



计算机教育图书研究室
Computer Education Books

总策划



陈彦峰 主编

Protel DXP

全方位教程

QUAN FANG WEI JIAO CHENG



本书内容

- ✱ 电路原理图的绘制
- ✱ 原理图操作工具
- ✱ 原理图的层次化设计
- ✱ 设计原理图元件
- ✱ 网络表/PCB设计基础
- ✱ 元器件的布局
- ✱ PCB的布线/PCB设计工具
- ✱ 设计元器件封装
- ✱ 语音识别电路设计实例
- ✱ 电路设计与Protel DXP简介

航空工业出版社

Protel DXP

全方位教程



计算机教育图书研究室
Computer Education Books

总策划

主 编 陈彦峰

编 委 崔慧勇 任立功

王文增 魏 霞



航空工业出版社

内 容 提 要

Protel 是由 Altium 公司(前身为 Protel Technology 公司)开发的功能强大的电路 CAD 系列软件, Protel DXP 是其最新的基于 Windows 平台的版本。

本书共分 12 章, 不仅全面介绍了 Protel DXP 的工作界面、各种常用编辑器和常用工具等基础知识, 而且按照电子设计的一般流程, 从原理图设计开始到输出电路板制作文件为止, 详细地向读者介绍了电路原理图的设计、网络表的生成、PCB 的设计方法和与之相关的各种操作。

本书具有全面、实用、条理清晰、通俗易懂的特点, 既可作为电子设计与制板人员的培训教材, 也可作为各大、中专院校相关专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

Protel DXP 全方位教程 / 陈彦峰主编. —北京: 航空工业出版社, 2003.12

ISBN 7-80183-220-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 083240 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

北京市燕山印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2003 年 12 月第 1 版

2004 年 3 月第 2 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 22

字数: 406 千字

印数: 6001-8000

定价: 28.00 元

本社图书如有缺页、倒页、脱页、残页等情况, 请与本社发行部联系调换。联系电话: 010-65934239 或 84917422

前 言

随着科学技术的发展,现代电子工业也取得了长足的进步,大规模、超大规模集成电路的应用使得印制电路板日趋精密和复杂,传统的手工设计已经不可能完成各种复杂的 PCB 设计任务了。为了解决这个问题,各种各样的辅助设计软件应运而生,Protel Technology 公司推出的 Protel 就是其中的佼佼者。

Protel 家族的软件一直以简单实用而著称,在完成公司重组之后,由 Protel Technology 公司转变而来的 Altium 公司推出了该软件的最新版本——Protel DXP。该版本在继承其上一代 Protel 99 SE 优点的基础上,在软件的各个方面又有了新的改进。Protel DXP 除提供了功能强大的原理图编辑器和 PCB 编辑器、完善有效的检测工具、丰富的元件库和在线库编辑和库关闭功能以及精美的文件输出之外,还在设计环境、专案管理、完整性设计、输入系统和编辑环境等方面做了大量的改进。

本书通过众多实用并且具有代表性的实例介绍了 Protel DXP 的各种基本功能和一些应用技巧。全书由 12 章正文和附录 A、B 组成,大致可以分为以下几个部分:

- 第 1 章:介绍电子设计流程和 Protel DXP 软件的基础知识。
- 第 2 章:具体介绍了如何设计电路原理图。
- 第 3~5 章:具体介绍了 Protel DXP 的原理图编辑器,包括原理图的绘制、库文件的生成、层次化原理图设计等内容。
- 第 6 章:具体介绍了 Protel DXP 生成的各种报表,包括电子设计中最重要网络报表以及电子设计的 ERC 检测。
- 第 7~11 章:具体介绍了 Protel DXP 的 PCB 编辑器,包括 PCB 的设计、库文件的生成、多层板设计中的操作等内容。
- 第 12 章:详细讲解了一个双层板的设计实例。

本书严格按照电路板设计流程,并结合实例详细地介绍了原理图设计和电路板设计过程中各种操作的步骤。书中采用的设计实例都比较典型,覆盖了大多数基本操作,对读者有较高的参考价值。

