

# 穿过隔离栅供电：认识隔离式直流/ 直流偏置电源



**Ryan Manack**  
业务主管德州仪器  
(TI)

# 电子设计人员使用的工具箱日新月异。要找到适合工作的工具,不仅需要了解手头上的任务和现有工具,还要知道如何充分利用这些工具。

对于设计人员来说,在隔离栅内移动信号和电源是一项常见的挑战。为了提高安全性和抗噪性能,或产生较大的电势差,可能需要在不同的系统域之间进行隔离。例如,手机充电器通过内部隔离,可在连接器短路时防止用户触电。

在工厂机器人等其他应用中,敏感控制电路单独接地,并与产生较大直流电流、噪声和接地反弹的电机隔离。

通常在整个隔离栅中进行通信和感应。具有控制器局域网(CAN)或CAN灵活数据速率(FD)协议通信的汽车应用,通过集成了隔离组件和收发器组件的隔离式CAN收发器,可将这类信号与汽车的高压侧

隔离。工业应用也可以使用CAN协议和RS-485协议实现长距离串行通信。与隔离CAN和CAN FD信号类似,设计人员可使用专为RS-485协议设计的隔离式收发器。保护继电器使用隔离式电流和电压传感器感应整个电网中的

电力输送。牵引逆变器和电机驱动器接收电机控制器发出的脉宽调制信号,然后信号经过隔离器向栅极驱动器发出开启或关闭绝缘栅双极晶体管的指令。

通过提供从隔离栅一侧到另一侧的偏置电源,隔离式偏置转换器可实现隔离通信和感应。电流和电压传感器、数字隔离器和栅极驱动器通常需要15W以下甚至低至几十毫瓦的电源。

图1所示为上述每种应用的示例。

## 隔离式直流/直流偏置电源要求

无论是具有外部电源开关的控制器、将一个控制器与多个电源开关集成的转换器,还是将多个控制器、电源开关和变压器集成为一体的电源模块,

都有许多可提供隔离式偏置电源的解决方案。由于偏置电源解决方案种类广泛,涉及的应用也是多种多样,为了以超低成本符合各类规范,全面了解各种应用要求是非常重要的。

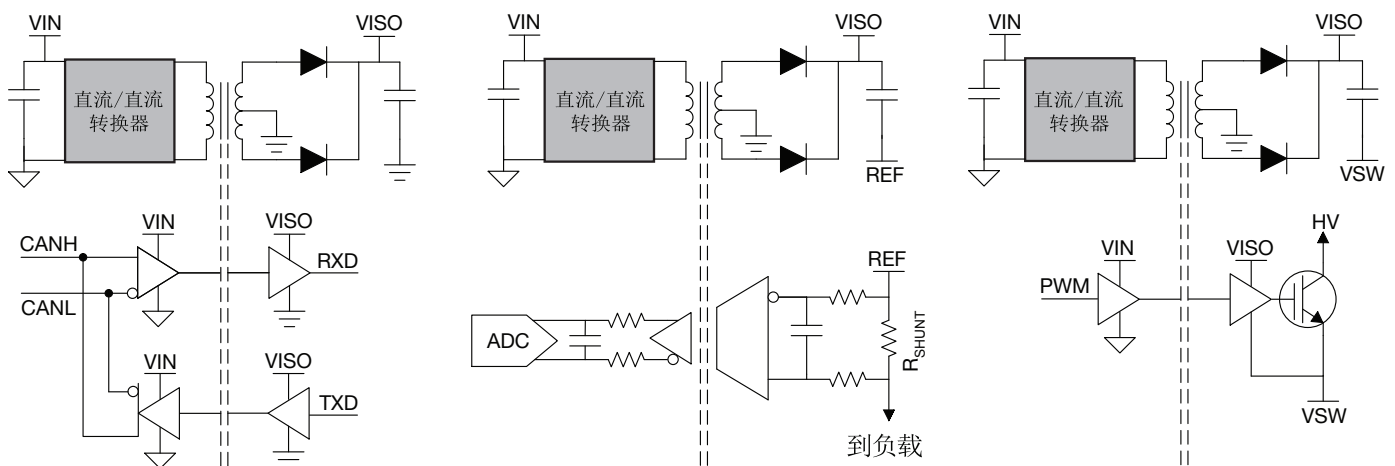


图1. 隔离式偏置应用。

	牵引逆变器 SiC 栅极驱动器偏置	隔离式电流或电压感应	隔离式 CAN 通信	工业电机 IGBT 栅极驱动器偏置
输入电压	12V + 10%	5V	5V	24V + 10%
输出电压	+20V/-5V	5V	5V	+15V/-5V
输出功率	1.5W	100mW	350mW	1W
调节	± 5 %	± 10%	± 5%	± 10%
隔离等级	基本	增强型	增强型	增强型
环境温度	高达 105°C	-55°C 至 125°C	-40°C 至 125°C	-40°C 至 85°C
EMI 要求	CISPR 25 5 类	CISPR32 B 类	CISPR 25 5 类	CISPR32 B 类

