

第八章 数模转换与模数转换

→ 数模转换

→ 模数转换

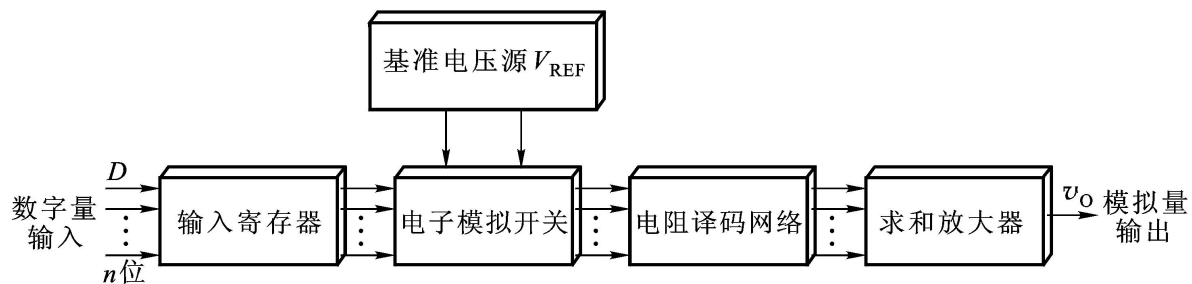
→ 本章小结

模拟量与数字量之间的相互转换，在电子电器设备的检测、控制系统中应用十分广泛，把模拟量转换成数字量的过程叫做模/数转换，把完成这种功能的电路叫做模/数转换器，简称ADC。把数字量转换成模拟量的过程叫做数/模转换，把完成这种功能的电路叫做数/模转换器，简称DAC。

第一节 数/模转换器

一、数/模转换原理

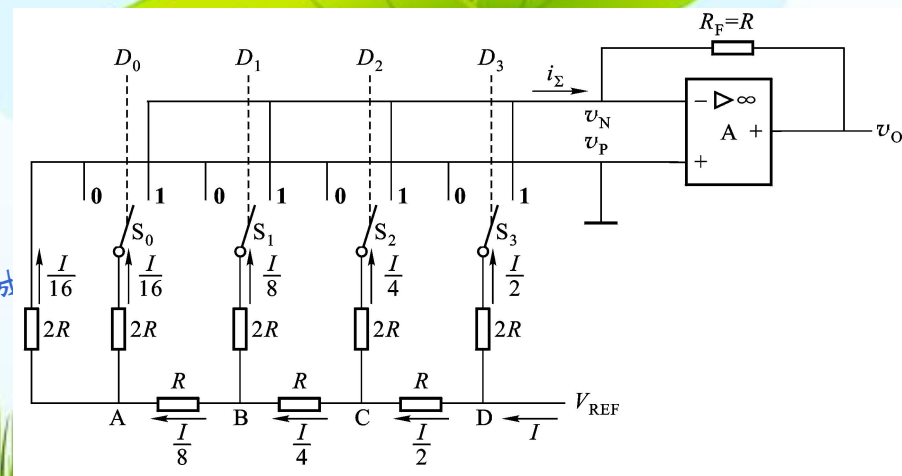
DAC是将输入二进制码的每一位先转换成与其数值成正比例的电压或电流模拟量，然后把这些模



二、倒T型电阻网络DAC

1. 电路组成

倒T型电阻网络DAC是由电阻译码网络 (R 和 $2R$)、电子开关 ($S_0\sim S_3$) 和运算放大器 (A 、 R_F) 三部分组成。



倒T型电阻网络DAC

2. 工作原理

(1) 电阻译码网络 由 R 和 $2R$ 两种电阻构成T型结构。电子开关 $S_0 \sim S_3$ 分别由二进制数 $D_0 \sim D_3$ 控制，当 $D_i=1$ 时 S_i 接运算放大器的输入端 IN^- （为虚地），而 $D_i=0$ 时 S_i 接地端。从基准电源 V_{REF} 看进去整个电阻网络的等效电阻为 R ，因此基准电源提供的电流 I 为

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

流入运算放大器反相端的电流

$$i_{\Sigma} = S_3 \cdot \frac{I}{2} + S_2 \cdot \frac{I}{4} + S_1 \cdot \frac{I}{8} + S_0 \cdot \frac{I}{16}$$

$$i_{\Sigma} = S_3 \cdot \frac{I}{2} + S_2 \cdot \frac{I}{4} + S_1 \cdot \frac{I}{8} + S_0 \cdot \frac{I}{16}$$

