

宽带隙器件如何在双向电源转换中增加价值？

作者：UnitedSiC高级应用工程师Jonathan Dodge，P. E.

摘要

宽带隙（WBG）开关器件由于其高速度和高效率而得到应用，这种器件可减小功率转换器的尺寸、重量和损耗。对这些参数特别敏感电动汽车充电器和功率转换器等应用通常需要双向功率流以获得多余的机械或电能。本文将着眼于这些应用，分析一些典型解决方案，并讨论宽带隙器件如何能够增加系统的价值。

大多数功率转换应用是将原始电源转换为不同的稳定电压，通常还具有电隔离功能。其中一个典型的应用场景是笔记本电脑适配器，将交流电源转换为低压直流（DC）电源。另一个场景是便携式设备中电池放电时，将电压提升至恒定的较高值，这些都是单向转换。但随着新能源和电动车辆的日益普及，需要功率能够在两个方向上流动以获取多余能量。这种应用的一个例子是太阳能设备，当太阳能电池完全充电时，DC太阳能电池板功率可以“反馈”到交流电网中，而在晚上，交流电可以反过来通过双向转换器/逆变器向电池充电。另一种应用是电动车辆，其中双向DC - DC转换器将400V动力电池电压降至12V以用于辅助设备。当动力电池处在比较危险的低电量时，DC - DC转换器在紧急情况下能够将功率从12V反转到400V（见图1）。

