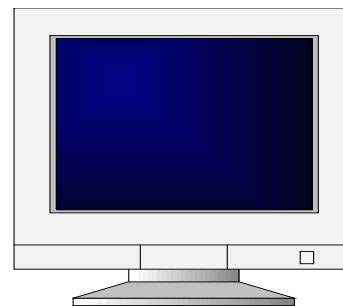


第九章

模拟量输入输出接口

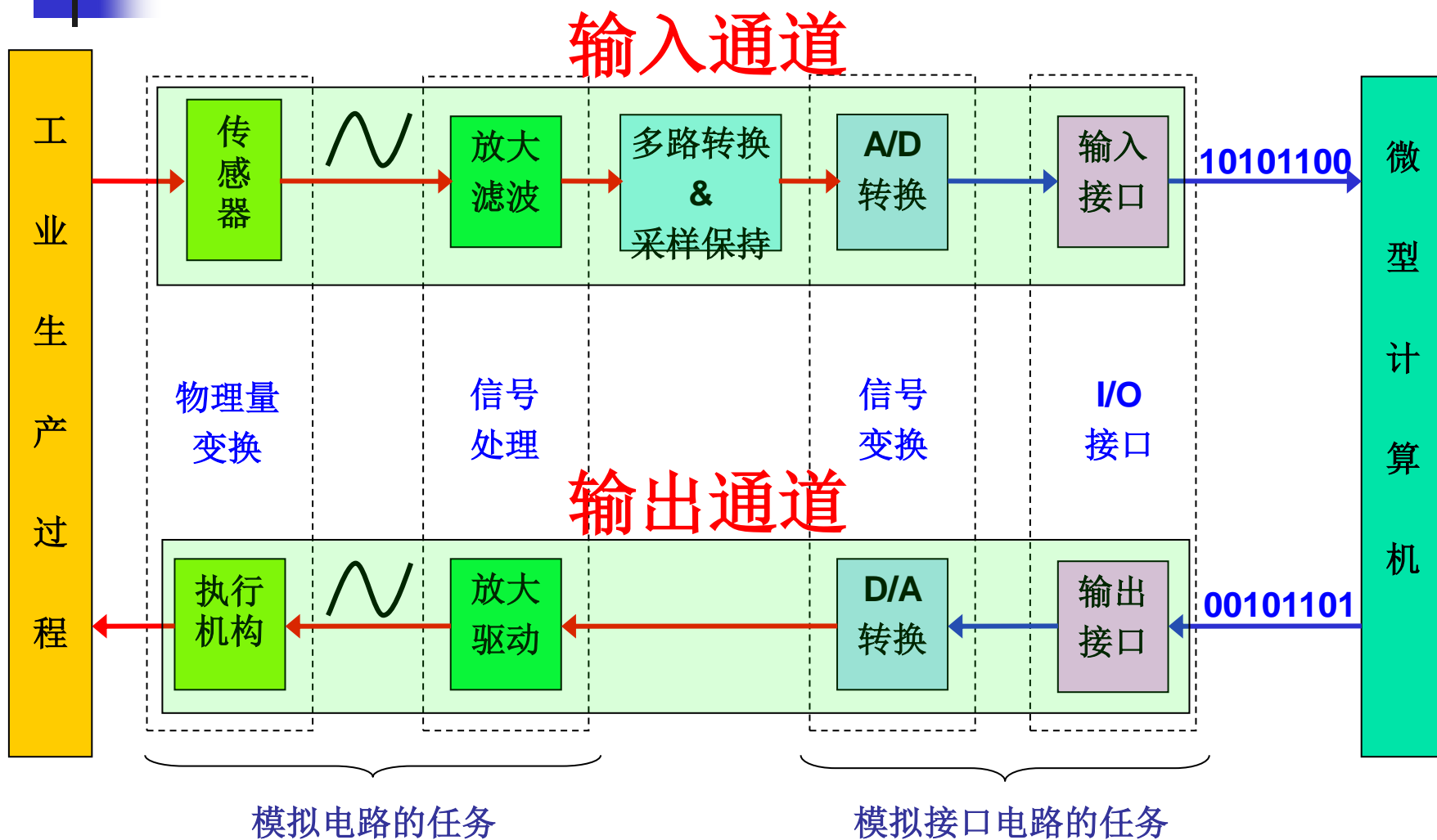




主要内容：

- 模拟量输入输出通道的组成
- D/A转换器的工作原理、连接及编程
- A/D转换器的工作原理、连接及编程

8.1 模拟量的输入输出通道





模拟量的输入通道

- 传感器 (Transducer)
 - 非电量→电压、电流
- 变送器 (Transformer)
 - 转换成标准的电信号
- 信号处理 (Signal Processing)
 - 放大、整形、滤波
- 多路转换开关 (Multiplexer)
 - 多选一
- 采样保持电路 (Sample Holder, S/H)
 - 保证变换时信号恒定不变
- A/D变换器 (A/D Converter)
 - 模拟量转换为数字量

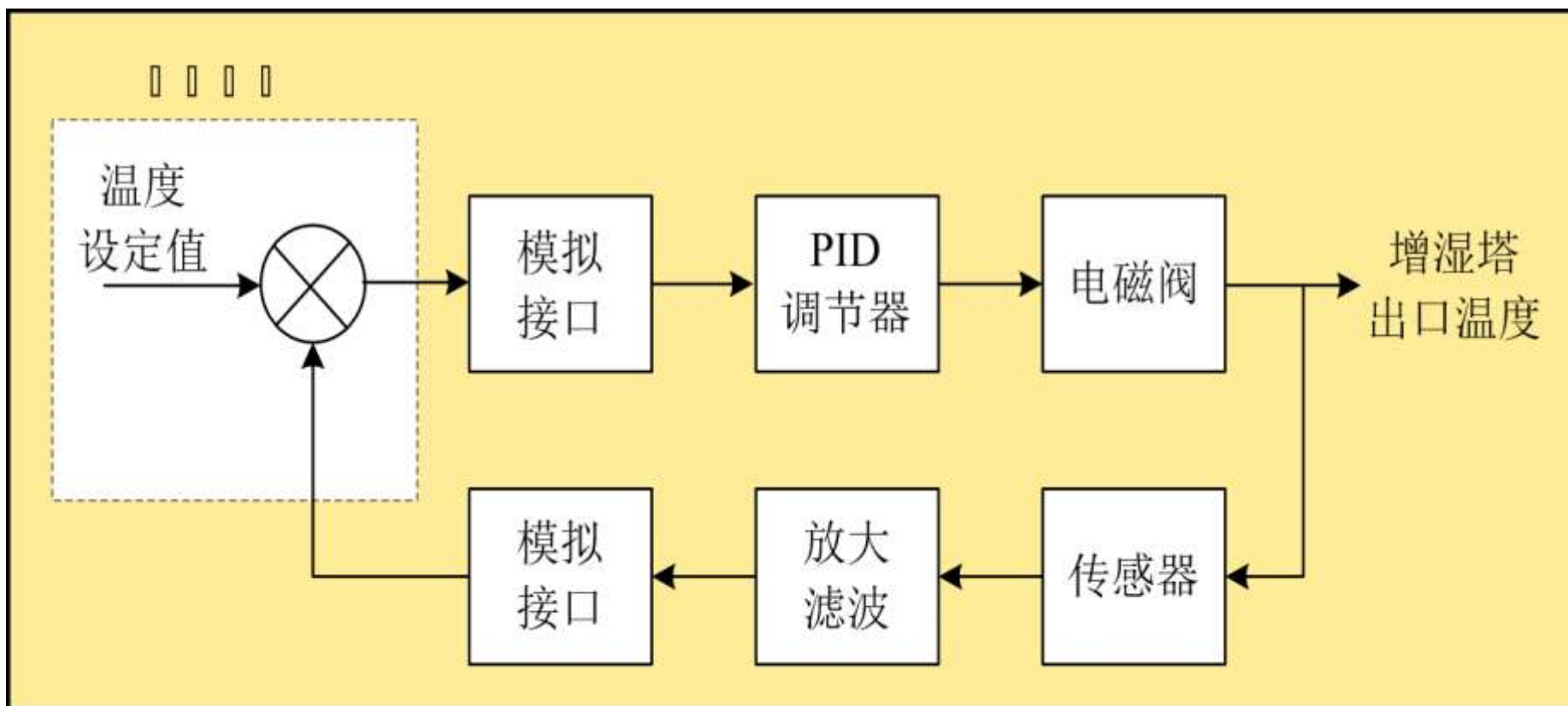


模拟量的输出通道

- **D/A变换器 (D/A Converter)**
 - 数字量转换为模拟量
- **低通滤波**
 - 平滑输出波形
- **放大驱动**
 - 提供足够的驱动电压, 电流

模拟量输入输出应用案例

■ 水泥厂增湿塔出口温度控制系统





8.2 数/模 (D/A) 变换器



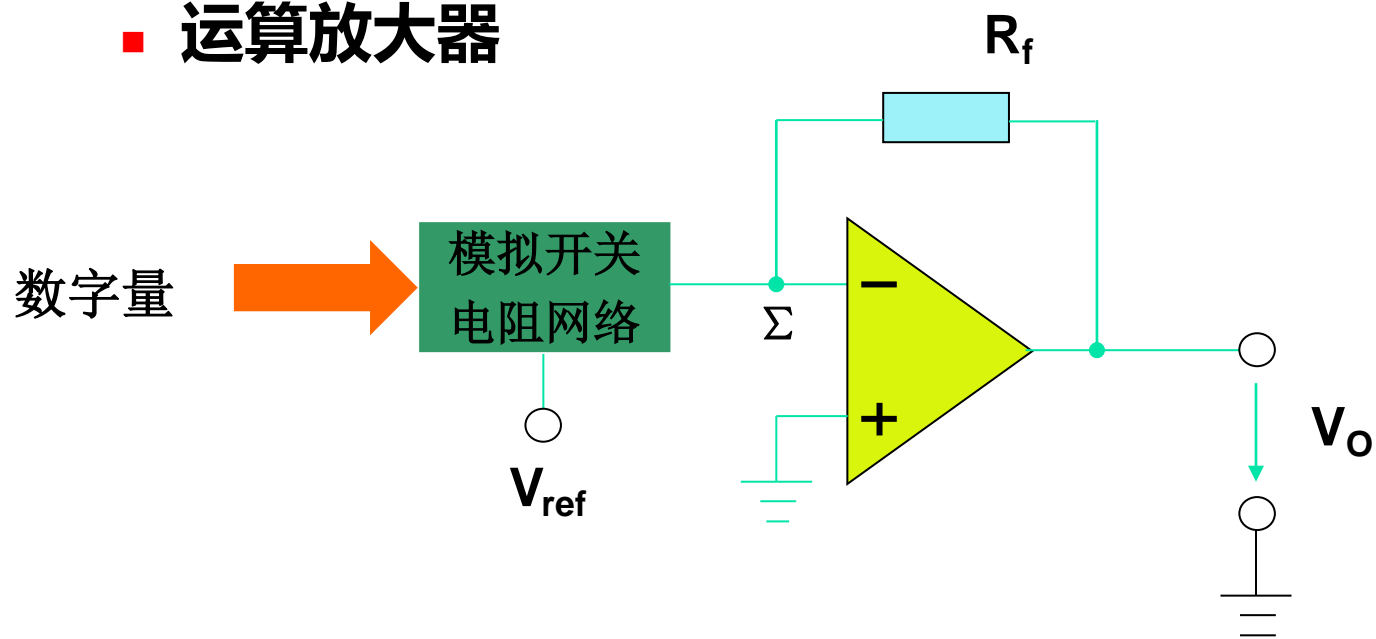
掌握：

- D/A变换器的工作原理
- D/A变换器的主要技术指标
- DAC0832的三种工作模式
- DAC0832的应用

8.2.1 D/A变换器的工作原理

■ 组成:

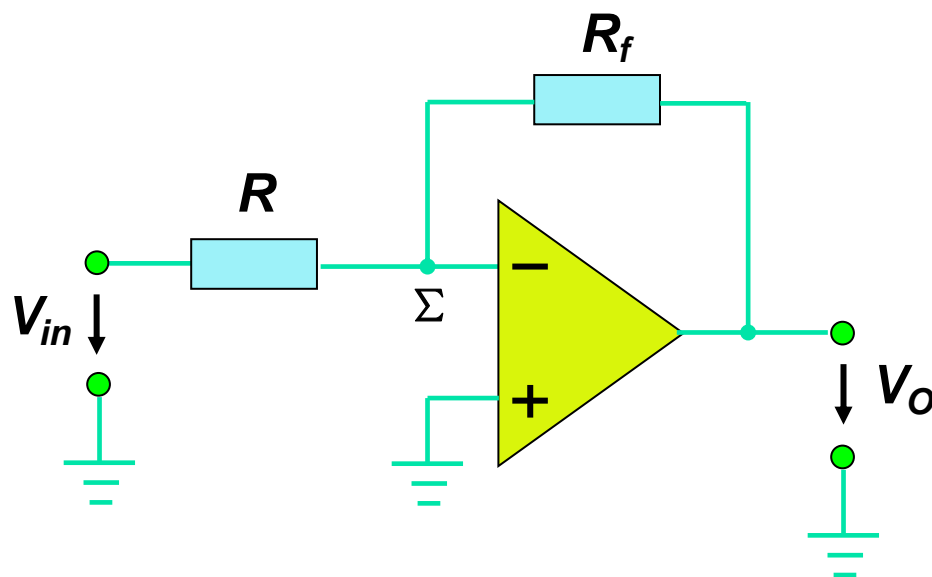
- 模拟开关
- 电阻网络
- 运算放大器



基本变换原理

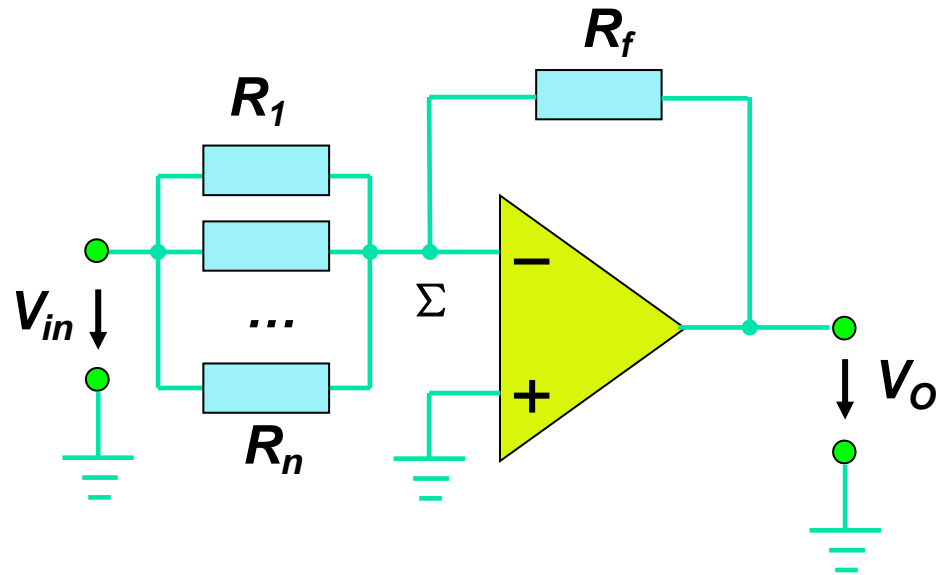
- 当运放的放大倍数足够大时，输出电压 V_o 与输入电压 V_{in} 的关系为：

$$V_o = -\frac{R_f}{R} V_{in}$$



- 若输入端有n个支路, 则输出电压 V_o 与输入电压 V_i 的关系为:

$$V_o = -R_f \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} V_{in}$$



- 令每个支路的输入电阻为 $2^i R_f$ ，并令 V_{in} 为一基准电压 V_{ref} ，则有

$$V_o = -R_f \sum_{i=1}^n \frac{1}{2^i R_f} V_{ref} = -\sum_{i=1}^n \frac{1}{2^i} V_{ref}$$

