

隔离式栅极驱动器的影响



Nagarajan Sridhar
Strategic Marketing Manager - Sic and Smart Isolated Drivers
High Power Drivers

TI POWER

随着全球范围内信息交换和城市化的发展，进行电源管理比以往任何时候都更加重要。

引言

因此，高效可靠的系统必须使用具有先进智能性的电力电子器件，以便满足功耗需求。需要满足这些要求的几种日常应用包括数据中心、电信基站、工业自动化、电机驱动器和电网基础设施。每种应用对功率级别的要求各不相同，并需要合适的拓扑以及电源开关。

例如，数据中心和电信应用使用功率金属氧化物半导体 (MOSFET) 的原因很简单，即这些应用需要在提高系统功率密度的同时加快开关速度。另一方面，工业自动化和电机驱动器由于具有高电压要求和更高的功率水平，通常会部署绝缘双极栅极晶体管 (IGBT)。诸如光伏逆变器之类的电网基础设施设备可以根据逆变器类型和功率水平来灵活选择任何电源开关。

这些应用涉及人机界面 (HMI)。此外，需要对诸如控制器和通信外设之类的智能系统进行保护以免受大功率和高压电路的影响。这是通过隔离实现的。而且，将隔离电路与电源传输组件集成在一起有助于减小系统尺寸并降低成本。一种主要趋势是将栅极驱动器与被称为隔离式栅极驱动器的隔离器（执行隔离功能的器件）集成在一起。这种逐渐形成的主要趋势使得这些系统级特性极具吸引力。

本白皮书的重点涵盖两个方面。第一个方面是了解隔离式栅极驱动器为何变得如此具有吸引力（通过了解某个应用领域即可看出这一点）。第二个方面是确定在电源开关中使用隔离式驱动器的要求。

为何使用隔离式栅极驱动器？

数据中心应用

信息交换和检索的需求与应用无处不在。例如，在使用智能设备时不能浪费一分一秒。看看社交媒体、讯息或电子邮件中有些什么内容。所有这一切都在云中发生。这种云是全球实时连接的主力军。云实际上位于数据中心内。

与数据中心之间往返的信息通过光缆或同轴电缆之类的线路传输，或者通过电信基站以无线方式传输。数据中心内

部包含电源传输单元，通常称为“电源”。信息存储在被称为“云服务器”的服务器中。这些服务器需要强大的功能来存储信息并供客户检索之用。这些电源单元的功率范围在几百瓦到几千瓦之间。它们使用电网（数百伏范围的交流线路电压）。因此，它们被称为高压单元。

为了提高服务器效率，需要使用若干种低压组件，例如控制器和通信组件。而且，这些服务器在出售时标定了效率额定值，因此必须遵循这些额定值。此外，在云运行期间，人类通过 HMI 与服务器进行交互。必须避免发生电流击穿以及电流从高压单元泄漏到 HMI 中的情况，因为出现这类问题会使所有低压组件受损，例如控制器和通信组件。

解决办法是隔离

作为一种半导体集成电路 (IC)，隔离器件允许数据和电力在高压和低压单元之间传输，同时可以防止任何危险的直流电或不受控制的瞬态电流从电网中流出。一个众所周知的例子便是雷击。通过隔离可以打破在具有高能量流的电路中形成的接地环路。隔离方法有若干种。在所有隔离方法当中，电流隔离是针对巨大电位差提供保护的一种隔离方法 [1]。

这种电力需求每天都在持续增加。不仅如此，人们希望立即获取这些信息。这意味着，随着数据需求的增加，数据中心的容量也在与日俱增；因此，需要电力输送系统提供越来越多的电力。但是，数据中心的机房空间有限。扩大机房空间的成本高昂，非常不经济。

解决此需求的一种方法是增加功率密度并确保隔离可靠性。为实现此目标，可显著提高电源效率并增大电力传输率（也称为开关频率，以 kHz 为单位）。此改进有助于减小电源单元的尺寸。通过将隔离器与关键电源元件（即高速栅极驱动器）集成在一起，可以实现强大的隔离功能。这种集成器件便是大家所知道的隔离式栅极驱动器。

