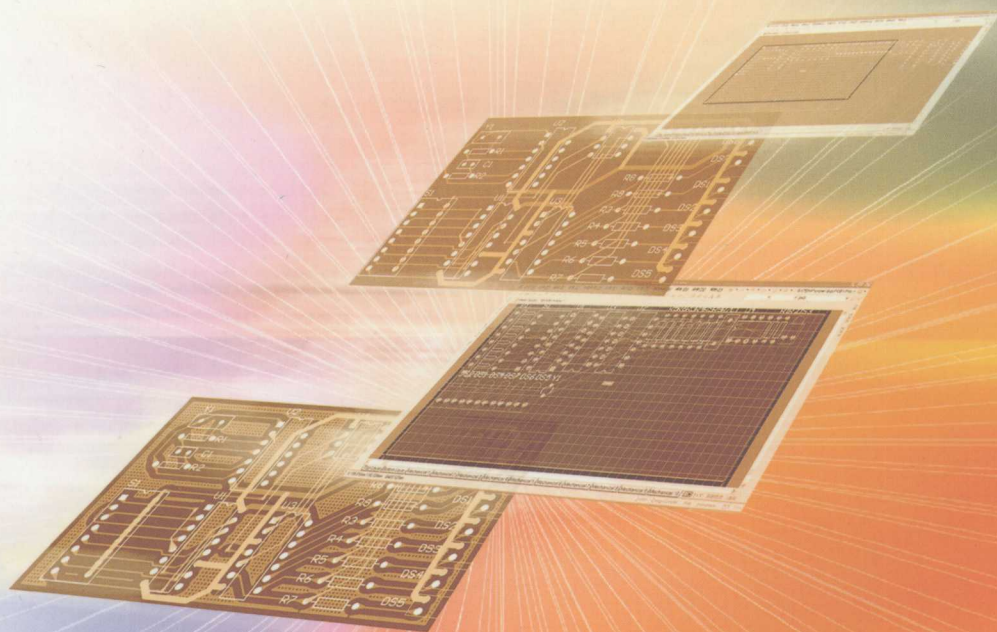




广东省职业技能鉴定系列教材

电子CAD职业技能鉴定教程 (Protel DXP 2004 SP2)

广东省职业技能鉴定指导中心 主编
杨亭 等 编著



ZHIYE JINENG JIANDING JIAOCHENG

广东省出版集团

广东科技出版社

(全国优秀出版社)

电子 CAD 职业技能鉴定教程

(Protel DXP 2004 SP2)

广东省职业技能鉴定指导中心 主编

杨亭 等 编著

广东省出版集团
广东科技出版社

· 广 州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电子 CAD 职业技能鉴定教程: Protel DXP 2004 SP2 /广东省职业技能鉴定指导中心主编.
—广州: 广东科技出版社, 2007.8

ISBN 978-7-5359-4405-4

I. 电... II. 广... III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel DXP 2004 SP2
—职业技能鉴定—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 124534 号

责任编辑: 周 莉

封面设计: 胡改咏

责任校对: 黄嘉能

责任印制: 严建伟

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www.gdstp.com.cn

印 刷: 广州市岭美彩印有限公司

(广州市花地大道南海南工商贸易区 A 幢 邮码: 510385)

规 格: 787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 340 千

版 次: 2007 年 8 月第 1 版

2007 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

广东省职业技能鉴定教材编委会

主 任：周国添

副 主 任：杨耀基

编委会成员：（按姓氏笔划排列）

杨耀基 邱 璟 邹炳辉

周国添 傅 鹄

本书编委会

主 编：邱 璟

执行主编：杨 亭

副 主 编：沈凤山 祁 伟 邹炳辉

编写人员：杨 亭 沈凤山 祁 伟

丁达春 周永海 陈琼莲

内容简介

本书介绍了 Protel DXP 2004 SP2 软件的使用方法和电子 CAD 职业技能鉴定的考试内容。

本书包括 Protel DXP 2004 SP2 软件中原理图设计、印刷电路板 (PCB) 设计以及电子职业技能鉴定中高级考试内容三大部分。全书共 11 章, 其中第 1 章为电子 CAD 设计基础, 第 2 至 9 章讲述了如何使用 Protel DXP 2004 SP2 进行完整的 PCB 设计, 第 10 至 11 章对电子 CAD 职业技能鉴定中高级试题真题进行了讲解。

