

## 概述

- 应用场合：控制与测量
- 处理数据：连续变化的物理量  $\Rightarrow$  模拟量
- 处理方法：
  - 测量：模拟量  $\rightarrow$  传感器  $\rightarrow$  模拟电压（电流）  $\rightarrow$  数字量  $\Rightarrow$  A/D 转换
  - 反馈：数字量  $\rightarrow$  模拟电压（电流）  $\rightarrow$  执行部件  $\Rightarrow$  D/A 转换

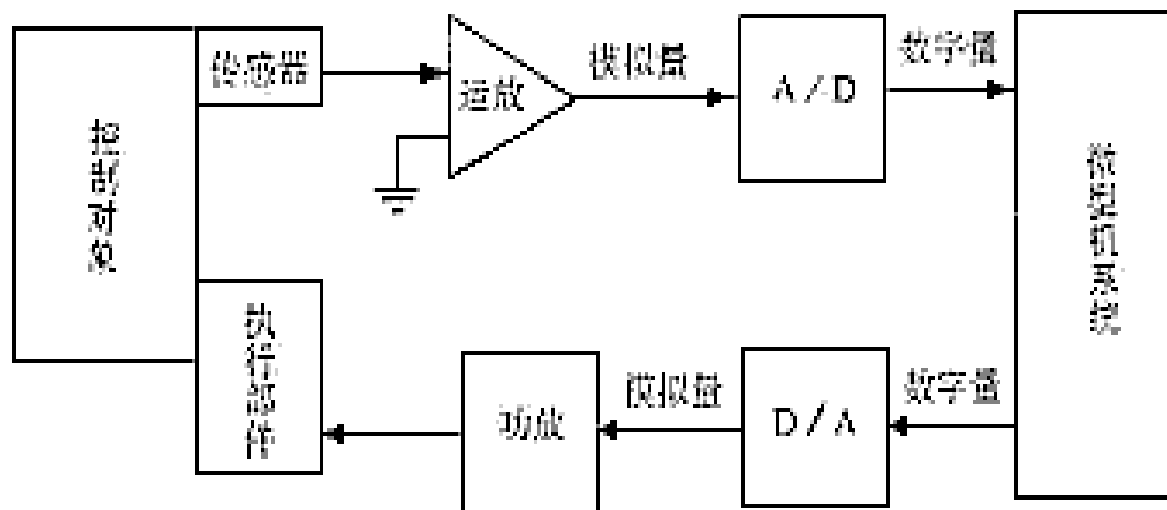
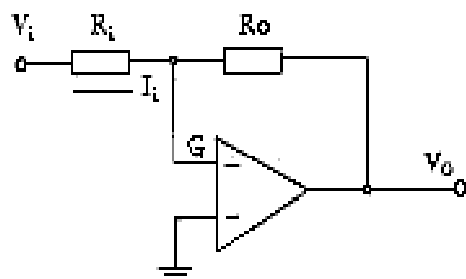


图 7.1 一个包含 A/D 和 D/A 转换环节的实时控制系统

## 数/模（D/A）转换器

- 要求：规定位数的二进制的每一位代表一定权的模拟量，把各位的模拟量权相加，得到的总模拟量便对应的二进制数。
- 两个环节：
  - 用T型网络把数字量转换成模拟电流
  - 用运算放大器把模拟电流转换成模拟电压

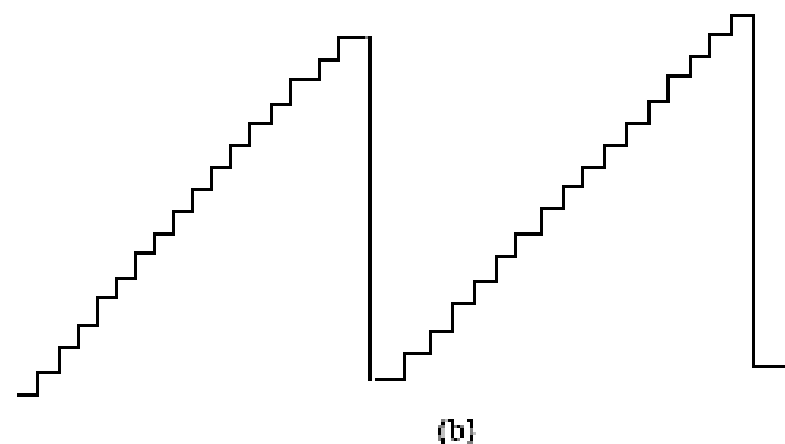
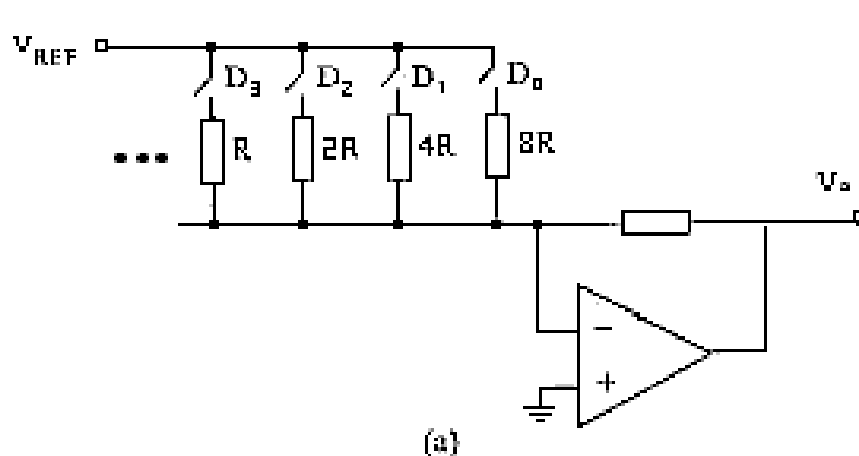
*有的D/A转换IC只实现前一环节，有的两个环节都有*
- 运算放大器：



