

通过SiC技术电机逆变器实现电动汽车行驶里程拓展的承诺

Timothé Rossignol, 营销经理

目前有两大因素影响车辆运输和半导体技术的未来。行业正在拥抱令人振奋的新方法，即以清洁的电力驱动我们的汽车，同时重新设计支撑电动汽车(EV)子系统的半导体材料，以最大程度地提高能效比，进而增加电动汽车的行驶里程。

政府监管机构继续要求汽车OEM减少其车系的整体二氧化碳排放量，对违规行为给予严厉处罚，同时开始沿着道路和停车区域增设电动汽车充电基础设施。但是，尽管取得了这些进展，主流消费者仍然对电动汽车的行驶里程存有疑虑，使电动汽车的推广受到阻力。

更复杂的是，大尺寸的电动汽车电池虽然可以增加其行驶里程，缓解消费者关于行驶里程的焦虑，但它会令电动汽车的价格上涨——电池成本在整车成本中的占比超过25%。

幸运的是，同时期的半导体技术革命催生了新的宽禁带器件，例如碳化硅(SiC) MOSFET功率开关，使得消费者对电动汽车行驶里程的期望与OEM在成本架构下实际可实现里程之间的差距得以缩小。

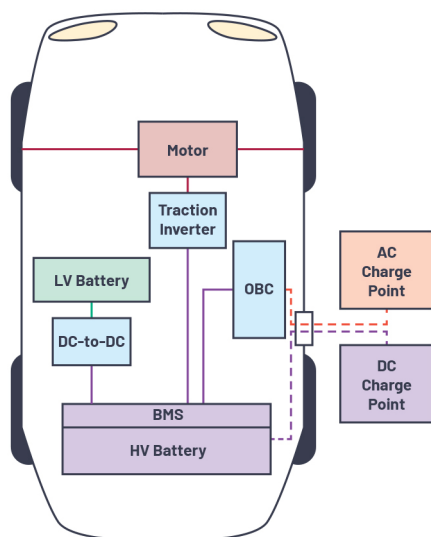


图1. 电动汽车中的功率转换部件。电机逆变器将高压电池的直流电压转换成交流波形来驱动电机，驱动汽车前进。

Wolfspeed SiC功率器件领导者之一，功率平台经理Anuj Narain表示，“与现有的硅基技术相比，SiC MOSFET凭借其自身的优势，被广泛认为可以为标准电动汽车的驾驶周期增加5%至10%的续航里程。”基于此，它们是电动汽车传动系统中新一代牵引逆变器的重要组成部分。如果与配套器件一起进行适当开发，其能效提升将代表着消费者对电动汽车领域信心的大幅增加，并有助于加快电动汽车的普及。

充分利用SiC技术

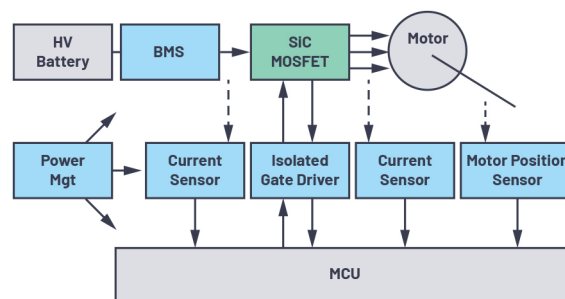


图2. 电池至电机信号链。为了增加行驶里程，每个模块都应设计为可提供最高能效。

众所周知，基于SiC的功率开关本身在功率密度和效率方面具有优势，这对于系统散热和减小器件尺寸都有重要意义。采用SiC有望使逆变器尺寸在800 V/250 kW时缩小3倍，如果配合使用直流环节薄膜电容，则能进一步减小尺寸和节省成本。与传统的硅功率开关相比，SiC功率开关可以帮助实现更出色的行驶里程和/或更小的电池尺寸，使得开关成本在器件级别和系统级别都更具优势。

在同时考虑行驶里程和成本因素时，仍然需要以电机逆变器为焦点不断创新，旨在进一步提高电动汽车的效率和行驶里程。作为电机逆变器中价格最昂贵、功能最重要的元件，SiC功率开关需要接受精准控制，以充分发挥额外的开关成本的价值。

