

第9章 对第四维的测量

——定时/计数器

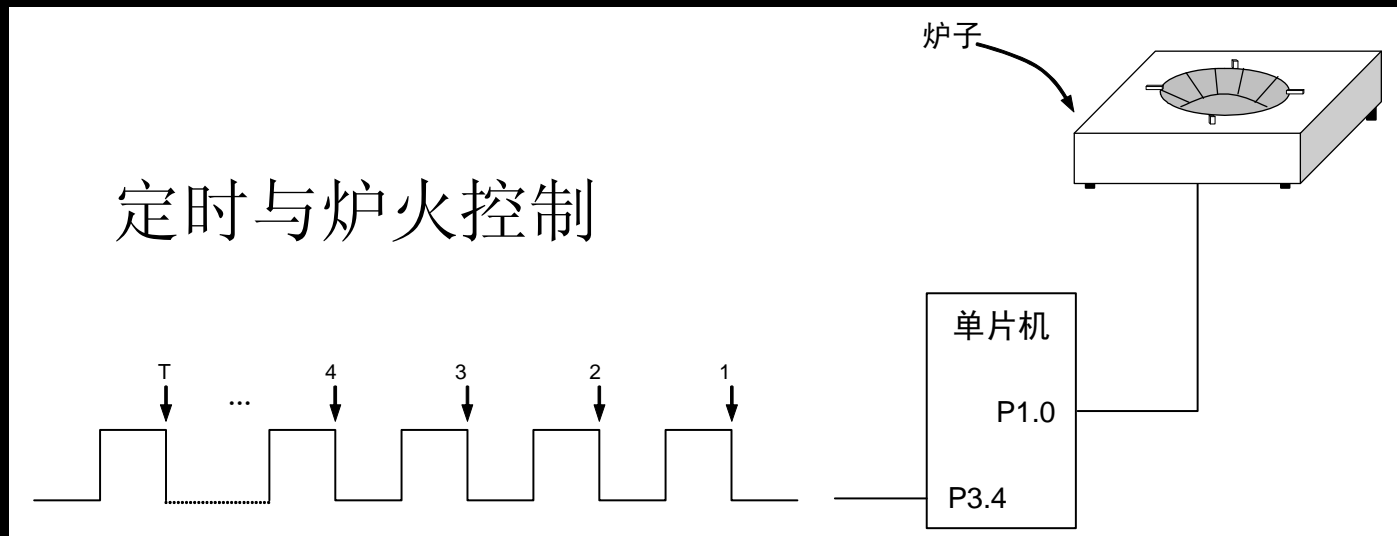
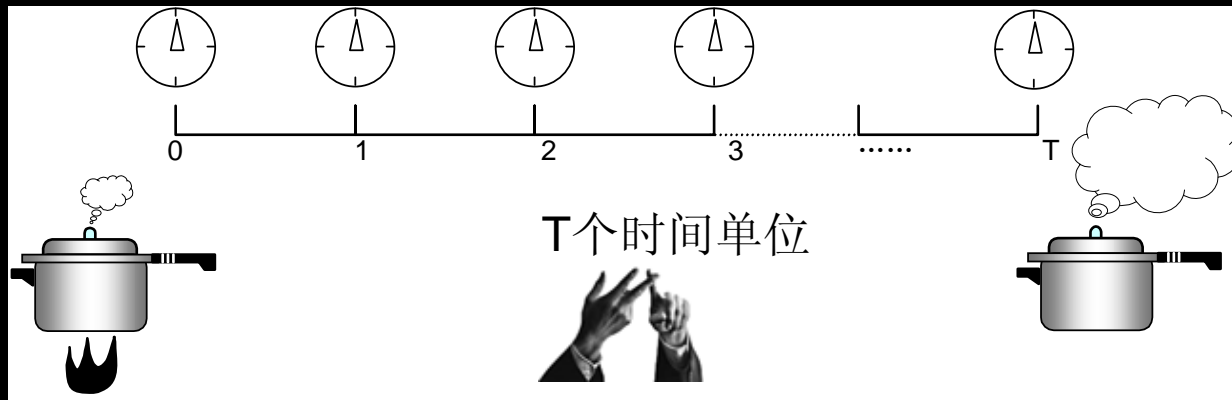
欢迎访问 电路飞翔网

<http://www.circuitfly.com> 获取更多信息

- 9.1 定时与计数
- 9.2 单片机的定时/计数器
- 9.3 定时/计数器的控制者
- 9.4 模式1
- 9.5 模式0
- 9.6 模式2
- 9.7 模式3
- 9.8 计数器
- 9.9 看门狗
- 9.10 实例点拨——超声测距仪

9.1 定时与计数

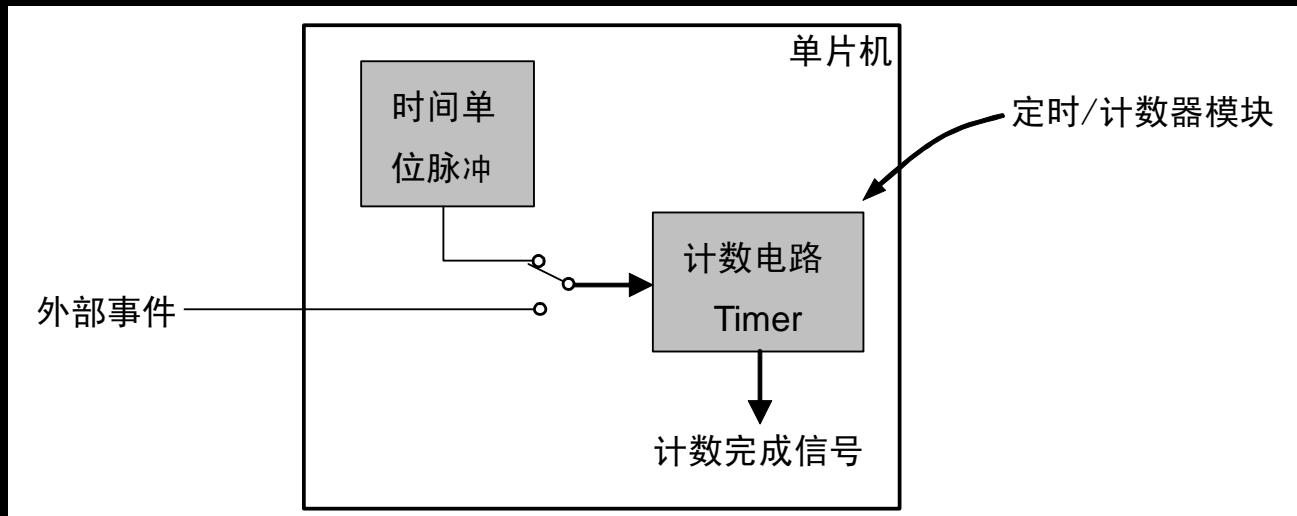
“计算个数”——定时计算的是时间单位的个数；
计数计算的是外部方波信号的个数。



9.2 单片机的定时/计数器

• 9.2.1 定时/计数器的实质

- ✓ 单片机的定时/计数功能模块使用同一个电路来实现，只是定时/计数功能模块“计算个数”的对象不一样——一个是时间单位的个数，另一个是外部事件的个数。
- ✓ 1个定时/计数器模块一次只能工作在一种功能下——要么是定时器，要么是计数器。当计数完成后，模块向CPU输出一个计数完成信号来中断计数操作。



9.2 单片机的定时/计数器

• 9.2.2 时间单位脉冲

- ✓ 单片机中的时间单位脉冲的周期是：1个机器周期，即12个振荡周期。
- ✓ 如果晶振的频率是12MHz，则1个机器周期=1μs，每1秒钟Timer所记录的时间单位脉冲的个数是：

$$\frac{1\text{s}}{1\mu\text{s}} = 10^6 \text{ 个}$$

- ✓ 如果Timer从0数到50000需要的时间可以这样计算：

$$\frac{50000 \text{ 个单位时间脉冲}}{10^6 \text{ 个/s}} = 0.05\text{s}$$

9.2 单片机的定时/计数器

• 9.2.3 Timer应用一例——延时子程序

程序解析:

```
SETB      TR0          ; 启动Timer0, 开始计时
```

```
SETUP:
```

```
    MOV    TL0, #0B0H ; 计数初始值
```

```
    MOV    TH0, #3CH
```

```
LOOP1:
```

```
    JBC    TF0, LOOP2; 如TF0=1, 10000数完, 清TF0
```

```
    JMP    LOOP1   ; 如果10000没数完, 循环检查TF0
```

```
LOOP2:
```

```
    CLR    TR0          ; 关闭Timer0
```

```
    RET                ; 返回主程序
```

9.3 定时/计数器的控制者

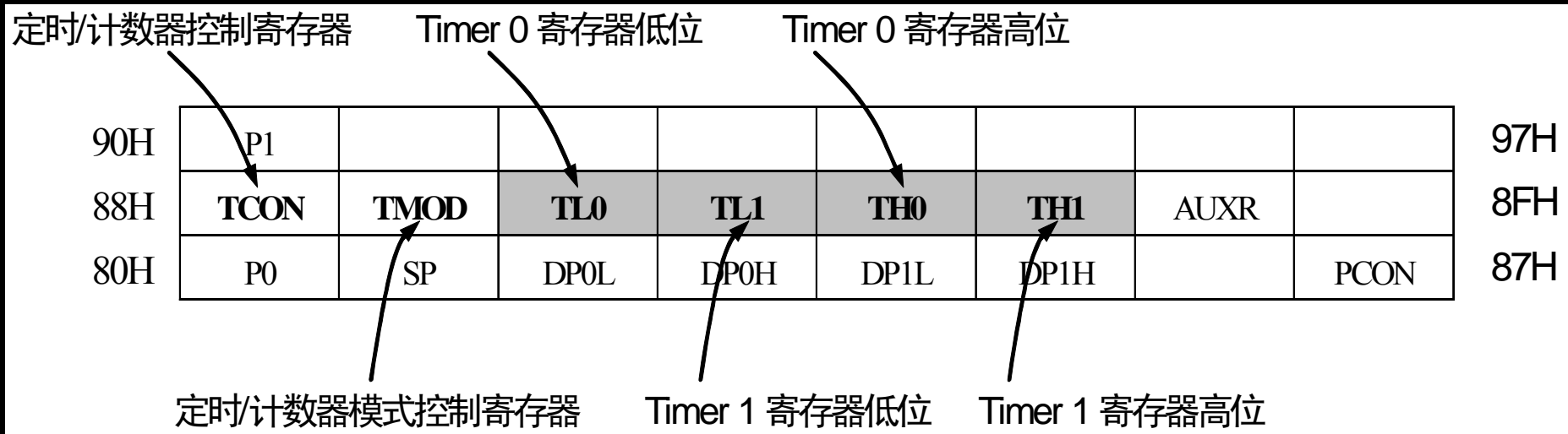
- Timer的启动、设置和关闭与特殊功能寄存器中的TCON、TL0、TH0等寄存器有关。
- T89S51单片机中有两个Timer，分别为Timer 0和Timer 1。有些单片机具有3个Timer，如AT89S52等。
- 两个Timer可以工作在定时器模式下，也可以工作在计数器模式下。

9.3 定时/计数器的控制者

• 9.3.1 Timer寄存器

Timer 0和Timer 1各有1个长度为2个字节的Timer寄存器，每个Timer寄存器由低位字节TL0或TL1和高位字节TH0或TH1两个特殊功能寄存器组成。

这4个寄存器可以像累加器ACC等寄存器一样进行数据的装载和读取。如指令“MOV TL0, #4FH”。



9.3 定时/计数器的控制者

- 9.3.2 定时/计数器模式控制寄存器TMOD
 - ✓ TMOD是“timer mode”的缩写，意思是“定时/计数器模式”，它在特殊功能寄存器区的89H上。
 - ✓ TMOD寄存器由高4位和低4位组成，分别控制Timer 1和Timer 0。
 - ✓ 在高4位或低4位中，M1和M0设置Timer 1或Timer 0的工作模式。

9.3 定时/计数器的控制者

• 9.3.2 定时/计数器模式控制寄存器TMOD

7	6	5	4	3	2	1	0
GATE	C/T#	M1	M0	GATE	C/T#	M1	M0
Timer 1				Timer 0			

GATE 门控位。 **C/T#** Timer定时/计数器选择位。

M1 Timer模式选择位1。 **M0** Timer 模式选择位0。设置方法为：

M1 M0 模式 工作模式

0 0 模式0 13位定时/计数器（THx 8位，TLx 5位）

0 1 模式1 16位定时/计数器

1 0 模式2 8位自动重载入定时/计数器（TLx），溢出时从THx重载

1 1 模式3 Timer 0有此模式，Timer 1没有

*注：x表示0或1，即情况适用于Timer 1和Timer 0，后同。

9.3 定时/计数器的控制者

• 9.3.3 定时/计数器控制寄存器TCON

- ✓ TCON是“timer control”的缩写，即“定时/计数器控制”的意思。它在特殊功能寄存器区的88H上。
- ✓ TCON的功能有：显示Timer溢出与否、启动/关闭Timer、外部中断方式控制、外部中断标志位。
TCON的8位中与Timer有直接关系的只有高4位。

