

PCB叠层结构知识

较多的 PCB 工程师,他们经常画电脑主板,对 Allegro 等优秀的工具非常的熟练,但是,非常可惜的是,他们居然很少知道如何进行阻抗控制,如何使用工具进行信号完整性分析,如何使用 IBIS 模型。我觉得真正的 PCB 高手应该还是信号完整性专家,而不仅仅停留在连连线,过过孔的基础上。对布通一块板子容易,布好一块好难。

小资料

对于电源、地的层数以及信号层数确定后,它们之间的相对排布位置是每一个 PCB 工程师都不能回避的话题:

层的排布一般原则:

元件面下面(第二层)为地平面,提供器件屏蔽层以及为顶层布线提供参考平面;

所有信号层尽可能与地平面相邻;

尽量避免两信号层直接相邻;

主电源尽可能与其对应地相邻;

兼顾层压结构对称。

对于母板的层排布,现有母板很难控制平行长距离布线,对于板级工作频率在 50MHZ 以上的(50MHZ 以下的情况可参照,适当放宽),建议排布原则:

元件面、焊接面为完整的地平面(屏蔽);

无相邻平行布线层;

所有信号层尽可能与地平面相邻;

关键信号与地层相邻,不跨分割区。

注:具体 PCB 的层的设置时,要对以上原则进行灵活掌握,在领会以上原则的基础上,根据实际单板的需求,如:是否需要一关键布线层、电源、地平面的分割情况等,确定层的排布,切忌生搬硬套,或抠住一点不放。

以下为单板的排布的具体探讨:

*四层板,优选方案 1,可用方案 3

方案 电源层数 地层数 信号层数 1 2 3 4

1 1 1 2 S G P S

2 1 2 2 G S S P

3 1 1 2 S P G S

方案 1 此方案四层 PCB 的主选层设置方案,在元件面下有一地平面,关键信号优选布 TOP 层;至于层厚设置,有以下建议:

满足阻抗控制芯板(GND 到 POWER)不宜过厚,以降低电源、地平面的分布阻抗;保证电源平面的去藕效果;为了达到一定的屏蔽效果,有人试图把电源、地平面放在 TOP、BOTTOM 层,即采用方案 2:

此方案为了达到想要的屏蔽效果,至少存在以下缺陷:

电源、地相距过远,电源平面阻抗较大

电源、地平面由于元件焊盘等影响,极不完整

由于参考面不完整,信号阻抗不连续

实际上,由于大量采用表贴器件,对于器件越来越密的情况下,本方案的电源、地几乎无法作为完整的参考平面,预期的屏蔽效果很难实现;方案 2 使用范围有限。但在个别单板中,方案 2 不失为最佳层设置方案。

以下为方案 2 使用案例:

案例（特例）：设计过程中，出现了以下情况：

- A、整板无电源平面，只有 GND、PGND 各占一个平面；
- B、整板走线简单，但作为接口滤波板，布线的辐射必须关注；
- C、该板贴片元件较少，多数为插件。

分析：

- 1、由于该板无电源平面，电源平面阻抗问题也就不存在了；
- 2、由于贴片元件少（单面布局），若表层做平面层，内层走线，参考平面的完整性基本得到保证，而且第二层可铺铜保证少量顶层走线的参考平面；
- 3、作为接口滤波板，PCB 布线的辐射必须关注，若内层走线，表层为 GND、PGND，走线得到很好的屏蔽，传输线的辐射得到控制；

鉴于以上原因，在本板的层的排布时，决定采用方案 2，即：GND、S1、S2、PGND，由于表层仍有少量短走线，而底层则为完整的地平面，我们在 S1 布线层铺铜，保证了表层走线的参考平面；五块接口滤波板中，出于以上同样的分析，设计人员决定采用方案 2，同样不失为层的设置经典。

列举以上特例，就是要告诉大家，要领会层的排布原则，而非机械照搬。

方案 3：此方案同方案 1 类似，适用于主要器件在 BOTTOM 布局或关键信号底层走线的情况；一般情况下，限制使用此方案；

*六层板，优选方案 3，可用方案 1，备用方案 2、4

方案	电源	地	信号	1	2	3	4	5	6
#1	1	1	4	S1	G	S2	S3	P	S4
#2	1	1	4	S1	S2	G	P	S3	S4
#3	1	2	3	S1	G1	S2	G2	P	S3
#4	1	2	3	S1	G1	S2	G2	P	S3

对于六层板，优先考虑方案 3，优选布线层 S2（stripline），其次 S3、S1。主电源及其对应的地布在 4、5 层，层厚设置时，增大 S2-P 之间的间距，缩小 P-G2 之间的间距（相应缩小 G1-S2 层之间的间距），以减小电源平面的阻抗，减少电源对 S2 的影响；

在成本要求较高的时候，可采用方案 1，优选布线层 S1、S2，其次 S3、S4，与方案 1 相比，方案 2 保证了电源、地平面相邻，减少电源阻抗，但 S1、S2、S3、S4 全部裸露在外，只有 S2 才有较好的参考平面；

对于局部少量信号要求较高的场合，方案 4 比方案 3 更适合，它能提供极佳的布线层 S2。

*八层板：优选方案 2、3、可用方案 1

方案	电源	地	信号	1	2	3	4	5	6	7	8
#1	1	2	5	S1	G1	S2	S3	P	S4	G2	S5
#2	1	3	4	S1	G1	S2	G2	P	S3	G3	S4
#3	2	2	4	S1	G1	S2	P1	G2	S3	P2	S4
#4	2	2	4	S1	G1	S2	P1	P2	S3	G3	S4
#5	2	2	4	S1	G1	P1	S2	S3	G2	P2	S4

