



哈爾濱工業大學 远程教育学院

## 第6章 定时器计数器





- (1) 定时/计数器的基本概念
- (2) 定时/计数器的编程方法
- (3) 定时/计数器编程举例



两个**16**位定时/计数器

存放初值的**SFR**

**T0: TH0、TL0**

**T1: TH1、TL1**

其它相关的**SFR**:

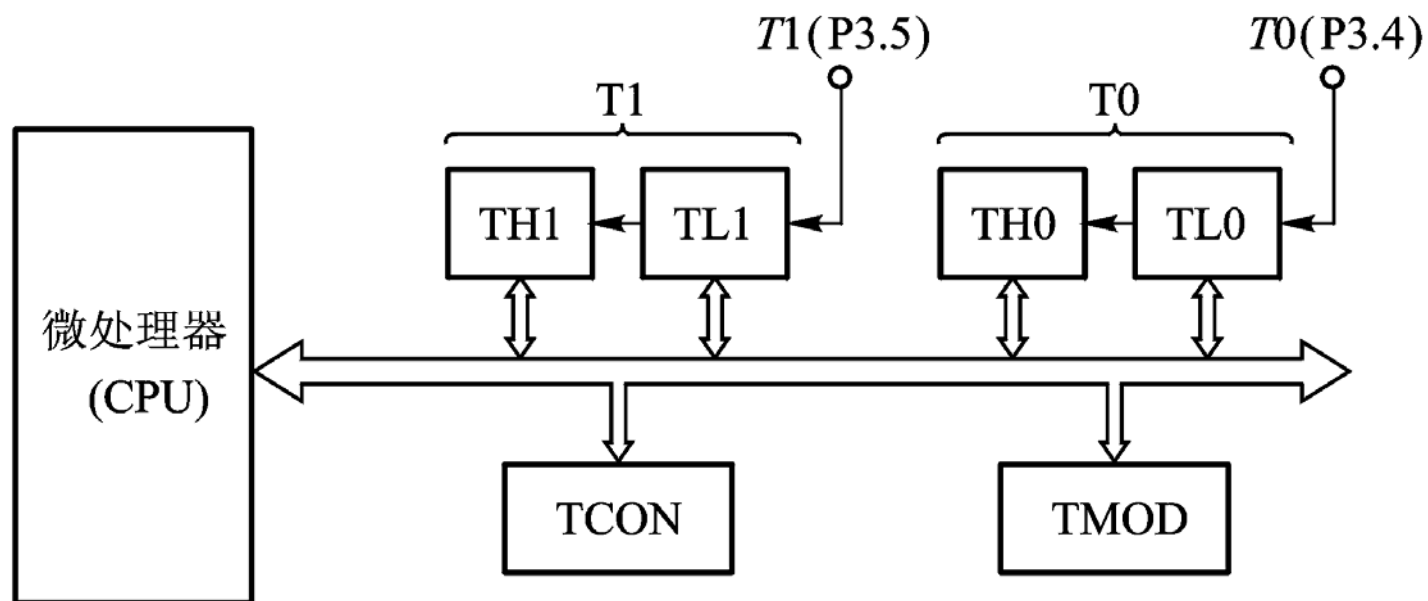
**TMOD**（工作方式控制寄存器）

**TCON**（控制寄存器）

定时功能时，每个机器周期定时器加**1**

计数功能时，在外部相应输入脚（**T0**和**T1**）产生下降沿，计数器加**1**。

## 6.1 定时计数器的结构框图



## 6.2 定时器的控制字

### 工作方式控制寄存器TMOD(89H)

GATE C/T M1 M0 | GATE C/T M1 M0

注意：TMOD不能位寻址

### 控制寄存器TCON (88H)

– TF1 TR1 TF0 TR0 IE1 IT1 IE0 IT0

复位后两个寄存器的状态均为00H。

## 6.2.1 TMOD: 工作方式控制寄存器

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GATE	C/ $\bar{T}$	M1	M0	GATE	C/ $\bar{T}$	M1	M0
← T1 方式字段 →				← T0 方式字段. →			

### GATE: 门控位

GATE=1, T0、T1是否工作受外部引脚输入电平的控制, INT0引脚控制T0运行, INT1引脚控制T1运行。可用于测量在INT0或INT1引脚出现的正脉冲的宽度。

GATE=0, 定时/计数器的运行不受外部引脚INT0或INT1的控制。

### C/ $\bar{T}$ 位: 计数器模式和定时器模式的选择位

C/ $\bar{T}$ =0, 为定时器模式。内部计数器对晶振频率12分频后的脉冲计数(该脉冲的周期等于机器周期), 每个周期计数值加1。若选择12MHz晶振, 则计数频率为1MHz。从计数值便可求得计数的时间, 所以称为定时器模式;

C/ $\bar{T}$ =1, 设置为计数器模式, 计数器对由引脚T0(P3.4脚)或T1(P3.5脚)输入的外部脉冲(负跳变)计数, 允许最高计数频率为晶振频率的1/24。



## M1、M0工作方式选择位

M1	M0	工 作 方 式
0	0	方式 0, TLX(X=0,1)中低 5 位与 THX 的 8 位构成 13 位计数器。
0	1	方式 1, TLX 与 THX 构成 16 位计数器。
1	0	方式 2, 常数自动重载的 8 位计数器, 每当计数器 TLX 溢出时, THX 中的内容装载到 TLX
1	1	方式 3, 仅适用于 T0, 分成两个 8 位计数器, T1 停止计数



