

21世纪高等学校计算机基础教育系列教材

21 SHIJI GAODENG XUEXIAO JISUANJI JICHU JIAOYU XILIE JIAOCAI

Protel DXP

电路设计与制版

实用教程

■ 王浩全 傅英明
洪 华 龙怀冰 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高等学校计算机基础教育系列教材

Protel DXP 电路设计与制版实用教程

王浩全 傅英明 洪华 龙怀冰 编著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

Protel DXP 电路设计与制版实用教程/王浩全等编著.

—北京:人民邮电出版社,2005.2

(21世纪高等学校计算机基础教育系列教材)

ISBN 7-115-12811-1

I. P... II. 王... III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件,

Protel DXP—高等学校—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第002140号

内 容 提 要

本书从“实用”的原则出发,详细地介绍 Protel DXP 各方面的功能与使用。主要内容包括印刷电路板与 Protel DXP 概述、原理图设计基础、设计电路原理图、制作元器件与建立元器件库、设计层次原理图、生成报表和文件、PCB 设计系统、PCB 元器件封装、生成元器件报表以及电路仿真。本书非常注重实用操作技能训练,在讲解基本知识的同时,配以丰富的实例进行说明,强调理论与实践相结合。此外,每章的最后附有综合范例,课后附有习题。最后,本书附录中列出 Protel DXP 中的详细技术规范以及常用的快捷键,以便读者在设计过程中随时查阅。

本书结构清晰,条理清楚,语言运用通俗易懂,适合作为高校电子类、计算机类、自动化类和机电类专业以及相关专业的教材,也可以作为培训教材以及相关的工程技术人员、电子爱好者和自学人员的参考书。

21 世纪高等学校计算机基础教育系列教材

Protel DXP 电路设计与制版实用教程

◆ 编 著 王浩全 傅英明 洪 华 龙怀冰
责任编辑 邹文波

◆ 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 010-67129259
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18
字数: 427 千字
印数: 1-5 000 册
2005 年 2 月第 1 版
2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12811-1/TP·4298

定价: 24.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010) 67129223

编 者 的 话

Protel 是由始建于 1985 年的 Protel Technology 公司开发的、功能强大的电子电路设计软件, 历经 Protel for Dos、Protel 98、Protel 99 和 Protel 99SE 等版本, 2002 年 Protel Technology 公司更名为 Altium 公司, 并推出 Protel 的最新版本 Protel DXP。

Protel DXP 主要应用于电子电路设计与仿真、印刷电路板 (PCB) 设计及大规模可编程逻辑器件的设计, 它是第一个将所有设计工具集成于一身, 完成电路原理图到最终印刷电路板设计全过程的应用型软件。同时, Protel DXP 将项目管理方式、SCH 图和 PCB 图的双向同步技术、多通道设计、拓扑自动布线以及电路仿真等技术进行了完美的结合, 成为当今最为流行的电路设计制版软件。

本书采用知识点和实例、效果相结合的方式详细地介绍了 Protel DXP 的基本功能以及操作方法和技巧。书中结构周密, 语言通俗易懂, 概念和理论部分均结合范例进行阐述。在范例选择上, 要求精致实用, 每个范例都较好地体现了所学的知识点。在结构安排上, 每章的开始首先以准确且通俗易懂的语言使读者理解概念及知识点, 接着通过精心设计的实例使读者知道如何应用知识点, 最后通过综合范例和课后习题巩固所学的知识, 从而达到学以致用目的。

全书共分为 10 章, 各章的主要内容分别如下。

第 1 章: 介绍印刷电路板设计基本知识、Protel DXP 的诞生与发展及其新增功能特性、Protel DXP 的操作界面、Protel DXP 的工作流程以及 Protel DXP 的基本操作。