$$\frac{U_o}{U_i} = - \frac{R_o}{R_i}$$

- 加入权电阻电路  
如下图的4位二进制数字，控制16种电流，通过放大器，得到16种电压

## 数/模 (D/A) 转换器



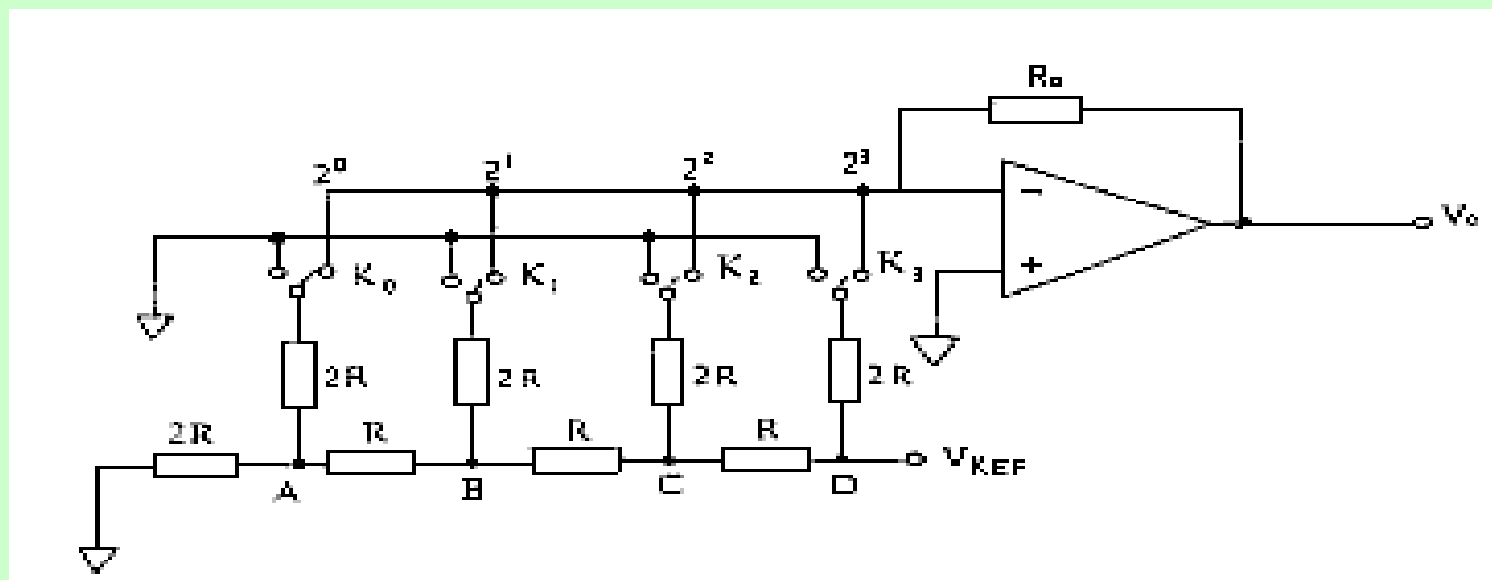
### • 几个概念

- 分辨率：最低位变化引起的变化和最大输入量的比 $\Rightarrow \frac{1}{2^n-1}$
- 转换精度（FS满量程输出电压）
  - 绝对转换精度：每个输出电压接近理想值的程度
  - 相对转换精度：绝对转换精度相对于满量程的百分数，或最低位的几分之几，如： $1/2\text{LSB} \Rightarrow \frac{1}{2} \frac{\text{FS}}{2^n} \Rightarrow \frac{\text{FS}}{2^{n+1}}$
  - 转换速率：大信号工作时，模拟输出电压的最大变化速度，单位为V/us
  - 建立时间：大信号工作时，模拟电压达到某个规定范围所需要的时间（如 $1/2\text{LSB}$ ）

## 数/模 (D/A) 转换器

- 线性误差：偏离理想转换特性的最大值  
一般用模拟量和理想值的最大误差值折合的数字输入量表示。  
如1/2LSB：模拟量输出和理想值的差最多不会超过最低位的1/2输入量产生的输出值。

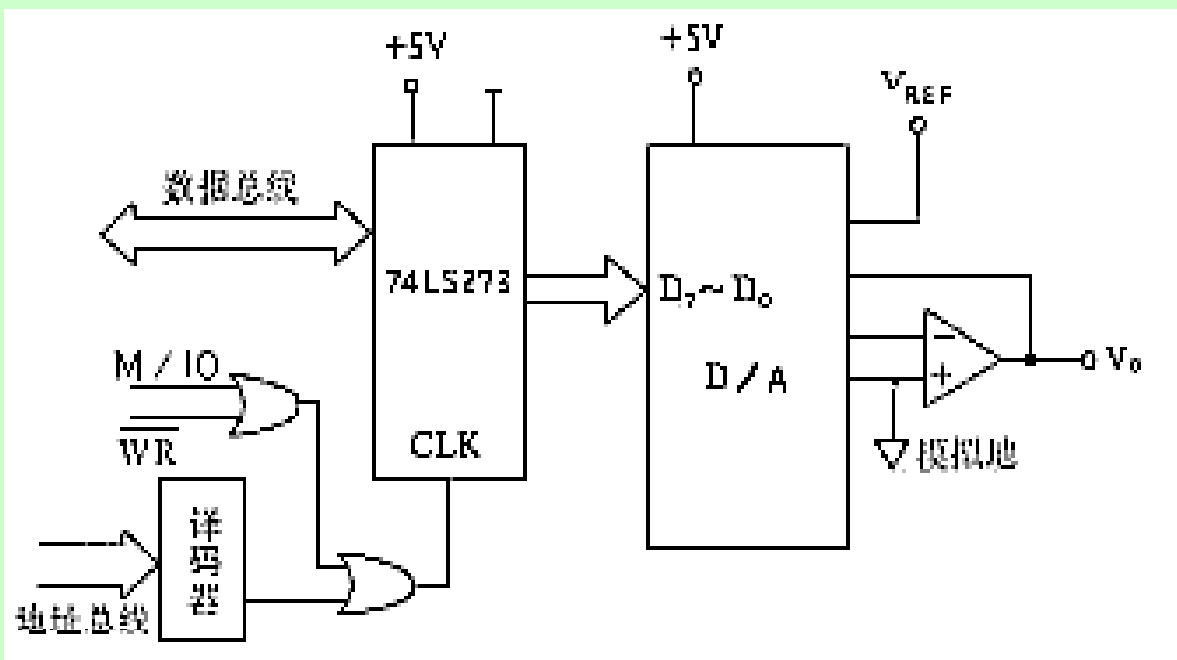
- T型权电阻电路



$$V_0 = I \cdot R_0 = -V_{REF} / 2R \cdot R_0 \left( 1/2^0 + 1/2^1 + 1/2^2 + 1/2^3 \right)$$

