

《微机原理与接口》

第5章 定时器/计数器和8253A

教师：苏曙光

华中科技大学软件学院

- 教学内容

- 第1节 定时器和计数器的概念
- 第2节 8253A的结构和工作原理
- 第3节 8253A的初始化和基本操作
- 第4节 8253A的工作方式和应用
- 第5节 8253A在IBM PC/XT中的应用





第1节 定时器和计数器的概念

- 定时（计时）

- 为**CPU**和外设提供时间标记或一段时间。

- 时序，各种周期，时间片、系统时间、时间间隔、运行时间

定时的方法

- 软件方法

- 运用循环执行一段指令产生的延时。
- 缺点：增加CPU开销；延时依赖CPU频率；
- 优点：不需增加硬件设备。
- 适用：用于短时且精度要求不高的延时

- 硬件方法


- 采用专用电路（例如：定时/计数器）产生定时。
- 优点：不占用CPU时间；定时准确不受主机频率影响
- 适用：定时时间长，精度要求较高
- 典型的定时专用电路/芯片：INTEL 8253/8254系列芯片

- 定时（计时）

- 为**CPU**和外设提供时间标记或一段时间。

- 时序，各种周期，时间片、系统时间、时间间隔、运行时间

- 计数

- 统计某对象的数量（典型的对象是脉冲） 

- 定时的本质是计数

- 当数与数之间的“时间间隔”固定且已知，则

- $$\underline{\text{定时时间}} = \underline{\text{计数数量}} \times \underline{\text{时间间隔}}$$



● 典型的定时/计数器芯片

■ 8253A (2MHz)

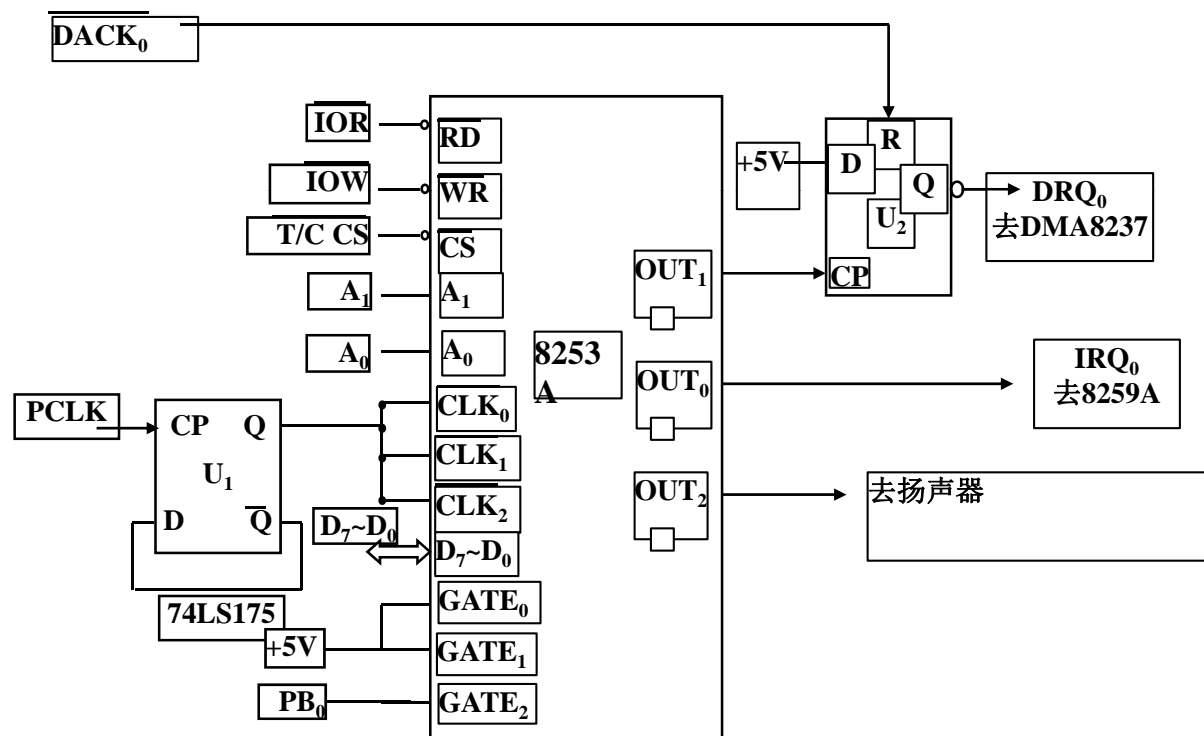
■ 8254A (8MHz)

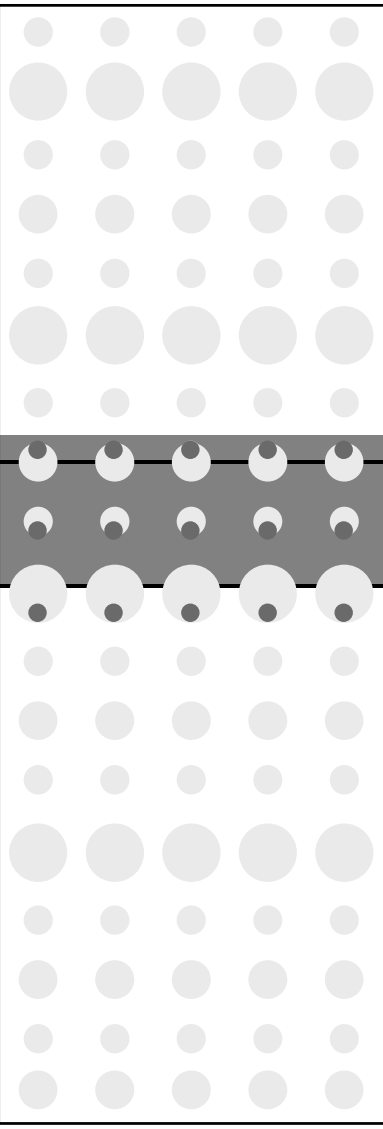
■ 8254A-2 (10MHz)

■ 8254A-5 (5MHz)

