

摘要

本文档说明了印刷电路板 (PCB) 输入布线或电缆设计如何影响德州仪器 (TI) AMC3301 具有集成直流/直流转换器的精密隔离放大器的辐射发射电磁干扰 (EMI) 性能。如果连接到器件的输入布线长度较短，表 6-1 中所示的 AMC3301 系列本身不会产生过多的辐射发射，并且无需其他元件即可符合 CISPR 11 B 类要求，如图 2-2 中所示。对于需要额外辐射发射衰减的设计，这里提供了铁氧体磁珠和共模扼流圈的选型和布局建议。

一些工业和汽车应用需要进行某种类型的隔离，以保护数字电路不受提供某种功能的高压电路的影响。德州仪器 (TI) 拥有品类齐全的隔离放大器和转换器产品系列，这些产品具有 SiO₂ 隔离栅，能够帮助客户满足其隔离数据转换的需求。德州仪器 (TI) 的 SiO₂ 隔离栅具有出色的可靠性，通常可运行 100 年以上。更多有关 TI SiO₂ 隔离栅的信息，请参阅[隔离链接](#)。EMI 测试在这些应用中很常见，用以验证系统不会产生超过规定水平的辐射发射，而超过规定水平的辐射发射可能会对系统中的其他元件或电路产生不良影响。请参阅此[应用手册](#)，更深入地了解 EMI。可接受的辐射量和辐射发射测试程序由国际无线电干扰特别委员会（又称为 CISPR）制定。工业应用根据 CISPR 11 标准进行测量，而汽车应用则根据 CISPR 25 标准进行测量。有关 CISPR 标准及其各自的频率范围的更多信息，请参阅此[应用手册](#)。

内容

1 引言.....	2
2 输入连接对 AMC3301 系列辐射发射的影响.....	3
3 衰减 AMC3301 系列的辐射发射.....	5
3.1 铁氧体磁珠和共模扼流圈.....	5
3.2 AMC3301 系列的 PCB 原理图和布局最佳实践.....	6
4 使用多个 AMC3301 器件.....	8
4.1 器件布置方式.....	8
4.2 多个 AMC3301 的 PCB 布局最佳实践.....	9
5 结论.....	10
6 AMC3301 系列表.....	10
7 修订历史记录.....	11

插图清单

图 1-1. AMC3301 隔离放大器方框图.....	2
图 2-1. 涉及 AMC3301EVM 和输入长度的测试设置.....	3
图 2-2. AMC3301EVM 输入短路和水平环境下的 CISPR 11 测量结果.....	3
图 2-3. 具有不同输入长度的 AMC3301EVM 的 CISPR 11 测量结果.....	4
图 3-1. 1.5m 输入的 AMC3301EVM CISPR 11 测量结果.....	5
图 3-2. 30cm 输入的 AMC3301EVM CISPR 11 测量结果.....	6
图 3-3. AMC3301 铁氧体磁珠和共模扼流圈示意图.....	6
图 3-4. AMC3301 铁氧体磁珠和共模扼流圈布局.....	7
图 4-1. 器件布置方式示例.....	8
图 4-2. 1.5m 输入下的多个 AMC3301 CISPR 11 测量结果.....	8
图 4-3. 多个 AMC3301 器件的建议布局.....	9

表格清单

表 3-1. 铁氧体磁珠和共模扼流圈建议.....	5
表 6-1. AMC3301 系列表.....	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

如图 1-1 所示，AMC3301 系列器件包含两个辐射发射源：下面红色显示的电容数据路径和蓝色显示的集成直流/直流转换器。数据路径的辐射发射性能与 AMC1300B-Q1 相同，辐射发射很少，如凭借 AMC1300B-Q1 隔离式放大器实现出色的辐射发射 EMI 性能技术白皮书所述。AMC3301 系列的第二个也是最大的辐射发射源是集成的直流/直流转换器，其工作频率为 30 MHz，采用扩频调制。内部直流/直流转换器的线圈从隔离栅的初级（用户）侧到次级（高）侧具有寄生电容。主驱动器在隔离接地、HGND 和 GND 之间产生具有准谐振性质的共模电压，并产生更高频率的谐波。由于隔离栅的性质，能量无法找到导体来返回发射源。由于没有返回源的路径，因此能量以辐射发射的形式从器件引脚（以及它们连接到任何布线或 PCB 平面）进行辐射。

