

四、典型D/A转换DAC0832芯片

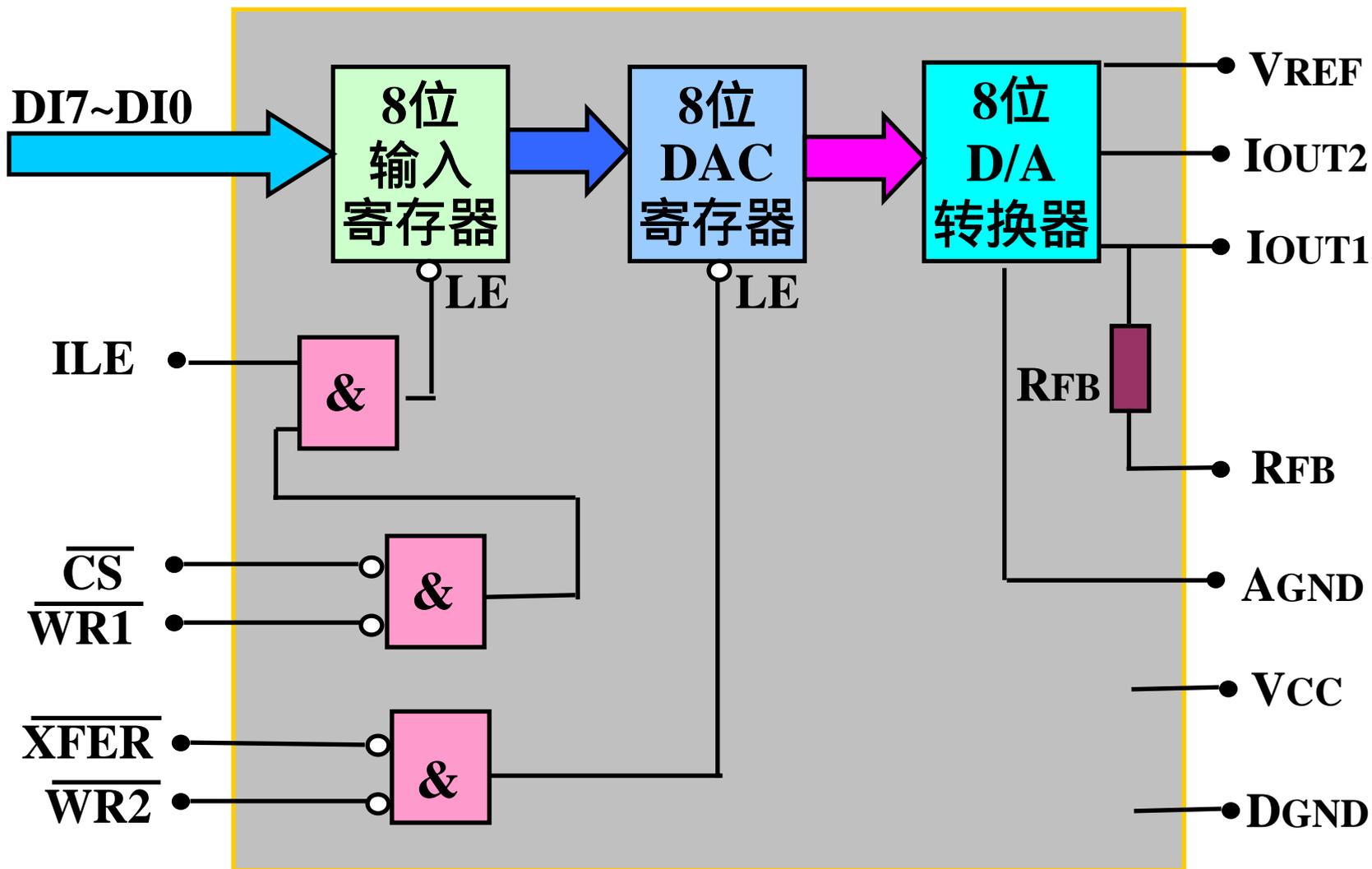
8位并行、中速(建立时间1us)、电流型、低廉(10~20元)

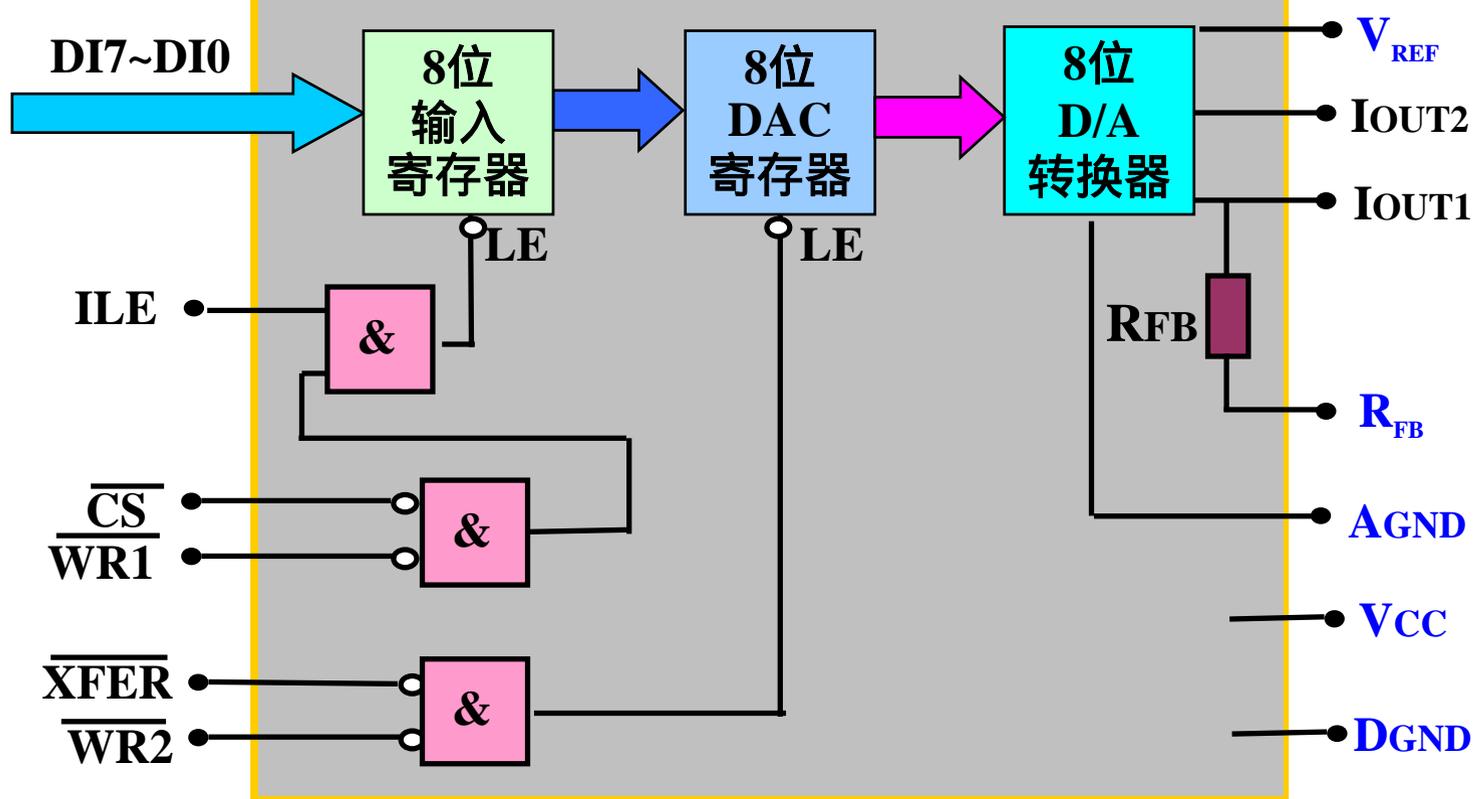
引脚和逻辑结构

DAC0832与微机系统的连接

应用举例

1. 引脚和逻辑结构 20个引脚、双列直插式





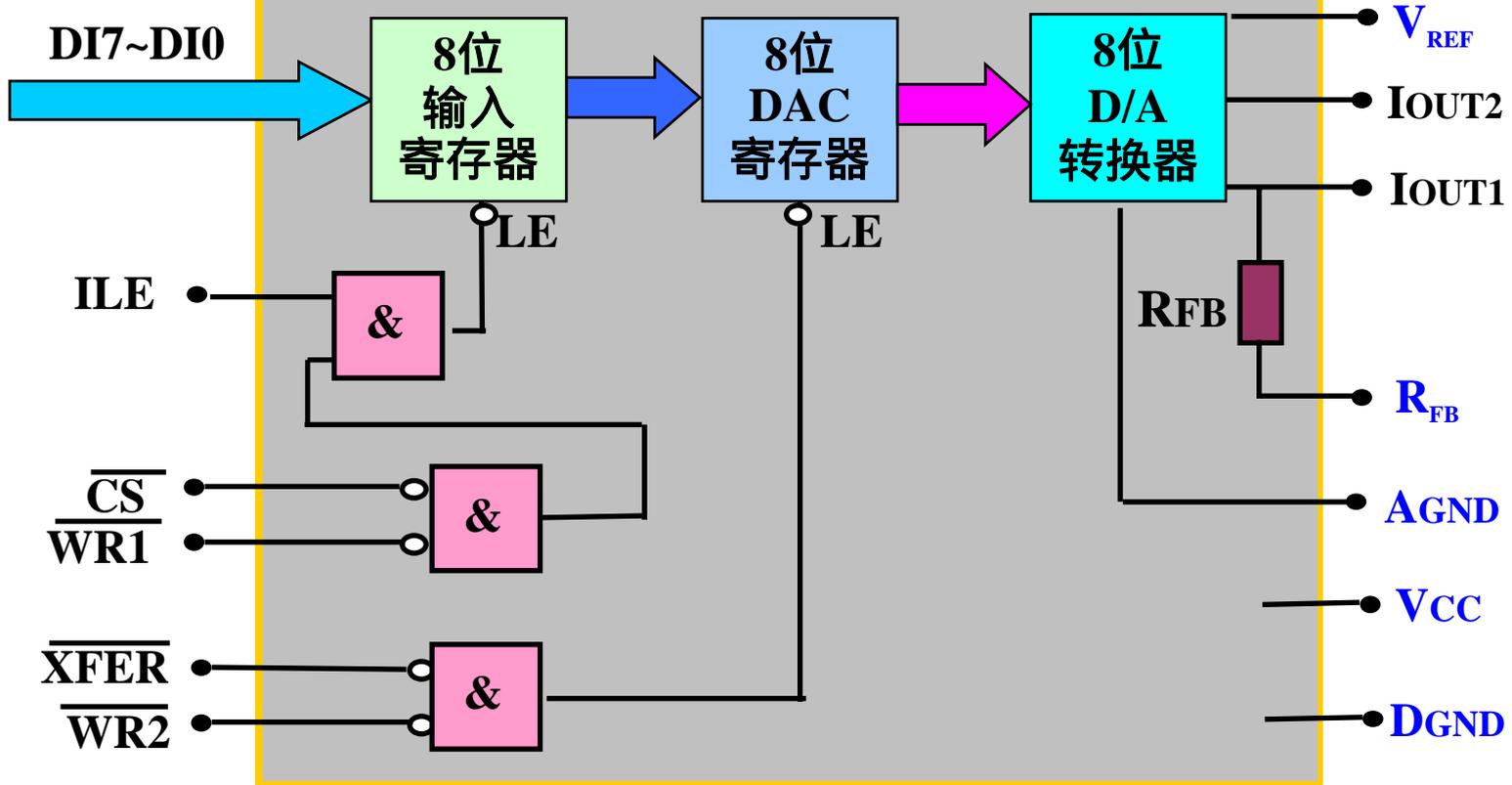
V_{cc} 芯片电源电压, **+5V ~ +15V**

V_{REF} 参考电压, **-10V ~ +10V**

R_{FB} 反馈电阻引出端, 此端可接运算放大器输出端

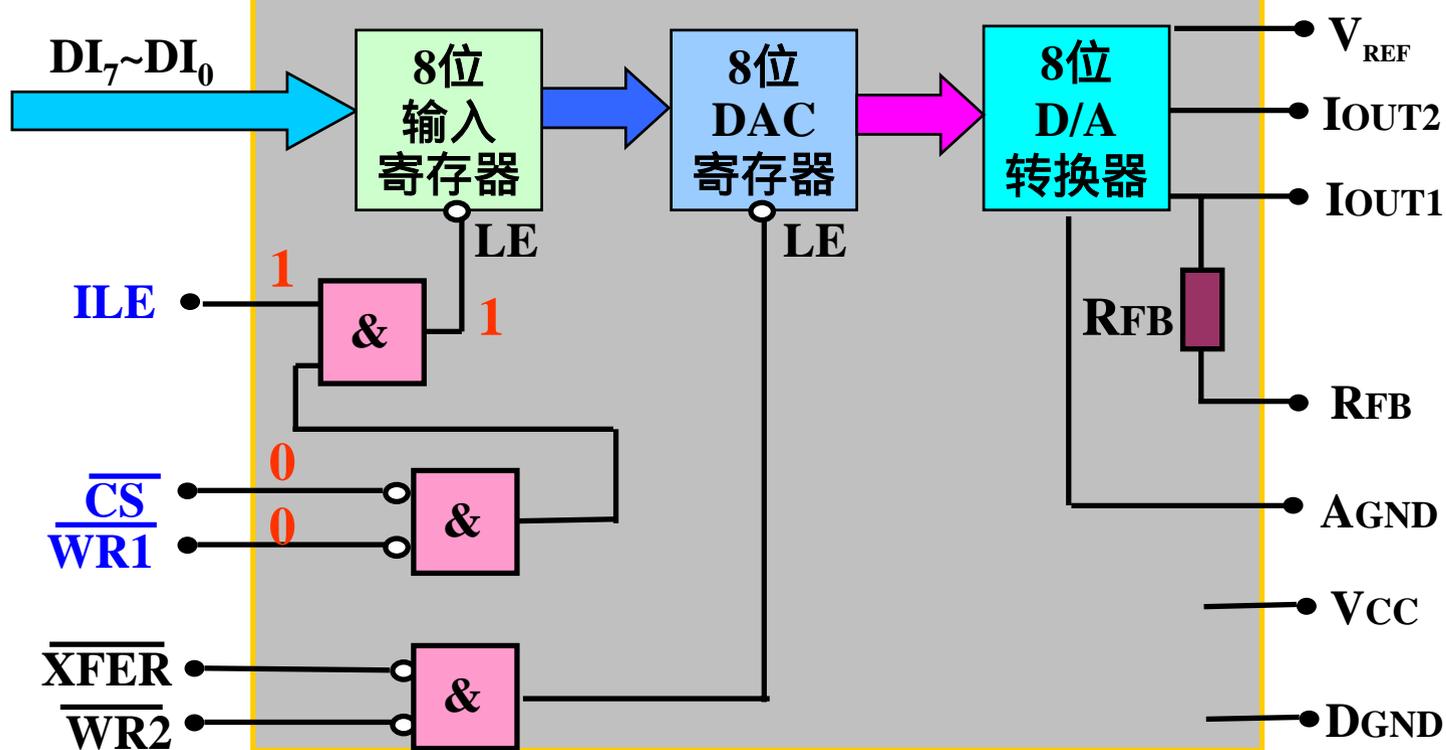
AGND 模拟信号地

DGND 数字信号地



$DI_7 \sim DI_0$ 数字量输入信号

其中: DI_0 为最低位, DI_7 为最高位



ILE 输入锁存允许信号, 高电平有效

\overline{CS} 片选信号, 低电平有效

$\overline{WR1}$ 写信号1, 低电平有效

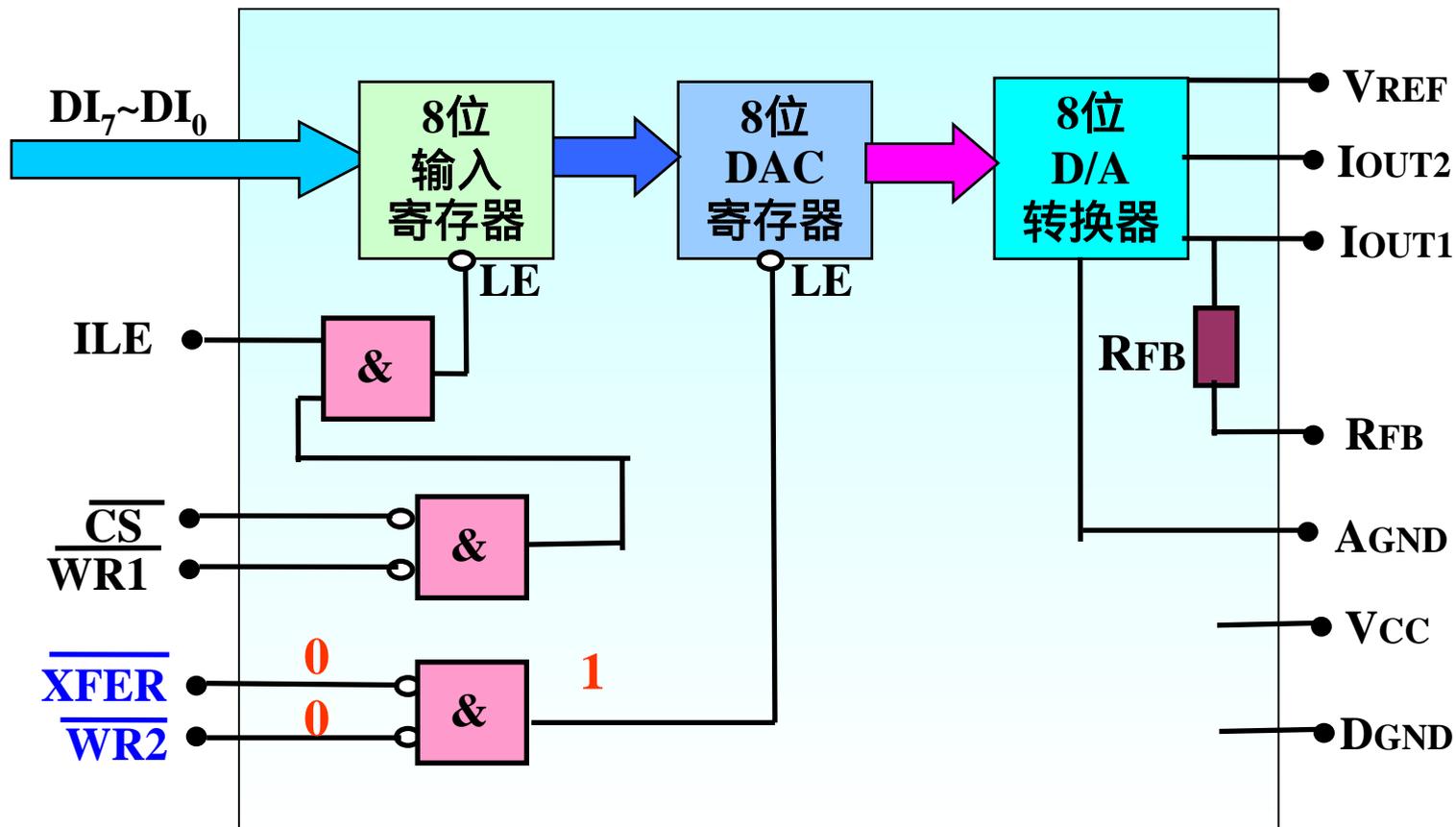
当 **ILE**、 **\overline{CS}** 、 **$\overline{WR1}$** 同时有效时, **LE=1** ,

输入寄存器的输出随输入而变化

$\overline{WR1}$ \uparrow , **LE=0** , 将输入数据锁存到输入寄存器

LE1

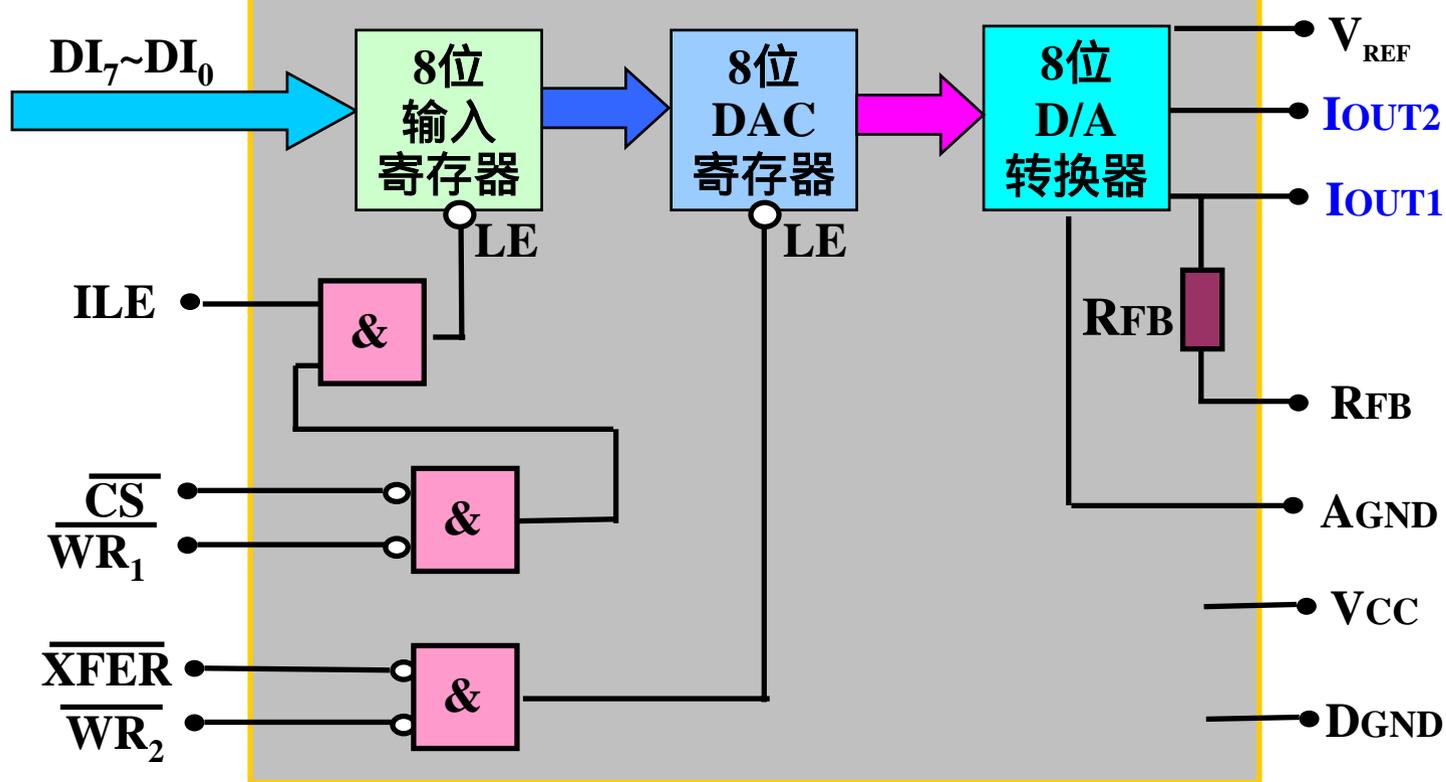




XFER 转移控制信号，低电平有效

WR2 写信号2，低电平有效

- 当**XFER**、**WR2**同时有效时，**LE2=1** LE2
- **DAC**寄存器输出随输入而变化；
- **WR1**↑，**LE=0**，将输入数据锁存到**DAC**寄存器，数据进入**D/A**转换器 开始**D/A**转换