## 6.2.2 定时/计数器控制寄存器TCON

TCON 的字节地址为 88H, 位地址为 88H~8FH

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

**TF1位：**T1计数溢出标志位。当T1计数溢出时，由硬件置1，申请中断。**进入中断服务程序后被硬件自动清0。**

**TR1位：**T1计数运行控制位。由软件置1或清0。当GATE位（TMOD.7）=0时，若TR1=1，允许T1计数；TR1=0时，禁止T1计数。当GATE位=1时，TR1=1且INT1=1时，允许T1计数。

**TF0位：**T0计数溢出标志位，功能同TF1。

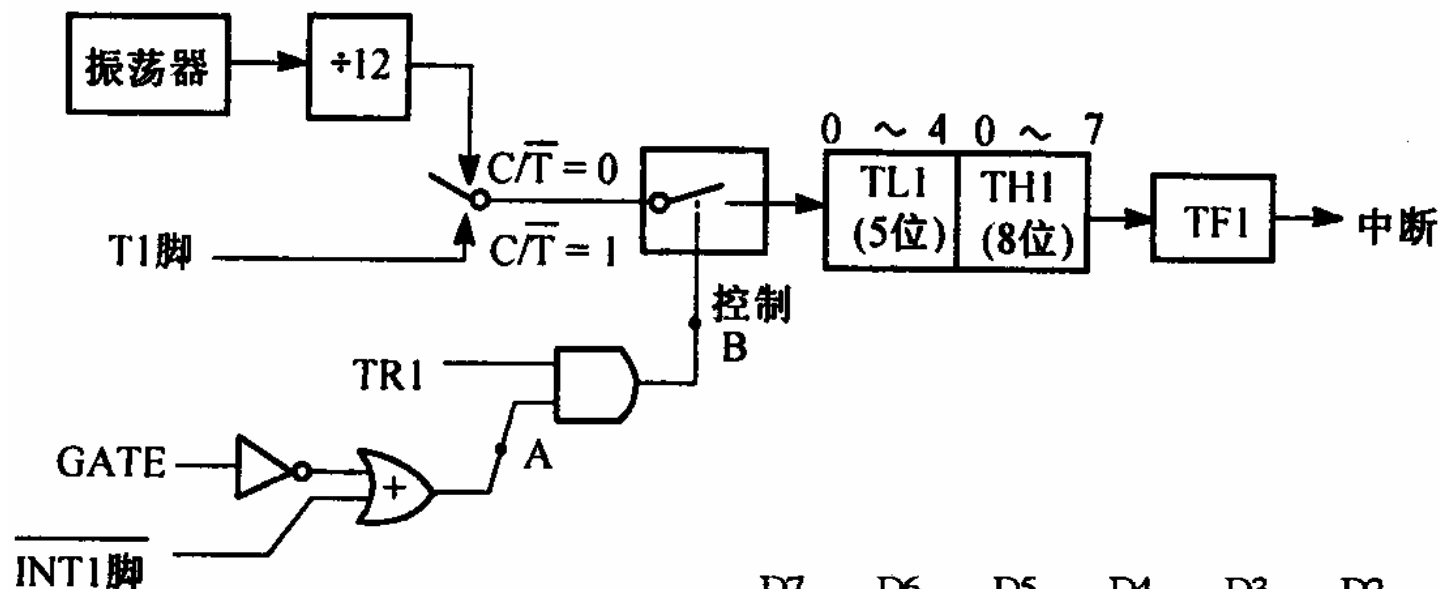
**TR0位：**T0计数运行控制位，由软件置1或清0。当GATE位（TMOD.3）=0时，若TR0=1，允许T0计数；TR0=0时，禁止T0计数。当GATE位=1时，TR0=1且INT0=1时，允许T0计数。



## 6.3 定时/计数器的4种工作方式

方式0、方式1（13位、16位定时计数方式）

T1工作于方式0的等效框图（M1M0=00、01）



D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
← T1 方式字段 →				← T0 方式字段 →			

GATE=0、A=1、TR1=1

GATE=1、INT1=1、TR1=1。注意定时器初值与定时时间的不同

### 6.3.1 方式0、方式1的说明

定时/计数器**T1**工作在方式**0**时，为**13**位的计数器，由**TL1**的低**5**位和**TH1**的**8**位所构成。**TL1**低**5**位溢出向**TH1**进位，**TH1**计数溢出置位**TCON**中的溢出标志位**TF1**。

**GATE**位的状态决定定时/计数器运行控制取决于**TR1**一个条件还是**TR1**和**INT1**引脚这两个条件。

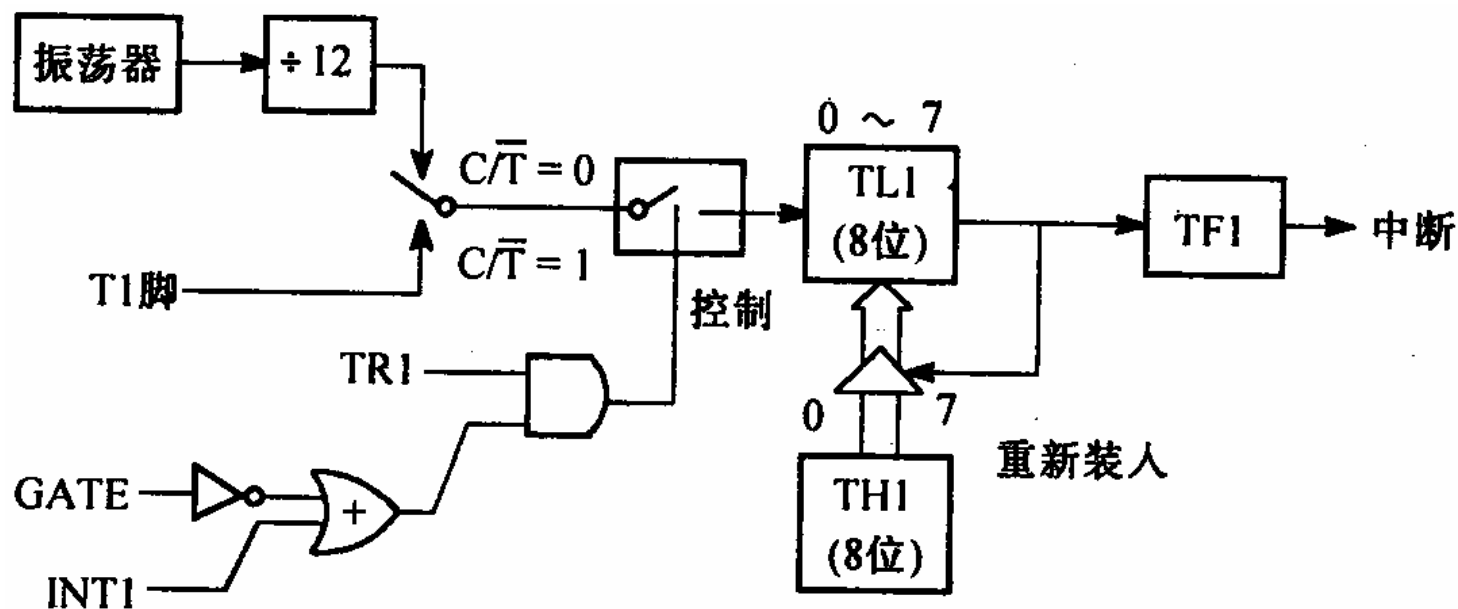
当**GATE=0**时，**A**点电位恒为**1**，则只要**TR1**被置为**1**，**B**点电位即为**1**，定时/计数器被控制为允许计数(定时/计数器的计数控制仅由**TR1**的状态确定，**TR1=1**计数，**TR1=0**停止计数)。

