

	ORG	0000H			
	LJMP	MAIN			
	ORG	0030H			
MAIN:	MOV	54H,#15	;温度下限值	DELAY_1M:;1分钟延时子程序
	MOV	55H,#20	;温度上限值	
	MOV	A,#18	;温度当前值		RET
AGAIN:	CJNE	A,55H,LOOP1		DWD:;读温度子程序
	AJMP	FH		
LOOP1:	JNC	JW			RET
	CJNE	A,54H,LOOP2			END
	AJMP	FH			
LOOP2:	JC	SW			
FH:	LCALL	DWD	;调读温度子程序		
	LJMP	AGAIN			
SW:	SETB	P1.0	;电热丝加电		
	LCALL	DELAY_1M			
	CLR	P1.0			
	LJMP	FH			
JW:	SETB	P1.1	;压缩机启动		
	LCALL	DELAY_1M			
	CLR	P1.1			
	LJMP	FH			

第5章 80C51的中断与定时

5.1 中断概述

5.2 80C51单片机的中断系统

5.3 80C51单片机的定时器/计数器

5.1 中断概述

P99

单片机中断技术概述

中断提出的原因：多任务处理和实时控制。

中断技术的实质：资源共享技术。

举例：看书---》电话--》敲门

5.2 80C51单片机的中断系统

一、中断源和中断向量

共有六个中断源，分别是外部中断两个、定时中断两个和两个串行中断，它们是：

1、外部中断0 ----INT0，由P3.2提供，

2、外部中断1 ----INT1，由P3.3提供，

外部中断有两种信号方式，即电平方式（低电平）和脉冲方式（下降沿）。

3、T0溢出中断---- 由片内定时/计数器0提供

4、T1溢出中断----由片内定时/计数器1提供

5、串行口中断---- RI和TI由片内串行口提供

中断源（6个）

中断向量（5个）

外部中断0

0003H

定时器0溢出

000BH

外部中断1

0013H

定时器1溢出

001BH

串行发送中断

0023H

串行接收中断

0023H

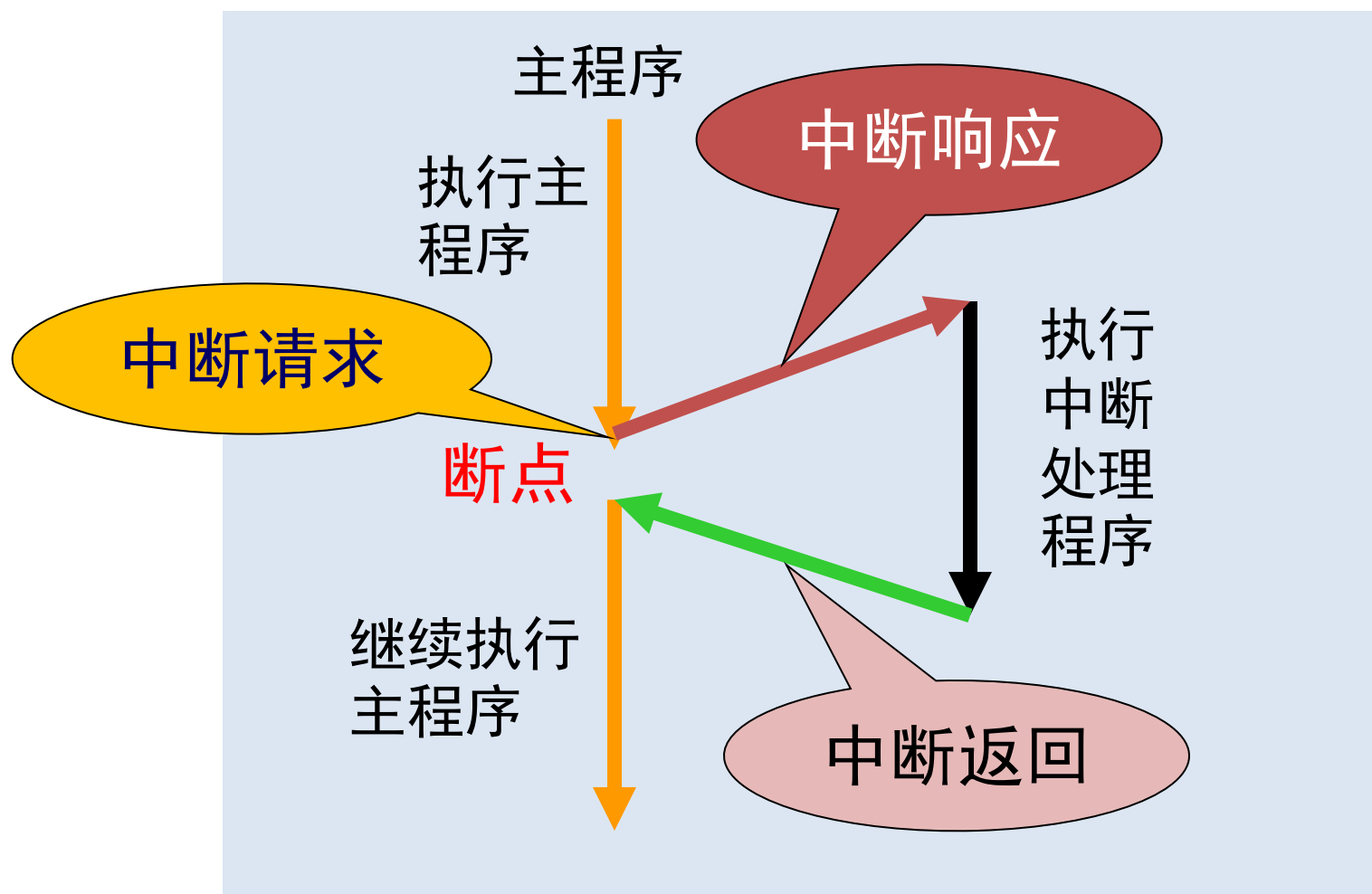
二、中断控制：能处理多任务、效率高

补充

中断源：引起程序中断的事件。

中断请求：中断源要求为其服务的请求。

中断优先级：多个中断请求时，如何排序。



IE-----中断允许控制寄存器，

TCON----定时控制寄存器，

SCON----串行口控制寄存器。

IP-----中断优先级控制寄存器，

1. 中断允许控制寄存器IE（复位时为00H）

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
EA			ES	ET1	EX1	ET0	EX0

0 禁止，1允许

2. 定时控制寄存器 **TCON** (复位时为00H)

P102

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

中断请求标志

触发方
式选择 0-低电平
 1-下降沿

3. 串行口控制寄存器 **SCON** (复位时为**00H**)

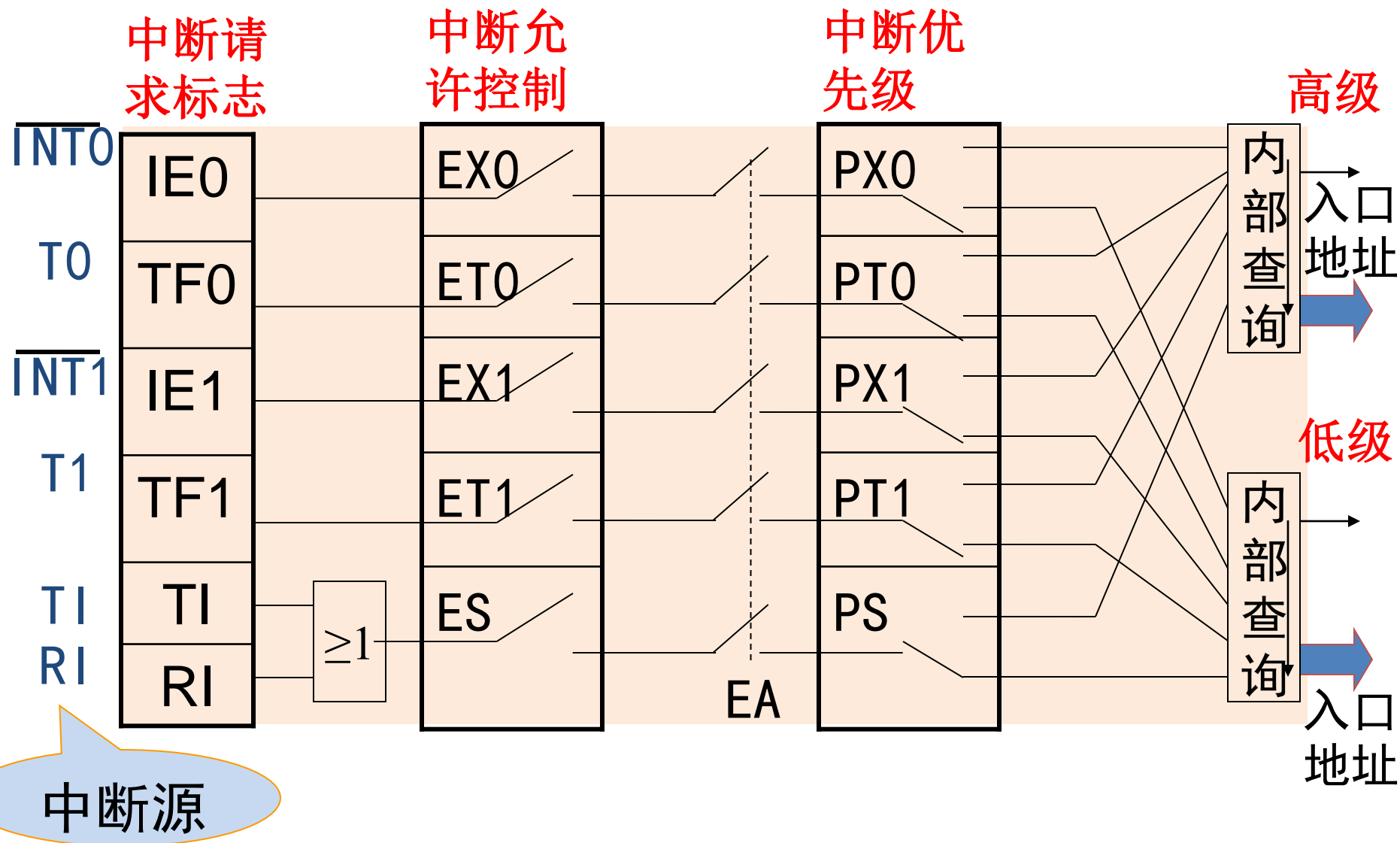
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
						TI	RI

