

Application Note

栅极驱动器单输入、死区时间和集成二极管特性的优势



Walter Zollinger

摘要

本应用手册重点介绍了德州仪器 (TI) 的半桥栅极驱动器，其具有单输入、使能输入、可调死区时间和集成自举二极管特性以及电器和电机驱动器等相关应用。具有单输入或可调死区时间特性的栅极驱动器可通过减少微控制器资源需求，促使设计复杂性得到简化。此外，这些器件还可通过减少外部元件数量，使栅极驱动器设计更具成本效益。表 4-1 汇总了本应用手册中所述的各器件特性之间的比较。

内容

1 简介.....	2
2 主要特性.....	2
2.1 单输入功能.....	2
2.2 使能和关断输入.....	2
2.3 死区时间和互锁.....	4
2.4 集成自举二极管.....	5
3 应用注意事项.....	6
4 总结.....	7
4.1 器件概要.....	7
5 参考资料.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

栅极驱动器器件有许多关键特性，可为终端应用的性能和设计带来显著优势。其中四个特性是单输入功能、使能或关断输入、死区时间和互锁以及集成自举二极管。

2 主要特性

2.1 单输入功能

在具有独立输入的半桥栅极驱动器中，低侧输入仅控制低侧晶体管输出，高侧输入仅控制高侧晶体管输出。单输入栅极驱动器通过由脉宽调制 (PWM) 信号驱动的单个引脚控制两个输出。当 PWM 输入信号为低电平时，低侧输出被驱动为高电平，高侧输出被驱动为低电平。当 PWM 输入信号为高电平时，高侧输出被驱动为高电平，低侧输出被驱动为低电平。图 2-1 展示了这种情况。

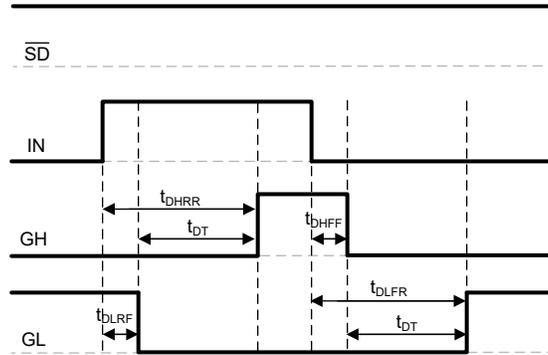


图 2-1. LM2104 单输入半桥栅极驱动器时序图

在使用具备有限数量可用 PWM 或通用输入/输出 (GPIO) 引脚的微控制器的应用中，具有单个 PWM 输入功能的栅极驱动器将所需的控制器输出数量减半。这使得单输入驱动器在多相应用中特别有用。例如，由三个单输入半桥驱动器驱动的三相无刷直流电机 (BLDC) 系统只使用三个微控制器 PWM 输出引脚，而不使用控制三个具有独立输入的栅极驱动器所需的六个输出引脚。

使用具有更少 PWM 输出的微控制器可以节省成本和板空间。与需要为高侧和低侧输入都使用滤波器的独立输入器件相比，如果需要滤除输入噪声，单输入栅极驱动器还可以通过仅使用单个输入滤波器来节省成本和板空间。

LM2104 单输入引脚和单独关断引脚示出了具有单个 PWM 输入引脚的 LM2104。如果栅极驱动器具有独立的高侧输入和反相低侧输入，则这两个输入可以桥接在一起并用作单个 PWM 输入，如使用 LM2103 的图 2-2 中所示。

