

《微机原理与接口》

## 第10章 DA转换和AD转换

教师：苏曙光

华中科技大学软件学院

## ● 教学目的

- 理解计算机对模拟信号的测控过程
- 理解数模转换（DAC）和模数转换（ADC）的概念.
- 熟悉DAC0832芯片的工作原理和基本使用
- 熟悉ADC0809芯片的工作原理和基本使用



第1节 A/D和D/A的概念

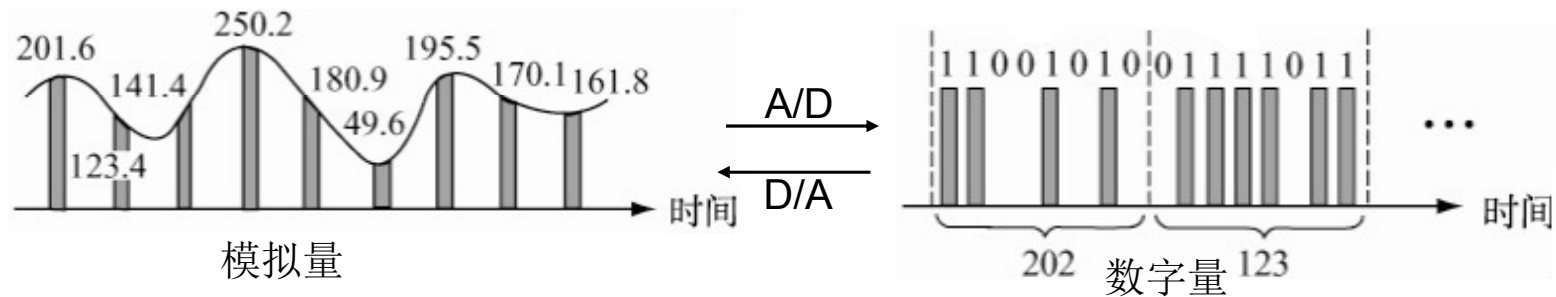
- CPU只能处理数字量（ Digital Signal），当需要对模拟量（ Analog Signal ）进行测量、控制或存储时必须通过特别的接口完成两者之间的转换。

- 模拟量 → 数字量

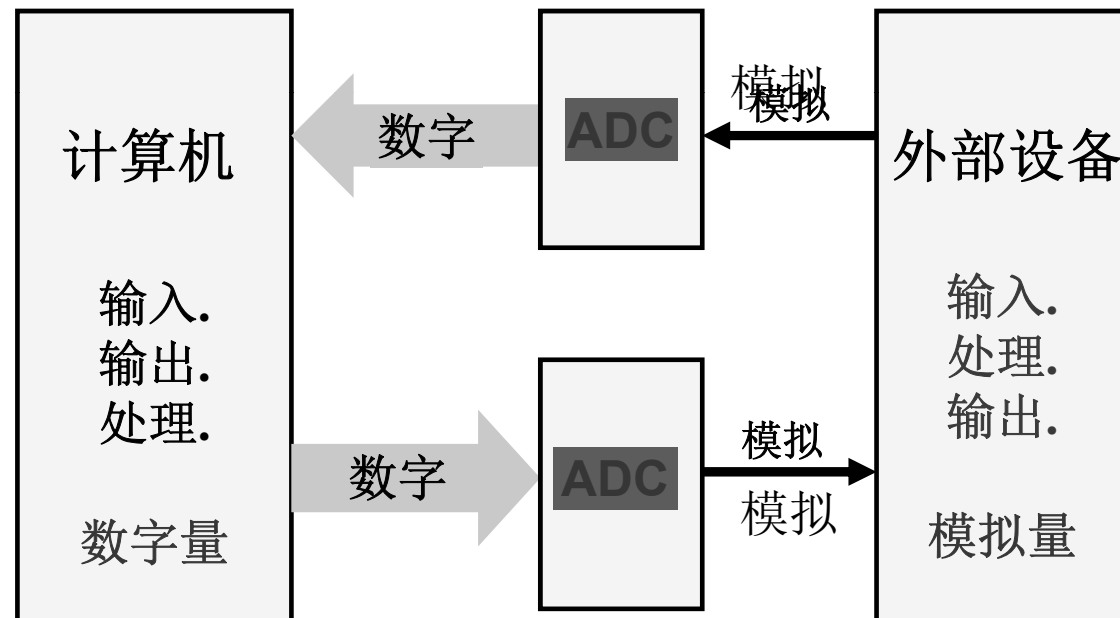
- ◆ Analog Signal → Digital Signal Converter (ADC, A/D)

- 数字量 → 模拟量

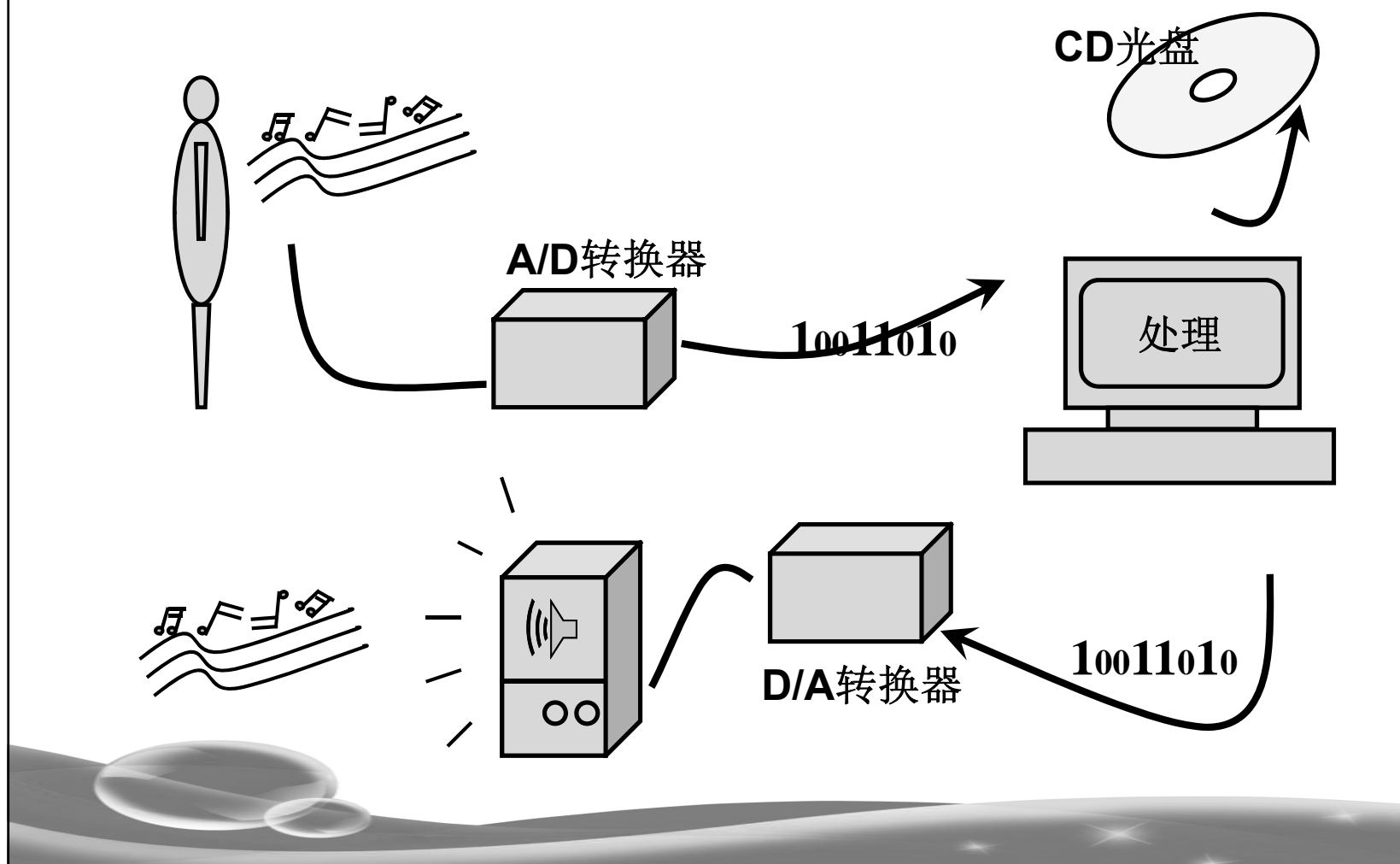
- ◆ Digital Signal → Analog Signal Converter (DAC, D/A)



## ● ADC或DAC

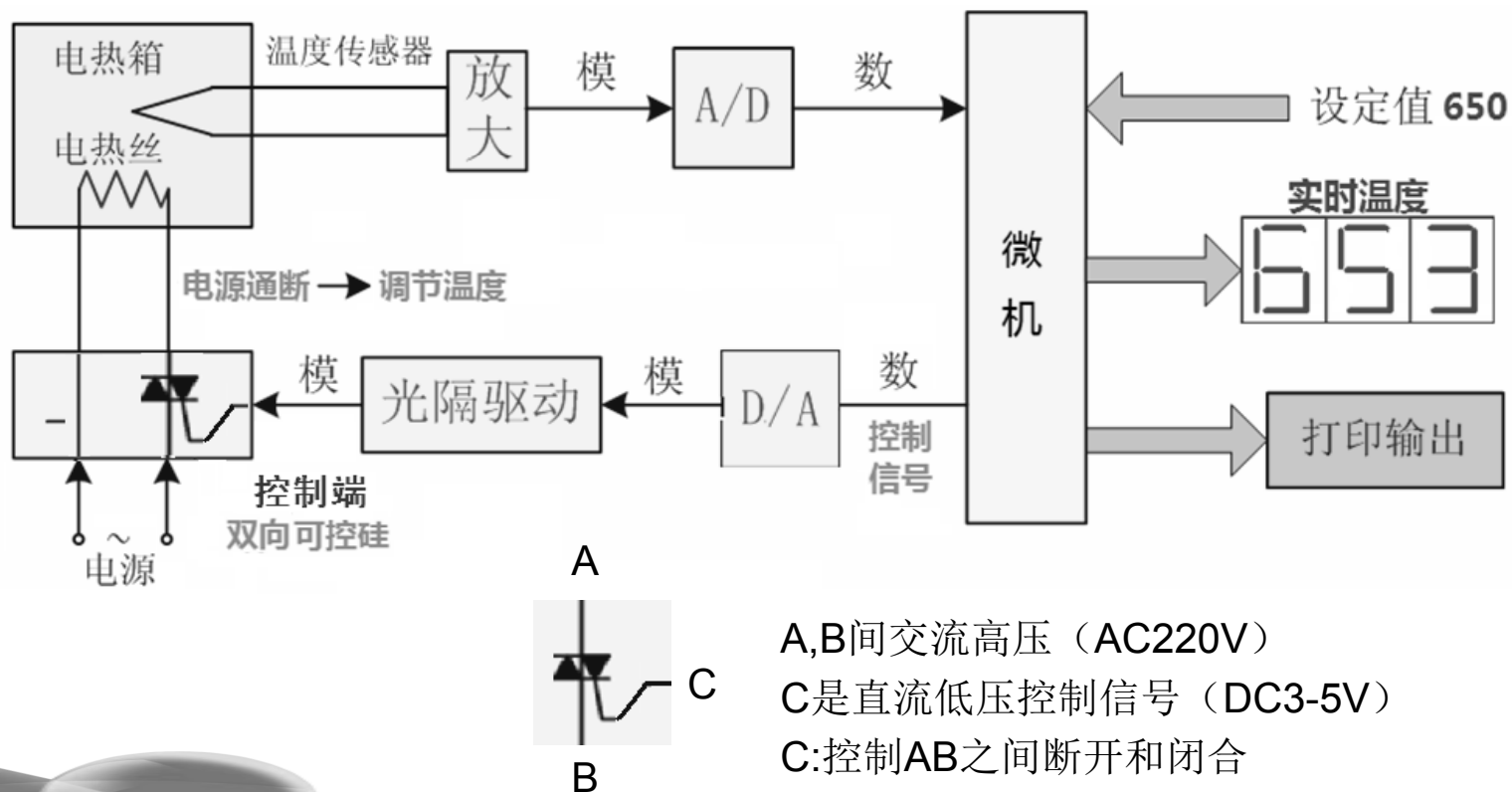


## AD/DA应用例子：对语音进行存储和回放



## AD/DA应用例子：计算机实时测控

### ● 电热箱恒温测控系统（650℃）



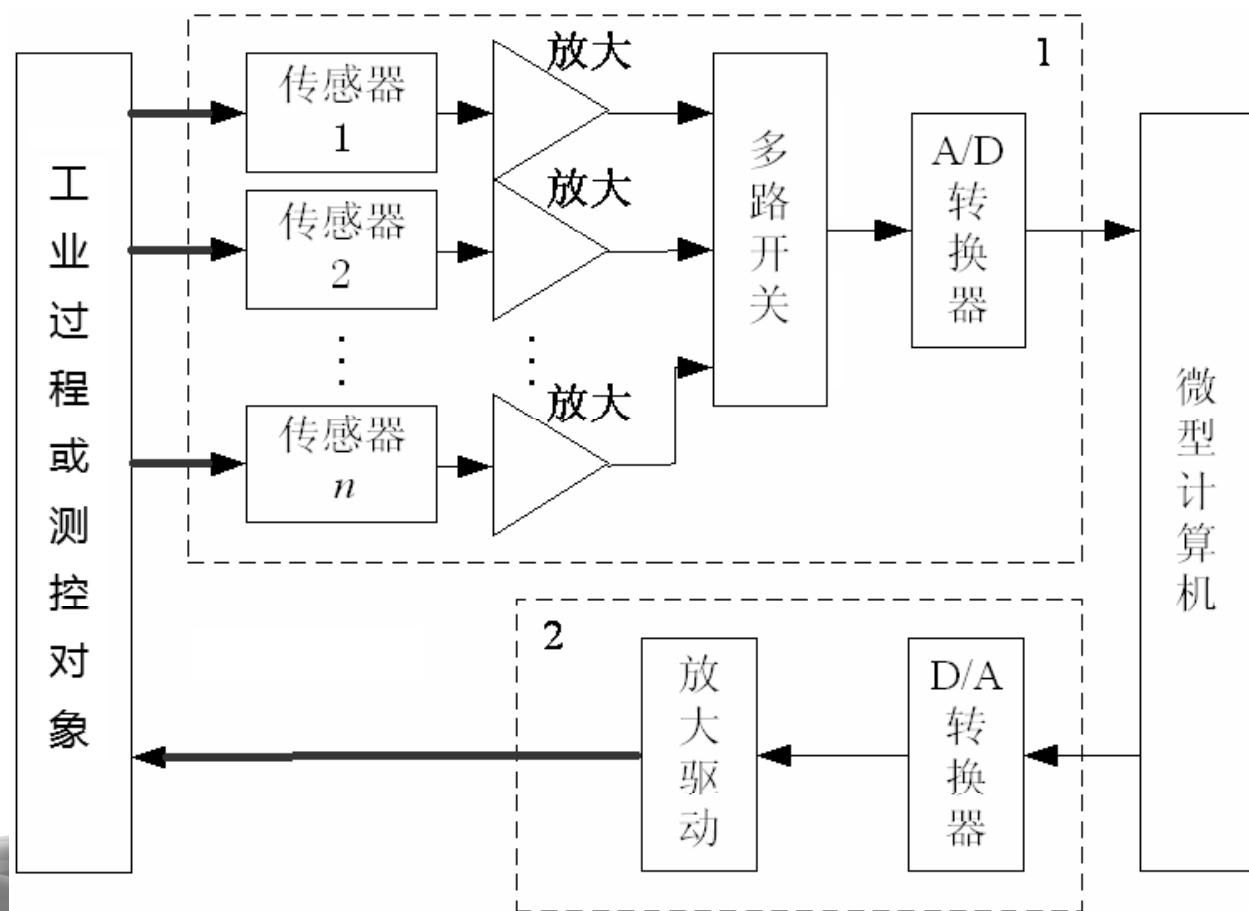
## 传感器——获取模拟量

- **传感器：能把物理量或化学量转变成电信号的器件**
  - 利用材料或器件的特殊物理效应和化学效应设计而成
  - 热电效应、压电效应、磁致伸缩、光电效应、磁电效应，化学吸附、电化学……
- **传感器分类**
  - 热敏传感器：温度传感器
  - 力敏传感器：位置传感器
  - 气敏传感器：真空度传感器
  - 光敏传感器：相机镜头感光器（CMOS/CCD）
  - 湿敏传感器：
  - 磁敏传感器：
  - 速度传感器：
  - 振动传感器：

■ .....



