

§ 5.4 计数/定时接口

计算机系统中，实现定时或延时有三种方法：软件定时、不可编程的硬件定时、可编程的硬件定时器。**8253**为可编程的硬件定时/计数器。

§ 5.4 计数/定时接口

1 定时与计数

在计算机系统、工业控制领域以及人们日常生活中，都存在**定时**，**计时**和**计数**问题：

- * 用实时时钟以实现定时或延时控制
- * 用计数器对外部事件进行计数等

定时与计数的关系

1. 定时

- 1) 日时钟：一天**24**小时的计时，称为日时钟；
- 2) 实时钟：长时间的计时（日、月、年直至世纪的计时）；
- 3) 延时：在监测系统中，对被测点的定时取样；

在打印程序中，查忙（**BUSY**）信号，一般等待**10ms**，若超过**10ms**，还是忙，就作超时处理；

在读键盘时，为了去抖，一般延迟**10ms**，再读；在步进电机速度控制程序中，利用在前一次和后一次发送相序代码之间，延时的时间间隔来控制步进电机的转速等。

2. 计数

在生产线上对零件和产品的计数；

对大桥和高速公路上车流量的统计；

定时/计数器**82C54**内部最基本的单元也是减**1**计数器。

3. 定时与计数的关系

定时的本质是计数，而“数”的单位是时间单位。

微机系统中的定时

1. 定时系统

内部定时:

- 内部定时产生运算器、控制器等**CPU**内部的控制时序：取指周期、读/写周期、中断周期等。
- 主要用于**CPU**内部指令执行过程的定时。
- 内部定时是由**CPU**硬件结构决定的，用户无法更改。
- 计时单位比外部定时的计时单位要小得多(**ns**级)。

外部定时： 外设为实现某种功能时所需要的一种时序关系。

- 打印机接口标准**Centronics**，就规定了打印机与**CPU**之间传输信息应遵守的工作时序。
- **82C55A**的**1**方式和**2**方式工作时有固定的时序要求。
- **A/D**转换器进行数据采集时也有固定的工作时序。
- 外部定时可由硬件（外部定时器）实现，也可由软件（延时程序）实现，并且定时长短由用户根据需要决定。
- 外部硬件定时系统独立于**CPU**工作。
- 外部定时的计时单位比内部定时的计时单位要大，一般为毫秒（**ms**）级，甚至秒（**s**）级。
- 内部定时和外部定时是彼此独立的两个定时系统，各按自身的规律进行定时操作。

2. 时序配合

内部定时是由CPU硬件决定的，固定不变。

外部定时，由于外设或被控对象的任务不同，功能各异

应以计算机的时序关系（即内部定时）为依据，来设计外部定时机构，使其既符合计算机内部定时的规定，又满足外部设备的工作时序要求。

外部定时方法及硬件定时器

1、定时方法 { 软件定时 硬件定时

软件定时：让机器执行一段程序（循环程序）

优点：不需增加硬设备，定时时间调整方便

缺点：**1）**占用了**CPU**的资源

2）不能做到精确定时

软件延时的时间随主机频率不同而发生变化，降低了定时程序的通用性

硬件定时：采用外部定时器进行定时

由于定时器是独立于**CPU**而自成系统的定时设备，因此，硬件定时这种方法不占用**CPU**的时间，定时时间可长可短，使用灵活。

定时时间固定，不受**CPU**工作频率的影响，定时程序具有通用性。

2、外部硬件定时器 { 不可编程定时器 可编程定时器

不可编程定时器

采用小规模集成电路器件（**555**）外接电阻或电容构成。

优点：硬件电路简便，定时值可利用改变电阻和电容值来实现。

缺点：不能用程序修改定时间隔和范围

可编程定时器

硬件联接好后，可通过编程方法改变定时范围、定时器的输出频率和波形。

优点：定时准确，不占用**CPU**的时间，定时时间长，不受主机频率的影响，使用灵活。

缺点：需硬件连接和软件编程

如**INTEL 8253/8254/82C54**、**MC6840**、**Zilog的CTC**

可编程定时器

外部定时器对时间的计时有两种方式：

1. 正计时，将当前的时间加**1**，直到与设定的时间相等时，提示设定的时间已到（闹钟等）
2. 倒计时，将设定的时间减**1**，直到为**0**，提示设定的时间已到（微波炉、篮球比赛计时器等）

8253 可编程定时/计数器

8253的主要功能:

- 具有3个独立的16位计数器通道;
- 每个计数器均可按二进制或十进制计数(BCD码);
- 每个计数器的计数速率最高达2.6MHz;
- 每个通道有6种工作方式,可由程序设置和改变;
- 所有的输入输出都与TTL兼容。

要点:

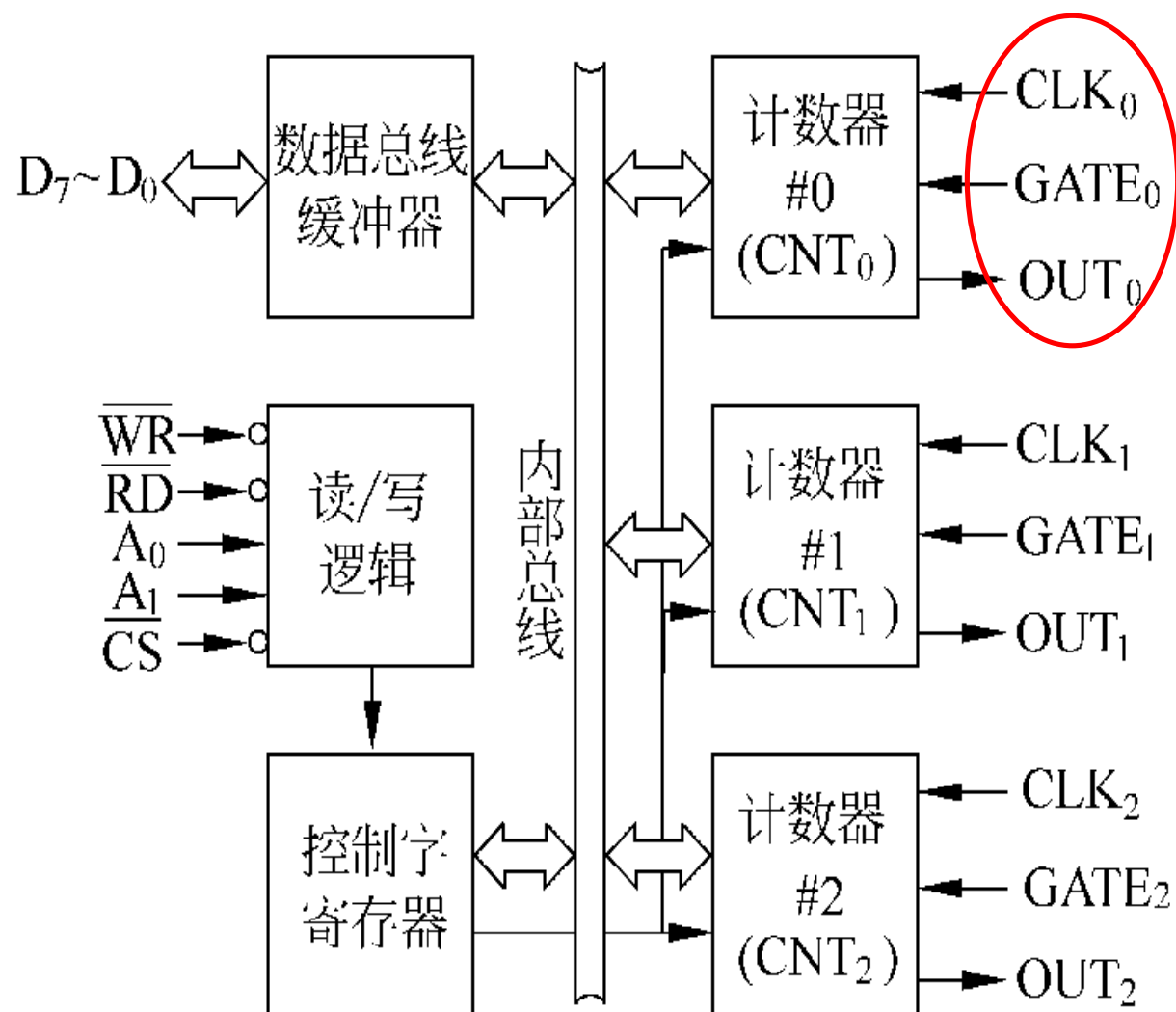
- ◆ 计数初值是如何置入的?
- ◆ 计数是如何启动的?
- ◆ 输出是如何变化的?