7	6	5	4	3	2	1	0
TF1	TR1	TF0	TR0				
Timer 1		Timer 0					

TFx 溢出标志位。当Timer溢出时，该位由硬件置1；当执行中断子程序时，该位由硬件清0。

TRx Timer启动/停止位。TRx=1时Timer启动，TRx=0时Timer停止。

9.3 定时/计数器的控制者

• 9.3.4 Timer的时钟源

TMOD寄存器中的C/T#位=0，即Timer用作定时器，单片机的时钟信号就成了Timer的时钟源，时钟信号由晶振决定：

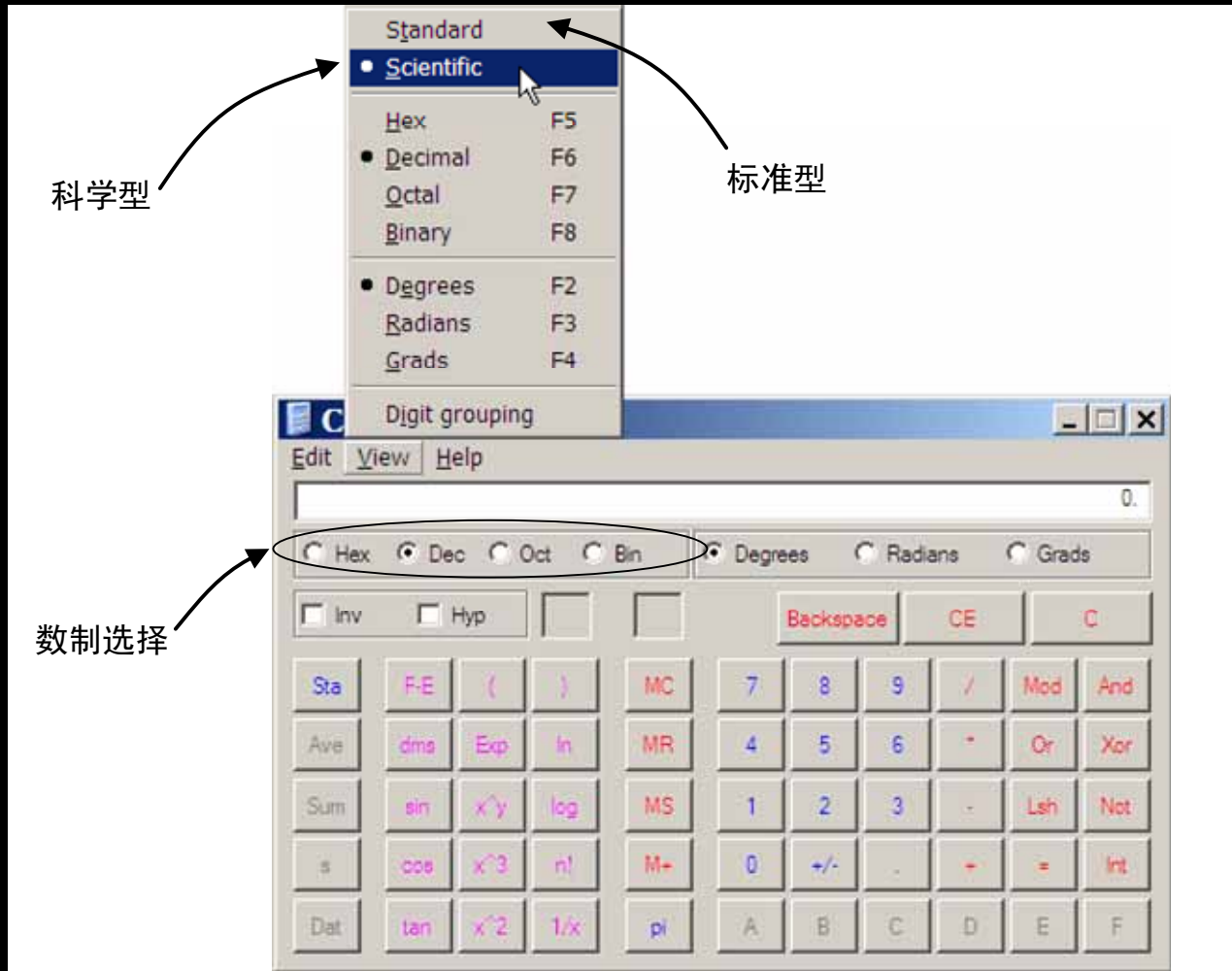
$$T = \frac{1}{f_c(\text{MHz}) \times \frac{1}{12}} \quad (\mu\text{s})$$

如晶振为12MHz,则单位时间 T 为：

$$T = \frac{1}{12\text{MHz} \times \frac{1}{12}} = 1 \quad (\mu\text{s})$$

9.3 定时/计数器的控制者

• 9.3.5 如何使用Windows计算器



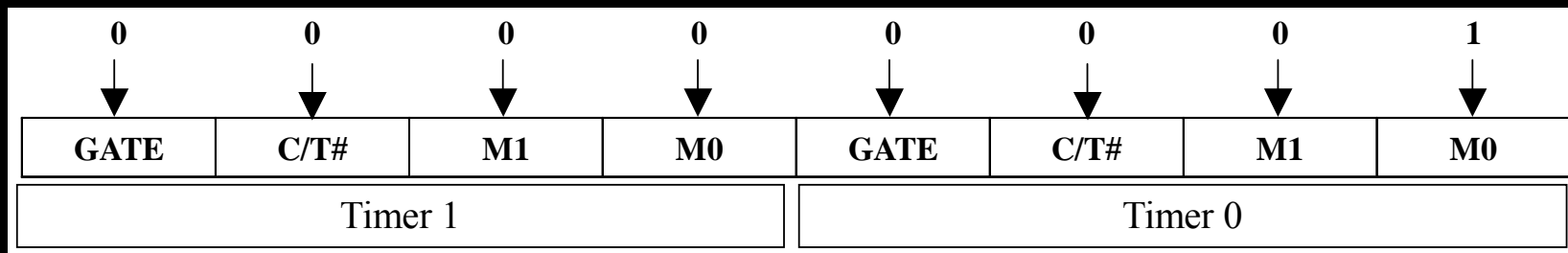
9.4 模式1

- 9.4.1 模式1下的Timer特点
 - ✓ Timer工作在模式1时是一个16位定时/计数器，计数初始值的低位和高位分别装载到Timer寄存器TLx和THx中。
 - ✓ Timer通过指令SETB将TRx置1启动。
 - ✓ 当TFx=1，表明计数完成，使用指令“CLR TRx”和“CLR TFx”来关闭Timer。
 - ✓ 想要重复Timer的计数过程，Timer寄存器中必须重新装载原来的计数初始值，并将TFx位清0。

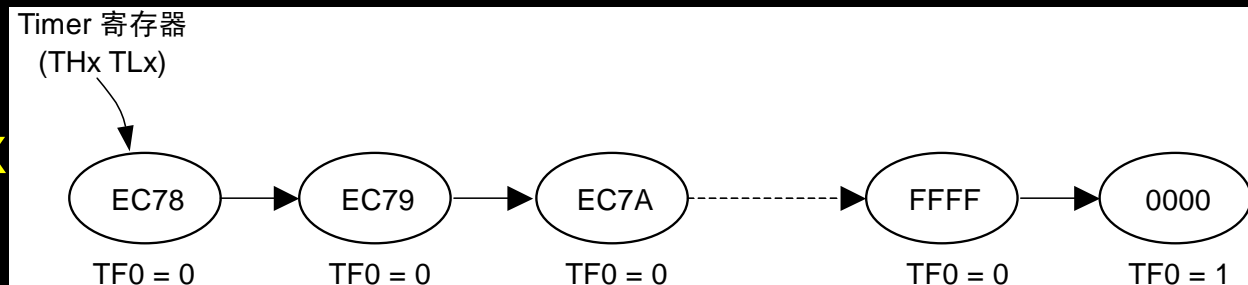
9.4 模式1

• 9.4.2 模式1的设置步骤

- ① 设置Timer的工作模式。程序中向定时/计数器模式控制寄存器TMOD中装载01H。



- ② 往TLx和THx中载入计数初始值。
- ③ 启动Timer。将TRx置1以启动Timer。
- ④ 监测Timer溢出标志TFx。
- ⑤ 关闭Timer。
- ⑥ 清溢出标志TFx
- ⑦ 重新装载。



9.4 模式1

• 9.4.3 Timer的计数时间与计数初始值

Timer寄存器的低位字节TLx和高位字节THx中装载的是Timer的计数初始值，当Timer启动后，从这个初始值开始每过1个机器周期计数值增加1，直到计数到16位的Timer寄存器的最大值——FFFFH后溢出为止。

$$t = Val(FFFF - MMLL + 1) \times \frac{1}{f_c(\text{MHz}) \times \frac{1}{12}} \mu\text{s}$$

其中MM是THx中的数值，LL是TLx中的数值。

9.4 模式1

• 9.4.3 Timer的计数时间与计数初始值

例：使用的晶振是12MHz，TH0和TL0中装载的计数初始值是EC78H，代入公式中得：

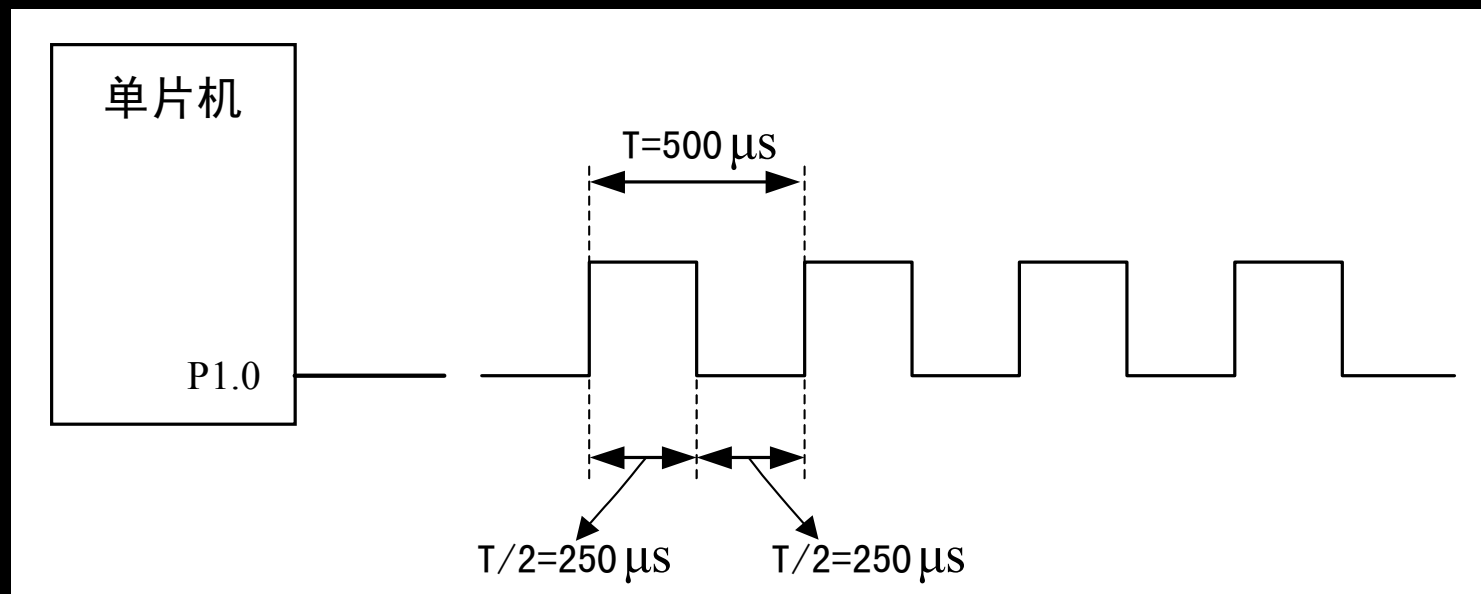
$$t = Val(FFFF - EC78 + 1) \times \frac{1}{12 \times \frac{1}{12}} = Val(1388) \times 1 = 5000 \times 1 = 5000(\mu s)$$

