

第一章

单片机及MCS51基本结构

1.7 MCS-51的定时器/计数器

定时器/计数器概述

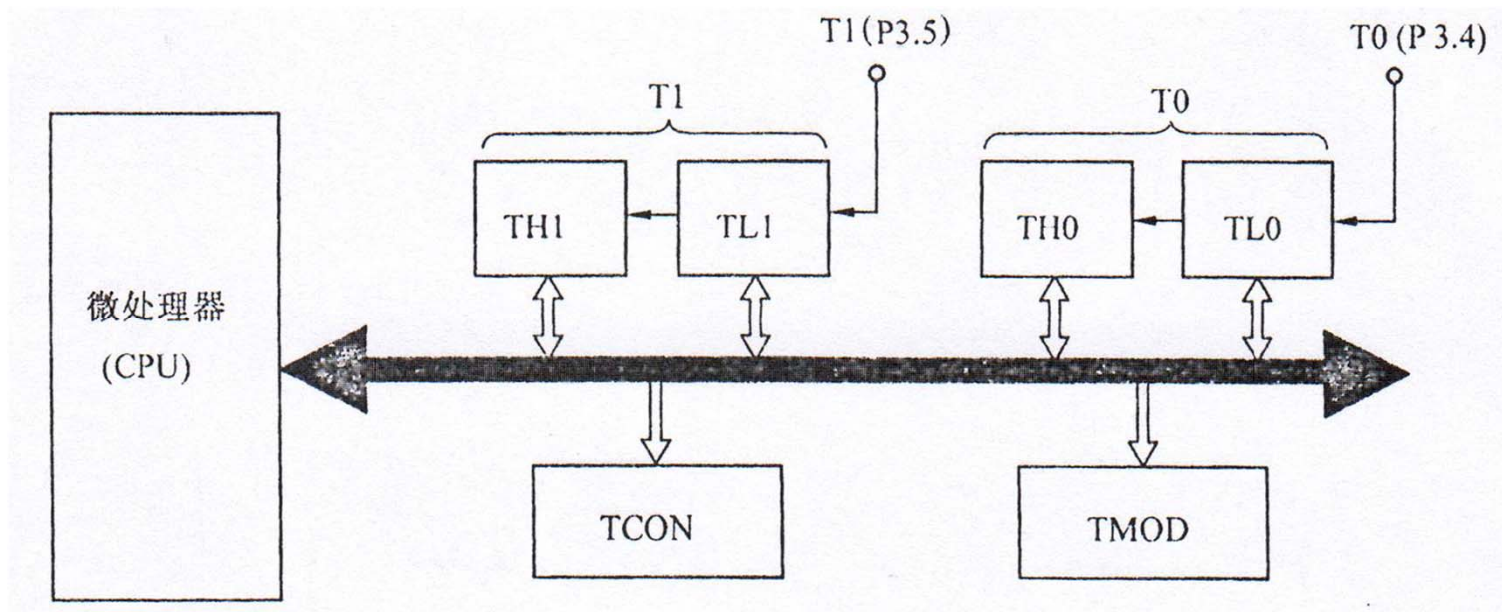
在应用系统中，通常要求实现比较精确的定时处理或实现对外部事件的计数处理，定时器/计数器作为常用外围功能部件，在一般单片机中均有不同数量的集成。

MCS-51的8031系列单片机的内部集成有两个16位的可编程定时器/计数器，即定时器/计数器T0和定时器/计数器T1。T0和T1既可以用于定时，也可以用于对外部事件进行计数（外部事件输入端定义在P3.4和P3.5，不用于计数功能时，P3.4和P3.5仍可用于一般I/O口），还可以作为串行接口的波特率发生器。

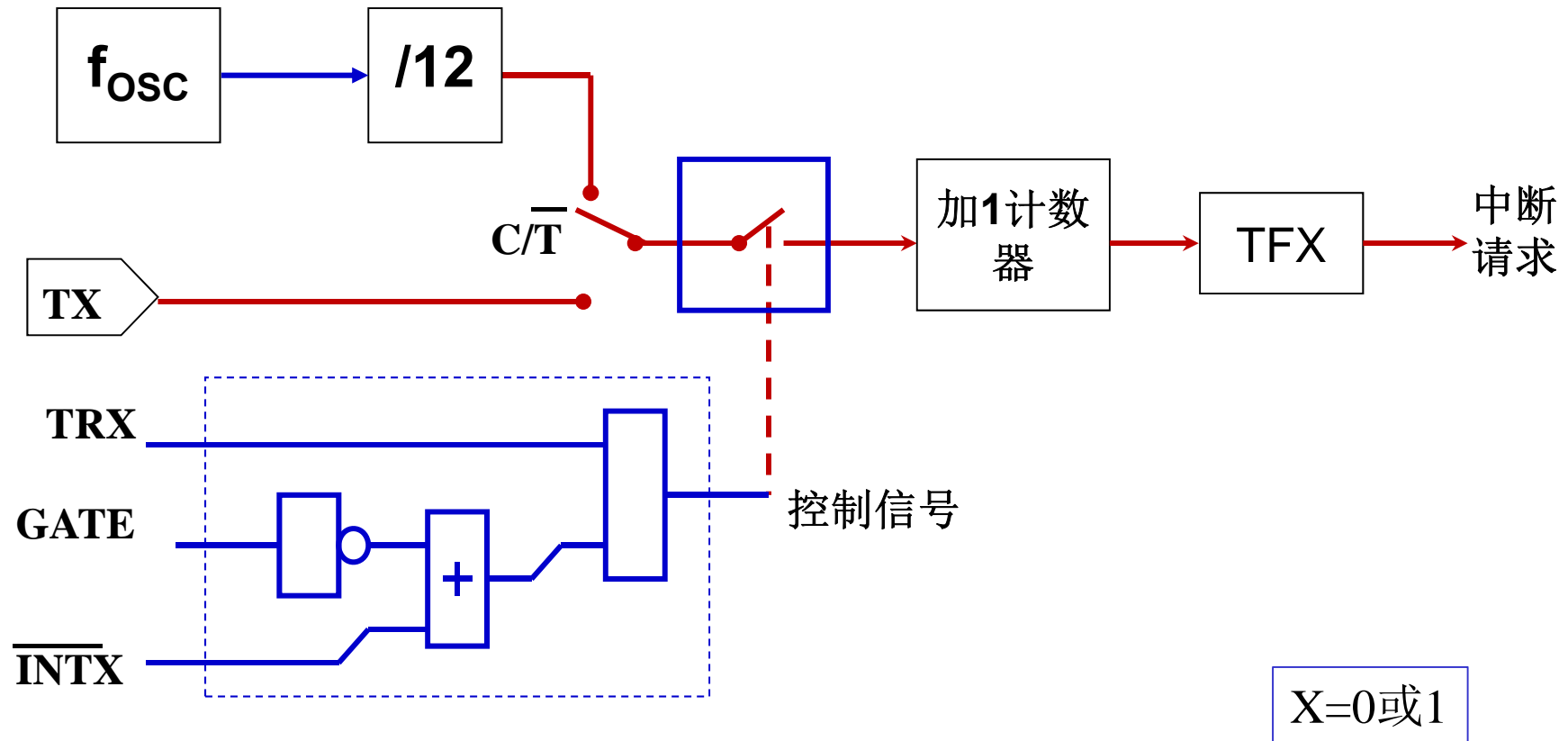
8032系列的单片机还增加了一个定时器/计数器T2，功能比T0和T1更为强大，除了定时/计数功能外，还具有16位重装载模式，加/减计数模式和波特率发生器。