IOUT1 模拟电流输出端1

当输入数字为全“1”时, 输出电流最大, 约为: $\frac{255V_{REF}}{256R_{FB}}$
 全“0”时, 输出电流为0

IOUT2 模拟电流输出端2

$I_{OUT1} + I_{OUT2} = \text{常数}$

2. DAC0832与微机系统的连接

1)单缓冲工作方式

一个寄存器工作于直通状态，
另一个工作于受控锁存器状态

2)双缓冲工作方式

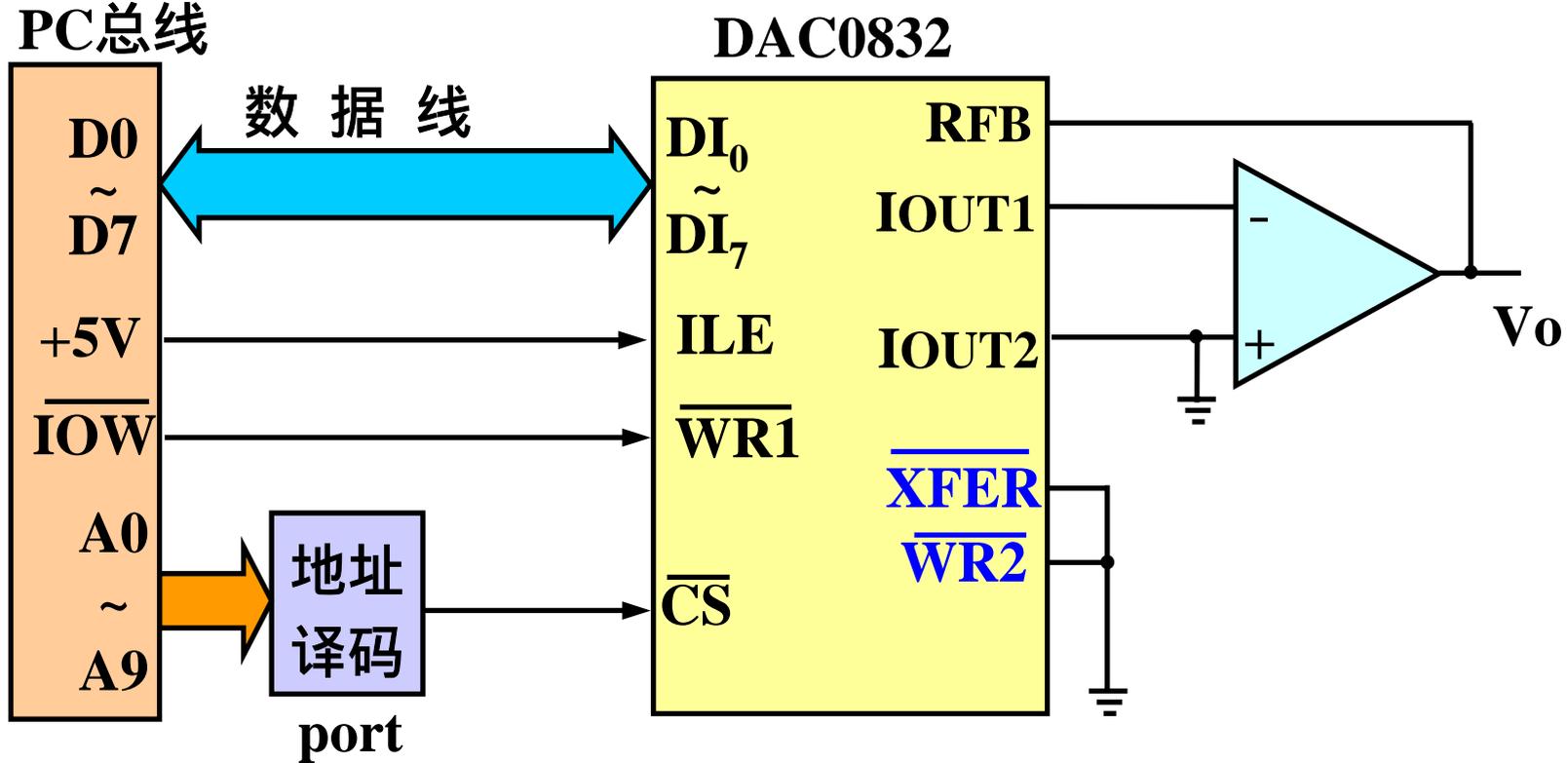
两个寄存器均工作于受控锁存器状态，

1) 单缓冲工作方式：

一个寄存器工作于直通状态，

一个工作于受控锁存器状态

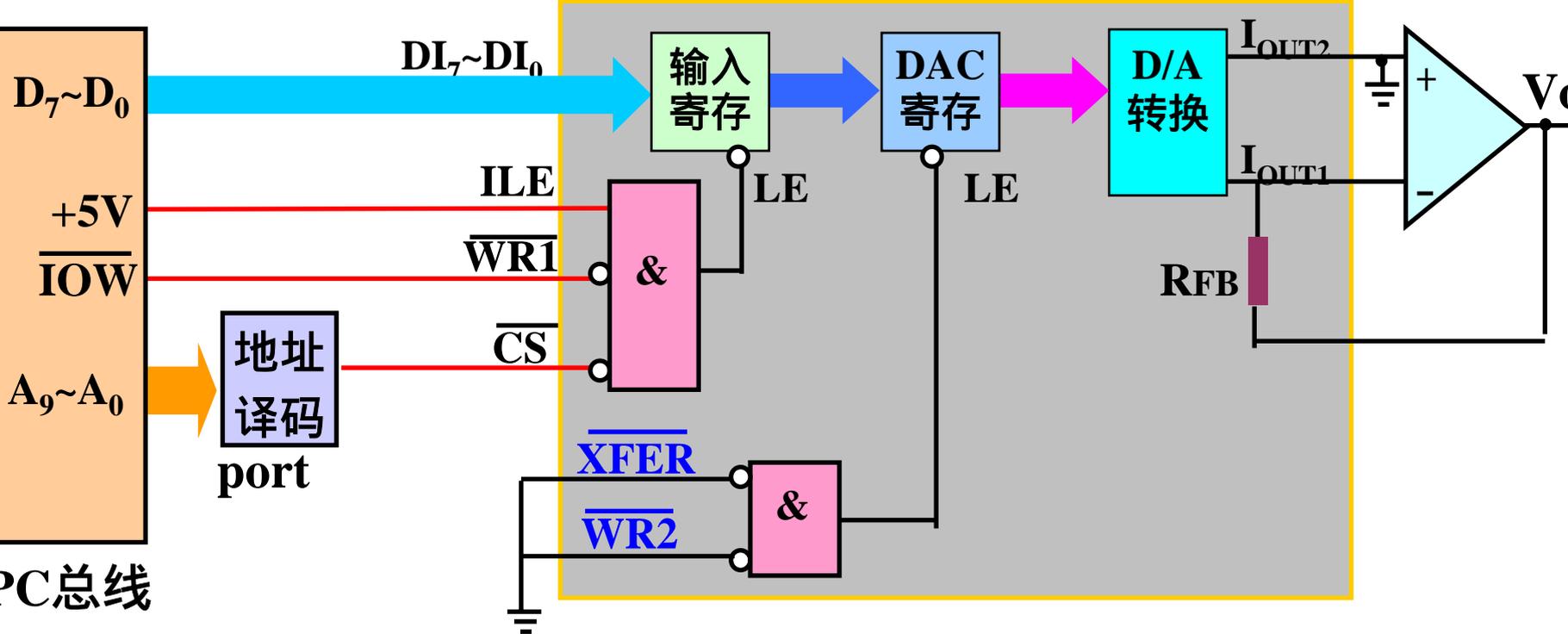
在不要求多相D/A同时输出时，可以采用单缓冲方式，此时只需一次写操作，就开始转换，可以提高D/A的数据吞吐量。



