

## Application Brief

# 并非所有接地端都为 0V



Sadia Khan

工业和汽车系统正在采用混合电压设计，以实现电源优化、性能提升和成本降低。由于意外的接地不匹配，不同电源域的集成变得具有挑战性。当域之间的接地基准电压偏离预期的 0V 基准电压时（偏离幅度从几伏到几十伏不等），就会发生这种情况。接地漂移会干扰系统之间的通信。解决这—问题是实现可靠系统性能的关键。

### 如今是如何解决接地不匹配问题的？

如今，设计人员采用多种方法来解决系统中的接地不匹配问题。第一种是采用适当的 PCB 接地技术，如专用接地平面、星形接地技术，以及将模拟和数字接地分离。但是，这种方法需要精心的布局规划，并且会占用额外的电路板空间。如果在电路板设计完成后发生接地漂移，则需要完全重新设计，进而增加开发时间。分立式电平位移是另一种技术，使用电阻分压器或基于晶体管的电路来实现跨接地。不过，这种设计不太适合接地电势差较大的系统，存在信号完整性和计时特点较差的问题，并且需要大量布板空间。最后一种也许是最常用的方法，那就是采用基于电隔离，将具有不同接地电势的子系统去耦。隔离通常成本较高，并且会引入额外的信号延迟。这也会使电源设计复杂化，因为隔离的各部分需要独立的电源。

### TI 最新的电压和接地电平转换器

德州仪器 (TI) 的 TXG 系列引入了一种新方法，通过能够同时进行电压和接地电平位移的转换器来缓解系统中的接地不匹配问题，从而实现不同电源域之间的通信。TXG804x、TXG802x 和 TXG8010 可处理高达  $\pm 80V$  的接地不匹配，I/O 电压电平位移范围为 1.71V 至 5.5V，并具有适用于 SPI、UART、I2S 和 GPIO 等接口的推挽输出。这些器件支持超过 250Mbps 的极高数据速率，具有小于 5ns 的低传播延迟和 0.35ns 的通道间偏斜。TXG8122 还可处理高达  $\pm 80V$  的接地不匹配，可实现从 3V 至 5.5V (1 侧) 到 2.25V 至 5.5V (2 侧) 的 I/O 电压电平位移，并具有适用于 I2C 等接口的漏极开路输出。

### 接地漂移示例

在一些用例中，接地不匹配可能成为问题，下面总结了三种类型的接地漂移：直流漂移、交流接地噪声和有意的接地漂移。

#### 直流漂移

系统中的直流漂移可能会导致接地不匹配，如 [图 1](#) 所示。当流经接地路径的电流由于导线的寄生效应而导致压降时，就会发生直流漂移。这会在两个系统之间造成接地不匹配。这种现象在具有高电流负载或长接地路径的系统中尤为常见。

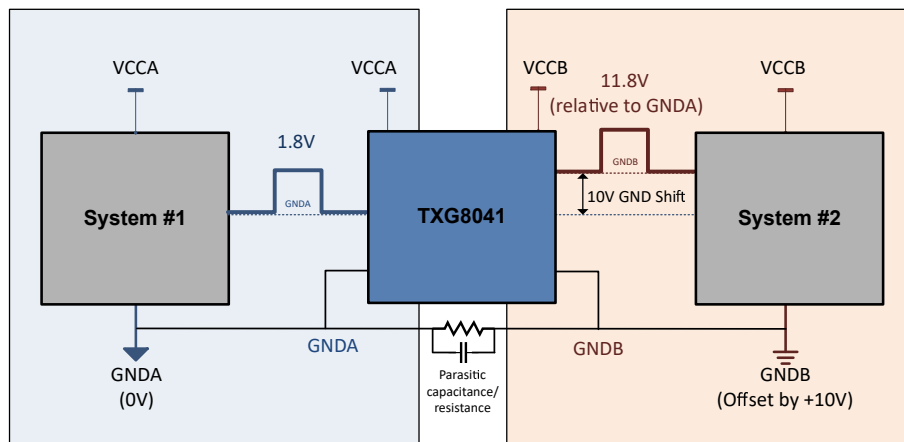


图 1. 直流漂移

图 2 给出了一个电动助力转向 (EPS) 系统的示例。在该系统中，使用两个微控制器 (MCU) 来在故障事件期间维持持续运行。两个 MCU 相互通信，但其中一个用作冗余备份，以防主 MCU 停止工作。虽然两个 MCU 通常都以公共接地为基准，但系统中的高电流负载会导致两个域之间发生接地漂移。传统上，使用数字隔离器来管理这些接地电势差。但是，这种情况不需要电隔离，TXG8041 是一种更紧凑且更具成本效益的替代方案。

