

Application Brief

采用齐纳移位悬空接地和隔离式数字接口的精密高压电流检测

**简介**

本应用简报介绍了一种紧凑的耐辐射设计，用于在由于可用器件限制而无法直接测量的高压电源系统中进行精确电流测量。通过为设计中的检测部分采用移位接地方式，可以在共模电压高达 200 至 400V 时，利用耐低压器件来测量流经分流电阻器的电流。

应用

高压直流总线 (80 – 400V) 在航天应用中日益普及，它们可以最大限度降低传导损耗，使质量受限的系统可以配备更轻的电缆和连接器。然而，耐辐射电流检测 IC 的输入电压限制在 100V 以下，这使得其在电推进器、月球表面发电系统、高压电池组及太阳能电池阵列中的集成变得更复杂。

主要优势

更高的电压支持使用更细的电缆，系统重量最高可减轻 30%。

耐辐射：30krad、43MeV·cm²/mg

高压隔离：高达 3000V (ISOS141-SEP)，可通过器件选型进行扩展。

轻松集成：通过数字 SPI 接口输出至 MCU/FPGA；无需跨电压栅传输模拟信号。

电路说明和方框图

该设计利用齐纳移位接地技术，使低压电流检测放大器和 ADC 能在远超标准 IC 额定值的条件下安全工作。该应用选择了 4.7V 齐纳二极管，其特性可确保齐纳电压不超过 ADC 的最大输入电压。要产生稳压电压，必须使用足够的电流对齐纳二极管进行反向偏置，以维持击穿电压。该电流以及提供给放大器和 ADC 的电流共同流经偏置电阻器。根据供电电压、齐纳二极管电流和所需的电源电流选择偏置阻值。

$$R_{bias} = \frac{V_{in} - V_z}{I_z + I_{amp} + ADC} \quad (1)$$

使用分流电阻器为电流检测放大器生成电压输入。该电压以 20V/V 的增益放大，并直接连接到 ADC。ADC 的输入范围限制为由齐纳二极管所设定的电源电压。这意味着检测电阻器上的可用电压范围为 0V 至 : 4.7V