本书内容全面实用,语言通俗易懂,特别适合初学者使用,同时对 Protel 软件有一定了解的读者也可以从中找到自己需要的东西。

<http://www.china-ebooks.com>

编 者
2003 年 10 月



第1章 电路设计与

Protel DXP 简介 1

1.1 印刷电路板简介 1

1.1.1 什么是 PCB 1

1.1.2 PCB 的层次组成 3

1.1.3 常用的 EDA 软件 4

1.2 PCB 设计流程 4

1.2.1 PCB 设计准备工作 5

1.2.2 原理图的绘制 5

1.2.3 网络报表的生成 6

1.2.4 PCB 设计 6

1.3 Protel 的历史 7

1.3.1 Protel 的发展历史 7

1.3.2 Protel DXP 的新特点 7

1.4 Protel DXP 的安装 10

1.4.1 Protel DXP 的安装 10

1.4.2 Protel DXP 的卸载 12

1.5 Protel DXP 开发系统介绍 13

1.5.1 Protel DXP 的启动 13

1.5.2 主菜单 15

1.5.3 工具栏 18

1.5.4 文件面板 18

1.5.5 快速启动任务图标 18

1.5.6 设计项目的新建、

打开和关闭 20

1.6 Protel DXP 的文件管理系统 23

1.6.1 项目文件 23

1.6.2 临时文件 24

1.6.3 存盘文件 24

1.7 Protel DXP 的原理图和

PCB 设计系统 25

1.7.1 新建原理图文件 25

1.7.2 新建原理图库文件 26

1.7.3 新建 PCB 文件 27

1.7.4 新建 PCB 库文件 27

1.8 Protel DXP 中的工作面板 28

1.9 Protel DXP 的库文件 29

本章小结 29

第2章 电路原理图的绘制 30

2.1 原理图设计简介 30

2.1.1 原理图的总体设计过程 30

2.1.2 原理图的组成 30

2.2 Protel DXP 原理图设计系统 32

2.2.1 原理图编辑器 32

2.2.2 创建原理图实例 33

2.2.3 主菜单 33

2.2.4 主工具栏 34

2.2.5 工作面板 35

2.3 原理图绘制流程 36

2.4 新建/保存原理图文件 37

2.4.1 手动新建原理图文件 37

2.4.2 通过模板新建原理图文件 38

2.5 原理图图纸的设置 39

2.5.1 图纸选项设置 40

2.5.2 设置图纸格点 42

2.5.3 设置图纸上的字体 43

2.5.4 自定义图纸格式 44

2.5.5 设置图纸参数 44

2.6 元件的放置 45

2.6.1 元件库的引用 46

2.6.2 元件的搜索 47

2.6.3 元件的放置 51

2.6.4 元件属性设置 54

2.6.5 元件说明文字的设置 62

2.7 原理图视图操作 63

2.7.1 工作窗口的缩放 63

2.7.2 视图的刷新 65

2.7.3 工具栏和工作面板的开关 65



2.7.4	状态信息显示栏的开关	65
2.7.5	图纸的格点设置	66
2.8	对象编辑操作	66
2.8.1	对象的选择	67
2.8.2	对象的删除	70
2.8.3	对象的移动	70
2.8.4	操作的撤销和恢复	72
2.8.5	对象的复制、剪切和粘贴	72
2.8.6	元件对齐	75
2.8.7	在原理图上搜索相似对象	77
2.9	电路绘制	78
2.9.1	电路绘制工具	79
2.9.2	导线的绘制	80
2.9.3	放置电路节点	82
2.9.4	放置电源/地符号	85
2.9.5	放置网络标号	86
2.9.6	绘制总线和总线分支	88
2.9.7	放置端口	91
2.9.8	放置忽略 ERC 检查点	94
2.9.9	放置 PCB 布线指示标记	95
	本章小结	97

第3章 原理图操作工具 99

3.1	Protel DXP 中的文件操作	99
3.1.1	在项目中打开/关闭文件	99
3.1.2	在项目中加入文件	101
3.1.3	在项目中移出文件	101
3.2	【Navigator】面板	102
3.2.1	查看元件信息	102
3.2.2	查看网络信息	103
3.2.3	查看电路错误信息	104
3.3	原理图的注释	105
3.3.1	注释工具介绍	105
3.3.2	绘制直线和曲线	105
3.3.3	绘制不规则多边形	107
3.3.4	放置单行文字和区块文字	108
3.3.5	放置规则图形	111
3.3.6	放置图片	111
3.3.7	阵列式粘贴	113
3.3.8	图件的层次转换	113

3.4	原理图的打印	115
3.4.1	设置页面	115
3.4.2	设置打印机	116
3.4.3	打印预览	117
3.4.4	打印输出	118
3.5	Protel DXP 提供的其他工具	118
3.5.1	文本的查找和替换	118
3.5.2	原理图上的快速跳转	120
3.5.3	元件的自动标号	121
	本章小结	123

第4章 原理图的层次化设计 124

4.1	层次化原理图	124
4.1.1	层次化原理图的优点	124
4.1.2	原理图的层次化	124
4.2	层次化原理图的设计方法	127
4.2.1	层次化设计的两种方法	127
4.2.2	复杂分层的 层次化原理图	127
4.3	自顶向下的层次化 原理图设计	128
4.3.1	自顶向下层次化 原理图设计流程	128
4.3.2	自顶向下层次化 原理图的绘制	128
4.4	自底向上的层次化 原理图设计	134
4.4.1	自底向上层次化 原理图设计流程	134
4.4.2	自底向上层次化 原理图设计	134
4.5	层次化原理图之间的切换	136
	本章小结	137

第5章 设计原理图元件 138

5.1	元件符号概述	138
5.2	元件库的创建	138
5.2.1	元件符号库的创建	139
5.2.2	元件符号库的保存	139
5.3	元件设计界面	140

