

# 可调增益差动放大器电路可测量数百伏电压、抑制大共模信号

作者：Moshe Gerstenhaber和Michael O’Sullivan

在采用反相运算放大器的反馈环路中，高共模差动放大器有助于最高达500 V的高压差分测量。

用低压电子器件监控电力线电压或其它大信号有两种常用解决方案：一种是用高电阻分压器衰减输入，后接一个运算放大器作为缓冲器（图1a）；另一种是使用高输入阻抗的反相运算放大器（图1b）。这些方法有几个缺点：主要适用于单端测量，易受接地噪声影响；无法抑制共模电压；电阻的功耗不同，导致增益误差。

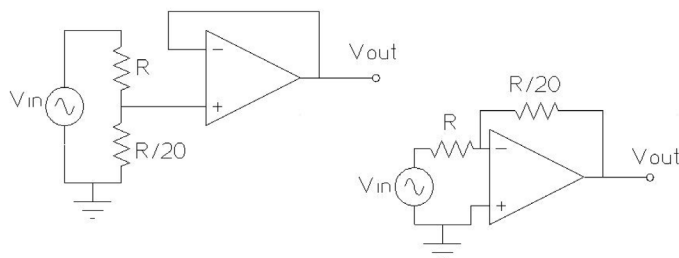


图1. 用运算放大器执行单端测量

更好的方法是使用差动放大器。图2所示的单位增益差动放大器AD629可以抑制极高的共模信号（采用15 V电源时最高可达270 V）。为了实现这一高共模电压范围，可用精密的内部电阻分压器将同相信号衰减20倍。其它内部电阻恢复该增益，以提供差分单位增益。基准输入接地时，完整的传递函数为：

$$V_{OUT} = V_{+IN} - V_{-IN}$$

通过激光晶圆修正实现电阻匹配，使共模抑制(CMR)最低达86 dB。

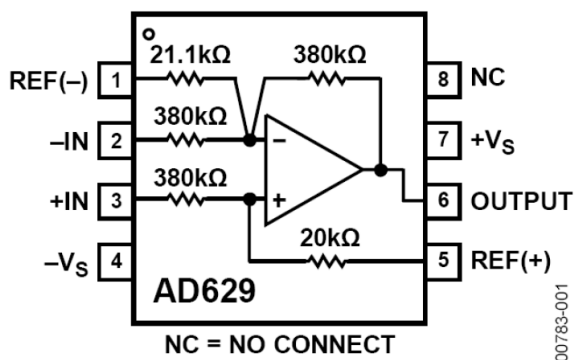


图2. 差动放大器AD629功能框图

图3所示是一个非常有用的应用，它利用AD629和一个运算放大器（例如AD708）提供可调增益。差分输入信号加在差动放大器A1，它可抑制输入端的任何共模电压。增益为1时，输出端信号与该差分输入相同。然后，输出电压加在运算放大器A2的输入端，A2被配置为一个增益为 $-R_2/R_1$ 的电压反相器，该反相器的输出电压加在差动放大器的基准电压引脚(Ref+)，乘以增益19，然后与A1的输出相加。该负反馈环路的输出为：

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{1 + 19 \times \frac{R_2}{R_1}}$$

