



哈爾濱工業大學 远程教育学院

第11章 MCS-51的模拟量输入输出





- 概述
- ADC的基本原理及性能指标
- A/D转换的实现（ADC0809）
- A/D转换的实现（LM331）
- DAC的基本原理及性能指标
- D/A转换的实现（DAC0832）

11.1 概述



非电物理量（温度、压力、流量、速度等），须经**传感器**转换成模拟电信号（电压或电流），必须转换成数字量，才能在单片机中处理。

数字量，也常常需要转换为模拟信号。

A/D转换器（ADC）：模拟量→数字量的器件，

D/A转换器（DAC）：数字量→模拟量的器件。

只需**合理选用商品化**的大规模ADC、DAC芯片，**了解引脚及功能以及**与单片机的接口设计。

11.2 ADC的基本原理及性能指标



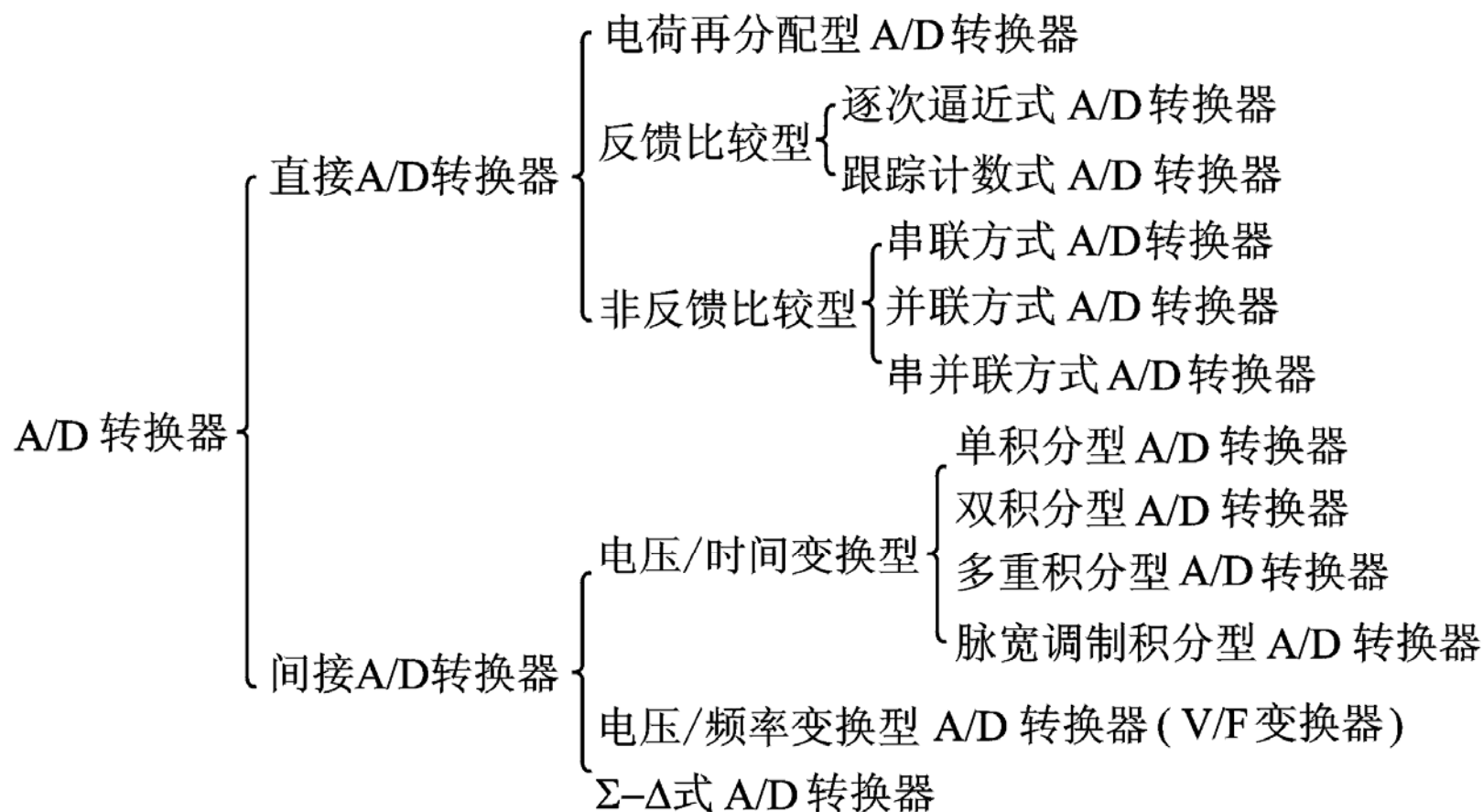
模拟量转换成数字量，便于计算机进行处理。

随着超大规模集成电路制造技术的飞速发展，大量结构不同、性能各异的A/D转换芯片应运而生。

1. A/D转换器的分类

根据转换原理可将A/D转换器分成两大类

(1) 直接型A/D转换器 (2) 间接型A/D转换器。





逐次逼近式A/D转换器

- 将输入模拟信号与推测信号比较，调节推测信号逼近输入信号，直至两者相等

双积分式A/D转换器

- 采用输入模拟信号与标准电压反向积分的方法，完成模拟信号的转换

V/F变换式A/D转换器

- 将输入模拟信号转化为线性对应的频率信号，通过测量频率实现模拟信号的转化



逐次比较型:精度、速度和价格都适中，是最常用的A/D转换器件。

双积分型:精度高、抗干扰性好、价格低廉,但转换速度慢，得到广泛应用。

V/F转换型:适于转换速度要求不太高，远距离信号传输。

2. A/D转换器的主要技术指标

(1) 转换时间和转换速率

完成一次转换所需要的时间。转换时间的倒数为转换速率。


并行式：20~50ns，速率为50~20M次/s（1M=10⁶）；

逐次比较式：0.4μs，速率为2.5M次/s。

(2) 分辨率

用输出二进制位数或BCD码位数表示。例如AD574，二进制12位，即用2¹²个数进行量化，分辨率为1LSB，百分数表示1/2¹²=0.24‰。

又如双积分式A/D转换器MC14433，分辨率为三位半。若满字位为1999，其分辨率为1/1999=0.05%。



量化过程引起的误差为**量化误差**，是由于**有限位数字**对模拟量进行量化而引起的误差。**量化误差理论上规定为1个单位分辨率**，提高分辨率可减少量化误差。

(3) 转换精度

定义为一个实际ADC与一个理想ADC在量化值上的差值。可用绝对误差或相对误差表示。

- 绝对精度

在转换器中，任何数码所对应的实际模拟电压与其理想电压值之差的最大值称为绝对精度

- 相对精度

绝对精度的百分数表示



3. A/D转换器的选择

按输出代码的有效位数分:8位、10位、12位等。

按转换速度分为**超高速** ($\leq 1\text{ns}$)、**高速** ($\leq 1\mu\text{s}$)
中速 ($\leq 1\text{ms}$)、**低速** ($\leq 1\text{s}$) 等。

A/D转换器的发展趋势: 为适应系统集成需要, 将多路转换开关、时钟电路、基准电压源、二/十进制译码器和转换电路集成在一个芯片内, 为用户提供方便。



(1) A/D转换器位数的确定

系统总精度涉及的环节较多：传感器变换精度、信号预处理电路精度和A/D转换器及输出电路、控制机构精度，还包括软件控制算法。

A/D转换器的位数至少要比系统总精度要求的最低分辨率高1位，位数应与其他环节所能达到的精度相适应。

只要不低于它们就行，太高无意义，且价高。

8位以下：低分辨率，9~12位：中分辨率，13位以上：高分辨率。

(2) A/D转换器转换速率的确定



从启动转换到转换结束，输出稳定的数字量，需要一定的时间，这就是**A/D转换器的转换时间**。

低速：转换时间从几ms到几十ms。

中速：逐次比较型的A/D转换器的转换时间可从几 μs ~100 μs 左右。

高速：转换时间仅20~100ns。适用于雷达、数字通讯、实时光谱分析、实时瞬态纪录、视频数字转换系统等。



如用转换时间为 **$100\mu\text{s}$** 的集成**A/D**转换器，其转换速率为**10**千次/秒。根据采样定理和实际需要，一个周期的波形需采**10**个点，最高也只能处理**1kHz**的信号。

把转换时间减小到 **$10\mu\text{s}$** ，信号频率可提高到**10kHz**。

(3) 是否加采样保持器

直流和变化非常缓慢的信号可不用采样保持器。其他情况都要加采样保持器。

根据分辨率、转换时间、信号带宽关系，决定是否要加采样保持器：

如果是8位ADC，转换时间100ms，无采样保持器，信号的允许频率是0.12Hz；

如果是12位ADC，该频率为0.0077Hz。如果转换时间是100 μ s，ADC是8位时，该频率为12Hz，12位时是0.77Hz。

(4) 工作电压和基准电压

选择使用单一**+5V**工作电压的芯片，与单片机系统共用一个电源比较方便。

基准电压源是提供给**A/D**转换器在转换时所需要的参考电压，在要求较高精度时，基准电压要单独用高精度稳压电源供给。

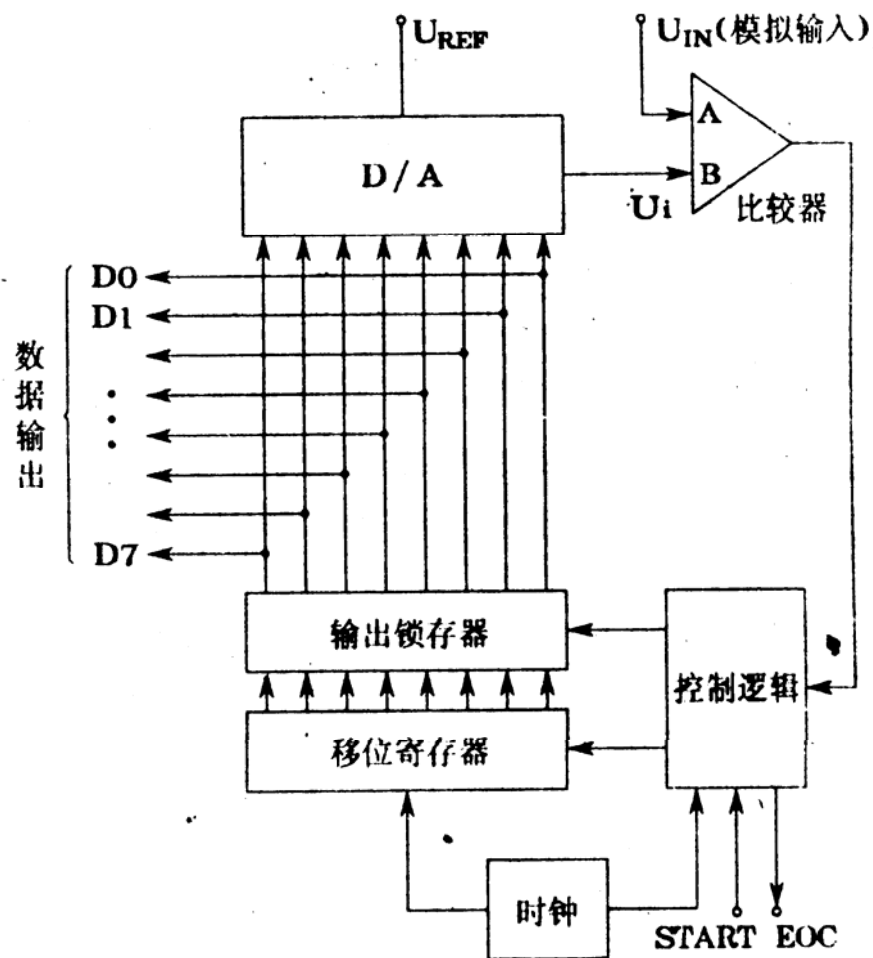
11.3 MCS-51与ADC 0809的接口

逐次逼近式A/D转换器 基本原理:

推测信号由D/A转换器输出获得

比较器输出决定每一位的锁存状态

完成所有位的比较后，D/A转换器输入即为A/D转换器的输出



逐次逼近式A/D转换器工作原理图



ADC0809芯片结构

ADC0809功能及管脚

ADC0809与8031接口电路设计1及软件编程

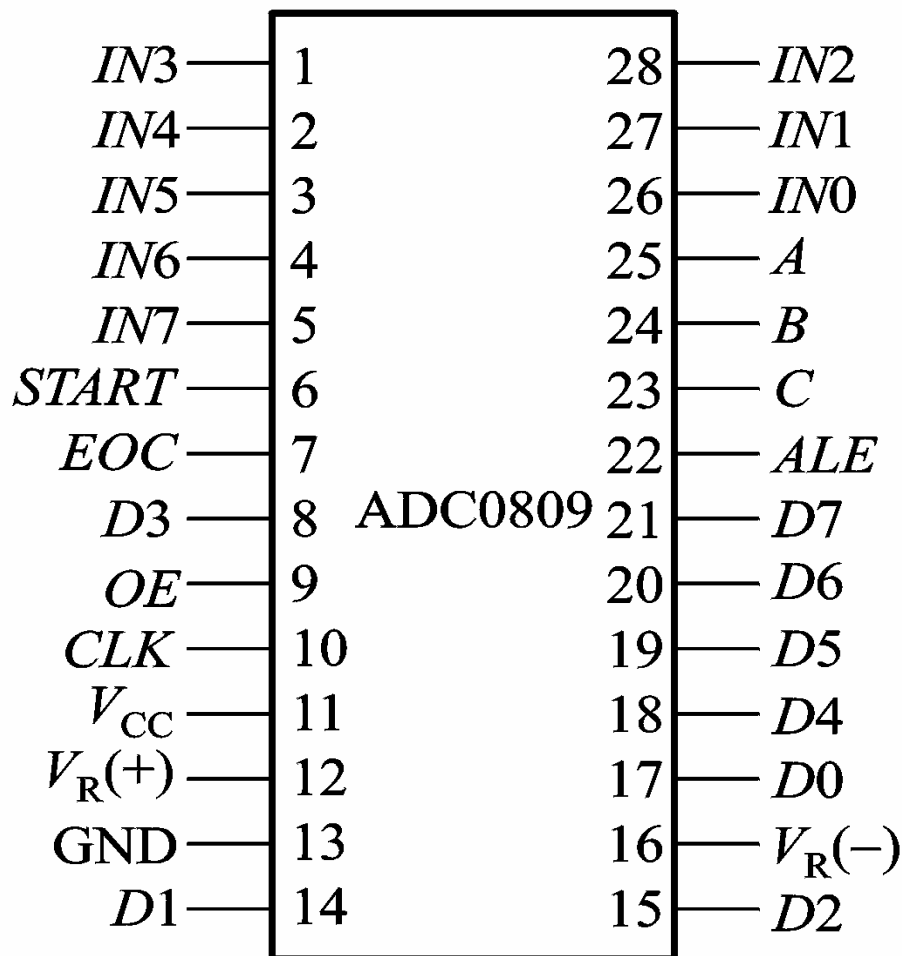
ADC0809与8031接口电路设计2及软件编程

ADC0809功能特点为:



- 分辨率为8位
- ADC0808最大不可调误差 $1/2\text{LSB}$, ADC0809最大不可调误差 1LSB
- 模拟输入电压范围为 $0\sim 5\text{V}$, 单电源供电
- 锁存控制的8路模拟开关
- 转换速度取决于芯片的时钟频率, 其范围 $10\sim 1280\text{KHz}$, 当频率为 500KHz 时, 转换速度为 $128\mu\text{s}$

逐次逼近式8路模拟输入、8位输出的A/D转换器。





共28脚，双列直插式封装。主要引脚功能如下：

(1) $IN0 \sim IN7$ ：8路模拟信号输入端。

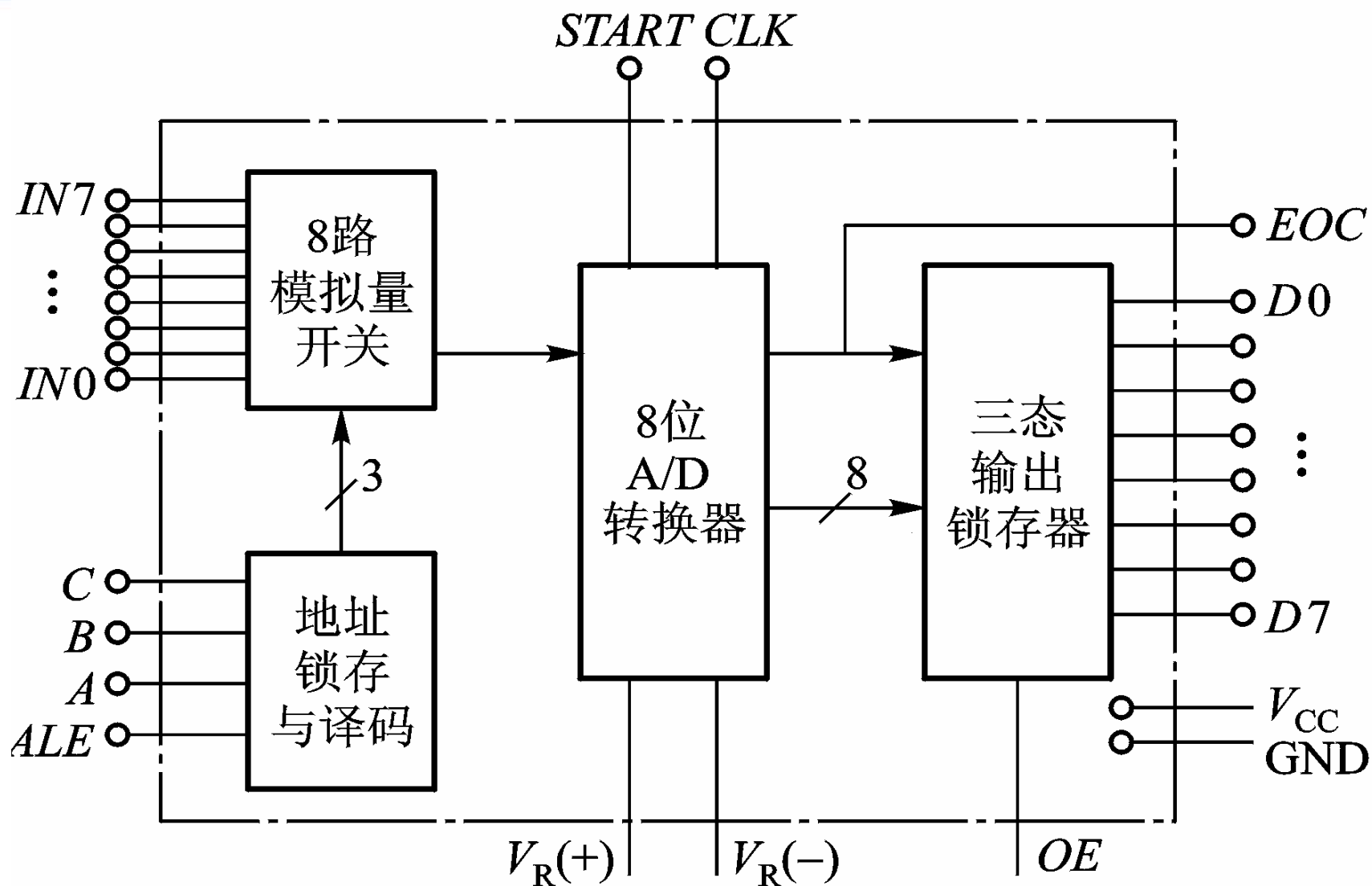
(2) $D0 \sim D7$ ：8位数字量输出端。

(3) C 、 B 、 A ：控制8路模拟通道的切换， C 、 B 、 $A = 000 \sim 111$ 分别对应 $IN0 \sim IN7$ 通道。

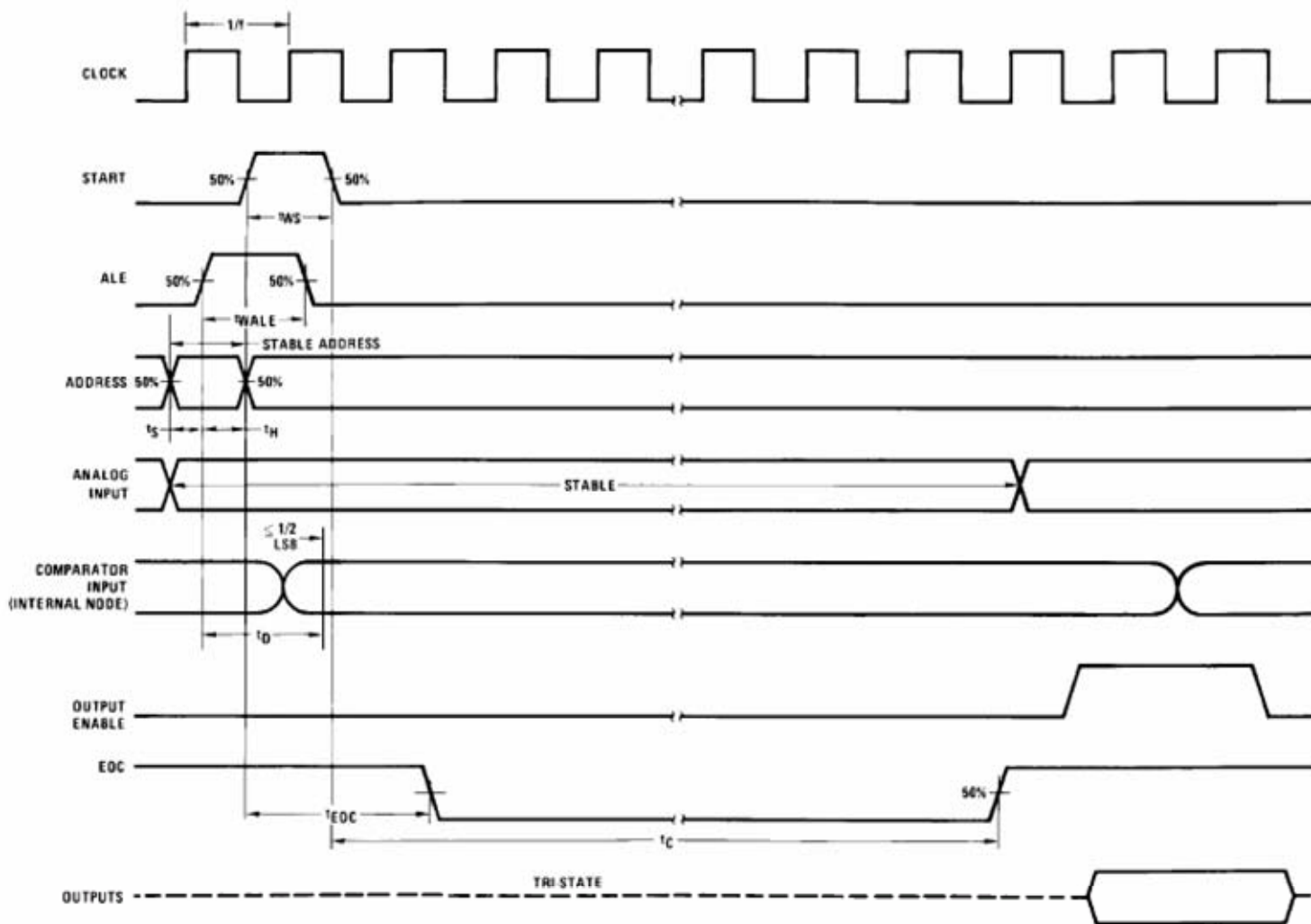
(4) OE 、 $START$ 、 CLK ：控制信号端， OE 为输出允许端， $START$ 为启动信号输入端， CLK 为时钟信号输入端。

