

TI 双向 GaN 在三级 T 型转换器中的应用



Kelvin Le, Yuetao Hou

简介

环境可持续性与能源安全是推动更高效节能、更具成本效益的电源转换器需求增长的两大核心驱动力。现代电源转换器正在重塑能源生产、存储和分配的应用格局。这些应用面临着共同的系统挑战，即在于，提升功率密度、实现高效双向运行并降低成本。本应用简报重点探讨新兴双向 **GaN (BDG)** 高电子迁移率晶体管 (**HEMT**) 技术及其为电力行业带来革命的潜力，特别是在需要双向运行、高功率密度和成本控制的应用中。**T 型**、**Vienna** 整流器、**Heric** 及直接矩阵转换器等电源拓扑均可受益于 **BDG**。这些拓扑广泛应用于大功率工业与汽车终端设备，例如电动汽车 (**EV**) 充电桩、光伏逆变器和牵引逆变器。后续章节将讨论如何在 **T 型** 转换器设计 (**TIDA-01606**) 中使用 **TI** 的 **BDG HEMT**，并在交流-直流转换中实现约 **98%** 的峰值效率。给出的测试结果突出了 **TI BDG** 的卓越性能。

为 TIDA-01606 T 型转换器板设计 BDG 子卡

TIDA-01606 是一款基于 SiC 的 11kW 双向三相三级 T 型转换器。在基准测试中, 这款基于 SiC 的设计在 4.5kW 负载下的峰值效率达 98.6%。其 T 型中间开关采用三对背对背 (本例中为共漏极) SiC FET (650V、60mΩ)。通过利用 TI 的单片 BDG 技术, 用户可用三个 BDG HEMT 替代这六个分立式 SiC FET, 如 图 1 所示。有关原始 SiC TIDA-01606 设计的更多详情 (包括原理图和设计指南) , 请参阅 [TIDA-01606](#)。