- 如果每个支路由一个开关 S_i 控制， $S_i=1$ 表示 S_i 合上， $S_i=0$ 表示 S_i 断开，则上式变换为

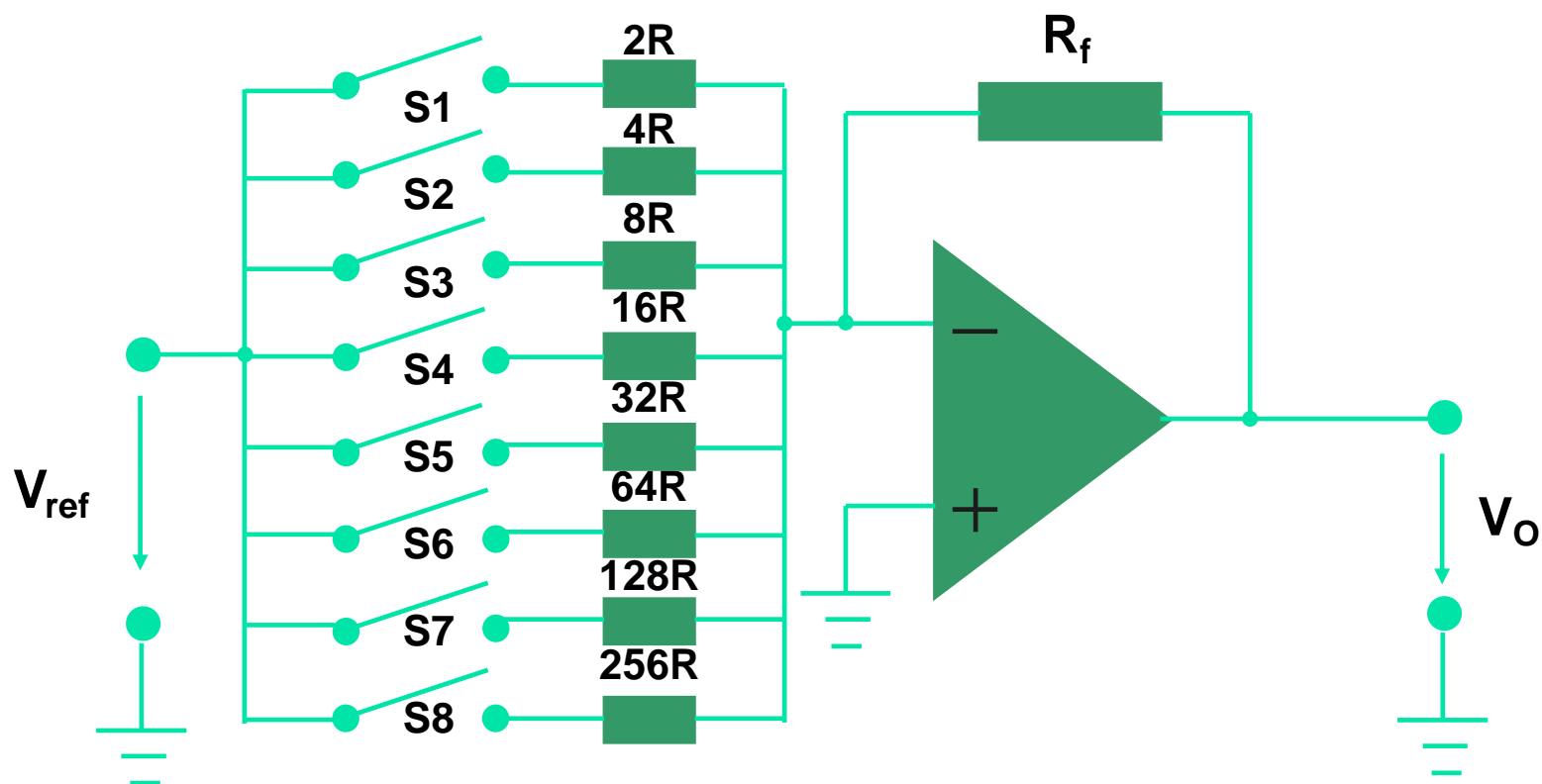
$$V_o = -\sum_{i=1}^n \frac{1}{2^i} S_i V_{ref}$$

若 $S_i=1$,该项对 V_o 有贡献

若 $S_i=0$,该项对 V_o 无贡献

权电阻网络

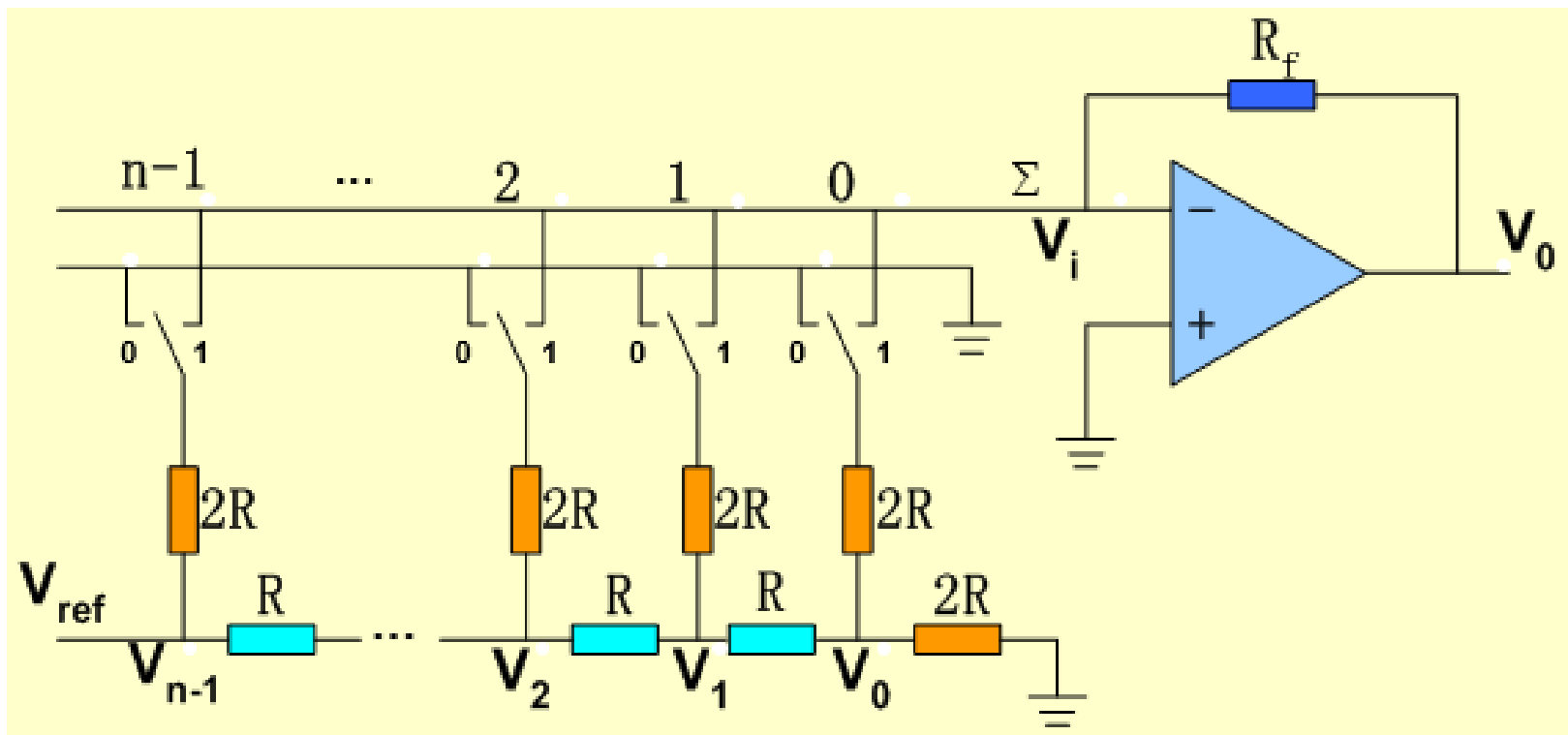
$n=8$ 的权电阻网络



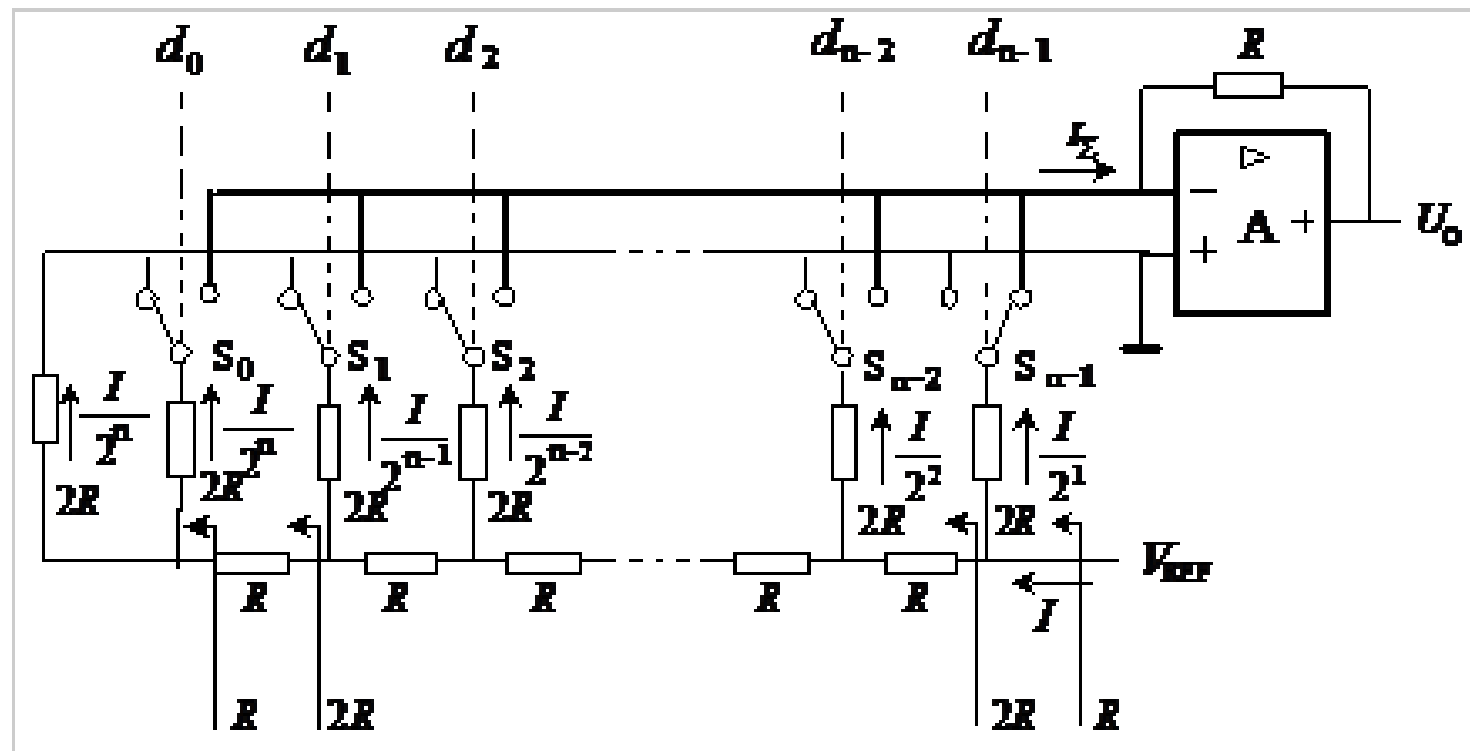


- 如果用8位二进制代码来控制图中的 $S_1 \sim S_8$ ($D_i=1$ 时 S_i 闭合; $D_i=0$ 时 S_i 断开), 则不同的二进制代码就对应不同输出电压 V_o ;
- 当代码在 $0 \sim FFH$ 之间变化时, V_o 相应地在 $0 \sim (255/256)V_{ref}$ 之间变化;
- 为控制电阻网络各支路电阻值的精度, 实际的D/A转换器采用**R-2R T形电阻网络**, 它只用两种阻值的电阻(R和2R)。

T形电阻网络



倒T型电阻网络



只要 V_{REF} 选定，电流 I 为常数。流过每个支路的电流从右向左，分别为 $\frac{I}{2^1}$ 、 $\frac{I}{2^2}$ 、 $\frac{I}{2^3}$ 、…。当输入的数字信号为“1”时，电流流向运放的反相输入端，当输入的数字信号为“0”时，电流流向地，可写出 I_Z 的表达式

$$I_Z = \frac{I}{2} d_{n-1} + \frac{I}{4} d_{n-2} + \dots + \frac{I}{2^{n-1}} d_1 + \frac{I}{2^n} d_0$$

$$I = \frac{V_{REF}}{R}$$



在求和放大器的反馈电阻等于 R 的条件下，输出模拟电压为

$$U_o = -RI_Z = -R\left(\frac{I}{2} d_{n-1} + \frac{I}{4} d_{n-2} + \dots + \frac{I}{2^{n-1}} d_1 + \frac{I}{2^n} d_0\right)$$

$$= -\frac{V_{REF}}{2^n} (d_{n-1} 2^{n-1} + d_{n-2} 2^{n-2} + \dots + d_1 2^1 + d_0 2^0)$$

$$U_o = -\frac{V_{REF}}{2^n} (d_{n-1} \times 2^{n-1} + d_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + d_1 \times 2^1 + d_0 \times 2^0)$$

与权电阻解码网络相比，所用的电阻阻值仅两种，串联臂为 R ，并联臂为 $2R$ ，便于制造和扩展位数。

8.2.2 主要技术指标

■ 分辨率 (Resolution)

- 输入的二进制数每 ± 1 个最低有效位 (LSB)使输出变化的程度。

LSB: Least Significant Bit(最低有效位)

MSB: Most Significant Bit (最高有效位)

FSR: Full Scale Range (满量程)

■ 分辨率表示方法:

- 可用输入数字量的位数来表示, 如8位、10位等;
- 也可用一个LSB (Least Significant Bit) 使输出变化的程度来表示。



分辨率例

- 一个满量程为5V的10位D/A变换器， ± 1 LSB的变化所引起输出模拟量的变化为：

$$\begin{aligned} 5/(2^{10}-1) &= 5/1023 \\ &= 0.004888\text{V} \\ &= 4.888\text{mV} \end{aligned}$$



转换精度（误差）

实际输出值与理论值之间的最大偏差

- **影响转换精度的因素：**

分辨率

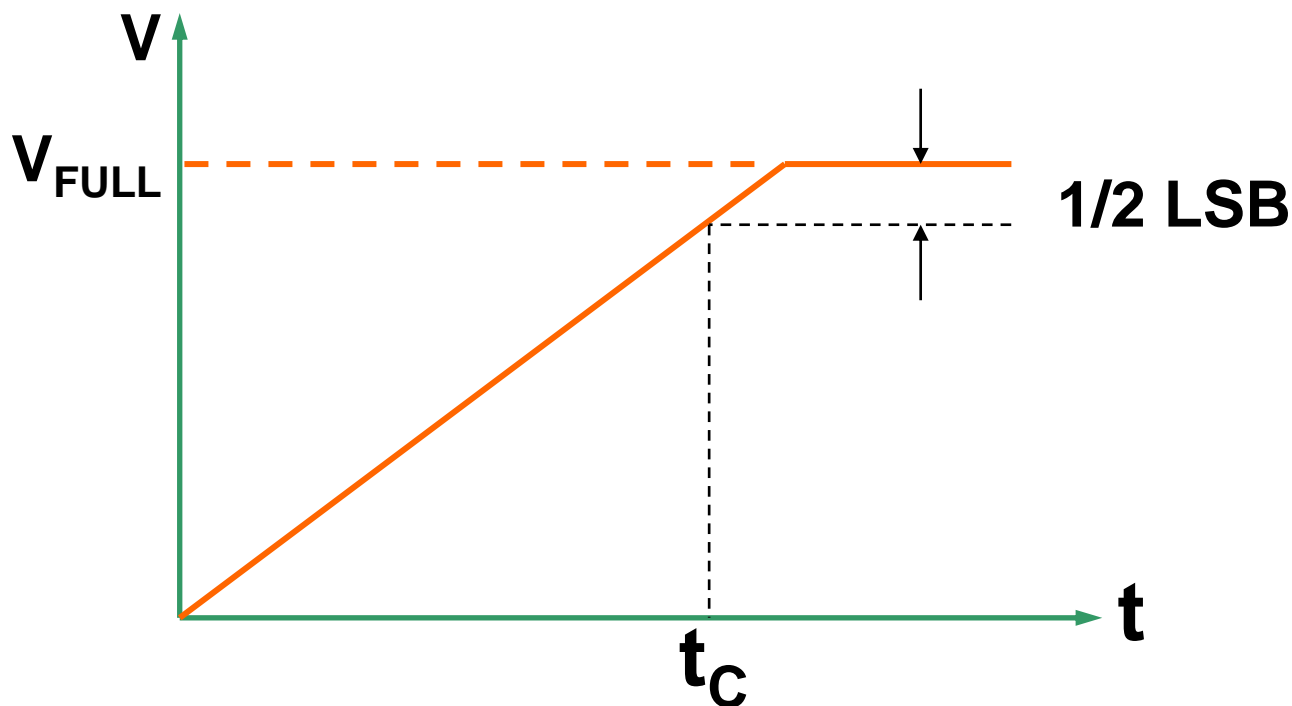
电源波动

温度变化

⋮

转换时间

- 从开始转换到与满量程值相差 $\pm 1/2$ LSB所对应的模拟量所需要的时间





8.2.3 典型D/A转换器DAC0832



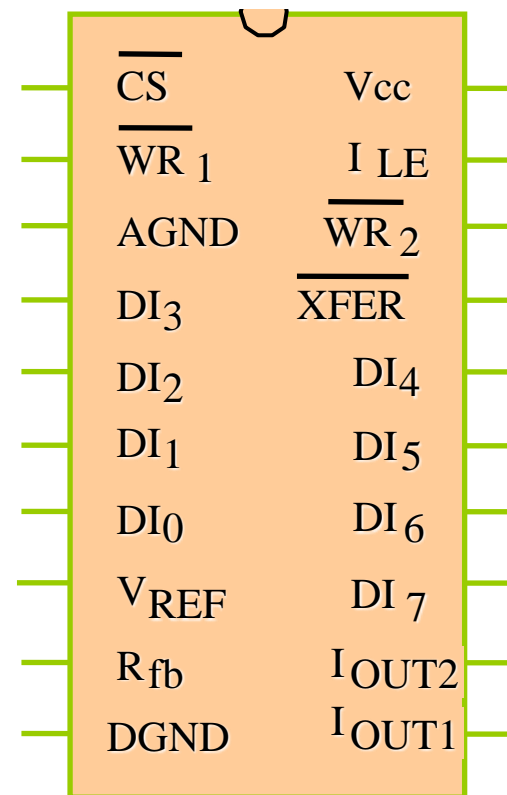
特点:

- 8位电流输出型D/A转换器
- T型电阻网络
- 差动输出

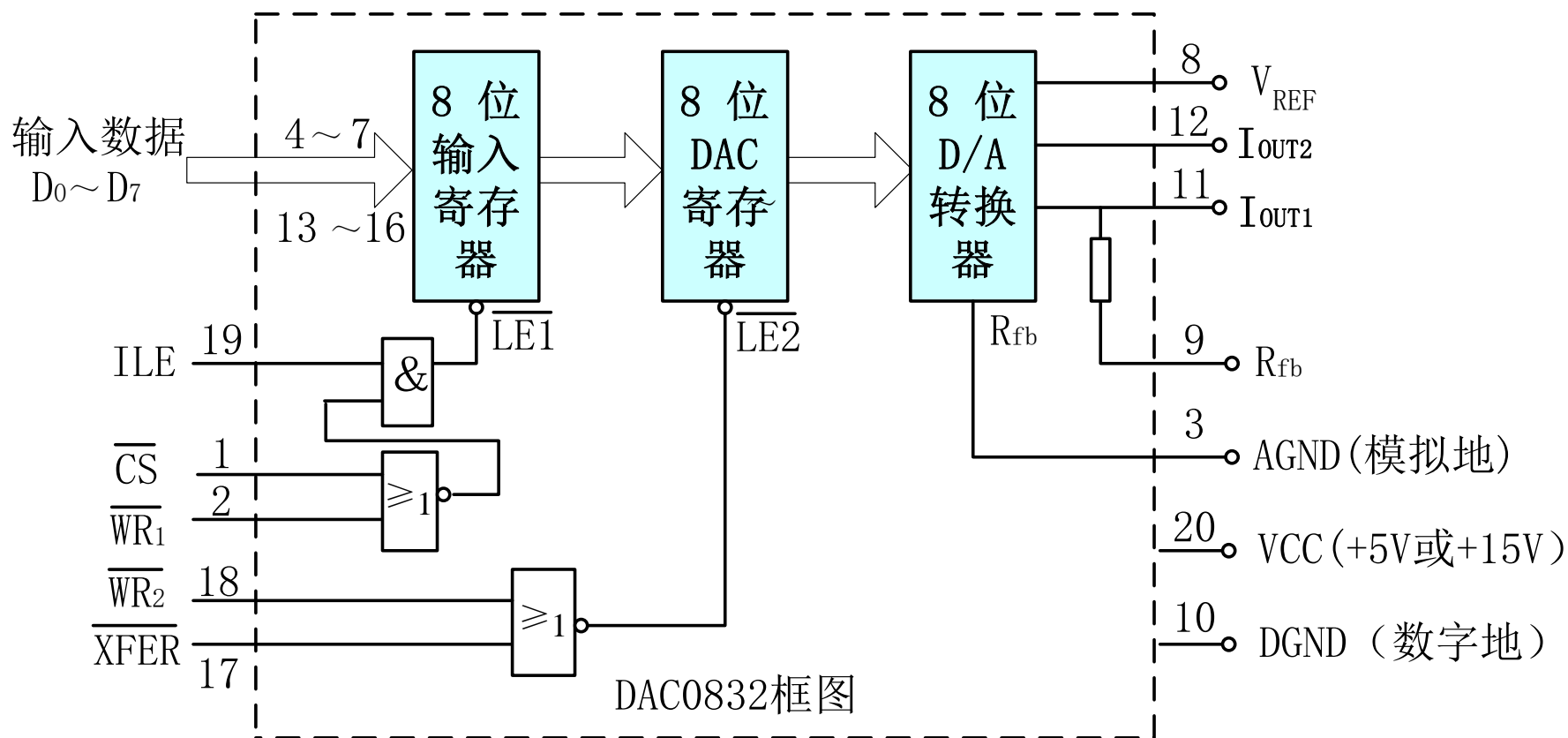
主要引脚功能

输入寄存器控制信号：

- $D_7 \sim D_0$ ：输入数据线
- \overline{ILE} ：输入锁存允许
- \overline{CS} ：片选信号
- \overline{WR}_1 ：写输入锁存器



DAC0832内部结构



主要引脚功能

- ① **D0 ~ D7**: 8位数据总线, 完成数字量D输入。
- ② **CS**: 片选信号 (输入), 低电平有效。
- ③ **I_{out1}和I_{out2}**: 电流输出“1”和电流输出“2”。当数据为全“1”时, I_{out1}输出电流最大; 为全“0”时输出电流最小。
。 **I_{out1} + I_{out2} = 常数**。
- ④ **ILE**: 数据锁存允许信号 (输入), 高电平有效。
- ⑤ **WR1、WR2**: WR1是第1写输入信号, WR2是第2写输入信号, 均是低电平有效。WR1与ILE信号共同控制**输入寄存器**; WR2与XFER信号合在一起控制**DAC寄存器**。
- ⑥ **XFER**: 数据传送控制信号(输入), 低电平有效。



- ⑧ **Rfb**: 内部集成反馈电阻 (**15K Ω**) , DAC0832是电流输出型D/A转换器, 为得到电压的转换输出, 使用时需在两个电流输出端接运算放大器, R_{fb} 可作为运算放大器的反馈电阻。
- ⑨ **Vref**:外加高精度基准电压输入端, 内部电阻网络相连接, 可正可负, 范围为**-10V ~ +10V**;
- ⑩ **DGND**:数字地;**AGND**:模拟地



工作模式

单缓冲模式

双缓冲模式

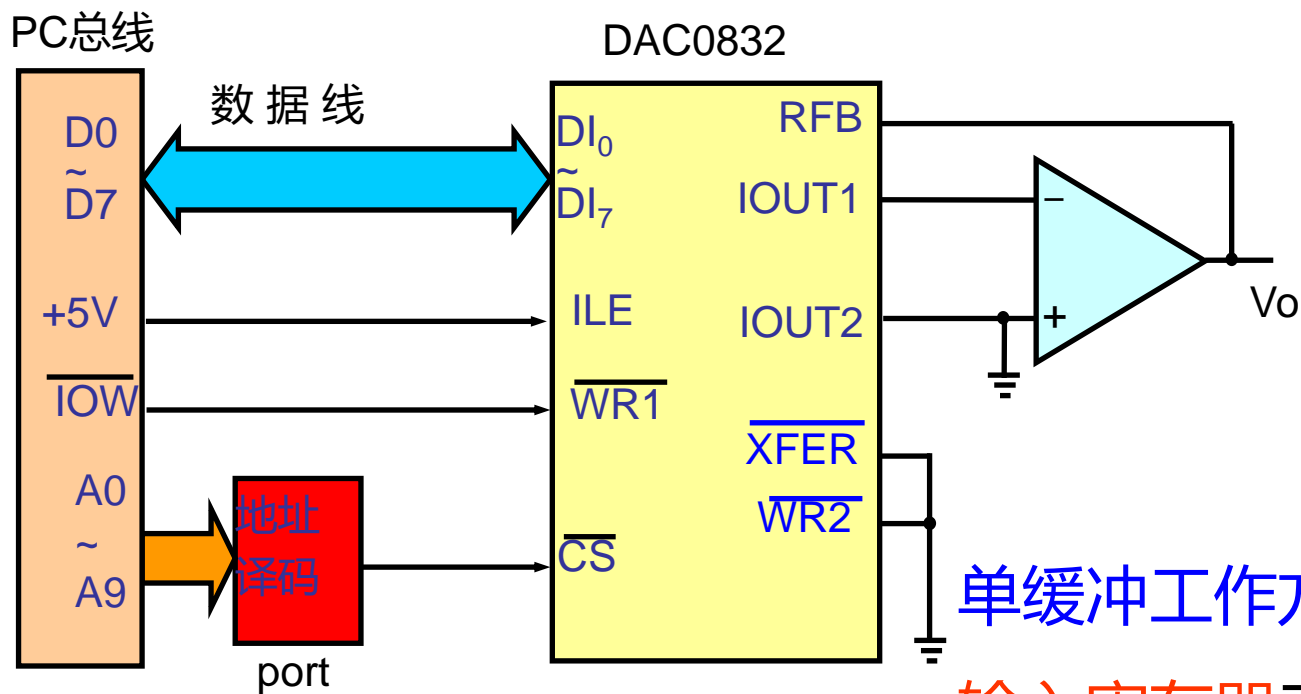
无缓冲模式



单缓冲模式

- 是使DAC0832的两个输入寄存器中有一个处于直通方式，而另一个处于受控锁存方式。如果8位DAC寄存器处于直通方式，应使 $WR2=0$ 和 $XFER=0$ 。可把这两个信号固定接地。把 $WR1$ 接8086的 WR ， ILE 接高电平， CS 接高位地址线或地址译码输出，由单片机控制输入寄存器。