(5) $V_R(+)$ 和 $V_R(-)$ ：参考电压输入端。

ADC0809结构框图



ADC0809操作时序





- ◆ 选通模拟量输入通道
- ◆ 发出启动信号
- ◆ 用查询或中断方法等待转换结束
- ◆ 初学阶段建议采用延时的方法
- ◆ 读取转换结果

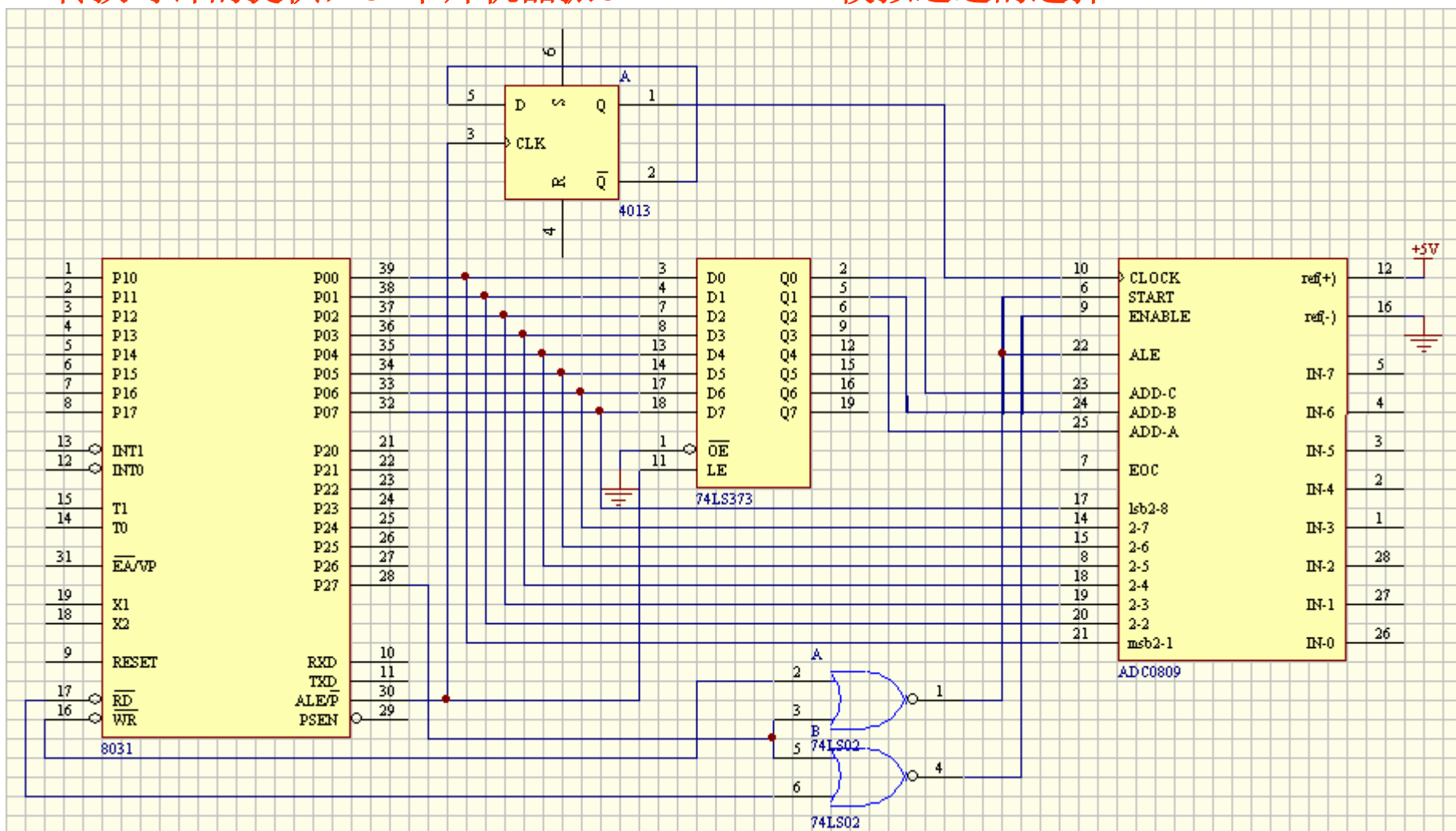
ADC0809与8031接口电路设计1

*启动AD接口设计

*转换时钟的提供, 51单片机晶振6M

*转换完成判断

*模拟通道的选择



例1：ADC0809接口电路编程

要求：

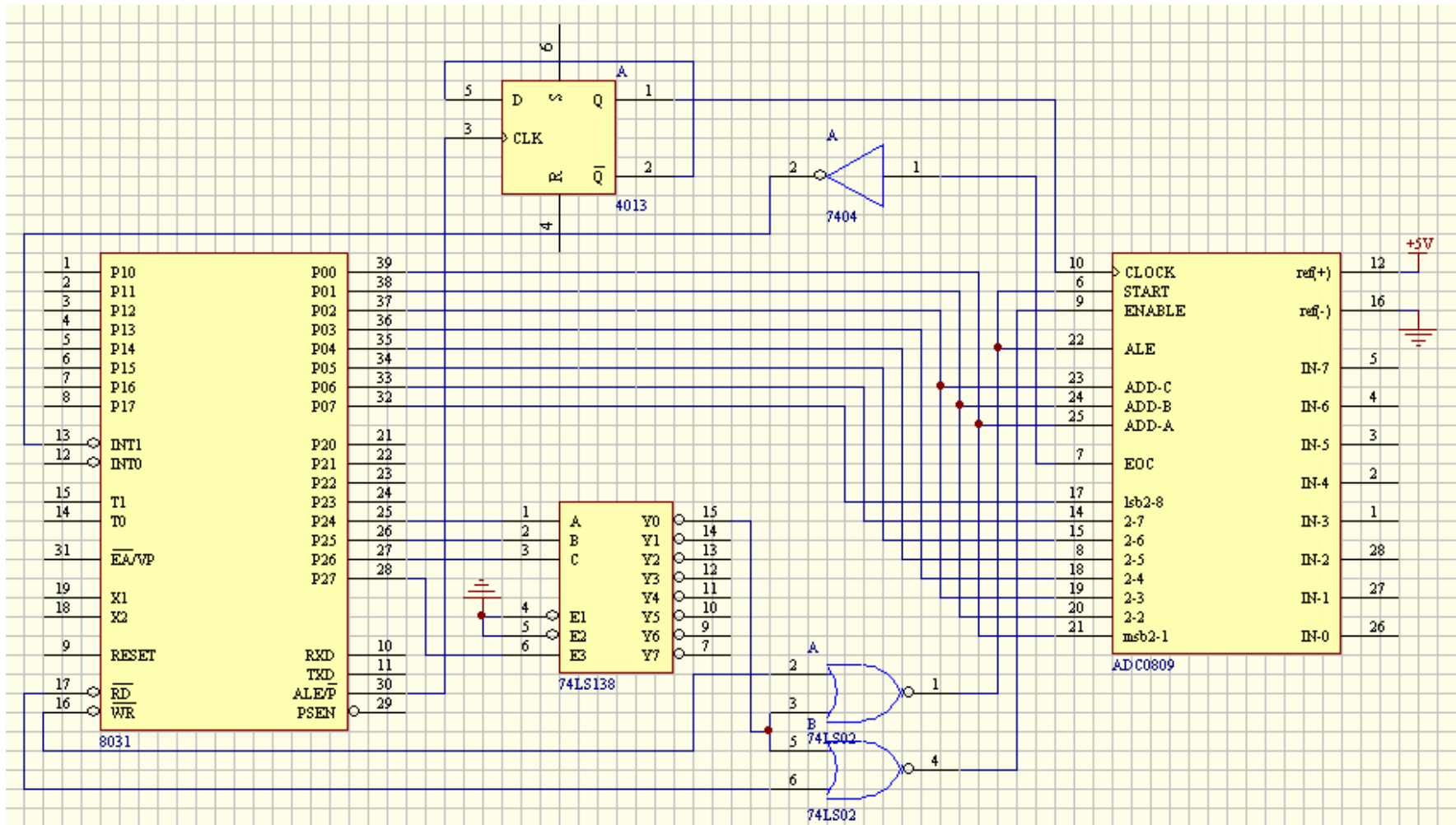
设计程序实现对8路模拟信号的采样，并把数据存储在RAM区30H~37H中。

```
-----  
;      ADC0809的0~7模拟通道对应地址7FF8H~7FFFH  
-----  
      ORG      0000H  
MAIN:  MOV      R1,#30H          ; 置数据存储区首地址  
      MOV      DPTR,#7FF8H      ; 指向ADC0809的0通道  
      MOV      R7,#08H          ; 置通道数  
LOOP:  MOVX     @DPTR,A          ; 启动转换  
      ACALL    DELAY_130us      ; 等待130us  
      MOVX     A,@DPTR          ; 读取转换结果  
      MOV      @R1,A            ; 保存转换结果  
      INC      DPTR              ; 指向下一个转换通道  
      INC      R1                ; 指向下一个存储空间  
      DJNZ     R7,LOOP          ; 判断8个通道采样是否完成?  
      ...
```

