

Protel 99 SE

Includes Service Pack 6

印刷电路板设计技术

王栓柱 主编

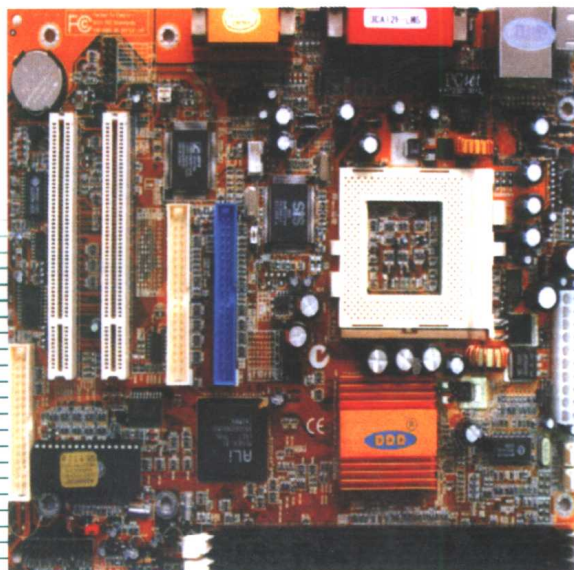


© 2001 PROTEL INTERNATIONAL LIMITED

- 最优的交互环境
- 最好的操作技术
- 最巧的布局方法
- 最佳的布线效果

- ◆ PCB设计系统概论
- ◆ PCB图元放置与编辑
- ◆ PCB设计规则与定义
- ◆ PCB布局与布线技术
- ◆ PCB报表生成与输出

西北工业大学出版社



Protel 99 SE 印刷电路板设计技术

主 编	王栓柱	
副主编	杨志亮	
编 者	涂重阳	杨晓星
	王栓柱	杨志亮

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书以当今最新版的 Protel 99 SE 为依据,详细介绍了印刷电路板的设计技术,书中包括印刷电路板设计系统概述、PCB 图元放置与修改、电路板设计入门、电路板编辑环境设置、设计规则及其定义、电路板生成与布局技术、电路板布线技术、电路板元件库管理、报表生成与打印输出等内容。

本书既有全面系统的讲解,又有可供效法的典型实例,是广大电子设计人员的必备用书,也可供计算机爱好者及其他工程技术人员阅读、使用。

图书在版编目(CIP)数据

Protel 99 SE 印刷电路板设计技术/王栓柱主编. —西安:西北工业大学出版社, 2001.12

ISBN 7-5612-1418-9

I. P… II. 王… III. 印刷电路-计算机辅助设计-应用软件, Protel 99 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 078349 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)8493844,8491757

网 址: <http://www.nwpup.com>

印 刷 者:西北工业大学印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.25

字 数:432 千字

版 次:2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4 000 册

定 价:23.00 元

致读者

致读者

作为大众化的电子线路计算机辅助设计软件, Protel for Windows 系列软件一直受到广大电子线路设计人员的青睐, 成为当今普通电路设计人员的首选工具软件。

1997 年 2 月, 我社首次推出了《Protel for Windows 实用技术》系列丛书, 该丛书自面世以来, 受到了电子线路设计界的极大关注, 得到了广大读者, 尤其是我国东南、华南地区读者的热烈欢迎, 他们纷纷来信来电, 在对我们的工作给予热情鼓励的同时, 希望我们继续推出 Protel 新书, 及时地介绍稳定、实用的最新版软件及最优化的设计与输出技巧。经过认真的调研与准备, 我们特别约请《Protel for Windows 实用技术》的原班作者——王栓柱、杨志亮等专家, 隆重向读者介绍 Protel 公司强力推出的最新版软件——Protel 99 SE, 以使这个具有全新的系统结构和强大的设计功能的新潮软件能为广大电子电路设计人员提供最优质的服务, 能在具体的设计工作中发挥重要的作用。

值得指出的是, 本书的作者长期从事电子线路方面的教学和科研工作, 在高新技术的开发及工程项目的组织实施方面颇具盛名, 在工作和实践中积累了丰富的经验。他们在百忙之中挤出时间奋笔撰书, 在向广大读者热情介绍 Protel 99 SE 最新软件操作技术的同时, 还向读者朋友们毫无保留地介绍了他们在电路板设计、布局、布线及输出方面的深层技巧和宝贵经验, 这不仅是广大读者的福音, 而且是对电子线路设计事业的贡献。我们向作者辛勤的劳动和他们对读者的一片深情表示衷心的感谢, 我们更希望本书能成为电子设计人员及其他计算机工程技术人员的良师益友, 我们还欢迎广大读者对我社出版的计算机实用类图书提出中肯的意见和建议, 我们一定会努力工作, 向社会、向读者奉献更多更好的出版物。

