

Application Brief

牵引逆变器偏置电源中的 LM51551-Q1 设计技巧



Hangjie Wang, David Ji

简介

随着电动汽车 (EV) 变得越来越普遍, 牵引逆变器系统在保持 EV 动力总成的整体可靠性和稳健性方面发挥着关键作用。牵引逆变器系统通常由电机、电源开关 (IGBT 或 SiC 器件)、栅极驱动器、隔离式偏置电源及微控制器单元 (MCU) 组成。正确驱动 IGBT 及 SiC 栅极驱动器需要正负偏置电压。隔离式偏置电源架构有多种、包括全分布式、半分布式和集中式配置, 如[适用于 HEV 和 EV 牵引逆变器的隔离式偏置电源架构](#)技术白皮书中所述。在集中式架构中, 单个控制器足以管理整个偏置电源系统, 并且由于具有成本效益, 电隔离能力和电路简单性, 广泛采用反激式拓扑。本应用简报介绍了集中式偏置电源架构, 以及实现 LM51551-Q1 的详细原理图, 并阐明了正确的 UVLO 偏置电源时序也是一个关键的设计注意事项。

偏置电源

1. 牵引逆变器偏置电源架构

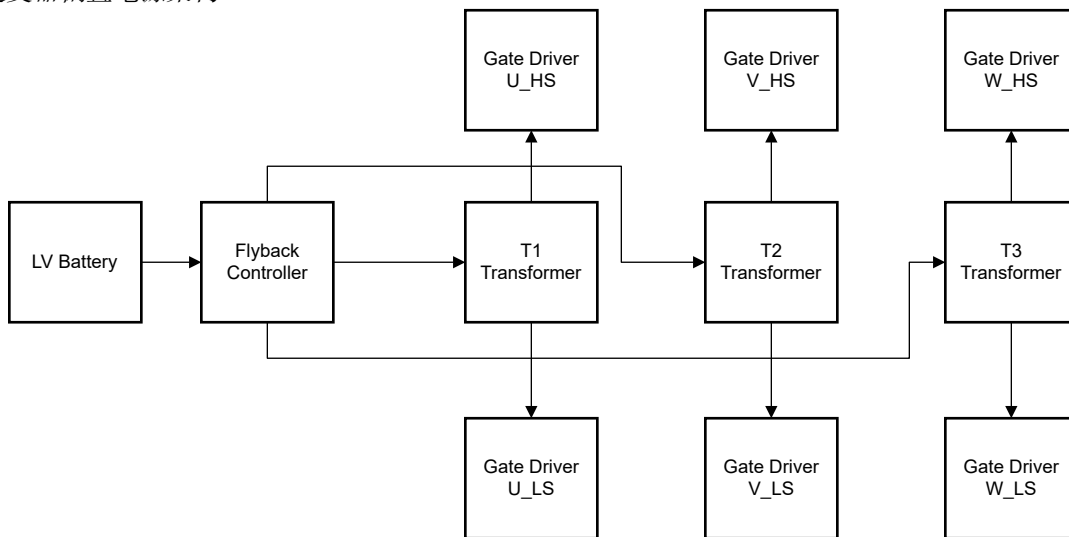


图 1. 偏置电源系统方框图

图 1 展示了集中式偏置电源架构。反激式转换器从低压电池获取电力。LM51551-Q1 控制初级侧 MOSFET 开关, 在变压器初级绕组上生成高频电压脉冲。三个隔离式变压器专用于 U、V 和 W 电机相位的栅极驱动器。每个变压器均提供两个独立隔离的正负输出轨, 为高侧和低侧栅极驱动器分别供电。

2. 偏置电源原理图

典型设计如图 2 所示:

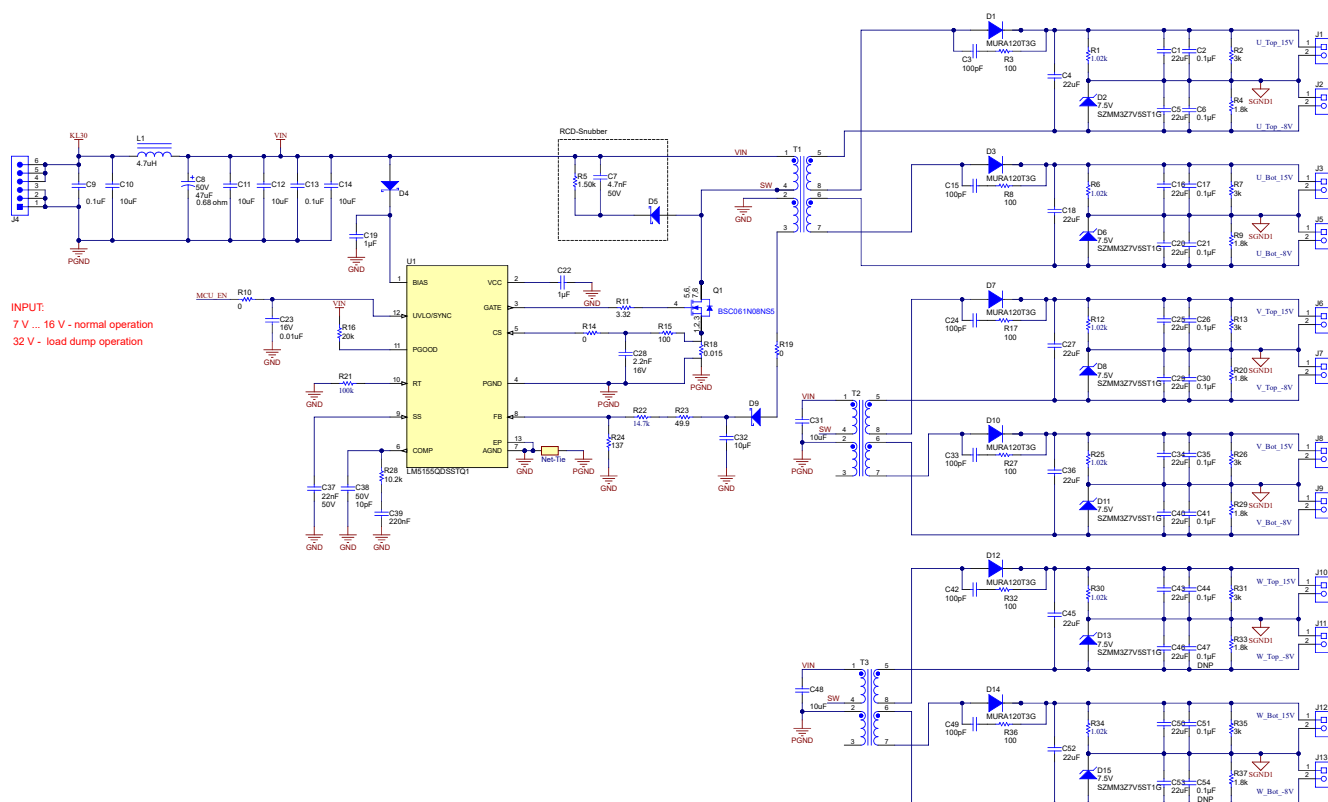


图 2. 典型偏置电源原理图

3. 偏置和 UVLO 上电和断电时序注意事项

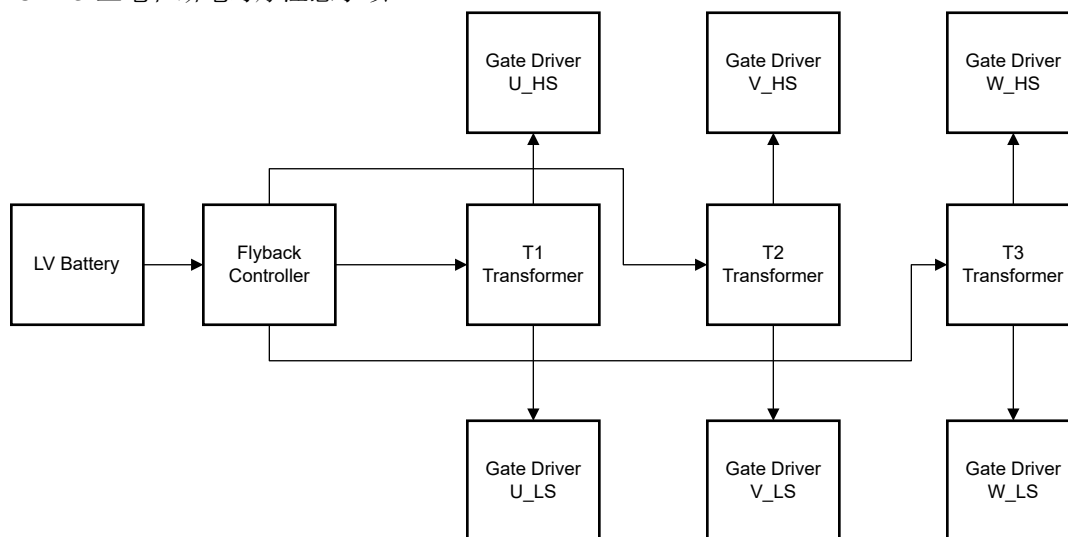


图 3. UVLO 的方框图

在这种集中式架构中，由单个控制器控制整个偏置电源。考虑到功能安全和节能，必须以控制器方式正确启用和禁用偏置电源。LM51551-Q1 集成了输入电压欠压锁定 (UVLO) 功能。UVLO 引脚提供了与 MCU 的灵活接口，使系统能够根据系统级要求启用或禁用反激式转换器。当 MCU 通过 UVLO 引脚启用或禁用 LM51551-Q1 时，所有引脚电压在整个开关转换期间必须保持在指定的绝对最大额定值范围内。

表 1. 偏置和 UVLO 的绝对最大额定值

	MIN (V)	MAX (V)
BIAS 至 AGND	-0.3	50
UVLO 至 AGND	-0/3	VBIAS+0.3

考虑偏置和 UVLO 上的电压应力，请分别参阅图 4 和图 5 的上电和断电序列。

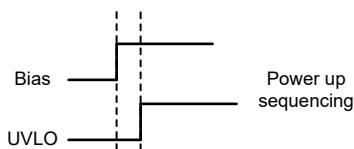


图 4. 上电序列

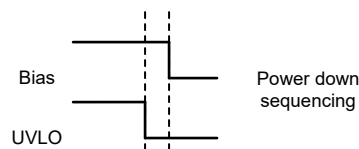


图 5. 断电序列

总结

在各种完全分布式、半分布式和集中式的隔离式偏置电源架构中，集中式架构为牵引逆变器应用提供了具有成本效益的设计。本应用手册介绍了一种集中式偏置电源架构，以及实现 LM51551-Q1 的详细原理图。使用 LM51551-Q1 进行设计时，请遵循 BIAS 和 UVLO 引脚的指定上电和断电时序，确保可靠运行并符合绝对最大额定值。

参考资料

除本文档外，还可以参阅位于 ti.com 的以下参考资料。

- 德州仪器 (TI)，[LM51551-Q1 2.2MHz 宽输入非同步升压、SEPIC、反激式控制器](#)，数据表
- 德州仪器 (TI)，[如何使用 LM5155 设计隔离型反激式转换器](#)，应用手册
- 德州仪器 (TI)，[适用于 HEV 和 EV 牵引逆变器的隔离式偏置电源架构](#)，技术白皮书

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