

Application Note

EMC 合规性报告：采用集成电源的隔离器的 CISPR 与 IEC 测试结果

Himalaya Pramanick, Ayush Mangla, Surbhi Mundra, Sreenivasa Murthy

摘要

本应用手册提供了采用 TI 集成电源的信号隔离器 (ISOW64xx、ISOW308x 和 ISOW1050 器件) 所达到的 EMC 结果。手册涵盖 CISPR 和 IEC EMC 标准发射测试，例如工业和汽车器件的辐射发射、辐射抗扰度、传导发射、传导抗扰度、磁场抗扰度以及 ESD 和 CMTI，还详细说明了如何执行这些测试。

内容

1 简介	2
2 EMC 测试概述	2
2.1 ISOW64xx、ISOW308x 和 ISOW1050 器件的 EMC 标准覆盖范围汇总	2
2.2 ISOW308x 器件中 RS485 总线的 EMC 标准特殊覆盖范围	2
2.3 ISOW1050 器件中 CAN 总线的 EMC 标准特殊覆盖范围	3
3 EMC 测试的详细信息	3
3.1 工业辐射发射 (CISPR 32 B 类)	3
3.2 汽车辐射发射 (CISPR 25 5 类)	4
3.3 船舶辐射发射 (IEC 60945)	5
3.4 工业辐射抗扰度 (IEC 61000-4-3)	6
3.5 汽车辐射抗扰度 (ISO11452-2)	7
3.6 传导抗扰度 (IEC 61000-4-6)	7
3.7 传导发射 (CISPR 32)	7
3.8 ESD 抗扰度	8
3.9 磁场抗扰度 (IEC 61000-4-8)	9
3.10 共模瞬态抗扰度 (VDE 0884-17)	9
4 总结	10
5 参考资料	11
6 修订历史记录	11

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

当前工业自动化、电机驱动、电网基础设施和医疗设备中的隔离系统在同时实现隔离电源与隔离通信时，面临着严峻的设计挑战。传统方法是将分立式隔离变压器、驱动器 IC、整流级、反馈网络和单独的数字隔离器组合在一起，会导致设计复杂、潜在成本高昂且易受 EMI 影响，这需要漫长的开发周期和多项安全认证。

德州仪器 (TI) 的 [ISOW64xx](#)、[ISOW308x](#) 和 [ISOW1050](#) 系列器件通过将隔离式 DC-DC 转换器与信号隔离器 (数字、RS485 和 CAN) 集成到单个 16 引脚宽体 SOIC 封装中，有助于解决这些挑战。这一集成架构在设计时便将出色的 EMC 性能列为首要设计目标。有关使用该系列器件的优势的更多详细信息，请参阅 [利用集成电源与数字隔离设计提升设计性能](#) 应用简报。

2 EMC 测试概述

电磁兼容性 (EMC) 涵盖设备在电磁环境中正常运行且不降低该环境性能的能力。对于带集成电源转换器的隔离器，EMC 尤为关键，因为开关转换器是辐射发射和传导发射的潜在来源，同时隔离器本身必须对工业、汽车和医疗应用中的严苛电磁环境保持抗扰。

[ISOW64xx](#)、[ISOW308x](#) 和 [ISOW1050](#) 系列器件从设计之初便同时考虑了 EMC 的发射与抗扰两方面，仅需极少的 PCB 设计投入。在 [ISOW6441DWEEVM](#)、[ISOW3080DWEEVM](#) 和 [ISOW1050DWEEVM](#) 评估模块 (EVM) 上执行的所有测试均采用标准的双层 PCB 布局。测试结果表明，只需极低的 PCB 成本即可满足 EMC 要求，无需四层板或昂贵的 EMC 变通方案。为了获得更好的 EMC 性能，请遵循前述 EVM 中提供的原理图和布局指南。

有关更多详情，请参阅 [优化隔离设计中的 EMC：符合 CISPR 和 IEC 的 10 种 PCB 技术应用手册](#)。

2.1 ISOW64xx、ISOW308x 和 ISOW1050 器件的 EMC 标准覆盖范围汇总

表 2-1. EMC 标准覆盖范围汇总

测试类型	标准	参数	等级 类别	结果
辐射发射	CISPR 32	工业辐射发射	B 类	通过
	CISPR 25	汽车辐射发射	5 级	通过
	IEC 60945	船舶辐射发射	24dBuV/m (156MHz - 165MHz)	通过
辐射抗扰度	IEC 61000-4-3	工业辐射抗扰度	20V/m	通过
	ISO11452-2	汽车辐射抗扰度	100V/m	通过
传导发射	CISPR 32	工业传导发射	B 类	通过
传导抗扰度	IEC 61000-4-6	传导抗扰度	15Vrms	通过
抗磁干扰	IEC 61000-4-8	磁场	100A/m (5 级)	通过
ESD	AEC Q100-002	HBM ESD	2kV	通过
	AEC Q100-011	CDM ESD	1.5kV	通过
	IEC 62368-1	浪涌隔离	10.4kV	通过
CMTI	VDE 0884-17	共模瞬态抗扰度	100kV/μs (最小值) ; 200kV/μs (典型值)	通过