串行中断请求标志

4. 中断优先级控制寄存器 **IP** (复位时为**00H**)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
			PS	PT1	PX1	PT0	PX0

0 低级别, 1高级别



三、中断优先级控制原则和控制逻辑

P103

- 1、低级不能打断高级中断.
- 2、某中断响应后, 同级不能嵌套.
- 3、同级同时发生, 按顺序查询:

INT0—T0—INT1—T1—串行

中断的初始化

字节寻址 MOV IE, #81H

位寻址: SETB EA SETB EX0

四、中断响应过程

P105

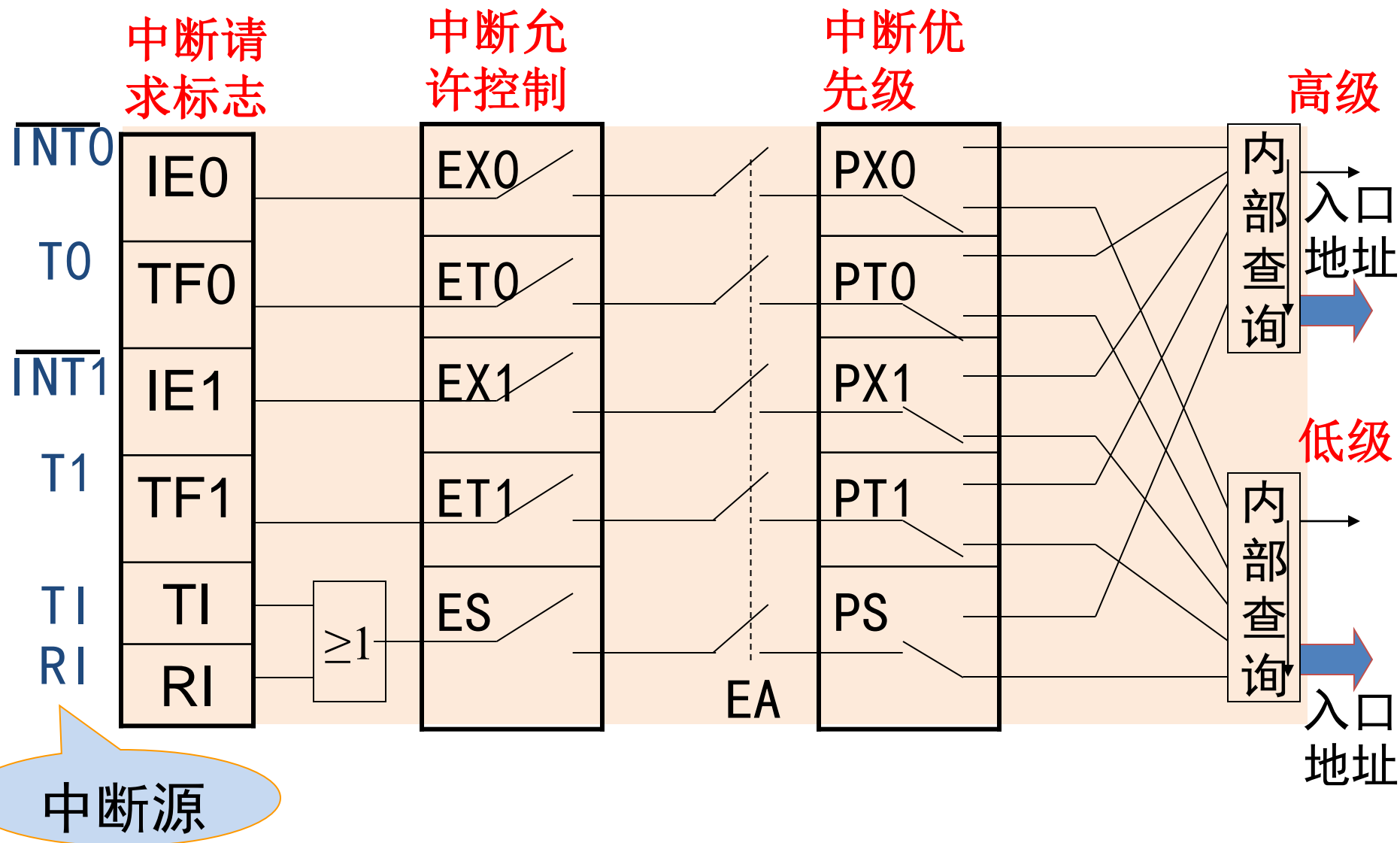
1、中断采样：

- 1) 外部电平方式时, 源至少保持12振荡周期.
- 2) 脉冲方式, 负脉冲至少保持12振荡周期。

2、中断查寻：

- 1) 按照IP设置的优先级, 先查高级后低级.
- 2) 同级按照

INT0—T0—INT1—T1—串行



3、中断响应

单片机响应中断后，自动执行下列操作：

- ① 由硬件清除相应的中断请求标志（除电平触发和串行通讯触发）
- ② 调用入口地址，断点入栈保护，相当于执行LCALL指令。

中断源	硬件入口	软件入口
外部中断0	P3. 2	0003H
定时器T0	P3. 4	000BH
外部中断1	P3. 3	0013H
定时器T1	P3. 5	001BH
串行口中断	P3. 0 P3. 1	0023H
定时器T2	P1. 0	002BH (52子系列有)

1) 中断响应条件:

- ① 有中断源发出中断申请。
- ② 中断总容许位EA=1，即CPU开放中断。
- ③ 请求中断的相应中断容许位为1。

2) 中断响应被阻止的情况:

- ① CPU正在执行同级或更高一级中断服务程序。
- ② 现行指令完成前，不响应任何请求。
- ③ 执行RETI、IP、IE后至少再执行一条其他指令才相应中断。

4、响应时间

从查询中断请求标志位到转向中断服务入口地址所需的机器周期数。

1) 最快响应时间

以外部中断的电平触发为最快。

从查询中断请求信号到中断服务程序需要3个机器周期：

1个周期（查询）+2个周期（长调用LCALL）

2) 最长时间

若当前指令是RET、RETI和IP、IE指令，紧接着下一条是乘除指令发生，则最长为8个周期：

2个周期执行当前指令（其中含有1个周期查询）
+4个周期乘除指令+2个周期长调用=8个周期。

五、中断服务程序

P106

1、 中断服务程序编写注意事项：

- 1) 入口地址只有8个字节，一般程序放不下，需加 **LJMP** 语句跳转到64K空间。
- 2) 若想禁止更高优先级中断，可执行 **CLR EA** 关中断，中断返回时执行 **SETB EA** 开中断。
- 3) 在中断子程序中可加保护现场和恢复现场数据程序。

4) 主程序中的中断初始化

中断都是在运行主程序时发生的，是主程序的随机事件。是否允许发生以及如何发生，都应该在主程序中预先设置，这就是中断初始化。

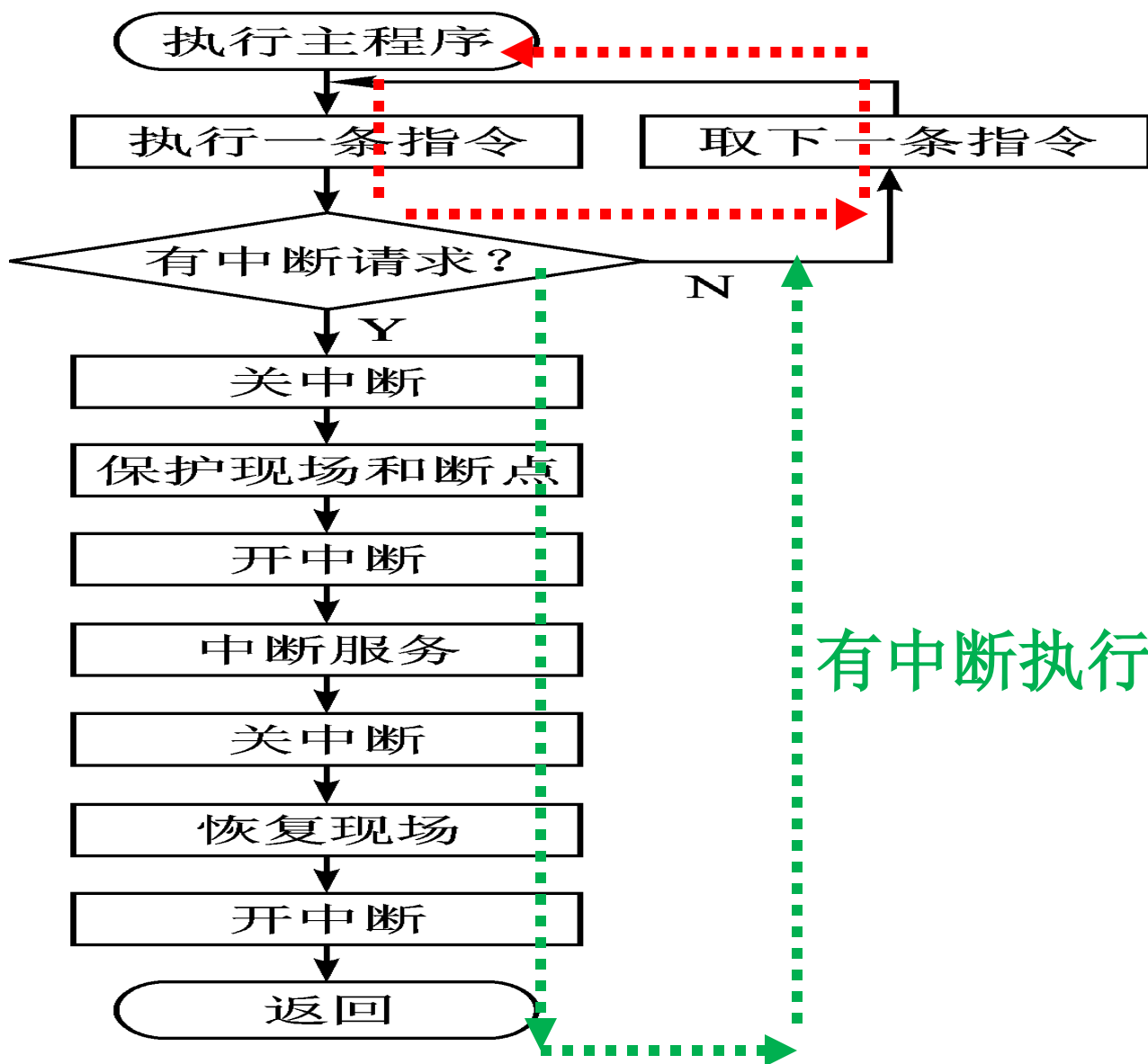
中断初始化的内容包括堆栈设置、中断系统总开放、中断允许设置、中断请求方式设置(只限外部中断)和中断优先级设置等。

