

大多数应用都通过感测电阻两端的压降来测量电流。测量电流时，通常会将电阻放在电路中的两个位置。第一个位置在电源与负载之间。这种测量方法被称为高侧感测。通常放置感测电阻的第二个位置在负载和接地端之间。这种电流感测方法被称为低侧电流感测。图 1 展示了这两种负载电流感测方法。

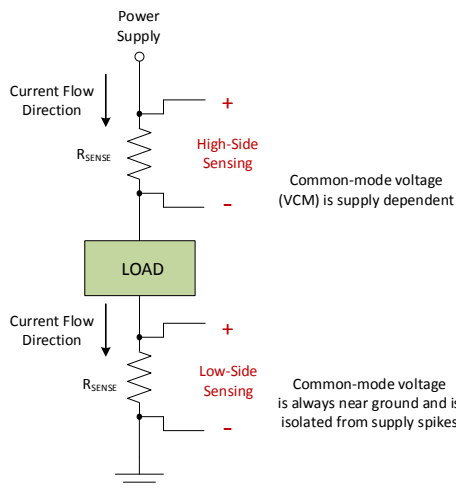


图 1. 电流感测方法

这两种测量方法各有利弊。低侧电流测量法的优点之一是共模电压，即测量输入端的平均电压，接近于零。这样更便于设计应用电路，也便于选择适合这种测量的器件。电流感测电路处的电压接近于地，因此在处理很高的电压时，或者在电源电压易受尖峰或浪涌影响的应用中，这是首选的电流检测方法。低侧电流感测能够抗高压尖峰干扰，并能监测高压系统中的电流，因此广泛应用于很多汽车、工业和电信应用。低侧电流感测法的主要缺点是当电源接地端和负载/系统接地端之间存在差异时，感测电阻两端会出现压降。如果其他电路以电源接地端为基准，这会是个问题。为有效避免此问题，存在交互的所有电路均应以同一接地端为基准。减小电流感测电阻值有助于尽量减小接地漂移。

设计电路或选择用于电流测量的器件时，低侧电流感测是最简单的方法。输入端的共模电压低，因此可使用差分放大器拓扑。图 2 所示为采用运算放大器的经典差分放大器拓扑。

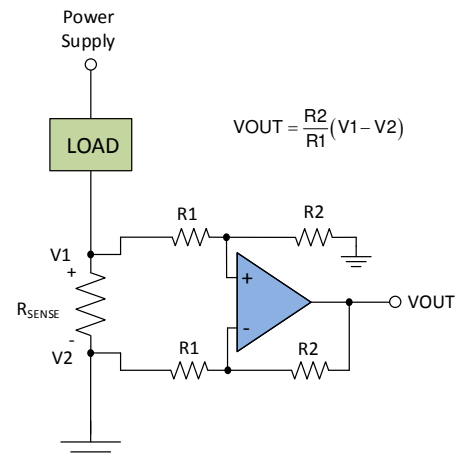


图 2. 用于低侧感测的运算放大器配置

使用运算放大器进行电流感测时，若要确保运算正确，需要满足多项性能要求。首先，通过信号源工作时，运算放大器需要支持对地的共模输入电压。差分放大器通常会提高差分输入信号的增益，因此为确保信号正常传递到输出端，运算放大器的摆幅至轨规格非常重要。由于上述原因，通常会优先使用轨到轨输入和输出运算放大器进行电流感测。在差分放大器配置中并未指定运算放大器，因此难以判断在实际应用中会达到何种性能。如果出于建立电流感测电路之目的在运算放大器周围增加电阻，则压摆率、带宽、输入电流、共模抑制以及漂移等参数性能都会下降。参数性能下降程度取决于放大器的闭环增益以及增益设置电阻的值。图 2 所示为 R1 和 R2 的匹配和容差。在实施分立式解决方案时，需要考虑这两个电阻，因为这些元件的变化直接影响电路增益误差。