## 计算机用于实时测控的典型结构





## 第2节 模数转换和ADC0809

## 模/数转换(A/D)和其主要参数

- A/D功能

- 把模拟量（电压）转化为数字量（N位二进制数）输出。

- 最大电压：最大电压  $\sim 2^N - 1$ （最大电压即参考电压）

- 主要参数

- （1）分辨率

- ◆ 用数字量位数N来表示。例如分辨率为8位，10位等。

- ◆ 表示A/D转换过程中可以区分的最小电压。

- ◆ 例：8位分辨率的ADC，最大电压5V

- 能区分的最小电压 =  $5V / 2^8 \approx 20mV$ 。

- （2）转换时间

- ◆ 指从转换开始到转换结束得到稳定的数字量所费时间。

- ◆ 高速（ $<1\mu s$ ）（高速运动摄像机：每秒325,000帧）

- ◆ 中速（ $<1ms$ ）（例ADC0809 100us~130us）

- ◆ 低速（ $<1s$ ）

## ADC芯片的重要参数（或接口特性）

- 1.分辨率（输出数据位数）
  - ◆ 8位，10位，12位，16位等
- 2.是否有转换启动信号（START，电平启动和边沿启动）
  - 电平启动在转换过程必须保持有效。
- 3.输出是否带锁存功能
  - 决定是否可与CPU的DB直接相连。
- 4. 输出的码制
  - 是二进制还是BCD码
- 5. 模拟信号输入通道的数量
  - 单通道或多通道
  - 通道的选择（通道地址信号）

## ADC0809芯片

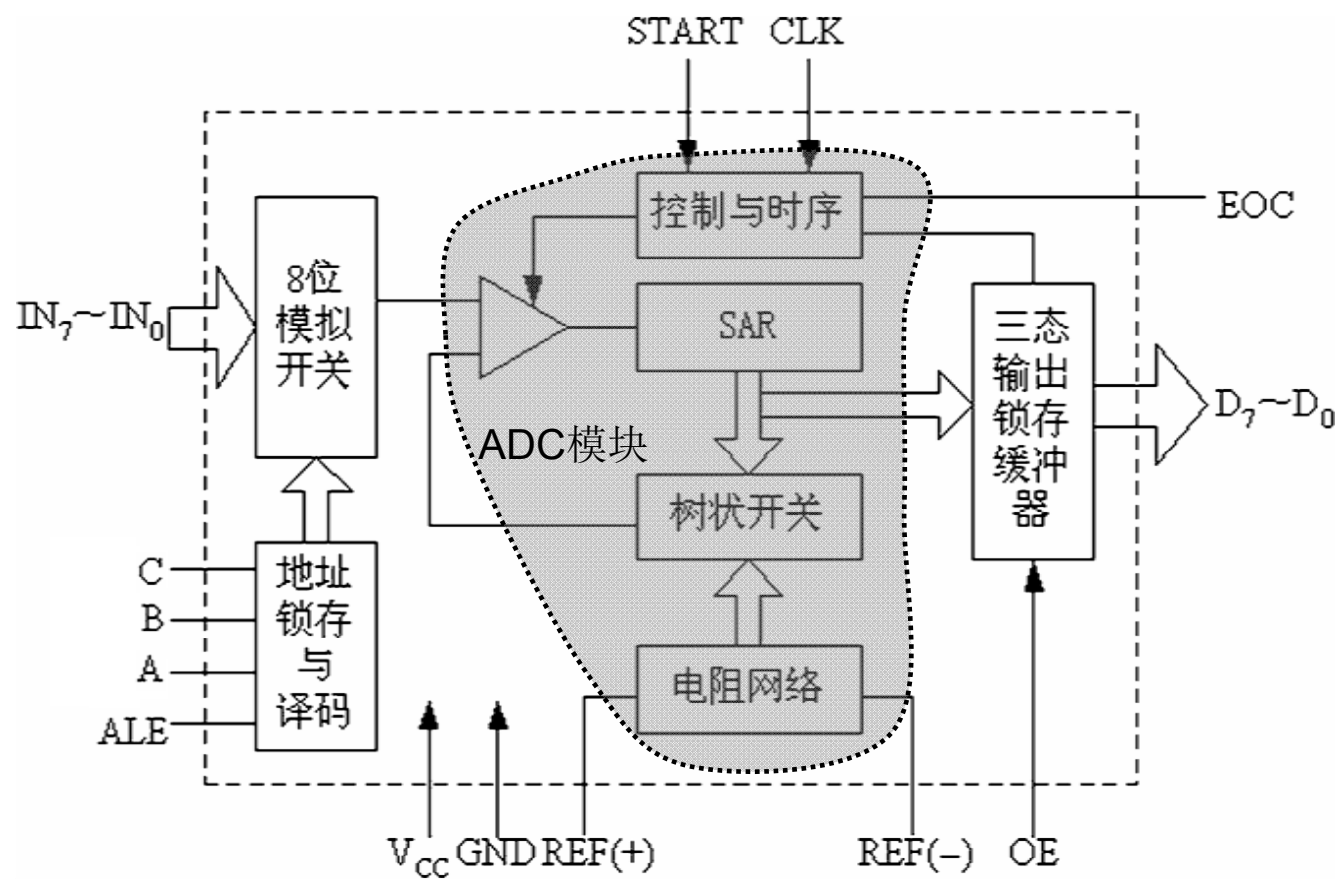
- 8位8通道ADC
- 输出锁存
- 边沿启动
- 二进制



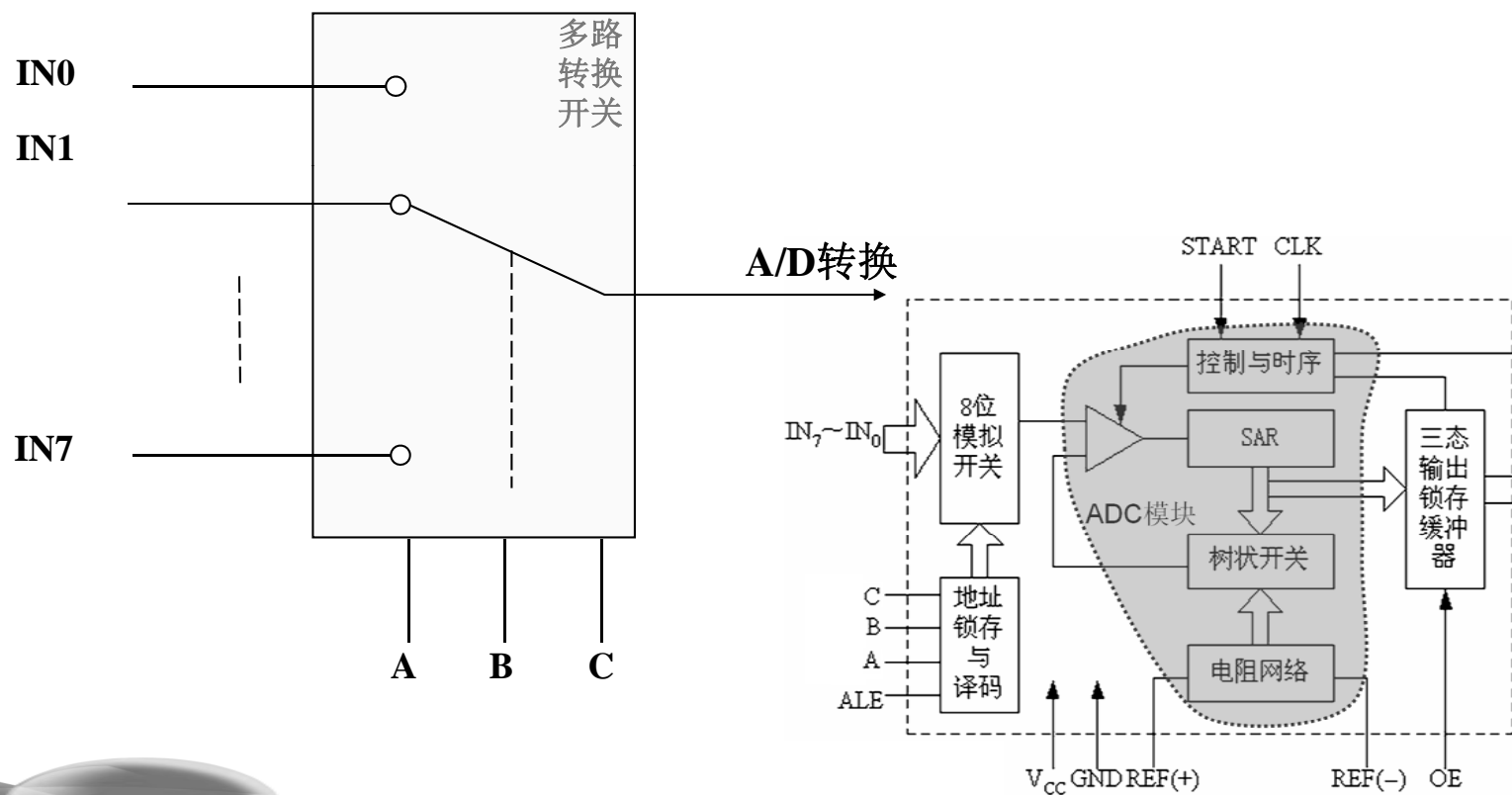
DIP28

1	IN3	IN2	28
2	IN4	IN1	27
3	IN5	IN0	26
4	IN6	A	25
5	IN7	B	24
6	START	C	23
7	EOC	ALE	22
8	D3	D7	21
9	OE	D6	20
10	CLK	D5	19
11	VCC	D4	18
12	VREF+	D0	17
13	GND	VREF-	16
14	D1	D2	15

## ADC0809的引脚和结构

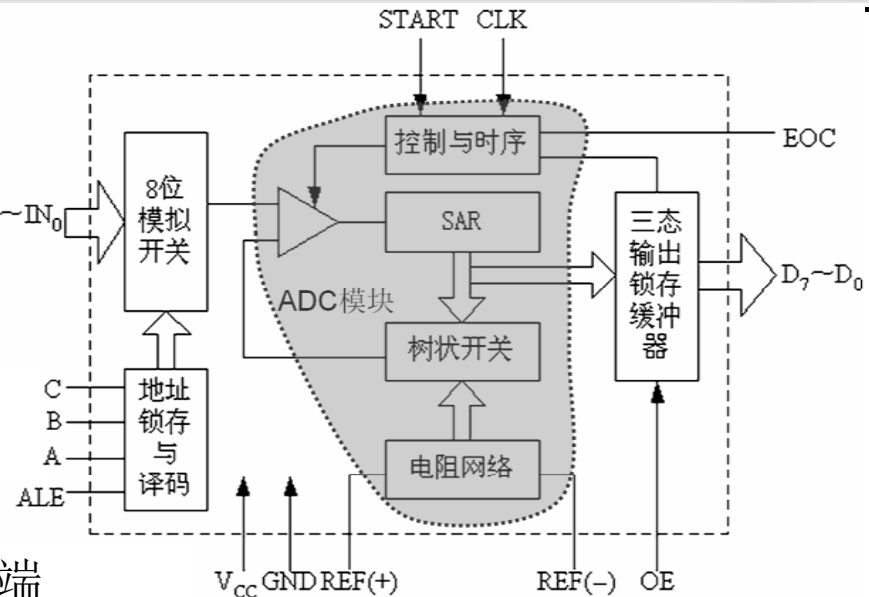


## 8位模拟开关



## 引脚

- IN0~IN7: 8路模拟输入
- C,B,A: 模拟通道选择
  - CBA=000时, 选中IN0;
  - CBA=001时, 选中IN1
  - .....
  - CBA=111时, 选中IN7
- ALE: 通道地址锁存
- START: 启动转换脉冲输入端
- CLK: 时钟
- D0~D7: 转换的二进制数据输出端
- OE: 输出使能, 高电平有效
- UREF(+)和UREF(-): 参考电压正端和负端。





## ADC0809工作原理

- ADC0809工作原理和时序

- 1) 通过CBA，选择某一路模拟信号。

- 2) ALE正脉冲使模拟信号经选择开关达到ADC模块的输入端。

- 3) START端收到正脉冲，下降沿启动A/D转换。

- 4) EOC输出信号变低，指示A/D转换正在进行。

- 5) EOC变高电平，指示A/D转换结束。结果存在8位缓冲器中。

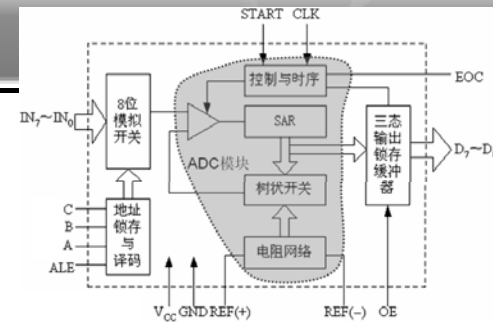
- 6) OE信号变高电平，则8位缓冲器的数据输出到DB上。

- 关于EOC（转换结束）

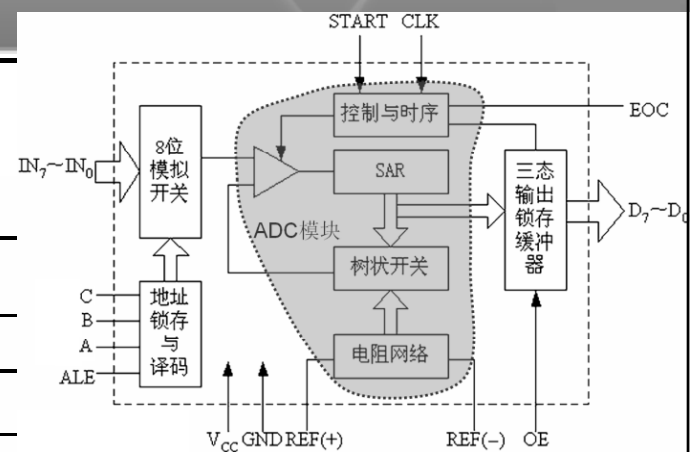
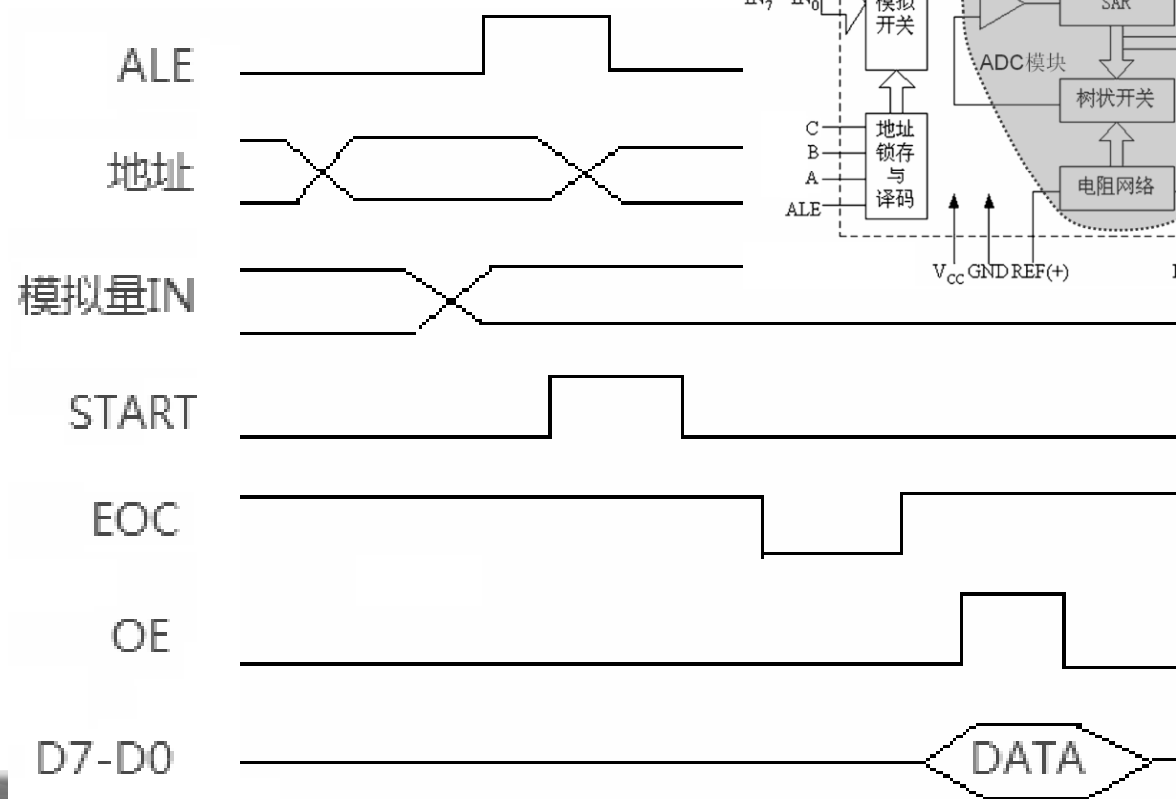
- 1) EOC变高表示A/D转换完成，可作为中断申请信号。

