



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

模拟量输入输出

D/A转换基础知识及典型芯片介绍

主讲：燕延

目录

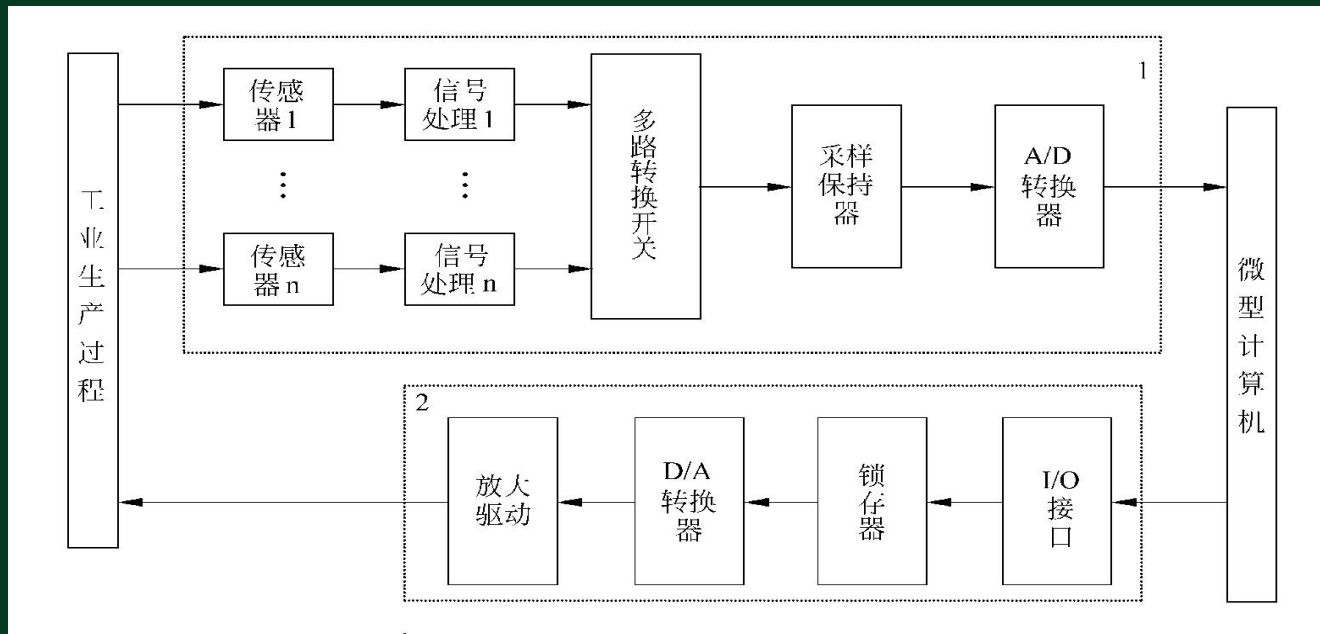
- 1、模拟量输入输出通道基本构成
- 2、D/A转换工作原理
- 3、D/A转换器的主要技术参数
- 4、典型的D/A转换器芯片0832内部结构、引脚及工作方式。

模拟量输入/输出通道是微型计算机与控制对象之间的一个重要接口，也是实现工业过程控制的重要组成部分。在工业生产中，需要测量和控制的物理量往往是**连续变化的量**，如电流、电压、温度、压力、位移、流量等。

为了利用计算机实现对工业生产过程的自动监测和控制，首先要能够将生产过程中监测设备输出的**连续变化的模拟量**转变为计算机能够识别和接受的**数字量**。其次还要能够将计算机发出的**控制命令**转换为相应的**模拟信号**，去驱动模拟调节执行机构。这样两个过程，都需要**模拟量的输入和输出通道**来完成。

