

地面不平？使用全新的接地电平转换器解决失调电压挑战



随着系统变得更加紧凑、高效和模块化，设计人员面临着管理不同电压域间通信的新挑战。一个主要示例是 $<100V_{DC}$ 架构的兴起，包括电动汽车 (EV)、机器人和储能系统中的 48V 系统。这些架构避免了高电压设计的复杂性，同时能够保持高效的电力输送，从而实现更小尺寸和更高集成度的设计。与此趋势并行的是模块化设计原则的兴起 – 为特定功能定制的优化、可互换组件。例如，电动工具等消费类产品通常依赖于单个可互换电池，这使得充电和多设备管理更加便捷。

随着模块化低压系统的日益普及，出现了新的集成挑战：实现不同电压域和接地域之间的无缝通信。如图 1 所示，TI 的 $\pm 80V$ 接地电平转换器支持在具有不同接地电位的系统间进行 1.71V 至 5.5V 的电压转换，有助于实现可靠、紧凑且可扩展的系统设计。

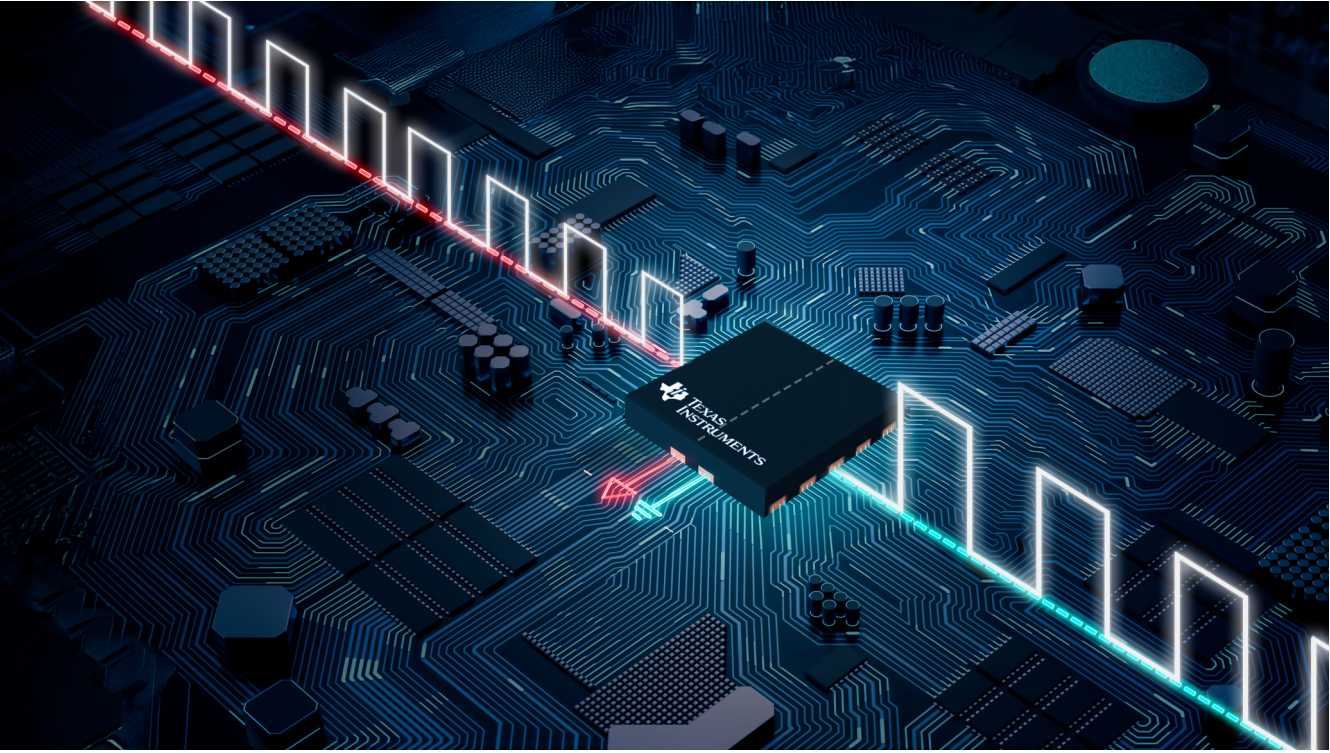


图 1. $\pm 80V$ 接地电平转换器，用于桥接不同的接地域

为了解决 80V 以下电压范围的接地偏移问题，设计人员传统上使用电流隔离或分立式电平转换器，但这两种方法在复杂性、尺寸和成本方面都存在折衷：

- 电流隔离器价格昂贵、体积庞大，且通常在数据速率和时序性能方面受到限制。以下的表 1 重点介绍了此解决方案与接地电平转换器之间的差异。
- 分立式电平转换器可处理单向低速信号，但不可靠且无法扩展。虽然成本较低，但解决方案尺寸约为 $10mm^2$ 至 $20mm^2$ 。

