

第7章 串并行接口技术

7.1 计数器/定时器8253/8254

■ 概述

在实时控制系统中经常要用到实时时钟以实现定时对CPU进行中断来运行相应的程序，对外部的某些被监测系统进行检测。

在计算机的多任务操作系统中，为了能分时对各进程进行运行控制，也必须要有定时功能。

■ 定时信号的获取：

- 软件方式——延迟子程序
- 硬件方式——计数器/定时器

■ 可编程计数器/定时器 的工作原理

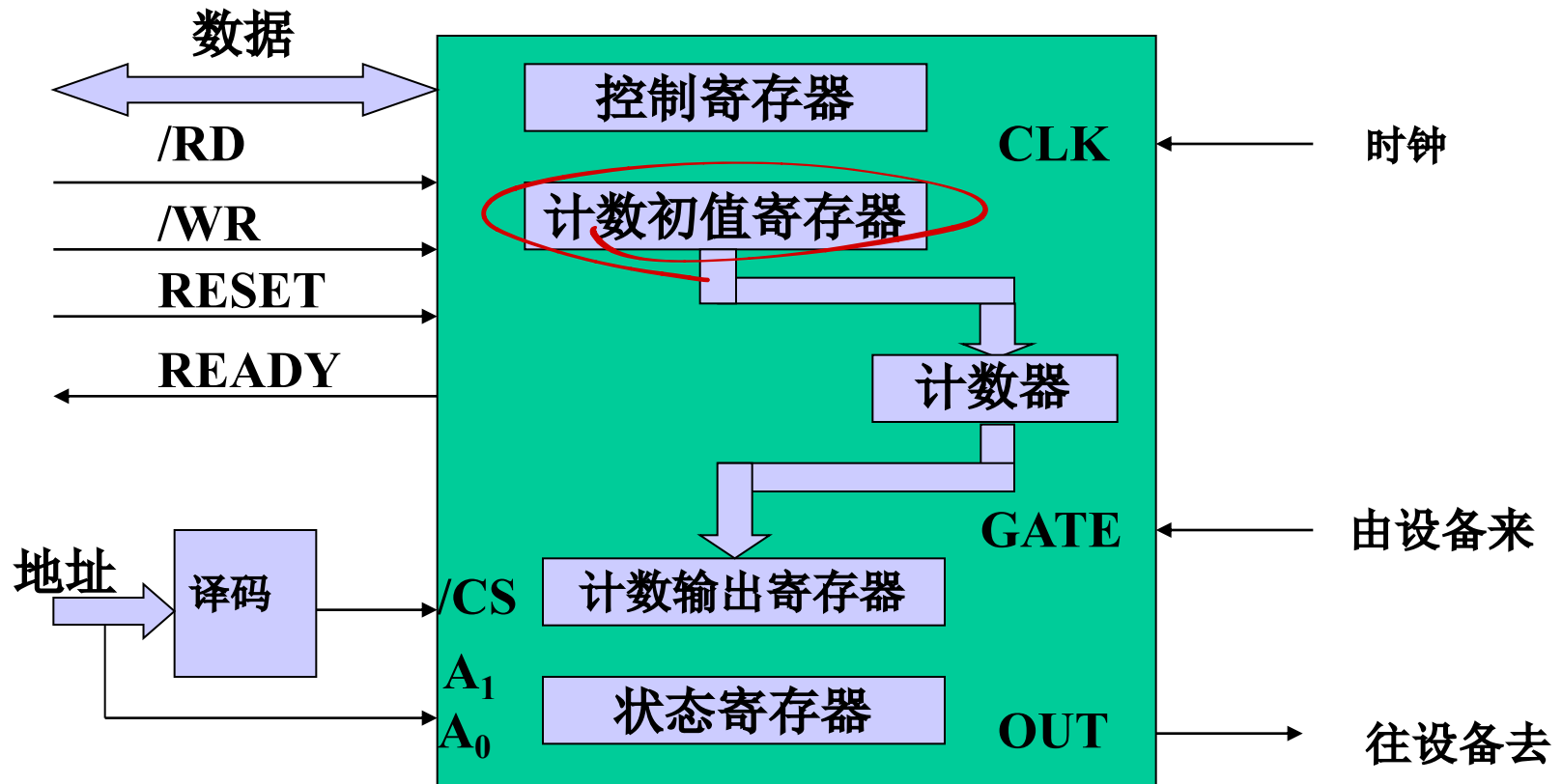
基于计数器的减1操作原理

- 计数器：设置初值后，减1计数，减为0时，输出一个信号。
- 定时器：设置定时常数后，减1计数，按定时常数不断输出为时钟周期整数倍的定时间隔。

用途：

- 多任务分时系统中实现程序切换
- 给I/O设备输出精确的定时信号
- 可编程的波特率发生器
- 实现时间延迟

■ 可编程计数器/定时器 原理图

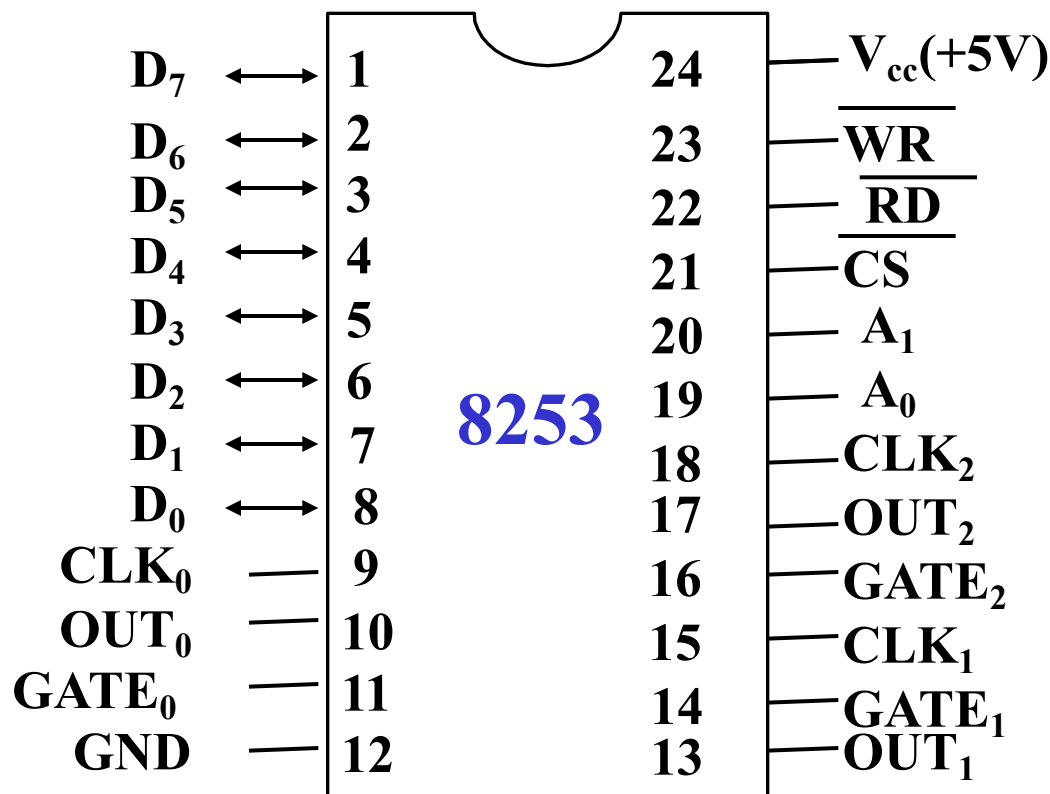


■ 可编程计数器/定时器 8253

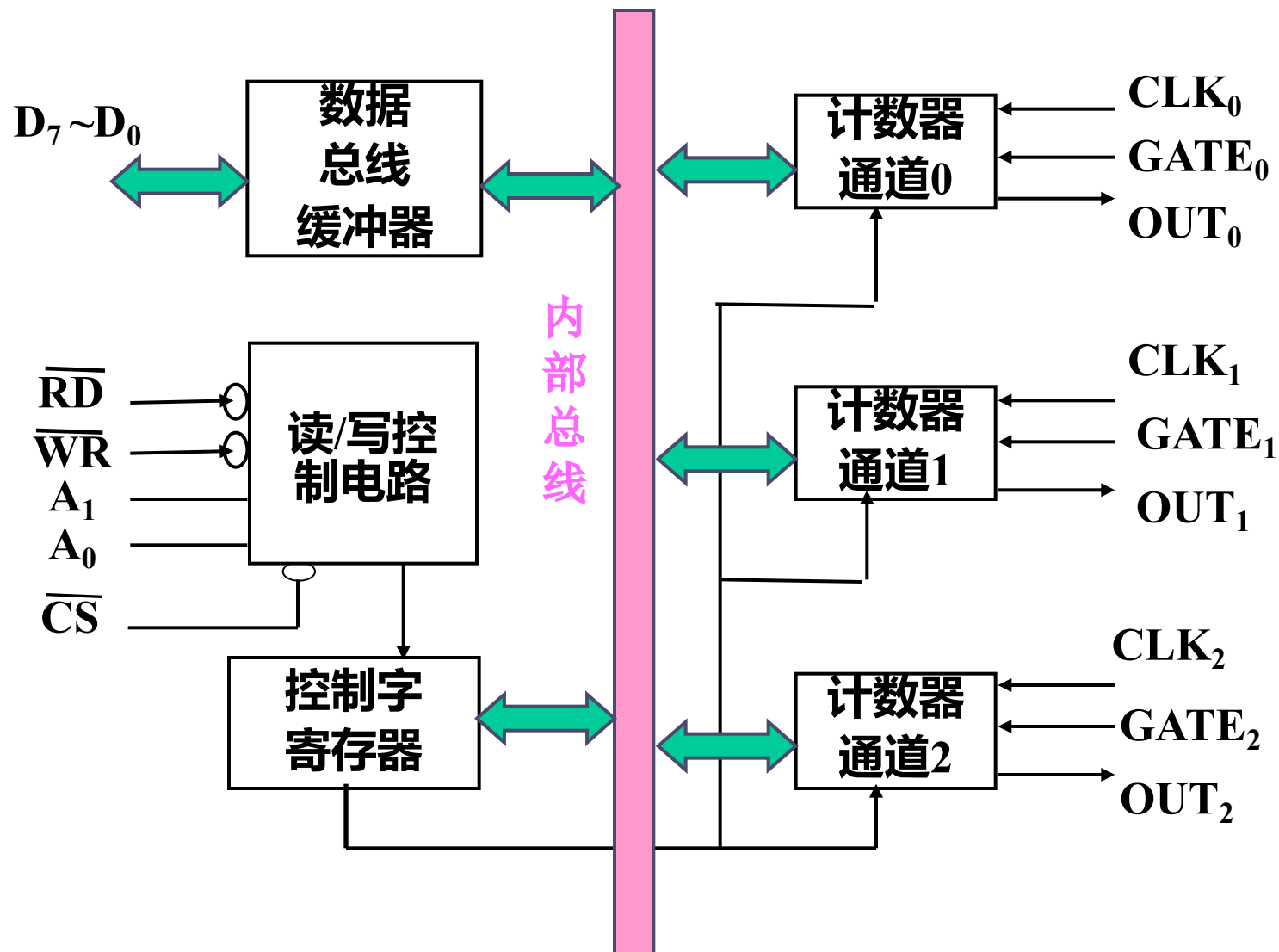
1 8253的特点

- 1) 有3个独立的16位计数器通道；
- 2) 每个计数器可工作在BCD码或二进制方式；
- 3) 每个通道有6种工作方式，可由软件选择；
- 4) 可发出单脉冲；
- 5) 计数速率可达2MHz-----10MHz。