例：外部中断0的初始化

```

                ORG    0000H
                AJMP    MAIN        ;系统复位后转向主程序
                ORG    0003H
                AJMP    EXINT0      ;转向外部中断0服务程序
                ORG    0030H
MAIN:           MOV     TCON, #01H;脉冲触发方式
                MOV     IE,  #81H  ;中断开放, 外中断0允许
                MOV     IP,  #01H  ;INT0为高优先级, 其余为低
                MOV     SP, #3FH  ;设置堆栈
                . . . . .
                SJMP    $          :
EXINT0:         .....            ;外部中断0服务程序
                .....
                RETI
                END
```

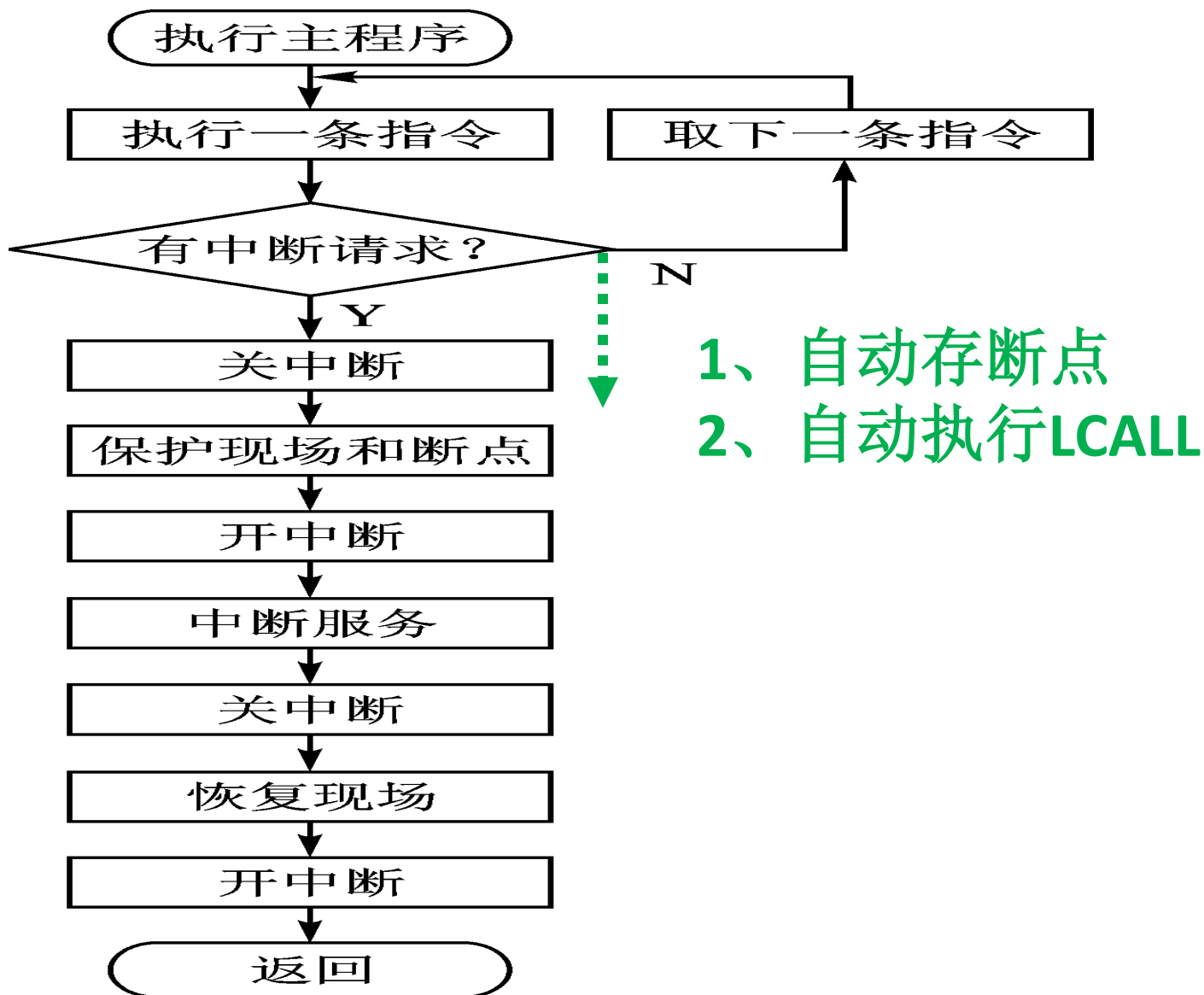
中断服务流程图



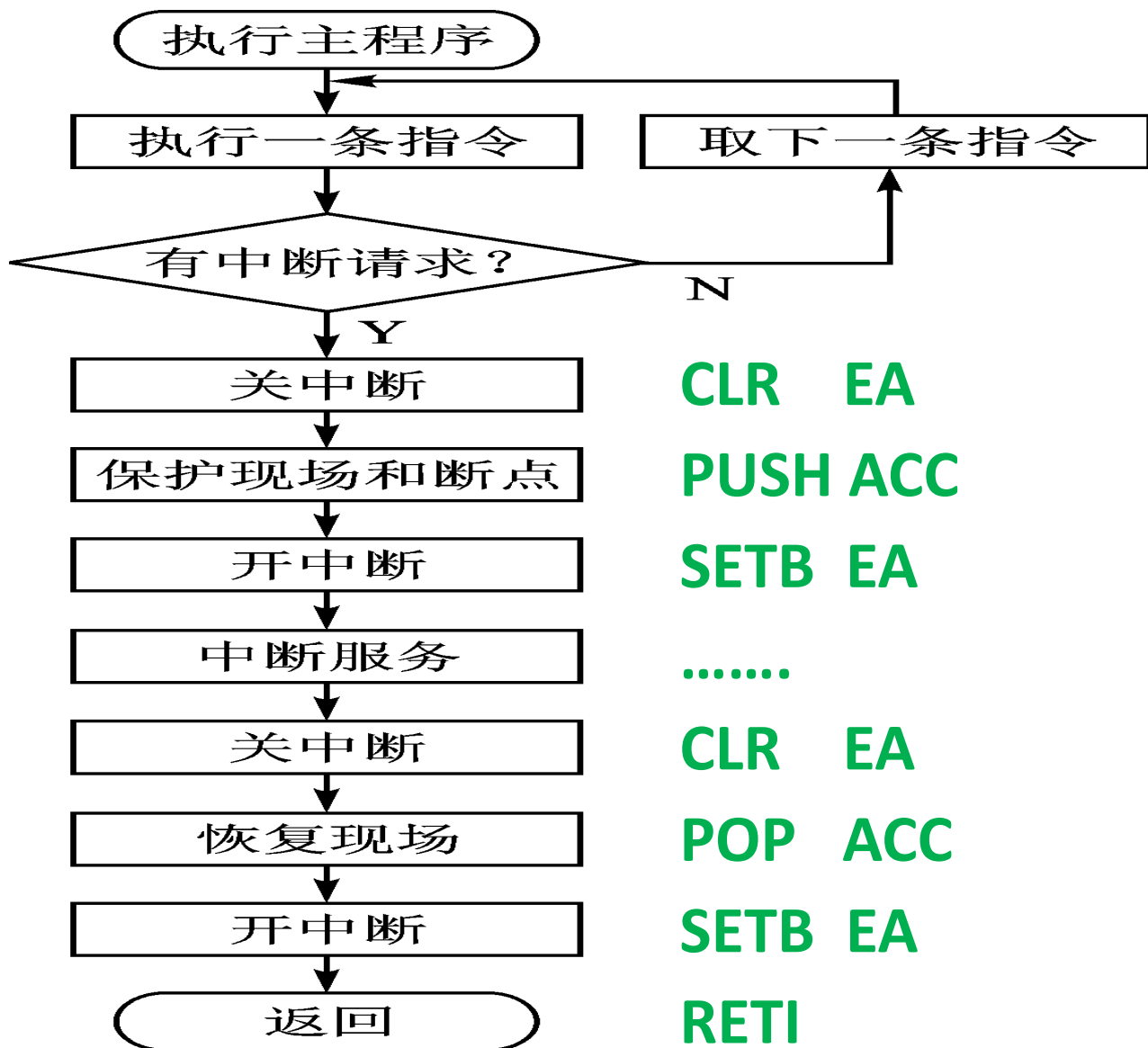
平时执行

有中断执行

中断服务流程图



中断服务流程图



中断子程序与子程序调用的区别

	中断子程序	子程序调用
1、控制方式	IP IE SP等，比较复杂	只和SP有关，简单
2、发生时刻	不可预知	事先安排
3、入口地址	固定隔8个字节	64K空间任意安排
4、执行子程序	自动完成	LCALL
5、返回语句	RETI	RET

