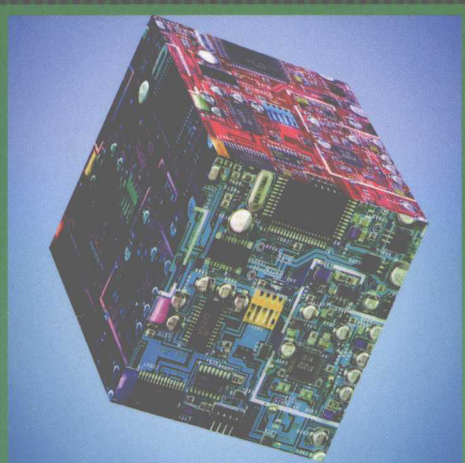




高职高专“十一五”规划示范教材



主 编 夏江华
副主编 宋 科 赵 威
孙宏伟 张成英

Protel DXP电路设计与制板



北京航空航天大学出版社

中国高等院校教材 电子信息工程系列



主 编 王 强
副 主 编 王 强 王 强
参 编 王 强 王 强

Proteus DXP 电路设计与制版

清华大学出版社



高职高专“十一五”规划示范教材

Protel DXP 电路设计与制板

主 编 夏江华

副主编 宋 科 赵 威

孙宏伟 张成英

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书从“实用、够用”的原则出发,以典型的应用实例为主线,详细介绍了 Protel DXP 2004 电子设计自动化软件的使用方法。

本书详细讲解了 Protel DXP 2004 软件中原理图设计、印制电路板设计和电路仿真分析三大部分。全书共 12 章,其中第 1~2 章为 Protel DXP 2004 概述部分,第 3~6 章为原理图设计部分,第 7~9 章介绍了印制电路板设计,第 10 章为电路仿真分析部分,第 11 章简要介绍了利用 Protel DXP 进行信号完整性分析的基本方法,第 12 章以一个完整的实例项目为主线,综合了全书的主要教学内容。本书注重实用操作技能训练,在讲解基本知识的同时,辅以实例进行说明,强调理论与实践相结合。此外,每章后的练习题部分均设有上机操作材料和习题,方便学生上机训练和课后练习。

本书结构合理,条理清楚,内容翔实,可作为大中专院校电子类、计算机类、自动化类、机电一体化类专业及相关专业的教材,也可作为培训教材,还可作为电子产品设计工程技术人员和电子制作爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

Protel DXP 电路设计与制板/夏江华主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2010.2

ISBN 978-7-81124-788-6

I. P… II. 夏… III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel DXP 2004 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 073077 号

Protel DXP 电路设计与制板

主 编 夏江华

副主编 宋 科 赵 威

孙宏伟 张成英

责任编辑 陈守平 王 颖

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpresse@263.net

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:480 千字

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-81124-788-6 定价:35.00 元

前 言

Protel DXP 2004 是 Altium 公司于 2004 年发布的电路设计软件的最新版本,是 Protel DXP 的升级版本。它将项目管理方式、原理图和 PCB 图的双向同步、多通道设计、拓扑自动布线以及强大的电路仿真等技术完美地融合在一起,是一款真正优秀的板卡级设计软件。该软件为用户提供了全方位的设计解决方案,使用户可以轻松进行各种复杂电路的设计。

本书结构严谨,采用知识点和实例相结合的方式详细介绍了 Protel DXP 2004 的基本功能以及操作方法与技巧。在范例的选择上,也力求典型实用,每个范例都能体现所学的知识点。

