

*Application Note***如何让 UCC33420-Q1 通过 CISPR32 B 类认证**

Manuel Alva

摘要

UCC33xxx-Q1 是一款工作频率为 64MHz 的集成隔离式偏置 (IIB)、DC/DC 模块系列产品。由于其高频率，若未采用合适的布局和 EMI 元件，实现低 EMI 将面临挑战。本应用手册旨在阐述如何让 UCC33xxx-Q1 系列产品通过 CISPR32 B 类认证。文中提供了满足 CISPR 32 标准要求的正确设置、EMI 滤波器元件选型及 PCB 布局指南，以实现传导发射 (CE) 和辐射发射 (RE) 的双重控制。一些工业应用需要满足 CISPR32 标准限制，比如 PLC I/O 模块、医疗设备、储能系统、工业及电信配电板。本文适用于现场应用、系统和应用工程师、以及对 DC/DC 转换器 EMI 感兴趣的任何工程师。

内容

1 简介	2
2 设置、EMI 滤波器及布局	3
2.1 设置	3
2.2 EMI 滤波器	4
2.3 布局	5
2.4 阻尼 RC 网络	6
2.5 原理图	7
2.6 布局	7
2.7 EMI 结果	8
2.8 物料清单 - BOM	10
3 总结	10
4 参考资料	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

小型 DC/DC 偏置电源（如具有小元件占位面积和高功率密度的 IIB 模块）在众多应用中的需求日益增长。采用高频功率转换隔离技术的 IC 级变压器是实现更小 IC 封装尺寸和更高功率密度的主要推动技术。该趋势带来的挑战之一是 EMI。UCC33xxx-Q1 系列器件正是这一趋势的体现，其采用超小 $4 \times 5 \times 1 \text{mm}^3$ 封装，开关频率达 64MHz。

为实现能量从初级侧到次级侧的传输，UCC33xxx-Q1 会根据负载条件采用 100kHz-500kHz 范围内的突发频率。突发频率可理解为一些低频率区间，在这些区间内器件仍以 64MHz 的高频率进行开关操作。

对于频率范围为 150kHz - 30MHz 的 CE，采用了 π 型滤波器来减轻突发频率幅度。对于频率范围为 30MHz-200MHz 的 RE，开关频率和谐波是控制目标，而 PCB 布局对于将此目标保持在限值以下发挥着至关重要的作用。

表 1-1. UCC33420-Q1 的频率类型

UCC33420-Q1 频率类型	频率范围
突发频率	100kHz 至 500kHz
开关频率	64MHz

2 设置、EMI 滤波器及布局

2.1 设置

建议遵循以下设置指南。

- 在 CE 方面，采用外部 5V 电源，通过线路阻抗稳定网络 (LISN) 为待测器件 (DUT) 供电。根据 CISPR 32 测试标准要求，LISN 必须安装在金属导电地板上并与之连接，且与 DUT 保持至少 80 厘米距离。然后，必须将 DUT 置于距离外部电源至少 10 厘米的非导电桌子上。
- 在 RE 方面，采用低噪声电源为 DUT 供电。从电源到 DUT 的连接必须短且紧密耦合，这一点非常重要。如图 2-3 所示，采用双绞线连接两者。



