# 基于PROTEL DXP软件的PCB板设计布局原则

Protel DXP是第一个将所有设计工具集于一身的板级设计系统，电子设计者从最初的项目模块规划到最终形成生产数据都可以按照自己的设计方式实现。Protel DXP运行在优化的设计浏览器平台上，并且具备当今所有先进的设计特点，能够处理各种复杂的PCB板设计过程。通过设计输入仿真、PCB板绘制编辑、拓扑自动布线、信号完整性分析和设计输出等技术融合，Protel DXP提供了全面的设计解决方案。

　　PCB板设计的原则包括以下几个方面：

　　1、PCB板的选用

　　2、PCB板尺寸

　　3、PCB板元件布局

　　4、PCB板布线

　　5、PCB板接地

　　6、PCB板抗干扰

　　7、PCB板焊盘

　　8、PCB板大面积填充

　　9、PCB板跨接线

　　10、PCB板高频布线

　　PCB板的选用

　　PCB板一般用敷铜层压板制成，板层选用时要从电气性能、可靠性、加工工艺要求和经济指标等方面考虑。常用的敷铜层压板是敷铜酚醛纸质层压板、敷铜环氧纸质层压板、敷铜环氧玻璃布层压板、敷铜环氧酚醛玻璃布层压板、敷铜聚四氟乙烯玻璃布层压板和多层印刷电路板用环氧玻璃布等。不同材料的层压板有不同的特点。环氧树脂与铜箔有极好的粘合力，因此铜箔的附着强度和工作温度较高，可以在260℃的熔锡中不起泡。环氧树脂浸过的玻璃布层压板受潮气的影响较小。超高频电路板最好是敷铜聚四氟乙烯玻璃布层压板。在要求阻燃的电子设备上，还需要阻燃的PCB板，这些PCB板都是浸入了阻燃树脂的层压板。

　　PCB板尺寸

　　PCB板的厚度应该根据PCB板的功能、安装元器件的重量、PCB板插座的规格、PCB板的外形尺寸和承受的机械负荷等来决定。主要应该保证足够的刚度和强度。

　　常见的PCB板的厚度有：0.5mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm。

　　从成本、铜膜线长度、抗噪声能力考虑，PCB板尺寸越小越好。但是PCB板尺寸太小，则散热不良，且相邻的导线容易引起干扰。PCB板的制作费用是和PCB板的面积相关的，面积越大，造价越高。在设计具有机壳的PCB板时，PCB板尺寸还受机箱外壳大小的限制，一定要在确定PCB板尺寸前确定机壳大小，否则就无法确定PCB板尺寸。一般情况下，在禁止布线层中指定的布线范围就是PCB板尺寸的大小。

　　PCB板的最佳形状是矩形，长宽比为3:2或4:3，当PCB板的尺寸大于200\*150mm时，应该考虑PCB板的机械强度。总之，应该综合考虑利弊来确定PCB板尺寸。

　　PCB板元件布局

　　虽然Protel DXP能够自动布局，但是实际上在设计时PCB板的元件布局几乎都是手工完成的。PCB板元件布局一般遵循如下规则：

　　1、特殊元件布局

　　特殊元件的布局从以下几个方面考虑：

　　1）高频元件

　　高频元件之间的连线越短越好，设法减小连线的分布参数和相互之间的电磁干扰，易受干扰的元件不能离得太近。隶属于输入和隶属于输出的元件之间的距离应该尽可能大一些。

　　2）具有高电位差的元件

　　应该加大具有高电位差元件和连线之间的距离，以免出现意外短路时损坏元件。为了避免爬电现象的发生，一般要求2000V电位差之间的铜膜线距离应该大于2mm，若对于更高的电位差，距离还应该加大。带有高电压的器件，应该尽量布置在调试时手不易触及的地方。

　　3）重量太大的元件

　　此类元件应该有支架固定，而对于又大又重、发热量多的元件，不宜安装在PCB板上。

　　4）发热与热敏元件

　　注意发热元件应该远离热敏元件。

　　5）可以调节的元件

　　对于电位器、可调电感线圈、可变电容、微动开关等可调元件的布局应该考虑整机的结构要求，若是机内调节，应该放在PCB板上容易调节的地方，若是机外调节，其位置要与调节旋钮在机箱面板上的位置相对应。