当**GATE=1**时，**B**点电位由**INT1**输入的电平和**TR1**的状态确定，当**TR1=1**，且**INT1=1**时，**B**点电平才为**1**，才允许定时器/计数器计数(计数控制由**TR1**和**INT1**二个条件控制)。

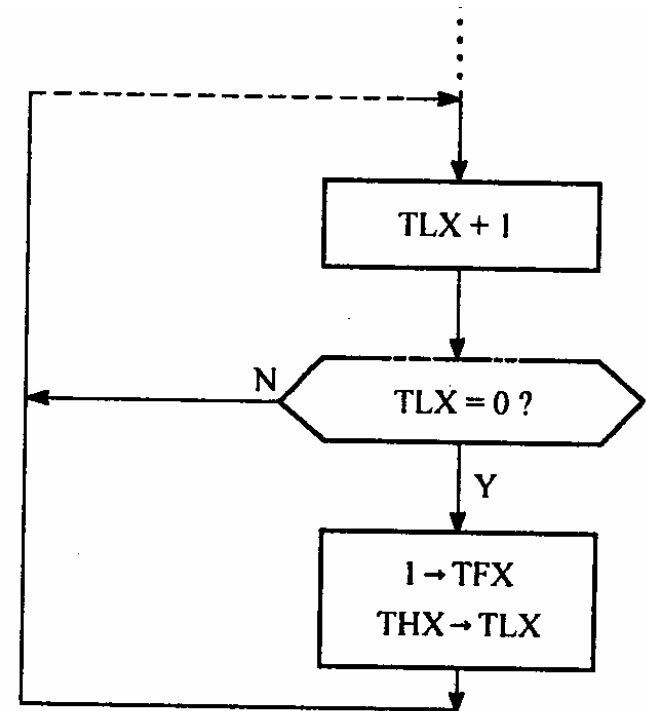
方式**1**时，**TL1**的**8**位都参与计数，因而属于**16**位定时/计数器。其控制方式，等效电路与方式**0**完全相同。

### 6.3.2 方式2(常数自动重装入)


## T1工作于方式2的等效图



**TL1**作为计数器，当**TL1**计数溢出时，在置1溢出标志**TF1**的同时，还自动的将**TH1**中的常数送至**TL1**，使**TL1**从初值开始重新计数。



方式2 工作过程



这种工作方式可以省去用户软件中重装常数的程序，简化定时常数的计算方法（确定计数初值），可以相当精确的确定定时时间。

例如：波特率发生器

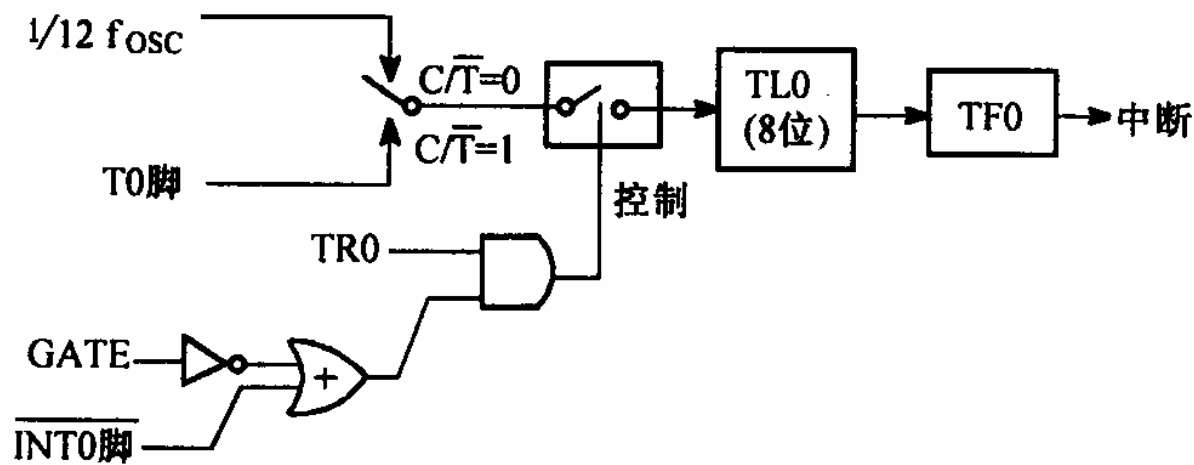
### 6.3.3 方式3 (T0具有)

