

## Application Brief

## TI 采用集成电源的新款信号隔离器可实现超低的辐射发射



Varun Kumar

## ISOW6441 - TI 最新推出的具有集成电源的信号隔离器

随着现代电子产品越来越多地集成了开关功率级，电磁兼容性 (EMC) 性能已成为具有集成式 DC/DC 转换器的数字隔离器的关键差异化优势。德州仪器 (TI) 的 ISOW6441 是 TI 最新一代量产级 4 通道增强型数字隔离器，具有集成式 DC/DC 电源。ISOW6441 经过全新设计，可提供出色的辐射发射性能，专为满足和超过 CISPR 32 B 类 (国际公认的多媒体设备 EMC 标准) 的严格要求而设计。

对于具有集成开关 DC/DC 转换器的数字隔离器，由于以下原因，符合 CISPR 32 B 类标准特别具有挑战性：

- 高频开关瞬变 (在数十至数百 MHz 范围内)
- 跨隔离栅形成共模和差模电流环路。
- 长 PCB 布线和电缆易形成天线效应。

TI 的最新设计 ISOW6441 能够有效地解决上述所有挑战，而在清洁排放方面没有其他竞品器件能够接近 ISOW6441 的性能。表 1 对比了业内引脚兼容的同类竞品，数据显示 ISOW6441 的辐射发射值比限值高出 10dB 以上，可轻松满足 CISPR32 B 类标准，全频段无尖锐峰值；而在相同测试条件下，两款竞品均大幅超出限值，测试结果不合格，如图 9 所示。

有关 ISOW6441 的更详细测试结果，请参阅 [使用 ISOW6441 轻松满足 CISPR 32 B 类辐射发射标准](#)。

表 1. ISOW6441 与竞品器件的 CISPR32 B 类辐射发射合规性汇总

|          | V <sub>DD</sub> (V) | V <sub>ISO</sub> (V) | V <sub>ISO</sub> 负载 (mA) | 频率范围       | 通过/未通过        | 发射频谱 |
|----------|---------------------|----------------------|--------------------------|------------|---------------|------|
| ISOW6441 | 5                   | 5                    | 110                      | 30MHz-1GHz | 通过 (>10dB 裕度) | 图 1  |
| ISOW6441 | 3.3                 | 3.3                  | 60                       | 30MHz-1GHz | 通过 (>10dB 裕度) | 图 2  |
| 竞品器件 A   | 5                   | 5                    | 100                      | 30MHz-1GHz | FAIL          | 图 3  |
| 竞品器件 A   | 3.3                 | 3.3                  | 60                       | 30MHz-1GHz | FAIL          | 图 4  |
| 竞品器件 B   | 5                   | 5                    | 100                      | 30MHz-1GHz | FAIL          | 图 5  |
| 竞品器件 B   | 3.3                 | 3.3                  | 60                       | 30MHz-1GHz | FAIL          | 图 6  |

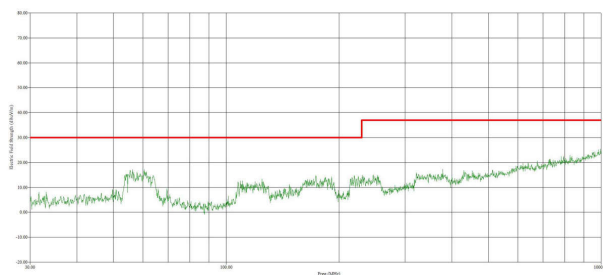


图 1. ISOW6441 — CISPR32 B 类辐射发射结果，5V 输入、5V 输出、110mA 负载 (最大负载)

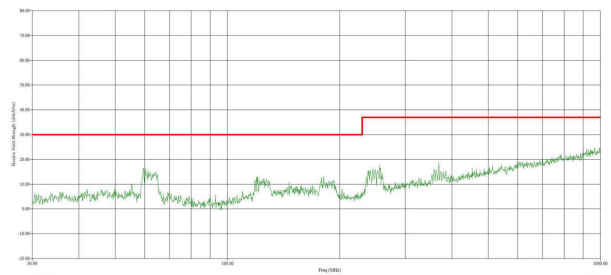


图 2. ISOW6441 — CISPR32 B 类辐射发射结果，3.3V 输入、3.3V 输出、60mA 负载 (最大负载)

