

电路设计与制版

Protel DXP 典型实例

老虎工作室 倪泽峰 编著
江中华



人民邮电出版社



老虎工作室

主 编：沈精虎

编 委：许曰滨 黄业清 杜俭业 姜 勇 宋一兵

李 仲 赵 晶 倪泽峰 张 伟 宋雪岩

詹 翔 周 锦 王 力 冯 辉 江中华

内 容 提 要

本书以精心选择的设计实例为主线,介绍了以 Protel DXP 软件工具为核心的印制电路板设计技术。包括 Protel DXP 的基本操作、原理图和印制电路板的绘制、各种报表的生成和阅读、电路仿真等内容,还介绍了作者在实际工作中积累的经验,以及有关 Protel DXP 的应用技巧。本书还配有光盘,收录了书中全部实例的制作结果和典型操作的动画演示。

本书特别适合已经了解了 Protel 软件的基本用法,想学习 Protel DXP 的使用方法和进一步提高自己印制电路板设计水平的读者阅读,也可以作为从事产品开发设计工作的工程设计人员,以及大专院校师生的参考书。

第 电路设计与制版—Protel DXP 典型实例

◆ 编 著 老虎工作室 倪泽峰 江中华

责任编辑 李永涛

执行编辑 徐宝妹

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线: 010-67180876

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京顺义向阳胶印厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张:

字数: 千字 2002 年 3 月第 1 版

印数: 1-0 000 册 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11002-6/TP · 3302

定价: .00 元(附光盘)

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010) 67129223

人民邮电出版社书目（老虎工作室部分）

分类	序号	书号	书名	定价(元)
AutoCAD 培训教程	1	08217	AutoCAD 2000 基础培训教程（附光盘）	45.00
	2	08244	AutoCAD 2000 二维绘图高级培训教程（附光盘）	42.00
	3	08428	AutoCAD 2000 三维造型高级培训教程（附双光盘）	48.00
AutoCAD 应用程序开发系列	4	08207	用 VBA 开发 AutoCAD 2000 应用程序（附光盘）	49.00
	5	08366	用 ObjectARX 开发 AutoCAD 2000 应用程序（附光盘）	48.00
	6	08427	用 VisualLISP 开发 AutoCAD 2000 应用程序（附光盘）	42.00
3DS MAX R3 培训教程系列	7	08421	3DS MAX R3 效果图制作培训教程（附光盘）	58.00
	8	08420	3DS MAX R3 动画制作培训教程（附光盘）	58.00
	9	08425	3DS MAX R3 基础培训教程（附光盘）	52.00
从零开始电脑应用系列	10	09533	从零开始——文字处理	18.00
	11	09534	从零开始——电子表格	22.00
	12	09535	从零开始——电脑画画	35.00
	13	09536	从零开始——上网冲浪	28.00
	14	09537	从零开始——网页制作（附光盘）	35.00
	15	09538	从零开始——电脑动画（附光盘）	35.00
	16	09539	从零开始——居室设计（附光盘）	35.00
17	09540	从零开始——多媒体制作（附光盘）	35.00	
Pro/ENGINEER 2000i 循序渐进教程系列	18	09252	Pro/ENGINEER 2000i 基础教程（附光盘）	32.00
	19	09808	Pro/ENGINEER 2000i 应用教程（附光盘）	48.00
	20	09807	Pro/ENGINEER 2000i 高级教程（附光盘）	39.00
电路设计与制版系列	21	08426	电路设计与制版 Protel 99 入门与提高（附光盘）	45.00
	22	08945	电路设计与制版 Protel 99 高级应用（附光盘）	58.00
AutoCAD 习题精解系列	23	08725	AutoCAD 习题精解（附光盘）	28.00
	24	10315	AutoCAD 机械制图习题精解（附光盘）	28.00
	25	10385	AutoCAD 建筑与土木工程制图习题精解（附光盘）	28.00
从零开始基础培训教程系列	26	08745	从零开始——计算机基础培训教程	28.00
	27	09855	从零开始——Authorware 多媒体制作基础培训教程（附光盘）	28.00
	28	09856	从零开始——Visual FoxPro 基础培训教程	24.00
	29	09857	从零开始——3ds max 基础培训教程（附光盘）	28.00
	30	09858	从零开始——AutoCAD 中文版机械制图基础培训教程（附光盘）	28.00
	31	09859	从零开始——AutoCAD 中文版建筑制图基础培训教程（附光盘）	28.00
	32	09860	从零开始——Visual Basic 中文版基础培训教程	24.00
	33	09861	从零开始——Dreamweaver 中文版基础培训教程（附光盘）	28.00
	34	09862	从零开始——Photoshop 中文版基础培训教程（附光盘）	28.00
	35	10360	从零开始——Flash MX 基础培训教程（附光盘）	28.00
	36	10386	从零开始——CorelDRAW 基础培训教程（附光盘）	28.00
	37	10311	从零开始——计算机基础培训教程（XP 版）	28.00
	38	10460	从零开始——电脑入门教程	26.00
	39	10462	从零开始——SQL Server 中文版基础培训教程	28.00
	40	10461	从零开始——Visual C++ 基础培训教程	24.00
	41	10459	从零开始——Delphi 基础培训教程	28.00
	42	10941	从零开始——Premiere 基础培训教程	28.00

