

PCB 抗干扰技术设计

Anti-interference Technology in PCB Design

马宁 陈元娣 张国安 空军雷达学院雷达装备管理与应用工程系 (武汉 430019)

Ma Ning Chen Yuandi Zhang Guoan

Department of Radar Equipment Management & Application Engineering, AFRA (430019)

摘 要: 简要叙述了影响印制板抗干扰性能的几个因素, 对这些因素进行了理论分析, 提出了印制板制作过程中应采取的措施。

叙 词: 抗干扰技术 印制板 电磁兼容性

Abstract: Some factors influencing PCB anti-interference performance are described briefly in this paper, and theoretical analysis is done for them. Then some necessary measures that should be done in PCB manufacturing are given.

Keywords: Anti-interference technology; PCB; EMC

1 前言

电磁兼容性 EMC 是指电子系统在规定的电磁环境中按照设计要求能正常工作的能力。电子系统所受的电磁干扰不仅来自电场和磁场的辐射, 也有线路公共阻抗、导线间耦合和电路结构的影响。在研制设计电路时, 我们也希望设计的印制电路板尽可能不易受外界干扰的影响, 而且它本身也尽可能小地干扰影响别的电子系统。影响印制板抗干扰性能的因素很多, 其中主要有: 铜箔的厚度, 印制导线的宽度、长度和相邻导线之间的串扰, 板内元器件布局的合理性, 以及导线的公共阻抗、导线和元器件在空间产生的电磁场等。

设计印制板首要的任务是对电路进行分析, 确定关键电路。这就是要识别哪些电路是干扰源, 哪些电路是敏感电路, 弄清干扰源可能通过什么路径干扰敏感电路。在模拟电路中, 低电平模拟电路往往是敏感电路, 功率放大器往往是干扰源。工作频率较低时, 干扰源主要是通过线间耦合来干扰敏感电路; 工作频率较高时, 干扰源则主要是通过电磁辐射来干扰敏感电路。在数字电路中, 高速重复信号, 如时钟信号、总线信号等含有丰富的频率分量, 是最大的干扰源, 常对敏感电路构成威胁。复位电路、中断电路等是敏感电路, 易受尖峰信号干扰, 使数字电路不能正常工作。输入/输出电路(I/O)和外界相连, 也应该特别注意。如果 I/O 电路紧靠时钟线等干扰源, 不需要的高频能量就会耦合到输入输出电线, 电线上的噪声则会通过辐射或传导对电缆附近的敏感电路产生干扰。

在对电路进行充分分析, 确定关键电路的基础上, 还必须适当地在印制板上布置电路。如对于数字电路, 应该把高速电路(如时钟电路、高速逻辑电路等)、中低速逻辑电路和 I/O 电路布置在不同的区域, 尽量在空间上把干扰源和敏感电路分开, 这样

可以使干扰源对敏感电路辐射干扰大大减小。

2 印制板抗干扰设计

PCB 板抗干扰设计的目的是减小 PCB 板的电磁辐射和 PCB 板上电路之间的串扰。另外 PCB 的地线设计还直接影响 I/O 线缆的共模电压辐射。因此 PCB 的抗干扰设计对于减小系统电磁信息辐射具有重要的意义。

2.1 PCB 的布局设计

印制电路板(PCB)的密度越来越高, PCB 设计的好坏对抗干扰能力影响很大, 所以 PCB 的布局在设计中

处于很重要的地位。

特殊元器件的布局要求:

1、高频元器件之间的连线越短越好, 尽量减少相互间的电磁干扰; 易受干扰的元器件不能相距太近; 输入和输出元件应尽量远离;

2、有些元器件有较高的电位差, 应加大它们之间的距离, 减小共模辐射。带高电压的元器件的布置要特别注意布局的合理性;

3、热敏元件应远离发热元件;

4、解耦电容应靠近芯片的电源引脚;

5、对于电位器、可调电感线圈、可变电容器、微动开关等可调元件的布局应按要求放在便于调节的位置;

6、应留出印制板定位孔及固定支架所占用的位置。

普通元器件的布局要求:

1、按电路的流程放置各个功能电路单元的器件, 使信号流通方向尽可能一致;

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、整齐的排列在 PCB 上, 尽量减少和缩短各元器件

之间的引线和连接;

3、在高频下工作的电路,要考虑元器件之间的干扰,一般电路应尽可能使元器件平行排列,便于布线;