**T0**工作于方式3时，分为**2**个独立的**8**位计数器：**TL0**、**TH0**。

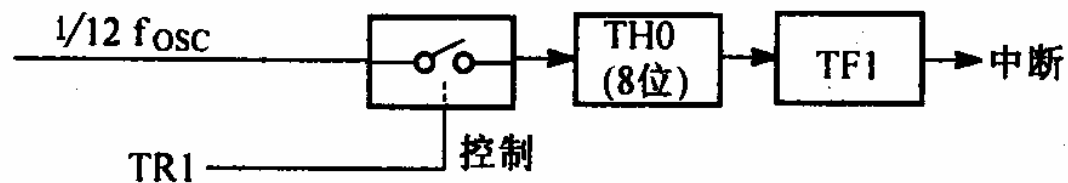
**TL0**使用**T0**的状态控制位**C/T**, **GATE**, **TR0**, **INT0**，而**TH0**被固定为一个**8**位定时器（不能作外部计数方式），并使用定时器**T1**的状态控制位**TR1**和**TF1**，同时占用定时器**T1**的中断源。

*此时，定时/计数器**T1**可为方式0、方式1和方式2，作为串行口的波特率发生器。*

## 工作于方式3的T0



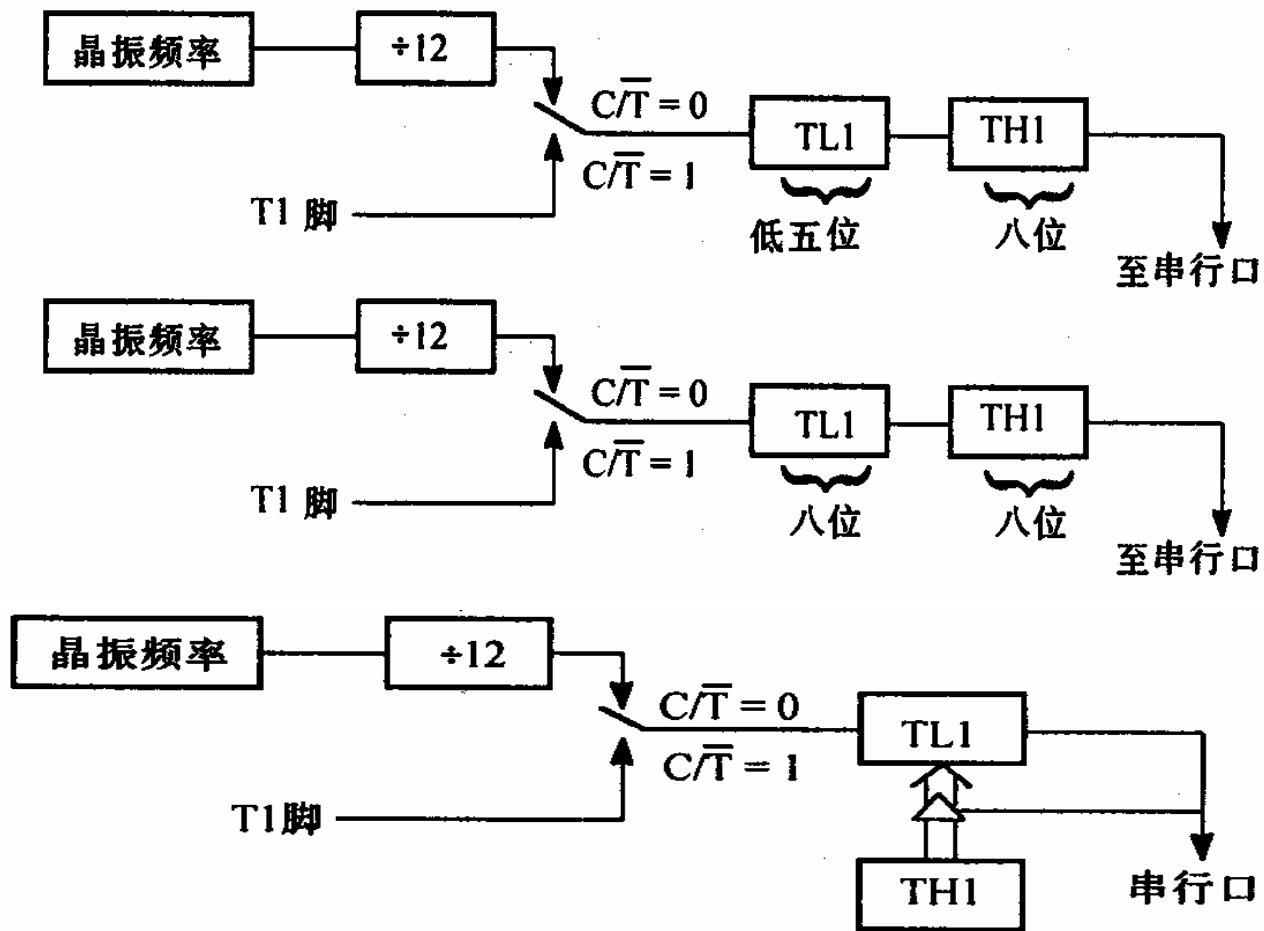
TL0 做 8 位定时器



TH0 做 8 位定时器



# T0工作于方式3时的T1



# 定时器的工作方式（总结）

## 方式0：13位定时计数器

- 注意：TLx的低5位和THx共同组成

## 方式1：16位定时计数器

## 方式2：自动重装入的8位定时计数器

- 溢出后TFx=1，同时由THx→TLx

## 方式3：T0成为两个独立的8位计数器

- TL0作为定时计数器；TH0仅作定时器用
- TL0的控制用原T0的，TH0占用原T1的控制位TR1和TF1，同时占用定时器T1的中断源
- 此时，T1可工作于方式0~2，溢出时送串行口，经常作为串行口波特率发生器