用二进制数 $D_0 \sim D_3$ 取代 $S_0 \sim S_3$ ，得

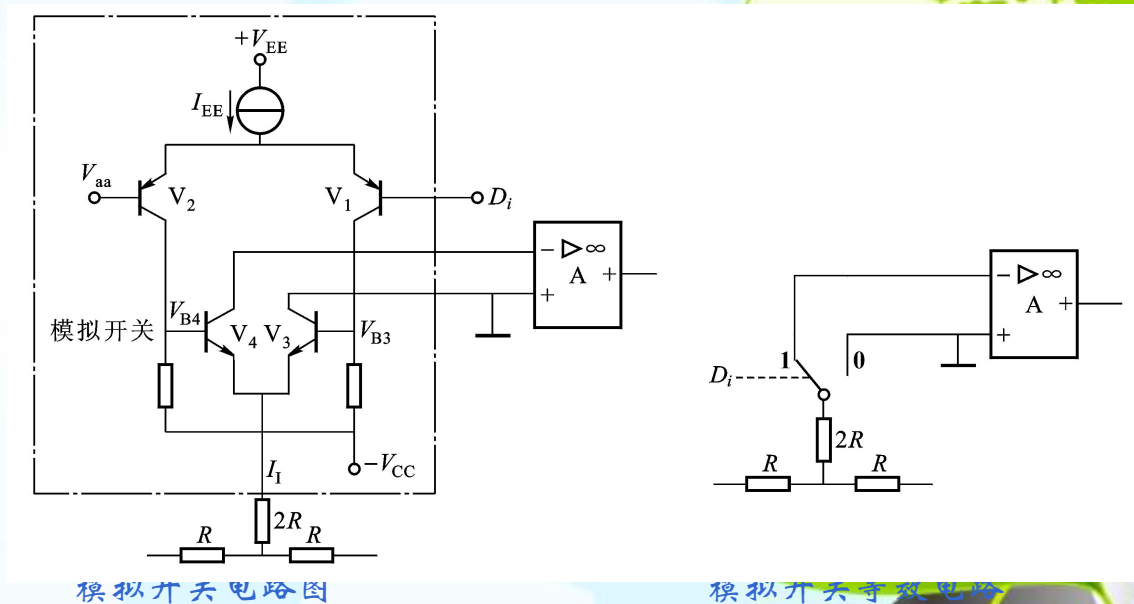
(15-1)

(2) 运算放大器 运算放大器的作用是将与输入数字量成正比的模拟电压输出，运算放大器的输出电压： $v_o = -\frac{V_{REF}}{2^4}(2^3 D_3 + 2^2 D_2 + 2^1 D_1 + 2^0 D_0)$

将式(15-1)代入上式， $R_F=R$ 时，得

(15-2)

(3) 电子模拟开关 S_i 由于开关 S_i 的作用是在输入数码信号 D_i 控制下，将电阻网络接到放大器的输入端或地端去，它好像一个单刀双掷开关，故常称它为模拟开关，电子模拟开关可以由场效应管或三极管构成。



模拟开关电路图

模拟开关工作原理图

◆当 $D_i=1$ 时， V_3 截止，与地端断开；此时由于 V_1 的发射极电压升高，相应的 V_2 导通能力加强，使 V_4 导通，将电阻网络接至运放的反相输入端。

◆当 $D_i=0$ 时， V_1 导通能力加强，使 V_3 导通，与地端接通；此时由于 V_1 的发射极电压降低，相应的 V_2 导通能力减弱，使 V_4 截止，与运放的反相输入端断开，将电阻网络接至地端。