4、PCB 的 outplace - line 离电路板边缘一般不小于 80mil。电路板的最佳形状为矩形。长宽比为 3:2 或 4:3。

2.2 PCB 的布线设计

PCB 的布线密度越来越大,因此 PCB 的布线设计尤为重要。

1、四层板电源线层应与地线层尽量靠近以获得最小电源阻抗。从上到下分别为:信号线、地线、电源线、信号线。考虑电磁兼容性,六层板从上到下最好为:信号线、地线、信号线、电源线、地线、信号线;

2、时钟线要与地线层相邻,线宽尽量加大,每根时钟线的线宽应一致;

3、与地线相邻的信号层布高速数字信号线和低电平模拟信号线,较远的层布低速信号线和高电平模拟信号线;

4、输入输出端布线应尽量避免相邻平行,避免发生反馈耦合;

5、印制导线拐弯处一般取 135 度钝角;

6、电源线、地线的线宽应尽量加大,对于 0.5mm 脚间距的器件布线宽度不小于 12mil;

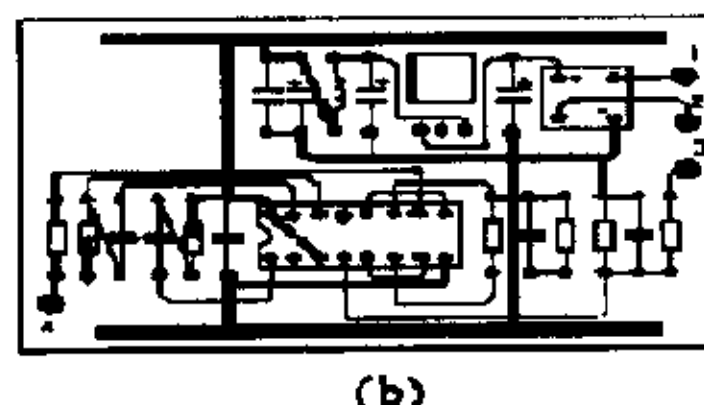
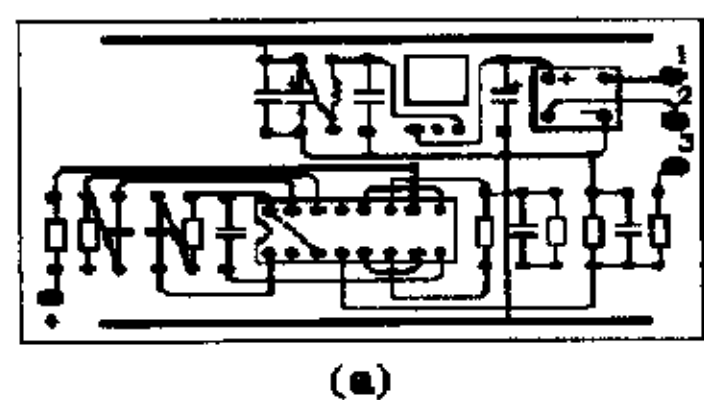
7、一般数字电路信号线宽度为 8mil—10mil,间距 6mil—8mil;

8、解耦电容引线不能太长,尤其是高频旁路电容不能有引线;

9、混合信号电路板上的数字地和模拟地分割开,若布线跨越了分割间隙,电磁辐射和信号串扰都会急剧增加,产生电磁兼容问题。因此,PCB 设计一般采用统一地,通过数字电路和模拟电路分区布局布线;

