

# 前言

随着电子工业发展的日新月异,大规模集成电路的应用已越来越普遍。电子设计自动化 EDA (Electronic Design Automation) 如今已成为不可逆转的潮流。Protel 就是一套建立在 PC 环境下的 EDA 电路集成设计系统。事实上,Protel 是世界上第一个将 EDA 环境引入 Windows 开发环境的 EDA 开发工具。自从 1991 年 Protel 公司推出了 Windows 平台下的设计软件 Protel for Windows 1.0 版本以来,几乎立刻成为广大电路设计人员的首选设计软件,从而奠定了 Protel 软件在桌面 EDA 系统的领先地位。

Protel 99 SE 是 Protel 公司于 2000 年最新推出的基于 Windows 平台的第六代产品,它具有强大的自动设计能力、高速有效的编辑功能、简捷方便的设计过程管理 PDM (Product Data Management),可完整地实现电子产品从电学概念设计到生成物理生产数据的全过程,以及这中间的所有分析、仿真和验证。其主要的功能模块,包括电路原理图设计、印刷电路板设计、无网格布线器、可编程逻辑器件设计、电路图模拟/仿真等。它集成了电路设计与开发环境。

Protel 99 SE 凭借其强大的功能,极大地提高了产品的可靠性,缩短了设计周期,降低了设计成本。今后必然成为广大电子线路设计工作者首选的计算机辅助电子线路设计软件。

本书从实用角度出发,全面地介绍了 Protel 99 SE 的界面、基本组成、使用环境等,并着重介绍了电路原理图和印刷电路板的设计方法,以及详细的操作过程。本书图文并茂,用大量丰富的实例,将 Protel 99 SE 的各项功能结合起来使读者能快速地掌握 Protel 99 SE 及电路设计的方法。

## 本书特点

本书是 Protel 专业教师经过精心设计和教学试用的产物,内容浅显易懂,讲解详细,使用本书很容易入门电子线路的设计工作。结合示例讲解,边学边用,亲自动手,使得读者很容易进入状态。在操作过程中,以“注意”、“提示”等方式将作者的教学经验和多年的设计技巧穿插奉献给读者,让读者少走弯路,尽快成为电子线路设计高手。

## 本书内容

本书由 19 章组成,从步入 Protel 99 SE 软件开始,十分详尽地讲述了制作印刷电路板流程、设计组管理、原理图设计、元件库编辑、多张电路图设计、网络表和各种报表生成,以及原理图打印、电路板的规划、网络表与元件的装入、PCB 的连线、元件的自动和手工布局、自动布线、手工布线和调整、校验 PCB 设计、元件库编辑器的使用和最后的输出、打印、印刷电路板图等。每章最后均附有练习,便于读者及时复习所学内容。

## 课时安排

本书围绕原理图设计和印刷电路板设计展开。除第 4 章和第 8 章外,其他章节每章安排 1~2 个课时。其中第 1 章,第 2 章,第 9 章,第 12 章,第 13 章可安排 1 个课时;第 3 章,第 7 章,第 8 章,第 11 章,第 16 章,第 18 章可安排 2 个课时;作为原理图设计核心的第 4 章,第 5 章,第 6 章一共可安排 10 个课时;作为印刷电路板设计核心的第 10 章,第 14 章,第 15 章,第 17 章一共可安排 13 个课时。这样全书一共是 40 个课时,第 19 章为选学内容。

### 教学方案

作为使用环境介绍的一些章节，如第1章，第2章，第9章等，可以课堂演示为主。作为一些基本工具使用的章节，如第3章，第7章，第11章等，可安排适当的上机实验，以使学生能亲身体会使用的细节与技巧。而作为最重要的原理图设计和印刷电路板设计章节，需要安排适当的大作业，使学生能从头到尾完整地完一个作品，有效的锻炼学生的规划设计能力！

### 读者对象

本书适于初中级读者使用。从来没有学过 Protel 的读者通过本书可以很快学会电子线路设计的基本方法，胜任日常的电子线路设计工作；使用过 Protel 以前版本的读者也可通过本书了解掌握新版本提供的新功能，并且可以从示例中学到很多设计技巧。本书也可作为广大电路设计人员的培训教材和大专院校相关专业师生的参考读物。

### 电子教案

为了配合本书的授课，我们提供由清华大学电子系张涛涛博士讲课时精心设计的电子教案。有需要者可与中国铁道出版社联系（联系人：刘娜，电话：010-51873145）。

### 本书作者

本书由余家春老师主笔，清华大学汽车系韩晓冬副教授和清华大学电子系张涛涛博士为本书作了很多教学试用工作。陈河南老师做了大量的策划和组织工作。潇湘工作室的很多朋友在软件调试、市场调查、书稿预读、课堂试讲等很多方面都做了很多工作，张涛涛、贺军、贺民、龚亚萍、陈安南、李晓春、戴军、李志云、陈强、孟丽艳、王淼、郭涛、王学龙、徐江、纪红、孙燕、贾向辉、朱淘、杨勇、王尚飞、王春桥、吴少波、吕巧珍、张元、陈绿春、贾斌、胡争辉、张炯等人在试用、通读、校对等方面做了大量的工作，另外，田仙仙、徐争辉、何雄等人参与了本书的编排工作，在此一并表示感谢！在编写过程中，我们力求通俗易懂，讲解内容循序渐进，深入浅出，所举示例丰富实用，以满足广大读者的需要。但是，由于我们水平有限，书中不足之处，恳请读者批评指正。

编 者  
2004 年 7 月



# 目 录

第 1 章 步入 Protel 99 SE .....	1
1-1 系统的需求 .....	1
1-2 初识 Protel 99 SE .....	1
1-2-1 Protel 99 SE 的组成 .....	1
1-2-2 建立设计 .....	2
1-2-3 打开设计 .....	3
1-2-4 文件或文件夹操作 .....	5
1-2-5 设计窗口操作 .....	10
1-3 小结与习题 .....	11
1-3-1 小结 .....	11
1-3-2 习题 .....	12
第 2 章 设计组管理 .....	13
2-1 组成员的增加 .....	13
2-2 权限的设置 .....	14
2-3 数据库的网络管理 .....	15
2-4 小结与习题 .....	16
2-4-1 小结 .....	16
2-4-2 习题 .....	16
第 3 章 电路原理图设计基础 .....	17
3-1 电路原理图的设计步骤 .....	17
3-2 图纸的设置 .....	17
3-2-1 设置图纸的步骤 .....	17
3-2-2 图纸方向、颜色、标题栏和边框的设置 .....	19
3-3 网格和光标的设置 .....	20
3-3-1 网格的设置 .....	20
3-3-2 光标的设置 .....	22
3-4 窗口的设置 .....	22
3-4-1 画面的放大与缩小 .....	22
3-4-2 View 菜单中的环境组件切换命令 .....	24
3-5 小结与习题 .....	24
3-5-1 小结 .....	24
3-5-2 习题 .....	24

<b>第 4 章 原理图设计</b>	<b>25</b>
4-1 原理图文件的管理	25
4-1-1 新建原理图	25
4-1-2 打开原理图	26
4-2 原理图编辑器界面介绍	27
4-2-1 主菜单	28
4-2-2 主工具栏	28
4-2-3 状态栏	29
4-2-4 文档管理器	29
4-3 放置元件	36
4-3-1 元件的放置	36
4-3-2 元件属性设置	38
4-3-3 元件名显示属性设置	40
4-3-4 元件编号的显示属性设置	40
4-4 电路绘制工具	41
4-4-1 使用 WiringTools (电路绘制) 工具栏	41
4-4-2 使用菜单命令	42
4-4-3 使用快捷键	42
4-4-4 画导线	43
4-4-5 画总线	44
4-4-6 画总线分支	45
4-4-7 放置电路节点	46
4-4-8 放置电源符号	47
4-4-9 放置网络标号	48
4-4-10 放置端口	50
4-4-11 放置方块电路图	51
4-4-12 放置忽略 ERC 检查点	54
4-4-13 放置 PCB 布线指示	55
4-5 一般的绘图工具	56
4-5-1 一般绘图工具栏的打开	56
4-5-2 画直线	58
4-5-3 放置单行注释	59
4-5-4 放置文字区块	60
4-5-5 放置图片	62
4-5-6 阵列式放置	63
4-6 原理图编辑	63
4-6-1 元件属性编辑	64
4-6-2 对象的选择、移动、删除、拷贝、剪切与粘贴	66

4-6-3 对象排列与对齐 .....	70
4-6-4 一般绘图工具编辑 .....	72
4-6-5 字符串查找与替换 .....	74
4-7 小结与习题 .....	76
4-7-1 小结 .....	76
4-7-2 习题 .....	76
<b>第 5 章 元件库编辑 .....</b>	<b>77</b>
5-1 新建元件库 .....	77
5-2 打开元件库 .....	78
5-3 元件编辑器界面介绍 .....	79
5-4 元件绘制工具 .....	82
5-5 IEEE 符号说明 .....	85
5-6 元件管理工具 .....	88
5-7 元件设计及编辑 .....	89
5-7-1 新建元件 .....	90
5-7-2 选项设置 (Options) .....	90
5-7-3 画直线 .....	91
5-7-4 画圆弧 .....	91
5-7-5 增加引脚 .....	91
5-7-6 增加单元 .....	92
5-7-7 设计新单元 .....	93
5-7-8 定义元件属性 .....	94
5-8 小结与习题 .....	94
5-8-1 小结 .....	94
5-8-2 习题 .....	94
<b>第 6 章 多张电路图设计 .....</b>	<b>95</b>
6-1 多张电路图的连通性 .....	95
6-2 多张电路图的 5 种模式 .....	96
6-2-1 模式 1——通过全局端口连接多张电路 .....	96
6-2-2 模式 2——通过全局端口和全局网络标号连接 .....	97
6-2-3 模式 3——简单层次结构 .....	98
6-2-4 模式 4——复杂层次结构 .....	98
6-2-5 模式 5——电路图式元件构成的层次结构 .....	99
6-3 多张电路图设计的导航 .....	100
6-3-1 利用项目导航树 .....	100
6-3-2 利用导航按钮或导航命令 .....	100
6-4 自顶向下的多张电路图设计 .....	101

6-4-1	设计主电路图.....	101
6-4-2	子电路图设计.....	105
6-5	自底向上的多张电路图设计.....	106
6-6	小结与习题.....	107
6-6-1	小结.....	107
6-6-2	习题.....	108
<b>第 7 章 ERC 检查、网络表、报表生成及原理图打印.....</b>		<b>109</b>
7-1	ERC 的检查.....	109
7-1-1	SETUP 选项卡.....	109
7-1-2	Rule Matrix 选项卡.....	112
7-2	网络表的生成.....	114
7-2-1	网络表选项的设置.....	114
7-2-2	网络表格式.....	116
7-3	报表的生成.....	118
7-4	原理图的打印.....	121
7-4-1	打印设置.....	121
7-4-2	打印输出.....	123
7-5	小结与习题.....	123
7-5-1	小结.....	123
7-5-2	习题.....	124
<b>第 8 章 印刷电路板基础.....</b>		<b>125</b>
8-1	印刷电路板的结构及相关组件.....	125
8-1-1	印刷电路板的结构.....	125
8-1-2	元件的封装.....	125
8-1-3	铜膜导线.....	126
8-1-4	焊点、导孔.....	126
8-1-5	安全间距.....	126
8-2	设置电路板的工作层面.....	126
8-2-1	工作层面的类型.....	126
8-2-2	设置 PCB 工作层面.....	128
8-2-3	设置 PCB 工作参数.....	132
8-3	小结与习题.....	137
8-3-1	小结.....	137
8-3-2	习题.....	138

第 9 章 进入 Protel 99 SE-PCB 编辑器 .....	139
9-1 设计 PCB 的制作流程 .....	139
9-2 进入 Protel 99 SE-PCB 编辑器 .....	140
9-3 PCB 编辑器的画面管理 .....	142
9-3-1 画面显示 .....	142
9-3-2 窗口管理 .....	144
9-3-3 PCB 各工具栏、状态栏、管理器的打开与关闭 .....	149
9-4 小结与习题 .....	152
9-4-1 小结 .....	152
9-4-2 习题 .....	152
第 10 章 制作印刷电路板 .....	153
10-1 电路板的规划 .....	153
10-1-1 准备电路图与网络表 .....	153
10-1-2 PCB 坐标系统 .....	154
10-1-3 定义一个新的 PCB 板 .....	155
10-2 网络表与元件的装入 .....	162
10-2-1 装入元件库 .....	162
10-2-2 网络表与元件的装入 .....	163
10-3 PCB 的连线 .....	167
10-3-1 在 From-To 编辑器中指定 PCB 拓扑结构 .....	167
10-3-2 显示或隐藏连接线 .....	169
10-3-3 改变指定网络属性 .....	170
10-4 元件的布局 .....	170
10-4-1 布局参数的设置 .....	171
10-4-2 元件布局设计规则 .....	172
10-4-3 元件的自动布局 .....	174
10-4-4 手工调整元件的布局 .....	175
10-4-5 元件标注的调整 .....	176
10-5 Protel 99 SE-PCB 的编辑功能 .....	177
10-5-1 选择功能 .....	177
10-5-2 撤消选择功能 .....	179
10-5-3 删除功能 .....	179
10-5-4 更改元件属性 .....	180
10-5-5 移动元件 .....	180
10-5-6 其他操作命令 .....	183
10-6 自动布线 .....	183
10-6-1 自动布线前的准备工作 .....	183

10-6-2	网络密度分析 .....	184
10-6-3	设置自动布线规则 .....	184
10-6-4	自动布线前保留预布线 .....	203
10-6-5	手工配置自动布线方法 .....	204
10-6-6	运行自动布线 .....	205
10-6-7	在自动布线过程中加入测试点 .....	208
10-7	手工调整 .....	208
10-7-1	增加电源/地的输入端及信号的输出端 .....	208
10-7-2	调整布线 .....	210
10-7-3	接地线和电源线的加宽 .....	211
10-7-4	文字标注的调整 .....	212
10-8	小结与习题 .....	212
10-8-1	小结 .....	212
10-8-2	习题 .....	213
<b>第 11 章 绘图工具介绍 .....</b>		<b>215</b>
11-1	绘制导线 .....	216
11-2	绘制连线 .....	218
11-3	放置焊盘 .....	219
11-4	放置过孔 .....	219
11-5	放置字符串 .....	220
11-6	放置坐标位置 .....	220
11-7	设置尺寸标注 .....	221
11-8	设定原点 .....	222
11-9	放置元件 .....	222
11-10	绘制圆弧 .....	223
11-11	放置填充 .....	225
11-12	其他工具 .....	227
11-13	小结与习题 .....	227
11-13-1	小结 .....	227
11-13-2	习题 .....	227
<b>第 12 章 在 PCB 中定位 .....</b>		<b>229</b>
12-1	使用 PCB MiniViewer 定位 .....	229
12-2	手动移动图纸 .....	230
12-3	跳到指定位置 .....	230
12-4	浏览元件 .....	231
12-5	小结与习题 .....	232
12-5-1	小结 .....	232

12-5-2 习题.....	232
<b>第 13 章 在 PCB 上定位元件 .....</b>	<b>233</b>
13-1 手工定位元件 .....	233
13-2 智能自动定位元件 .....	235
13-3 小结与习题 .....	236
13-3-1 小结.....	236
13-3-2 习题.....	236
<b>第 14 章 手工布线 .....</b>	<b>237</b>
14-1 手工布线 .....	237
14-2 为手工布线设置 PCB 栅格 .....	238
14-3 放置线段后改变层及放置线段时改变层.....	239
14-3-1 放置线段后改变层.....	239
14-3-2 放置线段时改变层.....	240
14-4 放置线段模式 .....	241
14-5 重布线和自动删除多余的线段 .....	241
14-6 智能交互布线模式 .....	242
14-7 布线时使用 Look Ahead 特性.....	243
14-8 小结与习题 .....	245
14-8-1 小结.....	245
14-8-2 习题.....	245
<b>第 15 章 校验 PCB 设计 .....</b>	<b>246</b>
15-1 设置和运行 DRC .....	246
15-2 小结与习题 .....	248
15-2-1 小结.....	248
15-2-2 习题.....	248
<b>第 16 章 输出 PCB 文件 .....</b>	<b>249</b>
16-1 重编号 PCB 元件.....	249
16-2 电路板的输出 .....	250
16-2-1 打印机设置.....	250
16-2-2 打印输出.....	251
16-3 3D 预览元件 .....	251
16-4 小结与习题 .....	253
16-4-1 小结.....	253
16-4-2 习题.....	253

<b>第 17 章 元件库编辑器的使用 .....</b>	<b>254</b>
17-1 新建元件 .....	254
17-1-1 手工建立元件 .....	254
17-1-2 利用元件向导生成元件 .....	258
17-2 创建 PCB 封装库 .....	261
17-2-1 创建 PCB 封装库 .....	261
17-2-2 调用创建的项目库封装 .....	262
17-3 小结与习题 .....	263
17-3-1 小结 .....	263
17-3-2 习题 .....	263
<b>第 18 章 产生报表 .....</b>	<b>265</b>
18-1 引脚信息报表 .....	265
18-2 电路板信息报表 .....	266
18-3 设计层次报表 .....	268
18-4 网络状态报表 .....	269
18-5 信号完整性报表 .....	271
18-6 NC 钻孔文件 .....	272
18-7 元件列表 .....	274
18-8 小结与习题 .....	275
18-8-1 小结 .....	275
18-8-2 习题 .....	276
<b>*第 19 章 Protel DXP 的新功能 .....</b>	<b>277</b>
19-1 设计新途径 .....	277
19-1-1 Protel DXP 项目 .....	277
19-1-2 Protel DXP 的设计步骤 .....	278
19-2 Protel DXP 中的面板 .....	279
19-2-1 面板的显示模式 .....	279
19-2-2 面板的定位 .....	279
19-3 同步设计: 使原理图与 PCB 同步更新 .....	279
19-3-1 原理图元件与 PCB 引脚封装的连接 .....	280
19-3-2 在原理图与 PCB 之间传递修改信息 .....	280
19-3-3 更新差异 .....	281
19-4 元件命名管理 .....	281
19-5 全新概念的工作空间 .....	282
19-5-1 在工作区进行元件过滤 .....	282
19-5-2 元件监视器 .....	283



19-5-3	元件查询.....	283
19-5-4	用查询语言进行过滤.....	284
19-5-5	用查询设置设计规则的使用范围.....	284
19-5-6	规则优先级.....	284
19-6	列表面板.....	285
19-6-1	浏览设计文件.....	285
19-6-2	原理图浏览器面板.....	285
19-6-3	在原理图中设置设计规则.....	286
19-7	多通道设计.....	287
19-8	设计制版变量.....	288
19-9	集成元件库.....	289
19-9-1	创建集成库.....	289
19-9-2	规划元件库.....	290
19-9-3	信号完整性模型.....	290
19-9-4	元件库的访问.....	290
19-10	基于位置拓扑结构的自动布线 (Situs).....	290
19-10-1	设计规则的适用性.....	290
19-10-2	支持 BGA 数据包.....	290
19-10-3	用户可自定义布线策略.....	291
19-10-4	PCB 规划的改进.....	291
19-10-5	新的设计规则适用范围系统.....	292
19-10-6	元件布置集合.....	292
19-10-7	测量工具.....	293
19-10-8	电源层切割的改进.....	293
19-10-9	完全可定义的焊盘形状.....	294
19-10-10	其他方面的改进.....	295
19-11	电路仿真的改进.....	295
19-11-1	波形数据的导入与导出.....	295
19-11-2	图形绘制的改进.....	295
19-11-3	多种比例显示.....	295
19-11-4	信号完整性分析的改进.....	295
19-11-5	支持双显示窗口.....	296

(注: 加 “\*” 号章节为选学内容)

# 第 1 章

## 步入 Protel 99 SE

计算机辅助设计是电路板设计发展的必然趋势。随着计算机软、硬件技术的突飞猛进，许多由人工进行的工作将逐渐被计算机所替代，使工作效率大大提高。而 Protel 99 SE 正是这类软件中的佼佼者，它是真正的 Windows 软件，整个编辑环境完全是 Windows 风格，可以同时打开多个工作窗口，操作起来特别方便。下面将通过对 Protel 99 SE 的介绍，揭开其神秘的面纱。

### 1-1 系统的需求

Protel 99 SE 的推荐配置如下：

- CPU: Pentium 100/166 以上。
- RAM: 16MB 以上。
- 硬盘: 1GB 以上。
- 显示器分辨率: 800×600 (建议使用 1024×768)。
- 操作系统: Windows 95、Windows 98、Windows NT 和 Windows 2000, 在 Windows NT 下运行效果最好。

由于 Protel 99 SE 是一套功能非常强大的 EDA 软件，故所占硬盘空间较大，大约要占用 300MB 的空间。

### 1-2 初识 Protel 99 SE

#### 1-2-1 Protel 99 SE 的组成

在 Protel 99 SE 中，所有的设计文档都保存在同一个而且是单一的设计库中，这个设计库则由设计管理器 Design Explore 负责管理。设计管理器主要包括 Design Team 和 Documents 两部分。

##### 1. Design Team 管理器

在 Protel 99 SE 中，其设计是面向一个设计小组的，设计组的成员和特点都在 Design Team 管理器中进行管理，可以在 Design Team 中定义设计组的成员，授予设计组成员不同的权限。这一点将在第 2 章中加以详细的叙述。在 Design Team 中每个成员都可以看到当前哪个文档已经打开，并且可以锁住文件防止被他人修改或删除。

## 2. Documents 管理器

在 Protel 99 SE 中, 所有的设计文档都被包含在这个管理器中, 有电路原理图 sch 文件、印刷电路板 PCB 文件、报表 Report 文件、PCB 板制作 PCB Fabrication 文件、仿真分析文件等。并且还可以输入如 Office、AutoCAD 等类型的应用文档。如果需要, 可以直接在设计管理器中打开和编辑这些文档。

### 1-2-2 建立设计

Protel 99 SE 是以设计数据库的形式保存设计过程中的所有信息, 其扩展名为 .ddb。建立一个设计非常容易, 单击 File|New 命令, 系统将出现图 1-1 所示的 New Design Database (建立新设计数据库) 的文件路径设置对话框。

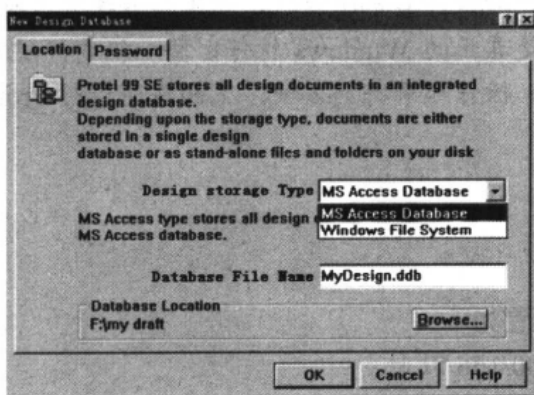


图 1-1 New Design Database (新设计数据库) 对话框

单击 Design Storage Type (设计保存类型) 内的下拉列表框按钮, 将出现 MS Access Database 和 Windows File System 两个选项。

**MS Access Database:** 设计过程中的文件都存储在单一数据库里, 和 Protel 99 文件方式相同, 所有的电路原理图 sch 文件、印刷电路板 PCB 文件、网络表文件等, 都存储在一个 .ddb 文件中, 在资源管理器中只能看到惟一的 .ddb 文件。不能对其内部的文件如电路原理图 sch 文件、印刷电路板 PCB 文件进行操作。

**Windows File System:** 在对话框底部指定的硬盘位置建立一个设计数据库的文件夹, 所有文件便会自动保存在这个文件夹中。可以直接在资源管理器内对数据库中的设计文件如电路原理图 sch 文件、印刷电路板 PCB 文件进行复制等操作。这种设计数据库的存储类型, 便于在硬盘对数据库内部的文件进行操作, 但不支持 Design Team 特性。

在图 1-1 所示的对话框中 MS Access Database 有两个选项卡: Location 选项卡和 Password 选项卡。而 Windows File System 则只有一个 Location 选项卡。现将 Location 选项卡和 Password 选项卡分别加以说明如下:

**Location 选项卡,** 可以在该选项卡中输入设计数据库的文件名和路径。

其中, 可以在 Database File Name 文本框中输入数据库名称。最初建立设计数据库时的默认名为 MyDesign.ddb。

Database Location 框为设计数据库的路径, 它不能直接输入路径名。如果需要更改其默认的路径, 单击 Browse 按钮。单击后出现保存文件对话框, 它与一般 Windows 的 Save As

(另存为)对话框相似;单击【保存在】下拉列表框旁的向下箭头来选择路径,并且可以在【文件名】文本框中修改设计数据库名称。确认后单击【保存】按钮。

单击 Password 标签,打开 Password 选项卡,如图 1-2 所示。为保护设计数据库,可以使用口令对其进行保护。在此选项卡输入的口令是应用于创建 Admin (管理员)的口令。

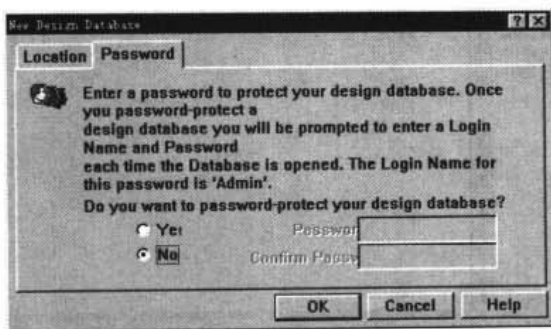


图 1-2 Password (设置口令) 选项卡

如果决定要对设计进行口令保护,选择 Yes 单选按钮,分别在 Password 文本框和 Confirm Password 文本框输入完全相同的口令。确认后,单击 OK 按钮就完成了新设计数据库的建立。

注意: 必须记住所设置的密码。否则,将不能打开所创建的设计数据库。

### 1-2-3 打开设计

要打开已经存在的设计数据库,其步骤如下:

- (1) 执行 File|Open 命令,或单击主工具栏中的 Open Document (打开文档) 按钮 。
- (2) 执行命令后,出现如图 1-3 所示的 Open Design Database (打开设计数据库) 对话框。可以使用此对话框查找或输入所要打开的设计数据库名。

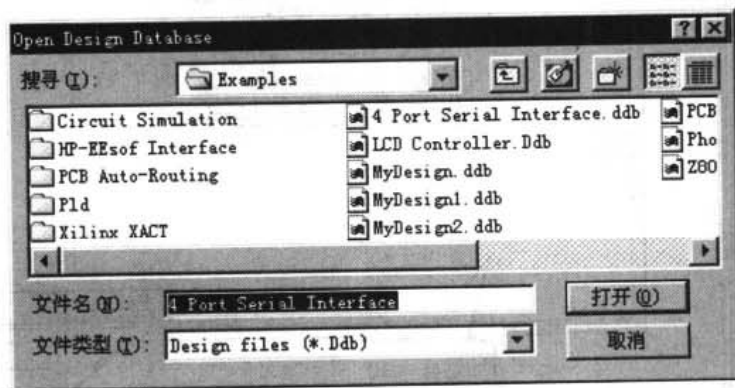


图 1-3 Open Design Database (打开设计数据库) 对话框

- (3) 选择后单击【打开】按钮,设计文件就会被载入 Protel 99 SE 系统。例如,现在选择了 Examples 目录下的 4 Port Serial Interface.ddb 文件,则 Protel 99 SE 的显示界面将如图 1-4 所示。

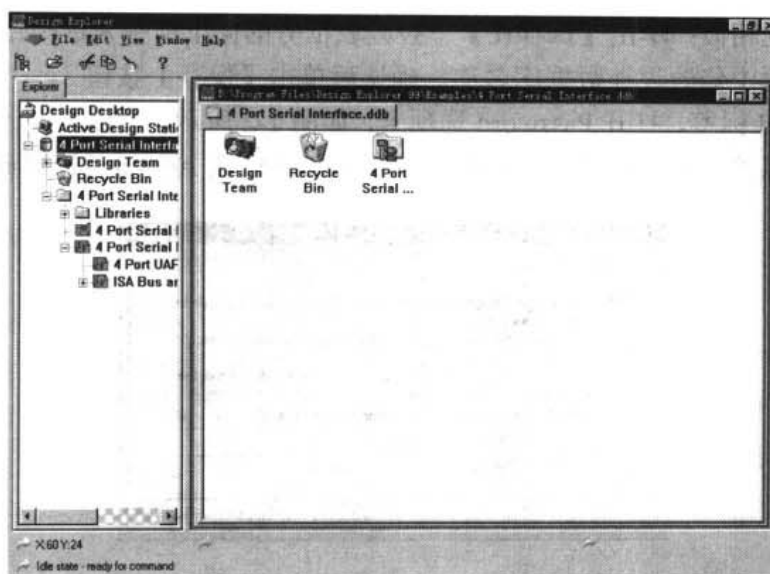


图 1-4 打开设计数据库后的 Protel 99 SE 显示界面

另外, Protel 99 SE 有一个功能十分强大的设计管理器, 如图 1-5 所示。它包括设计导航树、设计面板、设计标签、设计工具栏、设计窗口等。

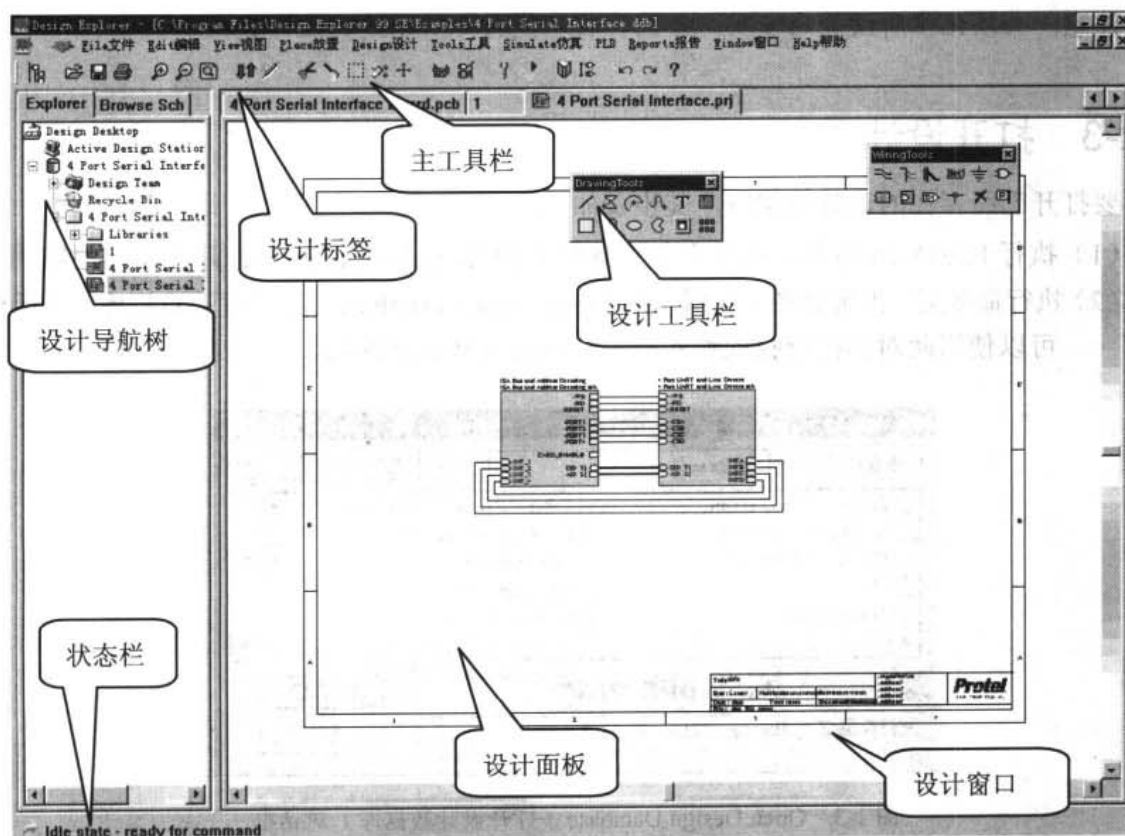


图 1-5 设计管理器

### 1-2-4 文件或文件夹操作

文件和文件夹是以记录的形式保存于设计数据库中。打开设计数据库后，文件和文件夹的层次关系以设计导航树的形式显示在 Explorer 选项卡中。打开的文件或文件夹显示在视图窗口中。可以充分利用设计导航树和视图窗口对文件或文件夹进行多种操作。

增加文件或文件夹的步骤如下：

- (1) 要增加文件或文件夹，先打开目标文件夹，并使其显示在设计窗口的活动窗口中，如图 1-6 所示。这里选择的是 4 Port Serial Interface 作为目标文件夹。

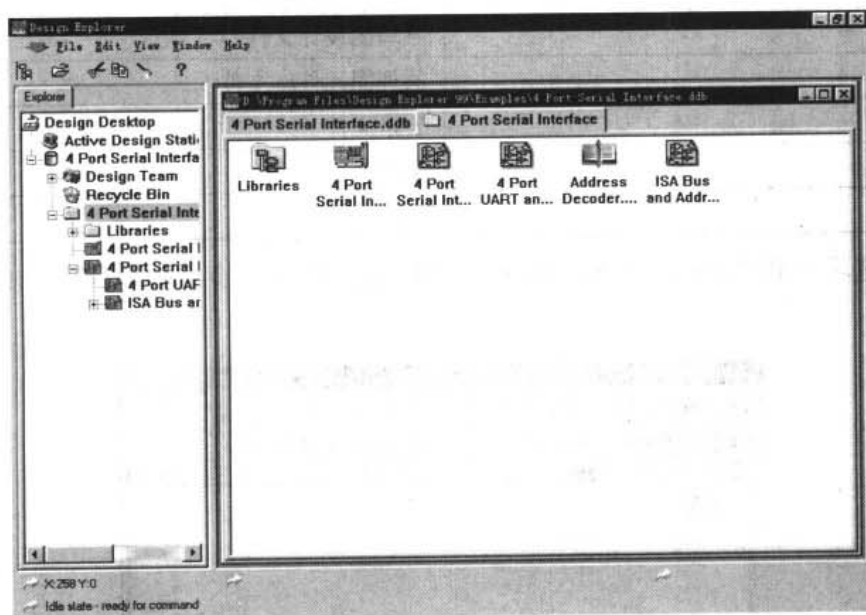


图 1-6 选择目标文件夹

- (2) 执行 File|New 命令，弹出如图 1-7 所示的 New Document (新建文件) 对话框。这个命令将新建一个空白文件，文件类型可以是电路原理图 sch 文件、印刷电路板 PCB 文件、原理图元件库编辑文件、印刷电路元件库编辑文件等，只需双击此对话框里的文件类型图标即可建立一个新文件。

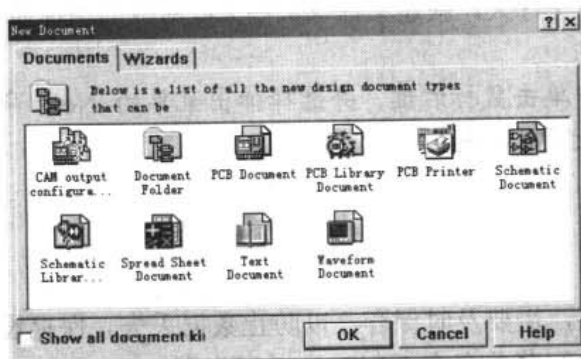


图 1-7 New Document (新建文件) 对话框

新建文件对话框含有两个选项卡：Documents 选项卡和 Wizards 选项卡。

Documents 选项卡能将所有 Protel 99 SE 能建立的文件类型列表于下面的对话框中。各种

图标所代表的文档类型，如表 1-1 所示。

表 1-1 新建文档类型

文档类型	说明
	CAM 输出配置文件
	设计数据库文件夹
	印制板设计文件
	印制板元件库文件
	印制板图打印文件
	原理图设计文件
	原理图元件库文件
	表格文件
	文本文件
	波形文件

Wizards 选项卡利用 Protel 99 SE 提供的向导功能，即可一步一步地建立新文件，如图 1-8 所示。

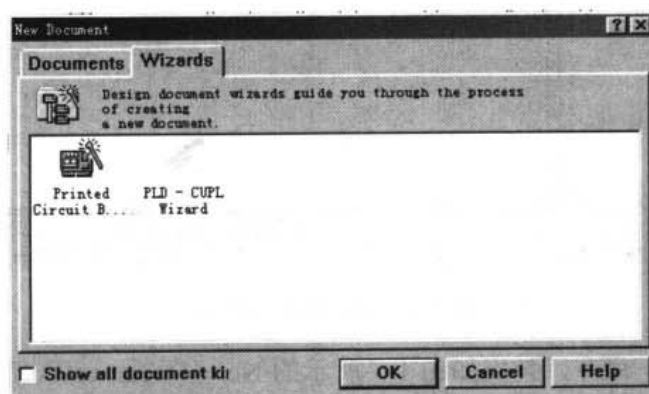


图 1-8 Wizards (向导) 选项卡

- (3) 选择新建的文件类型后，单击 OK 按钮。命令执行完成后，新建的文件或文件夹就进入了选中的目标文件夹。新建文件或文件夹以对应的图标显示在视图的活动窗口中。

注意：在视图窗口中单击鼠标右键，并选择弹出菜单的 New 命令与执行菜单命令 File|New 的效果是一样的。

## 1. 保存设计文件

设计文件完成更改后，需要及时保存，以防止数据丢失。保存设计文件的方法很简单，激活需要保存的文件，执行菜单命令 File|Save 就可以了。

## 2. 输入文档

由于 Protel 99 SE 将设计中所有信息都保存于设计数据库文件中，其物理形式有一个文



件。为了便于管理,一般需要将设计数据库中使用的文件全部输入到数据库内。从理论上说,任何文件都可以输入进去,只是有些格式的文件 Protel 99 SE 无法识别。Protel 99 SE 不但支持输入文件,同时也支持输入文件夹。

输入文件的步骤如下:

- (1) 选择需要输入文档的目标文件夹,在视图窗口空白处单击鼠标右键,即弹出如图 1-9 所示的菜单。
- (2) 执行 Import 命令,系统将弹出 Import File (输入文件)对话框。确定文件类型后,选择准备输入到目标文件夹的文件,确认后单击【打开】按钮即完成了文件输入操作。



图 1-9 文件夹弹出菜单

- 提示:
1. 选择弹出菜单中的 Import Folder 命令,即可将所选择文件夹的所有内容输入到目标文件夹中。
  2. 弹出菜单中的 Import Project 命令,是为兼容 Protel 98 设计的,其功能是输入项目。
  3. Protel 99 SE 的文档输入支持拖放功能,类似于在 Windows 资源管理器进行拖放操作拷贝文件或文件夹一样。

### 3. 链接文件

对于有些位于设计数据库外的文件,可能这些文件在数据库外部处理起来更方便,也许由于某种原因而不能将它们输入到设计数据库。Protel 99 SE 提供有一种链接功能,可将外部文件与设计库链接起来。

链接文件的步骤如下:

- (1) 打开需要链接的目标文件夹,在视图窗口空白处单击鼠标右键,弹出如图 1-9 所示的菜单。
- (2) 执行菜单命令 Link,将出现 Link Document (链接文档)对话框,选择需要链接的文件后,单击【打开】按钮就可以了。
- (3) 文件链接完成后,视图窗口为链接文件增加了一个与链接文件对应的虚化后的图标,图标左下角有一箭头表示与外部文件的链接。

### 4. 输出文档

Protel 99 SE 不但具有将外部文件输入到设计数据库的功能,而且还可以把设计数据库内的文件或文件夹输出,生成独立的文件或文件夹。

输出文档的步骤如下:

- (1) 移动光标到准备输出的文档上面,出现如图 1-10 所示菜单。
- (2) 在弹出菜单中选择 Export 命令。如果输出的是文件,系统将出现 Export Document (输出文档)对话框。



图 1-10 文档操作菜单



(3) 确定文档的输出文件夹或输出文件名后, 单击【保存】或【确定】按钮。

注意: 在准备输出的文档图标上单击鼠标左键, 执行菜单命令 File|Export, 同样可执行文档输出操作。鼠标右键单击设计导航树中准备输出的文档, 选择弹出菜单的 Export 项, 也可实现文档输出。

### 5. 打开、关闭设计文件或文件夹

打开设计文件或文件夹的步骤如下:

- (1) 用鼠标左键单击视图窗口中文件或文件夹, 执行菜单命令 File|Open。
- (2) 打开的文件或文件夹便以选项卡形式显示在设计窗口中, 并成为当前活动的视图窗口。

注意: 双击文件或文件夹图标, 或单击导航树中的相应图标也可同样打开文档。

关闭设计文件或文件夹的步骤如下:

- (1) 将光标移动到准备关闭的文档标签上, 按下鼠标右键, 弹出如图 1-11 所示的快捷菜单。
- (2) 执行 Close 命令。系统将关闭当前活动的文件或文件夹, 同时其选项卡也消失。

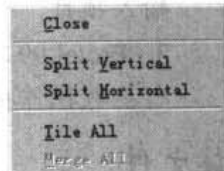


图 1-11 视图选项卡弹出菜单

### 6. 更名文件或文件夹

在新建一个文件或文件夹时, 系统将自动生成文件名或文件夹名。例如, 新建原理图, 系统将自动产生 Sheet1-sch、Sheet2.sch 等。一般来说, 还需要对它们重新命名。

对文件或文件夹进行更名比较简单, 具体的操作步骤如下:

- (1) 鼠标移动到准备更名的文件或文件夹图标上, 单击鼠标右键, 弹出快捷菜单。
- (2) 选择 Rename 命令后, 图标下面的文件名变成了编辑状态, 可以直接更改文件名。

### 7. 删除文档

Protel 99 SE 提供了完善的资源管理, 既可以创建文件和文件夹、编辑文件及文件夹, 也可以删除它们。

删除文档的步骤如下:

- (1) 首先关闭准备删除的文件或文件夹。
- (2) 将光标移动到准备删除的文件或文件夹图标上, 单击鼠标右键, 弹出快捷菜单。
- (3) 选择 Delete 命令, 系统将弹出 Confirm (确认) 对话框。如果决定要删除此文档, 可单击 Yes 按钮。否则, 单击 No 按钮。

Protel 99 SE 在每个设计数据库中都有一个文件夹, 称为回收站。它提供了与 Windows 下回收站相似的功能。系统将删除的文档发送到回收站, 而不是永久删除。但是, 也可以清空回收站永久删除文档, 也可以恢复回收站中的文档。

## 8. 复制及移动文档

在 Protel 99 SE 中可以对文档进行复制、移动等操作。

复制文档的步骤如下：

- (1) 将光标移动到准备复制的文件或文件夹图标上，单击鼠标右键，弹出快捷菜单。选择 Copy 命令，Protel 99 SE 将把选中的文件或文件夹放入系统内部的剪贴板中。

注意：Protel 99 SE 具有自己独立的剪贴板，可以在系统内部进行复制和粘贴操作。

但是，其操作是有限制的，只有兼容类型的文档才能实现粘贴操作。

- (2) 激活复制文档的目标文件夹，并将光标移动到视图窗口的空白处，单击鼠标右键，弹出快捷菜单。

- (3) 选择 Paste 命令，活动文件夹中就增加了复制的文档，并在视图窗口显示出来。

移动文档的步骤如下：


- (1) 将光标移动到准备移动的文件或文件夹图标上，单击鼠标右键，弹出快捷菜单。选择 Cut 命令将文档剪切到剪贴板。

- (2) 激活移动文档的目标文件夹，并将光标移动到视图窗口的空白处，单击鼠标右键，选择弹出菜单的 Paste 命令。

## 9. 编辑文档属性

设计数据库中文件或文件夹都可以有其描述，就像 Word 文件的属性一样。

设置文档属性的步骤如下：

- (1) 用鼠标右键单击视图窗口中的文档图标或设计导航树中的文档图标，选择弹出菜单的 Properties 项。
- (2) 出现如图 1-12 所示的文档属性对话框，它显示了文档的类型、位置、大小，与建立、修改、使用时间，以及文档描述。一般来说，只有两个域可以编辑：文档类型和描述。如果要编辑文件夹的属性，则 Type 框显示为 Folder，并且是不能更改的。如果要编辑文件属性，则单击 Type 框的下拉按钮 ，选择需要的类型。

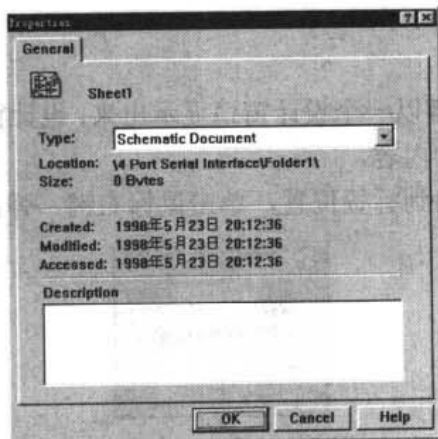


图 1-12 设置文档 Properties (属性)

Protel 99 SE 提供的文件类型如表 1-2 所示:

表 1-2 Protel 99 SE 提供的文件类型

文件类型	说 明
PCB Document	印刷电路板设计文件
PCB Library Document	印刷电路板元件库文件
Schematic Document	原理图设计文件
Schematic Library Document	原理图元件库文件
Spread Sheet Document	表格文件
Text Document	文本文件
Unknown Document	不能识别的文件类型, 只能用文本编辑器打开和编辑
Waveform document	波形文件

(3) 选择文件类型并输入其描述(在 Description 栏内)后, 单击 OK 按钮即可。

## 1-2-5 设计窗口操作

设计窗口是文件或文件夹的编辑窗口。当建立或打开一个设计数据库时, 系统将为其分配一个设计窗口。打开数据库内的文件或文件夹后, 设计窗口会增加相应的选项卡。选项卡视图窗口中的图标是活动文件夹的内容。图 1-13 为典型的设计窗口。

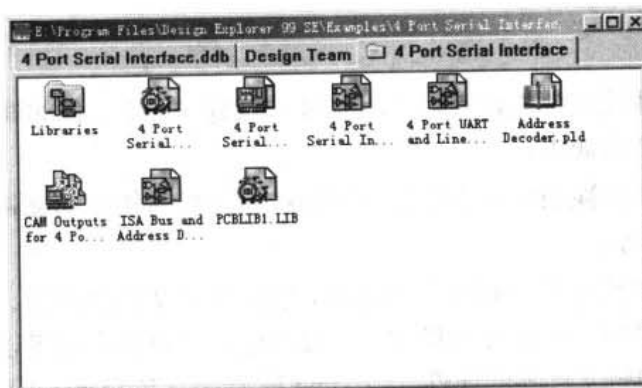


图 1-13 典型的设计窗口

### 1. 分割设计窗口

图 1-12 是将数据库的内容以一个设计窗口显示出来, 设计窗口还可以分割成两个甚至更多窗口, 以便同时显示更多的内容。

具体方法为: 将光标移动到标签位置, 单击鼠标右键, 弹出如图 1-14 所示菜单。

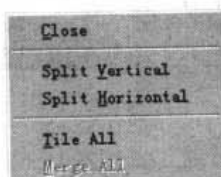


图 1-14 窗口操作菜单

现将每个菜单项加以说明：

- Close: 关闭当前光标所在的选项卡。
- Split Vertical: 将光标所在选项卡与其他选项卡垂直分割。
- Split Horizontal: 将光标所在选项卡与其他选项卡水平分割。
- Tile All: 将整个设计数据库打开的选项卡在设计窗口平铺。
- Merge All: 将整个设计数据库的选项卡合并在一起。