定时器/计数器T0与T1的结构

定时器/计数器T0由特殊功能寄存器TH0、TL0构成，定时器/计数器T1由特殊功能寄存器TH1、TL1构成，T0和T1有4种工作方式（方式0、方式1、方式2和方式3），由特殊功能寄存器TMOD（工作方式控制寄存器）和TCON（定时器/计数器控制寄存器）设定。



定时器/计数器T0与T1的结构



定时器/计数器的内部结构

定时器/计数器T0与T1的结构

- 当用于**定时器**方式时（ $C/\overline{T}=0$ ），定时器的计数输入信号来自内部时钟发生器电路，每个**机器周期**计数器加1，所以定时器也可以看作是计算“**机器周期**”的计数器；而1个**机器周期**包含有12个**振荡周期**，所以，

定时器的**计数频率**=（**振荡器频率** f_{OSC} ）/12。

定时时间= 计数值（机器周期数） $\times 12/f_{osc}$

- 如果单片机的**振荡器频率（时钟频率）**为12MHz，则计数频率为1MHz，即每个微秒（ μs ）计数器加1。

定时器/计数器T0与T1的结构

- 当用于**计数器**方式时 ($C/\bar{T}=1$)，计数器对外部事件计数，计数脉冲来自外部输入引脚T0 (P3.4) 和T1 (P3.5)。**当外部输入信号发生1→0的负跳变时，计数器加1。**
- CPU在每个机器周期的S5P2节拍，对外部计数脉冲进行采样。如果前一个**机器周期**采样为高电平1，后一个**机器周期**采样为低电平0，即为一个有效的计数脉冲，再在下一个机器周期的S3P1节拍，计数器加1。
- 由于确认一次从1→0的负跳变，要花费2个机器周期（24个振荡器周期），所以外部输入计数信号最高频率是振荡频率的1/24。

计数器的**计数频率** \leq (**振荡器频率**) / 24。

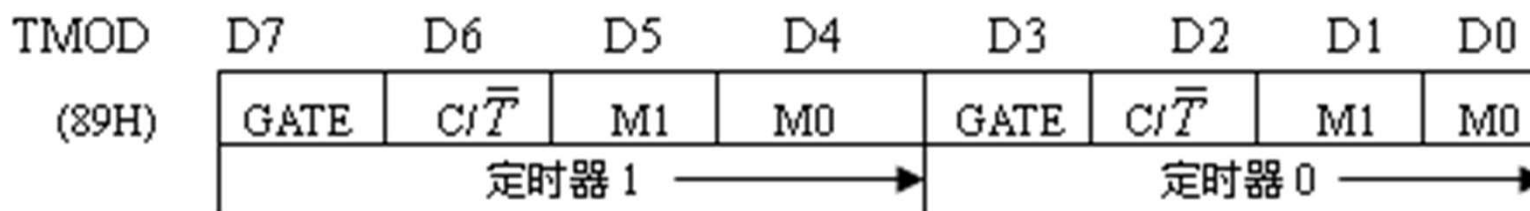
- 定时器/计数器采用计数器模式时，外部输入信号的高、低电平至少保持一个机器周期。

工作方式控制寄存器TMOD

- TMOD寄存器用于设定两个定时器/计数器T0和T1的工作方式。TMOD的字节地址为89H，不能位寻址，只能用字节指令设置其内容，低4位和高4位分别用于定时器T0和T1的工作方式控制，复位时为00H。
- TMOD寄存器的内容如下：



工作方式控制寄存器TMOD



◆ **GATE**: 门控位。

GATE=0时，运行控制位**TRX**置**1**，将启动定时器。

GATE=1时，外部中断请求信号 ($\overline{\text{INTX}}$) 和**TRX**都置**1**，将启动定时器。

(**可用来测量 $\overline{\text{INTX}}$ 端出现的正脉冲宽度**)