出版者

2001 年 10 月

A3562/01

前言

Protel 系列产品是澳大利亚 Protel Technology 公司开发的大型电子线路设计软件。从 20 世纪 80 年代的 Protel for DOS, 到随后的 Protel for Windows 1.0, 2.0, 3.0, 直到 90 年代末的 Protel 98 和 Protel 99, 以至今天的 Protel 99 SE, Protel 软件经历了一个逐步升级换代的过程。伴随着 CAD 软件功能的不断扩充, 电子工程技术人员的设计手段进一步优化, 设计质量和设计效率得到了大幅度提高。如今, Protel 的大名, 不仅在业内尽人皆知, 而且在广大电子爱好者中间也颇具影响。

1996 年 7 月, 我们在国内首次推出了《Protel for Windows 实用技术》丛书, 受到了电子线路设计界的极大关注和广大读者的热烈欢迎。近几年来, Protel 软件相继进行了几次更新换代, 其操作方法也发生了重大变化。不少读者来信来电, 希望我们将原书加以改进, 以适应软件的新变化, 在此我们表示衷心的感谢。2001 年初, 当我们接触到 Protel 99 SE 这个最新的版本后, 经过一段时间的学习和研究, 深感这个最新版本的软件的确综合了以前各个版本的精华, 其全新的系统结构和强大的设计功能为电路工程设计人员带来了福音, 是一款值得推荐的 EDA 工具软件。这正是今天编写和出版本丛书的主要缘由。

这套丛书以最新的 Protel 99 SE (Design Vervice 6.6.7, Include Service Pack 6) 为依据, 共分 2 册, 分别介绍电路原理图设计技术和印刷电路板设计技术。本书为丛书之一, 命名为《Protel 99 SE 印刷电路板设计技术》。全书共分 9 章, 包括电路板设计系统概述、PCB 图元放置与修改、电路板设计入门、电路板编辑环境设置、设计规则及其定义、电路板生成与布局技术、电路板布线技术、电路板元件库管理、报表生成与打印输出等。

由于集成电路制造业一直使用英制单位, 有关软件也大多由国外引进, 因而, 在进行电子线路设计时使用英制单位比较方便, 误差也小。将英制单位换算为法定的计量单位并不是一件困难的事,

但势必产生一些误差，这种误差有时是不可忽略的。因此，本书在介绍 Protel 99 SE 设计软件的使用方法和印刷电路板的设计实例时，仍采用英制单位，在此特作说明。

在编写本书的过程中，作者力求做到：既有全面系统的讲解，又有可供效法的具体实例，二者相互渗透，相辅相成。通过对本书的学习，读者既能获得有关 EDA 软件的最新动态，又能掌握 PCB 设计的基本技术和深层技巧。

本书由王栓柱和杨志亮主持编写，参加编写的人员还有：涂重阳（西安电子科技大学，第 3 章、第 8 章和第 9 章）；杨晓星（国家电力电子工程研究中心，第 4 章和附录）。全书由杨志亮负责策划，由王栓柱负责统稿。

由于作者水平有限，加上时间仓促，书中难免有不妥或错误之处，敬请读者指正。我们的电子邮件地址是：w_sz@163.com 或 xayang@pub.xaonline.com。

作 者

2001 年 10 月

目 录

第 1 章 电路板设计系统概述	1
1.1 Protel 99 SE PCB 系统简介	1
1.1.1 Protel 99 SE PCB 的主要特点	1
1.1.2 启动系统进入 PCB 设计环境	3
1.1.3 PCB 设计系统的工作界面	6
1.2 PCB 编辑系统的操作方法	10
1.2.1 菜单操作法	10
1.2.2 工具栏操作法	11
1.2.3 快捷键操作法	11
1.2.4 热键操作法	12
1.2.5 其它快速操作功能	15
1.3 网络及其管理	17
1.3.1 元器件和连线信息的传送	17
1.3.2 网络飞线(From-To)的显示	18
1.3.3 网络拓扑	19
1.4 电路板设计基础知识	20
1.4.1 电路板设计中的常用术语	20
1.4.2 PCB 设计中的布局与布线	22
1.4.3 印刷电路板设计的基本过程	24
第 2 章 PCB 图元放置与修改	27
2.1 PCB 图元及其放置命令	27
2.1.1 PCB 图元概念	27
2.1.2 放置图元的命令	27
2.2 放置线段	29
2.2.1 线段及其放置过程	29
2.2.2 线段放置模式	33
2.2.3 修改线段	34

