

Application Brief

DRV8334 栅极驱动功能和优势



Anthony Lodi

简介

DRV8334 提供各种可通过 SPI 进行配置的栅极驱动功能，可以帮助解决与缩短死区时间，减少 EMI、电感尖峰和功率损耗相关的难题。高效地开关 MOSFET 是降低 MOSFET 开关损耗的关键，但是，还必须采取相应措施来减少 MOSFET 开关期间栅极和源极上可能出现的振铃。本应用简报探讨了 TI 的 DRV8334 集成式栅极驱动技术的各项功能，以及如何使用这项技术来应对各种设计挑战。

VDS 转换率控制

VDS 转换率控制 (IDRIVE) 是 TI 许多 BLDC 电机驱动器提供的一项功能。VDS 转换率控制可提供通过选择所需设置来调整驱动器栅极电流强度的功能。这样，您就能够根据特定 MOSFET 参数，调整栅极驱动灌电流和拉电流，从而更改 MOSFET 开关速度。这有助于优化 EMI 和开关速度之间的平衡。对于具有固定栅极电流的电机驱动器，需要使用外部栅极电阻来减慢栅极电流，从而获得所需的 MOSFET 开关速度。VDS 转换率控制可帮助将外部元件减少多达 24 个，因为拉电流和灌电流可通过 SPI 进行配置，并且内部栅极至源极无源下拉电阻已集成到该器件中。大多数具有 VDS 转换率控制技术的驱动器都提供 SPI 配置，允许动态调整栅极电流，而无需更改任何硬件。这有助于缩短设计时间并提高易用性和可扩展性。

DRV8334 栅极驱动功能

DRV8334 提供的功能包括更高的栅极电流粒度 (45 步)、可调节的栅极电流持续时间、关断预放电功能 (能够使用更高的栅极电流更快地对栅极电压进行放电，直到在 PWM 运行期间达到米勒平台区)，以及故障软关断功能 (可以在发生故障时减少驱动器关断时的电感尖峰)。

更高的栅极电流粒度级别

与以前的器件相比，具有最大栅极电流粒度的器件可为灌电流提供 16 种不同的栅极电流 (IDRIVE 设置)，可为拉电流提供 16 种不同的 IDRIVE 设置。对于 DRV8334，栅极灌电流有 45 种不同的 IDRIVE 设置，栅极拉电流有 45 种不同的 IDRIVE 设置。提高栅极电流粒度的优势之一是，可以更好地微调栅极电流，从而在 EMI 和开关损耗之间找到最优解。这还可以降低需要栅极电阻器来调节栅极电流以获得两个设置之间电流的可能性。

该器件的另一个特性是，栅极拉电流和灌电流可以设置为低至 0.75mA 以驱动小型 Qgd MOSFET，还能够设置高达 1000mA 的拉电流和高达 2000mA 的灌电流，以便能够驱动更大的 Qgd MOSFET 和并联 MOSFET。

0.75mA 和 247mA 之间具有 36 级栅极电流可调节性，可提供出色的粒度，尤其是在栅极电流较低时。这对于低 Qgd MOSFET 尤其重要，因为栅极电流的些许变化就会导致 MOSFET 转换率发生显著变化。

如何确定要使用哪个 IDRIVE 设置？

MOSFET 开关的关键区域是漏源电压 (VDS) 发生变化时的区域，因为这是 MOSFET 开关期间产生 EMI 的主要因素。这需要在 MOSFET VDS 电压开关速度和系统中可接受的 EMI 量之间进行权衡。

从一开始就了解目标 MOSFET VDS 转换率有助于确定可以使用哪个 IDRIVE 设置。通常，优先选择目标是较慢的栅极驱动电流，如果 EMI 良好，则应增大该电流。

