

如何计算集成斩波放大器的ADC转换器的失调误差和输入阻抗

作者: Miguel Usach

典型DPD应用

模数转换器(ADC)中集成的缓冲器和放大器通常是斩波型。有关这种斩波实现的例子,可参见AD7124-8和AD7779数据手册。需要这种斩波技术来最大程度地降低放大器的失调和闪烁噪声(1/f),因为与其他工艺(如双极性工艺)相比,CMOS晶体管噪声高,难以匹配。通过斩波,放大器的1/f和失调转换到较高频率,如图1所示。

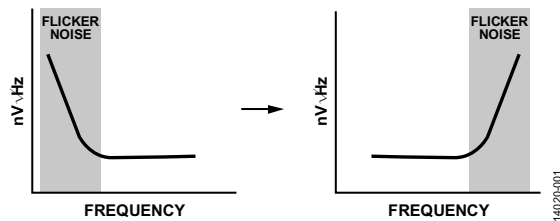


图1. 闪烁噪声(1/f)与斩波

在斩波转换过程中,开关的电荷注入会引起电流尖峰,进而使施加于ADC输入端的电压产生方向不定(流入和/或流出)的下降或尖峰。压降与连接到ADC输入段的传感器的输出阻抗成比例。

平均电流值

一般而言,数据手册不会提供电流峰值,因为它难以测量,而且不会增加任何有意义的信息。该信息之所以无意义,是因为缓冲器的斩波频率高于ADC的输入信号带宽。因此,输入引脚上添加的低通滤波器(用来消除高于奈奎斯特频率的频率或信号音,或用来降低耦合噪声)会对峰值电流进行平均,如图2所示。

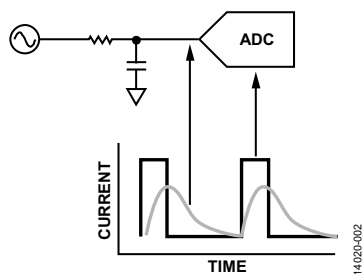


图2. 输入电流与时间的关系

用电流表测量输入电流,一端连接到VDD/2,另一端连接到ADC的模拟输入引脚。

如果电流表连接到其中一个电压轨,由于输入电压裕量的关系,测得的电流可能高于数据手册中的规格值。

输入电流与输入阻抗的关系

输入阻抗规格对精确计算直流误差没有帮助,因为与ADC内部输入阻抗引起的负载效应相比,输入偏置电流是最主要的贡献因素。

有两个规格与输入偏置电流相关:绝对电流和差分电流。

绝对值(I_{ABSOLUTE})是在任意模拟输入引脚测得的输入电流。差分输入电流($I_{\text{DIFFERENTIAL}}$)是在模拟输入引脚对之间测得的电流差。这仅适用于差分输入ADC。

如何计算直流误差

输入电流产生一个失调电压(V_{OFFSET}),后者与连接到输入引脚的阻抗直接相关。

如图3所示,产生的失调电压一般为:

$$V_{\text{OFFSET}} = I_{\text{ABSOLUTE}} \times R$$

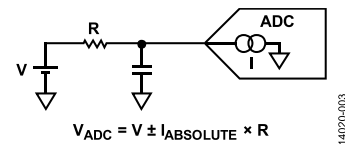


图3. 漏电流引起的压降

如果用运算放大器等低阻抗源驱动模拟输入引脚,误差将不很明显。

ADC测得的误差取决于施加的输入信号类型,例如是真差分输入信号还是伪差分/单端输入信号。

对于真差分输入信号,假设输入电阻(R)完全匹配,那么ADC测得的误差将是由模拟输入引脚对之间的差分输入电流引起,如下式所示:

$$V_{\text{ADC}} = V \pm I_{\text{DIFFERENTIAL}} \times R$$

其中, V_{ADC} 为ADC输入电压。

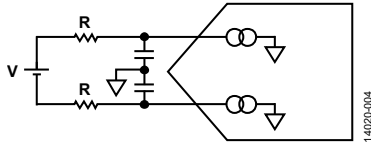


图4. 差分输入ADC

如果电阻不是完全匹配，则在差分输入电流贡献之外，电阻不匹配也会产生一个误差。

一般而言，假设电阻容差为1%，那么最差情况下的失调电压定义如下：

$$V_{\text{OFFSET}} = 2 \times I_{\text{ABSOLUTE}} \times 1\% R + I_{\text{DIFFERENTIAL}} \times (R)$$

对于伪差分/单端输入信号，有两种情况：

- 一个模拟输入连接到低阻抗源(参见图5)。误差定义为：

$$V_{\text{OFFSET}} = R \times I_{\text{ABSOLUTE}}$$

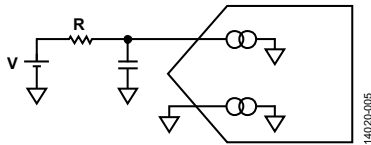


图5. 伪差分/单端ADC

- 两个输入均连接到高阻抗源(参见图6)。误差与使用真差分信号的情况相同。

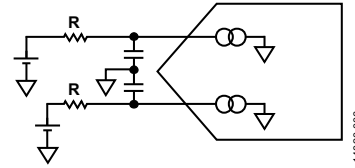


图6. 伪差分ADC

交流误差

交流分量与输入阻抗规格直接相关。输入阻抗可以是阻性或容性。若输入阻抗为容性，则给定频率下的阻抗计算如下：

$$Z_C = \frac{1}{2 \times \pi \times C_{IN} \times f_{IN}}$$

其中：

Z_C 为输入阻抗。

C_{IN} 为数据手册给出的输入电容。

f_{IN} 为输入频率。

举个例子，假设有8 pF电容和1 kHz输入带宽，则最小输入阻抗约为20 MΩ。

误差最小化

为使低通滤波器中电阻不匹配引起的误差最小，最好使用小电阻和大电容，因为电阻产生的失调和约翰逊噪声较低。