

Application Brief

了解汽车牵引逆变器隔离式栅极驱动器中的共模瞬态抗扰度



George Lakkas

简介

隔离式栅极驱动器在电动汽车 (EV) 牵引逆变器中用于驱动电机电源开关 (绝缘栅双极晶体管 [IGBT] 或碳化硅 [SiC])，并将直流电池转换为电机的交流电源。隔离式栅极驱动器还提供低电压到高电压电气隔离，防止牵引逆变器中出现不必要的直流和交流电源流动，同时实现数据和电力传输。隔离对于保护人员密集情况和低压电路免受高电压影响和处理接地电势差至关重要。此外，当晶体管在电源接地端 (相对于逻辑电平输入接地) 以高压摆率切换高电压时，隔离可减少电气噪声并承受共模瞬态。

隔离式栅极驱动器可在高 dv/dt 环境中建立可靠的开关性能。

图 1 显示了隔离式栅极驱动器的简图。

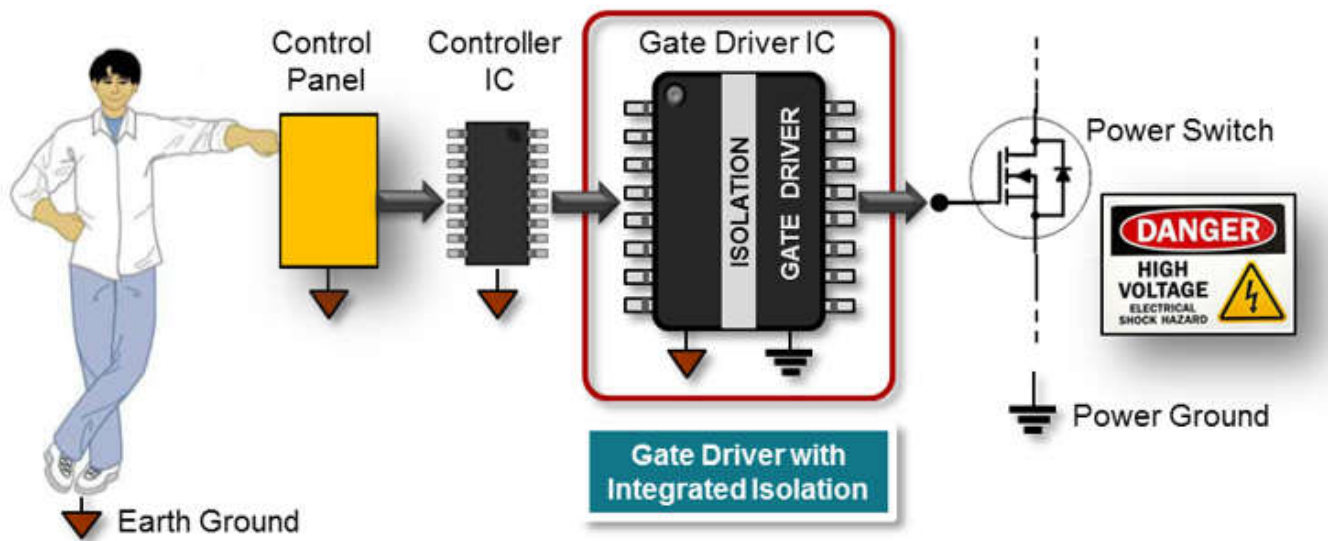


图 1. 高压系统中的隔离式栅极驱动器

什么是共模瞬态抗扰度？

新一代牵引逆变器需要更多的控制、更高性能和更复杂的感应功能，才能利用 SiC FET 等新的电源开关技术。SiC FET 的开关频率接近 30KHz 或更高。更高的开关频率的优势包括滤波器尺寸更小、控制和响应更快以及失真更低。

在牵引逆变器中运行时，共模瞬态抗扰度 (CMTI) 是隔离式栅极驱动器的一个重要参数。牵引逆变器需要高效率 and 超低的开关损耗，导致 SiC MOSFET 漏源电压的 dv/dt 大幅增加。具体而言，CMTI 是指从初级侧到次级侧的电压变化抗扰度。CMTI 是两个隔离电路之间适用的共模电压的最大容许上升或下降速率。CMTI 单位通常为 kV/us、或等效于 V/ns。

高 CMTI 意味着当以非常高的上升（正）转换率或高下降（负）转换率冲击绝缘栅时，两个隔离电路（发送器侧和接收器侧）在数据表规范范围内运行良好且无错误。图 2 显示了简化的 CMTI 测试设置和典型的共模脉冲波形。