全书共分为 12 章,各章的主要内容如下。

第 1 章:介绍了印制电路板设计基本知识、Protel DXP 的发展与应用领域,Protel DXP 2004 的组成、特点及安装步骤。

第 2 章:介绍了电路板设计一般步骤、Protel DXP 2004 文件的组织和管理。

第 3 章:介绍了电路原理图设计环境、原理图设计菜单、相关的参数设置。

第 4 章:以一个实例介绍电路原理图的设计流程,以及如何设置编译项目参数、编译项目和定位错误单元,最后介绍了原理图的打印设置。

第 5 章:介绍了原理图设计常用工具的使用方法、电路元器件库的建立。

第 6 章:介绍了图件的放置方法与层次原理图的设计方法。

第 7 章:介绍了电路原理图编辑的方法。

第 8 章:介绍了 PCB 设计流程,单面板、双面板的设计方法。

第 9 章:介绍了元器件 PCB 封装的创建。

第 10 章:介绍了电路仿真功能。

第 11 章:简要介绍了利用 Protel DXP 进行信号完整性分析的基本方法,为以后进行高速 PCB 设计奠定基础。

第 12 章:以一个完整的实例项目为主线,综合了本书的主要教学内容。

本书的特点是知识全面,结构安排合理,语言通俗易懂。通过学习,读者可以充分掌握 Protel DXP 2004 的基础知识,并掌握使用 Protel DXP 2004 进行电路设

计与制板的设计流程以及相关的方法和技巧。除第 12 章外,书中每章都附有小结、上机练习和习题,便于读者自学或教师组织学生进行上机练习。

本书主要由夏江华、宋科、赵威、孙宏伟和张成英编写,参加部分编写和审核工作的还有李彬、杨丽、王娜和罗贤东等。

最后,限于作者的自身水平,书中难免存在不足和疏漏,恳请广大读者和专家不吝指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录

第 1 章 Protel DXP 基础知识	1
1.1 印制电路板基本概念	1
1.1.1 印制电路板的发展历史	1
1.1.2 印制电路板的分类	2
1.1.3 印制电路板的作用与优点	4
1.2 Protel DXP 的发展	4
1.3 Protel DXP 2004 概述	5
1.3.1 Protel DXP 2004 的组成	5
1.3.2 Protel DXP 2004 的特点	5
1.3.3 Protel DXP 2004 的版本	6
1.4 Protel DXP 2004 的安装	6
1.4.1 Protel DXP 2004 的运行环境	6
1.4.2 Protel DXP 2004 的安装过程	7
1.5 本章小结	11
1.6 上机练习	12
1.7 习 题	12
第 2 章 初识 Protel DXP 2004	13
2.1 电路板设计的基本步骤	13
2.2 启动 Protel DXP 2004	14
2.3 简介 Protel DXP 2004	15
2.3.1 Protel DXP 2004 菜单栏	15
2.3.2 资源个性化	16
2.4 Protel DXP 2004 的文件组织结构	17
2.5 本章小结	17
2.6 上机练习	17
2.7 习 题	18
第 3 章 原理图设计环境	19
3.1 启动原理图编辑器	19
3.1.1 从 Files 面板启动原理图编辑器	19
3.1.2 从主页 Home 启动原理图编辑器	20
3.1.3 利用菜单命令启动原理图编辑器	20
3.2 原理图编辑器界面	21
3.3 原理图编辑器菜单	22
3.3.1 File 菜单	22

3.3.2	View 菜单	22
3.3.3	Project 菜单	23
3.3.4	Help 菜单	24
3.3.5	Right Mouse Click 右键菜单	24
3.4	设置原理图编辑器界面	25
3.5	设置图纸参数	26
3.5.1	设置图纸规格	26
3.5.2	设置图纸选项	27
3.5.3	设置图纸栅格	28
3.5.4	设置自动捕获电气节点	28
3.5.5	快速切换栅格命令	29
3.5.6	填写图纸设计信息	29
3.6	设置原理图编辑器系统参数	30
3.6.1	设置原理图参数	30
3.6.2	设置图形编辑参数	32
3.6.3	设置编译器参数	33
3.6.4	设置自动变焦参数	34
3.6.5	设置常用图件默认值参数	34
3.7	本章小结	35
3.8	上机练习	35
3.9	习 题	36
第 4 章	电路原理图设计实例	37
4.1	电路原理图设计流程	37
4.2	电路原理图设计	38
4.2.1	创建一个 PCB 项目	38
4.2.2	创建一个原理图文件	39
4.2.3	加载元器件库	40
4.2.4	打开库文件面板 (Libraries)	42
4.2.5	利用库文件面板放置元器件	42
4.2.6	移动、删除元器件及布局	43
4.2.7	放置导线	45
4.2.8	放置电源端子	46
4.2.9	自动标志元器件	46
4.2.10	快速自动标志元器件和恢复标志	51
4.2.11	直接编辑元器件字符型参数	51
4.2.12	添加元器件参数	52
4.3	设置编译项目参数	53
4.3.1	设置错误报告类型	53
4.3.2	设置电气连接矩阵	53