　　6）电路板安装孔和支架孔

　　应该预留出PCB板的安装孔和支架的安装孔，因为这些孔和孔附近是不能布线的。

　　2、按照电路功能布局

　　如果没有特殊要求，尽可能按照原理图的元件安排对元件进行布局，信号从左边进入、从右边输出，从上边输入、从下边输出。按照电路流程，安排各个功能电路单元的位置，使信号流通更加顺畅和保持方向一致。以每个功能电路为核心，围绕这个核心电路进行布局，元件安排应该均匀、整齐、紧凑，原则是减少和缩短各个元件之间的引线和连接。数字电路部分应该与模拟电路部分分开布局。

　　3、元件离PCB板边缘的距离

　　所有元件均应该放置在离PCB板边缘3mm以内的位置，或者至少距PCB板边缘的距离等于板厚，这是由于在大批量生产中进行流水线插件和进行波峰焊时，要提供给导轨槽使用，同时也是防止由于外形加工引起PCB板边缘破损，引起铜膜线断裂导致废品。如果PCB板上元件过多，不得已要超出3mm时，可以在PCB板边缘上加上3mm辅边，在辅边上开V形槽，在生产时用手掰开。

　　4、元件放置的顺序

　　首先放置与结构紧密配合的固定位置的元件，如电源插座、指示灯、开关和连接插件等。再放置特殊元件，例如发热元件、变压器、集成电路等。最后放置小元件，例如电阻、电容、二极管等。

　　PCB板布线

　　PCB板布线的规则如下：

　　1）线长

　　铜膜线应尽可能短，在高频电路中更应该如此。铜膜线的拐弯处应为圆角或斜角，而直角或尖角在高频电路和布线密度高的情况下会影响电气性能。当双面板布线时，两面的导线应该相互垂直、斜交或弯曲走线，避免相互平行，以减少寄生电容。

　　2）线宽

　　铜膜线的宽度应以能满足电气特性要求而又便于生产为准则，它的最小值取决于流过它的电流，但是一般不宜小于0.2mm。只要板面积足够大，铜膜线宽度和间距最好选择0.3mm。一般情况下，1~1.5mm的线宽，允许流过2A的电流。例如地线和电源线最好选用大于1mm的线宽。在集成电路座焊盘之间走两根线时，焊盘直径为50mil，线宽和线间距都是10mil，当焊盘之间走一根线时，焊盘直径为64mil，线宽和线间距都为12mil。注意公制和英制之间的转换，100mil=2.54mm。

　　3）线间距

　　相邻铜膜线之间的间距应该满足电气安全要求，同时为了便于生产，间距应该越宽越好。最小间距至少能够承受所加电压的峰值。在布线密度低的情况下，间距应该尽可能的大。

　　4）屏蔽与接地

　　铜膜线的公共地线应该尽可能放在电路板的边缘部分。在PCB板上应该尽可能多地保留铜箔做地线，这样可以使屏蔽能力增强。另外地线的形状最好作成环路或网格状。多层PCB板由于采用内层做电源和地线专用层，因而可以起到更好的屏蔽作用效果。

　　PCB板接地

　　1、地线的共阻抗干扰

　　电路图上的地线表示电路中的零电位，并用作电路中其它各点的公共参考点，在实际电路中由于地线（铜膜线）阻抗的存在，必然会带来共阻抗干扰，因此在布线时，不能将具有地线符号的点随便连接在一起，这可能引起有害的耦合而影响电路的正常工作。

　　2、如何连接地线

　　通常在一个电子系统中，地线分为系统地、机壳地（屏蔽地）、数字地（逻辑地）和模拟地等几种，在连接地线时应该注意以下几点：

　　1）正确选择单点接地与多点接地

　　在低频电路中，信号频率小于1MHz，布线和元件之间的电感可以忽略，而地线电路电阻上产生的压降对电路影响较大，所以应该采用单点接地法。当信号的频率大于10MHz时，地线电感的影响较大，所以宜采用就近接地的多点接地法。当信号频率在1~10MHz之间时，如果采用单点接地法，地线长度不应该超过波长的1/20，否则应该采用多点接地。