■ 特点：相互兼容，工作频率有差异

8253A在IBM PC/XT中的应用和连接



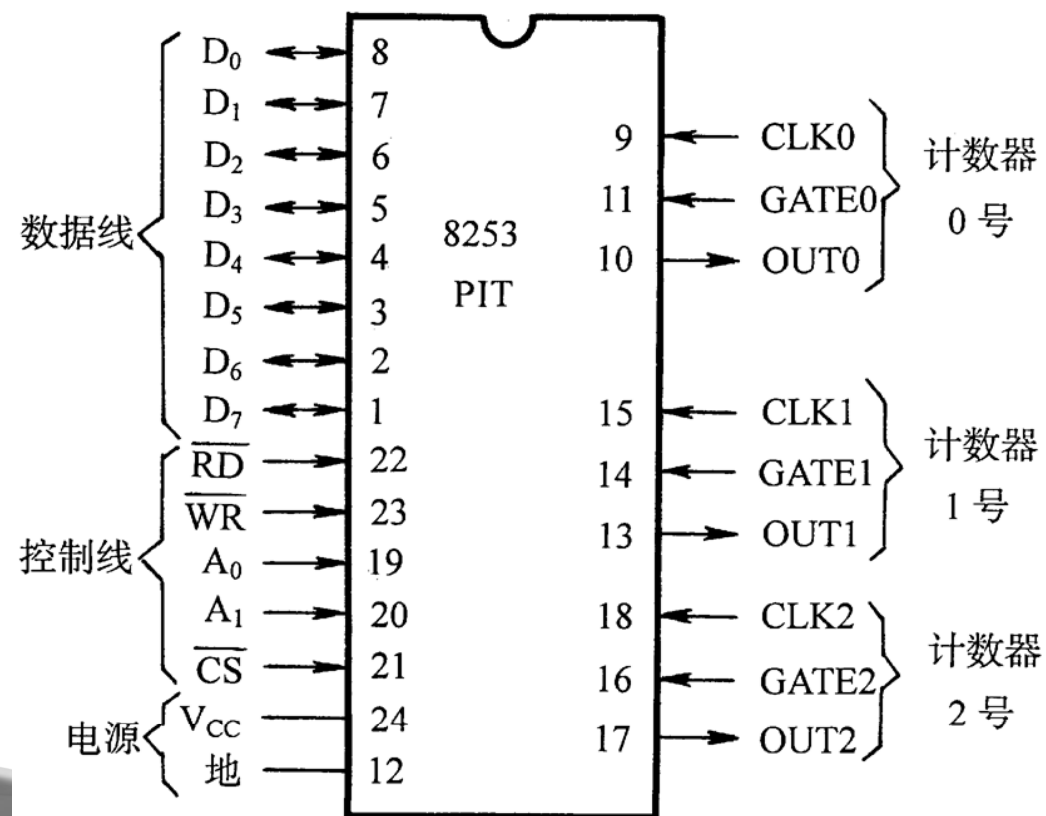


第2节 8253A的结构和工作原理

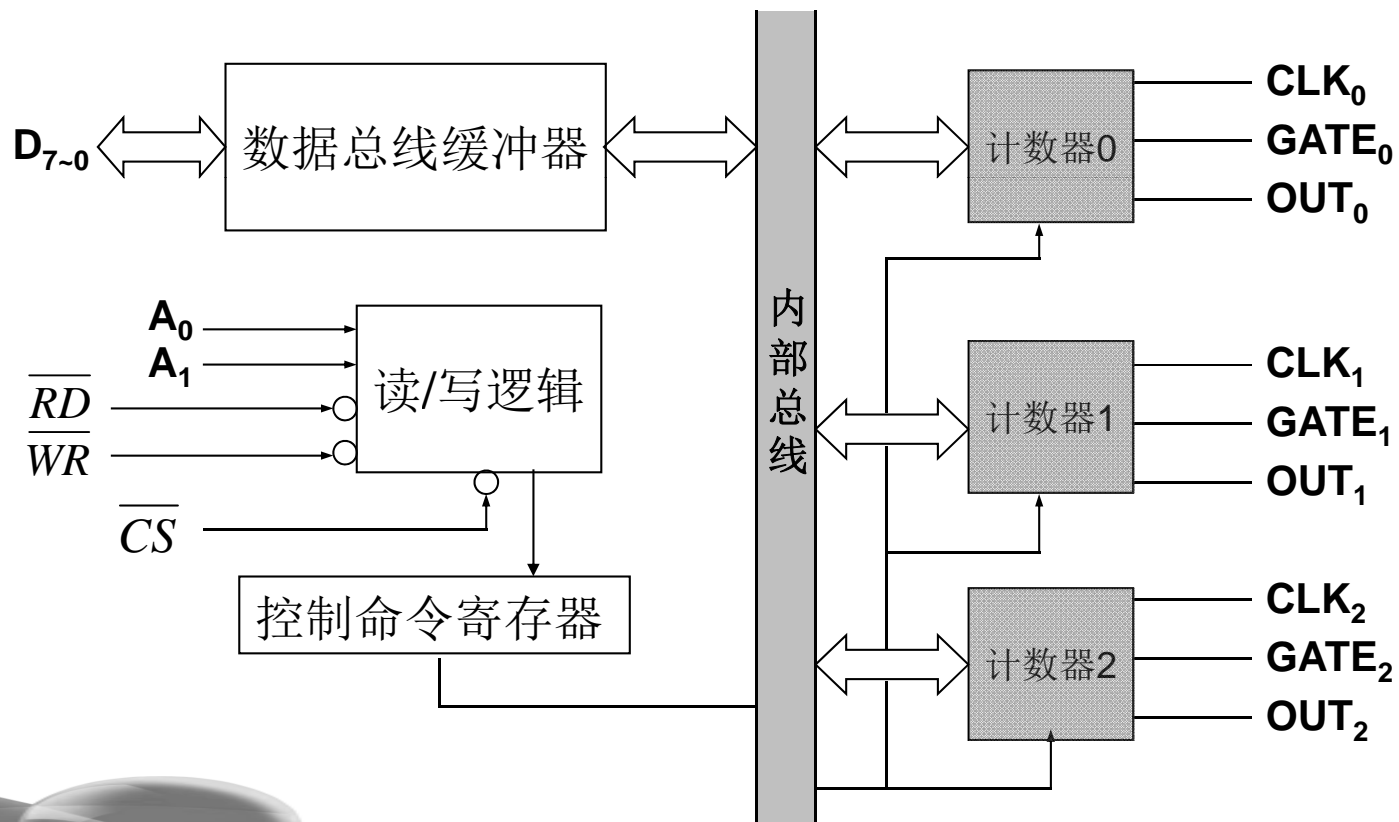
● **8253A的结构和基本特点**

- 有**3个16位**相互独立的计数器：**T0, T1, T2**
- 每个计数器都可以按照二进制或二—十进制计数
- 每个计数器可设置**6种**不同的工作方式
- 每个计数器可以预置计数初值（时间常数）
- 计数器的当前计数值可被**CPU**读出

● 8253A的外部引脚【24脚，+5V】



● 8253A的内部结构



- 功能引脚（面向**CPU**的信号线）

- ① 数据总线**D0~D7**

- ◆ 三态输出/输入线：数据、命令和状态。

- ② 片选线（ **\overline{CS}** ）

- ◆ 低电平有效。由地址译码的结果控制。

- ③ 读信号(**\overline{RD}**)

- ◆ 低电平有效。对**8253A**寄存器进行读操作

- ④ 写信号(**\overline{WR}**)