单缓冲工作方式：

输入寄存器工作于受控状态

DAC寄存器工作于直通状态

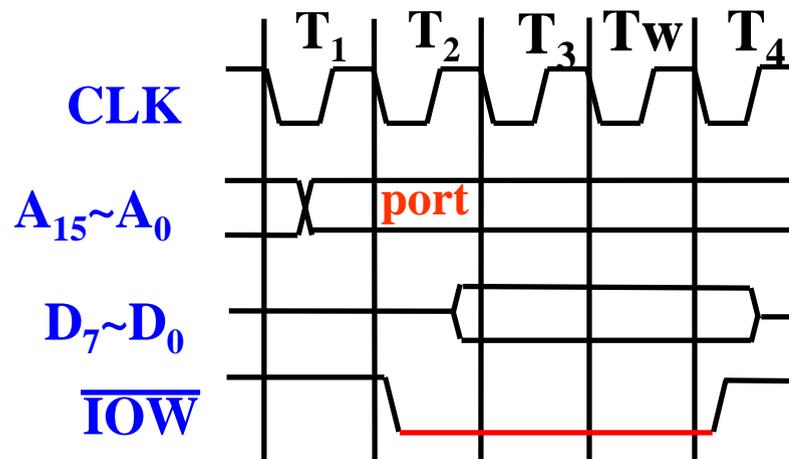


转换一个数据的程序段：

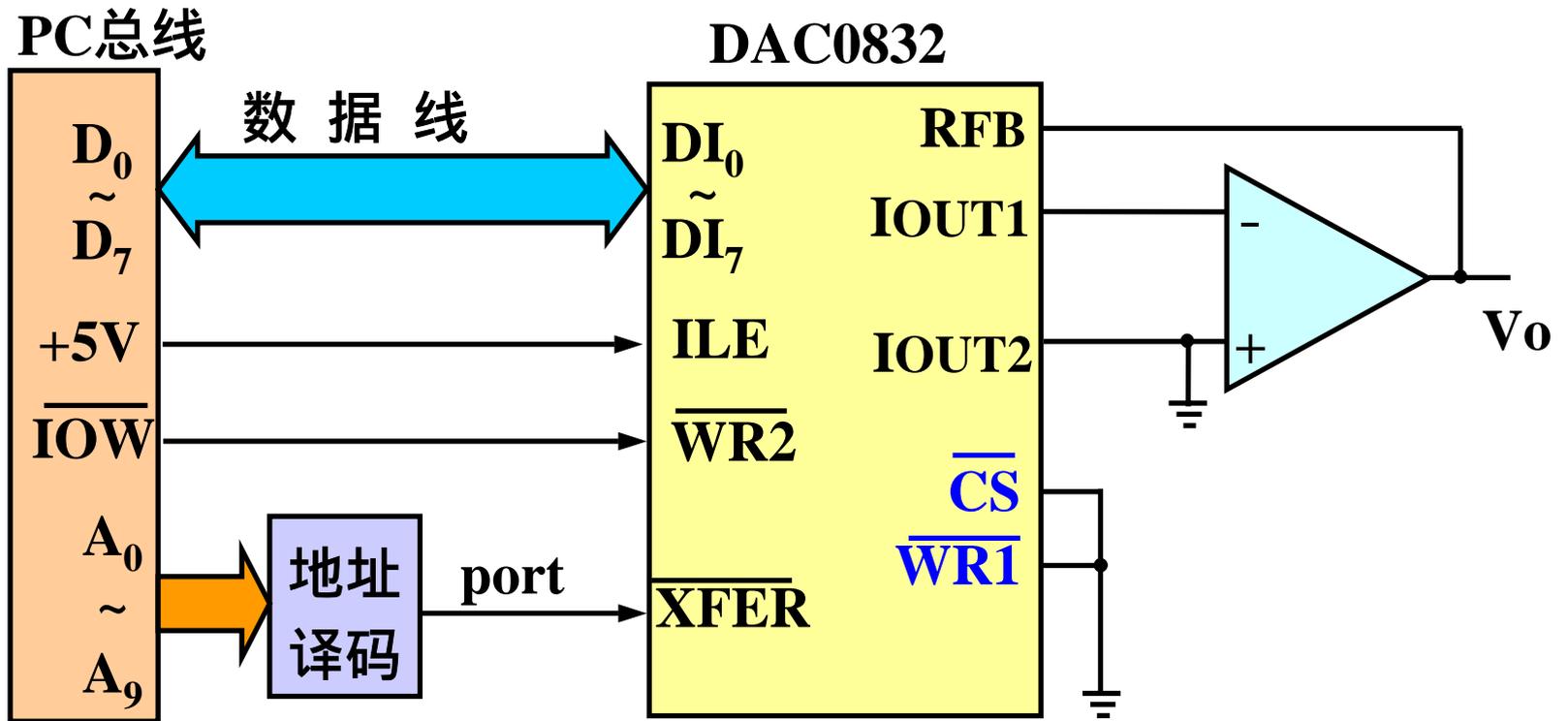
MOV AL, data ;取数字量

MOV DX, port

OUT DX, AL



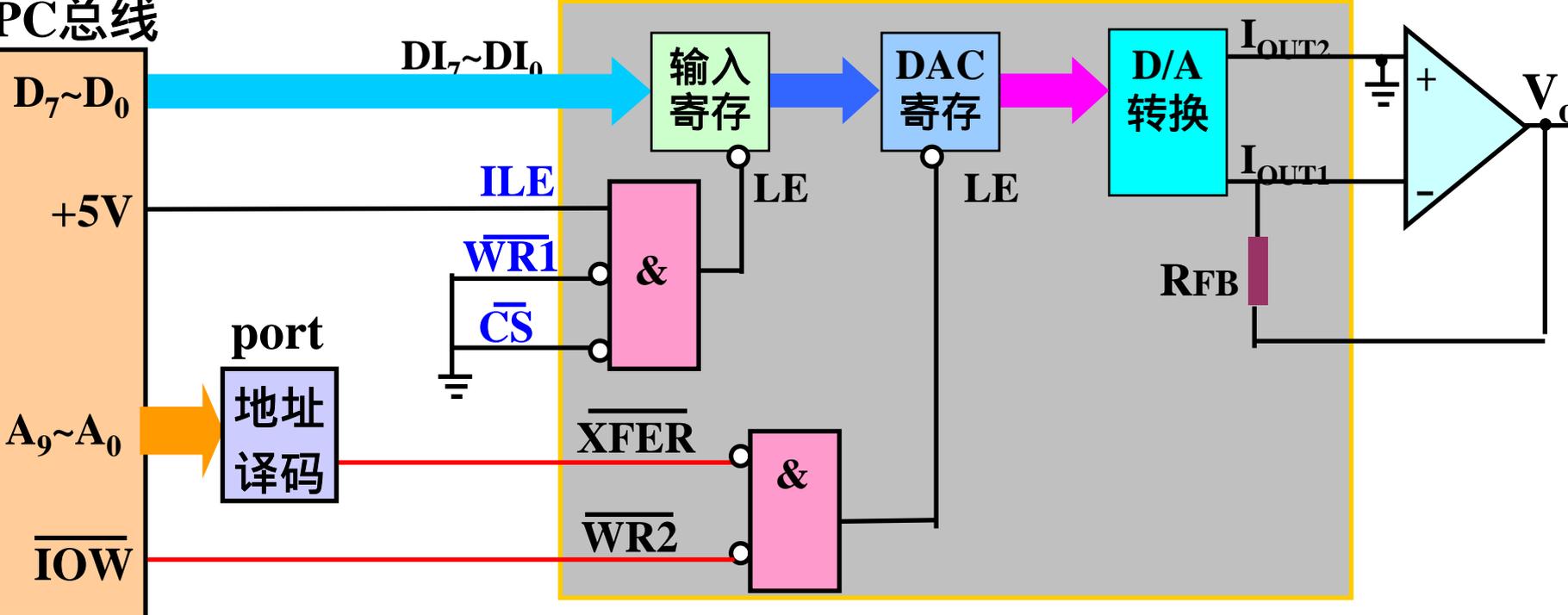
PC 总线I/O写时序



单缓冲工作方式：

输入寄存器工作于直通状态

DAC寄存器工作于受控状态

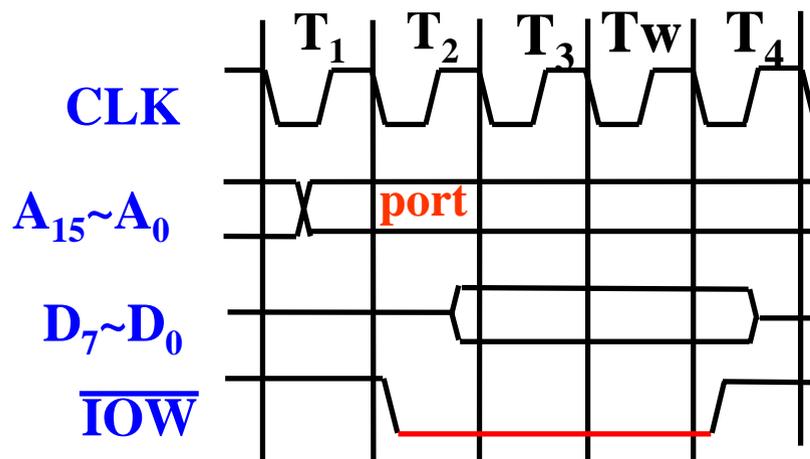


转换一个数据的程序段：

MOV AL, data ;取数字量

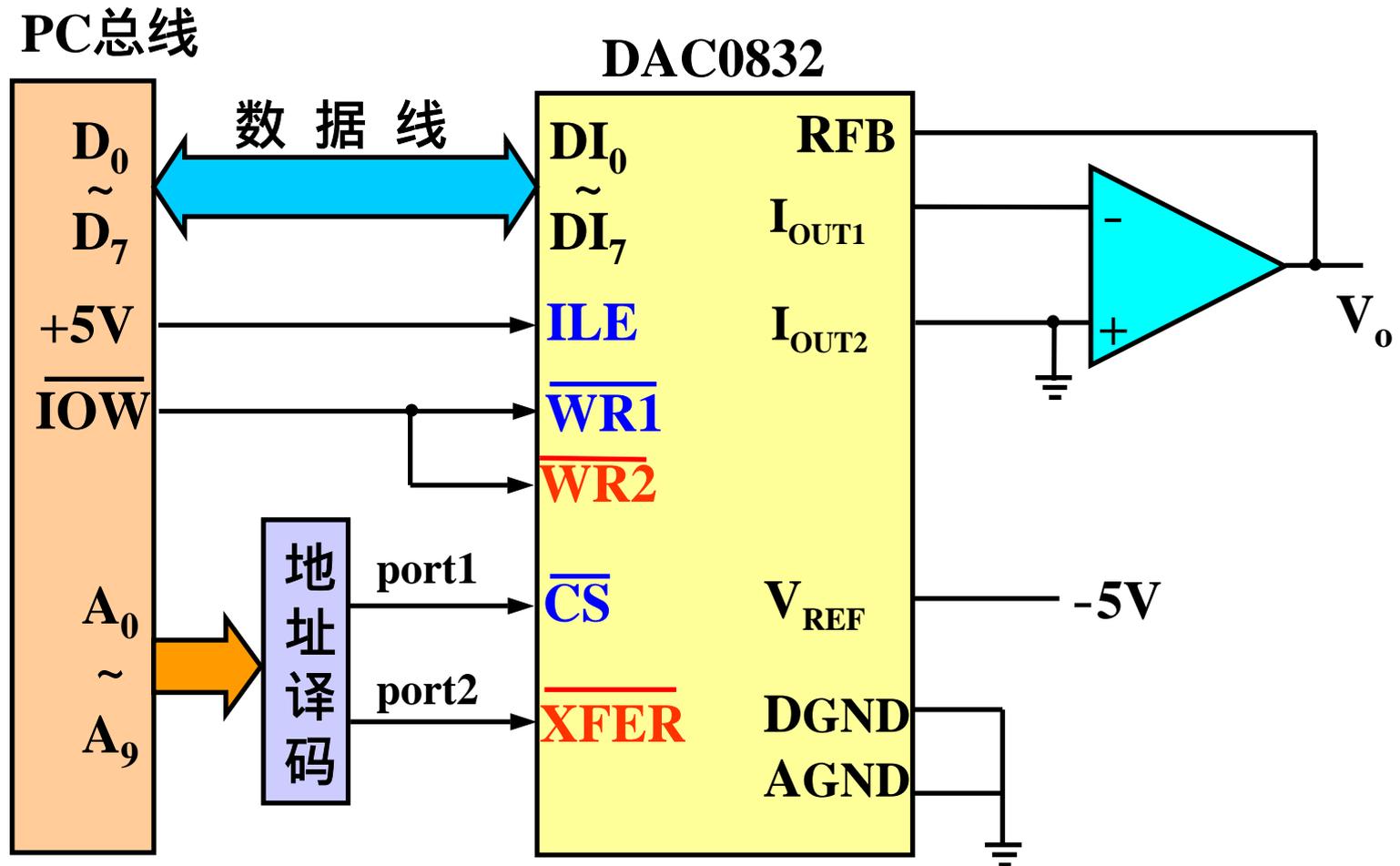
MOV DX, port

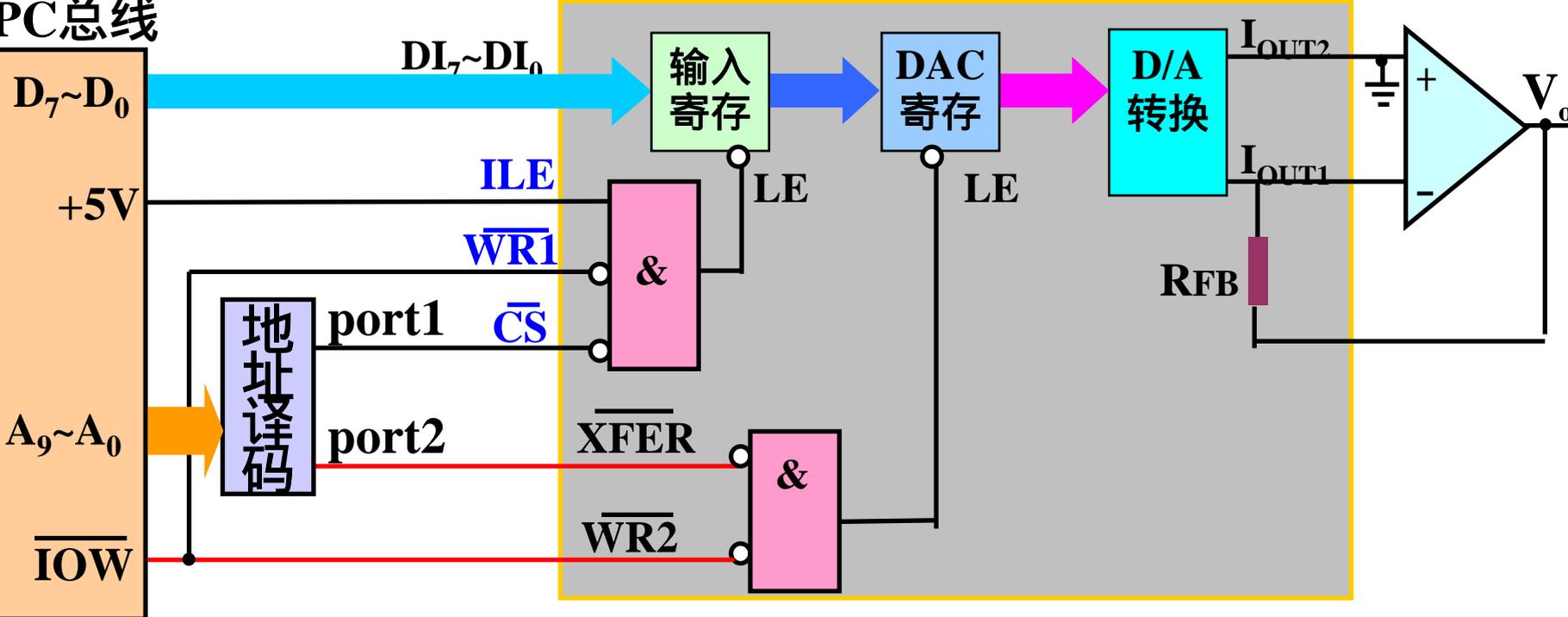
OUT DX, AL



PC 总线I/O写时序

2) 双缓冲工作方式: 两个寄存器均工作于受控锁存器状态





转换一个数据的程序段：

`MOV AL, data ;取数字量`

`MOV DX, port1`

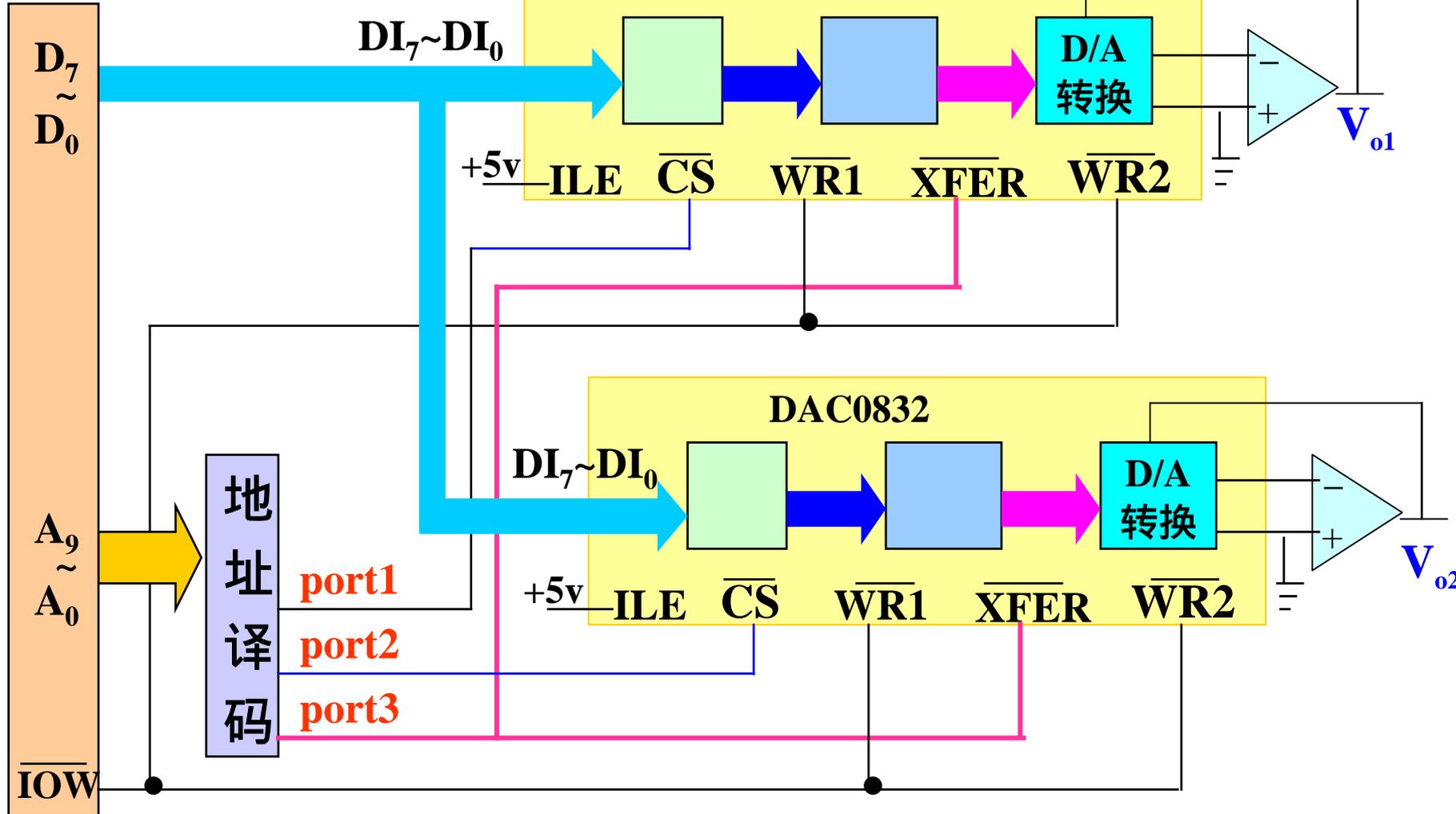
`OUT DX, AL ;打开第一级锁存`

`MOV DX, port2`

`OUT DX, AL ;打开第二级锁存`

当要求多个模拟量同时输出时，可采用双重缓冲方式。

PC总线



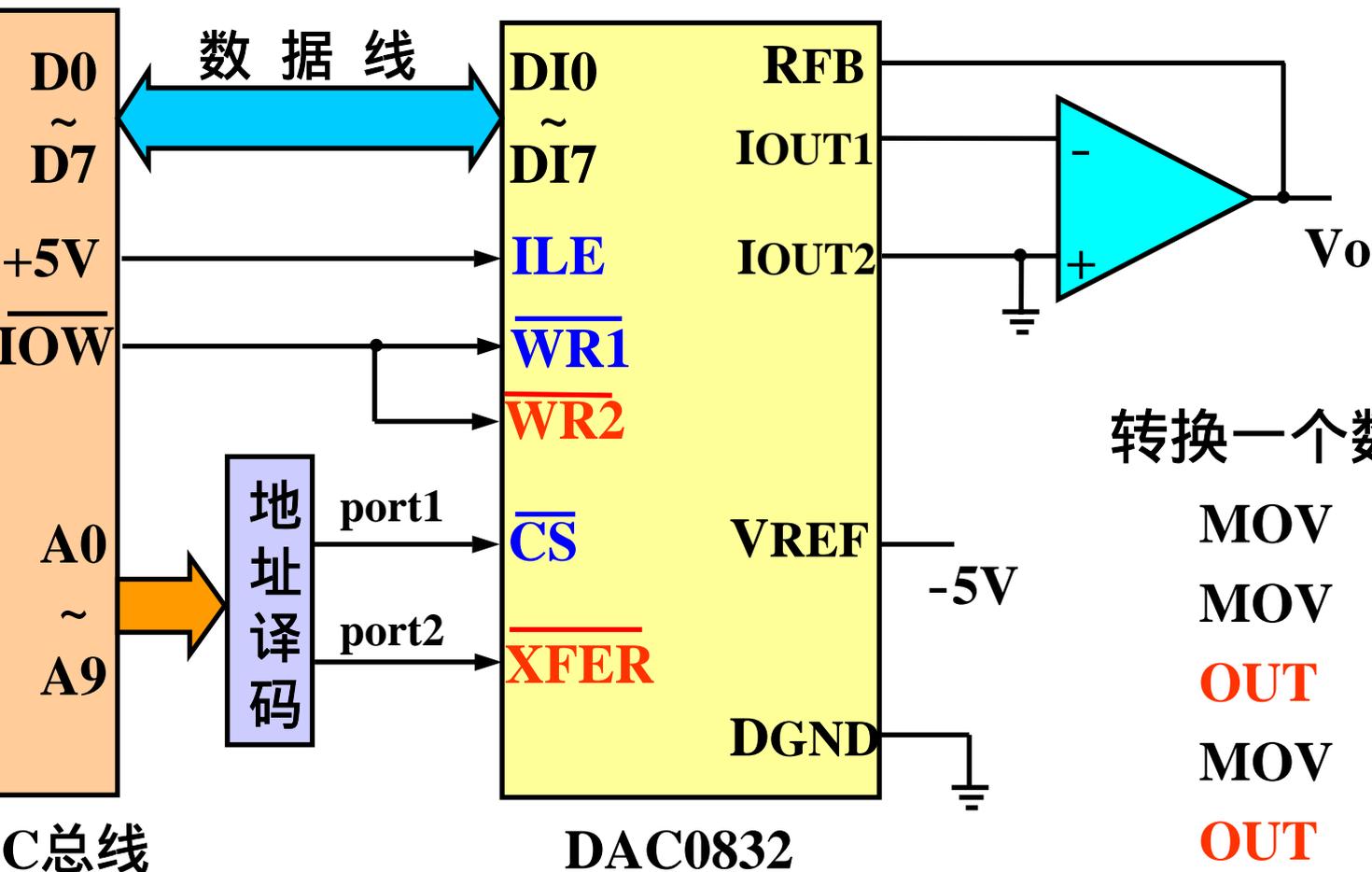
思考：相应的程序如何编写？

编程：利用上图，将datav1和datav2处的两组数据，一一对应转换成模拟量同时输出。

```
code    SEGMENT
        ASSUME  CS:code,DS:code
datav1  DB  11h,12h,13h,14h,15h,16h,17h,18h,19h,1Ah
datav2  DB  21h,22h,23h,24h,25h,26h,27h,28h,29h,2Ah
start:  MOV     AX,code
        MOV     DS,AX
        LEA    SI,data_v1
        LEA    BX,data_v2
        MOV    CX,10
next:   MOV     AL,[SI]      ;取V1的数据
        OUT    port1,AL     ;打开第一片0832第一级锁存
        MOV     AL,[BX]     ;取V2的数据
        OUT    port2,AL     ;打开第二片0832第一级锁存
        OUT    port3,AL     ;打开两片0832的第二级锁存
        INC    SI
        INC    BX
        LOOP   next
        MOV    AH,4CH
        INT    21H
code    ENDS
        END    start
```

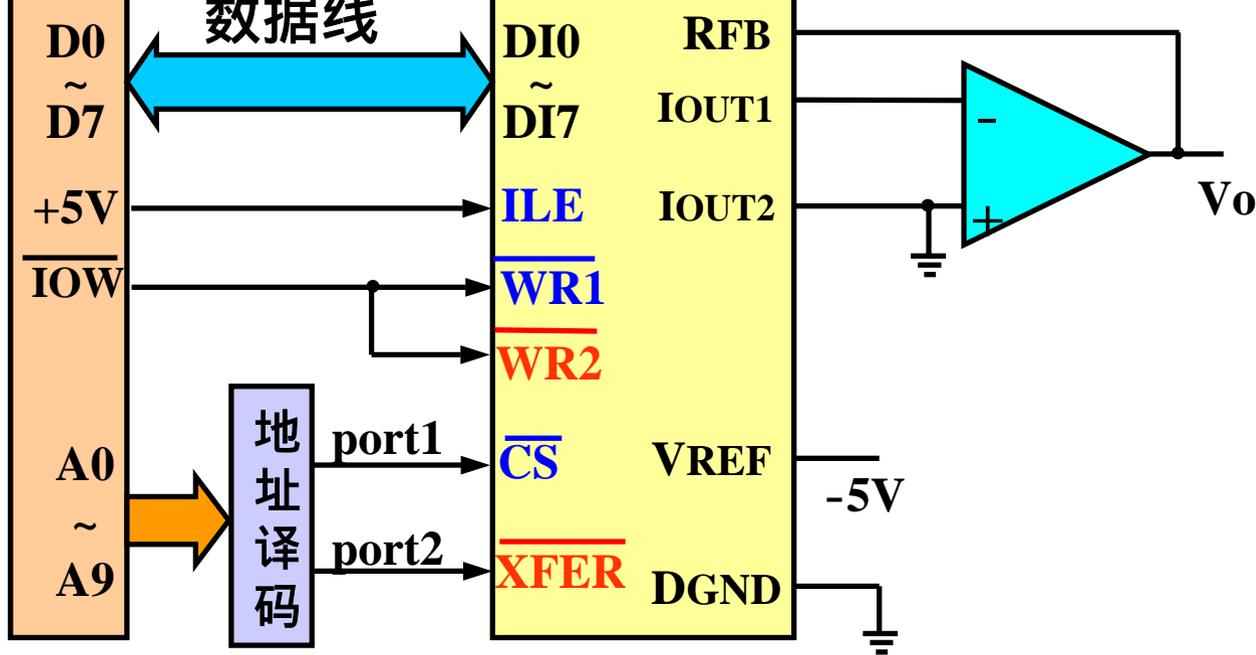
3. 应用举例(调幅)

例1 连线如图，计算当数字量为0CDH时的输出 V_o 。



转换一个数据的程序段

```
MOV AL, 0CDH
MOV DX, port1
OUT DX, AL
MOV DX, port2
OUT DX, AL
```



调幅分析：当数字量为**0FFH=255**时， $I_{OUT1} = \frac{255V_{REF}}{256R_{FB}}$

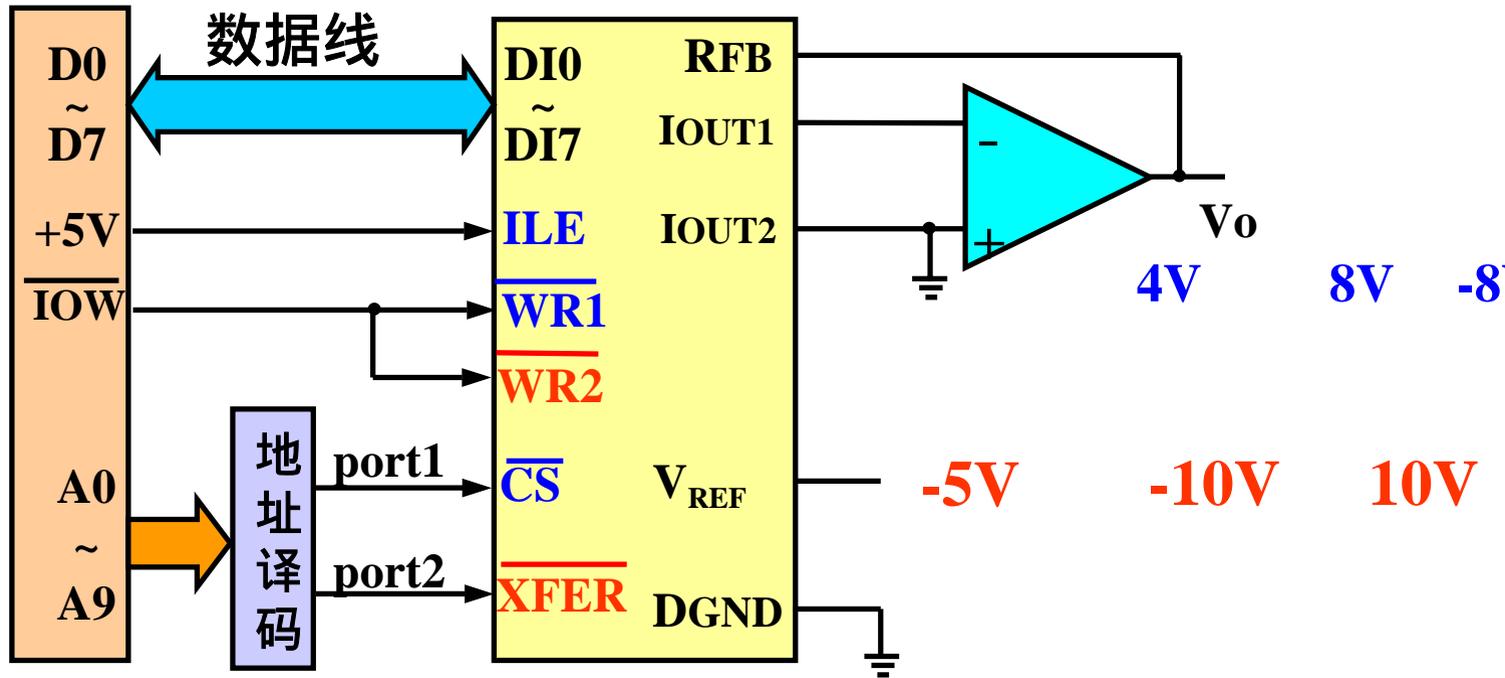
$$V_0 = - I_{OUT1} \times R_{FB} = - \frac{255 V_{REF}}{256}$$

所以：当数字量为**0CDH=205**， $V_{REF} = -5V$ 时：

$$V_0 = - \frac{205V_{REF}}{256} = 4V$$

注意： V_o 的输出与参考电压 V_{REF}

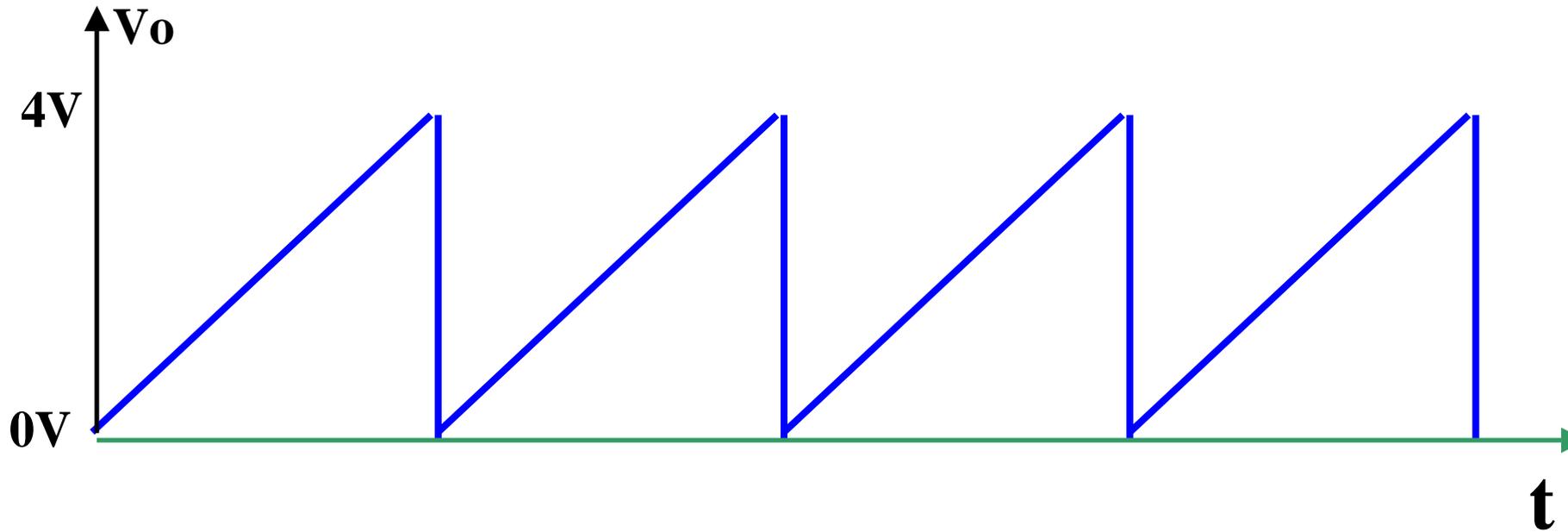
以及输出的连接方法（同相还是反相）有关。



上例中，若 V_{REF} 接的是-10V，则 $V_o = 8V$

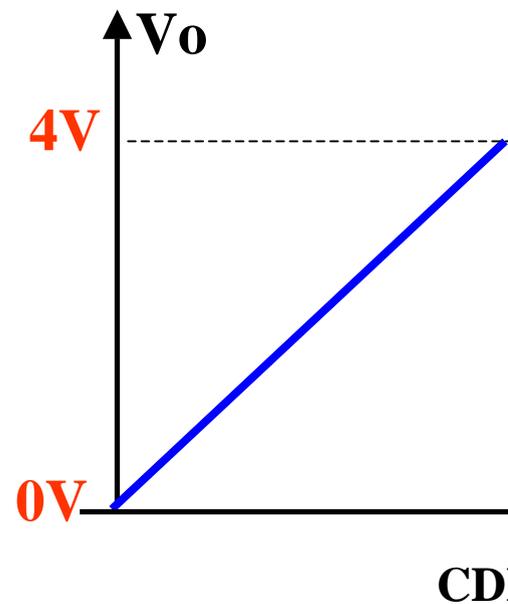
若 V_{REF} 接的是10V，则 $V_o = -8V$

例2 利用上例连线图，编程输出一锯齿波。

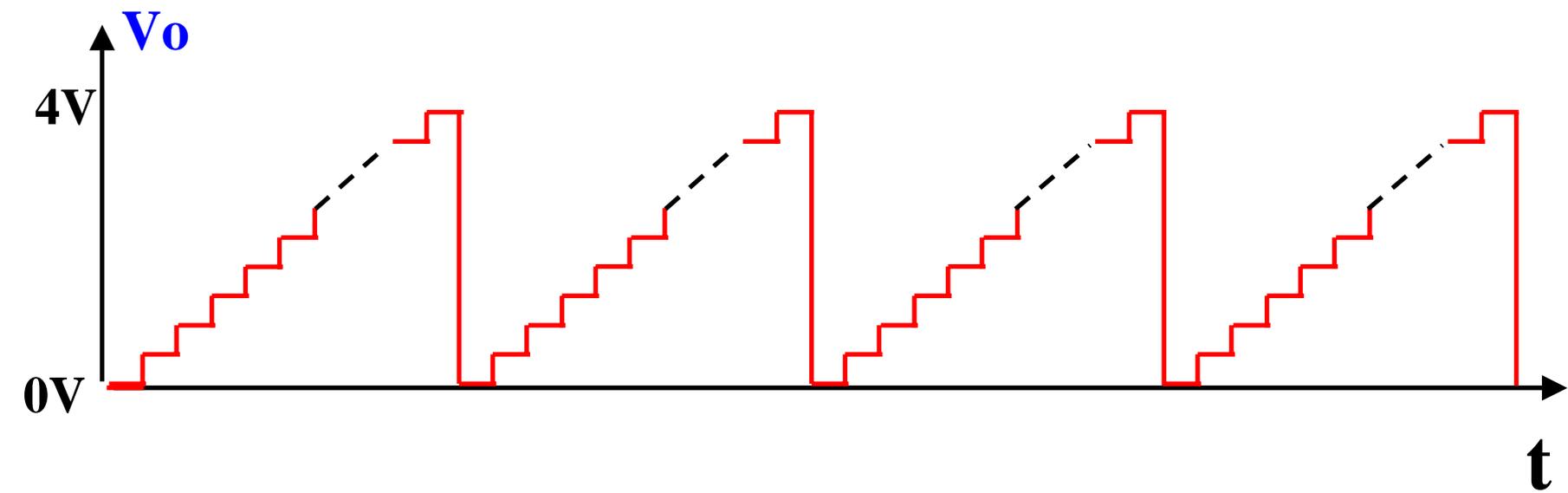


调频：

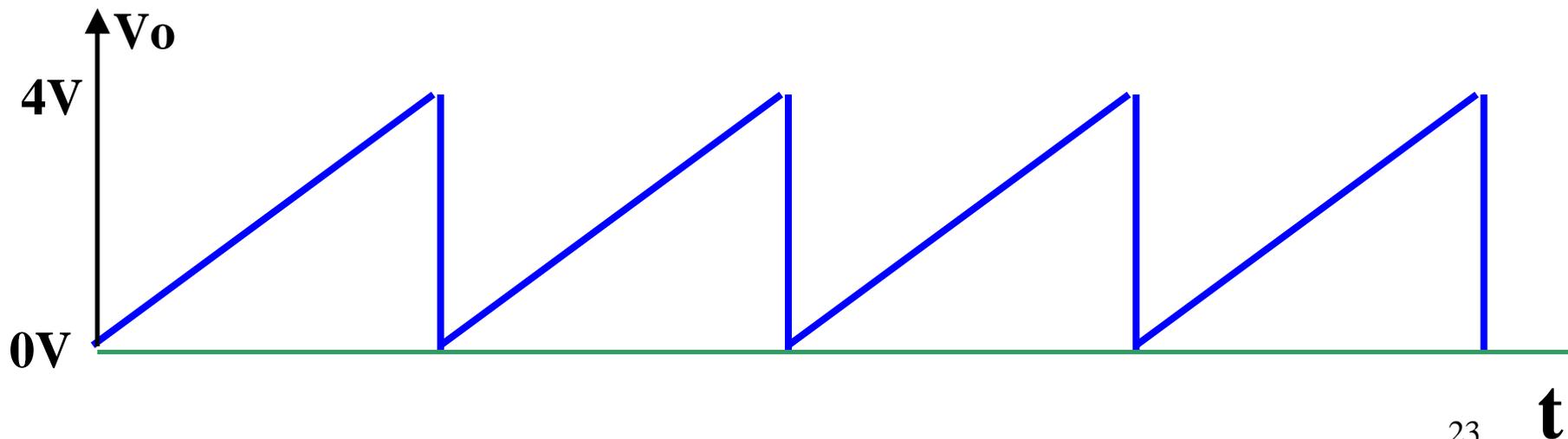
```
code SEGMENT
    ASSUME CS:code
start: MOV  CX, 8000H    ;波形个数
      MOV  AL, 0        ;锯齿谷值
next:  MOV  DX, port1   ;打开第一级锁存
      OUT  DX, AL
      MOV  DX, port2   ;打开第二级锁存
      OUT  DX, AL
      CALL delay       ;控制锯齿波的周期
      INC  AL          ;修改输出值
      CMP  AL, 0CEH    ;比较是否到锯齿峰值
      JNZ  next        ;未到跳转
      MOV  AL, 0       ;重置锯齿谷值
      LOOP next        ;输出个数未到跳转
      MOV  AH, 4CH     ;返回DOS
      INT  21H
;子程delay (略)
code ENDS
      END  start
```