5.3.1 主菜单	140
5.3.2 主工具栏	141
5.3.3 工作面板	141
5.4 元件的绘制	141
5.4.1 设置图纸	142
5.4.2 新建/打开一个元件符号	143
5.4.3 示例芯片的信息	144
5.4.4 绘制边框	145
5.4.5 放置管脚	146
5.4.6 编辑管脚属性	147
5.4.7 IEEE 说明符号	152
5.4.8 绘制其他符号	154
5.4.9 定义元件的属性	154
5.4.10 在原理图中元件的更新	155
5.5 复杂元件的绘制	155
5.5.1 分部分绘制元件符号	155
5.5.2 示例元件说明	156
5.5.3 新建元件符号	156
5.5.4 示例元件的管脚分组	156
5.5.5 元件符号中一个 部分的绘制	157
5.5.6 新建/删除一个部分	158
5.5.7 设置元件符号的属性	159
5.5.8 分部分元件符号在 原理图上的引用	159
5.6 元件的检错和报表	159
5.6.1 元件符号信息报表	160
5.6.2 元件符号错误信息报表	162
5.6.3 元件符号库信息报表	162
5.7 元件的管理	163
5.7.1 元件符号库中符号的管理	163
5.7.2 元件符号库与当前原理图	164
本章小结	164

第6章 网络表

6.1 网络表简述	165
6.2 原理图的检查	165
6.2.1 【Error Reporting】选项卡	166
6.2.2 【Connection Matrix】 选项卡	169

6.2.3 查看原理图错误报告	170
6.2.4 原理图的修正	171
6.3 生成网络表	172
6.3.1 简单原理图的网络表	172
6.3.2 层次化原理图的网络表	174
6.4 原理图中的其他报表	176
6.4.1 元件采购报表	176
6.4.2 交叉参考元件报表	179
6.4.3 项目层次报表	179
本章小结	181

第7章 PCB 设计基础

7.1 PCB 板的组成结构	182
7.2 PCB 板的板层	184
7.3 PCB 板的设计流程	185
7.4 Protel DXP 的 PCB 设计	186
7.4.1 Protel 的 PCB 设计特点	186
7.4.2 PCB 设计界面	188
7.5 新建 PCB 文件	190
7.5.1 通过向导生成 PCB 文件	190
7.5.2 手动生成 PCB 文件	196
7.5.3 通过模板生成 PCB 文件	200
本章小结	201

第8章 元器件的布局

8.1 PCB 图纸设置	202
8.1.1 控制图纸显示	202
8.1.2 设置 PCB 图纸上的格点	203
8.1.3 设置 PCB 图纸上的 测量单位	205
8.1.4 设置 PCB 图纸的位置	205
8.2 导入器件与网络表	205
8.2.1 装载元件封装库	206
8.2.2 设置同步器比较规则	207
8.2.3 导入网络报表	209
8.3 元件的自动布局	212
8.3.1 元件的自动布局	212
8.3.2 停止自动布局	216
8.3.3 推挤式自动布局	216
8.3.4 导入元件的自动布局文件	216



8.4 PCB 中的视图操作	217
8.4.1 工作窗口的缩放	217
8.4.2 视图的刷新	219
8.4.3 3D 化显示 PCB 板	219
8.4.4 工具栏和工作面板的开关	219
8.4.5 状态信息显示栏的开关	220
8.4.6 飞线的显示与隐藏	220
8.5 PCB 元器件的编辑	221
8.5.1 对象的选择	222
8.5.2 对象的删除	227
8.5.3 对象的移动	227
8.5.4 操作的撤销和恢复	229
8.5.5 对象的复制、剪切和粘贴	229
8.5.6 PCB 图纸上的快速跳转	232
8.5.7 在 PCB 上搜索相似对象	234
8.6 元件的手动布局	236
8.6.1 元件的对齐	236
8.6.2 自动调整元件说明 文字位置	238
8.6.3 调整元件间距	239
8.6.4 移动元件到格点处	239
8.6.5 对示例的手动布局	239
本章小结	240
第9章 PCB 的布线	241
9.1 电路板的布线	241
9.2 自动布线	241
9.2.1 设置自动布线策略	242
9.2.2 设置自动布线规则	244
9.2.3 电路板的自动布线	255
9.3 手动布线	259
9.3.1 拆除布线	260
9.3.2 手动布线	262
9.3.3 布线结果的检查	264
9.4 添加安装孔	266
9.5 敷铜	267
9.5.1 放置矩形填充	268
9.5.2 放置多边形填充	269
9.6 电路板的注释	271
9.6.1 放置单行文字	271
9.6.2 放置圆弧	272
9.6.3 放置坐标	274
9.6.4 放置尺寸标注	275
本章小结	276
第10章 PCB 设计工具	277
10.1 电路板的层管理	277
10.1.1 在电路板中添加/删除层	277
10.1.2 设置工作层面的 显示属性	280
10.2 在已有电路板上更改	281
10.2.1 添加具有电气 特性的对象	281
10.2.2 编辑对象属性	284
10.2.3 修改网络报表	287
10.3 【Navigator】面板	289
10.4 生成元件封装库	290
10.5 电路板的测量	291
10.5.1 测量电路板上 两点间的距离	291
10.5.2 测量电路板上 对象间的距离	292
10.5.3 测量电路板上 导线的长度	292
10.6 电路板的报表	293
10.7 电路板的输出	293
10.7.1 文件输出	293
10.7.2 打印输出	293
本章小结	295
第11章 设计元器件封装	296
11.1 封装概述	296
11.1.1 封装技术的发展历史	296
11.1.2 Protel 的元件封装	298
11.1.3 绘制封装的流程	299
11.2 常用封装形式介绍	299
11.2.1 直插型元件	299
11.2.2 表贴型元件	300
11.2.3 BGA 封装	301
11.2.4 元件封装形式的选择	302



