

单片机的 EMC 测试及 EMC 故障排除

引言

所谓 EMC 就是：设备或系统在其电磁环境中能正常工作，且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。EMC 测试包括两大方面内容：对其向外界发送的电磁骚扰强度进行测试，以便确认是否符合有关标准规定的限制值要求；对其在规定电磁骚扰强度的电磁环境条件下进行敏感度测试，以便确认是否符合有关标准规定的抗扰度要求。对于从事单片机应用系统设计的工程技术人员来说，掌握一定的 EMC 测试技术是十分必要的。EMC 是电磁兼容（Electro-Magnetic Compatibility）的缩写，它包括电磁干扰（EMI）和电磁敏感性（EMS）两部分。由于电器产品在使用时对其他电器有电磁干扰，或受到其他电器的电磁干扰，它不仅关系到产品工作的可靠性和安全性，还可能影响其他电器的正常工作，甚至导致安全隐患。

1 单片机系统 EMC 测试

（1）测试环境

为了保证测试结果的准确和可靠性，电磁兼容性测量对测试环境有较高的要求，测量场地有室外开阔场地、屏蔽室或电波暗室等。

（2）测试设备

电磁兼容测量设备分为两类：一类是电磁干扰测量设备，设备接上适当的传感器，就可以进行电磁干扰的测量；另一类是在电磁敏感度测量，设备模拟不同干扰源，通过适当的耦合/去耦网络、传感器或天线，施加于各类被测设备，用作敏感度或干扰度测量。

