

自动校准技术将DAC的失调误差减至1mV以下

作者: Ken Kavanagh

对于N位的双极性数模转换器(DAC)来说,其传递函数为:

$$A = \left(\frac{D}{2^{N-1}} \times G \times V_{FS} \right) - V_{FS} + V_{OS},$$

其中: A 为模拟输出, D 为数字输入, G 为增益, V_{FS} 为满量程额定电压, V_{OS} 为失调电压。对于一个理想的DAC而言, $G=1$ 且 $V_{OS}=0$ 。

系统需求以及失调误差指标将决定是否需要校准。虽然16位、16通道的DAC AD5360¹在出厂时已经调校过,但仍有几个毫伏的失调电压。下面的例子将介绍如何利用简单的算法将未知的失调误差降至1mV(典型值)以下。该技术可以用于工厂校准,也可用于DAC生命周期中任何时候的失调校准。

AD5360的偏置DAC被用来设定输出范围,该输出范围可以是单极性正电压、单极性负电压、双极性中心对称或者双极性不对称。当采用5V基准时,偏置DAC将输出范围设置到缺省值,即±10V。此偏置DAC也有一个失调误差。16路DAC输出在出厂时已通过此偏置DAC被调校为缺省值,故误差已消除。因为偏置DAC是可变的,故其失调误差将会影响主DAC输出的失调误差。

AD5360的两个特性简化了失调校准:一个是GPIO引脚,它可以通过读取一个寄存器来确定其状态;另一个是集成式监控多路复用器,它可以在软件的控制下将16路DAC输出中的任何一路,或者两个外部电压切换到一个单引脚上。

工作原理

失调校准的具体过程如下:比较器监控两路电压,一路是MON_OUT,即包含未知失调电压的DAC输出,另一路是SIGGND,即DAC的参考地。比较器的输出将指明该失调电压是高于还是低于SIGGND,然后增加或减小DAC的输出,直到比较器的输出反转,表示DAC的输出逼近

SIGGND,这样比较器已经可以检测出来。比较器输出连接到GPIO引脚,通过读取相应的寄存器即可获得其状态。图1为电路原理图。

AD5360的多路复用器将选定的DAC输出连接到MON_OUT。其开关存在一个虽然较小但还是有一定量的导通电阻R_{DS},故从MON_OUT汲取的任何电流都将会在R_{DS}上产生一个压降,从而引起输出误差。为了避免这一点,可利用AD8597²低噪声放大器对MON_OUT进行缓冲。位于放大器后面的低通滤波器减小了高速精密比较器所呈现的噪声,进而防止了伪触发。AD790³可工作于±15V电源下,因此能够与AD5360兼容。此外,AD790最大差分输入电压为15V,故可以耐受AD5360的输出电压,无需衰减。在图1中,如果通道失调电压为正,则比较器输出将为低电平,表明要消除失调电压,就需要降低输出电压。而当通道失调电压为负值,则比较器输出为高电平,表明要消除失调电压,就需要增加输出电压。

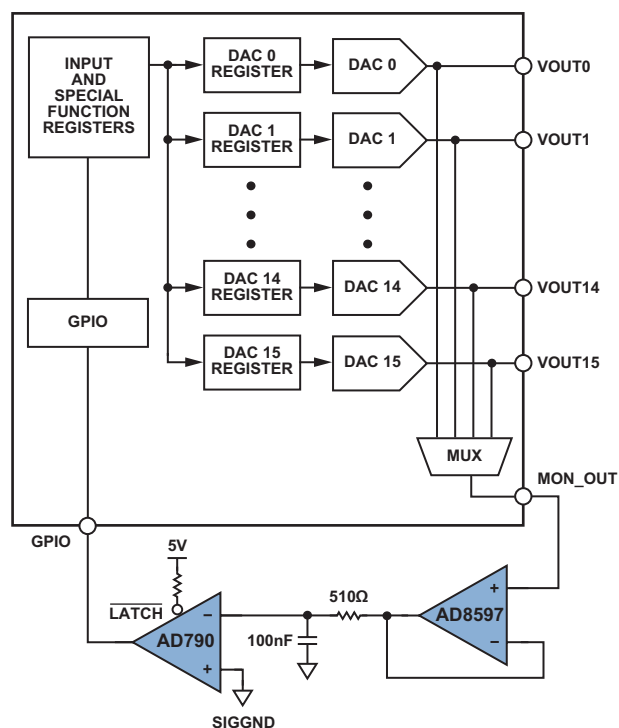


图1. 失调校准电路原理图。

如何配置AD5360的监控多路复用器和GPIO

将0x0C002X写入到监控器的专用功能寄存器中, 这里X为所需的输出通道, 来激活监控多路复用器并选择所需的通道。此时, MON_OUT将给出与所选通道相同的输出电压。GPIO专用功能寄存器的Bit0代表GPIO引脚的状态。关于读写寄存器的信息请参考AD5360的数据手册。

通道校准

图2显示了具体的校准过程。对DAC通道加载0x8000, 理想情况下这应该提供等于SIGGND (即0 V) 的电压。此例中假定DAC通道的失调电压为负值。读取GPIO寄存器, 显示比较器输出为低电平, 表明必须增加输入, 直到比较器输出反转。随着逐渐增大的代码写入DAC输入寄存器, GPIO寄存器不断被读取, 直至比较器的读数反转。图2显示, 代码为0x8009时, 此反转发生。AD790有一个最大为0.65mV的滞后, 为了更精确地确定DAC的失调电压, 反过来再减小DAC代码。当代码为0x8006时, 比较器输出再次发生反转。因此, 使输出逼近SIGGND的代码应该位于0x8006和0x8009之间。本例中, 代码0x8007是较好的选择, 但利用该系统无法确定哪个代码将会实现最佳的输出。由于比较器和运算放大器的失调问题, 因此无法确定比较器的两个触发点之间究竟哪个代码为最佳结果, 但无论哪种情况, 此DAC通道偏离SIGGND的误差通常<1mV。