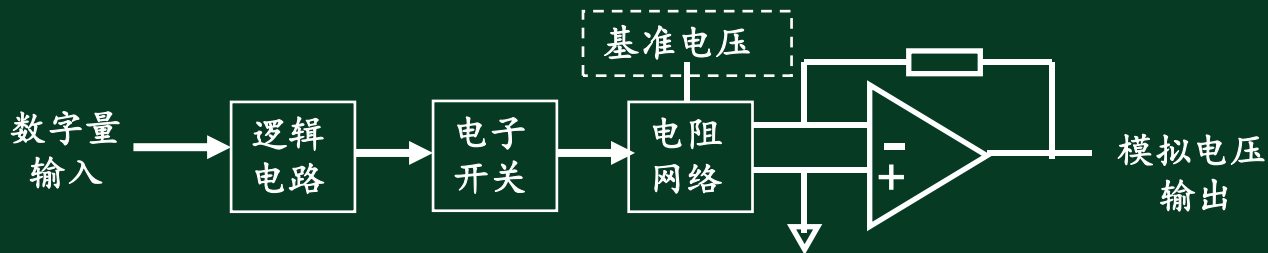
一、模拟量的输入和输出通道

模拟量输入与输出通道的组成



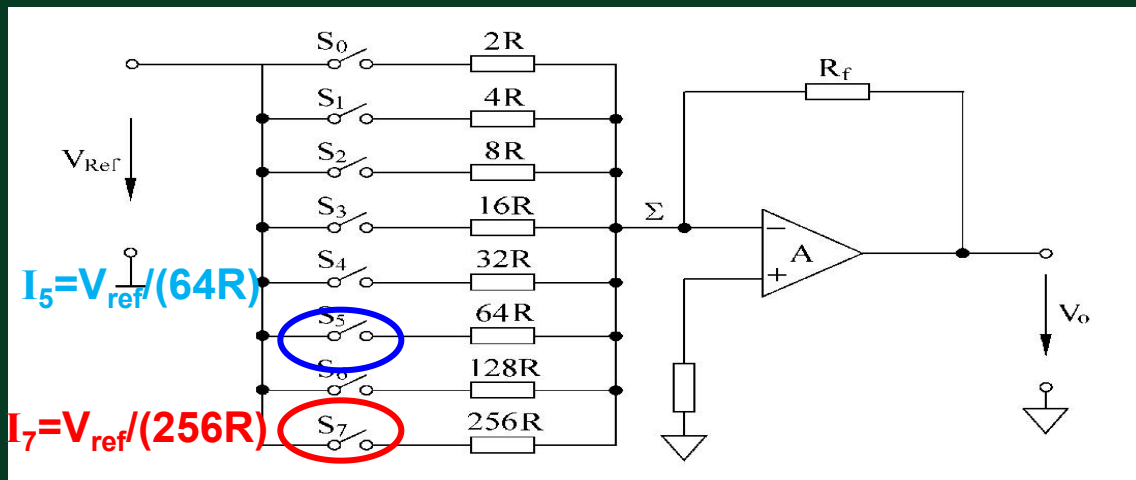
二、D/A转换器的工作原理

D/A转换器是一种将二进制数字量转换成模拟量的器件，D/A转换器的主要部件是电阻开关网络。其主要网络形式为权电阻网络和R-2R构成的T型电阻网络。



1、权电阻网络和运放构成的D/A转换器

权电阻网络即每一位的电阻值为 $2^i R$ (i 为该电阻所在的位数)。每一位电阻都由一个开关 S_i 控制。



$$V_o = -R_f * (I_1 + I_2 + \dots)$$

$$V_o = -R_f \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{R_i} V_i = -R_f \sum_{i=0}^7 \frac{1}{2^i R} D_i V_{Ref}$$

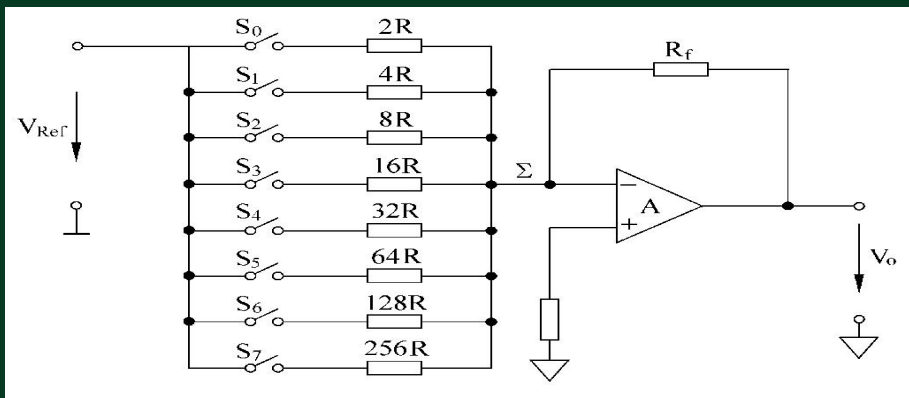
$$V_0 = -R_f \sum_{I=0}^7 \frac{1}{2^i R} D_i V_{\text{Ref}}$$

