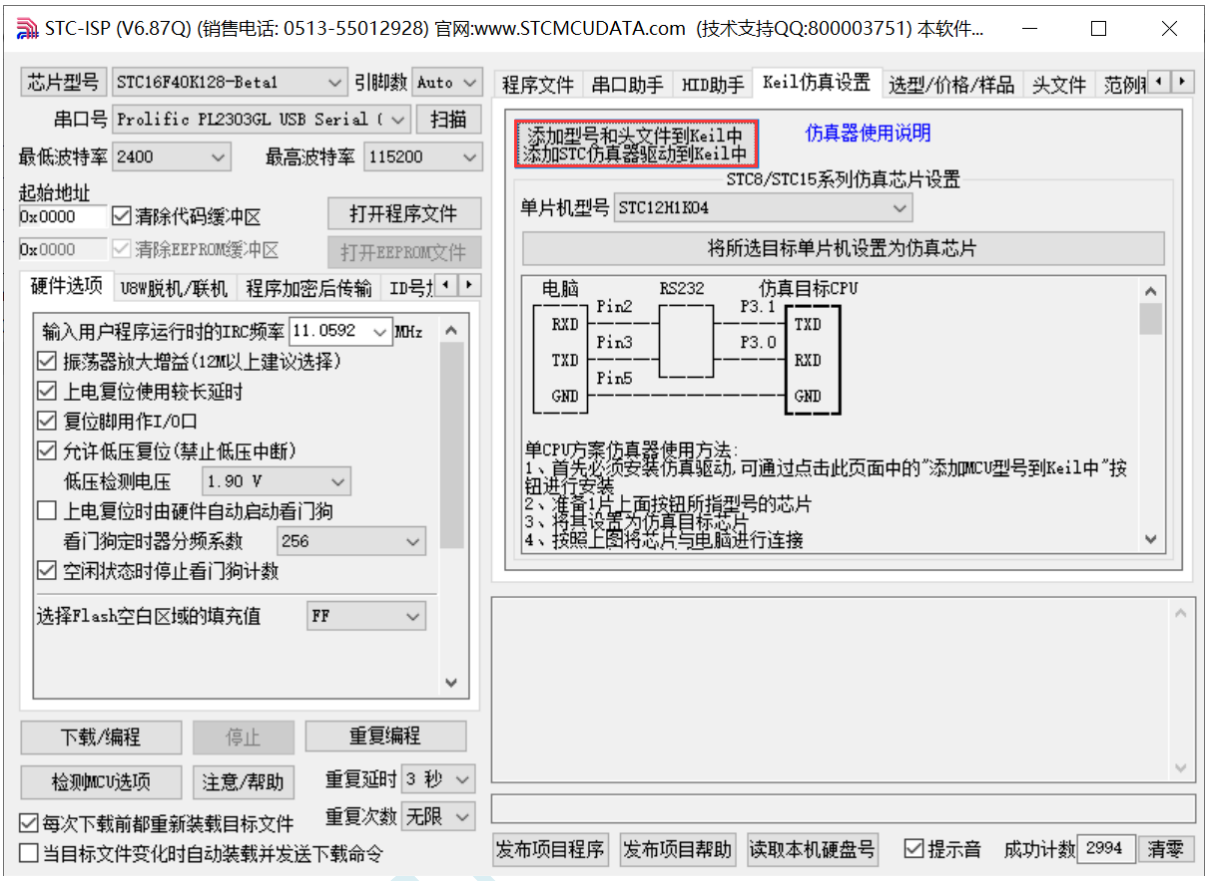
安装完成，点击“Finish”结束。



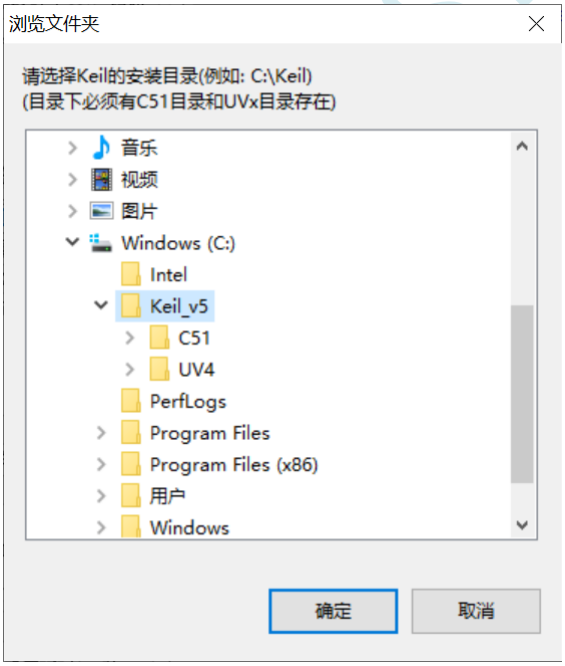
5.2 添加型号和头文件到 Keil

使用 Keil 之前需要先安装 STC 的仿真驱动。STC 的仿真驱动的安装步骤如下：

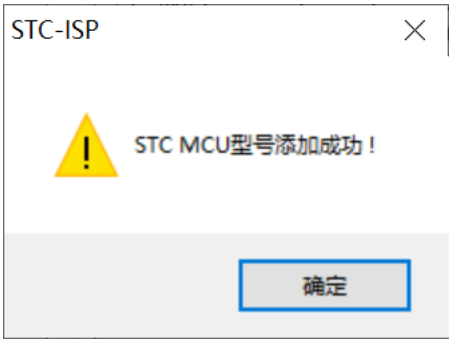
首先开 STC 的 ISP 下载软件，然后在软件右边功能区的“Keil 仿真设置”页面中点击“添加型号和头文件到 Keil 中 添加 STC 仿真器驱动到 Keil 中”按钮：



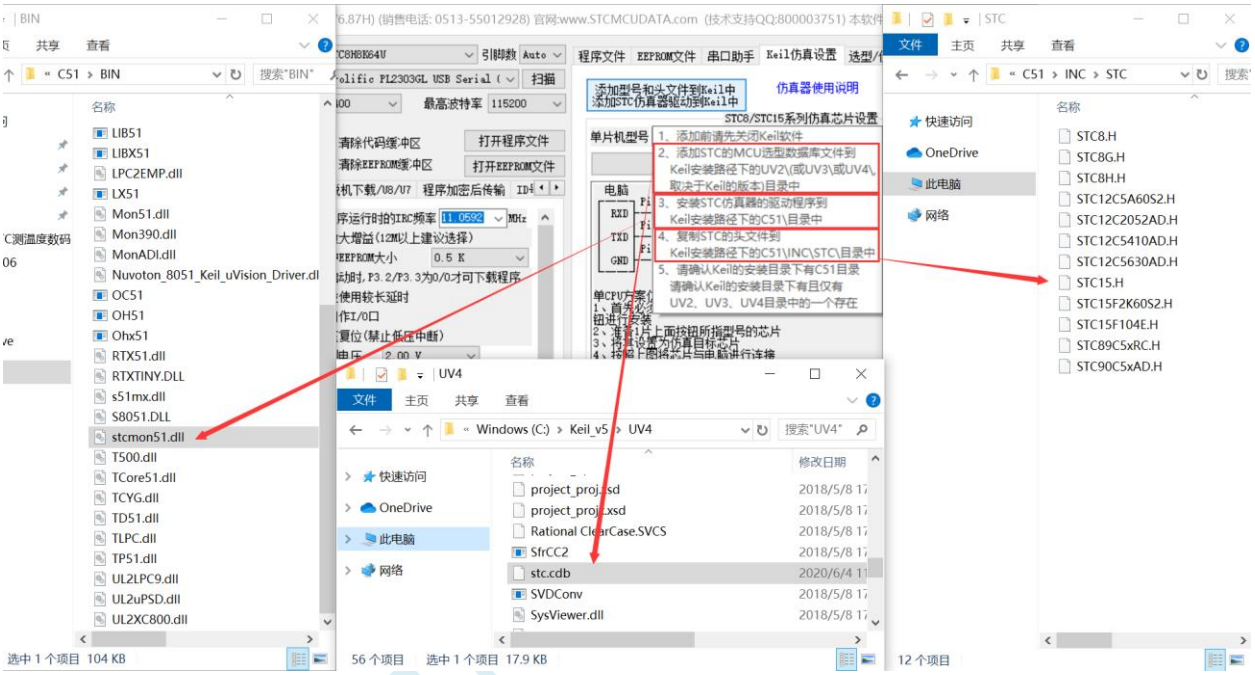
按下后会出现如下画面：



将目录定位到 Keil 软件的安装目录，然后确定。安装成功后会弹出如下的提示框：

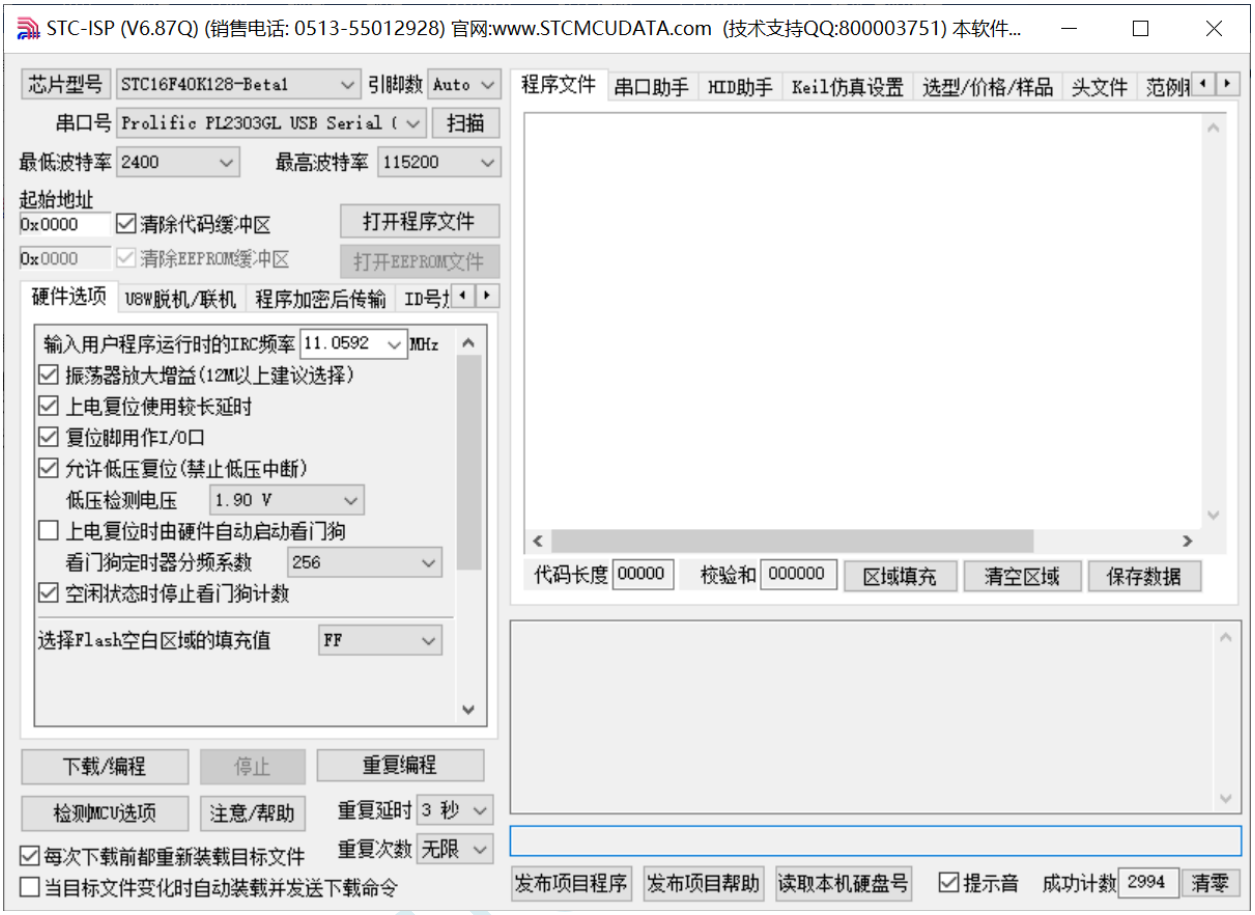


在 Keil 的相关目录中可以看到如下的文件，即表示驱动正确安装了



5.3 使用 ISP 进行烧录

首先使用串口工具将待烧录芯片与电脑正确连接，然后打开 STC 的 ISP 下载软件（例如：“STC-ISP (Ver6.87Q)”及其以后的版本）

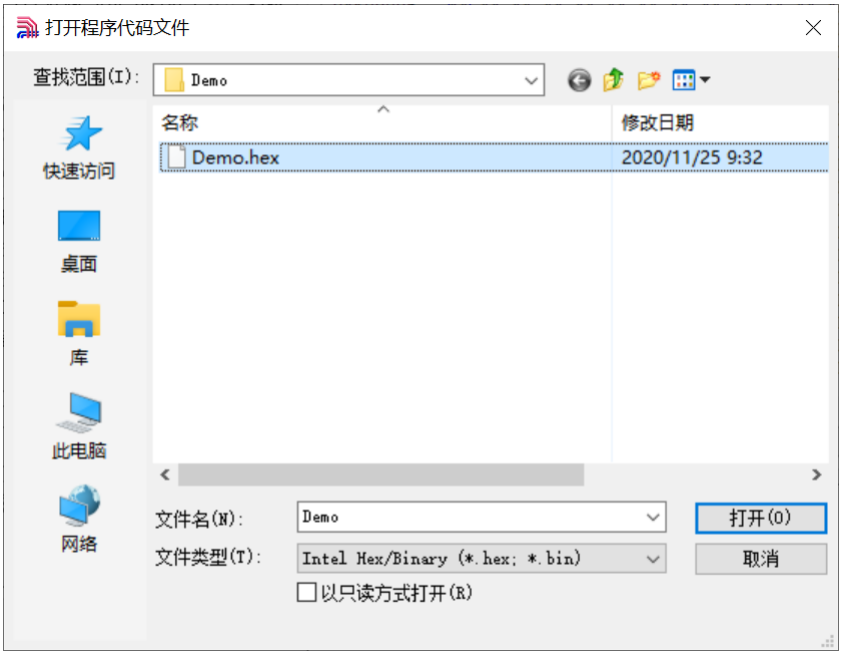


在上面的界面中，下面几点需要注意：

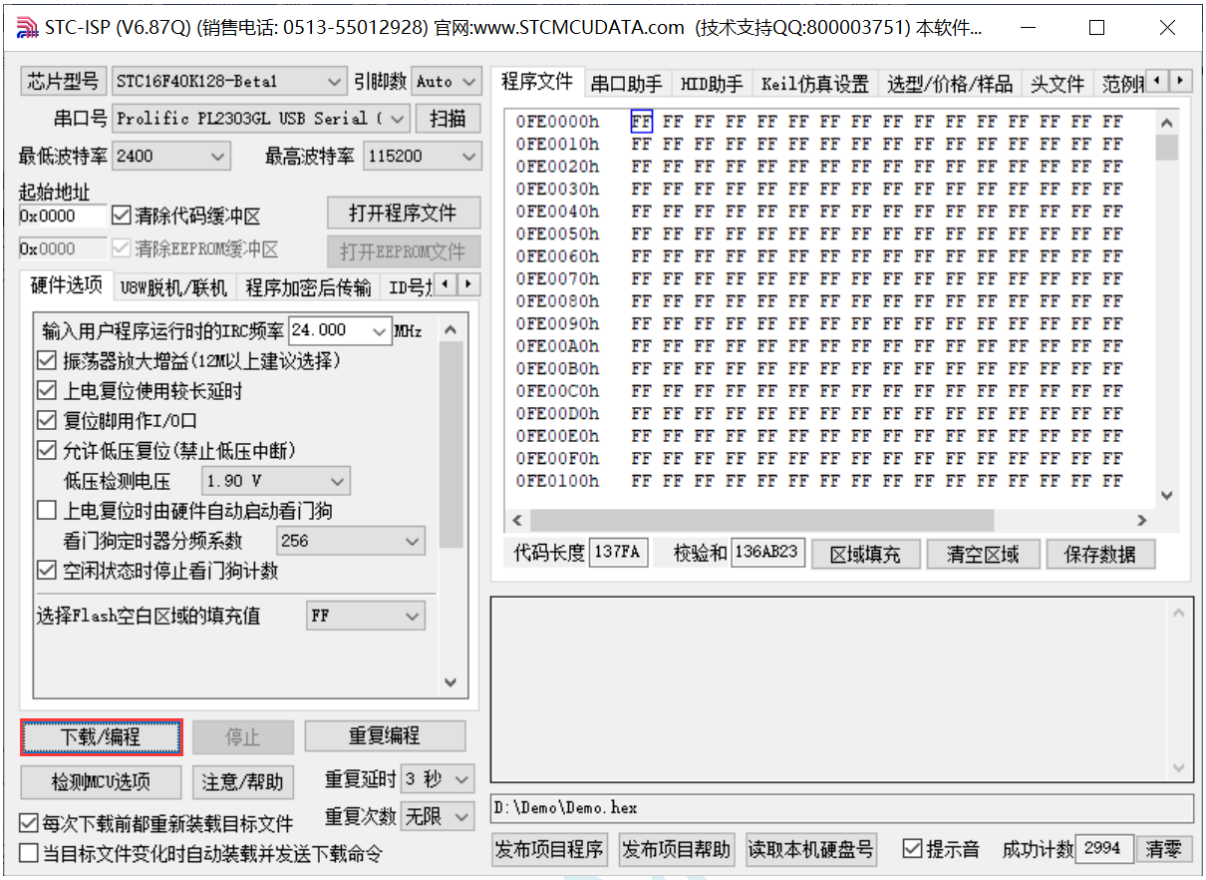
1、 选择待烧录的单片机型号，如：“STC16F40K128-Beta1”

2、 串口必须选择串口工具所对应的串口号。

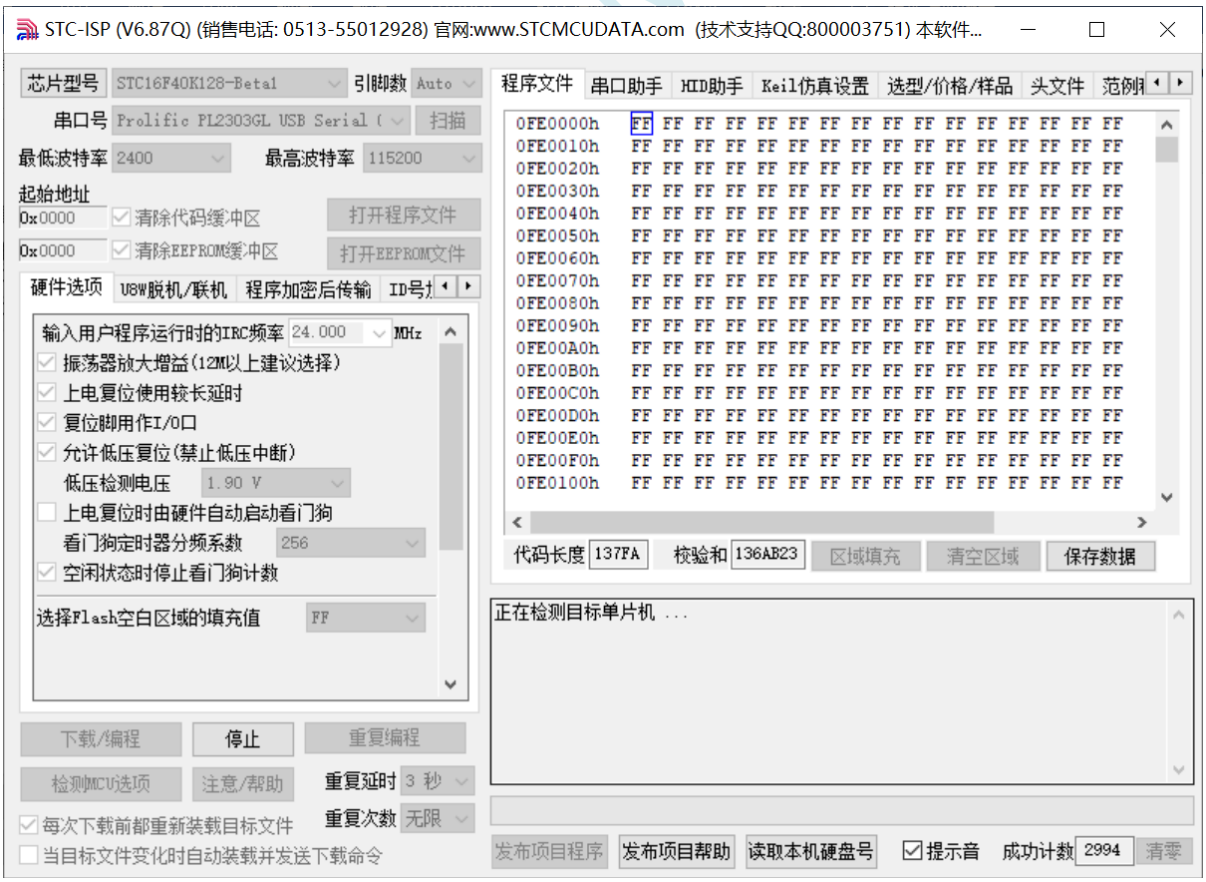
点击界面中的“打开程序文件”按钮，在出现的打开程序代码文件的对话框中选择需要下载的文件：



文件正确打开后，设置对应的硬件选项，然后点击界面中的“下载/编程”按钮开始下载流程：



此时 ISP 软件开始试图与单片机进行握手，检测目标单片机，如下图：



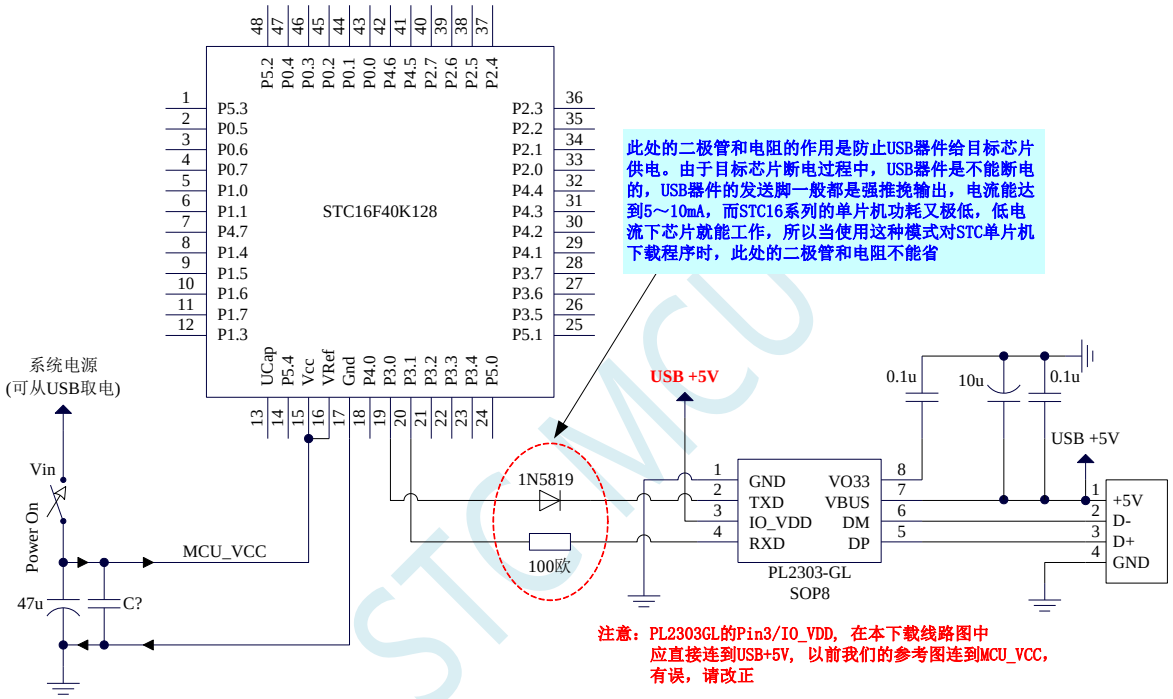
接下来需要给单片机进行上电，上电复位过程中检测到握手信号就进入下载流程开始下载。

若下载成功，会出现操作成功的提示画面。

```
单片机型号: STC16F40K128-Beta1
固件版本号: 7.2.1U

. 用户设定频率: 24.000MHz
. 调节后的频率: 24.002MHz
. 频率调节误差: 0.010%

操作成功 !(2020-12-02 16:48:14)
```

5.4 ISP 下载典型应用线路图

5.4.1 使用 PL2303-GL 下载



	系统时钟<=10MHz	系统时钟>10MHz
C?	104(0.1uF)	103(0.01uF)

ISP 下载步骤：

1、给目标芯片停电，注意不能给 USB 转串口芯片停电（如：CH340、PL2303-GL 等）

2、由于 USB 转串口芯片的发送脚一般都是强推挽输出，必须在目标芯片的 P3.0 口和 USB 转串口芯片的发送脚之间串接一个二极管，否则目标芯片无法完全断电，达不到给目标芯片停电的目标。

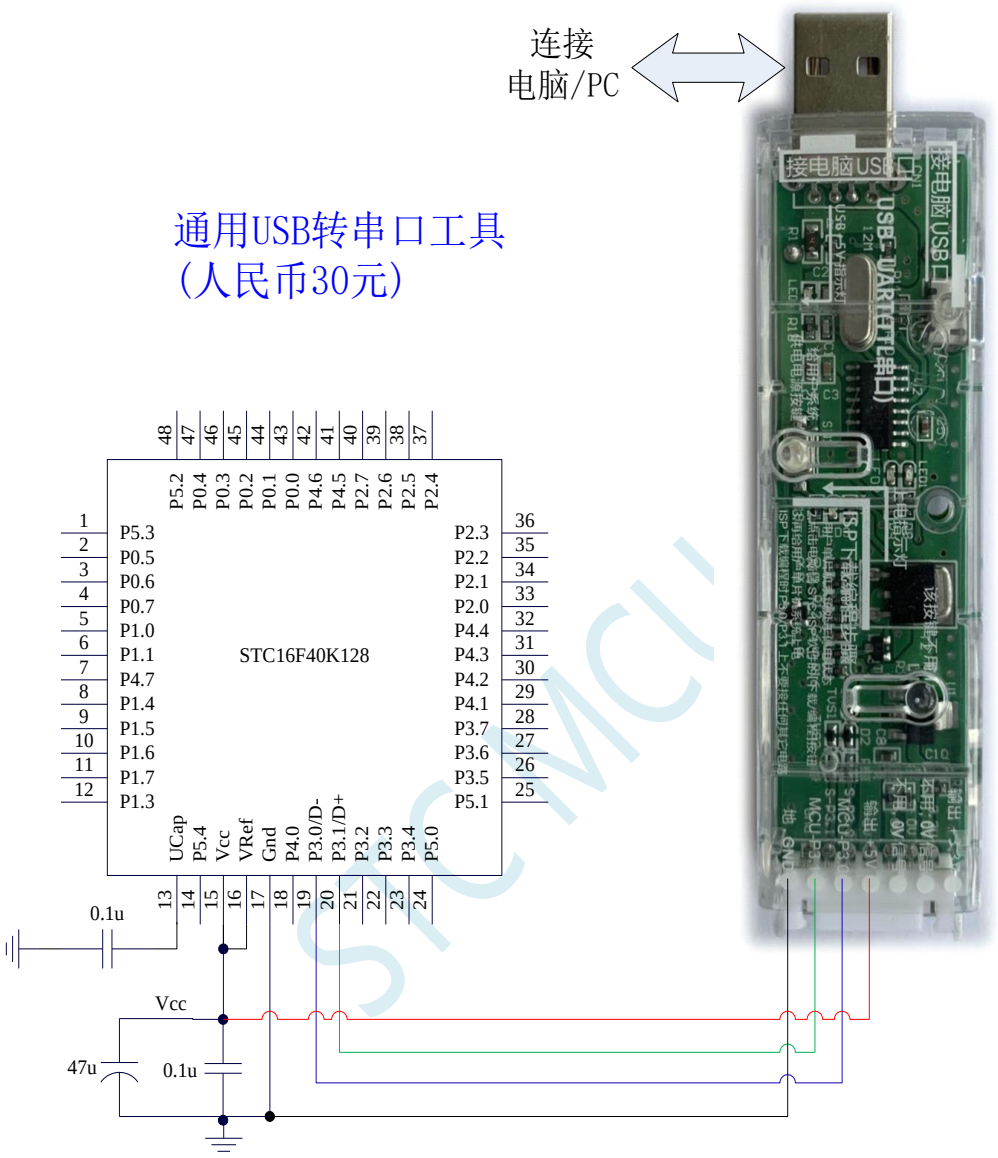
3、点击 STC-ISP 下载软件中的“下载/编程”按钮

4、给目标芯片上电

5、开始 ISP 下载

注意：目前有发现使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，由于 USB 线太细，在 USB 线上的压降过大，导致 ISP 下载时供电不足，所以请在使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，务必使用 USB 加强线。

5.4.2 使用通用 USB 转串口工具下载



ISP 下载步骤：

1、 按照如图所示的连接方式将通用 USB 转串口工具和目标芯片连接

2、 按下电源按钮，确定目标芯片处于**停电状态**（上电指示灯为灭的状态）。**注意：工具第一次上电时是不对外供电的，因此若是第一次上电使用此工具，可跳过此步。**

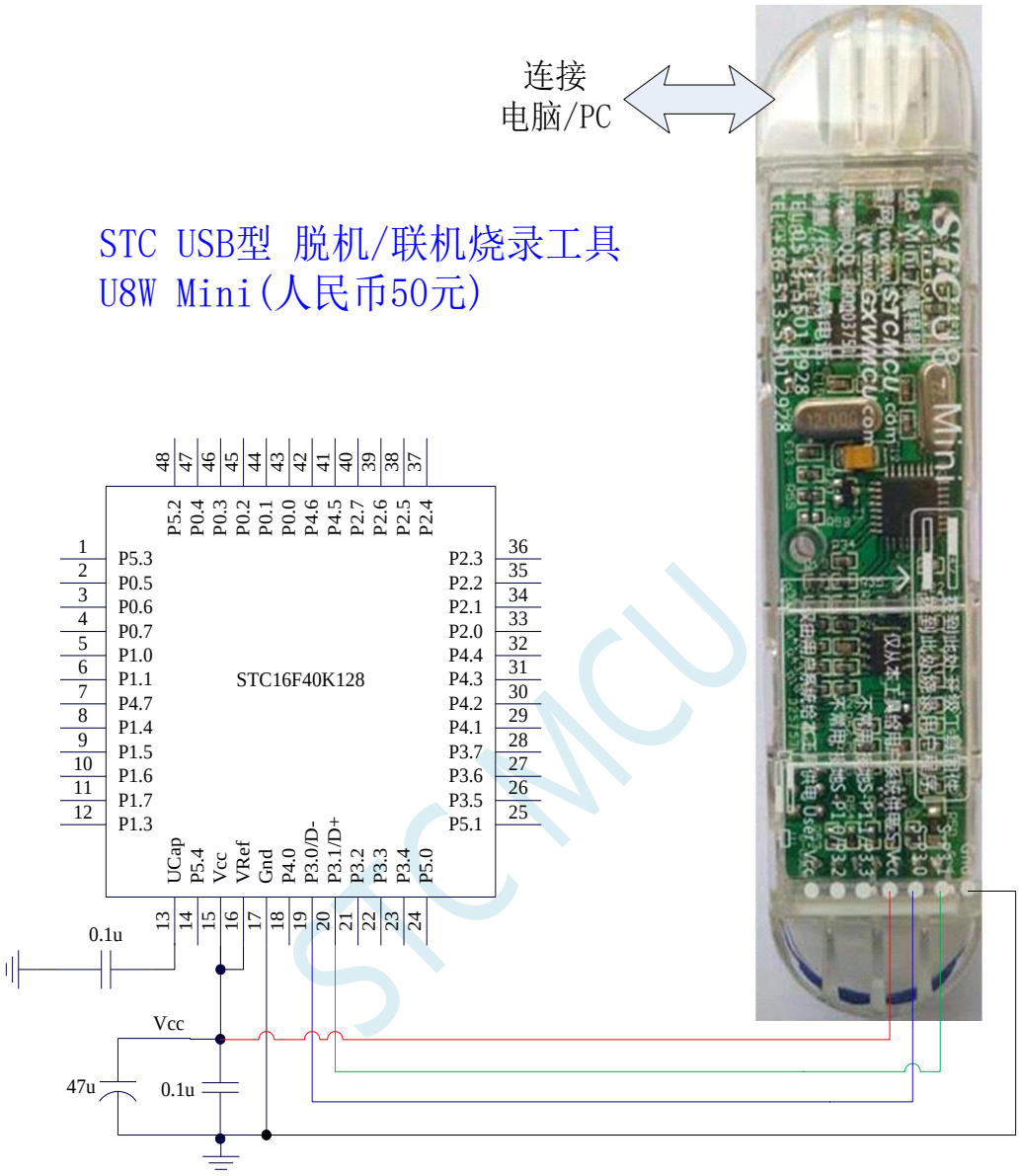
3、 点击 STC-ISP 下载软件中的“下载/编程”按钮

4、 再次按下电源按钮，给目标芯片上电（上电指示灯为亮的状态）

5、 开始 ISP 下载

注意：目前有发现使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，由于 USB 线太细，在 USB 线上的压降过大，导致 ISP 下载时供电不足，所以请在使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，务必使用 USB 加强线。

5.4.3 使用 U8-Mini 工具下载，支持 ISP 在线和脱机下载



ISP 下载步骤：

1、 按照如图所示的连接方式将 U8-Mini 和目标芯片连接

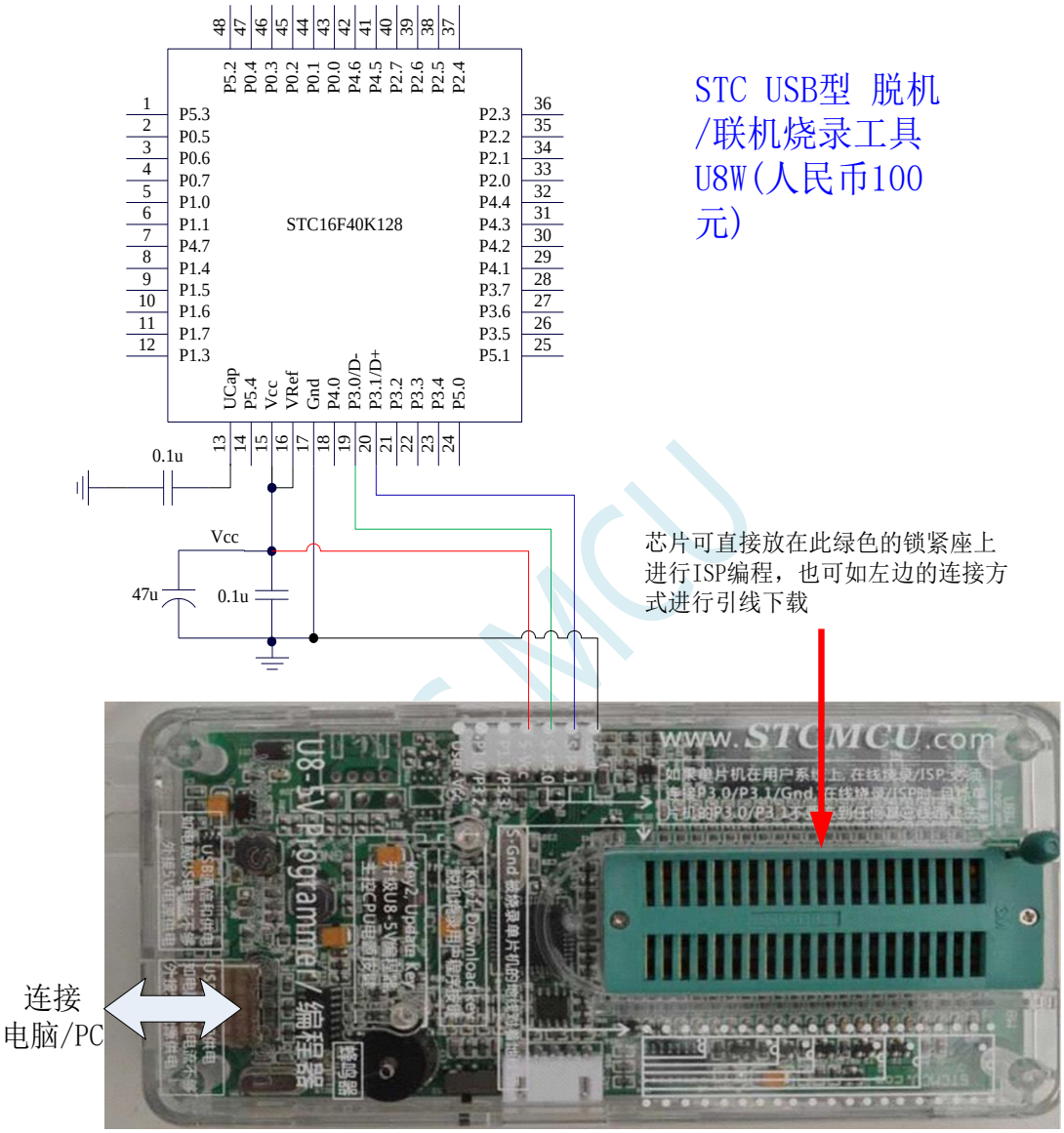
2、 点击 STC-ISP 下载软件中的“下载/编程”按钮

3、 开始 ISP 下载

注意：若是使用 U8-Mini 给目标系统供电，目标系统的总电流不能大于 200mA，否则会导致下载失败。

注意：目前有发现使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，由于 USB 线太细，在 USB 线上的压降过大，导致 ISP 下载时供电不足，所以请在使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，务必使用 USB 加强线。

5.4.4 使用 U8W 工具下载，支持 ISP 在线和脱机下载



ISP 下载步骤（连线方式）：

1、 按照如图所示的连接方式将 U8W 和目标芯片连接

2、 点击 STC-ISP 下载软件中的“下载/编程”按钮

3、 开始 ISP 下载

注意：若是使用 U8W 给目标系统供电，目标系统的总电流不能大于 200mA，否则会导致下载失败。

ISP 下载步骤（在板方式）：

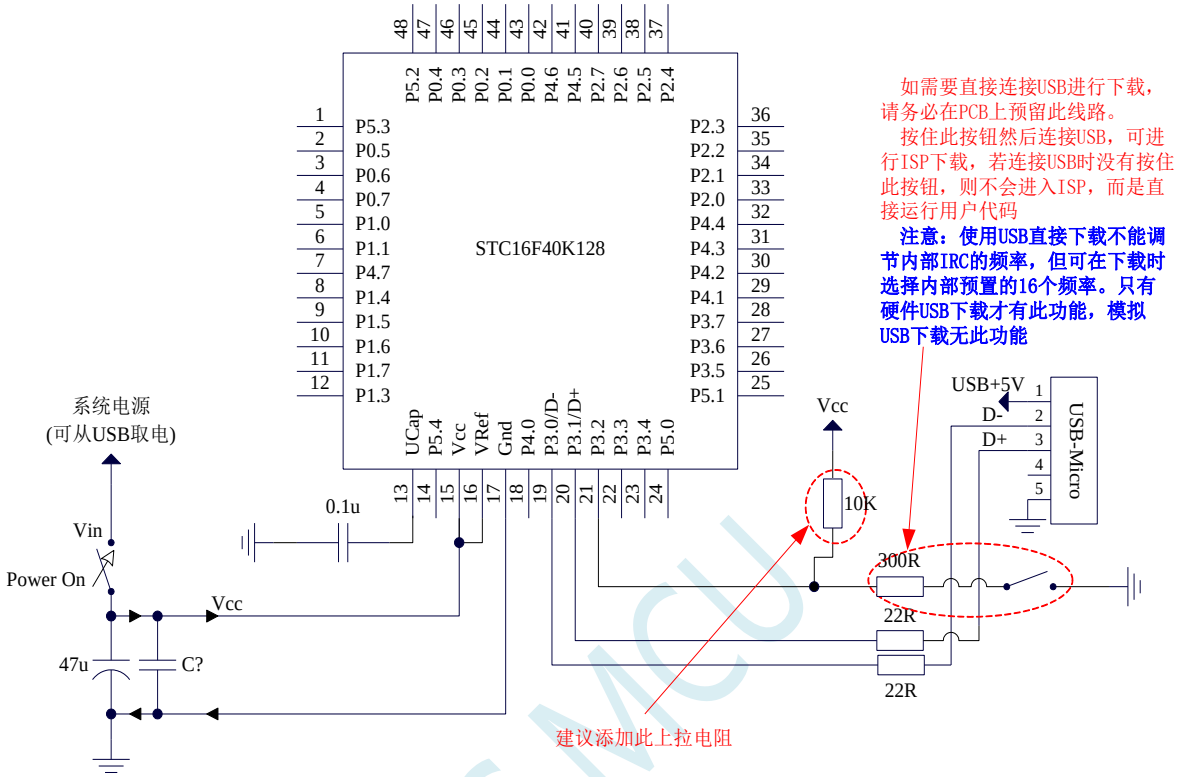
1、 将芯片按照 1 脚靠近锁紧扳手、管脚向下靠齐的方向放置好目标芯片

2、 点击 STC-ISP 下载软件中的“下载/编程”按钮

开始 ISP 下载

5.4.5 硬件 USB 直接 ISP 下载

注：使用 USB 下载时需要将 P3.2 接 Gnd 才可进行正常下载



	系统时钟<=10MHz	系统时钟>10MHz
C?	104(0.1uF)	103(0.01uF)

ISP 下载步骤：

1、 将目标芯片停电

2、 P3.0/P3.1 按照如图所示的连接方式与 USB 端口连接好

3、 将 P3.2 与 GND 短接

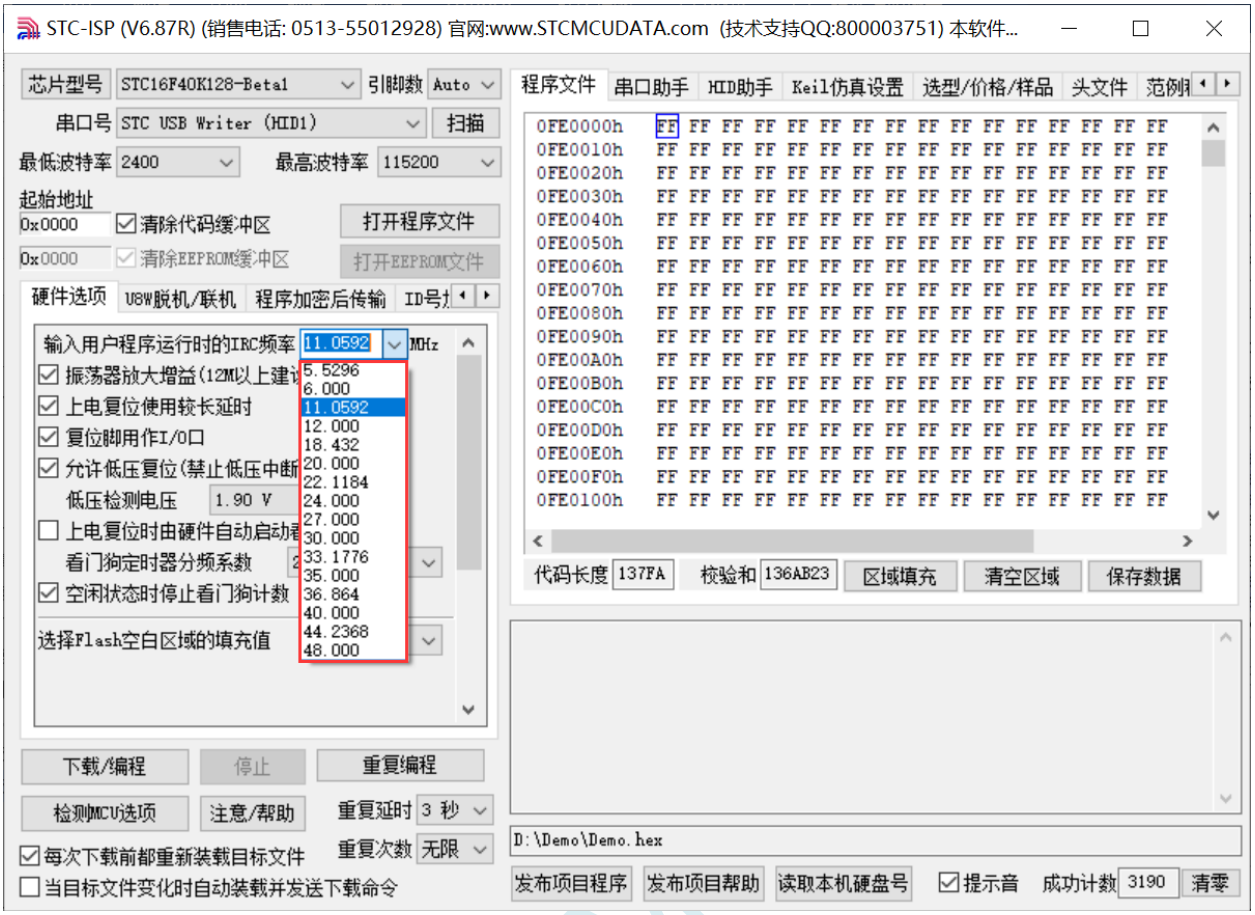
4、 给目标芯片上电，并等待 STC-ISP 下载软件中自动识别出“**STC USB Writer (HID1)**”

5、 点击下载软件中的“下载/编程”按钮（注意：与串口下载的操作顺序不同）

6、 开始 ISP 下载

注意：目前有发现使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，由于 USB 线太细，在 USB 线上的压降过大，导致 ISP 下载时供电不足，所以请在使用 USB 线供电进行 ISP 下载时，务必使用 USB 加强线。

当用户使用硬件 USB 对 STC16F40K128 系列进行 ISP 下载时不能调节内部 IRC 的频率，但用户可用选择内部预置的 16 个频率（分别是 **5.5296M、6M、11.0592M、12M、18.432M、20M、22.1184M、24M、27M、30M、33.1776M、35M、36.864M、40M、44.2368M 和 48M**）。下载时用户只能从频率下拉列表中进行选择其中之一，而不能手动输入其他频率。（使用串口下载则可用输入 4M～48M 之间的任意频率）。详情见下页的图示：

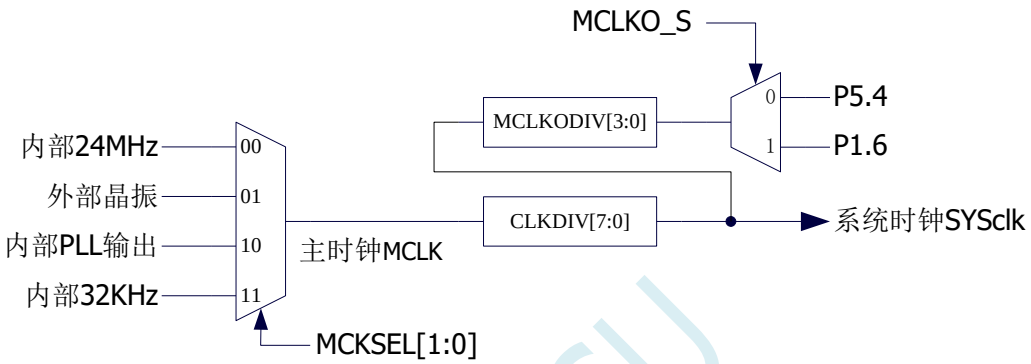

STC-ISP (V6.87R) (销售电话: 0513-55012928) 官网:www.STCMCUDATA.com (技术支持QQ:800003751) 本软件...
芯片型号 STC16F40K128-Beta1
引脚数 Auto
串口号 STC USB Writer (HID1)
扫描
最低波特率 2400
最高波特率 115200
起始地址
0x0000
清除代码缓冲区
打开程序文件
0x0000
清除EEPROM缓冲区
打开EEPROM文件
硬件选项
U8W脱机/联机
程序加密后传输
输入用户程序运行时的IRC频率 11.0592 MHz
振荡器放大增益(12M以上建
上电复位使用较长延时
复位脚用作I/O口
允许低压复位(禁止低压中断
低压检测电压 1.90 V
上电复位时由硬件自动启动
看门狗定时器分频系数
空闲状态时停止看门狗计数
选择Flash空白区域的填充值
5.5296
6.000
11.0592
12.000
18.432
20.000
22.1184
24.000
27.000
30.000
33.1776
35.000
36.864
40.000
44.2368
48.000
下载/编程
停止
重复编程
检测MCU选项
注意/帮助
重复延时 3 秒
重复次数 无限
每次下载前都重新装载目标文件
当目标文件变化时自动装载并发送下载命令
程序文件
串口助手
HID助手
Keil仿真设置
选型/价格/样品
头文件
范例
0FE0000h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0010h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0020h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0030h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0040h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0050h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0060h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0070h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0080h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0090h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE00A0h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE00B0h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE00C0h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE00D0h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE00E0h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE00F0h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
0FE0100h FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
代码长度 137FA
校验和 136AB23
区域填充
清空区域
保存数据
D:\Demo\Demo.hex
发布项目程序
发布项目帮助
读取本机硬盘号
提示音
成功计数 3190
清零

6 时钟、复位与电源管理

6.1 系统时钟控制

系统时钟控制器为单片机的 CPU 和所有外设系统提供时钟源，系统时钟有 4 个时钟源可供选择：内部高精度 IRC、内部 32KHz 的 IRC（误差较大）、外部晶振、内部 PLL 输出时钟。用户可通过程序分别使能和关闭各个时钟源，以及内部提供时钟分频以达到降低功耗的目的。

单片机进入掉电模式后，时钟控制器将会关闭所有的时钟源



系统时钟结构图

6.2 相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
CKSEL	时钟选择寄存器	7EFE00H	-	-	-	-	-	-	MCKSEL[1:0]		xxxx,xx00
CLKDIV	时钟分频寄存器	7EFE01H									0000,0100
IRC24MCR	内部 24M 振荡器控制寄存器	7EFE02H	ENIRC24M	-	-	-	-	-	-	IRC24MST	1xxx,xxx0
XOSCCR	外部晶振控制寄存器	7EFE03H	ENXOSC	XITYPE	-	-	-	-	-	XOSCST	00xx,xxx0
IRC32KCR	内部 32K 振荡器控制寄存器	7EFE04H	ENIRC32K	-	-	-	-	-	-	IRC32KST	0xxx,xxx0
PLLCR	内部 PLL 控制寄存器	7EFE05H	ENPLL	PLLSSEL[1:0]		PLLINCTRL[1:0]		PLLTOMSEL[1:0]		PLLST	0000,0000
USCON1	USB 内核电压控制寄存器 1	7EFE06H	ENLDO33	TRIMPLL[1:0]		TRIMLSO33[3:0]				-	0000,0000
MCLKOCR	主时钟输出控制寄存器	7EFE07H	MCLKO_S	MCLKODIV[6:0]							0000,0000

6.2.1 系统时钟选择寄存器（CKSEL）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CKSEL	7EFE00H	-					MCKSEL[1:0]		

MCKSEL[1:0]：主时钟源选择

MCKSEL[1:0]	主时钟源
00	内部高精度 IRC
01	外部晶振
10	内部 PLL 时钟输出
11	内部 32KHz 低速 IRC

6.2.2 时钟分频寄存器（CLKDIV）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CLKDIV	7EFE01H								

CLKDIV：主时钟分频系数。系统时钟 SYSCLK 是对主时钟 MCLK 进行分频后的时钟信号。

CLKDIV	系统时钟频率
0	MCLK/1
1	MCLK/1
2	MCLK/2
3	MCLK/3
…	…
x	MCLK/x
…	…
255	MCLK/255

6.2.3 内部高精度 IRC 控制寄存器（IRC24MCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IRC24MCR	7EFE02H	ENIRC24M	-	-	-	-	-	-	IRC24MST

ENIRC24M：内部高精度 IRC 使能位

0：关闭内部高精度 IRC

1：使能内部高精度 IRC

IRC24MST：内部高精度 IRC 频率稳定标志位。（只读位）

当内部的 IRC 从停振状态开始使能后，必须经过一段时间，振荡器的频率才会稳定，当振荡器频率稳定后，时钟控制器会自动将 IRC24MST 标志位置 1。所以当用户程序需要将时钟切换到使用内部 IRC 时，首先必须设置 ENIRC24M=1 使能振荡器，然后一直查询振荡器稳定标志位 IRC24MST，直到标志位变为 1 时，才可进行时钟源切换。

6.2.4 外部振荡器控制寄存器（XOSCCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
XOSCCR	7EFE03H	ENXOSC	XITYPE	-	-	-	-	-	XOSCST

ENXOSC：外部晶体振荡器使能位

0：关闭外部晶体振荡器

1：使能外部晶体振荡器

XITYPE：外部时钟源类型

0：外部时钟源是外部时钟信号（或有源晶振）。信号源只需连接单片机的 XTALI（P1.7）

1：外部时钟源是晶体振荡器。信号源连接单片机的 XTALI（P1.7）和 XTALO（P1.6）

XOSCST：外部晶体振荡器频率稳定标志位。（只读位）

当外部晶体振荡器从停振状态开始使能后，必须经过一段时间，振荡器的频率才会稳定，当振荡器频率稳定后，时钟控制器会自动将 XOSCST 标志位置 1。所以当用户程序需要将时钟切换到使用外部晶体振荡器时，首先必须设置 ENXOSC=1 使能振荡器，然后一直查询振荡器稳定标志位 XOSCST，直到标志位变为 1 时，才可进行时钟源切换。

6.2.5 内部 32KHz 低速 IRC 控制寄存器（IRC32KCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IRC32KCR	7EFE04H	ENIRC32K	-	-	-	-	-	-	IRC32KST

ENIRC32K：内部 32K 低速 IRC 使能位

0：关闭内部 32K 低速 IRC

1：使能内部 32K 低速 IRC

IRC32KST：内部 32K 低速 IRC 频率稳定标志位。（只读位）

当内部 32K 低速 IRC 从停振状态开始使能后，必须经过一段时间，振荡器的频率才会稳定，当振荡器频率稳定后，时钟控制器会自动将 IRC32KST 标志位置 1。所以当用户程序需要将时钟切换到使用内部 32K 低速 IRC 时，首先必须设置 ENIRC32K=1 使能振荡器，然后一直查询振荡器稳定标志位 IRC32KST，直到标志位变为 1 时，才可进行时钟源切换。

6.2.6 内部 PLL 控制寄存器（PLLCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PLLCR	7EFE05H	ENPLL	PLLSSEL[1:0]		PLLINCTRL[1:0]		PLLTOMSEL[1:0]		PLLST

ENPLL：内部 PLL 使能位

0：关闭内部 PLL

1：使能内部 PLL

PLLSSEL[1:0]：PLL 时钟源选择

PLLSSEL[1:0]	PLL 时钟源
00	内部高精度 IRC
01	外部晶振
10	内部 32KHz 低速 IRC
11	P1.7 口的时钟输入

PLLINCTRL[1:0]：PLL 时钟源分频控制（产生 6MHz 提供给 USBPLL）

PLLINCTRL [1:0]	分频控制
00	不分频
01	2 分频
10	4 分频
11	内部高精度 IRC2 分频

PLLTOMSEL[1:0]：PLL 输出时钟到主时钟 MCLK 控制

PLLTOMSEL [1:0]	MCLK 时钟
00	PLL 分频后的 6MHz
01	PLL 输出的 24MHz
10	PLL 输出的 32MHz
11	PLL 输出的 48MHz

PLLST：PLL 输出时钟稳定标志位。（只读位）

0：内部 PLL 输出时钟未稳定

1：内部 PLL 输出时钟已稳定

6.2.7 主时钟输出控制寄存器（MCLKOCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
MCLKOCR	7EFE07H	MCLKO_S	MCLKODIV[6:0]						

MCLKODIV[6:0]：主时钟输出分频系数

（**注意：主时钟分频输出的时钟源是经过 CLKDIV 分频后的系统时钟**）

MCLKODIV[6:0]	系统时钟分频输出频率
0000000	不输出时钟
0000001	SYSClk/1

0000010	SYSClk /2
0000011	SYSClk /3
...	...
1111110	SYSClk /126
1111111	SYSClk /127

MCLKO_S：系统时钟输出管脚选择

0：系统时钟分频输出到 P5.4 口

1：系统时钟分频输出到 P1.6 口

6.3 STC16F 系列内部 IRC 频率调整

STC16F 系列单片机内部均集成有一颗高精度内部 IRC 振荡器。在用户使用 ISP 下载软件进行下载时，ISP 下载软件会根据用户所选择/设置的频率自动进行调整，一般频率值可调整到±0.3%以下，调整后的频率在全温度范围内（－40℃～85℃）的温漂可达-1.35%～1.30%。

STC16F 系列内部 IRC 有两个频段，频段的中心频率分别为 20MHz 和 35MHz，20M 频段的调节范围约为 15.5MHz～27MHz，35M 频段的调节范围约为 27.5MHz～47MHz（注意：不同的芯片以及不同的生成批次可能会有约 5%左右的制造误差）。**经实际测试，部分芯片的最高工作频率只能为 39.5MHz，所以为了安全起见，建议用户在 ISP 下载时设置 IRC 频率不要高于 35MHz**。

注意：对于一般用户，内部 IRC 频率的调整可以不用关心，因为频率调整工作在进行 ISP 下载时已经自动完成了。所以若用户不需要自行调整频率，那么下面相关的 4 个寄存器也不能随意修改，否则可能会导致工作频率变化。

内部 IRC 频率调整主要使用下面的 4 个寄存器进行调整

相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
IRCBAND	IRC 频段选择	A9H	-	-	-	-	-	-	-	SEL	0000,00nn
LIRTRIM	IRC 频率微调寄存器	9EH	-	-	-	-	-	-	LIRTRIM[1:0]		0000,00nn
IRTRIM	IRC 频率调整寄存器	9FH	IRTRIM[7:0]								nnnn,nnnn
CLKDIV	时钟分频寄存器	7EFE01H	CLKDIV[7:0]								0000,0100

6.3.1 IRC 频段选择寄存器（IRCBAND）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IRCBAND	A9H	-	-	-	-	-	-	-	SEL

SEL：频段选择

0：选择 20MHz 频段

1：选择 35MHz 频段

6.3.2 内部 IRC 频率调整寄存器（IRTRIM）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IRTRIM	9FH	IRTRIM[7:0]							

IRTRIM[7:0]：内部高精度 IRC 频率调整寄存器

IRTRIM 可对 IRC 频率进行 256 个等级的调整，每个等级所调整的频率值在整体上呈线性分布，局部会有波动。宏观上，每一级所调整的频率约为 0.24%，即 IRTRIM 为（n+1）时的频率比 IRTRIM 为（n）时的频率约快 0.24%。但由于 IRC 频率调整并非每一级都是 0.24%（每一级所调整频率的最大值约为 0.55%，最小值约为 0.02%，整体平均值约为 0.24%），所以会造成局部波动。

6.3.3 内部 IRC 频率微调寄存器（LIRTRIM）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LIRTRIM	9EH	-	-	-	-	-	-	IRTRIM[1:0]	

LIRTRIM[1:0]：内部高精度 IRC 频率微调寄存器

LIRTRIM 可对 IRC 频率进行 3 个等级的调整，3 个等级所调整的频率范围如下表所示：

LIRTRIM[1:0]	调整的频率范围
00	不微调
01	调整约 0.10%
10	调整约 0.04%
11	调整约 0.10%

6.3.4 时钟分频寄存器（CLKDIV）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CLKDIV	7EFE01H								

CLKDIV：主时钟分频系数。系统时钟 SYSCLK 是对主时钟 MCLK 进行分频后的时钟信号。

CLKDIV	系统时钟频率
0	MCLK/1
1	MCLK/1
2	MCLK/2
3	MCLK/3
…	…
x	MCLK/x
…	…
255	MCLK/255

STC16F 系列内部的两个频段的可调范围分别为 15.5MHz～27MHz 和 27.5MHz～47MHz，所以两个频段直接存在调节盲区（如 27MHz~27.5MHz 之间的频率）。虽然 35MHz 频段的上限可调到 40MHz 以上，但芯片内部的程序存储器无法运行到 40MHz 以上的速度，所以用户在 ISP 下载时设置内部 IRC 频率不能高于 40MHz，一般建议用户设置为 35MHz 以下。若用户需要较低的工作频率时，可使用 CLKDIV 寄存器对调节后的频率进行分频，例如用户需要 11.0592MHz 的频率，使用内部 IRC 直接调整是无法得到这个频率的，但可将内部 IRC 调整到 22.1184MHz，在使用 CLKDIV 进行 2 分频即可得到 11.0592MHz。

6.4 系统复位

STC16F 系列单片机的复位分为硬件复位和软件复位两种。

硬件复位时，所有的寄存器的值会复位到初始值，系统会重新读取所有的硬件选项。同时根据硬件选项所设置的上电等待时间进行上电等待。硬件复位主要包括：

- 上电复位
- 低压复位
- 复位脚复位（低电平复位）
- 看门狗复位

软件复位时，除与时钟相关的寄存器保持不变外，其余的所有寄存器的值会复位到初始值，软件复位不会重新读取所有的硬件选项。软件复位主要包括：

- 写 IAP_CONTR 的 SWRST 所触发的复位

相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
WDT_CONTR	看门狗控制寄存器	FDH	WDT_FLAG	-	EN_WDT	CLR_WDT	IDL_WDT	WDT_PS[2:0]			0x00,0000
IAP_CONTR	IAP 控制寄存器	C7H	IAPEN	SWBS	SWRST	CMD_FAIL	-	IAP_WT[2:0]			0000,x000
RSTCFG	复位配置寄存器	FFH	-	ENLVR	-	P54RST	-	-	LVDS[1:0]		0000,0000

6.4.1 看门狗控制寄存器（WDT_CONTR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
WDT_CONTR	FDH	WDT_FLAG	-	EN_WDT	CLR_WDT	IDL_WDT	WDT_PS[2:0]		

WDT_FLAG：看门狗溢出标志

看门狗发生溢出时，硬件自动将此位置 1，需要软件清零。

EN_WDT：看门狗使能位

0：对单片机无影响

1：启动看门狗定时器

CLR_WDT：看门狗定时器清零

0：对单片机无影响

1：清零看门狗定时器，硬件自动将此位复位

IDL_WDT：IDLE 模式时的看门狗控制位

0：IDLE 模式时看门狗停止计数

1：IDLE 模式时看门狗继续计数

WDT_PS[2:0]：看门狗定时器时钟分频系数

WDT_PS[2:0]	分频系数	12M 主频时的溢出时间	20M 主频时的溢出时间
000	2	≈ 65.5 毫秒	≈ 39.3 毫秒
001	4	≈ 131 毫秒	≈ 78.6 毫秒
010	8	≈ 262 毫秒	≈ 157 毫秒
011	16	≈ 524 毫秒	≈ 315 毫秒
100	32	≈ 1.05 秒	≈ 629 毫秒
101	64	≈ 2.10 秒	≈ 1.26 秒
110	128	≈ 4.20 秒	≈ 2.52 秒
111	256	≈ 8.39 秒	≈ 5.03 秒

看门狗溢出时间计算公式如下：

$$\text{看门狗溢出时间} = \frac{12 \times 32768 \times 2^{(\text{WDT\_PS}+1)}}{\text{SYSclk}}$$

6.4.2 IAP 控制寄存器（IAP_CONTR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IAP_CONTR	C7H	IAPEN	SWBS	SWRST	CMD_FAIL	-	-	-	-

SWBS：软件复位启动选择

0：软件复位后从用户程序区开始执行代码。用户数据区的数据保持不变。

1：软件复位后从系统 ISP 区开始执行代码。用户数据区的数据会被初始化。

SWRST：软件复位触发位

0：对单片机无影响

1：触发软件复位

6.4.3 复位配置寄存器（RSTCFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
RSTCFG	FFH	-	ENLVR	-	P54RST	-	-	LVDS[1:0]	

ENLVR：低压复位控制位

0：禁止低压复位。当系统检测到低压事件时，会产生低压中断

1：使能低压复位。当系统检测到低压事件时，自动复位

P54RST：RST 管脚功能选择

0：RST 管脚用作普通 I/O 口（P54）

1：RST 管脚用作复位脚（低电平复位）

LVDS[1:0]：低压检测门槛电压设置

LVDS[1:0]	低压检测门槛电压
00	2.0V
01	2.4V
10	2.7V
11	3.0V

6.5 系统电源管理

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
PCON	电源控制寄存器	87H	SMOD	SMOD0	LVDF	POF	GF1	GF0	PD	IDL	0011,0000

6.5.1 电源控制寄存器（PCON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PCON	87H	SMOD	SMOD0	LVDF	POF	GF1	GF0	PD	IDL

LVDF：低压检测标志位。当系统检测到低压事件时，硬件自动将此位置 1，并向 CPU 提出中断请求。此位需要用户软件清零。

POF：上电标志位。当硬件自动将此位置 1。

PD：掉电模式控制位

0：无影响

1：单片机进入掉电模式，CPU 以及全部外设均停止工作。唤醒后硬件自动清零。

IDL：IDLE（空闲）模式控制位

0：无影响

1：单片机进入 IDLE 模式，只有 CPU 停止工作，其他外设依然在运行。唤醒后硬件自动清零

6.6 掉电唤醒定时器

内部掉电唤醒定时器是一个 15 位的计数器（由{WKTCH[6:0],WKTCL[7:0]}组成 15 位）。用于唤醒处于掉电模式的 MCU。

6.6.1 掉电唤醒定时器计数寄存器（WKTCL，WKTCH）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
WKTCL	AAH								
WKTCH	ABH	WKTEN							

WKTEN：掉电唤醒定时器的使能控制位

0：停用掉电唤醒定时器

1：启用掉电唤醒定时器

如果 STC16F 系列单片机内置掉电唤醒专用定时器被允许（通过软件将 WKTCH 寄存器中的 WKTEN 位置 1），当 MCU 进入掉电模式/停机模式后，掉电唤醒专用定时器开始计数，当计数值与用户所设置的值相等时，掉电唤醒专用定时器将 MCU 唤醒。MCU 唤醒后，程序从上次设置单片机进入掉电模式语句的下一条语句开始往下执行。掉电唤醒之后，可以通过读 WKTCH 和 WKTCL 中的内容获取单片机在掉电模式中的睡眠时间。

这里请注意：用户在寄存器{WKTCH[6:0],WKTCL[7:0]}中写入的值必须比实际计数值少 1。如用户需计数 10 次，则将 9 写入寄存器{WKTCH[6:0],WKTCL[7:0]}中。同样，如果用户需计数 32768 次，则应对{WKTCH[6:0],WKTCL[7:0]}写入 7FFFH（即 32767）。

内部掉电唤醒定时器有自己的内部时钟，其中掉电唤醒定时器计数一次的时间就是由该时钟决定的。内部掉电唤醒定时器的时钟频率约为 32KHz，当然误差较大。用户可以通过读 RAM 区 F8H 和 F9H 的内容（F8H 存放频率的高字节，F9H 存放低字节）来获取内部掉电唤醒专用定时器出厂时所记录的时钟频率。

掉电唤醒专用定时器计数时间的计算公式如下所示：（F_{wt} 为我们从 RAM 区 F8H 和 F9H 获取到的内部掉电唤醒专用定时器的时钟频率）

$$\text{掉电唤醒定时器定时时间} = \frac{10^6 \times 16 \times \text{计数次数}}{F_{wt}} \text{(微秒)}$$

假设 F_{wt}=32KHz，则有：

{WKTCH[6:0],WKTCL[7:0]}	掉电唤醒专用定时器计数时间
0	$10^6 \div 32K \times 16 \times (1+0) \approx 0.5$ 毫秒
9	$10^6 \div 32K \times 16 \times (1+9) \approx 5$ 毫秒
99	$10^6 \div 32K \times 16 \times (1+99) \approx 50$ 毫秒
999	$10^6 \div 32K \times 16 \times (1+999) \approx 0.5$ 秒
4095	$10^6 \div 32K \times 16 \times (1+4095) \approx 2$ 秒
32767	$10^6 \div 32K \times 16 \times (1+32767) \approx 16$ 秒

6.7 范例程序

6.7.1 选择系统时钟源

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;
    CKSEL = 0x00;                                   //选择内部IRC ( 默认 )
    P_SW2 = 0x00;

/*
    P_SW2 = 0x80;
    XOSCCR = 0xc0;                                  //启动外部晶振
    while (!(XOSCCR & 1));                          //等待时钟稳定
    CLKDIV = 0x00;                                  //时钟不分频
    CKSEL = 0x01;                                   //选择外部晶振
    P_SW2 = 0x00;
*/

/*
    P_SW2 = 0x80;
    IRC32KCR = 0x80;                                //启动内部32K IRC
    while (!(IRC32KCR & 1));                        //等待时钟稳定
    CLKDIV = 0x00;                                  //时钟不分频
    CKSEL = 0x03;                                   //选择内部32K
    P_SW2 = 0x00;
*/
    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
```

```
            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     P_SW2,#80H
            MOV     A,#00H              ;选择内部 IRC ( 默认 )
            MOV     WR6,#WORD0 CKSEL
            MOV     WR4,#WORD2 CKSEL
            MOV     @DR4,R11
            MOV     P_SW2,#00H

;           MOV     P_SW2,#80H
;           MOV     A,#0C0H             ;启动外部晶振
;           MOV     WR6,#WORD0 XOSCCR
;           MOV     WR4,#WORD2 XOSCCR
;           MOV     @DR4,R11
;           MOV     R11,@DR4
;           JNB     ACC.0,$-1           ;等待时钟稳定
;           CLR     A                   ;时钟不分频
;           MOV     WR6,#WORD0 CLKDIV
;           MOV     WR4,#WORD2 CLKDIV
;           MOV     @DR4,R11
;           MOV     A,#01H              ;选择外部晶振
;           MOV     WR6,#WORD0 CKSEL
;           MOV     WR4,#WORD2 CKSEL
;           MOV     @DR4,R11
;           MOV     P_SW2,#00H

;           MOV     P_SW2,#80H
;           MOV     A,#80H              ;启动内部 32K IRC
;           MOV     WR6,#WORD0 IRC32KCR
;           MOV     WR4,#WORD2 IRC32KCR
;           MOV     @DR4,R11
;           MOV     R11,@DR4
;           JNB     ACC.0,$-1           ;等待时钟稳定
;           CLR     A                   ;时钟不分频
;           MOV     WR6,#WORD0 CLKDIV
;           MOV     WR4,#WORD2 CLKDIV
;           MOV     @DR4,R11
;           MOV     A,#03H              ;选择内部 32K
;           MOV     WR6,#WORD0 CKSEL
;           MOV     WR4,#WORD2 CKSEL
;           MOV     @DR4,R11
;           MOV     P_SW2,#00H

            JMP     $
```

```
END
```

6.7.2 主时钟分频输出

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;
//  MCLKOCR = 0x01;                 //主时钟输出到 P5.4 口
//  MCLKOCR = 0x02;                 //主时钟 2 分频输出到 P5.4 口
    MCLKOCR = 0x04;                 //主时钟 4 分频输出到 P5.4 口
//  MCLKOCR = 0x84;                 //主时钟 4 分频输出到 P1.6 口
    P_SW2 = 0x00;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
```

```
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H
;       MOV     A,#01H          ;主时钟输出到 P5.4 口
;       MOV     A,#02H          ;主时钟 2 分频输出到 P5.4 口
        MOV     A,#04H          ;主时钟 4 分频输出到 P5.4 口
;       MOV     A,#84H          ;主时钟 4 分频输出到 P1.6 口
        MOV     WR6,#WORD0 MCLKOCR
        MOV     WR4,#WORD2 MCLKOCR
        MOV     @DR4,R11
        MOV     P_SW2,#00H

        JMP     $

        END
```

6.7.3 看门狗定时器应用

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

//  WDT_CONTR = 0x23;           //使能看门狗,溢出时间约为 0.5s
    WDT_CONTR = 0x24;           //使能看门狗,溢出时间约为 1s
//  WDT_CONTR = 0x27;           //使能看门狗,溢出时间约为 8s
    P32 = 0;                    //测试端口

    while (1)
    {
//      WDT_CONTR = 0x33;       //清看门狗,否则系统复位
        WDT_CONTR = 0x34;       //清看门狗,否则系统复位
//      WDT_CONTR = 0x37;       //清看门狗,否则系统复位

        Display();              //显示模块
        Scankey();              //按键扫描模块
        MotorDriver();          //电机驱动模块
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN

                ORG         0100H
MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

;               MOV         WDT_CONTR,#23H      ;使能看门狗,溢出时间约为0.5s
                MOV         WDT_CONTR,#24H      ;使能看门狗,溢出时间约为1s
;               MOV         WDT_CONTR,#27H      ;使能看门狗,溢出时间约为8s
                CLR         P3.2                ;测试端口
LOOP:
;               MOV         WDT_CONTR,#33H      ;清看门狗,否则系统复位
                MOV         WDT_CONTR,#34H      ;清看门狗,否则系统复位
;               MOV         WDT_CONTR,#37H      ;清看门狗,否则系统复位

                LCALL       DISPLAY             ;显示模块
                LCALL       SCANKEY             ;按键扫描模块
                LCALL       MOTORDRIVER         ;电机驱动模块
                JMP         LOOP

                END
```

6.7.4 软复位实现自定义下载

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
```

```
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P32 = 1;                                    //测试端口
    P33 = 1;                                    //测试端口

    while (1)
    {
        if (!P32 && !P33)
        {
            IAP_CONTR |= 0x60;                  //检查到 P3.2 和 P3.3 同时为 0 时复位到 ISP
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            SETB        P3.2
            SETB        P3.3
LOOP:
            JB          P3.2,LOOP
            JB          P3.3,LOOP
            MOV         IAP_CONTR,#60H          ;检查到 P3.2 和 P3.3 同时为 0 时复位到 ISP
            JMP         $

            END
```

6.7.5 低压检测

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录

#define   ENLVR       0x40      //RSTCFG.6
#define   LVD2V0      0x00      //LVD@2.0V
#define   LVD2V4      0x01      //LVD@2.4V
#define   LVD2V7      0x02      //LVD@2.7V
#define   LVD3V0      0x03      //LVD@3.0V

#define   LVDF        0x20      //PCON.5

void Lvd_Isr() interrupt 6
{
    PCON &= ~LVDF;              //清中断标志
    P32 = ~P32;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    PCON &= ~LVDF;              //测试端口
//  RSTCFG = ENLVR | LVD3V0;    //使能 3.0V 时低压复位,不产生 LVD 中断
    RSTCFG = LVD3V0;            //使能 3.0V 时低压中断
    ELVD = 1;                   //使能 LVD 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ENLVR       EQU     40H         ;RSTCFG.6
LVD2V0      EQU     00H         ;LVD@2.0V
LVD2V4      EQU     01H         ;LVD@2.4V
LVD2V7      EQU     02H         ;LVD@2.7V
LVD3V0      EQU     03H         ;LVD@3.0V

LVDF        EQU     20H         ;PCON.5

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
```

```
                ORG         0033H
                LJMP        LVDISR

                ORG         0100H
LVDISR:
                ANL         PCON,#NOT LVDF          ;清中断标志
                CPL         P3.2                    ;测试端口
                RETI
MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                ANL         PCON,#NOT LVDF          ;上电后需要先清 LVDF 标志
;               MOV         RSTCFG,#ENLVR | LVD3V0  ;使能 3.0V 时低压复位,不产生 LVD 中断
                MOV         RSTCFG,#LVD3V0          ;使能 3.0V 时低压中断
                SETB        ELVD                    ;使能 LVD 中断
                SETB        EA
                JMP         $

                END
```

6.7.6 省电模式

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     IDL             0x01                //PCON.0
#define     PD              0x02                //PCON.1

void INT0_Isr() interrupt 0
{
    P34 = ~P34;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
```

```
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    EX0 = 1;                                    //使能 INT0 中断,用于唤醒 MCU
    EA = 1;
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    PCON = IDL;                                 //MCU 进入 IDLE 模式
//  PCON = PD;                                  //MCU 进入掉电模式
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    P35 = 0;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

IDL         EQU     01H         ;PCON.0
PD          EQU     02H         ;PCON.1

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0003H
            LJMP    INT0ISR

            ORG     0100H
INT0ISR:
            CPL     P3.4        ;测试端口
            RETI
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            SETB    EX0         ;使能 INT0 中断,用于唤醒 MCU
            SETB    EA
```

```
            NOP
            NOP
;           MOV     PCON,#IDL       ;MCU 进入 IDLE 模式
            MOV     PCON,#PD        ;MCU 进入掉电模式
            NOP
            NOP
            NOP
            NOP
            CLR     P3.5            ;测试端口
            JMP     $

            END
```

6.7.7 使用 INT0/INT1/INT2/INT3/INT4 管脚中断唤醒省电模式

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     EX2             0x10
#define     EX3             0x20
#define     EX4             0x40

void INT0_Isr() interrupt 0
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void INT1_Isr() interrupt 2
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void INT2_Isr() interrupt 10
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void INT3_Isr() interrupt 11
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void INT4_Isr() interrupt 16
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
```

```
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    IT0 = 0;                        //使能 INT0 上升沿和下降沿中断
//  IT0 = 1;                        //使能 INT0 下降沿中断
    EX0 = 1;                        //使能 INT0 中断

    IT1 = 0;                        //使能 INT1 上升沿和下降沿中断
//  IT1 = 1;                        //使能 INT1 下降沿中断
    EX1 = 1;                        //使能 INT1 中断

    INTCLKO = EX2;                  //使能 INT2 下降沿中断
    INTCLKO |= EX3;                 //使能 INT3 下降沿中断
    INTCLKO |= EX4;                 //使能 INT4 下降沿中断

    EA = 1;

    PCON = 0x02;                    //MCU 进入掉电模式
    _nop_();                        //掉电模式被唤醒后,MCU 首先会执行此语句
                                    //然后再进入中断服务程序
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();

    while (1)
    {
        P11 = ~P11;
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

EX2         EQU     10H
EX3         EQU     20H
EX4         EQU     40H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0003H
            LJMP    INT0ISR
            ORG     0013H
            LJMP    INT1ISR
            ORG     0053H
            LJMP    INT2ISR
            ORG     005BH
            LJMP    INT3ISR
            ORG     0083H
            LJMP    INT4ISR
```

```
                ORG     0100H
INT0ISR:
                CPL     P1.0            ;测试端口
                RETI
INT1ISR:
                CPL     P1.0            ;测试端口
                RETI
INT2ISR:
                CPL     P1.0            ;测试端口
                RETI
INT3ISR:
                CPL     P1.0            ;测试端口
                RETI
INT4ISR:
                CPL     P1.0            ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                CLR     IT0             ;使能 INT0 上升沿和下降沿中断
;               SETB    IT0             ;使能 INT0 下降沿中断
                SETB    EX0             ;使能 INT0 中断

                CLR     IT1             ;使能 INT1 上升沿和下降沿中断
;               SETB    IT1             ;使能 INT1 下降沿中断
                SETB    EX1             ;使能 INT1 中断

                MOV     INTCLKO,#EX2    ;使能 INT2 下降沿中断
                ORL     INTCLKO,#EX3    ;使能 INT3 下降沿中断
                ORL     INTCLKO,#EX4    ;使能 INT4 下降沿中断

                SETB    EA

                MOV     PCON,#02H       ;MCU 进入掉电模式
                NOP                     ;掉电模式被唤醒后,MCU 首先会执行此语句
                                        ;然后再进入中断服务程序
                NOP
                NOP
                NOP
LOOP:
                CPL     P1.1
                JMP     LOOP

                END
```

6.7.8 使用 T0/T1/T2/T3/T4 管脚中断唤醒省电模式

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET2             0x04
#define     ET3             0x20
#define     ET4             0x40

#define     T2IF            0x01
#define     T3IF            0x02
#define     T4IF            0x04

void TM0_Isr() interrupt 1
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void TM1_Isr() interrupt 3
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void TM2_Isr() interrupt 12
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void TM3_Isr() interrupt 19
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void TM4_Isr() interrupt 20
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x00;
```

```
    TL0 = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    TH0 = 0xfc;
    TR0 = 1;                                    //启动定时器
    ET0 = 1;                                    //使能定时器中断

    TL1 = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    TH1 = 0xfc;
    TR1 = 1;                                    //启动定时器
    ET1 = 1;                                    //使能定时器中断

    T2L = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    T2H = 0xfc;
    AUXR = 0x10;                                //启动定时器
    IE2 = ET2;                                  //使能定时器中断

    T3L = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    T3H = 0xfc;
    T4T3M = 0x08;                               //启动定时器
    IE2 |= ET3;                                 //使能定时器中断

    T4L = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    T4H = 0xfc;
    T4T3M |= 0x80;                              //启动定时器
    IE2 |= ET4;                                 //使能定时器中断

    EA = 1;

    PCON = 0x02;                                //MCU 进入掉电模式
    _nop_();                                    //掉电唤醒后不会立即进入中断服务程序,
                                                //而是等到定时器溢出后才会进入中断服务程序
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();

    while (1)
    {
        P11 = ~P11;
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ET2         EQU     04H
ET3         EQU     20H
ET4         EQU     40H

T2IF        EQU     01H
T3IF        EQU     02H
T4IF        EQU     04H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     000BH
            LJMP    TM0ISR
            ORG     001BH
```

```
        LJMP    TM1ISR
        ORG     0063H
        LJMP    TM2ISR
        ORG     009BH
        LJMP    TM3ISR
        ORG     00A3H
        LJMP    TM4ISR

        ORG     0100H
TM0ISR:
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI
TM1ISR:
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI
TM2ISR:
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI
TM3ISR:
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI
TM4ISR:
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#00H
        MOV     TL0,#66H        ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     TH0,#0FCH
        SETB    TR0             ;启动定时器
        SETB    ET0             ;使能定时器中断

        MOV     TL1,#66H        ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     TH1,#0FCH
        SETB    TR1             ;启动定时器
        SETB    ET1             ;使能定时器中断

        MOV     T2L,#66H        ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     T2H,#0FCH
        MOV     AUXR,#10H       ;启动定时器
        MOV     IE2,#ET2        ;使能定时器中断

        MOV     T3L,#66H        ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     T3H,#0FCH
        MOV     T4T3M,#08H      ;启动定时器
```

```
        ORL     IE2,#ET3            ;使能定时器中断

        MOV     T4L,#66H            ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     T4H,#0FCH
        ORL     T4T3M,#80H          ;启动定时器
        ORL     IE2,#ET4            ;使能定时器中断

        SETB    EA

        MOV     PCON,#02H           ;MCU 进入掉电模式
        NOP                         ;掉电唤醒后不会立即进入中断服务程序,
                                    ;而是等到定时器溢出后才会进入中断服务程序
        NOP
        NOP
        NOP
LOOP:
        CPL     P1.1
        JMP     LOOP

        END
```

6.7.9 使用 RxD/RxD2/RxD3/RxD4 管脚中断唤醒省电模式

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define   ES2       0x01
#define   ES3       0x08
#define   ES4       0x10

void UART1_Isr() interrupt 4
{
}

void UART2_Isr() interrupt 8
{
}

void UART3_Isr() interrupt 17
{
}

void UART4_Isr() interrupt 18
{
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
```

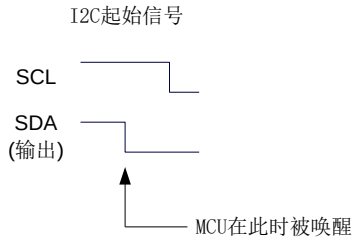
```
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW1 = 0x00;                   //RXD/P3.0 下降沿唤醒
//  P_SW1 = 0x40;                   //RXD_2/P3.6 下降沿唤醒
//  P_SW1 = 0x80;                   //RXD_3/P1.6 下降沿唤醒
//  P_SW1 = 0xc0;                   //RXD_4/P4.3 下降沿唤醒

    P_SW2 = 0x00;                   //RXD2/P1.0 下降沿唤醒
//  P_SW2 = 0x01;                   //RXD2_2/P4.6 下降沿唤醒

    P_SW2 = 0x00;                   //RXD3/P0.0 下降沿唤醒
//  P_SW2 = 0x02;                   //RXD3_2/P5.0 下降沿唤醒

    P_SW2 = 0x00;                   //RXD4/P0.2 下降沿唤醒
//  P_SW2 = 0x04;                   //RXD4_2/P5.2 下降沿唤醒

    ES = 1;                         //使能串口中断
    IE2 = ES2;                      //使能串口中断
    IE2 |= ES3;                     //使能串口中断
    IE2 |= ES4;                     //使能串口中断
    EA = 1;

    PCON = 0x02;                    //MCU 进入掉电模式
    _nop_();                        //掉电唤醒后不会进入中断服务程序,
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();

    while (1)
    {
        P11 = ~P11;
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ES2         EQU     01H
ES3         EQU     08H
ES4         EQU     10H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0023H
            LJMP    UART1ISR
            ORG     0043H
            LJMP    UART2ISR
            ORG     008BH
            LJMP    UART3ISR
            ORG     0093H
```

```
            LJMP    UART4ISR

            ORG     0100H
UART1ISR:
            RETI
UART2ISR:
            RETI
UART3ISR:
            RETI
UART4ISR:
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     P_SW1,#00H          ;RXD/P3.0 下降沿唤醒
;           MOV     P_SW1,#40H          ;RXD_2/P3.6 下降沿唤醒
;           MOV     P_SW1,#80H          ;RXD_3/P1.6 下降沿唤醒
;           MOV     P_SW1,#0C0H         ;RXD_4/P4.3 下降沿唤醒

            MOV     P_SW2,#00H          ;RXD2/P1.0 下降沿唤醒
;           MOV     P_SW2,#01H          ;RXD2_2/P4.6 下降沿唤醒

            MOV     P_SW2,#00H          ;RXD3/P0.0 下降沿唤醒
;           MOV     P_SW2,#02H          ;RXD3_2/P5.0 下降沿唤醒

            MOV     P_SW2,#00H          ;RXD4/P0.2 下降沿唤醒
;           MOV     P_SW2,#04H          ;RXD4_2/P5.2 下降沿唤醒

            SETB    ES                  ;使能串口中断
            MOV     IE2,#ES2            ;使能串口中断
            ORL     IE2,#ES3            ;使能串口中断
            ORL     IE2,#ES4            ;使能串口中断
            SETB    EA

            MOV     PCON,#02H           ;MCU 进入掉电模式
            NOP                         ;掉电唤醒后不会进入中断服务程序,
            NOP
            NOP
            NOP
LOOP:
            CPL     P1.1
            JMP     LOOP

            END
```

6.7.10 使用 I2C 的 SDA 脚唤醒 MCU 省电模式



C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void i2c_isr() interrupt 24
{
    P_SW2 |= 0x80;
    I2CSLST &= ~0x40;
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x00;                                   //SDA/P1.4 下降沿唤醒
//  P_SW2 = 0x10;                                   //SDA_2/P2.4 下降沿唤醒
//  P_SW2 = 0x30;                                   //SDA_4/P3.3 下降沿唤醒
    P_SW2 |= 0x80;
    I2CCFG = 0x80;                                  //使能 I2C 模块的从机模式
    I2CSLCR = 0x40;                                 //使能起始信号中断
    EA = 1;

    PCON = 0x02;                                    //MCU 进入掉电模式
    _nop_();                                        //掉电唤醒后不会进入中断服务程序
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();

    while (1)
    {
        P11 = ~P11;
    }
```

```
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         00C3H
            LJMP        I2CISR

            ORG         0100H
I2CISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        DPH
            PUSH        DPL
            ORL         PSW2,#80H
            MOV         WR6,#WORD0 I2CSLST
            MOV         WR4,#WORD2 I2CSLST
            MOV         R11,@DR4
            ANL         A,#NOT 40H
            MOV         @DR4,R11
            POP         DPL
            POP         DPH
            POP         ACC
            RETI

MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            MOV         P_SW2,#00H          ;SDA/P1.4 下降沿唤醒
//          MOV         P_SW2,#10H          ;SDA_2/P2.4 下降沿唤醒
//          MOV         P_SW2,#30H          ;SDA_4/P3.3 下降沿唤醒
            ORL         P_SW2,#80H
            MOV         A,#80H
            MOV         WR6,#WORD0 I2CCFG
            MOV         WR4,#WORD2 I2CCFG
            MOV         @DR4,R11            ;使能 I2C 模块的从机模式
            MOV         A,#40H
            MOV         WR6,#WORD0 I2CSLCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CSLCR
            MOV         @DR4,R11            ;使能起始信号中断
            SETB        EA

            MOV         PCON,#02H           ;MCU 进入掉电模式
```

```
        NOP                             ;掉电唤醒后不会进入中断服务程序,
        NOP
        NOP
        NOP
LOOP:
        CPL     P1.1
        JMP     LOOP

        END
```

6.7.11 使用掉电唤醒定时器唤醒省电模式

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    WKTCL = 0xff;                   //设定掉电唤醒时钟约为1 秒钟
    WKTCH = 0x87;

    while (1)
    {
        _nop_();
        _nop_();
        PCON = 0x02;                //MCU 进入掉电模式
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        P11 = ~P11;
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
```

```
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     WKTCL,#0FFH         ;设定掉电唤醒时钟约为1 秒钟
        MOV     WKTCH,#87H

LOOP:
        NOP
        NOP
        MOV     PCON,#02H           ;MCU 进入掉电模式
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        CPL     P1.1
        JMP     LOOP

        END
```

6.7.12 LVD 中断唤醒省电模式，建议配合使用掉电唤醒定时器

时钟停振省电模式下，不建议启动 LVD 和比较器，否则硬件系统还会自动启动内部 1.19V 的高精准参考源，这个高精准参考源有有相应的抗温漂和调校线路，大约会额外增加 300uA 的耗电，而 MCU 进入时钟停振模式后，3.3V 工作电压时只耗约 0.4uA 的电流，所以进入时钟停振模式时不建议开 LVD 和比较器。如果确实需要用，建议开启掉电唤醒定时器，掉电唤醒定时器只会增加约 1.4uA 的耗电，这个耗电一般系统是可以接受的。让掉电唤醒定时器每 5 秒唤醒一次 MCU，唤醒后可用 LVD、比较器、ADC 检测外部电池电压，检测工作约耗时 1mS 后再进入时钟停振/省电模式，这样增加的平均电流小于 1uA，则整体功耗大约为 2.8uA（0.4uA + 1.4uA + 1uA）。

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define   ENLVR     0x40        //RSTCFG.6
#define   LVD2V0    0x00        //LVD@2.0V
#define   LVD2V4    0x01        //LVD@2.4V
#define   LVD2V7    0x02        //LVD@2.7V
```

```
#define     LVD3V0          0x03                    //LVD@3.0V

#define     LVDF            0x20                    //PCON.5

void LVD_Isr() interrupt 6
{
    PCON &= ~LVDF;                                  //清中断标志
    P10 = !P10;                                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    PCON &= ~LVDF;                                  //上电需要清中断标志
    RSTCFG = LVD3V0;                                //设置 LVD 电压为 3.0V
    ELVD = 1;                                       //使能 LVD 中断
    EA = 1;

    PCON = 0x02;                                    //MCU 进入掉电模式
    _nop_();                                        //掉电唤醒后立即进入中断服务程序
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();

    while (1)
    {
        P11 = ~P11;
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ENLVR       EQU     40H         ;RSTCFG.6
LVD2V0      EQU     00H         ;LVD@2.0V
LVD2V4      EQU     01H         ;LVD@2.4V
LVD2V7      EQU     02H         ;LVD@2.7V
LVD3V0      EQU     03H         ;LVD@3.0V

LVDF        EQU     20H         ;PCON.5

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0033H
```

```
        LJMP    LVDISR

        ORG     0100H
LVDISR:
        ANL     PCON,#NOT LVDF      ;清中断标志
        CPL     P1.0                ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        ANL     PCON,#NOT LVDF      ;上电需要清中断标志
        MOV     RSTCFG,#LVD3V0      ;设置 LVD 电压为 3.0V
        SETB    ELVD                ;使能 LVD 中断
        SETB    EA

        MOV     PCON,#02H           ;MCU 进入掉电模式
        NOP                         ;掉电唤醒后立即进入中断服务程序
        NOP
        NOP
        NOP
LOOP:
        CPL     P1.1
        JMP     LOOP

        END
```

6.7.13 比较器中断唤醒省电模式，建议配合使用掉电唤醒定时器

时钟停振省电模式下，不建议启动 LVD 和比较器，否则硬件系统还会自动启动内部 1.19V 的高精准参考源，这个高精准参考源有有相应的抗温漂和调校线路，大约会额外增加 300uA 的耗电，而 MCU 进入时钟停振模式后，3.3V 工作电压时只耗约 0.4uA 的电流，所以进入时钟停振模式时不建议开 LVD 和比较器。如果确实需要用，建议开启掉电唤醒定时器，掉电唤醒定时器只会增加约 1.4uA 的耗电，这个耗电一般系统是可以接受的。让掉电唤醒定时器每 5 秒唤醒一次 MCU，唤醒后可用 LVD、比较器、ADC 检测外部电池电压，检测工作约耗时 1mS 后再进入时钟停振/省电模式，这样增加的平均电流小于 1uA，则整体功耗大约为 2.8uA（0.4uA + 1.4uA + 1uA）。

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"
```

```
void CMP_Isr() interrupt 21
{
    CMPCR1 &= ~0x40;                    //清中断标志
    P10 = !P10;                         //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    CMPCR2 = 0x00;
    CMPCR1 = 0x80;                      //使能比较器模块
    CMPCR1 |= 0x30;                     //使能比较器边沿中断
    CMPCR1 &= ~0x08;                    //P3.7 为 CMP+输入脚
    CMPCR1 &= ~0x04;                    //内部参考电压为 CMP-输入脚
//  CMPCR1 |= 0x04;                     //P3.6 为 CMP-输入脚
    CMPCR1 |= 0x02;                     //使能比较器输出
    EA = 1;

    PCON = 0x02;                        //MCU 进入掉电模式
    _nop_();                            //掉电唤醒后立即进入中断服务程序
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();

    while (1)
    {
        P11 = ~P11;
    }
}
```

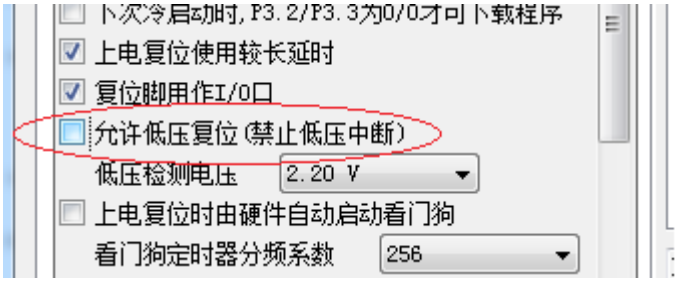
汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     00ABH
        LJMP    CMPISR

        ORG     0100H
CMPISR:
        ANL     CMPCR1,#NOT 40H ;清中断标志
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI
```

```
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     CMPCR2,#00H
        MOV     CMPCR1,#80H         ;使能比较器模块
        ORL     CMPCR1,#30H         ;使能比较器边沿中断
        ANL     CMPCR1,#NOT 08H     ;P3.7 为 CMP+输入脚
        ANL     CMPCR1,#NOT 04H     ;内部参考电压为 CMP-输入脚
;       ORL     CMPCR1,#04H         ;P3.6 为 CMP-输入脚
        ORL     CMPCR1,#02H         ;使能比较器输出
        SETB    EA

        MOV     PCON,#02H           ;MCU 进入掉电模式
        NOP                         ;掉电唤醒后立即进入中断服务程序
        NOP
        NOP
        NOP

LOOP:
        CPL     P1.1
        JMP     LOOP

        END
```

6.7.14 使用 LVD 功能检测工作电压（电池电压）

若需要使用 LVD 功能检测电池电压，则在 ISP 下载时需要将低压复位功能去掉，如下图 “允许低压复位（禁止低压中断）”的硬件选项的勾选项需要去掉



C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"
```

```
#define FOSC            11059200UL
#define T1MS            (65536 - FOSC/4/100)

#define     LVD2V0          0x00                //LVD@2.0V
#define     LVD2V4          0x01                //LVD@2.4V
#define     LVD2V7          0x02                //LVD@2.7V
#define     LVD3V0          0x03                //LVD@3.0V

#define     LVDF            0x20                //PCON.5

void delay()
{
    int i;

    for (i=0; i<100; i++)
    {
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
    }
}

void main()
{
    unsigned char power;

    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    PCON &= ~LVDF;
    RSTCFG = LVD3V0;

    while (1)
    {
        power = 0x0f;

        RSTCFG = LVD3V0;
        delay();
        PCON &= ~LVDF;
        delay();
        if (PCON & LVDF)
        {
            power >>= 1;
            RSTCFG = LVD2V7;
            delay();
            PCON &= ~LVDF;
            delay();
```

```
            if (PCON & LVDF)
            {
                power >>= 1;
                RSTCFG = LVD2V4;
                delay();
                PCON &= ~LVDF;
                delay();
                if (PCON & LVDF)
                {
                    power >>= 1;
                    RSTCFG = LVD2V0;
                    delay();
                    PCON &= ~LVDF;
                    delay();
                    if (PCON & LVDF)
                    {
                        power >>= 1;
                    }
                }
            }
        }
        RSTCFG = LVD3V0;
        P2 = ~power;    //P2.3~P2.0 显示电池电量
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

LVD2V0      EQU     00H             ;LVD@2.0V
LVD2V4      EQU     01H             ;LVD@2.4V
LVD2V7      EQU     02H             ;LVD@2.7V
LVD3V0      EQU     03H             ;LVD@3.0V

LVDF        EQU     20H             ;PCON.5

            ORG     0000H
            JMP     MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H
```

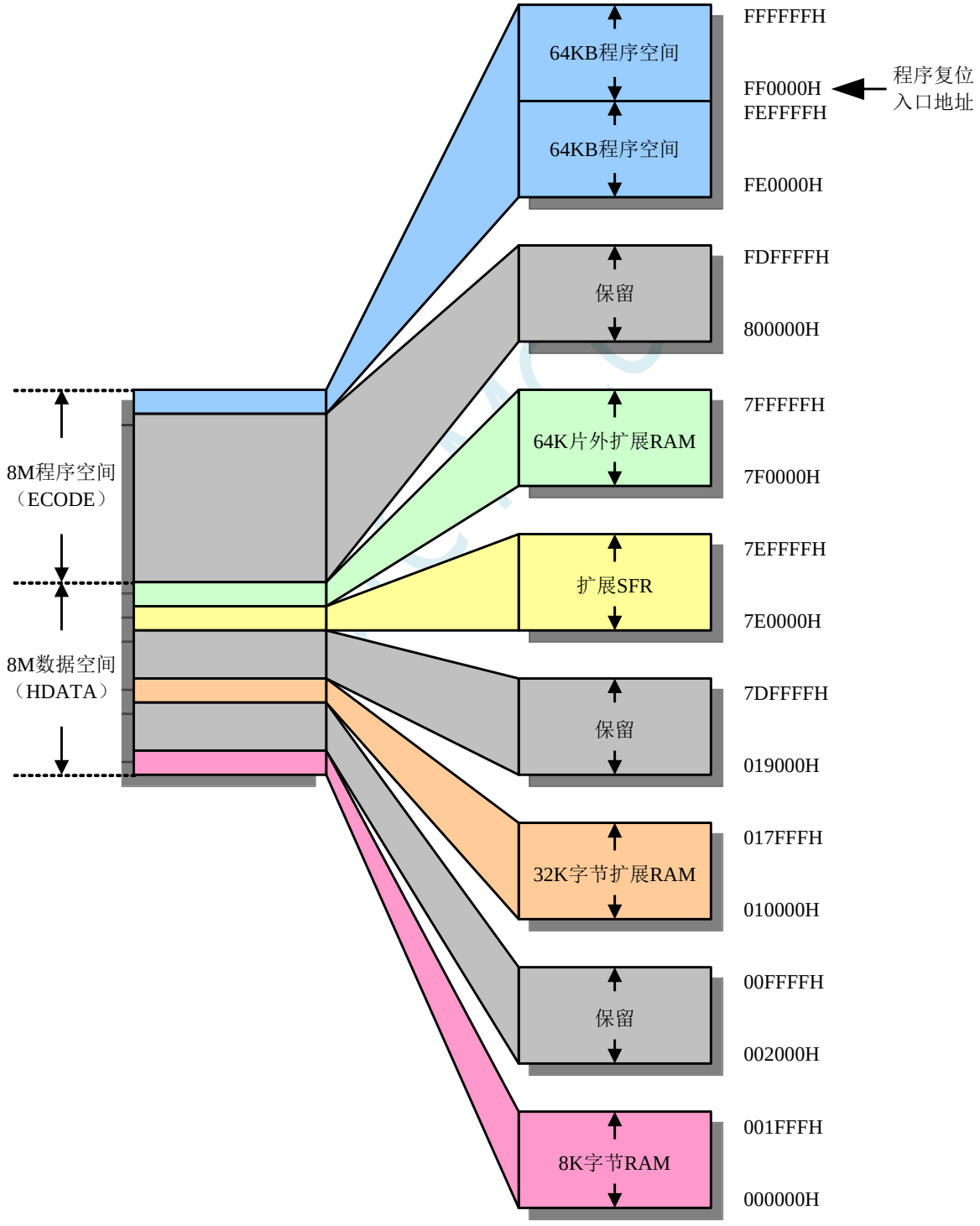
```
        ANL     PCON,#NOT LVDF
        MOV     RSTCFG,#LVD3V0
LOOP:
        MOV     B,#0FH

        MOV     RSTCFG,#LVD3V0
        CALL    DELAY
        ANL     PCON,#NOT LVDF
        CALL    DELAY
        MOV     A,PCON
        ANL     A,#LVDF
        JZ      SKIP
        MOV     A,B
        CLR     C
        RRC     A
        MOV     B,A

        MOV     RSTCFG,#LVD2V7
        CALL    DELAY
        ANL     PCON,#NOT LVDF
        CALL    DELAY
        MOV     A,PCON
        ANL     A,#LVDF
        JZ      SKIP
        MOV     A,B
        CLR     C
        RRC     A
        MOV     B,A

        MOV     RSTCFG,#LVD2V4
        CALL    DELAY
        ANL     PCON,#NOT LVDF
        CALL    DELAY
        MOV     A,PCON
        ANL     A,#LVDF
        JZ      SKIP
        MOV     A,B
        CLR     C
        RRC     A
        MOV     B,A

        MOV     RSTCFG,#LVD2V0
        CALL    DELAY
        ANL     PCON,#NOT LVDF
        CALL    DELAY
        MOV     A,PCON
        ANL     A,#LVDF
        JZ      SKIP
        MOV     A,B
        CLR     C
        RRC     A
        MOV     B,A

SKIP:
        MOV     A,B
        CPL     A
        MOV     P2,A                ;P2.3~P2.0 显示电池电量
        JMP     LOOP
```

```
DELAY:
        MOV     R0,#100
NEXT:
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ    R0,NEXT
        RET

        END
```

7 存储器

STC16F 系列单片机的程序存储器和数据存储器是统一编址的。STC16F 系列单片机提供 24 位寻址空间，最多能够访问 16M 的存储器。由于没有提供访问外部程序存储器的总线，所有单片机的所有程序存储器都是片上 Flash 存储器，不能访问外部程序存储器。

STC16F 系列单片机内部集成了大容量的数据存储器。STC16F 系列单片机内部的数据存储器在物理和逻辑上都分为两个地址空间:内部 RAM 和内部扩展 RAM。

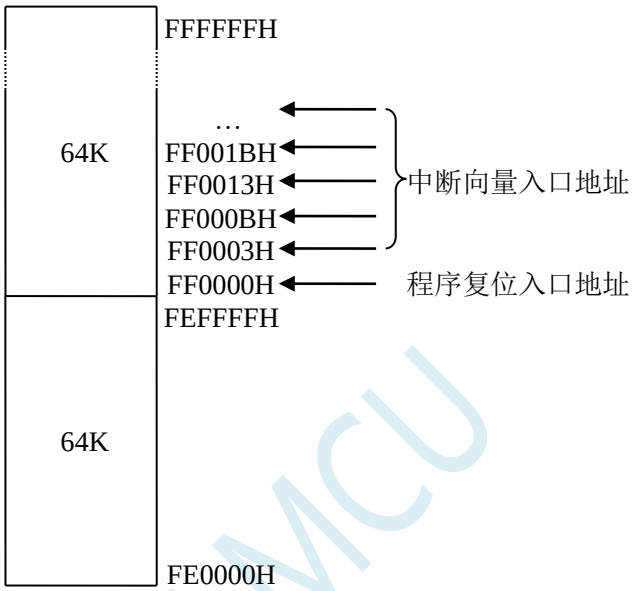


7.1 程序存储器

程序存储器用于存放用户程序、数据以及表格等信息。

STC16F40K128 系列单片内部集成了 128K 字节的 Flash 程序存储器（ROM）。地址范围位于 16M 寻址空间中的 FE0000H～FFFFFFH。

第一次送样芯片可使用的程序存储器空间只有 120K，前 60K（FE0000H-FEEFFFH），后 60K（FF0000H-FFEFFFH）。



单片机复位后，程序计数器(PC)的内容为 FF0000H，从 FF0000H 单元开始执行程序。另外中断服务程序的入口地址(又称中断向量)也位于程序存储器单元。在程序存储器中，每个中断都有一个固定的入口地址，当中断发生并得到响应后，单片机就会自动跳转到相应的中断入口地址去执行程序。外部中断 0（INT0）的中断服务程序的入口地址是 FF0003H，定时器/计数器 0（TIMER0）中断服务程序的入口地址是 FF000BH，外部中断 1（INT1）的中断服务程序的入口地址是 FF0013H，定时器/计数器 1（TIMER1）的中断服务程序的入口地址是 FF001BH 等。更多的中断服务程序的入口地址(中断向量)请参考中断介绍章节。

由于相邻中断入口地址的间隔区间仅仅有 8 个字节，一般情况下无法保存完整的中断服务程序，因此在中断响应的地址区域存放一条无条件转移指令，指向真正存放中断服务程序的空间去执行。

~~STC16F 系列单片机中都包含有 Flash 数据存储器（EEPROM）。以字节为单位进行读/写数据，以 512 字节为页单位进行擦除，可在线反复编程擦写 10 万次以上，提高了使用的灵活性和方便性。(暂不支持)~~

7.2 数据存储器

STC16F 系列单片机内部集成的 RAM 可用于存放程序执行的中间结果和过程数据。

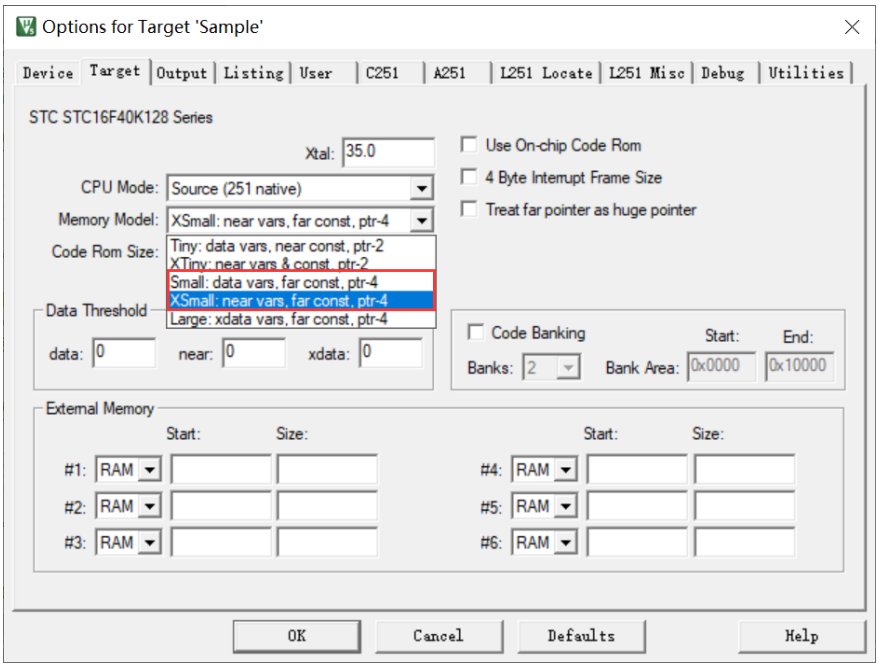
单片机系列	内部 RAM （EDATA）	内部扩展 RAM （XDATA）
STC16F40K128 系列	8K 字节	32K 字节

EDATA：单时钟周期存取，访问速度快，可做堆栈使用，成本高；

XDATA：存取需要 3 个时钟周期，访问速度慢，寻址空间可达 8M，成本低。

Keil 选项 Memory Model 设置：

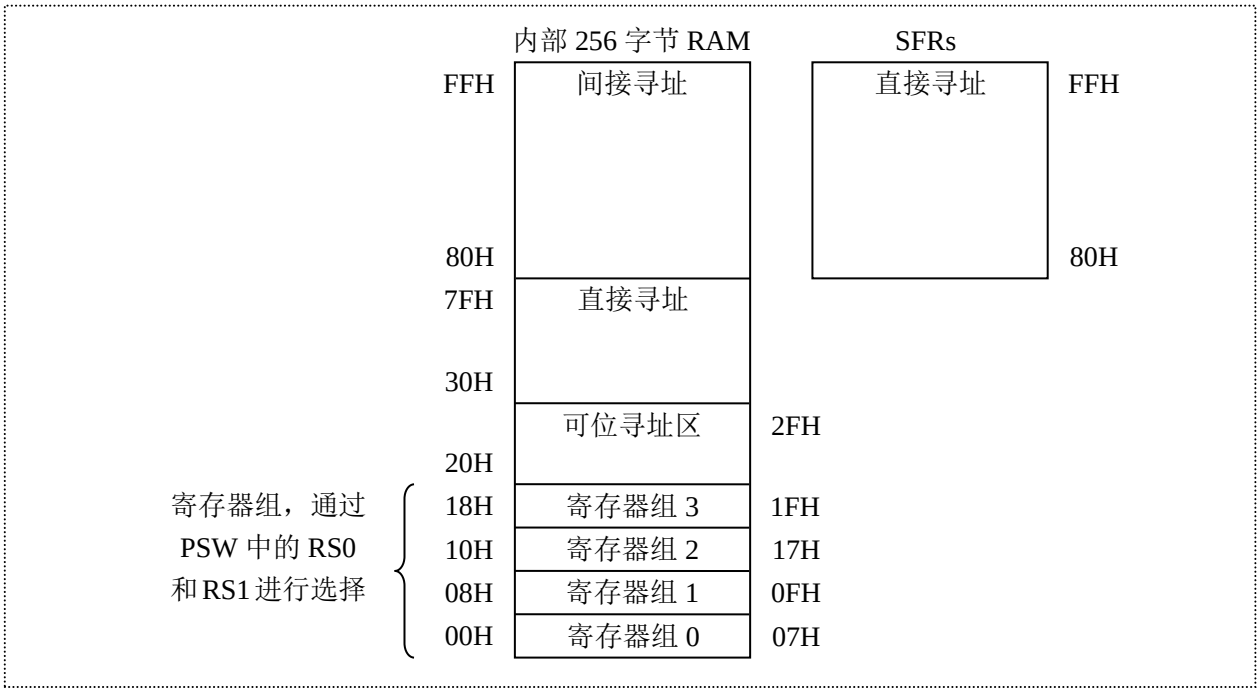
推荐设置为“Small”或者“XSmall”模式，这两种模式默认将变量定义在内部 RAM(edata)，单时钟周期存取，访问速度快；不推荐使用“Large”模式，该模式默认将变量定义在内部扩展 RAM(xdata)里面，存取需要 3 个时钟周期，访问速度慢：



7.2.1 内部 RAM

内部 RAM 共 8K 字节，8K 字节低端的 256 字节与 8051 的 256 字节 DATA 完全兼容，可分为 2 个部分：低 128 字节 RAM 和高 128 字节 RAM。低 128 字节的数据存储器与传统 8051 兼容，既可直接寻址也可间接寻址。高 128 字节 RAM（在 8052 中扩展了高 128 字节 RAM）与特殊功能寄存器区共用相同的逻辑地址，都使用 80H~FFH，但在物理上是分别独立的，使用时通过不同的寻址方式加以区分。高 128 字节 RAM 只能间接寻址，特殊功能寄存器区只可直接寻址。

低端 256 字节 RAM 的结构如下图所示：


内部 256 字节 RAM
SFRs
FFH
间接寻址
直接寻址
FFH
80H
80H
7FH
直接寻址
30H
可位寻址区
2FH
20H
寄存器组，通过
PSW 中的 RS0
和RS1进行选择
18H
寄存器组 3
1FH
10H
寄存器组 2
17H
08H
寄存器组 1
0FH
00H
寄存器组 0
07H

7.2.2 程序状态寄存器（PSW）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PSW	D0H	CY	AC	F0	**RS1**	**RS0**	OV	-	P

RS1，RS0：工作寄存器选择位

RS1	RS0	工作寄存器组（R0~R7）
0	0	第 0 组（00H～07H）
0	1	第 1 组（08H～0FH）
1	0	第 2 组（10H～17H）
1	1	第 3 组（18H～1FH）

可位寻址区的地址从 20H ~ 2FH 共 16 个字节单元。20H~2FH 单元既可像普通 RAM 单元一样按字节存取，也可以对单元中的任何一位单独存取，共 128 位，所对应的逻辑位地址范围是 00H~7FH。位地址范围是 00H~7FH，内部 RAM 低 128 字节的地址也是 00H~7FH，从外表看，二者地址是一样的，实际上二者具有本质的区别；位地址指向的是一个位，而字节地址指向的是一个字节单元，在程序中使用不同的指令区分。

内部 RAM 中的 30H~FFH 单元是用户 RAM 和堆栈区。一个 8 位的堆栈指针(SP)，用于指向堆栈区。单片机复位后，堆栈指针 SP 为 07H，指向了工作寄存器组 0 中的 R7，因此，用户初始化程序都应对 SP 设置初值，一般设置在 80H 以后的单元为宜。

堆栈指针是一个 8 位专用寄存器。它指示出堆栈顶部在内部 RAM 块中的位置。系统复位后，SP 初始化位 07H，使得堆栈事实上由 08H 单元开始，考虑 08H~1FH 单元分别属于工作寄存器组 1~3，若在程序设计中用到这些区，则最好把 SP 值改变为 80H 或更大的值为宜。STC16F 系列单片机的堆栈是向上生长的，即将数据压入堆栈后，SP 内容增大，且堆栈可提高到 32K。

7.2.3 内部扩展 RAM

STC16F 系列单片机片内除了集成 32K 字节的扩展 RAM。访问内部扩展 RAM 的方法和传统 8051 单片机访问外部扩展 RAM 的方法相同，但是不影响 P0 口(数据总线和高八位地址总线)、P2 口(低八位地址总线)、以及 RD、WR 和 ALE 等端口上的信号。

在汇编语言中，内部扩展 RAM 通过 MOVX 指令访问，

```
MOVX    A,@DPTR
MOVX    @DPTR,A
MOVX    A,@Ri
MOVX    @Ri,A
```

在 C 语言中，可使用 xdata/pdata 声明存储类型即可。如：

```
unsigned char xdata i;
unsigned int pdata j;
```

注：pdata 即为 xdata 的低 256 字节，在 C 语言中定义变量为 pdata 类型后，编译器会自动将变量分配在 XDATA 的 0000H~00FFH 区域，并使用 MOVX @Ri,A 和 MOVX A@Ri 进行访问。

使用 MOVX A,@Ri 和 MOVX @Ri,A 时，XRAM[23:16]地址由 MXAX 设置，XRAM[15:8]由 P2 口设置，XRAM[7:0]由 Ri 设置，由于 STC16 的 XRAM 地址范围为 0x10000~0x17FFF，所以 STC16 使用 pdata 定义变量时，需要设置 MXAX = 0x01（上电默认值），P2 = 0x00~0x7F。

xdata 使用注意：

定义变量时可将单字节变量定义在 xdata 里面，多字节（2 字节、4 字节）变量需要定义在 edata 里面。后续版本会取消这种使用限制。

单片机内部扩展 RAM 是否可以访问，受辅助寄存器 AUXR 中的 EXTRAM 位控制。

7.2.4 辅助寄存器（AUXR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AUXR	8EH	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/T	T2x12	**EXTRAM**	S1ST2

EXTRAM：扩展 RAM 访问控制

0：访问内部扩展 RAM。

1：内部扩展 RAM 被禁用。

7.2.5 外部扩展 RAM，XRAM，XDATA

STC16 系列单片机具有扩展 64KB 外部数据存储器的能力。访问外部数据存储器期间，WR/RD/ALE 信号要有效。STC16 系列单片机控制外部 64K 字节数据总线速度的特殊功能寄存器 BUS_SPEED，说明如下：

7.2.6 总线速度控制寄存器（BUS_SPEED）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
BUS_SPEED	BFH	RW_S[1:0]					SPEED[2:0]		

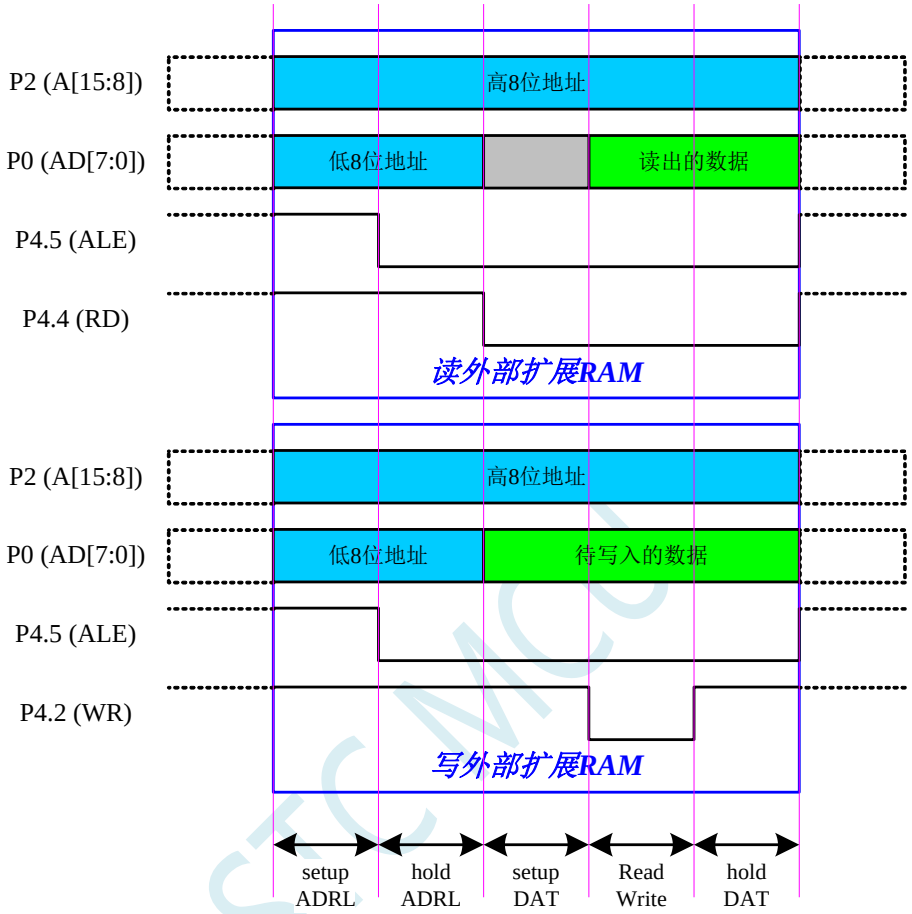
RW_S[1:0]：RD/WR 控制线选择位

00：P4.4 为 RD，P4.2 为 WR

x1：保留

SPEED[2:0]：总线读写速度控制（读写数据时控制信号和数据信号的准备时间和保持时间）

读写外部扩展 RAM 时序如下图所示：



8 特殊功能寄存器

8.1 STC16F40K128 系列

	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F
F8H	P7	P3M1	P3M0	P4M1	P4M0	WDTCR	IP2	RSTCFG
F0H	B	P0M1	P0M0	P1M1	P1M0	P2M1	P2M0	IAPTPS
E8H	P6		MXAX	TA	P5M1	P5M0	P6M1	P6M0
E0H	ACC	SADDR	SADEN	S2CON	S2BUF	S3CON	S3BUF	IE2
D8H			AUXINTIF	T4T3M	ADC_CONTR	ADC_RES	ADC_RESL	ADCCFG
D0H	PSW	PSW1	P7M1	P7M0				
C8H	P5	T4H	T4L	T3H	T3L	T2H	T2L	
C0H	P4		IAP_DATA	IAP_ADDRH	IAP_ADDRL	IAP_CMD	IAP_TRIG	IAP_CONTR
B8H	IP	SPSTAT	SPCTL	SPDAT	S4CON	S4BUF	SPH	
B0H	P3	LINICR	LINAR	LINDR	CMPCR1	CMPCR2	IP2H	IPH
A8H	IE	IRCBAND	WKTCL	WKTCH				
A0H	P2	CANICR	CANAR	CANDR				
98H	SCON	SBUF	P_SW1	P_SW2			LIRTRIM	IRTRIM
90H	P1	USBCON	WTST	AUXR	AUXR2	INTCLKO	USBADR	USBDAT
88H	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1	CKCON	DMAIR
80H	P0	SP	DPL	DPH	DPXL	USBCLK	DPS	PCON

	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F
7EFCF0H	MD3	MD2	MD1	MD0	MD5	MD4	ARCON	OPCON
7EFEF8H	PWMB_CCR2L	PWMB_CCR3H	PWMB_CCR3L	PWMB_CCR4H	PWMB_CCR4L	PWMB_BKR	PWMB_DTR	PWMB_OISR
7EFEF0H	PWMB_PSCRH	PWMB_PSCRL	PWMB_ARRH	PWMB_ARRL	PWMB_RCR	PWMB_CCR1H	PWMB_CCR1L	PWMB_CCR2H
7EFEE8H	PWMB_CCMR1	PWMB_CCMR2	PWMB_CCMR3	PWMB_CCMR4	PWMB_CCER1	PWMB_CCER2	PWMB_CNTRH	PWMB_CNTRL
7EFEE0H	PWMB_CR1	PWMB_CR2	PWMB_SMCR	PWMB_ETR	PWMB_IER	PWMB_SR1	PWMB_SR2	PWMB_EGR
7EFED8H	PWMA_CCR2L	PWMA_CCR3H	PWMA_CCR3L	PWMA_CCR4H	PWMA_CCR4L	PWMA_BKR	PWMA_DTR	PWMA_OISR
7EFED0H	PWMA_PSCRH	PWMA_PSCRL	PWMA_ARRH	PWMA_ARRL	PWMA_RCR	PWMA_CCR1H	PWMA_CCR1L	PWMA_CCR2H
7EFEC8H	PWMA_CCMR1	PWMA_CCMR2	PWMA_CCMR3	PWMA_CCMR4	PWMA_CCER1	PWMA_CCER2	PWMA_CNTRH	PWMA_CNTRL
7EFEC0H	PWMA_CR1	PWMA_CR2	PWMA_SMCR	PWMA_ETR	PWMA_IER	PWMA_SR1	PWMA_SR2	PWMA_EGR
7EFEB0H	PWMA_ETRPS	PWMA_ENO	PWMA_PS	PWMA_IOAUX	PWMB_ETRPS	PWMB_ENO	PWMB_PS	PWMB_IOAUX
7EFEA8H				ADCTIM	T3T4PIN			
7EFEA0H			TM2PS	TM3PS	TM4PS			
7EFE88H	I2CMSAUX							
7EFE80H	I2CCFG	I2CMSCR	I2CMSST	I2CSLCR	I2CSLST	I2CSLADR	I2CTxD	I2CRxD
7EFE30H	P0IE	P1IE						
7EFE28H	P0DR	P1DR	P2DR	P3DR	P4DR	P5DR	P6DR	P7DR
7EFE20H	P0SR	P1SR	P2SR	P3SR	P4SR	P5SR	P6SR	P7SR
7EFE18H	P0NCS	P1NCS	P2NCS	P3NCS	P4NCS	P5NCS	P6NCS	P7NCS
7EFE10H	P0PU	P1PU	P2PU	P3PU	P4PU	P5PU	P6PU	P7PU
7EFE08H	IRC48MCR	IRC48ATRIM	ITR48BTRIM	IRCDB				
7EFE00H	CKSEL	CLKDIV	IRC24MCR	XOSCCR	IRC32KCR	PLLCR	USBCON1	MCLKOCR

8.2 特殊功能寄存器列表

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
P0	P0 端口	80H									1111,1111
SP	堆栈指针	81H									0000,0111
DPL	数据指针（低字节）	82H									0000,0000
DPH	数据指针（高字节）	83H									0000,0000
DPXL	数据指针（最高字节）	84H									0000,0000
USBCLK	USB 时钟控制寄存器	85H	ENCKM	PCKI[1:0]		CRE	TST_USB	TST_PHY	PHYTST[1:0]		0010,0000
DPS	DPTR 指针选择器	86H	ID1	ID0	TSL	AU1	AU0	-	-	SEL	0000,0xx0
PCON	电源控制寄存器	87H	SMOD	SMOD0	LVDF	POF	GF1	GF0	PD	IDL	0011,0000
TCON	定时器控制寄存器	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	0000,0000
TMOD	定时器模式寄存器	89H	GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0	0000,0000
TL0	定时器 0 低 8 位寄存器	8AH									0000,0000
TL1	定时器 1 低 8 位寄存器	8BH									0000,0000
TH0	定时器 0 高 8 位寄存器	8CH									0000,0000
TH1	定时器 1 高 8 位寄存器	8DH									0000,0000
CKCON	XRAM 控制寄存器	8EH	-	-	-	T1M	T0M	CKCON[2:0]			0000,0000
DMAIR	FMU DMA 指令寄存器	8FH									0000,0000
P1	P1 端口	90H									1111,1111
USBCON	USB 控制寄存器	91H	ENUSB	USBRST	PS2M	PUEN	PDEN	DFREC	DP	DM	0000,0000
WTST	程序读取控制寄存器	92H									0000,0111
AUXR	辅助寄存器 1	93H	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/T	T2x12	EXTRAM	S1ST2	0000,0001
AUXR2	辅助寄存器 2	94H	-	P40ADR	ADIBF	TXLNRX	-	-	CANEN	LINEN	0000,0000
INTCLKO	中断与时钟输出控制寄存器	95H	-	EX4	EX3	EX2	-	T2CLKO	T1CLKO	T0CLKO	x000,x000
USBADR	USB 地址寄存器	96H	BUSY	AUTORD	UADR[5:0]						0000,0000
USBDAT	USB 数据寄存器	97H									0000,0000
SCON	串口 1 控制寄存器	98H	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	0000,0000
SBUF	串口 1 数据寄存器	99H									0000,0000
P_SW1	外设端口切换寄存器 1	9AH	S1_S[1:0]		CAN_S[1:0]		SPI_S[1:0]		LIN_S[1:0]		nn00,000x
P_SW2	外设端口切换寄存器 2	9BH	EAXFR	-	I2C_S[1:0]		CMPO_S	S4_S	S3_S	S2_S	0x00,0000
LIRTRIM	IRC 频率微调寄存器	9EH	-	-	-	-	-	-	LIRTRIM[1:0]		0000,00nn
IRTRIM	IRC 频率调整寄存器	9FH	IRTRIM[7:0]								nnnn,nnnn
P2	P2 端口	A0H									1111,1111
CANICR	CANBUS 中断控制寄存器	A1H	-	-	-	-	PCANH	CANIF	ECAN	PCANL	0000,0000
CANAR	CANBUS 地址寄存器	A2H									0000,0000
CANDR	CANBUS 数据寄存器	A3H									0000,0000
IE	中断允许寄存器	A8H	EA	ELVD	EADC	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	0000,0000
IRCBAND	IRC 频段选择检测	A9H	-	-	-	-	-	-	-	SEL	xxxx,xxxn
WKTCL	掉电唤醒定时器低字节	AAH									1111,1111
WKTCH	掉电唤醒定时器高字节	ABH	WKTEN								0111,1111
P3	P3 端口	B0H									1111,1111

LINICR	LINBUS 中断控制寄存器	B1H					PLINH	LINIF	ELIN	PLINL	0000,0000
LINAR	LINBUS 地址寄存器	B2H									0000,0000
LINDR	LINBUS 数据寄存器	B3H									0000,0000
CMPCR1	比较器控制寄存器 1	B4H	CMPEN	CMPIF	PIE	NIE	PIS	NIS	CMPOE	CMPRES	0000,0000
CMPCR2	比较器控制寄存器 2	B5H	INVCMPO	DISFLT	LCDTY[5:0]						0000,0000
IP2H	高中断优先级控制寄存器 2	B6H		PI2CH	PCMPH	PX4H	PPWMB	PUSBH	PSPIH	PS2H	0000,0000
IPH	高中断优先级控制寄存器	B7H	PPWMAH	PLVDH	PADCH	PSH	PT1H	PX1H	PT0H	PX0H	x000,0000
IP	中断优先级控制寄存器	B8H	PPWMA	PLVD	PADC	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	x000,0000
SPSTAT	SPI 状态寄存器	B9H	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
SPCTL	SPI 控制寄存器	BAH	SSIG	SPEN	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR[1:0]		0000,0100
SPDAT	SPI 数据寄存器	BBH									0000,0000
S4CON	串口 4 控制寄存器	BCH	S4SM0	S4ST4	S4SM2	S4REN	S4TB8	S4RB8	S4TI	S4RI	0000,0000
S4BUF	串口 4 数据寄存器	BDH									0000,0000
SPH	堆栈指针高字节	BEH									0000,0000
BUS_SPEED	总线速度控制寄存器	BFH	RW_S[1:0]		-	-	-	SPEED[2:0]			00xx,x000
P4	P4 端口	C0H									1111,1111
IAP_DATA	IAP 数据寄存器	C2H									1111,1111
IAP_ADDRH	IAP 高地址寄存器	C3H									0000,0000
IAP_ADDRL	IAP 低地址寄存器	C4H									0000,0000
IAP_CMD	IAP 命令寄存器	C5H	-	-	-	-	-	-	CMD[1:0]		xxxx,xx00
IAP_TRIG	IAP 触发寄存器	C6H									0000,0000
IAP_CONTR	IAP 控制寄存器	C7H	IAPEN	SWBS	SWRST	CMD_FAIL	-	-	-	-	0000,xxxx
P5	P5 端口	C8H	-	-	-						xxx1,1111
T4H	定时器 4 高字节	C9H									0000,0000
T4L	定时器 4 低字节	CAH									0000,0000
T3H	定时器 3 高字节	CBH									0000,0000
T3L	定时器 3 低字节	CCH									0000,0000
T2H	定时器 2 高字节	CDH									0000,0000
T2L	定时器 2 低字节	CEH									0000,0000
PSW	程序状态字寄存器	D0H	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P	0000,00x0
PSW1	程序状态字 1 寄存器	D1H	CY	AC	N	RS1	RS0	OV	Z		0000,000x
P7M1	P7 口配置寄存器 1	D2H									1111,1111
P7M0	P7 口配置寄存器 0	D3H									0000,0000
AUXINTIF	扩展外部中断标志寄存器	DAH	-	INT4IF	INT3IF	INT2IF	-	T4IF	T3IF	T2IF	x000,x000
T4T3M	定时器 4/3 控制寄存器	DBH	T4R	T4_C/T	T4x12	T4CLKO	T3R	T3_C/T	T3x12	T3CLKO	0000,0000
ADC_CONTR	ADC 控制寄存器	DCH	ADC_POWER	ADC_START	ADC_FLAG	-	ADC_CHS[3:0]				000x,0000
ADC_RES	ADC 转换结果高位寄存器	DDH									0000,0000
ADC_RESL	ADC 转换结果低位寄存器	DEH									0000,0000
ADCCFG	ADC 配置寄存器	DFH	-	-	RESFMT	-	SPEED[3:0]				xx0x,0000
ACC	累加器	E0H									0000,0000
SADDR	串口 1 从机地址寄存器	E1H									0000,0000
SADEN	串口 1 从机地址屏蔽寄存器	E2H									0000,0000
S2CON	串口 2 控制寄存器	E3H	S2SM0	-	S2SM2	S2REN	S2TB8	S2RB8	S2TI	S2RI	0100,0000
S2BUF	串口 2 数据寄存器	E4H									0000,0000

S3CON	串口 3 控制寄存器	E5H	S3SM0	S3ST4	S3SM2	S3REN	S3TB8	S3RB8	S3TI	S3RI	0000,0000
S3BUF	串口 3 数据寄存器	E6H									0000,0000
IE2	中断允许寄存器 2	E7H	-	ET4	ET3	ES4	ES3	ET2	ESPI	ES2	x000,0000
P6	P6 端口	E8H									1111,1111
MXAX	MOVX 扩展地址寄存器	EAH									0000,0001
TA	DPTR 时序控制寄存器	EBH									0000,0000
P5M1	P5 口配置寄存器 1	ECH	-	-	-						xxx1,1111
P5M0	P5 口配置寄存器 0	EDH	-	-	-						xxx0,0000
P6M1	P6 口配置寄存器 1	EEH									1111,1111
P6M0	P6 口配置寄存器 0	EFH									0000,0000
B	B 寄存器	F0H									0000,0000
P0M1	P0 口配置寄存器 1	F1H									0000,0000
P0M0	P0 口配置寄存器 0	F2H									0000,0000
P1M1	P1 口配置寄存器 1	F3H									0000,0000
P1M0	P1 口配置寄存器 0	F4H									0000,0000
P2M1	P2 口配置寄存器 1	F5H									0000,0000
P2M0	P2 口配置寄存器 0	F6H									0000,0000
IAP_TPS	IAP 等待时间控制寄存器	F7H	-	-	IAPTPS[5:0]						xx00,0000
P7	P7 端口	F8H									1111,1111
P3M1	P3 口配置寄存器 1	F9H									n000,0000
P3M0	P3 口配置寄存器 0	FAH									n000,0000
P4M1	P4 口配置寄存器 1	FBH									0000,0000
P4M0	P4 口配置寄存器 0	FCH									0000,0000
WDT_CONTR	看门狗控制寄存器	FDH	WDT_FLAG	-	EN_WDT	CLR_WDT	IDL_WDT	WDT_PS[2:0]			0x00,0000
IP2	中断优先级控制寄存器 2	FEH	-	PI2C	PCMP	PX4	PPWMB	PPWMA	PSPI	PS2	0000,0000
RSTCFG	复位配置寄存器	FFH	-	ENLVR	-	P54RST	-	-	LVDS[1:0]		0000,0000

下列特殊功能寄存器为扩展 SFR，逻辑地址位于 XDATA 区域，访问前需要将 P_SW2 寄存器的最高位（EAXFR）置 1，然后使用 MOV @DRk, Rm 和 MOV Rm, @DRk 指令进行访问，例如：

