**用单片机设计A/D、D/A转换器**

**1、PIC16C62×;系列单片机的特点**       PIC16C62×系列为RISC精简指令、哈佛结构总线、18个引脚的单片机。具有低功耗、高性能、全静态、35条指令极易编程的特点。OTP 片种的性价比极高。除了具备一般单片机的特点外，PIC16C62×系列内部集成了两个模拟比较器和一个4bit的可编程基准电压源（REF）。如果利用该单片机的这些特点，只需几个外围元件就具备A/D与D/A转换功能，且分辨率达到8bit～10bit。价格上的优势使其在工控行业、仪器仪表、家电产品的应用前景极为乐观。   
  
       本文以8bit分辨率论证A/D、D/A转换的实现方法，更高分辨率的方案完全相似，只是在编程上作小部分调整。   
  
**2、D/A转换器**   
  
       PIC16C62×系列单片机内部部分功能模块及A/D、D/A的电路如图1所示。

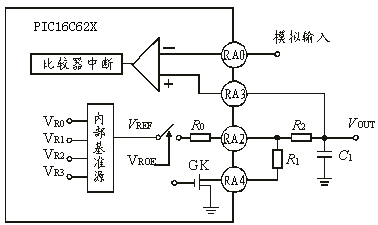


           图1 PIC16C62×部分功能模块及转换电路   
  
**2.1 利用内部基准源**   
  
       PIC16C62×系列单片机内部基准源由一16个抽头的电阻梯形网络构成，相当于一个4bit 分辨率的D/A转换器，该基准源由VRCON特殊功能寄存器控制。VRCON寄存器定义如下：

http://www.avrw.com/article/pic/20068593017580.jpg

       VREN：REF基准电压源使能位，当VREN=1时，内部基准电压源使能。

       VROE：REF输出选择位，VROE=1时，REF输出至RA2引脚。

       VRR：REF段选择，REF值可编程设定为高低两个段输出。

       VR3~VR0：4bit REF电压值。改变该4位的值即改变了REF的电压值。为了后文说明的需要，将该4位二进制码作如下定义：

       VR= VR3VR2VR1VR0

       VR-1=VR3VR2 VR1VR0－1

       根据PIC16C62×的特性：

      （1）当VRR=1时，低段基准电压输出REFL= DD\*VRL/24，分辨单元VF1=DD/24。

REFL电压值范围为：VRL\*DD/24，VRL= 0~15，表示相应的低段二进制码值。

      （2）当VRR=0时，高段基准电压输出REFH=DD/4+DD\*VRH/32，分辨单元VF2=DD/32。VRH=0~15，VRH表示相应的高段二进制码值。

REFH电压值变化范围为：DD/4~23\*DD/32。

       上述DD为PIC16C62×的供电电压，只要在该供电端加一个简单的电源去耦电路，就能很好的保证基准电压REF的抗噪声要求。

       由上述可见,PIC16C62×系列单片机的内部基准源实际是一个可设定为两个段值的4bit D/A转换器,每个段二进制码值均为0~15,两个段的分辨单元不一样。为了设计一个8bit及以上的D/A转换器,需将REF的范围进行扩展。使用REFH值，即REFH =DD/4~23\*DD/32，扩展为REFH= (DD/4－DD /32) ~23\*DD/32, 向电压低端扩展一个分辨单元值DD /32,相当于二进制码值VRH=0~15扩展为－1 ~15。这是实现8bit及以上D/A转换的关键。VRH= －1是一个特殊条件,超出了REF取值范围对应的二进制码值VRH的界限,须由低段基准电压REFL与外围可编程固定衰减比的电阻网络实现。PIC16C62×的内部有一个场效应OC门（漏极开路门），将其接成图1所示的应用电路。

       当OC门GK导通时，衰减系数=1/（0+1） 0=2kΩ（内部固定电阻）。

       当OC门GK截止时，衰减系数=1 (RA4引脚为高阻)。

       场效应OC门通过编程对RA4引脚进行I/O操作实现其导通与截止。

 由上所述，高段VRH=－1对应的REFH基准值可由低段二进制码值VRL对应的REFL值乘上系数得到。

       VRH=－1时，REFH=DD/4－DD/32=7DD /32，建立如下方程式

       7DD /32 =（DD/24）\* VRL\* （1）

       VRL=1~15 (取整数) （2）

       K <1 （3）

       可得VRL=6~15的多组解，取其中任一组解均可，例如：VRL=7，=0.75。

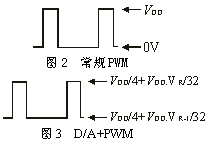
       系数由外接电阻1的取值决定。编程时，首先确定VRL值，然后根据式（1）计算出系数，再根据=1/（0+1）、0=2kΩ 计算出1的阻值。1也可用一只电位器调整的方式代替。