所有开关断开, $V_0=0$

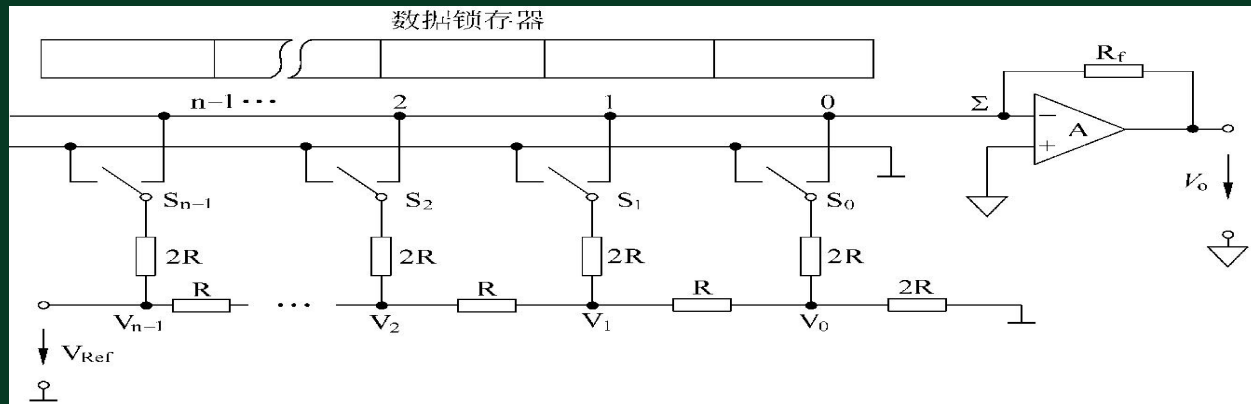
全部开关闭合,

$$V_0 = -\frac{255}{256} V_{\text{Ref}}$$

结论: D/A转换器的转换精度与基准电压 V_{Ref} 的精度、权电阻的精度和电子开关 S_i 的精度及位数有关。位数越多, 转换精度越高, 但同时需要的权电阻种类越多。



2、T型电阻网络和运放构成的D/A转换器



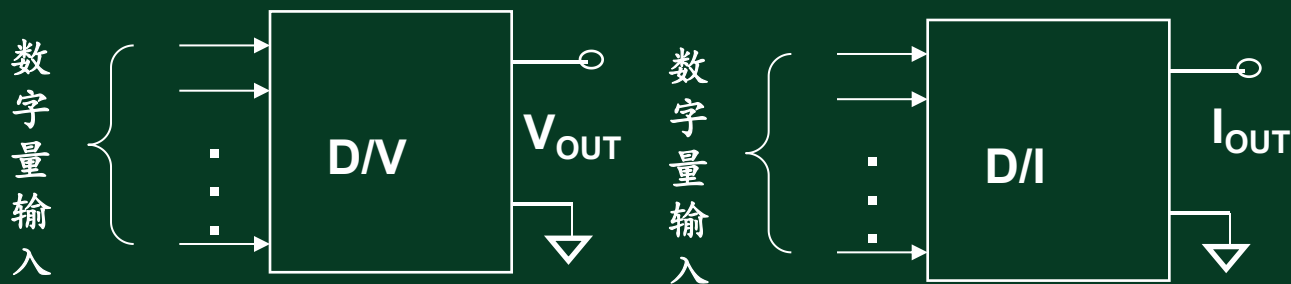
所以总有： $V_i = V_{i+1} / 2$ 输出电压 $V_o = -(I_0 + I_1 + \dots) R_f$

8位D/A
$$V_o = -\frac{D}{2^n} \cdot \frac{R_f}{R} \cdot V_{Ref} = -\frac{D}{256} \cdot \frac{R_f}{R} V_{Ref}$$

