

Design Guide: TIDA-011011

适用于 3.3kV SiC-FET 且具有隔离式偏置电源的隔离式栅极驱动器板参考设计

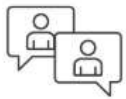


说明

此参考设计提供了一个用于为额定电压高达 3.3kV 的场效应晶体管 (FET) 实现栅极驱动器设计的模板。通过使用具有分离输出的单通道隔离式前置驱动器，可以驱动多种型号的功率 FET，同时保持高灌电流和拉电流能力。通过整合直流/直流隔离式偏置电源和受控的输出轨电压，进一步提升驱动设计的性能，从而实现更低 $R_{DS(on)}$ 运行。

资源

TIDA-011011	设计文件夹
UCC35131-Q1	产品文件夹
UCC218915-Q1	产品文件夹



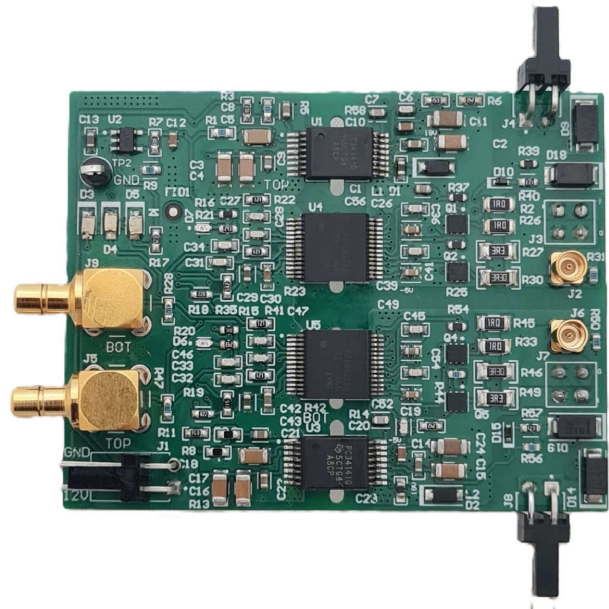
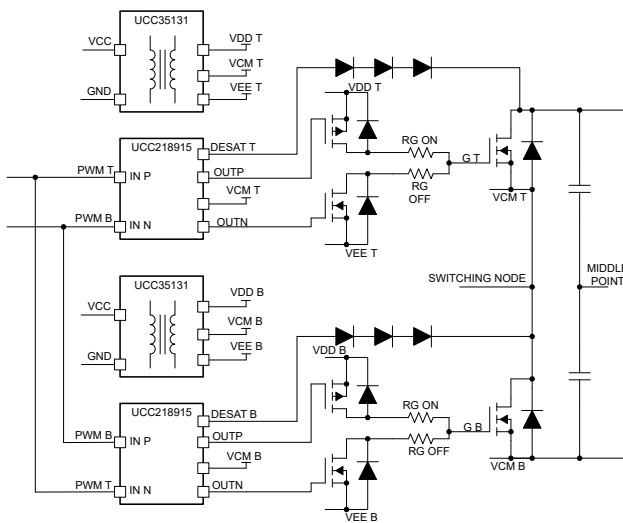
请咨询我司 TI E2E™ 支持专家

特性

- 适用于额定电压高达 3.3kV 的 FET 的栅极驱动器设计
- 采用分离输出设计的前置驱动器
- 受控栅极驱动器电压轨

应用

- 中央逆变器
- 电源转换系统 (PCS)
- 固态变压器



1 系统说明

现代电源转换系统正在经历工作电压不断提高的显著趋势，如数据中心、储能系统 (ESS) 和太阳能应用等使用的固态变压器应用所示。同时，系统电流也大幅增加，因此需要栅极驱动器提供高驱动电流。随着系统电压升高，功率器件必须设计为具备更高的相应击穿电压。这种演进需要栅极驱动器和能够承受这些升高隔离电压要求的直流/直流隔离式电源。