11.3	创建元件封装库	302
11.3.1	元件封装库的创建	302
11.3.2	元件封装库的保存	302
11.4	绘制新建封装的设计界面	303
11.4.1	主菜单	304
11.4.2	主工具栏	304
11.4.3	工作面板	304
11.5	规则封装绘制	305
11.5.1	新建/打开一个封装	305
11.5.2	示例芯片的封装信息	306
11.5.3	焊盘的尺寸	307
11.5.4	采用向导生成封装	307
11.5.5	封装的打印	311
11.6	不规则封装绘制	311
11.6.1	焊盘属性编辑	311
11.6.2	线属性编辑	313
11.6.3	示例芯片的封装信息	314
11.6.4	示例芯片的绘制	315
11.7	元件封装检测与报表	316
11.7.1	元件封装的测量	316
11.7.2	元件封装信息报表	316
11.7.3	元件封装错误信息报表	317
11.7.4	元件封装库信息报表	318
11.8	封装库的管理	318
11.8.1	封装的管理	319

11.8.2	封装库与当前 PCB	320
本章小结		322

第 12 章 语音识别电路

设计实例		323
12.1	电路说明	323
12.2	准备工作	323
12.2.1	元件符号库的建立	323
12.2.2	元件封装库的建立	324
12.3	绘制原理图	324
12.3.1	原理图的层次	324
12.3.2	单张子原理图的绘制	325
12.4	生成网络报表	328
12.5	电路板设计	329
12.5.1	生成 PCB 文件	329
12.5.2	导入网络报表	330
12.5.3	元件的布局	330
12.5.4	关键部分的手工布线	330
12.5.5	自动布线	331
12.5.6	添加安装孔	331
12.5.7	敷铜	331
12.6	设计输出	332
12.6.1	生成 PCB 报表	332
12.6.2	导出文件	332
本章小结		332

第1章 电路设计与 Protel DXP 简介

本章首先从印刷电路板的概念出发,讲述了 PCB 的设计流程、Protel 的发展历史、Protel DXP 的开发系统以及 Protel DXP 的原理图和 PCB 的设计原理等内容。

通过本章的学习,可以使用户了解 Protel DXP,从而为以后的学习打好基础。

1.1 印刷电路板简介

本节详细介绍了 PCB 的概念、发展历史、组成以及与其相关的内容。

1.1.1 什么是 PCB

在日常生活中,随处可见各种各样的电子产品。打开它们通常可以发现一块或者几块形状大致规则的板子。这些板子上面附着电阻、电容、各种芯片和各种连接器,仔细观察,还可以发现在板子里面有线连接着各种元件的引脚,这些板子被称之为印刷电路板(PCB: Printed Circuit Board)。很多电子产品的设计最终都需要通过 PCB 付诸实现。通常情况下,电子设计在原理性设计完成后,需要设计一块 PCB 来完成原理中的电气连接,并将各种元件焊接在 PCB 上,经过调试后,PCB 能完成原理图上实现的功能。可以说,PCB 是电子设计的最终结果。

在 PCB 上,通常有一系列的芯片、电阻、电容等元件,它们通过 PCB 上的导线相连,构成电路,一起实现一定的功能。电路通过连接器或者插槽进行输入/输出,有时候还有显示部分(如发光二极管 LED、七段数码显示器等)。可以说,PCB 就是一块连接板,它的主要目的是为元件提供电气连接,为整个电路提供输入/输出端口和显示,电气连通性是 PCB 最重要的特性之一。总结起来,PCB 在各种电子设备中有如下功能:

- 提供集成电路等各种电子元器件固定、装配的机械支撑。
- 实现集成电路等各种电子元器件之间的布线和电气连接(信号传输)或电绝缘,提供所要求的电气特性,如特性阻抗等。
- 为自动装配提供阻焊图形,为元器件插装、检查、维修提供识别字符和图形。

从 1903 年至今,若从 PCB 组装技术的应用和发展角度来看 PCB 设计可分为三个阶段:

通孔插装技术阶段

在这个阶段,PCB 上的焊盘包含有通孔。通孔的制作就是在 PCB 印制材料上打孔,在孔的内壁上用化学沉积法镀膜,形成金属化孔。金属化孔在各个层上加上焊盘,可以起到以下的作用:

- 形成电气互连,满足信号传输。
- 支撑元件。

这个阶段内，提高密度的途径为：

- 减小器件孔的尺寸。这种途径受到元件引脚的刚性及插装精度的限制，孔径 $\geq 0.8\text{mm}$ 。
- 缩小线宽和间距。从 $0.3\text{mm} \rightarrow 0.2\text{mm} \rightarrow 0.15\text{mm} \rightarrow 0.1\text{mm}$ 的递减。
- 增加层数。从单层到双层及4、6、8层的递增。