实际输出的波形图



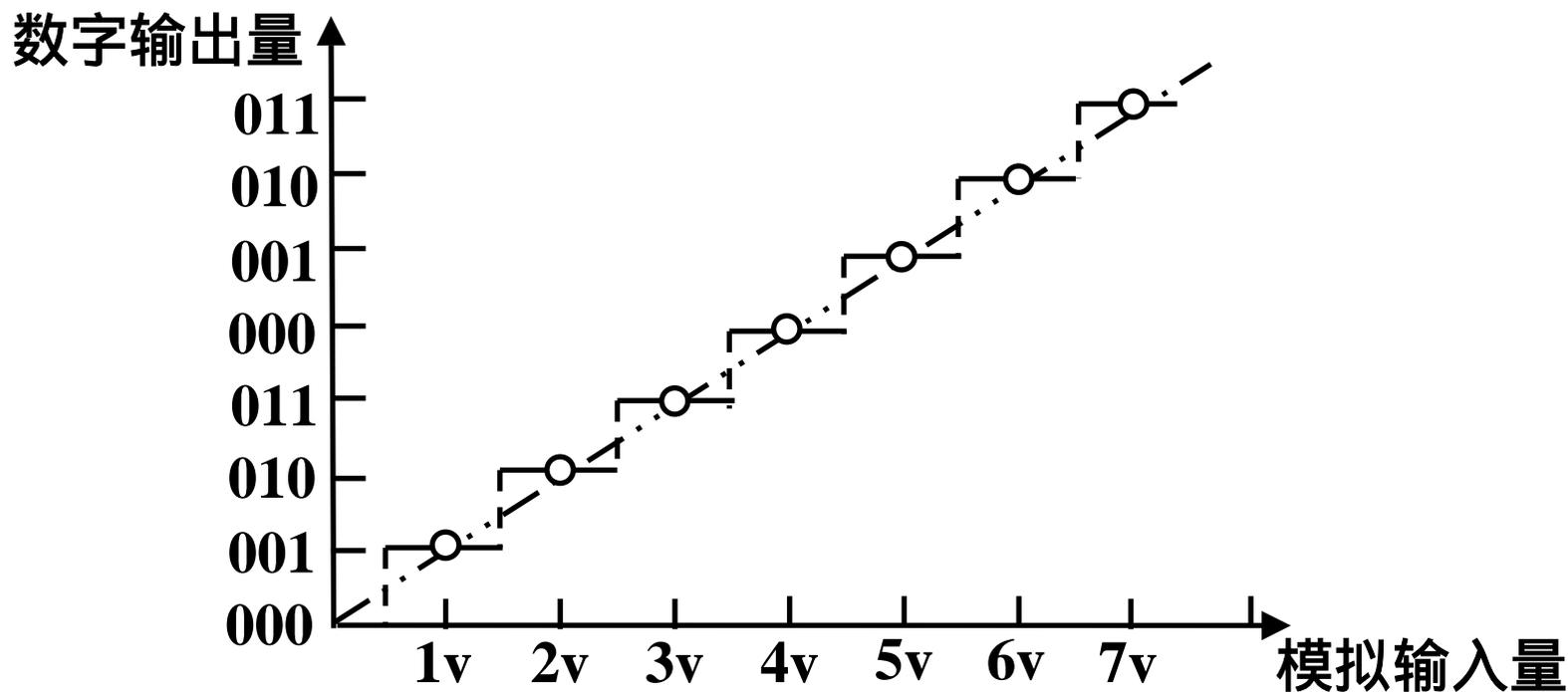
不是



第三节 模/数转换器

- 一、A/D 转换器的基本原理(自学)
- 二、A/D转换器的技术指标(自学)
- 三、A/D转换器及其连接
- 四、典型A/D转换器

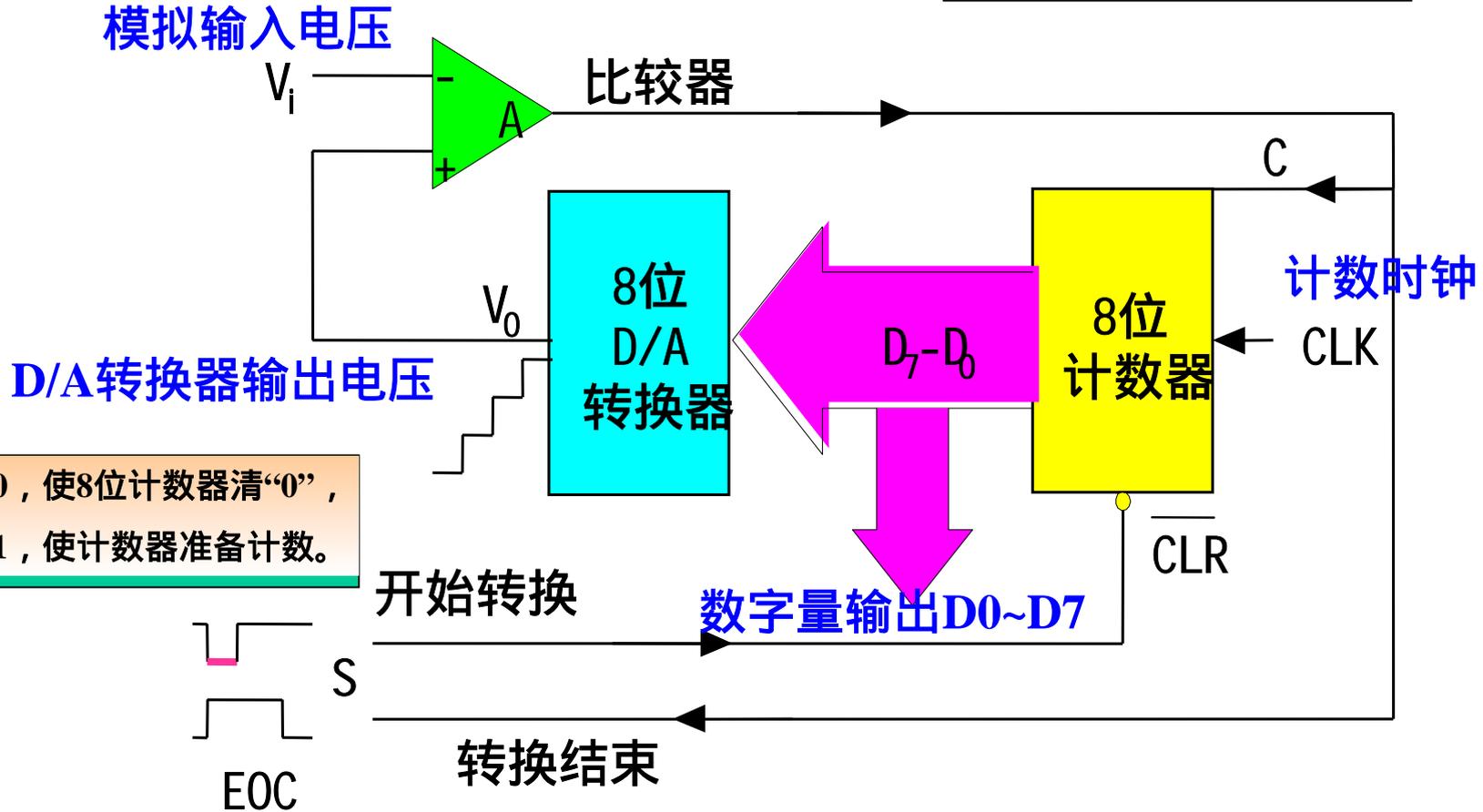
一、A/D 转换器的基本原理（自学）



工作原理	特点
计数式	结构简单、原理清楚 转换速度慢 精度低, 实际少用
双积分式	精度高 转换速度慢
逐次逼近式	转换速度较快 精度较高 实际常用
高速并行式	转换速度快 价格高

□ 计数式A/D转换由8位D/A转换器、8位计数器和比较器组成。

C为计数器控制端：
C=1，开始计数；
C=0，停止计数。



S=0，使8位计数器清“0”，
S=1，使计数器准备计数。

• 启动信号S :

S端  : 使8位计数器清“0” ,

S端  : 计数器准备计数。

• 8位D/A转换器 : 数字量00H  0V电压输出 V_0 。

当 $V_i > V_0$ 时 , $C=1$, 计数器从0开始计数 ,

只要 $V_i > V_0$, $C=1$, 计数器不断计数 ,

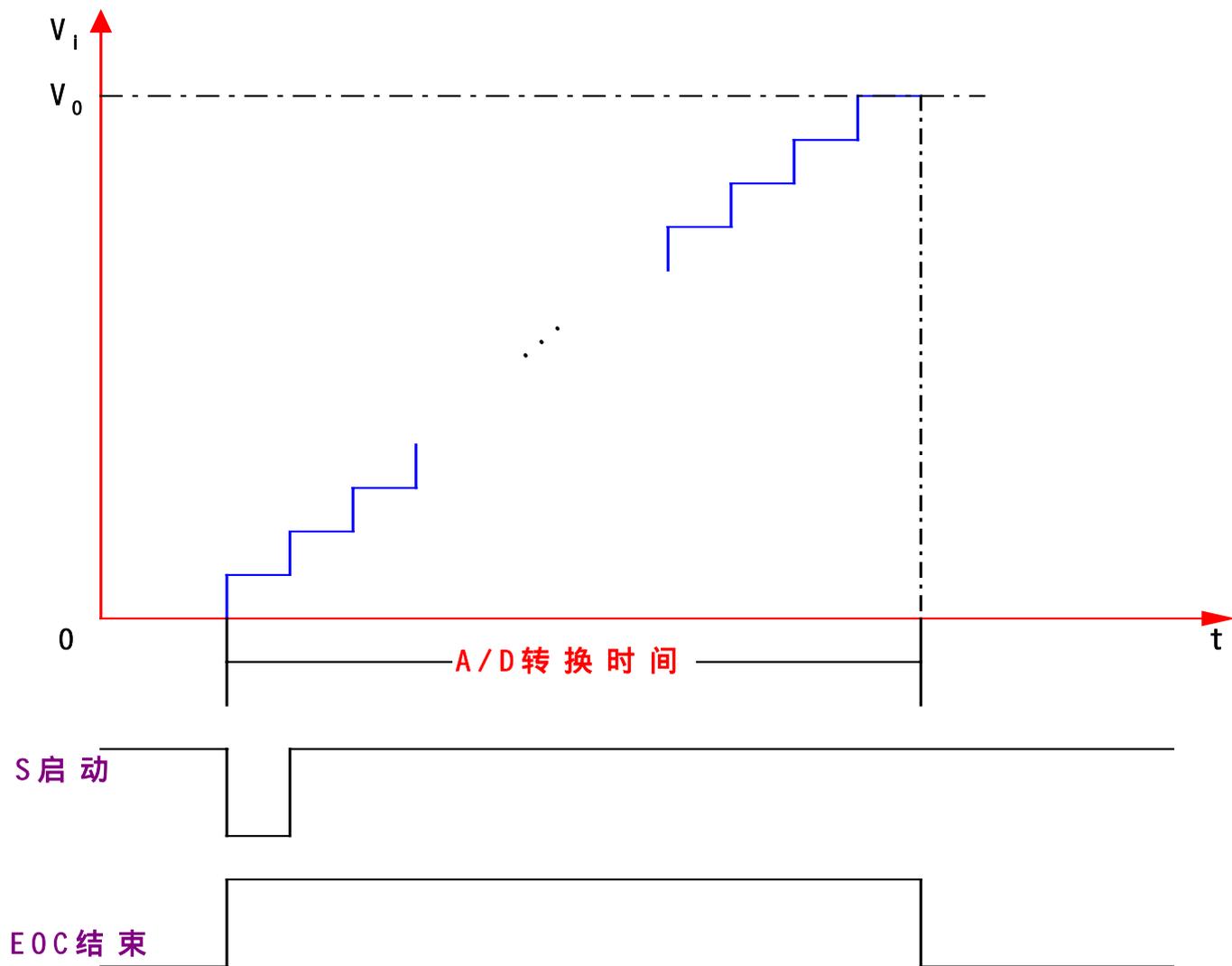
当 $V_0 \geq V_i$ 时, $C=0$, 计数器停止计数。

• D7-D0为 V_i 所对应的数字量。实现了A/D转换。

C的  表示A/D转换结束 ,

可以作为中断请求信号或作为查询用。

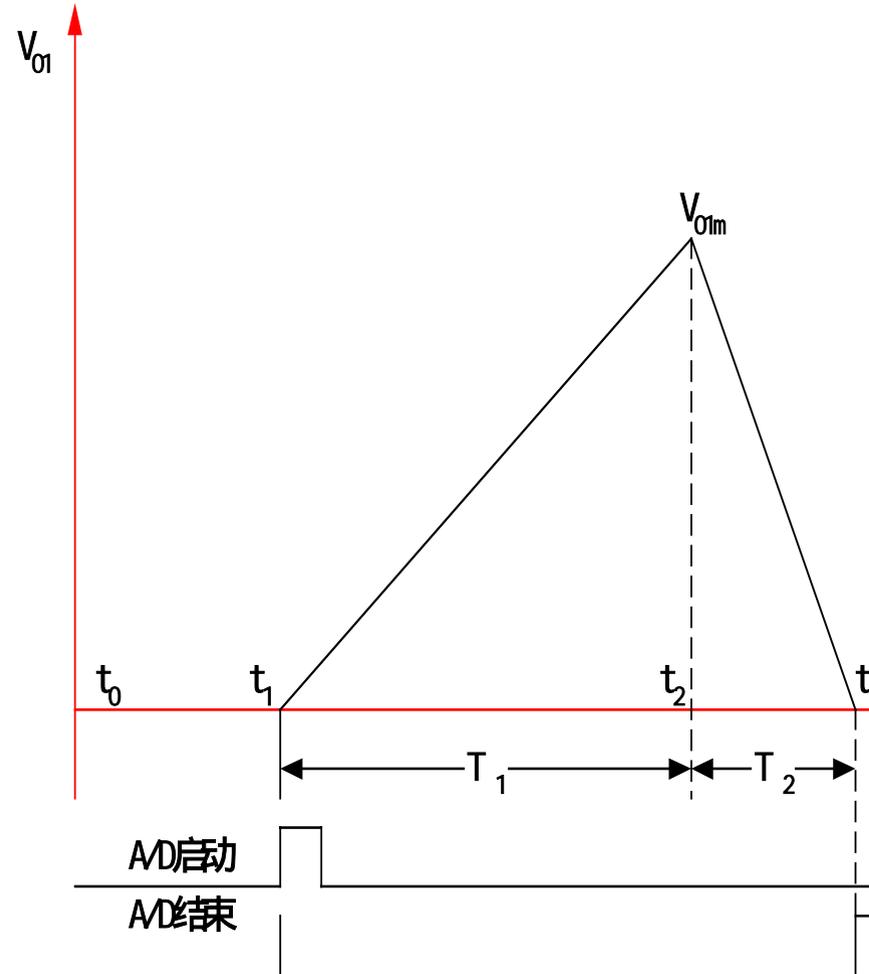
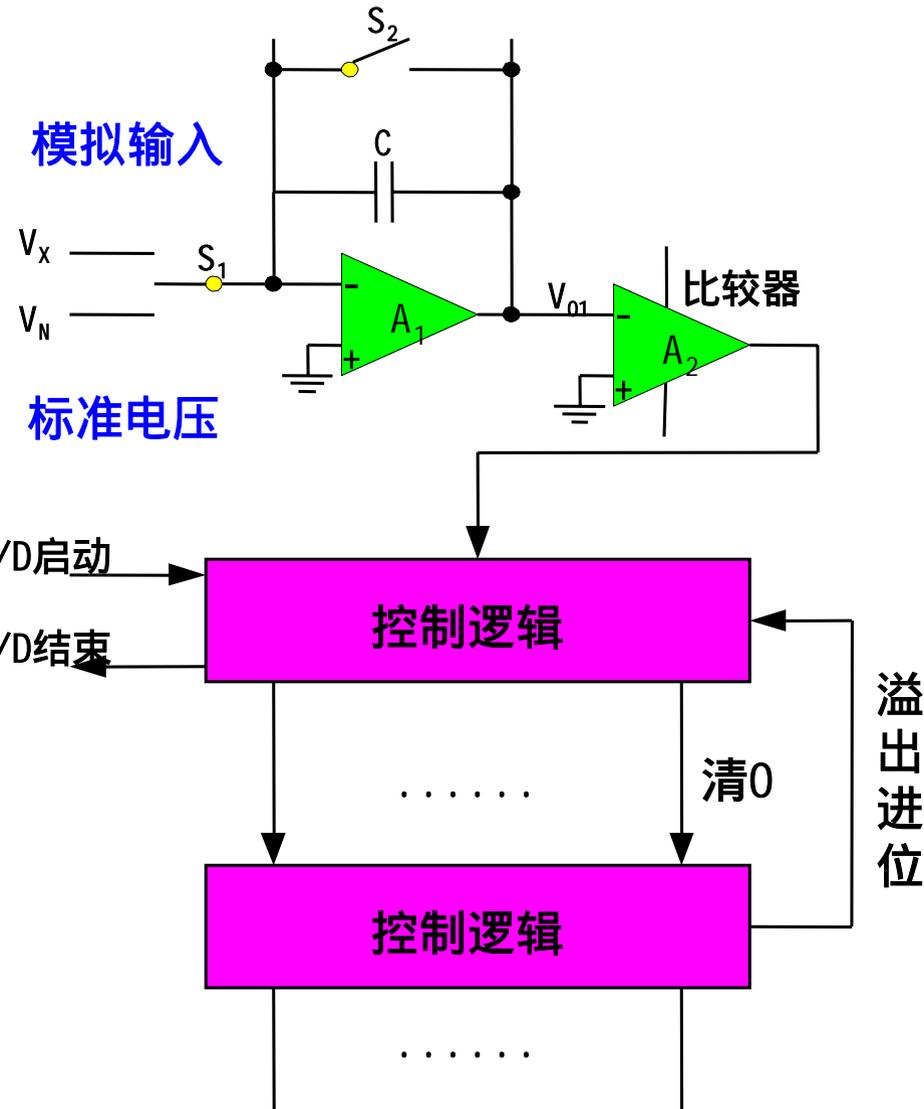
计数式A/D转换时间图



□ 双积分式A/D转换

- 积分法A/D转换种类：
 双斜率、单斜率、多斜率三种。
 仅介绍双斜率法（又称为双积分法）。
- 双积分式A/D转换器组成：
 积分器A1；
 零电压比较器A2；
 计数器；
 控制逻辑；
 标准电压等。

双积分式A/D转换



双积分式A/D转换

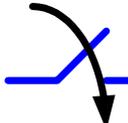
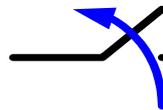
•A/D转换通过采样和测量进行二次积分来完成的。

•工作过程如下：采样和测量

•计数器清“0”，

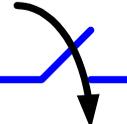
启动脉冲将开关S2  瞬时接通，积分器A1输出 $V_{o1}=0V$ ，

•采样：

开关S₁  接通模拟输入 V_x ，S₂  断开，积分器（ V_x 为负）进行正向积分，采样开始，

积分器 V_{o1} 稍高于地几个毫伏，比较器A2输出  1，计数器开始计数
计数器产生溢出，计数器各位清“0”，采样结束。

•测量：

•将S1  倒向标准电压 V_N ，测量开始，

• V_N 为正电压，进行反向积分。

• V_{o1} 高于地电位，比较器输出为1，计数器又开始计数，直到 $V_{o1}=0$ 为止，输出A/D结束信号。

□ 采样阶段的正向积分。

设正向积分时间为 T_1 ，则积分输出：

$$V_{01} = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} (V_x) dt = -\frac{T_1}{RC} \frac{1}{T_1} \int_{t_1}^{t_2} (V_x) dt$$

$$\overline{V_x} = \frac{1}{T} \int_{T_1}^{T_2} (-V_x) dt$$

$$\text{当 } t=t_2 \text{ 时, } V_{01m} = \frac{1}{RC} T_1 \overline{V_x}$$

□分析测量阶段反向积分:

设反向积分时间为 T_2 ，则:

$$V_{01} = V_{01m} + \left[- \frac{1}{RC} \int_{t_2}^{t_3} V_N dt \right]$$

• 当 $t=t_3$ 时, $V_{01}=0$, 所以 $0 = V_{01m} - \frac{1}{RC} \int_{t_2}^{t_3} V_N dt$

即 $\frac{T_1}{RC} \overline{V_x} = \frac{V_N T_2}{RC}$, $T_2 = T_1 \overline{V_x} / V_N$