本书注重联系实际, 结构合理, 入门简单, 层次清楚, 内容翔实, 并附有特别提示和习题, 大部分原理图均为实际应用中使用的具体电路, 可作为大中专院校电子类、电气类专业教材, 可作为参加电子 CAD 职业技能鉴定的学员中高级考证的培训教材, 也可作为电子产品设计的工程技术人员和电子爱好者的自学教材。

前 言

在当今典型的电子产品中,随着设计流程的融合,工程师开发产品依赖的设计系统也需要融合,以便维持将来的设计效率。Protel DXP 2004 SP2 提供了真正的完整的板级设计流程,使用起来方便又快捷,不论是经验丰富的高级电子设计师,还是未出校门的在校学生,都可以在短时间内了解并掌握它的设计精髓和技巧,从而在实践中完成自己的理想电路设计。

为了帮助电子设计人员、在校学生等快速学习这些软件,快速掌握这些软件的使用与开发技术,以及帮助广大的参加职业技能鉴定的考生顺利地通过考试,我们特编写了本书。本书以典型的应用实例为主,主要介绍了 Protel DXP 2004 SP2 软件中原理图设计、印刷电路板(PCB)设计以及电子职业技能鉴定中高级考试内容三大部分。本书在第1章介绍了电子CAD设计基础,第2章至第9章详细讲述了如何使用 Protel DXP 2004 SP2 进行完整的PCB设计。从原理图设计到PCB设计的过程进行了详细的讲解。并且对其中用到的技巧和功能专门进行了细致的讲解。在每一章节中均结合了具体的实例,特别是一些在历年技能鉴定考试中使用到的真题进行讲解,针对性强,分析透彻,第10章讲解了电子CAD职业技能鉴定中级考题,第11章讲解了电子CAD职业技能鉴定高级试题,围绕电子CAD考题进行了全面的分析及解答。

本书内容全面,除介绍 Protel DXP 2004 SP2 的基本技巧和使用方法外,还给初学者普及电子工艺等常用电子知识,结构合理,入门简单,层次清晰,内容翔实,可作为大中专院校电子类、电气类专业教材,可作为参加电子CAD职业技能鉴定的学员中高级考证的培训教材,也可作为电子产品设计的工程技术人员和电子爱好者的自学教材。

本书在编写过程中得到了广东省职业技能鉴定指导中心的大力支持,也得到了邹炳辉、黄子龙、叶德云、杨旭方等的帮助以及兄弟院校同行的指导,在此一并感谢。由于编著者水平有限,再加上时间紧促,不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2007年8月

目 录

1 电子 CAD 设计基础	1
1.1 什么是 PCB	1
1.2 PCB 印制板的功能	1
1.3 PCB 印制板的分类	1
1.3.1 单面板 (single-sided boards)	2
1.3.2 双面板 (double-sided boards)	2
1.3.3 多层板 (multi-layer boards)	2
1.4 PCB 的特点	3
1.4.1 可高密度化	3
1.4.2 高可靠性	3
1.4.3 可设计性	3
1.4.4 可生产性	3
1.4.5 可测试性	3
1.4.6 可组装性	3
1.4.7 可维护性	3
1.5 PCB 的排版设计	3
1.5.1 设计 PCB 前的准备工作	4
1.5.2 确定 PCB 的目标	4
1.5.3 确定 PCB 的板材、形状、尺寸和厚度	5
1.5.4 确定外部接口	5
1.5.5 PCB 的排版布局	6
1.6 多种不同工艺的 PCB 流程介绍	7
1.7 PCB 设计流程	8
1.7.1 系统规格	8
1.7.2 系统功能方块图	8
1.7.3 将系统分割成数个 PCB	8
1.7.4 决定使用封装方法和各 PCB 的大小	8
1.7.5 绘出所有 PCB 的电路概图	8
1.8 PCB 的计算机辅助设计	10
2 Protel DXP 2004 SP2 简介	12
2.1 Protel 的发展	12
2.2 Protel DXP 2004 SP2 的特点	13
2.3 Protel DXP 2004 SP2 的安装与卸载	13
2.3.1 Protel DXP 2004 SP2 对系统的要求	13
2.3.2 Protel DXP 2004 SP2 的安装	14
2.3.3 Protel DXP 2004 SP2 的卸载	15

