# •

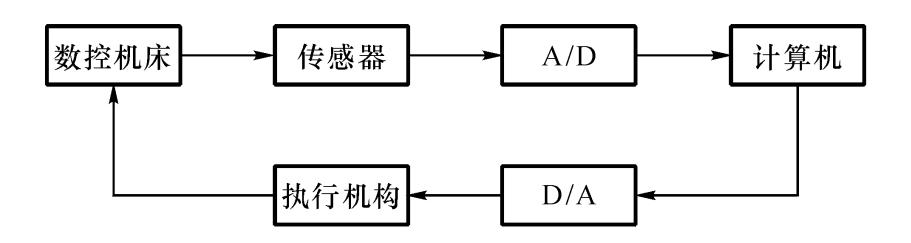
# 第6章 信号转换电路



# D/A和A/D转换器

在计算机控制系统中,经常需要进行数字量—模拟量,模拟量—数字量的转换,(前者称D/A转换,后者为A/D转换)。

下图是一个生产过程自动化的流程图



# 6.1 数/模转换电路 (Digital to Analog Converter)

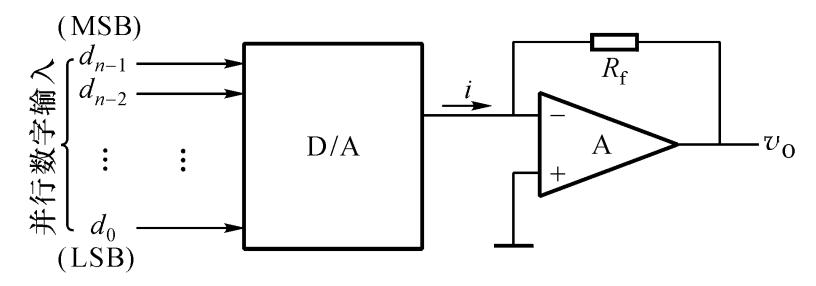
### 一、DAC的基本原理

将输入数字量变换成模拟量输出;

基本思路:

将输入的二进制数按其位权的大小先转换成与 之成正比的电流量,然后将该电流再转换成模拟 量电压输出。

# 实现数字量—模拟量转换的电路框图



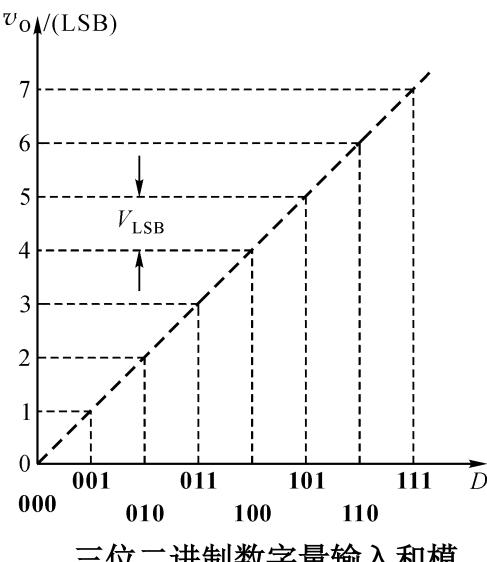
$$i = K_I D_n = K_I (d_{n-1} \cdot 2^{n-1} + d_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0) = K_I \sum_{i=0}^{n-1} d_i \cdot 2^i$$

$$v_o = -iR_f = -K_I \cdot R_f \cdot D_n = -K_I \sum_{i=0}^{n-1} d_i \cdot 2^i$$



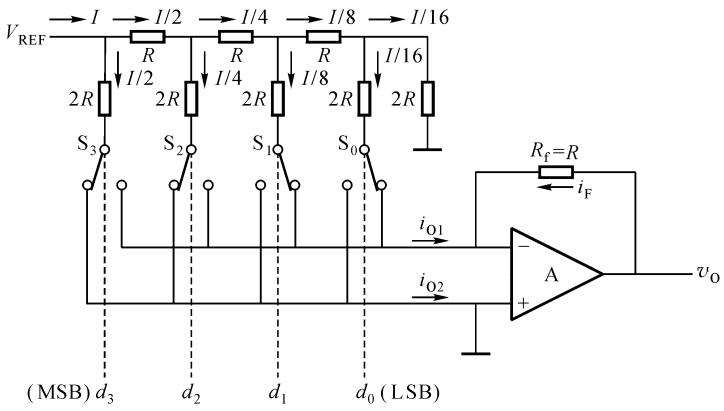
# D/A转换特性图

图中输出模拟量的最小增量V<sub>LSB</sub>表示输入数字量中最低位为"1"时的模拟电压。

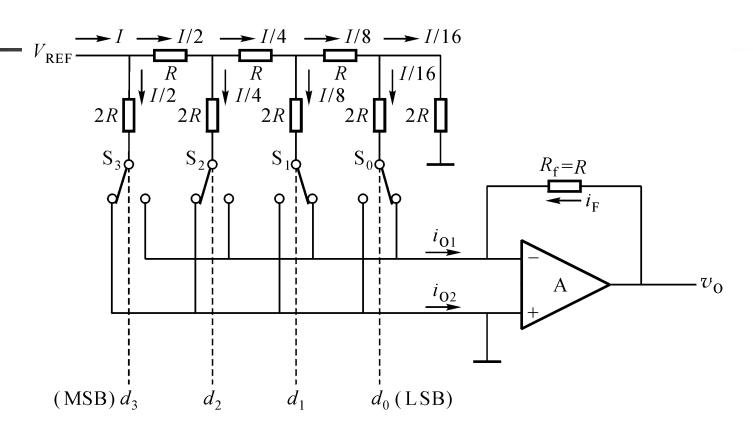


三位二进制数字量输入和模拟量输出的关系

# 二、四位倒T网络D/A转换器

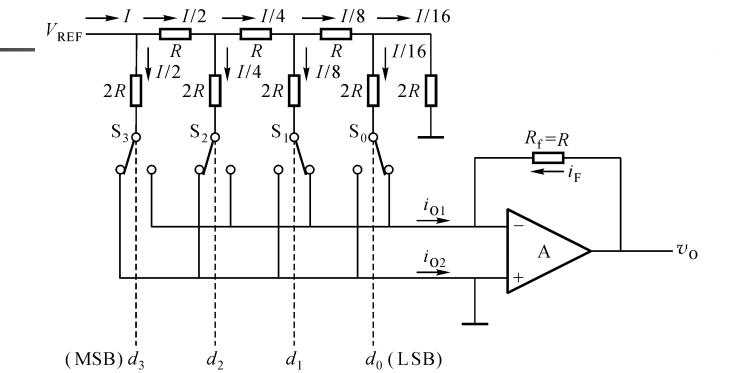


其特点是只有二种电阻,精度可以做得高;由于运放的反相输入端为虚地特性,所以开关切换时流过支路电流不变,只是流向反相端还是流向地,所以没有过渡过程。



由图可知; 网络部分的总电阻为 $\mathbf{R}$ ,而流过参考电源 $\mathbf{V}_{\mathbf{REF}}$ 的总电流为:  $I = \frac{V_{\mathit{REF}}}{R}$ 

而流过每一个节点的电流依次降低一半,即流过每一个支路的电流依次为:  $\frac{I}{2}$ ,  $\frac{I}{2^2}$ ,  $\frac{I}{2^3}$ ,  $\frac{I}{2^4}$ 



当输入二进制数的某一位高电平时,对应支路的电流流向反相端,反之流向地。因此流向反相端的电流有:

$$\begin{split} i_{o1} &= \frac{I}{2} \cdot d_3 + \frac{I}{4} \cdot d_2 + \frac{I}{8} \cdot d_1 + \frac{I}{16} \cdot d_0 \\ &= \frac{V_{REF}}{R} \cdot \frac{1}{2^4} (d_3 \cdot 2^3 + d_2 \cdot 2^2 + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0) \end{split} \qquad v_o = -i_{o1} R_f \end{split}$$

又因为:  $i_{o1} = -i_f$ 

### 所以输出电压有:

$$v_o = -i_{o1}R_f = -\left(\frac{I}{2} \cdot d_3 + \frac{I}{4} \cdot d_2 + \frac{I}{8} \cdot d_1 + \frac{I}{16} \cdot d_0\right)R_f$$

$$= -\frac{V_{REF}}{R} \cdot \frac{R_f}{2^4} (d_3 \cdot 2^3 + d_2 \cdot 2^2 + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0)$$

#### 输入为n位数字量时:

$$v_o = -\frac{V_{REF}}{R} \cdot \frac{R_f}{2^n} (d_{n-1} \cdot 2^{n-1} + d_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + d_2 \cdot 2^2 + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0)$$

#### 当R=R<sub>f</sub>时:

$$\begin{split} v_o &= -\frac{V_{REF}}{2^n} \cdot (d_{n-1} \cdot 2^{n-1} + d_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + d_2 \cdot 2^2 + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0) \\ &= -\frac{V_{REF}}{2^n} \sum_{i=0}^{n-1} d_i \cdot 2^i = -\frac{V_{REF}}{2^n} \cdot D_n \end{split}$$

# 三、正负模拟量输出的DAC电路

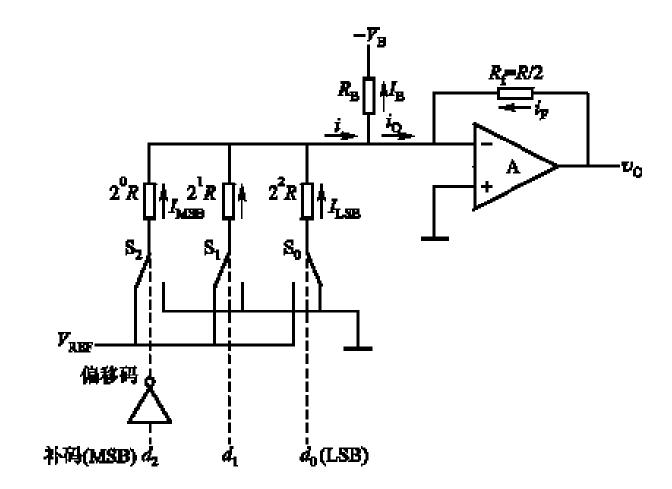
当正负的数字量输入时,要求有正负的模拟量输出。 前面我们介绍过,一个正负数可以用补码表示。因此, 一个用补码输入的正、负数,如何转换成正、负输出 的模拟量呢?