- ◆ 低电平有效。对**8253A**寄存器进行写操作

- ⑤ 地址线**A1A0**

- ◆ 接到系统地址总线的**A1A0**

- ◆ **A1A0**用于选择**8253A**内部寄存器。

- 功能引脚【面向I/O的信号线】

- ⑥时钟信号**CLK**

- ◆计数的对象：每输入1个时钟脉冲便计数1次。

- ◆**CLK 0、CLK 1、CLK 2**

- ⑦门控信号**GATE**

- ◆控制计数的启动、暂停、禁止【和工作方式有关】

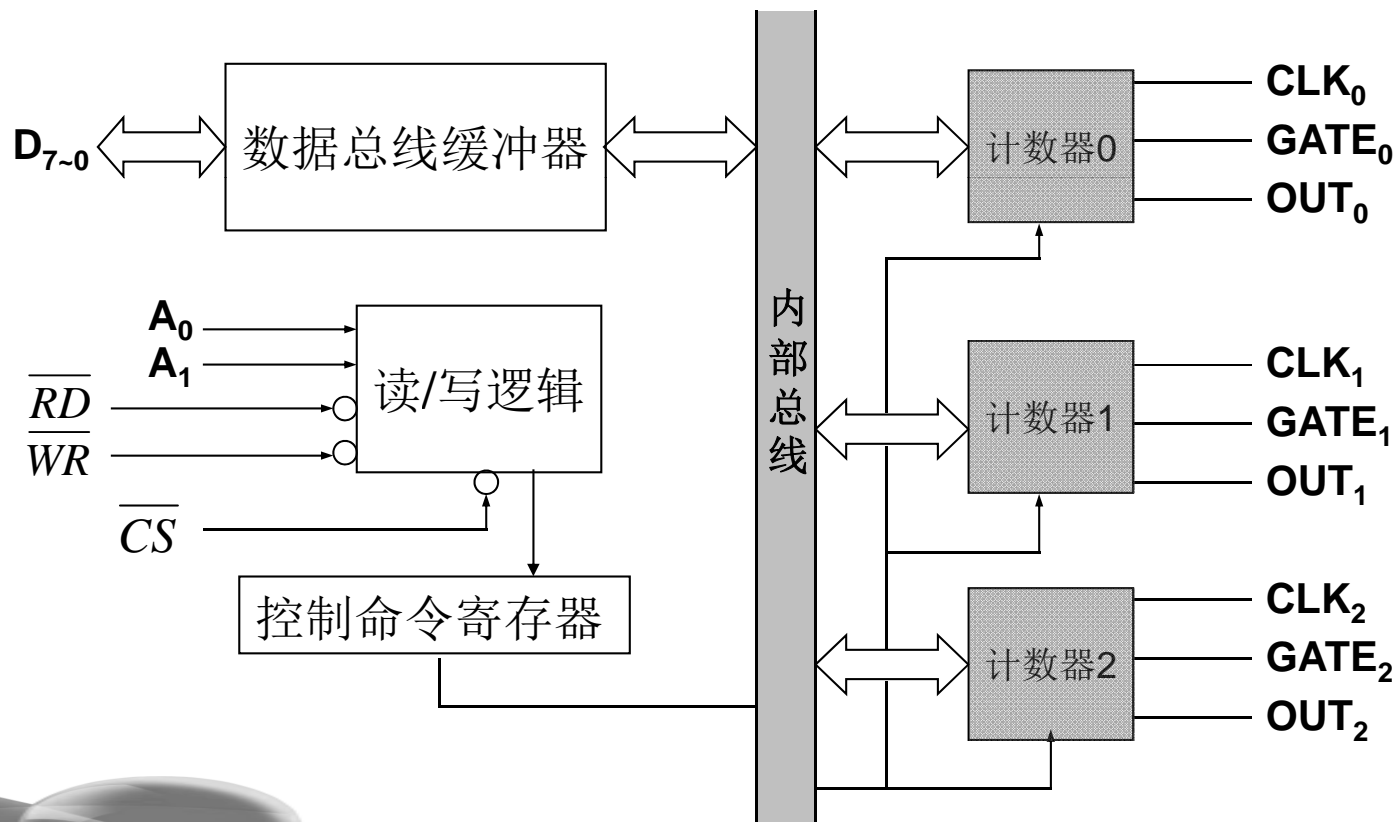
- ◆**GATE0、GATE1、GATE2**

- ⑧计数器输出**OUT**

- ◆标识定时或计数完毕

- ◆**OUT0、OUT1、OUT2**

● 8253A的内部结构



- 8253A内部有6个模块

- ①数据总线缓冲器。

- ◆三态双向8位寄存器，与CPU数据总线D0~D7相连

- 写入命令字；

- 写入计数初值；

- 读出计数初值或当前值

- ②读/写逻辑。

- ◆根据CPU的读/写信号和地址信号选择数据传输的方向

- ③控制命令寄存器。

- ◆接收控制命令，选择计数器及工作方式

- ④ 3个独立的计数器

- ◆结构完全相同

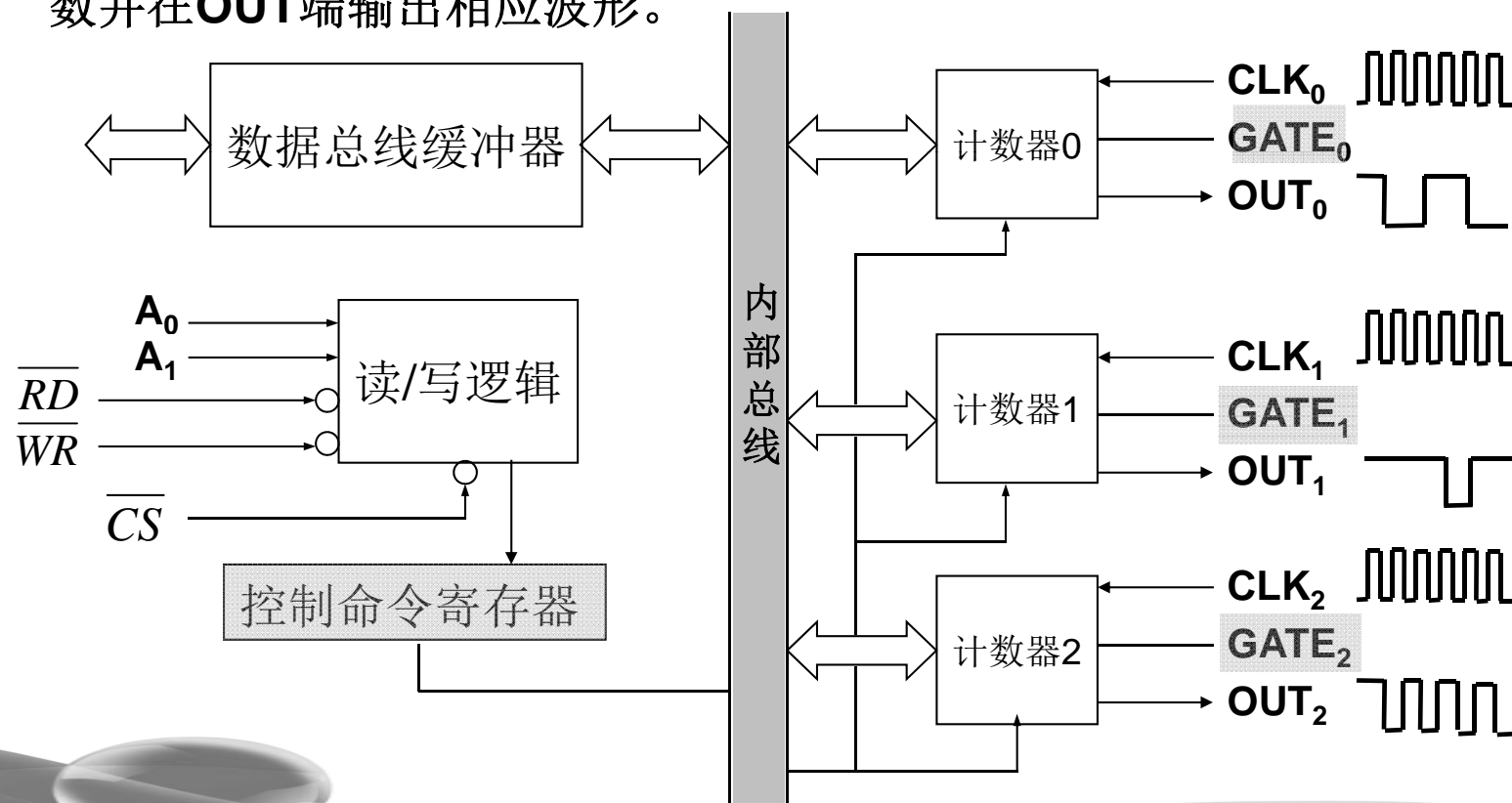
8253A的端口选择和操作

- 端口选择: **A1A0**
- 端口操作: **\overline{RD} , \overline{WR}**

\overline{CS}	\overline{RD}	\overline{WR}	A1	A0	选中的对象和操作
0	1	0	0	0	T0, 写入“计数初值”
0	1	0	0	1	T1, 写入“计数初值”
0	1	0	1	0	T2, 写入“计数初值”
0	1	0	1	1	控制寄存器, 写“工作方式控制字”
0	0	1	0	0	T0, 读“当前计数值”
0	0	1	0	1	T1, 读“当前计数值”
0	0	1	1	0	T2, 读“当前计数值”
0	0	1	1	1	三态
1	×	×	×	×	三态
0	1	1	×	×	三态

计数器工作原理

通过控制命令结合**GATE**，以某种特定方式对**CLK**脉冲进行计数并在**OUT**端输出相应波形。



计数初值C的确定

- 计数初值C决定了计数的次数或定时的长度或输出波形的频率

- 1.单纯的计数：直接设定

- 2.作为定时使用，定时长度L（把时间转化成计数）

- ◆ 与CLK的周期 T_{CLK} （或频率 f_{CLK} ）有关：

$$C = L / T_{CLK} = L * f_{CLK}$$

例：已知 $L = 5ms$, $f_{CLK} = 1.19318MHz$,

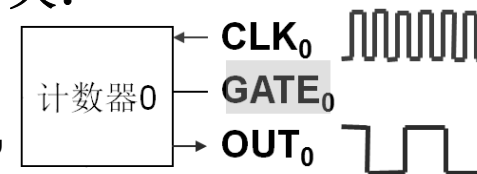
则 $C = L * f_{CLK} = 5 * 10^{-3} * 1.19318 * 10^6 = 5965$

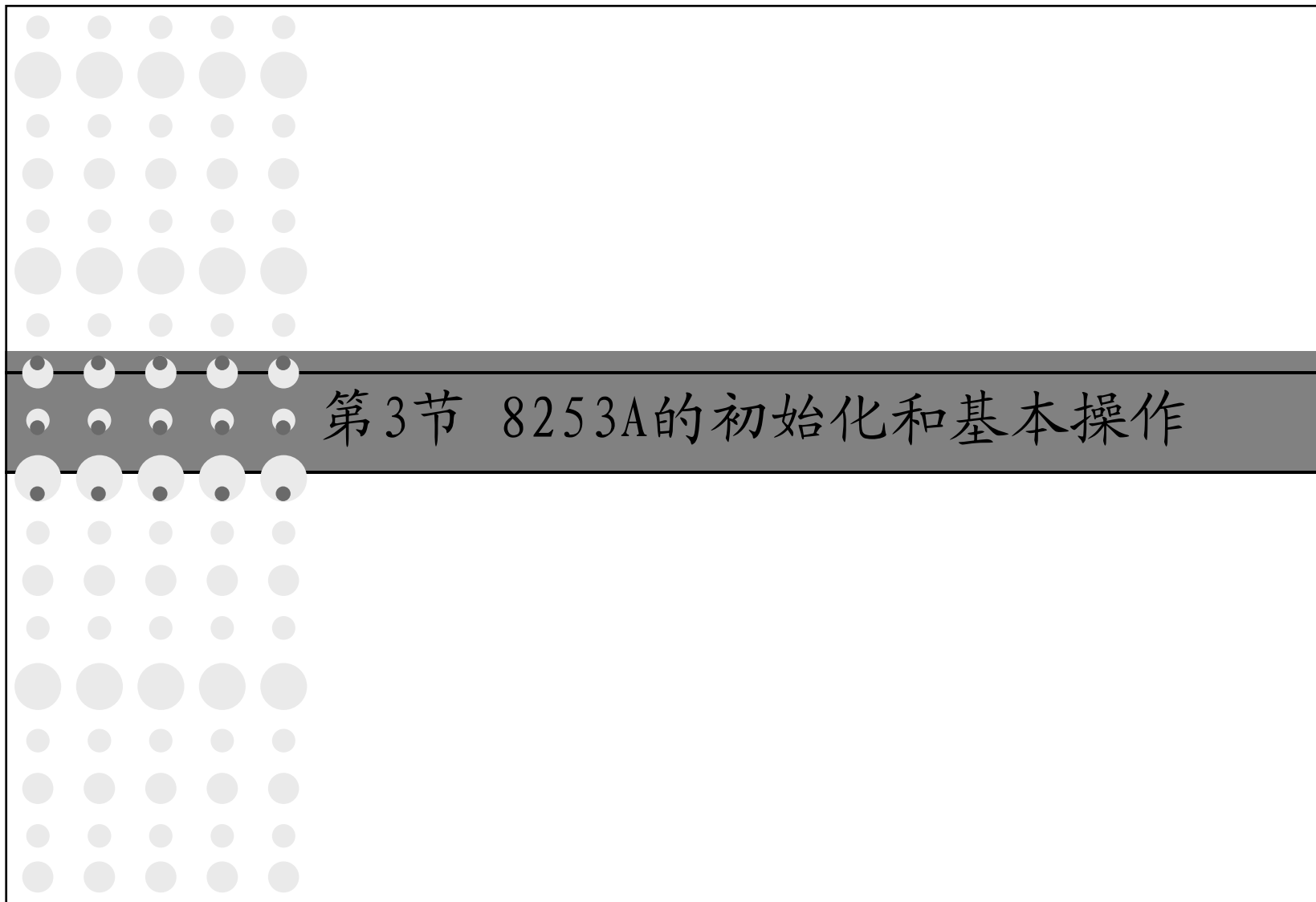
- 3.输出指定频率 f_{OUT} 的波形【循环计数时OUT输出周期波】

- ◆ $C = f_{CLK} / f_{OUT}$

例：已知 $f_{OUT} = 800Hz$, $f_{CLK} = 1.19318MHz$,

则 $C = f_{CLK} / f_{OUT} = 1.19318 * 10^6 / 800 = 1491$





第3节 8253A的初始化和基本操作

- **8253A的初始化**

- **(1) 向选定计数器写入计数初值**

- 端口选择: **A1A0**

- 端口操作: **$\overline{RD}, \overline{WR}$**

\overline{CS}	\overline{RD}	\overline{WR}	A1	A0	选中的对象和操作	
0	1	0	0	0	T0,	写入“计数初值”
0	1	0	0	1	T1,	写入“计数初值”
0	1	0	1	0	T2,	写入“计数初值”