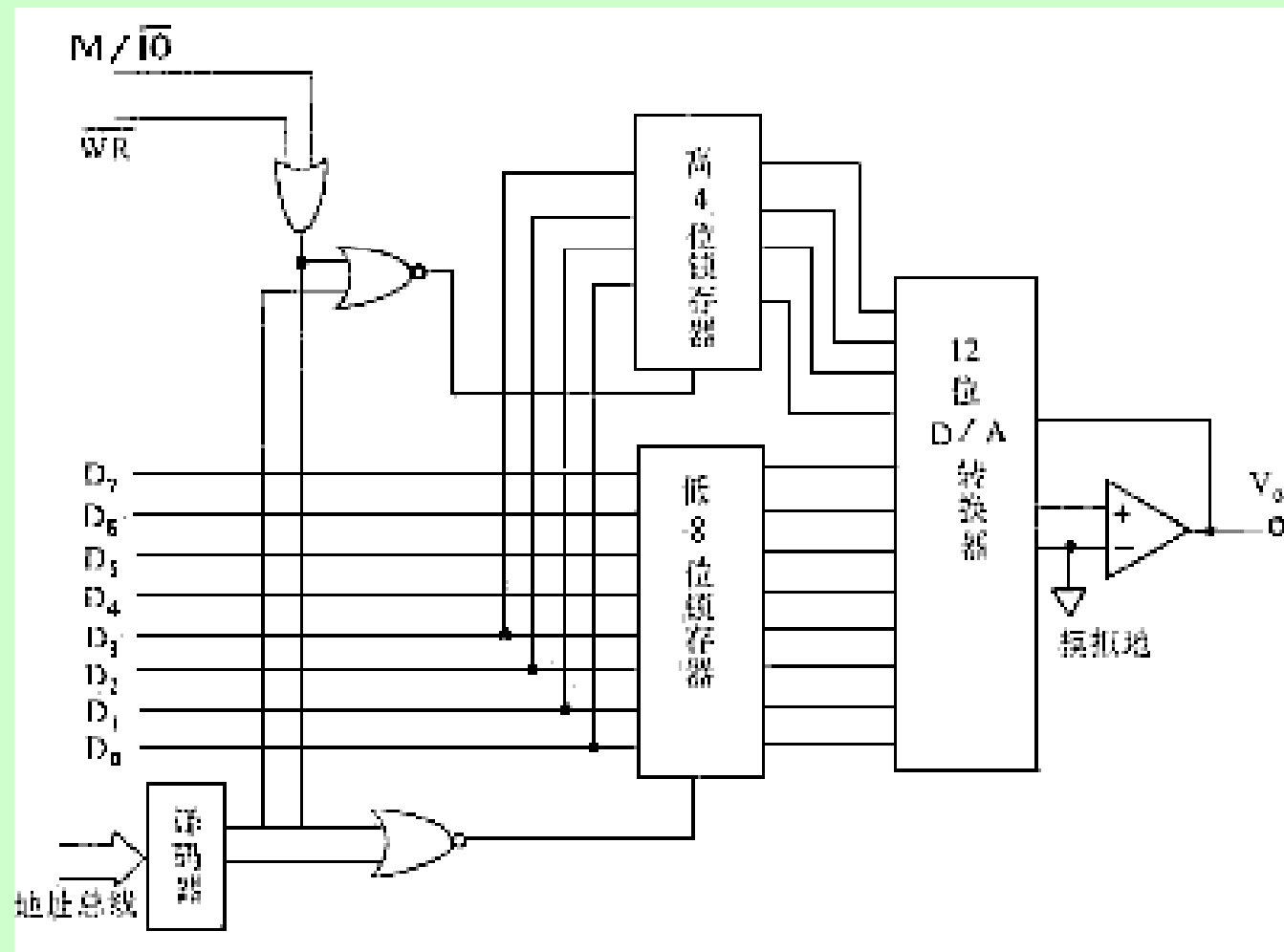
## 数/模 (D/A) 转换器件

- 类型
  - 位数(分辨率)
  - 速度(价格)
  - 电流输出、电压输出
  - 数据内部锁存
- 不带数据输入寄存器的D/A芯片使用数据外部锁存:  
如8位:



## 数/模 (D/A) 转换器件

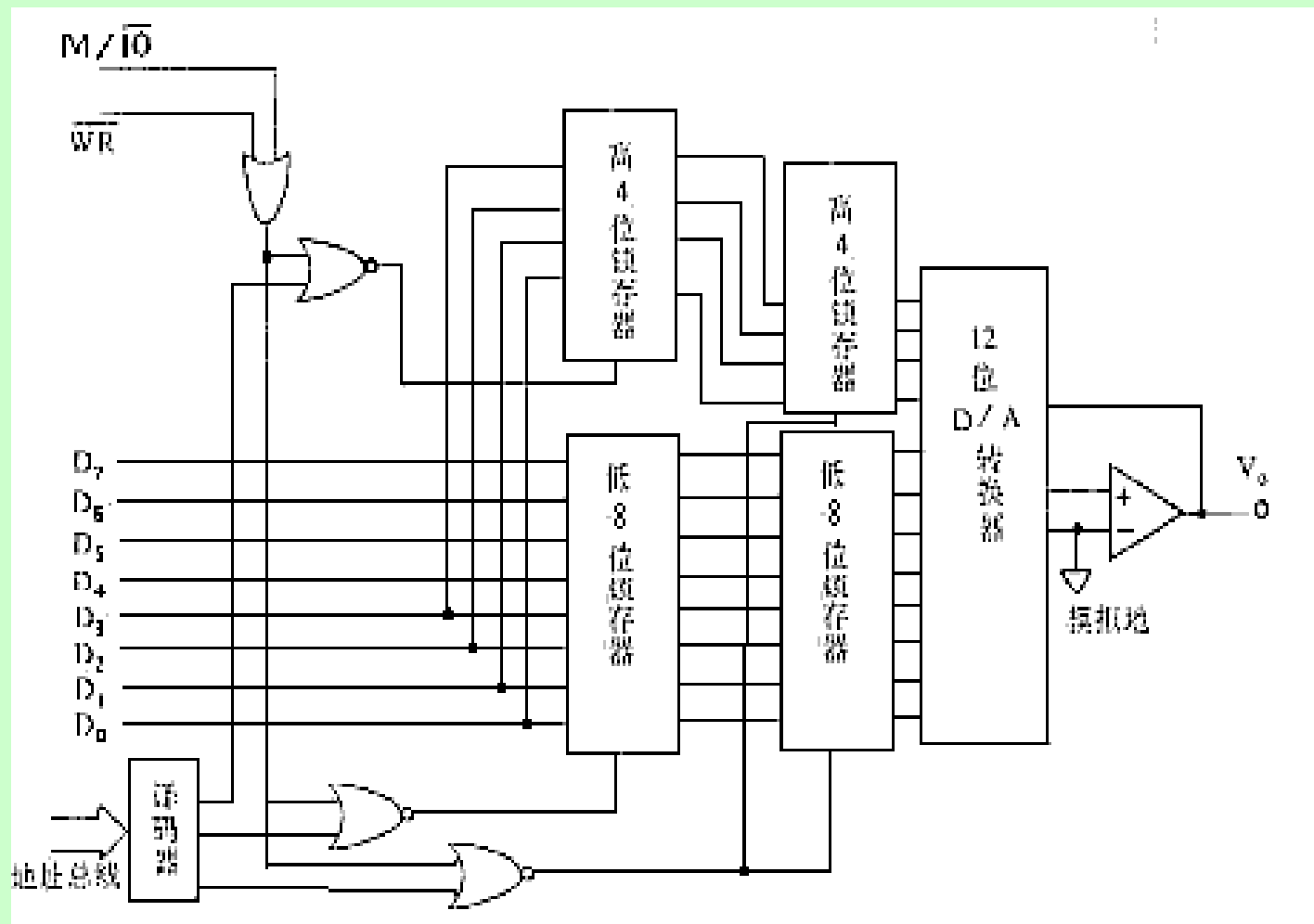
12位:



模 / 数和数 / 模转换

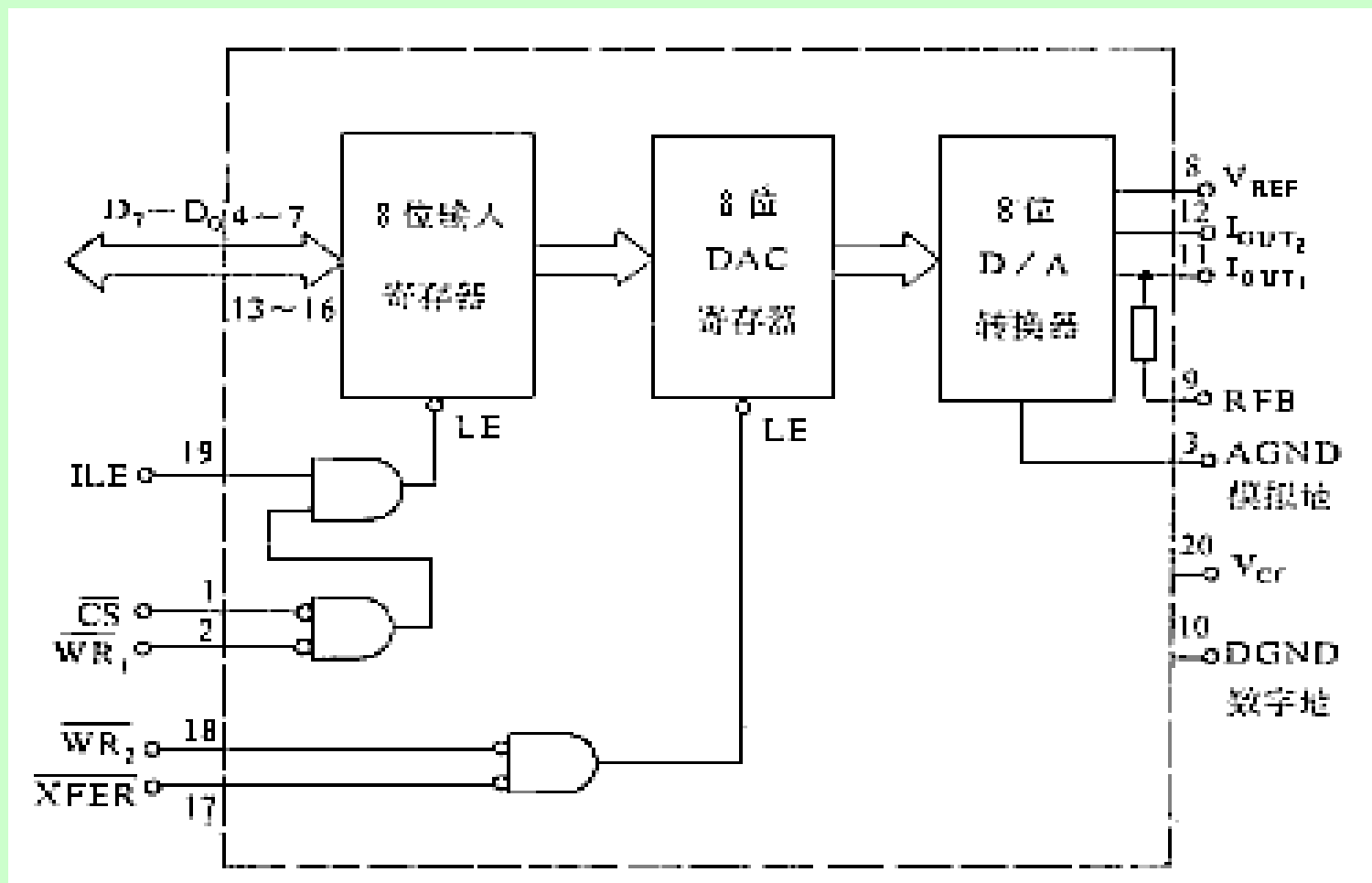
## 数/模 (D/A) 转换器件

改进12位锁存:



## 数/模 (D/A) 转换器件

- 带数据输入寄存器的D/A芯片使用 (DAC0832)





## 数/模 (D/A) 转换器件

- 需外接运算放大器
- $I_{OUT1}$  模拟电流输出端;
- $I_{OUT2}$ :  $I_{OUT2} + I_{OUT1} = \text{常数}$
- $V_{REF}$ : 参考电压输入