图 2-1. CISPR 32 CE 设置

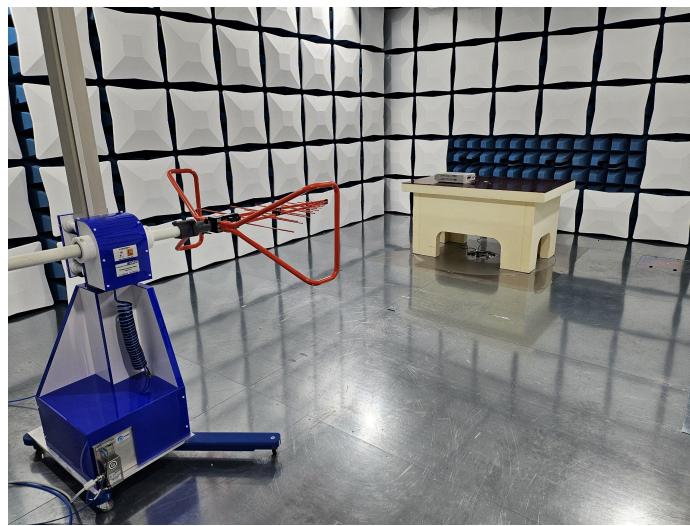


图 2-2. CISPR 32 RE 设置



图 2-3. 适用于 RE 的 DUT

2.2 EMI 滤波器

使用了 π 型滤波器来减轻 100-500kHz 范围内的突发频率谐波。选择了一个 $2.2\mu\text{H}$ DM 电感器，其每侧各有两个 $22\mu\text{F}$ 电容器。**DM** 电感器经过完全屏蔽，可更大限度地减少来自变压器 **H** 场的耦合。表 2-1 展示了根据功率级别选择的 DM 电感器。UCC33420-Q1 5V/5V、 $\text{Pout} = 1.5\text{W}$ 的 CE 结果如图 2-5 所示。

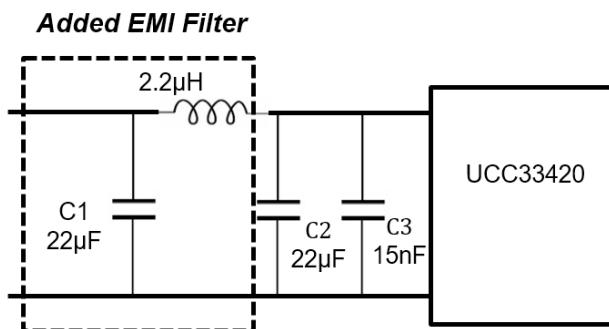


图 2-4. UCC33420-Q1 EMI 滤波器



图 2-5. UCC33420 5V/5V $\text{Pout} = 1.5\text{W}$ CE

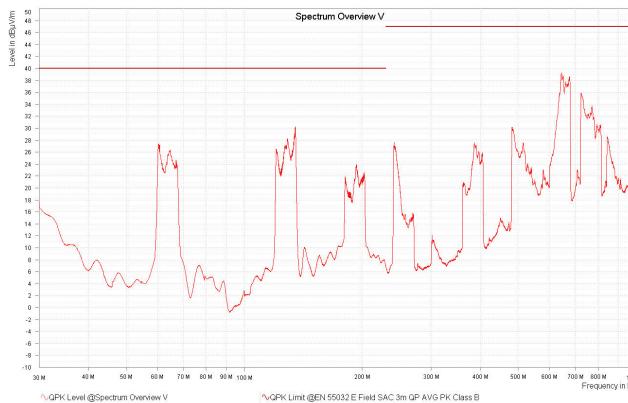
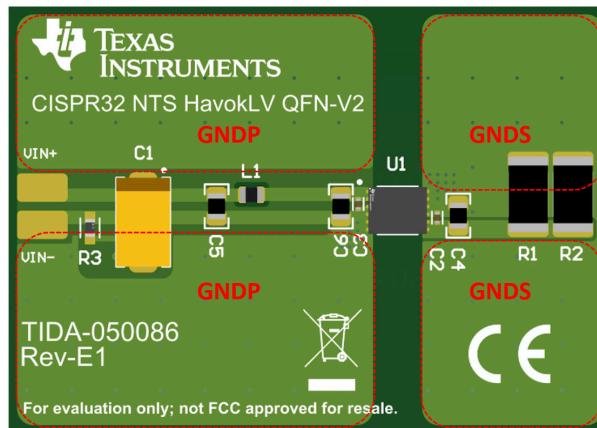
表 2-1. DM 电感器选型

Power level (功率等级)	DM 电感器
0.5W	2.2uH、0603、800mA、PN : 74479763222
1W、1.5W	2.2uH、0805、2.1A、PN : 74479275222