第 2 章: 介绍电路原理图设计的一般步骤、原理图设计工具、相关的参数设置和文件的组织和管理。

第 3 章: 介绍设计电路原理图的流程和元器件的加载、编辑与调整。

第 4 章: 介绍元器件的制作与元器件库的加载和管理, 同时介绍了元器件绘图工具以及如何生成元器件列表。

第 5 章: 介绍层次原理图的基本知识、设计方法、建立方法以及如何生成 I/O 端口符号、生成网络表文件等内容。

第 6 章: 介绍 Protel DXP 所提供的各种报表的作用以及生成这些报表的步骤和方法。

第 7 章: 介绍与 PCB 设计密切相关的一些基本概念和知识, 包括 PCB 设计的基本原则、结构组成、设计流程、参数设置以及如何生成 PCB 报表文件和打印输出 PCB 图。

第 8 章: 介绍 PCB 元器件封装的基本知识、两种创建元器件封装的方法以及如何生成几种元器件封装报表。

第 9 章: 介绍在完成 PCB 设计后, 生成各种 PCB 报表的方法与步骤。

第 10 章: 介绍电路仿真的特点、仿真器的设置、仿真元器件及设计仿真原理图的方法与技巧。

本书的特点是知识全面、结构合理, 语言通俗易懂, 范例丰富而实用。相信通过本书的

学习,读者可以充分掌握 Protel DXP 的基础知识和应用,并掌握使用 Protel DXP 进行电路设计与制版的设计流程以及各种方法和技巧。

本书主要由王浩全、傅英明、洪华和龙怀冰编写,参加部分编写和审核工作的还有苏峻、卢效峰、周玉基、倪洋、李巨韬和兰娟等。

最后,限于作者的自身水平,书中难免存在不足和疏漏,恳请广大读者不吝指正。

编者

2005 年 1 月

目 录

第 1 章 印刷电路板与 Protel DXP 概述	1
1.1 印刷电路板设计的基本知识	1
1.1.1 印刷电路板的组成	1
1.1.2 印刷电路板的板层结构	2
1.1.3 印刷电路板的工作层类型	3
1.1.4 元器件封装的基本知识	4
1.2 Protel DXP 的诞生与发展	5
1.2.1 Protel DXP 的应用领域	5
1.2.2 Protel DXP 的新增功能与特性	5
1.3 Protel DXP 界面简介	6
1.3.1 菜单栏	8
1.3.2 工具栏	9
1.3.3 状态栏与命令行	10
1.3.4 标签栏与工作窗口面板	10
1.4 Protel DXP 的工作流程	10
1.4.1 启动并设置 Protel DXP 工作环境	11
1.4.2 绘制电路原理图	14
1.4.3 产生网络报表	15
1.4.4 设计印刷电路板	17
1.4.5 输出和打印	21
1.5 Protel DXP 的基本操作	22
1.5.1 创建和保存新的设计文件	22
1.5.2 启动不同的编辑器	23
1.5.3 切换不同的编辑器	24
1.5.4 元器件的基本操作	25
1.5.5 图纸的显示与移动	27
1.5.6 图纸的放大与缩小	27
1.6 小结	28
习题	28
第 2 章 原理图设计基础	30
2.1 原理图设计简介	30

2.1.1	电路板设计的一般步骤	30
2.1.2	电路原理图设计的一般步骤	31
2.1.3	电路原理图设计工具栏	33
2.2	图纸设置	53
2.2.1	图纸大小的设置	53
2.2.2	图纸方向的设置	54
2.2.3	标题栏的设置	55
2.2.4	图纸颜色的设置	55
2.2.5	图纸的放大与缩小	56
2.3	设置系统字体	58
2.4	设置网格和光标	59
2.4.1	设置网格	59
2.4.2	电气节点	60
2.4.3	设置光标	61
2.5	Protel DXP 文件的组织与管理	62
2.5.1	Protel DXP 的文件结构	62
2.5.2	Protel DXP 文件的组织与管理	63
2.6	综合范例	67
2.7	小结	69
	习题	70
第3章	设计电路原理图	72
3.1	装载元器件库	72
3.2	放置元器件	74
3.2.1	放置元器件	74
3.2.2	使用工具栏放置元器件	76
3.3	编辑元器件	77
3.3.1	编辑元器件属性	77
3.3.2	编辑元器件组件属性	78
3.4	元器件位置的调整	78
3.4.1	对象的选取	78
3.4.2	取消对象的选取	79
3.4.3	元器件的移动	80
3.4.4	单个元器件的移动	81
3.4.5	多个元器件的移动	82
3.4.6	元器件的旋转	82
3.4.7	复制粘贴元器件	83
3.4.8	阵列式粘贴元器件	84
3.4.9	元器件的删除	84