10、对于一些高速信号可采用差分对布线,减小电磁辐射。

3 试验事例

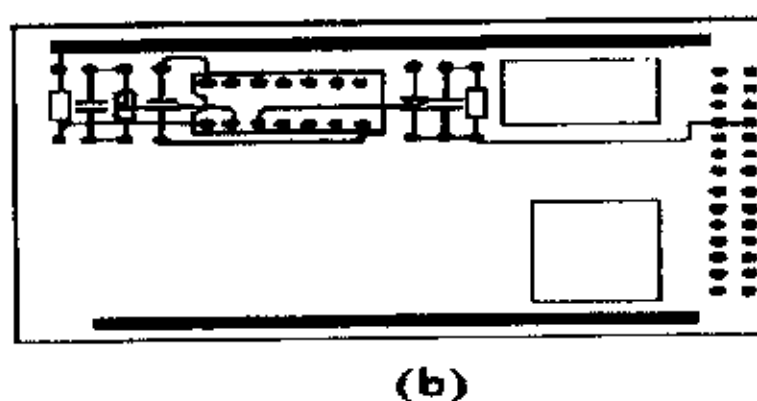
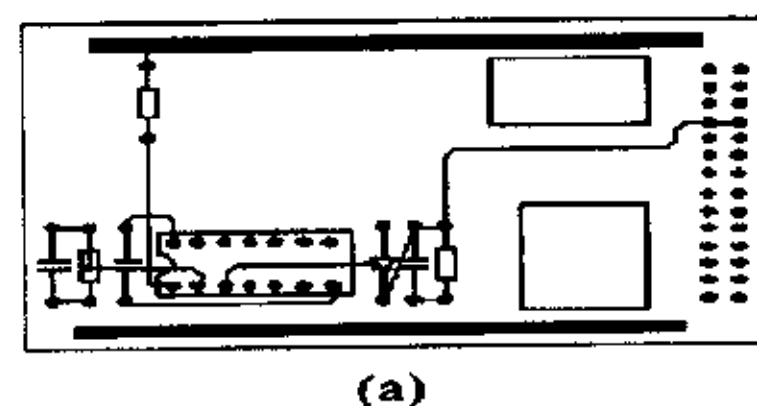


下面列出几个实际事例,说明不同原因带来的干扰及其实际解决办法。

3.1 电源线和地线带来的干扰

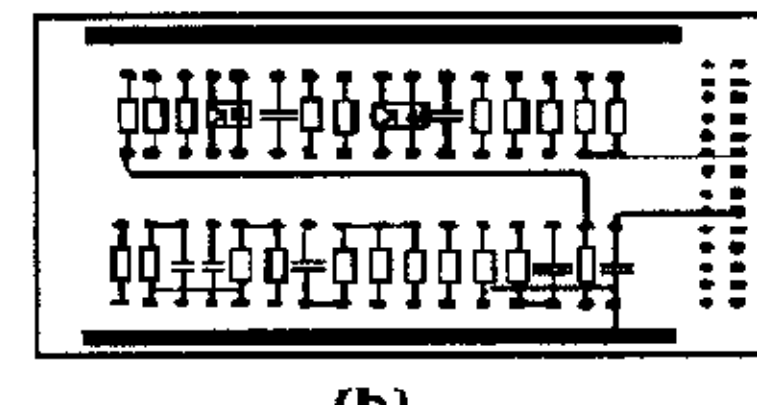
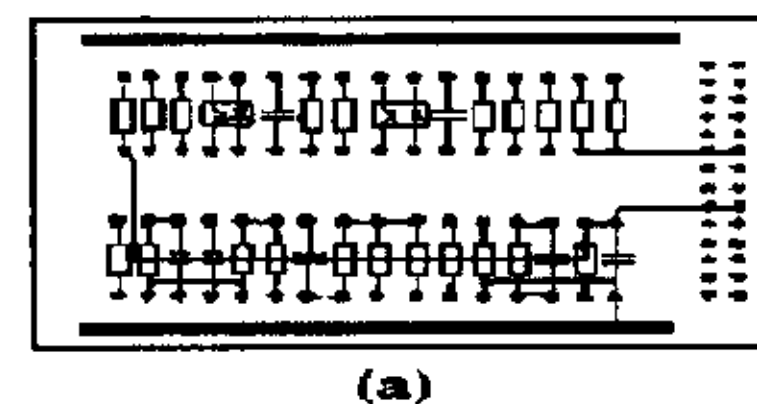
上图取自某外协高压控保 PCB 的部分电路。(a)为原设计电路。由于电源线和地线的印制导线宽度太细,电路在工作时局受外界干扰;而(b)是经过改进后的电路,其电源线和地线加粗至 5mm,解决了电路的干扰问题。

3.2 元器件布局不合理带来的干扰



上图取自某雷达发射机磁场控保 PCB 的部分电路。改进后的 PCB 电路(b)较改进前的 PCB 电路(a)在抗干扰性能上有很大的改善。

3.3 布线不合理带来的干扰



上图取自某雷达 CFA 电源控保 PCB 的部分电路。(a)为原设计电路。由于布线时将高压取样信号线布于闭环取样回路中,使闭环取样电路在工作时易受外界的干扰,造成经常误报过压故障;而(b)是经过改进后的 PCB 电路,由于避开了高压取样信号线带来的干扰,改进后的 PCB 电路工作可靠稳定。