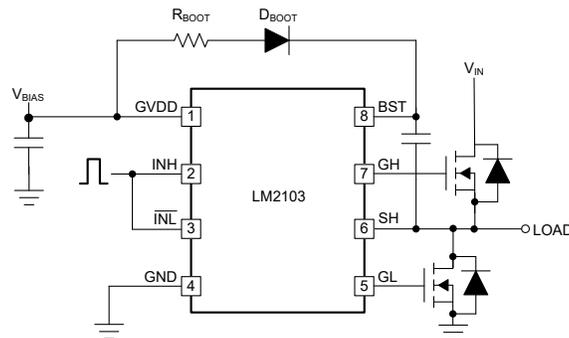


图 2-2. 使用反相和同相输入作为单个输入

2.2 使能和关断输入

无论单个引脚的输入信号如何，具有使能或关断引脚的栅极驱动器都可以灵活地关闭半桥驱动器的两个输出。在优先考虑快速响应故障的系统中，该特性非常有用。通过使用使能或关断引脚，栅极驱动器输出可以快速切换为低电平并禁用 PWM 输入，以响应检测到的故障并帮助系统进入稳定状态。此特性对于具有单 PWM 输入的半桥

驱动器也很重要，因为在没有使能或关断引脚或未将器件断电的情况下，无法形成关断状态（HO 和 LO 均关断）。关断或使能引脚可能具有反相或正常逻辑，具体取决于器件。

在多相电源转换器中，此特性还允许根据负载情况打开和关闭未使用的相位。当轻负载下开关损耗较高时减少附加相位，当每个相位处于重负载时增加相位以减少导通损耗，从而提高效率。此外，使能或关断引脚还可用于在不需要进行开关时关断栅极驱动器，由此降低待机电流消耗。

图 2-3 作为示例示出的 LM2104 是具有单 PWM 输入和反相关断引脚的栅极驱动器。

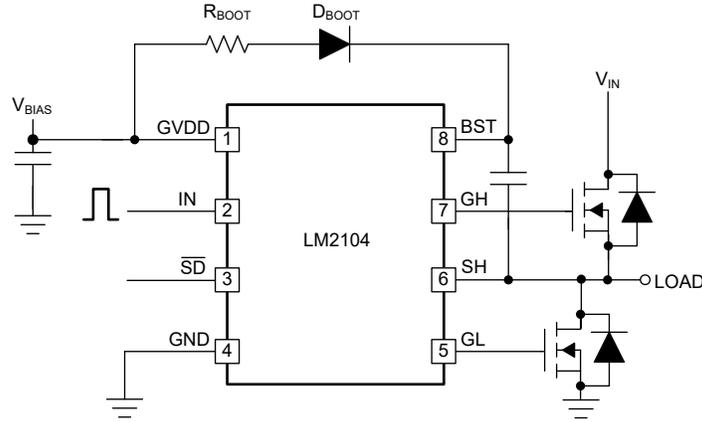


图 2-3. LM2104 单输入引脚和单独关断引脚

2.3 死区时间和互锁

在使用具有独立高侧和低侧输入控制的栅极驱动器的应用中，通常会向驱动器输入信号添加死区时间，以防止输出晶体管之间发生跨导或击穿。这种跨导保护非常重要，因为击穿事件会导致过多的电流消耗，甚至损坏输出晶体管和 PCB。

输入互锁是 LM5108 等栅极驱动器的一个特性，如果两个输入信号同时为高电平，则会关闭高侧和低侧输出。此功能可滤除输入端的任何击穿情况（例如噪声）。由于输入互锁仅控制输入重叠而不考虑输出引脚上的上升时间和下降时间，因此仍需要向输入信号添加死区时间来补偿输出开关速度。例如，如果高侧和低侧输入信号完全相反且没有死区时间，则在输出上升时间和下降时间期间可能会出现击穿情况。对此 LM5104 是例外，它在输出端使用自适应延迟系统，通过插入额外的自适应输出死区时间来防止输出在上升和下降时间期间重叠。

具有固定内部死区时间的栅极驱动器在一个输出的下降沿和另一个输出的上升沿之间插入一个固定的短时间周期。这可提供基本击穿保护，无需额外设置外部电阻。LM2103 和 LM2104 提供 475ns 的典型固定死区时间。