现以一个三位二进制补码为例,3位二进制补码可以表示从+3到-4之间的任何一个十进制整数。

# 三位补码输入时与之对应的偏移码和D/A输出间的关系表

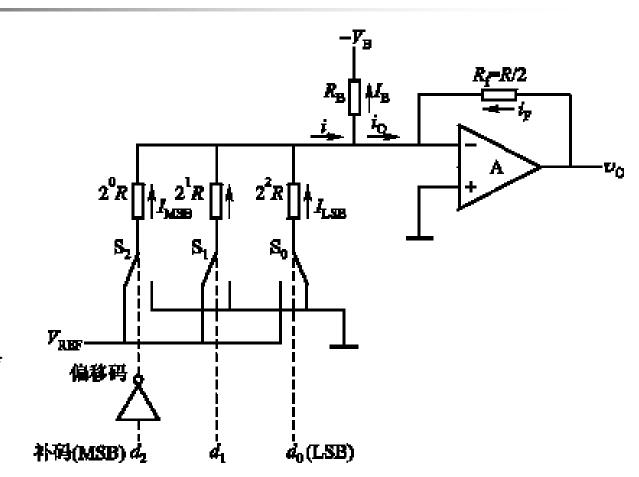
十进制数	补码输入 d <sub>2</sub> d <sub>1</sub> d <sub>0</sub>	偏移码(补 码符号位取 反)	接入偏移电路(偏移-4V)后的输出电压(V)
+3	011	111	+3
+2	010	110	+2
+1	001	101	+1
0	000	100	0
-1	111	011	-1
-2	110	010	-2
-3	101	001	-3
-4	100	000	-4





•

电路说明: 当输入补码 $d_2d_1d_0$ =000,偏移码=100时, $i_o$ 使=0。因此,应调节 $R_B$ 的值,使 $I_B=I_{MSB}=V_B/R_B$ ,输出模拟电压为0。



# 而在其它输入情况下, 输出模拟量有:

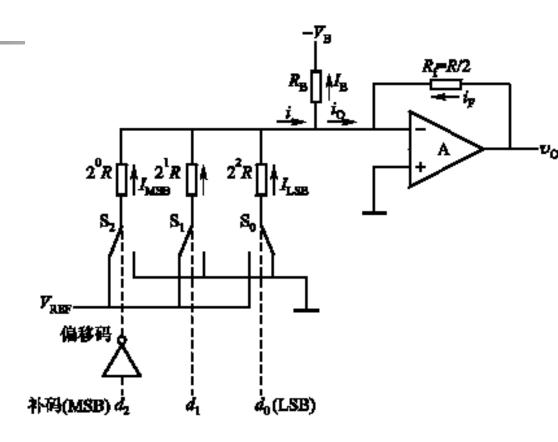
$$\begin{split} v_o &= -(i - I_B) R_f = -(i - I_{MSB}) R_f \\ I_{MSB} &= \frac{V_{REF}}{R} \qquad I_{LSB} = \frac{V_{REF}}{2^{n-1} R} \\ I_B &= I_{MSB} = 2^{n-1} I_{LSB} = \frac{2^{n-1}}{2^n - 1} I_{\max} \end{split}$$

式中的I<sub>max</sub>为偏移码全为1时的总电流。

对n位的双极型D/A转换电路,有:

输出模拟电压为:

$$v_o = -i_o R_f = -(i - I_B)R_f = -(i - \frac{2^{n-1}}{2^n - 1}I_{\text{max}})R_f$$



 $i_o = i - I_B = i - \frac{2^{n-1}}{2^n} I_{\text{max}}$ 

十进制数	补码输入 d <sub>2</sub> d <sub>1</sub> d <sub>0</sub>	偏移码(补 码符号位取 反)	接入偏移电路(偏移-4V)后的输出电压(V)
+3	011	111	$+3  V_{REF} \cdot \frac{3}{8}$
+2	010	110	$+2  V_{REF} \cdot \frac{2}{8}$
+1	001	101	$+1  V_{REF} \cdot \frac{1}{8}$
0	000	100	0 0
-1	111	011	$-1  -V_{REF} \cdot \frac{1}{8}$
-2	110	010	$-2  -V_{REF} \cdot \frac{2}{8}$
-3	101	001	$-3  -V_{REF} \cdot \frac{3}{8}$
-4	100	000	$-4 -V_{REF} \cdot \frac{4}{8}$

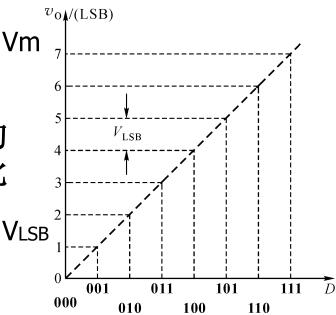
# 四、D/A转换器主要技术指标与应用要点

1、D/A转换器的主要技术指标

#### (1) 分辨率

指电路所能分辨的最小输出电压增量 V<sub>LSB</sub> (即输入数字量变化一个相邻数码所对应的模拟输出电压的变化量)与满刻度电压的比值 V 1

分辨率 = 
$$\frac{V_{LSB}}{V_m} = \frac{1}{2^n - 1}$$



由于分辨率的大小仅仅由数字量的位数决定,因此在手册中分辨率常用位数来表示。例如,一个10位转换器的分辨率为1/(2<sup>10</sup>-1)≈0.1%。分辨率为千分之一。显然,数据转换器的位数越多,则最小模拟电压 V<sub>LSB</sub>就越小,分辨率也就越高。



#### (2) 非线性 (线性度)

也称非线性误差,是指实际的模拟电压与线性转换函数的理论值之间的最大偏差。线性度用来表示数据转换器线性的好坏,常用百分比或位数来表示。

#### (3) 转换精度

是实际模拟电压与理想值的接近程度。应注意的是精度与分辨率是两个不同的概念。精度指的是转换后实际结果相对于理想值的精确度;而分辨率指的是能对转换结果发生影响的最小输入量。分辨率很高的数据转换器由于温度漂移、零点漂移、噪声等原因,其精度并不一定很高。

# (4) 量程

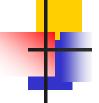
是指转换器的最大模拟电压与最小模拟电压之差,即满刻度范围(Full Scale Range,FSR)。例如,具有0~10V的单极性输出或 -5~+5V的双极性输出的DAC,其满刻度范围FSR=10V。

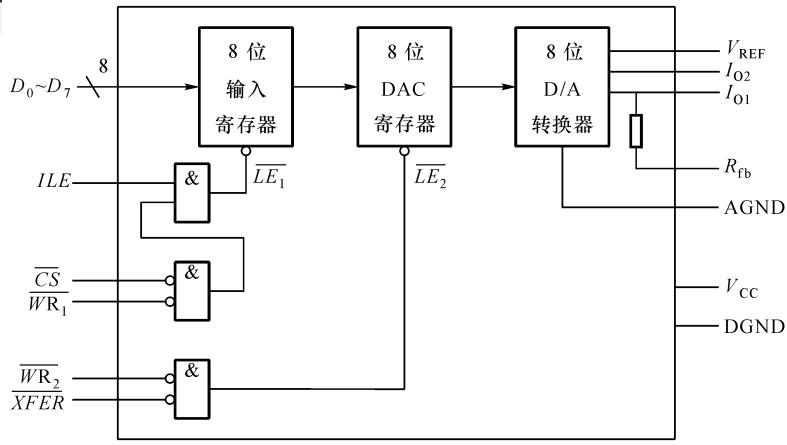
例如,**D/A**转换器的输出范围为**0~10V**,那么**10V**是名义满刻度值,若其分辨率为**8**位,则其实际最大输出电压为  $\frac{2^8-1}{2^8} \times 10V = 9.961V$  ;若其分辨率为**12**位,则其实际最大输出电压为  $\frac{2^{12}-1}{2^{12}} \times 10V = 9.9976V$  在手册中,为了简便起见,数据转换器的量程常用名义满刻度来表示。



# 四、集成D/A转换器DAC0832应用举例

特点:8位分辨率,与8位微机兼容,价格低,接口简单,转换控制容易,电路为R-2R T型电阻网络结构等。



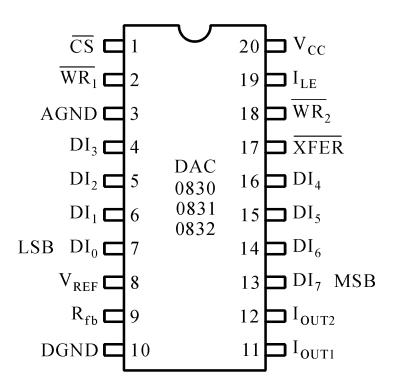


内部电路如图

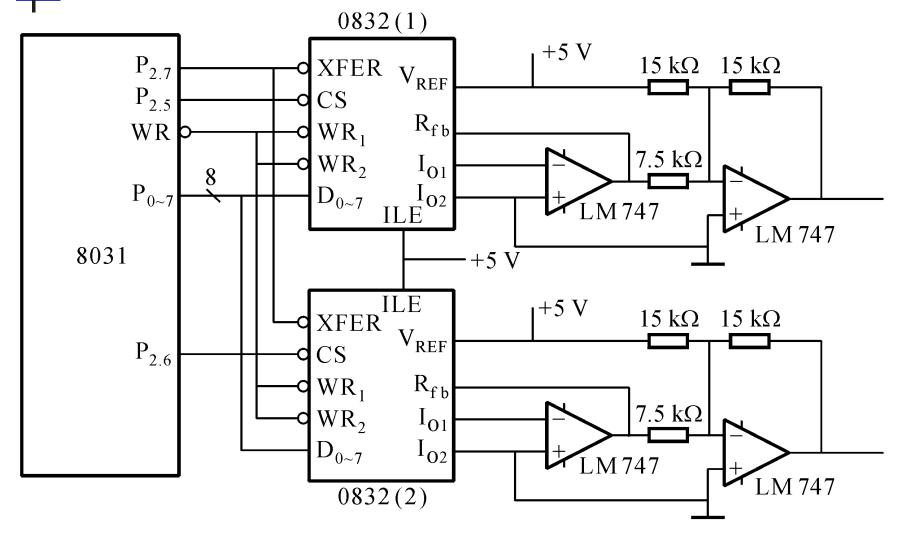
 $D_7 \sim D_0$ 是数字量输入端, $V_{REF}$ 外接参考电压,可正、可负。  $I_{OUT_1}$ 和 $I_{OUT_2}$ 是电流输出端,接运算放大器。