● 8253A的初始化

- (1) 向选定计数器写入计数初值
- (2) 选择计数器: **T0, T1或 T2**
- (3) 确定读写数据的方式 (**8位或16位**, 字节位置和顺序)
- (4) 确定计数器的工作方式 (方式**0~方式5**)
- (5) 确定计数的数制 (二进制码或**BCD码**)

● 端口选择: **A1A0**

● 端口操作: **\overline{RD} , \overline{WR}**

\overline{CS}	\overline{RD}	\overline{WR}	A1	A0	选中的对象和操作
0	1	0	1	1	控制寄存器, 写“工作方式控制字”

- 工作方式控制字 (**CW: Control Word**, 写入控制寄存器)
 - (1) 选择计数器 (**0~2**) (**T0, T1, T2**)
 - (2) 确定读写数据的方式 (**8位或16位**, 字节位置和顺序)
 - (3) 确定计数器的工作方式 (方式**0~方式5**)
 - (4) 确定计数的数制 (二进制码或**BCD**码)

- **CW**的定义

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD
计数器选择		读写数据方式		工作方式			码制
00: T0 01: T1 10: T2 11: 不用		00: 不用(锁存) 01: 低8位 10: 高8位 11: 先低后高		000: 方式0 001: 方式1 X10: 方式2 X11: 方式3 100: 方式4 101: 方式5			0: 二进制 1: BCD

● 工作方式控制字(CW) 8253A地址304（意即304~307且CW端口307）

■ 例：选择**T2**，工作于方式**3**，二进制计数计，数初值**533H**。

```

MOV DX, ( ) ; 命令口的地址
MOV AL, ( ) ; 工作方式控制字
OUT DX, AL ; 写入命令口
MOV DX, ( ) ; T2数据口
MOV AX, ( ) ; 计数初值
OUT DX, AL ; 先送低字节到T2
MOV AL, AH ; 取高字节送AL
OUT DX, AL ; 后送高字节到T2
    
```

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD
计数器选择		读写数据方式		工作方式			码制

1 0 1 1 0 1 1 0

课堂作业（不交）

- 工作方式控制字(CW) 8253A地址304（意即304~307且CW端口307）

■ 例：T1，方式0，二进制，计数初值BYTEH: BYTEL。

```

MOV  ; 命令口
MOV AL,  ; 工作方式控制字
OUT DX, AL ; 写入命令寄存器
MOV  ; T1数据口
MOV AL, BYTEH ; 计数初值低字节
OUT DX, AL
MOV  ; 计数初值高字节
OUT 
    
```

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD
计数器选择		读写数据方式		工作方式			码制

0 1 1 1 0 0 0 0

● **8253A的基本操作**

- 获取当前计数值：锁存命令
- 获得工作状态：获得状态字
- 通过向控制端口写特定的字完成。

获取当前计数值

- 方法一

- 使用IN指令读取（两次）

- 端口选择：A1A0

- 端口操作： \overline{RD} , \overline{WR}

\overline{CS}	\overline{RD}	\overline{WR}	A1	A0	选中的对象和操作
0	0	1	0	0	T0, 读“当前计数值”
0	0	1	0	1	T1, 读“当前计数值”
0	0	1	1	0	T2, 读“当前计数值”

在读之前用GATE信号，控制计数器暂停计数，或由外部逻辑禁止所要读的计数通道的CLK脉冲输入。

原因：计数值16位，CPU要执行两次读入指令，还要把读入的数存入寄存器或存储单元中。两次读入有时间间隔。

例：读计数器0。这种读入要求软件和硬件配合，即先使GATE为低电平，禁止计数器计数，再执行如下读入程序段（端口地址40H~43H）：

```
IN    AL, 40H    ; 读入计数器0的低8位
MOV   BL, AL
IN    AL, 41H    ; 读入计数器0的高8位
MOV   BH, AL
```

● 锁存命令

■ 将减1计数器的内容锁存到当前计数值锁存器，供**CPU**读取

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
SC1	SC0	0	0	x	x	x	x
计数器选择		锁存特征位		不用			

00 : T0
01 : T1
10 : T2
11 : 不用

00 : 锁存
01 : 不用
10 : 不用
11 : 不用

} 用于CW的读写数据方式。

● 锁存命令

8253A地址304（意即304~307且CW端口307）

■ 例：读出并检查T1的当前计数值是否全“1”（假定计数值只有低8位）。

```
MOV DX, 307H      ;命令口
MOV AL, 01000000B ; T1的锁存命令
OUT DX, AL        ; 写入命令寄存器
MOV DX, 305H      ; T1数据口
IN  AL, DX        ; 读T1的当前计数值
CMP AL, 0FFH      ; 比较
```

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
SC1	SC0	0	0	x	x	x	x
计数器选择		锁存特征位		不用			
0	1	0	0	0	0	0	0

课堂作业（不交）

● 锁存命令

8253A地址304（意即304~307且CW端口307）

■ 例：读出T2的当前计数值（16位），并装入AX寄存器。

```

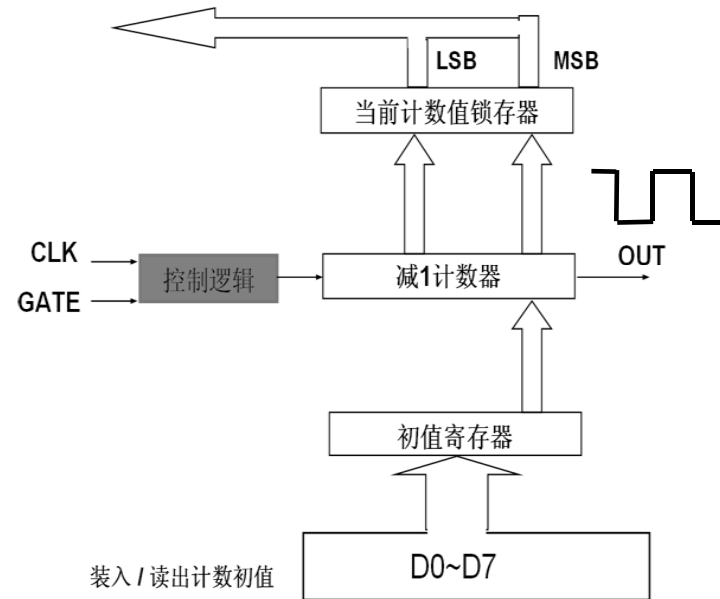
MOV  ;命令口
MOV AL,  ; T2的锁存命令
OUT DX, AL ; 写入命令寄存器
MOV  ; T2数据口
IN AL, DX ; 读T2的当前计数值的低8位
MOV BL, AL
IN  ; 读T2的当前计数值的高8位
MOV 
MOV AL, BL
    
```

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
SC1	SC0	0	0	x	x	x	x
1	0	0	0	0	0	0	0



第4节 8253A的工作方式和应用

- 工作方式
 - 方式0~方式5
- 工作方式的主要差异
 - **OUT**信号或波形
 - 计数的启动方式
 - ◆ 软件启动
 - ◆ 硬件启动 (**GATE**)
 - 初值 (/重新) 装入的生效方式

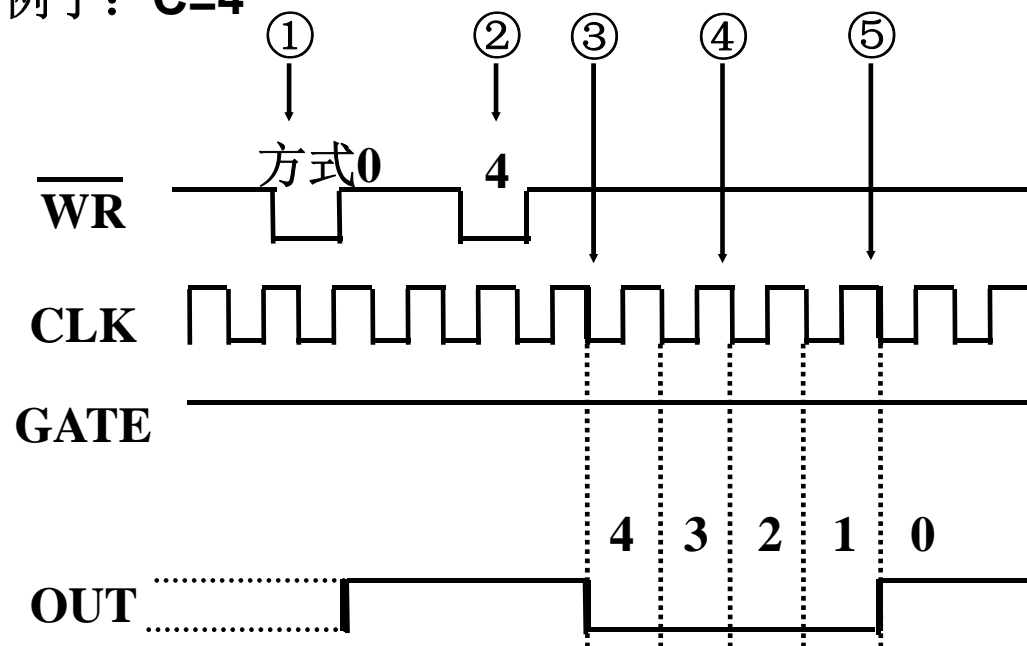


方式0: 计数结束中断方式

- 基本特点

- 典型的事件计数用法

- 例子: **C=4**



方式0的计数过程和特点

- 1、写入工作方式控制字 (**CW, Control Word**)