```
MOV A,#00H
MOV WR6,#WORD0 CKSEL   ; CKSEL 可换为需要访问的寄存器
MOV WR4,#WORD2 CKSEL
MOV @DR4,R11
```

和

```
MOV WR6,#WORD0 CKSEL   ; CKSEL 可换为需要访问的寄存器
MOV WR4,#WORD2 CKSEL
MOV R11,@DR4
```

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
CKSEL	时钟选择寄存器	7EFE00H	-	-	-	-	-	-	MCKSEL[1:0]		xxxx,xx00

CLKDIV	时钟分频寄存器	7EFE01H									0000,0100
IRC24MCR	内部 24M 振荡器控制寄存器	7EFE02H	ENIRC24M	-	-	-	-	-	-	IRC24MST	1xxx,xxx0
XOSCCR	外部晶振控制寄存器	7EFE03H	ENXOSC	XITYPE	-	-	-	-	-	XOSCST	00xx,xxx0
IRC32KCR	内部 32K 振荡器控制寄存器	7EFE04H	ENIRC32K	-	-	-	-	-	-	IRC32KST	0xxx,xxx0
PLLCR	PLL 控制寄存器	7EFE05H	ENPLL	PLLSSEL[1:0]		PLLINCTL[1:0]		PLLTOMSEL[1:0]		PLLST	0000,0000
USBCON1	USB 控制寄存器 1	7EFE06H	ENLDO33	TRIMPLL[1:0]		TRIMLDO33[3:0]				-	0000,0000
MCLKOCR	主时钟输出控制寄存器	7EFE07H	MCLKO_S	MCLKODIV[6:0]							0000,0000
IRC48MCR	内部 48M 振荡器控制寄存器	7EFE08H	ENIRC48M	-	-	-	-	-	-	IRC48MST	1xxx,xxx0
IRC48ATRIM	48M 振荡器 TRIM 寄存器 A	7EFE09H				ATRIM[4:0]					0000,0000
IRC48BTRIM	48M 振荡器 TRIM 寄存器 B	7EFE0AH									0000,0000
IRCDB	内部高速振荡器去抖控制	7EFE0BH									1000,0000
P0PU	P0 口上拉电阻控制寄存器	7EFE10H									0000,0000
P1PU	P1 口上拉电阻控制寄存器	7EFE11H									0000,0000
P2PU	P2 口上拉电阻控制寄存器	7EFE12H									0000,0000
P3PU	P3 口上拉电阻控制寄存器	7EFE13H									0000,0000
P4PU	P4 口上拉电阻控制寄存器	7EFE14H									0000,0000
P5PU	P5 口上拉电阻控制寄存器	7EFE15H	-	-	-						xxx0,0000
P6PU	P6 口上拉电阻控制寄存器	7EFE16H									0000,0000
P7PU	P7 口上拉电阻控制寄存器	7EFE17H									0000,0000
P0NCS	P0 口施密特触发控制寄存器	7EFE18H									0000,0000
P1NCS	P1 口施密特触发控制寄存器	7EFE19H									0000,0000
P2NCS	P2 口施密特触发控制寄存器	7EFE1AH									0000,0000
P3NCS	P3 口施密特触发控制寄存器	7EFE1BH									0000,0000
P4NCS	P4 口施密特触发控制寄存器	7EFE1CH									0000,0000
P5NCS	P5 口施密特触发控制寄存器	7EFE1DH	-	-	-						xxx0,0000
P6NCS	P6 口施密特触发控制寄存器	7EFE1EH									0000,0000
P7NCS	P7 口施密特触发控制寄存器	7EFE1FH									0000,0000
P0SR	P0 口电平转换速率寄存器	7EFE20H									1111,1111
P1SR	P1 口电平转换速率寄存器	7EFE21H									1111,1111
P2SR	P2 口电平转换速率寄存器	7EFE22H									1111,1111
P3SR	P3 口电平转换速率寄存器	7EFE23H									1111,1111
P4SR	P4 口电平转换速率寄存器	7EFE24H									1111,1111
P5SR	P5 口电平转换速率寄存器	7EFE25H	-	-	-						xxx1,1111
P6SR	P6 口电平转换速率寄存器	7EFE26H									1111,1111
P7SR	P7 口电平转换速率寄存器	7EFE27H									1111,1111
P0DR	P0 口驱动电流控制寄存器	7EFE28H									1111,1111
P1DR	P1 口驱动电流控制寄存器	7EFE29H									1111,1111
P2DR	P2 口驱动电流控制寄存器	7EFE2AH									1111,1111
P3DR	P3 口驱动电流控制寄存器	7EFE2BH									1111,1111
P4DR	P4 口驱动电流控制寄存器	7EFE2CH									1111,1111
P5DR	P5 口驱动电流控制寄存器	7EFE2DH	-	-	-						xxx1,1111
P6DR	P6 口驱动电流控制寄存器	7EFE2EH									1111,1111
P7DR	P7 口驱动电流控制寄存器	7EFE2FH									1111,1111
P0IE	P0 口输入使能控制寄存器	7EFE30H									1111,1111

P1IE	P1 口输入使能控制寄存器	7EFE31H								1111,1111
P3IE	P3 口输入使能控制寄存器	7EFE33H								1111,1111
I2CCFG	I²C 配置寄存器	7EFE80H	ENI2C	MSSL	MSSPEED[6:1]					0000,0000
I2CMSCR	I²C 主机控制寄存器	7EFE81H	EMSI	-	-	-	MSCMD[3:0]			0xxx,0000
I2CMSST	I²C 主机状态寄存器	7EFE82H	MSBUSY	MSIF	-	-	-	-	MSACKI	MSACKO	00xx,xx00
I2CSLCR	I²C 从机控制寄存器	7EFE83H	-	ESTAI	ERXI	ETXI	ESTOI	-	-	SLRST	x000,0xx0
I2CSLST	I²C 从机状态寄存器	7EFE84H	SLBUSY	STAIF	RXIF	TXIF	STOIF	TXING	SLACKI	SLACKO	0000,0000
I2CSLADR	I²C 从机地址寄存器	7EFE85H	SLADR[6:0]							MA	0000,0000
I2CTXD	I²C 数据发送寄存器	7EFE86H									0000,0000
I2CRXD	I²C 数据接收寄存器	7EFE87H									0000,0000
I2CMSAUX	I²C 主机辅助控制寄存器	7EFE88H	-	-	-	-	-	-	-	WDTA	xxxx,xxx0
TM2PS	定时器 2 时钟预分频寄存器	7EFEA2H									0000,0000
TM3PS	定时器 3 时钟预分频寄存器	7EFEA3H									0000,0000
TM4PS	定时器 4 时钟预分频寄存器	7EFEA4H									0000,0000
ADCTIM	ADC 时序控制寄存器	7EFEABH	CSSETUP	CSHOLD[1:0]	SMPDUTY[4:0]						0010,1010
T3T4PIN	T3/T4 选择寄存器	7EFEACH	-	-	-	-	-	-	-	T3T4SEL	xxxx,xxx0
PWMA_ETRPS	PWMA 的 ETR 选择寄存器	7EFEB0H						BRK1PS	ETR1PS[1:0]		xxxx,x000
PWMA_ENO	PWMA 输出使能控制	7EFEB1H	ENO4N	ENO4P	ENO3N	ENO3P	ENO2N	ENO2P	ENO1N	ENO1P	0000,0000
PWMA_PS	PWMA 输出脚选择寄存器	7EFEB2H	C4PS[1:0]		C3PS[1:0]		C2PS[1:0]		C1PS[1:0]		0000,0000
PWMA_IOAUX	PWMA 辅助寄存器	7EFEB3H	AUX4N	AUX4P	AUX3N	AUX3P	AUX2N	AUX2P	AUX1N	AUX1P	0000,0000
PWMB_ETRPS	PWMB 的 ETR 选择寄存器	7EFEB4H						BRK2PS	ETR2PS[1:0]		xxxx,x000
PWMB_ENO	PWMB 输出使能控制	7EFEB5H	-	ENO8P	-	ENO7P	-	ENO6P	-	ENO5P	x0x0,x0x0
PWMB_PS	PWMB 输出脚选择寄存器	7EFEB6H	C8PS[1:0]		C7PS[1:0]		C6PS[1:0]		C5PS[1:0]		0000,0000
PWMB_IOAUX	PWMB 辅助寄存器	7EFEB7H	-	AUX8P	-	AUX7P	-	AUX6P	-	AUX5P	x0x0,x0x0
PWMA_CR1	PWMA 控制寄存器 1	7EFEC0H	ARPE	CMS[1:0]		DIR	OPM	URS	UDIS	CEN	0000,0000
PWMA_CR2	PWMA 控制寄存器 2	7EFEC1H	-	MMS[2:0]			-	COMS	-	CCPC	x000,x0x0
PWMA_SMCR	PWMA 从模式控制寄存器	7EFEC2H	MSM	TS[2:0]			-	SMS[2:0]			0000,x000
PWMA_ETR	PWMA 外部触发寄存器	7EFEC3H	ETP	ECE	ETPS[1:0]		ETF[3:0]				0000,0000
PWMA_IER	PWMA 中断使能寄存器	7EFEC4H	BIE	TIE	COMIE	CC4IE	CC3IE	CC2IE	CC1IE	UIE	0000,0000
PWMA_SR1	PWMA 状态寄存器 1	7EFEC5H	BIF	TIF	COMIF	CC4IF	CC3IF	CC2IF	CC1IF	UIF	0000,0000
PWMA_SR2	PWMA 状态寄存器 2	7EFEC6H	-	-	-	CC4OF	CC3OF	CC2OF	CC1OF	-	xxx0,000x
PWMA_EGR	PWMA 事件发生寄存器	7EFEC7H	BG	TG	COMG	CC4G	CC3G	CC2G	CC1G	UG	0000,0000
PWMA_CCMR1	PWMA 捕获模式寄存器 1	7EFEC8H	OC1CE	OC1M[2:0]			OC1PE	OC1FE	CC1S[1:0]		0000,0000
	PWMA 比较模式寄存器 1		IC1F[3:0]				IC1PSC[1:0]		CC1S[1:0]		0000,0000
PWMA_CCMR2	PWMA 捕获模式寄存器 2	7EFEC9H	OC2CE	OC2M[2:0]			OC2PE	OC2FE	CC2S[1:0]		0000,0000
	PWMA 比较模式寄存器 2		IC2F[3:0]				IC2PSC[1:0]		CC2S[1:0]		0000,0000
PWMA_CCMR3	PWMA 捕获模式寄存器 3	7EFECAH	OC3CE	OC3M[2:0]			OC3PE	OC3FE	CC3S[1:0]		0000,0000
	PWMA 比较模式寄存器 3		IC3F[3:0]				IC3PSC[1:0]		CC3S[1:0]		0000,0000
PWMA_CCMR4	PWMA 捕获模式寄存器 4	7EFECBH	OC4CE	OC4M[2:0]			OC4PE	OC4FE	CC4S[1:0]		0000,0000
	PWMA 比较模式寄存器 4		IC4F[3:0]				IC4PSC[1:0]		CC4S[1:0]		0000,0000
PWMA_CCER1	PWMA 捕获比较使能寄存器 1	7EFECCH	CC2NP	CC2NE	CC2P	CC2E	CC1NP	CC1NE	CC1P	CC1E	0000,0000
PWMA_CCER2	PWMA 捕获比较使能寄存器 2	7EFECDH	CC4NP	CC4NE	CC4P	CC4E	CC3NP	CC3NE	CC3P	CC3E	0000,0000

PWMA_CNTRH	PWMA 计数器高字节	7EFECEH	CNT[15:8]							0000,0000
PWMA_CNTRL	PWMA 计数器低字节	7EFECFH	CNT[7:0]							0000,0000
PWMA_PSCRH	PWMA 预分频高字节	7EFED0H	PSC[15:8]							0000,0000
PWMA_PSCRL	PWMA 预分频低字节	7EFED1H	PSC[7:0]							0000,0000
PWMA_ARRH	PWMA 自动重装寄存器高字节	7EFED2H	ARR[15:8]							0000,0000
PWMA_ARRL	PWMA 自动重装寄存器低字节	7EFED3H	ARR[7:0]							0000,0000
PWMA_RCR	PWMA 重复计数器寄存器	7EFED4H	REP[7:0]							0000,0000
PWMA_CCR1H	PWMA 比较捕获寄存器 1 高位	7EFED5H	CCR1[15:8]							0000,0000
PWMA_CCR1L	PWMA 比较捕获寄存器 1 低位	7EFED6H	CCR1[7:0]							0000,0000
PWMA_CCR2H	PWMA 比较捕获寄存器 2 高位	7EFED7H	CCR2[15:8]							0000,0000
PWMA_CCR2L	PWMA 比较捕获寄存器 2 低位	7EFED8H	CCR2[7:0]							0000,0000
PWMA_CCR3H	PWMA 比较捕获寄存器 3 高位	7EFED9H	CCR3[15:8]							0000,0000
PWMA_CCR3L	PWMA 比较捕获寄存器 3 低位	7EFEDAH	CCR3[7:0]							0000,0000
PWMA_CCR4H	PWMA 比较捕获寄存器 4 高位	7EFEDBH	CCR4[15:8]							0000,0000
PWMA_CCR4L	PWMA 比较捕获寄存器 4 低位	7EFEDCH	CCR4[7:0]							0000,0000
PWMA_BKR	PWMA 刹车寄存器	7EFEDDH	MOE	AOE	BKP	BKE	OSSR	OSSI	LOCK[1:0]	0000,000x
PWMA_DTR	PWMA 死区控制寄存器	7EFEDEH	DTG[7:0]							0000,0000
PWMA_OISR	PWMA 输出空闲状态寄存器	7EFEDFH	OIS4N	OIS4	OIS3N	OIS3	OIS2N	OIS2	OIS1N	OIS1	0000,0000
PWMB_CR1	PWMB 控制寄存器 1	7EFEE0H	ARPE	CMS[1:0]		DIR	OPM	URS	UDIS	CEN	0000,0000
PWMB_CR2	PWMB 控制寄存器 2	7EFEE1H	-	MMS[2:0]			-	COMS	-	CCPC	x000,x0x0
PWMB_SMCR	PWMB 从模式控制寄存器	7EFEE2H	MSM	TS[2:0]			-	SMS[2:0]			0000,x000
PWMB_ETR	PWMB 外部触发寄存器	7EFEE3H	ETP	ECE	ETPS[1:0]		ETF[3:0]				0000,0000
PWMB_IER	PWMB 中断使能寄存器	7EFEE4H	BIE	TIE	COMIE	CC8IE	CC7IE	CC6IE	CC5IE	UIE	0000,0000
PWMB_SR1	PWMB 状态寄存器 1	7EFEE5H	BIF	TIF	COMIF	CC8IF	CC7IF	CC6IF	CC5IF	UIF	0000,0000
PWMB_SR2	PWMB 状态寄存器 2	7EFEE6H	-	-	-	CC8OF	CC7OF	CC6OF	CC5OF	-	xxx0,000x
PWMB_EGR	PWMB 事件发生寄存器	7EFEE7H	BG	TG	COMG	CC8G	CC7G	CC6G	CC5G	UG	0000,0000
PWMB_CCMR1	PWMB 捕获模式寄存器 1	7EFEE8H	OC5CE	OC5M[2:0]			OC5PE	OC5FE	CC5S[1:0]		0000,0000
	PWMB 比较模式寄存器 1		IC5F[3:0]				IC5PSC[1:0]		CC5S[1:0]		0000,0000
PWMB_CCMR2	PWMB 捕获模式寄存器 2	7EFEE9H	OC6CE	OC6M[2:0]			OC6PE	OC6FE	CC6S[1:0]		0000,0000
	PWMB 比较模式寄存器 2		IC6F[3:0]				IC6PSC[1:0]		CC6S[1:0]		0000,0000
PWMB_CCMR3	PWMB 捕获模式寄存器 3	7EFEEAH	OC7CE	OC7M[2:0]			OC7PE	OC7FE	CC7S[1:0]		0000,0000
	PWMB 比较模式寄存器 3		IC7F[3:0]				IC7PSC[1:0]		CC7S[1:0]		0000,0000
PWMB_CCMR4	PWMB 捕获模式寄存器 4	7EFEEBH	OC8CE	OC8M[2:0]			OC8PE	OC8FE	CC8S[1:0]		0000,0000
	PWMB 比较模式寄存器 4		IC8F[3:0]				IC8PSC[1:0]		CC8S[1:0]		0000,0000
PWMB_CCER1	PWMB 捕获比较使能寄存器 1	7EFEECH	-	-	CC6P	CC6E	-	-	CC5P	CC5E	xx00,xx00
PWMB_CCER2	PWMB 捕获比较使能寄存器 2	7EFEEDH	-	-	CC8P	CC8E	-	-	CC7P	CC7E	xx00,xx00
PWMB_CNTRH	PWMB 计数器高字节	7EFEEEH	CNT[15:8]							0000,0000
PWMB_CNTRL	PWMB 计数器低字节	7EFEEFH	CNT[7:0]							0000,0000
PWMB_PSCRH	PWMB 预分频高字节	7EFEF0H	PSC[15:8]							0000,0000
PWMB_PSCRL	PWMB 预分频低字节	7EFEF1H	PSC[7:0]							0000,0000
PWMB_ARRH	PWMB 自动重装寄存器高字节	7EFEF2H	ARR[15:8]							0000,0000
PWMB_ARRL	PWMB 自动重装寄存器低字节	7EFEF3H	ARR[7:0]							0000,0000

PWMB_RCR	PWMB 重复计数器寄存器	7EFEF4H	REP[7:0]							0000,0000
PWMB_CCR1H	PWMB 比较捕获寄存器 1 高位	7EFEF5H	CCR1[15:8]							0000,0000
PWMB_CCR1L	PWMB 比较捕获寄存器 1 低位	7EFEF6H	CCR1[7:0]							0000,0000
PWMB_CCR2H	PWMB 比较捕获寄存器 2 高位	7EFEF7H	CCR2[15:8]							0000,0000
PWMB_CCR2L	PWMB 比较捕获寄存器 2 低位	7EFEF8H	CCR2[7:0]							0000,0000
PWMB_CCR3H	PWMB 比较捕获寄存器 3 高位	7EFEF9H	CCR3[15:8]							0000,0000
PWMB_CCR3L	PWMB 比较捕获寄存器 3 低位	7EFEFAH	CCR3[7:0]							0000,0000
PWMB_CCR4H	PWMB 比较捕获寄存器 4 高位	7EFEFBH	CCR4[15:8]							0000,0000
PWMB_CCR4L	PWMB 比较捕获寄存器 4 低位	7EFEFCH	CCR4[7:0]							0000,0000
PWMB_BKR	PWMB 刹车寄存器	7EFEFDH	MOE	AOE	BKP	BKE	OSSR	OSSI	LOCK[1:0]	-	0000,000x
PWMB_DTR	PWMB 死区控制寄存器	7EFEFEH	DTG[7:0]							0000,0000
PWMB_OISR	PWMB 输出空闲状态寄存器	7EFEFFH	-	OIS8	-	OIS7	-	OIS6	-	OIS5	x0x0,x0x0
MD3	MDU 数据寄存器	7EFCF0H	MD3[7:0]							0000,0000
MD2	MDU 数据寄存器	7EFCF1H	MD2[7:0]							0000,0000
MD1	MDU 数据寄存器	7EFCF2H	MD1[7:0]							0000,0000
MD0	MDU 数据寄存器	7EFCF3H	MD0[7:0]							0000,0000
MD5	MDU 数据寄存器	7EFCF4H	MD5[7:0]							0000,0000
MD4	MDU 数据寄存器	7EFCF5H	MD4[7:0]							0000,0000
ARCON	MDU 模式控制寄存器	7EFCF6H	MODE[2:0]			SC[4:0]				0000,0000
OPCON	MDU 操作控制寄存器	7EFCF7H	-	MDOV	-	-	-	-	RST	ENOP	0000,0000

9 I/O 口

STC16 系列单片机所有的 I/O 口均有 4 种工作模式：准双向口/弱上拉（标准 8051 输出口模式）、推挽输出/强上拉、高阻输入（电流既不能流入也不能流出）、开漏输出。可使用软件对 I/O 口的工作模式进行容易配置。

注意：除 P3.0 和 P3.1 外，其余所有 IO 口上电后的状态均为高阻输入状态，用户在使用 IO 口时必须先设置 IO 口模式

9.1 I/O 口相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
P0	P0 端口	80H	P07	P06	P05	P04	P03	P02	P01	P00	1111,1111
P1	P1 端口	90H	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	1111,1111
P2	P2 端口	A0H	P27	P26	P25	P24	P23	P22	P21	P20	1111,1111
P3	P3 端口	B0H	P37	P36	P35	P34	P33	P32	P31	P30	1111,1111
P4	P4 端口	C0H	P47	P46	P45	P44	P43	P42	P41	P40	1111,1111
P5	P5 端口	C8H	-	-	-	P54	P53	P52	P51	P50	xxx1,1111
P6	P6 端口	E8H	P67	P66	P65	P64	P63	P62	P61	P60	1111,1111
P7	P7 端口	F8H	P77	P76	P75	P74	P73	P72	P71	P70	1111,1111
P0M0	P0 口配置寄存器 0	F2H	P07M1	P06M1	P05M1	P04M1	P03M1	P02M1	P01M1	P00M1	0000,0000
P0M1	P0 口配置寄存器 1	F1H	P07M0	P06M0	P05M0	P04M0	P03M0	P02M0	P01M0	P00M0	1111,1111
P1M0	P1 口配置寄存器 0	F4H	P17M1	P16M1	P15M1	P14M1	P13M1	P12M1	P11M1	P10M1	0000,0000
P1M1	P1 口配置寄存器 1	F3H	P17M0	P16M0	P15M0	P14M0	P13M0	P12M0	P11M0	P10M0	1111,1111
P2M0	P2 口配置寄存器 0	F6H	P27M1	P26M1	P25M1	P24M1	P23M1	P22M1	P21M1	P20M1	0000,0000
P2M1	P2 口配置寄存器 1	F5H	P27M0	P26M0	P25M0	P24M0	P23M0	P22M0	P21M0	P20M0	1111,1111
P3M0	P3 口配置寄存器 0	FAH	P37M1	P36M1	P35M1	P34M1	P33M1	P32M1	P31M1	P30M1	0000,0000
P3M1	P3 口配置寄存器 1	F9H	P37M0	P36M0	P35M0	P34M0	P33M0	P32M0	P31M0	P30M0	1111,1100
P4M0	P4 口配置寄存器 0	FCH	P47M1	P46M1	P45M1	P44M1	P43M1	P42M1	P41M1	P40M1	0000,0000
P4M1	P4 口配置寄存器 1	FBH	P47M0	P46M0	P45M0	P44M0	P43M0	P42M0	P41M0	P40M0	1111,1111
P5M0	P5 口配置寄存器 0	EDH	-	-	-	P54M1	P53M1	P52M1	P51M1	P50M1	xxx0,0000
P5M1	P5 口配置寄存器 1	ECH	-	-	-	P54M0	P53M0	P52M0	P51M0	P50M0	xxx1,1111
P6M0	P6 口配置寄存器 0	EFH	P67M1	P66M1	P65M1	P64M1	P63M1	P62M1	P61M1	P60M1	0000,0000
P6M1	P6 口配置寄存器 1	EEH	P67M0	P66M0	P65M0	P64M0	P63M0	P62M0	P61M0	P60M0	1111,1111
P7M0	P7 口配置寄存器 0	D3H	P77M1	P76M1	P75M1	P74M1	P73M1	P72M1	P71M1	P70M1	0000,0000
P7M1	P7 口配置寄存器 1	D2H	P77M0	P76M0	P75M0	P74M0	P73M0	P72M0	P71M0	P70M0	1111,1111

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
P0PU	P0 口上拉电阻控制寄存器	7EFE10H	P07PU	P06PU	P05PU	P04PU	P03PU	P02PU	P01PU	P00PU	0000,0000
P1PU	P1 口上拉电阻控制寄存器	7EFE11H	P17PU	P16PU	P15PU	P14PU	P13PU	P12PU	P11PU	P10PU	0000,0000
P2PU	P2 口上拉电阻控制寄存器	7EFE12H	P27PU	P26PU	P25PU	P24PU	P23PU	P22PU	P21PU	P20PU	0000,0000
P3PU	P3 口上拉电阻控制寄存器	7EFE13H	P37PU	P36PU	P35PU	P34PU	P33PU	P32PU	P31PU	P30PU	0000,0000
P4PU	P4 口上拉电阻控制寄存器	7EFE14H	P47PU	P46PU	P45PU	P44PU	P43PU	P42PU	P41PU	P40PU	0000,0000

P5PU	P5 口上拉电阻控制寄存器	7EFE15H	-	-	-	P54PU	P53PU	P52PU	P51PU	P50PU	xxx0,0000
P6PU	P6 口上拉电阻控制寄存器	7EFE16H	P67PU	P66PU	P65PU	P64PU	P63PU	P62PU	P61PU	P60PU	0000,0000
P7PU	P7 口上拉电阻控制寄存器	7EFE17H	P77PU	P76PU	P75PU	P74PU	P73PU	P72PU	P71PU	P70PU	0000,0000
P0NCS	P0 口施密特触发控制寄存器	7EFE18H	P07NCS	P06NCS	P05NCS	P04NCS	P03NCS	P02NCS	P01NCS	P00NCS	0000,0000
P1NCS	P1 口施密特触发控制寄存器	7EFE19H	P17NCS	P16NCS	P15NCS	P14NCS	P13NCS	P12NCS	P11NCS	P10NCS	0000,0000
P2NCS	P2 口施密特触发控制寄存器	7EFE1AH	P27NCS	P26NCS	P25NCS	P24NCS	P23NCS	P22NCS	P21NCS	P20NCS	0000,0000
P3NCS	P3 口施密特触发控制寄存器	7EFE1BH	P37NCS	P36NCS	P35NCS	P34NCS	P33NCS	P32NCS	P31NCS	P30NCS	0000,0000
P4NCS	P4 口施密特触发控制寄存器	7EFE1CH	P47NCS	P46NCS	P45NCS	P44NCS	P43NCS	P42NCS	P41NCS	P40NCS	0000,0000
P5NCS	P5 口施密特触发控制寄存器	7EFE1DH	-	-	-	P54NCS	P53NCS	P52NCS	P51NCS	P50NCS	xxx0,0000
P6NCS	P6 口施密特触发控制寄存器	7EFE1EH	P67NCS	P66NCS	P65NCS	P64NCS	P63NCS	P62NCS	P61NCS	P60NCS	0000,0000
P7NCS	P7 口施密特触发控制寄存器	7EFE1FH	P77NCS	P76NCS	P75NCS	P74NCS	P73NCS	P72NCS	P71NCS	P70NCS	0000,0000
P0SR	P0 口电平转换速率寄存器	7EFE20H	P07SR	P06SR	P05SR	P04SR	P03SR	P02SR	P01SR	P00SR	1111,1111
P1SR	P1 口电平转换速率寄存器	7EFE21H	P17SR	P16SR	P15SR	P14SR	P13SR	P12SR	P11SR	P10SR	1111,1111
P2SR	P2 口电平转换速率寄存器	7EFE22H	P27SR	P26SR	P25SR	P24SR	P23SR	P22SR	P21SR	P20SR	1111,1111
P3SR	P3 口电平转换速率寄存器	7EFE23H	P37SR	P36SR	P35SR	P34SR	P33SR	P32SR	P31SR	P30SR	1111,1111
P4SR	P4 口电平转换速率寄存器	7EFE24H	P47SR	P46SR	P45SR	P44SR	P43SR	P42SR	P41SR	P40SR	1111,1111
P5SR	P5 口电平转换速率寄存器	7EFE25H	-	-	-	P54SR	P53SR	P52SR	P51SR	P50SR	xxx1,1111
P6SR	P6 口电平转换速率寄存器	7EFE26H	P67SR	P66SR	P65SR	P64SR	P63SR	P62SR	P61SR	P60SR	1111,1111
P7SR	P7 口电平转换速率寄存器	7EFE27H	P77SR	P76SR	P75SR	P74SR	P73SR	P72SR	P71SR	P70SR	1111,1111
P0DR	P0 口驱动电流控制寄存器	7EFE28H	P07DR	P06DR	P05DR	P04DR	P03DR	P02DR	P01DR	P00DR	1111,1111
P1DR	P1 口驱动电流控制寄存器	7EFE29H	P17DR	P16DR	P15DR	P14DR	P13DR	P12DR	P11DR	P10DR	1111,1111
P2DR	P2 口驱动电流控制寄存器	7EFE2AH	P27DR	P26DR	P25DR	P24DR	P23DR	P22DR	P21DR	P20DR	1111,1111
P3DR	P3 口驱动电流控制寄存器	7EFE2BH	P37DR	P36DR	P35DR	P34DR	P33DR	P32DR	P31DR	P30DR	1111,1111
P4DR	P4 口驱动电流控制寄存器	7EFE2CH	P47DR	P46DR	P45DR	P44DR	P43DR	P42DR	P41DR	P40DR	1111,1111
P5DR	P5 口驱动电流控制寄存器	7EFE2DH	-	-	-	P54DR	P53DR	P52DR	P51DR	P50DR	xxx1,1111
P6DR	P6 口驱动电流控制寄存器	7EFE2EH	P67DR	P66DR	P65DR	P64DR	P63DR	P62DR	P61DR	P60DR	1111,1111
P7DR	P7 口驱动电流控制寄存器	7EFE2FH	P77DR	P76DR	P75DR	P74DR	P73DR	P72DR	P71DR	P70DR	1111,1111
P0IE	P0 口输入使能控制寄存器	7EFE30H	-	P06IE	P05IE	P04IE	P03IE	P02IE	P11IE	P00IE	x111,1111
P1IE	P1 口输入使能控制寄存器	7EFE31H	P17IE	P16IE	P15IE	P14IE	P13IE	P12IE	P11IE	P10IE	1111,1111

9.1.1 端口数据寄存器（Px）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P0	80H	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
P1	90H	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
P2	A0H	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	P2.2	P2.1	P2.0
P3	B0H	P3.7	P3.6	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2	P3.1	P3.0
P4	C0H	P4.7	P4.6	P4.5	P4.4	P4.3	P4.2	P4.1	P4.0
P5	C8H	-	-	-	P5.4	P5.3	P5.2	P5.1	P5.0
P6	E8H	P6.7	P6.6	P6.5	P6.4	P6.3	P6.2	P6.1	P6.0
P7	F8H	P7.7	P7.6	P7.5	P7.4	P7.3	P7.2	P7.1	P7.0

读写端口状态

写 0：输出低电平到端口缓冲区

写 1：输出高电平到端口缓冲区

读：直接读端口管脚上的电平

9.1.2 端口模式配置寄存器（PxM0，PxM1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P0M0	F2H	P07M0	P06M0	P05M0	P04M0	P03M0	P02M0	P01M0	P00M0
P0M1	F1H	P07M1	P06M1	P05M1	P04M1	P03M1	P02M1	P01M1	P00M1
P1M0	F4H	P17M0	P16M0	P15M0	P14M0	P13M0	P12M0	P11M0	P10M0
P1M1	F3H	P17M1	P16M1	P15M1	P14M1	P13M1	P12M1	P11M1	P10M1
P2M0	F6H	P27M0	P26M0	P25M0	P24M0	P23M0	P22M0	P21M0	P20M0
P2M1	F5H	P27M1	P26M1	P25M1	P24M1	P23M1	P22M1	P21M1	P20M1
P3M0	FAH	P37M0	P36M0	P35M0	P34M0	P33M0	P32M0	P31M0	P30M0
P3M1	F9H	P37M1	P36M1	P35M1	P34M1	P33M1	P32M1	P31M1	P30M1
P4M0	FCH	P47M0	P46M0	P45M0	P44M0	P43M0	P42M0	P41M0	P40M0
P4M1	FBH	P47M1	P46M1	P45M1	P44M1	P43M1	P42M1	P41M1	P40M1
P5M0	EDH	-	-	-	P54M0	P53M0	P52M0	P51M0	P50M0
P5M1	ECH	-	-	-	P54M1	P53M1	P52M1	P51M1	P50M1
P6M0	EFH	P67M0	P66M0	P65M0	P64M0	P63M0	P62M0	P61M0	P60M0
P6M1	EEH	P67M1	P66M1	P65M1	P64M1	P63M1	P62M1	P61M1	P60M1
P7M0	D3H	P77M0	P76M0	P75M0	P74M0	P73M0	P72M0	P71M0	P70M0
P7M1	D2H	P77M1	P76M1	P75M1	P74M1	P73M1	P72M1	P71M1	P70M1

配置端口的模式

PnM1.x	PnM0.x	Pn.x 口工作模式
0	0	准双向口
0	1	推挽输出
1	0	高阻输入
1	1	开漏输出

9.1.3 端口上拉电阻控制寄存器（PxPU）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P0PU	7EFE10H	P07PU	P06PU	P05PU	P04PU	P03PU	P02PU	P01PU	P00PU
P1PU	7EFE11H	P17PU	P16PU	P15PU	P14PU	P13PU	P12PU	P11PU	P10PU
P2PU	7EFE12H	P27PU	P26PU	P25PU	P24PU	P23PU	P22PU	P21PU	P20PU
P3PU	7EFE13H	P37PU	P36PU	P35PU	P34PU	P33PU	P32PU	P31PU	P30PU
P4PU	7EFE14H	P47PU	P46PU	P45PU	P44PU	P43PU	P42PU	P41PU	P40PU
P5PU	7EFE15H	-	-	-	P54PU	P53PU	P52PU	P51PU	P50PU
P6PU	7EFE16H	P67PU	P66PU	P65PU	P64PU	P63PU	P62PU	P61PU	P60PU
P7PU	7EFE17H	P77PU	P76PU	P75PU	P74PU	P73PU	P72PU	P71PU	P70PU

端口内部3.7K上拉电阻控制位（注：P3.0和P3.1口上的上拉电阻可能会略小一些）

0：禁止端口内部的 3.7K 上拉电阻（实测为 4.2K 左右）

1：使能端口内部的 3.7K 上拉电阻（实测为 4.2K 左右）

9.1.4 端口施密特触发控制寄存器（PxNCS）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P0NCS	7EFE18H	P07NCS	P06NCS	P05NCS	P04NCS	P03NCS	P02NCS	P01NCS	P00NCS
P1NCS	7EFE19H	P17NCS	P16NCS	P15NCS	P14NCS	P13NCS	P12NCS	P11NCS	P10NCS
P2NCS	7EFE1AH	P27NCS	P26NCS	P25NCS	P24NCS	P23NCS	P22NCS	P21NCS	P20NCS
P3NCS	7EFE1BH	P37NCS	P36NCS	P35NCS	P34NCS	P33NCS	P32NCS	P31NCS	P30NCS
P4NCS	7EFE1CH	P47NCS	P46NCS	P45NCS	P44NCS	P43NCS	P42NCS	P41NCS	P40NCS
P5NCS	7EFE1DH	-	-	-	P54NCS	P53NCS	P52NCS	P51NCS	P50NCS
P6NCS	7EFE1EH	P67NCS	P66NCS	P65NCS	P64NCS	P63NCS	P62NCS	P61NCS	P60NCS
P7NCS	7EFE1FH	P77NCS	P76NCS	P75NCS	P74NCS	P73NCS	P72NCS	P71NCS	P70NCS

端口施密特触发控制位

0：使能端口的施密特触发功能。（上电复位后默认使能施密特触发）

1：禁止端口的施密特触发功能。

9.1.5 端口电平转换速度控制寄存器（PxSR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P0SR	7EFE20H	P07SR	P06SR	P05SR	P04SR	P03SR	P02SR	P01SR	P00SR
P1SR	7EFE21H	P17SR	P16SR	P15SR	P14SR	P13SR	P12SR	P11SR	P10SR
P2SR	7EFE22H	P27SR	P26SR	P25SR	P24SR	P23SR	P22SR	P21SR	P20SR
P3SR	7EFE23H	P37SR	P36SR	P35SR	P34SR	P33SR	P32SR	P31SR	P30SR
P4SR	7EFE24H	P47SR	P46SR	P45SR	P44SR	P43SR	P42SR	P41SR	P40SR
P5SR	7EFE25H	-	-	-	P54SR	P53SR	P52SR	P51SR	P50SR
P6SR	7EFE26H	P57SR	P66SR	P65SR	P64SR	P63SR	P62SR	P61SR	P60SR
P7SR	7EFE27H	P77SR	P76SR	P75SR	P74SR	P73SR	P72SR	P71SR	P70SR

控制端口电平转换的速度

0：电平转换速度快，相应的上下冲会比较大

1：电平转换速度慢，相应的上下冲比较小

9.1.6 端口驱动电流控制寄存器（PxDR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P0DR	7EFE28H	P07DR	P06DR	P05DR	P04DR	P03DR	P02DR	P01DR	P00DR
P1DR	7EFE29H	P17DR	P16DR	P15DR	P14DR	P13DR	P12DR	P11DR	P10DR
P2DR	7EFE2AH	P27DR				P26DR			
P3DR	7EFE2BH	P37DR	P36DR	P35DR	P34DR	P33DR	P32DR	P31DR	P30DR
P4DR	7EFE2CH	P47DR	P46DR	P45DR	P44DR	P43DR	P42DR	P41DR	P40DR
P5DR	7EFE2DH	-	-	-	P54DR	P53DR	P52DR	P51DR	P50DR
P6DR	7EFE2EH	P67DR	P66DR	P65DR	P64DR	P63DR	P62DR	P61DR	P60DR
P7DR	7EFE2FH	P77DR	P76DR	P75DR	P74DR	P73DR	P72DR	P71DR	P70DR

控制端口的驱动能力

0：一般驱动能力

1：增强驱动能力

9.1.7 端口数字信号输入使能控制寄存器（PxIE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P0IE	7EFE30H	-	P06IE	P05IE	P04IE	P03IE	P02IE	P11IE	P00IE
P1IE	7EFE31H	P17IE	P16IE	P15IE	P14IE	P13IE	P12IE	P11IE	P10IE

数字信号输入使能控制

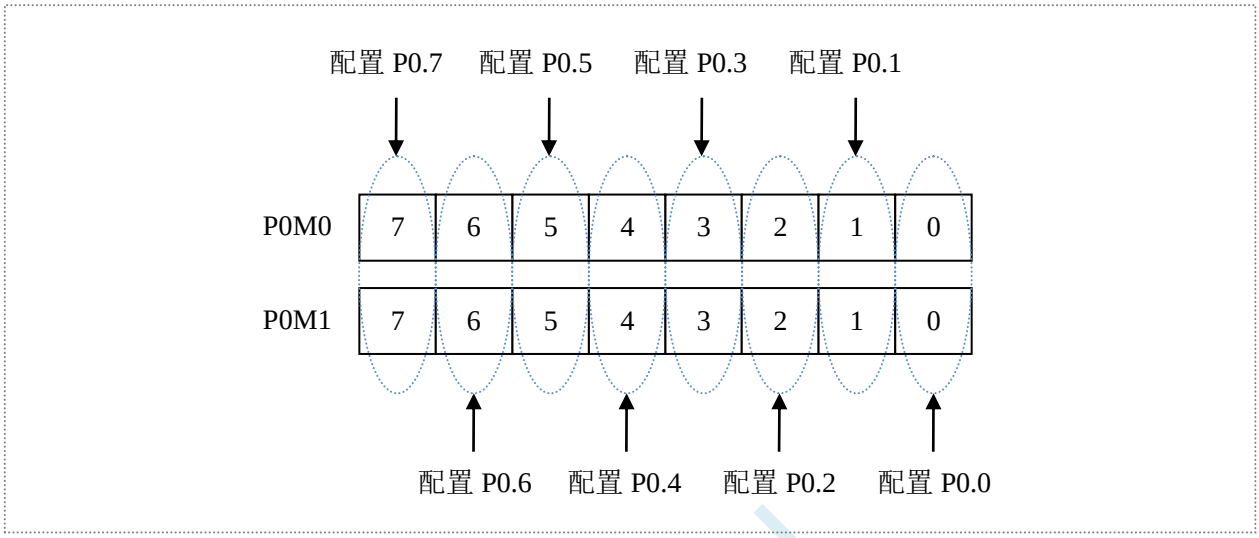
0：禁止数字信号输入。若 I/O 被当作比较器输入口、ADC 输入口或者触摸按键输入口等模拟口时，进入时钟停振模式前，必须设置为 0，否则会有额外的耗电。

1：使能数字信号输入。若 I/O 被当作数字口时，必须设置为 1，否 MCU 无法读取外部端口的电平。

9.2 配置 I/O 口

每个 I/O 的配置都需要使用两个寄存器进行设置。

以 P0 口为例，配置 P0 口需要使用 P0M0 和 P0M1 两个寄存器进行配置，如下图所示：



即 P0M0 的第 0 位和 P0M1 的第 0 位组合起来配置 P0.0 口的模式
即 P0M0 的第 1 位和 P0M1 的第 1 位组合起来配置 P0.1 口的模式
其他所有 I/O 的配置都与此类似。

PnM0 与 PnM1 的组合方式如下表所示

PnM1	PnM0	I/O 口工作模式
0	0	准双向口（传统8051端口模式，弱上拉） 灌电流可达20mA，拉电流为270～150μA（存在制造误差）
0	1	推挽输出（强上拉输出，可达20mA，要加限流电阻）
1	0	高阻输入（电流既不能流入也不能流出）
1	1	开漏输出（Open-Drain），内部上拉电阻断开 开漏模式既可读外部状态也可对外输出（高电平或低电平）。如要正确读外部状态或需要对外输出高电平，需外加上拉电阻，否则读不到外部状态，也对外输不出高电平。

注：n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

注意：

虽然每个 I/O 口在弱上拉（准双向口）/强推挽输出/开漏模式时都能承受 20mA 的灌电流（还是要加限流电阻，如 1K、560Ω、472Ω 等），在强推挽输出时能输出 20mA 的拉电流（也要加限流电阻），但整个芯片的工作电流推荐不要超过 90mA，即从 VCC 流入的电流建议不要超过 90mA，从 GND 流出电流建议不要超过 90mA，整体流入/流出电流建议都不要超过 90mA。

9.3 I/O 的结构图

9.3.1 准双向口（弱上拉）

准双向口（弱上拉）输出类型可用作输出和输入功能而不需重新配置端口输出状态。这是因为当端口输出为 1 时驱动能力很弱，允许外部装置将其拉低。当引脚输出为低时，它的驱动能力很强，可吸收相当大的电流。准双向口有 3 个上拉晶体管适应不同的需要。

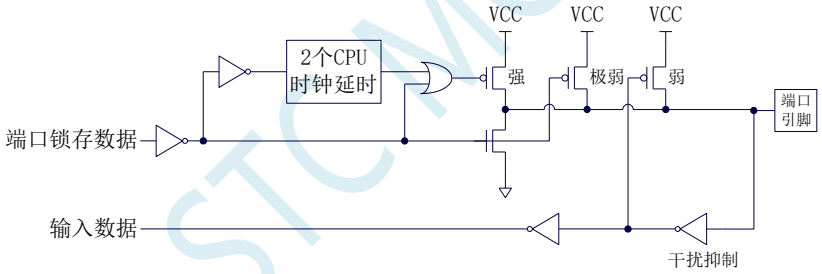
在 3 个上拉晶体管中，有 1 个上拉晶体管称为“弱上拉”，当端口寄存器为 1 且引脚本身也为 1 时打开。此上拉提供基本驱动电流使准双向口输出为 1。如果一个引脚输出为 1 而由外部装置下拉到低时，弱上拉关闭而“极弱上拉”维持开状态，为了把这个引脚强拉为低，外部装置必须有足够的灌电流能力使引脚上的电压降到门槛电压以下。对于 5V 单片机，“弱上拉”晶体管的电流约 250uA；对于 3.3V 单片机，“弱上拉”晶体管的电流约 150uA。

第 2 个上拉晶体管，称为“极弱上拉”，当端口锁存为 1 时打开。当引脚悬空时，这个极弱的上拉源产生很弱的上拉电流将引脚上拉为高电平。对于 5V 单片机，“极弱上拉”晶体管的电流约 18uA；对于 3.3V 单片机，“极弱上拉”晶体管的电流约 5uA。

第 3 个上拉晶体管称为“强上拉”。当端口锁存器由 0 到 1 跳变时，这个上拉用来加快准双向口由逻辑 0 到逻辑 1 转换。当发生这种情况时，强上拉打开约 2 个时钟以使引脚能够迅速地上拉到高电平。

准双向口（弱上拉）带有一个施密特触发输入以及一个干扰抑制电路。准双向口（弱上拉）读外部状态前,要先锁存为 ‘1’,才可读到外部正确的状态.

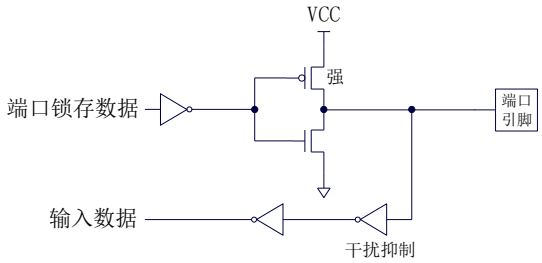
准双向口（弱上拉）输出如下图所示：



9.3.2 推挽输出

强推挽输出配置的下拉结构与开漏输出以及准双向口的下拉结构相同，但当锁存器为 1 时提供持续的强上拉。推挽模式一般用于需要更大驱动电流的情况。

强推挽引脚配置如下图所示：

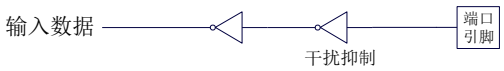


9.3.3 高阻输入

电流既不能流入也不能流出

输入口带有一个施密特触发输入以及一个干扰抑制电路

高阻输入引脚配置如下图所示：



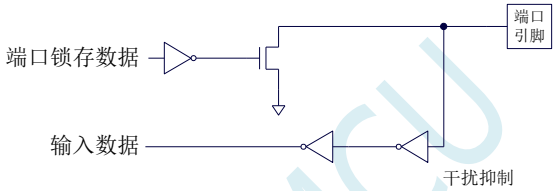
9.3.4 开漏输出

开漏模式既可读外部状态也可对外输出（高电平或低电平）。如要正确读外部状态或需要对外输出高电平，需外加上拉电阻。

当端口锁存器为 0 时，开漏输出关闭所有上拉晶体管。当作为一个逻辑输出高电平时，这种配置方式必须有外部上拉，一般通过电阻外接到 VCC。如果外部有上拉电阻，开漏的 I/O 口还可读外部状态，即此时被配置为开漏模式的 I/O 口还可作为输入 I/O 口。这种方式的下拉与准双向口相同。

开漏端口带有一个施密特触发输入以及一个干扰抑制电路。

输出端口配置如下图所示：



9.4 范例程序

9.4.1 端口模式设置

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;                                    //设置 P0.0~P0.7 为双向口模式
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0xff;                                    //设置 P1.0~P1.7 为推挽输出模式
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;                                    //设置 P2.0~P2.7 为高阻输入模式
    P2M1 = 0xff;
    P3M0 = 0xff;                                    //设置 P3.0~P3.7 为开漏模式
    P3M1 = 0xff;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH

        MOV     P0M0,#00H           ;设置 P0.0~P0.7 为双向口模式
        MOV     P0M1,#00H
        MOV     P1M0,#0FFH          ;设置 P1.0~P1.7 为推挽输出模式
        MOV     P1M1,#00H
        MOV     P2M0,#00H           ;设置 P2.0~P2.7 为高阻输入模式
        MOV     P2M1,#0FFH
        MOV     P3M0,#0FFH          ;设置 P3.0~P3.7 为开漏模式
        MOV     P3M1,#0FFH

        JMP     $

        END
```

9.4.2 双向口读写操作

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P0M0 = 0x00;                                    //设置 P0.0~P0.7 为双向口模式
    P0M1 = 0x00;

    P00 = 1;                                        //P0.0 口输出高电平
    P00 = 0;                                        //P0.0 口输出低电平

    P00 = 1;                                        //读取端口前先使能内部弱上拉电阻
    _nop_();                                        //等待两个时钟
    _nop_();                                        //
    CY = P00;                                       //读取端口状态

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
```

```
MOV     P4M0, #00H
MOV     P4M1, #00H
MOV     P5M0, #00H
MOV     P5M1, #00H

MOV     P0M0,#00H           ;设置 P0.0~P0.7 为双向口模式
MOV     P0M1,#00H

SETB    P0.0                ;P0.0 口输出高电平
CLR     P0.0                ;P0.0 口输出低电平

SETB    P0.0                ;读取端口前先使能内部弱上拉电阻
NOP                         ;等待两个时钟
NOP
MOV     C,P0.0              ;读取端口状态

JMP     $

END
```

10 中断系统

中断系统是为使 CPU 具有对外界紧急事件的实时处理能力而设置的。

当中央处理机 CPU 正在处理某件事的时候外界发生了紧急事件请求，要求 CPU 暂停当前的工作，转而去处理这个紧急事件，处理完以后，再回到原来被中断的地方，继续原来的工作，这样的过程称为中断。实现这种功能的部件称为中断系统，请示 CPU 中断的请求源称为中断源。微型机的中断系统一般允许多个中断源，当几个中断源同时向 CPU 请求中断，要求为它服务的时候，这就存在 CPU 优先响应哪一个中断源请求的问题。通常根据中断源的轻重缓急排队，优先处理最紧急事件的中断请求源，即规定每一个中断源有一个优先级别。CPU 总是先响应优先级别最高的中断请求。

当 CPU 正在处理一个中断源请求的时候（执行相应的中断服务程序），发生了另外一个优先级比它还高的中断源请求。如果 CPU 能够暂停对原来中断源的服务程序，转而去处理优先级更高的中断请求源，处理完以后，再回到原低级中断服务程序，这样的过程称为中断嵌套。这样的中断系统称为多级中断系统，没有中断嵌套功能的中断系统称为单级中断系统。

用户可以用关总中断允许位（EA/IE.7）或相应中断的允许位屏蔽相应的中断请求，也可以用打开相应的中断允许位来使 CPU 响应相应的中断申请，每一个中断源可以用软件独立地控制为开中断或关中断状态，部分中断的优先级别均可用软件设置。高优先级的中断请求可以打断低优先级的中断，反之，低优先级的中断请求不可以打断高优先级的中断。当两个相同优先级的中断同时产生时，将由查询次序来决定系统先响应哪个中断。

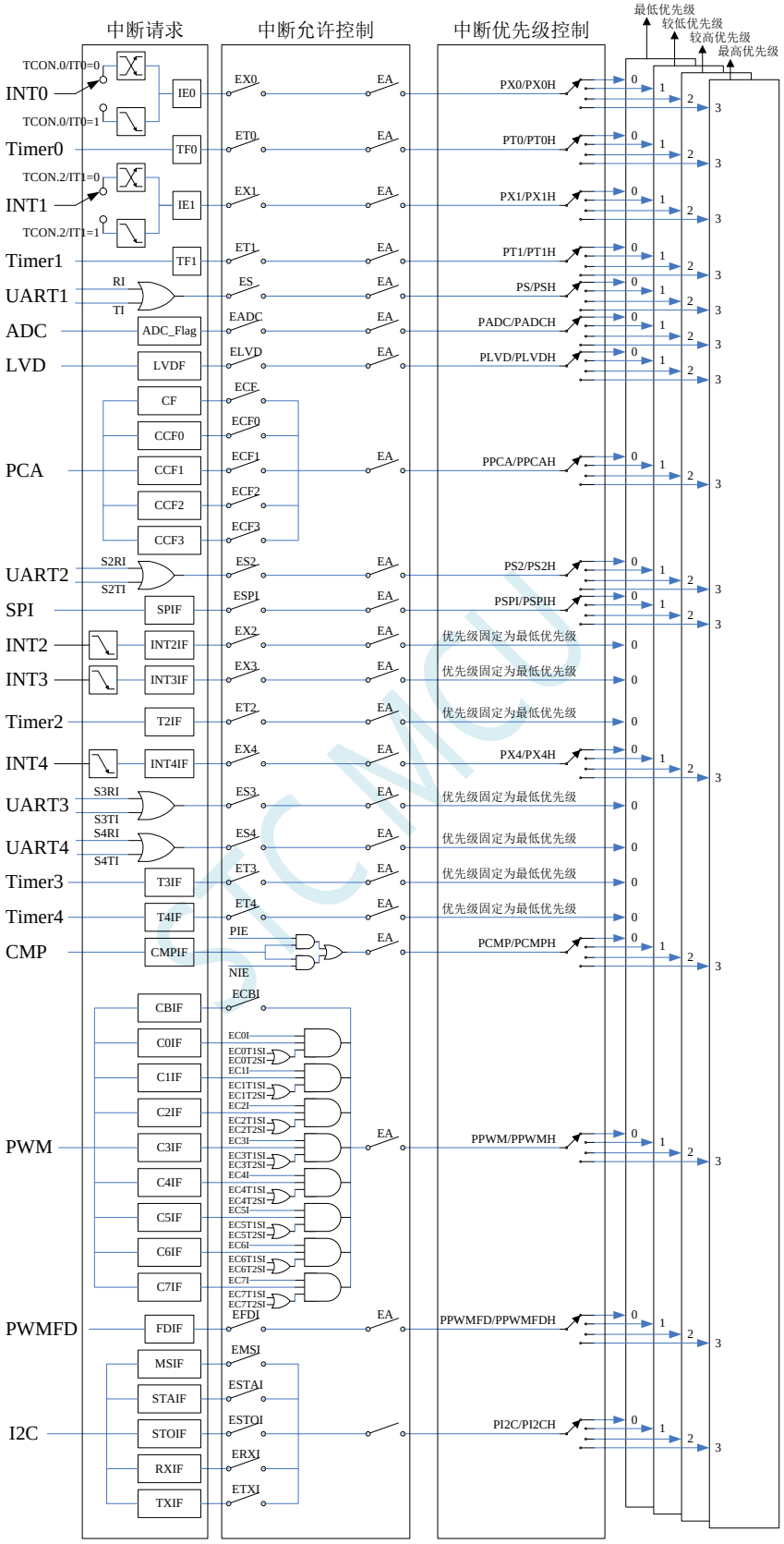
10.1 STC16F 系列中断源

下表中 √ 表示对应的系列有相应的中断源

中断源	STC16F40K128 系列
外部中断 0 中断（INT0）	√
定时器 0 中断（Timer0）	√
外部中断 1 中断（INT1）	√
定时器 1 中断（Timer1）	√
串口 1 中断（UART1）	√
模数转换中断（ADC）	√
低压检测中断（LVD）	√
串口 2 中断（UART2）	√
串行外设接口中断（SPI）	√
外部中断 2 中断（INT2）	√
外部中断 3 中断（INT3）	√
定时器 2 中断（Timer2）	√
外部中断 4 中断（INT4）	√
串口 3 中断（UART3）	√
串口 4 中断（UART4）	√
定时器 3 中断（Timer3）	√

定时器 4 中断（Timer4）	√
比较器中断（CMP）	√
I2C 总线中断	√
PWMA	√
PWMB	√
USB 中断	√
CAN 中断	√
LIN 中断	√

10.2 STC16F 中断结构图



10.3 STC16F 系列中断列表

中断源	中断向量	次序	优先级设置	优先级	中断请求位	中断允许位
INT0	FF0003H	0	PX0PX0H	0/1/2/3	IE0	EX0
Timer0	FF000BH	1	PT0,PT0H	0/1/2/3	TF0	ET0
INT1	FF0013H	2	PX1,PX1H	0/1/2/3	IE1	EX1
Timer1	FF001BH	3	PT1,PT1H	0/1/2/3	TF1	ET1
UART1	FF0023H	4	PS,PSH	0/1/2/3	RI || TI	ES
ADC	FF002BH	5	PADC,PADCH	0/1/2/3	ADC_FLAG	EADC
LVD	FF0033H	6	PLVD,PLVDH	0/1/2/3	LVDF	ELVD
PWMA	FF003BH	7	PPWMA,PPWMAH	0/1/2/3	PWMA_SR	PWMA_IER
UART2	FF0043H	8	PS2,PS2H	0/1/2/3	S2RI || S2TI	ES2
SPI	FF004BH	9	PSPI,PSPIH	0/1/2/3	SPIF	ESPI
INT2	FF0053H	10		0	INT2IF	EX2
INT3	FF005BH	11		0	INT3IF	EX3
Timer2	FF0063H	12		0	T2IF	ET2
INT4	FF0083H	16	PX4,PX4H	0/1/2/3	INT4IF	EX4
UART3	FF008BH	17	PS3,PS3H	0/1/2/3	S3RI || S3TI	ES3
UART4	FF0093H	18	PS4,PS4H	0/1/2/3	S4RI || S4TI	ES4
Timer3	FF009BH	19		0	T3IF	ET3
Timer4	FF00A3H	20		0	T4IF	ET4
CMP	FF00ABH	21	PCMP,PCMPH	0/1/2/3	CMPIF	PIE|NIE
USB	FF00B3H	22	PUSB,PUSBH	0/1/2/3	USB Events	EUSB
PWMB	FF00BBH	23	PPWMB,PPWMBH	0/1/2/3	PWMB_SR	PWMB_IER
I2C	FF00C3H	24	PI2C,PI2CH	0/1/2/3	MSIF	EMSI
					STAIF	ESTAI
					RXIF	ERXI
					TXIF	ETXI
					STOIF	ESTOI
CANBUS	FF00E3H	28	PCANL,PCANH	0/1/2/3	ALI	ALIM
					EWI	EWIM
					EPI	EPIM
					RI	RIM
					TI	TIM
					BEI	BEIM
					DOI	DOIM
LINBUS	FF00EBH	29	PLINL,PLINH	0/1/2/3	ABORT	ABORTE

					ERR	ERRE
					RDY	RDYE
					LID	LIDE

在 C 语言中声明中断服务程序

```
void    INT0_Routine(void)      interrupt  0;
void    TM0_Rountine(void)      interrupt  1;
void    INT1_Routine(void)      interrupt  2;
void    TM1_Rountine(void)      interrupt  3;
void    UART1_Routine(void)     interrupt  4;
void    ADC_Routine(void)       interrupt  5;
void    LVD_Routine(void)       interrupt  6;
void    PWMA_Routine(void)      interrupt  7;
void    UART2_Routine(void)     interrupt  8;
void    SPI_Routine(void)       interrupt  9;
void    INT2_Routine(void)      interrupt  10;
void    INT3_Routine(void)      interrupt  11;
void    TM2_Routine(void)       interrupt  12;
void    INT4_Routine(void)      interrupt  16;
void    UART3_Routine(void)     interrupt  17;
void    UART4_Routine(void)     interrupt  18;
void    TM3_Routine(void)       interrupt  19;
void    TM4_Routine(void)       interrupt  20;
void    CMP_Routine(void)       interrupt  21;
void    USB_Routine(void)       interrupt  22;
void    PWMB_Routine(void)      interrupt  23;
void    I2C_Routine(void)       interrupt  24;
void    CAN_Routine(void)       interrupt  28;
void    LIN_Routine(void)       interrupt  29;
```

10.4 中断相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
IE	中断允许寄存器	A8H	EA	ELVD	EADC	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	0000,0000
IE2	中断允许寄存器 2	E7H	-	ET4	ET3	ES4	ES3	ET2	ESPI	ES2	x000,0000
INTCLKO	中断与时钟输出控制寄存器	95H	-	EX4	EX3	EX2	-	T2CLKO	T1CLKO	T0CLKO	x000,x000
IP	中断优先级控制寄存器	B8H	PPWMA	PLVD	PADC	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	x000,0000
IPH	高中断优先级控制寄存器	B7H	PPWMAH	PLVDH	PADCH	PSH	PT1H	PX1H	PT0H	PX0H	x000,0000
IP2	中断优先级控制寄存器 2	FEH	-	PI2C	PCMP	PX4	PPWMB	PUSB	PSPI	PS2	0000,0000
IP2H	高中断优先级控制寄存器 2	B6H	-	PI2CH	PCMPH	PX4H	PPWMBH	PUSBH	PSPIH	PS2H	0000,0000
PCON	电源控制寄存器	87H	SMOD	SMOD0	LVDF	POF	GF1	GF0	PD	IDL	0011,0000
TCON	定时器控制寄存器	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	0000,0000
AUXINTIF	扩展外部中断标志寄存器	DAH	-	INT4IF	INT3IF	INT2IF	-	T4IF	T3IF	T2IF	x000,x000
SCON	串口 1 控制寄存器	98H	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	0000,0000
S2CON	串口 2 控制寄存器	E3H	S2SM0	-	S2SM2	S2REN	S2TB8	S2RB8	S2TI	S2RI	0100,0000
S3CON	串口 3 控制寄存器	E5H	S3SM0	S3ST3	S3SM2	S3REN	S3TB8	S3RB8	S3TI	S3RI	0000,0000
S4CON	串口 4 控制寄存器	BCH	S4SM0	S4ST4	S4SM2	S4REN	S4TB8	S4RB8	S4TI	S4RI	0000,0000
CANICR	CANBUS 中断控制寄存器	A1H	-	-	-	-	PCANH	CANIF	ECAN	PCANL	0000,0000
LINICR	LINBUS 中断控制寄存器	B1H	-	-	-	-	PLINH	LINIF	ELIN	PLINL	0000,0000
CMPCR1	比较器控制寄存器 1	B4H	CMPEN	CMPIF	PIE	NIE	PIS	NIS	CMPOE	CMPRES	0000,0000
SPSTAT	SPI 状态寄存器	B9H	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
ADC_CONTR	ADC 控制寄存器	DCH	ADC_POWER	ADC_START	ADC_FLAG	-	ADC_CHS[3:0]				000x,0000

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
I2CMSCR	I²C 主机控制寄存器	7EFE81H	EMSI	-	-	-	MSCMD[3:0]				0xxx,0000
I2CMSST	I²C 主机状态寄存器	7EFE82H	MSBUSY	MSIF	-	-	-	-	MSACKI	MSACKO	00xx,xx00
I2CSLCR	I²C 从机控制寄存器	7EFE83H	-	ESTAI	ERXI	ETXI	ESTOI	-	-	SLRST	x000,0xx0
I2CSLST	I²C 从机状态寄存器	7EFE84H	SLBUSY	STAIF	RXIF	TXIF	STOIF	TXING	SLACKI	SLACKO	0000,0000
PWMA_IER	PWMA 中断使能寄存器	7EFEC4H	BIE	TIE	COMIE	CC4IE	CC3IE	CC2IE	CC1IE	UIE	0000,0000
PWMA_SR1	PWMA 状态寄存器 1	7EFEC5H	BIF	TIF	COMIF	CC4IF	CC3IF	CC2IF	CC1IF	UIF	0000,0000
PWMA_SR2	PWMA 状态寄存器 2	7EFEC6H	-	-	-	CC4OF	CC3OF	CC2OF	CC1OF	-	xxx0,000x
PWMB_IER	PWMB 中断使能寄存器	7EFEE4H	BIE	TIE	COMIE	CC8IE	CC7IE	CC6IE	CC5IE	UIE	0000,0000
PWMB_SR1	PWMB 状态寄存器 1	7EFEE5H	BIF	TIF	COMIF	CC8IF	CC7IF	CC6IF	CC5IF	UIF	0000,0000
PWMB_SR2	PWMB 状态寄存器 2	7EFEE6H	-	-	-	CC8OF	CC7OF	CC6OF	CC5OF	-	xxx0,000x

10.4.1 中断使能寄存器（中断允许位）

IE（中断使能寄存器）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IE	A8H	EA	ELVD	EADC	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

EA：总中断允许控制位。EA 的作用是使中断允许形成多级控制。即各中断源首先受 EA 控制;其次还受

各中断源自己的中断允许控制位控制。

0：CPU 屏蔽所有的中断申请

1：CPU 开放中断

ELVD：低压检测中断允许位。

0：禁止低压检测中断

1：允许低压检测中断

EADC：A/D 转换中断允许位。

0：禁止 A/D 转换中断

1：允许 A/D 转换中断

ES：串行口 1 中断允许位。

0：禁止串行口 1 中断

1：允许串行口 1 中断

ET1：定时/计数器 T1 的溢出中断允许位。

0：禁止 T1 中断

1：允许 T1 中断

EX1：外部中断 1 中断允许位。

0：禁止 INT1 中断

1：允许 INT1 中断

ET0：定时/计数器 T0 的溢出中断允许位。

0：禁止 T0 中断

1：允许 T0 中断

EX0：外部中断 0 中断允许位。

0：禁止 INT0 中断

1：允许 INT0 中断

IE2（中断使能寄存器 2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IE2	E7H	-	ET4	ET3	ES4	ES3	ET2	ESPI	ES2

ET4：定时/计数器 T4 的溢出中断允许位。

0：禁止 T4 中断

1：允许 T4 中断

ET3：定时/计数器 T3 的溢出中断允许位。

0：禁止 T3 中断

1：允许 T3 中断

ES4：串行口 4 中断允许位。

0：禁止串行口 4 中断

1：允许串行口 4 中断

ES3：串行口 3 中断允许位。

0：禁止串行口 3 中断

1：允许串行口 3 中断

ET2：定时/计数器 T2 的溢出中断允许位。

0：禁止 T2 中断

1：允许 T2 中断

ESPI：SPI 中断允许位。

0：禁止 SPI 中断

1：允许 SPI 中断

ES2：串行口 2 中断允许位。

0：禁止串行口 2 中断

1：允许串行口 2 中断

INTCLKO（外部中断与时钟输出控制寄存器）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTCLKO	95H	-	EX4	EX3	EX2	-	T2CLKO	T1CLKO	T0CLKO

EX4：外部中断 4 中断允许位。

0：禁止 INT4 中断

1：允许 INT4 中断

EX3：外部中断 3 中断允许位。

0：禁止 INT3 中断

1：允许 INT3 中断

EX2：外部中断 2 中断允许位。

0：禁止 INT2 中断

1：允许 INT2 中断

CMPCR1（比较器控制寄存器 1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CMPCR1	B4H	CMPEN	CMPIF	PIE	NIE	PIS	NIS	CMPOE	CMPRES

PIE：比较器上升沿中断允许位。

0：禁止比较器上升沿中断

1：允许比较器上升沿中断

NIE：比较器下降沿中断允许位。

0：禁止比较器下降沿中断

1：允许比较器下降沿中断

I2C 控制寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CMSCR	7EFE81H	EMSI	-	-	-	-	MSCMD[2:0]		
I2CSLCR	7EFE83H	-	ESTAI	ERXI	ETXI	ESTOI	-	-	SLRST

EMSI：I²C主机模式中断允许位。

0：禁止 I²C 主机模式中断

1：允许 I²C 主机模式中断

ESTAI：I²C从机接收START事件中断允许位。

0：禁止 I²C 从机接收 START 事件中断

1：允许 I²C 从机接收 START 事件中断

ERXI：I²C从机接收数据完成事件中断允许位。

0：禁止 I²C 从机接收数据完成事件中断

1：允许 I²C 从机接收数据完成事件中断

ETXI：I²C从机发送数据完成事件中断允许位。

0：禁止 I²C 从机发送数据完成事件中断

1：允许 I²C 从机发送数据完成事件中断

ESTOI：I²C从机接收STOP事件中断允许位。

0：禁止 I²C 从机接收 STOP 事件中断

1：允许 I²C 从机接收 STOP 事件中断

PWMA 中断使能寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_IER	7EFEC4H	BIE	TIE	COMIE	CC4IE	CC3IE	CC2IE	CC1IE	UIE

BIE：PWMA刹车中断允许位。

0：禁止 PWMA 刹车中断

1：允许 PWMA 刹车中断

TIE：PWMA触发中断允许位。

0：禁止 PWMA 触发中断

1：允许 PWMA 触发中断

COMIE：PWMA比较中断允许位。

0：禁止 PWMA 比较中断

1：允许 PWMA 比较中断

CC4IE：PWMA捕获比较通道4中断允许位。

0：禁止 PWMA 捕获比较通道 4 中断

1：允许 PWMA 捕获比较通道 4 中断

CC3IE：PWMA捕获比较通道3中断允许位。

0：禁止 PWMA 捕获比较通道 3 中断

1：允许 PWMA 捕获比较通道 3 中断

CC2IE：PWMA捕获比较通道2中断允许位。

0：禁止 PWMA 捕获比较通道 2 中断

1：允许 PWMA 捕获比较通道 2 中断

CC1IE：PWMA捕获比较通道1中断允许位。

0：禁止 PWMA 捕获比较通道 1 中断

1：允许 PWMA 捕获比较通道 1 中断

UIE：PWMA更新中断允许位。

0：禁止 PWMA 更新中断

1：允许 PWMA 更新中断

PWMB 中断使能寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMB_IER	7EFEE4H	BIE	TIE	COMIE	CC8IE	CC7IE	CC6IE	CC5IE	UIE

BIE：PWMB刹车中断允许位。

0：禁止 PWMB 刹车中断

1：允许 PWMB 刹车中断

TIE：PWMB触发中断允许位。

0：禁止 PWMB 触发中断

1：允许 PWMB 触发中断

COMIE：PWMB比较中断允许位。

0：禁止 PWMB 比较中断

1：允许 PWMB 比较中断

CC8IE：PWMB捕获比较通道8中断允许位。

0：禁止 PWMB 捕获比较通道 8 中断

1：允许 PWMB 捕获比较通道 8 中断

CC7IE：PWMB捕获比较通道7中断允许位。

0：禁止 PWMB 捕获比较通道 7 中断

1：允许 PWMB 捕获比较通道 7 中断

CC6IE：PWMB捕获比较通道6中断允许位。

0：禁止 PWMB 捕获比较通道 6 中断

1：允许 PWMB 捕获比较通道 6 中断

CC5IE：PWMB捕获比较通道5中断允许位。

0：禁止 PWMB 捕获比较通道 5 中断

1：允许 PWMB 捕获比较通道 5 中断

UIE：PWMB更新中断允许位。

0：禁止 PWMB 更新中断

1：允许 PWMB 更新中断

10.4.2 中断请求寄存器（中断标志位）

定时器控制寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TCON	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1：定时器1溢出中断标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

TF0：定时器0溢出中断标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

IE1：外部中断1中断请求标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

IE0：外部中断0中断请求标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

中断标志辅助寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AUXINTIF	DAH	-	INT4IF	INT3IF	INT2IF	-	T4IF	T3IF	T2IF

INT4IF：外部中断4中断请求标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

INT3IF：外部中断3中断请求标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

INT2IF：外部中断2中断请求标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

T4IF：定时器4溢出中断标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

T3IF：定时器3溢出中断标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

T2IF：定时器2溢出中断标志。中断服务程序中，硬件自动清零。

串口控制寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SCON	98H	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
S2CON	E3H	S2SM0	-	S2SM2	S2REN	S2TB8	S2RB8	S2TI	S2RI
S3CON	E5H	S3SM0	S3ST3	S3SM2	S3REN	S3TB8	S3RB8	S3TI	S3RI
S4CON	BCH	S4SM0	S4ST4	S4SM2	S4REN	S4TB8	S4RB8	S4TI	S4RI

TI：串口1发送完成中断请求标志。需要软件清零。

RI：串口1接收完成中断请求标志。需要软件清零。

S2TI：串口2发送完成中断请求标志。需要软件清零。

S2RI：串口2接收完成中断请求标志。需要软件清零。

S3TI：串口3发送完成中断请求标志。需要软件清零。

S3RI：串口3接收完成中断请求标志。需要软件清零。

S4TI：串口4发送完成中断请求标志。需要软件清零。

S4RI：串口4接收完成中断请求标志。需要软件清零。

电源管理寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PCON	87H	SMOD	SMOD0	LVDF	POF	GF1	GF0	PD	IDL

LVDF：低压检测中断请求标志。需要软件清零。

ADC 控制寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADC_CONTR	DCH	ADC_POWER	ADC_START	ADC_FLAG	-	ADC_CHS[3:0]			

ADC_FLAG：ADC转换完成中断请求标志。需要软件清零。

SPI 状态寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SPSTAT	B9H	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	-

SPIF：SPI数据传输完成中断请求标志。需要软件清零。

比较器控制寄存器 1

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CMPCR1	B4H	CMPEN	CMPIF	PIE	NIE	PIS	NIS	CMPOE	CMPRES

CMPIF：比较器中断请求标志。需要软件清零。

I2C 状态寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CMSST	7EFE82H	MSBUSY	MSIF	-	-	-	-	MSACKI	MSACKO
I2CSLST	7EFE84H	SLBUSY	STAIF	RXIF	TXIF	STOIF	TXING	SLACKI	SLACKO

MSIF：I²C主机模式中断请求标志。需要软件清零。

ESTAI：I²C从机接收START事件中断请求标志。需要软件清零。

ERXI：I²C从机接收数据完成事件中断请求标志。需要软件清零。

ETXI：I²C从机发送数据完成事件中断请求标志。需要软件清零。

ESTOI：I²C从机接收STOP事件中断请求标志。需要软件清零。

PWMA 状态寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_SR1	7EFEC5H	BIF	TIF	COMIF	CC4IF	CC3IF	CC2IF	CC1IF	UIF
PWMA_SR2	7EFEC6H	-	-	-	CC4OF	CC3OF	CC2OF	CC1OF	-

BIF：PWMA刹车中断请求标志。需要软件清零。

TIF：PWMA触发中断请求标志。需要软件清零。

COMIF：PWMA比较中断请求标志。需要软件清零。

CC4IF：PWMA通道4发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

CC3IF：PWMA通道3发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

CC2IF：PWMA通道2发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

CC1IF：PWMA通道1发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

TIF：PWMA更新中断请求标志。需要软件清零。

CC4OF：PWMA通道4发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

CC3OF：PWMA通道3发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

CC2OF：PWMA通道2发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

CC1OF：PWMA通道1发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

PWMB 状态寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMB_SR1	7EFEE5H	BIF	TIF	COMIF	CC8IF	CC7IF	CC6IF	CC5IF	UIF
PWMB_SR2	7EFEE6H	-	-	-	CC8OF	CC7OF	CC6OF	CC5OF	-

BIF：PWMB刹车中断请求标志。需要软件清零。

TIF：PWMB触发中断请求标志。需要软件清零。

COMIF：PWMB比较中断请求标志。需要软件清零。

CC8IF：PWMB通道8发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

CC7IF：PWMB通道7发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

CC6IF：PWMB通道6发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

CC5IF：PWMB通道5发生捕获比较中断请求标志。需要软件清零。

TIF：PWMB更新中断请求标志。需要软件清零。

CC8OF：PWMB通道8发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

CC7OF：PWMB通道7发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

CC6OF：PWMB通道6发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

CC5OF：PWMB通道5发生重复捕获中断请求标志。需要软件清零。

10.4.3 中断优先级寄存器

中断优先级控制寄存器

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IP	B8H	PPWMA	PLVD	PADC	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
IPH	B7H	PPWMAH	PLVDH	PADCH	PSH	PT1H	PX1H	PT0H	PX0H
IP2	B5H	-	PI2C	PCMP	PX4	PPWMB	PUSB	PSPI	PS2
IP2H	B6H	-	PI2CH	PCMPH	PX4H	PPWMBH	PUSBH	PSPIH	PS2H

PX0H,PX0：外部中断0中断优先级控制位

00：INT0 中断优先级为 0 级（最低级）
01：INT0 中断优先级为 1 级（较低级）
10：INT0 中断优先级为 2 级（较高级）
11：INT0 中断优先级为 3 级（最高级）

PT0H,PT0：定时器0中断优先级控制位

00：定时器 0 中断优先级为 0 级（最低级）
01：定时器 0 中断优先级为 1 级（较低级）
10：定时器 0 中断优先级为 2 级（较高级）
11：定时器 0 中断优先级为 3 级（最高级）

PX1H,PX1：外部中断1中断优先级控制位

00：INT1 中断优先级为 0 级（最低级）
01：INT1 中断优先级为 1 级（较低级）
10：INT1 中断优先级为 2 级（较高级）
11：INT1 中断优先级为 3 级（最高级）

PT1H,PT1：定时器1中断优先级控制位

00：定时器 1 中断优先级为 0 级（最低级）
01：定时器 1 中断优先级为 1 级（较低级）
10：定时器 1 中断优先级为 2 级（较高级）
11：定时器 1 中断优先级为 3 级（最高级）

PSH,PS：串口1中断优先级控制位

00：串口 1 中断优先级为 0 级（最低级）
01：串口 1 中断优先级为 1 级（较低级）
10：串口 1 中断优先级为 2 级（较高级）
11：串口 1 中断优先级为 3 级（最高级）

PADCH,PADC：ADC中断优先级控制位

00：ADC 中断优先级为 0 级（最低级）
01：ADC 中断优先级为 1 级（较低级）
10：ADC 中断优先级为 2 级（较高级）
11：ADC 中断优先级为 3 级（最高级）

PLVDH,PLVD：低压检测中断优先级控制位

00：LVD 中断优先级为 0 级（最低级）
01：LVD 中断优先级为 1 级（较低级）
10：LVD 中断优先级为 2 级（较高级）
11：LVD 中断优先级为 3 级（最高级）

PS2H,PS2：串口2中断优先级控制位

00：串口 2 中断优先级为 0 级（最低级）
01：串口 2 中断优先级为 1 级（较低级）
10：串口 2 中断优先级为 2 级（较高级）

11：串口 2 中断优先级为 3 级（最高级）

PS3H,PS3：串口3中断优先级控制位

00：串口 3 中断优先级为 0 级（最低级）
01：串口 3 中断优先级为 1 级（较低级）
10：串口 3 中断优先级为 2 级（较高级）
11：串口 3 中断优先级为 3 级（最高级）

PS4H,PS4：串口4中断优先级控制位

00：串口 4 中断优先级为 0 级（最低级）
01：串口 4 中断优先级为 1 级（较低级）
10：串口 4 中断优先级为 2 级（较高级）
11：串口 4 中断优先级为 3 级（最高级）

PSPIH,PSPI：SPI中断优先级控制位

00：SPI 中断优先级为 0 级（最低级）
01：SPI 中断优先级为 1 级（较低级）
10：SPI 中断优先级为 2 级（较高级）
11：SPI 中断优先级为 3 级（最高级）

PPWMAH,PPWMA：高级PWMA中断优先级控制位

00：高级 PWMA 中断优先级为 0 级（最低级）
01：高级 PWMA 中断优先级为 1 级（较低级）
10：高级 PWMA 中断优先级为 2 级（较高级）
11：高级 PWMA 中断优先级为 3 级（最高级）

PPWMBH,PPWMB：高级PWMB中断优先级控制位

00：高级 PWMB 中断优先级为 0 级（最低级）
01：高级 PWMB 中断优先级为 1 级（较低级）
10：高级 PWMB 中断优先级为 2 级（较高级）
11：高级 PWMB 中断优先级为 3 级（最高级）

PX4H,PX4：外部中断4中断优先级控制位

00：INT4 中断优先级为 0 级（最低级）
01：INT4 中断优先级为 1 级（较低级）
10：INT4 中断优先级为 2 级（较高级）
11：INT4 中断优先级为 3 级（最高级）

PCMPH,PCMP：比较器中断优先级控制位

00：CMP 中断优先级为 0 级（最低级）
01：CMP 中断优先级为 1 级（较低级）
10：CMP 中断优先级为 2 级（较高级）
11：CMP 中断优先级为 3 级（最高级）

PI2CH,PI2C：I2C中断优先级控制位

00：I2C 中断优先级为 0 级（最低级）
01：I2C 中断优先级为 1 级（较低级）
10：I2C 中断优先级为 2 级（较高级）
11：I2C 中断优先级为 3 级（最高级）

PUSBH,PUSB：USB中断优先级控制位

00：USB 中断优先级为 0 级（最低级）
01：USB 中断优先级为 1 级（较低级）

10：USB 中断优先级为 2 级（较高级）
11：USB 中断优先级为 3 级（最高级）

10.5 范例程序

10.5.1 INT0 中断（上升沿和下降沿），可同时支持上升沿和下降沿

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void INT0_Isr() interrupt 0
{
    if (INT0)                                   //判断上升沿和下降沿
    {
        P10 = !P10;                             //测试端口
    }
    else
    {
        P11 = !P11;                             //测试端口
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    IT0 = 0;                                    //使能 INT0 上升沿和下降沿中断
    EX0 = 1;                                    //使能 INT0 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录
```

```
                ORG     0000H
                LJMP    MAIN
                ORG     0003H
                LJMP    INT0ISR

                ORG     0100H
INT0ISR:
                JB      INT0,RISING             ;判断上升沿和下降沿
                CPL     P1.0                    ;测试端口
                RETI
RISING:
                CPL     P1.1                    ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                CLR     IT0                     ;使能 INT0 上升沿和下降沿中断
                SETB    EX0                     ;使能 INT0 中断
                SETB    EA
                JMP     $

                END
```

10.5.2 INT0 中断（下降沿）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void INT0_Isr() interrupt 0
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
```

```
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    IT0 = 1;                                    //使能 INT0 下降沿中断
    EX0 = 1;                                    //使能 INT0 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0003H
        LJMP    INT0ISR

        ORG     0100H
INT0ISR:
        CPL     P1.0                    ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        SETB    IT0                     ;使能 INT0 下降沿中断
        SETB    EX0                     ;使能 INT0 中断
        SETB    EA
        JMP     $

        END
```

10.5.3 INT1 中断（上升沿和下降沿），可同时支持上升沿和下降沿

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void INT1_Isr() interrupt 2
{
    if (INT1)                                   //判断上升沿和下降沿
    {
        P10 = !P10;                             //测试端口
    }
    else
    {
        P11 = !P11;                             //测试端口
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    IT1 = 0;                                    //使能 INT1 上升沿和下降沿中断
    EX1 = 1;                                    //使能 INT1 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0013H
        LJMP    INT1ISR

        ORG     0100H
```

```
INT1ISR:
        JB      INT1,RISING             ;判断上升沿和下降沿
        CPL     P1.0                    ;测试端口
        RETI
RISING:
        CPL     P1.1                    ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        CLR     IT1                     ;使能 INT1 上升沿和下降沿中断
        SETB    EX1                     ;使能 INT1 中断
        SETB    EA
        JMP     $

        END
```

10.5.4 INT1 中断（下降沿）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void INT1_Isr() interrupt 2
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
```

```
    P5M1 = 0x00;

    IT1 = 1;                                    //使能 INT1 下降沿中断
    EX1 = 1;                                    //使能 INT1 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0013H
        LJMP    INT1ISR

        ORG     0100H
INT1ISR:
        CPL     P1.0                    ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        SETB    IT1                     ;使能 INT1 下降沿中断
        SETB    EX1                     ;使能 INT1 中断
        SETB    EA
        JMP     $

        END
```

10.5.5 INT2 中断（下降沿），只支持下降沿中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     EX2             0x10
```

```
#define     EX3                 0x20
#define     EX4                 0x40

void INT2_Isr() interrupt 10
{
    P10 = !P10;                                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    INTCLKO = EX2;                                  //使能 INT2 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

EX2         EQU     10H
EX3         EQU     20H
EX4         EQU     40H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0053H
            LJMP    INT2ISR

            ORG     0100H
INT2ISR:
            CPL     P1.0                        ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
```

```
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     INTCLKO,#EX2            ;使能 INT2 中断
        SETB    EA
        JMP     $

        END
```

10.5.6 INT3 中断（下降沿），只支持下降沿中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     EX2             0x10
#define     EX3             0x20
#define     EX4             0x40

void INT3_Isr() interrupt 11
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    INTCLKO = EX3;                              //使能 INT3 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

EX2         EQU         10H
```

```
EX3             EQU             20H
EX4             EQU             40H

                ORG             0000H
                LJMP            MAIN
                ORG             005BH
                LJMP            INT3ISR

                ORG             0100H
INT3ISR:
                CPL             P1.0                    ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV             SP, #5FH
                MOV             P0M0, #00H
                MOV             P0M1, #00H
                MOV             P1M0, #00H
                MOV             P1M1, #00H
                MOV             P2M0, #00H
                MOV             P2M1, #00H
                MOV             P3M0, #00H
                MOV             P3M1, #00H
                MOV             P4M0, #00H
                MOV             P4M1, #00H
                MOV             P5M0, #00H
                MOV             P5M1, #00H

                MOV             INTCLKO,#EX3            ;使能 INT3 中断
                SETB            EA
                JMP             $

                END
```

10.5.7 INT4 中断（下降沿），只支持下降沿中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     EX2             0x10
#define     EX3             0x20
#define     EX4             0x40

void INT4_Isr() interrupt 16
{
    P10 = !P10;                                         //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
```

```
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    INTCLKO = EX4;                          //使能 INT4 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

EX2         EQU     10H
EX3         EQU     20H
EX4         EQU     40H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0083H
            LJMP    INT4ISR

            ORG     0100H
INT4ISR:
            CPL     P1.0                ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     INTCLKO,#EX4        ;使能 INT4 中断
            SETB    EA
            JMP     $

              END
```

10.5.8 定时器 0 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM0_Isr() interrupt 1
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x00;
    TL0 = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    TH0 = 0xfc;
    TR0 = 1;                                    //启动定时器
    ET0 = 1;                                    //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     000BH
            LJMP    TM0ISR

            ORG     0100H
TM0ISR:
            CPL     P1.0                    ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
```

```
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#00H
        MOV     TL0,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     TH0,#0FCH
        SETB    TR0                     ;启动定时器
        SETB    ET0                     ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

10.5.9 定时器 1 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM1_Isr() interrupt 3
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x00;
    TL1 = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    TH1 = 0xfc;
    TR1 = 1;                                    //启动定时器
    ET1 = 1;                                    //使能定时器中断
```

```
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         001BH
            LJMP        TM1ISR

            ORG         0100H
TM1ISR:
            CPL         P1.0                    ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            MOV         TMOD,#00H
            MOV         TL1,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
            MOV         TH1,#0FCH
            SETB        TR1                     ;启动定时器
            SETB        ET1                     ;使能定时器中断
            SETB        EA

            JMP         $

            END
```

10.5.10 定时器 2 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET2             0x04
```

```
#define     T2IF                0x01

void TM2_Isr() interrupt 12
{
    P10 = !P10;                                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T2L = 0x66;                                     //65536-11.0592M/12/1000
    T2H = 0xfc;
    AUXR = 0x10;                                    //启动定时器
    IE2 = ET2;                                      //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ET2         EQU     04H
T2IF        EQU     01H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0063H
            LJMP    TM2ISR

            ORG     0100H
TM2ISR:
            CPL     P1.0                        ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
```

```
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     T2L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     T2H,#0FCH
        MOV     AUXR,#10H               ;启动定时器
        MOV     IE2,#ET2                ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

10.5.11 定时器 3 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET3             0x20
#define     T3IF            0x02

void TM3_Isr() interrupt 19
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T3L = 0x66;                 //65536-11.0592M/12/1000
    T3H = 0xfc;
    T4T3M = 0x08;               //启动定时器
    IE2 = ET3;                  //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ET3             EQU         20H
T3IF            EQU         02H

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN
                ORG         009BH
                LJMP        TM3ISR

                ORG         0100H
TM3ISR:
                CPL         P1.0                    ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                MOV         T3L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
                MOV         T3H,#0FCH
                MOV         T4T3M,#08H              ;启动定时器
                MOV         IE2,#ET3                ;使能定时器中断
                SETB        EA

                JMP         $

                END
```

10.5.12 定时器 4 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET3             0x20
#define     ET4             0x40
#define     T3IF            0x02
#define     T4IF            0x04
```

```
void TM4_Isr() interrupt 20
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T4L = 0x66;                 //65536-11.0592M/12/1000
    T4H = 0xfc;
    T4T3M = 0x80;               //启动定时器
    IE2 = ET4;                  //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ET3         EQU     20H
ET4         EQU     40H
T3IF        EQU     02H
T4IF        EQU     04H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     00A3H
            LJMP    TM4ISR

            ORG     0100H
TM4ISR:
            CPL     P1.0                ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
```

```
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     T4L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     T4H,#0FCH
        MOV     T4T3M,#80H              ;启动定时器
        MOV     IE2,#ET4                ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

10.5.13 UART1 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void UART1_Isr() interrupt 4
{
    if (TI)
    {
        TI = 0;                             //清中断标志
        P10 = !P10;                         //测试端口
    }
    if (RI)
    {
        RI = 0;                             //清中断标志
        P11 = !P11;                         //测试端口
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    SCON = 0x50;
    T2L = 0xe8;                             //65536-11059200/115200/4=0FFE8H
    T2H = 0xff;
```

```
    AUXR = 0x15;                    //启动定时器
    ES = 1;                         //使能串口中断
    EA = 1;
    SBUF = 0x5a;                    //发送测试数据

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0023H
        LJMP    UART1ISR

        ORG     0100H
UART1ISR:
        JNB     TI,CHECKRI
        CLR     TI              ;清中断标志
        CPL     P1.0            ;测试端口
CHECKRI:
        JNB     RI,ISREXIT
        CLR     RI              ;清中断标志
        CPL     P1.1            ;测试端口
ISREXIT:
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     SCON,#50H
        MOV     T2L,#0E8H       ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
        MOV     T2H,#0FFH
        MOV     AUXR,#15H       ;启动定时器
        SETB    ES              ;使能串口中断
        SETB    EA
        MOV     SBUF,#5AH       ;发送测试数据

        JMP     $

        END
```

10.5.14 UART2 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ES2                     0x01

void UART2_Isr() interrupt 8
{
    if (S2CON & 0x02)
    {
        S2CON &= ~0x02;                                 //清中断标志
        P12 = !P12;                                     //测试端口
    }
    if (S2CON & 0x01)
    {
        S2CON &= ~0x01;                                 //清中断标志
        P13 = !P13;                                     //测试端口
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    S2CON = 0x10;
    T2L = 0xe8;                                         //65536-11059200/115200/4=0FFE8H
    T2H = 0xff;
    AUXR = 0x14;                                        //启动定时器
    IE2 = ES2;                                          //使能串口中断
    EA = 1;
    S2BUF = 0x5a;                                       //发送测试数据

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ES2             EQU             01H
```

```
            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0043H
            LJMP    UART2ISR

            ORG     0100H
UART2ISR:
            PUSH    ACC
            PUSH    PSW
            MOV     A,S2CON
            JNB     ACC.1,CHECKRI
            ANL     S2CON,#NOT 02H          ;清中断标志
            CPL     P1.2                    ;测试端口
CHECKRI:
            MOV     A,S2CON
            JNB     ACC.0,ISREXIT
            ANL     S2CON,#NOT 01H          ;清中断标志
            CPL     P1.3                    ;测试端口
ISREXIT:
            POP     PSW
            POP     ACC
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     S2CON,#10H
            MOV     T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV     T2H,#0FFH
            MOV     AUXR,#14H               ;启动定时器
            MOV     IE2,#ES2                ;使能串口中断
            SETB    EA
            MOV     S2BUF,#5AH              ;发送测试数据

            JMP     $

            END
```

10.5.15 UART3 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
```

```
#include "intrins.h"

#define     ES3                 0x08

void UART3_Isr() interrupt 17
{
    if (S3CON & 0x02)
    {
        S3CON &= ~0x02;                         //清中断标志
        P12 = !P12;                             //测试端口
    }
    if (S3CON & 0x01)
    {
        S3CON &= ~0x01;                         //清中断标志
        P13 = !P13;                             //测试端口
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    S3CON = 0x10;
    T2L = 0xe8;                                 //65536-11059200/115200/4=0FFE8H
    T2H = 0xff;
    AUXR = 0x14;                                //启动定时器
    IE2 = ES3;                                  //使能串口中断
    EA = 1;
    S3BUF = 0x5a;                               //发送测试数据

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ES3         EQU         08H

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         008BH
            LJMP        UART3ISR

            ORG         0100H
UART3ISR:
```

```
                PUSH    ACC
                PUSH    PSW
                MOV     A,S3CON
                JNB     ACC.1,CHECKRI
                ANL     S3CON,#NOT 02H          ;清中断标志
                CPL     P1.2                    ;测试端口
CHECKRI:
                MOV     A,S3CON
                JNB     ACC.0,ISREXIT
                ANL     S3CON,#NOT 01H          ;清中断标志
                CPL     P1.3                    ;测试端口
ISREXIT:
                POP     PSW
                POP     ACC
                RETI

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                MOV     S3CON,#10H
                MOV     T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
                MOV     T2H,#0FFH
                MOV     AUXR,#14H               ;启动定时器
                MOV     IE2,#ES3                ;使能串口中断
                SETB    EA
                MOV     S3BUF,#5AH              ;发送测试数据

                JMP     $

                END
```

10.5.16 UART4 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ES4                 0x10

void UART4_Isr() interrupt 18
{
    if (S4CON & 0x02)
    {
```

```
            S4CON &= ~0x02;                         //清中断标志
            P12 = !P12;                             //测试端口
        }
        if (S4CON & 0x01)
        {
            S4CON &= ~0x01;                         //清中断标志
            P13 = !P13;                             //测试端口
        }
}

void main()
{
        P0M0 = 0x00;
        P0M1 = 0x00;
        P1M0 = 0x00;
        P1M1 = 0x00;
        P2M0 = 0x00;
        P2M1 = 0x00;
        P3M0 = 0x00;
        P3M1 = 0x00;
        P4M0 = 0x00;
        P4M1 = 0x00;
        P5M0 = 0x00;
        P5M1 = 0x00;

        S4CON = 0x10;
        T2L = 0xe8;                             //65536-11059200/115200/4=0FFE8H
        T2H = 0xff;
        AUXR = 0x14;                            //启动定时器
        IE2 = ES4;                              //使能串口中断
        EA = 1;
        S4BUF = 0x5a;                           //发送测试数据

        while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ES4             EQU     10H

                ORG     0000H
                LJMP    MAIN
                ORG     0093H
                LJMP    UART4ISR

                ORG     0100H
UART4ISR:
                PUSH    ACC
                PUSH    PSW
                MOV     A,S4CON
                JNB     ACC.1,CHECKRI
                ANL     S4CON,#NOT 02H          ;清中断标志
                CPL     P1.2                    ;测试端口
CHECKRI:
                MOV     A,S4CON
```

```
                JNB     ACC.0,ISREXIT
                ANL     S4CON,#NOT 01H          ;清中断标志
                CPL     P1.3                    ;测试端口
ISREXIT:
                POP     PSW
                POP     ACC
                RETI

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                MOV     S4CON,#10H
                MOV     T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
                MOV     T2H,#0FFH
                MOV     AUXR,#14H               ;启动定时器
                MOV     IE2,#ES4                ;使能串口中断
                SETB    EA
                MOV     S4BUF,#5AH              ;发送测试数据

                JMP     $

                END
```

10.5.17 ADC 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void ADC_Isr() interrupt 5
{
    ADC_CONTR &= ~0x20;                 //清中断标志
    P0 = ADC_RES;                       //测试端口
    P2 = ADC_RESL;                      //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
```

```
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    ADCCFG = 0x00;
    ADC_CONTR = 0xc0;                   //使能并启动 ADC 模块
    EADC = 1;                           //使能 ADC 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     002BH
            LJMP    ADCISR

            ORG     0100H
ADCISR:
            ANL     ADC_CONTR,#NOT 20H  ;清中断标志
            MOV     P0,ADC_RES          ;测试端口
            MOV     P2,ADC_RESL         ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     ADCCFG,#00H
            MOV     ADC_CONTR,#0C0H     ;使能并启动 ADC 模块
            SETB    EADC                ;使能 ADC 中断
            SETB    EA

            JMP     $

            END
```

10.5.18 LVD 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ENLVR           0x40                //RSTCFG.6
#define     LVD2V2          0x00                //LVD@2.2V
#define     LVD2V4          0x01                //LVD@2.4V
#define     LVD2V7          0x02                //LVD@2.7V
#define     LVD3V0          0x03                //LVD@3.0V

#define     LVDF            0x20                //PCON.5

void LVD_Isr() interrupt 6
{
    PCON &= ~LVDF;                              //清中断标志
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    PCON &= ~LVDF;                              //上电需要清中断标志
    RSTCFG = LVD3V0;                            //设置 LVD 电压为3.0V
    ELVD = 1;//使能 LVD 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ENLVR       EQU     40H             ;RSTCFG.6
LVD2V2      EQU     00H             ;LVD@2.2V
LVD2V4      EQU     01H             ;LVD@2.4V
LVD2V7      EQU     02H             ;LVD@2.7V
LVD3V0      EQU     03H             ;LVD@3.0V
```

```
LVDF    EQU     20H             ;PCON.5

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0033H
        LJMP    LVDISR

        ORG     0100H
LVDISR:
        ANL     PCON,#NOT LVDF  ;清中断标志
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        ANL     PCON,#NOT LVDF  ;上电需要清中断标志
        MOV     RSTCFG,# LVD3V0 ;设置 LVD 电压为 3.0V
        SETB    ELVD            ;使能 LVD 中断
        SETB    EA
        JMP     $

        END
```

10.5.19 比较器中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void CMP_Isr() interrupt 21
{
    CMPCR1 &= ~0x40;                    //清中断标志
    P10 = !P10;                         //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
```

```
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    CMPCR2 = 0x00;
    CMPCR1 = 0x80;                  //使能比较器模块
    CMPCR1 |= 0x30;                 //使能比较器边沿中断
    CMPCR1 &= ~0x08;                //P3.7 为CMP+输入脚
    CMPCR1 &= ~0x04;                //内部参考电压为CMP-输入脚
//  CMPCR1 |= 0x04;                 //P3.6 为CMP-输入脚
    CMPCR1 |= 0x02;                 //使能比较器输出
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     00ABH
        LJMP    CMPISR

        ORG     0100H
CMPISR:
        ANL     CMPCR1,#NOT 40H     ;清中断标志
        CPL     P1.0                ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     CMPCR2,#00H
        MOV     CMPCR1,#80H         ;使能比较器模块
        ORL     CMPCR1,#30H         ;使能比较器边沿中断
        ANL     CMPCR1,#NOT 08H     ;P3.7 为CMP+输入脚
        ANL     CMPCR1,#NOT 04H     ;内部参考电压为CMP-输入脚
;       ORL     CMPCR1,#04H         ;P3.6 为CMP-输入脚
```

```
        ORL     CMPCR1,#02H             ;使能比较器输出
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

10.5.20 SPI 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ESPI            0x02

void SPI_Isr() interrupt 9
{
    SPSTAT = 0xc0;                          //清中断标志
    P10 = !P10;                             //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    SPCTL = 0x50;                           //使能 SPI 主机模式
    SPSTAT = 0xc0;                          //清中断标志
    IE2 = ESPI;                             //使能 SPI 中断
    EA = 1;
    SPDAT = 0x5a;                           //发送测试数据

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ESPI        EQU     02H

            ORG     0000H
```

```
                LJMP    MAIN
                ORG     004BH
                LJMP    SPIISR

                ORG     0100H
SPIISR:
                MOV     SPSTAT,#0C0H            ;清中断标志
                CPL     P1.0                    ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                MOV     SPCTL,#50H              ;使能 SPI 主机模式
                MOV     SPSTAT,#0C0H            ;清中断标志
                MOV     IE2,#ESPI               ;使能 SPI 中断
                SETB    EA
                MOV     SPDAT,#5AH              ;发送测试数据

                JMP     $

                END
```

10.5.21 I2C 中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void I2C_Isr() interrupt 24
{
    char bak;
    bak = P_SW2;
    P_SW2 |= 0x80;
    if (I2CMSST & 0x40)
    {
        I2CMSST &= ~0x40;                   //清中断标志
        P10 = !P10;                         //测试端口
    }
    P_SW2 = bak;
}
```

```
void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;
    I2CCFG = 0xc0;                          //使能 I2C 主机模式
    I2CMSCR = 0x80;                         //使能 I2C 中断;
    P_SW2 = 0x00;
    EA = 1;

    P_SW2 = 0x80;
    I2CMSCR = 0x81;                         //发送起始命令
    P_SW2 = 0x00;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         00C3H
            LJMP        I2CISR

            ORG         0100H
I2CISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        DPL
            PUSH        DPH
            PUSH        P_SW2
            MOV         P_SW2,#80H
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSST
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSST
            MOV         R11,@DR4
            ANL         A,#NOT 40H          ;清中断标志
            MOV         @DR4,R11
            CPL         P1.0                ;测试端口
            POP         P_SW2
            POP         DPH
            POP         DPL
            POP         ACC
            RETI

MAIN:
```

```
MOV     SP, #5FH
MOV     P0M0, #00H
MOV     P0M1, #00H
MOV     P1M0, #00H
MOV     P1M1, #00H
MOV     P2M0, #00H
MOV     P2M1, #00H
MOV     P3M0, #00H
MOV     P3M1, #00H
MOV     P4M0, #00H
MOV     P4M1, #00H
MOV     P5M0, #00H
MOV     P5M1, #00H

MOV     P_SW2,#80H
MOV     A,#0C0H             ;使能 I2C 主机模式
MOV     WR6,#WORD0 I2CCFG
MOV     WR4,#WORD2 I2CCFG
MOV     @DR4,R11
MOV     A,#80H              ;使能 I2C 中断
MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
MOV     @DR4,R11
MOV     P_SW2,#00H
SETB    EA

MOV     P_SW2,#80H
MOV     A,#081H             ;发送起始命令
MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
MOV     @DR4,R11
MOV     P_SW2,#00H

JMP     $

END
```

11 定时器/计数器

STC16F 系列单片机内部设置了 5 个 16 位定时器/计数器。5 个 16 位定时器 T0、T1、T2、T3 和 T4 都具有计数方式和定时方式两种工作方式。对定时器/计数器 T0 和 T1，用它们在特殊功能寄存器 TMOD 中相对应的控制位 C/T 来选择 T0 或 T1 为定时器还是计数器。对定时器/计数器 T2，用特殊功能寄存器 AUXR 中的控制位 T2_C/T 来选择 T2 为定时器还是计数器。对定时器/计数器 T3，用特殊功能寄存器 T4T3M 中的控制位 T3_C/T 来选择 T3 为定时器还是计数器。对定时器/计数器 T4，用特殊功能寄存器 T4T3M 中的控制位 T4_C/T 来选择 T4 为定时器还是计数器。定时器/计数器的核心部件是一个加法计数器，其本质是对脉冲进行计数。只是计数脉冲来源不同：如果计数脉冲来自系统时钟，则为定时方式，此时定时器/计数器每 12 个时钟或者每 1 个时钟得到一个计数脉冲，计数值加 1；如果计数脉冲来自单片机外部引脚，则为计数方式，每来一个脉冲加 1。

当定时器/计数器 T0、T1 及 T2 工作在定时模式时，特殊功能寄存器 AUXR 中的 T0x12、T1x12 和 T2x12 分别决定是系统时钟/12 还是系统时钟/1（不分频）后让 T0、T1 和 T2 进行计数。当定时器/计数器 T3 和 T4 工作在定时模式时，特殊功能寄存器 T4T3M 中的 T3x12 和 T4x12 分别决定是系统时钟/12 还是系统时钟/1（不分频）后让 T3 和 T4 进行计数。当定时器/计数器工作在计数模式时，对外部脉冲计数不分频。

定时器/计数器 0 有 4 种工作模式：模式 0（16 位自动重装载模式），模式 1（16 位不可重装载模式），模式 2（8 位自动重装模式），模式 3（不可屏蔽中断的 16 位自动重装载模式）。定时器/计数器 1 除模式 3 外，其他工作模式与定时器/计数器 0 相同。T1 在模式 3 时无效，停止计数。定时器 T2 的工作模式固定为 16 位自动重装载模式。T2 可以当定时器使用，也可以当串口的波特率发生器和可编程时钟输出。定时器 3、定时器 4 与定时器 T2 一样，它们的工作模式固定为 16 位自动重装载模式。T3/T4 可以当定时器使用，也可以当串口的波特率发生器和可编程时钟输出。

11.1 定时器的相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
TCON	定时器控制寄存器	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	0000,0000
TMOD	定时器模式寄存器	89H	GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0	0000,0000
TL0	定时器 0 低 8 位寄存器	8AH									0000,0000
TL1	定时器 1 低 8 位寄存器	8BH									0000,0000
TH0	定时器 0 高 8 位寄存器	8CH									0000,0000
TH1	定时器 1 高 8 位寄存器	8DH									0000,0000
AUXR	辅助寄存器 1	93H	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/T	T2x12	EXTRAM	S1ST2	0000,0001
INTCLKO	中断与时钟输出控制寄存器	95H	-	EX4	EX3	EX2	-	T2CLKO	T1CLKO	T0CLKO	x000,x000
WKTCL	掉电唤醒定时器低字节	AAH									1111,1111
WKTCH	掉电唤醒定时器高字节	ABH	WKTEN								0111,1111
T4T3M	定时器 4/3 控制寄存器	DBH	T4R	T4_C/T	T4x12	T4CLKO	T3R	T3_C/T	T3x12	T3CLKO	0000,0000
T4H	定时器 4 高字节	C9H									0000,0000
T4L	定时器 4 低字节	CAH									0000,0000
T3H	定时器 3 高字节	CBH									0000,0000
T3L	定时器 3 低字节	CCH									0000,0000
T2H	定时器 2 高字节	CDH									0000,0000
T2L	定时器 2 低字节	CEH									0000,0000

11.2 定时器 0/1

11.2.1 定时器 0/1 控制寄存器（TCON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TCON	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1：T1溢出中断标志。T1被允许计数以后，从初值开始加1计数。当产生溢出时由硬件将TF1位置“1”，并向CPU请求中断，一直保持到CPU响应中断时，才由硬件清“0”（也可由查询软件清“0”）。

TR1：定时器T1的运行控制位。该位由软件置位和清零。当GATE（TMOD.7）=0，TR1=1时就允许T1开始计数，TR1=0时禁止T1计数。当GATE（TMOD.7）=1，TR1=1且INT1输入高电平时，才允许T1计数。

TF0：T0溢出中断标志。T0被允许计数以后，从初值开始加1计数，当产生溢出时，由硬件置“1”TF0，向CPU请求中断，一直保持CPU响应该中断时，才由硬件清0（也可由查询软件清0）。

TR0：定时器T0的运行控制位。该位由软件置位和清零。当GATE（TMOD.3）=0，TR0=1时就允许T0开始计数，TR0=0时禁止T0计数。当GATE（TMOD.3）=1，TR0=1且INT0输入高电平时，才允许T0计数，TR0=0时禁止T0计数。

IE1：外部中断1请求源（INT1/P3.3）标志。IE1=1，外部中断向CPU请求中断，当CPU响应该中断时由硬件清“0”IE1。

IT1：外部中断源1触发控制位。IT1=0，上升沿或下降沿均可触发外部中断1。IT1=1，外部中断1程控为下降沿触发方式。

IE0：外部中断0请求源（INT0/P3.2）标志。IE0=1外部中断0向CPU请求中断，当CPU响应外部中断时，由硬件清“0”IE0（边沿触发方式）。

IT0：外部中断源0触发控制位。IT0=0，上升沿或下降沿均可触发外部中断0。IT0=1，外部中断0程控为下降沿触发方式。

11.2.2 定时器 0/1 模式寄存器（TMOD）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TMOD	89H	T1_GATE	T1_C/T	T1_M1	T1_M0	T0_GATE	T0_C/T	T0_M1	T0_M0

T1_GATE：控制定时器1，置1时只有在INT1脚为高及TR1控制位置1时才可打开定时器/计数器1。

T0_GATE：控制定时器0，置1时只有在INT0脚为高及TR0控制位置1时才可打开定时器/计数器0。

T1_C/T：控制定时器1用作定时器或计数器，清0则用作定时器（对内部系统时钟进行计数），置1用作计数器（对引脚T1/P3.5外部脉冲进行计数）。

T0_C/T：控制定时器0用作定时器或计数器，清0则用作定时器（对内部系统时钟进行计数），置1用作计数器（对引脚T0/P3.4外部脉冲进行计数）。

T1_M1/T1_M0：定时器定时器/计数器1模式选择

T1_M1	T1_M0	定时器/计数器1工作模式
0	0	16位自动重载模式 当[TH1,TL1]中的16位计数值溢出时，系统会自动将内部16位重载寄存器中的重载值装入[TH1,TL1]中。

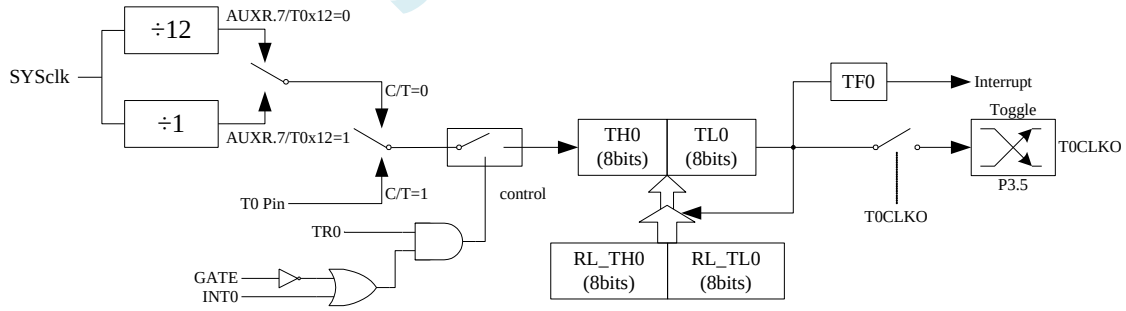
0	1	16位不自动重载模式 当[TH1,TL1]中的16位计数值溢出时，定时器1将从0开始计数
1	0	8位自动重载模式 当TL1中的8位计数值溢出时，系统会自动将TH1中的重载值装入TL1中。
1	1	T1停止工作

T0_M1/T0_M0：定时器定时器/计数器0模式选择

T0_M1	T0_M0	定时器/计数器0工作模式
0	0	16位自动重载模式 当[TH0,TL0]中的16位计数值溢出时，系统会自动将内部16位重载寄存器中的重载值装入[TH0,TL0]中。
0	1	16位不自动重载模式 当[TH0,TL0]中的16位计数值溢出时，定时器0将从0开始计数
1	0	8位自动重载模式 当TL0中的8位计数值溢出时，系统会自动将TH0中的重载值装入TL0中。
1	1	不可屏蔽中断的16位自动重载模式 与模式0相同，不可屏蔽中断，中断优先级最高，高于其他所有中断的优先级，并且不可关闭，可用作操作系统的系统节拍定时器，或者系统监控定时器。

11.2.3 定时器 0 模式 0（16 位自动重装载模式）

此模式下定时器/计数器 0 作为可自动重装载的 16 位计数器，如下图所示：



定时器/计数器 0 的模式 0：16 位自动重装载模式

当 GATE=0（TMOD.3）时，如 TR0=1，则定时器计数。GATE=1 时，允许由外部输入 INT0 控制定时器 0，这样可实现脉宽测量。TR0 为 TCON 寄存器内的控制位，TCON 寄存器各位的具体功能描述见上节 TCON 寄存器的介绍。

当 C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟的分频输出，T0 对内部系统时钟计数，T0 工作在定时方式。当 C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲输入 P3.4/T0，即 T0 工作在计数方式。

STC 单片机的定时器 0 有两种计数速率：一种是 12T 模式，每 12 个时钟加 1，与传统 8051 单片机相同；另外一种是 1T 模式，每个时钟加 1，速度是传统 8051 单片机的 12 倍。T0 的速率由特殊功能寄存器 AUXR 中的 T0x12 决定，如果 T0x12=0，T0 则工作在 12T 模式；如果 T0x12=1，T0 则工作在 1T 模式

定时器 0 有两个隐藏的寄存器 RL_TH0 和 RL_TL0。RL_TH0 与 TH0 共有同一个地址，RL_TL0 与 TL0 共有同一个地址。当 TR0=0 即定时器/计数器 0 被禁止工作时，对 TL0 写入的内容会同时写入 RL_TL0，对 TH0 写入的内容也会同时写入 RL_TH0。当 TR0=1 即定时器/计数器 0 被允许工作时，对 TL0 写入内容，实际上不是写入当前寄存器 TL0 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_TL0 中，对 TH0 写入内容，实际上也不是写入当前寄存器 TH0 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_TH0，这样可以巧妙地实现 16 位重装载定时器。当读 TH0 和 TL0 的内容时，所读的内容就是 TH0 和 TL0 的内容，而不是 RL_TH0 和 RL_TL0 的内容。

当定时器 0 工作在模式 0（TMOD[1:0]/[M1,M0]=00B）时，[TH0,TL0]的溢出不仅置位 TF0，而且会自动将[RL_TH0,RL_TL0]的内容重新装入[TH0,TL0]。

当 T0CLKO/INT_CLKO.0=1 时，P3.5/T1 管脚配置为定时器 0 的时钟输出 T0CLKO。输出时钟频率为 T0 溢出率/2。

如果 C/T=0，定时器/计数器 T0 对内部系统时钟计数，则：

T0 工作在 1T 模式（AUXR.7/T0x12=1）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/(65536-[RL_TH0, RL_TL0])/2

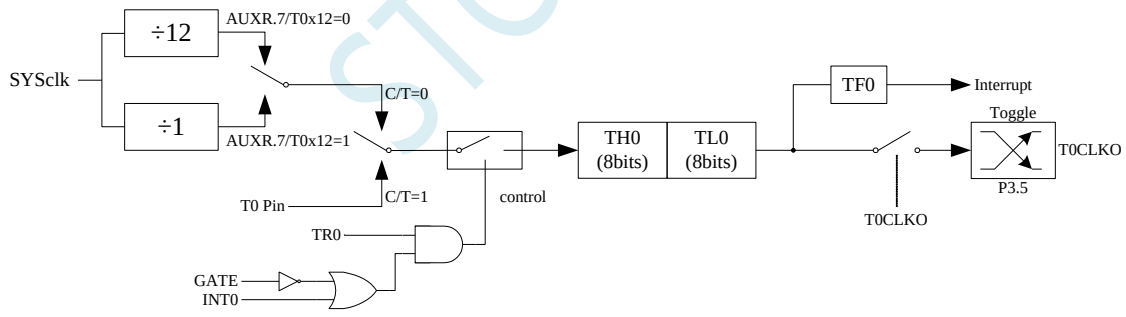
T0 工作在 12T 模式（AUXR.7/T0x12=0）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/12/(65536-[RL_TH0, RL_TL0])/2

如果 C/T=1，定时器/计数器 T0 是对外部脉冲输入(P3.4/T0)计数，则：

输出时钟频率 = (T0_Pin_CLK) / (65536-[RL_TH0, RL_TL0])/2

11.2.4 定时器 0 模式 1（16 位不可重装载模式）

此模式下定时器/计数器 0 工作在 16 位不可重装载模式，如下图所示：



定时器/计数器 0 的模式 1：16 位不可重装载模式

此模式下，定时器/计数器 0 配置为 16 位不可重装载模式，由 TL0 的 8 位和 TH0 的 8 位所构成。TL0 的 8 位溢出向 TH0 进位，TH0 计数溢出置位 TCON 中的溢出标志位 TF0。

当 GATE=0(TMOD.3)时，如 TR0=1，则定时器计数。GATE=1 时，允许由外部输入 INT0 控制定时器 0，这样可实现脉宽测量。TR0 为 TCON 寄存器内的控制位，TCON 寄存器各位的具体功能描述见上节 TCON 寄存器的介绍。

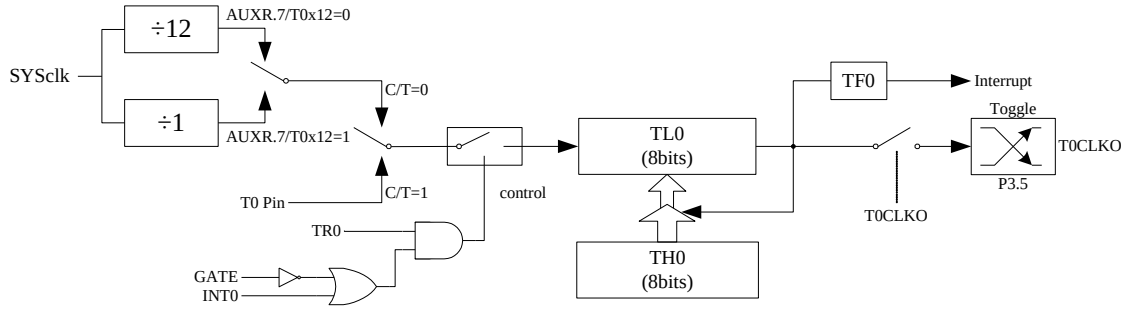
当 C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟的分频输出，T0 对内部系统时钟计数，T0 工作在定时方式。当 C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲输入 P3.4/T0，即 T0 工作在计数方式。

STC 单片机的定时器 0 有两种计数速率：一种是 12T 模式，每 12 个时钟加 1，与传统 8051 单片机相同；

另外一种是 1T 模式，每个时钟加 1，速度是传统 8051 单片机的 12 倍。T0 的速率由特殊功能寄存器 AUXR 中的 T0x12 决定，如果 T0x12=0，T0 则工作在 12T 模式；如果 T0x12=1，T0 则工作在 1T 模式。

11.2.5 定时器 0 模式 2（8 位自动重装载模式）

此模式下定时器/计数器 0 作为可自动重装载的 8 位计数器，如下图所示：



定时器/计数器 0 的模式 2：8 位自动重装载模式

TL0 的溢出不仅置位 TF0，而且将 TH0 的内容重新装入 TL0，TH0 内容由软件预置，重装时 TH0 内容不变。

当 T0CLKO/INT_CLKO.0=1 时，P3.5/T1 管脚配置为定时器 0 的时钟输出 T0CLKO。输出时钟频率为 T0 溢出率/2。

如果 C/T=0，定时器/计数器 T0 对内部系统时钟计数，则：

T0 工作在 1T 模式（AUXR.7/T0x12=1）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/(256-TH0)/2

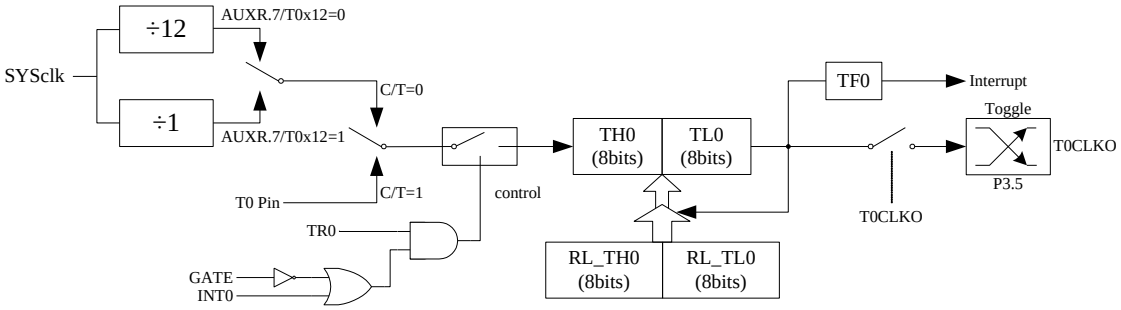
T0 工作在 12T 模式（AUXR.7/T0x12=0）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/12/(256-TH0)/2

如果 C/T=1，定时器/计数器 T0 是对外部脉冲输入(P3.4/T0)计数，则：

输出时钟频率 = (T0_Pin_CLK) / (256-TH0)/2

11.2.6 定时器 0 模式 3（不可屏蔽中断 16 位自动重装载，实时操作系统节拍器）

对定时器/计数器 0，其工作模式模式 3 与工作模式 0 是一样的（下图定时器模式 3 的原理图，与工作模式 0 是一样的）。唯一不同的是：当定时器/计数器 0 工作在模式 3 时，只需允许 ET0/IE.1(定时器/计数器 0 中断允许位)，不需要允许 EA/IE.7(总中断使能位)就能打开定时器/计数器 0 的中断，此模式下的定时器/计数器 0 中断与总中断使能位 EA 无关，一旦工作在模式 3 下的定时器/计数器 0 中断被打开(ET0=1)，那么该中断是不可屏蔽的，该中断的优先级是最高的，即该中断不能被任何中断所打断，而且该中断打开后既不受 EA/IE.7 控制也不再受 ET0 控制，当 EA=0 或 ET0=0 时都不能屏蔽此中断。故将此模式称为不可屏蔽中断的 16 位自动重装载模式。

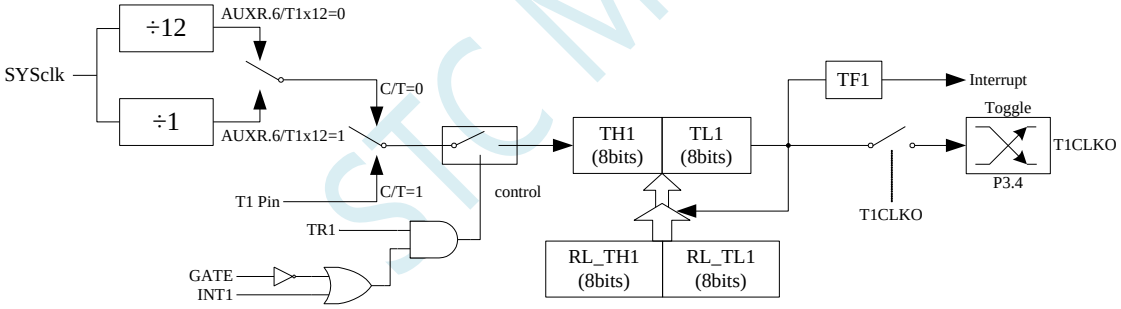


定时器/计数器 0 的模式 3：不可屏蔽中断的 16 位自动重装载模式

注意：当定时器/计数器 0 工作在模式 3(不可屏蔽中断的 16 位自动重装载模式)时，不需要允许 EA/IE.7(总中断使能位)，只需允许 ET0/IE.1(定时器/计数器 0 中断允许位)就能打开定时器/计数器 0 的中断，此模式下的定时器/计数器 0 中断与总中断使能位 EA 无关。一旦此模式下的定时器/计数器 0 中断被打开后，该定时器/计数器 0 中断优先级就是最高的，它不能被其它任何中断所打断(不管是比定时器/计数器 0 中断优先级低的中断还是比其优先级高的中断，都不能打断此时的定时器/计数器 0 中断)，而且该中断打开后既不受 EA/IE.7 控制也不再受 ET0 控制了，清零 EA 或 ET0 都不能关闭此中断。

11.2.7 定时器 1 模式 0（16 位自动重装载模式）

此模式下定时器/计数器 1 作为可自动重装载的 16 位计数器，如下图所示：



定时器/计数器 1 的模式 0：16 位自动重装载模式

当 GATE=0（TMOD.7）时，如 TR1=1，则定时器计数。GATE=1 时，允许由外部输入 INT1 控制定时器 1，这样可实现脉宽测量。TR1 为 TCON 寄存器内的控制位，TCON 寄存器各位的具体功能描述见上节 TCON 寄存器的介绍。

当 C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟的分频输出，T1 对内部系统时钟计数，T1 工作在定时方式。当 C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲输入 P3.5/T1，即 T1 工作在计数方式。

STC 单片机的定时器 1 有两种计数速率：一种是 12T 模式，每 12 个时钟加 1，与传统 8051 单片机相同；另外一种是 1T 模式，每个时钟加 1，速度是传统 8051 单片机的 12 倍。T1 的速率由特殊功能寄存器 AUXR 中的 T1x12 决定，如果 T1x12=0，T1 则工作在 12T 模式；如果 T1x12=1，T1 则工作在 1T 模式

定时器 1 有两个隐藏的寄存器 RL_TH1 和 RL_TL1。RL_TH1 与 TH1 共有同一个地址，RL_TL1 与 TL1 共有同一个地址。当 TR1=0 即定时器/计数器 1 被禁止工作时，对 TL1 写入的内容会同时写入 RL_TL1，对 TH1 写入的内容也会同时写入 RL_TH1。当 TR1=1 即定时器/计数器 1 被允许工作时，对 TL1 写入内容，实

际上不是写入当前寄存器 TL1 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_TL1 中，对 TH1 写入内容，实际上也不是写入当前寄存器 TH1 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_TH1，这样可以巧妙地实现 16 位重装载定时器。当读 TH1 和 TL1 的内容时，所读的内容就是 TH1 和 TL1 的内容，而不是 RL_TH1 和 RL_TL1 的内容。

当定时器 1 工作在模式 1（TMOD[5:4]/[M1,M0]=00B）时，[TH1,TL1]的溢出不仅置位 TF1，而且会自动将[RL_TH1,RL_TL1]的内容重新装入[TH1,TL1]。

当 T1CLKO/INT_CLKO.1=1 时，P3.4/T0 管脚配置为定时器 1 的时钟输出 T1CLKO。输出时钟频率为 T1 溢出率/2。

如果 C/T=0，定时器/计数器 T1 对内部系统时钟计数，则：

T1 工作在 1T 模式（AUXR.6/T1x12=1）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/(65536-[RL_TH1, RL_TL1])/2

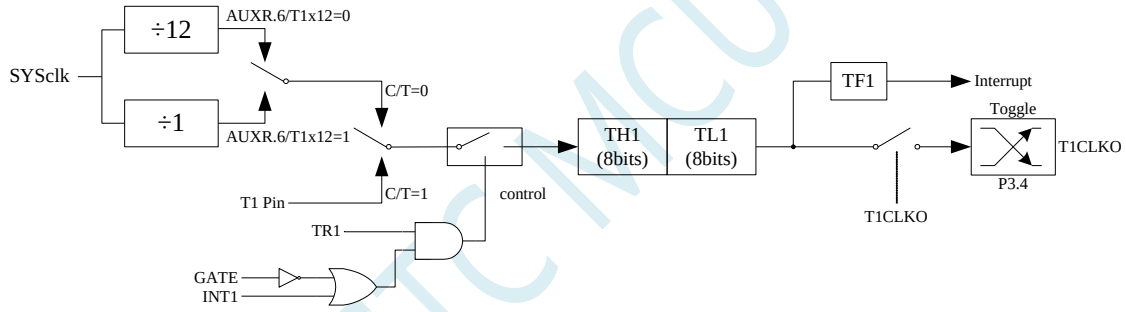
T1 工作在 12T 模式（AUXR.6/T1x12=0）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/12/(65536-[RL_TH1, RL_TL1])/2

如果 C/T=1，定时器/计数器 T1 是对外部脉冲输入(P3.5/T1)计数，则：

输出时钟频率 = (T1_Pin_CLK) / (65536-[RL_TH1, RL_TL1])/2

11.2.8 定时器 1 模式 1（16 位不可重装载模式）

此模式下定时器/计数器 1 工作在 16 位不可重装载模式，如下图所示：



定时器/计数器 1 的模式 1：16 位不可重装载模式

此模式下，定时器/计数器 1 配置为 16 位不可重装载模式，由 TL1 的 8 位和 TH1 的 8 位所构成。TL1 的 8 位溢出向 TH1 进位，TH1 计数溢出置位 TCON 中的溢出标志位 TF1。

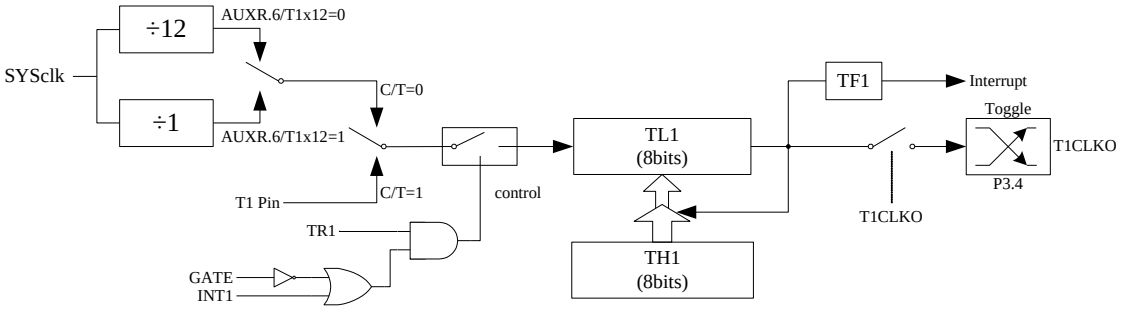
当 GATE=0(TMOD.7)时，如 TR1=1，则定时器计数。GATE=1 时，允许由外部输入 INT1 控制定时器 1，这样可实现脉宽测量。TR1 为 TCON 寄存器内的控制位，TCON 寄存器各位的具体功能描述见上节 TCON 寄存器的介绍。

当 C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟的分频输出，T1 对内部系统时钟计数，T1 工作在定时方式。当 C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲输入 P3.5/T1，即 T1 工作在计数方式。

STC 单片机的定时器 1 有两种计数速率：一种是 12T 模式，每 12 个时钟加 1，与传统 8051 单片机相同；另外一种是 1T 模式，每个时钟加 1，速度是传统 8051 单片机的 12 倍。T1 的速率由特殊功能寄存器 AUXR 中的 T1x12 决定，如果 T1x12=0，T1 则工作在 12T 模式；如果 T1x12=1，T1 则工作在 1T 模式。

11.2.9 定时器 1 模式 2（8 位自动重装载模式）

此模式下定时器/计数器 1 作为可自动重装载的 8 位计数器，如下图所示：



定时器/计数器 1 的模式 2：8 位自动重装载模式

TL1 的溢出不仅置位 TF1，而且将 TH1 的内容重新装入 TL1，TH1 内容由软件预置，重装时 TH1 内容不变。

当 T1CLKO/INT_CLKO.1=1 时，P3.4/T0 管脚配置为定时器 1 的时钟输出 T1CLKO。输出时钟频率为 T1 溢出率/2。

如果 C/T=0，定时器/计数器 T1 对内部系统时钟计数，则：

T1 工作在 1T 模式（AUXR.6/T1x12=1）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/(256-TH1)/2

T1 工作在 12T 模式（AUXR.6/T1x12=0）时的输出时钟频率 = (SYSclk)/12/(256-TH1)/2

如果 C/T=1，定时器/计数器 T1 是对外部脉冲输入(P3.5/T1)计数，则：

输出时钟频率 = (T1_Pin_CLK) / (256-TH1)/2

11.2.10 定时器 0 计数寄存器（TL0，TH0）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TL0	8AH								
TH0	8CH								

当定时器/计数器0工作在16位模式（模式0、模式1、模式3）时，TL0和TH0组合成为一个16位寄存器，TL0为低字节，TH0为高字节。若为8位模式（模式2）时，TL0和TH0为两个独立的8位寄存器。

11.2.11 定时器 1 计数寄存器（TL1，TH1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TL1	8BH								
TH1	8DH								

当定时器/计数器1工作在16位模式（模式0、模式1）时，TL1和TH1组合成为一个16位寄存器，TL1为低字节，TH1为高字节。若为8位模式（模式2）时，TL1和TH1为两个独立的8位寄存器。

11.2.12 辅助寄存器 1（AUXR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AUXR	93H	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/T	T2x12	EXTRAM	S1ST2