4 结语

多层印制板具有独特的抗干扰特性,随着大规模集成电路、超大规模集成电路的不断发展,人们将越来越多地采用多层印制板。在现代电子系统中,随着时钟频率的提高,芯片集成度的增加,PCB 设计的合理性和可靠性越来越重要,在设计中还需具体问题具体分析,以获得高质量的 PCB 设计。

(下转第 439 页)

式中, f ——信号的频率(赫芝)

R ——滤波器的电阻(欧)

R_L ——负载的电阻(欧)

C ——滤波器的电容(法)

$$S = 2\pi f RC$$

b. 高通滤波器

当干扰信号的频带低于有用信号的频带比较远时,可采用高通滤波器来滤除干扰信号。

RC 高通滤波器的信噪比为:

$$S_N = [S^2 / (1 + S^2)]^{1/2} \quad (22)$$

式中, f ——信号的频率 (赫芝)

R ——滤波器的电阻(欧)

C ——滤波器的电容(法)

$$S = 2\pi f RC$$

c. LC 滤波器

当干扰信号的频带虽高于、但接近于有用信号的频带时,可采用 LC 滤波器来滤除干扰信号。

LC 滤波器的信噪比为(当 $L = C R_L^2$ 时):

$$S_N = [(1 - \omega^2 LC)^2 + (\omega L / R_L)^2]^{1/2} \quad (23)$$

式中, f ——信号的频率(赫芝)

R_L ——负载的电阻(欧)

C ——滤波器的电容(法)

L ——滤波器的电感(亨)

$$\omega = 2\pi f$$

d. 选通滤波器

当干扰信号的频带为不连续时,可采用选通滤波器来滤除干扰信号。

针对不同干扰信号的频带和负载,可以应用 LC 选通滤波器或 RC 选通滤波器。其中 LC 选通滤波器分并联谐振式和串联谐振式两种型式。

5.3.2 数字电路

数字电路的电磁兼容设计方法:

(1) 在工作指标许可的条件下,采用直流噪声容限高的数字电路。例如 CMOS 数字电路的直流噪声容限远高于 TTL 数字电路的直流噪声容限。

(2) 在工作指标许可的条件下,采用开关速度低的数字电路。因为开关速度越高,由它引起的电压或电流的变化越快,就越容易产生电路间的耦合干扰。

(3) 提高门槛电压:可以利用在电路前设置分压器或稳压管的方法来实现提高门槛电压。

(4) 悬空长线的处理:悬空长线具有天线效应,易于接收电磁波而产生干扰。对此可用 RC 网络加以吸收,或作不悬空处理。

(5) 采用负载阻抗匹配的措施,即使负载阻抗等于信号线的波阻抗。这样一来将会消除数字信号在传输过程中,由于折射和反射的作用而产生的畸变。比如,在测量一个方波时,如果阻抗不匹配,示波器显示的将不是一个方波,而是一种多次振荡的波形。其原因除了波形失真外,还发生了方波信号的多次折射和反射。

6 结语

为了电子设备可靠的运行,必须深入研究电磁兼容技术。本文用具体实例说明了电磁兼容的重要性和一些设计方法。特别注重要对电磁干扰源有明确认识,对电磁干扰引入路径有清楚了解,对电磁干扰敏感的接收电路进行重点保护。

参考文献

- [1] (美)B. E 凯瑟. 电磁兼容原理. 电子工业出版社, 1985。
- [2] (德)D. 斯托尔. 工业抗干扰的理论与实践. 国防工业出版社, 1985。
- [3] 蔡仁钢, 电磁兼容原理、设计和预测技术. 北京航空航天大学出版社, 1997。

作者简介

阎秀生, 男, 副总工程师, 研究员级高工。1986 年毕业于哈尔滨工业大学激光专业, 现从事电子工程总体等工作。

郭祥玉, 男, 研究员级高工。1967 年毕业于哈尔滨工业大学电机系电器专业, 先后在国防科委、中国科学院和信息产业部属研究所从事特种电器、特种电源和电磁兼容性等工作。

郭云志, 男, 助理工程师。2001 年毕业于哈尔滨理工大学机械设计专业, 现工作在大连重型工业集团有限公司设计院。

参考文献

- [1] 王水平编著: 电路设计与制板 Protel99 高级应用, 人民邮电出版社

- [2] 潘飞凡译: 电磁兼容设计手册, 电子工业部第十研究所出版
- [3] 吕仁清、蒋全兴: 电磁兼容性结构设计手册, 东南大学出版社

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>