例2：ADC0809与8031接口

启动AD接口设计
转换时钟的提供

- 转换完成判断
- 模拟通路的选择



ADC0809与8031接口电路2原理图

要求

编程实现对第0路模拟信号的采样并实时在数码上显示采样值，待显示的采样值存放在RAM区30H，31H中。

```
-----  
;      主程序代码，完成中断设置、启动AD转换的功能  
-----  
      ORG      0000H      ; 系统复位程序入口地址  
      AJMP     MAIN      ; 转向主程序  
      ORG      0013H      ; 外部硬件中断1程序入口地址  
      AJMP     INT1P      ; 转向中断处理子程序  
MAIN:  SETB     IT1        ; 设INT1为下跳沿触发  
      SETB     EX1        ; 允许INT1中断  
      SETB     EA         ; 开中断  
      MOV      R0,#30H    ; 指向显示缓冲区首地址  
      MOV      A,#00H     ; 指向模拟通道0  
      MOV      DPTR,#8000H ; 指向ADC0809  
      MOVX     @DPTR,A    ; 启动通道0转换  
WAIT:  AJMP     WAIT      ; 等待转换完成中断
```

例2编程



```
-----  
;      中断处理程序代码，读取采样值，并显示在数码管上  
-----  
INT1P: MOVX  A,@DPTR      ; 读取采样值  
      MOV   R1,A          ; 暂存采样值于R1  
      ANL   A, #0FH       ; 取采样值低4位  
      MOV   @R0,A         ; 保存采样值低4位于30H  
      INC   R0            ; 保存地址指向31H  
      MOV   A,R1  
      SWAP  A             ; A的高4位与低4位交换  
      ANL   A, #0FH       ; 取采样值高4位  
      MOV   @R0,A         ; 保存采样值高4位于31H  
      ACALL SHOW          ; 调用显示子程序  
      MOV   A,#00H        ; 指向模拟通道0  
      MOV   DPTR,#8000H   ; 指向ADC0809  
      MOVX  @DPTR,A       ; 启动通道0转换  
      RETI                ; 中断返回
```

11.4 MCS-51与LM331的接口



在既要求数据**长距离传输**又要求精确度较高的场合，可使用V/F转换器代替A/D器件。

V/F转换器是把**电压信号转变为频率信号**的器件，有良好的精度、线性度。

电路简单，外围元件性能要求不高，适应环境能力强。

转换速度不低于一般的双积分型A/D器件，且价格低，因此V/F转换技术广泛用于非快速A/D转换过程中。



输出频率的测量:

把V/F转换器输出的频率信号作为计数脉冲，进行定时计数，这样计数器的计数值与V/F转换器输出的脉冲频率信号之间的关系为：

$$f=D/T$$

D：计数值，**T**：计数时间，就可求出V/F转换器的输出频率f。

输入电压的计算：

再根据V/F转换器的输入电压V与输出频率f的关系：

$$f=kV$$

k：V/F转换系数，是一个常数

从而知道输入电压V，这就实现了A/D转换。

****定时/计数器可用单片机内部的，也可使用外部扩展的，用单片机把计数值取入内存即可进行数据处理，获得模拟电压的大小。**

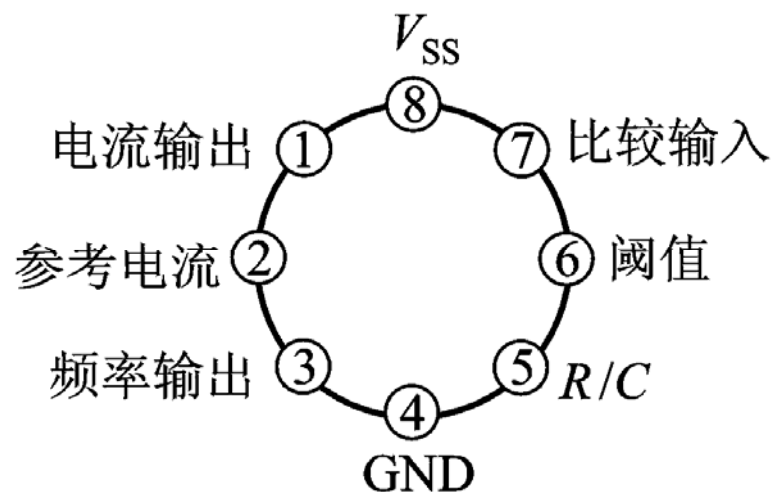
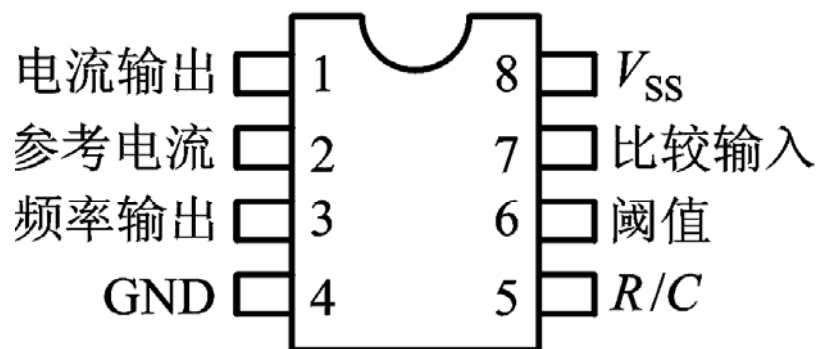


包括LM131/LM231/LM331，适用于A/D转换器、高精度V/F变换器

1. 主要特性

- (1) 频率范围：1~100KHz
- (2) 低的非线性：±0.01%
- (3) 单电源或双电源供电
- (4) 单电源供电电压为+5V时，可保证转换精度
- (5) 温度特性：最大±50ppm/ °C
- (6) 低功耗： $V_s=5V$ 时为15mw

封装形式

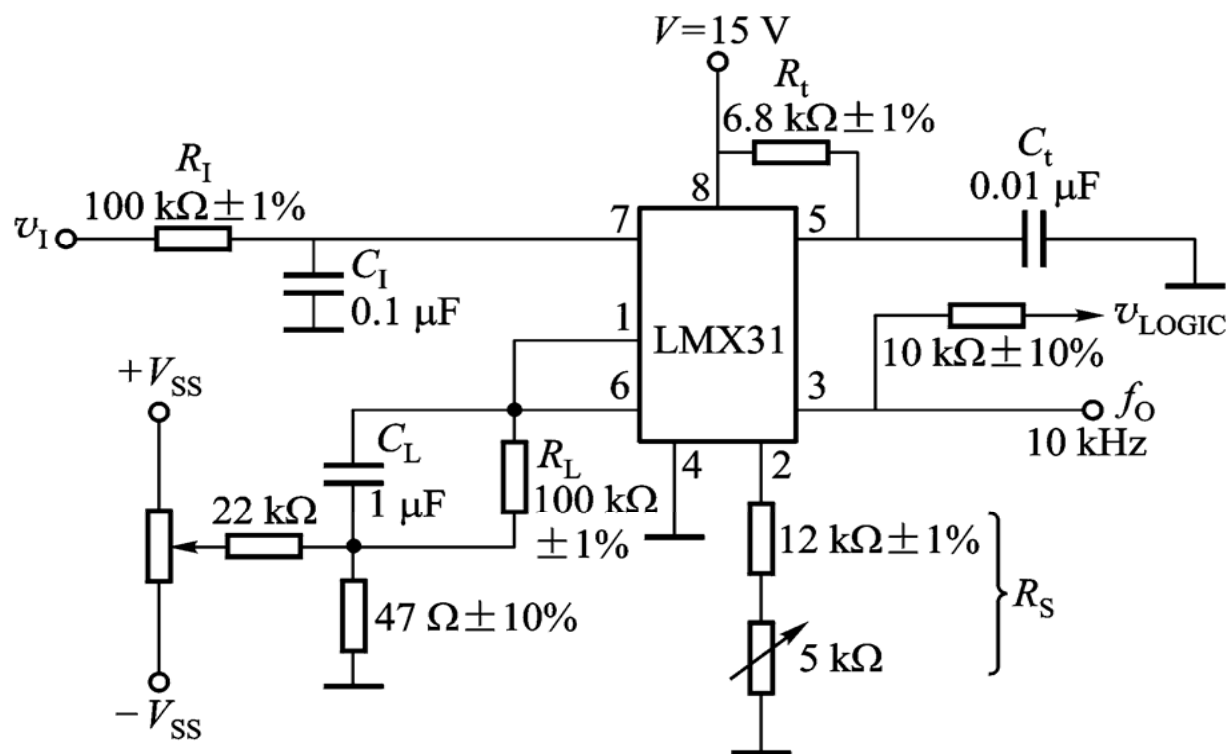




2. 电特性参数:

- (1) 电源电压: **+15V**
- (2) 输入电压范围: **0~10V**
- (3) 输出频率: **10Hz~11KHz**
- (4) 非线性失真: **$\pm 0.03\%$**