如果目标 MOSFET VDS 导通时间为 300ns，目标 MOSFET VDS 关断时间为 150ns，则可以通过获取 MOSFET Qgd 并除以 MOSFET VDS 变化时间来估算实现该 VDS 变化时间所需的 IDRIVE 强度。Qgd 是 MOSFET Qgd 电荷，TVDS_SLEW 是 VDS 开关时间。

$$IDRIVE = \frac{Q_{gd}}{TVDS_SLEW} = \frac{5.6nC}{300ns} = 18.7mA \quad (1)$$

请注意，计算得出的 IDRIVE 值可能与其中一个可用设置不完全相同，但您可以选择最接近的可用设置（本例中为 18mA）。

可调 IDRIVE 持续时间

借助 DRV8334 可配置在 MOSFET 开关期间施加 IDRIVE 电流的持续时间。通过 SPI 配置 TDRV_P 和 TDRV_N 位可完成此操作。在到达 TDRV_P 或 TDRV_N 时间后，驱动器会根据 IHOLD_SEL 位的寄存器配置，切换到 500mA/1000mA 上拉/下拉电流，或 260mA/260mA IHOLD 上拉/下拉电流的保持电流。

这种可调的栅极电流持续时间可帮助实现更多优化，以便驱动器可以通过米勒平台区提供所需的栅极电流，然后在米勒平台区完成后切换到 IHOLD 电流。TDRV_P 是施加 MOSFET VDS 压摆电流进行 MOSFET 导通的时间，TDRV_N 是施加 MOSFET VDS 压摆电流进行 MOSFET 关断的时间。可以选择 TDRV_P 和 TDRV_N，以便栅极拉电流和灌电流在米勒平台区的整个持续时间内持续存在。如果 TDRV_P 或 TRVN 设置得过短，则会导致驱动器在 MOSFET 的 VDS 完成压摆之前切换到 IHOLD 电流，这可能导致 EMI 增加，因为与 IDRVN 和 IDRVP 电流相比，IHOLD 电流可能更强。如果正确设置 TDRV_N，则在米勒平台区完成后，可以通过强大的 IHOLD 电流缩短 MOSFET 栅极节点的放电时间。这有助于缩短死区时间并降低开关损耗。

关断预放电电流

DRV8334 的一个关键功能是关断预放电。借助该功能，您可以对 MOSFET 栅极电荷进行快速放电，直至达到米勒平台区，然后在 VDS 电压发生变化的 MOSFET 的米勒平台区期间减慢速度。这样可以更快地对 MOSFET 进行整体关断，同时不会在关键米勒平台区影响 EMI 性能。