表 1. 隔离式偏置转换器规范示例。

设计人员至少应了解偏置电源输入电压范围、输出电压和输出功率要求。一些应用将需要多个偏置电压，因此确定每个输出的

可接受调节范围至关重要。隔离等级、环境工作温度范围、电磁干扰 (EMI) 和电磁兼容性 (EMC) 等系统要求会进一步驱动设计决策。表 1 从极为广泛的角度展示了隔离式偏置转换器的四种示例规范。

下面我们来看隔离式偏置电源拓扑的部分示例。

## 反激式

反激式转换器是一种众所周知的拓扑结构，数十年来应用广泛。这种电源转换器具有灵活性和低成本等特点，可用于多种应用。凭借集成场效应晶体管 (FET) 和初级侧控制等增强功能，这种拓扑结构更加备受瞩目。

与正激、推挽和半桥等降压拓扑相比，反激拓扑仅需要一个初级开关、一个整流器和一个类似变压器的耦合电感器。图 2 所示为转换器的简化原理图。初级开关打开时，

输入电压则施加在初级绕组上，在变压器气隙内储存能量。在这种情况下，仅输出电容器给输出负载供电。初级开关关闭时，储存在变压器中的能量则通过整流器输送到次级侧，为负载和输出电容器供电。

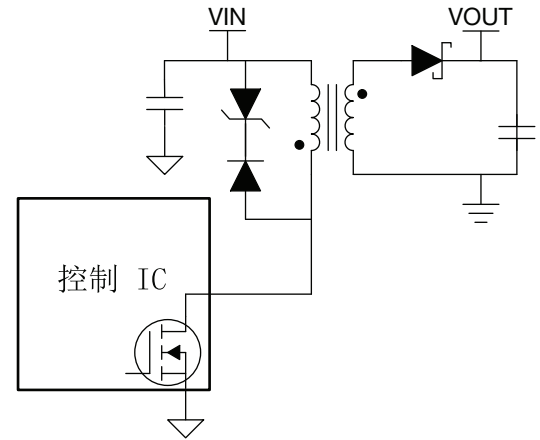


图 2. 反激式转换器。

反激式转换器完全可用作偏置转换器，原因如下：反激式转换器能在一个转换级内实现调节和隔离，也可灵活用于多个输出。您可选择输出绕组数量，然后在变压器上缠绕线圈，来匹配您所选择的配置。输出绕组电压是占空比与初级绕组和次级绕组匝数比的函数。也可以将每一输出端作为不同的接地基准点，从而满足系统隔离要求。反激式转换器的其他优势包括成本相对较低、具有宽的输入输出工作电压范围。

为了实现最佳性能，应对反激式变压器进行合理设计。变压器应良好耦合且漏感低，从而提高效率、实现最优调节，尤其是在多输出的情况下。此外，还有必要限制初级侧与次级侧间的寄生电容，从而防止产生过多的电磁干扰 (EMI)。

## Fly-Buck™ 转换器

Fly-Buck 转换器是德州仪器 (TI) 用于搭建隔离式偏置电源的专用拓扑,其工作输入电压可高达 100V。

与反激式转换器一样,金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 通常集成在集成电路 (IC) 中,可轻松实现初级侧控制。图 3 所示为 Fly-Buck 转换器。此拓扑采用同步降压转换器与耦合电感器,可产生一个或多个隔离式输出。高侧开关打开时,初级侧作为降压转换器运行,而次级绕组电流为零。高侧开关关闭且低侧开关打开时,初级侧利用其储存的能量对次级侧供电。