T0x12：定时器0速度控制位

0：12T 模式，即 CPU 时钟 12 分频（FOSC/12）

1：1T 模式，即 CPU 时钟不分频分频（FOSC/1）

T1x12：定时器1速度控制位

0：12T 模式，即 CPU 时钟 12 分频（FOSC/12）

1：1T 模式，即 CPU 时钟不分频分频（FOSC/1）

11.2.13 中断与时钟输出控制寄存器（INTCLKO）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTCLKO	95H	-	EX4	EX3	EX2	-	T2CLKO	T1CLKO	T0CLKO

T0CLKO：定时器0时钟输出控制

0：关闭时钟输出

1：使能 P3.5 口的是定时器 0 时钟输出功能

当定时器 0 计数发生溢出时，P3.5 口的电平自动发生翻转。

T1CLKO：定时器1时钟输出控制

0：关闭时钟输出

1：使能 P3.4 口的是定时器 1 时钟输出功能

当定时器 1 计数发生溢出时，P3.4 口的电平自动发生翻转。

11.2.14 定时器 0 计算公式

定时器模式	定时器速度	周期计算公式
模式0/3 （16位自动重载）	1T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH0, TL0]}{SYSclk}$ （自动重载）
	12T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH0, TL0]}{SYSclk} \times 12$ （自动重载）
模式1 （16位不自动重载）	1T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH0, TL0]}{SYSclk}$ （需软件装载）
	12T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH0, TL0]}{SYSclk} \times 12$ （需软件装载）
模式2 （8位自动重载）	1T	定时器周期 = $\frac{256 - TH0}{SYSclk}$ （自动重载）
	12T	定时器周期 = $\frac{256 - TH0}{SYSclk} \times 12$ （自动重载）

11.2.15 定时器 1 计算公式

定时器模式	定时器速度	周期计算公式
模式0 （16位自动重载）	1T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH1, TL1]}{SYSclk}$ （自动重载）
	12T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH1, TL1]}{SYSclk} \times 12$ （自动重载）
模式1 （16位不自动重载）	1T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH1, TL1]}{SYSclk}$ （需软件装载）
	12T	定时器周期 = $\frac{65536 - [TH1, TL1]}{SYSclk} \times 12$ （需软件装载）
模式2 （8位自动重载）	1T	定时器周期 = $\frac{256 - TH1}{SYSclk}$ （自动重载）
	12T	定时器周期 = $\frac{256 - TH1}{SYSclk} \times 12$ （自动重载）

11.3 定时器 2

11.3.1 辅助寄存器 1（AUXR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AUXR	93H	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/T	T2x12	EXTRAM	S1ST2

TR2：定时器2的运行控制位

0：定时器 2 停止计数

1：定时器 2 开始计数

T2_C/T：控制定时器0用作定时器或计数器，清0则用作定时器（对内部系统时钟进行计数），置1用作计数器（对引脚T2/P1.2外部脉冲进行计数）。

T2x12：定时器2速度控制位

0：12T 模式，即 CPU 时钟 12 分频（FOSC/12）

1：1T 模式，即 CPU 时钟不分频分频（FOSC/1）

11.3.2 中断与时钟输出控制寄存器（INTCLKO）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTCLKO	95H	-	EX4	EX3	EX2	-	T2CLKO	T1CLKO	T0CLKO

T2CLKO：定时器2时钟输出控制

0：关闭时钟输出

1：使能 P1.3 口的是定时器 2 时钟输出功能

当定时器 2 计数发生溢出时，P1.3 口的电平自动发生翻转。

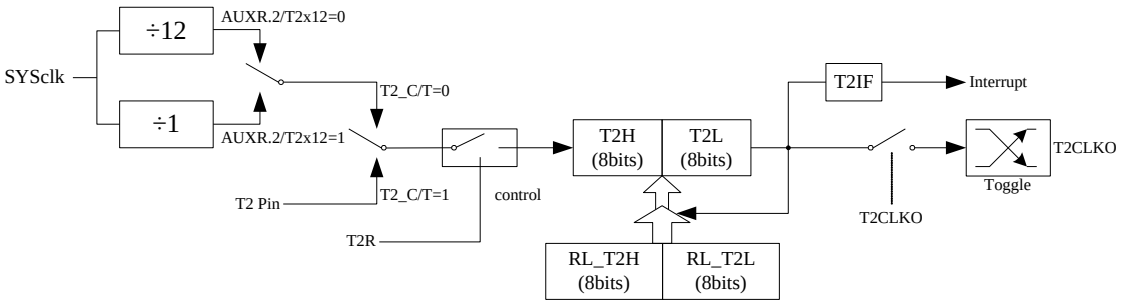
11.3.3 定时器 2 计数寄存器（T2L，T2H）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
T2L	CEH								
T2H	CDH								

定时器/计数器2的工作模式固定为16位重载模式，T2L和T2H组合成为一个16位寄存器，T2L为低字节，T2H为高字节。当[T2H,T2L]中的16位计数值溢出时，系统会自动将内部16位重载寄存器中的重载值装入[T2H,T2L]中。

11.3.4 定时器 2 工作模式

定时器/计数器2的原理框图如下：



定时器/计数器 2 的工作模式：16 位自动重装载模式

T2R/AUXR.4 为 AUXR 寄存器内的控制位，AUXR 寄存器各位的具体功能描述见上节 AUXR 寄存器的介绍。

当 T2_C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟输出，T2 对内部系统时钟计数，T2 工作在定时方式。当 T2_C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲输 T2，即 T2 工作在计数方式。

STC 单片机的定时器 2 有两种计数速率：一种是 12T 模式，每 12 个时钟加 1，与传统 8051 单片机相同；另外一种是 1T 模式，每个时钟加 1，速度是传统 8051 单片机的 12 倍。T2 的速率由特殊功能寄存器 AUXR 中的 T2x12 决定，如果 T2x12=0，T2 则工作在 12T 模式；如果 T2x12=1，T2 则工作在 1T 模式

定时器 2 有两个隐藏的寄存器 RL_T2H 和 RL_T2L。RL_T2H 与 T2H 共有同一个地址，RL_T2L 与 T2L 共有同一个地址。当 T2R=0 即定时器/计数器 2 被禁止工作时，对 T2L 写入的内容会同时写入 RL_T2L，对 T2H 写入的内容也会同时写入 RL_T2H。当 T2R=1 即定时器/计数器 2 被允许工作时，对 T2L 写入内容，实际上不是写入当前寄存器 T2L 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_T2L 中，对 T2H 写入内容，实际上也不是写入当前寄存器 T2H 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_T2H，这样可以巧妙地实现 16 位重装载定时器。当读 T2H 和 T2L 的内容时，所读的内容就是 T2H 和 T2L 的内容，而不是 RL_T2H 和 RL_T2L 的内容。

[T2H,T2L]的溢出不仅置位中断请求标志位（T2IF），使 CPU 转去执行定时器 2 的中断程序，而且会自动将[RL_T2H,RL_T2L]的内容重新装入[T2H,T2L]。

11.3.5 定时器 2 计算公式

定时器速度	周期计算公式
1T	定时器周期 = $\frac{65536 - [T2H, T2L]}{SYSclk}$ （自动重载）
12T	定时器周期 = $\frac{65536 - [T2H, T2L]}{SYSclk} \times 12$ （自动重载）

11.4 定时器 3/4

11.4.1 定时器 3/4 功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
T3T4PIN	7EFEACH	-	-	-	-	-	-	-	**T3T4SEL**

T3T4SEL：T3/T3CLKO/T4/T4CLKO 脚选择位

T3T4SEL	T3	T3CLKO	T4	T4CLKO
0	P0.4	P0.5	P0.6	P0.7
1	P0.0	P0.1	P0.2	P0.3

11.4.2 定时器 4/3 控制寄存器（T4T3M）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
T4T3M	DBH	T4R	T4_C/T	T4x12	T4CLKO	T3R	T3_C/T	T3x12	T3CLKO

TR4：定时器4的运行控制位

0：定时器 4 停止计数

1：定时器 4 开始计数

T4_C/T：控制定时器4用作定时器或计数器，清0则用作定时器（对内部系统时钟进行计数），置1用作计数器（对引脚T4/P0.6外部脉冲进行计数）。

T4x12：定时器4速度控制位

0：12T 模式，即 CPU 时钟 12 分频（FOSC/12）

1：1T 模式，即 CPU 时钟不分频分频（FOSC/1）

T4CLKO：定时器4时钟输出控制

0：关闭时钟输出

1：使能 P0.7 口的是定时器 4 时钟输出功能

当定时器 4 计数发生溢出时，P0.7 口的电平自动发生翻转。

TR3：定时器3的运行控制位

0：定时器 3 停止计数

1：定时器 3 开始计数

T3_C/T：控制定时器3用作定时器或计数器，清0则用作定时器（对内部系统时钟进行计数），置1用作计数器（对引脚T3/P0.4外部脉冲进行计数）。

T3x12：定时器3速度控制位

0：12T 模式，即 CPU 时钟 12 分频（FOSC/12）

1：1T 模式，即 CPU 时钟不分频分频（FOSC/1）

T3CLKO：定时器3时钟输出控制

0：关闭时钟输出

1：使能 P0.5 口的是定时器 3 时钟输出功能

当定时器 3 计数发生溢出时，P0.5 口的电平自动发生翻转。

11.4.3 定时器 3 计数寄存器（T3L，T3H）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
T3L	CCH								

T3H	CBH	

定时器/计数器3的工作模式固定为16位重载模式，T3L和T3H组合成为一个16位寄存器，T3L为低字节，T3H为高字节。当[T3H,T3L]中的16位计数值溢出时，系统会自动将内部16位重载寄存器中的重载值装入[T3H,T3L]中。

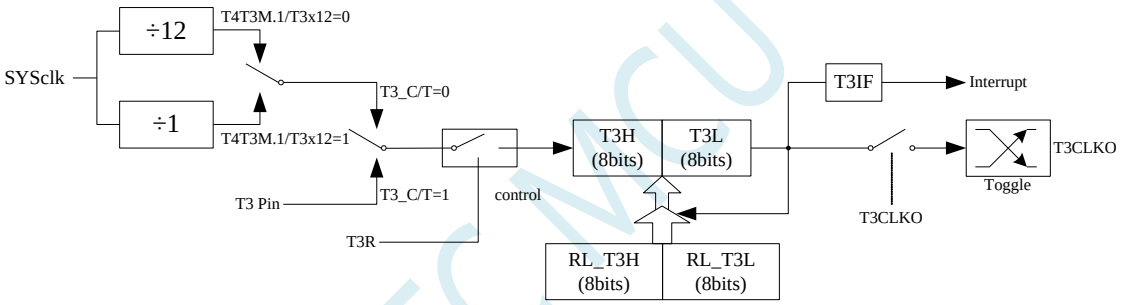
11.4.4 定时器 4 计数寄存器（T4L，T4H）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
T4L	CEH								
T4H	CDH								

定时器/计数器4的工作模式固定为16位重载模式，T4L和T4H组合成为一个16位寄存器，T4L为低字节，T4H为高字节。当[T4H,T4L]中的16位计数值溢出时，系统会自动将内部16位重载寄存器中的重载值装入[T4H,T4L]中。

11.4.5 定时器 3 工作模式

定时器/计数器3的原理框图如下：



定时器/计数器 3 的工作模式：16 位自动重装载模式

T3R/T4T3M.3 为 T4T3M 寄存器内的控制位，T4T3M 寄存器各位的具体功能描述见上节 T4T3M 寄存器的介绍。

当 T3_C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟输出，T3 对内部系统时钟计数，T3 工作在定时方式。当 T3_C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲输 T3，即 T3 工作在计数方式。

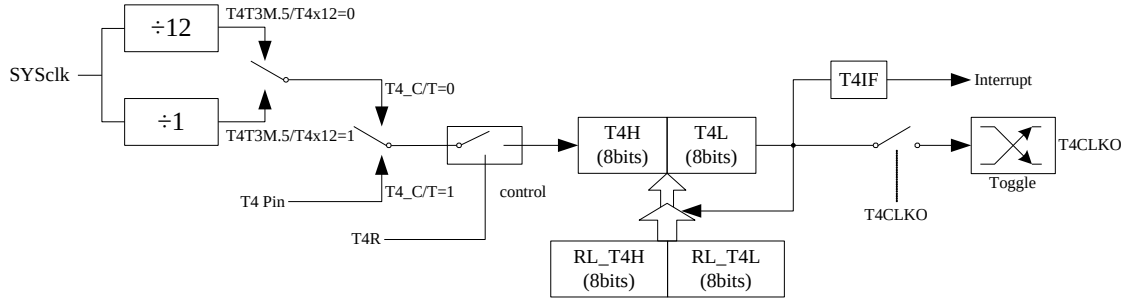
STC 单片机的定时器 3 有两种计数速率：一种是 12T 模式，每 12 个时钟加 1，与传统 8051 单片机相同；另外一种是 1T 模式，每个时钟加 1，速度是传统 8051 单片机的 12 倍。T3 的速率由特殊功能寄存器 T4T3M 中的 T3x12 决定，如果 T3x12=0，T3 则工作在 12T 模式；如果 T3x12=1，T3 则工作在 1T 模式

定时器 3 有两个隐藏的寄存器 RL_T3H 和 RL_T3L。RL_T3H 与 T3H 共有同一个地址，RL_T3L 与 T3L 共有同一个地址。当 T3R=0 即定时器/计数器 3 被禁止工作时，对 T3L 写入的内容会同时写入 RL_T3L，对 T3H 写入的内容也会同时写入 RL_T3H。当 T3R=1 即定时器/计数器 3 被允许工作时，对 T3L 写入内容，实际上不是写入当前寄存器 T3L 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_T3L 中，对 T3H 写入内容，实际上也不是写入当前寄存器 T3H 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_T3H，这样可以巧妙地实现 16 位重装载定时器。当读 T3H 和 T3L 的内容时，所读的内容就是 T3H 和 T3L 的内容，而不是 RL_T3H 和 RL_T3L 的内容。

[T3H,T3L]的溢出不仅置位中断请求标志位（T3IF），使 CPU 转去执行定时器 3 的中断程序，而且会自动将[RL_T3H,RL_T3L]的内容重新装入[T3H,T3L]。

11.4.6 定时器 4 工作模式

定时器/计数器 4 的原理框图如下：



定时器/计数器 4 的工作模式：16 位自动重装载模式

T4R/T4T3M.7 为 T4T3M 寄存器内的控制位，T4T3M 寄存器各位的具体功能描述见上节 T4T3M 寄存器的介绍。

当 T4_C/T=0 时，多路开关连接到系统时钟输出，T4 对内部系统时钟计数，T4 工作在定时方式。当 T4_C/T=1 时，多路开关连接到外部脉冲输 T4，即 T4 工作在计数方式。

STC 单片机的定时器 4 有两种计数速率：一种是 12T 模式，每 12 个时钟加 1，与传统 8051 单片机相同；另外一种是 1T 模式，每个时钟加 1，速度是传统 8051 单片机的 12 倍。T4 的速率由特殊功能寄存器 T4T3M 中的 T4x12 决定，如果 T4x12=0，T4 则工作在 12T 模式；如果 T4x12=1，T4 则工作在 1T 模式

定时器 4 有两个隐藏的寄存器 RL_T4H 和 RL_T4L。RL_T4H 与 T4H 共有同一个地址，RL_T4L 与 T4L 共有同一个地址。当 T4R=0 即定时器/计数器 4 被禁止工作时，对 T4L 写入的内容会同时写入 RL_T4L，对 T4H 写入的内容也会同时写入 RL_T4H。当 T4R=1 即定时器/计数器 4 被允许工作时，对 T4L 写入内容，实际上不是写入当前寄存器 T4L 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_T4L 中，对 T4H 写入内容，实际上也不是写入当前寄存器 T4H 中，而是写入隐藏的寄存器 RL_T4H，这样可以巧妙地实现 16 位重装载定时器。当读 T4H 和 T4L 的内容时，所读的内容就是 T4H 和 T4L 的内容，而不是 RL_T4H 和 RL_T4L 的内容。

[T4H,T4L]的溢出不仅置位中断请求标志位（T4IF），使 CPU 转去执行定时器 4 的中断程序，而且会自动将[RL_T4H,RL_T4L]的内容重新装入[T4H,T4L]。

11.4.7 定时器 3 计算公式

定时器速度	周期计算公式
1T	定时器周期 = $\frac{65536 - [T3H, T3L]}{SYSclk}$ （自动重载）
12T	定时器周期 = $\frac{65536 - [T3H, T3L]}{SYSclk} \times 12$ （自动重载）

11.4.8 定时器 4 计算公式

定时器速度	周期计算公式

1T	定时器周期 = $\frac{65536 - [T4H, T4L]}{SYSclk}$ （自动重载）
12T	定时器周期 = $\frac{65536 - [T4H, T4L]}{SYSclk} \times 12$ （自动重载）

11.5 范例程序

11.5.1 定时器 0（模式 0－16 位自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM0_Isr() interrupt 1
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x00;                                //模式 0
    TL0 = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    TH0 = 0xfc;
    TR0 = 1;                                    //启动定时器
    ET0 = 1;                                    //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

        ORG         0000H
```

```
        LJMP    MAIN
        ORG     000BH
        LJMP    TM0ISR

        ORG     0100H
TM0ISR:
        CPL     P1.0                    ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#00H               ;模式 0
        MOV     TL0,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     TH0,#0FCH
        SETB    TR0                     ;启动定时器
        SETB    ET0                     ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.2 定时器 0（模式 1－16 位不自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM0_Isr() interrupt 1
{
    TL0 = 0x66;                                 //重设定时参数
    TH0 = 0xfc;
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
```

```
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x01;                    //模式 1
    TL0 = 0x66;                     //65536-11.0592M/12/1000
    TH0 = 0xfc;
    TR0 = 1;                        //启动定时器
    ET0 = 1;                        //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     000BH
        LJMP    TM0ISR

        ORG     0100H
TM0ISR:
        MOV     TL0,#66H        ;重设定时参数
        MOV     TH0,#0FCH
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#01H       ;模式 1
        MOV     TL0,#66H        ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     TH0,#0FCH
        SETB    TR0             ;启动定时器
        SETB    ET0             ;使能定时器中断
        SETB    EA
```

```
        JMP     $

        END
```

11.5.3 定时器 0（模式 2－8 位自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM0_Isr() interrupt 1
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x02;                                //模式 2
    TL0 = 0xf4;                                 //256-11.0592M/12/76K
    TH0 = 0xf4;
    TR0 = 1;                                    //启动定时器
    ET0 = 1;                                    //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     000BH
        LJMP    TM0ISR

        ORG     0100H
TM0ISR:
        CPL     P1.0                        ;测试端口
```

```
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#02H           ;模式 2
        MOV     TL0,#0F4H           ;256-11.0592M/12/76K
        MOV     TH0,#0F4H
        SETB    TR0                 ;启动定时器
        SETB    ET0                 ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.4 定时器 0（模式 3－16 位自动重载不可屏蔽中断），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM0_Isr() interrupt 1
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
```

```
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x03;                    //模式 3
    TL0 = 0x66;                     //65536-11.0592M/12/1000
    TH0 = 0xfc;
    TR0 = 1;                        //启动定时器
    ET0 = 1;                        //使能定时器中断
//  EA = 1;                         //不受 EA 控制

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     000BH
        LJMP    TM0ISR

        ORG     0100H
TM0ISR:
        CPL     P1.0            ;测试端口
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#03H       ;模式 3
        MOV     TL0,#66H        ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     TH0,#0FCH
        SETB    TR0             ;启动定时器
        SETB    ET0             ;使能定时器中断
;       SETB    EA              ;不受 EA 控制

        JMP     $

        END
```

11.5.5 定时器 0（外部计数—扩展 T0 为外部下降沿中断）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM0_Isr() interrupt 1
{
    P10 = !P10;                                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x04;                                    //外部计数模式
    TL0 = 0xff;
    TH0 = 0xff;
    TR0 = 1;                                        //启动定时器
    ET0 = 1;                                        //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     000BH
            LJMP    TM0ISR

            ORG     0100H
TM0ISR:
            CPL     P1.0                        ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
```

```
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#04H               ;外部计数模式
        MOV     TL0,#0FFH
        MOV     TH0,#0FFH
        SETB    TR0                     ;启动定时器
        SETB    ET0                     ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.6 定时器 0（测量脉宽－INT0 高电平宽度）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void INT0_Isr() interrupt 0
{
    P0 = TL0;                           //TL0 为测量值低字节
    P1 = TH0;                           //TH0 为测量值高字节
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    AUXR = 0x80;                        //1T 模式
    TMOD = 0x08;                        //使能 GATE,INT0 为 1 时使能计时
    TL0 = 0x00;
    TH0 = 0x00;
    while (INT0);                       //等待 INT0 为低
    TR0 = 1;                            //启动定时器
    IT0 = 1;                            //使能 INT0 下降沿中断
    EX0 = 1;
```

```
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0003H
        LJMP    INT0ISR

        ORG     0100H
INT0ISR:
        MOV     P0,TL0          ;TL0 为测量值低字节
        MOV     P1,TH0          ;TH0 为测量值高字节
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     AUXR,#80H       ;1T 模式
        MOV     TMOD,#08H       ;使能 GATE,INT0 为 1 时使能计时
        MOV     TL0,#00H
        MOV     TH0,#00H
        JB      INT0,$          ;等待 INT0 为低
        SETB    TR0             ;启动定时器
        SETB    IT0             ;使能 INT0 下降沿中断
        SETB    EX0
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.7 定时器 0（模式 0），时钟分频输出

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz
```

```
#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x00;                                    //模式 0
    TL0 = 0x66;                                     //65536-11.0592M/12/1000
    TH0 = 0xfc;
    TR0 = 1;                                        //启动定时器
    INTCLKO = 0x01;                                 //使能时钟输出

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     TMOD,#00H               ;模式 0
            MOV     TL0,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
            MOV     TH0,#0FCH
            SETB    TR0                     ;启动定时器
            MOV     INTCLKO,#01H            ;使能时钟输出

            JMP     $
```

```
END
```

11.5.8 定时器 1（模式 0－16 位自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM1_Isr() interrupt 3
{
    P10 = !P10;                                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x00;                                    //模式 0
    TL1 = 0x66;                                     //65536-11.0592M/12/1000
    TH1 = 0xfc;
    TR1 = 1;                                        //启动定时器
    ET1 = 1;                                        //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     001BH
        LJMP    TM1ISR

        ORG     0100H
TM1ISR:
        CPL     P1.0                    ;测试端口
        RETI
```

```
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#00H           ;模式 0
        MOV     TL1,#66H            ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     TH1,#0FCH
        SETB    TR1                 ;启动定时器
        SETB    ET1                 ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.9 定时器 1（模式 1－16 位不自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM1_Isr() interrupt 3
{
    TL1 = 0x66;                 //重设定时参数
    TH1 = 0xfc;
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;
```

```
    TMOD = 0x10;                                    //模式 1
    TL1 = 0x66;                                     //65536-11.0592M/12/1000
    TH1 = 0xfc;
    TR1 = 1;                                        //启动定时器
    ET1 = 1;                                        //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     001BH
            LJMP    TM1ISR

            ORG     0100H
TM1ISR:
            MOV     TL1,#66H                ;重设定时参数
            MOV     TH1,#0FCH
            CPL     P1.0                    ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     TMOD,#10H               ;模式 1
            MOV     TL1,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
            MOV     TH1,#0FCH
            SETB    TR1                     ;启动定时器
            SETB    ET1                     ;使能定时器中断
            SETB    EA

            JMP     $

            END
```

11.5.10 定时器 1（模式 2—8 位自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM1_Isr() interrupt 3
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x20;                                //模式 2
    TL1 = 0xf4;                                 //256-11.0592M/12/76K
    TH1 = 0xf4;
    TR1 = 1;                                    //启动定时器
    ET1 = 1;                                    //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     001BH
            LJMP    TM1ISR

            ORG     0100H
TM1ISR:
            CPL     P1.0                    ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
```

```
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     TMOD,#20H           ;模式 2
        MOV     TL1,#0F4H           ;256-11.0592M/12/76K
        MOV     TH1,#0F4H
        SETB    TR1                 ;启动定时器
        SETB    ET1                 ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.11 定时器 1（外部计数—扩展 T1 为外部下降沿中断）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void TM1_Isr() interrupt 3
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x40;                //外部计数模式
    TL1 = 0xff;
    TH1 = 0xff;
    TR1 = 1;                    //启动定时器
    ET1 = 1;                    //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN
                ORG         001BH
                LJMP        TM1ISR

                ORG         0100H
TM1ISR:
                CPL         P1.0                    ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                MOV         TMOD,#40H               ;外部计数模式
                MOV         TL1,#0FFH
                MOV         TH1,#0FFH
                SETB        TR1                     ;启动定时器
                SETB        ET1                     ;使能定时器中断
                SETB        EA

                JMP         $

                 END
```

11.5.12 定时器 1（测量脉宽－INT1 高电平宽度）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void INT1_Isr() interrupt 2
{
    P0 = TL1;                                   //TL1 为测量值低字节
    P1 = TH1;                                   //TH1 为测量值高字节
}
```

```
void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    AUXR = 0x40;                    //1T 模式
    TMOD = 0x80;                    //使能 GATE,INT1 为 1 时使能计时
    TL1 = 0x00;
    TH1 = 0x00;
    while (INT1);                   //等待 INT1 为低
    TR1 = 1;                        //启动定时器
    IT1 = 1;                        //使能 INT1 下降沿中断
    EX1 = 1;
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0013H
        LJMP    INT1ISR

        ORG     0100H
INT1ISR:
        MOV     P0,TL1          ;TL1 为测量值低字节
        MOV     P1,TH1          ;TH1 为测量值高字节
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
```

```
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     AUXR,#40H           ;1T 模式
        MOV     TMOD,#80H           ;使能 GATE,INT1 为 1 时使能计时
        MOV     TL1,#00H
        MOV     TH1,#00H
        JB      INT1,$              ;等待 INT1 为低
        SETB    TR1                 ;启动定时器
        SETB    IT1                 ;使能 INT1 下降沿中断
        SETB    EX1
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.13 定时器 1（模式 0），时钟分频输出

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    TMOD = 0x00;                //模式 0
    TL1 = 0x66;                 //65536-11.0592M/12/1000
    TH1 = 0xfc;
    TR1 = 1;                    //启动定时器
    INTCLKO = 0x02;             //使能时钟输出

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
```

```
            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     TMOD,#00H           ;模式 0
            MOV     TL1,#66H            ;65536-11.0592M/12/1000
            MOV     TH1,#0FCH
            SETB    TR1                 ;启动定时器
            MOV     INTCLKO,#02H        ;使能时钟输出

            JMP     $

            END
```

11.5.14 定时器 1（模式 0）做串口 1 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC        11059200UL
#define     BRT         (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void UartIsr() interrupt 4
{
    if (TI)
    {
        TI = 0;
        busy = 0;
    }
    if (RI)
    {
        RI = 0;
        buffer[wptr++] = SBUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
```

```
}

void UartInit()
{
    SCON = 0x50;
    TMOD = 0x00;
    TL1 = BRT;
    TH1 = BRT >> 8;
    TR1 = 1;
    AUXR = 0x40;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void UartSend(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    SBUF = dat;
}

void UartSendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        UartSend(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    UartInit();
    ES = 1;
    EA = 1;
    UartSendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            UartSend(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         0023H
            LJMP        UART_ISR

            ORG         0100H

UART_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            JNB         TI,CHKRI
            CLR         TI
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         RI,UARTISR_EXIT
            CLR         RI
            MOV         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         @R0,SBUF
            INC         WPTR
UARTISR_EXIT:
            POP         PSW
            POP         ACC
            RETI

UART_INIT:
            MOV         SCON,#50H
            MOV         TMOD,#00H
            MOV         TL1,#0E8H           ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV         TH1,#0FFH
            SETB        TR1
            MOV         AUXR,#40H
            CLR         BUSY
            MOV         WPTR,#00H
            MOV         RPTR,#00H
            RET

UART_SEND:
            JB          BUSY,$
            SETB        BUSY
            MOV         SBUF,A
            RET
```

```
UART_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SENDEND
        LCALL   UART_SEND
        INC     DPTR
        JMP     UART_SENDSTR
SENDEND:
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        LCALL   UART_INIT
        SETB    ES
        SETB    EA

        MOV     DPTR,#STRING
        LCALL   UART_SENDSTR

LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
        LCALL   UART_SEND
        INC     RPTR
        JMP     LOOP

STRING: DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

        END
```

11.5.15 定时器 1（模式 2）做串口 1 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
```

```
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (256 - FOSC / 115200 / 32)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void UartIsr() interrupt 4
{
    if (TI)
    {
        TI = 0;
        busy = 0;
    }
    if (RI)
    {
        RI = 0;
        buffer[wptr++] = SBUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void UartInit()
{
    SCON = 0x50;
    TMOD = 0x20;
    TL1 = BRT;
    TH1 = BRT;
    TR1 = 1;
    AUXR = 0x40;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void UartSend(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    SBUF = dat;
}

void UartSendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        UartSend(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
```

```
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    UartInit();
    ES = 1;
    EA = 1;
    UartSendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            UartSend(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         0023H
            LJMP        UART_ISR

            ORG         0100H

UART_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            JNB         TI,CHKRI
            CLR         TI
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         RI,UARTISR_EXIT
            CLR         RI
            MOV         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         @R0,SBUF
            INC         WPTR
```

```
UARTISR_EXIT:
        POP     PSW
        POP     ACC
        RETI

UART_INIT:
        MOV     SCON,#50H
        MOV     TMOD,#20H
        MOV     TL1,#0FDH       ;256-11059200/115200/32=0FDH
        MOV     TH1,#0FDH
        SETB    TR1
        MOV     AUXR,#40H
        CLR     BUSY
        MOV     WPTR,#00H
        MOV     RPTR,#00H
        RET

UART_SEND:
        JB      BUSY,$
        SETB    BUSY
        MOV     SBUF,A
        RET

UART_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SENDEND
        LCALL   UART_SEND
        INC     DPTR
        JMP     UART_SENDSTR
SENDEND:
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        LCALL   UART_INIT
        SETB    ES
        SETB    EA

        MOV     DPTR,#STRING
        LCALL   UART_SENDSTR

LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
```

```
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
        LCALL   UART_SEND
        INC     RPTR
        JMP     LOOP

STRING: DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

        END
```

11.5.16 定时器 2（16 位自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET2             0x04
#define     T2IF            0x01

void TM2_Isr() interrupt 12
{
    P10 = !P10;                                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T2L = 0x66;                                 //65536-11.0592M/12/1000
    T2H = 0xfc;
    AUXR = 0x10;                                //启动定时器
    IE2 = ET2;                                  //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ET2             EQU             04H
T2IF            EQU             01H

                ORG             0000H
                LJMP            MAIN
                ORG             0063H
                LJMP            TM2ISR

                ORG             0100H
TM2ISR:
                CPL             P1.0                    ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV             SP, #5FH
                MOV             P0M0, #00H
                MOV             P0M1, #00H
                MOV             P1M0, #00H
                MOV             P1M1, #00H
                MOV             P2M0, #00H
                MOV             P2M1, #00H
                MOV             P3M0, #00H
                MOV             P3M1, #00H
                MOV             P4M0, #00H
                MOV             P4M1, #00H
                MOV             P5M0, #00H
                MOV             P5M1, #00H

                MOV             T2L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
                MOV             T2H,#0FCH
                MOV             AUXR,#10H               ;启动定时器
                MOV             IE2,#ET2                ;使能定时器中断
                SETB            EA

                JMP             $

                END
```

11.5.17 定时器 2（外部计数—扩展 T2 为外部下降沿中断）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET2             0x04
#define     T2IF            0x01

void TM2_Isr() interrupt 12
{
    P10 = !P10;                                         //测试端口
```

```
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T2L = 0xff;
    T2H = 0xff;
    AUXR = 0x18;                    //设置外部计数模式并启动定时器
    IE2 = ET2;                      //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ET2         EQU     04H
T2IF        EQU     01H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0063H
            LJMP    TM2ISR

            ORG     0100H
TM2ISR:
            CPL     P1.0                ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H
```

```
        MOV     T2L,#0FFH
        MOV     T2H,#0FFH
        MOV     AUXR,#18H               ;设置外部计数模式并启动定时器
        MOV     IE2,#ET2                ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.18 定时器 2，时钟分频输出

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T2L = 0x66;                         //65536-11.0592M/12/1000
    T2H = 0xfc;
    AUXR = 0x10;                        //启动定时器
    INTCLKO = 0x04;                     //使能时钟输出

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
```

```
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     T2L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     T2H,#0FCH
        MOV     AUXR,#10H               ;启动定时器
        MOV     INTCLKO,#04H            ;使能时钟输出

        JMP     $

        END
```

11.5.19 定时器 2 做串口 1 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC        11059200UL
#define     BRT         (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void UartIsr() interrupt 4
{
    if (TI)
    {
        TI = 0;
        busy = 0;
    }
    if (RI)
    {
        RI = 0;
        buffer[wptr++] = SBUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void UartInit()
{
    SCON = 0x50;
    T2L = BRT;
    T2H = BRT >> 8;
```

```
    AUXR = 0x15;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void UartSend(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    SBUF = dat;
}

void UartSendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        UartSend(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    UartInit();
    ES = 1;
    EA = 1;
    UartSendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            UartSend(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
```

```
RPTR        DATA    22H
BUFFER      DATA    23H             ;16 bytes

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0023H
            LJMP    UART_ISR

            ORG     0100H

UART_ISR:
            PUSH    ACC
            PUSH    PSW
            MOV     PSW,#08H

            JNB     TI,CHKRI
            CLR     TI
            CLR     BUSY
CHKRI:
            JNB     RI,UARTISR_EXIT
            CLR     RI
            MOV     A,WPTR
            ANL     A,#0FH
            ADD     A,#BUFFER
            MOV     R0,A
            MOV     @R0,SBUF
            INC     WPTR
UARTISR_EXIT:
            POP     PSW
            POP     ACC
            RETI

UART_INIT:
            MOV     SCON,#50H
            MOV     T2L,#0E8H       ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV     T2H,#0FFH
            MOV     AUXR,#15H
            CLR     BUSY
            MOV     WPTR,#00H
            MOV     RPTR,#00H
            RET

UART_SEND:
            JB      BUSY,$
            SETB    BUSY
            MOV     SBUF,A
            RET

UART_SENDSTR:
            CLR     A
            MOVC    A,@A+DPTR
            JZ      SENDEND
            LCALL   UART_SEND
            INC     DPTR
            JMP     UART_SENDSTR
SENDEND:
            RET

MAIN:
```

```
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        LCALL   UART_INIT
        SETB    ES
        SETB    EA

        MOV     DPTR,#STRING
        LCALL   UART_SENDSTR

LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
        LCALL   UART_SEND
        INC     RPTR
        JMP     LOOP

STRING: DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

        END
```

11.5.20 定时器 2 做串口 2 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define  FOSC           11059200UL
#define  BRT            (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit      busy;
char     wptr;
char     rptr;
char     buffer[16];

void Uart2Isr() interrupt 8
```

```
{
    if (S2CON & 0x02)
    {
        S2CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S2CON & 0x01)
    {
        S2CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S2BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart2Init()
{
    S2CON = 0x10;
    T2L = BRT;
    T2H = BRT >> 8;
    AUXR = 0x14;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart2Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S2BUF = dat;
}

void Uart2SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart2Send(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart2Init();
    IE2 = 0x01;
    EA = 1;
    Uart2SendStr("Uart Test !\r\n");
```

```
    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart2Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         0043H
            LJMP        UART2_ISR

            ORG         0100H

UART2_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            MOV         A,S2CON
            JNB         ACC.1,CHKRI
            ANL         S2CON,#NOT 02H
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         ACC.0,UART2ISR_EXIT
            ANL         S2CON,#NOT 01H
            MOV         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         @R0,S2BUF
            INC         WPTR
UART2ISR_EXIT:
            POP         PSW
            POP         ACC
            RETI

UART2_INIT:
            MOV         S2CON,#10H
            MOV         T2L,#0E8H           ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV         T2H,#0FFH
            MOV         AUXR,#14H
            CLR         BUSY
            MOV         WPTR,#00H
```

```
                MOV     RPTR,#00H
                RET

UART2_SEND:
                JB      BUSY,$
                SETB    BUSY
                MOV     S2BUF,A
                RET

UART2_SENDSTR:
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                JZ      SEND2END
                LCALL   UART2_SEND
                INC     DPTR
                JMP     UART2_SENDSTR
SEND2END:
                RET

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                LCALL   UART2_INIT
                MOV     IE2,#01H
                SETB    EA

                MOV     DPTR,#STRING
                LCALL   UART2_SENDSTR

LOOP:
                MOV     A,RPTR
                XRL     A,WPTR
                ANL     A,#0FH
                JZ      LOOP
                MOV     A,RPTR
                ANL     A,#0FH
                ADD     A,#BUFFER
                MOV     R0,A
                MOV     A,@R0
                LCALL   UART2_SEND
                INC     RPTR
                JMP     LOOP

STRING:         DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

                END
```

11.5.21 定时器 2 做串口 3 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart3Isr() interrupt 17
{
    if (S3CON & 0x02)
    {
        S3CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S3CON & 0x01)
    {
        S3CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S3BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart3Init()
{
    S3CON = 0x10;
    T2L = BRT;
    T2H = BRT >> 8;
    AUXR = 0x14;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart3Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S3BUF = dat;
}

void Uart3SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart3Send(*p++);
    }
}
```

```
void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart3Init();
    IE2 = 0x08;
    EA = 1;
    Uart3SendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart3Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         008BH
            LJMP        UART3_ISR

            ORG         0100H

UART3_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            MOV         A,S3CON
            JNB         ACC.1,CHKRI
            ANL         S3CON,#NOT 02H
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         ACC.0,UART3ISR_EXIT
```

```
                ANL     S3CON,#NOT 01H
                MOV     A,WPTR
                ANL     A,#0FH
                ADD     A,#BUFFER
                MOV     R0,A
                MOV     @R0,S3BUF
                INC     WPTR
UART3ISR_EXIT:
                POP     PSW
                POP     ACC
                RETI

UART3_INIT:
                MOV     S3CON,#10H
                MOV     T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
                MOV     T2H,#0FFH
                MOV     AUXR,#14H
                CLR     BUSY
                MOV     WPTR,#00H
                MOV     RPTR,#00H
                RET

UART3_SEND:
                JB      BUSY,$
                SETB    BUSY
                MOV     S3BUF,A
                RET

UART3_SENDSTR:
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                JZ      SEND3END
                LCALL   UART3_SEND
                INC     DPTR
                JMP     UART3_SENDSTR
SEND3END:
                RET

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                LCALL   UART3_INIT
                MOV     IE2,#08H
                SETB    EA

                MOV     DPTR,#STRING
                LCALL   UART3_SENDSTR
```

```
LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
        LCALL   UART3_SEND
        INC     RPTR
        JMP     LOOP

STRING: DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

        END
```

11.5.22 定时器 2 做串口 4 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define   FOSC          11059200UL
#define   BRT           (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit       busy;
char      wptr;
char      rptr;
char      buffer[16];

void Uart4Isr() interrupt 18
{
    if (S4CON & 0x02)
    {
        S4CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S4CON & 0x01)
    {
        S4CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S4BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart4Init()
{
    S4CON = 0x10;
    T2L = BRT;
    T2H = BRT >> 8;
    AUXR = 0x14;
```

```
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart4Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S4BUF = dat;
}

void Uart4SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart4Send(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart4Init();
    IE2 = 0x10;
    EA = 1;
    Uart4SendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart4Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
```

```
BUFFER      DATA    23H             ;16 bytes

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0093H
            LJMP    UART4_ISR

            ORG     0100H

UART4_ISR:
            PUSH    ACC
            PUSH    PSW
            MOV     PSW,#08H

            MOV     A,S4CON
            JNB     ACC.1,CHKRI
            ANL     S4CON,#NOT 02H
            CLR     BUSY
CHKRI:
            JNB     ACC.0,UART4ISR_EXIT
            ANL     S4CON,#NOT 01H
            MOV     A,WPTR
            ANL     A,#0FH
            ADD     A,#BUFFER
            MOV     R0,A
            MOV     @R0,S4BUF
            INC     WPTR
UART4ISR_EXIT:
            POP     PSW
            POP     ACC
            RETI

UART4_INIT:
            MOV     S4CON,#10H
            MOV     T2L,#0E8H       ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV     T2H,#0FFH
            MOV     AUXR,#14H
            CLR     BUSY
            MOV     WPTR,#00H
            MOV     RPTR,#00H
            RET

UART4_SEND:
            JB      BUSY,$
            SETB    BUSY
            MOV     S4BUF,A
            RET

UART4_SENDSTR:
            CLR     A
            MOVC    A,@A+DPTR
            JZ      SEND4END
            LCALL   UART4_SEND
            INC     DPTR
            JMP     UART4_SENDSTR
SEND4END:
            RET

MAIN:
```

```
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        LCALL   UART4_INIT
        MOV     IE2,#10H
        SETB    EA

        MOV     DPTR,#STRING
        LCALL   UART4_SENDSTR

LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
        LCALL   UART4_SEND
        INC     RPTR
        JMP     LOOP

STRING: DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

        END
```

11.5.23 定时器 3（16 位自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define   ET2       0x04
#define   ET3       0x20
#define   ET4       0x40
#define   T2IF      0x01
#define   T3IF      0x02
#define   T4IF      0x04

void TM3_Isr() interrupt 19
{
```

```
    P10 = !P10;                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T3L = 0x66;                     //65536-11.0592M/12/1000
    T3H = 0xfc;
    T4T3M = 0x08;                   //启动定时器
    IE2 = ET3;                      //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ET2         EQU     04H
ET3         EQU     20H
ET4         EQU     40H
T2IF        EQU     01H
T3IF        EQU     02H
T4IF        EQU     04H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     009BH
            LJMP    TM3ISR

            ORG     0100H
TM3ISR:
            CPL     P1.0                ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
```

```
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     T3L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
        MOV     T3H,#0FCH
        MOV     T4T3M,#08H              ;启动定时器
        MOV     IE2,#ET3                ;使能定时器中断
        SETB    EA

        JMP     $

        END
```

11.5.24 定时器 3（外部计数－扩展 T3 为外部下降沿中断）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET2             0x04
#define     ET3             0x20
#define     ET4             0x40
#define     T2IF            0x01
#define     T3IF            0x02
#define     T4IF            0x04

void TM3_Isr() interrupt 19
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T3L = 0x66;                 //65536-11.0592M/12/1000
    T3H = 0xfc;
    T4T3M = 0x0c;               //设置外部计数模式并启动定时器
    IE2 = ET3;                  //使能定时器中断
    EA = 1;
```

```
    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ET2             EQU         04H
ET3             EQU         20H
ET4             EQU         40H
T2IF            EQU         01H
T3IF            EQU         02H
T4IF            EQU         04H

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN
                ORG         009BH
                LJMP        TM3ISR

                ORG         0100H
TM3ISR:
                CPL         P1.0                ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                MOV         T3L,#66H            ;65536-11.0592M/12/1000
                MOV         T3H,#0FCH
                MOV         T4T3M,#0CH          ;设置外部计数模式并启动定时器
                MOV         IE2,#ET3            ;使能定时器中断
                SETB        EA

                JMP         $

                END
```

11.5.25 定时器 3，时钟分频输出

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz
```

```
#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T3L = 0x66;                                     //65536-11.0592M/12/1000
    T3H = 0xfc;
    T4T3M = 0x09;                                   //使能时钟输出并启动定时器

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     T3L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
            MOV     T3H,#0FCH
            MOV     T4T3M,#09H              ;使能时钟输出并启动定时器

            JMP     $

            END
```

11.5.26 定时器 3 做串口 3 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart3Isr() interrupt 17
{
    if (S3CON & 0x02)
    {
        S3CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S3CON & 0x01)
    {
        S3CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S3BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart3Init()
{
    S3CON = 0x50;
    T3L = BRT;
    T3H = BRT >> 8;
    T4T3M = 0x0a;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart3Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S3BUF = dat;
}

void Uart3SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart3Send(*p++);
    }
}
```

```
void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart3Init();
    IE2 = 0x08;
    EA = 1;
    Uart3SendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart3Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         008BH
            LJMP        UART3_ISR

            ORG         0100H

UART3_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            MOV         A,S3CON
            JNB         ACC.1,CHKRI
            ANL         S3CON,#NOT 02H
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         ACC.0,UART3ISR_EXIT
```

```
                ANL     S3CON,#NOT 01H
                MOV     A,WPTR
                ANL     A,#0FH
                ADD     A,#BUFFER
                MOV     R0,A
                MOV     @R0,S3BUF
                INC     WPTR
UART3ISR_EXIT:
                POP     PSW
                POP     ACC
                RETI

UART3_INIT:
                MOV     S3CON,#50H
                MOV     T3L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
                MOV     T3H,#0FFH
                MOV     T4T3M,#0AH
                CLR     BUSY
                MOV     WPTR,#00H
                MOV     RPTR,#00H
                RET

UART3_SEND:
                JB      BUSY,$
                SETB    BUSY
                MOV     S3BUF,A
                RET

UART3_SENDSTR:
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                JZ      SEND3END
                LCALL   UART3_SEND
                INC     DPTR
                JMP     UART3_SENDSTR
SEND3END:
                RET

MAIN:
                MOV     SP, #5FH
                MOV     P0M0, #00H
                MOV     P0M1, #00H
                MOV     P1M0, #00H
                MOV     P1M1, #00H
                MOV     P2M0, #00H
                MOV     P2M1, #00H
                MOV     P3M0, #00H
                MOV     P3M1, #00H
                MOV     P4M0, #00H
                MOV     P4M1, #00H
                MOV     P5M0, #00H
                MOV     P5M1, #00H

                LCALL   UART3_INIT
                MOV     IE2,#08H
                SETB    EA

                MOV     DPTR,#STRING
                LCALL   UART3_SENDSTR
```

```
LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
        LCALL   UART3_SEND
        INC     RPTR
        JMP     LOOP

STRING: DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

        END
```

11.5.27 定时器 4（16 位自动重载），用作定时

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define   ET2       0x04
#define   ET3       0x20
#define   ET4       0x40
#define   T2IF      0x01
#define   T3IF      0x02
#define   T4IF      0x04

void TM4_Isr() interrupt 20
{
    P10 = !P10;                 //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T4L = 0x66;                 //65536-11.0592M/12/1000
    T4H = 0xfc;
```

```
    T4T3M = 0x80;                   //启动定时器
    IE2 = ET4;                      //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ET2             EQU         04H
ET3             EQU         20H
ET4             EQU         40H
T2IF            EQU         01H
T3IF            EQU         02H
T4IF            EQU         04H

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN
                ORG         00A3H
                LJMP        TM4ISR

                ORG         0100H
TM4ISR:
                CPL         P1.0                ;测试端口
                RETI

MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                MOV         T4L,#66H            ;65536-11.0592M/12/1000
                MOV         T4H,#0FCH
                MOV         T4T3M,#80H          ;启动定时器
                MOV         IE2,#ET4            ;使能定时器中断
                SETB        EA

                JMP         $

                END
```

11.5.28 定时器 4（外部计数—扩展 T4 为外部下降沿中断）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ET2                 0x04
#define     ET3                 0x20
#define     ET4                 0x40
#define     T2IF                0x01
#define     T3IF                0x02
#define     T4IF                0x04

void TM4_Isr() interrupt 20
{
    P10 = !P10;                         //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    T4L = 0x66;                         //65536-11.0592M/12/1000
    T4H = 0xfc;
    T4T3M = 0xc0;                       //设置外部计数模式并启动定时器
    IE2 = ET4;                          //使能定时器中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ET2         EQU     04H
ET3         EQU     20H
ET4         EQU     40H
T2IF        EQU     01H
T3IF        EQU     02H
T4IF        EQU     04H

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     00A3H
            LJMP    TM4ISR
```

```
            ORG     0100H
TM4ISR:
            CPL     P1.0                ;测试端口
            RETI

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     T4L,#66H            ;65536-11.0592M/12/1000
            MOV     T4H,#0FCH
            MOV     T4T3M,#0C0H         ;设置外部计数模式并启动定时器
            MOV     IE2,#ET4            ;使能定时器中断
            SETB    EA

            JMP     $

            END
```

11.5.29 定时器 4，时钟分频输出

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;

    T4L = 0x66;                         //65536-11.0592M/12/1000
    T4H = 0xfc;
```

```
    T4T3M = 0x90;                                   //使能时钟输出并启动定时器

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            MOV         T4L,#66H                ;65536-11.0592M/12/1000
            MOV         T4H,#0FCH
            MOV         T4T3M,#90H              ;使能时钟输出并启动定时器

            JMP         $

            END
```

11.5.30 定时器 4 做串口 4 波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart4Isr() interrupt 18
{
```

```
    if (S4CON & 0x02)
    {
        S4CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S4CON & 0x01)
    {
        S4CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S4BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart4Init()
{
    S4CON = 0x50;
    T4L = BRT;
    T4H = BRT >> 8;
    T4T3M = 0xa0;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart4Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S4BUF = dat;
}

void Uart4SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart4Send(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart4Init();
    IE2 = 0x10;
    EA = 1;
    Uart4SendStr("Uart Test !\r\n");
```

```
    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart4Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

BUSY        BIT     20H.0
WPTR        DATA    21H
RPTR        DATA    22H
BUFFER      DATA    23H                 ;16 bytes

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     0093H
            LJMP    UART4_ISR

            ORG     0100H

UART4_ISR:
            PUSH    ACC
            PUSH    PSW
            MOV     PSW,#08H

            MOV     A,S4CON
            JNB     ACC.1,CHKRI
            ANL     S4CON,#NOT 02H
            CLR     BUSY
CHKRI:
            JNB     ACC.0,UART4ISR_EXIT
            ANL     S4CON,#NOT 01H
            MOV     A,WPTR
            ANL     A,#0FH
            ADD     A,#BUFFER
            MOV     R0,A
            MOV     @R0,S4BUF
            INC     WPTR
UART4ISR_EXIT:
            POP     PSW
            POP     ACC
            RETI

UART4_INIT:
            MOV     S4CON,#50H
            MOV     T4L,#0E8H           ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV     T4H,#0FFH
            MOV     T4T3M,#0A0H
            CLR     BUSY
            MOV     WPTR,#00H
            MOV     RPTR,#00H
```

```
            RET

UART4_SEND:
            JB      BUSY,$
            SETB    BUSY
            MOV     S4BUF,A
            RET

UART4_SENDSTR:
            CLR     A
            MOVC    A,@A+DPTR
            JZ      SEND4END
            LCALL   UART4_SEND
            INC     DPTR
            JMP     UART4_SENDSTR
SEND4END:
            RET

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            LCALL   UART4_INIT
            MOV     IE2,#10H
            SETB    EA

            MOV     DPTR,#STRING
            LCALL   UART4_SENDSTR

LOOP:
            MOV     A,RPTR
            XRL     A,WPTR
            ANL     A,#0FH
            JZ      LOOP
            MOV     A,RPTR
            ANL     A,#0FH
            ADD     A,#BUFFER
            MOV     R0,A
            MOV     A,@R0
            LCALL   UART4_SEND
            INC     RPTR
            JMP     LOOP

STRING:     DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

            END
```

12 串口通信

STC16F 系列单片机具有 4 个全双工异步串行通信接口。每个串行口由 2 个数据缓冲器、一个移位寄存器、一个串行控制寄存器和一个波特率发生器等组成。每个串行口的数据缓冲器由 2 个互相独立的接收、发送缓冲器构成，可以同时发送和接收数据。

STC16F 系列单片机的串口 1 有 4 种工作方式，其中两种方式的波特率是可变的，另两种是固定的，以供不同应用场合选用。串口 2/串口 3/串口 4 都只有两种工作方式，这两种方式的波特率都是可变的。用户可用软件设置不同的波特率和选择不同的工作方式。主机可通过查询或中断方式对接收/发送进行程序处理，使用十分灵活。

串口 1、串口 2、串口 3、串口 4 的通讯口均可以通过功能管脚的切换功能切换到多组端口，从而可以将一个通讯口分时复用为多个通讯口。

12.1 串口功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW1	A2H	**S1_S[1:0]**		CAN_S[1:0]		SPI_S[1:0]		LIN_S[1:0]	

S1_S[1:0]：串口 1 功能脚选择位

S1_S[1:0]	RxD	TxD
00	P3.0	P3.1
01	P3.6	P3.7
10	P1.6	P1.7
11	P4.3	P4.4

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW2	BAH	EAXFR	-	I2C_S[1:0]		CMPO_S	**S4_S**	**S3_S**	**S2_S**

S4_S：串口 4 功能脚选择位

S4_S	RxD4	TxD4
0	P0.2	P0.3
1	P5.2	P5.3

S3_S：串口 3 功能脚选择位

S3_S	RxD3	TxD3
0	P0.0	P0.1
1	P5.0	P5.1

S2_S：串口 2 功能脚选择位

S2_S	RxD2	TxD2
0	P1.0	P1.1
1	P4.6	P4.7

12.2 串口相关寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
SCON	串口 1 控制寄存器	98H	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	0000,0000
SBUF	串口 1 数据寄存器	99H									0000,0000

S2CON	串口 2 控制寄存器	E3H	S2SM0	-	S2SM2	S2REN	S2TB8	S2RB8	S2TI	S2RI	0100,0000
S2BUF	串口 2 数据寄存器	E4H									0000,0000
S3CON	串口 3 控制寄存器	E5H	S3SM0	S3ST3	S3SM2	S3REN	S3TB8	S3RB8	S3TI	S3RI	0000,0000
S3BUF	串口 3 数据寄存器	E6H									0000,0000
S4CON	串口 4 控制寄存器	BCH	S4SM0	S4ST4	S4SM2	S4REN	S4TB8	S4RB8	S4TI	S4RI	0000,0000
S4BUF	串口 4 数据寄存器	BDH									0000,0000
PCON	电源控制寄存器	87H	SMOD	SMOD0	LVDF	POF	GF1	GF0	PD	IDL	0011,0000
AUXR	辅助寄存器 1	93H	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/T	T2x12	EXTRAM	S1ST2	0000,0001
SADDR	串口 1 从机地址寄存器	E1H									0000,0000
SADEN	串口 1 从机地址屏蔽寄存器	E2H									0000,0000

12.3 串口 1

12.3.1 串口 1 控制寄存器（SCON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SCON	98H	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0/FE：当PCON寄存器中的SMOD0位为1时，该位为帧错误检测标志位。当UART在接收过程中检测到一个无效停止位时，通过UART接收器将该位置1，必须由软件清零。当PCON寄存器中的SMOD0位为0时，该位和SM1一起指定串口1的通信工作模式，如下表所示：

SM0	SM1	串口1工作模式	功能说明
0	0	模式0	同步移位串行方式
0	1	模式1	可变波特率8位数据方式
1	0	模式2	固定波特率9位数据方式
1	1	模式3	可变波特率9位数据方式

SM2：允许模式 2 或模式 3 多机通信控制位。当串口 1 使用模式 2 或模式 3 时，如果 SM2 位为 1 且 REN 位为 1，则接收机处于地址帧筛选状态。此时可以利用接收到的第 9 位（即 RB8）来筛选地址帧，若 RB8=1，说明该帧是地址帧，地址信息可以进入 SBUF，并使 RI 为 1，进而在中断服务程序中再进行地址号比较；若 RB8=0，说明该帧不是地址帧，应丢掉且保持 RI=0。在模式 2 或模式 3 中，如果 SM2 位为 0 且 REN 位为 1，接收收机处于地址帧筛选被禁止状态，不论收到的 RB8 为 0 或 1，均可使接收到的信息进入 SBUF，并使 RI=1，此时 RB8 通常为校验位。模式 1 和模式 0 为非多机通信方式，在这两种方式时，SM2 应设置为 0。

REN：允许/禁止串口接收控制位

0：禁止串口接收数据

1：允许串口接收数据

TB8：当串口 1 使用模式 2 或模式 3 时，TB8 为要发送的第 9 位数据，按需要由软件置位或清 0。在模式 0 和模式 1 中，该位不用。

RB8：当串口 1 使用模式 2 或模式 3 时，RB8 为接收到的第 9 位数据，一般用作校验位或者地址帧/数据帧标志位。在模式 0 和模式 1 中，该位不用。

TI：串口 1 发送中断请求标志位。在模式 0 中，当串口发送数据第 8 位结束时，由硬件自动将 TI 置 1，向主机请求中断，响应中断后 TI 必须用软件清零。在其他模式中，则在停止位开始发送时由硬件自动将 TI 置 1，向 CPU 发请求中断，响应中断后 TI 必须用软件清零。

RI：串口 1 接收中断请求标志位。在模式 0 中，当串口接收第 8 位数据结束时，由硬件自动将 RI 置 1，向主机请求中断，响应中断后 RI 必须用软件清零。在其他模式中，串行接收到停止位的中间时刻由硬件自动将 RI 置 1，向 CPU 发中断申请，响应中断后 RI 必须由软件清零。

12.3.2 串口 1 数据寄存器（SBUF）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SBUF	99H								

SBUF：串口 1 数据接收/发送缓冲区。SBUF 实际是 2 个缓冲器，读缓冲器和写缓冲器，两个操作分别对应两个不同的寄存器，1 个是只写寄存器（写缓冲器），1 个是只读寄存器（读缓冲器）。对 SBUF 进行读操作，实际是读取串口接收缓冲区，对 SBUF 进行写操作则是触发串口开始发送数据。

12.3.3 电源管理寄存器（PCON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PCON	87H	SMOD	SMOD0	LVDF	POF	GF1	GF0	PD	IDL

SMOD：串口 1 波特率控制位

0：串口 1 的各个模式的波特率都不加倍

1：串口 1 模式 1、模式 2、模式 3 的波特率加倍

SMOD0：帧错误检测控制位

0：无帧错检测功能

1：使能帧错误检测功能。此时 SCON 的 SM0/FE 为 FE 功能，即为帧错误检测标志位。

12.3.4 辅助寄存器 1（AUXR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AUXR	93H	T0x12	T1x12	UART_M0x6	T2R	T2_C/T	T2x12	EXTRAM	S1ST2

UART_M0x6：串口 1 模式 0 的通讯速度控制

0：串口 1 模式 0 的波特率不加倍，固定为 Fosc/12

1：串口 1 模式 0 的波特率 6 倍速，即固定为 Fosc/12*6 ＝ Fosc/2

S1ST2：串口 1 波特率发射器选择位

0：选择定时器 1 作为波特率发射器

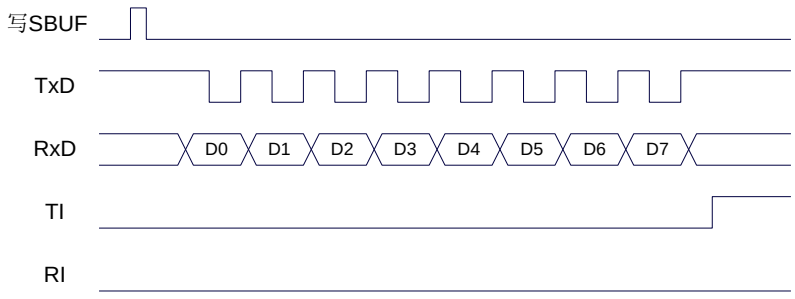
1：选择定时器 2 作为波特率发射器

12.3.5 串口 1 模式 0，模式 0 波特率计算公式

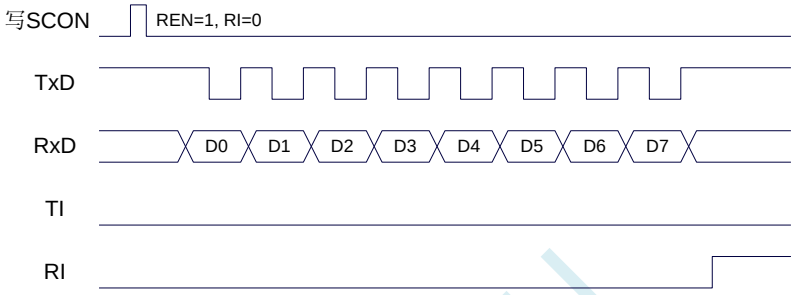
当串口 1 选择工作模式为模式 0 时，串行通信接口工作在同步移位寄存器模式，当串行口模式 0 的通信速度设置位 UART_M0x6 为 0 时，其波特率固定为系统时钟时钟的 12 分频（SYSclk/12）；当设置 UART_M0x6 为 1 时，其波特率固定为系统时钟频率的 2 分频（SYSclk/2）。RxD 为串行通讯的数据口，TxD 为同步移位脉冲输出脚，发送、接收的是 8 位数据，低位在先。

模式 0 的发送过程：当主机执行将数据写入发送缓冲器 SBUF 指令时启动发送，串行口即将 8 位数据以 SYSclk/12 或 SYSclk/2（由 UART_M0x6 确定是 12 分频还是 2 分频）的波特率从 RxD 管脚输出(从低位到高位)，发送完中断标志 TI 置 1，TxD 管脚输出同步移位脉冲信号。当写信号有效后，相隔一个时钟，发送控制端 SEND 有效(高电平)，允许 RxD 发送数据，同时允许 TxD 输出同步移位脉冲。一帧(8 位)数据发送完毕时，各控制端均恢复原状态，只有 TI 保持高电平，呈中断申请状态。在再次发送数据前，必须用软件将 TI 清 0。

模式 0 的接收过程：首先将接收中断请求标志 RI 清零并置位允许接收控制位 REN 时启动模式 0 接收过程。启动接收过程后，RxD 为串行数据输入端，TxD 为同步脉冲输出端。串行接收的波特率为 SYSclk/12 或 SYSclk/2（由 UART_M0x6 确定是 12 分频还是 2 分频）。当接收完成一帧数据（8 位）后，控制信号复位，中断标志 RI 被置 1，呈中断申请状态。当再次接收时，必须通过软件将 RI 清 0



发送数据（串口1模式0）



接收数据（串口1模式0）

工作于模式 0 时，必须清 0 多机通信控制位 SM2，使之不影响 TB8 位和 RB8 位。由于波特率固定为 SYSclk/12 或 SYSclk/2，无需定时器提供，直接由单片机的时钟作为同步移位脉冲。

串口 1 模式 0 的波特率计算公式如下表所示（SYSclk 为系统工作频率）：

UART_M0x6	波特率计算公式
0	波特率 $= \frac{\text{SYSclk}}{12}$
1	波特率 $= \frac{\text{SYSclk}}{2}$

12.3.6 串口 1 模式 1，模式 1 波特率计算公式

当软件设置 SCON 的 SM0、SM1 为“01”时，串行口 1 则以模式 1 进行工作。此模式为 8 位 UART 格式，一帧信息为 10 位：1 位起始位，8 位数据位（低位在先）和 1 位停止位。波特率可变，即可根据需要进行设置波特率。TxD 为数据发送口，RxD 为数据接收口，串行口全双工接受/发送。

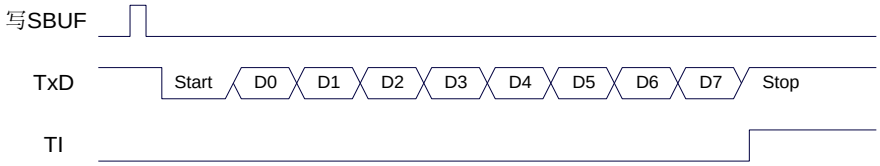
模式 1 的发送过程：串行通信模式发送时，数据由串行发送端 TxD 输出。当主机执行一条写 SBUF 的指令就启动串行通信的发送，写“SBUF”信号还把“1”装入发送移位寄存器的第 9 位，并通知 TX 控制单元开始发送。移位寄存器将数据不断右移送 TxD 端口发送，在数据的左边不断移入“0”作补充。当数据的最高位移到移位寄存器的输出位置，紧跟其后的是第 9 位“1”，在它的左边各位全为“0”，这个状态条件，使 TX 控制单元作最后一次移位输出，然后使允许发送信号“SEND”失效，完成一帧信息的发送，并置位中断请求位 TI，即 TI=1，向主机请求中断处理。

模式 1 的接收过程：当软件置位接收允许标志位 REN，即 REN=1 时，接收器便对 RxD 端口的信号进行检测，当检测到 RxD 端口发送从“1”→“0”的下降沿跳变时就启动接收器准备接收数据，并立即复位波特率发生器的接收计数器，将 1FFH 装入移位寄存器。接收的数据从接收移位寄存器的右边移入，已装入的 1FFH 向左边移出，当起始位"0"移到移位寄存器的最左边时，使 RX 控制器作最后一次移位，完成一帧的接收。若同时满足以下两个条件：

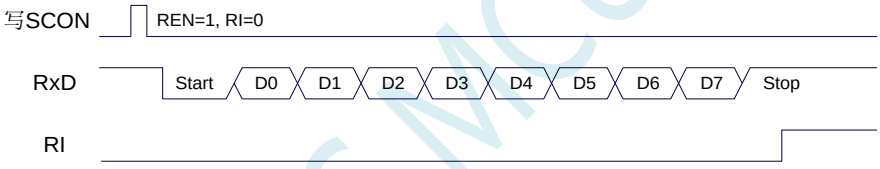
• RI=0；

• SM2=0 或接收到的停止位为 1。

则接收到的数据有效，实现装载入 SBUF，停止位进入 RB8，RI 标志位被置 1，向主机请求中断，若上述两条件不能同时满足，则接收到的数据作废并丢失，无论条件满足与否，接收器重又检测 RxD 端口上的"1"→"0"的跳变，继续下一帧的接收。接收有效，在响应中断后，RI 标志位必须由软件清 0。通常情况下，串行通信工作于模式 1 时，SM2 设置为"0"。



发送数据（串口1模式1）



接收数据（串口1模式1）

串口 1 的波特率是可变的，其波特率可由定时器 1 或者定时器 2 产生。当定时器采用 1T 模式时（12 倍速），相应的波特率的速度也会相应提高 12 倍。

串口 1 模式 1 的波特率计算公式如下表所示：（SYSclk 为系统工作频率）

选择定时器	定时器速度	波特率计算公式
定时器2	1T	$\text{定时器2重载值} = 65536 - \frac{\text{SYSclk}}{4\times\text{波特率}}$
	12T	$\text{定时器2重载值} = 65536 - \frac{\text{SYSclk}}{12\times4\times\text{波特率}}$
定时器1模式0	1T	$\text{定时器1重载值} = 65536 - \frac{\text{SYSclk}}{4\times\text{波特率}}$
	12T	$\text{定时器1重载值} = 65536 - \frac{\text{SYSclk}}{12\times4\times\text{波特率}}$
定时器1模式2	1T	$\text{定时器1重载值} = 256 - \frac{2^{\text{SMOD}}\times\text{SYSclk}}{32\times\text{波特率}}$
	12T	$\text{定时器1重载值} = 256 - \frac{2^{\text{SMOD}}\times\text{SYSclk}}{12\times32\times\text{波特率}}$

下面为常用频率与常用波特率所对应定时器的重载值

频率 (MHz)	波特率	定时器 2		定时器 1 模式 0		定时器 1 模式 2			
						SMOD=1		SMOD=0	
		1T 模式	12T 模式	1T 模式	12T 模式	1T 模式	12T 模式	1T 模式	12T 模式
11.0592	115200	FFE8H	FFFEH	FFE8H	FFFEH	FAH	-	FDH	-
	57600	FFD0H	FFFCH	FFD0H	FFFCH	F4H	FFH	FAH	-
	38400	FFB8H	FFFAH	FFB8H	FFFAH	EEH	-	F7H	-
	19200	FF70H	FFF4H	FF70H	FFF4H	DCH	FDH	EEH	-
	9600	FEE0H	FFE8H	FEE0H	FFE8H	B8H	FAH	DCH	FDH
18.432	115200	FFD8H	-	FFD8H	-	F6H	-	FBH	-
	57600	FFB0H	-	FFB0H	-	ECH	-	F6H	-
	38400	FF88H	FFF6H	FF88H	FFF6H	E2H	-	F1H	-
	19200	FF10H	FFECH	FF10H	FFECH	C4H	FBH	E2H	-
	9600	FE20H	FFD8H	FE20H	FFD8H	88H	F6H	C4H	FBH
22.1184	115200	FFD0H	FFFCH	FFD0H	FFFCH	F4H	FFH	FAH	-
	57600	FFA0H	FFF8H	FFA0H	FFF8H	E8H	FEH	F4H	FFH
	38400	FF70H	FFF4H	FF70H	FFF4H	DCH	FDH	EEH	-
	19200	FEE0H	FFE8H	FEE0H	FFE8H	B8H	FAH	DCH	FDH
	9600	FDC0H	FFD0H	FDC0H	FFD0H	70H	F4H	B8H	FAH

12.3.7 串口 1 模式 2，模式 2 波特率计算公式

当 SM0、SM1 两位为 10 时，串行口 1 工作在模式 2。串行口 1 工作模式 2 为 9 位数据异步通信 UART 模式，其一帧的信息由 11 位组成：1 位起始位，8 位数据位（低位在先），1 位可编程位（第 9 位数据）和 1 位停止位。发送时可编程位（第 9 位数据）由 SCON 中的 TB8 提供，可软件设置为 1 或 0，或者可将 PSW 中的奇/偶校验位 P 值装入 TB8（TB8 既可作为多机通信中的地址数据标志位，又可作为数据的奇偶校验位）。接收时第 9 位数据装入 SCON 的 RB8。TxD 为发送端口，RxD 为接收端口，以全双工模式进行接收/发送。

模式 2 的波特率固定为系统时钟的 64 分频或 32 分频（取决于 PCON 中 SMOD 的值）

串口 1 模式 2 的波特率计算公式如下表所示（SYSclk 为系统工作频率）：

SMOD	波特率计算公式
0	波特率 $= \frac{SYSclk}{64}$
1	波特率 $= \frac{SYSclk}{32}$

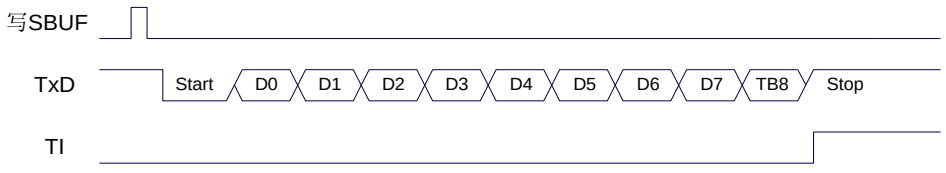
模式 2 和模式 1 相比，除波特率发生源略有不同，发送时由 TB8 提供给移位寄存器第 9 数据位不同外，其余功能结构均基本相同，其接收/发送操作过程及时序也基本相同。

当接收器接收完一帧信息后必须同时满足下列条件：

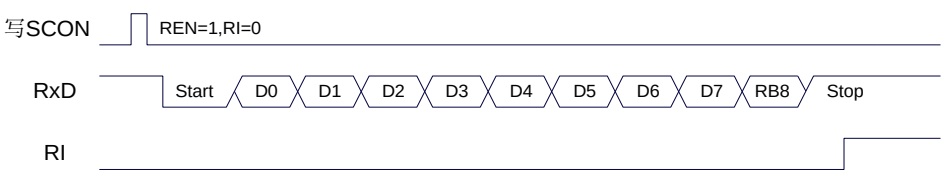
- RI=0
- SM2=0 或者 SM2=1 且接收到的第 9 数据位 RB8=1。

当上述两条件同时满足时，才将接收到的移位寄存器的数据装入 SBUF 和 RB8 中，RI 标志位被置 1，并向主机请求中断处理。如果上述条件有一个不满足，则刚接收到移位寄存器中的数据无效而丢失，也不置位 RI。无论上述条件满足与否，接收器又重新开始检测 RxD 输入端口的跳变信息，接收下一帧的输入信息。在模式 2 中，接收到的停止位与 SBUF、RB8 和 RI 无关。

通过软件对 SCON 中的 SM2、TB8 的设置以及通信 Ð 议的约定，为多机通信提供了方便。



发送数据（串口1模式2）



接收数据（串口1模式2）

12.3.8 串口 1 模式 3，模式 3 波特率计算公式

当 SM0、SM1 两位为 11 时，串行口 1 工作在模式 3。串行通信模式 3 为 9 位数据异步通信 UART

模式，其一帧的信息由 11 位组成：1 位起始位，8 位数据位（低位在先），1 位可编程位（第 9 位数据）和 1 位停止位。发送时可编程位（第 9 位数据）由 SCON 中的 TB8 提供，可软件设置为 1 或 0，或者可将 PSW 中的奇/偶校验位 P 值装入 TB8（TB8 既可作为多机通信中的地址数据标志位，又可作为数据的奇偶校验位）。接收时第 9 位数据装入 SCON 的 RB8。TxD 为发送端口，RxD 为接收端口，以全双工模式进行接收/发送。

模式 3 和模式 1 相比，除发送时由 TB8 提供给移位寄存器第 9 数据位不同外，其余功能结构均基本相同，其接收‘发送操作过程及时序也基本相同。

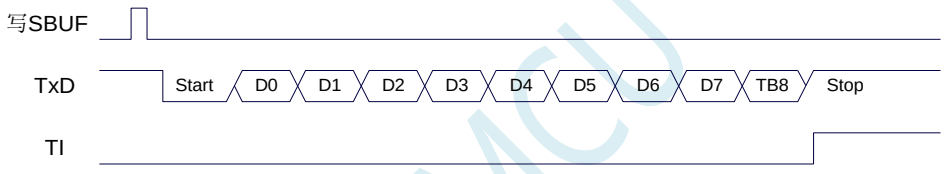
当接收器接收完一帧信息后必须同时满足下列条件：

• RI=0

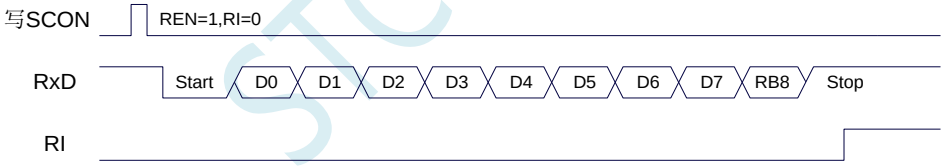
• SM2=0 或者 SM2=1 且接收到的第 9 数据位 RB8=1。

当上述两条件同时满足时，才将接收到的移位寄存器的数据装入 SBUF 和 RB8 中，RI 标志位被置 1，并向主机请求中断处理。如果上述条件有一个不满足，则刚接收到移位寄存器中的数据无效而丢失，也不置位 RI。无论上述条件满足与否，接收器又重新开始检测 RxD 输入端口的跳变信息，接收下一帧的输入信息。在模式 3 中，接收到的停止位与 SBUF、RB8 和 RI 无关。

通过软件对 SCON 中的 SM2、TB8 的设置以及通信协议的约定，为多机通信提供了方便。



发送数据（串口1模式3）



接收数据（串口1模式3）

串口 1 模式 3 的波特率计算公式与模式 1 是完全相同的。请参考模式 1 的波特率计算公式。

12.3.9 自动地址识别

12.3.10串口 1 从机地址控制寄存器（SADDR，SADEN）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SADDR	E1H								
SADEN	E2H								

SADDR：从机地址寄存器

SADEN：从机地址屏蔽位寄存器

自动地址识别功能典型应用在多机通讯领域，其主要原理是从机系统通过硬件比较功能来识别来自于主机串口数据流中的地址信息，通过寄存器 SADDR 和 SADEN 设置的本机的从机地址，硬件自动对从机地址进行过滤，当来自于主机的从机地址信息与本机所设置的从机地址相匹配时，硬件产生串口中

断；否则硬件自动丢弃串口数据，而不产生中断。当众多处于空闲模式的从机链接在一起时，只有从机地址相匹配的从机才会从空闲模式唤醒，从而可以大大降低从机 MCU 的功耗，即使从机处于正常工作状态也可避免不停地进入串口中断而降低系统执行效率。

要使用串口的自动地址识别功能，首先需要将参与通讯的 MCU 的串口通讯模式设置为模式 2 或者模式 3（通常都选择波特率可变的模式 3，因为模式 2 的波特率是固定的，不便于调节），并开启从机的 SCON 的 SM2 位。对于串口模式 2 或者模式 3 的 9 位数据位中，第 9 位数据（存放在 RB8 中）为地址/数据的标志位，当第 9 位数据为 1 时，表示前面的 8 位数据（存放在 SBUF 中）为地址信息。当 SM2 被设置为 1 时，从机 MCU 会自动过滤掉非地址数据（第 9 位为 0 的数据），而对 SBUF 中的地址数据（第 9 位为 1 的数据）自动与 SADDR 和 SADEN 所设置的本机地址进行比较，若地址相匹配，则会将 RI 置“1”，并产生中断，否则不予处理本次接收的串口数据。

从机地址的设置是通过 SADDR 和 SADEN 两个寄存器进行设置的。SADDR 为从机地址寄存器，里面存放本机的从机地址。SADEN 为从机地址屏蔽位寄存器，用于设置地址信息中的忽略位，设置方法如下：

例如
SADDR ＝ 11001010
SADEN ＝ 10000001
则匹配地址为 1xxxxxx0
即，只要主机送出的地址数据中的 bit0 为 0 且 bit7 为 1 就可以和本机地址相匹配

再例如
SADDR ＝ 11001010
SADEN ＝ 00001111
则匹配地址为 xxxx1010
即，只要主机送出的地址数据中的低 4 位为 1010 就可以和本机地址相匹配，而高 4 为被忽略，可以为任意值。

主机可以使用广播地址（FFH）同时选中所有的从机来进行通讯。

12.4 串口 2

12.4.1 串口 2 控制寄存器（S2CON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
S2CON	E3H	S2SM0	-	S2SM2	S2REN	S2TB8	S2RB8	S2TI	S2RI

S2SM0：指定串口2的通信工作模式，如下表所示：

S2SM0	串口2工作模式	功能说明
0	模式0	可变波特率8位数据方式
1	模式1	可变波特率9位数据方式

S2SM2：允许串口 2 在模式 1 时允许多机通信控制位。在模式 1 时，如果 S2SM2 位为 1 且 S2REN 位为 1，则接收机处于地址帧筛选状态。此时可以利用接收到的第 9 位（即 S2RB8）来筛选地址帧：若 S2RB8=1，说明该帧是地址帧，地址信息可以进入 S2BUF，并使 S2RI 为 1，进而在中断服务程序中再进行地址号比较；若 S2RB8=0，说明该帧不是地址帧，应丢掉且保持 S2RI=0。在模式 1 中，如果 S2SM2 位为 0 且 S2REN 位为 1，接收收机处于地址帧筛选被禁止状态。不论收到的 S2RB8 为 0 或 1，均可使接收到的信息进入 S2BUF，并使 S2RI=1，此时 S2RB8 通常为校验位。模式 0 为非多机通信方式，在这种方式时，要设置 S2SM2 应为 0。

S2REN：允许/禁止串口接收控制位

0：禁止串口接收数据

1：允许串口接收数据

S2TB8：当串口 2 使用模式 1 时，S2TB8 为要发送的第 9 位数据，一般用作校验位或者地址帧/数据帧标志位，按需要由软件置位或清 0。在模式 0 中，该位不用。

S2RB8：当串口 2 使用模式 1 时，S2RB8 为接收到的第 9 位数据，一般用作校验位或者地址帧/数据帧标志位。在模式 0 中，该位不用。

S2TI：串口 2 发送中断请求标志位。在停止位开始发送时由硬件自动将 S2TI 置 1，向 CPU 发请求中断，响应中断后 S2TI 必须用软件清零。

S2RI：串口 2 接收中断请求标志位。串行接收到停止位的中间时刻由硬件自动将 S2RI 置 1，向 CPU 发中断申请，响应中断后 S2RI 必须由软件清零。

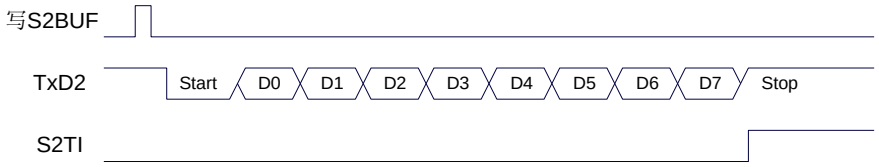
12.4.2 串口 2 数据寄存器（S2BUF）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
S2BUF	E4H								

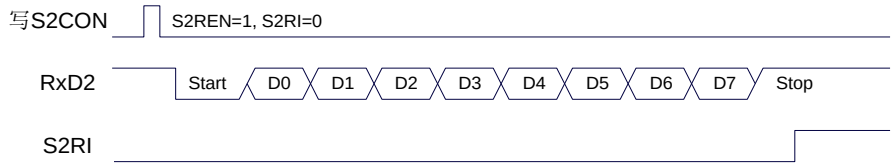
S2BUF：串口 1 数据接收/发送缓冲区。S2BUF 实际是 2 个缓冲器，读缓冲器和写缓冲器，两个操作分别对应两个不同的寄存器，1 个是只写寄存器（写缓冲器），1 个是只读寄存器（读缓冲器）。对 S2BUF 进行读操作，实际是读取串口接收缓冲区，对 S2BUF 进行写操作则是触发串口开始发送数据。

12.4.3 串口 2 模式 0，模式 0 波特率计算公式

串行口 2 的模式 0 为 8 位数据位可变波特率 UART 工作模式。此模式一帧信息为 10 位：1 位起始位，8 位数据位（低位在先）和 1 位停止位。波特率可变，可根据需要进行设置波特率。TxD2 为数据发送口，RxD2 为数据接收口，串行口全双工接受/发送。



发送数据（串口2模式0）



接收数据（串口2模式0）

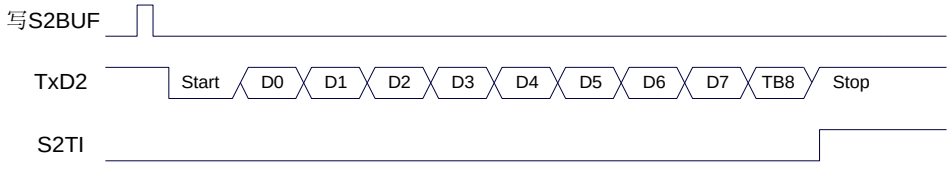
串口 2 的波特率是可变的，其波特率由定时器 2 产生。当定时器采用 1T 模式时（12 倍速），相应的波特率的速度也会相应提高 12 倍。

串口 2 模式 0 的波特率计算公式如下表所示：（SYSclk 为系统工作频率）

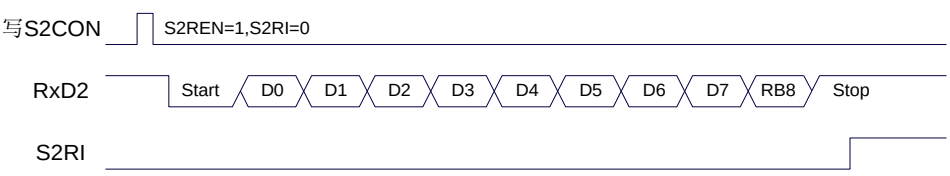
选择定时器	定时器速度	波特率计算公式
定时器2	1T	定时器2重载值 = $65536 - \frac{SYSclk}{4\times 波特率}$
	12T	定时器2重载值 = $65536 - \frac{SYSclk}{12\times 4\times 波特率}$

12.4.4 串口 2 模式 1，模式 1 波特率计算公式

串行口 2 的模式 1 为 9 位数据位可变波特率 UART 工作模式。此模式一帧信息为 11 位：1 位起始位，9 位数据位（低位在先）和 1 位停止位。波特率可变，可根据需要进行设置波特率。TxD2 为数据发送口，RxD2 为数据接收口，串行口全双工接受/发送。



发送数据（串口2模式1）



接收数据（串口2模式1）

串口 2 模式 1 的波特率计算公式与模式 0 是完全相同的。请参考模式 0 的波特率计算公式。

12.5 串口 3

12.5.1 串口 3 控制寄存器（S3CON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
S3CON	E5H	S3SM0	S3ST3	S3SM2	S3REN	S3TB8	S3RB8	S3TI	S3RI

S3SM0：指定串口3的通信工作模式，如下表所示：

S3SM0	串口3工作模式	功能说明
0	模式0	可变波特率8位数据方式
1	模式1	可变波特率9位数据方式

S3ST3：选择串口 3 的波特率发生器

0：选择定时器 2 为串口 3 的波特率发生器

1：选择定时器 3 为串口 3 的波特率发生器

S3SM2：允许串口 3 在模式 1 时允许多机通信控制位。在模式 1 时，如果 S3SM2 位为 1 且 S3REN 位为 1，则接收机处于地址帧筛选状态。此时可以利用接收到的第 9 位（即 S3RB8）来筛选地址帧：若 S3RB8=1，说明该帧是地址帧，地址信息可以进入 S3BUF，并使 S3RI 为 1，进而在中断服务程序中再进行地址号比较；若 S3RB8=0，说明该帧不是地址帧，应丢掉且保持 S3RI=0。在模式 1 中，如果 S3SM2 位为 0 且 S3REN 位为 1，接收收机处于地址帧筛选被禁止状态。不论收到的 S3RB8 为 0 或 1，均可使接收到的信息进入 S3BUF，并使 S3RI=1，此时 S3RB8 通常为校验位。模式 0 为非多机通信方式，在这种方式时，要设置 S3SM2 应为 0。

S3REN：允许/禁止串口接收控制位

0：禁止串口接收数据

1：允许串口接收数据

S3TB8：当串口 3 使用模式 1 时，S3TB8 为要发送的第 9 位数据，一般用作校验位或者地址帧/数据帧标志位，按需要由软件置位或清 0。在模式 0 中，该位不用。

S3RB8：当串口 3 使用模式 1 时，S3RB8 为接收到的第 9 位数据，一般用作校验位或者地址帧/数据帧标志位。在模式 0 中，该位不用。

S3TI：串口 3 发送中断请求标志位。在停止位开始发送时由硬件自动将 S3TI 置 1，向 CPU 发请求中断，响应中断后 S3TI 必须用软件清零。

S3RI：串口 3 接收中断请求标志位。串行接收到停止位的中间时刻由硬件自动将 S3RI 置 1，向 CPU 发中断申请，响应中断后 S3RI 必须由软件清零。

12.5.2 串口 3 数据寄存器（S3BUF）

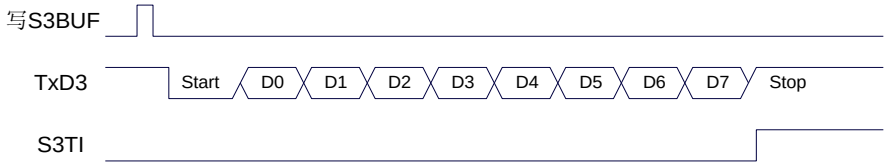
符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
S3BUF	E6H								

S3BUF：串口 1 数据接收/发送缓冲区。S3BUF 实际是 2 个缓冲器，读缓冲器和写缓冲器，两个操作分别对应两个不同的寄存器，1 个是只写寄存器（写缓冲器），1 个是只读寄存器（读缓冲器）。对 S3BUF 进行读操作，实际是读取串口接收缓冲区，对 S3BUF 进行写操作则是触发串口开始发送数据。

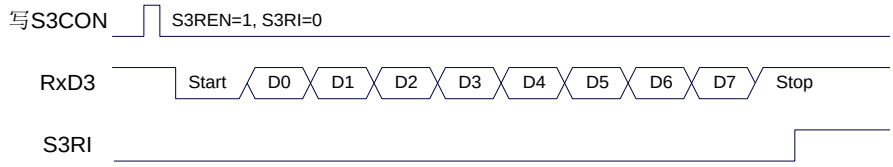
12.5.3 串口 3 模式 0，模式 0 波特率计算公式

串行口 3 的模式 0 为 8 位数据位可变波特率 UART 工作模式。此模式一帧信息为 10 位：1 位起始位，8 位数据位（低位在先）和 1 位停止位。波特率可变，可根据需要进行设置波特率。TxD3 为数据

发送口，RxD3 为数据接收口，串行口全双工接受/发送。



发送数据（串口3模式0）



接收数据（串口3模式0）

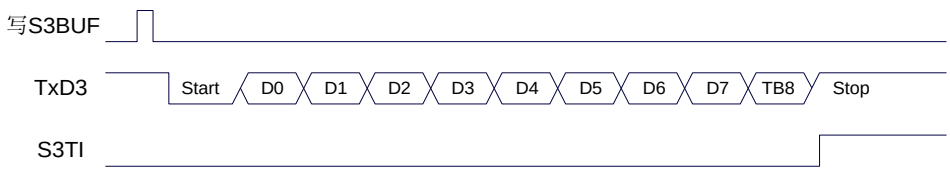
串口 3 的波特率是可变的，其波特率可由定时器 2 或定时器 3 产生。当定时器采用 1T 模式时（12 倍速），相应的波特率的速度也会相应提高 12 倍。

串口 3 模式 0 的波特率计算公式如下表所示：（SYSclk 为系统工作频率）

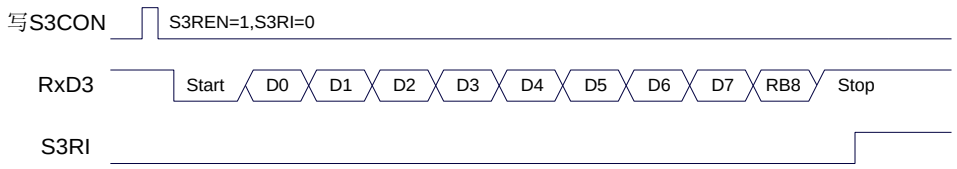
选择定时器	定时器速度	波特率计算公式
定时器2	1T	定时器2重载值 = 65536 − SYSclk / (4×波特率)
	12T	定时器2重载值 = 65536 − SYSclk / (12×4×波特率)
定时器3	1T	定时器3重载值 = 65536 − SYSclk / (4×波特率)
	12T	定时器3重载值 = 65536 − SYSclk / (12×4×波特率)

12.5.4 串口 3 模式 1，模式 1 波特率计算公式

串行口 3 的模式 1 为 9 位数据位可变波特率 UART 工作模式。此模式一帧信息为 11 位：1 位起始位，9 位数据位（低位在先）和 1 位停止位。波特率可变，可根据需要进行设置波特率。TxD3 为数据发送口，RxD3 为数据接收口，串行口全双工接受/发送。



发送数据（串口3模式1）



接收数据（串口3模式1）

串口 3 模式 1 的波特率计算公式与模式 0 是完全相同的。请参考模式 0 的波特率计算公式。

12.6 串口 4

12.6.1 串口 4 控制寄存器（S4CON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
S4CON	BCH	S4SM0	S4ST4	S4SM2	S4REN	S4TB8	S4RB8	S4TI	S4RI

S4SM0：指定串口4的通信工作模式，如下表所示：

S4SM0	串口4工作模式	功能说明
0	模式0	可变波特率8位数据方式
1	模式1	可变波特率9位数据方式

S4ST4：选择串口 4 的波特率发生器

0：选择定时器 2 为串口 4 的波特率发生器

1：选择定时器 4 为串口 4 的波特率发生器

S4SM2：允许串口 4 在模式 1 时允许多机通信控制位。在模式 1 时，如果 S4SM2 位为 1 且 S4REN 位为 1，则接收机处于地址帧筛选状态。此时可以利用接收到的第 9 位（即 S4RB8）来筛选地址帧：若 S4RB8=1，说明该帧是地址帧，地址信息可以进入 S4BUF，并使 S4RI 为 1，进而在中断服务程序中再进行地址号比较；若 S4RB8=0，说明该帧不是地址帧，应丢掉且保持 S4RI=0。在模式 1 中，如果 S4SM2 位为 0 且 S4REN 位为 1，接收收机处于地址帧筛选被禁止状态。不论收到的 S4RB8 为 0 或 1，均可使接收到的信息进入 S4BUF，并使 S4RI=1，此时 S4RB8 通常为校验位。模式 0 为非多机通信方式，在这种方式时，要设置 S4SM2 应为 0。

S4REN：允许/禁止串口接收控制位

0：禁止串口接收数据

1：允许串口接收数据

S4TB8：当串口 4 使用模式 1 时，S4TB8 为要发送的第 9 位数据，一般用作校验位或者地址帧/数据帧标志位，按需要由软件置位或清 0。在模式 0 中，该位不用。

S4RB8：当串口 4 使用模式 1 时，S4RB8 为接收到的第 9 位数据，一般用作校验位或者地址帧/数据帧标志位。在模式 0 中，该位不用。

S4TI：串口 4 发送中断请求标志位。在停止位开始发送时由硬件自动将 S4TI 置 1，向 CPU 发请求中断，响应中断后 S4TI 必须用软件清零。

S4RI：串口 4 接收中断请求标志位。串行接收到停止位的中间时刻由硬件自动将 S4RI 置 1，向 CPU 发中断申请，响应中断后 S4RI 必须由软件清零。

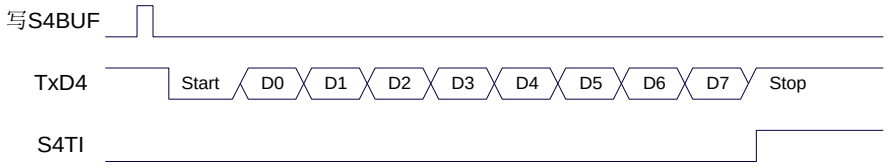
12.6.2 串口 4 数据寄存器（S4BUF）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
S4BUF	BDH								

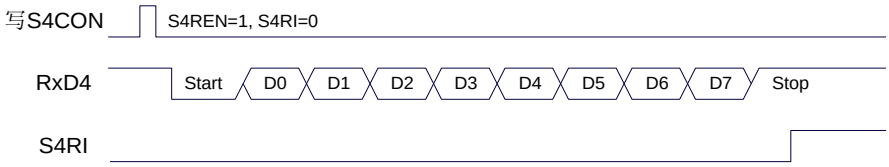
S4BUF：串口 1 数据接收/发送缓冲区。S4BUF 实际是 2 个缓冲器，读缓冲器和写缓冲器，两个操作分别对应两个不同的寄存器，1 个是只写寄存器（写缓冲器），1 个是只读寄存器（读缓冲器）。对 S4BUF 进行读操作，实际是读取串口接收缓冲区，对 S4BUF 进行写操作则是触发串口开始发送数据。

12.6.3 串口 4 模式 0，模式 0 波特率计算公式

串行口 4 的模式 0 为 8 位数据位可变波特率 UART 工作模式。此模式一帧信息为 10 位：1 位起始位，8 位数据位（低位在先）和 1 位停止位。波特率可变，可根据需要进行设置波特率。TxD4 为数据发送口，RxD4 为数据接收口，串行口全双工接受/发送。



发送数据（串口4模式0）



接收数据（串口4模式0）

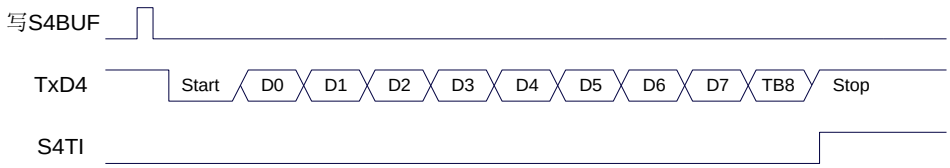
串口 4 的波特率是可变的，其波特率可由定时器 2 或定时器 4 产生。当定时器采用 1T 模式时（12 倍速），相应的波特率的速度也会相应提高 12 倍。

串口 4 模式 0 的波特率计算公式如下表所示：（SYSclk 为系统工作频率）

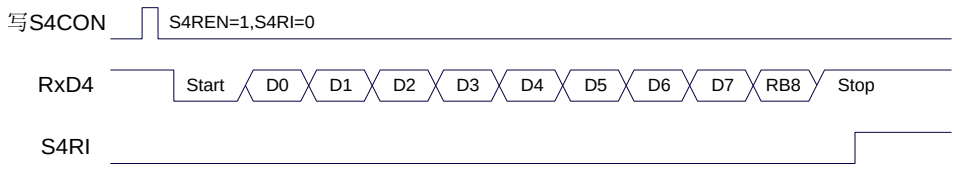
选择定时器	定时器速度	波特率计算公式
定时器2	1T	定时器2重载值 = $65536-\frac{SYSclk}{4\times波特率}$
	12T	定时器2重载值 = $65536-\frac{SYSclk}{12\times4\times波特率}$
定时器4	1T	定时器4重载值 = $65536-\frac{SYSclk}{4\times波特率}$
	12T	定时器4重载值 = $65536-\frac{SYSclk}{12\times4\times波特率}$

12.6.4 串口 4 模式 1，模式 1 波特率计算公式

串行口 4 的模式 1 为 9 位数据位可变波特率 UART 工作模式。此模式一帧信息为 11 位：1 位起始位，9 位数据位（低位在先）和 1 位停止位。波特率可变，可根据需要进行设置波特率。TxD4 为数据发送口，RxD4 为数据接收口，串行口全双工接受/发送。



发送数据（串口4模式1）



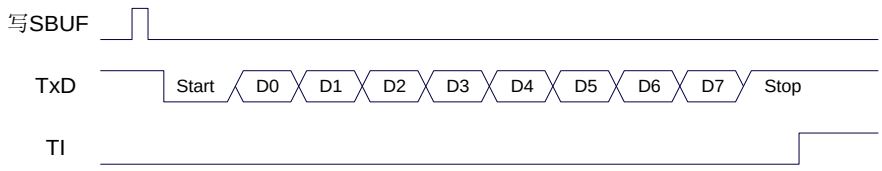
接收数据（串口4模式1）

串口 4 模式 1 的波特率计算公式与模式 0 是完全相同的。请参考模式 0 的波特率计算公式。

12.7 串口注意事项

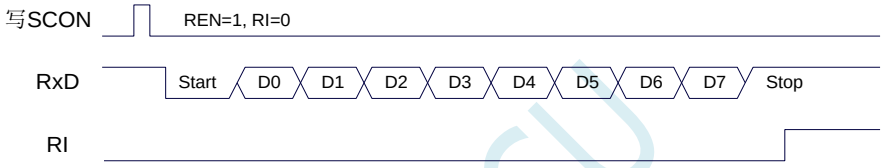
关于串口中断请求有如下问题需要注意：（串口 1、串口 2、串口 3、串口 4 均类似，下面以串口 1 为例进行说明）

8 位数据模式时，发送完成整个停止位后产生 TI 中断请求，如下图所示：



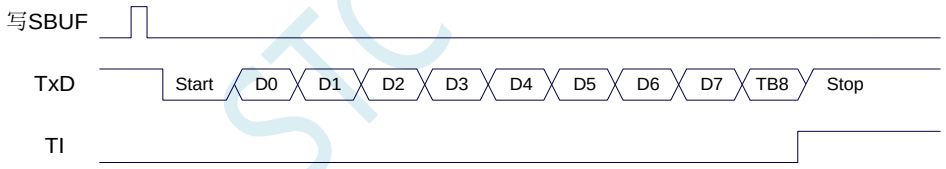
发送数据（8位数据）

8 位数据模式时，接收完成一半个停止位后产生 RI 中断请求，如下图所示：



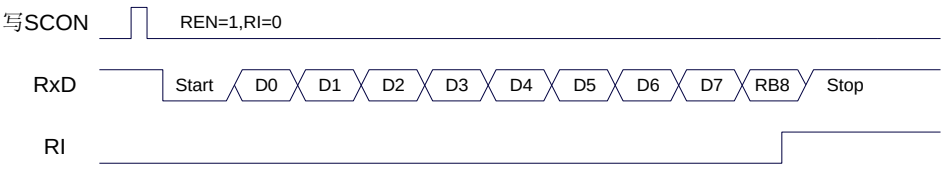
接收数据（8位数据）

9 位数据模式时，发送完成整个第 9 位数据位后产生 TI 中断请求，如下图所示：



发送数据（9位数据）

9 位数据模式时，接收完成一半个第 9 位数据位后产生 RI 中断请求，如下图所示：



接收数据（9位数据）

12.8 范例程序

12.8.1 串口 1 使用定时器 2 做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void UartIsr() interrupt 4
{
    if (TI)
    {
        TI = 0;
        busy = 0;
    }
    if (RI)
    {
        RI = 0;
        buffer[wptr++] = SBUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void UartInit()
{
    SCON = 0x50;
    T2L = BRT;
    T2H = BRT >> 8;
    AUXR = 0x15;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void UartSend(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    SBUF = dat;
}

void UartSendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        UartSend(*p++);
```

```
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    UartInit();
    ES = 1;
    EA = 1;
    UartSendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            UartSend(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         0023H
            LJMP        UART_ISR

            ORG         0100H

UART_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            JNB         TI,CHKRI
            CLR         TI
            CLR         BUSY
```

```
CHKRI:
        JNB     RI,UARTISR_EXIT
        CLR     RI
        MOV     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     @R0,SBUF
        INC     WPTR
UARTISR_EXIT:
        POP     PSW
        POP     ACC
        RETI

UART_INIT:
        MOV     SCON,#50H
        MOV     T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
        MOV     T2H,#0FFH
        MOV     AUXR,#15H
        CLR     BUSY
        MOV     WPTR,#00H
        MOV     RPTR,#00H
        RET

UART_SEND:
        JB      BUSY,$
        SETB    BUSY
        MOV     SBUF,A
        RET

UART_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SENDEND
        LCALL   UART_SEND
        INC     DPTR
        JMP     UART_SENDSTR
SENDEND:
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        LCALL   UART_INIT
        SETB    ES
        SETB    EA
```

```
                MOV         DPTR,#STRING
                LCALL       UART_SENDSTR

LOOP:
                MOV         A,RPTR
                XRL         A,WPTR
                ANL         A,#0FH
                JZ          LOOP
                MOV         A,RPTR
                ANL         A,#0FH
                ADD         A,#BUFFER
                MOV         R0,A
                MOV         A,@R0
                LCALL       UART_SEND
                INC         RPTR
                JMP         LOOP

STRING:         DB          'Uart Test !',0DH,0AH,00H

                END
```

12.8.2 串口 1 使用定时器 1（模式 0）做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void UartIsr() interrupt 4
{
    if (TI)
    {
        TI = 0;
        busy = 0;
    }
    if (RI)
    {
        RI = 0;
        buffer[wptr++] = SBUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void UartInit()
{
    SCON = 0x50;
    TMOD = 0x00;
```

```
    TL1 = BRT;
    TH1 = BRT >> 8;
    TR1 = 1;
    AUXR = 0x40;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void UartSend(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    SBUF = dat;
}

void UartSendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        UartSend(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    UartInit();
    ES = 1;
    EA = 1;
    UartSendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            UartSend(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录
```

```
BUSY    BIT     20H.0
WPTR    DATA    21H
RPTR    DATA    22H
BUFFER  DATA    23H             ;16 bytes

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0023H
        LJMP    UART_ISR

        ORG     0100H

UART_ISR:
        PUSH    ACC
        PUSH    PSW
        MOV     PSW,#08H

        JNB     TI,CHKRI
        CLR     TI
        CLR     BUSY
CHKRI:
        JNB     RI,UARTISR_EXIT
        CLR     RI
        MOV     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     @R0,SBUF
        INC     WPTR
UARTISR_EXIT:
        POP     PSW
        POP     ACC
        RETI

UART_INIT:
        MOV     SCON,#50H
        MOV     TMOD,#00H
        MOV     TL1,#0E8H       ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
        MOV     TH1,#0FFH
        SETB    TR1
        MOV     AUXR,#40H
        CLR     BUSY
        MOV     WPTR,#00H
        MOV     RPTR,#00H
        RET

UART_SEND:
        JB      BUSY,$
        SETB    BUSY
        MOV     SBUF,A
        RET

UART_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SENDEND
        LCALL   UART_SEND
        INC     DPTR
```

```
            JMP     UART_SENDSTR
SENDEND:
            RET

MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            LCALL   UART_INIT
            SETB    ES
            SETB    EA

            MOV     DPTR,#STRING
            LCALL   UART_SENDSTR

LOOP:
            MOV     A,RPTR
            XRL     A,WPTR
            ANL     A,#0FH
            JZ      LOOP
            MOV     A,RPTR
            ANL     A,#0FH
            ADD     A,#BUFFER
            MOV     R0,A
            MOV     A,@R0
            LCALL   UART_SEND
            INC     RPTR
            JMP     LOOP

STRING:     DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

            END
```

12.8.3 串口 1 使用定时器 1（模式 2）做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define  FOSC           11059200UL
#define  BRT            (256 - FOSC / 115200 / 32)

bit      busy;
```

```
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void UartIsr() interrupt 4
{
    if (TI)
    {
        TI = 0;
        busy = 0;
    }
    if (RI)
    {
        RI = 0;
        buffer[wptr++] = SBUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void UartInit()
{
    SCON = 0x50;
    TMOD = 0x20;
    TL1 = BRT;
    TH1 = BRT;
    TR1 = 1;
    AUXR = 0x40;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void UartSend(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    SBUF = dat;
}

void UartSendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        UartSend(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
```

```
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    UartInit();
    ES = 1;
    EA = 1;
    UartSendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            UartSend(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         0023H
            LJMP        UART_ISR

            ORG         0100H

UART_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            JNB         TI,CHKRI
            CLR         TI
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         RI,UARTISR_EXIT
            CLR         RI
            MOV         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         @R0,SBUF
            INC         WPTR
UARTISR_EXIT:
            POP         PSW
            POP         ACC
            RETI

UART_INIT:
```

```
        MOV     SCON,#50H
        MOV     TMOD,#20H
        MOV     TL1,#0FDH           ;256-11059200/115200/32=0FDH
        MOV     TH1,#0FDH
        SETB    TR1
        MOV     AUXR,#40H
        CLR     BUSY
        MOV     WPTR,#00H
        MOV     RPTR,#00H
        RET

UART_SEND:
        JB      BUSY,$
        SETB    BUSY
        MOV     SBUF,A
        RET

UART_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SENDEND
        LCALL   UART_SEND
        INC     DPTR
        JMP     UART_SENDSTR
SENDEND:
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        LCALL   UART_INIT
        SETB    ES
        SETB    EA

        MOV     DPTR,#STRING
        LCALL   UART_SENDSTR

LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
```

```
                LCALL   UART_SEND
                INC     RPTR
                JMP     LOOP

STRING:         DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

                END
```

12.8.4 串口 2 使用定时器 2 做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart2Isr() interrupt 8
{
    if (S2CON & 0x02)
    {
        S2CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S2CON & 0x01)
    {
        S2CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S2BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart2Init()
{
    S2CON = 0x10;
    T2L = BRT;
    T2H = BRT >> 8;
    AUXR = 0x14;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart2Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S2BUF = dat;
}
```

```
void Uart2SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart2Send(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart2Init();
    IE2 = 0x01;
    EA = 1;
    Uart2SendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart2Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY    BIT     20H.0
WPTR    DATA    21H
RPTR    DATA    22H
BUFFER  DATA    23H                 ;16 bytes

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0043H
        LJMP    UART2_ISR

        ORG     0100H

UART2_ISR:
        PUSH    ACC
```

```
        PUSH    PSW
        MOV     PSW,#08H

        MOV     A,S2CON
        JNB     ACC.1,CHKRI
        ANL     S2CON,#NOT 02H
        CLR     BUSY
CHKRI:
        JNB     ACC.0,UART2ISR_EXIT
        ANL     S2CON,#NOT 01H
        MOV     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     @R0,S2BUF
        INC     WPTR
UART2ISR_EXIT:
        POP     PSW
        POP     ACC
        RETI

UART2_INIT:
        MOV     S2CON,#10H
        MOV     T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
        MOV     T2H,#0FFH
        MOV     AUXR,#14H
        CLR     BUSY
        MOV     WPTR,#00H
        MOV     RPTR,#00H
        RET

UART2_SEND:
        JB      BUSY,$
        SETB    BUSY
        MOV     S2BUF,A
        RET

UART2_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SEND2END
        LCALL   UART2_SEND
        INC     DPTR
        JMP     UART2_SENDSTR
SEND2END:
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
```

```
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                LCALL       UART2_INIT
                MOV         IE2,#01H
                SETB        EA

                MOV         DPTR,#STRING
                LCALL       UART2_SENDSTR

LOOP:
                MOV         A,RPTR
                XRL         A,WPTR
                ANL         A,#0FH
                JZ          LOOP
                MOV         A,RPTR
                ANL         A,#0FH
                ADD         A,#BUFFER
                MOV         R0,A
                MOV         A,@R0
                LCALL       UART2_SEND
                INC         RPTR
                JMP         LOOP

STRING:         DB          'Uart Test !',0DH,0AH,00H

                END
```

12.8.5 串口 3 使用定时器 2 做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart3Isr() interrupt 17
{
    if (S3CON & 0x02)
    {
        S3CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S3CON & 0x01)
    {
        S3CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S3BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
```

```
}

void Uart3Init()
{
	S3CON = 0x10;
	T2L = BRT;
	T2H = BRT >> 8;
	AUXR = 0x14;
	wptr = 0x00;
	rptr = 0x00;
	busy = 0;
}

void Uart3Send(char dat)
{
	while (busy);
	busy = 1;
	S3BUF = dat;
}

void Uart3SendStr(char *p)
{
	while (*p)
	{
		Uart3Send(*p++);
	}
}

void main()
{
	P0M0 = 0x00;
	P0M1 = 0x00;
	P1M0 = 0x00;
	P1M1 = 0x00;
	P2M0 = 0x00;
	P2M1 = 0x00;
	P3M0 = 0x00;
	P3M1 = 0x00;
	P4M0 = 0x00;
	P4M1 = 0x00;
	P5M0 = 0x00;
	P5M1 = 0x00;

	Uart3Init();
	IE2 = 0x08;
	EA = 1;
	Uart3SendStr("Uart Test !\r\n");

	while (1)
	{
		if (rptr != wptr)
		{
			Uart3Send(buffer[rptr++]);
			rptr &= 0x0f;
		}
	}
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                     ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         008BH
            LJMP        UART3_ISR

            ORG         0100H

UART3_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            MOV         A,S3CON
            JNB         ACC.1,CHKRI
            ANL         S3CON,#NOT 02H
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         ACC.0,UART3ISR_EXIT
            ANL         S3CON,#NOT 01H
            MOV         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         @R0,S3BUF
            INC         WPTR
UART3ISR_EXIT:
            POP         PSW
            POP         ACC
            RETI

UART3_INIT:
            MOV         S3CON,#10H
            MOV         T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV         T2H,#0FFH
            MOV         AUXR,#14H
            CLR         BUSY
            MOV         WPTR,#00H
            MOV         RPTR,#00H
            RET

UART3_SEND:
            JB          BUSY,$
            SETB        BUSY
            MOV         S3BUF,A
            RET

UART3_SENDSTR:
            CLR         A
            MOVC        A,@A+DPTR
```

```
                JZ          SEND3END
                LCALL       UART3_SEND
                INC         DPTR
                JMP         UART3_SENDSTR
SEND3END:
                RET

MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                LCALL       UART3_INIT
                MOV         IE2,#08H
                SETB        EA

                MOV         DPTR,#STRING
                LCALL       UART3_SENDSTR

LOOP:
                MOV         A,RPTR
                XRL         A,WPTR
                ANL         A,#0FH
                JZ          LOOP
                MOV         A,RPTR
                ANL         A,#0FH
                ADD         A,#BUFFER
                MOV         R0,A
                MOV         A,@R0
                LCALL       UART3_SEND
                INC         RPTR
                JMP         LOOP

STRING:         DB          'Uart Test !',0DH,0AH,00H

                END
```

12.8.6 串口 3 使用定时器 3 做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
```

```
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart3Isr() interrupt 17
{
    if (S3CON & 0x02)
    {
        S3CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S3CON & 0x01)
    {
        S3CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S3BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart3Init()
{
    S3CON = 0x50;
    T3L = BRT;
    T3H = BRT >> 8;
    T4T3M = 0x0a;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart3Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S3BUF = dat;
}

void Uart3SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart3Send(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
```

```
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart3Init();
    IE2 = 0x08;
    EA = 1;
    Uart3SendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart3Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         008BH
            LJMP        UART3_ISR

            ORG         0100H

UART3_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            MOV         A,S3CON
            JNB         ACC.1,CHKRI
            ANL         S3CON,#NOT 02H
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         ACC.0,UART3ISR_EXIT
            ANL         S3CON,#NOT 01H
            MOV         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         @R0,S3BUF
            INC         WPTR
UART3ISR_EXIT:
            POP         PSW
            POP         ACC
            RETI
```

```
UART3_INIT:
        MOV     S3CON,#50H
        MOV     T3L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
        MOV     T3H,#0FFH
        MOV     T4T3M,#0AH
        CLR     BUSY
        MOV     WPTR,#00H
        MOV     RPTR,#00H
        RET

UART3_SEND:
        JB      BUSY,$
        SETB    BUSY
        MOV     S3BUF,A
        RET

UART3_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SEND3END
        LCALL   UART3_SEND
        INC     DPTR
        JMP     UART3_SENDSTR
SEND3END:
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        LCALL   UART3_INIT
        MOV     IE2,#08H
        SETB    EA

        MOV     DPTR,#STRING
        LCALL   UART3_SENDSTR

LOOP:
        MOV     A,RPTR
        XRL     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        JZ      LOOP
        MOV     A,RPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     A,@R0
```

```
                LCALL   UART3_SEND
                INC     RPTR
                JMP     LOOP

STRING:         DB      'Uart Test !',0DH,0AH,00H

                END
```

12.8.7 串口 4 使用定时器 2 做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart4Isr() interrupt 18
{
    if (S4CON & 0x02)
    {
        S4CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S4CON & 0x01)
    {
        S4CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S4BUF;
        wptr &= 0x0f;
    }
}

void Uart4Init()
{
    S4CON = 0x10;
    T2L = BRT;
    T2H = BRT >> 8;
    AUXR = 0x14;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart4Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S4BUF = dat;
}
```

```
void Uart4SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart4Send(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart4Init();
    IE2 = 0x10;
    EA = 1;
    Uart4SendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart4Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                 ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         0093H
            LJMP        UART4_ISR

            ORG         0100H

UART4_ISR:
            PUSH        ACC
```

```
        PUSH    PSW
        MOV     PSW,#08H

        MOV     A,S4CON
        JNB     ACC.1,CHKRI
        ANL     S4CON,#NOT 02H
        CLR     BUSY
CHKRI:
        JNB     ACC.0,UART4ISR_EXIT
        ANL     S4CON,#NOT 01H
        MOV     A,WPTR
        ANL     A,#0FH
        ADD     A,#BUFFER
        MOV     R0,A
        MOV     @R0,S4BUF
        INC     WPTR
UART4ISR_EXIT:
        POP     PSW
        POP     ACC
        RETI

UART4_INIT:
        MOV     S4CON,#10H
        MOV     T2L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
        MOV     T2H,#0FFH
        MOV     AUXR,#14H
        CLR     BUSY
        MOV     WPTR,#00H
        MOV     RPTR,#00H
        RET

UART4_SEND:
        JB      BUSY,$
        SETB    BUSY
        MOV     S4BUF,A
        RET

UART4_SENDSTR:
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        JZ      SEND4END
        LCALL   UART4_SEND
        INC     DPTR
        JMP     UART4_SENDSTR
SEND4END:
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
```

```
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                LCALL       UART4_INIT
                MOV         IE2,#10H
                SETB        EA

                MOV         DPTR,#STRING
                LCALL       UART4_SENDSTR

LOOP:
                MOV         A,RPTR
                XRL         A,WPTR
                ANL         A,#0FH
                JZ          LOOP
                MOV         A,RPTR
                ANL         A,#0FH
                ADD         A,#BUFFER
                MOV         R0,A
                MOV         A,@R0
                LCALL       UART4_SEND
                INC         RPTR
                JMP         LOOP

STRING:         DB          'Uart Test !',0DH,0AH,00H

                END
```

12.8.8 串口 4 使用定时器 4 做波特率发生器

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     FOSC            11059200UL
#define     BRT             (65536 - FOSC / 115200 / 4)

bit         busy;
char        wptr;
char        rptr;
char        buffer[16];

void Uart4Isr() interrupt 18
{
    if (S4CON & 0x02)
    {
        S4CON &= ~0x02;
        busy = 0;
    }
    if (S4CON & 0x01)
    {
        S4CON &= ~0x01;
        buffer[wptr++] = S4BUF;
        wptr &= 0x0f;
```

```
    }
}

void Uart4Init()
{
    S4CON = 0x50;
    T4L = BRT;
    T4H = BRT >> 8;
    T4T3M = 0xa0;
    wptr = 0x00;
    rptr = 0x00;
    busy = 0;
}

void Uart4Send(char dat)
{
    while (busy);
    busy = 1;
    S4BUF = dat;
}

void Uart4SendStr(char *p)
{
    while (*p)
    {
        Uart4Send(*p++);
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    Uart4Init();
    IE2 = 0x10;
    EA = 1;
    Uart4SendStr("Uart Test !\r\n");

    while (1)
    {
        if (rptr != wptr)
        {
            Uart4Send(buffer[rptr++]);
            rptr &= 0x0f;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

BUSY        BIT         20H.0
WPTR        DATA        21H
RPTR        DATA        22H
BUFFER      DATA        23H                     ;16 bytes

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         0093H
            LJMP        UART4_ISR

            ORG         0100H

UART4_ISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
            MOV         PSW,#08H

            MOV         A,S4CON
            JNB         ACC.1,CHKRI
            ANL         S4CON,#NOT 02H
            CLR         BUSY
CHKRI:
            JNB         ACC.0,UART4ISR_EXIT
            ANL         S4CON,#NOT 01H
            MOV         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         @R0,S4BUF
            INC         WPTR
UART4ISR_EXIT:
            POP         PSW
            POP         ACC
            RETI

UART4_INIT:
            MOV         S4CON,#50H
            MOV         T4L,#0E8H               ;65536-11059200/115200/4=0FFE8H
            MOV         T4H,#0FFH
            MOV         T4T3M,#0A0H
            CLR         BUSY
            MOV         WPTR,#00H
            MOV         RPTR,#00H
            RET

UART4_SEND:
            JB          BUSY,$
            SETB        BUSY
            MOV         S4BUF,A
            RET

UART4_SENDSTR:
            CLR         A
            MOVC        A,@A+DPTR
```

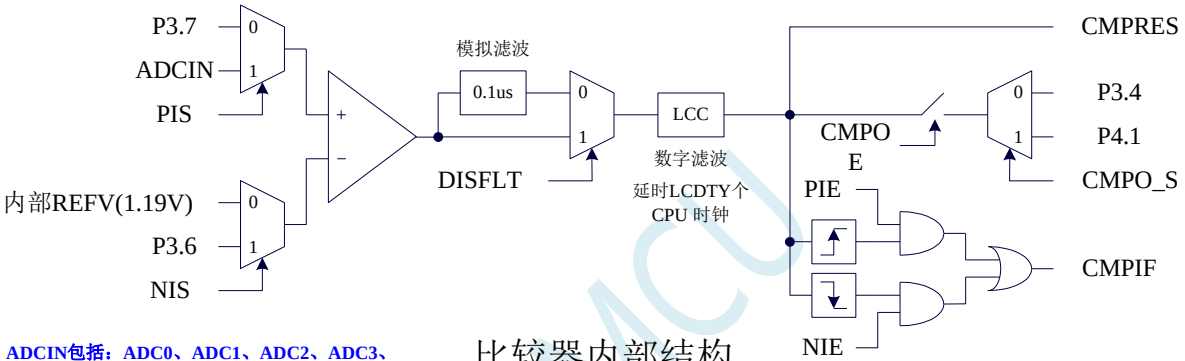
```
            JZ          SEND4END
            LCALL       UART4_SEND
            INC         DPTR
            JMP         UART4_SENDSTR
SEND4END:
            RET

MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            LCALL       UART4_INIT
            MOV         IE2,#10H
            SETB        EA

            MOV         DPTR,#STRING
            LCALL       UART4_SENDSTR

LOOP:
            MOV         A,RPTR
            XRL         A,WPTR
            ANL         A,#0FH
            JZ          LOOP
            MOV         A,RPTR
            ANL         A,#0FH
            ADD         A,#BUFFER
            MOV         R0,A
            MOV         A,@R0
            LCALL       UART4_SEND
            INC         RPTR
            JMP         LOOP

STRING:     DB          'Uart Test !',0DH,0AH,00H

            END
```

13 比较器，掉电检测，内部固定比较电压

STC16F 系列单片机内部集成了一个比较器。比较器的正极可以是 P3.7 端口或者 ADC 的模拟输入通道，而负极可以 P3.6 端口或者是内部 BandGap 经过 OP 后的 REFV 电压（内部固定比较电压）。

比较器内部有可程序控制的两级滤波：模拟滤波和数字滤波。模拟滤波可以过滤掉比较输入信号中的毛刺信号，数字滤波可以等待输入信号更加稳定后再进行比较。比较结果可直接通过读取内部寄存器位获得，也可将比较器结果正向或反向输出到外部端口。将比较结果输出到外部端口可用作外部事件的触发信号和反馈信号，可扩大比较的应用范围。

13.1 比较器内部结构图



比较器内部结构

ADCIN包括：ADC0、ADC1、ADC2、ADC3、ADC4、ADC5、ADC6、ADC7、ADC8、ADC9、ADC10、ADC11、ADC12、ADC13、ADC14、ADC15

注意：当比较器正极选择ADC输入通道时，请务必要打开ADC_CONTR寄存器中的ADC电源控制位ADC_POWER和ADC通道选择位ADC_CHS

13.2 比较器功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW2	BAH	EAXFR	-	I2C_S[1:0]		**CMPO_S**	S4_S	S3_S	S2_S

CMPO_S：比较器输出脚选择位

CMPO_S	CMPO
0	P3.4
1	P4.1

13.3 比较器相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
CMPCR1	比较器控制寄存器 1	B4H	CMPEN	CMPIF	PIE	NIE	PIS	NIS	CMPOE	CMPRES	0000,0000
CMPCR2	比较器控制寄存器 2	B5H	INVCMPO	DISFLT	LCDTY[5:0]						0000,0000

13.3.1 比较器控制寄存器 1（CMPCR1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CMPCR1	B4H	CMPEN	CMPIF	PIE	NIE	PIS	NIS	CMPOE	CMPRES

CMPEN：比较器模块使能位

0：关闭比较功能

1：使能比较功能

CMPIF：比较器中断标志位。当 PIE 或 NIE 被使能后，若产生相应的中断信号，硬件自动将 CMPIF 置 1，并向 CPU 提出中断请求。此标志位必须用户软件清零。

（注意：没有使能比较器中断时，硬件不会设置此中断标志，即使用查询方式访问比较器时，不能查询此中断标志）

PIE：比较器上升沿中断使能位。

0：禁止比较器上升沿中断。

1：使能比较器上升沿中断。使能比较器的比较结果由 0 变成 1 时产生中断请求。

NIE：比较器下降沿中断使能位。

0：禁止比较器下降沿中断。

1：使能比较器下降沿中断。使能比较器的比较结果由 1 变成 0 时产生中断请求。

PIS：比较器的正极选择位

0：选择外部端口 P3.7 为比较器正极输入源。

1：通过 ADC_CONTR 中的 ADC_CHS 位选择 ADC 的模拟输入端作为比较器正极输入源。

（注意 1：当比较器正极选择 ADC 输入通道时，请务必要打开 ADC_CONTR 寄存器中的 ADC 电源控制位 ADC_POWER 和 ADC 通道选择位 ADC_CHS）

（注意 2：当需要使用比较器中断唤醒掉电模式/时钟停振模式时，比较器正极必须选择 P3.7，不能使用 ADC 输入通道）

NIS：比较器的负极选择位

0：选择内部 BandGap 经过 OP 后的电压 REFV 作为比较器负极输入源。（芯片在出厂时，内部参考信号源调整为 1.19V）

1：选择外部端口 P3.6 为比较器负极输入源。

CMPOE：比较器结果输出控制位

0：禁止比较器结果输出

1：使能比较器结果输出。比较器结果输出到 P3.4 或者 P4.1（由 P_SW2 中的 CMPO_S 进行设定）

CMPRES：比较器的比较结果。此位为只读。

0：表示 CMP+的电平低于 CMP-的电平

1：表示 CMP+的电平高于 CMP-的电平

CMPRES 是经过数字滤波后的输出信号，而不是比较器的直接输出结果。

13.3.2 比较器控制寄存器 2（CMPCR2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CMPCR2	B5H	INVCMPO	DISFLT	LCDTY[5:0]					

INVCMPO：比较器结果输出控制

0：比较器结果正向输出。若 CMPRES 为 0，则 P3.4/P4.1 输出低电平，反之输出高电平。

1：比较器结果反向输出。若 CMPRES 为 0，则 P3.4/P4.1 输出高电平，反之输出低电平。

DISFLT：模拟滤波功能控制

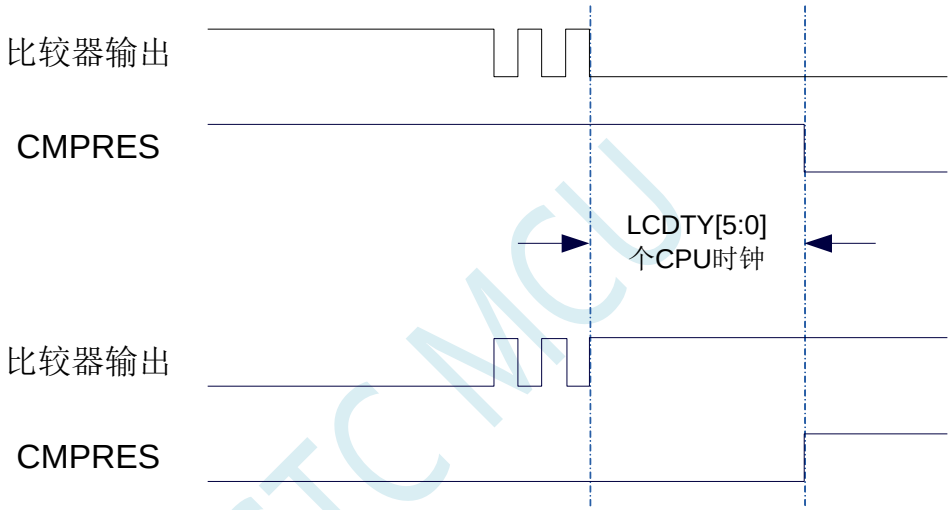
0：使能 0.1us 模拟滤波功能

1：关闭 0.1us 模拟滤波功能，可略微提高比较器的比较速度。

LCDTY[5:0]：数字滤波功能控制

数字滤波功能即为数字信号去抖动功能。当比较结果发生上升沿或者下降沿变化时，比较器侦测变化后的信号必须维持 LCDTY 所设置的 CPU 时钟数不发生变化，才认为数据变化是有效的；否则将视同信号无变化。

注意：当使能数字滤波功能后，芯片内部实际的等待时钟需额外增加两个状态机切换时间，即若 LCDTY 设置为 0 时，为关闭数字滤波功能；若 LCDTY 设置为非 0 值 n（n=1~63）时，则实际的数字滤波时间为（n+2）个系统时钟



13.4 范例程序

13.4.1 比较器的使用（中断方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void CMP_Isr() interrupt 21
{
    CMPCR1 &= ~0x40;                                    //清中断标志
    if (CMPCR1 & 0x01)
    {
        P10 = !P10;                                     //下降沿中断测试端口
    }
    else
    {
        P11 = !P11;                                     //上升沿中断测试端口
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    CMPCR2 = 0x00;
    CMPCR2 &= ~0x80;                                    //比较器正向输出
//  CMPCR2 |= 0x80;                                     //比较器反向输出
    CMPCR2 &= ~0x40;                                    //使能 0.1us 滤波
//  CMPCR2 |= 0x40;                                     //禁止 0.1us 滤波
//  CMPCR2 &= ~0x3f;                                    //比较器结果直接输出
    CMPCR2 |= 0x10;                                     //比较器结果经过 16 个去抖时钟后输出
    CMPCR1 = 0x00;
    CMPCR1 |= 0x30;                                     //使能比较器边沿中断
//  CMPCR1 &= ~0x20;                                    //禁止比较器上升沿中断
//  CMPCR1 |= 0x20;                                     //使能比较器上升沿中断
//  CMPCR1 &= ~0x10;                                    //禁止比较器下降沿中断
//  CMPCR1 |= 0x10;                                     //使能比较器下降沿中断
    CMPCR1 &= ~0x08;                                    //P3.7 为 CMP+输入脚
//  CMPCR1 |= 0x08;                                     //ADC 输入脚为 CMP+输入脚
//  CMPCR1 &= ~0x04;                                    //内部 1.19V 参考信号源为 CMP-输入脚
    CMPCR1 |= 0x04;                                     //P3.6 为 CMP-输入脚
//  CMPCR1 &= ~0x02;                                    //禁止比较器输出
```

```
    CMPCR1 |= 0x02;                         //使能比较器输出
    CMPCR1 |= 0x80;                         //使能比较器模块

    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     00ABH
        LJMP    CMPISR

        ORG     0100H
CMPISR:
        PUSH    ACC
        ANL     CMPCR1,#NOT 40H         ;清中断标志
        MOV     A,CMPCR1
        JB      ACC.0,RSING
FALLING:
        CPL     P1.0                    ;下降沿中断测试端口
        POP     ACC
        RETI
RSING:
        CPL     P1.1                    ;上升沿中断测试端口
        POP     ACC
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     CMPCR2,#00H
        ANL     CMPCR2,#NOT 80H         ;比较器正向输出
;       ORL     CMPCR2,#80H             ;比较器反向输出
        ANL     CMPCR2,#NOT 40H         ;使能 0.1us 滤波
;       ORL     CMPCR2,#40H             ;禁止 0.1us 滤波
;       ANL     CMPCR2,#NOT 3FH         ;比较器结果直接输出
        ORL     CMPCR2,#10H             ;比较器结果经过 16 个去抖时钟后输出
        MOV     CMPCR1,#00H
        ORL     CMPCR1,#30H             ;使能比较器边沿中断
;       ANL     CMPCR1,#NOT 20H         ;禁止比较器上升沿中断
```

```
;               ORL     CMPCR1,#20H             ;使能比较器上升沿中断
;               ANL     CMPCR1,#NOT 10H         ;禁止比较器下降沿中断
;               ORL     CMPCR1,#10H             ;使能比较器下降沿中断
                ANL     CMPCR1,#NOT 08H         ;P3.7 为CMP+输入脚
;               ORL     CMPCR1,#08H             ;ADC 输入脚为CMP+输入脚
;               ANL     CMPCR1,#NOT 04H         ;内部1.19V 参考信号源为CMP-输入脚
                ORL     CMPCR1,#04H             ;P3.6 为CMP-输入脚
;               ANL     CMPCR1,#NOT 02H         ;禁止比较器输出
                ORL     CMPCR1,#02H             ;使能比较器输出
                ORL     CMPCR1,#80H             ;使能比较器模块
                SETB    EA

                JMP     $

                END
```

13.4.2 比较器的使用（查询方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    CMPCR2 = 0x00;
    CMPCR2 &= ~0x80;                    //比较器正向输出
//  CMPCR2 |= 0x80;                     //比较器反向输出
    CMPCR2 &= ~0x40;                    //使能 0.1us 滤波
//  CMPCR2 |= 0x40;                     //禁止 0.1us 滤波
//  CMPCR2 &= ~0x3f;                    //比较器结果直接输出
    CMPCR2 |= 0x10;                     //比较器结果经过16 个去抖时钟后输出
    CMPCR1 = 0x00;
    CMPCR1 |= 0x30;                     //使能比较器边沿中断
//  CMPCR1 &= ~0x20;                    //禁止比较器上升沿中断
//  CMPCR1 |= 0x20;                     //使能比较器上升沿中断
//  CMPCR1 &= ~0x10;                    //禁止比较器下降沿中断
//  CMPCR1 |= 0x10;                     //使能比较器下降沿中断
    CMPCR1 &= ~0x08;                    //P3.7 为CMP+输入脚
//  CMPCR1 |= 0x08;                     //ADC 输入脚为CMP+输入脚
//  CMPCR1 &= ~0x04;                    //内部1.19V 参考信号源为CMP-输入脚
    CMPCR1 |= 0x04;                     //P3.6 为CMP-输入脚
```

```
//      CMPCR1 &= ~0x02;                        //禁止比较器输出
        CMPCR1 |= 0x02;                         //使能比较器输出
        CMPCR1 |= 0x80;                         //使能比较器模块

        while (1)
        {
            P10 = CMPCR1 & 0x01;                //读取比较器比较结果
        }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN

                ORG         0100H
MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                MOV         CMPCR2,#00H
                ANL         CMPCR2,#NOT 80H     ;比较器正向输出
;               ORL         CMPCR2,#80H         ;比较器反向输出
                ANL         CMPCR2,#NOT 40H     ;使能 0.1us 滤波
;               ORL         CMPCR2,#40H         ;禁止 0.1us 滤波
;               ANL         CMPCR2,#NOT 3FH     ;比较器结果直接输出
                ORL         CMPCR2,#10H         ;比较器结果经过 16 个去抖时钟后输出
                MOV         CMPCR1,#00H
                ORL         CMPCR1,#30H         ;使能比较器边沿中断
;               ANL         CMPCR1,#NOT 20H     ;禁止比较器上升沿中断
;               ORL         CMPCR1,#20H         ;使能比较器上升沿中断
;               ANL         CMPCR1,#NOT 10H     ;禁止比较器下降沿中断
;               ORL         CMPCR1,#10H         ;使能比较器下降沿中断
                ANL         CMPCR1,#NOT 08H     ;P3.7 为CMP+输入脚
;               ORL         CMPCR1,#08H         ;ADC 输入脚为CMP+输入脚
;               ANL         CMPCR1,#NOT 04H     ;内部 1.19V 参考信号源为CMP-输入脚
                ORL         CMPCR1,#04H         ;P3.6 为CMP-输入脚
;               ANL         CMPCR1,#NOT 02H     ;禁止比较器输出
                ORL         CMPCR1,#02H         ;使能比较器输出
                ORL         CMPCR1,#80H         ;使能比较器模块

LOOP:
                MOV         A,CMPCR1
                MOV         C,ACC.0
```

```
        MOV     P1.0,C                  ;读取比较器比较结果
        JMP     LOOP

        END
```