2 管脚结构



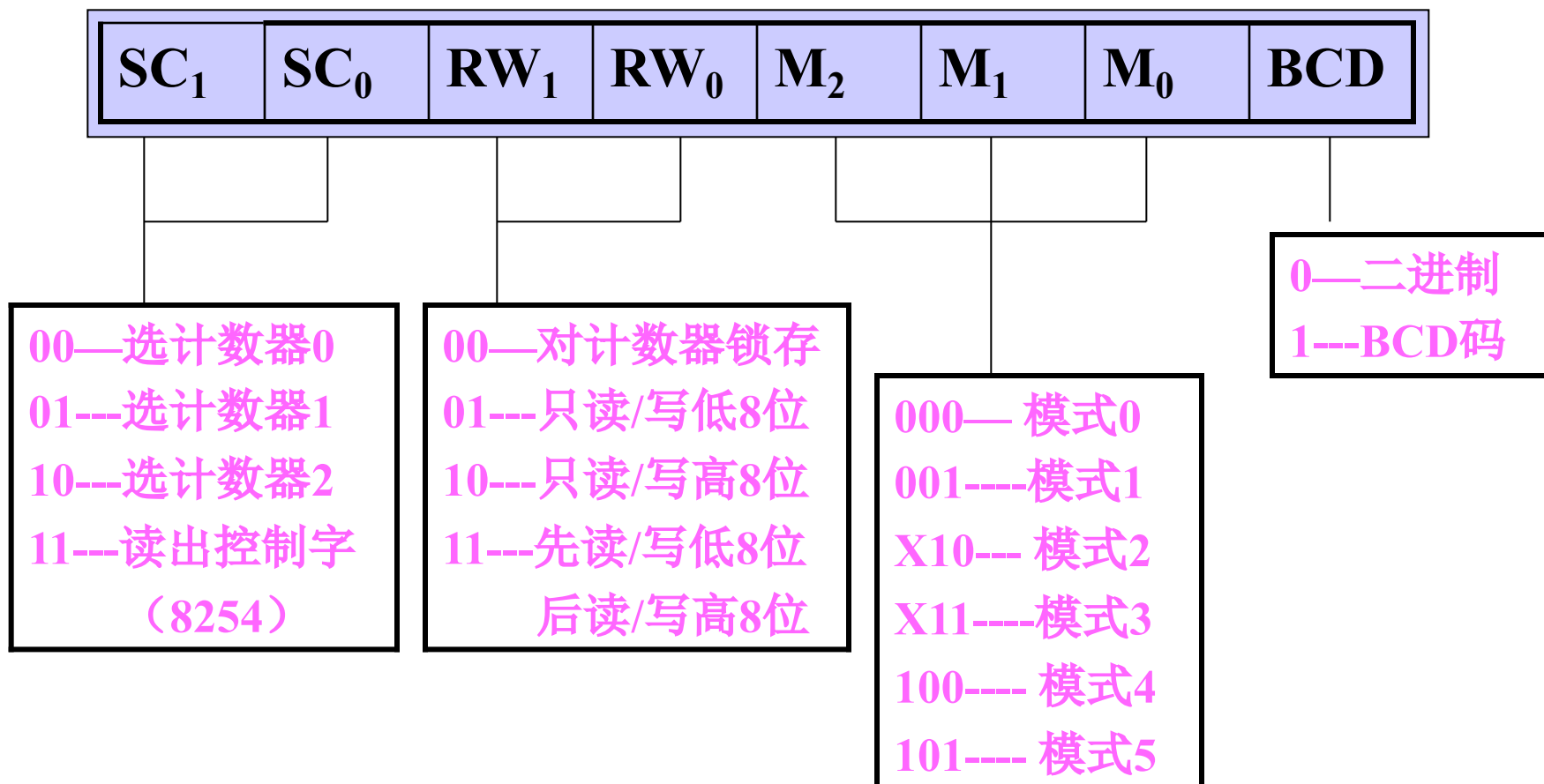
3 内部结构



4 寄存器地址

| /CS | /RD | /WR | A ₁ | A ₀ | 功能 |
|-----|-----|-----|----------------|----------------|-------------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 对计数器0设置初值 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 对计数器1设置初值 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 对计数器2设置初值 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 设置控制字或命令 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 从计数器0读出计数值 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 从计数器1读出计数值 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 从计数器2读出计数值 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 读出状态字（8254） |

5 控制字的格式

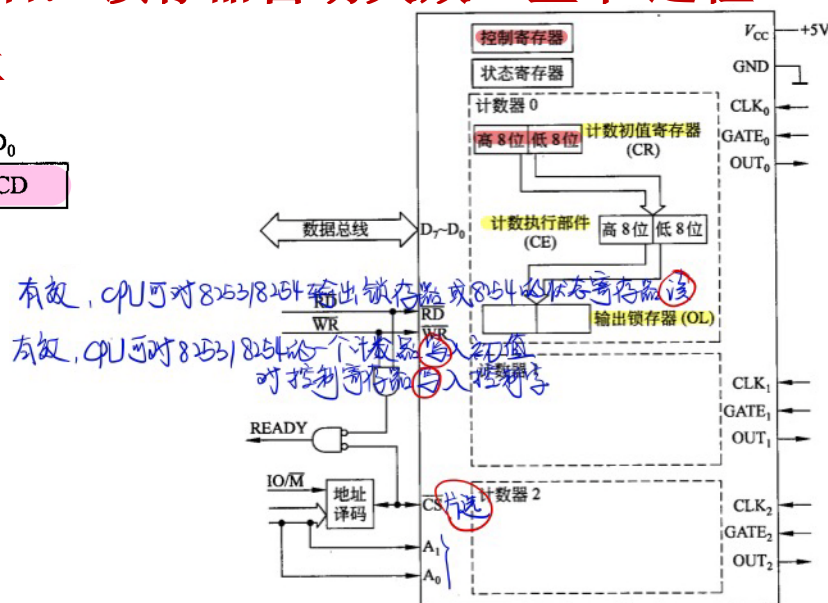
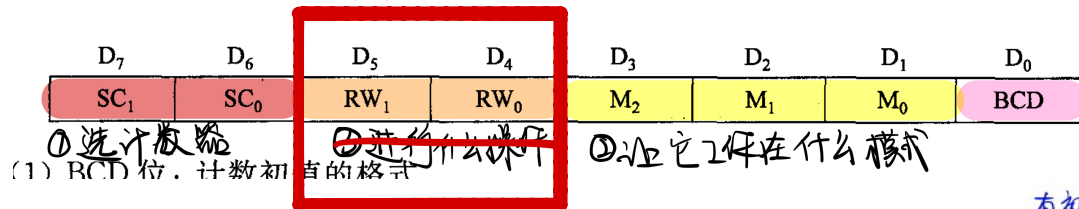


8253/8354的编程命令

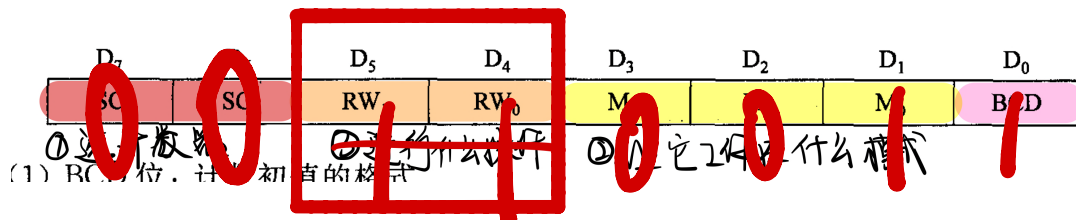
原则:

- ❑ 对计数器设置初值前必须写控制字
- ❑ 初始值的设置必须和控制字设置的位数一致
- ❑ 读取计数器的当前值和状态字, 必须用控制字先锁定, 再读取

锁存器跟随计数执行部件工作, CPU读走后, 锁存器自动失效。整个过程中, 计数部件一直不停计数, 不会停止



8253/8254的初始化



例：8253的计数器0工作在方式1下，按十进制计数，初值为3040。若8253的端口地址为388~38BH，请写出初始化程序段。

MOV DX, 38BH ; 控制端口地址送DX

MOV AL, 33H ; 控制字00110011B

OUT DX, AL ; 将AL内容写入DX中 ; 写入方式控制端口

MOV AL, 40H

MOV DX, 388H

OUT DX, AL ; 写入计数器0的低8位

MOV AL, 30H

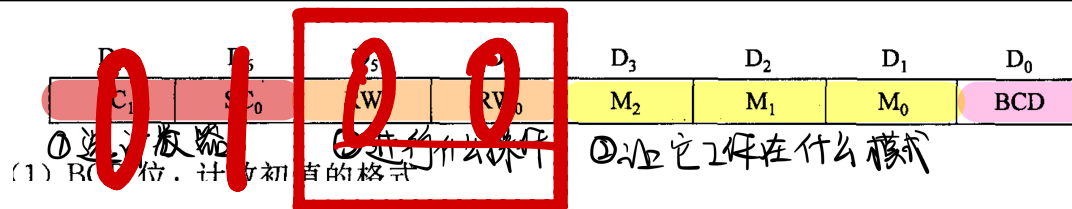
OUT DX, AL ; 写入计数器0的高8位

33H送到38BH端口

① 初值低8位送到388H端口

② 初值高8位送到388H端口

8253的读出计数值



例：读取8253的计数器1的16位计数值，若8253的端口地址为388~38BH。

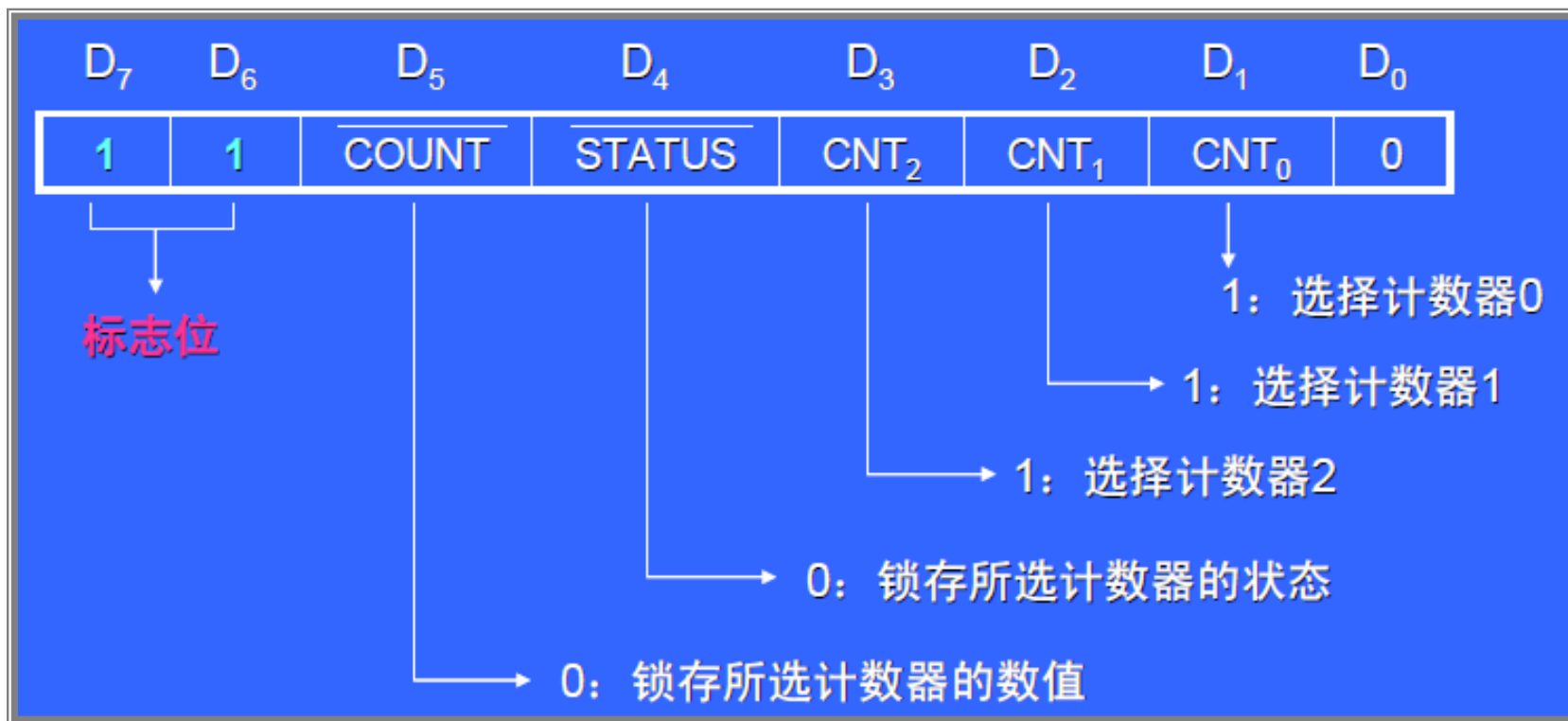
```
MOV DX, 38BH           ; 控制端口地址送DX
MOV AL, 40H            ; 控制字01000000B
OUT DX, AL             ; 写入方式控制端口
MOV DX, 389H
IN  AL, DX             ; 读入计数器1的低8位
MOV CL, AL
IN  AL, DX             ; 读入计数器1的高8位
MOV CH, AL
```

□ 读取计数器的当前值和状态字，必须用控制字先锁定，再读取

8253的读出计数值特点

- 读取8253的计数器值时，每执行一次锁存命令，只能锁存和读回一个通道的计数值；若需读取8253的3个计数器的值，就必须发送3个锁存和读回命令
- 8254具有“读回”功能，一次可以锁存多个计数器的值，从而可连续读取1~3个计数器的值
- 利用8254的读回功能，还可锁存1~3个计数通道的状态字，供CPU读取
- 通过读取状态字，可以核对向8254写入的控制字是否正确，还能了解当前输出引脚的电平状态，以及计数值是否已写入执行单元等信息

6 读出控制字的格式（8254）

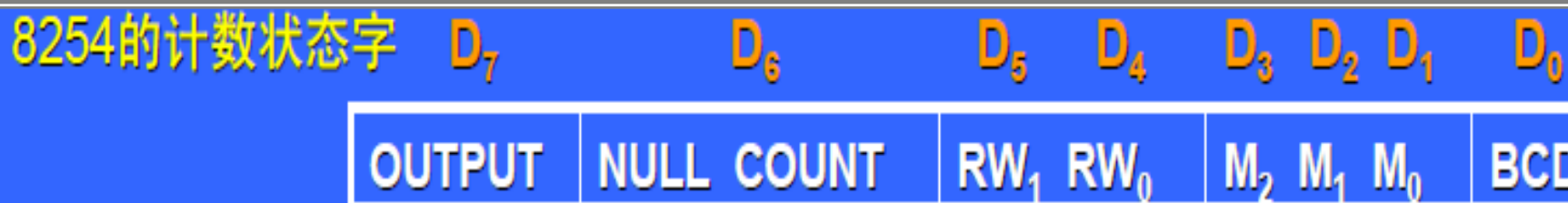


D5位是计数值锁存控制位；当D5 = 0 时，由D3~D1指定的计数器的计数值分别锁存在对应的计数器内，读取之前该值不会变化

D4位是计数器状态信息锁存控制位，当D4 = 0 时，通过读操作可以获得一个字节的狀態信息

7 状态字的格式（8254）

读出控制字的D4位置0将锁存计数器的状态信息；状态信息被锁存后，也可以由CPU用输入指令读回；通过读取状态信息，可核查所选中通道的计数值、工作方式、输出引脚OUT的现行状态及计数器是否已写入计数通道等信息



RW₁RW₀读/写操作位：反映对该通道的计数器所设置的读/写操作方式

BCD位：反映通道所设置的计数方式；M₂M₁M₀位反映通道的工作方式

D₇位通道输出状态位：当D₇=1表示输出高电平；D₇=0表示输出为低电平

D₆位无效计数位：反映计数值是否已写入计数器执行单元；未写入时D₆为1；已经写入时D₆为0

8254的写入和读出命令例子

8254读取计数器2的当前8位计数值

| | |
|-------------------|----------------------------|
| MOV AL, 11011000B | ； 锁存计数器2命令 |
| OUT 76H, AL | ； 发锁存命令，76H是控制口地址 |
| IN AL, 74H | ； 读取计数器2的当前计数值，74H是计数器2的地址 |

8254读取状态字和16位计数值

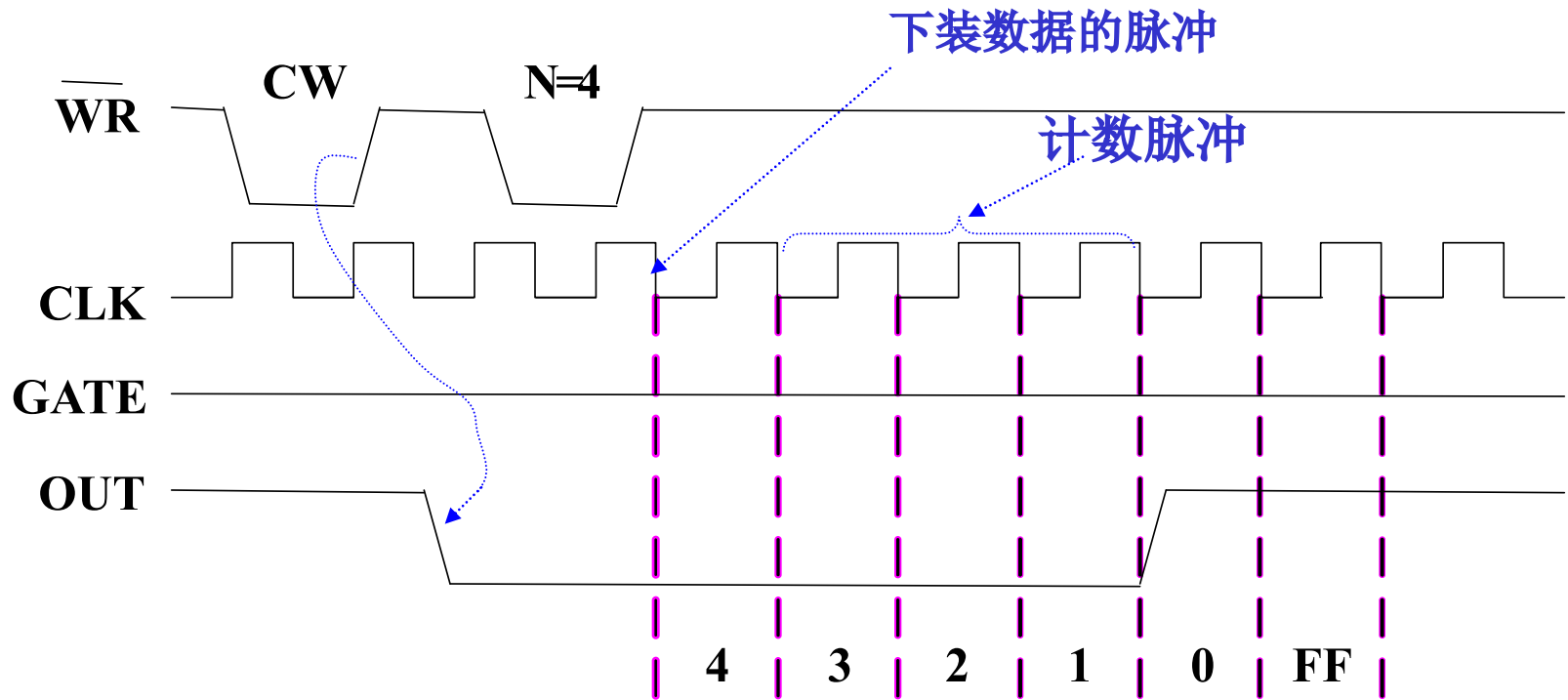
| | |
|-------------------|-------------------|
| MOV AL, 11000010B | ； 锁存计数器0命令 |
| OUT 76H, AL | ； 发锁存命令，76H是控制口地址 |
| IN AL, 70H | ； 先读取计数器0的状态 |
| MOV CL, AL | ； 计数器0的状态送CL |
| IN AL, 70H | ； 读取计数器0的低8位 |
| MOV BL, AL | |
| IN AL, 70H | ； 读取计数器0的高8位 |
| MOV BH, AL | |