■ 表面安装技术阶段

这个阶段的PCB上焊盘以表贴型的为主，也有部分的通孔，此时的通孔仅起到电气互连的作用，此时的孔径不需要考虑元件安装，可以尽可能的小。这个阶段内，提高密度的主要途径为：

- 减小过孔尺寸：从 $0.8\text{mm} \rightarrow 0.5\text{mm} \rightarrow 0.4\text{mm} \rightarrow 0.3\text{mm} \rightarrow 0.25\text{mm}$ 的递减。
- 部分过孔采用盲孔，这样可以提高布线密度1/3以上，同时也可以减小PCB尺寸或减少层数，提高可靠性，改善了特性阻抗控制，减小了串扰、噪声或失真。

■ 芯片级封装（CSP）阶段

CSP以开始进入急剧的变革与发展之中，推动PCB技术不断向前发展，PCB工业将走向激光时代和纳米时代。

如图1-1所示为一块简单的PCB实物图，在图上可以清晰地看见各种芯片、在PCB板上的走线、LED指示灯以及输入/输出端口（这里采用的是通用插槽和连接器）。

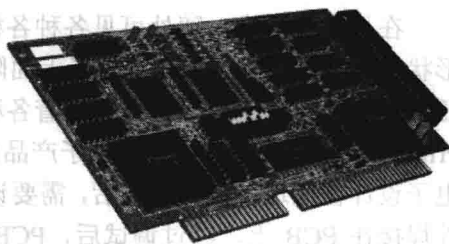


图1-1 PCB的外观

PCB板的组成可以分为以下几个部分：

（1）元件：用于完成电路功能的各种器件。每一个元件都包含若干个引脚，通过引脚电信号被引入元件内部进行处理，从而完成对应的功能。引脚还有固定元件的功能。在电路板上的元件包括集成电路芯片、分立元件（如电阻、电容等）、提供电路板输入输出端口和电路板供电端口的连接器，某些电路板上还有用于指示的器件（如数码显示管、发光二极管LED等）。

（2）铜箔：铜箔在电路板上可以表现为导线、焊盘、过孔和敷铜等各种表示。它们各自的作用如下：

- 导线：用于连接电路板上各种元件的引脚，完成各个元件之间电信号的连接。
- 过孔：在多层的电路板中，为了完成电气连接的建立，在某些导线上会出现过孔。
- 焊盘：用于在电路板上固定元件，也是电信号进入元件的通路组成部分。用于安装整个电路板的安装孔有时候也以焊盘的形式出现。
- 敷铜：在电路板上的某个区域填充铜箔称为敷铜。敷铜可以改善电路的性能。
- 丝印层：印刷电路板的顶层，采用绝缘材料制成。在丝印层上可以标注文字，用于注释电路板上的元件和整个电路板。丝印层还能起到保护顶层导线的功能。
- 印制材料：采用绝缘材料制成，用于支撑整个电路板。

1.1.2 PCB 的层次组成

PCB 为各种元件提供电气连接, 并为电路提供输入/输出端口, 这些功能决定了 PCB 的组成和分层。

PCB 的各个层

PCB 板中一般包括很多层, 实际上 PCB 的制作也是将各个层分开做好, 然后压制而成。PCB 中各层的意义如下:

- **铜箔层:** 在 PCB 中, 印刷板材料中存在铜箔层, 并由这些铜箔层构成电气连接。通常, PCB 板的层数定义为铜箔的层数。常见的印刷板在上下表面都有铜箔, 称之为双层板。现今, 由于电子线路的元件密集安装、防干扰和布线等特殊要求, 一些较新的电子产品中所用的印刷板不仅有上下两面供走线, 在板的中间还设有能被特殊加工的夹层铜箔。例如, 现在的计算机主板所用的印板材料多在 4 层以上。

- **丝印层:** 铜箔层并不是裸露在空气中, 在铜箔层上还存在丝印层, 可以保护铜箔层。在丝印层上, 印刷上所需要的标志图案和文字代号等, 例如, 元件标号和标称值、元件外廓形状和厂家标志、生产日期等, 方便了电路的安装和维修。正确的丝印层字符布置原则是: “不出歧义, 见缝插针, 美观大方”。

- **印制材料:** 在铜箔层之间采用印制材料绝缘, 同时, 印制材料支撑起了整个的 PCB。实际上, PCB 上各层对 PCB 的性能都有影响, 每个层都有自己独特的东西, 这些将在以后的章节中具体介绍。

PCB 的组成

在 PCB 的铜箔层上, 包含如下部分:

- **焊盘:** 在 PCB 上, 元件的引脚被焊接在焊盘上, 元件通过焊盘得以固定, 并通过焊盘与 PCB 上的其他组成部分连接起来。

- **导线:** 在 PCB 上, 焊盘通过导线互相连接, 导线和焊盘构成了元件之间的电气连接。

- **过孔:** 为连通各层之间的线路, 在各层需要连通的导线的交汇处钻上一个公共孔, 这就是过孔。在工艺上, 过孔的孔壁圆柱面上用化学沉积的方法镀上一层金属, 用以连通中间各层需要连通的铜箔, 而过孔的上下两面做成普通的焊盘形状, 可直接与上下两面的线路相通, 也可不连。

