

什么是 EMC？有关隔离系统中的 EMI、辐射发射、ESD 和 EFT 的 4 个问题



Manuel Chavez and Eric Schott, Isolation Group

引言

数字隔离器是集成器件，用于隔离数字信号并跨隔离栅进行数字通信。数字隔离器通常需要承受恶劣的电气条件，以保护人类用户和敏感的设备。理想情况是，隔离器在无形中对电路提供保护，在传播信息的同时不会增加复杂性。事实上，所有电气元件对系统都有影响。电磁兼容性 (EMC) 指的是设备在电磁环境中正常工作的能力。通过了解数字隔离器在 EMC 方面的性能，系统设计人员可以选择不良辐射发射更小的器件，同时在暴露于 ESD 和 EFT 等电磁能量中时提供可靠保护。

什么是辐射发射？

电磁干扰 (EMI) 是外部电磁场对电路造成的干扰。EMI 取决于很多因素，而且很难准确预测，因此在电路设计和布局过程中尽可能减少干扰源非常重要。辐射发射是 EMI 的一种类型，指的是某个器件在正常工作过程中产生的中高频噪声。国际标准 EN55032:2010 要求在 30MHz 至 1GHz (最高不超过 6GHz) 频率之间进行辐射发射测试，具体取决于器件的内部振荡器频率。本测试以常见的工业标准为依据，其中受试设备 (EUT) 置于消声室中距离测量天线 10 米远的位置，如图 1 所示。

在设备正常工作的情况下，天线测量在测试频率范围内接收到的发射量 (单位为 dB μ V/m)。若要通过此标准测试，测量值必须在测量的频率范围内低于定义的阈值，如表 1-1 所示。

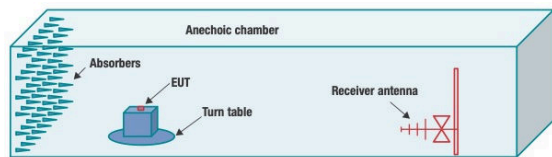


图 1. 辐射发射测量设置

表 1. B 类器件的 CISPR 32 发射限值

频率 (MHz)	限值 (dB μ V/m)
30 - 230	30

表 1. B 类器件的 CISPR 32 发射限值 (continued)

频率 (MHz)	限值 (dB μ V/m)
230-1000	37

影响发射测量的因素有哪些？

在进行辐射发射测量时，让受试设备通电并在正常条件下 (见设备的最终用例) 运行非常重要。发射量取决于器件配置和电源使用情况，因此测试完成时应能体现产生发射的最差工作条件。谨慎选择设备的电源电压、通信数据速率和器件型号可帮助系统设计人员减少总发射量。

辐射电磁场中存在的能量与原传输信号中所含的能量成正比。这意味着，通过减少通信信号中的能量，可以减少环境中的辐射能量。尽可能对信号器件使用更低的电源电压将有助于减少这些能量。

随着数据速率的提高，寄生容性负载充电和放电更加频繁，导致总平均电流增大。因此，在发射测量中会出现数据速率更高的信号及其谐波，这样就会对系统的其他部分造成干扰。同样地，这种速率所需的快速压摆率包含可使发射加剧的高频成分。图 2 和图 3 显示了 TI ISO7741 器件在两种不同数据速率下的辐射发射性能。在两种情况下，ISO7741 器件与 CISPR32 限值有较大裕度。

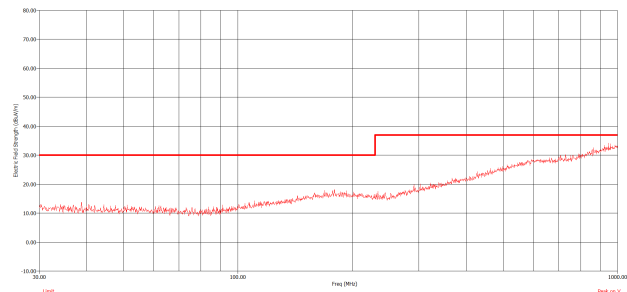


图 2. 1Mbps、Vcc=5.5V 时 ISO7741 的辐射发射性能

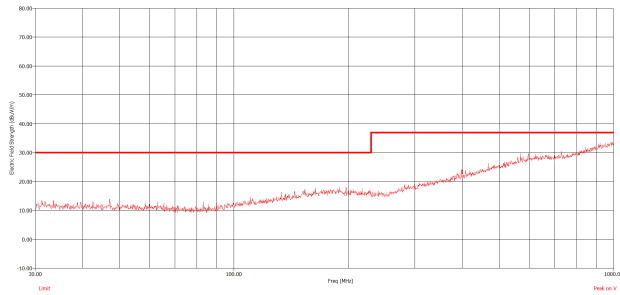


图 3. 10Mbps、Vcc=5.5V 时 ISO7741 的辐射发射性能

器件在较低的数据速率下工作以及使用具有较低压摆率的器件（额定数据速率较低），可以减少系统中的高频成分并减少这些谐波产生的发射。在不需要或者不可能降低数据速率的系统中，设计人员可以优化 PCB 布局、巧妙放置阻抗，并使用 EMC 屏蔽方法来减少高频成分对发射的影响。

什么是静电放电 (ESD) ?