选择适当菜单命令, 可以将设计窗口加以水平分割、垂直分割、平铺以及合并。

## 2. 文件夹内容的显示

一般地说, 文件夹的内容是以大图标显示在视图窗口中。为显示更多内容, 也可以使用小图标显示或使用细节方式显示。

要更改文件夹的内容显示, 须在显示窗口空白处单击鼠标右键, 选择 View 菜单项, 如图 1-15 所示。

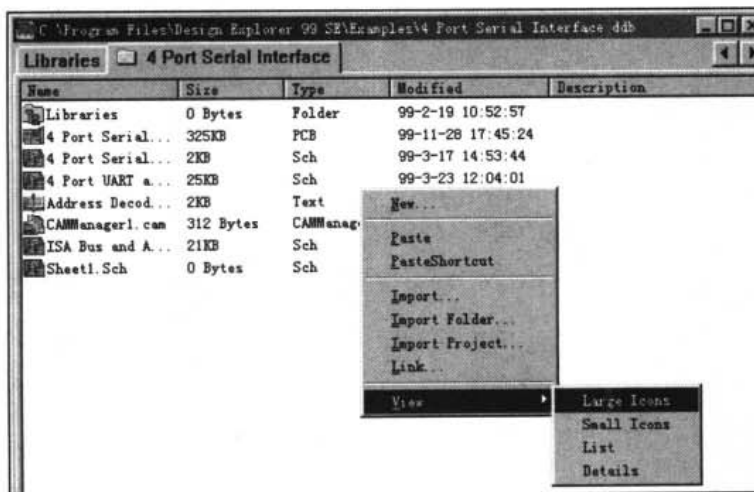


图 1-15 选择文档显示方式

- Large Icons: 以大图标显示文档。
- Small Icons: 以小图标显示文档。
- List: 以列表形式显示文档。
- Details: 以细节方式显示当前文件夹内容, 视图窗口将显示出文档的图标、名称、大小、类型以及修改时间、描述等。

## 1-3 小结与习题

### 1-3-1 小结

本章主要讲述了在 Protel 99 SE 中如何新建一个设计数据库、对数据库中的文件和文件夹进行操作, 以及利用设计窗口管理功能对窗口显示及其显示内容进行重新安排。

通过对本章的学习可熟悉 Protel 99 SE 设计界面及一些基本操作, 从而为下一步的学习打下基础。

### 1-3-2 习题

1. 在 Protel 99 SE 中新建一个设计数据库，命名为 MyDesign.ddb，给它加上口令，然后保存。
2. 在 MyDesign1 设计数据库中新建一个电路原理图文件（Schematic Document）、一个印刷电路板图文档（PCB Document），并将它们打开。
3. 选择适当菜单命令，将打开的文件窗口进行水平分割、垂直分割、平铺以及合并。
4. 将新建的原理图文件输出后保存，并比较此方法与 Save As 有何区别。

## 第 2 章

# 设计组管理

Protel 99 SE 是以 Design Database (设计数据库) 的形式管理库中的所有信息, 包括设计时生成的各个项目文件和文件夹。Protel 99 SE 支持网络操作, 支持团队开发, 允许设计组成员同时对一个设计数据库进行操作, 并提供了一系列安全保证。

设计组成员的设置包括: 在设计数据库中增加或删除组成员、设置组成员对文件或文件夹的使用权限、数据库的网络管理。

所有组成员信息都保存在设计数据库中, 组成员及其权限只对本设计数据库有效。因为, 不同的设计数据库有不同的组成员信息。所以, 每当新建一个设计数据库时, 需要单独设置其组成员信息。一旦完成上面设置, 每次打开设计数据库时, 系统会显示注册对话框, 输入正确的成员名和口令后, 方可打开设计库。

进入设计库后, 任何组成员都可以查看设计数据库的使用情况, 包括其他组成员打开的文件和文件夹、成员名、状态。

对于初学者来说, 完全可以先跳过本章节, 先看后面的章节。

### 2-1 组成员的增加

新建一个设计数据库时, 每一个数据库默认都带有设计组 DesignTeam, 包括有 Members、Permission、Session 三个部分。其中, Members 自带两个默认的组成员: 管理员 (Admin) 和客户 (Guest)。当新建一个项目数据库时, 建库者一般就是此项目的主管。如果允许多人加入设计组, 则需要增加组成员。

增加组成员的步骤如下:

- (1) 单击设计导航树中的 Members 文件夹。
- (2) 在 Members 选项卡的视图窗口中单击鼠标右键, 弹出如图 2-1 所示菜单, 选择 New Member 命令。



图 2-1 组成员管理菜单

- (3) 系统将弹出 User Properties (用户属性) 对话框, 如图 2-2 所示。

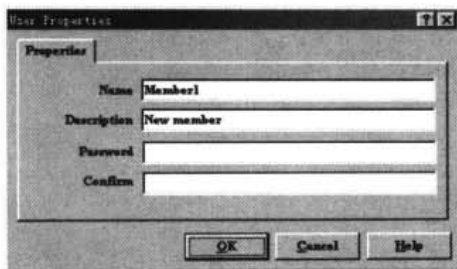


图 2-2 User Properties (用户属性) 对话框

该对话框包含 4 个文本框，其说明如下：

- Name: 组成员名；默认名为 Member1、Member2，依次类推。
- Description: 成员描述。
- Password: 口令。
- Confirm: 确认口令，此文本框内容必须和 Password 完全相同。

Description 文本框和 Password 文本框可以输入内容，也可以不输入内容。输入组成员的名称、描述、口令后，单击 OK 按钮确认组成员。

注意：只有以管理员的身份打开设计库的成员才能增加或删除组成员。

提示：增加组成员的其他方法，可先激活 Members 文件夹，选择菜单命令 File|New Member。

## 2-2 权限的设置

为了避免设计数据库内容遭到意外损害，可以对每个组成员使用文件和文件夹的权限进行设置。设置了权限就定义了组成员对设计数据库内文件和文件夹的操作范围。对此，Protel 99 SE 提供了 4 种权限：

- Read(R): 具有对文件或文件夹的打开权利。
- Write(W): 具有对文件或文件夹的修改权利。
- Delete(D): 具有对文件或文件夹的删除权利。
- Create(C): 具有建立文件或文件夹的权利。

提示：一个组成员可以同时拥有以上 4 种权限。

增加权限设置的步骤如下：

- (1) 以管理员身份打开设计数据库，单击 Permissions 文件夹使其激活。
- (2) 在 Permissions 视图窗口中单击鼠标右键，将弹出如图 2-3 所示菜单，选择 New Rule 命令。

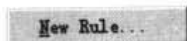


图 2-3 权限管理弹出菜单



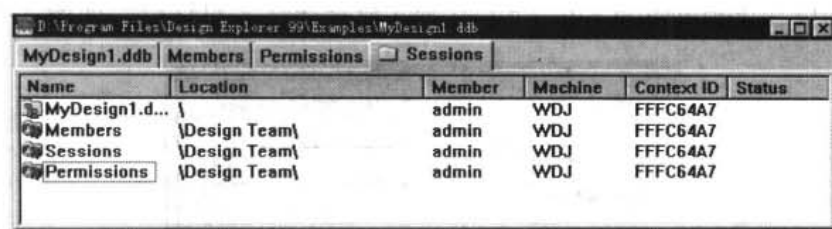


图 2-5 Sessions 视图窗口

上图中的每一行分别表示已经打开的文件或文件夹，每一行与顶部打开的文件或文件夹标签相对应，任何成员每打开一个文件或文件夹，对话信息列表就会增加一行。

Protel 99 SE 允许多个成员同时对同一个文件进行操作，也就是说允许他们同时对文件进行修改，并可以保存。但是，有些成员希望自己在操作某文档的时候，其他成员不能更改此文档。而 Protel 99 SE 则提供对打开文档的锁定功能，一经设置锁定后，其他成员就不能对这个锁定的文档再进行更改。

其锁定打开文档的步骤如下：

- (1) 在 Explorer 中双击打开对话信息 Sessions 文件夹。
- (2) 移动鼠标到需要锁定的文档名上，单击鼠标右键，选择弹出菜单中的 Lock 命令，Session 视图窗口的显示如图 2-6 所示。

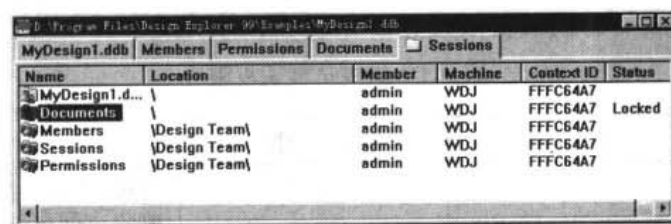


图 2-6 锁定 Document 文件夹后的 Session 视图窗口

要解除对文档的锁定，只需将鼠标移动到要解除锁定的文档名上，单击鼠标右键，选择弹出菜单的 Unlock 命令即可。

## 2-4 小结与习题

### 2-4-1 小结

本章主要讲述了在 Protel 99 SE 中如何进行团队开发，包括了如何对设计数据库进行管理，如何增加组成员，并赋予其相应权限，以及如何通过网络允许多个组成员同时操作同一个设计数据库等知识。

### 2-4-2 习题

1. 为设计组成员新建一个设计组，并赋予相应的权限，使其能同时操作同一个设计数据库。
2. 利用网络管理功能锁定一个文档，使组中其他成员不能修改。



## 第 3 章

# 电路原理图设计基础

要绘制一张电路原理图，首先要构思出零件图的总体框架，然后根据电路原理图的规模选择合适的图纸，再设置绘图相关的参数，最后才正式进行绘图。本章的内容包括：电路原理图的设计步骤、图纸的设置、网格和光标的设置、窗口的设置。

### 3-1 电路原理图的设计步骤

电路原理图设计是整个电路设计的基础，它决定了后面的工作进展。一般地，设计一个电路原理图的工作包括：设置电路图图纸大小、在图纸上放置元器件、进行原理图布线、调整布线、最后存盘打印图纸。

电路原理图的设计大致可以分为以下步骤，如图 3-1 所示的是框图流程。

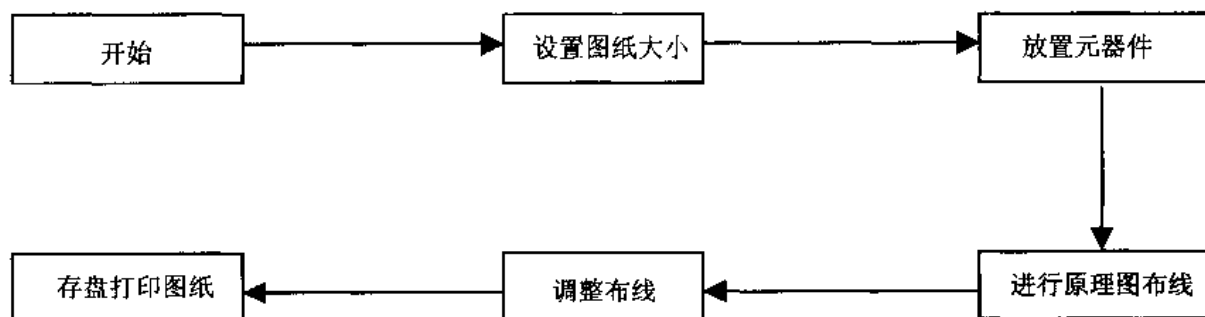


图 3-1 电路原理图设计流程

### 3-2 图纸的设置

在精心设计绘制电路原理图前必须根据实际电路图的复杂程度来选择合适的图纸。Protel 99 SE 可将图纸设置成标准的 A4、A5、B5 等格式，还可根据用户的特殊需要自定义图纸大小。

#### 3-2-1 设置图纸的步骤

##### 1. 首先进入图纸的设置

进入 Protel 99 SE 的原理图编辑器建立或打开一个设计数据库。打开前面建立的设计数据库 Mydesign.ddb，如图 3-2 所示。

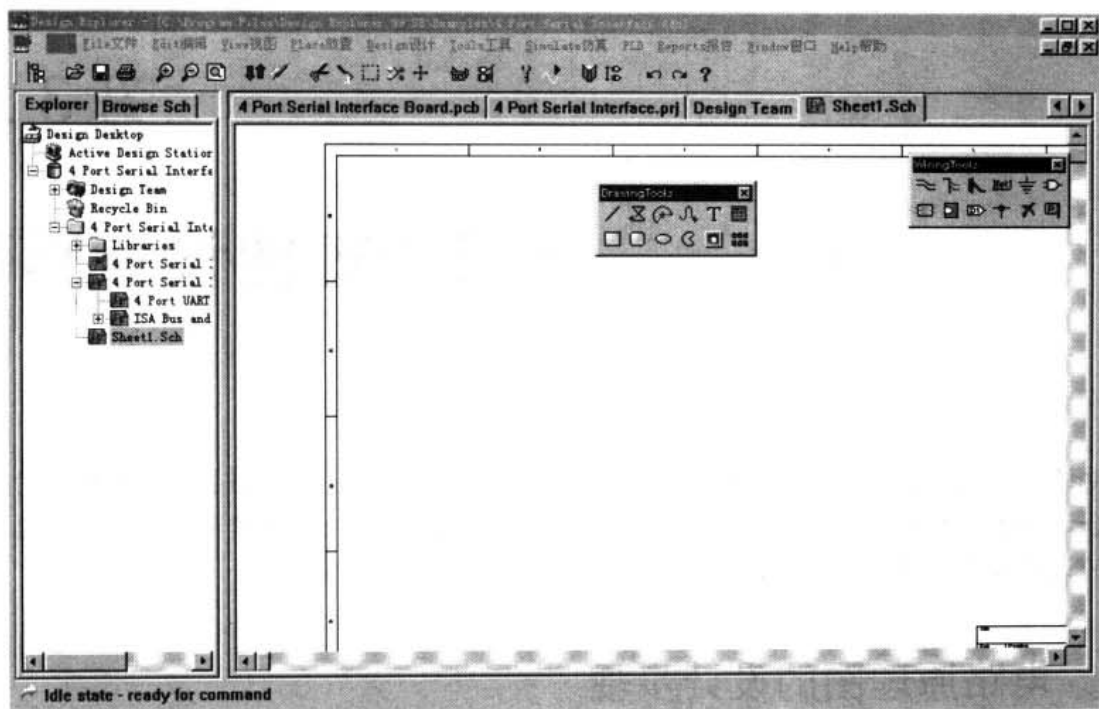


图 3-2 打开先前的一个设计数据库

(1) 右键功能快速进入图纸设置

在图纸区域单击鼠标右键，屏幕出现如图 3-3 的下拉菜单。

单击 Document Options，系统将会弹出 Document Options 对话框，并在其中选择 Sheet Options 选项卡进行设置。Sheet Options 选项卡如图 3-4 所示。



图 3-3 右键菜单

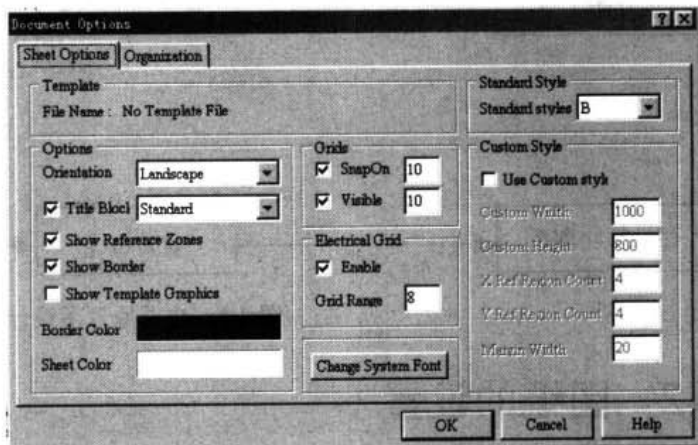


图 3-4 Sheet Options 选项卡

(2) 通过菜单进行图纸设置

进入图纸设置也可以使用菜单命令 Design|Options，执行该命令后，系统会弹出如图 3-4 所示的选项卡。

2. 标准图纸选择

Protel 99 SE 提供了多种广泛使用的英制和公制图纸尺寸以供选择。各个标准的图纸尺寸如表 3-1 所示。

表 3-1 各个规格的标准图纸尺寸

代号	尺寸规格 / in	代号	尺寸规格 / in
A4	11.5×7.6	E	42×32
A3	15.5×11.1	Letter	11×8.5
A2	22.3×15.7	Legal	14×8.5
A1	31.5×22.3	Tabloid	17×11
A0	44.6×31.5	Orcad A	9.9×7.9
A	9.6×7.5	Orcad B	15.6×9.9
B	15×9.5	Orcad C	20.6×15.6
C	20×15	Orcad D	32.6×20.6
D	32×20	Orcad E	42.8×32.2

### 3. 自定义图纸大小

如果上面的标准图纸满足不了要求的话,可自定义图纸的大小。自定义图纸的大小可以在 Sheet Options 选项卡中的 Custom Style 中进行设置。

首先,必须选中 Use Custom Style 复选框,以激活自定义图纸功能。否则,系统将采用 Standard Style 内设置的图纸。

Custom Style 栏内其他各项设置的含义,如表 3-2 所示。

表 3-2 Custom Style 设置项的含义

信息选择列表项	功能
Custom Width	设置图纸的宽度,单位为 1 / 100 英寸
Custom Height	设置图纸的高度,单位为 1 / 100 英寸
X Ref Region Count	设置 X 轴框参考坐标的刻度数
Y Ref Region Count	设置 Y 轴框参考坐标的刻度数
Margin Width	设置边框宽度,其单位为 1 / 100 英寸

上面的参数设置好以后,就定义了一张自己的图纸。

## 3-2-2 图纸方向、颜色、标题栏和边框的设置

图纸方向、颜色、标题栏和边框的设置,可通过图 3-4 内选项卡中的选项来实现。现分别介绍如下:

### 1. 图纸方向的设置

设置图纸的方向可以单击 Sheet Options 中 Options 区域内的 Orientation 右侧的下拉式按钮,出现下拉式选择按钮,有两个选择项,即 Landscape 选择项和 Portrait 选择项。Landscape 表示图纸水平放置,Portrait 表示图纸垂直放置。

### 2. 图纸颜色设置

图纸颜色的设置包括对图纸边框 (Border) 和图纸底色 (Sheet) 的设置。Border 选择项默认为黑色。单击 Border 右边的颜色框,系统将弹出一个要求选择边框颜色的对话框,如图 3-5 所示。系统共提供 238 种基本颜色,也可以单击 Define Custom Colors...来自定义边框颜

色。图纸底色 (Sheet) 的设置与图纸边框颜色的设置基本一致, 不用再介绍。在系统默认状态下为浅黄色。图纸颜色设置后, 一般不需要再修改。

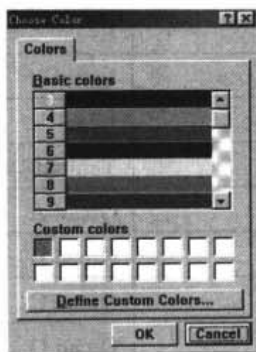


图 3-5 选择图纸颜色对话框

## 3. 图纸标题栏的设置

选择 Title Block 项后, 单击 Title Block 右边的下拉式按钮, 将出现一个下拉式列表。下拉式列表有两个选择项, 即 Standard 选择项和 ANSI 选择项。

Standard 为标准型模式, ANSI 为美国国家标准协会模式。

## 4. 边框的设置

边框的设置主要涉及图 3-4 中的 Show Reference Zone 和 Show Border 两个选项。Show Reference Zone 为显示参考边框选项。如果选中该选项, 则显示参考坐标。否则, 不显示。Show Border 为显示图纸边框选项。如果选中则显示。否则, 不显示。但是, 在显示图纸边框时, 可用的绘图工作区将会比较小, 若要使图纸有最大的可用工作区, 可将边框加以隐藏。

# 3-3 网格和光标的设置

在进行电路原理图设计时, 图纸上的网格能为放置元器件、连接线路等的设计工作带来极大的方便, 如果没有网格, 对元器件间的排列和对齐都会很不便, 更会降低工作效率。在 Protel 99 SE 中, 可以设置是否显示网格以及网格的种类, 还可以对光标进行设置。

## 3-3-1 网格的设置

Protel 99 SE 提供有两种不同形状的网格: 线状网格 (Lines) 和点状网格 (Dot), 分别如图 3-6 和图 3-7 所示。

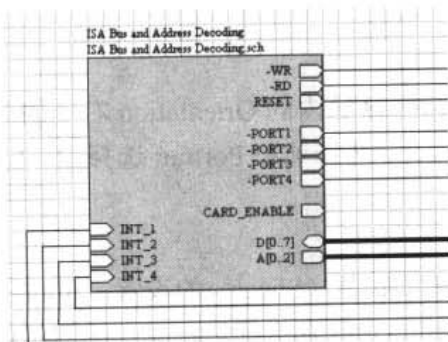


图 3-6 线状网格

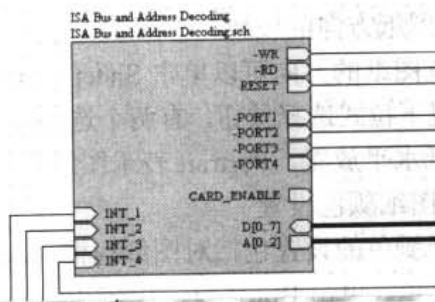


图 3-7 点状网格

执行 Tools|Preference, 系统将会弹出 Preference 对话框, 如图 3-8 所示。在 Graphical Editing 选项卡中, 单击 Cursor/Grid Options 操作框的 Visible Grid 选项的下拉式按钮, 就可以选择所需要的网格种类。

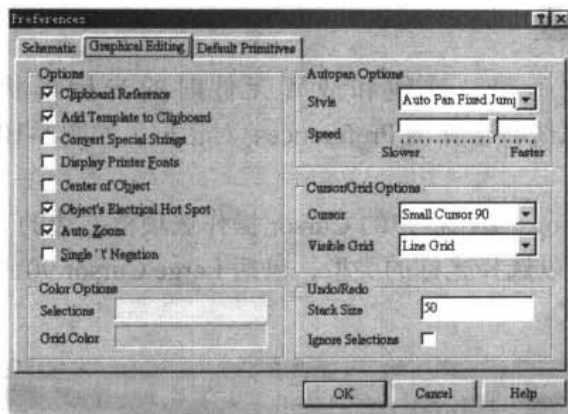


图 3-8 Preference 对话框

要改变网格的颜色可以单击 Color Options 区域的 Grid Color 按钮进行颜色的设置。但是, 网格的颜色不宜设置得太深。否则, 会干扰后面的绘图工作。

如果想设置网格是否可见, 执行 Design|Options, 系统将会弹出 Document Options 对话框, 如图 3-9 所示。在 Sheet Options 选项卡中, Grids 区域还有 SnapOn 和 Visible 两个设置项, 可以设置网格是否可见。

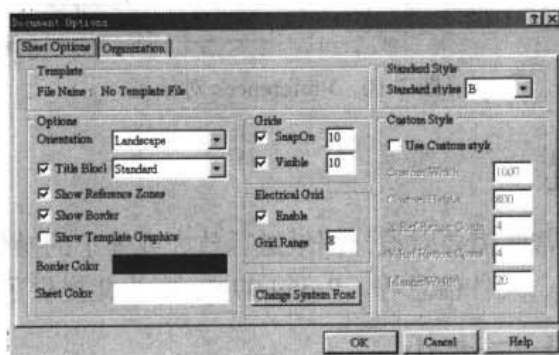


图 3-9 Document Options 对话框

**SnapOn:** 捕捉到点。这项设置可以改变光标的移动间距。选中此项表示光标移动时以 SnapOn 右边的设置值为基本单位跳移, 系统默认值为 10。不选此项, 则表示移动时以 1 个像素点为基本单位移动。

**Visible:** 网格可见。选中此项表示网格为可见, 可以在其右边的设置框内输入值来改变图纸显示网格间的距离。图 3-9 中表示网格间的距离为 10 个像素点, 不选此框则表示图纸不显示网格。

如果将 SnapOn 和 Visible 设置成相同的值, 那么光标每次移动一个网格, 而如果将 Visible 设置成 20, 而将 SnapOn 设置成 10 的话, 那么光标每次移动半个网格。

在 Grids 区域下面有一个 Electrical Grid 区域, 它与电气节点有关。如果选中此项, 则在画导线时, 系统会以 Grid Range 中设置的值为半径, 以光标所在位置为中心, 向四周搜索电

气节点。如果在此半径内有电气节点的话，就会将光标自动移到该节点上，并且在该节点上显示一个圆点，如果取消该项功能，则无自动搜索节点的功能。选择 Enable 选项，则表示选择该项功能，在 Grid Range 右边的设置框内可以设置搜索的半径。

## 3-3-2 光标的设置

这里的光标是指在画图、连线和放置元件时的光标形状。需设置光标时执行 Tools|Preferences 命令，系统将会弹出 Preferences 对话框，如图 3-10 所示。可选取 Graphical Editing 选项卡进行设置。