产生锯齿波的程序段

```
MOV DX, PORTA
```

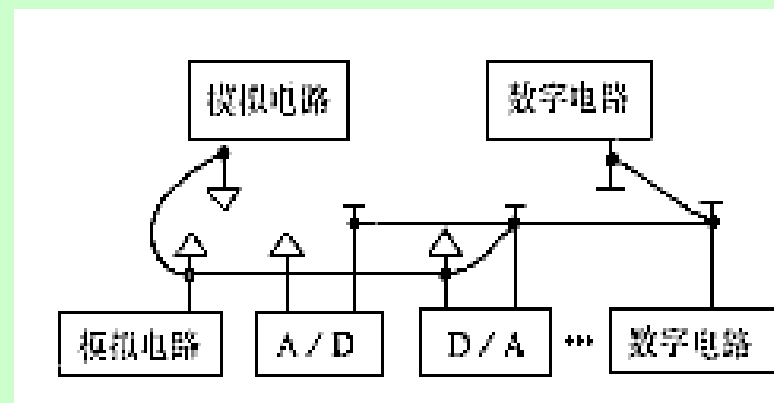
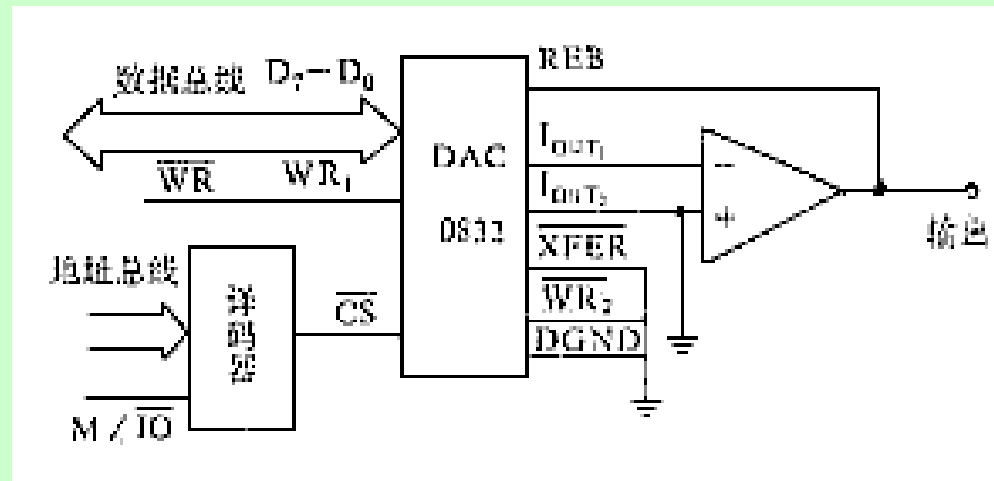
```
MOV AL, 0FFH
```

```
LL: INC AL
```

```
OUT DX, AL
```

```
JMP LL
```

- 地线的连接



## 模/数 (A/D) 转换器件

- **A/D转换参数**

- **转换精度**：实际输出接近理想输出的精确程度

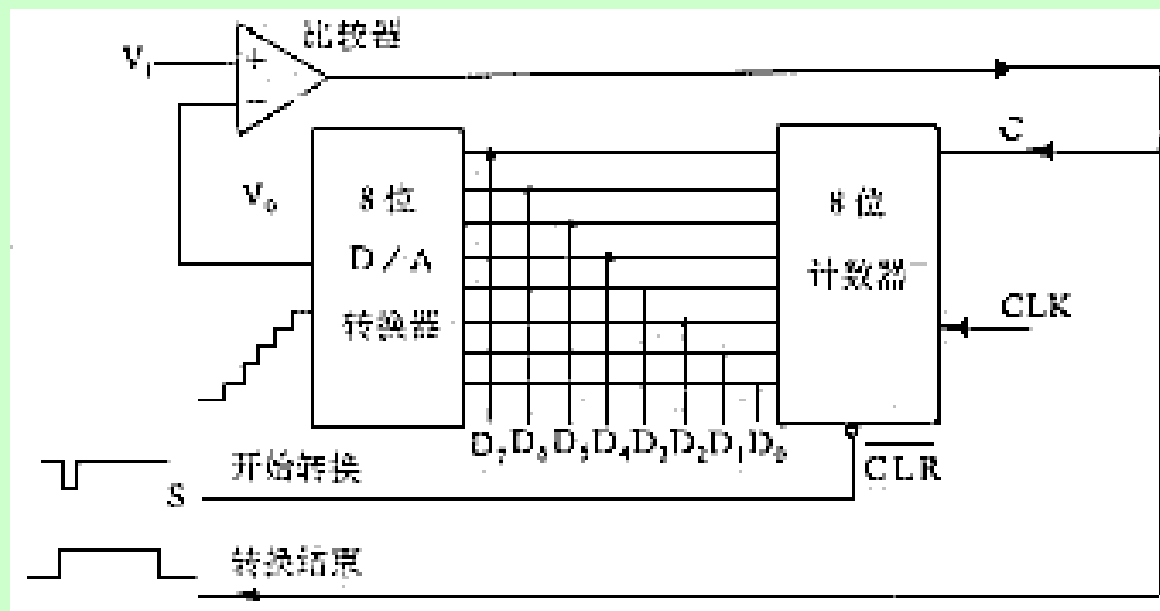
通常用数字量的最低有效位（**LSB**）来表示：设数字量的最低有效位对应于模拟量 $\Delta$ ，称 $\Delta$ 为数字量最低有效位的当量。