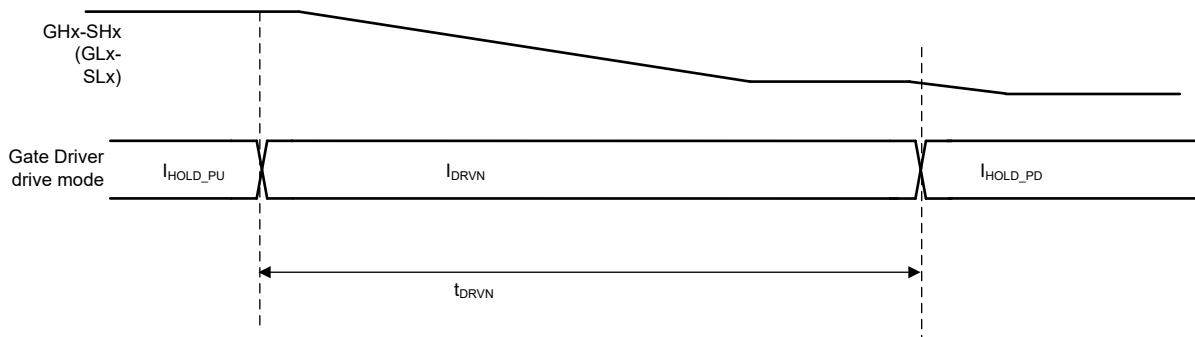


图 1. 未启用关断预放电时的栅极放电

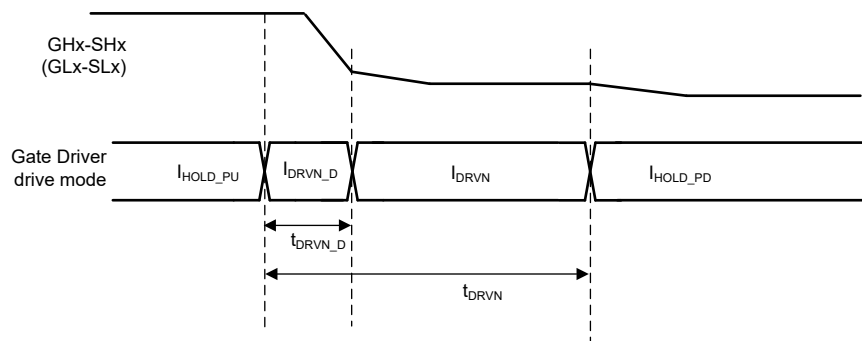


图 2. 启用关断预放电后的栅极放电

该功能的一个优势是，因为 MOSFET 的总关断时间较短，因此它允许以更高的占空比运行。MOSFET 开关以及自举充电时间可能是高占空比下的限制因素，因此缩短 MOSFET 的开关时间可以提高性能。

备注

该器件支持通过内部涓流电荷泵实现 100% 占空比运行。

关断预放电功能的第二个优势是，它有助于缩短 MOSFET 放电期间在进入米勒平台区之前，在较高 RDS(ON) 区域中花费的时间，从而有助于降低开关损耗。关断预放电的工作原理是，将某些寄存器设置配置为在关断 MOSFET 时在可配置的时间内，使用较高的栅极灌电流，然后在经过该时间后，驱动器会通过 EMI 至关重要的米勒平台区切换到较低的栅极驱动电流。

如何配置关断预放电设置？

可以在 GD_CTRL3B 寄存器中通过 SPI 配置关断预放电电流强度，可以使用 TDRVN_D 在 GD_CTRL2 寄存器中配置施加关断预放电电流的持续时间。该持续时间需要足够长，以便栅极电压尽可能在米勒平台区附近放电，但它必须足够短，才能在进入米勒平台区之前切换到常规放电电流。如果 TDRVN_D 设置得太长，可能会导致使用更高的关断预放电电流来关断米勒区域中的栅极，从而导致更高的 EMI 和振铃。最好从较短的 TDRVN_D 时间开始，然后根据需要增加该时间，从而确保从关断预放电电流到放电电流的转换发生在进入米勒平台区之前。

下面通过粗略计算来演示如何选择合适的 TDRVN_D 时间：

关断预放电电流设置	VDS 转换率控制关断电流设置	MOSFET Qg (总 MOSFET 电荷)	MOSFET Qgd (MOSFET 栅漏电荷)	MOSFET Qgs (MOSFET 栅源电荷)
247mA	88mA	180nC	34nC	78nC

$$\text{Turnoff pre-discharge time} = \frac{\text{amount of charge to discharge to reach miller plateau}}{\text{turnoff pre-discharge current}} \quad (2)$$

$$= \frac{Q_g - Q_{gd} - Q_{gs}}{\text{pre-discharge current setting}} = \frac{180\text{nC} - 34\text{nC} - 78\text{nC}}{247\text{mA}} = 275\text{ns} \quad (3)$$

考虑到跨电压和温度运行，可以在测试期间根据需要进一步调整关断预放电时间。请记住，MOSFET Qg 通常指定为 10V，但当 MOSFET VGS 电压约为 12V 时，实际 Qg 会更高。