2.2 放置焊盘	36
2.2.1 焊盘及其放置过程	36
2.2.2 焊盘编号	37
2.2.3 修改焊盘的参数及属性	37
2.3 放置过线盘	42
2.3.1 过线盘及其放置过程	42
2.3.2 修改过线盘	43
2.4 放置矩形填充区	45
2.4.1 矩形填充区及其放置过程	45
2.4.2 修改矩形填充区	46
2.5 放置圆和圆弧	49
2.5.1 圆和圆弧的放置过程	49
2.5.2 圆弧放置模式	53
2.5.3 修改圆及圆弧	53
2.5.4 批量修改圆或圆弧	54
2.6 放置字符串	55
2.6.1 字符串及其放置过程	55
2.6.2 修改字符串	56
2.6.3 特殊字符串及其使用	59
2.7 放置多边形填充区	60
2.7.1 放置多边形填充区	60
2.7.2 修改多边形填充区	61
2.7.3 重画多边形填充区	66
2.8 放置长度尺寸	66
2.8.1 放置长度尺寸	66
2.8.2 修改放置在 PCB 图上的长度尺寸	67
2.9 放置坐标	70
2.9.1 放置坐标	70
2.9.2 修改放置在 PCB 图上的坐标	71
2.10 放置元器件	73
2.10.1 元器件的概念	73
2.10.2 添加/删除 PCB 封装库	74
2.10.3 放置元器件	74
2.10.4 PCB 元器件的属性及其修改	77
2.11 勾勒边框	82

第 3 章 电路板设计基础 83

3.1 PCB 设计方法概述	83
----------------	----

3.1.1	手工设计	83
3.1.2	自动设计	84
3.1.3	半自动设计	84
3.2	PCB 设计基本常识	84
3.2.1	印刷电路板的结构	84
3.2.2	PCB 元器件	86
3.2.3	板层与板框	87
3.2.4	PCB 设计中最常用的快捷键	89
3.3	一个简单的 PCB 设计实例	89
3.3.1	简单 PCB 设计的过程	89
3.3.2	生成一个新的 PCB 设计	90
3.3.3	设置工作界面	92
3.3.4	放置元器件	92
3.3.5	布线	98
3.3.6	移动图元	99
3.3.7	跳转	102
3.3.8	PCB 设计图上距离的测量	104
3.3.9	设定板框	106
3.3.10	保存并输出设计文件	108
3.4	PCB 设计中的文件操作	109
3.4.1	打开设计文件	109
3.4.2	保存设计文件	109
3.4.3	文件格式转换	110
3.4.4	关闭文件	111
第 4 章	电路板编辑环境设置	112
4.1	PCB 编辑窗口设置	112
4.1.1	窗口部件的操作	112
4.1.2	图形缩放与屏幕刷新	114
4.1.3	显示或隐藏飞线	115
4.1.4	度量单位设置	116
4.1.5	设计窗口的排列与关闭	116
4.2	板层选择与栅格设置	116
4.2.1	选择工作板层	116
4.2.2	编辑区栅格设置	118
4.3	PCB 编辑环境的参数选择	119
4.3.1	编辑环境的选项设置	119
4.3.2	有关显示模式的设置	122