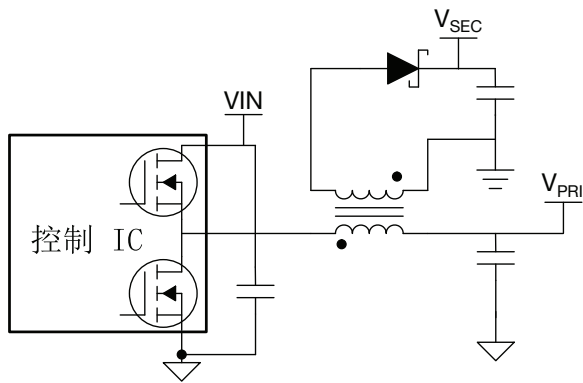


图 3. Fly-Buck™ 转换器。

同步降压转换器非常普遍,因此 Fly-Buck 转换器拓扑备受青睐。由于反馈环路可在初级输出电压处闭合,因此该转换器无需附加的辅助绕组或光耦合器

进行控制。耦合电感结构灵活,匝数比、隔离等级、次级绕组数和 PWM 占空比均可控,因此适用于各种应用。

与反激式转换器一样,耦合电感器也必须合理设计。一定要注意控制漏感和初级侧与次级侧间的寄生电容。对于需要 100V 以上输入的应用,您可以使用具有外部 MOSFET 的 Fly-Buck 转换器。

## 推挽式变压器驱动器

推挽式变压器驱动器是适用于低噪声、小型隔离式电源的常用解决方案,由具有严格电压调节功能的输入轨供电,开环运行,固定占空比 50%。MOSFET 集成到 IC 中,可实现紧凑的磁解决方案。

图 4 所示为推挽式拓扑。推挽式拓扑是正激式双端拓扑,有两个 MOSFET 作为接地基准,因此无需外部自举电路。与单端正激式转换器类似,FET 的电压应力是输入电压的两倍。两个 MOSFET 每隔半个周期切换一次,占空比为 50%,驱动变压器具有中间抽头的绕组。

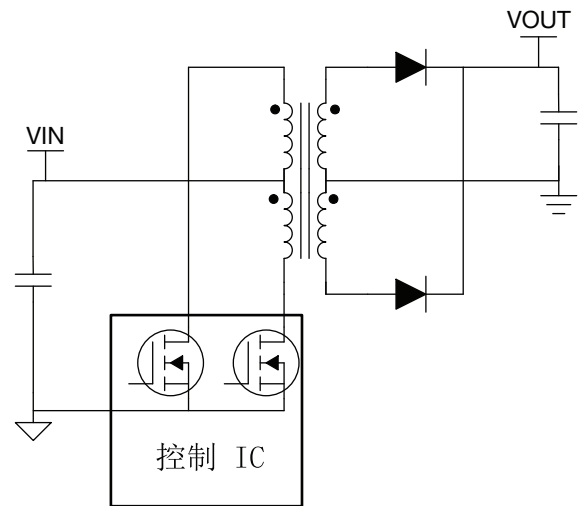


图 4. 推挽式变压器驱动器。

推挽式变压器驱动器是一种普遍的隔离式偏置电源解决方案,原因如下:它具有灵活性,能支持多路输出;其开环配置省去了反馈环路,从而简化设计。推挽式变压器具有较低的初级-次级电容,与反激式和 Fly-Buck 转换器相比,能降低共模噪声。另外,推挽式拓扑能更有效地利用变压器铁芯的磁化电流,

从而实现比反激式和 Fly-Buck 转换器更小的磁解决方案。

尽管变压器驱动器具有许多优点,但也应注意权衡利弊。与反激式和 Fly-Buck 转换器不同,变压器驱动器不支持宽输入电压范围,因此需要严格调节输入电压。由于没有闭合环路,因此不容易满足输出电压反馈调节要求,可能需要低压降后置稳压器(LDO)。

## 电源模块

电压模块具有数十年的发展历史。这类解决方案非常普遍,与分立式实施方式相比,可显著提高集成度。电源模块种类繁多,可提供输入电压、输出电压、输出功率、输出数量、隔离等级和调节等选项。