## 6.4 定时/计数器的输入信号

*工作于定时器方式：对内部时钟信号计数，内部时钟信号的频率为时钟振荡频率的1/12，即每个机器周期计数值加1。*

例：采用**12MHz**频率的晶体时，每1微秒计数值将加1。

*由于定时的精度决定于输入脉冲的周期，因此当需要高分辨率的定时时，应尽量选用频率较高的晶体（**MCS51**最高为**12MHz**）。*

# 定时/计数器的输入信号



工作于计数器方式：当定时/计数器用作计数器时，计数脉冲来自外部输入引脚**T0**或**T1**。当输入信号产生由**1**至**0**的跳变（即下跳变）时，计数器的值增**1**。

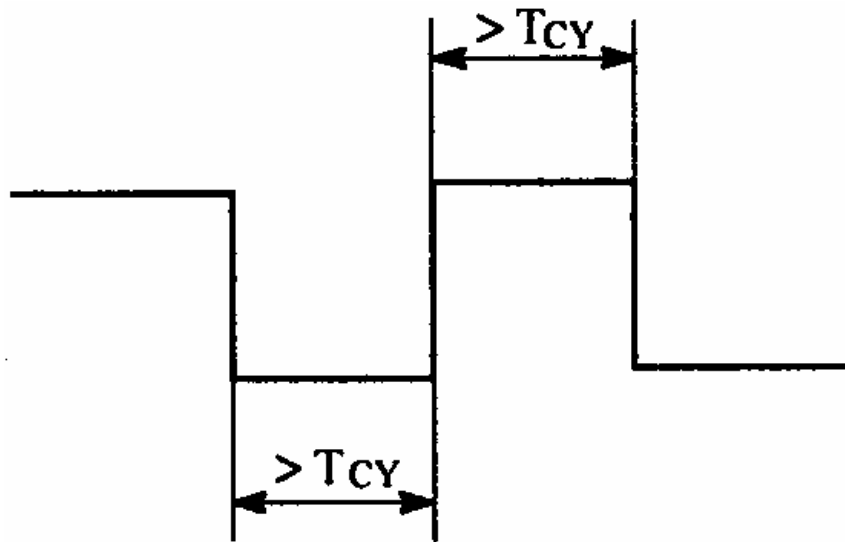
需要注意：每个机器周期的**S5P2**期间，对外部输入进行采样。如在第一个周期中采得的值为**1**，而在下一个周期中采得的值为**0**，则计数器加**1**。由于确认一次下跳变至少要用两个机器周期，即**24**个振荡周期，因此外部输入的计数脉冲的最高频率为振荡器频率的**1/24**，同时输入信号的高、低电平保持一个机器周期以上。

例如：选用**6MHz**频率的晶体，允许输入的脉冲频率为**250kHz**；

如果选用**12MHz**频率的晶体，则可输入**500kHz**的外部脉冲。

# 定时/计数器的输入信号

理想的计数器输入信号：脉冲信号的高、低电平至少要各保持一个机器周期以上，确保电平在变化之前能被采样一次。



对输入信号的基本要求

## 6.5 定时器/计数器的编程

### 初始化

- 1 根据要求给方式寄存器**TMOD**送一个方式控制字，以设定定时器的工作方式；
- 2 根据需要给**TH**和**TL**选送初值，以确定需要的定时时间或计数的初值；
- 3 根据需要给中断允许寄存器**IE**送中断控制字，以开放相应的中断和设定中断优先级；  
*也可用查询方式来响应定时器。*
- 4 给**TCON**送命令字以启动或禁止定时/计数器的运行。



## 6.5.1 初值的计算

计数器初值:

设计数模值为**M**，所需的计数值为**C**，计数初值设定为**TC**，则： **$TC = M - C$** （ **$M=2^{13}, 2^{16}, 2^8$** ）

定时器初值:

定时器的模值为**M**，需要的定时时间为**T**，定时器的初值**TC**为：

$$TC = M - T / t_{\text{机器周期}}$$



## 几种工作方式的最大定时时间

若定时器初值为**0**，则定时时间为最大，设  
 **$f_{osc}=12\text{MHz}$** ，几种工作方式下的最大定时  
时间为：

方式**0**:  **$T_{MAX}=8.192\text{ms}$** ;

方式**1**:  **$T_{MAX}=65.536\text{ms}$** ;

方式**2、3**:  **$T_{MAX}=0.256\text{ms}$** ;



初值的计算:  $f_{osc}=12\text{MHz}$ , 试计算定时时间 $2\text{ms}$ 所需的定时器的初值.

方式2、方式3  $T_{\max}=0.256\text{ms}$ , 所以必须将工作方式设在方式0或方式1:

方式0:  $TC=2^{13}-2_{\text{ms}}/1_{\text{us}}=6192=1830\text{H}$

$TH0=C1\text{H}$ ,  $TL0=10\text{H}$

方式1:  $TC=2^{16}-2_{\text{ms}}/1_{\text{us}}=63536=\text{F830H}$

$TH0=\text{F8H}$ ,  $TL0=30\text{H}$

## 6.5.2 编程方式



采用查询方式：程序一直检测TF0 (TF1)，  
若TF0=1(TF1=1)，说明定时时间到或计满数，需要软件清除溢出标志位TFx。

采用中断方式：程序初始化时，设置定时器溢出中断允许后，内部硬件自动检测到TF0=1(TF1=1)时，自动响应中断，进入中断服务程序。由硬件自动清除TFx。

## 6.6 定时计数器的应用举例

### 6.6.1: 方式0的应用

例1 选用T1方式0产生500us的定时，在P1.1输出周期为1ms的方波； $F_{OSC}=6\text{MHz}$

注意:T0不用时的处理,一般设为方式0,禁止进入方式3.