2.3 布局

PCB 布局对通过 EMI 认证至关重要，尤其在 RE 方面更是如此。建议遵循以下布局指南：

- 由于来自集成变压器的 H 场，因此在器件两侧放置接地平面对于通过 RE 认证至关重要。这些接地平面连接到器件两侧的接地引脚时，能为开关环路提供低阻抗回流路径。此外，这些平面还可充当法拉第屏蔽层来削弱来自变压器的 H 场。PCB 组装图如图 2-7 所示。
- 高频去耦电容器必须尽可能靠近输入输出引脚放置。0402 电容器外壳尺寸可提供超低的 ESL 和最高的自谐振频率 (SRF)，从而在 64MHz 基础开关频率下实现低阻抗。为实现最低阻抗，选择了 15nF 容值。阻抗与频率关系图如图 2-9 所示。
- 不建议在 DM 电感器下方放置覆铜。若在电感器下方放置覆铜，会产生寄生电容，可能导致高频电流绕过电感器形成旁路。
- 建议在 EMI 滤波器区域设置一个排除区域 (KOZ)，以避免在开关环路中传播的 HF 电流形成旁路。在本设计中，使用了 1 毫米 KOZ。
- 建议将 DM 电感器放置在远离噪声源的位置，以避免与变压器的 H 场发生任何耦合。很多时候，前置稳压器的输出端已经存在 DM 电感器，例如降压转换器的 LC 滤波器。


图 2-6. UCC33420 5V/5V Pout = 1.5W RE

图 2-7. UCC33420 CISPR32 布局

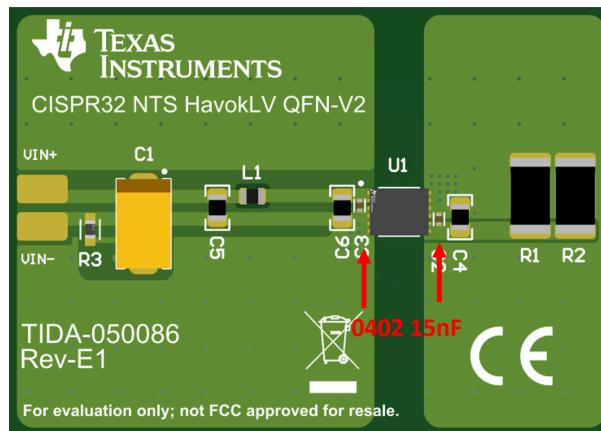


图 2-8. PCB 中的 0402 15nF 电容器

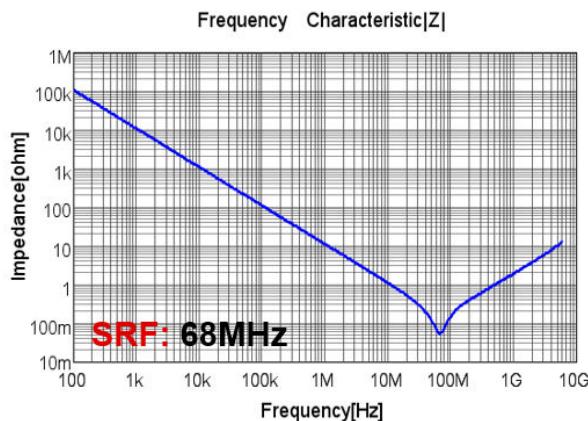


图 2-9. 0402 15nF - 阻抗与频率间的关系

2.4 阻尼 RC 网络

对于 CE，DUT 由电源通过 LISN 供电。LISN 本身含有 $50\mu\text{H}$ 电感，必须加以阻尼以确保 LISN 后级的输出阻抗不高于 DC/DC 转换器的输入阻抗。为此，在 UCC33420-Q1 的 LISN 后级输入端使用了 RC 阻尼网络。在实际系统中，若 UCC33420-Q1 输入端配有前置稳压器实现电源与 LISN 的去耦合，则无需使用 RC 阻尼网络。图 2-10 和图 2-11 展示了阻尼网络的原理图与布局。

