

层叠设计——PCB 工程师需要注意的地方

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, 布好很难。

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;

一、单板的层排布一般原则:

- 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。

二、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。

以下为单板的层排布的具体探讨:

三、四层板层叠方案: 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 为四层 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 同方案 1 类似，适用于主要器件在 BOTTOM 布局或关键信号底层布线的情况；一般情况下，限制使用此方案；

四、六层板层叠方案：优选方案 3，可用方案 1，备用方案 2、4

对于六层板，优先考虑方案 3，优选布线层 S2，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。

6 层板的层叠方案如下：

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

五、八层板层叠方案：优选方案 2、3、可用方案 1

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；

8 层板的层叠方案如下：

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

六、十层板层叠方案：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；

七、十二层板层叠方案：推荐方案 2、3，可用方案 1、4、备用方案 5

以上方案中，方案 2、4 具有极好的 EMC 性能，方案 1、3 具有较佳的性价比；

对于 14 层及以上层数的单板，由于其组合情况的多样性，这里不再一一列举。大家可按照以上排布原则，根据实际情况具体分析。

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。