（3）测量方法

电磁兼容性测试依据标准的不同，有许多种测量方法，但归纳起来可分为 4 类：传导发射测试、辐射发射测试、传导敏感度（抗扰度）测试和辐射敏感度（抗扰度）测试。

4) 测试诊断步骤

图 1 给出了一个设备或系统的电磁干扰发射与故障分析步骤。按照这个步骤进行，可以提高测试诊断的效率。

(5) 测试准备

① 试验场地条件： EMC 测试实验室为电波半暗室和屏蔽室。前者用于辐射发射和辐射敏感 测试，后者用于传导发射和传导敏感度测试。

② 环境电平要求： 传导和辐射的电磁环境电平最好远低于标准规定的极限值， 一般使环 境电平至少低于极限值 6dB 。

③ 试验桌。

④ 测量设备和被测设备的隔离。

⑤ 敏感性判别准则： 一般由被测方提供， 并实时监控和判别， 以测量和观察的方式确定 性能降低的程度。

⑥ 被测设备的放置： 为保证实验的重复性，对被测设备的放置方式通常有具体的规定。

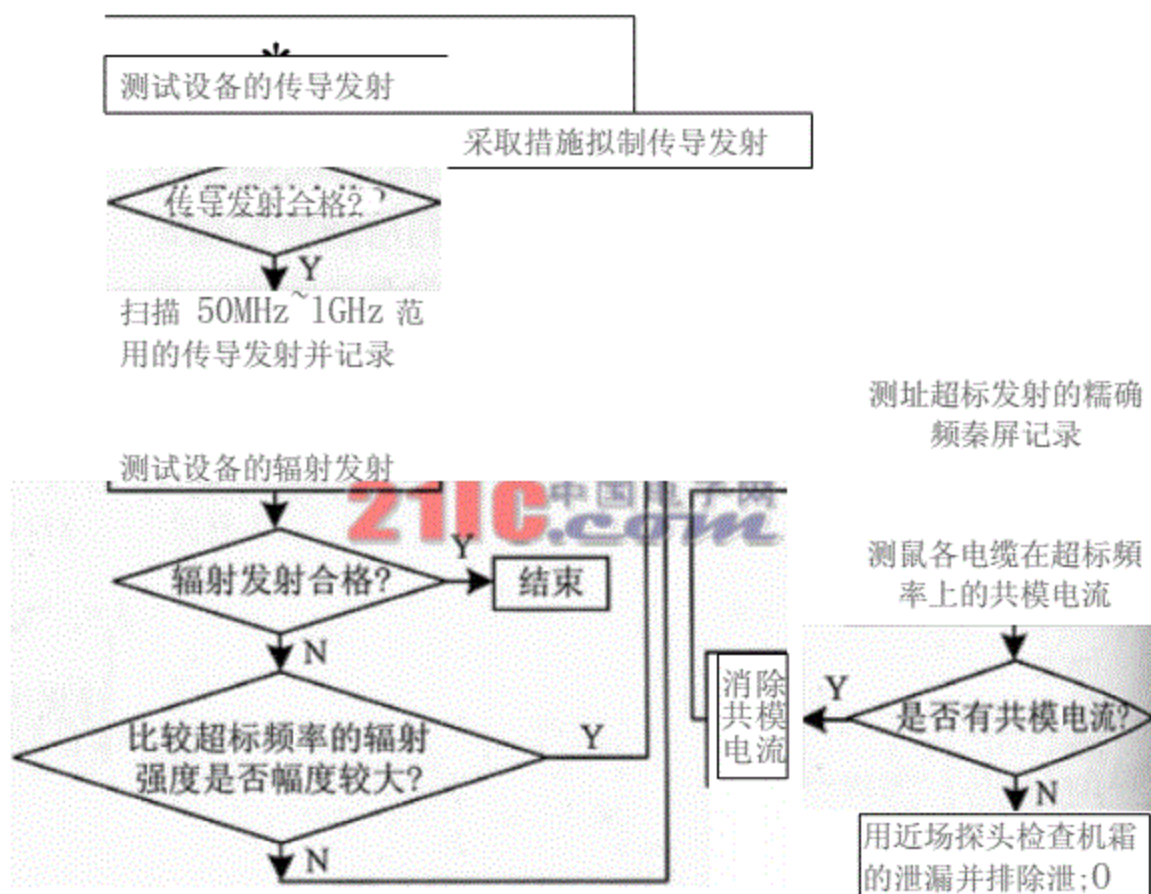


图 电磁兼容测试诊断步骤

(6) 测试种类

传导发射测试、辐射发送测试、传导抗扰度测试、辐射抗扰度测试。

(7) 常用测量仪

电磁干扰 (EMI) 和电磁敏感度 (EMS) 测试, 需要用到许多电子仪器, 如频谱分析仪、电磁场干扰测量仪、信号源、功能放大器、示波器等。由于 EMC 测试频率很宽 (20Hz~40GHz)、幅度很大 (叮级至 kW 级)、模式很多 (FM、AM 等)、姿态很多 (平放、斜放等), 因此正确地使用电子仪器非常重要。测量电磁干扰的合适仪器是频谱分析仪。频谱分析仪是一种将电压幅度随频率变化的规律显示出来的仪器, 它显示的波形称为频谱。频谱分析仪克服了示波器在测量电磁干扰中的缺点, 能够精确测量各个频率上的干扰强度, 用频谱分析仪可以直接显示出信号的各个频谱分量。

在解决电磁干扰问题时, 最重要的一个问题是判断干扰的来源。只有准确将干扰源定位后, 才能够提出解决干扰的措施。根据信号的频率来确定干扰源泉是最简单的方法, 因为在信号的所有特征中, 频率特征是最稳定的,

并且电路设计人员往往对电路中各个部位的信号 频率都十分清楚。 因此，只要知道了干扰信号的频率， 就能够推测出干扰是哪个部位产生的。 对于电磁干扰信号， 由于其幅度往往远小于正常工作信号， 用频谱分析仪做这种测量是十分 简单的。由于频谱分析仪的中频带宽较窄，因此能够将与干扰信号频率不同的信号滤除掉， 精确地测量出干扰信号频率，从而判断产生干扰信号的电路。

2 电磁兼容故障排除技术

（1）传导型问题的解决

- ① 通过串联一个高阻抗来减少 EMI 电流。
- ② 通过并联一个低阻抗将 EMI 电流短路到地或引到其它回路导体。
- ③ 通过电流隔离装置切断 EMI 电流。
- ④ 通过其自身作用来抑制 EMI 电流。

