

## Technical Article

## 采用 IsoShield™ 技术的隔离式电源模块可将解决方案尺寸缩减多达 70%



Cole Neswold, product marketing engineer

- 集成式变压器模块可为空间受限的应用提供三倍的功率密度，如电动汽车 (EV) 牵引逆变器和数据中心电源单元 (PSU)。
- 先进的隔离技术可提供 250V/ns 共模瞬态抗扰度来抵御恶劣环境。

随着用户对 EV 性能的期望不断提高，工程师必须支持高电池电压和开关速度更快的 FET，同时减轻车身重量、提高效率，并提供电隔离来保护系统在极端温度、振动和电磁干扰 (EMI) 的恶劣环境中免受瞬态和噪声的影响。

同时，面对巨大的 AI 算力需求，数据中心必须具有更高的功率密度，因此设计人员需要在更小的空间内部署更大的功率，而在多千瓦 PSU、备用电池单元 (BBU) 和服务器机架中，也面临着类似的隔离挑战。传统的“电感-电容”谐振转换器和反激式设计需要用到变压器，而变压器会占用宝贵的布板空间和高度。基于变压器的分立式设计还会增加不必要的电气效应，导致抗噪性降低，设计复杂性增加。

采用 TI 专有 IsoShield™ 封装技术的隔离式电源模块可解决上述痛点，通过集成变压器、开关器件和无源器件来满足隔离要求，同时与现有解决方案相比，尺寸缩小多达 70%。图 1 所示为采用这种专有集成变压器技术的电源模块。

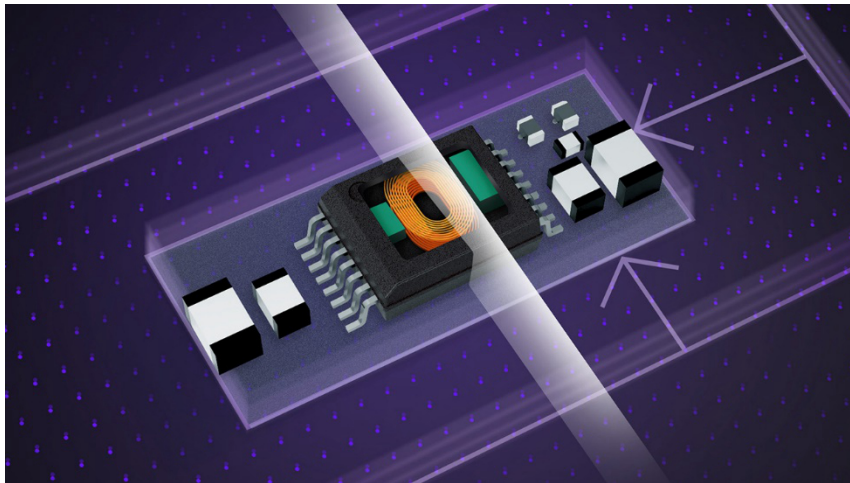


图 1. 采用 IsoShield 技术和 5.85mm x 7.50mm x 2.65mm 封装的 UCC34141-Q1

### 提高功率密度如何有助于减小解决方案尺寸

传统的隔离式电源设计使得在电力输送和布板空间之间面临两难选择。变压器必须安装在紧凑的空间中，同时在 800V 电池系统和 12V 或 3V 控制电路之间提供隔离。EV 设计人员和数据中心工程师需要更大幅度地提高功率密度，同时尽可能地降低重量和空间要求。

采用 IsoShield 封装技术的电源模块集成了变压器，而变压器通常是印刷电路板 (PCB) 上最大的元件。虽然其他器件可通过大量的外部电路实现类似级别的性能，但 IsoShield 技术可实现极小的封装，同时仍提供足够的功率。例如，中压 UCC34141-Q1 和低压 UCC33420-Q1 DC/DC 模块分别采用 5.85mm x 7.50mm x 2.65mm 和 4mm x 5mm x 1mm 封装提供 1.5W 的隔离式输出功率。

与分立式反激式解决方案相比，UCC34141-Q1 可将辅助电源解决方案的面积减小 70%，与现有的集成变压器解决方案相比，可将面积减小 35% 以上。由此使得功率密度分别提高了 333% 和 150%。

