

# 非常见问题解答-第155期

## 直击增益范围：利用仪表放大器获得多个增益范围

作者：Scott Hunt



问：

我有一个仪表放大器，但我需要更宽的动态范围，而不是单一增益。我可以通过多路复用增益电阻来获得可编程增益吗？



答：

为了实现高精度传感器测量动态范围的最大化，可能需要使用可编程增益仪表放大器(PGIA)。由于大多数仪表放大器使用外部增益电阻( $R_G$ )来设置增益，似乎通过一组多路复用增益电阻就可以实现所需的可编程增益。虽然这是可能的，但在以这种方式将固态多路复用器施加于系统之前需要考虑三个主要问题：电源与信号电压的限制、开关电容和导通电阻。

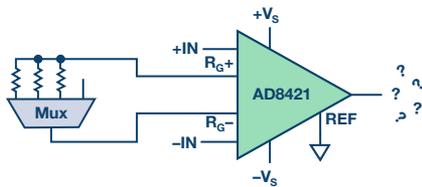


图1. AD8421 PGIA带有多路复用器。

保持在信号电压范围内

固态CMOS开关需电源供电。源电压或漏极电压超过电源电压时，故障电流流过，会导致输出不正确。每个电阻 $R_G$ 引脚的电压通常处于二极管相应输入端的压降范围内；因此，该开关的信号电压范围须大于仪表放大器的输入范围。

考虑电容

该开关电容类似于将电容悬于其中一个 $R_G$ 引脚上，并保持另一个 $R_G$ 引脚不变。足够大的电容可能导致峰化或不稳定，但更容易被忽视的问题是对共模抑制比的影响。在电路板布局中，接地层一般从 $R_G$ 引脚下方移除，因为小于1 pF的电容不平衡会大大降低AC CMRR。开关电容可为几十pF，会导致较大误差。以具有完美CMRR的仪表放大器为简单示例，不存在 $R_G$ ，仅在一个 $R_G$ 引脚上存在电容，由电容引起的CMRR的估算如下：

$$CMRR(f) = -20 \times \log_{10}(f \times 2\pi \times C_{RG} \times RF)$$

例如，如果内部反馈电阻 $RF = 25 \text{ k}\Omega$ ， $C_{RG} = 10 \text{ pF}$ ，则10 kHz时的CMRR仅为36 dB。这表明需要使用低电容开关或平衡开关架构，如图2所示的SPST开关。

关于阻抗

最后，根据仪表放大器的增益公式，开关的导通电阻直接影响增益。如果导通电阻足够低，以至于仍能实现所需增益，这或许可行。然而，此开关的导通电阻随漏极电压发生变化（指定为 $R_{FLAT(ON)}$ ）。开关电阻的变化使增益既依赖于共模电压，又会产生非线性效应。例如，使用1 k $\Omega$ 的 $R_G$ 和具有10  $\Omega$   $R_{FLAT(ON)}$ 的开关，在共模范围内会引起1%的增益不确定性。一部分将转化为差分信号（即2  $\Omega$ 变化将会引起2000 ppm的非线性度）。这表明需要使用低导通电阻开关，与上述建议的低电容开关截然相反，因为大尺寸晶体管器件尺寸可实现低导通电阻，而小尺寸晶体管可实现低电容。ADG5412F故障保护四通道SPST开关在许多情况下提供了很

好的解决方案。这些故障保护开关的架构能够提供 $10\ \Omega$ 的导通电阻，在整个信号范围内，导通电阻曲线非常平坦，并且关断电容仅为 $12\ \text{pF}$ 。

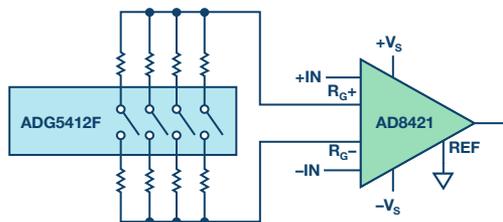


图2. 采用ADG5412F四通道SPST和AD8421的平衡式PGIA。

### 了解替代方案

如果这些电路仍不能满足设计要求，还可以采用其他方法来实现仪表放大器的可编程增益功能。强烈建议选择集成式PGIA（如果有合适的）。集成式PGIA旨在实现高性能、更小的尺寸，比分立

解决方案的寄生效应更少，并且规格包含内部开关效应。AD8231、AD8250/AD8251/AD8253以及LTC6915便是集成式PGIA很好的例子。此外，还有一些更高集成度的解决方案包含此功能，如AD7124-8和ADAS3022。

### 结论

仪表放大器是在芯片级尽可能保持平衡的高精度元件，以实现共模抑制。使用固态开关的确有可能构建可编程增益仪表放大器，但是这种方式也非常容易使仪表放大器失去其特有的平衡，同时降低电路精度。为了进行必要的取舍，需要考虑开关的非理想效应。平衡开关架构和现代开关（如ADG5412F）是优化这些设计的利器。建议使用集成式PGIA，因为它们已经在规格中考虑了开关效应。

Scott Hunt [scott.hunt@analog.com] 是ADI公司线性和精密技术部（美国马萨诸塞州威明顿市）的系统应用工程师，主要从事精密仪器仪表工作。Scott于2011年作为一名产品应用工程师加入ADI公司，负责仪表放大器高性能集成式精密放大器。他拥有伦斯勒理工学院电气和计算机系统工程学士学位。Scott荣获ADI公司2015年杰出技术写作奖和2015年杰出计划支持奖。



Scott Hunt

该作者的其他文章：

[如何避免用电桥传感器进行设计时陷入困境](#)

第48卷，第1期