**转换率：**完成一次A/D转换所需时间的倒数=>表明了A/D转换的速度

- **分辨率**：能够分辨最小量化信号的能力。

- **A/D转换方法和原理**

- 计数法
  - 速度慢



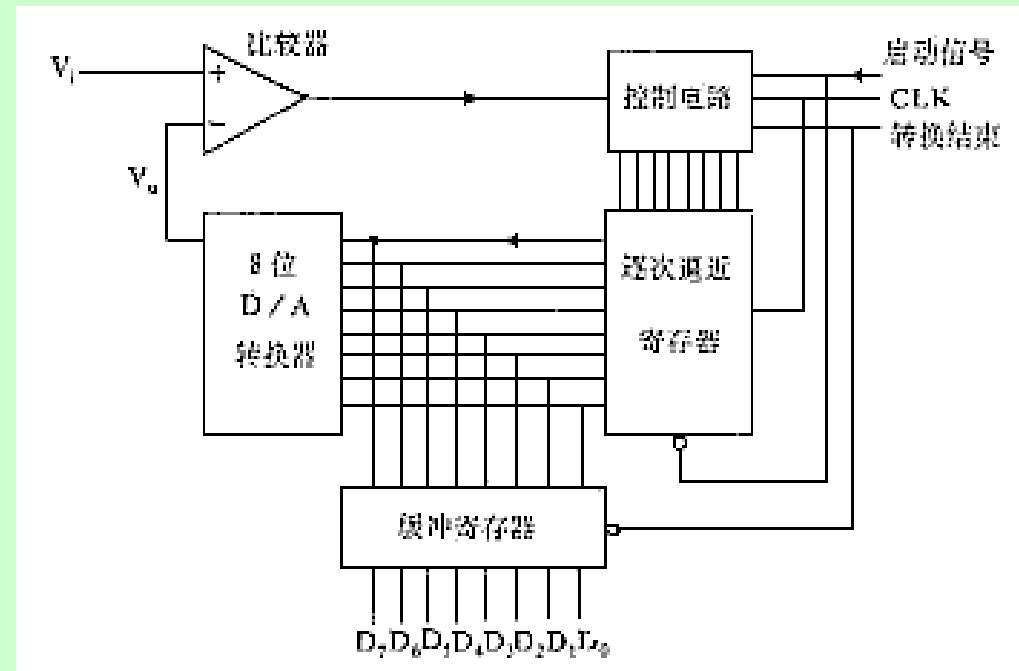
## 模/数 (A/D) 转换器件

- 双积分式A/D转换器
  - 精度高、干扰小
  - 速度慢
- 逐次逼近式A/D转换器
  - 原理同计数式相似，只是从最高位开始，通过试探值来计数。

- 用软件和D/A转换器实现A/D转换
  - 算法同逼近式

计数最慢、积分中速、  
逼近最快

A/D大多采用逼近式

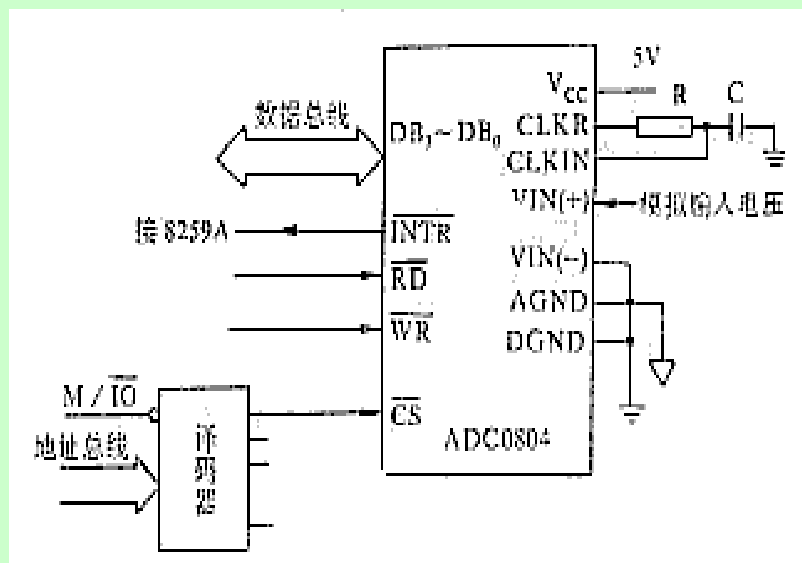


## 模/数（A/D）转换器件和系统连接考虑问题

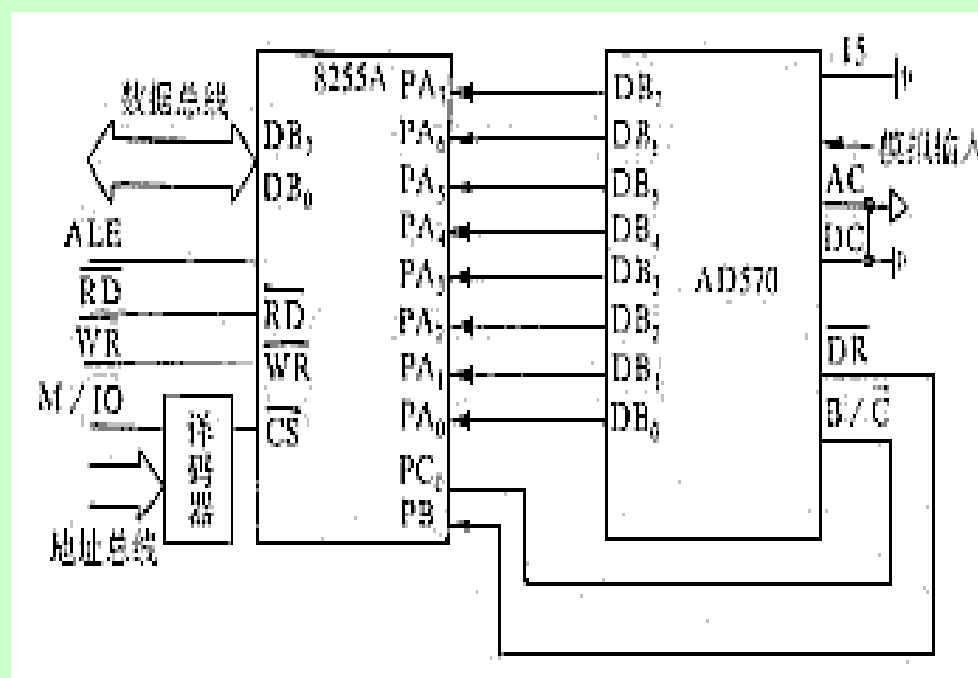
- 模拟输入电压
  - A/D输入电压单端：直接接
  - 差动，用VIN（+）、VIN（-）标注
- 数据输出线和系统总线的连接
  - 内部有可控的三态门
  - 内部有不可控的三态门
  - 超过8位的数据
- 启动信号
  - 电平（保持到转换结束）
  - 脉冲
- 转换结束信号和数据的读取
  - 程序查询
  - 中断
  - 读数据期间（转换期间）使**READY**为低，结束后变高
  - 固定延时