一、8253工作原理

三通道可编程16位计数/定时电路 处理脉冲信号

1. 引脚及结构 P265 图5. 28、 P265 图5. 29
2. 内部寄存器的读写 (P266 表5. 5)

1. 引脚及结构



P265 图5.29 8253功能框图

8253的内部结构

*数据总线缓冲器(传送信息)

写控制字,
写计数初值,
读计数值

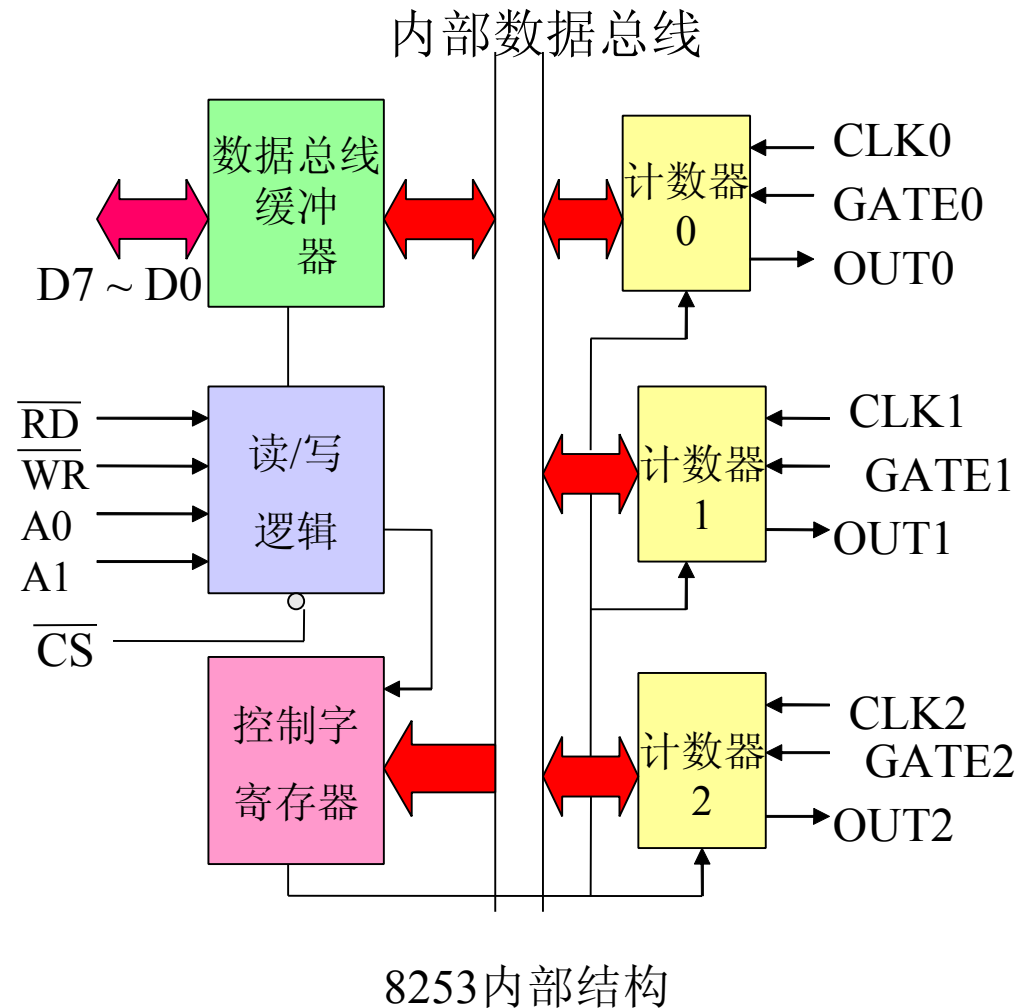
*读写逻辑

*控制字寄存器(存放控制字)

*三个计数器(减法器)

3个独立的16位减法器,
可作定时/计数器使用;

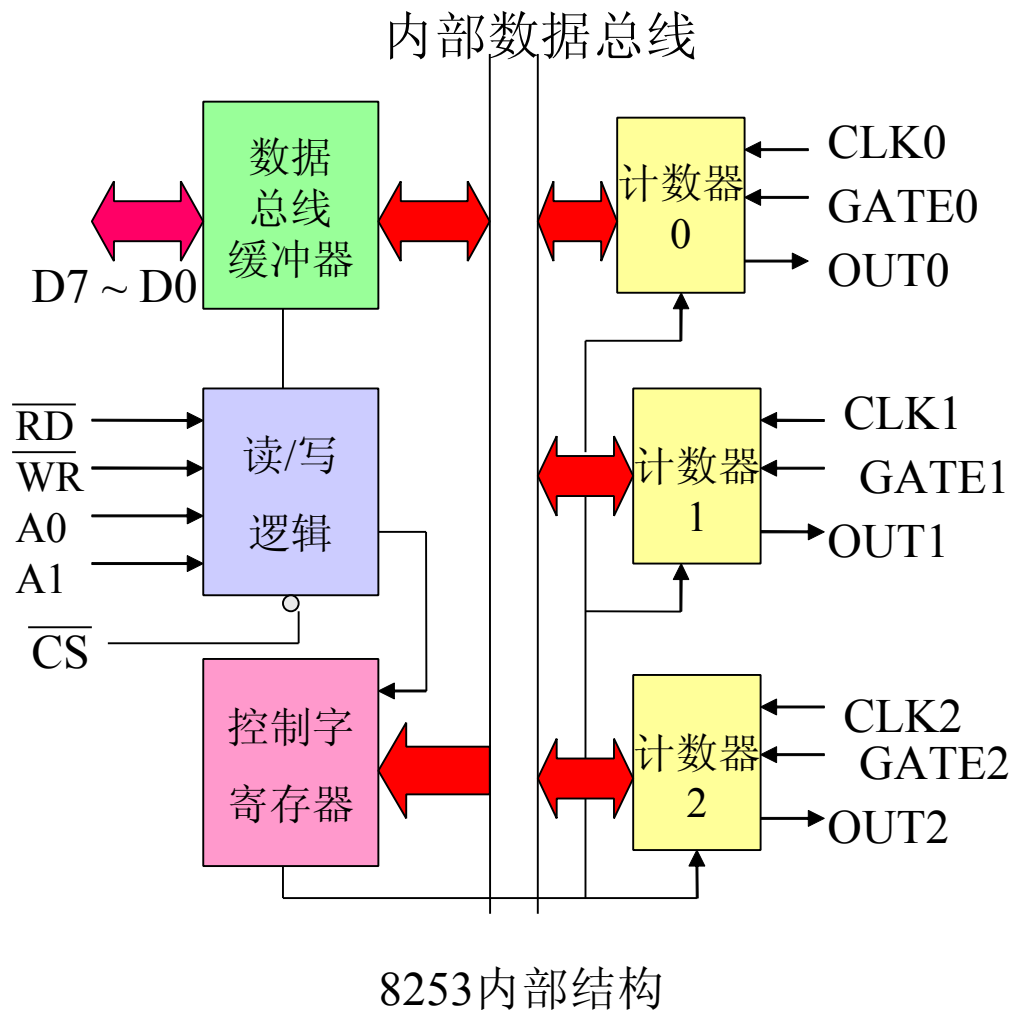
计数器按二/BCD方式减法计数, 从预常减到零时,
OUT端输出一信号。



8253 的引线

- * 数据线 ($D_7 \sim D_0$)
- * 地址线: 选择内部寄存器;
- * 控制线: 完成片选和读写操作。

CLK: 输入脉冲线;
GATE: 门控信号输入线;
 GATE=0 禁止计数,
 GATE=1 允许工作;
OUT: 输出引脚;
 当计数到“0”时, **OUT** 端输出一信号。



