

深圳市赛盛技术有限公司

EMC 技术期刊

(2006 年 5 月份期刊)

编辑: 深圳市赛盛技术有限公司期刊编辑部

主编: 吴卫兵

本期责任编辑: 杨志奇 蒋万良

支持网站: 华夏电磁兼容网 (网址: www.51emc.com)

地址: 广东省深圳市南山区科技园汇景豪苑海欣阁 27G **邮编:** 518057

电话: 0755-26966006 **传真:** 0755-26966817

E-mail: 51emc@163.com

如果需要订阅《EMC 技术期刊》，请填写真实的公司名称，姓名，联系电话，E-mail 等信息，发送邮件到: 51emc@163.com

※期刊摘要

◇ [行业动态](#)

◇ [整改案例](#)

◇ [技术文章](#)

◇ [知识点滴](#)

◇ [问题解答](#)

● 行业动态

我国医疗器械电磁兼容行业标准颁布实施

世界公众健康意识的不断增强，人口老龄化等发展趋势，推进了全球对高品质医疗产品的需求，如医疗监护类设备，电子成像和诊断仪器等。但大多数政府都已针对本国使用的医疗器械制订了相应的法规，以保护民众的安全。因此医疗器械要进入北美，欧洲或亚洲不同国家的市场，必须要满足相应的电磁兼容法规（如 EN60601-1-2），通过相应的认证（如 CE, FCC 认证等）。

同时随着 WTO 的加入，中国开始对进口及国内医疗器械类产品实行强制性认证。去年，我国医疗器械电磁兼容行业标准 **YY0505-2005（医用电气设备第 1-2 部分：安全通用要求-并列标准：电磁兼容-要求和试验方法）** 业已发布，并将于 **2007 年 4 月 1 日** 正式实施，到时如果产品测试不满足电磁兼容标准要求将不能进入国内市场！

但目前国内相关企业对电磁兼容和安全标准的了解程度有限，导致企业不能快速低成本的取得相关认证。同时许多企业面临这样一个现实问题：目前大多企业研发人员没有很好掌握 EMC 的设计方法，没有电磁兼容意识，同时企业研发系统没有建立一套完善的 EMC 流程，导致多数产品在后期不能顺利的通过测试与认证，影响了产品的上市进度。如果能从设计流程的早期阶段就导入正确 EMC 设计策略，同时研发工程师掌握正确的 EMC 设计方法，从产品设计源头解决 EMC 问题，将可以减少许多不必要的人力及研发成本，缩短产品上市周期。

赛盛技术7月21至23日深圳举办<<EMC工程设计研修班>>

在前面三期成功举办的 EMC 工程设计研修班的基础上，应广大企业研发工程师的要求，深圳市赛盛技术有限公司将于 **2006 年 7 月 21 日至 23 日在深圳举办<<EMC 工程设计高级研修班>>**，详情请登陆深圳市赛盛技术有限公司网站 (www.ses-tech.com)，诚邀各研发工程师报名参加……

● 整改案例

数码相机 EMC 定位测试辐射发射整改案例

深圳市赛盛技术有限公司 蒋万良 吴卫兵

此文章已经发表于<<中国电子质量>>杂志

在写作这篇文章之前，笔者先说一下这篇文章的写作背景，在前些时间，笔者经过朋友的介绍，说有一个厂家有一款数码相机在做 CE 认证，现在辐射发射测试在很多实验室都是超标 3dB 左右，但是已经用尽方法就是整改不下来，因此正在寻找对外技术合作，后来笔者参加这款数码相机的辐射发射定位测试整改工作，现在把定位整改分析过程以及数据写成一篇案例文章，和同行们进行一些经验共享。

先和大家说说这款数码相机的情况，此款数码相机对外有一个 USB 接口与电脑相连，产品为塑胶外壳，单板为双面板，在 PCCAMMA 模式下面测试不能够通过，那么在我们拿到样品的时候，进行了一些措施准备工作，然后去深圳附近的一家实验室进行定位测试。

一、本次试验的目的

- 1、使产品辐射超标的样品在深圳实验室能够模拟出来；
- 2、产品经过整改后辐射发射按照标准测试能够通过 EN55022 CLASS B 的要求；

二、定位测试最终结果

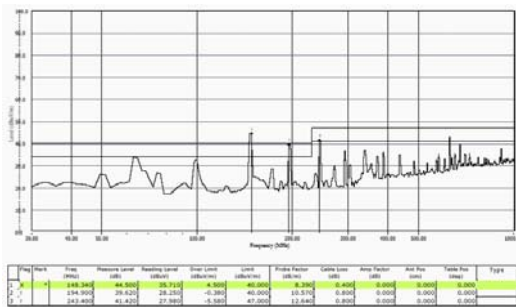
通过这次对辐射发射的摸底定位测试，对于测试频段 30MHz-1GHz 测试结果如下：

1. 经过从电缆, 单板接口和内部进行设计处理以后产品能够满足标准 EN55022 CLASS B 的要求；
2. 从测试过程和定位过程来看，产品超标主要由单板本身辐射过强和 USB 电缆设计不当引起。

