

5.3 80C51 的定时 / 计数器

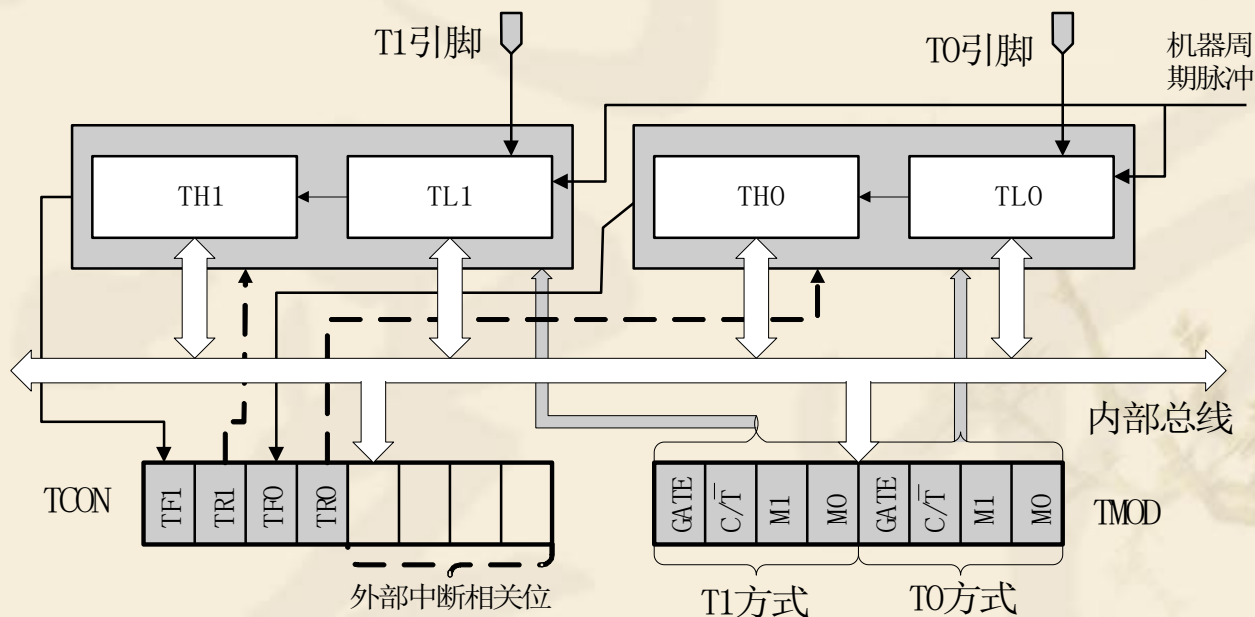
实现定时功能，比较方便的办法是利用单片机内部的定时 / 计数器。也可以采用下面三种方法：

- ❖ **软件定时**：软件定时不占用硬件资源，但占用了 CPU 时间，降低了 CPU 的利用率。
- ❖ **采用时基电路定时**：例如采用 555 电路，外接必要的元器件（电阻和电容），即可构成硬件定时电路。但在硬件连接好以后，定时值与定时范围不能由软件进行控制和修改，即不可编程。
- ❖ **采用可编程芯片定时**：这种定时芯片的定时值及定时范围很容易用软件来确定和修改，此种芯片定时功能强，使用灵活。在单片机的定时 / 计数器不够用时，可以考虑进行扩展。

5.3.1 定时 / 计数器的结构和工作原理

一、定时 / 计数器的结构

定时 / 计数器的实质是加 1 计数器（16 位），由高 8 位和低 8 位两个寄存器组成。TMOD 是定时 / 计数器的工作方式寄存器，确定工作方式和功能；TCON 是控制寄存器，控制 T0、T1 的启动和停止及设置溢出标志。



二、定时 / 计数器的工作原理

加 1 计数器输入的计数脉冲有两个来源，一个是由系统的时钟振荡器输出脉冲经 12 分频后送来；一个是 T0 或 T1 引脚输入的外部脉冲源。每来一个脉冲计数器加 1，当加到计数器为全 1 时，再输入一个脉冲就使计数器回零，且计数器的溢出使 TCON 中 TF0 或 TF1 置 1，向 CPU 发出中断请求（定时 / 计数器中断允许时）。如果定时 / 计数器工作于定时模式，则表示定时时间已到；如果工作于计数模式，则表示计数值已满。