3.5 元器件的排列和对齐	85
3.5.1 元器件左对齐	85
3.5.2 元器件右对齐	85
3.5.3 元器件按水平中心线对齐	86
3.5.4 元器件水平平铺	86
3.5.5 元器件顶端对齐	86
3.5.6 元器件底端对齐	87
3.5.7 元器件按垂直中心线对齐	87
3.5.8 元器件垂直分布	87
3.5.9 综合排布和对齐	87
3.6 放置电源与接地元器件	89
3.7 放置节点和连接线路	90
3.7.1 放置节点	90
3.7.2 连接线路	90
3.8 更新元器件流水号	91
3.9 保存文件	93
3.10 综合范例	93
3.11 小结	99
习题	100
第4章 制作元器件与建立元器件库	102
4.1 元器件库编辑器	102
4.1.1 加载元器件库编辑器	102
4.1.2 元器件库编辑器界面介绍	103
4.2 元器件库的管理	104
4.2.1 元器件管理器	104
4.2.2 管理元器件	105
4.2.3 查找元器件	109
4.3 元器件绘图工具	110
4.3.1 一般绘图工具	110
4.3.2 绘制引脚	110
4.3.3 IEEE 符号	112
4.4 创建一个元器件	113
4.5 生成元器件报表	116
4.5.1 元器件报表	116
4.5.2 元器件库报表	116
4.5.3 元器件规则检查表	117
4.6 综合范例	118
4.7 小结	120

习题	120
第 5 章 设计层次原理图	125
5.1 层次原理图简介	125
5.1.1 自顶向下设计层次原理图	126
5.1.2 自底向上设计层次原理图	126
5.2 建立层次原理图	127
5.3 不同层次原理图之间的切换	129
5.4 由方块电路符号生成新原理图中的 I/O 端口符号	130
5.5 由原理图文件生成方块电路符号	131
5.6 生成网络表文件	131
5.7 综合范例	133
5.8 小结	135
习题	135
第 6 章 生成报表和文件	139
6.1 报表文件简介	139
6.2 生成 ERC 报告	140
6.2.1 生成 ERC 报告	140
6.2.2 ERC 结果报告	143
6.3 网络表	144
6.3.1 Protel 网络表格式	144
6.3.2 生成网络表	145
6.4 生成元器件列表	146
6.5 生成层次式设计组织列表	147
6.6 生成元器件交叉参考列表	148
6.7 综合范例	148
6.8 小结	151
习题	152
第 7 章 PCB 设计系统	157
7.1 PCB 设计基础	157
7.1.1 PCB 设计的基本原则	157
7.1.2 结构组成	160
7.1.3 PCB 的设计流程	160
7.2 设置 PCB 环境参数及绘图工具	161
7.2.1 设置 PCB 系统参数	161
7.2.2 设置 PCB 电路参数	162
7.2.3 PCB 设计工具栏	165