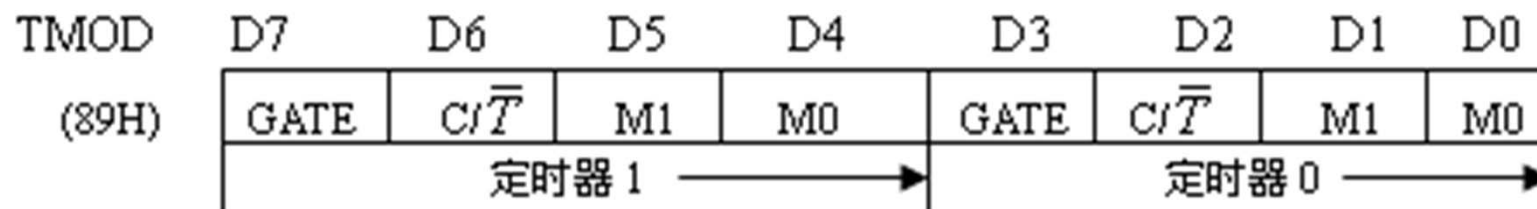
◆ **C/ \bar{T}** : 定时器/计数器模式选择位。

◆ **C/ \bar{T} =0** 定时器工作模式;

◆ **C/ \bar{T} =1** 计数器工作模式,

此时，**计数脉冲来自外部输入引脚T0 (P3.4) 和T1 (P3.5) 。**

工作方式控制寄存器TMOD



◆ **M1M0**: 工作方式选择位 (X=0或1)

M1M0=00 方式0 (13位定时/计数器, 由TLX中低5位与THX中的8位构成。)

M1M0=01 方式1 (16位定时/计数器, 由TLX中的8位与THX中的8位构成。)

M1M0=10 方式2 (8位自动重装载定时/计数器, TLX 计数溢出时, THX的内容重装载到TLX中。)

M1M0=11 方式3 (仅适用于T0, T0分为两个独立8位定时/计数器; T1停止计数。)

在方式0、1和2中, T0和T1的工作模式相同, 在方式3中, T0和T1的工作模式不同。

定时器/计数器控制寄存器TCON

TCON寄存器用于保存定时器/计数器、外部中断请求的中断请求标志。

TCON寄存器字节地址是88H，位地址88H~8FH，复位时为00H。

与定时器T0和T1有关的控制位有4位，

与中断有关的控制位有4位。

寄存器的内容和位地址表示如下：

TCON	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H
(88H)	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

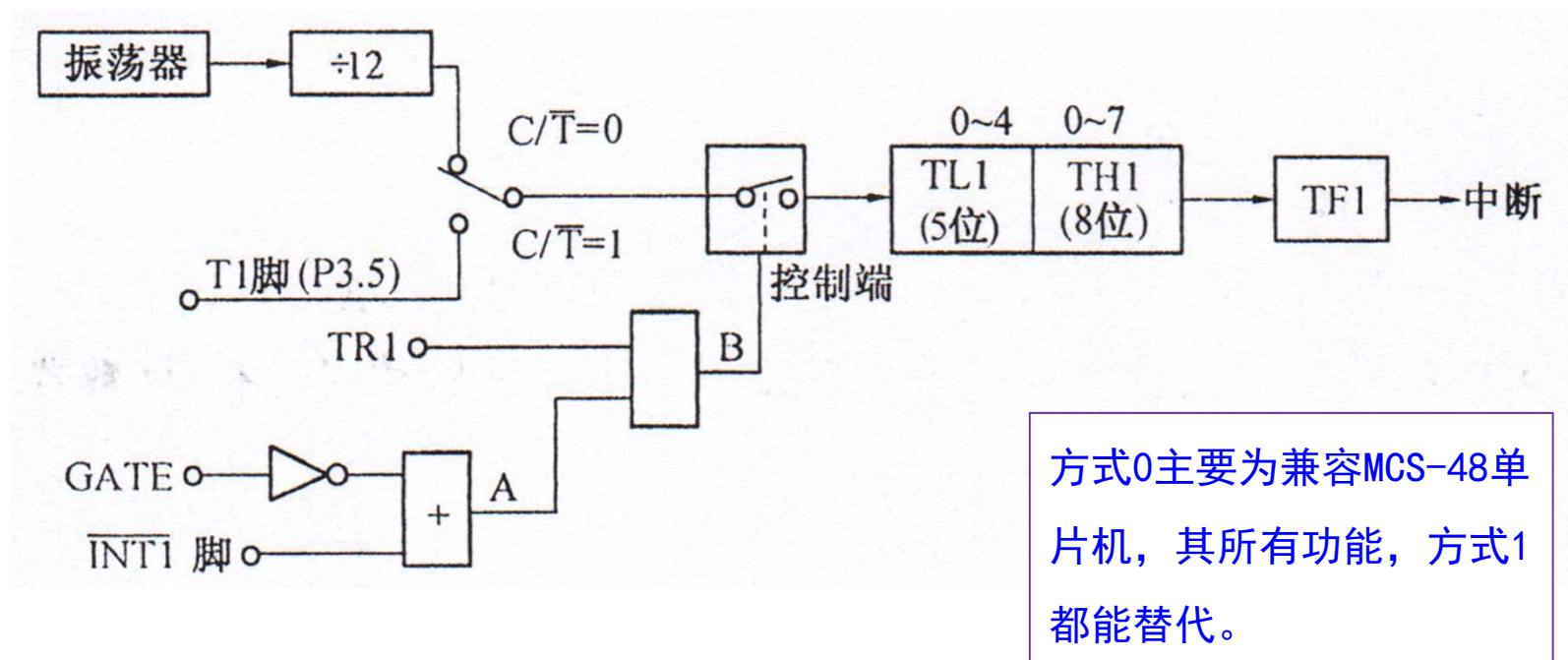
定时器/计数器控制寄存器TCON

TCON	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H
(88H)	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