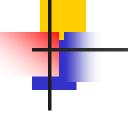


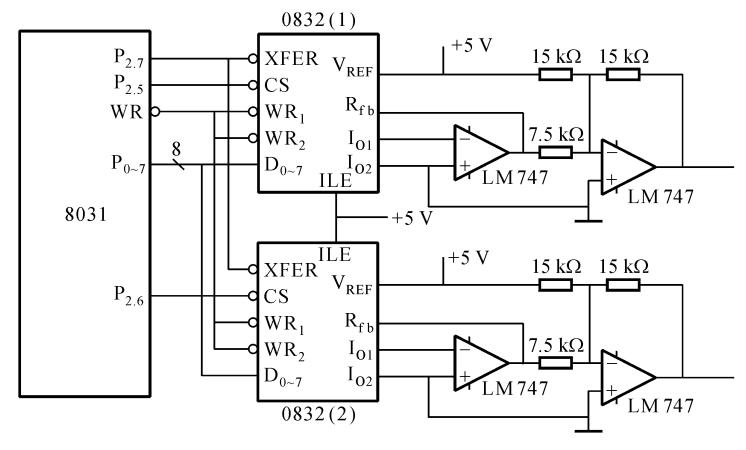
内部 $LE_1$ 和 $LE_2$ 分别是两个寄存器的锁存控制端,当 $\overline{LE_1}$ 由 0变1时, $D_7 \sim D_0$ 输入数据 送入8位输入寄存器,当 $\overline{LE_2}$ 由0变1时,8位输入寄存器的数据锁存至8位DAC寄存器,并使8位DAC转换器的输出发生相应的变化。



# DAC0832与8031单片机连接电路:



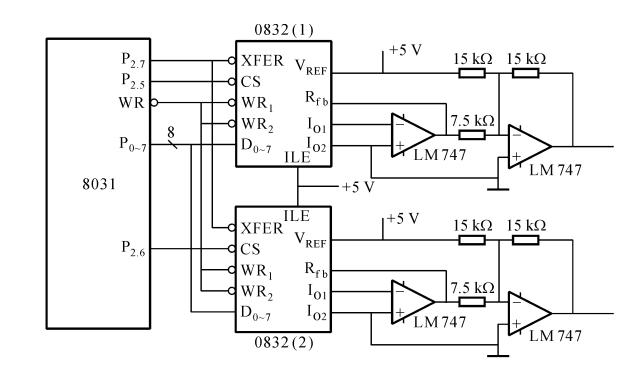


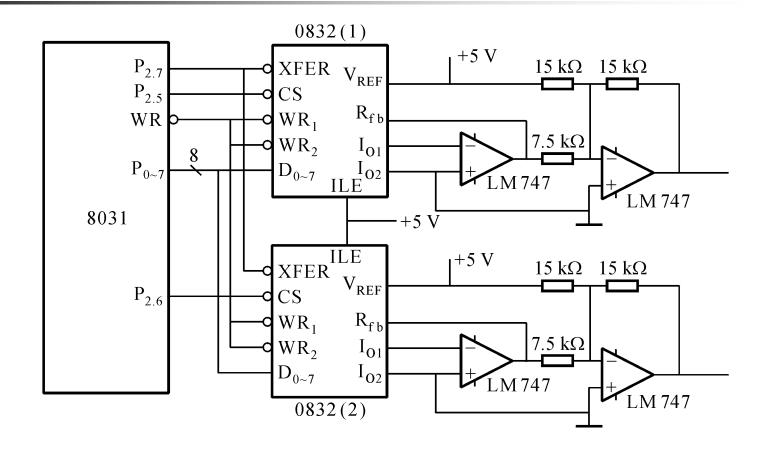


其中,DAC0832的输入数字量以及转换所需的各控制信号都来自单片机8031。

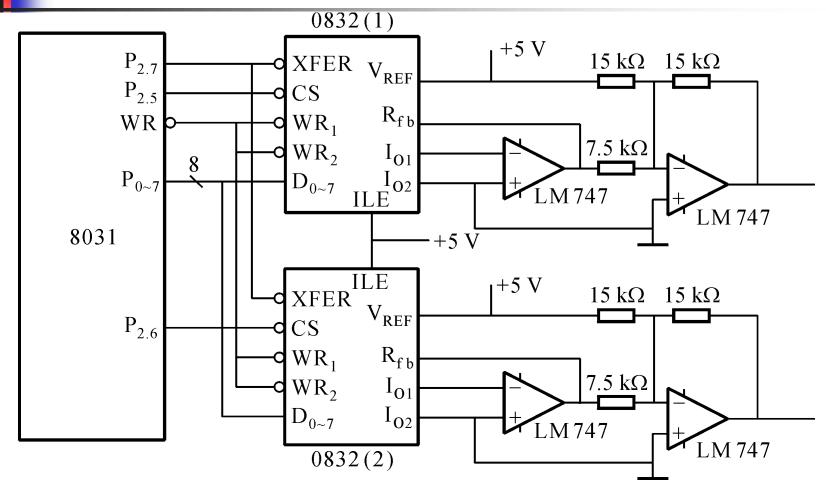
电路进行两路D/A转换,实现双缓冲器的同步方式连接。其工作原理如下:

CPU的P<sub>0</sub>口  $P_0 \sim P_7$ 分时向 DAC0832(I)和 DAC0832(II)送 出要转换的数字量, 锁存在各自的输入 锁存器中,然后 CPU同时向两片 DAC0832发出转 换控制信号





使两个D/A转换器输入寄存器中的数据打入DAC寄存器,实现同步转换输出模拟量。由于该DAC是电流型输出,所以,用运放实现I/V转换,输出为模拟电压信号。



电路采用二级运放放大。

如果参考电压 $V_{REF}$ 为正电压时,第一级运放输出 $0\sim$ -5V模拟电压,而第二级输出- $5V\sim$ +5V的模拟电压。

# ŧ

# 6.2 模/数转换器 (A/D)

# (Analog to Digital Converter)

连续变化的模拟量(信号)如何变换成数字量(数字信号)输出呢?

一、A/D转换的基本原理

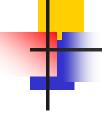
A/D转换的基本思路:

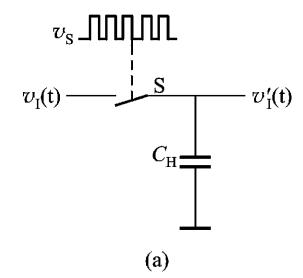
对连续变化的模拟量在一系列取定的时间瞬间进行取样,然后把该取样值用二进制数表示出来。

由于将采样值再用二进制表示出来需要一定的时间,因此,采样后的模拟量还须要保持、量化和编码等过程。所以,A/D转换过程一般要四步:采样、保持、量化和编码。

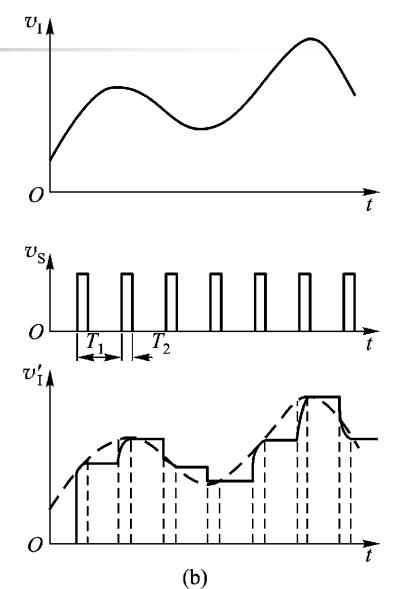
# 1 . 采样定理和采样—保持电路

下面的电路就是在一系列选定的时间瞬间对输入模拟信号进行采样的电路。





电路中S是理想的模拟开关,C<sub>H</sub>是保持电容,S开关由采样脉冲信号控制。当  $\nu_s$  高电平时,开关闭合,对电容C<sub>H</sub>充电(采样);当 低电形时,电容器上采样的电压保持。进而可画出采样后的波形。





为了能使采样后的信号不失真地再现原采样前的输入信号,由此,对采样的信号频率  $f_s$  就有一定的要求。由采样定理得:

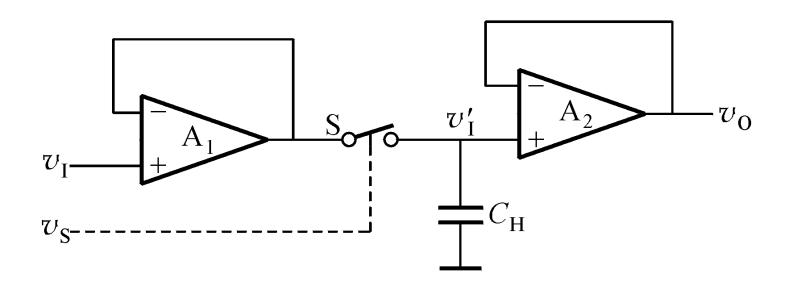
$$f_S \ge 2f_{i\max}$$

式中 $f_{imax}$ 为输入模拟信号 $v_I(t)$ 频谱中的最高频率 成分。 在实际的A/D转换中,允许存在一定的误差下,采样脉冲频率 常按下式选取:

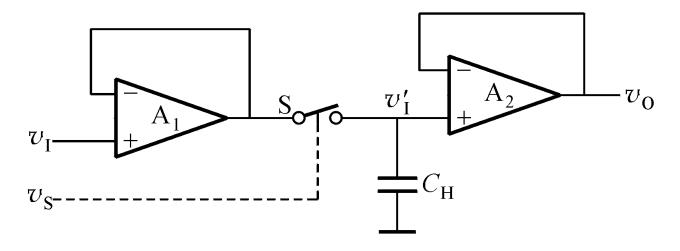
$$f_S = (2.5 \sim 3) f_{i \max}$$

\*

图示电路是一个具体的采样—保持电路,由两级运算放大器和电子开关组成,两只运放都接成电压跟随器形式。电路可以做到快速取样, $A_1$ 运放输入为高阻,输出为低阻,对输入 $v_i(t)$ 起隔离作用。







对保持电容 $C_H$ 实现快速充电,时间常数远小于 $T_C$ (采样时间)。 $A_2$ 跟随器输入电阻很高,使得当S断开后,保持电容 $C_H$ 的保持性能好。保持电容,要求选用高质量的电容器,漏电很小。(如聚苯乙希电容)

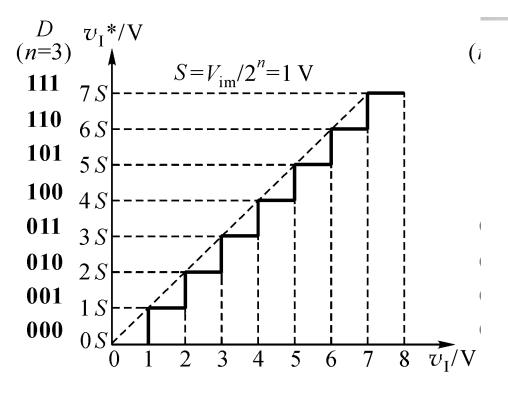
### **2.** 量化和编码

书将取样后的值用一个最小单位的整数倍来表示,由于一个值不一定正好能分割成最小单位的整数倍,因此,必须对取样值进行取整归并,这种取整归并的方法和过程称量化(数值量化或数值分层)。取整归并(即量化)的方法有两种:

舍尾取整法:

舍去不足一个量化单位的尾部,取其整数。当S表示为量化单位时,即有:

$$(K-1)S \le v_I < KS$$
 取量化值 $v_I^* = (K-1)S$  如当 $S=1V$ 时, $v_I = 3.8V$ 时量化值 $v_I^* = 3V$ ;  $v_I = 5.1V$ 时量化值 $v_I^* = 5V$ .



$$0 = \frac{\varepsilon_{\Lambda}}{V_{I}/V}$$

舍尾取整量化误差特性

可见,这种量化方法时的最大量化误差为:

$$\varepsilon_{\text{max}} = v_I(t) - v_I^*(t) = \pm 1S$$

量化单位的计算:  $S = \frac{V_{im}}{2^n}$ 

n是ADC的位数

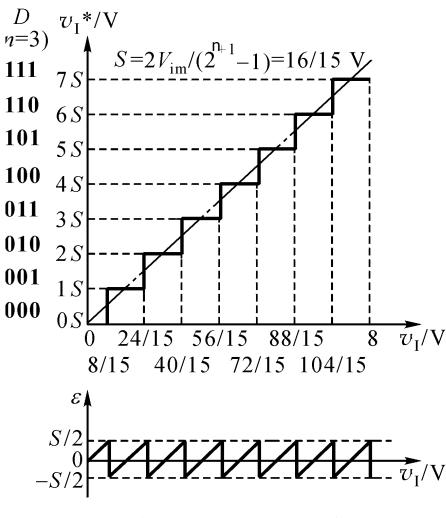
 $V_{im}$  采保后的最大值电压

# +

# 四舍五入量化法:

大于S/2量化单位的尾部归整,舍去小于S/2量化单位的尾部。

如当S=1V时, $v_I = 3.6V$ 时量化值 $v_I^* = 4V$ ; $v_I = 5.4V$ 时量化值 $v_I^* = 5V$ .



四舍五入量化转移 特性

# 可见,这种量化方法时的最大量化误差为:

$$\varepsilon_{\text{max}} = v_I(t) - v_I^*(t) = \pm \frac{1}{2} S$$

### 量化单位的计算:

$$S = \frac{V_{im}}{2^n - \frac{1}{2}} = \frac{2V_{im}}{2^{n+1} - 1}$$



A/D 转换 种类 并行比较型ADC—速度最快;

逐次逼近型ADC—速度快;

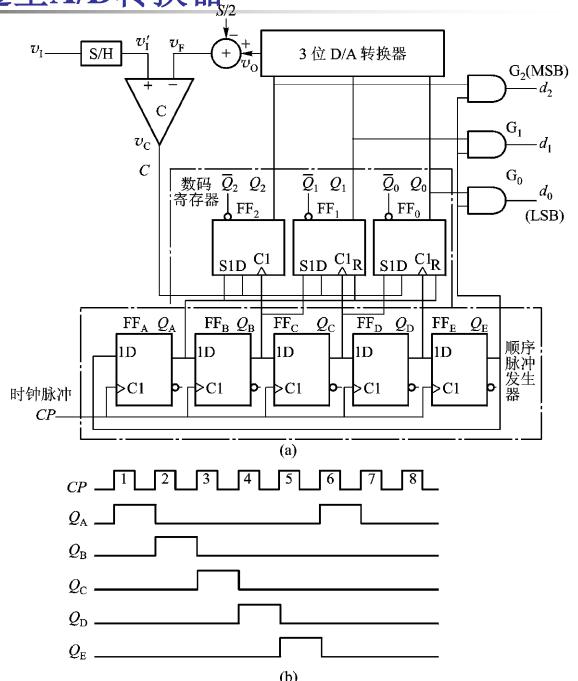
双积分式ADC—速度较慢,精度高, 抗干扰性好;

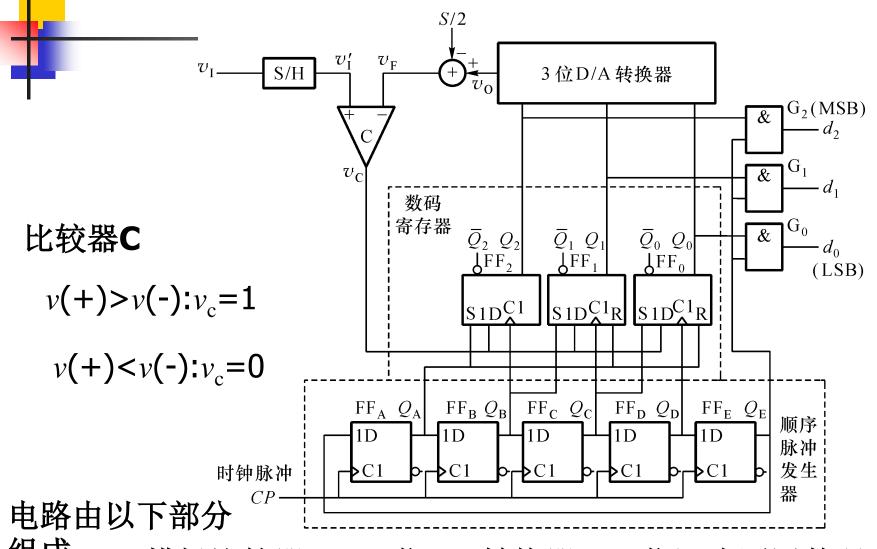
V/F式ADC—调制式ADC,用在航天;

直接A/转换器

# 二、逐次逼近型A/D转换器。

三位的逐次 逼近型A/D 转换器



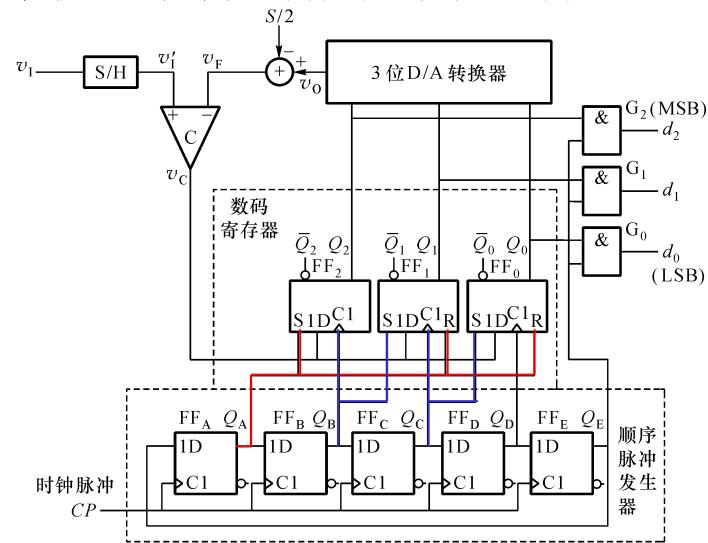


组成: 模拟比较器C,三位D/A转换器,三位逐次逼近数码 寄存器,五位节拍脉冲发生器,输出与门电路等。

## S/H是采样保持器



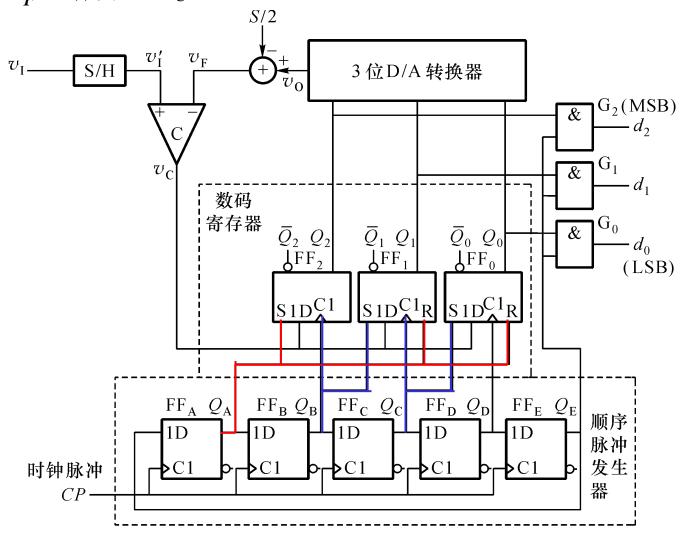
# 电路中设置偏移S/2量化单位是为减小量化误差之用。



# 转换原理:

开始转换前, $Q_2Q_1Q_0=000$ (清零)