2.2 ISOW308x 器件中 RS485 总线的 EMC 标准特殊覆盖范围

表 2-2. RS485 总线的 EMC 标准特殊覆盖范围

测试类型	标准	参数	等级 类别	结果
ESD : RS485 总线至 GND (同侧)	IEC 61000-4-2	接触放电 ESD	8kV	通过
	AEC Q100-002	HBM ESD	16kV	通过

2.3 ISOW1050 器件中 CAN 总线的 EMC 标准特殊覆盖范围

表 2-3. CAN 总线的 EMC 标准特殊覆盖范围

测试类型	标准	参数	等级 类别	结果
ESD :	IEC 61000-4-2	带 TVS 二极管的接触放电 ESD	15kV	通过
CAN 总线至 GND (同侧)	IEC 61000-4-2	不带 TVS 二极管的接触放电 ESD	7kV	通过
	AEC Q100-002	HBM ESD	12kV	通过

3 EMC 测试的详细信息

3.1 工业辐射发射 (CISPR 32 B 类)

3.1.1 标准概述

CISPR 32 (EN 55032) 是面向多媒体设备的国际发射标准。该标准取代了原有的 CISPR 22 标准，涵盖从 9kHz 至 6GHz 的传导发射和辐射发射。**B** 类是最严格的分类，适用于住宅环境使用的设备，这类环境中必须保护灵敏的无线电接收免受家用或轻商业空间电子的干扰。以下 CISPR 32 辐射发射数据是在 5V 输入、3.3V 输出、140mA 负载条件下采集的。