7.3 绘制 PCB 图	178
7.3.1 准备原理图和 SPICE netlist	178
7.3.2 规划电路板	179
7.3.3 加载 SPICE netlist 与元器件封装	180
7.3.4 自动布局元器件	182
7.3.5 手工调整元器件布局	184
7.3.6 自动布线	184
7.3.7 手工调整布线	192
7.3.8 利用向导创建新的 PCB	193
7.4 PCB板的3D 显示	196
7.5 PCB 图的后处理	198
7.5.1 生成 PCB 报表文件	198
7.5.2 打印输出 PCB 图	199
7.6 综合范例	200
7.7 小结	203
习题	204
第 8 章 PCB 元器件封装	208
8.1 元器件封装编辑器	208
8.1.1 元器件封装编辑器的启动	208
8.1.2 元器件封装编辑器的组成	209
8.2 添加新的元器件封装	210
8.2.1 手工添加	210
8.2.2 利用向导添加	214
8.3 元器件封装报表	216
8.3.1 元器件封装信息报表	216
8.3.2 元器件封装规则检查报表	218
8.3.3 元器件封装库报表	219
8.4 综合范例	219
8.5 小结	222
习题	223
第 9 章 生成 PCB 报表	227
9.1 生成电路板信息报表	227
9.2 生成网络状态报表	230
9.3 生成设计层次报表	231
9.4 生成元器件报表	232
9.5 生成元器件交叉参考报表	232
9.6 综合范例	233

9.7 小结	235
习题	235
第 10 章 电路仿真	239
10.1 仿真的特点	239
10.2 仿真库中的元器件简介	240
10.3 仿真器的设置	249
10.4 设计仿真原理图	259
10.4.1 调用元器件库	259
10.4.2 选择仿真用原理图元器件	259
10.4.3 仿真原理图	260
10.5 模拟电路仿真实例	260
10.6 数字电路仿真实例	265
10.7 综合范例	267
10.8 小结	270
习题	270

第 1 章

印刷电路板与 Protel DXP 概述

本章要点:

- (1) 印刷电路板设计的基本知识;
- (2) Protel DXP 的诞生与发展;
- (3) Protel DXP 的新增功能与特性;
- (4) Protel DXP 的界面介绍;
- (5) Protel DXP 的工作流程;
- (6) Protel DXP 的基本操作。

本章导读:

本章首先介绍印刷电路板设计的基本知识、Protel DXP 的诞生与发展及其新增功能特性, 然后对其操作界面进行简要的介绍, 接着通过一个完整的实例介绍 Protel DXP 的工作流程, 最后介绍 Protel DXP 的基本操作。通过本章的学习, 使读者对印刷电路板设计和 Protel DXP 有一个大概的了解, 为今后设计原理图和印刷电路板打下坚实的基础。

1.1 印刷电路板设计的基本知识

1.1.1 印刷电路板的组成

印刷电路板主要由焊盘、过孔、安装孔、导线、元器件、接插件和填充等组成, 如图 1-1 所示。

下面介绍印刷电路板上各个组成部分的功能。

- 焊盘: 用于焊接元器件引脚的金属孔。
- 过孔: 用于连接各层之间元器件引脚的金属孔。
- 安装孔: 用于固定印刷电路板。
- 导线: 用于连接元器件引脚的电气网络铜膜。
- 接插件: 用于电路板之间连接的元器件。
- 填充: 用于地线网络的敷铜, 可以有效地减小阻抗。
- 电气边界: 用于确定电路板的尺寸, 所有电路板上的元器件都不能超过该边界。