续表

分类	序号	书号	书名	定价(元)
3ds max 5 培训教程系列	43	10703	3ds max 5 基础培训教程	34.00
	44	10748	3ds max 5 动画制作培训教程	36.00
	45	10749	3ds max 5 建筑效果图制作培训教程	36.00
新版电路设计与制板系列	46	10745	电路设计与制板——Protel DXP 入门与提高	38.00
	47	11002	电路设计与制板——Protel DXP 典型实例	38.00
其 他	48	08772	全面出击——网页制作技巧与实例	32.00
	49	08782	3DS MAX R3 园林建筑效果图制作实例(附光盘)	45.00
	50	08818	3DS MAX R3 欧式建筑效果图制作实例(附光盘)	45.00
	51	08946	图像处理——Photoshop 6.0 入门与提高(附光盘)	38.00
	52	08947	3DS MAX 灯光与材质高级处理技巧(附光盘)	38.00
	53	09255	点石成金——平面设计基础与应用实例(附光盘)	34.00
	54	09256	Premiere 6.0 基础教程	36.00
	55	09725	Premiere 6.0 完全实例(附光盘)	36.00
	56	09314	3ds max 4 新增功能应用详解(附光盘)	38.00
	57	09339	数控编程——MasterCAM 8.0 实用教程(附光盘)	39.00
	58	09457	创意无限——平面设计典型范例解析(附光盘)	39.00
	59	09724	CorelDRAW 10 应用实例详解(附光盘)	35.00
	60	09852	自己动手——家庭影像制作(附光盘)	32.00
	61	10280	Authorware 6 典型应用实例与技巧(附光盘)	42.00
	62	10314	面向工程实际——建筑效果图制作典型实例(附光盘)	42.00
	63	10305	Pro/ENGINEER 2001 中文版基础教程(附光盘)	48.00
	64	10515	Pro/ENGINEER 2001 中文版典型实例(附光盘)	42.00
	65	10361	Windows 注册表与修改实例精选	32.00
	66	10486	UG V18——CAD 基础教程(附光盘)	48.00
	67	10509	图像处理——Photoshop 7.0 入门与提高(附光盘)	38.00
	68	10559	建筑设计与效果图制作——Autodesk VIZ 4 入门与提高(附光盘)	36.00
	69	10590	可编程逻辑器件开发技术——MAX+plus 入门与提高(附光盘)	38.00
	70	10677	图像处理——Photoshop 7.0 典型实例(附光盘)	42.00
	71	10747	感受精彩——Flash MX 中文版完全实例(附光盘)	34.00
	72	10744	AutoCAD 2002 中文版基本功能与典型实例(附光盘)	38.00

购书办法：请将书款及邮寄费（书款的 15%）从邮局汇至北京崇文区夕照寺街 14 号人民邮电出版社发行部收。邮编：100061。注意在汇款单附言栏内注明书名及书号。联系电话：67129213。

