

仪表放大器

Don Tuite

模拟/电源编辑

《Electronic Design》

仪表放大器有什么作用？

仪表放大器用来测量噪声环境中的弱信号。由于噪声通常是共模的，而信号应该是差分的，所以仪表放大器利用其共模抑制(CMR)特性将有用信号与噪声区分开。

在仪表放大器应用中的信号源通常具有几千欧姆(kΩ)甚至更大的输出阻抗，因此仪表放大器应该具有非常高的输入阻抗(通常能够达到数兆欧姆)。仪表放大器的工作频率一般从直流(DC)到大约1MHz之间。当频率超过1MHz时，输入电容问题比输入电阻更重要。通常使用差分放大器处理高速应用，这样虽然提高了速度，但却降低了输入阻抗。

仪表放大器有那些主要技术指标？

设计仪表放大器的工程师需要考虑的主要性能指标包括：电源电流、-3dB带宽、共模抑制比(CMRR)、输入失

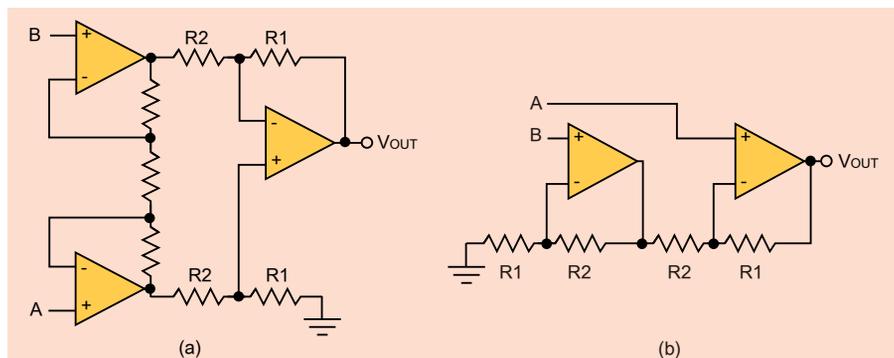


图1：大多数仪表放大器使用三个运算放大器构成。其中一个放大器用作差分放大器，另两个运算放大器用作缓冲放大器(a)；用两只运算放大器构成的仪表放大器由于结构简化而牺牲性能(b)。

调电压和失调电压随温度的漂移以及输入端的噪声和输入偏置电流。

仪表放大器的内部原理如何？

大多数的仪表放大器是由三个运算放大器构成。

这些运算放大器可分为两级：两个运算放大器用作前置放大器，其后跟随一个差分放大器(如图1a所示)。前置放大器提供高输入阻抗、低噪声和增益级。差分放大器抑制共模噪声，并能提供必要的额外增益。

仪表放大器仅有三个运算放大器是不是仪表放大器的唯一架构？

其实不是，另一种仪表放大器架构是采用两个运算放大器，它可节省元件数量，但却存在两个缺点(见图1b)：

1. 非对称的体系结构降低了CMRR，尤其是在高频情况下；
2. 仅用一级放大使其增益受到限制。由于输出级的误差影响到输入级，从而导致折合到输入端的噪声和失调误差变大。

如何防止仪表放大器的输入端过压？

设计工程师需要外部限流电阻器防止太大的驱动电流在内部ESD箝位二极管产生过压。限流电阻器的阻值取决于仪表放大器的噪声水平、电源电压和所需的过压保护。仪表放大器的使用说明中给出了推荐值。

由于限流电阻器增加了噪声，所以另一种方法是使用外部大电流箝位二极管，以大幅度减小阻值。不幸的是，大多数普通二极管都具有很高的泄漏电流，会在仪表放大器输出端产生很大的失调误差；由于这种漏电流与温度呈指数关系增加，所以设计工程师在高阻抗信号源应用中不应使用普通二极管。

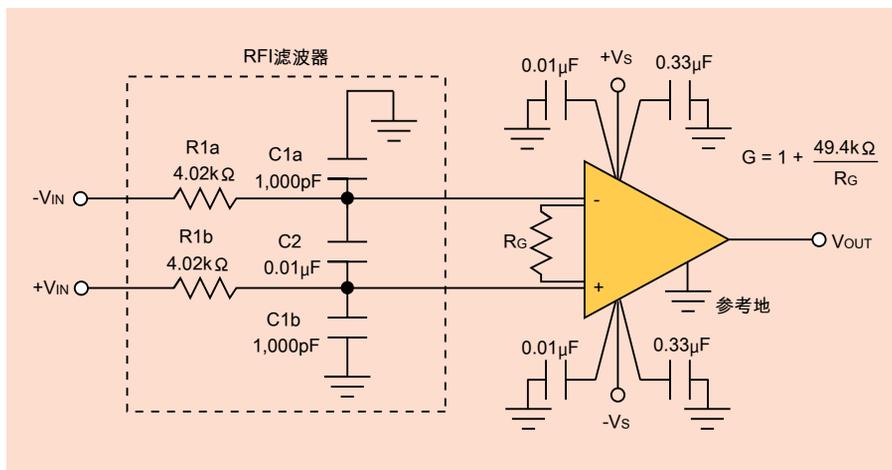


图2：RFI滤波器有助于处理RF干扰。

产品问答

超高性能、超小尺寸的PGIA

什么是RFI滤波？它是如何工作的？

传感器和仪表放大器之间很长的线路会受到射频干扰(RFI)。仪表放大器对RF整流之后会表现为DC输出失调误差。图2显示的是一种在RF干扰到达仪表放大器之前滤除RF干扰的解决方案。元件R1a和C1a构成同相输入端的低通滤波器，同样，元件R1b和C1b构成反相输入端的低通滤波器。