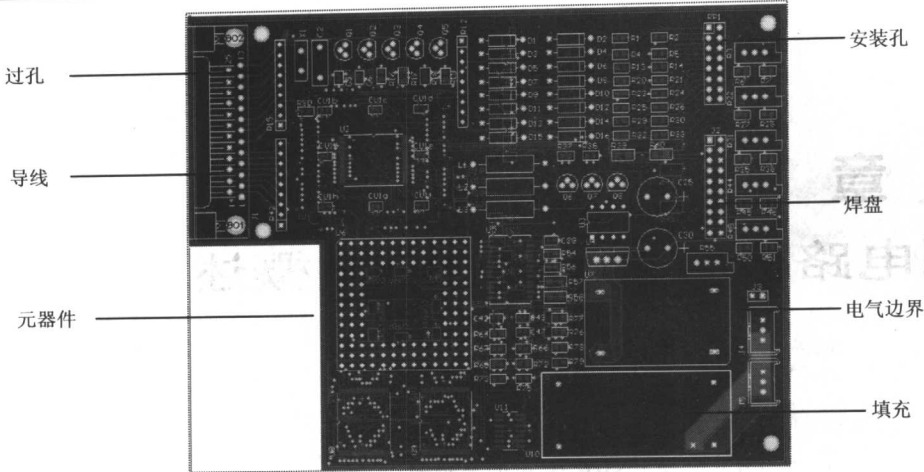


图 1-1 印刷电路板组成

1.1.2 印刷电路板的板层结构

印刷电路板常见的板层结构包括单层板 (Single Layer PCB)、双层板 (Double Layer PCB) 和多层板 (Multi Layer PCB) 3 种, 下面对这 3 种板层结构进行简要介绍。

(1) 单层板: 即只有一面敷铜而另一面没有敷铜的电路板。通常元器件放置在没有敷铜的一面, 敷铜的一面主要用于布线和焊接, 如图 1-2 所示。

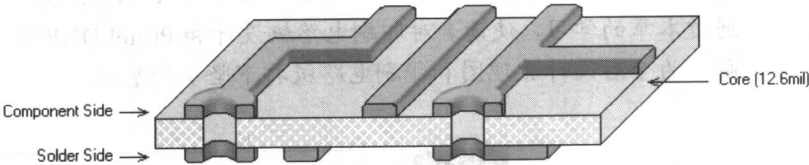


图 1-2 单层板结构示意图

(2) 双层板: 即两个面都敷铜的电路板, 通常称一面为顶层 (Top Layer), 另一面为底层 (Bottom Layer)。一般将顶层作为放置元器件面, 底层作为元器件焊接面, 如图 1-3 所示。

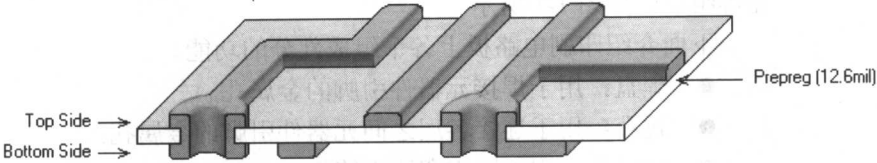


图 1-3 双层板结构示意图

(3) 多层板: 即包含多个工作层面的电路板, 除了顶层和底层外还包含若干个中间层, 通常中间层可作为导线层、信号层、电源层和接地层等。层与层之间相互绝缘, 层与层的连接通常通过过孔来实现。图 1-4 所示为四层板结构的电路板, 这个四层板除了顶层和底层外还有一个中间地层和一个中间电源层。

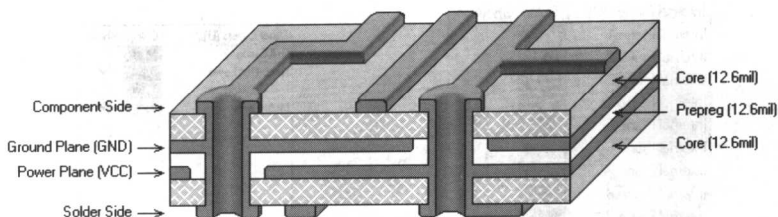


图 1-4 四层板结构示意图

Protel DXP 支持多达 72 层板的设计，但在实际应用中，六层板就已经基本满足电路设计的要求，板层过多将给设计带来很多的麻烦，并且造成很大的浪费。

1.1.3 印刷电路板的工作层类型

印刷电路板包括许多类型的工作层面，如信号层、防护层、丝印层和内部层等，下面就各层的作用进行简要介绍。

(1) 信号层：主要用来放置元器件或布线。Protel DXP 通常包含 30 个中间层，即 Mid Layer1 ~ Mid Layer30，中间层用来布置信号线，顶层和底层用来放置元器件或敷铜，如图 1-5 所示。