在绝缘栅上施加 VCM 脉冲时，确认简化方框图中的 IN 和 OUT 信号是否遵循适当的逻辑。根据 IEC 60747-17 标准，CMTI 测试高达数据表中列出的电压，并且对最大隔离工作电压 (V_{IOWM}) 的测试是对隔离完整性的额外验证。IEC 60747-17 标准建议通过测量最终共模脉冲振幅 (|V_{CM}|) 的 20% 至 80% 范围内的转换率来确定共模脉冲的转换率。

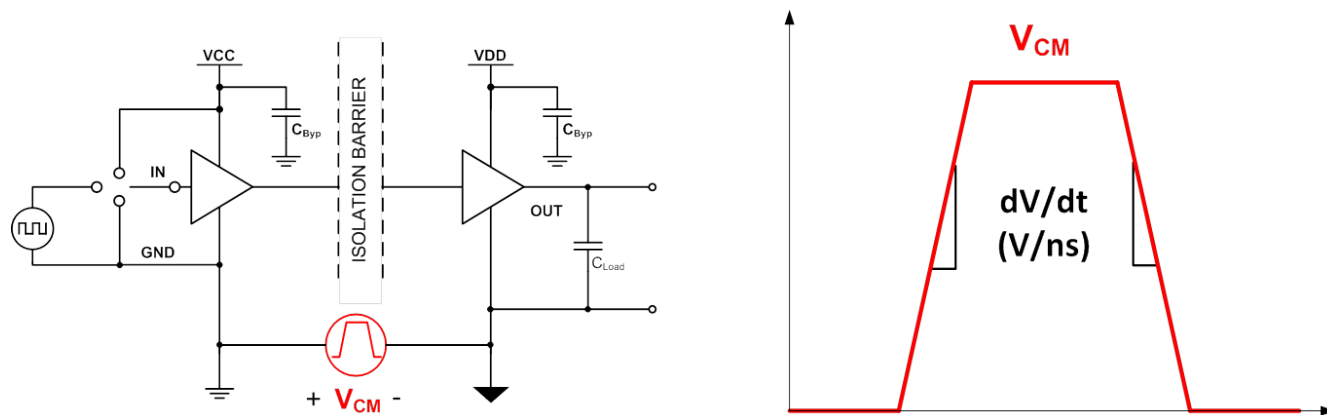


图 2. CMTI 测试设置

CMTI 对于隔离式栅极驱动器处理两个接地基准之间的差分电压至关重要。CMTI 展示了栅极驱动器承受上升和下降转换率的稳健性。此外，CMTI 的存在意味着隔离信号链内电路和隔离元件经过详细的设计。

静态与动态 CMTI

有两种类型的 CMTI：静态和动态。静态 CMTI 是输入连接到逻辑高电平或逻辑低电平的测试条件，并在共模瞬态度 (CMT) 冲击期间监控输出状态。确认在过程、电压和温度变化情况下栅极驱动器输出是否保持在 CMTI 规范的高电平或低电平状态。

图 3 显示了静态 CMTI 测量示例，其中包含共模高电平 (CM_H) 和共模低电平 (CM_L) 脉冲。

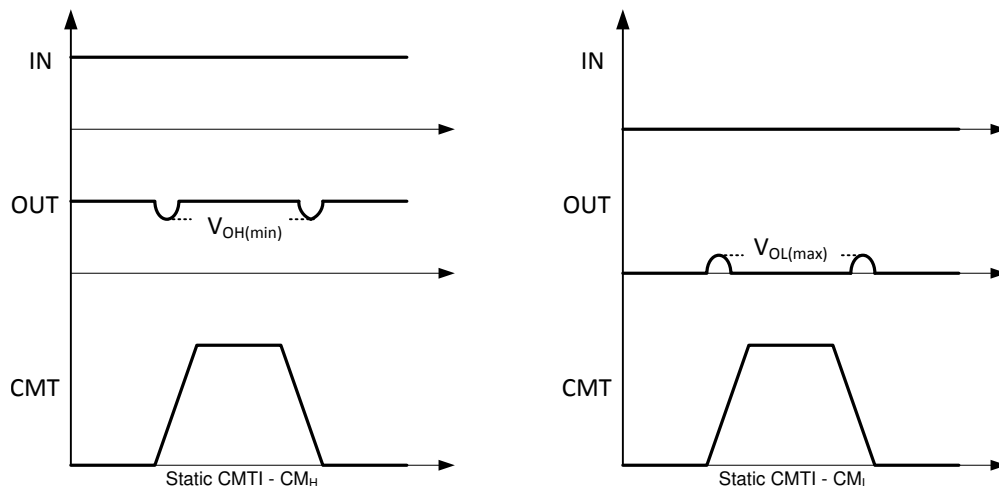


图 3. 静态 CMTI 测量

动态 CMTI 测量在特定动态（开关）事件发生时发生 CMT 冲击的时间。当 CMT 冲击施加到数字 I/O 信号的上升沿或下降沿时，则会发生动态事件。另一个发生情况示例是测试具有高级内部通信功能的高级栅极驱动器中通信通道的稳健性。图 4 展示了第二个示例。