2.4	Protel DXP 2004 SP2 的启动	15
2.5	Protel DXP 2004 SP2 的设计导航者	16
2.5.1	英文环境的设计导航者	16
2.5.2	英文环境转换为中文环境	16
2.5.3	中文集成开发环境的组成	17
2.6	Protel DXP 2004 SP2 工作面板	18
2.6.1	工作面板的显示	18
2.6.2	【Files】面板操作	19
2.6.3	【Projects】面板操作	20
2.6.4	【Navigator】面板操作	21
2.7	Protel DXP 2004 SP2 的文件管理	23
2.7.1	项目及项目文件	23
2.7.2	项目的打开与创建	24
2.7.3	创建设计文件	25
2.7.4	把设计文件加入项目	26
2.7.5	在项目中移去设计文件	27
2.7.6	工作区	27
2.7.7	把项目加入工作区	29
3	Protel DXP 2004 SP2 的原理图设计环境	31
3.1	电路板设计的一般步骤	31
3.1.1	方案分析	31
3.1.2	电路仿真	31
3.1.3	设计原理图元件	31
3.1.4	绘制原理图	31
3.1.5	设计元件封装	31
3.1.6	产生网络表	32
3.1.7	设计 PCB	32
3.1.8	文档整理	32
3.2	Protel DXP 2004 SP2 原理图设计系统参数的优先设定	32
3.2.1	设置原理图的常规环境参数	32
3.2.2	设置图形编辑的环境参数	34
3.2.3	设置编译器的环境参数	36
3.2.4	原理图的自动聚焦设置	37
3.2.5	原理图的网格设置	37
3.2.6	原理图的连线切割设置	38
3.2.7	原理图默认单位设置	38
3.2.8	设置原理图中的图元默认值	39
3.2.9	设置 Orcad 的环境参数	40
3.3	Protel DXP 2004 SP2 的原理图设计界面介绍	41
3.3.1	创建新原理图文件	41
3.3.2	原理图编辑环境界面	41

3.4 Protel DXP 2004 SP2 的原理图设计工具介绍	43
3.4.1 图纸设置	43
3.4.2 网格设置	44
3.4.3 设置图纸设计信息	45
3.4.4 Protel DXP 2004 SP2 元件库	46
3.4.5 元件的放置	50
3.4.6 调整元件的位置	53
3.4.7 元件的移动	55
3.4.8 元件的旋转	56
3.4.9 元件的排列与对齐	56
3.4.10 元件的复制与粘贴	57
3.4.11 原理图连接工具	58
3.4.12 元件的电气连接	59
3.4.13 放置电气节点	61
3.4.14 设置网络标签	61
3.4.15 放置输入输出端口	63
3.4.16 放置电源和地端口	64
3.4.17 放置忽略 ERC 检查符号	65
3.4.18 放置 PCB 布局标志	65
3.4.19 使用实用工具绘图	67
3.4.20 放置图形	70
3.4.21 放置文本字符串	71
3.4.22 放置文本框	72
3.5 Protel DXP 2004 SP2 的原理图设计步骤	73
3.5.1 启动 Protel DXP 2004 SP2 电路原理图编辑器	73
3.5.2 设置电路图图纸尺寸以及版面	73
3.5.3 在图纸上放置需要设计的元件	73
3.5.4 对所置的元件进行布局布线	73
3.5.5 对布局布线后的元件进行调整	74
3.5.6 保存文档并打印输出	74
3.6 中级试题样题原理图实例制作	74
3.6.1 启动 Protel DXP 2004 SP2 软件	74
3.6.2 创建 PCB 项目	74
3.6.3 创建原理图文件	74
3.6.4 设置文档参数	74
3.6.5 加载元件库	75
3.6.6 在原理图上放置元件	76
3.6.7 调整元件的位置	77
3.6.8 利用画导线工具连接各个元件	77
3.6.9 放置电源和接地符号	78
3.6.10 放置网络标签	78
3.6.11 保存原理图	78