计算过程中，（FFFF-EC78+1）计算结果为1388（十六进制），使用科学计算器可以转换成十进制5000，然后再与单位时间相乘，最后结果为5000，即5ms。

9.4 模式1

• 9.4.4 如何选取Timer的计数初始值

例：设计一个方波信号发生器，要求从P1.0口输出频率 $f=2\text{kHz}$ 的方波，周期 $T=1/f=1/2\times 10^3=500\text{ }\mu\text{s}$ 。所以P1.0口输出高、低电平持续时间分别为 $250\text{ }\mu\text{s}$ 。



9.4 模式1

• 9.4.4 如何选取Timer的计数初始值

例：250即Timer计数时间，称之为设计时间。计数初始值步骤为：

- ① 将设计时间（以μs为单位，且小于65536）除以 $\frac{12}{f_c(\text{MHz})}$ 。
- ② 用65536减去步骤①得到的数。
- ③ 用科学计算器把步骤②中的得数转换成十六进制形式MMLL。如果转换结果<100H，则MM=00。
- ④ 最后得计数初始值：THx=MM，TLx=LL。

根据这个步骤，假设晶振频率为12MHz，设计时间250：① $250\mu\text{s} / 1\mu\text{s} = 250$ ；② $65536 - 250 = 65286$ ；③ $65286 = \text{FF06H}$ ；④ $\text{THx} = \text{FF}$ ， $\text{TLx} = 06$ 。所以Timer寄存器的计数初始值为FF06H。

9.4 模式1

- 9.4.5 如何利用Timer进行长时间定时
- ✓ Timer的设计时间 t 取决于两个因素：晶振频率，THx和TLx中装载的计数初始值。
- ✓ 硬件一旦完成，意味着晶振频率确定，Timer的设计时间就取决于THx和TLx中装载的计数初始值。
- ✓ 当MMLL=0000H时，设计时间 t 具有最大值，如果晶振频率为12MHz，设计时间的最大值=65536，即65.536ms。这个设计时间连0.1秒都不到，无法满足需要长时间定时的场合。

解决办法是多次重新装载计数初始值

9.4 模式1

• 9.4.5 如何利用Timer进行长时间定时

```

例:      ORG          00H
          START:
              MOV  TMOD, #10H      ; 设置Timer 1工作在模式1下
              MOV  R1, #50         ; R1为重复定时计数器, 定时50次
          LOAD:
              MOV  TL1, #0E0H      ; 往TL0和TH0中载入计数的初始值B1E0H
              MOV  TH1, #0B1H
              SETB TR1              ; 启动Timer 1
          CHECK:
              JNB  TF1, CHECK      ; 检测Timer溢出标志, 当TF1=1, 跳出
              CLR  TR1              ; 关闭Timer 1
              CLR  TF1              ; 将TF1清0
              DJNZ R1, LOAD         ; 如果R1≠0, 跳回LOAD重新装载计数初始值
              .....
              ; 这里是所要处理的程序
              .....
              JMP  START            ; 循环
          END
  
```

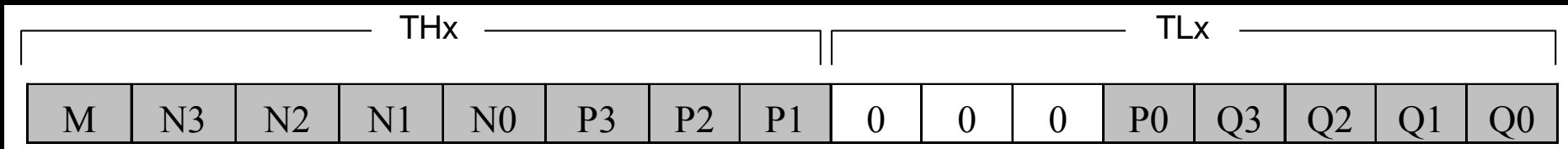
总延时 1s

9.5 模式0

- 模式0与模式1基本相同，不同的是模式1下Timer寄存器是16位的，而模式0下Timer寄存器是13位的。在载入计数初始值时，向THx载入高8位，向TLx的低5位上载入5位。
- 模式0的计数初值的计算方法如下：
 - ① 将设计时间（以为单位，且小于8192）除以 $\frac{12}{f_c(\text{MHZ})}$
 - ② 用8192减去步骤①得到的数。
 - ③ 用科学计算器把步骤②中的得数转换成13位二进制数，高位如果是空的用0补上，依次填入THx的8位和TLx的低5位中，TLx的高3位用0代替。
 - ④ 最后得计数初始值。

9.5 模式0

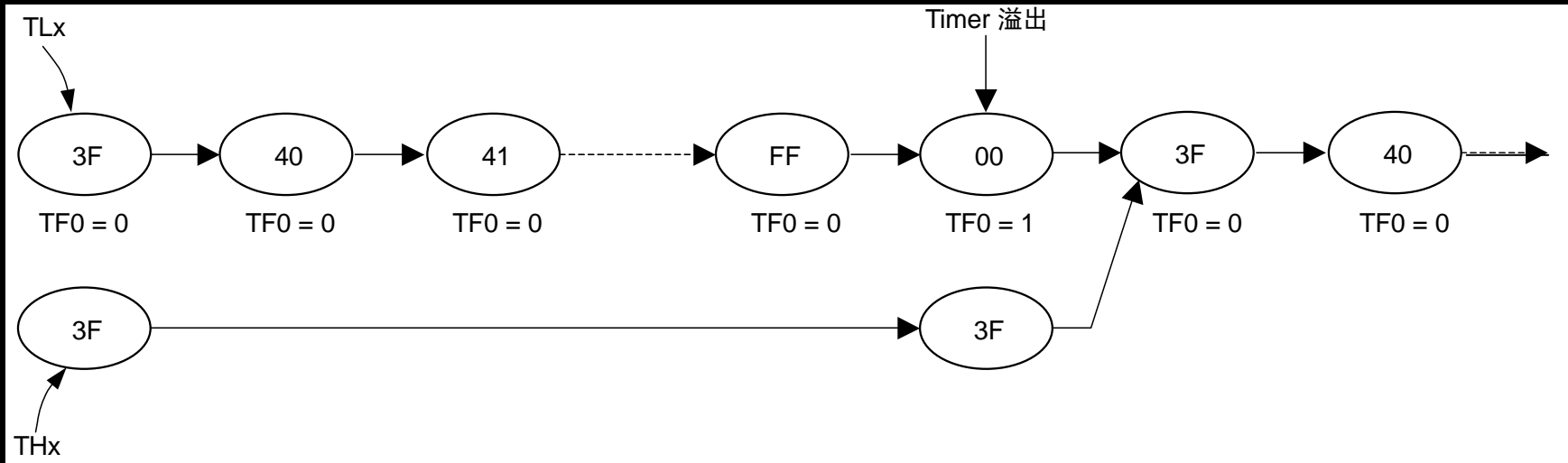
- Timer工作在模式0下产生一个500的延时，使用的晶振频率为12MHz。则计数初始值可以这样计算：
① $500\mu\text{s} / 1\mu\text{s} = 500$ ； ② $8192 - 500 = 7692$ ； ③ $7692 = 11110000\ 01100\text{B}$ ； ④ $\text{THx} = 1111\ 0000\text{B}$ ， $\text{TLx} = 0000\ 1100\text{B}$ 。转换成十六进制数： $\text{THx} = 0\text{F}0\text{H}$ ， $\text{TLx} = 0\text{C}\text{H}$ 。所以Timer寄存器计数初始值为F00CH。



9.6 模式2

• 9.6.1 模式2下的Timer特点

- ✓ **Timer**工作在模式2下是**1个8位的定时/计数器**，当计数至**FFH**之后就溢出，**TFx**位就会被硬件置**1**。
- ✓ **自动重新装载**：当**Timer**溢出时，**TLx**自动从**THx**中复制原来保存的计数初始值。这时只需要把**TFx**位清**0**，就可以自动重复计数的过程。



模式2下的自动重新装载计数初始值

9.6 模式2

• 9.6.2 模式2的设置步骤

- ① 设置Timer的工作模式。向TMOD装载20H，以设置Timer 1工作在模式2。
- ② 往THx和TLx中载入相同的计数初始值。
- ③ 启动Timer。将TRX置1以启动Timer X。
- ④ 检测Timer溢出标志TFx。
- ⑤ 关闭Timer，将TRX清0。
- ⑥ 清溢出标志TFx，将溢出标志TF1清0。

9.6 模式2

• 9.6.3 如何设置计数初始值

✓ 模式2下Timer设计时间与计数初始值的计算式为：

$$t = Val(FF - TT + 1) \times \frac{1}{f_c(\text{MHz}) \times \frac{1}{12}} (\mu\text{s})$$

✓ 如果给定一个设计时间，计算THx和TLx中的计数初始值：

- ① 将设计时间（以为单位，且小于256）除以 $\frac{12}{f_c(\text{MHz})}$
- ② 用256减去步骤①得到的数。
- ③ 用科学计算器把步骤②中的得数转换成十六进制形式TT。
- ④ 最后得计数初始值：THx=TLx=TT。

9.7 模式3

- 对于AT89S51单片机来说，前面3种工作模式均适用于Timer 0和Timer 1，但本节将要谈论的模式3只适用于Timer 0，Timer 1不具有模式3。
- 在模式3下，Timer 0的TL0和TH0变成两个独立的8位的Timer寄存器。但不具备自动重新装载计数初始值的特性。
- 以TL0为Timer寄存器的Timer使用TMOD和TCON中原来Timer 0的控制位，设置的方法与前面相同。而以TH0为Timer寄存器的Timer使用原来Timer 1的溢出标志位TF1和启动/关闭位TR1，并且不能用作计数器使用。

9.7 模式3

- 例： AT89S51单片机的P1.0口输出周期为300、占空比为1/3的矩形波信号。

ORG 00H

START:

MOV TMOD, #03H; 设置Timer 0工作在模式3下

LOAD:

MOV TL0, #9CH ; 往TL0中载入计数初始值

MOV TH0, #38H ; 往TH0中载入另一个计数初始值

SETB P1.0 ; P1.0置1

CALL TL_DELAY ; 调以TL0为基础的延时子程序

CLR P1.0 ; P1.0清0

CALL TH_DELAY ; 调以TH0为基础的延时子程序

JMP LOAD ; 循环，重新装载计数初始值

9.7 模式3

TL_DELAY: ; 以TL0为Timer寄存器的Timer的延时子程序段

SETB TR0 ; 启动以TL0为寄存器的Timer

CHECK0:

JNB TF0, CHECK0 ; 检测溢出标志

CLR TR0 ; 关闭Timer

CLR TF0 ; 将TF0清0

RET ; 返回主程序

TH_DELAY: ; 以TH0为Timer寄存器的Timer的延时子程序段

SETB TR1 ; 启动以TH0为寄存器的Timer

CHECK1:

JNB TF1, CHECK1 ; 检测溢出标志

CLR TR1 ; 关闭Timer

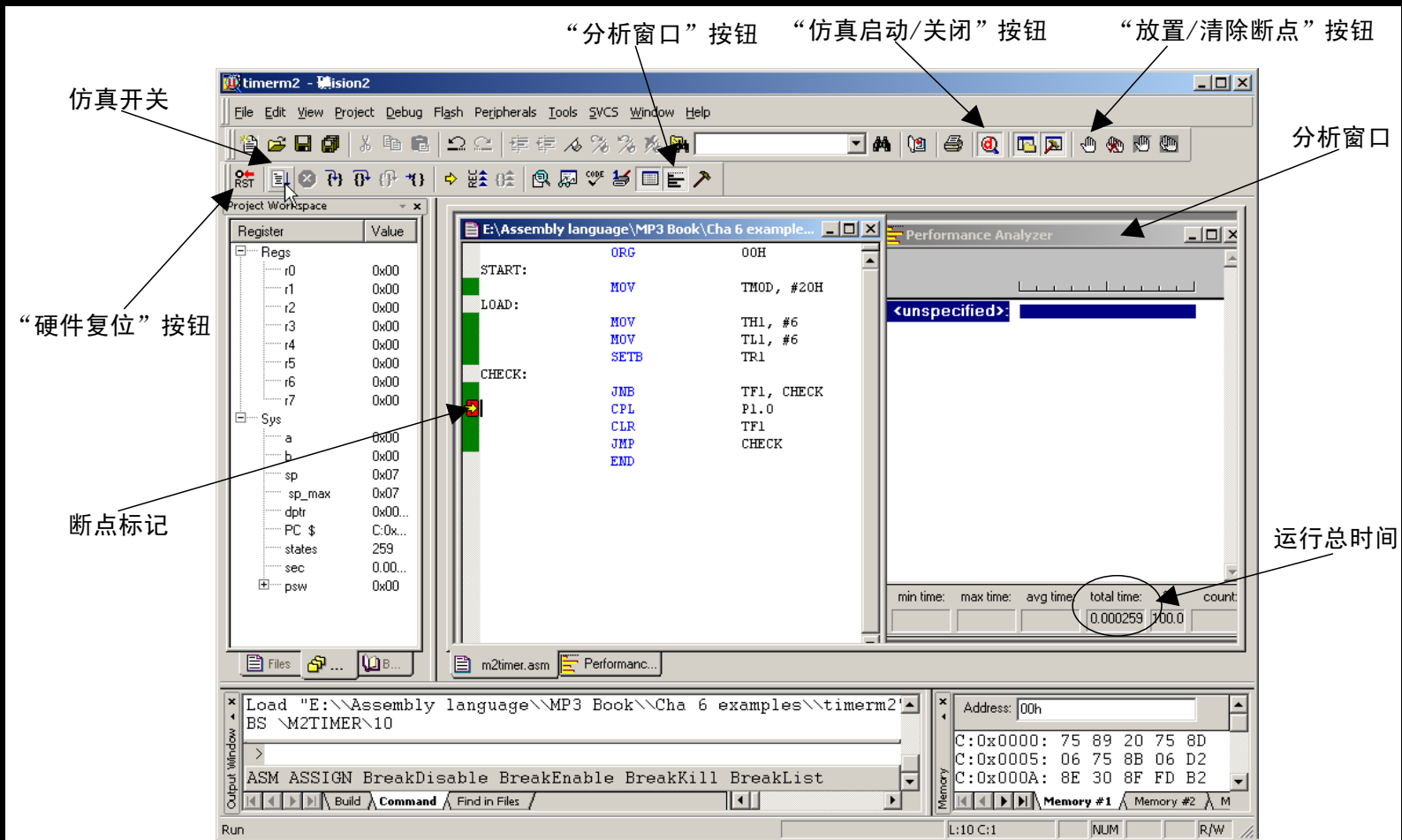
CLR TF1 ; 将TF1清0

RET ; 返回主程序

END

9.7 模式3

- 在μVision中仿真有关Timer的程序，结合断点来观察Timer延时的时长。



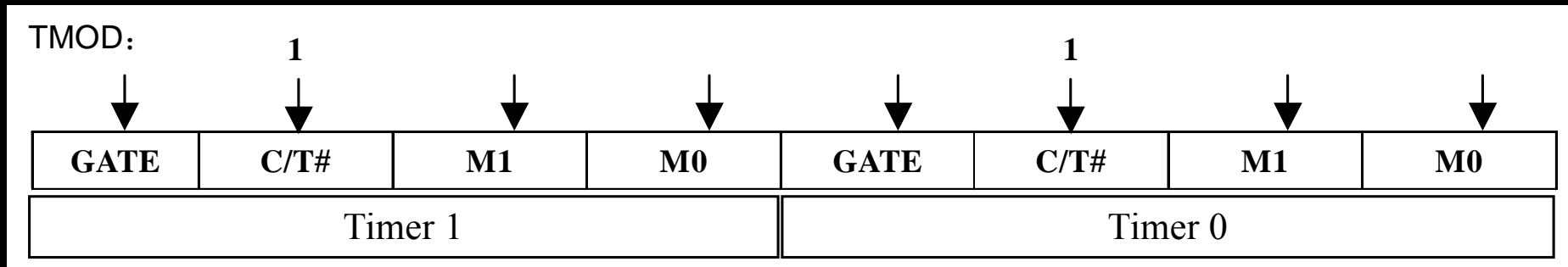
9.8 计数器

- **Timer**作计数器使用时，**Timer**寄存器**THx**和**TLx**的计数值记录的是外部事件的个数，例如输入的脉冲个数等。
- **Timer**作计数器使用时，定时/计数器模式控制寄存器**TMOD**和定时/计数器控制寄存器**TCON**的设置方法与前面相似。

9.8 计数器

• 9.8.1 Timer作计数器

如果TMOD中的C/T#位=0，Timer用作定时器；
如果C/T#位=1，Timer用作计数器，AT89S51单片机有Timer 0和Timer 1两个Timer，可以构成两个独立的计数器。