此参考设计通过整合额定可承受 RMS 工作电压高达 $1050V_{RMS}$ 的器件来解决这些难题。当 MCU 以直流链路中点为基准时，此功能可控制额定电压高达 3.3kV 的 FET，从而为高压功率转换应用提供稳健的设计。

2 系统概述

2.1 方框图

图 2-1 显示了参考设计电路板内部实现电路的原理图表示。该电路板由两个栅极驱动器单元 (UCC218915) 和两个隔离式电源 (UCC35131) 组成。

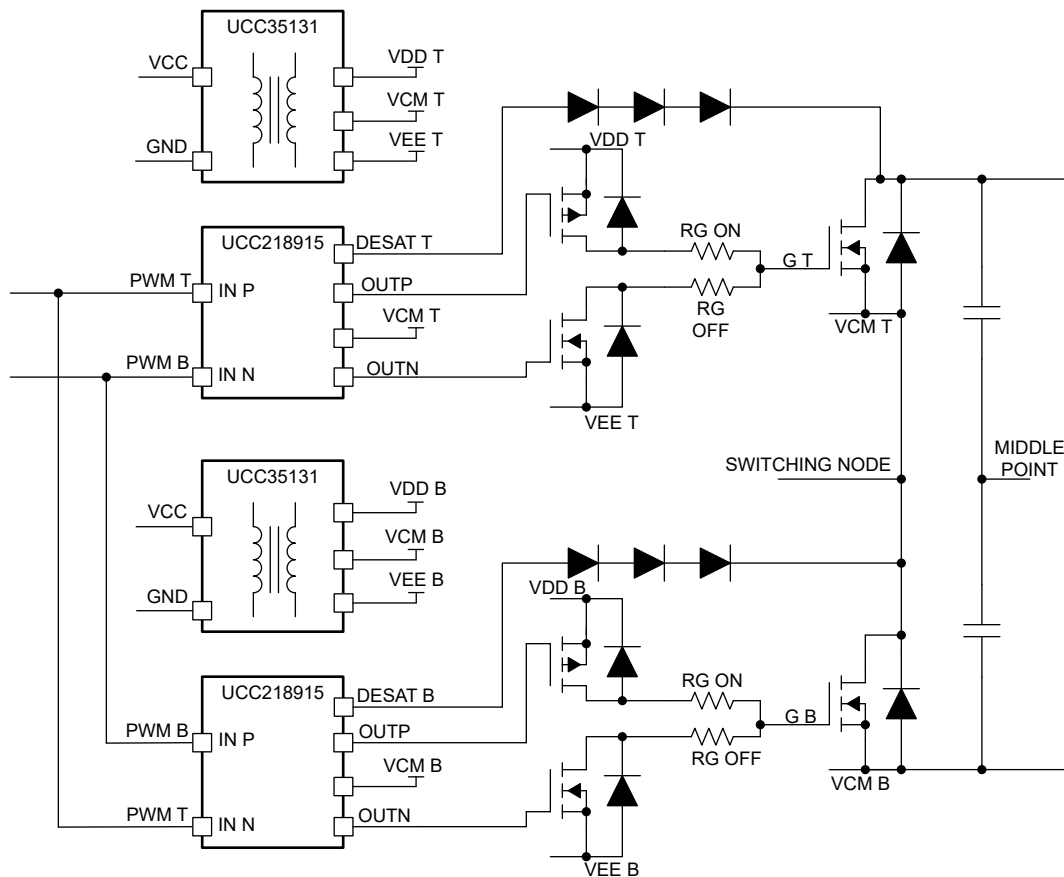


图 2-1. 参考设计的方框图

2.2 设计注意事项

此参考设计采用栅极驱动器板，通过两个外部 PWM 信号控制两个功率碳化硅 FET。该设计专门用于驱动两个碳化硅 (SiC) 功率模块内的 FET：

- G4H22MT33GB4 模块包含额定电压为 3.3kV、导通电阻为 $2.2m\Omega$ 的 FET，
- G4H11MT23BH4 模块采用额定电压为 2.3kV、导通电阻为 $1.1m\Omega$ 的 FET。