图 5 所示为某电源模块内部运行的方框图。其拓扑包括变压器驱动器,与分立式拓扑相似。某些器件可能集成一个输出 LDO 用于调节。

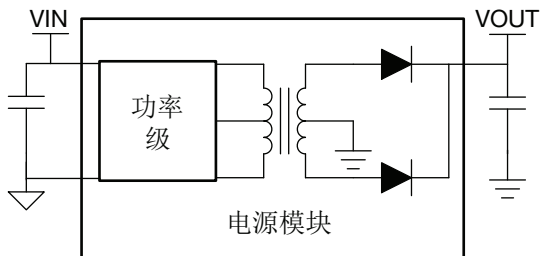


图 5. 电源模块。

电源模块提供多种选项,可用于大部分隔离式偏置转换器应用。由于您无需规定、设计或选择变压器,因此可大大简化设计过程;只需加入输入和输出去耦电容器即可开始设计。同样,也提供同步、输出电压选择、使能和错误信令等其他选项。您在使用专门配置输出数量和变压器匝数比的模块时,灵活性可能会有所降低。与额定环境温度为 125°C 的模块相比,55°C 和 85°C 选项的模块更受青睐。同样地,采用完全增强型隔离的模块数量也不及采用功能型或基本隔离的模块。

## 下一代偏置解决方案

变压器设计创新和更高频率的拓扑允许 IC 设计人员将变压器和硅芯片集成到一个 IC 中。终端用户无需设计变压器或降低系统性能,即可获得小型轻量级的隔离式直流/直流偏置电源。

图 6 所示为德州仪器(TI)偏置电源的方框图。

UCC12050. 尽管 UCC12050 看起来与具有集成功率级和整流器的电源模块类似,但研究 UCC12050 的运行后发现,其开关频率比电源模块高很多。

与开关频率较低的其他电源相比,UCC12050 的高度和重量都显著降低。使用内部拓扑控制方案,无需 LDO 或外部反馈组件即可实现闭环运行。

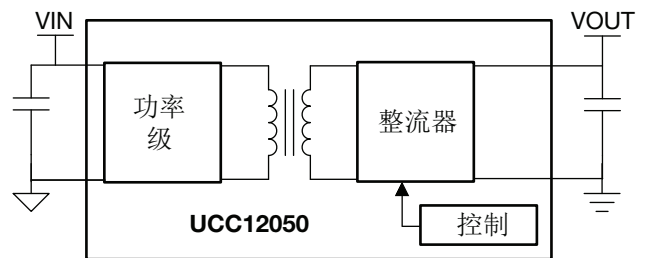


图 6. UCC12050 隔离式直流/直流偏置电源。

UCC12050 为各种隔离式直流/直流偏置电源应用带来很多优势。其设计使用 EMI 优化型变压器,初级侧与次级侧之间的电容仅为 3.5pF,采用噪声控制方案。无需铁氧体磁珠或 LDO,双层 PCB 解决方案本身即符合 CISPR32 B 类标准。该器件性能强劲,增强型隔离额定值为 5kVrms,额定工作电压为 1.2kVrms,可在 125°C 环境温度下运行。该器件系列还包括 UCC12040,其基本隔离额定值为 3kVrms,额定工作电压为 800Vrms。

UCC12050 专用于 5V 输入、3.3V 至 5.4V 输出、功率为 500mW 的应用。要求更高输入或输出电压的应用将需要前置或后置转换功能。此外,对于要求功率在 UCC12050 降额曲线以上的设计,应了解替代拓扑。

**表 2** 对上述各种拓扑进行了比较。很明显,具有外部变压器的拓扑能带来最大的灵活性,而电源模块和 UCC12050 简便易用。

	输出数量	调节	输出功率	隔离等级	工作温度
反激式转换器	灵活 – 取决于 XFMR	PSR 或光耦合器,仅调节一个绕组	高达 15W	灵活 – 取决于 XFMR	灵活 – 取决于 XFMR
Fly-Buck™ 转换器	灵活 – 取决于 XFMR	PSR 或光耦合器	5 至 10W	灵活 – 取决于 XFMR	灵活 – 取决于 XFMR
变压器驱动器	灵活 – 取决于 XFMR	无调节	1 至 5W	灵活 – 取决于 XFMR	灵活 – 取决于 XFMR
简化您的设计	1 至 2 个输出	调节或无调节	1 至 3W	主要是基本或功能隔离	通常 85°C
UCC12050	1 个输出	调节	0.5W	增强型	125°C

**表 2.** 隔离式偏置电源拓扑对比。

## 结论

您身边有许多隔离式电源可以选择,但需要了解输出数量、调节要求、输出功率、隔离等级、工作温度和输入电压范围等系统级规格。为此,您可以选择这种成本最低、可满足所有系统要求的解决方案。

**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。TI 建议用户在下订单前查阅全面的全新产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。有关任何其他公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的批准、担保或认可。

平台标识和 Fly-Buck 是德州仪器 (TI) 的商标。所有其它商标均是其各自所有者的财产。