

设计内置低噪声仪表放大器的高性能系统

Gustavo Castro, Scott Hunt,

马萨诸塞州威明顿市ADI公司集成放大器产品部门应用工程师

什么是低噪声仪表放大器?

低噪声仪表放大器是一种非常灵敏的器件,它能够在噪声比较大的环境中或共模电压比较大的应用中对非常微弱的信号进行测量。仪表放大器通过抑制两个输入端的共模电压和放大输入端的差模电压来测量信号。低噪声仪表放大器宽带噪声极低,且1/f噪声转折频率低,因此,能满足大多数精密信号的处理。

哪种系统需要低噪声仪表放大器?

通常,低噪声仪表放大器用在需要精密放大功能和需要对传感器信号调理的系统中。此类系统生成的信号太弱,无法直接为数据转换器所用。一些传感器生成的窄带信号的强度可能非常微弱,而有些传感器可在较宽带宽范围内产生各种频率的时变信号,在这两种情况下,都需要将这些信号放大,使得信号高于系统的噪底。在高共模电压(通常为交流电力线频率)条件下,系统必须在噪声环境下保持其应有的性能。

什么应用需要用到这种放大器?

低噪声仪表放大器可应对当今某些最

严峻的挑战。这些挑战要求信号监控、数据分析和物理测量工具具备精密放大功能。它们的应用场合如下:

- 采矿和能源开采所需的数据记录系统
- 用于校正心律失常的心脏导管消融术所需手术器械
- 用于提高机械和车辆安全性的模态振动分析工具

其它应用包括麦克风前置放大器、声波换能器、压电传感器调理、血压监测仪、脑瘤诊断仪(EEG)、心电监护仪(ECG)、磁传感器调理和电源监测仪。

仪表放大器的噪声是如何定义的?

与运算放大器类似,仪表放大器将噪声折合到输入端。但与运算放大器不同的是,仪表放大器还具有输出级的噪声(e_{no}),必须用该值除以增益,以获得RTI值。折合到放大器输出端的噪声(RTO)等于RTI噪声与放大器的增益的乘积。

如何计算总噪声密度?

仪表放大器的噪声模型见图1。如需获得总噪声,必须要考虑放大器输入端的源电阻。任何与仪表放大器相连的传感器都有输出电阻,电阻值可能因传感器的类型不同而有较大差异。串联电阻用于保护仪表放大器,这些电阻阻值之和

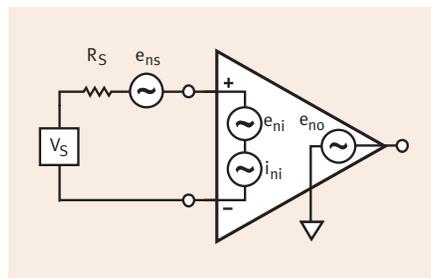


图1: 简单的仪表放大器噪声模型

构成了总源电阻(以 R_S 表示),如上图。该电阻值对噪声的影响有两方面。无论制作多么精良的电阻都会产生极低的热噪声,该噪声与阻值的平方根成比例。此外,电流噪声(i_{ni})流过 R_S 可转化为一个电压。因此,三个主要噪声源为:与 R_S 无关的电压噪声(e_{ni} 和 e_{no})、源电阻的热噪声(e_{ns})和电流噪声(i_{ni})。

将这些噪声综合起来,可以获得总噪声密度,计算公式如下:

$$\text{总RTI噪声(nV}/\sqrt{\text{Hz}})=\sqrt{(e_{ns})^2+(e_{ni})^2+(e_{no}/G)^2+(i_{ni}*R_S)^2}$$

欲获得关于放大器电路噪声的详细分析资料,请参阅应用笔记AN-940。

如何选择最符合应用需要的低噪声仪表放大器?

输入电压噪声数值($\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$)最低的仪表放大器不一定是最佳的低噪声仪表放大器。在对噪声敏感的应用中,要找到

最佳放大器，必须考虑增益、源电阻和频率范围。图2显示了ADI公司三款仪表放大器的总噪声密度。这里，横轴是源电阻阻值，范围为10欧姆到10G欧姆。

注意，无论选择哪种放大器，当 R_s 值较低时，电压噪声为主要噪声，而当 R_s 值较高时，电流噪声为主要噪声。在给定源电阻值的情况下，可以利用下面公式确定哪种噪声为主要噪声。

R_L (单位: k Ω)=

$$\frac{(\text{总电压噪声 (nA}/\sqrt{\text{Hz}})^2}{16}$$

R_H (单位: k Ω)=

$$\frac{16}{\text{放大器电流噪声 (pA}/\sqrt{\text{Hz}})}$$

如果源电阻低于 R_L ，则电压噪声为主要

噪声，这时，应该选择电压噪声较低的放大器。而如果源电阻高于 R_H ，则电流噪声为主要噪声，这时，应该选择电流噪声较低的放大器。

在上述示例中，当 R_s 值为5k Ω 到10k Ω 之间时，这些放大器的噪声性能会非常接近，甚至相同。这时，需要考虑优化系统的其它参数(如: 带宽、功率、失真、成本)。

我可以自己构建低噪声仪表放大器吗?