初值计算:  $TC = 2^{13} - 500_{us} / 2_{us},$

$TC=7942$

$TC=7942D=1F06H$

13位方式下，计数初值为F806H

# 主程序

TCON 的字节地址为 88H, 位地址为 88H~8FH

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

```
Begin: MOV    TMOD, #0
        MOV    TL1, #06H
        MOV    TH1, #0F8H
        SETB   TR1
Loop:   JBC     TF1, PF0
        SJMP    LOOP
PF0:    MOV     TL1, #06H
        MOV     TH1, #0F8H
        CPL     P1.1
        AJMP    LOOP
```

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
← T1 方式字段 →				← T0 方式字段 →			



从P3.4 T0输入低频脉冲,要求该脉冲每发生一次跳变时由P1.0输出一个 $500_{\mu s}$ 的负脉冲,与此同时由P1.1输出一个宽为 $1_{ms}$ 的正脉冲(6MHz晶振)。

先设T0为计数方式,工作于方式2,初值设为0FFH,即加1即刻产生溢出。当外部输入一个负跳变脉冲时,计数加1,并产生溢出,TF0=1;引起CPU的T0中断。

中断服务程序内,对定时器T1设定初值,T1也工作于方式2。

## 6.6.3 含中断的定时/计数器响应程序

工作于方式2的定时/计数器

```
ORG 0H                                CLR P1.1
SJMP BEGIN                            Setb ET0 ; 允许T0中断
ORG 000BH                             Setb EA ; CPU开中断
AJMP TT1                             SETB P1.0
ORG 0030H                             SETB TR0
BEGIN:MOV TMOD,#26H                  SJMP $
      MOV TH0,#0FFH
      MOV TL0,#0FFH
```

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
← T1 方式字段 →				← T0 方式字段 →			



# 中断服务程序

**ORG 300H**

**TT1:**

**MOV TH1,#06H**

**MOV TL1,#06H**

**SETB P1.1**

**CLR P1.0**

**SETB TR1**

**DEL2:**

**JBC TF1,RP1**

**SJMP DEL2**

**RP1: SETB P1.0**

**DEL3: JBC TF1,RP2**

**SJMP DEL3**

**RP2: CLR P1.1**

**CLR TR1**

**RETI**

#### 6.6.4 长定时时间的产生

**例** 假设系统时钟为6MHz，编写定时器T0产生1秒定时的程序。

##### (1) T0工作方式的确定

定时时间较长，采用哪一种工作方式？

由各种工作方式的特性，可计算出：

方式0最长可定时16.384ms；

方式1最长可定时131.072ms；

方式2最长可定时512μs。

选方式1，每隔100ms中断一次，中断10次为1s。



## (2) 计算计数初值

因为：  $(2^{16}-X) \times 2 \times 10^{-6} = 10^{-1}$

所以：  $X=15536=3CB0H$

因此：  $TH0=3CH$ ，  $TL0=B0H$

## (3) 10次计数的实现

采用循环程序法。

## (4) 程序设计

参考程序：

ORG 0000H

```
RESET:  LJMP  MAIN      ; 上电，转主程序入口MAIN
        ORG  000BH      ; T0的中断入口
        LJMP  ITOP      ; 转T0中断处理程序ITOP
        ORG  1000H

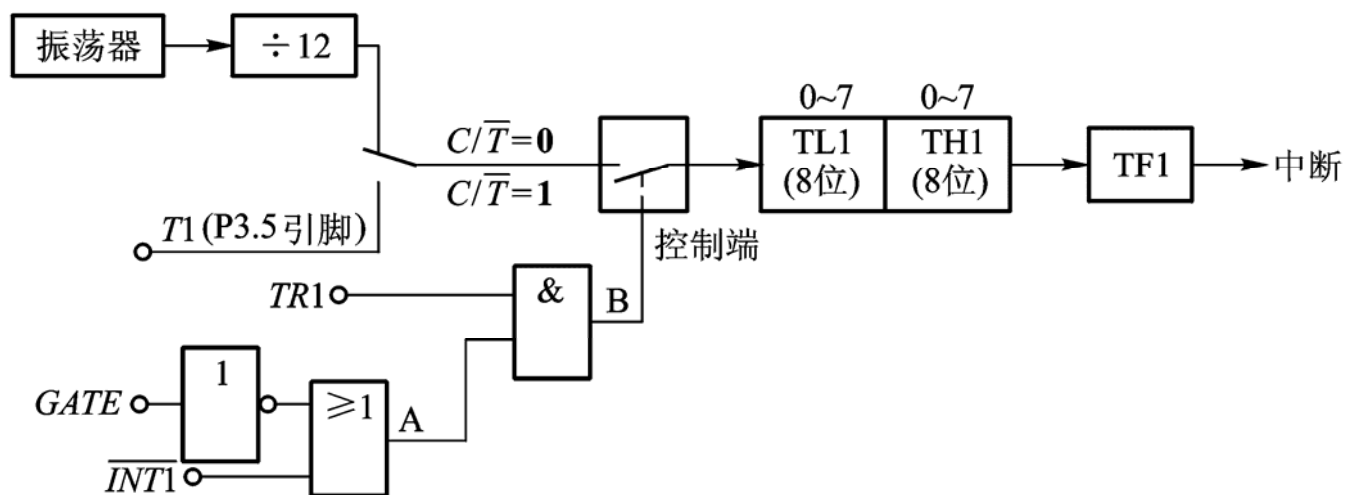
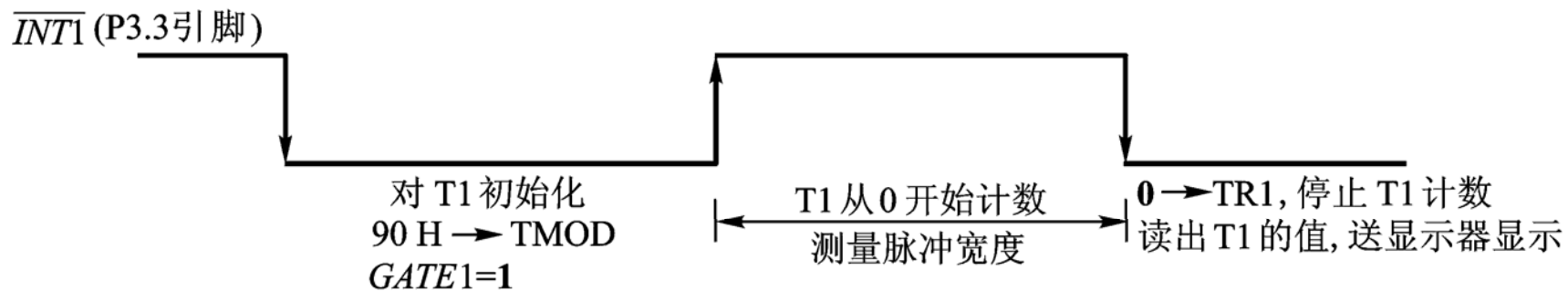
MAIN:   MOV   SP, #60H   ; 设堆栈指针
        MOV   B, #0AH    ; 设循环次数10次
        MOV   TMOD, #01H ; 设T0工作在方式1
        MOV   TLO, #0B0H ; 给T0设初值
        MOV   TH0, #3CH
        SETB  TR0        ; 启动T0
        SETB  ET0        ; 允许T0中断
        SETB  EA         ; CPU开放中断
HERE:   SJMP  HERE       ; 等待中断
ITOP:   MOV   TLO, #0B0H ; T0中断子程序，重装初值
        MOV   TH0, #3CH  ;
        DJNZ  B, LOOP
        CLR   TR0        ; 1s定时时间到，停止T0工作
LOOP:   RETI
```

