

Σ-Δ型ADC上的PGA

作者: Adrian Sherry

简介

AD7708/AD7718、AD7709、AD7719、以及AD7782/AD7783 高分辨率Σ-Δ型ADC全部在Σ-Δ调制器输入端集成了可编程增益放大器(PGA), 如图1所示。

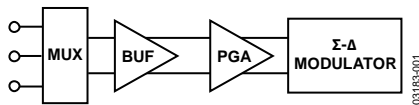


图1. 采用PGA的Σ-Δ型ADC

本应用笔记将讨论该PGA的用处和优点。

输入范围

AD7708/AD7709/AD7718/AD7719的可编程增益放大器(PGA)为ADC提供八种输入范围。2.5 V基准电压下, 这八种范围(标称值)在差分模式下为±2.56 V、±1.28 V、±640 mV、±320 mV、±160 mV、±80 mV、±40 mV和±20 mV。单极性模式下, 范围为0 V至2.56 V, 依此类推。如果基准电压增倍至5 V, 则每种范围的最大满量程输入翻倍, 同样, 如果基准电压减半, 则满量程范围也减半。因此, 任何PGA设定的实际信号范围为:

$$\pm \frac{V_{REF} \times 1.024}{2^{7-RN}}$$

其中RN为3位信号RN[2:0]值。假定基准电压为2.5 V, 则RN[2:0] = 111时的范围等于±2.56 V, 也称为增益为1的输入范围。AD7782/AD7783上提供两种范围, ±2.56 V和±160 mV。

超量程能力

当RN[2:0] = 111时, 2.5 V基准电压下的输入范围为±2.56 V, 即最大满量程输入为基准电压输入的1.024倍。这充分说明ADC具有2.4%的超量程能力, 因此ADC可以转换稍高于基准点压的信号。执行系统满量程校准时需考虑此点, 使用+V_{REF}的进行系统满量程校准, 输入范围将变成+V_{REF}, 即使用+2.5 V进行系统满量程校准后, 输入范围是±2.5 V。内部满量程校准会将V_{REF}从内部连接至ADC输入端以便进行校准, 但校准程序将补偿2.4%的超量程, 使校准后的范围变为±2.56 V。

噪声和分辨率

具备PGA的主要好处是在增益增加时可减少噪声(μF)。实际上, 输入信号在施加于ADC前已放大, 但噪声贡献不会以同样的倍数放大, 这使得信噪比得以改善。增益提高一倍时, 噪声并不会减半, 因此选择较高增益时分辨率(单位为位)会减小(高增益设置下的LSB小于低增益设置下的LSB)。不过, 当信号较小时使用高增益确实会改善信号范围内的分辨率。

例如, 被转换信号满幅为20 mV, 若将ADC配置为20 mV输入范围, 则转换时ADC的均方根噪声为0.52 μV, 但如果使用2.56 V输入范围转换同一信号, 噪声将变为2 μV。因此, 在高增益范围(20 mV)内可实现20 mV的150 ppm峰峰值噪声分辨率, 但在2.56 V范围内只能实现20 mV信号的600 ppm峰峰值分辨率。

表1显示的是AD7719在给定更新速率下相对于所有范围的典型噪声。

表1. AD7719在19.79 Hz更新速率下的非缓冲模式均方根噪声

	±2.56 V	±1.28 V	±640 mV	±320 mV	±160 mV	±80 mV	±40 mV	±20 mV
均方根噪声	2.0 μV	1.21 μV	0.82 μV	0.56 μV	0.56 μV	0.56 μV	0.56 μV	0.52 μV
峰峰值分辨率	18.5位	18位	17.5位	17位	16位	15位	14位	13位

目录

简介.....	1	范围匹配.....	3
输入范围.....	1	校准.....	3
超量程能力.....	1	失调寄存器.....	3
噪声和分辨率.....	1	输入电流.....	4
修订历史.....	2	小结.....	4
失调误差.....	3		

修订历史

2011年1月—修订版0至修订版A

格式更新.....	通篇
更改“输入电流”部分.....	4

2003年2月—修订版0：初始版

失调误差

许多其他ADC均具有PGA，改变输入范围时会出现一个问题，即ADC失调会随范围变化，因此改变增益后一般需要进行失调校准。不过，对于该系列的斩波ADC，ADC失调误差微不足道，因此改变范围时ADC失调没有明显变化。如果在禁用斩波的情况下使用AD7708或AD7718，改变输入范围时应执行失调校准。

范围匹配

早先的设计中，PGA依赖二进制加权电路元件等技术，这类元件会选择性地接通或切断从而改变增益。由于这些组件间存在生产制造过冲中的不匹配，范围改变时，增益不会准确地放大两倍，也就是说实际增益与标称增益值会有偏差。