栅极驱动器功能

为了进一步了解这种集成解决方案的价值，首先需要了解如何使用栅极驱动器。栅极驱动器在采用开关模式电源的系统中实现，其中，电源开关在 ON 和 OFF 模式下工作，因此理想情况下其在高开关频率下运行具有零功耗。两种

常用的电源开关是功率 MOSFET 和 IGBT。开关模式电源在基于控制器的闭环电源拓扑中运行。在这些开关的栅极上对 ON/OFF 状态进行控制，旨在调节电压和通过开关的电流。让我们以功率 MOSFET 为例。说明了栅极端子的工作原理。

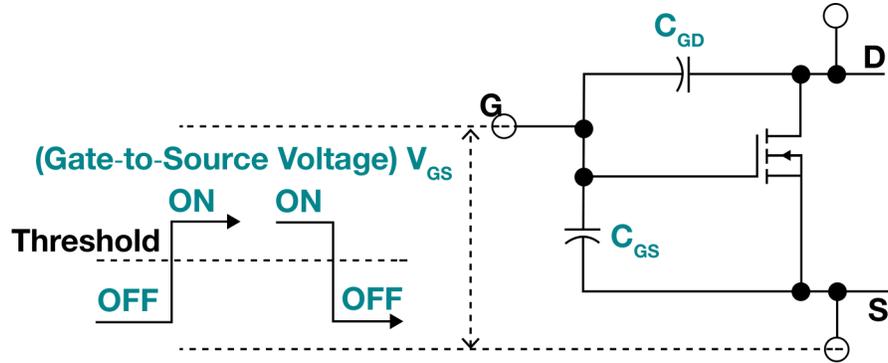


图1. 控制电源开关中的栅极端子。

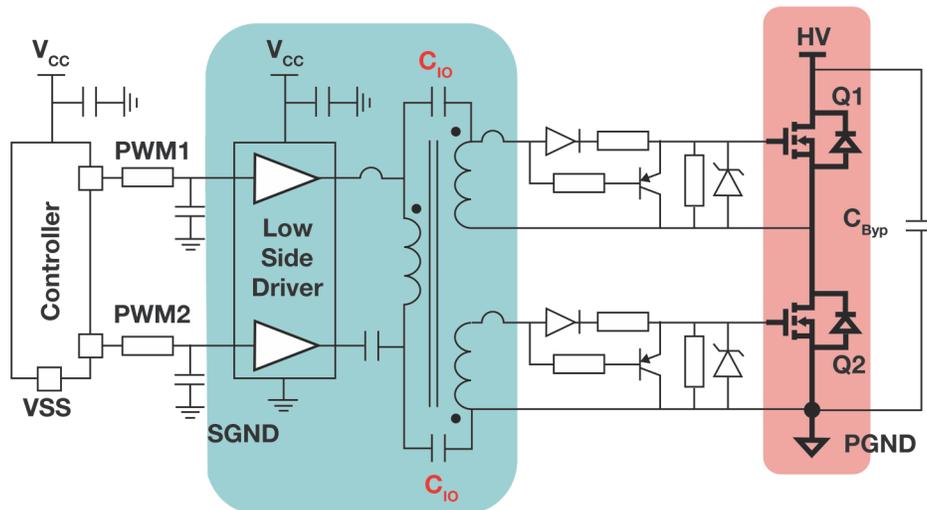


图2. 变压器隔离功能驱动相脚中的高侧、低侧开关。

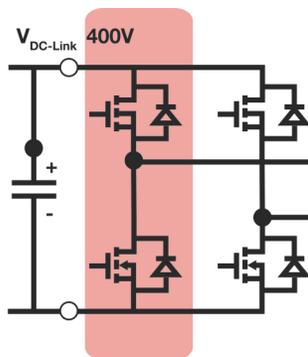


图3. 全桥拓扑的一个相脚。

首先，栅极 (GATE) 端子控制 MOSFET 的 ON/OFF 状态。 V_{GS} 表示栅极与源极之间的电压。

- 要开启 (ON)，请施加正电压， $V_{GS} >$ 阈值电平
- 要关闭 (OFF)，请降低 $V_{GS} <$ 阈值水平
- 栅极 (GATE) 是具有高阻抗的电容输入端。
- 它具有 C_{GS} 和 C_{GD} ，作为 MOSFET 内部结构中的两个寄生电容

