|  |
| --- |
| **《军用产品EMC设计整改》** |
| **课程背景** |
| 新时代对军用电子产品的电磁兼容性提出了更高要求，遵循GJB151B标准成为必要。面对RE102、CE102、RS、CS等严格项目，电磁兼容设计面临重大挑战，需将总体指标细化至模块级别，并从系统层面优化设计，增强电磁兼容的稳定性。 |
| 随着电子产品信息与功率密度激增，高速与大功率设备的紧密布局导致强烈的干扰耦合，威胁到产品可靠性和电磁兼容性设计，同时轻量化与小型化趋势加剧了这一挑战，减弱了屏蔽效能，限制了解决手段，迫使设计向更精细方向发展，重视前端各种关键电路设计，比如优化PCB布局布线、滤波技术及PCB地噪声控制。 |
| 电磁兼容设计作为复杂的系统工程，涉及系统架构、电源滤波、结构线缆、PCB设计及接地等多个方面，单一措施无法独立解决问题，每一环节的疏漏都可能影响整体电磁兼容表现，因此，多维度协同设计至关重要。 |
| **课程特色** |
| 聚焦军用产品：基于国军标GJB 151B的测试要求，精炼军用电子产品的电磁兼容设计精髓，融合了赛盛技术长达20年的各种项目实践经验。课程内容不仅涵盖关键理论与技术，还深入剖析设计中的重点难点及实例问题，旨在通过系统化的教学强化学员对EMC关键知识的理解，并提升其解决实际EMC问题的能力 |
| 实战老师授课：授课教师拥有丰富的行业经验，课程素材基于广泛权威的文献研究，并融入公司具体案例和仿真分析，确保理论与实践紧密结合，有效提升学员的技术实战水平。 |
| 现场定位实操：赛盛技术现场演示便携式定位工具如何使用，通过定位工具找到问题点，并分享典型EMC问题解决思路和方法，有效提高学员对EMC问题的分析整改能力。 |
| 课后问题指导：课后学习或产品问题，可以一对一解答沟通回复，协助学员学以致用。 |
|  |
| **面向人群** |
| **面向人群** |
| 从事开发部门主管、EMC设计工程师、EMC整改工程师、EMC认证工程师、硬件开发工程师、PCB LAYOUT工程师、结构设计工程师、测试工程师、品管工程师，系统工程师等。 |
|  |
| **课程大纲** |
| **一、军标电磁兼容标准解析** |
| 本课程围绕国军标GJB 151B这一核心标准展开，解析GJB 151B中规定的测试项目，帮助研发人员明确产品电磁兼容设计的具体要求与目标。这样不仅能使设计工作有明确的方向性，确保每个设计决策都是针对特定的合规指标，还能助力工程师深入理解并有效实施总体电磁兼容性能指标，从而提升产品的设计质量和可靠性，满足新时代背景下对军用电子产品提出的更高电磁兼容标准。 |
| 本节主要内容如下： |
|  |
| 1. 军品的电磁应用环境分析 |
|  |
| 军用电磁环境的发展趋势 |
|  |
| 电磁脉冲等复杂电磁环境的非标测试需求 |
|  |
| 2. 国军标中电磁兼容相关的重要标准 |
|  |
| GJB 1389B-2022标准简介 |
|  |
| GJB 8848-2016标准简介 |
|  |
| 3. 国军标与美军标中电磁兼容内容的对应关系 |
|  |
| 国军标151与美军标的461版本对应关系说明 |
|  |
| 国军标1839与美军标的464版本对应关系说明 |
|  |
| 4. 军用产品电磁兼容要求主要参考标准GJB151B解析 |
|  |
| RE 102测试项目需求说明 |
|  |
| CS类重点测试项目需求说明 |
|  |
| 5. 民机产品电磁兼容要求主要参考标准DO-160G解析 |
|  |
| 民机电磁兼容需求与军机的差异性分析 |
|  |
| 160G难点测试项目传导发射与雷电测试需求分析 |
|  |
|  |
|  |
| 二、军用产品电磁兼容设计关键技术要点 |
| 军用产品在电磁兼容性(EMC)方面的后端问题往往较为复杂，尤其是在追求高性能与严格合规标准的背景下。如果能够在设计初期就紧密围绕GJB 151B等国家标准的要求，采取前瞻性的设计策略，将会极大减轻后期整改的压力。 |
| 从器件选型、关键电路设计、PCB布局布线、接地设计、结构屏蔽等多角度分析EMC问题，从设计源头规避EMC问题，降低整改风险及成本！ |
| 本节主要内容如下： |
| 军用产品总体阶段电磁兼容设计关键技术分析 |
| 1. 滤波防护器件基础应用原理 |
|  |
| 容性滤波器件的EMC原理 |
|  |
| 感性滤波器件的EMC原理 |
|  |
| 复合器件是否推荐使用 |
|  |
| TVS管、压敏电阻特性、气体放电管、半导体放电管器件特性 |
|  |
| 如何选择抑制器件的参数 |
|  |
| 防护器件PCB设计的通流设计如何换算 |
|  |
| **相关案例分析：** |
|  |
| 案例：电源滤波电感的Z参数变换方法 |
|  |
| 案例：电源滤波电路的滤波电容旁路效应影响EMC性能案例 |
|  |
| 案例：电源与信号共母板导致的E1/T1信号异常案例 |
|  |
| 2. 满足GJB151B的产品典型接口电路滤波设计关键技术 |
|  |
| 时钟电路EMC设计 |
|  |
| 晶振、晶体时钟电路设计 |