实际上, 一块 PCB 板可以看做由印刷板材料支撑起来的一系列焊盘和导线以及导线上的过孔组成。如图 1-2 所示为一块 8 层的 PCB 板示意图。在图中有 4 个信号层和 4 个电源/地层, 各铜箔层间由印刷板材料填充, 包含各种焊盘和导线, 铜箔层之间由包含有通孔的焊盘和过孔连接起来, 在印刷板表面有丝印层保护表面的导线, 并对 PCB 板上的芯片进行说明。整个 PCB 板就是这样构成的。在本书中, 以介绍双层板为主。



中间的铜箔层因加工相对较难而大多用于设置走线较为简单的电源线, 因此铜箔层有信号层和电源/地层之分, 在双层板和单层板中, 信号层和地层不用区分。

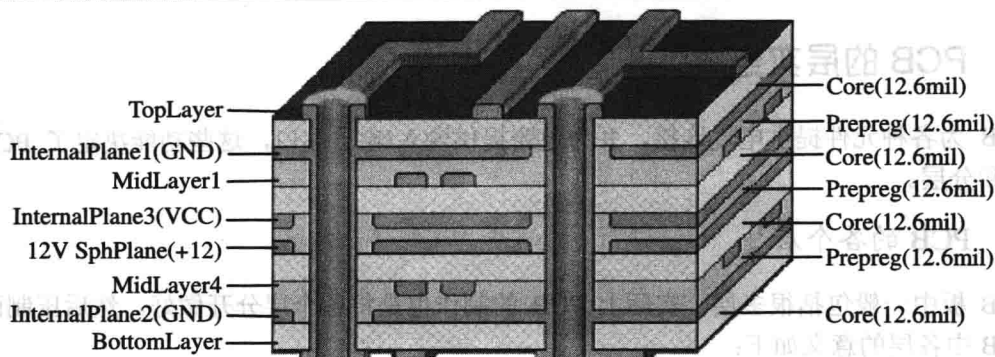


图 1-2 PCB 分层和组成示例

1.1.3 常用的 EDA 软件

EDA 软件，即为电子技术自动化软件。通常情况下，在电子设计中有成百上千个焊盘需要连接，如此多的连接带来了巨大的工作量，采用手工设计和制作 PCB 变得不太可能。因此，各种电子设计软件应运而生，帮助进行电子线路 CAD（计算机辅助设计）。

采用电子设计软件可以对整个设计进行科学的管理，帮助生成美观实用、性能优越的 PCB。一般的电子设计软件应该包含以下的功能：

- 原理图设计功能：即输入原理图，并对原理图上的电气连接特性进行管理，统计电路上有多少电气连接，并提供对原理图的检错功能。原理图设计中还需要提供元件的封装信息。

- 原理图仿真功能：对绘制的原理图进行仿真，看仿真结构和设计者的初衷是否相同。该功能需要设计者提供芯片的 SPICE 模型。

- PCB 设计功能：根据原理图提供的电气连接特性，绘制 PCB。该功能需要提供和原理图的接口，提供元件布局，PCB 布线等功能，并负责导出 PCB 文件，帮助制作 PCB 板。该功能还需要提供检错功能和报表输出功能。

- PCB 仿真功能：对 PCB 的局部和整体进行电气特性（如信号完整性、EMI 特性）的仿真，看是否满足设计指标。该功能需要设计者提供 PCB 板的各种材料参数、环境条件等数据。

常用的电子设计软件包括 Protel、PowerPCB、Orcad 和 Cadence 等。其中的 Protel 提供了上述的所有功能，是国内最常用的 PCB 设计软件。Protel 学习方便、概念清楚、操作简单、功能完善，深受广大电子设计者的喜爱，是电子设计常用的入门软件。在本书中，将根据电子设计的流程系统地介绍 Protel 软件的使用，并在流程介绍中讲述电子设计中的常用知识。本书的主要目的是帮助读者走好电子设计的第一步。

1.2 PCB 设计流程

在设计 PCB 时，可以直接在 PCB 板上放置元件封装，并用导线将它们连接起来。但是，在复杂的 PCB 设计中，往往牵涉到大量的元件和连接，工作量很大，如果没有一个系

统的管理是很容易出错的。因此在设计时,采用系统的流程来规划整个工作。通用的 PCB 设计流程包含以下四步:

- (1) PCB 设计准备工作。
- (2) 绘制原理图。
- (3) 通过网络报表将原理图导入到 PCB 中。
- (4) 绘制 PCB 并导出 PCB 文件,准备制作 PCB 板。

下面将对每个步骤进行详细说明。

1.2.1 PCB 设计准备工作

在本步骤中,完成 PCB 设计的准备工作,包括:

- 完成电路原理性设计,并对设计的实现可能性进行分析。
- 为电路设计合适的输入/输出端口。
- 确定采用的芯片、电阻、电容的元件的数目和型号。
- 查找采用元件的数据手册,并选用合适的元件封装。
- 购买元件。
- 选用合适的设计软件。

