

如何在设计过程的早期就考虑EMC辐射

转载自《电子工程专辑》

一般情况下，我们会将验证产品是否符合电磁兼容性(EMC)辐射要求，留到产品开发的最后阶段进行。符合EMC法规要求可以确保无意的电磁传导和辐射发射不会干扰到其他电子设备。虽然将EMC合规性测试安排到项目结束时进行是很常见的做法，但如果在设计过程的早期就考虑EMC合规性，将可以避免意外的成本支出和项目延期。

电磁传导和辐射是产品发射的射频(RF)能量。调节射频辐射水平以确保它们不会对其它电子产品造成不合理伤害。在低频(小于约30MHz)下，大多数电子设备的导电部分和电缆作为天线是无效的，因此辐射发射不是问题。在低频率情况下，导体和电缆会通过共用电源，或负载传导RF能量，从而导致其它电子产品出现问题。但在高频率情况下(约30MHz以上)，导体和电缆的阻抗足以衰减传导能量，传导干扰不会造成什么问题。然而，在较高频率下，导体和电缆可作为辐射RF能量的天线，这可对附近的电子产品造成干扰。

在美国销售的大多数工业和消费电子产品必须符合FCC(美国联邦通信委员会)法规Title 47 Part 15中所述的传导和辐射干扰标准，通常称为FCC Part 15(FCC第15部分)。在欧洲销售的产品则需遵循由欧洲法规CISPR 22/EN 55022管控的类似标准。

这两套标准都描述了传导和辐射发射的限值，并应用于最终系统，包括内部或外接电源。虽然这两套法规是由不同组织创建和管理的，但其建构是相似或“协调一致的。”协调这些法规的一个好处是：满足一套法规的产品设计通常可以确保它也满足另一套法规中的要求。

传导辐射规范涵盖150kHz至30MHz频率范围内的辐射。一组单独的辐射发射规范涵盖了30MHz及更高频谱。用于传导与辐射发射的测试程序和工具略有不同，用于缓解这两类EMC问题的滤波器组件结构相似但电气值不同。传导发射频带低于辐射发射频带，因此，用于解决传导辐射的滤波器组件在电学参数和物理尺度上会大于解决辐射发射所需的滤波器组件。

电源的EMC

大多数内部安装的电源部针对符合EMC法规进行了设计和测试，而测试是在将电源作为独立产品的情况下执行的。将电源安装到系统后，还必须对完成的整个系统进行测试，以确保系统也符合EMC规定。将符合要求的

电源集成到系统中可以最大限度地降低系统测试时产生与EMC相关问题的可能性，但不能确保完成的系统一定会通过辐射测试。许多用于内部安装的电源供应商会提供推荐电路，以解决系统集成过程中遇到的EMC问题。由于每种应用的要求各不相同，因此这些建议由设计人员自行决定；这样，每个设计就仅包含特定应用所需的组件。

同样，大多数墙插式和桌面式外部电源，作为独立单元，也都针对符合EMC法规进行了设计和测试。如果电源客户是将电源与负载组合在一起的制造商，则他们需要执行测试以确保整个系统符合EMC规定。由于电路安装在一个封闭的外壳中，因此与内部安装的电源相比，对于墙插式和桌面式外部电源来说，添加外部组件来解决EMC问题将更具挑战性。

电源的EMC监管测试是使用静态阻性负载执行的，但几乎所有电源都基于开关稳压器拓扑。开关稳压器固有地产生传导和辐射发射，需要在电源设计中尽量规避这种发射。连接到电源的负载可能产生额外发射。通过采取在独立电源测试结果中留出余量、以将负载施加到电

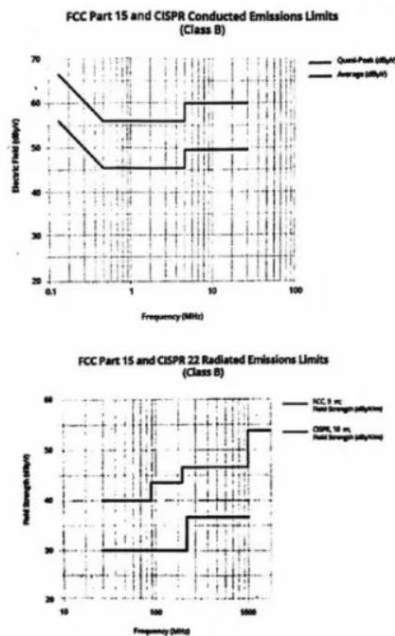


图1：传导和辐射发射限值

源时产生变化这一情况容纳在内这样一种方法，来解决电源和负载组合时的传导和辐射发射的不确定性。

早期测试情况

拖后进行系统EMC测试的另一个常见原因是有电源会导致EMC问题的误解。因此，如果电源已通过独立的监管测试，会认为系统也将理所当然地通过测试。但在许多情况下，电源只是系统内EMC问题的“背锅侠”，实际上，它只是EMC问题的“信使”、搬运工。