三、DAC的主要参数指标

1. 转换精度

指实际转换特性曲线与理想转换特性曲线之间的最大偏差，也称最大静态转换误差。产生偏差的主要原因是模拟开关的导通电压、电阻网络的电阻值不尽相等等因素所致。

2. 分辨率

它反映分辨输出最小电压的能力，即指输入数字量只有最低有效位为1时输出的最小电压值与输入数字量所有有效位为1时输出的最大电压值之比。对 n 位DAC，分辨率为。位数越多，分辨率越高。

$$\frac{1}{2^{10} - 1} \approx 0.1$$

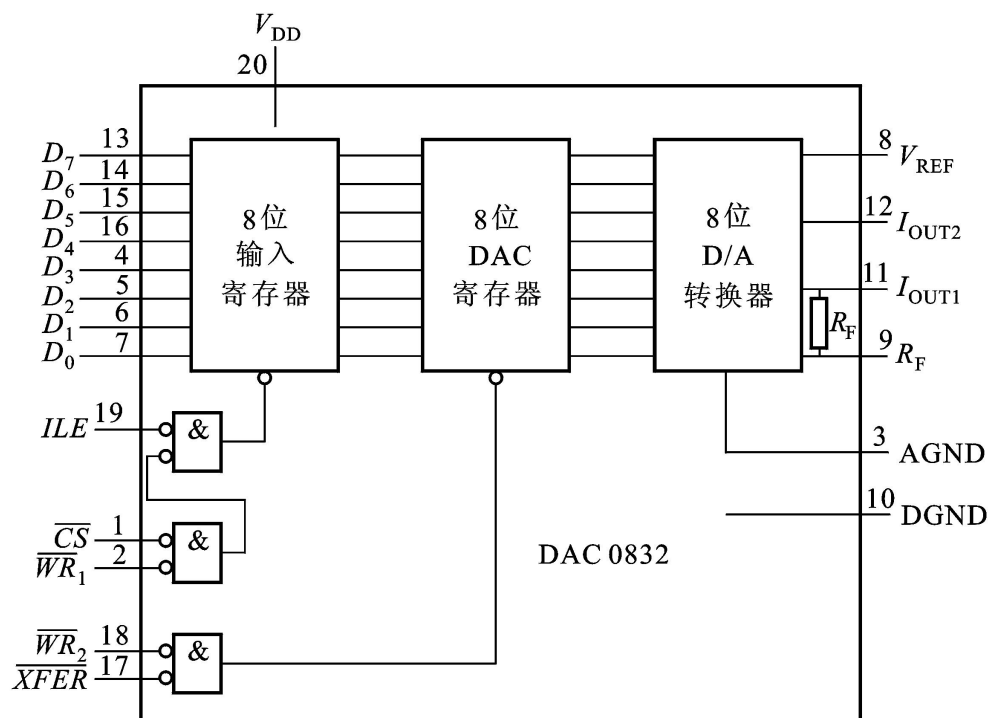
例如，一个10位DAC，输出电压满量程为8V，则它的分辨率为 $\frac{1}{2^{10} - 1} \approx 0.1\%$ ，能分辨输出的最小电压值为 $8V \times 0.1\% = 8mV$ 。

3. 转换速度

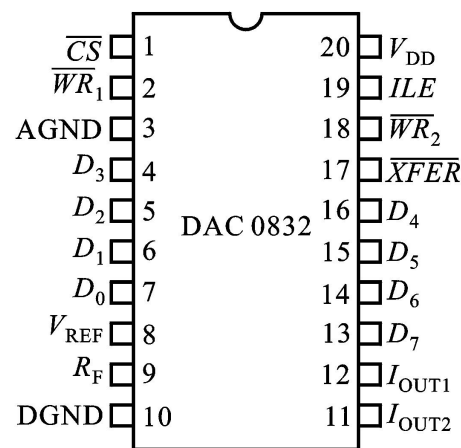
是指输入数字量到输出模拟量所需的时间，用于衡量数模转换快慢的重要参数。高速系统中应可靠考虑选用转换速度快的DAC。

四、集成DAC介绍

DAC0832是一种8位的CMOS型D/A转换电路，其芯片结构框图及外引线功能图见下图。DAC0832内部主要包括：一个8位输入寄存器、一个8位DAC寄存器和一个8位D/A转换器，该芯片由于内部采用双缓冲寄存器，可以方便的实现多个D/A转换器同时工作。



(a) 结构框图



(b) 引脚排列图

集成数/模转换器DAC0832

1. DAC0832的引脚说明

$D_0 \sim D_7$: 8位数字信号输入端, D_0 为最低位, D_7 为最高位。

$\overline{I_{LE}}$: 输入寄存器允许, 高电平有效, 它与 $\overline{WR_1}$, \overline{CS} 共同控制输入寄存器选通。