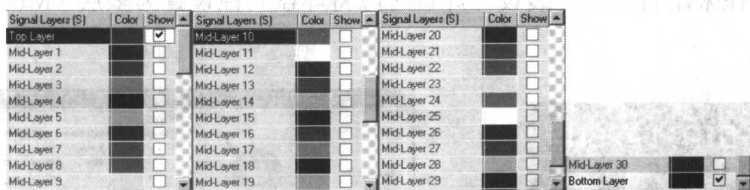


图 1-5 信号层

(2) 防护层：主要用来确保电路板上不需要镀锡的地方不被镀锡，从而保证电路板运行的可靠性，如图 1-6 所示。其中 Top Paste 和 Bottom Paste 分别为顶层阻焊层和底层阻焊层；Top Solder 和 Bottom Solder 分别为锡膏防护层和底层锡膏防护层。

(3) 丝印层：主要用来在印刷电路板上印上元器件的流水号、生产编号和公司名称等，如图 1-7 所示。

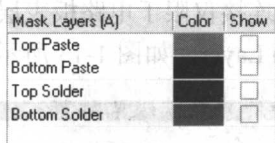


图 1-6 防护层

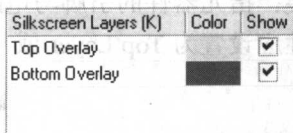


图 1-7 丝印层

(4) 内部层：主要用来作为信号布线层，如图 1-8 所示，Protel DXP 中共包含 16 个内部层。

(5) 其他层：如图 1-9 所示，共包括 4 种类型的层。

- Drill Guide (钻孔方位层)：主要用于印刷电路板上钻孔的位置。
- Keep-Out Layer (禁止布线层)：主要用于绘制电路板的电气边框。
- Drill Drawing (钻孔绘图层)：主要用于设定钻孔形状。
- Multi-Layer (多层)：主要用于设置多面层。

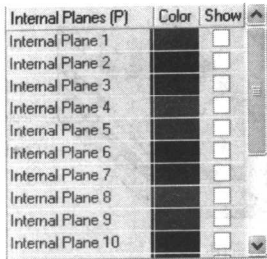


图 1-8 内部层

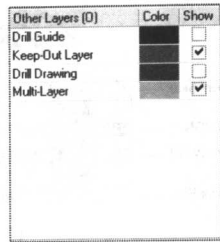


图 1-9 其他层

1.1.4 元器件封装的基本知识

所谓元器件封装，是指元器件焊接到电路板上时，在电路板上所显示的外形和焊点位置的关系。它不仅起着安放、固定、密封和保护芯片的作用，而且是芯片内部世界和外部沟通的桥梁。不同的元器件可以有相同的封装，相同的元器件也可以有不同的封装。因此在进行印刷电路板设计时，不但要知道元器件的名称、型号，还要知道元器件的封装。常用的封装类型有直插式封装和表贴式封装，下面对这两种类型进行简要介绍。

(1) 直插式封装：指将元器件的引脚插过焊盘导孔，然后再进行焊接，如图 1-10 所示。值得注意的是，在采用直插式封装设计焊盘时应将焊盘属性设置为多层 (Multi-Layer)，如图 1-11 所示。

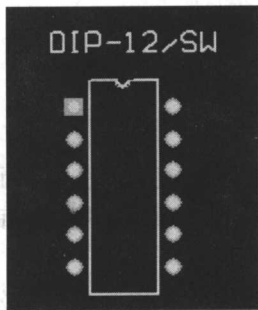


图 1-10 直插式封装元器件外观

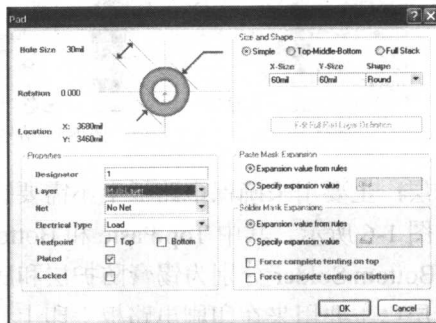


图 1-11 焊盘属性设置为多层

(2) 表贴式封装：指元器件的引脚与电路板的连接仅限于电路板表层的焊盘，如图 1-12 所示。其中焊盘属性应设置为 Top Layer 或 Bottom Layer，如图 1-13 所示。