表 1. 接地电平转换器和电流隔离器比较表

参数	接地电平转换器	数字隔离器	光耦合器
数据速率	250Mbps	100Mbps	<1Mbps
传播延迟 (典型值)	3ns	10ns	100ns
通道间偏移 (典型值)	0.2ns	3ns	10ns
封装 (4 通道)	4mm ²	29mm ²	76mm ²
每通道成本	低	更高	低
优化场景	<80V 的接地偏移	高压系统和安全认证	高压系统和安全认证

接地偏移挑战

模块化设计中的子系统各自具有独立的电压和接地参考。但当这些系统集成时，即使是接地电位的微小差异也会导致信号完整性问题和通信错误。如图 2 和 图 3 中所示，接地偏移可能源于直流偏移或交流接地噪声。

直流接地偏移

走线电阻或较长的电缆可能会导致电压差异。在多域系统中，由于局部负载电流或不平衡的接地拓扑结构，一个域可能会比另一个域“浮动”几伏。例如，一个子系统通过短而宽的走线连接到主接地，而另一个子系统通过长而窄的走线连接到接地平面。

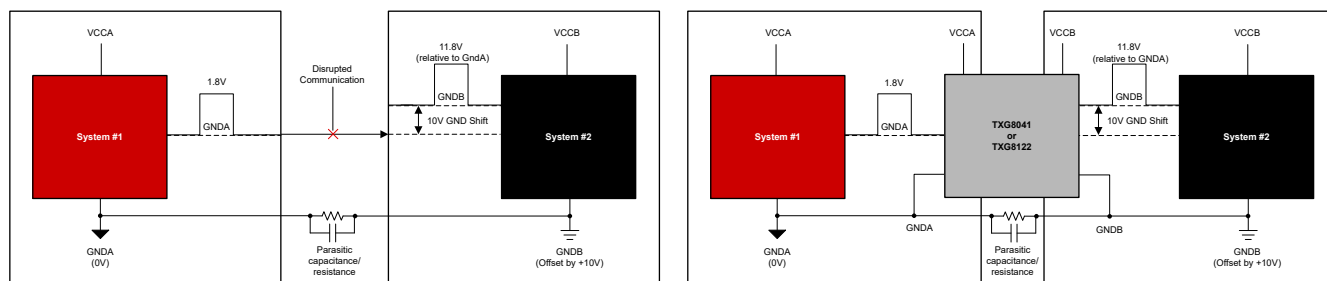


图 2. 使用接地电平转换器解决系统之间的直流接地偏移

交流接地噪声

在数字、模拟和电源电路共存的混合信号系统中，交流接地噪声很常见。在电源侧，该噪声源于开关电源元件所产生快速变化的大返回电流。在数字侧，高速信号转换可以将瞬态电流注入数字接地。这些波动会改变本地接地电位，干扰假定共地参考的子系统之间的通信。