内容和特点

Protel DXP 是 Altium 公司的最新产品。Altium 公司其前身为 Protel 公司，它是一个领导全球的桌上型电子设计自动化（EDA）和嵌入式设计工具的软件开发者和供货商。

继 Protel 99 SE 之后，Altium 公司推出了最新的 Protel DXP 电路板级设计产品。Protel DXP 为 PCB 设计桌面带来了强劲的整体分析性能和项目级集成。其设计功能集成了原理图输入、基于原理图的 FPGA 设计、SPICE 3f5/XSPICE 混合信号电路仿真、前布线及后布线信号完整性分析、规则驱动电路板布线及编辑等。

Protel DXP 内容丰富、功能强大，在工业设计中应用非常广泛。为了帮助读者迅速掌握 Protel DXP 的使用方法和基本技巧，我们编写了本书，本书是《电路设计与制板——Protel DXP 入门与提高》的进阶读本。在书中，我们结合精心挑选的实例全面介绍了使用 Protel DXP 进行各种典型印制电路板设计的基本过程，以及使用 Protel DXP 进行产品开发的经验和心得。

全书共 8 章，各章具体内容如下。

- 第 1 章：介绍 PCB 板设计的工作流程。
- 第 2 章：介绍原理图元件库的创建。
- 第 3 章：介绍原理图的绘制。
- 第 4 章：介绍各种报表的生成和阅读。
- 第 5 章：介绍印制电路板（PCB）元件库的创建。
- 第 6 章：介绍 PCB 板的绘制技术。
- 第 7 章：介绍有关电路仿真的技术。
- 第 8 章：综合实例。

读者对象

本书特别适合已经了解了 Protel 软件的基本用法，想学习 Protel DXP 的使用方法和进一步提高自己印制电路板设计水平的读者阅读，也可以作为从事产品开发设计工作的工程设计人员，以及大专院校师生的参考书。

配套光盘使用方法

1. 运行环境

- 硬件环境：奔腾 200MHz 以上多媒体计算机。
- 软件环境：Windows 98/NT/2000/XP。

2. 使用方法

在配套光盘中有“Readme.txt”文件，读者可以根据该自述文件的提示来使用光盘。

配套光盘内容简介

为了方便读者的学习，本光盘收录了书中介绍的全部实例制作结果，以及实例制作过程典型操作的动画文件（AVI）。下面是本书配套光盘内容的说明。

1. 实例

本书各章介绍的实例制作结果均收录在光盘的“\Example”目录下，目录名、文件名和书中介绍的名字相同。

2. 动画文件

动画文件收录在“\Example_avi”目录下，文件名即演示的内容。

3. 从 Protel 99 SE 导入的库

在 Protel 99 SE 中，有很多元件库很实用，但是 Protel DXP 中没有提供，考虑到使用上的方便，以及与以前版本的连贯性，本光盘提供了相关的元件库，收录在“\从 Protel 99 SE 导入的实用库”目录中。