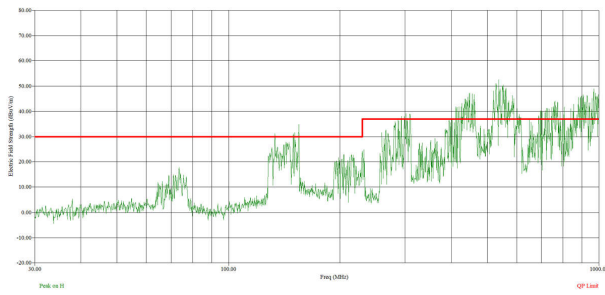


图 3. 竞品器件 A - CISPR32 B 类辐射发射结果, 5V 输入、5V 输出、100mA 负载 (最大负载)

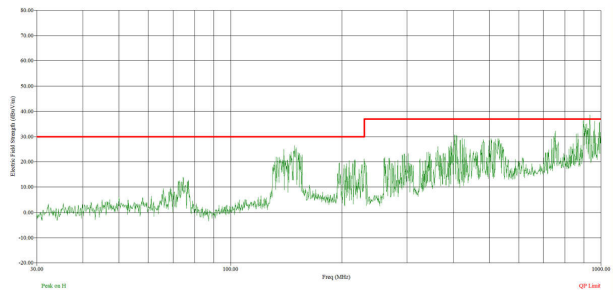


图 4. 竞品器件 A - CISPR32 B 类辐射发射结果, 3.3V 输入、3.3V 输出、60mA 负载 (最大负载)

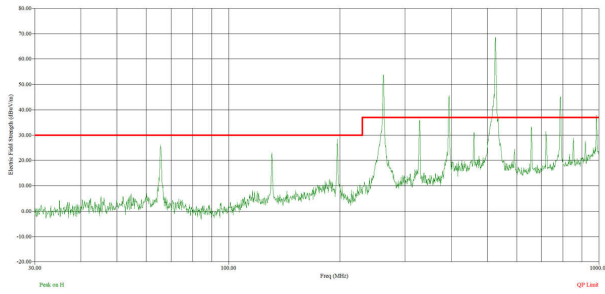


图 5. 竞品器件 B - CISPR32 B 类辐射发射结果, 5V 输入、5V 输出、100mA 负载 (最大负载)

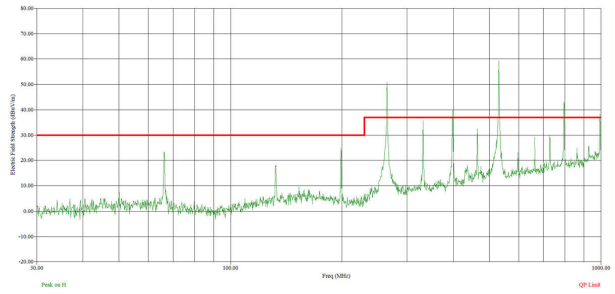


图 6. 竞品器件 B - CISPR32 B 类辐射发射结果, 3.3V 输入、3.3V 输出、60mA 负载 (最大负载)

## 隔离式 DC/DC 转换器的主要辐射发射源是什么？

给定 PCB 上的开关隔离器以共模电流环路或差模电流环路的形式发射电磁辐射，如 图 7 所示。

### 1. 共模电流环路

来自 DC/DC 转换器的快速瞬变通过 PCB 上隔离式接地之间的寄生电容耦合。由于两侧进行了电隔离，感应电流通过空气和板级寄生电容形成一个大回路，从而有效地在系统的两个隔离部分之间形成一个偶极天线。