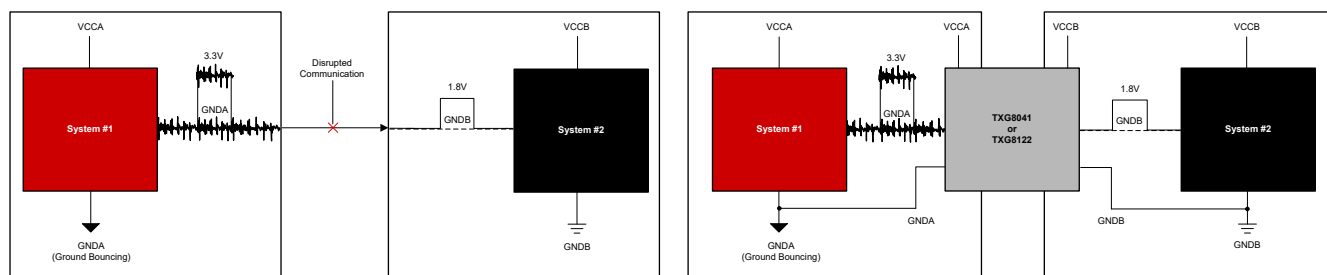


图 3. 使用接地电平转换器解决系统之间的交流接地噪声

专为低压系统设计的接地电平转换器

TI 的 **接地电平转换器** 支持将 I/O 电压电平从 1.71V 转换到 5.5V，可解决高达 $\pm 80V$ 的直流接地偏移和高达 140Vpp 的 1MHz 交流噪声抑制，其尺寸仅为更复杂解决方案的七分之一，成本为其一半。**TXG8041** 支持传播延迟 <5ns，通道间偏斜为 0.35ns 的推挽输出，从而实现高达 250Mbps 的系统间实时通信快速数据处理。**TXG8122** 支持开漏配置（包括 I²C），功耗仅为现有解决方案的一半，可更大限度地降低功耗，从而延长电池寿命并降低热负荷。这些转换器通过小至 2.25mm² 的封装实现紧凑设计，并通过多种通道类型和配置提供可扩展性。

48V 架构中的应用

48V 架构逐渐受到 EV 制造商的青睐，电子产品设计遵循国际标准化组织最新的 21780 标准，该标准要求对接地偏移进行特定测试，以确保在不同接地电位下工作的器件之间进行可靠通信。在此类系统中，工作在 48V 的控制模块可能需要与 12V 传感器进行通信，即使由于布局或负载条件存在几伏特的接地偏移。

TXG8041 支持在 $\pm 80V$ 接地偏移的不匹配域之间通信，覆盖 48V 电池系统的瞬态，并通过更快的数据速率和低传播延迟支持更高速度的 SPI 通信。如图 4 所示，接地电平转换器采用小至 2.25mm^2 （对于单通道配置）和 4mm^2 （对于四通道配置）的封装，显著小于典型的电流隔离器。

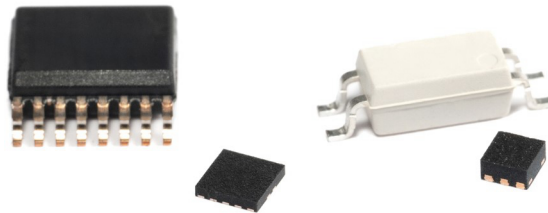


图 4. 采用 4mm^2 SON 封装的 TXG8041 对比尺寸大 7 倍的 29mm^2 电隔离器（左）；采用 2.25mm^2 SON 封装的 TXG8010 对比尺寸大 8 倍的 19mm^2 光耦合器（右）

启用电池组监测

电器、电动自行车和储能系统等电池供电系统越来越多地采用堆叠式电池监测器，以支持更高的电压和更长的运行时间。在这些架构中，每个监控器负责测量电池组的一部分。顶部监控器的接地参考电压通常接近整个电池组电压的一半（如 24V），因此与系统微控制器 (MCU) 的接地参考电压不同，导致无法直接通信。这种有意的拓扑结构引入了接地偏移。TXG8122 支持 MCU 和电池监测器之间的常用的 I²C 通信。此器件还可降低静态总线条件下的功耗，同时其 4mm^2 封装便于小型化并灵活地集成到模块化系统中。

结语

系统之间的接地偏移一直存在，但随着低压模块化架构的普及，这种偏移越来越普遍。TI 的 $\pm 80V$ 接地电平转换器为这一挑战提供了简单的解决方案 – 支持通过 SPI 或 I²C 等接口在不同接地电平之间进行电压转换。现在，您可以利用此技术，其尺寸和成本仅为传统方法的一小部分，性能提高 2 倍，同时保持信号完整性和可靠的系统运行。

其他资源

- 阅读应用手册 [《并非所有接地端都为 0V》](#)。
- 从 TXGx04x4 通道接地电平转换器 [评估模块](#) 入手。
- 了解我们 [新推出的接地电平转换器产品组合](#)。
- 查看应用手册 [《使用模拟开关更换光继电器的关键电压注意事项》](#)。

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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司