故障软关断

故障软关断是 DRV8334 的一项功能，可在发生故障时使用。当在 DRVOFF 被拉高时关断驱动器输出时，也可使用此功能。如果发生故障，导致高电机电流过分流器（可能是由于击穿情况），那么，大电流会导致低侧源上产生较大的电感尖峰，从而导致绝对最大值违规和可能的元件损坏。为了减少这些大电压尖峰，减慢 MOSFET 的关断速度可以降低这些大电压尖峰的严重程度。这样做的缺点是，以较慢的速度关断 MOSFET 意味着在 MOSFET 关断之前出现击穿电流的时间较长。可借助 DRV8334 的一项功能来配置发生故障响应时使用的较低栅极驱动灌电流。这提供了较慢的 MOSFET 关断时间，以降低故障条件下由于流经分流器的高电流而可能引起的任何电感瞬变的严重程度。

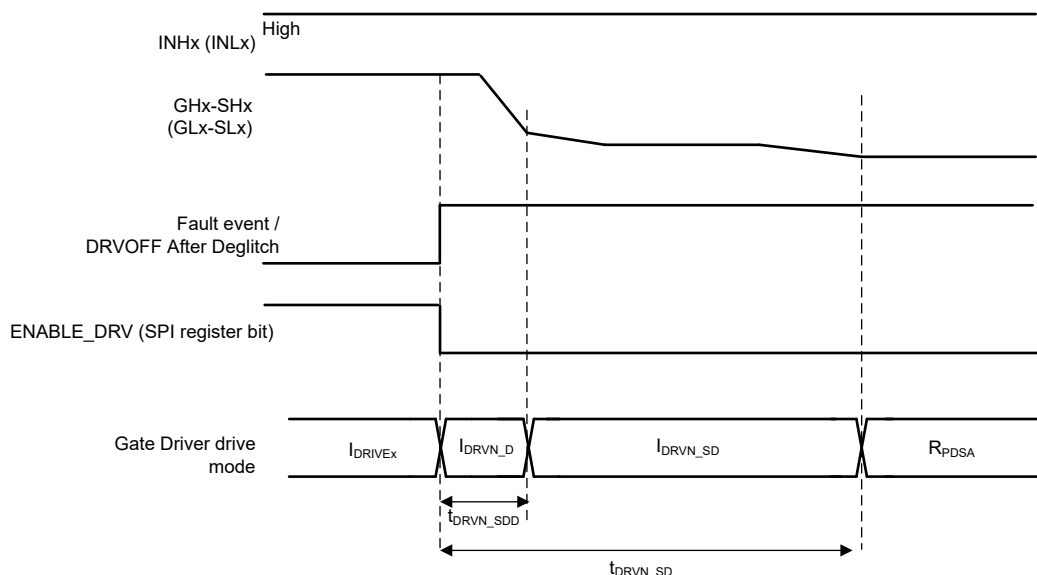


图 3. DRV8334 故障软关断

如何配置故障软关断？

与故障软关断功能相关的主要配置设置是软关断电流。这是在发生电机驱动器故障时用于关断 MOSFET 的栅极电流。可以在 GD_CTRL3 寄存器 (0x21) 中根据 IDRVN_SD 设置配置该电流。

使用与之前相同的公式，其中：

$$I_{DRIVE} = \frac{Q_{gd}}{T_{VDS_SLEW}} \quad (4)$$

DRV8334 仍具有在执行故障软关断过程时使用的关断预放电功能。这样，MOSFET 栅极电荷可以更快地放电，直至达到米勒平台区，然后切换到低得多的电流，以便在 VDS 电压变化区域缓慢关断 MOSFET。故障软关断期间使用的关断预放电电流与在 GD_CTRL3B 寄存器 (0x22) 中编程的电流相同，但可以选择配置在故障软关断事件期间施加关断预放电电流的不同持续时间。这可以在 GD_CTRL3 寄存器中使用 TDRVN_SDD 位进行配置。

总结

借助 DRV8334 的集成栅极驱动功能，用户就能够更精确地调优 MOSFET 的开关曲线，以提供更加优化的开关性能，从而缩短死区时间、降低开关功率损耗、改善 EMI 和降低电感尖峰，进而提供更稳健的电机驱动器解决方案。

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、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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司