节拍脉冲发生器置成 $Q_AQ_BQ_CQ_DQ_E=00001$ ,则输出为  $\mathbf{d}_2\mathbf{d}_1\mathbf{d}_0=000$ , $\mathbf{D}/\mathbf{A}$ 输出为0,加入输入模拟电压4.65V后,因为  $v_I>v_F$  所以,  $v_C=1$  (高电平)





#### 第一个CP

$$Q_AQ_BQ_CQ_DQ_E=10000$$

$$Q_2Q_1Q_0=100$$

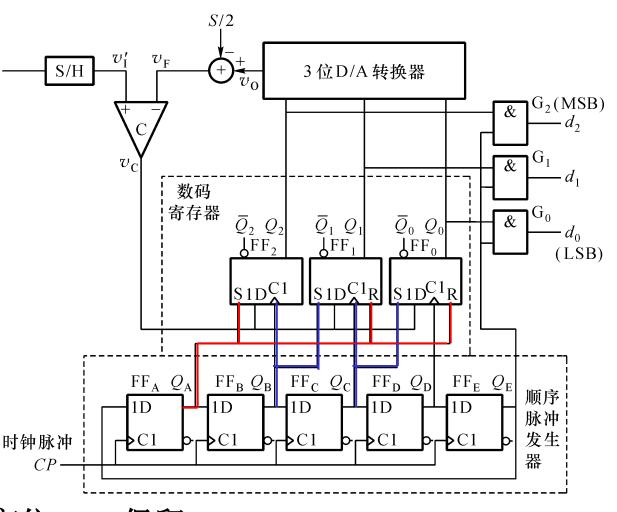
$$d_2d_1d_0=000$$

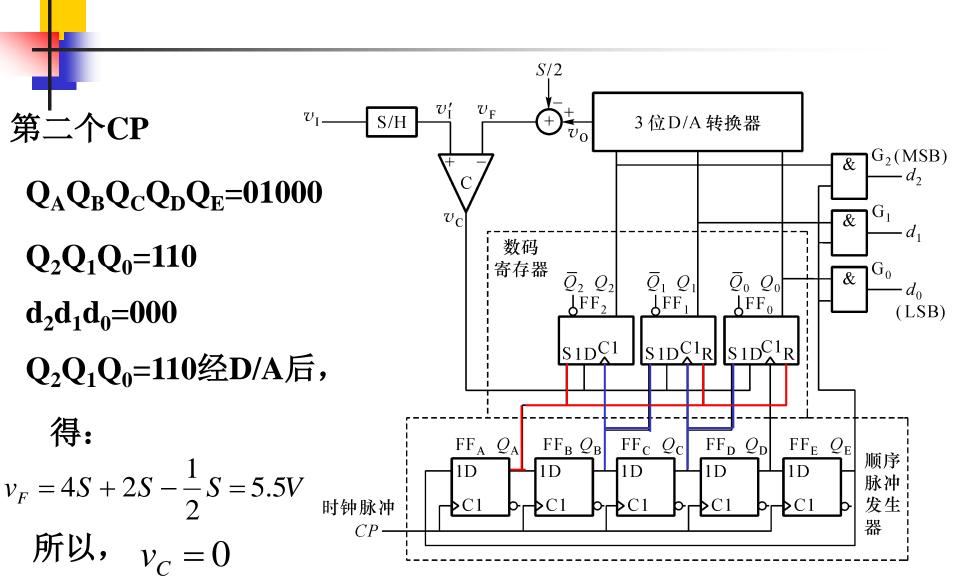
 $Q_2Q_1Q_0=100$ 经D/A后,

$$v_F = 4S - \frac{1}{2}S = 3.5V$$

所以,  $v_C = 1$ 

 $\mathbf{Q}_2\mathbf{Q}_1\mathbf{Q}_0$ =100不够大,高位 $\mathbf{Q}_2$ =1保留;





说明数据110太大, $Q_1$ =1应舍去;



#### 第三个CP

 $Q_AQ_BQ_CQ_DQ_E=00100$ 

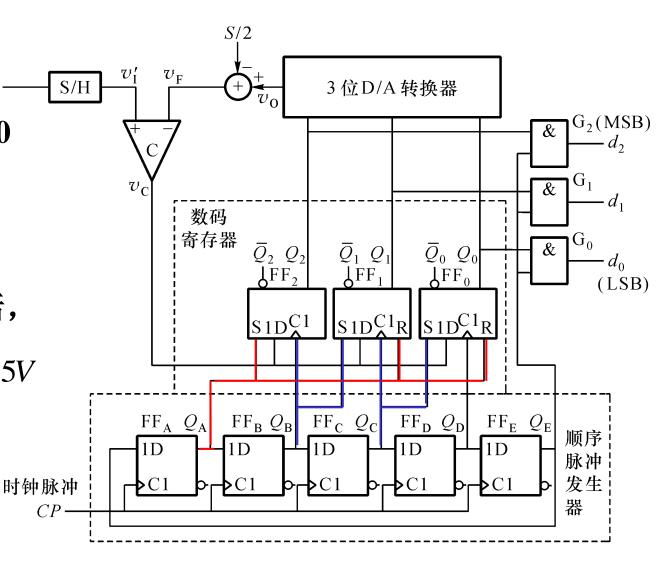
 $Q_2Q_1Q_0=101$ 

 $d_2d_1d_0=000$ 

 $Q_2Q_1Q_0=101$ 经D/A后,

**得:**  $v_F = 5S - \frac{1}{2}S = 4.5V$ 

所以,  $v_C = 1$ 





#### 第四个CP

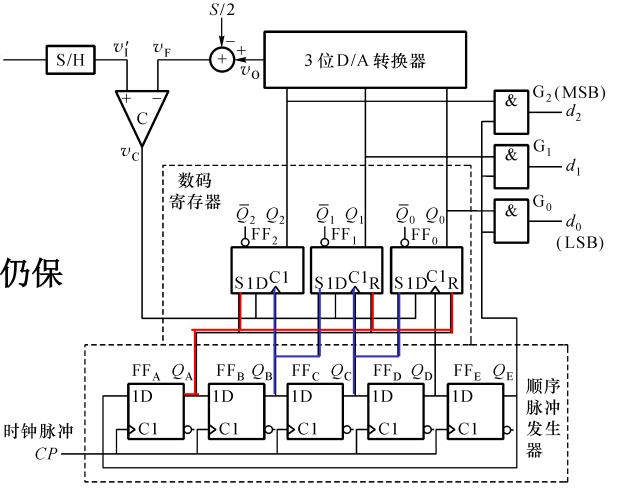
 $Q_AQ_BQ_CQ_DQ_E = 00010$ 

 $Q_2Q_1Q_0=101$ 

 $d_2d_1d_0 = 000$ 

 $Q_2Q_1Q_0=101$ ,即 $Q_0=1$ 仍保

留。





## 第五个CP

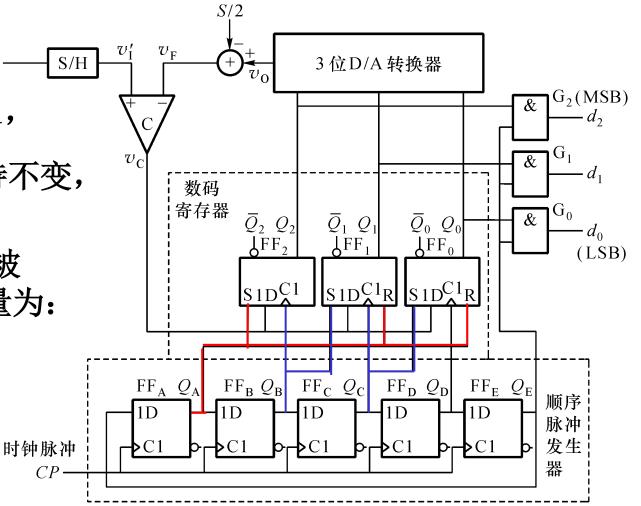
 $Q_{A}Q_{B}Q_{C}Q_{D}Q_{E}=00001$ ,

 $Q_2Q_1Q_0=101$ 状态保持不变,

CP-

由于 $Q_E=1$ ,输出与门被 选通,所以输出数字量为:

 $d_2d_1d_0=101$ 



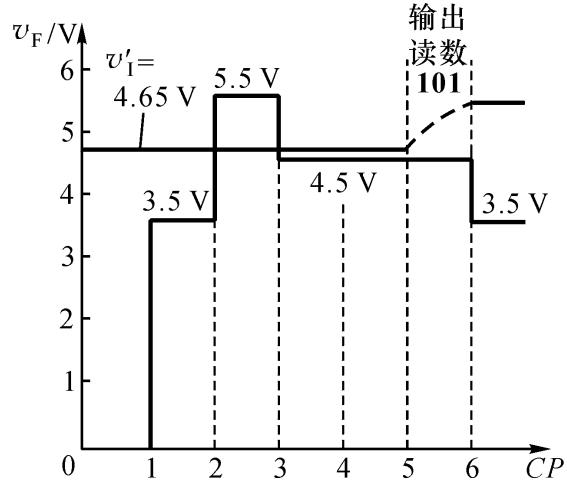


CP脉冲 顺序	寄存器状态 Q <sub>2</sub> Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>	$v_F = v_o - S/2$ $S=1V$	$v_I^{'}$ 与 $v_F$ 关系	$v_{c}$	Q端状态留 舍
1	100	4S - S/2 = 3.5S	$v_I^{;} > v_F$	1	Q <sub>2</sub> =1留
2	110	6S - S/2 = 5.5S	$v_I^{;} < v_F$	0	Q <sub>1</sub> =1舍
3	101	5S - S/2 = 4.5S	$v_I^{;} > v_F$	1	Q <sub>0</sub> =1留
4	101	4.5 <i>S</i>	$v_I^{;} > v_F$	1	$Q_2Q_1Q_0=101$
5	101	4.5 <i>S</i>	$v_I^{;} > v_F$	1	读出 d <sub>2</sub> d <sub>1</sub> d <sub>0</sub> =101