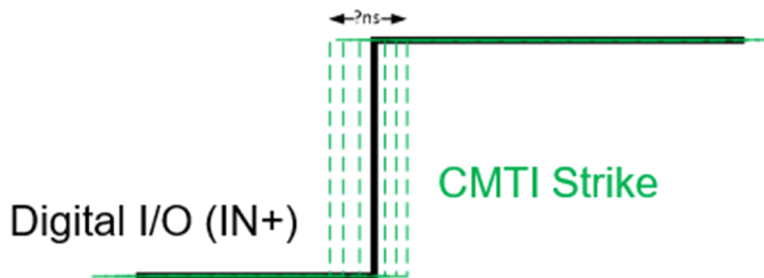


图 4. 传统动态 CMTI

标准仍然相同，输出应保持在正确的逻辑状态，作为输入或跟随输入。图 5 显示了潜在的故障情况，包括：

- 漏脉冲
- 过度的传播延迟
- 高误差
- 低误差
- 输出闩锁

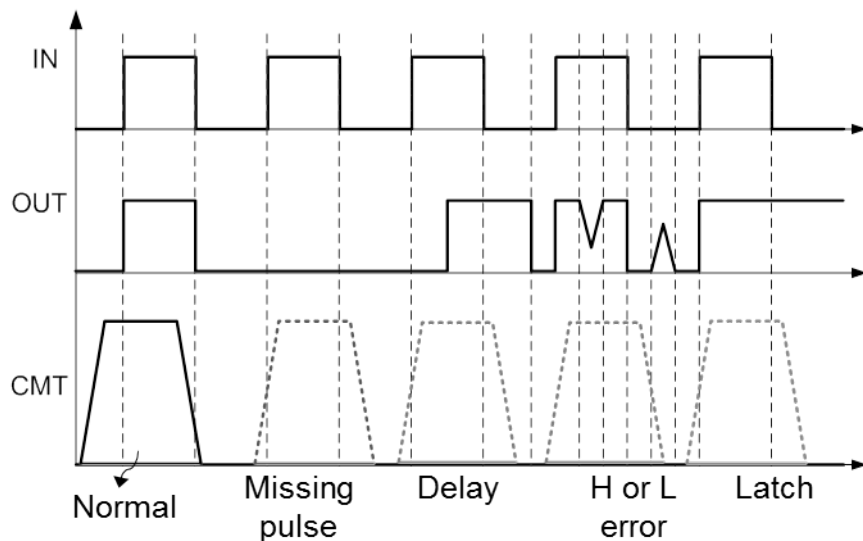


图 5. 动态 CMTI 测量——正常值与误差

测试静态/动态 CMTI

图 6 显示了用于测试静态或动态 CMTI 的设备：

静态 CMTI：

- 受测器件 (DUT = 隔离式栅极驱动器)
- CMT 发生器
- 电池或隔离式电源
- 高性能测量设置

动态 CMTI：

- 受测器件 (DUT = 隔离式栅极驱动器)
- CMT 发生器
- 电池或隔离式电源
- 高性能测量设置
- 信号同步
- 隔离式探针

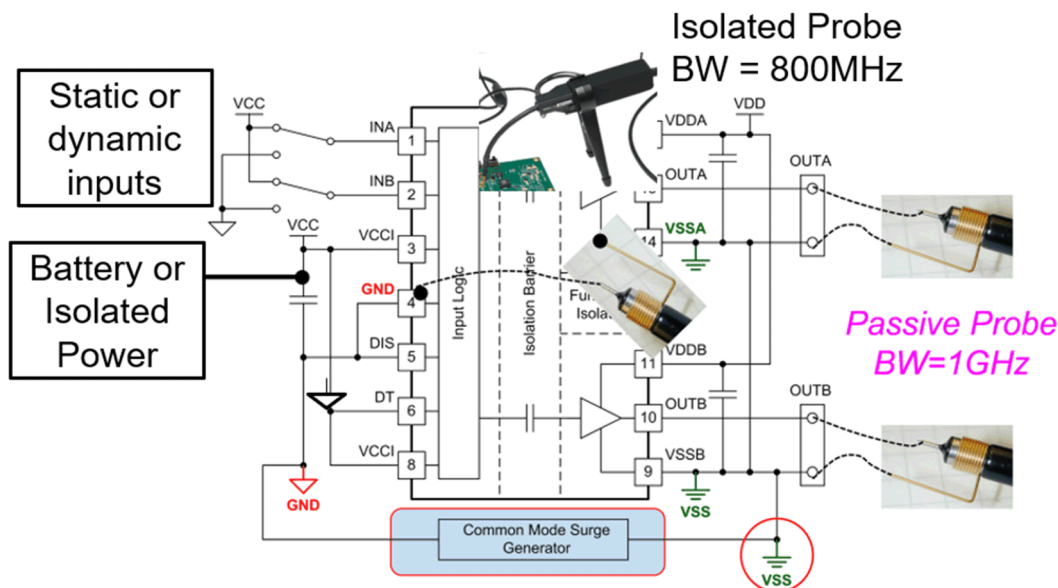


图 6. CMTI 测量设置和设备

CMTI 测试展示了隔离式栅极驱动器对共模瞬态的抗扰度。CMTI 性能包括对新发布的具有实时可变栅极驱动强度和 16 个 DESAT 阈值设置的 [UCC5881-Q1 功能安全合规型可编程隔离式栅极驱动器](#)进行测试。图 7 展示了 UCC5881-Q1 在使用 100 个连续逆变器正弦周期进行 dv/dt 关断期间具有高性能。