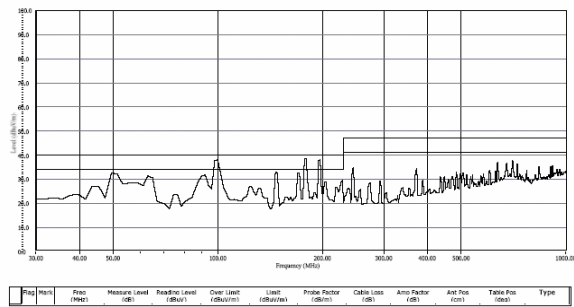
三、定位测试详细分析过程

- 1、**测试对策：**笔者刚刚拿到的原始机型，经过观察 USB 电缆采用单磁环，产品和电缆没有经过任何处理进行，146.40MHz 测试超标 4.50dB；

结果分析：能够重现超标现象，说明两边的实验室测试场地还是有一定的可比性；



天线水平极化方向

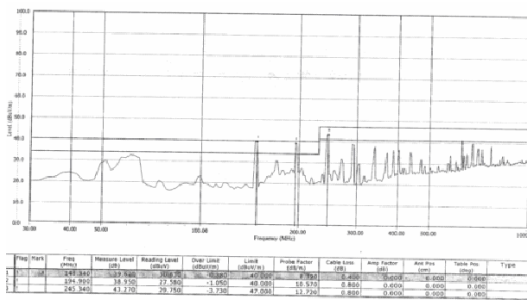


天线垂直极化方向

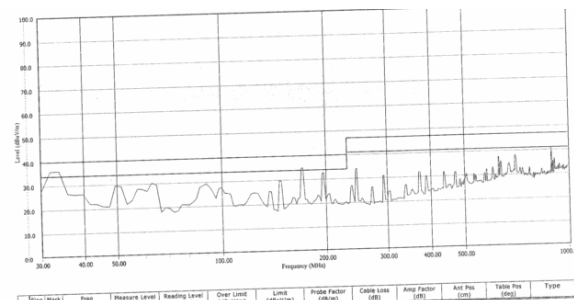
| Flag | Mark | Freq (MHz) | Measure Level (dBu/m) | Reading Level (dBu/m) | Over Limit (dBu/m) | Limit (dBu/m) | Probe Factor (dB/m) | Cable Loss (dB) | Ampl Factor (dB) | Ant Pos (cm) | Table Pos (cm) | Type |
|------|------|------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|---------------|---------------------|-----------------|------------------|--------------|----------------|------|
| 1 | | 99.840 | 38.080 | 24.340 | -1.920 | 40.000 | 13.140 | 0.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 2 | * | 179.380 | 38.400 | 27.950 | -1.600 | 40.000 | 9.850 | 0.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 3 | | 196.840 | 38.140 | 25.110 | -1.860 | 40.000 | 12.230 | 0.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |

2、测试对策：经过对USB电缆进行分析，发现USB屏蔽电缆的屏蔽层与USB的金属连接器只是单点搭接，因此我们对此进行整改为环形搭接，超标频点146MHz下降4.5dB；