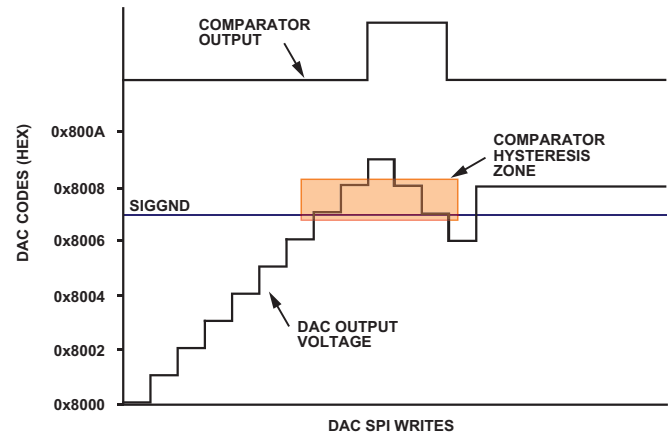


图2. 校准过程。

结束语

利用本文阐述的技术方案, 只需要一个软件算法和少量的外部元器件, 即可将未知的失调误差减小到1mV以下。

参考文献

- 1 www.analog.com/cn/products/digital-to-analog-converters/da-converters/ad5360.html
- 2 www.analog.com/cn/products/amplifiers/operational-amplifiers/high-voltage-amplifiers-greaterthanequalto-12v/ad8597.html
- 3 www.analog.com/cn/products/linear-products/comparators/ad790.html

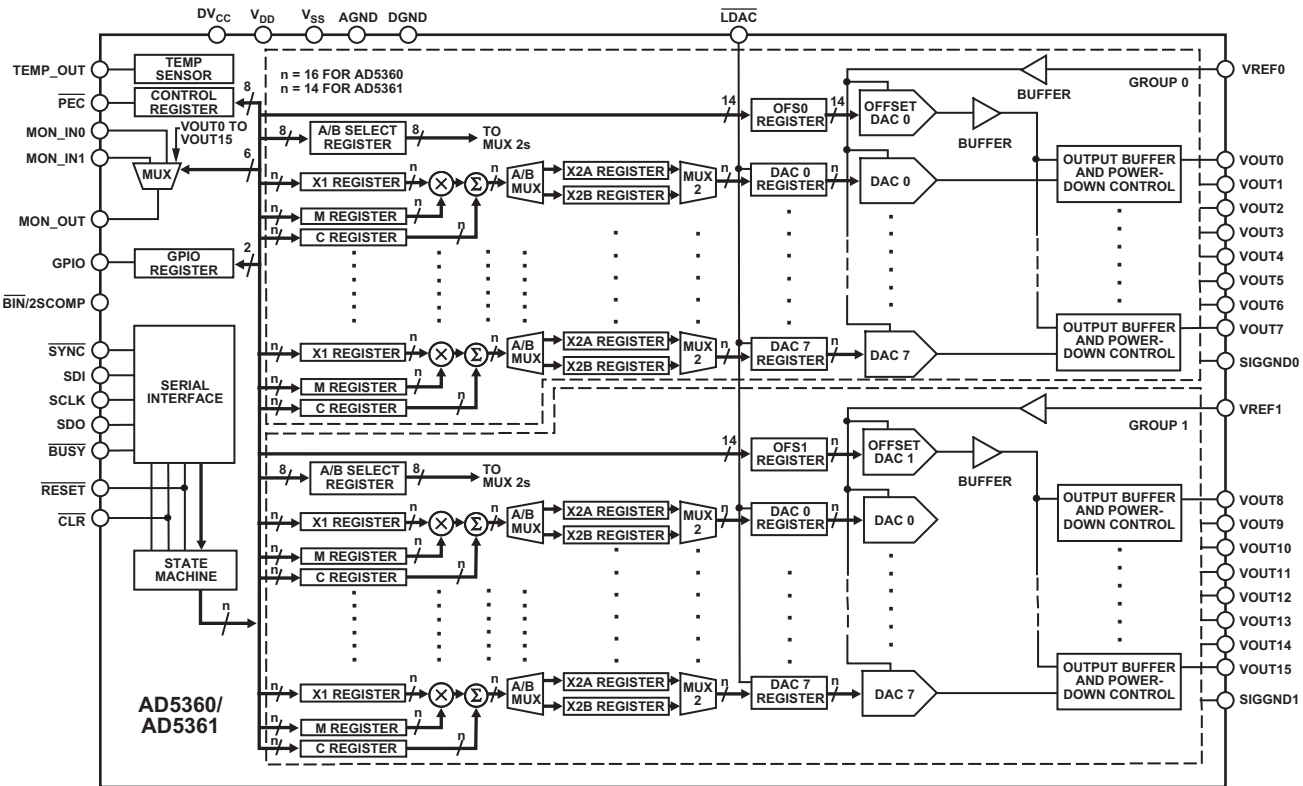


图3. AD5360功能框图