（2）电磁兼容的容性解决方案

一种常见的现象是不把滤波电容的一侧看成直接与一个分离的阻抗相连， 而看成与传输 线相连。 典型的情况是， 当一条输入输出线的长度达到或超过 $1/4$ 波长时， 该传输线变 “长”。 实际可以用下式近似表示这种变化：

$$l > 55/f$$

式中： l 单元为 m ， f 单位为 MHz 。这个公式考虑了平均传播速度，它是自由空间理论的 0.75 倍。

a. 电介质材料及容差

电磁干扰滤波使用的大部分电容是无极性电容。

b. 差模（线到线）滤波电容性电容。

c. 共模（线到地 /机壳）滤波电容

共模（CM）去耦通常使用小电容（ $10\sim 100nF$ ）。小电容可以将不期望的高频电流在其进入敏感电路之前或在其离噪声电路较远时就将其短路到机壳上去。 为了得到良好的高频 衰减电路， 减小或消除寄生电感是关键之所在。 因此有必要使用超短导线， 尤其希望使用无 引线元器件。

(3) 感性、串联损耗电磁兼容解决方案

就电容而言, Z_s 和 Z_l 如果不是纯电阻的话, 在计算频率时, 要使用它们的实际值。电 容器串联在电源或信号电路时, 必须满足:

- ① 流过的工作电流不应该引起电感过热或过大的有过之而无不及降;
- ② 流过的电流不能引起电感磁饱和, 尤其是对高导磁材料是毫无疑问的。

解决方案有以下几种:

*磁芯材料:

*铁氧体和加载铁氧体的电缆:

*电感、差模和共模:

*接地扼流圈:

* 组合式电感电容元件。

(4) 辐射型问题的解决

在很多情况下, 辐射电磁干扰问题可能在传导阶段产生并被排除, 还有些解决方案是可以抑制干扰装置在辐射传输通道上, 就像场屏蔽那样工作。根据屏蔽理论, 这种屏蔽的效果 主要取决于电磁干扰源的频率、与屏蔽装置之间的距离以及电磁干扰场的特性——电场、磁场或者平面波。

- ① 导体带。使用铜或铝带要吧简单快速地建立一种直接的屏蔽和低阻连接或总线。

们对于临时的解决方案和相对永久的解决方案来说是很方便的。厚度在 0.035~0.1mm 之

间, 并且背面带有导电黏合剂以便安装。如果使用铜导电带, 其通过电阻约 $20m\Omega/cm^2$ 。

应用场合: 电气屏蔽罩; 发生故障时泄露点定位; 作为一个应急的解决方案, 将塑料连接器 变成金属的、屏蔽普通的扁平电缆等。

- ② 网状屏蔽带和拉链式外套。 涂锡的钢网带: 主要用来安装在一个已经装配好的电费护

套上作为一种易安装的绷带型的屏蔽罩。为了降低电费的磁场辐射或敏感问题, 钢网带是一种有效的解决方案。

拉链式屏蔽外套: 当有明显迹象表明电费是主要的引起 EMI 耦合的原因时使用。

③ EMI 密封垫。应用场合：当下述条件存在，并且需要真正的 SE 时，EMI 密封垫是最常用的解决辐射问题、敏感问题、ESD、电磁脉冲和 TEMPEST 问题的方法。

*已经把机箱泄漏确认为主要的辐射路径。

*啮合面不够光滑、平整或不够硬、本身无法提供良好的连接接触。

④ 窗口和通风板的 EMI 屏蔽：适合对孔径的屏蔽。

平面波的大概模型是：

$$SE \sim 104(-20 \lg l) - 20 \lg f$$

式中，SE 单位为 dB；l 为网格或网孔的尺寸，单位为 mm；f 单位为 MHz。当然，随着频率的下降，网孔的屏蔽效率 SE 的上限受限于金属本身。在近区场，对 H 场的屏蔽，其屏蔽功率 SHE 不受频率的影响，可由下式近似得出：

$$SE + 10 \lg(n r / l)$$

其中，r 为源到屏蔽罩之间的距离，l 为网孔尺寸，两者单位均为 mm。

⑤ 导电涂料：应用于在系统的塑料外壳建立 EMI 屏蔽罩、发送现有普通的或恶化的导电表面的屏蔽效能 SE、防止 ESD 或静电积累现象、增大结合面或密封垫片的接触面积。