## 6.6.5 门控位的应用

利用**GATE**位可实现：外部输入正脉冲对定时计数器控制。利用这个特性，可测量输入脉冲的宽度。

如：利用**T1**门控位测试**INT1**引脚上出现的正脉冲的宽度，并以周期数显示。

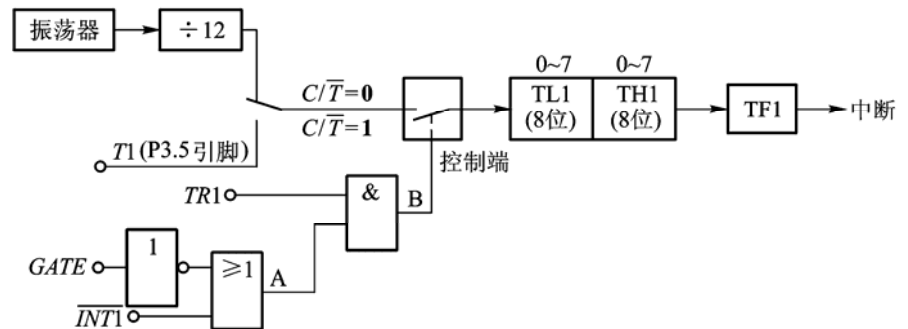
# 测量原理



# 程序清单

```
ST:  MOV  TMOD, #90H
      MOV  TL1, #00H
      MOV  TH1, #00H
WAIT1: JB  P3.3, WAIT1
        ; 等待INT1为0
      SETB TR1
WAIT2: JNB P3.3, WAIT2
        ; 等待INT1为1
WAIT3: JB  P3.3, WAIT3
        ; 等待INT1为0
      CLR  TR1
      MOV  20H, TL1
      MOV  21H, TH1
```

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GATE	$\overline{C/T}$	M1	M0	GATE	$\overline{C/T}$	M1	M0
← T1 方式字段 →				← T0 方式字段 →			