2. 内部寄存器的读写（P266表5.5）

① 三个计数器各占一个地址，可读可写。

② 三个控制寄存器共用一个地址 ($A_1A_0=11$)，只写。

每个计数器要分别写自己的控制字，用同一个地址，再根据控制字**特征位**的不同取值，分别写到各计数器的控制寄存器中

8253输入信号组合的功能表

\overline{CS}	\overline{RD}	\overline{WR}	A1	A0	寄存器选择和操作
0	1	0	0	0	写入计数器 0
0	1	0	0	1	写入计数器 1
0	1	0	1	0	写入计数器 2
0	1	0	1	1	写入控制寄存器
0	0	1	0	0	读计数器 0
0	0	1	0	1	读计数器 1
0	0	1	1	0	读计数器 2
0	0	1	1	1	无操作（三态）
1	*	*	*	*	禁止（三态）

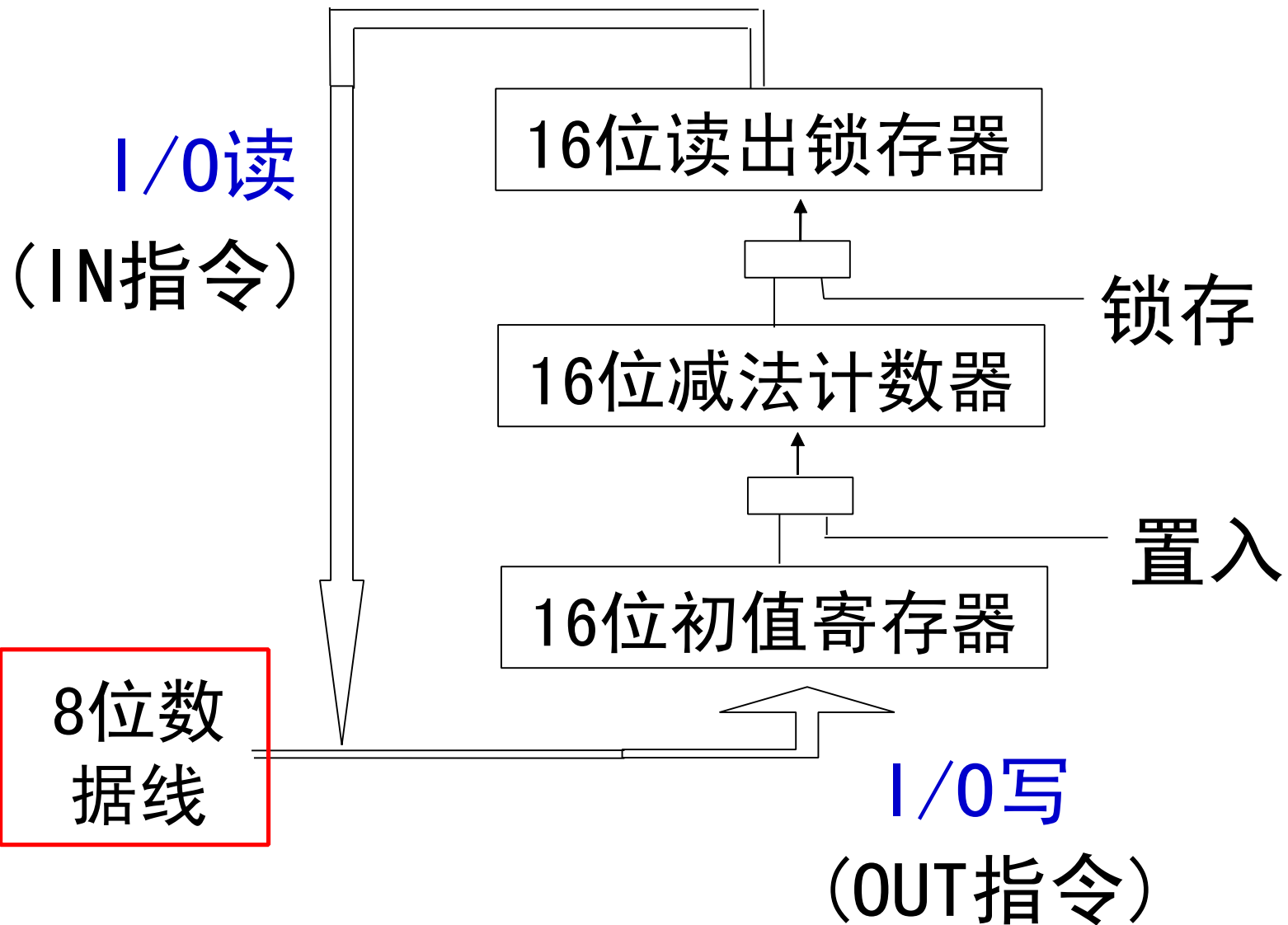
$A_1A_0=00$

$A_1A_0=01$

$A_1A_0=10$

$A_1A_0=11$

计数器内部结构



二、8253的编程

1. 编程步骤

① 初始化编程：

写控制字—写计数初值，可重复做。

② 工作编程：

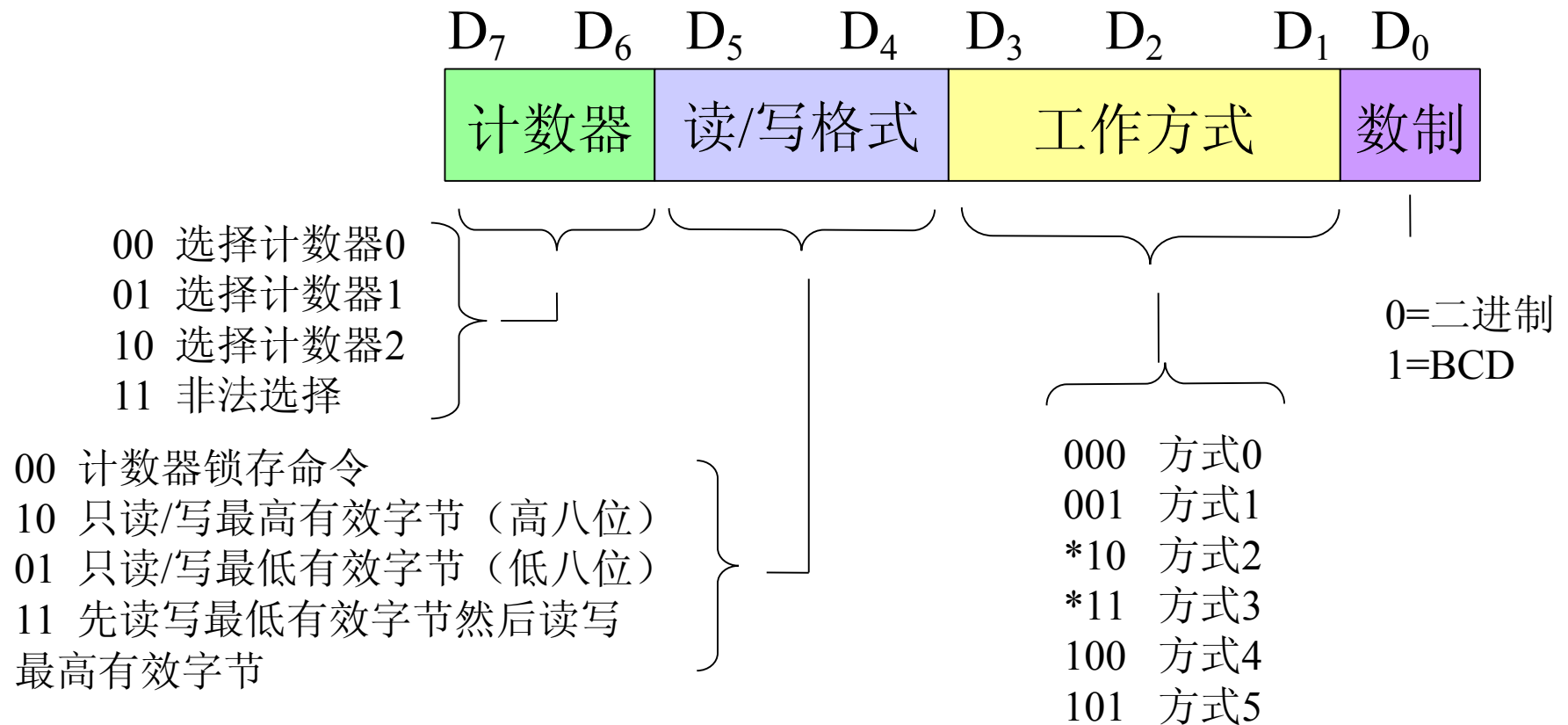
写控制字—读计数值，可重复做。

2. 控制字 (CW)