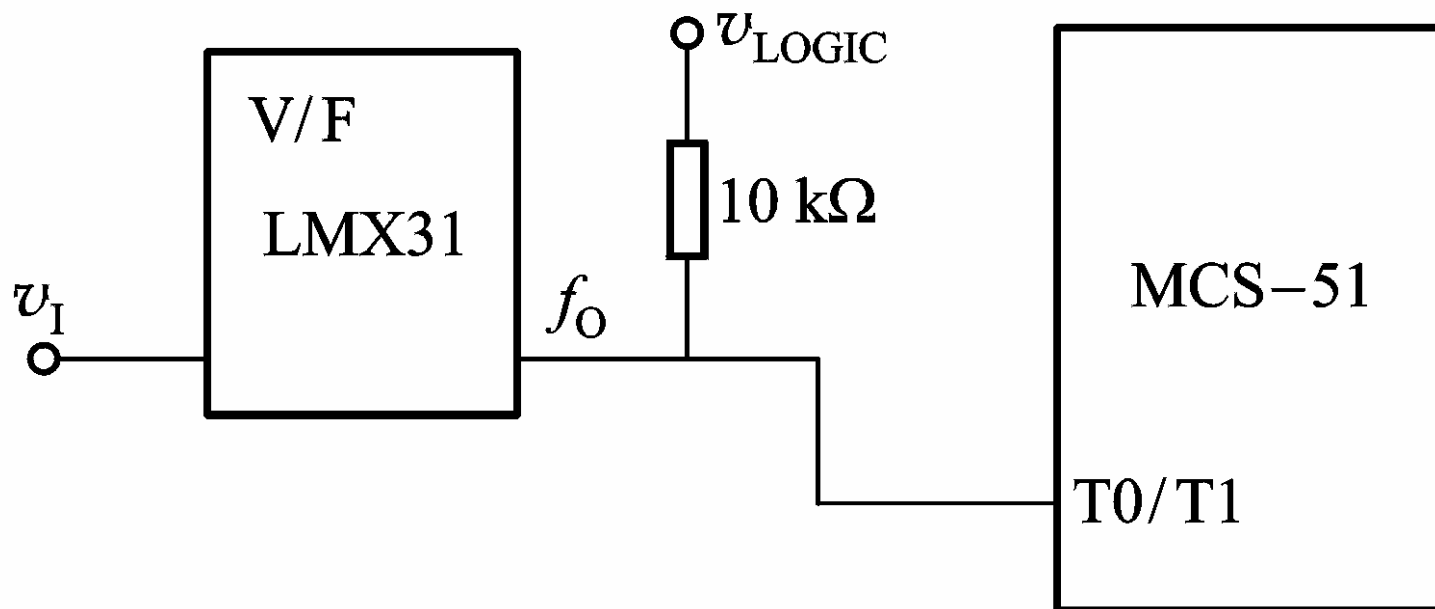
3. LMX31的V/F转换外围电路



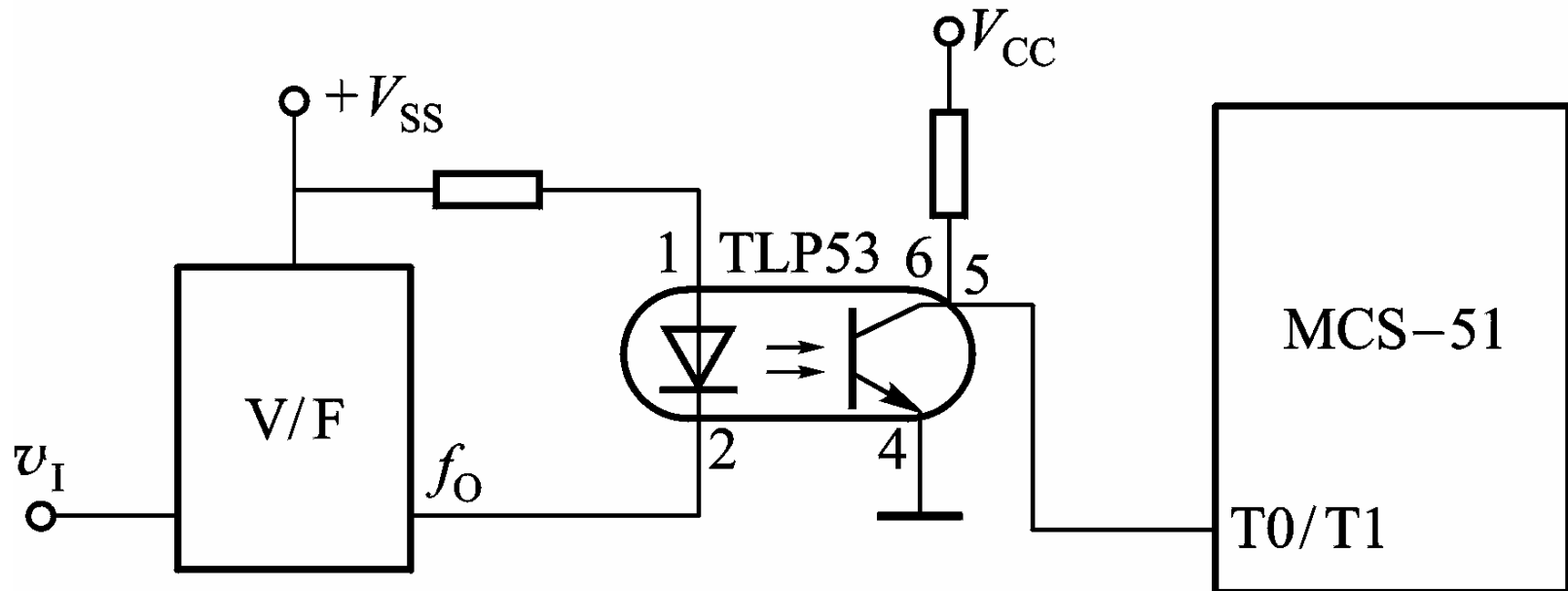
$$f_O = V_I * R_S / (2.09 * R_L * R_t * C_t)$$

被测电压转换为与其成比例的频率信号后送入单片机进行处理。

(1) 直接与MCS-51接口。接口简单，频率信号接入单片机的定时器/计数器输入端即可。

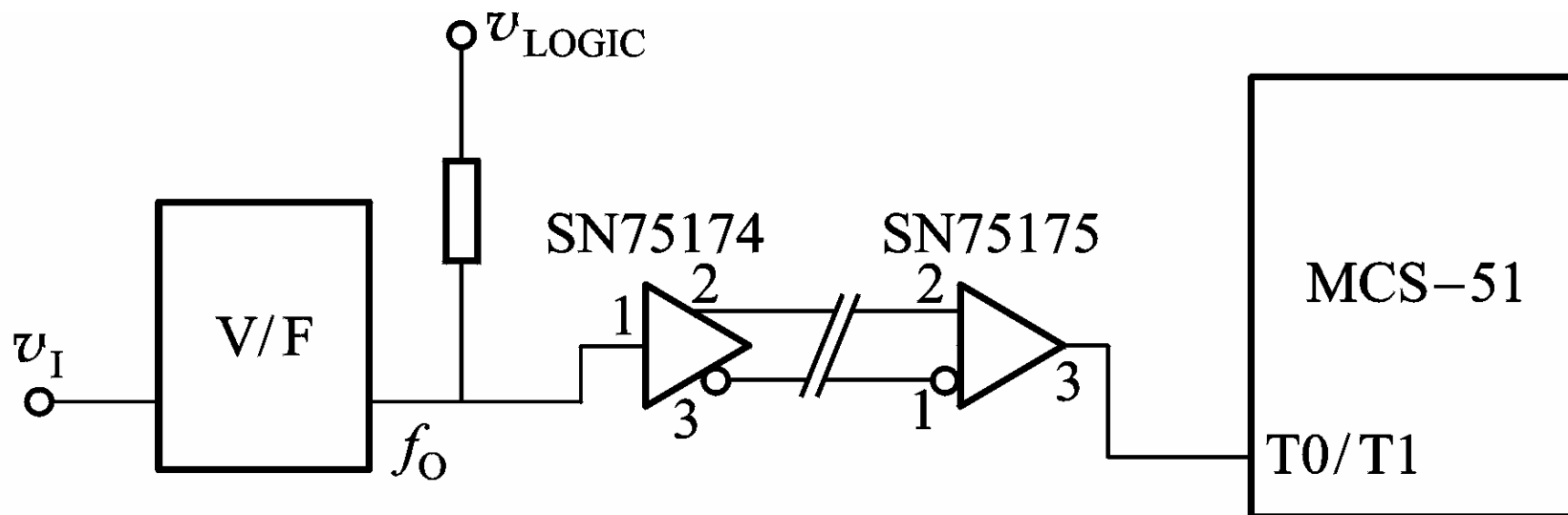


(2) 在一些电源干扰大、模拟电路部分容易对单片机产生电气干扰等恶劣环境中，可采用光电隔离的方法使V/F转换器与单片机无电信号联系。



(3) 与单片机之间距离较远时需要采用驱动电路以提高传输能力。可采用串行通讯的驱动器和接收器来实现。

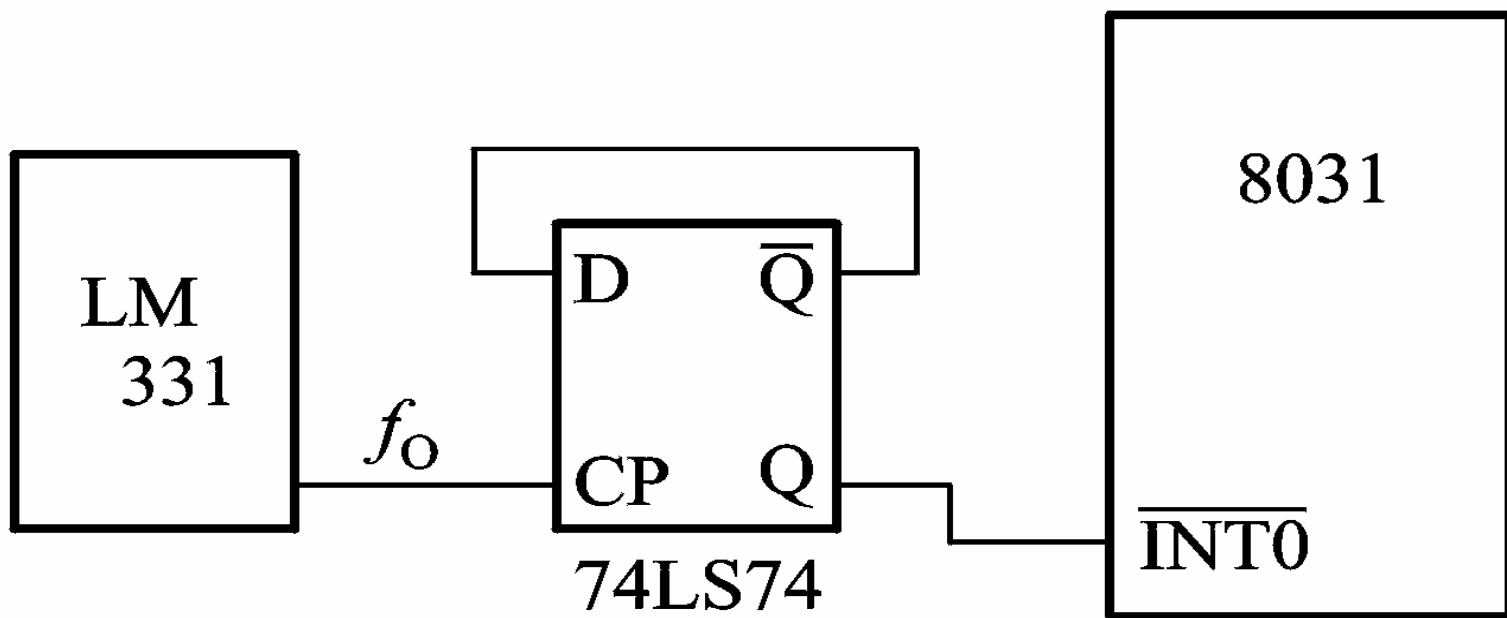
例如使用RS-422的驱动器和接收器时，允许最大传输距离为120m。其中SN75174/75175是RS-422标准的四差分线路驱动/接收器。



LM331应用举例

本例使用LM331和8031内部定时器构成A/D转换电路，使用的元件少、成本低、精度高。

1. 接口电路





V/F转换器最大输出频率为10KHz，输入电压为0~10V。由于V/F输出频率较低，因此采用测周期的方法。

V/F的输出经D触发器二分频后接至INT0*，作为被T0测量的脉宽信号。T0置定时器方式1，将T0的GATE位置1，就由INT0*和TR0来共同决定计数器是否工作。

2. 软件设计

包括初始化和计数两部分。

初始化: T0为方式1定时，并将GATE位置1。

计数: 首先判断INT0*电平，为低时，置位TR0，准备计数；变为高时，启动计数，再为低时停止计数并清“0”TR0，读出数据。将T0的TH0、TL0清0，准备下一次计数。程序：

例3 V/F转换器实现A/D转换

```
BEGIN:  NOP
        MOV    TMOD, # 09H    ; 定时器T0初始化
        MOV    TLO, # 00H
        MOV    TH0, # 00H


LOOP1:  NOP
        JB     P3. 2, LOOP1

        SETB   TR0

LOOP2:  NOP
        JNB    P3. 2, LOOP2

LOOP3:  NOP
        JB     P3. 2, LOOP3

        CLR    TR0
        MOV    B, TH0          ; 高位计数值→ B
```



```
MOV    A, TLO                ; 低位计数值→ A
MOV    TLO, #00H
MOV    TH0, #00H
AJMP   LOOP1
```