$\overline{WR_1}$: 输入片选信号, 低电平有效 \overline{CS} $\overline{WR_1}$

\overline{XFER} : 写信号1, 低电平有效, 当 $\overline{WR_1} = 0$, $I_{LE} = 1$ 时, $\overline{WR_2}$ 才能将数据线上的数据写入寄存器中。

\overline{XFER} : 控制传输信号输入端, 低电平有效, 控制 $\overline{WR_2}$ 选通DAC寄存器。

$\overline{WR_2}$: 写信号2, 低电平有效, 它与 \overline{XFER} 配合, 当二者均为0时, 将输入寄存器中的值写入DAC寄存器中。

V_{REF} : 基准参考电压端, 取值范围为: $-10V \sim +10V$ 。

I_{OUT1} : 模拟电流输出端1, 当DAC寄存器全为1时, 输出最大; 全0时, 输出最小。

I_{OUT2} : 模拟电流输出端2, 使用时一般将其接地。

D_{IN} : 外接反馈电阻端

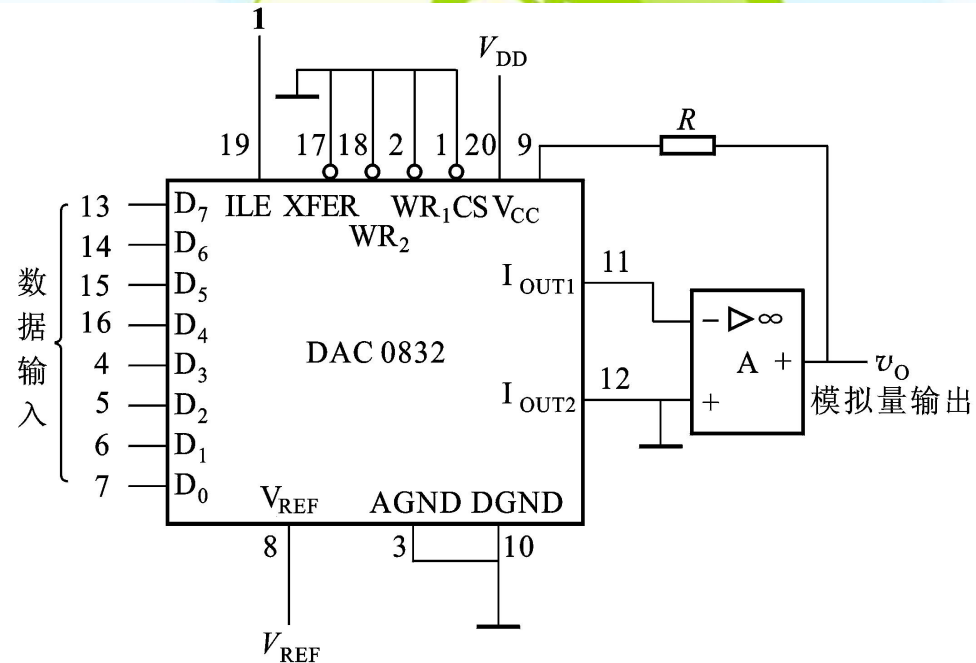
V_{CC} : 电源电压端; 取值范围为:
5V~15V。

DGND: 数字信号的地。

AGND: 模拟信号的地。

2. 典型应用电路

DAC0832广泛用于单片微型计算机上, 可利用微机的输出信号对DAC0832的 \overline{CS} 、 $\overline{WR_1}$ 、 $\overline{WR_2}$ 、 \overline{XFER} 端进行控制。但也可以直接接成允许输入的形式, 只要将 \overline{CS} 、 $\overline{WR_1}$ 、 $\overline{WR_2}$ 、 \overline{XFER} 端接低电位, ILE 端接高电位即可。DAC0832芯片为电流输出型D/A转换器, 要获得模拟电压输出时需外接运算放大器。