1.2.2 原理图的绘制

绘制原理图需要图纸。在设置好图纸后,绘制的原理图中,主要的内容包括:

- 元件标志 (Symbol): 每一个实际元件都有自己的标志 (symbol)。标志由一系列的管脚和边界方框组成,其中的管脚排列和实际元件的引脚一一对应,标志中的管脚即为引脚的映射。

- 导线: 原理图中标志的管脚通过导线相连在实际电路上元件引脚的电气连接。
- 电源: 原理图中有专门的符号来表示接电源和接地。
- 输入/输出端口: 它们表示整个电路的输入和输出。

简单的原理图由以上内容构成已经足够。在绘制简单的原理图时,放置上所有的实际元件标志,并用导线将它们正确地连接起来,放置上电源符号和接地符号,安装合适的输入/输出端口,整个工作就可以完成。但是,当原理图过于复杂时,在单张的原理图图纸上绘制非常的不方便,而且比较容易出错,检错就更加不容易了,需要将原理图划分层次。在分层次的原理图中引入了方块电路图等内容。在原理图中还包含有忽略 ERC 检查点、PCB 布线指示点等辅助设计内容。



层次性原理图的设计将在后文中详细讲解。

当然,在原理图中还包含有说明文字、说明图片等,它们被用于注释原理图,使原理图更加容易理解,更加美观。原理图的输入步骤如下:

- (1) 查找绘制原理图所需要的原理图库文件并加载。



(2) 如果采用的元件不在库文件中, 根据元件的数据手册绘制自己的原理图库。

(3) 绘制原理图。

(4) 对原理图进行注释。

(5) 如有需要, 对原理图进行仿真。

(6) 检查原理图并打印输出。

原理图中描述了整个设计的电气连接特性, 在原理图中的错误将延续到网络报表和后来的 PCB 设计中, 虽然在后面的工作中可以对电气连接进行修正, 但是会对整个设计带来麻烦。在电子设计中, 保证整个设计正确的最好方法就是在设计开始保证完全正确, 因此要求设计者在绘制原理图中保证准确性。

1.2.3 网络报表的生成

网络报表是电路原理图设计和印制板设计之间的桥梁和纽带。在原理图中, 连接在一起的元件标志管脚构成一个网络, 整个的原理图中可以提取网络报表来描述电路的电气连接特性。同时网络报表包含原理图中的元件封装信息。在 PCB 设计中, 导入正确的网络报表, 即可以获得 PCB 设计所需要的一切信息。可以说, 网络报表的生成既是原理图设计的结束, 又是 PCB 设计的开始。此外, 由已经设计好的 PCB 文件中可以提取网络报表。

1.2.4 PCB 设计

在 PCB 设计中, 需要绘制 PCB 板框架。通常情况下, 所有元件封装上的焊盘都放置在 PCB 板的框架中。在设计完成的 PCB 板上, 包含的主要内容有:

- 元件封装: 每个实际的元件都有自己的封装, 封装由一系列的焊盘和边框组成, 元件的引脚被焊接在 PCB 板上的封装的焊盘上, 进一步可以建立真正的电气连接。元件封装的焊盘和元件的引脚是一一对应的。

- 导线: 铜箔层的导线将焊盘连接起来, 建立电气连接。

- 电源插座: 给 PCB 上的元件加电后, PCB 才能开始工作。给 PCB 加电可以直接拿一根铜线引出需要供电的引脚, 然后连接到电源即可, 不需要任何的电源插座, 但是在正规的电子设计中, 需要采取合适的形式给 PCB 加电。这里定义加电的一系列引脚构成电源插座, 通过电源插座给 PCB 供电。

- 输入/输出端口: 在设计中, 同样需要采取合适的输入/输出端口引入输入信号, 导出输出信号。一般的设计中可以采用和电源输入类似的插座。在有些设计中有规定好的输入/输出连接器或者插槽 (如 PCI 总线、RJ-45 头等), 在这种情况下, 需要按照标准, 做好信号的输入输出。

- 在有些设计中, PCB 上还设置有安装孔。PCB 板通过安装孔可以固定在产品上, 同时安装孔的内壁也可以镀铜, 设计成通孔形式, 并与地网络连接, 这样方便了电路的调试和产品与大地的连接。

PCB 中的内容除以上之外, 有些还有指示部分, 如 LED、七段数码显示器等。当然, PCB 上还有丝印层上的说明文字, 指示 PCB 的焊接和调试。

PCB 设计需要遵循一定的步骤才能保证不出错误。PCB 设计大体包括以下的步骤:

- (1) 设置 PCB 模板。
- (2) 检查网络报表, 并导入。
- (3) 对所有元件进行布局。
- (4) 按照元件的电气连接进行布线。
- (5) 敷铜, 放置安装孔。
- (6) 如果有需要, 对 PCB 进行全局或者部分的仿真。
- (7) 对整个 PCB 检错。
- (8) 导出 PCB 文件, 准备制作。