**2.2 编程4bit PWM实现8bit的D/A转换**

       设8bit 待D/A转换的二进制数存放于PIC16C62×;的数据存储器的某一单元，定义为如下格式：

http://www.avrw.com/article/pic/20068593018621.jpg

       将其分为两个4bit的二进制码：VR=VR3VR2VR1 VR0，VP=VP3VP2VP1V P0。VR控制基准电压源实现4bit D/A转换，VP用于对基准源的输出电压进行4bit PWM（脉宽调制）。PWM的高电平为VR对应的VREF电压值, PWM的低电平为VR-1对应的VREF电压值。如此，以4bit D/A转换基准电压源的两个相邻二进制码对应的两个VREF值，分别作为4bit PWM的高电平和低电平，这就组成一个8bit的D/A转换器。图2、图3为常规PWM与D/A+PWM的区别，常规PWM 的高电平为VDD（如5V），低电平为0V，其原理众所皆知，此处不再详细叙述。本文所述的D/A+PWM其PWM的工作原理与常规PWM的工作原理一样，只是PWM脉冲的高电平与低电平分别由VR 与VR-1的值决定。编程时，首先将待D/A转换的8bit二进制数分成高4位与低4位，低4位存放于PIC16C62×的某一数据存储器R0中，高4位作4次右移(移到字节低端)存放于PIC16C62×的另一个数据存贮器R1中。利用PIC16C64×的一个定时器中断编写PWM程序，PWM的占空比由R0中的值（即VP值）决定。将定时器中断设置为最高优先级别，以保证PWM的占空比精度。此段程序的实质是：在由二进制码VP决定占空比的PWM程序中对VRCON控制寄存器进行赋值操作。PWM脉冲的高电平由向VRCON控制寄存器低4位装入VR产生，PWM脉冲的低电平由向VRCON控制寄存器低4位装入VR-1产生。程序中需判断：当VRH=0时，VR-1对应的REF由前所述的REFL低段值实现。



       OUT即为8bit 的D/A输出。PWM的滤波电路由0、2、1组成，其时间常数根据PWM的周期选定，与具体应用中对D/A转换要求的速度和编程有关。由于PIC16C62×的高速RISC精简指令，D/A转换速度可达到400Kbit /s以上。DD的温漂要求尽量小。OUT可根据需要进行放大或电平变换。

**3   A/D转换器**

       如图1所示，把前述D/A转换输出的OUT模拟信号接到PIC16C62×内部的一个比较器的同相端，待转换模拟信号接到比较器的反相端，这就构成一个典型的逐次逼近型A/D转换器。其原理在许多教科书里讲得非常清楚，本文不再详述。

       由于PIC16C62×具有比较器中断功能，充分利用比较器中断可提高编程效率及提高A/D转换速度。定义一个PIC16C62×的数据存储器单元作为A/D转换结果数据寄存器，启动A/D转换之前在此寄存器内预置一个经验数据，采用前述D/A转换的方法将此数据转换成OUT电平，OUT电平与待转换模拟信号电平进行比较。比较器的同相端电平高于反相端电平时，比较器输出逻辑“1”，并产生一次中断。比较器的同相端电平低于反相端电平时，比较器输出逻辑“0”，也产生一次中断。比较器输出逻辑状态“1”或“0”可从其特殊功能寄存器的相关位查询获取。在比较器中断程序中，根据查询结果逐次修改“A/D转换结果数据寄存器”中的数据，使OUT电平逐次逼近并最终收敛于待转换模拟信号电平，收敛时数据寄存器中的值即为A/D转换结果。收敛算法的优劣是提高A/D转换速度的关键，这与具体应用场合及外围电路参数相关。不过，大多数家电产品应用中被转换的模拟信号为低速缓慢变化信号，对A/D转换速度的要求并不高。因此，对收敛算法的要求不高，通常采用从MSB至LSB逐次进行比较的算法。另外，待转换模拟信号须经过电平变换，使其变化范围与OUT电平的变化范围相一致。

**4   小结**

    PIC16C62×;系列单片机内部有两个独立的模拟比较器，并且其数字I/O口具备直接驱动发光二极管与LED数码管的能力。采用本文所述的A/D、D/A转换器原理的应用电路只占用其内部一个模拟比较器、一个基准源、4个引脚的资源，外围电路也很简单，应用系统容易做到体积小、可靠性高、性价比好 。缺点是A/D、D/A的转换速度较慢并占用单片机的大量时间资源，适合于低速变化的信号应用。

参 考 文 献   
1 MICROCHIP. PIC16C62× DATA SHEET. 1997. 10 ~ 22