- ◆ **TF0和TF1**: 定时器/计数器0或1的溢出标志位，也是中断请求标志位。
当定时器/计数器溢出时，由硬件置1，申请中断；进入中断服务程序后，由硬件自动清0。
- ◆ **TR0、TR1**: 定时器/计数器0或1的运行控制位，由软件置1或清0。
TR0 (TR1) =1 启动定时器/计数器工作
TR0 (TR1) =0 停止定时器/计数器工作

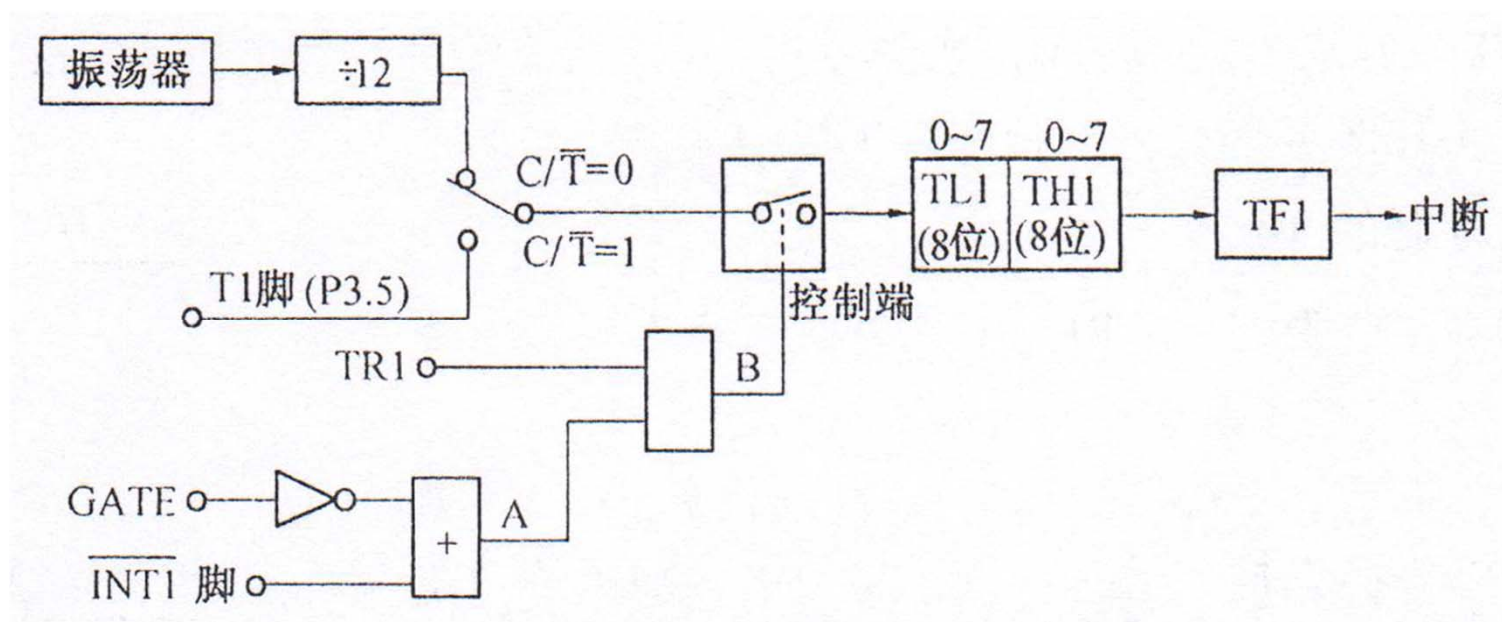
定时器/计数器T0与T1的工作方式0

- ◆ 当M1、M0为00时，定时器/计数器被设置为工作方式0。
- ◆ 定时器/计数器在工作方式0时，为13位计数器。以T1为例，由TL1的低5位和TH1的高8位构成。TL1低5位溢出，则向TH1进位；当13位计数器加1计数至全1，再加1变为全0时，就产生溢出，将TF1置1，向CPU申请中断。



定时器/计数器T0与T1工作方式1

- ◆ 当M1、M0为01时，定时器/计数器被设置为工作方式1。
- ◆ 定时器/计数器在工作方式1时，为16位计数器，以T1为例，由TL1的低8位和TH1的高8位构成。TL1低8位溢出，则向TH1进位，当16位计数器加1计数至全1，再加1变为全0时，就产生溢出，将TF1置1，向CPU申请中断。

