

Application Brief

集成电流感测电阻器



Scott Hill

Current Sensing Products

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，许多类型的传感器被用来测量因流经整个系统的电流而产生的比例效应。

检测流经系统的电流时，电阻是最为常用的感测元件。将电阻器（被称为分流器）与电流通路串联之后，当电流流经该电阻器时，会在该电阻器上产生差分电压。

如图 1 所示，一种用于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检测放大器) 将分流电阻器上产生的小差分电压转换为较大的输出电压，由 ADC 将该输出电压数字化，然后将相关信息发送至控制器。系统控制器使用该电流信息来优化系统的运行性能，或在发生超出范围的情况时通过减少功率来避免发生有害工况。

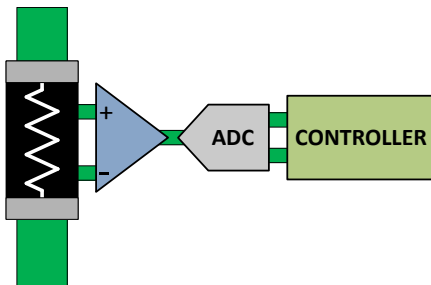


图 1. 电流检测信号链

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，需尽可能减小分流电阻。电阻值与所产生并发送至电流检测放大器的信号成正比。

放大器已修正会影响测量精度的固有误差，如输入失调电压。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。当输入信号减小时，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检测电阻的一般下限值。请勿根据应用针对该元件的可接受功率损耗来限制电流检测电阻器的上限值。

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。精密电流检测放大器的测量功能针对连接极小信号进行了优化，可满足使用低值电阻器和低功率损耗要求。

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合并值。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欧姆值电流检测电阻器，同时兼顾精密容差（约 0.1%），设计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。

如图 2 中所示的 INA250 等组件有助于减少为需要精确和温度稳定测量的应用选择这些精度更高、成本更高的电阻器所面临的挑战。该器件将精密、零漂移电压输出电流检测放大器与 $2\text{m}\Omega$ 集成电流检测电阻器相结合，可以在该器件 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 的完整工作温度范围内实现 0.1% 的最大容差和 $15\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 的温度漂移。该器件可以承受高达 15A 的流经板载电阻器的连续电流。

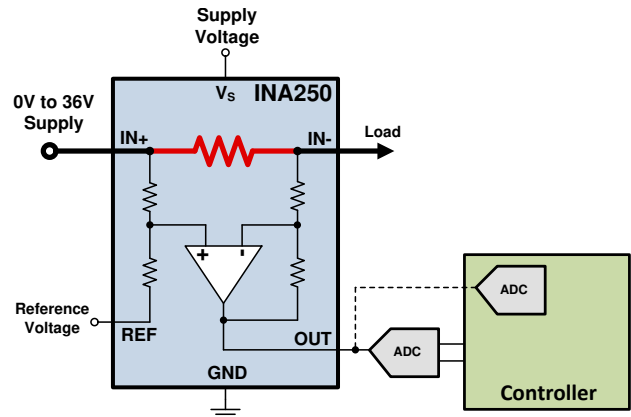


图 2. 集成电流检测电阻

除了该器件内部的集成精密电阻器之外，INA250 还解决了实现电流检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检测功率损耗。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。在电流流经电阻而产生分流电压的同时，与分流电阻串联的寄生电阻会引发额外的测量误差。产生这些测量误差最为常见的原因是电路板布局技术不佳。需要使用开尔文连接（也称四端子连接或强制检测）来确保更大限度地降低额外产生的电阻，进而改变在放大器的输入引脚之间产生的差分电压。可以采用 PCB 布局技术来降低寄生电阻的影响；不过，如果采用 INA250 就无需为此担忧。

对于需要在高 dv/dt 共模瞬态（例如电机控制和电磁阀控制）下测量电流的应用，[INA253](#) 和 [INA254](#) 专门设计用于以小于 $10\mu s$ 的稳定时间抑制 PWM 信号。

如前文所述，典型电流检测信号链电路由电流检测电阻、模拟前端、ADC 及系统控制器组成。[INA250](#) 将分流电阻器和电流检测放大器组合在一起。[INA260](#) 将电流检测电阻器、测量前端和 ADC 组合到一个器件中。

[图 3](#) 显示了 [INA260](#) 具有相同精度的集成感测电阻器，并将其与针对电流检测应用进行了优化的 16 位精密 ADC 配对。这种组合方式提供了比 [INA250](#) 更高的性能测量能力，导致整个温度范围内的最大测量增益误差为 0.5%，最大输入失调电流为 5 mA。

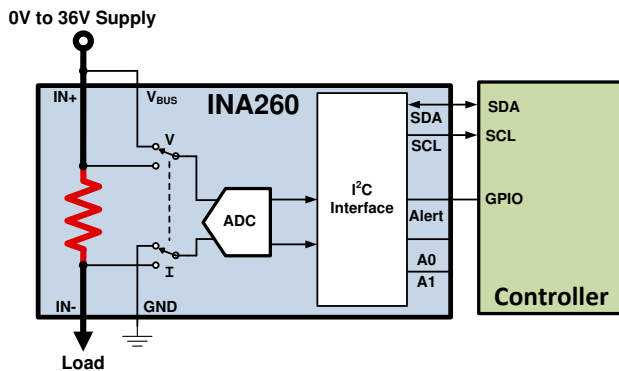


图 3. 集成信号路径

将精密低漂移电流检测与这些精密电流检测器件配对使用，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。少数电流检测电阻器目录产品能够实现精密而且温度稳定的测量，但以与 TSSOP-16 封装集成解决方案相当的设计尺寸实现该精度水平是不可能的。

备选器件建议

为了提升设计灵活性，还提供多种独立电流检测放大器和数字电源监测计。对于电流要求高于集成解决方案支持的低性能应用，请使用 [INA210](#) 独立电流检测放大器。对于需要独立数字电源监控器的应用，请使用 [INA226](#)。对于实现过流检测的应用，[INA301](#) 采用了集成比较器，可实现时间短至 $1\mu s$ 的片上过流检测。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能权衡
INA210	$35\mu V V_{OS}$ ，封装：SC70-6、QFN-10	无板载电流检测电阻器
INA226	$10\mu V V_{OS}$ ，封装：MSOP-10	无板载电流检测电阻器
INA301	信号带宽，板载比较器	无板载电流检测电阻器

相关文档

1. [集成电阻电流传感器简化了 PCB 设计](#)
2. [高压电源轨上的精密电流测量](#)
3. [集成电流检测信号路径](#)
4. [精密低侧电流测量](#)

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司