

Application Note

在轻型电动车辆 (LEV) 中利用非隔离式栅极驱动器波



Jeremiah Vo

摘要

自行车、摩托车和踏板车在燃料昂贵或者道路紧凑的区域很受欢迎。轿车、卡车和其他消费类汽车等车辆的电气化也适用于 2 轮车及 3 轮车。电动自行车、踏板车及其他电动 2-3 轮车被称为轻型电动车辆 (LEV)。非隔离式栅极驱动器在此类终端产品中很常见，本应用手册概述了德州仪器 (TI) 的非隔离式栅极驱动器，该驱动器可面向电池组、直流/直流转换器、电机驱动器以及车载或非车载充电器。

内容

1 简介.....2

2 LEV 的栅极驱动器.....2

3 轻型电动车辆系统概述.....3

4 明星产品.....6

5 总结.....8

6 参考资料.....8

插图清单

图 3-1. 非板载充电器的交错式升压 PFC 示例.....3

图 3-2. 典型电池组拓扑.....4

图 3-3. 典型 96V 至 12V 直流/直流转换器拓扑.....4

图 3-4. 典型 48V 至 12V 直流/直流拓扑.....5

图 3-5. 典型电机驱动级拓扑.....5

表格清单

表 4-1. LEV 子系统的明星产品.....6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

随着街道越来越拥挤、电气化越来越受欢迎，轻型电动车辆 (LEV) 在消费者中越来越受欢迎。在购买新的 LEV 时，必须考虑 LEV 是否具备以下几种特性：

- **功率密度**：LEV 外形小巧，适合在狭窄和拥挤的道路上行驶。对于更小的车辆，PCB 必须优化空间。TI 的栅极驱动器采用小型封装并使用高驱动电流，可在空间受限的情况下实现高效率和高性能。
- **稳健性**：无论用户是在倾盆大雨还是严酷的阳光下行驶，LEV 都需要能够承受不断变化的环境。TI 丰富的栅极驱动器具有高 VDD 选项和负电压处理能力，有助于提高稳健性和可靠性。这一切都有强大的客户支持提供支持，有助于确保设计中采用 TI 栅极驱动器。
- **经济实用**：导致 LEV 数量增加的一个主要因素是成本低于传统汽车。TI 的栅极驱动器不仅在成本优化型器件中提供高性能，而且可以包含有助于降低物料清单 (BoM) 成本和缩减尺寸的有用功能。TI 还具有极具竞争力的网络价格，允许工程师以合理的价格购买高质量器件。

2 LEV 的栅极驱动器

LEV 的设计包含多个元件。性能可能取决于直流/直流转换器系统、电池组或者 LEV 的电机驱动级的设计选择。这些子系统各个都有栅极驱动器帮助驱动电源开关。开关负责执行实际的开关操作，处理大部分功率传送，可以是 MOSFET、IGBT、SiCFET 或 GaNFET。最后，栅极驱动器位于控制器和开关之间，栅极驱动器的驱动强度可以决定开关的导通或关断速度，并且减少开关损耗以提高系统效率。

如果电源开关是接地，则利用低侧驱动器。TI 提供单通道或双通道低侧驱动器，指示栅极驱动器运行一个还是两个接地开关。半桥驱动器运行一个接地开关，以及另一个采用具有浮动电压的开关节点的开关。如何选择合适的栅极驱动器取决于 LEV 电池电压的类型和特性、系统要求及其他设计元件。

TI 的栅极驱动器具有非隔离式和隔离式型号。隔离式驱动器为跨高压差使用提供了一个屏障，可以保护元件和人员。非隔离式栅极驱动器在没有此类差分驱动器时使用，或与外部隔离器一起使用，以便优化系统。根据系统中电源开关的位置（接地或参考浮动电压），不同类型的 TI 栅极驱动器为这些 FET 提供服务。

LEV 的电池电压决定了所需的半桥总线电压，因为许多制造商在电压电源上享有裕量。对于 12V 或 48V 电池，许多设计工程师想要使用额定电压为 107V 或 120V VHB 的半桥驱动器，例如 [LM2105](#) 或 [UCC27301A-Q1](#)；对于 96V 电池，需要使用额定电压为 230V VHB 的半桥驱动器，例如 [UCC27834-Q1](#)。UVLO 和过流保护等功能有助于保护开关免受意外损坏，改善系统效率，并提高系统可靠性。为系统选择最合适的栅极驱动器有助于充分利用其他所有元件，确保经济实惠地实现高性能。