4. 光盘使用说明文件

这是一个介绍如何使用光盘的纯文本文件（TXT）。

本书约定

为了方便读者阅读，我们在书中设计了 4 个小图标，它们代表的含义分别如下。



行家指点：用于介绍使用经验和心得，或罗列重要的概念。



给你提个醒：用于提醒读者应该注意的问题。



多学一招：用于介绍实现同一功能的不同方法。



操作实例：用于引出一个操作题目和相应的一组操作步骤。

本书由华中科技大学倪泽峰和江中华编写，杜俭业同志为本书的编写工作也付出了辛勤劳动，在此一并致谢。

感谢您选择了本书，也请您把对本书的意见和建议告诉我们。

老虎工作室网站 <http://www.laohu.net>，电子函件 postmaster@laohu.net。

老虎工作室

2003 年 2 月

第 1 章 概述	1
1.1 Protel DXP 软件介绍	2
1.2 PCB 板设计的工作流程	4
1.2.1 总体流程	4
1.2.2 原理图的设计流程	5
1.2.3 PCB 板图的设计流程	6
1.2.4 各种辅助文件的生成	7
1.3 认识 Protel DXP 集成环境	7
1.4 Protel DXP 的文件管理	8
1.5 小结	12
第 2 章 原理图元件库的制作	13
2.1 概述	14
2.2 原理图元件的绘制	16
2.3 原理图元件设计实例	16
2.3.1 模拟元件设计举例	17
2.3.2 数字元件设计举例	22
2.4 原理图元件库管理	26
2.5 元件库制作的常见问题和使用技巧	30
2.5.1 隐含引脚的处理	30
2.5.2 多子件元件的注意事项	31
2.5.3 使用阵列粘贴功能	31
2.5.4 辅助功能：报表生成及规则检查	33
2.5.5 有关引脚特性的一些说明	34
2.5.6 常用快捷键表	35
2.5.7 自动更新功能	35
2.6 小结	36
第 3 章 原理图的设计	37
3.1 概述	38

3.1.1	原理图设计的基本原则	38
3.1.2	创建新的原理图文件	39
3.1.3	原理图编辑环境	39
3.2	加载和卸载元件库	41
3.3	运算放大器电路的绘制	43
3.4	电源电路的绘制	47
3.5	传感器 IV 变换电路	50
3.6	整体电路	51
3.7	统一为元件编号	57
3.8	检查元件封装信息	61
3.9	生成工程元件库	62
3.10	原理图设计常见问题和使用技巧	63
3.10.1	元件命名的注意事项	64
3.10.2	接地和接电源	64
3.10.3	端口的有关知识	65
3.10.4	在库中查找元件	65
3.10.5	原理图的打印	68
3.10.6	高级设置	70
3.10.7	文档属性设置	72
3.10.8	块操作	73
3.11	小结	74
第 4 章	编译工程并查看报表	75
4.1	编译工程	76
4.2	网络表的生成和检查	78
4.3	元件采购报表	81
4.4	元件自动编号报表	83
4.5	设计层次报表	84
4.6	元件引用参考报表	85
4.7	端口引用参考	85
4.8	小结	86
第 5 章	元件封装	87
5.1	封装概述	88
5.2	常见元器件封装介绍	89
5.2.1	分立元件	89
5.2.2	集成电路块	95
5.3	选择封装形式的基本原则	99

5.4	元件封装设计步骤	100
5.4.1	绘制封装的准备工作	100
5.4.2	建立自己的封装库	100
5.4.3	使用封装向导创建封装	103
5.4.4	手工绘制元件	106
5.5	元件封装设计实例	107
5.5.1	手工设计元件封装实例	107
5.5.2	SDIP 元件封装设计	114
5.5.3	SQJ 元件封装设计	118
5.6	元件封装常见问题和使用技巧	122
5.6.1	封装设计中常见错误类型	122
5.6.2	引脚编号不一致	123
5.6.3	使用阵列粘贴功能	123
5.6.4	特殊封装	125
5.6.5	焊接面的贴片式封装	126
5.7	在原理图中改变元件封装	126
5.8	小结	130
第 6 章 印制板电路设计		131
6.1	基础知识	132
6.1.1	印制板简介	132
6.1.2	PCB 图操作界面	133
6.1.3	PCB 图设计向导	137
6.1.4	PCB 图的设置	141
6.1.5	绘制 PCB 的实例	149
6.2	双面板设计实例	160
6.2.1	原理图简介	160
6.2.2	将原理图文件传输到 PCB 中	160
6.2.3	【Navigator】面板	162
6.2.4	元件布局	164
6.2.5	自动布线参数设置	172
6.2.6	PCB 布线	192
6.3	多层板设计实例	206
6.4	印制板电路设计常见问题解析	214
6.5	小结	225
第 7 章 电路仿真		227
7.1	预备知识	228