结果分析：缆屏蔽采用环形搭接有一定的效果，但是还是不能够完全满足余量要求；



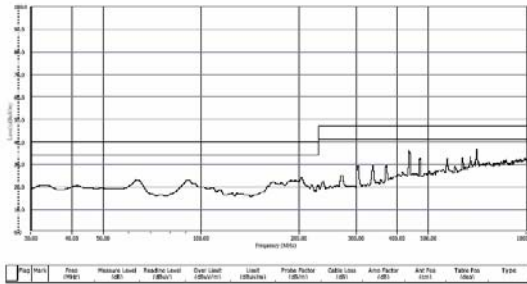
天线水平极化方向



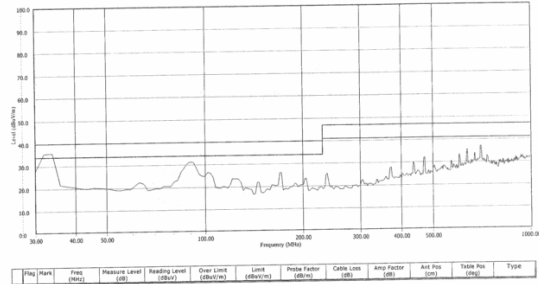
天线垂直极化方向

3、**测试对策：**把靠近数码相机侧的USB拔掉，就是PC带上USB电缆，看看超标频点是否由PC的USB接口辐射出来，测试结果很好；

结果分析：说明PC的EMI效果很好，超标频点主要还是由数码相机引起；



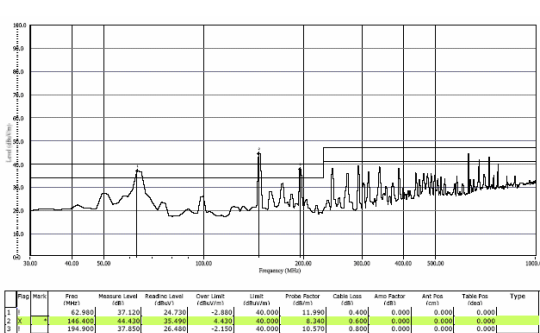
天线水平极化方向



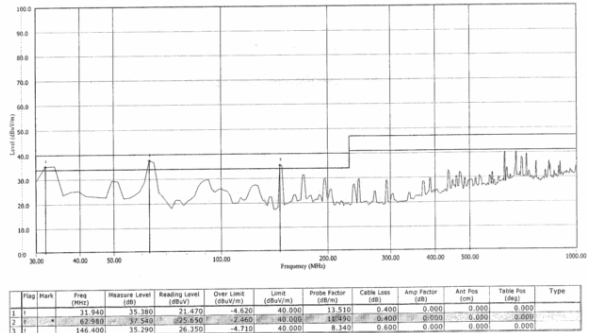
天线垂直极化方向

4、**测试对策：**更换另外一台数码相机样机进行试验，测试还是146.40MHz超标4.43dB；

结果分析：说明两台数码相机样品还是有一定的统一性；



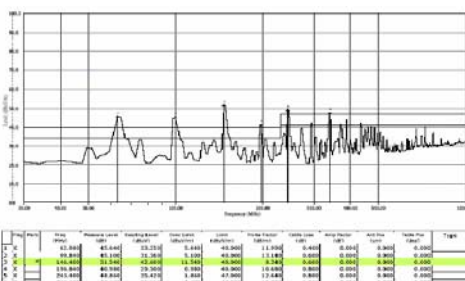
天线水平极化方向



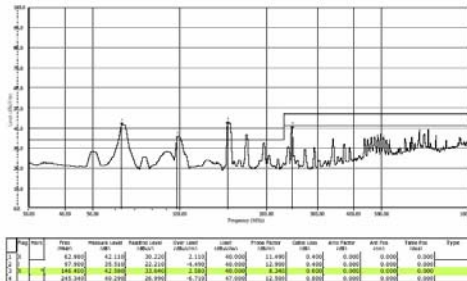
天线垂直极化方向

5、**测试对策：**更换编织密度为64%的USB电缆，没有增加磁环进行测试，99.54MHz超标5.10dB，146MHz超标11.54dB；

结果分析：说明只是增加USB电缆的编织密度，不增加磁环，不能够得到完全改善；



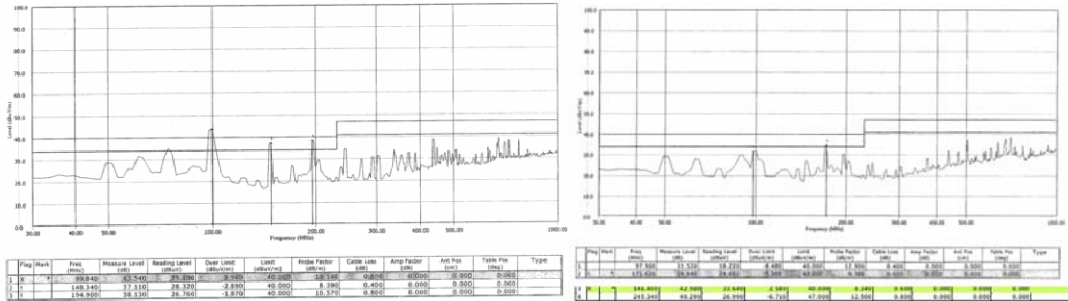
天线水平极化方向



天线垂直极化方向

6、**测试对策：**增加单个磁环在靠近数码相机侧的USB线缆上,高频下降,只有99.64MHz超标3.5dB;

结果分析：说明靠近相机侧的磁环不能够去掉,还是需要保留;

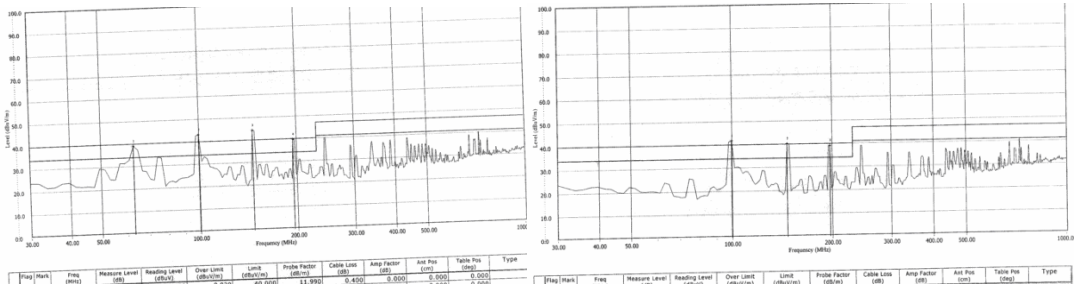


天线水平极化方向

天线垂直极化方向

7、**测试对策：**在PC侧也增加一个磁环,并且绕一圈,99.84MHz超标1.6dB,146.00MHz超标0.22dB;

结果分析：说明双磁环并不能够完全解决问题,按照正常如果只是由电缆辐射出来的话,这样应该能够完全解决,有可能由单板本身辐射出来就超标;

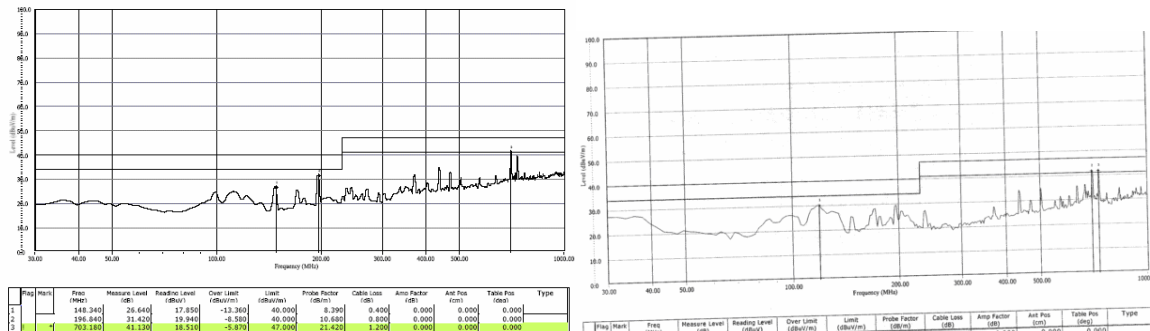


天线水平极化方向

天线垂直极化方向

8、**测试对策：**因此我们把数码相机放置到一个自制的金属罩里面,完全下降,并且最低频点都有5.8dB余量;

结果分析：说明单板本身辐射很强,单单靠外部USB电缆不能够解决所有超标问题;

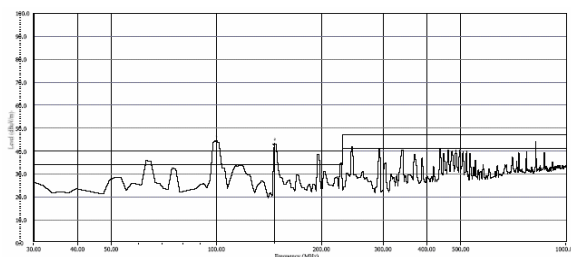


天线水平极化方向

天线垂直极化方向

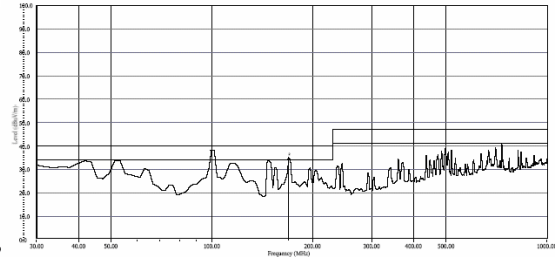
9、**测试对策：**结果对单板的原理图进行分析，发现单板上所有滤波电容都是0.1uF，按照正常情况1.1uF的电容器只是对10多MHz的频率有滤波效果，对于高频没有滤波作用，单板上没有对100MHz左右高频进行能够滤波的高频小电容，因此我们对单板上面的主芯片以及USB等的电源管脚都增加了560pF的对地电容，由于晶体的频率较低，因此在晶体信号线上增加磁珠，相机侧的USB电缆上增加了1个磁环，测试99.64MHz超标4.29dB，146.40MHz超标2.8dB；

