

开关电源 PCB 设计规范之一

在任何开关电源设计中，PCB 板都是物理设计的最后一环，如果设计方法不当，PCB 可能会辐射过多的电磁干扰，造成电源工作不稳定，以下针对各个步骤中所需注意的事项进行分析：

元器件布局实践证明，即使电路原理图设计正确，印制电路板设计不当，也会对电子设备的可靠性产生不利影响。例如，如果 PCB 上两条细平行线靠得很近，则会形成信号波形的延迟，在传输线的终端形成反射噪声；由于电源、地线的考虑不周到而引起的干扰，会使产品的性能下降，因此在设计 PCB 时，应注意采用正确的方法。每一个开关电源都有四个电流回路：

- (1). 电源开关交流回路
- (2). 输出整流交流回路
- (3). 输入信号源电流回路
- (4). 输出负载电流回路

输入回路通过一个近似直流的电流对输入电容充电，滤波电容主要起到一个宽带储能作用；类似地，输出滤波电容也用来储存来自输出整流器的高频能量，同时消除输出负载回路的直流能量。所以，输入和输出滤波电容的接线端十分重要，输入及输出电流回路应分别只从滤波电容的接线端连接到电源；如果在输入/输出回路和电源开关/整流回路之间的连接无法与电容的接线端直接相连，交流能量将由输入或输出滤波电容并辐射到环境中去。电源开关交流回路和整流器的交流回路包含高幅梯形电流，这些电流中谐波成分很高，其频率远大于开关基频，峰值幅度可高达持续输入/输出直流电流幅度的 5 倍，过渡时间通常约为 50ns。这两个回路最容易产生电磁干扰，因此必须在电源中其它印制线布线之前先布好这些交流回路，每个回路的三种主要的元件滤波电容、电源开关或整流器、电感或变压器应彼此相邻地进行放置，调整元件位置使它们之间的电流路径尽可能短。建立开关电源布局的最好方法与其电气设计相似，最佳设计流程如下：

• 放置变压器

• 设计电源开关电流回路

• 设计输出整流器电流回路

• 连接到交流电源电路的控制电路

• 设计输入电流源回路和输入滤波器 设计输出负载回路和输出滤波器根据电路的功能单元，对电路的全部元器件进行布局时，要符合以下原则：

- (1) 首先要考虑 PCB 尺寸大小。PCB 尺寸过大时，印制线条长，阻抗增加，抗噪声能力下降，成本也增加；过小则散热不好，且邻近线条易受干扰。电路板的最佳形状矩形，长宽比为 3：2 或 4：3，位于电路板边缘的元器件，离电路板边缘一般不小于 2mm。
- (2) 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和连接，去耦电容尽量靠近器件的 VCC。
- (3) 在高频下工作的电路，要考虑元器件之间的分布参数。一般电路应尽可能使元器件平行排列。这样，不但美观，而且装焊容易，易于批量生产。
- (4) 按照电路的流程安排各个功能电路单元的位置，使布局便于信号流通，并使信号尽可能保持一致的方向。
- (5) 尽可能地减小环路面积，以抑制开关电源的辐射干扰。

布线开关电源中包含有高频信号，PCB 上任何印制线都可以起到天线的作用，印制线的长度和宽度会影响其阻抗和感抗，从而影响频率响应。即使是通过直流信号的印制线也会从邻近的印制线耦合到射频信号并造成电路问题(甚至再次辐射出干扰信号)。因此应将所有通

过交流电流的印制线设计得尽可能短而宽，这意味着必须将所有连接到印制线和连接到其他电源线的元器件放置得很近。印制线的长度与其表现出的电感量和阻抗成正比，而宽度则与印制线的电感量和阻抗成反比。长度反映出印制线响应的波长，长度越长，印制线能发送和接收电磁波的频率越低，它就能辐射出更多的射频能量。根据印制线路板电流的大小，尽量加粗电源线宽度，减少环路电阻。同时使电源线、地线的走向和电流的方向一致，这样有助于增强抗噪声能力。接地是开关电源四个电流回路的底层支路，作为电路的公共参考点起着很重要的作用，它是控制干扰的重要方法。因此，在布局中应仔细考虑接地线的放置，将各种接地混合会造成电源工作不稳定。在地线设计中应注意以下几点：

1. 正确选择单点接地。通常，滤波电容公共端应是其它的接地点耦合到大电流的交流地的唯一连接点，同一级电路的接地点应尽量靠近，并且本级电路的电源滤波电容也应接在该级接地点上，主要是考虑电路各部分回流到地的电流是变化的，因实际流过的线路的阻抗会导致电路各部分地电位的变化而引入干扰。在本开关电源中，它的布线和器件间的电感影响较小，而接地电路形成的环流对于干扰影响较大，因而采用一点接地，即将电源开关电流回路（中的几个器件的地线都连到接地脚上，输出整流器电流回路的几个器件的地线也同样接到相应的滤波电容的接地脚上，这样电源工作较稳定，不易自激。做不到单点时，在共地处接两二极管或一小电阻，其实接在比较集中的一块铜箔处就可以。

2. 尽量加粗接地线 若接地线很细，接地电位则随电流的变化而变化，致使电子设备的定时信号电平不稳，抗噪声性能变坏，因此要确保每一个大电流的接地端采用尽量短而宽的印制线，尽量加宽电源、地线宽度，最好是地线比电源线宽，它们的关系是：地线 > 电源线 > 信号线，如有可能，接地线的宽度应大于 3mm，也可用大面积铜层作地线用，在印制板上把没被用上的地方都与地相连接作为地线用。进行全局布线的时候，还须遵循以下原则：

(1). 布线方向：从焊接面看，元件的排列方位尽可能保持与原理图相一致，布线方向最好与电路图走线方向相一致，因生产过程中通常需要在焊接面进行各种参数的检测，故这样做便于生产中的检查，调试及检修（注：指在满足电路性能及整机安装与面板布局要求的前提下）。

(2). 设计布线图时走线尽量少拐弯，印刷弧上的线宽不要突变，导线拐角应 ≥ 90 度，力求线条简单明了。

(3). 印刷电路中不允许有交叉电路，对于可能交叉的线条，可以用“钻”、“绕”两种办法解决。即让某引线从别的电阻、电容、三极管脚下的空隙处“钻”过去，或从可能交叉的某条引线的一端“绕”过去，在特殊情况下如何电路很复杂，为简化设计也允许用导线跨接，解决交叉电路问题。因采用单面板，直插元件位于 top 面，表贴器件位于底面，所以在布局的时候直插器件可与表贴器件交叠，但要避免焊盘重叠。

3. 输入地与输出地本开关电源中为低压的 DC-DC，欲将输出电压反馈回变压器的初级，两边的电路应有共同的参考地，所以在对两边的地线分别铺铜之后，还要连接在一起，形成共同的地。

检查：布线设计完成后，需认真检查布线设计是否符合设计者所制定的规则，同时也需确认所制定的规则是否符合印制板生产工艺的需求，一般检查线与线、线与元件焊盘、线与贯通孔、元件焊盘与贯通孔、贯通孔与贯通孔之间的距离是否合理，是否满足生产要求。电源线和地线的宽度是否合适，在 PCB 中是否还有能让地线加宽的地方。注意：有些错误可以忽略，例如有些接插件的 Outline 的一部分放在了板框外，检查间距时会出错；另外每次修改过走线和过孔之后，都要重新覆铜一次。