有关工业辐射发射的更多详细信息，请参阅[使用 ISOW6441 轻松达到 CISPR 32 B 类辐射发射标准](#)应用手册。

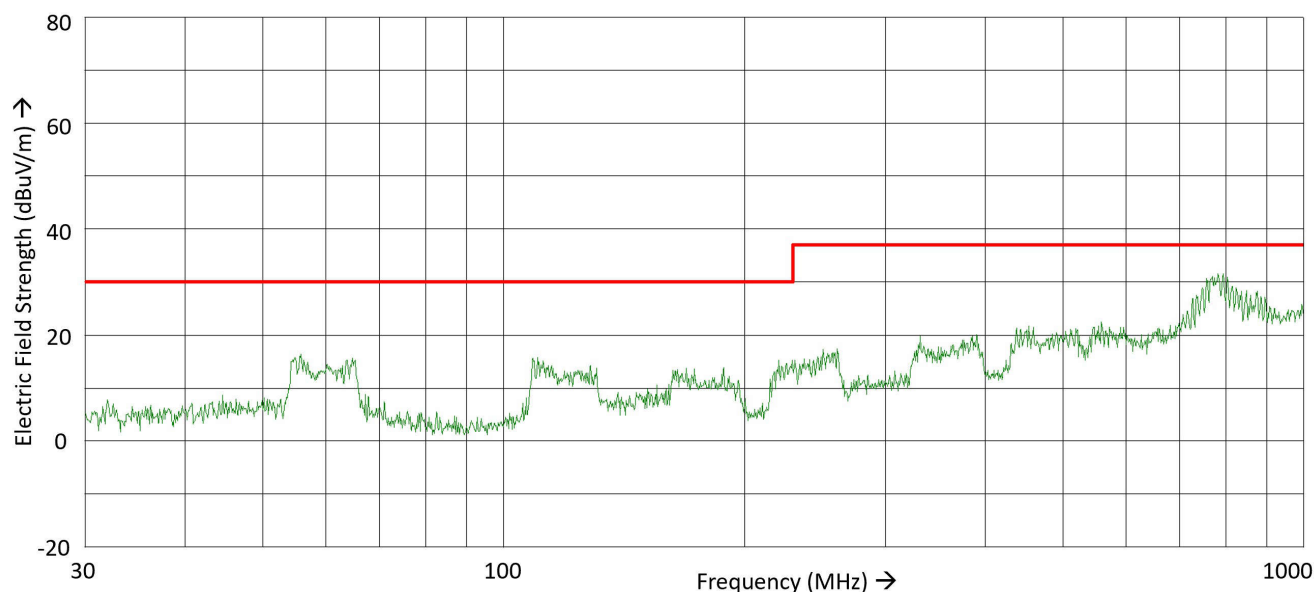


图 3-1. ISOW64xx 器件在 5V3 模式 (140mA 负载) 下的 CISPR 32 B 类辐射发射数据

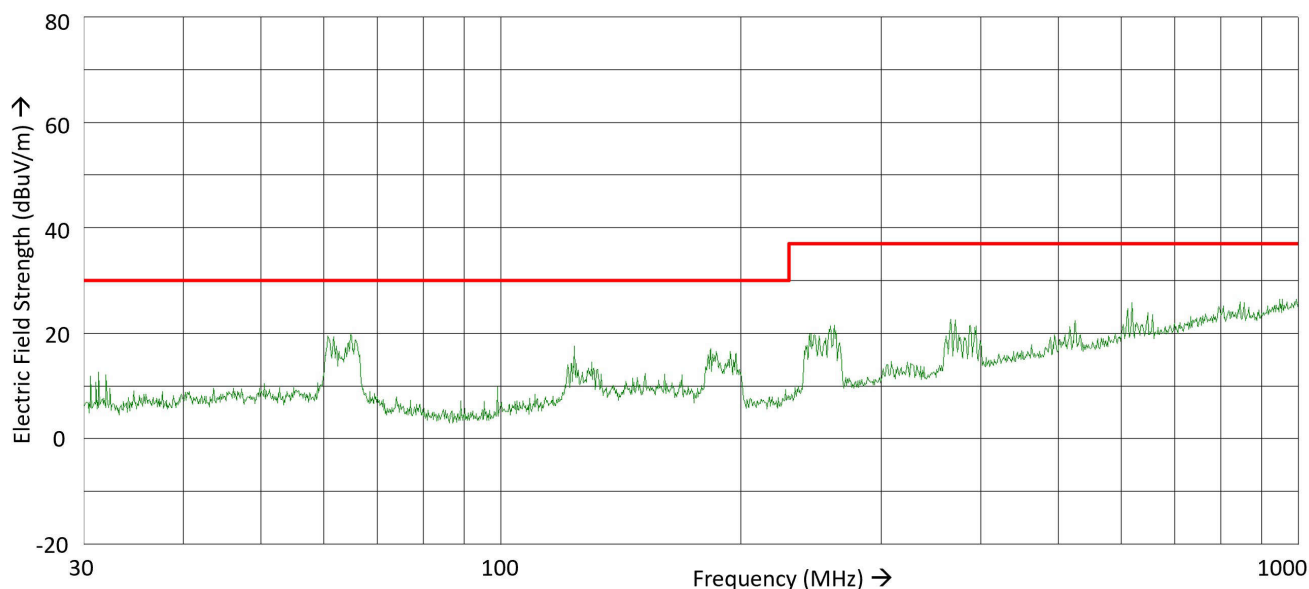


图 3-2. ISOW308x 器件在 54Ω 负载下的 CISPR 32 B 类辐射发射数据

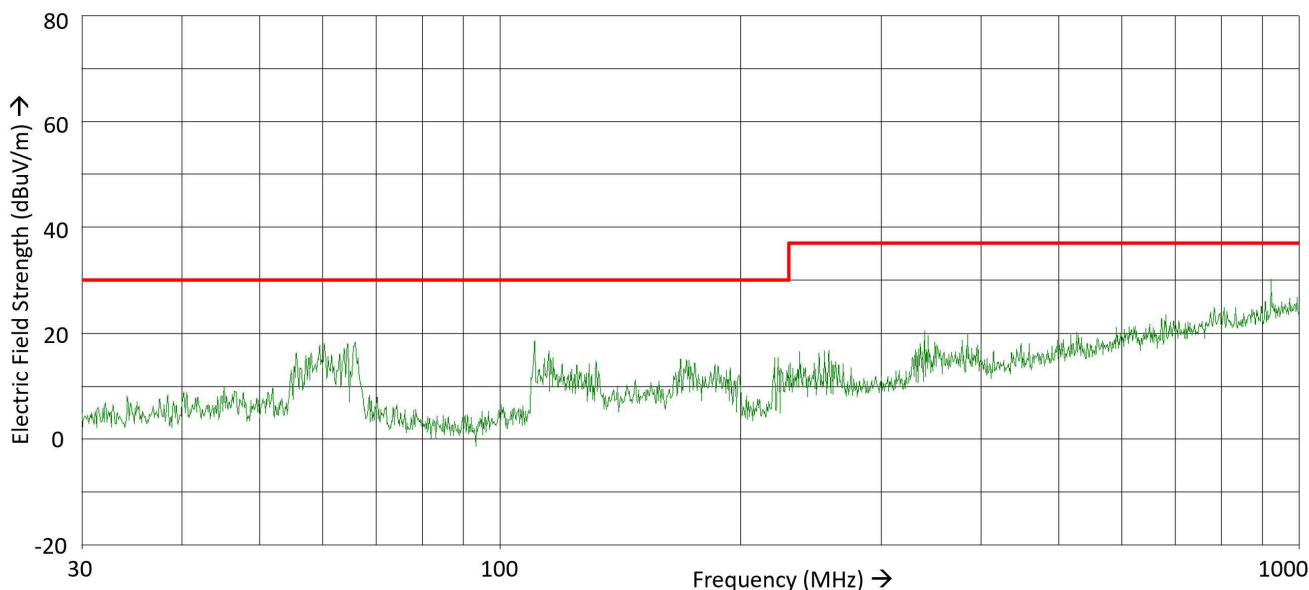


图 3-3. ISOW1050 器件在 60Ω 负载下的 CISPR 32 B 类辐射发射数据

3.2 汽车辐射发射 (CISPR 25 5 类)

3.2.1 标准概述

CISPR 25 标准规定了拟安装在车辆、船舶和内燃机中的电子元件及系统的无线电干扰限制。该标准旨在保护车载无线电接收器 (AM、FM、DAB、GPS、LTE 等) 免受其他车辆电子设备产生的干扰影响。该标准规定了从 1 类 (最宽松) 到 5 类 (最严格) 的五个限制类别。5 类代表最高的发射洁净度,通常为高端汽车原始设备制造商 (OEM) 所要求。以下 CISPR 25 辐射发射数据是在 5V 输入、3.3V 输出、70mA 负载条件下采集的。