单击 Cursor/Grid Options 操作框中的 Cursor 操作选项框右边的下拉式按钮，如图 3-10 所示，在下拉式列表中就可以选择光标的类型，包括 Large Cursor 90、Small Cursor 90 和 Small Cursor 45 等 3 种光标形式。

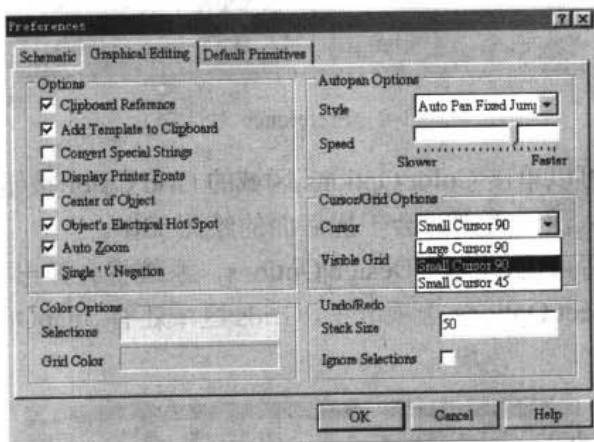


图 3-10 Preferences 对话框

## 3-4 窗口的设置

在进行设计工作时，常常需要对设计图纸进行放大或缩小的操作，有时还需要通过状态栏来了解当前光标的定位、元件信息等。Protel 99 SE 则为此提供了丰富的操作。

### 3-4-1 画面的放大与缩小

电路设计的过程中，需要经常查看整张原理图或只看某一局部视图，要经常改变显示状态，将绘图区加以放大或缩小。

#### 1. 使用键盘实现画面的放大或缩小。

使用键盘实现图样的放大或缩小，最常用的快捷键有 4 个：

- PageUp: 放大绘图区域。
- PageDown: 缩小绘图区域。
- Home: 从原来光标下的图样位置，移位到工作区中心位置显示。
- End: 对绘图区的图样进行更新，恢复正常的显示状态。

另外，还可以使用方向键移到当前位置查看图样。Up 键可以上移当前查看图样的位置，Down 键可以下移当前查看图样的位置，Left 键可以左移当前查看图样的位置，Right 键可以右移当前查看图样的位置。

2. 使用 View 菜单实现画面的放大或缩小。

在 Protel 99 SE 中还可以使用 View 下拉菜单来控制图形区域的放大或缩小。View 菜单，如图 3-11 所示。



图 3-11 View 菜单

主菜单 View 下的命令主要是视图缩放命令，用于画面的显示操作。现将视图缩放命令说明如下：

- Fit Document: 无论当前的画面显示状态，执行此命令后，整个电路图连同边框都显示在编辑窗口中。
- Fit All Objects: 此命令的功能是将整个电路图显示在编辑窗口中，与 Fit Document 不同的是不包括边框。
- Area: 此命令的功能是将指定的选项区域放大显示到整个编辑窗口。执行命令后，光标变成十字形状，移动光标到合适位置，单击鼠标左键确定，在移动鼠标到其对角位置，单击鼠标左键确认选择区域。这时所选中的区域就会放大到充满编辑窗口。
- Around Point: 此命令的功能与 Area 命令基本相同，只是第一次单击鼠标的位置为选定区域的中心。执行命令后，第一次单击鼠标决定区域的中心点，第二次决定区域的大小。
- 50%: 此命令的功能是将电路图对象按 50% 的大小显示。
- 100%: 此命令的功能是将电路图对象按 100% 的大小即原始尺寸显示。
- 200%: 此命令的功能是将电路图对象按原始大小的 2 倍显示。
- 400%: 此命令的功能是将电路图对象按原始大小的 4 倍显示。
- Zoom In: 此命令的功能是放大显示，其快捷键为 PageUp。
- Zoom Out: 此命令的功能是缩小显示，其快捷键为 PageDown 键。
- Pan: 此命令的功能是以光标为中心显示画面，实际上只能用菜单快捷键执行本命令，即首先固定光标位置，再按下 V、P 键，光标指示位置的图将移到编辑窗口中心。
- Refresh: 此命令的功能是更新显示编辑窗口，对应的快捷键为 End 键。



## 3-4-2 View 菜单中的环境组件切换命令

通过关闭软件的 Design Explorer 管理器、状态栏和命令栏，可以使设计工作窗口足够大，从而使设计者能专注于图纸的设计。

### 1. Design Explorer 管理器的切换。

单击 View 菜单下的 Design Explorer 选项，或单击主工具栏中的  图标，可以打开或关闭 Design Explorer 管理器。必要的时候关闭 Design Explorer 管理器，在绘制复杂的图纸时有很大的方便。

### 2. 状态栏和命令栏的切换。

单击 View 菜单下的 Status Bar 和 Command Status 选项就可以打开或关闭状态栏和命令栏。状态栏中包括光标当前的坐标位置、当前所选的操作对象及所有可用的功能键。命令栏用来显示当前操作下的可用的命令，如图 3-12 所示。如果选项命令左边出现 ✓ 则表示已开启状态栏和命令栏。

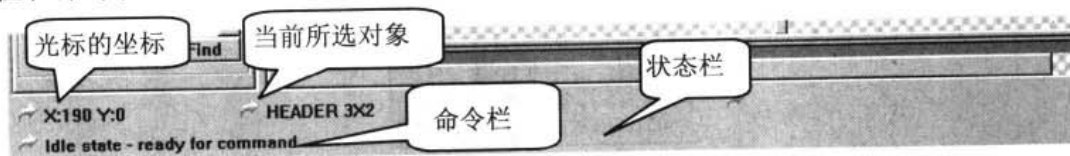


图 3-12 状态栏和命令栏

## 3-5 小结与习题

### 3-5-1 小结

本章主要讲述了在进行电路原理图设计前的一些基本设置，如图纸的设置、网格和光标的设置、窗口的设置。

### 3-5-2 习题

1. 在 Protel 99 SE 中新建一个电路原理图文件，选择 A4 幅面的纸张并设置为水平放置。
2. 打开一个电路原理图文件，设置网格类型为线状网格，并设置光标为 Small Cursor 45，使光标移动半个网格。
3. 设计原理图图幅为各种大小，并以原始尺寸显示，直观体会图幅的大小。
4. 利用环境组件切换命令，工具栏设置命令，图纸颜色命令，图纸方向命令等，为自己配置一个好用的原理图工作环境。
5. 在命令状态下，放大缩小和刷新画面的快捷键分别是什么？
6. 分别利用菜单命令和快捷键打开或关闭各种工具栏。



## 第 4 章

# 原理图设计

原理图编辑实际上就是一个原理图的设计系统，可以在该系统中进行电路原理图设计，生成相应的网络表，为后面的印刷电路板的设计作准备。

### 4-1 原理图文件的管理

因为，Protel 99 SE 是以设计为单位进行管理的，一个设计就是以设计数据库文件形式进行保存。一个设计数据库可以包括多个项目。与 Protel 98 不同，Protel 99 SE 形成的原理图并不单独保存为一个文件，它是以设计数据库中的一个文档形式存在的。

#### 4-1-1 新建原理图

要建立原理图必须首先建立或打开一个设计，打开前面建立的设计数据库 Mydesign.ddb，如图 4-1 所示。

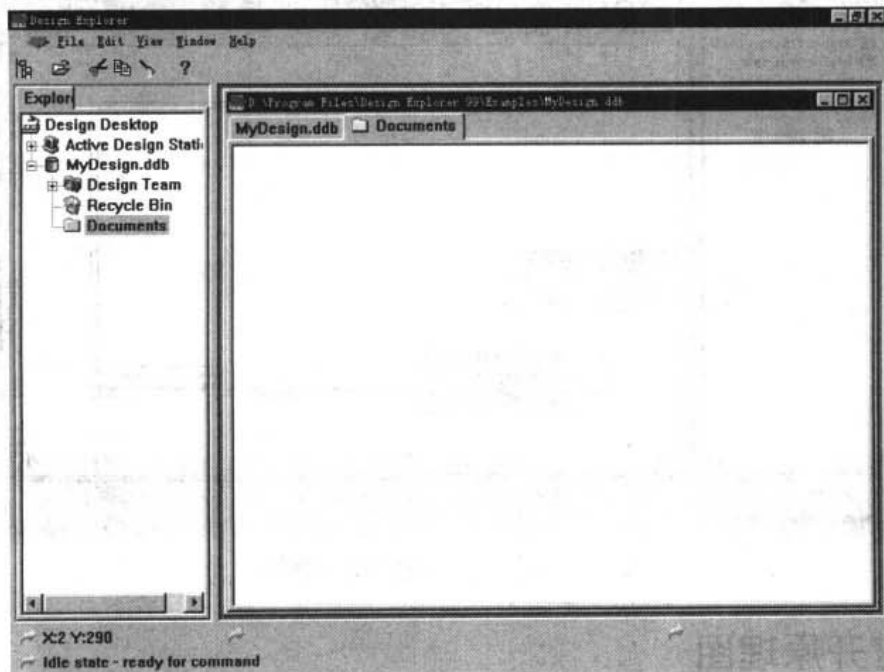


图 4-1 打开先前的一个设计数据库

从上图中可以看出，新建的设计数据库的 Documents 文件夹中没有任何文档。一般地说，

设计时都是在 Documents 文件夹中建立文档,如果设计数据库的内容较多,包含有几个项目,可以按照第 1 章讲述的方法建立新文件夹。

新建原理图文档的具体步骤如下:

- (1) 打开 Documents 文件夹,使其处于活动状态。
- (2) 执行菜单命令 File|New, 系统弹出图 4-2 所示的 New Document (新建文档) 对话框,单击 Schematic Document (原理图文档), 然后单击 OK 按钮确认选择。

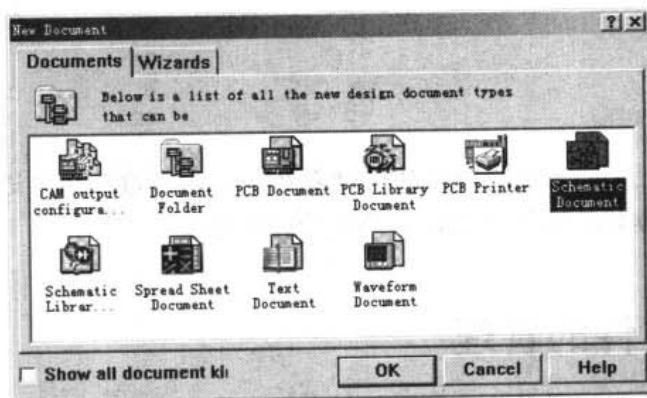


图 4-2 New Document (新建文档) 对话框

这样,系统就新建了一个原理图文档,默认文件名为 Sheet1.sch,并且会直接启动原理图编辑器,系统将出现新的原理图显示画面,如图 4-3 所示。这时,就可以编辑刚刚建立的原理图 Sheet1.sch 了。

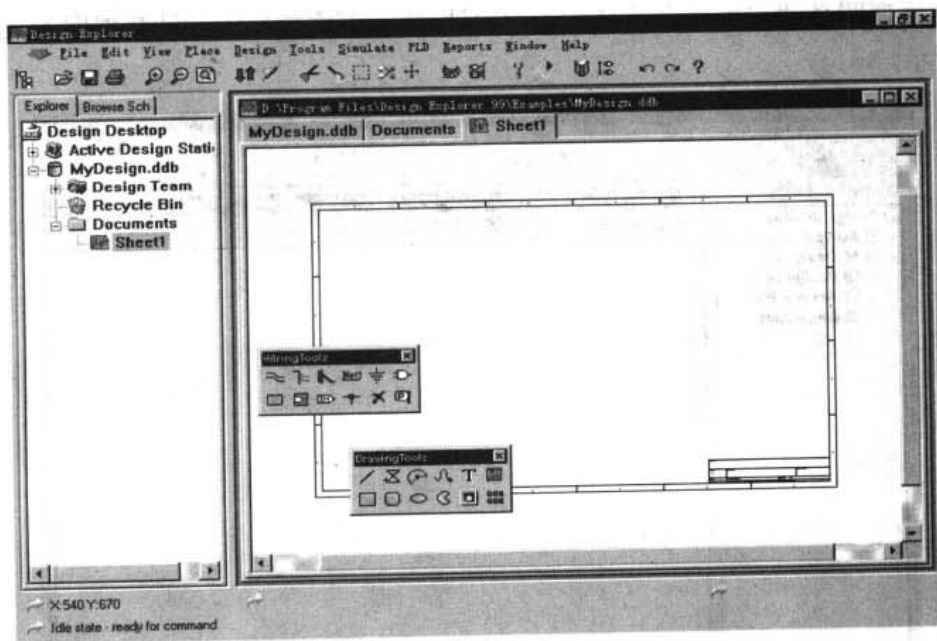


图 4-3 新建的空原理图显示画面

### 4-1-2 打开原理图

首先打开一个已经存在的设计数据库,这里打开的是 Protel 99 SE 示例 LCD Controller.ddb。找到 Protel 99 SE 的安装目录,进入 Example 文件夹,找到这个示例文件并双

击打开它，打开后的界面，如图 4-4 所示。

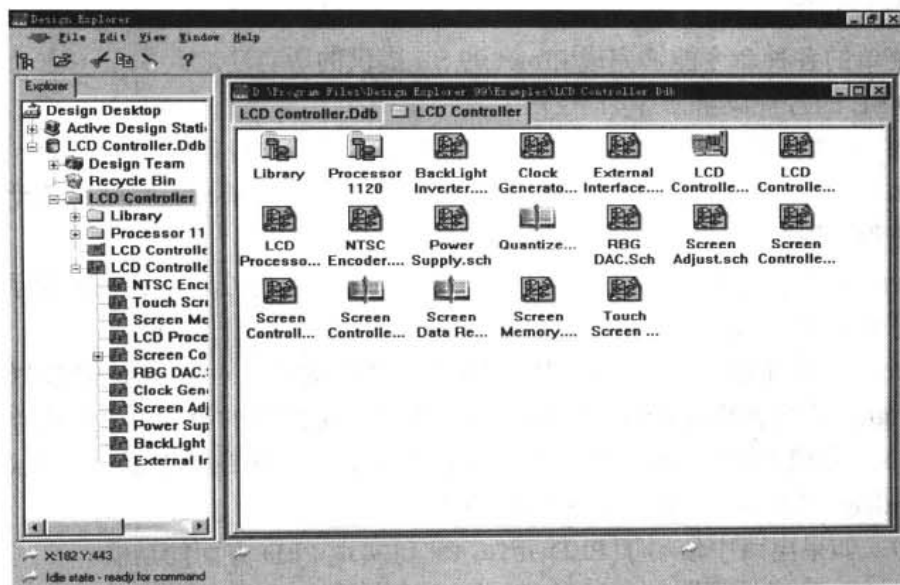


图 4-4 打开 LCD Controller.ddb 设计数据库

上图中打开的 LCD Controller 文件夹，包括 Library 和 Processor1120 两个文件夹以及原理图项目 LCD Controller。从左边的设计导航树中可看到项目 LCD Controller 和该项下的原理图，右边 LCD Controller 选项卡视图窗口不仅显示了 LCD Controller 文件夹中的文件夹和项目 LCD Controller 文档，还显示了项目 LCD Controller 中的所有原理图文档。单击设计导航树中需要打开的原理图文档名，或在视图窗口中双击需要打开的原理图文档图标，就可打开原理图文档。

## 4-2 原理图编辑器界面介绍

打开新建的原理图 sheet1.Sch，编辑器界面即如图 4-5 所示。图中已打开了绘制原理图的所有工具栏，现将编辑器界面的主要部分说明。

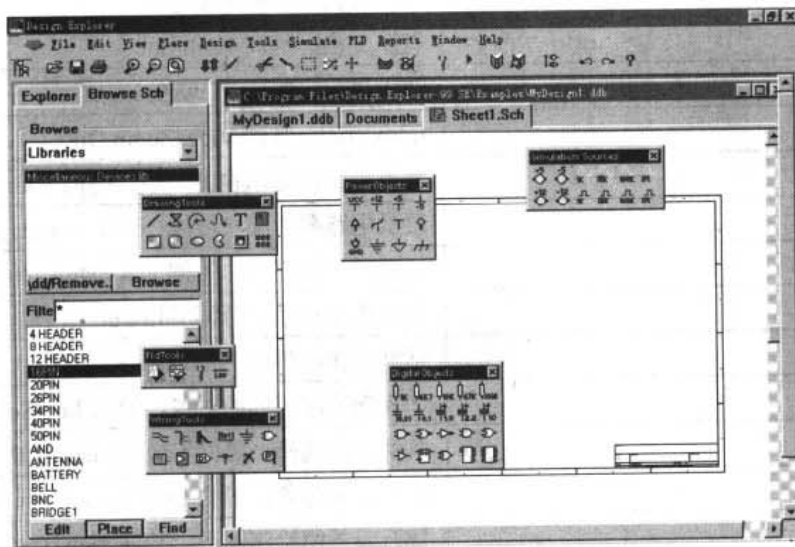


图 4-5 原理图编辑器界面

## 4-2-1 主菜单

利用主菜单的各种命令能够完成 Protel 99 SE 提供的所有功能。

Protel 99 SE 的各种菜单命令如下：

- File: 完成文件方面的操作, 如新建、打开、关闭、打印等功能。
- Edit: 完成编辑方面的操作, 如取消、重做、拷贝、剪切、粘贴、移动、拖动、查找替换、跳转等功能。
- View: 完成显示方面的操作, 如编辑窗口的放大与缩小、工具栏的显示与关闭、状态栏的显示与关闭等功能。
- Place: 完成在原理图编辑窗口中放置各种各样的电气对象和非电气对象。
- Design: 完成元件库的管理、网络表的生成、电路图的设置、多张电路图操作等。
- Tools: 完成 ERC 检查, 原理图元件的编号以及原理图编辑器环境和默认设置。
- Simulate: 完成与模拟仿真有关的操作。
- PLD: 如果电路中使用了 PLD 元件, 它可实现 PLD 方面的功能。
- Reports: 生成原理图的各种报表, 如元器件清单、网络比较报表、项目层次表等。
- Window: 完成窗口管理功能。
- Help: 启动帮助信息。







## 4-2-2 主工具栏

主工具栏完成常用功能。它操作简单, 只需用鼠标单击其中的某一按钮就能实现其功能。主工具栏的按钮功能, 如表 4-1 所示 (这在后面的章节中将加以详细的说明)。

表 4-1 主工具栏按钮功能

按钮	功能
	切换显示文档管理器
	打开文档, 等同 File Open
	保存文档, 等同 File Save
	打印文档, 等同 File Print
	放大显示, 等同 View Zoom In
	缩小显示, 等同 View Zoom Out
	将整个文档显示在窗口中, 等同 View Fit Document
	层次电路图的层次转换, 等同 Tools Up/Down Hierarchy
	放置交叉探测点, 等同 Place Directives Probe
	剪切选中对象, 等同 Edit Cut
	粘贴操作, 等同 Edit Paste
	选择选项区域内的对象, 等同 Edit Select Inside Area
	取消全部选择, 等同 Edit Deselect All
	移动选中对象, 等同 Edit Move Move Selection
	打开或关闭绘制图形, 等同 view Toolbar Drawing

续上表

按钮	功能
	打开或关闭绘制电路, 等同 View Toolbar Wiring Tools
	仿真分析设置
	运行仿真器, 等同 Simulate Run
	增加或减少元件库, 等同 Design Add/Remove
	增加元件的单元号, 等同 Edit Increment Part
	取消上次操作
	恢复取消的操作
	激活帮助

### 4-2-3 状态栏

状态栏内显示了光标的当前位置, 当前的命令状态等。

### 4-2-4 文档管理器

文档管理器用于显示设计导航树、浏览设计内容、项目层次关系。当打开一个电路图时, 文档管理器会增加一个选项卡 Browse Sch (原理图浏览选项卡), 单击原理图浏览选项卡标签 Browse Sch, 即进入原理图浏览选项卡。

#### 1. 原理图浏览选项卡

下面介绍原理图浏览选项卡中的操作项。

##### (1) 选择浏览项目

原理图浏览选项卡 Browse 下面的下拉列表框用于选择浏览, 单击此列表框旁的下拉按钮, 选择想要浏览的项目, 如图 4-6 所示。

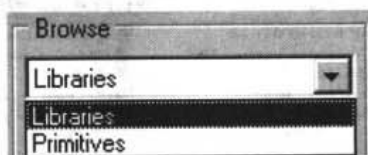


图 4-6 选择浏览项目

- Libraries: 浏览选中的元件数据库内容。
- Primitives: 浏览当前或整个项目原理图的内容。

##### (2) 浏览元件库

将 Browse 下面的浏览项目选择为 Libraries, 文档管理器显示的内容即为选中的元件数据库的内容, 如图 4-7 所示。它的内容由 3 个选项区域组成: 元件库选择选项区域、元件过滤选项区域和元件浏览选项区域。

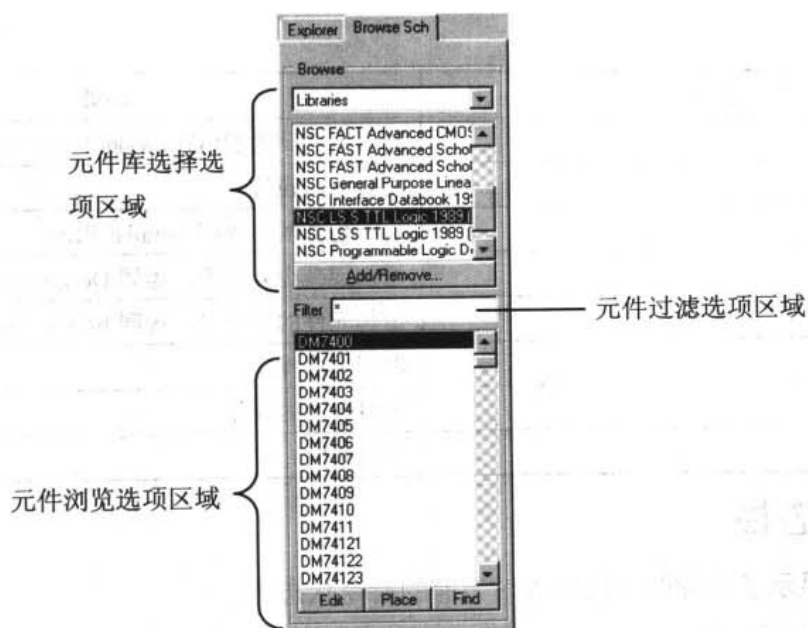


图 4-7 浏览元件库

**元件库选择选项区域：**本选项区域的功能是管理元件库，也就是查看已装入的元件库以及新增或删除元件库。

拖动元件库列表框的滚动条，可以浏览装入的所有元件库，单击准备浏览的元件库，此元件库的背景变为深蓝色高亮显示，下面的元件浏览选项区域将显示所选中的元件库中的元件。

元件库选项区域的另外一个重要功能是新增或删除元件库。如果需要的元件没有在已经装入的元件库中，或者装入了多余的元件库，单击 Add|Remove 按钮，系统将弹出如图 4-8 所示的 Change Library File List 对话框。



图 4-8 Change Library File List 对话框

Protel 99 SE 提供的元件数据库的默认目录为 Design Explorer 99/Library/Sch 文件夹，图 4-8 就选择了默认的文件夹。

要新增元件库或数据库，首先选择元件库所在的文件夹，单击元件库文件列表中准备装入的元件库，然后单击 Add 按钮，选中的元件库文件会增加到元件库选择选项区域中。

要删除元件库或数据库，可用鼠标左键单击选择的元件库文件列表中准备移去的元件库，然后单击 Remove 按钮。

元件过滤选项区域：此选项区域的功能是设置元件浏览选项区域中元件列表显示条件，可以使用通配符“\*”和“?”设置过滤条件。例如，如果只使用带有 LS 的标准集成电路元件，可以输入“\*ls\*”，如图 4-9 所示。