连接到隔离放大器或转换器的输入布线和电缆充当在 HGND 和 GND 之间注入电磁能的天线。布线和电缆的尺寸和形状直接影响相对于频率的辐射发射量。一般来说，较短的天线在较高频率下辐射更有效，而较长的天线在较低频率下辐射更有效。使用 AMC3301 系列进行设计时，输入布线和电缆应尽可能短，以限制辐射发射量。

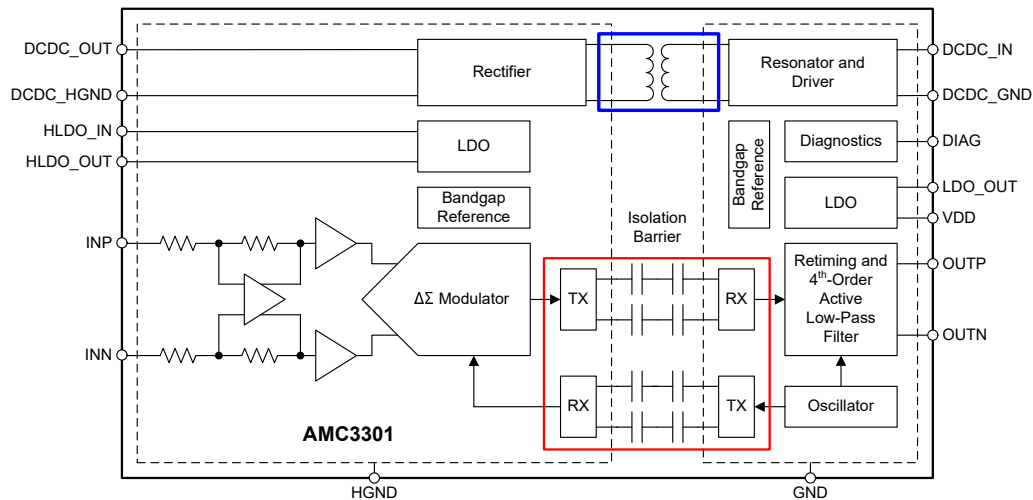


图 1-1. AMC3301 隔离放大器方框图

2 输入连接对 AMC3301 系列辐射发射的影响

CISPR 11 峰值测量是采用各种不同的输入电缆长度和德州仪器 (TI) 的 AMC3301 进行的。测试的输入电缆长度为 1.5m 输入、30cm 输入和在评估模块 (EVM) 的输入端子处短路的输入。相同的 AMC3301EVM 用于所有测试，并由外部电池供电。显示的所有测量结果均是在水平方向或最坏情况下得到的。请参阅图 2-1 中的测试设置，以及图 2-2 和图 2-3 中的 CISPR 11 辐射发射 EMI 图。

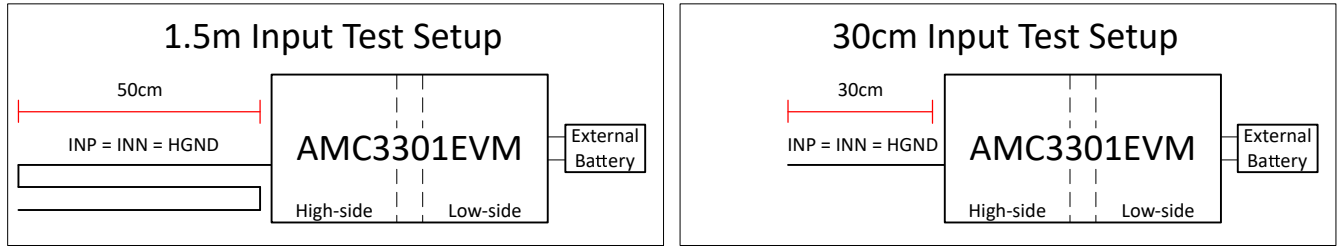


图 2-1. 涉及 AMC3301EVM 和输入长度的测试设置

图 2-2 显示了 AMC3301 的辐射发射性能，蓝色显示输入短路。AMC3301 在本底噪声上方以红色显示非常小的辐射发射 - 表明如果器件的输入布线或电缆短路，AMC3301 不会产生过多的辐射发射。