有关汽车辐射发射的更多详细信息,请参阅 [使用 ISOW6441 轻松达到 CISPR 25 5 类汽车辐射发射标准](#) 应用手册。

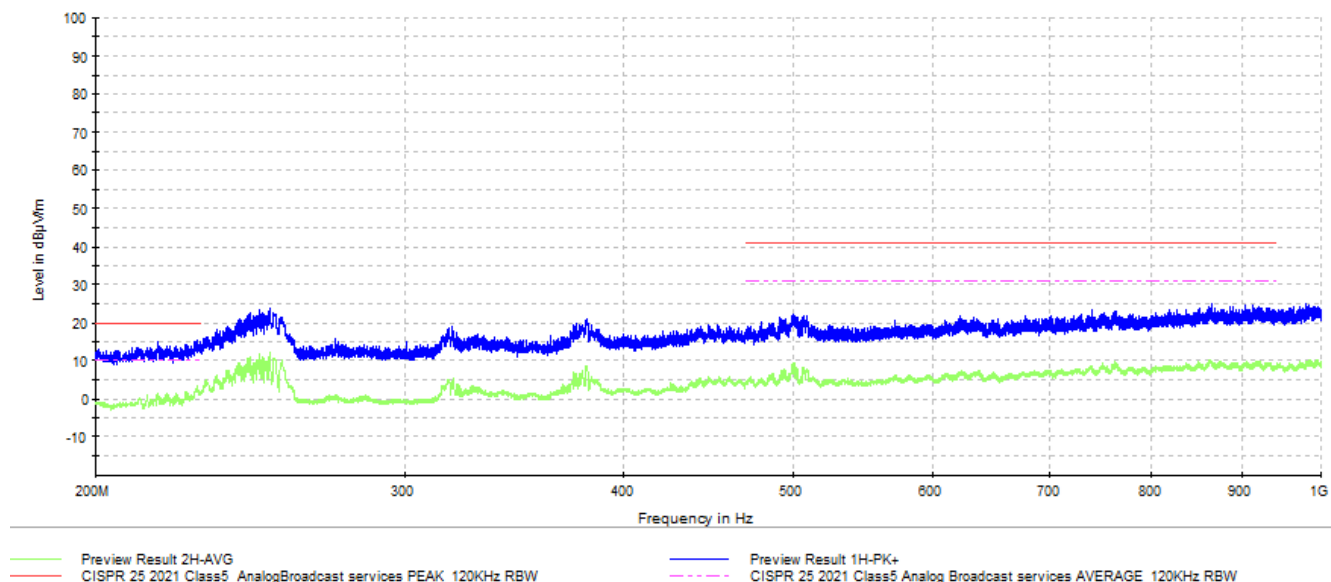


图 3-4. ISOW64xx 器件在 200MHz 至 1GHz 频率范围内的 CISPR 25 5 类辐射发射数据

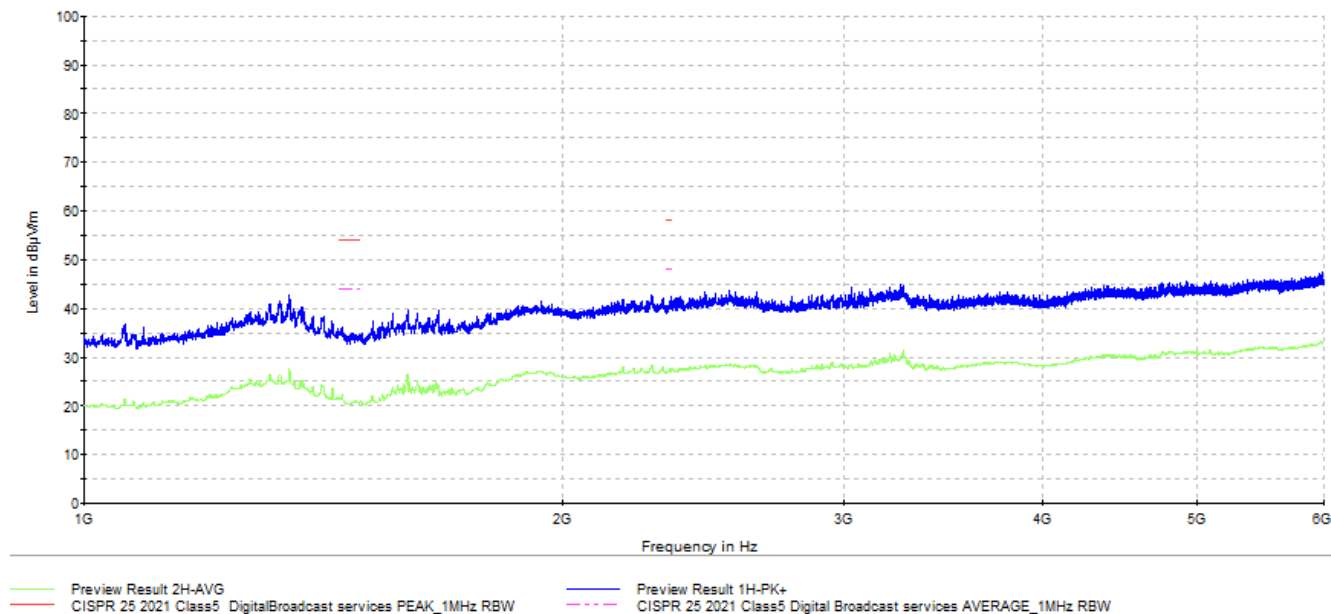


图 3-5. ISOW64xx 器件在 1GHz 至 6GHz 频率范围内的 CISPR 25 5 类辐射发射数据

3.3 船舶辐射发射 (IEC 60945)

3.3.1 标准概述

IEC 60945 是基础性国际标准，规定了海上导航和无线电通信设备的最低性能、环境适应性、安全性和电磁兼容性 (EMC) 要求。156MHz - 165MHz 的 SOS 或遇险信号频段最为关键，其限值为 24dBμV/m，而 ISOW64xx 系列器件有助于轻松满足该要求。图 3-6 展示了在 120kHz 接收器带宽下记录的完整 30MHz - 1,000MHz 频段发射。图 3-7 展示了依据标准使用 9kHz 特殊接收器带宽测得的 SOS 频段发射。

