

通过集成电阻器电流感应器简化 PCB 设计

Dennis Hudgins, 电流感应产品



测量电流的最常用方法是感应分流器或电流感应电阻器的压降。为了实现对电流的高精度测量，需要检查电阻器和电流感应放大器的参数值。另外，电流感应电阻器和电流感应放大器之间恰当的连接布板，对于避免精度下降同样非常重要。图 1 所示是具有高侧电流感应的电流感应放大器的典型原理图，重要设计区域已标出。

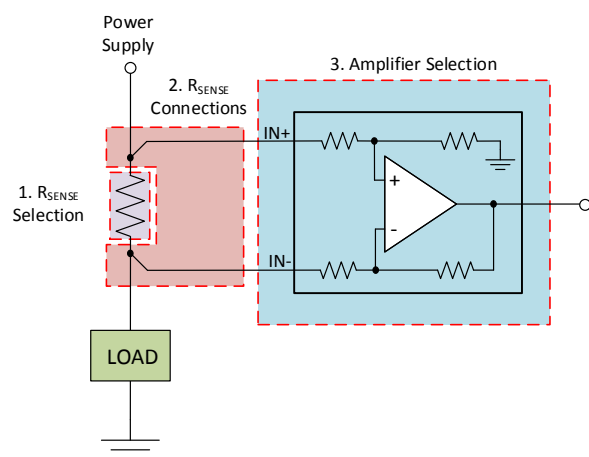


图 1. 已标出误差源的高侧电流感应

使用电流感应放大器时，电流感应或分流电阻器的选择是最重要的设计考量因素之一。设计时，通常需要首先选择电阻值和功率。电阻器的电阻值通常根据最大预期电流时实现所需最大差分电压来选择。还可以根据电阻器的功率损耗预算来选择电阻器的值。确定电流感应电阻器的电阻值和功率后，要考虑的第二个参数就是电阻容差，因为这将直接影响感应电压和电流测量的精度。但是，一个经常被忽略的更微小参数是电阻器温度系数。温度系数通常以 PPM/°C 为单位，它很重要，因为电阻器的温度会因电流经过组件时损耗的功率而升高。很多时候，低成本电阻器的额定容差小于 1%，但在实际应用中，电阻器的温漂会带来不利影响。

选择电阻器后，需要注意电阻器 PCB 布局以获得准确的测量结果。为了准确测量电流，电流感应电阻器必须有 4 个连接。其中两个连接处理电流，另外两个则感应电阻器的压降。图 2 展示了多个用来监控流经电阻器的电流的方法。

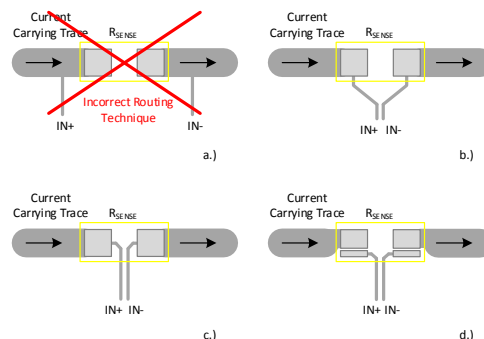


图 2. 电流感应电阻器布局技术

布置电流感应电阻器时最常见的错误之一是将电流感应放大器输入端连接到载流迹线，而不是直接连接到电流感应电阻器，如图 2a 所示。图 2b-d 展示了连接电流感应电阻器的其他有效方法。图 2d 中显示的布局采用了连接到电流感应电阻器的独立四线（开尔文）连接。该技术最常用于分流电阻器的值低于 $0.5\text{m}\Omega$ 而且与电阻器连接串联的焊接电阻明显添加到总体分流电阻的情况。由于电阻精度很大程度上取决于制造电阻时所用的测量位置，因此很难知道哪种布局技术会在最终的 PCB 设计上取得最好的结果。如果电阻器值是在焊盘内部测量的，那么图 2c 中展示的布局会得出最好的测量结果。如果电阻器值是在侧面测量的，那么图 2b 中展示的布局会提供最高的精度。选择最佳布局的困难之处在于，许多电阻器数据表并不针对获得最佳的电流感应精度提供布局建议，或者不提及制造过程中使用的测量点。