4.3.3	板层颜色及系统颜色设置	124
4.3.4	显示方式设置	125
4.3.5	图元属性缺省值设置	126
4.3.6	信号完整性设置	128
4.4	电路设计系统的参数设置	129
4.4.1	文件保存与备份	129
4.4.2	其它参数的选择	130
4.5	PCB 编辑系统资源定制	131
4.5.1	主菜单栏的定制	131
4.5.2	主工具栏的定制	136
4.5.3	操作快捷键定制	140
第 5 章	设计规则及其定义	144
5.1	设计规则的概念与定义	144
5.1.1	设计规则的概念	144
5.1.2	设计规则的定义方法	145
5.1.3	规则的应用法则	147
5.2	图元分组的概念与操作	148
5.2.1	图元分组概念	148
5.2.2	图元分组操作	148
5.3	布线规则定义	149
5.3.1	布线规则的内容	149
5.3.2	绝缘间隔限制	149
5.3.3	布线转角规则	151
5.3.4	布线层规则	152
5.3.5	布线优先级规则	154
5.3.6	布线拓扑规则	156
5.3.7	过线盘规则	158
5.3.8	SMD Neck - Down Constraint 规则	160
5.3.9	SMD to Corner Constraint 规则	160
5.3.10	SMD to Plane Constraint 规则	161
5.3.11	布线宽度限制	161
5.4	其它各类设计规则定义	163
5.4.1	加工规则定义	163
5.4.2	高速规则定义	165
5.4.3	布局规则定义	166
5.4.4	信号完整性定义	168
5.4.5	短路限制、未连接引脚与网络限制	170

第 6 章 电路板生成与布局	172
6.1 生成 PCB 板	172
6.1.1 使用向导生成电路板	172
6.1.2 自定义电路板类型的参数设置	178
6.1.3 电路板外形尺寸参数设置举例	180
6.2 进入 PCB 自动设计	186
6.2.1 装入网络表	186
6.2.2 网络表管理	188
6.2.3 从原理图到 PCB 的同步设计	190
6.2.4 从 PCB 到原理图的同步设计	193
6.3 高效率布局技术	193
6.3.1 影响布局的选项设置	193
6.3.2 元器件联合及其使用	194
6.3.3 元器件布局空间及其使用	195
6.3.4 交互布局命令及其使用	197
6.4 自动布局	202
6.4.1 自动布局及其操作命令	202
6.4.2 运行簇布局器	203
6.4.3 设置统计布局器	203
6.4.4 统计布局器的运行	204
6.4.5 提高自动布局结果可用性的建议	205
第 7 章 电路板布线技术	207
7.1 手工布线	207
7.1.1 手工布线的一般过程	207
7.1.2 布线前的准备工作	208
7.1.3 手工布线操作	209
7.1.4 交互布线模式	210
7.1.5 删除已有的布线	211
7.1.6 充分利用内部电源层	211
7.1.7 分裂电源层	214
7.2 自动布线	215
7.2.1 自动布线器的使用	215
7.2.2 自动布线器的设置	217
7.3 放置测试点和泪滴焊盘	219
7.3.1 在 PCB 上放置测试点	219
7.3.2 在 PCB 上添加泪滴	221

7.4 飞线编辑器及其使用	222
7.4.1 飞线编辑器的功能	222
7.4.2 飞线编辑器的使用	222
7.5 交叉检索与重新编号	225
7.5.1 交叉检索	225
7.5.2 自动编号	225
第8章 电路板元件库编辑	227
8.1 电路板元件库编辑器	227
8.1.1 进入电路板元件库编辑器	227
8.1.2 电路板元件库编辑器界面	229
8.2 电路板元件库的管理	230
8.2.1 元件库管理器的使用	230
8.2.2 元件库的管理命令	232
8.3 电路板元件的设计制作	233
8.3.1 电路板元件的概念	233
8.3.2 手工制作一个新元件	234
8.3.3 利用向导制作一个新元件	235
8.4 电路板元件库的各种报表	239
8.4.1 元件报表及其生成	239
8.4.2 元件库报表及其生成	240
8.4.3 元件检查表及其生成	240
8.4.4 元件库状态报表及其生成	242
第9章 报表生成与打印输出	243
9.1 PCB 报表	243
9.1.1 引脚信息报表	243
9.1.2 电路板信息报表	243
9.1.3 网络状态报表	247
9.1.4 设计层次报表	248
9.1.5 信号分析报表	248
9.2 CAM 文件及其生成	249
9.2.1 CAM 文件与 CAM 管理器	249
9.2.2 生成一个 CAM 设置文件	250
9.2.3 在 CAM 设置文件中增加输出项目	251
9.2.4 设置 CAM 输出选项	252
9.2.5 生成生产用输出文件	253
9.2.6 底片(Gerber)文件输出设置	253