- **OUT**开始变成高电平

- 2、写计数初值**C**到初值寄存器

- 下一个**CLK**周期把**C**装入减1计数器。

- **GATE**高电平时立即开始计数。

- 3、计数期间**OUT**维持低电平。

- 4、当减1计数器减到0时**OUT**变为高电平。

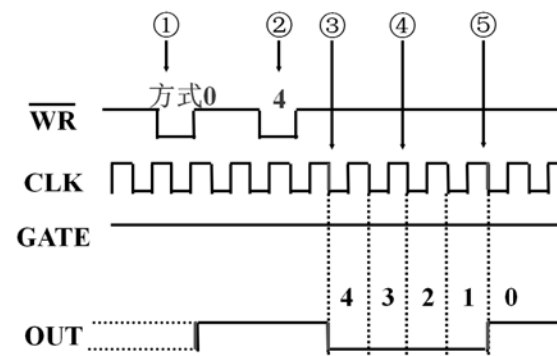
- 5、当重新写入**C**后，立即开始新一轮计数

- **OUT**再次变成低电平

- 计数期间，如果重写计数值，立即重新开始计数。

- 6、**GATE**：高电平：允许/继续计数；低电平：禁止计数

- 7、**OUT**可作中断请求信号【特点：被响应后才变低】

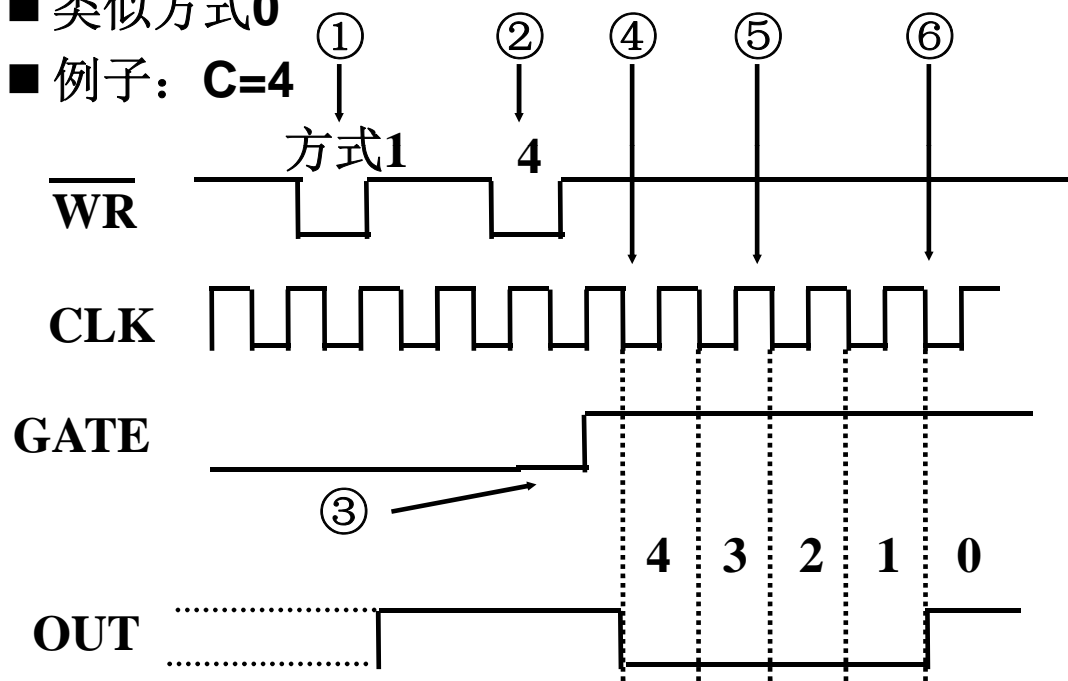


方式1

- 基本特点

- 类似方式0

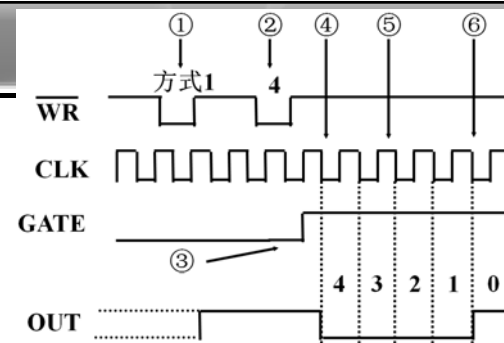
- 例子: $C=4$



方式1的计数过程和特点

同方式0很类似

- 1、写入控制字**CW**后，**OUT**变高电平。
- 2、写入计数初值**C**
- 3、**GATE**上跳时，**C**装入减1计数器，开始计数，**OUT**变低。
- 4、整个计数过程中**OUT**维持低电平，直到计数结束才变高。
 - **OUT**负脉冲宽度 = 计数初值 * **CLK**周期。
- 5、如果计数过程中**GATE**出现上跳，则重新计数。
- 6、计数过程中如果重写初值，则要等当前计数结束且**GATE**再次出现上升沿后，才能开始新的计数。



方式1的应用场合

- 改变计数初值**C**可以产生不同宽度的**8253A**获取可变宽脉冲信号



■ 实现脉宽调制（ **PWM** ， **Pulse Width Modulate** ）

◆ 用数字信号去控制/产生模拟信号的方法。

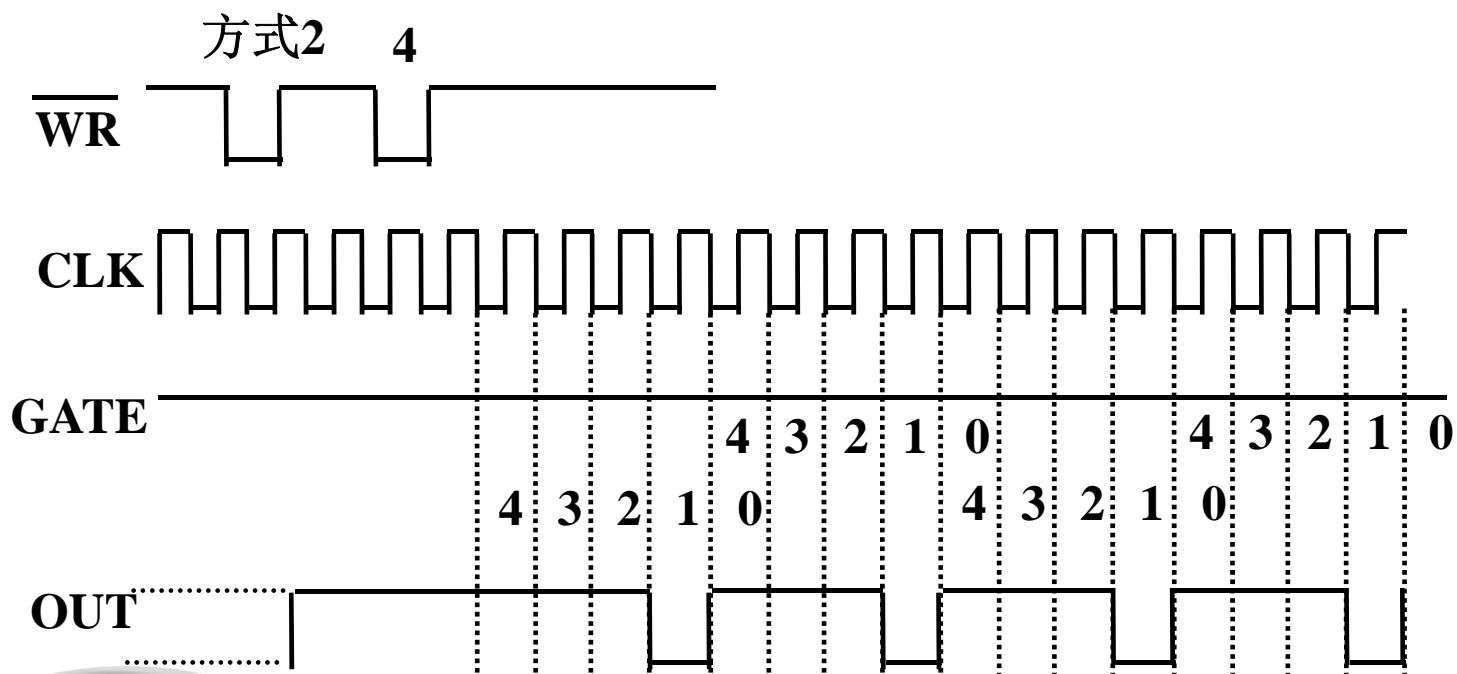
□ 利用微机的数字输出来对模拟电路进行控制的一种非常有效的技术，广泛应用在从测量、通信到功率控制与变换的许多领域中。

◆ 对模拟信号电平进行数字编码的方法

□ 对占空比的编码

方式2: 周期性负脉冲输出, 分频器

- 若计数初值为N, 则OUT频率为CLK的 $1/N$ 。又称N分频器。
- 例子: **C=4**



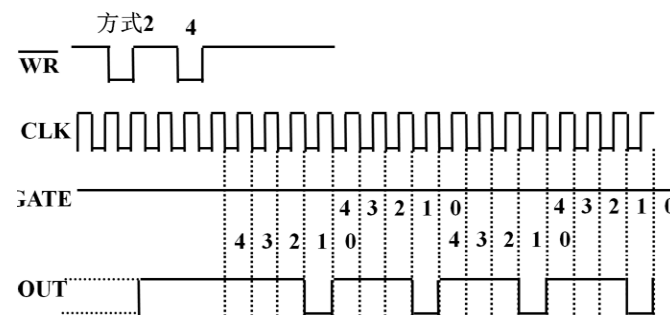
方式2的计数过程和特点

- 1、写入控制字**CW**，**OUT**变成高电平。
- 2、写入计数初值**C**。
- 3、若**GATE**为高电平时，下一个**CLK**周期把**C**写入减1计数器，并开始计数。
- 4、计数过程中**OUT**保持高电平，直到倒数第2个**CLK**。
- 5、减一计数到1时，**OUT**输出1个负脉冲（宽度为1个**CLK**周期），
- 6、自动装入**C**，**OUT**再次变成高电平，开始新一轮计数。
- 注意：