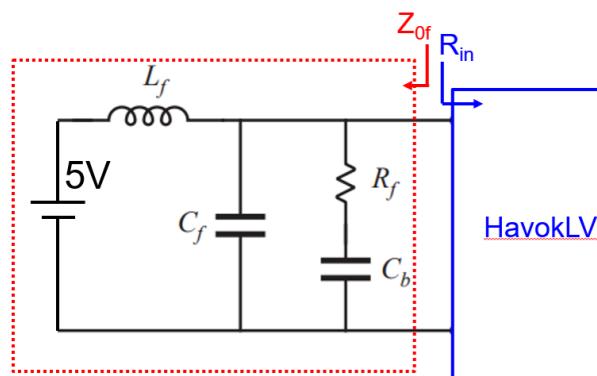


图 2-10. RC 网络原理图

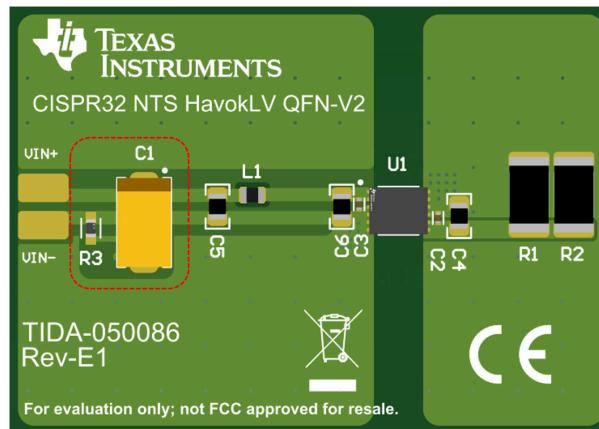


图 2-11. RC 网络布局

2.5 原理图

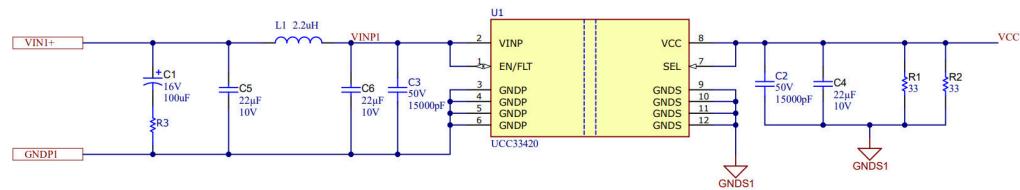


图 2-12. 原理图

2.6 布局

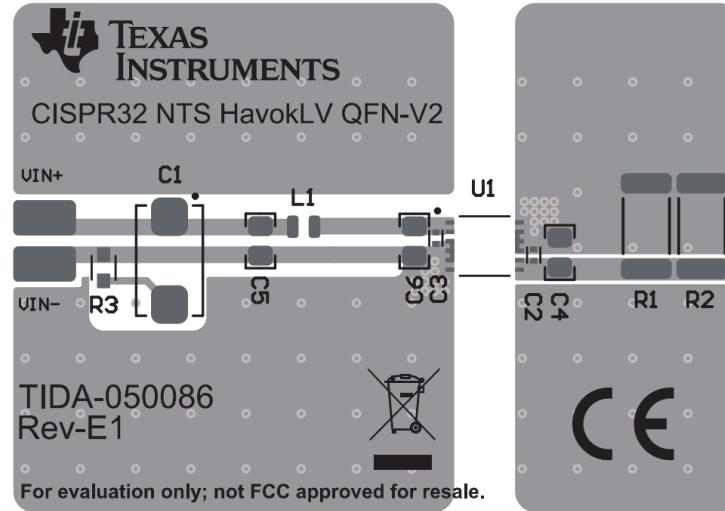


图 2-13. 顶层

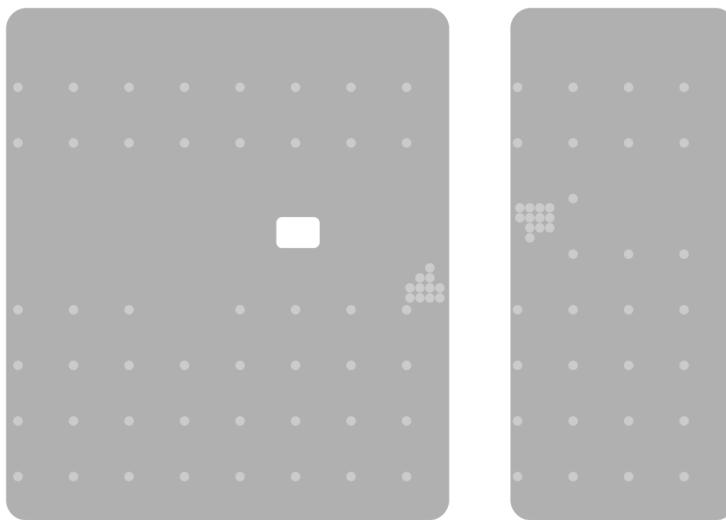


图 2-14. 内层和底层

2.7 EMI 结果

2.7.1 传导发射 - CE



图 2-15. HS LISN - UCC33420 5V/5V Pout = 1.5W



图 2-16. LS LISN - UCC33420 5V/5V Pout = 1.5W

2.7.2 辐射发射 - RE

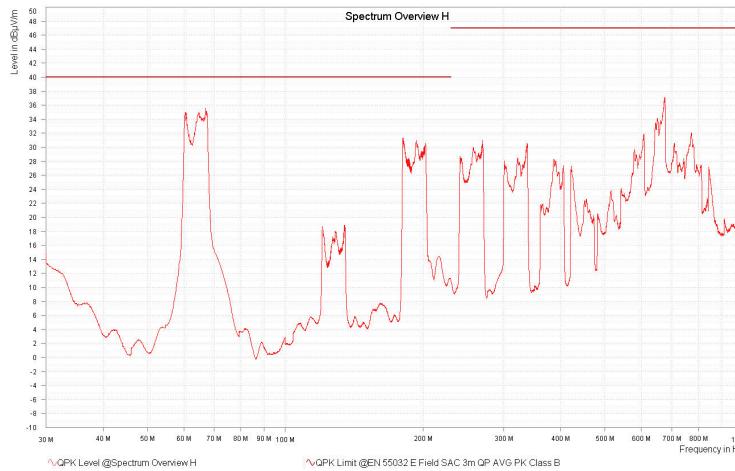


图 2-17. 水平 - UCC33420 5V/5V Pout = 1.5W



图 2-18. 垂直 - UCC33420 5V/5V Pout = 1.5W

2.8 物料清单 - BOM

表 2-2. 物料清单 - BOM

位号	数量	器件型号	制造商	说明
PCB1	1	TIDA-050086	不限	印刷电路板
C1	1	293D107X9016D2TE3	Vishay-Sprague	电容，钽， $100\mu\text{F}$, 16V, +/- 10%, 0.6Ω , SMD
C2、C3	2	GCM155R71H153KA55D	Murata	电容，陶瓷， $0.015\mu\text{F}$, ±10%, 50V, X7R, 0402 (公制 1005)
C4、C5、C6	3	GRM21BZ71A226ME15L	MuRata	电容，陶瓷， $22\mu\text{F}$, 10V, +/-20%, X7R, 0805