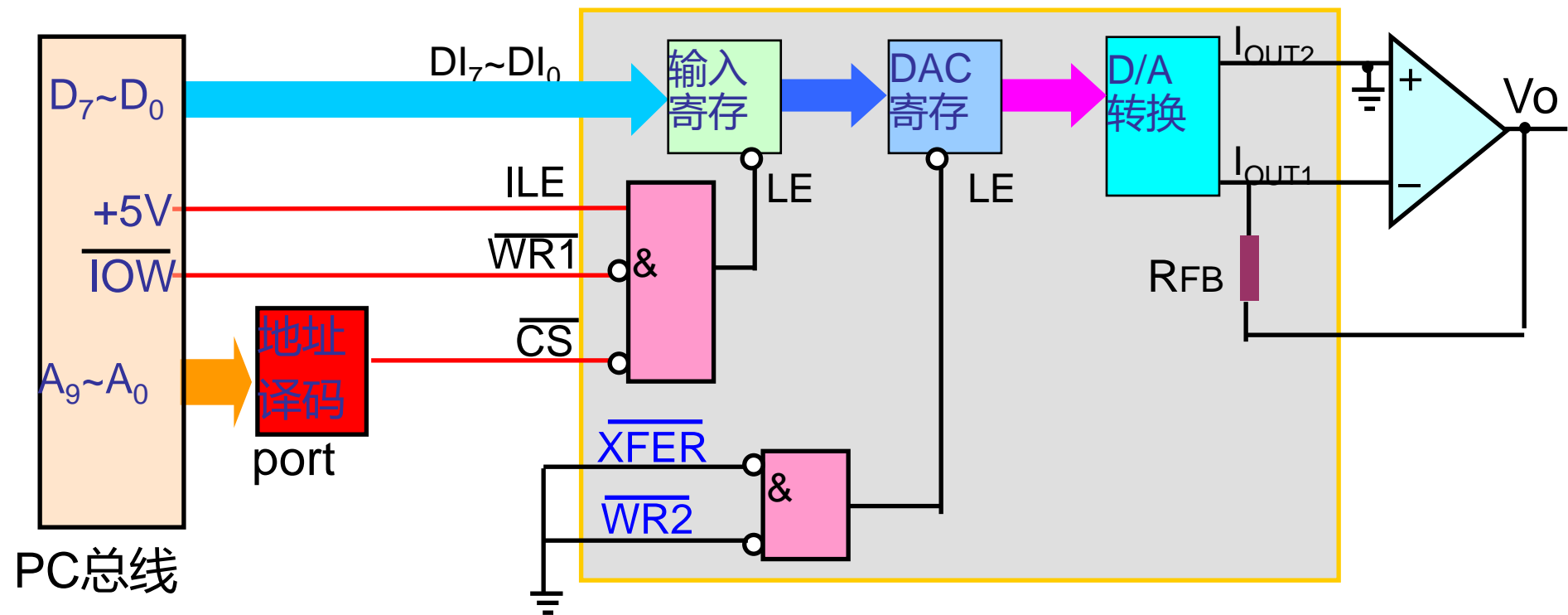
单缓冲模式连接图1



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

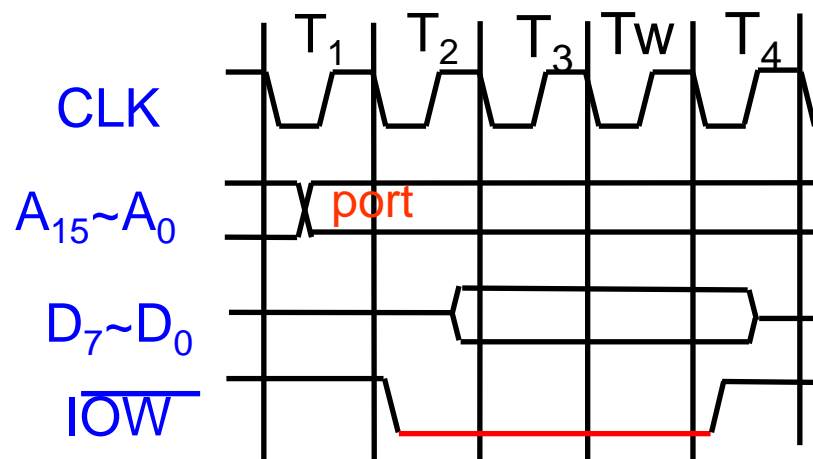


转换一个数据的程序段：

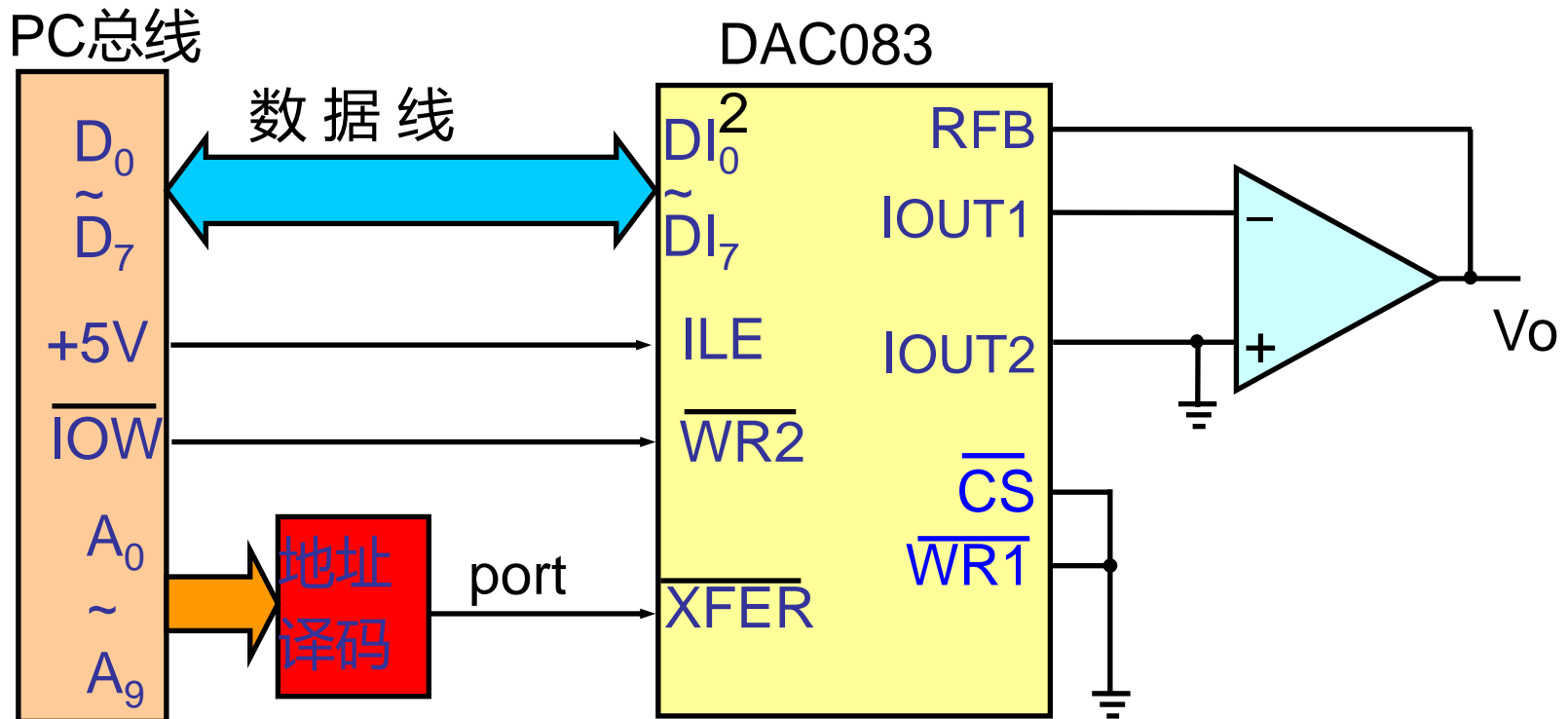
MOV AL, data ;取数字量

MOV DX, port

OUT DX, AL



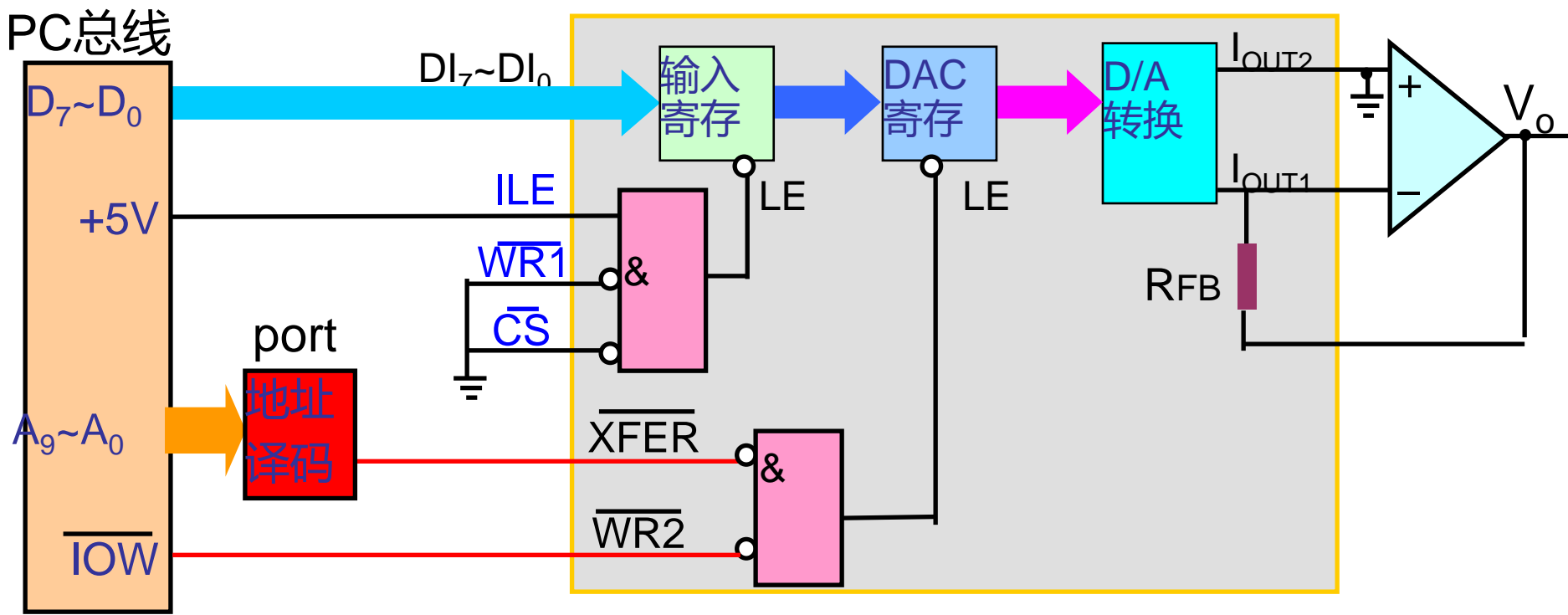
PC 总线I/O写时序



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

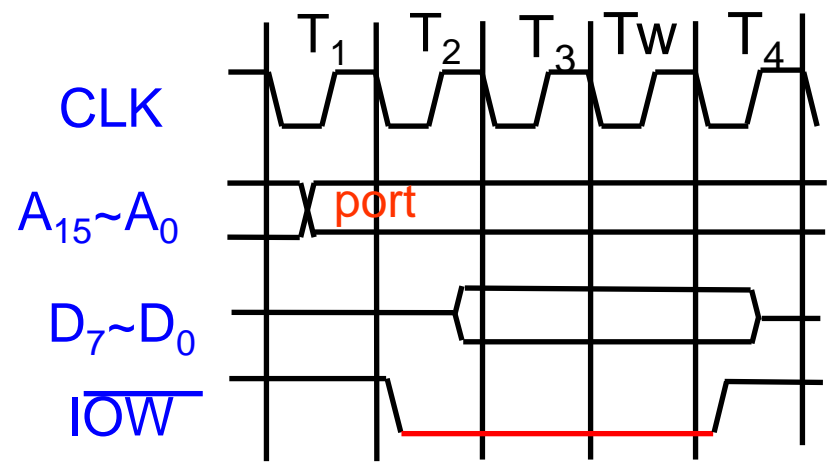


转换一个数据的程序段：

```

MOV  AL, data    ;取数字量
MOV  DX, port
OUT  DX, AL

```



PC 总线I/O写时序 31

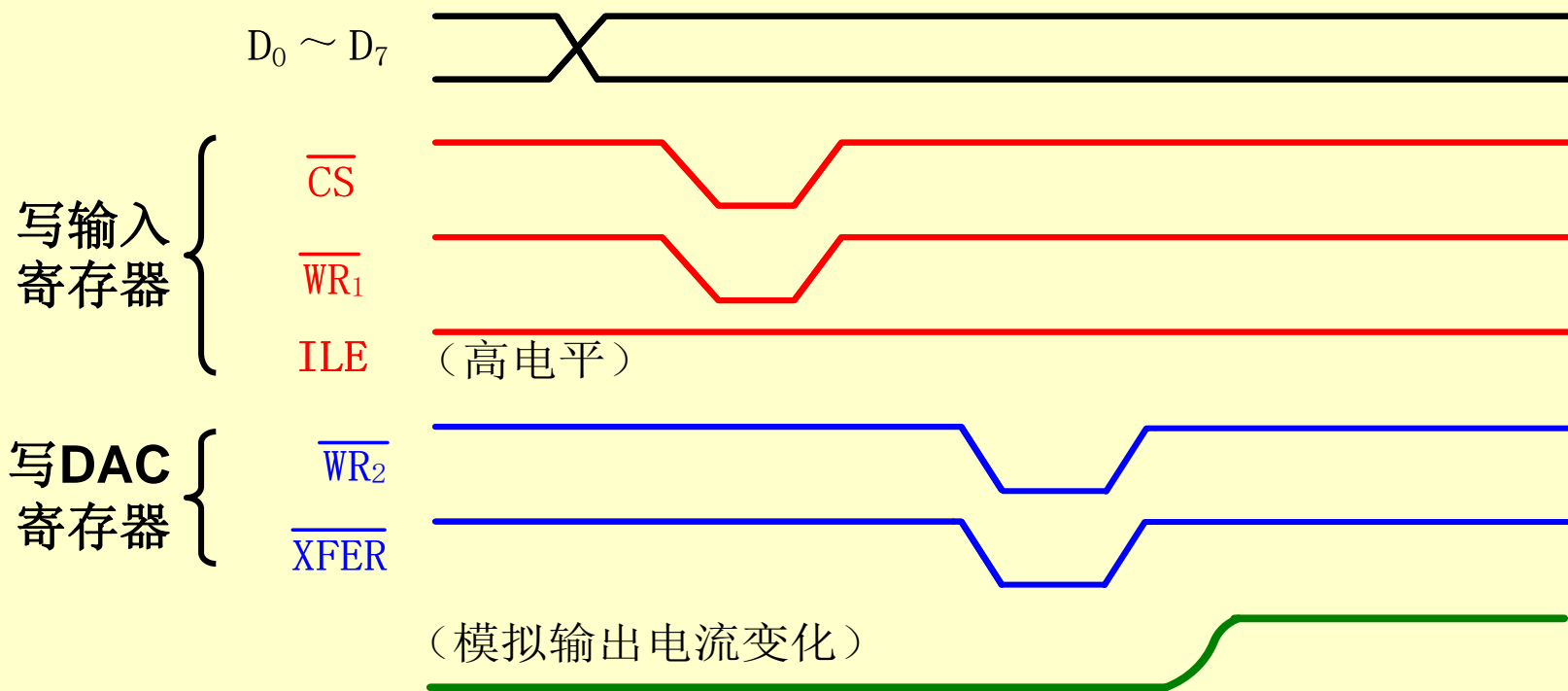


双缓冲模式（标准模式）

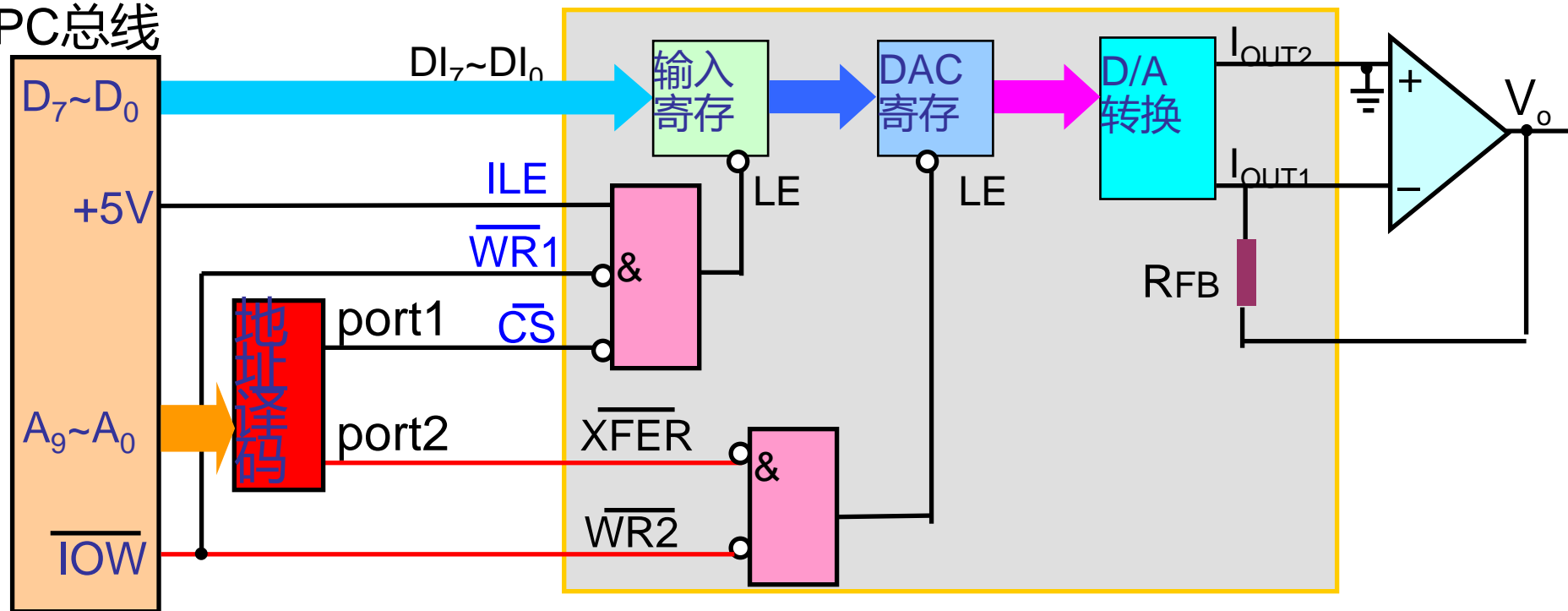


- 对输入寄存器和DAC寄存器均需控制。
- 两个步骤：
 - (1) 将数据写入输入寄存器；
 - (2) 将输入寄存器的内容写入DAC寄存器
- 此时芯片占用两个端口地址。
- 优点：
 - 数据接收与D/A转换可异步进行；
 - 可实现多个DAC同步转换输出。
- 分时写入、同步转换。

