

集成电流感测电阻

Scott Hill, 电流感测产品



电流是评估和诊断电子系统运行效能最为常用的信号之一。然而，直接测量该信号极具挑战性。相反，由于电流流经整个系统，因此采用多种不同类型的传感器测量产生的比例效应。

电阻是检测系统中流经的电流最为常用的感测元件。将电阻（称为“分流电阻”）串联接入电路，当电流流经该电阻时，两端随即产生差分电压。

如图 1 所示，监测电流信号的常用信号链配置由一个模拟前端 (AFE)、一个模数转换器 (ADC) 及一个系统控制器组成。AFE（例如运算放大器或专用电流感测放大器）将分流电阻两端产生的较低差分电压转换为较高输出电压，由 ADC 转换为数字信号后，后者将传输至控制器。系统控制器使用该电流信息优化系统运行性能，或在发生超时通过降低性能避免发生潜在危险。

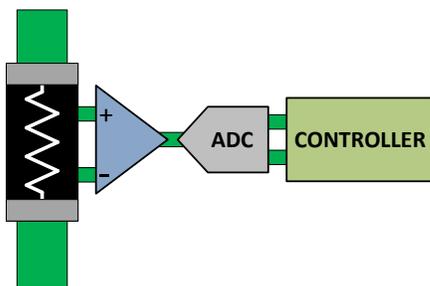


图 1. 电流感测信号链

选择合适的电阻值对于优化信号链路径至关重要。电阻值以及分流电阻两端对应产生的电压会导致系统发生功率损耗。为限制功率损耗，首选方案为最大限度降低分流电阻。分流电阻值与生成后传输至电流感测放大器的信号直接成正比关系。

放大器已修正影响测量精度的固有误差，如输入补偿电压。这些内部误差对于总体测量精度的影响随着输入信号的增大而降低。当输入信号下降时，相应的测量误差随之增大。通过输入信号电平与可接受测量精度之间的关系可得出选择电流感测电阻的一般下限值。电流感测电阻的上限值应根据相关应用使用该组件时可接受的功率损耗进行限定。

在电流测量过程中使用电阻的一项优势是可使用精密组件执行温度稳定的高精度测量。精密电流感测放大器的测量功能针对连接极小信号进行了优化，以满足使用低值电阻和低功耗要求。

随着电阻值由欧姆级降低到几毫欧姆或更低，电阻呈现两种趋势。与电阻相关的发展趋势是降低封装可用性与电阻值。另一种发展趋势是使用精密低温系数组件导致成本增加。如需使用温度系数较低的低值电流感测电阻，同时兼顾精密容差（约 0.1%），解决方案的成本在未计入精密放大器使用成本的情况下便高达数美元。

对于要求兼顾精度和温度稳定性的应用，使用 INA250 这类组件（如图 2 所示）有助于降低选择此类精度提升，但成本也随之增加的电阻所面临的挑战。该器件将精密零漂移电压输出电流检测放大器与 2mΩ 集成电流感测电阻相结合，最大容差仅为 0.1%，在其完整工作温度范围内（-40°C 至 +125°C）的温度漂移为 15ppm/°C。该器件适用于流经板载电阻的持续电流高达 15A 的电路。

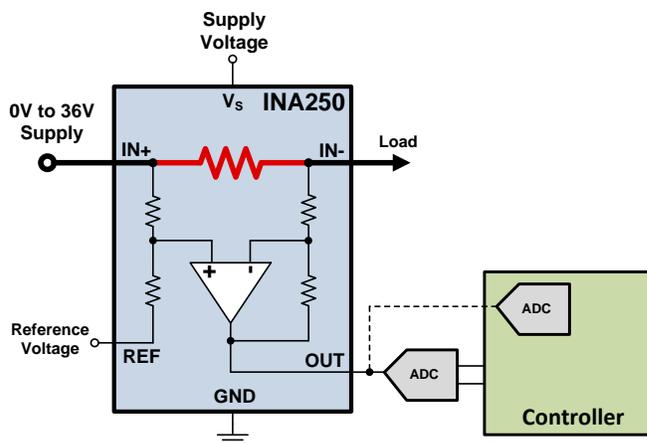


图 2. 集成电流感测电阻

除了在内部集成精密电阻外，INA250 还解决了实施电流感测解决方案过程中最为常见的问题之一。使用欧姆值较低的分流电阻可降低电流感测功率损耗。采用这种低值电阻所面临的挑战是印刷电路板 (PCB) 产生的寄生电阻会影响电路性能。在电流流经电阻产生分压电压的

同时，与分流电阻串联的寄生电阻会引发附加测量误差。产生这些测量误差最为常见原因是电路板布局技术不佳。布局中需使用开尔文连接（也称“四引脚连接”或“强制感测”），确保最大限度降低额外产生的电阻，进而弱化其对放大器输入引脚间差分电压的影响。应用一些 PCB 布局技巧可削弱寄生电阻产生的影响，但采用 INA250 可彻底解决这一问题。

如前文所述，典型电流感测信号链电路由电流感测电阻、模拟前端、ADC 及系统控制器组成。INA250 将分流电阻与电流感测放大器相结合。INA260 将电流感测电阻、测量前端及 ADC 集成于同一器件中。

如图 3 所示，INA260 采用同款精密集成感测电阻，搭配使用针对电流感测应用进行优化的 16 位精密 ADC。这种组合可实现优于 INA250 的测量性能，其在整个温度范围内的最大测量增益误差为 0.5%，最大输入偏移电流为 5mA。

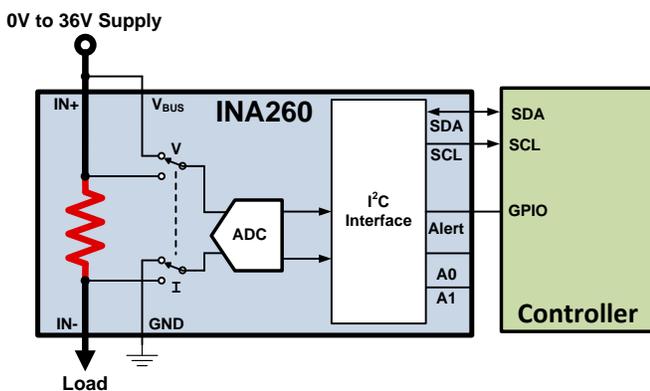


图 3. 集成信号路径

将精密低漂移电流感测与这些精密电流感测器件配对使用，可实现采用分立放大器和电阻组合难以实现的测量解决方案。兼具精度和温度稳定性的电流感测电阻类型极少，而尺寸比肩 TSSOP-16 封装且达到这种精度水平的集成解决方案尚未问世。

备选器件建议

为了提升设计灵活性，还提供多种独立电流感测放大器和数字电源监测计。对于电流重要性高于集成解决方案支持能力的低性能应用，可选用 INA210 独立电流感测放大器。对于需要使用独立数字电源监测计的应用，可选用 INA226。对于对性能要求较高的实现过流检测的应用，可选用 INA301。该器件集成比较器，可在 1μs 内执行片上过流检测。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
INA210	35μV V_{OS} ，封装：SC70-6，四方扁平无引线 (QFN)-10 封装	无板载电流感测电阻
INA226	10μV V_{OS} ，封装：微型小外形尺寸 (MSOP)-10 封装	无板载电流感测电阻
INA301	信号带宽，板载比较器	无板载电流感测电阻

表 2. 相关 TI 技术报告

SBOA162	测量电流以检测超限条件
SBOA165	高压电源轨的精密电流测量
SBOA167	集成电流感测信号路径
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>)、评估模块和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.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

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