• 若计数时钟频率为 f ，则根据计数 N 可以求得计数时间 T 。

$$T_1 = N_1 / f, \quad T_2 = N_2 / f.$$

$$N_1, V_N \text{ 已知,}$$

$$N_2 = N_1 \frac{\overline{V_x}}{V_N}$$

• $N_2 \overline{V_x}$, N_2 就为A/D转换结果。

□ 逐次逼近式A/D转换

- 逐次逼近式A/D转换是用得最多的一种方法。

- 组成：

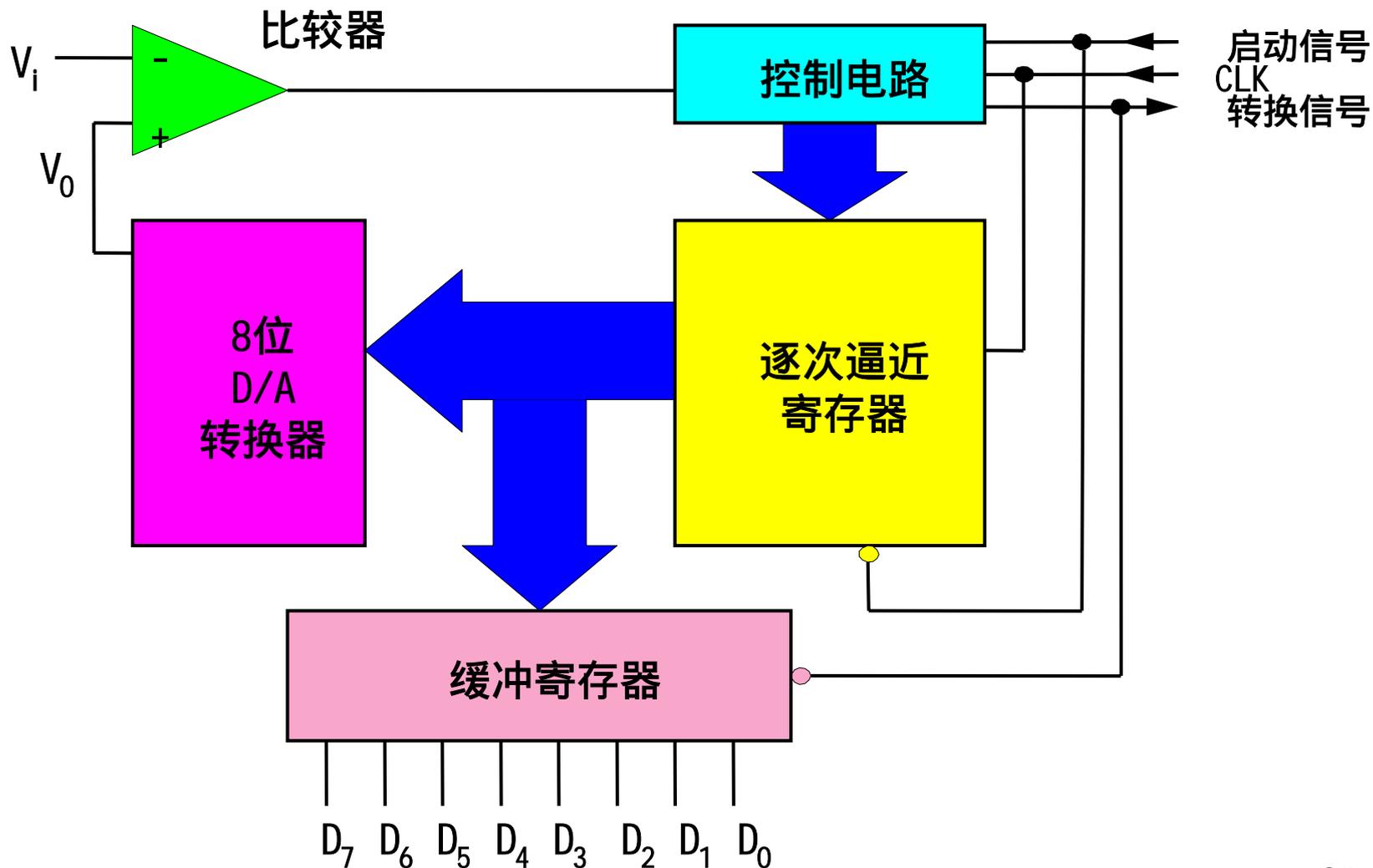
8位D/A转换器、比较器、控制逻辑，逐次逼近寄存器。

- 工作过程：

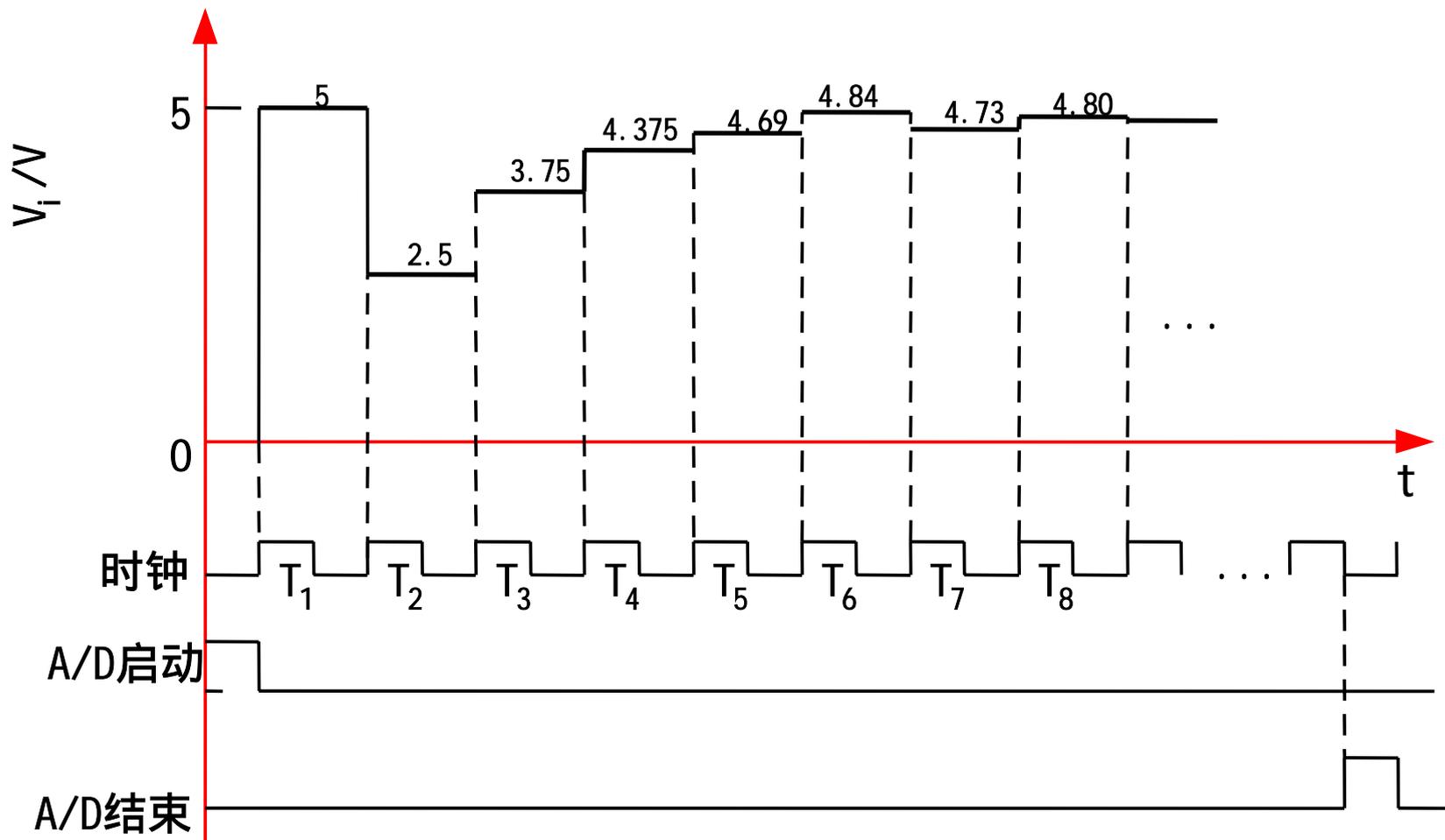
从最高位开始通过试探值逐次进行测试，

直到试探值经D/A转换器输出 V_o 与 V_x 相等或达到允许误差范围为止。则该试探值就为A/D转换所需的数字量。

逐次逼近式A/D转换工作原理图

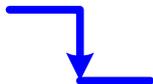


逐次逼近式A/D转换



如：实现模拟电压4.80V相当于数字量123的A / D转换。

具体过程如下：

① 当出现启动脉冲  时，逐次逼近寄存器清“0”；

② 当第一个  T1 到来，逐次逼近寄存器 **最高位D₇置“1”**，

8位D/A转换器输入为10000000B，

输出V_o为满度的一半5V，即满量值的128/255。

若V_o>V_i，比较器输出低电平，

控制电路使逐次逼近寄存器最高位D₇置“0”(反之，置“1”)；

- ③ 当第二个  T₂ 到来，逐次逼近寄存器D₆位置“1”，D/A转换器的数字量输入为01000000B，输出电压为2.5V， $V_o < V_i$ ，比较器输出高电平，将D₆位的“1”保留(否则，将D₆位置“0”)；
- ③ 第三个  T₃ 时钟脉冲来，又将D₅位置“1”……
- ④ 重复上述过程直到D₀位置“1”，再与输入比较。
- ⑤ 经过8次以后，
- ⑥ 逐次逼近寄存器中得到的数字量就是转换结果。
- ⑦ 过程用下表表示。

逐次逼近式A/D转换

设定试探值	D/A输出电压 V_0 (V)	V_0 与 V_i 比较	结果
10000000	5.0	$V_0 > V_i$, $D_7=0$	0
01000000	2.5	$V_0 < V_i$, $D_6=1$	64
01100000	3.75	$V_0 < V_i$, $D_5=1$	$64+32=96$
01110000	4.375	$V_0 < V_i$, $D_4=1$	$64+32+16=112$
01111000	4.69	$V_0 < V_i$, $D_3=1$	$64+32+16+8=120$
01111100	4.84	$V_0 > V_i$, $D_2=0$	$64+32+16+8=120$
01111010	4.76	$V_0 < V_i$, $D_1=1$	$64+32+16+8+2=122$
01111011	4.80	$V_0 < V_i$, $D_0=1$	$64+32+16+8+2+1=123$

比较三种A/D转换方式

- 计数式A/D转换速度慢，价格低，适用于慢速系统；
- 双积分式A/D转换分辨率高，抗干扰性好，但转换速度较慢，适用于中速系统。
- 逐次逼近型A/D转换精度高、转换速度快、易受干扰。
- 微机系统中大多数采用逐次逼近型A/D转换方法。

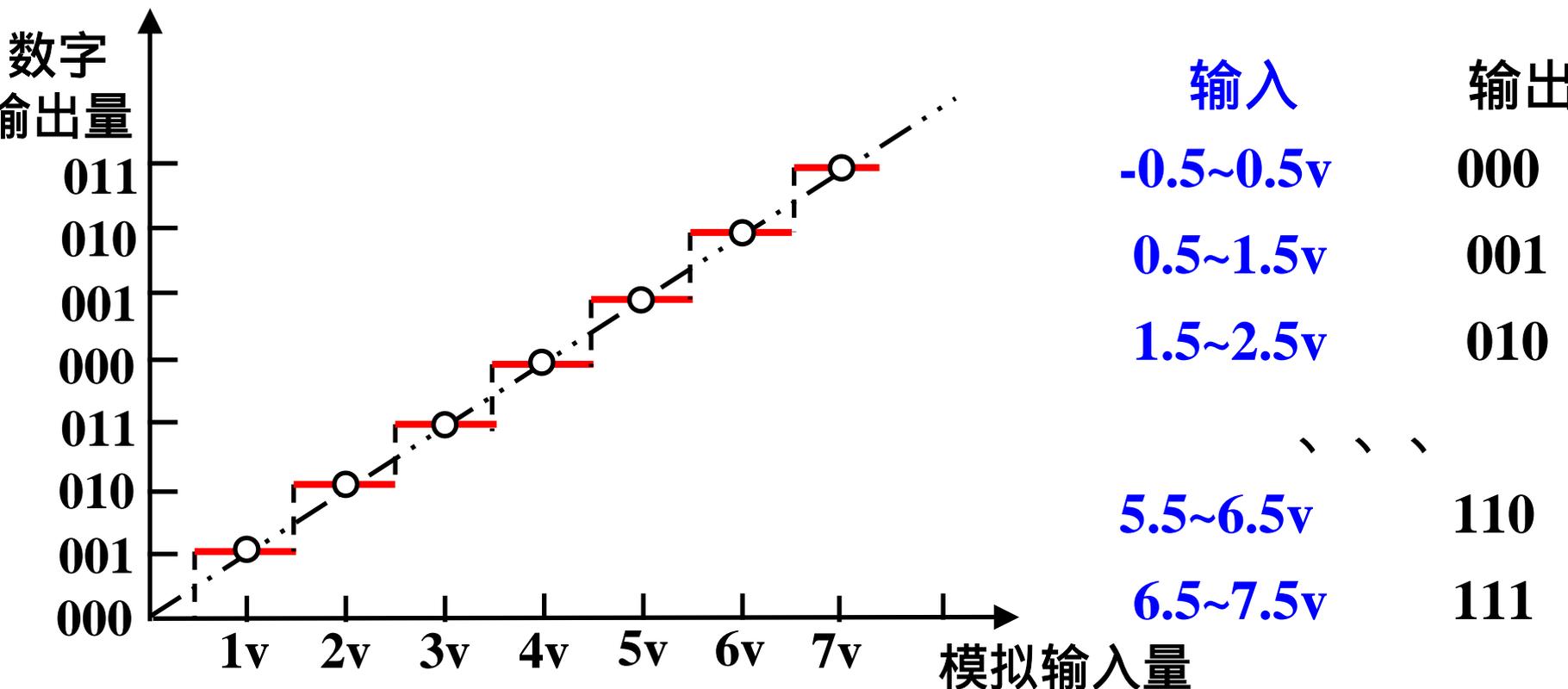
二、A/D转换器的技术指标(自学)

1. 分辨率
2. 转换精度
3. 转换时间和转换率

1. 分辨率

指A/D转换器所能分辨的最小模拟输入量，
或指转换器满量程模拟输入量被分离的级数。

在ADC中，模拟量和数字量之间不是一一对应的关系



A/D 分辨率通常用能转换成的数字量位数表示。

如：8位A/D转换器的分辨率为8位。

10位A/D转换器的分辨率为10位。

2. 转换精度

指在输出端产生给定的数字量，
实际输入的模拟值与理论输入的模拟值之间的偏差。

反应ADC的实际输出接近理想输出的精确程度。

由于在一定范围内的模拟值产生相同的数字量，
取该范围内的中间模拟值计算。

常用数字量最低有效位 **LSB** 对应**模拟量** 的**几分之几**表示。

若ADC在 $\pm\frac{1}{2}$ 范围内产生相对应的**唯一数字量**，
称其精度为 **0LSB**

在此基准上定义ADC精度：

若某ADC在 $\pm\frac{3}{4}$ 范围内产生相对应的**唯一数字量**，
称其精度为 $\pm\frac{1}{4}$ LSB

若某ADC在 \pm 范围内产生相对应的**唯一数字量**，
称其精度为 $\pm\frac{1}{2}$ LSB

3 . 转换时间和转换率

转换时间指完成一次A/D转换所需的时间，
从启动信号开始到转换结束，得到稳定数字量的时间。

转换率是转换时间的倒数。

三、A/D转换器及其连接

1. A/D转换器分类

2. A/D转换器与系统的连接

1. A/D转换器分类

- 按工作原理分
- 按输入方式分
- 按输出方式分
- 按性能特点分
- 按输出是否带三态缓冲分

- 按工作原理分
 - 计数式ADC、 双积分式ADC
 - 逐次逼近式ADC、 并行式ADC
- 按模拟量输入方式分
 - 单极性ADC、 双极性ADC
- 按数字量输出方式分
 - 并行ADC、 串行ADC

● 按性能特点分

按分辨率分

4位、6位、8位、10位、12位、14位、16位、
、

按转换速度分

低速、中速、高速、超高速

(转换时间分别为 1s、 1ms、 1 μ s、 1ns)

按转换精度分

低精度、中精度、高精度、超高精度

按输出是否带三态缓冲分

带可控三态缓冲ADC

如：ADC0809

不带可控三态缓冲ADC

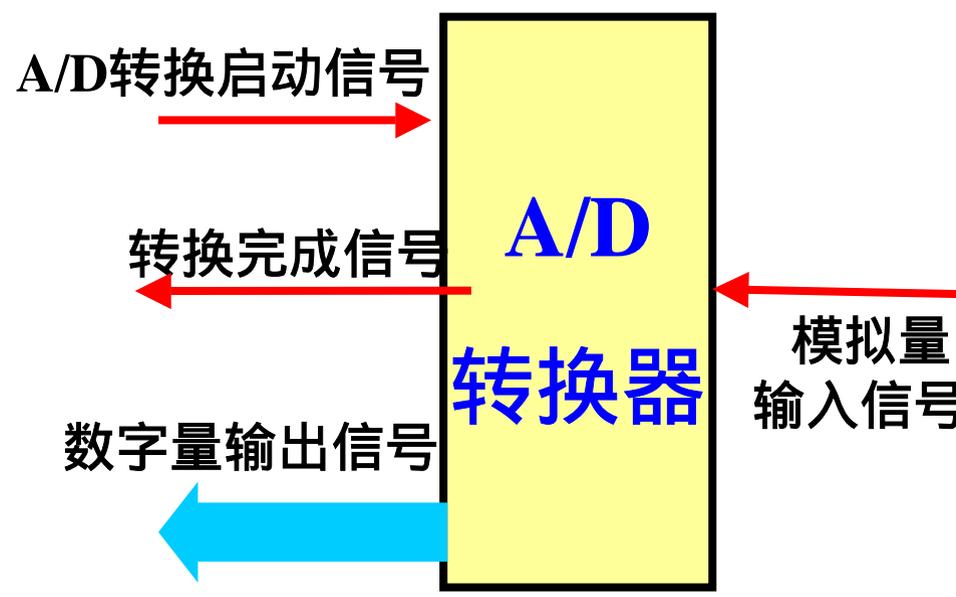
如：AD570、ADC1210

2. A/D转换器及其连接

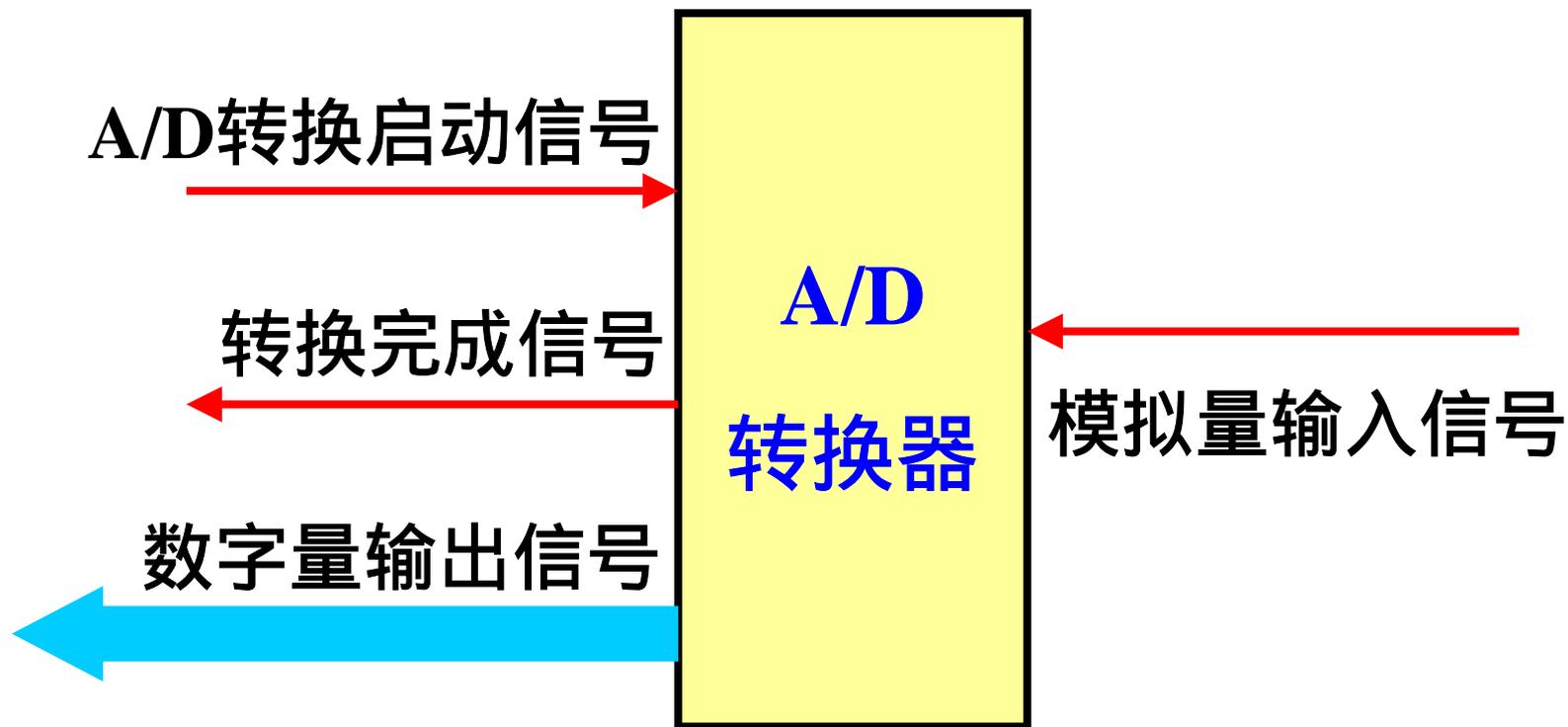
- 1) A/D转换器的典型信号
- 2) A/D转换器各信号与系统的连接

1) A/D转换器的典型信号

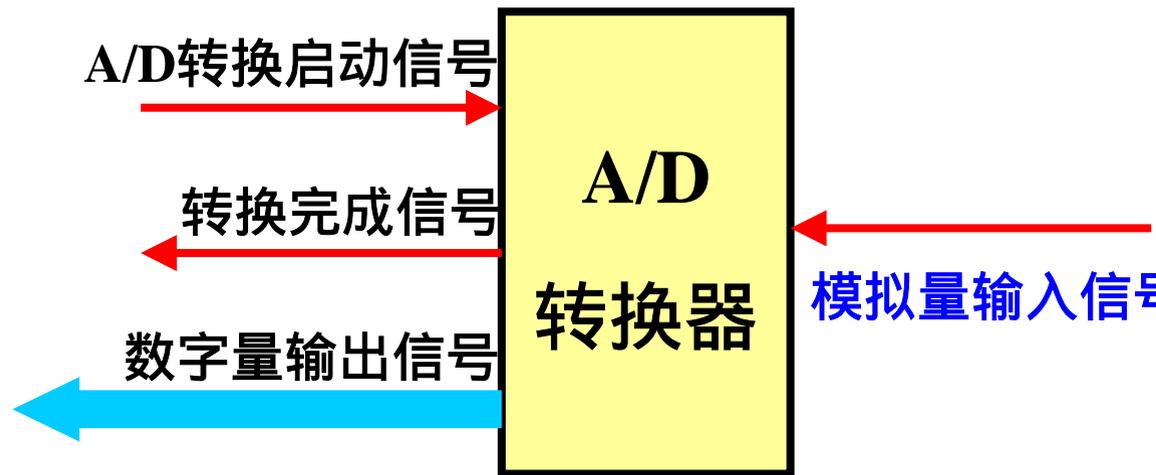
- 模拟量输入信号
- A/D转换启动信号
- 转换完成(结束)信号
- 数字量输出信号



