

Tim Claycomb, Marc Liu, Robert Clifton

高侧电流检测用于各种应用，例如电池充电器或过流保护。图 1 显示了一个典型的高侧电流检测原理图。分流电阻器 R_{shunt} 放置在总线电压和系统负载之间。这会根据负载电流产生差分电压，然后将其放大以产生单端输出电压。

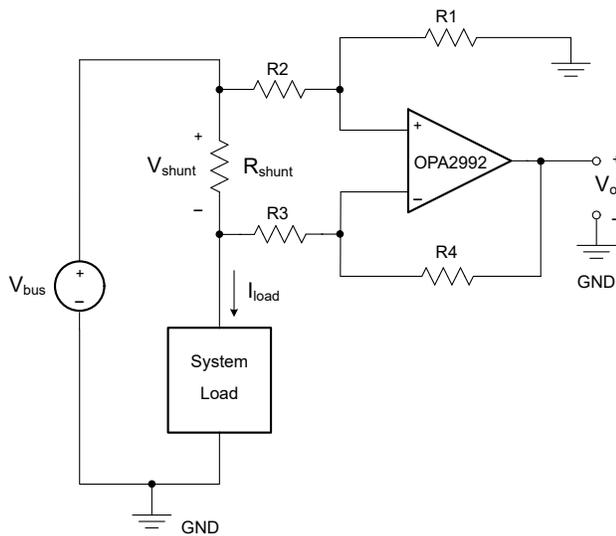


图 1. 高侧电流检测电路

高侧电流检测的优势

与低侧电流检测相比，高侧电流检测具有若干优势。第一个优势是，高侧电流检测不会产生接地干扰。当系统中的其他电路需要与负载连接时，接地干扰就会产生问题。将分流电阻器放置在负载上方（与高侧电流检测中一样）可消除接地干扰，因为分流电阻器不再直接连接到地面。图 2 展示了低侧电流检测和高侧电流检测之间的接地电位差。请注意，在低侧电流检测中，系统负载和 MCU 的接地之间存在电位差 V_{ground} ，而在高侧电流检测中，接地电位相等。

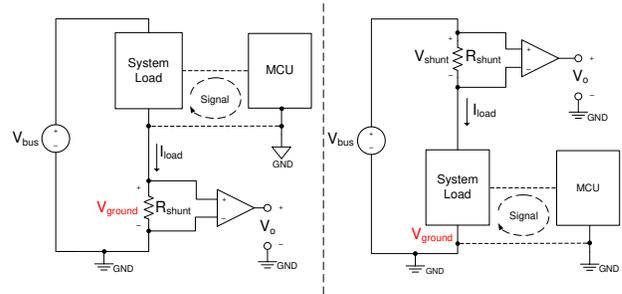


图 2. 低侧（左）和高侧（右）电流检测的接地干扰

高侧电流检测的第二个优势是，它可以检测到负载对地短路的情况。图 3 展示了低侧和高侧电流检测的负载对地短路情况。图中的红线表示负载对地短路的电流路径。请注意，在高侧电流检测中，分流电阻器保留在电路中，并且能够检测对地短路情况所产生的电流浪涌，而在低侧电流检测中，分流电阻器从电路中移除。

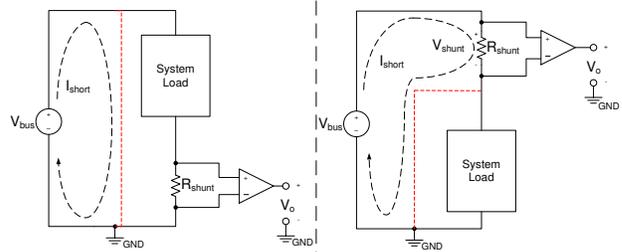


图 3. 低侧（左）和高侧（右）电流检测的负载对地短路情况

高侧电流检测的运算放大器要求

在设计高侧电流检测电路时，必须考虑运算放大器的共模电压。共模电压由总线电压和电阻器 R_1 和 R_2 形成的电阻分压器设置（如图 1 所示），并使用方程式 1 下面公式进行计算。

$$V_{cm} = V_{bus} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

在高增益应用（如 100V/V）中，运算放大器的共模电压必须扩展到放大器的正电源。这是因为电阻器 R_1 远大于 R_2 ，使得共模电压大约等于总线电压。

在低增益配置（如 10V/V）中，放大器的共模电压范围要求可能不需要扩展到正电源。在较低增益配置中，电阻器 R_1 和 R_2 对总线电压进行分压，从而减少输入共

模电压一直扩展到正电源的需要。但是，使用较低的信号增益可能需要较大的分流电阻器来增加测量的差分电压，这会增加分流电阻器的功耗。

为确保准确性，R1 和 R4 以及 R2 到 R3 必须紧密匹配，这一点很重要。任何不匹配都可能导致增益和 CMRR 误差。建议通过对外部电路使用精度为 0.1% 的匹配电阻器来尽量减小这些误差。

在确定解决方案的精度时，还必须考虑输入失调电压。输入失调电压是运算放大器固有的，会改变预期的输出电压，如 [方程式 2](#) 中所示。

$$V_o = (\text{Gain}+1)*V_{\text{offset}} + \text{Gain}*V_{\text{shunt}} \quad (2)$$

如果失调电压与分流电阻器两端的电压 (V_{shunt}) 接近相同的值，则此误差可能很大。建议使用固有失调电压较低的运算放大器，以尽可能地减少系统误差。

[表 1](#) 显示了器件建议，其中包括高侧电流检测的主要规格。

结论

高侧电流检测的优势包括减少系统中的接地干扰，以及检测负载对地短路等故障情况。减少接地干扰将允许设计中的其他电路相互连接，并确保适当的系统功能。检测负载对地短路等故障情况可防止系统损坏或出现故障。在高侧电流检测中，共模电压取决于电路的增益，必须加以考虑以确保电路正常工作。

表 1. 器件建议

GPN	失调电压 (典型值)	共模电压范围	带宽 (典型值)	电源电压	漂移 (典型值)
OPA2992	210µV	轨到轨	10.6 MHz	40V	0.25µV/°C
OPA2991	125µV	轨到轨	4.5 MHz	40V	0.3µV/°C
OPA2990	300µV	轨到轨	1.1MHz	40V	0.6µV/°C
OPA2192	5µV	轨到轨	10MHz	36V	0.2µV/°C
OPA2191	5µV	轨到轨	2.5MHz	36V	0.1µV/°C
LM7332	1.6 mV	轨到轨	21 MHz	32 V	2µV°C

表 2. 参考文献

配套资料	链接
应用报告	高侧电流检测电路设计应用报告
电子书	简化电流检测
其他资源	带有分立式差分放大器的高侧电流检测电路

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