

智能栅极驱动

Nicole Navinsky

PME, Analog Motor Drives

很多电机驱动设计都使用栅极驱动器来控制电机中的功率 MOSFET 和驱动电流。栅极驱动器需要足够灵活地驱动各种外部 MOSFET，从而满足不同的系统应用和功率级别。TI 没有对不同的应用使用不同的外部组件，而是利用智能栅极驱动技术来实现这一目的。智能栅极驱动技术是为简化设计人员的工作而开发的，能够让设计人员调整 MOSFET 压摆率、优化开关损耗和 EMI 性能、自动生成闭环死区时间，并为功率 MOSFET 和电机系统提供额外的保护特性。所有这些特性都包含在栅极驱动器中，无需使用外部组件，因此节省了成本和布板空间。继续阅读，详细了解智能栅极驱动技术的各种特性和优势。

内容

1	简介	2
2	智能栅极驱动技术 特性	2
3	总结	5
4	参考文献	5

附图目录

1	栅极驱动器与 MOSFET 之间的传统组件	2
2	IDRIVE 设置，可编程的压摆率	3
3	传统死区时间与智能栅极驱动死区时间的对比	3
4	智能栅极驱动栅极监控器	4
5	dV/dt 示例	4

附表目录

商标

All trademarks are the property of their respective owners.

1 简介

智能栅极驱动技术将保护特性与栅极驱动可配置性相结合，提高了设计的简易性、减少了外部组件的数量并提高了电机系统的智能程度。

2 智能栅极驱动技术 特性

2.1 灵活的压摆率控制

栅极驱动电流控制着压摆率，因此可控制 MOSFET 的开关速度。开关速度在系统的整体热性能和 EMI 性能中发挥着重要的作用。传统的栅极驱动器需要在电路板上安装外部电阻器和二极管来控制压摆率。选择外部组件时，设计人员必须确保在 MOSFET 开关速度与 EMI 辐射之间实现性能平衡。电路板构建完成后，压摆率即设置为固定值，不能再轻易更改和调节。如图 1 中所示，每个 MOSFET 需要最多 4 个外部组件，因此导致电路板尺寸增大、成本增加。 R_{SOURCE} 和 R_{SINK} 电阻器会限制栅极驱动器与 MOSFET 栅极之间的电流。二极管提供了一种可单独调高和调低压摆率的途径。当栅极驱动器处于非工作状态时， R_{PULLDOWN} 可确保 MOSFET 保持禁用状态。这些外部组件在使用过程中，它们的值是固定不变的。因此，除非替换每个 MOSFET 的所有此类组件，否则无法调节压摆率。

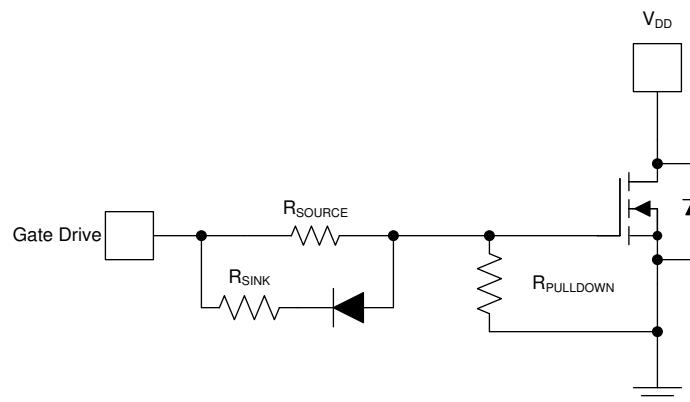


图 1. 栅极驱动器与 MOSFET 之间的传统组件

使用智能栅极驱动技术时，无需再使用这些外部组件。如图 2 中所示，使用智能栅极驱动技术的栅极驱动器具有多个内部开关，用于调节和控制驱动电流和灌电流（也称为 IDRIVE）。设计人员可使用这种调节功能灵活地选择栅极驱动强度，从而满足 EMI 和性能要求。使用一个简单的 SPI 命令，设计人员就可以根据系统的需要轻松调节压摆率。此外，由于无需使用额外的外部组件，因此智能栅极驱动产品可节省大量的布板空间和成本。按照每个 MOSFET 需要最多 4 个外部组件计算，在采用三相电机设计的电路板中最多可省去 24 个组件。《具有智能栅极驱动器的 48V/500W 三相逆变器参考设计》提供了使用智能栅极驱动产品的设计示例。