DAC0832典型应用电路

第二节 模数转换

一、模数转换原理

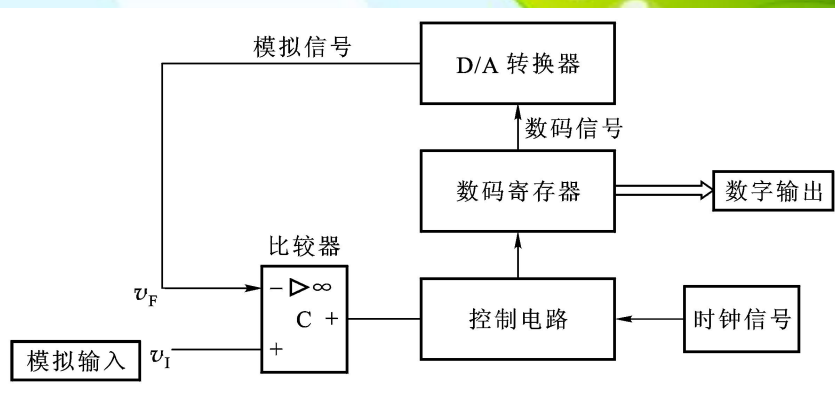
模/数转换器ADC的功能是把模拟信号转换为二进制数码。

1. 逐次逼近ADC的转换原理

逐次逼近ADC的转变过程与用天平称量物体的重量相类似，被称重的物体放在天平的一端，另一端从大到小依次放上砝码。通过调整砝码重量，可使天平上累计的砝码的总重量逐次逼近物体的重量。

2. 逐次逼近ADC的组成

逐次逼近ADC由比较器、D/A转换器、数码寄存器、控制电路以及时钟信号等几部分组成。



逐次逼近ADC组成框图

控制电路以及时钟信号等

(1) 转换开始先将数码寄存器清零。开始转换后，时钟信号将数码寄存器的最高位置1，使输出数字为1000。这个数码被D / A转换器转换成相应的模拟电压 v_F ，送到比较器中与输入的模拟量 v_i 比较。若 $v_F > v_i$ ，说明数字过大了，故将最高位的1清除；若 $v_F < v_i$ ，说明数字还不够大，应将最高位的1保留。

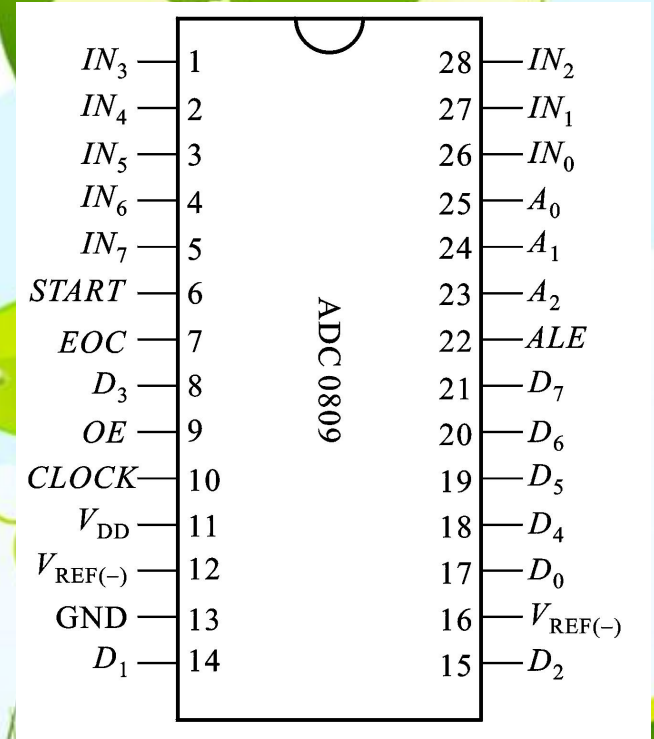
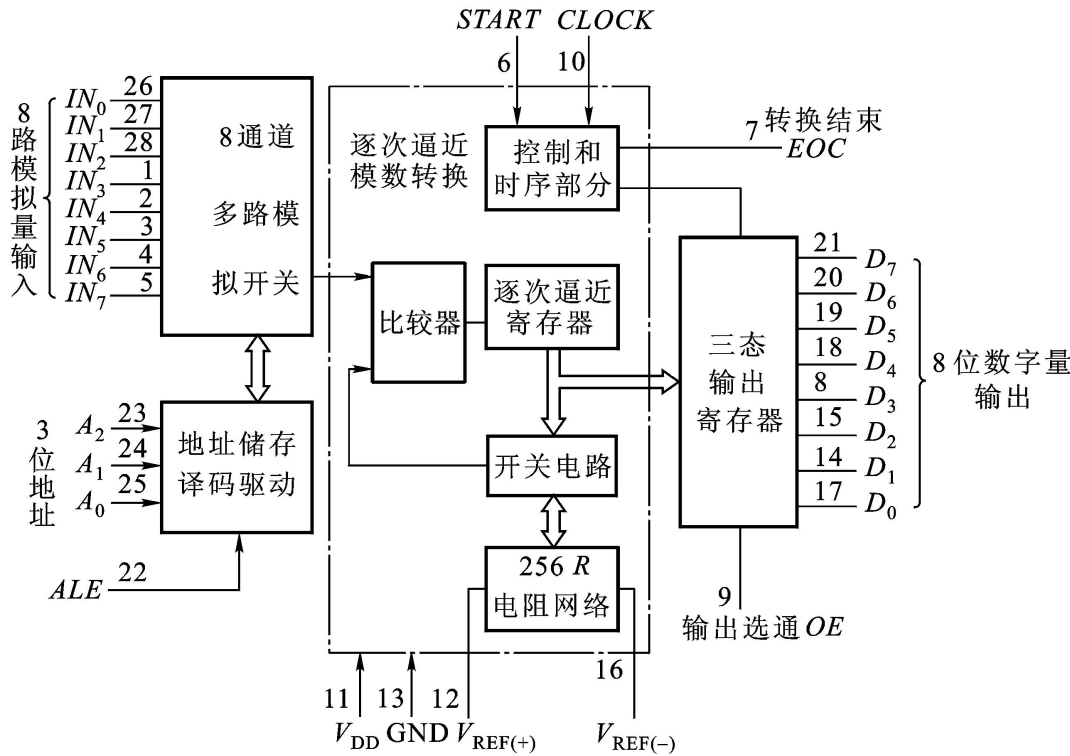
(2) 接着控制器将次高位置成1，使数码寄存器输出数字为□100，再经D / A转换器转换成相应的模拟电压 v_F ，送到比较器中与输入的模拟量 v_i 比较，以同样的方法确定这个1是否应该保留。