13.4.3 比较器的多路复用应用（比较器+ADC 输入通道）

由于比较器的正极可以选择 ADC 的模拟输入通道，因此可以通过多路选择器和分时复用可实现多个比较器的应用。

注意：当比较器正极选择 ADC 输入通道时，请务必要打开 ADC_CONTR 寄存器中的 ADC 电源控制位 ADC_POWER 和 ADC 通道选择位 ADC_CHS

C 语言代码

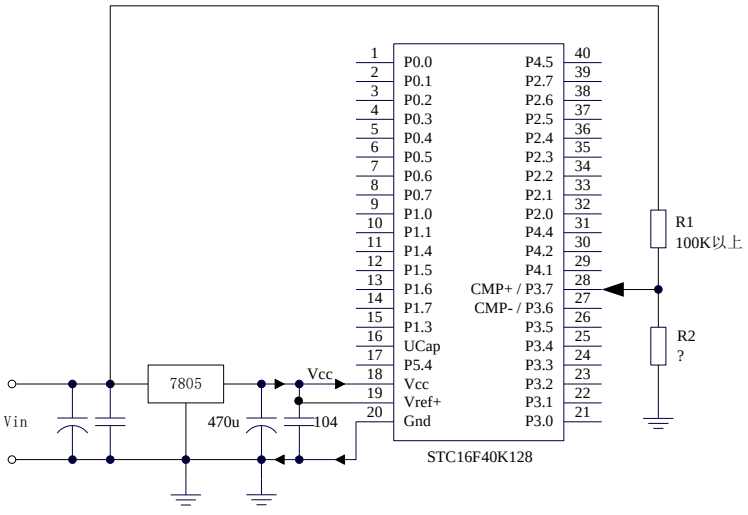
```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P1M0 &= 0xfe;                   //设置 P1.0 为输入口
    P1M1 |= 0x01;
    ADC_CONTR = 0x80;               //使能 ADC 模块并选择 P1.0 为 ADC 输入脚

    CMPCR2 = 0x00;
    CMPCR1 = 0x00;

    CMPCR1 |= 0x08;                 //ADC 输入脚为 CMP+输入脚
    CMPCR1 |= 0x04;                 //P3.6 为 CMP-输入脚
    CMPCR1 |= 0x02;                 //使能比较器输出
    CMPCR1 |= 0x80;                 //使能比较器模块

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
```

```
        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        ANL     P1M0,#0FEH          ;设置 P1.0 为输入口
        ORL     P1M1,#01H
        MOV     ADC_CONTR,#80H      ;使能 ADC 模块并选择 P1.0 为 ADC 输入脚

        MOV     CMPCR2,#00H
        MOV     CMPCR1,#00H

        ORL     CMPCR1,#08H         ;ADC 输入脚为 CMP+输入脚
        ORL     CMPCR1,#04H         ;P3.6 为 CMP-输入脚
        ORL     CMPCR1,#02H         ;使能比较器输出
        ORL     CMPCR1,#80H         ;使能比较器模块

LOOP:
        JMP     LOOP

        END
```

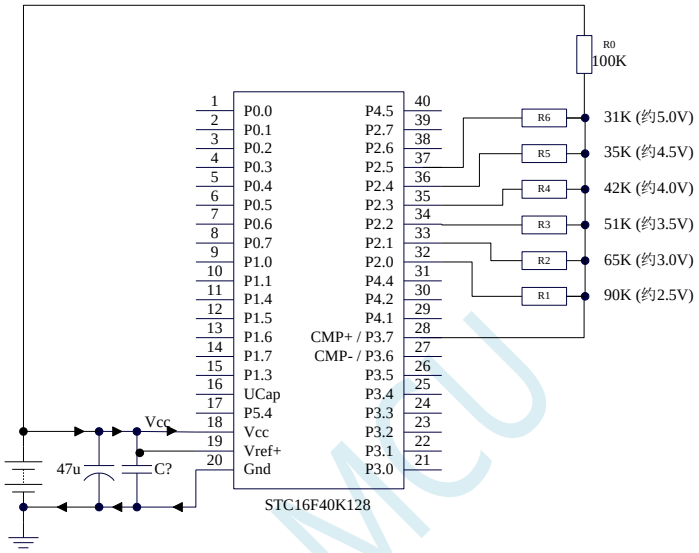
13.4.4 比较器作外部掉电检测（掉电过程中应及时保存用户数据到 EEPROM 中）



上图中电阻 R1 和 R2 对稳压块 7805 的前端电压进行分压，分压后的电压作为比较器 CMP+的外部输入与内部 1.19V 参考信号源进行比较。

一般当交流电在 220V 时，稳压块 7805 前端的直流电压为 11V，但当交流电压降到 160V 时，稳压块 7805 前端的直留电压为 8.5V。当稳压块 7805 前端的直留电压低于或等于 8.5V 时，该前端输入的直留电压被电阻 R1 和 R2 分压到比较器正极输入端 CMP+，CMP+端输入电压低于内部 1.19V 参考信号源，此时可产生比较器中断，这样在掉电检测时就有充足的时间将数据保存到 EEPROM 中。当稳压块 7805 前端的直留电压高高于 8.5V 时，该前端输入的直流电压被电阻 R1 和 R2 分压到比较器正极输入端 CMP+，CMP+端输入电压高于内部 1.19V 参考信号源，此时 CPU 可继续正常工作。

13.4.5 比较器检测工作电压（电池电压）



	系统时钟<=10MHz	系统时钟>10MHz
C?	104(0.1uF)	103(0.01uF)

上图中，利用电阻分压的原理可以近似的测量出 MCU 的工作电压（选通的通道，MCU 的 IO 口输出低电平，端口电压值接近 Gnd，未选通的通道，MCU 的 IO 口输出开漏模式的高，不影响其他通道）。

比较器的负端选择内部 1.19V 参考信号源，正端选择通过电阻分压后输入到 CMP+管脚的电压值。

初始化时 P2.5~P2.0 口均设置为开漏模式，并输出高。首先 P2.0 口输出低电平，此时若 Vcc 电压低于 2.5V 则比较器的比较值为 0，反之若 Vcc 电压高于 2.5V 则比较器的比较值为 1；

若确定 Vcc 高于 2.5V，则将 P2.0 口输出高，P2.1 口输出低电平，此时若 Vcc 电压低于 3.0V 则比较器的比较值为 0，反之若 Vcc 电压高于 3.0V 则比较器的比较值为 1；

若确定 Vcc 高于 3.0V，则将 P2.1 口输出高，P2.2 口输出低电平，此时若 Vcc 电压低于 3.5V 则比较器的比较值为 0，反之若 Vcc 电压高于 3.5V 则比较器的比较值为 1；

若确定 Vcc 高于 3.5V，则将 P2.2 口输出高，P2.3 口输出低电平，此时若 Vcc 电压低于 4.0V 则比较器的比较值为 0，反之若 Vcc 电压高于 4.0V 则比较器的比较值为 1；

若确定 Vcc 高于 4.0V，则将 P2.3 口输出高，P2.4 口输出低电平，此时若 Vcc 电压低于 4.5V 则比较器的比较值为 0，反之若 Vcc 电压高于 4.5V 则比较器的比较值为 1；

若确定 Vcc 高于 4.5V，则将 P2.4 口输出高，P2.5 口输出低电平，此时若 Vcc 电压低于 5.0V 则比较器的比较值为 0，反之若 Vcc 电压高于 5.0V 则比较器的比较值为 1。

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void delay ()
{
    char i;

    for (i=0; i<20; i++);
}

void main()
{
    unsigned char v;

    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P2M0 = 0x3f;                    //P2.5~P2.0 初始化为开漏模式
    P2M1 = 0x3f;
    P2 = 0xff;

    CMPCR2 = 0x10;                  //比较器结果经过16个去抖时钟后输出
    CMPCR1 = 0x00;
    CMPCR1 &= ~0x08;                //P3.7 为CMP+输入脚
    CMPCR1 &= ~0x04;                //内部1.19V 参考信号源为CMP-输入脚
    CMPCR1 &= ~0x02;                //禁止比较器输出
    CMPCR1 |= 0x80;                 //使能比较器模块

    while (1)
    {
        v = 0x00;                   //电压<2.5V
        P2 = 0xfe;                  //P2.0 输出0
        delay();
        if (!(CMPCR1 & 0x01)) goto ShowVol;
        v = 0x01;                   //电压>2.5V
        P2 = 0xfd;                  //P2.1 输出0
        delay();
        if (!(CMPCR1 & 0x01)) goto ShowVol;
        v = 0x03;                   //电压>3.0V
        P2 = 0xfb;                  //P2.2 输出0
        delay();
        if (!(CMPCR1 & 0x01)) goto ShowVol;
        v = 0x07;                   //电压>3.5V
        P2 = 0xf7;                  //P2.3 输出0
        delay();
        if (!(CMPCR1 & 0x01)) goto ShowVol;
```

```
            v = 0x0f;                                   //电压>4.0V
            P2 = 0xef;                                  //P2.4 输出 0
            delay();
            if (!(CMPCR1 & 0x01)) goto ShowVol;
            v = 0x1f;                                   //电压>4.5V
            P2 = 0xdf;                                  //P2.5 输出 0
            delay();
            if (!(CMPCR1 & 0x01)) goto ShowVol;
            v = 0x3f;                                   //电压>5.0V
ShowVol:
            P2 = 0xff;
            P0 = ~v;
        }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            MOV         P2M0,#00111111B         ;P2.5~P2.0 初始化为开漏模式
            MOV         P2M1,#00111111B
            MOV         P2,#0FFH
            MOV         CMPCR2,#10H             ;比较器结果经过 16 个去抖时钟后输出
            MOV         CMPCR1,#00H
            ANL         CMPCR1,#NOT 08H         ;P3.7 为 CMP+输入脚
            ANL         CMPCR1,#NOT 04H         ;内部 1.19V 参考信号源为 CMP-输入脚
            ANL         CMPCR1,#NOT 02H         ;禁止比较器输出
            ORL         CMPCR1,#80H             ;使能比较器模块
LOOP:
            MOV         R0,#00000000B           ;电压<2.5V
            MOV         P2,#11111110B           ;P2.0 输出 0
            CALL        DELAY
            MOV         A,CMPCR1
            JNB         ACC.0,SKIP
            MOV         R0,#00000001B           ;电压>2.5V
            MOV         P2,#11111101B           ;P2.1 输出 0
            CALL        DELAY
            MOV         A,CMPCR1
```

```
        JNB     ACC.0,SKIP
        MOV     R0,#00000011B       ;电压>3.0V
        MOV     P2,#11111011B       ;P2.2 输出 0
        CALL    DELAY
        MOV     A,CMPCR1
        JNB     ACC.0,SKIP
        MOV     R0,#00000111B       ;电压>3.5V
        MOV     P2,#11110111B       ;P2.3 输出 0
        CALL    DELAY
        MOV     A,CMPCR1
        JNB     ACC.0,SKIP
        MOV     R0,#00001111B       ;电压>4.0V
        MOV     P2,#11101111B       ;P2.4 输出 0
        CALL    DELAY
        MOV     A,CMPCR1
        JNB     ACC.0,SKIP
        MOV     R0,#00011111B       ;电压>4.5V
        MOV     P2,#11011111B       ;P2.5 输出 0
        CALL    DELAY
        MOV     A,CMPCR1
        JNB     ACC.0,SKIP
        MOV     R0,#00111111B       ;电压>5.0V
SKIP:
        MOV     P2,#11111111B
        MOV     A,R0
        CPL     A
        MOV     P0,A                ;P0.5~P0.0 口显示电压
        JMP     LOOP

DELAY:
        MOV     R0,#20
        DJNZ    R0,$
        RET

        END
```

~~14 IAP/EEPROM，暂不支持~~

STC16F 系列单片机内部集成了大容量的 EEPROM。利用 ISP/IAP 技术可将内部 Data Flash 当 EEPROM，擦写次数在 10 万次以上。EEPROM 可分为若干个扇区，每个扇区包含 512 字节。

注意：EEPROM 的写操作只能将字节中的 1 写为 0，当需要将字节中的 0 写为 1，则必须执行扇区擦除操作。EEPROM 的读/写操作是以 1 字节为单位进行，而 EEPROM 擦除操作是以 1 扇区（512 字节）为单位进行，在执行擦除操作时，如果目标扇区中有需要保留的数据，则必须预先将这些数据读取到 RAM 中暂存，待擦除完成后再将保存的数据和需要更新的数据一起再写回 EEPROM/DATA-FLASH。

所以在使用 EEPROM 时，建议同一次修改的数据放在同一个扇区，不是同一次修改的数据放在不同的扇区，不一定要用满。数据存储器的擦除操作是按扇区进行的（每扇区 512 字节）。

EEPROM 可用于保存一些需要在应用过程中修改并且掉电不丢失的参数数据。在用户程序中，可以对 EEPROM 进行字节读/字节编程/扇区擦除操作。在工作电压偏低时，建议不要进行 EEPROM 操作，以免发送数据丢失的情况。

14.1 EEPROM 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
IAP_DATA	IAP 数据寄存器	C2H									1111,1111
IAP_ADDRH	IAP 高地址寄存器	C3H									0000,0000
IAP_ADDRL	IAP 低地址寄存器	C4H									0000,0000
IAP_CMD	IAP 命令寄存器	C5H	-	-	-	-	-	-	CMD[1:0]		xxxx,xx00
IAP_TRIG	IAP 触发寄存器	C6H									0000,0000
IAP_CONTR	IAP 控制寄存器	C7H	IAPEN	SWBS	SWRST	CMD_FAIL	-	-	-	-	0000,xxxx
IAP_TPS	IAP 等待时间控制寄存器	F7H	-	-	IAPTPS[5:0]						xx00,0000

14.1.1 EEPROM 数据寄存器（IAP_DATA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IAP_DATA	C2H								

在进行 EEPROM 的读操作时，命令执行完成后读出的 EEPROM 数据保存在 IAP_DATA 寄存器中。在进行 EEPROM 的写操作时，在执行写命令前，必须将待写入的数据存放在 IAP_DATA 寄存器中，再发送写命令。擦除 EEPROM 命令与 IAP_DATA 寄存器无关。

14.1.2 EEPROM 地址寄存器（IAP_ADDR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IAP_ADDRH	C3H								
IAP_ADDRL	C4H								

EEPROM 进行读、写、擦除操作的目标地址寄存器。IAP_ADDRH 保存地址的高字节，IAP_ADDRL 保存地址的低字节

14.1.3 EEPROM 命令寄存器（IAP_CMD）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IAP_CMD	C5H	-	-	-	-	-	-	CMD[1:0]	

CMD[1:0]：发送EEPROM操作命令

00：空操作

01：读 EEPROM 命令。读取目标地址所在的 1 字节。

10：写 EEPROM 命令。写目标地址所在的 1 字节。

11：擦除 EEPROM。擦除目标地址所在的 1 页（1 扇区/512 字节）。

14.1.4 EEPROM 触发寄存器（IAP_TRIG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IAP_TRIG	C6H								

设置完成 EEPROM 读、写、擦除的命令寄存器、地址寄存器、数据寄存器以及控制寄存器后，需要向触发寄存器 IAP_TRIG 依次写入 5AH、A5H（顺序不能交换）两个触发命令来触发相应的读、写、擦除操作。操作完成后，EEPROM 地址寄存器 IAP_ADDRH、IAP_ADDRL 和 EEPROM 命令寄存器 IAP_CMD 的内容不变。如果接下来要对下一个地址的数据进行操作，需手动更新地址寄存器 IAP_ADDRH 和寄存器 IAP_ADDRL 的值。

注意：每次 EEPROM 操作时，都要对 IAP_TRIG 先写入 5AH，再写入 A5H，相应的命令才会生效。写完触发命令后，CPU 会处于 IDLE 等待状态，直到相应的 IAP 操作执行完成后 CPU 才会从 IDLE 状态返回正常状态继续执行 CPU 指令。

14.1.5 EEPROM 控制寄存器（IAP_CONTR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IAP_CONTR	C7H	IAPEN	SWBS	SWRST	CMD_FAIL	-	-	-	-

IAPEN：EEPROM操作使能控制位

0：禁止 EEPROM 操作

1：使能 EEPROM 操作

SWBS：软件复位选择控制位，（需要与SWRST配合使用）

0：软件复位后从用户代码开始执行程序

1：软件复位后从系统 ISP 监控代码区开始执行程序

SWRST：软件复位控制位

0：无动作

1：产生软件复位

CMD_FAIL：EEPROM操作失败状态位，需要软件清零

0：EEPROM 操作正确

1：EEPROM 操作失败

14.1.6 EEPROM 擦除等待时间控制寄存器（IAP_TPS）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IAP_TPS	F7H	-	-	IAPTPS[5:0]					

需要根据工作频率进行设置

若工作频率为12MHz，则需要将IAP_TPS设置为12；若工作频率为24MHz，则需要将IAP_TPS设置为24，其他频率以此类推。

15 ADC 模数转换

STC16F 系列单片机内部集成了一个 12 位高速 A/D 转换器（**注：第 16 通道只能用于检测内部参考电压，参考电压值出厂时校准为 1.19V，由于制造误差，实际电压值可能在 1.178V～1.202V 之间**）。ADC 的时钟频率为系统频率 2 分频再经过用户设置的分频系数进行再次分频（ADC 的时钟频率范围为 SYSclk/2/1～SYSclk/2/16）。

ADC 转换结果的数据格式有两种：左对齐和右对齐。可方便用户程序进行读取和引用。

15.1 ADC 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
ADC_CONTR	ADC 控制寄存器	DCH	ADC_POWER	ADC_START	ADC_FLAG	-	ADC_CHS[3:0]				000x,0000
ADC_RES	ADC 转换结果高位寄存器	DDH									0000,0000
ADC_RESL	ADC 转换结果低位寄存器	DEH									0000,0000
ADCCFG	ADC 配置寄存器	DFH	-	-	RESFMT	-	SPEED[3:0]				xx0x,0000

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
ADCTIM	ADC 时序控制寄存器	7EFEABH	CSSETUP	CSHOLD[1:0]		SMPDUTY[4:0]					0010,1010

15.1.1 ADC 控制寄存器（ADC_CONTR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADC_CONTR	DCH	ADC_POWER	ADC_START	ADC_FLAG	-	ADC_CHS[3:0]			

ADC_POWER：ADC 电源控制位

0：关闭 ADC 电源

1：打开 ADC 电源。

建议进入空闲模式和掉电模式前将 ADC 电源关闭，以降低功耗

ADC_START：ADC 转换启动控制位。写入 1 后开始 ADC 转换，转换完成后硬件自动将此位清零。

0：无影响。即使 ADC 已经开始转换工作，写 0 也不会停止 A/D 转换。

1：开始 ADC 转换，转换完成后硬件自动将此位清零。

ADC_FLAG：ADC 转换结束标志位。当 ADC 完成一次转换后，硬件会自动将此位置 1，并向 CPU 提出中断请求。此标志位必须软件清零。

ADC_CHS[3:0]：ADC 模拟通道选择位

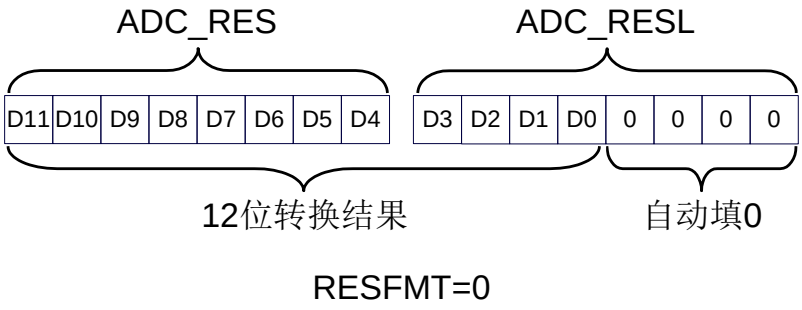
ADC_CHS[3:0]	ADC 通道	ADC_CHS[3:0]	ADC 通道
0000	P1.0	1000	P0.0
0001	P1.1	1001	P0.1
0010	P5.4	1010	P0.2
0011	P1.3	1011	P0.3
0100	P1.4	1100	P0.4
0101	P1.5	1101	P0.5
0110	P1.6	1110	P0.6
0111	P1.7	1111	测试内部 1.19V

15.1.2 ADC 配置寄存器（ADCCFG）

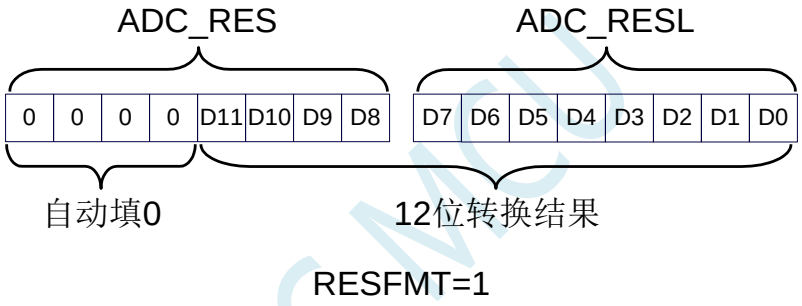
符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADCCFG	DFH	-	-	RESFMT	-	SPEED[3:0]			

RESFMT：ADC 转换结果格式控制位

0：转换结果左对齐。ADC_RES 保存结果的高 8 位，ADC_RESL 保存结果的低 4 位。格式如下：



1：转换结果右对齐。ADC_RES 保存结果的高 4 位，ADC_RESL 保存结果的低 8 位。格式如下：



SPEED[3:0]：设置 ADC 时钟｛FADC＝SYSclk/2/(SPEED+1)｝

SPEED[3:0]	ADC 时钟频率
0000	SYSclk/2/1
0001	SYSclk/2/2
0010	SYSclk/2/3
...	. . .
1101	SYSclk/2/14
1110	SYSclk/2/15
1111	SYSclk/2/16

15.1.3 ADC 转换结果寄存器（ADC_RES，ADC_RESL）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADC_RES	DDH								
ADC_RESL	DEH								

当 A/D 转换完成后，转换结果会自动保存到 ADC_RES 和 ADC_RESL 中。保存结果的数据格式请参考 ADC_CFG 寄存器中的 RESFMT 设置。

15.1.4 ADC 时序控制寄存器（ADCTIM）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADCTIM	7EFEABH	CSSETUP	CSHOLD[1:0]		SMPDUTY[4:0]				

CSSETUP：ADC 通道选择时间控制 Tsetup

CSSETUP	ADC 时钟数
0	**1（默认值）**
1	2

CSHOLD[1:0]：ADC 通道选择保持时间控制 Thold

CSHOLD[1:0]	ADC 时钟数
00	1
01	**2（默认值）**
10	3
11	4

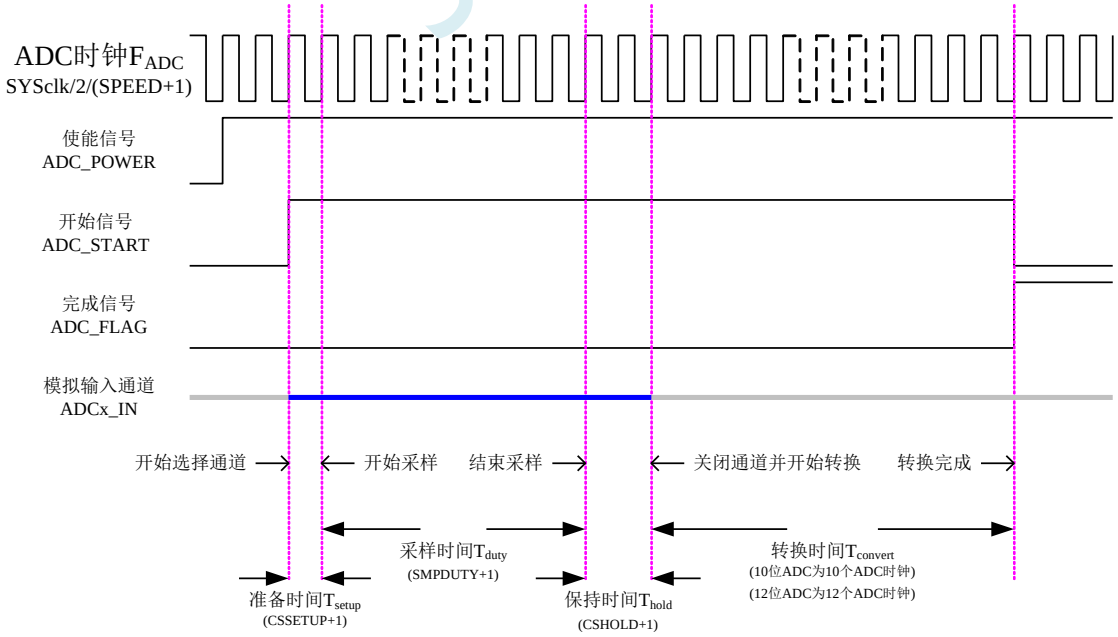
SMPDUTY[4:0]：ADC 模拟信号采样时间控制 Tduty（**注意：SMPDUTY 一定不能设置小于 01010B**）

SMPDUTY[4:0]	ADC 时钟数
00000	1
00001	2
...	...
01010	**11（默认值）**
...	...
11110	31
11111	32

ADC 数模转换时间：$T_{convert}$

12 位 ADC 的转换时间固定为 12 个 ADC 工作时钟

一个完整的 ADC 转换时间为： $T_{setup} + T_{duty} + T_{hold} + T_{convert}$，如下图所示



ADC整体转换时序图

15.2 ADC 静态特性

符号	描述	最小值	典型值	最大值	单位
RES	分辨率	-	12	-	Bits
OFFSET	偏移误差	-	0	-	LSB
GAIN	增益误差	-	0	-	LSB
DNL	微分非线性误差	-0.5	0	0.5	LSB
INL	积分非线性误差	-1.0	0	1.0	LSB

15.3 ADC 相关计算公式

15.3.1 ADC 速度计算公式

ADC 的转换速度由 ADCCFG 寄存器中的 SPEED 和 ADCTIM 寄存器共同控制。转换速度的计算公式如下所示：

$$12\text{位ADC转换速度} = \frac{\text{MCU工作频率SYSclk}}{2\times(\text{SPEED[3:0]} + 1)\times[(\text{CSSETUP} + 1) + (\text{CSHOLD} + 1) + (\text{SMPDUTY} + 1) + 12]}$$

注意：

- 12 位 ADC 的速度不能高于 800KHz
- SMPDUTY 的值不能小于 10，建议设置为 15
- CSSETUP 可使用上电默认值 0
- CHOLD 可使用上电默认值 1（ADCTIM 建议设置为 3FH）

15.3.2 ADC 转换结果计算公式

$$12\text{位ADC转换结果} = 4096 \times \frac{\text{ADC被转换通道的输入电压Vin}}{\text{ADC外部参考源的电压}} \quad \text{（有独立ADC\_Vref+管脚）}$$

15.3.3 反推 ADC 输入电压计算公式

$$\text{ADC被转换通道的输入电压Vin} = \text{ADC外部参考源的电压} \times \frac{12\text{位ADC转换结果}}{4096} \quad \text{（有独立ADC\_Vref+管脚）}$$

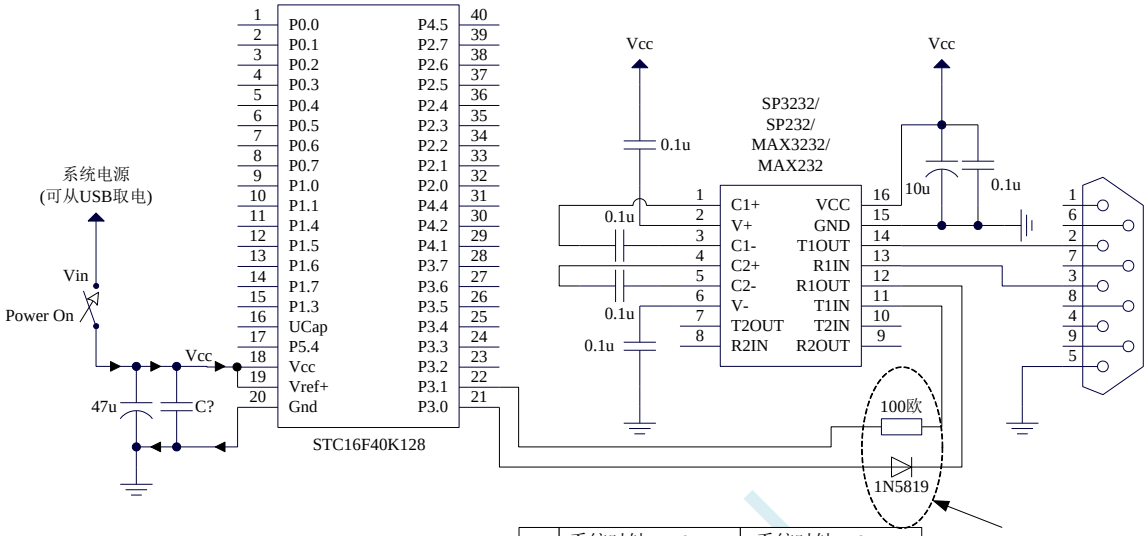
15.3.4 反推工作电压计算公式

当需要使用 ADC 输入电压和 ADC 转换结果反推工作电压时，若目标芯片无独立的 ADC_Vref+管脚，则可直接测量并使用下面公式，若目标芯片有独立 ADC_Vref+管脚时，则必须将 ADC_Vref+管脚连接到 Vcc 管脚。

$$\text{MCU工作电压Vcc} = 4096 \times \frac{\text{ADC被转换通道的输入电压Vin}}{\text{12位ADC转换结果}}$$

15.4 ADC 应用参考线路图

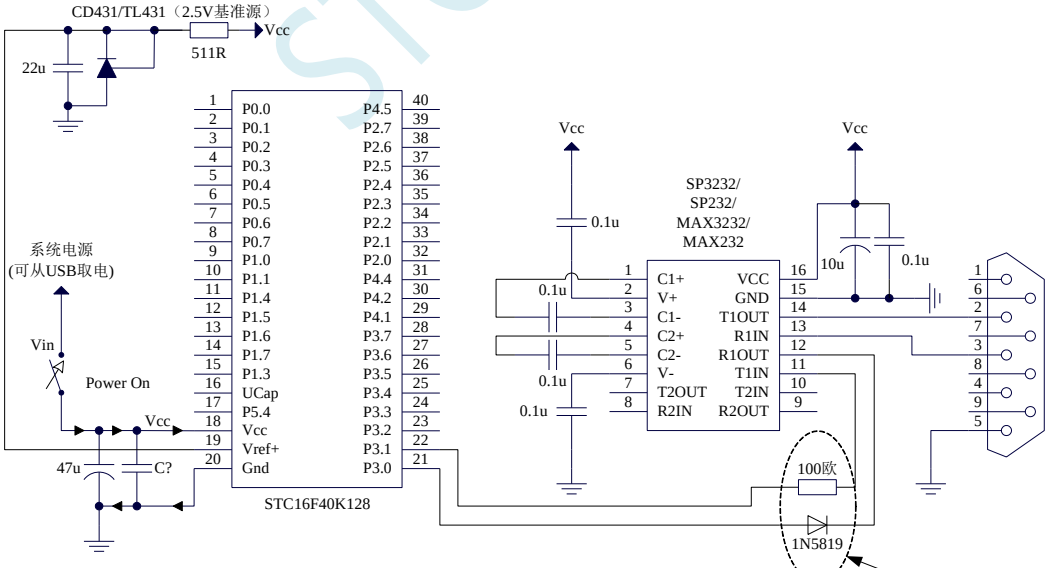
15.4.1 一般精度 ADC 参考线路图



	系统时钟<=10MHz	系统时钟>10MHz
C?	104(0.1uF)	103(0.01uF)

47u钽电容（封装3528）参考价<RMB ￥0.16
22u独石电容（封装0603）参考价<RMB ￥0.038
10u独石电容（封装0603）参考价<RMB ￥0.028
0.1u独石电容（封装0603）参考价<RMB ￥0.005

15.4.2 高精度 ADC 参考线路图



	系统时钟<=10MHz	系统时钟>10MHz
C?	104(0.1uF)	103(0.01uF)

47u钽电容（封装3528）参考价<RMB ￥0.16
22u独石电容（封装0603）参考价<RMB ￥0.038
10u独石电容（封装0603）参考价<RMB ￥0.028
0.1u独石电容（封装0603）参考价<RMB ￥0.005

15.5 范例程序

15.5.1 ADC 基本操作（查询方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P1M0 = 0x00;                                //设置 P1.0 为 ADC 口
    P1M1 = 0x01;
    P_SW2 |= 0x80;
    ADCTIM = 0x3f;                              //设置 ADC 内部时序
    P_SW2 &= 0x7f;
    ADCCFG = 0x0f;                              //设置 ADC 时钟为系统时钟/2/16/16
    ADC_CONTR = 0x80;                           //使能 ADC 模块

    while (1)
    {
        ADC_CONTR |= 0x40;                      //启动 AD 转换
        _nop_();
        _nop_();
        while (!(ADC_CONTR & 0x20));            //查询 ADC 完成标志
        ADC_CONTR &= ~0x20;                     //清完成标志
        P2 = ADC_RES;                           //读取 ADC 结果
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
MAIN:
            MOV         SP, #5FH
```

```
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P1M0,#00H               ;设置 P1.0 为 ADC 口
        MOV     P1M1,#01H
        MOV     P_SW2,#80H
        MOV     A,#3FH
        MOV     WR6,#WORD0 ADCTIM       ;设置 ADC 内部时序
        MOV     WR4,#WORD2 ADCTIM
        MOV     @DR4,R11
        MOV     P_SW2,#00H
        MOV     ADCCFG,#0FH             ;设置 ADC 时钟为系统时钟/2/16/16
        MOV     ADC_CONTR,#80H          ;使能 ADC 模块
LOOP:
        ORL     ADC_CONTR,#40H          ;启动 AD 转换
        NOP
        NOP
        MOV     A,ADC_CONTR             ;查询 ADC 完成标志
        JNB     ACC.5,$-2
        ANL     ADC_CONTR,#NOT 20H      ;清完成标志
        MOV     P2,ADC_RES              ;读取 ADC 结果

        SJMP    LOOP

        END
```

15.5.2 ADC 基本操作（中断方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void ADC_Isr() interrupt 5
{
    ADC_CONTR &= ~0x20;                 //清中断标志
    P2 = ADC_RES;                       //读取 ADC 结果
    ADC_CONTR |= 0x40;                  //继续 AD 转换
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
```

```
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P1M0 = 0x00;                    //设置 P1.0 为 ADC 口
    P1M1 = 0x01;
    P_SW2 |= 0x80;
    ADCTIM = 0x3f;                  //设置 ADC 内部时序
    P_SW2 &= 0x7f;
    ADCCFG = 0x0f;                  //设置 ADC 时钟为系统时钟/2/16/16
    ADC_CONTR = 0x80;               //使能 ADC 模块
    EADC = 1;                       //使能 ADC 中断
    EA = 1;
    ADC_CONTR |= 0x40;              //启动 AD 转换

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     002BH
        LJMP    ADCISR

        ORG     0100H
ADCISR:
        ANL     ADC_CONTR,#NOT 20H      ;清完成标志
        MOV     P2,ADC_RES              ;读取 ADC 结果
        ORL     ADC_CONTR,#40H          ;继续 AD 转换
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P1M0,#00H               ;设置 P1.0 为 ADC 口
        MOV     P1M1,#01H
        MOV     P_SW2,#80H
```

```
        MOV     A,#3FH
        MOV     WR6,#WORD0 ADCTIM       ;设置 ADC 内部时序
        MOV     WR4,#WORD2 ADCTIM
        MOV     @DR4,R11
        MOV     P_SW2,#00H
        MOV     ADCCFG,#0FH             ;设置 ADC 时钟为系统时钟/2/16/16
        MOV     ADC_CONTR,#80H          ;使能 ADC 模块
        SETB    EADC                    ;使能 ADC 中断
        SETB    EA
        ORL     ADC_CONTR,#40H          ;启动 AD 转换

        SJMP    $

        END
```

15.5.3 格式化 ADC 转换结果

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P1M0 = 0x00;                        //设置 P1.0 为 ADC 口
    P1M1 = 0x01;
    P_SW2 |= 0x80;
    ADCTIM = 0x3f;                      //设置 ADC 内部时序
    P_SW2 &= 0x7f;
    ADCCFG = 0x0f;                      //设置 ADC 时钟为系统时钟/2/16/16
    ADC_CONTR = 0x80;                   //使能 ADC 模块
    ADC_CONTR |= 0x40;                  //启动 AD 转换
    _nop_();
    _nop_();
    while (!(ADC_CONTR & 0x20));        //查询 ADC 完成标志
    ADC_CONTR &= ~0x20;                 //清完成标志

    ADCCFG = 0x00;                      //设置结果左对齐
    ACC = ADC_RES;                      // A 存储 ADC 的 12 位结果的高 8 位
    B = ADC_RESL;                       // B[7:4]存储 ADC 的 12 位结果的低 4 位,B[3:0]为 0

//  ADCCFG = 0x20;                      //设置结果右对齐
//  ACC = ADC_RES;                      // A[3:0]存储 ADC 的 12 位结果的高 4 位,A[7:4]为 0
```

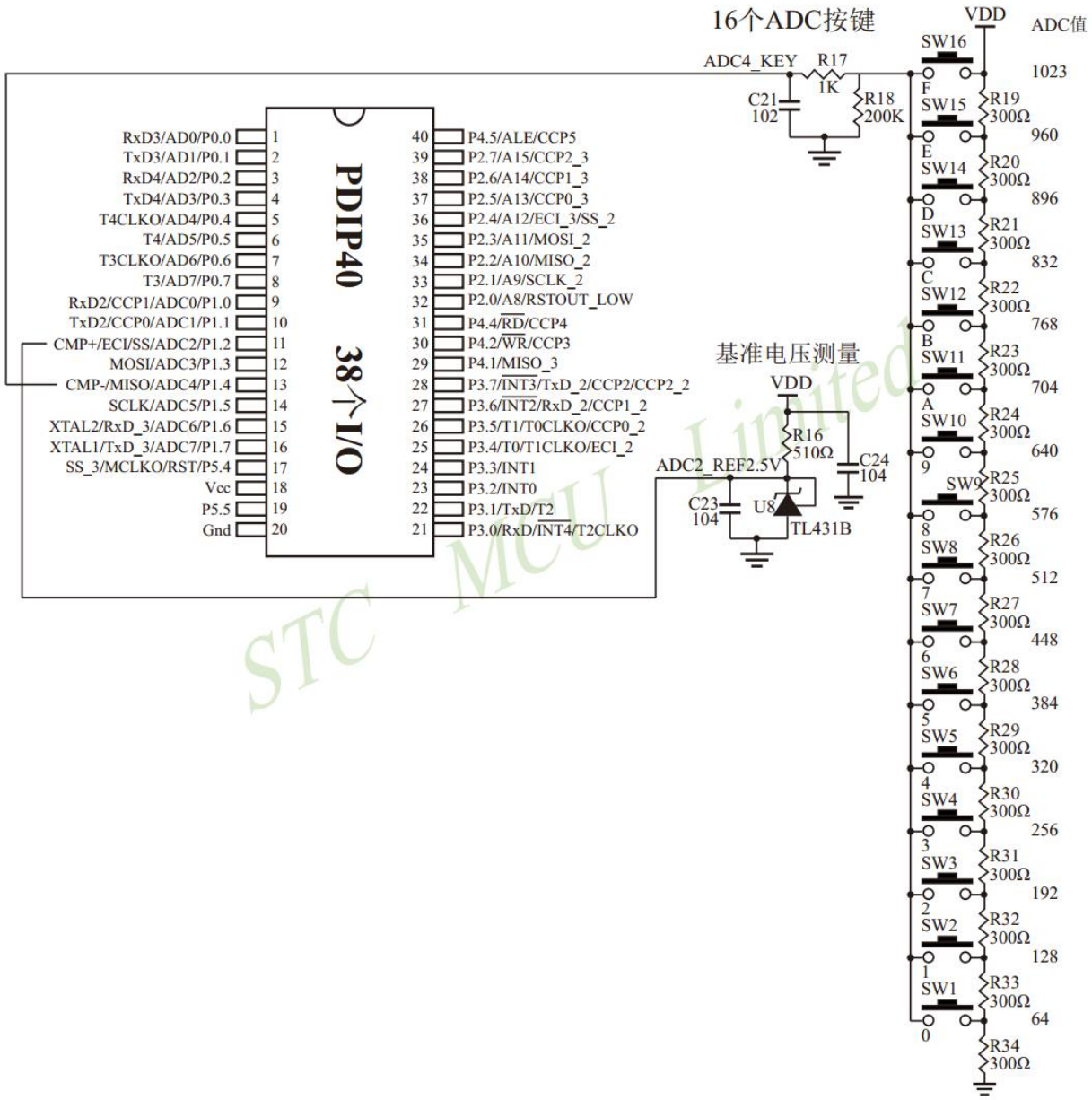
```
//      B = ADC_RESL;                                   // B 存储 ADC 的 12 位结果的低 8 位

        while (1);
}
```

汇编代码

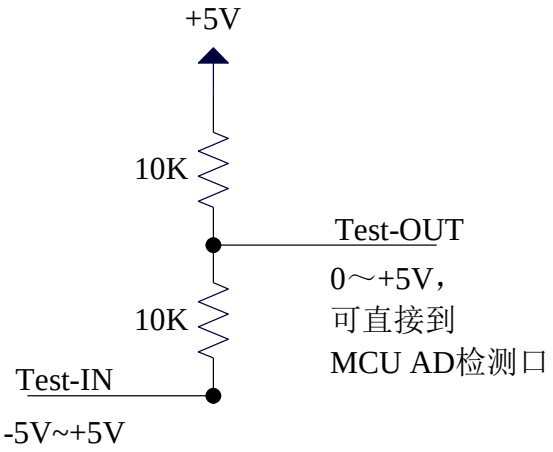
```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

                ORG         0000H
                LJMP        MAIN

                ORG         0100H
MAIN:
                MOV         SP, #5FH
                MOV         P0M0, #00H
                MOV         P0M1, #00H
                MOV         P1M0, #00H
                MOV         P1M1, #00H
                MOV         P2M0, #00H
                MOV         P2M1, #00H
                MOV         P3M0, #00H
                MOV         P3M1, #00H
                MOV         P4M0, #00H
                MOV         P4M1, #00H
                MOV         P5M0, #00H
                MOV         P5M1, #00H

                MOV         P1M0,#00H           ;设置 P1.0 为 ADC 口
                MOV         P1M1,#01H
                MOV         P_SW2,#80H
                MOV         A,#3FH
                MOV         WR6,#WORD0 ADCTIM   ;设置 ADC 内部时序
                MOV         WR4,#WORD2 ADCTIM
                MOV         @DR4,R11
                MOV         P_SW2,#00H
                MOV         ADCCFG,#0FH         ;设置 ADC 时钟为系统时钟/2/16/16
                MOV         ADC_CONTR,#80H      ;使能 ADC 模块

                ORL         ADC_CONTR,#40H      ;启动 AD 转换
                NOP
                NOP
                MOV         A,ADC_CONTR         ;查询 ADC 完成标志
                JNB         ACC.5,$-2
                ANL         ADC_CONTR,#NOT 20H  ;清完成标志

                MOV         ADCCFG,#00H         ;设置结果左对齐
                MOV         A,ADC_RES           ; A 存储 ADC 的 12 位结果的高 8 位
                MOV         B,ADC_RESL          ; B[7:4]存储 ADC 的 12 位结果的低 4 位,B[3:0]为 0

;               MOV         ADCCFG,#20H         ;设置结果右对齐
;               MOV         A,ADC_RES           ; A[3:0]存储 ADC 的 12 位结果的高 4 位,A[7:4]为 0
;               MOV         B,ADC_RESL          ; B 存储 ADC 的 12 位结果的低 8 位

                SJMP        $

                END
```

15.5.4 ADC 作按键扫描应用线路图

读 ADC 键的方法：每隔 10ms 左右读一次 ADC 值，并且保存最后 3 次的读数，其变化比较小时再判断键。判断键有效时，允许一定的偏差，比如±16 个字的偏差。

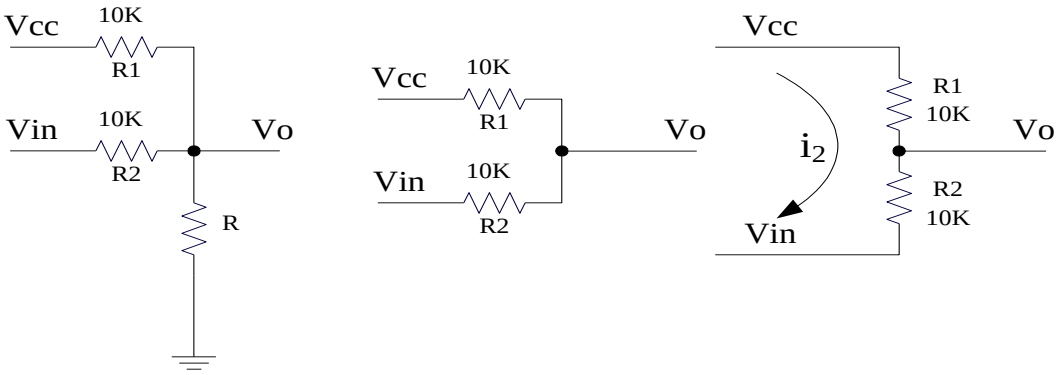


15.5.5 检测负电压参考线路图



负压转换电路

15.5.6 常用加法电路在 ADC 中的应用



常用加法电路　　简化加法电路　　变形成为分压电路形式

参照分压电路得到公式 1

公式 1：Vo = Vin + i_2 * R2

公式 2：i_2 = (Vcc - Vin) / (R1 + R2)｛条件：流向 Vo 的电流 ≈0｝

将 R1=R2 代入公式 2 得公式 3

公式 3：i_2 = (Vcc - Vin) / 2R2

将公式 3 代入公式 1 得公式 4

公式 4：Vo = (Vcc + Vin) / 2

根据公式 4，可以将以上电路看成加法电路。

在单片机的模数转换测量中，要求被测电压大于 0 并且小于 VCC。如果被测电压小于 0V，可以利用加法电路将被测电压提升到 0V 以上。此时对被测电压的变化范围有一定的要求：

把上述条件代入公式 4 可得到下面 2 式

(Vcc + Vin) / 2 > 0　　即 Vin > -Vcc

(Vcc + Vin) / 2 < Vcc　　即 Vin < Vcc

上面 2 式可以合起来：　　**-Vcc < Vin < Vcc**

16 同步串行外设接口 SPI

STC16F 系列单片机内部集成了一种高速串行通信接口——SPI 接口。SPI 是一种全双工的高速同步通信总线。STC16F 系列集成的 SPI 接口提供了两种操作模式：主模式和从模式。

16.1 SPI 功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW1	A2H	S1_S[1:0]		CAN_S[1:0]		**SPI_S[1:0]**		LIN_S[1:0]	

SPI_S[1:0]：SPI 功能脚选择位

SPI_S[1:0]	SS	MOSI	MISO	SCLK
00	P5.4	P1.3	P1.4	P1.5
01	P2.2	P2.3	P2.4	P2.5
10	P5.4	P4.0	P4.1	P4.3
11	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2

16.2 SPI 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
SPSTAT	SPI 状态寄存器	B9H	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
SPCTL	SPI 控制寄存器	BAH	SSIG	SPEN	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR[1:0]		0000,0100
SPDAT	SPI 数据寄存器	BBH									0000,0000

16.2.1 SPI 状态寄存器（SPSTAT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SPSTAT	B9H	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	-

SPIF：SPI 中断标志位。

当发送/接收完成 1 字节的数据后，硬件自动将此位置 1，并向 CPU 提出中断请求。当 SSIG 位被设置为 0 时，由于 SS 管脚电平的变化而使得设备的主/从模式发生改变时，此标志位也会被硬件自动置 1，以标志设备模式发生变化。

注意：此标志位必须用户通过软件方式向此位写 1 进行清零。

WCOL：SPI 写冲突标志位。

当 SPI 在进行数据传输的过程中写 SPDAT 寄存器时，硬件将此位置 1。

注意：此标志位必须用户通过软件方式向此位写 1 进行清零。

16.2.2 SPI 控制寄存器（SPCTL），SPI 速度控制

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SPCTL	BAH	SSIG	SPEN	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR[1:0]	

SSIG：SS 引脚功能控制位

0：SS 引脚确定器件是主机还是从机

1：忽略 SS 引脚功能，使用 MSTR 确定器件是主机还是从机

SPEN：SPI 使能控制位

0：关闭 SPI 功能

1：使能 SPI 功能

DORD：SPI 数据位发送/接收的顺序

0：先发送/接收数据的高位（MSB）

1：先发送/接收数据的低位（LSB）

MSTR：器件主/从模式选择位

设置主机模式：

若 SSIG＝0，则 SS 管脚必须为高电平且设置 MSTR 为 1

若 SSIG＝1，则只需要设置 MSTR 为 1（忽略 SS 管脚的电平）

设置从机模式：

若 SSIG＝0，则 SS 管脚必须为低电平（与 MSTR 位无关）

若 SSIG＝1，则只需要设置 MSTR 为 0（忽略 SS 管脚的电平）

CPOL：SPI 时钟极性控制

0：SCLK 空闲时为低电平，SCLK 的前时钟沿为上升沿，后时钟沿为下降沿

1：SCLK 空闲时为高电平，SCLK 的前时钟沿为下降沿，后时钟沿为上升沿

CPHA：SPI 时钟相位控制

0：数据 SS 管脚为低电平驱动第一位数据并在 SCLK 的后时钟沿改变数据，前时钟沿采样数据（必须 SSIG＝0）

1：数据在 SCLK 的前时钟沿驱动，后时钟沿采样

SPR[1:0]：SPI 时钟频率选择

SPR[1:0]	SCLK 频率
00	SYSclk/4
01	SYSclk/8
10	SYSclk/16
11	SYSclk/32

16.2.3 SPI 数据寄存器（SPDAT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SPDAT	BBH								

SPI 发送/接收数据缓冲器。

16.3 SPI 通信方式

SPI 的通信方式通常有 3 种：单主单从（一个主机设备连接一个从机设备）、互为主从（两个设备连接，设备和互为主机和从机）、单主多从（一个主机设备连接多个从机设备）

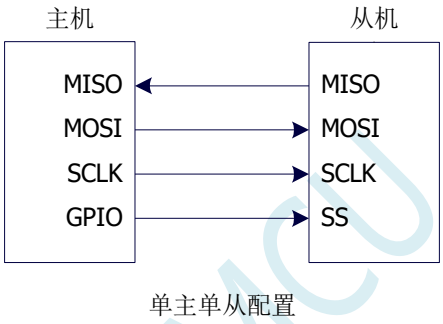
16.3.1 单主单从

两个设备相连，其中一个设备固定作为主机，另外一个固定作为从机。

主机设置：SSIG 设置为 1，MSTR 设置为 1，固定为主机模式。主机可以使用任意端口连接从机的 SS 管脚，拉低从机的 SS 脚即可使能从机

从机设置：SSIG 设置为 0，SS 管脚作为从机的片选信号。

单主单从连接配置图如下所示：



单主单从配置

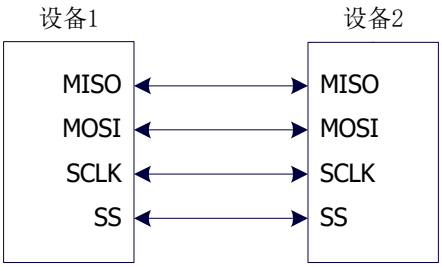
16.3.2 互为主从

两个设备相连，主机和从机不固定。

设置方法 1：两个设备初始化时都设置为 SSIG 设置为 0，MSTR 设置为 1，且将 SS 脚设置为双向口模式输出高电平。此时两个设备都是不忽略 SS 的主机模式。当其中一个设备需要启动传输时，可将自己的 SS 脚设置为输出模式并输出低电平，拉低对方的 SS 脚，这样另一个设备就被强行设置为从机模式了。

设置方法 2：两个设备初始化时都将自己设置成忽略 SS 的从机模式，即将 SSIG 设置为 1，MSTR 设置为 0。当其中一个设备需要启动传输时，先检测 SS 管脚的电平，如果时候高电平，就将自己设置成忽略 SS 的主模式，即可进行数据传输了。

互为主从连接配置图如下所示：



互为主从配置

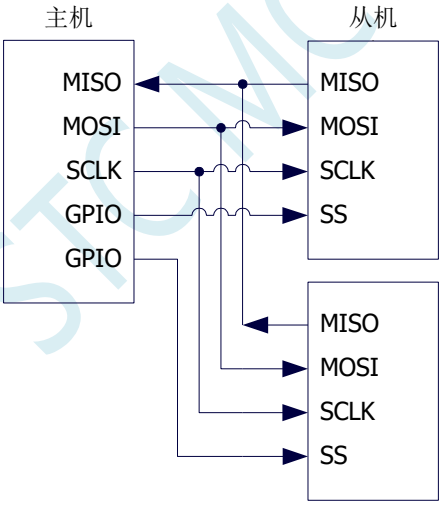
16.3.3 单主多从

多个设备相连，其中一个设备固定作为主机，其他设备固定作为从机。

主机设置：SSIG 设置为 1，MSTR 设置为 1，固定为主机模式。主机可以使用任意端口分别连接各个从机的 SS 管脚，拉低其中一个从机的 SS 脚即可使能相应的从机设备

从机设置：SSIG 设置为 0，SS 管脚作为从机的片选信号。

单主多从连接配置图如下所示：



单主多从配置

16.4 配置 SPI

控制位			通信端口				说明
SPEN	SSIG	MSTR	SS	MISO	MOSI	SCLK	
0	x	x	x	输入	输入	输入	关闭 SPI 功能，SS/MOSI/MISO/SCLK 均为普通 IO
1	0	0	0	输出	输入	输入	**从机模式**，且被选中
1	0	0	1	高阻	输入	输入	**从机模式**，但未被选中
1	0	1→0	0	输出	输入	输入	**从机模式**，不忽略 SS 且 MSTR 为 1 的主机模式，当 SS 管脚被拉低时，MSTR 将被硬件自动清零，工作模式将被被动设置为从机模式
1	0	1	1	输入	高阻	高阻	**主机模式**，空闲状态
					输出	输出	**主机模式**，激活状态
1	1	0	x	输出	输入	输入	**从机模式**
1	1	1	x	输入	输出	输出	**主机模式**

从机模式的注意事项：

当 CPHA＝0 时，SSIG 必须为 0（即不能忽略 SS 脚）。在每次串行字节开始还发送前 SS 脚必须拉低，并且在串行字节发送完后须重新设置为高电平。SS 管脚为低电平时不能对 SPDAT 寄存器执行写操作，否则将导致一个写冲突错误。CPHA=0 且 SSIG=1 时的操作未定义。

当 CPHA＝1 时，SSIG 可以置 1（即可以忽略脚）。如果 SSIG＝0，SS 脚可在连续传输之间保持低有效（即一直固定为低电平）。这种方式适用于固定单主单从的系统。

主机模式的注意事项：

在 SPI 中，传输总是由主机启动的。如果 SPI 使能（SPEN=1）并选择作为主机时，主机对 SPI 数据寄存器 SPDAT 的写操作将启动 SPI 时钟发生器和数据的传输。在数据写入 SPDAT 之后的半个到一个 SPI 位时间后，数据将出现在 MOSI 脚。写入主机 SPDAT 寄存器的数据从 MOSI 脚移出发送到从机的 MOSI 脚。同时从机 SPDAT 寄存器的数据从 MISO 脚移出发送到主机的 MISO 脚。

传输完一个字节后，SPI 时钟发生器停止，传输完成标志（SPIF）置位，如果 SPI 中断使能则会产生一个 SPI 中断。主机和从机 CPU 的两个移位寄存器可以看作是一个 16 位循环移位寄存器。当数据从主机移位传送到从机的同时，数据也以相反的方向移入。这意味着在一个移位周期中，主机和从机的数据相互交换。

通过 SS 改变模式

如果 SPEN=1，SSIG=0 且 MSTR=1，SPI 使能为主机模式，并将 SS 脚可配置为输入模式化或准双向口模式。这种情况下，另外一个主机可将该脚驱动为低电平，从而将该器件选择为 SPI 从机并向其发送数据。为了避免争夺总线，SPI 系统将该从机的 MSTR 清零，MOSI 和 SCLK 强制变为输入模式，而 MISO 则变为输出模式，同时 SPSTAT 的 SPIF 标志位置 1。

用户软件必须一直对 MSTR 位进行检测，如果该位被一个从机选择动作而被动清零，而用户想继续将 SPI 作为主机，则必须重新设置 MSTR 位，否则将一直处于从机模式。

写冲突

SPI 在发送时为单缓冲，在接收时为双缓冲。这样在前一次发送尚未完成之前，不能将新的数据写

入移位寄存器。当发送过程中对数据寄存器 SPDAT 进行写操作时，WCOL 位将被置 1 以指示发生数据写冲突错误。在这种情况下，当前发送的数据继续发送，而新写入的数据将丢失。

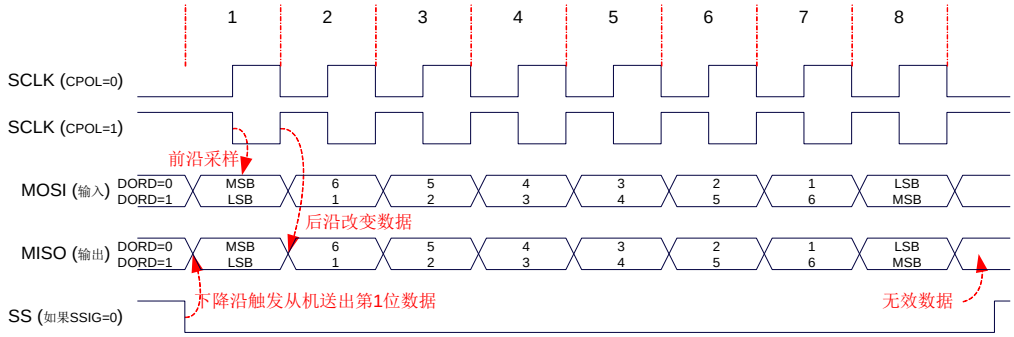
当对主机或从机进行写冲突检测时，主机发生写冲突的情况是很罕见的，因为主机拥有数据传输的完全控制权。但从机有可能发生写冲突，因为当主机启动传输时，从机无法进行控制。

接收数据时，接收到的数据传送到一个并行读数据缓冲区，这样将释放移位寄存器以进行下一个数据的接收。但必须在下个字符完全移入之前从数据寄存器中读出接收到的数据，否则，前一个接收数据将丢失。

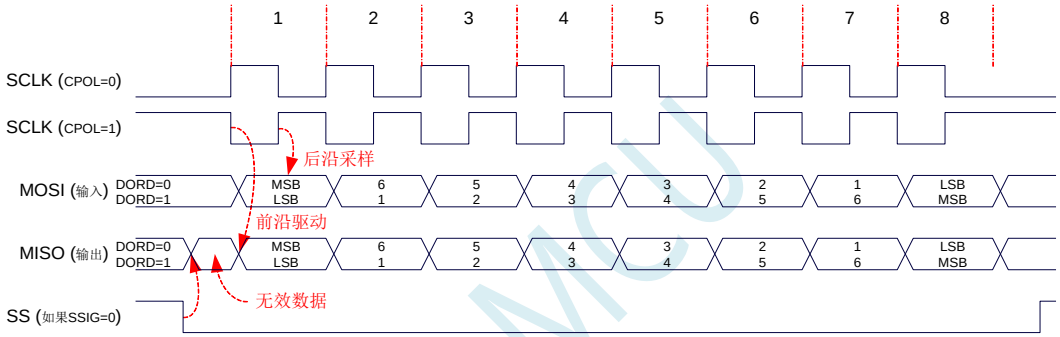
WCOL 可通过软件向其写入“1”清零。

16.5 数据模式

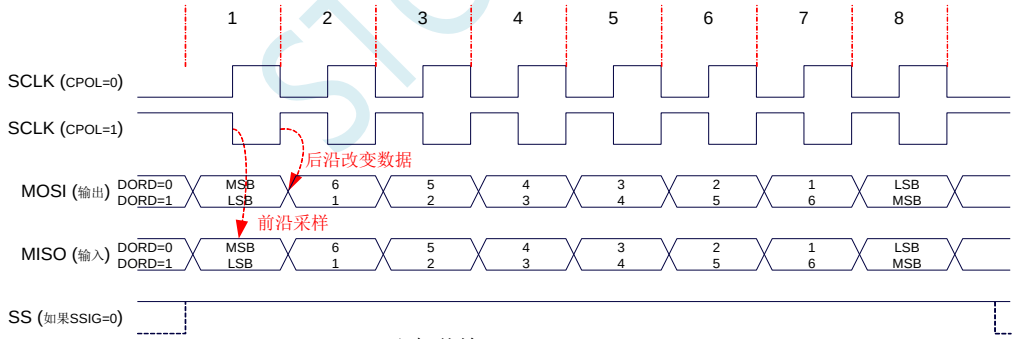
SPI 的时钟相位控制位 CPHA 可以让用户设定数据采样和改变时的时钟沿。时钟极性位 CPOL 可以让用户设定时钟极性。下面图例显示了不同时钟相位、极性设置下 SPI 通讯时序。



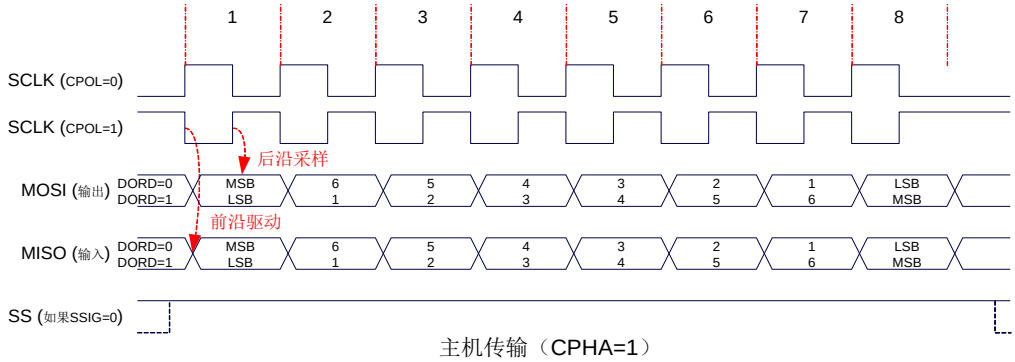
从机传输（CPHA=0）



从机传输（CPHA=1）



主机传输（CPHA=0）



主机传输（CPHA=1）

16.6 范例程序

16.6.1 SPI 单主单从系统主机程序（中断方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ESPI                0x02

sbit        SS          =       P1^0;
sbit        LED         =       P1^1;

bit         busy;

void SPI_Isr() interrupt 9
{
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志
    SS = 1;                                         //拉高从机的SS 管脚
    busy = 0;
    LED = !LED;                                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    LED = 1;
    SS = 1;
    busy = 0;

    SPCTL = 0x50;                                   //使能SPI 主机模式
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志
    IE2 = ESPI;                                     //使能SPI 中断
    EA = 1;

    while (1)
    {
        while (busy);
        busy = 1;
        SS = 0;                                     //拉低从机SS 管脚
        SPDAT = 0x5a;                               //发送测试数据
    }
```

```
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ESPI        EQU         02H

BUSY        BIT         20H.0
SS          BIT         P1.0
LED         BIT         P1.1

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         004BH
            LJMP        SPIISR

            ORG         0100H
SPIISR:
            MOV         SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
            SETB        SS                  ;拉高从机的 SS 管脚
            CLR         BUSY
            CPL         LED
            RETI

MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            SETB        LED
            SETB        SS
            CLR         BUSY

            MOV         SPCTL,#50H          ;使能 SPI 主机模式
            MOV         SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
            MOV         IE2,#ESPI           ;使能 SPI 中断
            SETB        EA

LOOP:
            JB          BUSY,$
            SETB        BUSY
            CLR         SS                  ;拉低从机 SS 管脚
            MOV         SPDAT,#5AH          ;发送测试数据
            JMP         LOOP

            END
```

16.6.2 SPI 单主单从系统从机程序（中断方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ESPI                0x02
sbit        LED             =   P1^1;

void SPI_Isr() interrupt 9
{
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志
    SPDAT = SPDAT;                                  //将接收到的数据回传给主机
    LED = !LED;                                     //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    SPCTL = 0x40;                                   //使能 SPI 从机模式
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志
    IE2 = ESPI;                                     //使能 SPI 中断
    EA = 1;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ESPI        EQU     02H
LED         BIT     P1.1

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN
            ORG     004BH
            LJMP    SPIISR
```

```
            ORG         0100H
SPIISR:
            MOV         SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
            MOV         SPDAT,SPDAT         ;将接收到的数据回传给主机
            CPL         LED
            RETI

MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            MOV         SPCTL,#40H          ;使能 SPI 从机模式
            MOV         SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
            MOV         IE2,#ESPI           ;使能 SPI 中断
            SETB        EA

            JMP         $

            END
```

16.6.3 SPI 单主单从系统主机程序（查询方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ESPI            0x02

sbit        SS          =   P1^0;
sbit        LED         =   P1^1;

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
```

```
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    LED = 1;
    SS = 1;

    SPCTL = 0x50;                          //使能 SPI 主机模式
    SPSTAT = 0xc0;                         //清中断标志

    while (1)
    {
        SS = 0;                            //拉低从机 SS 管脚
        SPDAT = 0x5a;                      //发送测试数据
        while (!(SPSTAT & 0x80));          //查询完成标志
        SPSTAT = 0xc0;                     //清中断标志
        SS = 1;                            //拉高从机的 SS 管脚
        LED = !LED;                        //测试端口
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ESPI        EQU     02H

SS          BIT     P1.0
LED         BIT     P1.1

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            SETB    LED
            SETB    SS

            MOV     SPCTL,#50H          ;使能 SPI 主机模式
            MOV     SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志

LOOP:
            CLR     SS                  ;拉低从机 SS 管脚
            MOV     SPDAT,#5AH          ;发送测试数据
```

```
        MOV     A,SPSTAT            ;查询完成标志
        JNB     ACC.7,$-2
        MOV     SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
        SETB    SS
        CPL     LED
        JMP     LOOP

        END
```

16.6.4 SPI 单主单从系统从机程序（查询方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ESPI            0x02
sbit        LED         =   P1^1;

void SPI_Isr() interrupt 9
{
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    SPCTL = 0x40;                                   //使能 SPI 从机模式
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志

    while (1)
    {
        while (!(SPSTAT & 0x80));                   //查询完成标志
        SPSTAT = 0xc0;                              //清中断标志
        SPDAT = SPDAT;                              //将接收到的数据回传给主机
        LED = !LED;                                 //测试端口
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz
```

```
$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ESPI        EQU         02H
LED         BIT         P1.1

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
            MOV         P0M1, #00H
            MOV         P1M0, #00H
            MOV         P1M1, #00H
            MOV         P2M0, #00H
            MOV         P2M1, #00H
            MOV         P3M0, #00H
            MOV         P3M1, #00H
            MOV         P4M0, #00H
            MOV         P4M1, #00H
            MOV         P5M0, #00H
            MOV         P5M1, #00H

            MOV         SPCTL,#40H          ;使能 SPI 从机模式
            MOV         SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志

LOOP:
            MOV         A,SPSTAT            ;查询完成标志
            JNB         ACC.7,$-2
            MOV         SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
            MOV         SPDAT,SPDAT         ;将接收到的数据回传给主机
            CPL         LED
            JMP         LOOP

            END
```

16.6.5 SPI 互为主从系统程序（中断方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ESPI                0x02

sbit        SS          =       P1^0;
sbit        LED         =       P1^1;
sbit        KEY         =       P0^0;

void SPI_Isr() interrupt 9
{
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志
    if (SPCTL & 0x10)
```

```
    {                                       //主机模式
        SS = 1;                             //拉高从机的 SS 管脚
        SPCTL = 0x40;                       //重新设置为从机待机
    }
    else
    {                                       //从机模式
        SPDAT = SPDAT;                      //将接收到的数据回传给主机
    }
    LED = !LED;                             //测试端口
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    LED = 1;
    KEY = 1;
    SS = 1;

    SPCTL = 0x40;                           //使能 SPI 从机模式进行待机
    SPSTAT = 0xc0;                          //清中断标志
    IE2 = ESPI;                             //使能 SPI 中断
    EA = 1;

    while (1)
    {
        if (!KEY)                           //等待按键触发
        {
            SPCTL = 0x50;                   //使能 SPI 主机模式
            SS = 0;                         //拉低从机 SS 管脚
            SPDAT = 0x5a;                   //发送测试数据
            while (!KEY);                   //等待按键释放
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

ESPI        EQU     02H

SS          BIT     P1.0
LED         BIT     P1.1
KEY         BIT     P0.0
```

```
        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     004BH
        LJMP    SPIISR

        ORG     0100H
SPIISR:
        PUSH    ACC
        MOV     SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
        MOV     A,SPCTL
        JB      ACC.4,MASTER
SLAVE:
        MOV     SPDAT,SPDAT         ;将接收到的数据回传给主机
        JMP     ISREXIT
MASTER:
        SETB    SS                  ;拉高从机的 SS 管脚
        MOV     SPCTL,#40H          ;重新设置为从机待机
ISREXIT:
        CPL     LED
        POP     ACC
        RETI

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        SETB    SS
        SETB    LED
        SETB    KEY

        MOV     SPCTL,#40H          ;使能 SPI 从机模式进行待机
        MOV     SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
        MOV     IE2,#ESPI           ;使能 SPI 中断
        SETB    EA

LOOP:
        JB      KEY,LOOP            ;等待按键触发
        MOV     SPCTL,#50H          ;使能 SPI 主机模式
        CLR     SS                  ;拉低从机 SS 管脚
        MOV     SPDAT,#5AH          ;发送测试数据
        JNB     KEY,$               ;等待按键释放
        JMP     LOOP

        END
```

16.6.6 SPI 互为主从系统程序（查询方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define     ESPI                0x02

sbit        SS          =       P1^0;
sbit        LED         =       P1^1;
sbit        KEY         =       P0^0;

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    LED = 1;
    KEY = 1;
    SS = 1;

    SPCTL = 0x40;                                   //使能 SPI 从机模式进行待机
    SPSTAT = 0xc0;                                  //清中断标志

    while (1)
    {
        if (!KEY)                                   //等待按键触发
        {
            SPCTL = 0x50;                           //使能 SPI 主机模式
            SS = 0;                                 //拉低从机 SS 管脚
            SPDAT = 0x5a;                           //发送测试数据
            while (!KEY);                           //等待按键释放
        }
        if (SPSTAT & 0x80)
        {
            SPSTAT = 0xc0;                          //清中断标志
            if (SPCTL & 0x10)
            {                                       //主机模式
                SS = 1;                             //拉高从机的 SS 管脚
                SPCTL = 0x40;                       //重新设置为从机待机
            }
            else
            {                                       //从机模式
                SPDAT = SPDAT;                      //将接收到的数据回传给主机
```

```
            }
            LED = !LED;                         //测试端口
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

ESPI        EQU     02H

SS          BIT     P1.0
LED         BIT     P1.1
KEY         BIT     P0.0

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            SETB    SS
            SETB    LED
            SETB    KEY

            MOV     SPCTL,#40H          ;使能 SPI 从机模式进行待机
            MOV     SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志

LOOP:
            JB      KEY,SKIP            ;等待按键触发
            MOV     SPCTL,#50H          ;使能 SPI 主机模式
            CLR     SS                  ;拉低从机 SS 管脚
            MOV     SPDAT,#5AH          ;发送测试数据
            JNB     KEY,$               ;等待按键释放
SKIP:
            MOV     A,SPSTAT
            JNB     ACC.7,LOOP
            MOV     SPSTAT,#0C0H        ;清中断标志
            MOV     A,SPCTL
            JB      ACC.4,MASTER
SLAVE:
            MOV     SPDAT,SPDAT         ;将接收到的数据回传给主机
            CPL     LED
```

```
        JMP     LOOP
MASTER:
        SETB    SS              ;拉高从机的 SS 管脚
        MOV     SPCTL,#40H      ;重新设置为从机待机
        CPL     LED
        JMP     LOOP

        END
```

17 I²C 总线

STC16F 系列的单片机内部集成了一个 I²C 串行总线控制器。I²C 是一种高速同步通讯总线，通讯使用 SCL（时钟线）和 SDA（数据线）两线进行同步通讯。对于 SCL 和 SDA 的端口分配，STC16F 系列的单片机提供了切换模式，可将 SCL 和 SDA 切换到不同的 I/O 口上，以方便用户将一组 I²C 总线当作多组进行分时复用。

与标准 I²C 协议相比较，忽略了如下两种机制：

- 发送起始信号（START）后不进行仲裁
- 时钟信号（SCL）停留在低电平时不进行超时检测

STC16F 系列的 I²C 总线提供了两种操作模式：主机模式（SCL 为输出口，发送同步时钟信号）和从机模式（SCL 为输入口，接收同步时钟信号）

17.1 I²C 功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW2	BAH	EAXFR	-	**I2C_S[1:0]**		CMPO_S	S4_S	S3_S	S2_S

I2C_S[1:0]：I²C 功能脚选择位

I2C_S[1:0]	SCL	SDA
00	P1.5	P1.4
01	P2.5	P2.4
10	-	-
11	P3.2	P3.3

17.2 I²C 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
I2CCFG	I²C 配置寄存器	7EFE80H	ENI2C	MSSL	MSSPEED[5:0]						0000,0000
I2CMSCR	I²C 主机控制寄存器	7EFE81H	EMSI	-	-	-	MSCMD[3:0]				0xxx,0000
I2CMSST	I²C 主机状态寄存器	7EFE82H	MSBUSY	MSIF	-	-	-	-	MSACKI	MSACKO	00xx,xx00
I2CSLCR	I²C 从机控制寄存器	7EFE83H	-	ESTAI	ERXI	ETXI	ESTOI	-	-	SLRST	x000,0xx0
I2CSLST	I²C 从机状态寄存器	7EFE84H	SLBUSY	STAIF	RXIF	TXIF	STOIF	TXING	SLACKI	SLACKO	0000,0000
I2CSLADR	I²C 从机地址寄存器	7EFE85H	SLADR[6:0]							MA	0000,0000
I2CTXD	I²C 数据发送寄存器	7EFE86H									0000,0000
I2CRXD	I²C 数据接收寄存器	7EFE87H									0000,0000
I2CMSAUX	I²C 主机辅助控制寄存器	7EFE88H	-	-	-	-	-	-	-	WDTA	xxxx,xxx0

17.3 I²C 主机模式

17.3.1 I2C 配置寄存器（I2CCFG），总线速度控制

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CCFG	7EFE80H	ENI2C	MSSL	MSSPEED[5:0]					

ENI2C：I²C 功能使能控制位

0：禁止 I²C 功能

1：允许 I²C 功能

MSSL：I²C 工作模式选择位

0：从机模式

1：主机模式

MSSPEED[5:0]：I²C 总线速度（等待时钟数）控制

MSSPEED[5:0]	对应的时钟数
0	1
1	3
2	5
…	…
x	2x+1
…	…
62	125
63	127

只有当 I²C 模块工作在主机模式时，MSSPEED 参数设置的等待参数才有效。此等待参数主要用于主机模式的以下几个信号：

T_{SSTA}：起始信号的建立时间（Setup Time of START）

T_{HSTA}：起始信号的保持时间（Hold Time of START）

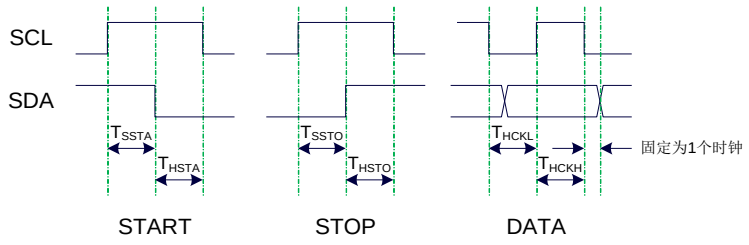
T_{SSTO}：停止信号的建立时间（Setup Time of STOP）

T_{HSTO}：停止信号的保持时间（Hold Time of STOP）

T_{HCKL}：时钟信号的低电平保持时间（Hold Time of SCL Low）

注意：

- 由于需要配合时钟同步机制，对于时钟信号的高电平保持时间（T_{HCKH}）至少为时钟信号的低电平保持时间（T_{HCKL}）的 1 倍长，而 T_{HCKH} 确切的长度取决于 SCL 端口的上拉速度。
- SDA 在 SCL 下降沿后的数据保持时间固定为 1 个时钟



17.3.2 I2C 主机控制寄存器（I2CMSCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CMSCR	7EFE81H	EMSI	-	-	-	-	MSCMD[2:0]		

EMSI：主机模式中断使能控制位

0：关闭主机模式的中断

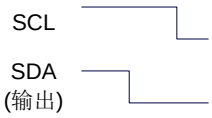
1：允许主机模式的中断

MSCMD[3:0]：主机命令

0000：待机，无动作。

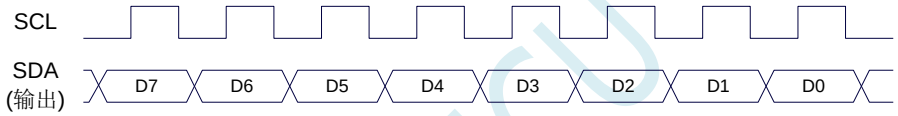
0001：起始命令。

发送 START 信号。如果当前 I²C 控制器处于空闲状态，即 MSBUSY（I2CMSST.7）为 0 时，写此命令会使控制器进入忙状态，硬件自动将 MSBUSY 状态位置 1，并开始发送 START 信号；**若当前 I²C 控制器处于忙状态，写此命令可触发发送 START 信号**。发送 START 信号的波形如下图所示：



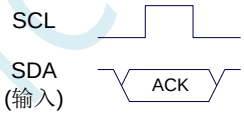
0010：发送数据命令。

写此命令后，I²C 总线控制器会在 SCL 管脚上产生 8 个时钟，并将 I2CTXD 寄存器里面数据按位送到 SDA 管脚上（先发送高位数据）。发送数据的波形如下图所示：



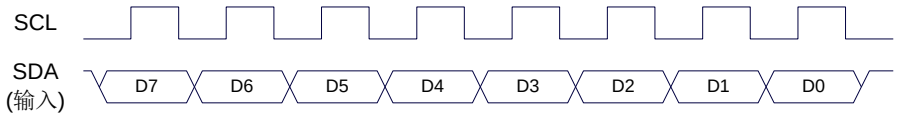
0011：接收 ACK 命令。

写此命令后，I²C 总线控制器会在 SCL 管脚上产生 1 个时钟，并将从 SDA 端口上读取的数据保存到 MSACKI（I2CMSST.1）。接收 ACK 的波形如下图所示：



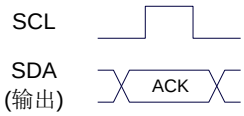
0100：接收数据命令。

写此命令后，I²C 总线控制器会在 SCL 管脚上产生 8 个时钟，并将从 SDA 端口上读取的数据依次左移到 I2CRXD 寄存器（先接收高位数据）。接收数据的波形如下图所示：



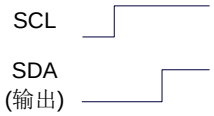
0101：发送 ACK 命令。

写此命令后，I²C 总线控制器会在 SCL 管脚上产生 1 个时钟，并将 MSACKO（I2CMSST.0）中的数据发送到 SDA 端口。发送 ACK 的波形如下图所示：



0110：停止命令。

发送 STOP 信号。写此命令后，I²C 总线控制器开始发送 STOP 信号。信号发送完成后，硬件自动将 MSBUSY 状态位清零。STOP 信号的波形如下图所示：



0111：保留。

1000：保留。

1001：起始命令+发送数据命令+接收 ACK 命令。

此命令为命令 0001、命令 0010、命令 0011 三个命令的组合，下此命令后控制器会依次执行这三个命令。

1010：发送数据命令+接收 ACK 命令。

此命令为命令 0010、命令 0011 两个命令的组合，下此命令后控制器会依次执行这两个命令。

1011：接收数据命令+发送 ACK(0)命令。

此命令为命令 0100、命令 0101 两个命令的组合，下此命令后控制器会依次执行这两个命令。

注意：此命令所返回的应答信号固定为 ACK（0），不受 MSACKO 位的影响。

1100：接收数据命令+发送 NAK(1)命令。

此命令为命令 0100、命令 0101 两个命令的组合，下此命令后控制器会依次执行这两个命令。

注意：此命令所返回的应答信号固定为 NAK（1），不受 MSACKO 位的影响。

17.3.3 I2C 主机辅助控制寄存器（I2CMSAUX）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CMSAUX	7EFE88H	-	-	-	-	-	-	-	WDTA

WDTA：主机模式时 I²C 数据自动发送允许位

0：禁止自动发送

1：使能自动发送

若自动发送功能被使能，当 MCU 执行完成对 I2CTXD 数据寄存器的写操作后，I²C 控制器会自动触发“1010”命令，即自动发送数据并接收 ACK 信号。

17.3.4 I2C 主机状态寄存器（I2CMSST）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CMSST	7EFE82H	MSBUSY	MSIF	-	-	-	-	MSACKI	MSACKO

MSBUSY：主机模式时 I²C 控制器状态位（只读位）

0：控制器处于空闲状态

1：控制器处于忙碌状态

当 I²C 控制器处于主机模式时，在空闲状态下，发送完成 START 信号后，控制器便进入到忙碌状态，忙碌状态会一直维持到成功发送完成 STOP 信号，之后状态会再次恢复到空闲状态。

MSIF：主机模式的中断请求位（中断标志位）。当处于主机模式的 I²C 控制器执行完成寄存器 I2CMSCR 中 MSCMD 命令后产生中断信号，硬件自动将此位 1，向 CPU 发请求中断，响应中断后 MSIF 位必须用软件清零。

MSACKI：主机模式时，发送“0011”命令到 I2CMSCR 的 MSCMD 位后所接收到的 ACK 数据。

MSACKO：主机模式时，准备将要发送出去的 ACK 信号。当发送“0101”命令到 I2CMSCR 的 MSCMD 位后，控制器会自动读取此位的数据当作 ACK 发送到 SDA。

17.4 I²C 从机模式

17.4.1 I2C 从机控制寄存器（I2CSLCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CSLCR	7EFE83H	-	ESTAI	ERXI	ETXI	ESTOI	-	-	SLRST

ESTAI：从机模式时接收到 START 信号中断允许位

0：禁止从机模式时接收到 START 信号时发生中断

1：使能从机模式时接收到 START 信号时发生中断

ERXI：从机模式时接收到 1 字节数据后中断允许位

0：禁止从机模式时接收到数据后发生中断

1：使能从机模式时接收到 1 字节数据后发生中断

ETXI：从机模式时发送完成 1 字节数据后中断允许位

0：禁止从机模式时发送完成数据后发生中断

1：使能从机模式时发送完成 1 字节数据后发生中断

ESTOI：从机模式时接收到 STOP 信号中断允许位

0：禁止从机模式时接收到 STOP 信号时发生中断

1：使能从机模式时接收到 STOP 信号时发生中断

SLRST：复位从机模式

17.4.2 I2C 从机状态寄存器（I2CSLST）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CSLST	7EFE84H	SLBUSY	STAIF	RXIF	TXIF	STOIF	-	SLACKI	SLACKO

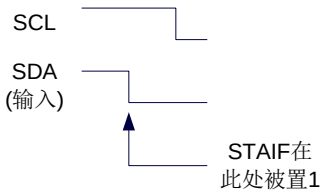
SLBUSY：从机模式时 I²C 控制器状态位（只读位）

0：控制器处于空闲状态

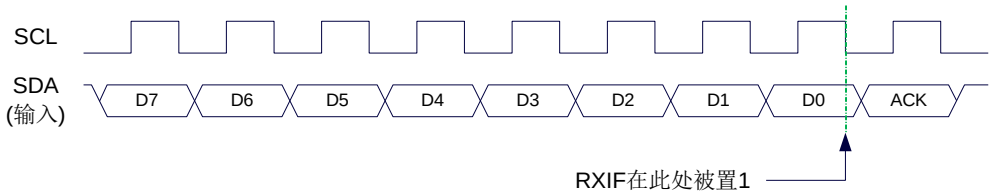
1：控制器处于忙碌状态

当 I²C 控制器处于从机模式时，在空闲状态下，接收到主机发送 START 信号后，控制器会继续检测之后的设备地址数据，若设备地址与当前 I2CSLADR 寄存器中所设置的从机地址像匹配时，控制器便进入到忙碌状态，忙碌状态会一直维持到成功接收到主机发送 STOP 信号，之后状态会再次恢复到空闲状态。

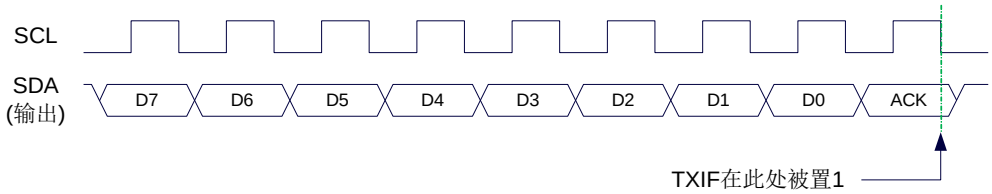
STAIF：从机模式时接收到 START 信号后的中断请求位。从机模式的 I²C 控制器接收到 START 信号后，硬件会自动将此位置 1，并向 CPU 发请求中断，响应中断后 STAIF 位必须用软件清零。STAIF 被置 1 的时间点如下图所示：



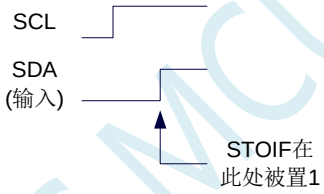
RXIF：从机模式时接收到 1 字节的数据后的中断请求位。从机模式的 I²C 控制器接收到 1 字节的数据后，在第 8 个时钟的下降沿时硬件会自动将此位置 1，并向 CPU 发请求中断，响应中断后 RXIF 位必须用软件清零。RXIF 被置 1 的时间点如下图所示：



TXIF：从机模式时发送完成 1 字节的数据后的中断请求位。从机模式的 I²C 控制器发送完成 1 字节的数据并成功接收到 1 位 ACK 信号后，在第 9 个时钟的下降沿时硬件会自动将此位置 1，并向 CPU 发请求中断，响应中断后 TXIF 位必须用软件清零。TXIF 被置 1 的时间点如下图所示：

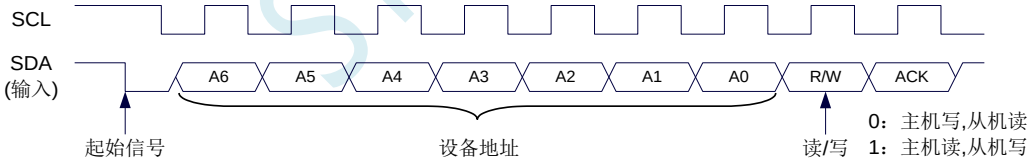


STOIF：从机模式时接收到 STOP 信号后的中断请求位。从机模式的 I²C 控制器接收到 STOP 信号后，硬件会自动将此位置 1，并向 CPU 发请求中断，响应中断后 STOIF 位必须用软件清零。STOIF 被置 1 的时间点如下图所示：



SLACKI：从机模式时，接收到的 ACK 数据。

SLACKO：从机模式时，准备将要发送出去的 ACK 信号。



17.4.3 I2C 从机地址寄存器（I2CSLADR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CSLADR	7EFE85H	SLADR[6:0]							MA

SLADR[6:0]：从机设备地址

当 I²C 控制器处于从机模式时，控制器在接收到 START 信号后，会继续检测接下来主机发送出的设备地址数据以及读/写信号。当主机发送出的设备地址与 SLADR[6:0]中所设置的从机设备地址相匹配时，控制器才会向 CPU 发出中断求，请求 CPU 处理 I²C 事件；否则若设备地址不匹配，I²C 控制器继续继续监控，等待下一个起始信号，对下一个设备地址继续匹配。

MA：从机设备地址匹配控制

0：设备地址必须与 SLADR[6:0]继续匹配

1：忽略 SLADR 中的设置，匹配所有的设备地址

17.4.4 I2C 数据寄存器（I2CTXD，I2CRXD）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
I2CTXD	7EFE86H								
I2CRXD	7EFE87H								

I2CTXD 是 I²C 发送数据寄存器，存放将要发送的 I²C 数据

I2CRXD 是 I²C 接收数据寄存器，存放接收完成的 I²C 数据

17.5 范例程序

17.5.1 I²C 主机模式访问 AT24C256（中断方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

sbit        SDA             =   P1^4;
sbit        SCL             =   P1^5;

bit         busy;

void I2C_Isr() interrupt 24
{
    char bak;
    bak = P_SW2;
    P_SW2 |= 0x80;
    if (I2CMSST & 0x40)
    {
        I2CMSST &= ~0x40;                       //清中断标志
        busy = 0;
    }
    P_SW2 = bak;
}

void Start()
{
    busy = 1;
    I2CMSCR = 0x81;                             //发送 START 命令
    while (busy);
}

void SendData(char dat)
{
    I2CTXD = dat;                               //写数据到数据缓冲区
    busy = 1;
    I2CMSCR = 0x82;                             //发送 SEND 命令
    while (busy);
}

void RecvACK()
{
    busy = 1;
    I2CMSCR = 0x83;                             //发送读 ACK 命令
    while (busy);
}

char RecvData()
{
    busy = 1;
    I2CMSCR = 0x84;                             //发送 RECV 命令
    while (busy);
    return I2CRXD;
```

```
}

void SendACK()
{
    I2CMSST = 0x00;                         //设置 ACK 信号
    busy = 1;
    I2CMSCR = 0x85;                         //发送 ACK 命令
    while (busy);
}

void SendNAK()
{
    I2CMSST = 0x01;                         //设置 NAK 信号
    busy = 1;
    I2CMSCR = 0x85;                         //发送 ACK 命令
    while (busy);
}

void Stop()
{
    busy = 1;
    I2CMSCR = 0x86;                         //发送 STOP 命令
    while (busy);
}

void Delay()
{
    int i;

    for (i=0; i<3000; i++)
    {
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

    I2CCFG = 0xe0;                          //使能 I2C 主机模式
    I2CMSST = 0x00;
    EA = 1;
```

```
    Start();                                    //发送起始命令
    SendData(0xa0);                             //发送设备地址+写命令
    RecvACK();
    SendData(0x00);                             //发送存储地址高字节
    RecvACK();
    SendData(0x00);                             //发送存储地址低字节
    RecvACK();
    SendData(0x12);                             //写测试数据 1
    RecvACK();
    SendData(0x78);                             //写测试数据 2
    RecvACK();
    Stop();                                     //发送停止命令

    Delay();                                    //等待设备写数据

    Start();                                    //发送起始命令
    SendData(0xa0);                             //发送设备地址+写命令
    RecvACK();
    SendData(0x00);                             //发送存储地址高字节
    RecvACK();
    SendData(0x00);                             //发送存储地址低字节
    RecvACK();
    Start();                                    //发送起始命令
    SendData(0xa1);                             //发送设备地址+读命令
    RecvACK();
    P0 = RecvData();                            //读取数据 1
    SendACK();
    P2 = RecvData();                            //读取数据 2
    SendNAK();
    Stop();                                     //发送停止命令

    P_SW2 = 0x00;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

SDA         BIT         P1.4
SCL         BIT         P1.5

BUSY        BIT         20H.0

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         00C3H
            LJMP        I2CISR

            ORG         0100H
I2CISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        DPL
            PUSH        DPH

            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSST
```

```
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     R11,@DR4
        ANL     A,#NOT 40H              ;清中断标志
        MOV     @DR4,R11
        CLR     BUSY                    ;复位忙标志

        POP     DPH
        POP     DPL
        POP     ACC
        RETI

START:
        SETB    BUSY
        MOV     A,#10000001B            ;发送 START 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
SENDDATA:
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD       ;写数据到数据缓冲区
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        SETB    BUSY
        MOV     A,#10000010B            ;发送 SEND 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
RECVACK:
        SETB    BUSY
        MOV     A,#10000011B            ;发送读 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
RECVDATA:
        SETB    BUSY
        MOV     A,#10000100B            ;发送 RECV 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        CALL    WAIT
        MOV     WR6,#WORD0 I2CRXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CRXD
        MOV     R11,@DR4                ;从数据缓冲区读取数据
        RET
SENDACK:
        MOV     A,#00000000B            ;设置 ACK 信号
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11
        SETB    BUSY
        MOV     A,#10000101B            ;发送 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
SENDNAK:
        MOV     A,#00000001B            ;设置 NAK 信号
```

```
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11
        SETB    BUSY
        MOV     A,#10000101B            ;发送 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
STOP:
        SETB    BUSY
        MOV     A,#10000110B            ;发送 STOP 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
WAIT:
        JB      BUSY,$                  ;等待命令发送完成
        RET

DELAY:
        MOV     R0,#0
        MOV     R1,#0
DELAY1:
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ    R1,DELAY1
        DJNZ    R0,DELAY1
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H

        MOV     A,#11100000B            ;设置 I2C 模块为主机模式
        MOV     WR6,#WORD0 I2CCFG
        MOV     WR4,#WORD2 I2CCFG
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000000B
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11
        SETB    EA
```

```
        CALL    START           ;发送起始命令
        MOV     A,#0A0H
        CALL    SENDDATA        ;发送设备地址+写命令
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H         ;发送存储地址高字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H         ;发送存储地址低字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#12H          ;写测试数据 1
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#78H          ;写测试数据 2
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    STOP            ;发送停止命令

        CALL    DELAY           ;等待设备写数据

        CALL    START           ;发送起始命令
        MOV     A,#0A0H         ;发送设备地址+写命令
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H         ;发送存储地址高字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H         ;发送存储地址低字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    START           ;发送起始命令
        MOV     A,#0A1H         ;发送设备地址+读命令
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    RECVDATA        ;读取数据 1
        MOV     P0,A
        CALL    SENDACK
        CALL    RECVDATA        ;读取数据 2
        MOV     P2,A
        CALL    SENDNAK
        CALL    STOP            ;发送停止命令

        JMP     $

        END
```

17.5.2 I²C 主机模式访问 AT24C256（查询方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

sbit    SDA     =   P1^4;
sbit    SCL     =   P1^5;
```

```
void Wait()
{
    while (!(I2CMSST & 0x40));
    I2CMSST &= ~0x40;
}

void Start()
{
    I2CMSCR = 0x01;                         //发送 START 命令
    Wait();
}

void SendData(char dat)
{
    I2CTXD = dat;                           //写数据到数据缓冲区
    I2CMSCR = 0x02;                         //发送 SEND 命令
    Wait();
}

void RecvACK()
{
    I2CMSCR = 0x03;                         //发送读 ACK 命令
    Wait();
}

char RecvData()
{
    I2CMSCR = 0x04;                         //发送 RECV 命令
    Wait();
    return I2CRXD;
}

void SendACK()
{
    I2CMSST = 0x00;                         //设置 ACK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void SendNAK()
{
    I2CMSST = 0x01;                         //设置 NAK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void Stop()
{
    I2CMSCR = 0x06;                         //发送 STOP 命令
    Wait();
}

void Delay()
{
    int i;

    for (i=0; i<3000; i++)
    {
```

```
            _nop_();
            _nop_();
            _nop_();
            _nop_();
        }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

    I2CCFG = 0xe0;                          //使能 I2C 主机模式
    I2CMSST = 0x00;

    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0xa0);                         //发送设备地址+写命令
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址高字节
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址低字节
    RecvACK();
    SendData(0x12);                         //写测试数据 1
    RecvACK();
    SendData(0x78);                         //写测试数据 2
    RecvACK();
    Stop();                                 //发送停止命令

    Delay();                                //等待设备写数据

    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0xa0);                         //发送设备地址+写命令
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址高字节
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址低字节
    RecvACK();
    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0xa1);                         //发送设备地址+读命令
    RecvACK();
    P0 = RecvData();                        //读取数据 1
    SendACK();
    P2 = RecvData();                        //读取数据 2
    SendNAK();
    Stop();                                 //发送停止命令

    P_SW2 = 0x00;
```

```
    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

SDA         BIT         P1.4
SCL         BIT         P1.5

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
START:
            MOV         A,#00000001B            ;发送 START 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            JMP         WAIT
SENDDATA:
            MOV         WR6,#WORD0 I2CTXD       ;写数据到数据缓冲区
            MOV         WR4,#WORD2 I2CTXD
            MOV         @DR4,R11
            MOV         A,#00000010B            ;发送 SEND 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            JMP         WAIT
RECVACK:
            MOV         A,#00000011B            ;发送读 ACK 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            JMP         WAIT
RECVDATA:
            MOV         A,#00000100B            ;发送 RECV 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            CALL        WAIT
            MOV         WR6,#WORD0 I2CRXD
            MOV         WR4,#WORD2 I2CRXD
            MOV         R11,@DR4                ;从数据缓冲区读取数据
            RET
SENDACK:
            MOV         A,#00000000B            ;设置 ACK 信号
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSST
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSST
            MOV         @DR4,R11
            MOV         A,#00000101B            ;发送 ACK 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            JMP         WAIT
SENDNAK:
```

```
        MOV     A,#00000001B            ;设置 NAK 信号
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000101B            ;发送 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
STOP:
        MOV     A,#00000110B            ;发送 STOP 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
WAIT:
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     R11,@DR4
        JNB     ACC.6,WAIT
        ANL     A,#NOT 40H              ;清中断标志
        MOV     @DR4,R11
        RET

DELAY:
        MOV     R0,#0
        MOV     R1,#0
DELAY1:
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ    R1,DELAY1
        DJNZ    R0,DELAY1
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H

        MOV     A,#11100000B            ;设置 I2C 模块为主机模式
        MOV     WR6,#WORD0 I2CCFG
        MOV     WR4,#WORD2 I2CCFG
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000000B
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
```

```
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11

        CALL    START                   ;发送起始命令
        MOV     A,#0A0H
        CALL    SENDDATA                ;发送设备地址+写命令
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H                 ;发送存储地址高字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H                 ;发送存储地址低字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#12H                  ;写测试数据 1
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#78H                  ;写测试数据 2
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    STOP                    ;发送停止命令

        CALL    DELAY                   ;等待设备写数据

        CALL    START                   ;发送起始命令
        MOV     A,#0A0H                 ;发送设备地址+写命令
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H                 ;发送存储地址高字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H                 ;发送存储地址低字节
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    START                   ;发送起始命令
        MOV     A,#0A1H                 ;发送设备地址+读命令
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    RECVDATA                ;读取数据 1
        MOV     P0,A
        CALL    SENDACK
        CALL    RECVDATA                ;读取数据 2
        MOV     P2,A
        CALL    SENDNAK
        CALL    STOP                    ;发送停止命令

        JMP     $

        END
```

17.5.3 I²C 主机模式访问 PCF8563

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"
```

```
sbit        SDA             =     P1^4;
sbit        SCL             =     P1^5;

void Wait()
{
    while (!(I2CMSST & 0x40));
    I2CMSST &= ~0x40;
}

void Start()
{
    I2CMSCR = 0x01;                         //发送 START 命令
    Wait();
}

void SendData(char dat)
{
    I2CTXD = dat;                           //写数据到数据缓冲区
    I2CMSCR = 0x02;                         //发送 SEND 命令
    Wait();
}

void RecvACK()
{
    I2CMSCR = 0x03;                         //发送读 ACK 命令
    Wait();
}

char RecvData()
{
    I2CMSCR = 0x04;                         //发送 RECV 命令
    Wait();
    return I2CRXD;
}

void SendACK()
{
    I2CMSST = 0x00;                         //设置 ACK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void SendNAK()
{
    I2CMSST = 0x01;                         //设置 NAK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void Stop()
{
    I2CMSCR = 0x06;                         //发送 STOP 命令
    Wait();
}

void Delay()
{
    int i;
```

```
    for (i=0; i<3000; i++)
    {
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

    I2CCFG = 0xe0;                          //使能 I2C 主机模式
    I2CMSST = 0x00;

    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0xa2);                         //发送设备地址+写命令
    RecvACK();
    SendData(0x02);                         //发送存储地址
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //设置秒值
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //设置分钟值
    RecvACK();
    SendData(0x12);                         //设置小时值
    RecvACK();
    Stop();                                 //发送停止命令

    while (1)
    {
        Start();                            //发送起始命令
        SendData(0xa2);                     //发送设备地址+写命令
        RecvACK();
        SendData(0x02);                     //发送存储地址
        RecvACK();
        Start();                            //发送起始命令
        SendData(0xa3);                     //发送设备地址+读命令
        RecvACK();
        P0 = RecvData();                    //读取秒值
        SendACK();
        P2 = RecvData();                    //读取分钟值
        SendACK();
        P3 = RecvData();                    //读取小时值
        SendNAK();
```

```
        Stop();                                 //发送停止命令

        Delay();
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

SDA         BIT         P1.4
SCL         BIT         P1.5

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
START:
            MOV         A,#00000001B        ;发送 START 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            JMP         WAIT
SENDDATA:
            MOV         WR6,#WORD0 I2CTXD   ;写数据到数据缓冲区
            MOV         WR4,#WORD2 I2CTXD
            MOV         @DR4,R11
            MOV         A,#00000010B        ;发送 SEND 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            JMP         WAIT
RECVACK:
            MOV         A,#00000011B        ;发送读 ACK 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            JMP         WAIT
RECVDATA:
            MOV         A,#00000100B        ;发送 RECV 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
            CALL        WAIT
            MOV         WR6,#WORD0 I2CRXD
            MOV         WR4,#WORD2 I2CRXD
            MOV         R11,@DR4            ;从数据缓冲区读取数据
            RET
SENDACK:
            MOV         A,#00000000B        ;设置 ACK 信号
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSST
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSST
            MOV         @DR4,R11
            MOV         A,#00000101B        ;发送 ACK 命令
            MOV         WR6,#WORD0 I2CMSCR
            MOV         WR4,#WORD2 I2CMSCR
            MOV         @DR4,R11
```

```
        JMP     WAIT
SENDNAK:
        MOV     A,#00000001B            ;设置 NAK 信号
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000101B            ;发送 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
STOP:
        MOV     A,#00000110B            ;发送 STOP 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
WAIT:
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     R11,@DR4
        JNB     ACC.6,WAIT
        ANL     A,#NOT 40H              ;清中断标志
        MOV     @DR4,R11
        RET

DELAY:
        MOV     R0,#0
        MOV     R1,#0
DELAY1:
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ    R1,DELAY1
        DJNZ    R0,DELAY1
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H

        MOV     A,#11100000B            ;设置 I2C 模块为主机模式
        MOV     WR6,#WORD0 I2CCFG
        MOV     WR4,#WORD2 I2CCFG
        MOV     @DR4,R11
```

```
        MOV     A,#00000000B
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11

        CALL    START                   ;发送起始命令
        MOV     A,#0A2H
        CALL    SENDDATA                ;发送设备地址+写命令
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#002H                 ;发送存储地址
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#00H                  ;设置秒值
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#00H                  ;设置分钟值
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#12H                  ;设置小时值
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    STOP                    ;发送停止命令
LOOP:
        CALL    START                   ;发送起始命令
        MOV     A,#0A2H                 ;发送设备地址+写命令
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#002H                 ;发送存储地址
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    START                   ;发送起始命令
        MOV     A,#0A3H                 ;发送设备地址+读命令
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    RECVDATA                ;读取秒值
        MOV     P0,A
        CALL    SENDACK
        CALL    RECVDATA                ;读取分钟值
        MOV     P2,A
        CALL    SENDACK
        CALL    RECVDATA                ;读取小时值
        MOV     P3,A
        CALL    SENDNAK
        CALL    STOP                    ;发送停止命令

        CALL    DELAY

        JMP     LOOP

        END
```

17.5.4 I²C 从机模式（中断方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz
```

```
#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

sbit        SDA             =   P1^4;
sbit        SCL             =   P1^5;

bit         isda;                                   //设备地址标志
bit         isma;                                   //存储地址标志
unsigned char               addr;
unsigned char edata         buffer[32];

void I2C_Isr() interrupt 24
{
    _push_(P_SW2);
    P_SW2 |= 0x80;

    if (I2CSLST & 0x40)
    {
        I2CSLST &= ~0x40;                           //处理 START 事件
    }
    else if (I2CSLST & 0x20)
    {
        I2CSLST &= ~0x20;                           //处理 RECV 事件
        if (isda)
        {
            isda = 0;                               //处理 RECV 事件（RECV DEVICE ADDR）
        }
        else if (isma)
        {
            isma = 0;                               //处理 RECV 事件（RECV MEMORY ADDR）
            addr = I2CRXD;
            I2CTXD = buffer[addr];
        }
        else
        {
            buffer[addr++] = I2CRXD;                //处理 RECV 事件（RECV DATA）
        }
    }
    else if (I2CSLST & 0x10)
    {
        I2CSLST &= ~0x10;                           //处理 SEND 事件
        if (I2CSLST & 0x02)
        {
            I2CTXD = 0xff;                          //接收到 NAK 则停止读取数据
        }
        else
        {
            I2CTXD = buffer[++addr];                //接收到 ACK 则继续读取数据
        }
    }
    else if (I2CSLST & 0x08)
    {
        I2CSLST &= ~0x08;                           //处理 STOP 事件
        isda = 1;
        isma = 1;
    }

    _pop_(P_SW2);
}
```

```
void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

    I2CCFG = 0x81;                          //使能 I2C 从机模式
    I2CSLADR = 0x5a;                        //设置从机设备地址寄存器 I2CSLADR=0101_1010B
                                            //即 I2CSLADR[7:1]=010_1101B,MA=0B。
                                            //由于 MA 为 0,主机发送的的设备地址必须与
                                            //I2CSLADR[7:1]相同才能访问此 I2C 从机设备。
                                            //主机若需要写数据则要发送 5AH(0101_1010B)
                                            //主机若需要读数据则要发送 5BH(0101_1011B)
    I2CSLST = 0x00;
    I2CSLCR = 0x78;                         //使能从机模式中断
    EA = 1;

    isda = 1;                               //用户变量初始化
    isma = 1;
    addr = 0;
    I2CTXD = buffer[addr];

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

SDA         BIT         P1.4
SCL         BIT         P1.5
ISDA        BIT         20H.0           ;设备地址标志
ISMA        BIT         20H.1           ;存储地址标志

ADDR        DATA        21H

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN
            ORG         00C3H
            LJMP        I2CISR

            ORG         0100H
I2CISR:
            PUSH        ACC
            PUSH        PSW
```

```
        PUSH    DPL
        PUSH    DPH
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLST
        MOV     R11,@DR4            ;检测从机状态
        JB      ACC.6,STARTIF
        JB      ACC.5,RXIF
        JB      ACC.4,TXIF
        JB      ACC.3,STOPIF
ISREXIT:
        POP     DPH
        POP     DPL
        POP     PSW
        POP     ACC
        RETI
STARTIF:
        ANL     A,#NOT 40H          ;处理 START 事件
        MOV     @DR4,R11
        JMP     ISREXIT
RXIF:
        ANL     A,#NOT 20H          ;处理 RECV 事件
        MOV     @DR4,R11
        MOV     WR6,#WORD0 I2CRXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CRXD
        MOV     R11,@DR4
        JBC     ISDA,RXDA
        JBC     ISMA,RXMA
        MOV     R0,ADDR             ;处理 RECV 事件（RECV DATA）
        MOVX    @R0,A
        INC     ADDR
        JMP     ISREXIT
RXDA:
        JMP     ISREXIT             ;处理 RECV 事件（RECV DEVICE ADDR）
RXMA:
        MOV     ADDR,A              ;处理 RECV 事件（RECV MEMORY ADDR）
        MOV     R0,A
        MOVX    A,@R0
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        JMP     ISREXIT
TXIF:
        ANL     A,#NOT 10H          ;处理 SEND 事件
        MOV     @DR4,R11
        JB      ACC.1,RXNAK
        INC     ADDR
        MOV     R0,ADDR
        MOVX    A,@R0
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        JMP     ISREXIT
RXNAK:
        MOV     A,#0FFH
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        JMP     ISREXIT
STOPIF:
```

```
        ANL     A,#NOT 08H              ;处理 STOP 事件
        MOV     @DR4,R11
        SETB    ISDA
        SETB    ISMA
        JMP     ISREXIT

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H

        MOV     A,#10000001B            ;使能 I2C 从机模式
        MOV     WR6,#WORD0 I2CCFG
        MOV     WR4,#WORD2 I2CCFG
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#01011010B            ;设置从机设备地址寄存器 I2CSLADR=0101_1010B
                                        ;即 I2CSLADR[7:1]=010_1101B,MA=0B。
                                        ;由于 MA 为 0,主机发送的的设备地址必须与
                                        ;I2CSLADR[7:1]相同才能访问此 I2C 从机设备。
                                        ;主机若需要写数据则要发送 5AH(0101_1010B)
                                        ;主机若需要读数据则要发送 5BH(0101_1011B)
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLADR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLADR
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000000B
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLST
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#01111000B            ;使能从机模式中断
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLCR
        MOV     @DR4,R11

        SETB    ISDA                    ;用户变量初始化
        SETB    ISMA
        CLR     A
        MOV     ADDR,A
        MOV     R0,A
        MOVX    A,@R0
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11

        SETB    EA

        SJMP    $
```

```
END
```

17.5.5 I²C 从机模式（查询方式）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

sbit        SDA             =   P1^4;
sbit        SCL             =   P1^5;

bit         isda;                                   //设备地址标志
bit         isma;                                   //存储地址标志
unsigned char               addr;
unsigned char edata         buffer[32];

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

    I2CCFG = 0x81;                                  //使能 I2C 从机模式
    I2CSLADR = 0x5a;                                //设置从机设备地址寄存器 I2CSLADR=0101_1010B
                                                    //即 I2CSLADR[7:1]=010_1101B,MA=0B。
                                                    //由于 MA 为 0,主机发送的的设备地址必须与
                                                    //I2CSLADR[7:1]相同才能访问此 I2C 从机设备。
                                                    //主机若需要写数据则要发送 5AH(0101_1010B)
                                                    //主机若需要读数据则要发送 5BH(0101_1011B)
    I2CSLST = 0x00;
    I2CSLCR = 0x00;                                 //禁止从机模式中断

    isda = 1;                                       //用户变量初始化
    isma = 1;
    addr = 0;
    I2CTXD = buffer[addr];

    while (1)
    {
        if (I2CSLST & 0x40)
        {
            I2CSLST &= ~0x40;                       //处理 START 事件
        }
```

```
        else if (I2CSLST & 0x20)
        {
            I2CSLST &= ~0x20;                   //处理 RECV 事件
            if (isda)
            {
                isda = 0;                       //处理 RECV 事件（RECV DEVICE ADDR）
            }
            else if (isma)
            {
                isma = 0;                       //处理 RECV 事件（RECV MEMORY ADDR）
                addr = I2CRXD;
                I2CTXD = buffer[addr];
            }
            else
            {
                buffer[addr++] = I2CRXD;        //处理 RECV 事件（RECV DATA）
            }
        }
        else if (I2CSLST & 0x10)
        {
            I2CSLST &= ~0x10;                   //处理 SEND 事件
            if (I2CSLST & 0x02)
            {
                I2CTXD = 0xff;                  //接收到 NAK 则停止读取数据
            }
            else
            {
                I2CTXD = buffer[++addr];        //接收到 ACK 则继续读取数据
            }
        }
        else if (I2CSLST & 0x08)
        {
            I2CSLST &= ~0x08;                   //处理 STOP 事件
            isda = 1;
            isma = 1;
        }
    }
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)            ;头文件见附录

SDA         BIT         P1.4
SCL         BIT         P1.5
ISDA        BIT         20H.0               ;设备地址标志
ISMA        BIT         20H.1               ;存储地址标志

ADDR        DATA        21H

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
MAIN:
            MOV         SP, #5FH
            MOV         P0M0, #00H
```

```
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H

        MOV     A,#10000001B            ;使能 I2C 从机模式
        MOV     WR6,#WORD0 I2CCFG
        MOV     WR4,#WORD2 I2CCFG
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#01011010B            ;设置从机设备地址寄存器 I2CSLADR=0101_1010B
                                        ;即 I2CSLADR[7:1]=010_1101B,MA=0B。
                                        ;由于 MA 为 0,主机发送的的设备地址必须与
                                        ;I2CSLADR[7:1]相同才能访问此 I2C 从机设备。
                                        ;主机若需要写数据则要发送 5AH(0101_1010B)
                                        ;主机若需要读数据则要发送 5BH(0101_1011B)
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLADR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLADR
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000000B
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLST
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000000B            ;禁止从机模式中断
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLCR
        MOV     @DR4,R11

        SETB    ISDA                    ;用户变量初始化
        SETB    ISMA
        CLR     A
        MOV     ADDR,A
        MOV     R0,A
        MOVX    A,@R0
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11

LOOP:
        MOV     WR6,#WORD0 I2CSLST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CSLST
        MOV     R11,@DR4                ;检测从机状态
        JB      ACC.6,STARTIF
        JB      ACC.5,RXIF
        JB      ACC.4,TXIF
        JB      ACC.3,STOPIF
        JMP     LOOP
STARTIF:
        ANL     A,#NOT 40H              ;处理 START 事件
        MOV     @DR4,R11
        JMP     LOOP
```

```
RXIF:
        ANL     A,#NOT 20H          ;处理 RECV 事件
        MOV     @DR4,R11
        MOV     WR6,#WORD0 I2CRXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CRXD
        MOV     R11,@DR4
        JBC     ISDA,RXDA
        JBC     ISMA,RXMA
        MOV     R0,ADDR             ;处理 RECV 事件（RECV DATA）
        MOVX    @R0,A
        INC     ADDR
        JMP     LOOP
RXDA:
        JMP     LOOP                ;处理 RECV 事件（RECV DEVICE ADDR）
RXMA:
        MOV     ADDR,A              ;处理 RECV 事件（RECV MEMORY ADDR）
        MOV     R0,A
        MOVX    A,@R0
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        JMP     LOOP
TXIF:
        ANL     A,#NOT 10H          ;处理 SEND 事件
        MOV     @DR4,R11
        JB      ACC.1,RXNAK
        INC     ADDR
        MOV     R0,ADDR
        MOVX    A,@R0
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        JMP     LOOP
RXNAK:
        MOV     A,#0FFH
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        JMP     LOOP
STOPIF:
        ANL     A,#NOT 08H          ;处理 STOP 事件
        MOV     @DR4,R11
        SETB    ISDA
        SETB    ISMA
        JMP     LOOP

        END
```

17.5.6 测试 I²C 从机模式代码的主机代码

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"
```

```
sbit        SDA             =     P1^4;
sbit        SCL             =     P1^5;

void Wait()
{
    while (!(I2CMSST & 0x40));
    I2CMSST &= ~0x40;
}

void Start()
{
    I2CMSCR = 0x01;                         //发送 START 命令
    Wait();
}

void SendData(char dat)
{
    I2CTXD = dat;                           //写数据到数据缓冲区
    I2CMSCR = 0x02;                         //发送 SEND 命令
    Wait();
}

void RecvACK()
{
    I2CMSCR = 0x03;                         //发送读 ACK 命令
    Wait();
}

char RecvData()
{
    I2CMSCR = 0x04;                         //发送 RECV 命令
    Wait();
    return I2CRXD;
}

void SendACK()
{
    I2CMSST = 0x00;                         //设置 ACK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void SendNAK()
{
    I2CMSST = 0x01;                         //设置 NAK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void Stop()
{
    I2CMSCR = 0x06;                         //发送 STOP 命令
    Wait();
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
```

```
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

    I2CCFG = 0xe0;                          //使能 I2C 主机模式
    I2CMSST = 0x00;

    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0x5a);                         //发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址
    RecvACK();
    SendData(0x12);                         //写测试数据 1
    RecvACK();
    SendData(0x78);                         //写测试数据 2
    RecvACK();
    Stop();                                 //发送停止命令

    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0x5a);                         //发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址高字节
    RecvACK();
    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0x5b);                         //发送设备地址(010_1101B)+读命令(1B)
    RecvACK();
    P0 = RecvData();                        //读取数据 1
    SendACK();
    P2 = RecvData();                        //读取数据 2
    SendNAK();
    Stop();                                 //发送停止命令

    P_SW2 = 0x00;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

$include (STC16.INC)                ;头文件见附录

SDA         BIT         P1.4
SCL         BIT         P1.5

            ORG         0000H
            LJMP        MAIN

            ORG         0100H
```

```
START:
        MOV     A,#00000001B        ;发送 START 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
SENDDATA:
        MOV     WR6,#WORD0 I2CTXD   ;写数据到数据缓冲区
        MOV     WR4,#WORD2 I2CTXD
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000010B        ;发送 SEND 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
RECVACK:
        MOV     A,#00000011B        ;发送读 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
RECVDATA:
        MOV     A,#00000100B        ;发送 RECV 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        CALL    WAIT
        MOV     WR6,#WORD0 I2CRXD
        MOV     WR4,#WORD2 I2CRXD
        MOV     R11,@DR4            ;从数据缓冲区读取数据
        RET
SENDACK:
        MOV     A,#00000000B        ;设置 ACK 信号
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000101B        ;发送 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
SENDNAK:
        MOV     A,#00000001B        ;设置 NAK 信号
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000101B        ;发送 ACK 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
STOP:
        MOV     A,#00000110B        ;发送 STOP 命令
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSCR
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSCR
        MOV     @DR4,R11
        JMP     WAIT
WAIT:
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
```

```
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     R11,@DR4
        JNB     ACC.6,WAIT
        ANL     A,#NOT 40H              ;清中断标志
        MOV     @DR4,R11
        RET

DELAY:
        MOV     R0,#0
        MOV     R1,#0
DELAY1:
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ    R1,DELAY1
        DJNZ    R0,DELAY1
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H

        MOV     A,#11100000B            ;设置 I2C 模块为主机模式
        MOV     WR6,#WORD0 I2CCFG
        MOV     WR4,#WORD2 I2CCFG
        MOV     @DR4,R11
        MOV     A,#00000000B
        MOV     WR6,#WORD0 I2CMSST
        MOV     WR4,#WORD2 I2CMSST
        MOV     @DR4,R11

        CALL    START                   ;发送起始命令
        MOV     A,#5AH                  ;
        CALL    SENDDATA                ;发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H                 ;发送存储地址
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#12H                  ;写测试数据 1
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#78H                  ;写测试数据 2
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    STOP                    ;发送停止命令
```

```
CALL    DELAY           ;等待设备写数据

CALL    START           ;发送起始命令
MOV     A,#5AH          ;发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
CALL    SENDDATA
CALL    RECVACK
MOV     A,#000H         ;发送存储地址
CALL    SENDDATA
CALL    RECVACK
CALL    START           ;发送起始命令
MOV     A,#5BH          ;发送设备地址(010_1101B)+读命令(1B)
CALL    SENDDATA
CALL    RECVACK
CALL    RECVDATA        ;读取数据 1
MOV     P0,A
CALL    SENDACK
CALL    RECVDATA        ;读取数据 2
MOV     P2,A
CALL    SENDNAK
CALL    STOP            ;发送停止命令

JMP     $

END
```

18 高级 PWM

STC16 系列的单片机内部集成了 8 通道 16 位高级 PWM 定时器，分成两组周期可不同的 PWM，分别命名为 PWMA 和 PWMB，可分别单独设置。第一组 PWM/PWMA 可配置成 4 组互补/对称/死区控制的 PWM 或捕捉外部信号，第二组 PWM/PWMB 可配置成 4 路 PWM 输出或捕捉外部信号。

第一组 PWM/PWMA 的时钟频率可以是系统时钟经过寄存器 PWMA_PSCRH 和 PWMA_PSCRL 进行分频后的时钟，分频值可以是 1~65535 之间的任意值。第二组 PWM/PWMB 的时钟频率可以是系统时钟经过寄存器 PWMB_PSCRH 和 PWMB_PSCRL 进行分频后的时钟，分频值可以是 1~65535 之间的任意值。两组 PWM 的时钟频率可分别独立设置。

第一组 PWM 定时器/PWMA 有 4 个通道（PWM1P/PWM1N、PWM2P/PWM2N、PWM3P/PWM3N、PWM4P/PWM4N），每个通道都可独立实现 PWM 输出（可设置带死区的互补对称 PWM 输出）、捕获和比较功能；第二组 PWM 定时器/PWMB 有 4 个通道（PWM5、PWM6、PWM7、PWM8），每个通道也可独立实现 PWM 输出、捕获和比较功能。两组 PWM 定时器唯一的区别是第一组可输出带死区的互补对称 PWM，而第二组只能输出单端的 PWM，其他功能完全相同。下面关于高级 PWM 定时器的介绍只以第一组为例进行说明。

当使用第一组 PWM 定时器输出 PWM 波形时，可单独使能 PWM1P/PWM2P/PWM3P/PWM4P 输出，也可单独使能 PWM1N/PWM2N/PWM3N/PWM4N 输出。例如：若单独使能了 PWM1P 输出，则 PWM1N 就不能再独立输出，除非 PWM1P 和 PWM1N 组成一组互补对称输出。PWMA 的 4 路输出是可分别独立设置的，例如：可单独使能 PWM1P 和 PWM2N 输出，也可单独使能 PWM2N 和 PWM3N 输出。若需要使用第一组 PWM 定时器进行捕获功能或者测量脉宽时，输入信号只能从每路的正端输入，即只有 PWM1P/PWM2P/PWM3P/PWM4P 才有捕获功能和测量脉宽功能。

两组高级 PWM 定时器对外部信号进行捕获时，可选择上升沿捕获或者下降沿捕获。如果需要同时捕获上升沿和下降沿，则可将输入信号同时接入到两路 PWM，使能其中一路捕获上升沿，另外一路捕获下降沿即可。**更强悍的是，将外部输入信号同时接入到两路 PWM 时，可同时捕获信号的周期值和占空比值**。

STC 三种硬件 PWM 比较：

兼容传统 8051 的 PCA/CCP/PWM：可输出 PWM 波形、捕获外部输入信号以及输出高速脉冲。可对外输出 6 位/7 位/8 位/10 位的 PWM 波形，6 位 PWM 波形的频率为 PCA 模块时钟源频率/64；7 位 PWM 波形的频率为 PCA 模块时钟源频率/128；8 位 PWM 波形的频率为 PCA 模块时钟源频率/256；10 位 PWM 波形的频率为 PCA 模块时钟源频率/1024。捕获外部输入信号，可捕获上升沿、下降沿或者同时捕获上升沿和下降沿。

STC8G 系列的 15 位增强型 PWM：只能对外输出 PWM 波形，无输入捕获功能。对外输出 PWM 的频率以及占空比均可任意设置。通过软件干预，可实现多路互补/对称/带死区的 PWM 波形。有外部异常检测功能以及实时触发 ADC 转换功能。

STC16/STC8H 系列的 16 位高级 PWM 定时器：是目前 STC 功能最强的 PWM，可对外输出任意频率以及任意占空比的 PWM 波形。无需软件干预即可输出互补/对称/带死区的 PWM 波形。能捕获外部输入信号，可捕获上升沿、下降沿或者同时捕获上升沿和下降沿，测量外部波形时，可同时测量波形的周期值和占空比值。有正交编码功能、外部异常检测功能以及实时触发 ADC 转换功能。

下面的说明中，PWMA 代表第一组 PWM 定时器，PWMB 代表第二组 PWM 定时器

第 1 组高级 PWM 定时器/PWMA 内部信号说明

TI1：外部时钟输入信号 1（PWM1P 管脚信号或者 PWM1P/PWM2P/PWM3P 相异或后的信号）

TI1F：经过 IC1F 数字滤波后的 TI1 信号
TI1FP：经过 CC1P/CC2P 边沿检测器后的 TI1F 信号
TI1F_ED：TI1F 的边沿信号
TI1FP1：经过 CC1P 边沿检测器后的 TI1F 信号
TI1FP2：经过 CC2P 边沿检测器后的 TI1F 信号
IC1：通过 CC1S 选择的通道 1 的捕获输入信号
OC1REF：输出通道 1 输出的参考波形（中间波形）
OC1：通道 1 的主输出信号（经过 CC1P 极性处理后的 OC1REF 信号）
OC1N：通道 1 的互补输出信号（经过 CC1NP 极性处理后的 OC1REF 信号）

TI2：外部时钟输入信号 2（PWM2P 管脚信号）
TI2F：经过 IC2F 数字滤波后的 TI2 信号
TI2F_ED：TI2F 的边沿信号
TI2FP：经过 CC1P/CC2P 边沿检测器后的 TI2F 信号
TI2FP1：经过 CC1P 边沿检测器后的 TI2F 信号
TI2FP2：经过 CC2P 边沿检测器后的 TI2F 信号
IC2：通过 CC2S 选择的通道 2 的捕获输入信号
OC2REF：输出通道 2 输出的参考波形（中间波形）
OC2：通道 2 的主输出信号（经过 CC2P 极性处理后的 OC2REF 信号）
OC2N：通道 2 的互补输出信号（经过 CC2NP 极性处理后的 OC2REF 信号）

TI3：外部时钟输入信号 3（PWM3P 管脚信号）
TI3F：经过 IC3F 数字滤波后的 TI3 信号
TI3F_ED：TI3F 的边沿信号
TI3FP：经过 CC3P/CC4P 边沿检测器后的 TI3F 信号
TI3FP3：经过 CC3P 边沿检测器后的 TI3F 信号
TI3FP4：经过 CC4P 边沿检测器后的 TI3F 信号
IC3：通过 CC3S 选择的通道 3 的捕获输入信号
OC3REF：输出通道 3 输出的参考波形（中间波形）
OC3：通道 3 的主输出信号（经过 CC3P 极性处理后的 OC3REF 信号）
OC3N：通道 3 的互补输出信号（经过 CC3NP 极性处理后的 OC3REF 信号）

TI4：外部时钟输入信号 4（PWM4P 管脚信号）
TI4F：经过 IC4F 数字滤波后的 TI4 信号
TI4F_ED：TI4F 的边沿信号
TI4FP：经过 CC3P/CC4P 边沿检测器后的 TI4F 信号
TI4FP3：经过 CC3P 边沿检测器后的 TI4F 信号
TI4FP4：经过 CC4P 边沿检测器后的 TI4F 信号
IC4：通过 CC4S 选择的通道 4 的捕获输入信号
OC4REF：输出通道 4 输出的参考波形（中间波形）
OC4：通道 4 的主输出信号（经过 CC4P 极性处理后的 OC4REF 信号）
OC4N：通道 4 的互补输出信号（经过 CC4NP 极性处理后的 OC4REF 信号）

ITR1：内部触发输入信号 1
ITR2：内部触发输入信号 2

TRC：固定为 TI1_ED
TRGI：经过 TS 多路选择器后的触发输入信号
TRGO：经过 MMS 多路选择器后的触发输出信号

ETR：外部触发输入信号（PWMETI1 管脚信号）
ETRP：经过 ETP 边沿检测器以及 ETPS 分频器后的 ETR 信号
ETRF：经过 ETF 数字滤波后的 ETRP 信号

BRK：刹车输入信号（PWMFLT）

CK_PSC：预分频时钟，PWMA_PSCR 预分频器的输入时钟
CK_CNT：PWMA_PSCR 预分频器的输出时钟，PWM 定时器的时钟

第 2 组高级 PWM 定时器/PWMB 内部信号说明

TI5：外部时钟输入信号 5（PWM5 管脚信号或者 PWM5/PWM6/PWM7 相异或后的信号）
TI5F：经过 IC5F 数字滤波后的 TI5 信号
TI5FP：经过 CC5P/CC6P 边沿检测器后的 TI5F 信号
TI5F_ED：TI5F 的边沿信号
TI5FP5：经过 CC5P 边沿检测器后的 TI5F 信号
TI5FP6：经过 CC6P 边沿检测器后的 TI5F 信号
IC5：通过 CC5S 选择的通道 5 的捕获输入信号
OC5REF：输出通道 5 输出的参考波形（中间波形）
OC5：通道 5 的主输出信号（经过 CC5P 极性处理后的 OC5REF 信号）

TI6：外部时钟输入信号 6（PWM6 管脚信号）
TI6F：经过 IC6F 数字滤波后的 TI6 信号
TI6F_ED：TI6F 的边沿信号
TI6FP：经过 CC5P/CC6P 边沿检测器后的 TI6F 信号
TI6FP5：经过 CC5P 边沿检测器后的 TI6F 信号
TI6FP6：经过 CC6P 边沿检测器后的 TI6F 信号
IC6：通过 CC6S 选择的通道 6 的捕获输入信号
OC6REF：输出通道 6 输出的参考波形（中间波形）
OC6：通道 6 的主输出信号（经过 CC6P 极性处理后的 OC6REF 信号）

TI7：外部时钟输入信号 7（PWM7 管脚信号）
TI7F：经过 IC7F 数字滤波后的 TI7 信号
TI7F_ED：TI7F 的边沿信号
TI7FP：经过 CC7P/CC8P 边沿检测器后的 TI7F 信号
TI7FP7：经过 CC7P 边沿检测器后的 TI7F 信号
TI7FP8：经过 CC8P 边沿检测器后的 TI7F 信号
IC7：通过 CC7S 选择的通道 7 的捕获输入信号
OC7REF：输出通道 7 输出的参考波形（中间波形）
OC7：通道 7 的主输出信号（经过 CC7P 极性处理后的 OC7REF 信号）

TI8：外部时钟输入信号 8（PWM8 管脚信号）
TI8F：经过 IC8F 数字滤波后的 TI8 信号

TI8F_ED：TI8F 的边沿信号
TI8FP：经过 CC7P/CC8P 边沿检测器后的 TI8F 信号
TI8FP7：经过 CC7P 边沿检测器后的 TI8F 信号
TI8FP8：经过 CC8P 边沿检测器后的 TI8F 信号
IC8：通过 CC8S 选择的通道 8 的捕获输入信号
OC8REF：输出通道 8 输出的参考波形（中间波形）
OC8：通道 8 的主输出信号（经过 CC8P 极性处理后的 OC8REF 信号）

18.1 简介

PWMB 与 PWMA 唯一的区别是 PWMA 可输出带死区的互补对称 PWM，而 PWMB 则只能输出单端的 PWM，其他功能完全相同。下面关于高级 PWM 的介绍只以 PWMA 为例进行说明。

PWMA 由一个 16 位的自动装载计数器组成，它由一个可编程的预分频器驱动。

PWMA 适用于许多不同的用途：

- 基本的定时
- 测量输入信号的脉冲宽度（输入捕获）
- 产生输出波形（输出比较，PWM 和单脉冲模式）
- 对应与不同事件（捕获，比较，溢出，刹车，触发）的中断
- 与 PWMB 或者外部信号（外部时钟，复位信号，触发和使能信号）同步