## 6.6.6 实时时钟的设计



### 1. 实时时钟实现的基本思想

如何获得1秒的定时，可把定时时间定为100ms，采用中断方式进行溢出次数的累计，计满10次，即得到秒计时。

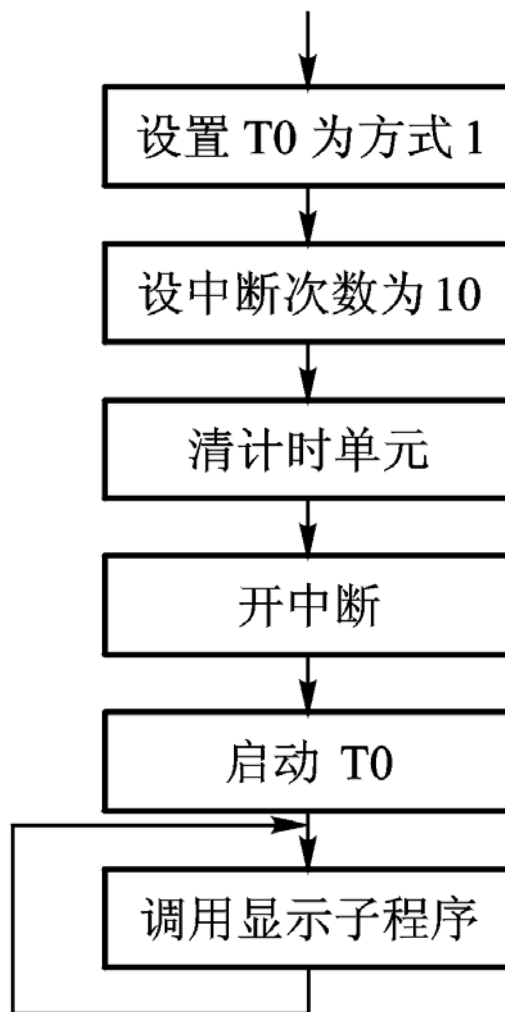
片内RAM中规定3个单元作为秒、分、时单元，具体安排如下：

42H: “秒”单元； 41H: “分”单元； 40H: “时”单元

从秒到分，从分到时是通过软件累加并进行比较的方法来实现的。

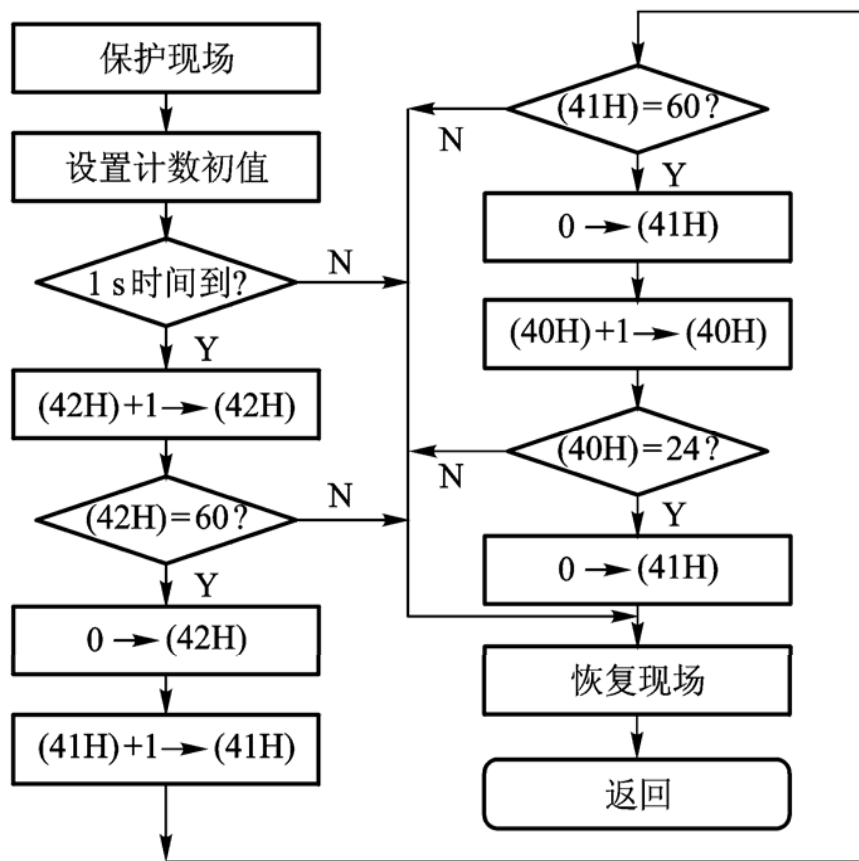
## 2. 程序设计

### (1) 主程序的设计



## (2) 中断服务程序的设计


中断服务程序的主要功能是实现秒、分、时的计时处理。参考程序略。



## 6.6.7 运行中读定时器/计数器

在读取运行中的定时器/计数器时，需注意：若恰好出现TLX溢出向THX进位的情况，则读得的（TLX）值就完全不对。同样，先读（THX）再读（TLX）也可能出错。

方法：先读（THX），后读（TLX），再读（THX）。若两次读得（THX）相同，则读的内容正确。若前后两次读的（THX）有变化，则再重复上述过程，这次重复读得的内容就应是正确的。下面是有关的程序，读得的（TH0）和（TL0）放置在R1和R0内。



```
RDTIME: MOV    A, TH0      ; 读 (TH0)
          MOV    R0, TL0    ; 读 (TL0)
          CJNE   A, TH0, RDTIME; 比较2次读得的 (TH0)
                                   ; 不相等则重复读
          MOV    R1, A ; (TH0) 送入R1中
          RET
```

# 习题



1. 如果采用的晶振的频率为**3MHz**，定时器/计数器工作在方式**0**、**1**、**2**下，其最大的定时时间各为多少？

答：方式**0**下，其最大的定时时间为**32.768ms**；

方式**1**下，其最大的定时时间为**262.144ms**；

方式**2**下，其最大的定时时间为**1.024ms**；

2. 定时器/计数器用作定时器时，其计数脉冲由谁提供？定时时间与哪些因素有关？

答：计数脉冲由**MCS51**提供，每个机器周期定时器加一；定时时间与外接晶振，定时器初值有关。

3. 定时器/计数器作计数器模式使用时，对外界计数频率有何限制？

答：外加信号的频率为系统时钟频率的**1/24**，且高低电平的持续时间不小于一个机器周期。

4. 定时器/计数器的工作方式**2**有什么特点？适用于什么应用场合？

答：方式**2**特点为计数初值由硬件自动装入，避免了用软件装入带来的误差，可实现精确的定时和计数。



**5. THX与TLX (X=0,1)** 是普通寄存器还是计数器？其内容可以随时用指令更改吗？更改后的新值是立即刷新还是等当前计数器计满之后才能刷新？

答：**THX与TLX (X=0,1)** 是计数器，正在计数的内容不可以随时用指令更改，更改后的新值要等当前计数器计满之后才能刷新。

**6. 判断下列说法是否正确？**

特殊功能寄存器**SCON**，与定时器/计数器的控制无关。

特殊功能寄存器**TCON**，与定时器/计数器的控制无关。

特殊功能寄存器**IE**，与定时器/计数器的控制无关。

特殊功能寄存器**TMOD**，与定时器/计数器的控制无关。

答：

特殊功能寄存器**SCON**，与定时器/计数器的控制无关。（对）

特殊功能寄存器**TCON**，与定时器/计数器的控制无关。（错）

特殊功能寄存器**IE**，与定时器/计数器的控制无关。（对）

特殊功能寄存器**TMOD**，与定时器/计数器的控制无关。（错）

# END