## 模/数 (A/D) 转换器件和系统连接考虑问题

### — 例1: ADC0804 (8位, 100us, 转换精度 $\pm 1\text{LSB}$ , 内带可控三态门)



### — 例2: ADC570 输入电压: 0-10V -5V-5V



## 例2

**readad: mov al, 92h**

**out 8255cw,al ;8255工作模式字**

**mov al, 1**

**out portc, al ; PC0=1, 不启动A/D**

**mov al, 0**

**out portc, al ; 启动A/D**

**w: in al, portb**

**rcr al, 1 ; 是否转换结束**

**jc w**

**mov al, 1**

**out portc, al ; 停止A/D**

**in al, porta ; 读转换数据**

模 / 数和数 / 模转换

## 模/数（A/D）转换器件和系统连接考虑问题

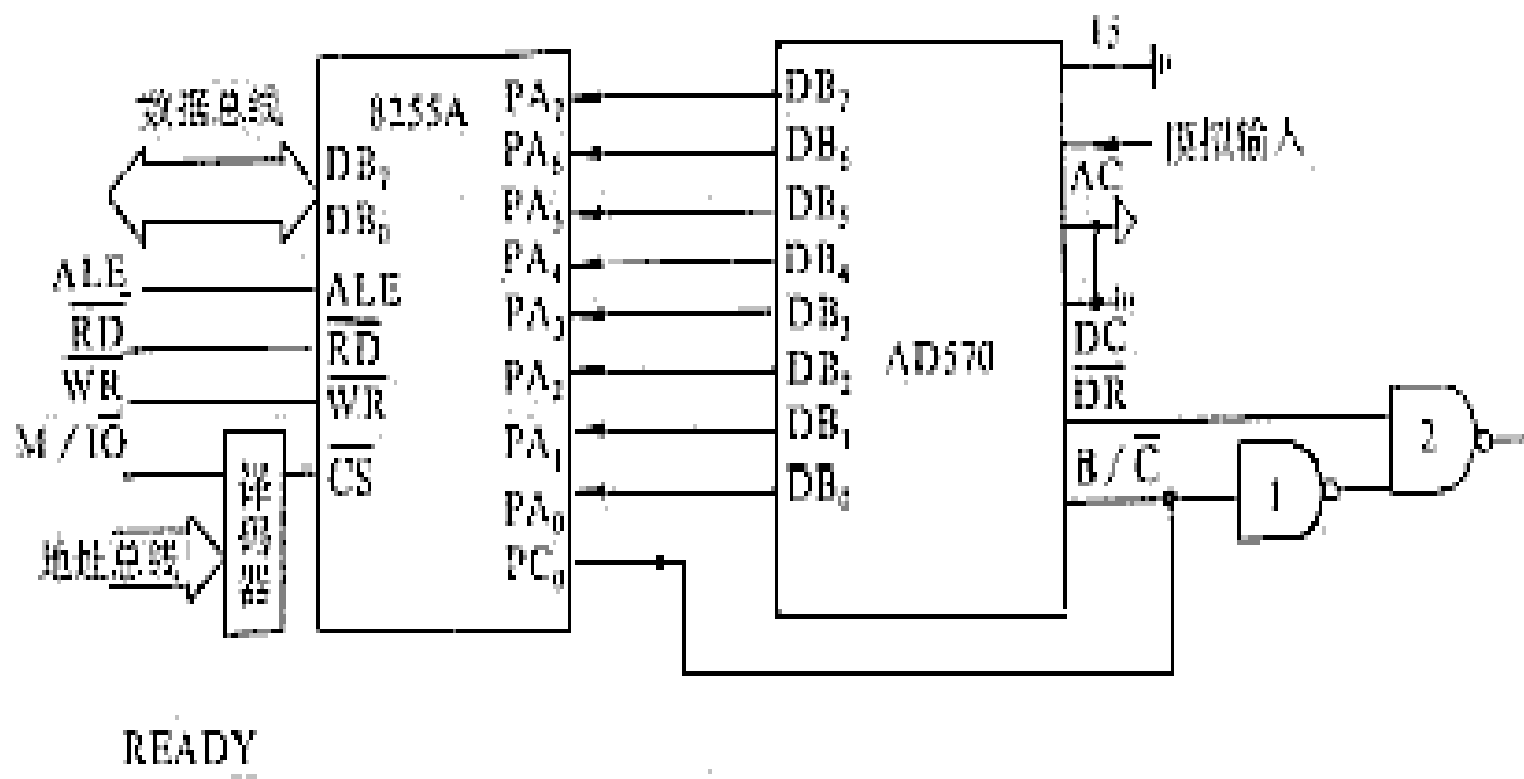
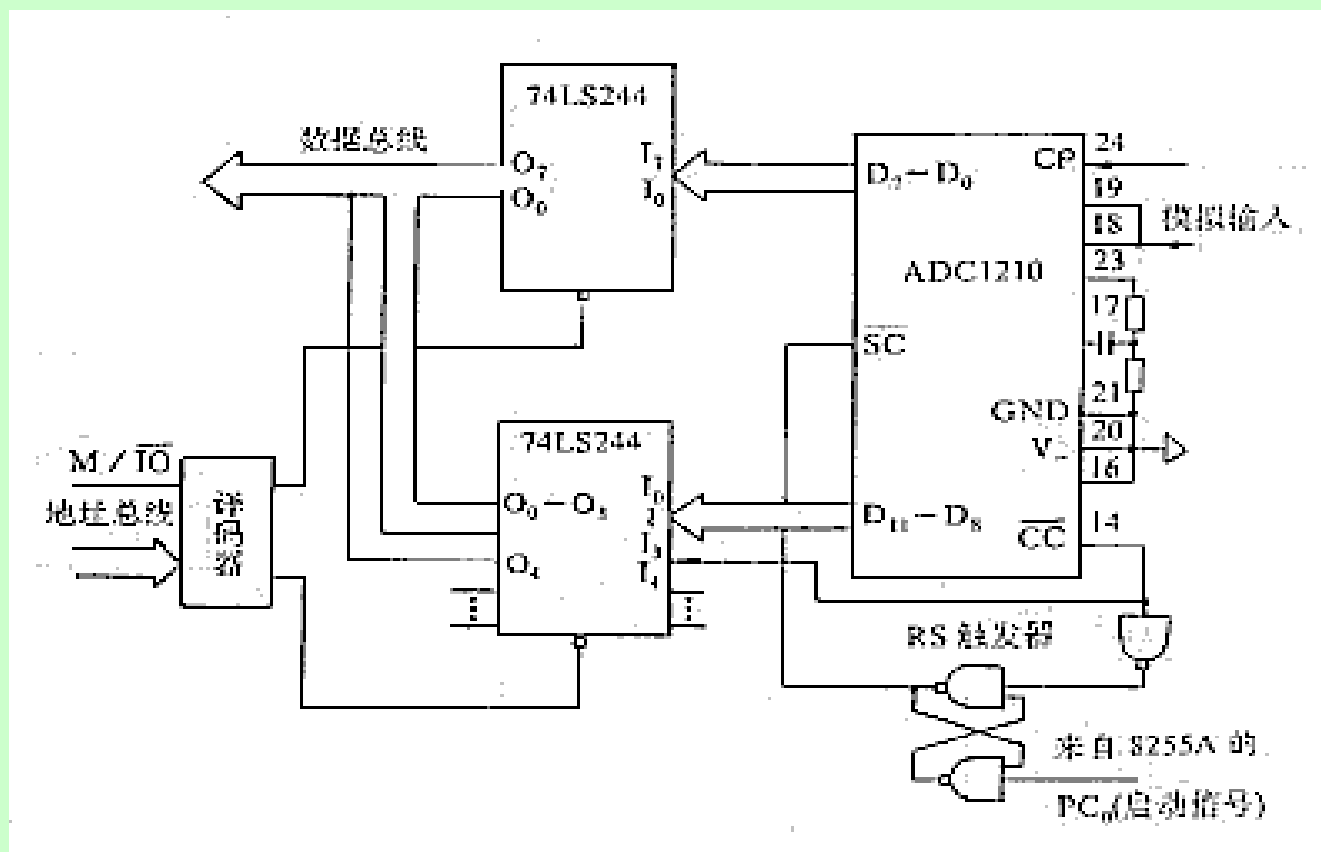