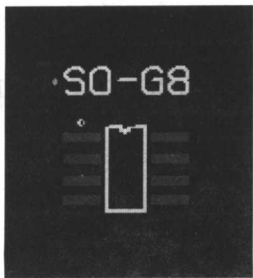


图 1-12 表贴式封装元器件外观

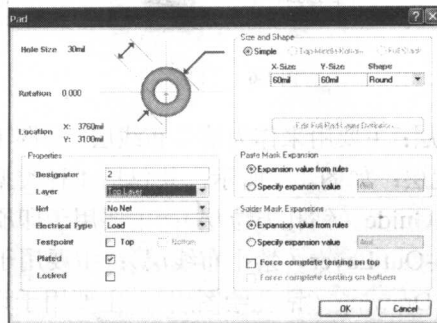


图 1-13 焊盘属性设置为 Top Layer

1.2 Protel DXP 的诞生与发展

随着时代的进步以及新技术、新材料的出现,电子工业技术得到了蓬勃的发展,大规模甚至超大规模的集成电路不断出现并越来越复杂,像以往单一靠手工绘图已不可能,这就促进了计算机辅助设计和绘图的发展,Protel 正是在这样的环境和背景下产生的。它由始建于 1985 年的 Protel 公司设计推出,历经 Protel for Dos、Protel 98、Protel99 和 Protel 99SE 等版本,2002 年该公司更名为 Altium 公司,并推出 Protel 的最新版本 Protel DXP。Protel DXP 以其界面的友好、直观和用户操作的便利,成为世界范围内应用于电子线路设计与印刷电路板设计方面最流行的软件。

1.2.1 Protel DXP 的应用领域

Protel DXP 主要应用于电子电路设计与仿真、印刷电路板 (PCB) 设计及大规模可编程逻辑器件的设计,它是第一个将所有设计工具集成于一身,完成电路原理图到最终印刷电路板设计全过程的应用型软件。例如,利用 Protel DXP 可以绘制出如图 1-14 所示的电路原理图,还可以将电路原理图直接生成如图 1-15 所示的 PCB 图。

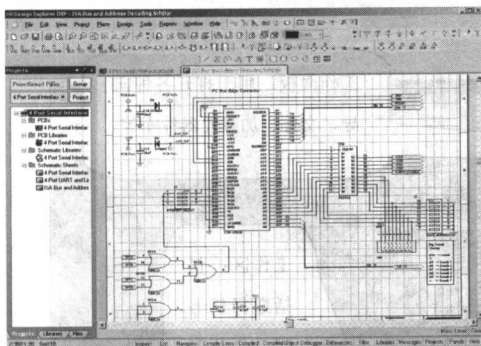


图 1-14 电路原理图实例

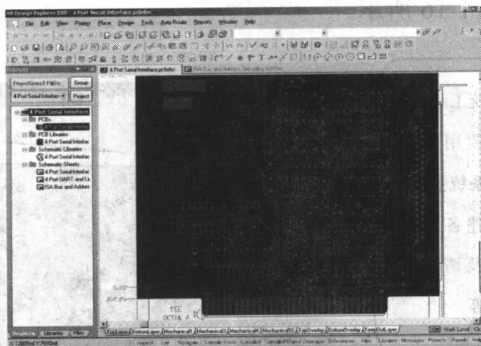


图 1-15 PCB 图实例

1.2.2 Protel DXP 的新增功能与特性

Protel DXP 的新增功能与特性主要体现在以下几方面。

- (1) Protel DXP 使各种设计工具更加紧密集成,大大地提高了同步化程度。
- (2) Protel DXP 与 Microsoft Windows XP 相适应使界面更加协调,更加友好。
- (3) Protel DXP 支持自由的非线性设计流程,即双向同步设计。
- (4) Protel DXP 支持 VHDL 设计和混合模式设计。
- (5) Protel DXP 增强了电路原理图与电路板之间的双向同步设计功能。
- (6) Protel DXP 支持多重组态设计,对于同一个文件,可以指定使用或不使用其中的某些元器件,然后形成元器件表或插置文件等。
- (7) 集成式元器件与元器件库。Protel DXP 采用集成式元器件,一个元器件特性包括元器件符号 (Symbol)、封装形式 (Footprint)、SPICE (集成电路仿真) 元器件模型和 SI 信号完整性元器件模型。