工作时序



PC总线



转换一个数据的程序段：

MOV AL, data ;取数字量

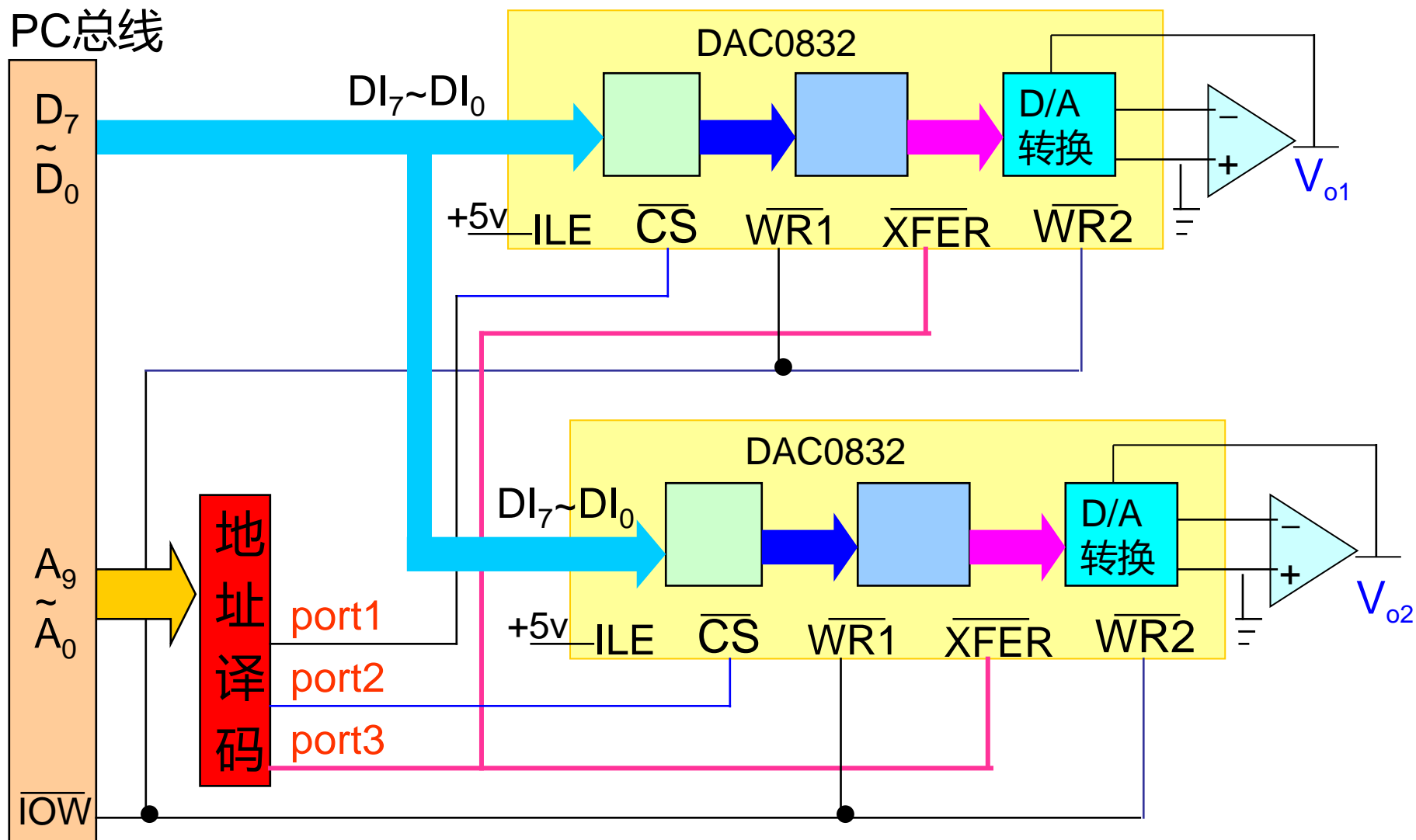
MOV DX, port1

OUT DX, AL ;打开第一级锁存

MOV DX, port2

OUT DX, AL ;打开第二级锁存

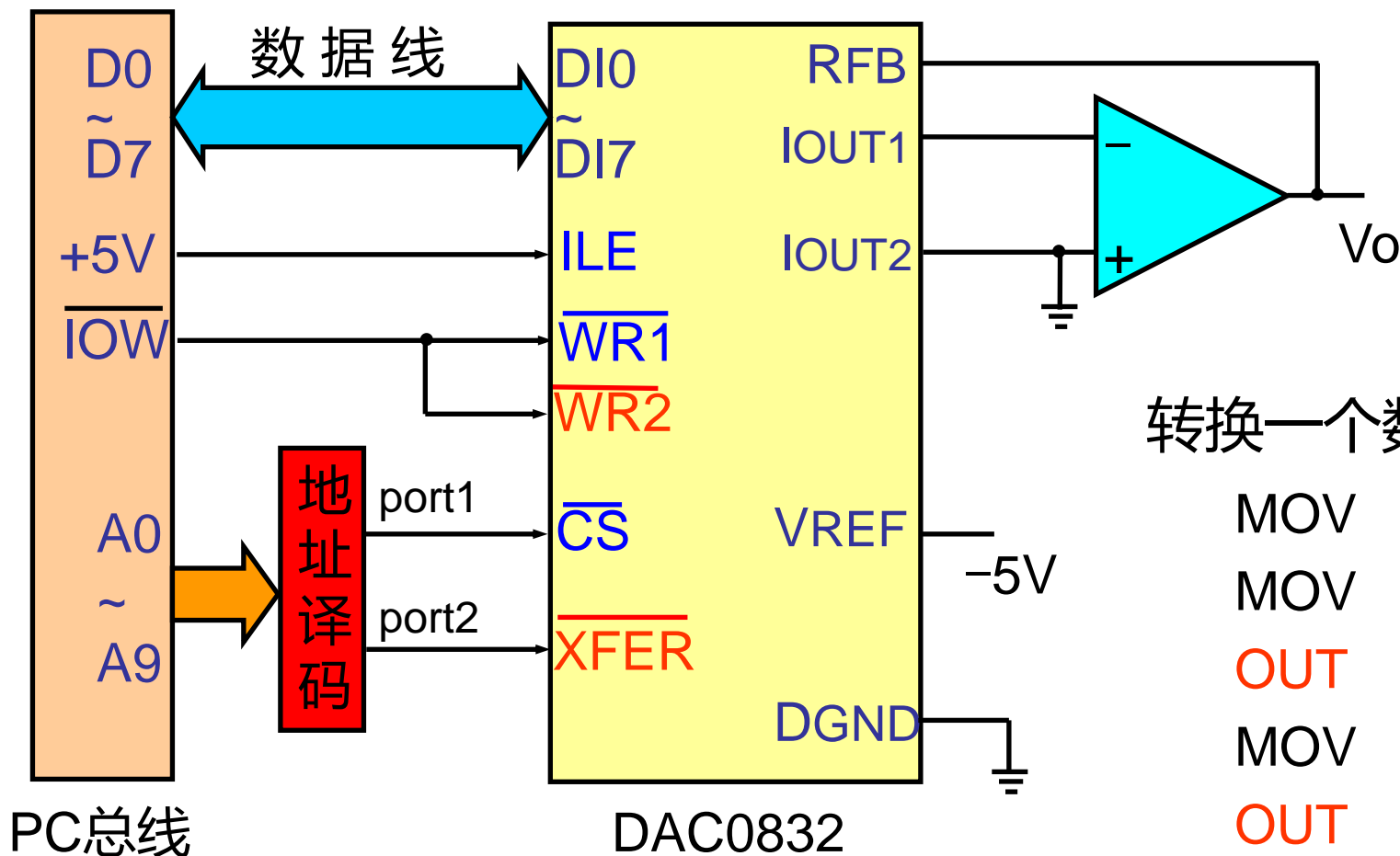
例1 当要求多个模拟量同时输出时，可采用双重缓冲方式。



编程：将datav1和datav2处的两组数据，转换成模拟量同时输出。

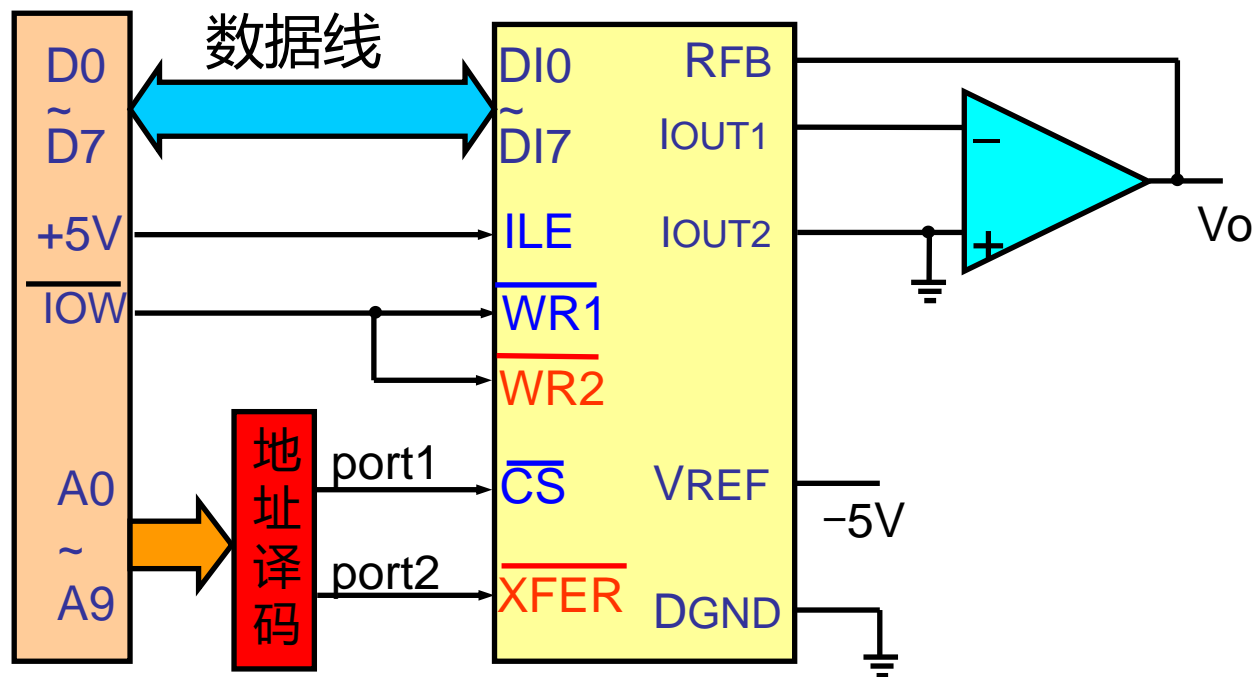
```
code    SEGMENT
        ASSUME  CS: code, DS:code
datav1  DB   11h, 12h, 13h, 14h, 15h, 16h, 17h, 18h, 19h, 1Ah
datav2  DB   21h, 22h, 23h, 24h, 25h, 26h, 27h, 28h, 29h, 2Ah
start:  MOV    AX, code
        MOV    DS, AX
        LEA    SI, data_v1
        LEA    BX, data_v2
        MOV    CX, 10
next:    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
```

例2 应用举例 (调幅) 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
```



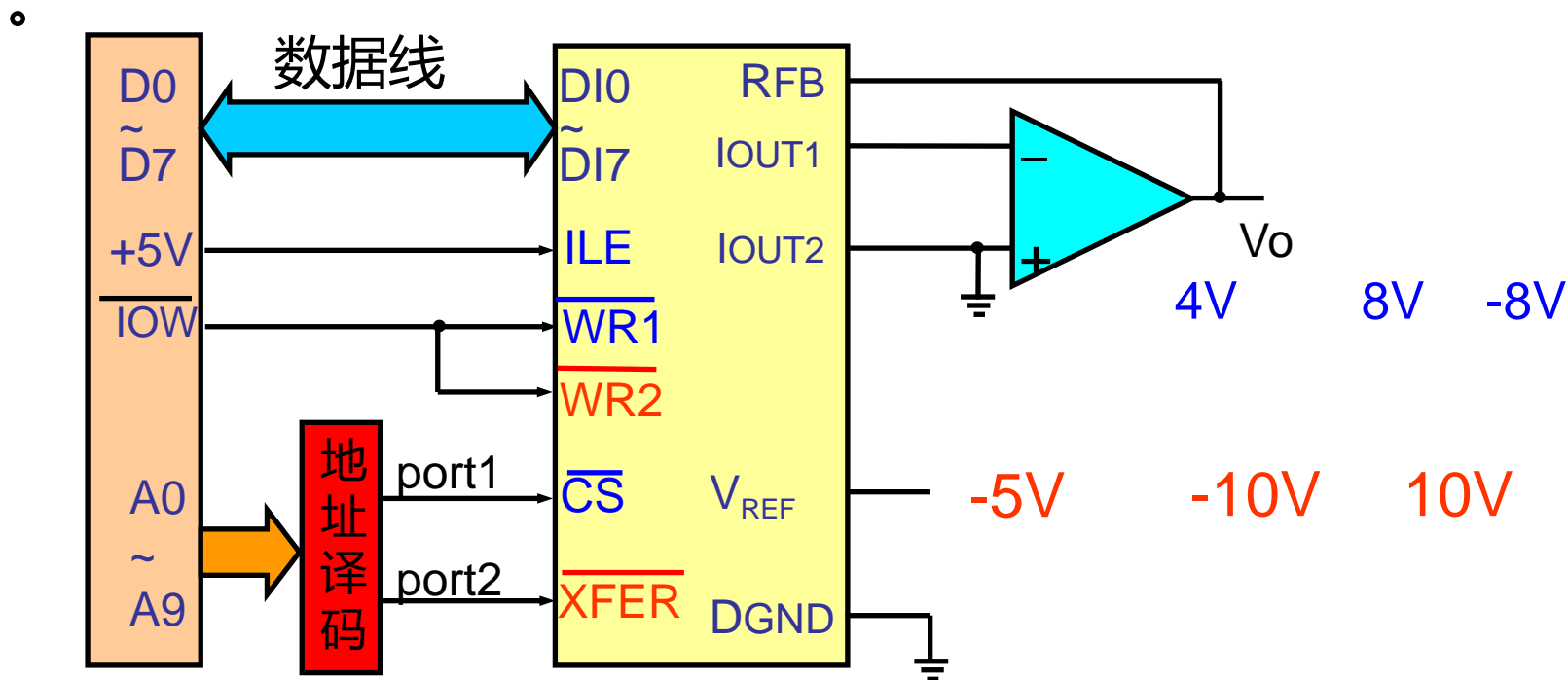
调幅分析：当数字量为0FFH=255时， $I_{OUT1} = \frac{255V_{REF}}{256R_{FB}}$

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

所以：当数字量为0CDH=205， $V_{REF} = -5V$ 时：

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

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

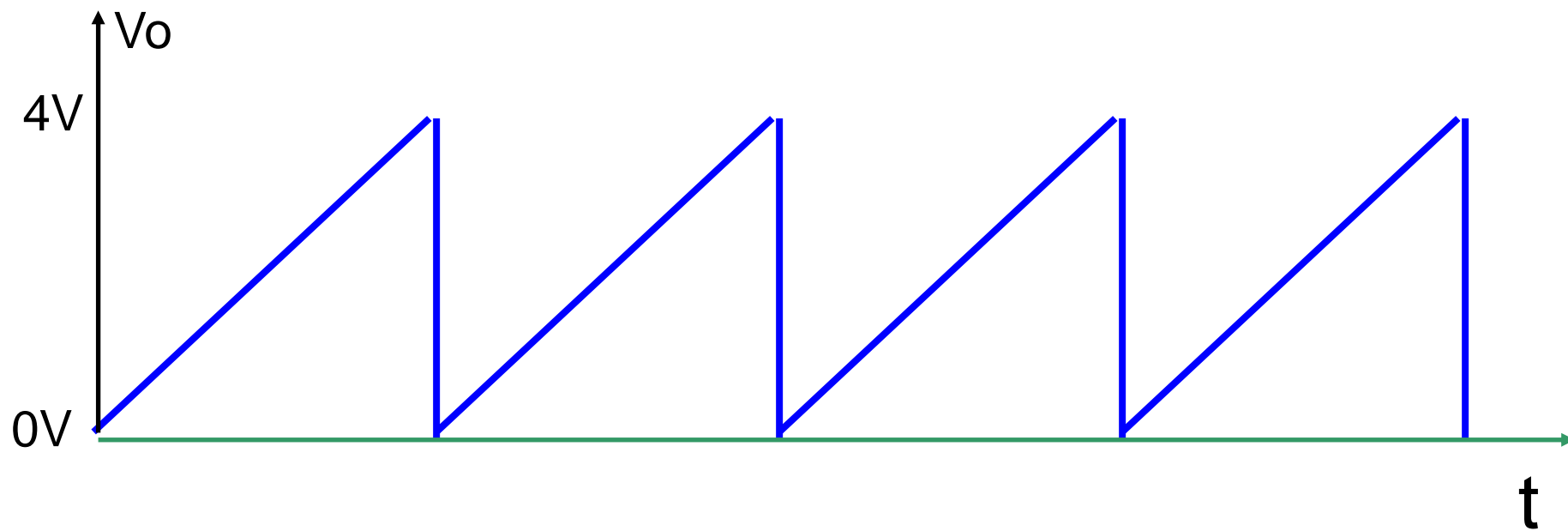


上例中，若 V_{REF} 接的是-10V，则 $V_o = 8V$

若 V_{REF} 接的是10V，则 $V_o = -8V$

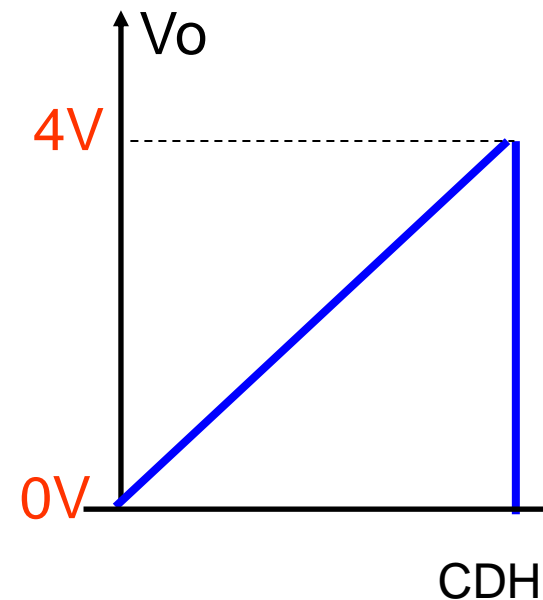
例3 利用上例连线图，编程输出一锯齿波

。

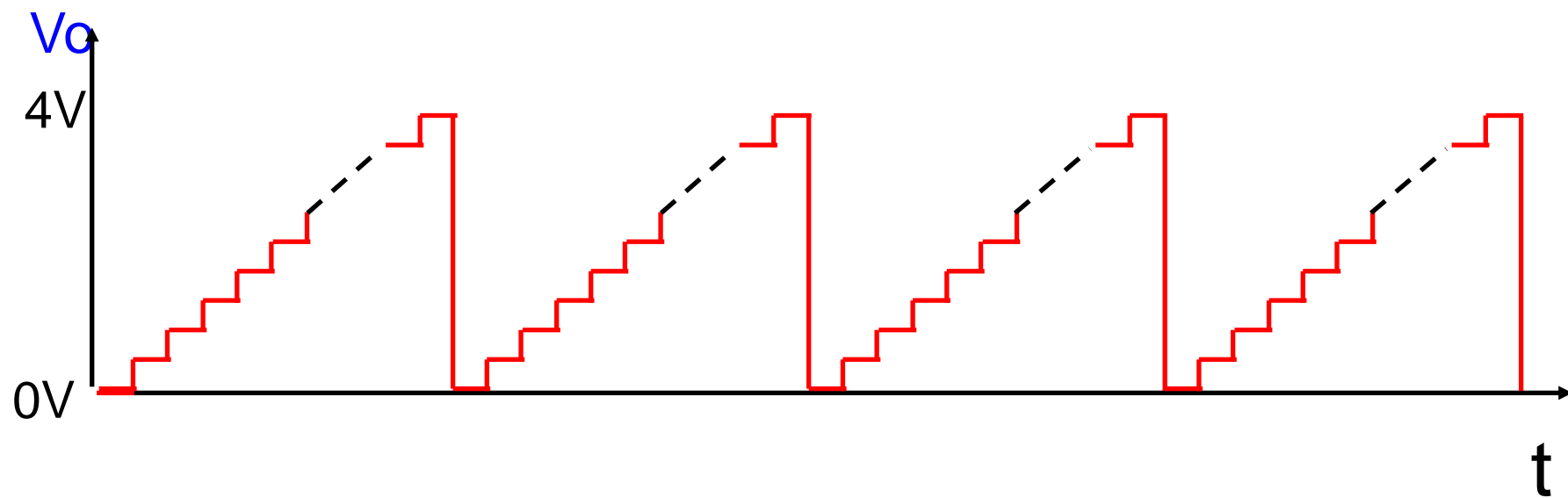


调频:

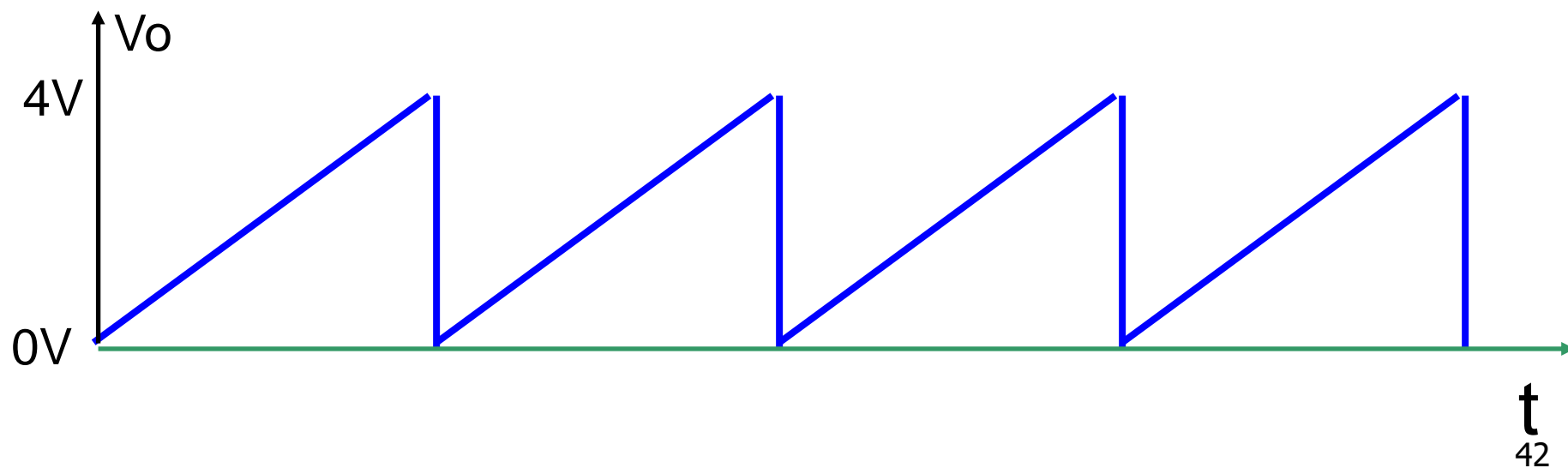
```
code  SEGMENT
        ASSUME CS:code
start: MOV  CX, 8000H    ;波形个数
        MOV  AL, 0      ;锯齿谷值
next:   MOV  DX, port1   ;打开第一级锁存
        OUT  DX, AL
        MOV  DX, port2   ;打开第二级锁存
        OUT  DX, AL
        CALL delay       ;控制锯齿波的周期
        INC  AL          ;修改输出值
        CMP  AL, 0CEH    ;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





无缓冲器模式

- 输入寄存器和DAC寄存器共用一个地址，同时选通输出。
直通方式—— $WR1=WR2=XFER=0$ 时，数据可以从输入端经两个寄存器直接进入D/A转换器，数字量输入后就能进行A/D转换。
- 不能直接与数据总线连接，需外加并行接口(如74LS373、8255等)。

8.3 模数 (A/D) 转换器

- A/D转换器的一般工作原理
- A/D转换器的主要技术指标
- A/D转换器的应用
 - 与系统的连接
 - 数据采集程序的编写

A/D转换的四个步骤:

采样→保持→量化→编码

采样/保持: 由采样保持电路 (S/H) 完成

量化/编码: 由ADC电路完成 (ADC: AD转



8.3.1 采样和保持

■ 采样

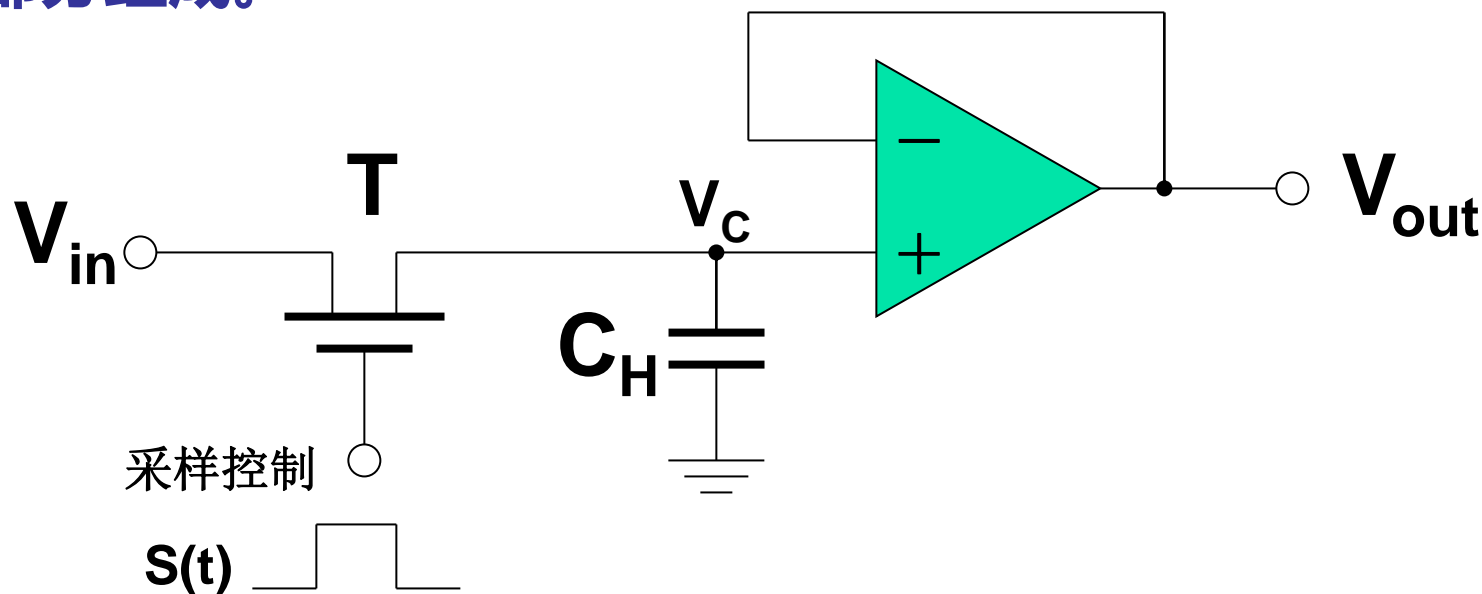
- 将一个时间上连续变化的模拟量转为时间上断续变化的（离散的）模拟量。
 - 即：把时间上连续变化的模拟量转换为一个脉冲串，脉冲串中每个脉冲的幅度取决于采样时的输入信号的幅度。

■ 保持

- 将采样得到的模拟量值保持下来，使之等于采样控制脉冲存在的最后瞬间的采样值。
- 目的：A/D转换期间保持采样值恒定不变。
- 对于变化缓慢的信号，可省略采样保持电路

采样保持电路 (S/H)

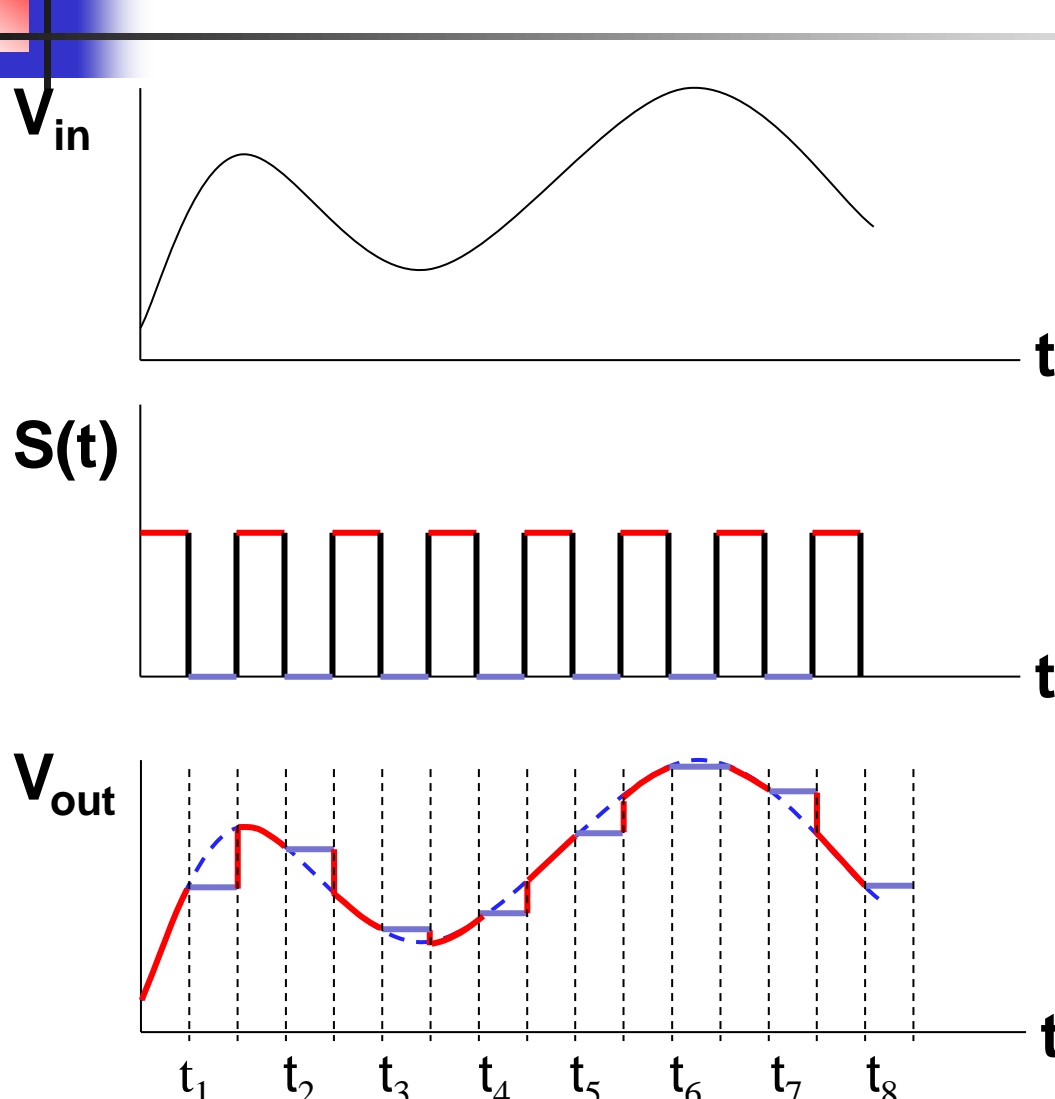
- 由MOS管采样开关 T 、保持电容 C_H 和运放构成的跟随器三部分组成。



$S(t)=1$ 时, T 导通, V_{in} 向 C_H 充电, V_C 和 V_{out} 跟踪 V_{in} 变化, 即对 V_{in} 采样。

$S(t)=0$ 时, T 截止, V_{in} 将保持, 瞬间采样值不变

采样保持电路的波形



A/D转换就是对 t_i 时刻所保持的采样电压（每次采样结束时的输入电压）进行转换。



采样周期的确定

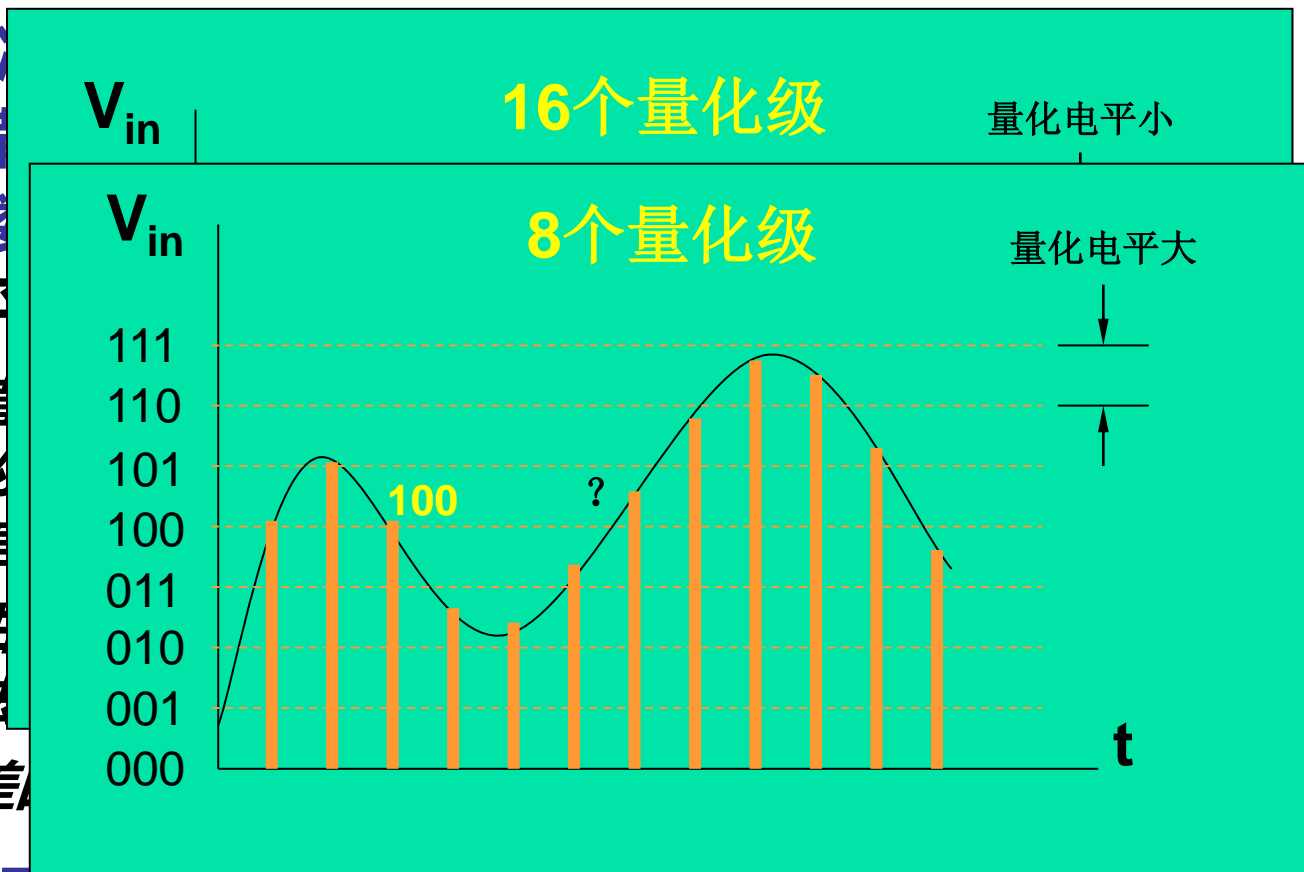
- 通常采用**等时间间隔**采样。
- 采样频率 f_S 不能低于 $2f_{max}$ (f_{max} 为输入信号 V_{in} 中最高次谐波分量的频率) ;
- f_S 的上限受计算机的速度、存储容量、器件速度、成本等条件的限制
 - **实际应用中一般取 f_S 为 f_{max} 的4-5倍**

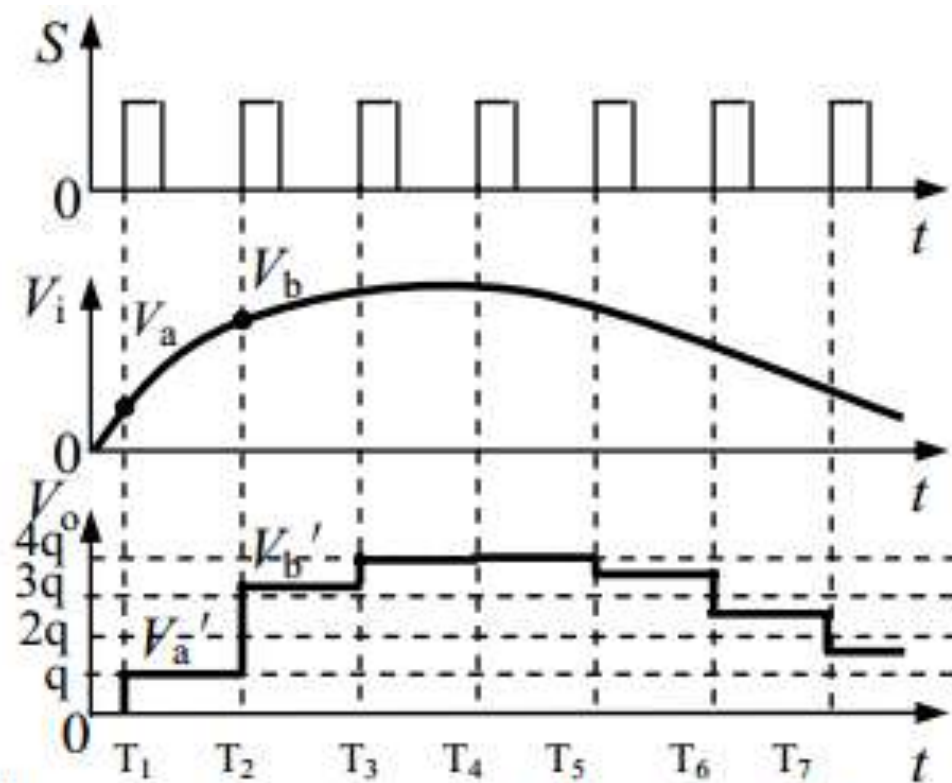
8.3.2 量化和编码

- 量化就是用标量表示连续量，即把时间上连续量转换为时间上、离散量。 (量化电平)

- 只有当电压值在量化电平之间时，否则量化后的值而产生的误差
- 量化误差是由量化电平决定的，能减小，无法消除
- 减小量化误差的方法

- 编码是把已经量化的模拟数值 (它是量化电平的整数倍) 用二进制码、BCD码或其它编码来表示。





量化:

q $3q$ $4q$ $4q$ $4q$ $3q$ $2q$

编码:

001 011 100 100 100 011 010 (四舍五入法)

8.3.3 A/D转换器的分类

- 根据A/D转换原理和特点的不同，可把ADC分成两大类：**直接ADC和间接ADC**。
 - 直接ADC是将模拟电压直接转换成数字量，常用的有：
 - 逐次逼近式ADC、计数式ADC、并行转换式ADC等。
 - 间接ADC是将模拟电压先转换成中间量，如脉冲周期 T 、脉冲频率 f 、脉冲宽度 τ 等，再将中间量变成数字量。常见的有：
 - 单积分式ADC、双积分式ADC，V/F转换式ADC等。



各种ADC的优缺点

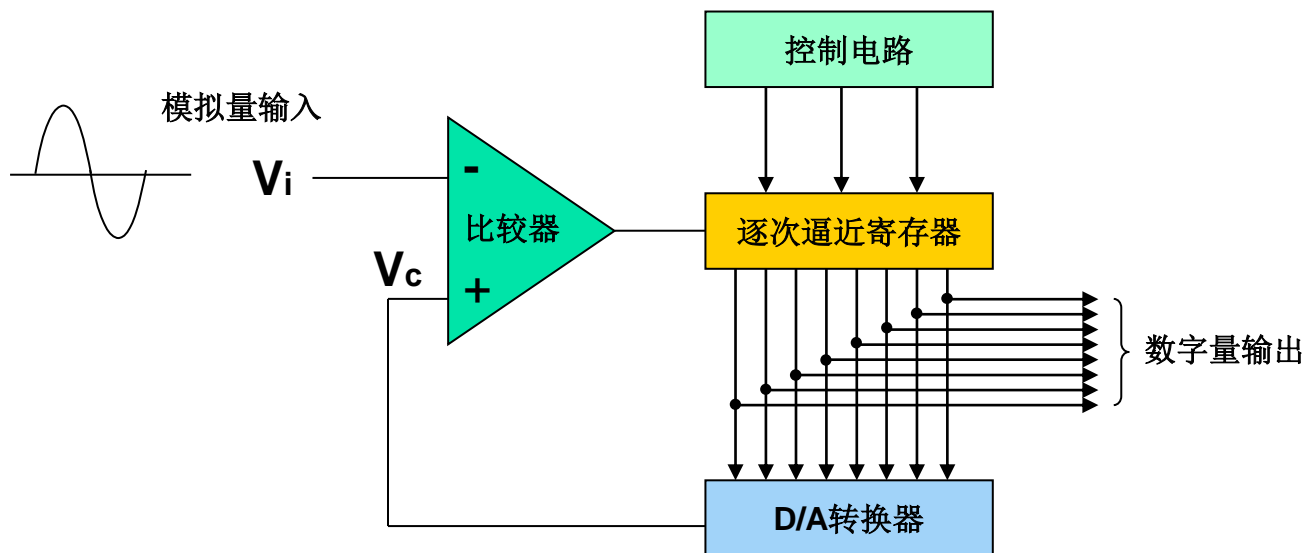


- **计数式ADC**：最简单，但转换速度最慢。
- **并行转换式ADC**：速度最快，但成本最高。
- **逐次逼近式ADC**：转换速度和精度都比较高，且比较简单，价格低，所以在微型机应用系统中最常用。
- **双积分式ADC**：转换精度高，抗干扰能力强，但转换速度慢，一般应用在精度高而速度不高的场合，如测量仪表。
- **V/F转换式ADC**：在转换线性度、精度、抗干扰能力等方面有独特的优点，且接口简单、占用计算机资源少，缺点也是转换速度慢。在一些输出信号动态范围较大或传输距离较远的低速过程的模拟输入通道中应用较为广泛。