图 7.18 工作于 CPU 等待方式的连线图

## 模/数 (A/D) 转换器件和系统连接考虑问题

- ### 例3. 8位以上A/D转换器和系统连接

**ADC1210: 12位, 100us, 启动端SC, 结束转换CC。**





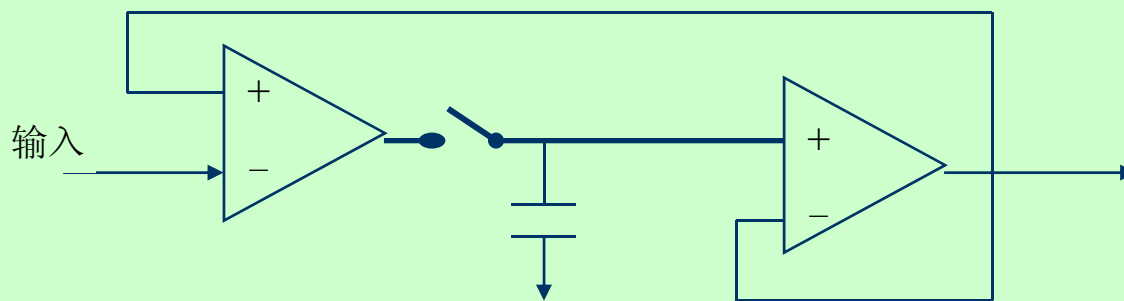
### 例3

```
start: mov al, 1
        out portc, al    ;8255 PC0=1,启动A/D
w:      in al, H244       ; 读高8位
        test al, 10h     ; 测试转换结束
        jnz w
        and al, 0fh      ; 取低4位
        mov ah, al
        in al, L244      ; 读低8位
        ....
```

## 采样保持电路

实际使用中：

- A/D转换器的转换速度比模拟信号高：模拟信号直接接到A/D转换器
- 模拟信号变化比A/D转换速度快：在A/D转换之前加采样保持电路。



## 多路转换模拟开关

- 独立的多路模拟开关
- 内部带有模拟多路开关的A/D、D/A转换器

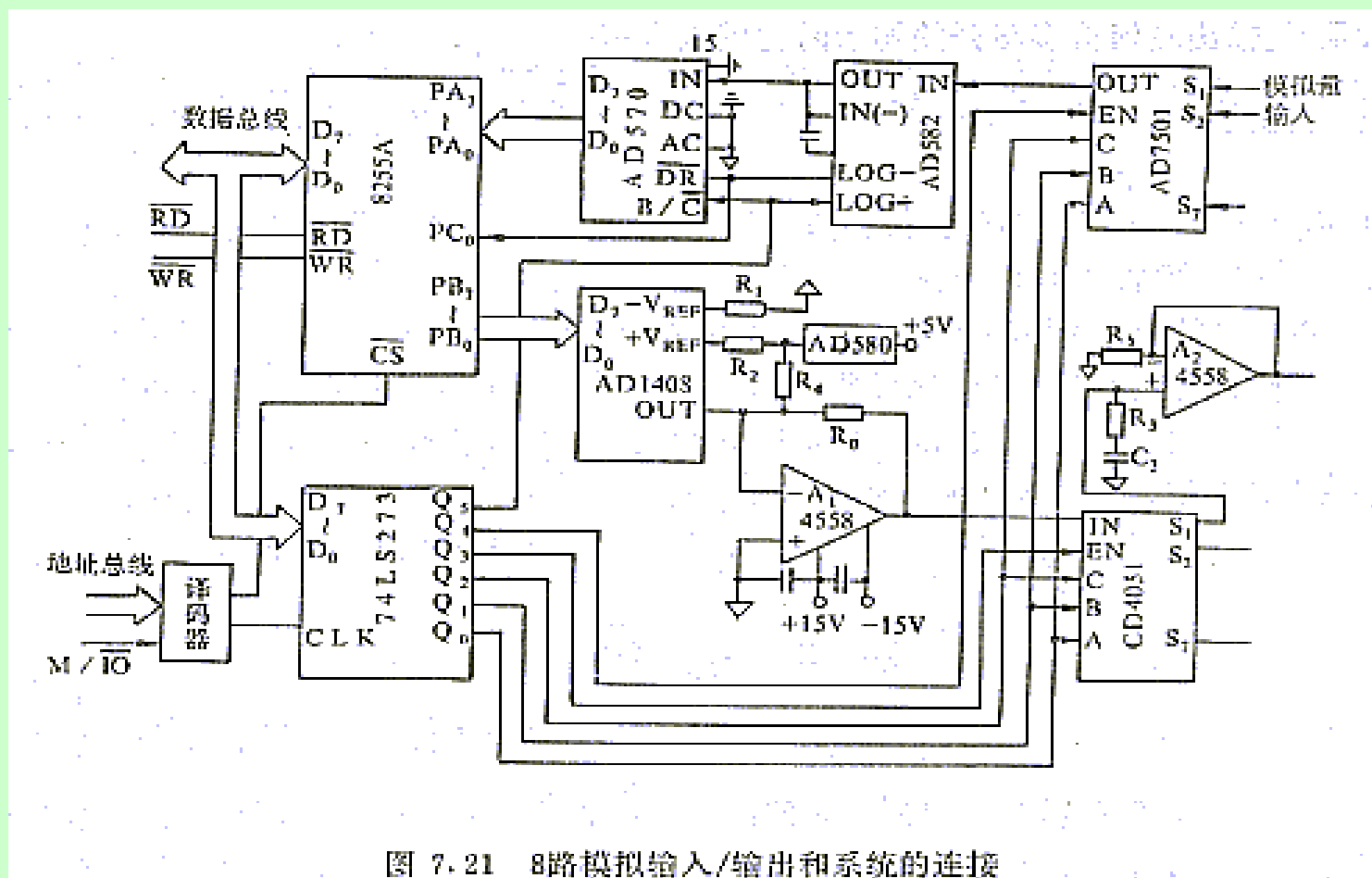


图 7.21 8路模拟输入/输出和系统的连接