Timer用作计数器

9.8 计数器

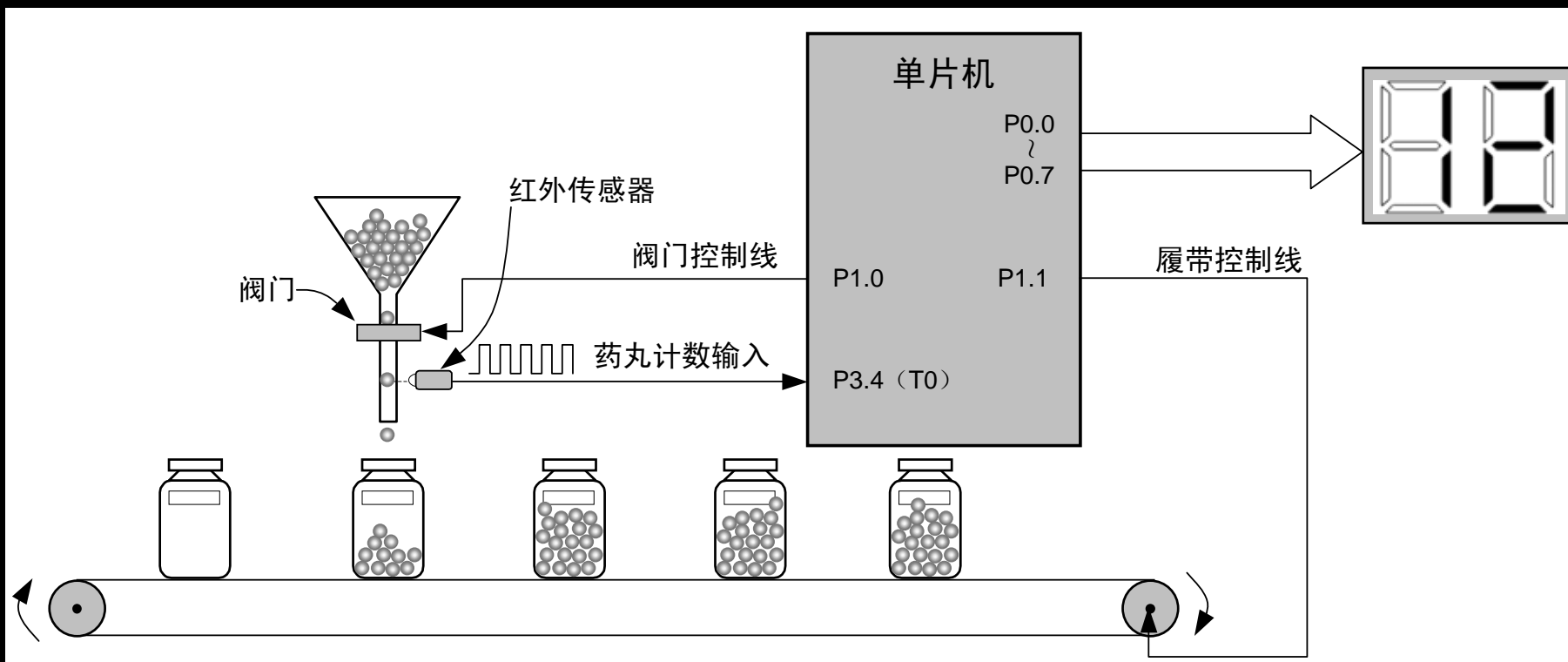
- 9.8.1 Timer作计数器

AT89S51单片机的P3.4口和P3.5口既能作为一般的I/O口使用，也可分别作为Timer 0和Timer 1的外部事件输入口。

管脚序号	I/O口	功能名称	描 述
14	P3.4	T0	Timer 0的外部事件输入端口
15	P3.5	T1	Timer 1的外部事件输入端口

9.8 计数器

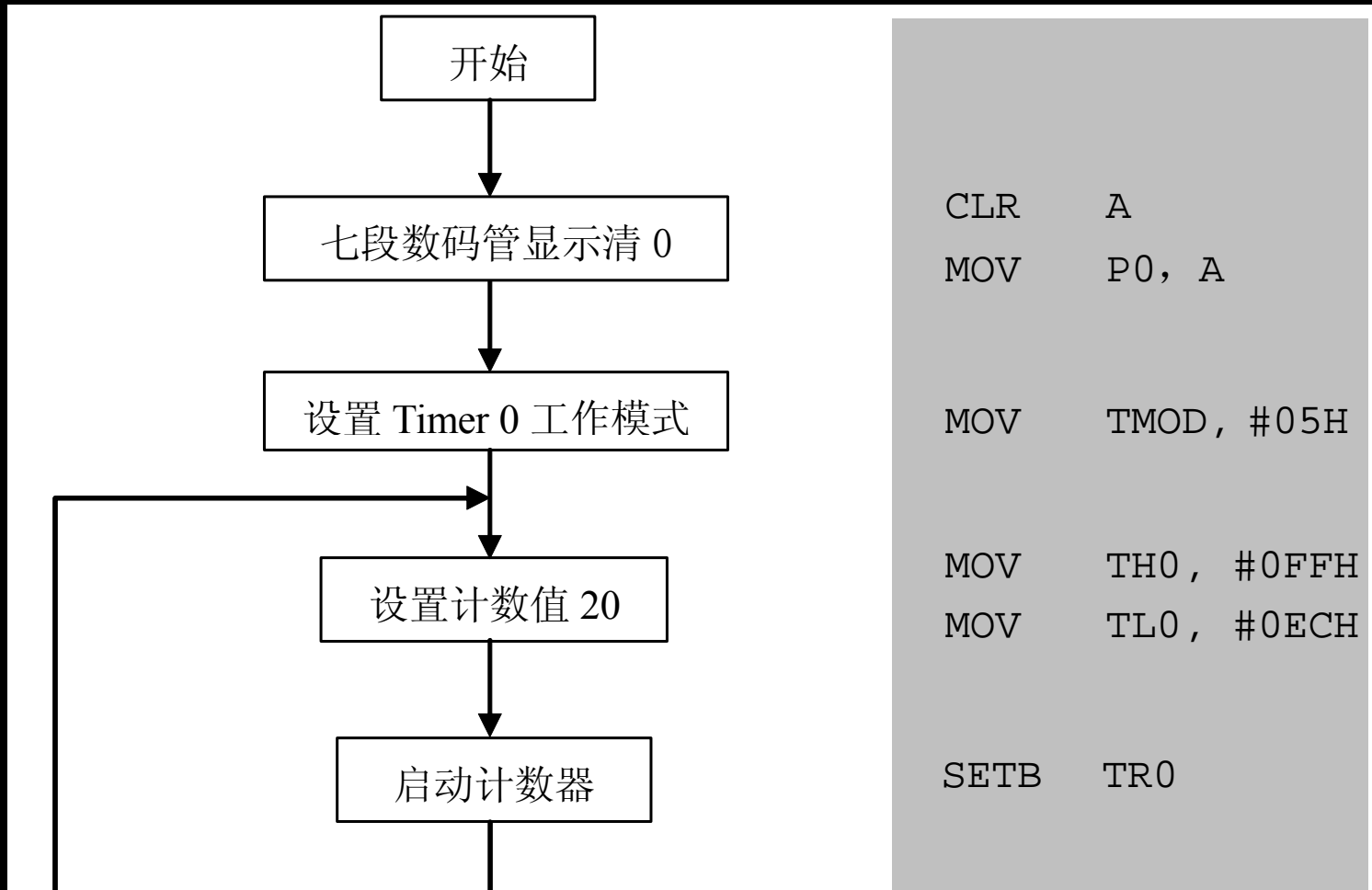
• 9.8.2 计数器的使用



装药丸生产线

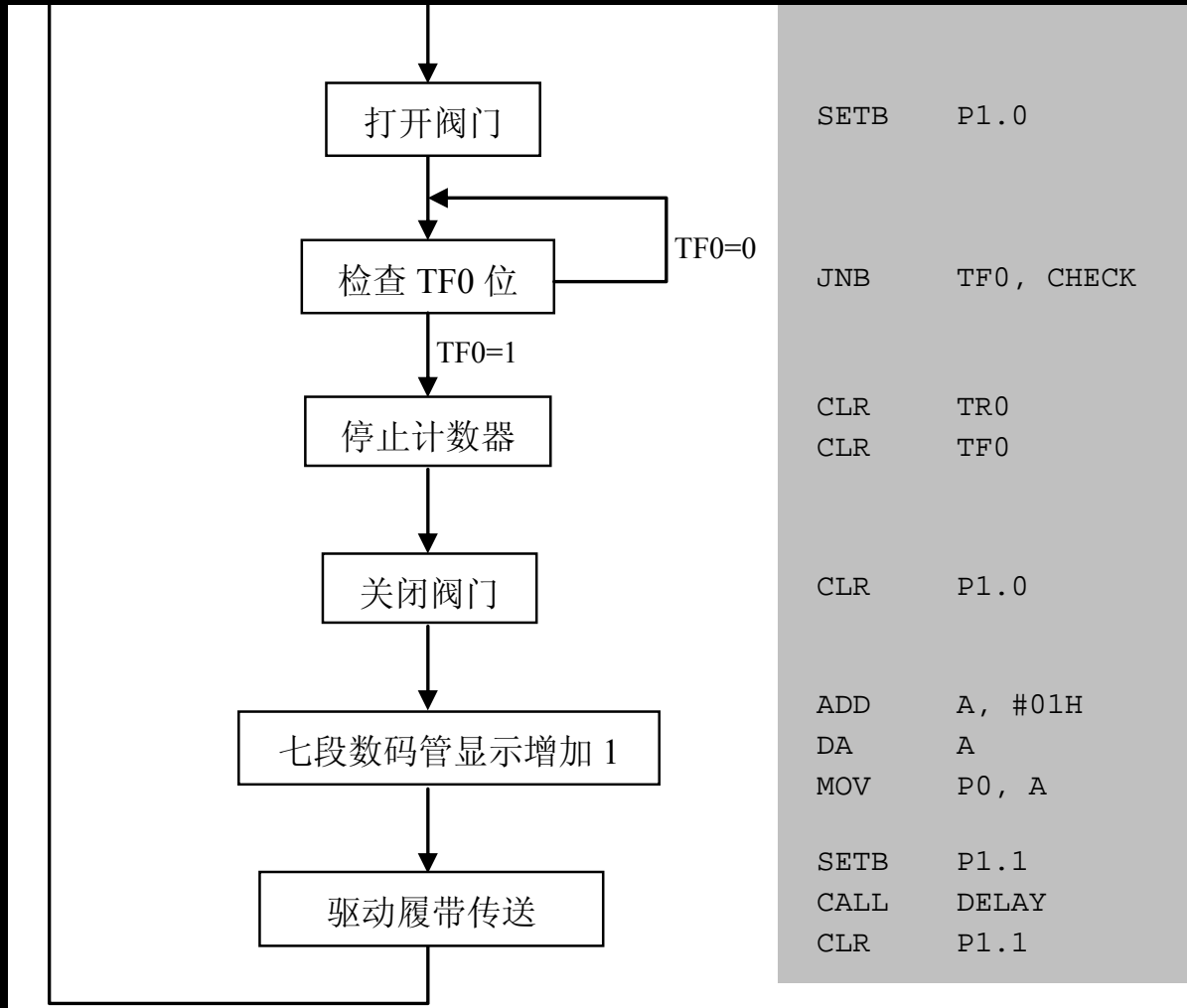
9.8 计数器

• 9.8.2 计数器的使用（装药生产线路程序设计思路）



9.8 计数器

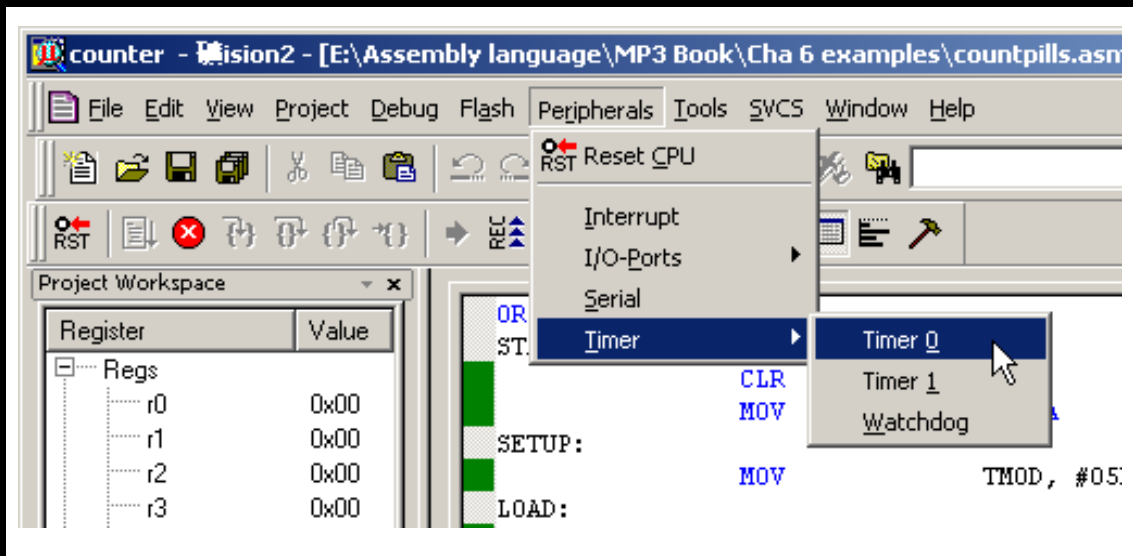
• 9.8.2 计数器的使用（装药生产线程序设计思路）



9.8 计数器

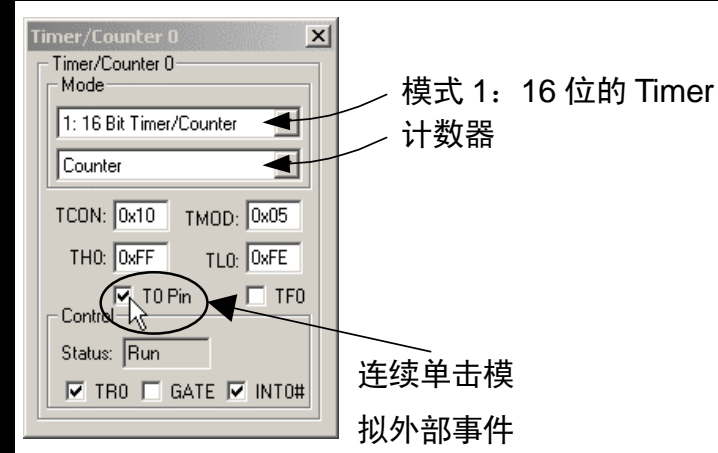
• 9.8.2 计数器的使用（ μ Vision仿真）

使用 μ Vision提供的一个功能来模拟从T0口（P3.4管脚）输入的外部事件。



△ 打开Timer属性对话框

▽ Timer属性对话框

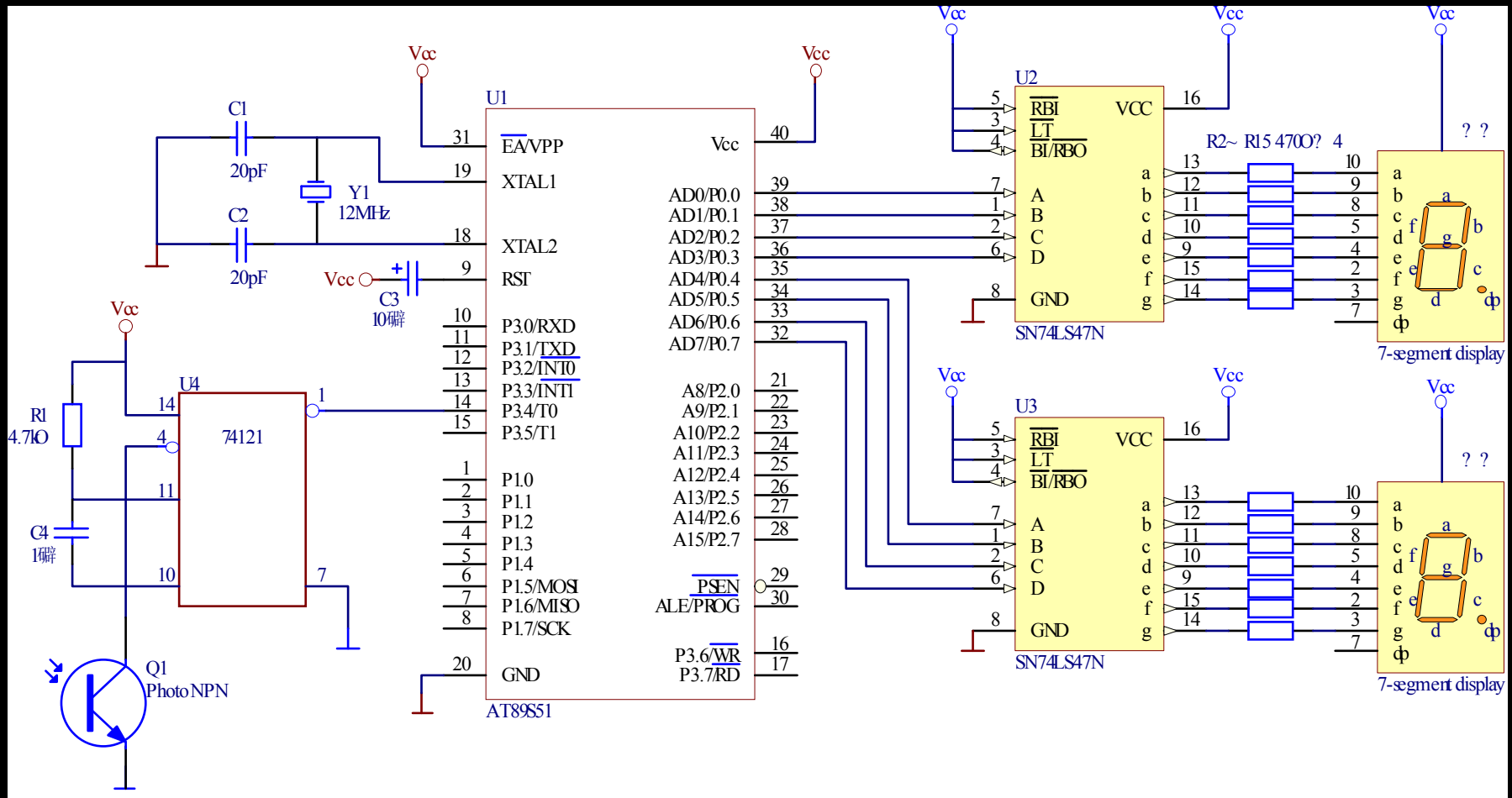


9.8 计数器

- 9.8.3 计数器的计数初始值设定
 - ✓ Timer在计数器下计算的是外部事件的发生次数。Timer工作在模式1下，是一个16位的计数器，其计数初始值通过指令“MOV TH0, #0FFH”和“MOV TL0, #0ECH”载入。这两条指令载入的计数初始值为FFECH。即（65536-20）的十六进制形式。
 - ✓ 计数初始值的载入也可以写成：
MOV TH0, # HIGH (65536 – 20)
MOV TL0, # LOW (65536 – 20)

9.8 计数器

• 9.8.4 计数器的4种工作模式（例）



制药厂装药丸生产线控制电路的一部分

9.8 计数器

- 9.8.4 计数器的4种工作模式（例）
使用4种模式下计数器来实现计数的任务。

① Timer 0作计数器工作在模式0下（13位计数器）

.....

SETUP:

MOV TMOD, #04H ; 设置Timer 0工作在计数器模式0下

LOAD:

MOV TH0, #(8192-20) / 32

; TH0中载入计数初始值的高位字节

MOV TL0, #(8192-20) MOD 32

; TL0中载入计数初始值的低位字节

SETB TR0 ; 启动Timer 0

.....

9.8 计数器

- 9.8.4 计数器的4种工作模式（例）

- ② Timer 0作计数器工作在模式1下（16位计数器）

.....

SETUP:

MOV TMOD, #05H; 设置Timer 0工作在计数器模式1下

LOAD:

MOV TH0, #HIGH(65536-20)

; TH0中载入计数初始值的高位字节

MOV TL0, #LOW(65536-20)

; TL0中载入计数初始值的低位字节

SETB TR0 ; 启动Timer 0

.....

9.8 计数器

- 9.8.4 计数器的4种工作模式（例）

- ③ Timer 0作计数器工作在模式2下（8位自动重新装载计数器）

.....

SETUP:

MOV TMOD, #06H; 设置Timer 0工作在计数器模式2下

LOAD:

MOV TH0, #(256-20) ; TH0中载入计数初始值的高位字节

MOV TL0, #(256-20) ; TL0中载入计数初始值的低位字节

SETB TR0 ; 启动Timer 0

.....