⑥ 导电箔：铝是一种良导体，在 10MHz 以下没有吸收损耗，但它对于电场的任何频率都有较好的反射损耗。应用场合请参阅有关资料。

⑦ 导电布：可应用于任何 100kHz 到 GHz 级频率范围需要达到 30~30dB 衰减的立体屏蔽场合中。

3 电磁兼容性新器件新材料的应用

3.1 电源线滤波器

电源线滤波器安装在电源线与电子设备之间，用于抑制电能传输中寄生的电磁干扰，对提高设备的可靠性有重要作用。滤波器允许一些频率通过，而对其它频率的成份加以抑制。根据干扰源的特性、频率范围、电压和阻抗等参数及负载特性的要求，适当选择滤波器。

3.2 信号阻隔变压器

脉冲型（数字或晶闸管驱动）或模拟隔离式变压器与交流电源中使用的隔离变压器与交流电源中使用的隔离变压器的原理相同，但传输频带却完全不同，有用信号处理对变压器的一些性能要求（例如失真、3dB 带宽、损耗、对称性、阻抗、脉冲延时等）非常严格。这种变压器属于宽带设备，最高频率与最低频率的比值 f_{MAX}/f_{MIN} 达到数十倍。通过在发送端或接收端切断共模地环路，隔离变压器在不改变差模信号的同时抑制共模噪声。由于共模电压是加在变压器一次侧、二次侧的两边，这种隔离器必须具有较高的击穿电压：典型值为 1.5kV，某些场合则高达 10kV。

信号变压器的主要优点是它的简单、耐用、持久和线性，而且价格适中。当频率增加时，其电磁兼容性能下降。

应用场合：

- *当需要环路隔离时，其频率范围从直流到几十 MHz；
- *在低噪声和低失真条件下传输模拟小信号（ $< 10\text{mV}$ ）时，信号线上可能存在几 V 至几 kV 的共模电压；
- *在晶闸管应用电路中，将触发器驱动电路与共模电压隔离；
- *作为一个现场解决方案，可用来切断一个地环路和搭建一个平衡连接或非平衡连接传输线路。

3.3 电源隔离变压器、电源稳压器和不间断电源

（1）电源隔离变压器

普通的隔离变压器可以在低频范围切断主电源线的接地环路。当频率升高时，电气隔离由于一次侧间寄生电容 C1-2 的存在而下降。为了减少寄生电容的影响，可以使用落系、螺旋状、分立式的一次和二次绕组，这样可以将寄生电容减小为原为的 $1/3 \sim 1/10$ 。

（2）法拉第屏蔽变压器

在一次和二次线圈之间包着一层铝箔或铜箔，并使之不与线圈接触以免形成短路。法拉第屏蔽或静电屏蔽层接地。应用范围如下：

- *应用于入室电源或电源分配箱上，作为简单 1:1 的隔离变压器，隔离 50/60Hz 的地

环路；

*在同一系统中的某一部分重新产生对地保持中性的交流电源，与总电源分配点保持电气隔离；

*应用于当系统中存在很大的对地漏电电流时，防止过渡频繁触发系统中的接地故障检测器；

*可以与电源线滤波器结合使用，电源线滤波器的衰减特性仅开始于几十或几百 kHz 以上。

3.4 暂态抑制器

变阻器和固态变阻器（transzorbs）是具有非线性 V-I 特性曲线的元件，可以作为稳压元件。当电压通过该器件后就被箝位在等于或大于击穿电压 VBR 的电压值上。该器件的响应速度快，但在处理的能量值上有一定限制。

3.5 搭接、接地连续性和减少 RF 阻抗器件

①接地编织层或金属带宽而扁的导线比同样横截面积的圆导线具有较小的电感。作为优先的选择参考，可以使用：

*扁平金属带：

*带有扁平接地端子的扁平编织层：

*圆形、多股绞线的跳线。

②印制电路板（PCB）接地垫片。为了建立一个更直接的低阻抗电磁干扰电流接收器，需要使用接地垫片。通常在树脂型垫片中间有一个弹簧夹，用以在一边的 0V 铜板上和加一边 PCB 的安装底盘上提供较强的可靠压力。由于弹簧是铜锡材料制成的，电气接触性能良好，接触电阻为 mΩ 数量级。