可见，由溢出时计数器的值减去计数初值才是加 1 计数器的计数值。

❖ 设置为定时器模式时，加 1 计数器是对内部机器周期计数（1 个机器周期等于 12 个振荡周期，即计数频率为晶振频率的 1/12）。计数值 N 乘以机器周期 T_{cy} 就是定时时间 t 。

❖ 设置为计数器模式时，外部事件计数脉冲由 T0 或 T1 引脚输入到计数器。在每个机器周期的 S5P2 期间采样 T0、T1 引脚电平。当某周期采样到一高电平输入，而下一周期又采样到一低电平时，则计数器加 1，更新的计数值在下一个机器周期的 S3P1 期间装入计数器。由于检测一个从 1 到 0 的下降沿需要 2 个机器周期，因此要求被采样的电平至少要维持一个机器周期。当晶振频率为 12MHz 时，最高计数频率不超过 1/2MHz，即计数脉冲的周期要大于 $2\mu s$ 。



5.3.2 定时 / 计数器的控制

制 80C51 单片机定时 / 计数器的控制由两个特殊功能寄存器控制。 **TMOD** 用于设置其工作方式；**TCON** 用于控制其启动和中断申请。

一、工作方式寄存器 **TMOD**

工作方式寄存器 **TMOD** 用于设置定时 / 计数器的控制由两个特殊功能寄存器控制。 **TMOD** 用于设置其工作方式，低四位用于 **T0**，高四位用于 **T1**。其格式如下：

位 ₇	7 ₇	6 ₆	5 ₅	4 ₄	3 ₃	2 ₂	1 ₁	0 ₀	
字节地址: 89H ₇	GATE ₇	C/ \bar{T} ₆	M1 ₅	M0 ₄	GATE ₃	C/ \bar{T} ₂	M1 ₁	M0 ₀	TMOD ₇

GATE：门控位。**GATE = 0** 时，只要用软件使 **TCON** 中的 **TR0** 或 **TR1** 为 **1**，就可以启动定时 / 计数器工作；**GATE = 1** 时，要用软件使 **TR0** 或 **TR1** 为 **1**，同时外部中断引脚或也为高电平时，才能启动定时 / 计数器工作。即此时定时器的启动条件，加上了或引脚为高电平这一条件。

C/T：定时 / 计数模式选择位。**C/T = 0** 为定时模式；**=1** 为计数模式。

M1M0：工作方式设置位。定时 / 计数器有四种工作方式，由 **M1M0** 进行设置。

定时/计数器工作方式设置表

M1M0	工作方式	说 明
00	方式 0	13 位定时 / 计数器
01	方式 1	16 位定时 / 计数器
10	方式 2	8 位自动重装定时 / 计数器
11	方式 3	T0 分成两个独立的 8 位定时 / 计数器；T1 此方式停止计数