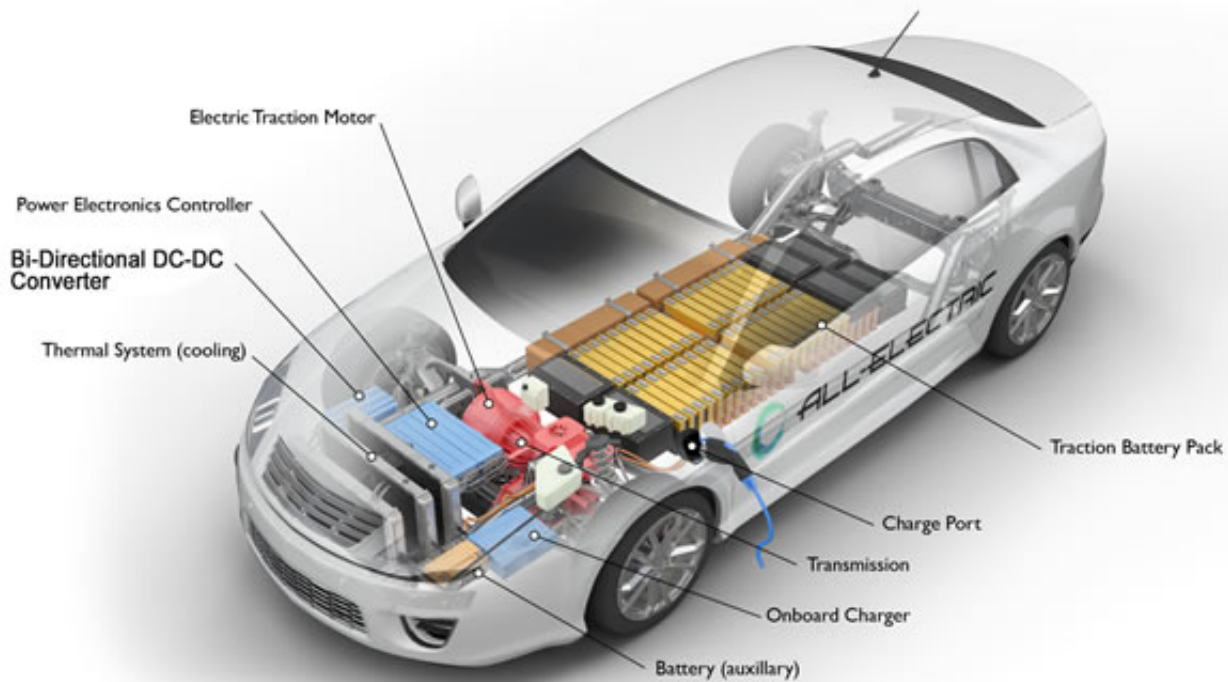


图1：一个典型的电动汽车电池系统。（图片版权所有：美国能源部）

afdc.energy.gov

在能量以这种方式在电池之间交换时，必须考虑充电机制，其中12V铅酸电池需要控制电流直到其达到完全充电状态，之后是涓流电流。相比之下，400V锂离子电池则需要非常小心地控制恒定电压。因此，转换器控制算法必须适应能量流的方向。目前正在考虑的一个方案是，通过家庭充电站中的另一个双向转换器或逆变器将充电电池能量返回到电网，从而能够实现分布式电网储能。

实现双向转换器

为了实现更高效率，能量收集必须有最小量的损失，因此功率转换器需要采用适当的技术以获得最佳效率，这意味着会增大复杂性。实现双向电源转换器可能初看起来比较复杂，因此一些设计只是简单地采用两个独立的“反并联”转换器，并具有感应能力以激励其中一个。这可能是一种“更容易”的设计，但会导致高两倍的元件数量和相应的成本。

一种更优雅和更具成本效益的方法是将相同的功率组件配置为在两个方向上运行，这样做并不像看起来那么困难。

以一种400V动力电池和12V辅助电池的情况为例，目标是实现双向、具有电隔离的能量交换。从400V到12V，首选功率级拓扑结构是一个全桥电路，可以限制开关应力，并能够高效地使用隔离变压器。其输出是两相整流器，将其作为首选是因为它可实现最小应力和最少的元件数量，这种结构如图2a所示。12V电源如何反向转换为400V可能并不明显，但请看图2b：正常情况下，12V输出二极管由同步整流器代替，开关Q1 - 4可以设置为OFF，只留下体二极管D1 - 4在电路中运行。从右到左观察，可以看到一个熟悉的电路，一个带有全桥输出整流器的电流馈电推挽式功率级。所有的功率器件或磁性元件都没有发生变化，它们只是以不同的方式控制来确定能量流的方向。Q1 - 4也可以作为同步整流器主动开关以提高效率，尽管在400V时，电流较低，这样做可能不是必需的。使用现有的专用芯片来控制功率级是实现双向功能的关键 [2]。控制IC通常位于低压侧，因为它可以方便地从12V电池获取启动电源，如果高压侧是相移全桥拓扑（PSFB）架构，控制器能够轻松地通过简单的变压器使栅极驱动信号越过隔离屏障。由于信号总是固定宽度，只是彼此之间具有相移以实现调制，变压器可以轻松应对可变脉冲宽度，导致不同峰值的正向和负向栅极电压。