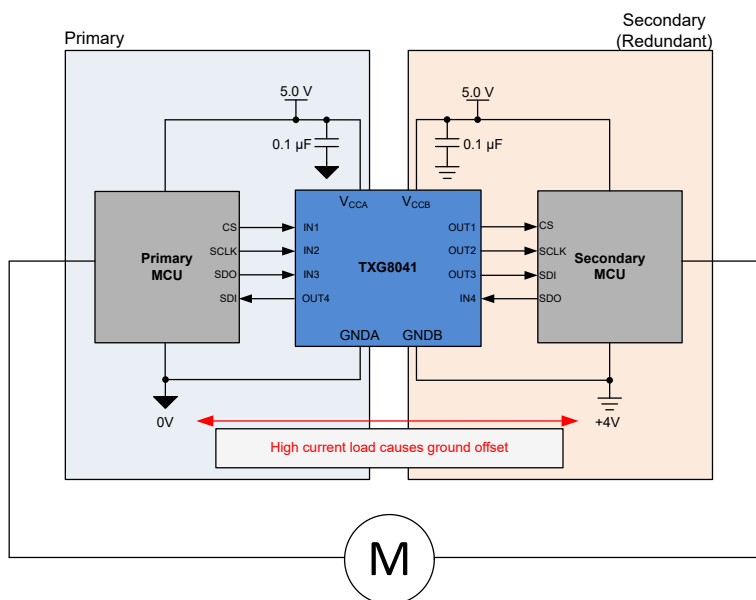


图 2. 使用 TXG 的电动助力转向

直流漂移的另一个示例可在无绳电动工具的电池组中看到。在电池组系统中，通常使用电池管理系统 (BMS) 来控制电力输送并监测电池状况。一种常见的设计是使用低侧 FET 将电池负极端子连接到电池组接地，该接地端用作电钻等电器的公共基准。当 FET 导通时，电池的负极端子连接至电池组接地。当 FET 关断时，电池的负极端子实际处于悬空状态，可能漂移到与电池组接地不同的基准电平，进而可能干扰 BMS 和电钻控制电路之间的通信。传统上，使用分立式元件在电池负极端子和电池组接地之间实现电平位移。但是，完全可以用集成的 TXG8021 来替代该元件，如 图 3 所示。

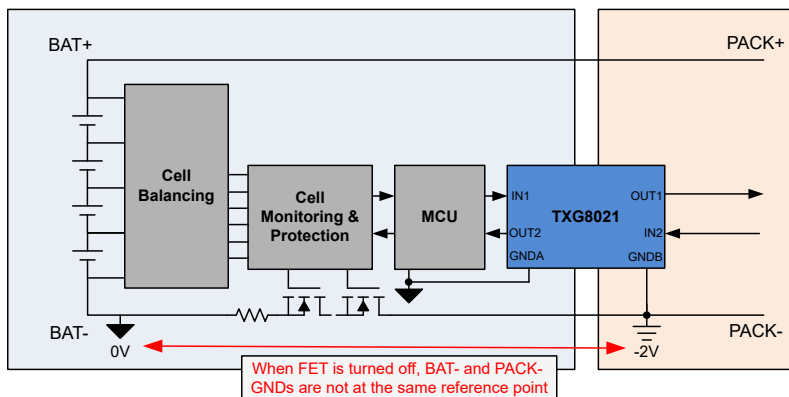


图 3. 使用 TXG 的无绳电动工具

### 交流接地噪声

交流噪声是指由动态变化导致的接地干扰，会导致接地噪声或接地不稳定，如图 4 所示。这种现象通常称为接地反弹，也可能导致系统之间的信号完整性问题。在混合信号设计中，将高速数字电路与精密模拟元件相连时可能会出现该问题。