2) A/D转换器各信号与系统的连接



模拟量输入信号



◎注意A/D转换器允许输入的模拟值范围, 不要超出范围

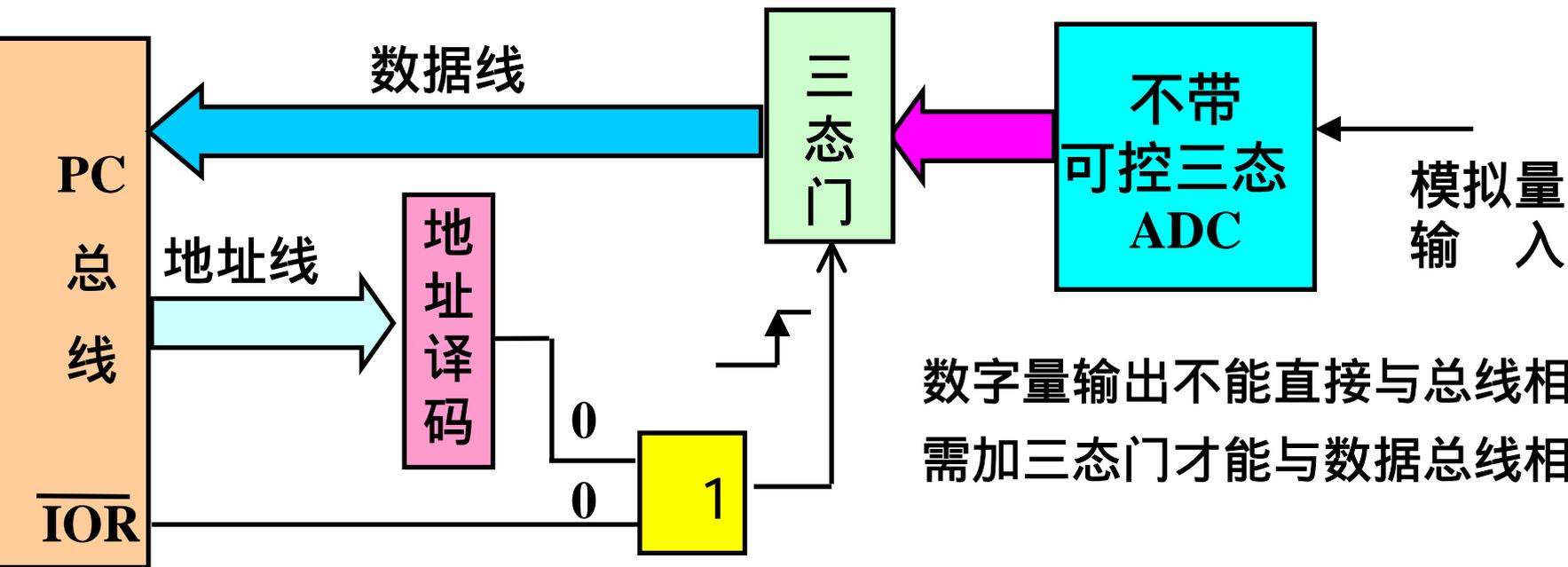
◎为充分发挥A/D转换器的分辨率, 输入量应与转换量程相称。

例如 某A/D转换的范围为 0~10V, 输入的模拟信号为0~5V ,
则应将输入信号放大2倍, 再送入A/D 进行转换。

数字量输出信号

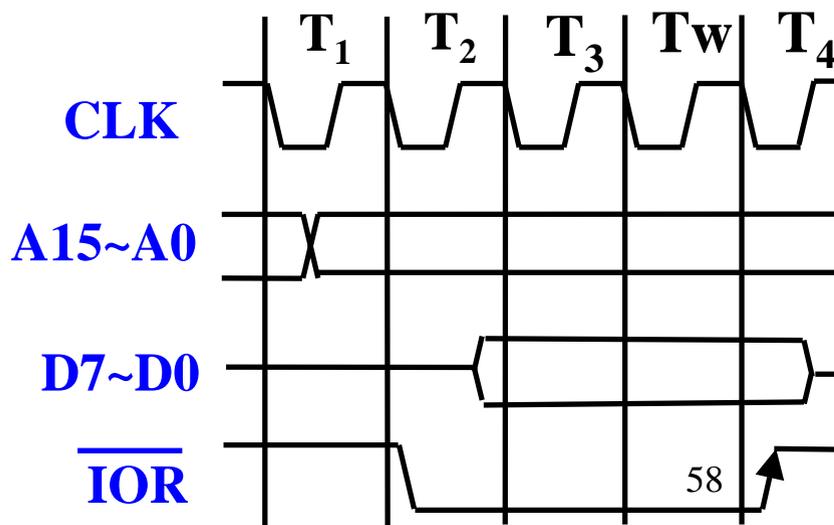
- 输出不带可控三态缓冲器的ADC
- 输出带可控三态缓冲器的ADC
- 输出位数超过微机数据总线的ADC