在**Q**<sub>E</sub>为**1**的读出期间应

在 $Q_E$ 为1的读出期间应同时进行采样,而在 $Q_A$ =1到  $Q_D$ =1期间为保持时间。

三位逐次 逼近型 A/D转换 器的电波 图





逐次逼近型A/D转换器的特点:

转换速度较快,对n位A/D转换器,转换一次的时间为:T=(n+2)  $T_{CP}$ ;容易与8位微机连接

转换精度,主要决定于其中的D/A转换器的位数、线性度、电子开关压降、参考电压稳定度,以及模拟电压比较器的灵敏度等。由于集成电路制造工艺的完善,A/D转换器的精度已可达±0.005%。



# 三、双积分式A/D转换器

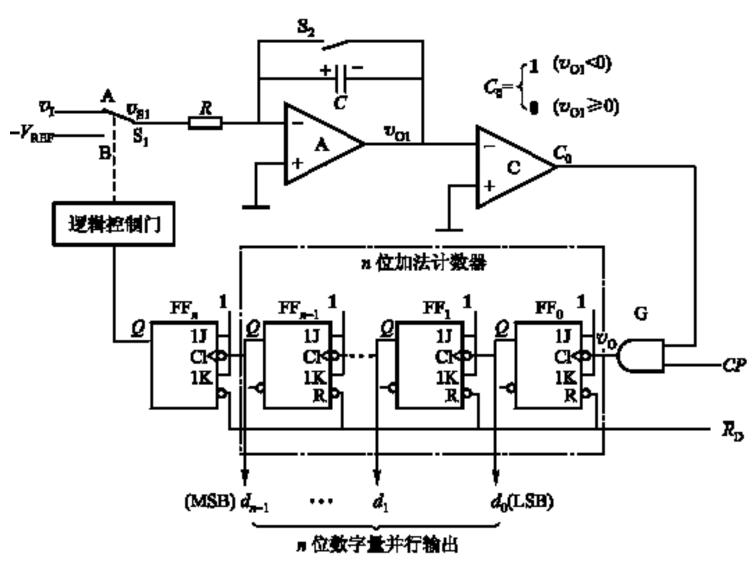
这是一种间接A/D转换器。它首先把输入的模拟信号转换成中间变量—时间T,然后再将时间T转换成数字量输出。

由于双积分分两次积分,产生两条积分斜率,所以,也有叫双斜率A/D转换器。



# 双积分式A/D转换器原理框图如图所示

电路A、器C 智器A、器C 和n位法器 制加法电 制加法电 的 成。



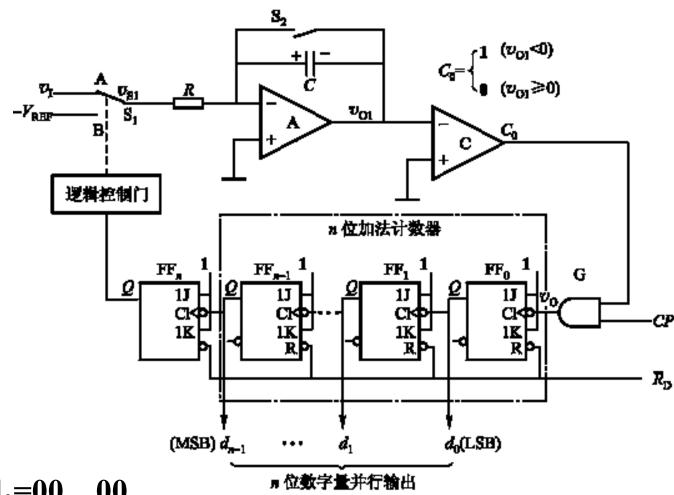


# 转换原理如下:

转换开始前,进行初始理: 计数器化处理: 计数器和附据是  $S_1$  器和  $S_2$  闭合,是  $R_2$  闭合,是  $R_3$  和  $R_4$  和  $R_5$  和

输出数字量

$$d_{n-1}d_{n-2}...d_1d_0=00...00$$

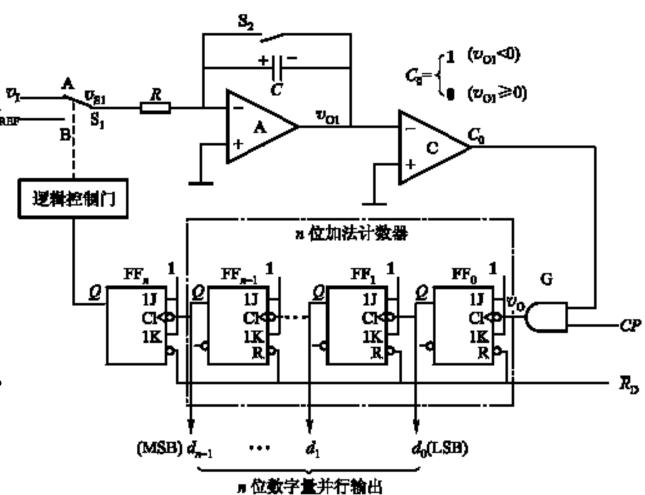


# •

## A/D转换开始:

积分器对输入模 拟电压 $v_I$ 进行固定 时间 $T_1$ 的积分

 $S_2$ 打开,积分器第一次向负方向积分, $v_{01}$ <0, $C_0$ =1,CP脉冲加入,计数器以二进制加法计数。



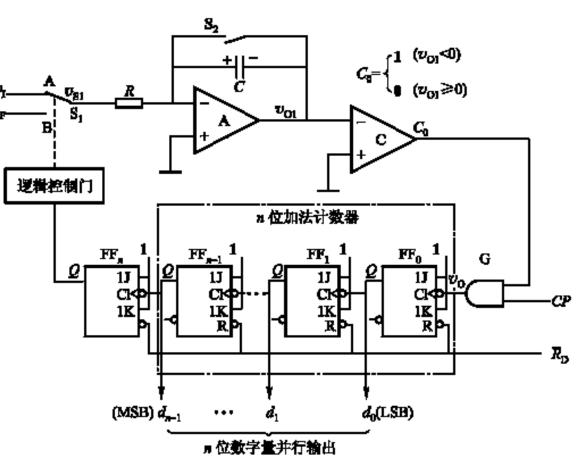
 $V_{01}$ 的积分电压为:

$$v_{01}(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_I dt = -\frac{v_I}{RC} t$$