输出电压正比于输入数字量D，而幅度大小可通过选择基准电压 V_{Ref} 和 R_f/R 的比值来调整。

通常D/A转换器的输出电压范围有 $0\sim+5V$ ， $0\sim+10V$ ， $0\sim\pm 2.5V$ ， $0\sim\pm 5V$ 和 $0\sim\pm 10V$ 几种。对于某种非标准的电压范围，可以在输出端再加运算放大器来调整。

有些场合需要输出电流信号，以便与标准仪表相配接或满足长距离传送的要求。此时在电压输出端应加上V/I转换电路。



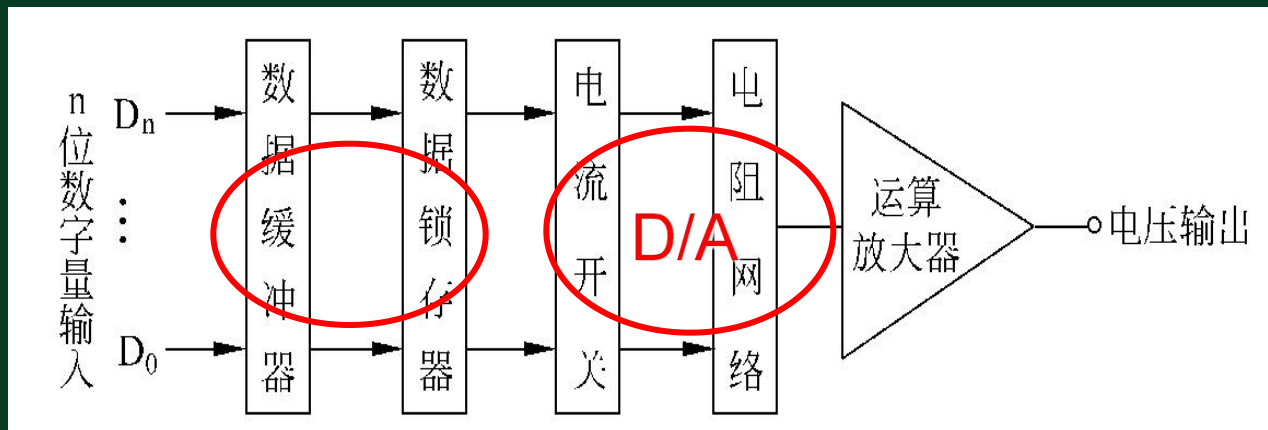
D/A转换器输出的两种形式

电压输出型的D/A转换器相当于一个电压源，内电阻较小，选用这种芯片时，与它匹配的负载电阻应较大，输出一般为0~5V或0~10V。

电流输出的D/A转换器，相当于电流源，内阻较大，选用这种芯片时，负载电阻不可太大。

在实际应用中，常选用电流输出型的芯片来实现电压输出。

D/A转换器原理框图



三、D/A转换器的主要技术参数

1) 分辨率

分辨率指D/A转换器对微小输入量变化的敏感程度的描述，通常用数字量的位数来表示。如8位、10位、12位、16位、20位。位数越多，分辨率越高。分辨率越高，转换时对应数字输入信号最低位的模拟信号电压值就越小，也就越灵敏，对一个分辨率为n位的转换器，能够分辨满刻度的 $V_{FL}/2^n$ 。

如同样是满量程5V输出，8位的D/A的分辨率是：

$$\frac{5V}{256} \approx 19.5mV$$

10位的D/A转换器的分辨率是： $\frac{5V}{1024} \approx 4.88mV$

12位的D/A 1210的分辨率是 $\frac{5V}{4096} \approx 1.22mV$

2) 转换时间

转换时间指从数字量输入到完成转换，且输出达到最终值并稳定为止所需的时间。不同型号的D/A转换器，其转换时间不同。电流型D/A转换较快，一般在几 μs 到几百 μs 之内；电压型D/A转换较慢，取决于运算放大器的响应时间。