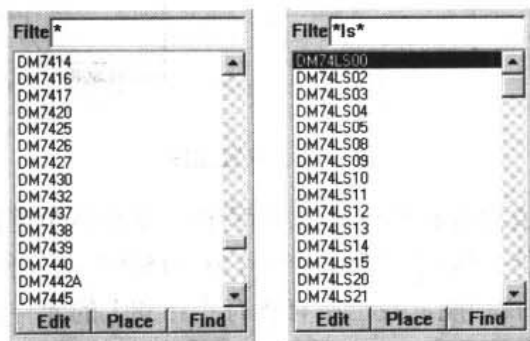


图 4-9 设置过滤条件

元件浏览选项区域：它显示了选择的元件库通过过滤条件后的元件列表。此选项区域更重要的功能是可以编辑元件、放置元件、查找元件。

编辑元件：用鼠标左键单击准备编辑的元件，然后单击元件浏览选项区域中的 Edit 按钮，将自动激活元件编辑器。例如，可通过单击选择元件“DM7408”后，再按下 Edit 按钮，就启动了元件编辑器，如图 4-10 所示。

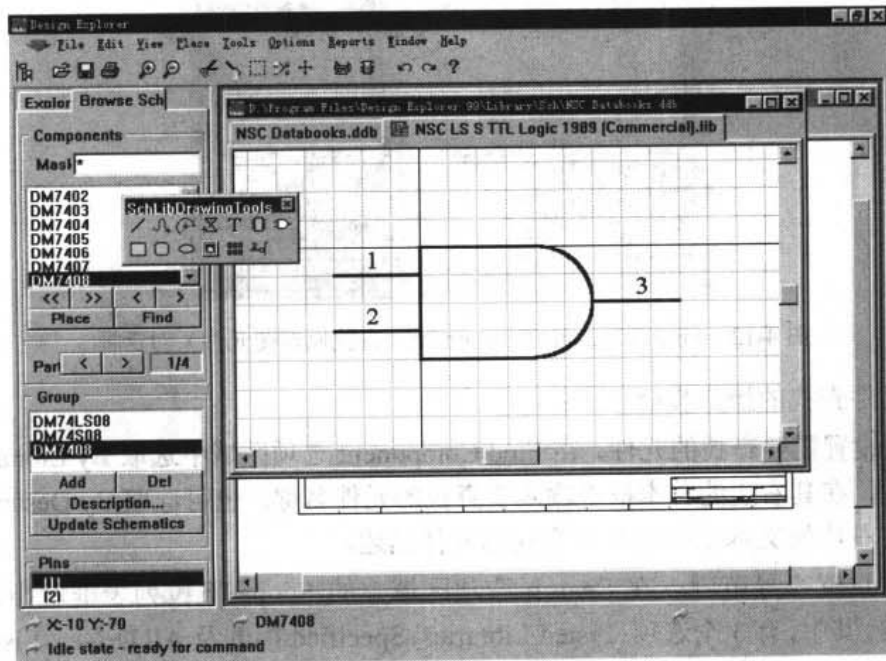


图 4-10 编辑“DM7408”元件界面

放置元件：用鼠标左键单击准备放置的元件，然后单击元件浏览选项区域中的 Place 按



钮，鼠标上便附加了十字光标和处于浮动的被选中元件。鼠标移动到适当位置后，单击鼠标左键，这个元件就放置好了，再单击鼠标右键便可退出放置元件的状态。例如，要放置“DM7408”元件，首先选择“DM7408”元件，单击 Place 按钮后，会出现一个浮动状态的与门符号跟着十字光标移动，单击鼠标左键 Place 按钮，如图 4-11 所示。在放置元件的过程中可以更改元件的属性，这在后面的章节将进行详细介绍。

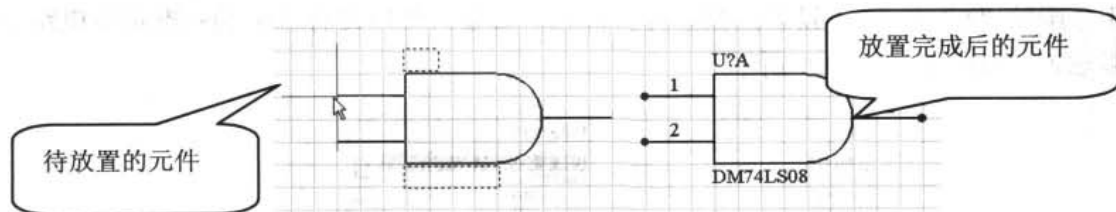


图 4-11 放置元件

**查找元件：**如果不知道元件在哪个元件库中，或者不知道元件的确切名称，就要用 Protel 99 SE 查找元件的功能。例如，要放置编号为“1558”的元件，但不清楚其确切名称，可以利用 Protel 99 SE 的查找功能，找出所有含有“1558”的元件库。

要查找元件，用鼠标左键单击 Find 按钮，系统弹出如图 4-12 所示的 Find Schematic Component（查找原理图元件）对话框。

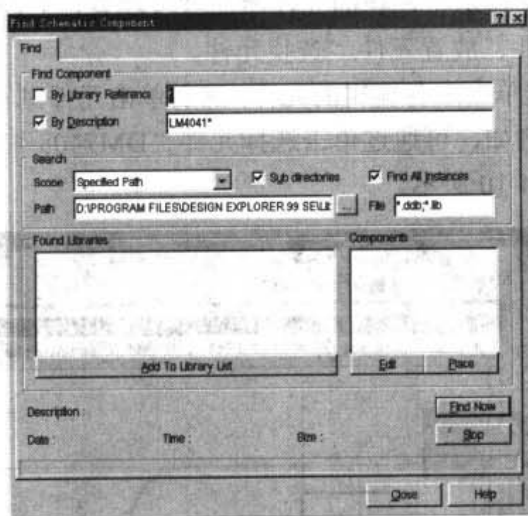


图 4-12 Find Schematic Component（查找原理图元件）对话框

原理图元件查找的操作步骤如下：

- (1) 首先设置需要查找的元件。在 Find Component 选项区域中选取 By Library Reference 选项，在其右边的文本框中输入要查找的元件名称；也可选取 By Description 选项，并在右边的文本框中输入要查找的元件描述。
- (2) 然后设置查寻范围。在 Search 选项区域中的 Scope 下拉列表框就指定有查找的范围。其中有 3 个选项：Listed Libraries、Specified Path 及 All Drives。Listed Libraries 选项是指从所载入的元件库中查找。Specified Path 选项则是按指定的路径去查找，如选中此项，就需要在其下的 Path 栏中输入要求查找的路径。如果同时选中 Subdirectories 复选框，则指定路径下的子目录都会被查找。All Drives 选项是指在



所有的驱动器的元件库中查找。如果选中 Find All Instances 复选框,则会在设置的所有元件库中查找所有符合条件的元件,否则,查找到第一个符合条件的元件后就会停止查找。Files 文本框中可指明元件库的文件类型。

- (3) 设置完成后,按一下 Find Now 按钮,即开始查找。若没有找到指定的元件,则在对话框中的 Searching Library 选项区域中将显示如图 4-13 所示的信息。

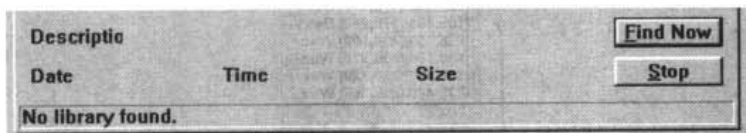


图 4-13 查找不到元件

若找到符合条件的元件,那么 Found Libraries 选项区域的右边将显示所有符合查找要求的元件,左边将显示元件所在的元件库或元件数据库名称。以查找运算放大器“1558”为例,查找结果如图 4-14 所示。

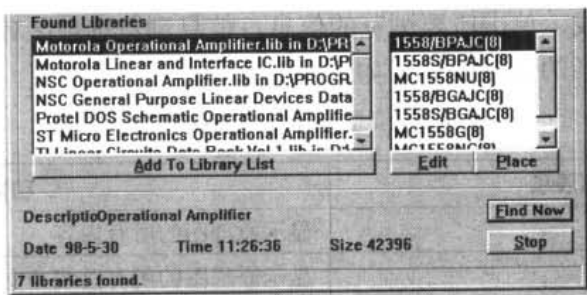


图 4-14 查找到“1558”元件的结果

程序查找出符合条件的元件后,可以执行如下操作:

- 装入原理图编辑器:单击 Add To Library List 按钮,将装入 Found Libraries 选项区域指示的元件库或元件数据库。
- 编辑元件:首先在 Found Libraries 选项区域指定元件库,Component 选项区域列出此元件库符合条件的所有元件。再选择一个元件,单击 Edit 按钮,将启动元件编辑器并编辑此元件。
- 放置元件:将指定的元件放置在原理图中。与编辑元件一样,先选中元件库及元件,然后单击 Place 按钮,系统将处于放置元件状态,移动十字光标到合适位置,单击鼠标左键或按 Enter 键便完成放置元件。

## 2. 浏览原理图内容

在 Browse 选项区域中单击 Libraries 下拉列表框,选择 Primitives 选项,文档管理器显示当前原理图或项目的相关信息,其显示如图 4-15 所示,它由 3 个选项区域组成:信息选择选项区域、信息过滤选项区域和信息浏览选项区域。



图 4-15 浏览原理图内容

## (1) 信息选择选项区域

它由一个列表框组成，单击所要浏览的信息，信息浏览选项区域即显示出选择的图形资料。信息选择列表框包括的选项及功能如表 4-2 所示。

表 4-2 信息选择各列表项的功能

信息选择列表项	功能
All	显示原理图的所有内容
Bus Entries	显示原理图的所有总线分支信息
Busses	显示原理图的所有总线信息
Directives	显示原理图的所有设计指示
Error Markers	显示原理图中的所有错误标志信息
Images	显示原理图的所有图片信息
Junctions	显示原理图的所有连接点信息
Labels	显示原理图的所有单行文字标注信息
Layout Directives	显示原理图的所有 PCB 布线指示信息
Net Identifiers	显示原理图的所有网络标识符信息
Net Labels	显示原理图的所有网络标号信息
Part Fields	显示原理图的所有元件标注信息
Part Types	显示原理图的所有元件名信息
Parts	显示原理图的所有元件信息
Pins & Parts	显示原理图的所有元件及其引脚信息
Pins	显示原理图的所有引脚信息
Hierarchical Nets	显示层次原理图的所有层次网络信息
Ports	显示原理图的所有端口信息
Power Objects	显示原理图的所有电源和接地信息
Sheet Entries	显示原理图的所有方块电路出入口信息
Sheet Parts	显示原理图中的所有电路图式元件信息

续上表

信息选择列表项	功能
Sheet Symbols	显示原理图的所有方块电路图信息
Sheet Sym Files	显示原理图的所有方块电路图的文件信息
Sim. Directives	显示原理图的所有电路模拟仿真指示信息
Sim. Probes	显示原理图的所有电路模拟仿真探测信息
Sim. Vectors	显示原理图的所有电路模拟仿真测试向量
Sim. Stimulus	显示原理图的所有电路模拟仿真激励信息
Suppress ERC	显示原理图的所有忽略 ERC 检查信息
Text Frames	显示原理图的所有文字区块信息
Wires	显示原理图的所有导线信息

### (2) 信息过滤选项区域

如果选择的某项信息内容太多, 浏览查询起来很不方便, 就可以使用信息过滤选项区域滤去不需要看到的信息。

### (3) 信息浏览选项区域

显示符合信息选项区域和信息过滤选项区域条件的信息, 它由一个信息列表框和几个信息操纵按钮组成。

现将它们分别介绍如下:

- Partial Info 复选框: 此复选框的功能是确定信息显示列表框以何种方式显示, 选中该复选框表示只是简单地显示主要信息。否则, 将显示完整信息。
- Open All 按钮: 此按钮的功能是当我们设计由多张层次电路图组成的项目时, 将打开当前电路图所属项目的原理图。如果设计为单张电路图, 则此按钮变成无效状态。
- All in Hierarct 复选框: 当打开项目中的所有原理图后, 此复选框变为有效, 选中将表示显示整个项目的信息, 不选中则表示只显示处于激活状态即当前活动的原理图信息。
- Text 按钮: 此按钮的功能是编辑信息列表框中选中的信息条的文字内容。例如, 首先单击信息列表框“U9A”条目, 此条目的底色变为深蓝色, 然后单击 Text 按钮, 将弹出改变元件文字的对话框, 如图 4-16 所示。同时, 编辑框的内容为选中条目的文字“U9”, 在此可对文字内容进行修改。
- Jump 按钮: 此按钮的功能是跳转到指定对象的位置, 选定对象将显示在编辑窗口的中央。
- Edit 按钮: 此按钮的功能是编辑选择对象的属性。例如, 同样选择“U9A”对象, 然后单击 Edit 按钮, 系统即弹出元件 U9A 的属性对话框, 在此对话框中便可编辑对象的所有属性。
- Update List 按钮: 此按钮的功能是重新显示信息列表框的内容。电路图改变后, 一般地说, 信息列表框不会跟着改变, 按下此按钮将更新信息列表框的内容, 使其达到最新状态。

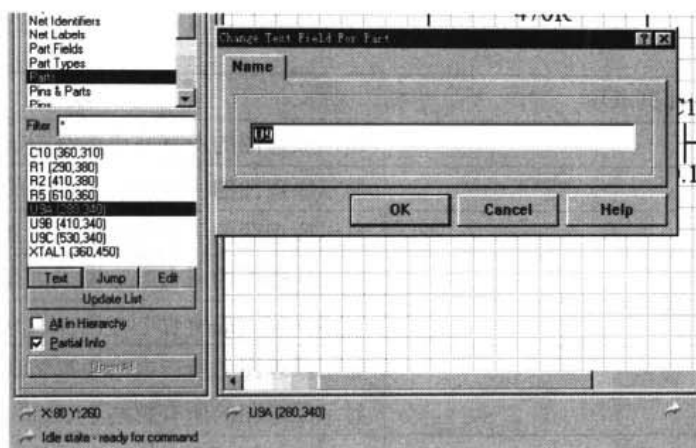


图 4-16 编辑文字信息

## 4-3 放置元件

元件是原理图的核心对象，原理图就是以元件为中心而相互连接构成的。

由于元件在原理图中的重要性、使用的频繁性和多样性，Protel 99 SE 便把一些常用数字元件单独作为一个工具栏。如果系统没有打开常用数字元件工具栏，执行菜单命令 View|Toolbars|Digital Objects，屏幕窗口将出现 Digital Objects（常用数字元件）工具栏，如图 4-17 所示。再执行一次菜单命令 View|Toolbars|Digital Objects，系统将关闭常用数字元件工具栏，单击工具栏上的关闭按钮也可完成相同的功能。

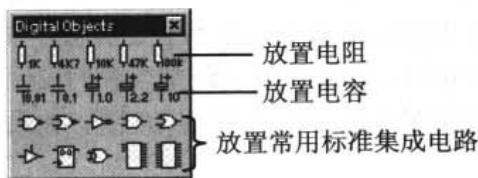



图 4-17 常用数字元件工具栏

### 4-3-1 元件的放置

在 Protel 99 SE 中放置元件的操作非常简单。

放置一般元件的步骤如下：

- (1) 首先单击 Browse 选项区域下 Add/Remove 按钮，增加所要使用的元件库，如图 4-18 所示。
- (2) 单击电路绘图工具栏 Place Part（放置元件）按钮 ，或执行菜单命令 Place|Part，或按下 Alt+P+P 键，即进入放置元件状态。
- (3) 系统弹出如图 4-19 所示的 Place Part 属性对话框，就可在 Lib Ref 文本框中输入确切的元件名（不能包含通配符，如星号“\*”和问号“？”）。例如，输入与非门 74LS03，Designator（元件编号）栏中的“U？”便为默认编号即没有编号。一般地说，集成电路的默认编号为“U？”，电阻的默认编号为“R？”，电容的默认编号为“C？”。如果使用系统编号，就不用更改它，系统会自动按放置顺序进行编号，只要在 Part Type（元件的类型）栏中输入 74LS03，Footprint（元件的封装）栏中输入 DIP-20，

然后单击 OK 按钮即可。

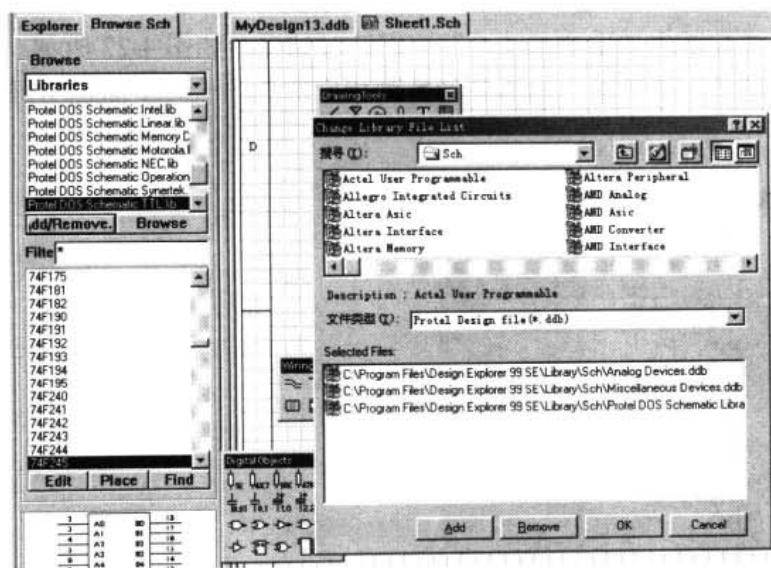


图 4-18 选择 Protel Dos Schematic TTL.lib 元件库

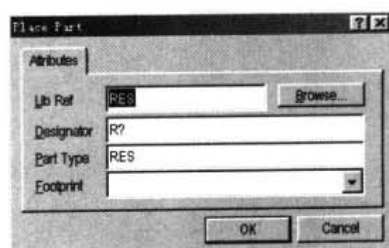


图 4-19 Place Part (放置元件) 属性对话框

- (4) 如果元件的属性参数都不知道, 可单击 Browse 按钮, 系统将弹出如图 4-20 所示的 Browse Libraries 对话框, 选择元件相关的库。

在 Libraries 下拉列表框中选择 Protel DOS Schematic TTL.lib, 在 Components 栏中选择元件 74LS03, 然后单击 Close 按钮, 元件的属性就设置好了。

- (5) 设置好元件属性后, 此时的光标也从箭头变成了十字光标, 并附带有浮动元件, 按下空格键使浮动元件以光标为中心进行 90° 旋转。每次按空格键旋转的过程, 即如图 4-21 所示。

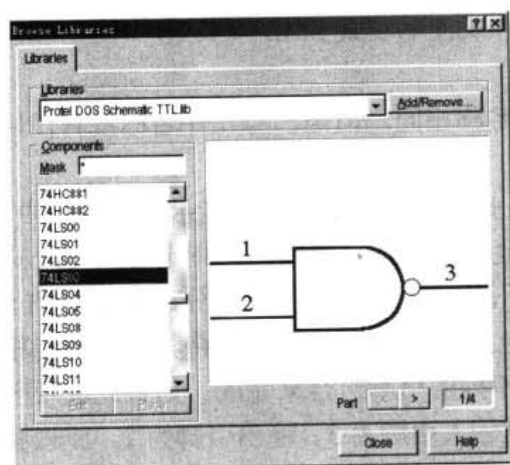


图 4-20 Browse Libraries (浏览元件库) 对话框

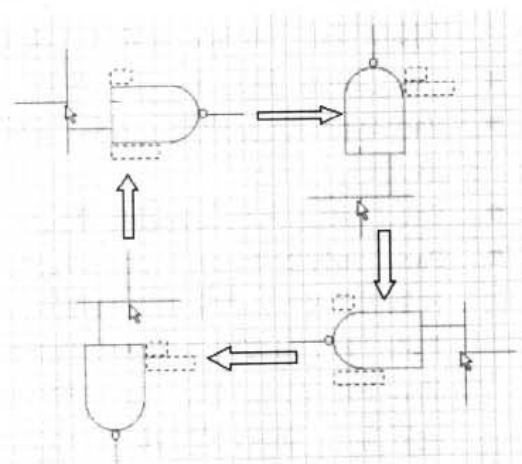


图 4-21 元件的旋转过程图

- (6) 移动鼠标到适当位置, 单击鼠标左键或按 Enter 键, 确定元件放置位置。
- (7) 此时系统仍然处于放置元件状态, 并弹出如图 4-19 所示的输入元件名对话框, 便可继续按照上面的方法放置其他元件。

### 4-3-2 元件属性设置

当元件处于浮动状态时，按下 Tab 键将弹出 Part（元件）属性对话框，如图 4-22 所示。元件属性对话框包含 4 个选项卡，可单击选项卡上的标签切换到相应的选项卡。下面说明每个选项卡设置。

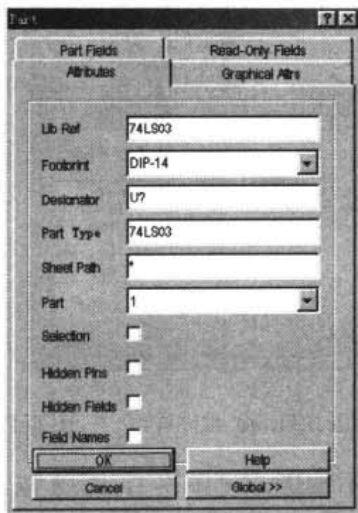


图 4-22 Part（元件）属性对话框

#### 1. Attributes 选项卡

它主要是确定元件的电气属性。现将每个选项区域加以说明如下：

- **Lib Ref（元件名称）**：放置元件时输入的元件名即是在元件库中的元件名。此文本框不能为空，不能修改，也不会的原理图中显示出来。
- **Footprint（元件的封装形式）**：也就是元件的外形名称。有的元件有几种封装形式。例如，非门 74LS06 有双列直插式 DIP14 和表面贴装式 SMD14A。
- **Designator**：指定元件的编号。
- **Part Type**：元件的显示名称，一般与元件名称相同。但是，与元件名称没有任何关系。
- **Sheet Path**：元件的内部电路文件的名称，此项用得较少，也不显示在原理图中。
- **Part**：元件的单元号。此选项区域是针对复合式元件设置的，它指定使用复合式元件的哪个单元。通常放置的元件为功能单元，代表物理元件的一部分，如非门 74LS06 是由 14 个引脚组成的集成电路芯片。它包含 6 个等同的非门，将其分为功能相同的 6 个单元，每个单元功能都一样，都由不同的引脚组合来完成。如将此选项区域设置为 1，则表示使用第一个功能单元，其输入引脚为 3、输出引脚为 2，原理图此引脚的编号是在 Designator 的后面加上 A，如 U1A。如将此选项区域设置为 2，则表示使用第二个功能单元，其输入引脚为 5、输出引脚为 4，原理图此引脚的编号是在 Designator 的后面加上 B，如 U1B。
- **Selection**：确定元件是否处于选中状态。处于选中状态的对象可以用于编辑处理。此项也可用菜单命令 Edit|Select 来实现。
- **Hidden Pins**：确定是否显示引脚。打钩表示显示。设置结果，如图 4-23 所示。



- **Hidden Fields:** 是否显示标注选项区域内容。打钩表示显示, 每个元件都有 16 个标注, 可输入有关元件的任何信息, 如生产厂家。如果标注中没有输入信息, 显示结果则为 “\*”。

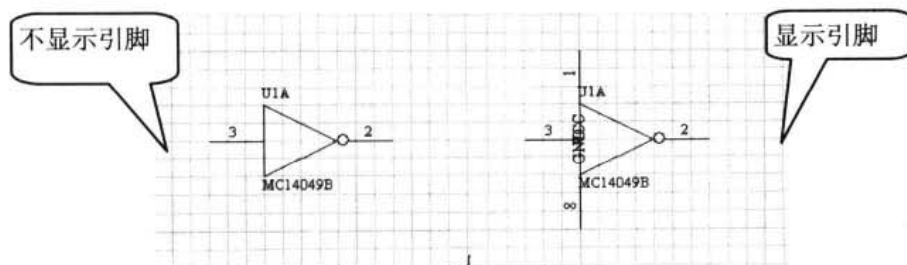


图 4-23 显示/隐藏引脚的结果

- **Field Names:** 是否显示标注的名称。如在复选框打上钩, 将显示 16 个标注选项区域名称 Part Field 1~Part Field 16。