① 功能：规定工作方式及操作类型

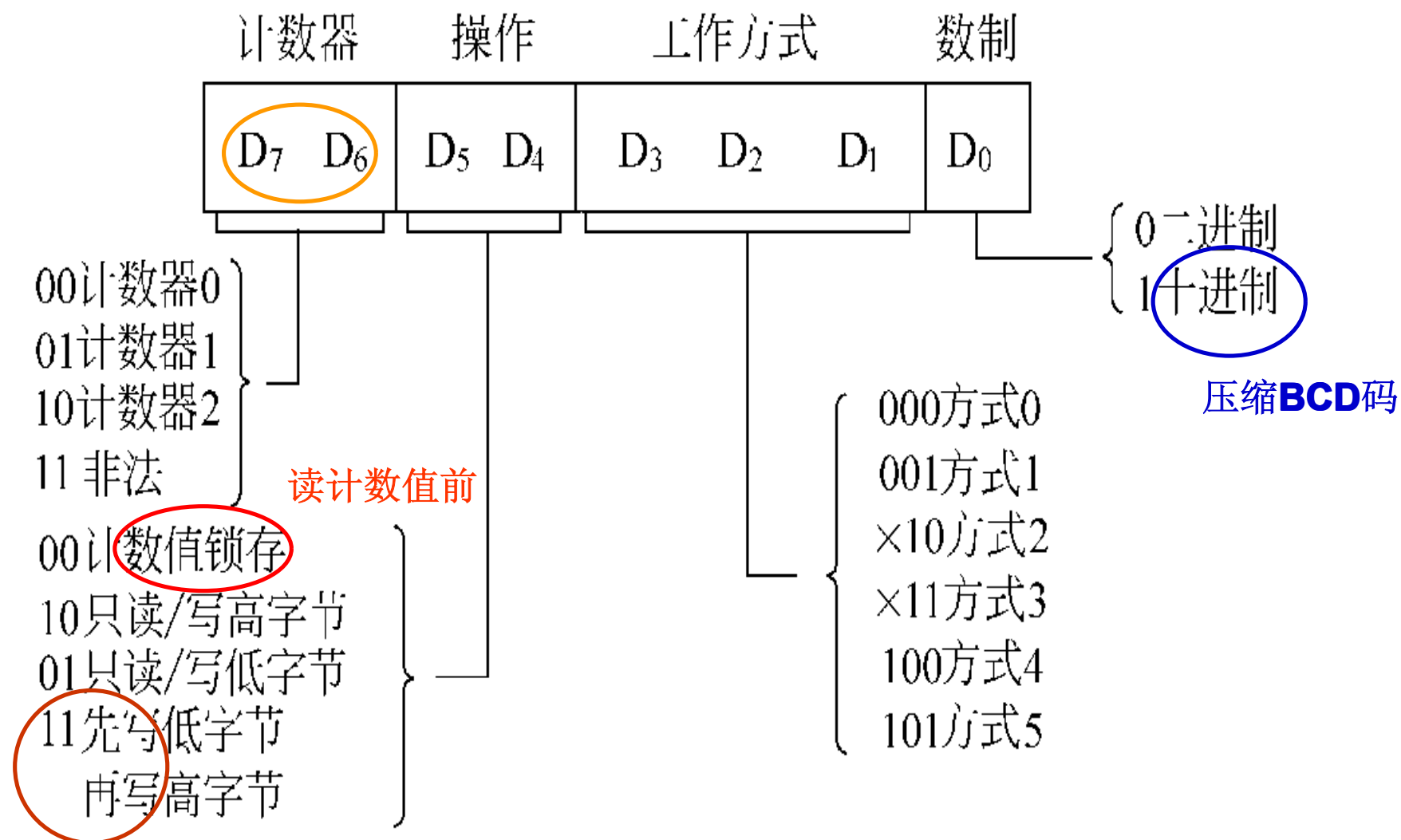
8253的控制字

在8253的初始化编程中，由CPU向8253的控制字寄存器写入一个控制字来规定8253的工作方式。



② CW的格式: P267 图5.30

最高两位是寄存器号, 即特征位辅助寻址



写完后的读, 默认为读16位, 用两条 IN 指令

3. 计数初值

① 指令只将计数初值写到初值寄存器，靠**硬件信号**从初值寄存器置入计数器，然后才做减法计数。

② 初值都是16位，但可以只写一字节，缺省字节默认为零

③ 计数范围

对于十六进制为	$1 \sim (\text{FFFFH}+1)$	} 0表示 最大值
对于十进制为	$1 \sim (9999+1)$	

十进制计数初值伪装成十六进制输入

三、82C53工作方式与功能

有6种工作方式供选择（方式0~5）

每种方式可从5方面分析：

- ①启动方式 软件/硬件启动，或兼有
- ②输出波形 OUT端的波形变化
- ③暂停方式 GATE变0后计数是否暂停，
GATE再次变1后计数怎样继续
- ④能否重复 计到0后能否自动重新开始
- ⑤更新初值的效果 计数未完又重写计数
初值，新初值何时启用。

计数器工作方式一览表 P272表5. 6

三、82C53工作方式与功能

82C53 6种工作方式的主要标志：

不同点 { 输出波形不同
启动计数器的触发方式不同
计数过程中门控**GATE**对计数的控制不同
再次装入初值的方法不同

相同点：在**CLK**输入脉冲的下降沿，且在**GATE**控制信号满足要求时，计数器进行减1计数

特点		方式 0	方式 1	方式 2	方式 3	方式 4	方式 5
基本功能		计数结束输出正跳变信号	单稳延时器	分频器	方波发生器	单脉冲发生器	单脉冲发生器
基本输出波形		写入初值后, 经过 $N+1$ 个 CLK 输出为高	宽度为 N 个 CLK 周期的单个负脉冲	宽度为一个 CLK 周期的连续负脉冲	占空比为 1:1 或近似 1:1 的连续方波①②	宽度为一个 CLK 周期的单个负脉冲	宽度为一个 CLK 周期的单个负脉冲
启动方式		“软件”启动③	“硬件”启动④	“软/硬”启动	“软/硬”启动	“软件”启动	“硬件”启动
GATE 的控制作用	GATE=0	中止计数	-	中止计数	中止计数	中止计数	-
	上升沿	-	启动计数	启动计数	启动计数	-	启动计数
	GATE=1	允许计数	-	允许计数	允许计数	允许计数	-
初值重装		-	-	初值自动重装	初值自动重装	-	-
计数过程中改变计数初值		立即有效	外部触发后有效	计数到 1 后有效	1. 外部触发有效 2. 计数结束后有效	立即有效	外部触发后有效