3 轻型电动车辆系统概述

LEV 有多种类型：电动自行车 (e-bike)、电动踏板车 (e-scooter) 和电动摩托车 (e-motorcycle)。电动自行车具有超低的功率级别和超短的续航里程，并且设计更紧凑。其次是具有中等续航里程和较大设计体积的电动踏板车，然后是具有最大续航里程和功率的电动摩托车，设计体积最大。

LEV 系统由多个级组成：直流/直流转换器、电机驱动级、电池组以及车载或非车载充电器。当需要比集成电机驱动器更高的驱动电流时，将非隔离式栅极驱动器置于所有级中。当优选分立式实现（与智能电机驱动器相比）时，也可以考虑在驱动 FET 时使用非隔离式栅极驱动器。

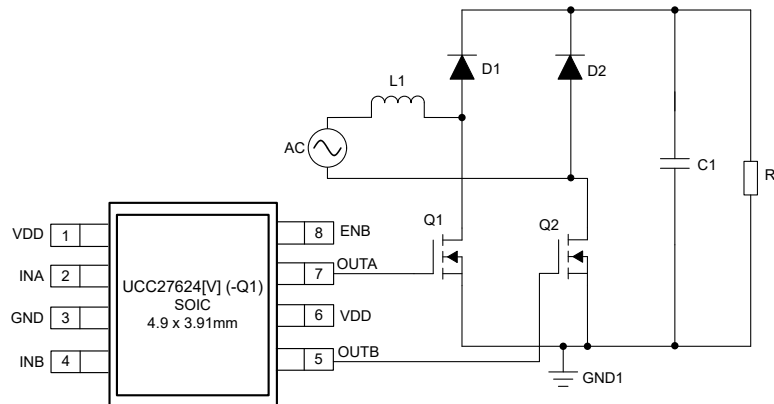


图 3-1. 非车载充电器的交错式升压 PFC 示例

对于非车载充电，LEV 可与外部电源转换壁挂式充电箱或模块配对。非车载充电器的功率级别更高，有时超过 1kW。LEV 快速充电器从电网获取交流电压（通常来自车库壁挂式充电器或公共充电架/快速充电器），并将交流电压转换为充电器内的直流电压，以便为 LEV 的电池充电。该电压经过调节，保持为特定的电压，并经过功率因数校正以提高性能和效率。非隔离式栅极驱动器（例如 UCC27624）用于高效驱动。LEV 电池充电器偶尔也会使用汽车级器件，而不是工业级器件。TI 提供的非隔离式栅极驱动器产品系列包含许多工业级和汽车级器件。

较低电池电压和功率级别的车载充电器 (OBC) 更为常见。这些 OBC 通常具有在 LEV 上构建的 PFC 级和直流/直流转换级。有关更多详情，请参阅[使用高性能非隔离式栅极驱动器驱动下一个 xEV 板载充电器和 DC/DC 转换器](#)。