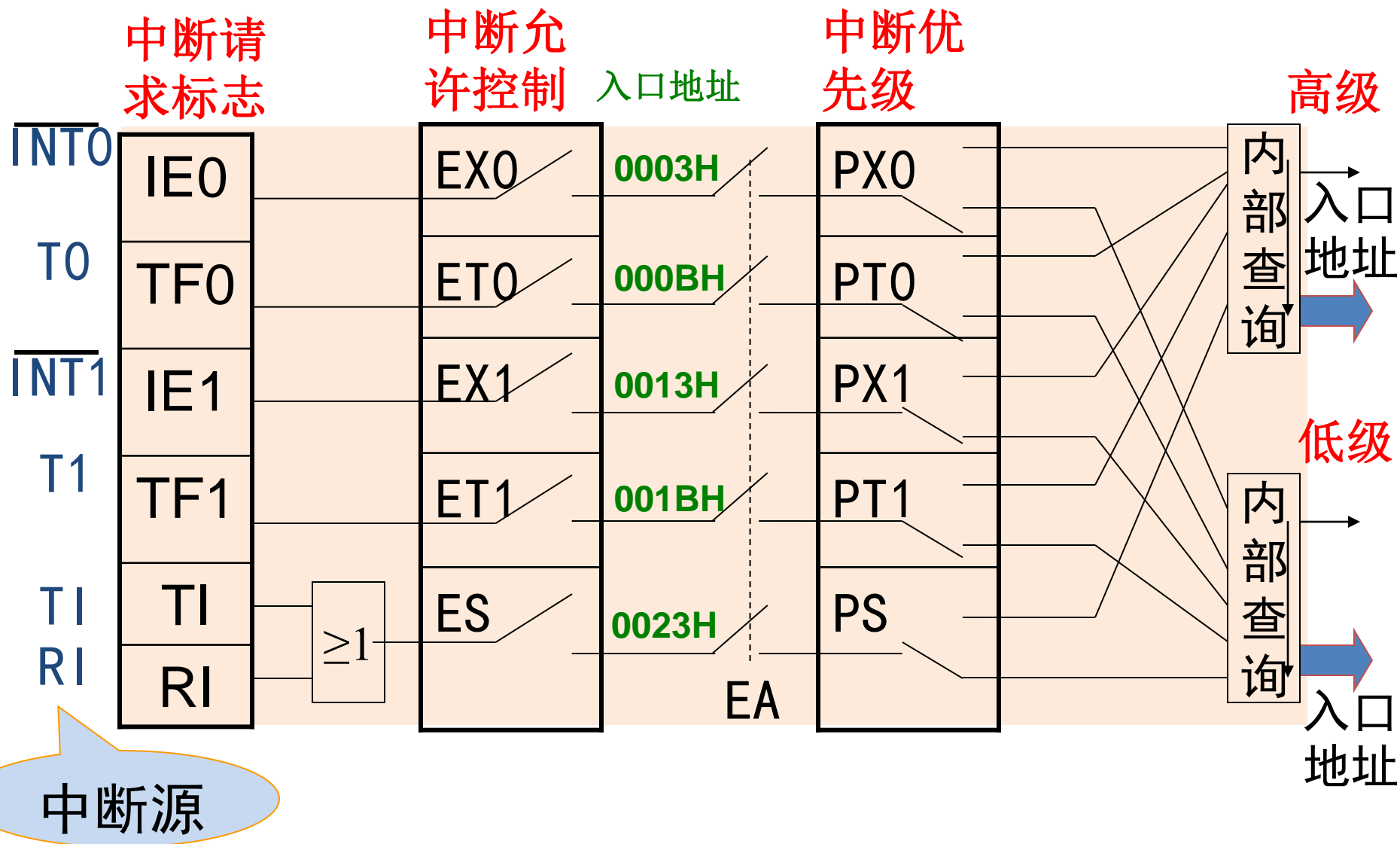
作业:

- 1、MCS-51有几个中断源？入口地址是多少？
- 2、MCS-51的中断优先级怎样设置？同级别中断的优先顺序是怎样的？

实验:

- 1、实验1-6的“1) 循环程序和3) 查表程序”
- 2、实验1-7

复习



一、为什么需要专门固化的定时器/计数器？

- 1、定时器和计数器是自动控制系统最常用的功能。
- 2、可以用软件延时或软件计数实现定时和计数功能
但是单片机CPU被占用，无法进行多任务处理。
- 3、采用专门的定时器和计数器独立运行，有利于提高单片机的性能，适用于**实时多任务处理**的要求。

两个16位加法计数器

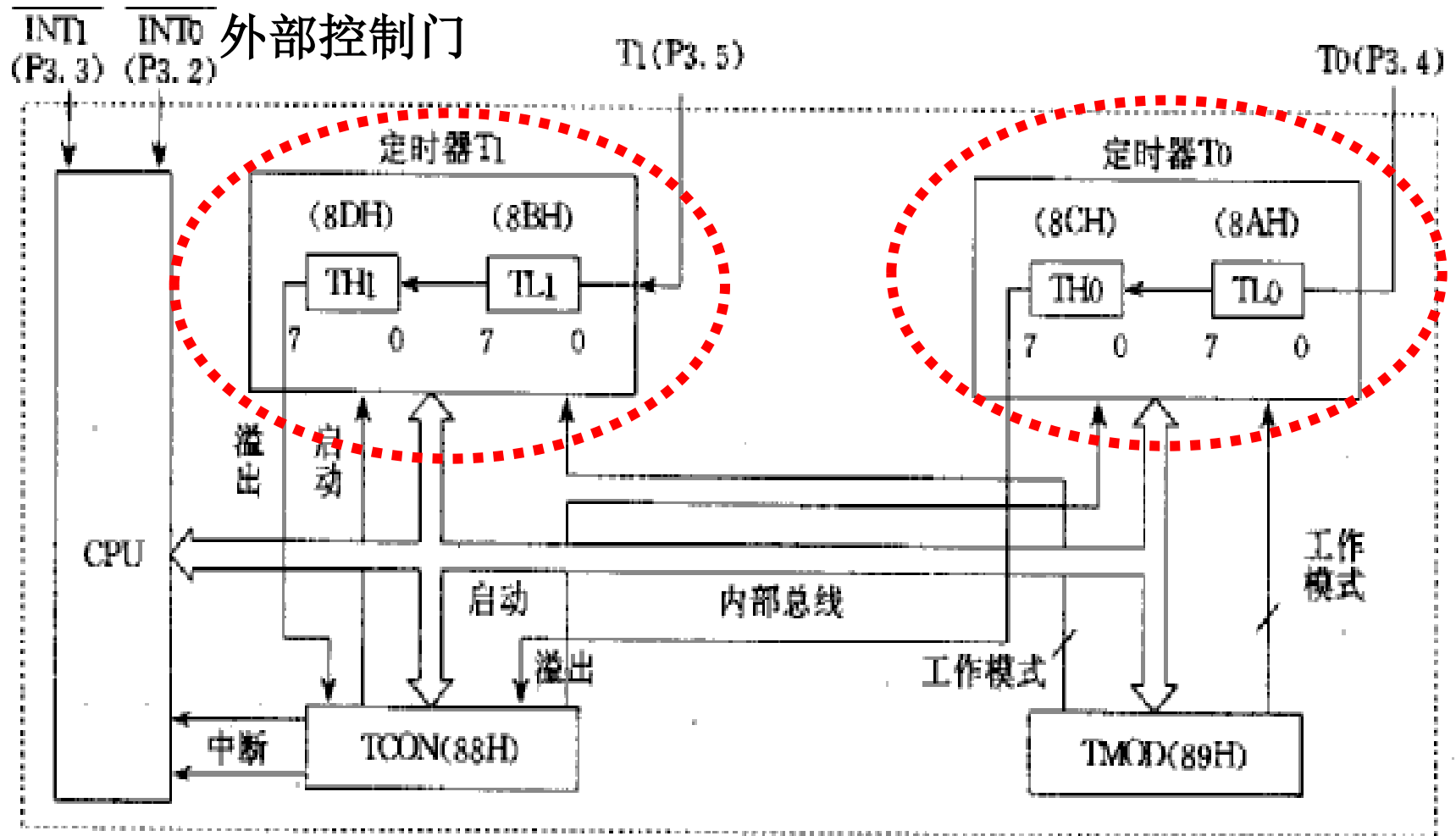
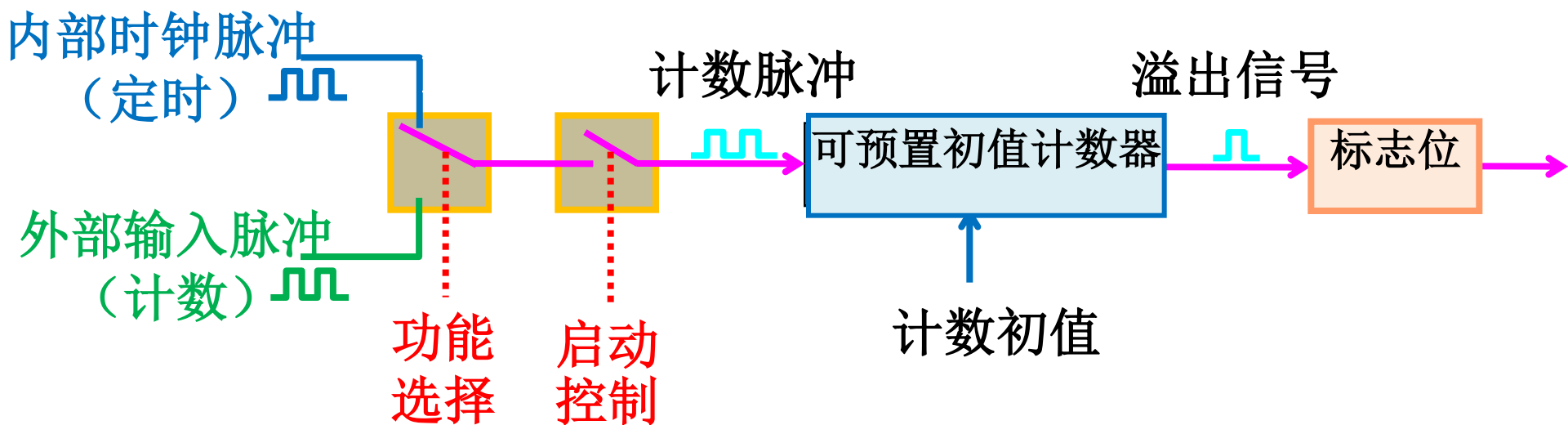


图6-1 8051定时器结构

单片机定时器/计数器的硬件结构示意图



1. 计数功能:

对外来脉冲进行计数。

T0 (P3. 4) 和 T1 (P3. 5) 两个引脚，作为计数输入端。

外部输入的脉冲在出现**负跳变**时有效，计数器加1。

计数方式下，单片机在每个机器周期的S5P2拍节时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，后一个机器周期采样为低电平，即为一个有效的计数脉冲。在下一机器周期的S3P1进行计数。