PWMA 广泛的适用于各种控制应用中，包括那些需要中间对齐模式 PWM 的应用，该模 式支持互补输出和死区时间控制。

PWMA 的时钟源可以是内部时钟，也可以是外部的信号，可以通过配置寄存器来进行选择。

18.2 主要特性

PWMA 的特性包括：

- 16 位向上、向下、向上/下自动装载计数器
- 允许在指定数目的计数器周期之后更新定时器寄存器的重复计数器
- 16 位可编程（可以实时修改）预分频器，计数器时钟频率的分频系数为 1～65535 之间的任意数值
- 同步电路，用于使用外部信号控制定时器以及定时器互联
- 多达 4 个独立通道可以配置成：
  - 输入捕获
  - 输出比较
  - PWM 输出（边缘或中间对齐模式）
  - 六步 PWM 输出
  - 单脉冲模式输出
  - 支持 4 个死区时间可编程的通道上互补输出
- 刹车输入信号（PWMFLT）可以将定时器输出信号置于复位状态或者一个确定状态
- 外部触发输入引脚（PWMETI）
- 产生中断的事件包括：

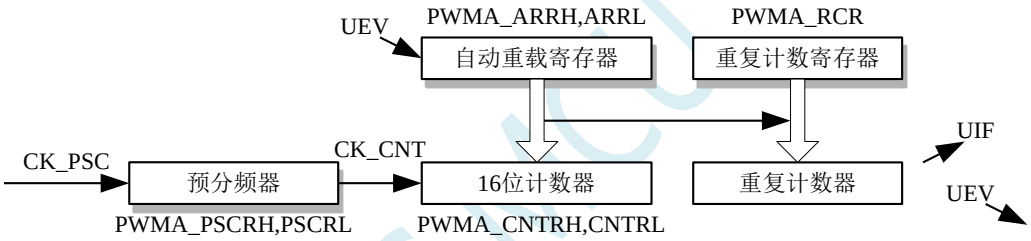
- 更新：计数器向上溢出/向下溢出，计数器初始化（通过软件或者内部/外部触发）
- 触发事件（计数器启动、停止、初始化或者由内部/外部触发计数）
- 输入捕获
- 输出比较
- 刹车信号输入

18.3 时基单元

PWMA 的时基单元包含：

- 16 位向上/向下计数器
- 16 位自动重载寄存器
- 重复计数器
- 预分频器

PWMA 时基单元



16 位计数器、预分频器、自动重载寄存器和重复计数器寄存器都可以通过软件进行读写操作。

自动重载寄存器由预装载寄存器和影子寄存器组成。

可在在两种模式下写自动重载寄存器：

- 自动预装载已使能（PWMA_CR1 寄存器的 ARPE 位为 1）。

在此模式下，写入自动重载寄存器的数据将被保存在预装载寄存器中，并在下一个更新事件（UEV）时传送到影子寄存器。

- 自动预装载已禁止（PWMA_CR1 寄存器的 ARPE 位为 0）。

在此模式下，写入自动重载寄存器的数据将立即写入影子寄存器。

更新事件的产生条件：

- 计数器向上或向下溢出。
- 软件置位了 PWMA_EGR 寄存器的 UG 位。
- 时钟/触发控制器产生了触发事件。

在预装载使能时（ARPE=1），如果发生了更新事件，预装载寄存器中的数值（PWMA_ARR）将写入影子寄存器中，并且 PWMA_PSCR 寄存器中的值将写入预分频器中。

置位 PWMA_CR1 寄存器的 UDIS 位将禁止更新事件（UEV）。

预分频器的输出 CK_CNT 驱动计数器，而 CK_CNT 仅在 IM1_CR1 寄存器的计数器使能位（CEN）

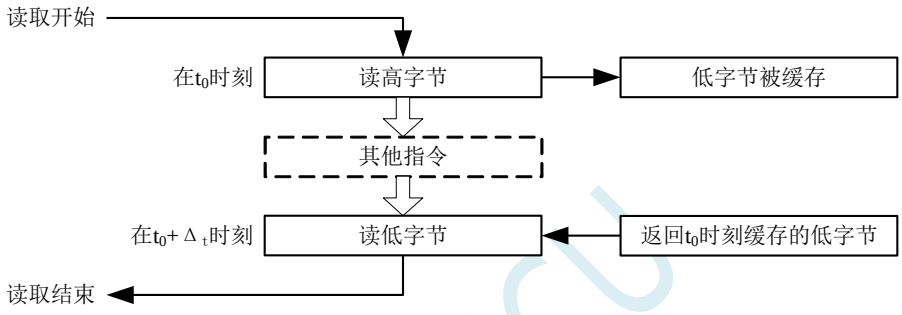
被置位时才有效。

注意：实际的计数器在 CEN 位使能的一个时钟周期后才开始计数。

18.3.1 读写 16 位计数器

写计数器的操作没有缓存，在任何时候都可以写 PWMA_CNTRH 和 PWMA_CNTRL 寄存器，因此为避免写入了错误的数值，一般建议不要在计数器运行时写入新的数值。

读计数器的操作带有 8 位的缓存。用户必须先读定时器的高字节，在用户读了高字节后，低字节将被自动缓存，缓存的数据将会一直保持直到 16 位数据的读操作完成。



18.3.2 16 位 PWMA_ARR 寄存器的写操作

预装载寄存器中的值将写入 16 位的 PWMA_ARR 寄存器中，此操作由两条指令完成，每条指令写 入 1 个字节。必须先写高字节，后写低字节。

影子寄存器在写入高字节时被锁定，并保持到低字节写完。

18.3.3 预分频器

预分频器的实现：

PWMA 的预分频器基于一个由 16 位寄存器（PWMA_PSCR）控制的 16 位计数器。由于这个控制寄存器带有缓冲器，因此它能够在运行时被改变。预分频器可以将计数器的时钟频率按 1 到 65536 之间的任意值分频。预分频器的值由预装载寄存器写入，保存了当前使用值的影子寄存器在低字节写入时被载入。由于需两次单独的写操作来写 16 位寄存器，因此必须保证高字节先写入。新的预分频器的值在下一次更新事件到来时被采用。对 PWMA_PSCR 寄存器的读操作通过预装载寄存器完成。

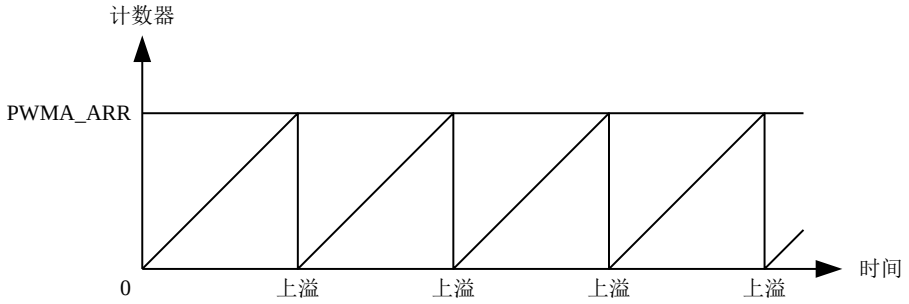
计数器的频率计算公式：$f_{CK\_CNT} = f_{CK\_PSC} / (PSCR[15:0] + 1)$

18.3.4 向上计数模式

在向上计数模式中，计数器从 0 计数到用户定义的比较值（PWMA_ARR 寄存器的值），然后重新

从 0 开始计数并产生一个计数器溢出事件，此时如果 PWMA_CR1 寄存器的 UDIS 位是 0，将会产生一个更新事件（UEV）。

向上计数模式的计数器



通过软件方式或者通过使用触发控制器置位 PWMA_EGR 寄存器的 UG 位同样也可以产生一个更新事件。

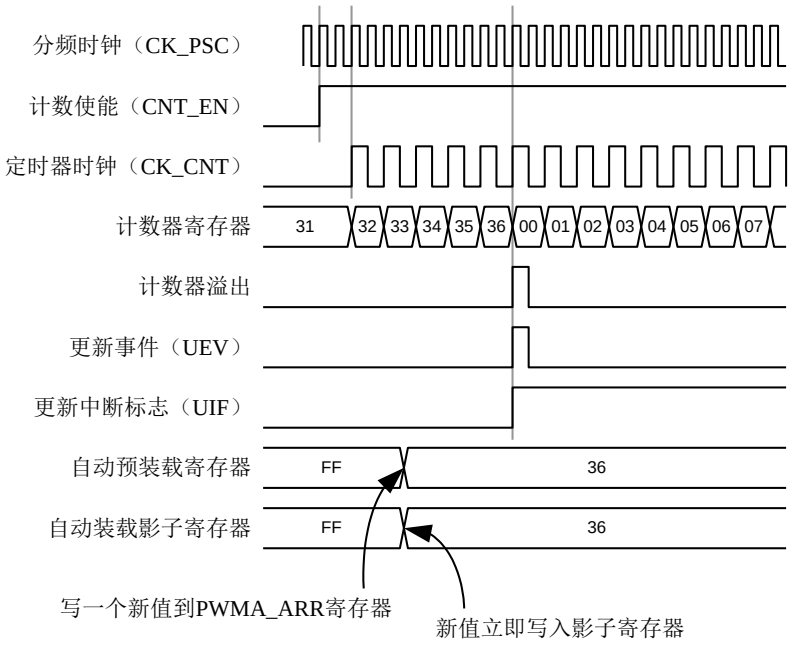
使用软件置位 PWMA_CR1 寄存器的 UDIS 位，可以禁止更新事件，这样可以避免在更新预装载寄存器时更新影子寄存器。在 UDIS 位被清除之前，将不产生更新事件。但是在应该产生更新事件时，计数器仍会被清 0，同时预分频器的计数也被清 0（但预分频器的数值不变）。此外，如果设置了 PWMA_CR1 寄存器中的 URS 位（选择更新请求），设置 UG 位将产生一个更新事件 UEV，但硬件不设置 UIF 标志（即不产生中断请求）。这是为了避免在捕获模式下清除计数器时，同时产生更新和捕获中断。

当发生一个更新事件时，所有的寄存器都被更新，硬件依据 URS 位同时设置更新标志位（PWMA_SR 寄存器的 UIF 位）：

- 自动装载影子寄存器被重新置入预装载寄存器的值（PWMA_ARR）。
- 预分频器的缓存器被置入预装载寄存器的值（PWMA_PSC 寄存器的内容）。

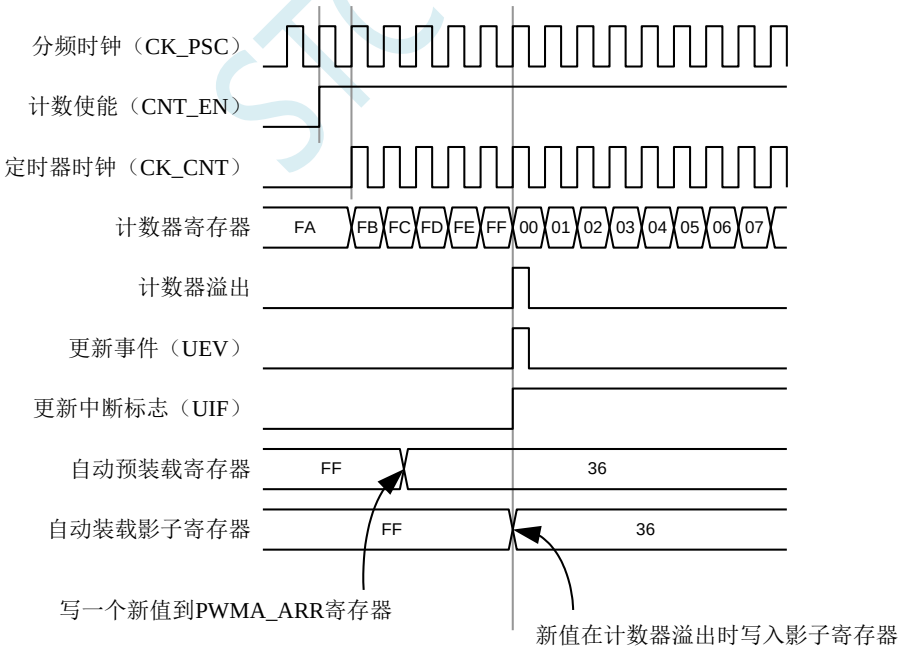
下图给出一些例子，说明当 PWMA_ARR=0x36 时，计数器在不同时钟频率下的动作。图中预分频为 2，因此计数器的时钟（CK_CNT）频率是预分频时钟（CK_PSC）频率的一半。图中禁止了自动装载功能（ARPE=0），所以在计数器达到 0x36 时，计数器溢出，影子寄存器立刻被更新，同时产生一个更新事件。

当 ARPE=0（ARR 不预装载），预分频为 2 时的计数器更新：



下图的预分频为 1，因此 CK_CNT 的频率与 CK_PSC 一致。图中使能了自动重载（ARPE=1），所以在计数器达到 0xFF 产生溢出。0x36 将在溢出时被写入，同时产生一个更新事件。

ARPE=1(PWMA_ARR 预装载) 预分频为 1 时的计数器更新：

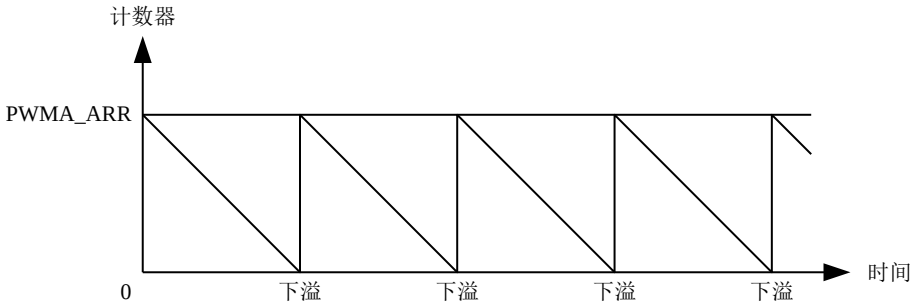


18.3.5 向下计数模式

在向下模式中，计数器从自动装载的值（PWMA_ARR 寄存器的值）开始向下计数到 0，然后再从

自动装载的值重新开始计数，并产生一个计数器向下溢出事件。如果 PWMA_CR1 寄存器的 UDIS 位被清除，还会产生一个更新事件（UEV）。

向下计数模式的计数器



通过软件方式或者通过使用触发控制器置位 PWMA_EGR 寄存器的 UG 位同样也可以产生一个更新事件。

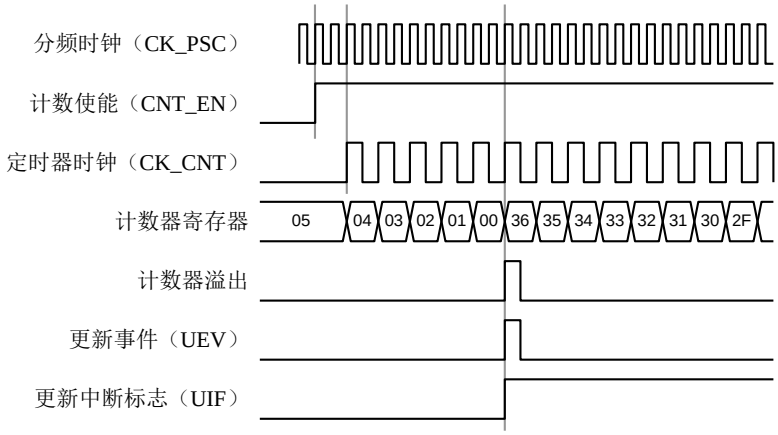
置位 PWMA_CR1 寄存器的 UDIS 位可以禁止 UEV 事件。这样可以避免在更新预装载寄存器时更新影子寄存器。因此 UDIS 位清除之前不会产生更新事件。然而，计数器仍会从当前自动加载值重新开始计数，并且预分频器的计数器重新从 0 开始（但预分频器不能被修改）。此外，如果设置了 PWMA_CR1 寄存器中的 URS 位（选择更新请求），设置 UG 位将产生一个更新事件 UEV 但不设置 UIF 标志（因此不产生中断），这是为了避免在发生捕获事件并清除计数器时，同时产生更新和捕获中断。

当发生更新事件时，所有的寄存器都被更新，硬件依据 URS 位同时设置更新标志位（PWMA_SR 寄存器的 UIF 位）：

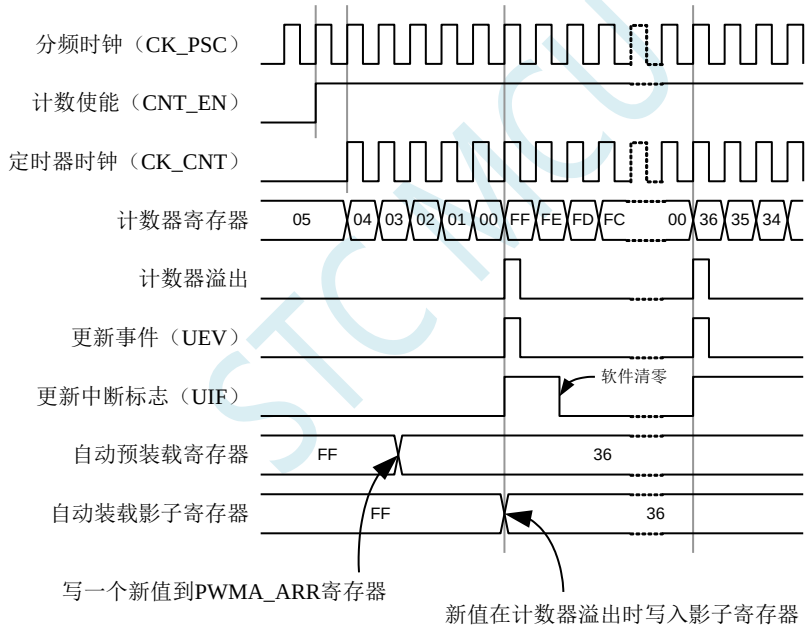
- 自动装载影子寄存器被重新置入预装载寄存器的值（PWMA_ARR）。
- 预分频器的缓存器被置入预装载寄存器的值（PWMA_PSC 寄存器的内容）。

以下是一些当 PWMA_ARR=0x36 时，计数器在不同时钟频率下的图表。下图描述了在向下计数模式下，预装载不使能时新的数值在下个周期时被写入。

ARPE=0（ARR 不预装载），预分频为 2 时的计数器更新：



ARPE=1（ARR 预装载），预分频为 1 时的计数器更新

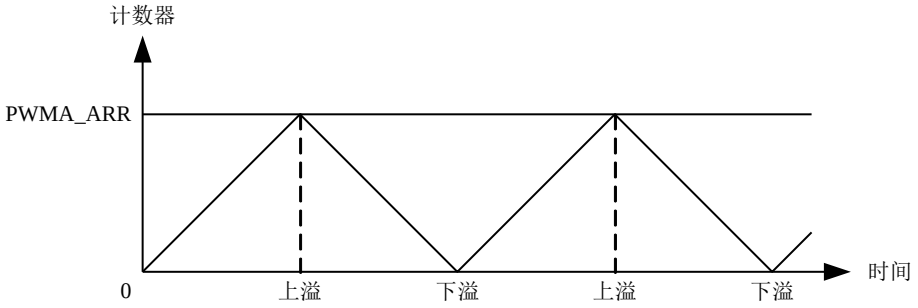


18.3.6 中间对齐模式（向上/向下计数）

在中央对齐模式，计数器从 0 开始计数到 PWMA_ARR 寄存器的值，产生一个计数器上溢事件，然后从 PWMA_ARR 寄存器的值向下计数到 0 并且产生一个计数器下溢事件；然后再从 0 开始重新计数。

在此模式下，不能写入 PWMA_CR1 中的 DIR 方向位。它由硬件更新并指示当前的计数方向。

中央对齐模式的计数器



如果定时器带有重复计数器，在重复了指定次数（PWMA_RCR 的值）的向上和向下溢出之后会产生更新事件（UEV）。否则每一次的向上向下溢出都会产生更新事件。

通过软件方式或者通过使用触发控制器置位 PWMA_EGR 寄存器的 UG 位同样也可以产生一个更新事件。此时，计数器重新从 0 开始计数，预分频器也重新从 0 开始计数。

设置 PWMA_CR1 寄存器中的 UDIS 位可以禁止 UEV 事件。这样可以避免在更新预装载寄存器时更新影子寄存器。因此 UDIS 位被清为 0 之前不会产生更新事件。然而，计数器仍会根据当前自动重加载的值，继续向上或向下计数。如果定时器带有重复计数器，由于重复寄存器没有双重的缓冲，新的重复数值将立刻生效，因此在修改时需要小心。此外，如果设置了 PWMA_CR1 寄存器中的 URS 位（选择更新请求），设置 UG 位将产生一个更新事件 UEV 但不设置 UIF 标志（因此不产生中断），这是为了避免在发生捕获事件并清除计数器时，同时产生更新和捕获中断。

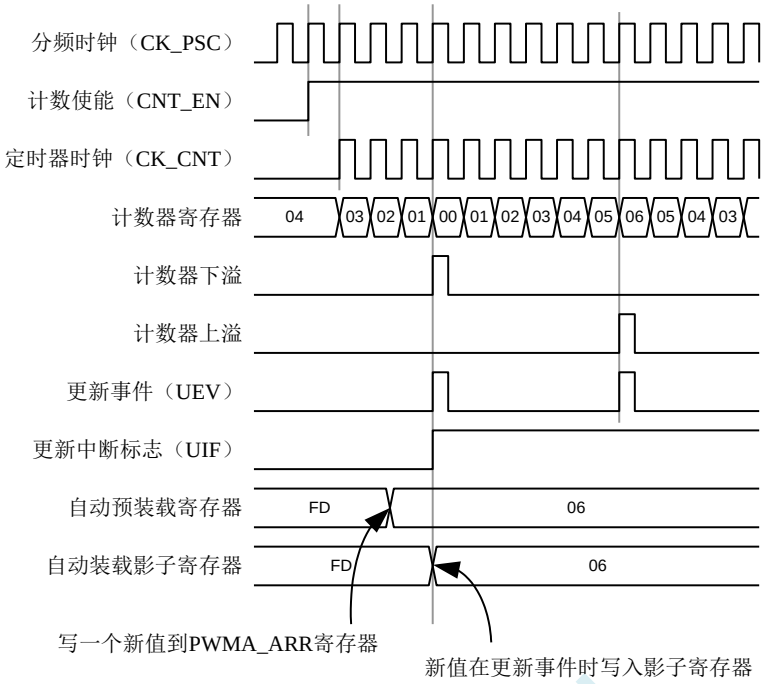
当发生更新事件时，所有的寄存器都被更新，硬件依据 URS 位更新标志位（PWMA_SR 寄存器中的 UIF 位）：

- 预分频器的缓存器被加载为预装载（PWMA_PSC 寄存器）的值。
- 当前的自动加载寄存器被更新为预装载值（PWMA_ARR 寄存器中的内容）。

要注意到如果因为计数器溢出而产生更新，自动重装载寄存器将在计数器重载入之前被更新，因此下一个周期才是预期的值（计数器被装载为新的值）。

以下是一些计数器在不同时钟频率下的操作的例子：

内部时钟分频因子为 1，PWMA_ARR=0x6，ARPE＝1



使用中央对齐模式的提示：

- 启动中央对齐模式时，计数器将按照原有的向上/向下的配置计数。也就是说 PWMA_CR1 寄存器中的 DIR 位将决定计数器是向上还是向下计数。此外，软件不能同时修改 DIR 位和 CMS 位的值。
- 不推荐在中央对齐模式下，计数器正在计数时写计数器的值，这将导致不能预料的后果。具体的说：
  - 向计数器写入了比自动装载值更大的数值时（PWMA_CNT>PWMA_ARR），但计数器的计数方向不发生改变。例如计数器已经向上溢出，但计数器仍然向上计数。
  - 向计数器写入了 0 或者 PWMA_ARR 的值，但更新事件不发生。
- 安全使用中央对齐模式的计数器的方法是在启动计数器之前先用软件（置位 PWMA_EGR 寄存器的 UG 位）产生一个更新事件，并且不在计数器计数时修改计数器的值。

18.3.7 重复计数器

时基单元解释了计数器向上/向下溢出时更新事件（UEV）是如何产生的，然而事实上它只能在重复计数器的值达到 0 的时候产生。这个特性对产生 PWM 信号非常有用。

这意味着在每 N 次计数上溢或下溢时，数据从预装载寄存器传输到影子寄存器（PWMA_ARR 自动重载入寄存器，PWMA_PSC 预装载寄存器，还有在比较模式下的捕获/比较寄存器 PWMA_CCRx），N 是 PWMA_RCR 重复计数寄存器中的值。

重复计数器在下述任一条件成立时递减：

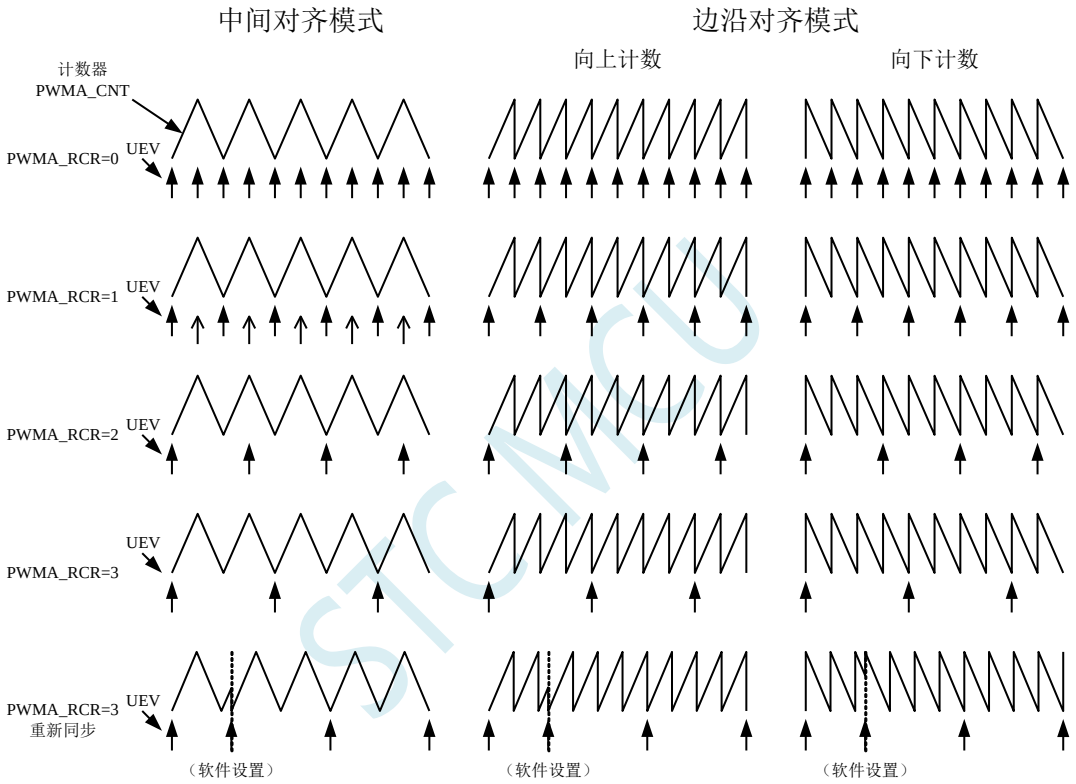
- 向上计数模式下每次计数器向上溢出时
- 向下计数模式下每次计数器向下溢出时

- 中央对齐模式下每次上溢和每次下溢时。

虽然这样限制了 PWM 的最大循环周期为 128，但它能够在每个 PWM 周期 2 次更新占空比。在中央对齐模式下，因为波形是对称的，如果每个 PWM 周期中仅刷新一次比较寄存器，则最大的分辨率为 2*tCK_PSC。

重复计数器是自动加载的，重复速率由 PWMA_RCR 寄存器的值定义。当更新事件由软件产生（通过设置 PWMA_EGR 中的 UG 位）或者通过硬件的时钟/触发控制器产生，则无论重复计数器的值是多少，立即发生更新事件，并且 PWMA_RCR 寄存器中的内容被重载入到重复计数器。

不同模式下更新速率的例子，及 PWMA_RCR 的寄存器设置



18.4 时钟/触发控制器

时钟/触发控制器允许用户选择计数器的时钟源，输入触发信号和输出信号，

18.4.1 预分频时钟（CK_PSC）

时基单元的预分频时钟（CK_PSC）可以由以下源提供：

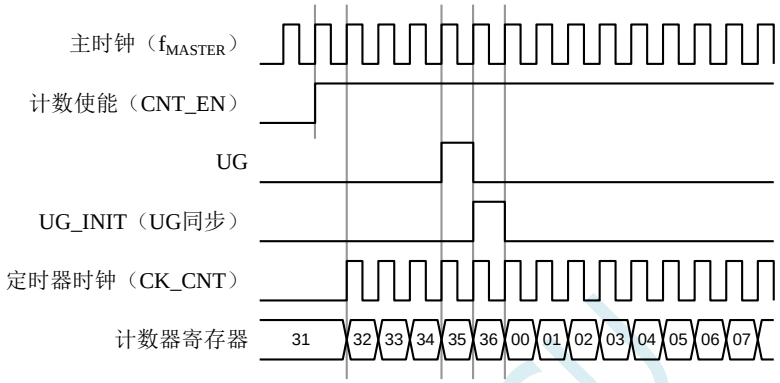
- 内部时钟（fMASTER）
- 外部时钟模式 1：外部时钟输入（TIx）
- 外部时钟模式 2：外部触发输入 ETR
- 内部触发输入（ITRx）：使用一个定时器做为另一个定时器的预分频时钟。

18.4.2 内部时钟源（fMASTER）

如果同时禁止了时钟/触发模式控制器和外部触发输入（PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=000，PWMA_ETR 寄存器的 ECE＝0），则 CEN、DIR 和 UG 位是实际上的控制位，并且只能被软件修改（UG 位仍被自动清除）。一旦 CEN 位被写成 1，预分频器的时钟就由内部时钟提供。

下图描述了控制电路和向上计数器在普通模式下，不带预分频器时的操作。

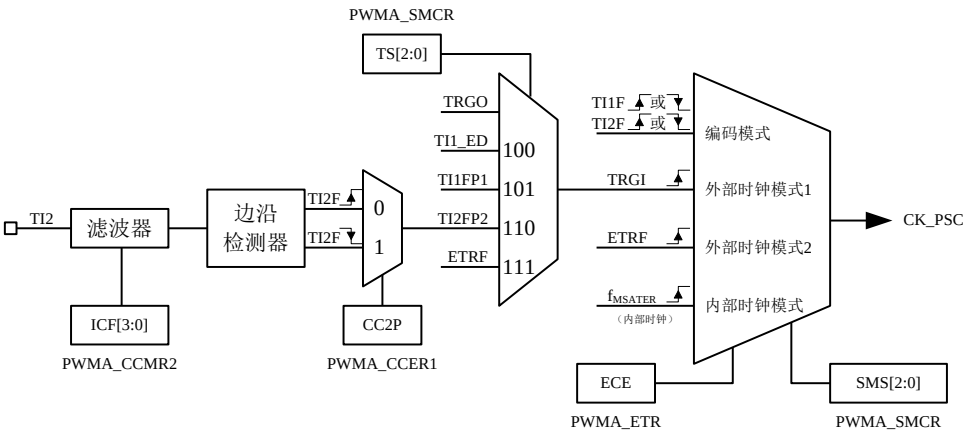
普通模式下的控制电路，f_{MASTER} 分频因子为 1



18.4.3 外部时钟源模式 1

当 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=111 时，此模式被选中。计数器可以在选定输入端的每个上升沿或下降沿计数。

TI2 外部时钟连接例子



例如，要配置向上计数器在 TI2 输入端的上升沿计数，使用下列步骤：

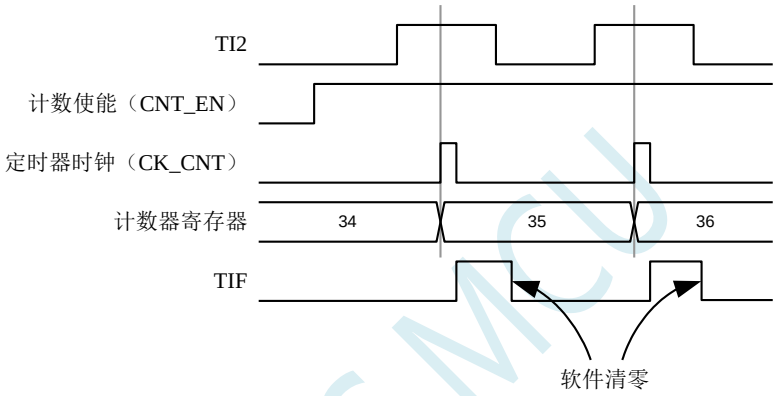
1. 配置 PWMA_CCMR2 寄存器的 CC2S=01，使用通道 2 检测 TI2 输入的上升沿

2. 配置 PWMA_CCMR2 寄存器的 IC2F[3:0]位，选择输入滤波器带宽（如果不需要滤波器，保持 IC2F=0000）注：捕获预分频器不用作触发，所以不需要对它进行配置，同样也不需要配置 TI2S 位，他们仅用来选择输入捕获源。
3. 配置 PWMA_CCER1 寄存器的 CC2P=0，选定上升沿极性
4. 配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=111，配置计数器使用外部时钟模式 1
5. 配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=110，选定 TI2 作为输入源
6. 设置 PWMA_CR1 寄存器的 CEN=1，启动计数器

当上升沿出现在 TI2，计数器计数一次，且触发标识位（PWMA_SR1 寄存器的 TIF 位）被置 1，如果使能了中断（在 PWMA_IER 寄存器中配置）则会产生中断请求。

在 TI2 的上升沿和计数器实际时钟之间的延时取决于在 TI2 输入端的重新同步电路。

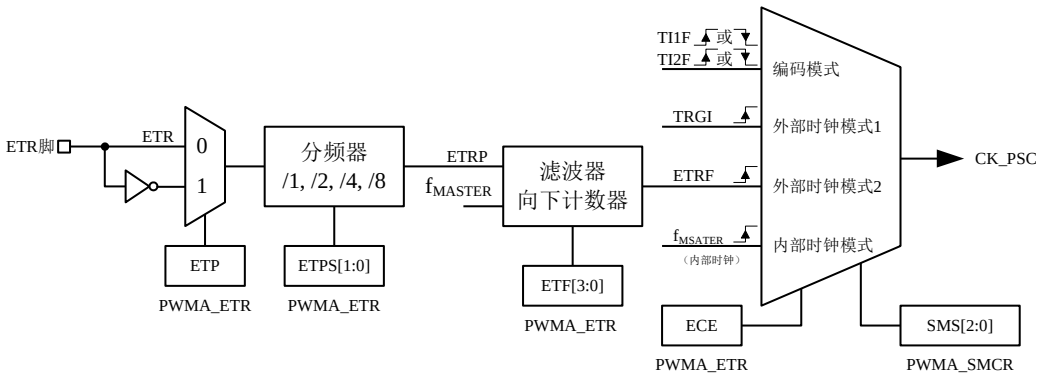
外部时钟模式 1 下的控制电路



18.4.4 外部时钟源模式 2

计数器能够在外部触发输入 ETR 信号的每一个上升沿或下降沿计数。将 PWMA_ETR 寄存器的 ECE 位写 1，即可选定此模式。

外部触发输入的总体框图：

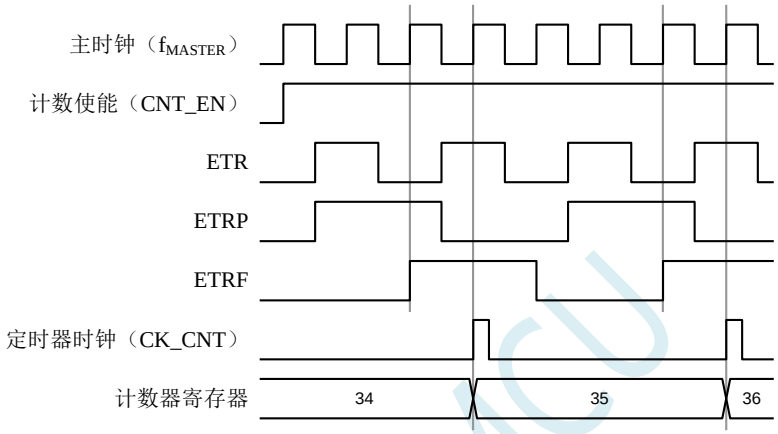


例如，要配置计数器在 ETR 信号的每 2 个上升沿时向上计数一次，需使用下列步骤：

1. 本例中不需要滤波器，配置 PWMA_ETR 寄存器的 ETF[3:0]=0000
2. 设置预分频器，配置 PWMA_ETR 寄存器的 ETPS[1:0]=01
3. 选择 ETR 的上升沿检测，配置 PWMA_ETR 寄存器的 ETP=0
4. 开启外部时钟模式 2，配置 PWMA_ETR 寄存器中的 ECE=1
5. 启动计数器，写 PWMA_CR1 寄存器的 CEN=1

计数器在每 2 个 ETR 上升沿计数一次。

外部时钟模式 2 下的控制电路



18.4.5 触发同步

PWMA 的计数器使用三种模式与外部的触发信号同步：

- 标准触发模式
- 复位触发模式
- 门控触发模式

标准触发模式

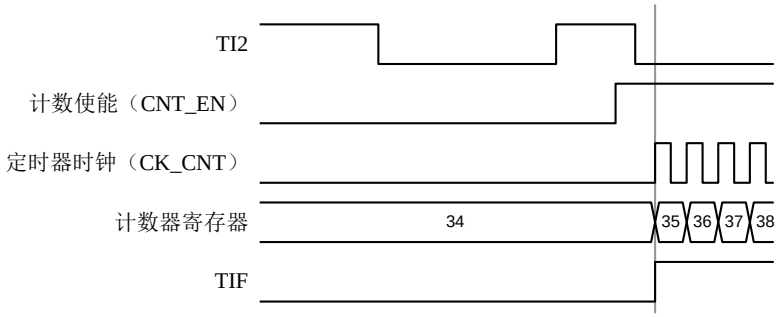
计数器的使能（CEN）依赖于选中的输入端上的事件。

在下面的例子中，计数器在 TI2 输入的上升沿开始向上计数：

1. 配置 PWMA_CCER1 寄存器的 CC2P＝0，选择 TI2 的上升沿做为触发条件。
2. 配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=110，选择计数器为触发模式。配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=110，选择 TI2 作为输入源。

当 TI2 出现一个上升沿时，计数器开始在内部时钟驱动下计数，同时置位 TIF 标志。TI2 上升沿和计数器启动计数之间的延时取决于 TI2 输入端的重同步电路。

标准触发模式的控制电路



复位触发模式

在发生一个触发输入事件时，计数器和它的预分频器能够重新被初始化。同时，如果 PWMA_CR1 寄存器的 URS 位为低，还产生一个更新事件 UEV，然后所有的预装载寄存器（PWMA_ARR，PWMA_CCRx）都会被更新。

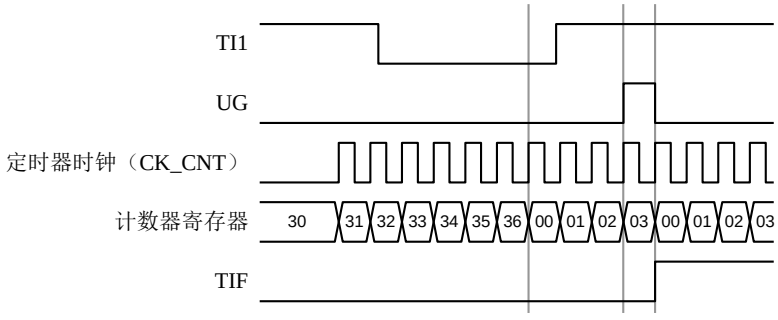
在以下的例子中，TI1 输入端的上升沿导致向上计数器被清零：

1. 配置 PWMA_CCER1 寄存器的 CC1P=0 来选择 TI1 的极性（只检测 TI1 的上升沿）。
2. 配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=100，选择定时器为复位触发模式。配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=101，选择 TI1 作为输入源。
3. 配置 PWMA_CR1 寄存器的 CEN=1，启动计数器。

计数器开始依据内部时钟计数，然后正常计数直到 TI1 出现一个上升沿。此时，计数器被清零然后从 0 重新开始计数。同时，触发标志（PWMA_SR1 寄存器的 TIF 位）被置位，如果使能了中断（PWMA_IER 寄存器的 TIE 位），则产生一个中断请求。

下图显示当自动重装载寄存器 PWMA_ARR=0x36 时的动作。在 TI1 上升沿和计数器的实际复位之间的延时取决于 TI1 输入端的重同步电路。

复位触发模式下的控制电路



门控触发模式

计数器由选中的输入端信号的电平使能。

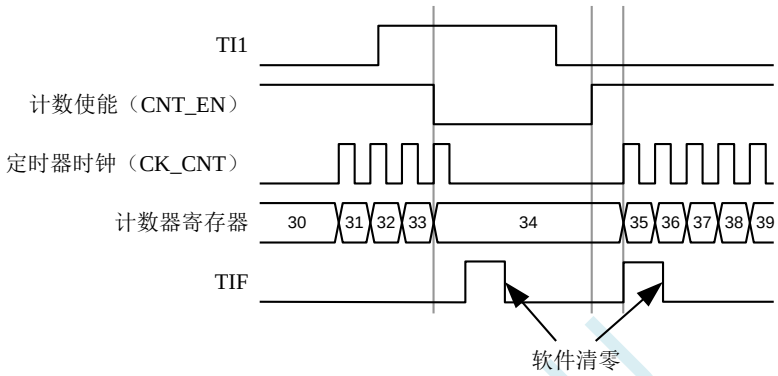
在如下的例子中，计数器只在 TI1 为低时向上计数：

1. 配置 PWMA_CCER1 寄存器的 CC1P=1 来确定 TI1 的极性（只检测 TI1 上的低电平）。

2. 配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=101，选择定时器为门控触发模式，配置 PWMA_SMCR 寄存器中 TS=101，选择 TI1 作为输入源。
3. 配置 PWMA_CR1 寄存器的 CEN=1，启动计数器（在门控模式下，如果 CEN=0，则计数器不能启动，不论触发输入电平如何）。

只要 TI1 为低，计数器开始依据内部时钟计数，一旦 TI1 变高则停止计数。当计数器开始或停止时 TIF 标志位都会被置位。TI1 上升沿和计数器实际停止之间的延时取决于 TI1 输入端的重同步电路。

门控触发模式下的控制电路



外部时钟模式 2 联合触发模式

外部时钟模式 2 可以与另一个输入信号的触发模式一起使用。例如，ETR 信号被用作外部时钟的输入，另一个输入信号可用作触发输入（支持标准触发模式，复位触发模式和门控触发模式）。注意不能通过 PWMA_SMCR 寄存器的 TS 位把 ETR 配置成 TRGI。

在下面的例子中，一旦在 TI1 上出现一个上升沿，计数器即在 ETR 的每一个上升沿向上计数一次：

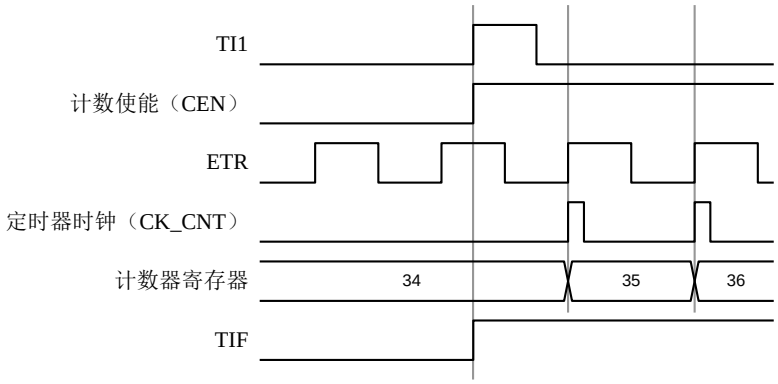
1. 通过 PWMA_ETR 寄存器配置外部触发输入电路。配置 ETPS=00 禁止预分频，配置 ETP=0 监测 ETR 信号的上升沿，配置 ECE=1 使能外部时钟模式 2。
2. 配置 PWMA_CCER1 寄存器的 CC1P=0 来选择 TI1 的上升沿触发。
3. 配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=110 来选择定时器为触发模式。配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=101 来选择 TI1 作为输入源。

当 TI1 上出现一个上升沿时，TIF 标志被设置，计数器开始在 ETR 的上升沿计数。

TI1 信号的上升沿和计数器实际时钟之间的延时取决于 TI1 输入端的重同步电路。

ETR 信号的上升沿和计数器实际时钟之间的延时取决于 ETRP 输入端的重同步电路。

外部时钟模式 2+触发模式下的控制电路



18.4.6 与 PWMB 同步

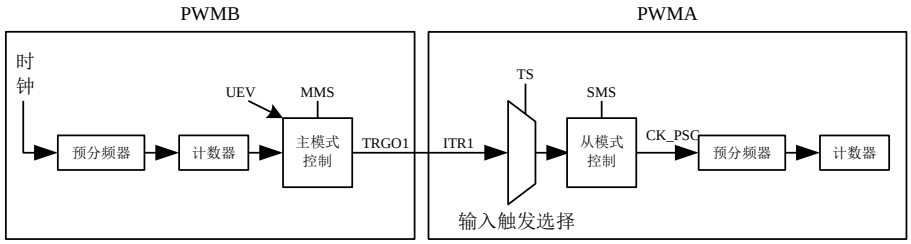
在芯片中，定时器在内部互相联结，用于定时器的同步或链接。当某个定时器配置成主模式时，可以输出触发信号（TRGO）到那些配置为从模式的定时器来完成复位操作、启动操作、停止操作或者作为那些定时器的驱动时钟。

使用 PWMB 的 TRGO 作为 PWMA 的预分频时钟

例如，用户可以配置 PWMB 作为 PWMA 的预分频时钟，需进行如下配置：

1. 配置 PWMB 为主模式，使得在每个更新事件（UEV）时输出周期性的触发信号。配置 PWMB_CR2 寄存器的 MMS=010，使每个更新事件时 TRGO 能输出一个上升沿。
2. PWMB 输出的 TRGO 信号链接到 PWMA。PWMA 需要配置成触发从模式，使用 ITR2 作为输入触发信号。以上操作可以通过配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=010 实现。
3. 配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=111 将时钟/触发控制器设置为外部时钟模式 1。此操作将使 PWMB 输出的周期性触发信号 TRGO 的上升沿驱动 PWMA 的时钟。
4. 最后，置位 PWMB 的 CEN 位（PWMB_CR1 寄存器中），使能两个 PWM。

主/触发从模式的定时器例子



使用 PWMB 使能 PWMA

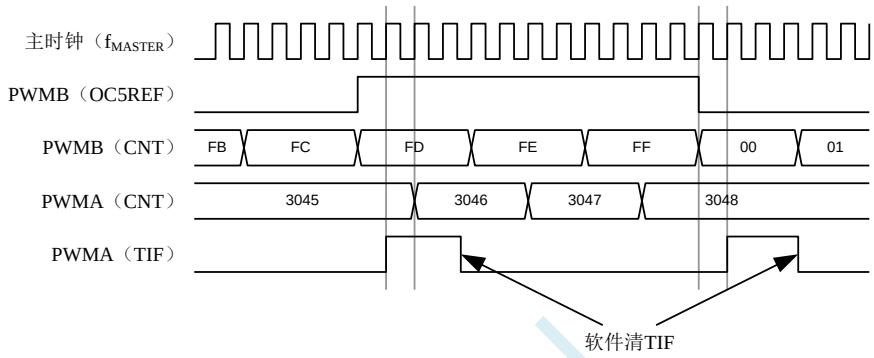
在本例中，我们用 PWMB 的比较输出使能 PWMA。PWMA 仅在 PWMB 的 OC1REF 信号为高时按照自己的驱动时钟计数。两个 PWM 都使用 4 分频的 f_{MASTER} 为时钟（$f_{CK\_CNT} = f_{MASTER}/4$）。

1. 配置 PWMB 为主模式，将比较输出信号（OC5REF）作为触发信号输出。（配置 PWMB_CR2 寄存器的 MMS=100）。

2. 配置 PWMB 的 OC5REF 信号的波形（PWMB_CCMR1 寄存器）。
3. 配置 PWMA 把 PWMB 的输出作为自己的触发输入信号（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=010）。
4. 配置 PWMA 为门控触发模式（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=101）。
5. 置位 CEN 位（PWMA_CR1 寄存器），使能 PWMA。
6. 置位 CEN 位（PWMB_CR1 寄存器），使能 PWMB。

注意：两个 PWM 的时钟并不同步，但仅影响 PWMA 的使能信号。

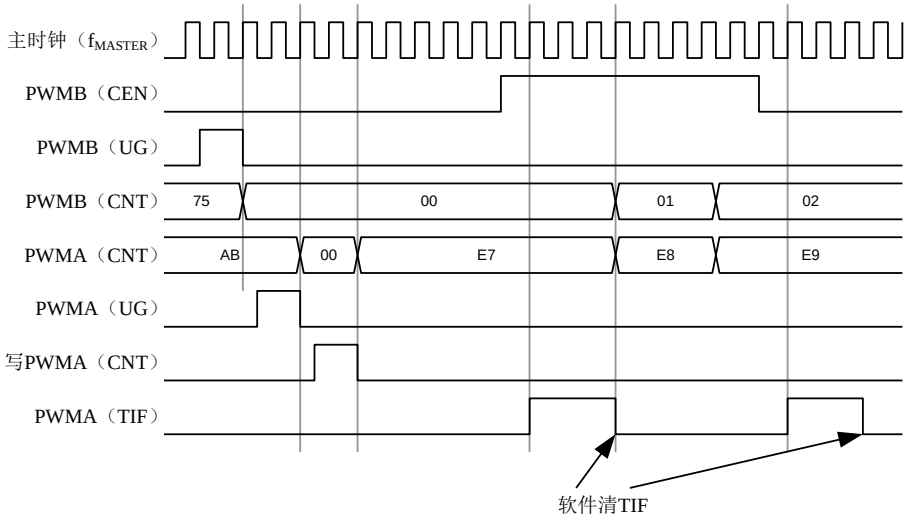
PWMB 的输出门控触发 PWMA



上图中，PWMA 的计数器和预分频器都没有在启动前初始化，所以都是从现有值开始计数的。如果在启动 PWMB 之前复位两个定时器，用户就可以写入期望的数值到 PWMA 的计数器，使之从指定值开始计数。对 PWMA 的复位操作可以通过软件写 PWMA_EGR 寄存器的 UG 位实现。

在下面这个例子中，我们使 PWMB 和 PWMA 同步。PWMB 为主模式并从 0 启动计数。PWMA 为触发从模式，并从 0xE7 启动计数。两个 PWM 采用相同的分频系数。当清除 PWMB_CR1 寄存器的 CEN 位时，PWMB 被禁止，同时 PWMA 停止计数。

1. 配置 PWMB 为主模式，将比较输出信号（OC5REF）作为触发信号输出。（配置 PWMB_CR2 寄存器的 MMS=100）。
2. 配置 PWMB 的 OC5REF 信号的波形（PWMB_CCMR1 寄存器）。
3. 配置 PWMA 把 PWMB 的输出作为自己的触发输入信号（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=010）。
4. 配置 PWMA 为门控触发模式（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=101）。
5. 通过对 UG 位（PWMB_EGR 寄存器）写 1，复位 PWMB。
6. 通过对 UG 位（PWMA_EGR 寄存器）写 1，复位 PWMA。
7. 将 0xE7 写入 PWMA 的计数器中（PWMA_CNTRL），初始化 PWMA。
8. 通过对 CEN 位（PWMA_CR1 寄存器）写 1，使能 PWMA。
9. 通过对 CEN 位（PWMB_CR1 寄存器）写 1，启动 PWMB。
10. 通过对 CEN 位（PWMB_CR1 寄存器）写 0，停止 PWMB。



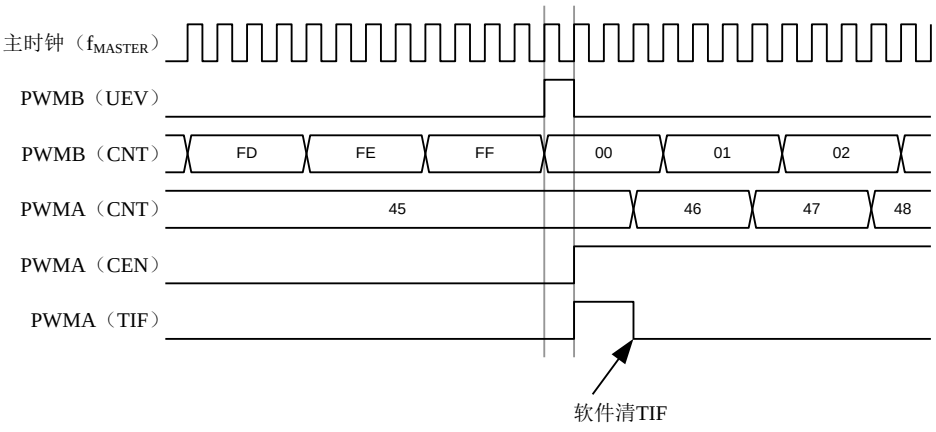
使用 PWMB 启动 PWMA

在本例中，我们用 PWMB 的更新事件来启动 PWMA。

PWMA 在 PWMB 发生更新事件时按照 PWMA 自己的驱动时钟从它的现有值开始计数（可以是非 0 值）。PWMA 在收到触发信号后自动使能 CEN 位，并开始计数，一直持续到用户向 PWMA_CR1 寄存器的 CEN 位写 0。两个 PWM 都使用 4 分频的 f_{MASTER} 作为驱动时钟（$f_{CK\_CNT} = f_{MASTER}/4$）。

1. 配置 PWMB 为主模式，输出更新信号（UEV）。（配置 PWMB_CR2 寄存器的 MMS=010）。
2. 配置 PWMB 的周期（PWMB_ARR 寄存器）。
3. 配置 PWMA 用 PWMB 的输出作为输入的触发信号（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=010）。
4. 配置 PWMA 为触发模式（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=110）。
5. 置位 CEN 位（PWMB_CR1 寄存器）启动 PWMB。

PWMB 的更新事件（PWMB-UEV）触发 PWMA



如同前面的例子，用户也可以在启动计数器前对它们初始化。

用外部信号同步的触发两个 PWM

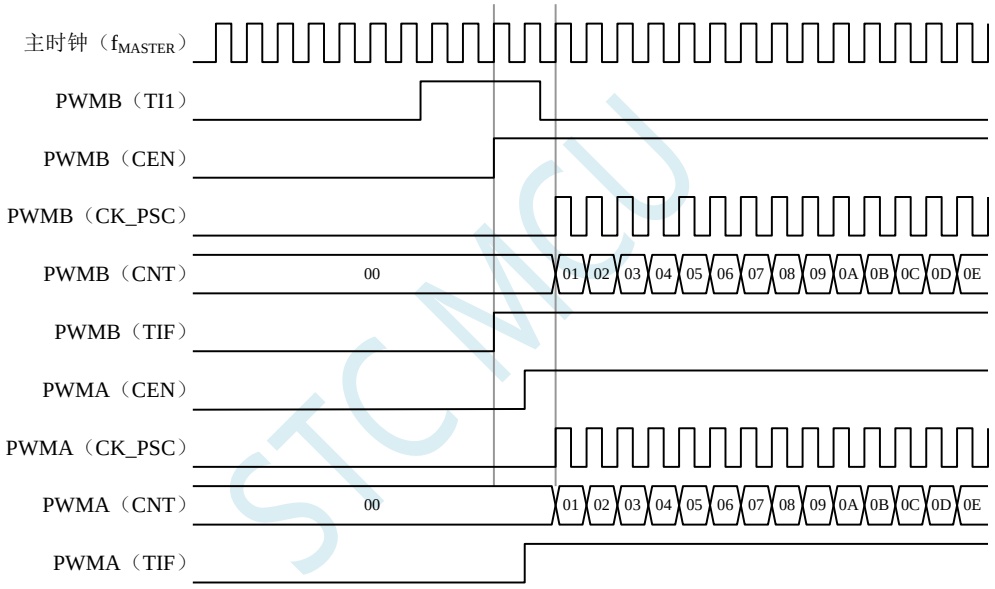
在本例中，使用 TI1 的上升沿使能 PWMB，并同时使能 PWMA。为了保持定时器的对齐，PWMB 需要配置成主/从模式（对于 TI1 信号为从模式，对于 PWMA 为主模式）。

1. 配置 PWMB 为主模式，以输出使能信号作为 PWMA 的触发（配置 PWMB_CR2 寄存器的 MMS=001）。
2. 配置 PWMB 为从模式，把 TI1 信号作为输入的触发信号（配置 PWMB_SMCR 寄存器的 TS=100）。
3. 配置 PWMB 的触发模式（配置 PWMB_SMCR 寄存器的 SMS=110）。
4. 配置 PWMB 为主/从模式（配置 PWMB_SMCR 寄存器的 MSM=1）。
5. 配置 PWMA 以 PWMB 的输出为输入触发信号（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=010）。
6. 配置 PWMA 的触发模式（配置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=110）。

当 TI1 上出现上升沿时，两个定时器同步的开始计数，并且 TIF 位都被置起。

注意：在本例中，两个定时器在启动前都进行了初始化（设置 UG 位），所以它们都从 0 开始计数，但是用户也可以通过修改计数器寄存器（PWMA_CNT）来插入一个偏移量，这样的话，在 PWMB 的 CK_PSC 信号和 CNT_EN 信号间会插入延时。

PWMB 的 TI1 信号触发 PWMB 和 PWMA

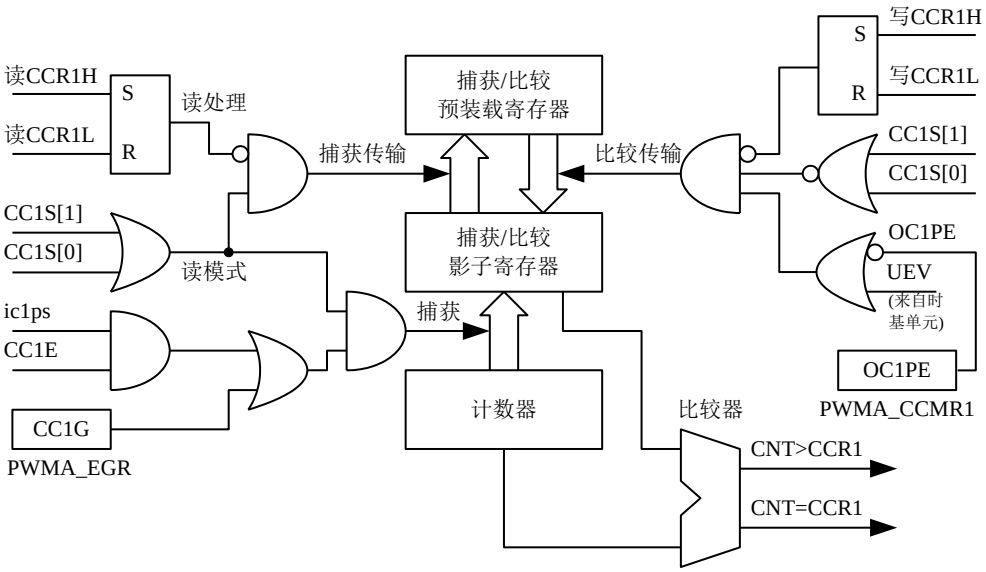


18.5 捕获/比较通道

PWM1P、PWM2P、PWM3P、PWM4P 可以用作输入捕获，PWM1P/PWM1N、PWM2P/PWM2N、PWM3P/PWM3N、PWM4P/PWM4N 可以输出比较，这个功能可以通过配置捕获/比较通道模式寄存器（PWMA_CCMRi）的 CCiS 通道选择位来实现，此处的 i 代表 1~4 的通道数。

每一个捕获/比较通道都是围绕着一个捕获/比较寄存器（包含影子寄存器）来构建的，包括捕获的输入部分（数字滤波、多路复用和预分频器）和输出部分（比较器和输出控制）。

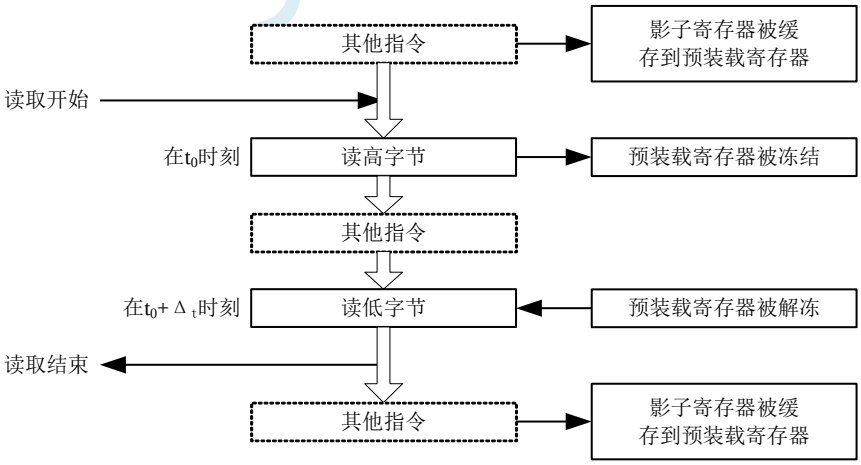
捕获/比较通道 1 的主要电路（其他通道与此类似）



捕获/比较模块由一个预装载寄存器和一个影子寄存器组成。读写过程仅操作预装载寄存器。在捕获模式下，捕获发生在影子寄存器上，然后再复制到预装载寄存器中。在比较模式下，预装载寄存器的内容被复制到影子寄存器中，然后影子寄存器的内容和计数器进行比较。

当通道被配置成输出模式时（PWMA_CCMRi 寄存器的 CCiS=0），可以随时访问 PWMA_CCRi 寄存器。

当通道被配置成输入模式时，对 PWMA_CCRi 寄存器的读操作类似于计数器的读操作。当捕获发生时，计数器的内容被捕获到 PWMA_CCRi 影子寄存器，随后再复制到预装载寄存器中。在读操作进行中，预装载寄存器是被冻结的。



上图描述了 16 位的 CCRi 寄存器的读操作流程，被缓存的数据将保持不变直到读流程结束。

在整个读流程结束后，如果仅仅读了 PWMA_CCRiL 寄存器，返回计数器数值的低位（LS）。

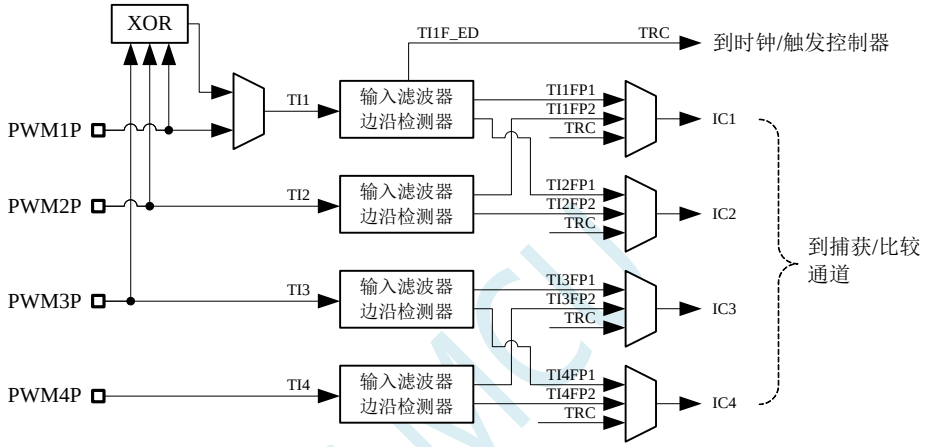
如果在读了低位（LS）数据以后再读高位（MS）数据，将不再返回同样的低位数据。

18.5.1 16 位 PWMA_CCRi 寄存器的写流程

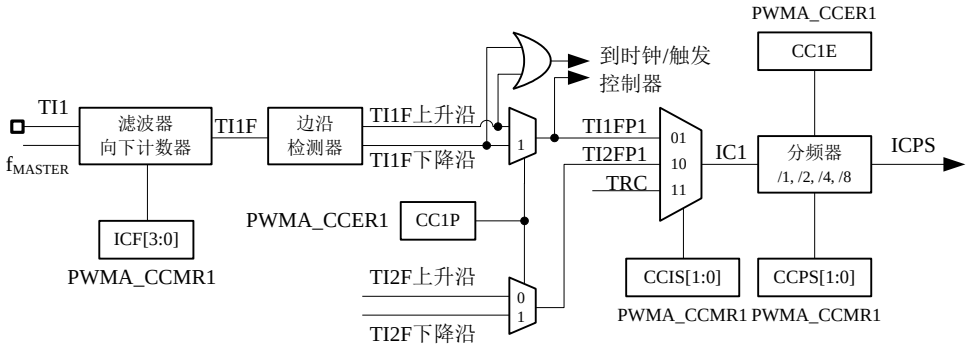
16 位 PWMA_CCRi 寄存器的写操作通过预装载寄存器完成。必需使用两条指令来完成整个流程，一条指令对应一个字节。必需先写高位字节（MS）。在写高位字节（MS）时，影子寄存器的更新被禁止直到低位字节（LS）的写操作完成。

18.5.2 输入模块

输入模块的框图



如图，输入部分对相应的 TIx 输入信号采样，并产生一个滤波后的信号 TIxF。然后，一个带极性选择的边缘监测器产生一个信号（TIxFPx），它可以作为触发模式控制器的输入触发或者作为捕获控制。该信号通过预分频后进入捕获寄存器（ICxPS）。



18.5.3 输入捕获模式

在输入捕获模式下，当检测到 ICi 信号上相应的边沿后，计数器的当前值被锁存到捕获/比较寄存器

（PWMA_CCRx）中。当发生捕获事件时，相应的 CCiIF 标志（PWMA_SR 寄存器）被置 1。

如果 PWMA_IER 寄存器的 CCiIE 位被置位，也就是使能了中断，则将产生中断请求。如果发生捕获事件时 CCiIF 标志已经为高，那么重复捕获标志 CCiOF（PWMA_SR2 寄存器）被置 1。写 CCiIF=0 或读取存储在 PWMA_CCRiL 寄存器中的捕获数据都可清除 CCiIF。写 CCiOF=0 可清除 CCiOF。

PWM 输入信号上升沿时捕获

以下例子说明如何在 TI1 输入的上升沿时捕获计数器的值到 PWMA_CCR1 寄存器中，步骤如下：

1. 选择有效输入端：例如 PWMA_CCR1 连接到 TI1 输入，所以写入 PWMA_CCR1 寄存器中的 CC1S=01，此时通道被配置为输入，并且 PWMA_CCR1 寄存器变为只读。
2. 根据输入信号 TIi 的特点，可通过配置 PWMA_CCMRi 寄存器中的 ICiF 位来设置相应的输入滤波器的滤波时间。假设输入信号在最多 5 个时钟周期的时间内抖动，我们须配置滤波器的带宽长于 5 个时钟周期；因此我们可以连续采样 8 次，以确认在 TI1 上一次真实的边沿变换，即在 TIMi_CCMR1 寄存器中写入 IC1F=0011，此时，只有连续采样到 8 个相同的 TI1 信号，信号才为有效（采样频率为 f_{MASTER}）。
3. 选择 TI1 通道的有效转换边沿，在 PWMA_CCER1 寄存器中写入 CC1P=0（上升沿）。
4. 配置输入预分频器。在本例中，我们希望捕获发生在每一个有效的电平转换时刻，因此预分频器被禁止（写 PWMA_CCMR1 寄存器的 IC1PS=00）。
5. 设置 PWMA_CCER1 寄存器的 CC1E=1，允许捕获计数器的值到捕获寄存器中。
6. 如果需要，通过设置 PWMA_IER 寄存器中的 CC1IE 位允许相关中断请求。

当发生一个输入捕获时：

- 当产生有效的电平转换时，计数器的值被传送到 PWMA_CCR1 寄存器。
- CC1IF 标志被设置。当发生至少 2 个连续的捕获时，而 CC1IF 未曾被清除时，CC1OF 也被置 1。
- 如设置了 CC1IE 位，则会产生一个中断。

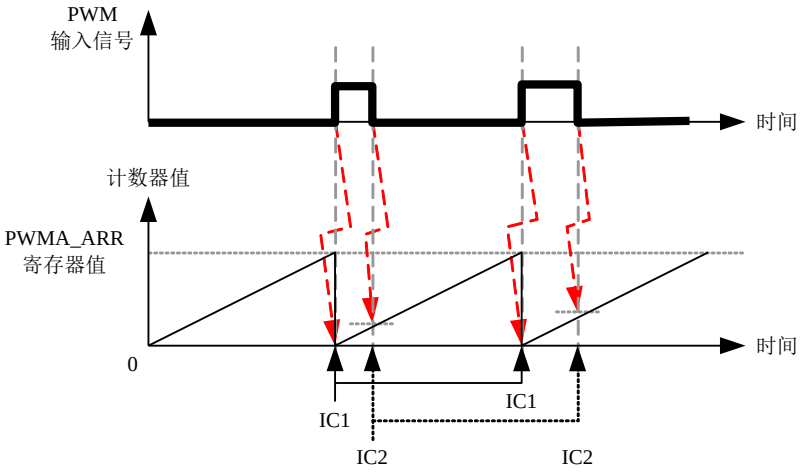
为了处理捕获溢出事件（CC1OF 位），建议在读出重复捕获标志之前读取数据，这是为了避免丢失在读出捕获溢出标志之后和读取数据之前可能产生的重复捕获信息。

注意：设置 PWMA_EGR 寄存器中相应的 CCiG 位，可以通过软件产生输入捕获中断。

PWM 输入信号测量

该模式是输入捕获模式的一个特例，除下列区别外，操作与输入捕获模式相同：

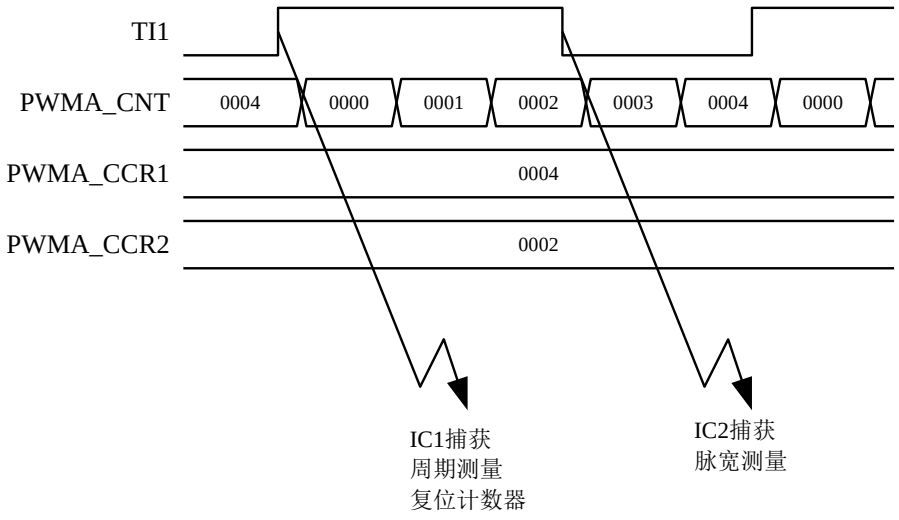
- 两个 ICi 信号被映射至同一个 TIi 输入。
- 这两个 ICi 信号的有效边沿的极性相反。
- 其中一个 TIiFP 信号被作为触发输入信号，而触发模式控制器被配置成复位触发模式。



例如，你可以用以下方式测量 TI1 上输入的 PWM 信号的周期（PWMA_CCR1 寄存器）和占空比（PWMA_CCR2 寄存器）。（具体取决于 f_{MASTER} 的频率和预分频器的值）

1. 选择 PWMA_CCR1 的有效输入：置 PWMA_CCMR1 寄存器的 CC1S=01（选中 TI1）。
2. 选择 TI1FP1 的有效极性（用来捕获数据到 PWMA_CCR1 中和清除计数器）：置 CC1P=0（上升沿有效）。
3. 选择 PWMA_CCR2 的有效输入：置 PWMA_CCMR2 寄存器的 CC2S=10（选中 TI1FP2）。
4. 选择 TI1FP2 的有效极性（捕获数据到 PWMA_CCR2）：置 CC2P=1（下降沿有效）。
5. 选择有效的触发输入信号：置 PWMA_SMCR 寄存器中的 TS=101（选择 TI1FP1）。
6. 配置触发模式控制器为复位触发模式：置 PWMA_SMCR 中的 SMS=100。
7. 使能捕获：置 PWMA_CCER1 寄存器中 CC1E=1，CC2E=1。

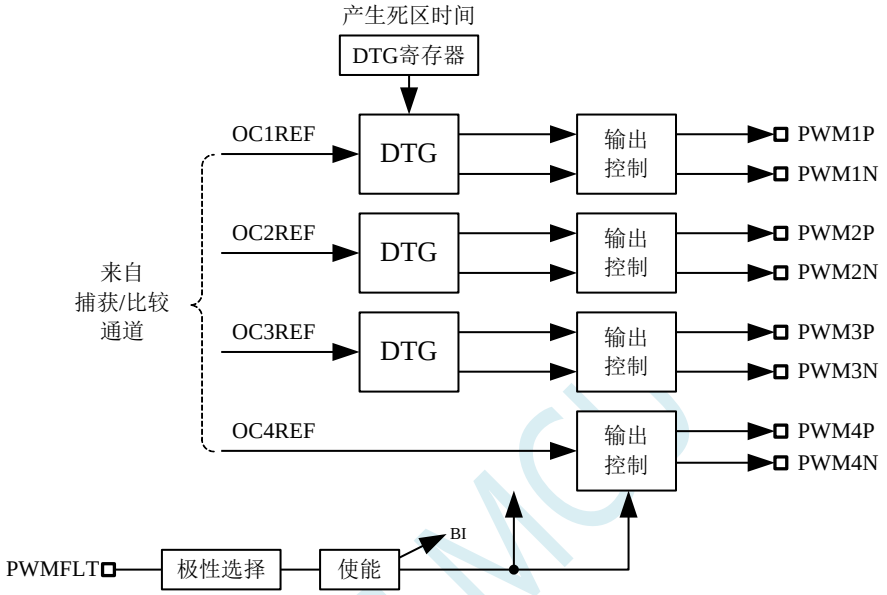
PWM 输入信号测量实例



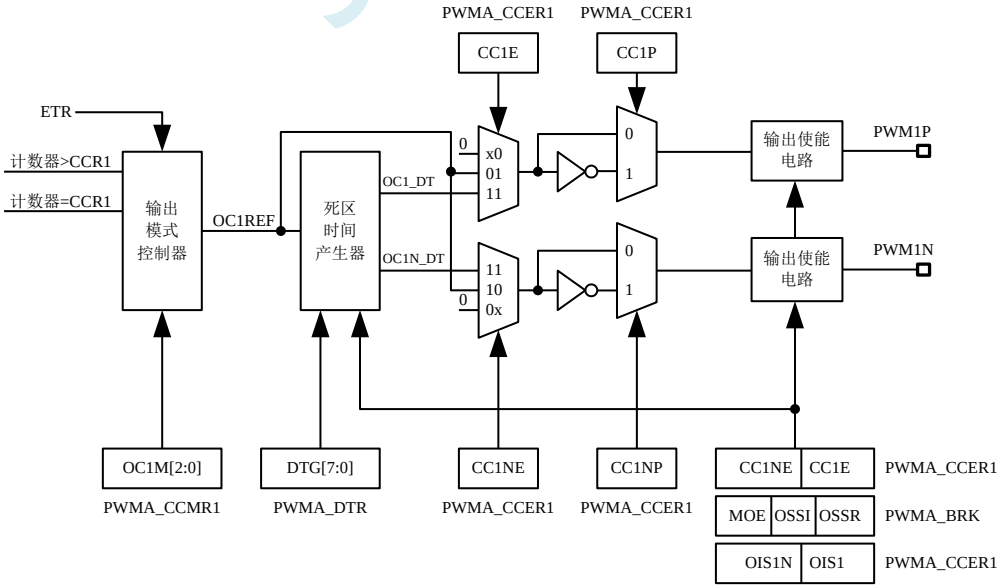
18.5.4 输出模块

输出模块会产生一个用来做参考的中间波形，称为 OCiREF（高有效）。刹车功能和极性的处理都在模块的最后处理。

输出模块框图



通道 1 详细的带互补输出的输出模块框图（其他通道类似）



18.5.5 强制输出模式

在输出模式下，输出比较信号能够直接由软件强制为高或低状态，而不依赖于输出比较寄存器和计数器间的比较结果。

置 PWMA_CCMRi 寄存器的 OCiM=101，可强制 OCiREF 信号为低。
置 PWMA_CCMRi 寄存器的 OCiM=100，可强制 OCiREF 信号为低。
OCi/OCiN 的输出是高还是低则取决于 CCiP/CCiNP 极性标志位。

该模式下，在 PWMA_CCRi 影子寄存器和计数器之间的比较仍然在进行，相应的标志也会被修改，也仍然会产生相应的中断。

18.5.6 输出比较模式

此模式用来控制一个输出波形或者指示一段给定的的时间已经达到。

当计数器与捕获/比较寄存器的内容相匹配时，有如下操作：

- 根据不同的输出比较模式，相应的 OCi 输出信号：
  - 保持不变（OCiM=000）
  - 设置为有效电平（OCiM=001）
  - 设置为无效电平（OCiM=010）
  - 翻转（OCiM=011）
- 设置中断状态寄存器中的标志位（PWMA_SR1 寄存器中的 CCiIF 位）。
- 若设置了相应的中断使能位（PWMA_IER 寄存器中的 CCiIE 位），则产生一个中断。

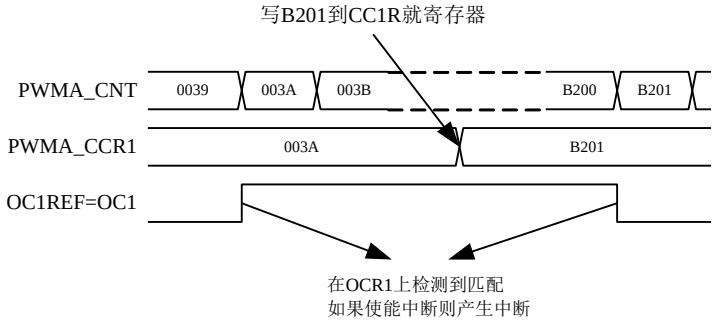
PWMA_CCMRi 寄存器的 OCiM 位用于选择输出比较模式，而 PWMA_CCMRi 寄存器的 CCiP 位用于选择有效和无效的电平极性。PWMA_CCMRi 寄存器的 OCiPE 位用于选择 PWMA_CCRi 寄存器是否需要使用预装载寄存器。在输出比较模式下，更新事件 UEV 对 OCiREF 和 OCi 输出没有影响。时间精度为计数器的一个计数周期。输出比较模式也能用来输出一个单脉冲。

输出比较模式的配置步骤：

1. 选择计数器时钟（内部、外部或者预分频器）。
2. 将相应的数据写入 PWMA_ARR 和 PWMA_CCRi 寄存器中。
3. 如果要产生一个中断请求，设置 CCiIE 位。
4. 选择输出模式步骤：
   1. 设置 OCiM=011，在计数器与 CCRi 匹配时翻转 OCiM 管脚的输出
   2. 设置 OCiPE = 0，禁用预装载寄存器
   3. 设置 CCiP = 0，选择高电平为有效电平
   4. 设置 CCiE = 1，使能输出
   5. 设置 PWMA_CR1 寄存器的 CEN 位来启动计数器

PWMA_CCRi 寄存器能够在任何时候通过软件进行更新以控制输出波形，条件是未使用预装载寄存器（OCiPE=0），否则 PWMA_CCRi 的影子寄存器只能在发生下一次更新事件时被更新。

输出比较模式，翻转 OC1



18.5.7 PWM 模式

脉冲宽度调制（PWM）模式可以产生一个由 PWMA_ARR 寄存器确定频率，由 PWMA_CCRi 寄存器确定占空比的信号。

在 PWMA_CCMRi 寄存器中的 OCiM 位写入 110（PWM 模式 1）或 111（PWM 模式 2），能够独立地设置每个 OCi 输出通道产生一路 PWM。必须设置 PWMA_CCMRi 寄存器的 OCiPE 位使能相应的预装载寄存器，也可以设置 PWMA_CR1 寄存器的 ARPE 位使能自动重装载的预装载寄存器（在向上计数模式或中央对称模式中）。

由于仅当发生一个更新事件的时候，预装载寄存器才能被传送到影子寄存器，因此在计数器开始计数之前，必须通过设置 PWMA_EGR 寄存器的 UG 位来初始化所有的寄存器。

OCi 的极性可以通过软件在 PWMA_CCERi 寄存器中的 CCiP 位设置，它可以设置为高电平有效或低电平有效。OCi 的输出使能通过 PWMA_CCERi 和 PWMA_BKR 寄存器中的 CCiE、MOE、OISi、OSSR 和 OSSI 位的组合来控制。

在 PWM 模式（模式 1 或模式 2）下，PWMA_CNT 和 PWMA_CCRi 始终在进行比较，（依据计数器的计数方向）以确定是否符合 PWMA_CCRi≤PWMA_CNT 或者 PWMA_CNT≤PWMA_CCRi。

根据 PWMA_CR1 寄存器中 CMS 位域的状态，定时器能够产生边沿对齐的 PWM 信号或中央对齐的 PWM 信号。

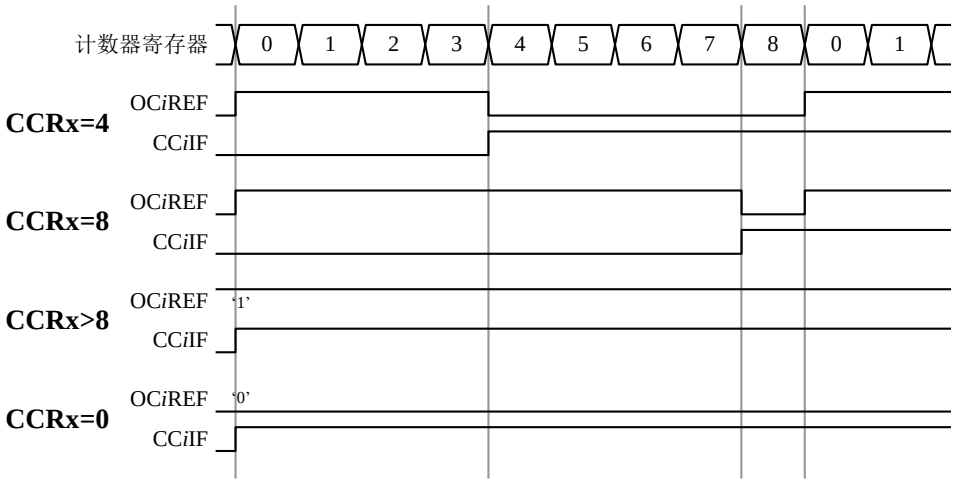
PWM 边沿对齐模式

向上计数配置

当 PWMA_CR1 寄存器中的 DIR 位为 0 时，执行向上计数。

下面是一个 PWM 模式 1 的例子。当 PWMA_CNT<PWMA_CCRi 时，PWM 参考信号 OCiREF 为高，否则为低。如果 PWMA_CCRi 中的比较值大于自动重装载值（PWMA_ARR），则 OCiREF 保持为'1'。如果比较值为 0，则 OCiREF 保持为'0'。

边沿对齐，PWM 模式 1 的波形（ARR=8）



向下计数的配置

当 PWMA_CR1 寄存器的 DIR 位为 1 时，执行向下计数。

在 PWM 模式 1 时，当 PWMA_CNT>PWMA_CCRi 时参考信号 OCiREF 为低，否则为高。如果 PWMA_CCRi 中的比较值大于 PWMA_ARR 中的自动重装载值，则 OCiREF 保持为'1'。该模式下不能产生 0%的 PWM 波形。

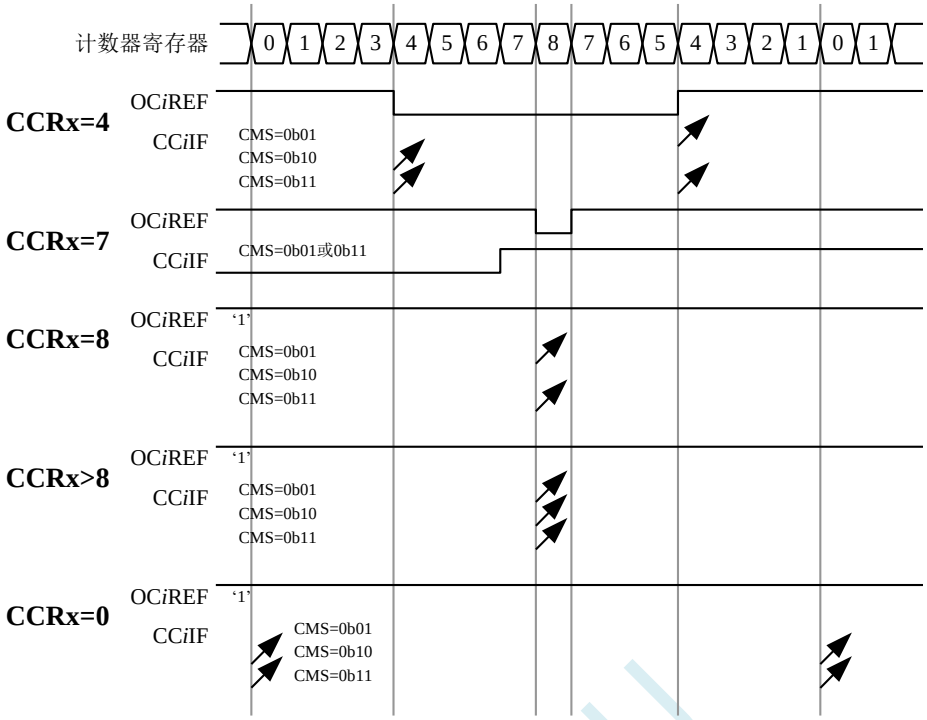
PWM 中央对齐模式

当 PWMA_CR1 寄存器中的 CMS 位不为'00'时为中央对齐模式（所有其他的配置对 OCiREF/OCi 信号都有相同的作用）。

根据不同的 CMS 位的设置，比较标志可以在计数器向上计数，向下计数，或向上和向下计数时被置 1。PWMA_CR1 寄存器中的计数方向位（DIR）由硬件更新，不要用软件修改它。

下面给出了一些中央对齐的 PWM 波形的例子：

- PWMA_ARR=8
- PWM 模式 1
- 标志位在以下三种情况下被置位：
  - 只有在计数器向下计数时（CMS=01）
  - 只有在计数器向上计数时（CMS=10）
  - 在计数器向上和向下计数时（CMS=11）
- 中央对齐的 PWM 波形（ARR=8）



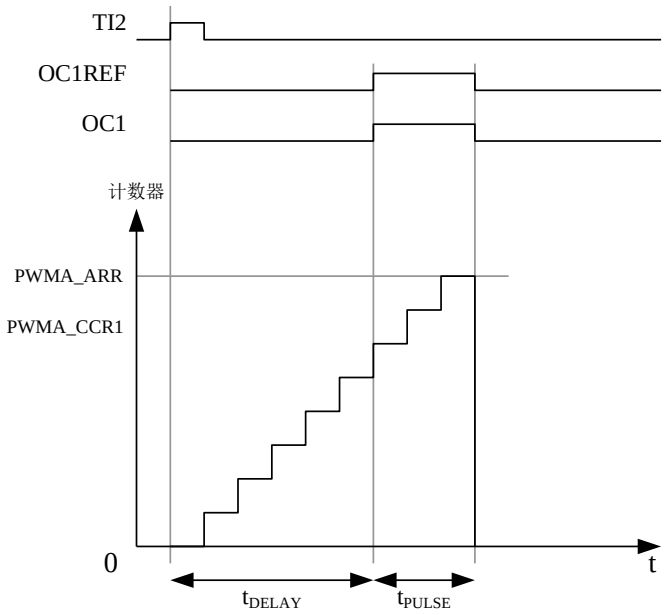
单脉冲模式

单脉冲模式（OPM）是前述众多模式的一个特例。这种模式允许计数器响应一个激励，并在一个程序可控的延时之后产生一个脉宽可控的脉冲。

可以通过时钟/触发控制器启动计数器，在输出比较模式或者 PWM 模式下产生波形。设置 PWMA_CR1 寄存器的 OPM 位将选择单脉冲模式，此时计数器自动地在下一个更新事件 UEV 时停止。仅当比较值与计数器的初始值不同时，才能产生一个脉冲。启动之前（当定时器正在等待触发），必须如下配置：

- 向上计数方式：计数器 CNT < CCRi ≤ ARR，
- 向下计数方式：计数器 CNT > CCRi。

单脉冲模式图例



例如，在从 TI2 输入脚上检测到一个上升沿之后延迟 tDELAY，在 OC1 上产生一个 tPULSE 宽度的正脉冲：（假定 IC2 作为触发 1 通道的触发源）

- 置 PWMA_CCMR2 寄存器的 CC2S=01，把 IC2 映射到 TI2。
- 置 PWMA_CCER1 寄存器的 CC2P=0，使 IC2 能够检测上升沿。
- 置 PWMA_SMCR 寄存器的 TS=110，使 IC2 作为时钟/触发控制器的触发源（TRGI）。
- 置 PWMA_SMCR 寄存器的 SMS=110（触发模式），IC2 被用来启动计数器。OPM 的波形由写入比较寄存器的数值决定（要考虑时钟频率和计数器预分频器）。
- t_{DELAY} 由 PWMA_CCR1 寄存器中的值定义。
- t_{PULSE} 由自动装载值和比较值之间的差值定义（PWMA_ARR – PWMA_CCR1）。
- 假定当发生比较匹配时要产生从 0 到 1 的波形，当计数器达到预装载值时要产生一个从 1 到 0 的波形，首先要置 PWMA_CCMR1 寄存器的 OCiM=111，进入 PWM 模式 2，根据需要有选择的设置 PWMA_CCMR1 寄存器的 OC1PE=1，置位 PWMA_CR1 寄存器中的 ARPE，使能预装载寄存器，然后在 PWMA_CCR1 寄存器中填写比较值，在 PWMA_ARR 寄存器中填写自动装载值，设置 UG 位来产生一个更新事件，然后等待在 TI2 上的一个外部触发事件。

在这个例子中，PWMA_CR1 寄存器中的 DIR 和 CMS 位应该置低。

因为只需要一个脉冲，所以设置 PWMA_CR1 寄存器中的 OPM=1，在下一个更新事件（当计数器从自动装载值翻转到 0）时停止计数。

OCx 快速使能（特殊情况）

在单脉冲模式下，对 TIi 输入脚的边沿检测会设置 CEN 位以启动计数器，然后计数器和比较值间的比较操作产生了单脉冲的输出。但是这些操作需要一定的时钟周期，因此它限制了可得到的最小延时 tDELAY。

如果要以最小延时输出波形，可以设置 PWMA_CCMRi 寄存器中的 OCiFE 位，此时强制 OCiREF（和 OCx）直接响应激励而不再依赖比较的结果，输出的波形与比较匹配时的波形一样。OCiFE 只在

通道配置为 PWMA 和 PWMB 模式时起作用。

互补输出和死区插入

PWMA 能够输出两路互补信号，并且能够管理输出的瞬时关断和接通，这段时间通常被称为死区，用户应该根据连接的输出器件和它们的特性（电平转换的延时、电源开关的延时等）来调整死区时间。

配置 PWMA_CCERi 寄存器中的 CCiP 和 CCiNP 位，可以为每一个输出独立地选择极性（主输出 OCi 或互补输出 OCiN）。

互补信号 OCi 和 OCiN 通过下列控制位的组合进行控制：PWMA_CCERi 寄存器的 CCiE 和 CCiNE 位，PWMA_BKR 寄存器中的 MOE、OISi、OISiN、OSSI 和 OSSR 位。特别的是，在转换到 IDLE 状态时（MOE 下降到 0）死区控制被激活。

同时设置 CCiE 和 CCiNE 位将插入死区，如果存在刹车电路，则还要设置 MOE 位。每一个通道都有一个 8 位的死区发生器。参考信号 OCiREF 可以产生 2 路输出 OCi 和 OCiN。

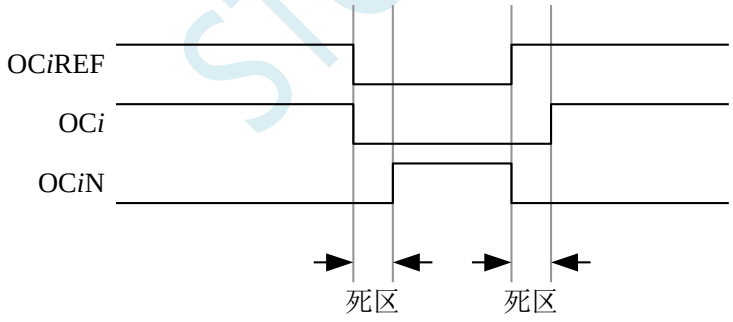
如果 OCi 和 OCiN 为高有效：

- OCi 输出信号与参考信号相同，只是它的上升沿相对于参考信号的上升沿有一个延迟。
- OCiN 输出信号与参考信号相反，只是它的上升沿相对于参考信号的下降沿有一个延迟。

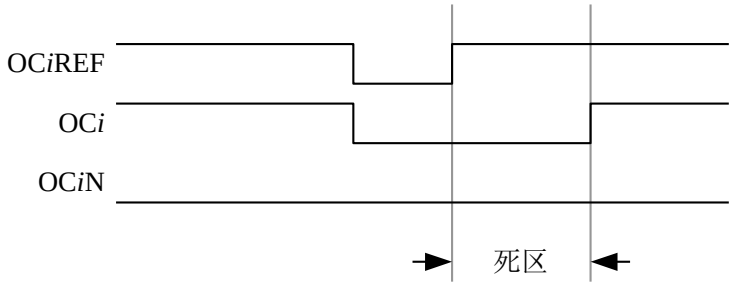
如果延迟大于当前有效的输出宽度（OCi 或者 OCiN），则不会产生相应的脉冲。

下列几张图显示了死区发生器的输出信号和当前参考信号 OCiREF 之间的关系。（假设 CCiP=0、CCiNP=0、MOE=1、CCiE=1 并且 CCiNE=1）

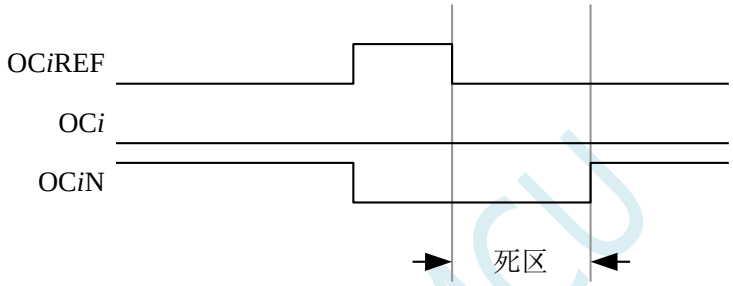
带死区插入的互补输出



死区波形延迟大于负脉冲



死区波形延迟大于正脉冲



每一个通道的死区延时都是相同的，是由 PWMA_DTR 寄存器中的 DTG 位编程配置。

重定向 OCiREF 到 OCi 或 OCiN

在输出模式下（强制输出、输出比较或 PWM 输出），通过配置 PWMA_CCERi 寄存器的 CCiE 和 CCiNE 位，OCiREF 可以被重定向到 OCi 或者 OCiN 的输出。

这个功能可以在互补输出处于无效电平时，在某个输出上送出一个特殊的波形（例如 PWM 或者静态有效电平）。另一个作用是，让两个输出同时处于无效电平，或同时处于有效电平（此时仍然是带死区的互补输出）。

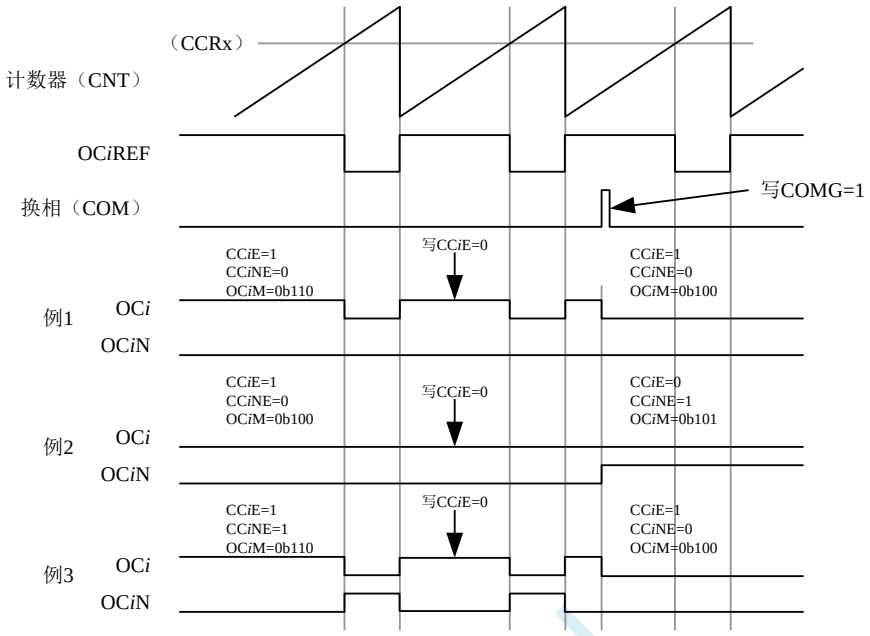
注：当只使能 OCiN（CCiE=0, CCiNE=1）时，它不会反相，而当 OCiREF 变高时立即有效。例如，如果 CCiNP=0，则 OCiN=OCiREF。另一方面，当 OCi 和 OCiN 都被使能时（CCiE=CCiNE=1），当 OCiREF 为高时 OCi 有效；而 OCiN 相反，当 OCiREF 低时 OCiN 变为有效。

针对马达控制的六步 PWM 输出

当在一个通道上需要互补输出时，预装载位有 OCiM、CCiE 和 CCiNE。在发生 COM 换相事件时，这些预装载位被传送到影子寄存器位。这样你就可以预先设置好下一步骤配置，并在同一个时刻同时修更改所有通道的配置。COM 可以通过设置 PWMA_EGR 寄存器的 COMG 位由软件产生，或在 TRGI 上升沿由硬件产生。

下图显示当发生 COM 事件时，三种不同配置下 OCx 和 OCxN 输出。

产生六步 PWM，使用 COM 的例子（OSSR=1）



18.5.8 使用刹车功能（PWMFLT）

刹车功能常用于马达控制中。当使用刹车功能时，依据相应的控制位（PWMA_BKR 寄存器中的 MOE、OSSI 和 OSSR 位），输出使能信号和无效电平都会被修改。

系统复位后，刹车电路被禁止，MOE 位为低。设置 PWMA_BKR 寄存器中的 BKE 位可以使能刹车功能。刹车输入信号的极性可以通过配置同一个寄存器中的 BKP 位选择。BKE 和 BKP 可以被同时修改。

MOE 下降沿相对于时钟模块可以是异步的，因此在实际信号（作用在输出端）和同步控制位（在 PWMA_BKR 寄存器中）之间设置了一个再同步电路。这个再同步电路会在异步信号和同步信号之间产生延迟。特别的，如果当它为低时写 MOE=1，则读出它之前必须先插入一个延时（空指令）才能读到正确的值。这是因为写入的是异步信号而读的是同步信号。

当发生刹车时（在刹车输入端出现选定的电平），有下述动作：

- MOE 位被异步地清除，将输出置于无效状态、空闲状态或者复位状态（由 OSSI 位选择）。这个特性在 MCU 的振荡器关闭时依然有效。
- 一旦 MOE=0，每一个输出通道输出由 PWMA_OISR 寄存器的 OISi 位设定的电平。如果 OSSI=0，则定时器不再控制输出使能信号，否则输出使能信号始终为高。
- 当使用互补输出时：
  - 输出首先被置于复位状态即无效的状态（取决于极性）。这是异步操作，即使定时器没有时钟时，此功能也有效。
  - 如果定时器的时钟依然存在，死区生成器将会重新生效，在死区之后根据 OISi 和 OISiN 位指示的电平驱动输出端口。即使在这种情况下，OCi 和 OCiN 也不能被同时驱动到有效的电平。注：因为重新同步 MOE，死区时间比通常情况下长一些（大约 2 个时钟周期）。
- 如果设置了 PWMA_IER 寄存器的 BIE 位，当刹车状态标志（PWMA_SR1 寄存器中的 BIF 位）

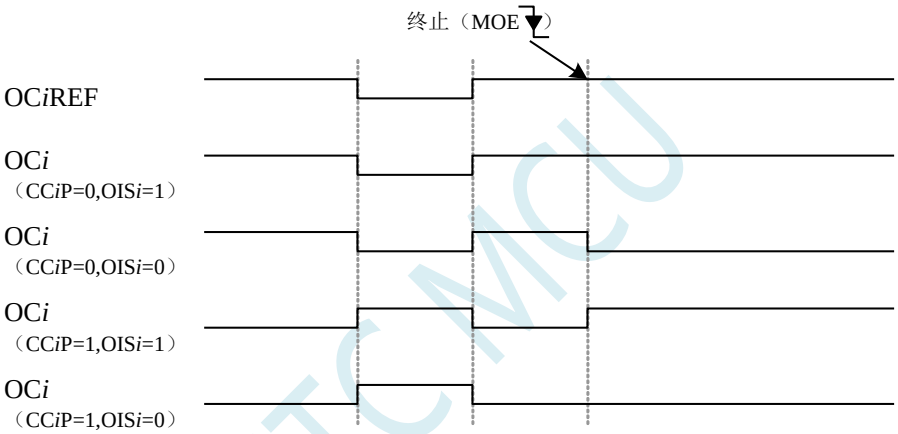
为'1'时，则产生一个中断。

- 如果设置了 PWMA_BKR 寄存器中的 AOE 位，在下一个更新事件 UEV 时 MOE 位被自动置位。例如这可以用来进行波形控制，否则，MOE 始终保持低直到被再次置'1'。这个特性可以被用在安全方面，你可以把刹车输入连到电源驱动的报警输出、热敏传感器或者其他安全器件上。

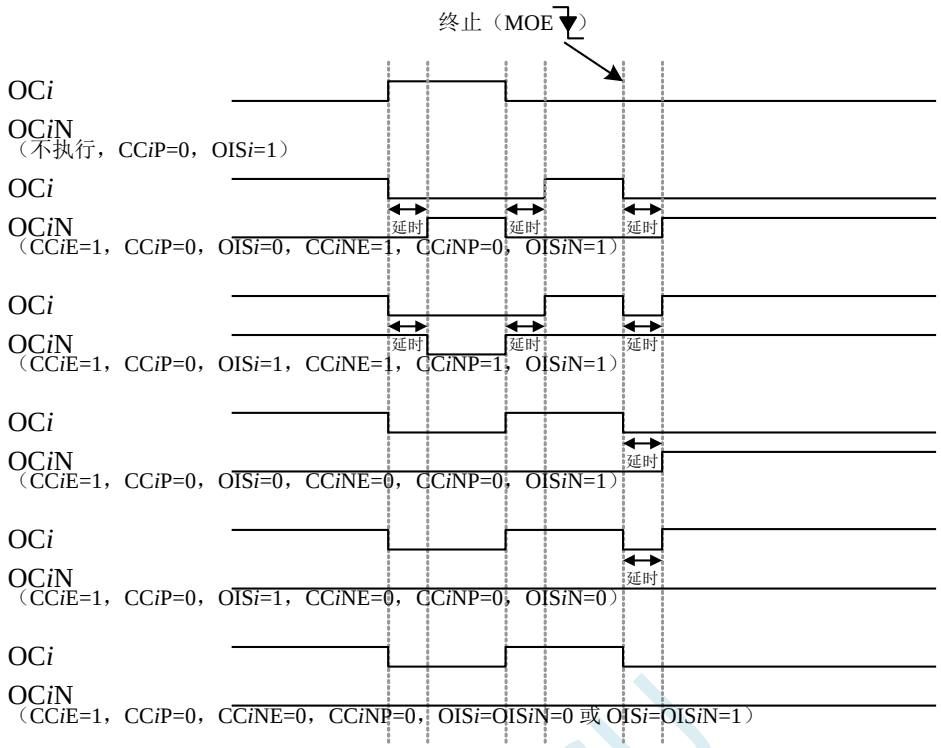
注：刹车输入为电平有效。所以，当刹车输入有效时，不能同时（自动地或者通过软件）设置 MOE。同时，状态标志 BIF 不能被清除。

刹车由 BRK 输入（BKIN）产生，它的有效极性是可编程的，且由 PWMA_BKR 寄存器的 BKE 位开启或禁止。除了刹车输入和输出管理，刹车电路中还实现了写保护以保证应用程序的安全。它允许用户冻结几个配置参数（OCi 极性和被禁止时的状态，OCiM 配置，刹车使能和极性）。用户可以通过 PWMA_BKR 寄存器的 LOCK 位，从三种级别的保护中选择一种。在 MCU 复位后 LOCK 位域只能被修改一次。

刹车响应的输出（不带互补输出的通道）



带互补输出的刹车响应的输出（PWMA 互补输出）



18.5.9 在外部事件发生时清除 OCiREF 信号

对于一个给定的通道，在 ETRF 输入端（设置 PWMA_CCMRi 寄存器中对应的 OCiCE 位为'1'）的高电平能够把 OCiREF 信号拉低，OCiREF 信号将保持为低直到发生下一次的更新事件 UEV。该功能只能用于输出比较模式和 PWM 模式，而不能用于强制模式。

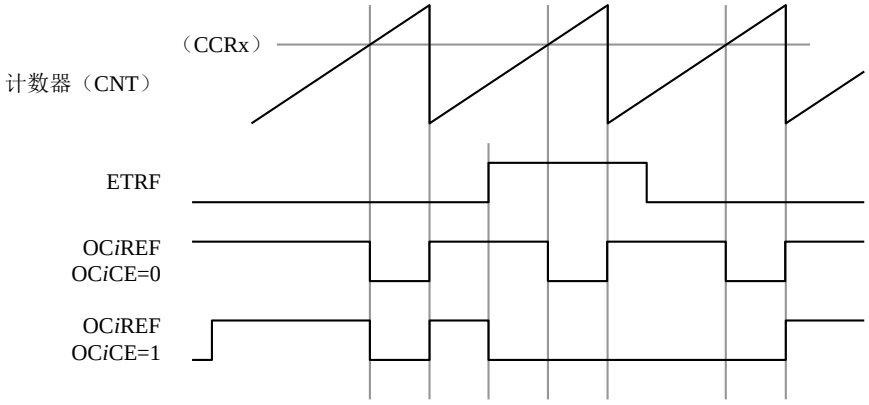
例如，OCiREF 信号可以联到一个比较器的输出，用于控制电流。这时，ETR 必须配置如下：

1. 外部触发预分频器必须处于关闭：PWMA_ETR 寄存器中的 ETPS[1:0]=00。
2. 必须禁止外部时钟模式 2：PWMA_ETR 寄存器中的 ECE=0。
3. 外部触发极性（ETP）和外部触发滤波器（ETF）可以根据需要配置。

下图显示了当 ETRF 输入变为高时，对应不同 OCiCE 的值，OCiREF 信号的动作。

在这个例子中，定时器 PWMA 被置于 PWM 模式。

ETR 清除 PWMA 的 OCiREF



18.5.10 编码器接口模式

编码器接口模式一般用于马达控制。

选择编码器接口模式的方法是：

- 如果计数器只在 TI2 的边沿计数，则置 PWMA_SMCR 寄存器中的 SMS=001；
- 如果只在 TI1 边沿计数，则置 SMS=010；
- 如果计数器同时在 TI1 和 TI2 边沿计数，则置 SMS=011。

通过设置 PWMA_CCER1 寄存器中的 CC1P 和 CC2P 位，可以选择 TI1 和 TI2 极性；如果需要，还可以对输入滤波器编程。

两个输入 TI1 和 TI2 被用来作为增量编码器的接口。假定计数器已经启动（PWMA_CR1 寄存器中的 CEN=1），则计数器在每次 TI1FP1 或 TI2FP2 上产生有效跳变时计数。TI1FP1 和 TI2FP2 是 TI1 和 TI2 在通过输入滤波器和极性控制后的信号。如果没有滤波和极性变换，则 TI1FP1=TI1，TI2FP2=TI2。根据两个输入信号的跳变顺序，产生了计数脉冲和方向信号。依据两个输入信号的跳变顺序，计数器向上或向下计数，同时硬件对 PWMA_CR1 寄存器的 DIR 位进行相应的设置。不管计数器是依靠 TI1 计数、依靠 TI2 计数或者同时依靠 TI1 和 TI2 计数，在任一输入端（TI1 或者 TI2）的跳变都会重新计算 DIR 位。

编码器接口模式基本上相当于使用了一个带有方向选择的外部时钟。这意味着计数器只在 0 到 PWMA_ARR 寄存器的自动装载值之间连续计数(根据方向,或是 0 到 ARR 计数,或是 ARR 到 0 计数)。所以在开始计数之前必须配置 PWMA_ARR。在这种模式下捕获器、比较器、预分频器、重复计数器、触发输出特性等仍工作如常。编码器模式和外部时钟模式 2 不兼容，因此不能同时操作。

编码器接口模式下，计数器依照增量编码器的速度和方向被自动的修改，因此计数器的内容始终指示着编码器的位置，计数方向与相连的传感器旋转的方向对应。

下表列出了所有可能的组合（假设 TI1 和 TI2 不同时变换）。

计数方向与编码器信号的关系

有效边沿	相对信号的电平 （TI1FP1 对应 TI2, TI2FP2 对应 TI1）	TI1FP1 信号		TI2FP2 信号	
		上升	下降	上升	下降
仅在 TI1 计数	高	向下计数	向上计数	不计数	不计数

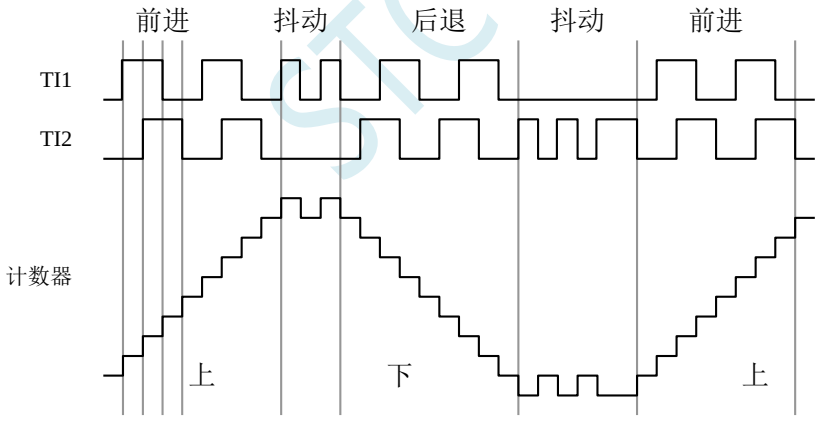
	低	向上计数	向下计数	不计数	不计数
仅在 TI2 计数	高	不计数	不计数	向上计数	向下计数
	低	不计数	不计数	向下计数	向上计数
在 TI1 和 TI2 上计数	高	向下计数	向上计数	向上计数	向下计数
	低	向上计数	向下计数	向下计数	向上计数

一个外部的增量编码器可以直接与 MCU 连接而不需要外部接口逻辑。但是，一般使用比较器将编码器的差分输出转换成数字信号，这大大增加了抗噪声干扰能力。编码器输出的第三个信号表示机械零点，可以把它连接到一个外部中断输入并触发一个计数器复位。

下面是一个计数器操作的实例，显示了计数信号的产生和方向控制。它还显示了当选择了双边沿时，输入抖动是如何被抑制的；抖动可能会在传感器的位置靠近一个转换点时产生。在这个例子中，我们假定配置如下：

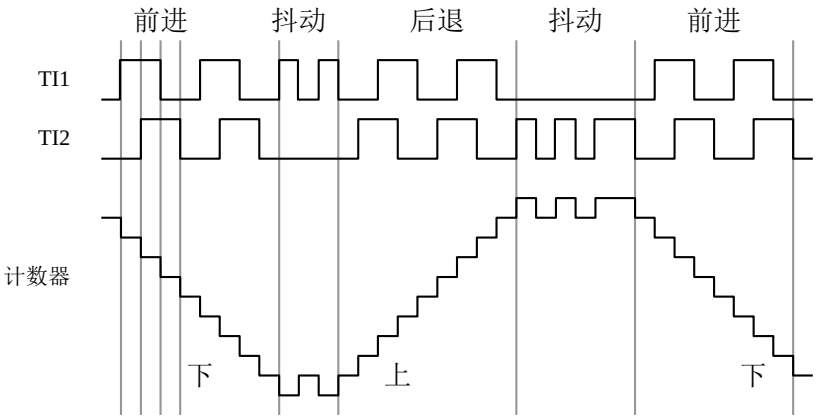
- CC1S=01（PWMA_CCMR1 寄存器，IC1FP1 映射到 TI1）
- CC2S=01（PWMA_CCMR2 寄存器，IC2FP2 映射到 TI2）
- CC1P=0（PWMA_CCER1 寄存器，IC1 不反相，IC1=TI1）
- CC2P=0（PWMA_CCER1 寄存器，IC2 不反相，IC2=TI2）
- SMS=011（PWMA_SMCR 寄存器，所有的输入均在上升沿和下降沿有效）.
- CEN=1（PWMA_CR1 寄存器，计数器使能）

编码器模式下的计数器操作实例



下图为当 IC1 极性反相时计数器的操作实例（CC1P=1，其他配置与上例相同）

IC1 反相的编码器接口模式实例



当定时器配置成编码器接口模式时，提供传感器当前位置的信息。使用另外一个配置在捕获模式下的定时器测量两个编码器事件的间隔，可以获得动态的信息（速度、加速度、减速度）。指示机械零点的编码器输出可被用做此目的。根据两个事件间的间隔，可以按照一定的时间间隔读出计数器。如果可能的话，你可以把计数器的值锁存到第三个输入捕获寄存器（捕获信号必须是周期的并且可以由另一个定时器产生）。

18.6 中断

PWMA/PWMB 各有 8 个中断请求源：

- 刹车中断
- 触发中断
- COM 事件中断
- 输入捕捉/输出比较 4 中断
- 输入捕捉/输出比较 3 中断
- 输入捕捉/输出比较 2 中断
- 输入捕捉/输出比较 1 中断
- 更新事件中断（如：计数器上溢，下溢及初始化）

为了使用中断特性，对每个被使用的中断通道，设置 PWMA_IER/PWMB_IER 寄存器中相应的中断使能位：即 BIE，TIE，COMIE，CCiIE，UIE 位。通过设置 PWMA_EGR/PWMB_EGR 寄存器中的相应位，也可以用软件产生上述各个中断源。

18.7 PWMA/PWMB 寄存器描述

18.7.1 功能脚切换（PWMx_PS）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_PS	7EFEB2H	C4PS[1:0]		C3PS[1:0]		C2PS[1:0]		C1PS[1:0]	
PWMB_PS	7EFEB6H	C8PS[1:0]		C7PS[1:0]		C6PS[1:0]		C5PS[1:0]	

C1PS[1:0]：高级 PWM 通道 1 输出脚选择位

C1PS[1:0]	PWM1P	PWM1N
00	P1.0	P1.1
01	P2.0	P2.1
10	P6.0	P6.1
11	-	-

C2PS[1:0]：高级 PWM 通道 2 输出脚选择位

C2PS[1:0]	PWM2P	PWM2N
00	P5.4	P1.3
01	P2.2	P2.3
10	P6.2	P6.3
11	-	-

C3PS[1:0]：高级 PWM 通道 3 输出脚选择位

C3PS[1:0]	PWM3P	PWM3N
00	P1.4	P1.5
01	P2.4	P2.5
10	P6.4	P6.5
11	-	-

C4PS[1:0]：高级 PWM 通道 4 输出脚选择位

C4PS[1:0]	PWM4P	PWM4N
00	P1.6	P1.7
01	P2.6	P2.7
10	P6.6	P6.7
11	P3.4	P3.3

C5PS[1:0]：高级 PWM 通道 5 输出脚选择位

C5PS[1:0]	PWM5
00	P2.0
01	P1.7
10	P0.0
11	P7.4

C6PS[1:0]：高级 PWM 通道 6 输出脚选择位

C6PS[1:0]	PWM6
00	P2.1
01	P5.4
10	P0.1
11	P7.5

C7PS[1:0]：高级 PWM 通道 7 输出脚选择位

C7PS[1:0]	PWM7
00	P2.2
01	P3.3
10	P0.2
11	P7.6

C8PS[1:0]：高级 PWM 通道 8 输出脚选择位

C8PS[1:0]	PWM8
00	P2.3
01	P3.4
10	P0.3
11	P7.7

18.7.2 输出使能寄存器（PWMx_ENO）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_ENO	7EFEB1H	ENO4N	ENO4P	ENO3N	ENO3P	ENO2N	ENO2P	ENO1N	ENO1P
PWMB_ENO	7EFEB5H	-	ENO8P	-	ENO7P	-	ENO6P	-	ENO5P

ENO8P：PWM8 输出控制位

0：禁止 PWM8 输出

1：使能 PWM8 输出

ENO7P：PWM7 输出控制位

0：禁止 PWM7 输出

1：使能 PWM7 输出

ENO6P：PWM6 输出控制位

0：禁止 PWM6 输出

1：使能 PWM6 输出

ENO5P：PWM5 输出控制位

0：禁止 PWM5 输出

1：使能 PWM5 输出

ENO4N：PWM4N 输出控制位

0：禁止 PWM4N 输出

1：使能 PWM4N 输出

ENO4P：PWM4P 输出控制位

0：禁止 PWM4P 输出

1：使能 PWM4P 输出

ENO3N：PWM3N 输出控制位

0：禁止 PWM3N 输出

1：使能 PWM3N 输出

ENO3P：PWM3P 输出控制位

0：禁止 PWM3P 输出

1：使能 PWM3P 输出

ENO2N：PWM2N 输出控制位

0：禁止 PWM2N 输出

1：使能 PWM2N 输出

ENO2P：PWM2P 输出控制位

0：禁止 PWM2P 输出
1：使能 PWM2P 输出

ENO1N：PWM1N 输出控制位
0：禁止 PWM1N 输出
1：使能 PWM1N 输出

ENO1P：PWM1P 输出控制位
0：禁止 PWM1P 输出
1：使能 PWM1P 输出

18.7.3 输出附加使能寄存器（PWMx_IOAUX）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_IOAUX	7EFEB3H	AUX4N	AUX4P	AUX3N	AUX3P	AUX2N	AUX2P	AUX1N	AUX1P
PWMB_IOAUX	7EFEB7H	-	AUX8P	-	AUX7P	-	AUX6P	-	AUX5P

AUX8P：PWM8 输出附加控制位
0：PWM8 的输出直接由 ENO8P 控制
1：PWM8 的输出由 ENO8P 和 PWMB_BKR 共同控制

AUX7P：PWM7 输出附加控制位
0：PWM7 的输出直接由 ENO7P 控制
1：PWM7 的输出由 ENO7P 和 PWMB_BKR 共同控制

AUX6P：PWM6 输出附加控制位
0：PWM6 的输出直接由 ENO6P 控制
1：PWM6 的输出由 ENO6P 和 PWMB_BKR 共同控制

AUX5P：PWM5 输出附加控制位
0：PWM5 的输出直接由 ENO5P 控制
1：PWM5 的输出由 ENO5P 和 PWMB_BKR 共同控制

AUX4N：PWM4N 输出附加控制位
0：PWM4N 的输出直接由 ENO4N 控制
1：PWM4N 的输出由 ENO4N 和 PWMA_BKR 共同控制

AUX4P：PWM4P 输出附加控制位
0：PWM4P 的输出直接由 ENO4P 控制
1：PWM4P 的输出由 ENO4P 和 PWMA_BKR 共同控制

AUX3N：PWM3N 输出附加控制位
0：PWM3N 的输出直接由 ENO3N 控制
1：PWM3N 的输出由 ENO3N 和 PWMA_BKR 共同控制

AUX3P：PWM3P 输出附加控制位
0：PWM3P 的输出直接由 ENO3P 控制
1：PWM3P 的输出由 ENO3P 和 PWMA_BKR 共同控制

AUX2N：PWM2N 输出附加控制位
0：PWM2N 的输出直接由 ENO2N 控制
1：PWM2N 的输出由 ENO2N 和 PWMA_BKR 共同控制

AUX2P：PWM2P 输出附加控制位
0：PWM2P 的输出直接由 ENO2P 控制
1：PWM2P 的输出由 ENO2P 和 PWMA_BKR 共同控制

AUX1N：PWM1N 输出附加控制位

0：PWM1N 的输出直接由 ENO1N 控制

1：PWM1N 的输出由 ENO1N 和 PWMA_BKR 共同控制

AUX1P：PWM1P 输出附加控制位

0：PWM1P 的输出直接由 ENO1P 控制

1：PWM1P 的输出由 ENO1P 和 PWMA_BKR 共同控制

18.7.4 控制寄存器 1（PWMx_CR1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CR1	7EFEC0H	ARPEA	CMSA[1:0]		DIRA	OPMA	URSA	UDISA	CENA
PWMB_CR1	7EFEE0H	ARPEB	CMSB[1:0]		DIRB	OPMB	URSB	UDISB	CENB

ARPEn：自动预装载允许位（n=A,B）

0：PWMn_ARR 寄存器没有缓冲，它可以被直接写入

1：PWMn_ARR 寄存器由预装载缓冲器缓冲

CMSn[1:0]：选择对齐模式（n= A,B）

CMSn[1:0]	对齐模式	说明
00	边沿对齐模式	计数器依据方向位（DIR）向上或向下计数
01	中央对齐模式1	计数器交替地向上和向下计数。 配置为输出的通道的输出比较中断标志位， 只在计数器向下计数时被置1。
10	中央对齐模式2	计数器交替地向上和向下计数。 配置为输出的通道的输出比较中断标志位， 只在计数器向上计数时被置1。
11	中央对齐模式3	计数器交替地向上和向下计数。 配置为输出的通道的输出比较中断标志位， 在计数器向上和向下计数时均被置1。

注 1：在计数器开启时（CEN=1），不允许从边沿对齐模式转换到中央对齐模式。

注 2：在中央对齐模式下，编码器模式（SMS=001，010，011）必须被禁止。

DIRn：计数器的计数方向（n= A,B）

0：计数器向上计数；

1：计数器向下计数。

注：当计数器配置为中央对齐模式或编码器模式时，该位为只读。

OPMn：单脉冲模式（n= A,B）

0：在发生更新事件时，计数器不停止；

1：在发生下一次更新事件时，清除 CEN 位，计数器停止。

URSn：更新请求源（n= A,B）

0：如果 UDIS 允许产生更新事件，则下述任一事件产生一个更新中断：

- 寄存器被更新（计数器上溢/下溢）
- 软件设置 UG 位
- 时钟/触发控制器产生的更新

1：如果 UDIS 允许产生更新事件，则只有当下列事件发生时才产生更新中断，并 UIF 置 1：

– 寄存器被更新（计数器上溢/下溢）

UDISn：禁止更新（n= A,B）

0：一旦下列事件发生，产生更新（UEV）事件：

– 计数器溢出/下溢

– 产生软件更新事件

– 时钟/触发模式控制器产生的硬件复位 被缓存的寄存器被装入它们的预装载值。

1：不产生更新事件，影子寄存器（ARR、PSC、CCRx）保持它们的值。如果设置了 UG 位或时钟/触发控制器发出了一个硬件复位，则计数器和预分频器被重新初始化。

CENn：允许计数器（n= A,B）

0：禁止计数器；

1：使能计数器。

注：在软件设置了 CEN 位后，外部时钟、门控模式和编码器模式才能工作。然而触发模式可以自动地通过硬件设置 CEN 位。

18.7.5 控制寄存器 2（PWMx_CR2），及实时触发 ADC

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CR2	7EFEC1H	TI1S	MMSA[2:0]			-	COMSA	-	CCPCA
PWMB_CR2	7EFEE1H	TI5S	MMSB[2:0]			-	COMSB	-	CCPCB

TI1S：第一组 PWM/PWMA 的 TI1 选择

0：PWM1P 输入管脚连到 TI1（数字滤波器的输入）；

1：PWM1P、PWM2P 和 PWM3P 管脚经异或后连到第一组 PWM 的 TI1。

TI5S：第二组 PWM/PWMB 的 TI5 选择

0：PWM5 输入管脚连到 TI5（数字滤波器的输入）；

1：PWM5、PWM6 和 PWM7 管脚经异或后连到第二组 PWM 的 TI5。

MMSA[2:0]：主模式选择

MMSA[2:0]	主模式	说明
000	复位	PWMA_EGR寄存器的UG位被用于作为触发输出（TRGO）。如果触发输入（时钟/触发控制器配置为复位模式）产生复位，则TRGO上的信号相对实际的复位会有一个延迟
001	使能	计数器使能信号被用于作为触发输出（TRGO）。其用于启动ADC，以便控制在一段时间内使能ADC。计数器使能信号是通过CEN控制位和门控模式下的触发输入信号的逻辑或产生。除非选择了主/从模式，当计数器使能信号受控于触发输入时，TRGO上会有一个延迟。 注：当需要使用PWM触发ADC转换时，需要先设置ADC_CONTR寄存器中的ADC_POWER、ADC_CHS以及ADC_EPWMT，当PWM产生TRGO内部信号时，系统会自动设置ADC_START来启动AD转换。详细使用请参考范例程序“使用PWM的CEN启动PWMA定时器，实时触发ADC”
010	更新	更新事件被选为触发输出（TRGO）
011	比较脉冲	一旦发生一次捕获或一次比较成功，当CC1IF标志被置1

		时，触发输出送出一个正脉冲（TRGO）
100	比较	OC1REF信号被用于作为触发输出（TRGO）
101	比较	OC2REF信号被用于作为触发输出（TRGO）
110	比较	OC3REF信号被用于作为触发输出（TRGO）
111	比较	OC4REF信号被用于作为触发输出（TRGO）

MMSB[2:0]：主模式选择

MMSB[2:0]	主模式	说明
000	复位	PWMB_EGR寄存器的UG位被用于作为触发输出（TRGO）。如果触发输入（时钟/触发控制器配置为复位模式）产生复位，则TRGO上的信号相对实际的复位会有一个延迟
001	使能	计数器使能信号被用于作为触发输出（TRGO）。其用于启动多个PWM，以便控制在一段时间内使能从PWM。计数器使能信号是通过CEN控制位和门控模式下的触发输入信号的逻辑或产生。除非选择了主/从模式，当计数器使能信号受控于触发输入时，TRGO上会有一个延迟。
010	更新	更新事件被选为触发输出（TRGO）
011	比较脉冲	一旦发生一次捕获或一次比较成功，当CC5IF标志被置1时，触发输出送出一个正脉冲（TRGO）
100	比较	OC5REF信号被用于作为触发输出（TRGO）
101	比较	OC6REF信号被用于作为触发输出（TRGO）
110	比较	OC7REF信号被用于作为触发输出（TRGO）
111	比较	OC8REF信号被用于作为触发输出（TRGO）

注：只有第一组 PWM 的 TRGO 可用于触发启动 ADC

注：只有第二组 PWM 的 TRGO 可用于第一组 PWM 的 ITR2

COMSn：捕获/比较控制位的更新控制选择（n=A,B）

0：当 CCPCn=1 时，只有在 COMG 位置 1 的时候这些控制位才被更新

1：当 CCPCn=1 时，只有在 COMG 位置 1 或 TRGI 发生上升沿的时候这些控制位才被更新

CCPCn：捕获/比较预装载控制位（n= A,B）

0：CCIE，CCINE，CCiP，CCiNP 和 OCIM 位不是预装载的

1：CCIE，CCINE，CCiP，CCiNP 和 OCIM 位是预装载的；设置该位后，它们只在设置了 COMG 位后被更新。

注：该位只对具有互补输出的通道起作用。

18.7.6 从模式控制寄存器(PWMx_SMCR)

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_SMCR	7EFEC2H	MSMA	TSA[2:0]			-	SMSA[2:0]		
PWMB_SMCR	7EFEE2H	MSMB	TSB[2:0]			-	SMSB[2:0]		

MSMn：主/从模式（n= A,B）

0：无作用

1：触发输入（TRGI）上的事件被延迟了，以允许 PWMn 与它的从 PWM 间的完美同步（通过 TRGO）

TSA[2:0]：触发源选择

TSA[2:0]	触发源
000	-
001	-
010	内部触发ITR2
011	-
100	TI1的边沿检测器（TI1F_ED）
101	滤波后的定时器输入1（TI1FP1）
110	滤波后的定时器输入2（TI2FP2）
111	外部触发输入（ETRF）

TSB[2:0]：触发源选择

TSB[2:0]	触发源
000	-
001	-
010	-
011	-
100	TI5的边沿检测器（TI5F_ED）
101	滤波后的定时器输入1（TI5FP5）
110	滤波后的定时器输入2（TI5FP6）
111	外部触发输入（ETRF）

注：这些位只能在 SMS=000 时被改变，以避免在改变时产生错误的边沿检测。

SMSA[2:0]：时钟/触发/从模式选择

SMSA[2:0]	功能	说明
000	内部时钟模式	如果CEN=1，则预分频器直接由内部时钟驱动
001	编码器模式1	根据TI1FP1的电平，计数器在TI2FP2的边沿向上/下计数
010	编码器模式2	根据TI2FP2的电平，计数器在TI1FP1的边沿向上/下计数
011	编码器模式3	根据另一个输入的电平，计数器在TI1FP1和TI2FP2的边沿向上/下计数
100	复位模式	在选中的触发输入（TRGI）的上升沿时重新初始化计数器，并且产生一个更新 寄存器的信号
101	门控模式	当触发输入（TRGI）为高时，计数器的时钟开启。一旦触发输入变为低，则计 数器停止（但不复位）。计数器的启动和停止都是受控的
110	触发模式	计数器在触发输入TRGI的上升沿启动（但不复位），只有计数器的启动是受控 的
111	外部时钟模式1	选中的触发输入（TRGI）的上升沿驱动计数器。 注：如果TI1F_ED被选为触发输入（TS=100）时，不要使用门控模式。这是因为TI1F_ED在每次TI1F变化时只是输出一

		个脉冲，然而门控模式是要检查触发输入的电平

SMSB[2:0]：时钟/触发/从模式选择

SMSB[2:0]	功能	说明
000	内部时钟模式	如果CEN=1，则预分频器直接由内部时钟驱动
001	编码器模式1	根据TI5FP5的电平，计数器在TI6FP6的边沿向上/下计数
010	编码器模式2	根据TI6FP6的电平，计数器在TI5FP5的边沿向上/下计数
011	编码器模式3	根据另一个输入的电平，计数器在TI5FP5和TI6FP6的边沿向上/下计数
100	复位模式	在选中的触发输入（TRGI）的上升沿时重新初始化计数器，并且产生一个更新 寄存器的信号
101	门控模式	当触发输入（TRGI）为高时，计数器的时钟开启。一旦触发输入变为低，则计 数器停止（但不复位）。计数器的启动和停止都是受控的
110	触发模式	计数器在触发输入TRGI的上升沿启动（但不复位），只有计数器的启动是受控 的
111	外部时钟模式1	选中的触发输入（TRGI）的上升沿驱动计数器。 注：如果TI5F_ED被选为触发输入（TS=100）时，不要使用门控模式。这是因为TI5F_ED在每次TI5F变化时只是输出一个脉冲，然而门控模式是要检查触发输入的电平

18.7.7 外部触发寄存器(PWMx_ETR)

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_ETR	7EFEC3H	ETP1	ECEA	ETPSA[1:0]		ETFA[3:0]			
PWMB_ETR	7EFEE3H	ETP2	ECEB	ETPSB[1:0]		ETFB[3:0]			

ETPn：外部触发 ETR 的极性（n= A,B）

0：高电平或上升沿有效

1：低电平或下降沿有效

ECEn：外部时钟使能（n= A,B）

0：禁止外部时钟模式 2

1：使能外部时钟模式 2，计数器的时钟为 ETRF 的有效沿。

注 1：ECE 置 1 的效果与选择把 TRGI 连接到 ETRF 的外部时钟模式 1 相同（PWMn_SMCR 寄存器中，SMS=111，TS=111）。

注 2：外部时钟模式 2 可与下列模式同时使用：触发标准模式；触发复位模式；触发门控模式。但是，此时 TRGI 决不能与 ETRF 相连（PWMn_SMCR 寄存器中，TS 不能为 111）。

注 3：外部时钟模式 1 与外部时钟模式 2 同时使能，外部时钟输入为 ETRF。

ETPSn：外部触发预分频器外部触发信号 EPRP 的频率最大不能超过 fMASTER/4。可用预分频器来降低 ETRP 的频率，当 EPRP 的频率很高时，它非常有用：（n= A,B）