图 2 直观地展示了从左侧的反激式转换器迁移到右侧的完全集成式解决方案 UCC34141-Q1 所带来的面积减小优势。

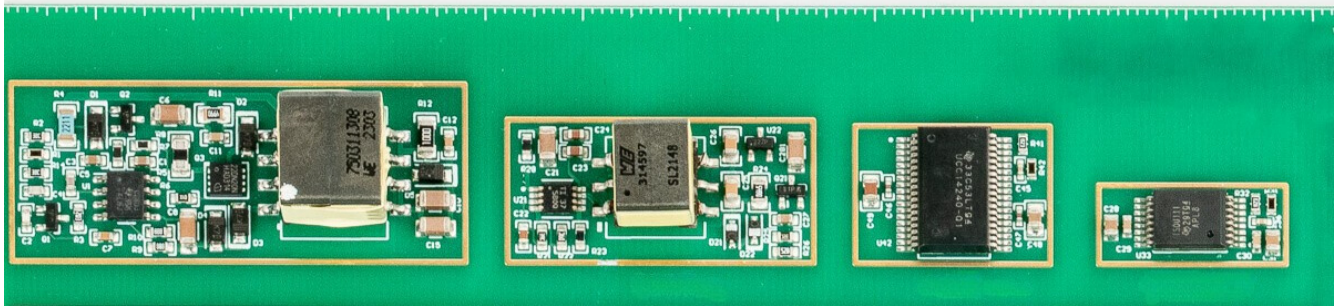


图 2. 隔离式偏置电源解决方案演变的俯视图

解决方案的高度同样重要。集成变压器后，可省去电路板上原本最高的元件，从而使解决方案的高度不到原来的四分之一。UCC34141-Q1 的测量值为 2.65mm 高，UCC33420-Q1 的测量值为 1mm 高。

集成化和小尺寸通常会引发对散热性能和 EMI 的担忧，而采用 IsoShield 技术的 DC/DC 模块消除了此类隐患。与以前的模块相比，这些器件将散热性能提升高达 30%，并且封装尺寸减小 54%。这些模块只需搭配小型低成本 EMI 滤波，即可满足国际无线电干扰特别委员会 (CISPR) 32 B 类和 CISPR 25 5 类的要求。

### 增强系统耐用性和可靠性

在嘈杂和恶劣的环境中，电源的可靠性和高性能对于确保系统安全运行至关重要。采用 IsoShield 技术的设备可通过四种类型的抗扰性提供可靠的性能：

- 共模瞬态抗扰度 (CMTI)：这些模块在集成变压器的初级绕组和次级绕组上的寄生电容小于 3pF，因此 UCC34141-Q1 和 UCC33421-Q1 能够实现 250V/ns 的 CMTI。图 3 显示了 UCC33421-Q1 在 >250V/ns 电压冲击下的输出波形。