这便是栅极驱动器的用武之地。它充当功率放大器，接受来自控制器 IC 的低功率输入，并产生适当的大电流栅极驱动以使功率 MOSFET 接通或关断。

隔离式栅极驱动器与传统变压器的隔离

对于高压应用（例如数据中心电源），根据控制器的放置位置，需要在控制器和驱动器之间进行隔离。一种传统的隔离方法是使用栅极驱动器变压器。所示为在何处经由一

个简单的低侧非隔离式栅极驱动器向变压器施加脉冲到桥式拓扑相脚 (图 2)。这称为 A 类。

现在考虑使用隔离器 IC 代替位于控制器与高侧、低侧驱动器之间的变压器 (图 3)。这称为 B 类。

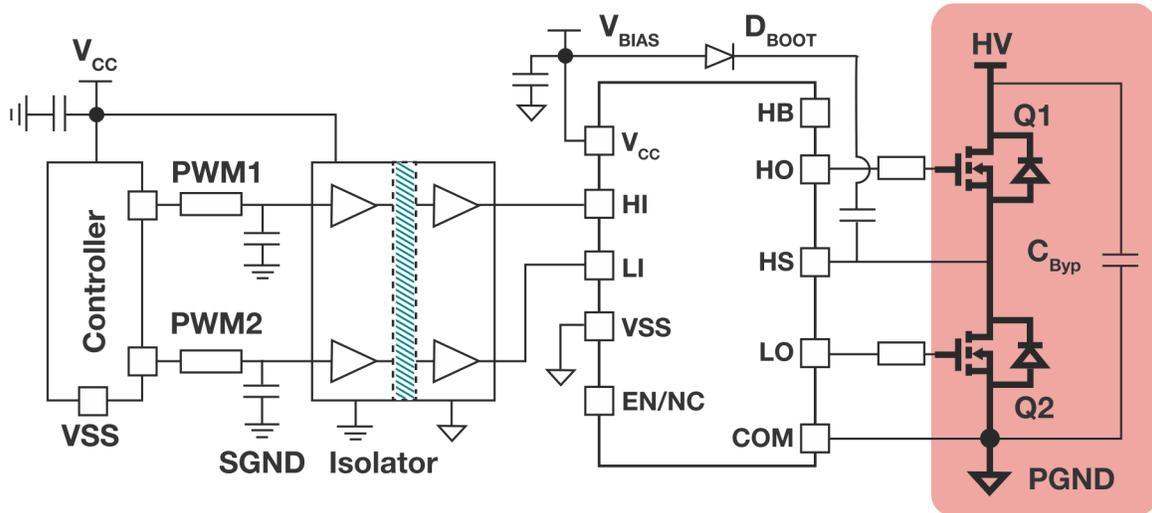


图 4. 突出显示相脚的隔离器和栅极驱动器配置。

表 1 所示为 A 类和 B 类之间的典型比较。

规格	类型 A	类型 B
TProp	≈20ns	≈100ns
偏置电源	否	是
CIO	≥10pF	≤1pF
寄生效应	大 (LLK)	非常小
过冲	大	小
大小	体积大	小