8 工作方式

基本规则：

- 1) 写入控制字时，所有电路复位，OUT进入初始状态
- 2) 初始值写入后，经过一个时钟的上升沿和一个下降沿，开始计数
- 3) 通常CLK的上升沿，门控信号GATE采样
- 4) CLK下降沿，计数器减1计数。0是计数器所能容纳的最大初始值，二进制时为 2^{16} ，BCD码时为 10^4 。

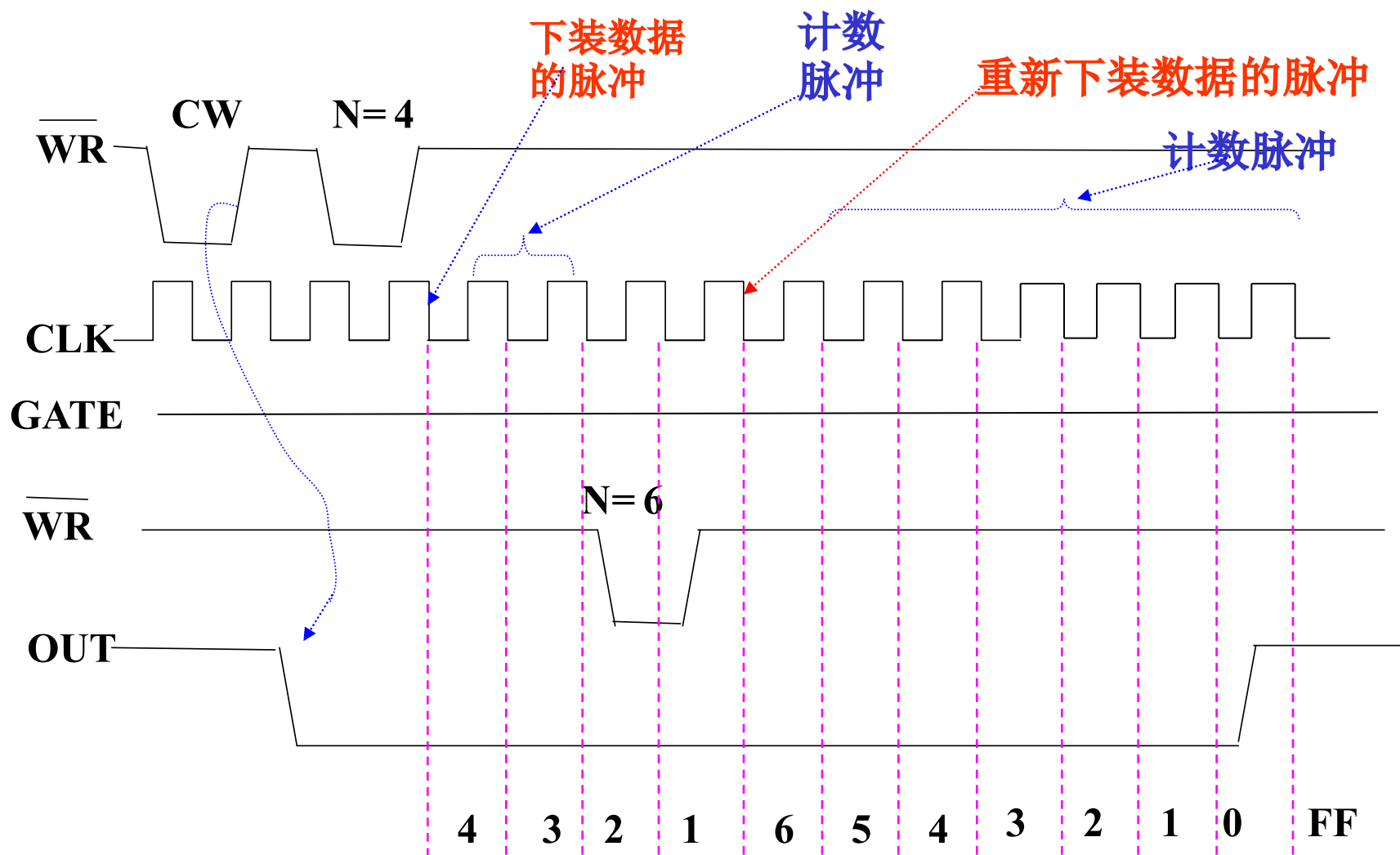
1) 方式0——计数结束产生中断



方式 0 正常时序波形图

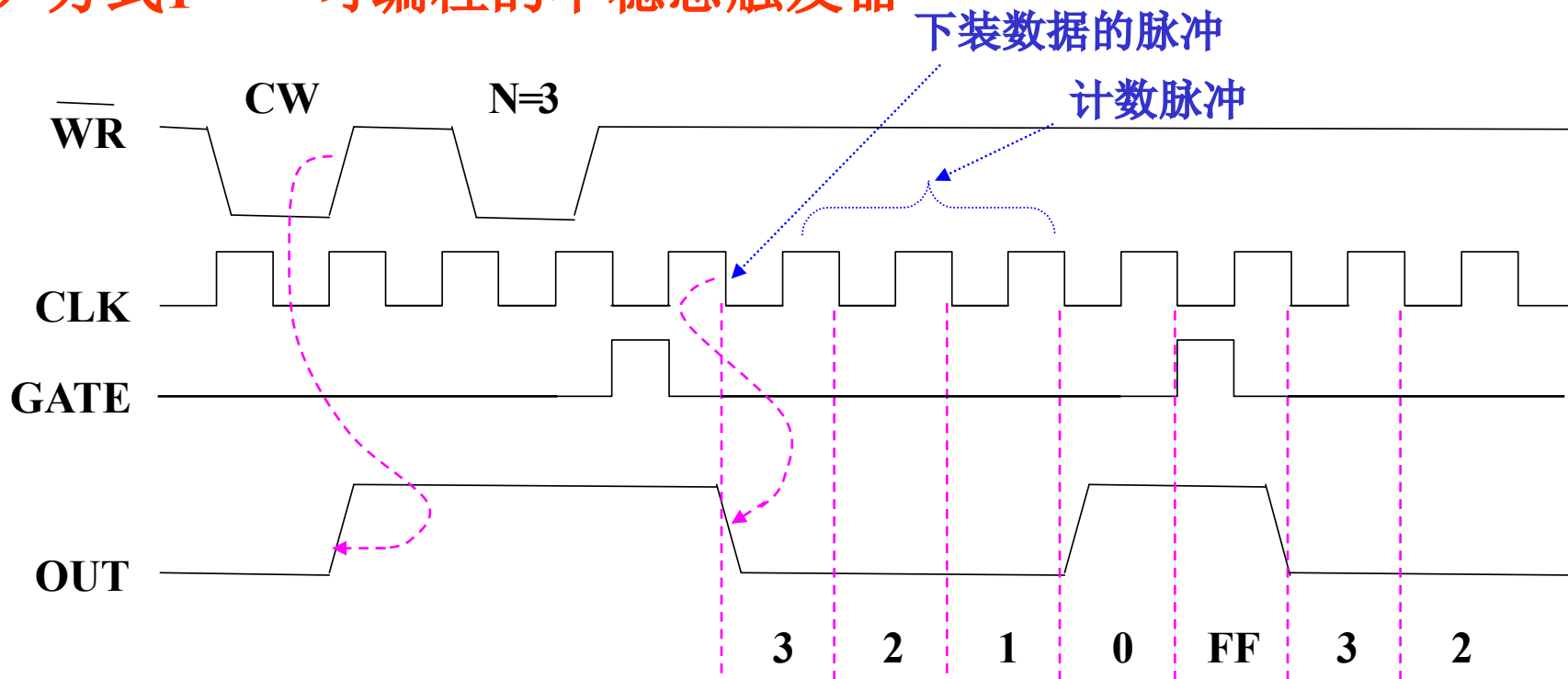
(1) 正常计数方式

- A 写入控制字后使OUT变低，直到计数结束才变高；
- B 写入计数值后的第一个CLK用作把计数值下装到计数执行部件；
- C 后N个CLK用作计数；
- D 计数结束后OUT变高，停止计数，要等装入新的计数值后才又开始计数。