备注：① N 为偶数时，正负脉宽均为 $N/2$ 个 CLK 周期，占空比为 1:1。

② N 为奇数时，正脉宽为 $(N+1)/2$ CLK 周期，负脉宽为 $(N-1)/2$ CLK 周期，占空比为近似 1:1。

③ “软件”启动的含义是：在 GATE=1 时，写入计数初值后开始计数。

④ “硬件”启动的含义是：写入计数初值后，并不开始计数，等到 GATE 由 0→1，才开始计数。

1、 0方式——计数结束发中断请求方式

2、 1方式——可编程单脉冲

3、 2方式——速率发生器

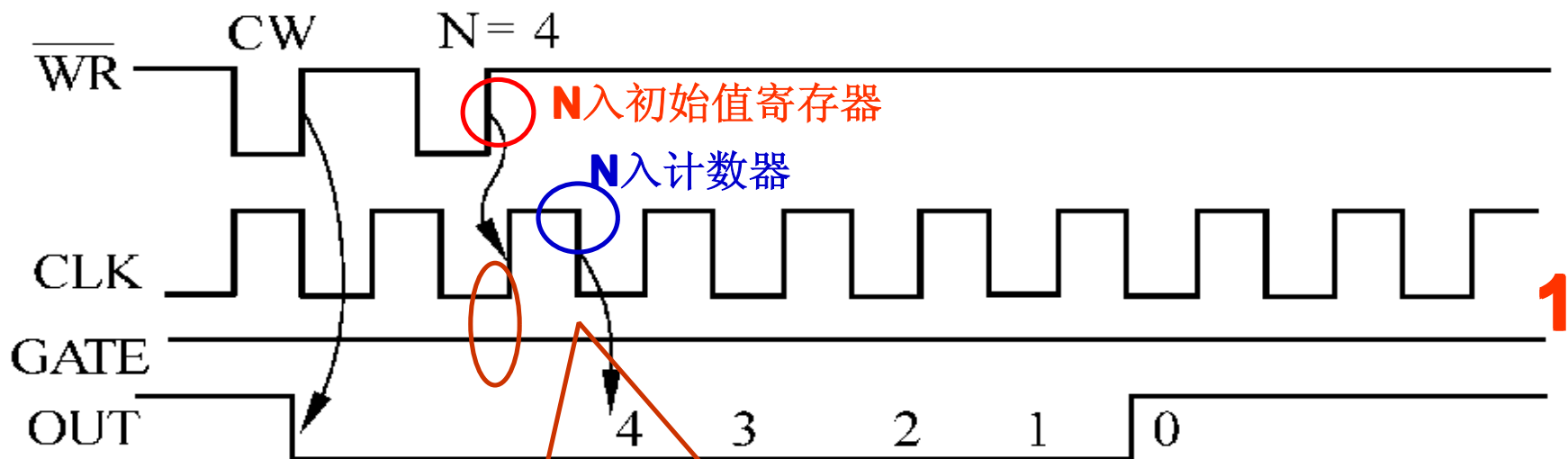
4、 3方式——方波发生器

5、 4方式——软件触发选通

6、 5方式——硬件触发选通

1. 方式0

软件启动、不自动重复



经过CLK的一个上升边沿和一个下降边沿，初值进入计数器计数

P268图5.31 方式0的波形

- * **CW**写入，**OUT=0**;
- * 写入初值，通道开始计数;
- * 计数到零，**OUT=1**;
- * 计数器只计数一遍;
- * **OUT**是**N+1**个**CLK**后变高;
- * 计数过程中,**GATE=0**, 计数暂停;
- * 计数过程中可改变计数值;
- * **8253**无中断控制，可用**OUT**信号作为中断请求。

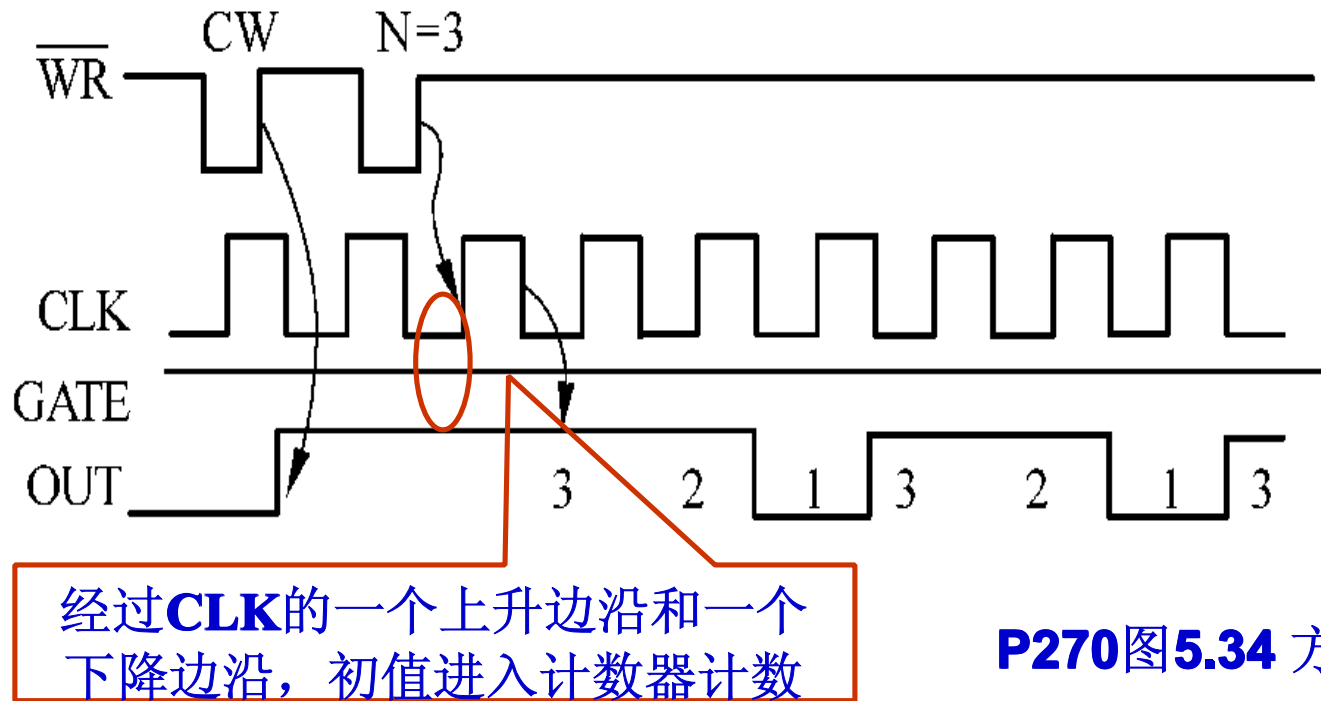
方式1（可编程单脉冲）



P269图5.33 方式1的波形

- * 写入控制字**OUT=1**，写入初值不计数；
- * **GATE**启动计数，**OUT=0**；
- * 计数到，**OUT=1**。
- *单拍脉冲宽度为**N**；
- *由**GATE**重新启动；
- *计数中，可重新启动；
- *计数中，可改变计数值，再次启动有效。

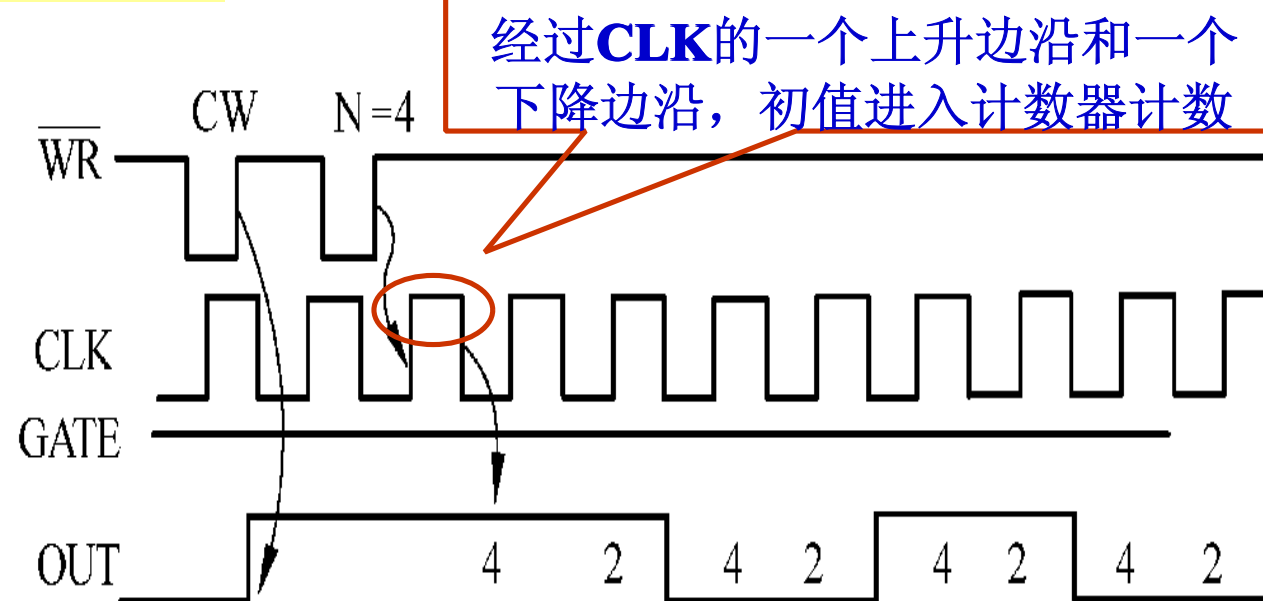
方式2（速率发生器）



P270图5.34 方式2的波形

- * 写入控制字**OUT=1**;
- * 写入初值，通道开始计数;
- * 计数到**1**，**OUT=0**;
- * 一个**CLK**周期后，**OUT=1**，重新计数。
- * 通道连续工作不需重置初值;
- * 计数过程中，**GATE=0**，计数暂停，**GATE**变高后重新计数;
- * 计数过程中可改变计数值; 新的计数值在下一次有效。