- 2) 查询传送时，EOC作为ADC转换结束的状态信息可被查询。

- 3) 不使用EOC信号，等待一段时间（例1秒）读取转换结果。



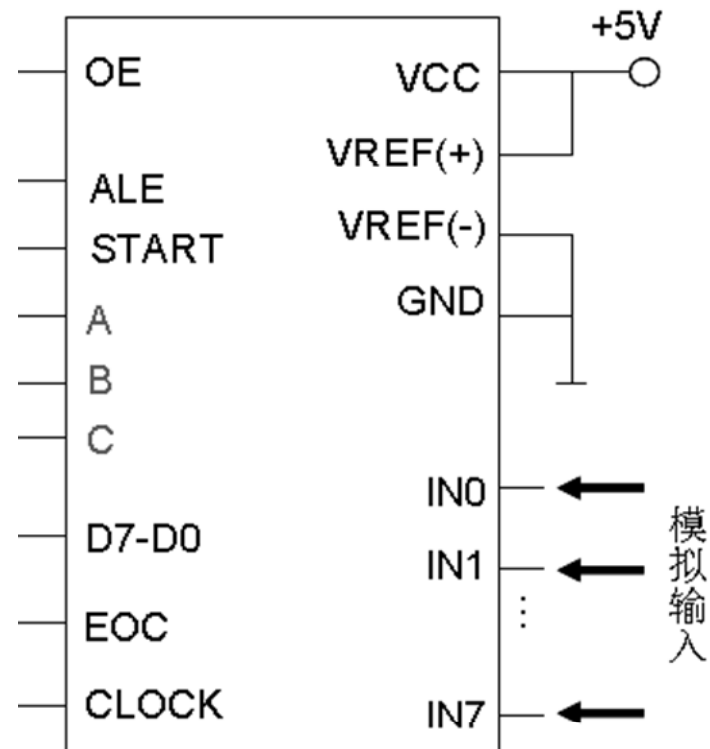
## ● ADC0809时序



## ● ADC0809的应用

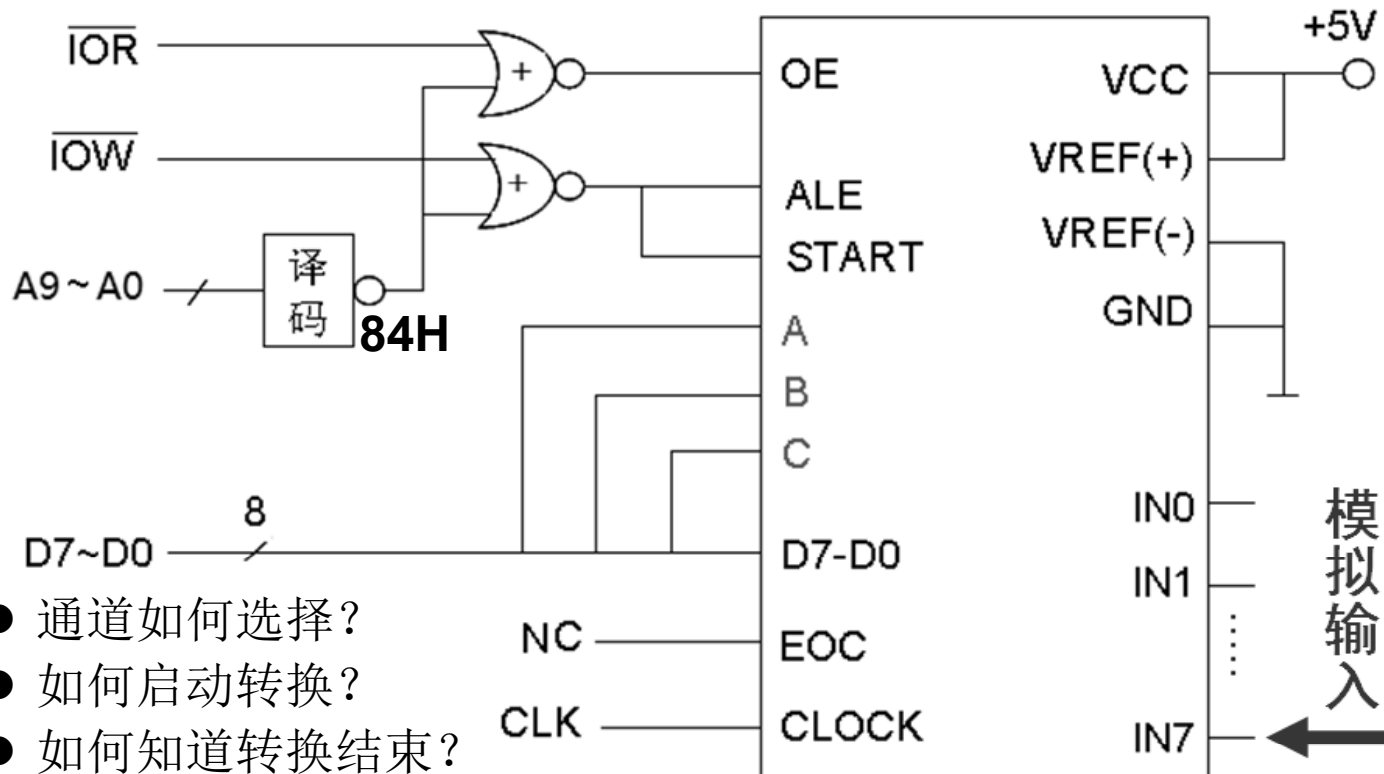
### ■ 与CPU的连接方式

- ◆ 数据总线的连接?
- ◆ 地址总线的连接?
  - 地址线?
  - 数据线?
- ◆ 模拟通道的选择?
  - 数据, 控制, ...
- ◆ 转换启动信号的连接?
  - EOC/中断/查询/延时
- ◆ 汇编程序?



## ADC0809的应用：例子1

- 功能：从IN7输入一个模拟量，转换的数字量读入AL



- 通道如何选择？
- 如何启动转换？
- 如何知道转换结束？
- 如何去读取转换结果？
- 数据线若输出07有什么作用（同时地址线输出84H）？

● 功能：把IN7的模拟量转换为数字量存入AL

■ ;已知ADC0809的地址84H

MOV AL, 07H ; 送输入通道号7

OUT 84H, AL ; 发出启动信号（注意START的连法）

CALL DELAY200US ; 等待转换结束，延时200us

IN AL, 84H ; 转换结束，读入数据

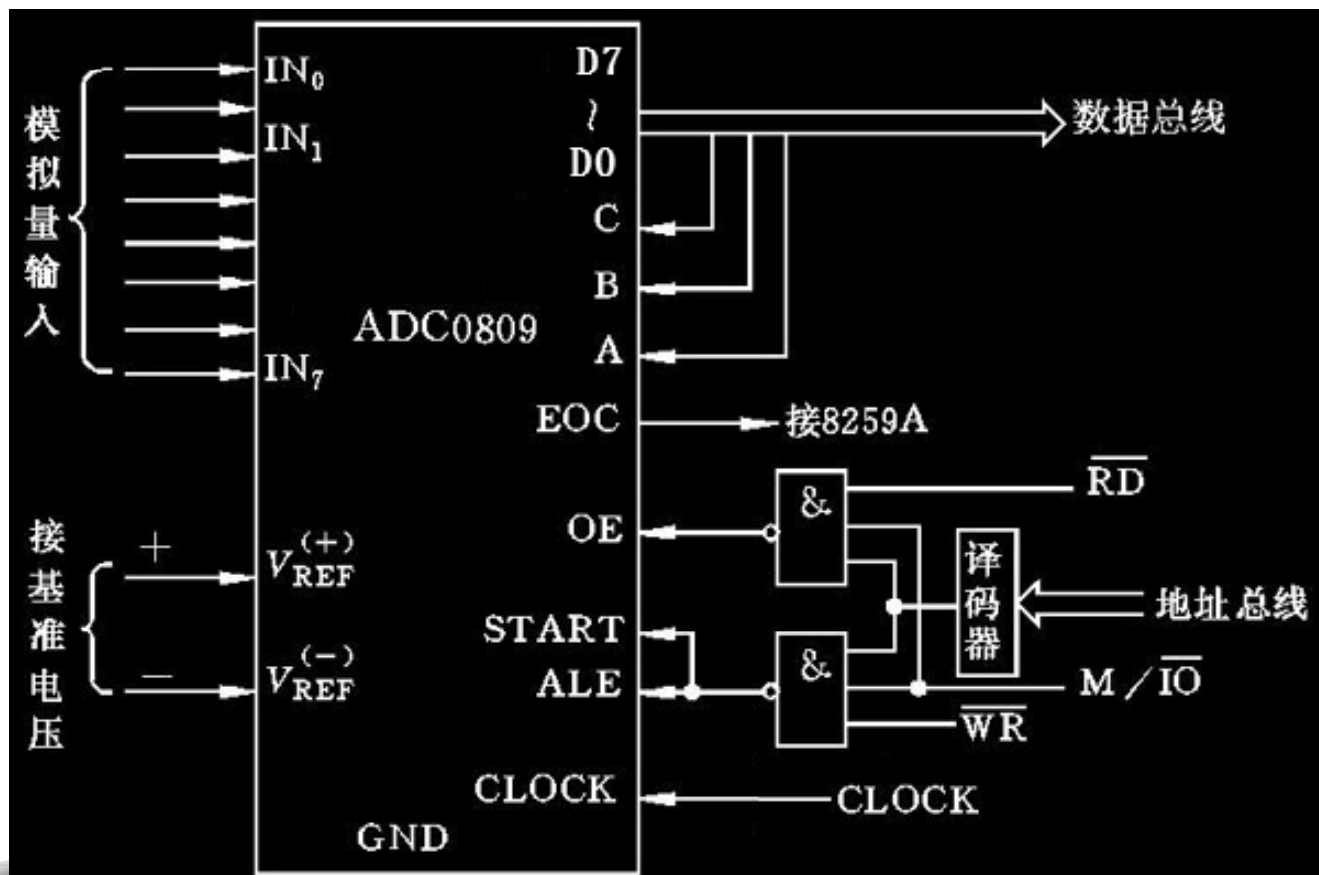
;未用EOC信号,软件延时等待A/D转换结束(100us)