即采样计数脉冲需要2个机器周期，即24个振荡周期

计数脉冲的频率最高为振荡脉冲频率的 $1 / 24$

2. 定时:

来自单片机的内部。

对机器周期进行计数，即每个机器周期产生一个计数脉冲使计数器加1，直至计满溢出。

一个机器周期 = $12 \times$ 振荡周期

12MHz晶体，计数周期(机器周期) = $1\mu\text{s}$ 。即每 $1\mu\text{s}$ 计数器加1。

从开始计数到溢出这段时间就是“定时”时间。

因此，若机器周期一定，计数初值越大，则定时越短

计数频率为振荡频率的 $1/12$

二、方式寄存器TMOD和控制寄存器TCON

1.控制寄存器TCON

TCON	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H
	TF ₁	TR ₁	TF ₀	TR ₀	IE ₁	IT ₁	IE ₀	IT ₀

TF1 (TCON. 7, 8FH位) ——定时器T1中断请求溢出标志位。

TF0 (TCON. 5, 8DH位) ——定时器T0中断请求溢出标志位。

TR1 (TCON. 6, 8EH位) ——T1运行控制位。

0: 关闭T1; 1: 启动T1运行。只由软件置位或清零。

TR0 (TCON. 4, 8CH位) ——T0运行控制位。

0: 关闭T0; 1: 启动T0运行。只由软件置位或清零。

2.方式寄存器TMOD（不能进行位寻址，没有位地址）

TMOD	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
	GATE	C/T	M ₁	M ₀	GATE	C/T	M ₁	M ₀

C/T---定时器/计数器方式选择。

0：定时器； 1：计数器。

GATE--外部门控位。

0：不用外部门，只将
TR0/1置1启动定时器；

1：使用外部门，外部请
求信号INT0/INT1（高电
平）和TR0/TR1（置1）
共同来启动定时器。

M ₁ M ₀	工作方式	功 能 说 明
0 0	方式0	13位计数器
0 1	方式1	16位计数器
1 0	方式2	自动再装入8位计数器
1 1	方式3	定时器0：分成两个8位计数器 定时器1：停止计数

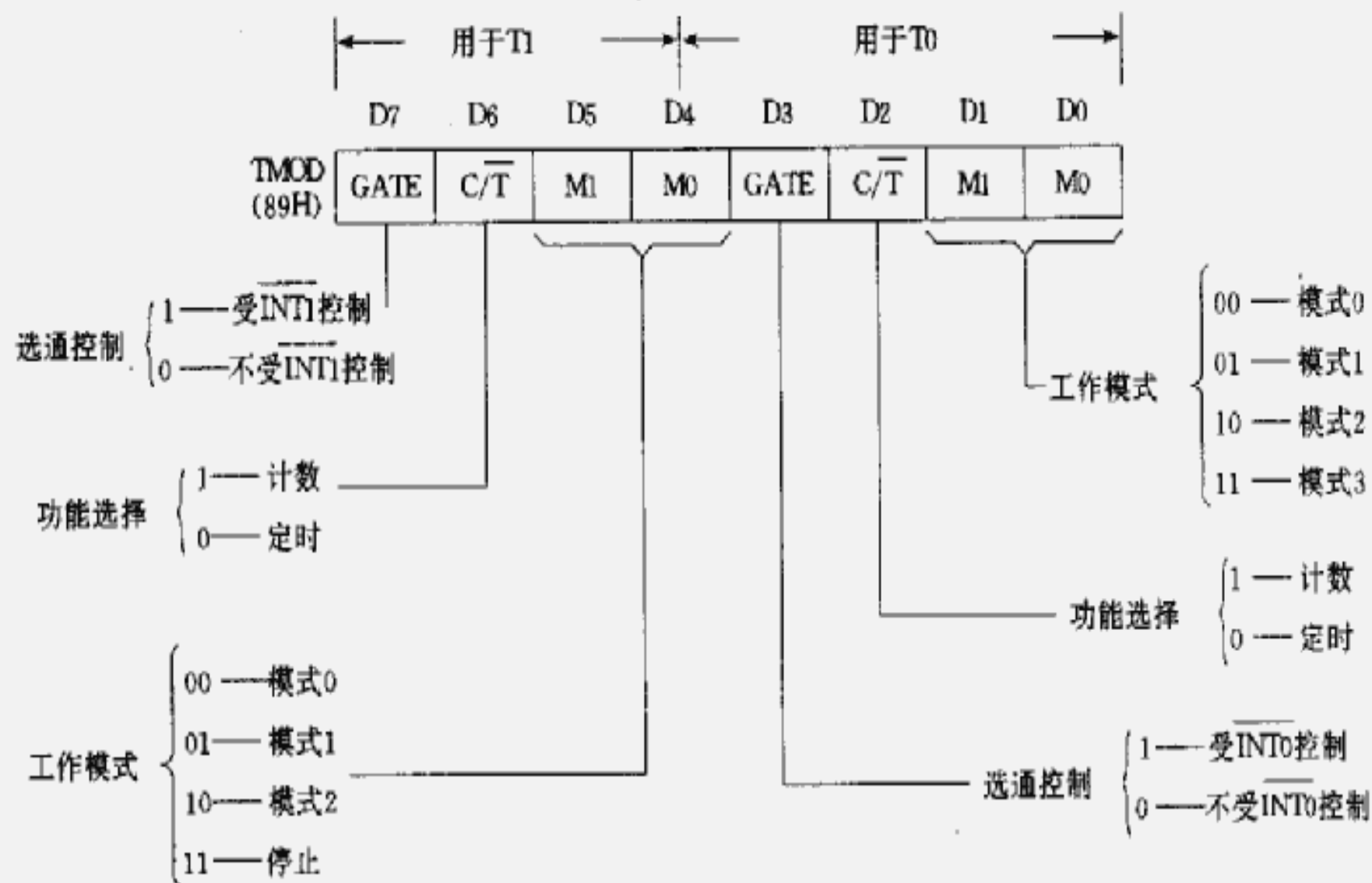
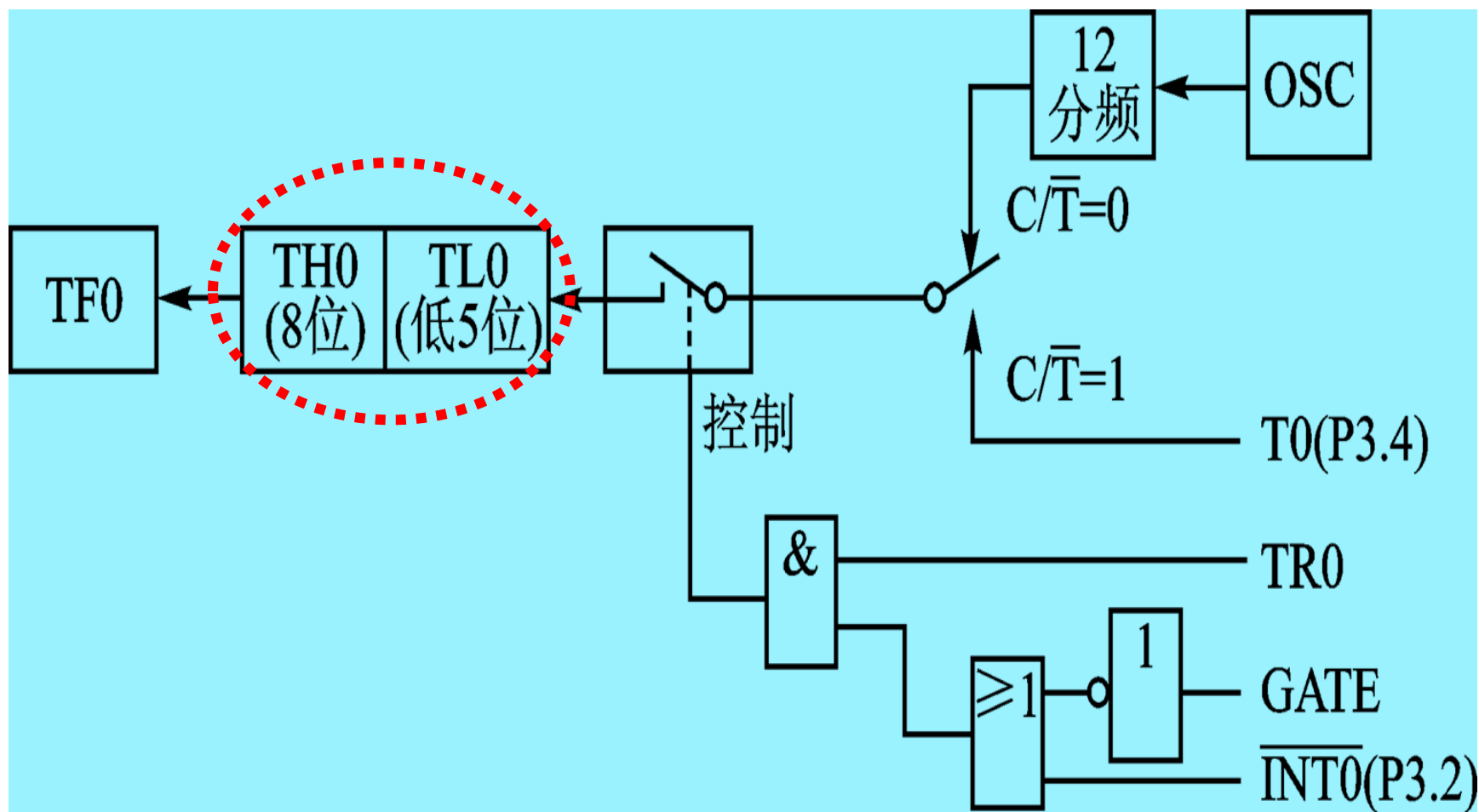


图6-4 TMOD各位定义及具体的意义

三、 定时器工作方式0

$M_1M_0=00$ 时，13位计数器，其逻辑结构如图所示。



在方式0下:

