# 仪表放大器

**Don Tuite**
模拟/电源编辑
《Electronic Design》

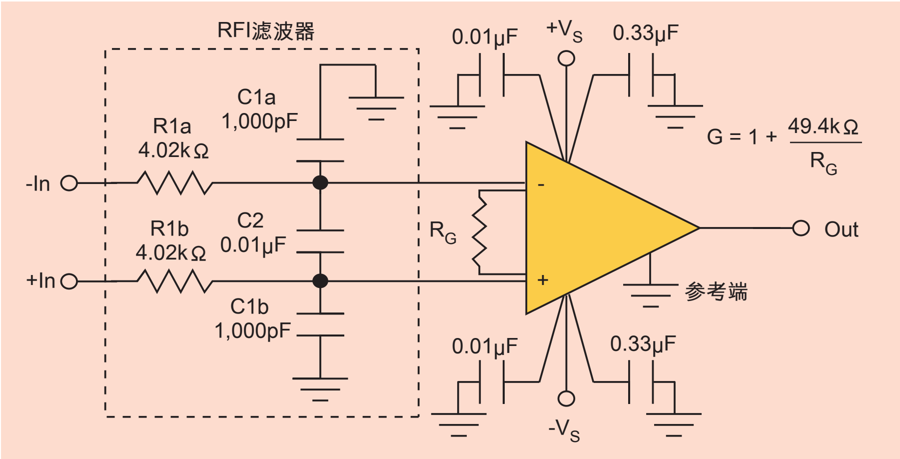



图2：RFI滤波器有助于处理RF干扰。

### 仪表放大器有什么作用?

仪表放大器能在噪声环境中检测出微弱信号。因为噪声通常表现为共模信号，而有用信号则是差分的，所以利用仪表放大器的共模抑制特性(CMR)，能将有用的信号从噪声中提取出来。

在仪表放大器应用中的信号源通常具有几千欧姆(kΩ)甚至更高的输出阻抗，所以仪表放大器应该具有非常高的输入阻抗——通常达到数吉欧姆(GΩ)。仪表放大器的工作频率一般从直流(DC)到大约1MHz之间。在较高频时，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，但是却降低了输入阻抗。

### 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主要考虑电源电流、-3dB带宽、共模抑制比(CMRR)、输入失调电压和失调电压随温度的漂移以及折合到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?

大多数仪表放大器由三个运算放大器构成，分为两级：采用两个运算放大器用作前置放大器，后面跟随一个差动放大器(见图1a)。前置放大器提供高输入阻抗、低噪声和增益级。差动放大器抑制共模噪声并且可提供必要的附加增益。

### 仪表放大器仅有三个运算放大器构成的一种体系结构吗?

另外一种仪表放大器体系结构是采用两个运算放大器，它节省了元件数量，但是也存在两个缺点(见图1b)。第一，非对称的体系结构降低了CMRR，尤其是在高频情况下。第二，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。

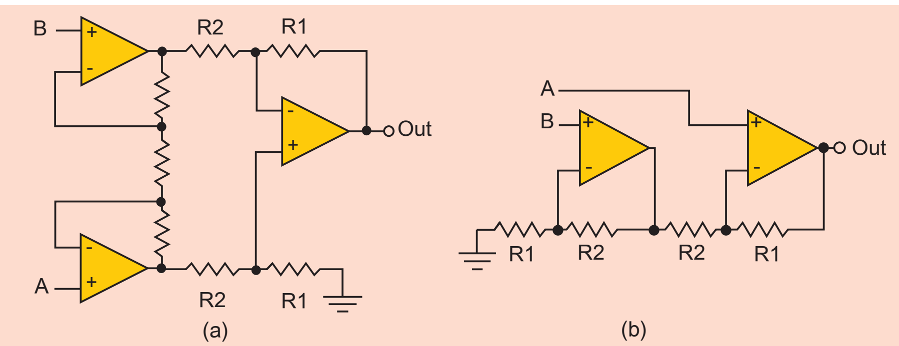



图1：大多数仪表放大器使用三个运算放大器构成。其中一个放大器用作差分放大器，另两个运算放大器用作缓冲放大器(a)。用两只运算放大器构成的仪表放大器由于结构简化而牺牲了性能(b)。