方式3（方波发生器）

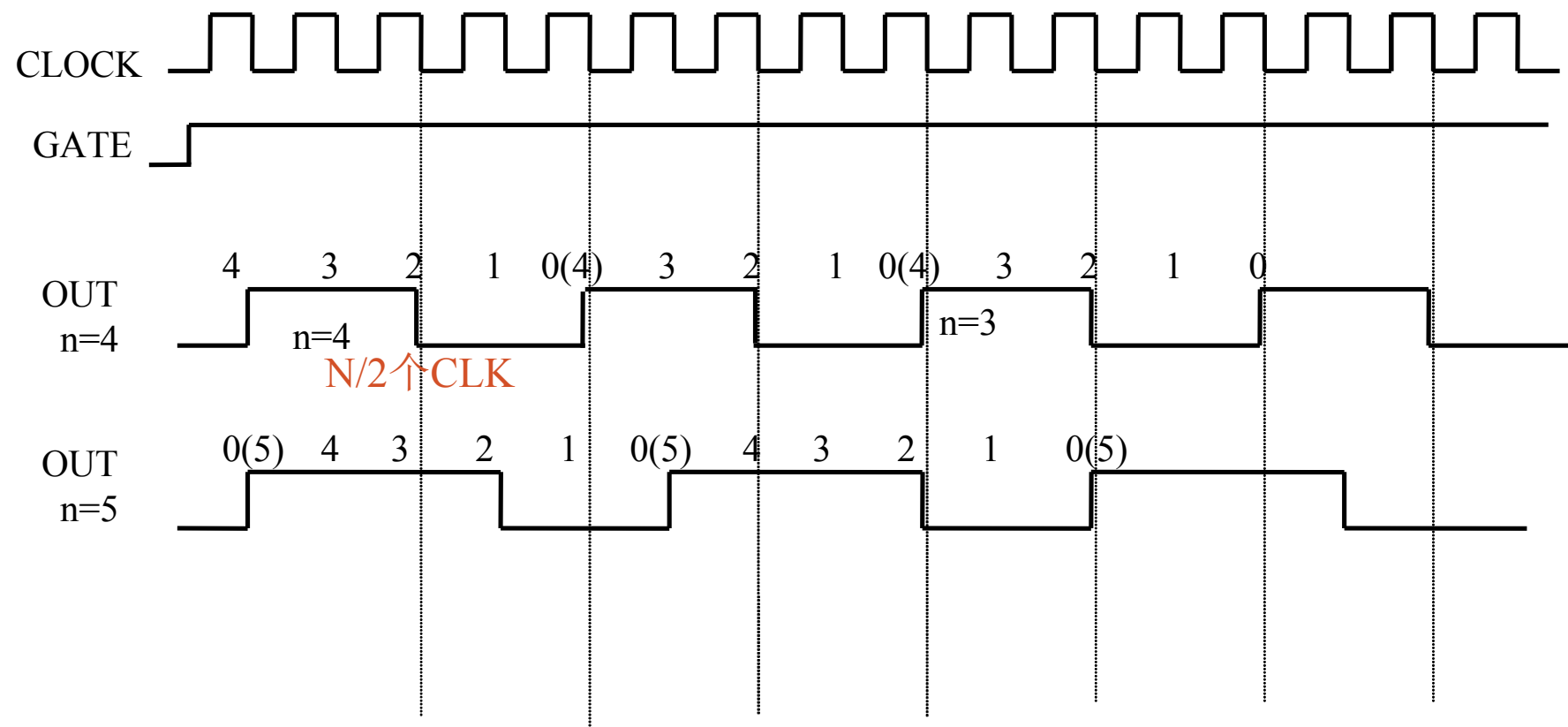


P270 图5.35 方式3的波形

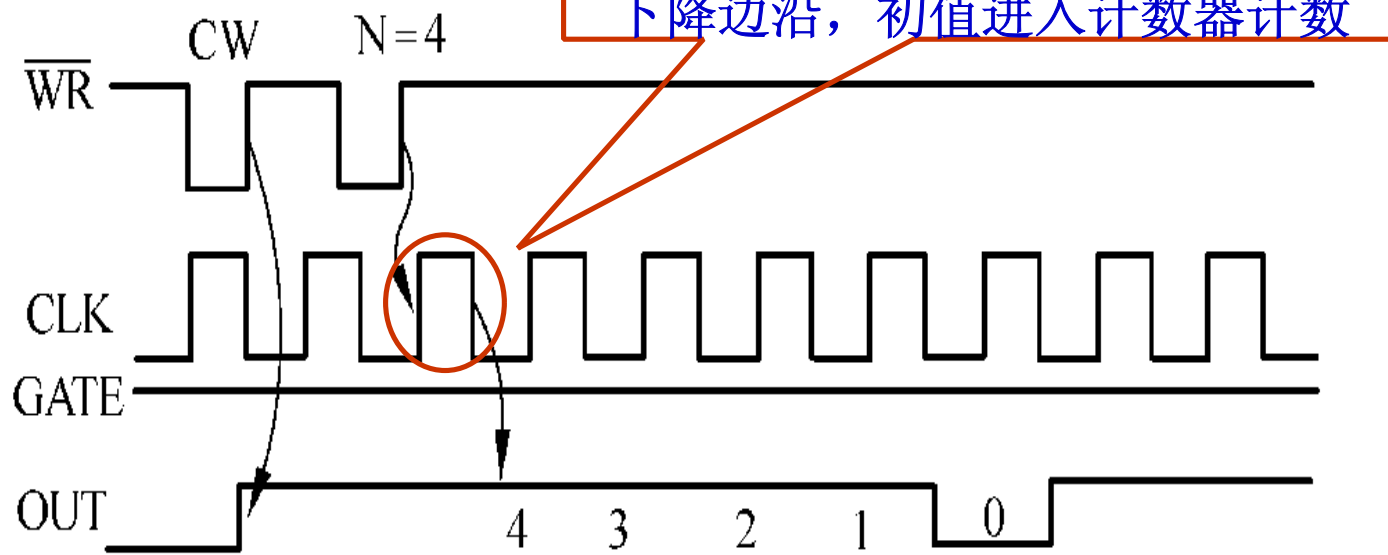
- 与方式2的区别在于：输出为周期是N个**CLK**脉冲的方波。
- 每个**CLK**使计数值减1，计到**0**，**OUT**改变状态，重装计数值开始新的计数。