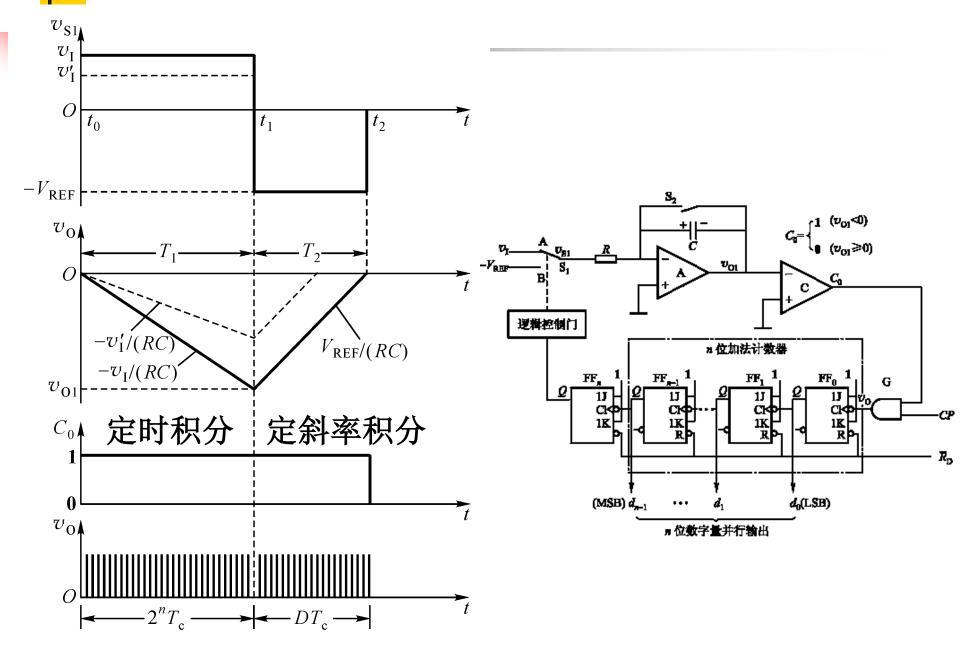
在计数器尚未计满

$$d_{n-1}d_{n-2}...d_1d_0=11...11$$

之前,过程继读。当计满11...11并返回000...0后,符加触发器由0变1, $S_1$ 开关接通负参考电压- $V_{REF}$ 。

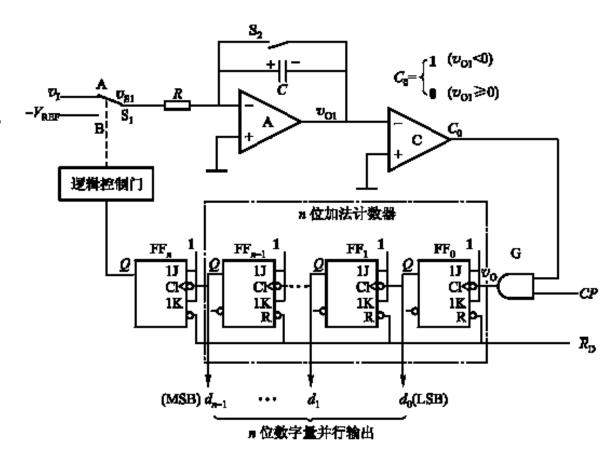


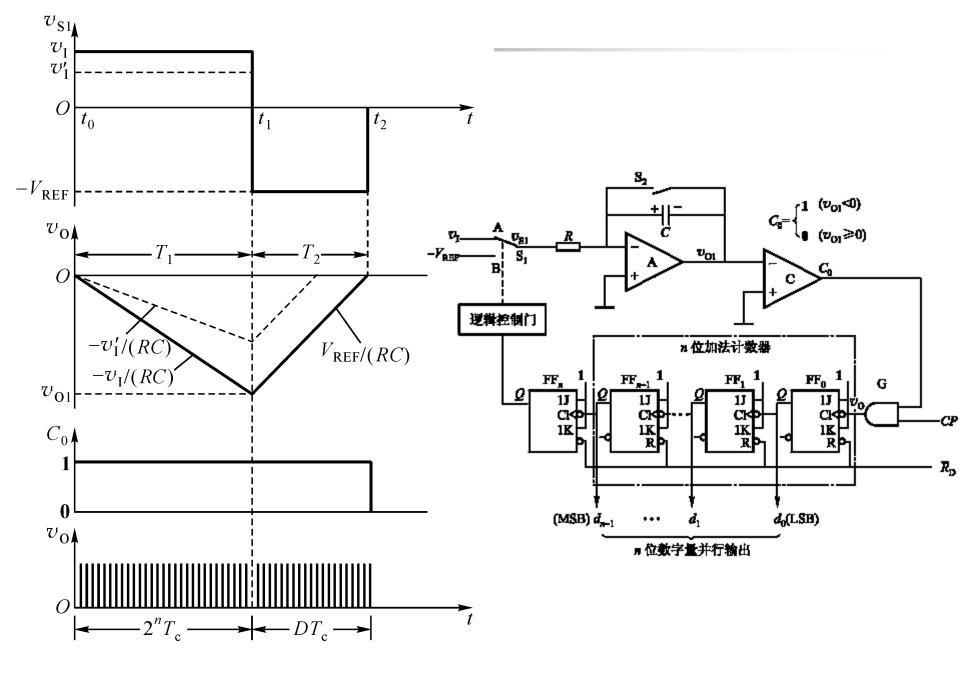
积分器对基准电压- $V_{REF}$ 进行第二次定斜率积分, $V_{01}$ 电压向正方向上升。





只要 $V_{01}$ 电压尚未达到0V, $C_0=1$ ,则计数器就进行第二次加法计数别当积分器正方向积分至0V时, $C_0=0$ ,CP脉冲被封锁,计数器停止计数,则此时为器将上,则此时为输入模拟量所对应的数字量了。







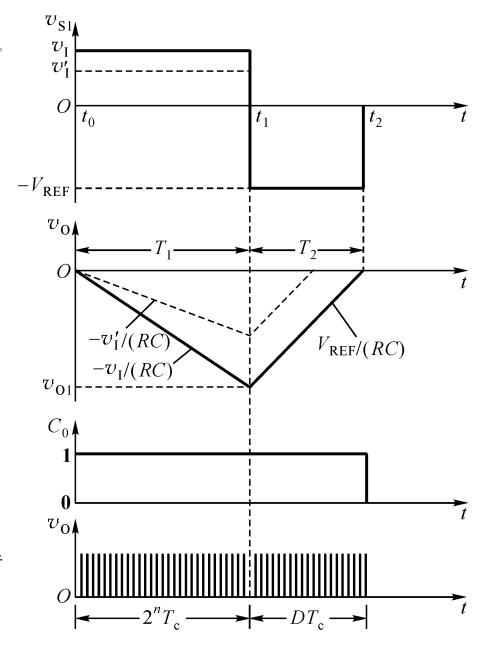
# 下面进行定量分析:

# 第一次积分 $(t_0 \sim t_1)$

$$v_{01}(t_1) = -\frac{1}{RC} \int_0^{t_1} v_I dt = -\frac{v_I}{RC} T_1$$
$$= -\frac{v_I}{RC} T_{CP} 2^n$$

# 第二次积分 $(t_1 \sim t_2)$

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





# 当t=t<sub>2</sub>时,积分器输出电压为0,则:

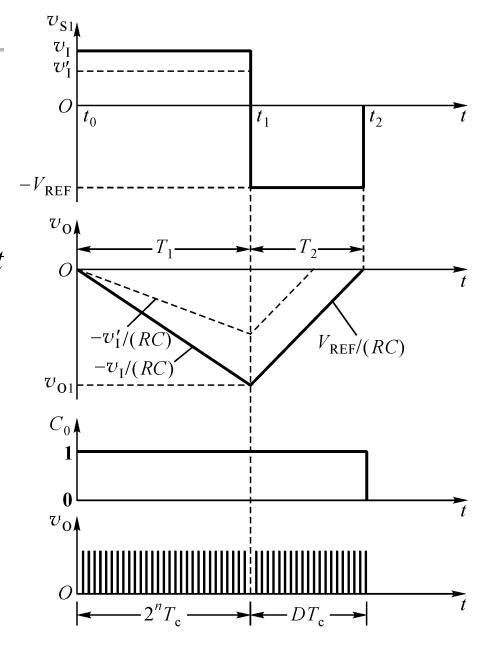
$$v_{01}(t_2) = v_{01}(t_1) - \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} (-V_{REF}) dt$$

$$= -\frac{v_I}{RC}T_1 + \frac{V_{REF}}{RC}T_2 = 0$$

# 因此有:

$$\frac{v_I}{RC}T_1 = \frac{V_{REF}}{RC}T_2$$

$$v_I T_1 = V_{REF} T_2$$



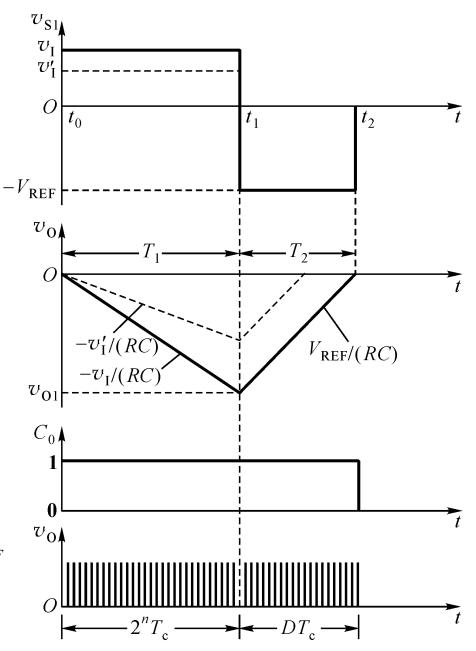
$$T_2 = \frac{v_I}{V_{REF}} \cdot T_1 = \frac{v_I}{V_{REF}} \cdot 2^n \cdot T_{CP}$$

# 输出数字量:

$$T_2 = D \cdot T_{CP}$$

$$D = \frac{T_2}{T_{CP}} = \frac{v_I}{V_{REF}} \cdot 2^n$$

由于 $D \le 2^n - 1$ ,故需  $V_I < V_{REF}$  若  $V_{REF} = 2^n V$  ,则  $D = v_I$ 





双积分式A/D转换器的特点:

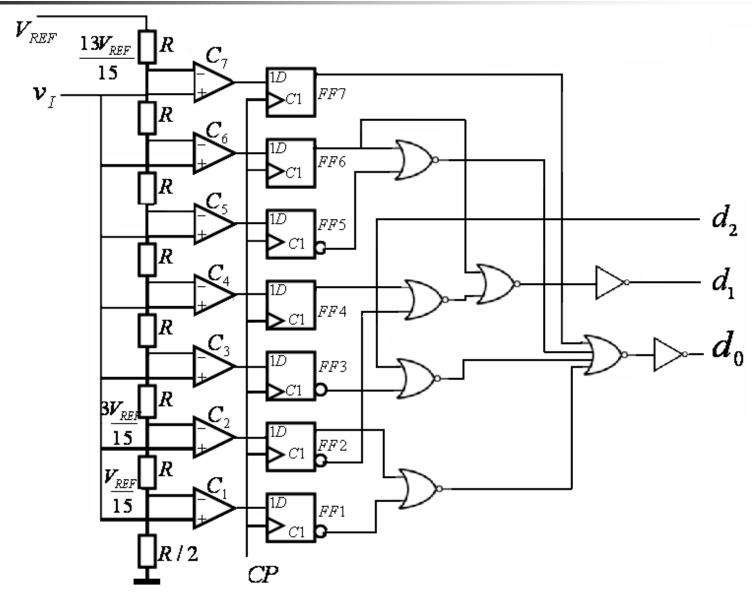
由于采用了积分器, 抗干扰能力强;

两次积分用同一个积分器,使输出结果与积分参数无关(见表达式),精度高;

当选取积分时间为工频周期的整数倍时,理论上可完全消除工频干扰,因为这时对工频干扰 的平均积分为0,

主要应用在精度高,而速度相对慢的数字测试设备和仪表中:

# 四、三位并行比较型A/D转换器



# 转换原理可用下表说明

输入模拟电压	寄存器状态	输出数字量	
v <sub>I</sub>	$Q_7Q_6Q_5Q_4Q_3Q_2Q$	$d_2$ $d_1$ $d_0$	
$\frac{(0\sim\frac{1}{15})V_{REF}}{15}$	0 0 0 0 0 0	0 0 0	
$ \frac{(\frac{1}{15} - \frac{3}{15})V_{REF}}{(\frac{3}{3} - \frac{5}{5})V_{REF}} $	0 00 0 0 0 1	0 0 1	
$\frac{(\frac{3}{15} \sim \frac{5}{15})V_{REF}}{(\frac{5}{5} \sim \frac{7}{7})V_{REF}}$	0000011	0 1 0	
$\frac{(\frac{5}{15} \sim \frac{7}{15})V_{REF}}{(7  9)}$	0 0 0 0 1 1 1	0 1 1	
$\frac{(\frac{7}{15} \sim \frac{9}{15})V_{REF}}{(9  11)}$	0 0 0 1 1 1 1	1 0 0	
$\frac{9}{15} \sim \frac{11}{15} V_{REF}$ $\frac{11}{13} V_{REF}$	0 0 1 1 1 1 1	1 0 1	
$\frac{(\frac{11}{15} \sim \frac{13}{15})V_{REF}}{(\frac{13}{15} + \frac{13}{15})}$	0 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0	
$({15} \sim {15})V_{REF}$	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1	

# 三位输出函数式

$$d_2 = Q_4$$

$$d_1 = Q_6 + \overline{Q}_4 Q_2$$

$$d_0 = Q_7 + Q_6 Q_5 + Q_4 Q_3 + Q_2 Q_1$$

# 四、A/D转换器的主要技术指标与应用要点

1. A/D转换器的主要技术指标

# (1) 分辨率

能区分相邻两个数字量的最小输入模拟电压增量, 所以,对一个n位的A/D转换器,其分辨率为输入满 度电压与2<sup>n</sup>的比值。如一个12位的满刻度输入10V 的A/D转换器,其分辩率=10/2<sup>12</sup>≈2.44mV。