如果搭配使用电流感应放大器和集成的电流感应电阻器，那么有关电阻器选择和 PCB 布局的难题可以得到简化。INA250 和 INA260 器件都在电流感应放大器的封装内集成了电流感应电阻器。与电流感应电阻器的连接已经过优化，可实现最佳测量精度和温度稳定性。INA250 是模拟输出电流感应放大器，而 INA260 是数字输出电流感应器，可报告经过 I²C/SMBUS 接口的电流、功耗和总线电压。INA250 以及电阻器连接的方框图如图 3 所示。INA250 提供外部感应连接（可实现分流电压的滤波）或到电流感应放大器的直接连接。到分

流电阻器的连接是内部固定的，因此可降低 PCB 布局的难度。放大器的增益已针对每个电阻器进行优化，因此总系统增益误差相当于使用 0.1% 或更少的电流感应电阻器。INA250 和 INA260 中使用的集成分流技术可支持高达 15A 的工作电流。

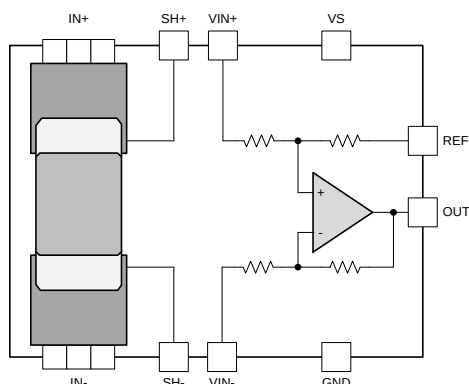


图 3. 包含内部电阻器连接的 INA250 方框图

INA250 和 INA260 的精度规格包含电阻器，因此可以简化组件的选择。INA250 的系统总增益误差最大值在室温下是 0.3%，在 -40°C 到 125°C 的温度范围内是 0.75%。对于没有集成分流电阻器的器件，计算精度时必须考虑到器件增益误差、增益误差漂移、电阻容差和电阻器漂移，才能获得总体系统增益误差，因此可能很难挑选组件来满足总体系统精度规格。INA260 是数字电流输出器件，其室温下的总增益误差最大值是 0.15%。该总增益误差已包括集成电阻器的变化和电流感应放大器的增益误差。到电流感应电阻器的连接是在封装内部完成的，并针对每个器件进行了校准，以消除由于电阻器连接点引起的变化。

在需要对电流进行精确测量的设计中，集成的分流产品可提供更高的精度，而且可以降低总体解决方案的成本。为获得相似的精度，INA260 需要增益误差小于 0.1% 的电流感应放大器和初始容差小于 0.05% 的低漂移电阻器。一般来说，精度小于 0.1% 的大功率电阻器成本高昂，每 1000 件可能需要数美元。

INA260 中的集成电阻器的另一个优势是电阻器值已经过校准，是在内部设置的，因此返回的电流值可轻松转换为安培。其他数字解决方案需要在内部或主机处理器中对电流感应电阻器的值进行编程，因此返回的电流读数需要相应的转换。

INA250 和 INA260 中使用的集成分流技术可精确测量电流、降低布局复杂性、更好地了解总系统误差，并且成本比同等精度的其他解决方案要低。在需要精度且需要支持高于 15A 的电流的应用中，可以使用多个 INA250 器件，并在菊链配置中并联（如产品数据表中所示）；或者使用多个 INA260 器件，前提是主机处理器可汇总报告的电流读数。如果由于解决方案的大小而导致并联多个器件来监控高于 15A 的电流是不可行的，那么可以使用表 1 中列出的器件，这些器件可以使用分流电阻器监控较高的电流。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
INA226	使用 I2C 接口的数字输出，0.1% 增益误差，10 μ V 偏移误差	分流电阻器在外部
INA233	使用 PMBus/I2C 接口的数字输出，0.1% 增益误差，10 μ V 偏移误差	分流电阻器在外部
INA210C	模拟输出，0.5% 增益误差，35 μ V 偏移误差	分流电阻器在外部

表 2. 相关技术手册

SBOA170	《集成电流感应电阻器》
SBOA167	《集成电流感应信号路径》
SBOA160	《精密低侧测量》

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理授予您任何 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示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，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](#)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