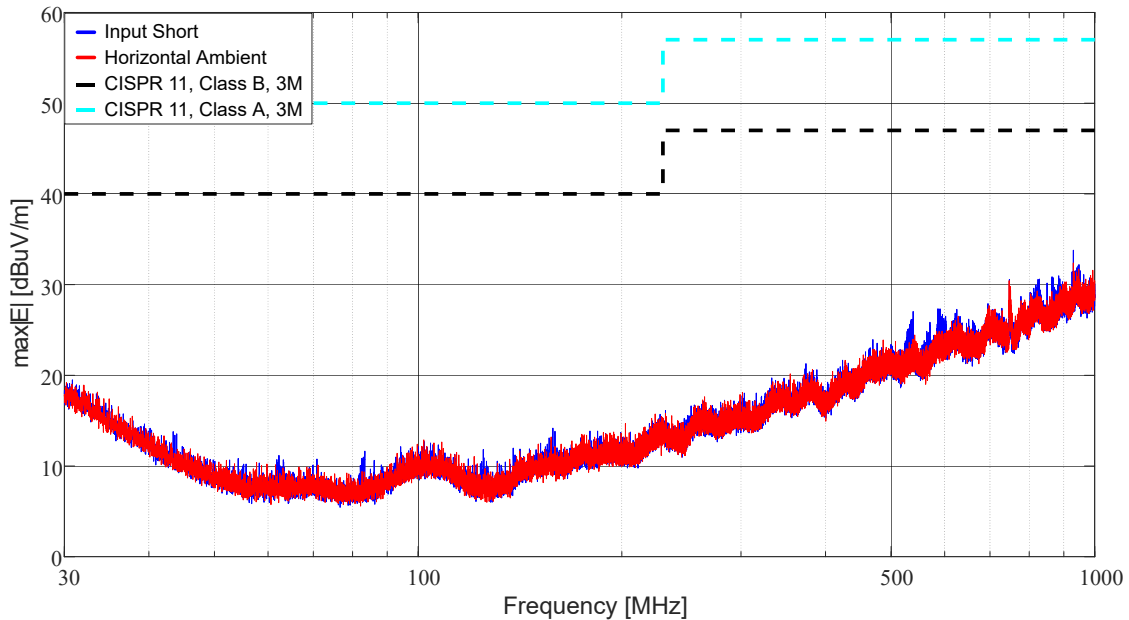


图 2-2. AMC3301EVM 输入短路和水平环境下的 CISPR 11 测量结果

图 2-3 以蓝色显示 1.5m 输入的辐射发射测量值，以红色显示 30cm 输入的辐射发射测量值，以绿色显示输入短路的辐射发射测量值。与输入短路相比，连接到 AMC3301 的较长输入布线和电缆会增加 1.5m 输入和 30cm 输入测试用例所示的辐射发射量。