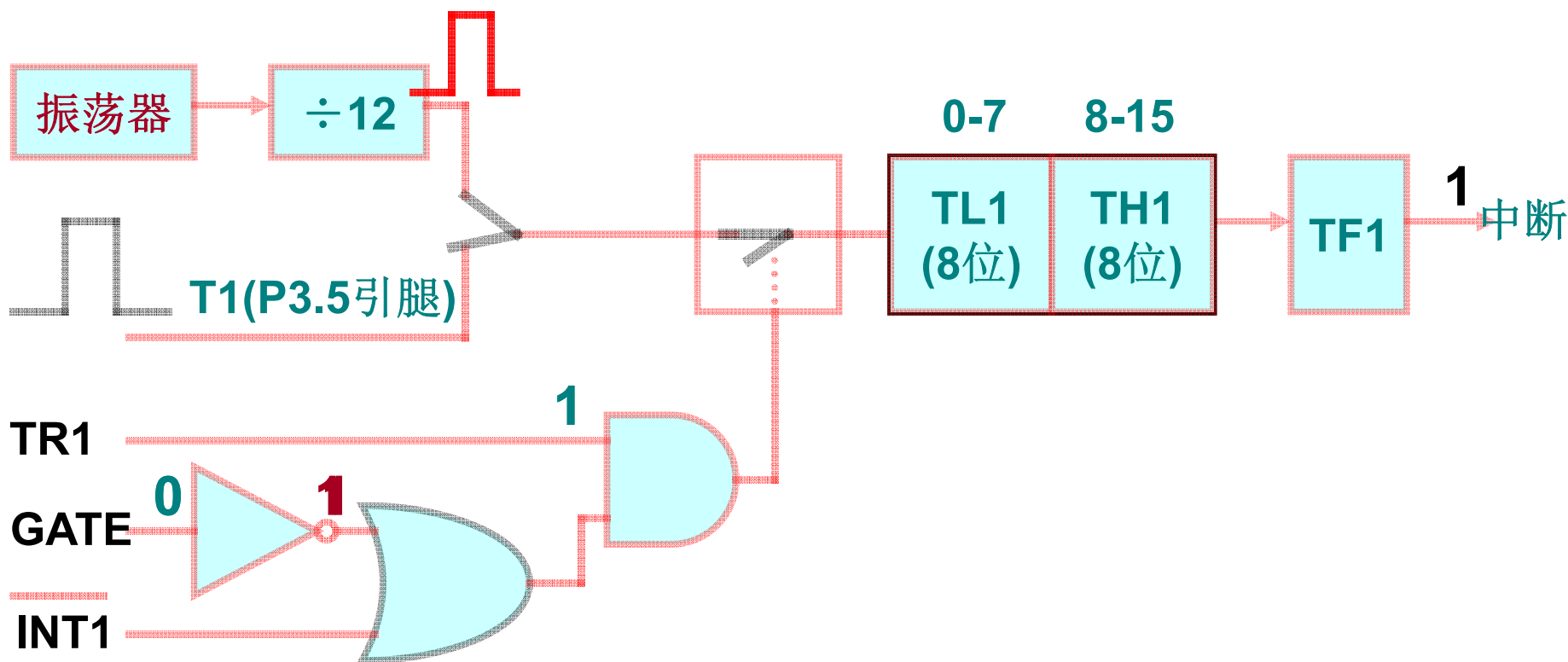


工作方式1——定时原理

$$\text{定时时长} = (2^{16} - \text{初值}) \times \text{振荡周期} \times 12$$

假设1个机器周期为1 μ s，以定时5 μ s为例，详解原理。

第四、~~设置定时器初值~~ 定时5 μ s (TH1) = FFH

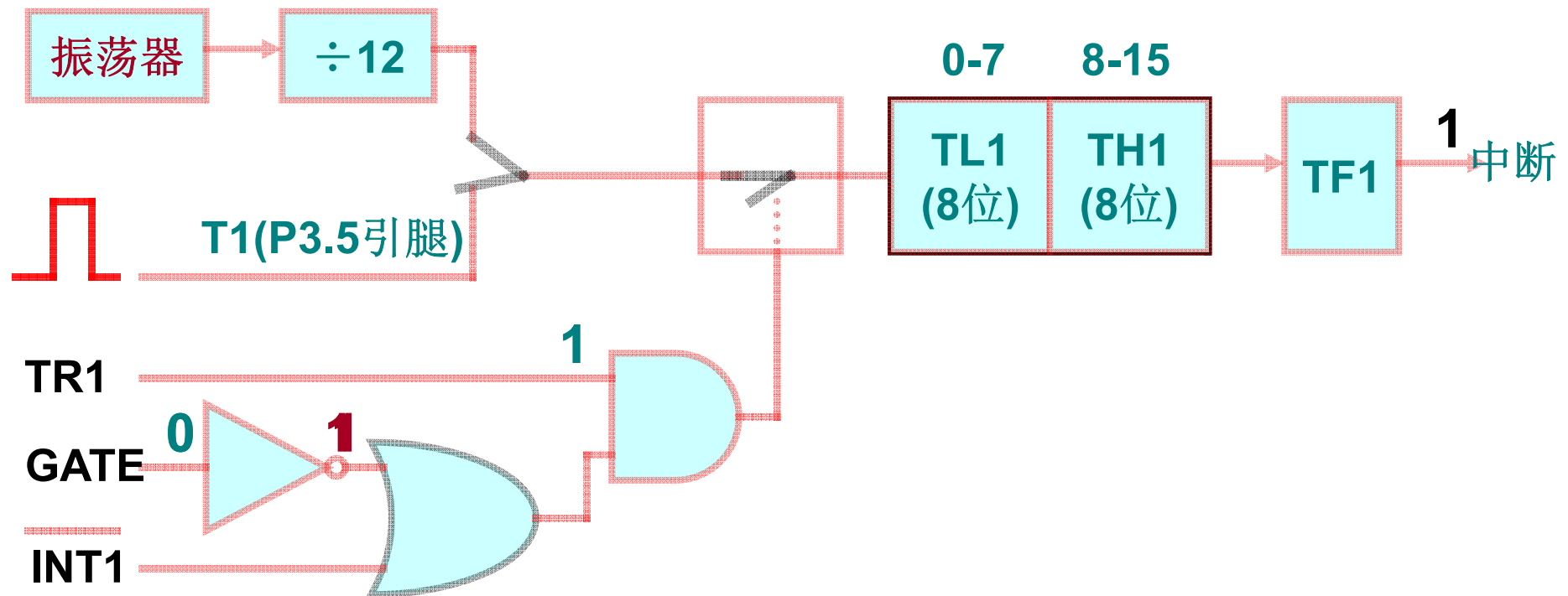


定时/计数器T1 工作方式1

工作方式1——外部计数原理

以计外部输入**5**个脉冲为例，详解原理。

第四、~~设置定时器初值~~初值=65536,5 (TH1) = FFH