4.3.3	设置比较器	54
4.3.4	设置输出路径和网络表选项	55
4.4	编译项目和定位错误单元	55
4.4.1	编译项目	55
4.4.2	定位错误原件	56
4.5	生成网络表	57
4.6	原理图打印	58
4.6.1	设置默认打印参数	58
4.6.2	设置打印机参数	59
4.6.3	打印预览	59
4.6.4	打印原理图	60
4.7	本章小结	60
4.8	上机练习	60
4.9	习 题	61
第 5 章	原理图设计常用工具	62
5.1	原理图编辑器工具栏简介	62
5.2	工具栏的使用方法	63
5.3	元器件检索	63
5.3.1	启动元器件检索对话框	63
5.3.2	填写元器件检索参数	64
5.3.3	元器件检索结果的处理方法	65
5.4	建立项目元器件库	65
5.4.1	建立项目原理图元器件库	66
5.4.2	建立项目 PCB 封装元器件库	67
5.5	设置窗口显示	69
5.5.1	平铺窗口	69
5.5.2	水平平铺窗口	70
5.5.3	垂直平铺窗口	70
5.5.4	恢复默认的窗口层叠显示状态	71
5.5.5	在新窗口中打开文件	71
5.5.6	重排设计窗口	71
5.5.7	隐藏文件	71
5.6	工作窗口面板	72
5.6.1	面板标签简介	72
5.6.2	剪切板面板功能	73
5.6.3	收藏面板功能	74
5.6.4	导航器面板功能	76
5.6.5	列表面板功能	79
5.6.6	图纸面板功能	82

5.7 其他常用工具	83
5.7.1 导线高亮工具——高亮笔	83
5.7.2 存储工具	84
5.7.3 过滤器	85
5.8 小结	86
5.9 上机练习	86
5.10 习题	86
第6章 图件放置与层次化设计	87
6.1 放置元器件与设置元器件属性	87
6.1.1 放置元器件	87
6.1.2 元器件属性设置对话框	89
6.1.3 设置属性分组框各参数	89
6.1.4 设置图形分组框各参数	91
6.1.5 设置参数列表分组框各参数	91
6.1.6 设置模型列表分组框各参数	92
6.2 放置导线与设置导线属性	94
6.2.1 普通放置导线模式	94
6.2.2 点对点自动布线模式	95
6.2.3 设置导线属性	96
6.3 放置总线与设置总线属性	96
6.3.1 放置总线	96
6.3.2 放置总线属性	97
6.4 放置总线入口与设置总线入口属性	97
6.4.1 放置总线入口	97
6.4.2 设置总线入口属性	97
6.5 放置网络标号与设置网络标号属性	98
6.5.1 放置网络标号	98
6.5.2 设置网络标号属性	99
6.6 放置节点与设置节点属性	99
6.6.1 放置节点	100
6.6.2 设置节点属性	100
6.7 放置电源端子与设置电源端子属性	100
6.7.1 电源端子简介	101
6.7.2 放置电源端子	101
6.8 放置指令与设置指令属性	101
6.8.1 放置 No ERC 指令	101
6.8.2 设置 No ERC 属性	102
6.8.3 放置 PCB 布线规则指令	102
6.8.4 设置 PCB 布线规则指令属性	102