## 2. Graphical Attrs 选项卡

它主要确定元件的图形显示属性, 如图 4-24 所示。现将每个选项区域加以说明如下:

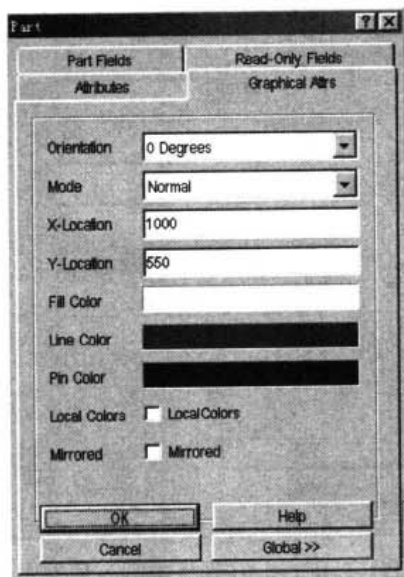


图 4-24 元件属性对话框的 Graphical Attrs (图形) 选项卡

- **Orientation:** 设置元件的摆放方向。单击右边的下拉按钮, 将出现方向选择列表框, 分别为  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  共 4 个方向。
- **Mode:** 设置元件的图形显示模式。一般地说, 元件有 3 种显示模式: 正常模式 (Normal)、狄摩根模式 (Demorgan) 及 IEEE 模式。其中, 每个元件必须有正常模式, 而不一定有其他两种模式。
- **X-Location、Y-Location:** 元件的位置, 即元件参考点的坐标。
- **Fill Color:** 设置电路方块图式元件的填充颜色。默认设置为黄色。
- **Line Color:** 设置元件边框颜色。默认设置为棕色。
- **Pin Color:** 设置元件引脚颜色。包括引脚线、引脚的电气特性符号、引脚号的颜色, 默认为黑色。

- Local Colors: 此复选框设置是否使用 Fill Color、Line Color、Pin Color 选项区域所设置的顏色。打钩则表示使用其设置的顏色。
- Mirrored: 此复选框设置元件是否要左右翻转。

### 3. Part Fields 选项卡

此选项卡设置元件标注选项区域的 1~16 项, 可以在其中任何一个选项区域输入任何的字符信息。“\*”则表示选项区域是空的。

### 4. Read-Only Fields 选项卡

此选项卡设置元件的只读属性。一般地说, 在 Description 选项区域可输入元件的模式信息, 在 Field 1~Field 8 可输入生产厂家信息。当然, 也可以输入其他信息。

## 4-3-3 元件名显示属性设置

从上面的叙述可知, 元件属性对话框没有元件名的属性设置, 原因是它们可以单独设置。在放置过程中是不能设置其属性的, 只有已经放置的元件才能更改其名称的显示属性。

用鼠标左键双击元件名, 将弹出如图 4-25 所示的 Part Type (元件类型) 属性对话框。

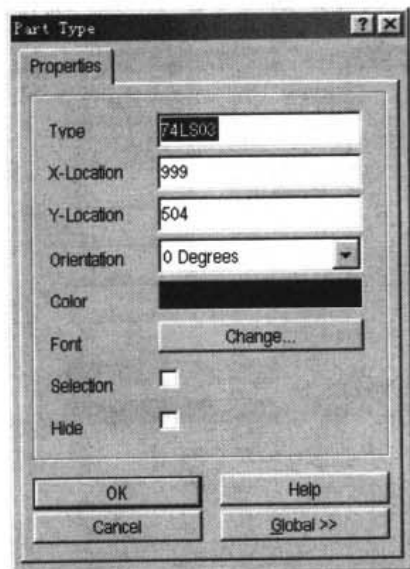


图 4-25 Part Type (元件类型) 属性对话框

现将其中的每项设置加以说明如下:

- Type: 设置元件的显示名称, 与放置元件时输入元件库引用名无关。但是, 一般是相同的。
- X-Location、Y-Location: 设置元件名的显示位置, 可以把元件名显示在离元件很远的地方。
- Orientation: 元件名的显示方向, 与元件的显示方向设置相同。
- Color: 元件名的显示颜色, 默认为深蓝色。
- Font: 设置元件名的显示字体。

## 4-3-4 元件编号的显示属性设置

与元件名一样, 元件编号的属性也是单独设置的。双击某元件的编号, 将弹出如图 4-26



所示的 Part Designator (元件编号) 属性对话框, 其设置方法与设置元件名相同。

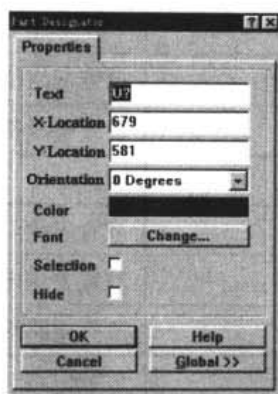


图 4-26 Part Designator (元件编号) 属性对话框

## 4-4 电路绘制工具

原理图中所有的组成单位都可视为对象。也就是说, 各种各样的对象构成了整个原理图。对象分为两类: 具有电气特性的对象称之为电气设计对象, 不具有电气特性的对象称之为非电气设计对象。

在编辑原理图的过程中, 需要使用电路绘制命令放置各种各样的电气设计对象, 如元件、导线、总线等。它们构成了完整的电路, 可以转换生成网络表, 以便进行印刷电路板的设计。绘制原理图有以下 3 种方法。

### 4-4-1 使用 WiringTools (电路绘制) 工具栏

此方法是直接用鼠标左键单击工具栏中的各种按钮, 就可以放置对应的电路设计对象。

#### 1. 电路绘制工具栏的打开与关闭



要打开电路绘制工具栏, 单击主工具栏的 Toggle Wiring toolbar on or off 按钮 , 或执行菜单命令 View|Toolbars|Wiring Tools, 即可打开电路绘制工具栏, 如图 4-27 所示。电路绘制工具栏的显示和关闭是切换式操作的。如要关闭已经打开的电路绘制工具栏, 只需再次单击主工具栏上的按钮 , 或执行菜单命令 View|Toolbars|Wiring Tools 即可。



图 4-27 电路绘制工具栏










#### 2. 电路绘图工具栏介绍

电路绘制工具栏各按钮的功能, 如表 4-3 所示。

表 4-3 电路绘制工具栏各按钮功能

按钮	功能
	画导线
	画总线
	画总线分支

续上表

按钮	功能
	放置网络标号
	放置电源符号
	放置元件
	放置方块电路图
	放置方块电路出入口
	放置电路端口
	放置电路节点
	放置忽略 ERC 检查点
	放置 PCB 布线指示

## 4-4-2 使用菜单命令

绘制电路工具栏的每个按钮命令都可以用菜单命令实现。单击主菜单的 Place 菜单，菜单命令的功能，如图 4-28 所示。

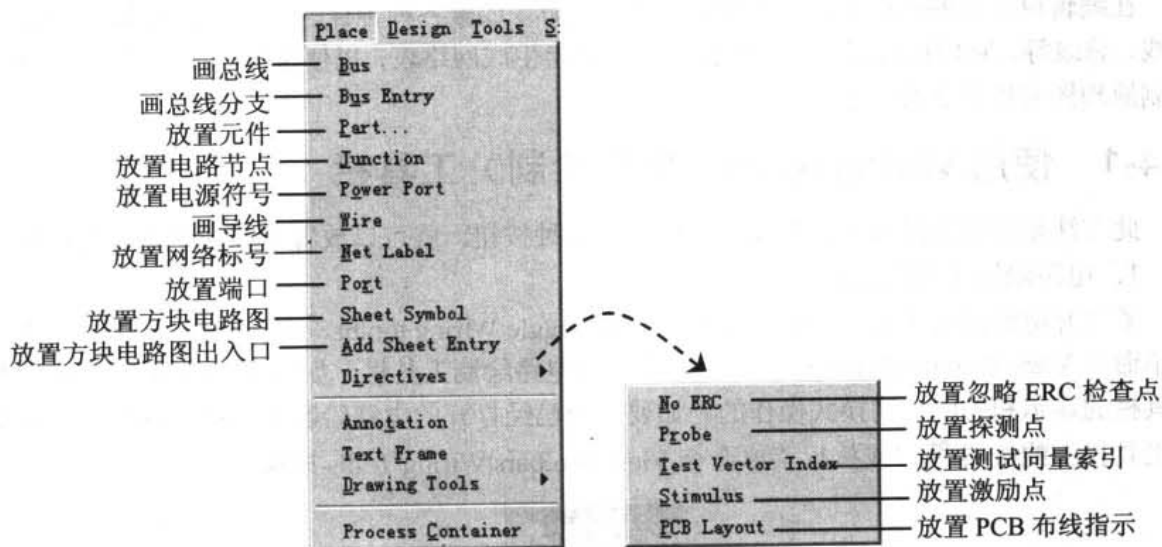


图 4-28 使用菜单命令放置电路设计对象

## 4-4-3 使用快捷键


主菜单的每个菜单项都有一个带下划线的字母，按住 Alt 键不放，然后按下带下划线的字母键就激活了该菜单项。例如，按下 Alt+P 后将激活 Place 下拉菜单。之后再按下菜单命令中带下划线的字母就选择了该命令。例如，按下 Alt+P+W 将选择 Wire 命令，即可进入画导线状态。

提示：在原理图中直接按下 P 键，将在当前光标处弹出 Place 快捷菜单。

### 4-4-4 画导线

导线是画原理图最常用的对象，电路的连接主要由导线来实现。

画导线的具体步骤如下：

- (1) 单击电路绘图工具栏 PlaceWire 按钮 ，或执行菜单命令 Place|Wire，或按下 Alt+P+W 键，即进入画导线状态，工作窗口下部的状态栏指示当前的命令执行状态为画导线以及画导线的方式，可用快捷键及光标设置。此时的光标也从箭头变成了十字光标。
- (2) 确定导线设置方式。一般来说，可选用 Any Angle（斜线）方式。移动十字光标，此时浮动导线段的终点附在光标上也跟着光标移动，显示结果如图 4-29 中 U1A.2 脚到 U2.1 脚所示。按下空格键，设置导线方式转换为自动画线方式，如图 4-29 中 U1B.4 脚到 U2.2 脚所示。此种方式下十字光标带出的为虚斜线，最终画出的导线将绕过其间的障碍物；继续按下空格键，导线放置方式将转换到垂直导线开始方式、垂直导线结束方式、45 度导线开始方式和 45 度导线结束方式，再按空格键又回到斜线方式。

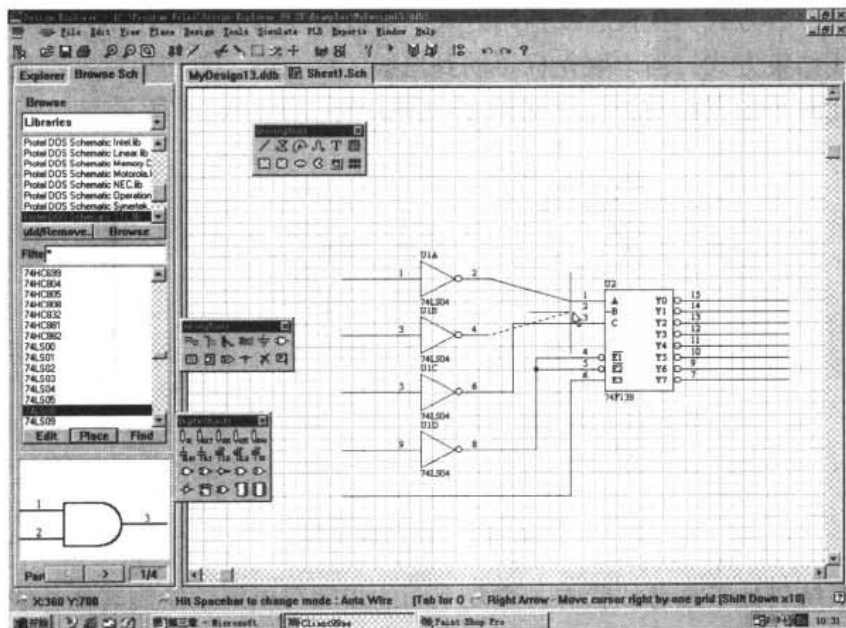


图 4-29 绘制导线后的原理图

- (3) 退出画导线状态。单击鼠标右键或按 Esc 键，系统退出画导线状态回到待命状态。

导线属性设置

当系统处于画导线方式时，按下 Tab 键将弹出 Wire（导线）属性设置对话框，如图 4-30 所示。

现将对话框中的设置的介绍如下：

- Wire 下拉列表框：设置导线宽度，单击列表框右边的下拉按钮，将出现选择导线宽度的列表框，有 Smallest（最小）、Small（小）、Medium（中）和 Large（大）等 4 种类型可供选择。

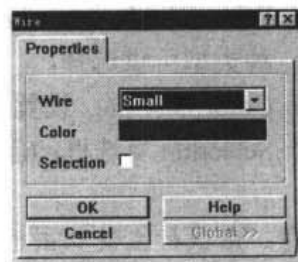


图 4-30 Wire（导线）属性设置对话框


- Color 颜色设置框：单击它可设置导线的显示颜色。
- Selection 复选框：确定对象是否处于选择状态。处于选择状态的对象可以用于编辑。

注意：用鼠标左键双击已经画好的导线也可以更改导线属性。

## 4-4-5 画总线

总线代表了多条并行导线的集合，合理组织总线会使原理图更加明晰。并且，总线也可以赋予网络标号。

画总线的具体步骤如下：

- (1) 单击电路绘图工具栏 PlaceBus 按钮 ，或执行菜单命令 Place|Bus，或按下 Alt+P+B 键，即进入画总线状态。画总线方法与画导线相同，移动十字光标到总线起点位置，单击鼠标左键或按 Enter，即可确定总线起点。
- (2) 按空格键改变总线放置方式。与画导线一样，总线也有 6 种放置方式：斜线方式、自动画总线方式、垂直总线开始方式、垂直总线结束方式、45 度总线开始方式、45 度总线结束方式。当十字光标移动到总线的终点后，单击鼠标左键就可确认总线终点。此时单击鼠标右键就完成绘制一条总线，如图 4-31 所示。

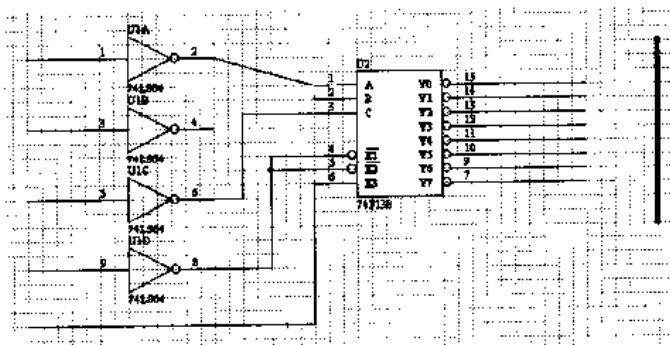


图 4-31 总线绘制实例

- (3) 此时系统仍处于画总线状态，重复上面的步骤可以继续绘制其他总线，也可单击鼠标右键或 Esc 键，退出画总线状态。

总线属性设置

在放置总线过程中按下 Tab 键，将弹出 Bus (总线) 属性设置对话框。它与导线属性对话框的设置基本相同。


- Wire Width 下拉列表框：设置总线宽度，有 Smallest、Small、Medium 和 Large 四种类型可供选择。
- Color 选择框：设置总线显示颜色。
- Selection 复选框：确定对象是否处于选择状态。处于选择状态的对象可以用于编辑。

注意：用鼠标左键双击已经画好的总线 (Bus)，也可以更改总线属性。

### 4-4-6 画总线分支

总线分支是总线和导线的连接点，表示总线分开为一系列导线和一条导线会合成一条总线。

画总线分支的具体步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 Place|Bus Entry，或用鼠标左键单击电路绘图工具栏 PlaceBusEntry 按钮，或按下 Alt+P+U 键，即进入放置总线分支状态。
- (2) 执行命令后，光标从箭头变成了十字光标并带上浮动的总线分支。单击空格键，总线分支将顺时针方向旋转 90°，或按 X 键将绕水平线翻转，或按 Y 键将绕垂直线翻转。
- (3) 移动浮动总线分支到适当位置后，单击鼠标左键或按 Enter 键放置一条总线分支。
- (4) 系统仍处于放置总线分支状态，十字光标仍带着浮动总线分支，单击鼠标左键继续放置其他分支，或者单击鼠标右键或按 Esc 键，即退出绘制总线分支，如图 4-32 所示。

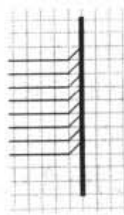


图 4-32 放置总线分支实例

总线分支属性设置

当总线分支处于浮动状态时，按下 Tab 键将弹出 Bus Entry（总线分支）属性对话框，如图 4-33 所示。利用其设置对话框可以修改总线分支的位置、宽度、显示颜色及选择属性。

现将各项设置分别介绍如下：

- X1-Location、Y1-Location：总线分支的起点位置，即处于放置状态时十字光标的位置。
- X2-Location、Y2-Location：总线分支的终点位置。一般地说，总线分支为 45° 或 135° 的斜线段。可以利用 X1、Y1 和 X2、Y2 的合理配合达到所需要的总线分支。

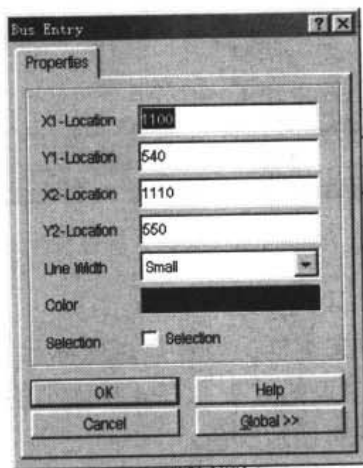


图 4-33 Bus Entry（总线分支）属性设置对话框


- Line Width 下拉列表框：总线分支的显示宽度。总线分支宽度与导线宽度一样也有 4 种。

- Color 选择框：设置总线分支的显示颜色。
- Selection 复选框：确定总线分支是否处于选中状态。

## 4-4-7 放置电路节点

电路节点表示多条导线或元件引脚在交叉点的物理连接。“T”字形的 2 条导线在交点处会自动放置节点。

放置电路节点的具体步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 Place|Junction，或用鼠标左键单击电路绘图工具栏 Place Junction 按钮，或按下 Alt+P+J 键，即进入放置节点状态，状态栏指示系统当前状态。
- (2) 系统执行命令后，光标从箭头变成了十字光标并带上浮动节点。移动光标到需要放置节点的位置，单击鼠标左键放置一个节点。
- (3) 此时系统仍处于放置节点状态，可以继续放置其他节点，或者单击鼠标右键或按 Esc 键，退出放置节点状态回到待命状态，如图 4-34 所示。

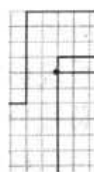


图 4-34 待命状态

设置节点属性

当系统处于放置节点时，按下 Tab 键设置此时放置的节点属性，系统即弹出如图 4-35 所示的 Junction（节点）属性设置对话框。

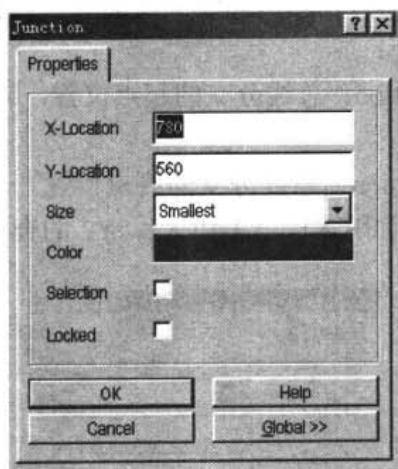


图 4-35 Junction（节点）属性设置对话框

现将对话框中的各项设置介绍如下：

- X-Location、Y-Location 文本框：设置节点坐标。
- Size 下拉列表框：设置节点的大小。有 4 种大小的节点可供设置。
- Color 选择框：设置节点的显示颜色。
- Selection 复选框：确定节点是否处于选中状态。处于选中状态的对象可以用于编辑。此项也可用菜单命令 Edit|Select 来实现。
- Locked 复选框：如果选中 Locked 属性，则导线的连接特性移去后，节点将继续存在，即使节点是多余的也不自动删除。如果不选中此属性，只要导线间的连接不存

在，节点将自动删除。

注意：用鼠标左键双击已经放置的节点（Junction）也可以编辑节点属性。

### 4-4-8 放置电源符号

在 Protel 99 SE 中，电源和接地用单独的符号表示，具体是接地还是电源则用网络标号进行区分。放置电源符号的方法，除了利用电路绘图工具栏和菜单命令外，Protel 99 SE 还提供了 Power Objects（电源符号）工具栏。


如果系统没有打开电源符号工具栏，执行菜单命令 View|Toolbars|Power Objects，屏幕窗口将弹出电源符号工具栏，如图 4-36 所示。再执行一次菜单命令 View|Toolbars|Power Objects，系统便关闭电源符号工具栏。当然单击电源符号工具栏上的关闭按钮，同样也可关闭工具栏。



图 4-36 Power Objects（电源符号）工具栏

利用电源符号工具栏放置电源符号，比较快捷方便。

放置电源符号的具体步骤如下：

- (1) 单击电路绘图工具栏 Place PowerPort 按钮，或执行菜单命令 Place|Power Port，或按下 Alt+P+O 键，或单击电源符号工具栏需要的电源符号钮，即进入电源符号放置状态。
- (2) 执行命令后，光标形状变成了十字，并附上了浮动的电源符号，按下空格键改变电源符号的放置方向。
- (3) 移动十字光标到适当位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键放置一个电源符号。如图 4-37 所示。

电源符号属性设置

电源符号的属性很重要，它决定了电源符号的显示形式和网络标号。电源和接地一般都有默认形式。系统认为相同网络标号的电源符号是连接在一起的。当电源符号处于浮动状态时，按下 Tab 键将弹出 Power Port（电源符号）属性对话框，如图 4-38 所示。对话框中的各项设置如下：

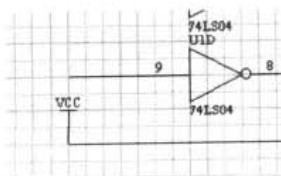


图 4-37 放置电源

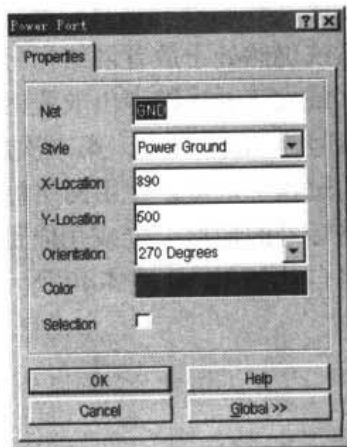


图 4-38 Power Port（电源符号）属性对话框



- Net: 此选项区域决定着电源符号的网络标号, 可以定义为任何网络标号。在整个项目中, 相同网络标号的电源符号将自动连接在一起。
- Style: 电源的显示类型, 有 Circle (圆圈形)、Arrow (箭头形)、Bar (T 形条)、Wave (波形)、Power Ground (电源地)、Signal Ground (信号地) 和 Earth (大地) 等类型可供选择。每种类型的电源符号与其显示的对应关系, 如图 4-39 所示。

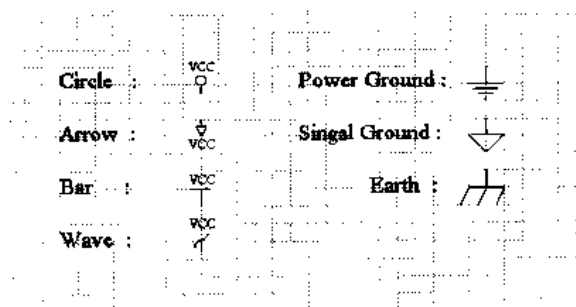



图 4-39 电源符号类型名及其显示

- X-Location、Y-Location 文本框: 设置电源符号位置。
- Orientation 下拉列表框: 电源符号的方向。有 0 Degrees、90 Degrees、180 Degrees 和 270 Degrees 等 4 种方向可供选择。
- Color 选择框: 设置电源符号的显示颜色。
- Selection 复选框: 确定电源符号是否处于选中状态。

### 4-4-9 放置网络标号

网络标号是原理图中非常重要的元素, 它代表了元件引脚之间的逻辑连接, 其作用范围可以是一张原理图, 也可以是一个项目中的所有原理图。

放置 Net Label (网络标号) 的具体步骤如下:

- (1) 执行菜单命令 Place|Net Label, 或用鼠标左键单击电路绘图工具栏 Place Net Label 按钮 , 或按下 Alt+P+N 键, 即进入放置网络标号的状态。
- (2) 执行命令后, 光标形状变成了十字形状, 并附上了一虚框浮动的网络标号, 按下空格键改变网络标号的放置方向。
- (3) 移动十字光标到适当位置, 单击鼠标左键或按下 Enter 键放置一个网络标号。
- (4) 此时系统仍然处于放置网络标号状态, 可以继续放置其他网络标号, 或者单击鼠标右键, 或按下 Esc 键弹出放置网络标号状态。第一次使用 Protel 99 SE 时, 默认的网络标号为 NetLabel1, 第二次放置的网络标号为 NetLabel2, 依此类推。放置网络标号的过程中, 可以使用网络标号属性设置对话框随时更改网络标号。如果所定义的网络标号的最后一位或几位是数字, 在下一次放置网络标号时, 网络标号最后的数字将自动加 1, 如图 4-40 所示。



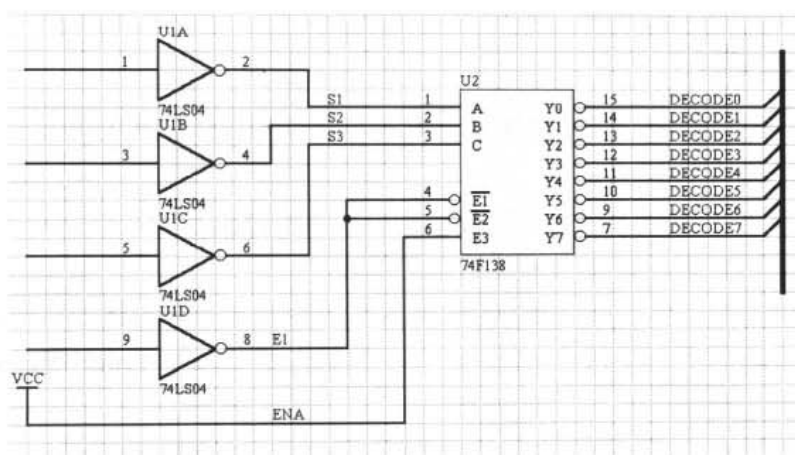


图 4-40 放置网络标号实例

### 网络标号属性设置

在放置网络标号时，按 Tab 键弹出 Net Label（网络标号）属性设置对话框，如图 4-41 所示。利用它可以设置网络标号的各种属性，如网络标号名、位置、颜色、字体等。

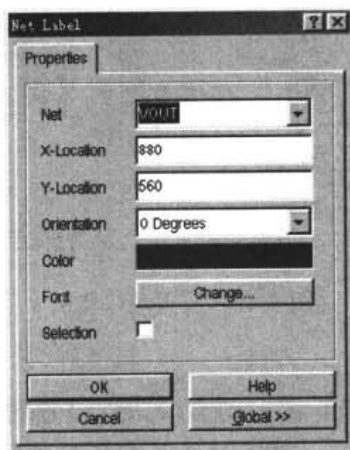


图 4-41 Net Label（网络标号）属性设置对话框

现将网络标号属性对话框的各个选项区域介绍如下：


- Net: 此选项区域为网络标号的名称即网络名，系统会认为相同的网络名是相互连接在一起的。
- X-Location、Y-Location: 设置网络标号的位置。
- Orientation: 电源符号的方向。有 4 种方向可供选择：0 Degrees (0°)、90 Degrees (90°)、180 Degrees (180°)、270 Degrees (270°)。
- Color: 设置网络标号的显示颜色。用鼠标单击右边的颜色框，在弹出颜色选择对话框中进行选择，或自定义适当的颜色。
- Font: 设置网络标号的字体。
- Selection 复选框: 确定网络标号是否处于选中状态。

注意：用鼠标左键双击已经放置的网络标号（Net Label），也可以编辑网络标号的属性。

## 4-4-10 放置端口

在多张电路图的设计中，经常使用端口来表示各原理图纸之间的连接关系。

放置端口的步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 Place|Port，或用鼠标左键单击电路绘图工具栏 PlacePort 按钮 ，或按下 Alt+P+R 键，即进入放置端口的状态。
- (2) 确定端口的左边界。执行命令后，光标形状变成了十字形状，并带上了一个浮动的端口；移动十字光标到适当位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键，即可确定端口的左边界。
- (3) 确定端口的右边界。端口左边界确定后，其右边界随着光标的移动而移动，单击鼠标左键或按下 Enter 键，即可确定端口的右边界。
- (4) 此时系统仍然处于放置端口状态，可以继续放置其他端口，或者单击鼠标右键，或按下 Esc 键弹出放置端口状态。将前面的实例增加端口，即如图 4-42 所示。

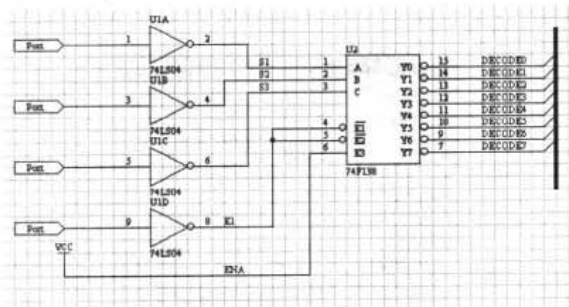


图 4-42 放置端口实例

### 端口属性设置

在放置端口的过程中，按下 Tab 键启动端口属性设置对话框，如图 4-43 所示。利用它即可设置端口的电气特性和显示特性。现将对话框的各选项区域说明如下：

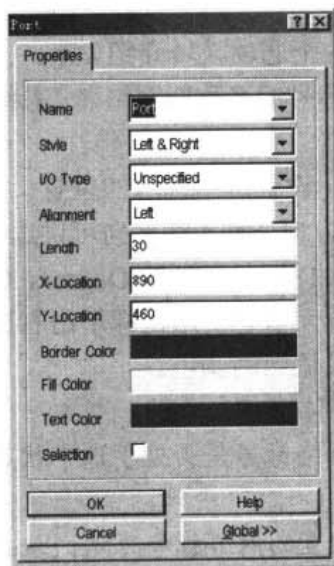


图 4-43 Port (端口) 属性设置对话框

- **Name:** 端口名称。显示在端口内, 与网络名相似。通过项目菜单参数设置, 可以使项目中相同端口名相互连接。在多层次电路设计中, 它一般的可与方块电路图配合使用, 方块电路图中的出入口与其表示的电路图中的对应端口是电气连接的。

**注意:** 端口名与网络名是独立的, 相同名称的端口与网络标号不具有连通性。

- **Style:** 端口的显示类型。共有 None、Left、Right 和 Left&Right 等 4 种端口类型可供选择, 每种端口类型的显示如图 4-44 所示。

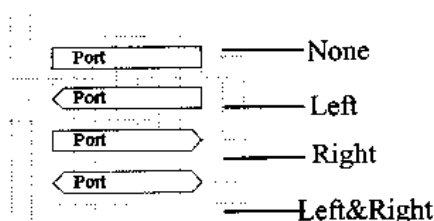


图 4-44 端口类型及其显示


- **I/O Style:** 说明此端口为何种 I/O 类型, 它表征了端口的电气特性。有 Unspecified (无端口)、Output (输出端口)、Input (输入端口) 和 Bidirectional (双向端口) 4 种类型。
- **Alignment:** 指明端口名在端口框中的显示位置。有 Center (中心对齐) Left (左对齐) Right (右对齐) 3 种对齐方式。
- **Width:** 端口的左边界到右边界的距离;
- **X-Location、Y-Location:** 端口左下角位置;
- **Border:** 端口边缘颜色, 默认设置为深棕色。。
- **Fill Color:** 端口内的填充颜色, 默认设置为黄色。
- **Text:** 端口中文字显示颜色, 默认设置为深棕色。
- **Selection 复选框:** 指示和设置端口是否处于选中状态。打钩表示处于选中状态。

**注意:** 用鼠标左键双击已放置的端口 (Port), 也可以编辑端口属性。

### 4-4-11 放置方块电路图

方块电路图 (Sheet Symbol) 用于多层次电路设计。父电路图中的方块电路图代表了一个子电路图, 子电路图是一张独立的电路, 故方块电路图具有原理图文件名属性。在进行 ERC 检查和生成网络表时, 利用原理图文件名属性表示父电路图和子电路图之间的连接关系。

放置方块电路图的具体步骤如下:

- (1) 执行菜单命令 Place|Sheet Symbol, 或用鼠标左键单击电路绘图工具栏 PlaceSheet Symbol 按钮 , 或按下 Alt+P+S 键, 系统即进入放置方块电路图状态。
- (2) 确定方块电路图的左上角。执行命令后, 光标形状变成了十字形状, 并附带上了一个默认大小的方块电路图; 移动十字光标到适当位置, 单击鼠标左键或按下 Enter 键即可确定方块图的左上角。

(3) 确定方块电路图的右下角。再移动十字光标到另一个适当位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键确定方块图的右下角，从而便完成了画一个方块图。执行过程，如图 4-45 所示。

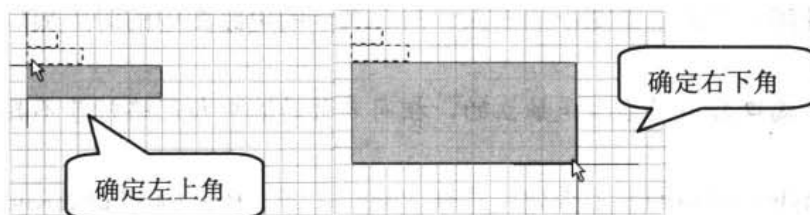


图 4-45 放置方块电路图

(4) 此时系统仍然处于放置方块电路图状态，可继续放置其他方块图。其默认大小为上次放置的方块图大小，连续单击鼠标左键或按 Enter 键，将以默认的大小放置方块电路图。或者单击鼠标右键，或按 Esc 键，退出放置方块电路图状态。

## 1. 方块电路图属性设置

在放置方块电路图的过程中，按下 Tab 键将弹出方块图属性对话框，如图 4-46 所示。利用属性对话框可以设置方块图的大小、位置和代表的原理图文件名等。

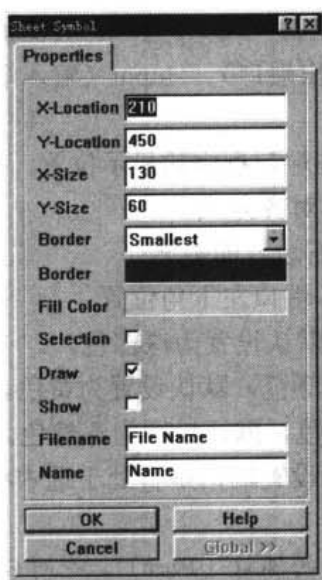


图 4-46 Sheet Symbol (方块电路图) 属性对话框

现将每个选项区域加以说明如下：

- X-Location、Y-Location: 方块电路图左上角位置。
- X-Size、Y-Size: 方块电路图的长度和高度。
- Border Style: 方块电路图的边框宽度。
- Border Color: 边框颜色，默认为黑色。用鼠标单击 Border Color 右边的颜色框，在弹出颜色选择对话框进行选择，或自定义适当的颜色。
- Fill Color: 方块电路图填充颜色，默认为绿色。与设置边框颜色相同的方法设置。
- Selection: 指示和设置方块电路图是否处于选中状态。打钩表示处于选中状态。
- Draw: 是否绘制方块电路图的填充区，打钩表示需要填充。
- Show: 是否显示方块电路图名称和所代表的原理图文件名，打钩表示显示它们。

- **Filename:** 方块电路图所代表的原理图文件名, 显示的文件名可单独编辑。
- **Name:** 方块电路图名称, 也可以单独编辑。

方块电路出入口只能放置于方块电路图中, 代表方块电路图的输出/输入端口, 并与方块电路图所对应的子电路图中端口保持一致并相互连接的。图 4-47 表示了方块电路出入口与方块电路图对应子原理图之间的关系。

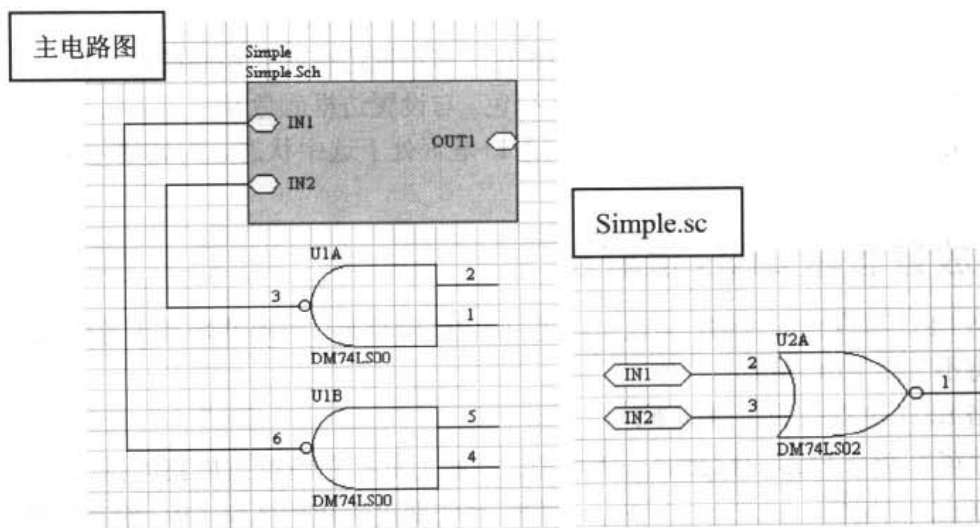


图 4-47 方块电路出入口作用示意图

应将主电路图中方块电路出入口 IN1 和 IN2 与子电路图 (Simple.sch) 的端口 IN1 和 IN2 对应, U1A 引脚 3 连至 U2A 引脚 3, U1B 引脚 6 连至 U2A 引脚 6。

## 2. 方块电路出入口属性设置

在选定方块电路图出现了浮动方块电路出入口后, 按下 Tab 键, 系统即弹出 Sheet Entry (方块电路出入口) 属性对话框, 如图 4-48 所示。

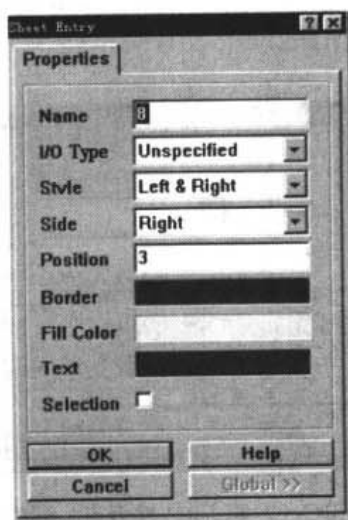


图 4-48 Sheet Entry (方块电路出入口) 属性对话框


- **Name:** 方块电路出入口名称, 系统用此名称与子电路图端口的名称找出连接关系。
- **I/O Style:** 说明此出入口为何种 I/O 类型, 表示了出入口的电气特性。它的类型与端口的 I/O Style 的设置相同。

- **Style:** 方块电路出入口的显示类型。意义同前端口设置。
- **Side:** 决定方块电路出入口放置在方块电路图的哪一侧，是 Left（左侧）或 Right（右侧）。
- **Position:** 表示出入口在方块图中的位置，从上往下计数。
- **Border Color:** 边框颜色，默认设置为深棕色。用鼠标单击 Border Color 右边的颜色框，在弹出颜色选择对话框选择或自定义适当的颜色。
- **Fill Color:** 出入口填充颜色，默认为黄色。与设置边框颜色相同的方法设置其颜色。
- **Text Color:** 出入口名颜色，默认为深棕色。与设置边框颜色相同的方法设置其颜色。
- **Selection:** 指示和设置方块电路图出入口是否处于选中状态。打钩表示处于选中状态。

## 4-4-12 放置忽略 ERC 检查点

放置忽略 ERC 检查点的目的，是在电路进行 ERC 检查时，对那些增加了忽略 ERC 检查标志的对象将不进行 ERC 检查。

放置忽略 ERC 检查点的步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 Place | Directives | NO ERC，或用鼠标左键单击电路绘图工具栏 Place No ERC 按钮 ，或按下 Alt+P+I+N 键，系统即进入放置忽略 ERC 检查点的命令状态。
- (2) 命令执行完成后，光标从箭头变成了十字光标并带上了浮动的忽略 ERC 检查符号；移动光标到适当位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键，放置一个忽略 ERC 检查点。
- (3) 此时系统仍处于放置忽略 ERC 检查点状态，可以按照上面的方法继续放置忽略 ERC 检查点，或者单击鼠标右键或按 Esc 键，退出放置状态。

忽略 ERC 检查点的属性设置

当系统处于放置忽略 ERC 检查点状态时，按下 Tab 键将弹出 No ERC（忽略 ERC 检查点）属性编辑对话框，如图 4-49 所示。



图 4-49 No ERC（忽略 ERC 检查点）属性编辑对话框

- **X-Location、Y-Location:** 忽略 ERC 检查符号位置。
- **Color:** 设置忽略 ERC 检查符号的显示颜色，用鼠标单击右边的颜色框，从弹出的颜色选择对话框中选择需要的颜色，也可以自行定义颜色；


- Selection: 指示和设置忽略 ERC 检查符号是否处于选中状态。打钩表示处于选中状态。

注意: 单击已经放置的忽略 ERC 检查符号也可以更改其属性。

### 4-4-13 放置 PCB 布线指示

原理图是不用进行 PCB 布线指示的。它只用在进行 PCB 板设计时的某网络的布线指示, 如走线宽度和策略。

放置 PCB 布线指示的步骤如下:

- (1) 执行菜单命令 Place|Directives|PCB Layout, 或用鼠标左键单击电路绘图工具栏 PlacePCBLayoutDirectives 按钮 , 或按下 Alt+P+I+P 键, 系统即进入放置 PCB 布线指示命令状态。
- (2) 命令执行后, 光标由箭头变成了十字光标并带上了浮动的 PCB 布线指示符号, 如图 4-50 所示。移动光标到适当位置, 单击鼠标左键或按下 Enter 键, 即可放置一个 PCB 布线指示。

PCB 布线指示属性设置

当系统处于放置 PCB 布线指示状态时, 按下 Tab 键将弹出 PCB Layout (PCB 布线指示) 属性编辑对话框, 如图 4-51 所示。

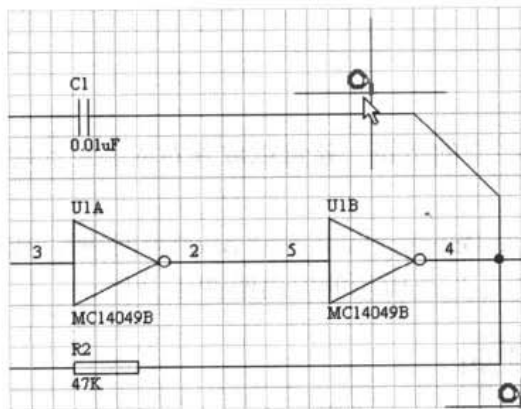


图 4-50 放置 PCB 布线指示

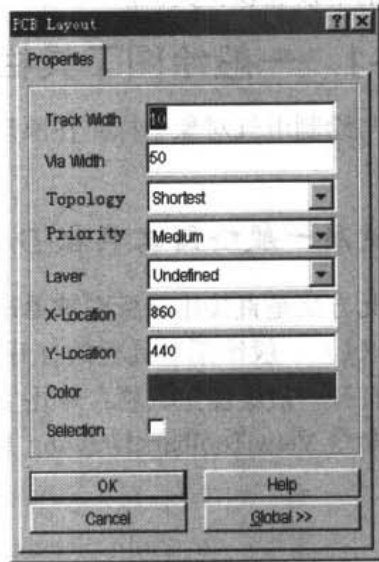


图 4-51 PCB Layout (PCB 布线指示) 属性对话框

- Track Width: 设计 PCB 板时此网络的走线宽度, 默认宽度 10mil。
- Via Width: 设计 PCB 板时此网络的过孔尺寸, 默认大小 50mil。
- Topology: PCB 布线标注网络在设计 PCB 板时的布线策略, 单击 Topology 右边的下拉按钮, 在下拉列表框中选择需要的策略。有以下几种方法可供选择: X-Bias (水平偏离方式)、Y-Bias (垂直偏离方式)、Shortest (最短长度)、Daisy Chain (菊



花链式)、Min Daisy Chain (小菊花链式)、Start/End Daisy Chain (头尾式菊花链式) 和 Star Point (星形)。

- Priority: 指定网络的布线优先次序, 优先级高的网络先走线。优先级共有 5 类: Highest (最高)、High (高)、Medium (中)、Low (低) 和 Lowest (最低)。
- Layer: 指定网络在 PCB 的哪一层上布线, Protel 99 SE 支持 16 层信号层和 4 层电源层; 如果设置为 Undefined (默认设置), 那么此网络可以在 PCB 板开放的任意层上走线。
- X-Location、Y-Location: PCB 布线指示符号位置。
- Color: 设置 PCB 布线指示符号的显示颜色。用鼠标单击右边的颜色框, 从弹出的颜色选择对话框中选择需要的颜色, 也可以使用自定义颜色。
- Selection: 指示和设置 PCB 布线指示符号是否处于选中状态。打钩表示处于选中状态。

注意: 单击已经放置的 PCB 布线指示符号, 也可以更改其属性。

## 4-5 一般的绘图工具

一般的绘图工具的使用, 包括注释、文字块、直线、圆弧、椭圆、图片等。在原理图中, 它们为非电气的设计对象, 不具有电气特性, 生成网络表时将被忽略, 其主要作用是增加原理图的可读性以及美观度。

### 4-5-1 一般绘图工具栏的打开

与绘制电气对象一样, 在原理图绘制中不具有电气特性的一般图形使用下面三种方法实现:

#### 1. 使用一般绘图工具栏(Drawing Tools)

此方法是直接用鼠标左键单击一般绘图工具栏中的按钮, 就可以放置对应的设计对象。

(1) 一般绘图工具栏的打开与关闭



打开一般绘图工具栏: 单击主工具栏的 Toggle Drawing toolbar on or off 按钮 , 或执行菜单命令 View|Toolbars|Drawing Tools, 即出现如图 4-52 所示的电路绘图工具栏。



图 4-52 一般绘图工具栏













关闭一般绘图工具栏: 电路绘制工具栏的显示和关闭是切换式操作的, 单击主工具栏上的按钮 , 或执行菜单命令 View|Toolbars|Drawing Tools, 或单击 Drawing Tools 工具栏的关闭按钮, 即可关闭绘图工具栏。

(2) 一般绘图工具栏介绍

一般绘图工具栏各按钮的功能如表 4-4 所示。



表 4-4 一般绘图工具栏各按钮的功能

按钮	功能
	画直线
	画多边形
	画圆弧
	画曲线
	放置单行注释
	放置文字区块
	画矩形
	画圆角矩形
	画椭圆
	画馅饼图
	放置图片
	阵列式放置

## 2. 使用菜单命令

一般绘图工具栏的每个按钮命令都可以用菜单命令实现。但是，画圆弧只能由菜单命令实现。执行菜单命令 Place|Drawing Tools，再单击相应的子菜单项，如图 4-53 所示。



图 4-53 使用菜单命令绘制原理图非电气对象


## 3. 使用快捷键

与绘制电路命令一样，每个原理图绘图命令也有相应的快捷键。在下面叙述每个绘图命令时都给出了快捷键以方便操作。下面，逐个介绍绘图命令。

## 4-5-2 画直线

现在讲述的画直线与前面讲的画导线虽然有很多相同特性，如放置模式、显示等。但是，现在画出的直线不具有电气特性，生成网络表时将忽视它的存在，千万不能弄混淆了。画直线的步骤与绘制导线基本相同。