表 1. A 类与 B 类的比较。

请注意，与变压器隔离相比，隔离器和栅极驱动器组合的尺寸较小。但是，B 类的传播延迟（高功率密度应用的关键指标）要高得多。

现在考虑将隔离器和驱动器集成到一个 IC 或多芯片模块中，如图 5 所示。这称为 C 类。此解决方案便是隔离式栅极驱动器。

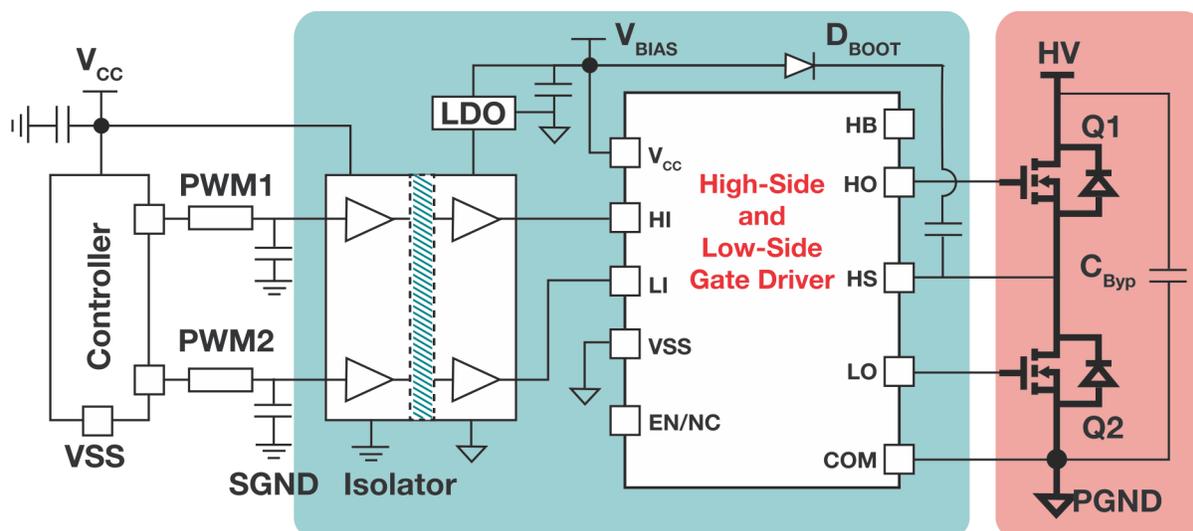


图5. 一个由隔离式栅极驱动器驱动相脚的集成解决方案。

C类提供的传播延迟类似于或优于分立式变压器解决方案，同时还使面积大幅减小了50%以上。此外，可对C类进行定制，使之提供大于100V/ns的共模瞬态抗扰度(CMTI)，这一数字明显高于A类解决方案所能达到的水平。CMTI是决定栅极驱动器可靠性的关键参数。

如数据中心应用中所述，系统解决方案的尺寸越来越小。这促使电源具有更高的功率水平和更小的布板空间。集成尽可能多的组件至关重要，因此这就成为了电源解决方案的趋势。隔离式栅极驱动器(C型)正是顺应这一趋势的解决方案。电隔离技术通常涉及电容、光学和电感。此外，隔离级别(例如增强级别、基本级别和功能级别)取决于应用。

隔离驱动器在电源开关中的应用

隔离式驱动器的功能与非隔离式栅极驱动器非常相似，例如：

- 传播延迟
- 共模瞬态抗扰度 (CMTI)
- 上升时间/下降时间
- 最大驱动器侧电源电压
- UVLO
- 通道间延迟
- 保护方案
- 死区时间控制和重叠

- 启用/禁用特性

规格参数的重要性由应用决定。例如，数据中心服务器和电信基础设施中使用的电源以高于20kHz的高开关频率运行。

对于此类使用功率MOSFET的应用，最大限度地降低开关损耗是关键。因此，诸如上升时间/下降时间和传播延迟的参数非常重要。另外，电机驱动器和大功率(>5kW)光伏逆变器应用的开关频率范围为5至20kHz。对于此类使用IGBT的大功率应用，必须具有良好的保护方案和较高的驱动器侧电源电压，从而确保您的设计能够耐受这些应用中的恶劣环境条件。