9.8 计数器

- 9.8.4 计数器的4种工作模式（例）

④ Timer 0作计数器工作在模式3下（8位计数器）

SETUP:

```
MOV    TMOD, #07H
```

；设置Timer 0工作在计数器模式3下

LOAD:

```
MOV    TL0, #(259-20)
```

；TH0中载入计数初始值的高位字节

```
SETB   TR0          ；启动Timer 0
```

.....

9.8 计数器

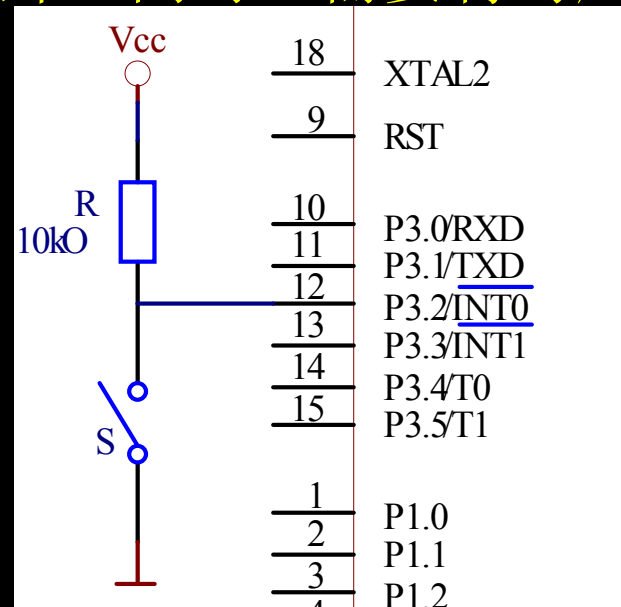
• 9.8.5 外部事件的信号要求

- ✓ 防止红外传感器可能输出的抖动信号使T0口误动作，红外传感器通过一个单稳态多谐振荡器74121芯片向单片机的T0口输入脉冲信号。由于T0口是Timer 0的外部事件输入端口，一般采用硬件的方法来消除抖动。
- ✓ 在计数器的应用中，当T0或T1口的电平由高向低跳变时，Timer计数值增加1。由于单片机“感知”这个电平的跳变需要一定的时间，所以外部事件发生的最高频率应小于晶振频率的1/24。
- ✓ Timer对外部事件信号的占空比没有什么限制，但为了安全起见，确保某一外部事件的电平信号在跳变之前至少被采样一次，则该电平至少要保持一个机器周期。

9.8 计数器

- 9.8.6 TMOD中的门控位GATE=1时
 - ✓ 在设置定时/计数器模式控制寄存器TOMD时，门控位GATE=0，Timer的启动或关闭由软件来控制，用“SETB TRx”启动Timer，用“CLR TRx”来关闭Timer。
 - ✓ 门控位GATE=1，则Timer的启动或关闭由硬件来控制。此时，尽管使用指令“SETB TRx”外，同时还需要将对应的管脚置1才能启动相应的Timer。

当Timer 0的门控位GATE=1时，
只有当开关S断开时=1，指令“SETB TR0”才能启动Timer 0。



9.9 看门狗

• 9.9.1 什么是看门狗

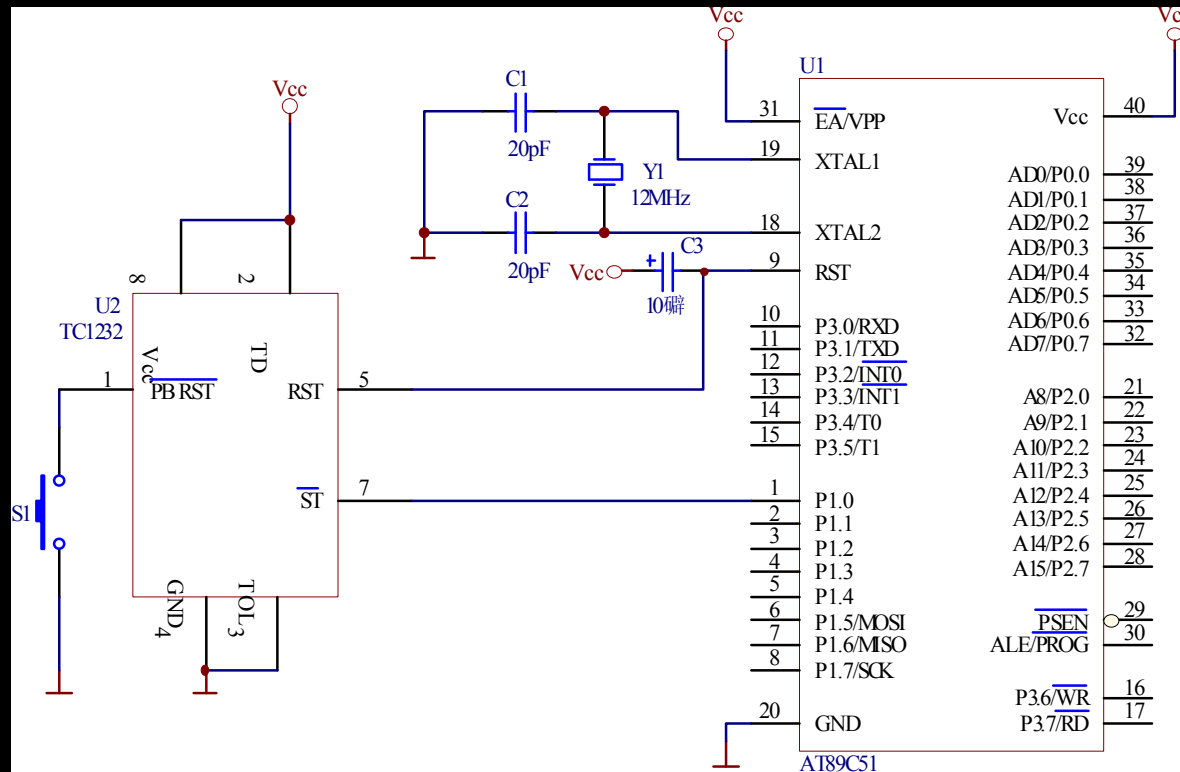
单片机系统中的看门狗具有以下两个特征：

- ① 看门狗定时器必须在一定时间内被刷新。如若不然，看门狗定时器就会溢出而导致单片机复位。
- ② 当看门狗定时器启动之后，程序可以控制看门狗定时器使单片机复位，或者等到看门狗定时器溢出时使单片机复位。后一种情况可以保证程序对导致看门狗定时器溢出的系统错误进行处理。

9.9 看门狗

• 9.9.2 外置看门狗

看门狗定时器能使单片机复位，看来看门狗定时器应该与单片机的复位管脚RST（第9脚）有直接的联系。



单片机系统与看门狗电路

9.9 看门狗

• 9.9.2 外置看门狗

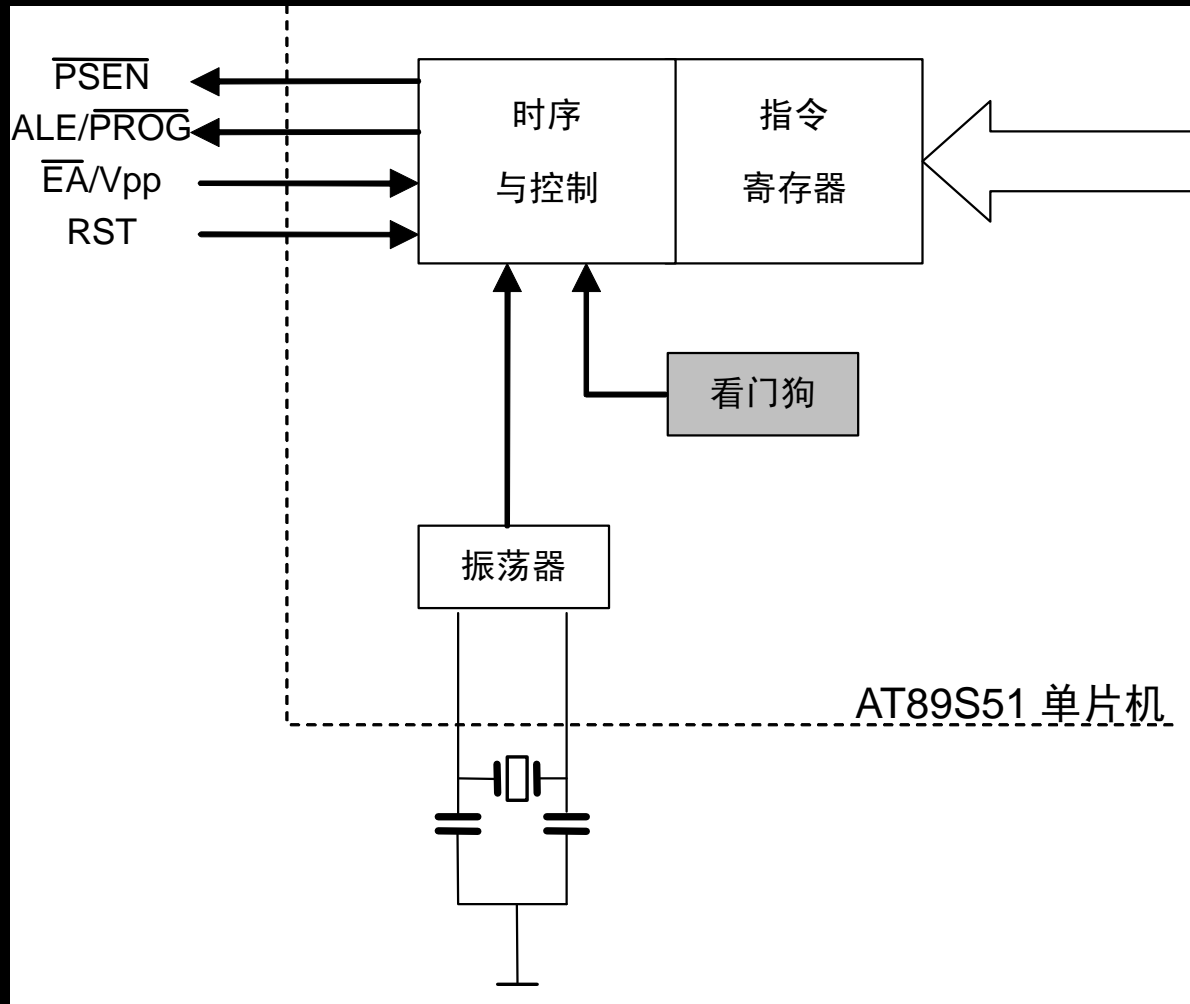
如果单片机的P1.0没有在看门狗定时器溢出时间之内向管脚输出一个下降沿，看门狗就会发挥作用，向单片机的复位端RST管脚输出一个复位信号使单片机复位。

条 件	看门狗定时器溢出时间		
	最 小 值	典 型 值	最 大 值
TD = GND	62.5ms	150ms	250ms
TD悬空	250ms	600ms	1000ms
TD = Vcc	500ms	1200ms	2000ms