③ 金属电缆线槽及其共用的金属编织层。金属电缆托架、公共导线和金属编织层的作用是传输几个相互连接的设备之间的部分接地 EMI 环流。可以把它看作是不同底盘或地线之间的共模短路通道，但实际上除了直流或交流 50/60Hz，这种方法不能应用于较长的距离；可用于计算机室、工厂车间或其它有许多非屏蔽电缆的大型场地，不可能或很难将它们换成屏蔽电缆或装入管道。

④ 地阻抗减小，垫高的金属底板接地衬垫。为了减少传导瞬态干扰的输入和周围环境射频场对系统的影响，可以通过设置室内参考接地板或接地网络加以改善。通过这种方法，可以很容易地在高达几百 MHz 的频率上达到 20dB 的改善，也可以减少在同一个房间里的不同设备之间的地电位偏差。

另一种技术：在室内，建议安装抬高的金属底板（RMF），利用地砖的筋条作为接地参考栅格；把塑料减震垫片换成导电减震垫片，就可以建立很好的、持久的电气连接。

⑤临时接地板。这种后各解决方案最初是 IBM 公司的安装规划工程师们使用的，即安装一块铜板或电镀钢板。对于那些没有“实际地”的场合，由于临时接地板与建筑结构之间有一定的电容（300~1000pF），这给电磁干扰滤波器、瞬态保护器和隔离变压器的法拉第屏蔽层提供了有效的吸收装置。在高频端，这种虚地比长的、绿的或黄绿的接地导线更有效。

结语

在实际 EMC 测试应用中，除了通过标准资格实验室的鉴定测试以外，还有两种可行的

方法也是被业界所认可的：TCF (Technical Construction File)和 Self Ceritification(自检证明)。抗干扰能力测试是十分实用的测试项目。实现电磁兼容的最好办法是，将所有的数字及模拟电路均视为对高频信号响应的电路，用高频设计方法来处理电屏蔽、PCB 布线

和共模滤波。采用整块地平面和电源面也很重要，对模拟电路也该如此，这样做有利于限制高频共模环路。大多数瞬态干扰均属高频，并产生很强的辐射能量。

公司 EMC 实验室建立

2007-09-08 15:21:59

根据国内外市场发展的需要，客户对电源产品在电磁兼容方面的要求会越来越高。我公司投入大量资金专门添置了 EMC 的专用测试设备，并根据测量环境的要求，实施实验室环境的改造。目前内部 EMC 实验室已正式运作，成为公司新产品研发的重要一环。同时，也专门聘请了在 EMC 领域的专家，为客户排忧解难。

- 1, EMC 实验室最好建在一楼或地下室，接地很关键，最好抗扰性地好发射地分开
- 2, 开始建前最好能测试一下周围的电磁环境
- 3, 根据公司的产品进行配电，并使其容量满足要求。

暂时想到这些，哈哈

10月31日至11月3日，EMC全球董事长、总裁兼首席执行官乔图斯访华，并出席了
位于北京的第二座研发中心的揭幕仪式，同时宣布在未来五年内在华投资追加
10亿美元。

以下为 EMC 中国研发总经理范承工讲话实录

范承工：

尊敬的朱炎主任，尊敬的熊四皓司长，尊敬的傅首清主任，新闻媒体的朋友，大家好！

欢迎参加我们 EMC 公司的新闻发布会，去年 6 月份 Joe Tucci 先生来中国，宣布投资 5 亿美元，在上海建立
研发中心。这一年来，我们研发工作发展非常迅速，现在我们有
300
多名工程师，进行核心项目的研发。这次 Joe Tucci 又一次来到中国，宣布他的决定，在华
加大投资力度，同时在北京建立中国研发中心。