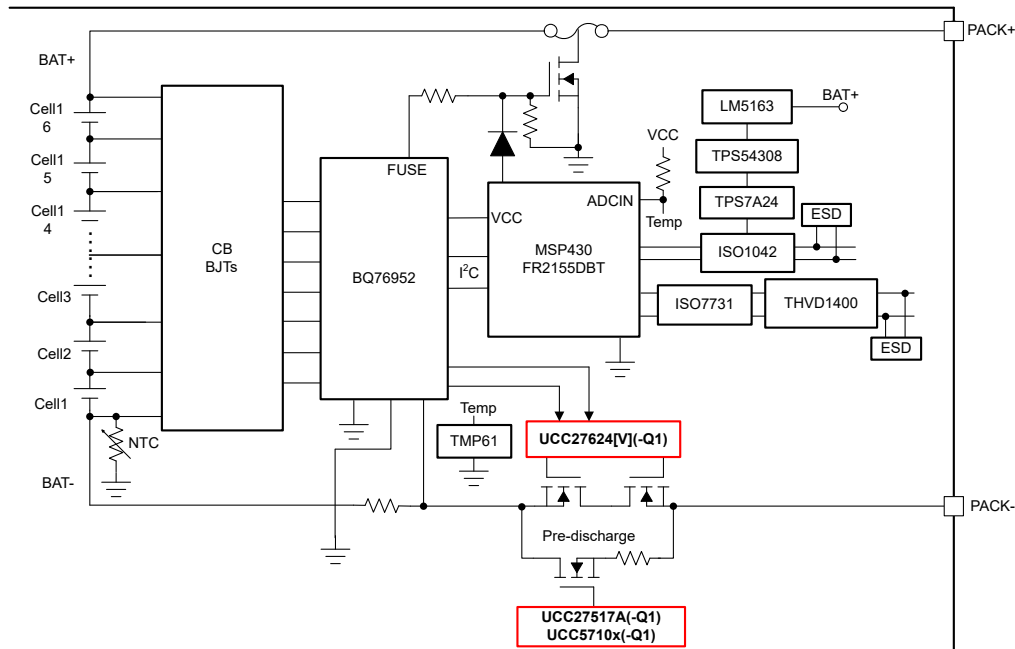


图 3-2. 典型电池组拓扑

LEV 的电池组有助于为电机供电，有时还需要借助直流/直流转换器。这些电池组在加速时必须能够为电机产生足够高的电压，但在使用时间过长或环境温度较高时也不会过热。此外，电池必须具有较大的容量才能覆盖更大的范围，但必须考虑电池的重量。因此，必须采用高功率密度的高效电池，而非隔离式栅极驱动器，这会有助于实现这一目标。使用 [UCC27624-Q1](#) 等双通道低侧驱动器，在大型电池中驱动多个 FET。[UCC27517A-Q1](#) 等小型低侧驱动器有助于通过快速开关电池放电 FET 来更最大限度地减少短路或过流响应时间。如需了解详情，请参阅 TI [16 芯串联电池组参考设计](#)。[适用于大容量应用的低侧 MOSFET 控制](#) 参考设计，其中显示了 UCC27524，但当前与 UCC27624、UCC27624V、UCC27624-Q1 和 UCC27624V-Q1 引脚对引脚兼容，如 [图 3-2](#) 所示。另请参阅 E2E 论坛文章：[\[常见问题解答\] 我应该将非隔离式栅极驱动器用于哪些电池应用？](#)