2.3 重点产品

2.3.1 UCC35131-Q1

UCC35131-Q1 是一款符合汽车标准的高隔离电压直流/直流电源模块，旨在为 IGBT、SiC、Si 和 GaN 隔离式栅极驱动器和 UIR 传感器供电。该器件采用专有集成变压器、倒装芯片封装和高级控制架构，可实现高功率密度和低噪声。该器件能够在 85°C 环境温度下提供 2.0W 的典型输出功率。高精度双路输出电压可通过电阻分压器轻松设置，为 SiC、IGBT 和 GaN 器件实现低导通电阻、快速可靠的开关控制。低延迟反馈控制可降低用于快速负载瞬态的输出电容，并支持动态电压编程。宽输入电压和可调 VIN UVLO 支持电动汽车的宽电池电压范围和稳压输入电源轨。该器件可在 5.5V 至 20V 的 VIN 范围内运行，且可承受高达 28V 的 VIN 瞬态过压。集成保护特性、故障报告电源正常引脚和使能功能可提高系统稳健性，减少外部元件数量。具有 8.2mm 爬电距离和间隙的 SOIC 封装可提供高隔离能力。

2.3.2 UCC218915-Q1

UCC218915-Q1 是一款电隔离单通道前置驱动器，设计用于直流工作电压高达 1500V 的 SiC MOSFET 和 IGBT，具有先进的保护功能、出色的动态性能和稳健性。UCC218915-Q1 具有双 2.8A 输出，可直接驱动外部缓冲器 NMOS/PMOS 对。输入侧通过 SiO₂ 隔离技术与输出侧进行隔离，支持高达 1.06kV_{RMS} 的工作电压、10kV_{PK} 的浪涌抗扰度，隔离层寿命超过 40 年，并提供较低的器件间偏移，共模瞬态抗扰度 (CMTI) > 200V/ns。UCC218915-Q1 包括先进的保护特性，如快速过流和短路检测、故障后受控软关断、故障报告、有源米勒钳位、高压侧有源短路输入以及输入和输出侧电源 UVLO，用于优化 SiC 和 IGBT 开关行为和稳健性。

3 硬件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

本设计中的被测器件 (DUT) 的设置和运行涉及以下几个部分：

- 一块 TIDA-011011 栅极驱动器板
- 一个带散热器的电源模块
- 一块电源板，用作电源模块和栅极驱动器卡之间的连接方式
- TMDSCNCD28P55X 控制卡
- TMDSHSECDOCK
- USB 隔离器
- 具有 12V 输出和 3A 额定值的电源适配器
- 笔记本电脑
- 示波器、电流和电压探头