(3) 再按同样的方法把第三个数码置1，使数码寄存器输出数字为□□10，并且经过比较后确定这个1是否应该保留。

(4) 最后将最低位数码置1，使数码寄存器输出数字为□□□1，比较完毕后，寄存器中保留的数码就是A/D转换数码。

二、集成ADC介绍

集成的A / D转换电路很多，其中ADC0809是一种逐次逼近型的A / D集成电路,属CMOS器件，芯片主要由8通道多路模拟开关、8位的逐次逼近模/数转换器（包括与微机兼容的控制逻辑电路）、三态输出寄存器，其内部结构如下图所示。



IN_0-IN_7 : 8路模拟输入端。

START: 启动A / D转换, 当该脚施加正脉冲后, 开始A/D转换过程。

EOC: 转换结束信号, 当完成A / D转换时发出一个高电平信号, 表示转换结束。

A_2 、 A_1 、 A_0 : 模拟通道选择器地址输入端, 根据其值选择8路模拟信号的其中一路进行A / D转换。

ALE: 地址锁存信号, 高电平有效, 当 $ALE=1$ 时, 选中 A_2 、 A_1 、 A_0 选择的一路, 并将其代表的模拟信号接入A / D转换器之中。

$D_0\sim D_7$: 8路数字信号输出端。

$V_{REF (+)}$ 、 $V_{REF (-)}$: 参考电压端, 提供D / A转换器权电阻的标准电平, 一般 $V_{REF (+)}$ 端接+5V, $V_{REF (-)}$ 端接地。