■ 思考：

◆1) 程序使用查询方式，EOC信号应如何使用？

◆2) 程序使用中断方式，EOC信号应如何使用？

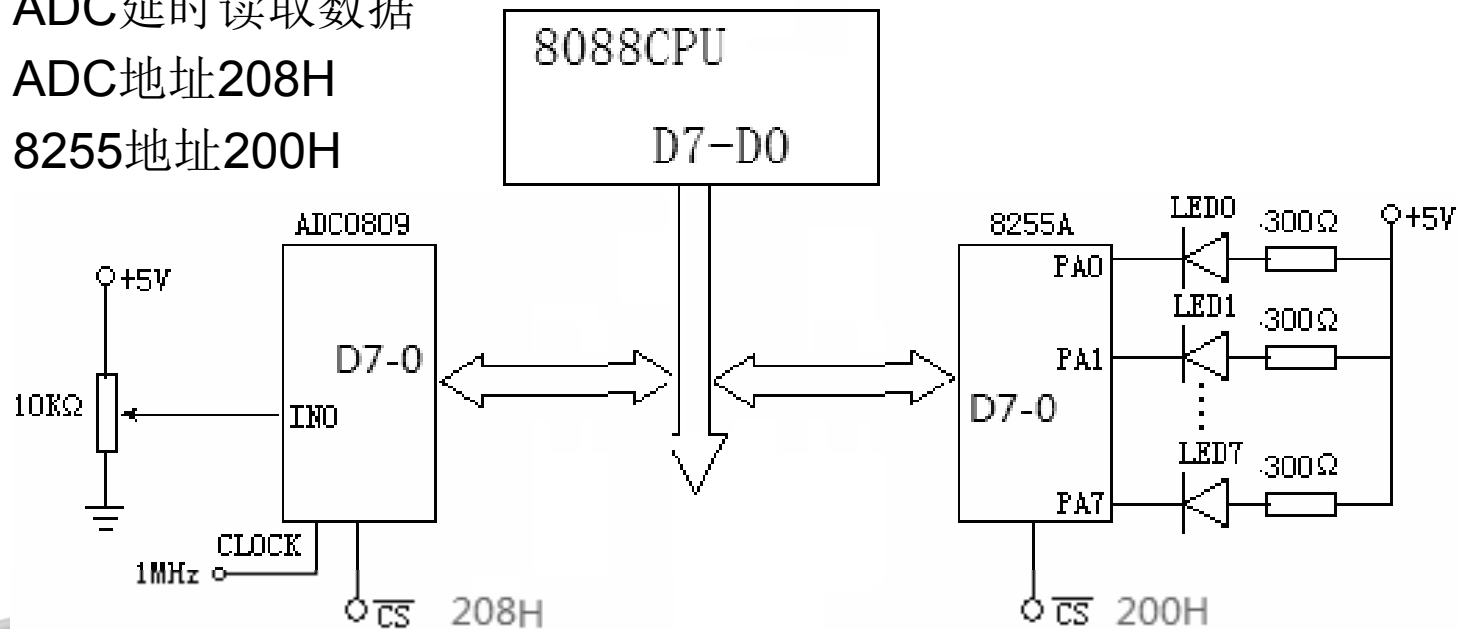
## ADC0809的应用：例子2（EOC中断方式）



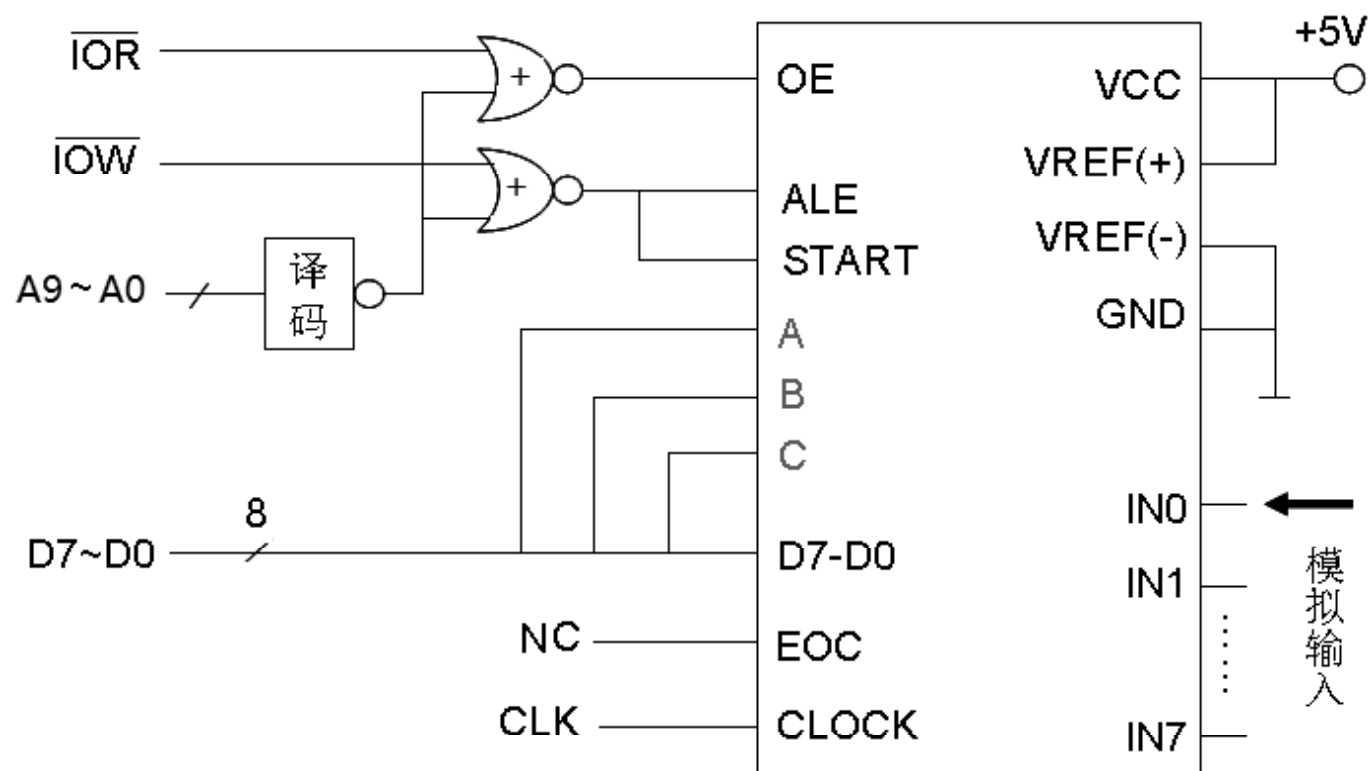
## ADC0809的应用：例子4（结合8255A）

- 模拟量输入IN0，转换成8位数字量X；
- 用8位LED显示数字量X。(亮表示1，熄表示0)
- 说明

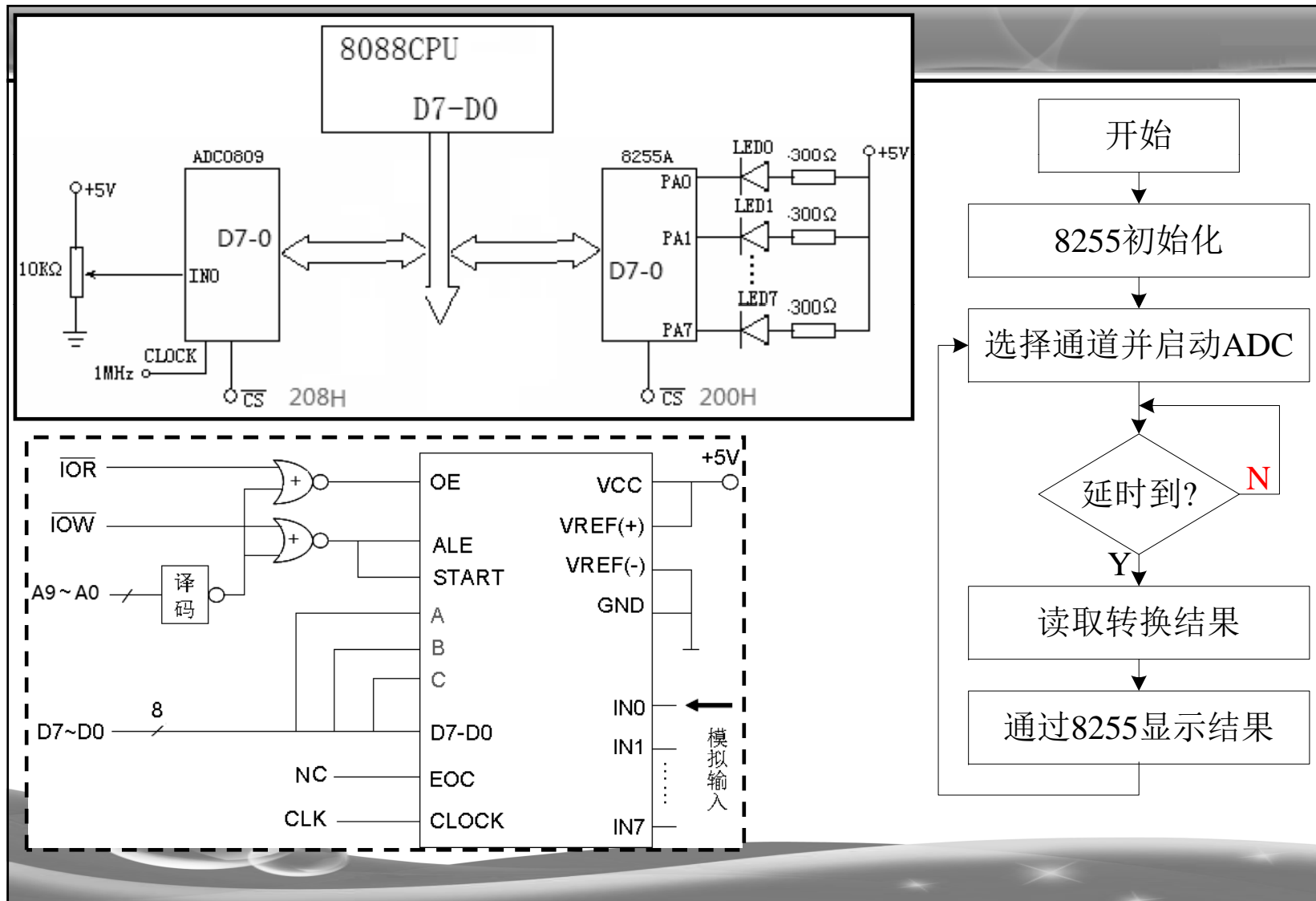
- ADC延时读取数据
- ADC地址208H
- 8255地址200H



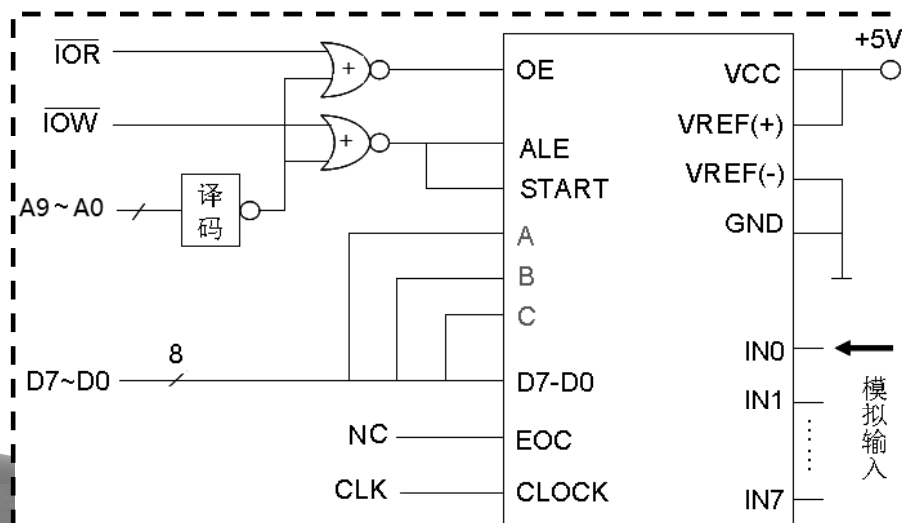
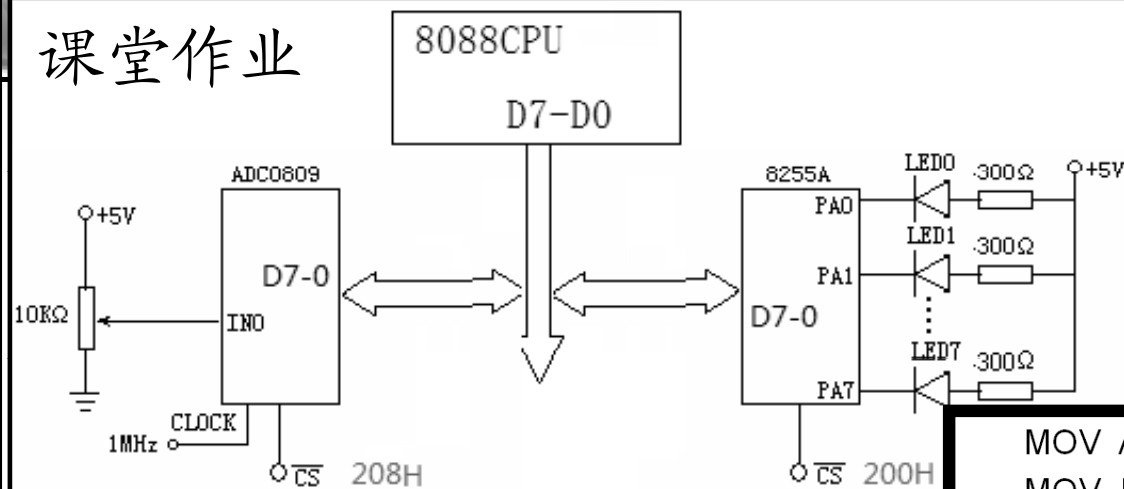
## ● ADC延时读取数据







# 课堂作业



```
MOV AL, ____; PA口输出, 方式0
MOV DX, ____; 8255控制口
OUT DX, AL ; 写控制字
```

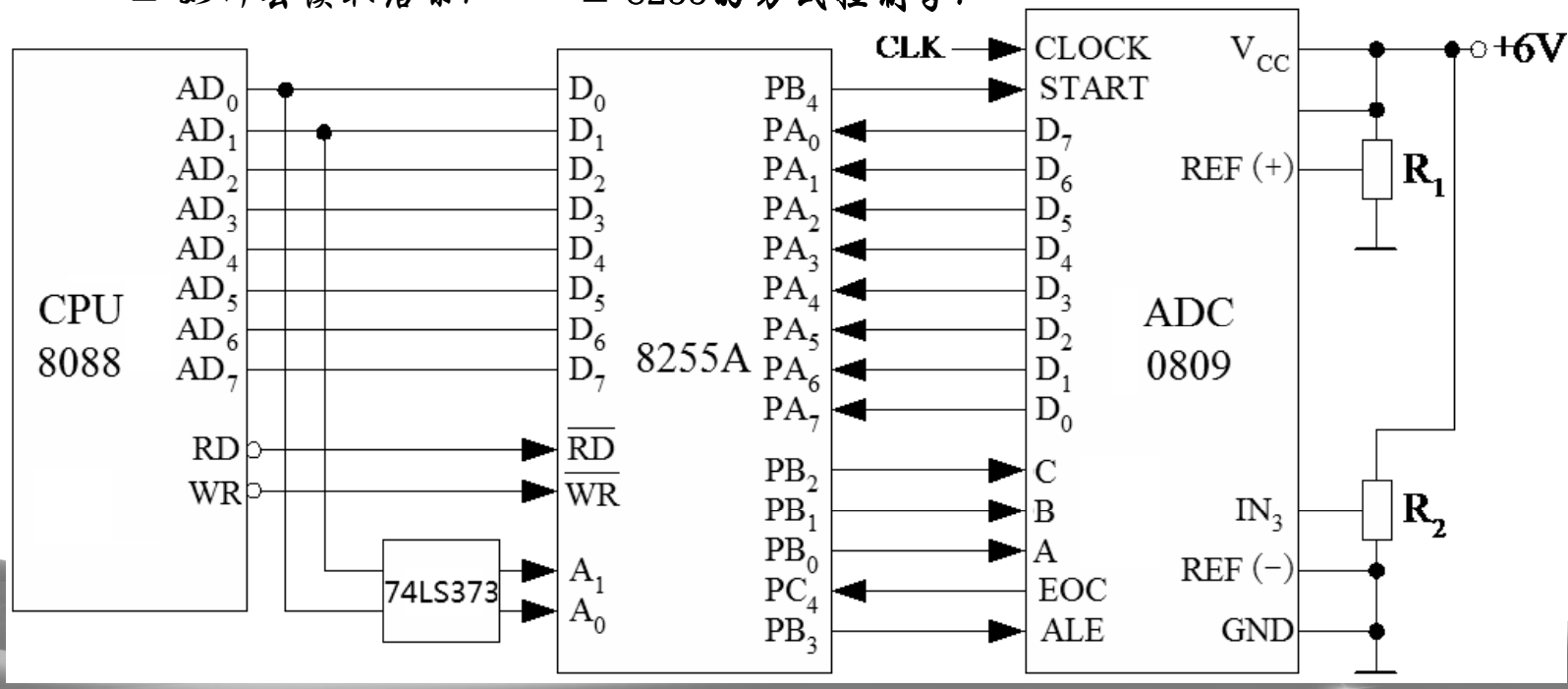
AGAIN:

```
MOV AL, ____;
MOV DX, ____; ADC0809(IN0)地址
____, ____; 启动A/D
MOV CX, 40H
LOOP $ ;延时1000ms
____, ____; 读入结果
MOV DX, ____; 8255PA口地址
OUT DX, AL ;数据输出到LED显示
JMP AGAIN ; 循环
```

## 课堂作业2: ADC0809的应用: (结合8255A)

### ● 思考 (从IN3输入模拟电压, 数字量读入到CPU中AL寄存器)

- 通道如何选择?
- PA的工作方式和方向?
- 8255的初始化程序?
- 如何启动转换?
- PB的工作方式和方向?
- 整个系统程序的流程?
- 如何知道转换结束?
- PC的工作方式和方向?
- 8255的方式控制字?
- 如何去读取结果?