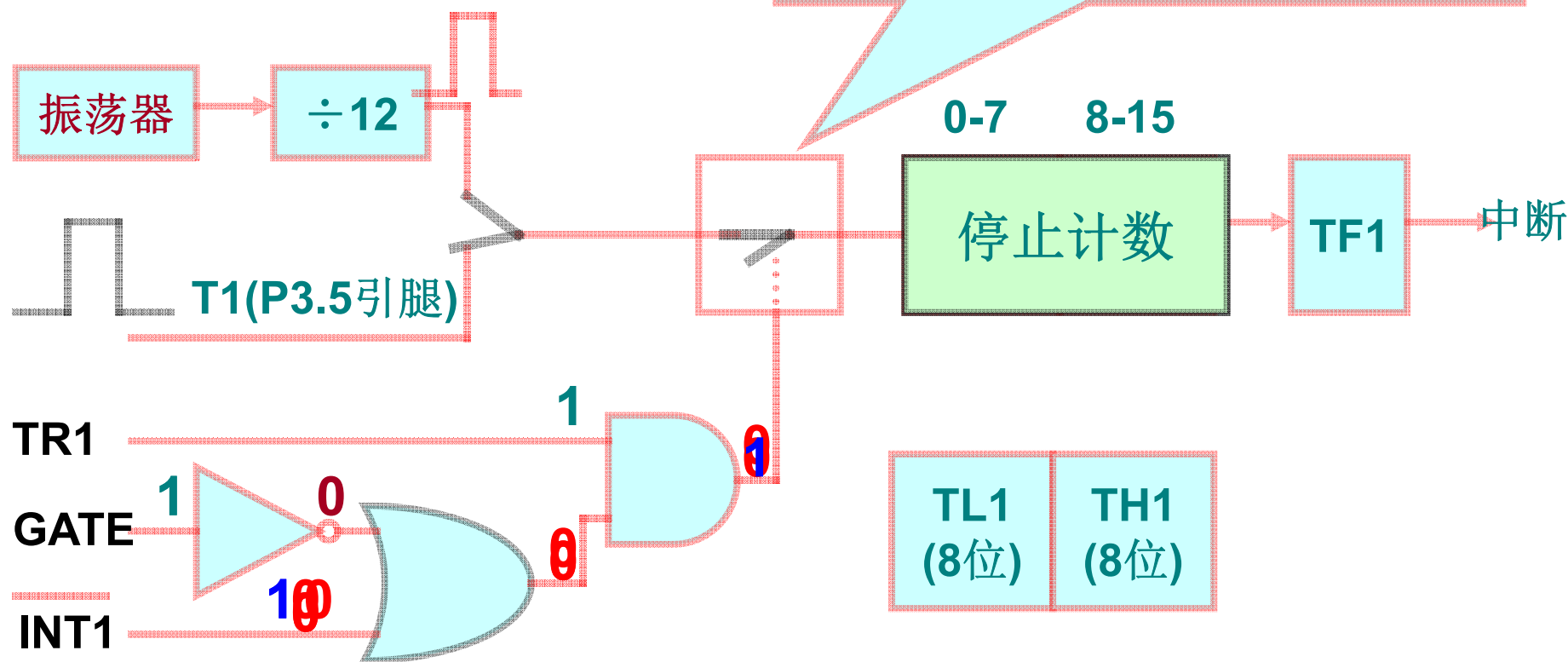
定时/计数器T1 工作方式1

工作方式1——外部中断引脚上脉冲宽度测量

以定时器工作于定时模式为例，
第九步、高电平脉冲宽度 = 定时寄存器的（最终值 - 初值）

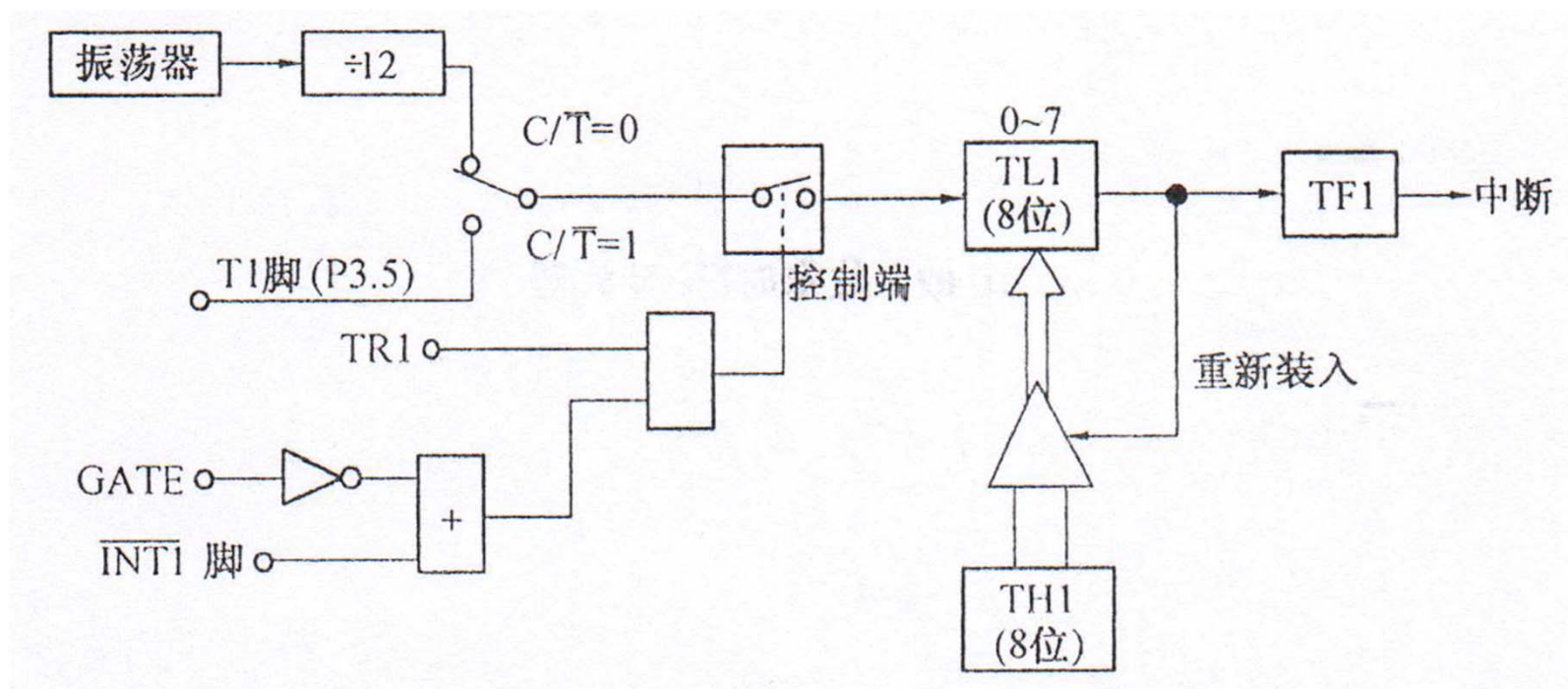
此时开关是否接通计数，完全

取决于再次断开的电平的高低



定时/计数器T1 工作方式1

定时器/计数器T0与T1工作方式2



自动重载的8位计数器

定时器/计数器T0与T1工作方式2

- ◆ 当M1、M0为10时，定时器/计数器被设置为工作方式2。