00：预分频器关闭

01：EPRP 的频率/2

02：EPRP 的频率/4

03：EPRP 的频率/8

ETFn[3:0]：外部触发滤波器选择，该位域定义了 ETRP 的采样频率及数字滤波器长度。（n= A,B）

ETFn[3:0]	时钟数	ETF[3:0]	时钟数
0000	1	1000	48
0001	2	1001	64
0010	4	1010	80
0011	8	1011	96
0100	12	1100	128
0101	16	1101	160
0110	24	1110	192
0111	32	1111	256

18.7.8 中断使能寄存器(PWMx_IER)

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_IER	7EFEC4H	BIEA	TIEA	COMIEA	CC4IE	CC3IE	CC2IE	CC1IE	UIEA
PWMB_IER	7EFEE4H	BIEB	TIEB	COMIEB	CC8IE	CC7IE	CC6IE	CC5IE	UIEB

BIEn：允许刹车中断（n= A,B）

0：禁止刹车中断；

1：允许刹车中断。

TIE：触发中断使能（n= A,B）

0：禁止触发中断；

1：使能触发中断。

COMIE：允许 COM 中断（n= A,B）

0：禁止 COM 中断；

1：允许 COM 中断。

CCnIE：允许捕获/比较 n 中断（n=1,2,3,4,5,6,7,8）

0：禁止捕获/比较 n 中断；

1：允许捕获/比较 n 中断。

UIEn：允许更新中断（n= A,B）

0：禁止更新中断；

1：允许更新中断。

18.7.9 状态寄存器 1(PWMx_SR1)

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_SR1	7EFEC5H	BIFA	TIFA	COMIFA	CC4IF	CC3IF	CC2IF	CC1IF	UIFA
PWMB_SR1	7EFEE5H	BIFB	TIFB	COMIFB	CC8IF	CC7IF	CC6IF	CC5IF	UIFB

BIFn：刹车中断标记。一旦刹车输入有效，由硬件对该位置 1。如果刹车输入无效，则该位可由软件清 0。（n= A,B）

0：无刹车事件产生

1：刹车输入上检测到有效电平

TIFn：触发器中断标记。当发生触发事件时由硬件对该位置 1。由软件清 0。（n= A,B）

0：无触发器事件产生

1：触发中断等待响应

COMIFn：COM 中断标记。一旦产生 COM 事件该位由硬件置 1。由软件清 0。（n= A,B）

0：无 COM 事件产生

1：COM 中断等待响应

CC8IF：捕获/比较8中断标记，参考CC1IF描述

CC7IF：捕获/比较7中断标记，参考CC1IF描述

CC6IF：捕获/比较6中断标记，参考CC1IF描述

CC5IF：捕获/比较5中断标记，参考CC1IF描述

CC4IF：捕获/比较4中断标记，参考CC1IF描述

CC3IF：捕获/比较3中断标记，参考CC1IF描述

CC2IF：捕获/比较2中断标记，参考CC1IF描述

CC1IF：捕获/比较1中断标记。

如果通道CC1配置为输出模式：

当计数器值与比较值匹配时该位由硬件置1，但在中心对称模式下除外。它由软件清0。

0：无匹配发生；

1：PWMA_CNT 的值与 PWMA_CCR1 的值匹配。

注：在中心对称模式下，当计数器值为 0 时，向上计数，当计数器值为 ARR 时，向下计数（它从 0 向上计数到 ARR-1，再由 ARR 向下计数到 1）。因此，对所有的 SMS 位值，这两个值都不置标记。但是，如果 CCR1>ARR，则当 CNT 达到 ARR 值时，CC1IF 置 1。

如果通道CC1配置为输入模式：

当捕获事件发生时该位由硬件置1，它由软件清0或通过读PWMA_CCR1L清0。

0：无输入捕获产生

1：计数器值已被捕获至 PWMA_CCR1

UIFn：更新中断标记 当产生更新事件时该位由硬件置 1。它由软件清 0。（n= A,B）

0：无更新事件产生

1：更新事件等待响应。当寄存器被更新时该位由硬件置 1

- 若 PWMn_CR1 寄存器的 UDIS=0，当计数器上溢或下溢时
- 若 PWMn_CR1 寄存器的 UDIS=0、URS=0，当设置 PWMn_EGR 寄存器的 UG 位软件对计数器 CNT 重新初始化时
- 若 PWMn_CR1 寄存器的 UDIS=0、URS=0，当计数器 CNT 被触发事件重新初始化时

18.7.10 状态寄存器 2(PWMx_SR2)

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_SR2	7EFEC6H	-	-	-	CC4OF	CC3OF	CC2OF	CC1OF	-
PWMB_SR2	7EFEE6H	-	-	-	CC8OF	CC7OF	CC6OF	CC5OF	-

CC8OF：捕获/比较8重复捕获标记。参见CC1OF描述。

CC7OF：捕获/比较7重复捕获标记。参见CC1OF描述。

CC6OF：捕获/比较6重复捕获标记。参见CC1OF描述。

CC5OF：捕获/比较5重复捕获标记。参见CC1OF描述。

CC4OF：捕获/比较4重复捕获标记。参见CC1OF描述。

CC3OF：捕获/比较3重复捕获标记。参见CC1OF描述。

CC2OF：捕获/比较2重复捕获标记。参见CC1OF描述。

CC1OF：捕获/比较1重复捕获标记。仅当相应的通道被配置为输入捕获时，该标记可由硬件置1。写0可清除该位。

0：无重复捕获产生；

1：计数器的值被捕获到 PWMA_CCR1 寄存器时，CC1IF 的状态已经为 1。

18.7.11 事件产生寄存器（PWMx_EGR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_EGR	7EFEC7H	BGA	TGA	COMGA	CC4G	CC3G	CC2G	CC1G	UGA
PWMB_EGR	7EFEE7H	BGB	TGB	COMGB	CC8G	CC7G	CC6G	CC5G	UGB

BGn：产生刹车事件。该位由软件置 1，用于产生一个刹车事件，由硬件自动清 0（n= A,B）

0：无动作

1：产生一个刹车事件。此时 MOE=0、BIF=1，若开启对应的中断（BIE=1），则产生相应的中断

TGn：产生触发事件。该位由软件置 1，用于产生一个触发事件，由硬件自动清 0（n= A,B）

0：无动作

1：TIF=1，若开启对应的中断（TIE=1），则产生相应的中断

COMGn：捕获/比较事件，产生控制更新。该位由软件置 1，由硬件自动清 0（n= A,B）

0：无动作

1：CCPC=1，允许更新 CCIE、CCINE、CCiP，CCiNP，OCIM 位。

注：该位只对拥有互补输出的通道有效

CC8G：产生捕获/比较 8 事件。参考 CC1G 描述

CC7G：产生捕获/比较 7 事件。参考 CC1G 描述

CC6G：产生捕获/比较 6 事件。参考 CC1G 描述

CC5G：产生捕获/比较 5 事件。参考 CC1G 描述

CC4G：产生捕获/比较 4 事件。参考 CC1G 描述

CC3G：产生捕获/比较 3 事件。参考 CC1G 描述

CC2G：产生捕获/比较 2 事件。参考 CC1G 描述

CC1G：产生捕获/比较 1 事件。产生捕获/比较 1 事件。该位由软件置 1，用于产生一个捕获/比较事件，由硬件自动清 0。

0：无动作；

1：在通道 CC1 上产生一个捕获/比较事件。

若通道 CC1 配置为输出：设置 CC1IF=1，若开启对应的中断，则产生相应的中断。

若通道 CC1 配置为输入：当前的计数器值被捕获至 PWMA_CCR1 寄存器，设置 CC1IF=1，若开启对应的中断，则产生相应的中断。若 CC1IF 已经为 1，则设置 CC1OF=1。

UGn：产生更新事件 该位由软件置 1，由硬件自动清 0。（n= A,B）

0：无动作；

1：重新初始化计数器，并产生一个更新事件。

注意预分频器的计数器也被清 0（但是预分频系数不变）。若在中心对称模式下或 DIR=0（向上计数）则计数器被清 0；若 DIR=1（向下计数）则计数器取 PWMn_ARR 的值。

18.7.12 捕获/比较模式寄存器 1（PWMx_CCMR1）

通道可用于输入（捕获模式）或输出（比较模式），通道的方向由相应的 CCnS 位定义。该寄存器其它位的作用在输入和输出模式下不同。OCxx 描述了通道在输出模式下的功能，ICxx 描述了通道在输入模式下的功能。因此必须注意，同一个位在输出模式和输入模式下的功能是不同的。

通道配置为比较输出模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR1	7EFEC8H	OC1CE	OC1M[2:0]			OC1PE	OC1FE	CC1S[1:0]	
PWMB_CCMR1	7EFEE8H	OC5CE	OC5M[2:0]			OC5PE	OC5FE	CC5S[1:0]	

OCnCE：输出比较 n 清零使能。该位用于使能使用 PWMETI 引脚上的外部事件来清通道 n 的输出信号（OCnREF）（n=1,5）

0：OCnREF 不受 ETRF 输入的影响；

1：一旦检测到 ETRF 输入高电平，OCnREF=0。

OCnM[2:0]：输出比较 n 模式。该 3 位定义了输出参考信号 OCnREF 的动作，而 OCnREF 决定了 OCn 的值。OCnREF 是高电平有效，而 OCn 的有效电平取决于 CCnP 位。（n=1,5）

OCnM[2:0]	模式	说明
000	冻结	PWMn_CCR1与PWMn_CNT间的比较对OCnREF不起作用
001	匹配时设置通道n的输出为有效电平	当PWMn_CCR1=PWMn_CNT时，OCnREF输出高
010	匹配时设置通道n的输出为无效电平	当PWMn_CCR1=PWMn_CNT时，OCnREF输出低
011	翻转	当PWMn_CCR1=PWMn_CNT时，翻转OCnREF
100	强制为无效电平	强制OCnREF为低
101	强制为有效电平	强制OCnREF为高
110	PWM模式1	在向上计数时，当PWMn_CNT<PWMn_CCR1时OCnREF输出高，否则OCnREF输出低 在向下计数时，当PWMn_CNT>PWMn_CCR1时OCnREF输出低，否则OCnREF输出高
111	PWM模式2	在向上计数时，当PWMn_CNT<PWMn_CCR1时OCnREF输出低，否则OCnREF输出高 在向下计数时，当PWMn_CNT>PWMn_CCR1时OCnREF输出高，否则OCnREF输出低

注 1：一旦 LOCK 级别设为 3（PWMn_BKR 寄存器中的 LOCK 位）并且 CCnS=00（该通道配置成输出）则该位不能被修改。

注 2：在 PWM 模式 1 或 PWM 模式 2 中，只有当比较结果改变了或在输出比较模式中从冻结模式切换到 PWM 模式时，OCnREF 电平才改变。

注 3：在有互补输出的通道上，这些位是预装载的。如果 PWMn_CR2 寄存器的 CCPC=1，OCM 位只有在 COM 事件发生时，才从预装载位取新值。

OCnPE：输出比较 n 预装载使能（n=1,5）

0：禁止 PWMn_CCR1 寄存器的预装载功能，可随时写入 PWMn_CCR1 寄存器，并且新写入的数值立即起作用。

1：开启 PWMn_CCR1 寄存器的预装载功能，读写操作仅对预装载寄存器操作，PWMn_CCR1 的预装载值在更新事件到来时被加载至当前寄存器中。

注 1：一旦 LOCK 级别设为 3（PWMn_BKR 寄存器中的 LOCK 位）并且 CCnS=00（该通道配置成输出）则该位不能被修改。

注 2：为了操作正确，在 PWM 模式下必须使能预装载功能。但在单脉冲模式下（PWMn_CR1 寄

存器的 OPM=1），它不是必须的。

OCnFE：输出比较 n 快速使能。该位用于加快 CC 输出对触发输入事件的响应。（n=1,5）

0：根据计数器与 CCRn 的值，CCn 正常操作，即使触发器是打开的。当触发器的输入有一个有效沿时，激活 CCn 输出的最小延时为 5 个时钟周期。

1：输入到触发器的有效沿的作用就象发生了一次比较匹配。因此，OC 被设置为比较电平而与比较结果无关。采样触发器的有效沿和 CC1 输出间的延时被缩短为 3 个时钟周期。OCFE 只在通道被配置成 PWMA 或 PWMB 模式时起作用。

CC1S[1:0]：捕获/比较 1 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC1S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC1映射在TI1FP1上
10	输入	IC1映射在TI2FP1上
11	输入	IC1映射在TRC上。此模式仅工作在内部触发器输入被选中时（由PWMA_SMCR寄存器的TS位选择）

CC5S[1:0]：捕获/比较 5 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC5S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC5映射在TI5FP5上
10	输入	IC5映射在TI6FP5上
11	输入	IC5映射在TRC上。此模式仅工作在内部触发器输入被选中时（由PWM5_SMCR寄存器的TS位选择）

注：CC1S 仅在通道关闭时（PWMA_CCER1 寄存器的 CC1E=0）才是可写的。

注：CC5S 仅在通道关闭时（PWM5_CCER1 寄存器的 CC5E=0）才是可写的。

通道配置为捕获输入模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR1	7EFEC8H	IC1F[3:0]				IC1PSC[1:0]		CC1S[1:0]	
PWMB_CCMR1	7EFEE8H	IC5F[3:0]				IC5PSC[1:0]		CC5S[1:0]	

ICnF[3:0]：输入捕获 n 滤波器选择，该位域定义了 TIn 的采样频率及数字滤波器长度。（n=1,5）

ICnF[3:0]	时钟数	ICnF[3:0]	时钟数
0000	1	1000	48
0001	2	1001	64
0010	4	1010	80
0011	8	1011	96
0100	12	1100	128
0101	16	1101	160
0110	24	1110	192
0111	32	1111	256

注：即使对于带互补输出的通道，该位域也是非预装载的，并且不会考虑 CCPC（PWMn_CR2 寄存器）的值

ICnPSC[1:0]：输入/捕获 n 预分频器。这两位定义了 CCn 输入（IC1）的预分频系数。（n=1,5）

00：无预分频器，捕获输入口上检测到的每一个边沿都触发一次捕获
01：每 2 个事件触发一次捕获
10：每 4 个事件触发一次捕获
11：每 8 个事件触发一次捕获

CC1S[1:0]：捕获/比较 1 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC1S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC1映射在TI1FP1上
10	输入	IC1映射在TI2FP1上
11	输入	IC1映射在TRC上。此模式仅工作在内部触发器输入被选中时（由PWMA_SMCR寄存器的TS位选择）

CC5S[1:0]：捕获/比较 5 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC5S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC5映射在TI5FP5上
10	输入	IC5映射在TI6FP5上
11	输入	IC5映射在TRC上。此模式仅工作在内部触发器输入被选中时（由PWM5_SMCR寄存器的TS位选择）

注：CC1S 仅在通道关闭时（PWMA_CCER1 寄存器的 CC1E=0）才是可写的。
注：CC5S 仅在通道关闭时（PWM5_CCER1 寄存器的 CC5E=0）才是可写的。

18.7.13 捕获/比较模式寄存器 2（PWMx_CCMR2）

通道配置为比较输出模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR2	7EFEC9H	OC2CE	OC2M[2:0]			OC2PE	OC2FE	CC2S[1:0]	
PWMB_CCMR2	7EFEE9H	OC6CE	OC6M[2:0]			OC6PE	OC6FE	CC6S[1:0]	

OCnCE：输出比较 n 清零使能。该位用于使能使用 PWMETI 引脚上的外部事件来清通道 n 的输出信号（OCnREF）（n=2,6）
0：OCnREF 不受 ETRF 输入的影响；
1：一旦检测到 ETRF 输入高电平，OCnREF=0。

OCnM[2:0]：输出比较 2 模式，参考 OC1M。（n=2,6）

OCnPE：输出比较 2 预装载使能，参考 OP1PE。（n=2,6）

CC2S[1:0]：捕获/比较 2 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC2S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC2映射在TI2FP2上
10	输入	IC2映射在TI1FP2上
11	输入	IC2映射在TRC上。

CC6S[1:0]：捕获/比较 6 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC6S[1:0]	方向	输入脚

00	输出	
01	输入	IC6映射在TI6FP6上
10	输入	IC6映射在TI5FP6上
11	输入	IC6映射在TRC上。

通道配置为捕获输入模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR2	7EFEC9H	IC2F[3:0]				IC2PSC[1:0]		CC2S[1:0]	
PWMB_CCMR2	7EFEE9H	IC6F[3:0]				IC6PSC[1:0]		CC6S[1:0]	

ICnF[3:0]：输入捕获 n 滤波器选择，参考 IC1F。（n=2,6）

ICnPSC[1:0]：输入/捕获 n 预分频器，参考 IC1PSC。（n=2,6）

CC2S[1:0]：捕获/比较 2 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC2S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC2映射在TI2FP2上
10	输入	IC2映射在TI1FP2上
11	输入	IC2映射在TRC上。

CC6S[1:0]：捕获/比较 6 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC6S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC6映射在TI6FP6上
10	输入	IC6映射在TI5FP6上
11	输入	IC6映射在TRC上。

18.7.14 捕获/比较模式寄存器 3（PWMx_CCMR3）

通道配置为比较输出模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR3	7EFECAH	OC3CE	OC3M[2:0]			OC3PE	OC3FE	CC3S[1:0]	
PWMB_CCMR3	7EFEEAH	OC7CE	OC7M[2:0]			OC7PE	OC7FE	CC7S[1:0]	

OCnCE：输出比较 n 清零使能。该位用于使能使用 PWMETI 引脚上的外部事件来清通道 n 的输出信号（OCnREF）（n=3,7）

0：OCnREF 不受 ETRF 输入的影响；

1：一旦检测到 ETRF 输入高电平，OCnREF=0。

OCnM[2:0]：输出比较 3 模式，参考 OC1M。（n=3,7）

OCnPE：输出比较 3 预装载使能，参考 OP1PE。（n=3,7）

CC3S[1:0]：捕获/比较 3 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC3S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC3映射在TI3FP3上
10	输入	IC3映射在TI4FP3上

11	输入	IC3映射在TRC上。

CC7S[1:0]：捕获/比较 7 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC7S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC7映射在TI7FP7上
10	输入	IC7映射在TI8FP7上
11	输入	IC7映射在TRC上。

通道配置为捕获输入模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR3	7EFECAH	IC3F[3:0]				IC3PSC[1:0]		CC3S[1:0]	
PWMB_CCMR3	7EFEEAH	IC7F[3:0]				IC7PSC[1:0]		CC7S[1:0]	

ICnF[3:0]：输入捕获 n 滤波器选择，参考 IC1F。（n=3,7）

ICnPSC[1:0]：输入/捕获 n 预分频器，参考 IC1PSC。（n=3,7）

CC3S[1:0]：捕获/比较 3 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC3S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC3映射在TI3FP3上
10	输入	IC3映射在TI4FP3上
11	输入	IC3映射在TRC上。

CC7S[1:0]：捕获/比较 7 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC7S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC7映射在TI7FP7上
10	输入	IC7映射在TI8FP7上
11	输入	IC7映射在TRC上。

18.7.15 捕获/比较模式寄存器 4（PWMx_CCMR4）

通道配置为比较输出模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR4	7EFECBH	OC4CE	OC4M[2:0]			OC4PE	OC4FE	CC4S[1:0]	
PWMB_CCMR4	7EFEEBH	OC8CE	OC8M[2:0]			OC8PE	OC8FE	CC8S[1:0]	

OCnCE：输出比较 n 清零使能。该位用于使能使用 PWMETI 引脚上的外部事件来清通道 n 的输出信号（OCnREF）（n=4,8）

0：OCnREF 不受 ETRF 输入的影响；

1：一旦检测到 ETRF 输入高电平，OCnREF=0。

OCnM[2:0]：输出比较 n 模式，参考 OC1M。（n=4,8）

OCnPE：输出比较 n 预装载使能，参考 OP1PE。（n=4,8）

CC4S[1:0]：捕获/比较 4 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC4S[1:0]	方向	输入脚

00	输出	
01	输入	IC4映射在TI4FP4上
10	输入	IC4映射在TI3FP4上
11	输入	IC4映射在TRC上。

CC8S[1:0]：捕获/比较 8 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC8S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC8映射在TI8FP8上
10	输入	IC8映射在TI7FP8上
11	输入	IC8映射在TRC上。

通道配置为捕获输入模式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCMR4	7EFECBH	IC4F[3:0]				IC4PSC[1:0]		CC4S[1:0]	
PWMB_CCMR4	7EFEEBH	IC8F[3:0]				IC8PSC[1:0]		CC8S[1:0]	

ICnF[3:0]：输入捕获 n 滤波器选择，参考 IC1F。（n=4,8）

ICnPSC[1:0]：输入/捕获 n 预分频器，参考 IC1PSC。（n=4,8）

CC4S[1:0]：捕获/比较 4 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC4S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC4映射在TI4FP4上
10	输入	IC4映射在TI3FP4上
11	输入	IC4映射在TRC上。

CC8S[1:0]：捕获/比较 8 选择。这两位定义通道的方向（输入/输出），及输入脚的选择

CC8S[1:0]	方向	输入脚
00	输出	
01	输入	IC8映射在TI8FP8上
10	输入	IC8映射在TI7FP8上
11	输入	IC8映射在TRC上。

18.7.16 捕获/比较使能寄存器 1（PWMx_CCER1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCER1	7EFECCH	CC2NP	CC2NE	CC2P	CC2E	CC1NP	CC1NE	CC1P	CC1E
PWMB_CCER1	7EFEECH	-	-	CC6P	CC6E	-	-	CC5P	CC5E

CC6P：OC6 输入捕获/比较输出极性。参考 CC1P

CC6E：OC6 输入捕获/比较输出使能。参考 CC1E

CC5P：OC5 输入捕获/比较输出极性。参考 CC1P

CC5E：OC5 输入捕获/比较输出使能。参考 CC1E

CC2NP：OC2N 比较输出极性。参考 CC1NP

CC2NE：OC2N 比较输出使能。参考 CC1NE

CC2P：OC2 输入捕获/比较输出极性。参考 CC1P

CC2E：OC2 输入捕获/比较输出使能。参考 CC1E

CC1NP：OC1N 比较输出极性

0：高电平有效；

1：低电平有效。

注 1：一旦 LOCK 级别（PWMA_BKR 寄存器中的 LOCK 位）设为 3 或 2 且 CC1S=00（通道配置为输出），则该位不能被修改。

注 2：对于有互补输出的通道，该位是预装载的。如果 CCPC=1（PWMA_CR2 寄存器），只有在 COM 事件发生时，CC1NP 位才从预装载位中取新值。

CC1NE：OC1N 比较输出使能

0：关闭比较输出。

1：开启比较输出，其输出电平依赖于 MOE、OSSI、OSSR、OIS1、OIS1N 和 CC1E 位的值。

注：对于有互补输出的通道，该位是预装载的。如果 CCPC=1（PWMA_CR2 寄存器），只有在 COM 事件发生时，CC1NE 位才从预装载位中取新值。

CC1P：OC1 输入捕获/比较输出极性

CC1 通道配置为输出：

0：高电平有效

1：低电平有效

CC1 通道配置为输入或者捕获：

0：捕获发生在 TI1F 或 TI2F 的上升沿；

1：捕获发生在 TI1F 或 TI2F 的下降沿.

CC1E：OC1 输入捕获/比较输出使能

0：关闭输入捕获/比较输出；

1：开启输入捕获/比较输出。

注 1：一旦 LOCK 级别（PWMA_BKR 寄存器中的 LOCK 位）设为 3 或 2，则该位不能被修改。

注 2：对于有互补输出的通道，该位是预装载的。如果 CCPC=1（PWMA_CR2 寄存器），只有在 COM 事件发生时，CC1P 位才从预装载位中取新值。

带刹车功能的互补输出通道 OCi 和 OCiN 的控制位

控制位					输出状态	
MOE	OSSI	OSSR	CCiE	CCiNE	OCi 输出状态	OCiN 输出状态
1	X	0	0	0	输出禁止	输出禁止
		0	0	1	输出禁止	带极性的 OCiREF
		0	1	0	带极性的 OCiREF	输出禁止
		0	1	1	带极性和死区的 OCiREF	带极性和死区的反向 OCiREF
		1	0	0	输出禁止	输出禁止
		1	0	1	关闭状态 （输出使能且为无效电平） OCi=CCiP	带极性的 OCiREF
		1	1	0	带极性的 OCiREF	关闭状态 （输出使能且为无效电平） OCiN=CCiNP
		1	1	1	带极性和死区的 OCiREF	带极性和死区的反向 OCiREF
0	0	X	X	X	输出禁止	

	1				关闭状态（输出使能且为无效电平）异步地：OCi=CCiP，OCiN=CCiNP；然后，若时钟存在：经过一个死区时间后 OCi=OISi，OCiN=OISiN，假设 OISi 与 OISiN 并不都对应 OCi 和 OCiN 的有效电平。

注：管脚连接到互补的 OCi 和 OCiN 通道的外部 I/O 管脚的状态，取决于 OCi 和 OCiN 通道状态和 GPIO 寄存器。

18.7.17 捕获/比较使能寄存器 2（PWMx_CCER2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCER2	7EFECDH	CC4NP	CC4NE	CC4P	CC4E	CC3NP	CC3NE	CC3P	CC3E
PWMB_CCER2	7EFEEDH	-	-	CC8P	CC8E	-	-	CC7P	CC7E

CC8P：OC8 输入捕获/比较输出极性。参考 CC1P
CC8E：OC8 输入捕获/比较输出使能。参考 CC1E
CC7P：OC7 输入捕获/比较输出极性。参考 CC1P
CC7E：OC7 输入捕获/比较输出使能。参考 CC1E
CC4NP：OC4N 比较输出极性。参考 CC1NP
CC4NE：OC4N 比较输出使能。参考 CC1NE
CC4P：OC4 输入捕获/比较输出极性。参考 CC1P
CC4E：OC4 输入捕获/比较输出使能。参考 CC1E
CC3NP：OC3N 比较输出极性。参考 CC1NP
CC3NE：OC3N 比较输出使能。参考 CC1NE
CC3P：OC3 输入捕获/比较输出极性。参考 CC1P
CC3E：OC3 输入捕获/比较输出使能。参考 CC1E

18.7.18 计数器高 8 位（PWMx_CNTRH）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CNTRH	7EFECEH	CNT1[15:8]							
PWMB_CNTRH	7EFEEEH	CNT2[15:8]							

CNTn[15:8]：计数器的高 8 位值（n= A,B）

18.7.19 计数器低 8 位（PWMx_CNTRL）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CNTRL	7EFECFH	CNT1[7:0]							
PWMB_CNTRL	7EFEEFH	CNT2[7:0]							

CNTn[7:0]：计数器的低 8 位值（n= A,B）

18.7.20 预分频器高 8 位（PWMx_PSCRH），输出频率计算公式

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_PSCRH	7EFED0H	PSC1[15:8]							
PWMB_PSCRH	7EFEF0H	PSC2[15:8]							

PSCn[15:8]：预分频器的高 8 位值。（n= A,B）

预分频器用于对 CK_PSC 进行分频。计数器的时钟频率（fCK_CNT）等于 fCK_PSC/（PSCR[15:0]+1）。PSCR 包含了当更新事件产生时装入当前预分频器寄存器的值（更新事件包括计数器被 TIM_EGR 的 UG 位清 0 或被工作在复位模式的从控制器清 0）。这意味着为了使新的值起作用，必须产生一个更新事件。

PWM 输出频率计算公式

PWMA 和 PWMB 两组 PWM 的输出频率计算公式相同，且每组可设置不同的频率。

对齐模式	PWM输出频率计算公式
边沿对齐	$\text{PWM输出频率} = \frac{\text{系统工作频率SYSclk}}{(\text{PWMx\_PSCR} + 1) \times (\text{PWMx\_AAR} + 1)}$
中间对齐	$\text{PWM输出频率} = \frac{\text{系统工作频率SYSclk}}{(\text{PWMx\_PSCR} + 1) \times \text{PWMx\_AAR} \times 2}$

18.7.21 预分频器低 8 位（PWMx_PSCRL）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_PSCRL	7EFED1H	PSC1[7:0]							
PWMB_PSCRL	7EFEF1H	PSC2[7:0]							

PSCn[7:0]：预分频器的低 8 位值。（n= A,B）

18.7.22 自动重装载寄存器高 8 位（PWMx_ARRH）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_ARRH	7EFED2H	ARR1[15:8]							
PWMB_ARRH	7EFEF2H	ARR2[15:8]							

ARRn[15:8]：自动重装载高 8 位值（n= A,B）

ARR 包含了将要装载入实际的自动重装载寄存器的值。当自动重装载的值为 0 时，计数器不工作。

18.7.23 自动重装载寄存器低 8 位（PWMx_ARRL）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_ARRL	7EFED3H	ARR1[7:0]							
PWMB_ARRL	7EFEF3H	ARR2[7:0]							

ARRn[7:0]：自动重装载低 8 位值（n= A,B）

18.7.24 重复计数器寄存器（PWMx_RCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_RCR	7EFED4H	REP1[7:0]							
PWMB_RCR	7EFEF4H	REP2[7:0]							

REPn[7:0]：重复计数器值（n= A,B）

开启了预装载功能后，这些位允许用户设置比较寄存器的更新速率（即周期性地从预装载寄存器 传输到当前寄存器）；如果允许产生更新中断，则会同时影响产生更新中断的速率。每次向下计

数器 REP_CNT 达到 0，会产生一个更新事件并且计数器 REP_CNT 重新从 REP 值开 始计数。由于 REP_CNT 只有在周期更新事件 U_RC 发生时才重载 REP 值，因此对 PWMn_RCR 寄存器写入的新值只在下次周期更新事件发生时才起作用。这意味着在 PWM 模式中，（REP+1）对应着：

- 在边沿对齐模式下，PWM 周期的数目；
- 在中心对称模式下，PWM 半周期的数目。

18.7.25 捕获/比较寄存器 1/5 高 8 位（PWMx_CCR1H）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR1H	7EFED5H	CCR1[15:8]							
PWMB_CCR5H	7EFEF5H	CCR5[15:8]							

CCRn[15:8]：捕获/比较 n 的高 8 位值（n=1,5）

若 CCn 通道配置为输出：CCRn 包含了装入当前比较值（预装载值）。如果在 PWMn_CCMR1 寄存器（OCnPE 位）中未选择预装载功能，写入的数值会立即传输至当前寄存器中。否则只有当更新事件发生时，此预装载值才传输至当前捕获/比较 n 寄存器中。当前比较值同计数器 PWMn_CNT 的值相比较，并在 OCn 端口上产生输出信号。

若 CCn 通道配置为输入：CCRn 包含了上一次输入捕获事件发生时的计数器值（此时该寄存器为只读）。

18.7.26 捕获/比较寄存器 1/5 低 8 位（PWMx_CCR1L）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR1L	7EFED6H	CCR1[7:0]							
PWMB_CCR5L	7EFEF6H	CCR5[7:0]							

CCRn[7:0]：捕获/比较 n 的低 8 位值（n=1,5）

18.7.27 捕获/比较寄存器 2/6 高 8 位（PWMx_CCR2H）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR2H	7EFED7H	CCR2[15:8]							
PWMB_CCR6H	7EFEF7H	CCR6[15:8]							

CCRn[15:8]：捕获/比较 n 的高 8 位值（n=2,6）

18.7.28 捕获/比较寄存器 2/6 低 8 位（PWMx_CCR2L）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR2L	7EFED8H	CCR2[7:0]							
PWMB_CCR6L	7EFEF8H	CCR6[7:0]							

CCRn[7:0]：捕获/比较 n 的低 8 位值（n=2,6）

18.7.29 捕获/比较寄存器 3/7 高 8 位（PWMx_CCR3H）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR3H	7EFED9H	CCR3[15:8]							

PWMB_CCR7H	7EFEF9H	CCR7[15:8]

CCRn[15:8]：捕获/比较 n 的高 8 位值（n=3,7）

18.7.30 捕获/比较寄存器 3/7 低 8 位（PWMx_CCR3L）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR3L	7EFEDAH	CCR3[7:0]							
PWMB_CCR7L	7EFEFAH	CCR7[7:0]							

CCRn[7:0]：捕获/比较 n 的低 8 位值（n=3,7）

18.7.31 捕获/比较寄存器 4/8 高 8 位（PWMx_CCR4H）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR4H	7EFEDBH	CCR4[15:8]							
PWMB_CCR8H	7EFEFBH	CCR8[15:8]							

CCRn[15:8]：捕获/比较 n 的高 8 位值（n=4,8）

18.7.32 捕获/比较寄存器 4/8 低 8 位（PWMx_CCR4L）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_CCR4L	7EFEDCH	CCR4[7:0]							
PWMB_CCR8L	7EFEFCH	CCR8[7:0]							

CCRn[7:0]：捕获/比较 n 的低 8 位值（n=4,8）

18.7.33 刹车寄存器（PWMx_BKR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_BRK	7EFEDDH	MOEA	AOEA	BKPA	BKEA	OSSRA	OSSIA	LOCKA[1:0]	
PWMB_BRK	7EFEFDH	MOEB	AOEB	BKPB	BKEB	OSSRB	OSSIB	LOCKB[1:0]	

MOEn：主输出使能。一旦刹车输入有效，该位被硬件异步清 0。根据 AOE 位的设置值，该位可以由软件置 1 或被自动置 1。它仅对配置为输出的通道有效。（n= A,B）

0：禁止 OC 和 OCN 输出或强制为空闲状态

1：如果设置了相应的使能位（PWMn_CCERX 寄存器的 CCIE 位），则使能 OC 和 OCN 输出。

AOEn：自动输出使能（n= A,B）

0：MOE 只能被软件置 1；

1：MOE 能被软件置 1 或在下一个更新事件被自动置 1（如果刹车输入无效）。

注：一旦 LOCK 级别（PWMn_BKR 寄存器中的 LOCK 位）设为 1，则该位不能被修改

BKPn：刹车输入极性（n= A,B）

0：刹车输入低电平有效

1：刹车输入高电平有效

注：一旦 LOCK 级别（PWMn_BKR 寄存器中的 LOCK 位）设为 1，则该位不能被修改

BKEn：刹车功能使能（n= A,B）

0：禁止刹车输入（BRK）

1：开启刹车输入（BRK）

注：一旦 LOCK 级别（PWMn_BKR 寄存器中的 LOCK 位）设为 1，则该位不能被修改。

OSSRn：运行模式下“关闭状态”选择。该位在 MOE=1 且通道设为输出时有效（n= A,B）

0：当 PWM 不工作时，禁止 OC/OCN 输出（OC/OCN 使能输出信号=0）；

1：当 PWM 不工作时，一旦 CCiE=1 或 CCiNE=1，首先开启 OC/OCN 并输出无效电平，然后置 OC/OCN 使能输出信号=1。

注：一旦 LOCK 级别（PWMn_BKR 寄存器中的 LOCK 位）设为 2，则该位不能被修改。

OSSIn：空闲模式下“关闭状态”选择。该位在 MOE=0 且通道设为输出时有效。（n= A,B）

0：当 PWM 不工作时，禁止 OC/OCN 输出（OC/OCN 使能输出信号=0）；

1：当 PWM 不工作时，一旦 CCiE=1 或 CCiNE=1，OC/OCN 首先输出其空闲电平，然后 OC/OCN 使能输出信号=1。

注：一旦 LOCK 级别（PWMn_BKR 寄存器中的 LOCK 位）设为 2，则该位不能被修改。

LOCKn[1:0]：锁定设置。该位为防止软件错误而提供的写保护措施（n= A,B）

LOCKn[1:0]	保护级别	保护内容
00	无保护	寄存器无写保护
01	锁定级别1	不能写入PWMn_BKR寄存器的BKE、BKP、AOE位和 PWMn_OISR寄存器的OISI位
10	锁定级别2	不能写入锁定级别1中的各位， 也不能写入CC极性位以及OSSR/OSSI位
11	锁定级别3	不能写入锁定级别2中的各位， 也不能写入CC控制位

注：由于 BKE、BKP、AOE、OSSR、OSSI 位可被锁定（依赖于 LOCK 位），因此在第一次写 PWMn_BKR 寄存器时必须对它们进行设置。

18.7.34 死区寄存器（PWMx_DTR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_DTR	7EFEDEH	DTGA[7:0]							
PWMB_DTR	7EFEFEH	DTGB[7:0]							

DTGn[7:0]：死区发生器设置。（n= A,B）

这些位定义了插入互补输出之间的死区持续时间。（t_{CK_PSC} 为 PWMn 的时钟脉冲）

DTGn[7:5]	死区时间
000	DTGn[7:0] * t_{CK_PSC}
001	
010	
011	
100	(64 + DTGn[6:0]) * 2 * t_{CK_PSC}
101	
110	(32 + DTGn[5:0]) * 8 * t_{CK_PSC}
111	(32 + DTGn[4:0]) * 16 * t_{CK_PSC}

18.7.35 输出空闲状态寄存器（PWMx_OISR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PWMA_OISR	7EFEDFH	OIS4N	OIS4	OIS3N	OIS3	OIS2N	OIS2	OIS1N	OIS1
PWMB_OISR	7EFEFFH	-	OIS8	-	OIS7	-	OIS6	-	OIS5

OIS8：空闲状态时 OC8 输出电平

OIS7：空闲状态时 OC7 输出电平

OIS6：空闲状态时 OC6 输出电平

OIS5：空闲状态时 OC5 输出电平

OIS4N：空闲状态时 OC4N 输出电平

OIS4：空闲状态时 OC4 输出电平

OIS3N：空闲状态时 OC3N 输出电平

OIS3：空闲状态时 OC3 输出电平

OIS2N：空闲状态时 OC2N 输出电平

OIS2：空闲状态时 OC2 输出电平

OIS1N：空闲状态时 OC1N 输出电平

0：当 MOE=0 时，则在一个死区时间后，OC1N=0；

1：当 MOE=0 时，则在一个死区时间后，OC1N=1。

OIS1：空闲状态时 OC1 输出电平

0：当 MOE=0 时，如果 OC1N 使能，则在一个死区后，OC1=0；

1：当 MOE=0 时，如果 OC1N 使能，则在一个死区后，OC1=1。

18.8 范例程序

18.8.1 六步 PWM 驱动无刷直流马达(带 HALL)

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef    unsigned char    u8;
typedef    unsigned int     u16;

#define    TRUE             1
#define    FALSE            0

#define    RV09_CH          6

#define    PWMA_Period      ((u16)0x0180)
#define    PWMA_STPulse     ((u16)342)

#define    START            0x1A
#define    RUN              0x1B
#define    STOP             0x1C
#define    IDLE             0x1D

#define    PWMA_OCMODE_MASK          ((u8)0x70)
#define    PWMA_OCCE_ENABLE          ((u8)0x80)
#define    PWMA_OCCE_DISABLE         ((u8)0x00)
#define    PWMA_OCMODE_TIMING        ((u8)0x00)
#define    PWMA_OCMODE_ACTIVE        ((u8)0x10)
#define    PWMA_OCMODE_INACTIVE      ((u8)0x20)
#define    PWMA_OCMODE_TOGGLE        ((u8)0x30)
#define    PWMA_FORCE_INACTIVE       ((u8)0x40)
#define    PWMA_FORCE_ACTIVE         ((u8)0x50)
#define    PWMA_OCMODE_PWM1          ((u8)0x60)
#define    PWMA_OCMODE_PWM2          ((u8)0x70)
#define    CC1_POLARITY_HIGH         ((u8)0x02)
#define    CC1N_POLARITY_HIGH        ((u8)0x08)
#define    CC2_POLARITY_HIGH         ((u8)0x20)
#define    CC2N_POLARITY_HIGH        ((u8)0x80)
#define    CC1_POLARITY_LOW          ((u8)~0x02)
#define    CC1N_POLARITY_LOW         ((u8)~0x08)
#define    CC2_POLARITY_LOW          ((u8)~0x20)
#define    CC2N_POLARITY_LOW         ((u8)~0x80)
#define    CC1_OCENABLE              ((u8)0x01)
#define    CC1N_OCENABLE             ((u8)0x04)
#define    CC2_OCENABLE              ((u8)0x10)
#define    CC2N_OCENABLE             ((u8)0x40)
#define    CC1_OCDISABLE             ((u8)~0x01)
#define    CC1N_OCDISABLE            ((u8)~0x04)
#define    CC2_OCDISABLE             ((u8)~0x10)
#define    CC2N_OCDISABLE            ((u8)~0x40)
#define    CC3_POLARITY_HIGH         ((u8)0x02)
#define    CC3N_POLARITY_HIGH        ((u8)0x08)
#define    CC4_POLARITY_HIGH         ((u8)0x20)
```

```
#define     CC4N_POLARITY_HIGH      ((u8)0x80)
#define     CC3_POLARITY_LOW        ((u8)~0x02)
#define     CC3N_POLARITY_LOW       ((u8)~0x08)
#define     CC4_POLARITY_LOW        ((u8)~0x20)
#define     CC4N_POLARITY_LOW       ((u8)~0x80)
#define     CC3_OCENABLE            ((u8)0x01)
#define     CC3N_OCENABLE           ((u8)0x04)
#define     CC4_OCENABLE            ((u8)0x10)
#define     CC4N_OCENABLE           ((u8)0x40)
#define     CC3_OCDISABLE           ((u8)~0x01)
#define     CC3N_OCDISABLE          ((u8)~0x04)
#define     CC4_OCDISABLE           ((u8)~0x10)
#define     CC4N_OCDISABLE          ((u8)~0x40)

void LED_OUT(u8 X);                                 //LED 单字节串行移位函数

unsigned char code LED_0F[] =
{
    0xC0,0xF9,0xA4,0xB0,
    0x99,0x92,0x82,0xF8,
    0x80,0x90,0x8C,0xBF,
    0xC6,0xA1,0x86,0xFF,
    0xbf
};

#define     DIO             P23             //串行数据输入
#define     RCLK            P24             //时钟脉冲信号——上升沿有效
#define     SCLK            P25             //打入信号————上升沿有效

void DelayXus(unsigned char delayTime);
void DelayXms( unsigned char delayTime);
unsigned int ADC_Convert(u8 ch);
void PWM_Init(void);
void SPEED_ADJ();
unsigned char RD_HALL();
void MOTOR_START();
void MOTOR_STOP();
unsigned char KEY_detect();
void LED4_Display (unsigned int dat,unsigned char num);

unsigned char Display_num=1;
unsigned int Display_dat=0;
unsigned int Motor_speed;
unsigned char Motor_sta = IDLE;
unsigned char BRK_occur=0;
unsigned int PWMB_CAP1_v=0;
unsigned int CAP1_avg=0;
unsigned char CAP1_cnt=0;
unsigned long CAP1_sum=0;

void main(void)
{
    P_SW2 = 0x80;

    P1 = 0x00;
    P0M1 = 0x0C;
    P0M0 = 0x01;
    P1M1 = 0xc0;
    P1M0 = 0x3F;
```

```
    P2M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x38;
    P3M1 = 0x28;
    P3M0 = 0x00;

    ET0=1;
    TR0=1;

    ADCCFG = 0x0f;
    ADC_CONTR = 0x80;

    PWMA_ENO = 0x3F;                    //PWMA 输出使能
    PWMB_ENO = 0x00;                    //PWMB 输出使能
    PWMA_PS = 0x00;                     //PWMA pin  选择
    PWMB_PS = 0xd5;                     //PWMB pin  选择

/*********************************************************
输出比较模式 PWMx_duty = [CCRx/(ARR + 1)]*100
*********************************************************/
/************PWMB 接 hall 传感器****************/
////////////时基单元////////////
    PWMB_PSCRL = 15;
    PWMB_ARRH = 0xff;                   //自动重装载寄存器，计数器 overflow 点
    PWMB_ARRL = 0xff;
    PWMB_CCR8H = 0x00;
    PWMB_CCR8L = 0x05;

////////////通道配置////////////
    PWMB_CCMR1 = 0x43;                  //通道模式配置
    PWMB_CCMR2 = 0x41;
    PWMB_CCMR3 = 0x41;
    PWMB_CCMR4 = 0x70;
    PWMB_CCER1 = 0x11;
    PWMB_CCER2 = 0x11;

////////////模式配置////////////
    PWMB_CR2 = 0xf0;
    PWMB_CR1 = 0x81;
    PWMB_SMCR = 0x44;

////////////使能&中断配置////////////
    PWMB_BKR = 0x80;                    //主输出使能
    PWMB_IER = 0x02;                    //使能中断


/************PWMA  控制马达换相****************/
////////////时基单元////////////
    PWMA_PSCRH = 0x00;                  //预分频寄存器
    PWMA_PSCRL = 0x00;
    PWMA_ARRH = (u8)(PWMA_Period >> 8);
    PWMA_ARRL = (u8)(PWMA_Period);

////////////通道配置////////////
    PWMA_CCMR1 = 0x70;                  //通道模式配置
    PWMA_CCMR2 = 0x70;
    PWMA_CCMR3 = 0x70;
    PWMA_CCER1 = 0x11;                  //配置通道输出使能和极性
    PWMA_CCER2 = 0x01;                  //配置通道输出使能和极性
    PWMA_OISR = 0xAA;                   //配置 MOE=0 时各通道输出电平
```

```
//////////模式配置//////////
    PWMA_CR1 = 0xA0;
    PWMA_CR2 = 0x24;
    PWMA_SMCR = 0x20;

//////////使能&中断配置//////////
    PWMA_BKR = 0x1c;
    PWMA_CR1 |= 0x01;                                   //使能计数器

    EA = 1;
    while (1)
    {
        P22=~P22;
        Display_dat = Motor_speed;                      //Motor_speed

        switch(Motor_sta)
        {
        case START:
            MOTOR_START();
            Motor_sta = RUN;
            break;
        case RUN:
            SPEED_ADJ();
            if((KEY_detect() == 2)||(BRK_occur == TRUE))
                Motor_sta = STOP;
            break;
        case STOP:
            MOTOR_STOP();
            Motor_sta = IDLE;
            break;
        case IDLE:
            if(KEY_detect()==1)
                Motor_sta = START;
            BRK_occur = FALSE;
            Motor_speed = 0;
            CAP1_avg = 0;
            CAP1_cnt = 0;
            CAP1_sum = 0;
            break;
        }
    }
}

void TIM0_ISR() interrupt 1
{
    TH0=0xf0;
    if(Display_num>8)
        Display_num=1;
    LED4_Display(Display_dat,Display_num);
    Display_num=(Display_num<<1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if((PWMA_SR1 & 0x20))
    {
        switch(RD_HALL())
        {
```

```
            case 3:
                PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
                PWMA_CCMR3 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
                PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
                PWMA_CCMR1 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
                break;
            case 2:
                PWMA_CCER1 &= CC2N_POLARITY_LOW;
                PWMA_CCER2 |= CC3N_POLARITY_HIGH;
                break;
            case 6:
                PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
                PWMA_CCMR1 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
                PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
                PWMA_CCMR2 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
                break;
            case 4:
                PWMA_CCER1 |= CC1N_POLARITY_HIGH;
                PWMA_CCER2 &= CC3N_POLARITY_LOW;
                break;
            case 5:
                PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
                PWMA_CCMR2 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
                PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
                PWMA_CCMR3 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
                break;
            case 1:
                PWMA_CCER1 &= CC1N_POLARITY_LOW;
                PWMA_CCER1 |= CC2N_POLARITY_HIGH;
                break;
            }

            CAP1_sum += PWMB_CAP1_v;
            CAP1_cnt++;
            if(CAP1_cnt==128)
            {
                CAP1_cnt=0;
                CAP1_avg = (CAP1_sum>>7);
                CAP1_sum = 0;
                Motor_speed = 5000000/CAP1_avg;
            }

            PWMA_SR1 &=~0x20;                       //清零
        }
        if((PWMA_SR1 & 0x80))                       //BRK
        {
            BRK_occur = TRUE;
            PWMA_SR1 &=~0x80;                       //清零
        }
}

void PWMB_ISR() interrupt 23
{
        if((PWMB_SR1 & 0x02))
        {
            PWMB_CAP1_v = PWMB_CCR5H;
            PWMB_CAP1_v = (PWMB_CAP1_v<<8) + PWMB_CCR5L;
            PWMB_SR1 &=~0x02;
        }
```

```
}

void DelayXus(unsigned char delayTime)
{
    int i = 0;
    while( delayTime--)
    {
        for( i = 0 ; i < 1 ; i++);
    }
}

void DelayXms( unsigned char delayTime )
{
    int i = 0;
    while( delayTime--)
    {
        for( i = 0 ; i < 2 ; i++)
        {
            DelayXus(100);
        }
    }
}

unsigned int ADC_Convert(u8 ch)
{
    u16 res=0;

    ADC_CONTR &= ~0x0f;
    ADC_CONTR |= ch;
    ADC_CONTR |= 0x40;
    DelayXus(1);
    while (!(ADC_CONTR & 0x20));
    ADC_CONTR &= ~0x20;

    res = ADC_RES;
    res = (res<<2)+(ADC_RESL>>6);
    return res;
}

void SPEED_ADJ()
{
    u16 ADC_result;

    ADC_result = (ADC_Convert(RV09_CH)/3);
    PWMA_CCR1H = (u8)(ADC_result >> 8);          //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = (u8)(ADC_result);
    PWMA_CCR2H = (u8)(ADC_result >> 8);
    PWMA_CCR2L = (u8)(ADC_result);
    PWMA_CCR3H = (u8)(ADC_result >> 8);
    PWMA_CCR3L = (u8)(ADC_result);
}

unsigned char RD_HALL()
{
    unsigned char Hall_sta = 0;

    (P17)? (Hall_sta|=0x01) : (Hall_sta&=~0x01);
    (P54)? (Hall_sta|=0x02) : (Hall_sta&=~0x02);
    (P33)? (Hall_sta|=0x04) : (Hall_sta&=~0x04);
```

```
    return Hall_sta;
}

void MOTOR_START()
{
    u16 temp;
    u16 ADC_result;

    PWMA_CCR1H = (u8)(PWMA_STPulse >> 8);          //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = (u8)(PWMA_STPulse);
    PWMA_CCR2H = (u8)(PWMA_STPulse >> 8);
    PWMA_CCR2L = (u8)(PWMA_STPulse);
    PWMA_CCR3H = (u8)(PWMA_STPulse >> 8);
    PWMA_CCR3L = (u8)(PWMA_STPulse);
    PWMA_BKR |= 0x80;                              //主输出使能相当于总开关
    PWMA_IER |= 0xA0;                              //使能中断

    switch(RD_HALL())
    {
    case 1:
        PWMA_CCER1 &= CC1N_POLARITY_LOW;
        PWMA_CCER1 |= CC2N_POLARITY_HIGH;
        PWMA_CCER2 &= CC3N_POLARITY_LOW;
        PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR3 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
        PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR2 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
        PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR1 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
        break;
    case 3:
        PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR3 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
        PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR2 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
        PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR1 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
        PWMA_CCER1 &= CC1N_POLARITY_LOW;
        PWMA_CCER1 &= CC2N_POLARITY_LOW;
        PWMA_CCER2 |= CC3N_POLARITY_HIGH;
        break;
    case 2:
        PWMA_CCER1 &= CC1N_POLARITY_LOW;
        PWMA_CCER1 &= CC2N_POLARITY_LOW;
        PWMA_CCER2 |= CC3N_POLARITY_HIGH;
        PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR1 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
        PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR2 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
        PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR3 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
        break;
    case 6:
        PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR1 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
        PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
        PWMA_CCMR2 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
        PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
```

```
            PWMA_CCMR3 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCER1 |= CC1N_POLARITY_HIGH;
            PWMA_CCER1 &= CC2N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCER2 &= CC3N_POLARITY_LOW;
            break;
        case 4:
            PWMA_CCER1 |= CC1N_POLARITY_HIGH;
            PWMA_CCER1 &= CC2N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCER2 &= CC3N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR1 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR2 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR3 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            break;
        case 5:
            PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR1 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
             PWMA_CCMR2 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
             PWMA_CCMR3 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            PWMA_CCER1 &= CC1N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCER1 |= CC2N_POLARITY_HIGH;
            PWMA_CCER2 &= CC3N_POLARITY_LOW;
            break;
        }
        ADC_result = (ADC_Convert(RV09_CH)/3);

        for(temp = PWMA_STPulse; temp > ADC_result; temp--)
        {
            PWMA_CCR1H = (u8)(temp >> 8);                //计数器比较值
            PWMA_CCR1L = (u8)(temp);
            PWMA_CCR2H = (u8)(temp >> 8);
            PWMA_CCR2L = (u8)(temp);
            PWMA_CCR3H = (u8)(temp >> 8);
            PWMA_CCR3L = (u8)(temp);
            DelayXms(10);
        }
    }

    void MOTOR_STOP()
    {
        PWMA_BKR &= ~0x80;
        PWMA_IER &= ~0xA0;
    }

    void LED4_Display (u16 dat,u8 num)
    {
        switch(num)
        {
        case 0x01:
            LED_OUT(LED_0F[(dat/1)%10]);
            LED_OUT(0x01);
            RCLK = 0;
            RCLK = 1;
            break;
        case 0x02:
```

```
            LED_OUT(LED_0F[(dat/10)%10]);
            LED_OUT(0x02);
            RCLK = 0;
            RCLK = 1;
            break;
        case 0x04:
            LED_OUT(LED_0F[(dat/100)%10]);
            LED_OUT(0x04);
            RCLK = 0;
            RCLK = 1;
            break;
        case 0x08:
            LED_OUT(LED_0F[(dat/1000)%10]);
            LED_OUT(0x08);
            RCLK = 0;
            RCLK = 1;
            break;
        }
}

void LED_OUT(u8 X)
{
        u8 i;

        for(i=8;i>=1;i--)
        {
            if (X&0x80) DIO=1;
            else DIO=0;
            X<<=1;
            SCLK = 0;
            SCLK = 1;
        }
}

unsigned char KEY_detect()
{
        if(!P02)
        {
            DelayXms(10);
            if(!P02)
            {
                return 1;
            }
            else return 0;
        }
        else if(!P03)
        {
            DelayXms(10);
            if(!P03)
            {
                return 2;
            }
            else return 0;
        }
        else return 0;
}
```

18.8.2 BLDC 无刷直流电机驱动(无 HALL)

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz
//本例程实现如下功能: 通过 3 组 PWM 通道控制无霍尔马达运转
//本例程仅适用 57BL02 马达在 24V 无负载条件下演示

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef     unsigned char   u8;
typedef     unsigned int    u16;

#define     TRUE                1
#define     FALSE               0

#define     RV09_CH             6

#define     PWMA_Period         ((u16)280)
#define     PWMA_STPulse        ((u16)245)

#define     START               0x1A
#define     RUN                 0x1B
#define     STOP                0x1C
#define     IDLE                0x1D

#define     PWMA_OCMODE_MASK        ((u8)0x70)
#define     PWMA_OCCE_ENABLE        ((u8)0x80)
#define     PWMA_OCCE_DISABLE       ((u8)0x00)
#define     PWMA_OCMODE_TIMING      ((u8)0x00)
#define     PWMA_OCMODE_ACTIVE      ((u8)0x10)
#define     PWMA_OCMODE_INACTIVE    ((u8)0x20)
#define     PWMA_OCMODE_TOGGLE      ((u8)0x30)
#define     PWMA_FORCE_INACTIVE     ((u8)0x40)
#define     PWMA_FORCE_ACTIVE       ((u8)0x50)
#define     PWMA_OCMODE_PWM1        ((u8)0x60)
#define     PWMA_OCMODE_PWM2        ((u8)0x70)
#define     CC1_POLARITY_HIGH       ((u8)0x02)
#define     CC1N_POLARITY_HIGH      ((u8)0x08)
#define     CC2_POLARITY_HIGH       ((u8)0x20)
#define     CC2N_POLARITY_HIGH      ((u8)0x80)
#define     CC1_POLARITY_LOW        ((u8)~0x02)
#define     CC1N_POLARITY_LOW       ((u8)~0x08)
#define     CC2_POLARITY_LOW        ((u8)~0x20)
#define     CC2N_POLARITY_LOW       ((u8)~0x80)
#define     CC1_OCENABLE            ((u8)0x01)
#define     CC1N_OCENABLE           ((u8)0x04)
#define     CC2_OCENABLE            ((u8)0x10)
#define     CC2N_OCENABLE           ((u8)0x40)
#define     CC1_OCDISABLE           ((u8)~0x01)
#define     CC1N_OCDISABLE          ((u8)~0x04)
#define     CC2_OCDISABLE           ((u8)~0x10)
#define     CC2N_OCDISABLE          ((u8)~0x40)
#define     CC3_POLARITY_HIGH       ((u8)0x02)
#define     CC3N_POLARITY_HIGH      ((u8)0x08)
#define     CC4_POLARITY_HIGH       ((u8)0x20)
#define     CC4N_POLARITY_HIGH      ((u8)0x80)
```

```
#define    CC3_POLARITY_LOW        ((u8)~0x02)
#define    CC3N_POLARITY_LOW       ((u8)~0x08)
#define    CC4_POLARITY_LOW        ((u8)~0x20)
#define    CC4N_POLARITY_LOW       ((u8)~0x80)
#define    CC3_OCENABLE            ((u8)0x01)
#define    CC3N_OCENABLE           ((u8)0x04)
#define    CC4_OCENABLE            ((u8)0x10)
#define    CC4N_OCENABLE           ((u8)0x40)
#define    CC3_OCDISABLE           ((u8)~0x01)
#define    CC3N_OCDISABLE          ((u8)~0x04)
#define    CC4_OCDISABLE           ((u8)~0x10)
#define    CC4N_OCDISABLE          ((u8)~0x40)

void UART_INIT();
void DelayXus(unsigned char delayTime);
void DelayXms( unsigned char delayTime);
unsigned int ADC_Convert(u8 ch);
void PWM_Init(void);
void SPEED_ADJ();
unsigned char RD_HALL();
void MOTOR_START();
void MOTOR_STOP();
unsigned char KEY_detect();

unsigned char Timer0_cnt=0xb0;
unsigned int HA=0;
unsigned int Motor_speed;
unsigned char Motor_sta =  IDLE;
unsigned char BRK_occur=0;
unsigned int PWMB_CAP1_v=0;
unsigned int CAP1_avg=0;
unsigned char CAP1_cnt=0;
unsigned long CAP1_sum=0;

void main(void)
{
    unsigned int temp=0;
    unsigned int ADC_result=0;

    P_SW2= 0x80;
    P1 = 0x00;
    P0M1 = 0x0C;
    P0M0 = 0x01;
    P1M1 = 0xc0;
    P1M0 = 0x3F;
    P2M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x38;
    P3M1 = 0x88;
    P3M0 = 0x02;

    ET0=1;
    TR0=0;
    ADCCFG = 0x0f;
    ADC_CONTR = 0x80;

    PWMA_ENO = 0x3F;                    //PWMA 輸出使能
    PWMB_ENO = 0x00;                    //PWMB 輸出使能
    PWMA_PS = 0x00;                     //PWMA  pin 选择
    PWMB_PS = 0xD5;                     //PWMB pin 选择
```

```
/*********************************************************
输出比较模式 PWMx_duty = [CCRx/(ARR + 1)]*100
*********************************************************/
/************PWMB  BMF 输入 ****************/
////////////  时基单元 ////////////
PWMB_PSCRL = 15;
PWMB_ARRH = 0xff;                                   //自动重装载寄存器，计数器 overflow 点
PWMB_ARRL = 0xff;
PWMB_CCR8H = 0x00;
PWMB_CCR8L = 0x05;
////////////  通道配置 ////////////
PWMB_CCMR1 = 0xf3;                                  //通道模式配置
PWMB_CCMR2 = 0xf1;
PWMB_CCMR3 = 0xf1;
PWMB_CCMR4 = 0x70;
PWMB_CCER1 = 0x11;
PWMB_CCER2 = 0x11;
////////////  模式配置 ////////////
PWMB_CR2 = 0xf0;
PWMB_CR1 = 0x81;
PWMB_SMCR = 0x44;
////////////  使能 & 中断配置 ////////////
PWMB_BKR = 0x80;                                    //主输出使能
PWMB_IER = 0x02;                                    //使能中断
/************PWMA 控制马达换相 ****************/
////////////  时基单元 ////////////
PWMA_PSCRH = 0x00;                                  //预分频寄存器
PWMA_PSCRL = 0x00;
PWMA_ARRH = (u8)(PWMA_Period >> 8);
PWMA_ARRL = (u8)(PWMA_Period);
////////////  通道配置 ////////////
PWMA_CCMR1 = 0x70;                                  //通道模式配置
PWMA_CCMR2 = 0x70;
PWMA_CCMR3 = 0x70;
PWMA_CCER1 = 0x11;                                  //配置通道输出使能和极性
PWMA_CCER2 = 0x01;                                  //配置通道输出使能和极性
PWMA_OISR = 0xAA;                                   //配置 MOE=0 时各通道输出电平
////////////  模式配置 ////////////
PWMA_CR1 = 0xA0;
PWMA_CR2 = 0x24;
PWMA_SMCR = 0x20;
PWMA_BKR = 0x0c;
////////////  使能 & 中断配置 ////////////
PWMA_CR1 |= 0x01;                                   //使能计数器
EA = 1;

UART_INIT();

while (1)
{
    switch(Motor_sta)
    {
        case START:
            MOTOR_START();
            Motor_sta = RUN;
            for(temp = PWMA_STPulse; temp > ADC_result; temp--)          //开环启动
            {
                ADC_result = (ADC_Convert(RV09_CH)/4);
```

```
                    PWMA_CCR1H = (u8)(temp >> 8);
                    PWMA_CCR1L = (u8)(temp);
                    PWMA_CCR2H = (u8)(temp >> 8);
                    PWMA_CCR2L = (u8)(temp);
                    PWMA_CCR3H = (u8)(temp >> 8);
                    PWMA_CCR3L = (u8)(temp);
                    DelayXms(10);
                }
                break;
            case RUN:
                SPEED_ADJ();                        //马达调速
                if((BRK_occur == TRUE))
                Motor_sta = STOP;
                break;
            case STOP:
                MOTOR_STOP();
                Motor_sta = IDLE;
                break;
            case IDLE:
                if(KEY_detect()==1)
                Motor_sta = START;                  //启动马达
                BRK_occur = FALSE;
                Motor_speed = 0;
                CAP1_avg = 0;
                CAP1_cnt = 0;
                CAP1_sum = 0;
                break;
        }
    }
}

void TIM0_ISR() interrupt 1
{
    if(Motor_sta ==  START)
    {
        if(Timer0_cnt<0xe0) Timer0_cnt++;
        TH0=Timer0_cnt;

        switch(HA%6)
        {
        case 0:
            PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR3 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR1 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            break;
        case 1:
            PWMA_CCER1 &= CC2N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCER2 |= CC3N_POLARITY_HIGH;
             break;
        case 2:
            PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR1 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR2 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            break;
        case 3:
            PWMA_CCER1 |= CC1N_POLARITY_HIGH;
            PWMA_CCER2 &= CC3N_POLARITY_LOW;
```

```
            break;
        case 4:
            PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR2 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR3 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            break;
        case 5:
            PWMA_CCER1 &= CC1N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCER1 |= CC2N_POLARITY_HIGH;
            break;
        }
        HA++;
    }

    if(Motor_sta == RUN)
    {
        TR0=0;
        switch(RD_HALL())
        {
        case 3:
            PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR3 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR1 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            break;
        case 1:
            PWMA_CCER1 &= CC2N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCER2 |= CC3N_POLARITY_HIGH;
            break;
        case 5:
            PWMA_CCMR1 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR1 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR2 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            break;
        case 4:
            PWMA_CCER1 |= CC1N_POLARITY_HIGH;
            PWMA_CCER2 &= CC3N_POLARITY_LOW;
            break;
        case 6:
            PWMA_CCMR2 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR2 |= PWMA_FORCE_INACTIVE;
            PWMA_CCMR3 &= ~PWMA_OCMODE_MASK;
            PWMA_CCMR3 |= PWMA_OCMODE_PWM2;
            break;
        case 2:
            PWMA_CCER1 &= CC1N_POLARITY_LOW;
            PWMA_CCER1 |= CC2N_POLARITY_HIGH;
            break;
        }
    }
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if((PWMA_SR1 & 0x20))
    {
        P00=0;
```

```
            CAP1_sum += PWMB_CAP1_v;
            CAP1_cnt++;
            if(CAP1_cnt==128)
            {
                CAP1_cnt=0;
                CAP1_avg = (CAP1_sum>>7);
                CAP1_sum = 0;
                Motor_speed = 5000000/CAP1_avg;
            }
            PWMA_SR1 &=~0x20;                       //清零
        }
        if((PWMA_SR1 & 0x80))                       //BRK
        {
            BRK_occur = TRUE;
            PWMA_SR1 &=~0x80;                       //清零
        }
}

void PWMB_ISR() interrupt 23
{
        unsigned char ccr_tmp=0;

        if((PWMB_SR1 & 0X02))
        {
            ccr_tmp = PWMB_CCR5H;
            if(ccr_tmp>1)                           //软件滤波
            {
                PWMB_CAP1_v = ccr_tmp;
                PWMB_CAP1_v = (PWMB_CAP1_v<<8) + PWMB_CCR5L;
                if(Motor_sta == RUN)                //换向 delay 计时
                {
                    TR0=1;
                    TH0 = 256-(PWMB_CAP1_v>>9);
                }
            }
            PWMB_SR1 &=~0X02;
        }
}

void UART_INIT()
{
        SCON = 0x50;                                //8 位可变波特率
        AUXR = 0x40;                                //定时器 1 为 1T 模式
        TMOD = 0x20;                                //定时器 1 为模式 0(16 位自动重载)

        TL1 = 254;
        TH1 = 254;
//      ET1 = 0;
        TR1 = 1;
}

void DelayXus(unsigned char delayTime)
{
        int i = 0;
        while( delayTime--)
        {
            for( i = 0 ; i < 1 ; i++);
        }
}
```

```
void DelayXms( unsigned char delayTime )
{
    int i = 0;
    while( delayTime--)
    {
        for( i = 0 ; i < 2 ; i++)
        {
            DelayXus(100);
        }
    }
}

unsigned int ADC_Convert(u8 ch)
{
    u16 res=0;

    ADC_CONTR &= ~0x0f;
    ADC_CONTR |= ch;
    ADC_CONTR |= 0x40;
    DelayXus(1);
    while (!(ADC_CONTR & 0x20));
    ADC_CONTR &= ~0x20;

    res = ADC_RES;
    res = (res<<2)+(ADC_RESL>>6);

    if (res < 360) res=360;
    if (res > 900) res=900;

    return res;
}

void SPEED_ADJ()
{
    u16 ADC_result;

    ADC_result = (ADC_Convert(RV09_CH)/4);          //调速旋钮 ADC 采样
    PWMA_CCR1H = (u8)(ADC_result >> 8);             //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = (u8)(ADC_result);
    PWMA_CCR2H = (u8)(ADC_result >> 8);
    PWMA_CCR2L = (u8)(ADC_result);
    PWMA_CCR3H = (u8)(ADC_result >> 8);
    PWMA_CCR3L = (u8)(ADC_result);
}

unsigned char RD_HALL()                             //读霍尔传感器
{
    unsigned char Hall_sta = 0;

    DelayXus(40);
    (P17)? (Hall_sta|=0x01) : (Hall_sta&=~0x01);
    (P54)? (Hall_sta|=0x02) : (Hall_sta&=~0x02);
    (P33)? (Hall_sta|=0x04) : (Hall_sta&=~0x04);

    return Hall_sta;
}

void MOTOR_START()
```

```
{
    PWMA_CCR1H = (u8)(PWMA_STPulse >> 8);           //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = (u8)(PWMA_STPulse);
    PWMA_CCR2H = (u8)(PWMA_STPulse >> 8);
    PWMA_CCR2L = (u8)(PWMA_STPulse);
    PWMA_CCR3H = (u8)(PWMA_STPulse >> 8);
    PWMA_CCR3L = (u8)(PWMA_STPulse);
    PWMA_BKR |= 0x80;                               //主输出使能相当于总开关
    PWMA_IER = 0x00;                                //使能中断
    TR0 = 1;

    while (HA < 6*20);

    PWMA_IER = 0xa0;                                //使能中断
}

void MOTOR_STOP()
{
    PWMA_BKR &= ~0x80;
    PWMA_IER &= ~0x20;
}

unsigned char KEY_detect()
{
    if(!P37)
    {
        DelayXms(10);
        if(!P37)
        {
            return 1;
        }
        else return 0;
    }
    else if(!P03)
    {
        DelayXms(10);
        if(!P03)
        {
            return 2;
        }
        else return 0;
    }
    else return 0;
}
```

18.8.3 正交编码器模式

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

unsigned char cnt_H, cnt_L;

void main(void)
{
```

```
    P_SW2 = 0x80;

    P1M1 = 0x0f;
    P1M0 = 0x00;

    PWMA_ENO = 0x00;                    //配置成 TRGI 的 pin 需关掉 ENO 对应 bit 并配成 input
    PWMA_PS = 0x00;                     //00:PWM at P1

    PWMA_PSCRH = 0x00;                  //预分频寄存器
    PWMA_PSCRL = 0x00;

    PWMA_CCMR1  = 0x21;                 //通道模式配置为输入，接编码器,滤波器 4 时钟
    PWMA_CCMR2  = 0x21;                 //通道模式配置为输入，接编码器,滤波器 4 时钟

    PWMA_SMCR   = 0x03;                 //编码器模式 3

    PWMA_CCER1  = 0x55;                 //配置通道使能和极性
    PWMA_CCER2  = 0x55;                 //配置通道使能和极性

    PWMA_IER  = 0x02;                   //使能中断

    PWMA_CR1 |= 0x01;                   //使能计数器

    EA = 1;

    while (1);
}

/******************** PWM 中断读编码器计数值*************************/
void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if (PWMA_SR1 & 0X02)
    {
        P03 = ~P03;
        cnt_H = PWMA_CCR1H;
        cnt_L = PWMA_CCR1L;
        PWMA_SR1 &= ~0X02;
    }
}
```

18.8.4 单脉冲模式（触发控制脉冲输出）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main(void)
{
    P_SW2 = 0x80;

    P0M1 = 0x00;
    P0M0 = 0xFF;
    P1M1 = 0x0c;
    P1M0 = 0xF3;
```

```
    PWMA_ENO = 0xF3;                                //IO 输出 PWM
    PWMA_PS = 0x00;                                 //00:PWM at P1

    /*********************************************************
    PWMx_duty = [CCRx/(ARR + 1)]*100
    *********************************************************/
    //配置成 TRGI 的 pin 需关掉 ENO 对应 bit 并配成 input
    PWMA_PSCRH = 0x00;                              //预分频寄存器
    PWMA_PSCRL = 0x00;
    PWMA_DTR = 0x00;                                //死区时间配置

    PWMA_CCMR1 = 0x68;                              //通道模式配置
    PWMA_CCMR2 = 0x01;                              //配置成输入通道
    PWMA_CCMR3 = 0x68;
    PWMA_CCMR4 = 0x68;

    PWMA_SMCR   = 0x66;

    PWMA_ARRH = 0x08;                               //自动重装载寄存器，计数器 overflow 点
    PWMA_ARRL = 0x00;

    PWMA_CCR1H = 0x04;                              //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = 0x00;
    PWMA_CCR2H = 0x02;
    PWMA_CCR2L = 0x00;
    PWMA_CCR3H = 0x01;
    PWMA_CCR3L = 0x00;
    PWMA_CCR4H = 0x01;
    PWMA_CCR4L = 0x00;

    PWMA_CCER1 = 0x55;                              //配置通道输出使能和极性
    PWMA_CCER2 = 0x55;                              //配置通道输出使能和极性

    PWMA_BKR = 0x80;                                //主输出使能 相当于总开关
    PWMA_IER = 0x02;                                //使能中断
    PWMA_CR1 = 0x08;                                //单脉冲模式
    PWMA_CR1 |= 0x01;                               //使能计数器

    EA = 1;
    while (1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if (PWMA_SR1 & 0X02)
    {
        P03 = ~P03;
        PWMA_SR1 &= ~0X02;
    }
}
```

18.8.5 门控模式（输入电平使能计数器）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz
```

```
#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main(void)
{
    P_SW2 = 0x80;

    P0M1 = 0x00;
    P0M0 = 0xFF;
    P1M1 = 0x00;
    P1M0 = 0xFF;
    P3M1 = 0x04;
    P3M0 = 0x00;

    PWMA_ENO = 0xFF;                                    //IO 输出 PWM
    PWMA_PS = 0x00;                                     //00:PWM at P1

/*********************************************************
PWMx_duty = [CCRx/(ARR + 1)]*100
*********************************************************/
//配置成 TRGI 的 pin 需关掉 ENO 对应 bit 并配成 input
    PWMA_PSCRH = 0x00;                                  //预分频寄存器
    PWMA_PSCRL = 0x00;
    PWMA_DTR = 0x00;                                    //死区时间配置

    PWMA_CCMR1 = 0x68;                                  //通道模式配置
    PWMA_CCMR2 = 0x68;                                  //配置成输入通道
    PWMA_CCMR3 = 0x68;
    PWMA_CCMR4 = 0x68;

    PWMA_SMCR = 0x75;                                   //门控触发模式 ETRF 输入

    PWMA_ARRH = 0x08;                                   //自动重装载寄存器，计数器 overflow 点
    PWMA_ARRL = 0x00;

    PWMA_CCR1H = 0x04;                                  //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = 0x00;                                  //
    PWMA_CCR2H = 0x02;                                  //
    PWMA_CCR2L = 0x00;                                  //
    PWMA_CCR3H = 0x01;                                  //
    PWMA_CCR3L = 0x00;                                  //
    PWMA_CCR4H = 0x01;                                  //
    PWMA_CCR4L = 0x00;                                  //

    PWMA_CCER1 = 0x55;                                  //配置通道输出使能和极性
    PWMA_CCER2 = 0x55;                                  //配置通道输出使能和极性

    PWMA_BKR = 0x80;                                    //主输出使能 相当于总开关
    PWMA_IER = 0x02;                                    //使能中断

    PWMA_CR1 |= 0x01;                                   //使能计数器

    EA = 1;
    while (1) ;
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
```

```
    if(PWMA_SR1 & 0X02)
    {
        P03 = ~P03;
        PWMA_SR1 &= ~0X02;
    }
}
```

18.8.6 外部时钟模式

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main(void)
{
    P_SW2 = 0x80;

    P0M1 = 0x00;
    P0M0 = 0xFF;
    P1M1 = 0x00;
    P1M0 = 0xFF;
    P3M1 = 0x04;
    P3M0 = 0x00;

    PWMA_ENO = 0xFF;                                    //IO 输出 PWM
    PWMA_PS = 0x00;                                     //00:PWM at P1

/*********************************************************
PWMx_duty = [CCRx/(ARR + 1)]*100
*********************************************************/
//配置成 TRGI 的 pin 需关掉 ENO 对应 bit 并配成 input
    PWMA_PSCRH = 0x00;                                  //预分频寄存器
    PWMA_PSCRL = 0x00;
    PWMA_DTR = 0x00;                                    //死区时间配置

    PWMA_CCMR1 = 0x68;                                  //通道模式配置
    PWMA_CCMR2 = 0x68;                                  //配置成输入通道
    PWMA_CCMR3 = 0x68;
    PWMA_CCMR4 = 0x68;

    PWMA_SMCR = 0x77;                                   //ETRF 输入

    PWMA_ARRH = 0x08;                                   //自动重装载寄存器，计数器 overflow 点
    PWMA_ARRL = 0x00;

    PWMA_CCR1H = 0x04;                                  //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = 0x00;
    PWMA_CCR2H = 0x02;
    PWMA_CCR2L = 0x00;
    PWMA_CCR3H = 0x01;
    PWMA_CCR3L = 0x00;
    PWMA_CCR4H = 0x01;
    PWMA_CCR4L = 0x00;

    PWMA_CCER1 = 0x55;                                  //配置通道输出使能和极性
```

```
    PWMA_CCER2 = 0x55;                          //配置通道输出使能和极性

    PWMA_BKR = 0x80;                            //主输出使能 相当于总开关
    PWMA_IER = 0x02;                            //使能中断
    PWMA_CR1 |= 0x01;                           //使能计数器

    EA = 1;
    while (1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if(PWMA_SR1 & 0X02)
    {
        P03 = ~P03;
        PWMA_SR1 &= ~0X02;
    }
}
```

18.8.7 输入捕获模式测量脉冲周期（捕获上升沿到上升沿或者下降沿到下降沿）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

int     cap;
int     cap_new;
int     cap_old;

void main(void)
{
    P_SW2 = 0x80;

    P0M1 = 0x00;
    P0M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;

/*配置成 TRGI 的 pin 需关掉 ENO 对应 bit 并配成 input*/
    PWMA_ENO = 0x00;                            //IO 输出 PWM
    PWMA_PS = 0x00;                             //00:PWM at P1

    PWMA_CCMR1 = 0x01;                          //配置成输入通道
    PWMA_SMCR = 0x56;
    PWMA_CCER1 = 0x01;                          //配置通道输出使能和极性

    PWMA_IER = 0x02;                            //使能中断
    PWMA_CR1 |= 0x01;                           //使能计数器

    EA = 1;
    while (1);
}
```

```
/*通道 1 输入，捕获数据通过 PWMA_CCR1H / PWMA_CCR1L 读取 */
void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if(PWMA_SR1 & 0x02)
    {
        cap_old = cap_new;
        cap_new = PWMA_CCR1H;                   //读取 CCR1H
        cap_new = (cap_new << 8) + PWMA_CCR1L;  //读取 CCR1L
        cap = cap_new - cap_old;
        PWMA_SR1 &= ~0x02;
    }
}
```

18.8.8 输入捕获模式测量脉冲高电平宽度（捕获上升沿到下降沿）

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

                                            //(CC1 捕获 TI1 上升沿,CC2 捕获 TI1 下降沿)
    PWMA_CCER1 = 0x00;
    PWMA_CCMR1 = 0x01;                      //CC1 为输入模式,且映射到 TI1FP1 上
    PWMA_CCMR2 = 0x02;                      //CC2 为输入模式,且映射到 TI1FP2 上
    PWMA_CCER1 = 0x11;                      //使能 CC1/CC2 上的捕获功能
    PWMA_CCER1 |= 0x00;                     //设置捕获极性为 CC1 的上升沿
    PWMA_CCER1 |= 0x20;                     //设置捕获极性为 CC2 的下降沿
    PWMA_CR1 = 0x01;

    PWMA_IER = 0x04;                        //使能 CC2 捕获中断
    EA = 1;

    while (1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    unsigned int cnt;
    unsigned int cnt1;
    unsigned int cnt2;

    if (PWMA_SR1 & 0x04)
    {
```

```
            PWMA_SR1 &= ~0x04;

            cnt1 = (PWMA_CCR1H << 8) + PWMA_CCR1L;
            cnt2 = (PWMA_CCR2H << 8) + PWMA_CCR2L;
            cnt = cnt2 - cnt1;                          //差值即为高电平宽度
        }
}
```

18.8.9 输入捕获模式测量脉冲低电平宽度（捕获下降沿到上升沿）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
        P1M0 = 0x00;
        P1M1 = 0x00;
        P3M0 = 0x00;
        P3M1 = 0x00;
        P5M0 = 0x00;
        P5M1 = 0x00;

        P_SW2 = 0x80;

                                                    //(CC1 捕获 TI1 上升沿,CC2 捕获 TI1 下降沿)
        PWMA_CCER1 = 0x00;
        PWMA_CCMR1 = 0x01;                          //CC1 为输入模式,且映射到 TI1FP1 上
        PWMA_CCMR2 = 0x02;                          //CC2 为输入模式,且映射到 TI1FP2 上
        PWMA_CCER1 = 0x11;                          //使能 CC1/CC2 上的捕获功能
        PWMA_CCER1 |= 0x00;                         //设置捕获极性为 CC1 的上升沿
        PWMA_CCER1 |= 0x20;                         //设置捕获极性为 CC2 的下降沿
        PWMA_CR1 = 0x01;

        PWMA_IER = 0x02;                            //使能 CC1 捕获中断
        EA = 1;

        while (1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
        unsigned int cnt;
        unsigned int cnt1;
        unsigned int cnt2;

        if (PWMA_SR1 & 0x02)
        {
            PWMA_SR1 &= ~0x02;

            cnt1 = (PWMA_CCR1H << 8) + PWMA_CCR1L;
            cnt2 = (PWMA_CCR2H << 8) + PWMA_CCR2L;
            cnt = cnt1 - cnt2;                          //差值即为低电平宽度
        }
```

```
}
```

18.8.10输入捕获模式同时测量脉冲周期和占空比

注意：只有 PWM1P、PWM2P、PWM5、PWM6 这些端口上才可同时测量周期和占空比

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main()
{
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

                                    //(CC1 捕获 TI1 上升沿,CC2 捕获 TI1 下降沿)
                                    //CC1 捕获周期宽度,CC2 捕获高电平宽度
    PWMA_CCER1 = 0x00;
    PWMA_CCMR1 = 0x01;              //CC1 为输入模式,且映射到 TI1FP1 上
    PWMA_CCMR2 = 0x02;              //CC2 为输入模式,且映射到 TI1FP2 上
    PWMA_CCER1 = 0x11;              //使能 CC1/CC2 上的捕获功能
    PWMA_CCER1 |= 0x00;             //设置捕获极性为 CC1 的上升沿
    PWMA_CCER1 |= 0x20;             //设置捕获极性为 CC2 的下降沿
    PWMA_SMCR = 0x54;               //TS=TI1FP1,SMS=TI1 上升沿复位模式
    PWMA_CR1 = 0x01;

    PWMA_IER = 0x06;                //使能 CC1/CC2 捕获中断
    EA = 1;

    while (1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    unsigned int cnt;

    if (PWMA_SR1 & 0x02)
    {
        PWMA_SR1 &= ~0x02;

        cnt = (PWMA_CCR1H << 8) + PWMA_CCR1L;       //CC1 捕获周期宽度
    }
    if (PWMA_SR1 & 0x04)
    {
        PWMA_SR1 &= ~0x04;

        cnt = (PWMA_CCR2H << 8) + PWMA_CCR2L;       //CC2 捕获占空比（高电平宽度）
    }
}
```

18.8.11带死区控制的 PWM 互补输出

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main(void)
{
    P_SW2 = 0x80;

    P0M1 = 0x00;
    P0M0 = 0xFF;
    P1M1 = 0x00;
    P1M0 = 0xFF;

    PWMA_ENO = 0xFF;                                    //IO 输出 PWM
    PWMA_PS = 0x00;                                     //00:PWM at P1

/*********************************************************
PWMx_duty = [CCRx/(ARR + 1)]*100
*********************************************************/
    PWMA_PSCRH = 0x00;                                  //预分频寄存器
    PWMA_PSCRL = 0x00;
    PWMA_DTR = 0x10;                                    //死区时间配置

    PWMA_CCMR1 = 0x68;                                  //通道模式配置
    PWMA_CCMR2 = 0x68;
    PWMA_CCMR3 = 0x68;
    PWMA_CCMR4 = 0x68;

    PWMA_ARRH = 0x08;                                   //自动重装载寄存器，计数器 overflow 点
    PWMA_ARRL = 0x00;

    PWMA_CCR1H = 0x04;                                  //计数器比较值
    PWMA_CCR1L = 0x00;
    PWMA_CCR2H = 0x02;
    PWMA_CCR2L = 0x00;
    PWMA_CCR3H = 0x01;
    PWMA_CCR3L = 0x00;
    PWMA_CCR4H = 0x01;
    PWMA_CCR4L = 0x00;

    PWMA_CCER1 = 0x55;                                  //配置通道输出使能和极性
    PWMA_CCER2 = 0x55;                                  //配置通道输出使能和极性

    PWMA_BKR = 0x80;                                    //主輸出使能 相当于总开关
    PWMA_IER = 0x02;                                    //使能中断
    PWMA_CR1 = 0x01;                                    //使能计数器

    EA = 1;
    while (1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
```

```
{
    if(PWMA_SR1 & 0X02)
    {
        P03 = ~P03;
        PWMA_SR1 &=~0X02;
    }
}
```

18.8.12PWM 端口做外部中断（下降沿中断或者上升沿中断）

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

void main(void)
{
    P_SW2 = 0x80;

    P1M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

                                //(捕获 PWM1P 上升沿/下降沿)
    PWMA_CCER1 = 0x00;
    PWMA_CCMR1 = 0x01;          //CC1 为输入模式,且映射到 TI1FP1 上
    PWMA_CCER1 = 0x01;          //使能 CC1 上的捕获功能
    PWMA_CCER1 |= 0x00;         //设置捕获极性为 CC1 的上升沿
//  PWMA_CCER1 |= 0x02;         //设置捕获极性为 CC1 的下降沿
    PWMA_CR1 = 0x01;
    PWMA_IER = 0x02;
    EA = 1;

    while (1);
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if(PWMA_SR1 & 0X02)
    {
        P37 = ~P37;
        PWMA_SR1 &=~0X02;
    }
}
```

18.8.13 输出任意周期和任意占空比的波形

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
```

```
#include "intrins.h"

void main()
{
	P0M0 = 0x00;
	P0M1 = 0x00;
	P1M0 = 0x00;
	P1M1 = 0x00;
	P2M0 = 0x00;
	P2M1 = 0x00;
	P3M0 = 0x00;
	P3M1 = 0x00;
	P4M0 = 0x00;
	P4M1 = 0x00;
	P5M0 = 0x00;
	P5M1 = 0x00;

	P_SW2 = 0x80;
	PWMA_CCER1 = 0x00;                  //写 CCMRx 前必须先清零 CCERx 关闭通道
	PWMA_CCMR1 = 0x60;                  //设置 CC1 为 PWMA 输出模式
	PWMA_CCER1 = 0x01;                  //使能 CC1 通道
	PWMA_CCR1H = 0x01;                  //设置占空比时间
	PWMA_CCR1L = 0x00;
	PWMA_ARRH = 0x02;                   //设置周期时间
	PWMA_ARRL = 0x00;
	PWMA_ENO = 0x01;                    //使能 PWM1P 端口输出
	PWMA_BKR = 0x80;                    //使能主输出
	PWMA_CR1 = 0x01;                    //开始计时

	while (1);
}
```

18.8.14使用 PWM 的 CEN 启动 PWMA 定时器，实时触发 ADC

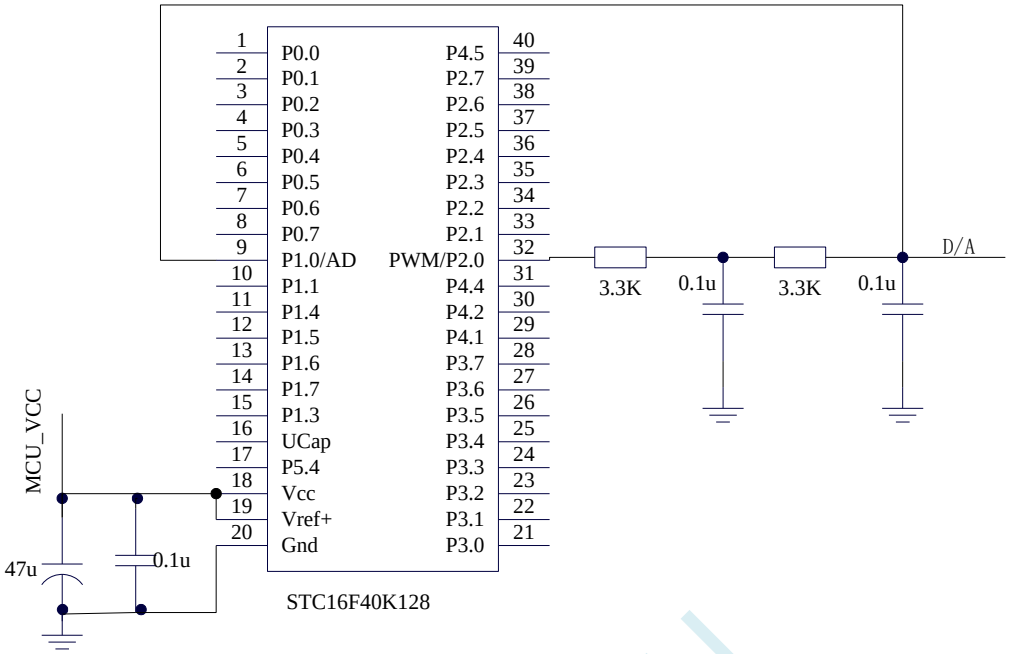
C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define	ADC_POWER	0x80
#define	ADC_START	0x40
#define	ADC_FLAG	0x20
#define	ADC_EPWMT	0x10

void delay()
{
	int i;
	for (i=0; i<100; i++);
}

void main()
{
	P1M0 = 0x00;
	P1M1 = 0x01;
	P3M0 = 0x00;
```

```
    P3M1 = 0x00;

    P_SW2 |= 0x80;

    ADC_CONTR = ADC_POWER | ADC_EPWMT | 0;          //选择 P1.0 为 ADC 输入通道
    delay();                                        //等待 ADC 电源稳定
    EADC = 1;

    PWMA_CR2 = 0x10;                                //CEN 信号为 TRGO,可用于触发 ADC
    PWMA_ARRH = 0x13;
    PWMA_ARRL = 0x38;
    PWMA_IER = 0x01;
    PWMA_CR1 = 0x01;                                //设置 CEN 启动 PWMA 定时器，实时触发 ADC
    EA = 1;

    while (1);
}

void ADC_ISR() interrupt 5
{
    ADC_CONTR &= ~ADC_FLAG;
}

void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    if(PWMA_SR1 & 0x01)
    {
        PWMA_SR1 &=~0x01;
    }
}
```

18.8.15 利用 PWM 实现 16 位 DAC 的参考线路图

STC16 系列单片机的高级 PWM 定时器可输出 16 位的 PWM 波形，再经过两级低通滤波即可产生 16 位的 DAC 信号，通过调节 PWM 波形的高电平占空比即可实现 DAC 信号的改变。应用线路图如下图所示，输出的 DAC 信号可输入到 MCU 的 ADC 进行反馈测量。



18.8.16 利用 PWM 实现互补 SPWM

高级 PWM 定时器 PWM1P/PWM1N，PWM2P/PWM2N，PWM3P/PWM3N，PWM4P/PWM4N 每个通道都可独立实现 PWM 输出，或者两两互补对称输出。演示使用 PWM1P，PWM1N 产生互补的 SPWM。主时钟选择 24MHZ，PWM 时钟选择 1T，PWM 周期 2400，死区 12 个时钟(0.5us)，正弦波表用 200 点，输出正弦波频率 = 24000000 / 2400 / 200 = 50 HZ。

本程序仅仅是一个 SPWM 的演示程序，用户可以通过上面的计算方法修改 PWM 周期和正弦波的点数和幅度。本程序输出频率固定，如果需要变频，请用户自己设计变频方案。

C 语言代码

```
//测试工作频率为24MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

#define    MAIN_Fosc        24000000L          //定义主时钟

typedef    unsigned char    u8;
typedef    unsigned int     u16;
typedef    unsigned long    u32;

/*****************************  用户定义宏  ***********************************/

#define    PWMA_1           0x00               //P:P1.0   N:P1.1
#define    PWMA_2           0x01               //P:P2.0   N:P2.1
#define    PWMA_3           0x02               //P:P6.0   N:P6.1
```

```
#define    PWMB_1          0x00                    //P:P1.2/P5.4   N:P1.3
#define    PWMB_2          0x04                    //P:P2.2   N:P2.3
#define    PWMB_3          0x08                    //P:P6.2   N:P6.3

#define    PWM3_1          0x00                    //P:P1.4   N:P1.5
#define    PWM3_2          0x10                    //P:P2.4   N:P2.5
#define    PWM3_3          0x20                    //P:P6.4   N:P6.5

#define    PWM4_1          0x00                    //P:P1.6   N:P1.7
#define    PWM4_2          0x40                    //P:P2.6   N:P2.7
#define    PWM4_3          0x80                    //P:P6.6   N:P6.7
#define    PWM4_4          0xC0                    //P:P3.4   N:P3.3

#define    ENO1P           0x01
#define    ENO1N           0x02
#define    ENO2P           0x04
#define    ENO2N           0x08
#define    ENO3P           0x10
#define    ENO3N           0x20
#define    ENO4P           0x40
#define    ENO4N           0x80

/*************  本地变量声明    **************/

unsigned int code T_SinTable[]=
{
    1220, 1256, 1292, 1328, 1364, 1400, 1435, 1471,
    1506, 1541, 1575, 1610, 1643, 1677, 1710, 1742,
    1774, 1805, 1836, 1866, 1896, 1925, 1953, 1981,
    2007, 2033, 2058, 2083, 2106, 2129, 2150, 2171,
    2191, 2210, 2228, 2245, 2261, 2275, 2289, 2302,
    2314, 2324, 2334, 2342, 2350, 2356, 2361, 2365,
    2368, 2369, 2370, 2369, 2368, 2365, 2361, 2356,
    2350, 2342, 2334, 2324, 2314, 2302, 2289, 2275,
    2261, 2245, 2228, 2210, 2191, 2171, 2150, 2129,
    2106, 2083, 2058, 2033, 2007, 1981, 1953, 1925,
    1896, 1866, 1836, 1805, 1774, 1742, 1710, 1677,
    1643, 1610, 1575, 1541, 1506, 1471, 1435, 1400,
    1364, 1328, 1292, 1256, 1220, 1184, 1148, 1112,
    1076, 1040, 1005,  969,  934,  899,  865,  830,
     797,  763,  730,  698,  666,  635,  604,  574,
     544,  515,  487,  459,  433,  407,  382,  357,
     334,  311,  290,  269,  249,  230,  212,  195,
     179,  165,  151,  138,  126,  116,  106,   98,
      90,   84,   79,   75,   72,   71,   70,   71,
      72,   75,   79,   84,   90,   98,  106,  116,
     126,  138,  151,  165,  179,  195,  212,  230,
     249,  269,  290,  311,  334,  357,  382,  407,
     433,  459,  487,  515,  544,  574,  604,  635,
     666,  698,  730,  763,  797,  830,  865,  899,
     934,  969, 1005, 1040, 1076, 1112, 1148, 1184,
};

u16 PWMA_Duty;
u8 PWM_Index;                                       //SPWM 查表索引

/********************  主函数  **************************/
void main(void)
{
```

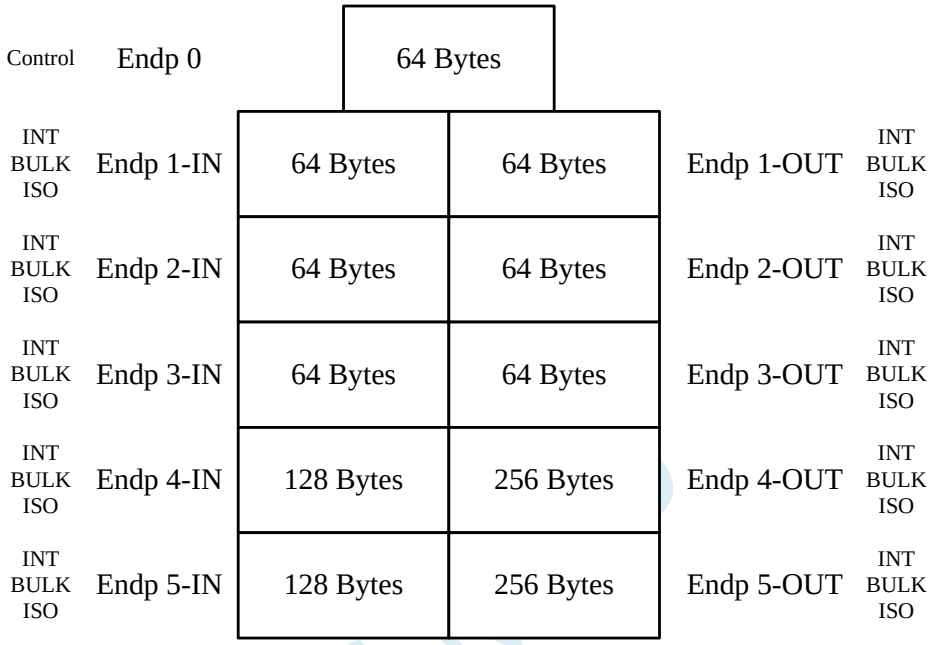
```
    P0M1 = 0;   P0M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P1M1 = 0;   P1M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P2M1 = 0;   P2M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P3M1 = 0;   P3M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P4M1 = 0;   P4M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P5M1 = 0;   P5M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P6M1 = 0;   P6M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P7M1 = 0;   P7M0 = 0;                   //设置为准双向口

    PWMA_Duty = 1220;

    P_SW2 |= 0x80;

    PWMA_CCER1 = 0x00;                      //写 CCMRx 前必须先清零 CCxE 关闭通道
    PWMA_CCER2 = 0x00;
    PWMA_CCMR1 = 0x60;                      //通道模式配置
//  PWMA_CCMR2 = 0x60;
//  PWMA_CCMR3 = 0x60;
//  PWMA_CCMR4 = 0x60;
    PWMA_CCER1 = 0x05;                      //配置通道输出使能和极性
//  PWMA_CCER2 = 0x55;

    PWMA_ARRH = 0x09;                       //设置周期时间
    PWMA_ARRL = 0x60;

    PWMA_CCR1H = (u8)(PWMA_Duty >> 8);      //设置占空比时间
    PWMA_CCR1L = (u8)(PWMA_Duty);

    PWMA_DTR = 0x0C;                        //设置死区时间

    PWMA_ENO = 0x00;
    PWMA_ENO |= ENO1P;                      //使能输出
    PWMA_ENO |= ENO1N;                      //使能输出
//  PWMA_ENO |= ENO2P;                      //使能输出
//  PWMA_ENO |= ENO2N;                      //使能输出
//  PWMA_ENO |= ENO3P;                      //使能输出
//  PWMA_ENO |= ENO3N;                      //使能输出
//  PWMA_ENO |= ENO4P;                      //使能输出
//  PWMA_ENO |= ENO4N;                      //使能输出

    PWMA_PS = 0x00;                         //高级 PWM 通道输出脚选择位
    PWMA_PS |= PWMA_3;                      //选择 PWMA_3 通道
//  PWMA_PS |= PWMB_3;                      //选择 PWMB_3 通道
//  PWMA_PS |= PWM3_3;                      //选择 PWM3_3 通道
//  PWMA_PS |= PWM4_3;                      //选择 PWM4_3 通道

    PWMA_BKR = 0x80;                        //使能主输出
    PWMA_IER = 0x01;                        //使能中断
    PWMA_CR1 |= 0x01;                       //开始计时

    P_SW2 &= 0x7f;

    EA = 1;                                 //打开总中断

    while (1)
    {
    }
}
```

```
/********************  中断函数  *************************/
void PWMA_ISR() interrupt 7
{
    P_SW2 |= 0x80;
    if (PWMA_SR1 & 0x01)
    {
        PWMA_SR1 &=~0x01;
        PWMA_Duty = T_SinTable[PWM_Index];
        if (++PWM_Index >= 200)
            PWM_Index = 0;

        PWMA_CCR1H = (u8)(PWMA_Duty >> 8);          //设置占空比时间
        PWMA_CCR1L = (u8)(PWMA_Duty);
    }
    PWMA_SR1 = 0;
    P_SW2 &= 0x7f;
}
```

19 USB 通用串行总线

STC16F 系列单片机内部集成 USB2.0/USB1.1 兼容全速 USB，6 个双向端点，支持 4 种端点传输模式（控制传输、中断传输、批量传输和同步传输），每个端点拥有 64 字节的缓冲区。

USB 模块共有 1280 字节的 FIFO，结构如下：



19.1 USB 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
USBCLK	USB 时钟控制寄存器	85H	ENCKM	PCKI[1:0]		CRE	TST_USB	TST_PHY	PHYTST[1:0]		0010,0000
USBCON	USB 控制寄存器	91H	ENUSB	USBRST	PS2M	PUEN	PDEN	DFREC	DP	DM	0000,0000
USBADR	USB 地址寄存器	96H	BUSY	AUTORD	UADR[5:0]						0000,0000
USBDAT	USB 数据寄存器	97H									0000,0000

19.1.1 USB 控制寄存器（USBCON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
USBCON	91H	ENUSB	USBRST	PS2M	PUEN	PDEN	DFREC	DP	DM

ENUSB：USB 功能与 USB 时钟控制位

0：关闭 USB 功能与 USB 时钟

1：使能 USB 功能与 USB 时钟

ENRST：USB 复位设置控制位

0：关闭 USB 复位设置

1：使能 USB 复位

PS2M：PS2 mode 功能控制位

0：关闭 PS2 mode 功能

1：使能 PS2 mode 功能

PUEN：DP/DM 端口上 1.5K 上拉电阻控制位

0：禁止上拉电阻

1：使能上拉电阻

PDEN：DP/DM 端口上 500K 下拉电阻控制位

0：禁止下拉电阻

1：使能下拉电阻

DFREC：差分接收状态位（只读）

0：当前 DP/DM 的差分状态为“0”

1：当前 DP/DM 的差分状态为“1”

DP：D+端口状态（PS2 为 0 时只读，PS2 为 1 时可读写）

0：当前 D+为逻辑 0 电平

1：当前 D+为逻辑 1 电平

DM：D-端口状态（PS2 为 0 时只读，PS2 为 1 时可读写）

0：当前 D-为逻辑 0 电平

1：当前 D-为逻辑 1 电平

19.1.2 USB 时钟控制寄存器（USBCLK）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
USBCLK	85H	ENCKM	PCKI[1:0]		CRE	TST_USB	TST_PHY	PHYTST[1:0]	

ENCKM：PLL 倍频控制

0：禁止 PLL 倍频

1：使能 PLL 倍频

PCKI[1:0]：PLL 时钟选择

PCKI[1:0]	PLL 时钟源
00	6M
01	12M(default)
10	24M
11	IRC/2

CRE：时钟追频控制位

0：禁止时钟追频

1：使能时钟追频

TST_USB: USB 测试模式

0：禁止 USB 测试模式

1：使能 USB 测试模式

TST_PHY: PHY 测试模式

0：禁止 PHY 测试模式

1：使能 PHY 测试模式

PHYTST[1:0]：USB PHY 测试

PHYTST[1:0]	方式	DP	DM
00	方式 0：正常	x	x
01	方式 1：强制“1”	1	0
10	方式 2：强制“0”	0	1

11	方式 3：强制单端“0”	0	0

19.1.3 USB 间址地址寄存器（USBADDR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
USBADDR	96H	BUSY	AUTORD	UADR[5:0]					

BUSY：USB 寄存器读忙标志位

写 0：无意义

写 1：启动 USB 间接寄存器的读操作，地址由 USBADDR 设定

读 0：USBDATA 寄存器中的数据有效

读 1：USBDATA 寄存器中的数据无效，USB 正在读取间接寄存器

AUTORD：USB 寄存器自动读标志，用于 USB 的 FIFO 的块读取

写 0：每次读取间接 USB 寄存器都必须先写 BUSY 标志位

写 1：当软件读取 USBDATA 时，下一个 USB 间接寄存器的读取将自动启动（USBADDR 不变）

UADR[5:0]：USB 间接寄存器的地址

19.1.4 USB 间址数据寄存器（USBDATA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
USBDATA	97H	UDAT[7:0]							

UDAT[7:0]：用于间接读写 USB 寄存器

19.2 USB 控制器寄存器（SIE）

	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F
30H	UTRKCTL	UTRKSTS						
28H								
20H	FIFO0	FIFO1	FIFO2	FIFO3	FIFO4	FIFO5		
18H								
10H	INMAXP	CSR0 INCSR1	INCSR2	OUTMAXP	OUTCSR1	OUTCSR2	COUNT0 OUTCOUNT1	OUTCOUNT2
08H		INTROUT1E		INTRUSBE	FRAME1	FRAME2	INDEX	
00H	FADDR	POWER	INTRIN1	-	INTROUT1	-	INTRUSB	INTRIN1E

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
FADDR	USB 功能地址寄存器	00H	UPDATE	UADDR[6:0]							0000,0000
POWER	USB 电源管理寄存器	01H	ISOUD	-	-	-	USBRST	USBRSU	USBSUS	ENSUS	0xxx,0000
INTRIN1	USB 端点 IN 中断标志位	02H	-	-	EP5INIF	EP4INIF	EP3INIF	EP2INIF	EP1INIF	EP0IF	xx00,0000
INTROUT1	USB 端点 OUT 中断标志位	04H	-	-	EP5OUTIF	EP4OUTIF	EP3OUTIF	EP2OUTIF	EP1OUTIF	-	xx00,000x
INTRUSB	USB 电源中断标志位	06H	-	-	-	-	SOFIF	RSTIF	RSUIF	SUSIF	xxxx,0000
INTRIN1E	USB 端点 IN 中断允许位	07H	-	-	EP5INIE	EP4INIE	EP3INIE	EP2INIE	EP1INIE	EP0IE	xx11,1111
INTROUT1E	USB 端点 OUT 中断允许位	09H	-	-	EP5OUTIE	EP4OUTIE	EP3OUTIE	EP2OUTIE	EP1OUTIE	-	xx11,111x
INTRUSBE	USB 电源中断允许位	0BH	-	-	-	-	SOFIE	RSTIE	RSUIE	SUSIE	xxxx,0110
FRAME1	USB 数据帧号低字节	0CH	FRAME[7:0]								0000,0000

FRAME2	USB 数据帧号高字节	0DH	-	-	-	-	-	FRAME[10:8]			xxxx,x000
INDEX	USB 端点索引寄存器	0EH	-	-	-	-	-	INDEX[2:0]			xxxx,x000
INMAXP	IN 端点的最大数据包大小	10H	INMAXP[7:0]								0000,0000
CSR0	端点 0 控制状态寄存器	11H	SSUEND	SOPRDY	SDSTL	SUEND	DATEND	STSTL	IPRDY	OPRDY	0000,0000
INCSR1	IN 端点控制状态寄存器 1	11H	CLRDT	STSTL	SDSTL	FLUSH	-	UNDRUN	FIFONE	IPRDY	0000,x000
INCSR2	IN 端点控制状态寄存器 2	12H	AUTOSET	ISO	MODE	ENDMA	FCDT	-	-	-	0010,0xxx
OUTMAXP	OUT 端点的最大数据包大小	13H	OUTMAXP[7:0]								0000,0000
OUTCSR1	OUT 端点控制状态寄存器 1	14H	CLRDT	STSTL	SDSTL	FLUSH	DATERR	OVRRUN	FIFOFUL	OPRDY	0000,0000
OUTCSR2	OUT 端点控制状态寄存器 2	15H	AUTOCLR	ISO	ENDMA	DMAMD	-	-	-	-	0000,xxxx
COUNT0	端点 0 的 OUT 长度	16H	-	OUTCNT0[6:0]							x000,0000
OUTCOUNT1	USB 端点 OUT 长度低字节	16H	OUTCNT[7:0]								0000,0000
OUTCOUNT2	USB 端点 OUT 长度高字节	17H	-	-	-	-	-	OUTCNT[10:8]			xxxx,x000
FIFO0	端点 0 的 FIFO 访问寄存器	20H	FIFO0[7:0]								0000,0000
FIFO1	端点 1 的 FIFO 访问寄存器	21H	FIFO1[7:0]								0000,0000
FIFO2	端点 2 的 FIFO 访问寄存器	22H	FIFO2[7:0]								0000,0000
FIFO3	端点 3 的 FIFO 访问寄存器	23H	FIFO3[7:0]								0000,0000
FIFO4	端点 4 的 FIFO 访问寄存器	24H	FIFO4[7:0]								0000,0000
FIFO5	端点 5 的 FIFO 访问寄存器	25H	FIFO5[7:0]								0000,0000
UTRKCTL	USB 跟踪控制寄存器	30H	FTM1	FTM0	INTV[1:0]		ENST5	RES[2:0]			1011,1011
UTRKSTS	USB 跟踪状态寄存器	31H	INTVCNT[3:0]				STS[1:0]		TST_UTRK	UTRK_RDY	1111,00x0

19.2.1 USB 功能地址寄存器（FADDR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
FADDR	00H	UPDATE	UADDR[6:0]						

UPDATE：更新 USB 功能地址

0：最后的 UADDR 地址已生效

1：最后的 UADDR 地址还未生效

UADDR[6:0]：保存 USB 的 7 位功能地址

19.2.2 USB 电源控制寄存器（POWER）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
POWER	01H	ISOUD	-	-	-	USBRST	USBRSU	USBSUS	ENSUS

ISOUD（ISO Update）：ISO 更新

0：当软件向 IPRDY 写“1”时，USB 在收到下一个 IN 令牌后发送数据包

1：当软件向 IPRDY 写“1”时，USB 在收到 SOF 令牌后发送数据包，如果 SOF 令牌之前收到 IN 令牌，则 USB 发送长度为 0 的数据包

USBRST（USB Reset）：USB 复位控制位

向此位写“1”，可强制产生异步 USB 复位。读取此位可以获得当前总线上的复位状态信息

0：总线上没有检测到复位信号

1：总线上检测到了复位信号

USBRSU（USB Resume）：USB 恢复控制位

以软件方式在总线上强制产生恢复信号，以便将 USB 设备从挂起方式进行远程唤醒。当 USB 处于挂起模式（USBSUS=1）时，向此位写“1”，将强制在 USB 总线上产生恢复信号，软件应在 10-15ms 后向此位写“0”，以结束恢复信号。软件向 USBRSU 写入“0”后将产生 USB 恢复中断，此时硬件会自动将 USBSUS 清“0”

USBSUS（USB Suspend）：USB 挂起控制位

当 USB 进入挂起方式时，此位被硬件置“1”。当以软件方式在总线上强制产生恢复信号后或者在总线上检测到恢复信号时且在读取了 INTRUSB 寄存器后，硬件自动将此位清“0”。

ENSUS（Enable Suspend Detection）：使能 USB 挂起方式检测

0：禁止挂起检测，USB 将忽略总线上的挂起信号

1：使能挂起检测，当检测到总线上的挂起信号，USB 将进入挂起方式

19.2.3 USB 端点 IN 中断标志位（INTRIN1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTRIN1	02H	-	-	EP5INIF	EP4INIF	EP3INIF	EP2INIF	EP1INIF	EP0IF

EP5INIF：端点 5 的 IN 中断标志位

0：端点 5 的 IN 中断无效

1：端点 5 的 IN 中断有效

EP4INIF：端点 4 的 IN 中断标志位

0：端点 4 的 IN 中断无效

1：端点 4 的 IN 中断有效

EP3INIF：端点 3 的 IN 中断标志位

0：端点 3 的 IN 中断无效

1：端点 3 的 IN 中断有效

EP2INIF：端点 2 的 IN 中断标志位

0：端点 2 的 IN 中断无效

1：端点 2 的 IN 中断有效

EP1INIF：端点 1 的 IN 中断标志位

0：端点 1 的 IN 中断无效

1：端点 1 的 IN 中断有效

EP0IF：端点 0 的 IN/OUT 中断标志位

0：端点 0 的 IN/OUT 中断无效

1：端点 0 的 IN/OUT 中断有效

在软件读取 INTRIN1 寄存器后，硬件将自动清除 INTRIN1 中的所有的中断标志

19.2.4 USB 端点 OUT 中断标志位（INTROUT1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTROUT1	04H	-	-	EP5OUTIF	EP4OUTIF	EP3OUTIF	EP2OUTIF	EP1OUTIF	-

EP5OUTIF：端点 5 的 OUT 中断标志位

0：端点 5 的 OUT 中断无效

1：端点 5 的 OUT 中断有效

EP4OUTIF：端点 4 的 OUT 中断标志位

0：端点 4 的 OUT 中断无效

1：端点 4 的 OUT 中断有效

EP3OUTIF：端点 3 的 OUT 中断标志位

0：端点 3 的 OUT 中断无效

1：端点 3 的 OUT 中断有效

EP2OUTIF：端点 2 的 OUT 中断标志位

0：端点 2 的 OUT 中断无效

1：端点 2 的 OUT 中断有效

EP1OUTIF：端点 1 的 OUT 中断标志位

0：端点 1 的 OUT 中断无效

1：端点 1 的 OUT 中断有效

在软件读取 INTROUT1 寄存器后，硬件将自动清除 INTROUT1 中的所有的中断标志

19.2.5 USB 电源中断标志（INTRUSB）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTRUSB	06H	-	-	-	-	SOFIF	RSTIF	RSUIF	SUSIF

SOFIF：USB 帧起始信号中断标志

0：USB 帧起始信号中断无效

1：USB 帧起始信号中断有效

RSTIF：USB 复位信号中断标志

0：USB 复位信号中断无效

1：USB 复位信号中断有效

RSUIF：USB 恢复信号中断标志

0：USB 恢复信号中断无效

1：USB 恢复信号中断有效

SUSIF：USB 挂起信号中断标志

0：USB 挂起信号中断无效

1：USB 挂起信号中断有效

在软件读取 INTRUSB 寄存器后，硬件将自动清除 INTRUSB 中的所有的中断标志

19.2.6 USB 端点 IN 中断允许寄存器（INTRIN1E）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTRIN1E	07H	-	-	EP5INIE	EP4INIE	EP3INIE	EP2INIE	EP1INIE	EP0IE

EP5INIE：端点 5 的 IN 中断控制位

0：禁止端点 5 的 IN 中断

1：允许端点 5 的 IN 中断

EP4INIE：端点 4 的 IN 中断控制位

0：禁止端点 4 的 IN 中断

1：允许端点 4 的 IN 中断

EP3INIE：端点 3 的 IN 中断控制位

0：禁止端点 3 的 IN 中断

1：允许端点 3 的 IN 中断

EP2INIE：端点 2 的 IN 中断控制位

0：禁止端点 2 的 IN 中断

1：允许端点 2 的 IN 中断

EP1INIE：端点 1 的 IN 中断控制位

0：禁止端点 1 的 IN 中断

1：允许端点 1 的 IN 中断

EP0IE：端点 0 的 IN/OUT 中断控制位

0：禁止端点 0 的 IN/OUT 中断

1：允许端点 0 的 IN/OUT 中断

19.2.7 USB 端点 OUT 中断允许寄存器（INTROUT1E）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTROUT1E	09H	-	-	EP5OUTIE	EP4OUTIE	EP3OUTIE	EP2OUTIE	EP1OUTIE	-

EP5OUTIE：端点 5 的 OUT 中断控制位
0：禁止端点 5 的 OUT 中断
1：允许端点 5 的 OUT 中断
EP4OUTIE：端点 4 的 OUT 中断控制位
0：禁止端点 4 的 OUT 中断
1：允许端点 4 的 OUT 中断
EP3OUTIE：端点 3 的 OUT 中断控制位
0：禁止端点 3 的 OUT 中断
1：允许端点 3 的 OUT 中断
EP2OUTIE：端点 2 的 OUT 中断控制位
0：禁止端点 2 的 OUT 中断
1：允许端点 2 的 OUT 中断
EP1OUTIE：端点 1 的 OUT 中断控制位
0：禁止端点 1 的 OUT 中断
1：允许端点 1 的 OUT 中断

19.2.8 USB 电源中断允许寄存器（INTRUSB）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INTRUSB	0BH	-	-	-	-	SOFIE	RSTIE	RSUIE	SUSIE

SOFIE：USB 帧起始信号中断控制位
0：禁止 USB 帧起始信号中断
1：允许 USB 帧起始信号中断
RSTIE：USB 复位信号中断控制位
0：禁止 USB 复位信号中断
1：允许 USB 复位信号中断
RSUIE：USB 恢复信号中断控制位
0：禁止 USB 恢复信号中断
1：允许 USB 恢复信号中断
SUSIE：USB 挂起信号中断控制位
0：禁止 USB 挂起信号中断
1：允许 USB 挂起信号中断

19.2.9 USB 数据帧号寄存器（FRAMEn）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
FRAME1	0CH	FRAME[7:0]							
FRAME2	0DH	-	-	-	-	-	FRAME[10:8]		

FRAME[10:0]：用于保存最后接收到的数据帧的 11 位帧号

19.2.10 USB 端点索引寄存器（INDEX）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INDEX	0EH	-	-	-	-	-	INDEX[2:0]		

INDEX[2:0]：选择 USB 端点

INDEX[2:0]	目标端点
000	端点 0
001	端点 1
010	端点 2
011	端点 3
100	端点 4
101	端点 5

19.2.11 IN 端点的最大数据包大小（INMAXP）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INMAXP	10H	INMAXP[7:0]							

INMAXP[7:0]：设置 USB 的 IN 端点最大数据包的大小

当需要获取/设置此信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 0~5

19.2.12 USB 端点 0 控制状态寄存器（CSR0）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CSR0	11H	SSUEND	SOPRDY	SDSTL	SUEND	DATEND	STSTL	IPRDY	OPRDY

SSUEND（Serviced Setup End）

SETUP 结束事件处理完成标志。当处理完成 SETUP 结束事件（SUEND）后，软件需要设置 SSUEND 标志位，硬件检测到 SSUEND 被写入“1”时自动将 SUEND 位清“0”。

SOPRDY（Serviced OPRDY）

OPRDY 事件处理完成标志。当处理完成从端点 0 接收到的数据包后，软件需要设置 SOPRDY 标志位，硬件检测到 SOPRDY 被写入“1”时自动将 OPRDY 位清“0”。

SDSTL（Send Stall）

当接收到错误的条件或者不支持的请求时，可以向此位写“1”来结束当前的数据传输。当 STALL 信号被发送后，硬件自动将此位清“0”。

SUEND（Setup End）

SETUP 安装包结束标志。当一次控制传输在软件向 DATAEND 位写“1”之前结束时，硬件将此只读位置“1”。当软件向 SSUEND 写‘1’后，硬件将该位清“0”。

DATEND（Data End）

数据结束。软件应在下列情况下将此位写“1”：

1、当发送最后一个数据包后，固件向 IPRDY 写“1”时；

2、当发送一个零长度数据包后，固件向 IPRDY 写“1”时；

3、当接收完最后一个数据包后，固件向 SOPRDY 写“1”时；

该位将被硬件自动清“0”

STSTL（Sent Stall）

STALL 信号发送完成标志。发送完成 STALL 信号后，硬件将该位置“1”。该位必须用软件清“0”。

IPRDY（IN Packet Ready）

IN 数据包准备完成标志。软件应在将一个要发送的数据包装入到端点 0 的 FIFO 后，将该位置“1”。在发生下列条件之一时，硬件将该位清“0”：

1、数据包已发送时；

2、数据包被一个 SETUP 包覆盖时；

3、数据包被一个 OUT 包覆盖时；

OPRDY（OUT Packet Ready）

OUT 数据包准备完成标志。当收到一个 OUT 数据包时，硬件将该只读位置“1”，并产生中断。该位只在软件向 SOPRDY 位写“1”时才被清“0”。

当需要获取/设置此信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 0

19.2.13 IN 端点控制状态寄存器 1（INCSR1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
UBCSR1	11H	CLRDT	STSTL	SDSTL	FLUSH	-	UNDRUN	FIFONE	IPRDY

CLRDT（Clear Data Toggle）：复位 IN 数据切换位。

当 IN 端点由于被重新配置或者被 STALL 而需要将数据切换位复位到“0”时，软件需要向此数据位写“1”。

STSTL（Sent Stall）：STALL 信号发送完成标志。

当 STALL 信号被发送完成后，硬件会将该位置“1”（此时 FIFO 被清空，IPRDY 位被清“0”）。该标志必须用软件清“0”。

SDSTL（Send Stall）：STALL 信号发送请求位。

软件应向该位写“1”以产生 STALL 信号作为对一个 IN 令牌的应答。软件应向该位写“0”以结束 STALL 信号。该位对 ISO 方式没有影响。

FLUSH（FIFO Flush）：清除 IN 端点的 FIFO 的下一个数据包。

向该位写“1”将从 IN 端点 FIFO 中清除待发送的下一个数据包。FIFO 指针被复位，IPRDY 位被清“0”。如果 FIFO 中包含多个数据包，软件必须对每个数据包向 FLUSH 写“1”。当 FIFO 清空完成后，硬件将 FLUSH 位清“0”。

UNDRUN（Data Underrun）：数据不足。

该位的功能取决于 IN 端点的方式：

ISO 方式：在 IPRDY 为“0”且收到一个 IN 令牌后发送了一个零长度数据包时，该位被置“1”。

中断/批量方式：当使用 NAK 作为对一个 IN 令牌的应答时，该位被置“1”。

该位必须用软件清“0”。

FIFONE（FIFO Not Empty）：IN 端点的 FIFO 非空标志

0：IN 端点的 FIFO 为空

1：IN 端点的 FIFO 包含有一个或者多个数据包

IPRDY（IN Packet Ready）：IN 数据包准备完成标志。

软件应在将一个要发送的数据包装入到端点的 FIFO 后，将该位置“1”。在发生下列条件之一时，硬件将该位清“0”：

1、数据包已发送时；

2、自动设置被使能（AUTOSET = ‘1’）且端点 IN 的 FIFO 数据包达到 INMAXP 所设置的值；

3、如果端点处于同步方式且 ISOUD 为“1”，在收到下一个 SOF 之前 IPRDY 的读出值总是为 0。

需要获取/设置此信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 1~5

19.2.14 IN 端点控制状态寄存器 2（INCSR2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
INCSR2	12H	AUTOSET	ISO	MODE	ENDMA	FCDT	-	-	-

AUTOSET：自动设置 IPRDY 标志控制位。

0：禁止自动设置 IPRDY 标志

1：使能自动设置 IPRDY（必须向 IN FIFO 中装载的数据达到 INMAXP 所设置的值，否则 IPRDY 标志必须手动设置）

ISO：同步传输使能。

0：端点被配置为批量/中断传输方式

1：端点被配置为同步传输方式

MODE：端点方向选择位。

0：选择端点方向为 OUT

1：选择端点方向为 IN

ENDMA：IN 端点的 DMA 控制

0：禁止 IN 端点的 DMA 请求

1：使能 IN 端点的 DMA 请求

FCDT：强制 DATA0/DATA1 数据切换设置。

0：端点数据只在发送完一个数据包后且收到 ACK 时切换。

1：端点数据在每发送完一个数据包后被强制切换，不管是否收到 ACK。

需要获取/设置此信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 1~5

19.2.15 OUT 端点的最大数据包大小（OUTMAXP）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
OUTMAXP	13H	OUTMAXP[7:0]							

OUTMAXP[7:0]：设置 USB 的 OUT 端点最大数据包的大小

需要获取/设置此信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 1~5

19.2.16 OUT 端点控制状态寄存器 1（OUTCSR1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
OUTCSR1	14H	CLRDT	STSTL	SDSTL	FLUSH	DATERR	OVRRUN	FIFOFUL	OPRDY

CLRDT（Clear Data Toggle）：复位 OUT 数据切换位。

当 OUT 端点由于被重新配置或者被 STALL 而需要将数据切换位复位到“0”时，软件需要向此数据位写“1”。

STSTL（Sent Stall）：STALL 信号发送完成标志。

当 STALL 信号被发送完成后，硬件会将该位置“1”。该标志必须用软件清“0”。

SDSTL（Send Stall）：STALL 信号发送请求位。

软件应向该位写“1”以产生 STALL 信号作为对一个 OUT 令牌的应答。软件应向该位写“0”以结束 STALL 信号。该位对 ISO 方式没有影响。

FLUSH（FIFO Flush）：清除 OUT 端点的 FIFO 的下一个数据包。

向该位写“1”将从 OUT 端点 FIFO 中清除下一个数据包。FIFO 指针被复位，OPRDY 位被清“0”。如果 FIFO 中包含多个数据包，软件必须对每个数据包向 FLUSH 写“1”。当 FIFO 清空完成后，硬件将 FLUSH 位清“0”。

OVRRUN（Data Overrun）：数据溢出。

当一个输入数据包不能被装入到 OUT 端点 FIFO 时，该位被硬件置“1”。该位只在 ISO 方式有效。该位必须用软件清“0”。

0：无数据溢出

1：自该标志最后一次被清除以来，因 FIFO 已满导致数据包丢失

FIFOFUL（FIFO Full）：OUT 端点的 FIFO 数据满标志。

0：OUT 端点的 FIFO 未满

1：OUT 端点的 FIFO 已满

OPRDY（OUT Packet Ready）：OUT 数据包接收完成标志。

当有数据包可用时硬件将该位置“1”。软件应在将每个数据包从 OUT 端点 FIFO 卸载后将该位清‘0’。

需要获取/设置此信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 1~5

19.2.17 OUT 端点控制状态寄存器 2（OUTCSR2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
OUTCSR2	15H	AUTOCLR	ISO	ENDMA	DMAMD	-	-	-	-

AUTOCLR：自动清除 OPRDY 标志控制位。

0：禁止自动清除 OPRDY 标志

1：使能自动清除 OPRDY（必须从 OUT FIFO 中下载的数据达到 OUTMAXP 所设置的值，否则 OPRDY 标志必须手动清除）

ISO：同步传输使能。

0：端点被配置为批量/中断传输方式

1：端点被配置为同步传输方式

ENDMA：OUT 端点的 DMA 控制

0：禁止 OUT 端点的 DMA 请求

1：使能 OUT 端点的 DMA 请求

DMAMD：设置 OUT 端点的 DMA 模式

需要获取/设置此信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 1~5

19.2.18 USB 端点 0 的 OUT 长度（COUNT0）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
COUNT0	16H	-	OUTCNT0[6:0]						

OUTCNT0[6:0]：端点 0 的 OUT 字节长度

COUNT0 专用于保存端点 0 最后接收到的 OUT 数据包的数据长度（由于端点 0 数据包最长只能为 64 字节，所以只需要 7 位）。此长度值只在端点 0 的 OPRDY 位为“1”时才有效。

需要获取此长度信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 0

19.2.19 USB 端点的 OUT 长度（OUTCOUNTn）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
OUTCOUNT1	16H	OUTCNT[7:0]							
OUTCOUNT2	17H	-	-	-	-	-	OUTCNT[10:8]		

OUTCNT[10:0]：端点的 OUT 字节长度

OUTCOUNT1 和 OUTCOUNT2 联合组成一个 11 位的数，保存最后 OUT 数据包的数据长度，适用于端点 1~5。此长度值只在端点 1~5 的 OPRDY 位为“1”时才有效。

需要获取此长度信息时，首先必须使用 INDEX 来选择目标端点 1~5

19.2.20 USB 端点的 FIFO 数据访问寄存器（FIFOn）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
FIFO0	20H	FIFO0[7:0]							
FIFO1	21H	FIFO1[7:0]							
FIFO2	22H	FIFO2[7:0]							
FIFO3	23H	FIFO3[7:0]							
FIFO4	24H	FIFO4[7:0]							
FIFO5	25H	FIFO5[7:0]							

FIFOn[7:0]：USB 各个端点的 IN/OUT 数据间接访问寄存器

19.2.21 USB 跟踪控制寄存器（UTRKCTL）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
UTRKCTL	30H	FTM1	FTM0	INTV[1:0]		ENST5	RES[2:0]		

FTM1：HFOSC 微调控制位

0：硬件使用粗调和微调为调整频率

1：硬件仅使用微调位调整 HFOSC

FTM0：FTM1 为 0 时有效

0：UTRK 使用全部 128 级微调

1：UTRK 禁止使用最大及最小 12 级之微调

INTV[1:0]：选择 UTRK 更新周期

INTV[1:0]	周期
00	2ms
01	4ms
10	8ms
11	16ms

ENST5：使能加 5 阶和减 5 阶

0：校准上下限为 10%

1：校准上下限为 20%

RES[2:0]：UTRK 自动调节分辨率设置

RES[2:0]	分辨率	调节值
000	8	0.067%
001	12	0.100%
010	16	0.133%
011	**24**	**0.200%**
100	28	0.233%
101	32	0.267%
110	48	0.4%
111	64	0.5%

19.2.22 USB 跟踪状态寄存器（UTRKSTS）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
UTRKSTS	31H	INTVCNT[3:0]				STS[1:0]		TST_UTRK	UTRK_RDY

INTVCNT[3:0]：内部计数状态

STS[1:0]：UTRK 状态

STS[1:0]	状态
00	**INC 5**
01	DEC 5
10	INC 1
11	DEC 1

TST_UTRK：UTRK 测试模式控制

0：禁止 UTRK 测试模式

1：使能 UTRK 测试模式

UTRK_RDY：UTRK 校准完成状态位

19.3 范例程序

19.3.1 HID 人机接口设备范例

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef     unsigned char       BYTE;
typedef     unsigned int        WORD;
typedef     unsigned long       DWORD;

#define     FADDR               0
#define     POWER               1
#define     INTRIN1             2
#define     EP5INIF             0x20
#define     EP4INIF             0x10
#define     EP3INIF             0x08
#define     EP2INIF             0x04
#define     EP1INIF             0x02
#define     EP0IF               0x01
#define     INTROUT1            4
#define     EP5OUTIF            0x20
#define     EP4OUTIF            0x10
#define     EP3OUTIF            0x08
#define     EP2OUTIF            0x04
#define     EP1OUTIF            0x02
#define     INTRUSB             6
#define     SOFIF               0x08
#define     RSTIF               0x04
#define     RSUIF               0x02
#define     SUSIF               0x01
#define     INTRIN1E            7
#define     EP5INIE             0x20
#define     EP4INIE             0x10
#define     EP3INIE             0x08
#define     EP2INIE             0x04
#define     EP1INIE             0x02
#define     EP0IE               0x01
#define     INTROUT1E           9
#define     EP5OUTIE            0x20
#define     EP4OUTIE            0x10
#define     EP3OUTIE            0x08
#define     EP2OUTIE            0x04
#define     EP1OUTIE            0x02
#define     INTRUSBE            11
#define     SOFIE               0x08
#define     RSTIE               0x04
#define     RSUIE               0x02
#define     SUSIE               0x01
#define     FRAME1              12
#define     FRAME2              13
#define     INDEX               14
#define     INMAXP              16
```

```
#define  CSR0           17
#define  SSUEND         0x80
#define  SOPRDY         0x40
#define  SDSTL          0x20
#define  SUEND          0x10
#define  DATEND         0x08
#define  STSTL          0x04
#define  IPRDY          0x02
#define  OPRDY          0x01
#define  INCSR1         17
#define  INCLRDT        0x40
#define  INSTSTL        0x20
#define  INSDSTL        0x10
#define  INFLUSH        0x08
#define  INUNDRUN       0x04
#define  INFIFONE       0x02
#define  INIPRDY        0x01
#define  INCSR2         18
#define  INAUTOSET      0x80
#define  INISO          0x40
#define  INMODEIN       0x20
#define  INMODEOUT      0x00
#define  INENDMA        0x10
#define  INFCDT         0x08
#define  OUTMAXP        19
#define  OUTCSR1        20
#define  OUTCLRDT       0x80
#define  OUTSTSTL       0x40
#define  OUTSDSTL       0x20
#define  OUTFLUSH       0x10
#define  OUTDATERR      0x08
#define  OUTOVRRUN      0x04
#define  OUTFIFOFUL     0x02
#define  OUTOPRDY       0x01
#define  OUTCSR2        21
#define  OUTAUTOCLR     0x80
#define  OUTISO         0x40
#define  OUTENDMA       0x20
#define  OUTDMAMD       0x10
#define  COUNT0         22
#define  OUTCOUNT1      22
#define  OUTCOUNT2      23
#define  FIFO0          32
#define  FIFO1          33
#define  FIFO2          34
#define  FIFO3          35
#define  FIFO4          36
#define  FIFO5          37
#define  UTRKCTL        48
#define  UTRKSTS        49

#define  EPIDLE         0
#define  EPSTATUS       1
#define  EPDATAIN       2
#define  EPDATAOUT      3
#define  EPSTALL        -1

#define  GET_STATUS             0x00
#define  CLEAR_FEATURE          0x01
```

```
#define     SET_FEATURE             0x03
#define     SET_ADDRESS             0x05
#define     GET_DESCRIPTOR          0x06
#define     SET_DESCRIPTOR          0x07
#define     GET_CONFIG              0x08
#define     SET_CONFIG              0x09
#define     GET_INTERFACE           0x0A
#define     SET_INTERFACE           0x0B
#define     SYNCH_FRAME             0x0C

#define     GET_REPORT              0x01
#define     GET_IDLE                0x02
#define     GET_PROTOCOL            0x03
#define     SET_REPORT              0x09
#define     SET_IDLE                0x0A
#define     SET_PROTOCOL            0x0B

#define     DESC_DEVICE             0x01
#define     DESC_CONFIG             0x02
#define     DESC_STRING             0x03
#define     DESC_HIDREPORT          0x22