　　2）数字地和模拟地分开

　　PCB板上既有数字电路，又有模拟电路，应该使它们尽量分开，而且地线不能混接，应分别与电源的地线端连接（最好电源端也分别连接）。要尽量加大线性电路的面积。一般数字电路的抗干扰能力强，TTL电路的噪声容限为0.4~0.6V，CMOS数字电路的噪声容限为电源电压的0.3~0.45倍，而模拟电路部分只要有微伏级的噪声，就足以使其工作不正常。所以两类电路应该分开布局和布线。

　　3）尽量加粗地线

　　若地线很细，接地电位会随电流的变化而变化，导致电子系统的信号受到干扰，特别是模拟电路部分，因此地线应该尽量宽，一般以大于3mm为宜。

　　4）将接地线构成闭环

　　当PCB板上只有数字电路时，应该使地线形成环路，这样可以明显提高抗干扰能力，这是因为当PCB板上有很多集成电路时，若地线很细，会引起较大的接地电位差，而环形地线可以减少接地电阻，从而减小接地电位差。

　　5）同级电路的接地

　　同一级电路的接地点应该尽可能靠近，并且本级电路的电源滤波电容也应该接在本级的接地点上。

　　6）总地线的接法

　　总地线必须严格按照高频、中频、低频的顺序一级级地从弱电到强电连接。高频部分最好采用大面积包围式地线，以保证有好的屏蔽效果。

　　PCB板抗干扰

　　具有微处理器的电子系统，抗干扰和电磁兼容性是设计过程中必须考虑的问题，特别是对于时钟频率高、总线周期快的系统；含有大功率、大电流驱动电路的系统；含微弱模拟信号以及高精度A/D变换电路的系统。为增加系统抗电磁干扰能力应考虑采取以下措施：

　　1）选用时钟频率低的微处理器

　　只要控制器性能能够满足要求，时钟频率越低越好，低的时钟可以有效降低噪声和提高系统的抗干扰能力。由于方波中包含各种频率成分，其高频成分很容易成为噪声源，一般情况下，时钟频率3倍的高频噪声是最具危险性的。

　　2）减小信号传输中的畸变

　　当高速信号（信号频率高=上升沿和下降沿快的信号）在铜膜线上传输时，由于铜膜线电感和电容的影响，会使信号发生畸变，当畸变过大时，就会使系统工作不可靠。一般要求，信号在PCB板上传输的铜膜线越短越好，过孔数目越少越好。典型值：长度不超过25cm，过孔数不超过2个。

　　3）减小信号间的交叉干扰

　　当一条信号线具有脉冲信号时，会对另一条具有高输入阻抗的弱信号线产生干扰，这时需要对弱信号线进行隔离，方法是加一个接地的轮廓线将弱信号包围起来，或者是增加线间距离，对于不同层面之间的干扰可以采用增加电源和地线层面的方法解决。

　　4）减小来自电源的噪声

　　电源在向系统提供能源的同时，也将其噪声加到所供电的系统中，系统中的复位、中断以及其它一些控制信号最易受外界噪声的干扰，所以，应该适当增加电容来滤掉这些来自电源的噪声。

　　5）注意PCB板与元器件的高频特性

　　在高频情况下，PCB板上的铜膜线、焊盘、过孔、电阻、电容、接插件的分布电感和电容不容忽略。由于这些分布电感和电容的影响，当铜膜线的长度为信号或噪声波长的1/20时，就会产生天线效应，对内部产生电磁干扰，对外发射电磁波。一般情况下，过孔和焊盘会产生0.6pF的电容，一个集成电路的封装会产生2~6pF的电容，一个PCB板的接插件会产生520mH的电感，而一个DIP-24插座有18nH的电感，这些电容和电感对低时钟频率的电路没有任何影响，而对于高时钟频率的电路必须给予注意。

　　6）元件布置要合理分区

　　元件在电路板上排列的位置要充分考虑抗电磁干扰问题。原则之一就是各个元件之间的铜膜线要尽量的短，在布局上，要把模拟电路、数字电路和产生大噪声的电路（继电器、大电流开关等）合理分开，使它们相互之间的信号耦合最小。

　　7）处理好地线

　　按照前面提到的单点接地或多点接地方式处理地线。将模拟地、数字地、大功率器件地分开连接，再汇聚到电源的接地点。 PCB板以外的引线要用屏蔽线，对于高频和数字信号，屏蔽电缆两端都要接地，低频模拟信号用的屏蔽线，一般采用单端接地。对噪声和干扰非常敏感的电路或高频噪声特别严重的电路应该用金属屏蔽罩屏蔽。