结果分析：说明只是在单板上增加以上所有措施，并且配合USB上面的单磁环不能够完全解决问题；



| Flag | Mark | Freq (MHz) | Measure Level (dBm) | Reading Level (dBm) | Over Limit (dB(uv)) | Limit (dB(uv)) | Probe Factor (dB) | Cable Loss (dB) | Att Factor (dB) | Att Pos (cm) | Table Pos (cm) | Type |
|------|------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------|
| 1 | K | 99.64 | 44.29 | 36.55 | 4.29 | 40.00 | 13.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2 | K | 146.40 | 42.80 | 33.94 | 2.80 | 40.00 | 8.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

天线水平极化方向

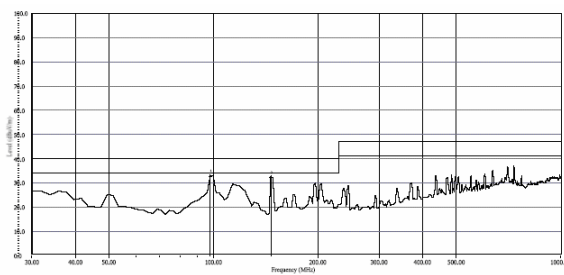


| Flag | Mark | Freq (MHz) | Measure Level (dBm) | Reading Level (dBm) | Over Limit (dB(uv)) | Limit (dB(uv)) | Probe Factor (dB) | Cable Loss (dB) | Att Factor (dB) | Att Pos (cm) | Table Pos (cm) | Type |
|------|------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------|
| 1 | K | 99.64 | 38.12 | 28.38 | -1.88 | 40.00 | 13.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2 | K | 146.40 | 34.37 | 24.51 | -5.62 | 40.00 | 8.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

天线垂直极化方向

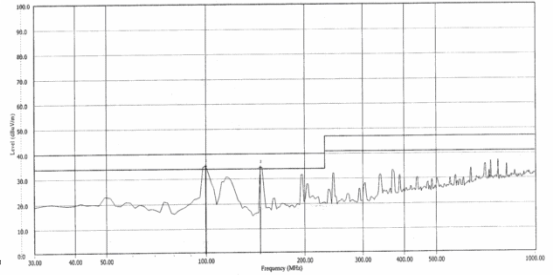
10、**测试对策：**在以上单板和电缆采取的措施基础上，在PC侧也增加磁环，所有频点下降，最低频点余量有4.8dB；

结果分析：说明单板上需要进行滤波处理，至此说明，在改进电缆屏蔽密度与屏蔽层与USB的搭接方式，同时USB电缆采取双磁环以及单板上增加560pF的高频电容进行滤波的基础上可以解决问题。



| Flag | Mark | Freq (MHz) | Measure Level (dBm) | Reading Level (dBm) | Over Limit (dB(uv)) | Limit (dB(uv)) | Probe Factor (dB) | Cable Loss (dB) | Att Factor (dB) | Att Pos (cm) | Table Pos (cm) | Type |
|------|------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------|
| 1 | K | 99.64 | 32.21 | 19.41 | -7.24 | 40.00 | 13.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2 | K | 146.40 | 32.21 | 23.27 | -7.79 | 40.00 | 8.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

天线水平极化方向



| Flag | Mark | Freq (MHz) | Measure Level (dBm) | Reading Level (dBm) | Over Limit (dB(uv)) | Limit (dB(uv)) | Probe Factor (dB) | Cable Loss (dB) | Att Factor (dB) | Att Pos (cm) | Table Pos (cm) | Type |
|------|------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------|
| 1 | K | 99.64 | 28.18 | 20.48 | -4.82 | 40.00 | 13.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2 | K | 146.40 | 34.66 | 23.72 | -3.34 | 40.00 | 8.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

天线垂直极化方向

四、最终整改方案

通过以上定位分析过程，要解决这款数码相机的辐射发射超标的问题，单单从改善电缆的屏蔽密度、搭接方式和增加双磁环并不能够完全解决问题，还必须要配合PCB单板进行整体对高频增加560pF的滤波小电容才能够解决问题，最后最终需要采用的整改方案措施如下：

一方面，按照现场以及上面分析结果，USB 电缆需要进行如下措施整改：

- 1、USB 电缆的屏蔽密度内成采用锡箔屏蔽,外层需要改为 64%编织密度；
- 2、注意在 USB 电缆接口处屏蔽层与 USB 接口需要采用 360 环绕搭接；
- 3、电缆的两侧需要各增加一个磁环；

另一方面，从现场测试,单板本身对高频几个超标频点影响比较大,具体整改措施如下：

- 1、USB 电源接口的 5V 电源串磁珠和对外壳增加 1000pF 电容；
- 2、USB 差分线接口处增加 100pF 电容；
- 3、晶体管脚串磁珠；
- 4、单板上目前 0.1uF 的电容两侧都增加 560pF 的电容,进行高频滤波；
- 5、USB 的 5V 环绕走线部分中间对地增加了两个 1000pF 的电容；

● 技术文章

某款产品的 PCB 阶段的电磁兼容 EMC 设计

深圳市赛盛技术有限公司 (www.ses-tech.com)