虽然系统传导和辐射EMC问题通常在项目结束时能得到解决，但项目后期可能是引入意外工作量和交付延迟的最糟糕时段。更合理且通常成本更低的策略是在系统组装开始后立即执行初步EMC一致性测试。在项目早期，计划更灵活。设计团队更容易接受设计中的修改。

到项目结束时，已经在设计系统以满足性能标准方面付出了巨大努力，并且如果出现EMC合规性问题，则电源被视为在不会影响其它系统性能参数的条件下、满足合规性要求的最简便的人手目标。虽然系统本身通常是RF发射源，但电源的输入和输出上的电缆可以作为辐射发射的天线和传导发射的导体。通常可以在电源中添加噪声抑制组件以解决EMC问题，但应将此举仅视为减轻问题影响的治标而非根本上解决问题的手段。与电源相关的EMC抑制行为需要设计团队付出时间，并可能影响与电源相关的安全认证。安全认证的任何更改也需要电源供应商的时间和资源。如果添加传导和辐射发射抑制组件不足以充分缓解EMC问题，则可能需要修改系统电路以将产生的RF信号减至最小。

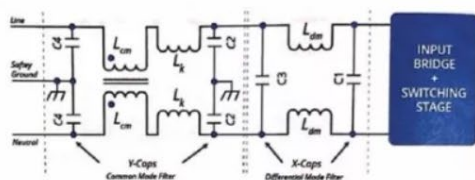


图2：传导发射滤波器组件

对于使用内部电源的产品，EMC噪声抑制组件可以添加到馈入电源的导线上，也可以添加到电源输出和系统电源输入之间的电缆上。旁路电容和铁氧体磁芯是用于创建滤波器以解决EMC问题的抑制组件。铁氧体磁芯产生与非预期噪声的传播路径串联的额外感抗；旁路电容提供低阻抗路径来分流噪声信号，从而最大限度地限制噪声信号传播。

采用外部电源的系统在电源的输入或输出路径上添加EMC抑制组件的能力可能受到更多限制。通常借助在电源和系统之间的电缆上放置铁氧体磁芯来解决辐射发射问题。与传导发射相关的相应频率足够低，从而使得安装在电源线周围以缓解EMC问题所需的铁氧体磁芯太大、对于许多应用来说无法接受。通过与电源供应商合作修改现有电源的设计或选择包含增强型传导发射抑制组件的其它外部电源，通常可以最容易地解决在具有外部电源的系统中观察到的传导发射问题。

预合规测试

传导和辐射发射的最终测试需要在经过认证的实验室中使用校准的测试设备和在受控的电气环境下进行。测试实验室将与设计团队合作在设计阶段早期进行预合规测试。如果设计团队希望自己进行预合规测试，则可以在具有最少测试设备的房间中进行测试。传导发射测试所需的设备是线路阻抗稳定网络(LISN)和频谱分析仪。LISN是一种无源网络，用于最大限度地降低商用电力线传导的噪声；并提供受控阻抗测试端口，以监测被测设备(EUT)的传导发射。用于传导发射测试的频谱分析仪可以用能够执行150kHz至30MHz测量的基础版本。许多频谱分析仪都能够执行准峰值测量，并在显示屏中加入一致性参数限制，以简化EMC一致性测试。

可以使用频谱分析仪和适当的天线完成辐射发射的初步测试。频谱分析仪应具有从30MHz到至少900MHz频段的测量能力。频谱分析仪执行准峰值测量并在显示屏中显示一致性参数限制的能力，将使初步测试任务更容易执行。用于初步辐射发射测试的天线应具有与频谱分析仪类似的带宽且需要了解增益与频率特性。最好能够在电气安静的房间内、在辐射发射EMC天线和EUT之间至少三米(10英尺)的间隔条件下，进行辐射发射测试。在EUT断电的房间内进行初始测量将提供有关测试时存在的环境RF背景噪声的信息。

大多数管理团队都非常欣赏在预算内提前完成的项目。遗憾的是，EMC合规性问题可能是在项目最后一刻导致预算增加和进度延期的常见情况。在项目的系统组装阶段执行预合规性EMC测试有助于规避影响项目预算和进度的在设计的一刻出现的设计改动。预合规性EMC测试还有助于确保在最终合规性测试期间不会出任何问题。全方位服务(Full-service)电源供应商(如CUI)拥有可协助进行电源设计和选择(包括预合规和最终EMC测试)的设备和经验。