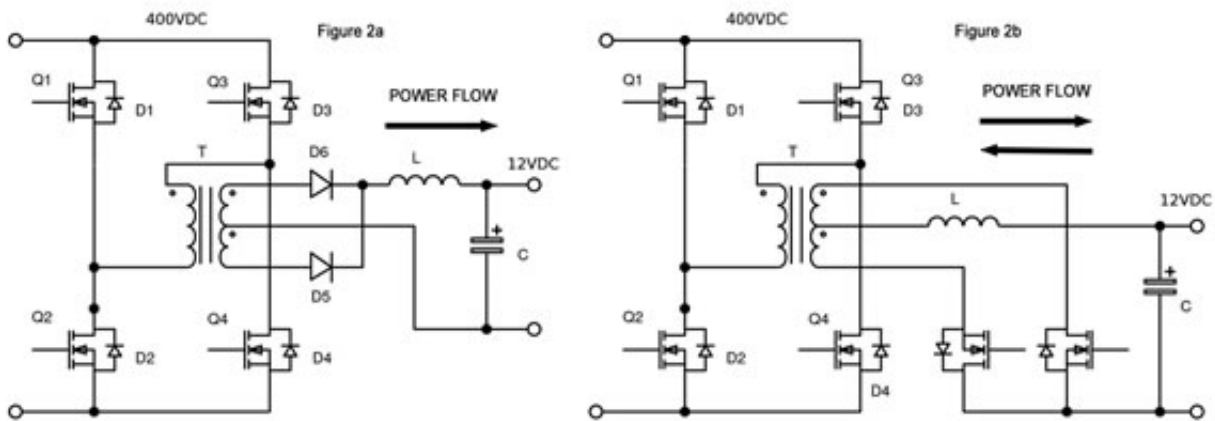


图2：配置为双向功率流的同步整流器。

类似的方式可用AC - DC转换器完成，其中主动桥式整流器被配置为逆变器的支路，用于反向能量流动。当代一种技术是使用“图腾柱”整流器和功率因数校正（PFC）级，这非常适合配置为替代逆变器（见图3）。

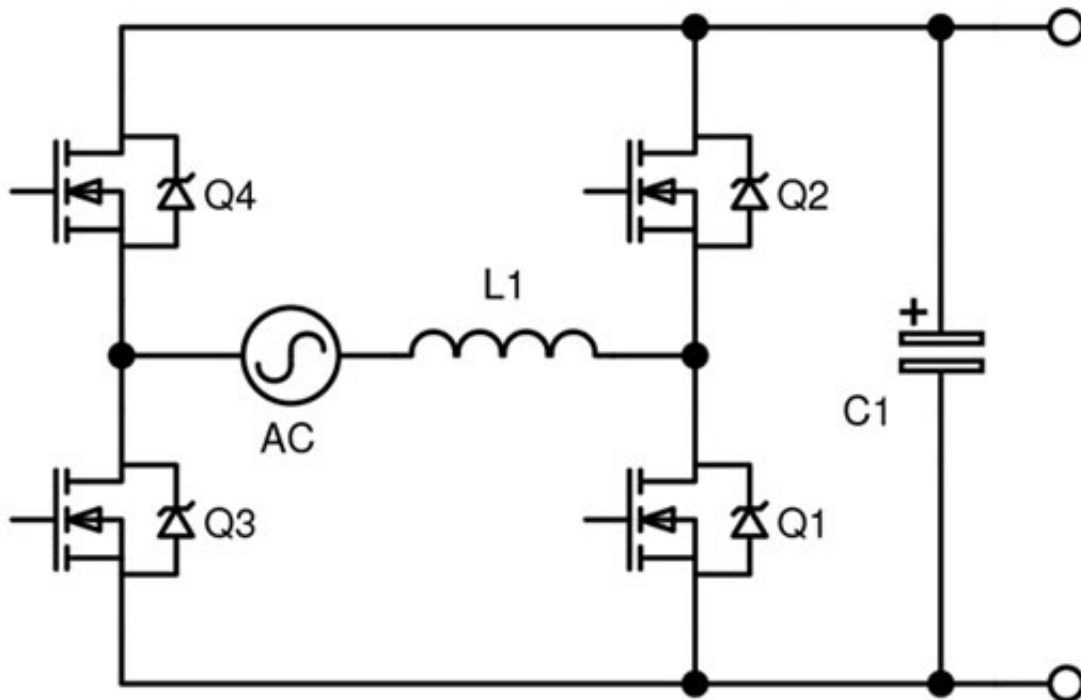


图3：“图腾柱”PFC级可配置为逆变器。

功率转换中的宽带隙器件

宽带隙、碳化硅（SiC）和氮化镓（GaN）半导体器件现在是硅功率器件的主流替代品。作为开关产品，它们具有比硅器件更低的导通电阻，更快的边沿速率（edge rates），并且具有更高的工作温度。分立式SiC二极管没有反向恢复电荷，具备更高的额定电压。SiC开关坚固耐用，具有高雪崩能量和出色的短路电流额定值，并且具有极快的体二极管。SiC MOSFET、JFET和共源共栅结构（级联型）目前市场都可以提供，其中共源共栅型是Si - MOSFET和JFET的“常关断”组合，具有接近理想的开关特性（见图4）。