二、控制寄存器 TCON

TCON 的低 4 位用于控制外部中断，已在前面介绍。**TCON** 的高 4 位用于控制定时 / 计数器的启动和中断申请。其格式如下：

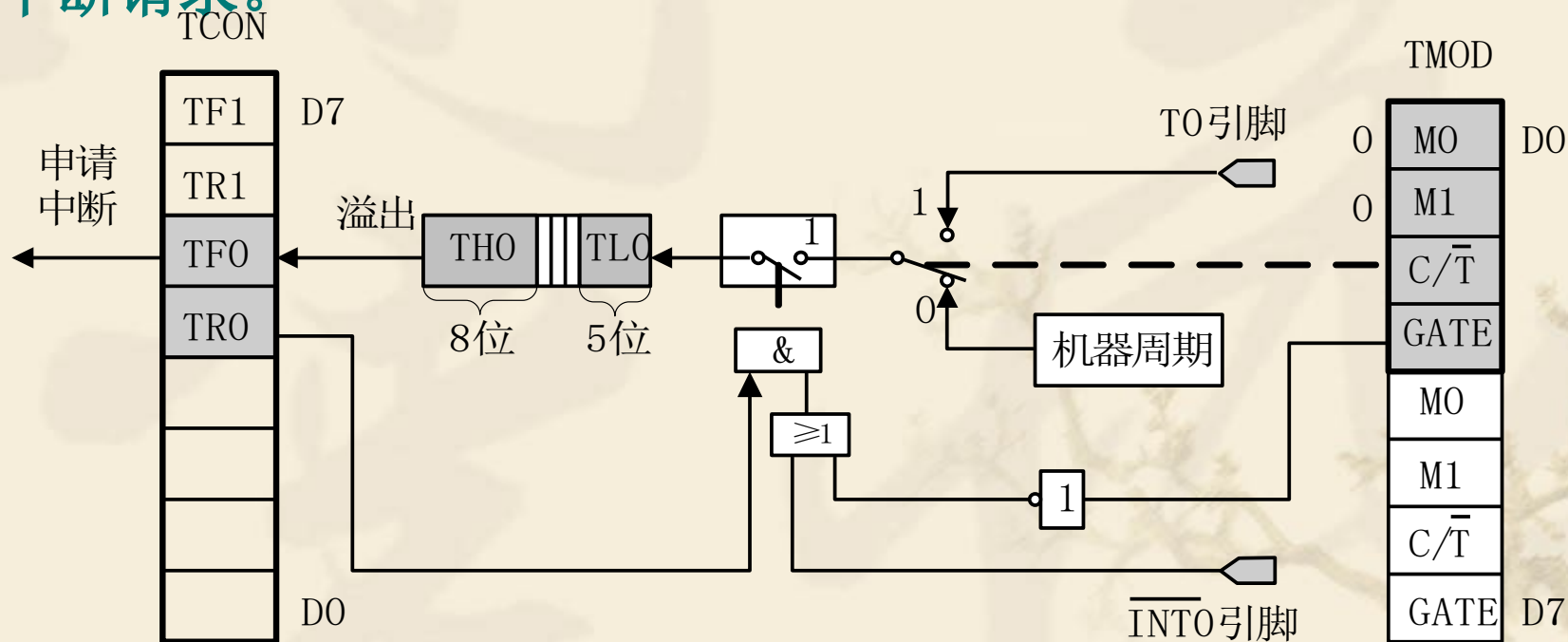
位	7	6	5	4	3	2	1	0	
字节地址: 88H	TF1	TR1	TF0	TR0					TCON

- ❖ **TF1** (**TCON.7**) : **T1** 溢出中断请求标志位。**T1** 计数溢出时由硬件自动置 **TF1** 为 1。**CPU** 响应中断后 **TF1** 由硬件自动清 0。**T1** 工作时，**CPU** 可随时查询 **TF1** 的状态。所以，**TF1** 可用作查询测试的标志。**TF1** 也可以用软件置 1 或清 0，同硬件置 1 或清 0 的效果一样。
- ❖ **TR1** (**TCON.6**) : **T1** 运行控制位。**TR1** 置 1 时，**T1** 开始工作；**TR1** 置 0 时，**T1** 停止工作。**TR1** 由软件置 1 或清 0。所以，用软件可控制定时 / 计数器的启动与停止。
- ❖ **TF0** (**TCON.5**) : **T0** 溢出中断请求标志位，其功能与 **TF1** 类同。
- ❖ **TR0** (**TCON.4**) : **T0** 运行控制位，其功能与 **TR1** 类同。

5.3.3 定时 / 计数器的的工作方式

一、方式 0

方式 0 为 13 位计数，由 TH0 的低 5 位（高 3 位未用）和 TL0 的 8 位组成。TL0 的低 5 位溢出时向 TH0 进位，TH0 溢出时，置位 TCON 中的 TF0 标志，向 CPU 发出中断请求。