6.9 放置注释文字与设置注释文字属性	103
6.9.1 插入文字工具 A	103
6.9.2 插入文本框工具	104
6.10 放置非电气图形的方法	105
6.10.1 放置直线与设置直线属性	105
6.10.2 放置多边形与设置多边形属性	106
6.10.3 放置椭圆弧与设置椭圆弧属性	107
6.11 层次原理图设计	108
6.11.1 自上而下的层次原理图设计	108
6.11.2 自下而上的层次原理图设计	114
6.12 图纸连接器的放置和属性设置	116
6.13 本章小结	117
6.14 上机练习	117
6.15 习 题	118
第7章 电路原理图的编辑	119
7.1 元器件的通用编辑	119
7.1.1 元器件的复制、剪切和粘贴	119
7.1.2 元器件的排列和对齐	120
7.2 实用工具栏的使用	121
7.2.1 原理图元器件的全局编辑	121
7.2.2 字符的全局编辑	122
7.3 本章小结	124
7.4 上机练习	124
7.5 习 题	124
第8章 PCB设计实例	125
8.1 PCB的设计流程	125
8.2 双面印制电路板设计	126
8.2.1 文件链接与命名	126
8.2.2 设置电路板禁止布线区	128
8.2.3 导入数据	129
8.2.4 设定环境参数	132
8.2.5 元器件的自动布局	133
8.2.6 调换元器件封装	136
8.2.7 PCB和原理图文件的双向更新	138
8.2.8 元器件布局的交互调整	141
8.2.9 确定电路板的板形	144
8.2.10 电路板的3D效果图	145
8.2.11 布置布线规则	145
8.2.12 自动布线	152

8.2.13	手工调整布线	154
8.2.14	加补泪滴	154
8.2.15	放置敷铜	154
8.2.16	网络的高亮检查	155
8.2.17	设计规则检查 DRC	155
8.2.18	文件的打印输出	158
8.3	单面板电路板的设计	159
8.4	多层电路板设计	161
8.5	本章小结	163
8.6	上机练习	163
8.7	习 题	164
第 9 章	元器件 PCB 封装的创建	165
9.1	PCBLib 编辑器启动及操作界面	165
9.1.1	PCBLib 编辑器的启动	165
9.1.2	PCBLib 编辑器的组成	166
9.1.3	工作参数及图纸参数设置	167
9.2	制作元器件封装图举例	167
9.3	本章小结	172
9.4	上机练习	172
9.5	习 题	173
第 10 章	DXP 仿真功能	174
10.1	常用仿真元器件简介	174
10.1.1	仿真激励源	175
10.1.2	仿真元器件	179
10.1.3	仿真专用函数元器件	184
10.1.4	仿真数学函数元器件	185
10.2	仿真器的设置	185
10.2.1	仿真器设置对话框	185
10.2.2	仿真方式的特点和设置方法	188
10.3	仿真实例	189
10.3.1	并联电路	189
10.3.2	二极管与门电路	191
10.3.3	稳压二极管	193
10.3.4	晶体管输出特性	195
10.4	绘制仿真原理图	196
10.5	仿真图形分析与处理	199
10.5.1	增加波形图	199
10.5.2	操作波形图	203
10.5.3	波形大小调整	208

10.5.4 波形图选项	208
10.5.5 图表选项	208
10.5.6 文件选项	209
10.6 本章小结	211
10.7 上机练习	211
10.8 习 题	211
第 11 章 利用 DXP 进行信号完整性分析	212
11.1 信号完整性简介	212
11.2 Protel DXP 2004 所提供的信号完整性分析	213
11.3 使用 Protel 进行信号完整性分析	213
11.4 实 例	214
11.5 本章小结	224
11.6 上机练习	224
11.7 习 题	224
第 12 章 基于 89C51 单片机的多功能实验电路板的制作实例	225
12.1 实例说明	225
12.2 学习目标	225
12.3 操作步骤	226
12.4 本章小结	239
附录 A 常用原理图元器件符号与 PCB 封装形式	240
附录 B 相关快捷方式	247
附录 C 集合库与 PCB 封装库	250
C.1 集合库	250
C.2 PCB 封装库	276
附录 D 热转印法自制 PCB 的方法与技巧	279
D.1 准备材料	279
D.2 制作步骤	279
D.3 使用方法	281
附录 E 印制电路板设计常用词汇	282
参考文献	287