|  |
| 总线电路设计 |
|  |
| 外部接口电路的滤波设计 |
|  |
| 内部接口电路滤波设计 |
|  |
| 典型接口电路EMC设计举例 |
|  |
| DC 28V接口电路滤波设计 |
|  |
| RS 232接口电路滤波设计 |
|  |
| RS 485接口电路滤波设计 |
|  |
| 以太网口电路滤波设计 |
|  |
| 典型变频伺服驱动EMC设计 |
|  |
| **相关案例分析** |
|  |
| 案例：时钟信号滤波电路如何设计案例分析 |
|  |
| 案例：传导测试中共模电容的PCB环路设计案例解析 |
|  |
| 案例：时钟电源滤波设计不当引起的PCB电源网络高频辐射案例与仿真解析 |
|  |
| 案例：某军用产品芯片电源布局布线设计不当引起的RS问题案例 |
|  |
| 3. 军用产品的PCB电磁兼容设计关键技术 |
| PCB中的电源地平面设计 |
|  |
| 电源平面地平面在PCB EMC设计中的意义 |
|  |
| 信号电流如何在地平面电源平面之间形成回流路径 |
|  |
| 如何设计电源地平面上的去耦电容（全局去耦电容、芯片去耦电容） |
|  |
| PCB上孤立网络铜皮如何影响产品的辐射性能 |
|  |
| 如何利用PCB上的地平面构成PCB的法拉第笼屏蔽效应 |
|  |
| PCB中的关键信号走线EMC设计要求 |
|  |
| 时钟信号跨分割的辐射触发机理与仿真分析 |
|  |
| 低成本单板的跨分割解决方案 |
|  |
| 关键信号PCB走线换参考平面的EMI影响分析与仿真解析 |
|  |
| 低层叠单板PCB关键信号换参考的处理建议 |
|  |
| PCB设计中是否允许时钟信号的表层走线 |
|  |
| PCB的混合地设计原则 |
|  |
| 数模混合电路设计原理 |
|  |
| 数字信号干扰模拟信号的几种模式 |
|  |
| 接口区域地分割的原理和意义 |
|  |
| 接口电路PCB设计是否需要做地分割 |
|  |
| 共模电感下方的地平面是否需要掏空处理 |
|  |
| PCB内部连接器Pin Map相关的EMC设计要求 |
|  |
| 产品EMC设计为什么需要考虑Pin Map |
|  |
| 连接器的Pin Map设计不当会带来哪些EMC问题 |
|  |
| 连接器Pin Map设计的EMC要求 |
|  |
| PCB与机壳地的连接设计 |
|  |
| 数字地是否应该和机壳地直接连接 |
|  |
| 浮地PCB设计的EMC技术要点 |
|  |
| 接地产品PCB应该如何实现与机壳地的连接 |
|  |
| **相关案例分析** |
|  |
| 案例：DDR时钟走线换参考导致辐射超标案例与仿真解析 |
|  |
| 案例：高速走线PCB表层走线引起辐射发射问题案例与仿真解析 |
|  |
| 案例：PCB接口地分割处理不当引起的CS测试Fail问题案例 |
|  |
| 案例: 产品背板Pin Map定义不合理引起的自兼容问题案例分析 |
|  |
| 4. 满足GJB151B的产品结构线缆屏蔽搭接设计关键技术 |
|  |
| 屏蔽技术基础 |
|  |
| 屏蔽材料的选择 |
|  |
| 屏蔽体完整性设计 |
|  |
| 缝隙屏蔽设计 |
|  |
| 通风孔屏蔽设计 |
|  |
| 显示窗屏蔽设计 |
|  |
| 电缆电磁兼容设计 |
|  |
| 航空连接器搭接 |
|  |
| 军用滤波器安装 |
|  |
| 5. 民机产品与军用产品的电磁兼容设计技术关键差异点解析 |
| 6. 军用滤波器选型与设计关键技术解析 |
| **三、军用产品电磁兼容设计案例** |
| 影响因素的多样性与实际工程化产品分布参数的不确定性，决定了电磁兼容是一门工程经验相当重要的学科。因此实际解决问题的工程经验总结对于产品的电磁兼容设计工程师来说非常重要，案例总结、输出与分享借鉴是电磁兼容学习与设计能力提升的重要内容。 |
| 本节主要内容如下： |
| 1. RE102电磁兼容问题案例分析 |
| 2. CE102电磁兼容问题案例分析 |
| 3. CS114/115/116电磁兼容问题案例分析 |
| 4. 雷电电磁兼容问题案例分析 |
| **四、EMI问题测试定位分析方法与实践** |
| 因为涉及产品的电磁兼容性能相关性变量太多，所以目前业界对产品的电磁兼容仿真都是停留在单点技术研究上，真正的系统级仿真结果和实际测试结果差距较大。对于新型号或新系统的电磁兼容性能摸底测试而言，即使在设计阶段和测试准备阶段的工作非常充分到位，也不能有效保证测试结果一次通过，因此测试过程中相关的问题定位与分析工作通常不可避免。 |
| 测试者如何快速找到电磁兼容相关问题的原因，并能及时现场给出有效的整改措施或解决方案，顺利完成测试工作，并为产品的电磁兼容设计提供改进方向或方案支持？这是后端环节电磁兼容问题处理的重要工作。 |
| 本节主要内容如下： |
| 1. 军用产品电磁兼容测试需注意的技术要点 |
| 2. 便携频谱仪在产品RE102问题定位分析中的应用方法 |
| 3. 频谱仪现场问题分析方法教学与指导 |