本程序将计数结果高位存入B，低位存入A，以便后期处理。



DA转换的基础知识

DAC0832芯片结构

DAC0832功能及管脚

DAC0832与8031双缓冲接口电路设计及软件编程

DAC0832与8031单缓冲接口电路设计及软件编程

11.5 DAC的基本原理及性能指标

1. 概述

输入： 数字量， **输出：** 模拟量。

转换过程： 送到DAC的各位二进制数按其权的大小转换为相应的模拟分量，再把各模拟分量叠加，其和就是D/A转换的结果。

使用D/A转换器时，要注意区分：

- * D/A转换器的输出形式；
- * 内部是否带有锁存器。

(1) 输出形式

两种输出形式：电压输出形式与电流输出形式。

电流输出的D/A转换器，如需模拟电压输出，可在其输出端加一个**I-V转换**电路。

(2) D/A转换器内部是否带有锁存器

D/A转换需要一定时间，这段时间内输入端的数字量应稳定，为此应在数字量输入端之前设置锁存器，以提供数据锁存功能。根据芯片内是否带有锁存器，可分为内部无锁存器的和内部有锁存器的两类。

* 内部无锁存器的D/A转换器

可与P1、P2口直接相接（因P1口和P2口的输出有锁存功能）。但与P0口相接，需增加锁存器。

* 内部带有锁存器的D/A转换器

可与MCS-51的P0口直接相接。目前有的D/A转换器内部不但有锁存器，还包括地址译码电路，有的还有双重或多重的数据缓冲电路。

2. 主要技术指标

(1) 分辨率

输入给DAC的**单位数字量变化**引起的模拟量输出的变化，通常定义为输出满刻度时的模拟量值与 2^n 之比。显然，二进制位数越多，分辨率越高。

例如，若满量程为10V，根据定义则分辨率为 $10V/2^n$ 。

设8位D/A转换，即 $n=8$ ，分辨率为 $10V/2^8 = 39.1\text{mV}$ ，该值占满量程的0.391%，用1LSB表示。

同理：**10位 D/A**: 1 LSB=9.77mV=0.1% 满量程

12位 D/A: 1 LSB=2.44mV=0.024% 满量程

根据对DAC分辨率的需要，来选定DAC的位数。



(2)建立时间

描述DAC转换快慢的参数, 表明转换速度。

定义: 为从输入数字量到输出达到终值误差 $(1/2) \text{ LSB}$

(最低有效位) 时所需的时间。电流输出时间较短, 电压输出的, 还要加上 I-V 转换的时间, 因此建立时间要长一些。快速 DAC 可达 $1\mu\text{s}$ 以下。

(3) 精度

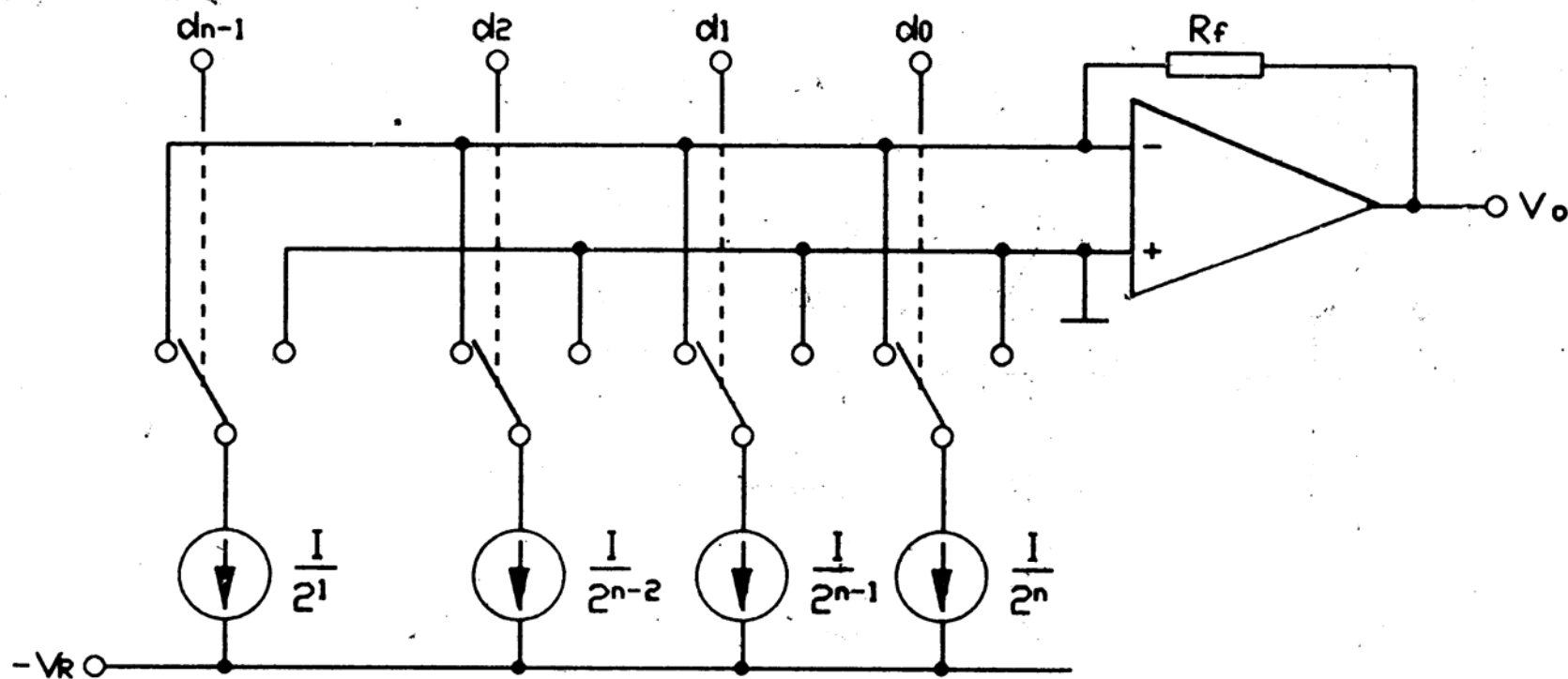
理想情况, 精度与分辨率基本一致, 位数越多精度越高。但由于电源电压、参考电压、电阻等各种因素存在着误差, 精度与分辨率并不完全一致。

位数相同, 分辨率则相同, 但相同位数的不同转换器精度会有所不同。例如, 某型号的8位DAC精度为 0.19%, 另一型号的8位DAC精度为 0.05%。

D/A转换的基本原理

D/A转换器可分为两大类

- 直接D/A转换器
- 间接D/A转换器，例如PWM输出



$$V_0 = -\sum I \cdot R_f = \frac{V_R}{2^n} (d_{n-1} \cdot 2^{n-1} + d_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \Lambda + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0)$$