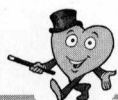
4 原理图库元件制作	80
4.1 Protel DXP 2004 SP2 的原理图库设计界面介绍	80
4.1.1 启动原理图库文件编辑器	80
4.1.2 原理图库文件编辑环境	81
4.2 Protel DXP 2004 SP2 的原理图库设计工具介绍	81
4.2.1 原理图库菜单工具栏	81
4.2.2 原理图符号绘制工具栏	82
4.2.3 模式工具栏	83
4.2.4 原理图库文件面板	83
4.3 原理图元件库设计步骤	83
4.4 原理图元件库制作实例	84
4.4.1 设置工作区参数	84
4.4.2 依据试卷要求绘制原理图库元件	84
4.5 库元件管理	88
4.5.1 库元件管理命令	88
4.5.2 绘制含有子部件的库元件	89
4.5.3 添加库元件别名	90
4.5.4 库元件的复制	90
4.6 库文件输出报表	92
4.6.1 生成元件报表	92
4.6.2 生成元件规则检查报表	93
4.6.3 生成元件库报表	94
5 原理图设计与绘制的提高	96
5.1 Protel DXP 2004 SP2 的原理图模板制作方法	96
5.1.1 原理图模板制作的一般步骤	96
5.1.2 原理图模板制作实例	96
5.1.3 原理图模板调用	99
5.2 层次原理图的基本概念	100
5.2.1 层次原理图	101
5.2.2 层次原理图设计方法	102
5.3 自顶向下的层次原理图设计	102
5.3.1 自顶向下的层次原理图设计的基本结构	102
5.3.2 自顶向下的层次原理图设计的设计流程	102
5.4 自底向上的层次原理图设计	107
5.4.1 自底向上的层次原理图设计的基本结构	107
5.4.2 自底向上的层次原理图设计的设计流程	108
6 项目编译与原理图报表输出	113
6.1 项目编译	113
6.1.1 项目编译设置	113

6.1.2 执行项目编译	116
6.2 原理图报表的创建输出	118
6.2.1 网络表	118
6.2.2 元件报表	121
6.2.3 元件交叉参考报表	124
7 印刷电路板设计常用操作	126
7.1 Protel DXP 2004 SP2 的 PCB 设计系统参数优先设定	126
7.1.1 进入印制电路板编辑环境	126
7.1.2 印制电路板的层面	131
7.2 Protel DXP 2004 SP2 的 PCB 设计界面介绍	132
7.2.1 主菜单栏	132
7.2.2 工具栏	132
7.2.3 面板控制中心【Panel Control】	133
7.2.4 面板（Panels）	133
7.2.5 坐标系统	135
7.3 Protel DXP 2004 SP2 的 PCB 设计工具介绍	136
7.4 使用菜单命令创建 PCB 文件	139
7.4.1 环境参数设置	139
7.4.2 设定图纸页面	140
7.4.3 图层堆栈管理器	140
7.4.4 设置工作层面颜色	142
7.4.5 设定 PCB 边界	144
7.5 PCB 编辑管理器的基本操作方法	146
7.5.1 画面移动	146
7.5.2 随时放大和缩小工作面	146
7.5.3 改变 PCB 的当前层面	147
7.5.4 图元的翻转	147
7.6 放置工作栏介绍	148
7.6.1 放置铜模导线	148
7.6.2 放置直线	150
7.6.3 放置焊盘	151
7.6.4 放置过孔	152
7.6.5 放置字符串	154
7.6.6 放置位置坐标	155
7.6.7 放置尺寸标注	156
7.6.8 放置元件封装	160
7.6.9 中心法绘制圆弧	162
7.6.10 边缘法绘制圆弧	162
7.6.11 绘制圆	163
7.6.12 放置矩形填充	164
7.6.13 放置铜区域	165