有时也用位数表示,例如12位的ADC其分辨率就是12位。



# (2) 精度误差

输出数字量对应的实际模拟电压与理想电压值之差, 其最大值定义为精度误差。可见,精度误差越小, A/D转换的精度越高。有时,也有把精度误差当作精 度的。

# 精度误差包括:

- ① 量化误差
- ② 偏移误差
- ③ 增益误差
- ④ 非线性误差

(3) 转换时间

完成一次A/D转换所需的时间

- 2. A/D转换器应用要点
  - (1) A/D转换器的位数选择

A/D转换器的位数与设计系统的测控范围以及精度要求有关。

它涉及传感器精度,放大器精度,A/D本身精度,输出电路和伺服机构的精度,软件算法的精度等,应根据综合精度在各个环节上进行分配。一般来说,A/D转换器的位数至少要比总精度要求的最低分辩率高一位。

# (2) A/D转换器的转换速度选择(转换时间)

根据采集对象的变化率及转换精度要求,确定A/D 转换速度,以保证对系统的实时性要求。

并行比较型ADC—

转换时间仅为20~100nS,用于数字通讯、实时光谱分析、实时瞬态记录、视频数字转换系统等。

逐次逼近型ADC—

转换时间在1uS~100uS,用于工业上的多通道测控系统和声频数字转换系统、实时光谱分析、实时瞬态记录、视频数字转换系统等。



# 双积分式A/D转换器—

转换时间在1mS~100mS,用于温度、压力、流量等慢变化的检测和控制系统,一般的仪器和仪表中。

# (3) 工作电压和参考电压选择

工作电压有±15V、+12~+15V、+5V等,最好选择能与数字系统共用的一个电源较方便。

参考电压(基准电压)V<sub>REF</sub>的稳定性对A/D的转换精度 关系大,应选用高精度、高稳定性的基准电压。

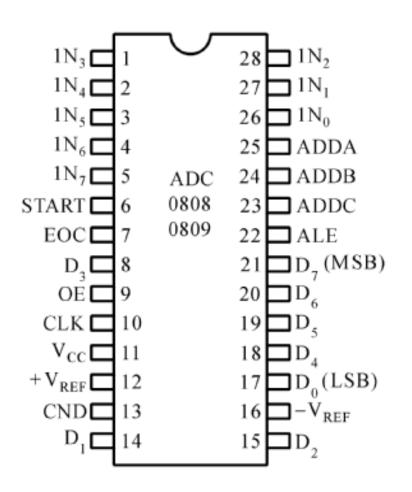
# (4) A/D转换器量程选择

常见A/D转换器的量程有:

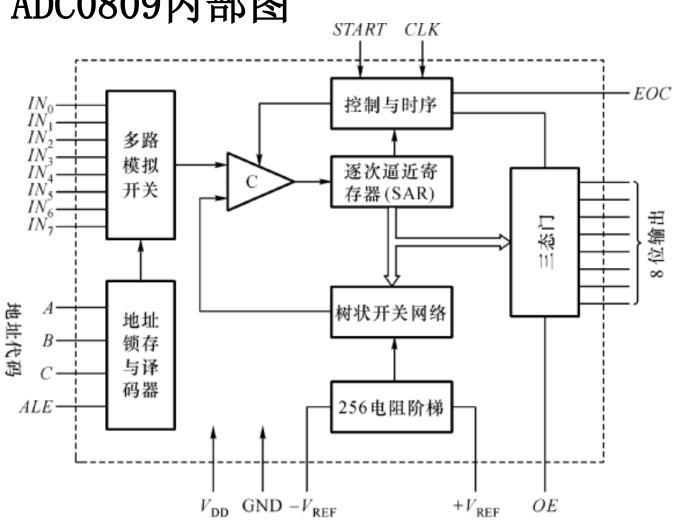
# 五、集成A/D转换器实例

# ADC0809芯片介绍

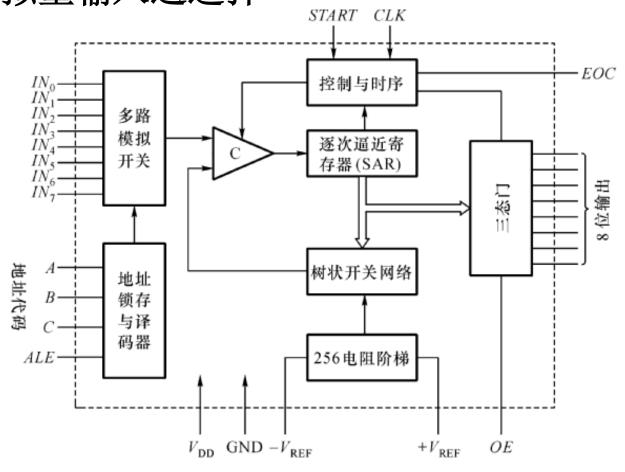
8位,逐次逼近型,8路模拟量输入,具有与微机兼容的控制逻辑,28引脚,CMOS工艺,15mW功耗,输入模拟电压0~5V,转换时间为100uS,精度±1LSB。







(1) 模拟量输入通选择

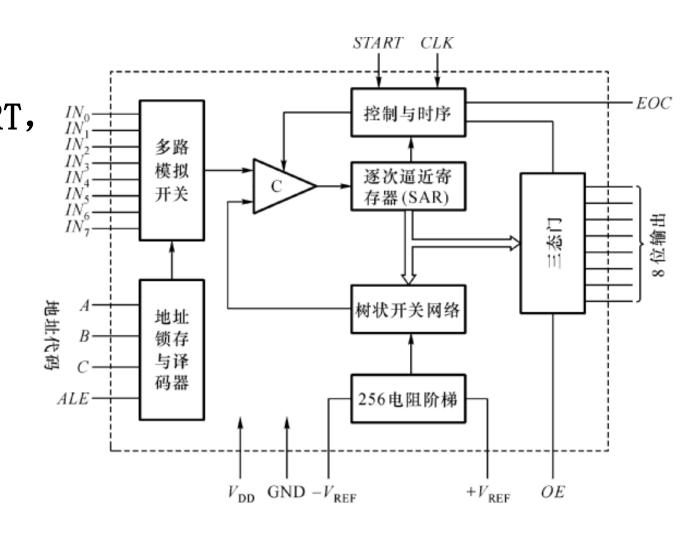


由三位地址代码控制,地址输入后,加ALE将地址锁存住。经地址译码后,去选通多路开关,决定选择哪一路模拟量。

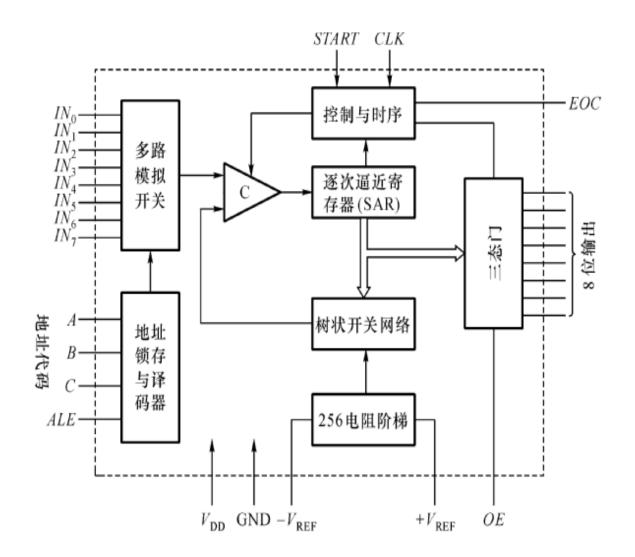


# (2) A/D转换过程

加启动脉冲START, A/D转换开始, 启动脉冲上沿先 清0逐次逼近寄 存器,下沿开始 A/D,EOC为转换 结束标志位,高 电平表示转换结 束。



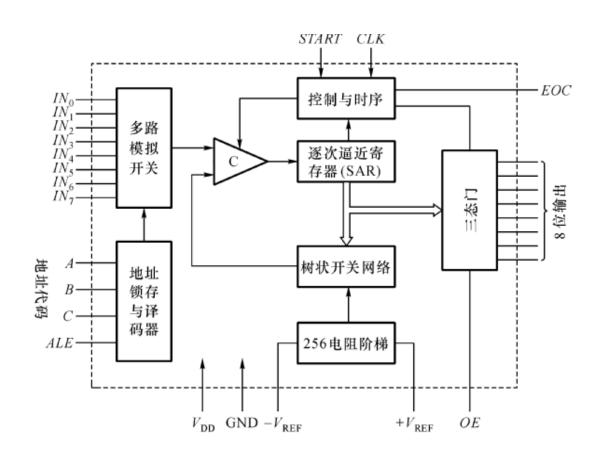






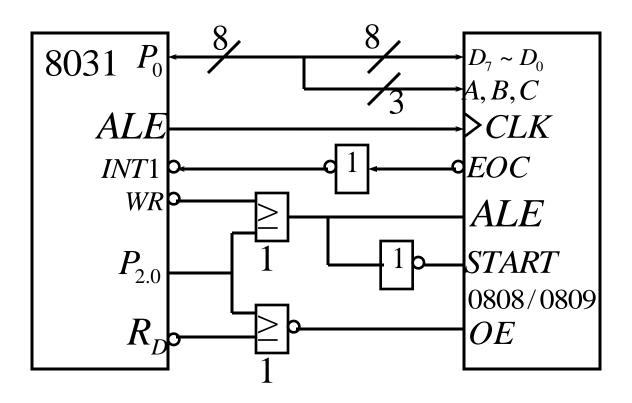
# (3) 输出数字量

转换结束标志位 EOC=1,表示A/D 转换结束,在使能 输出OE端加上正脉 冲, 三态输出锁存 器与输出数据线接 通,将其中的数据 送至数据总线以供 读出。





# ADC0809的典型应用



只要写一段 程序(汇编 语言) ADC0809在单 片机8031控 制下,完成 A/D转换。