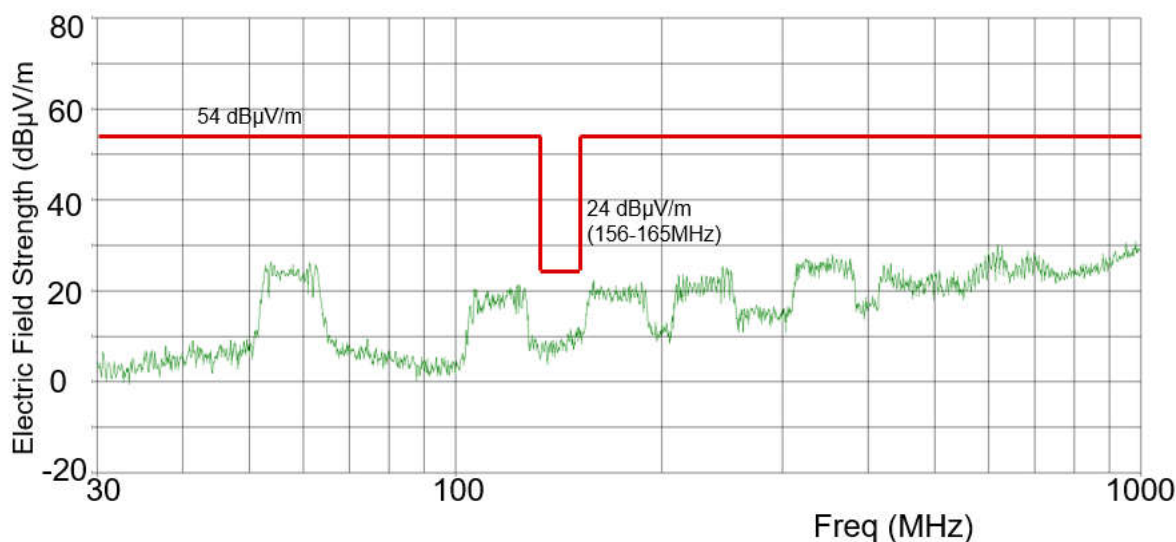


图 3-6. 5V5 模式 (110mA 负载) 下 30MHz - 1,000MHz 准峰值辐射发射数据



图 3-7. 5V5 模式 (110mA 负载) 下 156MHz - 165MHz 准峰值辐射发射数据

3.4 工业辐射抗扰度 (IEC 61000-4-3)

3.4.1 标准概述

IEC 61000-4-3 标准规定了电气和电子设备对来自无线电发射机及其他有意或无意射频源的辐射电磁场的抗扰度测试方法和等级。该标准覆盖 80MHz 至 6GHz 的频率范围，测试场由屏蔽电波暗室内的天线生成。

3.4.2 工业测试配置和结果

表 3-1. 工业测试配置和结果 (根据 IEC 61000-4-3 标准)

参数	值 详细信息
频率范围	80MHz - 6GHz
场强	20V/m
结果	通过 — 无数据错误

3.5 汽车辐射抗扰度 (ISO11452-2)

3.5.1 标准概述

ISO 11452-2 标准规定了评估汽车电子元件对窄带辐射电磁干扰 (EMI) 抗扰度的测试方法。测试在屏蔽电波暗室中进行，该暗室提供了一个受控、反射最小化的射频环境。该标准规定了测试设置、频率范围（通常为 80MHz 至 6GHz）、场强等级以及被测元件的通过和失败判据。

3.5.2 汽车测试配置和结果

表 3-2. 汽车测试配置和结果 — ISO11452-2 标准

参数	值 详细信息
频率范围	80MHz - 6GHz
场强	100V/m
结果	通过 — 无数据错误

3.6 传导抗扰度 (IEC 61000-4-6)

3.6.1 标准概述

IEC 61000-4-6 标准规定了设备对电磁场感应传导干扰的抗扰度。IEC 61000-4-3 标准测试通过空气传播的射频波抗扰度，而 IEC 61000-4-6 标准测试对直接耦合到电源线、信号电缆和 I/O 端口的射频电流的抗扰度。

3.6.2 测试条件和结果

表 3-3. 测试配置和结果 — IEC 61000-4-6 标准

参数	值 详细信息
频率范围	150kHz - 80MHz
注入方法	CDN (耦合/去耦网络)
测试级别	15Vrms
结果	通过 — 在整个频率范围内无数据错误。

3.7 传导发射 (CISPR 32)

3.7.1 标准概述

CISPR 32 标准还规定了多媒体和工业电子设备电源端口的传导发射限值。传导发射是指通过电源线回传的高频电流，可能干扰连接至同一主电源的其他设备。指定的限值在 150kHz 至 30MHz 频率范围内。ISOW6441、ISOW3080 和 ISOW1050 器件均满足 B 类限值要求且仍有裕量。以下 CISPR 32 传导发射数据是在 5V 输入、5V 输出、110mA 负载条件下采集的。