权电流D/A转换器（直接D/A转换器）

11.6 MCS-51与DAC0832的接口

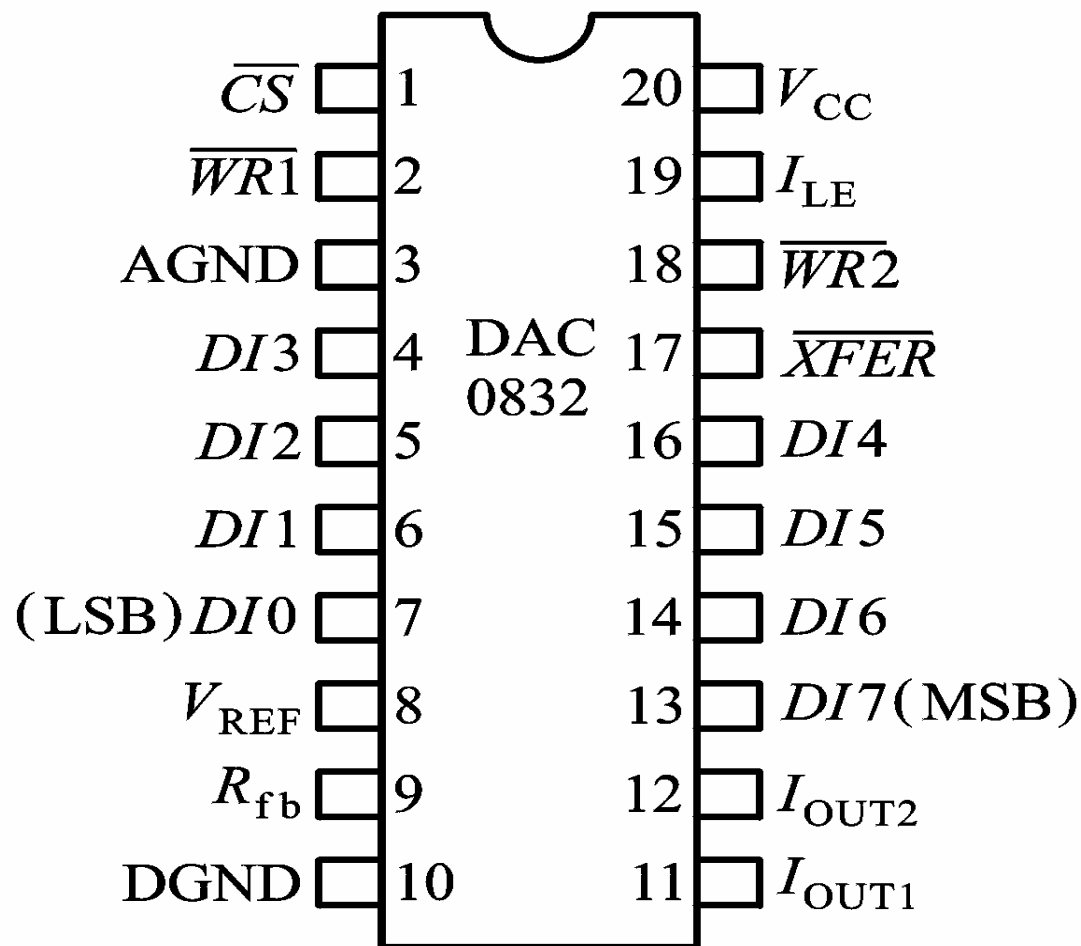
1. DAC0832芯片介绍

(1)DAC0832的特性

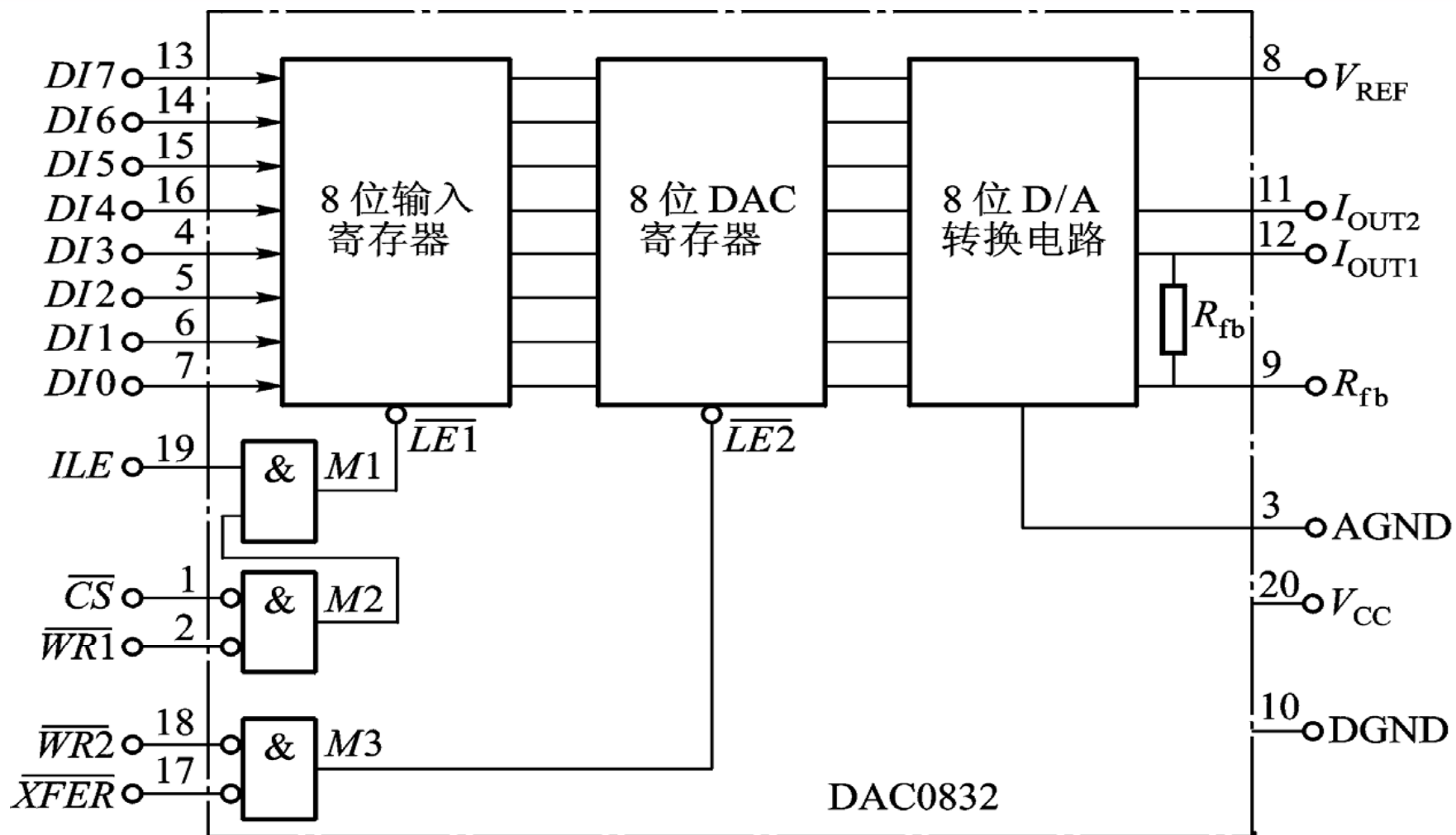
美国国家半导体公司产品，具有两个输入数据寄存器的8位DAC，能直接与MCS-51单片机相连。主要特性如下：

- 电流输出，稳定时间为 $1\mu\text{s}$ ；
- 分辨率为8位；
- 可双缓冲输入、单缓冲输入或直接数字输入；
- 单一电源供电（+5~+15V）；

(2) DAC0832的引脚及逻辑结构



DAC0832的逻辑结构:



引脚功能:

D10~D17: 8位数字信号输入端

CS*: 片选端

ILE: 数据锁存允许控制端，高电平有效。

WR1*: 输入寄存器写选通控制端。当**CS*=0**、**ILE=1**、**WR1*=0**时，数据信号被锁存在输入寄存器中

XFER*: 数据传送控制

WR2*: DAC寄存器写选通控制端。

当**XFER*=0**，**WR2*=0**时，输入寄存器的数据锁存入DAC寄存器中。

IOUT1: 电流输出1端，输入数字量全“1”时，**IOUT1**最大，输入数字量全为“0”时，**IOUT1**最小。



IOUT2: D/A转换器电流输出2端, $IOUT2+IOUT1=常数$ 。

Rfb: 外部反馈信号输入端, 内部已有反馈电阻**Rfb**, 根据需要也可外接反馈电阻。

V_{REF}: 基准电源输入

Vcc: 电源输入端, 可在+5V~+15V范围内。

DGND: 数字信号地。

AGND: 模拟信号地。

“8位输入寄存器”用于存放CPU送来的数字量, 使输入数字量得到缓冲和锁存, 由LE1*控制;

“8位DAC寄存器”存放待转换的数字量, 由LE2*控制;

“8位D/A转换电路”由T型电阻网络和电子开关组成, T型电阻网络输出和数字量成正比的模拟电流。

2. DAC的应用

采取何种形式接口与DAC的具体应用有关。

(1) 单极性电压输出

单极性模拟电压输出，具体接线见后面的例4、例5。

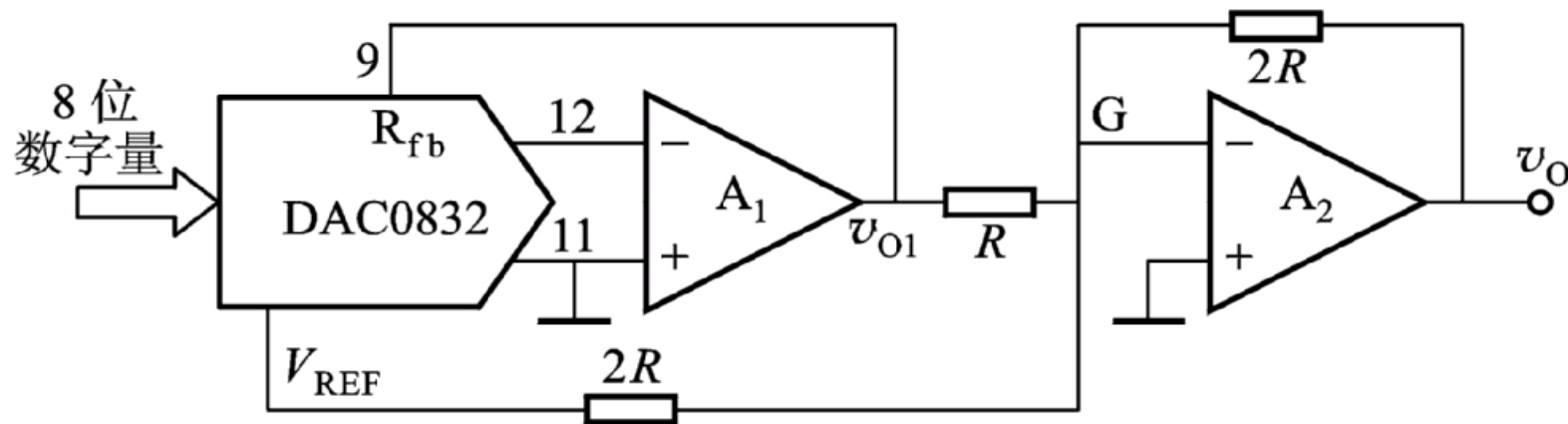
输出电压 V_{out} 与输入数字量 B 的关系：

$$V_{out} = - (B/256) * V_{RFE}$$

式中， $B = b_7 \cdot 2^7 + b_6 \cdot 2^6 + \dots + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0$ ；

B 为0时， V_{out} 也为0，输入数字量为255时， V_{out} 为最大值，单极性。

(2) 双极性电压输出



$$V_{out} = (B - 128) * (V_{REF}/128)$$

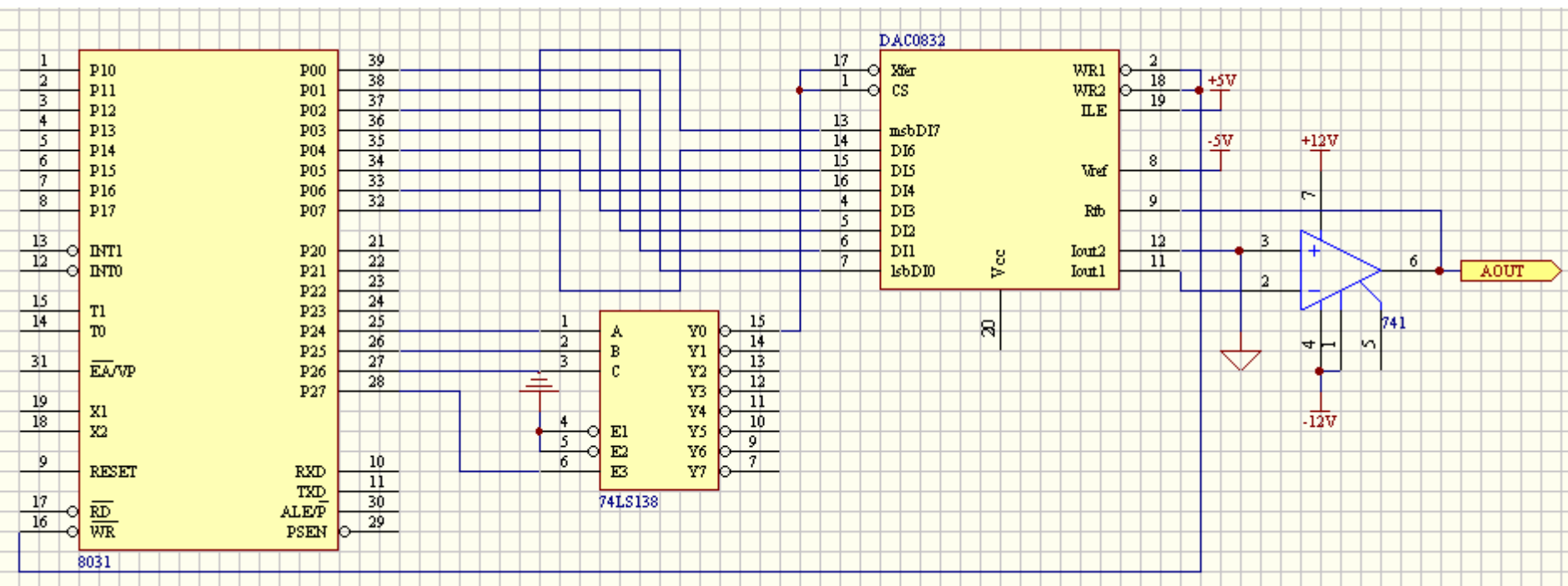
在选用 $+V_{REF}$ 时，

- (1) 若输入数字量 **$b7=1$** ，则 V_{out} 为正；
- (2) 若输入数字量 **$b7=0$** ，则 V_{out} 为负。

在选用 $-V_{REF}$ 时， V_{out} 与 $+V_{REF}$ 时极性相反。

例4: DAC0832与8031单缓冲接口硬件设计

0832地址8000H

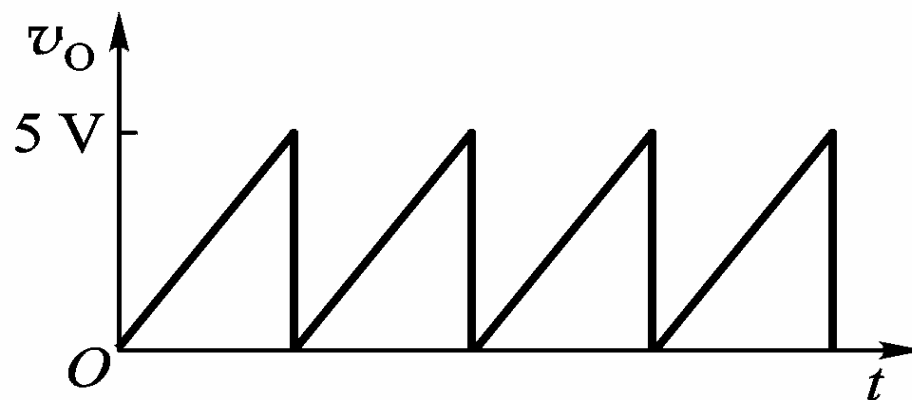



DAC0832单缓冲方式应用原理图

例4-1 锯齿波的产生

```
ORG    2000H

START: MOV    DPTR, #8000H; DAC地址8000H→ R0
        MOV    A, #00H    ; 数字量→A
LOOP:  MOVX    @DPTR, A    ; 数字量→D/A转换器
        INC    A          ; 数字量逐次加1
        SJMP   LOOP
```