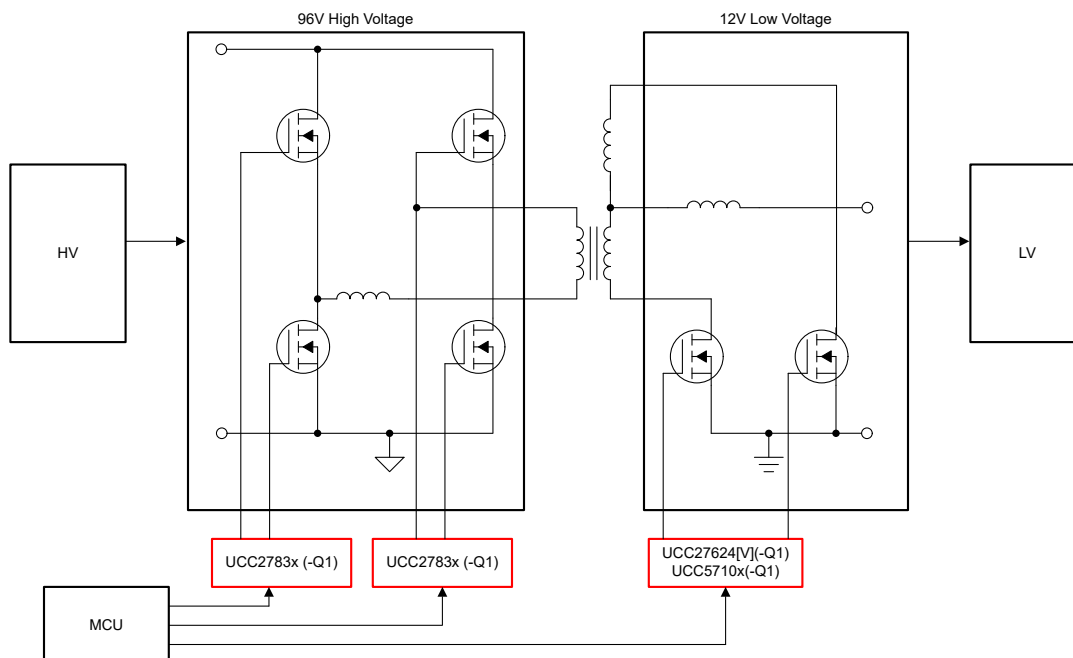


图 3-3. 典型 96V 至 12V 直流/直流转换器拓扑

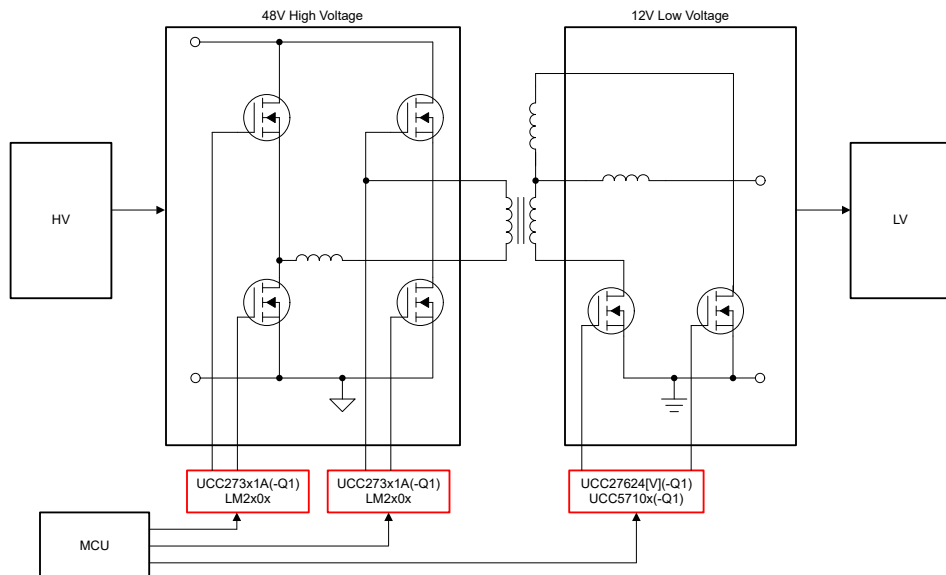


图 3-4. 典型 48V 至 12V 直流/直流拓扑

直流/直流子系统包含高压到低压直流-直流转换，通常会将 96V、72V 或 48V 的高压电池降至 12V，用于照明、喇叭或其他更小的电气元件。在此级中，高功率密度、可靠性和效率是选择合适元件的关键因素。另一个考虑因素是半桥栅极驱动器高侧自举电源引脚的电压，因为这需要为电压提供足够的余量，通常是电池电压的两倍。在适当的电池电平下快速开关 FET 对于栅极驱动器至关重要，并且 TI 的 [UCC27834-Q1](#) 具有适用于 96V 和 72V 系统的 230V VHB，而 UCC27301A-Q1 或 LM2105 分别具有适用于 48V 电池系统的 120V VHB 和 107V VHB。

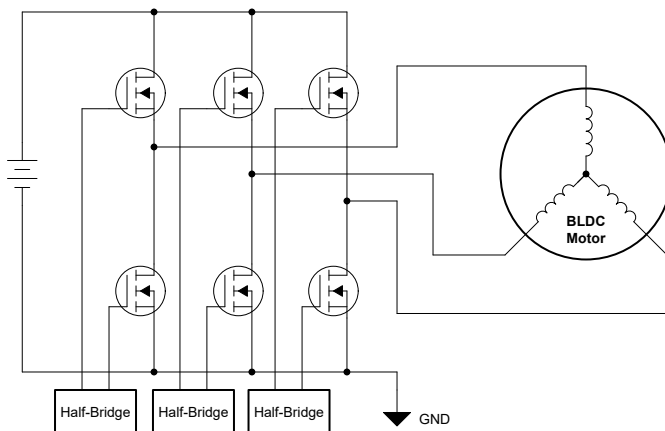


图 3-5. 典型电机驱动级拓扑

LEV 的电机驱动器级从电机电池组中获取电能，从而转动 LEV 的滚轮。LEV 中最常见拓扑之一是 BLDC 电机。在此拓扑中，栅极驱动器驱动两个 FET，以便将 3 相无刷电机驱动至接地或电源电压。使用 [LM2105](#) 或 [UCC27301A-Q1](#) 等三个半桥驱动器可以将驱动器尽可能靠近 FET 放置，从而有助于更大限度地降低噪声。此外，[LM2105](#) 的 $2 \times 2\text{mm}$ 封装等小型封装可缩小 PCB 尺寸，从而实现优化的设计。要了解更多信息，请参阅 [如何为直流电机驱动器选择栅极驱动器](#)。