$$V_z / 20 V/V \quad (2)$$

$$4.7V / 20 = 235mV \quad (3)$$

在 ADC 输出端添加一个数字隔离器，让在常规电压（接地基准为 0V）下运行的处理器或 FPGA 可以利用来自 ADC 的 SPI 数据。

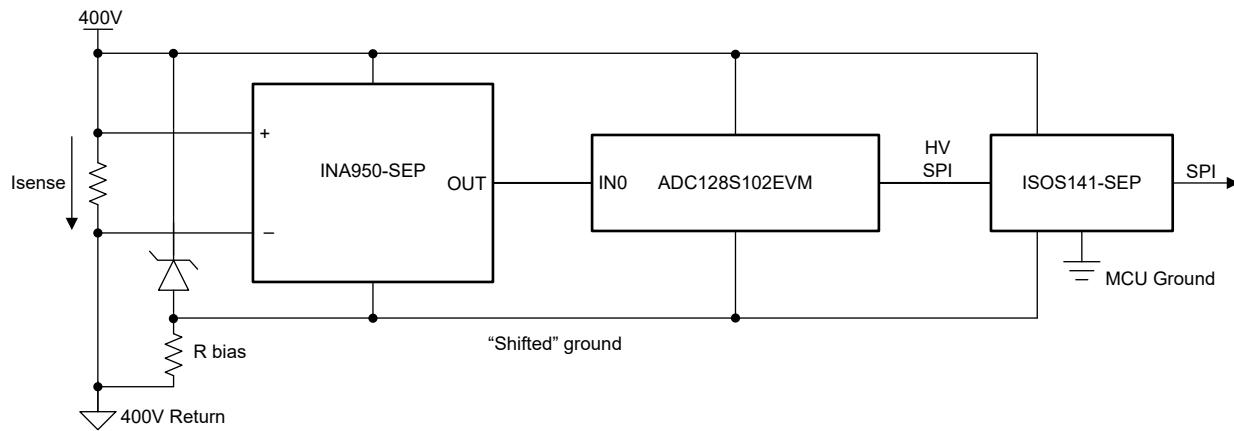


图 1. 简化版方框图

测试

我们根据 图 1 中的方框图连接了 INA950-SEP、ADC128S102-SEP 和 ISOS141-SEP EVM，以对电路进行测试。检测电阻器两端的电压在 0 至 220mV 范围内增量调整。记录了 ADC GUI 中的相应采样电压。使用 ADC128S102 EVM GUI 和 ADC-PHI_PRU_EVM 板收集了测试数据。

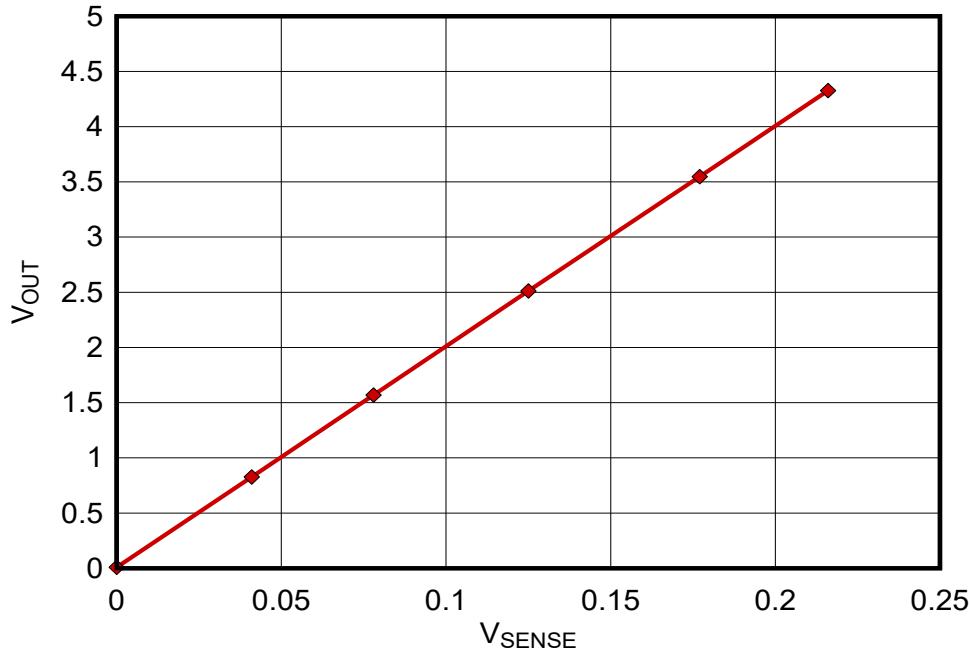


图 2. 测试数据

目标应用

空间推进（霍尔/离子推进器）：300 – 1000V；通过电流控制实现精确的推力矢量调节。

月球电网：400 – 1000V 直流配电；在恶劣环境中进行故障检测。

高压电池组：400 – 800V 电池包；运行状况监测。

太阳能电池阵列串：600 – 1500V；通过逐串电流检测实现最大功率点跟踪。

其他资源

[航天增强型产品，2.7V 至 80V，1.1MHz，超精密电流检测放大器](#)

[耐辐射、八通道、50kSPS 至 1MSPS、12 位模数转换器 \(ADC\)](#)

[采用航天增强型塑料的耐辐射、四通道、3/1 数字隔离器](#)

[数字隔离器设计指南](#)

[用于将精密 ADC 评估模块连接到 TMDS64GPEVM 或 TMDS243GPEVM PRU 的适配器卡](#)

[电子产品辐射手册](#)

[航天产品选型指南](#)

[TI E2E 论坛](#)

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#))、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月