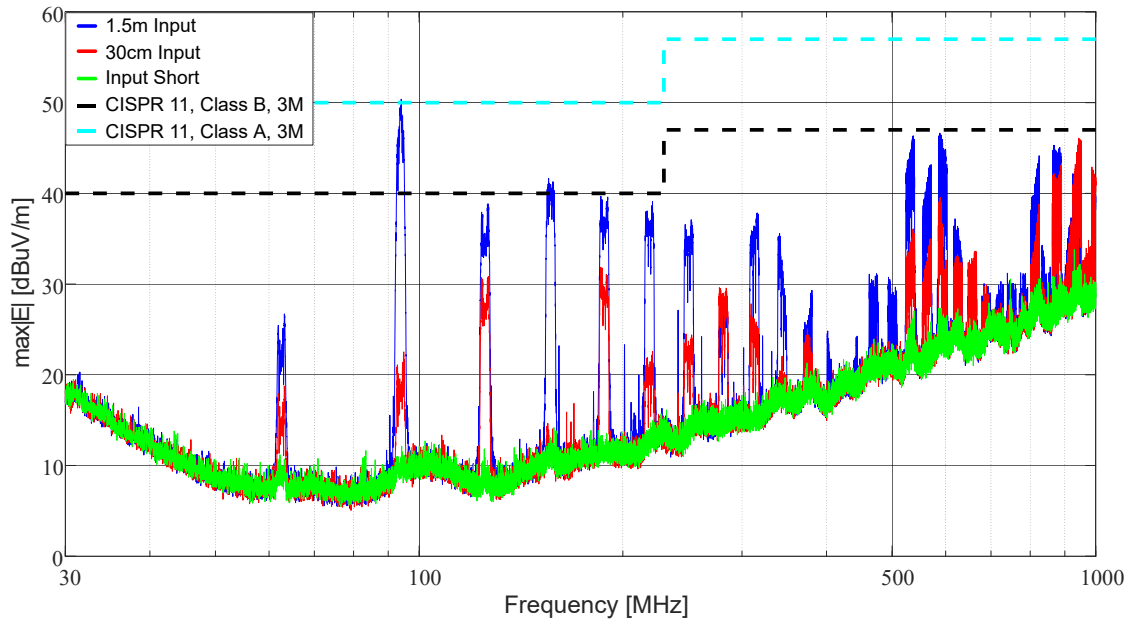


图 2-3. 具有不同输入长度的 AMC3301EVM 的 CISPR 11 测量结果

3 衰减 AMC3301 系列的辐射发射

3.1 铁氧体磁珠和共模扼流圈

设计人员需要限制连接到 AMC3301 系列的输入布线或电缆的长度。然而，某些应用需要更长的输入布线或电缆，这将产生过多的辐射发射。这种辐射可以通过使用铁氧体磁珠或共模扼流圈串联输入连接来衰减。选择铁氧体磁珠或共模扼流圈时，请参考元件数据表中的阻抗过频图。在 CISPR 11 要求的 150MHz 至 800MHz 频率范围内，建议阻抗最小为 1kΩ，阻抗越大，越能有效地衰减辐射发射。表 3-1 列出了推荐的铁氧体磁珠和共模扼流圈。

表 3-1. 铁氧体磁珠和共模扼流圈建议

类型	制造商	器件型号
铁氧体磁珠	Würth Elektronik (伍尔特电子)	74269244182
铁氧体磁珠	Murata (村田)	BLM15HD182SH1
铁氧体磁珠	Taiyo Yuden (太阳诱电)	BKH1005LM182-T
共模扼流圈	Murata (村田)	DLW31SN222SQ2

若要了解为 1.5m 输入和 30cm 输入添加铁氧体磁珠或共模扼流圈可实现的优势，请分别参阅图 3-1 和图 3-2。将 Würth Elektronik 的 74269244182 铁氧体磁珠和 Murata 的 DLW31SN222SQ2 共模扼流圈串联添加至输入连接中进行测试。

图 3-1 所示为 1.5m 输入的辐射发射。蓝色表示未使用铁氧体磁珠或共模扼流圈，且不符合 CISPR 11 B 类限制。红色显示了使用铁氧体磁珠的衰减优势，绿色表示使用了共模扼流圈。铁氧体磁珠和共模扼流圈均可显著衰减辐射发射，帮助 AMC3301EVM 通过 CISPR 11 B 类测试。