#define     STANDARD_REQUEST        0x00
#define     CLASS_REQUEST           0x20
#define     VENDOR_REQUEST          0x40
#define     REQUEST_MASK            0x60

typedef struct
{
    BYTE    bmRequestType;
    BYTE    bRequest;
    BYTE    wValueL;
    BYTE    wValueH;
    BYTE    wIndexL;
    BYTE    wIndexH;
    BYTE    wLengthL;
    BYTE    wLengthH;
}SETUP;

typedef struct
{
    BYTE    bStage;
    WORD    wResidue;
    BYTE    *pData;
}EP0STAGE;

void UsbInit();
BYTE ReadReg(BYTE addr);
void WriteReg(BYTE addr, BYTE dat);
BYTE ReadFifo(BYTE fifo, BYTE *pdat);
void WriteFifo(BYTE fifo, BYTE *pdat, BYTE cnt);

char code DEVICEDESC[18];
char code CONFIGDESC[41];
char code HIDREPORTDESC[27];
char code LANGIDDESC[4];
char code MANUFACTDESC[8];
char code PRODUCTDESC[30];
```

```
SETUP Setup;
EP0STAGE Ep0Stage;
BYTE xdata HidFreature[64];
BYTE xdata HidInput[64];
BYTE xdata HidOutput[64];

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    UsbInit();

    EA = 1;

    while (1);
}

BYTE ReadReg(BYTE addr)
{
    BYTE dat;

    while (USBADR & 0x80);
    USBADR = addr | 0x80;
    while (USBADR & 0x80);
    dat = USBDAT;

    return dat;
}

void WriteReg(BYTE addr, BYTE dat)
{
    while (USBADR & 0x80);
    USBADR = addr & 0x7f;
    USBDAT = dat;
}

BYTE ReadFifo(BYTE fifo, BYTE *pdat)
{
    BYTE cnt;
    BYTE ret;

    ret = cnt = ReadReg(COUNT0);
    while (cnt--)
    {
        *pdat++ = ReadReg(fifo);
    }

    return ret;
```

```
}

void WriteFifo(BYTE fifo, BYTE *pdat, BYTE cnt)
{
    while (cnt--)
    {
        WriteReg(fifo, *pdat++);
    }
}

void DelayXns(WORD delayTime)
{
    while( delayTime-- );
}

void UsbInit()
{
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x03;

    P_SW2 |= 0x80;
    PLLCR = (1<<7)|(0<<5)|(1<<3)|(1<<1);          // enable PLL
    DelayXns(100);
    CKSEL = 0x02;                                 //选择系统时钟源为内部 pll 输出
    CLKDIV = 0;
    P_SW2 &= ~0x80;
    USBCLK = 0x90;
    USBCON = 0x90;

    WriteReg(FADDR, 0x00);
    WriteReg(POWER, 0x08);
    WriteReg(INTRIN1E, 0x3f);
    WriteReg(INTROUT1E, 0x3f);
    WriteReg(INTRUSBE, 0x00);
    WriteReg(POWER, 0x01);

    Ep0Stage.bStage = EPIDLE;
}

void usb_isr() interrupt 22
{
    BYTE intrusb;
    BYTE intrin;
    BYTE introut;
    BYTE csr;
    BYTE cnt;
    WORD len;

    intrusb = ReadReg(INTRUSB);
    intrin = ReadReg(INTRIN1);
    introut = ReadReg(INTROUT1);

    if (intrusb  & RSTIF)
    {
        WriteReg(INDEX, 1);
        WriteReg(INCSR1, INCLRDT);
        WriteReg(INDEX, 1);
        WriteReg(OUTCSR1, OUTCLRDT);
        Ep0Stage.bStage= EPIDLE;
```

```
    }

    if (intrin & EP0IF)
    {
        WriteReg(INDEX, 0);
        csr = ReadReg(CSR0);
        if (csr & STSTL)
        {
            WriteReg(CSR0, csr & ~STSTL);
            Ep0Stage.bStage = EPIDLE;
        }
        if (csr & SUEND)
        {
            WriteReg(CSR0, csr | SSUEND);
        }

        switch (Ep0Stage.bStage)
        {
        case EPIDLE:
            if (csr & OPRDY)
            {
                Ep0Stage.bStage = EPSTATUS;
                ReadFifo(FIFO0, (BYTE *)&Setup);
                ((BYTE *)&Ep0Stage.wResidue)[0] = Setup.wLengthH;
                ((BYTE *)&Ep0Stage.wResidue)[1]= Setup.wLengthL;
                switch (Setup.bmRequestType & REQUEST_MASK)
                {
                case STANDARD_REQUEST:
                    switch (Setup.bRequest)
                    {
                    case SET_ADDRESS:
                        WriteReg(FADDR, Setup.wValueL);
                        break;
                    case SET_CONFIG:
                        WriteReg(INDEX, 1);
                        WriteReg(INCSR2, INMODEIN);
                        WriteReg(INMAXP, 8);
                        WriteReg(INDEX, 1);
                        WriteReg(INCSR2, INMODEOUT);
                        WriteReg(OUTMAXP, 8);
                        WriteReg(INDEX, 0);
                        break;
                    case GET_DESCRIPTOR:
                        Ep0Stage.bStage= EPDATAIN;
                        switch (Setup.wValueH)
                        {
                        case DESC_DEVICE:
                            Ep0Stage.pData = DEVICEDESC;
                            len = sizeof(DEVICEDESC);
                            break;
                        case DESC_CONFIG:
                            Ep0Stage.pData = CONFIGDESC;
                            len = sizeof(CONFIGDESC);
                            break;
                        case DESC_STRING:
                            switch (Setup.wValueL)
                            {
                            case 0:
                                Ep0Stage.pData = LANGIDDESC;
```

```
                    len = sizeof(LANGIDDESC);
                    break;
                case 1:
                    Ep0Stage.pData = MANUFACTDESC;
                    len = sizeof(MANUFACTDESC);
                    break;
                case 2:
                    Ep0Stage.pData = PRODUCTDESC;
                    len = sizeof(PRODUCTDESC);
                    break;
                default:
                    Ep0Stage.bStage = EPSTALL;
                    break;
                }
                break;
            case DESC_HIDREPORT:
                Ep0Stage.pData = HIDREPORTDESC;
                len = sizeof(HIDREPORTDESC);
                break;
            default:
                Ep0Stage.bStage = EPSTALL;
                break;
            }
            if (len < Ep0Stage.wResidue)
            {
                Ep0Stage.wResidue = len;
            }
            break;
        default:
            Ep0Stage.bStage= EPSTALL;
            break;
        }
        break;
    case CLASS_REQUEST:
        switch (Setup.bRequest)
        {
        case GET_REPORT:
            Ep0Stage.pData = HidFreature;
            Ep0Stage.bStage= EPDATAIN;
            break;
        case SET_REPORT:
            Ep0Stage.pData = HidFreature;
            Ep0Stage.bStage= EPDATAOUT;
            break;
        case SET_IDLE:
            break;
        case GET_IDLE:
        case GET_PROTOCOL:
        case SET_PROTOCOL:
        default:
            Ep0Stage.bStage= EPSTALL;
            break;
        }
        break;
    default:
        Ep0Stage.bStage= EPSTALL;
        break;
    }
```

```
                switch (Ep0Stage.bStage)
                {
                case EPDATAIN:
                    WriteReg(CSR0, SOPRDY);
                    goto L_Ep0SendData;
                    break;
                case EPDATAOUT:
                    WriteReg(CSR0, SOPRDY);
                    break;
                case EPSTATUS:
                    WriteReg(CSR0, SOPRDY | DATEND);
                    Ep0Stage.bStage= EPIDLE;
                    break;
                case EPSTALL:
                    WriteReg(CSR0, SOPRDY | SDSTL);
                    Ep0Stage.bStage= EPIDLE;
                    break;
                }
            }
            break;
        case EPDATAIN:
            if (!(csr & IPRDY))
            {
L_Ep0SendData:
                cnt = Ep0Stage.wResidue > 64 ? 64 : Ep0Stage.wResidue;
                WriteFifo(FIFO0, Ep0Stage.pData, cnt);
                Ep0Stage.wResidue -= cnt;
                Ep0Stage.pData += cnt;
                if (Ep0Stage.wResidue == 0)
                {
                    WriteReg(CSR0, IPRDY | DATEND);
                    Ep0Stage.bStage= EPIDLE;
                }
                else
                {
                    WriteReg(CSR0, IPRDY);
                }
            }
            break;
        case EPDATAOUT:
            if (csr & OPRDY)
            {
                cnt = ReadFifo(FIFO0, Ep0Stage.pData);
                Ep0Stage.wResidue -= cnt;
                Ep0Stage.pData += cnt;
                if (Ep0Stage.wResidue == 0)
                {
                    WriteReg(CSR0, SOPRDY | DATEND);
                    Ep0Stage.bStage= EPIDLE;
                }
                else
                {
                    WriteReg(CSR0, SOPRDY);
                }
            }
            break;
        }
    }
```

```
    if (intrin & EP1INIF)
    {
        WriteReg(INDEX, 1);
        csr = ReadReg(INCSR1);
        if (csr & INSTSTL)
        {
            WriteReg(INCSR1, INCLRDT);
        }
        if (csr & INUNDRUN)
        {
            WriteReg(INCSR1, 0);
        }
    }

    if (introut & EP1OUTIF)
    {
        WriteReg(INDEX, 1);
        csr = ReadReg(OUTCSR1);
        if (csr & OUTSTSTL)
        {
            WriteReg(OUTCSR1, OUTCLRDT);
        }
        if (csr & OUTOPRDY)
        {
            ReadFifo(FIFO1, HidOutput);
            WriteReg(OUTCSR1, 0);

            WriteReg(INDEX, 1);
            WriteFifo(FIFO1, HidOutput, 64);
            WriteReg(INCSR1, INIPRDY);
        }
    }
}

char code DEVICEDESC[18] =
{
    0x12,                                   //bLength(18);
    0x01,                                   //bDescriptorType(Device);
    0x00,0x02,                              //bcdUSB(2.00);
    0x00,                                   //bDeviceClass(0);
    0x00,                                   //bDeviceSubClass0);
    0x00,                                   //bDeviceProtocol(0);
    0x40,                                   //bMaxPacketSize0(64);
    0x54,0x53,                              //idVendor(5354);
    0x80,0x43,                              //idProduct(4380);
    0x00,0x01,                              //bcdDevice(1.00);
    0x01,                                   //iManufacturer(1);
    0x02,                                   //iProduct(2);
    0x00,                                   //iSerialNumber(0);
    0x01,                                   //bNumConfigurations(1);
};

char code CONFIGDESC[41] =
{
    0x09,                                   //bLength(9);
    0x02,                                   //bDescriptorType(Configuration);
    0x29,0x00,                              //wTotalLength(41);
    0x01,                                   //bNumInterfaces(1);
    0x01,                                   //bConfigurationValue(1);
```

```
    0x00,                                   //iConfiguration(0);
    0x80,                                   //bmAttributes(BUSPower);
    0x32,                                   //MaxPower(100mA);

    0x09,                                   //bLength(9);
    0x04,                                   //bDescriptorType(Interface);
    0x00,                                   //bInterfaceNumber(0);
    0x00,                                   //bAlternateSetting(0);
    0x02,                                   //bNumEndpoints(2);
    0x03,                                   //bInterfaceClass(HID);
    0x00,                                   //bInterfaceSubClass(0);
    0x00,                                   //bInterfaceProtocol(0);
    0x00,                                   //iInterface(0);

    0x09,                                   //bLength(9);
    0x21,                                   //bDescriptorType(HID);
    0x01,0x01,                              //bcdHID(1.01);
    0x00,                                   //bCountryCode(0);
    0x01,                                   //bNumDescriptors(1);
    0x22,                                   //bDescriptorType(HID Report);
    0x1b,0x00,                              //wDescriptorLength(27);

    0x07,                                   //bLength(7);
    0x05,                                   //bDescriptorType(Endpoint);
    0x81,                                   //bEndpointAddress(EndPoint1 as  IN);
    0x03,                                   //bmAttributes(Interrupt);
    0x40,0x00,                              //wMaxPacketSize(64);
    0x01,                                   //bInterval(10ms);

    0x07,                                   //bLength(7);
    0x05,                                   //bDescriptorType(Endpoint);
    0x01,                                   //bEndpointAddress(EndPoint1 as  OUT);
    0x03,                                   //bmAttributes(Interrupt);
    0x40,0x00,                              //wMaxPacketSize(64);
    0x01,                                   //bInterval(10ms);
};

char code HIDREPORTDESC[27] =
{
    0x05,0x0c,                              //USAGE_PAGE(Consumer);
    0x09,0x01,                              //USAGE(Consumer Control);
    0xa1,0x01,                              //COLLECTION(Application);
    0x15,0x00,                              //    LOGICAL_MINIMUM(0);
    0x25,0xff,                              //    LOGICAL_MAXIMUM(255);
    0x75,0x08,                              //    REPORT_SIZE(8);
    0x95,0x40,                              //    REPORT_COUNT(64);
    0x09,0x01,                              //    USAGE(Consumer Control);
    0xb1,0x02,                              //    FEATURE(Data,Variable);
    0x09,0x01,                              //    USAGE(Consumer Control);
    0x81,0x02,                              //    INPUT(Data,Variable);
    0x09,0x01,                              //    USAGE(Consumer Control);
    0x91,0x02,                              //    OUTPUT(Data,Variable);
    0xc0,                                   //END_COLLECTION;
};

char code LANGIDDESC[4] =
{
    0x04,0x03,
    0x09,0x04,
```

```
};

char code MANUFACTDESC[8] =
{
    0x08,0x03,
    'S',0,
    'T',0,
    'C',0,
};

char code PRODUCTDESC[30] =
{
    0x1e,0x03,
    'S',0,
    'T',0,
    'C',0,
    ' ',0,
    'U',0,
    'S',0,
    'B',0,
    ' ',0,
    'D',0,
    'e',0,
    'v',0,
    'i',0,
    'c',0,
    'e',0,
};
```

20 CAN 总线

STC16F 系列单片机内部集成 CAN 总线功能单元，支持 CAN 2.0 协议。

主要功能如下：

- 标准帧和扩展帧信息的接收和传送
- 64 字节的接收 FIFO
- 在标准和扩展格式中都有单/双验收滤波器
- 发送、接收的错误计数器
- 总线错误分析

20.1 CAN 功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW1	A2H	S1_S[1:0]		**CAN_S[1:0]**		SPI_S[1:0]		LIN_S[1:0]	

CAN_S[1:0]：CAN 功能脚选择位

CAN_S[1:0]	CAN_RX	CAN_TX
00	P0.0	P0.1
01	P5.0	P5.1
10	P4.2	P4.5
11	P7.0	P7.1

20.2 CAN 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
CANICR	CANBUS 中断控制寄存器	A1H	-	-	-	-	PCANH	CANIF	ECAN	PCANL	0000,0000
CANAR	CANBUS 地址寄存器	A2H									0000,0000
CANDR	CANBUS 数据寄存器	A3H									0000,0000
AUXR2	辅助寄存器 2	94H	-	P40ADR	ADIBF	TXLNRX	-	-	CANEN	LINEN	0000,0000

20.2.1 辅助寄存器 2（AUXR2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AUXR2	94H	-	P40ADR	ADIBF	TXLNRX	-	-	CANEN	LINEN

CANEN：CAN 总线使能控制位

0：关闭 CAN 功能

1：使能 CAN 功能

20.2.2 CAN 总线中断控制寄存器（CANICR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CANICR	A1H	-	-	-	-	PCANH	CANIF	ECAN	PCANL

ECAN：CAN 总线中断使能控制位

0：关闭 CAN 中断

1：使能 CAN 中断

CANIF：CAN 总线中断请求标志位，需软件清零。

PCANH，PCANL：CAN 中断优先级控制位

PCANH	PCANL	优先级
0	**0**	**0（最低）**
0	1	1
1	0	2
1	1	3（最高）

20.2.3 CAN 总线地址寄存器（CANAR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CANAR	A2H								

20.2.4 CAN 总线数据寄存器（CANDR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CANDR	A3H								

20.3 CAN 内部功能寄存器

	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F
18H	ECC	RXERR	TXERR	ALC				
10H	ACR0	ACR1	ACR2	ACR3	AMR0	AMR1	AMR2	AMR3
08H	TXBUF0	TXBUF1	TXBUF2	TXBUF	RXBUF0	RXBUF1	RXBUF2	RXBUF3
00H	MR	CMR	SR	ISR	IMR	RMC	BTR0	BTR1

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
MR	0x00						RM	LOM	AFM
CMR	0x01						TR	AT	
SR	0x02	RBS	DSO	TBS		RS	TS	ES	BS
ISR/IACK	0x03		ALI	EWI	EPI	RI	TI	BEI	DOI
IMR	0x04		ALIM	EWIM	EPIM	RIM	TIM	BEIM	DOIM
RMC	0x05				RMC4	RMC3	RMC2	RMC1	RMC0
BTR0	0x06	SJW.1	SJW.0	BRP.5	BRP.4	BRP.3	BRP.2	BRP.1	BRP.0
BTR1	0x07	SAM	TSG2.2	TSG2.1	TSG2.0	TSG1.3	TSG1.2	TSG1.1	TSG1.0
TXBUF0	0x08	frame byte n							
TXBUF1	0x09	frame byte n+1							
TXBUF2	0x0A	frame byte n+2							
TXBUF3	0x0B	frame byte n+3							
RXBUF0	0x0C	frame byte n							

RXBUF1	0x0D	frame byte n+1							
RXBUF2	0x0E	frame byte n+2							
RXBUF3	0x0F	frame byte n+3							
ACR0	0x10	ACR0							
ACR1	0x11	ACR1							
ACR2	0x12	ACR2							
ACR3	0x13	ACR3							
AMR0	0x14	AMR0							
AMR1	0x15	AMR1							
AMR2	0x16	AMR2							
AMR3	0x17	AMR3							
ECC	0x18	RXWRN	TXWRN	EDIR	ACKER	FRMER	CRCER	STFER	BER
RXERR	0x19	RXERR							
TXERR	0x1A	TXERR							
ALC	0x1B				ALC.4	ALC.3	ALC.2	ALC.1	ALC.0

20.3.1 CAN 模式寄存器（MR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
MR	0x00	X	X	X	X	X	RM	LOM	AFM

RM:CAN 模块的 RESET MODE

0：关闭 RESET MODE

1：使能 RESET MODE

LOM:CAN 模块的 LISTEN ONLY MODE

0：关闭 LISTEN ONLY MODE

1：使能 LISTEN ONLY MODE

AFM:CAN 模块的接收滤波选择（参见 ACR 寄存器描述）

0：接受滤波器采用双滤波设置

1：接受滤波器采用单滤波设置

20.3.2 CAN 命令寄存器（CMR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CMR	0x01	X	X	X	X	X	TR	AT	X

TR:CAN 模块发送请求

0：

1：发起一次帧传输

AT:CAN 模块传输终止

0：

1：终止当前的帧传输

20.3.3 CAN 状态寄存器（SR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
SR	0x02	RBS	DSO	TBS	X	RS	TS	ES	BS

RBS:接收 BUFFER 状态

0：接收 BUFFER 无数据帧

1：接收 BUFFER 有数据帧

DSO:接收 FIFO 溢出循环标志

0：接收 FIFO 没有溢出循环产生

1：接收 FIFO 有溢出循环产生

TBS:CAN 模块发送 BUFFER 状态

0：发送 BUFFER 禁止，CPU 不可对 BUFFER 进行写操作

1：发送 BUFFER 空闲，CPU 可对 BUFFER 进行写操作

RS:CAN 模块接收状态

0：CAN 模块接收空闲

1：CAN 模块正在接收数据帧

TS:CAN 模块发送状态

0：CAN 模块发送空闲

1：CAN 模块正在发送数据帧

ES:CAN 模块错误状态

0：CAN 模块错误寄存器值未达到 96

1：CAN 模块至少有一个错误寄存器的值达到或超过了 96

BS:CAN 模块 BUS-OFF 状态

0：CAN 模块不在 BUS-OFF 状态

1：CAN 模块在 BUS-OFF 状态当 CAN 控制器发生错误的次数超过 255 次，就会触发 BUS-OFF 错误。一般发生 BUS-OFF 的条件是 CAN 总线受周围环境干扰，导致 CAN 发送端发送到总线的数据被 BUS 总线判断为异常，但异常的次数超过 255 次，BUS 总线自动设置为 BUS-OFF 状态，此时总线处于忙的状态，数据无法发送，也无法接收。

20.3.4 CAN 中断/应答寄存器（ISR/IACK）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ISR/IACK	0x03	X	ALI	EWI	EPI	RI	TI	BEI	DOI

ALI:仲裁丢失中断

0：

1：仲裁丢失，写 1 清零

EWI:错误警告中断

0：

1：当 SR 寄存器中的 ES 或者 BS 值为 1 时，该位置位。写 1 清零。

EPI:CAN 模块被动错误中断

0：

1：当 CAN 错误寄存器操作被动错误计数值时，该位置位。写 1 清零。

RI:CAN 模块接收中断

0：

1：CAN 模块接收 BUFFER 中存在数据帧，用户需要对 RI 写 1，以减少接收信息计数器（RMC）值。

TI:CAN 模块发送中断

0：

1：CAN 模块数据帧发送完成。用户需要对 TI 写 1，复位发送 BUFFER 的写指针。

BEI:CAN 模块总线错误中断

0：

1：CAN 模块在接收或者发送过程中产生了总线错误

DOI:CAN 模块接收溢出中断

0：

1：CAN 模块接收 FIFO 溢出

20.3.5 CAN 中断寄存器（IMR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
IMR	0x04	X	ALIM	EWIM	EPIM	RIM	TIM	BEIM	DOIM

ALIM:仲裁丢失中断

0：仲裁丢失中断屏蔽

1：仲裁丢失中断开启

EWIM:错误警告中断

0：错误警告中断屏蔽

1：错误警告中断开启

EPIM:CAN 模块被动错误中断

0：CAN 模块被动错误中断屏蔽

1：CAN 模块被动错误中断开启

RI:CAN 模块接收中断

0：CAN 模块接收中断屏蔽

1：CAN 模块接收中断开启

TI:CAN 模块发送中断

0：CAN 模块发送中断屏蔽

1：CAN 模块发送中断开启

BEI:CAN 模块总线错误中断

0：CAN 模块总线错误中断屏蔽

1：CAN 模块总线错误中断开启

DOI:CAN 模块接收溢出中断

0：CAN 模块接收溢出中断屏蔽

1：CAN 模块接收溢出中断开启

20.3.6 CAN 数据帧接收计数器（RMC）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
RMC	0x05	X	X	X	RMC4	RMC3	RMC2	RMC1	RMC0

RMC:数据帧接收计数器

20.3.7 CAN 总线时钟寄存器 0（BTR0）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
BTR0	0x06	SJW.1	SJW.0	BRP.5	BRP.4	BRP.3	BRP.2	BRP.1	BRP.0

BRP :CAN 波特率分频系数

BRP= BTR0[5:0]+1；CAN 模块内部时钟 tq= tCLK*BRP；tCLK = 1/ fXTAL (主频 2 分频)

SJW: :重新同步跳跃宽度

SJW=SJW.1*2+SJW.0

20.3.8 CAN 总线时钟寄存器 1（BTR1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
BTR1	0x07	SAM	TSG2.2	TSG2.1	TSG2.0	TSG1.3	TSG1.2	TSG1.1	TSG1.0

TSG1:同步采样段 1

TSG2:同步采样段 2

SAM:总线电平采样次数

0：总线电平采样 1 次

1：总线电平采样 3 次

CAN 波特率=1/正常时间位

正常时间位=（1+（TSG1+1）+（TSG2+1））*tq

20.3.9 CAN 总线数据帧发送缓存（TXBUFn）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TXBUF0	0x08	Frame byte n							
TXBUF1	0X09	Frame byte n+1							
TXBUF2	0x0A	Frame byte n+2							
TXBUF3	0x0B	Frame byte n+3							

发送 BUFFER 包含 4 个寄存器：TXBUF0，TXBUF1，TXBUF2，TXBUF3。

每当 TXBUF3 寄存器被写的时候，BUFFER 指针自动加 1，TXBUF0，TXBUF1，TXBUF2，TXBUF3，被写入 BUFFER。

20.3.10 CAN 总线数据帧接收缓存（RXBUFn）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
RXBUF0	0x0C	Frame byte n							
RXBUF1	0X0D	Frame byte n+1							
RXBUF2	0x0E	Frame byte n+2							
RXBUF3	0x0F	Frame byte n+3							

接收 BUFFER 包含 4 个寄存器：RXBUF0，RXBUF1，RXBUF2，RXBUF3。

每当 RXBUF3 寄存器被写的时候，BUFFER 指针自动加 1，RXBUF0，RXBUF1，RXBUF2，RXBUF3，被写入 BUFFER。一帧 CAN 的数据最长是 16 个 BYTE，所以接收一帧数据需要循环读取 RXBUF 四次。CAN 模块的 RXFIFO 是一个 64BYTE 的 FIFO，在数据量为 1 个 BYTE 的时候，最多能存储 21 帧数据。数据 8 个 BYTE 的时候，最多能存储 5 帧数据。接收帧的数量可以读取 RMC（RECEIVE MESSAGE COUNTER）寄存器获得。

CAN 总线验收滤波器

在验收滤波器的帮助下 CAN 控制器能够允许 RXFIFO 只接收同识别码和验收滤波器中预设值相一致的信息验收滤波器通过验收代码寄存器 ACR 和验收屏蔽寄存器 AMR 来定义。

20.3.11 CAN 总线验收代码寄存器（ACRn）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ACR0	0x10	ACR0							
ACR1	0X11	ACR1							
ACR2	0x12	ACR2							
ACR3	0x13	ACR3							

20.3.12 CAN 总线验收屏蔽寄存器（AMRn）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AMR0	0x14	AMR0							
AMR1	0X15	AMR1							
AMR2	0x16	AMR2							
AMR3	0x17	AMR3							

滤波的方式有两种，由模式寄存器中的 AFM（ MR.0 ）位选择：单滤波器模式（AFM 位是 1）、双滤波器模式（AFM 位是 0）。

滤波的规则是：每一位验收屏蔽分别对应每一位验收代码，当该位验收屏蔽位为“1”的时候（即设为无关），接收的相应帧 ID 位无论是否和相应的验收代码位相同均会表示为接收；当验收屏蔽位为“0”的时候（即设为相关），只有相应的帧 ID 位和相应的验收代码位值相同的情况才会表示为接收。只有在所有的位都表示为接收的时候，CAN 控制器才会接收该报文。

（1）单滤波器的配置

这种滤波器配置定义了一个长滤波器（4 字节、32 位），由 4 个验收码寄存器和 4 个验收屏蔽寄存器组成的验收滤波器，滤波器字节和信息字节之间位的对应关系取决于当前接收帧格式。接收 can 标注帧（ssf）单滤波器配置：对于标准帧，11 位标识符、RTR 位、数据场前两个字节参与滤波； 对与参与滤波的数据，所有 AMR 为 0 的位所对应的 ACR 位和参与滤波数据的对应位必须相同才算验收通过； 如果由于置位 RTR=1 位而没有数据字节，或因为设置相应的数据长度代码而没有或只有一个数据字节信息，报文也会被接收。对于一个成功接收的报文，所有单个位在滤波器中的比较结果都必须为“接受”； 注意 AMR1 和 ACR1 的低四位是不用的，为了和将来的产品兼容，这些位可通过设置 AMR1.3、AMR1.2 、AMR1.4 和 AMR1.0 为 1 而定为“不影响”。

（2）双滤波器的配置

这种配置可以定义两个短滤波器，由 4 个 ACR 和 4 个 AMR 构成两个短滤波器。总线上的信息只要通过任意一个滤波器就被接收。滤波器字节和信息字节之间位的对应关系取决于当前接收的帧格式。接收 CAN 标准帧双滤波器的配置：如果接收的是标准帧信息，被定义的两个滤波器是不一样的。第一个滤波器由 ACR0、ACR1、AMR0、AMR1 以及 ACR3、AMR3 低 4 位组成，11 位标识符、RTR 位和数据场第 1 字节参与滤波； 第二个滤波器由 ACR2、AMR2 以及 ACR3、AMR3 高 4 位组成，11 位标识符和 RTR 位参与滤波。 为了成功接收信息，在所有单个位的比较时，应至少有一个滤波器表示接受。RTR 位置位“1”或数据长度代码是“0 ”，表示没有数据字节存在；只要从开始到 RTR 位的部分都被表示接收，信息就可以通过滤波器 1。 如果没有数据字节向滤波器请求过滤，AMR1 和 AMR3 的低 4 位必须被置为“1”，即“不影响”。此时，两个滤波器的识别工作都是验证包括 RTR 位在内的整个标准识别码。

20.3.13 CAN 总线错误信息寄存器（ECC）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ECC	0x18	RXWRN	TXWRN	EDIR	ACKER	FRMER	CRCER	STFER	BER

RXWRN：当 RXERR 大于等于 96 时该位置位。

TXWRN：当 TXERR 大于等于 96 时该位置位。

EDIR：传输错误方向。0：发送时发生错误。1：接收时发生错误。

ACKER：ACK 错误。

FRMER：帧格式错误。

CRCER：CRC 错误。

STFER：位填充错误。

BER：位错误。

20.3.14 CAN 总线接收错误计数器（RXERR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
RXERR	0x19	RXERR							

RXERR：计数器值代表当前接收错误计数值。该寄存器只读。当 BUS-OFF 事件发生后，该计数器值由硬件清零。

20.3.15 CAN 总线发送错误计数器（TXERR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TXERR	0x1A	TXERR							

TXERR：发送错误计数寄存器反映了发送错误计数器的当前值，工作模式中，该寄存器只读，硬件复位后寄存器被初始化为 0。当 BUS-OFF 时间发生后错误计数器被初始化为 127 来计算总线定义的最小时间（128 个总线空闲信号）。这段时间里读发送错误计数器将反映出总线关闭恢复的状态信息。

20.3.16 CAN 总线仲裁丢失寄存器（ALC）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ALC	0x1B	X	X	X	ALC.4	ALC.3	ALC.2	ALC.1	ALC.0

ALC：这个寄存器包括了仲裁丢失的位置的信息。当前仲裁丢失中断被处理（应答）之后，该值会在下一次仲裁丢失时更新。具体数值对应下表：

Bits					数值	描述
ALC4	ALC3	ALC2	ALC1	ALC0		
0	0	0	0	0	0	Arbit lost in ID28/11
0	0	0	0	1	1	Arbit lost in ID27/10
0	0	0	1	0	2	Arbit lost in ID26/9
0	0	0	1	1	3	Arbit lost in ID25/8
0	0	1	0	0	4	Arbit lost in ID24/7
0	0	1	0	1	5	Arbit lost in ID23/6
0	0	1	1	0	6	Arbit lost in ID22/5
0	0	1	1	1	7	Arbit lost in ID21/4
0	1	0	0	0	8	Arbit lost in ID20/3
0	1	0	0	1	9	Arbit lost in ID19/2
0	1	0	1	0	10	Arbit lost in ID18/1
0	1	0	1	1	11	Arbit lost in ID17/0
0	1	1	0	0	12	Arbit lost in SRTR/RTR
0	1	1	0	1	13	Arbit lost in IDE bit
0	1	1	1	0	14	Arbit lost in ID16*
0	1	1	1	1	15	Arbit lost in ID15*
1	0	0	0	0	16	Arbit lost in ID14*
1	0	0	0	1	17	Arbit lost in ID13*
1	0	0	1	0	18	Arbit lost in ID12*
1	0	0	1	1	19	Arbit lost in ID11*
1	0	1	0	0	20	Arbit lost in ID10*
1	0	1	0	1	21	Arbit lost in ID9*

1	0	1	1	0	22	Arbit lost in ID8*
1	0	1	1	1	23	Arbit lost in ID7*
1	1	0	0	0	24	Arbit lost in ID6*
1	1	0	0	1	25	Arbit lost in ID5*
1	1	0	1	0	26	Arbit lost in ID4*
1	1	0	1	1	27	Arbit lost in ID3*
1	1	1	0	0	28	Arbit lost in ID2*
1	1	1	0	1	29	Arbit lost in ID1*
1	1	1	1	0	30	Arbit lost in ID0*
1	1	1	1	1	31	Arbit lost in RTR

20.4 范例程序

20.4.1 CAN 总线帧格式

CAN2.0B 标准帧

CAN 标准帧信息为 11 个字节，包括两部分：信息和数据部分。前 3 个字节为信息部分。

位置	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
字节 01	FF	RTR	-	-	DLC（数据长度）			
字节 02	CAN ID[10:3]							
字节 03	CAN ID[2:0]			-	-	-	-	-
字节 04	数据 1							
字节 05	数据 2							
字节 06	数据 3							
字节 07	数据 4							
字节 08	数据 5							
字节 09	数据 6							
字节 10	数据 7							
字节 11	数据 8							

字节 1 为帧信息。第 7 位（FF）表示帧格式，在标准帧中，FF＝0；第 6 位（RTR）表示帧的类型，RTR=0 表示为数据帧，RTR=1 表示为远程帧；DLC 表示在数据帧时实际的数据长度。

字节 2、3 为报文识别码，11 位有效。

字节 4～11 为数据帧的实际数据，远程帧时无效。

CAN2.0B 扩展帧

CAN 扩展帧信息为 13 个字节，包括两部分，信息和数据部分。前 5 个字节为信息部分。

位置	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
字节 01	FF	RTR	-	-	DLC（数据长度）			
字节 02	CAN ID[28:21]							
字节 03	CAN ID[20:13]							
字节 04	CAN ID[12:5]							
字节 05	CAN ID[4:0]					-	-	-
字节 06	数据 1							
字节 07	数据 2							

字节 08	数据 3
字节 09	数据 4
字节 10	数据 5
字节 11	数据 6
字节 12	数据 7
字节 13	数据 8

字节 1 为帧信息。第 7 位（FF）表示帧格式，在扩展帧中，FF＝1；第 6 位（RTR）表示帧的类型，RTR=0 表示为数据帧，RTR=1 表示为远程帧；DLC 表示在数据帧时实际的数据长度。

字节 2～5 为报文识别码，其高 29 位有效。

字节 6～13 数据帧的实际数据，远程帧时无效。

20.4.2 CAN 总线标准帧收发范例

C 语言代码

```
//测试工作频率为24MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef     unsigned char   u8;
typedef     unsigned int    u16;
typedef     unsigned long   u32;

#define MAIN_Fosc           24000000UL

/*****************************  用户定义宏  ***********************************/
//CAN 总线波特率=Fclk/((1+(TSG1+1)+(TSG2+1))*(BRP+1)*2)
#define TSG1    2               //0~15
#define TSG2    1               //0~7
#define BRP     3               //0~63
//24000000/((1+3+2)*4*2)=500KHz

#define SJW     1               //重新同步跳跃宽度

/*****************************************************************************/

u16 CAN_ID;
u8 RX_BUF[8];
u8 TX_BUF[8];

void CANInit();
void CanSendMsg(u16 canid, u8 *pdat);

void main(void)
{
    WTST = 0;
    P0M1 = 0;   P0M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P1M1 = 0;   P1M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P2M1 = 0;   P2M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P3M1 = 0;   P3M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P4M1 = 0;   P4M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P5M1 = 0;   P5M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P6M1 = 0;   P6M0 = 0;                   //设置为准双向口
```

```
    P7M1 = 0;     P7M0 = 0;                         //设置为准双向口

    CANInit();

    EA = 1;                                         //打开总中断

    CAN_ID = 0x0345;
    TX_BUF[0] = 0x11;
    TX_BUF[1] = 0x22;
    TX_BUF[2] = 0x33;
    TX_BUF[3] = 0x44;
    TX_BUF[4] = 0x55;
    TX_BUF[5] = 0x66;
    TX_BUF[6] = 0x77;
    TX_BUF[7] = 0x88;

    while(1)
    {
        if(!P32)                                    //按一下 P32 口按键，发送一帧固定数据
        {
            CanSendMsg(CAN_ID,TX_BUF);
            while(!P32);                            //防止重发
        }
    }
}

u8 CanReadReg(u8 addr)
{
    u8 dat;
    CANAR = addr;
    dat = CANDR;
    return dat;
}

void CanWriteReg(u8 addr, u8 dat)
{
    CANAR = addr;
    CANDR = dat;
}

void CanReadFifo(u8 *pdat)
{
    pdat[0]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[1]  = CanReadReg(RX_BUF1);
    pdat[2]  = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[3]  = CanReadReg(RX_BUF3);

    pdat[4]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[5]  = CanReadReg(RX_BUF1);
    pdat[6]  = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[7]  = CanReadReg(RX_BUF3);

    pdat[8]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[9]  = CanReadReg(RX_BUF1);
    pdat[10] = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[11] = CanReadReg(RX_BUF3);

    pdat[12]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[13]  = CanReadReg(RX_BUF1);
```

```
    pdat[14]   = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[15]   = CanReadReg(RX_BUF3);
}

u16 CanReadMsg(u8 *pdat)
{
    u8 i;
    u16 CanID;
    u8 buffer[16];

    CanReadFifo(buffer);
    CanID = ((buffer[1] << 8) + buffer[2]) >> 5;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        pdat[i] = buffer[i+3];
    }
    return CanID;
}

void CanSendMsg(u16 canid, u8 *pdat)
{
    u16 CanID;

    CanID = canid << 5;
    CanWriteReg(TX_BUF0,0x08);                  //标准帧, 数据帧, bit3~bit0: 数据长度(DLC)
    CanWriteReg(TX_BUF1,(u8)(CanID>>8));
    CanWriteReg(TX_BUF2,(u8)CanID);
    CanWriteReg(TX_BUF3,pdat[0]);

    CanWriteReg(TX_BUF0,pdat[1]);
    CanWriteReg(TX_BUF1,pdat[2]);
    CanWriteReg(TX_BUF2,pdat[3]);
    CanWriteReg(TX_BUF3,pdat[4]);

    CanWriteReg(TX_BUF0,pdat[5]);
    CanWriteReg(TX_BUF1,pdat[6]);
    CanWriteReg(TX_BUF2,pdat[7]);

    CanWriteReg(TX_BUF3,0x00);
    CanWriteReg(CMR,0x04);                      //发起一次帧传输
}

void CANSetBaudrate()
{
    CanWriteReg(BTR0,(SJW << 6) + BRP);
    CanWriteReg(BTR1,(TSG2 << 4) + TSG1);
}

void CANInit()
{
    CANSetBaudrate();                           //设置波特率

    CanWriteReg(ACR0,0x00);                     //总线验收代码寄存器
    CanWriteReg(ACR1,0x00);
    CanWriteReg(ACR2,0x00);
    CanWriteReg(ACR3,0x00);
    CanWriteReg(AMR0,0xFF);                     //总线验收屏蔽寄存器
    CanWriteReg(AMR1,0xFF);
    CanWriteReg(AMR2,0xFF);
```

```
    CanWriteReg(AMR3,0xFF);

    CanWriteReg(IMR,0xff);                          //中断寄存器
    CanWriteReg(MR,0x00);

    P_SW1 = 0;
    CANICR = 0x02;                                  //CAN 中断使能
    AUXR2 |= 0x02;                                  //CAN 模块被使能
}

void CANBUS_Interrupt(void) interrupt 28
{
    u8 isr;

    isr = CanReadReg(ISR);
    if((isr & 0x04) == 0x04)
    {
        CANAR = 0x03;
        CANDR = 0x04;                               //CLR FLAG

  }
    if((isr & 0x08) == 0x08)
    {
        CANAR = 0x03;
        CANDR = 0x08;                               //CLR FLAG

        CAN_ID = CanReadMsg(RX_BUF);                //接收 CAN 总线数据

        CanSendMsg(CAN_ID+1,RX_BUF);                //CANID 加 1，原样发送 CAN 总线数据
    }
}
```

20.4.3 CAN 总线扩展帧收发范例

C 语言代码

```
//测试工作频率为 24MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef     unsigned char   u8;
typedef     unsigned int    u16;
typedef     unsigned long   u32;

#define MAIN_Fosc           24000000UL

/*****************************  用户定义宏  ***********************************/
//CAN 总线波特率=Fclk/((1+(TSG1+1)+(TSG2+1))*(BRP+1)*2)
#define TSG1    2               //0~15
#define TSG2    1               //0~7
#define BRP     3               //0~63
//24000000/((1+3+2)*4*2)=500KHz

#define SJW     1               //重新同步跳跃宽度

/*****************************************************************************/
```

```
u32 CAN_ID;
u8 RX_BUF[8];
u8 TX_BUF[8];

void CANInit();
void CanSendMsg(u32 canid, u8 *pdat);

void main(void)
{
    WTST = 0;
    P0M1 = 0;   P0M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P1M1 = 0;   P1M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P2M1 = 0;   P2M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P3M1 = 0;   P3M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P4M1 = 0;   P4M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P5M1 = 0;   P5M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P6M1 = 0;   P6M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P7M1 = 0;   P7M0 = 0;                   //设置为准双向口

    CANInit();

    EA = 1;                                 //打开总中断

    CAN_ID = 0x01234567;
    TX_BUF[0] = 0x11;
    TX_BUF[1] = 0x22;
    TX_BUF[2] = 0x33;
    TX_BUF[3] = 0x44;
    TX_BUF[4] = 0x55;
    TX_BUF[5] = 0x66;
    TX_BUF[6] = 0x77;
    TX_BUF[7] = 0x88;

    while(1)
    {
        if(!P32)                            //按一下 P32 口按键, 发送一帧固定数据
        {
            CanSendMsg(CAN_ID,TX_BUF);
            while(!P32);                    //防止重发
        }
    }
}

u8 CanReadReg(u8 addr)
{
    u8 dat;
    CANAR = addr;
    dat = CANDR;
    return dat;
}

void CanWriteReg(u8 addr, u8 dat)
{
    CANAR = addr;
    CANDR = dat;
}

void CanReadFifo(u8 *pdat)
```

```
{
    pdat[0]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[1]  = CanReadReg(RX_BUF1);
    pdat[2]  = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[3]  = CanReadReg(RX_BUF3);

    pdat[4]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[5]  = CanReadReg(RX_BUF1);
    pdat[6]  = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[7]  = CanReadReg(RX_BUF3);

    pdat[8]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[9]  = CanReadReg(RX_BUF1);
    pdat[10] = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[11] = CanReadReg(RX_BUF3);

    pdat[12]  = CanReadReg(RX_BUF0);
    pdat[13]  = CanReadReg(RX_BUF1);
    pdat[14]  = CanReadReg(RX_BUF2);
    pdat[15]  = CanReadReg(RX_BUF3);
}

u32 CanReadMsg(u8 *pdat)
{
    u8 i;
    u32 CanID;
    u8 buffer[16];

    CanReadFifo(buffer);
    CanID = (((u32)buffer[1] << 24) + ((u32)buffer[2] << 16) + ((u32)buffer[3] << 8) + buffer[4]) >> 3;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        pdat[i] = buffer[i+5];
    }
    return CanID;
}

void CanSendMsg(u32 canid, u8 *pdat)
{
    u32 CanID;

    CanID = canid << 3;
    CanWriteReg(TX_BUF0,0x88);                    //扩展帧, 数据帧, bit3~bit0: 数据长度(DLC)
    CanWriteReg(TX_BUF1,(u8)(CanID>>24));
    CanWriteReg(TX_BUF2,(u8)(CanID>>16));
    CanWriteReg(TX_BUF3,(u8)(CanID>>8));

    CanWriteReg(TX_BUF0,(u8)CanID);
    CanWriteReg(TX_BUF1,pdat[0]);
    CanWriteReg(TX_BUF2,pdat[1]);
    CanWriteReg(TX_BUF3,pdat[2]);

    CanWriteReg(TX_BUF0,pdat[3]);
    CanWriteReg(TX_BUF1,pdat[4]);
    CanWriteReg(TX_BUF2,pdat[5]);
    CanWriteReg(TX_BUF3,pdat[6]);

    CanWriteReg(TX_BUF0,pdat[7]);
    CanWriteReg(TX_BUF1,0x00);
```

```
    CanWriteReg(TX_BUF2,0x00);
    CanWriteReg(TX_BUF3,0x00);

    CanWriteReg(CMR,0x04);                    //发起一次帧传输
}

void CANSetBaudrate()
{
    CanWriteReg(BTR0,(SJW << 6) + BRP);
    CanWriteReg(BTR1,(TSG2 << 4) + TSG1);
}

void CANInit()
{
    CANSetBaudrate();                         //设置波特率

    CanWriteReg(ACR0,0x00);                   //总线验收代码寄存器
    CanWriteReg(ACR1,0x00);
    CanWriteReg(ACR2,0x00);
    CanWriteReg(ACR3,0x00);
    CanWriteReg(AMR0,0xFF);                   //总线验收屏蔽寄存器
    CanWriteReg(AMR1,0xFF);
    CanWriteReg(AMR2,0xFF);
    CanWriteReg(AMR3,0xFF);

    CanWriteReg(IMR,0xFF);                    //中断寄存器
    CanWriteReg(MR,0x00);

    P_SW1 = 0;
    CANICR = 0x02;                            //CAN 中断使能
    AUXR2 |= 0x02;                            //CAN 模块被使能
}

void CANBUS_Interrupt(void) interrupt 28
{
    u8 isr;

    isr = CanReadReg(ISR);
    if((isr & 0x04) == 0x04)
    {
        CANAR = 0x03;
        CANDR = 0x04;                         //CLR FLAG

  }
    if((isr & 0x08) == 0x08)
    {
        CANAR = 0x03;
        CANDR = 0x08;                         //CLR FLAG

        CAN_ID = CanReadMsg(RX_BUF);          //接收 CAN 总线数据

        CanSendMsg(CAN_ID+1,RX_BUF);          //CANID 加 1，原样发送 CAN 总线数据
    }
}
```

21 LIN 总线

STC16F 系列单片机内部集成 LIN 总线功能单元，支持 LIN2.1 和 LIN1.3 协议协议。

主要功能如下：

- 帧头自动处理
- 可以在主、从两种模式之间切换
- 超时检测
- 错误分析

21.1 LIN 功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
P_SW1	A2H	S1_S[1:0]		CAN_S[1:0]		SPI_S[1:0]		**LIN_S[1:0]**	

LIN_S[1:0]：LIN 功能脚选择位

LIN_S[1:0]	LIN_RX	LIN_TX
00	P0.2	P0.3
01	P5.2	P5.3
10	P4.6	P4.7
11	P7.2	P7.3

21.2 LIN 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
LINICR	LINBUS 中断控制寄存器	B1H	-	-	-	-	PLINH	LINIF	ELIN	PLINL	0000,0000
LINAR	LINBUS 地址寄存器	B2H									0000,0000
LINDR	LINBUS 数据寄存器	B3H									0000,0000
AUXR2	辅助寄存器 2	94H	-	P40ADR	ADIBF	TXLNRX	-	-	CANEN	LINEN	0000,0000

21.2.1 辅助寄存器 2（AUXR2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
AUXR2	94H	-	P40ADR	ADIBF	TXLNRX	-	-	CANEN	LINEN

LINEN：LIN 总线使能控制位

0：关闭 LIN 功能

1：使能 LIN 功能

21.2.2 LIN 总线中断控制寄存器（LINICR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LINICR	B1H	-	-	-	-	PLINH	LINIF	ELIN	PLINL

ELIN：LIN 总线中断使能控制位

0：关闭 LIN 中断

1：使能 LIN 中断

LINIF：LIN 总线中断请求标志位，硬件清零（读取 LSR 清零）。

PLINH，PLINL：LIN 中断优先级控制位

PLINH	PLINL	优先级
0	**0**	**0（最低）**
0	1	1
1	0	2
1	1	3（最高）

21.2.3 LIN 总线地址寄存器（LINAR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LINAR	B2H								

21.2.4 LIN 总线数据寄存器（LINDR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LINDR	B3H								

21.3 LIN 内部功能寄存器

	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F
08H	HDRL	HDRH	HDP					
00H	LBUF	LSEL	LID	LER	LIE	LSR	DLL	DLH

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LBUF	0x00	LBUF							
LSEL	0x01	ANIC				INDEX			
LID	0x02			ID					
LER	0x03		OVER	SYNCER	TOVER	CHKER	PER	BITER	FER
LIE	0x04					ABORTE	ERRE	RDYE	LIDE
LSR	0x05	LOG SIZE				ABORT	ERR	RDY	LID
LCR	0x05	MODE	LIN13	SIZE				CMD	
DLL	0x06	DLL							
DLH	0x07	SYNC	DLH						
HDRL	0x08	HDRL							
HDRH	0x09	HDRH							
HDP	0x0A			HDP					

21.3.1 LIN 数据寄存器（LBUF）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0

LBUF	0x00	LBUF

LBUF 是 LIN 模块内部数据 FIFO 的数据接口。

21.3.2 LIN 数据地址寄存器（LSEL）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LSEL	0x01	AINC				INDEX			

AINC 地址自增

0：写入 LIN 内部 FIFO 的数据地址由 INDEX 决定。

1：数据地址自增，每操作一次 LBUF，LIN 内部 FIFO 的数据地址自动加一。

21.3.3 LIN 帧 ID 寄存器（LID）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LID	0x02			ID					

LID 帧 ID，如果 LCR[5:2]=4’b1111，那么 LID[5:4]的组合代表数据帧中数据的数量：

00：2 字节

01：2 字节

10：4 字节

11：8 字节

21.3.4 LIN 错误寄存器（LER）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LER	0x03		OV	SYN	TOV	CHK	PER	BIT	FER

OV：over run error 。当 LIN 正在运行命令（RDY 为低）时，用户发送了新的命令到 LIN。

SYN：slave 模式下才有，LIN 接收帧同步时产生错误。

TOV：timeout 错误。在最大允许时间内，LIN 没有收到完整的数据帧。

CHK：checksum 错误。

PER：Parity error,没有正确接收到受保护的 ID 段。

BIT：位错误，标志 LIN 发送的数据位与总线监测到的状态不一致。

FER：帧错误，接收到的数据没有包含有效的停止位。

读取清除错误寄存器。

21.3.5 LIN 中断使能寄存器（LIE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LIE	0x04					ABORTE	ERRE	RDYE	LIDE

ABORTE：使能终止中断。

ERRE：使能错误中断。

RDYE：使能 Ready 中断。

LIDE：使能 head 中断。

21.3.6 LIN 状态寄存器（只读寄存器）（LSR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LSR	0x05	LOG SIZE				ABORT	ERR	RDY	LID

LOG SIZE：LOG 模式时，检测到的数据长度。

ABORT：终止命令正在执行中。

ERR：错误状态。

RDY：Ready 状态，可以执行新的命令。
LID：接收到了正确的 header。
Bit0~Bit3 读取后清零。

21.3.7 LIN 控制寄存器（只写寄存器）（LCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LCR	0x05	MODE	LIN13	SIZE				CMD	

MODE：LIN 模式选择
0：从模式
1：主模式。
LIN13：校验和选择。
0：增强校验和，LIN2.1 协议。
1：普通校验和，LIN1.3 协议。
SIZE：数据长度

设置	长度	设置	长度
0000	0 字节	1000	8 字节
0001	1 字节	1001	保留
0010	2 字节	1010	保留
0011	3 字节	1011	保留
0100	4 字节	1100	保留
0101	5 字节	1101	保留
0110	6 字节	1110	LOG MODE
0111	7 字节	1111	数据长度由 LID[5:4]决定

CMD：LIN 命令。
00：Abort 命令。
01：主模式 Send header 命令。
10：TX response。
11：RX response。

21.3.8 LIN 波特率寄存器（DLL/DLH）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DLL	0x06	DLL							
DLH	0x07	SYNC	DLH						

DLL 和 DLH 决定了 LIN 模块的波特率。波特率 = SYSclk/16/DL。
SYNC：同步模式，只有在从模式下，才有用。

21.3.9 LIN 帧头延时计数寄存器（HDRL/HDRH）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
HDRL	0x08	HDRL							
HDRH	0x09	HDRH							

延时(ms) = (HDR*1000)/ SYSclk。

21.3.10 LIN 帧头延时分频寄存器（HDP）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0

HDP	0x0A			HDP

HDR 和 HDP 共同定义了一个帧头的延时时间，这个时间用于定义软件配置完发送帧头的命令与 LIN 模块实际发送 head 帧头的时间延时。

21.4 范例程序

21.4.1 LIN 总线主机收发范例

C 语言代码

```
//测试工作频率为24MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef     unsigned char   u8;
typedef     unsigned int    u16;
typedef     unsigned long   u32;

#define MAIN_Fosc           24000000UL

sbit SLP_N    = P5^3;                                   //LIN 收发器控制脚 0: 休眠；1: 工作

#define LIN_MODE            1                         //0: LIN2.1;   1: LIN1.3
#define FRAME_LEN           8                         //数据长度: 8 字节

u8 Lin_ID;
u8 TX_BUF[8];

u8 Key1_cnt;
u8 Key2_cnt;
bit Key1_Flag;
bit Key2_Flag;

void LinInit();
void LinSendMsg(u8 lid, u8 *pdat);
void LinSendHeader(u8 lid);
void delay_ms(u8 ms);

void main(void)
{
    WTST = 0;
    P0M1 = 0;    P0M0 = 0;                            //设置为准双向口
    P1M1 = 0;    P1M0 = 0;                            //设置为准双向口
    P2M1 = 0;    P2M0 = 0;                            //设置为准双向口
    P3M1 = 0;    P3M0 = 0;                            //设置为准双向口
    P4M1 = 0;    P4M0 = 0;                            //设置为准双向口
    P5M1 = 0;    P5M0 = 0;                            //设置为准双向口
    P6M1 = 0;    P6M0 = 0;                            //设置为准双向口
    P7M1 = 0;    P7M0 = 0;                            //设置为准双向口

    P_SW2 |= 0x80;
    P0PU = 0x0c;                                      //LIN_TX, LIN_RX 脚开启内部上拉
    P_SW2 &= ~0x80;

    Lin_ID = 0x32;
    LinInit();
    EA = 1;                                           //打开总中断

    SLP_N = 1;
    TX_BUF[0] = 0x11;
```

```
    TX_BUF[1] = 0x22;
    TX_BUF[2] = 0x33;
    TX_BUF[3] = 0x44;
    TX_BUF[4] = 0x55;
    TX_BUF[5] = 0x66;
    TX_BUF[6] = 0x77;
    TX_BUF[7] = 0x88;

    while(1)
    {
        delay_ms(1);
        if(!P32)
        {
            if(!Key1_Flag)
            {
                Key1_cnt++;
                if(Key1_cnt > 50)                   //50ms 防抖
                {
                    P46 = ~P46;
                    Key1_Flag = 1;
                    LinSendMsg(Lin_ID, TX_BUF);     //主机发送完整帧
                }
            }
        }
        else
        {
            Key1_cnt = 0;
            Key1_Flag = 0;
        }

        if(!P33)
        {
            if(!Key2_Flag)
            {
                Key2_cnt++;
                if(Key2_cnt > 50)                   //50ms 防抖
                {
                    P47 = ~P47;
                    Key2_Flag = 1;
                    LinSendHeader(0x13); //主机发送 Header，由特定标识符从机发送应答数据，拼成一个完整的帧
                }
            }
        }
        else
        {
            Key2_cnt = 0;
            Key2_Flag = 0;
        }
    }
}

void delay_ms(u8 ms)
{
    u16 i;
    do{
        i = MAIN_Fosc / 6000;
        while(--i);
    }while(--ms);
}
```

```
u8 LinReadReg(u8 addr)
{
    u8 dat;
    LINAR = addr;
    dat = LINDR;
    return dat;
}

void LinWriteReg(u8 addr, u8 dat)
{
    LINAR = addr;
    LINDR = dat;
}

void LinReadMsg(u8 *pdat)
{
    u8 i;

    LinWriteReg(LSEL,0x80);                    //地址自增，从 0 开始
    for(i=0;i<FRAME_LEN;i++)
    {
        pdat[i] = LinReadReg(LBUF);
    }
}

void LinSetMsg(u8 *pdat)
{
    u8 i;

    LinWriteReg(LSEL,0x80);                    //地址自增，从 0 开始
    for(i=0;i<FRAME_LEN;i++)
    {
        LinWriteReg(LBUF,pdat[i]);
    }
}

void LinSetID(u8 lid)
{
    LinWriteReg(LID,lid);                      //设置总线 ID
}

u8 GetLinError(void)
{
    u8 sta;
    sta = LinReadReg(LER);                     //读取清除错误寄存器
    return sta;
}

u8 WaitLinReady(void)
{
    u8 lsr;
    do{
        lsr = LinReadReg(LSR);
    }while(!(lsr & 0x02));                     //判断 ready 状态
    return lsr;
}

void SendAbortCmd(void)
```

```
{
    LinWriteReg(LCR,0x80);                          //主模式 Send Abort
}

void SendHeadCmd(void)
{
    LinWriteReg(LCR,0x81);                          //主模式 Send Header
}

void SendDatCmd(void)
{
    u8 lcr_val;
    lcr_val = 0x82+(LIN_MODE<<6)+(FRAME_LEN<<2);
    LinWriteReg(LCR,lcr_val);
}

void ResponseTxCmd(void)
{
    u8 lcr_val;
    lcr_val = 0x02+(LIN_MODE<<6)+(FRAME_LEN<<2);
    LinWriteReg(LCR,lcr_val);
}

void ResponseRxCmd(void)
{
    u8 lcr_val;
    lcr_val = 0x03+(LIN_MODE<<6)+(FRAME_LEN<<2);
    LinWriteReg(LCR,lcr_val);
}

void LinSendMsg(u8 lid, u8 *pdat)
{
    LinSetID(lid);                                  //设置总线 ID
    LinSetMsg(pdat);

    SendHeadCmd();                                  //主模式 Send Seader
    WaitLinReady();                                 //等待 ready 状态
    GetLinError();                                  //读取清除错误寄存器

    SendDatCmd();                                   //Send Data
    WaitLinReady();                                 //等待 ready 状态
    GetLinError();                                  //读取清除错误寄存器
}

void LinSendHeader(u8 lid)
{
    LinSetID(lid);                                  //设置发送 Response 的从机总线 ID

    SendHeadCmd();                                  //主模式 send header
    WaitLinReady();                                 //等待 ready 状态
    GetLinError();                                  //读取清除错误寄存器

    ResponseRxCmd();                                //RX response
    WaitLinReady();                                 //等待 ready 状态
    GetLinError();                                  //读取清除错误寄存器

    LinReadMsg(TX_BUF);                             //接收 Lin 总线从机发送的应答数据
}
```

```
void LinSetBaudrate(u16 brt)
{
    u16 tmp;
    tmp = (MAIN_Fosc >> 4) / brt;
    LinWriteReg(DLH,(u8)(tmp>>8));                  //设置波特率
    LinWriteReg(DLL,(u8)tmp);
}

void LinSetHeadDelay(u8 base_ms, u8 prescaler)
{
    u16 tmp;
    tmp = (MAIN_Fosc * base_ms) / 1000;             //注意 base_ms 取值范围，计算结果不要超过 16 位上限
    LinWriteReg(HDRH,(u8)(tmp>>8));
    LinWriteReg(HDRL,(u8)tmp);                      //设置帧头延时计数

    LinWriteReg(HDP,prescaler);                     //设置帧头延时分频
}

void LinInit()
{
    P_SW1 = 0x00;                                   //选择 P0.2,P0.3
    LINICR = 0x02;                                  //LIN 模块中断使能
    AUXR2 |= 0x01;                                  //LIN 模块被使能

    GetLinError();                                  //读取清除错误寄存器
    LinWriteReg(LIE,0x00);                          //LIE 中断使能寄存器
    LinSetBaudrate(9600);                           //设置波特率
    LinSetHeadDelay(0x01,0x00);                     //设置帧头延时
}
```

21.4.2 LIN 总线从机收发范例

C 语言代码

```
//测试工作频率为 24MHz

#include "stc16.h"                  //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef     unsigned char   u8;
typedef     unsigned int    u16;
typedef     unsigned long   u32;

#define MAIN_Fosc           24000000UL

sbit SLP_N   = P5^3;                                //LIN 收发器控制脚 0: 休眠；1: 工作

#define LIN_MODE            1                       //0: LIN2.1;   1: LIN1.3
#define FRAME_LEN           8                       //数据长度: 8 字节

u8 Lin_ID;
u8 TX_BUF[8];
bit RxFlag;

void LinInit();
void LinReadMsg(u8 *pdat);
void ResponseRxCmd(void);
```

```
u8 WaitLinReady(void);
u8 GetLinError(void);

void main(void)
{
    WTST = 0;
    P0M1 = 0;   P0M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P1M1 = 0;   P1M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P2M1 = 0;   P2M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P3M1 = 0;   P3M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P4M1 = 0;   P4M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P5M1 = 0;   P5M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P6M1 = 0;   P6M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P7M1 = 0;   P7M0 = 0;                   //设置为准双向口

    P_SW2 |= 0x80;
    P0PU = 0x0c;                            //LIN_TX, LIN_RX 脚开启内部上拉
    P_SW2 &= ~0x80;

    Lin_ID = 0x32;
    LinInit();
    EA = 1;                                 //打开总中断

    SLP_N = 1;
    TX_BUF[0] = 0x11;
    TX_BUF[1] = 0x22;
    TX_BUF[2] = 0x33;
    TX_BUF[3] = 0x44;
    TX_BUF[4] = 0x55;
    TX_BUF[5] = 0x66;
    TX_BUF[6] = 0x77;
    TX_BUF[7] = 0x88;

    while(1)
    {
        if(RxFlag == 1)
        {
            ResponseRxCmd();                //RX response
            WaitLinReady();                 //等待 ready 状态
            GetLinError();                  //读取清除错误寄存器

            LinReadMsg(TX_BUF);             //接收 Lin 总线数据
            RxFlag = 0;
        }
    }
}

u8 LinReadReg(u8 addr)
{
    u8 dat;
    LINAR = addr;
    dat = LINDR;
    return dat;
}

void LinWriteReg(u8 addr, u8 dat)
{
    LINAR = addr;
    LINDR = dat;
```

```
}

void LinReadMsg(u8 *pdat)
{
    u8 i;

    LinWriteReg(LSEL,0x80);                    //地址自增，从 0 开始

    for(i=0;i<FRAME_LEN;i++)
    {
        pdat[i] = LinReadReg(LBUF);
    }
}

void LinSetMsg(u8 *pdat)
{
    u8 i;

    LinWriteReg(LSEL,0x80);                    //地址自增，从 0 开始
    for(i=0;i<FRAME_LEN;i++)
    {
        LinWriteReg(LBUF,pdat[i]);
    }
}

void LinSetID(u8 lid)
{
    LinWriteReg(LID,lid);                      //设置总线 ID
}

u8 GetLinError(void)
{
    u8 sta;
    sta = LinReadReg(LER);                     //读取清除错误寄存器
    return sta;
}

u8 WaitLinReady(void)
{
    u8 lsr;
    do{
        lsr = LinReadReg(LSR);
    }while(!(lsr & 0x02));                     //判断 ready 状态
    return lsr;
}

void SendAbortCmd(void)
{
    LinWriteReg(LCR,0x80);                     //主模式 Send Abort
}

void SendHeadCmd(void)
{
    LinWriteReg(LCR,0x81);                     //主模式 Send Header
}

void SendDatCmd(void)
{
    u8 lcr_val;
```

```
    lcr_val = 0x82+(LIN_MODE<<6)+(FRAME_LEN<<2);
    LinWriteReg(LCR,lcr_val);
}

void ResponseTxCmd(void)
{
    u8 lcr_val;
    lcr_val = 0x02+(LIN_MODE<<6)+(FRAME_LEN<<2);
    LinWriteReg(LCR,lcr_val);
}

void ResponseRxCmd(void)
{
    u8 lcr_val;
    lcr_val = 0x03+(LIN_MODE<<6)+(FRAME_LEN<<2);
    LinWriteReg(LCR,lcr_val);
}

void LinTxResponse(u8 *pdat)
{
    LinSetMsg(pdat);
    ResponseTxCmd();                    //TX response
    WaitLinReady();                     //等待 ready 状态
    GetLinError();                      //读取清除错误寄存器
}

void LinSetBaudrate(u16 brt)
{
    u16 tmp;
    tmp = (MAIN_Fosc >> 4) / brt;
    LinWriteReg(DLH,(u8)(tmp>>8));
    LinWriteReg(DLL,(u8)tmp);
}

void LinSetHeadDelay(u8 base_ms, u8 prescaler)
{
    u16 tmp;
    tmp = (MAIN_Fosc * base_ms) / 1000;     //注意 base_ms 取值范围，计算结果不要超过 16 位上限
    LinWriteReg(HDRH,(u8)(tmp>>8));
    LinWriteReg(HDRL,(u8)tmp);              //设置帧头延时计数

    LinWriteReg(HDP,prescaler);             //设置帧头延时分频
}

void LinInit()
{
    P_SW1 = 0x00;                       //选择 P0.2,P0.3
    LINICR = 0x02;                      //LIN 模块中断使能
    AUXR2 |= 0x01;                      //LIN 模块被使能

    GetLinError();                      //读取清除错误寄存器
    LinWriteReg(LIE,0x0F);              //LIR 中断使能寄存器
    LinSetBaudrate(9600);               //设置波特率
    LinSetHeadDelay(0x01,0x00);         //设置帧头延时
}

void LinBUS_Interrupt(void) interrupt LIN_VECTOR
{
    u8 isr;
```

```
    isr = LinReadReg(LSR);
    if((isr & 0x03) == 0x03)                    //接收到 Header, 处于 Ready 状态
    {
        isr = LinReadReg(LER);
        if(isr == 0x00)                         //没有产生错误
        {
            P46 = ~P46;

            isr = LinReadReg(LID);
            if(isr == 0x12)                     //判断是否从机响应 ID
            {
                LinTxResponse(TX_BUF);          //返回响应数据
            }
            else
            {
                RxFlag = 1;
            }
        }
    }
    else
    {
        isr = LinReadReg(LER);                  //读取清除错误寄存器
    }
}
```

21.4.3 使用串口模拟 LIN 总线范例

LIN（Local Interconnect Network）总线是基于 UART/SCI（通用异步收发器/串行接口）的低成本串行通讯协议。LIN 的字节场 和 UART 一样都是 8N1 的格式，但是 LIN 的帧间隔场是连续 13 个显性电平，与串口的 8 位不符，这里通过切换波特率的方式输出 13 个显性电平宽度的信号作为间隔场。

以 9600 波特率为例：
13 个显性信号时间 = 13/9600 = 1354us
转换成发送一个字节 0x00，1 个起始位 + 8 个数据位 + 1 个停止位，其中包含 9 个显性电平。
转换波特率 = 9/1354us = 6647 波特率

本例程测试方法：UART1 通过串口工具连接电脑；UART2 外接 LIN 收发器，连接 LIN 总线。将电脑串口发送的数据转发到 LIN 总线；从 LIN 总线接收到的数据转发到电脑串口。

C 语言代码

```
//测试工作频率为 24MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

typedef     unsigned char   u8;
typedef     unsigned int    u16;
typedef     unsigned long   u32;

#define MAIN_Fosc           24000000UL
```

```
#define Baudrate1           (65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / 9600UL)
#define Baudrate2           (65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / 9600UL)   //发送数据传输波特率

#define Baudrate_Break      (65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / 6647UL)   //发送显性间隔信号波特率

#define UART1_BUF_LENGTH    32
#define UART2_BUF_LENGTH    32

#define LIN_ID      0x31

sbit SLP_N   = P2^4;                                    //LIN 收发器控制脚 0：休眠；1：工作

u8   TX1_Cnt;                                           //发送计数
u8   RX1_Cnt;                                           //接收计数
u8   TX2_Cnt;                                           //发送计数
u8   RX2_Cnt;                                           //接收计数
bit B_TX1_Busy;                                         //发送忙标志
bit B_TX2_Busy;                                         //发送忙标志
u8   RX1_TimeOut;
u8   RX2_TimeOut;

u8   xdata RX1_Buffer[UART1_BUF_LENGTH];                //接收缓冲
u8   xdata RX2_Buffer[UART2_BUF_LENGTH];                //接收缓冲

void UART1_config(void);
void UART2_config(void);
void delay_ms(u8 ms);
void UART1_TxByte(u8 dat);
void UART2_TxByte(u8 dat);
void Lin_Send(u8 *puts);
void SetTimer2Baudraye(u16 dat);

void main(void)
{
    u8 i;

    WTST = 0;
    P0M1 = 0;   P0M0 = 0;                               //设置为准双向口
    P1M1 = 0;   P1M0 = 0;                               //设置为准双向口
    P2M1 = 0;   P2M0 = 0;                               //设置为准双向口
    P3M1 = 0;   P3M0 = 0;                               //设置为准双向口
    P4M1 = 0;   P4M0 = 0;                               //设置为准双向口
    P5M1 = 0;   P5M0 = 0;                               //设置为准双向口
    P6M1 = 0;   P6M0 = 0;                               //设置为准双向口
    P7M1 = 0;   P7M0 = 0;                               //设置为准双向口

    UART1_config();
    UART2_config();
    EA = 1;                                             //允许全局中断
    SLP_N = 1;

    while(1)
    {
        delay_ms(1);
        if(RX1_TimeOut > 0)
        {
            if(--RX1_TimeOut == 0)                      //超时,则串口接收结束
            {
                if(RX1_Cnt > 0)
```

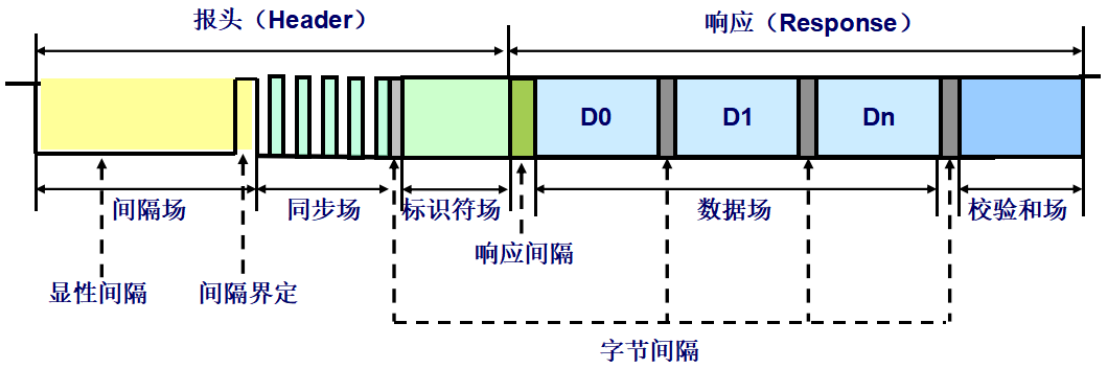
```
                {
                    Lin_Send(RX1_Buffer);                   //将 UART1 收到的数据发送到 LIN 总线上
                }
                RX1_Cnt = 0;
            }
        }

        if(RX2_TimeOut > 0)
        {
            if(--RX2_TimeOut == 0)                          //超时,则串口接收结束
            {
                if(RX2_Cnt > 0)
                {
                    for (i=0; i < RX2_Cnt; i++)             //遇到停止符 0 结束
                    {
                        UART1_TxByte(RX2_Buffer[i]);        //从 LIN 总线收到的数据发送到 UART1
                    }
                }
                RX2_Cnt = 0;
            }
        }
    }
}

void delay_ms(u8 ms)
{
    u16 i;
    do{
        i = MAIN_Fosc / 6000;
        while(--i);
    }while(--ms);
}

u8 Lin_CheckPID(u8 id)                                      //ID 转 PID
{
    u8 pid;
    u8 P0 ;
    u8 P1 ;

    P0 = (((id)^(id>>1)^(id>>2)^(id>>4))&0x01)<<6 ;
    P1 = ((~((id>>1)^(id>>3)^(id>>4)^(id>>5)))&0x01)<<7 ;

    pid= id|P0|P1 ;

    return pid;
}

static u8 LINCalcChecksum(u8 *dat)                          //计算 LIN1.3 经典校验码
{
    u16 sum = 0;
    u8 i;

    for(i = 0; i < 8; i++)
    {
        sum += dat[i];
        if(sum & 0xFF00)
        {
            sum = (sum & 0x00FF) + 1;
        }
```

```
    }
    sum ^= 0x00FF;
    return (u8)sum;
}

void Lin_SendBreak(void)
{
    SetTimer2Baudraye((u16)Baudrate_Break);
    UART2_TxByte(0);
    SetTimer2Baudraye((u16)Baudrate2);
}

void Lin_Send(u8 *puts)
{
    u8 i;

    Lin_SendBreak();                            //发送帧间隔场
    UART2_TxByte(0x55);                         //发送同步场
    UART2_TxByte(Lin_CheckPID(LIN_ID));         //发送标识符
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        UART2_TxByte(puts[i]);
    }
    UART2_TxByte(LINCalcChecksum(puts));
}

void UART1_TxByte(u8 dat)
{
    SBUF = dat;
    B_TX1_Busy = 1;
    while(B_TX1_Busy);
}

void UART2_TxByte(u8 dat)
{
    S2BUF = dat;
    B_TX2_Busy = 1;
    while(B_TX2_Busy);
}

void SetTimer2Baudraye(u16 dat)
{
    AUXR &= ~(1<<4);                            //Timer stop
    AUXR &= ~(1<<3);                            //Timer2 set As Timer
    AUXR |=  (1<<2);                            //Timer2 set as 1T mode
    T2H = dat / 256;
    T2L = dat % 256;
    IE2  &= ~(1<<2);                            //禁止中断
    AUXR |=  (1<<4);                            //Timer run enable
}

void UART1_config(void)
{
    TR1 = 0;
    AUXR &= ~0x01;                              //S1 BRT Use Timer1;
    AUXR |=  (1<<6);                            //Timer1 set as 1T mode
    TMOD &= ~(1<<6);                            //Timer1 set As Timer
    TMOD &= ~0x30;                              //Timer1_16bitAutoReload;
    TH1 = (u8)(Baudrate1 / 256);
```

```
    TL1 = (u8)(Baudrate1 % 256);
    ET1 = 0;                                    //禁止中断
    INTCLKO &= ~0x02;                           //不输出时钟
    TR1   = 1;

    SCON = (SCON & 0x3f) | 0x40;                //UART1 模式 8 位数据,可变波特率
    ES    = 1;                                  //允许中断
    REN = 1;                                    //允许接收
    P_SW1 &= 0x3f;                              //UART1  切换至  P3.0 P3.1

    B_TX1_Busy = 0;
    TX1_Cnt = 0;
    RX1_Cnt = 0;
}

void UART2_config(void)
{
    SetTimer2Baudraye((u16)Baudrate2);
    S2CON &= ~(1<<7);                           // 8 位数据,1 位起始位,1 位停止位,  无校验
    IE2 |= 1;                                   //允许中断
    S2CON |= (1<<4);                            //允许接收
    P_SW2 &= ~0x01;                             //UART2 switch to: 0: P1.0 P1.1,    1: P4.6 P4.7

    B_TX2_Busy = 0;
    TX2_Cnt = 0;
    RX2_Cnt = 0;
}

void UART1_int (void) interrupt 4
{
    if(RI)
    {
        RI = 0;
        if(RX1_Cnt >= UART1_BUF_LENGTH) RX1_Cnt = 0;
        RX1_Buffer[RX1_Cnt] = SBUF;
        RX1_Cnt++;
        RX1_TimeOut = 5;
    }

    if(TI)
    {
        TI = 0;
        B_TX1_Busy = 0;
    }
}

void UART2_int (void) interrupt 8
{
    if((S2CON & 1) != 0)
    {
        S2CON &= ~1;                            //清除标志位
        if(RX2_Cnt >= UART2_BUF_LENGTH) RX2_Cnt = 0;
        RX2_Buffer[RX2_Cnt] = S2BUF;
        RX2_Cnt++;
        RX2_TimeOut = 5;
    }

    if((S2CON & 2) != 0)
    {
```

```
            S2CON &= ~2;                                    //清除标志位
            B_TX2_Busy = 0;
        }
}
```

21.4.4 LIN 总线时序介绍



1、字节场

1）基于 UART/SCI 的通信格式；

2）发送一个字节需要 10 个位时间（TBIT）

2、间隔场

1）表示一帧报文的起始，由主节点发出；

2）间隔信号至少由 13 个显性位组成；

3）间隔界定符至少由 1 个隐形位组成；

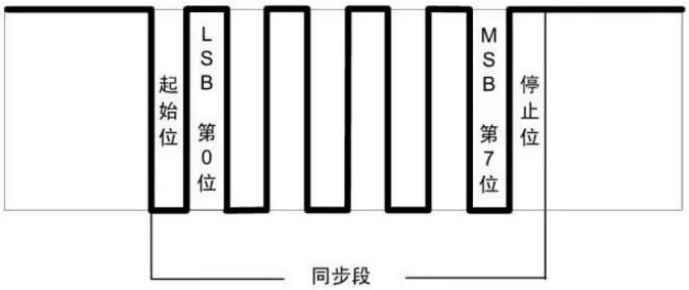
4）间隔场是唯一一个不符合字节场格式的场；

5）从节点需要检测到至少连续 11 个显性位才认为是间隔信号；

3、同步场

1）确保所有从节点使用与节点相同的波特率发送和接收数据；

2）一个字节，结构固定：0x55；



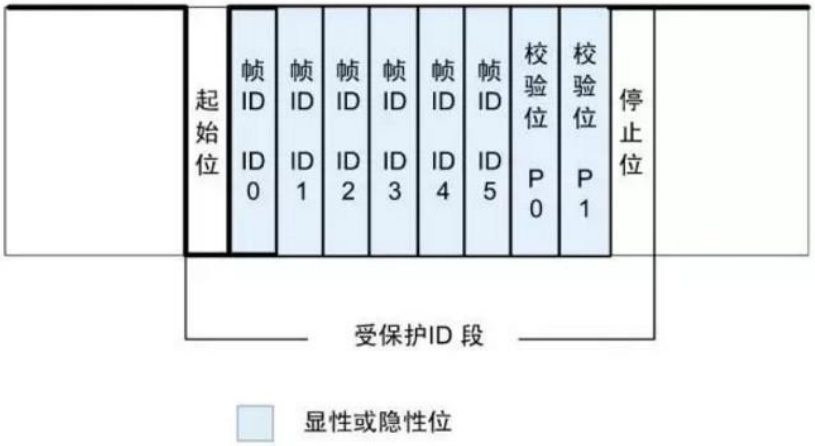
4、标识符场

1）ID 的范围从 0 到 63(0x3f)；

2）奇偶校验符(Parity)P0,P1

$$P0 = ID0 \oplus ID1 \oplus ID2 \oplus ID4$$

$$P1 = \neg (ID1 \oplus ID3 \oplus ID4 \oplus ID5)$$

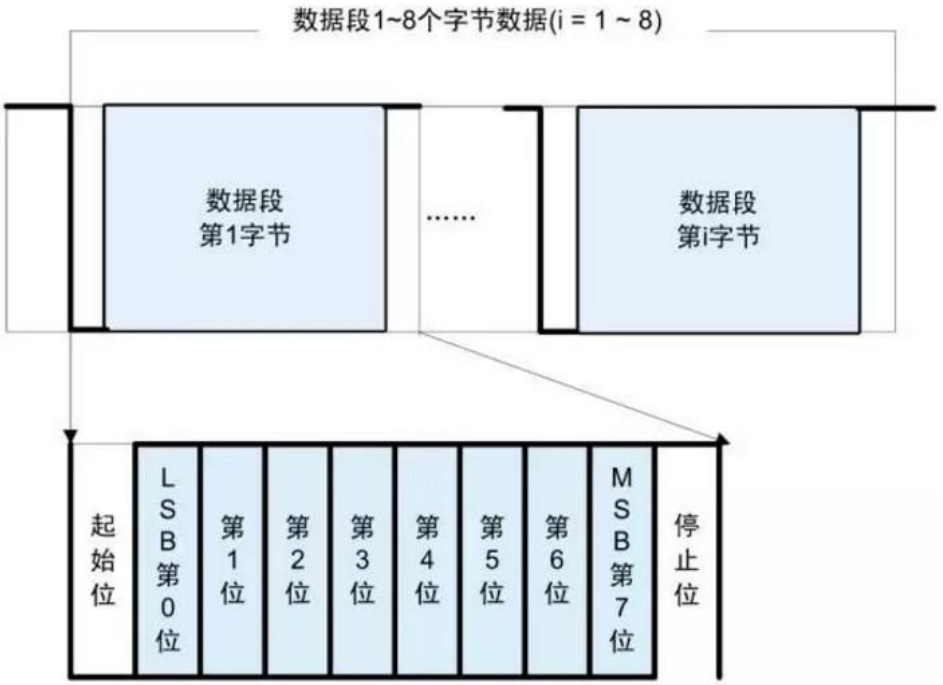


5、数据场

1）数据场长度 1 到 8 个字节；

2）低字节先发，低位先发；

3）如果某信号长度超过 1 个字节采用低位在前的方式发送（小端）；



6、校验和场

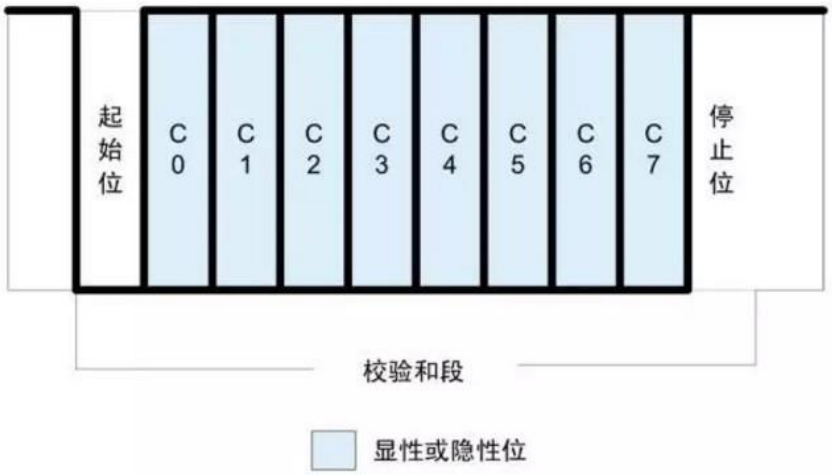
用于校验接收的数据是否正确

1）经典校验（Classic Checksum）仅校验数据场(LIN1.3)

2）增强校验（Enhance Checksum）校验标识符场与数据场内容(LIN2.0、LIN2.1)

标识符为 0x3C 和 0x3D 的帧只能使用经典校验

计算方法：反转 8 位求和



22 32 位硬件乘除单元，MDU32

这个乘法和除法单元（称为 MDU32）提供快速的 32 位算术运算。MDU32 支持无符号和补码有符号整数操作数。MDU32 由专用的直接内存访问控制模块（称为 DMA）。所有 MDU32 算术操作都是通过向 DMA 控件写入 DMA 指令来启动的寄存器 DMAIR。MDU32 模块执行的所有算术运算的操作数和结果位于寄存器 R0-R7。

注意：

1. DMA 模块执行算术运算所需的执行时间，包括：
   - ◆ 操作数从 DR0-DR4 寄存器加载到 MDU32 模块
   - ◆ MDU32 算术运算
   - ◆ 从 MDU32 模块到 R0-R7 寄存器的结果存储

2. 处理器执行 C 编译算术函数所需的执行时间，包括：
   - ◆ DMA 指令写入 DMAIR 寄存器
   - ◆ 操作数从 DR0-DR4 寄存器加载到 MDU32 模块
   - ◆ MDU32 算术运算
   - ◆ 从 MDU32 模块到 R0-R7 寄存器的结果存储
   - ◆ 从函数返回（RET 指令）

22.1 相关的特殊功能寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
DMAIR	FMU DMA 指令寄存器	8FH	DMAIR.7	DMAIR.6	DMAIR.5	DMAIR.4	DMAIR.3	DMAIR.2	DMAIR.1	DMAIR.0	0000,0000

22.2 MDU32–算术运算

下面介绍 MDU32 模块可以执行的所有算术运算。

22.2.1 32 位乘法

32 位乘法运算是对两个无符号或有符号的补码整数参数执行的。第一个参数位于 R4-R7 寄存器中，第二个参数位于 R0-R3 寄存器中。运算结果存储到 R4-R7 寄存器。

结果				=	被乘数				x	乘数			
MSB			LSB		MSB			LSB		MSB			LSB
R4	R5	R6	R7	=	R4	R5	R6	R7	x	R0	R1	R2	R3

DMA 指令码： 0x02

执行时间： 3clk

22.2.2 32 位无符号除法

对两个无符号整数参数执行 32 位无符号除法运算。第一个参数“被除数”是位于 R4-R7 寄存器中，第二个参数“除数”位于 R0-R3 寄存器中。结果存储到 R4-R7 寄存器。余数在 R0-R3 中返回。除以零返回 0xFFFFFFFF。

结果				=	被除数				/	除数			
MSB			LSB		MSB			LSB		MSB			LSB
R4	R5	R6	R7	=	R4	R5	R6	R7	/	R0	R1	R2	R3

余数				=	被除数				%	除数			
MSB			LSB		MSB			LSB		MSB			LSB
R0	R1	R2	R3	=	R4	R5	R6	R7	%	R0	R1	R2	R3

DMA 指令码： 0x04
执行时间： 19clk

22.2.3 32 位有符号除法

对两个有符号的补码参数执行 32 位有符号除法运算。第一个参数“被除数”位于 R4-R7 寄存器中，第二个参数“除数”位于 R0-R3 寄存器中。结果存储到 R4-R7 寄存器。余数在 R0-R3 中返回。除以零返回 0xFFFFFFFF。

结果				=	被除数				/	除数			
MSB			LSB		MSB			LSB		MSB			LSB
R4	R5	R6	R7	=	R4	R5	R6	R7	/	R0	R1	R2	R3

余数				=	被除数				%	除数			
MSB			LSB		MSB			LSB		MSB			LSB
R0	R1	R2	R3	=	R4	R5	R6	R7	%	R0	R1	R2	R3

DMA 指令码： 0x06
执行时间： 21clk

22.3 范例程序

将以下 C 语言代码与汇编语言代码分别放入 C 与 ASM 文件，加载到同一个项目进行编译运行。

C 语言代码

```
//测试工作频率为24MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"

volatile unsigned long int near uint1, uint2;
```

```
volatile unsigned long int near xuint;

volatile long int sint1, sint2;
volatile long int xsint;

void main(void)
{
    WTST = 0;
    P0M1 = 0;   P0M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P1M1 = 0;   P1M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P2M1 = 0;   P2M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P3M1 = 0;   P3M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P4M1 = 0;   P4M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P5M1 = 0;   P5M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P6M1 = 0;   P6M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P7M1 = 0;   P7M0 = 0;                   //设置为准双向口

    P10 = 0;
    sint1 = 0x31030F05;
    sint2 = 0x00401350;
    xsint = sint1 * sint2;

    uint1 =   5;
    uint2 =   50;
    xuint = uint1 * uint2;

    uint1 = 528745;
    uint2 = 654689;
    xuint = uint1 / uint2;

    sint1 = 2000000000;
    sint2 = 2134135177;
    xsint = sint1 / sint2;

    sint1 = -2000000000;
    sint2 = -2134135177;
    xsint = sint1 / sint2;

    sint1 = -2000000000;
    sint2 = 2134135177;
    xsint = sint1 / sint2;
    P10 = 1;

    while(1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为24MHz

NAME MDU32

$include (stc16.h)

;------------------------------------------------------------------------------
; 'LMUL' Long Integer Multiplication function replacement
;------------------------------------------------------------------------------
```

```
?PR?LMUL?MDU    SEGMENT CODE
   PUBLIC   ?C?LMUL
   RSEG     ?PR?LMUL?MDU
?C?LMUL:
   MOV      DMAIR,#0x02
   RET

;------------------------------------------------------------------------
; 'ULDIV' Unsigned Long Integer Division function replacement
;------------------------------------------------------------------------
?PR?ULDIV?MDU    SEGMENT CODE
   PUBLIC   ?C?ULDIV
   RSEG     ?PR?ULDIV?MDU
?C?ULDIV:
ULDIV:
   MOV      DMAIR,#0x04
   RET

;------------------------------------------------------------------------
; 'SLDIV' Signed Long Integer division function replacement
;------------------------------------------------------------------------
?PR?SLDIV?MDU    SEGMENT CODE
   PUBLIC   ?C?SLDIV
   RSEG     ?PR?SLDIV?MDU
?C?SLDIV:
   MOV      DMAIR,#0x06
   RET

END
```

23 单精度浮点运算器，FPMU

23.1 DFPMU – FLOATING POINT MATH UNIT SUMMARY

This floating point math unit (called DFPMU) provides fast 32-bit real arithmetic operations. DFPMU supports addition, subtraction, multiplication, division, square root, comparison and trigonometric functions: sine, cosine, tangent and arctangent. It has built-in conversion instructions from integer type to floating point type and vice versa. The input numbers format is according to IEEE-754 standard. The DFPMU is controlled by dedicated direct memory access module (called DMA). All DFPMU arithmetic operations are initiated by writing a DMA instruction to the DMA control register called DMAIR (0x8F). Operands (or their pointers) and result (or its pointer) of all arithmetic operations performed by DFPMU module are located in registers R0-R7 of current bank.

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
DMAIR	FMU DMA 指令寄存器	8FH	DMAIR.7	DMAIR.6	DMAIR.5	DMAIR.4	DMAIR.3	DMAIR.2	DMAIR.1	DMAIR.0	0000,0000

All supported functions are listed below.

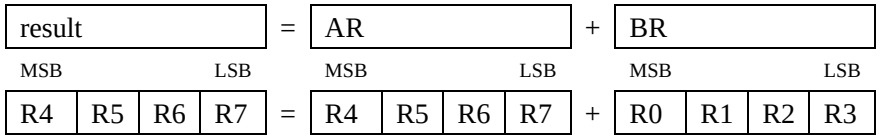
◆FADD, FSUB – addition, subtraction
◆FMUL, FDIV – multiplication, division
◆FSQRT – square root
◆FXAM – examine input data
◆FUCOM – comparison
◆FSIN, FCOS – sine, cosine
◆FTAN – tangent
◆FATAN – arctangent
◆FCLD, FILD, FLLD – 8-/16-/32-bit integer to float
◆FCST,FIST,FLSD – float to 8-/16-/32-bit integer

23.2 DFPMU – BASIC ARITHMETIC OPERATIONS

This chapter describes all the arithmetic operations which can be executed by DFPMU module using DMA controller. All operands must be located inside DATA memory. The result of operation is also stored in DATA memory space in current bank of R0-R7 as selected by PSW (0xD0) bits.

23.2.1 32-BIT REAL DATA ADDITION

The 32-bit real addition operation takes two real arguments. First argument is located in R0:R1:R2:R3 registers (Sign:Exponent:Mantissa) and the second argument is located in R4:R5:R6:R7 registers (Sign:Exponent:Mantissa). Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

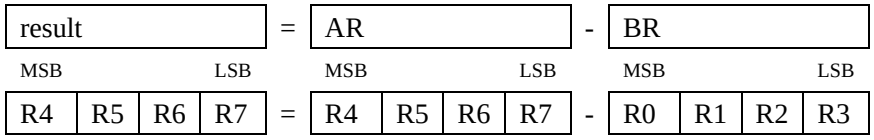


DMA instruction code: 0x1C(28)

Execution time: 31 - 40 clk

23.2.2 32-BIT REAL DATA SUBTRACTION

The 32-bit real subtraction operation takes two real arguments. First argument is located in R0:R1:R2:R3 registers (Sign:Exponent:Mantissa) and the second argument is located in R4:R5:R6:R7 registers (Sign:Exponent:Mantissa). Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

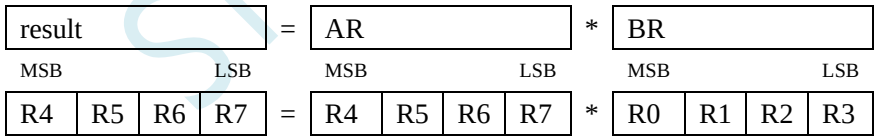


DMA instruction code: 0x1D(29)

Execution time: 31 - 40 clk

23.2.3 32-BIT REAL DATA MULTIPLICATION

The 32-bit real multiplication operation takes two double real arguments. First argument is located in R0:R1:R2:R3 registers (Sign:Exponent:Mantissa) and the second argument is located in R4:R5:R6:R7 registers (Sign:Exponent:Mantissa). Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

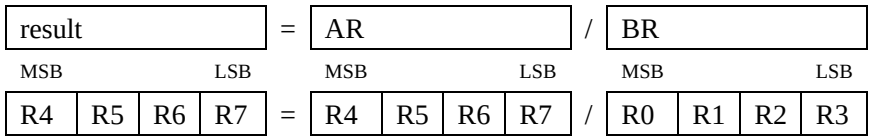


DMA instruction code: 0x1E(30)

Execution time: 26 - 34 clk

23.2.4 32-BIT REAL DATA DIVISION

The 32-bit real division operation takes two double real arguments. First argument is located in R0:R1:R2:R3 registers (Sign:Exponent:Mantissa) and the second argument is located in R4:R5:R6:R7 registers (Sign:Exponent:Mantissa). Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

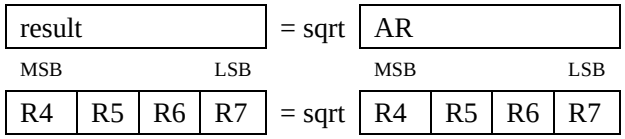


DMA instruction code: 0x1F(31)

Execution time: 58 - 67 clk

23.2.5 32-BIT REAL DATA SQUARE ROOT

The 32-bit real square root operation takes one argument which address is located in R7 register. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.



DMA instruction code: 0x20(32)

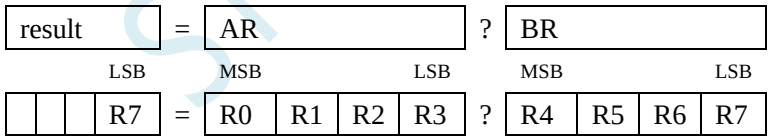
Execution time: 50 - 54 clk

23.2.6 32-BIT REAL DATA COMPARISON

The 32-bit real comparison operation takes two double precision arguments. First argument is located in R0:R1:R2:R3 registers (Sign:Exponent:Mantissa) and the second argument is located in R4:R5:R6:R7 registers (Sign:Exponent:Mantissa). Result of the operation is stored to R7 register.

R7.3	R7.2	R7.1	R7.0	Result	Description
0	0	0	0	0x0001	A>B
1	0	0	0	0x0000	A=B
0	0	0	1	0xFFFF	A<B
1	1	0	1	unchanged	Unordered

Table 1. Compare code descripton



DMA instruction code: 0x21(33)

Execution time: 18 clk

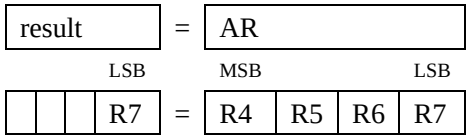
23.2.7 32-BIT REAL DATA EXAMINE INPUT DATA

The 32-bit real examine operation takes one argument which address is located in R4:R5:R6:R7 registers. Result of the operation is stored to R7 register.

R7[7:4]	R7.3	R7.2	R7.1	R7.0	Description
0000	0	0	0	0	Plus NAN
0000	0	0	1	1	Minus NAN
0000	0	1	0	0	Plus Normal
0000	0	1	1	0	Minus Normal
0000	0	1	0	1	Plus Infinity
0000	0	1	1	1	Minus Infinity

0000	1	0	0	0	Plus Zero
0000	1	0	1	0	Minus Zero
0000	1	1	0	0	Plus Denormal
0000	1	1	1	0	Minus Denormal

Table 2. Examine condition code descripton



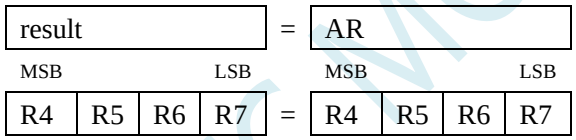
DMA instruction code: 0x22(34)

Execution time: 15 clk

23.3 DFPMU TRIGONOMETRIC OPERATIONS

23.3.1 32-BIT REAL DATA SINE

The 32-bit real sine takes one argument which address is located in R0:R1:R2:R3 registers. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.



DMA instruction code: 0x2D(45)

Execution time: 32 - 270 clk

23.3.2 32-BIT REAL DATA COSINE

The 32-bit real cosine takes one argument which address is located in R7 register. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

DMA instruction code: 0x2E(46)

Execution time: 32 - 270 clk

23.3.3 32-BIT REAL DATA TANGENT

The 32-bit real tangent takes one argument which address is located in R7 register. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

DMA instruction code: 0x2F(47)

Execution time: 58 - 258 clk

23.3.4 32-BIT REAL DATA ARCTANGENT

The 32-bit real arctangent takes one argument which address is located in R7 register. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

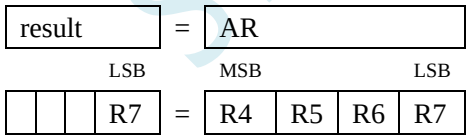
DMA instruction code: 0x30(48)

Execution time: 62 - 175 clk

23.4 DFPMU DATA CONVERSION OPERATIONS

23.4.1 CONVERSION 32-BIT REAL DATA TO 8-BIT INTEGER

The conversion float to 8-bit integer takes one argument which address is located in R0:R1:R2:R3 registers. Result of the operation is stored to R7 register.

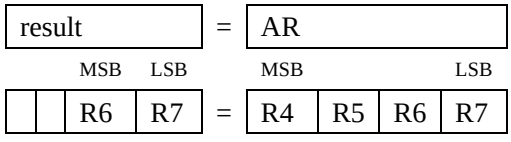


DMA instruction code: 0x23(35)

Execution time: 19 - 30 clk

23.4.2 CONVERSION 32-BIT REAL DATA TO 16-BIT INTEGER

The conversion float to 16-bit integer takes one argument which address is located in R0:R1:R2:R3 registers. Result of the operation is stored to R6 - R7 registers.



DMA instruction code: 0x24(36)

Execution time: 19 - 30 clk

23.4.3 CONVERSION 32-BIT REAL DATA TO 32-BIT INTEGER

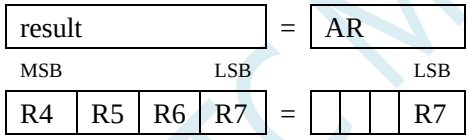
The conversion float to 32-bit integer takes one argument which address is located in R0:R1:R2:R3 registers. Result of the operation is stored to R4 - R7 registers.

DMA instruction code: 0x25(37)

Execution time: 23 - 39 clk

23.4.4 CONVERSION 8-BIT INTEGER TO 32-BIT REAL DATA

The conversion 8-bit integer data to float takes one 2's complement integer argument which is located in R7 register. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 registers.

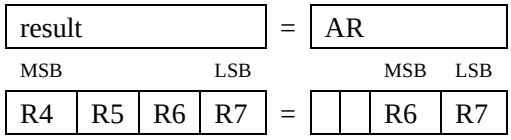


DMA instruction code: 0x27(39)

Execution time: 23 - 33 clk

23.4.5 CONVERSION 16-BIT INTEGER TO 32-BIT REAL DATA

The conversion 16-bit integer data to float takes one 2's complement integer argument which is located in R6:R7 registers. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.



DMA instruction code: 0x28(40)

Execution time: 23 - 33 clk

23.4.6 CONVERSION 32-BIT INTEGER TO 32-BIT REAL DATA

The conversion 32-bit integer data to float takes one 2's complement integer argument which is located in R4:R5:R6:R7 registers. Result of the operation is loaded to R4:R5:R6:R7 register.

DMA instruction code: 0x29(41)

Execution time: 24 - 33 clk

23.5 DFPMU COPROCESSOR CONTROL OPERATIONS

23.5.1 INITIALIZE COPROCESSOR

This instruction behaves as hardware reset with one exception. The data registers AR, BR remain unchanged.

DMA instruction code: 0x31(49)

Execution time: 2 clk

23.5.2 CLEAR EXCEPTIONS

All status register bits are cleared.

DMA instruction code: 0x32(50)

Execution time: 4 clk

23.5.3 READ STATUS REGISTER

This instruction reads status register of coprocessor and stores to the R7 CPU register.

DMA instruction code: 0x33(51)

Execution time: 4 clk

23.5.4 WRITE STATUS REGISTER

This instruction writes operation argument located in R0 register to status register of coprocessor. The new state of coprocessor is stored back to the R7 register.

DMA instruction code: 0x34(52)

Execution time: 4 clk

23.5.5 READ CONTROL REGISTER

This instruction reads control register of coprocessor and stores it to the R0 CPU register.

DMA instruction code: 0x35(53)

Execution time: 4 clk

23.5.6 WRITE CONTROL REGISTER

This instruction writes operation argument located in R0 to control register of coprocessor. The new state of coprocessor is stored back to the R7 register.

DMA instruction code: 0x36(54)

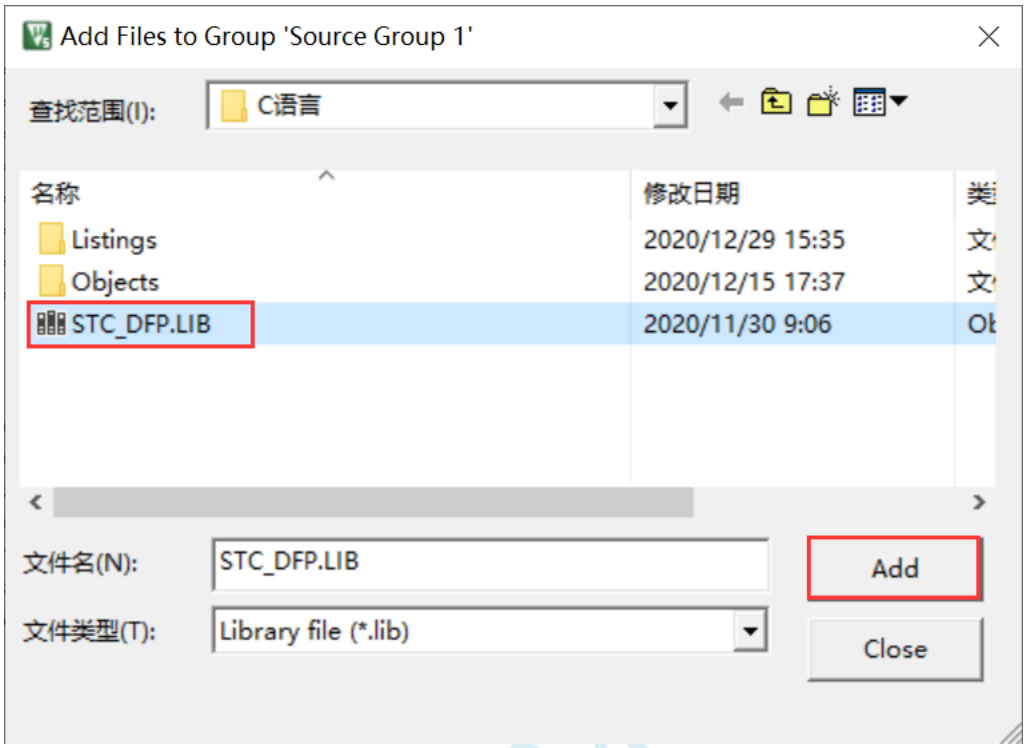
Execution time: 4 clk

23.6 Execution time table

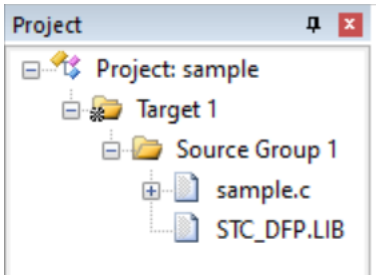
Operation	DMA instruction code	Execution time
32-BIT REAL DATA ADDITION	0x1C (28)	31– 40 clk
32-BIT REAL DATA SUBTRACTION	0x1D (29)	31 – 40 clk
32-BIT REAL DATA MULTIPLICATION	0x1E (30)	26 - 34 clk
32-BIT REAL DATA DIVISION	0x1F (31)	58 - 67 clk
32-BIT REAL DATA SQUARE ROOT	0x20 (32)	50 - 54 clk
32-BIT REAL DATA COMPARISON	0x21 (33)	18 clk
32-BIT REAL DATA EXAMINE INPUT DATA	0x22 (34)	15 clk
32-BIT REAL DATA SINE	0x2D (45)	32 - 270 clk
32-BIT REAL DATA COSINE	0x2E (46)	32 - 270 clk
32-BIT REAL DATA TANGENT	0x2F (47)	58 - 258 clk
32-BIT REAL DATA ARCTANGENT	0x30 (48)	62 - 175 clk
CONVERSION 32-BIT REAL DATA TO 8-BIT INTEGER	0x23 (35)	19 - 30 clk
CONVERSION 32-BIT REAL DATA TO 16-BIT INTEGER	0x24 (36)	19 - 30 clk
CONVERSION 32-BIT REAL DATA TO 32-BIT INTEGER	0x25 (37)	23 - 39 clk
CONVERSION 8-BIT INTEGER TO 32-BIT REAL DATA	0x27 (39)	23- 33 clk
CONVERSION 16-BIT INTEGER TO 32-BIT REAL DATA	0x28 (40)	23- 33 clk
CONVERSION 32-BIT INTEGER TO 32-BIT REAL DATA	0x29 (41)	24- 33 clk
INITIALIZE COPROCESSOR	0x31 (49)	2 clk
CLEAR EXCEPTIONS	0x32 (50)	4 clk
READ STATUS REGISTER	0x33 (51)	4 clk
WRITE STATUS REGISTER	0x34 (52)	4 clk
READ CONTROL REGISTER	0x35 (53)	4 clk
WRITE CONTROL REGISTER	0x36 (54)	4 clk

23.7 范例程序

当要使用硬件浮点单元时，只要在 keil 中加入库文件 “STC_DFP.LIB” 即可（库文件可在官方网站 STC16 实验箱原理图及参考程序例程包里获取）：



添加库文件到项目：



C 语言代码

```
//测试工作频率为24MHz

#include "stc16.h"              //头文件见附录
#include "intrins.h"
#include <math.h>

float data cfl1=3.9;
float data cfl2=5.1;
float data cfl3;

void main(void)
{
    WTST = 0;
    P0M1 = 0;   P0M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P1M1 = 0;   P1M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P2M1 = 0;   P2M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P3M1 = 0;   P3M0 = 0;                   //设置为准双向口
```

```
    P4M1 = 0;   P4M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P5M1 = 0;   P5M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P6M1 = 0;   P6M0 = 0;                   //设置为准双向口
    P7M1 = 0;   P7M0 = 0;                   //设置为准双向口

    P10 = 0;
    cfl3 = cfl1*cfl2;
    cfl3 = cfl1/cfl2-cfl3;
    cfl3 = cfl1*cfl2+cfl3;
    cfl3 = cfl1/cfl2*sin(cfl3);
    cfl3 = cfl1/cfl2*cos(cfl3);
    cfl3 = cfl1/cfl2*tan(cfl3);
    cfl3 = cfl1/cfl2*sqrt(cfl3);
    cfl3 = cfl1/cfl2*atan(cfl3);
    P10 = 1;

    while(1);
}
```

附录A 指令集

A.1 INSTRUCTIONS SET BRIEF

A.1.1 BINARY MODE AND SOURCE MODE

Binary mode and source mode refer to two ways of assigning op-codes to the instruction set for the STC16 architecture. Depending on the application, binary mode or source mode may produce more efficient code. The binary mode refers to MCU51's standard op-codes. The source mode refers to MCU251 specific opcode set which expands instructions set by additional operations and addressing modes. The special mnemonic 0xA5 is used to make distinction between specific instruction in each mode. All unused op-codes are correctly decoded and executed as a NOP.

A.1.2 INSTRUCTION SET NOTES

The STC16 has five different addressing modes: immediate, direct, register, indirect and relative. In the immediate addressing mode the data is contained in the opcode. By direct addressing an eight bit address is a part of the opcode, by register addressing, a register is selected in the opcode for the operation. In the indirect addressing mode, a register is selected in the opcode to point to the address used by the operation. The relative addressing mode is used for jump instructions. The following tables give a survey about the instruction set cycles of the STC16 micro-controller core. One cycle is equal to one clock period. Table 1 and Table 2 contain notes for mnemonics used in Instruction set tables. Tables 3-7 show instruction hexadecimal codes, number of bytes and machine cycles that each instruction takes to execute.

Rn	Byte register R0-R7 of the currently selected bank
N	Byte register index 0-7
rrr	Binary representation of n
Rm	Byte register R0-R15 from register file
Rmd	Destination register
Rms	Source register
m,md,ms	Byte register index: m, md, ms = 0-15
ssss	Binary representation of m or md
SSSS	Binary representation of ms
WR	Word registers WR0,WR2,…,WR30
WRjd	Destination register
WRjs	Source register
@WRj	Indirect memory location (0x0000-0xFFFF) addressed by word registers
@WRj+dis	Indirect memory location (0x0000-0xFFFF) addressed by word registers + displacement value from 0 to 64kB Word
j, jd, js	register index: j, jd, js =0-30
tttt	Binary representation on j or jd
TTTT	Binary representation of js
DRk	Double word register DR0,DR4,…,DR28,DR56,DR60
DRkd	Destination register

DRks @DRk @DRk+dis k, kd, ks uuuu UUUU	Source register Indirect memory location (0x000000-0xFFFFFF) addressed by double word registers Indirect memory location (0x000000-0xFFFFFF) addressed by double word registers + displacement value from 0 to 64kB Dword register index: k, kd, ks = 0, 4, 8, …, 28, 56, 60 Binary representation of k or kd Binary representation of ks
dir8	128 internal RAM locations, any Special Function Registers
dir16	A 16-bit memory address (0x000000 – 0x00FFFF)
@Ri	Indirect memory location (0x00-0xFF) addressed by register R0 or R1
#data	8-bit constant included in instruction
#data16	16-bit constant included as bytes 2 and 3 of instruction
#0data16	32-bit constant with upper word filled with zeros; the lower word is included as bytes 2 and 3 of an instruction
#1data16	32-bit constant with upper word filled with ones; the lower word is included as bytes 2 and 3 of instruction
#short v v	A constant equal to 1,2, or 4 included in instruction Binary representation of #short
bit	A directly addressed bit in memory locations (0x20-0x7F) or in any defined SFR
bit51	A directly addressed bit (bit number = 0x00-0xFF) in memory or an SFR. Bits 0x00-0x7F are the 128 bits in byte locations 0x20-0x2F in the internal RAM. Bits 0x80-0xFF are the 128 bits in the 16 SFR's with addresses that end in 0 or 8: 0x80, 0x88, 0x90,…, 0xF0, 0xF8
A	Accumulator

Table 1. Notes on data addressing modes

addr24	A 24-bit destination address anywhere within 16MB address space. It is used for ECALL and EJMP instructions
addr16	Destination address for LCALL and LJMP may be anywhere within the 64-Kbyte of program memory address space.
addr11	Destination address for ACALL and AJMP will be within the same 2-Kbyte page of program memory as the first byte of the following instruction.
rel	SJMP and all conditional jumps include an 8-bit offset byte. Range is +127/-128 bytes relative to the first byte of the following instruction

Table 2. Notes on program addressing modes

-	The instruction does not modify the flag.
√	The instruction sets or clears the flag, as appropriate.
1	The instruction sets the flag.
0	The instruction clears the flag.

Table 3. Notes on flag description

A.1.3 INSTRUCTION SET BRIEF – FUNCTIONAL ORDER

Total instruction execution time depends on WTST (0x92) value. Each table below shows Cycles value in case when WTST=0. General formula to count total number of Cycles for each instruction is:

```
instruction.cycles = Cycles + nrPRGACS*WTST
```

where `nrPRGACS(0 or 1)`

If instruction accessing XDM memory then CKCON[2:0] value multilied by `nrXDMACS(1 or 2)` should be added to count correct number of cycles.