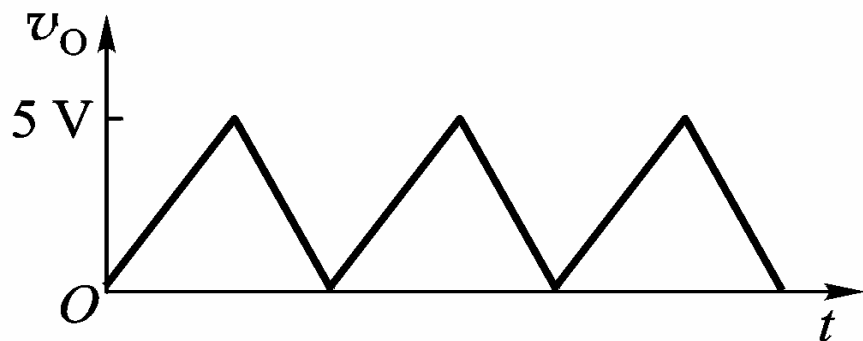




输入数字量从**0**开始，逐次加**1**，为**FFH**时，加**1**则清**0**，模拟输出又为**0**，然后又循环，输出锯齿波。

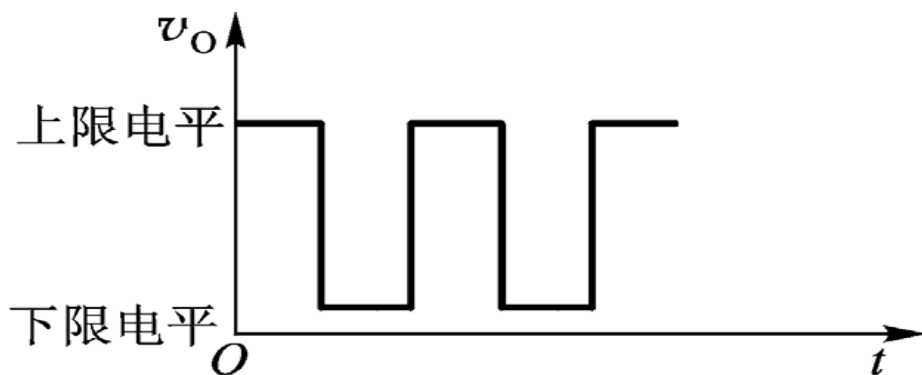
每一上升斜边分256个小台阶，每个小台阶暂留时间为执行后三条指令所需要的时间。

例4-2 三角波的产生



```
ORG    2000H
START:  MOV    DPTR, #8000H
        MOV    A, #00H
UP:     MOVX   @DPTR, A    ; 三角波上升边
        INC    A
        JNZ    UP
DOWN:   DEC    A           ; A=0时再减1 又为FFH
        MOVX   @DPTR, A
        JNZ    DOWN ; 三角波下降边
        SJMP   UP
        END
```

例4-3 矩形波的产生



DELAY1、DELAY2 为两个延时程序，决定矩形波高、低电平时的持续时间。频率也可采用延时长短来改变。

```
ORG 2000H

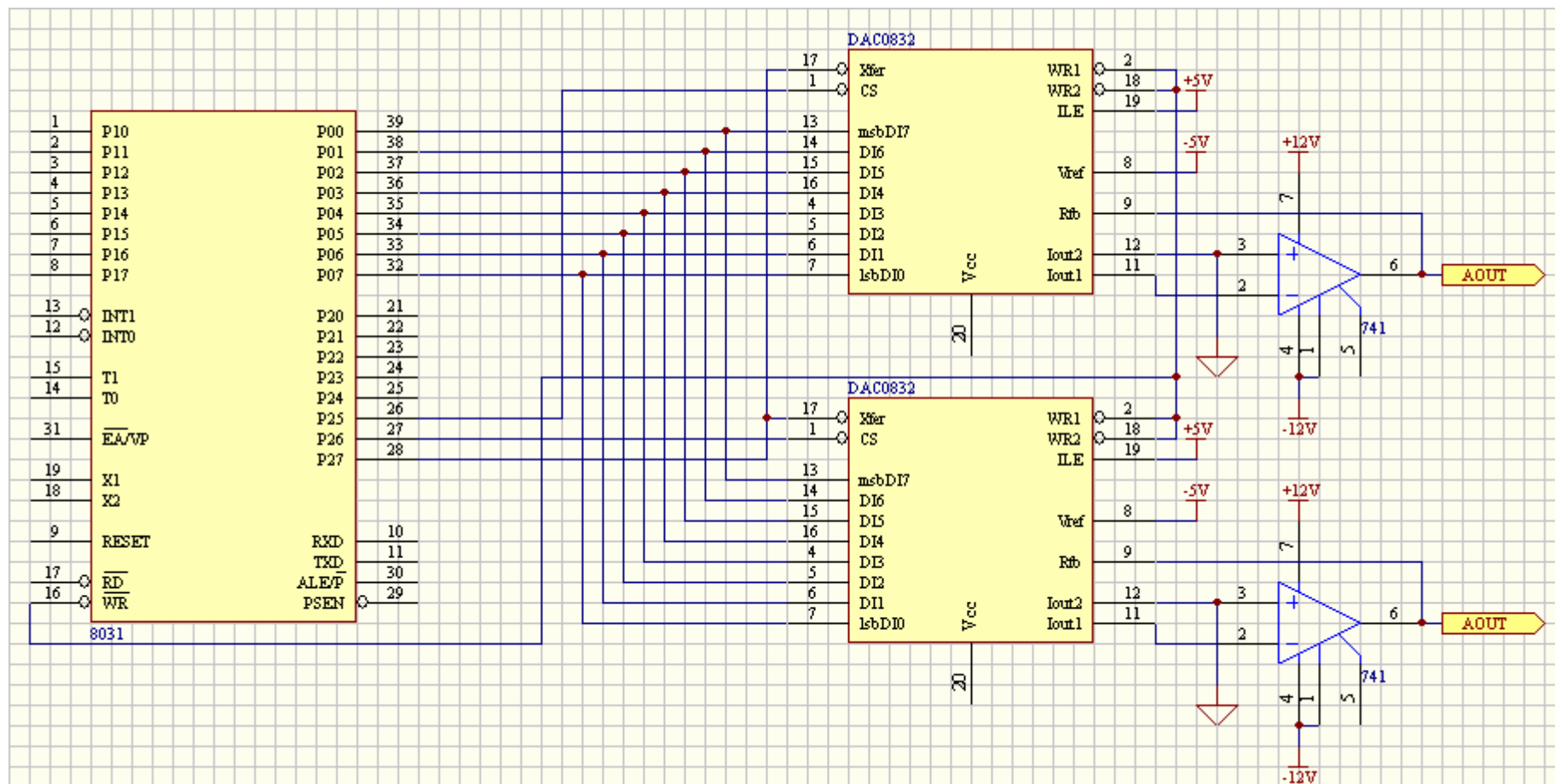
START: MOV DPTR, #8000H
LOOP:  MOV A, #data1
        MOVX @DPTR, A          ; 置矩形波上限电平
        LCALL DELAY1           ; 调用高电平延时程序
        MOV A, #data2
        MOVX @DPTR, A          ; 置矩形波下限电平
        LCALL DELAY2           ; 调用低电平延时程序
        SJMP LOOP              ; 重复进行下一个周期
```

例5 DAC0832与8031双缓冲接口硬件设计

0832(1)输入寄存器地址DFFFH

0832(2)输入寄存器地址BFFFH

两片0832输DAC寄存器选通地址7FFFH 参考电压为-5V，DA输出0~5V



DAC0832两路模拟同步输出电路原理图

例5-1 DAC0832双缓冲接口软件编程



编程实现两路模拟量的同步输出,; #X, #Y为输出数值
控制X-Y绘图仪绘制的曲线光滑, 否则绘制的曲线是阶梯状。

MOV DPTR,#0DFFFH	; 指向0832 (1) 输入寄存器地址
MOV A,#X	; 准备数值
MOVX @DPTR,A	; 写0832 (1) 输入寄存器
MOV DPTR,#0BFFFH	; 指向0832 (2) 输入寄存器地址
MOV A,#Y	; 准备数值
MOVX @DPTR,A	; 写0832 (2) 输入寄存器
MOV DPTR,#7FFFH	; 指向选通地址
MOVX @DPTR,A	; 输入寄存器内容送到DAC寄存器



例5-2 内部RAM中两个长度为20的数据块，起始地址为分别为addr1和addr2。

编写能把addr1和addr2中数据从1#和2#DAC0832同步输出的程序。

addr1和addr2中的数据，为绘制曲线的X、Y坐标点。

ORG 2000H

```
addr1 EQU 20H ; 定义存储单元 X坐标
addr2 EQU 40H ; 定义存储单元 Y坐标
DTOUT: MOV R1, #addr1 ; R1指向addr1
      MOV R2, #20 ; 数据块长度送R2
      MOV R0, #addr2 ; R0指向addr2
NEXT:  MOV DPTR, #0DFFFH ; 指向1#DAC0832输入寄存器
      MOV A, @R1 ; addr1中数据送A
      MOVX @DPTR, A ; addr1中数据送1#DAC0832输入寄存器
      INC R1 ; 修改addr1指针R1
      MOV DPTR, #0BFFFH ; 指向2#DAC0832输入寄存器
      MOV A, @R0 ; addr2中数据送A
      MOVX DPTR, A ; addr2中数据送2#DAC0832
      INC R0 ; 修改addr2指针R0
      MOV DPTR, #7FFFH ; 指向DAC的启动D/A转换端口
      MOVX @DPTR, A ; 启动DAC进行转换
      DJNZ R2, NEXT ; 若未完, 则跳NEXT
      LJMP DTOUT ; 若送完, 则循环
      END
```

AD转换器件

AD574、MC14433

DA转换器件

DAC1208、DAC1230

END