我们还将在北京建立 EMC 中国实验室。EMC 中国实验室将是 EMC 在美国之外的第一个进 行基础研究的实验室。
在这里我非常荣幸给大家介绍我的两位同事。

艾佳斯先生，艾先生在 EMC 工作很多年，有卓越领导能力，他将担任北京研发中心的总 经理。

毛文波博士，毛文波在信息科学领域非常有名，非常权威的一位学者，他加入我们
公司，将负责指导我们 EMC 中国实验室的研究工作。

我们北京的研发中心和中国实验室，会在艾先生和毛博士的指导下逐步展开。我相信
EMC 在中国的事业将蓬勃的发展。

大家看到我们今天活动的名字叫长风破浪 云帆沧海，这是来自李白非常有名的一首诗。
为什么会有这个名字。当时我们想名字的时候，就想到这首诗，我觉得这首诗非常贴切的形
容我们 EMC 公司的情况。

长风就是信息爆炸增长，同时我们

中国经济和信息产业蓬勃发展，以及广泛合作伙伴对我们 EMC 的厚爱，汇聚成了长风，使
EMC 公司有着非常快速卓越的表现。

在纽约股市上 EMC 市值过去一年上升了 100%，EMC 中国在叶成辉领导下，中国团队也有 非常骄傲的业绩。这
样的形势下，我们中国研发中心的建立，希望为 EMC 公司再树起一面云
帆，使 EMC 这条船在信息的大海上破浪前进，直进沧海。

EMC

5 亿美元至

原创力文档

max.book118.com

预览与源文档一致,下载高清无水印

最后我代表 EMC 中国研发中心的各位同事，再次对各位表示欢迎，祝大家工作顺利，身体健康。

组建一个电磁兼容实验室的方法

来源：网络时间:2007-06-07 20:38:44 字体:[大中小] 收藏我要投稿

产品必须符合 EMC (电磁兼容) 要求, 欧洲规定: 销售违反电磁兼容法令 (89/336/EEC) 的产品将面临高额罚款, 因此, 商家越来越重视产品的电磁兼容性问题, 为了降低成本, 要根据公司需求和规模的不同, 组建一个 EMC 实验室, 本文介绍建设公司内部 EMC 测试设备的优点、缺点和方法。

组建一个电磁兼容实验室的最小需求取决于公司的需要和财务状况。通常, 公司将力求节省经费 (在设备和人力资源两方面), 并尽量降低风险。但有一点必须明白, 世界上不会有低成本、低风险和低 EMC 技术”这样的好事。工程师必须掌握高度的技巧, 才可能设计出具有相当性能的低成本设备。精度越低的产品, 其风险也会越高。

在组建一个公司内部 EMC 实验室时, 无论其规模大小如何, 都必须遵从一些最起码的指导原则。首先, 建成 EMC 实验室的房间或地方必须洁净, 没有无关物品, 完全专用于 EMC 测量。只要条件许可, 绝对需要一个由金属制成并可靠连接大地的地参考平面; 如果条件不允许 (如房间不在第一层), 至少应该接保护地系统。实验室内的所有金属物体必须可靠接地或予以清除。电源系统必须“净化”在电源进入 EMC 实验室之前的某处正确接入线滤波器)。

EMC 测试设备的配置

- 1) 传导发射测试——需要一台频谱分析仪 (或 EMI 接收器)、电缆和 LISN (线阻抗稳定网络, 手工制作或外购), 如果可能的话, 还应该有一个屏蔽房间 (最起码有一个屏蔽帐篷) 和一张距地面 80cm 的绝缘桌。
- 2) 辐射发射测试——需要同样的频谱分析仪或 EMI 接收器、一副天线、电缆和 OATS (开放区域测试场地或 (半) 电波暗室); 为测量干扰功率而制作或外购的吸收钳。
- 3) 谐波测试 (与闪烁测试) ——如果要进行完全兼容测试, 则需要专用设备 (专用谐波分析仪); 但如果仅为评估的话, 一台便携式谐波分析仪甚至一台能进行 FFT 评估的示波器就足够了。
- 4) ESD (静电释放) 抗扰度测试——只有 ESD 枪才能可靠评估该项测试的结果。
- 5) VSPACE=12 HSPACE=12 ALT=“图 2 : 辐射发射测试装置。” } 辐射电磁场抗扰度测试——需要与辐射发射测试类似的设备, 此外还需要信号发生器、放大器、衰减器、场强仪, 可能还需要一台计算机。
- 6) 传导骚扰抗扰度测试——需要的设备与 1) 和 5) 类似, 另外再加上 CND (异种耦合解耦网络), 但不需要天线。
- 7) 电快速瞬变 (EFT/Burst) 抗扰度测试。
- 8) 浪涌抗扰度测试。