可调或可编程的死区时间是某些栅极驱动器的特性，通常通过将电阻器连接到专用死区时间调节引脚来设置该特性。与固定死区时间相比，可调时序具有更高的灵活性，从而更大幅度地减少死区时间，从而提高效率，同时仍能防止击穿。在电机驱动应用中，可编程死区时间可改进对功率器件之间开关转换的控制，从而带来诸如降低开关损耗、改进输出瞬态以及能够适应不同电机和运行条件等优点。LM5104 上的死区时间可通过 10k Ω 至 100k Ω 之间的电阻值进行设置，从而产生与设置电阻成比例的有效死区时间，该时间范围为 90ns 至 200ns，如图 2-4 所示。LM5105 和 LM5106 的死区时间也可以通过 10k Ω 至 100k Ω 之间的电阻值来设置，以设置 86ns 到 510ns 的延迟，如显示 10k Ω 到 150k Ω 时序范围的图 2-5 中所示。

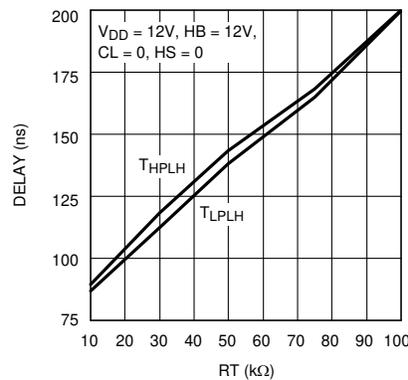


图 2-4. LM5104 死区时间与 RT 电阻值间的关系

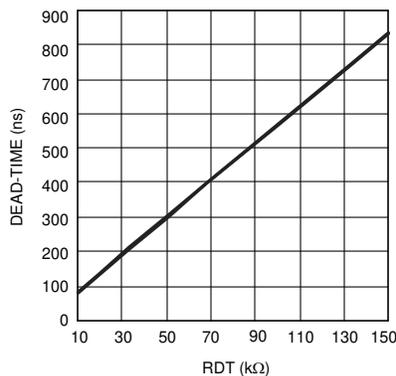


图 2-5. LM5105 和 LM5106 死区时间与 RT 电阻值间的关系

具有可调节或固定死区时间和互锁控制的栅极驱动器可以简化微控制器时序逻辑，因为它无需微控制器即可维持多个 PWM 输出信号之间的安全死区时间。可调死区时间特性还允许通过简单地更改设置了死区时间的电阻器来轻松更改时序，而无需修改微控制器编程。

2.4 集成自举二极管

对于半桥驱动器，需要以开关节点为基准的浮动偏置电源来导通高侧晶体管。该偏置电源通常由使用电阻器、二极管和电容器的自举电路形成。有关自举电路和组件选择指导的更多信息，请参阅 [针对半桥配置的自举电路选择](#)。具有集成自举二极管的栅极驱动器无需外部自举二极管和电阻器元件，因此可以简化驱动器设计，并节省成本和板空间。图 2-6 展示了具有集成式自举二极管的 LM2105 栅极驱动器示例。