1) 计数工作方式时, 计数值的范围是: $1 \sim 8192 (2^{13})$

2) 定时工作方式时, 定时时间的计算公式为:

$$(2^{13} - \text{计数初值}) \times \text{晶振周期} \times 12$$

$$\text{或 } (2^{13} - \text{计数初值}) \times \text{机器周期}$$

若晶振频率为6MHz, 1个机器周期为 $1/6 \times 10^{-6} \times 12 = 2\mu s$

则最小定时时间为: $[2^{13} - (2^{13} - 1)] \times 2\mu s = 2\mu s$

最大定时时间为: $[2^{13} - 0] \times 2\mu s = 16384\mu s = 16.384ms$

5.1 ORG 0030H ;查询方式 P112

MAIN: MOV TMOD,#00H

MOV TH1,#0FCH

MOV TL1,#03H

MOV IE,#00H

SETB TR1

LOOP: JBC TF1,LOOP1

AJMP LOOP

LOOP1: MOV TH1,#0FCH

MOV TL1,#03H

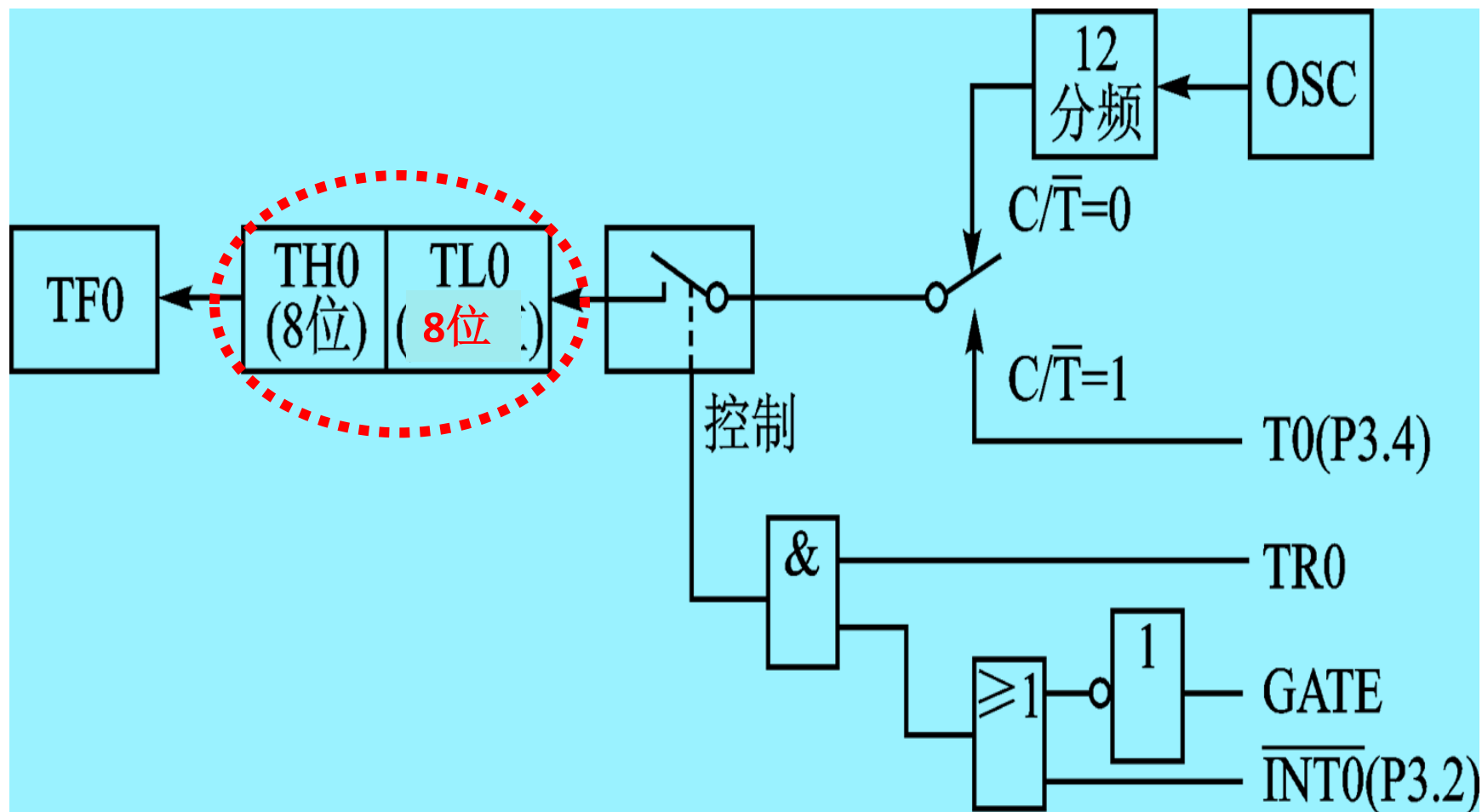
CPL P1.0

AJMP LOOP

END

四、 方式1 (T1, T0)

当 $M_1M_0=01$ 时，16位计数器，其逻辑结构如图 所示。



在方式1下，计数工作方式时，计数值的范围是：

$$1 \sim 65536 (2^{16})$$

定时工作方式时，定时时间的计算公式为：

$$(2^{16} - \text{计数初值}) \times \text{晶振周期} \times 12$$

$$\text{或 } (2^{16} - \text{计数初值}) \times \text{机器周期}$$

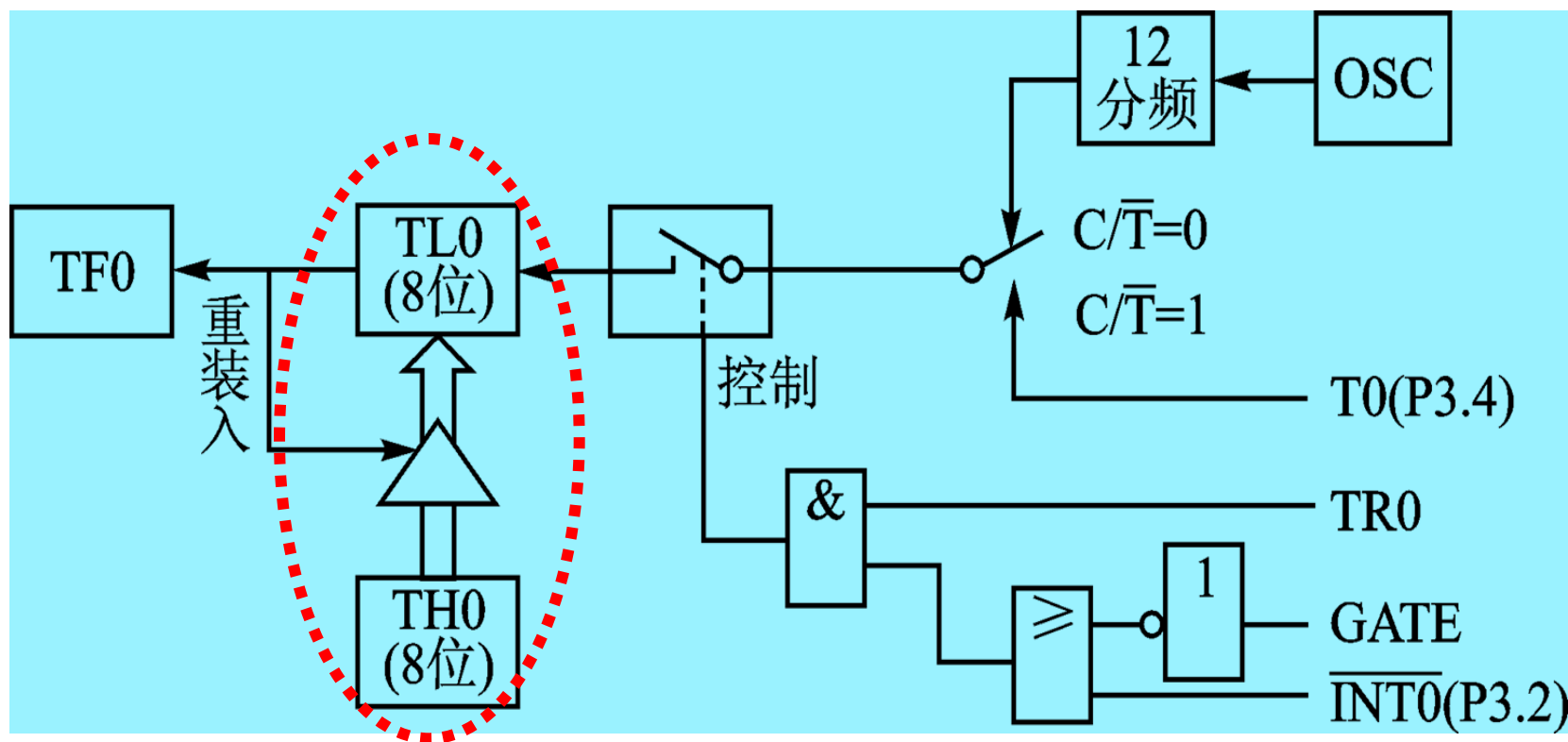
若晶振频率为6MHz，1个机器周期为 $1/6 \times 10^{-6} \times 12 = 2\mu s$

则最小定时时间为： **$[2^{16} - (2^{16} - 1)] \times 2\mu s = 2\mu s$**

最大定时时间为： **$[2^{16} - 0] \times 2\mu s = 131072\mu s = 131.072ms$**

五、 方式2 (T1, T0)

当 $M_1M_0=10$ ，自动重加载8位计数器，其逻辑结构如图



方式0和方式1有个共同的特点，就是计数溢出后计数器全清0，因此，循环定时时就需要反复设定计数器初值，比较麻烦，而方式2具有自动重加载初值的功能，免去很多反复设置初值的工作。

