

AD7190、AD7192、AD7193、AD7194和AD7195的斩波

作者: Mary McCarthy

简介

斩波是一种用于降低失调误差、失调误差漂移和其它低频误差的技术。本应用笔记说明如何实施斩波以及斩波的好处。

失调误差

失调电压误差会在信号处理链的许多地方出现,例如:当两种异质金属接合时,会产生与温度相关的热电偶电压。在ADC等集成电路内部,存在许多失调误差源,例如:仪表放大器引起的失调,采样开关闭合时注入采样电容的电荷,以及电磁辐射干扰。这些失调一般是不受欢迎的,如果它们随温度而变化,则还会带来麻烦,因此一次性校准不足以消除整个温度和电源范围内的失调误差。

斩波

在 Σ - Δ 调制器的各种放大器内部产生的失调,一般可以通过本地斩波或放大器的自稳零机制消除。但是,这些方法无法消除其它失调误差。这些ADC采用的解决方案是对ADC内部的整个模拟信号链进行斩波,消除所有失调和低频误差,使得失调误差和失调误差漂移极小。斩波方案如图1所示。

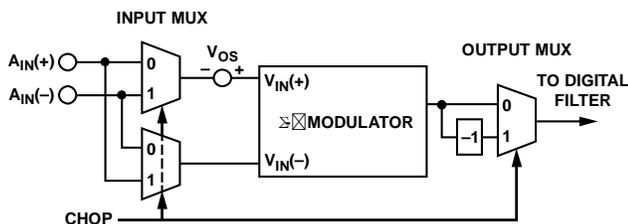


图1. 斩波

调制器的差分输入在输入多路复用器上交替反相(或斩波),针对斩波的每个相位执行一次ADC转换。调制器斩波在输出多路复用器中反转,然后送入数字滤波器。

如果 Σ - Δ 调制器的失调表示为 V_{OS} ,则斩波为0时的输出为:

$$(A_{IN(+)} - A_{IN(-)}) + V_{OS}$$

斩波为1时的输出为:

$$-[(A_{IN(-)} - A_{IN(+)} + V_{OS})]$$

在数字滤波器中对以上两个结果求平均值可以消除误差电压 V_{OS} ,得到:

$$(A_{IN(+)} - A_{IN(-)})$$

它等于无失调项的差分输入电压。

结果/校准

其结果是消除ADC内部的任何失调误差,还有更重要的,是将因温度引起的任何失调漂移降至最小。这些ADC的典型漂移为 ± 5 nV/ $^{\circ}$ C。事实上,如此小的漂移几乎无法测量。从输入多路复用器到调制器输出的整个模拟电路都被斩波,因而不需要ADC失调校准。

ADC的典型失调误差为 ± 0.5 μ V,其测量方法是将0 V外部电压施加于安装到PCB插槽中的器件。因此,该误差大部分是各种触点(PCB走线、焊点、引脚架构、焊线、芯片金属化等)所用不同金属引起的热电偶误差。

目录

简介.....	1	输出数据速率.....	3
失调误差.....	1	频率响应.....	3
斩波.....	1	均方根噪声.....	4
结果/校准.....	1	结束语.....	4
了解阶跃响应.....	3		

修订历史

2011年10月—修订版0：初始版

了解阶跃响应

ADC需要针对斩波= 0和斩波= 1执行转换，因此ADC的第一个输出需要两个转换周期($2 \times t_{\text{ADC}}$)，建立时间为两个转换周期。后续输出只需要一个转换周期(t_{ADC})。

两次转换的延迟发生在通道改变后、PGA改变后或ADC工作模式改变后(例如，发生在退出关断模式之后，因而不会产生中间/无效输出——通道改变后的第一个输出100%建立至新通道电压)。

如果模拟输入由于ADC的外部原因发生阶跃变化，例如传感器输出突然改变或外部多路复用器切换，ADC不会自动检测到已发生变化，它产生的输出为新输入与旧输入的加权平均值，除非在外部多路复用器切换时中断转换器，然后重新启动ADC以开始全新转换，此时它将在 $2 \times t_{\text{ADC}}$ 后产生一个输出。

输入信号发生变化后，ADC产生中间值是正常现象，这种行为与模拟滤波器相同。如果模拟低通滤波器的输入发生阶跃变化，在一定时间内，输出反映的是旧模拟输入与新模拟输入的组合值。只有经过足够数量的时间常数后，滤波器的输出才能完全反映新输入值。

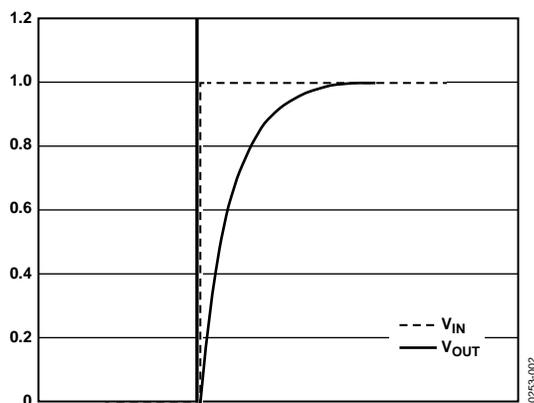


图2. 模拟滤波器阶跃响应

这些 Σ - Δ 型ADC内置一个具有确定3 dB频率和建立时间的低通滤波器，因此，虽然脉冲/阶跃响应的持续时间有限，但其离散时间响应相似。

对于这些ADC，唯一可能出乎意料特性是模拟输入发生变化后，可能会产生两个中间输出(禁用零延迟模式)。这是斩波导致的后果，斩波ADC输出等于当前ADC转换结果与前一转换结果的平均值。