3.2 测试设置

图 3-1 显示测试的连接。

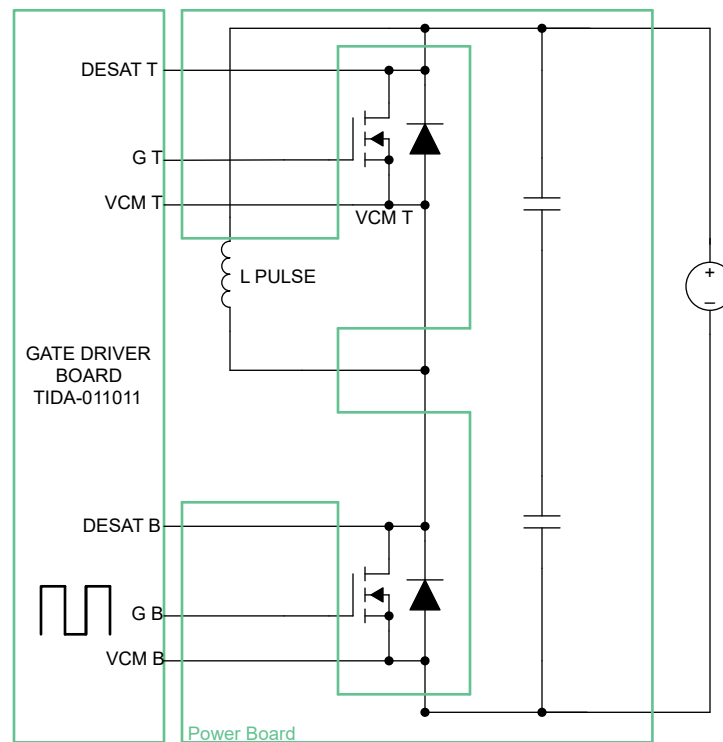


图 3-1. 测试参考设计栅极驱动器电路板的连接

3.3 测试结果

进行双脉冲测试：使用电源模块（器件型号：G4H11MT23BH4）。该模块整合了两个功率 FET，各自的额定电压为 2.3kV、导通电阻为 1.1mΩ。该模块在 +18V 和 -5V 的标称栅极电压下工作。

双脉冲测试可表征两个关键的开关瞬变：功率 FET 的导通和关断行为。导通和关断转换的测试均使用 2.5Ω 栅极电阻器进行，生成的波形如下图所示。

图 3-2、图 3-3 和图 3-4 展示了在 1.5kV 直流链路电压和 400A 漏极电流测试条件下的关断瞬态特性。电压瞬态分析表明，共模瞬态抗扰度 (CMTI) 测量值约为 40nV/ns。

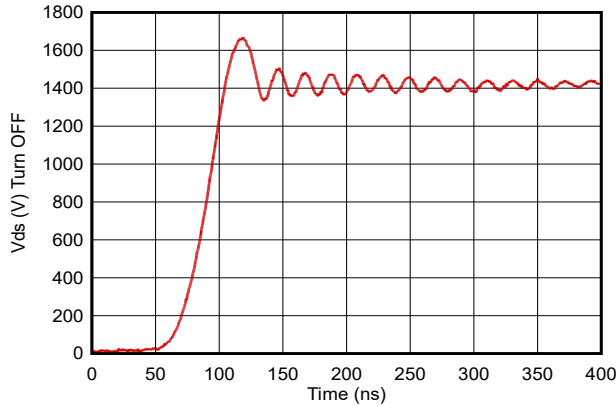


图 3-2. 关断漏源电压开关波形 (2.5Ω)

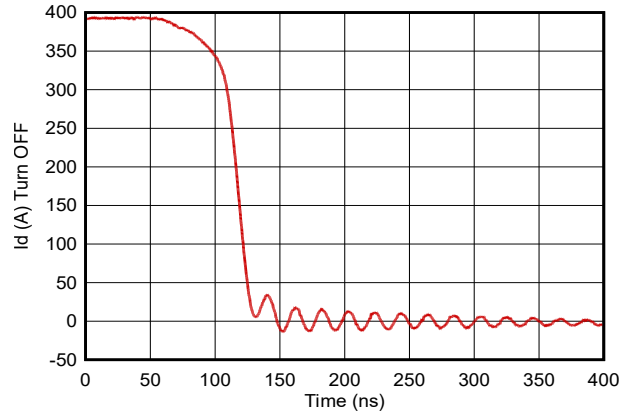


图 3-3. 关断漏极电流波形 (2.5Ω)

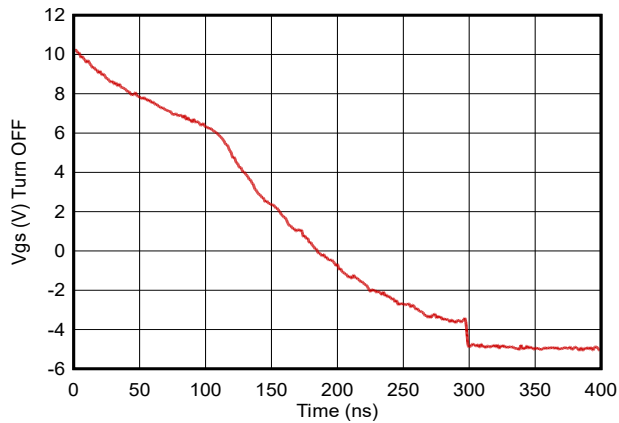


图 3-4. 关断栅源电压波形 (2.5Ω)