事实上，SiC开关的所有固有优势都会被共模噪声干扰，以及被管理不善的功率开关环境中的超快电压和电流瞬变（dv/dt和di/dt）导致的极高和破坏性的电压过冲影响。一般来说，抛开底层技术不谈，SiC开关的功能相对简单，它只是一个3端器件，但必须小心连接至系统。

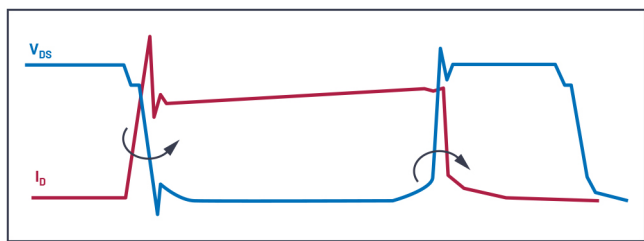


图3. 开启（左）和关闭（右）时的电压和电流波形。在SiC环境中， dv/dt 将超过10 V/ns，这意味着开关800 V直流电压的时间不会超过80 ns。同样， di/dt 为10 A/ns时，意味着在80 ns内电流为800 A，从中可以观察到 di/dt 的变化。

关于栅极驱动器

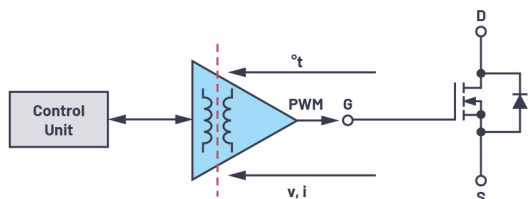


图4. 隔离式栅极驱动器桥接了信号世界（控制单元）和功率世界（SiC开关）。除了隔离和信号驱动，该驱动器还执行遥测、保护和诊断功能，使其成为信号链的关键元件。

隔离式栅极驱动器的作用关系到功率开关的最佳开关点，确保通过隔离栅实现短而准确的传播延迟，同时提供系统和安全隔离，避免功率开关过热，检测和防止短路，并促使在ASIL D系统中插入子模块驱动/开关功能。

但是，SiC开关导致的高摆率瞬态会破坏跨越隔离栅的数据传输，所以测量和了解对这些瞬变的敏感性至关重要。ADI专有的*iCoupler*®技术具有出色的共模瞬变抗扰度(CMTI)，测量性能高达200 V/ns及以上。在安全操作环境中，这可以充分释放SiC开关时间的潜力。

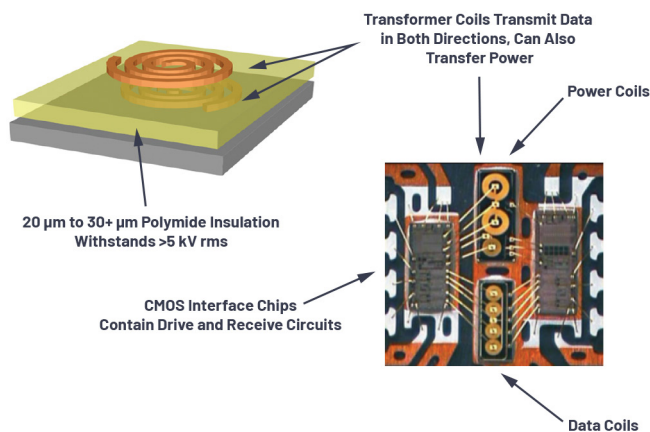


图5. 20多年来，ADI一直走在数字隔离技术发展的前沿，推出了*iCoupler*®数字隔离IC。该技术采用带有厚聚酰亚胺绝缘层的变压器。数字隔离器采用晶圆CMOS工艺。变压器采用差分架构，具有出色的共模瞬变抗扰度。