定时器模式时有： $N = t / T_{cy}$

计数初值计算的公式为： $X = 2^{13} - N$

定时器的初值还可以采用计数个数直接取补法获得。

计数模式时，计数脉冲是 **T0** 引脚上的外部脉冲。

门控位 **GATE** 具有特殊的作用。当 **GATE=0** 时，经反相后使

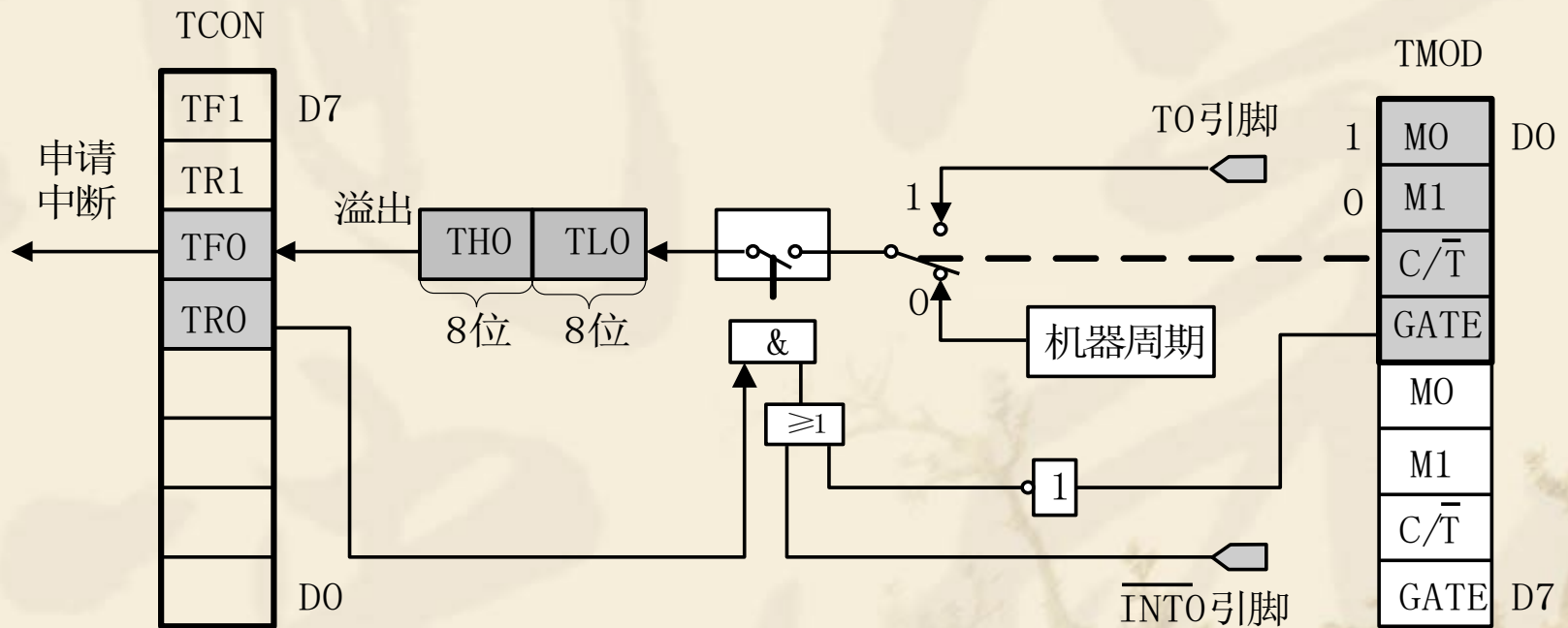
或门输出为 **1**，此时仅由 **TR0** 控制与门的开启，与门输出 **1**

时，控制开关接通，计数开始；当 **GATE=1** 时，由外中断引脚信号控制或门的输出，此时控制与门的开启由外中断引脚信号和 **TR0** 共同控制。当 **TR0=1** 时，外中断引脚信号引脚的高电平启动计数，外中断引脚信号引脚的低电平停止计数。这种方式常用来测量外中断引脚上正脉冲的宽度。