吴卫兵 蒋万良

此文章已经发表于<<中国电子质量>>杂志

摘要：本文介绍了在单板 PCB 设计过程中的一些 EMC 设计注意要点，并举了一些实际的例子进行说明。

关键词：PCB 设计；电磁兼容设计；EMC 设计；

一、引言：

自从中国加入 WTO 以来，世界的电子产品的研制、生产、制造逐渐往中国地区转移，这样越来越多的产品进入到世界各地。但电子产品要进入国内国际市场，必须通过电磁兼容测试，取得相应的电磁兼容认证。如进入欧洲市场必须要求进行 CE 认证，其中就包含电磁兼容与安全测试。在多项电磁兼容测试项目中，辐射骚扰测试是令厂家最头疼的一项，大部分产品都不能够测试通过。因为随着数字电路的广泛应用以及设备工作频率越来越高，同时系统越来越复杂，导致数字设备的辐射骚扰抑制越来越棘手。

解决电子设备的辐射骚扰有多种办法，如通过结构屏蔽措施解决，但这个成本高，而且前期不容易确定。PCB 是产生 EMI（电磁干扰）的源头，所以 PCB 设计直接关系到电子产品的电磁兼容性。如果在 PCB 设计时就对 EMC/EMI 给以重视，将大大缩短产品的研发周期，加快产品上市时间，降低产品的成本，从而为公司带来更好的效益。

下面就一款数据网络通讯产品在 PCB 设计过程中，硬件工程师容易忽视的一些问题进行举例。通过产品的 EMC 检视发现这些问题，并进行改进，使得在 PCB 设计阶段进行 EMC 设计控制，就是从源头进行设计控制，有效的进行电磁干扰抑制，减少产品 EMI 超标的可能。

二、布局阶段：

每一个单板在设计之前必须进行层叠结构设计，特别是复杂系统单板，单板的层叠结构设置取决于单板上元器件的密度、产品整机的 EMC 设计要求。层叠结构设置不好会导致单板 EMI 大幅度超标。

这款产品是多层板，根据其具体情况，我们设计了层叠结构为 6 层，主要是降低成本、同时考

考虑到系统结构是金属屏蔽，方面考虑。具设置如下：

- 1 Signal 1 元件面、微带走线层，相对较好的走线层
- 2 Ground 地层，较好的电磁波吸收能力，是高频信号的回流平面
- 3 Signal 2 带状线走线层，好的走线层
- 4 Signal 3 带状线走线层，好的走线层，需要注意与第 3 层不要相互串扰，同时注意不要跨第 5 层的电源分割区域
- 5 Power 电源平面，具有较大的电源阻抗，是高频信号的回流平面
- 6 Signal 4 微带走线层，相对好的走线层

在 PCB 设计中，元器件布局是一个重要的环节，布局结果的好坏将直接影响布线的效果，合理的元器件布局是 PCB 设计成功的第一步。关键器件必须按照信号流向放置；以每个功能电路的核心元件为中心，围绕它来进行布局。元器件应均匀、整齐、紧凑地排列在 PCB 上。尽量减少和缩短各元器件之间的引线 and 连线长度。电源靠近电源模块输入口放置，减少内部连接线缆长度。

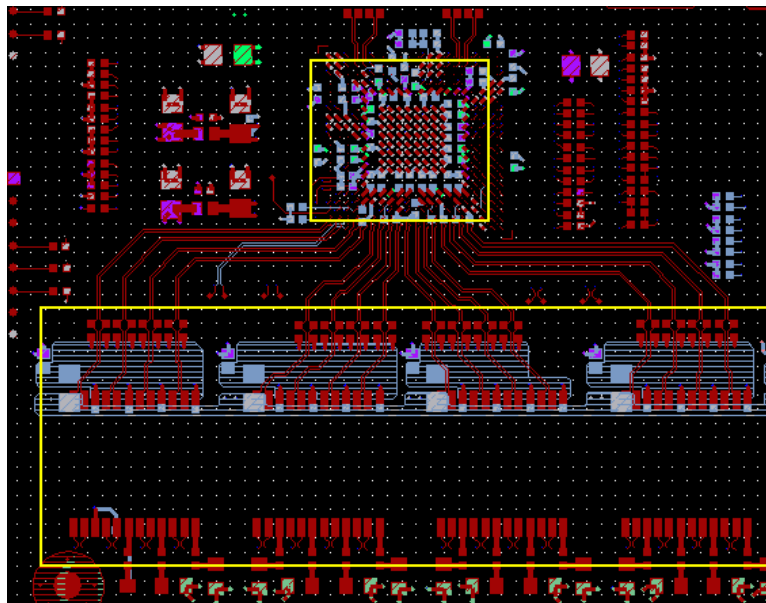


图 1 元器件布局

单板上高频辐射源不要靠近接口，不要靠近通风孔，以及电源输入线缆等，下图中方框标出的为产品晶振，在布局阶段考虑放置在单板的中间，不靠近接口等位置。

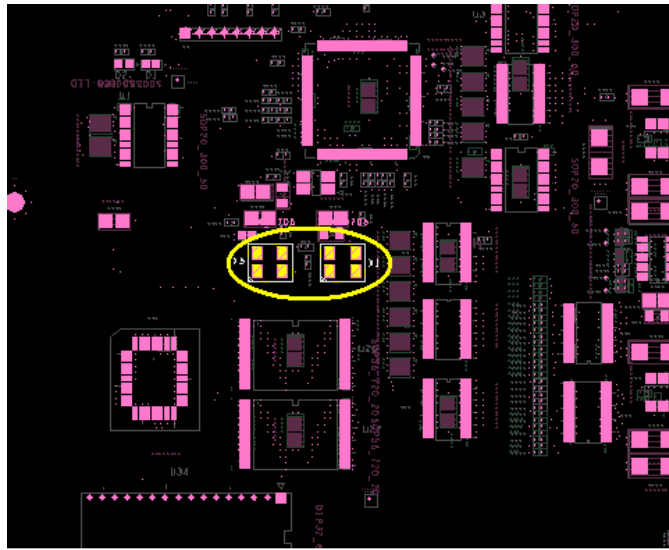


图 2 元器件布局

单板上高速数字电路的滤波电容，对于抑制高速数字芯片如 CPU 等具有关键作用，因此在布局阶段需要考虑滤波电容与被滤波芯片要尽量靠近放置，确保滤波效果。如下图 3 所示，高亮框出的为滤波电容，靠近了芯片的电源管脚这样减少了走线路径。