### 2. 差模电流环路

输入电源 (VDD) 或隔离式输出电源 (VISO) 布线上的高电压纹波会在隔离栅的每一侧形成差模电流环路。这些环路的辐射与环路面积和电流变化率成比例。

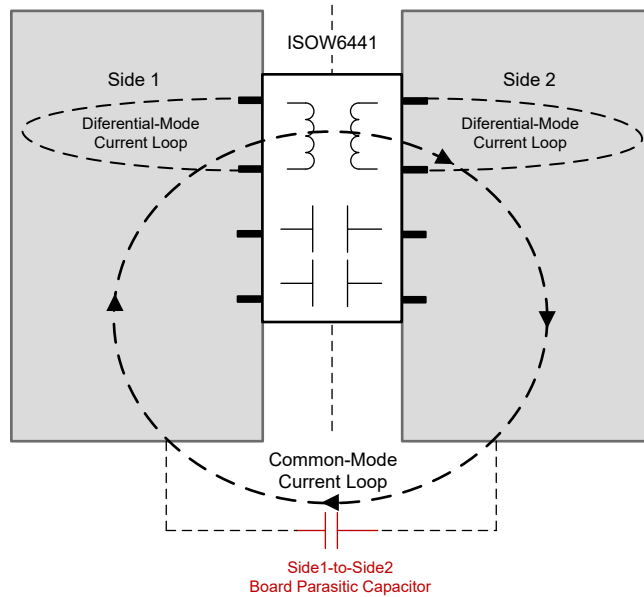


图 7. 在 PCB 上形成共模和差模电流环路

ISOW6441 是 TI 最新推出的具有集成电源的信号隔离器，其开关频率约为 60MHz，这是专门选择的一种频率，可在保持高功效的同时保持集成变压器的小尺寸。此开关频率及其谐波均落在 CISPR 32 测量频段中，因此做好发射抑制工作十分重要。

### ISOW6441 如何实现出色的辐射发射性能

TI 实施了多项硬件和架构创新，可提供出色的发射性能：

#### 1. 获得专利的对称设计体系结构

ISOW6441 采用已获专利的对称设计架构，可更大限度地减少开关电流产生的净电磁力矩，从而抑制源头的共模辐射。这是相较于竞品的核心设计差异，也直接让产品拥有了超高性价比。

#### 2. 展频时钟 (SSC)

为避免在离散谐波频率下发生能量集中，ISOW6441 采用展频时钟。此技术可把开关能量分散到不同频率区间，削弱单点辐射峰值，让产品以充足裕度满足 CISPR 32 B 类标准。

#### 3. 所需外部元器件极少

与许多需要复杂的多层 PCB 或广泛的外部滤波网络以满足辐射标准的竞品器件不同，ISOW6441 旨在使用以下元件以大于 10dB 的裕度满足 CISPR 32 B 类要求：