OE: 允许输出控制端, 高电平有效。

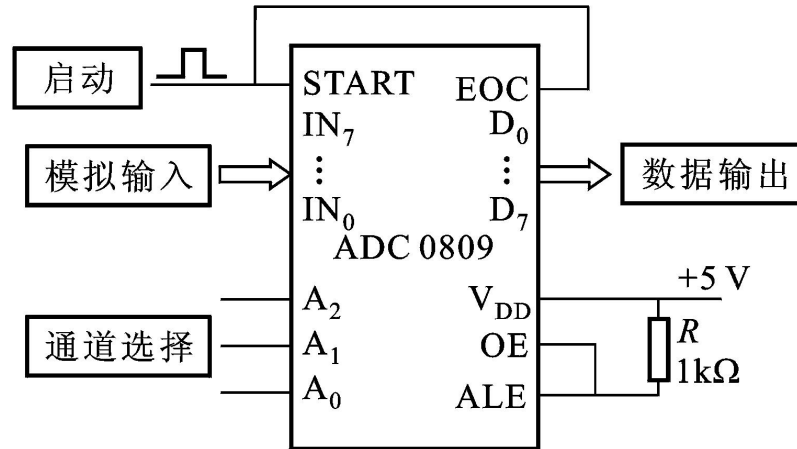
CLOCK: 时钟信号输入端, 外接时钟频率一般为500kHz。

V_{CC} : +5V电源供电



应用实例

ADC0809连接电路如图所示， OE 、 ALE 通过一电阻接+5V电源，处于高电平有效状态。将 EOC 连接到 $START$ ，一旦在 $START$ 引脚上施加一个触发启动脉冲后，集成电路便处于一种连续转换的工作状态，因为 EOC 端在转换结束时送出的脉冲提供了下一个触发启动脉冲。



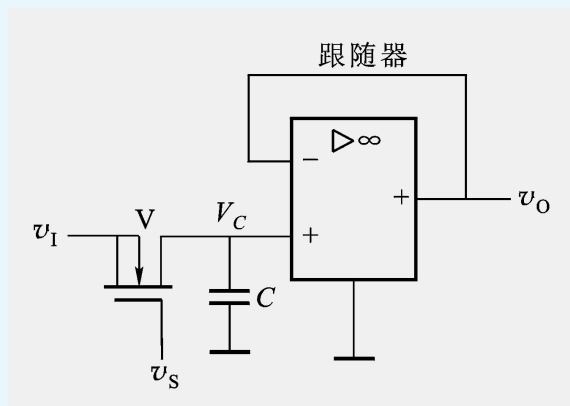
ADC0809独立使用连接电路

模拟输入通道的选择可通过置 A_2 、 A_1 、 A_0 的状态而实现。例如 $A_2A_1A_0=000$ ，则模拟信号通过 IN_0 通道送入进行模/数转换；再如 $A_2A_1A_0=001$ ，则模拟信号通过 IN_1 通道送入进行模/数转换。由此类推， $A_2A_1A_0=111$ 时选中 IN_7 通道。

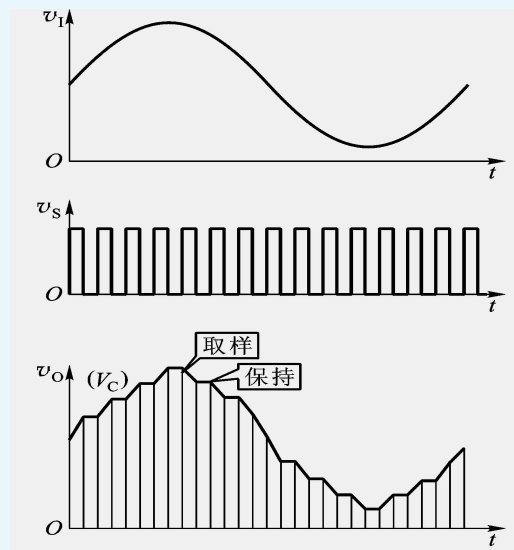


工 程 应 用

对于高速变化的模拟信号，在模/数转换前必须先经过采样-保持环节，以保证转换的精度。图(a)给出的是一个简单的采样—保持电路，开关管V在采样脉冲 v_s 的控制下，每间隔一定的时间就导通，对输入的模拟信号 v_i 进行抽样取值，并经电容C的存储作用保持采样的电压值，从电压跟随器输出的是阶梯形电压 v_o ，如图(b)所示。



(a) 电路原理图



(b) 波形图

采样—保持电路原理

本章小结



1. ADC、DAC是实现模拟电路和数字电路相互转换的桥梁，是重要的接口电路。

2. DAC是将数字量变成相应模拟量的电子电路，它主要由电阻网络、运算放大器、模拟开关组成，其输出的模拟电压与二进制数码成线性对应关系，本章主要介绍了倒T型电阻网络DAC的工作原理及DAC0832集成DAC的引脚功能和典型应用电路。

3. ADC是将模拟量转换成相应数字量的电子电路。逐次逼近ADC是由比较器、数码寄存器、模/数转换电路和控制电路所组成。ADC0809集成电路为8通道多路模拟输入、8位数字量输出的ADC，其引脚功能及外部应用特性是学习的要点。