7.1.1	基本概念	229
7.1.2	仿真操作步骤	231
7.1.3	一个小例子	233
7.2	参数设置	240
7.2.1	查找仿真元件	240
7.2.2	仿真元器件参数设定	242
7.2.3	仿真信号源	248
7.2.4	仿真方式设置	257
7.2.5	仿真结果管理	266
7.3	仿真实例	269
7.3.1	分压式偏置电路	269
7.3.2	加法器电路仿真	271
7.3.3	滤波器电路仿真	276
7.3.4	PI 调节器	279
7.3.5	数字电路仿真	281
7.3.6	模数混合仿真	282
7.3.7	直流参数扫描仿真方式	284
7.4	电路仿真常见错误解析	285
7.5	小结	288
第 8 章 综合实例		289
8.1	总体方案分析	290
8.2	局部原理图仿真	292
8.3	原理图设计	297
8.3.1	原理图元件设计	297
8.3.2	原理图设计	301
8.3.3	报表生成及原理图打印	318
8.4	绘制印制板图	320
8.4.1	制作元器件封装	321
8.4.2	自动布局	327
8.4.3	手工布局	329
8.4.4	自动布线	333
8.4.5	手工布线	339
8.5	电路检查及打印	341
8.5.1	设计规则检查	341
8.5.2	信号完整性分析	344
8.5.3	打印结果	348
8.6	小结	348



第1章 概述

主要内容

- Protel DXP 软件简介
- 用 Protel DXP 设计 PCB 板的工作流程
- Protel DXP 的文件管理



随着电子技术的飞速发展和印制电路板加工工艺的不断提高，新的大规模和超大规模集成电路芯片不断涌现出来，现代电子线路系统已经变得非常复杂了。同时，电子产品又在向小型化的方向发展，因此要在更小的空间内实现更复杂的电路功能，在这种情况下，对 PCB 板设计和制作的要求也就越来越高。目前，双面板是很常用的，四层板或者六层板也不少见。与此同时，系统工作频率也在不断提高。以前 30MHz 就可以算作高频电路，而现在这个工作频率只能算是普通的工作频率，几百 MHz 到上 GHz 的工作频率也是常见的。这又对电路的抗干扰设计提出了更高要求。

在这种情况下，快速、准确地完成电路板的设计对电子工程师而言是一个挑战。电子工程师们也因此对设计工具提出了更高要求。各种各样的电子线路辅助设计工具（EDA）也应运而生，其中影响比较大的有 OrCAD、PowerPCB 以及 Protel 系列等。当前在国内应用最为广泛的是 Protel 系列 EDA 设计工具，Protel DXP 就是该系列软件的最新产品。

1.1 Protel DXP 软件介绍

Protel DXP 是 Altium 公司于 2002 年推出的一套电路板设计软件平台，主要运行在 Windows 2000 和 Windows XP 上。这套软件是 Altium 公司 10 多年来致力于 Windows 平台开发的最新产品，能实现从概念设计、顶层设计直到输出生产数据以及这之间的所有分析、验证和设计数据的管理。

Protel 系列软件是深受电子工程师喜爱的一套板级设计软件，其最初的版本是 20 世纪 80 年代运行于 DOS 下的 TANGO、Protel Schematic 和 Autotrax。当时就因其方便、易学、实用和快速等特点而流行，并深受电子工程师的好评，为加快我国电子 CAD 的普及和应用起到了推动的作用。后来的版本运行于 Microsoft Windows 平台，版本号也由原来的 1.0、1.5、2.8 直到现在流行的 Protel 98、Protel 99 SE，及目前最新的版本 Protel DXP。

现在的 Protel DXP 已不是单纯的 PCB（印制电路板）设计工具，而是一套由 5 大模块组成的系统工具，分别是 SCH（原理图）设计、SCH（原理图）仿真、PCB（印制电路板）设计、AutoRouter（自动布线器）和 FPGA 设计，覆盖了以 PCB 为核心的整个物理设计。

Protel 软件在文件交换方面也有了很大的进展。最新版本的 Protel 软件可以毫无障碍地读 Orcad、Pads、Accel（PCAD）等知名 EDA 公司的设计文件，可以输入和输出 DXF、DWG 格式文件，实现和 AutoCAD 等软件的数据交换，也可以输出格式为 Hyperlynx 的文件，用于板级信号仿真。