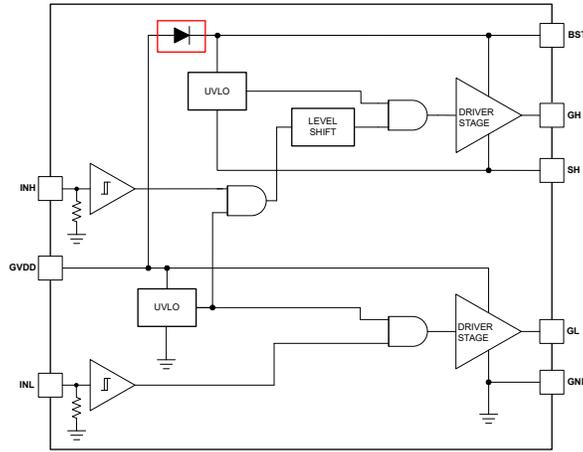


图 2-6. 具有集成式自举二极管的 LM2105 方框图

3 应用注意事项

在电器应用中（例如无绳电动工具或其他包含电机驱动器的家用电器），重要的设计注意事项包括成本、总设计尺寸和易用性。器件规格注意事项可能包括最大自举电源电压、负电压瞬态处理、栅极驱动器 VDD 电源电压、欠压锁定和驱动电流。要比较具有单输入功能、使能或关断引脚、固定或可调死区时间、互锁和集成自举二极管功能的 TI 栅极驱动器，请参阅表 4-1。图 3-1 示出了栅极驱动器可用于在无线真空吸尘器等应用中控制多个 BLDC、永磁同步电机 (PMSM) 或有刷直流 (BDC) 电机。

LM5106 或 LM2105 等 100V 半桥驱动器专为小型电器电机驱动器应用而设计。LM5106 的绝对最大自举电源高电压达到 118V，在具有 12V 至 48V 电机驱动器电源的 12V VDD 系统中支持 100% 的开关电压瞬态裕度。LM5106 的 1.2A 拉电流和 1.8A 灌电流专为直流电机驱动开关频率而设计，还具有单个 PWM 输入、使能输入和可调死区时间，并采用紧凑型 4x4 mm WSON 或 3 × 3mm VSSOP 封装。

如果总体设计尺寸是首要考虑因素，LM2105 有具备集成自举二极管的小型 2 × 2mm WSON 封装供选择。如果需要引线式封装，可选择 5 × 4mm SOIC 封装，并且无需外部自举二极管和电阻器，从而减小整体封装尺寸。