3) 输出电平或电流

一般电压型的D/A转换器输出为0~5V或0~10V。

一般电流输出型的D/A转换器输出的电流为几毫安至几安。

4) 绝对精度

对应于给定的满刻度数字量，D/A实际输出与理论值之间的误差称为绝对精度。该误差是由于D/A的增益误差、零点误差和噪声等引起的，一般应低于 $2^{-(n+1)}$ 或 $1/2\text{LSB}$ 。例如：某8位D/A转换器 $\text{FFH} \rightarrow 5\text{V}$ ，但实际输出为 4.98V ，所以绝对精度为 0.02V 。

5) 相对精度

在满刻度已经校准的情况下，在整个刻度范围内对应于任一数码的模拟量输出与理论值之差称为相对精度。

①将偏差用数字量的最低位的位数LSB表示：

$$\frac{1}{2} \text{LSB} = \frac{1}{2} \times \frac{V_{FS}}{2^N} = \frac{1}{2^{N+1}} V_{FS} \quad V_{FS} \text{表示满刻度电压}$$

②一种是用满量程 V_{FS} 的百分数作为单位。

四、典型的D/A转换器芯片

1. 8位D/A转换器DAC0830/0831/0832

DAC0830/0831/0832是8位分辨率的D/A转换集成芯片，它具有价格低廉、接口简单及转换控制容易等特点。

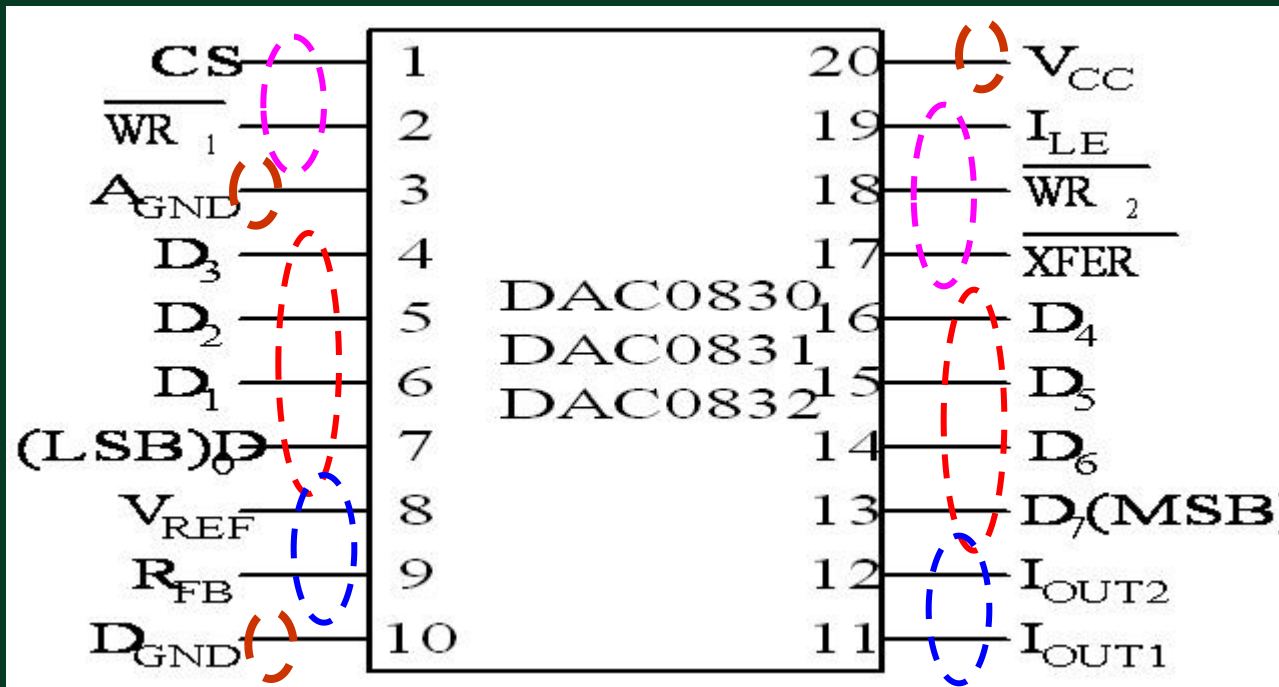
DAC0830系列产品包括DAC0830、DAC0831和DAC0832，它们可以完全相互代换。