7.6.14 放置覆铜	166
7.7 PCB 编辑器的编辑功能	167
7.7.1 选择和取消选择	167
7.7.2 复制、剪切、粘贴和删除	169
7.7.3 元件的移动	171
7.7.4 排列图元	172
7.7.5 快速跳转	173
7.7.6 图元属性的全局编辑	173
7.8 元件布局	173
7.8.1 自动布局约束参数	174
7.8.2 元件自动布局	176
7.8.3 锁定关键元件的自动布局	177
7.8.4 手工调整元件布局	178
7.9 自动布线	178
7.9.1 为自动布线设置规则	178
7.9.2 选择自动布线策略	178
7.9.3 进行自动布线	179
8 PCB 元件封装制作	183
8.1 PCB 元件封装的基本概念	183
8.2 Protel DXP 2004 SP2 的 PCB 库设计界面介绍	184
8.2.1 进入 PCB 库文件编辑环境	184
8.2.2 PCB 库编辑器环境设置	186
8.3 Protel DXP 2004 SP2 的 PCB 库设计步骤	186
8.3.1 手工绘制元件封装	187
8.3.2 使用 PCB 库元件向导制作元件封装	191
8.4 创建项目 PCB 元件封装库	194
8.5 创建集成元件库	195
8.6 综合实例——项目元件库的创建	198
8.6.1 设计要求	198
8.6.2 设计思路	198
8.6.3 生成原理图库文件	198
8.6.4 生成 PCB 元件封装库文件	198
8.6.5 创建集成库文件	199
9 PCB 设计规则及其应用	201
9.1 PCB 设计的基本原则	201
9.2 编辑器的设计规则设置	202
9.3 规则作用域	203
9.4 电气规则	204
9.4.1 Clearance: 安全间距设置	204
9.4.2 Short-Circuit 短路设置	204

9.4.3 Un-Routed Net: 没有布线网络节点设置	205
9.4.4 Un-Connecterd Pin: 未连接引脚设置	205
9.5 布线规则	205
9.6 规则向导	209
9.7 删除 PCB 规则	211
10 电子 CAD 职业技能鉴定中级试题分析	212
10.1 电子类计算机辅助设计中级鉴定标准	212
10.1.1 知识要求	212
10.1.2 技能要求	212
10.1.3 实际能力要求	212
10.1.4 鉴定内容	212
10.2 2007 年上半年中级试题分析	213
10.2.1 标题栏制作	213
10.2.2 电路原理分析	214
10.2.3 制作原理图元件库	214
10.2.4 制作元件封装库	216
10.2.5 绘制原理图	218
10.2.6 生成 PCB	223
11 电子 CAD 职业技能鉴定高级试题分析	230
11.1 电子类计算机辅助设计高级鉴定标准	230
11.1.1 知识要求	230
11.1.2 技能要求	230
11.1.3 实际能力要求	230
11.1.4 鉴定内容	230
11.2 2007 年上半年高级试题分析	231
11.2.1 标题栏制作	231
11.2.2 电路原理分析	233
11.2.3 制作原理图元件库	234
11.2.4 制作元件封装库	236
11.2.5 绘制原理图	240
11.2.6 生成 PCB	246
附录 1 常用快捷键	252
附录 2 常见元件封装名及元件对照表	254
附录 3 Protel DXP 2004 SP2 原理图 DRC 违规类型中英对照	256

