

Application Brief

接地偏移如何导致逻辑错误



Sadia Khan, Joshua Salinas

简介

现代电子系统通常包含多个电路板、电源域和分布式子系统，它们不共享相同的地电位。这些接地偏移可能会使逻辑信号失真、通信损坏并导致意外的系统行为。因此，当存在地电位差时，在发送器端有效的信号可能会落在接收器的规定输入阈值之外。

本文说明了接地偏移的常见原因、接地偏移如何降低逻辑裕量，并展示了 TI 的**地电平转换器 (TXG)** 如何在工作在不同地电位下的系统之间实现可靠通信。

接地偏移的常见来源

在电子系统中，**GND**（接地）提供电子电路用于解读逻辑状态的电压基准。[表 1](#) 总结了导致接地偏移的最常见机制：

表 1. 接地偏移的常见来源

接地偏移的来源	偏移如何产生
电缆和连接器电阻	负载电流或回流电流流过电缆和连接器电阻，在不同接地点之间产生 IR 压降。
共享的高电流回路路径	电机、电源转换器和其他高电流负载可能在 PCB 走线、电缆和连接器上产生电压差。
有意的接地域偏移	某些系统有意让电路工作在不同地电位，但仍需要在它们之间进行数字通信。

无论来源如何，这些机制都会两个接地域之间产生电压差。如果偏移变得足够大，有效的发送高电平或低电平可能落在接收器的规定输入范围之外，进而导致逻辑错误。

接地偏移如何导致逻辑错误

接收器参照其本地接地来解读输入。地电位差会改变接收器检测到的发送信号。

[图 1](#) 展示了正负接地偏移如何减少可用的高电平和低电平逻辑裕量。在该示例中，**+0.8V** 接地偏移会使假设的高电平输出刚好低于接收器的规定高电平阈值，而 **-0.8V** 接地偏移会使假设的低电平输出刚好高于规定低电平阈值。该图假设 3.3V 系统的接收器输入阈值为 $V_{IH(min)} = 0.7 \times V_{CC}$ 和 $V_{IL(max)} = 0.3 \times V_{CC}$ ，并假设了发送器输出电平，以展示接地偏移对逻辑裕量的影响。实际输入阈值因器件而异。