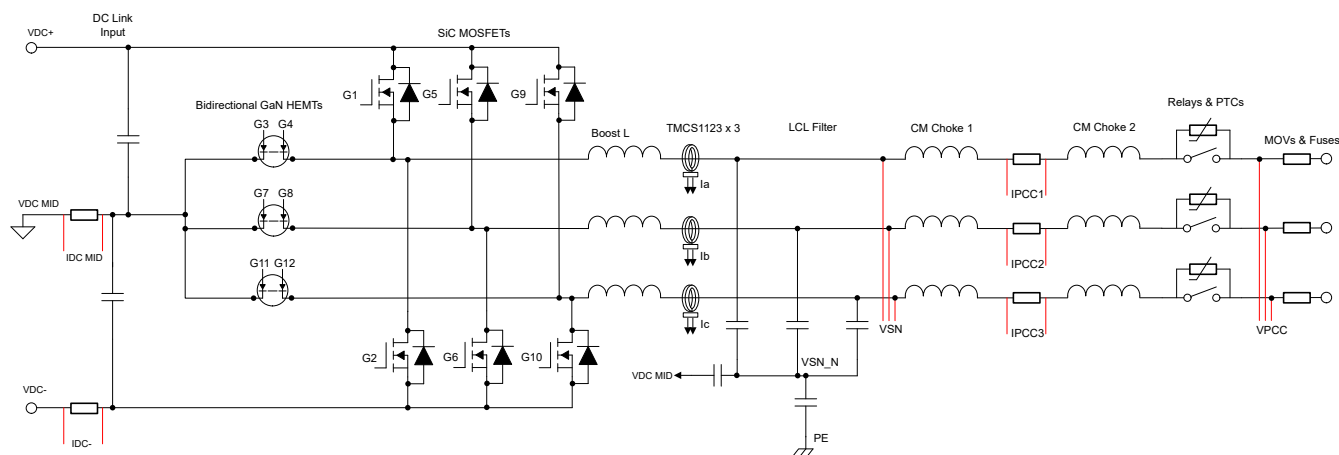


图 1. 采用双向 GaN HEMT 作为内部开关的 T 型转换器 (TIDA-01606) 的简单框图

为了替代背对背开关，设计了三个可直接组装到 TIDA-01606 主板上的 BDG 子卡。组装示意图如 图 2 所示。请注意，BDG 配置了顶部冷却散热器。

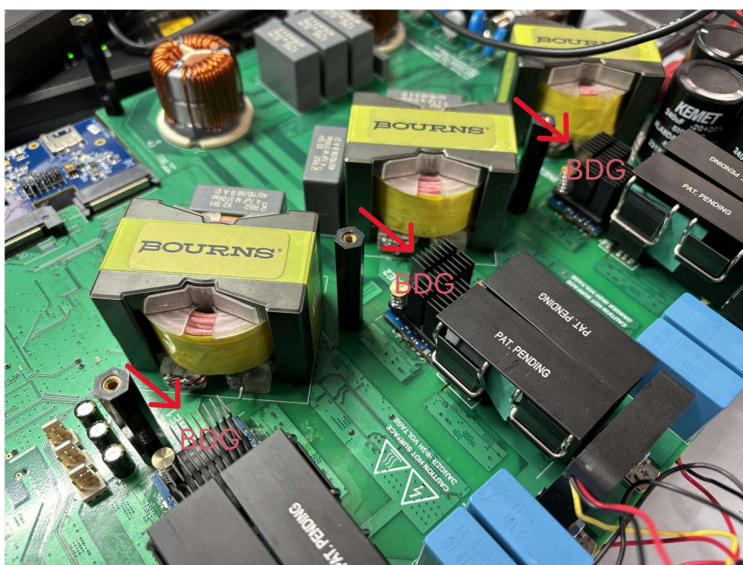


图 2. 红箭头标示处为组装 BDG 子卡的 TIDA-01606 电路板

测试结果

我们对基于 BDG 的 T 型转换器进行了效率、功率因数 (PF) 及电流总谐波失真 (iTHD) 测试。在 3.8kW 下运行时的 PFC 实验波形如 图 3 所示。输入交流相电压为 230Vrms，输出为 800VDC。开关频率设置为 90kHz，死区时间为 150ns。由于子卡插件的性质会引入额外的传播延迟，死区时间设置偏保守。在 3.8kW 下运行时的峰值效率达 97.9%。高负载条件下（特别是在高电流下，例如大于 3A），导通损耗将成为主要的开关损耗。效率、功率因数 (PF) 和 iTHD 性能数据分别如 图 4、图 5 和 图 6 所示。

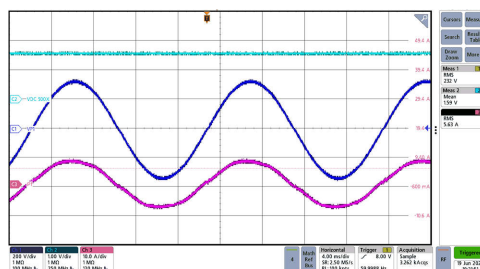


图 3. 在 3.8kW 下运行时的 PFC 波形示例

示波器信号：CH1：交流输入相电压 VP1（蓝色），CH2：按 500:1 缩放的输出 VDC（蓝绿色），CH3：交流输入电流（红色）

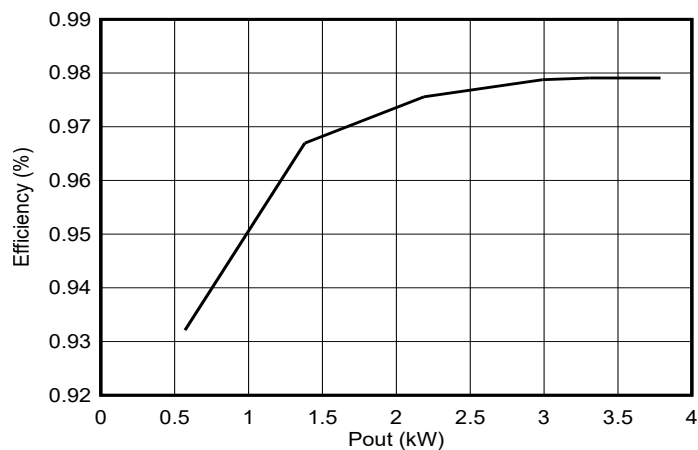


图 4. PFC 模式下的效率 (230VAC 输入、800VDC 输出)

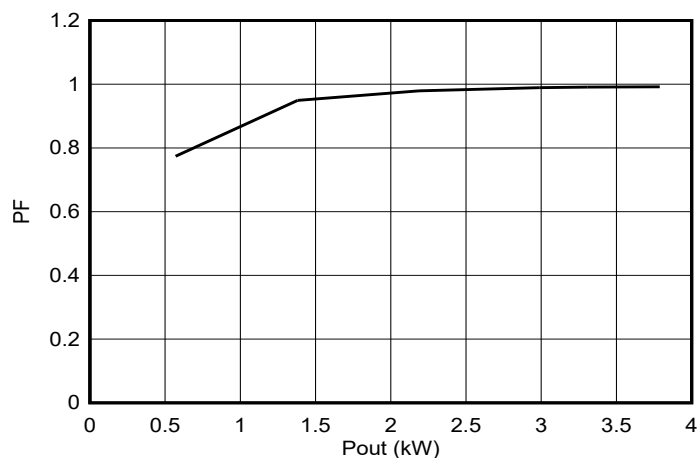


图 5. PFC 模式下的功率因数 (230VAC 输入、800VDC 输出)

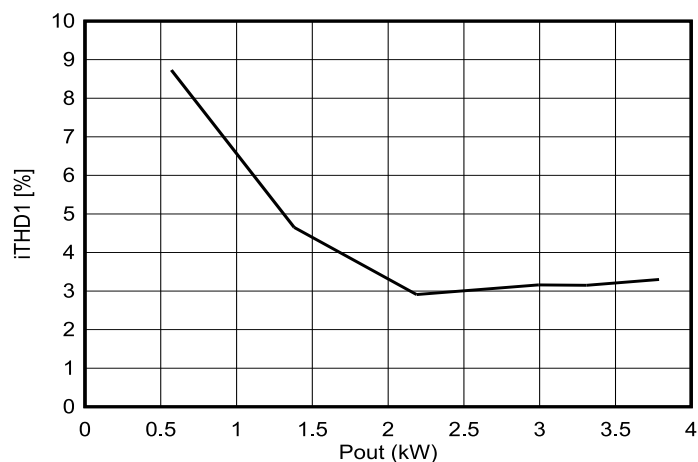


图 6. PFC 模式下的 iTHD1 (230VAC 输入、800VDC 输出)

结语

近年来，BDG 在电源转换器领域取得重大进展，有望成为商业 GaN 产品的基石技术。本应用简报重点介绍了 BDG 在 T 型转换器中的应用示例，并提供了一些初步数据，以证明 BDG 在某些关键双向电源转换器应用中的潜在作用。对于工作频率接近单 MHz 的双向转换器（如直接矩阵转换器），BDG 技术有望创造更高价值。

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