



# 开关电源的 PCB 设计

李可

(华东电子工程研究所,安徽 合肥 230031)

**摘要** 开关电源的 PCB 设计既具有一般 PCB 设计的共性,又有其特性。随着开关电源开关频率的提高,EMI 噪声污染越来越严重。本文给出了开关电源 PCB 设计的一般步骤。

**关键词** 开关电源 电磁干扰 印制线路板

**Abstract:** The PCB design of switch power supply has its own characteristic by contrast with the general PCB design. Following the frequency raising of switch mode power supply, the EMI noise pollution was becoming more and more serious than before. The general PCB design steps of the switch power supply were given in this paper.

**Key words:** switch power supply; EMI; PCB

## 引言

印制线路板(PCB)是电子产品中电路元件和器件的支撑件,它提供电路元件和器件之间的电气连接,它是各种电子设备最基本的组成部分,它的性能直接关系到电子设备质量的好坏。如果这部分设计不当,会使电源工作不稳定,发射出过量的电磁干扰(EMI)。PCB 设计是开关电源研发过程中极为重要的步骤和环节,关系到开关电源能否正常工作,生产是否顺利进行,使用是否安全等问题。随着功率半导体器件的发展和开关技术的进步,开关电源的开关频率与功率密度变得越来越高。然而,开关电源开关频率不断提高和功率密度不断增大使开关电源内部的电磁环境日趋复杂,带来了开关电源 PCB 设计的 EMC 电磁兼容性问题。本文给出了开关电源 PCB 设计的一般步骤。

## 1 开关电源 PCB 的设计流程

每个开关电源通常都包含三个交流回路:电源开关交流回路、输入整流回路、输出整流回路。这些交流回路电流中谐波成分很高,其频率远大于开关频率,峰值幅度很高。这三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,每个回路的主要元件如: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。

因此,最佳设计流程如下:

- 1)放置变压器;
- 2)设计电源开关电流回路;
- 3)设计输出电流回路;
- 4)设计控制电路;
- 5)设计输入电流回路。

## 2 PCB 与 EMC

### 2.1 PCB 尺寸

PCB 尺寸过大时,印制线长,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 或 4:3。

### 2.2 确定 PCB 的层数

根据电源、地的种类、信号线的密集程度、信号频率、特殊布线要求的信号数量、周边要素、成本价格等方面综合因素来确定 PCB 板的层数。要满足 EMC 的严格指标并且考虑制造成本,适当增加地平面是 PCB 的 EMC 设计最好的方法之一。对电源层而言,一般通过内电层分割能满足多种电源的需要,但若需要多种电源供电,且互相交错,则必须考虑采用两层或两层以上的电源平面。对信号层而言,除了考虑信号线的走线密集度外,从 EMC 的角度,还需要考虑关键信号(如时钟、驱动信号等)的屏蔽或隔离,以此确定是否增加相应层数。因此,开关电源中的 PCB,如果成本允许,在 PCB 设计时尽量不选择单面板或双面板,而选择多层板。

### 2.3 PCB 上元器件的布局和走线原则

首先,对 PCB 板进行空间分割,降低 PCB 上不同类型的元器件之间互相干扰。空间分割的实施方法就是对元器件进行分组,可以根据电压高低、数字器件或模拟器件、高速器件或低速器件以及电流大小等特点,对电路板上的不同单元进行功能分组,每个功能组的元器件彼此紧凑的放置在一起以便得到最短的线路长度和最佳的功能特性。高压、大功率器件与低压、小功率器件应保持一定间距,尽量分开布线。通用原则如下:

- 1)低电平信号线不能靠近高电平信号线,包括能产生瞬变的信号;
- 2)将模拟电路和数字电路分开,避免模拟电路、数字电路和电源公共回线产生公共阻抗耦合;
- 3)安排电路时要使得信号线长度尽量小;

4)保证相邻板之间、同一板相邻层面之间、同一层面相邻布线之间不能有过长的平行信号线;

5)在每个 IC 的电源和地之间都应当有去耦电容,这些去耦电容应该尽可能的接近 IC 引脚,这将有助于滤除 IC 的开关噪声;

6)电磁干扰滤波器要尽可能靠近干扰源;

7)电源开关元件和整流器应尽可能靠近变压器放置,以使其导线长度最小;

8)尽可能靠近整流二极管放置调压元件和滤波电容器;

9)对噪声敏感的布线不要与大电流、高速开关线平行,比如开关器件的驱动信号。

此外,还应注意以下三点:

1)在印制板中有接触器、继电器、按钮等元件时,操作它们时均会产生较大火花放电,必须采用 RC 吸收电路来吸收放电电流。一般 R 取 1~2kΩ, C 取 2.2~4.7μF;

2)CMOS 的输入阻抗很高,且易受干扰,因此在使用时对不用端要通过电阻接地或接正电源;

3)在电源或高压电路中走线之间留有足够的爬电距离是安全的重要因素,一般爬电距离为 500V/mm。在高潮湿环境和高电压使用下,可以采取走线间挖槽增强耐压。

## 2.4 开关电源 PCB 的接地设计

接地是开关电源三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,它是抑制干扰的重要方法。因此,在 PCB 设计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。因为电路各部分回流到地的电流是变化的,因此实际电流通过回路的阻抗不同会导致电路各部分地电位的变化而引入干扰。在开关电源中,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干扰影响较大,因此采用一点接地,即将电源开关电流回路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,接在比较集中的一块铜箔处也可以。

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,造成电子设备的信号电平不稳,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,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。

**结束语:** 开关电源印制线路板的电磁兼容设计既有普通产品 PCB 设计的共性,更有自己的特性。要设计一块完美的开关电源 PCB,需要大量的经验积累。而随着新型高速器件和大型集成电路的应用越来越广泛,电子线路也越来越复杂,需要设计人员不断提高设计水平,更加深入的研究抗干扰技术,设计出属于自己的 PCB 精品。

## 参考文献

- [1] 张占松,蔡宣三.开关电源的原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [2] Mark I. Mont rose.电磁兼容和印刷电路板理论、设计和布线[M].北京:人民邮电出版社,2002.
- [3] 张洁萍.电磁兼容与印制电路板的设计[J].印制电路信息,2005(5).
- [4] 李建婷,丁志亮.熊蕊.开关电源 EMI 的抑制策略[J].通信电源技术,2006(2).