Protel 软件销售范围遍及世界各地，且应用于各个领域。很多著名公司包括 IBM、Lucent、NOKIA、NASA、MOTOROLA、Hewlett-Packard、Canon、NEC 和 BMW 等公司都选用 Protel 作为自己的设计工具。

下面介绍 Altium 公司及 Protel 软件的发展历史。

- (1) 1985 年，Altium 公司的前身 Protel 公司成立。开发出第一代 DOS 版 Protel，在美国和欧洲得到认可和应用。
- (2) 1988 年，在加利福尼亚的高科技硅谷区设立研发中心。升级版的 Protel for DOS 在欧美市场得到了广泛推广。



- (3) 1990 年底，全面停止了 DOS 版 Protel 的开发。
- (4) 1991 年，发布了世界上第一个基于 Windows 操作系统的高级 PCB 系统。公司将所有 R&D 和组织移到了美国。
- (5) 1992 年，发布了基于 Windows 操作系统的高级原理图系统以及升级产品。1994 年，首创 EDA Client/Server 体系机构。
- (7) 1996 年，收购了 NeuroCAD 公司并且开发他们的 Autoroute 工具。从著名的 CUPL 公司获得了 CPLD 技术，以 Advanced PLD3 正式进入可编程逻辑器件设计领域。
- (8) 1997 年，Protel 取得与 Dolphin Technologies 的 OEM 协议，全面支持混合电路的模拟仿真。
- (9) 1998 年，推出 Protel 98。这个 32 位产品是第一个包含 5 个核心模块的 EDA 工具，是特别为 Windows NT 设计的。
- (10) 1999 年，推出 Protel 99。MicroCode Engineering 微码仿真技术进入 Protel 99 版本。同时著名的 EMC/EMI 公司 INCASES Engineering GmbH 技术包含在 Protel 99 中。至此，Protel 软件既有原理图的逻辑功能验证的混合信号仿真，又有 PCB 信号完整性分析的板级仿真，构成从电路构思设计到真实板分析的完整体系。
- (11) 1999 年 8 月，成为上市公司，为公司更大规模的发展奠定了基础。
- (12) 2000 年 1 月，收购著名 EDA 公司、ACCEL (PCAD) 公司，标志着 Protel 在提供桌面 EDA 解决方案的领先地位得到了进一步巩固。
- (13) 2000 年，推出最新产品——Protel 99 SE，为桌面 EDA 系统完整集成了各类工具（包括 3D、CAM 等）设计组管理等高性能产品，使设计师对设计过程具有更大的控制力。
- (14) 2001 年 8 月 6 日更名为 Altium 公司。
- (15) 2002 年，推出新产品 Protel DXP，集成了更多工具，使用更方便，功能更强大。作为一款优秀的 EDA 设计软件，Protel DXP 软件具有以下特点：
 - 通过设计文件包的方式，将原理图编辑、电路仿真、PCB 图设计以及打印这些功能有机地结合在一起，提供了一个集成开发环境。这个功能相对于以前使用 DOS 版本的设计者而言是一个好消息，设计者不用退出原理图设计程序再进入 PCB 板设计程序。
 - 提供了混合电路仿真功能，为设计者检验原理图电路中某些功能模块的正确与否提供了方便。
 - 提供了丰富的原理图元件库和 PCB 封装库，并且为设计新的器件封装提供了封装向导程序，简化了封装设计过程。
 - 提供了层次原理图设计方法，支持“自上向下”的设计思想，使大型电路设计的工作组开发方式成为可能。
 - 提供了强大的查错功能。原理图中的 ERC（电气法则检查）工具和 PCB 图的 DRC（设计规则检查）工具能帮助设计者更快地查出和改正错误。
 - 全面兼容 Protel 系列以前版本的设计文件。并提供了与 OrCAD 格式文件的转换功能。
 - 提供了全新的 FPGA 设计的功能，这是以前的版本所没有提供的功能。



1.2 PCB 板设计的工作流程

为了让读者对电路设计过程有更好的理解，下面首先介绍一下设计 PCB 板的工作流程。这个流程只是设计 PCB 板的一般工作过程，其中有些步骤并不是在设计每个 PCB 板时都能用到，读者应根据实际情况决定需要哪些步骤。