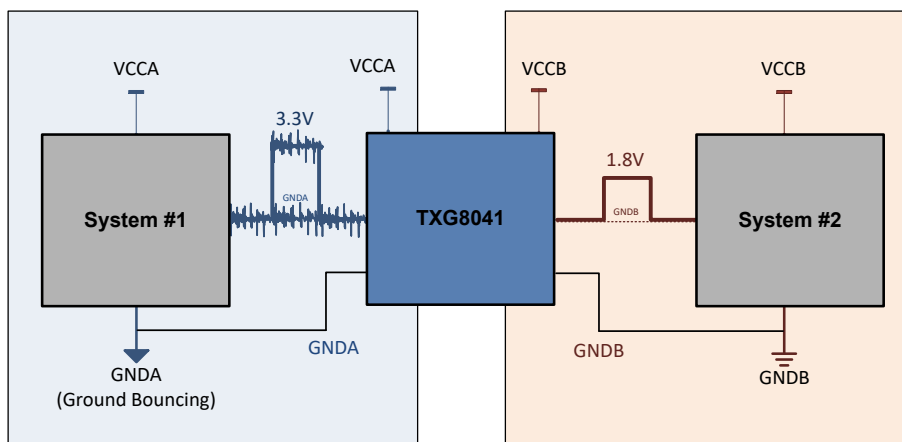


图 4. 交流接地噪声

图 5 显示了测试和测量应用中的一个示例，其中现场可编程门阵列 (FPGA) 以数字接地为基准，必须与以电源接地为基准的数模转换器 (DAC) 相连。两个接地端最终被连接在一起以建立公共基准，但它们可以位于 PCB 上的不同接地平面上，以帮助将数字噪声与敏感的模拟电路分离。系统的数字侧可能发生快速开关，这会导致交流噪声。传导至电源接地的噪声会引起 DAC 参考电压波动，进而导致模拟输出性能下降或失真。在下面这个示例中，使用了 TXG8042 来消除有噪声的接地，并实现精确数模转换所需的精密通信。

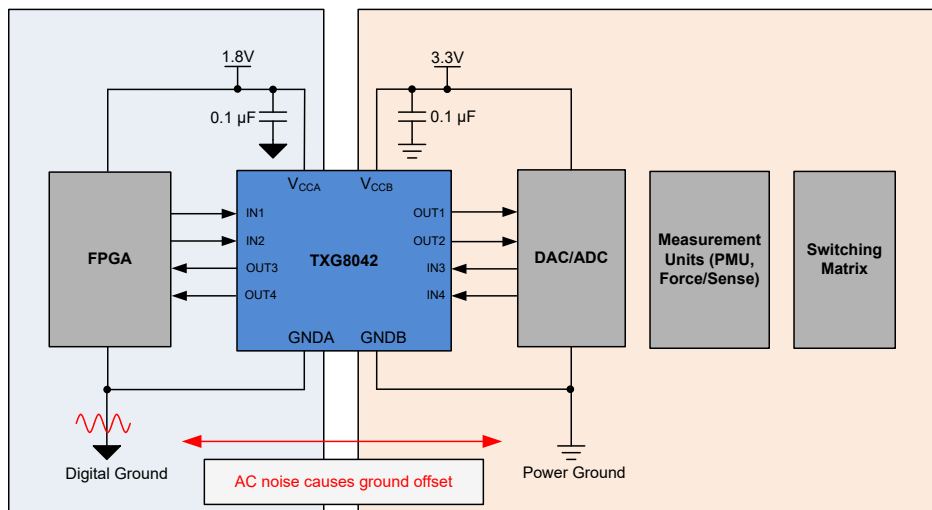


图 5. 使用 TXG 的半导体测试设备

### 有意的接地漂移

有意的接地漂移是指系统出于自身利益而特意使用偏移的接地。一个示例是具有负电压轨的拓扑。这种拓扑可以在基于 GaN 的功率级设计中看到，其中在 D 类音频放大器中使用  $-50V$  接地来增加放大器输出可用的总电压摆幅。更大的电压摆幅使放大器能够为扬声器提供更高的均方根 (RMS) 功率，从而实现更响亮、更清晰的音频输出。在下面的方框图中，TXG8010 单通道器件可用于桥接位于  $0V$  接地端的 MCU 与位于  $-50V$  接地端的 GaN 半桥功率级之间的偏移。