L1	1	74479275222	Wurth Elektronik	WE-PMCI SMT 功率成型芯片电感器，0805 封装尺寸， $2.2\mu\text{H}$, 2.1A, $190\text{m}\Omega$
R1、R2	2	CRCW251233R0JNEG	Vishay-Dale	电阻， 33Ω , 5%, 1W, AEC-Q200 0 级, 2512
R3	1	CPF0603B1R0E1	TE Connectivity	$1\Omega \pm 0.1\%$ 63mW, SMD, 0603 (公制 1608) 薄膜
U1	1	UCC33420QRAQRQ1	德州仪器 (TI)	1.5W, 高密度, >3kV _{RMS} 隔离式 DC/DC 转换器

3 总结

UCC33xxx-Q1 凭借恰当的 **EMI** 滤波器选型和精心实施的 PCB 布局技术，以数 $\text{dB}\mu\text{V}$ 的余量通过 CISPR32 B 类认证。在 **CE** 方面，通过合理选择用于初级侧 π 型滤波器设计的 **EMI** 滤波元件，有效抑制了脉冲频率的幅值。特别设计的 RC 阻尼网络则用于消除 LISN 的 DM 电感谐振效应。在 **RE** 方面，采用接地平面来连接器件接地引脚以提升开关环路性能，并将引脚合理分布在系统可用布局区域内以抑制 H 场干扰。选用 0402 封装的 15nF 电容器，以在开关频率处提供低阻抗特性。

4 参考资料

1. 国际电工委员会，[CISPR32 - 国际标准](#)，标准。
2. 德州仪器 (TI)，[电源的传导 EMI 规格概述](#)，营销白皮书。
3. 德州仪器 (TI)，[UCC33420-Q1](#) 产品页面。
4. 德州仪器 (TI)，[UCC33421-Q1](#) 产品页面。

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出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 © 2025 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月