9.2.7 数控(NC)钻孔输出设置	256
9.2.8 材料清单(BOM)输出设置	256
9.2.9 插置文件输出设置	258
9.2.10 测试点报告输出设置	258
9.2.11 设计规则校验(DRC)输出设置	259
9.2.12 将 CAM 文件传送到另一个设计中	261
9.3 打印预览与打印输出	261
9.3.1 打印预览	261
9.3.2 打印输出	262
9.3.3 其它输出操作	268
9.3.4 PCB 3D 视图	268
附录	270
F.1 印刷电路板设计系统菜单命令小结	270
F.2 部分常用零件封装名称及其图形样本	274



第1章 电路板设计系统概述

本章对 Protel 99 SE 印刷电路板设计系统进行概括叙述,内容包括:电路板设计系统的功能特点;电路板设计系统的工作界面;电路板设计系统的基本操作方法;电路板设计中的基础知识等。通过学习本章,读者便可以对 Protel 99 SE 系统的印刷电路板设计环境有一个概括的了解,从而为进一步学习 Protel 99 SE 电路板设计方法和技巧奠定良好的基础。

1.1 Protel 99 SE PCB 系统简介

1.1.1 Protel 99 SE PCB 的主要特点

Protel 99 SE PCB 系统主要由印刷电路板编辑器、元件库编辑器、自动布线器等部分构成,其主要特点归纳如下。

1. 高精度的 32 位设计系统

Protel 99 SE PCB 是一个真正的 32 位设计系统,使用 32 位的数据库,系统分辨率可达 0.000 5 mil^①(0.000 000 5 inch),线宽为:0.001 mil ~ 10 000 mil,最大字符串高度是 1 000 mil,最小字符串高度是 0.012 mil。

2. 支持大尺寸电路板设计

PCB 板最大尺寸为:100 inch×100 inch(2 540 mm ×2 540 mm)。

3. 支持多种布线方式

布线方式包括:任意角度走线、90°走线、45°走线、圆弧走线。

4. 提供多种工作光标选择

可供选择的光标有大十字光标、小十字光标、45°交叉线光标。

5. 提供多种设计层面

提供的敷铜层面有上层面、下层面、中间层、电源/地线层。提供的非敷铜层面有禁止布线层、上下丝印层、机械层。另外可以生成的层面有上下阻焊层、上下阻粘层、钻孔图层等。

6. 强大的自动布局功能

提供了两个强大的自动布局器:统计布局器和簇布局器。统计布局器通过分析元器

^① 注:mm(毫米)是公制单位,1 mm 等于 0.001 m(米);mil(密尔)是英制单位,1 mil 等于 0.001 inch(英寸),1 inch 等于 25.4 mm。

件之间的关系和元器件自身的几何图形来实现少于 100 个元器件的 PCB 布局;簇布局器通过多方面综合分析来实现多于 100 个元器件的 PCB 板布局。

7. 智能布线器

Protel 99 SE PCB 的自动布线器以形状为基础,融入了包括神经网络在内的人工智能技术,使得其自动布线更加易用、高效。

8. 支持原理图与 PCB 同步设计

无论在设计过程中修改了原理图还是修改了 PCB 图,均可用同步设计选项进行电路原理图与 PCB 的相应修改。也就是说,如果修改了 PCB 图,可以通过选定同步设计选项,由系统自动完成原理图的修改;如果修改了原理图,系统也可自动对 PCB 设计进行修改。

9. 连接关系不中断

系统可自动处理线段之间、线段与元器件焊盘之间的连接关系,当删除一条已放置的电连接线段时,系统将自动地产生一条飞线,以保持原有的连接关系。

10. 设计规则多种多样

在 Protel 99 SE 中,系统提供了 6 类设计规则,分别用于对布线、布局、机械加工、高速、信号完整性等进行设置,功能强大。通过灵活使用这些设计规则,可以使自动布局、自动布线的结果更加符合要求,更加实用。