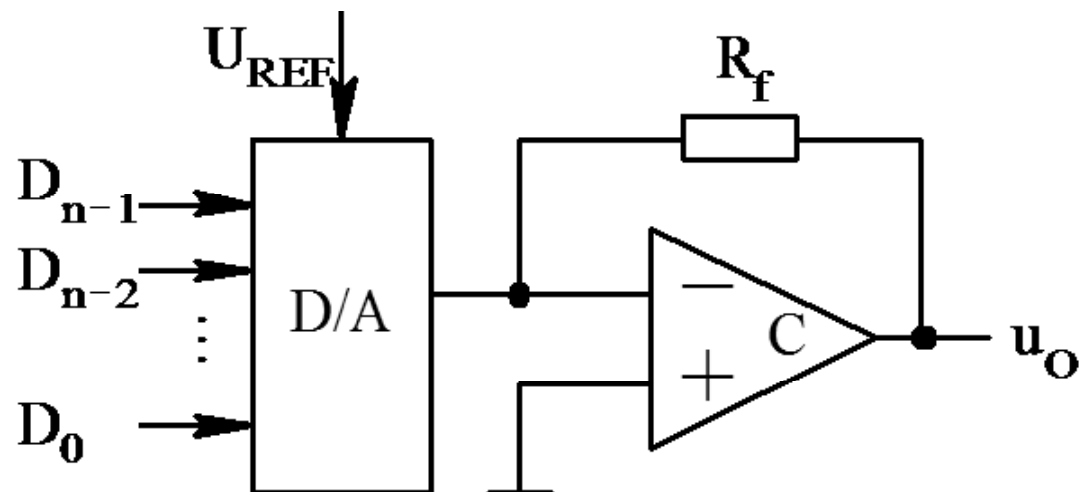


### 第3节 数模转换和DAC0832

## 数/模转换 (D/A)

### ● 数/模转换 (D/A) 参数

- D/A功能：把数字量 (n位) 转化为模拟量输出。
- 模拟量与数字量成正比



## 数/模转换 (D/A)

### ● 数/模转换 (D/A) 参数

■ D/A功能：把数字量 (n位) 转化为模拟量输出。

■ 1、分辨率：

◆ 输入数字量的位数。(8位、10位和16位等)

◆ 指DAC能分辨的最小模拟增量。

例：一个DAC能够转换8位二进制数，若参考电压5V，则它能分辨的最小电压 $=5V/2^8=20mV$

■ 2、建立时间：

◆ 是描述DAC转换速度的快慢的参数。指从数字量输入到完成转换输出最终稳定值所需的时间。典型值是几百纳秒到几微秒之间。也叫“转换时间”

## 数/模转换（D/A）

### ● 数/模转换（D/A）参数

- 3、转换精度（Conversion Accuracy）指D/A转换器实际输出电压与理论值之间的误差。一般指满量程时DAC的实际模拟输出值和理论值的接近程度。
- 4、偏移量误差（Offset Error）偏移量误差是指输入数字量为零时，输出模拟量对零的偏移值。
- 5、线性度（Linearity）理想DAC是线性的，即当数字量变化时，输出模拟量按比例关系变化。而实际DAC是做不到线性变化的。线性度实指DAC实际转换特性曲线和理想直线之间的最大偏移差。

## ● DAC的典型输入输出特性

### ■ 输入数据宽度（分辨率）

◆ 8位、10位、12位、14位、16位

### ■ 输入缓冲能力

◆ 是否带有三态输入缓冲器或锁存器来保存输入数字量。

### ■ 输入码制

◆ 接收二进制码或BCD码

### ■ 电流型/电压型

◆ 输出是电流还是电压。



# DAC0832

## ● DAC0832的性能参数

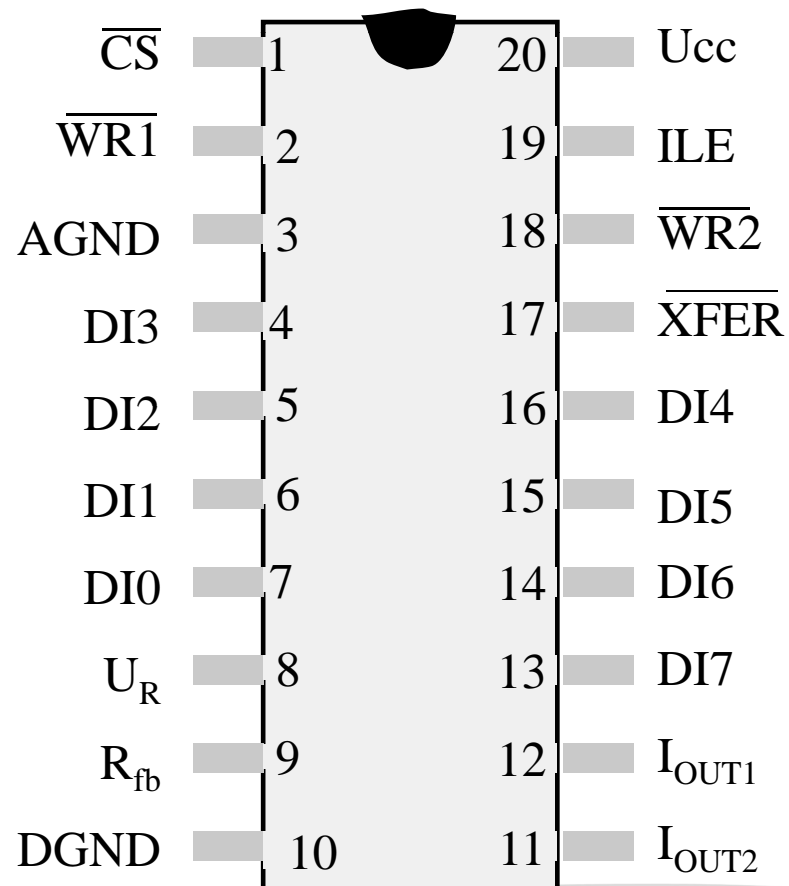
分辨率：8位

转换时间：1  $\mu$  S

输入缓冲：双缓冲

输出信号：电流型

功耗：20mW



# DAC0832

## ● DAC0832外部引脚（20根）

### ■ DI7~DI0

◆ 数字信号输入端。

### ■ $I_{OUT1}$ , $I_{OUT2}$ : 电流输出端

◆  $I_{OUT1}$ ,  $I_{OUT2}$ 和运放相连接

### ■ $R_{fb}$ : 反馈电阻引出端。接运放输出端。

### ■ $U_R$ : 参考电压输入端, +10V~-10V

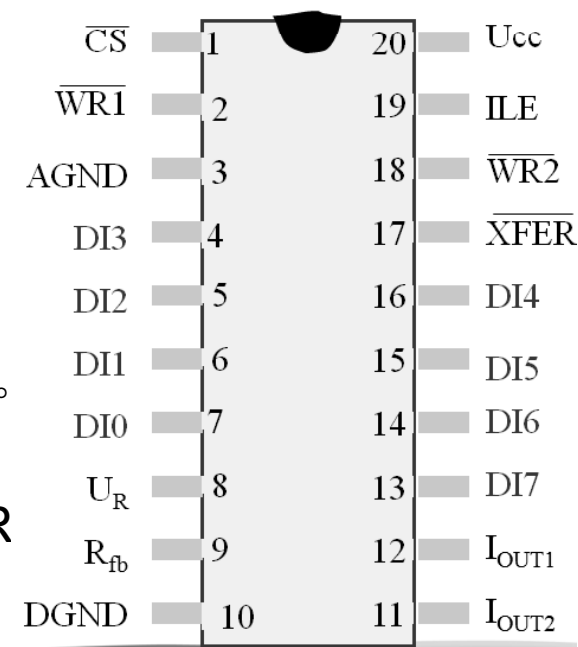
### ■ 控制线: $\overline{CS}$ , $\overline{ILE}$ , $\overline{WR1}$ , $\overline{WR2}$ , $\overline{XFER}$