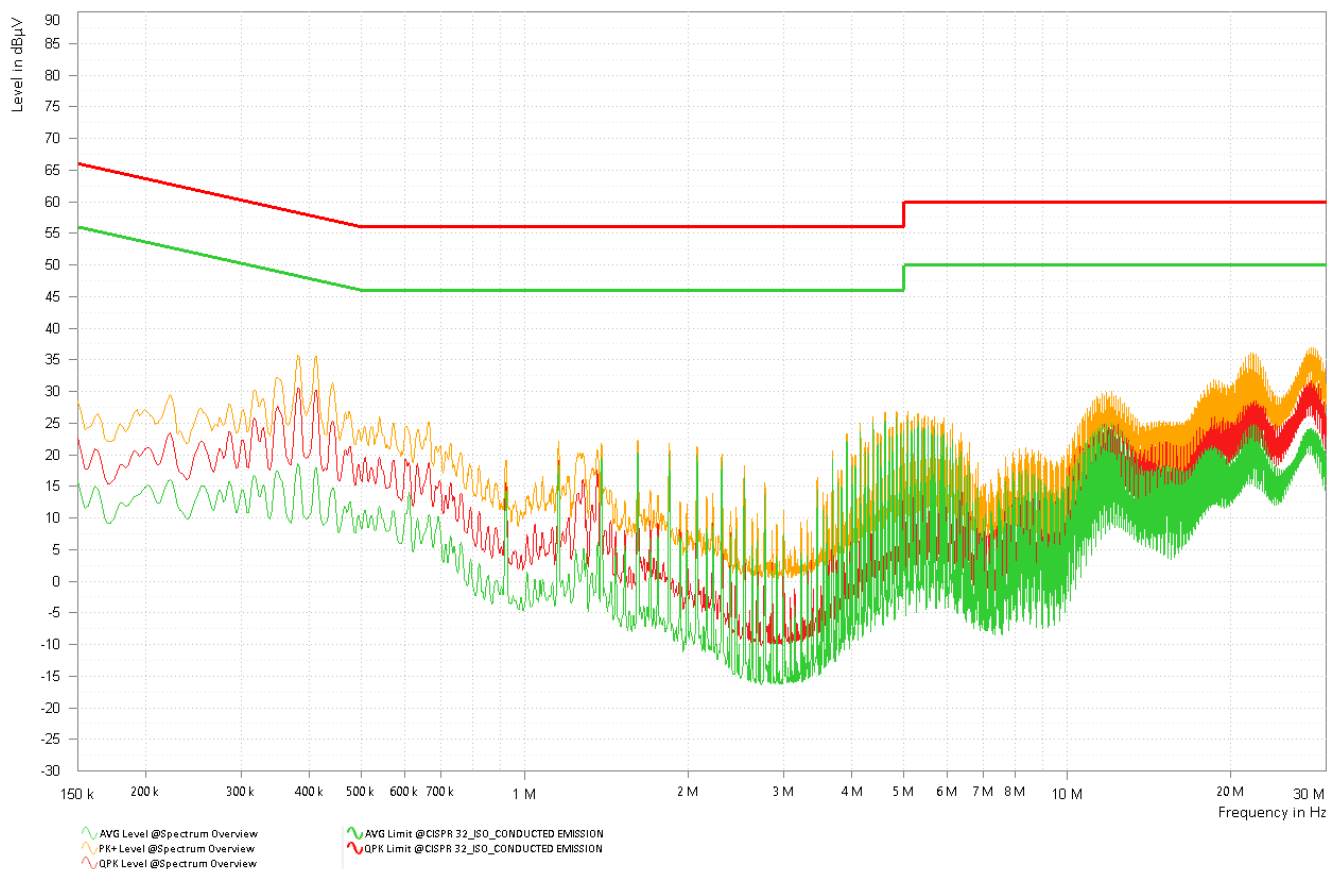


图 3-8. VDD (引脚 1) 上的 CISPR 32 B 类传导发射数据

3.8 ESD 抗扰度

3.8.1 标准概述

AEC Q100-002 人体模型静电放电 (HBM ESD) 标准使用 100pF 或 1.5k Ω 模型, 模拟带电人体通过 IC 引脚放电的情形, 是一项关键的汽车 IC 认证要求。AEC Q100-011 充电器件模型静电放电 (CDM ESD) 标准则模拟带电 IC 在与地接触时发生放电的场景, 反映了诸如贴片装配操作等制造环节中的操作风险。IEC 62368-1 标准针对浪涌隔离作出规定, 要求音频/视频、IT 及通信设备中的绝缘与隔离栅能够承受由雷击或电力切换事件引起的瞬态过压。这些标准共同构成了一个完整的框架, 用于验证汽车和消费类应用中电子元件及系统的 ESD 和浪涌耐受能力。