　　8）去耦电容

　　去耦电容以瓷片电容或多层陶瓷电容的高频特性较好。设计PCB板时，每个集成电路的电源和地线之间都要加一个去耦电容。去耦电容有两个作用，一方面是本集成电路的储能电容，提供和吸收该集成电路开门和关门瞬间的充放电电能，另一方面，旁路掉该器件产生的高频噪声。数字电路中典型的去耦电容为0.1μF，这样的电容有5nH的分布电感，可以对10MHz以下的噪声有较好的去耦作用。一般情况下，选择0.01~0.1μF 的电容都可以。

　　一般要求没10片左右的集成电路增加一个10μF 的充放电电容。另外，在电源端、电路板的四角等位置应该跨接一个10~100μF 的电容。

　　PCB板焊盘

　　焊盘尺寸：焊盘的内孔尺寸必须从元件引线直径和公差尺寸以及镀锡层厚度、孔径公差、孔金属化电镀层厚度等方面考虑，通常情况下以金属引脚直径加上0.2mm作为焊盘的内孔直径。例如，电阻的金属引脚直径为0.5mm，则焊盘孔直径为0.7mm，而焊盘外径应该为焊盘孔径加1.2mm，最小应该为焊盘孔径加1.0mm。当焊盘直径为1.5mm时，为了增加焊盘的抗剥离强度，可采用方形焊盘。对于孔直径小于0.4mm的焊盘，焊盘外径/焊盘孔直径=0.5~3。对于孔直径大于2mm的焊盘，焊盘外径/焊盘孔直径=1.5~2。

　　常用的焊盘尺寸：

　　焊盘孔直径/mm

　　0.4；0.5；0.6；0.8；1.0；1.2；1.6；2.0

　　焊盘外径/mm

　　1.5；1.5；2.0；2.0；2.5；3.0；3.5；4

　　设计焊盘时的注意事项如下：

　　1）焊盘孔边缘到PCB板边缘的距离要大于1mm，这样可以避免加工时导致焊盘缺损。

　　2）焊盘补泪滴，当与焊盘连接的铜膜线较细时，要将焊盘与铜膜线之间的连接设计成泪滴状，这样可以使焊盘不容易被剥离，而铜膜线与焊盘之间的连线不易断开。

　　3）相邻的焊盘要避免有锐角。

　　PCB板大面积填充

　　PCB板上的大面积填充的目的有两个，一个是散热，另一个是用屏蔽减少干扰，为避免焊接时产生的热使电路板产生的气体无处排放而使铜膜脱落，应该在大面积填充上开窗，后者使填充为网格状。使用敷铜也可以达到抗干扰的目的，而且敷铜可以自动绕过焊盘并可连接地线。

　　PCB板跨接线

　　在单面PCB板的设计中，当有些铜膜无法连接时，通常的做法是使用跨接线，跨接线的长度应该选择如下几种：6mm、8mm和10mm。

　　PCB板高频布线

　　为了使高频PCB板的设计更合理，抗干扰性能更好，在进行PCB板设计时应从以下几个方面考虑：

　　1）合理选择层数

　　利用中间内层平面作为电源和地线层，可以起到屏蔽的作用，有效降低寄生电感、缩短信号线长度、降低信号间的交叉干扰，一般情况下，四层板比两层板的噪声低20dB。

　　2）走线方式

　　走线必须按照45°角拐弯，这样可以减小高频信号的发射和相互之间的耦合。

　　3）走线长度

　　走线长度越短越好，两根线并行距离越短越好。

　　4）过孔数量

　　过孔数量越少越好。

　　5）层间布线方向

　　层间布线方向应该取垂直方向，就是顶层为水平方向，底层为垂直方向，这样可以减小信号间的干扰。

　　6）敷铜

　　增加接地的敷铜可以减小信号间的干扰。

　　7）包地

　　对重要的信号线进行包地处理，可以显着提高该信号的抗干扰能力，当然还可以对干扰源进行包地处理，使其不能干扰其它信号。

　　8）信号线

　　信号走线不能环路，需要按照菊花链方式布线。

　　9）去耦电容

　　在集成电路的电源端跨接去耦电容。

　　10）高频扼流

　　数字地、模拟地等连接公共地线时要接高频扼流器件，一般是中心孔穿有导线的高频铁氧体磁珠。