图 3-5、图 3-6 和图 3-7 展示了在 1.5kV 直流链路电压和 320A 开关节点电流测试条件下测得的导通瞬态波形。电压瞬态分析表明，在导通开关事件期间，共模瞬态抗扰度 (CMTI) 约为 50V/ns。

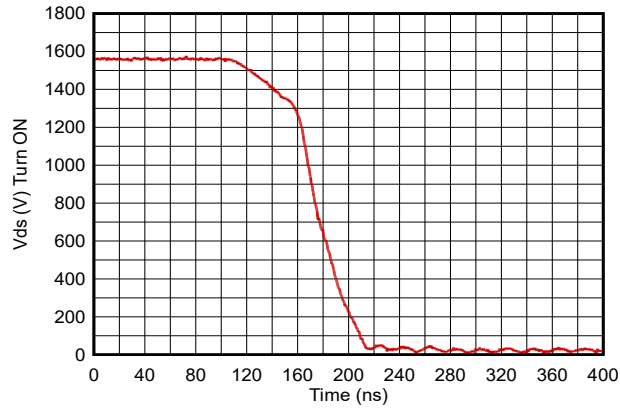


图 3-5. 导通漏源电压测量波形 (2.5 Ω)

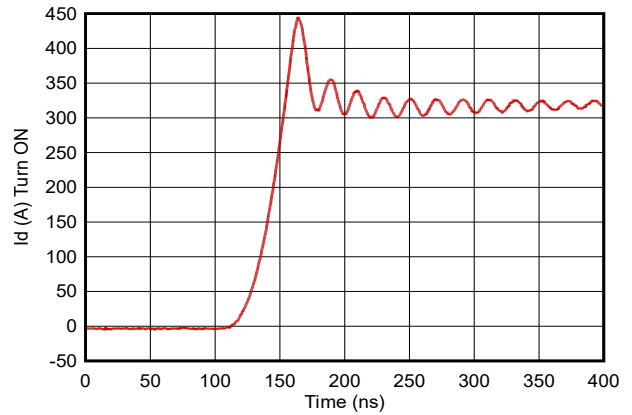


图 3-6. 导通漏极电流测量波形 (2.5 Ω)

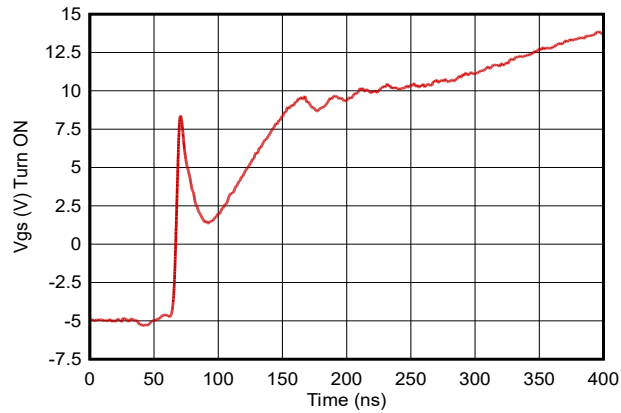


图 3-7. 导通栅源电压测量波形 (2.5 Ω)

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-011011](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-011011](#) 中的设计文件。

4.2 工具

[UCC35131-Q1-CALC](#) 设计计算器工具，用于根据系统要求生成外部 BOM

4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[UCC35131-Q1 汽车级 2.0W、12V VIN、高密度、> 5kV_{RMS}，隔离式直流/直流模块数据表](#)
2. 德州仪器 (TI)，[UCC218915-Q1 适用于汽车级应用并具有有源保护功能的 SiC/IGBT 单通道隔离式前置驱动器数据表](#)

4.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

4.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

RICCARDO RUFFO 2019 年在意大利都灵理工大学获得电气、电子和通信工程博士学位。他目前在德州仪器 (TI) 德国分公司担任系统工程师，负责能源基础设施团队中太阳能领域的工作。他的主要工作包括电动汽车充电、感应式无线电力传输、光伏、可再生能源和储能应用。

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