LM2105 还为典型的 12V 至 48V 电机驱动系统提供足够的最大 HS 引脚电压裕度，并针对较大的负瞬态提供 -19.5V 的高负电压处理。

Cordless vacuum cleaner

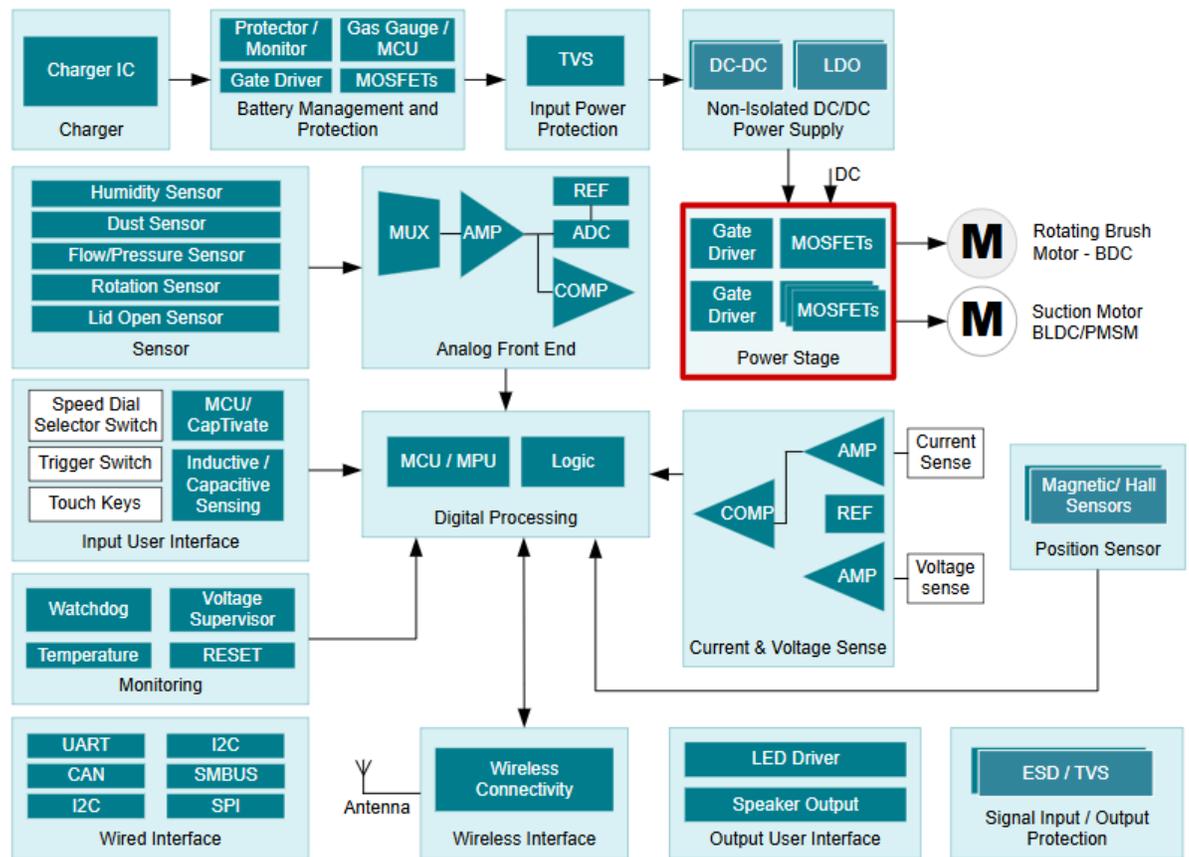


图 3-1. 无线真空吸尘器电器方框图

要了解有关电机驱动器应用的更多信息，请参阅 [如何为直流电机驱动器选择栅极驱动器](#)。

4 总结

表 4-1 包括在为应用选择合适的驱动器时通常考虑的栅极驱动器规格和特性，本应用手册对此进行了论述。有关每个驱动器规格和特性的完整详细信息，请参阅器件数据表。

4.1 器件概要

表 4-1. 栅极驱动器特性比较表

特性	LM5104	LM5105	LM5106	LM5108	LM2005	LM2103	LM2104	LM2105
绝对最大自举电源电压	118V	118V	118V	110V	107V	107V	107V	107V
绝对最大最小 HS 瞬态电压	-1V	-5V (1)	(1)	-7V (2)	-19.5V (2)	-19.5V (2)	-19.5V (2)	-19.5V (2)
输入类型	单路输入	单路输入	单路输入	双路输入	双路独立输入	反相和同相输入	单路输入	双路独立输入
死区时间或互锁保护	可调节死区时间 (90ns - 200ns)；自适应延迟	可调死区时间插入 (80ns - 570ns)	可调死区时间插入 (86ns - 510ns)	互锁	否	固定死区时间 (475ns)	固定死区时间 (475ns)	否
集成自举二极管	是	是	否	是	是	否	否	是
封装	5 × 4mm SOIC 4 × 4mm WSON	4 × 4mm WSON	4 × 4mm WSON 3 × 3mm VSSOP	3 × 3mm SON	5 × 4mm SOIC 2 × 2mm WSON	5 × 4mm SOIC	5 × 4mm SOIC	5 × 4mm SOIC 2 × 2mm WSON
拉电流/灌电流	1.6A/1.8A	1.8A/1.6A	1.2A/1.8A	1.6A/2.6A	0.5A/0.8A (2)	0.5A/0.8A (2)	0.5A/0.8A (2)	0.5A/0.8A (2)
UVLO	6.9V	6.9V	6.9V	5V	8.15V	8.15V	8.15V	4.6V
绝对最大 VDD 电压	18V	18V	18V	20V	19.5V	19.5V	19.5V	19.5V
使能或关断输入	否	使能输入	使能输入	使能输入	否	否	关断输入	否

1. 如果 HS 上发生负瞬态，则 HS 电压绝不能为比 VDD - 15V 更小的负值。例如，如果 VDD = 10V，则 HS 处的瞬态负值不得低于 -5V。
2. 这些值根据特征进行验证，并未经过生产测试。

5 参考资料

- 德州仪器 (TI), [如何为直流电机驱动器选择栅极驱动器](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [为 UCC28063 应用外部相位控制电路](#), 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [MOSFET 功率损耗及其对供电效率的影响](#), 模拟应用日志。
- 德州仪器 (TI), [针对半桥配置的自举电路选择](#) 应用手册。

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