- 具有成本效益的 2 层 PCB
- 简单的 PCB 布局。
- 尽可能地减少外部元件。

这种方法简化了系统设计，降低了 BOM 成本和设计复杂性，有助于实现出色的性价比。

图 8 展示了一个 2 层 PCB 布局示例。有关更多详细信息，请参阅 EVM - ISOW6441DWEEVM。

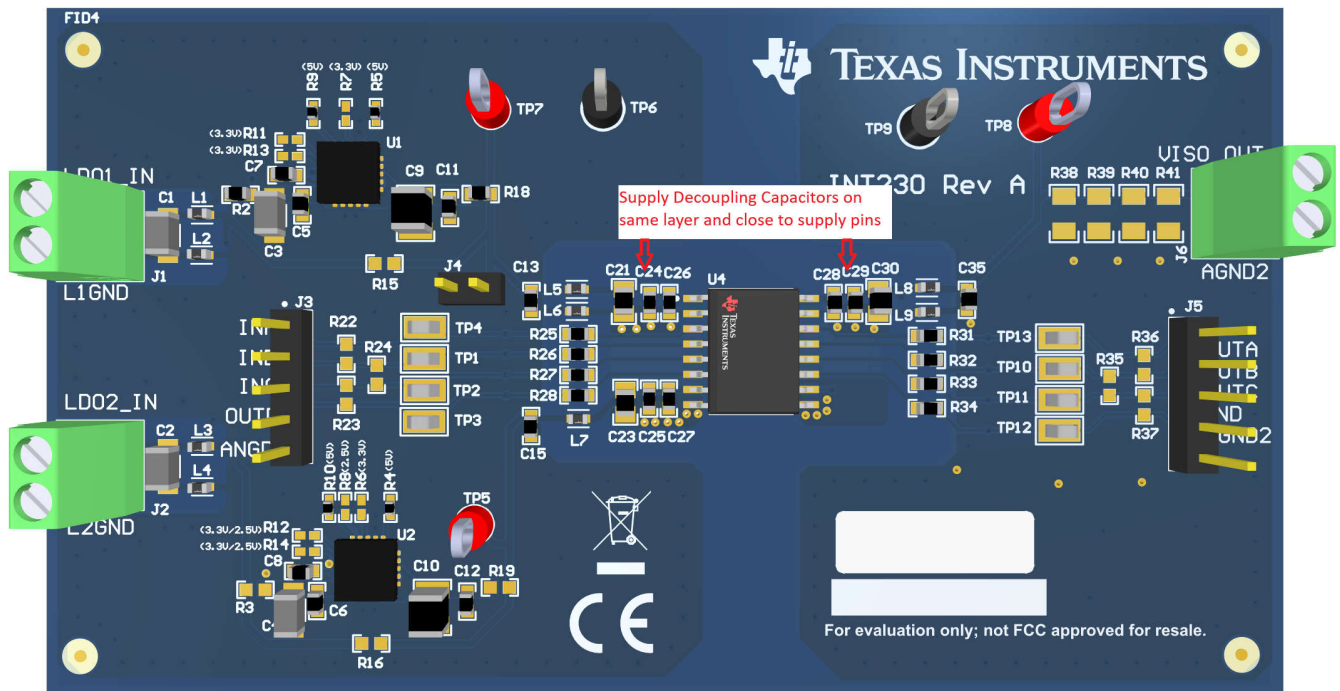


图 8. 使用 2 层 PCB 的布局示例

### ISOW6441 和竞品器件的辐射发射测试设置

在完全相同的测试环境下，对 ISOW6441 及引脚兼容竞品开展 CISPR32 B 类辐射发射测试；测试采用短线连接电池，避免外部因素放大竞品器件和 ISOW6441 的整体辐射。图 9 所示为评估模块 ISOW6441DWEEVM 与 9V 供电碱性电池使用很短的导线连接。