重要的是上述两个低通滤波器的截止频率应该很好地匹配，否则会将共模信号转换成差分信号。C2至少是C1的10倍，高频时由于两输入端“短路”，这个要求有点放宽。尽管如此，C1a和C1b匹配仍然至关重要。它们应该选用 $\pm 5\%$ 的C0G薄膜电容器。以上两种滤波器的差分带宽为 $[1/2 \pi R(2 \times C2 + C1)]$ ，其共模带宽为 $[1/(2 \pi R1C1)]$ 。

在购买单片仪表放大器和用分立放大器构建仪表放大器之间如何平衡？

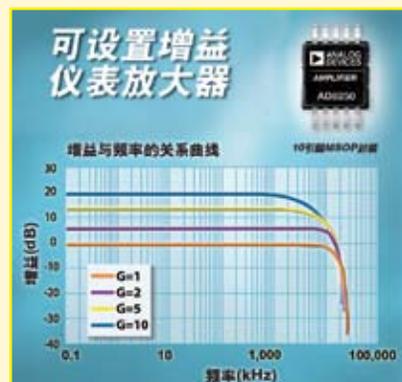
使用分立的运算放大器构建一个仪表放大器最主要的理由可能是您没有找到您所需要的现成仪表放大器。现在，由各个不同制造商提供的运算放大器已有5,000多种，其中仪表放大器大约有100种。

如果您能找到满足您性能要求的单片仪表放大器，那么您会认识到选用现成的单片仪表放大器而不用自己构建是合理的。这样，您不会浪费开发时间，而且单片仪表放大器也能够节省尺寸。

另外，单片仪表放大器的CMRR更高，而且利用片内的许多电阻器，其内部寄生效应会比分立解决方案减小很多。其它优点包括任何电流额定值条件下的噪声和带宽指标在单片设计中通常都会更好。

精密DC性能、高速工作能力、容易设置增益的PGIA

AD8250是兼备精密直流(DC)性能和高速工作能力的可设置增益仪表放大器(PGIA)，具有10MHz最小带宽、20V/ μ s转换速率、615ns(达0.001%)快速建立时间以及-110dB失真等特性。用户接口允许设计工程师采用软件方法或将引脚连至高电平或低电平的方法来设置增益。



精密DC性能、低噪声、双通道、FET输入PGIA

AD8224可以抑制宽带干扰和电源线谐波，这极大地降低了对于滤波器的要求。该器件具有2V/ μ s转换

速率、14nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 最大输入电压噪声(在1kHz时)和0.8 μ V输入噪声(峰峰值)。AD8224每通道放大器的静态电流最大仅为750 μ A。

产品型号	转换速率	设置增益	增益漂移	失调电压漂移	CMRR	温度范围	封装类型	千片订量报价 (美元/片)
AD8250	20V/ μ s	1, 2, 5, 10	10ppm/ $^{\circ}$ C	1.2 μ V/ $^{\circ}$ C	80dB @50kHz	-40 $^{\circ}$ C ~ +85 $^{\circ}$ C	MSOP	4.95
AD8224	2V/ μ s	1~1,000	50ppm/ $^{\circ}$ C	10 μ V/ $^{\circ}$ C	74dB @5kHz	-40 $^{\circ}$ C ~ +85 $^{\circ}$ C	LFCSP	4.12
AD8221	2V/ μ s	1~1,000	50ppm/ $^{\circ}$ C	0.9 μ V/ $^{\circ}$ C	80dB @10kHz	-40 $^{\circ}$ C ~ +85 $^{\circ}$ C	MSOP SOIC	1.99
AD8220	2V/ μ s	1~1,000	50ppm/ $^{\circ}$ C	10 μ V/ $^{\circ}$ C	74dB @5kHz	-40 $^{\circ}$ C ~ +85 $^{\circ}$ C	MSOP	2.29
AD8230	2V/ μ s	1~1,000	未定	0.05nV/ $^{\circ}$ C	110dB @60Hz	-40 $^{\circ}$ C ~ +125 $^{\circ}$ C	SOIC	2.95

欲了解ADI公司的多种仪表放大器和免费索取《A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers, 3rd Edition(仪表放大器应用工程师指南, 第3版)》的详情, 请访问www.analog.com/In-AmpFAQ。



欲获知ADI公司各种产品的实时报价和供货情况, 请访问www.digikey.com。