1.3 Protel 的历史

随着现代科学技术日新月异的发展, 现代电子工业也取得了长足的进步, 大规模、超大规模集成电路的使用使印刷板电路的走线愈加精密和复杂。在这种情况下, 为了满足广大电子界人士的需求, 精明的软件厂商推出了各种的电子线路 CAD 软件, 其中的个中翘楚就包括 Protel 系列软件。Protel 一直因为它的操作简单、易学易用而深受广大用户的喜爱, 成为很多电子设计者的入门软件首选。

1.3.1 Protel 的发展历史

早在 1987、1988 年, 美国的 ACCEL Technologies Inc 就推出了 TANGO 软件, 用于电子辅助设计, 它就是 Protel 的前身。TANGO 考虑了当时电子设计人员的要求, 有令人满意的效果, 这也为它的后继产品的推出打下了良好的基础。

随后的几年内, 电子工业的飞速发展使得 TANGO 软件包呈现出难以适应时代发展的迹象, Protel Technology 公司不失时机地推出了 Protel for DOS 软件, 这是 TANGO 的升级版本, 它奠定了 Protel 家族的基础。

进入 90 年代后, 计算机技术取得了令人瞩目的成就, 硬件的整体性能几乎成几何级数的增长, 而软件领域也推出了 Windows 这样的视窗类操作系统, 极大的方便了计算机用户。众多的软件厂商纷纷推出了其 DOS 版软件的 Windows 升级版, 而 Protel Technology 公司也在 1991 年推出了 Protel for Windows 1.0, 这是世界上第一个基于 Windows 操作系统的 PCB 设计工具。与它的前身 Protel for DOS 相比, 无论在界面、易操作性还是设计能力方面都有了长足的进步。

随后, Protel Technology 公司陆续推出了 Protel for Windows 2.0、Protel for Windows 3.0、Protel 98、Protel 99 SE 等版本。这些版本一直保持着 Protel 家族产品操作简单、功能强大的特点, 深受设计者的青睐。步入 2000 年后, Protel 家族也步入了自己的新纪元, 推出了 Protel 家族中新的一员——Protel DXP。

1.3.2 Protel DXP 的新特点

2002 年, Protel Technology 成功地整合多家重量级的电路软件公司, 正式更名为 Altium, 推出了 Protel 的新版本: Protel DXP。Protel DXP 保持了 Protel 家族软件的革新传

统, 比起 Protel 99 SE 又有了很大的进步。具体说来, Protel DXP 和 Protel 99 SE 比较, 新增的特点表现在以下几个方面:

设计层面上的特色

在设计层面上, Protel DXP 有了以下的改进:

- 整合式的元件与元件库: 在 Protel DXP 版中采用整合式的元件。在一个元件里, 联结了元件符号 (Symbol)、元件封装 (Footprint)、SPICE 元件模型 (电路仿真所使用的) 和 SI 元件模型 (电路板信号分析所使用的)。

- 版本控制: 设计者可直接由 Protel 设计管理器转换到其他的设计系统, 这样设计者可以更加方便的将 Protel DXP 中的设计与其他软件联合使用。

- 多重组态的设计: Protel DXP 支持单一设计多重组态。对于同一个设计文件可指定要使用其中的某些元件或不使用其中的某些元件, 然后产生网络报表等文件。

- 重复式设计: Protel DXP 提供重复式设计。类似重复阶层式电路设计只要设计其中一部分电路图, 即可多次使用该电路图, 就像有很多个相同的电路图一样。这项功能也支持电路板设计, 包括由电路板反标注到电路图。

- 新的文件管理模式: Protel DXP 提供三种文件管理模式。设计者可将各文件存入单一数据库文件 (在 Protel 99 SE 中为 ddb 文件), 也可以存为 Windows 文件, 即一般的分离文件, 且不需要数据库管理系统 (ODBC) 就可以存取该档案。此外新增了一个混合模式, 也就是在数据库文件外再存为独立的 Windows 文件。

- 多屏幕显示模式: 在 Protel DXP 中, 对于同一个文件, 设计者可开启多个窗口在不同的屏幕上显示。

整合和管理

Protel DXP 提供了更加强大的电路原理图和 PCB 之间的联系, 具体表现在以下几点:

- 设计整合: Protel DXP 强化了原理图和 PCB 板之间的双向同步设计功能。

- 超强的比较功能: Protel DXP 新增了超强的比较功能, 能对两个相同格式的文件进行比较, 以得到其版本的差异性, 也可以对不同格式的文件进行比较, 如电路板文件与网络报表文件等。

- 强化的变更设计功能: 在 Protel DXP 中, 进行比较后, 所产生的报告文件即可作为变更设计的依据, 让设计完全同步。

原理图设计

Protel DXP 中对原有的原理图设计做了一些修补, 包括以下几点:

- 可定义电路板设计规则: 在电路图设计时, 定义电路板设计规则是非常实际的。虽然在先前版本的原理图设计中就已提供定义电路板的装置, 可是都没有实际的作用。而在 Protel DXP 中落实了这项功能, 让使用者能在画电路图时就定义设计规则。

- 强化设计验证: 在 Protel DXP 中强化了设计验证的功能, 让电路图与电路板之间的转换更准确, 同时对于交互参考的操作也更容易。

- 设计者定义的元件与参数: Protel DXP 提供无限制的设计者定义元件及元件引脚