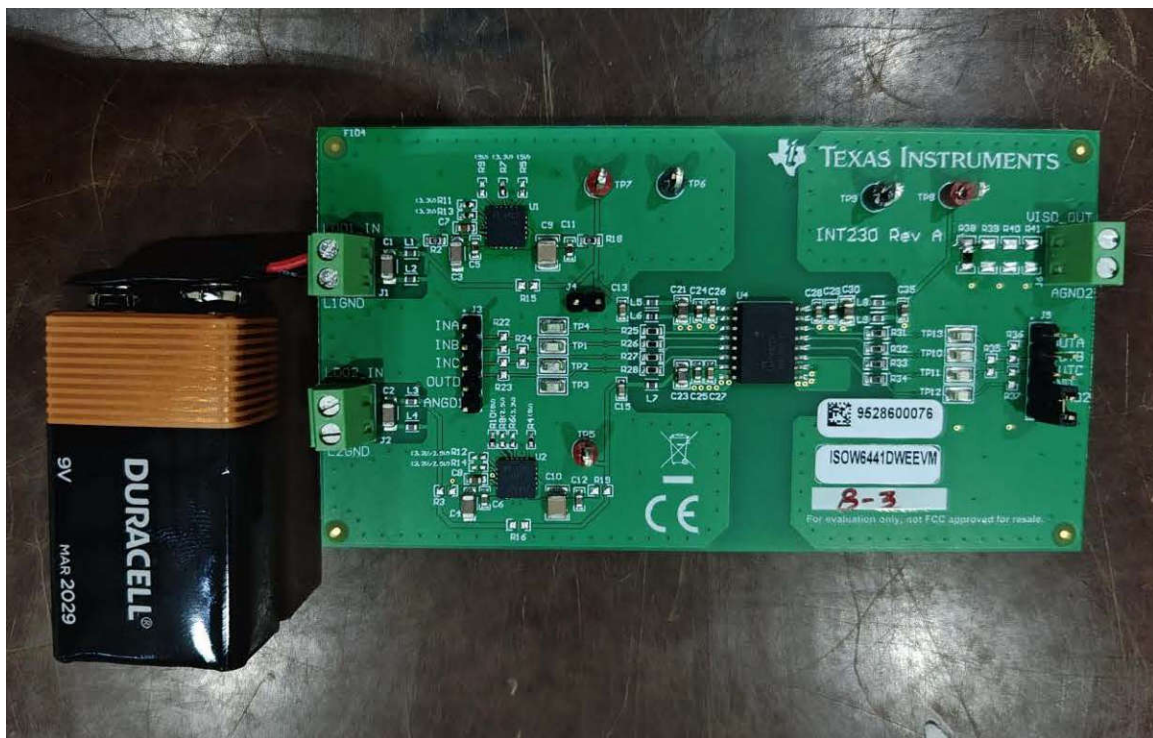


图 9. 使用电池的 ISOW6441DWEEVM 发射测试设置

尽管通常使用峰值检测器来快速获得对比结果，但 CISPR 32 标准规定将辐射发射限值作为准峰值限值。器件 ISOW6441 使用扩频时钟在小频率波段内改变开关频率，而不是将所有功率集中在一个频率上。当进行准峰值扫描时，这类方法可带来明显更好的结果。

本文档中显示的比较结果是使用峰值检测器扫描来测量的，以比较最坏情况下测量的频率，并节省总体测量时间。结合文档中的峰值扫描数据，在系统设计评估阶段，可直接针对重点最差频点进行准峰值扫描，进而得出实测值与 CISPR 32 准峰值限值之间的实际裕度。

### ISOW6441 CISPR32 辐射发射数据 (与竞品相比)

本次选取两款与 TI 新一代集成电源隔离器 ISOW6441 引脚兼容的在售竞品，连同 ISOW6441 本体，在 ISOW6441DWEEVM 评估板上，分别以两种指定配置及满载条件开展对比测试。

- VDD = 5V 和 VISOOOUT = 5V，110mA (ISOW6441) 和 100mA (竞品器件) 支持的最大 ILOAD
- VDD = 3.3V 和 VISOOOUT = 3.3V，60mA (ISOW6441 和竞品器件) 支持的最大 ILOAD

下面仅展示 ISOW6441 及竞品在 30MHz 至 1GHz 频段内的最差工况测试结果。有关 ISOW6441 的更详细测试结果，请参阅 [使用 ISOW6441 轻松满足 CISPR 32 B 类辐射发射标准](#)

表 1 对比了业内引脚兼容的同类竞品，数据显示 ISOW6441 的辐射发射值比限值高出 10dB 以上，可轻松满足 CISPR32 B 类标准，全频段无尖锐峰值；而在相同测试条件下，两款竞品均大幅超出限值，测试结果不合格，如图 9 所示。

### 结语

ISOW6441 为具有集成式 DC/DC 电源的数字隔离器的辐射发射性能设定了新基准。ISOW6441 结合了获得专利的对称架构、展频时钟和极少的外部元件，仅使用一个具有成本效益的简单 2 层板，即可在所有电压配置和最大负载下，以超 10dB 的裕度满足 CISPR 32 B 类标准。

对于需要低 EMI、高可靠性隔离式设计的系统设计人员（尤其是在工业、通信和消费类多媒体应用中），ISOW6441 可提供当今市场上出色的性价比。

### 参考资料

1. 德州仪器 (TI)，[使用 ISOW6441 轻松达到 CISPR 32 B 类辐射发射标准](#)，应用手册。
2. 德州仪器 (TI)，[使用 ISOW6441 轻松达到 CISPR 25 5 类汽车辐射发射标准](#)，应用手册。
3. 德州仪器 (TI)，[用于指导布局的 ISOW644x EVM 数据表](#)，评估模块。
4. 德州仪器 (TI)，[ISOW644x 带集成式 DC-DC 转换器、EMC 性能优异的增强型四通道数字隔离器](#)，数据表。
5. 德州仪器 (TI)，[利用集成电源与数字隔离设计提升设计性能](#)，应用简报。

### 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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