隔离式栅极驱动器的一个独特参数是CMTI [2]；在较高开关频率下运行系统时考虑这一参数至关重要。CMTI表示栅极驱动器IC中的隔离器承受其两个接地端之间的高压摆率电压瞬变而不会破坏信号通过其中的能力。CMTI较高则意味着隔离式栅极驱动器可用于高开关频率应用。而且，随着诸如氮化镓(GaN)和碳化硅(SiC)等宽带隙开关的出现，CMTI可能正在成为隔离式栅极驱动器最重要的参数。

尤其是，SiC MOSFET凭借其出色的材料性能，已成为电力电子领域的颠覆性解决方案，因此高电压、高功率应用中产生了各种节能、可靠且紧凑的系统。随着电动汽车和可再生能源电力系统的出现，这些应用越来越引起人们的关注，进而使得对SiC栅极驱动器的要求变得非常关

键。TI 推出了业界第一个隔离式栅极驱动器系列 UCC217xx，其具有用于 SiC MOSFET 的快速集成式感应能力。UCC217xx 系列充分利用 TI 的电容隔离技术，最大

限度地延长绝缘栅的使用寿命，同时还提供高增强隔离等级、快速的数据速度和高密度封装。

电源开关	MOSFET	IGBT
开关频率	高 (>20kHz)	中低 (5kHz-20kHz)
通道数量	单通道和双通道	单通道
保护	否	有 - 去饱和, 米勒钳位
VDD 最大值 (电源电压)	20V	30V
V _{DD} 范围	0V 至 20V	-10V 至 20V
工作电压 V _{DD}	10V 至 12V	12V 至 15V
UVLO	8V	12V
CMTI	50 至 100V/ns	<50V/ns
传播延迟	越小越好 (<50ns)	高 (不严重)
电源轨电压	高达 650V	>650V
典型应用	电源: 服务器、数据通信、电信、工厂自动化、车载和非车载充电器、太阳能微逆变器及串式逆变器 (<3kW)、400V 至 12V 直流/直流转换器、汽车	电机驱动器 (交流电机)、UPS、集中式和串式太阳能逆变器 (>3kW)、汽车牵引逆变器

表 2. MOSFET 和 IGBT 隔离式栅极驱动器的比较。

这源于 TI 的电容隔离层和具有极高介电强度的绝缘体 (SiO₂)。每个电容隔离层都使用我们的 TI 专有技术构建而成，其隔离浪涌电压保护强度超过 12.8kV，且额定隔离电压为 5.7kV，可确保增强的系统级可靠性。此外，快速的短路保护和快速的响应速度可增强系统保护。

比较了 MOSFET 和 IGBT 隔离式栅极驱动器，并总结了前面所述的差异。

总结

在电源、光伏逆变器和 HEV/EV 直流/直流转换器等电源管理应用中，高功率密度和稳健性变得越来越重要。随着功率水平的提高，对 HMI 和智能系统的保护愈发重要。因此，隔离式栅极驱动器正成为这些应用的首选解决方案。

在本

白皮书中，我将隔离式栅极驱动器的价值与传统变压器方法进行了比较。我以这种驱动器作为电源开关和应用的一部分为例，强调并说明了这种驱动器的关键要求。TI 为这些电源开关提供了多款隔离式栅极驱动器。这些产品包括可用于多种应用 (例如电源、电机驱动器、光伏逆变器和汽车电气化系统等) 的隔离式栅极驱动器 (例如 [UCC21710-Q1](#)、[UCC21732-Q1](#)、[UCC21750](#)、[UCC21520](#)、[ISO5451/5452](#)、[UCC5350](#) 和 [UCC21220](#) 系列)。

参考文献

1. Kamath、Anant。《[利用高性能数字隔离技术突破性能力极限](#)》，德州仪器 (TI) 模拟应用期刊，2015 年第 4 季度
2. Baranwal、Shailendra。《[隔离式栅极驱动器的共模瞬态抗扰度](#)》，德州仪器 (TI) 模拟应用期刊，2015 年第 4 季度

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。建议客户在订购之前获取有关 TI 产品和服务的最新和完整信息。TI 对应用帮助、客户的应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不负任何责任。有关任何其它公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的认可、保证或授权。

所有商标均为其各自所有者的财产。

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