8.3.4 A/D转换器的的工作原理

■ 逐次逼近式A/D转换器

- 类似天平称重量时的尝试法，逐步用砝码的累积重量去逼近被称物体

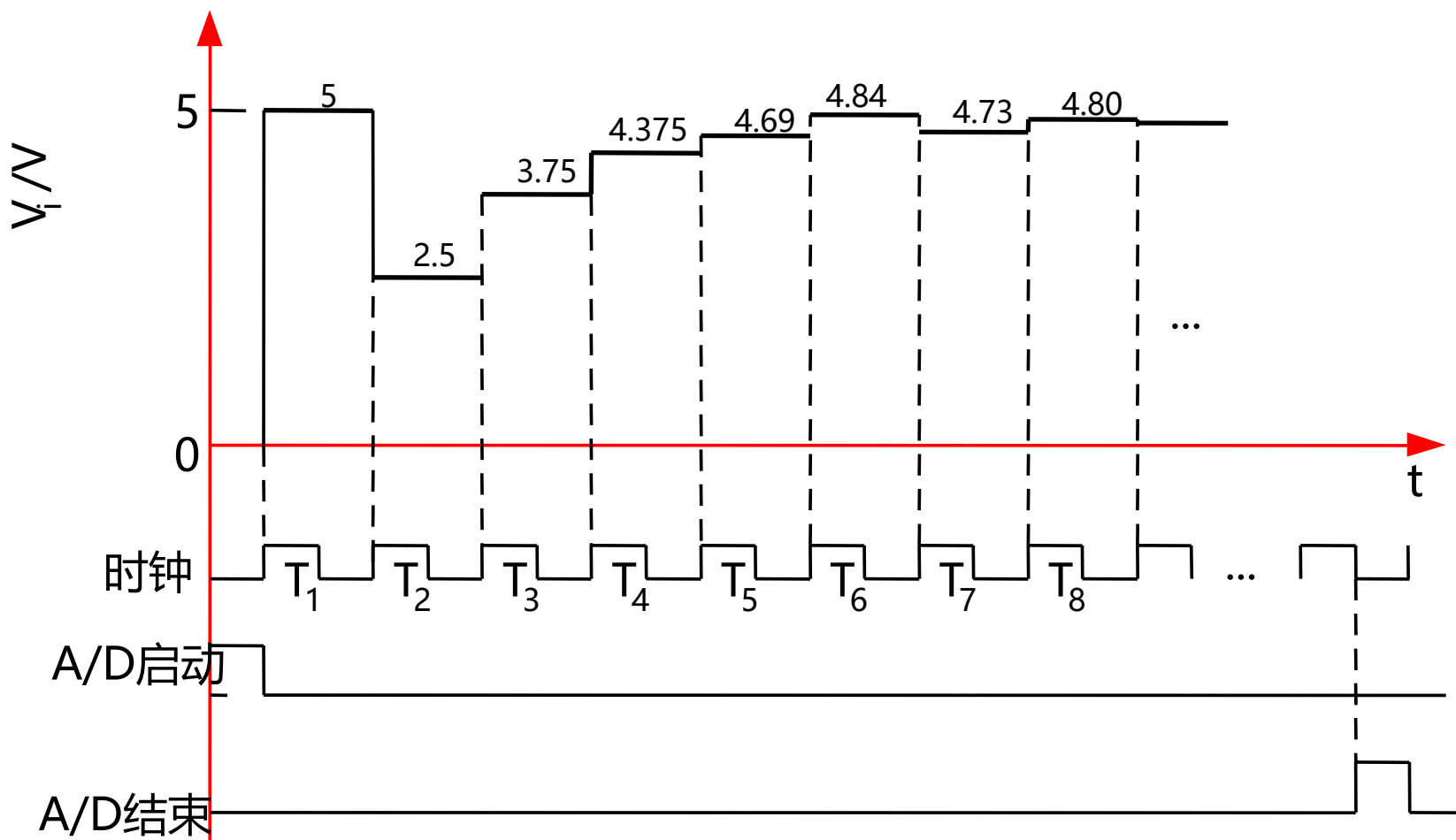
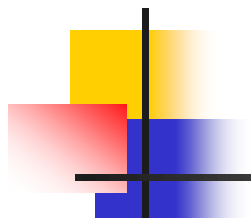


工作原理

类似天平称重量时的尝试法，逐步用砝码的累积重量去逼近被称物体。例如：

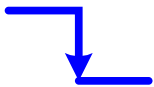

用8个砝码 2^0g , 2^1g , ..., 2^7g , 可以称出1 ~ 255g之间的物体。现有一物体，用砝码称出其重量（假定重量为176g）。


- 1) **ADC从高到低**逐次给**SAR**的每一位“置1”（即加上不同权重的砝码），**SAR**相当于放法码的称盘；
- 2) 每次**SAR**中的数据经**D/A**转换为电压 V_c ；
- 3) V_c 与输入电压 V_i 比较，若 $V_c \leq V_i$ ，保持当前位的‘1’，否则当前位‘置0’；
- 4) 从高到低逐次比较下去，直到**SAR**的每一位都尝试完；



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 D_7 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 D_7 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。



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	$V_0 > V_i$, D7=0	0
01000000	2.5	$V_0 < V_i$, D6=1	64
01100000	3.75	$V_0 < V_i$, D5=1	$64+32=96$
01110000	4.375	$V_0 < V_i$, D4=1	$64+32+16=112$
01111000	4.69	$V_0 < V_i$, D3=1	$64+32+16+8=120$
01111100	4.84	$V_0 > V_i$, D2=0	$64+32+16+8=120$
01111010	4.76	$V_0 < V_i$, D1=1	$64+32+16+8+2=122$
01111011	4.80	$V_0 < V_i$, D0=1	$64+32+16+8+2+1=123$

主要技术指标

精度

- 量化间隔(分辨率) = $V_{\max}/\text{电平数(即满量程值, } 2^n-1)$

例: 某8位ADC的满量程电压为5V, 则其分辨率为

$$5V/255 = 19.6mV$$

- 量化误差: 用数字 (离散) 量表示连续量时, 由于数字量字长有限而无法精确地表示连续量所造成的误差。(字长越长, 精度越高)

$$\text{绝对量化误差} = \text{量化间隔}/2 = (\text{满量程电压}/(2^n-1))/2$$

$$\text{相对量化误差} = 1/2 * 1/\text{量化电平数目} * 100\%$$

例: 满量程电压=10V, A/D变换器位数=10位, 则

$$\text{绝对量化误差} \approx 10/2^{11} = 4.88mV$$

$$\text{相对量化误差} \approx 1/2^{11} * 100\% = 0.049\%$$



■ 转换时间

转换一次需要的时间。精度越高（字长越长），转换速度越慢。

■ 输入动态范围

允许转换的电压的范围。如 $0 \sim 5V$ 、 $-5V \sim +5V$ 、 $0 \sim 10V$ 等。



8.4 典型的A/D转换器AD0809

- 8通道 (8路) 输入
- 8位字长
- 逐位逼近型
- 转换时间100μs
- 内置三态输出缓冲器

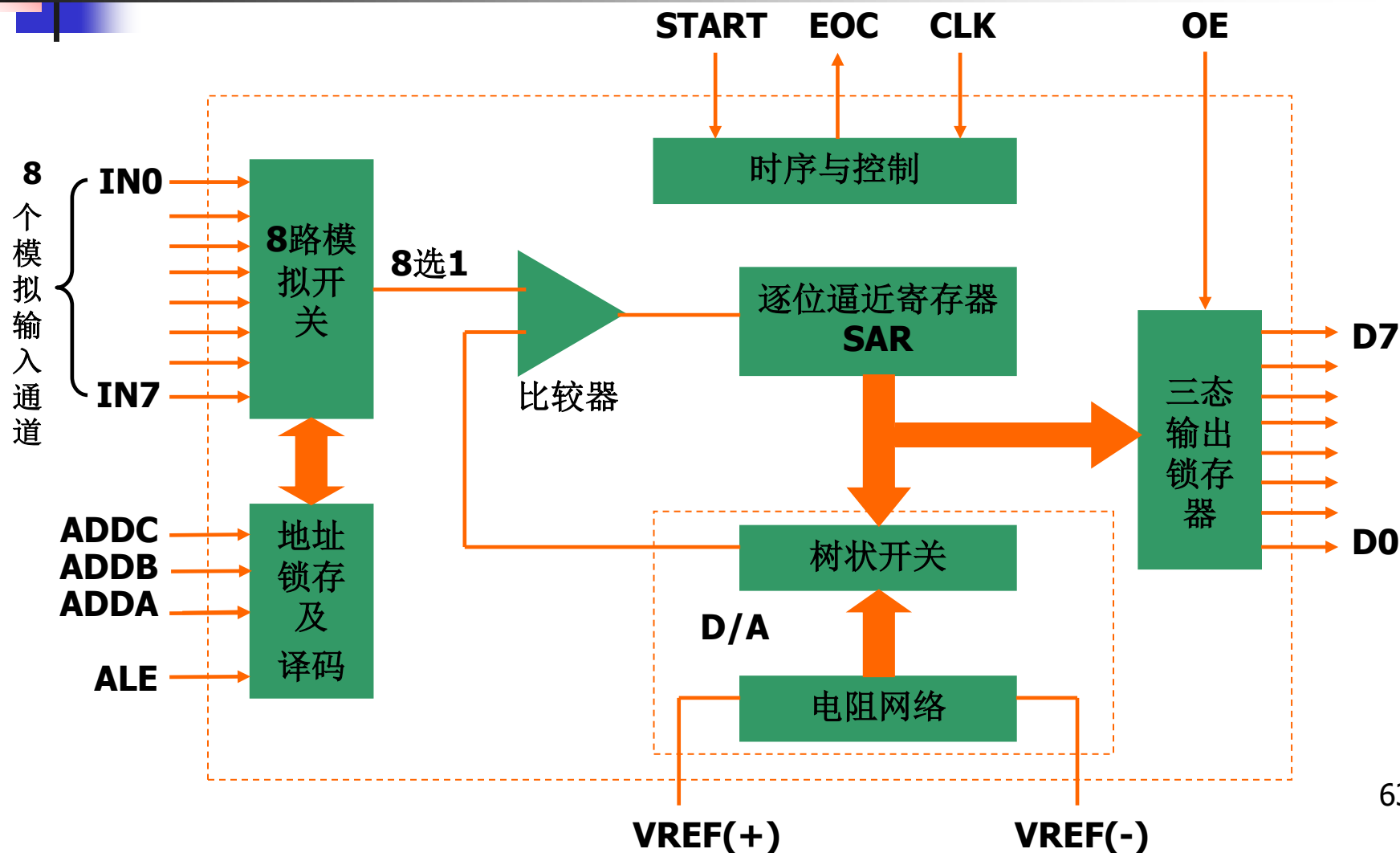


主要引脚功能



- D7 ~ D0: 输出数据线 (三态)
- IN0 ~ IN7: 8通道 (路) 模拟输入
- ADDA、ADDB、ADDC: 通道地址
- ALE: 通道地址锁存
- START: 启动转换
- EOC: 转换结束状态输出
- OE: 输出允许 (打开输出三态门)
- CLK: 时钟输入 (10KHz ~ 1.2MHz)

内部结构



工作时序

ADDA ~ ADDC

①

ALE/START

地址
锁存 ② ③ 启动

EOC

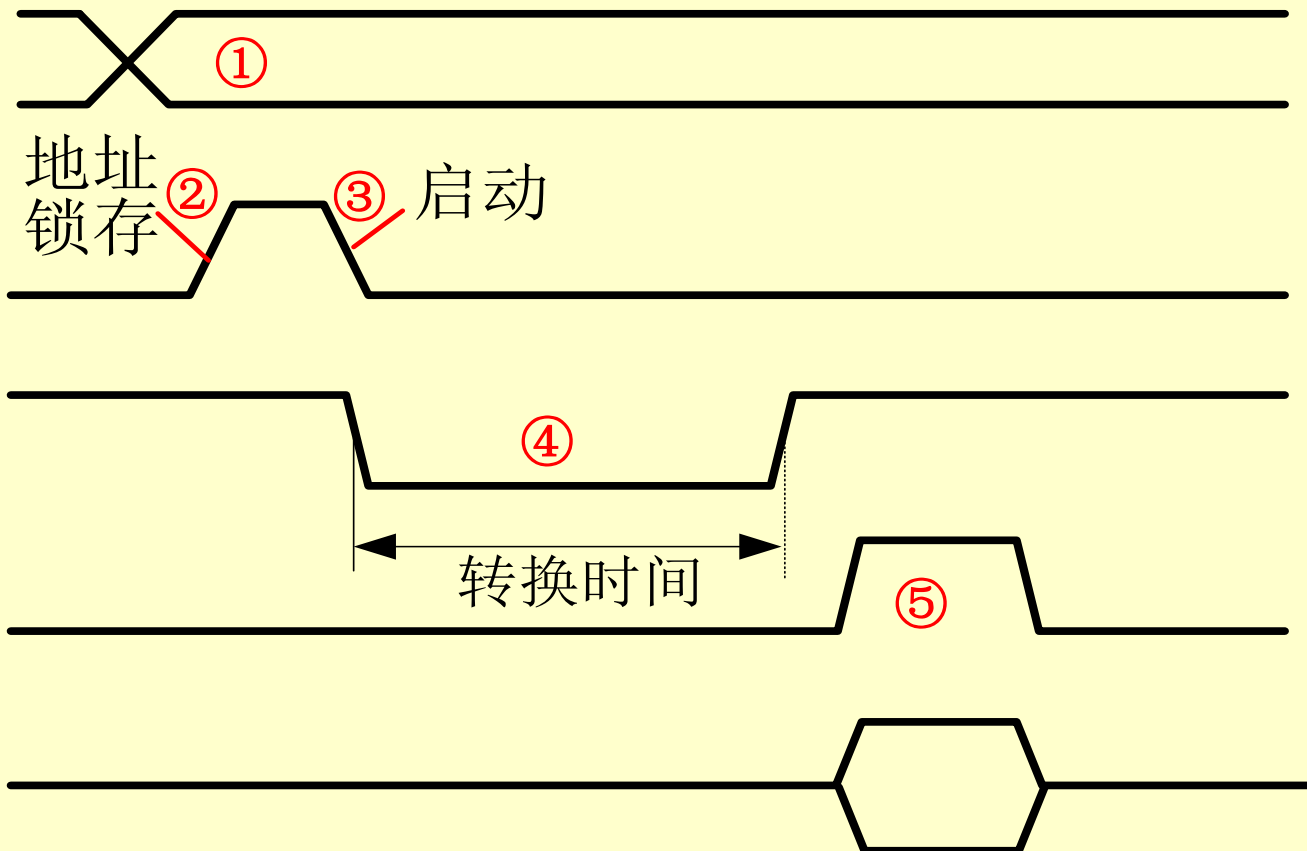
④

OE

转换时间

⑤

D0 ~ D7



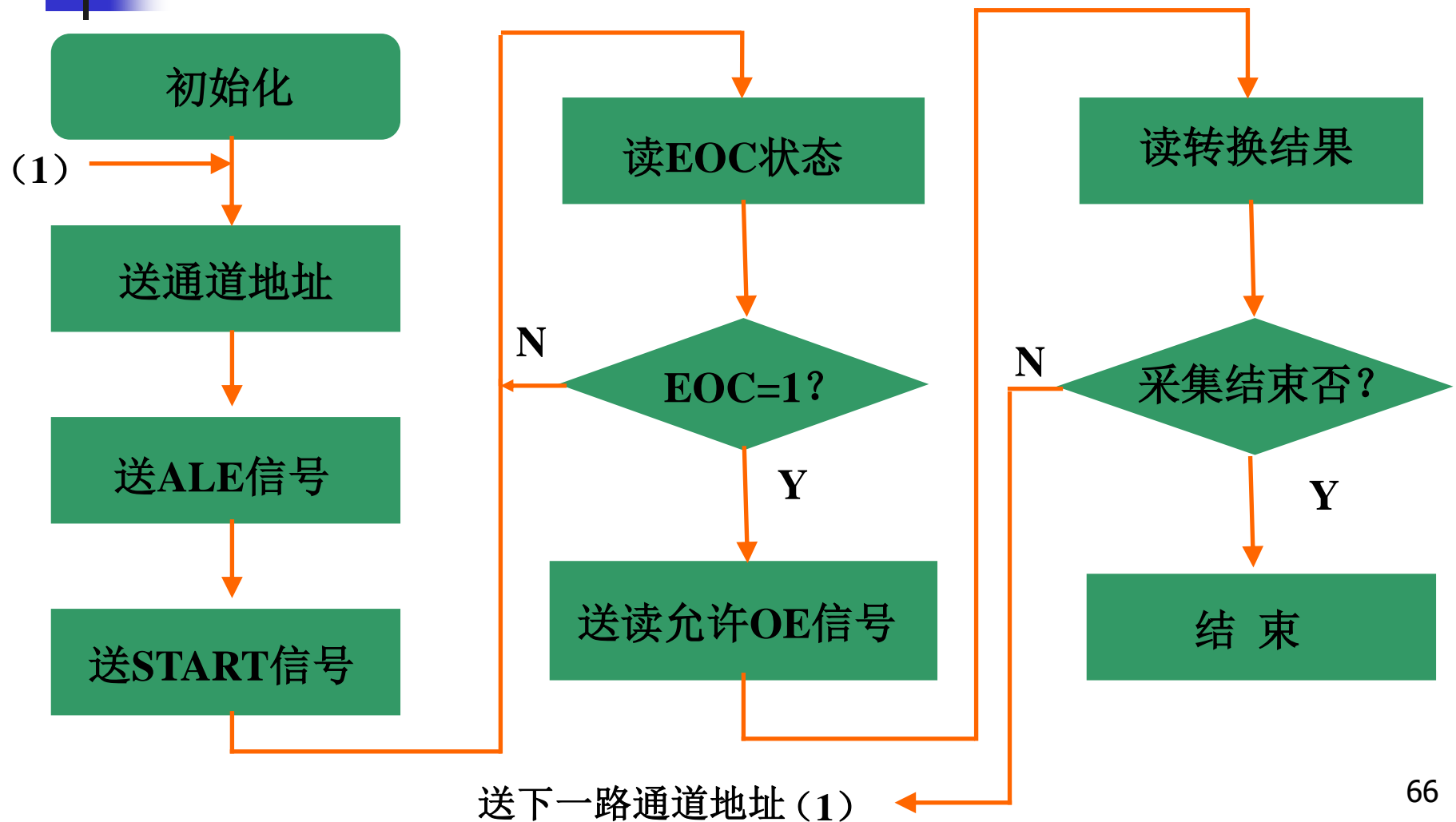


ADC0809的工作过程



- ①把通道地址送到ADDA ~ ADDC上，选择一个模拟输入；
- ②在通道地址信号有效期间，ALE上的**上升沿**使该地址锁存到内部地址锁存器；
- ③START引脚上的**下降沿**启动A/D变换；
- ④变换开始后，EOC引脚呈现**低电平**，EOC重新变为**高电平**时表示转换结束；
- ⑤OE信号打开输出锁存器的三态门送出结果。