9) 电源频率磁场抗扰度测试。

10) 电压骤降、短时中断与电压变化抗扰度测试。

从 7) 到 10) 的最后四项测试需要专用设备, 这些设备可从多个厂商买到。

值得注意的是, 测量设备的制造商和经销商通常提供执行不同测试的包装和 (或) 全套装置,

以及有关如何按照最新标准执行这些测试的指导甚至培训。 请向最近的当地销售代表查询设

备的性能和功用。大部分情况下, 设备都有根据标准要求预设的测试程序, 请首先阅读说明

手册。

公司内部预兼容测试

预兼容测试并无定义, 但最起码我们有理由假定测试必须在尽可能接近标准要求条件下进行。

1) 传导发射的测试

多年来, 电子产品制造商遇到的最困难的问题可能就是在传导发射方面, 因此本文首先就此

进行讨论。传导发射的测试装置如图 1 所示。

这个装置是根据 CISPR 22 (EN 55022) 组建的, 而且使用的设备必须符合 CISPR 16-1 的要

求。该装置主要包括: EUT (被测设备), 如果它是台式的, 必须安放在一个距地面 80cm 高

的绝缘桌上; 辅助设备 (外设), 按正常使用方式连接, 未使用的输入和输出必须正确端接, 多余的电缆必须截短,

或绕成直径 30~40cm 的一卷。频谱分析仪 (或 EMI 接收器) 在

0.15~30 MHz 的频率范围内必须具有 9kHz 的分辨率带宽 (RBW)。测量过程在 CISPR 16-1 和产品规范标准中有

详细描述, 如果正确执行, 其结果与第三方实验室的测试将

3) 谐波和

闪烁测试

谐波和闪烁测试没有环境方面的要求。只需将 EUT 连接到谐波分析仪的电源入口, 并根据

厂商的说明和标准的要求执行测试即可。 同样, 测试设备将包含一些已有的设置, 但工程师

必须确保这些测试设置符合自己产品的标准要求。如果评估时使用其他方法 (如便携式电源

谐波分析仪), 请仔细阅读标准要求, 然后再评估测量结果。

4) ESD 抗扰度测试

ESD 抗扰度测试对于大型设备可能并不是很重要。但在今天这个各种产品普遍小型化的时

代, ESD 测试已成为大部分设备的 “关键” EMC 测试之一, 例如对便携式计算器、MP3 和 MD

播放器、USB 存储棒、音频设备等等。其测试装置如图 3 所示。

由图可见, EUT 仍然安放在一张绝缘桌上, 位于 HCP (水平耦合平面, 由一种金属传导材料

制成) 上, 并通过一个绝缘抗静电衬垫与其隔离。 VCP (垂直耦合平面) 和 HCP 分别连接到地

参考平面, 每个连接端各使用一只 470 k Ω 的电阻。对于 EUT 的每个侧面和 VCP、HCP, 以

及 EUT 上每个用手能触摸到的金属表面, 分别使用锋利尖端进行接触放电 (直接放电), 通

常每个极性 5 次。对于机箱的所有塑料部分, 则利用圆形尖端进行空气放电 (间接放电)。

5) 辐射电磁场抗扰度的测试

辐射电磁场抗扰度的测试装置与辐射发射测试非常类似, 但是在这项测试中, 信号发生器和

功率放大器将馈送给天线, 以便在 EUT 附近产生 “均匀电磁场” (±6dB 在频率范围 80~1000

VSPACE=12 HSPACE=12 ALT=图 4 (a) 和 (b): 磁场探针、电场探针和一根管脚探针的实例。

> MHz、AM、1kHz、80%调制深度下为 3V/m 或 10V/m)。需要注意的是, 不同产品的频率范围也不相同。

6) 传导骚扰抗扰度测试

传导骚扰抗扰度测试的目的是在 EUT 端口输入建立 3V 电平 (有效值, 150 kHz~230 MHz、

AM、1kHz、80%调制深度)。信号发生器和功率放大器必须提供足够的功率, 以便 CDN 能

将信号耦合到被测线。由于测试项目 3)、7)、8)、9)、10) 使用的是高度专业化的设备, 如果实验室中有这些设备, 工程师无需太多操作, 只要正确连接 EUT 就可以了, 最重要的任务是监控 EUT 的工作方式。