1 电子 CAD 设计基础



学习要点

- ◇ 了解 PCB 印制板的名称由来、特点、功能及其分类；
- ◇ 明确 PCB 的排版设计步骤，着重掌握排版布局的原则与技巧；
- ◇ 了解 PCB 制作的几种工艺，大致掌握 PCB 的设计流程；
- ◇ 了解目前流行的 PCB 制作计算机辅助设计软件。

1.1 什么是 PCB

PCB (printed circuit board) 即印制线路板，简称印制板，是电子工业的重要部件之一。几乎每种电子设备，小到电子手表、计算器，大到计算机、通信电子设备、军用武器系统，只要有集成电路等电子元件，为了使各个元件之间的电气互连，都要使用印制板。印制线路板由绝缘底板、连接导线和装配焊接电子元件的焊盘组成，具有导电路径和绝缘底板的双重作用。它可以代替复杂的布线，实现电路中各元件之间的电气连接，不仅简化了电子产品的装配、焊接工作，减少传统方式下的接线工作量，大大减轻工人的劳动强度；而且缩小了整机体积，降低产品成本，提高电子设备的质量和可靠性。印制线路板具有良好的产品一致性，它可以采用标准化设计，有利于在生产过程中实现机械化和自动化。同时，整块经过装配调试的印制线路板可以作为一个独立的备件，便于整机产品的互换与维修。目前，印制线路板已经极其广泛地应用在电子产品的生产制造中。

印制线路板最早使用的是纸基覆铜印制板。自半导体晶体管于 20 世纪 50 年代出现以来，对印制板的需求量急剧上升。特别是集成电路的迅速发展及广泛应用，使电子设备的体积越来越小，电路布线密度和难度越来越大，这就要求印制板要不断更新。目前印制板的品种已从单面板发展到双面板、多层板和挠性板；结构和质量也已发展到超高密度、微型化和高可靠性程度；新的设计方法、设计用品和制板材料、制板工艺不断涌现。近年来，各种计算机辅助设计 (CAD) 印制线路板的应用软件已经在行业内普及与推广，在专门化的印制板生产厂家中，机械化、自动化生产已经完全取代了手工操作。

1.2 PCB 印制板的功能

- 提供集成电路等各种电子元件固定、装配的机械支撑。
- 实现集成电路等各种电子元件之间的布线和电气连接或电绝缘。
- 提供电路所要求的电气特性，如特性阻抗等。
- 为自动焊锡提供阻焊图形，为元件插装、检查、维修提供识别字符和图形。

1.3 PCB 印制板的分类

PCB 印制板可以按照用途、基材类型、结构等来分类，一般采用 PCB 结构来划分，大体上可以分为：

- 单面板 (非金属化孔)

- 双面板 (金属化孔, 银/碳浆贯孔)
- 常规多层板 (四层板、六层板、多层板)
- 刚性印制板 (埋/盲孔多层板、积层多层板)
- 平面板
- 单面板
- 挠性印制板 (双面板、多层板)
- 刚—挠性印制板 (用于高频、微波)
- 特种印制板 (金属芯印制板、特厚铜层印制板、陶瓷印制板)
- 集成元件印制板 (埋入无源元件、埋入有源元件、埋入复合元件)

1.3.1 单面板 (single-sided boards)

在最基本的 PCB 上, 零件集中在其中一面, 导线则集中在另一面上, 因为导线只出现在其中一面, 所以我们就称这种 PCB 叫做单面板。由于单面板在设计线路上有许多严格的限制 (因为只有一面, 布线间不能交叉而必须绕行独自的路径), 所以只有早期的电路才使用这类板子。

1.3.2 双面板 (double-sided boards)