第 1 章 Protel DXP 基础知识

教学提示：本章主要介绍 Protel DXP 2004 的安装和基本环境，以及制作印制电路板 (PCB) 的一些基本概念。

教学目标：通过本章的学习，学生应该了解印制电路板的基础知识、Protel DXP 2004 的基本特点和 Protel DXP 2004 软件的安装方法，并对 Protel DXP 2004 有一个整体印象，为后面的学习奠定基础。

1.1 印制电路板基本概念

1.1.1 印制电路板的发展历史

印制电路板最初是为了方便安装分立电子元器件、减少过多连接线而设计的一种代替电子电路连接线的安装基板。随着各种电子设备元器件向小型化和高密度化发展，手工连接线的方式已基本被淘汰，所有电子元器件都开始采用印制电路板。由于电路板是用预先设计好的电路通过照相制版的方法在覆有铜箔的基板上制成，所以简称为印制电路板，如图 1-1 所示。

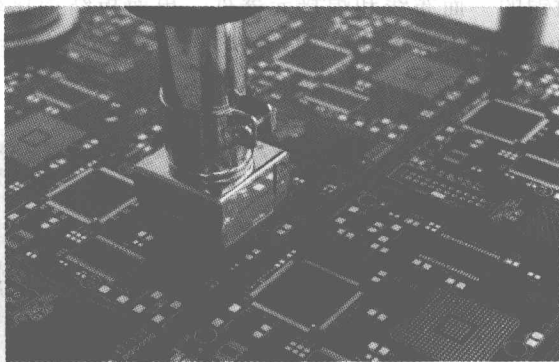


图 1-1 印制电路板

关于电路板的构思早在 1936 年就有人提出过，但采用的是加成法，即将铜线布置在基板上，方便电子元器件的连接，用来制作无线电接收机。

20 世纪 50 年代，出现了单面印制电路板，制造方法是使用覆铜箔纸基酚醛树脂层压板 (PP 基材)，用化学药品溶解除去不需要的铜箔，留下的铜箔成为电路，称为减成法工艺。一些品牌制造工厂用此工艺制作印制板，以手工操作为主，腐蚀液是三氯化铁，溅上衣服就会变黄。当时应用印制板的代表性产品手提式晶体管收音机，就采用了 PP 基材的单面印制板。

20 世纪 60 年代，出现了应用覆铜箔玻璃布环氧树脂层压板 (GE 基材) 的印制板专用材料，使印制电路板的应用和生产进入了产业化阶段。1965 年开始出现商品化批量生产 GE 基板，工业用电子设备用 GE 基板、民用电子设备用 PP 基板已成为业内的常识。

进入 20 世纪 70 年代,印制电路板技术有了很大进步。这个时期的印制板从 4 层向 6、8、10、20、40、50 层甚至更多层发展,同时实行高密度化(细线、小孔、薄板化)电路,宽度与间距从 0.5mm 向 0.35mm、0.2mm、0.1mm 发展,印制板单位面积上布线密度大幅提高。

50 多年来,印制电路板的变化反映了电子技术的高速发展。自 1947 年发明半导体晶体管以来,电子设备的形态经历了由大型、大体积向小型、小体积再向袖珍型和微型化发展的历程。半导体器件也由低功率、分立晶体管向高集成度发展,开发出了各种高性能和更高集成度的 IC。

进入 21 世纪,电子技术设备在向高密度化、小型化和轻量化发展的同时,将向高智能化产品发展。主导 21 世纪的创新技术将是“纳米技术”和各种智能机器人技术。这些新技术将会带动电子元器件的研究开发,从而进一步促进电子电镀技术的进步。