◆ 二级缓冲机制

### ■ $U_{CC}$ : 工作电源电压输入端

### ■ AGND: 模拟信号接地端。

### ■ DGND: 数字信号接地端。

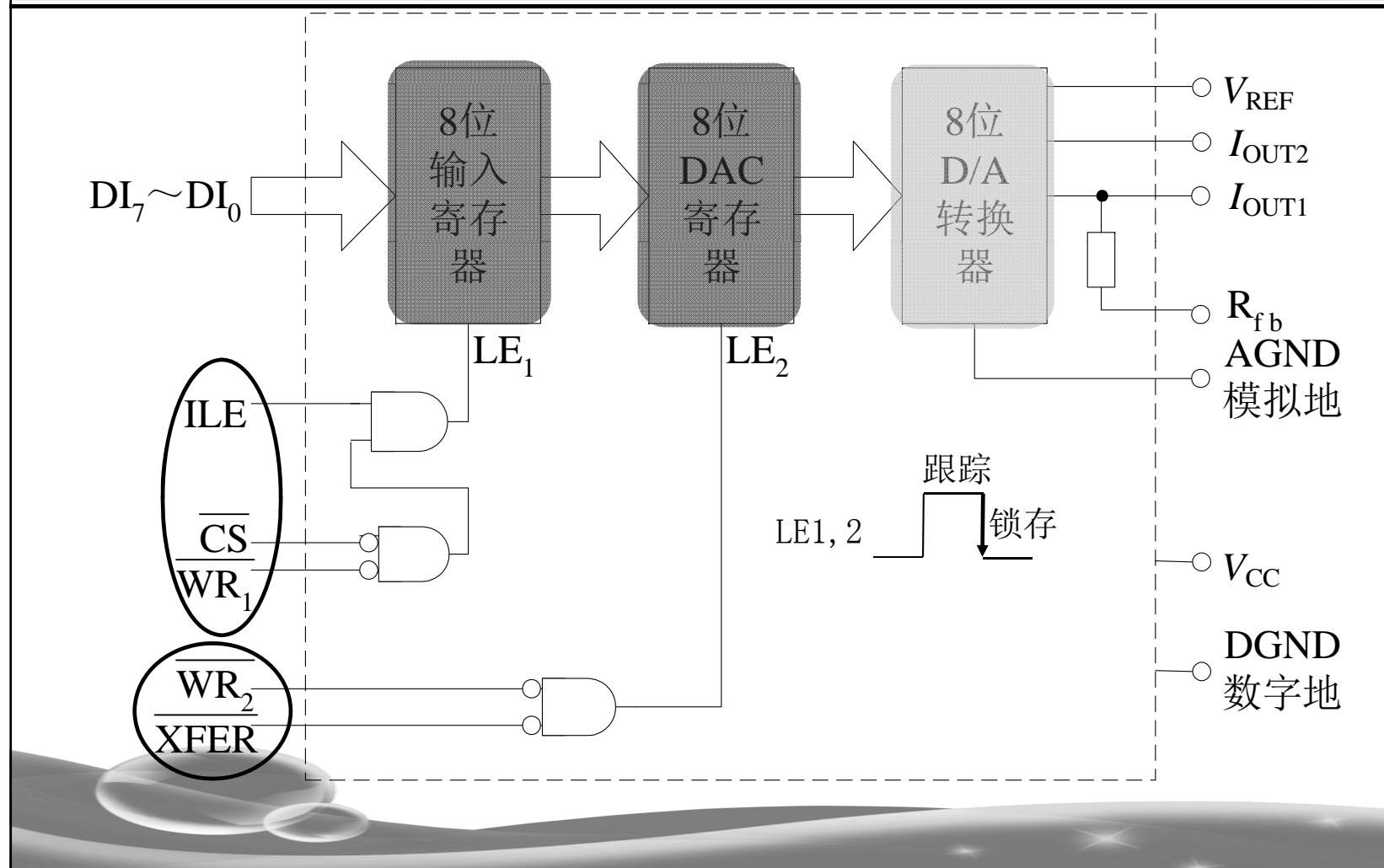


全1:  $I_{OUT1} = 255 * U_R / 256$

全0:  $I_{OUT1} = 0$

D:  $I_{OUT1} = D * U_R / 256$

## DAC0832内部结构：二级缓冲机制



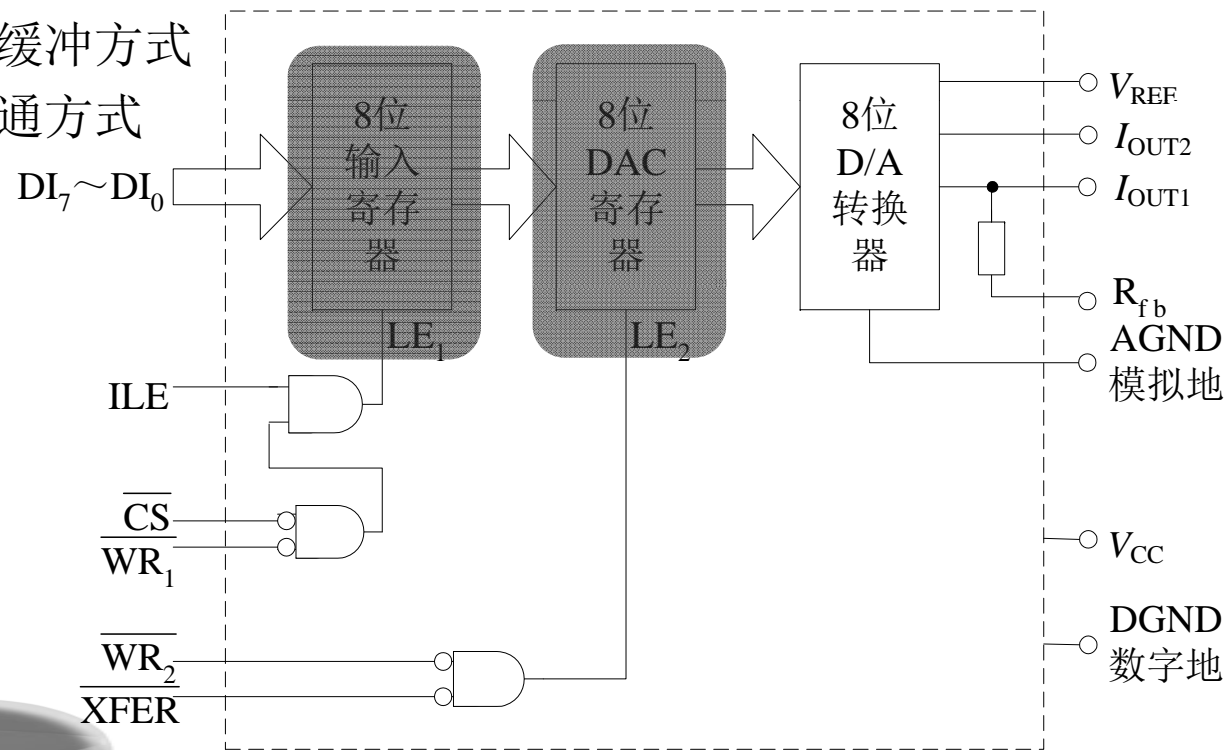
## DAC0832的三种工作方式【二级缓冲机制】

### ● 两个寄存器使能端(LE1和LE2)的接法（受控或直通）

■ 双缓冲方式

■ 单缓冲方式

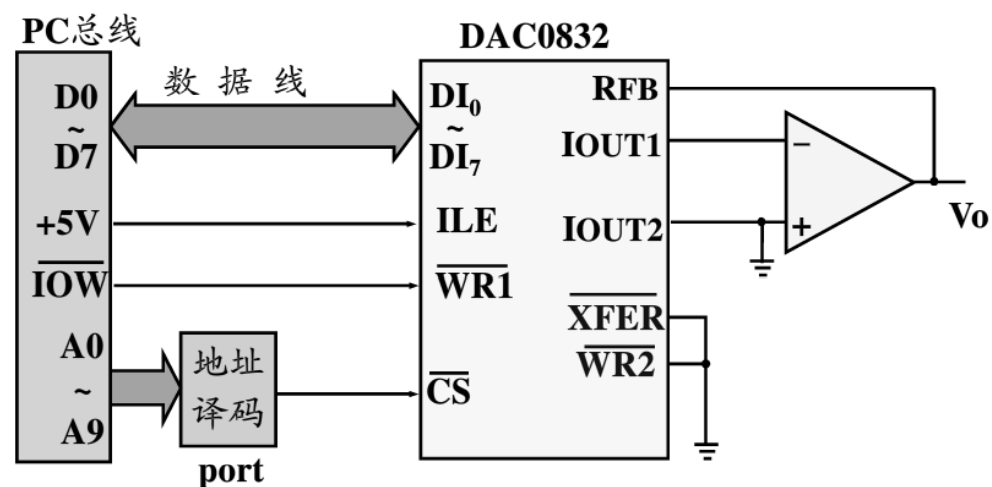
■ 直通方式

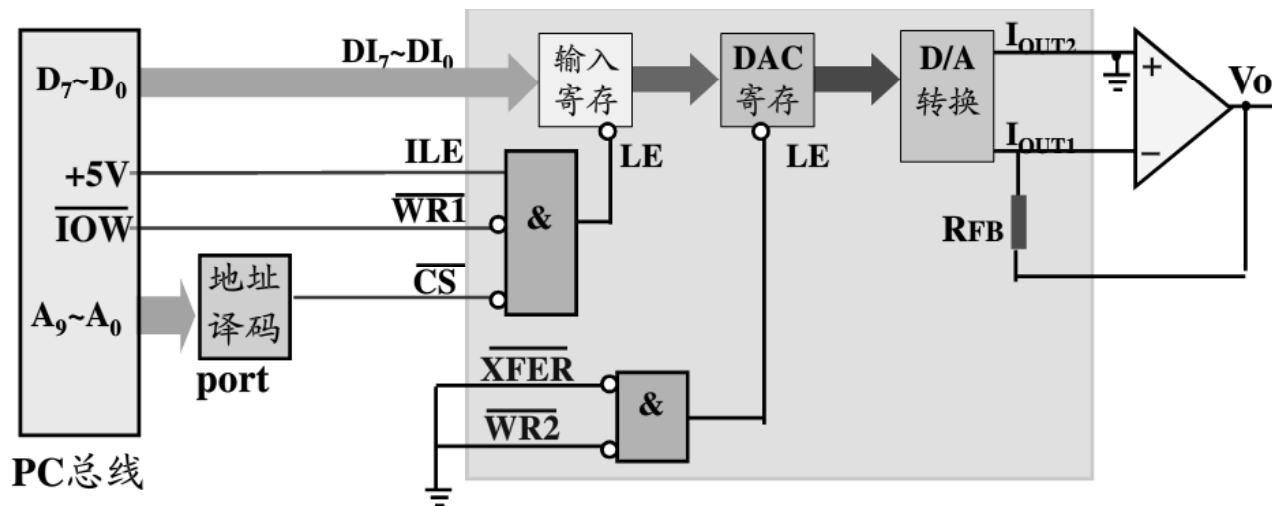


## 单缓冲方式

- 输入寄存器和**DAC**寄存器两者之一处于直通方式，另一受控。

■ 连接方式：两者之一处于直通方式，另一则受控。（见图）



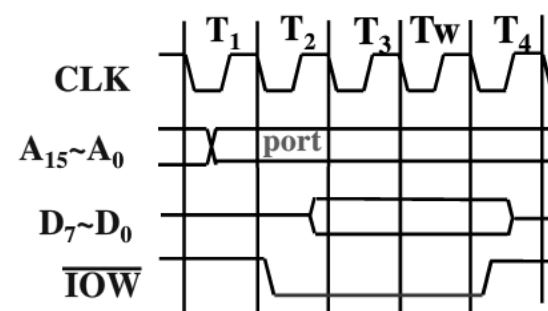


转换一个数据的程序段:

**MOV AL, data ;取数字量**

**MOV DX, port**

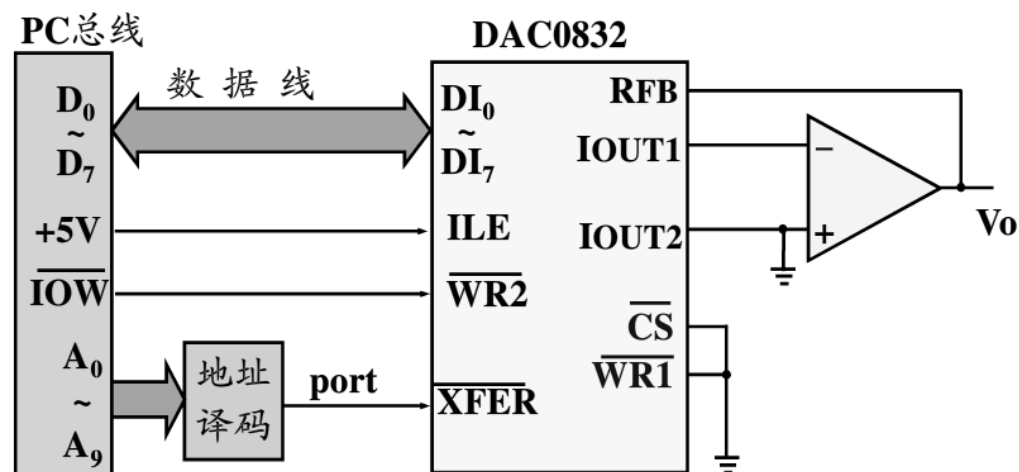
**OUT DX, AL**

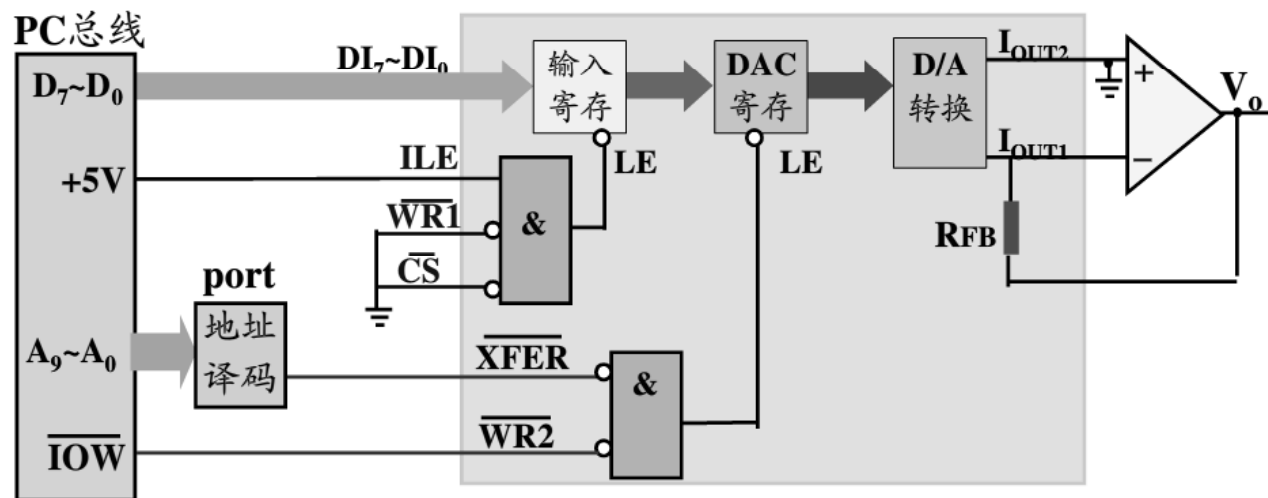


PC 总线I/O写时序

## 单缓冲方式

- 输入寄存器和**DAC**寄存器两者之一处于直通方式，另一受控。
  - 连接方式：两者之一处于直通方式，另一则受控。（见图）



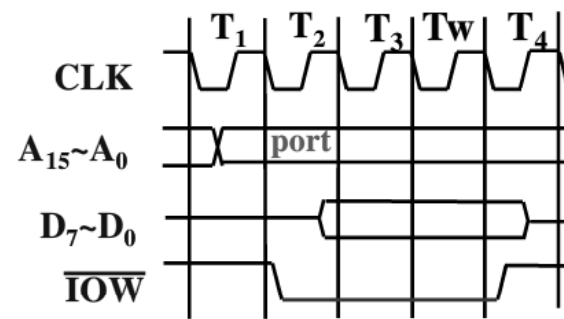


转换一个数据的程序段:

**MOV AL, data ;取数字量**

**MOV DX, port**

**OUT DX, AL**



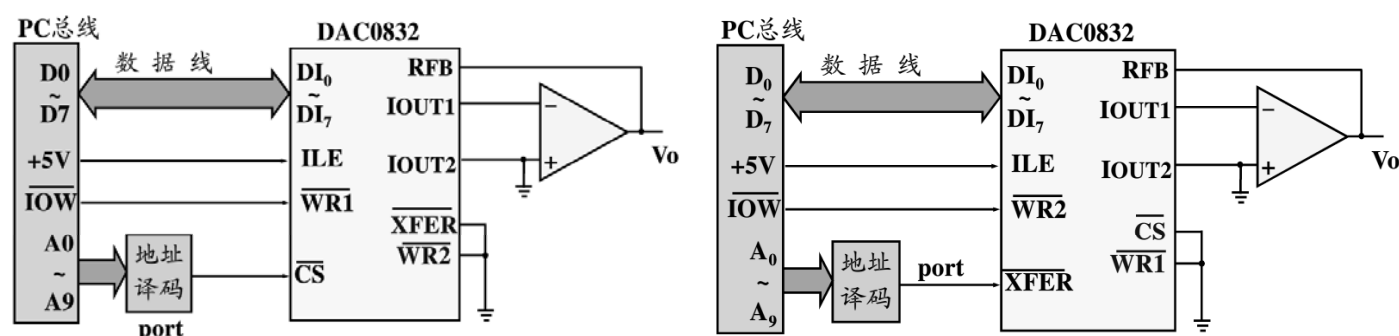
PC 总线I/O写时序



## 单缓冲方式

- 输入寄存器和**DAC**寄存器两者之一处于直通方式，另一受控。

■ 连接方式：两者之一处于直通方式，另一则受控。（见图）



■ 或者：两者同步受控，同时选通。

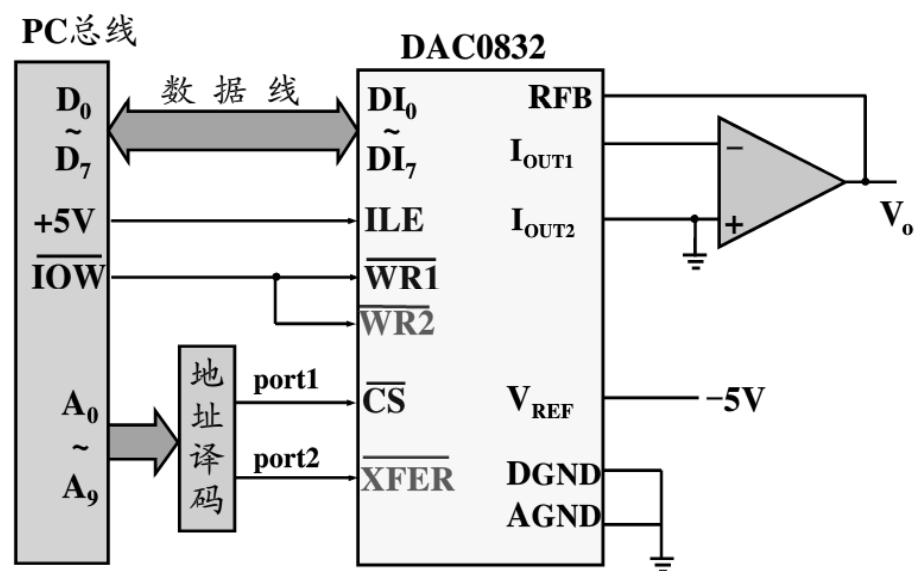
- 应用

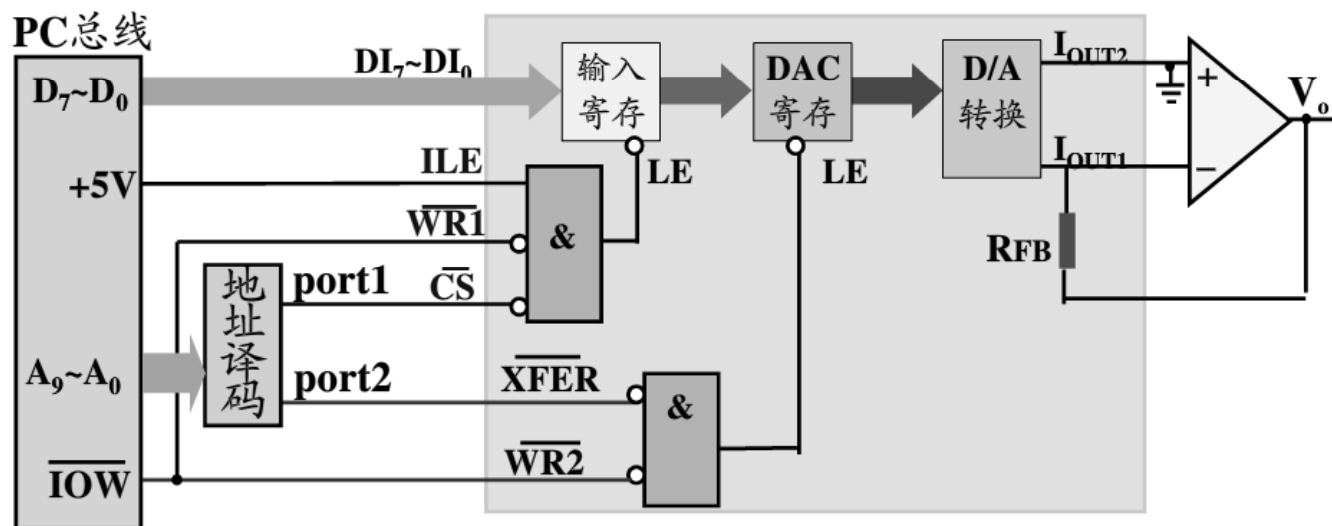
■ 适用单路模拟信号输出或非同步的多路模拟信号输出。

## 双缓冲方式

### ● 基本特点和连接方式

- 输入寄存器和DAC寄存器都工作在受控状态下。





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

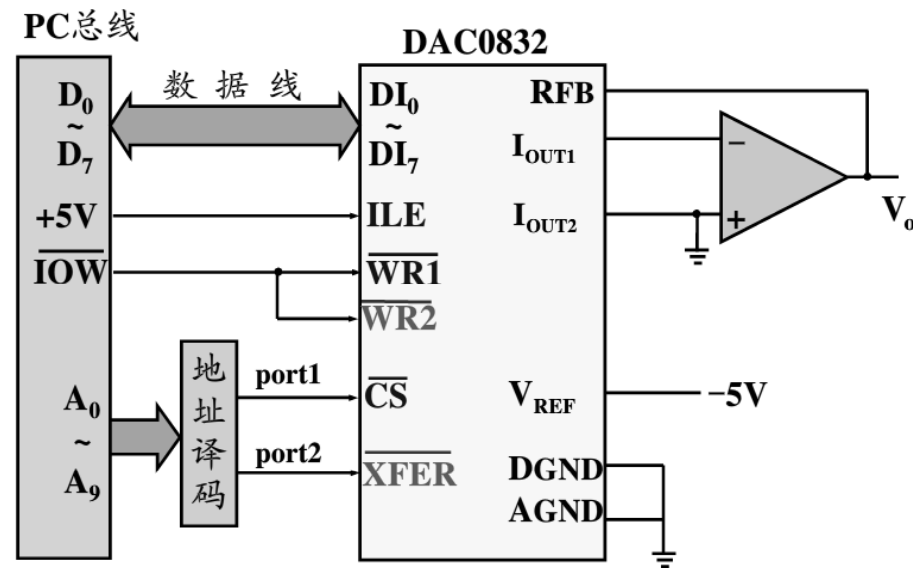
**MOV DX, port2**

**OUT DX, AL** ;打开第二级锁存

## 双缓冲方式

### ● 基本特点和连接方式

- 输入寄存器和DAC寄存器都工作在受控状态下。



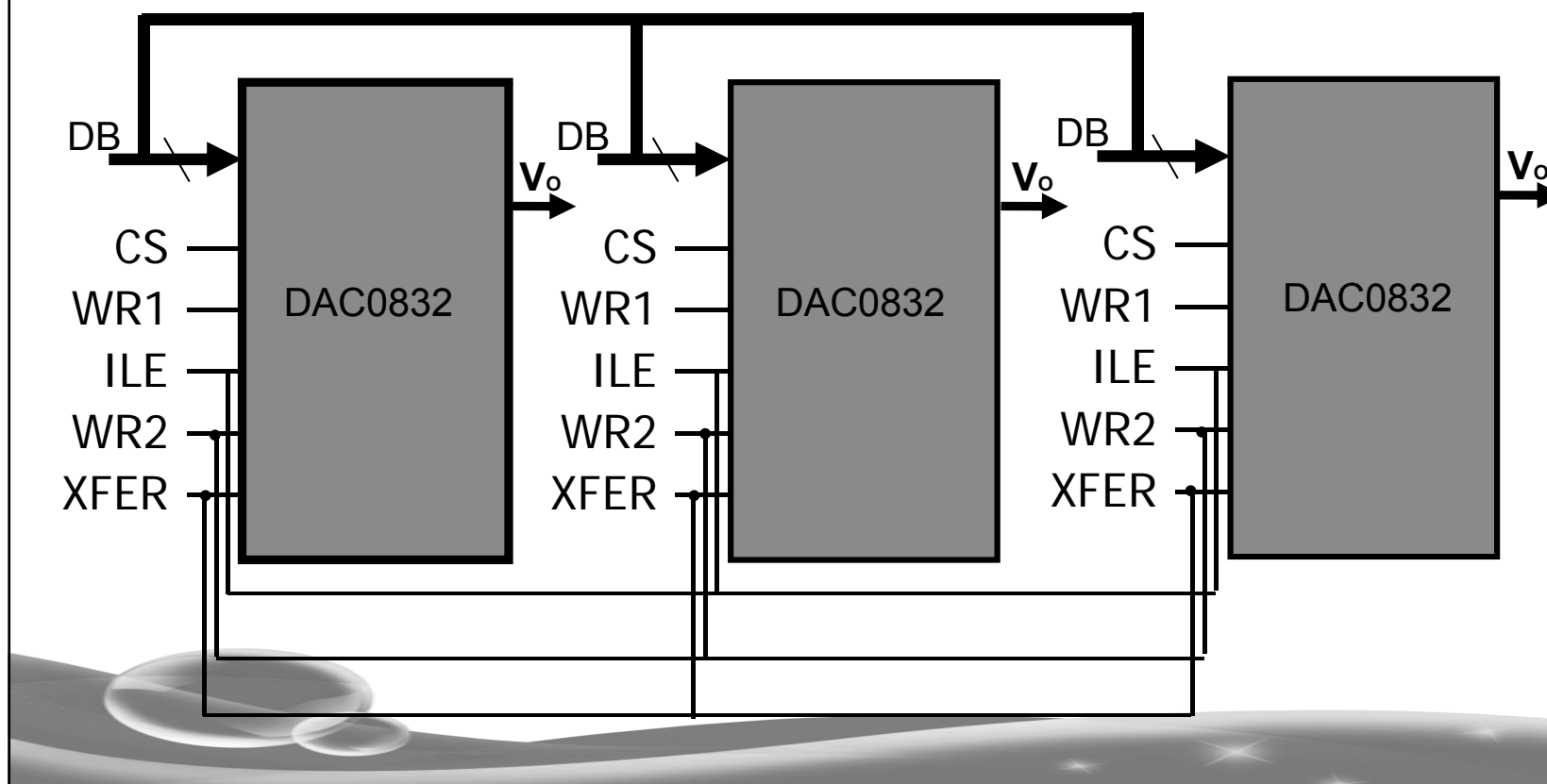
### ● 特点

- 适于多个DAC0832构成的系统，让多路模拟信号同步输出。

## 双缓冲方式的应用例子

- 多片**DAC0832**同时产生多个模拟信号

- 程序的第一步送数据（串行，依次）；第二步启动转换（同步）



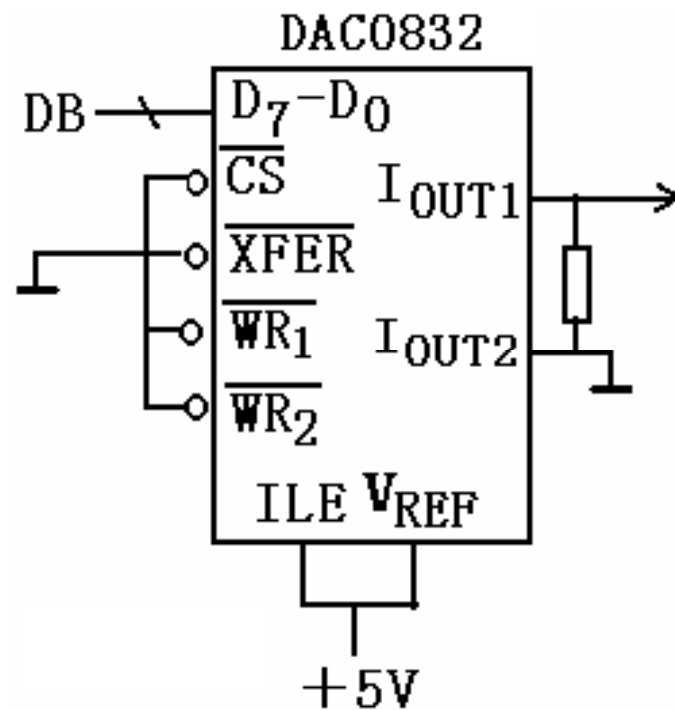
## 直通方式

- 基本特点

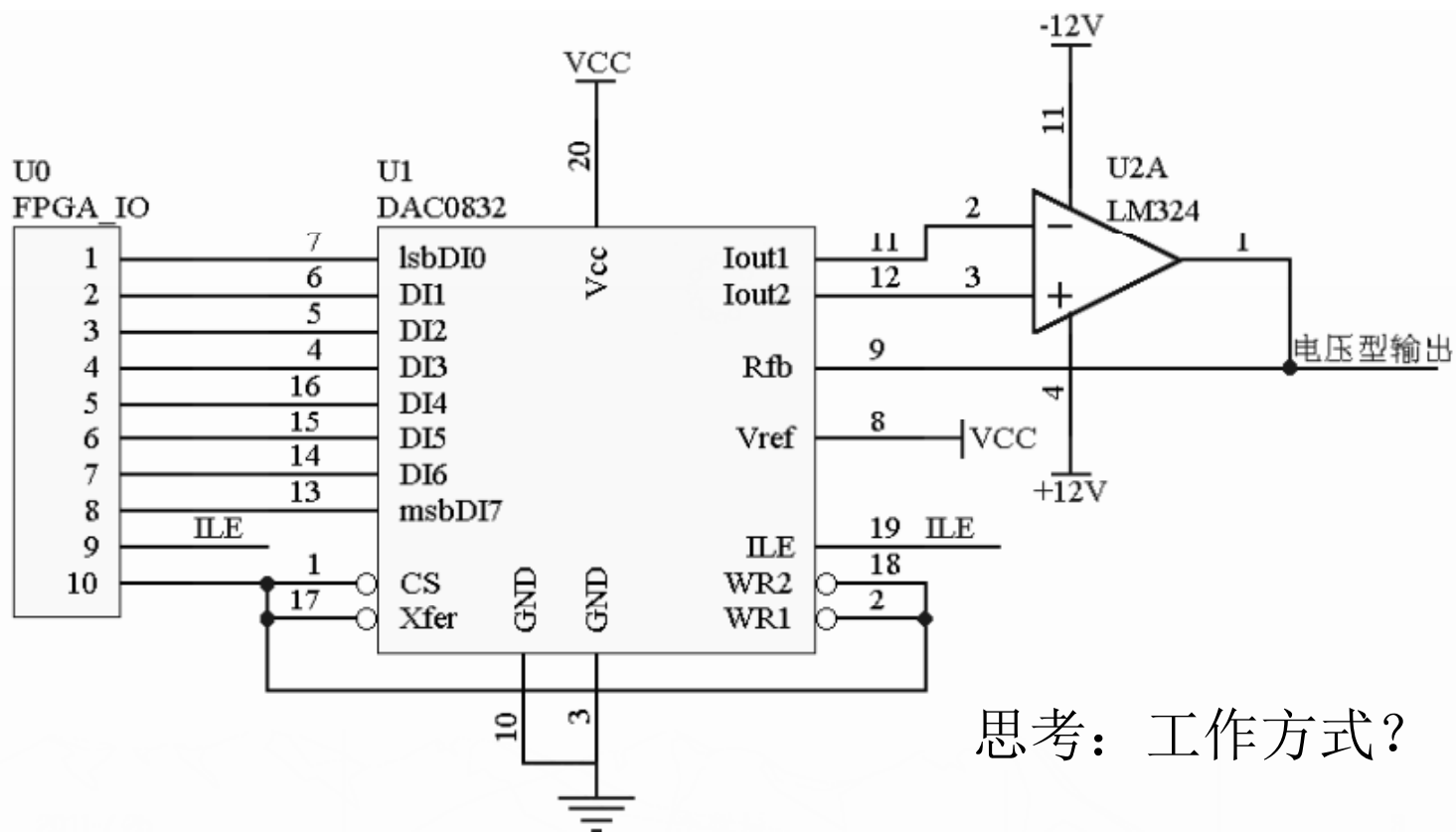
- 输入寄存器和DAC寄存器都工作在直通方式下。全部控制线一直处于有效电平下。

- 应用

- 常用于需要连续反馈控制的环路系统：只要数据总线DB存在数据，则输出端就会自行跟随输入数值的变换而自行转换，而无需用OUT指令来启动转换。

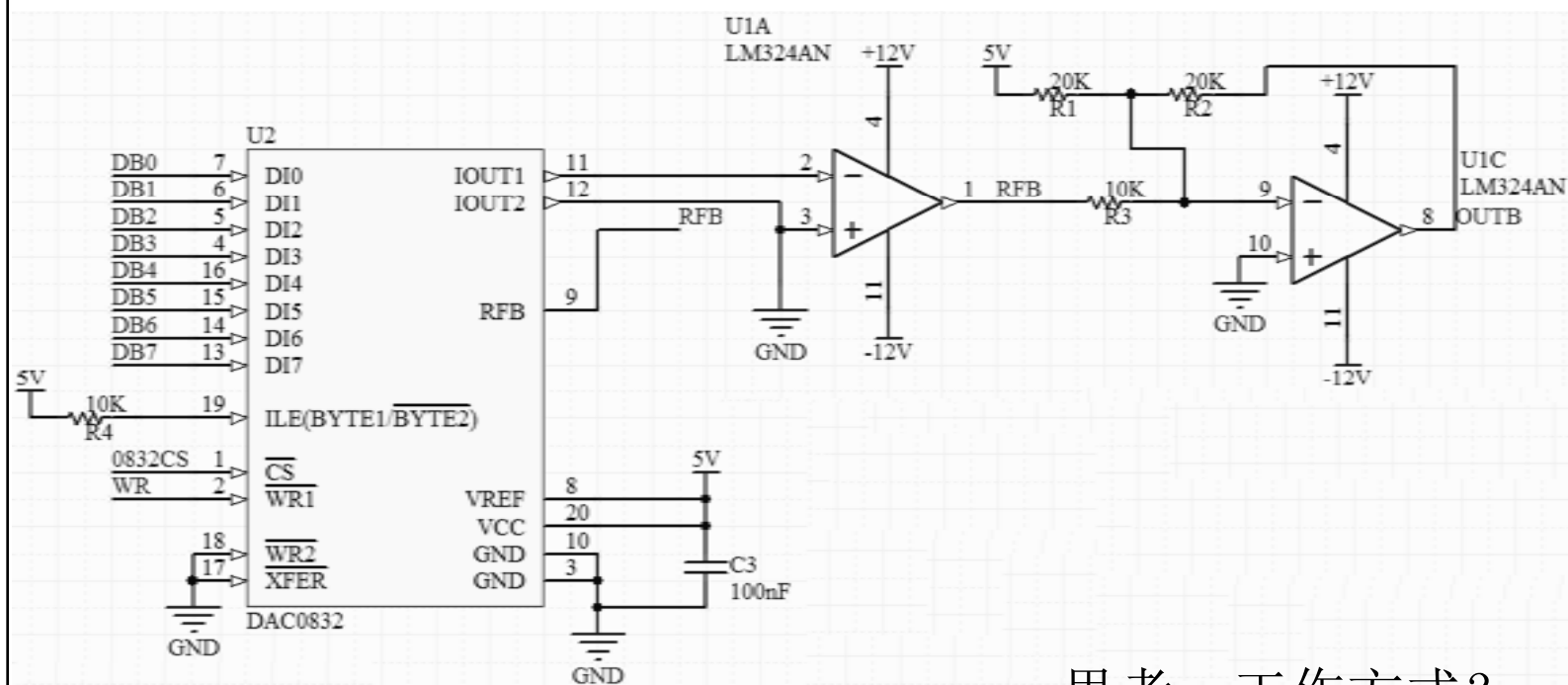


## DAC0832的实际应用电路例子



思考：工作方式？

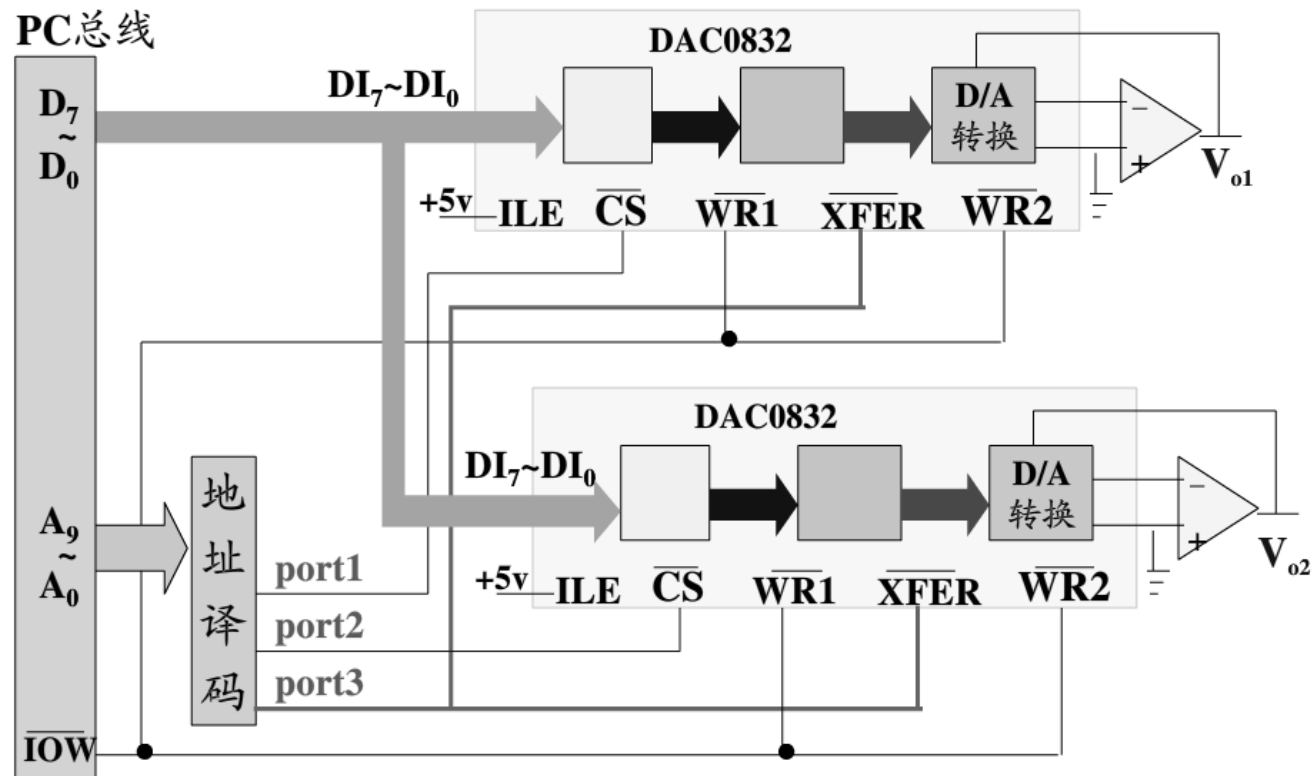
## DAC0832的实际应用电路例子



思考：工作方式？



双缓冲的例子：要求两个模拟量 $V_{o1}$ 和 $V_{o2}$ 同时输出



思考：相应的程序如何编写？

## 课堂作业1: 将dataV1和dataV2两组数据同步转换输出

。

```
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:   [ ]     [ ], [ ]      ;取V1的数据
        [ ]     [ ], [ ]      ;打开第一片0832第一级锁存
        [ ]     [ ], [ ]      ;取V2的数据
        [ ]     [ ], [ ]      ;打开第二片0832第一级锁存
        [ ]     [ ], [ ]      ;打开两片0832的第二级锁存
        [ ]     [ ]
        [ ]     [ ]
        LOOP    next
        MOV     AH, 4CH
        INT     21H
code    ENDS
        END     start
```