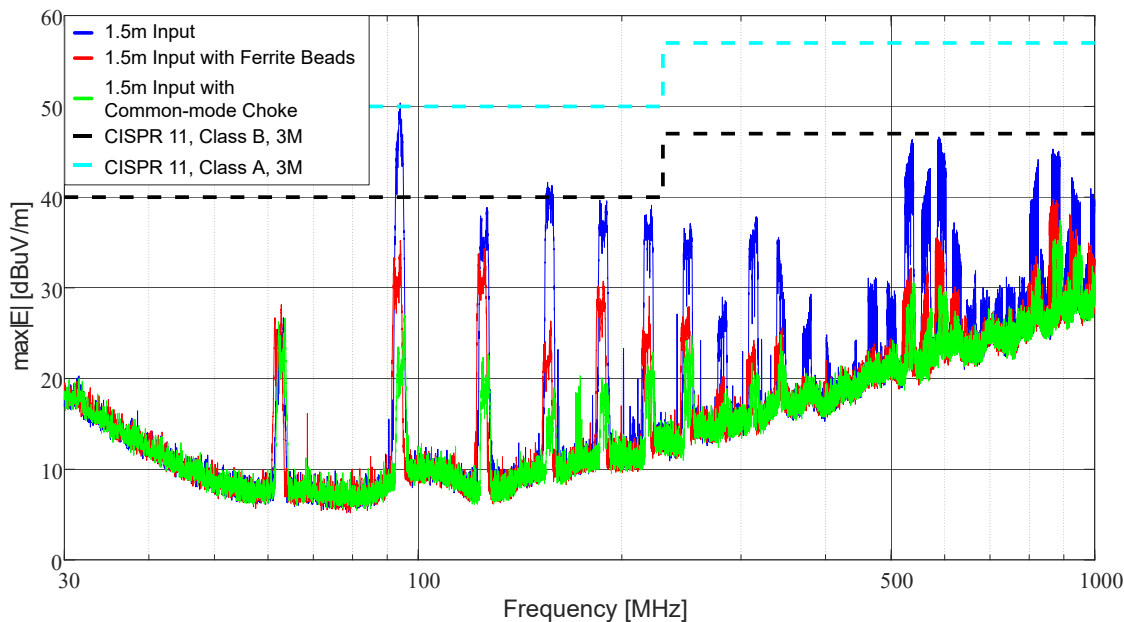


图 3-1. 1.5m 输入的 AMC3301EVM CISPR 11 测量结果

图 3-2 所示为 30cm 输入的辐射发射。所有测试用例均通过 CISPR 11 B 类测试，包括未使用铁氧体磁珠或共模扼流圈的测试用例（如蓝色所示）。这表明通过测试不需要额外的元件，但为了证明衰减优势，使用铁氧体磁珠时的测量结果显示为红色，使用共模扼流圈时的测量结果显示为绿色。

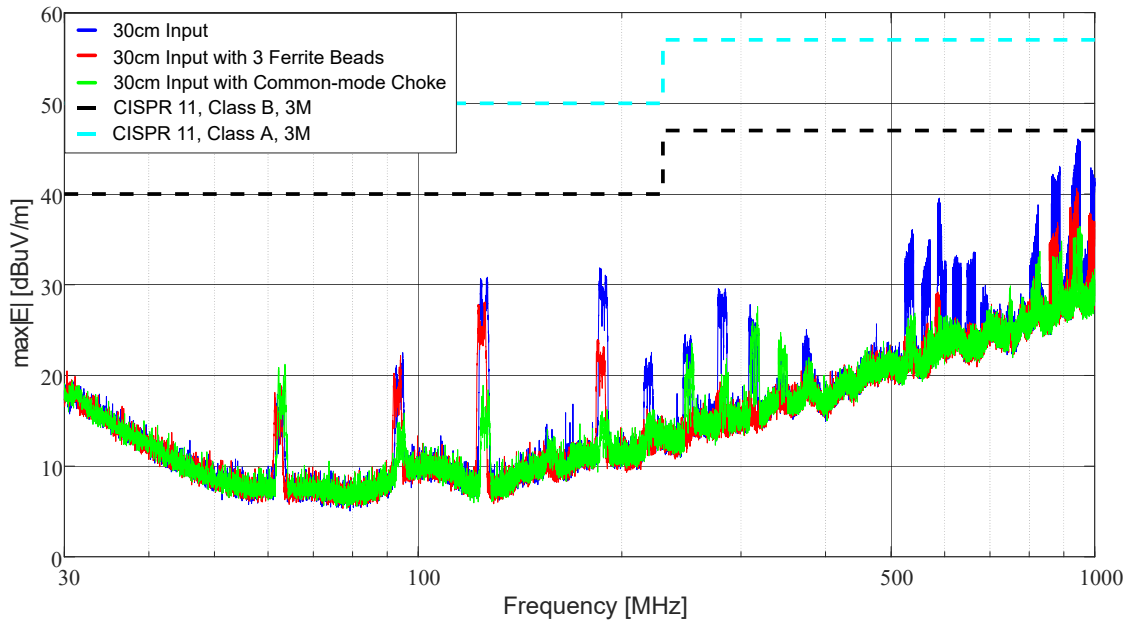


图 3-2. 30cm 输入的 AMC3301EVM CISPR 11 测量结果

3.2 AMC3301 系列的 PCB 原理图和布局最佳实践

图 3-3 在左侧显示了铁氧体磁珠示意图，在右侧显示了共模扼流圈示意图。请注意，需要 3 个铁氧体磁珠，每个输入一个，还有一个铁氧体磁珠用于分流电阻器的 HGND 布线。共模扼流圈有两个通道，有必要在共模扼流圈附近断开与 VINN 的 HGND 连接。由 R2、R4 和 C12 创建的差分 RC 滤波器位于铁氧体磁珠或共模扼流圈与 AMC3301 之间。更多详细信息，请参阅器件数据表中的布局指南部分。