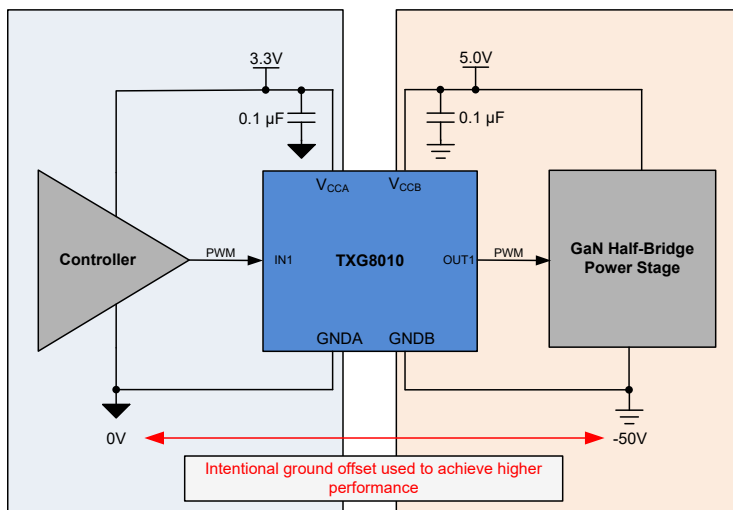


图 6. 使用 TXG 的 GaN 半桥功率级

现在，电池堆叠作为支持更高电压的方式也更为常见，可实现更长的运行时间和更高的能量容量。这种方法常用于电器、储能系统 (ESS) 和电动汽车应用等系统。由于传统的电池监控器通常每个器件仅支持 16 节电池串联，管理更大的电池组往往需要在不同电压域使用多个监控器。在这些系统中，TXG8122 可以促进位于  $0V$  接地端的 MCU 与顶部电池监控器 (可能具有 25V 或更高电压) 通过 I2C 接口进行通信。

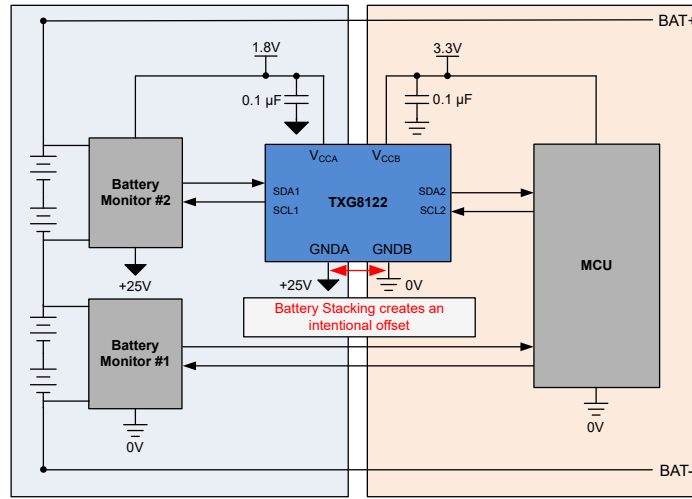


图 7. 使用 TXG 的电池组

## 何时使用接地电平转换器

尽管电流隔离器在高压和安全关键型应用中仍然必不可少，但了解何时使用接地电平转换器而非数字隔离器可以帮助降低系统成本和尺寸，同时提高性能。如果不涉及安全问题，瞬态电压不超过 80V，且不需要隔离认证，则接地电平转换器系列是最佳选择。下面对这两种设计进行了比较：

|                                    | 接地电平转换器          | 数字隔离器                        |
|------------------------------------|------------------|------------------------------|
| GNDA 与 GNDB 的电势差                   | ±80V             | > 3kV <sub>RMS</sub>         |
| 电隔离栅                               | 否                | 是                            |
| GNDA 至 GNDB 的泄漏<br>( VCC 短接至 GND ) | 70nA             | <1nA                         |
| 大小 (4ch)                           | 4mm <sup>2</sup> | 29.4mm <sup>2</sup>          |
| 传播延迟 (3.3V)                        | 5.8ns            | 18.5ns                       |
| 通道间偏斜 (3.3V)                       | 0.35ns           | 4.7ns                        |
| 数据速率                               | >250Mbps         | 100Mbps                      |
| 电平位移功能                             | 1.71V 至 5.5V     | 1.71V 到 1.89V 和 2.25V 到 5.5V |
| 工作温度                               | -40 至 125°C      | -40 至 125°C                  |
| CMTI                               | 1kV/μs           | 100kV/μs                     |
| 认证 ( UL、VDE、浪涌 )                   | 否                | 是                            |
| EMC ( EFT、RI、IEC-ESD )             | 否                | 是                            |

## 结语

接地不匹配是现代系统中日益常见的挑战。无论是由直流漂移、交流接地噪声还是有意的偏移引起，接地电势差都可能引发严重的通信、可靠性和信号完整性问题。TI 的 TXG 系列接地电平转换器为传统方法提供了一种紧凑、具有成本效益且速度更快的替代方案，可在高达 ±80V 的接地电势差范围内实现无缝信号传输。该产品系列具有可扩展性和灵活的设计，使工程师能够在广泛的汽车和工业应用中实现新的可能性。

## 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