可以自己构建分立式低噪声仪表放大器，但必须克服某些困难。例如: 必须保证高共模抑制、低漂移、高带宽和低

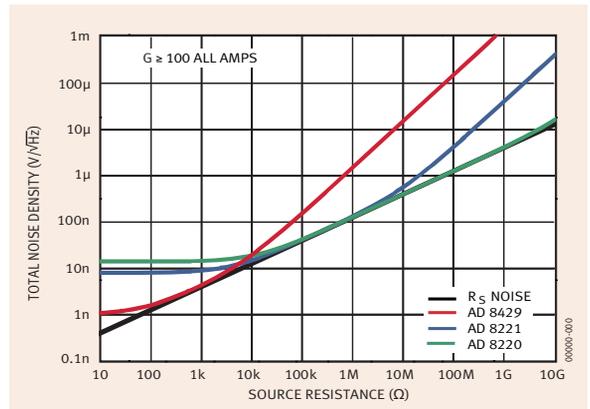


图2: 总噪声与源电阻的关系

失真。要在分立设计中优化这些参数相当困难，必须用到多种器件，调整的成本非常高，功耗较高，而且占用电路板的面积也比较大。ADI公司的低噪声仪表放大器可以为各种应用提供更好的解决方案。

广告

ADI低噪声仪表放大器带来卓越性能

ADI公司提供了业界噪声最低、具有出色的功率和失真性能的仪表放大器，可满足各种应用的需要。

针对交流应用，ADI哪款低失真的仪表放大器最为适合?

AD8429具有出色的谐波失真性能，低至130dBc(G=1)，可为信号重建提供无与伦比的精度和噪声性能。

ADI公司有什么高增益、高带宽的仪表放大器?

AD8428的精密增益为2000、带宽为3.5MHz。因此，它是业界速度最快的

仪表放大器，增益带宽积高达7GHz。

ADI有在极端温度条件下工作的低噪声仪表放大器吗?

AD8229可在210°C高温环境下工作1000小时，它是苛刻环境下的理想之选。

表1: 低噪声仪表放大器

| 产品型号 | 1 kHz 条件下的 e_{ni} (nV/√Hz) | 1 kHz 条件下的 e_{no} (nV/√Hz) | 1 kHz 条件下的 i_{n} (pA/√Hz) | 60Hz 条件下的 CMRR 最小值 (dB) G=100 | V_{OSI} 最大值 (μV) | TCV _{OSI} 最大值 (μV/C) | I_b 最大值 (nA) | 带宽 (MHz) G=100 | PSRR 最小值 (dB) G=100 | V_{SY} 范围 (V) | I_{SV}/Amp 最大值 (mA) |
|----------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| AD8221/2 | 8 | 75 | 0.04 | 130 | 25 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 130 | 4.6至36 | 1.0 |
| AD8220/4 | 17 | 100 | 0.001 | 100 | 125 | 5 | 0.01 | 0.12 | 100 | 4.5至36 | 0.75 |
| AD8429 | 1 | 45 | 1.5 | 130 | 50 | 0.3 | 150 | 1.2 | 130 | 8至36 | 7 |
| AD8428 | 1.5 | -- | 1.5 | 140* | 100 | 1 | 200 | 3.5* | 120* | 8至36 | 6.8 |
| AD8229 | 1 | 45 | 1.5 | 126 | 100 | 1 | 70 | 0.115 | 126 | 8至34 | 7 |

*固定增益为2000

哪款放大器具有低功耗、低噪声和整体性能的最佳平衡?

AD8221是业界领先的精密仪表放大器之一。该器件的输入噪声密度为8nV/rt-Hz，CMRR高达140dB，功耗低至1mA，是当今最出色的仪表放大器之一。

欲了解更多信息，请访问 www.analog.com/zh/inamps

亚洲技术支持中心 电话: 4006 100 006 电子邮件: china.support@analog.com