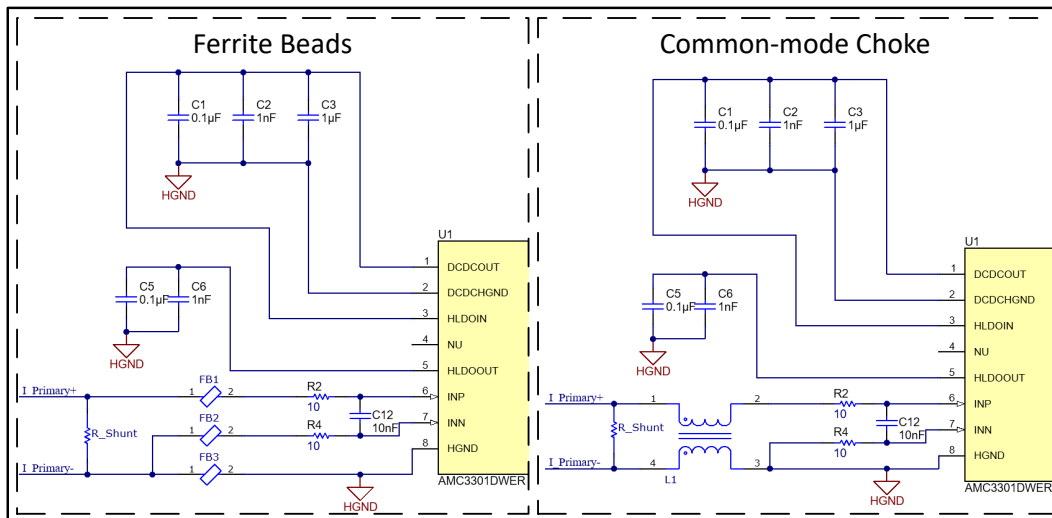


图 3-3. AMC3301 铁氧体磁珠和共模扼流圈示意图

铁氧体磁珠或共模扼流圈应尽可能靠近器件放置，以限制用作天线的铜面积。引脚 2 (DCDC_HGND) 与引脚 8 (HGND) 之间应进行直接低电感连接。图 3-4 所示为左侧铁氧体磁珠和右侧共模扼流圈的推荐布局。

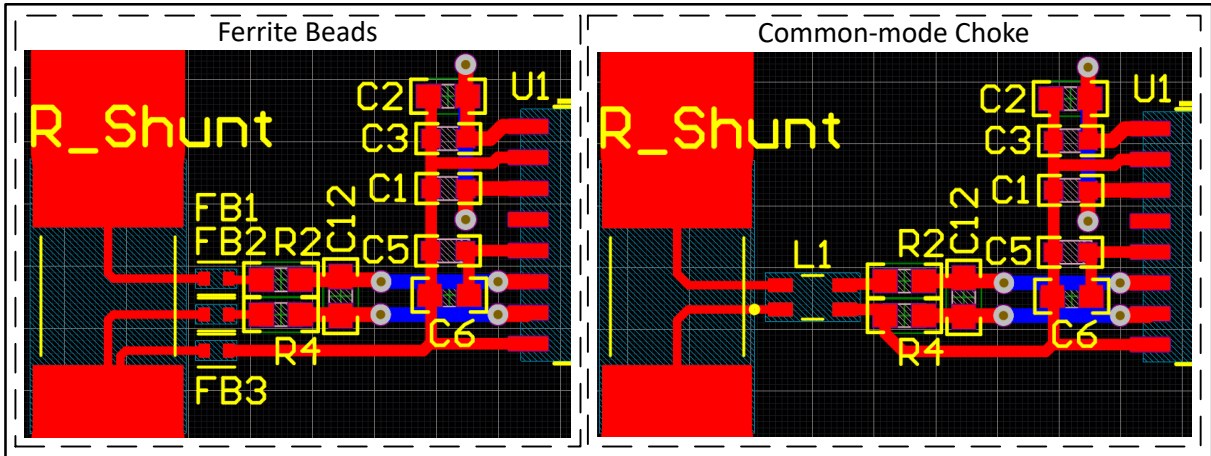


图 3-4. AMC3301 铁氧体磁珠和共模扼流圈布局

4 使用多个 AMC3301 器件

4.1 器件布置方式

如前所述，内部直流/直流转换器的线圈具有从隔离栅初级侧到次级侧的寄生电容，能量从器件引脚和连接到引脚的布线辐射。因此，必须考虑 AMC3301 系列如何辐射并影响隔离栅上的其他器件，包括 AMC3301 的其他器件。