3.8.2 测试条件和结果

表 3-4. ESD 测试配置和结果

参数	值 详细信息
HBM ESD (AEC Q100-002)	$\pm 2\text{kV}$
CDM ESD (AEC Q100-011)	$\pm 1.5\text{kV}$
浪涌隔离 (IEC 62368-1)	10.4kV _{PK} (1.2/50 μs , 油中测试)

3.8.3 ISOW308x 器件 RS485 总线的专项 ESD 测试结果

表 3-5. RS485 总线的专项 ESD 测试结果

参数	值 详细信息
接触放电 (IEC 61000-4-2)	$\pm 8\text{kV}$
HBM ESD (AEC Q100-002)	$\pm 16\text{kV}$

3.8.4 ISOW1050 器件 CAN 总线的特殊 ESD 测试结果

表 3-6. CAN 总线的特殊 ESD 测试结果

参数	值 详细信息
接触放电 ESD (带 TVS 二极管) (IEC 61000-4-2)	±15kV
接触放电 ESD (不带 TVS 二极管) (IEC 61000-4-2)	±7kV
HBM ESD (AEC Q100-002)	±12kV

3.9 磁场抗扰度 (IEC 61000-4-8)

3.9.1 标准概述

IEC 61000-4-8 标准规定了针对工频 (50/60Hz) 磁场的抗扰度测试。该标准针对的是工业环境中由电力电缆、母线、变压器和电机所产生的磁场问题。该磁场通过亥姆霍兹线圈装置施加，可在被测设备周围产生均匀磁场。

3.9.2 测试条件和结果

表 3-7. 测试配置和结果 - IEC 61000-4-8

参数	值 详细信息
频率	50/60Hz 工频
施加的磁场 (连续)	100A/m
结果	通过 — 无数据错误

3.10 共模瞬态抗扰度 (VDE 0884-17)

3.10.1 概述

共模瞬态抗扰度 (CMTI) 对隔离器抑制输入和输出接地基准上同时出现的快速、大幅值电压瞬变的能力进行了量化。在电机驱动器和逆变器等系统中，高压晶体管的开关会在悬空侧引起快速的 dV/dt 事件。该瞬变表现为穿过隔离栅的共模信号。若不加以抑制，这些事件可能导致隔离器输出端产生杂散跳变，破坏控制信号，或在栅极驱动器中触发错误开关动作。

3.10.2 测试条件和结果

表 3-8. CMTI 测试配置和结果

参数	值 详细信息
测试方法	依据 VDE 0884-17；共模电压斜坡施加于隔离侧
共模电压摆幅 (VCM)	隔离栅两端 1,000V 峰间值
结果 - 最小 CMTI	100kV/μs
结果 - 典型 CMTI	200kV/μs

4 总结

本应用手册详细介绍了德州仪器 (TI) [ISOW64xx](#)、[ISOW308x](#) 和 [ISOW1050](#) 系列集成信号隔离器与电源转换器的电磁兼容性 (EMC) 结果。这些器件将隔离式 DC-DC 转换与信号隔离集成于单一封装，应对了传统分立式实现方案的复杂性。

有关更多详情，请参阅[优化隔离设计中的 EMC：符合 CISPR 和 IEC 的 10 种 PCB 技术](#)应用手册。

5 参考资料

1. 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。
2. 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。
3. 德州仪器 (TI), [ISOW308x 带集成式 DC-DC 转换器、EMC 性能优异的隔离式 RS-485/RS-422 收发器](#), 数据表。
4. 德州仪器 (TI), [ISOW1050 带集成式 DC-DC 转换器、EMC 性能优异的隔离式 CAN FD 收发器](#), 数据表。
5. 德州仪器 (TI), [用于指导布局的 ISOW644x EVM 数据表](#), 评估模块。
6. 德州仪器 (TI), [用于指导布局的 ISOW308x EVM 数据表](#), 评估模块。
7. 德州仪器 (TI), [用于指导布局的 ISOW1050 EVM 数据表](#), 评估模块。
8. 德州仪器 (TI), [优化隔离式设计中的 EMC : 符合 CISPR 和 IEC 的 10 种 PCB 技术](#), 应用手册。
9. 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。
10. 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。

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (June 2026) to Revision A (September 2026)	Page
• 添加了 船舶辐射发射 (IEC 60945) 部分	5
• 添加了 标准概述 部分	5

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