1.1.2 印制电路板的分类

印制电路板的分类方法比较多,主要有以下几种。

1. 按基板材料分类

纸制敷铜板:这种板价格低廉,但性能较差,可用于低频电路和要求不高的场合。

玻璃布敷铜板:这种板价格较贵,但性能较好,常用于高频电路和高档家电产品中。

挠性塑料敷铜板:这种板能够承受较大的变形。

2. 按结构分类

单面印制电路板(简称单面板):单面板是一种一面敷铜,另一面没有敷铜的电路板,如图 1-2 所示。只可在它敷铜的一面布线和焊接元器件。单面板结构比较简单,制作成本较低。但是对于复杂的电路,由于只能一个面上走线,并且不允许交叉,单面板布线难度很大,布通率往往较低,因此通常只有电路比较简单时才采用单面板布线。

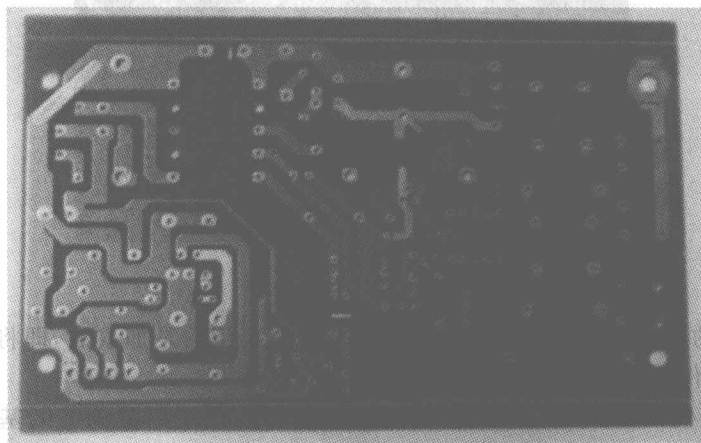


图 1-2 单面板

双面印制电路板(简称双面板):双面板是一种包括顶层(top layer)和底层(bottom layer)的电路板。顶层一般为元器件面,底层一般为焊接面。双面板两面都敷上铜箔,因此 PCB 中两面都可以布线,并且可以通过导孔在不同工作层中切换走线,相对于多层板而言,双面板制作成本不高。对于一般的应用电路,在给定一定面积时通常都能全部布通,因此目前一般的印

制板都是双面板,如图 1-3 所示。

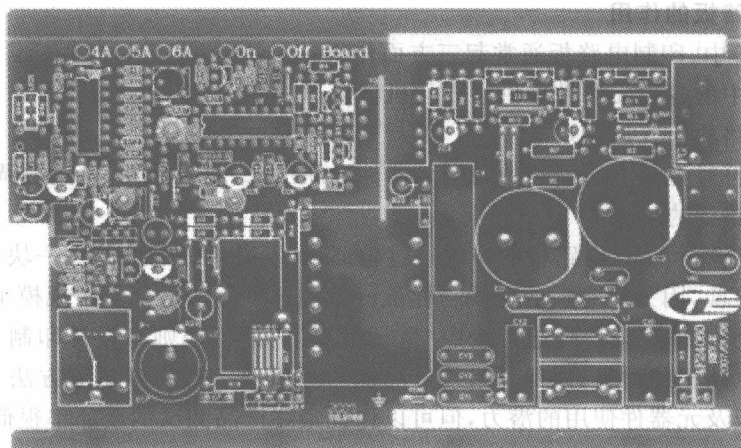


图 1-3 双面板

多层印制电路板(简称多层板):多层板就是多个工作层面的电路板,如图 1-4 所示。最简单的多层板有 4 层,通常是在 top layer 和 bottom layer 中间加上了电源层和地线层。通过这样的处理,可以最大限度地解决电磁干扰问题,提高系统的可靠性,同时也可以提高布通率,缩小 PCB 的面积。