这类产品由8位输入锁存器、8位DAC寄存器、8位D/A转换电路及转换控制电路组成，能和CPU数据总线直接相连，属中速转换器，大约在 $1\mu\text{s}$ 内将一个数字量输入转换成模拟量输出。

1) 特点与主要规范

该类产品采用双缓冲、单缓冲或直接数字输入，与12位DAC1230系列容易互换，且引脚兼容，可用于电压开关方式，电流建立时间为 $1\ \mu\text{s}$ ，8位的分辨率，功耗低，只需20 mW，采用+5~+15 V单电源供电，满足TTL电平规范的逻辑输入(1.4 V逻辑域值)，具有8、9或10位线性度(全温度范围均保证)。

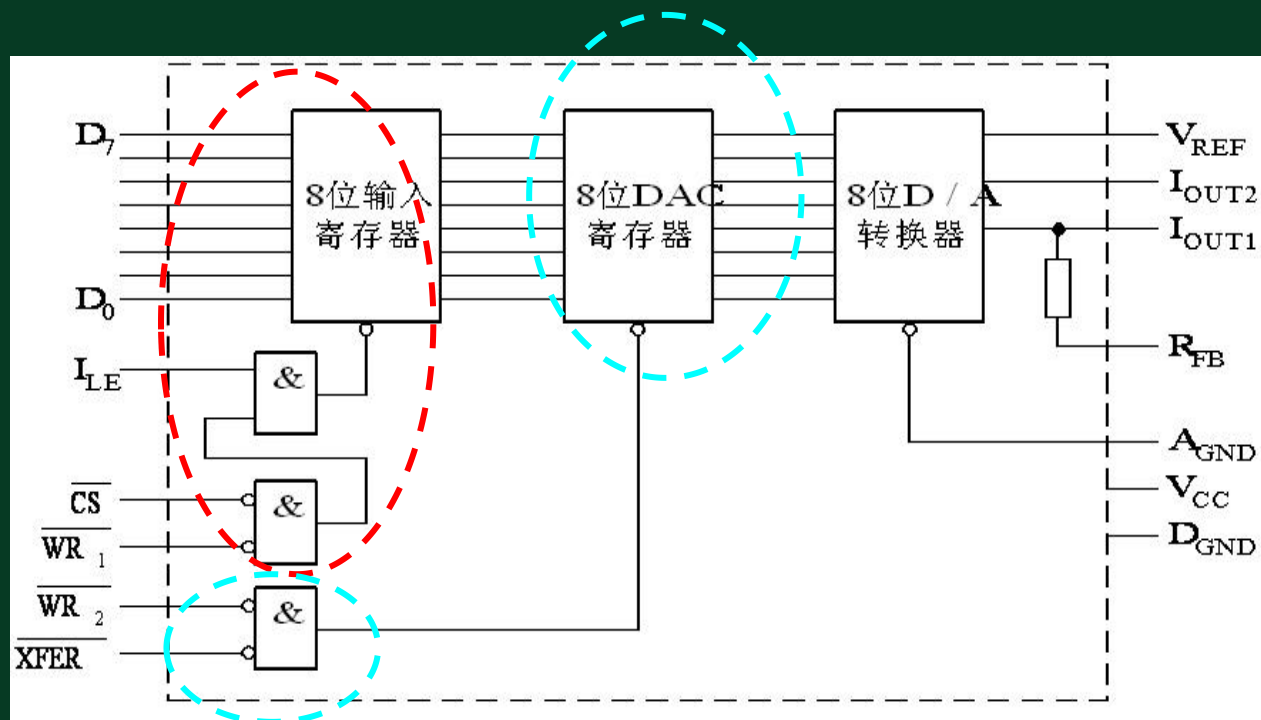
2) 管脚



DAC0830/0831/0832系列芯片的引脚图

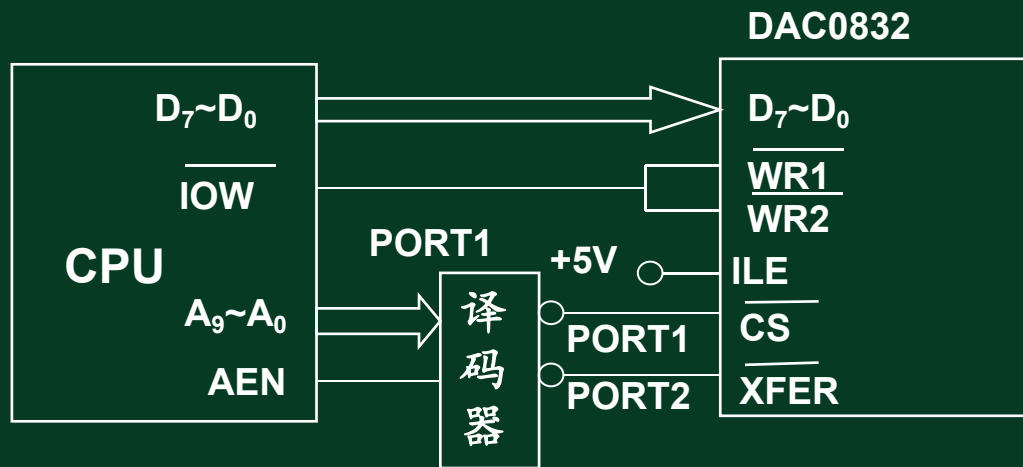


3) 内部结构



4) 工作方式

(1) **双缓冲方式**。所谓双缓冲方式，就是把DAC0830的输入锁存器和DAC寄存器都接成受控锁存方式。这种方式适用于**多路D/A同时进行转换的系统**。双缓冲方式的优点是，在进行D/A转换的同时，可接收下一个转换数据，从而提高了转换速度。



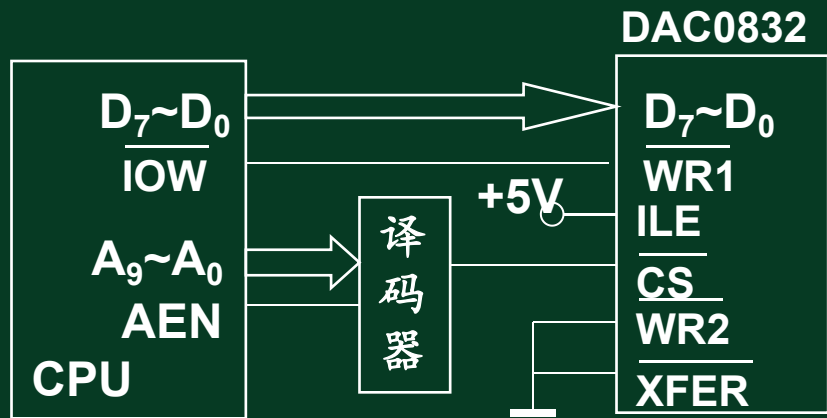