- ◆ 方式2是**自动重载的8位计数器**。以T1为例，TL1作8位计数器用，TH1用以保存计数初值。当TL1计数溢出时，将溢出标志TF1置1，同时将保存在TH1中的计数初值重新自动装入TL1中，继续计数，循环重复不止。TH1的内容可以靠软件预置，重载后，其内容不变。
- ◆ 方式2可自动循环计数，省去了软件重新装入初值的麻烦，提高了定时的精度。该模式常用在定时精度高的场合，例如做为串行口的波特率发生器使用。

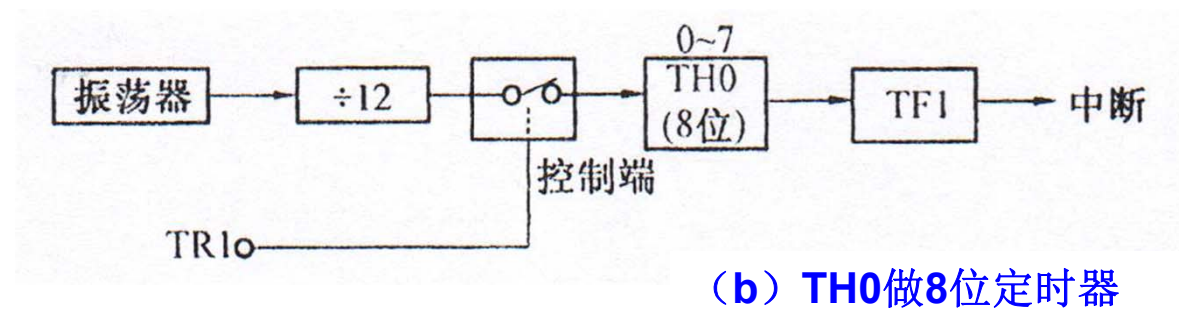
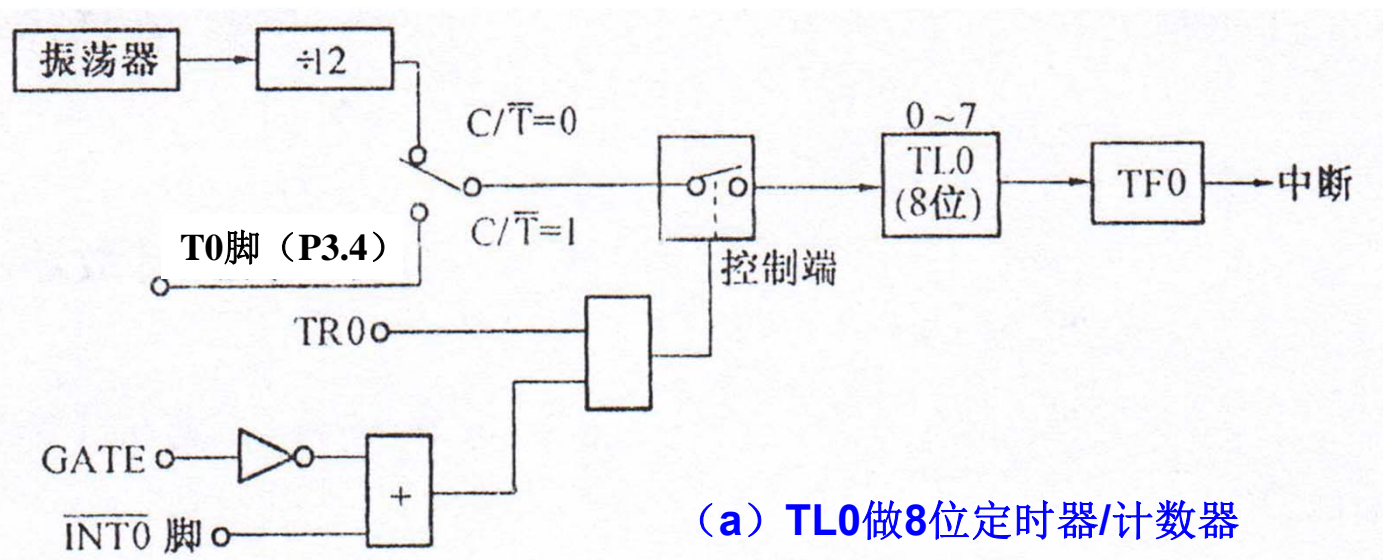
$$\text{定时时长} = (2^8 - \text{初值}) \times \text{振荡周期} \times 12$$