■ 方式2中启动计数器的方法有两种

◆ 软件启动过程：装入计数初值

◆ 硬件启动过程：**GATE**上升沿



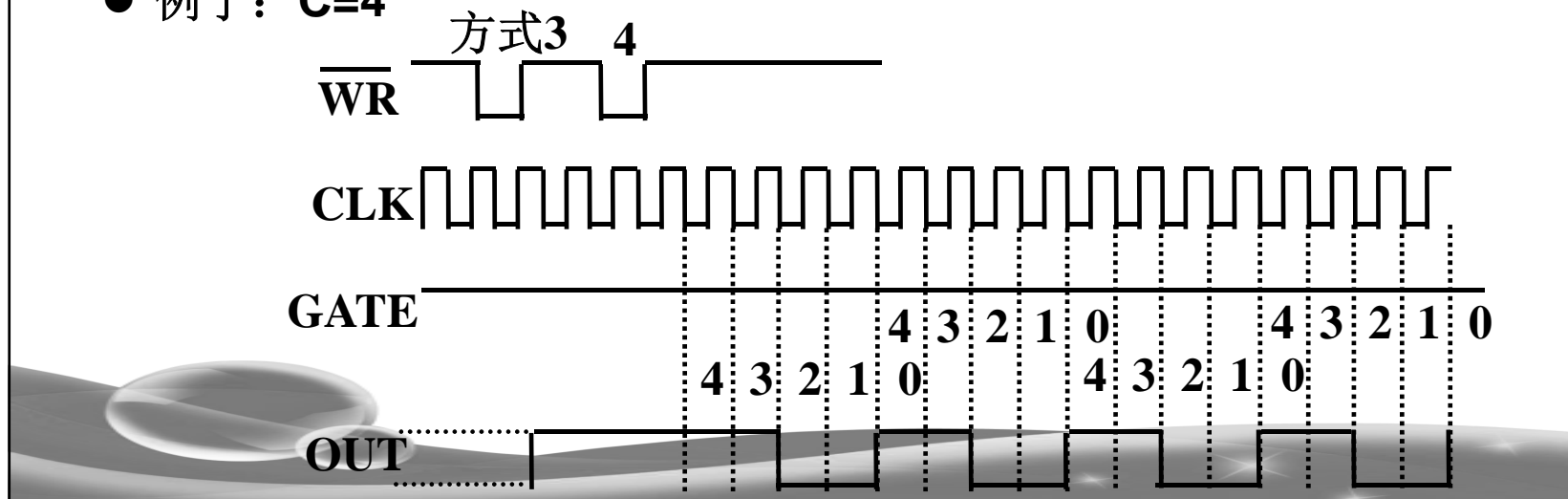
方式2的应用场合

- **OUT**正脉冲宽度 = (计数初值 - 1) x **CLK**周期
- **OUT**负脉冲宽度 = 1个**CLK**周期。
- 典型应用：**N**分频器（即速率发生器）：
 - 对已知频率的信号（**CLK**），通过改变计数初值**C**，即可获得不同频率的信号（**OUT**）

$$f_{\text{OUT}} = f_{\text{CLK}} / N$$

方式3: 周期性方波输出

- 与方式2基本相同: 自动装入计数初值C, 循环计数
- 不同之处: **OUT**输出占空比为1:1或近似1:1的方波
 - C为偶数时, **OUT**的高、低电平前后各一半。
 - C为奇数时:
 - ◆ 前 $(N+1)/2$ 个CLK: **OUT**高电平
 - ◆ 后 $(N-1)/2$ 个CLK: **OUT**低电平。
- 例子: **C=4**



方式4: 单次负脉冲输出

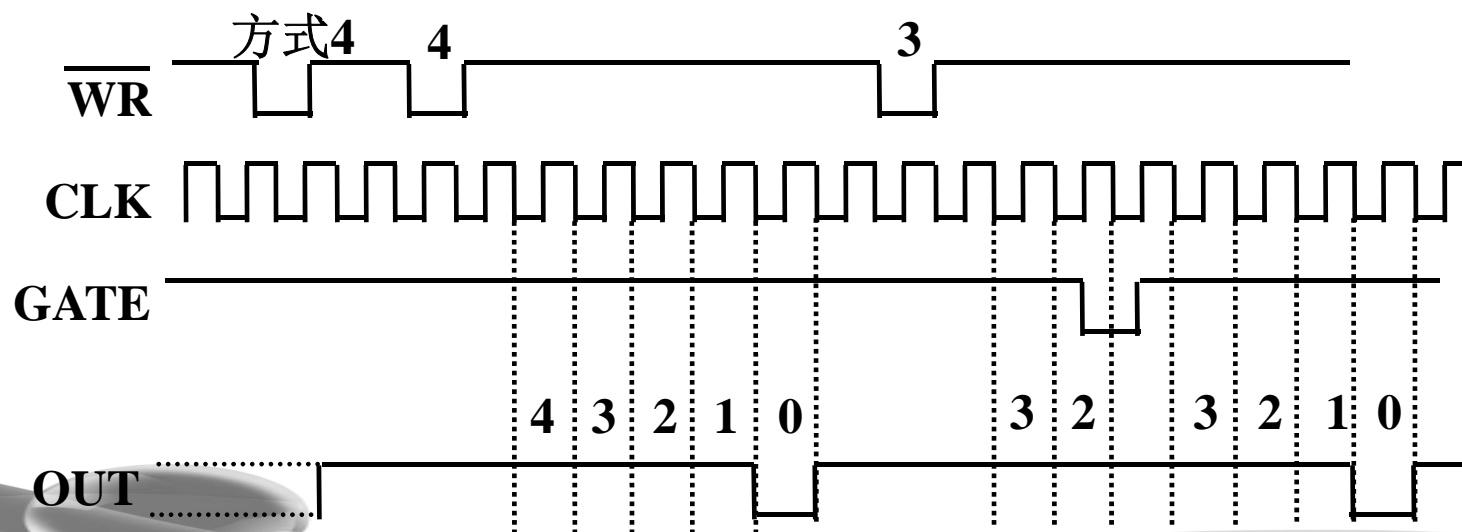
- 方式4: 单次负脉冲输出, 软件触发

- 例子: **C=4** (后面改为**3**), 注意观察:

- ◆ 负脉冲位置;

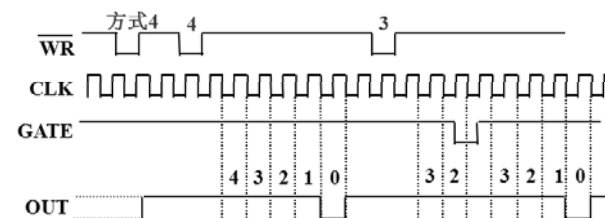
- ◆ 重写新的**C**时, 计数过程的变化;

- ◆ **GATE**变低然后恢复高时, 计数过程的变化



方式4的计数过程和特点

- 由软件启动计数：写入计数初值**C**触发计数器开始工作：
- 1、设定方式后，**OUT**为高电平；
- 2、写入**C**后，在下一个**CLK**开始计数
- 3、计数期间**OUT**保持高电平
- 4、计数结束输出1个**CLK**的负脉冲，然后**OUT**恢复高电平。
- 5、**GATE**作用
 - ◆高电平：允许计数；
 - ◆低电平：停止（不是暂停）计数
 - ◆恢复高电平：重新开始新一轮的计数。
- 6、重写新的计数初值
 - 不影响当前计数过程，直到下一轮计数时才生效。



方式5: 单次负脉冲输出

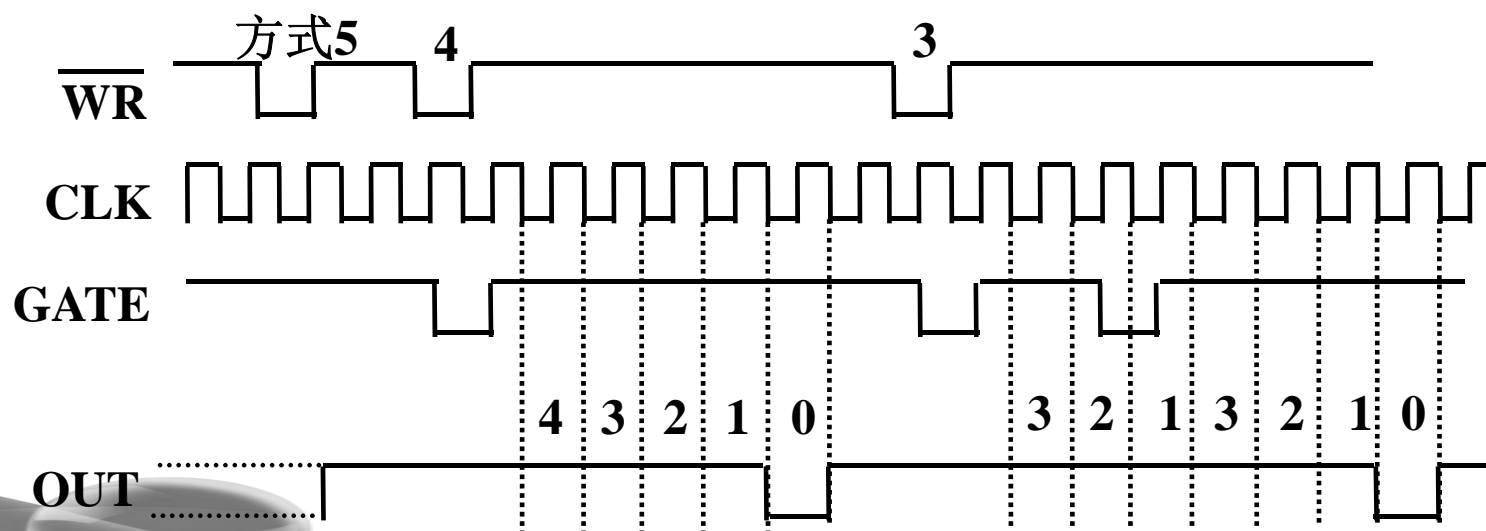
- 方式5: 同方式4类似, 单次负脉冲输出, 但是硬件触发

- 例子: **C=4**, 注意观察

- ◆ 负脉冲位置;