在方式2下，计数工作方式时，计数值的范围是：

$$1 \sim 256(2^8)$$

定时工作方式时，定时时间的计算公式为：

$$(2^8 - \text{计数初值}) \times \text{晶振周期} \times 12$$

$$\text{或} (2^8 - \text{计数初值}) \times \text{机器周期}$$

若晶振频率为6MHz，1个机器周期为 $1/6 \times 10^{-6} \times 12 = 2\mu\text{s}$

则最小定时时间为： $[2^8 - (2^8 - 1)] \times 2\mu\text{s} = 2\mu\text{s}$

最大定时时间为： $[2^8 - 0] \times 2\mu\text{s} = 512\mu\text{s}$

例5.2

ORG 0000H

LJMP MAIN

ORG 0030H

MAIN: MOV IE,#00H

MOV TMOD,#02H

MOV TH0,#0CEH

MOV TL0,#0CEH

SETB TR0

LOOP: JBC TF0,LOOP1

AJMP LOOP

LOOP1: CPL P1.0

AJMP LOOP

END

P114

;查询方式

```
ORG    0000H;
LJMP   MAIN
ORG    000BH
CPL    P1.0
RETI
ORG    0030H
MAIN:  MOV    TMOD,#02H
        MOV    TH0,#0CEH
        MOV    TL0,#0CEH
        SETB   EA
        SETB   ET0
LOOP:  SETB   TR0
HERE:  SJMP   $
END
```

例5.3

ORG 0000H

P115

LJMP MAIN

ORG 0030H

;查询方式

MAIN: MOV IE,#00H

MOV TMOD,#60H

MOV TH1,#9CH

MOV TL1,#9CH

SETB TR1

DEL: JBC TF1,LOOP

AJMP DEL

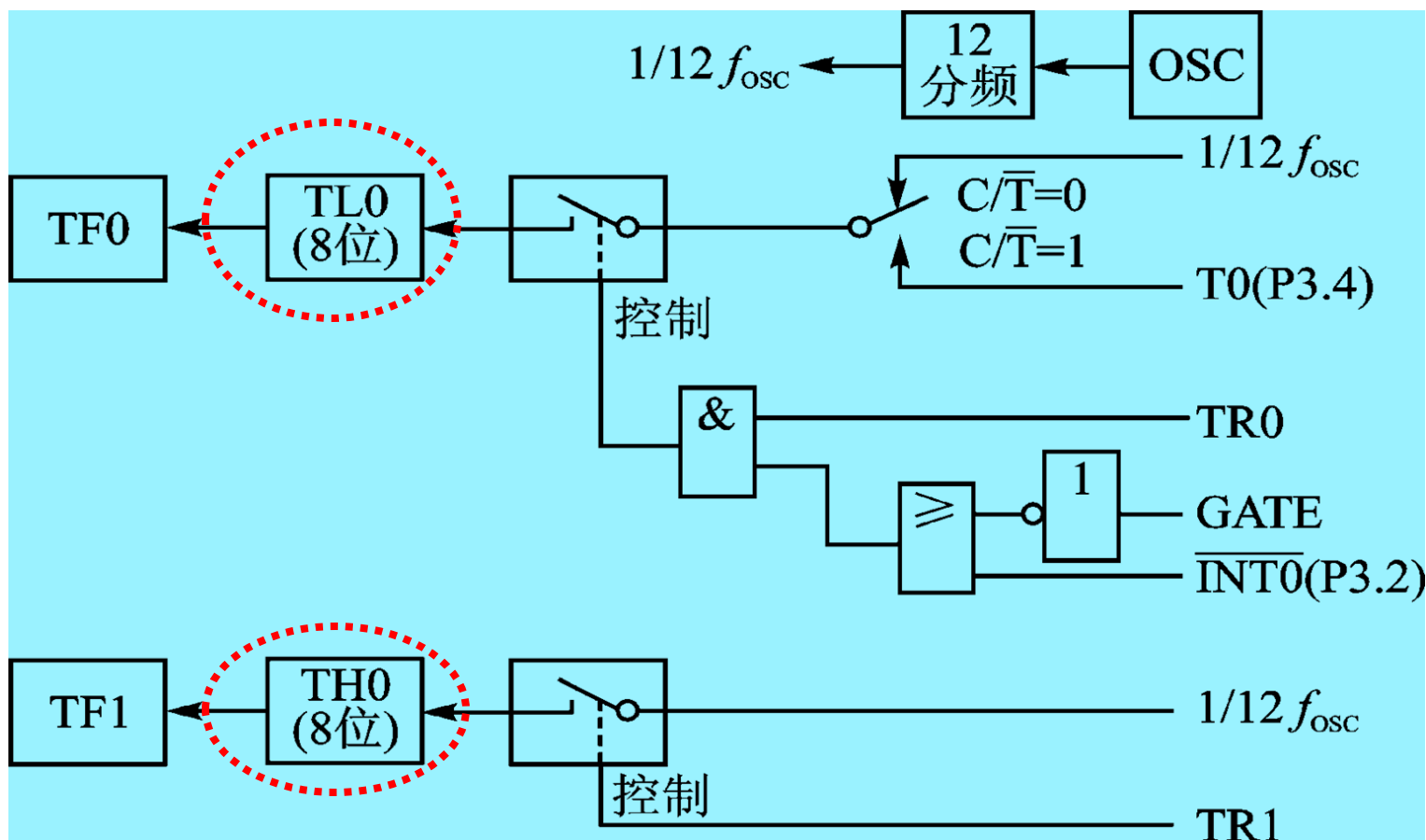
LOOP: INC A

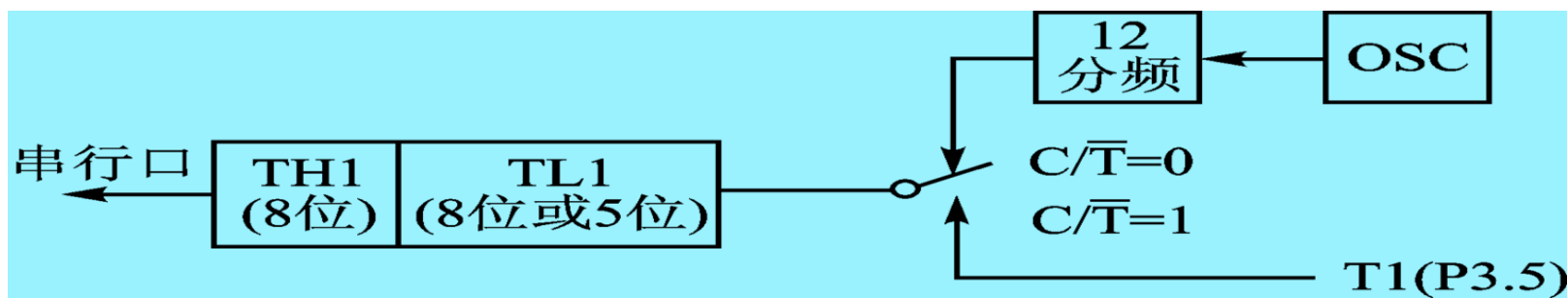
AJMP DEL

END

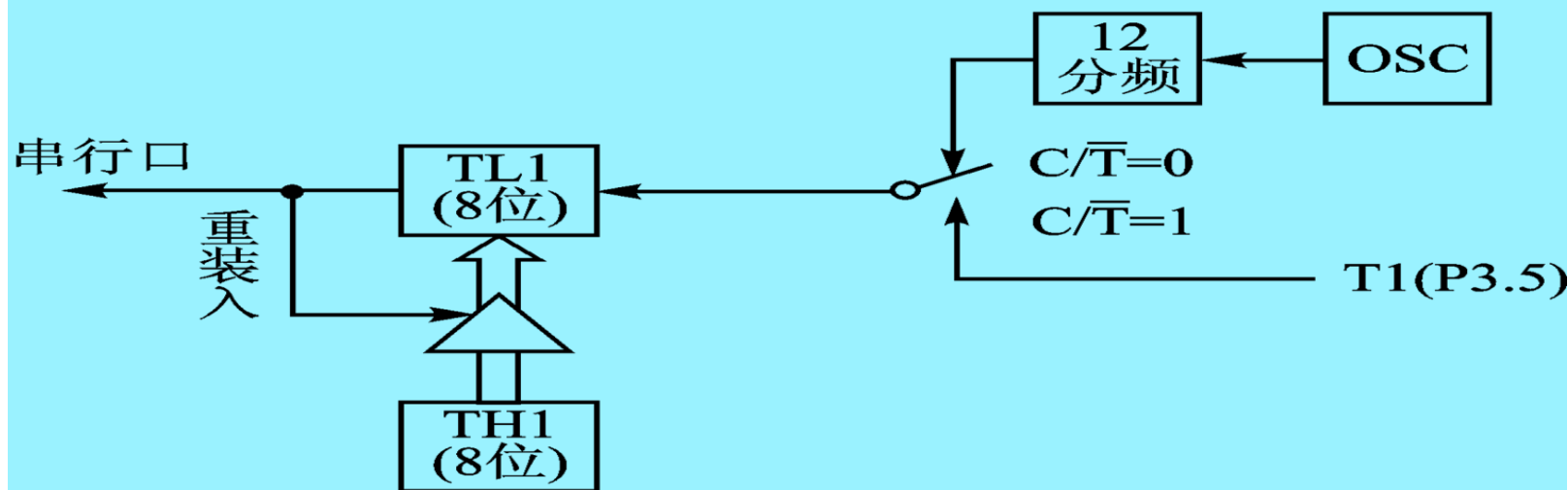
六、方式3 (T0)

当 $M_1M_0=11$ 时，只用于定时器0，T0被分成两个独立的8位计数器，其逻辑结构如图所示。





(a) T1方式1或0



(b) T1方式2

定时器 T_0 用作方式3时, $T1$ 仍可用于方式0~2结构
这时, 仅用C/T来切换定时或计数。

查询方式

SETB TR0

LOOP1: JBC TF0, LOOP2
SJMP LOOP1

使用查询方式时：定时器溢出中断请求标志位TF0,TF1,由用户软件清0。

中断方式

ORG 000BH
LJMP TOINT

SETB EA
SETB ET0
SETB PT0
SETB TR0

HERE: SJMP HERE

TOINT:

使用中断方式时：定时器溢出中断请求标志位TF0,TF1,由硬件自动清0。

单片机专门固化的定时器/计数器的特点：

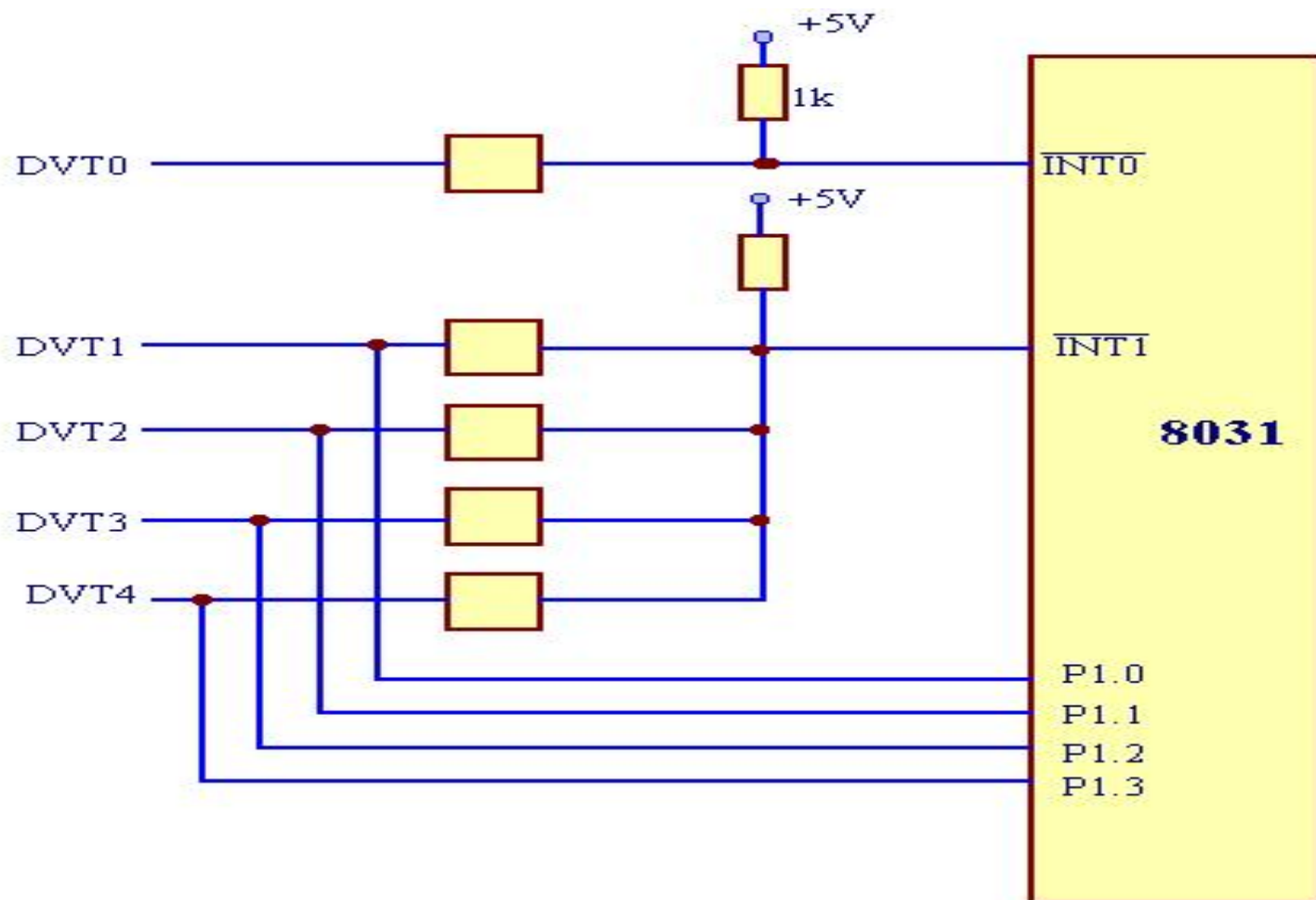
总结

- 1、51子系统有2个计数器、52子系统有3个计数器
- 2、每个计数器都是一个加法计数器。
- 3、每个计数器都可定义为8bit、13bit、16bit等4种工作方式，以方便在不同的环境下使用。
- 4、每个计数器都可以置初值，每来一个脉冲+1。
- 5、每个计数器都可以选择计数源，内部或外部。
- 6、当选择内部振荡源，由于已知频率，所以可以当定时器，计数频率固定为振荡频率的12分频。
- 7、当选择外部脉冲，由于频率未知，可用内部振荡频率去测量，最大计数脉冲为振荡频率的24分频。

七 MCS-51单片机外部中断源扩展

补充

1、OC门线或实现



2、 通过定时器/计数器实现：

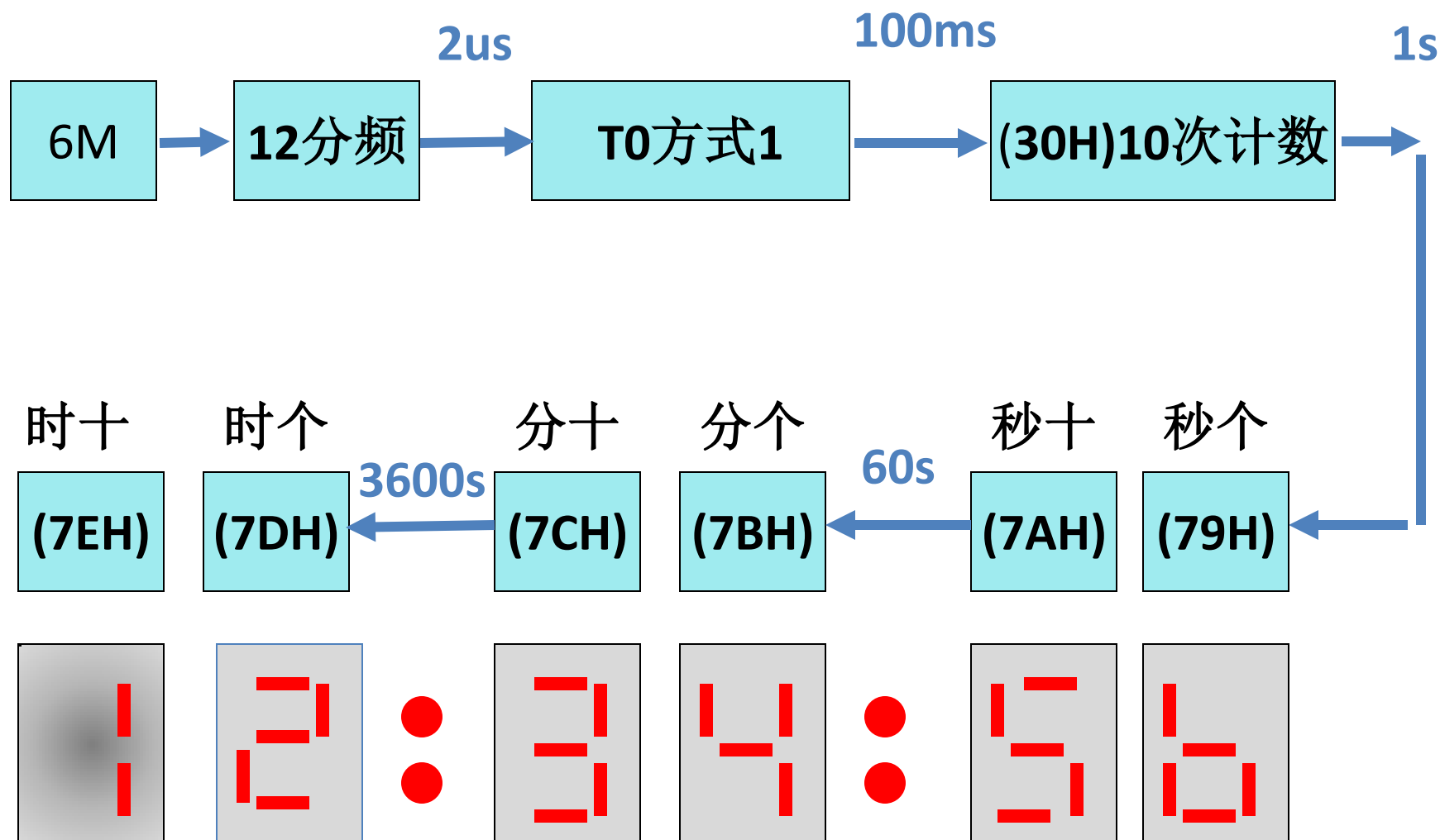
以T0 实现一个外部中断扩展。

则初始化程序为：

```
MOV    TMOD, #06H           ; 00000110
MOV    TH0, #0FFH           ; 来一个脉冲就溢出
MOV    TL0, #0FFH
SETB   EA                   ; 开全局中断
SETB   ET0                   ; 开T0中断
SETB   TR0                   ; 准备计数
```

将中断子程序放在T0中断入口处（000BH）。

八、 定时器/计数器与中断综合应用举例



作业:

编写一个程序，只用定时器0控制，同时产生周期为2ms和100ms的方波信号，分别由P1.0和P1.1引脚输出，采用中断方式。系统时钟为12MHz。

作业讲评:

利用定时器0控制产生周期为2ms和100ms的方波信号，分别由P1.0和P1.1引脚输出，采用中断方式。系统时钟为12MHz。

分析：方波为2ms，定时时间为1ms。

机器周期为1μs，采用方式0，则计数初值为

$$X=2^{13}-1000=7192=11100000\ 11000B$$

$$TH0=E0H\ TL0=18H$$

方波为100ms，定时时间为50ms，可采用50次1ms定时

作业讲评

```
ORG 0000H
LJMP BEGIN
ORG 000BH
LJMP TOINT
ORG 0030H
BEGIN: MOV TMOD, #00H
      MOV TL0, #18H
      MOV TH0, #0E0H
      MOV R2, #50
      SETB EA
      SETB ET0
      SETB TR0
      HERE : SJMP HERE
```

中断方式

```
TOINT: MOV TL0, #18H
      MOV TH0, #0E0H
      CPL P1.0
      DJNZ R2, RETURN
      CPL P1.1
      MOV R2, #50
RETURN: RETI
END
```

作业讲评

```
ORG 0000H
LJMP BEGIN

ORG 0030H
BEGIN: MOV TMOD, #00H
      MOV TL0, #18H
      MOV TH0, #0E0H
      MOV R2, #50
      SETB TR0
LOOP1: JBC TF0, LOOP2
      SJMP LOOP1
```

查询方式

```
LOOP2: MOV TL0, #18H
      MOV TH0, #0E0H
      CPL P1.0
      DJNZ R2, RETURN
      CPL P1.1
      MOV R2, #50
RETURN: LJMP LOOP1
      END
```