如果要把数字量95H转换成模拟量，需要执行如下3条指令：

```
MOV AL, 95H  
MOV DX, PORT1  
OUT DX, AL  
MOV DX, POTR2  
OUT DX, AL
```

双缓冲方式还适用于多个DAC 0832同时输出的情形。方法是先分别让这些DAC 0832的输入寄存器锁存待转换数据，然后再控制这些DAC 0832同时传送数据到DAC寄存器以实现多个D/A转换同步输出。

(2) **单缓冲方式**。如果应用系统中只有一路D/A转换，或虽然是多路转换但不要求同步输出时，可采用单缓冲方式。

单缓冲方式就是使DAC0830的输入锁存器和DAC寄存器有一个处于直通方式，另一个处于受控的锁存方式。在这种方式下，数据只要一写入DAC芯片，就立即进行D/A转换，省去了一条输出指令。



例如把数字95H转换成模拟量。

```
MOV AL, 95H
MOV DX, 200H
OUT DX, AL
```

(3) 直通方式。当 I_{LE} 接+5 V, \overline{CS} 、 \overline{WR}_1 、 \overline{WR}_2 及 \overline{XFER} 都接地时, DAC0830处于直通方式, 输入端 $D_7 \sim D_0$ 一旦有数据输入就立即进行D/A转换。