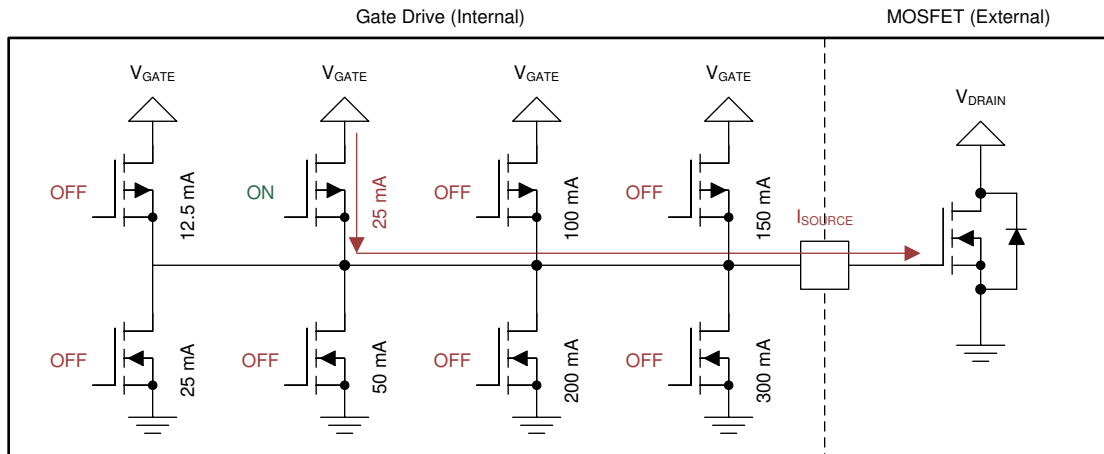


图 2. IDrive 设置，可编程的压摆率

2.2 闭环死区时间

死区时间是指从半桥中的一个 MOSFET 关断到其另一个 MOSFET 导通的时段。这通常也称为直通保护。确保两个 MOSFET 不同时导通非常重要，否则会在电源与接地端之间产生一个被称为“击穿”的低阻抗路径。击穿会损坏 MOSFET，因此必须避免这种情况发生。

为了插入死区时间，通常需适当延迟导通信号，目的是让驱动器有足够的时间先关闭一个 MOSFET，再打开另一个 MOSFET。这种方法的缺点是，系统无法真正了解 MOSFET 是处于导通还是关断状态。如果插入的死区时间过短，驱动器会在即将关断的 MOSFET 彻底关断前打开另一个 MOSFET。为了考虑所有可能的情况，系统设计人员必须添加足够长的死区时间，避免出现任何不利情况。当所有 MOSFET 都关断时，由于二极管产生传导损耗，死区时间较长会导致电机驱动器的性能下降。智能栅极驱动技术通过智能监控功能简化了死区时间的插入。智能栅极驱动产品会监控所有 MOSFET 的栅极电压，以确保先关断一个 MOSFET，再打开半桥中另一个 MOSFET。通过监控栅极电压，可以将死区时间作为一个闭环来控制。如图 3 中所示，智能栅极驱动器会在 MOSFET 关断后、半桥中另一个 FET 导通前插入优化的死区时间，而传统的栅极驱动器会在输入端应用较长的死区时间，以应对最坏的情况。这种闭环方案能够更好地确保不会发生直通事件。

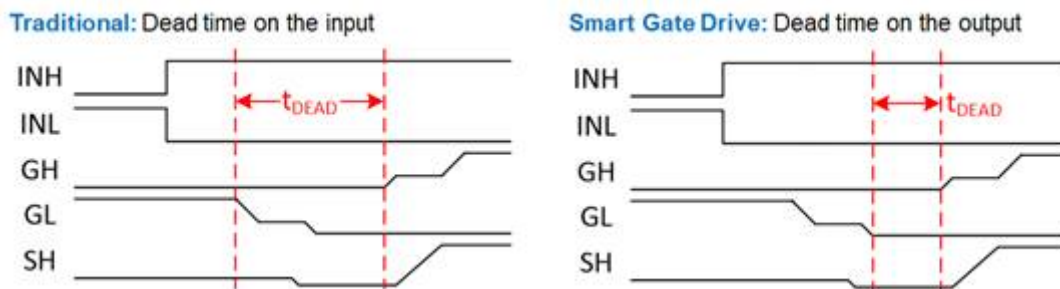


图 3. 传统死区时间与智能栅极驱动死区时间的对比

2.3 具有智能故障响应的 MOSFET 栅极故障保护

要了解 MOSFET 和电机是否按预期运行，外部 MOSFET 状态监控功能会提供巨大的便利。如前所述，智能栅极驱动产品会持续监控 MOSFET 栅极电压，如图 3 中所示。

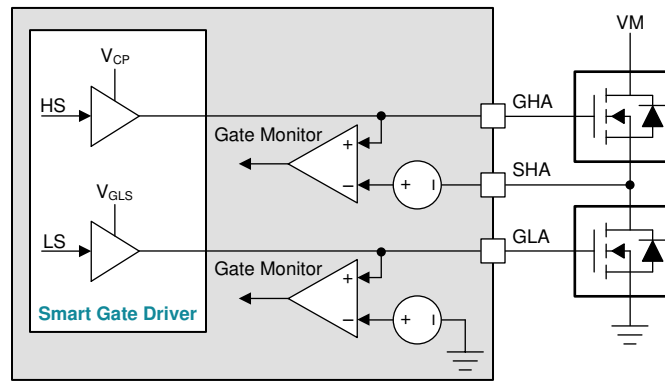


图 4. 智能栅极驱动栅极监控器

这样不仅有助于通过插入闭环死区时间来提供直通保护，监控器还会检查 MOSFET 是否按预期运行。如果栅极驱动器关断或导通了 MOSFET，而 MOSFET 栅极电压实际上并未发生变化，栅极驱动器将报告栅极驱动故障，提示 MOSFET 出现问题。这种事件可能是由于 MOSFET 损坏或者板级引脚短路造成的。传统的栅极驱动器无法检测这些故障，还会继续将电流驱动到已损坏的系统中，可能导致其他组件损坏或引发火灾。而智能栅极驱动器能够智能地检测这些情况、报告状况并执行受控的关断操作。

