

低侧电流感应电路集成

Dennis Hudgins, 电流感应产品



电流感应放大器的分立式实施常用于低侧电流感应应用。低侧电流感应即在位于负载和接地之间的感应电阻器上测量电压。图 1 显示了低侧电流感应的配置。

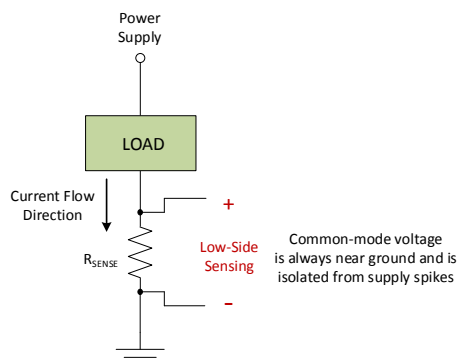


图 1. 低侧电流感应

当用作电流感应放大器时，分立式解决方案会对在低侧感应电阻器上生成的电压进行感应和增益。图 2 显示了两种可用于感应低侧电流的技术。

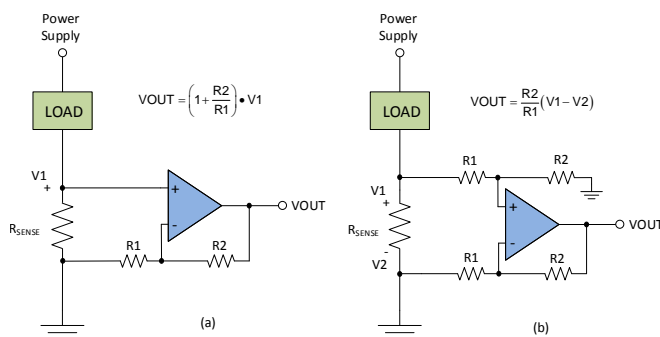


图 2. 低侧感应配置的分立式实施

图 2a 中显示的第一种技术使用两个外部增益设置电阻器实现了单侧测量。单侧测量使用的组件最少，但不接地侧电阻进行感应。对于低值感应电阻器或可能具有高接地电流的设计，该技术的精度较低。图 2b 中显示的第二种方法使用传统的差分放大器拓扑直接在感应电阻器上感应压降。该方法可提供更高级别的精度，尤其是在感应较高的电流时，因为去除了从电阻器到 PCB 接地的任何压降。

尽管分立式实施经常用于实现低侧电流感应，但仍需要仔细选择运算放大器，以实现最佳性能。例如，考虑广泛使用的运算放大器，如 LM321。该器件具有高达 7mV 的输入偏移电压。对于电流感应应用，在测量小差分电压信号时，偏移电压会极大地影响精度。要增大差分信号并降低测量误差，必须增大感应电阻器的值。更大的感应电阻器值将导致更大的功率耗散，并且需要更大、更昂贵、功耗更高的电阻器。LM321 还具有 0.4V/μs 的转换率以及 1MHz 的增益带宽积。当配置为增益为 20 的电流感应放大器时，带宽会降低至大约 50 kHz。LM321 提供的带宽和转换率较低，因此对于需要监测快速电流信号或需要检测过流事件的应用而言，它并不是一个很好的设计选择。输出摆幅和输入共模范围的限制也会限制器件可以运行的领域，尤其是电流感应放大器的输出连接到电压较低的模数转换器 (ADC) 时。

相反，INA180 采用 150 μV 的最大偏移，从而允许以功耗更低且具有成本效益的电阻器进行精确的电流感应测量。此外，凭借 350kHz 带宽 (G=20) 和 2V/μs 转换率，INA180 能够快速跟踪输入电流变化，这使得它成为了电机控制和过流检测应用的理想之选。INA180 能够在 30 mV 范围内摆动到正电源，并以独立于器件电源的高达 26V 的共模电压运行，因此能够很好地与电压较低的 ADC 搭配使用。