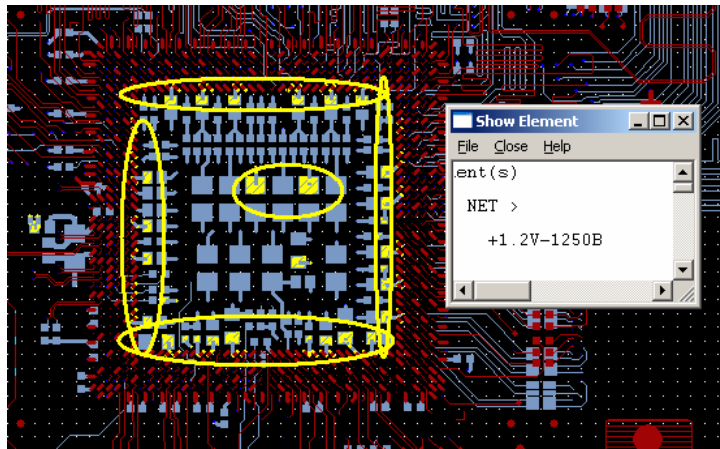


图 3 元器件布局

在 PCB 布局阶段一定要综合考虑各种情况，否则后续的布线阶段重新修改或导致最终产品不能顺利转产的概率就会很高。

三、布线设计

单板布局阶段，完成了层叠结构，重要元器件的布置摆放后，接着就进行布线。在布线有些关键地方需要重视，对单板的 EMC 性能影响很大。

走线之间不能相互有串扰，下图中 4 相邻层差分走线相互投影重叠，容易导致相互之间耦合串扰，需要移开一定的距离。

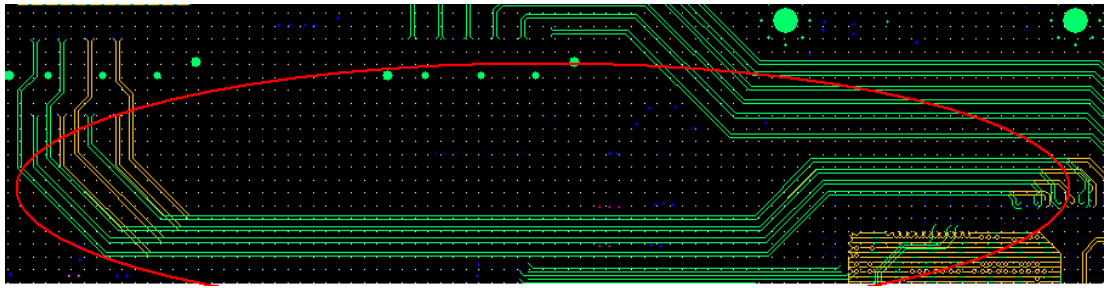


图 4 单板布线

高速数字信号在走线过程中需要有一个完整的地或电源平面保证其回流。但实际过程中电源平面或地平面需要分割，这时就一定要注意走线不能跨分割，这样会导致回流面积增大，对外辐射增强；下面两个图 5 和图 6 就是在布线过程中没有注意高速走线跨分割问题，需要改善走线。