二、方式 1

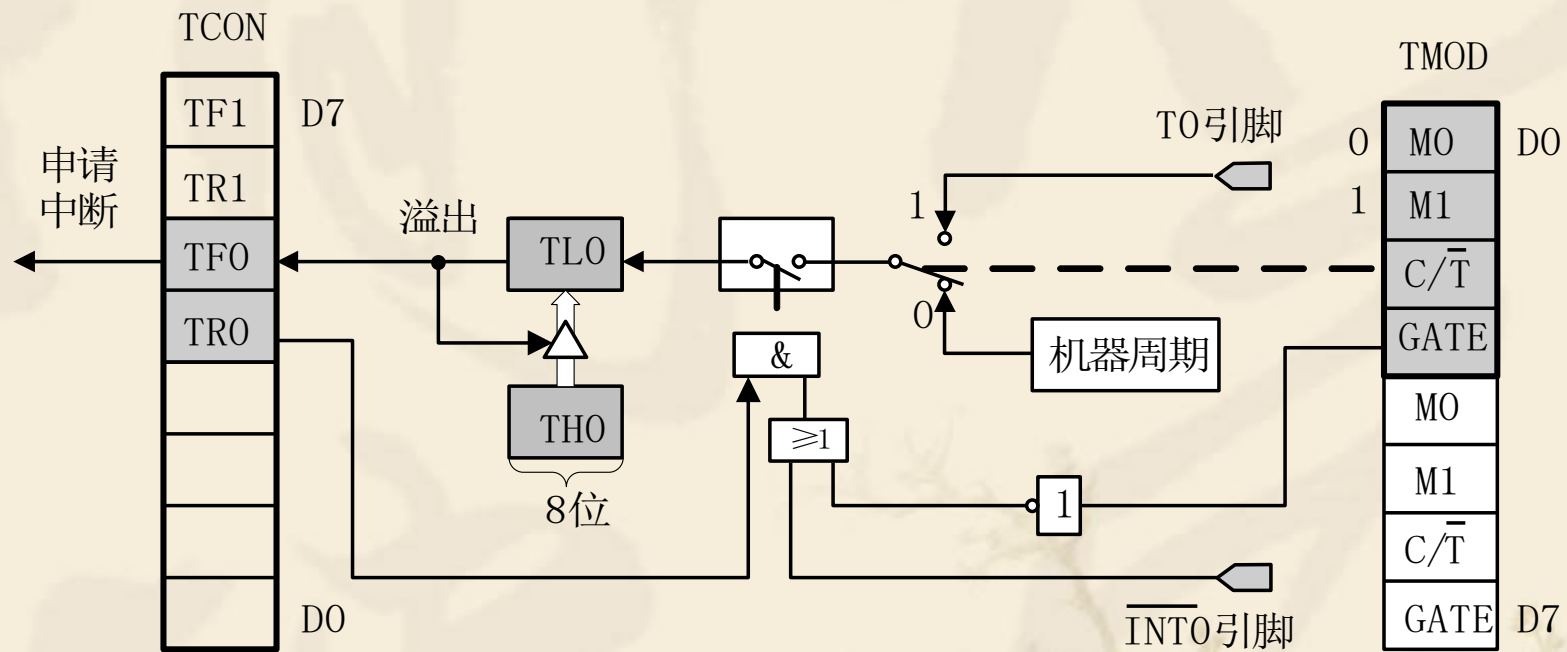
方式 1 的计数位数是 16 位，由 TL0 作为低 8 位、TH0 作为高 8 位，组成了 16 位加 1 计数器。