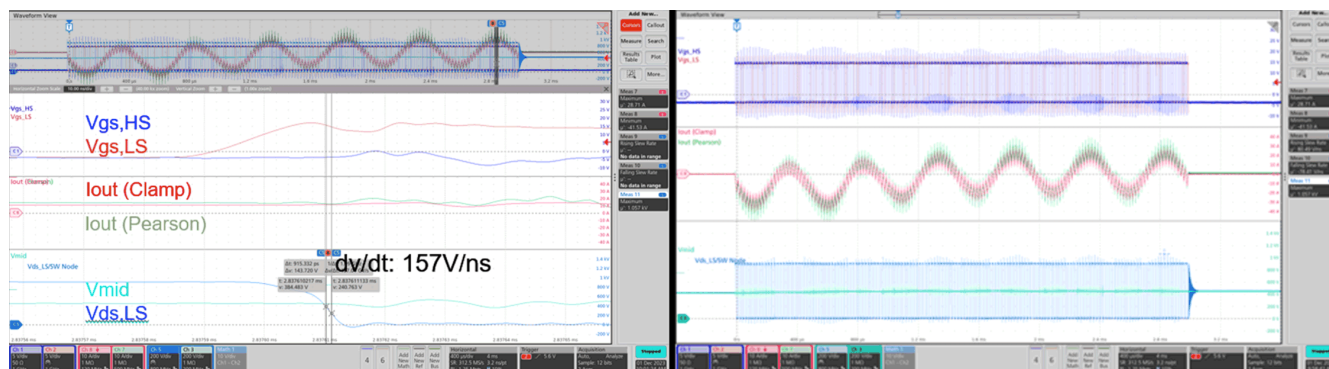


图 7. 使用 100 个连续逆变器正弦周期的 UCC5881-Q1 关断 CMTI 冲击测量 (157V/ns)

结语

CMTI 在 EV 牵引逆变器的正常工作方面发挥着重要作用。低于标准的共模抗扰度可能会导致误差，影响系统性能和安全。

为了确保牵引逆变器正常工作，以高开关速度和转换率驱动高级 SiC FET 的隔离式栅极驱动器必须使用不受 CMTI 影响并在嘈杂的开关环境中表现出稳健性的隔离栅。无论开关频率如何，都施加相同的 CMTI。随着瞬态速度的增加，需要更高的 CMTI。

UCC5881-Q1 是适用于牵引逆变器的最新款可编程隔离式栅极驱动器，具有 TI 指定的 150V/ns 最大共模转换率。

UCC5881-Q1 在应用级静态和动态 CMTI 测试中表现良好，是 TI 整个 EV 牵引逆变器解决方案中的关键组成部分。

其他资源

- 了解有关 [TI 隔离技术](#) 的更多信息
- 具有实时可变栅极驱动强度的 [UCC5881-Q1](#) [FuSa](#) 合规隔离式栅极驱动器
- 了解 TI 元件如何帮助 [创造高性能牵引逆变器](#)

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月