电容C1 (100 nF)与电阻R2 (20 kΩ)使环路保持稳定，并将带宽设置为约1 kHz。

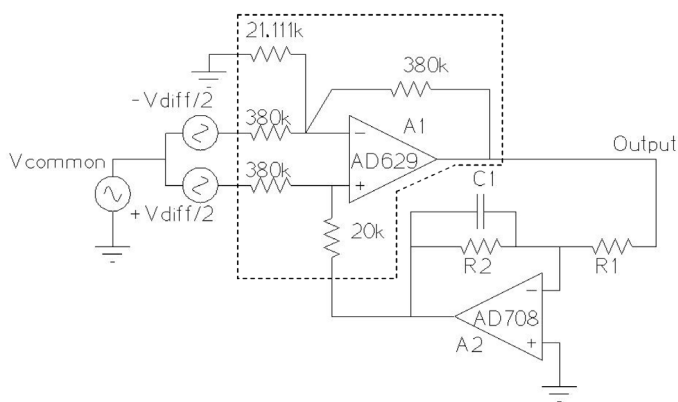


图3. 配置为可调增益的差动放大器电路

该电路所能处理的最大差分信号由放大器A1和A2的输出范围决定。当 $R_2/R_1$ 小于或等于1时，放大器A1的输出将首先饱和。采用 $\pm 15$  V电源时，该电路可以处理峰值最高达520 V的差分电压。采用 $\pm 10$  V或 $\pm 5$  V电源的系统分别可以处理峰值最高达320 V或120 V的差分电压。当 $R_2/R_1$ 大于1且放大器A2具有轨到轨输出时，上述范围分别可以扩展至接近600 V、400 V和200 V的峰峰值。

环路周围的负反馈有助于降低运算放大器A1输出端所接受的电压。这意味着，即使存在大差分电压，该电路的输入范围也能抑制大共模电压。

图4显示了两幅图：第一幅图为采用 $\pm 15$  V电源时测量400 V峰峰值差分信号的结果，第二幅图为存在50 V共模电压时测量400 V峰峰值差分信号的结果。可以看出，此电路允许非常大的差分输入，能够抑制共模电压，并可以由电阻R2与R1的比值来设置差分增益，便于用户选择适当的衰减水平。差动放大器内部的电阻经过精密激光修正，并采用低漂移薄膜材料制造，因此系统不会出现电阻自热误差。

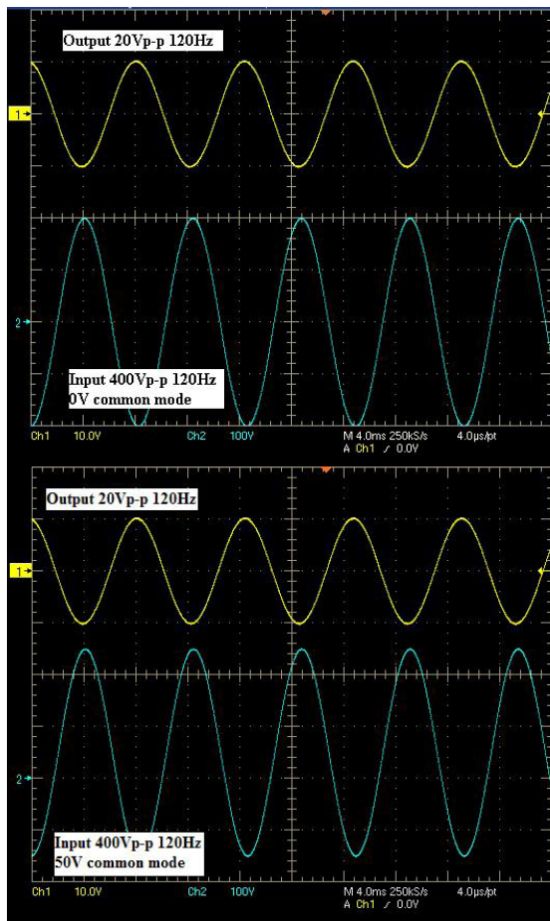


图4. 存在0V和50V共模信号时，400V峰峰值差分信号的测量结果

## 作者简介

Moshe Gerstenhaber

[[moshe.gerstenhaber@analog.com](mailto:moshe.gerstenhaber@analog.com)] 现为ADI公司的研究员(Fellow)。他于1978年加入ADI，先后在制造、产品工程和产品设计方面担任多种高级职位。Moshe目前是集成放大器产品部门的设计经理。他在放大器设计领域做出了重大贡献，特别是高精度专用放大器，如仪表放大器和差分放大器等。



Michael O'Sullivan

[[michael-a.osullivan@analog.com](mailto:michael-a.osullivan@analog.com)] 于2004年加入ADI公司。他目前是集成放大器产品部门的产品和测试工程经理，负责支持仪表放大器和差分放大器等极高精度专用放大器的产品特征说明和发布。Mike曾作为产品工程师在半导体领域工作超过14年。