实施分立电流感应放大器时需要考虑的另一个因素是 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应电阻器的位置。将这些组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。由于很多电流感应放大器都与直流/直流转换器配合使用，因此需要仔细考虑整个电流感应电路的放置位置，以免直流/直流电源发出辐射噪声。差分放大器增益可通过图 2 中所示的公式进行计算。但增益增大或减小都会影响解决方案的稳定性和带宽。如果应用中存在容性负载，需要特别考虑运放的稳定性，以免出现振荡或严重的输出振铃现象。

可通过图 3 中所示的电路克服电流测量的分立式解决方案的缺点。INA180 集成了增益设置电阻器，与使用外部电阻器的分立式实施相比，可减小 PCB 面积并提高精度。由于电阻器包含在集成电路中，因此电阻器的匹配和漂移特性极好。与低成本分立式实施相比，这可以降低增益误差并提高共模抑制。INA180 提供 20、50、100 和 200V/V 的精密增益。

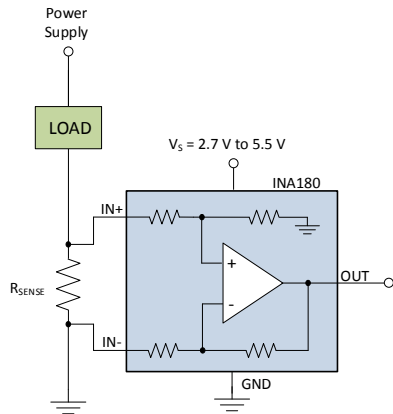


图 3. 使用 INA180 电流感应放大器进行低侧电流感应

由于 INA180 集成了增益设置电阻器，因此不再需要考虑分立式实施中存在的许多布局问题。我们使用数据表中指定的最大电容负载为每个增益设置优化了带宽和电容器负载稳定性。该器件通过集成增益设置电阻器减小了 PCB 面积，降低了噪声敏感性，并且简化了布局。

INA180 提供了从现有分立式设计进行升级的简洁方法。实现集成电流感应解决方案优势的第一步是使用 INA180 替换分立式解决方案。

INA180 提供 SOT23 和 SC70 封装。该器件有两种 SOT23 引脚版本，以实现与采用该封装的运算放大器的最大兼容性。由于 INA180 的引脚可匹配大多数分立式解决方案，因此无需更改 PCB 布局即可实现集成的性能优势。下一步是移除外部增益设置电阻器并使用零欧姆电阻器填充输入电阻器。图 4 显示了用于单端和全差动运算放大器设计的典型布局，以及实现到 INA180 的迁移所需的更改。

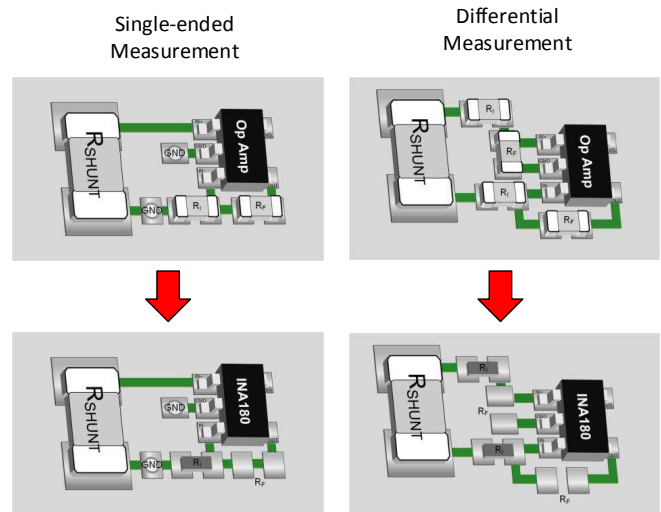


图 4. 分立式解决方案到 INA180 PCB 的迁移技术

备选器件建议

对于需要 INA180 性能但又需要双向电流感应功能的应用，请参阅 INA181。对于需要更高性能的应用，INA199 系列器件可提供较低的偏移（12V 共模时最大为 150μV）和增益误差（最大 1%）。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
INA199	精度	成本稍高
INA210 - INA215	最高精度	更高的成本

表 2. 相关技术手册

SBOA161	《适用于三相系统的低漂移低侧电流测量》
SBOA167	《集成电流感应信号路径》
SBOA169	《高精度低侧电流测量》

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默认的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无复发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司