如果模拟输入在ADC转换周期的中途发生变化，则当前ADC转换结果反映的是旧模拟输入和新输入的组合值，平均结果为中间输出。

下一个(非平均)转换结果精确反映新输入。然而，与前一转换结果平均时，它还无法给出最终值，因此产生第二个未建立的输出。只有第三个输出才是完全建立的(见图3)。

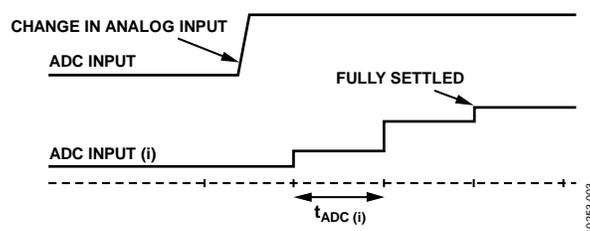


图3. 模拟输入电压的异步变化

输出数据速率

这些ADC内置一个 sinc^3 滤波器和一个 sinc^4 滤波器。滤波器通过Single位选择。滤波器阶数会影响ADC提供的输出数据速率。关于不同滤波器选项对应的输出数据速率和建立时间，请参阅应用笔记AN-1084。

频率响应

斩波也会影响频率响应，不过这种影响大部分时候是有利的。平均操作会在响应中的 $f_{\text{ADC}}/2$ 奇数倍数处设置陷波， f_{ADC} 为输出数据速率。这些陷波可以改善50 Hz/60 Hz抑制性能。例如，如果输出数据速率为12.5 Hz并且选择 sinc^4 滤波器，则 sinc 滤波器会设置50 Hz的陷波，而斩波则会设置56.25 Hz的陷波。56.25 Hz的陷波可提供60 Hz抑制。

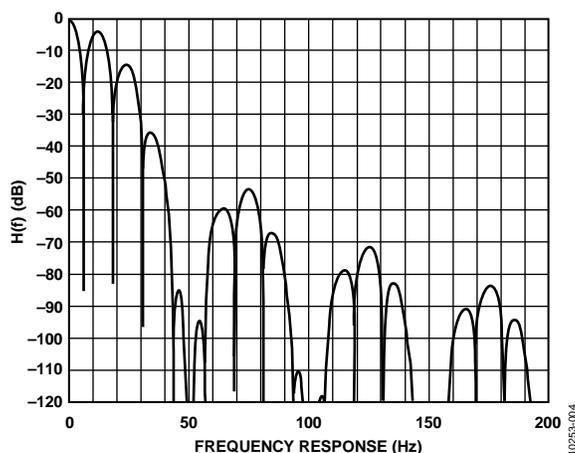


图4. 频率响应(Sinc^4 、12.5 Hz输出数据速率、 $\text{REJ60} = 0$)

如果位REJ60设为1，则一阶陷波位于60 Hz，可以改善50 Hz/60 Hz抑制性能。

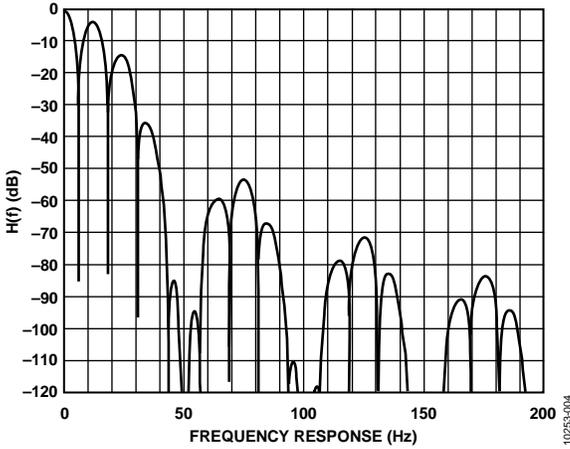


图5. 频率响应(Sinc⁴、12.5 Hz输出数据速率、REJ60 = 1)

表1列出了选择sinc³或sinc⁴滤波器、在REJ60 = 0和REJ60 = 1两种情况下实现的抑制性能。

表1. 选择Sinc³和Sinc⁴滤波器时的50 Hz/60 Hz抑制性能

Sinc滤波器阶数	Sinc ³	Sinc ⁴
FS[9:0]	96	96
输出数据速率	16.6 Hz	12.5 Hz
50/60 Hz 抑制 (±1 Hz)		
REJ60 = 0	53 dB	63 dB
REJ60 = 1	73 dB	83 dB

均方根噪声

作为斩波的一部分而执行的均值操作可以降低均方根噪声。噪声性能提高 $\sqrt{2}$ 倍，相当于峰峰值分辨率和有效分辨率提高0.5 LSB。

结束语

斩波的主要作用是消除失调误差。对于ADI公司的这些ADC，斩波可以出色地消除失调。此外，斩波还能带来其它好处，例如：降低均方根噪声，以及在滤波器响应中设置额外的陷波用于50/60 Hz抑制。