□ 输出不带可控三态缓冲器的ADC



数字量输出不能直接与总线相连
需加三态门才能与数据总线相连

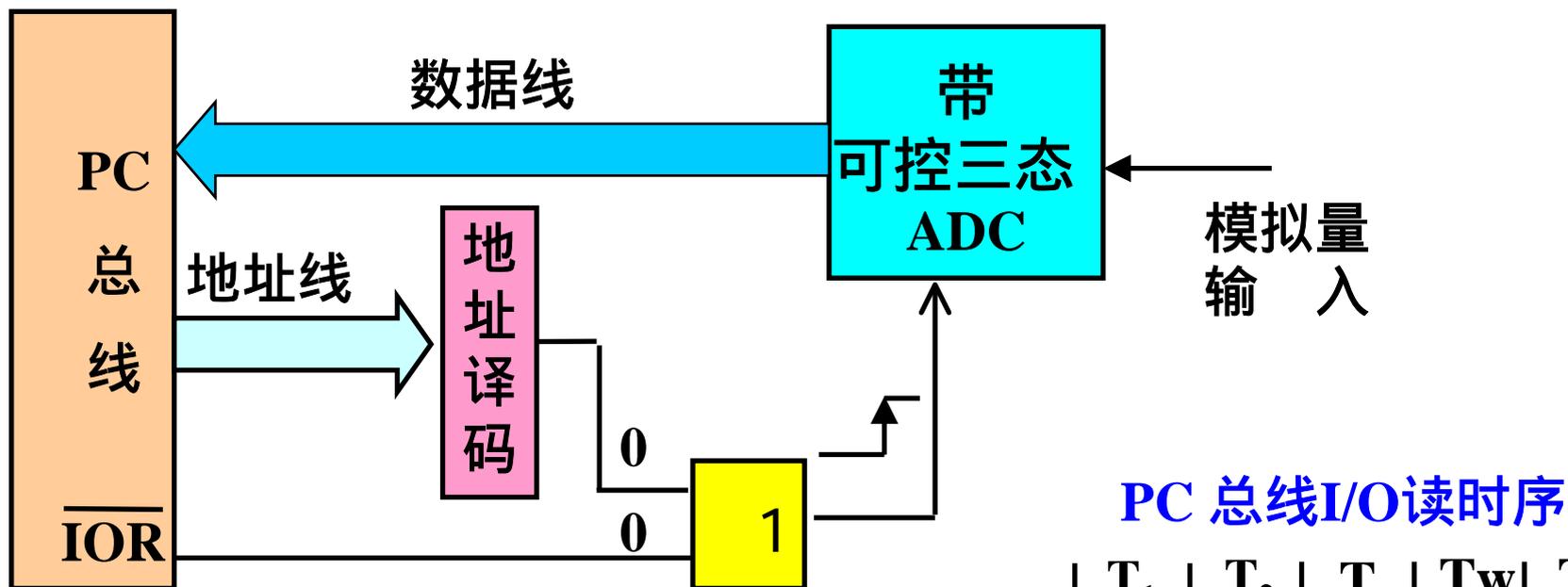
PC 总线I/O读时序



执行 **IN AL, DX** 时：
在 \overline{IOR} 的上升沿控制三态门，
数字量进入CPU

□ 输出带可控三态缓冲器的ADC

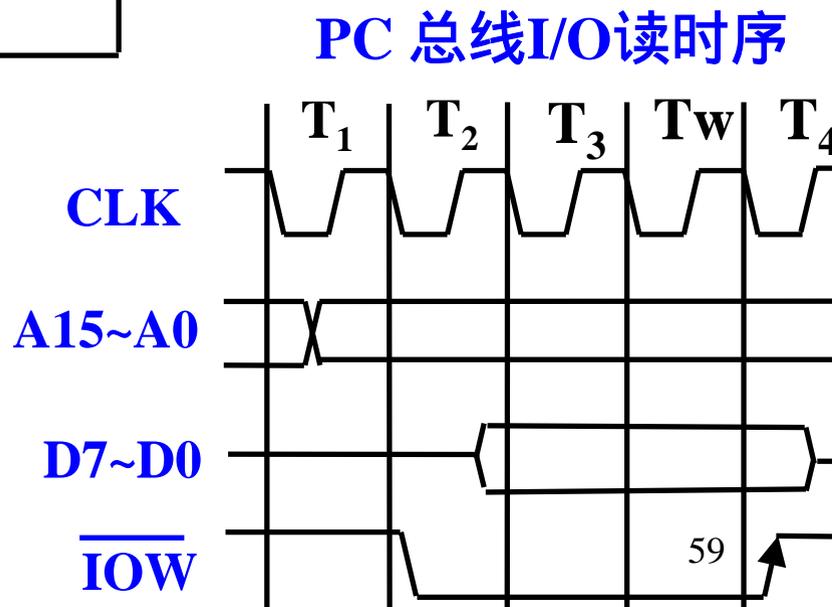
其数字量输出可直接与微机的数据总线相连。



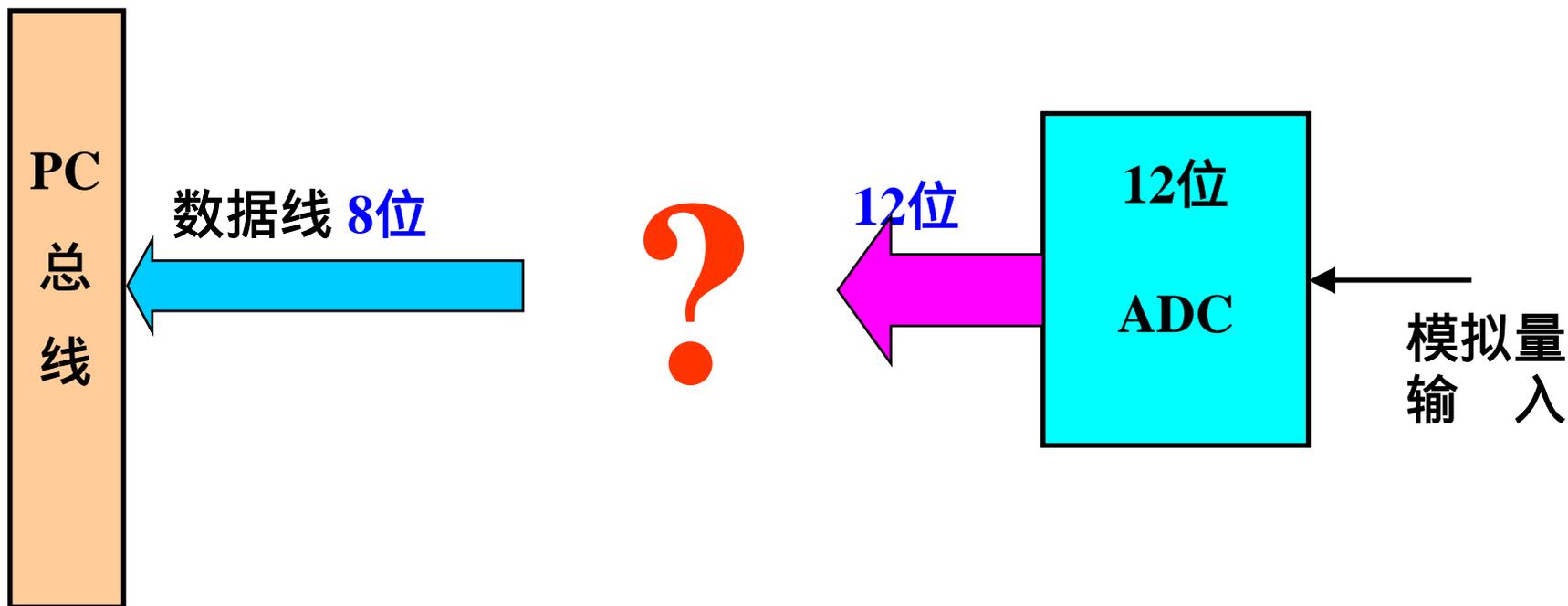
执行 **IN AL, DX** 时：

在 \overline{IOR} 的上升沿打开三态门，

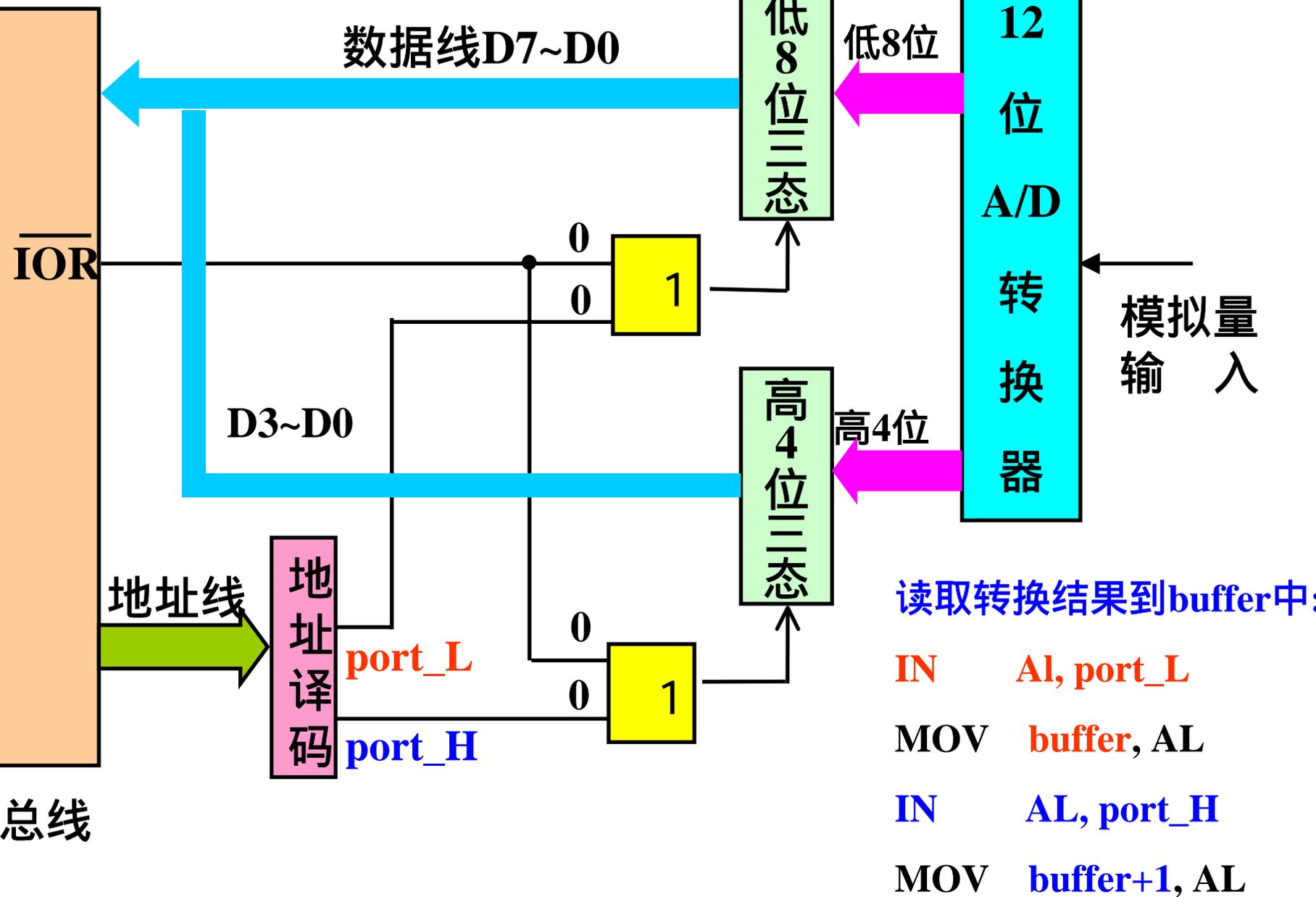
数字量进入CPU



❑ 输出数字量位数超过微机数据总线的ADC

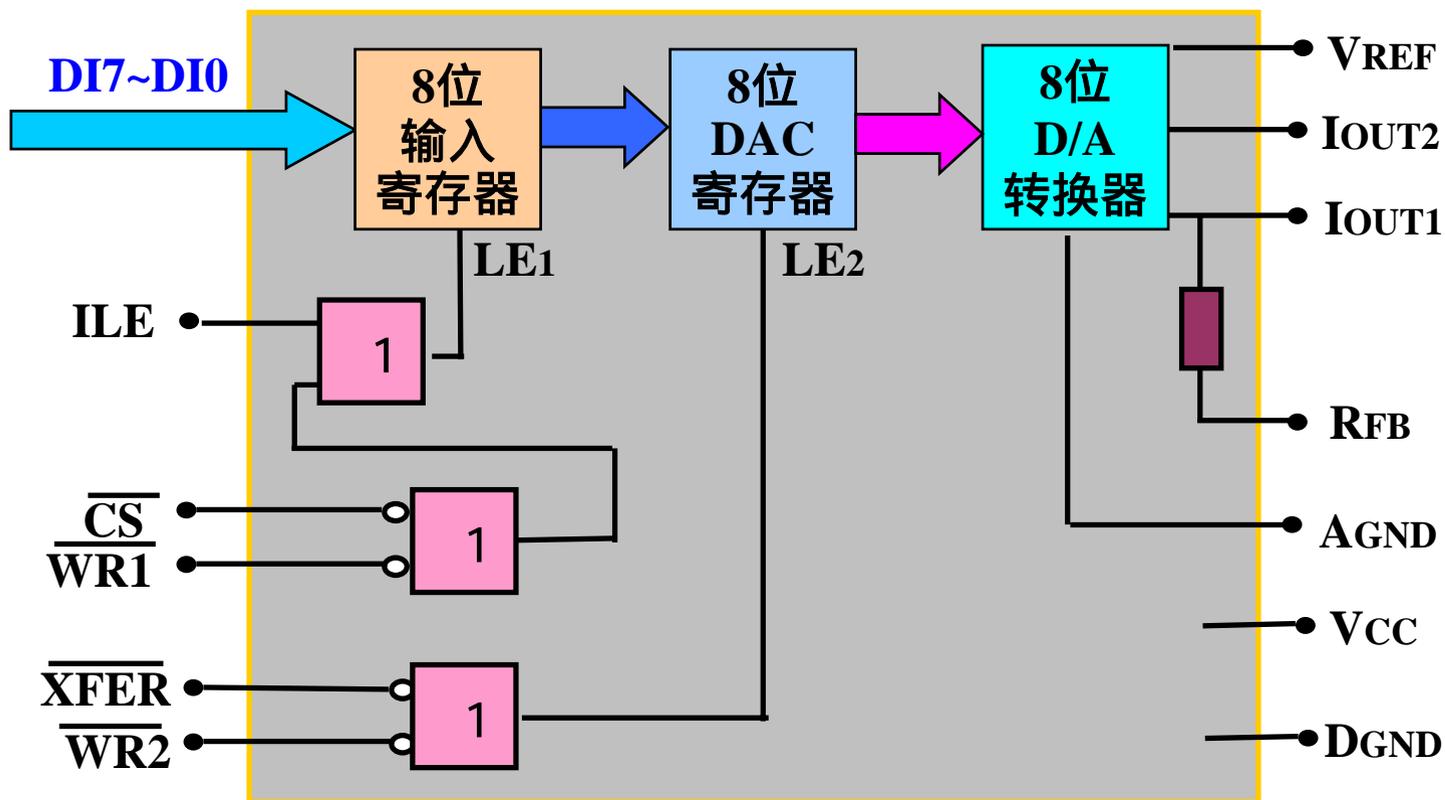


ADC的转换结果不能一次进入CPU，需按字节分多次读取。

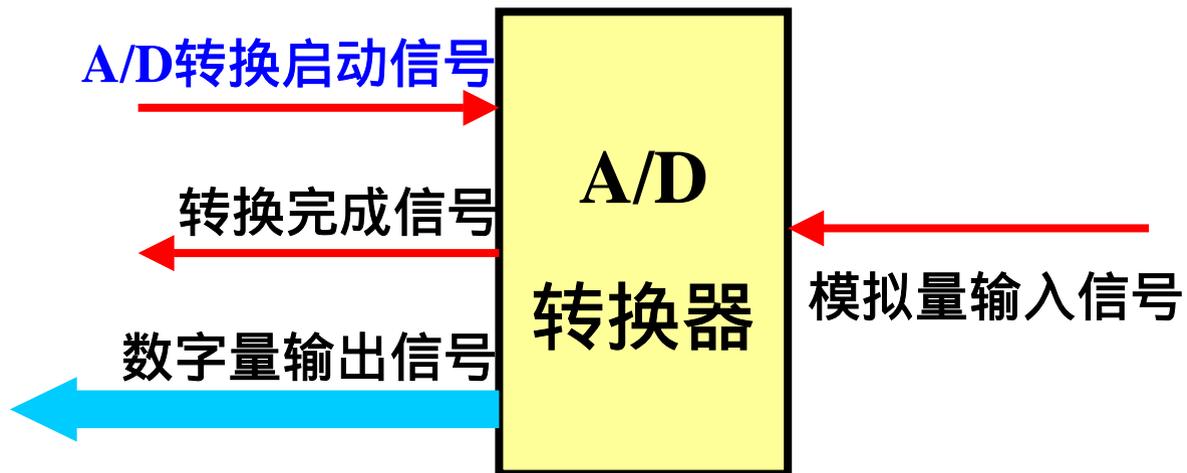


A/D转换启动信号

- 对D/A芯片，只要数字信号进入转换电路，就开始D/A转换，无启动信号。



- 而A/D芯片，每进行一次数据转换，均受启动信号控制，在启动信号有效之后，才开始一次A/D转换，得到一个数字量。



- 对一个连续的模拟信号进行A/D转换时，在一个数据转换完成之后，应再发启动信号，开始下一个数据的转换。

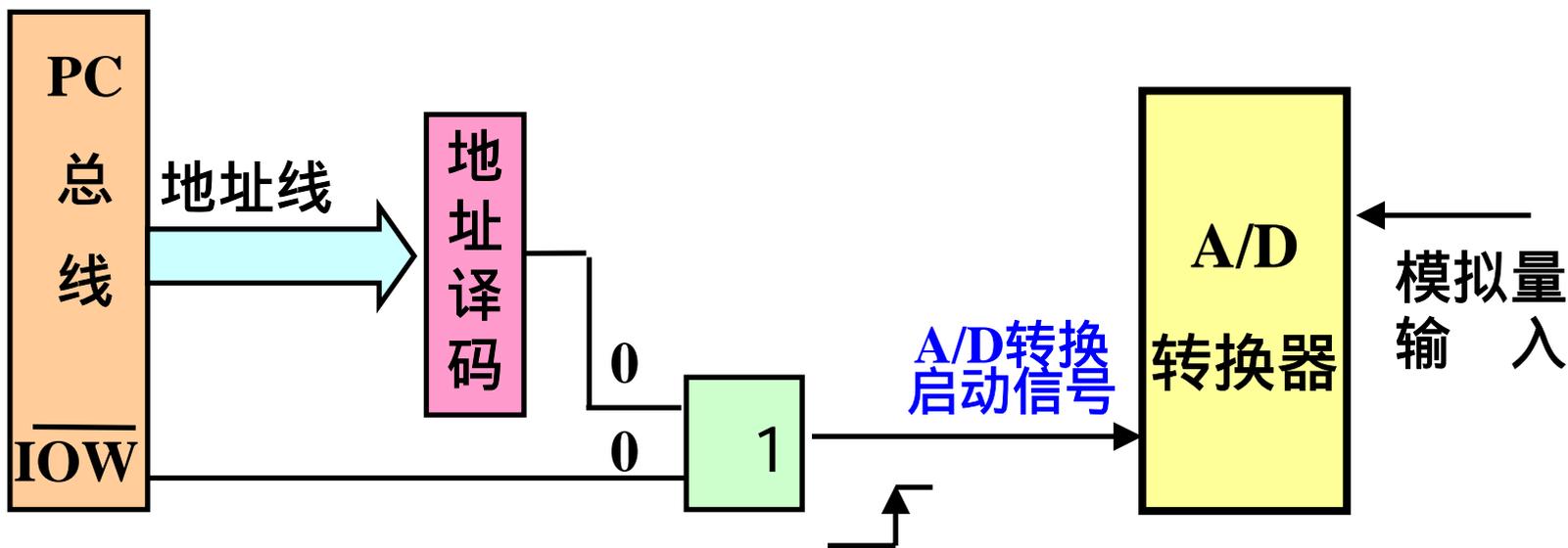
A/D启动信号的形式有电平启动和脉冲启动

脉冲启动

对脉冲启动的 ADC ,

如ADC0804、ADC0809、ADC1210

可用CPU执行输出指令时发出的片选信号和写信号组合得到

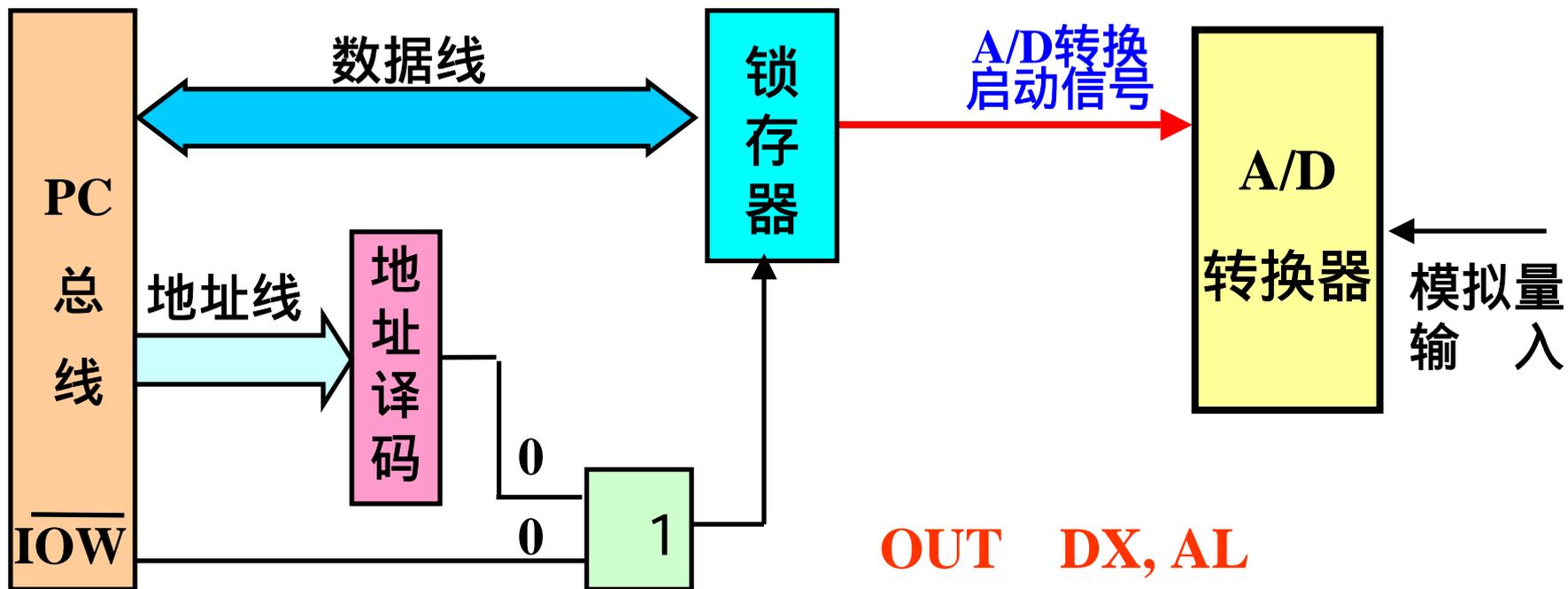


OUT DX, AL

电平启动

对电平启动的ADC，如AD570、AD571、AD572，该信号必须保持到A/D转换结束，中途不能撤除；否则会停止转换，得到错误结果。

CPU可通过并行接口对ADC芯片发电平形式的启动信号。

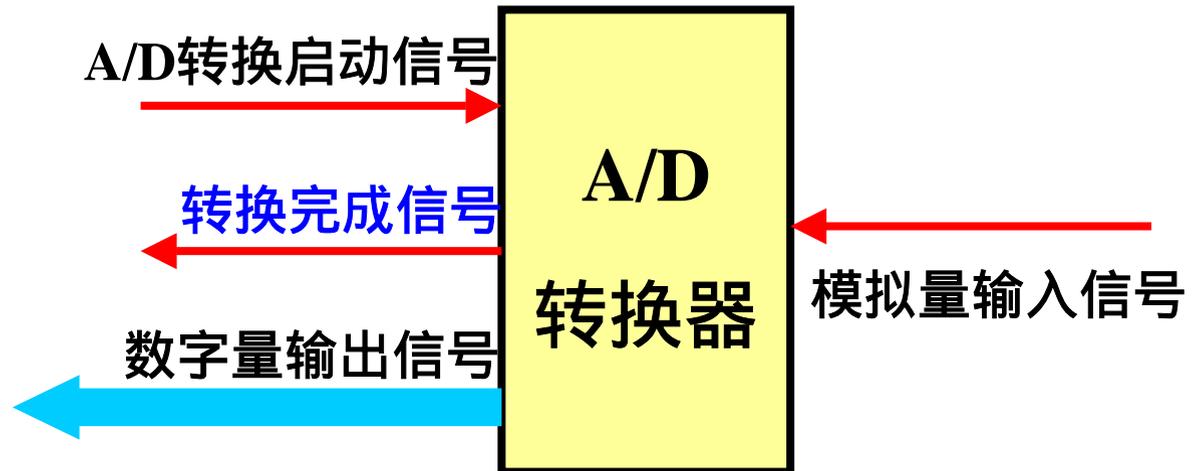


转换完成EOC信号

A/D 转换需要一定时间，
在转换完一个数据之后，

A/D芯片会发出一个转换完成信号。

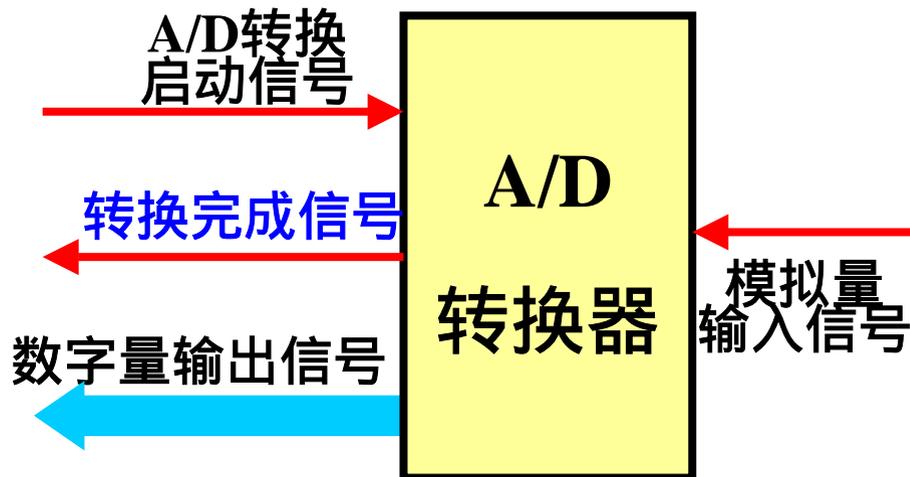
(相当于输入设备的准备好信号)



将A/D芯片看作一个输入设备，

CPU可采用下列四种方法，读取A/D的转换结果：

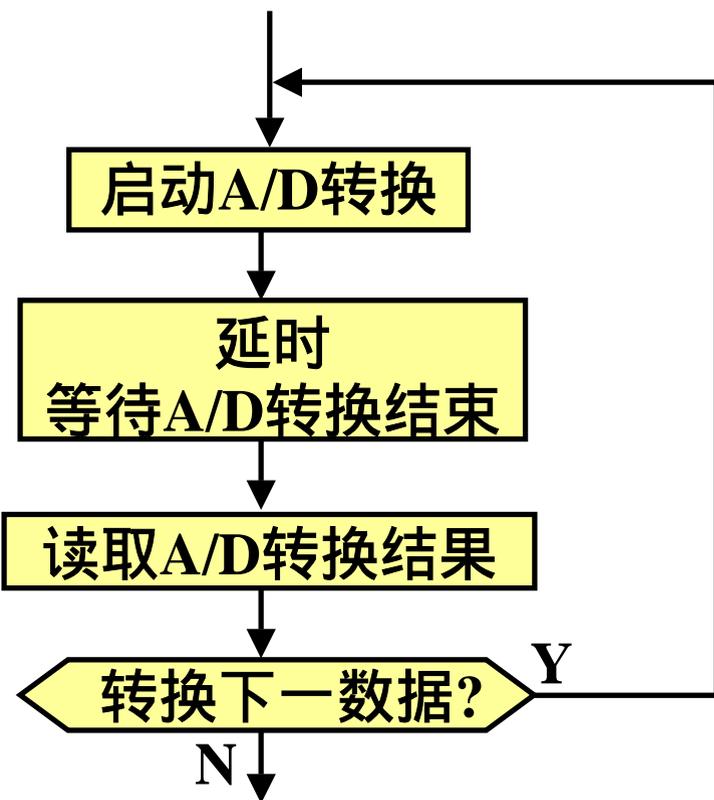
- 程序延时方式（同步方式）
- 程序查询方式
- 中断方式
- 等待方式



四种方式对EOC信号的处理各不相同

□ 程序延时方式（同步方式）

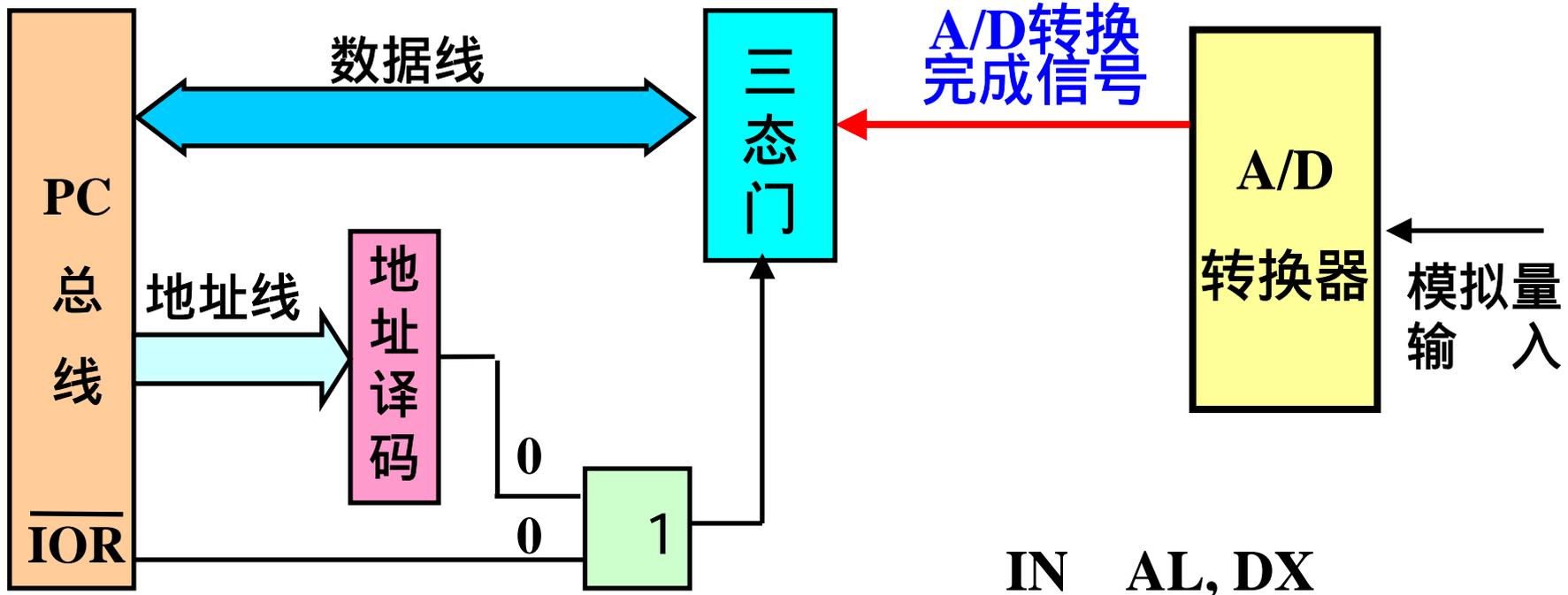
通过查阅手册了解A/D转换一个数据所需时间，
在CPU启动A/D转换之后，**执行一个固定延时程序**，
延时应**大于等于**A/D的转换时间，
然后CPU再读取A/D的转换结果。

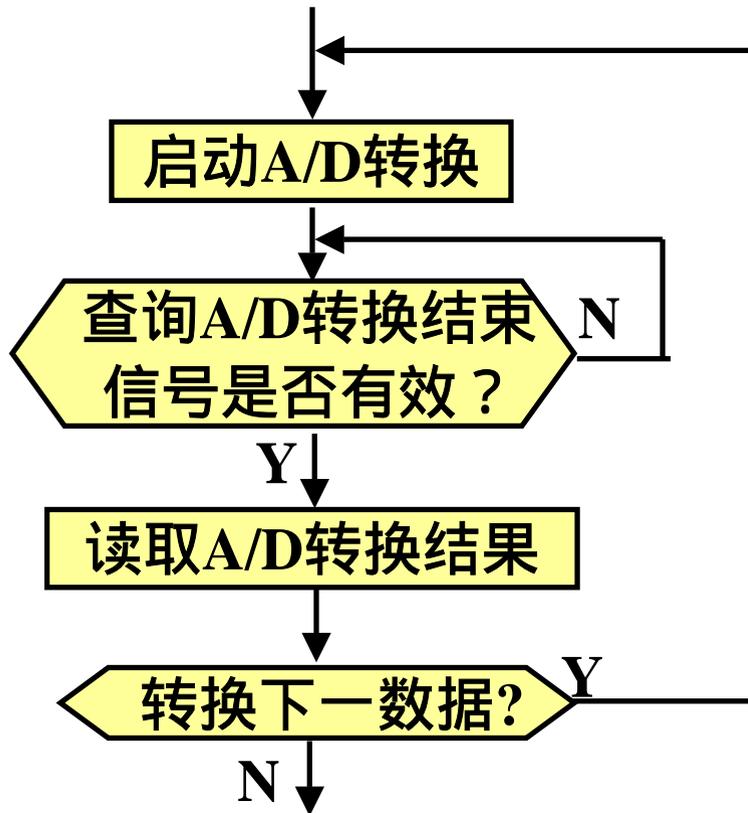


🔔 程序延时方式下，
硬件连线上未利用转换完成信号

程序查询方式

转换完成EOC信号通过并行端口，送入CPU。
在CPU启动A/D转换之后，
CPU不断查询A/D的转换结束信号，
一旦该信号有效，CPU读取A/D的转换结果。

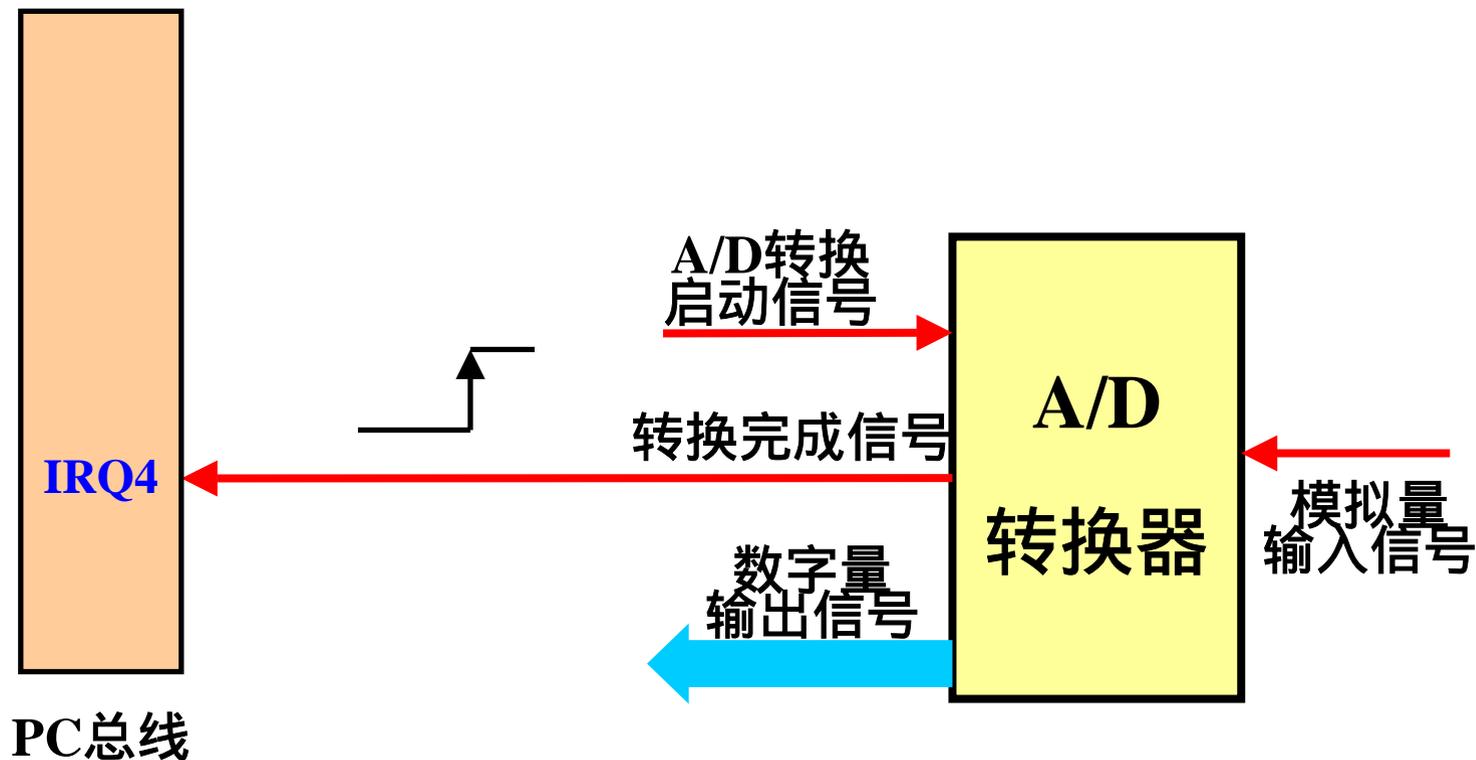




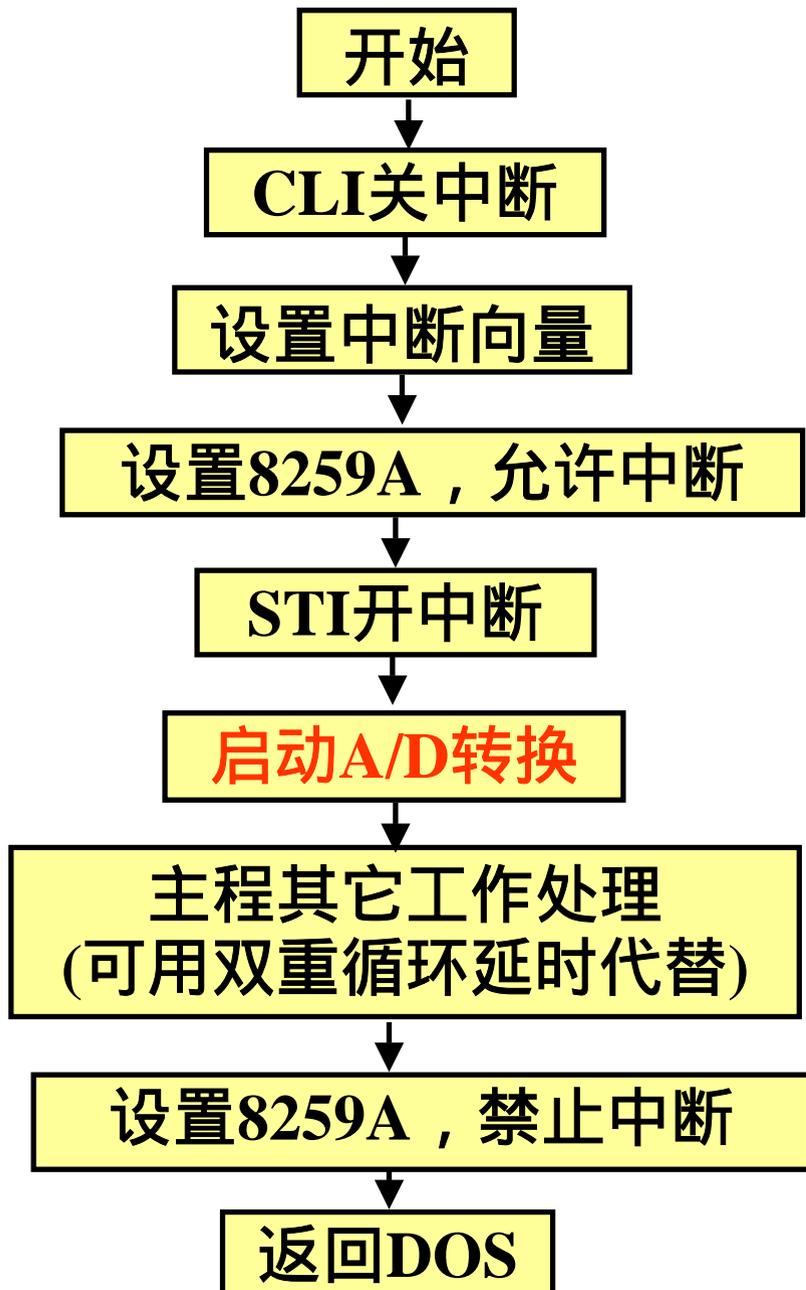
程序查询方式流程

□ 中断方式

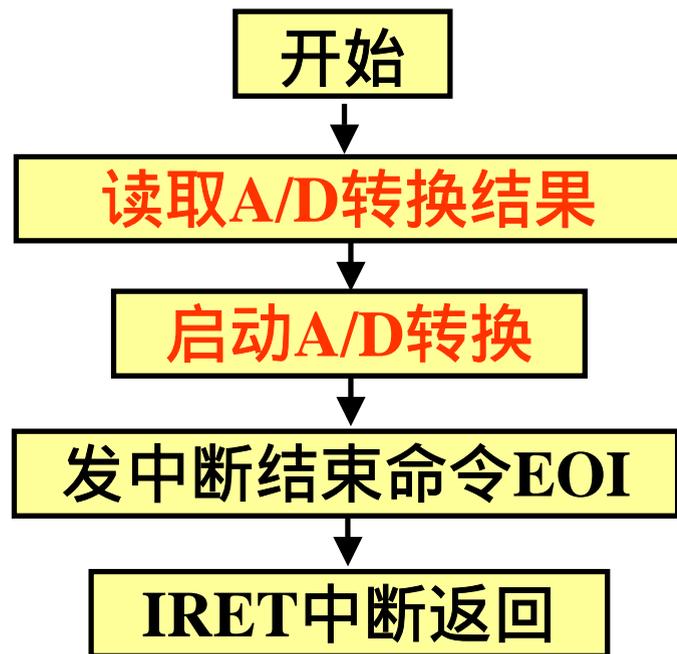
用A/D转换结束信号向微机系统发中断申请，
CPU采用中断方式读取A/D转换结果。