这种方式不使用缓冲寄存器, 不能直接与CPU或系统总线相连, 可通过8255与之相连接。

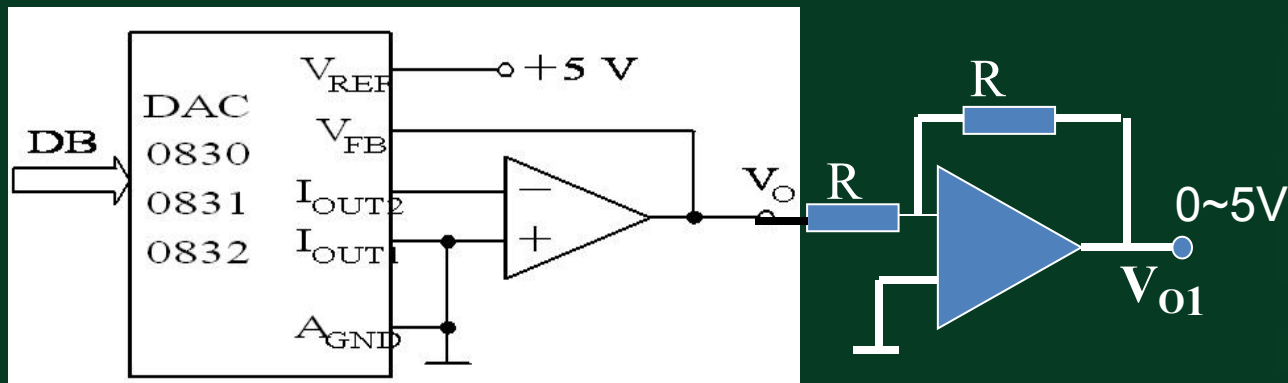
小结:

- 直通方式。
 - 当CS、WR1、WR2、XFER都接数字地，ILE接高电平时，芯片即处于直通状态
- 单缓冲方式。
 - 此方式是使两个寄存器中任一个处于直通状态，另一个工作于受控锁存器状态或两个寄存器同步受控
- 双缓冲方式。
 - 双缓冲方式的一大用途是数据接收和启动转换可以异步进行，即在对某数据转换的同时，能进行下一数据的接收，以提高转换速率

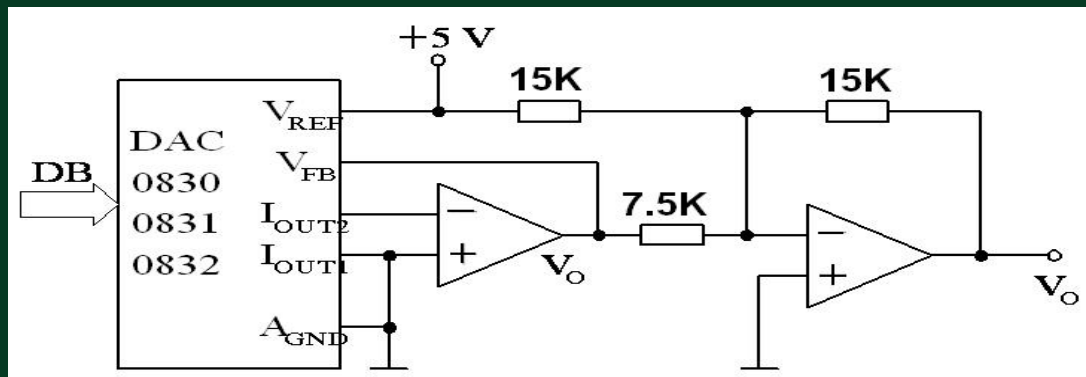
5) 输出方式

DAC0830为**电流输出型D/A转换器**，要获得模拟电压输出时，需要外接一个运算放大器。

(1) **单极性模拟电压输出**。如果参考电压为+5 V，则当数字量N从00H至FFH变化时，对应的模拟电压 V_O 的输出范围是-5~0 V，如图所示。



(2) 双极性模拟电压输出。如果要输出双极性电压，则需在输出端再加一级运算放大器作为偏移电路，如图所示。当数字量N从00H至FFH变化时，对应的模拟电压 V_o 的输出范围是 $-5\sim+5\text{ V}$ 。



本讲小结

- 1、模拟量输入输出通道基本构成
- 2、D/A转换工作原理
- 3、D/A转换器的主要技术参数
- 4、典型的D/A转换器芯片0832内部结构、引脚及工作方式。