采用分立电流感测放大器时要考虑的另一因素是 PCB 布局。需要将 R1 和 R2 放在尽可能靠近运算放大器和电流感测电阻的位置。将这些元件放在靠近运算放大器的位置后，运算放大器正输入端出现噪声拾取的可能性会降低。很多电流检测放大器都与直流/直流转换器配套使用，因此需要仔细考虑整个电流感测电路的放置位置，以免直流/直流电源发出辐射噪声。图 2 说明了如何计算差分放大器增益。但增益增大或减小都会影响解决方案的稳定性和带宽。在采用容性负载来避免振荡或过度输出振铃的应用中，需要特别考虑运算放大器的稳定性。

图 3 所示的电流感测放大器是克服分立式实施方案中存在缺点的一种有效方式。

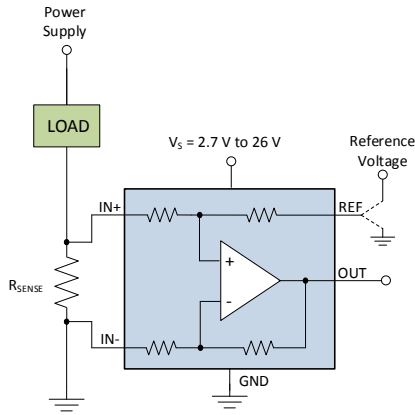


图 3. 采用 INA199 电流感测放大器进行低侧电流感测

电流感测放大器中集成了增益设置电阻，从而可减少分立式实施方案中存在的诸多布局问题。内部电阻设计用于减少不匹配情况，从而可优化增益误差规格。电流感测放大器经过预先配置，可满足多种不同的增益要求。例如，INA199 提供 50、100 和 200V/V 的增益。我们使用数据表中指定的最大容性负载为每个增益设置优化了带宽和电容器负载稳定性。集成增益设置电阻可降低噪声灵敏度、减小 PCB 占用面积，并可简化布局。集成这些电阻并不一定意味着会增大封装尺寸。INA199 采用 2mm x 1.25mm SC70 6 引线式封装和 1.8mm x 1.4mm UQFN 封装。

INA199 的电流测量精度要高于成本效益高的分立式运算放大器设计方案可达到的精度。该器件在 -40°C 至 105°C 的温度范围内具有 1.5% 的最大增益误差。

INA199 的失调电压小于 150  $\mu\text{V}$ ，漂移小于 0.5  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。

INA199 还具有 REF 引脚。施加到 REF 引脚上的电压会增大输出端电压。如果下游器件需要转换电流信号电平，可使用该引脚。

### 备选器件建议

如需精度更高、尺寸更小的电流检测解决方案，可选择 INA185，它通过尺寸极小的 SOT-563 封装提供 0.2% 的增益误差。对于需要更高性能的应用，可选择 INA210-215 系列器件，该系列器件可提供较低的失调电压（最大为 35  $\mu\text{V}$ ）和增益误差（最大为 1%）。如果需要具有数字接口的高精度电流监视器，可选择 INA226，它具有最大 10  $\mu\text{V}$  的失调电压和 0.1% 的增益误差。如果需要小型数字电流监视器，可选择采用微型 1.68mm x 1.43mm 封装的 INA231，它非常适合便携式应用或其他空间受限型应用。如果需要通过引脚可绑定的增益设置监测电压输出端的电流，可采用 INA225。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能折衷
INA185	解决方案尺寸、精度	成本稍高
INA210	精度	成本稍高

表 1. 备选器件建议 (continued)

器件	优化参数	性能折衷
INA215		
INA231	数字接口、小尺寸	成本
INA226	数字接口、高精度	封装尺寸、成本

表 2. 相关文档

SBOA161	《适用于三相系统的低漂移低侧电流测量》
SBOA167	《集成电流感测信号路径》
SBOA165	《高压电源轨的精密电流测量》

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司