这种电路板的两面都有布线。不过要用上两面的导线, 必须要在两面间有适当的电路连接才行。这种电路间的“桥梁”叫做导孔 (via), 它可以与两面的导线相连接。因为双面板的面积比单面板大了一倍, 而且因为布线可以互相交错 (能绕到另一面), 它更适合在比单面板更复杂的电路上应用。

特 别 提 示

所谓“导孔”, 就是在 PCB 板上钻出的小孔, 在孔中充满或涂布上金属, 形成导电的小孔, 所以称为“导孔”。

这种利用某种工艺使绝缘材料上的小孔成为导电通路的方法称为“孔的金属化”。

1.3.3 多层板 (multi-layer boards)

为了增加可以布线的面积, 多层板采用了更多的单或双面的布线结构。一些多层板使用了数片双面板, 并在每层板间放进一层绝缘层后粘牢压合。板子的层数就代表了有几层独立的布线层; 通常的层数都是偶数, 并且包含最外侧的两层。大部分的电脑主机板都是 4~8 层的结构, 不过现在技术上已经可以做出近 100 层的 PCB。大型的超级计算机大多使用相当多层的主机板, 不过由于这类计算机已经可以用许多普通计算机的集群代替, 因此超多层板已经渐渐不被使用了。PCB 中的各层结合紧密, 一般不太容易看出层的实际数目, 但如果你仔细观察主机板, 也可以看出来的。

导孔 (via) 如果应用在双面板上, 那么一定都是要打穿整个板子的。但在多层板当中, 如果你只想连接其中一些线路, 那么导孔可能会浪费其他一些层的线路空间。埋孔 (buried vias) 和盲孔 (blind vias) 技术可以避免这个问题, 因为它们只穿透其中几层。埋孔是只连接内部的 PCB, 所以光是从表面是看不出来的。盲孔则是将几层内部 PCB 与表面 PCB 连接, 不需穿透整个板子。

在多层板 PCB 中, 整层都直接连接上地线与电源。所以我们将各层分类为信号层 (signal)、电源层 (power) 或是地线层 (ground)。如果 PCB 上的零件需要不同的电源供应, 通常这类 PCB 会有两层以上的电源与电线层。

1.4 PCB 的特点

PCB 之所以能受到越来越广泛的应用,是因为它有很多独特的优点,大致如下:

1.4.1 可高密度化

多年来,印制板的高密度一直能够随着集成电路集成度的提高和安装技术的进步而相应发展。(具体是怎么“高密度化”要说清。)

1.4.2 高可靠性

通过一系列检查、测试和老化试验等技术手段,可以保证 PCB 长期(使用期一般为 20 年)而可靠地工作。

1.4.3 可设计性

对 PCB 的各种性能(电气、物理、化学、机械等)的要求,可以通过设计标准化、规范化等来实现。这样设计时间短、效率高。

1.4.4 可生产性

PCB 采用现代化管理,可实现标准化、规模(量)化、自动化生产,从而保证产品质量的一致性。

1.4.5 可测试性

建立了比较完整的测试方法、测试标准,可以通过各种测试设备与仪器等来检测并鉴定 PCB 产品的合格性和使用寿命。

1.4.6 可组装性

PCB 产品既便于各种元件进行标准化组装,又可以进行自动化、规模化的批量生产。另外,将 PCB 与其他各种元件进行整体组装,还可形成更大的部件、系统,直至整机。

1.4.7 可维护性

由于 PCB 产品与各种元件整体组装的部件是以标准化设计与规模化生产的,因而,这些部件也是标准化的。所以,一旦系统发生故障,可以快速、方便、灵活地进行更换,迅速恢复系统的工作。