ESD 测试用于评估器件或设备在正常运行时可以承受多大的静电放电应力。JEDEC 标准规定的器件级测试对不同能量源建模，包括人体放电模型 (HBM)、充电器件模型 (CDM) 和机器模型 (MM) - 图 4 中可以看到这些波形。IEC 61000-4-2 提供与设备级测试类似的标准测试。这些标准对高电流、短时冲击建模，以表示真实放电事件的特性。在峰值测试电压下进行每项测试，以表征器件或系统可以承受的水平。表 1-2 中显示了 IEC 61000-4-2 的示例值。

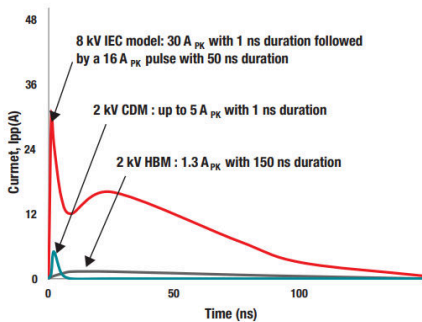


图 4. ESD 测试模型波形的比较

表 2. IEC61000-4-2 测试电压电平

级别	接触放电	空气放电
	测试电压 (+- kV)	测试电压 (+- kV)
1	2	2
2	4	4
3	6	8
4	8	15

许多器件都需要设计人员考虑 ESD 保护和抗扰度，但隔离器保护面临独特的挑战。非隔离条件下的 ESD 测试方法需要电源和数据线可靠接地。TVS 二极管等典型保护方法可为 ESD 冲击中的能量提供安全的接地路径。但因为隔离式系统单独接地，TVS 二极管无法以相同的方式提供保护。这是因为，跨隔离层冲击中的能量对“单侧”或“本地”ESD 保护而言为共模形式。本地 TVS 二极管不会因为隔离接地层之间存在的大压差而限制电压。

为了保护用户安全、延长产品寿命，一些行业需要设备提供一定水平的 ESD 抗扰度。提高系统级 ESD 能力的最简单的方法是，选择具有较高 ESD 等级的可靠器件。如下方图 5 中所示，TI 的 ISO77xx 系列在同类器件中具有最高的 ESD 保护级别，可减少提供系统保护所需的外部元件数量。如需更高的保护级别，可以使用诸如 Y 电容和气体放电管 (GDT) 等外部元件来减少和消散放电产生的能量。虽然外部解决方案可以提供更多保护，但也会增加成本、电路板尺寸或操作限制。

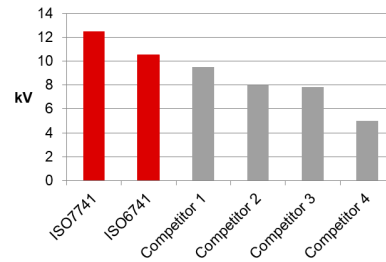


图 5. ISO77xx 系列与竞争产品的 ESD 等级对比

什么是电快速瞬变 (EFT) ?

与 ESD 测试和等级一样，EFT 等级也用于评估器件和设备的稳健性，但它更侧重于评估原因和系统影响。与 ESD 冲击相比，由电感负载或继电器触点回跳产生的开关瞬变形成的应力不太可能造成器件损坏，但可能会中断正常的系统行为。因此按照 IEC 61000-4-4 标准，使用不同的方法对这些瞬变进行仿真，如下方图 6 所示，该图对上述干扰条件下影响系统性能的短暂上升时间、重复的低电能脉冲进行建模。与 ESD 相似的是，这些测试在高达表 1-3 中所示的指定电压电平下进行。

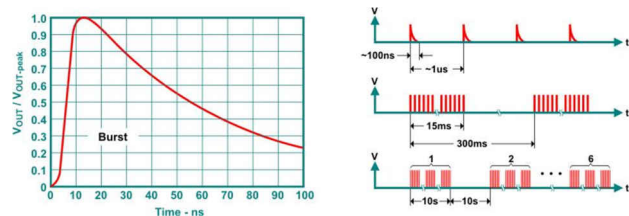


图 6. EFT 脉冲测试周期的波形和时序图

表 3. IEC 61000-4-4 EFT 测试电压电平

等级	电源端口上, PE	在 I/O、数据和控制端口上
	测试电压 (kV)	测试电压 (kV)
1	0.5	0.25
2	1	0.5
3	2	1
4	4	2

电源线 and 接地线可能因开关负载发生 EFT 事件，信号线可能因继电器反弹或其他产生的开关瞬态发生 EFT 事件。这两种注入类型都会对相关信号线上形成干扰，表现形式可能为位错误，并可能导致数据损坏或系统锁定。为了降低这些故障的风险，可以在设计中选择使用可耐受这种瞬变的可靠器件，还可以使用去耦电容、RC 网络和共模扼流圈等外部滤波元件来降低易受影响器件中的高频开关噪音。下方的图 7 显示了与同类竞争器件相比，TI 的 ISO77xx 系列能够提供的高 EFT 复原能力。在这些测试级别中，出现了 0 位错误。

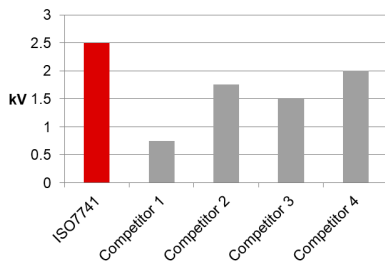


图 7. ISO77xx 系列与竞争产品之间的 EFT 等级对比

结论

本文档介绍了电子元件在电磁环境中的表现以及如何避免其产生负面影响。选择能够在电磁能量冲击中提供可靠保护并能最大限度地减少不良辐射发射的器件，是提高系统 EMC 性能并满足标准要求的根本方法。这种方法与 EMC 缓解技术相结合，可确保设备在不同的电磁环境中正常工作。德州仪器 (TI) 的 ISO77xx 系列数字隔离器可提供业内先进的 EMC 性能，最大限度地减少器件的辐射发射，同时在 ESD 和 EFT 干扰下可靠工作。

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