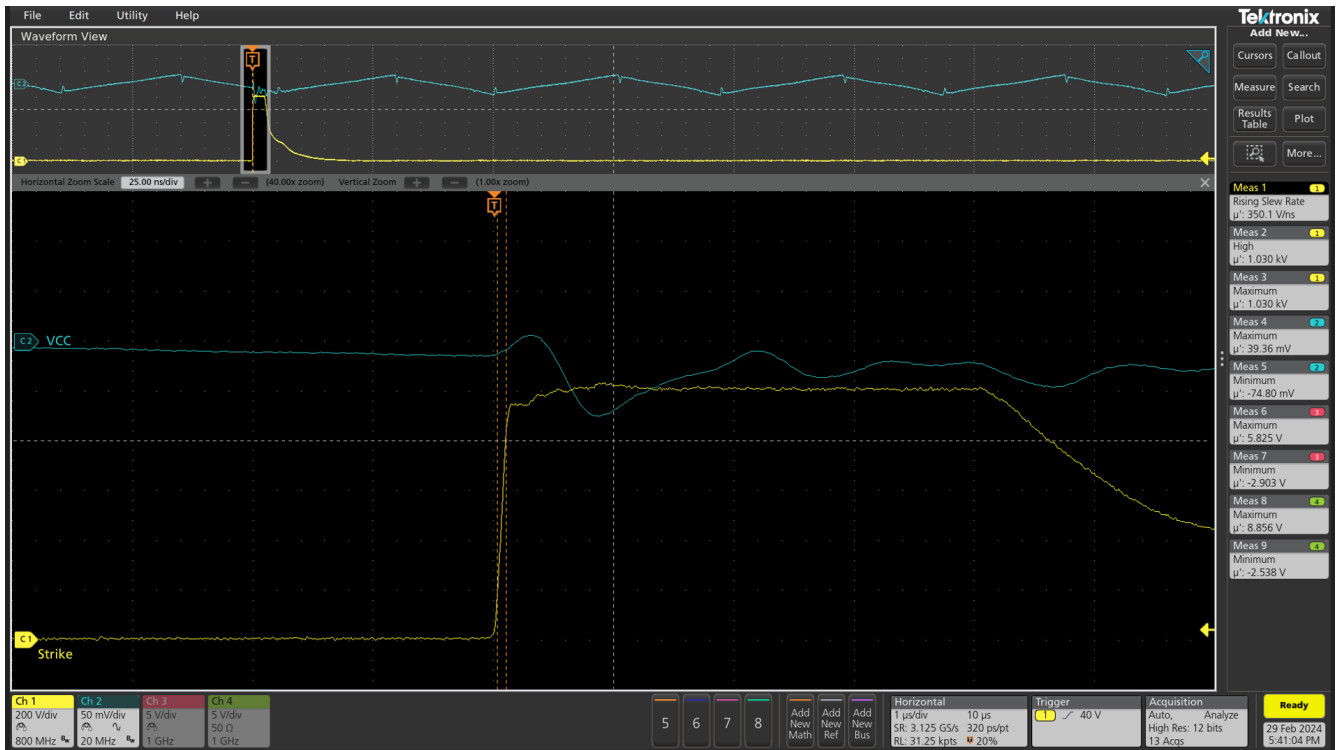


图 3. UCC33421-Q1 在  $>250\text{V/ns}$  电压冲击期间的输出波形

- 辐射抗扰度：在 UCC34141-Q1 上使用横向电磁单元进行了注入式电磁噪声测试，结果显示在 10MHz 至 1GHz 的频率范围内，器件在  $>100\text{V/m}$  的噪声水平下仍能连续运行。UCC34141-Q1 符合 CISPR 25 标准，超过了国际电工委员会 61000-4-3 标准，无需增加金属裸露或 EMI 滤波器。
- 抗磁干扰：UCC34141-Q1 能够在强磁场附近可靠地运行。在实际应用中，强磁场可能会从牵引逆变器的汇流条或 MRI 或 X 射线机等医疗设备中的磁性元件产生。采用 IsoShield 技术的电源模块可在  $>100\text{mT}$  的场强下工作。
- 抗振动：EV 应用中通常会产生强烈且频繁的振动。与分立式变压器相比，采用 IsoShield 技术的器件尺寸小，可使焊点和 PCB 焊盘上的扭矩和应力减少 90% 以上，从而降低了由振动引起的变压器故障的可能性。图 4 展示了器件的解决方案高度降低，有助于直接提高抗振性。

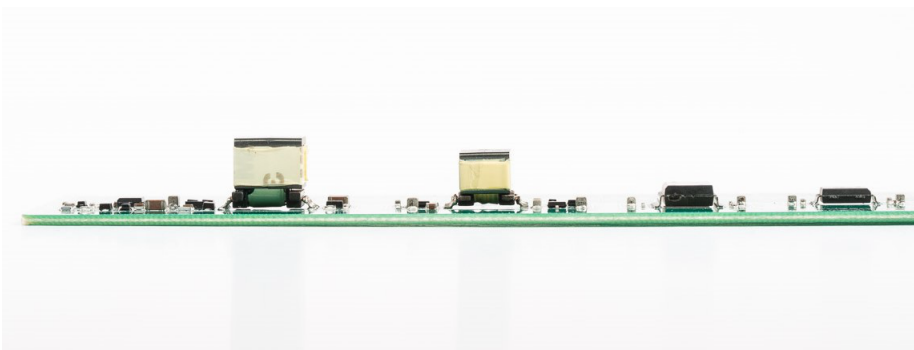


图 4. 隔离式偏置电源解决方案演变的侧视图

### 加快设计周期

变压器是最难选择、采购和设计的器件之一，需要在购买成品和定制设计之间进行权衡。定制设计需要明确多项关键参数，包括绕组（绕组数量、布线方式、损耗量）、磁芯（尺寸、形状、材料、损耗）、电感（漏电、耦合、寄生效应）和封装。

集成了变压器、开关 FET 和其他无源器件的辅助电源模块免去了这些麻烦，减少了元件选型候选和需要注意的设计事项的数量。考虑当前需要快速设计和部署 PSU、BBU 和服务器机架以满足不断增长的市场需求，集成式变压器在数据中心应用中非常重要。

## 结语

采用 IsoShield 技术的器件有助于消除在设计更高功率、更高性能与更高可靠性系统时通常面临的权衡取舍。可重复利用以前 70% 的偏置电源解决方案，使您有机会在系统中增加额外功能或传感器、提升冗余度，或打造更高功率密度的解决方案。

## 其他资源

- 订购[评估模块](#)来评估 UCC34141-Q1。
- 查看 [EV 牵引逆变器的设计优先事项](#)白皮书。
- 下载[适用于 HVDC 30kW PSU 的数据中心参考设计 \(PMP23630\)](#) 以开始使用。

## 商标

IsoShield™ 是德州仪器 (TI) 的商标。

所有商标均为其各自所有者所有。

## 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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月