计数个数与计数初值的关系为： $X=2^{16}-N$

三、方式 2

方式 2 为自动重装初值的 8 位计数方式。

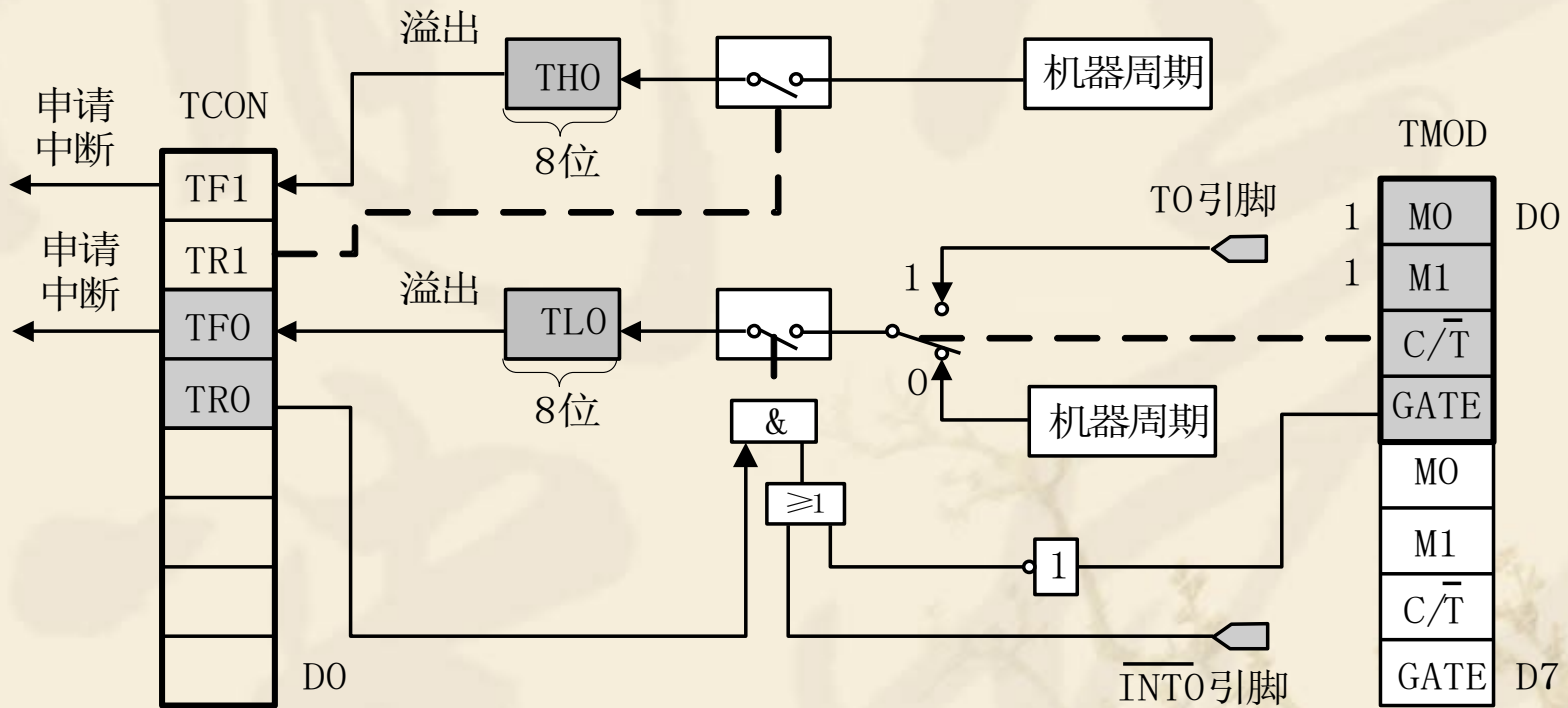


计数个数与计数初值的关系为： $X=2^8-N$

工作方式 2 特别适合于用作较精确的脉冲信号发生器。

四、方式 3

方式 3 只适用于定时 / 计数器 T0，定时器 T1 处于方式 3 时相当于 TR1=0，停止计数。



工作方式 3 将 T0 分成为两个独立的 8 位计数器 TL0 和 TH0。

5.3.4 定时 / 计数器用于外部中断扩展

扩展方法是，将定时 / 计数器设置为计数器方式，计数初值设定为满程，将待扩展的外部中断源接到定时 / 计数器的外部计数引脚。从该引脚输入一个下降沿信号，计数器加 1 后便产生定时 / 计数器溢出中断。

例如，利用 T0 扩展一个外部中断源。将 T0 设置为计数器方式，按方式 2 工作，TH0、TL0 的初值均为 0FFH，T0 允许中断，CPU 开放中断。其初始化程序如下：

```
MOV TMOD, #06H      ; 置 T0 为计数器方式 2
MOV TL0, #0FFH      ; 置计数初值
MOV TH0, #0FFH
SETB TR0            ; 启动 T0 工作
SETB EA             ; CPU 开中断
SETB ET0            ; 允许 T0 中断
```