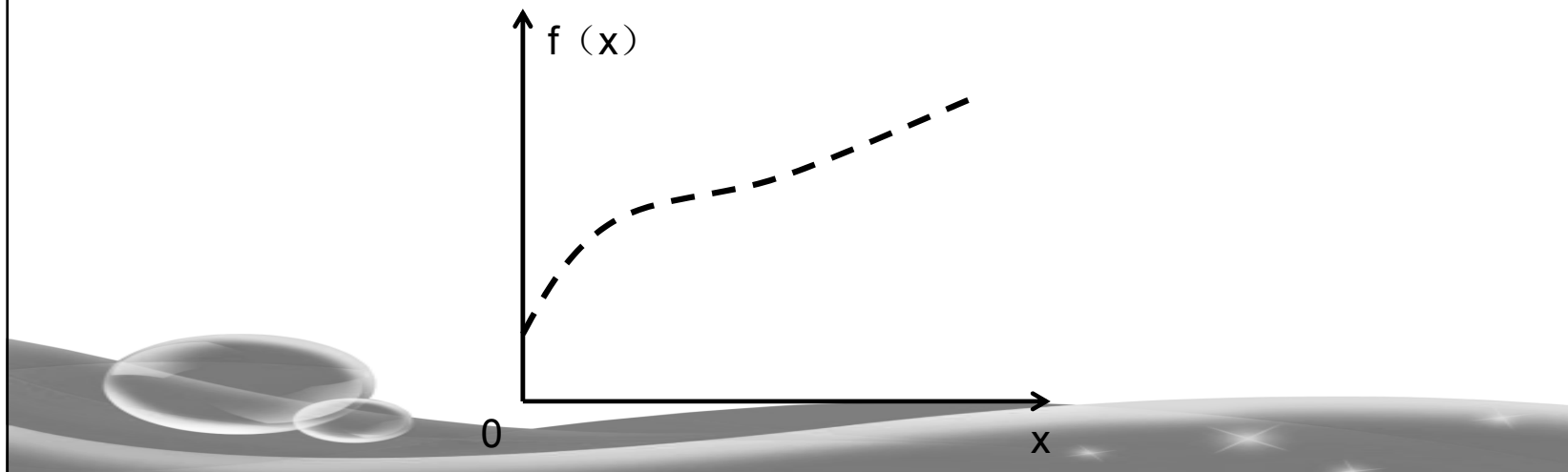
## DAC应用——函数波形发生器

- **DAC应用之一**

- 利用DAC产生指定形状的波形【方波，三角波，任意更加复杂的波形……】

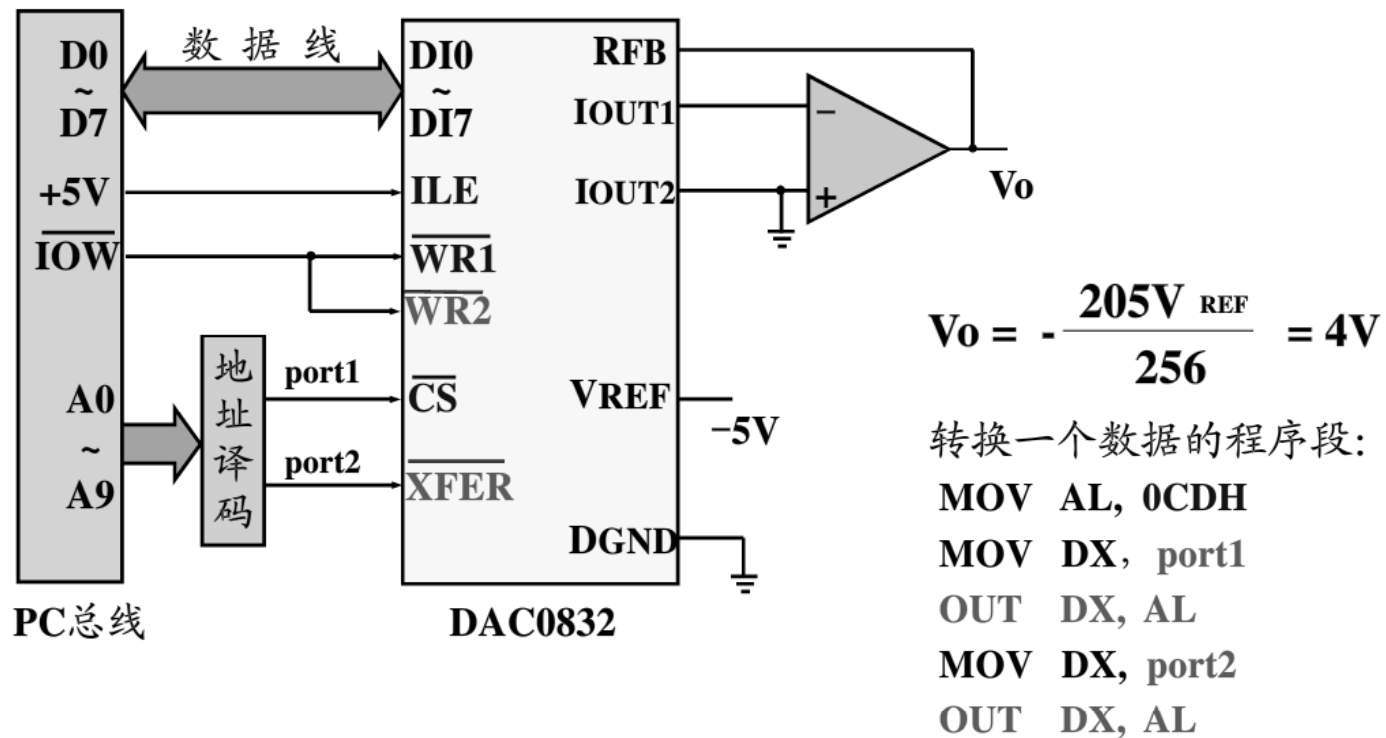
- **函数波形发生器**

- 对任一函数CPU可以计算并输出其值（数字量），然后把该值连接输入到DAC0832，便可产生相应函数波形（模拟量，可由示波器显示出来）。这样的电路称为函数波形发生器。



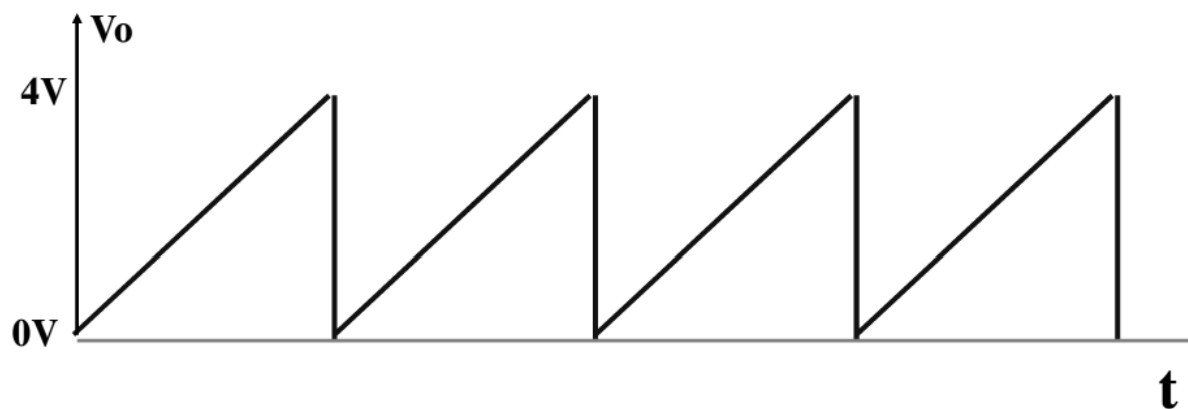
## DAC应用——调幅

例1 连线如图，计算当数字量为0CDH时的输出 $V_o$ 。

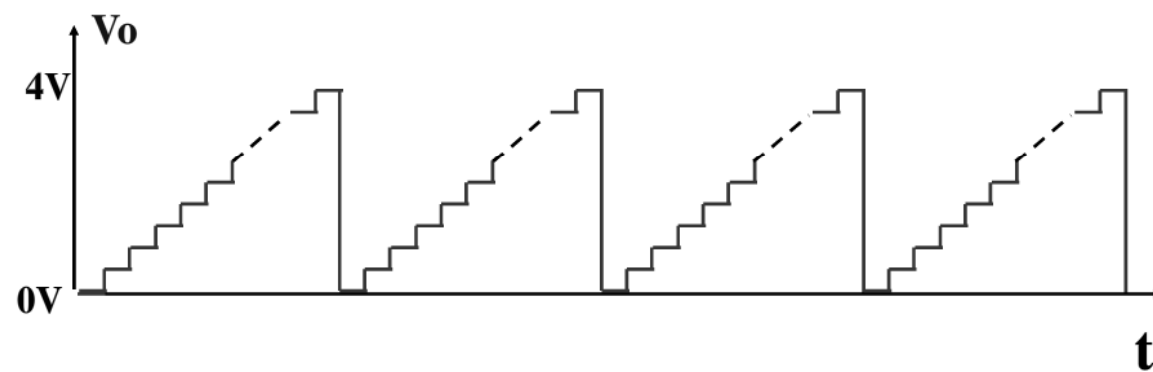


## 课堂作业2: 利用上述电路, 编程输出周期锯齿波

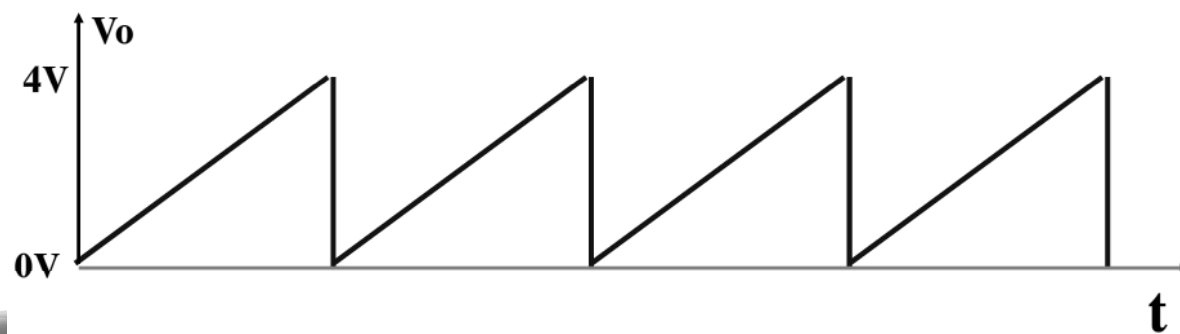
- 锯齿个数: **8000H**
- 锯齿底部: **0V**
- 锯齿峰值: **4V**
- 锯齿斜率: 不限 (适当延时**delay**即可)



实际输出的波形图



不是

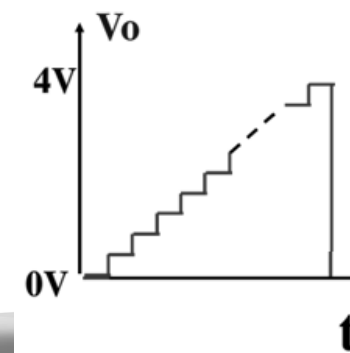
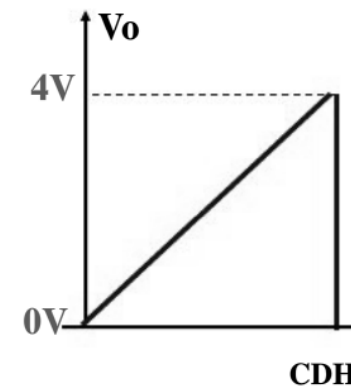


## 课堂作业2: 利用上述电路, 编程输出周期锯齿波

```

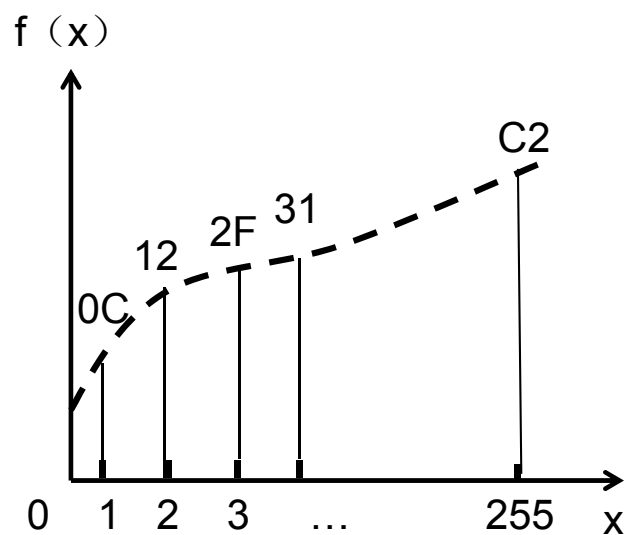
code SEGMENT
    ASSUME CS:code
start: MOV CX, 8000H ;波形个数
      MOV AL, 0 ;锯齿谷值
next:  MOV [DI], [SI] ;打开第一级锁存
      [DI] = [SI]
      MOV [DI], [SI] ;打开第二级锁存
      [DI] = [SI]
      MOV [DI], [SI] ;控制锯齿波的周期
      [DI] = [SI]
      MOV [DI], [SI] ;修改输出值
      [DI] = [SI]
      MOV [DI], [SI] ;比较是否到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

- 锯齿个数: 8000H
- 锯齿底部: 0V
- 锯齿峰值: 4V
- 锯齿斜率: 不限



## DAC应用——函数发生器（波形发生器）

### ● 函数波形发生器

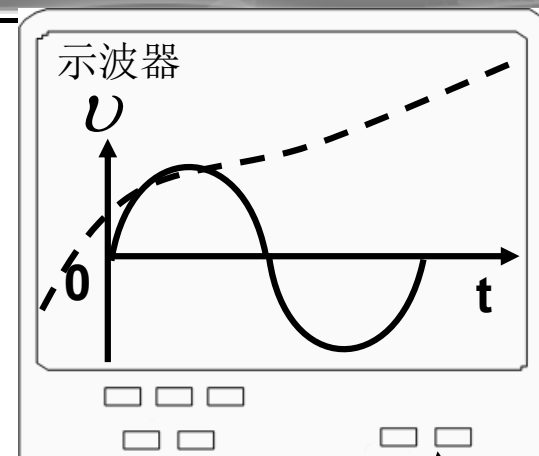


...  
31  
2F  
12  
0C

数字  $\xrightarrow{8}$

DAC

电压





## 函数发生器

### ● 函数波形发生器

#### ■ 8255和DAC0832的综合应用