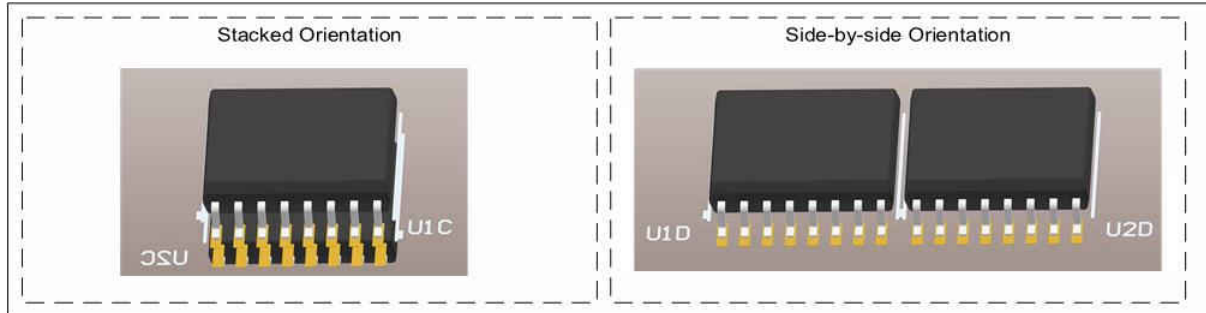


图 4-1. 器件布置方式示例

为了演示器件布置方式的影响，测试了堆叠和并排两种布置方式。测试中使用的原理图与图 4-1 的铁氧体部分相同。输入铁氧体磁珠器件型号为 74269244182，它们在 1.5m 输入短接的情况下进行了测试。

图 4-2 展示了凭借前述的铁氧体磁珠，两种布置方式将符合 CISPR 11 B 类限制。堆叠布置方式显示为红色，并排布置方式显示为蓝色。此外，两种布置方式之间的差值在 5dBuV/m 以内。但是，将两个器件彼此堆叠放置（采用堆叠布置方式）可提供卓越性能。