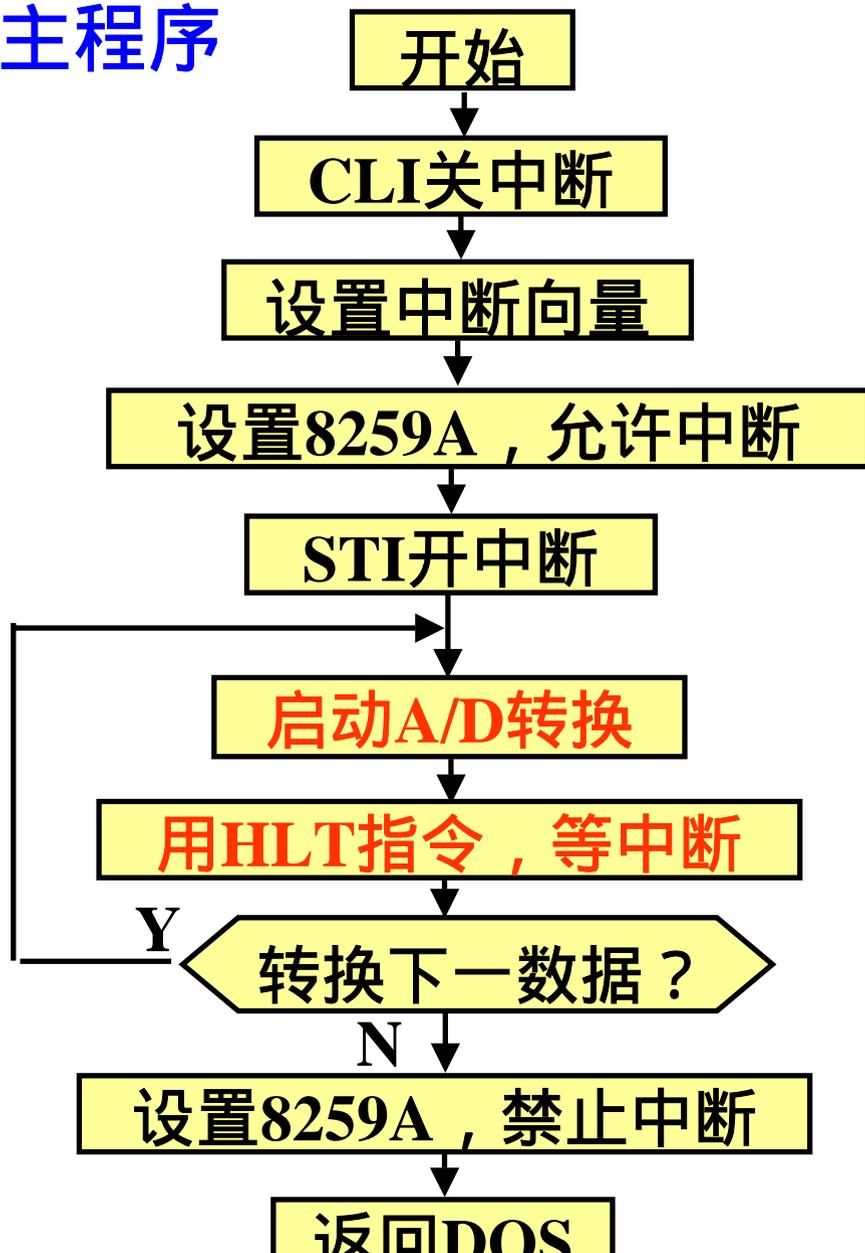
主程序



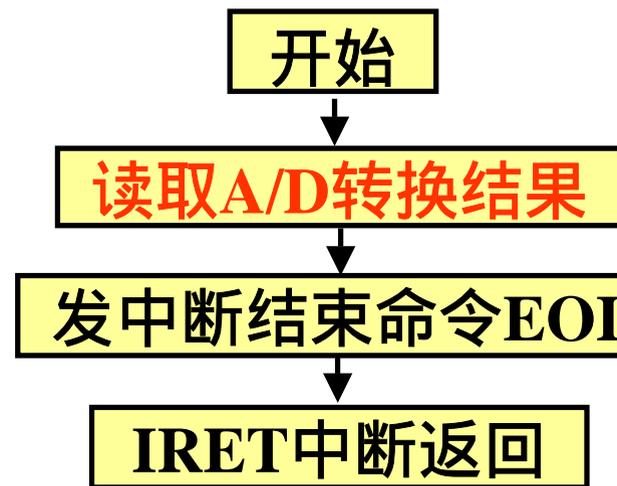
中断子程



主程序

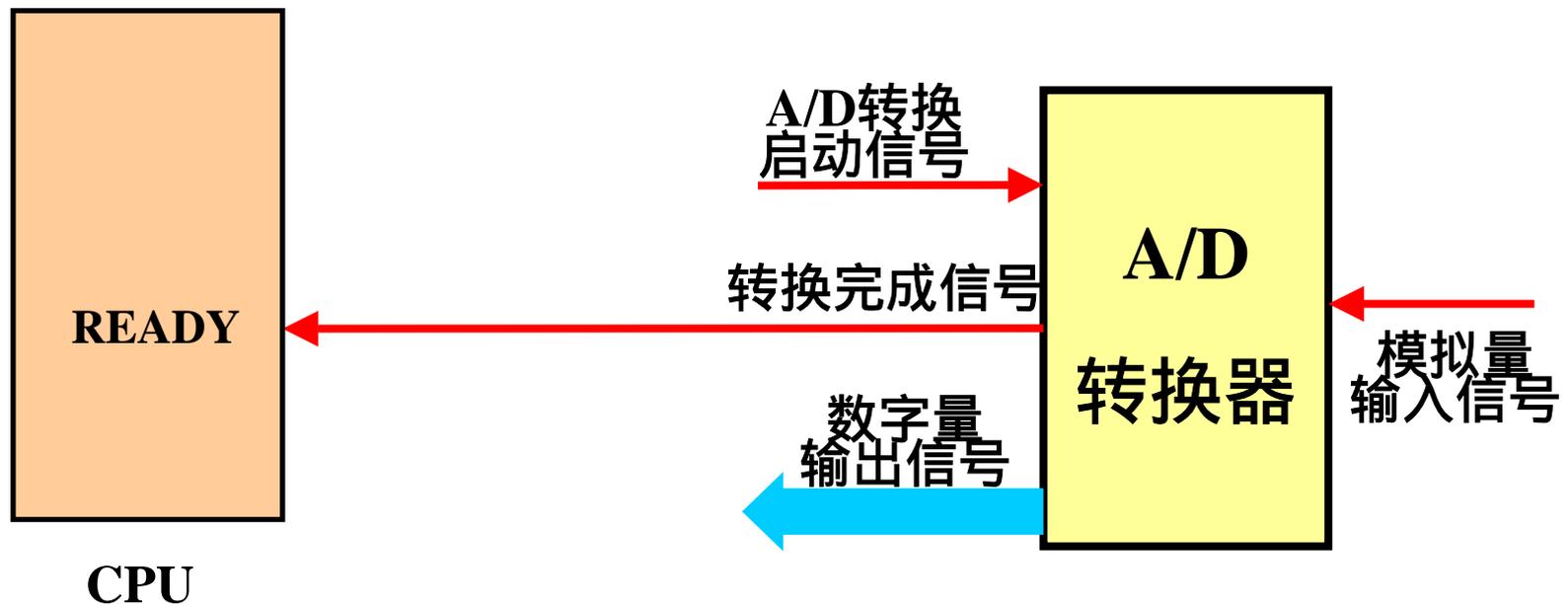


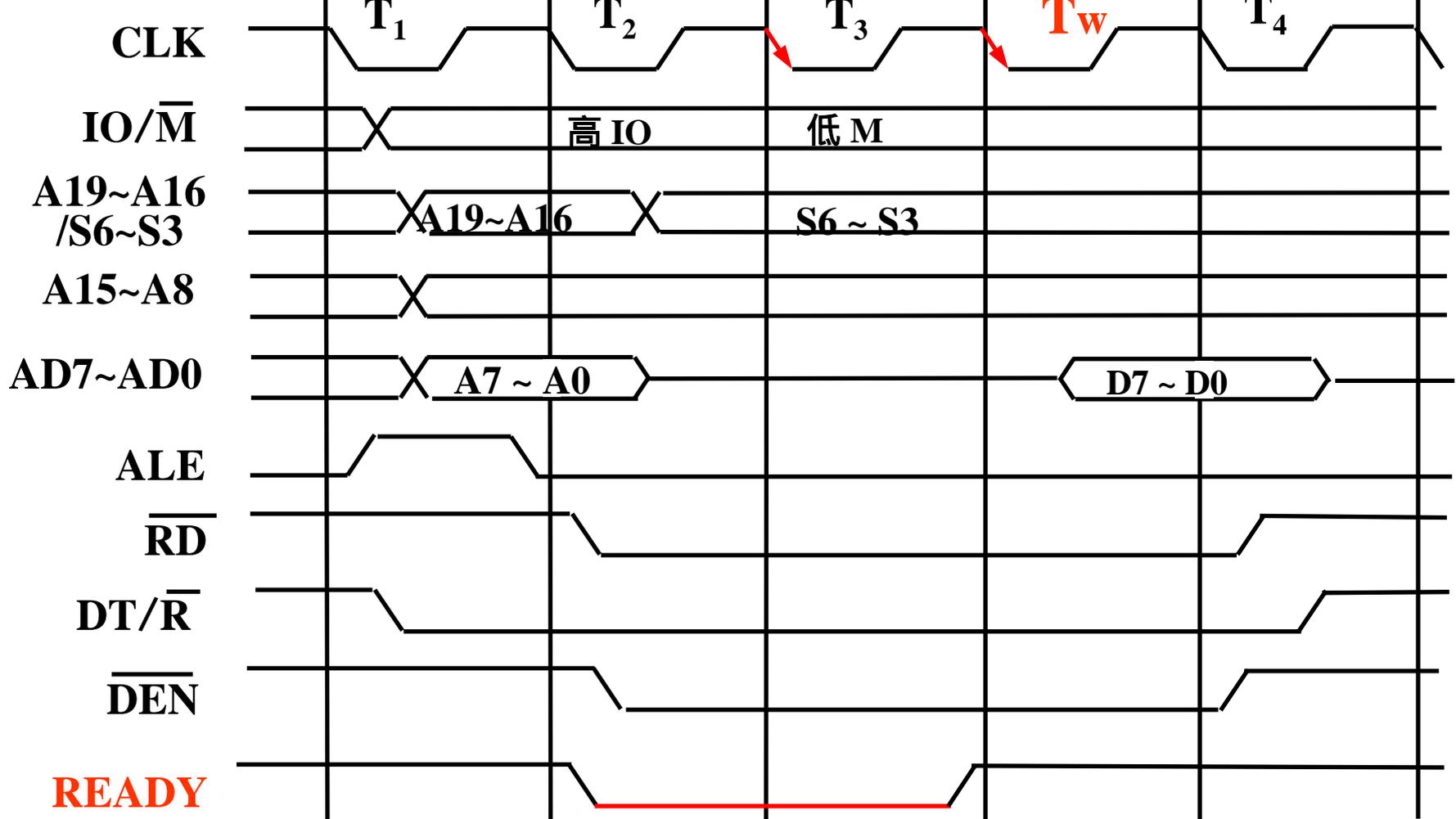
中断子程



□ 等待方式

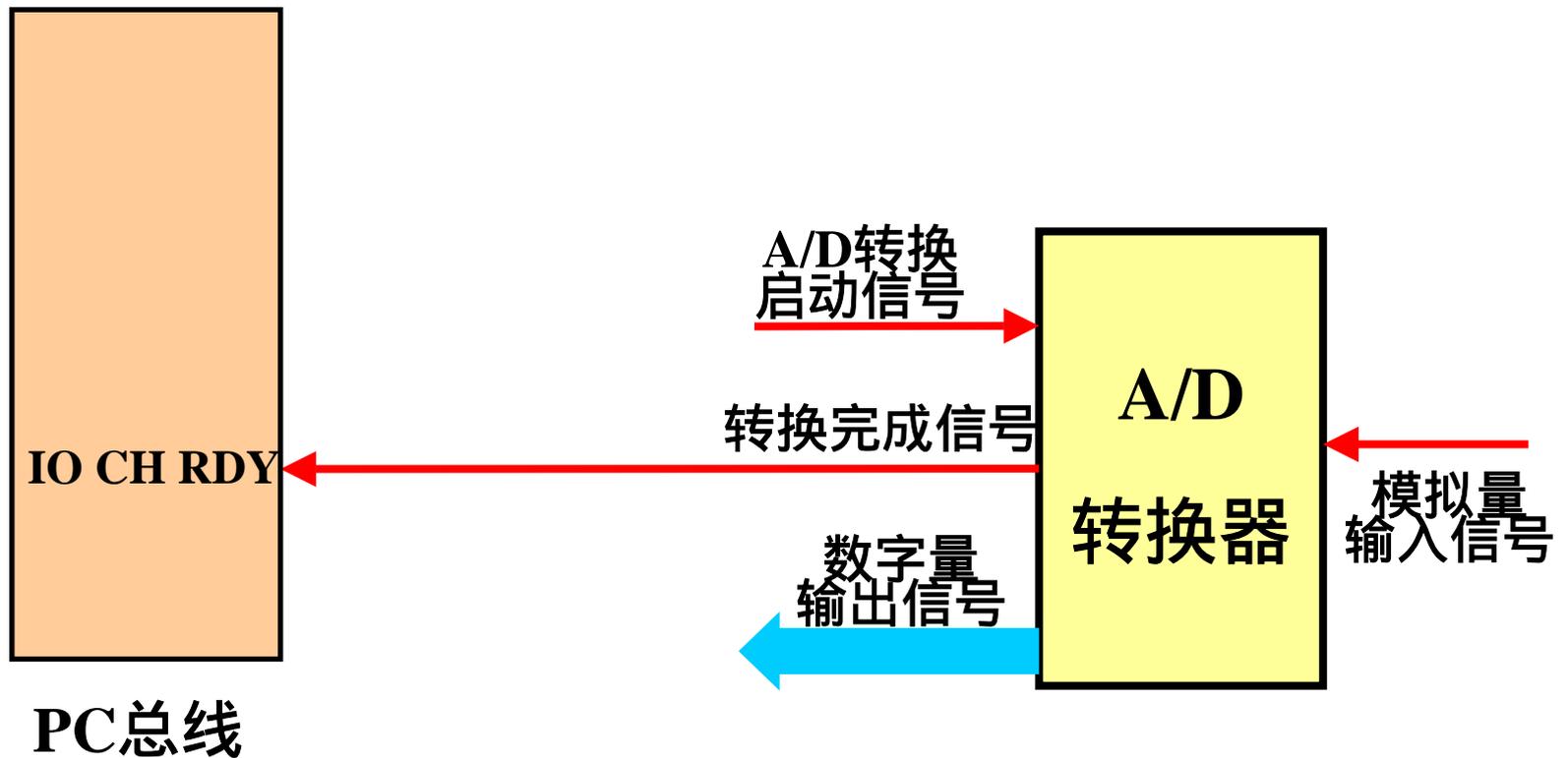
用A/D转换结束信号向微机系统发READY信号，当CPU用IN读指令读取结果时，在未转换完成前，READY信号为低电平，将延长CPU的读I/O端口周期；待READY有效，即A/D转换完成之后，再读取转换结果。

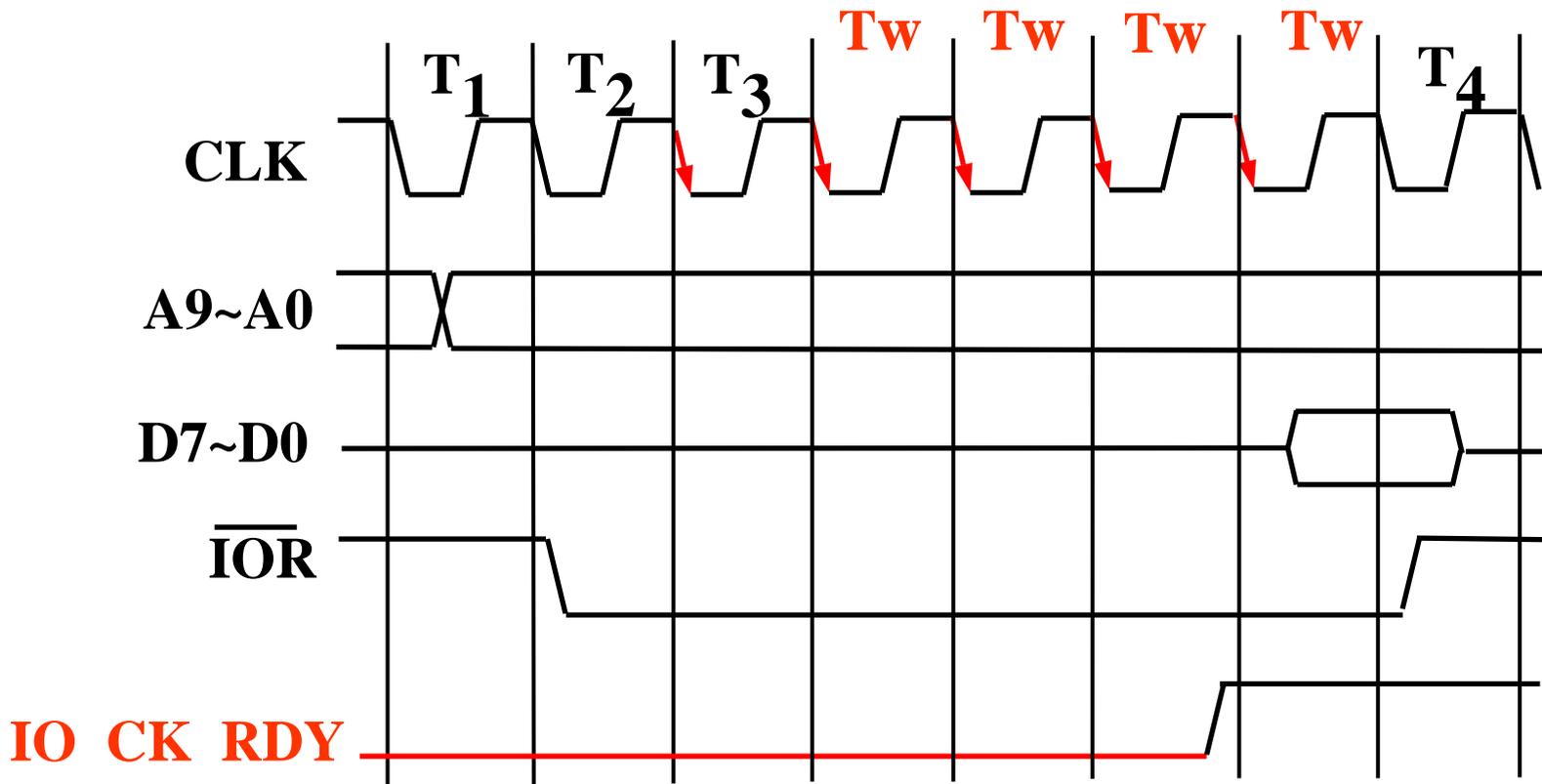




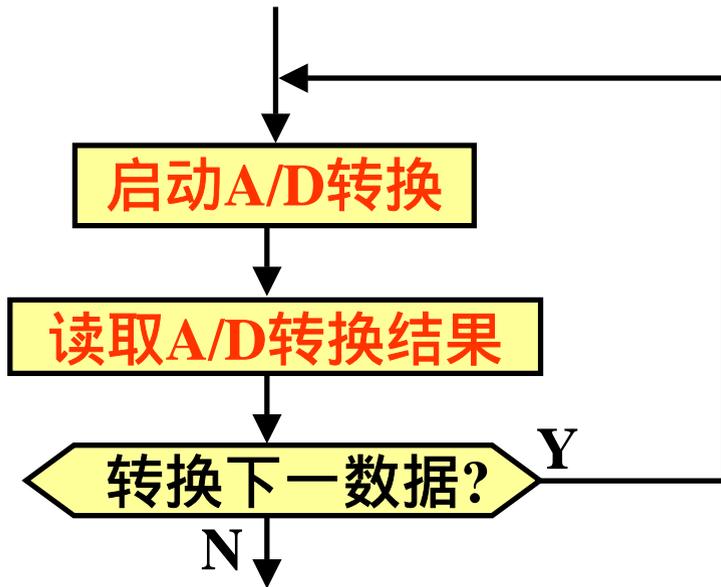
8088CPU最小模式下，
 在T3状态下降沿，检测 **READY** 信号，
 当**READY**为低电平，增加**T_w**状态；
 直到**READY**为高电平，才进入**T4**状态

利用IBM PC/XT总线上的IO CH RDY信号：

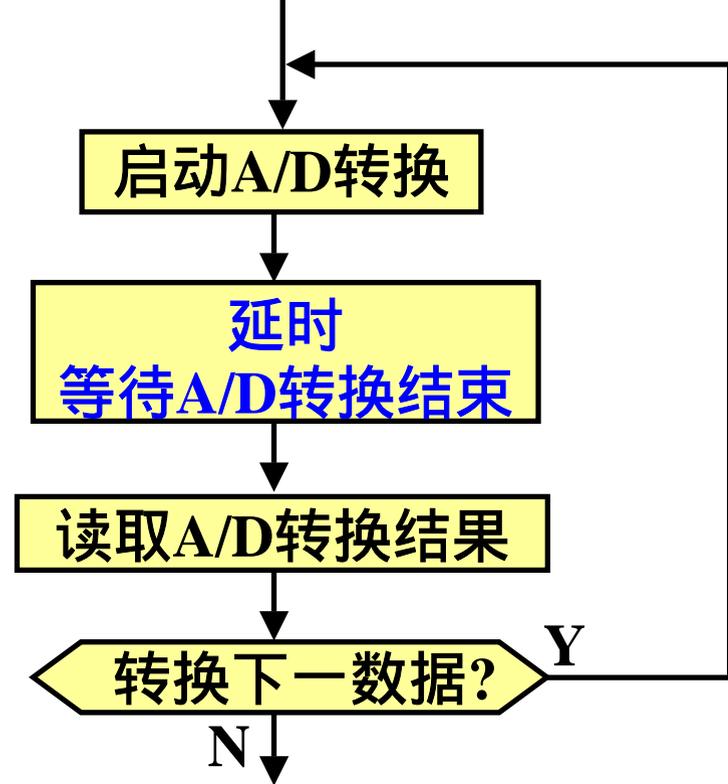




在T3状态下降沿，检测IO CK RDY信号，
 当IO CK RDY为低电平，增加 T_w 状态
 直到IO CK RDY为高电平，才进入T4状态



等待方式流程



程序延时方式流程

思考：

程序延时方式和等待方式在硬件连线和软件上的不同之处？