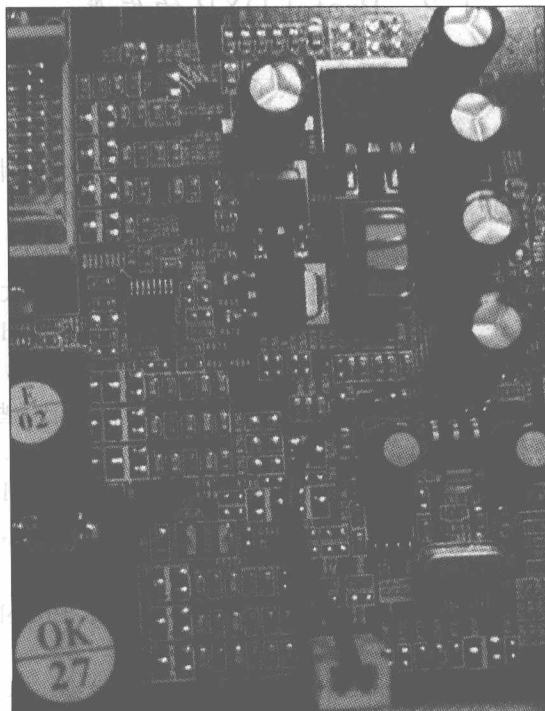


图 1-4 多层板(显卡低通滤波电路部分)

1.1.3 印制电路板的作用与优点

1. 印刷电路板的作用

在电子设备中,印制电路板通常起三方面作用:

- 1) 对电路中的各种元器件提供必要的机械支撑。
- 2) 提供电路的电气连接。
- 3) 用标记符号把板上所安装的各个元器件标注出来,便于插件、检查及调试。

2. 印制电路板的优点

1) 具有重复性。一旦电路板的布线经过验证,就不必再为制成的每一块板上的互连是否正确进行逐个检验,因为所有板的连线与样板一致。这种方法适合于大规模工业化生产。

2) 板的可预测性。设计师通常按照“最坏情况”的设计原则来设计印制导线的长、宽、间距及选择印制电路板材料,以保证最终产品能通过试验条件。虽然该方法不一定能准确地反映印制电路板及元器件使用的潜力,但可以保证最终产品测试的废品率很低,并可大大简化印制电路板的设计。

3) 所有信号都可以导线的任一点沿直线进行测试,而不会产生因导线接触而引起短路的危险。

4) 印制电路板的焊点可以在一次焊接过程中将大部分焊完。现代焊接方法主要使用的是浸焊和波峰焊,这样可以保证高速、高质量地完成焊接工作,减少虚焊、漏焊,从而降低电子设备的故障率。

1.2 Protel DXP 的发展

从 20 世纪 80 年代开始,计算机应用进入了各个领域。20 世纪 80 年代末,由美国 ACCEL Technologies Inc. 推出了第一个应用于电子电路设计软件包——TANGO,这个软件包在当时给电子电路设计带来了设计方法和方式的革命,人们开始用计算机来设计电子电路。但 TANGO 在应用中逐渐显示出其不适应时代发展需要的弱点,这时 Altium(前称 Protel International Limited)公司以其强大的研发能力推出了 Protel For DOS 作为 TANGO 的升级版本。从此 Protel 开始出现在 PCB 设计的历史舞台,并日益显示其强大的生命力。

随后,Windows 操作系统开始流行,许多应用软件开始支持 Windows 操作系统。Altium 公司也相继推出了 Protel For Windows 1.0、Protel For Windows 1.5 等版本。这些版本的可视化功能给用户设计电子电路带来了很大方便,设计者再也不用记一些繁琐的命令,同时也让用户体会到了资源共享的乐趣。

随着 Windows 95 的出现,Altium 公司也紧跟潮流,推出了 Protel 3. X。这个版本加入了新颖的主从式结构,但在自动布线方面却没有表现出众的表现。另外,这个版本是 16 位和 32 位的混合型软件,所以也不太稳定。

1998 年,Altium 公司推出了给人以全新感觉的 Protel 98。Protel 98 以其出众的自动布线能力获得了业内人士的一致好评。

1999 年,Altium 公司又推出了最新一代的电子电路设计系统——Protel 99。在 Protel 99 中加入了许多全新的特色。