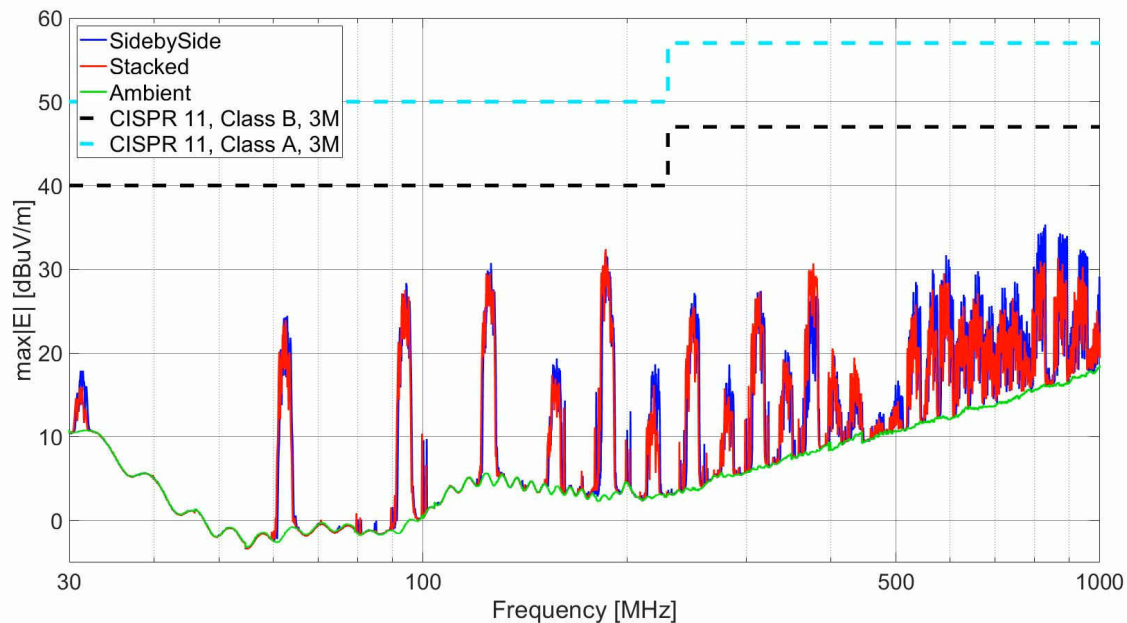


图 4-2. 1.5m 输入下的多个 AMC3301 CISPR 11 测量结果

4.2 多个 AMC3301 的 PCB 布局最佳实践

测试中使用的原理图与图 4-3 的铁氧体部分相同。但是，AMC3301 的堆叠布局如图 4-3 所示。

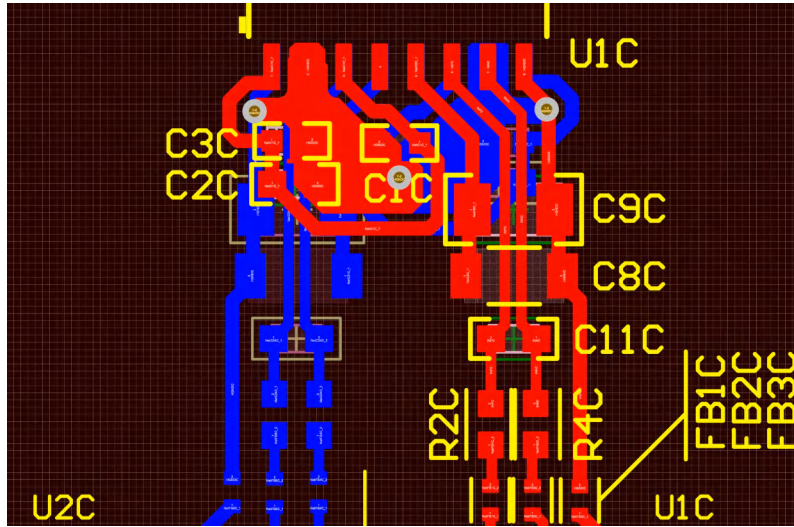


图 4-3. 多个 AMC3301 器件的建议布局

通常，两层电路板设计遵循节 3.2 中所述的相同布局原理。

但是，每个器件从引脚 2 (DCDC_HGND) 到引脚 8 (HGND) 的直接低电感路径的实现方式有所不同。星型连接取代了布线，在引脚 4 和 5 连接顶层和底层之间的器件。此外，还使用大量铜将直流/直流电容器连接到同一层的 DCDC_HGND。

最后，LDO_OUT 电容器按比例放大至 1206 封装，以便为电容器下方的正负输入提供直接且不间断的路径。

5 结论

在过去几年中，SiO₂ 隔离深受许多需要隔离放大器的客户的欢迎。德州仪器 (TI) 不断创新，最近推出了 **AMC3301 具有集成直流/直流转换器的精密隔离放大器**。AMC3301 系列本身不会产生过多的辐射发射，并且如果输入布线或电缆长度较短，则无需额外的元件即可通过 CISPR 11 B 类测试。如果需要，可以使用铁氧体磁珠或共模扼流圈进一步衰减辐射发射。如果使用多个 AMC3301 器件，则可以在顶层和底层上相互堆叠。当使用 AMC3301 系列进行设计时，客户可以放心地通过电容隔离实现高可靠性和高模拟性能，并享受集成式直流/直流转换器和出色的辐射发射性能所带来的便利。

6 AMC3301 系列表

本应用手册中讨论的内容适用于 AMC3301 系列 (如表 6-1 中所列) 中所有带集成直流/直流转换器的**隔离放大器**和**隔离转换器**。

表 6-1. AMC3301 系列表

器件	类型	说明
AMC3301	增强型隔离放大器	电流感测，±250mV 输入
AMC3301-Q1	增强型隔离放大器	电流感测，±250mV 输入，汽车
AMC3302	增强型隔离放大器	电流感测，±50mV 输入
AMC3302-Q1	增强型隔离放大器	电流感测，±50mV 输入，汽车
AMC3330	增强型隔离放大器	电压感测，±1V 输入
AMC3330-Q1	增强型隔离放大器	电压感测，±1V 输入，汽车
AMC3306M25	增强型隔离式调制器	电流感测，±250mV 输入
AMC3306M05	增强型隔离式调制器	电流感测，±50mV 输入
AMC3336	增强型隔离式调制器	电压感测，±1V 输入
AMC3336-Q1	增强型隔离式调制器	电压感测，±1V 输入，汽车

7 修订历史记录

Changes from Revision * (June 2021) to Revision A (September 2022)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	2
• 添加了使用多个 <i>AMC3301</i> 器件部分，其中包含器件布置方式数据和布局建议.....	8

重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司