PCB 还有其他的一些优点,如使系统小型化、轻量化,信号传输高速化等。

1.5 PCB 的排版设计

PCB 是实现电子整机产品功能的主要部件之一,其设计是整机工艺设计中重要的一环。所谓 PCB 设计,就是根据设计人员的意图,将电路原理图转换成印制板图,并选择材料和确定加工技术要求的过程。它包括选择印制板的材质、确定整机结构;考虑电气连接、机械、元件的安装方式、位置和尺寸;决定印制导线的宽度、间距和焊盘的直径、孔径;设计印制插头或连接接口的结构;根据电路要求设计布线文件;准备印制板生产所需要的全部资料和数据。

印制线路板的设计通常有两种方式:一种是人工设计,一种是计算机辅助设计。无论采取哪种方式,都必须符合原理图的电气连接和产品电气性能、机械性能的要求,要考虑印制板加工工艺和电子产品装配工艺的基本要求。印制线路板的设计标准,应该参照国家技术监督局颁发的 GB 4588.1~2-84《印制板技术条件》、GB 4677.1~11-84《印制板测试方法》、GB 4825.1~2-84《印制板制图》等国家标准执行。

PCB 的设计质量,不仅关系到电路在装配、焊接、调试过程中的操作是否便捷,而且直接影响整机的技术指标、使用与维修的方便性。成功的 PCB 设计,不仅应该做到保证各元件

之间的连接准确无误,工作中无自身干扰,而且还要尽量做到使元件布局合理、安装便捷、焊接可靠、整齐美观、维修方便。

一般来说,印制线路板的布局排版没有统一的固定模式,不像电路原理设计那样需要严谨的理论和精确的计算。对于同一张原理图,每个设计者都可以按照自己风格和修改进行工作。由于思路不同、习惯不一、技巧各异,所以有多少人去设计排版,就可能会出现多少种方案,结果具有很大的灵活性和离散性。但是,这并不是说印制线路板的设计可以随心所欲、草率从事。经过比较可以发现,尽管有众多的方案可以达到同样的电气指标,然而总能够从中选出更美观、更可靠、更容易装配的最佳设计。例如,对印制线路板的设计质量进行评价,通常会考虑到以下几个因素:

- 线路的设计是否给整机带来干扰
- 电路的装配与维修是否方便
- 性能价格比是否最佳
- 电路板的对外引线是否可靠
- 排列是否均匀、整齐
- 板面布局是否合理、美观

显然,不同的设计方案可能给整机带来不同的技术效果。这说明,即使没有固定的方案模式,也存在着一般的规范和原则。通过下文的介绍,电子工程技术设计员可以了解并掌握这些基本规范和设计原则。

1.5.1 设计 PCB 前的准备工作

在开始设计印制电路板之前,有很多准备工作要做。主要做好以下几项准备工作:

- 进行电路方案试验,这是研制电子产品时设计 PCB 的前提之一。
- 对电路试验的结果进行分析。
- 确定整机的机械结构。
- 确定整机的使用性能。

1.5.2 确定 PCB 的目标

印制电路板通常要委托专业厂家进行生产加工,所以制版时间对产品的研制周期会产生很大的影响。不同的制版要求,决定了加工的复杂程度和费用,也影响到整机的成本。要根据产品的性质,即产品处于预研性试制、设计性试制、生产性试制或批量性生产中的哪个阶段,并对产品未来的市场前景进行预测,由此来决定印制电路板的设计目标。

对于印制电路板的设计目标,通常要从准确性、可靠性、工艺性和经济性这 4 个方面进行考虑。

1.5.2.1 准确性

元件和印制导线的连接关系必须符合印制板的电气原理。

1.5.2.2 可靠性

印制电路板的可靠性是影响电子整机产品可靠性的一个重要因素。影响印制板可靠性的因素很多,其中有基板材料方面的,也有制板加工方面和装配连接工艺方面的。

1.5.2.3 工艺性

分析整机结构及机内的体积空间,确定印制电路板的面积、形状和尺寸。印制板外形尺寸的确定,应该符合标准化的尺寸系列,形状力求简单,少用异形孔、槽,减少生产模具成本,简化加工程序。在此基础上,兼顾考虑装配、调试、维修性能,从而决定印制板的结构。