Application Brief

突破分立式电流感测放大器的最大共模范围

Arjun Prakash, Current Sensing Products

对于高侧电源电流感测需求，了解电源的最大额定电压至关重要。最大电源电压将决定如何选择电流感测放大器。电流感测放大器的共模电压应超过最大电源电压。例如，如果在瞬态电压不超过 96 V 的 48 V 电源上测出电流，则需要设计一个支持 96 V 最大共模电压的电流感测放大器。同样，对于一个 400 V 电源，需要选择支持 400 V 最大共模电压的电流感测放大器。

如果需要实现小于 1% 精度的目标，高压、高侧电流感测的系统成本解决方案会很昂贵。对于高于 90 V 的共模电压，电流感测放大器的选择通常仅限于价格昂贵且需要庞大 BOM 的隔离技术。以下一些方法说明了如何通过添加一些经济实惠的外部组件（如电阻器、二极管和 PMOS FET），使低压共模电流感测放大器突破其最大额定值。

采用电阻器的共模电压分压器。

监测高压高侧电流感测的最简单方法是在设计中采用具有外部输入电压分压器的低压电流感测放大器；例如，如果选择将 40 V 共模电压放大器用于 80 V 应用，则需要将 80 V 输入共模电压拆分为 40 V 共模电压。如图 1 所示，使用外部电阻器分压器即可实现该分压。这是一种简单的设计方法，但优缺点很明显。放大器的增益误差和 CMRR 取决于外部输入分压器电阻器的精度和匹配度。除了增益误差和 CMRR 误差之外，外部电阻器的容差将导致输入电压不平衡，从而引起额外的输出误差。根据电阻器的温漂规格，此误差会随温度而增加。将输出误差最小化的一种方法是使用 0.1% 匹配度的精密低温漂移外部电阻器分压器。

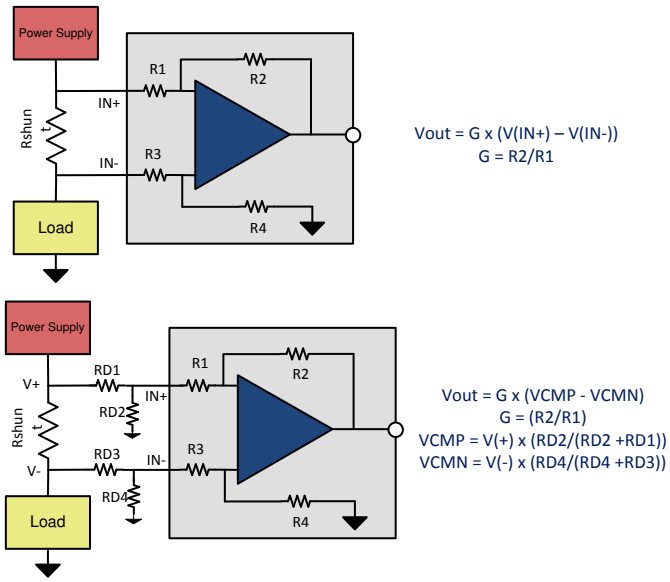

图 1. 使用电阻器分压器扩展共模范围

扩展电流输出放大器的共模范围

由于分压器具有输出误差和性能下降的严重后果，另一种替代方法是将电流输出放大器的接地参考移位到高压共模节点，如图 2 所示。

图 2 实现了在超出 INA168 额定共模电压 (60V) 的更高电压下进行电流感测。通过设计适当的 PMOS FET (Q1)，可将此方法的应用范围扩展到超过 60V 的任何电压。

在图 2 中，齐纳二极管 DZ1 用于调节电流分流监控器工作时的电源电压，该电压会相对于电源电压浮动。选择 DZ1 是为了在预期的电源范围（通常为 5.1V 至 56V）内为 IC1 和 Q1 的组合提供足够的工作电压。选择 R1 可将 DZ1 的偏置电流设置为某个大于 IC1 最大静态电流的值。图 2 中所示的 INA168 指定为在 400V 时的最大值为 90μA。DZ1 中的偏置电流在 400V 时约为 1mA，远远超过 IC1 的最大电流（选择偏置电流值是为了将 R1 中的功耗限制在 0.1W 以下）。如图所示，将 P 通道 MOSFET Q1 连接到共源共栅放大器，可将 IC1 的输出电流降至地电平或更低。晶体管 Q1 的额定电压应超过总电源与 DZ1 之间的差值几伏特，因为 Q1 源极上会出现向上电压摆动。选择 RL（IC1 的负载电阻器）时假设 IC1 是单独使用的。Q1 的共源共栅放大器连接确保了使用 IC1 时可远高于其正常的