对于单电源的情况下：

方案 2 比方案 1 减少了相邻布线层，增加了主电源与对应地相邻，保证了所有信号层与地平面相邻，代价是：牺牲一布线层；

对于双电源的情况：

推荐采用方案 3，方案 3 兼顾了无相邻布线层、层压结构对称、主电源与地相邻等优点，但 S4 应减少关键布线；

方案 4：无相邻布线层、层压结构对称，但电源平面阻抗较高；应当适当加大 3-4、5-6，缩小 2-3、6-7

之间层间距；

方案 5：与方案 4 相比，保证了电源、地平面相邻；但 S2、S3 相邻，S4 以 P2 作参考平面；对于底层关键布线较少以及 S2、S3 之间的线间窜扰能控制的情况下此方案可以考虑；

*十层板：推荐方案 2、3、可用方案 1、4

方案 3：扩大 3-4 与 7-8 各自间距，缩小 5-6 间距，主电源及其对应地应置于 6、7 层；优选布线层 S2、S3、S4，其次 S1、S5；本方案适合信号布线要求相差不大的场合，兼顾了性能、成本；推荐大家使用；但需注意避免 S2、S3 之间平行、长距离布线；

方案 4：EMC 效果极佳，但与方案 3 比，牺牲一布线层；在成本要求不高、EMC 指标要求较高、且必须双电源层的关键单板，建议采用此种方案；优选布线层 S2、S3，对于单电源层的情况，首先考虑方案 2，其次考虑方案 1。方案 1 具有明显的成本优势，但相邻布线过多，平行长线难以控制；

*十二层板：推荐方案 2、3，可用方案 1、4、备用方案 5

方案 2、4 具有极好的 EMC 性能，方案 1、3 具有较佳的性价比；

以上层排布作为一般原则，仅供参考，具体设计过程中大家可根据需要的电源层数、布线层数、特殊布线要求信号的数量、比例以及电源、地的分割情况，结合以上排布原则灵活掌握。

EMC 问题

在布板的时候还应该注意 EMC 的抑制！这很不好把握，分布电容随时存在！

如何接地：

PCB 设计原本就要考虑很多的因素，不同的环境需要考虑不同的因素。

地的分割与汇接

接地是抑制电磁干扰、提高电子设备 EMC 性能的重要手段之一。正确的接地既能提高产品抑制电磁干扰的能力，又能减少产品对外的 EMI 发射。

接地的含义

电子设备的“地”通常有两种含义：一种是“大地”（安全地），另一种是“系统基准地”（信号地）。接地就是指在系统与某个电位基准面之间建立低阻的导电通路。“接大地”就是以地球的电位为基准，并以大地作为零电位，把电子设备的金属外壳、电路基准点与大地相连接。

把接地平面与大地连接，往往是出于以下考虑：

- A、提高设备电路系统工作的稳定性；
- B、静电泄放；
- C、为工作人员提供安全保障。

接地的目的

- A、安全考虑，即保护接地；
- B、为信号电压提供一个稳定的零电位参考点（信号地或系统地）；
- C、屏蔽接地。

基本的接地方式

电子设备中有三种基本的接地方式：单点接地、多点接地、浮地。

单点接地：

单点接地是整个系统中，只有一个物理点被定义为接地参考点，其他各个需要接地的点都连接到这一点上。适用于频率较低的电路中（1MHz 以下）。若系统的工作频率很高，以致工作波长与系统接地引线的长度可比拟时，单点接地方式就有问题了。当地线的长度接近于 $1/4$ 波长时，它就象一根终端短路的传输线，地线的电流、电压呈驻波分布，地线变成了辐射天线，而不能起到“地”的作用。

为了减少接地阻抗，避免辐射，地线的长度应小于 $1/20$ 波长。在电源电路的处理上，一般可以考虑单点接地。对于大量采用的数字电路的 PCB，由于其含有丰富的高次谐波，一般不建议采用单

点接地方式。

多点接地：

多点接地是指设备中各个接地点都直接接到距它最近的接地平面上，以使接地引线的长度最短。

多点接地电路结构简单，接地线上可能出现的高频驻波现象显著减少，适用于工作频率较高的（>10MHZ）场合。但多点接地可能会导致设备内部形成许多接地环路，从而降低设备对外界电磁场的抵御能力。在多点接地的情况下，要注意地环路问题，尤其是不同的模块、设备之间组网时。

地线回路导致的电磁干扰：

理想地线应是一个零电位、零阻抗的物理实体。但实际的地线本身既有电阻分量又有电抗分量，当有电流通过该地线时，就要产生电压降。地线会与其他连线（信号、电源线等）构成回路，当时变电磁场耦合到该回路时，就在地回路中产生感应电动势，并由地回路耦合到负载，构成潜在的 EMI 威胁。

浮地

浮地是指设备地线系统在电气上与大地绝缘的一种接地方式。

由于浮地自身的一些弱点，不太适合一般的大系统中，其接地方式很少采用

关于接地方式的一般选取原则：

对于给定的设备或系统，在所关心的最高频率（对应波长为） λ 上，当传输线的长度 $L > \lambda/4$ 入，则视为高频电路，反之，则视为低频电路。根据经验法则，对于低于 1MHZ 的电路，采用单点接地较好；对于高于 10MHZ，则采用多点接地为佳。对于介于两者之间的频率而言，只要最长传输线的长度 $L < \lambda/20$ 入，则可采用单点接地以避免公共阻抗耦合。

对于接地的一般选取原则如下：

- （1）低频电路（<1MHZ），建议采用单点接地；
- （2）高频电路（>10MHZ），建议采用多点接地；
- （3）高低频混合电路，混合接地。

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。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



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>

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>



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>

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 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.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>