1.2.1 总体流程

通常情况下，从接到设计要求书到最后制成 PCB 图，主要经过以下几个步骤来实现。

1. 方案分析

这个步骤并不是 Protel DXP 的操作内容，但是对每个 PCB 板设计来讲又是必不可少的。方案分析的任务是决定原理图电路如何设计，同时也影响到 PCB 板如何规划。

2. 电路仿真

在设计电路原理图之前，有时候会对某一部分电路设计并不十分确定，因此需要通过电路仿真来验证。同时电路仿真还可以用于确定电路中某些重要器件的参数。电路仿真过程中的方法和技巧将在第 7 章中详细讲述。

3. 设计原理图元件

虽然 Protel DXP 提供了丰富的原理图元件库，但是并不可能将所有的元件都收到这些库中。如果发现元件库中没有所需要的元件，可以动手设计原理图元件，建立自己的元件库。将所有动手设计的元件都放在自定义库中是一个好习惯。至于如何设计原理图元件，将在第 2 章中详细讲述。

4. 绘制原理图

在找到所有需要的原理图元件后，可以开始原理图的绘制。根据具体电路的复杂程度决定是否需要使用层次原理图。完成原理图设计后，需要利用 ERC（电气法则检查）工具查错。找到出错的具体原因后，修改原理图电路，重新查错一直到没有原则性的错误为止。应该保证修改到连警告性的错误都没有，以消灭隐患。原理图绘制过程中的方法和技巧将在第 3 章中详细讲述。

5. 设计元件封装

和原理图元件库一样，Protel DXP 也不可能提供所有元件的封装。如果发现元件封装库中没有所需要的元件，这时候可以自己动手设计元件封装。建立自己的元件封装库，将所有设计的元件封装都放在元件封装库中，以便在今后的设计工作中使用。至于如何设计元件封装库，将在第 5 章中详细讲述。

6. 设计 PCB 板

在确认原理图没有错误之后，就可以开始 PCB 板的绘制工作了。首先根据系统设计和工艺要求，绘出 PCB 板的轮廓，并确定 PCB 的工艺要求（如使用几层板，加工精度等）。然后将原理图传输到 PCB 板中来，在网络表、设计规则和原理图的引导下布局和布线。最



后利用 DRC (设计规则检查) 工具查错。原理图绘制过程中的方法和技巧将在第 6 章中详细讲述。

7. 文档整理

文档整理是非常有必要的。良好的文档给今后维护、改进都会带来极大的方便。需要打印的文档包括原理图、PCB 图的丝印层以及器件清单文件等各种报表文件。设计包文件则应以磁盘文档的方式保存。

工作时,基本的工作流程就是上述内容。其中有些步骤常常会穿插进行。例如,在原理图库的创建和原理图的绘制过程中,因为事先可能并不知道原理图中需要哪些库,经常会在绘制原理图的过程中,发现缺少某个元件的库,然后来创建那个元件的库。这样逐步完成整个原理图的绘制。

上述工作流程中,最复杂的就是原理图和 PCB 图的设计,下面单独用两个小节分别介绍设计原理图和 PCB 图需要注意的问题,这里并不涉及具体的操作。

1.2.2 原理图的设计流程

原理图的设计包括两个方面的内容:原理图元件库的设计和原理图的设计。

1. 原理图库元件设计

- (1) 查阅文件的文档信息,确定元件的引脚定义以及其各项电气属性。
- (2) 绘制该元件的原理图电气符号。根据元件的引脚定义将它们按照功能分组,这样可以保证原理图中连线比较整齐,然后修改各引脚的编号和电气属性。
- (3) 通过软件工具检查该库元件是否存在设计错误,并生成报表信息。根据报表信息检查出错原因并修正错误。
- (4) 保存该原理图库元件。

2. 原理图的绘制

(1) 电路功能模块划分

在绘制原理图文件之前,首先根据原理图实现的具体功能对电路进行功能模块划分,这样在摆放原理图元件时,按照功能模块将元件一个一个地摆放,可以做到心中有数。其次,同一功能模块的元件放在一起,连线和阅读都比较方便。