English Document: SBOA198
Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

60V 额定值。图 2 中显示的示例电路是专为 400 V 工作电压设计的。

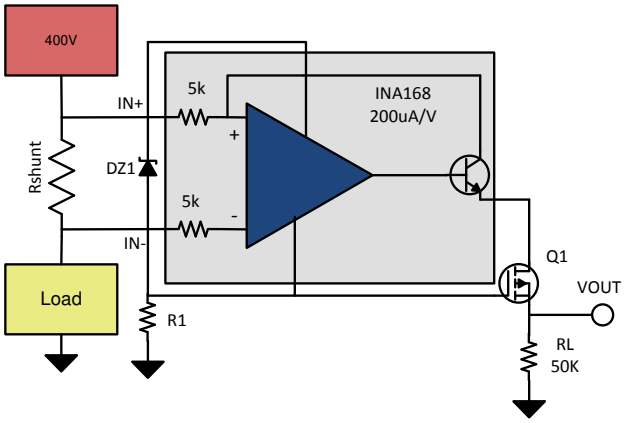

图 2. 400V 系统的高侧直流电流测量

扩展功耗监控器的共模电压范围

高压系统（40 V 至 400 V）的系统优化和功耗监测若经过精确实施，可以改善整体系统功耗管理和效率。电流、电压和系统功耗信息有利于采取预防措施来诊断故障或计算系统的总功耗。监控故障和功耗优化将有助于发现高压系统的早期故障并通过优化系统关闭和唤醒流程来显著降低功耗。

图 3 说明了使用 INA226 的方法，INA226 是一种 36V 共模电压功率监测器件，用于支持 40V 至 400V 系统的应用。图 2 中显示的是精密轨至轨运算放大器 OPA333，用于将分流电阻器上的感测电压镜像到精密电阻器 R1。OPA333 在其电源引脚之间使用 5.1V 齐纳二极管，电压浮动至 400V。该运算放大器用于驱动电流跟随器配置中的 600V P-FET 栅极。选择低泄漏 P-FET 后，即使在测量的低端也能获得准确的读数。R1 上的电压将设置 FET 的漏极电流，而通过使 FET 漏极中的电阻器 R2 匹配为等于 R1，R2 上将形成 VSENSE 电压 (VR2)。电流监控器 INA226 的输入端连接在 R2 上，用于电流感测。因此，该电流监控器不需要高共模能力，因为它只能检测在 VSENSE（通常小于 100mV）左右徘徊的共模电压。选择 INA226 进行电流、电压和功耗监测的原因在于，它是一款具有 I2C 接口的高精度电流/电压/功耗监控器。INA226 还可以感测小于 36V 的总线电压。此处使用的总线电压为 400V，因此采用了分压器将高压总线电压降至 INA226 共模范围内。在这种情况下选择 64 的比率，因此可以相应地按比例增减总线电压 LSB 以获得实际的总线电压读数。这种情况下可以使用修改后的 80mV LSB。通过为分压器选择精密电阻器，可保持总线测量精度。

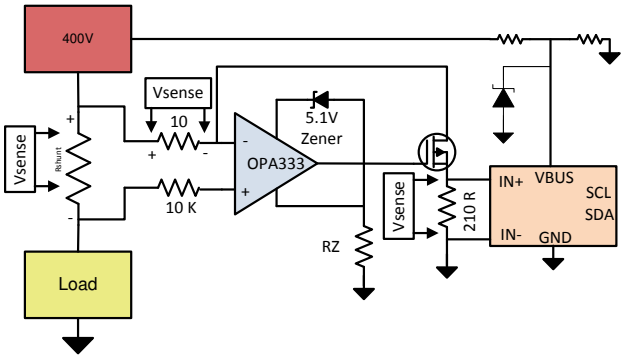

图 3. 高压功耗监测

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能权衡
LMP8645HV	带宽：900kHz，封装：SOT-23-6	压摆率：0.5V/uS
INA220	MSOP-8 封装、I2C 接口、可选 I2C 地址	增益误差 (1%)、分流失调电压：100uV
INA139	封装：SOT-23，带宽：4400 kHz，成本	失调电压：1mV

相关文档

1. H 桥中的电流感测
2. 开关电源电流测量
3. 具有 PWM 抑制功能的高侧驱动、高侧电磁阀监视器

English Document: SBOA198
Copyright © 2022 Texas Instruments Incorporated

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出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