方式0 计数过程中再次写入计数值时的波形图

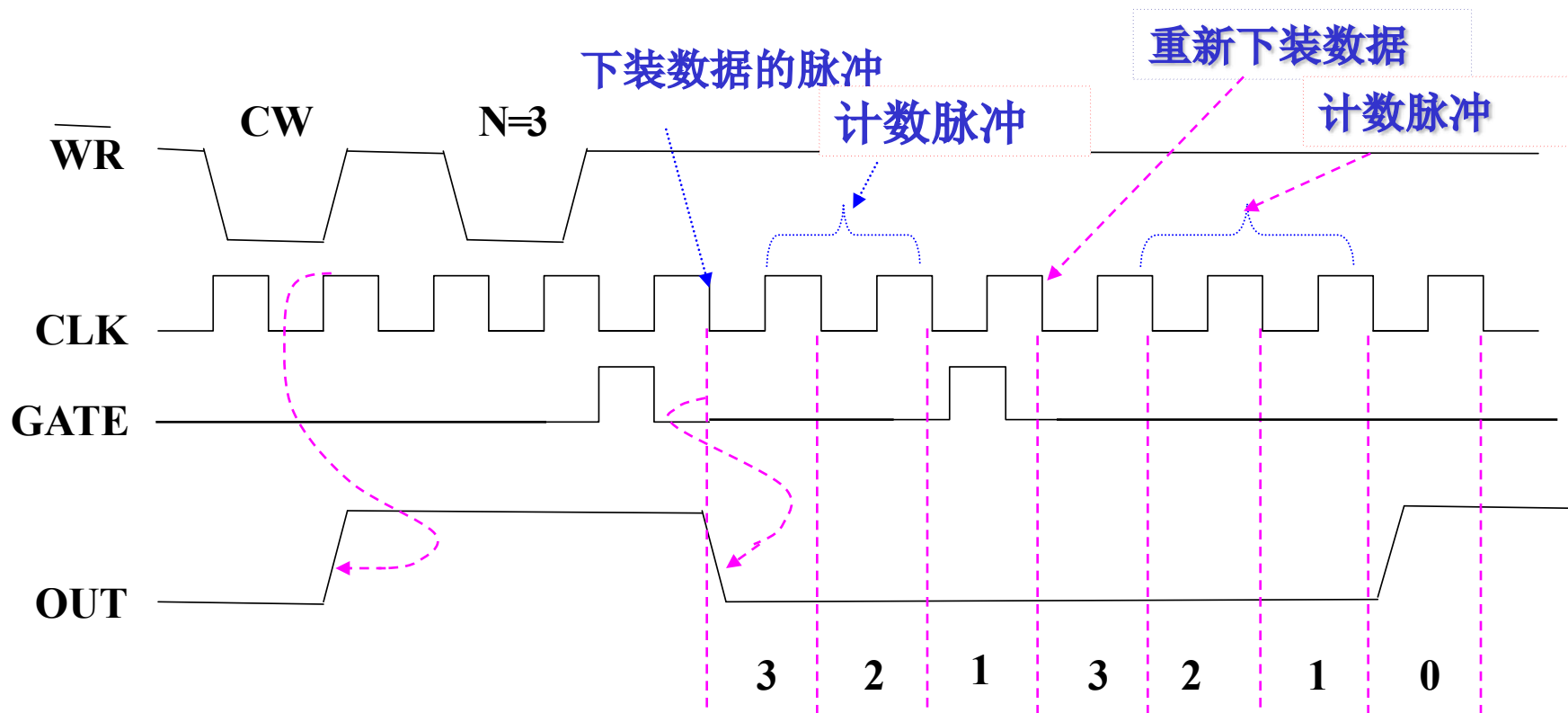
2) 方式1——可编程的单稳态触发器



方式1 正常时序波形图

(1) 正常计数方式

- A 写入控制字后OUT变高，GATE触发后的第一个CLK的后沿使OUT变低，直到计数结束才变高；
- B 写入计数值后GATE触发后的第一个CLK把计数值下装到计数执行 部件；
- C OUT变低后的N个CLK用作计数；
- D 计数结束后OUT变高，停止计数，要等GATE重新触发后才又开始计数。



方式1 计数过程中GATE变化时的波形图

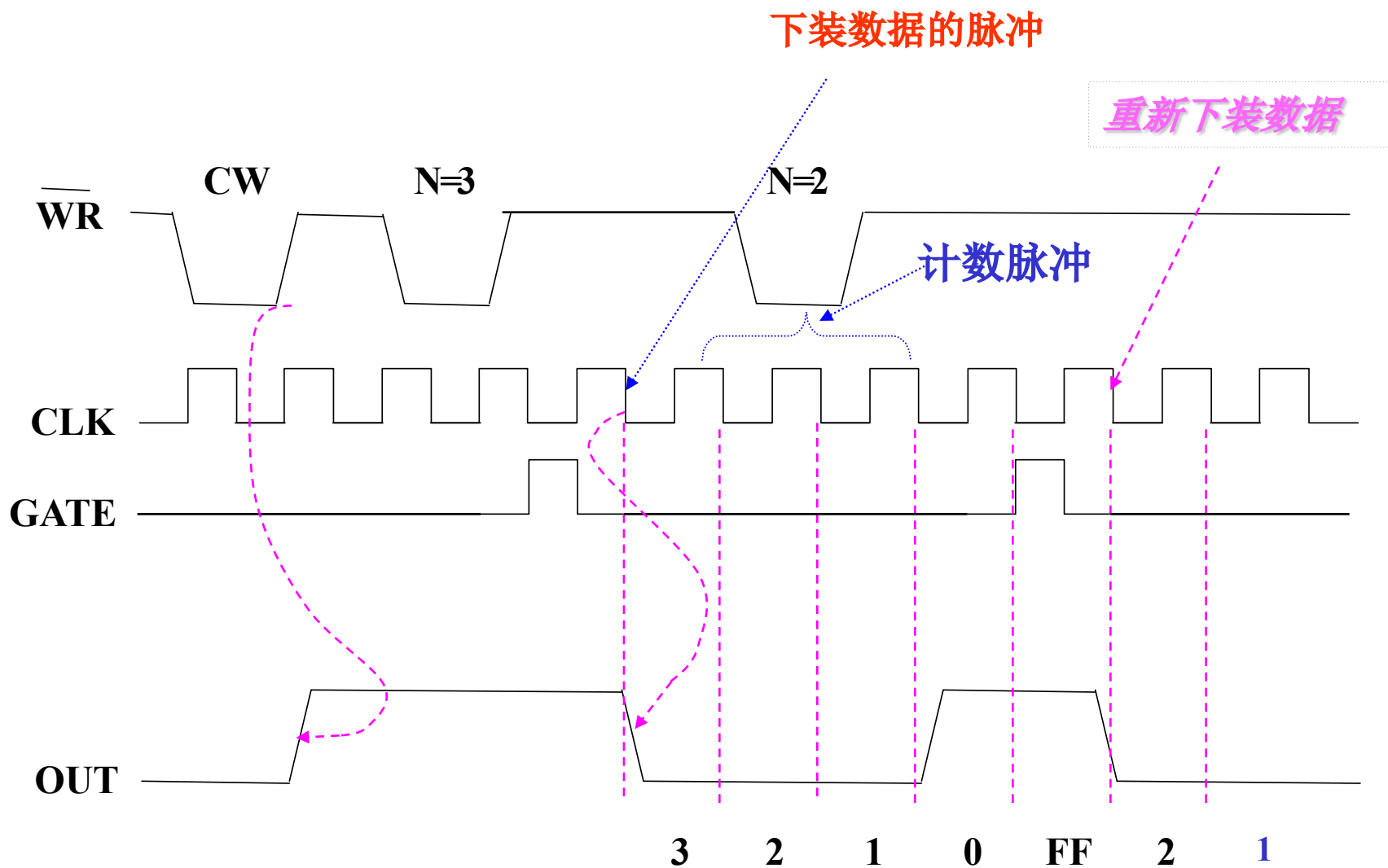
(2) 计数过程中GATE，计数初值发生变化

A GATE发生变化

又来一次触发时，则在其下一个时钟脉冲CLK后又从计数初值开始计数，且不影响OUT状态，直到计数结束。

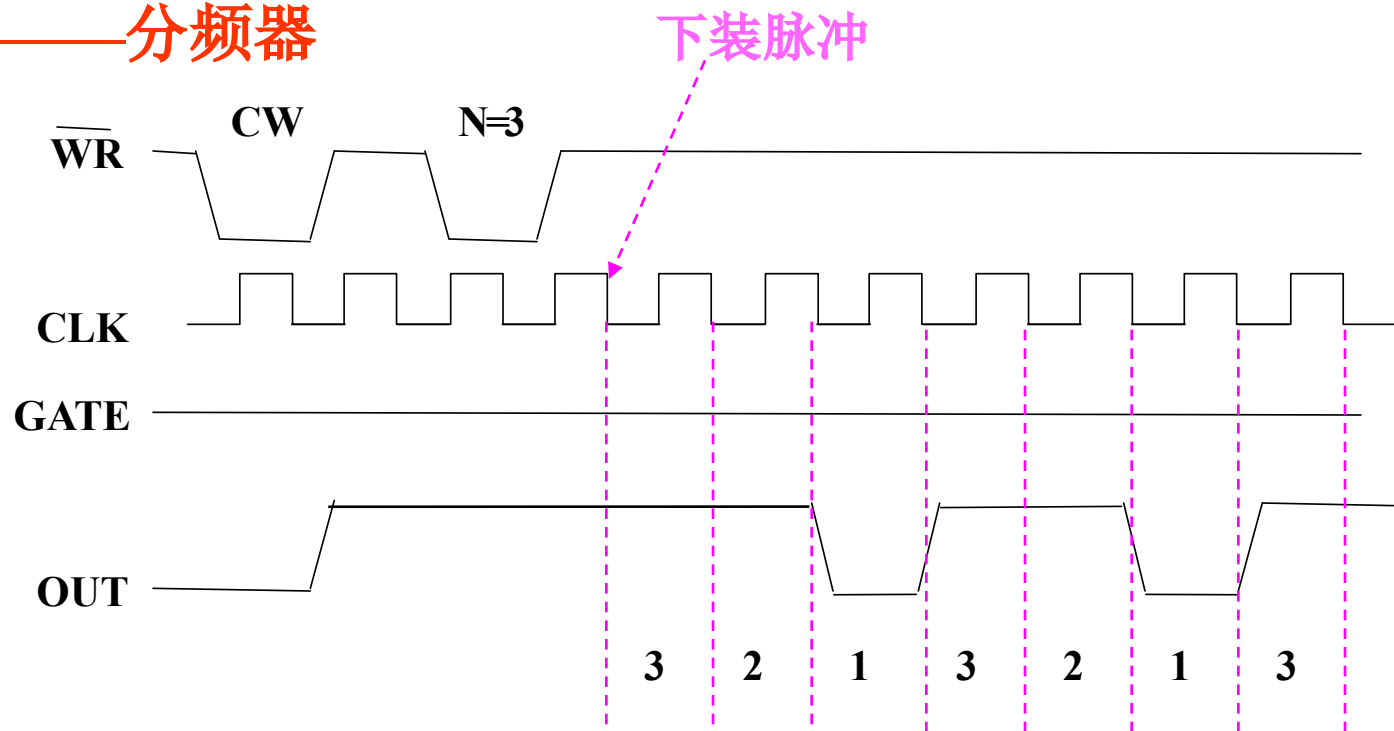
B 重新写入计数值

只有当收到GATE的触发信号时，才按新值计数。



方式1 计数过程中再次写入计数值时的波形图

3) 方式2——分频器



方式2 波形图

特点:

(1) 正常计数方式

- A 写入控制字后使OUT变高，计到N个CLK时变低，第N个CLK的后沿又使OUT变高；
- B 写入计数值后的第一个CLK用作把计数值下装到计数执行部件；
- C 后N个CLK用作计数；
- D 计数结束后OUT变高，又重新开始计数。

(2) 计数过程中GATE，计数初值发生变化

A GATE发生变化

GATE变低时，停止计数，不影响OUT状态，变高后又重新开始计数；（硬件同步）

B 重新写入计数值

对本次计数不影响，要下次计数时，才按新值计数。
（软件同步）

4) 方式3——方波发生器

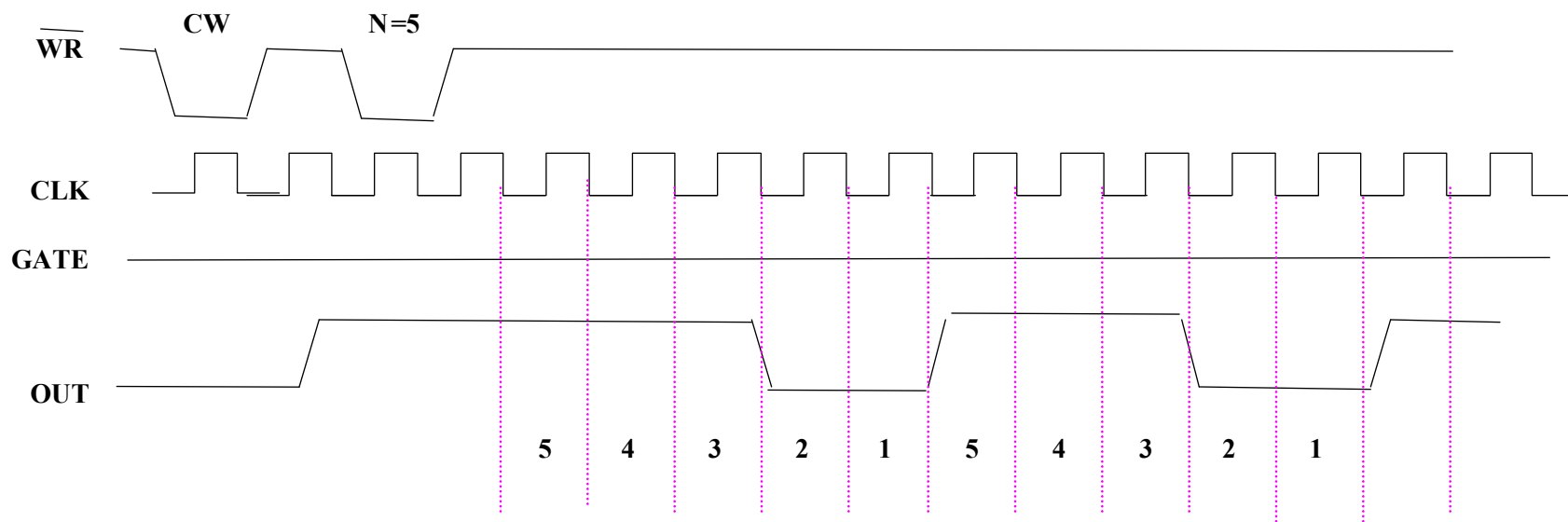
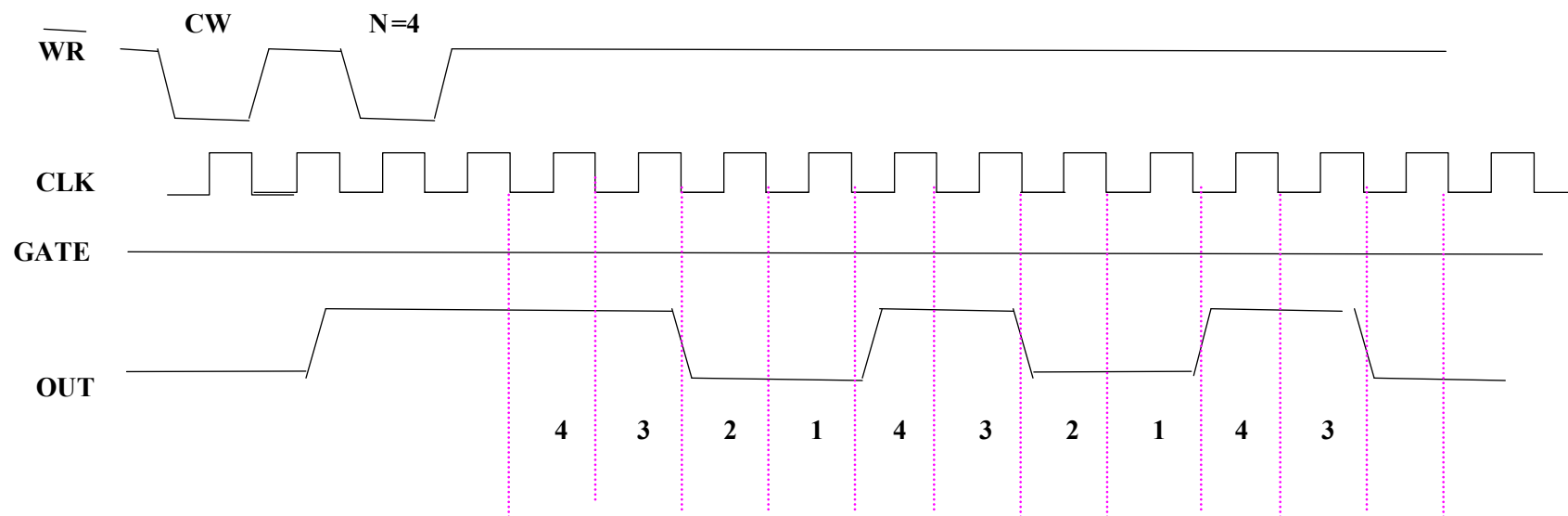
特点:

(1) 正常计数方式

- A 写入控制字后使OUT变高，计到INT（ $(N+1)/2$ 个CLK时变低，第N个CLK的后沿又使OUT变高；
- B 写入计数值后的第一个CLK用作把计数值下装到计数执行部件；
- C 后N个CLK用作计数；
- D 计数结束后OUT变高，又重新开始计数。

(2) 计数过程中GATE，计数初值发生变化

- A GATE发生变化
GATE变低时，停止计数，OUT变高，又重新开始计数；
- B 重新写入计数值
对本次计数不影响，要下次计数时，才按新值计数。



方式3 波形图

5) 方式4——软件触发的选通信号发生器

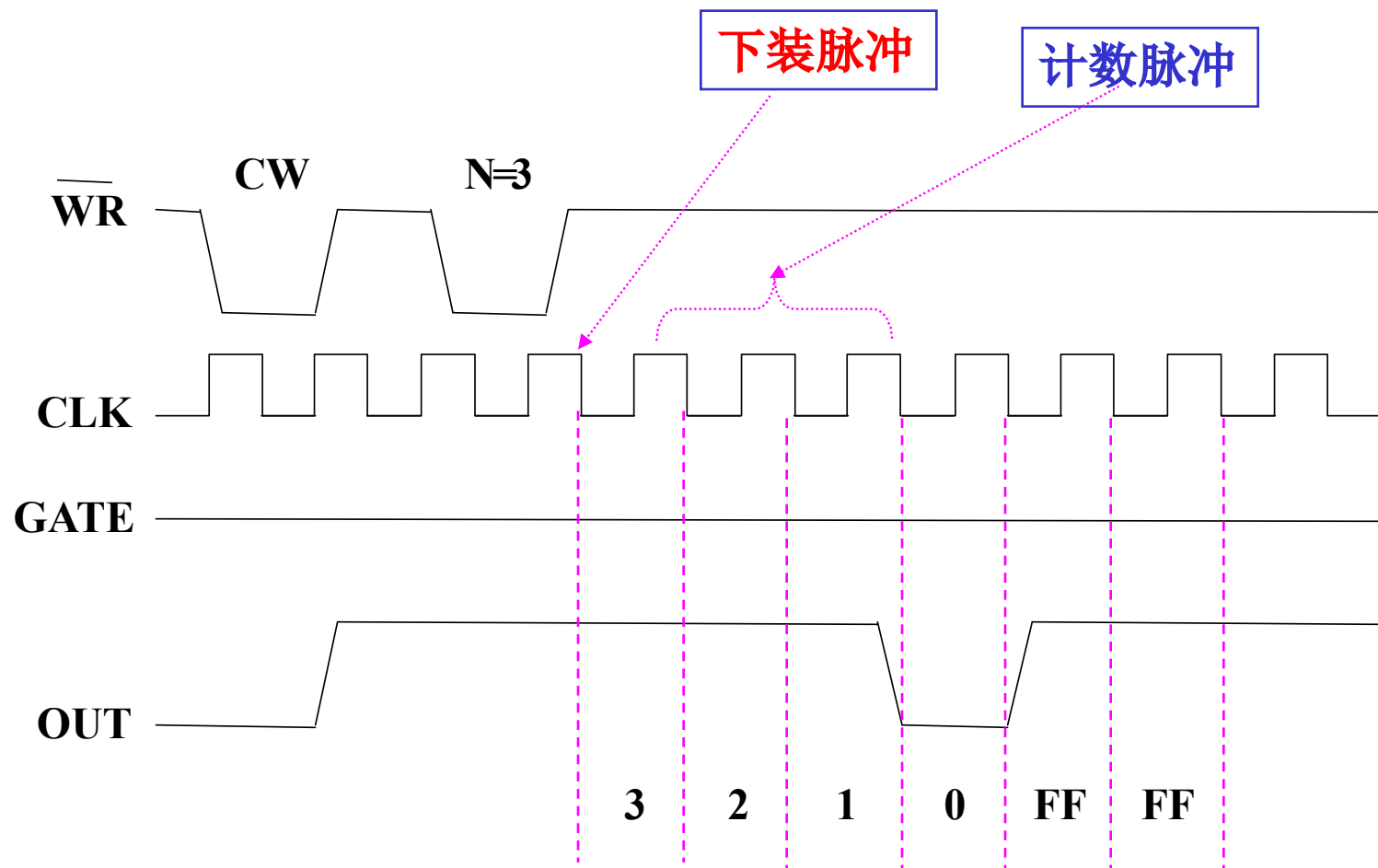
特点:

(1) 正常计数方式

- A 写入控制字后使OUT变高，计完N个CLK时变低，第N+1个CLK的后沿又使OUT变高；
- B 写入计数值后的第一个CLK用作把计数值下装到计数执行部件；
- C 后N个CLK用作计数；
- D 计数结束后OUT变高，停止计数，要等装入新的计数值后又重新开始计数。

(2) 计数过程中GATE，计数初值发生变化

- A GATE发生变化
GATE变低时，停止计数，不影响OUT状态，变高后又重新开始计数；
- B 重新写入计数值
写入新值后按新值计数。



方式4 波形图

6) 方式5——硬件触发的选通信号发生器

特点:

(1) 正常计数方式

- A 写入控制字后使OUT变高;
- B 写入计数值后GATE触发后的第一个CLK用作把计数值下装到计数执行部件;
- C 后N个CLK用作计数;
- D 计数结束后OUT变低, 停止计数, 第N+1个CLK后又使OUT变高, 要等GATE重新触发后才又开始计数。

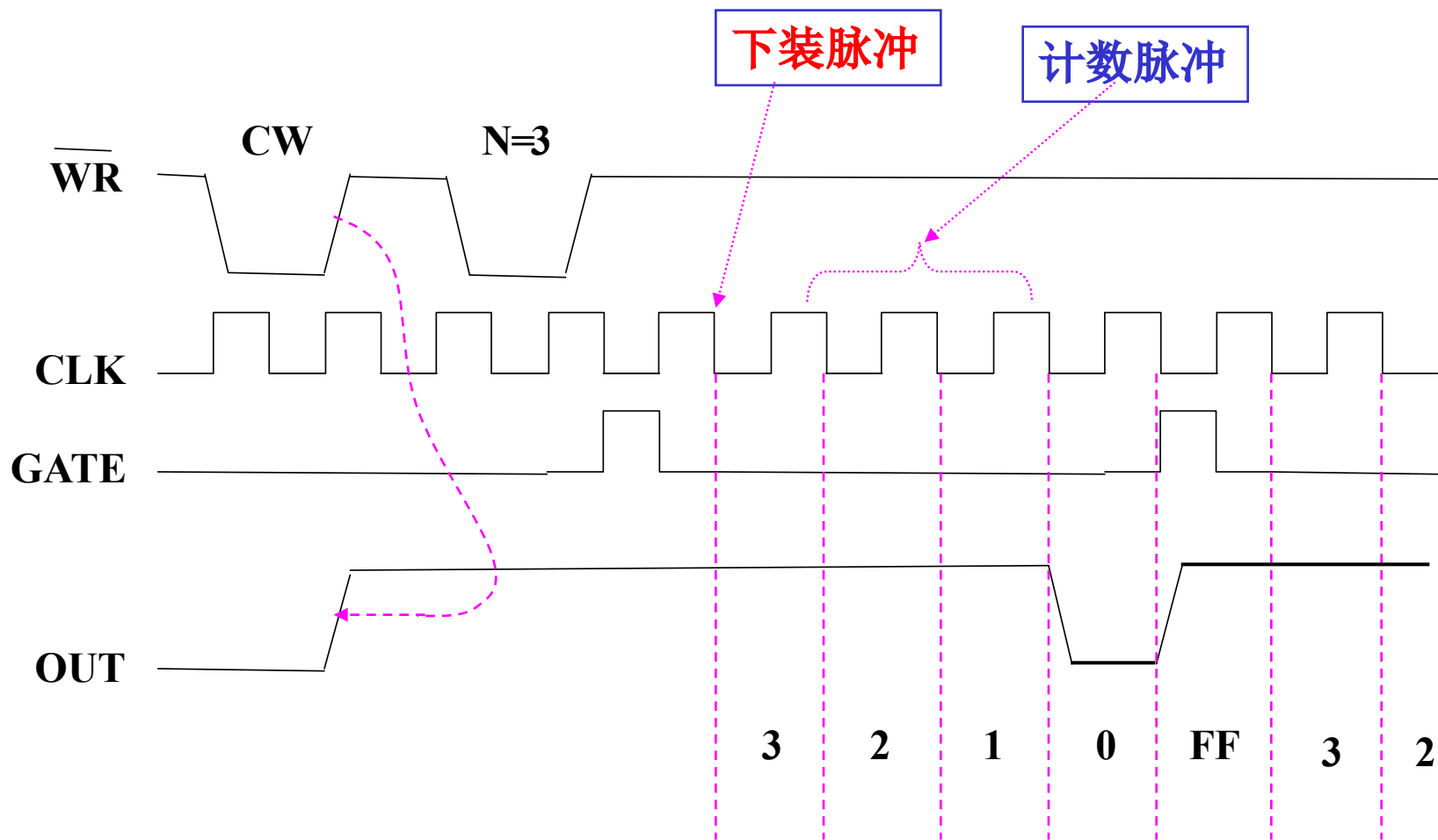
(2) 计数过程中GATE, 计数初值发生变化

A GATE发生变化

又来一次触发时, 则在其下一个时钟脉冲CLK后又从计数初值开始计数, 且不影响OUT状态, 直到计数结束。

B 重新写入计数值

只有当收到GATE的触发信号时, 才按新值计数。



方式5 波形图


工作方式总结（1）

从输出端看：计数器模式和定时器模式

- 计数器模式
模式0、1、4、5，门控GATE控制下减1计数，结束后输出一个信号
- 定时器模式
模式2、3，门控GATE控制下减1计数，输出端不间断的产生时钟周期整数倍的定时间隔

工作方式总结 (2)

- 计数值N与输出波形的关系

| 方式 | N与输出波形 | 改变计数值 |
|------------|--|--------|
| $\Delta 0$ | 写入N值, 经N+1个脉冲, 输出变高  | 下一个T有效 |
| $\Delta 1$ | 单稳态脉冲的宽度为N个T  | 外部触发有效 |
| 2 | 每N个T脉冲输出一个T脉冲  | 计数到1有效 |
| 3 | 前一半高电平, 后一半为低电平  | 计数到1有效 |
| $\Delta 4$ | 写入N后经N+1个T, 输出宽度为1个T  | 下一个T有效 |
| $\Delta 5$ | 门控触发经N+1个T, 输出宽度为1个T  | 外部触发有效 |

工作方式总结（3）

● 门控信号GATE的作用

| 方式 | GATE | | |
|----|--------------|--------------------|------|
| | 低电平或变低电平 | 上升沿 | 高电平 |
| 0 | 禁止计数 | —— | 允许计数 |
| 1 | —— | 启动计数，下一个CLK脉冲使输出为低 | —— |
| 2 | 禁止计数，立即使输出为高 | 重新装入计数值，启动计数 | 允许计数 |
| 3 | 禁止计数，立即使输出为高 | 重新装入计数值，启动计数 | 允许计数 |
| 4 | 禁止计数 | —— | 允许计数 |
| 5 | —— | 启动计数 | —— |

8 举例

例1 将8254的计数器 1 作为 5 ms定时器，按十进制计数。设输入时钟频率为 200kHz，试编写8254的初始化程序。假设8254的端口地址为80H、82H、84H、86H。

工作脉冲

A₁ A₀ A₁' A₀'
0 0 0 0
1 1 0 0

2) 计数初值N的计算

已知输入时钟CLK频率为200kHz，则时钟周期为

$$T = 1/f = 1/200\text{ k} = 5\text{ }\mu\text{s}$$

所以 计数初值 = $5\text{ ms} / T = 1000$

7) 控制字

按题意选计数器 1，按BCD码计数，工作于方式0，由于计数初值为1000，所以控制字为

01110001B = 71H

100011 (16位)