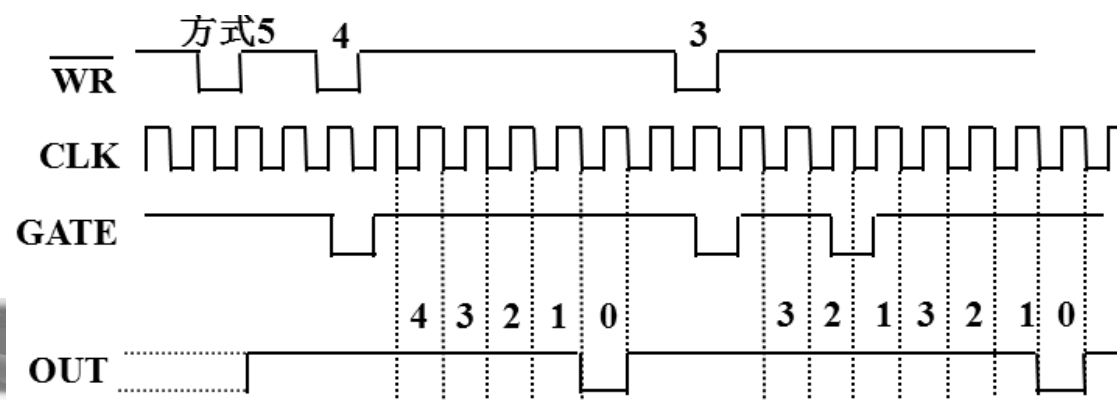
- ◆ 重写新的**C**时, 计数过程的变化;

- ◆ **GATE**变低然后恢复高时, 计数过程的变化



方式5的计数过程和特点

- 同方式4类似，单次负脉冲输出，硬件触发
 - **GATE**上升沿触发计数开始
- 1、写入**C**后，并不立即开始计数，而要由**GATE**上升沿启动计数。
- 2、计数过程中**OUT**维持高电平
- 3、计数到0后，**OUT**输出1个**CLK**的负脉冲后恢复高电平。
- 4、在计数过程中，如果**GATE**再次出现上升沿，立即开始新一轮的计数。



6种工作方式的总结

- 差异

- 计数过程和计数结束时OUT电平的高低和持续时间（波形）
- 单次计数或自动循环计数
- 计数的启动方式：软件（写计数初值）或硬件（GATE）

- 方式0和方式 1

- 输出波形类似;
- 无自动重装C的能力;
- 启动计数的触发信号不一样:

- ◆方式0: 软件 (写初值)

- ◆方式1: 硬件 (**GATE**上沿)

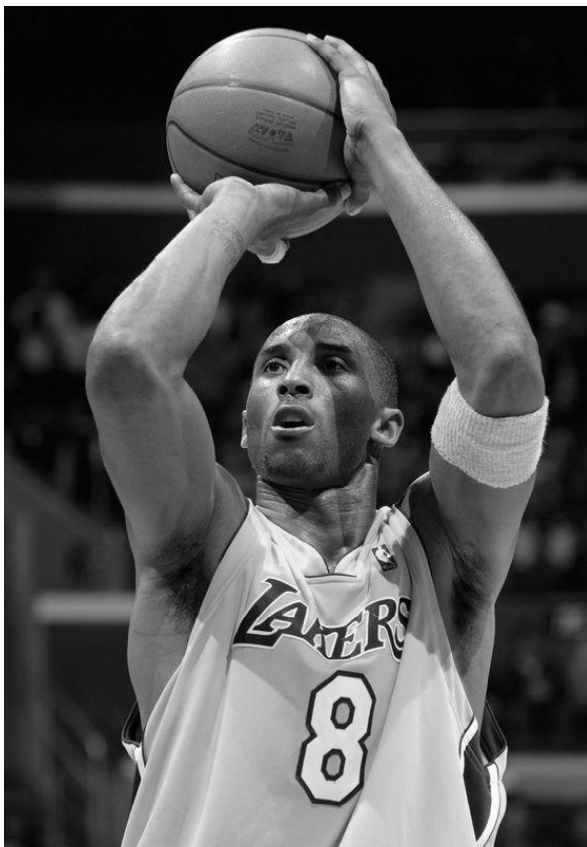
- 方式2 (N分频器) 和方式3 (方波发生器)

- 计数初值自动重装, 循环计数;
- **OUT**频率:**CLK**的N分之一;
- 方式2: 计数时高电平, 结束时1个**CLK**负脉冲;
- 方式3: 前半为高, 后半为低

6种工作方式的比较——

- 方式**4**（单次负脉冲）和方式**5**（单次负脉冲）
 - 输出波形相同：单次负脉冲；
 - 无自动重装能力；
 - 启动计数方式不同：方式**4**：软件，方式**5**：硬件
- 方式**2**（**N**分频）和方式**4**与**5**
 - 方式**2**：周期性负脉冲
 - 方式**4**与**5**：单次负脉冲

8253A的应用举例: 篮球赛24秒违例计时



24秒违例规则：持球进攻方**24**秒内未投篮或投篮但未触及篮筐，则判违例，应把发球权让给对方。



24秒

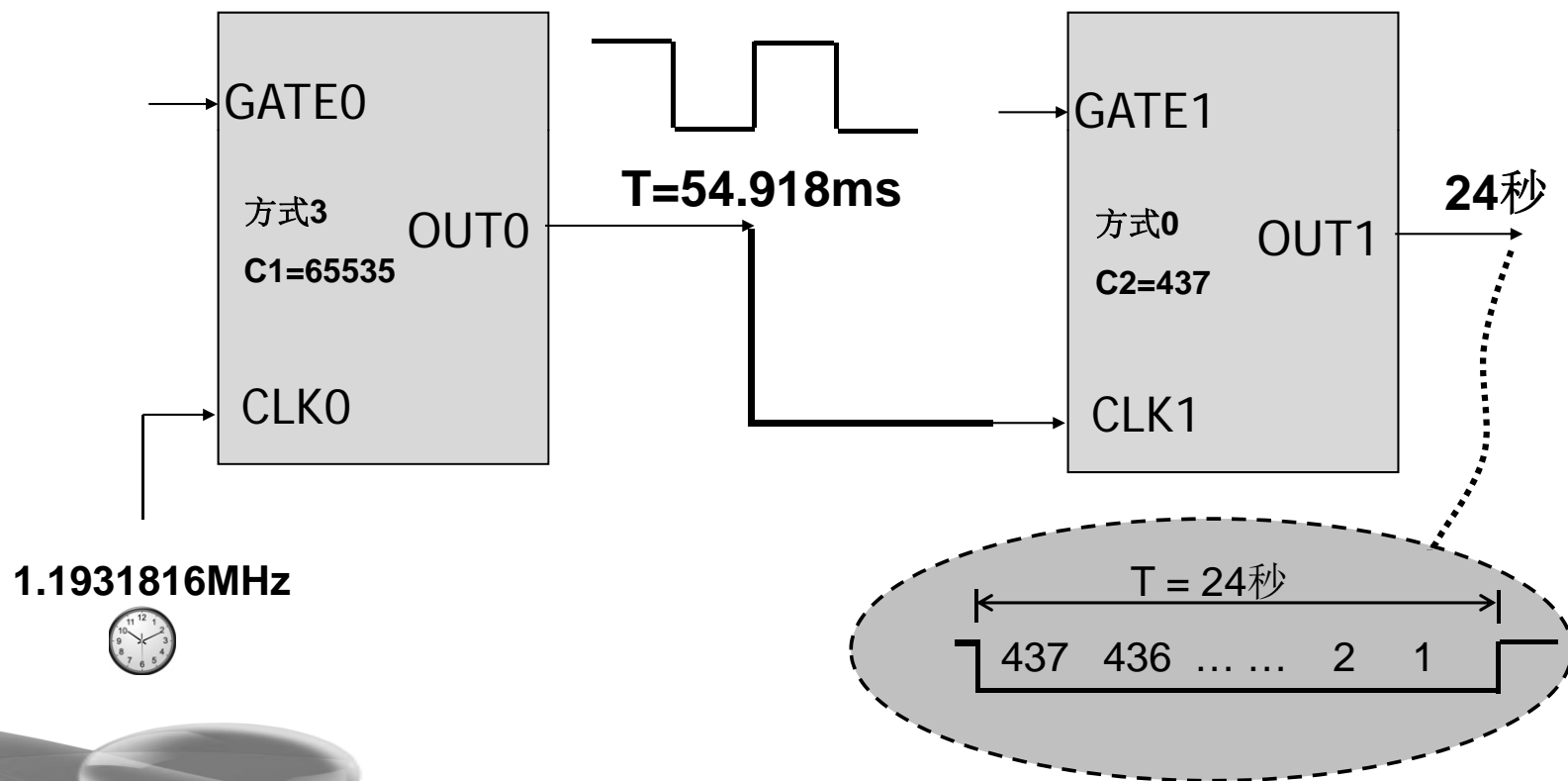
8253A的应用举例:24秒计时

- 已知计算机系统的计时单位（时钟脉冲）
 - **CLK = 1.1931816MHz**
 - **T_{CLK} = 0.84微秒**
 - ◆ 若使用最大的计数初值 **C1 = 65535**
则 **T_{OUT} = 0.84 * 65535 = 54.918 ms**
- 新的计时单位
 - 新建一个周期性的波形(方式3)
 - ◆ 计数初值 **C1 = 65535**
 - ◆ **T_{OUT} = 0.84微秒 * 65535 = 54.918ms**
 - 新的时钟信号 **T_{CLK-new} = 54.918毫秒**
- 在新的时钟下，计时**24秒**
 - 方式**0**，计数结束输出高电平。
 - 计数初值 **C2 = 24秒 / 54.918毫秒 = 437**
- 定时器选用
 - **CLK: T0, 方式3, C1 = 65535**
 - **OUT0: T1, 方式0, C2 = 437**