```
instruction.cycles = Cycles + nrPRGACS*WTST + nrXDMACS*CKCON
```

The one Cycle is equal to one CLK period. The instructions specific for binary mode are marked as red. These instructions require 0xA5 prefix (ESC) before OPCODE, when are executed in source mode. The instructions specific for source mode are marked as blue. These instructions require 0xA5 prefix (ESC) before OPCODE, when are executed in binary mode. All other instructions are always available regardless of CPU mode.

A.1.3.1 ARITHMETIC OPERATIONS

Mnemonic	Description	Code	Bytes	Cycles
ADD A,Rn	Add register to accumulator	0x28-0x2F	1	1
ADD A,dir8	Add direct byte to accumulator	0x25	2	1
ADD A,@Ri	Add indirect RAM to accumulator	0x26-0x27	1	1
ADD A,#data	Add immediate data to accumulator	0x24	2	1
ADD Rm,Rm	Add byte register to byte register	0x2C	2	1
ADD WRj,WRj	Add word register to word register	0x2D	2	1
ADD DRk,DRk	Add dword register to dword register	0x2E	2	1
ADD reg,op2(3)	Add operand to Rm, DWj or DRk	0x2F	Note 1	Note 2
ADDC A,Rn	Add register to accumulator with carry flag	0x38-0x3F	1	1
ADDC A,dir8	Add direct byte to A with carry flag	0x35	2	1
ADDC A,@Ri	Add indirect RAM to A with carry flag	0x36-0x37	1	1
ADDC A,#data	Add immediate data to A with carry flag	0x34	2	1
SUBB A,Rn	Subtract register from A with borrow	0x98-0x9F	1	1
SUBB A,dir8	Subtract direct byte from A with borrow	0x95	2	1
SUBB A,@Ri	Subtract indirect RAM from A with borrow	0x96-0x97	1	1
SUBB A,#data	Subtract immediate data from A with borrow	0x94	2	1
SUB Rm,Rm	Subtract byte register from byte register	0x9C	2	1
SUB WRj,WRj	Subtract word register from word register	0x9D	2	1
SUB DRk,DRk	Subtract dword register from dword register	0x9E	2	1
SUB reg,op2(3)	Subtract operand from Rm, DWj or DRk	0x9F	Note 1	Note 2
CMP Rm,Rm	Compare two byte registers	0xBC	2	1
CMP WRj,WRj	Compare two word registers	0xBD	2	1
CMP DRk,DRk	Compare two dword registers	0xBE	2	1
CMP reg,op2(3)	Compare Rm, DWj or DRk with operand	0xBF	Note 1	Note 2
INC A	Increment accumulator	0x04	1	1
INC Rn	Increment register	0x08-0x0F	1	1
INC dir8	Increment direct byte	0x05	2	1
INC @Ri	Increment indirect RAM	0x06-0x07	1	1
INC reg,#short(3)	Increment Rm, DWj or DRk	0x0B	2	Note 2
DEC A	Decrement accumulator	0x14	1	1

DEC Rn	Decrement register	0x18-0x1F	1	1
DEC dir8	Decrement direct byte	0x15	1	1
DEC @Ri	Decrement indirect RAM	0x16-0x17	2	1
DEC reg,#short(3)	Decrement Rm, DWj or DRk	0x0B	2	Note 2
INC DPTR	Increment data pointer	0xA3	1	1
MUL A,B	Multiply A and B	0xA4	1	1
MUL Rm,Rm	Multiply byte registers	0xAC	2	1
MUL WRj,WRj	Multiply word registers	0xAD	2	1
DIV A,B	Divide A by B	0x84	1	6
DIV Rm,Rm	Divide byte registers	0x8C	1	6
DIV WRj,WRj	Divide word registers	0x8D	1	10
DA A	Decimal adjust accumulator	0xD4	1	3

Table 4. Arithmetic operations

Note1: Bytes required for instruction depends on addressing mode determined by the following byte(s). Please refer to the instructions set details.

Note2: Cycles required for instruction depends on addressing mode determined by the following byte(s). Please refer to the instructions set details.

Note3: The operands and addressing modes depend on the following byte(s). All options are described in the instructions set details.

A.1.3.2 LOGIC OPERATIONS

Mnemonic	Description	Code	Bytes	Cycles
ANL A,Rn	AND register to accumulator	0x58-0x5F	1	1
ANL A,dir8	AND direct byte to accumulator	0x55	2	1
ANL A,@Ri	AND indirect RAM to accumulator	0x56-0x57	1	1
ANL A,#data	AND immediate data to accumulator	0x54	2	1
ANL dir8,A	AND accumulator to direct byte	0x52	2	1
ANL dir8,#data	AND immediate data to direct byte	0x53	3	1
ANL Rm,Rm	AND two byte registers	0x5C	2	1
ANL WRj,WRj	AND two word registers	0x5D	2	1
ANL reg,op2(3)	AND operand to Rm, DWj or DRk	0x5E	Note 1	Note 2
ORL A,Rn	OR register to accumulator	0x48-0x4F	1	1
ORL A,dir8	OR direct byte to accumulator	0x45	2	1
ORL A,@Ri	OR indirect RAM to accumulator	0x46-0x47	1	1
ORL A,#data	OR immediate data to accumulator	0x44	2	1
ORL dir8,A	OR accumulator to direct byte	0x42	2	1
ORL dir8,#data	OR immediate data to direct byte	0x43	3	1
ORL Rm,Rm	OR two byte registers	0x4C	2	1
ORL WRj,WRj	OR two word registers	0x4D	2	1
ORL reg,op2(3)	OR operand to Rm, DWj or DRk	0x4E	Note 1	Note 2

XRL A,Rn	Exclusive OR register to accumulator	0x68-0x6F	1	1
XRL A,dir8	Exclusive OR direct byte to accumulator	0x65	2	1
XRL A,@Ri	Exclusive OR indirect RAM to accumulator	0x66-0x67	1	1
XRL A,#data	Exclusive OR immediate data to accumulator	0x64	2	1
XRL dir8,A	Exclusive OR accumulator to direct byte	0x62	2	1
XRL dir8,#data	Exclusive OR immediate data to direct byte	0x63	3	1
XRL Rm,Rm	Exclusive OR two byte registers	0x6C	2	1
XRL WRj,WRj	Exclusive OR two word registers	0x6D	2	1
XRL reg,op2(3)	Exclusive OR operand to Rm, DWj or DRk	0x6E	Note 1	Note 2
CLR A	Clear accumulator	0xE4	1	1
CPL A	Complement accumulator	0xF4	1	1
RL A	Rotate accumulator left	0x23	1	1
RLC A	Rotate accumulator left through carry	0x33	1	1
RR A	Rotate accumulator right	0x03	1	1
RRC A	Rotate accumulator right through carry	0x13	1	1
SRA reg(3)	Shift Rm or DWj right through the MSB	0x0E	2	1
SRL reg(3)	Shift Rm or DWj right	0x1E	2	1
SLL reg(3)	Shift Rm or DWj left	0x3E	2	1
SWAP A	Swap nibbles within the accumulator	0xC4	1	1

Table 5. Logic operations

Note1: Bytes required for instruction depends on addressing mode determined by the following byte(s). Please refer to the instructions set details.

Note2: Cycles required for instruction depends on addressing mode determined by the following byte(s). Please refer to the instructions set details.

Note3: The operands and addressing modes depend on the following byte(s). All options are described in the instructions set details.

A.1.3.3 BOOLEAN MANIPULATION

Mnemonic	Description	Code	Bytes	Cycles
CLR C	Clear carry flag	0xC3	1	1
CLR bit	Clear direct bit	0xC2	2	1
SETB C	Set carry flag	0xD3	1	1
SETB bit	Set direct bit	0xD2	2	1
CPL C	Complement carry flag	0xB3	1	1
CPL bit	Complement direct bit	0xB2	2	1
ANL C,bit	AND direct bit to carry flag	0x82	2	1
ANL C,/bit	AND complement of direct bit to carry	0xB0	2	1
ORL C,bit	OR direct bit to carry flag	0x72	2	1
ORL C,/bit	OR complement of direct bit to carry	0xA0	2	1
MOV C,bit	Move direct bit to carry flag	0xA2	2	1

MOV bit,C	Move carry flag to direct bit	0x92	2	1
Bit instr(1)	Set of bit instructions (MCU251 specific)	0xA9	3	1

Table 6. Boolean manipulation

A.1.3.4 DATA TRANSFERS

Mnemonic	Description	Code	Bytes	Cycles
MOV A,Rn	Move register to accumulator	0xE8-0xEF	1	1
MOV A,dir8	Move direct byte to accumulator	0xE5	2	1
MOV A,@Ri	Move indirect RAM to accumulator	0xE6-0xE7	1	1
MOV A,#data	Move immediate data to accumulator	0x74	2	1
MOV Rn,A	Move accumulator to register	0xF8-0xFF	1	1
MOV Rn,dir8	Move direct byte to register	0xA8-0xAF	2	1
MOV Rn,#data	Move immediate data to register	0x78-0x7F	2	1
MOV dir8,A	Move accumulator to direct byte	0xF5	2	1
MOV dir8,Rn	Move register to direct byte	0x88-0x8F	2	1
MOV dir8,dir8	Move direct byte to direct byte	0x85	3	1
MOV dir8,@Ri	Move indirect RAM to direct byte	0x86-0x87	2	1
MOV dir8,#data	Move immediate data to direct byte	0x75	3	1
MOV @Ri,A	Move accumulator to indirect RAM	0xF6-0xF7	1	1
MOV @Ri,dir8	Move direct byte to indirect RAM	0xA6-0xA7	2	1
MOV @Ri,#data	Move immediate data to indirect RAM	0x76-0x77	2	1
MOV Rm,Rm	Move byte register to byte register	0x7C	2	1
MOV WRj,WRj	Move word register to word register	0x7D	2	1
MOV DRk,DRk	Move dword register to dword register	0x7E	2	1
MOV reg,op2(3)	Move operand to Rm, DWj or DRk	0x5F	Note 1	Note 2
MOV WRj,@DRk	Move indirect (24-bit) RAM to WRj	0x0B	3	4
MOV @DRk,WRj	Move WRj to indirect (24-bit) RAM	0x1B	3	6
MOV Rm, @WRj+dis	Move indirect (16-bit) RAM with 16-bit displacement to Rm	0x09	4	1
MOV @WRj+dis,Rm	Move Rm to indirect (16-bit) RAM 16-bit displacement	0x19	4	1
MOV Rm, @DRk+dis	Move indirect (24-bit) RAM with 16-bit displacement to Rm	0x29	4	3
MOV @DRk+dis, Rm	Move Rm to indirect (24-bit) RAM with 16-bit displacement	0x39	4	4
MOV WRj,@WRj+dis	Move indirect (16-bit) RAM with 16-bit displacement to WRj	0x49	4	1
MOV @WRj+dis,WRj	Move WRj to indirect (16-bit) RAM with 16-bit displacement	0x59	4	3
MOV WRj,@DRk+dis	Move indirect (24-bit) RAM with 16-bit displacement to WRj	0x69	4	4
MOV @DRk+dis,WRj	Move WRj to indirect (24-bit) RAM with 16-bit displacement	0x79	4	6
MOV op1,reg(3)	Move Rm, DWj or DRk to operand	0x7A	Note 1	Note 2
MOH DRk,#data16(4)	Move immediate 16-bit data to high word of dword register	0x7A	4	1
MOVZ WRj,Rm	Move byte register to word register with zero extension	0x0A	2	1

MOVS WRj,Rm	Move byte register to word register with sign extension	0x1A	2	1
MOV DPTR,#data16	Load 16-bit constant into active DPTR	0x90	3	1
MOVC A,@A+DPTR	Move code byte relative to DPTR to accumulator	0x93	1	4
MOVC A,@A+PC	Move code byte relative to PC to accumulator	0x83	1	3
MOVX A,@Ri	Move external RAM (8-bit address) to A	0xE2-0xE3	1	2*
MOVX A,@DPTR	Move external RAM (16-bit address) to A	0xE0	1	2*
MOVX @Ri,A	Move A to external memory (8-bit address)	0xF2-0xF3	1	2*
MOVX @DPTR,A	Move A to external memory (16-bit address)	0xF0	1	2*
PUSH dir8	Push direct byte onto IDM stack	0xC0	2	1
POP dir8	Pop direct byte from IDM stack	0xD0	2	1
PUSH op1(3)	Push operand onto IDM stack	0xCA	Note 1	Note 2
POP op1(3)	Pop operand from IDM stack	0xDA	Note 1	Note 2
XCH A,Rn	Exchange register with accumulator	0xC8-0xCF	1	1
XCH A,dir8	Exchange direct byte with accumulator	0xC5	2	1
XCH A,@Ri	Exchange indirect RAM with accumulator	0xC6-0xC7	1	1
XCHD A,@Ri	Exchange low-order nibble indirect RAM with A	0xD6-0xD7	1	3

Table 7. Data transfer

* Cycles depend on STRETCH register. Table shows values with STRETCH=0 (CKCON (0x8E) bits [2:0]).

Note1: Bytes required for instruction depends on addressing mode determined by the following byte(s). Please refer to the instructions set details.

Note2: Cycles required for instruction depends on addressing mode determined by the following byte(s). Please refer to the instructions set details.

Note3: The operands and addressing modes depend on the following byte(s). All options are described in the instructions set details.

Note4: The MOVH instruction has the same first byte of opcode as MOV op1,reg group. The instructions are distinguished by value on the second byte.

A.1.3.5 PROGRAM BRANCHES

Mnemonic	Description	Code	Bytes	Cycles
ACALL addr11	Absolute subroutine call	0x11-0xF1	2	3
LCALL addr16	Long direct subroutine call	0x12	3	3
ECALL addr24	Extended direct subroutine call	0x9A	4	3
ECALL @DRk	Extended indirect subroutine call	0x99	2	3
LCALL @WRj	Long indirect subroutine call	0x99	2	3
RET	Return from subroutine	0x22	1	3
ERET	Extended return from subroutine	0xAA	1	3
RETI	Return from interrupt	0x32	1	3
AJMP addr11	Absolute jump	0x01-0xE1	2	3
LJMP addr16	Long direct jump	0x02	3	3
EJMP addr24	Extended direct jump	0x8A	4	3

LJMP @WRj	Long indirect jump	0x89	2	3
EJMP @DRk	Extended indirect jump	0x89	2	3
SJMP rel	Short jump (relative address)	0x80	2	3
JMP @A+DPTR	Jump indirect relative to the DPTR	0x73	1	3
JZ rel	Jump if accumulator is zero	0x60	2	1/3
JNZ rel	Jump if accumulator is not zero	0x70	2	1/3
JC rel	Jump if carry flag is set	0x40	2	1/3
JNC	Jump if carry flag is not set	0x50	2	1/3
JB bit,rel	Jump if direct bit is set	0x20	3	1/3
JNB bit,rel	Jump if direct bit is not set	0x30	3	1/3
JBC bit,dir8 rel	Jump if direct bit is set and clear bit	0x10	3	1/3
JSLE rel	Jump if less than or equal (signed)	0x08	2	1/3
JSG rel	Jump if greater than (signed)	0x18	2	1/3
JLE rel	Jump if less than or equal	0x28	2	1/3
JG rel	Jump if greater than	0x38	2	1/3
JSL rel	Jump if less than (signed)	0x48	2	1/3
JSGE rel	Jump if greater than or equal (signed)	0x58	2	1/3
JE rel	Jump if equal	0x68	2	1/3
JNE rel	Jump if not equal	0x78	2	1/3
CJNE A,dir8 rel	Compare direct byte to A and jump if not equal	0xB5	3	1/3
CJNE A,#data rel	Compare immediate to A and jump if not equal	0xB4	3	1/3
CJNE Rn,#data rel	Compare immediate to reg. and jump if not equal	0xB8-0xBF	3	1/3
CJNE @Ri,#data rel	Compare immediate to ind. and jump if not equal	0xB6-0xB7	3	1/3
DJNZ Rn,rel	Decrement register and jump if not zero	0xD8-0xDF	2	1/3
DJNZ dir8,rel	Decrement direct byte and jump if not zero	0xD5	3	1/3
NOP	No operation	0x00	1	1

Table 8. Program branches

Note: Not taken conditional jump executes within 1 CLK period.

A.1.3.6 SPECIAL INSTRUCTIONS

Mnemonic	Description	Code	Bytes	Cycles
TRAP	Trap interrupt – implement as NOP	0xB9	1	1
ESC	Escape	0xA5	1	1

Table 9. Special instructions

A.1.4 INSTRUCTION SET BRIEF - HEXADECIMAL ORDER

注：STC16 采用的是 Source mode

A.1.4.1 BINARY MODE

Opcode	Mnemonic	Opcode	Mnemonic
00 H	NOP	30 H	JNB bit.rel
01 H	AJMP addr11	31 H	ACALL addr11
02 H	LJMP addr16	32 H	RETI
03 H	RR A	33 H	RLC A
04 H	INC A	34 H	ADDC A,#data
05 H	INC direct	35 H	ADDC A,direct
06 H	INC @R0	36 H	ADDC A,@R0
07 H	INC @R1	37 H	ADDC A,@R1
08 H	INC R0	38 H	ADDC A,R0
09 H	INC R1	39 H	ADDC A,R1
0A H	INC R2	3A H	ADDC A,R2
0B H	INC R3	3B H	ADDC A,R3
0C H	INC R4	3C H	ADDC A,R4
0D H	INC R5	3D H	ADDC A,R5
0E H	INC R6	3E H	ADDC A,R6
0F H	INC R7	3F H	ADDC A,R7
10 H	JBC bit,rel	40 H	JC rel
11 H	ACALL addr11	41 H	AJMP addr11
12 H	LCALL addr16	42 H	ORL direct,A
13 H	RRC A	43 H	ORL direct,#data
14 H	DEC A	44 H	ORL A,#data
15 H	DEC direct	45 H	ORL A,direct
16 H	DEC @R0	46 H	ORL A,@R0
17 H	DEC @R1	47 H	ORL A,@R1
18 H	DEC R0	48 H	ORL A,R0
19 H	DEC R1	49 H	ORL A,R1
1A H	DEC R2	4A H	ORL A,R2
1B H	DEC R3	4B H	ORL A,R3
1C H	DEC R4	4C H	ORL A,R4
1D H	DEC R5	4D H	ORL A,R5
1E H	DEC R6	4E H	ORL A,R6
1F H	DEC R7	4F H	ORL A,R7

20 H	JB bit.rel	50 H	JNC rel
21 H	AJMP addr11	51 H	ACALL addr11
22 H	RET	52 H	ANL direct,A
23 H	RL A	53 H	ANL direct,#data
24 H	ADD A,#data	54 H	ANL A,#data
25 H	ADD A,direct	55 H	ANL A,direct
26 H	ADD A,@R0	56 H	ANL A,@R0
27 H	ADD A,@R1	57 H	ANL A,@R1
28 H	ADD A,R0	58 H	ANL A,R0
29 H	ADD A,R1	59 H	ANL A,R1
2A H	ADD A,R2	5A H	ANL A,R2
2B H	ADD A,R3	5B H	ANL A,R3
2C H	ADD A,R4	5C H	ANL A,R4
2D H	ADD A,R5	5D H	ANL A,R5
2E H	ADD A,R6	5E H	ANL A,R6
2F H	ADD A,R7	5F H	ANL A,R7

Opcode	Mnemonic	Opcode	Mnemonic
60 H	JZ rel	90 H	MOV DPTR,#data16
61 H	AJMP addr11	91 H	ACALL addr11
62 H	XRL direct,A	92 H	MOV bit,C
63 H	XRL direct,#data	93 H	MOVC A,@A+DPTR
64 H	XRL A,#data	94 H	SUBB A,#data
65 H	XRL A,direct	95 H	SUBB A,direct
66 H	XRL A,@R0	96 H	SUBB A,@R0
67 H	XRL A,@R1	97 H	SUBB A,@R1
68 H	XRL A,R0	98 H	SUBB A,R0
69 H	XRL A,R1	99 H	SUBB A,R1
6A H	XRL A,R2	9A H	SUBB A,R2
6B H	XRL A,R3	9B H	SUBB A,R3
6C H	XRL A,R4	9C H	SUBB A,R4
6D H	XRL A,R5	9D H	SUBB A,R5
6E H	XRL A,R6	9E H	SUBB A,R6
6F H	XRL A,R7	9F H	SUBB A,R7
70 H	JNZ rel	A0 H	ORL C,bit
71 H	ACALL addr11	A1 H	AJMP addr11
72 H	ORL C,direct	A2 H	MOV C,bit
73 H	JMP @A+DPTR	A3 H	INC DPTR
74 H	MOV A,#data	A4 H	MUL AB
75 H	MOV direct,#data	A5 H	ESC

76 H	MOV @R0,#data	A6 H	MOV @R0,direct
77 H	MOV @R1,#data	A7 H	MOV @R1,direct
78 H	MOV R0.#data	A8 H	MOV R0,direct
79 H	MOV R1.#data	A9 H	MOV R1,direct
7A H	MOV R2.#data	AA H	MOV R2,direct
7B H	MOV R3.#data	AB H	MOV R3,direct
7C H	MOV R4.#data	AC H	MOV R4,direct
7D H	MOV R5.#data	AD H	MOV R5,direct
7E H	MOV R6.#data	AE H	MOV R6,direct
7F H	MOV R7.#data	AF H	MOV R7,direct
80 H	SJMP rel	B0 H	ANL C,bit
81 H	AJMP addr11	B1 H	ACALL addr11
82 H	ANL C,bit	B2 H	CPL bit
83 H	MOVC A,@A+PC	B3 H	CPL C
84 H	DIV AB	B4 H	CJNE A,#data,rel
85 H	MOV direct,direct	B5 H	CJNE A,direct,rel
86 H	MOV direct,@R0	B6 H	CJNE @R0,#data,rel
87 H	MOV direct,@R1	B7 H	CJNE @R1,#data,rel
88 H	MOV direct,R0	B8 H	CJNE R0,#data,rel
89 H	MOV direct,R1	B9 H	CJNE R1,#data,rel
8A H	MOV direct,R2	BA H	CJNE R2,#data,rel
8B H	MOV direct,R3	BB H	CJNE R3,#data,rel
8C H	MOV direct,R4	BC H	CJNE R4,#data,rel
8D H	MOV direct,R5	BD H	CJNE R5,#data,rel
8E H	MOV direct,R6	BE H	CJNE R6,#data,rel
8F H	MOV direct,R7	BF H	CJNE R7,#data,rel

Opcode	Mnemonic	Opcode	Mnemonic
C0 H	PUSH direct	E0 H	MOVX A,@DPTR
C1 H	AJMP addr11	E1 H	AJMP addr11
C2 H	CLR bit	E2 H	MOVX A,@R0
C3 H	CLR C	E3 H	MOVX A,@R1
C4 H	SWAP A	E4 H	CLR A
C5 H	XCH A, direct	E5 H	MOV A, direct
C6 H	XCH A,@R0	E6 H	MOV A,@R0
C7 H	XCH A,@R1	E7 H	MOV A,@R1
C8 H	XCH A,R0	E8 H	MOV A,R0
C9 H	XCH A,R1	E9 H	MOV A,R1
CA H	XCH A,R2	EA H	MOV A,R2
CB H	XCH A,R3	EB H	MOV A,R3

CC H	XCH A,R4	EC H	MOV A,R4
CD H	XCH A,R5	ED H	MOV A,R5
CE H	XCH A,R6	EE H	MOV A,R6
CF H	XCH A,R7	EF H	MOV A,R7
D0 H	POP direct	F0 H	MOVX @DPTR,A
D1 H	ACALL addr11	F1 H	ACALL addr11
D2 H	SETB bit	F2 H	MOVX @R0,A
D3 H	SETB C	F3 H	MOVX @R1,A
D4 H	DA A	F4 H	CPL A
D5 H	DJNZ direct, rel	F5 H	MOV direct, A
D6 H	XCHD A,@R0	F6 H	MOV @R0,A
D7 H	XCHD A,@R1	F7 H	MOV @R1,A
D8 H	DJNZ R0,rel	F8 H	MOV R0,A
D9 H	DJNZ R1,rel	F9 H	MOV R1,A
DA H	DJNZ R2,rel	FA H	MOV R2,A
DB H	DJNZ R3,rel	FB H	MOV R3,A
DC H	DJNZ R4,rel	FC H	MOV R4,A
DD H	DJNZ R5,rel	FD H	MOV R5,A
DE H	DJNZ R6,rel	FE H	MOV R6,A
DF H	DJNZ R7,rel	FF H	MOV R7,A

Table 10. Instruction set brief for binary mode in hexadecimal order

A.1.4.2 SOURCE MODE

Opcode	Mnemonic	Opcode	Mnemonic
00 H	NOP	30 H	JNB bit.rel
01 H	AJMP addr11	31 H	ACALL addr11
02 H	LJMP addr16	32 H	RETI
03 H	RR A	33 H	RLC A
04 H	INC A	34 H	ADDC A,#data
05 H	INC direct	35 H	ADDC A,direct
06 H	-	36 H	-
07 H	-	37 H	-
08 H	JSLE rel	38 H	JG rel
09 H	MOV Rm,@WRj+dis	39 H	MOV @DRk+dis,Rm
0A H	MOVZ WRj,Rm	3A H	-
0B H	INC R,#short MOV WRj,@DRk	3B H	-
0C H	-	3C H	-

0D H	-	3D H	-
0E H	SRA reg	3E H	SLL reg
0F H	-	3F H	-
10 H	JBC bit,rel	40 H	JC rel
11 H	ACALL addr11	41 H	AJMP addr11
12 H	LCALL addr16	42 H	ORL direct,A
13 H	RRC A	43 H	ORL direct,#data
14 H	DEC A	44 H	ORL A,#data
15 H	DEC direct	45 H	ORL A,direct
16 H	-	46 H	-
17 H	-	47 H	-
18 H	JSG rel	48 H	JSL rel
19 H	MOV @WRj+dis,Rm	49 H	MOV WRj,@WRj+dis
1A H	MOVS WRj,Rm	4A H	-
1B H	DEC R,#short MOV @DRk, WRj	4B H	-
1C H	-	4C H	ORL Rm,Rm
1D H	-	4D H	ORL WRj,WRj
1E H	SRL reg	4E H	ORL reg,op2
1F H	-	4F H	-
20 H	JB bit.rel	50 H	JNC rel
21 H	AJMP addr11	51 H	ACALL addr11
22 H	RET	52 H	ANL direct,A
23 H	RL A	53 H	ANL direct,#data
24 H	ADD A,#data	54 H	ANL A,#data
25 H	ADD A,direct	55 H	ANL A,direct
26 H	-	56 H	-
27 H	-	57 H	-
28 H	JLE rel	58 H	JSGE rel
29 H	MOV Rm,@DRk+dis	59 H	MOV @WRj+dis,WRj
2A H	-	5A H	-
2B H	-	5B H	-
2C H	ADD Rm,Rm	5C H	ANL Rm,Rm
2D H	ADD WRj,WRj	5D H	ANL WRj,WRj
2E H	ADD reg,op2	5E H	ANL reg,op2
2F H	ADD DRk,DRk	5F H	-

Opcode	Mnemonic	Opcode	Mnemonic
60 H	JZ rel	90 H	MOV DPTR,#data16
61 H	AJMP addr11	91 H	ACALL addr11
62 H	XRL direct,A	92 H	MOV bit,C

63 H	XRL direct,#data	93 H	MOVC A,@A+DPTR
64 H	XRL A,#data	94 H	SUBB A,#data
65 H	XRL A,direct	95 H	SUBB A,direct
66 H	-	96 H	-
67 H	-	97 H	-
68 H	JE rel	98 H	-
69 H	MOV WRj,@DRk+dis	99 H	LCALL @WRj ECALL @DRk
6A H	-	9A H	-
6B H	-	9B H	-
6C H	XRL Rm,Rm	9C H	SUB Rm,Rm
6D H	XRL WRj,WRj	9D H	SUB WRj,WRj
6E H	XRL reg,op2	9E H	SUB reg,op2
6F H	-	9F H	SUB DRk,DRk
70 H	JNZ rel	A0 H	ORL C,bit
71 H	ACALL addr11	A1 H	AJMP addr11
72 H	ORL C,direct	A2 H	MOV C,bit
73 H	JMP @A+DPTR	A3 H	INC DPTR
74 H	MOV A,#data	A4 H	MUL AB
75 H	MOV direct,#data	A5 H	ESC
76 H	-	A6 H	-
77 H	-	A7 H	-
78 H	JNE	A8 H	-
79 H	MOV @DRk+dis,WRj	A9 H	Bit instructions
7A H	MOVH DRk,#data16 MOV op1,reg	AA H	ERET
7B H	-	AB H	-
7C H	MOV Rm,Rm	AC H	MUL Rm,Rm
7D H	MOV WRj,WRj	AD H	MUL WRj,WRj
7E H	MOV reg,op2	AE H	-
7F H	MOV DRk,DRk	AF H	-
80 H	SJMP rel	B0 H	ANL C,bit
81 H	AJMP addr11	B1 H	ACALL addr11
82 H	ANL C,bit	B2 H	CPL bit
83 H	MOVC A,@A+PC	B3 H	CPL C
84 H	DIV AB	B4 H	CJNE A,#data,rel
85 H	MOV direct,direct	B5 H	CJNE A,direct,rel
86 H	-	B6 H	-
87 H	-	B7 H	-
88 H	-	B8 H	TRAP

89 H	LJMP @WRj EJMP @DRk	B9 H	-
8A H	EJMP addr24	BA H	-
8B H	-	BB H	-

8C H	DIV Rm,Rm	BC H	CMP Rm,Rm
8D H	DIV WRj,WRj	BD H	CMP WRj,WRj
8E H	-	BE H	CMP reg,op2
8F H	-	BF H	CMP DRk,DRk

Opcode	Mnemonic	Opcode	Mnemonic
C0 H	PUSH direct	E0 H	MOVX A,@DPTR
C1 H	AJMP addr11	E1 H	AJMP addr11
C2 H	CLR bit	E2 H	MOVX A,@R0
C3 H	CLR C	E3 H	MOVX A,@R1
C4 H	SWAP A	E4 H	CLR A
C5 H	XCH A, direct	E5 H	MOV A, direct
C6 H	-	E6 H	-
C7 H	-	E7 H	-
C8 H	-	E8 H	-
C9 H	-	E9 H	-
CA H	PUSH op1	EA H	-
CB H	-	EB H	-
CC H	-	EC H	-
CD H	-	ED H	-
CE H	-	EE H	-
CF H	-	EF H	-
D0 H	POP direct	F0 H	MOVX @DPTR,A
D1 H	ACALL addr11	F1 H	ACALL addr11
D2 H	SETB bit	F2 H	MOVX @R0,A
D3 H	SETB C	F3 H	MOVX @R1,A
D4 H	DA A	F4 H	CPL A
D5 H	DJNZ direct, rel	F5 H	MOV direct, A
D6 H	-	F6 H	-
D7 H	-	F7 H	-
D8 H	-	F8 H	-
D9 H	-	F9 H	-
DA H	POP op1	FA H	-
DB H	-	FB H	-
DC H	-	FC H	-

DD H	-	FD H	-
DE H	-	FE H	-
DF H	-	FF H	-

Table 11. Instruction set brief for source mode in hexadecimal order

A.2 INSTRUCTIONS SET DETAILS

ACALL <addr11>

Function: Absolute call

Description: ACALL unconditionally calls a subroutine located at the indicated address. The instruction increments the PC twice to obtain the address of the following instruction, then pushes the 16-bit result onto the stack (low-order byte first) and increments the stack pointer twice. The destination address is obtained by successively concatenating the five high-order bits of the incremented PC, opcode bits 7-5, and the second byte of the instruction. The subroutine called must therefore start within the same 2K block of program memory as the first byte of the instruction following ACALL. No flags are affected.

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
—	—	—	—	—

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 2	2
Cycles: 3	3
Hex: Encoding	Encoding

[Encoding] 11H, 31H, 51H, 71H, 91H, B1H, D1H, F1H

A10	A9	A8	1	0	0	0	1	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Operation: ACALL

(PC) ← (PC) + 2

(SP) ← (SP) + 1

((SP)) ← (PC.7:0)

(SP) ← (SP) + 1

((SP)) ← (PC.15:8)

(PC.10:0) ← page address

ADD <dest>,<src>

Function: Adds source to the destination operand.

Description: Adds the source operand to the destination operand, which can be a register or the accumulator, leaving the result in the register or accumulator. If there is a carryout of bit 7 (CY), the CY flag is set. If byte variables are added, and if there is a carry out of bit 3 (AC), the AC flag is set. For addition of unsigned integers, the CY flag indicates that an overflow occurred. If there is a carry out of bit 6 but not out of bit 7, or a carry out of bit 7 but not bit 6, the OV flag is set. When adding signed integers, the OV flag indicates a negative number produced as the sum of two positive operands, or a positive sum from two negative operands. Bit 6 and bit 7 in this description refer to the most significant byte of the operand (8, 16, or 32bit). The result affects N and Z flags. The source operand allowed addressing modes are register, direct, register-indirect, and immediate.

ADD A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) + (Rn)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 28H – 2FH

0 0 1 0	1 r r r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

ADD A,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) + (direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 25H

0 0 1 0	0 1 0 1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ADD A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) + ((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 26H, 27H

0 0 1 0	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

ADD A,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) + #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 24H

0 0 1 0	0 1 0 0	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ADD Rmd,Rms

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rmd) ←(Rms) + (Rmd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 2CH

0	0	1	0	1	1	0	0	s	s	s	s	S	S	S	S

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRjd) ←(WRjs) + (WRjd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 2DH

0	0	1	0	1	1	0	1	t	t	t	t	T	T	T	T

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD DRkd,DRks

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(DRkd) ←(DRks) + (DRkd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 2FH

0	0	1	0	1	1	1	1	u	u	u	u	U	U	U	U

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD Rm,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) + #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(s)0H

0	0	1	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0	#data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD WRj,#DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) + #data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(t)4H

0	0	1	0	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD DRk,#0DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk) ←(DRk) + #data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(u)8H

0	0	1	0	1	1	1	0	u	u	u	u	1	0	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD Rm,DIR8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) + (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(s)1H

0	0	1	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD WRj,DIR8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) ←(WRj) + (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(t)5H

0	0	1	0	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 (2 for SFR) 1 (2 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD Rm,DIR16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←(Rm) + (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(s)3H

0	0	1	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD WRj,DIR16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) + (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(t)7H

0	0	1	0	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADD Rm,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) + ((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 2E(u)B(s)0H

0	0	1	0	1	1	1	0	u	u	u	u	1	0	1	1	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

ADDC A,<src-byte>

Function: Adds A and the source operand, then adds one (1) if CY is set, and puts the result in A.

Description: ADDC simultaneously adds the byte variable indicated, the carry flag and the accumulator contents, leaving the result in the accumulator. The carry and auxiliary carry flags are set, respectively, if there is a carry out of bit 7 or bit 3, and cleared otherwise. When adding unsigned integers, the carry flag indicates an overflow occurred. OV is set if there is a carry out of bit 6 but not out of bit 7, or a carry out of bit 7 but not out of bit 6; otherwise OV is cleared. When adding signed integers, OV indicates a negative number produced as the sum of two positive operands or a positive sum from two negative operands. The N and Z flags also are affected according to the result. Four source

operand-addressing modes are allowed: register= direct, register- indirect, or immediate.

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

ADDC A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) + (C) + (Rn)

[Encoding] 38H – 3FH

0	0	1	1	1	r	r	r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

ADDC A,DIRECT

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) + (C) + (direct)

[Encoding] 35H

0	0	1	1	0	1	0	1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ADDC A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) + (C) + ((Ri))

[Encoding] 36H, 37H

0	0	1	1	0	1	1	i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

ADDC A,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) + (C) + #data

[Encoding] 34H

0	0	1	1	0	1	0	0	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

AJMP addr11

Function: Absolute jump

Description: AJMP transfers program execution to the indicated address, which is formed at run-time by concatenating the high-order five bits of the PC (after incrementing the PC twice), op code bits 7-5, and the second byte of the instruction. The destination must therefore be within the same 2K block of program memory as the first byte of the instruction following AJMP.

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
—	—	—	—	—

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(PC10-0) ←page address

[Encoding] 01H, 21H, 41H, 61H, 81H, A1H, C1H, E1H

a10 a9 a8 0	0 0 0 1	a7 a6 a5 a4	a3 a2 a1 a0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 2	2
Cycles: 3	3
Hex: Encoding	Encoding

ANL <dest>,<src>

Function: Logical AND for byte operands

Description: Performs the bitwise logical-AND operation between the specified variables and stores the results in the destination variable. The two operands allow 10 addressing mode combinations. When the destination is the register or accumulator, the source can use register, direct, register-indirect, or immediate addressing; when the destination is a direct address, the source can be the accumulator or immediate data. The N and Z flags are affected according to the result.

Note: When this instruction is used to modify an output port, the value used as the original port data will be read from the output data latch, not the input pins.

ANL A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) and (Rn)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 58H – 5FH

0 1 0 1	1 r r r

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 1	2
Cycles: 1	1
Hex: Encoding	[A5]Encoding

ANL A,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) and (direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 55H

0 1 0 1	0 1 0 1	direct address

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	2	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

ANL A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) and ((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 56H, 57H

0	1	0	1	0	1	1	i

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	1	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	[A5]Encoding

ANL A,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) and #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 54H

0	1	0	1	0	1	0	0	immediate data

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	2	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

ANL Direct,A

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(direct) ←(direct) and (A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 52H

0	1	0	1	0	0	1	0	direct address

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	2	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

ANL Direct,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(direct) ←(direct) and #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 53H

0 1 0 1	0 0 1 1	direct address	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ANL Rmd,Rms

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rmd) ←(Rms) and (Rmd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5CH

0 1 0 1	1 1 0 0	s s s s	S S S S

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRjd) ←(WRjs) and (WRjd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 2DH

0 0 1 0	1 1 0 1	t t t t	T T T T

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL Rm,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) and #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5E(s)0H

0 1 0 1	1 1 1 0	s s s s	0 0 0 0	#data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL WRj,#DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) and #data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

-	-	-	✓	✓	

[Encoding] 5E(t)4H

0	1	0	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL Rm,DIR8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) and (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5E(s)1H

0	1	0	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL WRj,DIR8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) ←(WRj) and (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5E(t)5H

0	1	0	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 (2 for SFR) 1 (2 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL Rm,DIR16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←(Rm) and (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5E(s)3H

0	1	0	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL WRj,DIR16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) and (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5E(t)7H

0 1 0 1	1 1 1 0	t t t t	0 1 1 1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 5	4
Cycles: 2	2
Hex: [A5]Encoding	Encoding

ANL Rm,@WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) and ((WRj))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5E(t)9(s)0H

0 1 0 1	1 1 1 0	t t t t	1 0 0 1	s s s s	0 0 0 0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 4	3
Cycles: 1	1
Hex: [A5]Encoding	Encoding

ANL Rm,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) and ((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 5E(u)B(s)0H

0 1 0 1	1 1 1 0	u u u u	1 0 1 1	s s s s	0 0 0 0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 4	3
Cycles: 3	3
Hex: [A5]Encoding	Encoding

ANL C,<src–bit>

Function: Logical AND for bit operands

Description: If the Boolean value of the source bit is logic 0 then clear the carry flag; otherwise leave the carry flag in its current state. A slash ("/" preceding the operand in the assembly language indicates that the logical complement of the addressed bit is used as the source value, but the source bit itself is not affected. No other flags are affected. Only direct bit addressing is allowed for the source operand.

ANL C,bit51

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(C) and (bit51)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] 82H

1	0	0	0	0	0	1	0	bit address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ANL C,/bit51

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(B) ←(C) and /(bit51)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] B0H

1	0	1	1	0	0	0	0	bit address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ANL C,bit

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(A) ←(C) and (bit)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A98(y)H

1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	y	y	y	dir addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ANL C,/bit

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(A) ←(C) and /(bit)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A9F(y)H

1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	y	y	y	dir addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

CJNE <dest-byte>,<src-byte>,rel

Function: Compare and jump if not equal.

Description: CJNE compares the magnitudes of the first two operands, and branches if their values are not equal.

The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the last instruction byte to the PC, after incrementing the PC to the start of the next instruction. The carry flag is set if the unsigned integer value of <dest-byte> is less than the unsigned integer value of <src-byte>; otherwise, the carry is cleared. Neither operand is affected. The first two operands allow four addressing mode combinations: the accumulator may be compared with any directly addressed byte or immediate data, and any indirect RAM location or working register can be compared with an immediate constant. The C, N and Z flags are affected.

CJNE A,Direct,rel

Operation:

	(PC)	←(PC) + 3
if	(A)	≠ (direct)
then	(PC)	←(PC) + relative offset
if	(A)	< (direct)
then	(C)	←1
else	(A)	←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] B5H

1	0	1	1	0	1	0	1	direct address	relative address

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 3	3
Cycles: 1/3	1/3
Hex: Encoding	Encoding

CJNE A,#DATA,rel

Operation:

	(PC)	←(PC) + 3
if	(A)	≠ data
then	(PC)	←(PC) + relative offset
if	(A)	< data
then	(C)	←1
else	(C)	←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] B4H

1	0	1	1	0	1	0	0	immediate data	relative address

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 3	3
Cycles: 1/3	1/3
Hex: Encoding	Encoding

CJNE Rn,#DATA,rel

Operation:

	(PC)	←(PC) + 3
if	(Rn)	≠ data
then	(PC)	←(PC) + relative offset
if	(Rn)	< data
then	(C)	←1
else	(C)	←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] B8H - BFH

1 0 1 1	1 r r r	immediate data	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 4

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding [A5]Encoding

CJNE @Ri,#DATA,rel

Operation:

(PC) ←(PC) + 3
if ((Ri)) ≠ data
then (PC) ←(PC) + relative offset
if ((Ri)) < data
then (C) ←1
else (C) ←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] B6H, B7H

1 0 1 1	0 1 1 i	immediate data	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 4

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding [A5]Encoding

CLR A

Function: Clear accumulator

Description: The accumulator is cleared (all bits set to zero). The N and Z flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] E4H

1 1 1 0	0 1 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

CLR bit51

Function: Clear bit

Description: The indicated bit is cleared (reset to zero). No other flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 2

bit ←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	–	–

[Encoding] C2H

1 1 0 0	0 0 1 0	bit address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

CLR C

Function: Clear carry

Description: The carry flag is cleared (reset to zero). No other flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(C) ←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	–	–

[Encoding] C3H

1 1 0 0	0 0 1 1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	1	1
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

CLR bit

Function: Clear bit

Description: The indicated bit is cleared (reset to zero). No other flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(bit) ←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	–	–

[Encoding] A9C(y)H

1 1 0 0	1 0 0 1	1 1 0 0	0 y y y	dir addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

CMP <dest>,<src>

Function: Compare

Description: Subtracts the source operand from the destination operand. The result is not stored in the destination operand. If borrow is needed for bit 7, the CY (borrow) flag is set; otherwise, it is clear. When subtracting signed integers, the OV flag indicates a negative result when a negative value is subtracted from a positive value or a positive result when a positive value is subtracted from a negative value. Bit 7 in this description refers to the most significant byte of the operand (8, 16, or 32 bit). The AC is affected only for byte operand. The N and Z flags are affected according to the result. The source operand allows four addressing modes: register, direct, immediate and indirect.

CMP Rmd,Rms

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rmd) -(Rms)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] BCH

1	0	1	1	1	1	0	0	s	s	s	s	S	S	S	S

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRjd) -(WRjs)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	–	✓	✓	✓

[Encoding] BDH

1	0	1	1	1	1	0	1	t	t	t	t	T	T	T	T

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP DRkd,DRks

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(DRkd) -(DRks)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	–	✓	✓	✓

[Encoding] BFH

1	0	1	1	1	1	1	1	u	u	u	u	U	U	U	U

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP Rm,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) -#data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] BE(s)0H

1	0	1	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0	#data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP WRj,#DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) -#data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	–	✓	✓	✓

[Encoding] BE(t)4H

1	0	1	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 5	4
Cycles: 1	1
Hex: [A5]Encoding	Encoding

CMP DRk,#0DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk) -#0data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	–	✓	✓	✓

[Encoding] BE(u)8H

1	0	1	1	1	1	1	0	u	u	u	u	1	0	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 5	4
Cycles: 1	1
Hex: [A5]Encoding	Encoding

CMP DRk,#1DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk) -#1data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	–	✓	✓	✓

[Encoding] BE(u)CH

1	0	1	1	1	1	1	0	u	u	u	u	1	1	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 5	4
Cycles: 1	1
Hex: [A5]Encoding	Encoding

CMP Rm,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) -(dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] BE(s)1H

1	0	1	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	1	dir8

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 4	3
Cycles: 1	1
Hex: [A5]Encoding	Encoding

CMP WRj,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) -(dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	–	✓	✓	✓

[Encoding] BE(t)5H

1 0 1 1	1 1 1 0	t t t t	0 1 0 1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1(2 for SFR) 1(2 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP Rm,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) -(dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] BE(s)3H

1 0 1 1	1 1 1 0	s s s s	0 0 1 1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP WRj,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) -(dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	–	✓	✓	✓

[Encoding] BE(t)7H

1 0 1 1	1 1 1 0	t t t t	0 1 1 1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1(2 for SFR) 1(2 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP Rm,@WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) -((WRj))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] BE(t)9(s)0H

1 0 1 1	1 1 1 0	t t t t	1 0 0 1	s s s s	0 0 0 0

BE(WRj)9(Rm)0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

CMP Rm,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) -((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] BE(u)B(s)0H

1 0 1 1	1 1 1 0	u u u u	1 0 1 1	s s s s	0 0 0 0

BE (DRk) B (Rm) 0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 4	3
Cycles: 3	3
Hex: [A5]Encoding	Encoding

CPL A

Function: Complement accumulator

Description: Each bit of the accumulator is logically complemented (one's complement). Bits that previously contained a one are changed to zero and vice versa. Only the N and Z flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←/(A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] F4H

1 1 1 1	0 1 0 0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 1	1
Cycles: 1	1
Hex: Encoding	Encoding

CPL Bit51

Function: Complement bit

Description: The bit variable specified is complemented. A bit that had been a one is changed to zero and vice versa. No other flags are affected.

Note: When this instruction is used to modify an output pin, the value used as the original data will be read from the output data latch, not the input pin.

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(bit51) ←/(bit51)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] B2H

1 0 1 1	0 0 1 0	bit address

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 2	2
Cycles: 1	1
Hex: Encoding	Encoding

CPL C

Function: Complement carry

Description: The carry flag is complemented. A bit, which had been a one, is changed to zero and vice versa.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(C) ←/(C)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] B3H

1 0 1 1	0 0 1 1

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	1	1
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

CPL Bit

Function: Complement bit

Description: The indicated bit is complemented.

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(bit) ←/(bit)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] A9B(y)H

1 0 1 0	1 0 0 1	1 0 1 1	0 y y y	dir addr

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

DA A

Function: Decimal adjust accumulator for addition

Description: DA A adjusts the eight-bit value in the accumulator resulting from the earlier addition of two variables (each in packed BCD format), producing two four-bit digits. Any ADD or ADDC instruction may have been used to perform the addition. If accumulator bits 3-0 are greater than nine (xxxx1010-xxxx1111), or if the AC flag is one, six is added to the accumulator producing the proper BCD digit in the low-order nibble. This internal addition would set the carry flag if a carry-out of the low-order four-bit field propagated through all high-order bits, but it would not clear the carry flag otherwise. If the carry flag is now set, or if the four high-order bits now exceed nine (1010xxxx-1111xxxx), these high-order bits are incremented by six, producing the proper BCD digit in the high-order nibble. Again, this would set the carry flag if there were a carry-out of the high-order bits, but wouldn't clear the carry. The carry flag thus indicates if the sum of the original two BCD variables is greater than 100, allowing multiple precision decimal additions. OV is not affected. All of this occurs during the one instruction cycle. Essentially; this instruction performs the decimal conversion by adding 00 H , 06 H , 60 H , or 66 H to the accumulator, depending on initial accumulator and PSW conditions. The C, N and Z flags are affected.

Note: DA A cannot simply convert a hexadecimal number in the accumulator to BCD notation, nor

does DA A apply to decimal subtraction.

Operation:

(PC)←(PC) + 3
if [[(A3-0) > 9] ^ [(AC) = 1]]
then (A3-0) ← (A3-0) + 6
next if [[(A7-4) > 9] ^ [(C) = 1]]
then (A7-4) ← (A7-4) + 6

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] B4H

1 0 1 1	0 1 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 3 3

Hex: Encoding Encoding

DEC byte

Function: Decrement

Description: The variable indicated is decrement by 1. Original values of 00H will underflow to 0FFH. Only the N and Z flags are affected. The following addressing modes are allowed: accumulator, register, direct, or register-indirect.

Note: When this instruction is used to modify an output port, the value used as the original port data will be read from the output data latch, not the input pins.

DEC A

Operation:

(PC) ←(PC) + 1
(A) ←(A) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 14H

0 0 0 1	0 1 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

DEC Rn

Operation:

(PC) ←(PC) + 1
(Rn) ←(Rn) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 18H - 1FH

0 0 0 1	1 r r r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

DEC Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(direct) ←(direct) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 15H

0 0 0 1	0 1 0 1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

DEC @Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

((Ri)) ←((Ri)) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 16H, 17H

0 0 0 1	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

DEC <dest>,<src>

Function: Decrement destination value

Description: Decrements the specified variable at the destination operand by 1, 2, or 4. An original value of 00H underflows to 0FFH. The N and Z flags are affected. The value of decrement is coded as follows:

vv	value
00	1
01	2
10	3

DEC Rm,#short

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rm) ←(Rm) - #short

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 1B(s)(00v)H

0 0 0 1	1 0 1 1	s s s s	0 0 v v

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

DEC WRj,#short

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRj) ←(WRj) - #short

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 1B(t)(01v)H

0	0	0	1	1	0	1	1	t	t	t	t	0	1	v	v

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

DEC DRk,#short

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(DRk) ←(DRk) - #short

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 1B(u)(11v)H

0	0	0	1	1	0	1	1	u	u	u	u	1	1	v	v

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

DIV AB

Description: DIV AB divides the unsigned eight-bit integer in the accumulator by the unsigned eight-bit integer in register B. The accumulator receives the integer part of the quotient; register B receives the integer remainder. The carry and OV flags will be cleared. The N and Z flags also are affected according to the result.

Exception: If B had originally contained 00 H, the values returned in the accumulator and B register will be undefined. Additionally, the overflow flag will be set. The carry flag is cleared in any case. Other flags are undefined.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A15-8) ← (A) / (B) – result's bits 15..8

(A7-0) ← (A) / (B) – result's bits 7..0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
0	-	✓*	✓*	✓*

*) – if B originally contained 00H, then OV=1, N and Z are undefined

[Encoding] 84H

1	0	0	0	0	1	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 6 6

Hex: Encoding Encoding

DIV <dest>,<src>

Description: Divides the unsigned integer in the register by the unsigned integer operand in register addressing mode and clears the CY and OV flags. For byte operands (<dest>, <src> = Rmd,Rms) the result is 16 bits. The 8-bit quotient is stored in the higher byte of the word where Rmd resides; the 8-bit remainder is stored in the lower byte of the word where Rmd resides. For example: Register 1 contains 251 (0FBH) and register 5 contains 18 (12H). After executing the instruction DIV R1, R5 register 1 contains 13 (0DH or 00001101B); register 0 contains 17 (11H or 00010001B), since 251 = (13 X 18) + 17; and the CY and OV bits are clear. The CY flag is cleared. The N flag is set if the MSB of the quotient is set. The Z flag is set if the quotient is zero.

Exception: If <src> contains 00H, the values returned in both operands are undefined; the CY flag is cleared, OV flag is set, and the rest of the flags are undefined.

DIV Rmd,Rms

Operation:

(PC)	←(PC) + 2	
(Rmd)	remainder (Rmd) / (Rms)	if <dest> md = 0,2,4,..,14
(Rmd+1)	quotient (Rmd) / (Rms)	
(Rmd-1)	remainder (Rmd) / (Rms)	if <dest> md = 1,3,5,..,15
(Rmd)	quotient (Rmd) / (Rms)	

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
0	-	✓*	✓*	✓*

*) – if source originally contained 0, then OV=1, N and Z are undefined

[Encoding] 8CH

1	0	0	0	1	1	0	0	s	s	s	s	S	S	S	S

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 3	2
Cycles: 6	6
Hex: [A5]Encoding	Encoding

DIV WRjd,WRjs

Operation:

(PC)	←(PC) + 2	
(WRjd)	remainder (WRjd) / (WRjs)	if <dest> jd = 0,4,8,..,28
(WRjd+1)	quotient (WRjd) / (WRjs)	
(WRjd-1)	remainder (WRjd) / (WRjs)	if <dest> jd = 2,6,10,..,30
(WRjd)	quotient (WRjd) / (WRjs)	

For word operands (<dest>,<src> = WRjd,WRjs) the 16-bit quotient is in WR(jd+2), and the 16-bit remainder is in WRjd. For example, for a destination register WR4, assume the quotient is 1122H and the remainder is 3344H. Then, the results are stored in these register file locations:(4)->0x33, (5)->0x44, (6)->0x11, (7)->0x22.

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
0	-	✓*	✓*	✓*

*) – if source originally contained 0, then OV=1, N and Z are undefined

[Encoding] 8DH

1	0	0	0	1	1	0	1	t	t	t	t	T	T	T	T

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 3	2
Cycles: 10	10
Hex: [A5]Encoding	Encoding

DJNZ <byte>,<rel–addr>

Function: Decrement and jump if not zero

Description: DJNZ decrements the location indicated by 1, and branches to the address indicated by the second operand if the resulting value is not zero. Original values of 00H will underflow to 0FFH. Only the N and Z flags are affected. The branch destination would be computed by adding the signed relative-displacement value in the last instruction byte to the PC, after incrementing the PC to the first byte of the following instruction. The location decremented may be a register or directly addressed byte.

Note: When this instruction is used to modify an output port, the value used as the original port data will be read from the output data latch, not the input pins.

DJNZ Rn,rel

Operation:

(PC)←(PC) + 2

(Rn)←(Rn) - 1

if (Rn) ≠ 0

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] D8H - DFH

1 1 0 1	1 r r r	relative address

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	2	3
Cycles:	1/3	1/3
Hex:	Encoding	[A5]Encoding

DJNZ Direct,rel

Operation:

(PC)←(PC) + 3

(direct)←(direct) - 1

if (direct) ≠ 0

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] D5H

1 1 0 1	0 1 0 1	direct address	relative address

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	3	4
Cycles:	3	3
Hex:	Encoding	[A5]Encoding

ECALL <dest>

Function: Extended call

Description: Calls a subroutine located at the specified address. The instruction adds four to the program counter to generate the address of the next instruction and then pushes the 24-bit result onto the stack (high byte first), incrementing the stack pointer by three. The 8 bits of the high word and the 16 bits of the low word of the PC are then loaded, respectively, with the second, third and fourth bytes of the ECALL

instruction. Program execution continues with the instruction at this address. The subroutine may therefore begin anywhere in the full 16-Mbyte memory space. No flags are affected.

ECALL addr24

Operation:

(PC) ←(PC) + 4
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.23:16)
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.15:8)
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.7:0)
(PC) ←(addr.23:0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 9AH

1	0	0	1	1	0	1	0	addr 23-16	addr 15-8	addr 7-0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

ECALL @DRk

Operation:

(PC) ←(PC) + 4
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.23:16)
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.15:8)
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.7:0)
(PC) ←((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 99(u)8H

1	0	0	1	1	0	0	1	u	u	u	u	1	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

EJMP <dest>

Function: Extended jump

Description: Causes an unconditional branch to the specified address by loading the 8 bits of the high order and 16 bits of the low order words of the PC with the second, third, and fourth instruction bytes. The destination may be therefore be anywhere in the full 16-Mbyte memory space. No flags are affected.

EJMP addr24

Operation: (PC) ←(addr.23:0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 8AH

1	0	0	0	1	0	1	0	addr 23-16	addr 15-8	addr 7-0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

EJMP @DRk

Operation: (PC) ←((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 89(u)8H

1	0	0	0	1	0	0	1	u	u	u	u	1	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

ESC

Function: Switch to opposite mode (BINARY->SOURCE or SOURCE->BINARY)

Description: Execution continues at the following instruction in opposite mode. Other than the PC, no registers or flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] A5H

1	0	1	0	0	1	0	1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ERET

Function: Extended return

Description: Pops byte 2, byte 1, and byte 0 of the 3-byte PC successively from the stack and decrements the stack pointer by 3. Program execution continues at the resulting address, which normally is the instruction immediately following ECALL. No flags are affected.

Operation: (PC.7:0) ¨((SP))

(SP) ¨(SP) - 1

(PC.15:8) ¨((SP))

(SP) ¨(SP) - 1

(PC.23:16) ←((SP))

(SP) ←(SP) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] AAH

1 0 1 0	1 0 1 0
Binary Mode	**Source Mode**

Bytes: 2 1

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

INC byte

Function: Increment

Description: INC increments the indicated variable by 1. An original value of 0FFh will overflow to 00h. Only the N and Z flags are affected. Three addressing modes are allowed: register, direct, or register-indirect. Note: When this instruction is used to modify an output port, the value used as the original port data will be read from the output data latch, not the input pins.

INC A

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 04H

0 0 0 0	0 1 0 0
Binary Mode	**Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

INC Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(Rn) ←(Rn) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 08H - 0FH

0 0 0 0	1 r r r
Binary Mode	**Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

INC Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(direct) ←(direct) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 05H

0 0 0 0	0 1 0 1	direct address

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	2	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

INC @Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

((Ri)) ←((Ri)) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 06H, 07H

0 0 0 0	0 1 1 i

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	1	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	[A5]Encoding

INC <dest>,<src>

Function: Increment

Description: Increments the specified variable by 1, 2, or 4. An original value of 0FFH overflows to 00H. Only the N and Z flags are affected. The value of increment is coded as follows:

vv	value
00	1
01	2
10	3

INC Rm,#short

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rm) ←(Rm) + #short

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 0B(s)(00v)H

0 0 0 0	1 0 1 1	s s s s	0 0 v v

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

INC WRj,#short

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRj) ←(WRj) + #short

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 0B(t)(01v)H

0 0 0 0	1 0 1 1	t t t t	0 1 v v

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

INC DRk,#short

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(DRk) ←(DRk) + #short

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 0B(u)(11v)H

0 0 0 0	1 0 1 1	u u u u	1 1 v v

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

INC DPTR

Function: Increment data pointer

Description: Increment the 16-bit data pointer by one. A 16-bit increment (modulo 2^16) is performed; an overflow of the low-order byte of the data pointer (DPL) from 0FFH to 00H will increment the high-order byte (DPH). Only the N and Z flags are affected. This is the only 16-bit register that can be incremented.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(DPTR) ←(DPTR) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] A3H

1 0 1 0	0 0 1 1

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	1	1
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

JB

Function: Jump if bit is set

Description: If the indicated bit is a one, jump to the address indicated; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative-displacement in the third instruction byte to the PC, after incrementing the PC to the first byte of the next instruction. The bit tested is not modified. No flags are affected.

JB Bit51,rel

Operation: (PC)←(PC) + 3

if (bit51) = 1

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

-	-	-	-	-

[Encoding] 20H

0 0 1 0	0 0 0 0	bit address	relative address

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	3	3
Cycles:	1/3	1/3
Hex:	Encoding	Encoding

JB Bit,rel

Operation: (PC)←(PC) + 3
if (bit) = 1
then (PC)←(PC) + rel

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] A92(y)H

1 0 1 0	1 0 0 1	0 0 1 0	0 y y y	direct addr	rel.addr

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	5	4
Cycles:	1/3	1/3
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

JBC

Function: Jump if bit is set and clear bit

Description: If the indicated bit is one, branch to the address indicated; otherwise proceed with the next instruction. In either case, clear the designated bit. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the third instruction byte to the PC, after incrementing the PC to the first byte of the next instruction. No flags are affected.

Note: When this instruction is used to test an output pin, the value used as the original data will be read from the output data latch, not the input pin.

JBC Bit51,rel

Operation: (PC)←(PC) + 3
if (bit51) = 1
then (PC)←(PC) + rel

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 10H

0 0 0 1	0 0 0 0	bit address	relative address

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	3	3
Cycles:	1/3	1/3
Hex:	Encoding	Encoding

JBC Bit,rel

Operation: (PC)←(PC) + 3
if (bit) = 1

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] A91(y)H

1 0 1 0	1 0 0 1	0 0 0 1	0 y y y	direct addr	rel.addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JC

Function: Jump if carry is set

Description: If the carry flag is set, branch to the address indicated; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative- displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice. No flags are affected.

Operation: (PC)←(PC) + 2

if (C) = 1

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 40H

0 1 0 0	0 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding Encoding

JE

Function: Jump if equal

Description: If the Z flag is set, branch to the address specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation: (PC)←(PC) + 2

if (Z) = 1

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 68H

0 1 1 0	1 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JG

Function: Jump if greater than

Description: If the Z flag and the CY flag are both clear, branch to the address specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation:

(PC)←(PC) + 2

if (Z=0 and C=0) = 1

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 38H

0 0 1 1	1 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JLE

Function: Jump if less than or equal

Description: If the Z flag or the CY flag is set, branch to the address specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation:

(PC)←(PC) + 2

if (Z=1 and C=1) = 1

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 28H

0 0 1 0	1 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JMP

Function: Jump indirect

Description: Add the eight-bit unsigned contents of the accumulator with the sixteen-bit data pointer, and load the resulting sum to the program counter. This will be the address for subsequent instruction fetches. Sixteen-bit addition is performed (modulo 2 16): a carry-out from the low-order eight bits propagates through the higher-order bits. Neither the accumulator nor the data pointer is altered. No flags are affected.

Operation: (PC) ←(A) + (DPTR)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 73H

0 1 1 1	0 0 1 1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding Encoding

JNB

Function: Jump if bit is not set

Description: If the indicated bit is a zero, branch to the indicated address; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative-displacement in the third instruction byte to the PC, after incrementing the PC to the first byte of the next instruction. The bit tested is not modified. No flags are affected.

JNB Bit51,rel

Operation: (PC)←(PC) + 3

if (bit51) = 0

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 30H

0 0 1 1	0 0 0 0	bit address	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 3

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding Encoding

JNB Bit,rel

Operation: (PC)←(PC) + 3

if (bit) = 0

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] A93(y)H

1 0 1 0	1 0 0 1	0 0 1 1	0 y y y	direct addr	rel.addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JNC

Function: Jump if carry is not set

Description: If the carry flag is a zero, branch to the address indicated; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative-displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice to point to the next instruction. The carry flag is not modified.

Operation: (PC)←(PC) + 2

if (C) = 0

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

-	-	-	-	-

[Encoding] 50H

0 1 0 1	0 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding Encoding

JNE

Function: Jump if not equal

Description: If the Z flag is clear, branch to the address specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation: (PC)←(PC) + 2
if (Z) = 0
then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 78H

0 1 1 1	1 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JNZ

Function: Jump if accumulator is not zero

Description: If any bit of the accumulator is a one, branch to the indicated address; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative-displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice. The accumulator is not modified. No flags are affected.

Operation: (PC)←(PC) + 2
if (A) ≠ 0
then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 70H

0 1 1 1	0 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding Encoding

JSG

Function: Jump if greater than(signed)

Description: If the Z flag is clear AND the N flag and the OV flag have the same value, branch to the address

specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation:

(PC)←(PC) + 2
if (Z=0 and N=OV)
then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 18H

0 0 0 1	1 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JSGE

Function: Jump if greater than or equal(signed)

Description: If the N flag and the OV flag have the same value, branch to the address specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation:

(PC)←(PC) + 2
if (N=OV)
then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 58H

0 1 0 1	1 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JSL

Function: Jump if less than(signed)

Description: If the N flag and the OV flag have the same value, branch to the address specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation:

(PC)←(PC) + 2
if (N≠OV)
then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 48H

0 1 0 0	1 0 0 0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JSLE

Function: Jump if less than or equal(signed)

Description: If the Z flag is set OR if the the N flag and the OV flag have different values, branch to the address specified; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice.

Operation:

(PC)←(PC) + 2

if (Z=1 or (N≠OV))

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 08H

0	0	0	0	1	0	0	0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: [A5]Encoding Encoding

JZ

Function: Jump if accumulator is zero

Description: If all bits of the accumulator are zero, branch to the address indicated; otherwise proceed with the next instruction. The branch destination is computed by adding the signed relative-displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice. The accumulator is not modified. No flags are affected.

Operation:

(PC)←(PC) + 2

if (A) = 0

then (PC)←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 60H

0	1	1	0	0	0	0	0	relative address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1/3 1/3

Hex: Encoding Encoding

LCALL

Function: Long call

Description: Calls a subroutine located at the indicated address. The instruction adds three to the program counter to generate the address of the next instruction and then pushes the 16-bit result onto the stack (low byte first), incrementing the stack pointer by two. The high-order and low-order bytes of the PC are then loaded, respectively, with the second and third bytes of the LCALL instruction. Program execution continues with the instruction at this address. The subroutine may therefore begin

anywhere in the full 64 Kbyte program memory address space. No flags are affected.

LCALL addr16

Operation:

(PC) ←(PC) + 3
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.7:0)
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.15:8)
(PC) ←(addr.15:0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 12H

0	0	0	1	0	0	1	0	addr 15-8				addr 7-0			

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 3

Cycles: 3 3

Hex: Encoding Encoding

LCALL @WRj

Operation:

(PC) ←(PC) + 3
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.7:0)
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(PC.15:8)
(PC) ←((WRj))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 99(t)4H

1	0	0	1	1	0	0	1	t	t	t	t	0	1	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

LJMP

Function: Long jump

Description: LJMP causes an unconditional branch to the indicated address, by loading the high- order and low-order bytes of the PC (respectively) with the second and third instruction bytes. The destination may therefore be anywhere in the full 64K program memory address space. No flags are affected.

LJMP addr16

Operation: (PC) ←(addr.15:0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 02H

0	0	0	0	0	0	1	0	addr 15-8				addr 7-0			

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	3
Cycles:	3	3
Hex:	Encoding	Encoding

LJMP @WRj

Operation: (PC) ←((WRj))

Flags:	CY	AC	OV	N	Z
	-	-	-	-	-

[Encoding] 89(t)4H

1 0 0 0	1 0 0 1	t t t t	0 1 0 0

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	2
Cycles:	3	3
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MOV

Function: Move variable

Description: The variable indicated by the second operand is copied into the location specified by the first operand. The source byte is not affected. No other register or flag is affected. This is by far the most flexible operation. Twenty-four combinations of source and destination addressing modes are allowed.

MOV A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(Rn)

Flags:	CY	AC	OV	N	Z
	-	-	-	-	-

[Encoding] E8H - EFH

1 1 1 0	1 r r r

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	1	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	[A5]Encoding

MOV A,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(direct)

Note: MOV A, ACC is a valid instruction.

Flags:	CY	AC	OV	N	Z
	-	-	-	-	-

[Encoding] E5H

1 1 1 0	0 1 0 1	direct address

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	2	2
Cycles:	1	1

Hex: Encoding Encoding

MOV A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] E6H, E7H

1 1 1 0	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV A,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←#data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 74H

0 1 1 1	0 1 0 0	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

MOV Rn,A

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(Rn) ←(A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] F8H - FFH

1 1 1 1	1 r r r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV Rn,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rn) ←(direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] A8H - AFH

1 0 1 0	1 r r r	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV Rn,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rn) ←#data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 78H - 7FH

0 1 1 1	1 r r r	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV Direct,A

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(direct) ←(A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] F5H

1 1 1 1	0 1 0 1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV Direct,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(direct) ←(Rn)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 88H - 8FH

1 0 0 0	1 r r r	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV Direct,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(direct) ←(direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 85H

1 0 0 0	0 1 0 1	direct address(source)	direct address(destination)

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

MOV Direct,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(direct) ←((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 86H, 87H

1 0 0 0	0 1 1 i	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV Direct,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(direct) ←#data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 75H

0 1 1 1	0 1 0 1	direct address(source)	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

MOV @Ri,A

Operation: (PC) ←(PC) + 1

((Ri)) ←(A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] F6H, F7H

1 1 1 1	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV @Ri,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

((Ri)) ←(direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

-	-	-	-	-

[Encoding] A6H, A7H

1 0 1 0	0 1 1 i	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV @Ri,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

((Ri)) ←#data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 76H, 77H

0 1 1 1	0 1 1 i	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

MOV Rmd,Rms

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rmd) ←(Rms)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7CH

0 1 1 1	1 1 0 0	s s s s	S S S S

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRjd) ←(WRjs)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7DH

0 1 1 1	1 1 0 1	t t t t	T T T T

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV DRkd,DRks

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(DRkd) ←(DRks)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7FH

0	1	1	1	1	1	1	1	u	u	u	u	U	U	U	U

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Rm,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←#data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(s)0H

0	1	1	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0	#data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV WRj,#DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←#data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(t)4H

0	1	1	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV DRk,#0DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk) ←#0data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(u)8H

0	1	1	1	1	1	1	0	u	u	u	u	1	0	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV DRk,#1DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk) ←#1data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(u)CH

0	1	1	1	1	1	1	0	u	u	u	u	1	1	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Rm,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(s)1H

0	1	1	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV WRj,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) ←(dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(t)5H

0	1	1	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1(2 for SFR) 1(2 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV DRk,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(DRk) ←(dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(u)DH

0	1	1	1	1	1	1	0	u	u	u	u	1	1	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 2(4 for SFR) 2(4 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Rm,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←(dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(s)3H

0	1	1	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV WRj,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(t)7H

0	1	1	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV DRk,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk) ←(dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(u)FH

0	1	1	1	1	1	1	0	u	u	u	u	1	1	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Rm,@WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←((WRj))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(t)9(s)0H

0	1	1	1	1	1	1	0	t	t	t	t	1	0	0	1	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	4	3
Cycles:	2	2
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MOV Rm,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7E(u)B(s)0H

0	1	1	1	1	1	1	0	u	u	u	u	1	0	1	1	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	4	3
Cycles:	3	3
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MOV WRjd,@WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRjd) ←((WRjs))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 0B(u)8(s)0H

0	0	0	0	1	0	1	1	u	u	u	u	1	0	0	0	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MOV WRj,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) ←((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 0B(u)A(t)0H

0	0	0	0	1	0	1	1	u	u	u	u	1	0	1	0	t	t	t	t	0	0	0	0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	4	3
Cycles:	4	4
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MOV Dir8,Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(dir8) ←(Rm)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(s)1H

0 1 1 1	1 0 1 0	s s s s	0 0 0 1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Dir8,WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(dir8) ←(WRj)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(t)5H

0 1 1 1	1 0 1 0	t t t t	0 1 0 1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Dir8,DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(dir8) ←(DRk)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(u)DH

0 1 1 1	1 0 1 0	u u u u	1 1 0 1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Dir16,Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(dir16) ←(Rm)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(s)3H

0 1 1 1	1 0 1 0	s s s s	0 0 1 1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Dir16,WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(dir16) ←(WRj)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(t)7H

0 1 1 1	1 0 1 0	t t t t	0 1 1 1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Dir16,DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(dir16) ←(DRk)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(u)FH

0 1 1 1	1 0 1 0	u u u u	1 1 1 1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @WRj,Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 3

((WRj)) ←(Rm)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(t)9(s)0H

0 1 1 1	1 0 1 0	t t t t	1 0 0 1	s s s s	0 0 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @DRk,Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 3

((DRk)) ←(Rm)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(u)B(s)0H

0 1 1 1	1 0 1 0	u u u u	1 0 1 1	s s s s	0 0 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 4 4

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 3

((WRjd)) ←(WRjs)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 1B(t)8(T)0H

0	0	0	1	1	0	1	1	t	t	t	t	1	0	0	0	T	T	T	T	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @DRk,WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

((DRk)) ←(WRj)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 1B(u)A(t)0H

0	0	0	1	1	0	1	1	u	u	u	u	1	0	1	0	t	t	t	t	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 6 6

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Rm,@WRj+dis

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←((WRj)+dis)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 09H

0	0	0	0	1	0	0	1	s	s	s	s	t	t	t	t	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV WRjd,@WRjs+dis

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRjd) ←((WRjs)+dis)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 49H

0	1	0	0	1	0	0	1	t	t	t	t	T	T	T	T	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Rm,@DRk+dis

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←((DRk)+dis)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 29H

0	0	1	0	1	0	0	1	s	s	s	s	u	u	u	u	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV WRj,@DRk+dis

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←((DRk)+dis)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 69H

0	1	1	0	1	0	0	1	t	t	t	t	u	u	u	u	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 4 4

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @WRj+dis,Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 4

((WRj)+dis) ←(Rm)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 19H

0	0	0	1	1	0	0	1	s	s	s	s	t	t	t	t	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @WRjd+dis,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 4

((WRjd)+dis) ←(WRjs)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 59H

0	1	0	1	1	0	0	1	T	T	T	T	t	t	t	t	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @DRk+dis,Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 4

((DRk)+dis) ←(Rm)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 39H

0	0	1	1	1	0	0	1	s	s	s	s	u	u	u	u	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 4 4

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV @DRk+dis,WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 4

((DRk)+dis) ←(WRj)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 79H

0	1	1	1	1	0	0	1	t	t	t	t	u	u	u	u	dis hi	dis lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 6 6

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV <dest–bit>,<src–bit>

Function: Move bit data

Description: The Boolean variable indicated by the second operand (directly addressable bit) is copied into carry flag. No other register or flag is affected.

MOV C,Bit51

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(C) ←(bit51)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A2H

1	0	1	0	0	0	1	0	bit address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

MOV C,Bit

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(C) ←(bit)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A9A(y)H

1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	y	y	y	y	dir addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV Bit51,C

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(bit51) ←(C)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 92H

1	0	0	1	0	0	1	0	bit address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

MOV Bit,C

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(bit) ←(C)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A99(y)H

1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	y	y	y	y	dir addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

MOV DPTR,#DATA16

Function: Load data pointer with a 16-bit constant

Description: The data pointer is loaded with the 16-bit constant indicated. The 16 bit constant is loaded into the second and third bytes of the instruction. The second byte (DPH) is the high-order byte, while the third byte (DPL) holds the low-order byte. No flags are affected. This is the only instruction which moves 16 bits of data at once.

Operation: (PC) ←(PC) + 3

DPH ←immediate data15..8

DPL ←immediate data7..0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 90H

1	0	0	1	0	0	0	0	immediate data15..8	immediate data7..0

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	3
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

MOVC

Function: Move code byte

Description: The MOVC instructions load the accumulator with a code byte, or constant from program memory. The address of the byte fetched is the sum of the original unsigned eight-bit accumulator contents and the contents of a sixteen-bit base register, which may be either the data pointer or the PC. In the latter case, the PC is incremented to the address of the following instruction before being added to the accumulator; otherwise, the base register is not altered. Sixteen-bit addition is performed so a carry-out from the low-order eight bits may propagate through higher-order bits. No flags are affected.

MOVC A,@A+DPTR

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←((A) + (DPTR))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 93H

1	0	0	1	0	0	1	1

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	1	1
Cycles:	4	4
Hex:	Encoding	Encoding

MOVC A,@A+PC

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←((A) + (PC))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 83H

1	0	0	0	0	0	1	1

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	1	1
Cycles:	3	3
Hex:	Encoding	Encoding

MOVH DRk,#DATA16

Function: Move immediate 16-bit data to the high word of a dword (double-word) register.

Description: Moves 16-bit immediate data to the high word of a dword (32-bit) register. The low word of the dword register is unchanged.

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk).31-16 ←#data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

-	-	-	-	-

[Encoding] 7A(u)CH

0 1 1 1	1 0 1 0	u u u u	1 1 0 0	data hi	data lo

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	5	4
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MOVS WRj,Rm

Function: Move 8-bit register to 16-bit register with sign extension

Description: Moves the contents of an 8-bit register to the low byte of a 16-bit register. The high byte of the 16-bit register is filled with the sign extension, which is obtained from the most significant bit of the 8-bit source register.

Operation:
(PC) ←(PC) + 2
(WRj).7-0 ←(Rm)
(WRj).15-8 ←sign extension

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 1AH

0 0 0 1	1 0 1 0	t t t t	s s s s

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MOVX

Function: Move external

Description: The MOVX instructions transfer data between the accumulator and a byte of external data memory, hence, the X appended to MOV. There are two types of instructions, differing in whether they provide an eight-bit or sixteen-bit indirect address to the external data RAM. In the first type, the contents of R0 or R1 in the current register bank provides an eight-bit address, in the second type of MOVX instructions, the data pointer generates a sixteen-bit address.

MOVX A,@Ri

Operation:
(PC) ←(PC) + 1
(A) ←((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] E2H, E3H

1 1 1 0	0 0 1 i

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	1	1
Cycles:	3*	3*
Hex:	Encoding	Encoding

* MOVX cycles depend on STRETCH register. Shown values with STRETCH=0.

MOVX A,@DPTR

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←((DPTR))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] E0H

1 1 1 0	0 0 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 2* 2*

Hex: Encoding Encoding

* MOVX cycles depend on STRETCH register. Shown values with STRETCH=0.

MOVX @Ri,A

Operation: (PC) ←(PC) + 1

((Ri)) ←(A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] F2H, F3H

1 1 1 1	0 0 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 3* 3*

Hex: Encoding Encoding

* MOVX cycles depend on STRETCH register. Shown values with STRETCH=0.

MOVX @DPTR,A

Operation: (PC) ←(PC) + 1

((DPTR)) ←(A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] F0H

1 1 1 1	0 0 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 3* 3*

Hex: Encoding Encoding

* MOVX cycles depend on STRETCH register. Shown values with STRETCH=0.

MOVZ WRj,Rm

Function: Move 8-bit register to 16-bit register with zero extension

Description: Moves the contents of an 8-bit register to the low byte of a 16-bit register. The high byte of the 16-bit register is filled with the zeros.

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRj).7-0 ←(Rm)

(WRj).15-8 ←0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 0AH

0 0 0 0	1 0 1 0	t t t t	s s s s

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 3	2
Cycles: 1	1
Hex: [A5]Encoding	Encoding

MUL

Function: Multiply

Description: Multiplies the unsigned integer in the source register with the unsigned integer in the destination register. Only register addressing is allowed. For 8-bit operands, the result is 16 bits. The most significant byte of the result is stored in the low byte of the word where the destination register resides. The least significant byte is stored in the following byte register. The OV flag is set if the product is greater than 255 (0FFH); otherwise it is cleared. For 16-bit operands, the result is 32 bits. The most significant word is stored in the low word of the dword where the destination register resides. The least significant word is stored in the following word register. In this operation, the OV flag is set if the product is greater than 0FFFFH, otherwise it is cleared. The CY flag is always cleared. The N flag is set when the MSB of the result is set. The Z flag is set when the result is zero.

MUL AB

Operation:
(PC) ←(PC) + 1
(A) ←(A) × (B) -result's bits 7..0
(A) ←(A) × (B) -result's bits 15..8

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
0	-	✓	✓	✓

[Encoding] A4H

1 0 1 0	0 1 0 0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 1	1
Cycles: 1	1
Hex: Encoding	Encoding

MUL Rmd,Rms

Operation:
(PC)←(PC) + 2
if <dest>md = 0,2,4..,14
Rmd←high byte of the Rmd × Rms
Rmd+1←low byte of the Rmd × Rms
if <dest>md = 1,3,5..,15
Rmd-1←high byte of the Rmd × Rms
Rmd←low byte of the Rmd × Rms

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
0	-	✓	✓	✓

[Encoding] ACH

1 0 1 0	1 1 0 0	s s s s	S S S S

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

MUL WRjd,WRjs

Operation: (PC)←(PC) + 2

if <dest>jd = 0,4,8..,28

WRjd←high byte of the WRjd × WRjs

WRjd+2←low byte of the WRjd × WRjs

if <dest>jd = 2,6,10..,30

WRjd-2←high byte of the WRjd × WRjs

WRjd←low byte of the WRjd × WRjs

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
0	-	✓	✓	✓

[Encoding] ADH

1 0 1 0	1 1 0 1	t t t T	T T T T

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

NOP

Function: No operation

Description: Execution continues at the following instruction. Other than the PC, no registers or flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 00H

0 0 0 0	0 0 0 0

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	1	1
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

ORL

Function: Logical OR for variables

Description: Performs the bitwise logical-OR operation between the specified variables, storing the results in the destination operand. The destination operand can be a register, an accumulator or direct address. The two operands allow twelve addressing mode combinations. When the destination is the accumulator, the source can be register, direct, register-indirect, or immediate addressing; when the destination is a direct address, the source can be the accumulator or immediate data. When the destination is register the source can be register, immediate, direct and indirect addressing. Only the N and Z flags are affected.

Note: When this instruction is used to modify an output port, the value used as the original port data will be read from the output data latch, not the input pins.

ORL A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) or (Rn)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 48H - 4FH

0 1 0 0	1 r r r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

ORL A,Dir

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) or (direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 45H

0 1 0 0	0 1 0 1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ORL A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) or ((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 46H, 47H

0 1 0 0	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

ORL A,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) or #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 44H

0 1 0 0	0 1 0 0	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ORL Dir,A

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(direct) ←(direct) or (A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 42H

0 1 0 0	0 0 1 0	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ORL Dir,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(direct) ←(direct) or #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 43H

0 1 0 0	0 0 1 1	direct address	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

ORL Rmd,Rms

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rmd) ←(Rms) or (Rmd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4CH

0 1 0 0	1 1 0 0	s s s s	S S S S

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ORL WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRjd) ←(WRjs) or (WRjd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4DH

0 1 0 0	1 1 0 1	t t t t	S S S

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

ORL Rm,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) or #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(s)0H

0	1	0	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0	#data

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

ORL WRj,#DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) or #data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(t)4H

0	1	0	0	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0	#data hi	#data lo

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	5	4
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

ORL Rm,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) or (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(s)1H

0	1	0	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	1	dir8

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

ORL WRj,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) ←(WRj) or (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(t)5H

0	1	0	0	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1(2 for SFR) 1(2 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

ORL Rm,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←(Rm) or (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(s)3H

0	1	0	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ORL WRj,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) or (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(t)7H

0	1	0	0	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

ORL Rm,@WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) or ((WRj))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(t)9(s)0H

0	1	0	0	1	1	1	0	t	t	t	t	1	0	0	1	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ORL Rm,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) or ((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 4E(u)B(s)0H

0 1 0 0	1 1 1 0	u u u U	1 0 1 1	s s s s	0 0 0 0

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	4	3
Cycles:	3	3
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

ORL CY,<src–bit>

Function: Logical OR for bit variables

Description: Set the carry flag if the Boolean value is logic 1; leave the carry in its current state otherwise. A slash ("/") preceding the operand in the assembly language indicates that the logical complement of the addressed bit is used as the source value, but the source bit itself is not affected. No other flags are affected.

ORL C,Bit51

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(C) ←(C) or (bit51)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] 72H

0 1 1 1	0 0 1 0	bit address

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	2	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

ORL C,/Bit51

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(C) ←(C) or /(bit51)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A0H

1 0 1 0	0 0 0 0	bit address

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	2	2
Cycles:	1	1
Hex:	Encoding	Encoding

ORL C,Bit

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(C) ←(C) or (bit)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A97(γ)H

1 0 1 0	1 0 0 1	0 1 1 1	0 y y y	dir address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

ORL C,/Bit

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(C) ←(C) or /(bit)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] A9E(y)H

1 0 1 0	1 0 0 1	1 1 1 0	0 y y y	dir address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

POP

Function: POP from stack

Description: Reads the contents of the on-chip RAM location addressed by the stack pointer, then decrements the stack pointer by one. The value read at the original RAM location is transferred to the newly addressed location, which can be 8-bit or 16-bit. No flags are affected.

POP Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(dir8) ←((SP))

(SP) ←(SP) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] D0H

1 1 0 1	0 0 0 0	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

POP Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rm) ←((SP))

(SP) ←(SP) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] DA(s)8H

1 1 0 1	1 0 1 0	s s s s	1 0 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

POP WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 2
(WRj) ←((SP))
(SP) ←(SP) - 2

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] DA(t)9H

1	1	0	1	1	0	1	0	t	t	t	t	1	0	0	1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

POP DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 2
(DRk) ←((SP))
(SP) ←(SP) - 3

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] DA(u)BH

1	1	0	1	1	0	1	0	u	u	u	u	1	0	1	1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

PUSH

Function: PUSH onto stack

Description: Increments the stack pointer by one. The contents of the specified variable are then copied into the on-chip RAM location addressed by the stack pointer. No flags are affected.

PUSH Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 2
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] C0H

1	1	0	0	0	0	0	0	direct address							

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	2	2
Cycles:	1	1

Hex: Encoding Encoding

PUSH #DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←#data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] CA02H

1 1 0 0	1 0 1 0	0 0 0 0	0 0 1 0	data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

PUSH #DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 2
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←MSB #data
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←LSB #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] CA06H

1 1 0 0	1 0 1 0	0 0 0 0	0 1 1 0	data16 hi	data16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

PUSH Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 2
(SP) ←(SP) + 1
((SP)) ←(Rm)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] CA(s)8H

1 1 0 0	1 0 1 0	s s s s	1 0 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

PUSH WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 2
(SP) ←(SP) + 1

((SP)) ←(WRj)

(SP) ←(SP) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] CA(t)9H

1 1 0 0	1 0 1 0	t t t t	1 0 0 1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

PUSH DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(SP) ←(SP) + 1

((SP)) ←(DRk)

(SP) ←(SP) + 3

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] CA(u)BH

1 1 0 0	1 0 1 0	u u u u	1 0 1 1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

RET

Function: Return from subroutine

Description: RET pops the high and low-order bytes of the PC successively from the stack, decrementing the stack pointer by two. Program execution continues at the resulting address, generally the instruction immediately following an ACALL or LCALL. No flags are affected.

Operation: (PC15-8) ←((SP))

(SP) ←(SP) - 1

(PC7-0) ←((SP))

(SP) ←(SP) - 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 22H

0 0 1 0	0 0 1 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 3 3

Hex: Encoding Encoding

RETI

Function: Return from interrupt

Description: This instruction pops two or four bytes from the stack, depending on the INTR bit in the CONFIG1

register. If INTR = 0, RETI pops the high and low bytes of the PC successively from the stack and uses them as the 16-bit return address in region FF:. The stack pointer is decremented by two. No other registers are affected, and neither PSW nor PSW1 is automatically restored to its pre-interrupt status. If INTR = 1, RETI pops four bytes from the stack: PSW1 and the three bytes of the PC. The three bytes of the PC are the return address, which can be anywhere in the 16-Mbyte memory space. The stack pointer is decremented by four. PSW1 is restored to its pre-interrupt status, but PSW is not restored to its pre-interrupt status. No other registers are affected. For either value of INTR, hardware restores the interrupt logic to accept additional interrupts at the same priority level as the one just processed. Program execution continues at the return address, which normally is the instruction immediately after the point at which the interrupt request was detected. If an interrupt of the same or lower-priority is pending when the RETI instruction is executed, that one instruction is executed before the pending interrupt is processed.

Operation:

INTR=1:		INTR=0:	
(PC15-8)	←((SP))	(PC15-8)	←((SP))
(SP)	←(SP) - 1	(SP)	←(SP) - 1
(PC7-0)	←((SP))	(PC7-0)	←((SP))
(SP)	←(SP) - 1	(SP)	←(SP) - 1
(PC23-16)	←((SP))		
(SP)	←(SP) - 1		
PSW1	←((SP))		
(SP)	←(SP) - 1		

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 32H

0	0	1	1	0	0	1	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 3 3

Hex: Encoding Encoding

RL

Function: Rotate accumulator left

Description: The eight bits in the accumulator are rotated one bit to the left. The bit 7 is rotated into the bit 0 position. Only the N and Z flags are affected.

Operation:

(PC)	←(PC) + 1
(An + 1)	←(An) n = 0-6
(A0)	←(A7)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 23H

0	0	1	0	0	0	1	1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

RLC

Function: Rotate accumulator left through carry flag

Description: The eight bits in the accumulator and the carry flag are together rotated one bit to the left. Bit 7 moves into the carry flag; the original state of the carry flag moves into the bit 0 position. The N and Z flags are also affected.

Operation:
(PC) ←(PC) + 1
(An + 1) ←(An) n = 0-6
(A0) ←(C)
(C) ←(A7)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 33H

0 0 1 1	0 0 1 1
Binary Mode	**Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

RR

Function: Rotate accumulator right

Description: The eight bits in the accumulator are rotated one bit to the right. Bit 0 is rotated into the bit 7 position. Only the N and Z flags are affected.

Operation:
(PC) ←(PC) + 1
(An) ←(An + 1) n = 0-6
(A7) ←(A0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 03H

0 0 0 0	0 0 1 1
Binary Mode	**Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

RLC

Function: Rotate accumulator right through carry flag

Description: The eight bits in the accumulator and the carry flag are together rotated one bit to the right. Bit 0 moves into the carry flag; the original value of the carry flag moves into the bit 7 position. The N and Z flags are also affected.

Operation:
(PC) ←(PC) + 1
(An) ←(An + 1) n = 0-6
(A7) ←(C)
(C) ←(A0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 13H

0 0 0 1	0 0 1 1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

SETB

Function: Set bit

Description: SETB sets the indicated bit to one. SETB can operate on the carry flag or any directly addressable bit. No other flags are affected.

SETB C

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(C) ←1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	-	-

[Encoding] D3H

1 1 0 1	0 0 1 1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

SETB Bit51

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(bit51) ←1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] D2H

1 1 0 1	0 0 1 0	bit address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 3 3

Hex: Encoding Encoding

SETB Bit

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(bit) ←1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] A9D(y)H

1 0 1 0	1 0 0 1	1 1 0 1	0 y y y	dir addr

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SJMP

Function: Short jump

Description: Program control branches unconditionally to the address indicated. The branch destination is computed by adding the signed displacement in the second instruction byte to the PC, after incrementing the PC twice. Therefore, the range of destinations allowed is from 128 bytes preceding this instruction to 127 bytes following it. No flags are affected.

Note: Under the above conditions, the instruction following SJMP will be at 102H. Therefore, the displacement byte of the instruction will be the relative offset (0123H - 0102H)= 21H . In other words, an SJMP with a displacement of 0FEH would be a one-instruction infinite loop.

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(PC) ←(PC) + rel

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] 80H

1 0 0 0	0 0 0 0	relative address

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 2	2
Cycles: 3	3
Hex: Encoding	Encoding

SLL

Function: Shift logical left by 1 bit

Description: Shifts the specified variable to the left by 1 bit, replacing the LSB with zero. The bit shifted out (MSB) is stored in the CY bit. The N and Z flag are also affected.

SLL Rm

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rm).a + 1 ←(Rm).a

(Rm).0 ←0

CY ←(Rm).7

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 3E(s)0H

0 0 1 1	1 1 1 0	s s s s	0 0 0 0

Binary Mode	**Source Mode**
Bytes: 3	2
Cycles: 1	1
Hex: [A5]Encoding	Encoding

SLL WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRj).b + 1 ←(WRj).b

(WRj).0 ←0

CY ←(WRj).15

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 3E(t)4H

0	0	1	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SRA

Function: Shift arithmetic right by 1 bit

Description: Shifts the specified variable to the arithmetic right by 1 bit. The MSB is unchanged. The bit shifted out (LSB) is stored in the CY bit. The N and Z flag are also affected.

SRA Rm

Operation:

(PC)	←(PC) + 2
(Rm).7	←(Rm).7
(Rm).a	←(Rm).a+1
CY	←(Rm).0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 0E(s)0H

0	0	0	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SRA WRj

Operation:

(PC)	←(PC) + 2
(WRj).15	←(WRj).15
(WRj).b	←(WRj).b + 1
CY	←(WRj).0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 0E(t)4H

0	0	0	0	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SRL

Function: Shift logical right by 1 bit

Description: SRL shifts the specified variable to the right by 1 bit, replacing the MSB with a zero. The bit shifted out (LSB) is stored in the CY bit. The N and Z flag are also affected.

SRL Rm

Operation:

(PC)	←(PC) + 2
(Rm).7	←(Rm).0
(Rm).a	←(Rm).a+1
CY	←(Rm).0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 1E(s)0H

0	0	0	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SRL WRj

Operation:

(PC)	←(PC) + 2
(WRj).15	←0
(WRj).b	←(WRj).b + 1
CY	←(WRj).0

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	-	✓	✓

[Encoding] 1E(t)4H

0	0	0	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SUB

Function: Subtract

Description: Subtracts the specified variable from the destination operand, leaving the result in the destination operand. SUB sets the CY (borrow) flag if borrow is needed for bit 7. Otherwise, CY is clear. When subtracting signed integers, the OV flag indicates a negative number produced when a negative value is subtracted from a positive value or a positive result when a positive number is subtracted from a negative number. Bit 7 in this description refers to the most significant byte of the operand (8, 16, or 32 bit). The source operand allows four addressing modes: immediate, indirect, register and direct. All flags are affected, excepting AC, which is not affected for word and dword subtractions.

SUB Rmd,Rms

Operation:

(PC)	←(PC) + 2
(Rmd)	←(Rms) - (Rmd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 9CH

1	0	0	1	1	1	0	0	s	s	s	s	S	S	S	S

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRjd) ←(WRjs) - (WRjd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 9DH

1	0	0	1	1	1	0	1	t	t	t	t	T	T	T	T

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	3	2
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB DRkd,DRks

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(DRkd) ←(DRks) - (DRkd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 9FH

1	0	0	1	1	1	1	1	u	u	u	u	U	U	U	U

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	3	2
Cycles:	4	4
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB Rm,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) - #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(s)0H

1	0	0	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0	#data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB WRj,#DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) - #data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(t)4H

1 0 0 1	1 1 1 0	t t t t	0 1 0 0	#data hi	#data lo

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	5	4
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB DRk,#0DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(DRk) ←(DRk) - #data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(u)8H

1 0 0 1	1 1 1 0	u u u u	1 0 0 0	#data hi	#data lo

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	5	4
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB Rm,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) - (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(s)1H

1 0 0 1	1 1 1 0	s s s s	0 0 0 1	dir8

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB WRj,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) ←(WRj) - (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(t)5H

1 0 0 1	1 1 1 0	t t t t	0 1 0 1	dir8

	Binary Mode	Source Mode
Bytes:	4	3
Cycles:	1(2 for SFR)	1(2 for SFR)
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

SUB Rm,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←(Rm) - (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(s)3H

1	0	0	1	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SUB WRj,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) - (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	-	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(t)7H

1	0	0	1	1	1	1	0	t	t	t	t	0	1	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

SUB Rm,@WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) - ((WRj))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(t)9(s)0H

1	0	0	1	1	1	1	0	t	t	t	t	1	0	0	1	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

SUB Rm,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) - ((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 9E(u)B(s)0H

1	0	0	1	1	1	1	0	u	u	u	U	1	0	1	1	s	s	s	s	0	0	0	0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 3 3

Hex: [A5]Encoding Encoding

SUBB A,<src-byte>

Function: Subtract with borrow

Description: SUBB subtracts the indicated variable and the carry flag together from the accumulator, leaving the result in the accumulator. SUBB sets the carry (borrow) flag if borrow is needed for bit 7, and clears C otherwise. (If C was set before executing a SUBB instruction, this indicates that borrow was needed for the previous step in a multiple precision subtraction, so the carry is subtracted from the accumulator along with the source operand). AC is set if borrow is needed for bit 3, and cleared otherwise. OV is set if a borrow is needed into bit 6 but not into bit 7, or into bit 7 but not bit 6. When subtracting signed integers OV indicates, a negative number produced when a negative value is subtracted from a positive value or a positive result when a positive number is subtracted from a negative number. The source operand allows four addressing modes: register, direct, register-indirect, or immediate. All flags are affected.

SUBB A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) - (C) - (Rn)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 98H - 9FH

1 0 0 1	1 r r r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

SUBB A,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) - (C) - (direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 95H

1 0 0 1	0 1 0 1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

SUBB A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) - (C) - ((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 96H, 97H

1 0 0 1	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

SUBB A,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) - (C) - #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
✓	✓	✓	✓	✓

[Encoding] 94H

1 0 0 1	0 1 0 0	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

SWAP A

Function: Swap nibbles within the accumulator

Description: SWAP A interchanges the low and high-order nibbles (four-bit fields) of the accumulator (bits 3-0 and bits 7-4). The operation can also be thought of as a four-bit rotate instruction. Only N and Z flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A3-0) ←(A7-4)

(A7-4) ←(A3-0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] C4H

1 1 0 0	0 1 0 0

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 1

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

TRAP

Function: Executes as NOP

Operation: (PC) ←(PC) + 1

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] B9H

1 0 1 1	1 0 0 1

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 1

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

XCH A,<byte>

Function: Exchange accumulator with byte variable

Description: XCH loads the accumulator with the contents of the indicated variable, at the same time writing the original accumulator contents to the indicated variable. The source/destination operand can use

register, direct, or register-indirect addressing. No flags are affected.

XCH A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ↔(Rn)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] C8H - CFH

1 1 0 0	1 r r r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

XCH A,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ↔(direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] C5H

1 1 0 0	0 1 0 1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

XCH A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ↔((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	-	-

[Encoding] C6H, C7H

1 1 0 0	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

XCHD A,@Ri

Function: Exchange digit

Description: XCHD exchanges the low-order nibble of the accumulator (bits 3-0, generally representing a hexadecimal or BCD digit), with that of the internal RAM location indirectly addressed by the specified register. The high-order nibbles (bits 7-4) of each register are not affected. No flags are affected.

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A3-0) ↔((Ri)3-0)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z

-	-	-	-	-

[Encoding] D6H, D7H

1 1 0 1	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 3 3

Hex: Encoding [A5]Encoding

XRL

Function: Logical Exclusive OR for variables

Description: Performs the bitwise logical Exclusive-OR operation between the specified variables, storing the results in the destination. The destination operand can be the accumulator, a register, or a direct address. The two operands allow 12 addressing mode combinations. When the destination is the accumulator or a register, the source addressing can be register, direct, register-indirect, or immediate; when the destination is a direct address, the source can be the accumulator or immediate data. Only the N and Z flags are affected.

Note: When this instruction is used to modify an output port, the value used as the original port data will be read from the output data latch, not the input pins.

XRL A,Rn

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) xor (Rn)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 68H - 6FH

0 1 1 0	1 r r r

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

XRL A,Direct

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) xor (direct)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 65H

0 1 1 0	0 1 0 1	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

XRL A,@Ri

Operation: (PC) ←(PC) + 1

(A) ←(A) xor ((Ri))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 66H, 67H

0 1 1 0	0 1 1 i

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 1 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding [A5]Encoding

XRL A,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(A) ←(A) xor #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 64H

0 1 1 0	0 1 0 1	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

XRL Direct,A

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(direct) ←(direct) xor (A)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 62H

0 1 1 0	0 0 1 0	direct address

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 2 2

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

XRL Direct,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(direct) ←(direct) xor #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 63H

0 1 1 0	0 0 1 1	direct address	immediate data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 3

Cycles: 1 1

Hex: Encoding Encoding

XRL Rmd,Rms

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(Rmd) ←(Rms) xor (Rmd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6CH

0	1	1	0	1	1	0	0	s	s	s	s	S	S	S	S

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

XRL WRjd,WRjs

Operation: (PC) ←(PC) + 2

(WRjd) ←(WRjs) xor (WRjd)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6DH

0	1	1	0	1	1	0	1	t	t	t	t	T	T	T	T

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 3 2

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

XRL Rm,#DATA

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) xor #data

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(s)0H

0	1	1	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	0	#data

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

XRL WRj,#DATA16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) xor #data16

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(t)4H

0	1	1	0	1	1	0	1	t	t	t	t	0	1	0	0	#data hi	#data lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

XRL Rm,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) xor (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(s)1H

0	1	1	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1 1

Hex: [A5]Encoding Encoding

XRL WRj,Dir8

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(WRj) ←(WRj) xor (dir8)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(t)5H

0	1	1	0	1	1	0	1	t	t	t	t	0	1	0	1	dir8

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 4 3

Cycles: 1(2 for SFR) 1(2 for SFR)

Hex: [A5]Encoding Encoding

XRL Rm,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(Rm) ←(Rm) xor (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(s)3H

0	1	1	0	1	1	1	0	s	s	s	s	0	0	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles: 2 2

Hex: [A5]Encoding Encoding

XRL WRj,Dir16

Operation: (PC) ←(PC) + 4

(WRj) ←(WRj) xor (dir16)

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(t)7H

0	1	1	0	1	1	0	1	t	t	t	t	0	1	1	1	dir16 hi	dir16 lo

Binary Mode **Source Mode**

Bytes: 5 4

Cycles:	2	2
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

XRL Rm,@WRj

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) xor ((WRj))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(t)9(s)0H

0	1	1	0	1	1	1	0	t	t	t	t	1	0	0	1	s	s	s	s	0	0	0	0

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	4	3
Cycles:	1	1
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

XRL Rm,@DRk

Operation: (PC) ←(PC) + 3

(Rm) ←(Rm) xor ((DRk))

Flags:

CY	AC	OV	N	Z
-	-	-	✓	✓

[Encoding] 6E(u)B(s)0H

0	1	1	0	1	1	1	0	u	u	u	u	1	0	1	1	s	s	s	s	0	0	0	0

	Binary Mode	**Source Mode**
Bytes:	4	3
Cycles:	3	3
Hex:	[A5]Encoding	Encoding

附录B 电气特性

绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
存储温度	-55	+125	℃
工作温度	-40	+85	℃
工作电压	1.9	5.5	V
VDD 对地电压	-0.3	+5.5	V
I/O 口对地电压	-0.3	VDD+0.3	V

直流特性（VSS=0V，VDD=5.0V，测试温度=25℃）

标号	参数	范围				测试环境
		最小值	典型值	最大值	单位	
I_{PD}	掉电模式电流	-	0.6	-	uA	
I_{WKT}	掉电唤醒定时器	-	4.4	-	uA	
I_{LVD}	低压检测模块	-	430	-	uA	
I_{IDL}	空闲模式电流（6MHz）	-	0.99	-	mA	
	空闲模式电流（11.0592MHz）	-	1.14	-	mA	
	空闲模式电流（24MHz）	-	1.37	-	mA	
	空闲模式电流（内部 32KHz）	-	0.57	-	mA	
I_{NOR}	正常模式电流（6MHz）	-	1.65	-	mA	
	正常模式电流（11.0592MHz）	-	2.29	-	mA	
	正常模式电流（24MHz）	-	3.49	-	mA	
	正常模式电流（内部 32KHz）	-	0.57	-	mA	
I_{CC}	普通工作模式电流	-	4	20	mA	
V_{IL1}	输入低电平	-	-	1.32	V	打开施密特触发
		-	-	1.48	V	关闭施密特触发
V_{IH1}	输入高电平（普通 I/O）	1.60	-	-	V	打开施密特触发
		1.54	-	-	V	关闭施密特触发
V_{IH2}	输入高电平（复位脚）	1.60	-	1.32	V	
I_{OL1}	输出低电平的灌电流	-	20	-	mA	端口电压 0.45V
I_{OH1}	输出高电平电流（双向模式）	200	270	-	uA	
I_{OH2}	输出高电平电流（推挽模式）	-	20	-	mA	端口电压 2.4V
I_{IL}	逻辑 0 输入电流	-	-	50	uA	端口电压 0V
I_{TL}	逻辑 1 到 0 的转移电流	100	270	600	uA	端口电压 2.0V
R_{PU}	I/O 口上拉电阻	4.1	4.2	4.4	KΩ	

直流特性（VSS=0V，VDD=3.3V，测试温度=25℃）

标号	参数	范围				测试环境
		最小值	典型值	最大值	单位	
I_{PD}	掉电模式电流	-	0.4	-	uA	
I_{WKT}	掉电唤醒定时器	-	1.5	-	uA	
I_{LVD}	低压检测模块	-	364	-	uA	
I_{IDL}	空闲模式电流（6MHz）	-	0.89	-	mA	
	空闲模式电流（11.0592MHz）	-	1.05	-	mA	
	空闲模式电流（24MHz）	-	1.28	-	mA	
	空闲模式电流（内部 32KHz）	-	0.47	-	mA	
I_{NOR}	正常模式电流（6MHz）	-	1.55	-	mA	
	正常模式电流（11.0592MHz）	-	2.19	-	mA	
	正常模式电流（24MHz）	-	3.38	-	mA	
	正常模式电流（内部 32KHz）	-	0.47	-	mA	
I_{CC}	普通工作模式电流	-	4	20	mA	
V_{IL1}	输入低电平	-	-	0.99	V	打开施密特触发
		-	-	1.07	V	关闭施密特触发
V_{IH1}	输入高电平（普通 I/O）	1.18	-	-	V	打开施密特触发
		1.09	-	-	V	关闭施密特触发
V_{IH2}	输入高电平（复位脚）	1.18	-	0.99	V	
I_{OL1}	输出低电平的灌电流	-	20	-	mA	端口电压 0.45V
I_{OH1}	输出高电平电流（双向模式）	200	270	-	uA	
I_{OH2}	输出高电平电流（推挽模式）	-	20	-	mA	端口电压 2.4V
I_{IL}	逻辑 0 输入电流	-	-	50	uA	端口电压 0V
I_{TL}	逻辑 1 到 0 的转移电流	100	270	600	uA	端口电压 2.0V
R_{PU}	I/O 口上拉电阻	5.8	5.9	6.0	KΩ	

内部 IRC 温漂特性（参考温度 25℃）

温度	范围		
	最小值	典型值	最大值
-40℃～85℃		-1.38%～+1.42%	
-20℃～65℃		-0.88%～+1.05%	

低压复位门槛电压（测试温度 25℃）

级别	电压		
	最小值	典型值	最大值
POR		1.9V	
LVR0		2.0V	
LVR1		2.4V	
LVR2		2.7V	
LVR3		3.0V	

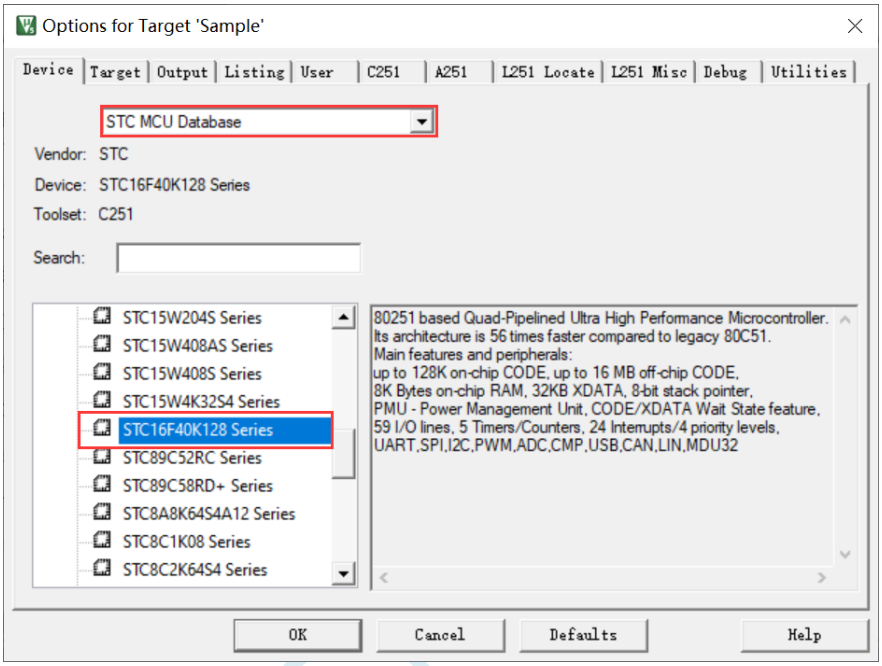
附录C 注意事项

1. 暂无 EEPROM/DATA-FLASH 功能，即相关的 IAP 寄存器不要使用；
2. P7.6/P7.7 暂无第 3 组 I2C 功能，有第 1 组、第 2 组、第 4 组 I2C 功能；
3. A 组 PWM2 暂时无法在 P5.4 口（PWM2P）进行捕获（可切换到其它口进行捕获），可对外输出；
4. A 组 PWM4 暂时无法在 P3.4(PWM4P_4)和 P6.6(PWM4P_3)口进行捕获（可切换到其它口进行捕获），可对外输出；
5. 暂无 POF 标志位；
6. C 语言注意事项：不要使用 sbit 关键字对传统 8 位 8051 以外的 16 位 8051 扩充地址空间进行位声明，后续版本会支持。
7. 第一次送样芯片可使用的程序存储器空间只有 120K，前 60K（FE0000H-FEEFFFH），后 60K（FF0000H- FFEFFFH），后 60K 的空间暂时还不能使用，后续改善。

附录D STC16 使用 Keil 开发注意事项

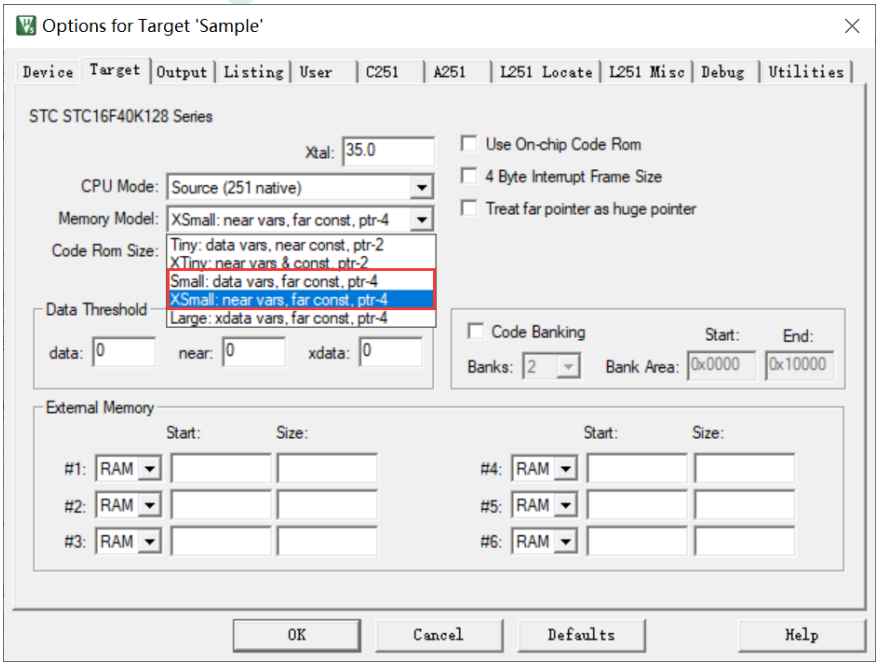
一、芯片选择

通过 STC-ISP 软件添加型号跟头文件到 Keil 中之后（详见 5.2 章节），在 Keil 的“Options for Target”→“Device”选择“STC MCU Database”栏目里 STC16 对应的型号：



二、Memory Model 设置

推荐设置为“Small”或者“XSmall”模式，这两种模式默认将变量定义在内部 RAM(edata)，单时钟周期存取，访问速度快；不推荐使用“Large”模式，该模式默认将变量定义在内部扩展 RAM(xdata)里面，存取需要 3 个时钟周期，访问速度慢：



三、寄存器定义

STC 的 8 位芯片对于 16 位寄存器可以使用 int 方式进行定义跟使用，例如：

```
#define PWMA_CCR1          (*(unsigned int volatile xdata *)0xfed5)
```

而 STC16 不能使用这种方式进行定义，只能分开两个 8 位寄存器进行定义，例如：

```
#define PWMA_CCR1H         (*(unsigned char volatile far *)0x7efed5)
#define PWMA_CCR1L         (*(unsigned char volatile far *)0x7efed6)
```

因为 8 位芯片里面这么定义，最终访问是按字节访问。但是 STC16 如果这么定义，会按 WORD 访问。SFR 和 XFR 都只能按字节访问。

四、变量定义

使用 MOVX A,@Ri 和 MOVX @Ri,A 时，XRAM[23:16]地址由 MXAX 设置，XRAM[15:8]由 P2 口设置，XRAM[7:0]由 Ri 设置，由于 STC16 的 XRAM 地址范围为 0x10000~0x17FFF，所以 STC16 使用 pdata 定义变量时，需要设置 MXAX = 0x01（上电默认值），P2 = 0x00~0x7F。

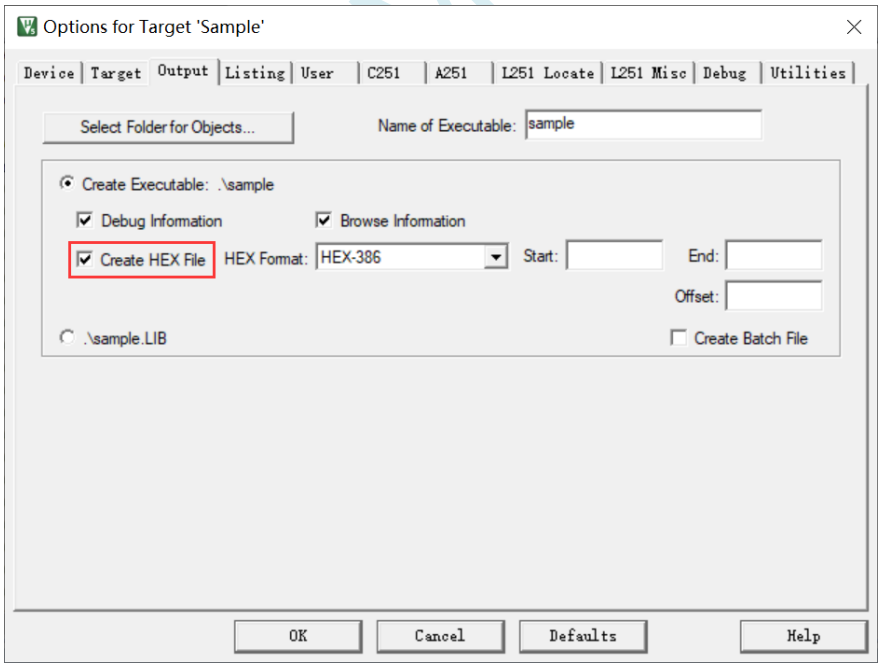
建议使用 xdata, idata, edata, data 等其它方式进行定义。

五、xdata 使用注意

定义变量时可将单字节变量定义在 xdata 里面，多字节（2 字节、4 字节）变量需要定义在 edata 里面。后续版本会取消这种使用限制。

六、生成 HEX 文件

在 Keil 的“Options for Target”→“OutPut”勾选“Create HEX File”选项，编译后才会生成 HEX 文件：



附录E STC16 头文件

C 语言

```
#ifndef __STC16_H_
#define __STC16_H_

//////////////////////////////////////////////
//SFR:80H-SFR:FFH
//////////////////////////////////////////////

sfr P0          =   0x80;
sbit P00        =   P0^0;
sbit P01        =   P0^1;
sbit P02        =   P0^2;
sbit P03        =   P0^3;
sbit P04        =   P0^4;
sbit P05        =   P0^5;
sbit P06        =   P0^6;
sbit P07        =   P0^7;
sfr SP          =   0x81;
sfr DPL         =   0x82;
sfr DPH         =   0x83;
sfr DPXL        =   0x84;
sfr USBCLK      =   0x85;
sfr DPS         =   0x86;
sfr PCON        =   0x87;
sfr TCON        =   0x88;
sfr TMOD        =   0x89;
sfr TL0         =   0x8a;
sfr TL1         =   0x8b;
sfr TH0         =   0x8c;
sfr TH1         =   0x8d;
sfr CKCON       =   0x8e;
sfr DMAIR       =   0x8f;
sfr P1          =   0x90;
sbit P10        =   P1^0;
sbit P11        =   P1^1;
sbit P12        =   P1^2;
sbit P13        =   P1^3;
sbit P14        =   P1^4;
sbit P15        =   P1^5;
sbit P16        =   P1^6;
sbit P17        =   P1^7;
```

```
sfr USBCON      =   0x91;
sfr WTST        =   0x92;
sfr AUXR        =   0x93;
sfr AUXR2       =   0x94;
sfr INTCLKO     =   0x95;
sfr USBADR      =   0x96;
sfr USBDAT      =   0x97;
sfr SCON        =   0x98;
sfr SBUF        =   0x99;
sfr P_SW1       =   0x9a;
sfr P_SW2       =   0x9b;
sfr BGTRIM      =   0x9c;
sfr VRTRIM      =   0x9d;
sfr LIRTRIM     =   0x9e;
sfr IRTRIM      =   0x9f;
sfr P2          =   0xa0;
sbit P20        =   P2^0;
sbit P21        =   P2^1;
sbit P22        =   P2^2;
sbit P23        =   P2^3;
sbit P24        =   P2^4;
sbit P25        =   P2^5;
sbit P26        =   P2^6;
sbit P27        =   P2^7;
sfr CANICR      =   0xa1;
sfr CANAR       =   0xa2;
sfr CANDR       =   0xa3;
sfr MACDR0      =   0xa4;
sfr MACDR1      =   0xa5;
sfr MACDR2      =   0xa6;
sfr MACDR3      =   0xa7;
sfr IE          =   0xa8;
sfr IRCBAND     =   0xa9;
sfr WKTCL       =   0xaa;
sfr WKTCH       =   0xab;
sfr VOCTRL      =   0xac;
sfr VOSEL       =   0xad;
sfr MACADDR     =   0xae;
sfr MACDATA     =   0xaf;
sfr P3          =   0xb0;
sbit P30        =   P3^0;
sbit P31        =   P3^1;
sbit P32        =   P3^2;
sbit P33        =   P3^3;
sbit P34        =   P3^4;
sbit P35        =   P3^5;
```

```
sbit P36        =   P3^6;
sbit P37        =   P3^7;
sfr LINICR      =   0xb1;
sfr LINAR       =   0xb2;
sfr LINDR       =   0xb3;
sfr CMPCR1      =   0xb4;
sfr CMPCR2      =   0xb5;
sfr IP2H        =   0xb6;
sfr IPH         =   0xb7;
sfr IP          =   0xb8;
sfr SPSTAT      =   0xb9;
sfr SPCTL       =   0xba;
sfr SPDAT       =   0xbb;
sfr S4CON       =   0xbc;
sfr S4BUF       =   0xbd;
sfr SPH         =   0xbe;
sfr BUS_SPEED   =   0xbf;
sfr P4          =   0xc0;
sbit P40        =   P4^0;
sbit P41        =   P4^1;
sbit P42        =   P4^2;
sbit P43        =   P4^3;
sbit P44        =   P4^4;
sbit P45        =   P4^5;
sbit P46        =   P4^6;
sbit P47        =   P4^7;
sfr DID         =   0xc1;
sfr IAP_DATA    =   0xc2;
sfr IAP_ADDRH   =   0xc3;
sfr IAP_ADDRL   =   0xc4;
sfr IAP_CMD     =   0xc5;
sfr IAP_TRIG    =   0xc6;
sfr IAP_CONTR   =   0xc7;
sfr P5          =   0xc8;
sbit P50        =   P5^0;
sbit P51        =   P5^1;
sbit P52        =   P5^2;
sbit P53        =   P5^3;
sbit P54        =   P5^4;
sbit P55        =   P5^5;
sbit P56        =   P5^6;
sbit P57        =   P5^7;
sfr T4H         =   0xc9;
sfr T4L         =   0xca;
sfr T3H         =   0xcb;
sfr T3L         =   0xcc;
```

```
sfr T2H         =   0xcd;
sfr T2L         =   0xce;
sfr DEVICE      =   0xcf;
sfr PSW         =   0xd0;
sfr PSW1        =   0xd1;
sfr P7M1        =   0xd2;
sfr P7M0        =   0xd3;
sfr RTCCON      =   0xd4;
sfr RTCSEC      =   0xd5;
sfr RTCREG      =   0xd6;
sfr RTCICR      =   0xd7;
sfr RSTIF       =   0xd8;
sfr ICECR       =   0xd9;
sfr AUXINTIF    =   0xda;
sfr T4T3M       =   0xdb;
sfr ADC_CONTR   =   0xdc;
sfr ADC_RES     =   0xdd;
sfr ADC_RESL    =   0xde;
sfr ADCCFG      =   0xdf;
sfr ACC         =   0xe0;
sfr SADDR       =   0xe1;
sfr SADEN       =   0xe2;
sfr S2CON       =   0xe3;
sfr S2BUF       =   0xe4;
sfr S3CON       =   0xe5;
sfr S3BUF       =   0xe6;
sfr IE2         =   0xe7;
sfr P6          =   0xe8;
sbit P60        =   P6^0;
sbit P61        =   P6^1;
sbit P62        =   P6^2;
sbit P63        =   P6^3;
sbit P64        =   P6^4;
sbit P65        =   P6^5;
sbit P66        =   P6^6;
sbit P67        =   P6^7;
sfr STATUS      =   0xe9;
sfr MXAX        =   0xea;
sfr TA          =   0xeb;
sfr P5M1        =   0xec;
sfr P5M0        =   0xed;
sfr P6M1        =   0xee;
sfr P6M0        =   0xef;
sfr B           =   0xf0;
sfr P0M1        =   0xf1;
sfr P0M0        =   0xf2;
```

```
sfr P1M1        =   0xf3;
sfr P1M0        =   0xf4;
sfr P2M1        =   0xf5;
sfr P2M0        =   0xf6;
sfr IAP_TPS     =   0xf7;
sfr P7          =   0xf8;
sbit P70        =   P7^0;
sbit P71        =   P7^1;
sbit P72        =   P7^2;
sbit P73        =   P7^3;
sbit P74        =   P7^4;
sbit P75        =   P7^5;
sbit P76        =   P7^6;
sbit P77        =   P7^7;
sfr P3M1        =   0xf9;
sfr P3M0        =   0xfa;
sfr P4M1        =   0xfb;
sfr P4M0        =   0xfc;
sfr WDT_CONTR   =   0xfd;
sfr IP2         =   0xfe;
sfr RSTCFG      =   0xff;

/*  BIT Register  */
/*  PSW   */
sbit CY         = 0xD7;
sbit AC         = 0xD6;
sbit F0         = 0xD5;
sbit RS1        = 0xD4;
sbit RS0        = 0xD3;
sbit OV         = 0xD2;
sbit F1         = 0xD1;
sbit P          = 0xD0;

/*  TCON  */
sbit TF1        = 0x8F;
sbit TR1        = 0x8E;
sbit TF0        = 0x8D;
sbit TR0        = 0x8C;
sbit IE1        = 0x8B;
sbit IT1        = 0x8A;
sbit IE0        = 0x89;
sbit IT0        = 0x88;

/*  IE   */
sbit EA         = 0xAF;
sbit ELVD       = 0xAE;
sbit EADC       = 0xAD;
```

```
sbit ES              = 0xAC;
sbit ET1             = 0xAB;
sbit EX1             = 0xAA;
sbit ET0             = 0xA9;
sbit EX0             = 0xA8;

/*  IP   */
sbit PS              = 0xBC;
sbit PT1             = 0xBB;
sbit PX1             = 0xBA;
sbit PT0             = 0xB9;
sbit PX0             = 0xB8;

/*  P3   */
sbit RD              = 0xB7;
sbit WR              = 0xB6;
sbit T1              = 0xB5;
sbit T0              = 0xB4;
sbit INT1            = 0xB3;
sbit INT0            = 0xB2;
sbit TXD             = 0xB1;
sbit RXD             = 0xB0;

/*  SCON   */
sbit SM0             = 0x9F;
sbit SM1             = 0x9E;
sbit SM2             = 0x9D;
sbit REN             = 0x9C;
sbit TB8             = 0x9B;
sbit RB8             = 0x9A;
sbit TI              = 0x99;
sbit RI              = 0x98;

//////////////////////////////////////////////
//7E:FE00H-7E:FEFFH
//////////////////////////////////////////////

#define CKSEL           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe00)
#define CLKDIV          (*(unsigned char volatile far *)0x7efe01)
#define IRC24MCR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efe02)
#define XOSCCR          (*(unsigned char volatile far *)0x7efe03)
#define IRC32KCR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efe04)
#define PLLCR           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe05)
#define USBCON1         (*(unsigned char volatile far *)0x7efe06)
#define MCLKOCR         (*(unsigned char volatile far *)0x7efe07)
#define IRC48MCR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efe08)
#define IRC48ATRIM      (*(unsigned char volatile far *)0x7efe09)
```

```
#define IRC48BTRIM      (*(unsigned char volatile far *)0x7efe0a)
#define IRCDB           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe0b)

#define P0PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe10)
#define P1PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe11)
#define P2PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe12)
#define P3PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe13)
#define P4PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe14)
#define P5PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe15)
#define P6PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe16)
#define P7PU            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe17)
#define P0NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe18)
#define P1NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe19)
#define P2NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe1a)
#define P3NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe1b)
#define P4NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe1c)
#define P5NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe1d)
#define P6NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe1e)
#define P7NCS           (*(unsigned char volatile far *)0x7efe1f)
#define P0SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe20)
#define P1SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe21)
#define P2SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe22)
#define P3SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe23)
#define P4SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe24)
#define P5SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe25)
#define P6SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe26)
#define P7SR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe27)
#define P0DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe28)
#define P1DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe29)
#define P2DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe2a)
#define P3DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe2b)
#define P4DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe2c)
#define P5DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe2d)
#define P6DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe2e)
#define P7DR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe2f)
#define P0IE            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe30)
#define P1IE            (*(unsigned char volatile far *)0x7efe31)

#define I2CCFG          (*(unsigned char volatile far *)0x7efe80)
#define I2CMSCR         (*(unsigned char volatile far *)0x7efe81)
#define I2CMSST         (*(unsigned char volatile far *)0x7efe82)
#define I2CSLCR         (*(unsigned char volatile far *)0x7efe83)
#define I2CSLST         (*(unsigned char volatile far *)0x7efe84)
#define I2CSLADR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efe85)
#define I2CTXD          (*(unsigned char volatile far *)0x7efe86)
#define I2CRXD          (*(unsigned char volatile far *)0x7efe87)
```

```
#define I2CMSAUX        (*(unsigned char volatile far *)0x7efe88)

#define TIMER2PS        (*(unsigned char volatile far *)0x7efea2)
#define TIMER3PS        (*(unsigned char volatile far *)0x7efea3)
#define TIMER4PS        (*(unsigned char volatile far *)0x7efea4)

#define ADCTIM          (*(unsigned char volatile far *)0x7efeab)
#define T3T4PS          (*(unsigned char volatile far *)0x7efeac)

#define PWM1_ETRPS      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb0)
#define PWM1_ENO        (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb1)
#define PWM1_PS         (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb2)
#define PWM1_IOAUX      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb3)
#define PWM2_ETRPS      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb4)
#define PWM2_ENO        (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb5)
#define PWM2_PS         (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb6)
#define PWM2_IOAUX      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb7)

#define PWMA_ETRPS      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb0)
#define PWMA_ENO        (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb1)
#define PWMA_PS         (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb2)
#define PWMA_IOAUX      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb3)
#define PWMB_ETRPS      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb4)
#define PWMB_ENO        (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb5)
#define PWMB_PS         (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb6)
#define PWMB_IOAUX      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeb7)

#define PWM1_CR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec0)
#define PWM1_CR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec1)
#define PWM1_SMCR       (*(unsigned char volatile far *)0x7efec2)
#define PWM1_ETR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec3)
#define PWM1_IER        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec4)
#define PWM1_SR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec5)
#define PWM1_SR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec6)
#define PWM1_EGR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec7)
#define PWM1_CCMR1      (*(unsigned char volatile far *)0x7efec8)
#define PWM1_CCMR2      (*(unsigned char volatile far *)0x7efec9)
#define PWM1_CCMR3      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeca)
#define PWM1_CCMR4      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecb)
#define PWM1_CCER1      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecc)
#define PWM1_CCER2      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecd)
#define PWM1_CNTRH      (*(unsigned char volatile far *)0x7efece)
#define PWM1_CNTRL      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecf)
#define PWM1_PSCRH      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed0)
#define PWM1_PSCRL      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed1)
#define PWM1_ARRH       (*(unsigned char volatile far *)0x7efed2)
```

```
#define PWM1_ARRL       (*(unsigned char volatile far *)0x7efed3)
#define PWM1_RCR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efed4)
#define PWM1_CCR1H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed5)
#define PWM1_CCR1L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed6)
#define PWM1_CCR2H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed7)
#define PWM1_CCR2L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed8)
#define PWM1_CCR3H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed9)
#define PWM1_CCR3L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeda)
#define PWM1_CCR4H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efedb)
#define PWM1_CCR4L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efedc)
#define PWM1_BKR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efedd)
#define PWM1_DTR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efede)
#define PWM1_OISR       (*(unsigned char volatile far *)0x7efedf)

#define PWM2_CR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee0)
#define PWM2_CR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee1)
#define PWM2_SMCR       (*(unsigned char volatile far *)0x7efee2)
#define PWM2_ETR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee3)
#define PWM2_IER        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee4)
#define PWM2_SR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee5)
#define PWM2_SR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee6)
#define PWM2_EGR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee7)
#define PWM2_CCMR1      (*(unsigned char volatile far *)0x7efee8)
#define PWM2_CCMR2      (*(unsigned char volatile far *)0x7efee9)
#define PWM2_CCMR3      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeea)
#define PWM2_CCMR4      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeeb)
#define PWM2_CCER1      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeec)
#define PWM2_CCER2      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeed)
#define PWM2_CNTRH      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeee)
#define PWM2_CNTRL      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeef)
#define PWM2_PSCRH      (*(unsigned char volatile far *)0x7efef0)
#define PWM2_PSCRL      (*(unsigned char volatile far *)0x7efef1)
#define PWM2_ARRH       (*(unsigned char volatile far *)0x7efef2)
#define PWM2_ARRL       (*(unsigned char volatile far *)0x7efef3)
#define PWM2_RCR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efef4)
#define PWM2_CCR5H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efef5)
#define PWM2_CCR5L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efef6)
#define PWM2_CCR6H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efef7)
#define PWM2_CCR6L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efef8)
#define PWM2_CCR7H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efef9)
#define PWM2_CCR7L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efefa)
#define PWM2_CCR8H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efefb)
#define PWM2_CCR8L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efefc)
#define PWM2_BKR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efefd)
#define PWM2_DTR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efefe)
#define PWM2_OISR       (*(unsigned char volatile far *)0x7efeff)
```

```
#define PWMA_CR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec0)
#define PWMA_CR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec1)
#define PWMA_SMCR       (*(unsigned char volatile far *)0x7efec2)
#define PWMA_ETR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec3)
#define PWMA_IER        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec4)
#define PWMA_SR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec5)
#define PWMA_SR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec6)
#define PWMA_EGR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efec7)
#define PWMA_CCMR1      (*(unsigned char volatile far *)0x7efec8)
#define PWMA_CCMR2      (*(unsigned char volatile far *)0x7efec9)
#define PWMA_CCMR3      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeca)
#define PWMA_CCMR4      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecb)
#define PWMA_CCER1      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecc)
#define PWMA_CCER2      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecd)
#define PWMA_CNTRH      (*(unsigned char volatile far *)0x7efece)
#define PWMA_CNTRL      (*(unsigned char volatile far *)0x7efecf)
#define PWMA_PSCRH      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed0)
#define PWMA_PSCRL      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed1)
#define PWMA_ARRH       (*(unsigned char volatile far *)0x7efed2)
#define PWMA_ARRL       (*(unsigned char volatile far *)0x7efed3)
#define PWMA_RCR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efed4)
#define PWMA_CCR1H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed5)
#define PWMA_CCR1L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed6)
#define PWMA_CCR2H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed7)
#define PWMA_CCR2L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed8)
#define PWMA_CCR3H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efed9)
#define PWMA_CCR3L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeda)
#define PWMA_CCR4H      (*(unsigned char volatile far *)0x7efedb)
#define PWMA_CCR4L      (*(unsigned char volatile far *)0x7efedc)
#define PWMA_BKR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efedd)
#define PWMA_DTR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efede)
#define PWMA_OISR       (*(unsigned char volatile far *)0x7efedf)

#define PWMB_CR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee0)
#define PWMB_CR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee1)
#define PWMB_SMCR       (*(unsigned char volatile far *)0x7efee2)
#define PWMB_ETR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee3)
#define PWMB_IER        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee4)
#define PWMB_SR1        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee5)
#define PWMB_SR2        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee6)
#define PWMB_EGR        (*(unsigned char volatile far *)0x7efee7)
#define PWMB_CCMR1      (*(unsigned char volatile far *)0x7efee8)
#define PWMB_CCMR2      (*(unsigned char volatile far *)0x7efee9)
#define PWMB_CCMR3      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeea)
#define PWMB_CCMR4      (*(unsigned char volatile far *)0x7efeeb)
```

```
#define PWMB_CCER1          (*(unsigned char volatile far *)0x7efeec)
#define PWMB_CCER2          (*(unsigned char volatile far *)0x7efeed)
#define PWMB_CNTRH          (*(unsigned char volatile far *)0x7efeee)
#define PWMB_CNTRL          (*(unsigned char volatile far *)0x7efeef)
#define PWMB_PSCRH          (*(unsigned char volatile far *)0x7efef0)
#define PWMB_PSCRL          (*(unsigned char volatile far *)0x7efef1)
#define PWMB_ARRH           (*(unsigned char volatile far *)0x7efef2)
#define PWMB_ARRL           (*(unsigned char volatile far *)0x7efef3)
#define PWMB_RCR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efef4)
#define PWMB_CCR5H          (*(unsigned char volatile far *)0x7efef5)
#define PWMB_CCR5L          (*(unsigned char volatile far *)0x7efef6)
#define PWMB_CCR6H          (*(unsigned char volatile far *)0x7efef7)
#define PWMB_CCR6L          (*(unsigned char volatile far *)0x7efef8)
#define PWMB_CCR7H          (*(unsigned char volatile far *)0x7efef9)
#define PWMB_CCR7L          (*(unsigned char volatile far *)0x7efefa)
#define PWMB_CCR8H          (*(unsigned char volatile far *)0x7efefb)
#define PWMB_CCR8L          (*(unsigned char volatile far *)0x7efefc)
#define PWMB_BKR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efefd)
#define PWMB_DTR            (*(unsigned char volatile far *)0x7efefe)
#define PWMB_OISR           (*(unsigned char volatile far *)0x7efeff)

//////////////////////////////////////////////
//DCAN Control Regiter
//////////////////////////////////////////////

#define MR          0x00
#define CMR         0x01
#define SR          0x02
#define ISR         0x03
#define IMR         0x04
#define RMC         0x05
#define BTR0        0x06
#define BTR1        0x07
#define TM0         0x06
#define TM1         0x07
#define TX_BUF0     0x08
#define TX_BUF1     0x09
#define TX_BUF2     0x0a
#define TX_BUF3     0x0b
#define RX_BUF0     0x0c
#define RX_BUF1     0x0d
#define RX_BUF2     0x0e
#define RX_BUF3     0x0f
#define ACR0        0x10
#define ACR1        0x11
#define ACR2        0x12
```

```
#define ACR3        0x13
#define AMR0        0x14
#define AMR1        0x15
#define AMR2        0x16
#define AMR3        0x17
#define ECC         0x18
#define TXERR       0x19
#define RXERR       0x1a
#define ALC         0x1b

//////////////////////////////////////////////
//LIN Control Regiter
//////////////////////////////////////////////

#define LBUF        0x00
#define LSEL        0x01
#define LID         0x02
#define LER         0x03
#define LIE         0x04
#define LSR         0x05
#define LCR         0x05
#define DLL         0x06
#define DLH         0x07
#define HDRL        0x08
#define HDRH        0x09
#define HDP         0x0A

//////////////////////////////////////////////
//Interrupt Vector
//////////////////////////////////////////////

#define INT0_VECTOR             0       //0003H
#define TMR0_VECTOR             1       //000BH
#define INT1_VECTOR             2       //0013H
#define TMR1_VECTOR             3       //001BH
#define UART1_VECTOR            4       //0023H
#define ADC_VECTOR              5       //002BH
#define LVD_VECTOR              6       //0033H
#define PWM1_VECTOR             7       //003BH
#define UART2_VECTOR            8       //0043H
#define SPI_VECTOR              9       //004BH
#define INT2_VECTOR             10      //0053H
#define INT3_VECTOR             11      //005BH
#define TMR2_VECTOR             12      //0063H
#define USER_VECTOR             13      //006BH
#define INT4_VECTOR             16      //0083H
#define UART3_VECTOR            17      //008BH
#define UART4_VECTOR            18      //0093H
```

```
#define TMR3_VECTOR     19      //009BH
#define TMR4_VECTOR     20      //00A3H
#define CMP_VECTOR      21      //00ABH
#define USB_VECTOR      22      //00B3H
#define PWM2_VECTOR     23      //00BBH
#define I2C_VECTOR      24      //00C3H
#define CAN_VECTOR      28      //00E3H
#define LIN_VECTOR      29      //00EBH

//////////////////////////////////////////////

#endif
```

汇编

```
;STC16.INC

P0          DATA    080H
SP          DATA    081H
DPL         DATA    082H
DPH         DATA    083H
DPXL        DATA    084H
USBCLK      DATA    085H
DPS         DATA    086H
PCON        DATA    087H
TCON        DATA    088H
TMOD        DATA    089H
TL0         DATA    08AH
TL1         DATA    08BH
TH0         DATA    08CH
TH1         DATA    08DH
CKCON       DATA    08EH
DMAIR       DATA    08FH
P1          DATA    090H
USBCON      DATA    091H
WTST        DATA    092H
AUXR        DATA    093H
AUXR2       DATA    094H
INTCLKO     DATA    095H
USBADR      DATA    096H
USBDAT      DATA    097H
SCON        DATA    098H
SCON0       DATA    098H
SBUF        DATA    099H
SBUF0       DATA    099H
P_SW1       DATA    09AH
P_SW2       DATA    09BH
BGTRIM      DATA    09CH
VRTRIM      DATA    09DH
LITRIM      DATA    09EH
IRTRIM      DATA    09FH
P2          DATA    0A0H
CANICR      DATA    0A1H
CANAR       DATA    0A2H
```

```
CANDR       DATA    0A3H
MACDR0      DATA    0A4H
MACDR1      DATA    0A5H
MACDR2      DATA    0A6H
MACDR3      DATA    0A7H
IE          DATA    0A8H
IRCBAND     DATA    0A9H
WKTCL       DATA    0AAH
WKTCH       DATA    0ABH
VOCTRL      DATA    0ACH
VOSEL       DATA    0ADH
MACADDR     DATA    0AEH
MACDATA     DATA    0AFH
P3          DATA    0B0H
LINICR      DATA    0B1H
LINAR       DATA    0B2H
LINDR       DATA    0B3H
CMPCR1      DATA    0B4H
CMPCR2      DATA    0B5H
EIPH        DATA    0B6H
IPH         DATA    0B7H
IP          DATA    0B8H
SPSTAT      DATA    0B9H
SPCTL       DATA    0BAH
SPDAT       DATA    0BBH
S4CON       DATA    0BCH
S4BUF       DATA    0BDH
SPH         DATA    0BEH
BUSSPD      DATA    0BFH
P4          DATA    0C0H
DID         DATA    0C1H
IAPDAT      DATA    0C2H
IAPADRH     DATA    0C3H
IAPADRL     DATA    0C4H
IAPCMD      DATA    0C5H
IAPTRIG     DATA    0C6H
IAP_CONTR   DATA    0C7H
P5          DATA    0C8H
TH4         DATA    0C9H
TL4         DATA    0CAH
TH3         DATA    0CBH
TL3         DATA    0CCH
TH2         DATA    0CDH
TL2         DATA    0CEH
T4H         DATA    0C9H
T4L         DATA    0CAH
T3H         DATA    0CBH
T3L         DATA    0CCH
T2H         DATA    0CDH
T2L         DATA    0CEH
DEVICR      DATA    0CFH
PSW         DATA    0D0H
PSW1        DATA    0D1H
P7M1        DATA    0D2H
P7M0        DATA    0D3H
RTCCON      DATA    0D4H
RTCSEC      DATA    0D5H
RTCREG      DATA    0D6H
RTCICR      DATA    0D7H
```

```
RSTIF       DATA    0D8H
ICECR       DATA    0D9H
AUXINTIF    DATA    0DAH
T4T3M       DATA    0DBH
ADC_CONTR   DATA    0DCH
ADC_RES     DATA    0DDH
ADC_RESL    DATA    0DEH
ADCCFG      DATA    0DFH
ACC         DATA    0E0H
SADDR       DATA    0E1H
SADEN       DATA    0E2H
S2CON       DATA    0E3H
S2BUF       DATA    0E4H
S3CON       DATA    0E5H
S3BUF       DATA    0E6H
EIE         DATA    0E7H
IE2         DATA    0E7H
P6          DATA    0E8H
STATUS      DATA    0E9H
MXAX        DATA    0EAH
TA          DATA    0EBH
P5M1        DATA    0ECH
P5M0        DATA    0EDH
P6M1        DATA    0EEH
P6M0        DATA    0EFH
B           DATA    0F0H
P0M1        DATA    0F1H
P0M0        DATA    0F2H
P1M1        DATA    0F3H
P1M0        DATA    0F4H
P2M1        DATA    0F5H
P2M0        DATA    0F6H
P7          DATA    0F8H
P3M1        DATA    0F9H
P3M0        DATA    0FAH
P4M1        DATA    0FBH
P4M0        DATA    0FCH
WDT_CONTR   DATA    0FDH
EIPL        DATA    0FEH
RSTCFG      DATA    0FFH

P07         BIT     P0.7
P06         BIT     P0.6
P05         BIT     P0.5
P04         BIT     P0.4
P03         BIT     P0.3
P02         BIT     P0.2
P01         BIT     P0.1
P00         BIT     P0.0
P17         BIT     P1.7
P16         BIT     P1.6
P15         BIT     P1.5
P14         BIT     P1.4
P13         BIT     P1.3
P12         BIT     P1.2
P11         BIT     P1.1
P10         BIT     P1.0
P27         BIT     P2.7
P26         BIT     P2.6
```

```
P25     BIT     P2.5
P24     BIT     P2.4
P23     BIT     P2.3
P22     BIT     P2.2
P21     BIT     P2.1
P20     BIT     P2.0
P37     BIT     P3.7
P36     BIT     P3.6
P35     BIT     P3.5
P34     BIT     P3.4
P33     BIT     P3.3
P32     BIT     P3.2
P31     BIT     P3.1
P30     BIT     P3.0
P47     BIT     P4.7
P46     BIT     P4.6
P45     BIT     P4.5
P44     BIT     P4.4
P43     BIT     P4.3
P42     BIT     P4.2
P41     BIT     P4.1
P40     BIT     P4.0
P57     BIT     P5.7
P56     BIT     P5.6
P55     BIT     P5.5
P54     BIT     P5.4
P53     BIT     P5.3
P52     BIT     P5.2
P51     BIT     P5.1
P50     BIT     P5.0
P67     BIT     P6.7
P66     BIT     P6.6
P65     BIT     P6.5
P64     BIT     P6.4
P63     BIT     P6.3
P62     BIT     P6.2
P61     BIT     P6.1
P60     BIT     P6.0
P77     BIT     P7.7
P76     BIT     P7.6
P75     BIT     P7.5
P74     BIT     P7.4
P73     BIT     P7.3
P72     BIT     P7.2
P71     BIT     P7.1
P70     BIT     P7.0

IT0     BIT     TCON.0
IE0     BIT     TCON.1
IT1     BIT     TCON.2
IE1     BIT     TCON.3
TR0     BIT     TCON.4
TF0     BIT     TCON.5
TR1     BIT     TCON.6
TF1     BIT     TCON.7

RI0     BIT     SCON0.0
TI0     BIT     SCON0.1
RB08    BIT     SCON0.2
```

```
TB08        BIT     SCON0.3
REN0        BIT     SCON0.4
SM02        BIT     SCON0.5
SM01        BIT     SCON0.6
SM00        BIT     SCON0.7
RI          BIT     SCON.0
TI          BIT     SCON.1
RB8         BIT     SCON.2
TB8         BIT     SCON.3
REN         BIT     SCON.4
SM2         BIT     SCON.5
SM1         BIT     SCON.6
SM0         BIT     SCON.7

EX0         BIT     IE.0
ET0         BIT     IE.1
EX1         BIT     IE.2
ET1         BIT     IE.3
ES0         BIT     IE.4
ES          BIT     IE.4
EADC        BIT     IE.5
ELVD        BIT     IE.6
EA          BIT     IE.7

PX0         BIT     IP.0
PT0         BIT     IP.1
PX1         BIT     IP.2
PT1         BIT     IP.3
PS0         BIT     IP.4
PS          BIT     IP.4
PADC        BIT     IP.5
PLVD        BIT     IP.6
PPWM        BIT     IP.6

P           BIT     PSW.0
F1          BIT     PSW.1
OV          BIT     PSW.2
RS0         BIT     PSW.3
RS1         BIT     PSW.4
F0          BIT     PSW.5
AC          BIT     PSW.6
CY          BIT     PSW.7

RXD         BIT     P3.0
TXD         BIT     P3.1
INT0        BIT     P3.2
INT1        BIT     P3.3
T0          BIT     P3.4
T1          BIT     P3.5
WR          BIT     P3.6
RD          BIT     P3.7

;ES2        BIT     EIE.0
;ESPI       BIT     EIE.1
;ET2        BIT     EIE.2
;ES3        BIT     EIE.3
;ES4        BIT     EIE.4
;ET3        BIT     EIE.5
;ET4        BIT     EIE.6
```

```
CKSEL       EQU     007EFE00H
CLKDIV      EQU     007EFE01H
IRC24MCR    EQU     007EFE02H
XOSCCR      EQU     007EFE03H
IRC32KCR    EQU     007EFE04H
PLLSEL      EQU     007EFE05H
USBCON1     EQU     007EFE06H
MCLKOCR     EQU     007EFE07H
P0PU        EQU     007EFE10H
P1PU        EQU     007EFE11H
P2PU        EQU     007EFE12H
P3PU        EQU     007EFE13H
P4PU        EQU     007EFE14H
P5PU        EQU     007EFE15H
P6PU        EQU     007EFE16H
P7PU        EQU     007EFE17H
P0NCS       EQU     007EFE18H
P1NCS       EQU     007EFE19H
P2NCS       EQU     007EFE1AH
P3NCS       EQU     007EFE1BH
P4NCS       EQU     007EFE1CH
P5NCS       EQU     007EFE1DH
P6NCS       EQU     007EFE1EH
P7NCS       EQU     007EFE1FH
P0SR        EQU     007EFE20H
P1SR        EQU     007EFE21H
P2SR        EQU     007EFE22H
P3SR        EQU     007EFE23H
P4SR        EQU     007EFE24H
P5SR        EQU     007EFE25H
P6SR        EQU     007EFE26H
P7SR        EQU     007EFE27H
P0DR        EQU     007EFE28H
P1DR        EQU     007EFE29H
P2DR        EQU     007EFE2AH
P3DR        EQU     007EFE2BH
P4DR        EQU     007EFE2CH
P5DR        EQU     007EFE2DH
P6DR        EQU     007EFE2EH
P7DR        EQU     007EFE2FH
P0IE        EQU     007EFE30H
P1IE        EQU     007EFE31H

I2CCFG      EQU     007EFE80H
I2CMSCR     EQU     007EFE81H
I2CMSST     EQU     007EFE82H
I2CSLCR     EQU     007EFE83H
I2CSLST     EQU     007EFE84H
I2CSLADR    EQU     007EFE85H
I2CTXD      EQU     007EFE86H
I2CRXD      EQU     007EFE87H
I2CMSAUX    EQU     007EFE88H

TIMER2PS    EQU     007EFEA2H
TIMER3PS    EQU     007EFEA3H
TIMER4PS    EQU     007EFEA4H
ADCTIM      EQU     007EFEABH
TIMER34PIN  EQU     007EFEACH
```

```
PWMA_ETRPS    EQU    007EFEB0H
PWMA_ENO      EQU    007EFEB1H
PWMA_PS       EQU    007EFEB2H
PWMA_IOAUX    EQU    007EFEB3H
PWMB_ETRPS    EQU    007EFEB4H
PWMB_ENO      EQU    007EFEB5H
PWMB_PS       EQU    007EFEB6H
PWMB_IOAUX    EQU    007EFEB7H
PWMA_CR1      EQU    007EFEC0H
PWMA_CR2      EQU    007EFEC1H
PWMA_SMCR     EQU    007EFEC2H
PWMA_ETR      EQU    007EFEC3H
PWMA_IER      EQU    007EFEC4H
PWMA_SR1      EQU    007EFEC5H
PWMA_SR2      EQU    007EFEC6H
PWMA_EGR      EQU    007EFEC7H
PWMA_CCMR1    EQU    007EFEC8H
PWMA_CCMR2    EQU    007EFEC9H
PWMA_CCMR3    EQU    007EFECAH
PWMA_CCMR4    EQU    007EFECBH
PWMA_CCER1    EQU    007EFECCH
PWMA_CCER2    EQU    007EFECDH
PWMA_CNTRH    EQU    007EFECEH
PWMA_CNTRL    EQU    007EFECFH
PWMA_PSCRH    EQU    007EFED0H
PWMA_PSCRL    EQU    007EFED1H
PWMA_ARRH     EQU    007EFED2H
PWMA_ARRL     EQU    007EFED3H
PWMA_RCR      EQU    007EFED4H
PWMA_CCR1H    EQU    007EFED5H
PWMA_CCR1L    EQU    007EFED6H
PWMA_CCR2H    EQU    007EFED7H
PWMA_CCR2L    EQU    007EFED8H
PWMA_CCR3H    EQU    007EFED9H
PWMA_CCR3L    EQU    007EFEDAH
PWMA_CCR4H    EQU    007EFEDBH
PWMA_CCR4L    EQU    007EFEDCH
PWMA_BKR      EQU    007EFEDDH
PWMA_DTR      EQU    007EFEDEH
PWMA_OISR     EQU    007EFEDFH
PWMB_CR1      EQU    007EFEE0H
PWMB_CR2      EQU    007EFEE1H
PWMB_SMCR     EQU    007EFEE2H
PWMB_ETR      EQU    007EFEE3H
PWMB_IER      EQU    007EFEE4H
PWMB_SR1      EQU    007EFEE5H
PWMB_SR2      EQU    007EFEE6H
PWMB_EGR      EQU    007EFEE7H
PWMB_CCMR1    EQU    007EFEE8H
PWMB_CCMR2    EQU    007EFEE9H
PWMB_CCMR3    EQU    007EFEEAH
PWMB_CCMR4    EQU    007EFEEBH
PWMB_CCER1    EQU    007EFEECH
PWMB_CCER2    EQU    007EFEEDH
PWMB_CNTRH    EQU    007EFEEEH
PWMB_CNTRL    EQU    007EFEEFH
PWMB_PSCRH    EQU    007EFEF0H
PWMB_PSCRL    EQU    007EFEF1H
```

```
PWMB_ARRH    EQU    007EFEF2H
PWMB_ARRL    EQU    007EFEF3H
PWMB_RCR     EQU    007EFEF4H
PWMB_CCR5H   EQU    007EFEF5H
PWMB_CCR5L   EQU    007EFEF6H
PWMB_CCR6H   EQU    007EFEF7H
PWMB_CCR6L   EQU    007EFEF8H
PWMB_CCR7H   EQU    007EFEF9H
PWMB_CCR7L   EQU    007EFEFAH
PWMB_CCR8H   EQU    007EFEFBH
PWMB_CCR8L   EQU    007EFEFCH
PWMB_BKR     EQU    007EFEFDH
PWMB_DTR     EQU    007EFEFEH
PWMB_OISR    EQU    007EFEFFH
```

附录F 更新记录

2021/02/24

1. 添加 xdata 使用注意事项

2021/02/05

2. 功能脚切换添加到每一个对应章节
3. 更新附录指令集内容

2021/01/14

1. 修改 PWM 相关的范例程序及头文件定义(XFR 地址不能用 int 进行定义)
2. 添加附录 D STC16 使用 Keil 开发注意事项

2021/01/06

1. 添加 21.3 LIN 总线章节范例程序

2020/12/30

1. 补充 11 定时器/计数器章节内容
2. 添加 13.3 比较器章节范例程序
3. 添加 15.4 ADC 章节范例程序
4. 添加 16.5 SPI 章节范例程序
5. 添加 17.4 I2C 章节范例程序
6. 补充 18 高级 PWM 章节内容及范例程序
7. 添加 19.3 USB 章节范例程序
8. 添加 20.3 CAN 总线章节范例程序
9. 添加 22.3 硬件乘除法章节范例程序
10. 添加 23.7 浮点数运算器章节范例程序

2020/12/17

1. 修改 XFR 寄存器地址错误
2. 补充 6.5 时钟、复位与电源管理章节范例程序
3. 补充 7 存储器章节内容
4. 补充 9 I/O 口章节内容及范例程序
5. 添加 10.5 中断系统章节范例程序
6. 添加 11.6 定时器/计数器章节范例程序
7. 添加 12.7 串口通信章节范例程序

2020/12/08

1. 添加 5 开发环境的建立与 ISP 下载
2. 添加 3.4 管脚切换范例程序
3. 添加 6.5 时钟、复位与电源管理章节范例程序
4. 修改浮点数运算章节加、减、乘、除指令寄存器顺序

2020/11/30

1. 完善指令集附录
2. 添加 LQFP48 封装图、DIP40 封装图

2020/11/26

1. 添加指令集附录
2. 添加 32 位硬件乘除单元，MDU32
3. 添加单精度浮点运算器，FPMU
4. 添加注意事项

2020/1/10

1. 完善文档

2020/1/9

1. 创建 STC16F 系列单片机技术参考手册文档