16位全用

控制字送到控制端口

3) 初始化程序

```
MOV AL, 71H
OUT 86H, AL
MOV AL, 00H
OUT 82H, AL
MOV AL, 10H
OUT 82H, AL
```

初值
送工作

方口

计数脉冲

$$K = 1 \text{ 秒} / 0.5 \text{ us} = 2,000,000 > 65536$$

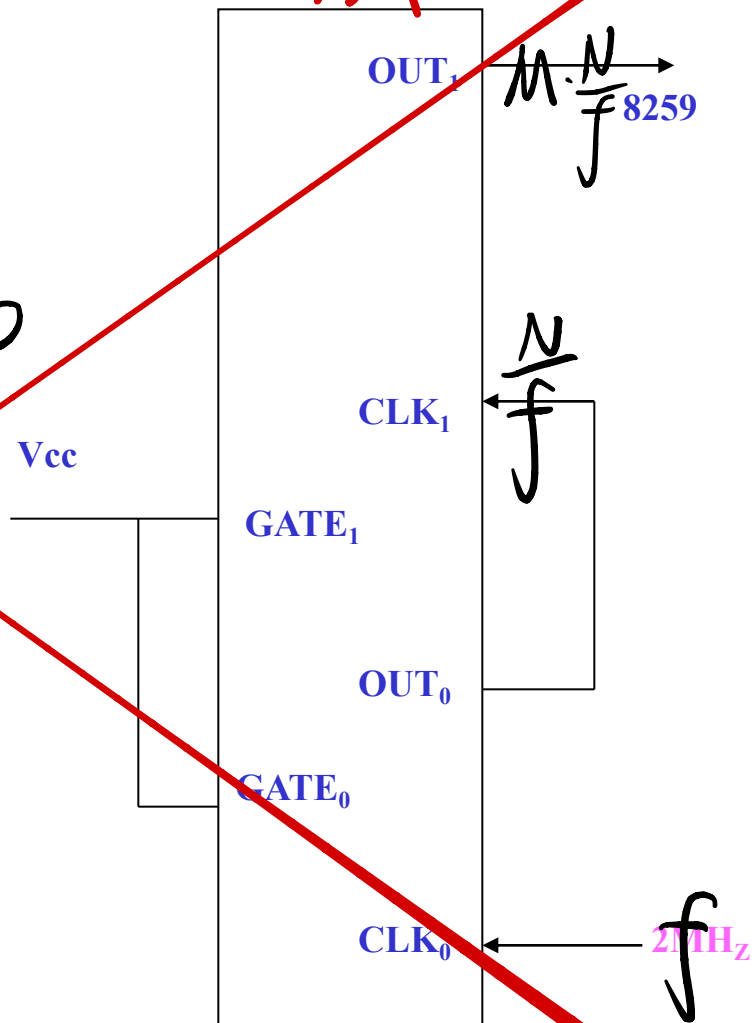
000,000 > 65536
~~2.4 模 2, 3~~

~~OUT~~ 81H, AL

~~计数器0写入初值200~~

~~01110000, 计数器1,
方式0, 先读写低8位,
再读写高8位~~

经常这么写

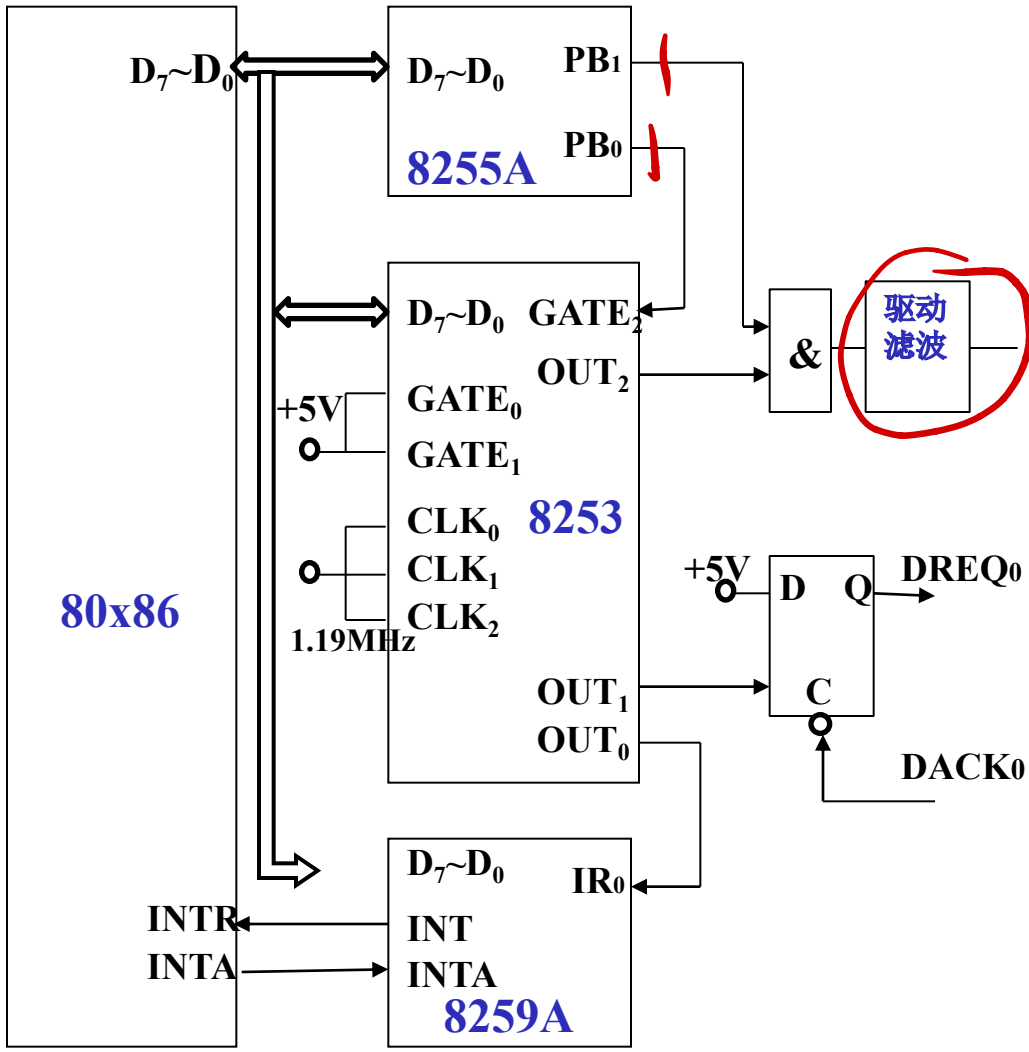


串联是个乘的关系

初值为N

例3 8253在IBM PC系列计算机的应用。

8253的3个计数器进行时钟计时、DRAM刷新、控制扬声器发声声调，
地址范围：40H~5FH，3个计数器的输入时钟都为1.193MHz 工作脉冲



8253的端口地址为40H---43H

控制字 & 初值

1. 计数器0产生基本时钟

计数器0产生18.2Hz的方波作为系统计
时器的基本时钟 补3

$$1.193 \times 1000000 / 65536 = 18.2\text{Hz}$$

初值为0, BCD值为

```
MOV AL, 36H 1000H
OUT 43H, AL
MOV AL, 0
OUT 40H, AL
OUT 40H, AL
```

DOS系统使用定时器0，通过08号
中断服务程序，实现时钟计时功
能。

110110
↓
方波 二进制

2. 计数器1控制DRAM刷新

2ms内对DRAM进行128次刷新，刷新闻隔为 $2/128=15.6$ 微秒。

计数器1输出间隔15.6微秒的负脉冲。

$1.193 \times 1000000/18=66.278\text{k Hz}$, $1/66278=15$ 微秒

MOV AL, 54H

0100

OUT 43H, AL

MOV AL, 18

OUT 41H, AL

初值

8位就行

计数器1工作在方式2（分频器），计数初值为18，负脉冲的时间间隔为15微秒。

3. 计数器2控制扬声器

计数器2的输出控制扬声器的发音音调，OUT端放大后接扬声器，8255A的PB1和PB0同时为1。

BEEP

PROC

FAR

MOV

AL, 0B6H

OUT

43H, AL

MOV

AX, 1190

OUT

42H, AL

MOV

AL, AH

OUT

42H, AL

IN

AL, 61H

MOV

AH, AL

OR

AL, 03H

OUT

61H, AL

控制字

方波

端口地址 8255A-B

送进计数器2通道

MOV CX, 0

L0: LOOP L0

DEC BL

JNZ L0

MOV AL, AH

OUT 61H, AL

RET

BEEP ENDP

延时

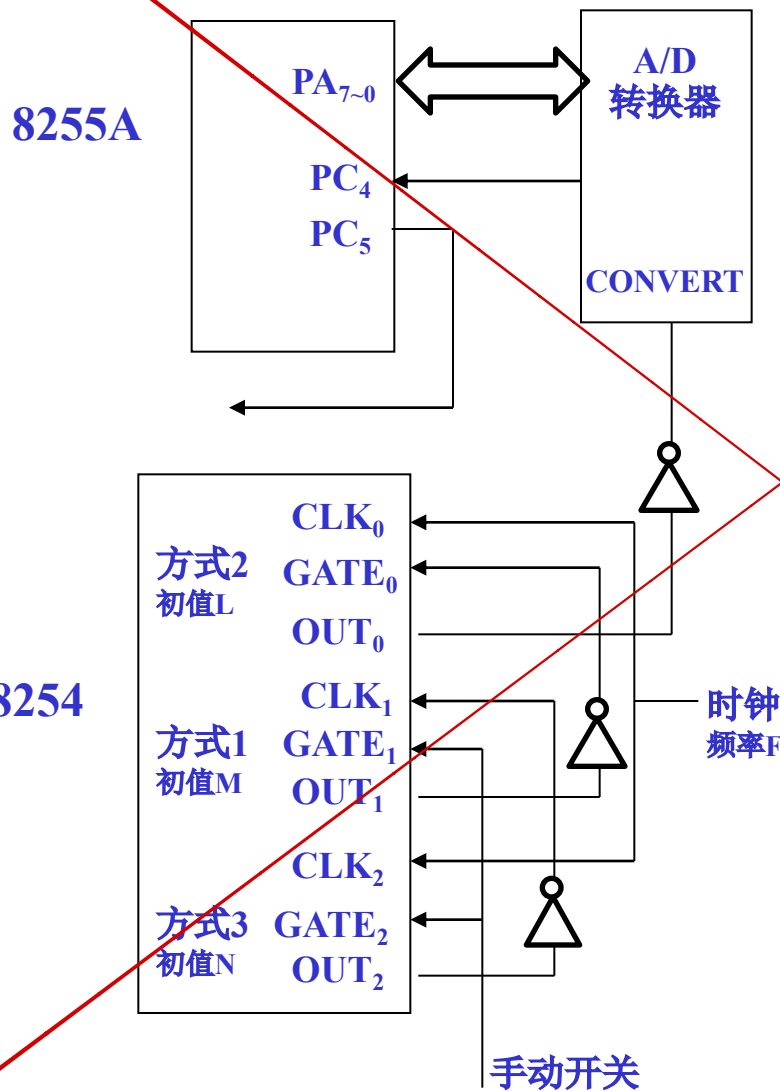
书上有说明

返回

计数器2工作在方式3（方波），计数初值为1190，则输出的频率为 $1.193 \times 1000000/1190=1\text{k Hz}$ 。

例4 8254 通道的应用。8254接A/D转换器，控制采样频率

设8254 的端口地址为0070H---0076H.



分析:

计数器0: 方式2, 初值L, OUT为F/L

计数器1: 方式1, 初值M, CLK为F/N,
OUT负脉冲宽度为MN/F

计数器2: 方式3, 初值N, OUT为CLK1

程序:

```
MOV AL, 14H
```

```
OUT 76H, AL
```

```
MOV AL, L
```

```
OUT 70H, AL
```

```
MOV AL, 73H
```

```
OUT 76H, AL
```

```
MOV AX, M
```

```
OUT 72H, AL
```

```
MOV AL, AH
```

```
OUT 72H, AL
```

```
MOV AL, 96H
```

```
OUT 76H, AL
```

```
MOV AL, N
```

```
OUT 74H, AL
```

计数器0设为方式2

计数器0设初值

计数器1设为方式1

计数器1设初值

计数器2设为方式3

计数器2设初值