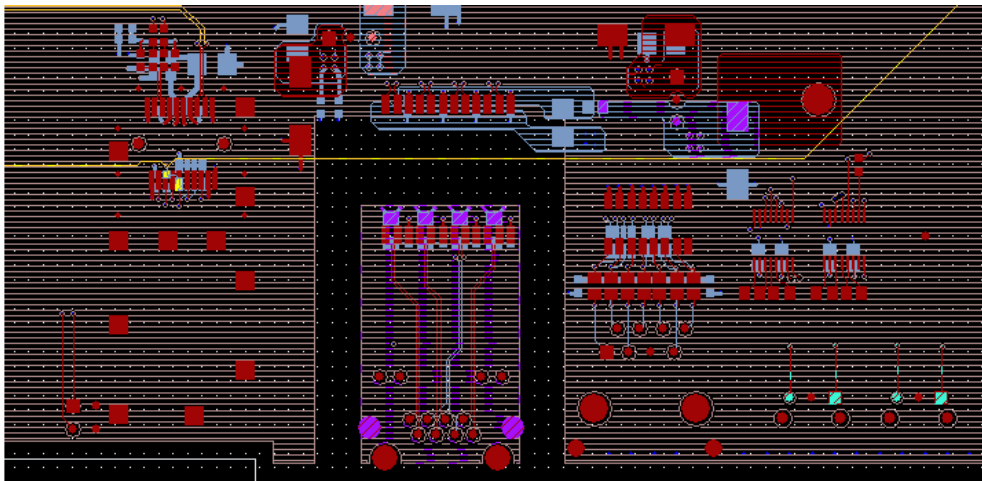


图 5 单板布线

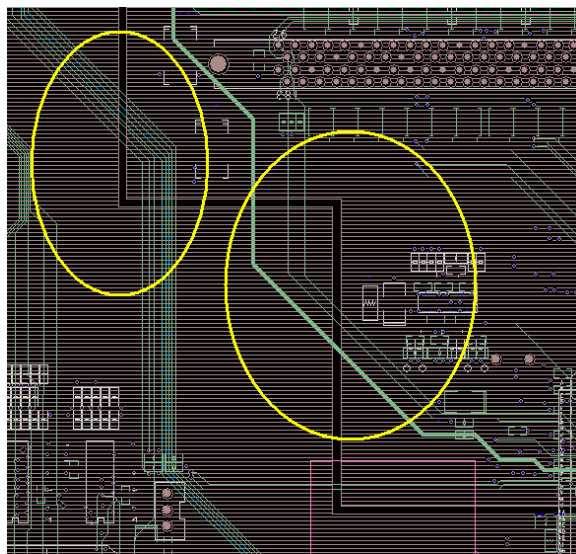


图 6 单板布线

有些单板接口使用了变压器耦合的方式，保证变压器初次级之间共模干扰信号相互隔离。但在

PCB 走线过程中应当注意变压器下面不能走大平面，同时不能布与接口无关的走线。具体如下图 7 所示。

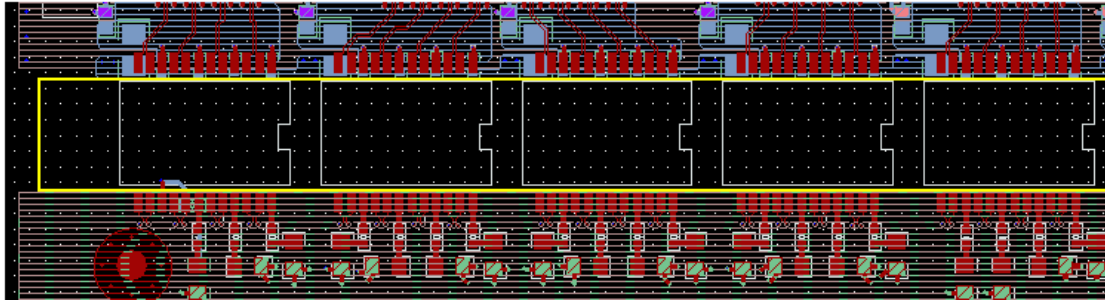


图 7 单板布线

单板上晶振是很强的辐射源，除了对晶振的电源进行滤波处理，信号走线进行控制外，在晶振外壳下方投影面积范围之内应该铺大面积铜皮，为高频干扰通路提供回流路径。具体如下图 8 所示。

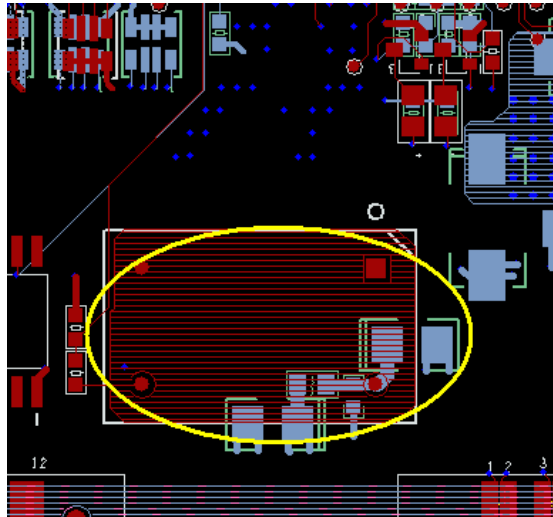


图 8 单板布线

PCB 单板上接口连接器很多，而且都是金属壳体，这时应该注意，金属壳体接地管脚需要接地处理，不能够悬空！如下图 9 的 RJ45 连接器的金属固定管脚接了机壳地。