如何进行近场测试

本文前面的介绍部分讲过, 近场测试非常适合产品开发阶段。在这个阶段, 标准测试方法或许能给出精确的结果, 但却无法显示问题的来源所在。在挑选元件时, 有些控制器芯片的辐射要比其他芯片低 40dB, 或具有更高的抗扰度。即使在产品开发完成, 执行兼容测试未通过之后, 标准测试方法也几乎无法给出有关问题来源的任何信息。

使用近场测试探针进行测量, 也可能使用缺陷检测器等。然而另一方面也必须了解, 近场测试探针(几乎)不能给出有关设备传导或辐射水平的任何信息, 其误差为 20~40dB。但近场测试探针可以保证一点: 每次使用时, 其测量结果总要好于前述的各种测量。为了通过近场测试探针大致了解产品是否能通过 EMC 测试, 需要在已经确知结果的样品上进行多次尝试。

图 4(a) 和 (b) 是一些磁场探针、电场探针和一根管脚探针的例子。它们的优点是容易制作, 外购也相当便宜。它们都使用 50Ω 的电缆, 并连接到一台(廉价的)频谱分析仪。

近场探针用来拾取电磁场的全部两个分量。虽然市场上有一些非常灵敏的电磁场场强仪, 但电磁场的近场场强并不太容易测量。它们无法给出辐射噪声频率成分的任何信息, 但可以方便地指出“问题分量”。近场探针在连接到频谱分析仪时, 还可给出频率成分信息。

磁场探针提供一个与磁射频(RF)场强成比例的输出电压。利用这个探针很容易找到电路的射频源。不过, 磁场的场强随距离迅速变化(成三次方关系)。另外, 探针的方向至关重要, 因为磁场方向一定是垂直于磁环路的。前面已经指出, 探针将不会给出太多的量化信息, 但对于某个元件(IC、开关三极管等), 随着探针距离元件越来越近, 探针的电压输出也将增大。

即使周围有许多元件, 通过研究原理图, 设计者也可以很容易地辨认出噪声源。如果工程师决定更换元件, 他将很容易测量出更换后的结果, 这使得在开始时选择可靠的元件成为可能。VSPACE=12 HSPACE=12 ALT="图 4(a) 和 (b): 磁场探针、电场探针和一根管脚探针的实例。">

管脚探针允许直接在 IC 管脚或 PCB 的细导线上鉴别噪声电压。还能方便地判断滤波器的效果, 尽管只是一种定性的判断。

管脚探针可以在滤波器的前、后分别进行接触测量, 并观察其效果情况。但工程师必须正确估计接触电容, 并选择电容较小的探针(不大于 10pF)。

电场探针可拾取共模电压和需要的信号。共模电压是辐射电压的一个重要来源。此外, 磁场探针无法拾取电场。可以证明, 使用全部三种探针是有益和省时的。

本文小结

本文介绍了拥有公司内部 EMC 测试设备的优点和缺点。总体而言, 除了设备成本、占用空间, 以及可能的人员培训这些投入之外, 拥有 EMC 能力并没有什么不利。无论如何, EMC 技术在产品开发中必不可少, 公司必须以某种方式进行这方面的投资(如依靠第三方咨询公司的服务), 忽视它的代价将是高昂的。

参考文献:

1. CISPR 16-1 and CISPR 16-2 Specification for Radio Disturbance and Immunity Measuring Apparatus and Methods.

2. EN 55022 Information Technology Equipment - Radio Disturbance characteristics - Limits and Methods of Measurement.

3. EMC Testi ng Part 1 to Part 6 by Eur Ing Keith Armstro ng and Tim Williams.

4. HAMEG GmbH web site, www.hameg.de

作者: Radu Cristian Gosav