- ***GATE**信号控制计数过程；
- *计数过程中写入新的计数值将在半周期结束时装入计数器。

方式3：方波发生器



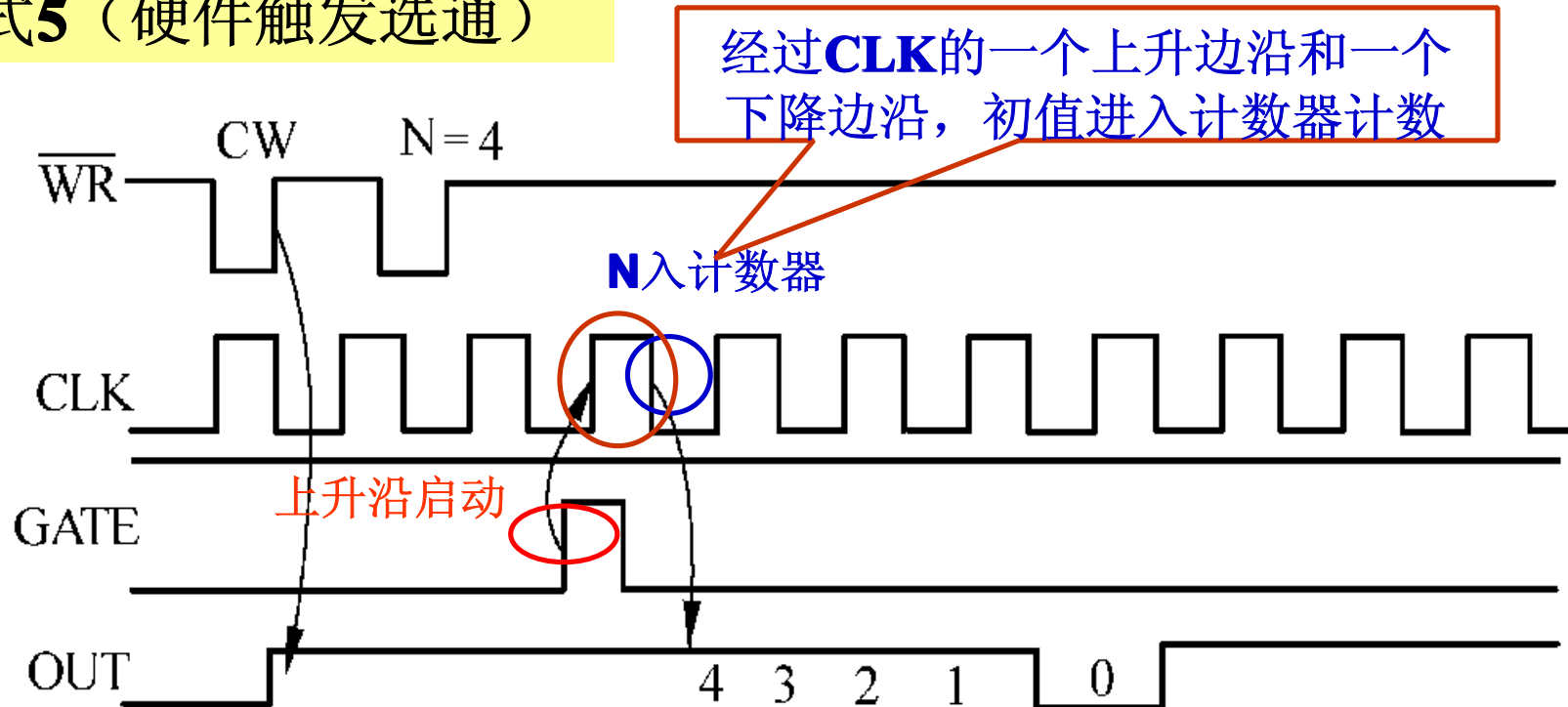
方式4（软件触发选通）



P271 图5.35 方式4的波形

- * 写入控制字**OUT=1**;
- * 写入初值，通道开始计数;
- * 计数到**0**，**OUT=0**;
- * 一个**CLK**周期后，**OUT=1**，计数器停止计数。
- * 计数器只计数一遍;
- * **OUT**是**N+1**个**CLK**后变低;
- * 计数过程中，**GATE=0**，计数暂停;
- * 若在计数过程中，改变计数值，则按新的计数值重新开始计数。

方式5（硬件触发选通）



P271图5.37 方式5的波形

- * 写入控制字**OUT=1**;
- * 写入初值后，由**GATE**的上升沿启动计数;
- * 计数到**0**，**OUT=0**;
- * 一个**CLK**周期后，**OUT=1**，计数器停止计数。
- * 计数器只计数一次;
- * **OUT**是**N+1**个**CLK**后变低;
- * 在计数过程中出现的**GATE**脉冲，将使计数器重新开始计数，对输出状态没有影响;
- * 若在计数过程中改变计数值，只要没有**GATE**信号触发，不影响计数过程。有新的**GATE**信号触发则按新的计数值开始计数。

●小结：6 种工作方式的比较

➤0方式（计数结束中断方式）和1方式（可编程单脉冲发生器）的输出波形类似：计数结束立即变高。

区别：GATE上升沿对计数的影响及启动计数器的触发信号不同。

➤2方式（分频器）和3方式（方波发生器）都具有自动再加载功能（装入）能力。

区别：2方式在计数过程中输出高电平，而在每当减1至0时输出宽度为1个 T_{CLK} 的负脉冲。3方式是在计数过程中，OUT的信号是占空比为1:1的方波或近似方波。

➤4方式（软件触发单脉冲）和5方式（硬件触发单脉冲）的OUT输出波形相同，

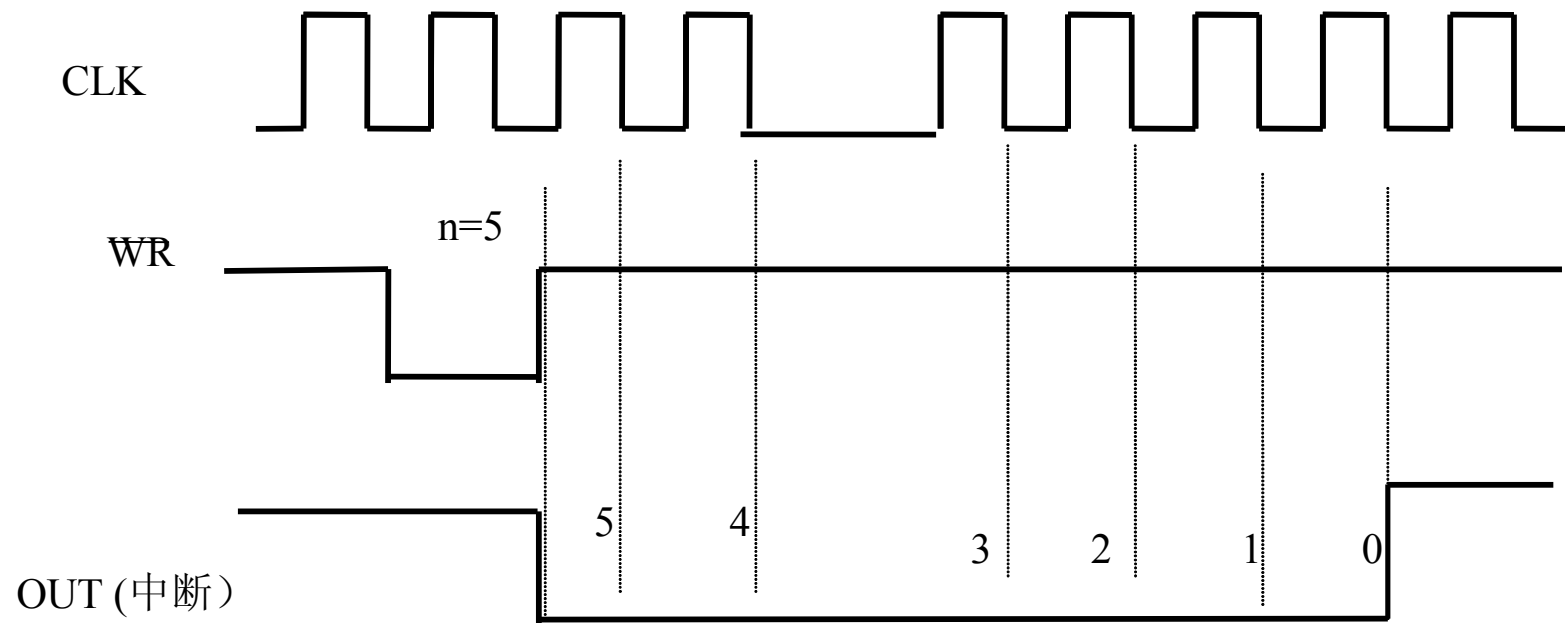
区别：计数启动的触发信号不同，4方式由写信号启动计数，5方式由GATE的上升沿启动计数

当某通道用做计数器时：

被计数的事件以脉冲方式（可以是随机的不等周期的脉冲）从**CLKi**端输入。

先将要求计数的次数预置到该通道的计数器中，每输入一个计数脉冲，计数器内容减“1”，待计数值减到“0”时，**OUTi** 端将有电平变化。

如：计数次数为5



当某通道用做定时器时：

由**CLKi**输入等周期的一定频率的脉冲。

根据要求定时的时间长短确定所需的计数值。并预置到计数器中，每输入一个脉冲，计数器减“1”，待计数值减到“0”，**OUTi**将有变化。

因此，任一通道做计数器用或做定时器用，其内部操作完全相同，即：

●相同点:

每遇**CLK_i**的下降沿内部计数器减“1”，计数器减到**0**后，**OUT_i**发出一个变化信号。

门控电路**GATE**的作用与工作方式有关。

●不同点:

1. 作计数器用时，由计数脉冲作为**CLK_i**控制进行减“1”计算。

作定时器用时，由时钟脉冲或等周期脉冲作为**CLK_i**控制进行减“1”计算。

2. 作**计数器**用时，计数次数可直接作为计数器的初值预置到减“1”计数器中。

作**定时器**用时，计数器的初值即定时系数应根据要求定时时间进行如下运算而得到：

$$\begin{aligned} T_C \text{ 定时系数 (计数初值 } n) &= \frac{\text{要求定时的时间 } \tau}{\text{时钟脉冲的周期 } 1/CLK_i} \\ &= \frac{CLK_i \text{ 的频率}}{OUT_O \text{ 的频率}} \end{aligned}$$

例如，若 $CLK=1.19318MHz$ ， $f=800Hz$ ，则 $T_c=(1.19318 \times 10^6Hz)/800Hz=1491$

82C53的启动方式与中止方式

1. 启动方式

82C53不论是定时还是计数，都需要一个起点，即从什么时候开始。

82C53有3种启动方式，与其工作方式有关：

(1) “软件”启动方式

在**GATE=1**时，计数初值一旦写入减法计数器(执行**OUT**指令)，就开始计数。

82C54的**0**方式和**4**方式都只能用软件启动来开始定时/计数过程。

(2) “硬件”启动方式

GATE信号由**0**→**1**的上升沿出现，才开始计数。

82C53的**1**方式和**5**方式都只能采用硬件启动。

(3) “软件启动为主，硬件启动为辅”的启动方式

软件启动：在**GATE**=**1**时，写入计数初值后，开始计数。

硬件启动：如果在计数过程中，**GATE**信号变低了，则中止计数，等到**GATE**信号再次变高，这个**GATE**变高的上升沿才能重新使其启动，

82C53的**2**方式和**3**方式就是采用这种启动方式

2. 计数过程的中止方式

- ① 对单次计数或定时过程，**82C54**一旦开始计数或定时，计数完毕或定时已到才会自动停止。

如果要求在计数过程中，中止计数，则需要外加中止的控制信号（**GATE=0**）

82C54的0方式和5方式

- ② 对于重复计数或定时过程，由于能自动重装计数初值，计数过程会反复进行，故不能自动停止计数过程。

若要最后停止计数或中途中止计数，就一定要外加控制信号（**GATE=0**）。

82C54的2方式和3方式

- ③ 对于硬件启动的计数或定时过程，只能等到计数完毕，才会自动停止计数，不需外加控制信号。

82C54的1方式和5方式

8253 的编程

8253-PIT初始化编程的步骤:

1. 写入通道控制字，规定通道的工作方式；（ $A_1A_0=11$ ）
2. 写入计数值（由控制字的 D_7D_6 确定通道号）。
 - ①若规定只写入低8位，则写入的为计数值的低8位，高8位自动置0；
 - ②若规定只写入高8位，则写入的为计数值的高8位，低8位自动置0；
 - ③若是16位计数值，则分两次写入，先写入低8位，再写入高8位。

例：要求计数器0工作于方式3，输出方波的频率为**2KHz**，计数脉冲的频率为**2.5MHz**，采用**BCD**计数，试写出初始化程序段。

1. **8253**的端口地址为：**80H, 81H, 82H, 83H**。

2. 初值计算： $N = 2.5\text{MHz}/2\text{KHz} = 1250$

3. **8253**的方式控制字为：

00	11	011	1
----	----	-----	---

计数器 0；先写低再写高；方式3；十进制

4. 初始化程序段：

```
MOV AL, 37H
OUT 83H, AL
MOV AL, 50H
OUT 80H, AL
MOV AL, 12H
OUT 80H, AL
```

四、8253在系统中的应用

1、连接

通道0 日时钟，即提到的55ms定时
(18.2次/秒)

(方式3)

通道1

动态存储器刷新

(方式2)

通道2

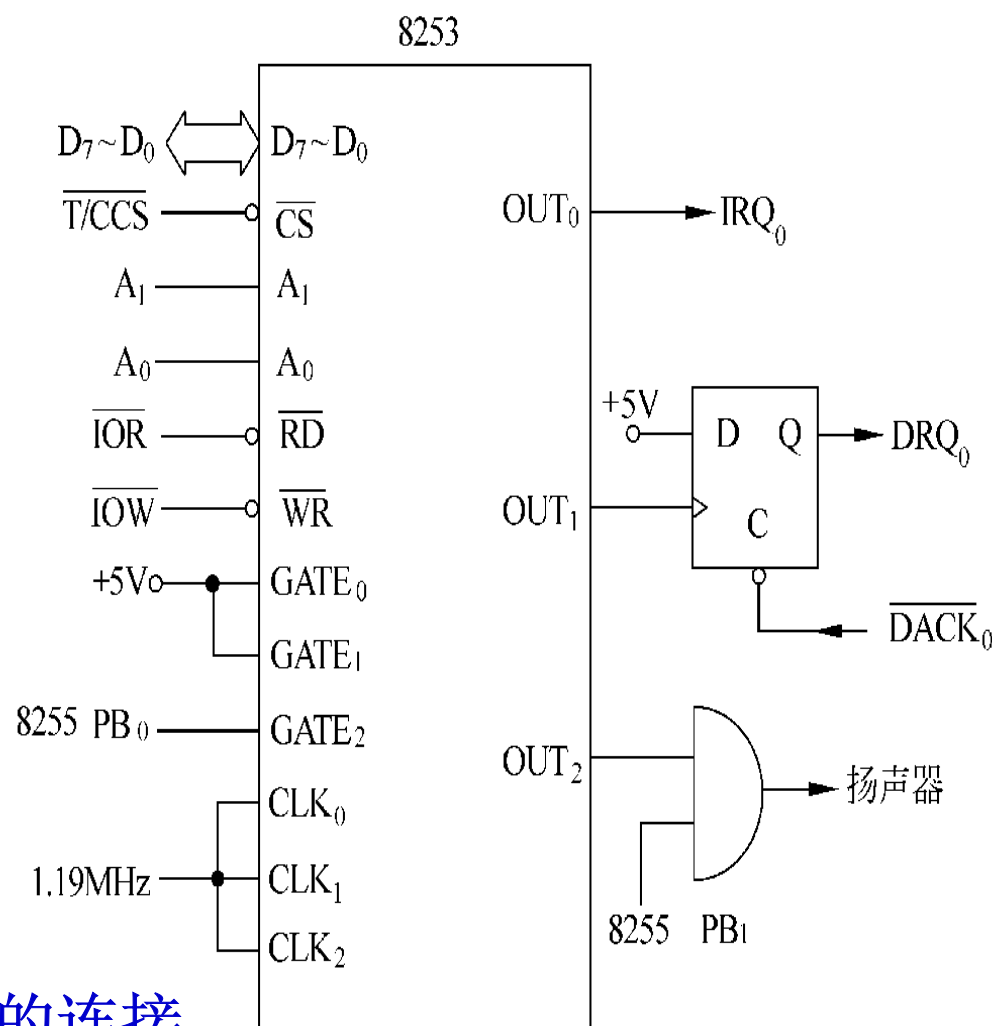
控制扬声器发声

(方式3)

三通道均为自动重复工作方式

P272图5.38

IBM PC/XT 中8253的连接



四、8253在系统中的应用

2、编程

初始化编程 **P273**

； 对CNT0初始化

```
mov AL, 36H ; 00110110B 方式3
out 43H, AL ; 写控制字
mov AL, 0 ; 最大值 65536
out 40H, AL
out 40H, AL
```


四、8253在系统中的应用

2、编程

P274 例5.1 应用举例

计数器的级连（例如Out0接Clk1），效果？

扩大计数范围

何时用十进制计数？

要经常读取并用十进制
显示计数器的值时