对于 3.3V，计算公式如下：

- $V_{IH(min)} = 0.7(3.3) = 2.31V$
- $V_{IL(max)} = 0.3(3.3) = 0.99V$

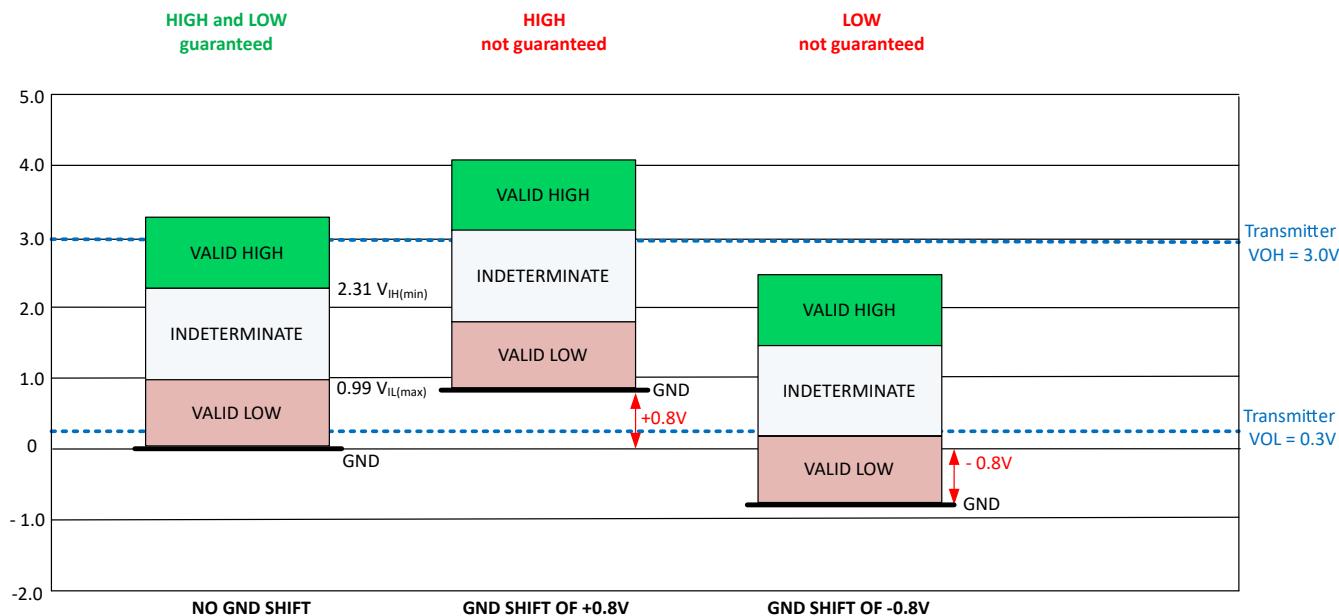


图 1. 接地偏移对 CMOS 逻辑电平的影响

示例：数字电路之间的接地偏移

考虑一个 1.8V 控制器与一个 1.8V 外设电路通信。在较低电源电压下，可用逻辑裕量变小，使接口对地电位差更敏感。

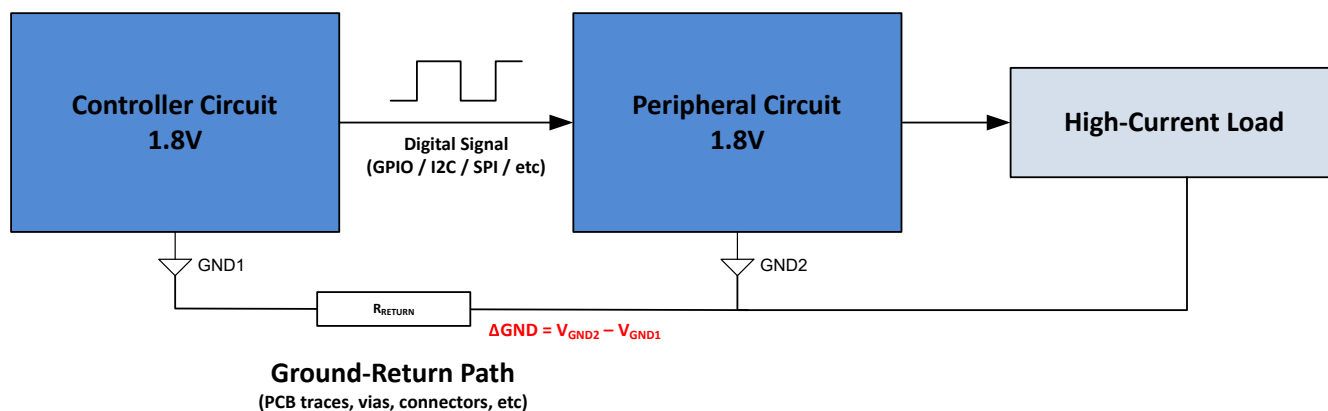


图 2. 共享接地回路路径引起的接地偏移

尽管两个器件工作在同一电源电压下，流过共享接地回路路径的负载电流仍会在 GND1 和 GND2 之间产生电压差。接收器参照其本地接地来解读数字信号，这会减少可用逻辑裕量。

回路路径产生的接地偏移可通过以下公式估算：

- $V_{GND_SHIFT} = I_{Load} \times R_{return}$

在此方框图中，如果 1A 负载电流流过 200mΩ 的接地回流电阻，则产生的接地偏移为 0.2V：

- $V_{GND_SHIFT} = I_{Load} \times R_{return} = 1A \times 200m\Omega = 0.2V$ 接地偏移

因此，随着电流增大，接地偏移也会增大。

图 3 中的示例展示了当接收器接地相对于发送器或系统接地从 0V 偏移到 -0.2V、-0.4V、-0.8V 时，同一数字接口的逻辑裕量损失情况。在 -0.2V 接地偏移下，低电平噪声容限还剩 190mV。在 -0.4V 时，接收器的 $V_{IL(max)}$ 偏移 到 0.14V，而发送的低电平仍为 0.15V。由于发送的低电平现在比接收器的规定低电平阈值高 10mV，因此按规定不再能被识别为低电平。在 -0.8V 时，发送的低电平进一步落在接收器的规定低电平区域之外。

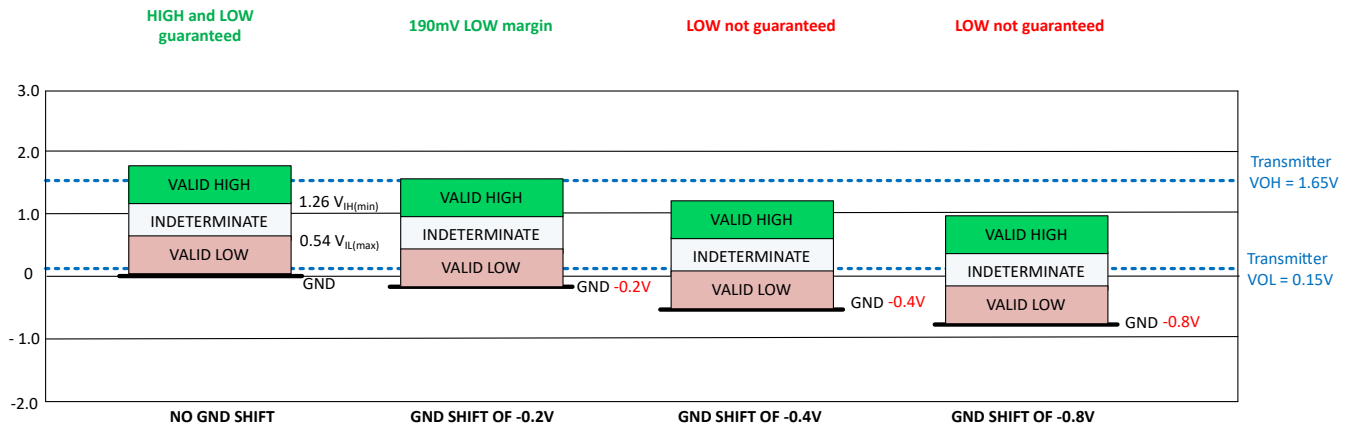


图 3. 接地偏移增大时裕量减小

容许的接地偏移量取决于系统。设计人员必须根据发送器输出电平和接收器输入阈值来评估预期地电位差，以确定该偏移是极小、会减小可用噪声容限，还是大到足以导致逻辑错误。对某个接口而言微不足道的接地偏移，在另一个接口中可能消耗很大一部分逻辑裕量，尤其是在较低电源电压下或噪声环境中。