2.4 被动强下拉保护

如果 MOSFET 在应当关断时意外导通，情况会非常危险。如果高侧 MOSFET 已经导通，这可能会导致直通。造成这种现象最常见的原因是由于 MOSFET 的栅极与漏极之间的电容把噪声耦合到 MOSFET 的栅极造成 MOSFET 误导通。当高侧 MOSFET 导通时，开关节点（高侧与低侧 MOSFET 之间的连接处）将完成从低到高的转换。该上升沿通过低侧 MOSFET 栅极与漏极之间的电容耦合到低侧 MOSFET 的栅极上。因为 dV/dt 的转换速度直接影响噪声的耦合量，此效应也称为 dV/dt 导通。如果此耦合效应足够强且将栅极电压拉至足够高，低侧 MOSFET 可能会导通并导致击穿。而智能栅极驱动器集成了强下拉功能（即 $I_{PULLDOWN}$ ），可确保 MOSFET 保持关断，因此有助于避免这些问题。这一强下拉功能专用于通过强电流使一个 MOSFET 导通、另一个 MOSFET 关断的情况。

当系统断电后，智能栅极驱动器会使用被动下拉功能，让 MOSFET 在系统应该关闭时保持关断状态。

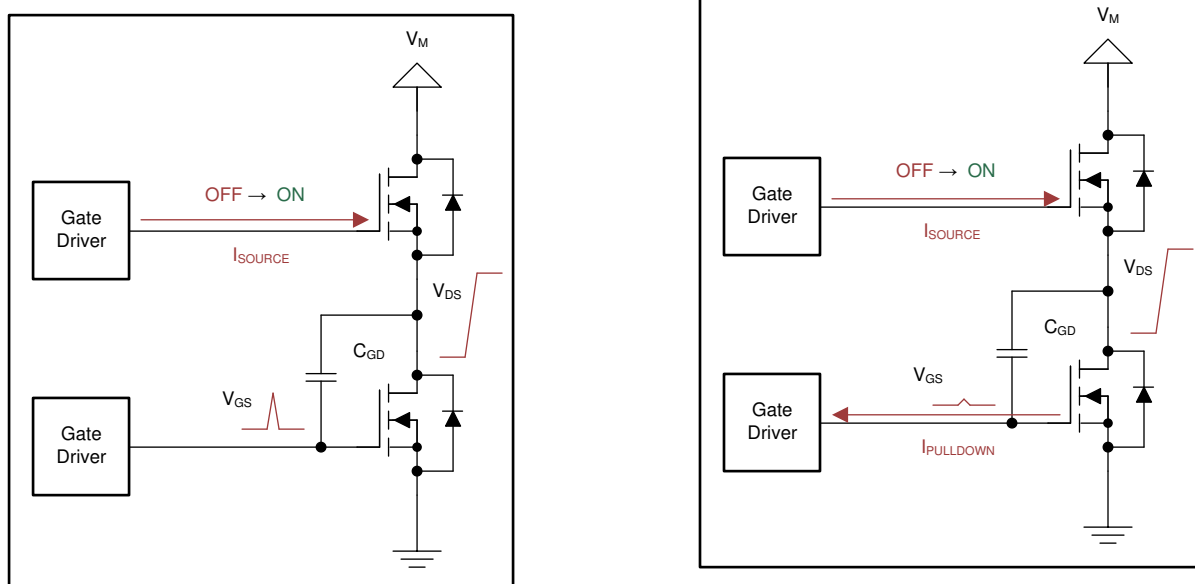


图 5. dV/dt 示例

3 总结

TI 的智能栅极驱动技术凭借增强的灵活性、易用性、性能和保护特性，将电机驱动器提升到一个全新的水平。它不仅通过减少外部组件和减小布板空间节省了成本，还提供了全新的保护特性和栅极驱动电流可配置性的设计。有关智能栅极驱动技术的更多信息，请访问我们的“[电机驱动器技术](#)”页面。

4 参考文献

- 《[了解 TI 智能栅极驱动器中的 IDRIVE 和 TDRIVE](#)》
- 《[利用 TI 智能栅极驱动技术缩减电机驱动 BOM 和 PCB 面积](#)》
- 《[利用 TI 智能栅极驱动技术提供电机驱动保护](#)》
- 《[利用 TI 智能栅极驱动技术减少 EMI 辐射发射](#)》

重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司