### 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防止太大的驱动电流通过内部ESD箝位二极管产生的过压。限流电阻的阻值取决于仪表放大器的噪声水平、电源电压和所需要的过压保护。在仪表放大器的数据手册中给出推荐值。

由于采用外部限流电阻会增加噪声，所以另外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，从而会在仪表放大器的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。

# 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？**

传感器与仪表放大器之间的长导线容易受到射频干扰(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当很好地匹配，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”有点儿放宽了这个要求。尽管如此，C1a和C1b匹配至关重要。它们应该选用±5%的C0G薄膜电容。这种滤波器的差分带宽为 [1/2πR(2C2+C1)]，其共模带宽为[1/2πR1C1)]。

**采用单芯片仪表放大器？还是采用分立元件构建仪表放大器？**

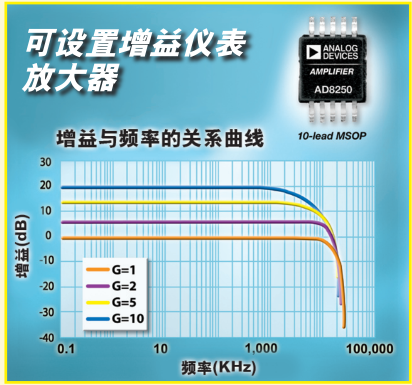
用分立的运算放大器构建一个仪表放大器最主要的理由可能是您没有找到合适的仪表放大器。现在市场上运算放大器有5,000多种型号，其中仪表放大器大约有100种。

如果您能找到满足性能要求的单芯片仪表放大器，而不是采用分立的元件来构建，显而易见可以节约大量的开发时间，并且尺寸减小。

除此之外，单芯片仪表放大器的共模抑制性能更优越，而且大部分电阻集成在芯片内部，其板间寄生效应也要小得多。单芯片仪表放大器的另外一个优点是：在任何电流额定值条件下，噪声与带宽指标都要优于分立式电路设计。

**精密DC性能、高速工作能力、易于设置增益的PGIA**

AD8250是兼备精密直流(DC)性能和高速工作能力的增益可编程仪表放大器(PGIA)，具有10MHz带宽最小值，20V/μs转换速率，615ns达0.001%快速建立时间和-110dB失真。用户接口允许设计工程师采用软件方法或将引脚连接到高电平或低电平的方法设置增益。




**精密DC性能、低噪声、双通道、FET输入PGIA**

AD8224可抑制宽带干扰和电源线谐波，这极大地简化对滤波器的要求。该器件具有2V/μs转换速率，14nV/√Hz输入电压噪声最大值(在1kHz时)和0.8μV峰值输入噪声。AD8224每通道放大器仅需750μA静态电流最大值。

| 产品型号 | 转换速率 | 设置增益 | 增益漂移(ppm/℃) | 失调电压漂移 | CMRR | 温度范围 | 封装 | 千片订量报价(美元/片) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AD8250 | 20V/μs | 1, 2, 5, 10 | 10 | 1.2μV/℃ | 80dB @50kHz | -40℃ ~+85℃ | MSOP | 4.95 |
| AD8224 | 2V/μs | 1~1000 | 50 | 10μV/℃ | 74dB @5kHz | -40℃ ~+85℃ | LFCSP | 4.12 |
| AD8221 | 2V/μs | 1~1000 | 50 | 0.9μV/℃ | 80dB @10kHz | -40℃ ~+85℃ | MSOP SOIC | 1.99 |
| AD8220 | 2V/μs | 1~1000 | 50 | 10μV/℃ | 74dB @5kHz | -40℃ ~+85℃ | MSOP | 2.29 |
| AD8230 | 2 V/μs | 1~1000 | 未定 | 0.05nV/℃ | 110dB @60Hz | -40℃ ~+125℃ | 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*。**