TD管脚状态与看门狗定时器溢出时间

9.9 看门狗

• 9.9.3 内置看门狗



AT89S51单片机中的看门狗由一个14位的定时器和看门狗定时器复位寄存器WDTRST组成。WDTRST是特殊功能寄存器SFR中的一个，地址是A6H。

9.9 看门狗

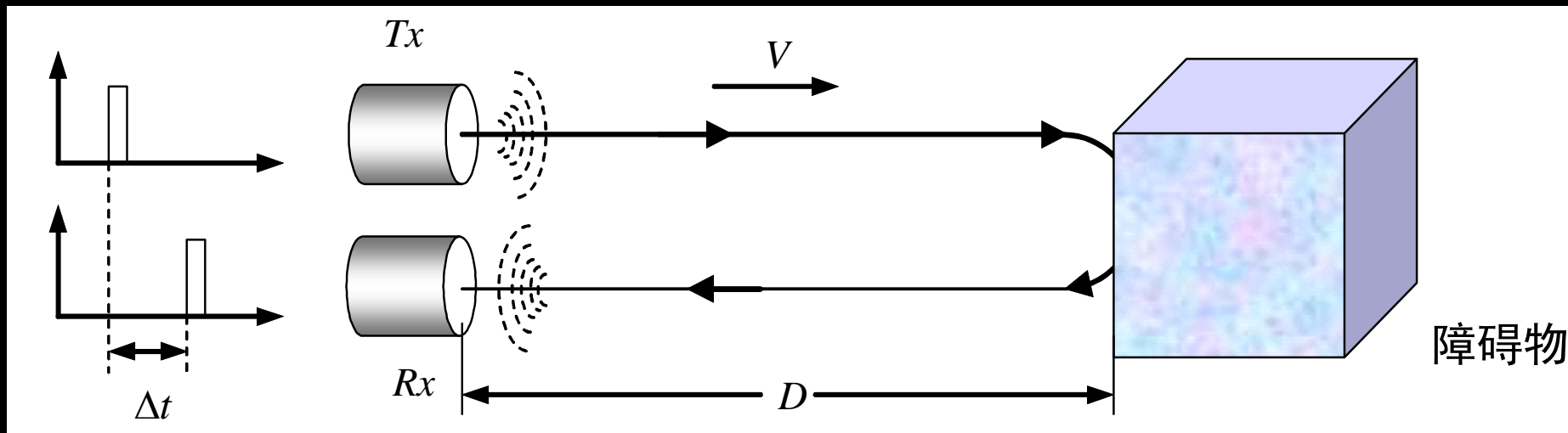
• 9.9.3 内置看门狗

- ✓ 当单片机上电复位时，默认看门狗功能被禁止。
- ✓ 要想启动看门狗功能，需要把立即数1EH和0E1H按顺序写入WDTRST寄存器中。
- ✓ 当看门狗启动后，其14位定时器的计数值每过1个机器周期增加1，直到当看门狗溢出时，它会使单片机的RST管脚电平被拉高从而促成单片机的复位。
- ✓ 当看门狗被启动后，程序是无法将其关闭的，而只有当单片机通过RST管脚重新复位或看门狗自己溢出导致单片机复位时看门狗才会关闭。

9.10 实例点拨——超声测距仪

• 9.10.1 什么是超声测距仪

超声测距仪是一种利用超声波来测量超声传感器到障碍物之间距离的仪器。



超声波用于距离测量 $D = (V \times \Delta t) / 2$ 。

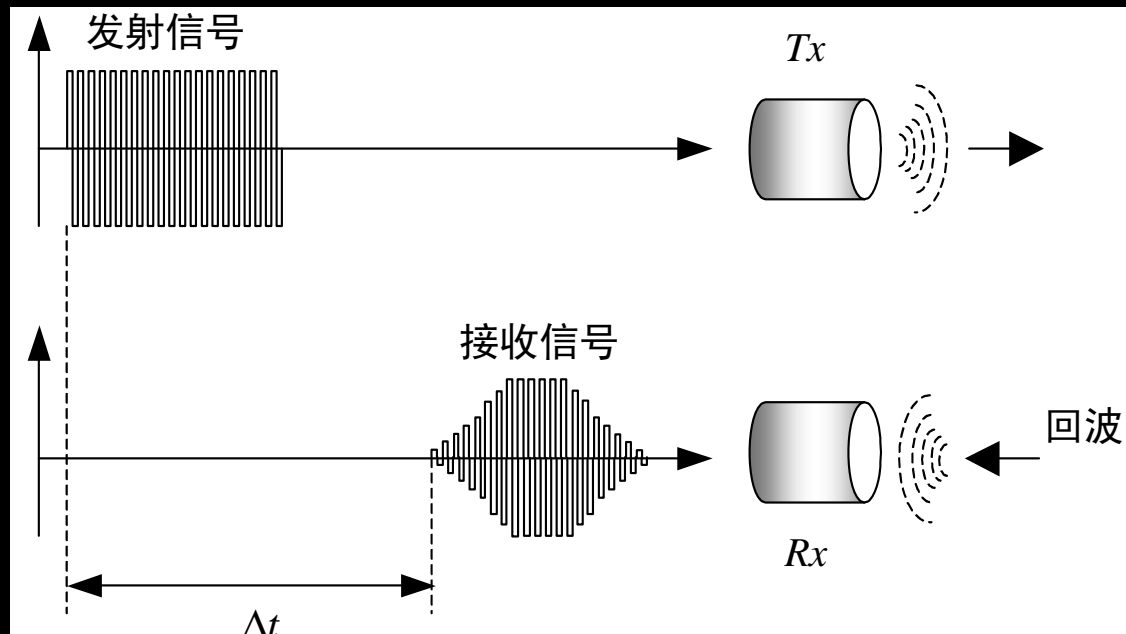
9.10 实例点拨——超声测距仪

• 9.10.2 明确单片机系统功能

- ✓ 从单片机的P1.0口输出周期=24 μ s的方波信号，该信号通过适当的驱动电路来推动超声波发射器Tx发射超声波（为了保证回波的质量，P1.0口连续输出20个方波作为Tx的发射脉冲信号）
- ✓ 发射出去的超声波遇到障碍物后被反射回来，并被超声波接收器检测到，而输出一个接收脉冲信号，该信号经过电路的调理后由单片机的I/O口检测到，随即停止Timer。

9.10 实例点拨——超声测距仪

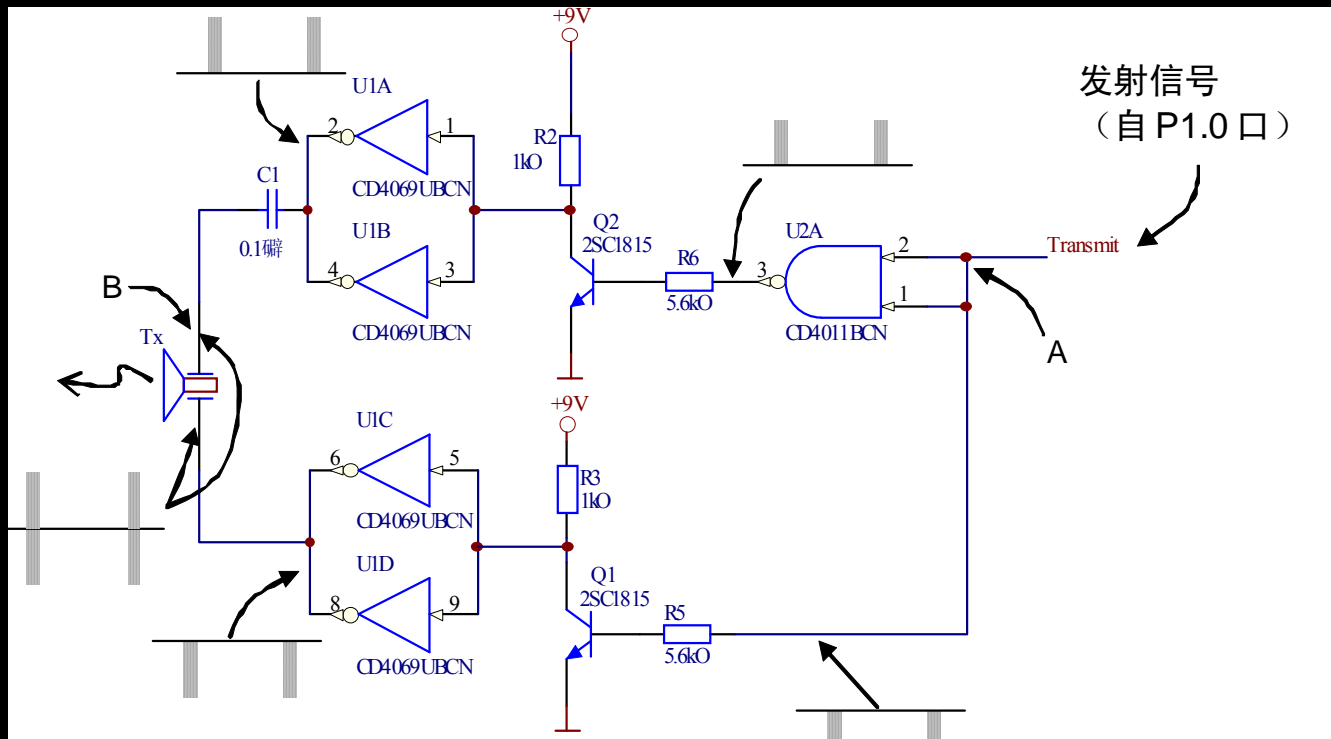
- 9.10.2 明确单片机系统功能
 - ✓ **Timer**中的当前计数就是超声波从发射到接收的时间差，单位为 μs （晶振频率=12MHz），利用程序计算出距离值并显示。
 - ✓ 显示完成后，单片机开始新一次的超声波脉冲发射与接收过程。



9.10 实例点拨——超声测距仪

• 9.10.3 硬件设计

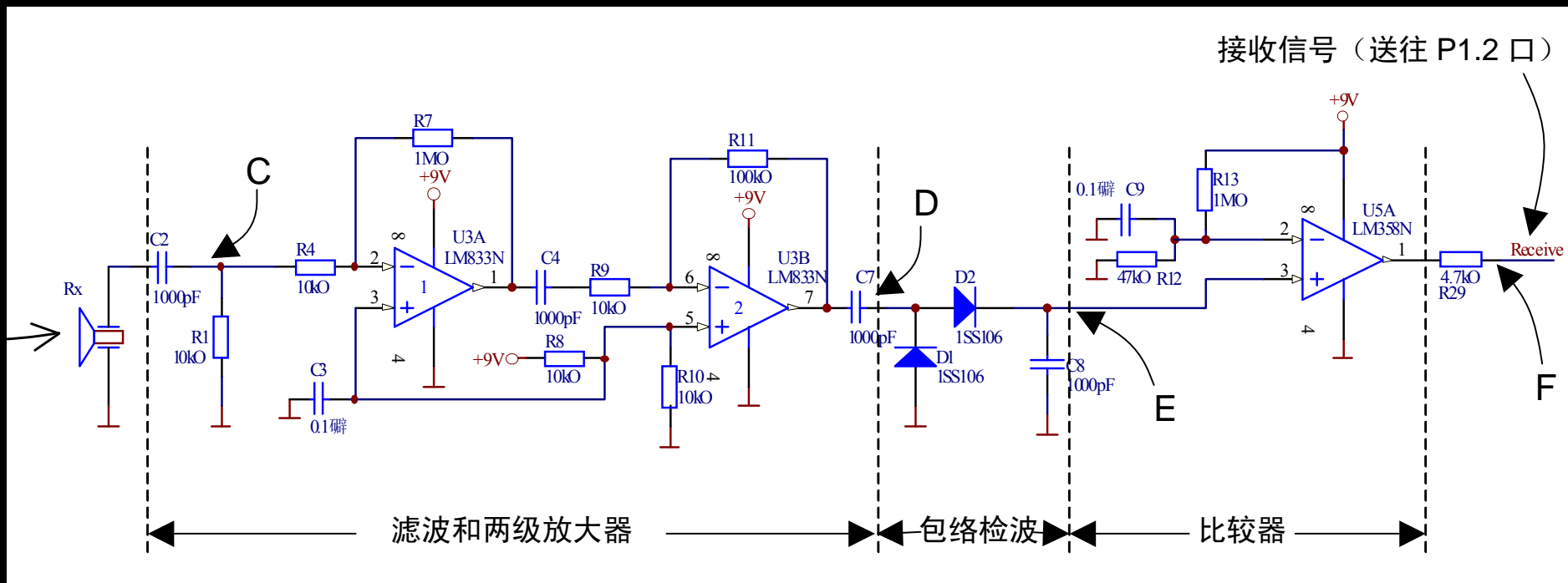
硬件电路包括几个部分：超声波发射器及其驱动电路、超声波接收器及信号调理电路、单片机最简系统、两位七段数码管等。