11. 在线 DRC 和批量 DRC

对于设计者,可以通过选项打开在线 DRC,使在线 DRC 在设计全过程中生效,一旦违反设计规则,系统将立即以图形的方式报错。

12. 强大的批量编辑功能

系统允许用户通过一次修改操作对多个图元进行修改,从而提高操作效率。

13. 线形或圆形阵列放置功能

通过粘贴板的操作,可以进行阵列放置,一次放置可以重复放置多个图元组。在进行重复的阵列放置过程中,用户可以选择线形放置或圆形放置的方式。

14. 智能多边形涂敷

在 Protel 99 SE 中,用多边形填充区进行涂敷时,可以根据用户设置完成用户要求的涂敷。在进行多边形填充区的涂敷时,可以进行的设置有:与网络连接与否、是否覆盖与其连接的网络连线、是否在涂敷完成后还要将未与指定网络相连的涂敷区域去掉、涂敷线条宽度、涂敷间距等参数的设置。通过这些设置的参数,可以使多边形填充区涂敷功能更实用。

15. 可分割的内部电源层

在 Protel 99 SE 中,用户可以将一个电源层面进行分割,使多个网络共用同一个电源层面。这个优秀的功能有时可以减少电源层面数;有时还可以根据电路功能的不同,将电源层面予以分割,使电源层面对信号的干扰减小。

16. 焊盘堆栈

对于透过式焊盘,系统可以使焊盘在各个层面上的尺寸不同。也就是说,在 Protel 99 SE 中,允许同一个焊盘在不同层面上有不同的形状、不同的尺寸。这些可以通过对焊盘堆栈的操作来实现。

17. 支持 DXF 文件

系统可输入、输出 DXF 文件,从而可与 AutoCAD 进行数据交流。

18. 元器件旋转

元器件及其焊盘,可被以 0.001° 的精度进行旋转。试想一下,如果要布的 PCB 板的外形是已确定的圆形,将元器件按相同或正交的方向放置好呢,还是以任意角度、适合圆形外框的方向放置好呢?当然,好坏要根据具体情况,但后者至少是一种可供选择的布局方案。

1.1.2 启动系统进入 PCB 设计环境

启动 Protel 99 SE 进入印刷电路板设计环境有以下两种途径:① 在新建或打开的设计数据库中创建 PCB 设计文档并进入印刷电路板设计环境;② 在电路原理图设计环境下通过设计同步器创建 PCB 设计文档并进入印刷电路板设计环境。

1. 创建 PCB 设计文档并进入印刷电路板设计环境

在 Protel 99 SE 初始界面下创建 PCB 设计文档的过程如下:

(1)启动计算机进入 Protel 99 SE 初始界面,使用菜单命令 File\New (注意,若系统已经打开了一个设计数据库,则应使用 File\New Design 命令)并创建一个电路工程设计项目的数据库。本例假设创建一个 MS Access Database 格式的设计数据库,并命名为 TestDesign。这种格式的数据库是一种压缩形式的数据库,它包含 Design Team (设计组)、Recycle Bin (回收站)和 Documents (文档文件夹)三部分。各种设计文档既可以直接保存在这个数据库下,也可以保存在它的文档文件夹(Documents)或者自己创建的其他文件夹内。如图 1-1 所示。