ADC0809工作过程





ADC0809的应用

- **芯片与系统的连接**
 - 通常情况下需要经数字接口与系统连接
- **编写相应的数据采集程序**
 - 从数据采集到存储

ADC0809接口电路设计

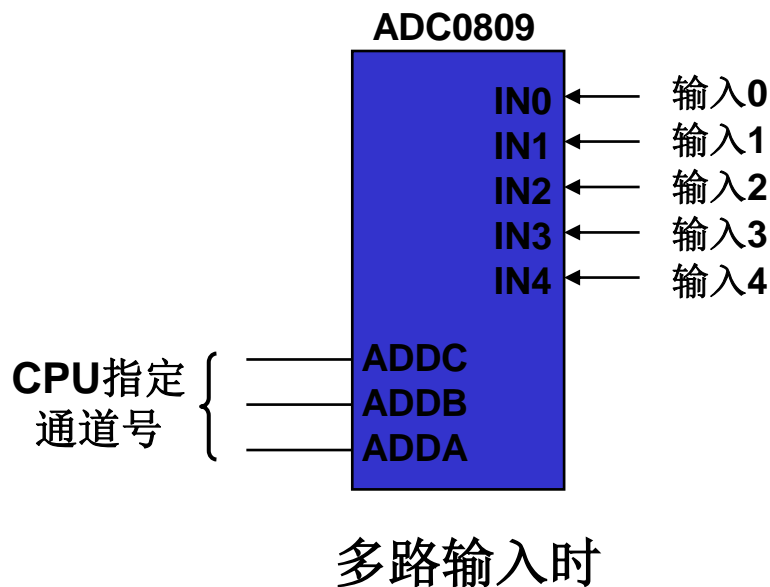
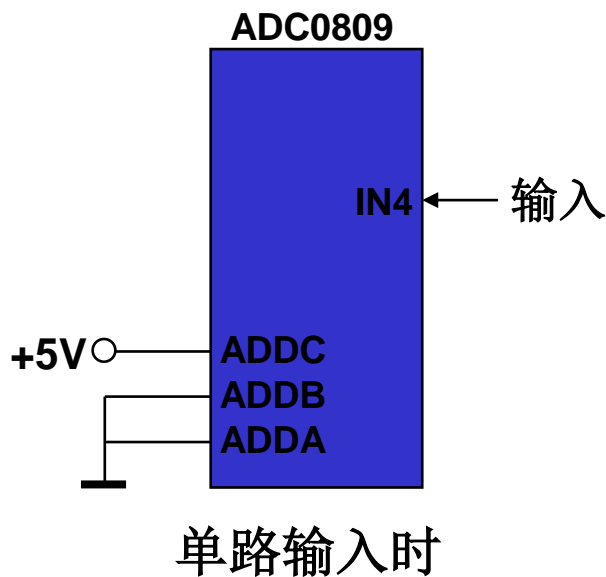
(1) 单路输入

模拟信号可连接到任何一个输入端；
根据输入端的连接将地址线接固定电平。

(2) 多路输入

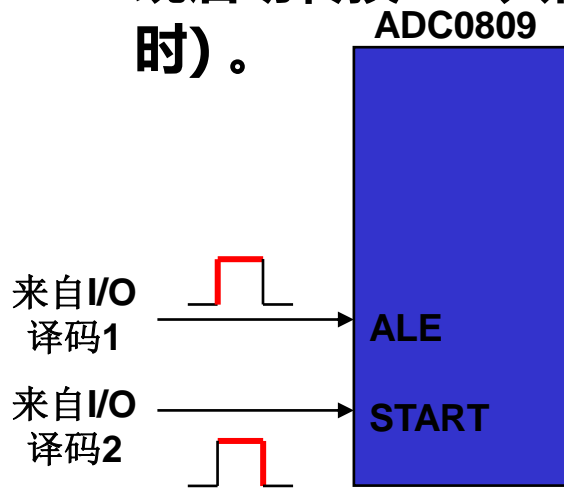
输入信号分别连接到不同的输入端；
使用通道地址编号选择要转换哪一路输入（动态选择）。

模拟量输入

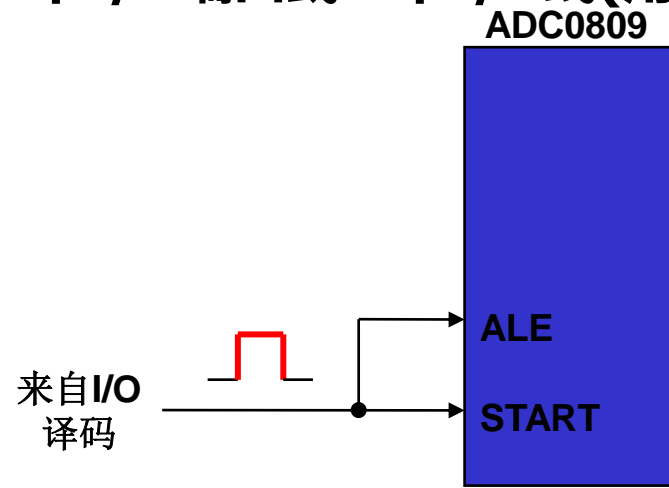


■ 地址锁存信号**ALE**和启动转换信号**START**

- **独立连接**：用两个信号分别进行控制——需占用两个I/O端口或两个I/O线(用8255时)；
- **统一连接**：用一个脉冲信号的上升沿进行地址锁存、下降沿实现启动转换——只需占用一个I/O端口或一个I/O线(用8255时)。



独立连接

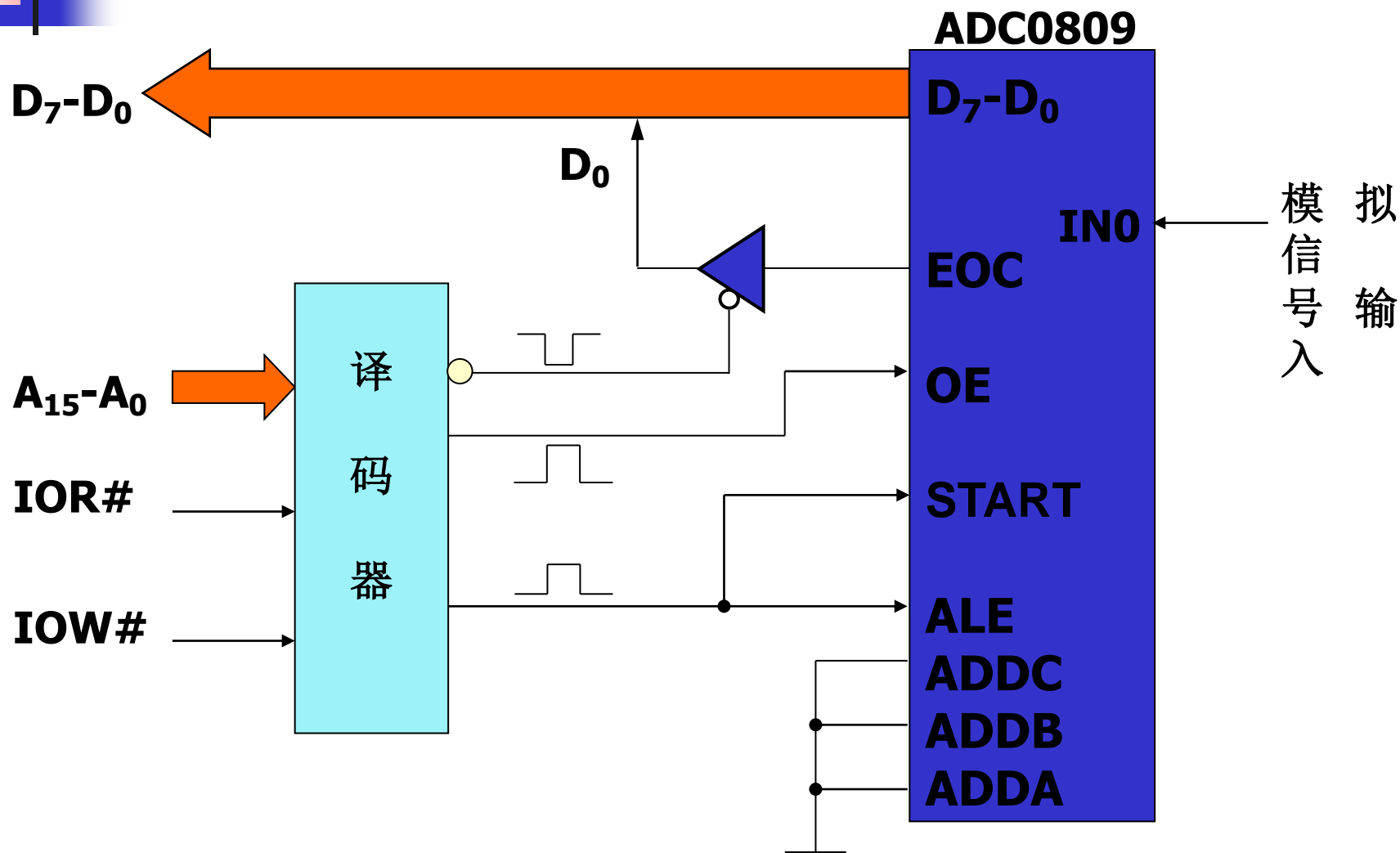


统一连接



- **转换结束信号线EOC的连接（判断转换结束方法）**
 - **软件延时**（比如延时1ms）——不用EOC信号
 - CPU效率低，只能按最大转换时间延时，兼容性差
 - 简单，容易实现
 - **查询EOC状态**
 - EOC通过一个三态门连到数据总线
 - 三态门要占用一个I/O端口地址
 - CPU效率低，兼容性好
 - **把EOC作为中断申请信号，向CPU申请中断**
 - 在中断服务程序中读入转换结果
 - CPU效率高，兼容性好

A/D转换器应用例1（查询方式）



进行一次A/D转换的程序段

■ 用延时等待的方法

.....

```
MOV      DX,
START_port
OUT DX, AL;启动转换
CALL     DELAY ;延时等待
MOV      DX, OE_port
IN  AL, DX ;读入结果
.....
```

■ 用查询EOC状态的方法

.....

```
MOV      DX, START_port
OUT DX, AL ;启动转换
LL: MOV   DX, EOC_port
IN  AL, DX ;读入EOC状态
AND AL, 01H ;测试第0位(EOC状态位)
JZ  LL    ;未转换完, 则循环检测
MOV      DX, OE_port
IN  AL, DX ;读入结果
.....
```

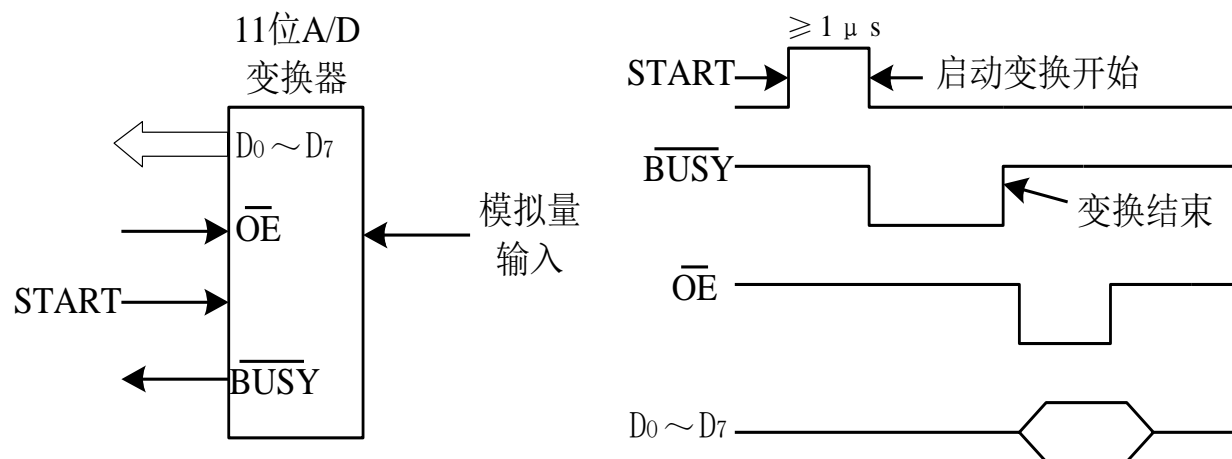

A/D转换器应用例2

■ 8255的地址范围

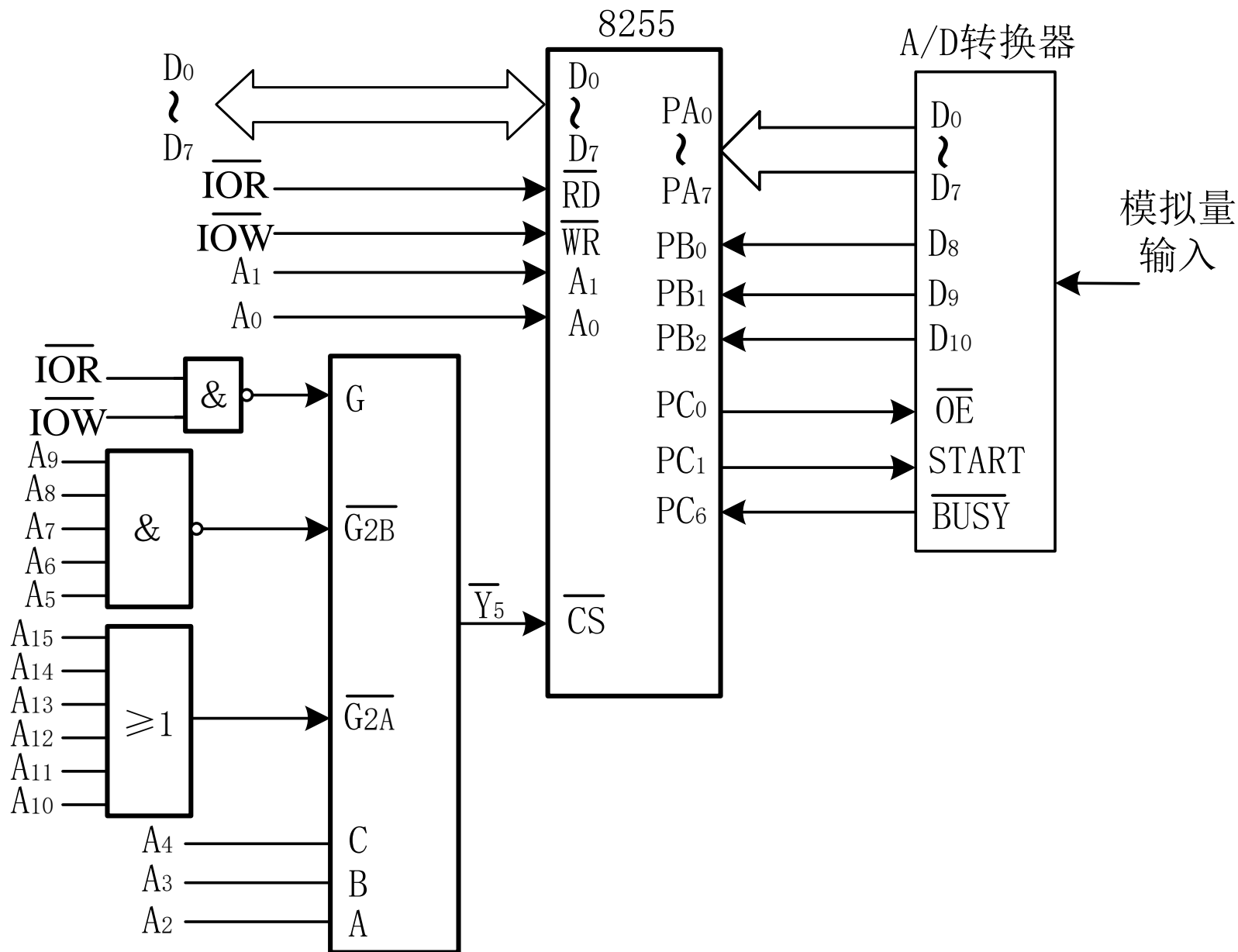
- 0000001111110100 ~ 0000001111110111

■ 设计与系统的连接线路图

- 单路模拟量输入，无需连接通道地址和地址锁存信号；
- 利用8255的A口和B口读取转换结果，C端口输出和输入各种控制信息。



系统总线信号





8255初始化程序

INIT PROC NEAR

- PUSH DX
- PUSH AX
- MOV DX, 03F7H
- MOV AL, 9AH
- OUT DX, AL
- MOV AL, 01H ; PC0初始置1
- OUT DX, AL
- MOV AL, 02H
- OUT DX, AL ; PC1初始置0
- POP AX
- POP DX
- RET

INIT ENDP

数据采集程序

```
START: MOV AX, SEG DATA
        MOV DS, AX
        LEA SI, DATA
        CALL INIT
        MOV DX, 03F6H
        MOV AL, 03H
        OUT DX, AL
        NOP
        MOV AL, 01H
        OUT DX, AL
WAITT: IN AL, DX
```

```
        AND AL, 40H
        JZ WAITT
        AND AL, 0FEH
        OUT DX, AL
        MOV DX, 03F5H
        IN AL, DX
        MOV [SI], AL
        INC SI
        MOV DX, 03F4H
        IN AL, DX
        MOV [SI], AL
        HLT
```



谢谢大家！