课堂作业（不交，2分钟）：写出T0,T1初始化程序

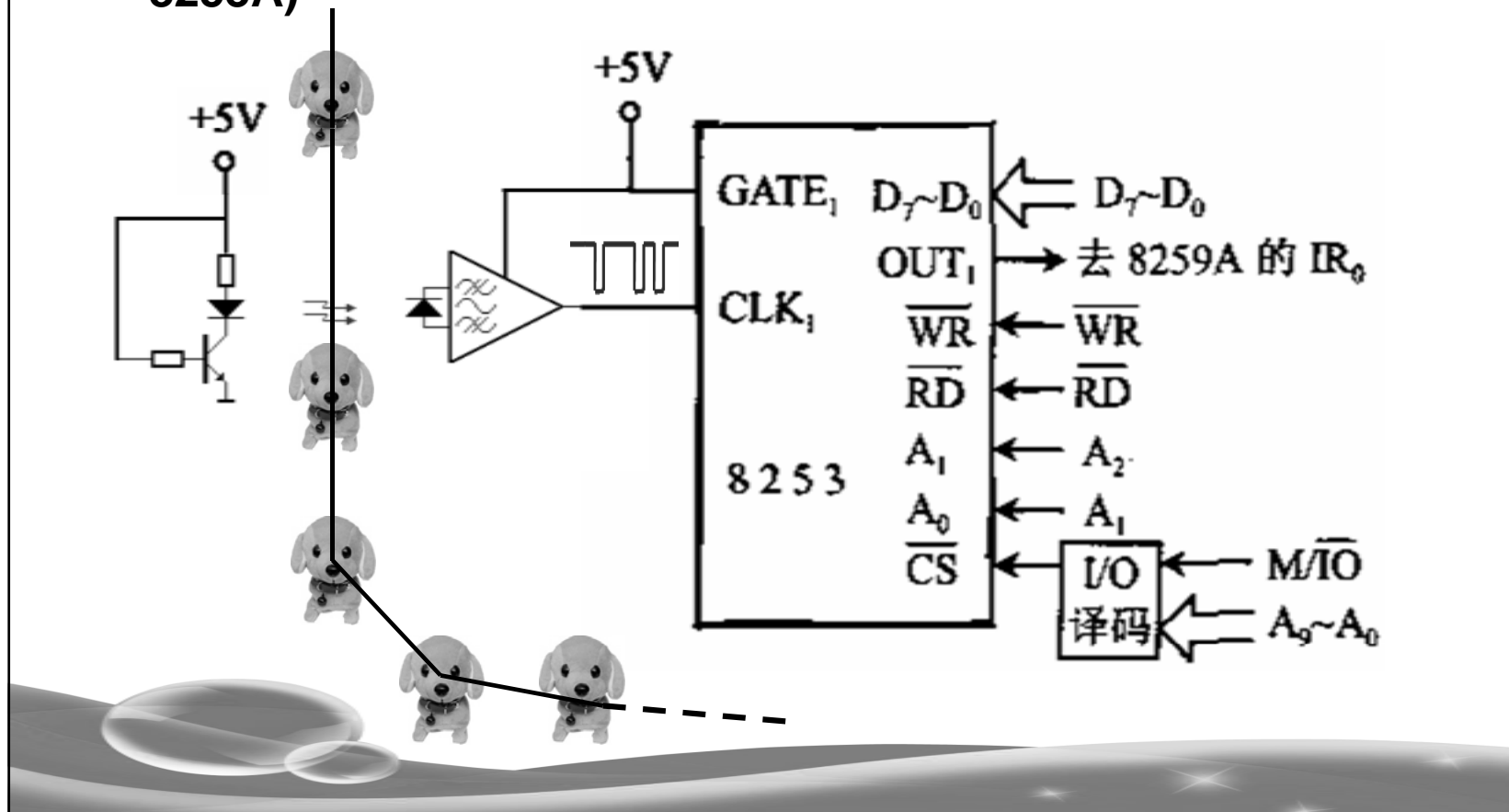
● 8253A的应用举例:24秒计时

假定：8253A地址：0x128



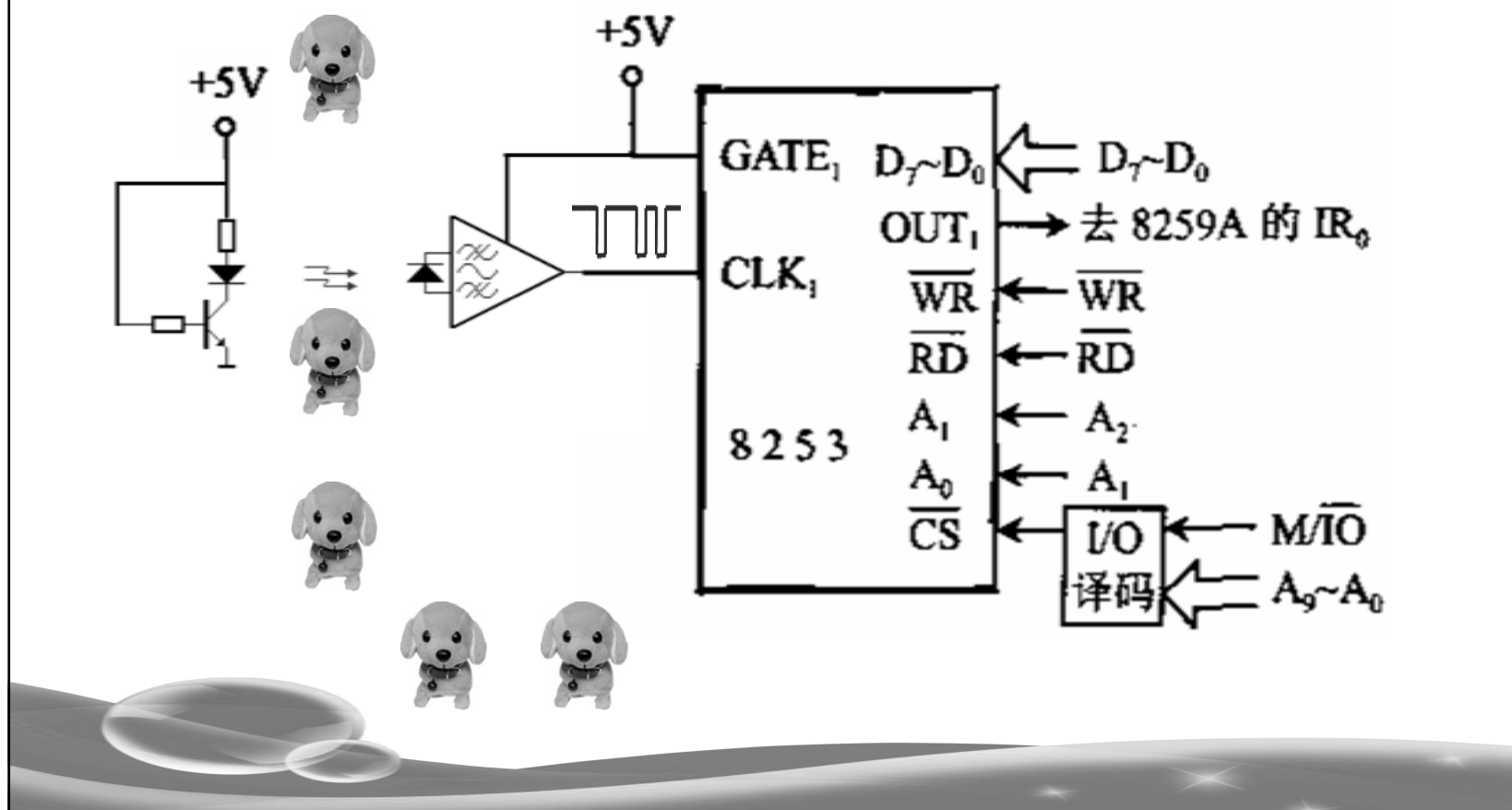
8253A的应用举例:工件计数

- 每生产**200**个玩具狗就打包装箱。(加装红外感应器, 加装8253A)



课堂作业4: (流水线产品计数控制)

- 请设定**8253A**工作方式并初始化它。假定**8253A**地址是**30H**。



- 工件自动计**8253A**8253A, 01110001B ; 8253A, 方式0, 写两字节, BCD计数

OUT8253AH, AL

MOV AL, 8253A

OUT 031H, AL ; 写低8位

MOV AL, 04H

OUT 031H, AL ; 写高8位

课堂作业5：控制LED的点亮或熄灭

- 用8253A控制一个LED的点亮和熄灭。
 - 要求点亮10秒钟后再让它熄灭10秒钟，并重复上述过程。
 - 假设8088系统，端口地址为81H、83H、85H和87H。