ADI公司的该系列ADC使用专有开关方案，利用按比例调整的采样速率实现PGA。这样可以获得不同范围间的出色匹配，也就是给定模拟输入在不同范围内转换为很相近的值。范围匹配规格的典型值为 $\pm 2\ \mu\text{V}$ ，这表示所有八个范围内固定输入转换结果间通常仅有 $\pm 2\ \mu\text{V}$ 的差异。(请注意，2.56 V范围内的峰峰值噪声大于 $2\ \mu\text{V}$ ，所以这里指多次转换的平均直流结果而非单个读数。)

极小的失调误差和精确的增益匹配相结合，使用ADC自动增益控制的过程大大简化。如果输入信号电平很低，改为更高增益可以获得更好的分辨率，而如果信号超出ADC量程，则可以选择并立即使用较低一档增益设置，过程中无需重新校准ADC。

图2显示的是在所有八个范围内进行转换的19.92 mV信号。范围改变时，未执行失调或增益校准。可以看出，在八个范围内，平均代码差异仅为 $2\ \mu\text{V}$ 至 $3\ \mu\text{V}$ 。

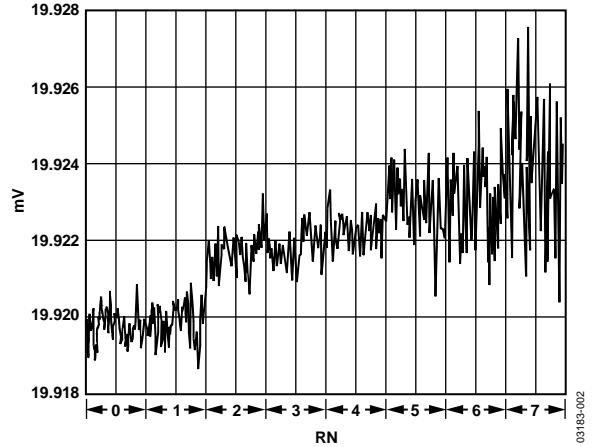


图2. 所有范围内的范围匹配

校准

精确的增益跟踪使得一个增益设置下执行的ADC校准在其他增益设置下仍然有效。以前，每当增益改变，大多数具有PGA的ADC必须重新校准，这降低了ADC吞速率；而现在，执行一次ADC增益校准便足够。这样ADC只需在工厂执行2.56 V范围上的校准，便可用于任何其他范围，无需重新校准。

AD7708/AD7718/AD7719虽然提供了内部ADC校准模式，但仅在ADC工作条件与数据手册内提供的工厂校准条件存在巨大差异的情况下才有必要使用。根据数据手册内提供的PSR、增益漂移与温度规格的关系，可以确定估计增益变化。如果最大预期增益变化高于应用的误差预算，则可定期执行重新校准。

失调寄存器

有一种情况下AD7708/AD7718/AD7719在不同输入范围会得到明显不同的转换结果：失调寄存器的值为默认8000(00)H以外的值(经过系统失调校准或用户对失调寄存器进行配置)。失调寄存器LSB的权值取决于选定范围，因此8001(00)H值在2.56 V范围内移除的失调量是1.28 V范围的两倍。如果在ADC接收非零模拟输入时针对一个范围执行系统失调校准，校准后此电压在当前输入范围会得到零的输出结果，但一旦将相同输入转换至另一范围，则会得到非零ADC结果。因此，如果失调寄存器含有默认8000(00)H以外的值，改变范围时需注意其影响。

AN-610

输入电流

在改变增益时，PGA会更改信号输入采样速率和基准输入采样速率，从而改变开关电容电路的动态负载。这可能因外部源阻抗带来增益和/或线性误差。

不过，由于PGA之前的ADC输入端具有缓冲器，模拟输入仅吸收极少电流，且该电流不会随输入范围变化。AD7719可绕过缓冲器工作，这种情况下必须注意外部电阻和电容组合。

对于2.56 V至320 mV范围，引脚处的基准输入端采样速率固定在524 kHz，同时基准采样电容也是固定值，因此不同范围内的基准电流并无变化。所以，由基准输入处的电阻引起的任何增益误差在这些范围内保持不变。

如果基准电流随范围变化，则外部电阻/基准源电容引起的任何增益误差也将随范围变化，具有出色范围匹配的ADC的优点便无从体现。这些ADC的基准电流在较高增益范围

时确实会改变，因此，如果改变PGA增益时涉及高增益，且基准电压输入端有外部阻抗，则需要采取应对措施(添加基准缓冲)。

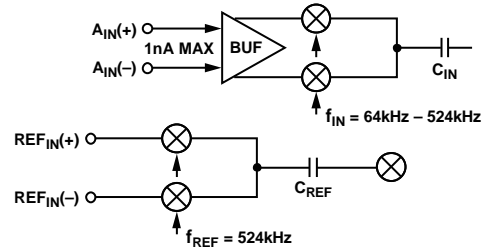


图3. 输入和基准电压模型

小结

该ADC系列上的PGA具有高增益下高分辨率/低噪声的优点，且无需在每次改变范围时进行定期校准。缓冲输入和新的基准电压采样方案避免了前代可变范围ADC上存在的许多问题。