4 明星产品

表 4-1. LEV 子系统的明星产品

子系统	配置	开关类型	通用器件型号	说明
电池组	低侧 2 通道	MOSFET	UCC27624-Q1	具有 4V UVLO 的 30V 5A/5A 双通道低侧驱动器
		IGBT	UCC27624V-Q1	具有 8V UVLO 的 30V 5A/5A 双通道低侧驱动器
		MOSFET	UCC27444-Q1	具有 4V UVLO 的 20V 4A/4A 双通道低侧驱动器
	低侧 1 通道	MOSFET	UCC27517A-Q1	具有 5V UVLO 的 20V 4A/4A 单通道低侧驱动器
		SiC	UCC57102-Q1	30V 3A/3A 具有 12V UVLO 及 DESAT 保护功能的低侧栅极驱动器
直流/直流转换器级	低侧 2 通道	MOSFET	UCC27624-Q1	具有 4V UVLO 的 30V 5A/5A 双通道低侧驱动器
		IGBT	UCC27624V-Q1	具有 8V UVLO 的 30V 5A/5A 双通道低侧驱动器
	低侧 1 通道	MOSFET	UCC27614-Q1	具有 4V UVLO 的 30V 10A/10A 单通道低侧驱动器
	半桥	IGBT	UCC273x1A-Q1	具有互锁选项、集成式自举二极管和 8V UVLO 的 120V、3.7A/4.5A 半桥
			LM2005	具有 8V UVLO 和集成式自举二极管的 107V 0.5A/0.8A 半桥栅极驱动器
			UCC278x4-Q1	具有 100V/ns 抗噪性能的 230V、3.5A/4A 半桥栅极驱动器
		MOSFET	LM2105	具有 5V UVLO 和集成式自举二极管的 107V 0.5A/0.8A 半桥栅极驱动器
电机驱动器	低侧 1 通道	SiC	UCC57102-Q1	30V 3A/3A 低侧栅极驱动器，具有 12V UVLO 及 DESAT 保护
	半桥	MOSFET	LM2105	具有 5V UVLO 和集成式自举二极管的 107V 0.5A/0.8A 半桥栅极驱动器
		MOSFET	UCC27302-Q1	具有互锁选项、集成式自举二极管和 5V UVLO 的 120V、3.7A/4.5A 半桥
		IGBT	UCC273x1A-Q1	具有互锁选项、集成式自举二极管和 8V UVLO 的 120V、3.7A/4.5A 半桥
			UCC278x4-Q1	具有 100V/ns 抗噪性能的 230V、3.5A/4A 半桥栅极驱动器

表 4-1. LEV 子系统的明星产品（续）

子系统	配置	开关类型	通用器件型号	说明
车载/非车载充电器	低侧 2 通道	MOSFET	UCC27624-Q1	具有 4V UVLO 的 30V 5A/5A 双通道低侧驱动器
	低侧 1 通道	SiC	UCC57102-Q1	具有 12V UVLO 及 DESAT 保护功能的 30V 3A/3A 低侧栅极驱动器
	半桥	IGBT	UCC273x1A-Q1	具有互锁选项、集成式自举二极管和 8V UVLO 的 120V、3.7A/4.5A 半桥
			UCC2773x-Q1	700V 半桥，驱动强度为 3.5A/4A，抗噪性高达 200V/ns

5 总结

非隔离式栅极驱动器常见于众多 LEV 设计中。因此，所选的栅极驱动器必须为任何特定设计提供出色的封装、电压范围、驱动电流和功能支持，这一点很重要。德州仪器 (TI) 拥有广泛的非隔离式栅极驱动器产品系列，适用于 LEV 的关键最终产品。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [适用于电动汽车板载充电器的功率因数校正设计](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [为什么要使用栅极驱动变压器?](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [双向直流/直流转换器中半桥栅极驱动器的挑战 and 解决方案](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [通过布局提高直流/直流转换效率](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [不同功率因数校正 \(PFC\) 拓扑的栅极驱动器需求综述](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [TIDM-BIDIR-400-12](#), 参考设计页面。
- 德州仪器 (TI), [TIDA-00779](#), 参考设计页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC27624-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC27614-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC27311A-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC27301A-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC27712-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC27734-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC27834-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [UCC57102-Q1](#), 产品页面。

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