(8) 可接受设计者自定义的元器件与参数。Protel DXP 可以提供不受限制的设计者自定义元器件基引脚参数，所定义的参数可存入元器件库和原理图中。

(9) 强化设计检验。Protel DXP 可使原理图与电路板之间的转换更加顺畅，另外，还使交互参考的操作变得更容易。

(10) 强大的尺寸线工具。Protel DXP 提供了一组强大的尺寸线工具，可在移动元器件时自动更正尺寸。

(11) 可直接在电路板内进行信号的分析。Protel DXP 可直接在 PCB 编辑器中进行信号分析。

(12) 波形数据的输入与输出。Protel DXP 可通过电子表格形式输出仿真波形上的各点数据，供其他程序应用，也可以其他程序的波形数据作为输入。

1.3 Protel DXP 界面简介

与其他版本的 Protel 软件相似，Protel DXP 启动后将进入自己的主界面，在主界面中可以完成新建或打开文件，进入原理图编辑器、PCB 编辑器，以及进入元器件库编辑器等操作，如图 1-16 所示。

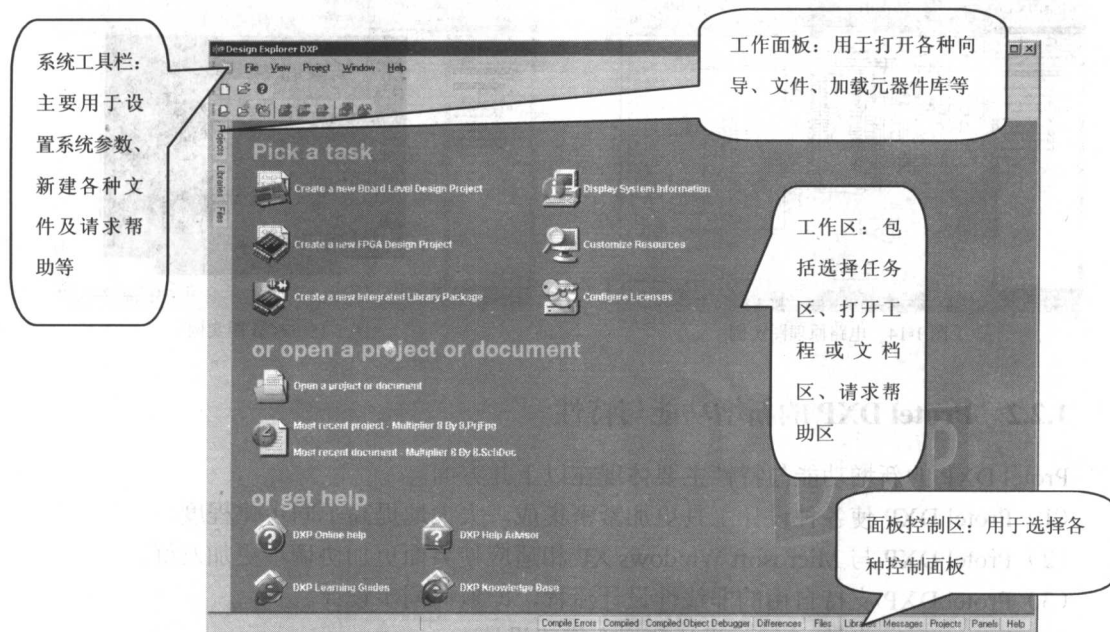


图 1-16 Protel DXP 主界面

下面对工作区中所包含的内容进行简要的介绍。

1. Pick a task (选择任务) 栏

(Create a new Board Level Design Project): 新建一个电路板设计项目。

(Display System Information): 显示系统的信息。