考虑到较小的裸片尺寸和严格的热封装，短路是基于SiC的电源开关的另一个主要挑战。栅极驱动器为电动汽车传动系统的可靠性、安全性和生命周期优化提供了必要的短路保护。

在WolfSpeed等领先的SiC MOSFET功率开关提供商的实际测试中，高性能栅极驱动器已证实了自身的价值。对于关键参数性能，例如短路检测时间和总故障清除时间，可分别低至300 ns和1800 ns。为了提高安全性和保护等级，测试结果表明，可调的软关断能力对系统能否平稳运行至关重要。

同样，可以最大程度提高开关能量和电磁兼容性(EMC)，以最大限度提高功率性能和电动汽车的行驶里程。驱动能力更高时，用户可以获得更快的边缘速率，从而降低开关损耗。这不仅有助于提高效率，而且无需为每个栅极驱动器分配外部缓冲器，从而节省了电路板空间和成本。相反，在某些条件下，系统可能需要降低开关速度来实现出色的效率，甚至需要分级开关，研究表明以上可以进一步提高效率。ADI提供可调压摆率，允许用户进行此操作，去除外部缓冲器则进一步减少了阻碍。

系统要素

需要注意的是，栅极驱动器和SiC开关解决方案的综合价值和性能可能完全被周围组件的妥协和/或低效抵消。ADI在功率控制和传感方面的经验和我们系统级的性能优化方法相结合，可以涵盖多种设计考量。

从整体角度来看，电动汽车显露了优化传动系统功率效率的额外机会，这对于在确保安全可靠运行的同时最大限度利用电池可用容量来说至关重要。电池管理系统的品质直接影响电动汽车每次充电所能行驶的里程数。优质的电池管理系统能够最大限度地延长电池的整体使用寿命，从而降低总拥有成本(TCO)。

就功率管理而言，能够在不降低BOM成本或减小PCB尺寸的情况下克服复杂的电磁干扰问题(EMI)将变得至关重要。无论是隔离式栅极驱动器的供电电路，还是高压至低压DC-DC电路，高能效比、热性能和封装仍然是功率域的关键考虑因素。在所有情况下，能否消除电磁干扰对电动汽车设计人员而言极为重要。涉及到开关多个电源时，电磁干扰是一个非常关键的痛点，如果EMC性能出色，则非常有助于减少测试周期和降低设计复杂性，从而加快上市速度。

如果深入研究支持部件的生态系统，会发现电磁传感技术的进步推动产生了新一代无接触电流传感器，该传感器能够提供高带宽、高精度，而且无功功率损耗，此外，还推动产生了精密且可靠的位置传感器，适用于轴端和轴外布置。典型的插电式混合动力电动汽车中部署15到30个电流传感器，并采用旋转和位置传感器来监测牵引电机。在干扰电磁场下的精度和可靠性是跨电动汽车功率系统测量和保持性能的重要属性。

端到端效率

从电池到电机逆变器，再到支持组件等，从整体来看电动汽车传动系统的所有元件，ADI发现了无数改进电动汽车的机会，可以提升其整体能效，还能增加电动汽车行驶里程。随着SiC功率开关技术渗透到电动汽车电机逆变器中，数字隔离已成为其中一个重要的组成部分。

同样，汽车OEM可以利用多学科方法来优化电动汽车，以确保所有可用的功率检测和控制器件密切配合，以最大限度提升性能和效率。同时，它们可以帮助消除主流消费者购买电动汽车的最后一个障碍，即行驶里程和成本，同时帮助打造更环保的未来。

参考资料

¹ Richard Dixon。“未来汽车使用的MEMS传感器。”第4届年度汽车传感器和电子峰会，2019年2月。

作者简介

Timothé Rossignol拥有图卢兹大学电气工程硕士和博士学位。过去10年，他一直在汽车行业工作，对整个供应链拥有丰富的经验。Timothé在法国开启了自己的职业生涯，最开始是在OEM和一级供应商公司工作，之后转战英国，担任硬件设计负责人。他于2018年加入ADI位于爱尔兰利默里克的分公司，担任系统工程师，近期他已返回法国，担任电动交通功率转换系统营销经理。联系方式：timothe.rossignol@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