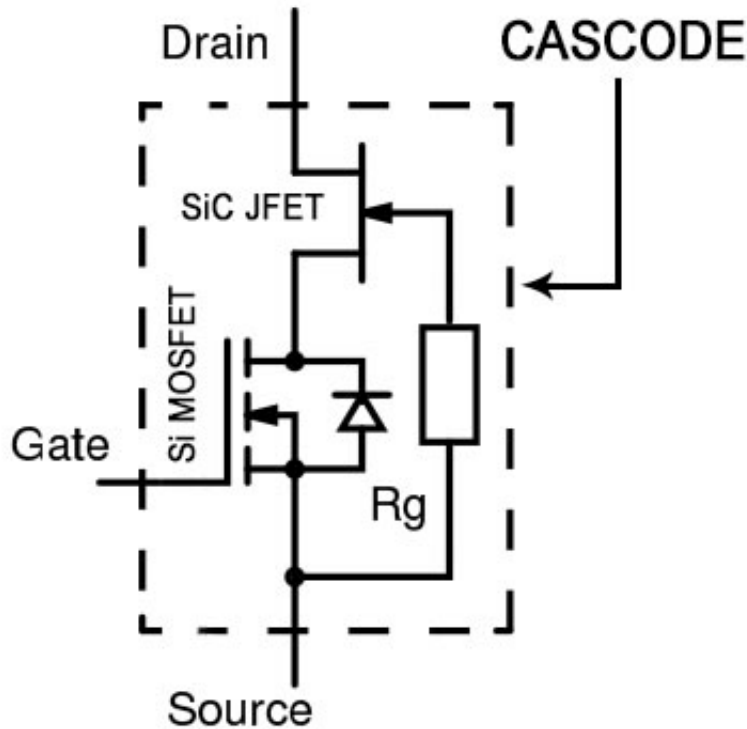


图4：Si - MOSFET和SiC JFET的共源共栅配置。

虽然WBG器件可适合于多种电源转换应用，但它们特别适用于那些效率和尺寸为主要考虑因素的双向转换器。快速开关边沿使器件具有高工作频率和低开关损耗，这反过来允许采用更小的被动元件，特别是小的磁性元件。

如果图2b电路中的Q1 - 4配置为同步整流器，而不是将其设置为OFF并允许体二极管形成整流器，则开关可能是高压Si - MOSFET，与SiC相比，这些开关损耗也会更高。高压MOSFET还具有较差的体二极管反向恢复特性，这可能导致器件失效。因而可以使用SiC共源共栅，虽然它具有高额定电压，但具有与低压Si开关类似的等效体二极管，同样具有非常低的正向压降和快速恢复，因而也可实现低损耗运行。

通常情况下，全桥Q1 - 4作为功率级会通过谐振模式中的“相移”控制进行操作。当前，对于几百瓦以上的应用，这是实现最佳效率的优选模式，并可在开关导通时实现零电压开关（ZVS），外部电感能够与变压器电容和开关输出电容COSS实现共振。SiC器件，特别是共源共栅，具有非常低的COSS值，因而只需相对较低的外部电感用于谐振，这有助于增大占空比范围和/或最大化开关频率。

SiC和双向功率转换相互补充

如上所述，SiC器件有助于实现双向功率转换，并可实现更低能量损耗等重要参数，这是太阳能和电动汽车等应用中电池系统收集能量的重要指标。UnitedSic可提供各种SiC二极管、JFET和SiC FET共源共栅，并可提供大量、非常有用的应用资料支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/137640.html>