例如，我们希望用定时器T1每隔250us产生一个定时控制脉冲，采用12MHz振荡器（每个机器周期则为1us），将TH1初值预置为6，并使 $C/\overline{T} = 0$ ，则定时器T1每隔250us溢出一次，将溢出标志TF1置1。

定时器/计数器T0与T1工作方式3

- ◆ 当M1、M0为11时，定时器/计数器被设置为工作方式3。
- ◆ 工作方式3只适用于定时器/计数器T0，而T1则停止计数。
- ◆ 在方式3下，T0中的TH0和TL0变成2个独立的8位计数器。
TL0占用了全部的T0控制位（C/T，GATE，TR0， $\overline{\text{INT0}}$ ，TF0），仍可具有定时/计数功能；
TH0只能用于定时方式，运行控制位和溢出标志位则借用定时器/计数器T1的TR1和TF1；此时，定时器TH0的启动或停止只受TR1控制。因此，TH0的溢出将置位TF1，从而控制了T1的中断。
- ◆ 在T0设置为工作方式3时，一般是将定时器T1作为串行口波特率发生器，或用于工作方式0~2 且不需要中断控制的场合。

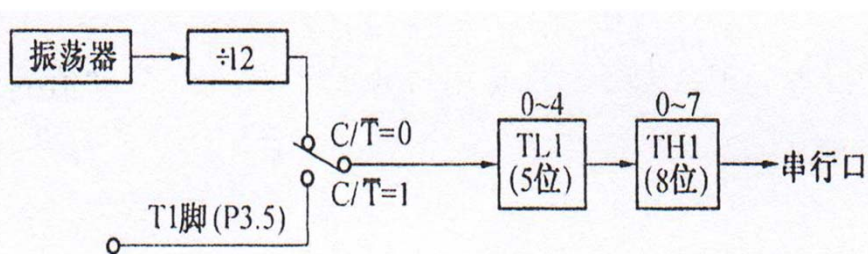
定时器/计数器T0与T1工作方式3



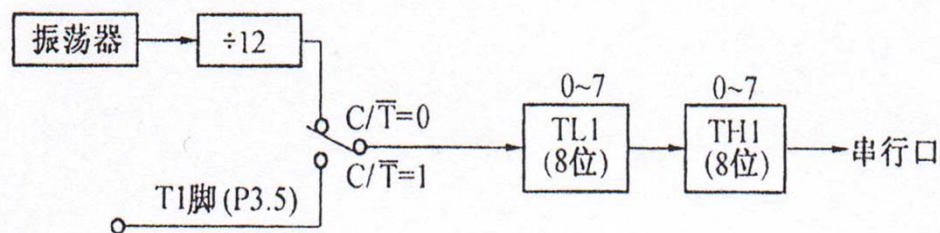
定时器/计数器T0与T1工作方式3

T0工作在模式3下，T1的各种工作方式（T1仍可设置为方式0、方式1和方式2）

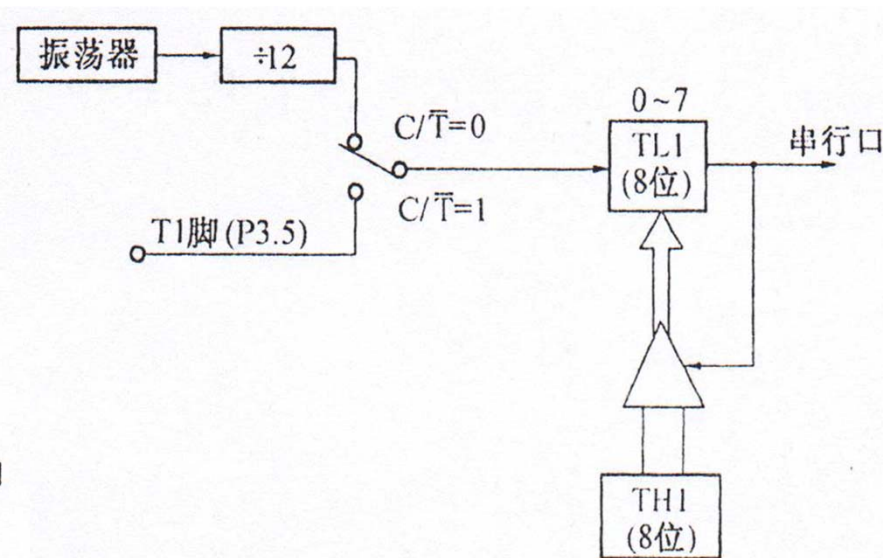
- 由于T1的TR1、TF1都已被T0中的TH0占用，所以定时器T1仅有控制位C/T来决定其工作在定时方式或计数方式。
- 当T1计数器计满溢出时，不能置位“TF1”，而只能将输出送往串口。所以，此时定时器T1一般用作串口的波特率发生器，或不需要中断的场合。



T0为方式3时T1为方式0的工作示意图



T0为方式3时T1为方式1的工作示意图



T0为方式3时T1为方式2的工作示意图