超声波发射器及其驱动电路

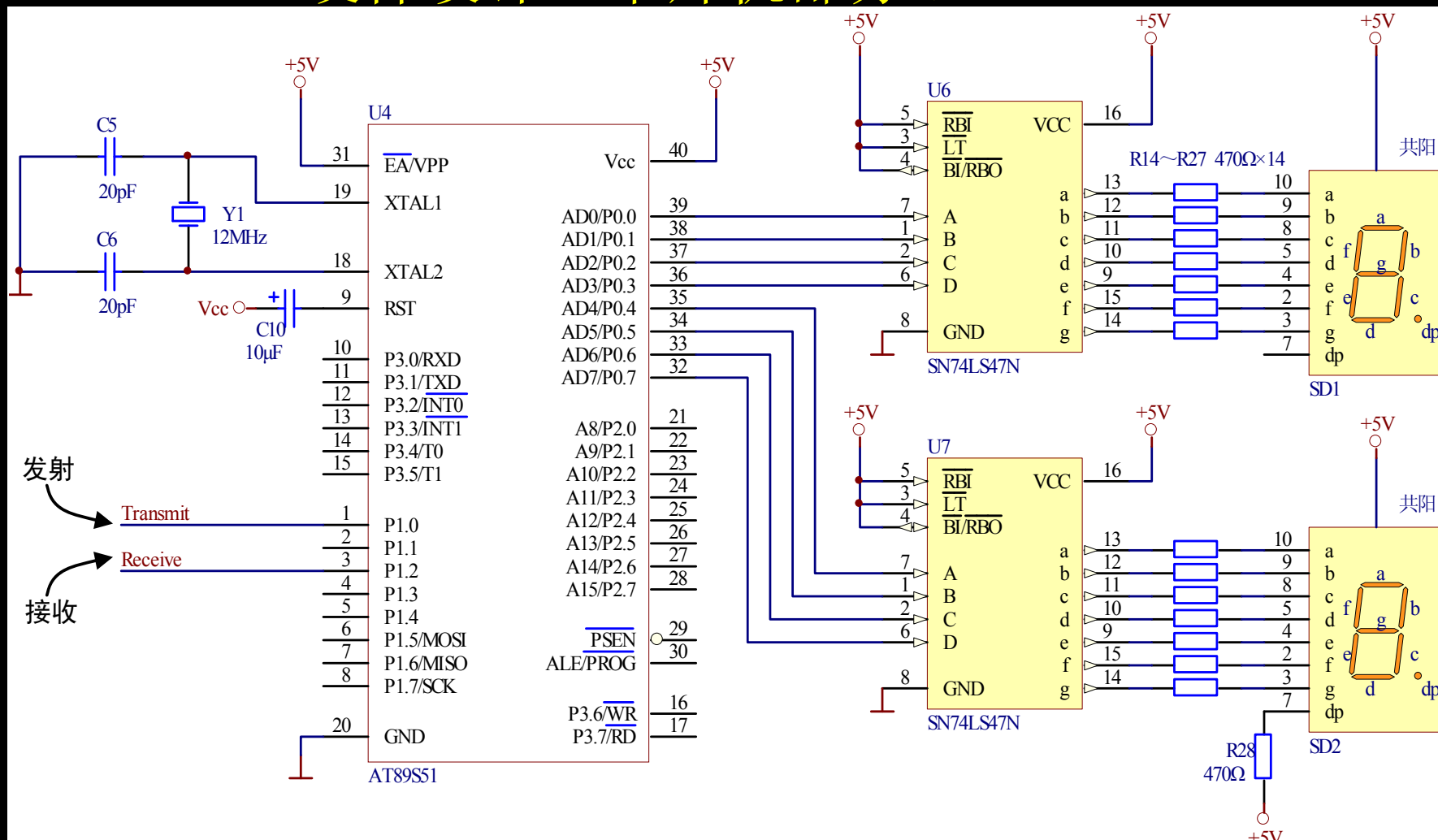
9.10 实例点拨——超声测距仪

• 9.10.3 硬件设计 (超声波接收器及信号调理电路)



9.10 实例点拨——超声测距仪

• 9.10.3 硬件设计（单片机部分）



9.10 实例点拨——超声测距仪

• 9.10.4 软件设计

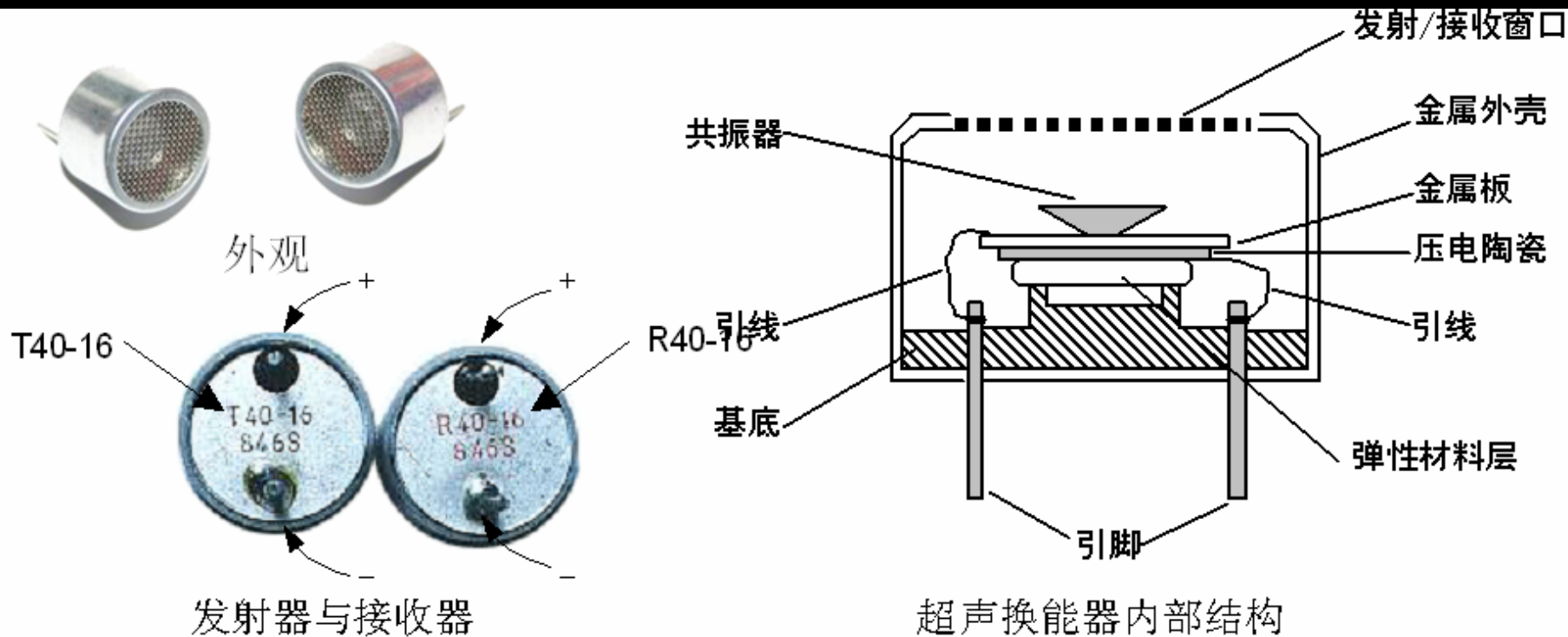
超声测距仪的程序有3个部分组成：产生发射脉冲信号、等待回波信号时的计时功能、计算并显示距离。

- ① 产生发射脉冲信号。可以使用**Timer 0**工作在模式2下（具有自动重新装载功能的8位定时器）进行延时而产生周期为**24 μ s**的脉冲信号。
- ② 等待回波信号时的计时功能。可以使用**Timer 1**工作在模式1下，**Timer**的计数值范围最大为**65536**。在**12MHz**晶振频率下，该超声测距仪的测量最大距离为**11.14m**。如果在**65.536ms**内没有接收到回波，说明测量距离大于**11.14m**或别的原因导致回波丢失，则**Timer 1**在**65.536ms**后溢出，程序跳回发射脉冲信号部分重新发射超声波。
- ③ 计算并显示距离。

器件介绍

1. 超声换能器

超声波发射器和超声波接收器具有电压和声波的转换功能，它们把一种形式的能量转换成另一种形式的能量，所以发射器和接收器统称为超声换能器（ultrasonic transducer）。



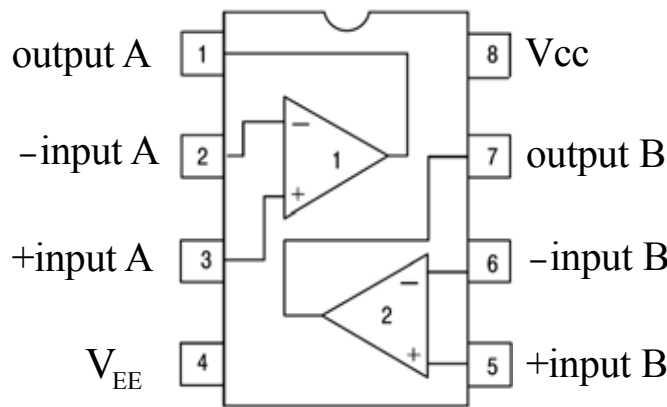
器件介绍

• 2.运算放大器

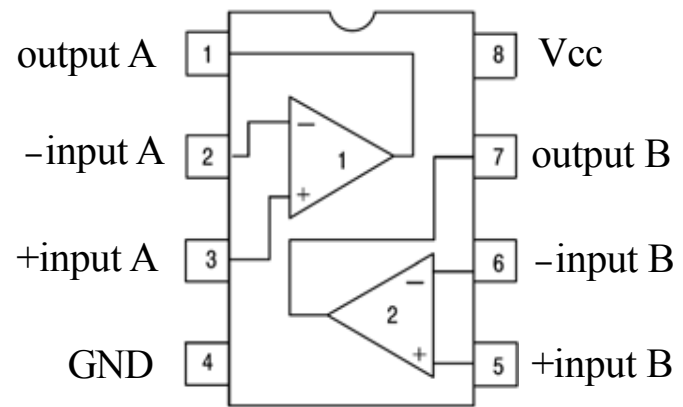
运算放大器（**operational amplifier**）简称运放，是一种高增益的集成型放大电路。以运算放大器为中心的应用电路很多，如放大器、有源滤波器、比较器等。



(a) 外观



(b) LM833内部结构图

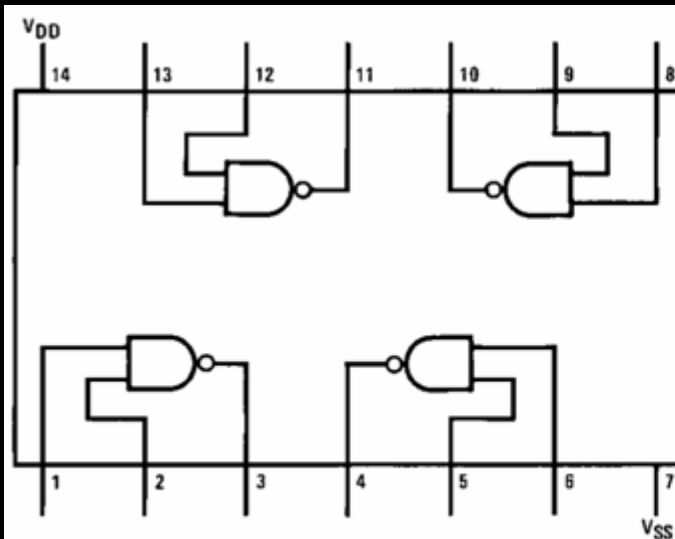


(c) LM358内部结构图

器件介绍

• 3. 与非门

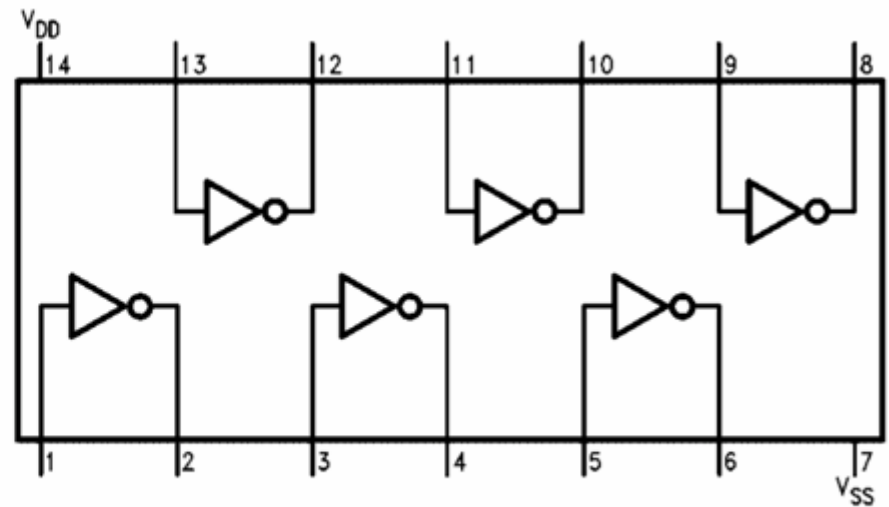
CD4011是一个与非门（NAND gate）集成电路，在系统中对单片机I/O口输出的方波信号进行反相。



与非门CD4011

• 4. 非门

CD4069是一个非门（Inverter）集成电路，它在系统中驱动超声波发射器。



非门CD4069

器件介绍

• 5. 二极管

二极管（**diode**）是最基础的电子器件之一，它的特点就是管中的**PN**结使其具有单向导电性。系统中使用的是肖特基二极管**1SS106**。二极管一端有一个白色的环代表对应的引脚为负极。由于该二极管具有良好的高频特性，所以应用在回波信号的包络检波器中。