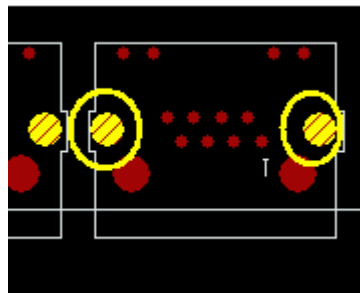


图 9 单板布线

本单板上有一些高速时钟走线，布线时建议不要在表层走线，尽量在第 3 层进行走线，这样能

够减小对外的辐射。如下图 10 所示，高速时钟信号布在内层。

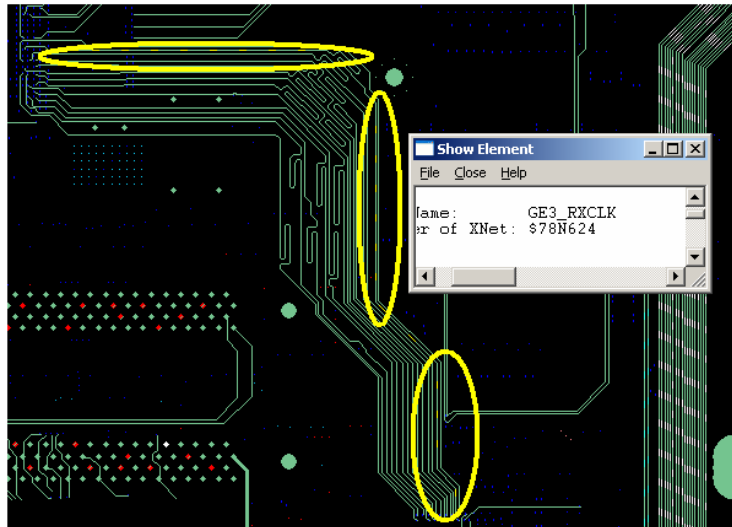


图 10 单板布线

在单板上布完所有走线后，并且经过审查没有走线问题后，可以在单板表层以及地层空白部分进行铺接地铜皮，注意接地的过孔要多。如下图 11 所示：

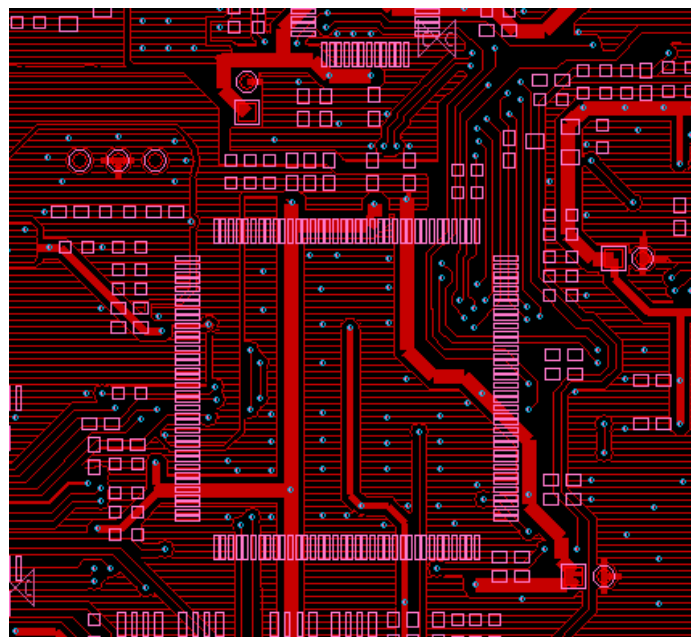


图 11 单板布线

四、结束语

单板的 PCB 设计对单板以及系统的 EMC 性能至关重要，因此在研发前期 PCB 设计阶段的布局、布线特别注意一些 EMC 设计规则实施，并且由专门的 EMC 工程师监控检验，这样可以保证整机的 EMC 测试时顺利通过！

作者简介:

吴卫兵 男 1973 年出生, 深圳市赛盛技术有限公司 (公司网站: www.ses-tech.com) 从事硬件设计以及电磁兼容测试、电磁兼容设计、电磁兼容整改、培训近 9 年经验。

参考文献:

国外 MARK I.MONTROSE 的《Printed Circuit Board Design Techniques for EMC Compliance》书

● 知识点滴

1. 为什么要对产品做电磁兼容设计？

答：满足产品功能要求、减少调试时间，使产品满足电磁兼容标准的要求，使产品不会对系统中的其它设备产生电磁干扰。

2. 对产品做电磁兼容设计可以从哪几个方面进行？

答：电路设计（包括器件选择）、软件设计、线路板设计、屏蔽结构、信号线/电源线滤波、电路的接地方式设计。

3. 在电磁兼容领域，为什么总是用分贝（dB）的单位描述？

答：因为要描述的幅度和频率范围都很宽，在图形上用对数坐标更容易表示，而 dB 就是用对数表示时的单位。

4. 为什么频谱分析仪不能观测静电放电等瞬态干扰？

答：因为频谱分析仪是一种窄带扫频接收机，它在某一时刻仅接收某个频率范围内的能量。而静电放电等瞬态干扰是一种脉冲干扰，其频谱范围很宽，但时间很短，这样频谱分析仪在瞬态干扰发生时观察到的仅是其总能量的一小部分，不能反映实际的干扰情况。

5. 在现场进行电磁干扰问题诊断时，往往需要使用近场探头和频谱分析仪，怎样用同轴电缆制作一个简易的近场探头？

答：将同轴电缆的外层（屏蔽层）剥开，使芯线暴露出来，将芯线绕成一个直径 1~2 厘米小环（1~3 匝），焊接在外层上。

6. 测量人体的生物磁信息是一种新的医疗诊断方法，这种生物磁的测量必须在磁场屏蔽室中进行，这个屏蔽室必须能屏蔽从静磁场到 1GHz 的交变电磁场，请提出这个屏蔽室的设计方案。

答：首先考虑屏蔽材料的选择问题，由于要屏蔽频率很低的磁场，因此要使用高导磁率的材料，比如坡莫合金。由于坡莫合金经过加工后，导磁率会降低，必须进行热处理。因此，屏蔽室要作成拼装式的，由板材拼装而成。事先将各块板材按照设计加工好，然后进行热处理，运输到现场，十分小心的进行安装。每块板材的结合处要重叠起来，以便形成连续的磁通路。这样构成的屏蔽室能够对低频磁场有较好的屏蔽效能，但缝隙会产生高频泄漏。为了弥补这个不足，在坡莫合金屏蔽室的外层用铝板焊接成第二层屏蔽，对高频电磁场起到屏蔽作用。

7. 设计屏蔽机箱时，根据哪些因素选择屏蔽材料？

答：从电磁屏蔽的角度考虑，主要要考虑所屏蔽的电场波的种类。对于电场波、平面波或频率较高的磁场波，一般金属都可以满足要求，对于低频磁场波，要使用导磁率较高的材料。

8. 机箱的屏蔽效能除了受屏蔽材料的影响以外，还受什么因素的影响？

答：受两个因素的影响，一是机箱上的导电不连续点，例如孔洞、缝隙等；另一个是穿过屏蔽箱的

导线，如信号电缆、电源线等。

9. 屏蔽磁场辐射源时要注意什么问题？

答：由于磁场波的波阻抗很低，因此反射损耗很小，而主要靠吸收损耗达到屏蔽的目的。因此要选择导磁率较高的屏蔽材料。另外，在做结构设计时，要使屏蔽层尽量远离辐射源（以增加反射损耗），尽量避免孔洞、缝隙等靠近辐射源。

10. 在设计屏蔽结构时，有一个原则是：尽量使机箱内的电缆远离缝隙和孔洞，为什么？

答：由于电缆近旁总是存在磁场，而磁场很容易从孔洞泄漏（与磁场的频率无关）。因此，当电缆距离缝隙和孔洞很近时，就会发生磁场泄漏，降低总体屏蔽效能。

● 问题解答

欢迎各位读者对我们的期刊提出改进意见和建议，对想了解的知识问题提出来，以便我们后续改进。

如有什么技术问题也欢迎给我们回复邮件或者在我们的技术支持网站——华夏电磁兼容论坛 (www.51emc.com) 提出，我们会有技术工程师专门解答，对于问题问的较多的，我们将在下一期中罗列出来统一解答！

欢迎你的来电和邮件垂询，希望“我们的努力，值得你期待！”

我们将竭诚为您服务，打造一流的EMC技术服务！

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP) 公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习! ...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>



CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>