5.3.5 定时 / 计数器应用举例

初始化程序应完成如下工作：

- ❖对 **TMOD** 赋值，以确定 **T0** 和 **T1** 的工作方式。
- ❖计算初值，并将其写入 **TH0**、**TL0** 或 **TH1**、**TL1**。
- ❖中断方式时，则对 **IE** 赋值，开放中断。
- ❖使 **TR0** 或 **TR1** 置位，启动定时 / 计数器定时或计数。

例 利用定时 / 计数器 T0 的方式 1，产生 10ms 的定时，并使 P1.0 引脚上输出周期为 20ms 的方波，采用中断方式，设系统时钟频率为 12 MHz。

解： 1、计算计数初值 X：

由于晶振为 12 MHz，所以机器周期 Tcy 为 1 μs。

所以：

$$N = t / T_{cy} = 10 \times 10^{-3} / 1 \times 10^{-6} = 10000$$

$$X = 65536 - 10000 = 55536 = D8F0H$$

即应将 D8H 送入 TH0 中， F0H 送入 TL0 中

2、求 T0 的方式控制字 TMOD：

M1M0=01， GATE=0， C/T=0。可取方式

控制字为 01H。



```
ORG 0000H
LJMP MAIN          ; 跳转到主程序
ORG 000BH          ; T0 的中断入口地址
LJMP DVT0          ; 转向中断服务程序
ORG 0100H

MAIN: MOV TMOD, #01H ; 置 T0 工作于方式 1
      MOV TH0, #0D8H ; 装入计数初值
      MOV TL0, #0F0H
      SETB ET0       ; T0 开中断
      SETB EA        ; CPU 开中断
      SETB TR0       ; 启动 T0
      SJMP $         ; 等待中断

DVT0: CPL P1.0      ; P1.0 取反输出
      MOV TH0, #0D8H ; 重新装入计数值
      MOV TL0, #0F0H
      RETI           ; 中断返回
END
```

思考题及习题

- 1、**80C51**有几个中断源？各中断标志是如何产生的？又是如何复位的？**CPU**响应各中断时，其中断入口地址是多少？
- 2、某系统有三个外部中断源**1**、**2**、**3**，当某一中断源变低电平时便要求**CPU**处理，它们的优先处理次序由高到低为**3**、**2**、**1**，处理程序的入口地址分别为**2000H**、**2100H**、**2200H**。试编写主程序及中断服务程序（转至相应的入口即可）。
- 3、外部中断源有电平触发和边沿触发两种触发方式，这两种触发方式所产生的中断过程有何不同？怎样设定？
- 4、定时 / 计数器工作于定时和计数方式时有何异同点？
- 5、定时 / 计数器的**4**种工作方式各有何特点？
- 6、要求定时 / 计数器的运行控制完全由**TR1**、**TR0**确定和完全由、高低电平控制时，其初始化编程应作何处理？

7、当定时 / 计数器 T0 用作方式 3 时，定时 / 计数器 T1 可以工作在何种方式下？如何控制 T1 的开启和关闭？

8、利用定时 / 计数器 T0 从 P1.0 输出周期为 1s，脉宽为 20ms 的正脉冲信号，晶振频率为 12MHz。试设计程序。

9、要求从 P1.1 引脚输出 1000Hz 方波，晶振频率为 12MHz。试设计程序。

10、试用定时 / 计数器 T1 对外部事件计数。要求每计数 100，就将 T1 改成定时方式，控制 P1.7 输出一个脉宽为 10ms 的正脉冲，然后又转为计数方式，如此反复循环。设晶振频率为 12MHz。

11、利用定时 / 计数器 T0 产生定时时钟，由 P1 口控制 8 个指示灯。编一个程序，使 8 个指示灯依次一个一个闪动，闪动频率为 20 次 / 秒 (8 个灯依次亮一遍为一个周期)。

12、若晶振频率为 12MHz，如何用 T0 来测量 20 ~ 1s 之间的方波周期？又如何测量频率为 0.5MHz 左右的脉冲频率？