何时需要地电平转换器？

应对接地偏移的一种常见方法是减小地电位差本身。设计人员可以使用更低电阻的接地回流路径或星形接地技术来尽可能减少共享回流路径。对于较小且可预测的地电位差，也可使用无源电路来维持有效的逻辑电平。

当地电位差较大、随工作条件变化或无法消除时，这些方法可能不实用。电隔离可实现跨不同地电位的通信，但也会增加元件、成本、布板面积和功耗。

TI 的地电平转换器 (TXG) 可在以不同地电位为基准的器件之间实现数字通信。TXG 的每一侧都以各自的本地接地为基准，从而可在存在地电位差时维持有效的逻辑电平。图 4 展示了 -0.8V 接地偏移如何导致控制器电路与外设电路之间发生逻辑错误。图 5 展示了 TXG 地电平转换器如何参照每个电路的本地接地来维持适当的逻辑电平。

TXG 产品系列包括支持高达 $\pm 10V$ 、 $\pm 40V$ 和 $\pm 80V$ 地电位差的地电平转换器，并提供 1、2、4 通道配置。当地电位差无法实际消除时，TXG 提供了一种紧凑且高性能的选择；并且当对现有接地架构的更改不再可行时，也可在设计周期后期实施。

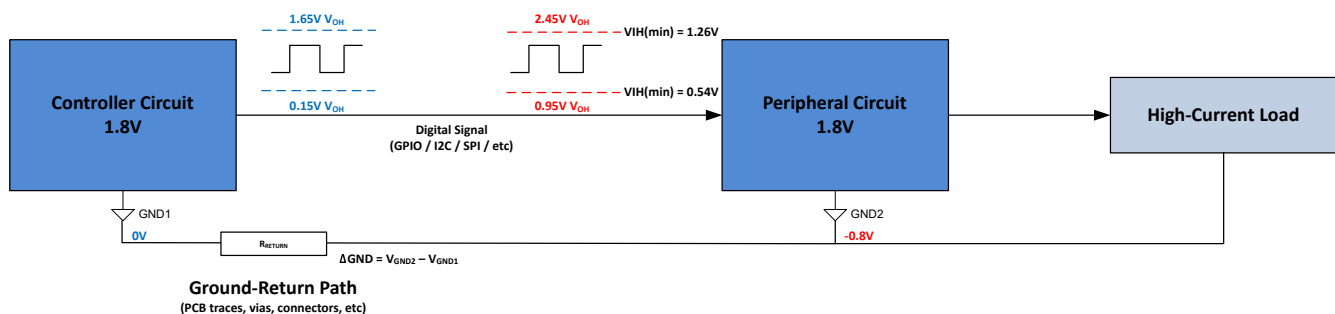


图 4. 接地偏移导致超出接收器低电平阈值范围

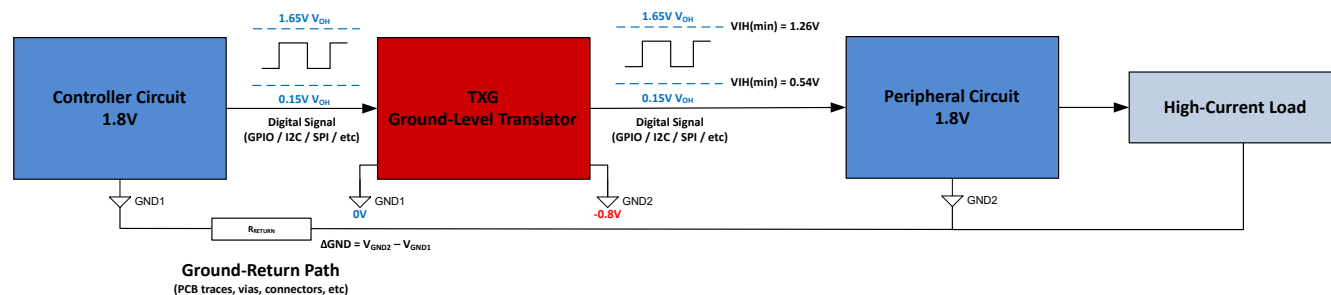


图 5. TXG 在存在地电位差时维持有效的逻辑电平

结语

接地偏移会减少可用的逻辑裕量，并可能导致有效的发送信号落在接收器规定输入阈值之外。TI 地电平转换器通过使器件每一侧以各自的本地接地为基准，实现跨不同地电位的可靠数字通信。

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、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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月