(2) 放置元件和连线

划分好功能模块以后,就可以放置元件和连线了。在绘制一个模块时,可以先把元件放置(Place)好,再连线(Wiring)。也可以一边放置元件,一边连线。这里推荐前一种做法,这样效率较高,但实际工作中常常是两种方法穿插进行的。

(3) 检查标注

标注就是元件的标识,类似“C1”、“C2”、“R1”和“U2”等。一般头一个字母表示元件类别(电阻、电容和 IC 等),后面的数字表示本元件在这个类别中的序号。标注必须没有重复,但是可以空缺。必要的时候可以使用 Protel DXP 的自动标注功能。

上述元件标注方法是推荐的元件标注方法。以前曾经有些公司用过其他一些标注方法,



如不分元件类别，全部使用 4 位数标注。这种方法会带来元件管理上的不便，已经被逐渐淘汰，因而不推荐采用。

(4) 电气规则校验

电气规则校验主要是检查器件的连接关系是否符合最基本的规则。这一步可以剔除一些初级错误。这种检查只是形式检查，非常粗浅，真正的检查必须靠设计师来完成。只有设计师自己才知道要设计什么样的电路以及应该如何连线。

(5) 添加封装信息

初学者常常不太容易理解封装这个概念，以为只要画出了原理图，Protel DXP 就应该自动画出 PCB 板来。其实这是不可能的。原理图上的元件仅仅是个符号，只是表明了电气连接关系，并没有包含很多实际的信息，而这些信息又是在制作 PCB 板时所必需的。例如，元件的外形尺寸、引脚的位置和形状等。这些尺寸都包含在封装信息里面。Protel DXP 把一个元件的这些封装信息组成一个信息包，称为元件封装。将多个元件封装组织在一起，组成一个封装库。在绘制 PCB 板之前，必须为原理图中的元件指定封装名。Protel DXP 会根据封装名在库中寻找合适的封装并放置到 PCB 板上。如果没有找到对应的封装，就无法载入此元件，也就无法完成后续工作。

(6) 生成网络表 (Netlist)

确认原理图无误后，就可以生成网络表。网络表中记录着原理图上的所有元件的相关信息和元件之间的连接关系。生成了网络表之后，还常常要手工检查一下网络表，看看有没有疏忽和遗漏的地方。特别是电源和地线网络，是最容易出问题的地方。目前应用 Protel DXP，这一步不是必须的，但是为了检查错误，还是建议大家生成网络表并加以检查。

1.2.3 PCB 板图的设计流程

PCB 板图是所有设计过程的最终产品。PCB 图设计的好坏直接决定了设计结果是否能满足要求，PCB 图设计过程中主要有以下步骤。

1. 规划 PCB 板

在正式绘制之前，要规划好 PCB 板的尺寸。这包括 PCB 板的边沿尺寸和内部预留的用于固定的螺丝孔，也包括其他一些需要挖掉的空间和预留的空间。这些位置常常是由设备的外形和接口来决定的，因而这些数据常常是来自系统设计部门的，其格式可能是电子数据，如 AutoCAD 文件，也可能只是画在纸上的一张草图。

然后必须确定使用几层板。这是一个需要考虑很多因素的工作。使用独立的电源层和地线层会极大提高产品的电磁兼容特性。有调查表明，使用 4 层以上的 PCB 板比双面板减少 90% 以上的电磁兼容 (EMC) 问题。因此，高要求的 PCB 板常常使用 4 层以上的 PCB 板。但是，必须看到，4 层以上的 PCB 板比双面板成本高得多，这是不能不考虑的。因此，有时只好选择双面板。要使双面板达到不低于 4 层板的 EMC 性能，就要求 PCB 设计师具有更丰富的知识和经验，有着更高的 PCB 设计技能。

2. 将原理图信息传输到 PCB 中来

规划好 PCB 板之后，就可以将原理图信息传输到 PCB 中了。如果这个过程中没有问题