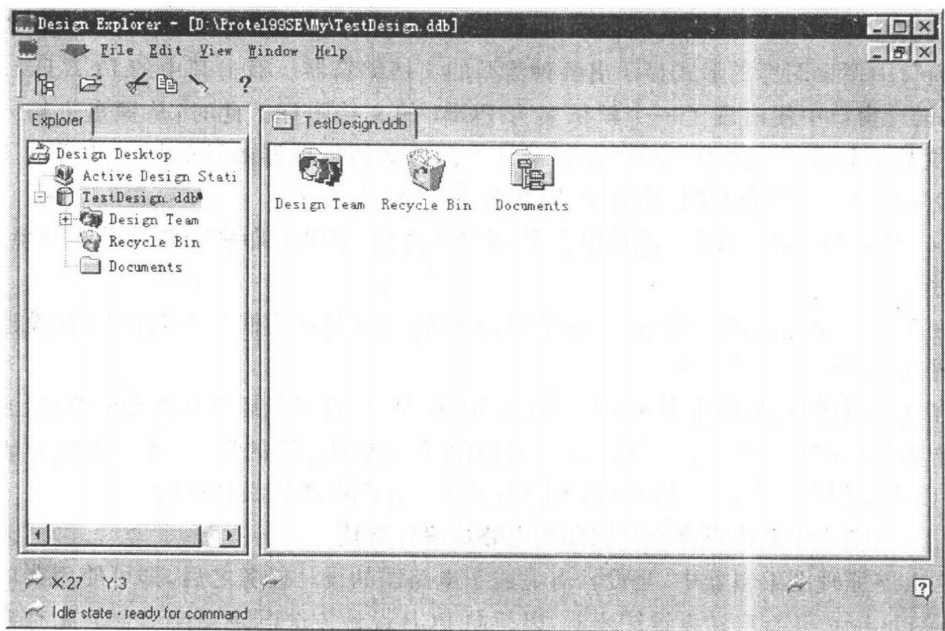


图 1-1 创建新的设计数据库

(2)在设计区工作窗口中,双击设计数据库中的文档文件夹(Documents),以便在其中存放各种类型的设计文档。接着使用菜单命令 File\New 命令;或者在设计窗口中右击,并从快捷式菜单中选择 New,可弹出如图 1-2 所示的 New Document 对话框。

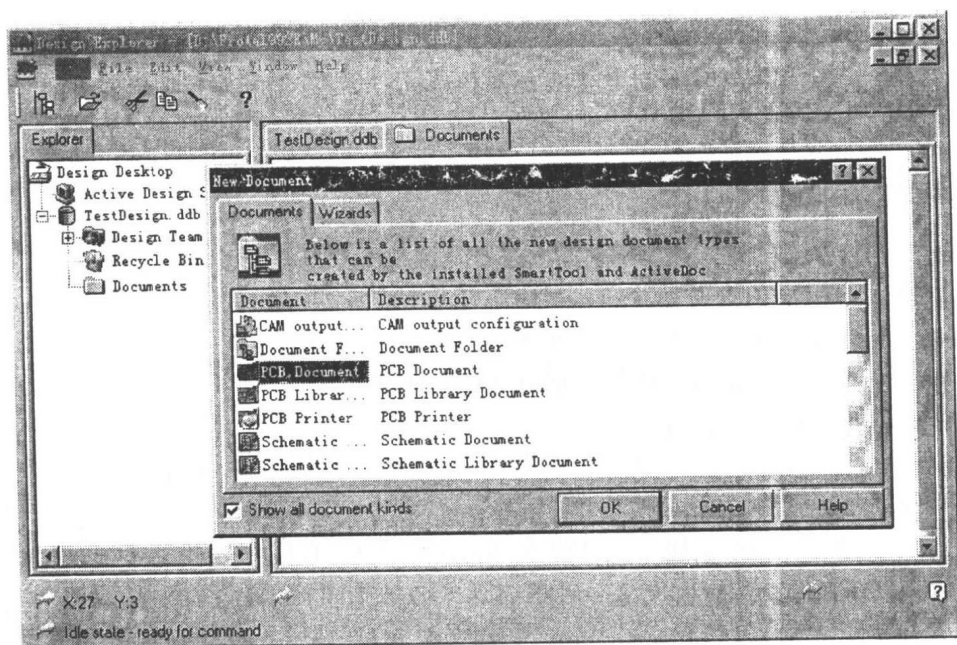


图 1-2 New Document 对话框

(3)在 New Document 对话框中,确保 Document 标签处于被选定状态。此时在对话框的窗口中便以图标形式显示出各种类型的文档编辑器。双击其中的 PCB Document 图标,设计窗口中便出现了一个默认名为 PCB1 的文档图标。此时,从键盘上输入一个 PCB 文档文件名(如 MyPCB1)并加以确认。此后文档管理器的导航树上便增加了一个名为 MyPCB1 的印刷电路板设计文档,如图 1-3 所示。

(4)双击 MyPCB1 图标,便可激活 PCB 设计文档,并进入印刷电路板设计环境,如图 1-4 所示。

在图 1-2 所示的对话框中,若单击 Wizards 标签,则对话框进入创建 PCB 设计文档向导界面,如图 1-5 所示。

在这个对话框中,单击 Printed Circuit Board Wizard 图标后再单击 OK 按钮,或者直接双击该图标,便可启动建立 PCB 设计文档向导。按照系统的提示,通过人机对话的方式,可以逐步创建一个新的 PCB 设计文档,并进入印刷电路板设计环境。

2. 从电路原理图编辑器切换到印刷电路板设计环境

在电路原理图编辑器中,当设计者完成了电路图的设计任务之后,即可使用菜单命令 Design\Update PCB 启动设计同步器,以便向 PCB 设计传送电路设计信息。此时系统便会自动创建一个与电路图同名的 PCB 设计文档,并进入印刷电路板设计环境。