画直线的步骤如下：

- (1) 单击一般绘图工具栏 PlaceLine 按钮 ，或执行菜单命令 Place | Drawing Tools | Line，或按下 Alt+P+D+L 键，系统将进入画直线状态。
- (2) 确定直线起点。将十字光标移动到适当位置，单击鼠标左键或按 Enter 键，就确定了直线的起点。
- (3) 确定绘制直线方式。默认的方式是斜线方式，移动十字光标，此时活动直线段的终点附在光标上也跟着光标移动，按下空格键，直线放置方式将在垂直直线开始方式、垂直直线结束方式、45° 直线开始方式、45° 直线结束方式和斜线方式间相互转换，如图 4-54 所示。

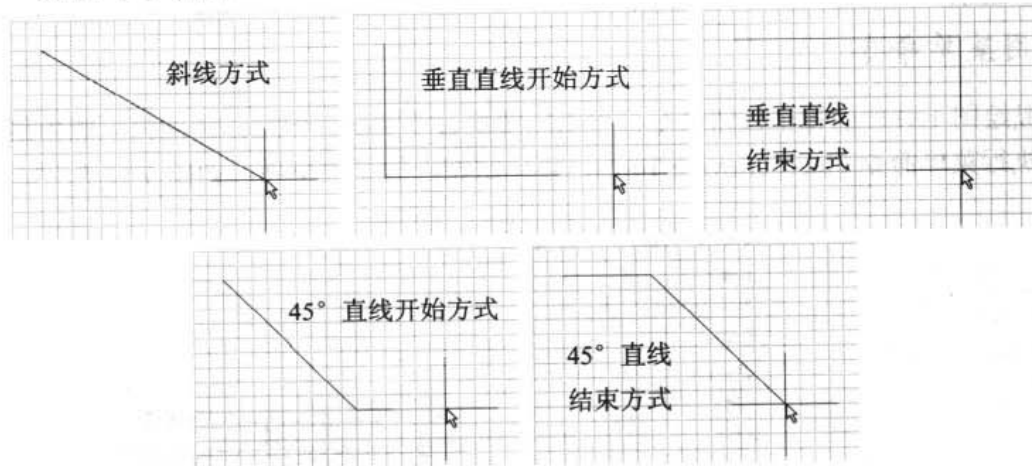


图 4-54 画直线的几种方式

- (4) 确定直线终点。可移动十字光标确定直线端点位置，单击鼠标左键或按 Enter 键，即可确定此段直线的终点。同时，它也是下一段直线的起点。移动光标到下一个位置，继续单击鼠标左键确定新的直线段，直到确定整个直线终点。
- (5) 退出画直线状态。单击鼠标右键或按 Esc 键，系统退出画直线状态回到待命状态。

直线属性设置

当系统处于画直线方式时，按下 Tab 键将弹出 PolyLine（直线）属性对话框，如图 4-55 所示。



图 4-55 PolyLine（直线）属性设置对话框

现将对话框中每项的设置介绍如下：

- **Line Width:** 直线宽度设置。单击 Line Width 选项区域右面的下拉按钮，从下拉列表框即可选择需要的宽度类型。Protel 99 SE 提供有 Smallest、Small、Medium 和 Large 等 4 种宽度的直线。
- **Line Style:** 直线线型设置，单击 Line Style 选项区域右边的下拉按钮，从下拉列表框选择需要的线型。Protel 99 SE 提供有 Solid（实线）、Dashed（虚线）和 Dotted（点线）3 种线型的直线。

**注意：**虚线和点线宽度选择不起作用，它们都只有一个宽度即最细宽度直线。


- **Color:** 设置直线显示颜色。
- **Selection:** 确定对象是否处于选择状态。打钩表示直线处于选中状态，可用于编辑处理。

**注意：**用鼠标左键双击已经画好的直线也可以更改直线的属性。

### 4-5-3 放置单行注释

原理图中经常需要放置简短的说明文字，以加强电路的可读性。因此 Protel 99 SE 中也含有向图中添加注释的功能。如需增加的注释很短，就可采用下面的单行注释功能。如果增加的文字较多，一行放不下，就要使用文字区块。

放置单行注释的步骤如下：

- (1) 鼠标左键单击一般绘图工具栏 PlaceAnnotation 按钮 ，或执行菜单命令 Place\Annotation，或按下 Alt+P+T 键，即进入执行放置单行注释命令状态。
- (2) 执行命令后，光标形状变成了十字形状，并附上了一个浮动注释虚框。按下空格键可改变单行注释的放置方向。
- (3) 移动十字光标到适当位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键，放置一个单行注释。
- (4) 此时系统仍然处于放置单行注释的命令状态，可以继续放置其他注释，或者单击鼠标右键或按下 Esc 键，退出放置单行注释状态。第一次使用 Protel 99 SE 时，默认的单行注释文字为 Text。放置单行注释过程中，可以使用单行注释属性设置对话框，随时更改注释文字。如果定义的单行注释的最后一位或几位是数字，在下一次放置单行注释时，系统会默认将注释文字的最后数字自动加 1，如图 4-56 所示。

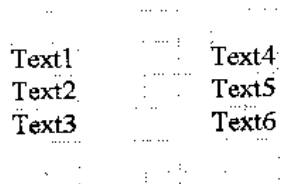


图 4-56 单行注释的 6 次连续放置

#### 单行注释的属性设置

在放置单行注释时，按 Tab 键弹出 Annotation（单行注释）属性设置对话框，如图 4-57 所示。利用它可以更改单行注释的各种属性，如注释的文字内容、位置、颜色、字体等。实际上我们常常利用设置对话框更改注释内容。

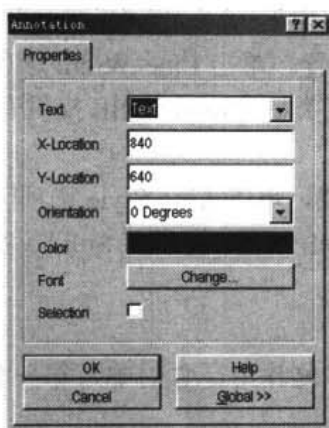


图 4-57 Annotation (单行注释) 属性对话框


现将单行注释属性对话框的每个选项设置分别介绍如下:

- Text: 注释的文字内容, 将显示在原理图上。
- X-Location、Y-Location: 单行注释的坐标位置, 指的是左下角的坐标。
- Orientation: 注释的显示方向。有 4 种方向可供选择: 0 Degrees (0°)、90 Degrees (90°)、180 Degrees (180°) 和 270 Degrees (270°)。
- Color: 设置单行注释的显示颜色。
- Font: 设置注释的显示字体。
- Selection: 显示和设置此单行注释是否处于选中状态。处于选中状态的对象可以用于编辑处理。

#### 4-5-4 放置文字区块

文字区块也是一种注释, 它能够容纳多行文字, 并能够进行更大范围的属性设置。

放置文字区块的步骤如下:

- (1) 鼠标左键单击一般绘图工具栏 Place|Text Frame 按钮 , 或执行菜单命令 Place|Text Frame, 或按下 Alt+P+F 键, 即进入执行放置文字区块命令状态。
- (2) 确定文字区块的放置方向。执行上一步命令后, 光标从箭头变成了十字光标, 并附带有虚线组成的浮动文字区块, 光标处于浮动文字区块的左下角, 按空格键可改变浮动区块的方向。
- (3) 确定文字区块的左下角。移动十字光标到合适位置, 单击鼠标左键或按 Enter 键, 即可确定区块左下角位置。
- (4) 确定文字区块的右上角。区块左下角固定后, 光标移到了浮动文字区块的右上角, 区块的大小随着光标的移动而改变, 将十字光标移动到合适位置, 单击鼠标左键或按 Enter 键就可确定区块的右上角位置。这样便完成了放置一个文字区块。此时系统仍然处于放置文字区块状态, 可以继续放置其他的文字区块, 单击鼠标右键或按下 Esc 键, 退出放置文字区块状态。

文字区块属性设置

在放置文字区块过程中, 随时可按 Tab 键弹出 Text Frame (文字区块) 属性设置对话框, 如图 4-58 所示。

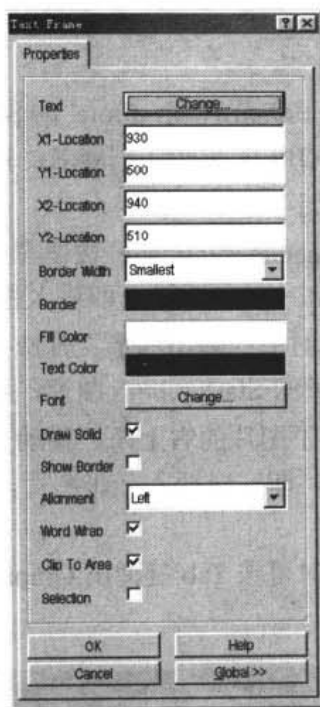


图 4-58 Text Frame (文字区块) 属性设置对话框


现将文字区块属性对话框各选项的设置介绍如下：

- Text: 单击 Change 按钮可更改文字区块的内容。
- X1-Location、Y1-Location: 文字区块左下角坐标, 修改此坐标将改变文字区块的大小。
- X2-Location、Y2-Location: 文字区块右上角坐标, 修改此坐标同样会改变文字区块的大小。
- Border Width: 文字区块边框线的宽度, 与直线的宽度设置相同, 有 4 种宽度可供选择: Smallest、Small、Medium 和 Large。
- Border Color: 文字区块的边框线颜色。
- Fill Color: 填充颜色, 默认为白色。其设置方法与边框颜色的设置方法相同。
- Text Color: 文字颜色, 默认为黑色。
- Font: 设置文字的显示字体。
- Draw Solid: 确定是否填充 Fill Color 选项区域设置的颜色, 打勾表示填充。
- Show Solid: 是否显示边框线, 打勾表示显示。
- Alignment: 文字的对齐方式, Protel 99 SE 提供有 3 种对齐方式: Center、Left 和 Right。
- Word Wrao: 确定文字超出边框时是否自动换行。
- Clip To Area: 如果文字超出了边框, 确定是否显示出来。
- Selection: 显示和设置文字区块是否处于选中状态。处于选中状态的对象可以用于编辑处理。

## 4-5-5 放置图片

在原理图中插入图片可以增强其美观程度，Protel 99 SE 支持的图形文件类型有：位图文件（扩展名：BMP、DIB、RLE）、JPEG 文件（扩展名：JPG）和图元文件（WMF）。

放置图片的步骤如下：

- (1) 单击一般绘图工具栏 PlaceGraphicImage 按钮，或执行菜单命令 Place|Drawing Tools|Graphic，或按下 Alt+P+D+G 键，即进入执行放置图片命令状态。
- (2) 选择插入的图片文件。此时系统弹出图形文件选择对话框，选择需要插入的图片，例如，选择 System 目录下的 Startup.bmp 图片，再单击“打开”按钮。
- (3) 确定图片尺寸。光标移到了图片的右上角，移动光标位置改变其尺寸大小，单击鼠标左键或按 Enter 键确定，即完成插入一张图片。

图片属性设置

当选择图形文件并打开后，随时可按 Tab 键弹出 Graphic（图片）属性对话框，如图 4-59 所示。

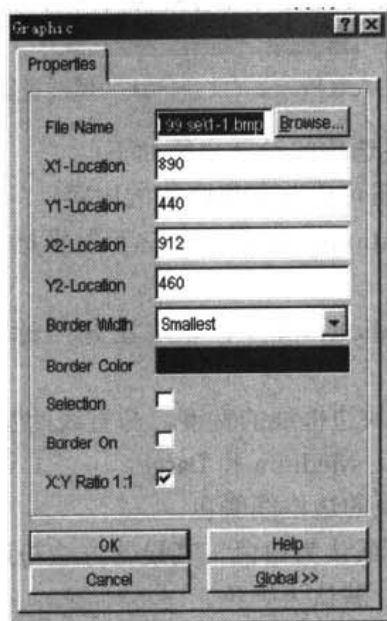


图 4-59 Graphic（图片）属性对话框

- File Name: 插入的图形文件名，包括整个路径。
- X1-Location、Y1-Location: 图片的一个顶点位置。它一般的是图片的左下角，更改此坐标值将改变图片大小。
- X2-Location、Y2-Location: 图片的另一个对角顶点位置。一般的为图片右上角坐标，更改此坐标值同样会改变图片大小。
- Border Width: 图片边框线宽度，与其他边框宽度设置相同，有 4 种宽度可供选择：Smallest、Small、Medium 和 Large。
- Border Color: 矩形的边框线颜色，默认为黑色。
- Selection: 显示及设置图片是否处于选中状态。




- Border On: 确定是否显示图片边框, 打钩表示显示。
- X:Y Ratio 1:1: 确定是否保持图片 X 方向与 Y 方向原有的比例关系, 打钩表示保持。

### 4-5-6 阵列式放置

阵列式放置是按照给定的间距, 同时多次放置对象。它适用大量的相同对象的放置, 不但适用于非电气对象, 也适用于电气对象。

阵列式放置的步骤如下:

- (1) 首先将要多次放置的对象拷贝到剪贴板。选择要处理的对象, 执行 Edit|Copy 命令将选择的对象拷贝到剪贴板中。
- (2) 执行菜单命令 Edit|Paste Array, 或单击电路绘图工具栏 SetupArrayPlacement 按钮 , 或按下 Alt+E+Y 键, 即进入阵列式放置状态。
- (3) 执行命令后, 将进入如图 4-60 所示的 Setup Paste Array (阵列式放置) 设置对话框, 它决定了阵列式放置的增量方式和间距。

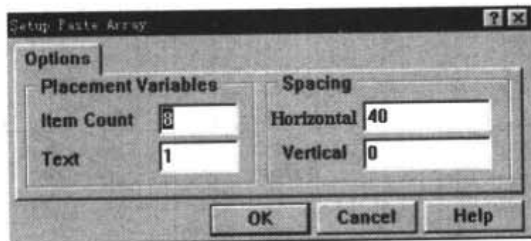


图 4-60 Setup Paste Array (阵列式放置) 设置对话框

- Item Count: 设置阵列式放置的数目, 默认为 8 次。
  - Text: 增量设置。当执行阵列式放置时, 如果剪贴板的内容为元件, 或单行注释的首或尾为数字时, 每放置一次后元件的编号或注释的内容将自动增加, 增量的默认值为 1, 假如, 剪贴板中的元件编号为 U1, 则阵列放置时生成的编号为 U2、U3、U4 等。
  - Horizontal: 每次放置对象时的水平间距。
  - Vertical: 每次放置对象时的垂直间距。
- (4) 设置完成后, 光标从箭头变成了十字形状, 移动光标到适当位置, 单击鼠标左键或按 Enter 键, 确定阵列放置的起始位置, 系统将以此为基点连续放置剪贴板的对象内容。

## 4-6 原理图编辑

在绘制原理图过程中, 常常要更改已经放置的对象。例如, 更改对象的属性、位置、大小、方向等, 这就是对原理图所作的编辑。Protel 99 提供了非常丰富而又非常简便的编辑方法: 菜单方式与鼠标方式, 以及它们结合使用。

菜单方式: Protel 99 的所有编辑操作都可以通过菜单命令来实现, 主菜单的 Edit 菜单项就是专门用来进行来编辑处理。

鼠标方式: 虽然鼠标不像键盘那样是计算机的标准配置, 但是一般计算机都配备有鼠标,



尤其是进行绘图时必须使用鼠标。实际上，很多时候使用鼠标比使用键盘要方便得多。一般的编辑命令都可以用鼠标操作实现。下面介绍几种常用的原理图编辑方法。

## 4-6-1 元件属性编辑

在电路原理图设计中所有的元件对象都拥有一套相关的属性。

### 1. 更改对象属性

在对象放置好后的对属性进行更改，作用范围更广，使用更灵活。进入对象属性编辑的方法有以下几种：执行菜单命令 Edit|Change、用鼠标左键双击要更改属性的对象、在待命状态下按 Alt+E+H 键、或在要更改属性的对象上单击鼠标右键并在弹出菜单中选择 Properties 命令，系统都将弹出属性设置对话框以供设置。

### 2. 元件属性的编辑

下面以实例讲述元件属性的编辑。先画出如图 4-61 所示的原理图。

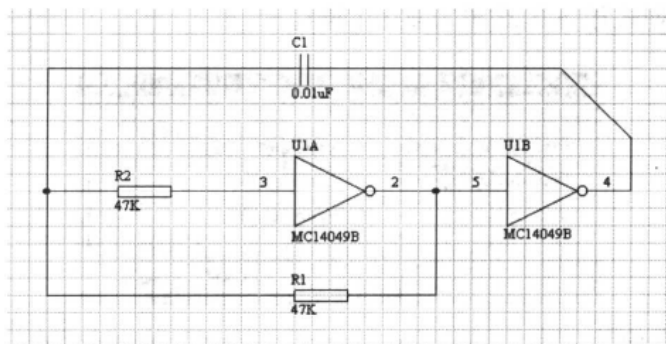


图 4-61 一个原理图实例

双击图 4-61 中 U1A，弹出如图 4-62 所示的 Part（元件）属性对话框。

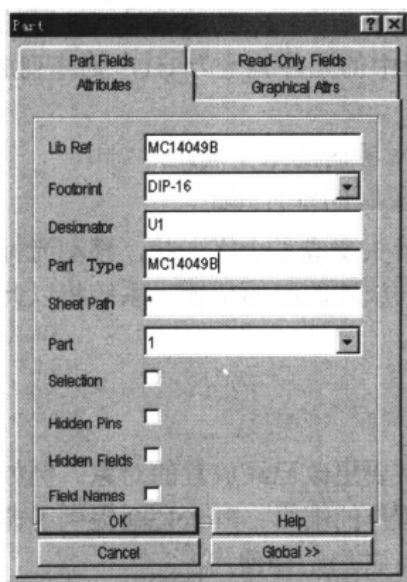


图 4-62 放置元件后的属性对话框

此对话框与 4-3 节放置元件的属性对话框基本一致。单击 Global 按钮，弹出如图 4-63 所示的元件全局属性设置对话框，可对原理图中符合要求的所有相同元件的属性进行编辑。

这里修改的是 U1A 和 U1B 元件。

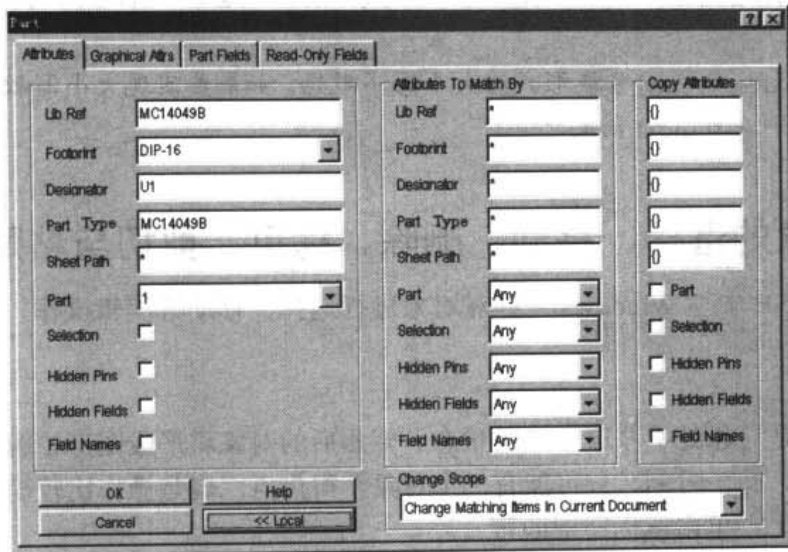



图 4-63 元件全局属性更改对话框

图 4-63 与图 4-62 相比，多了 3 个选项区域：Attributes To Match By（更改条件）、Copy Attribute（更改属性）和 Change Scope（更改作用范围）。图 4-62 对话框中的每一项在图 4-63 的 Attributes To Match By 和 Copy Attribute 选项区域中都有一项与之对应。

下面介绍增加的选项区域的功能：

**Attributes To Match By 选项区域：**确定更改条件，设置修改对象的条件。如果选项区域内的某一项是字符串，可以使用通配符“?”和“\*”，“?”表示任何的单个字符，“\*”表示任何字符串，如图 4-63 中的“\*”就表示所有对象。例如，要更改所有编号为 U1、U2、U3 的元件，在 Designator（编号）选项区域中输入“U?”。如果某项是非字符串的，则每个选项区域都由下拉式列表框组成，单击其右边的下拉按钮，系统即提供了 3 种匹配条件如下：

- Same: 只有与选择对象的属性值相同的对象才受到影响。
- Different: 只有与选择对象的属性值不同的对象才受到影响。
- Any: 不使用此选项区域作更改条件，也就是说此选项区域为任何值都符合更改条件。

更改条件选项区域中各项设置的条件是逻辑“与”的，即要满足设置的所有条件的对象才受到影响。

**Copy Attribute 选项区域：**确定拷贝哪些属性。如果该选项区域内某项所对应的左边一列的项为下拉列表框，则此项相应的是复选框形式，如图 4-63 中的 Part、Selection。如果本选项区域内某项复选框打钩，则表示所有符合更改条件的对象的此项的值都会变成与左边对应项的值。如果该选项区域内某项所对应的左边一列为文本框，则此项内的值将输入到所有符合条件对象的相应项中，如图 4-63 中的 Lib Ref。例如，可以通过定义字符串的替换表达式来更改属性的一部分。字符串的替换格式为：{oldtext=newtext}。

此格式的作用是便于系统查找符合条件的对象。如果对象中有 oldtext 字符串，则将其替换为 newtext 字符串。例如，要将原理图中以 U1、U2、U3……形式的元件编号更改成 D1、D2、D3……形式的编号，则可在 Copy Attribute 选项区域的 Designator 文本框中输入“{U=D}”。

也可以使用多个“{}”形式进行非常复杂的替换操作,其执行顺序为先执行左边的替换算式,然后依次往右边执行。但是,要注意,先执行的替换会影响后面的替换操作。

注意: {oldtext=newtext} 替换形式对大小写不敏感。如果要实现大小写敏感的替换操作,则在 oldtext 前面加“!”。

### 4-6-2 对象的选择、移动、删除、拷贝、剪切与粘贴

在 Protel 99 SE 中与 Windows 一样对对象进行选择、移动等编辑操作。

#### 1. 聚焦对象

对象的聚焦是对象处于获取焦点的状态。聚焦后的对象将形成图形轮廓,这时就可以对其进行图形编辑。同一时刻,只可能有一个对象获得焦点。聚焦操作比较简单:移动鼠标到所要聚焦的对象上,单击鼠标左键即可。

#### 2. 选择对象


选择对象和聚焦对象是相互独立的,没有任何关系。目的是便于进行拷贝、粘贴、移动和对齐等操作。

(1) 利用菜单或快捷键进行选择

利用菜单进行选择是最常用的法,主要进行成组选择。执行菜单命令 Edit|Select,或在原理图中直接按 S 键也将弹出选择快捷菜单。

现将菜单的各项说明如下:

- Inside Area: 选择区域内的所有对象。执行命令后,鼠标由箭头形状变成十字形状,移动鼠标到适当位置,单击鼠标左键,确定区域的顶点;再移动鼠标,编辑窗口内形成由虚线组成的活动矩形框,矩形框固定一角的位置为刚才确定的顶点,此时的鼠标处于确定顶点的对角点状态;再移动鼠标,矩形框大小也随着改变,单击鼠标左键或按 Enter 键确定矩形框的对角顶点位置,确定选择的区域,就可看到选择区域内的对象颜色已变成被选中的颜色—黄色。

提示:用鼠标左键单击主工具栏的选择对象按钮可完成相同功能。

- Outside Area: 选择区域外的所有对象。其执行过程与选择区域内的所有对象相似,只是选择的对象在区域的外面。
- All: 选择原理图中的所有对象。
- Net: 选择原理图中某网络的所有导线,也就是说,属于被选择网络的所有导线都将被选中。执行命令后,鼠标由箭头形状变成十字形状,移动鼠标到需要选择网络的任何一段导线上,单击鼠标左键或按 Enter 键,便确定了要选择的网络。选择网络的结果,是网络标号连同整个网络的导线一起被选中。
- Connection: 选择原理图一个物理连接,即只选择在物理上相连的导线。执行命令后,鼠标同样由箭头形状变成十字形状,移动鼠标到准备选择某连接的任何一段导

线上,单击鼠标左键或按 Enter 键就确定了选择。

选择一个网络后,系统仍然处于选择网络状态,可以继续选择其他网络,或者单击鼠标右键或按 Esc 键,退出选择网络状态。

#### (2) 利用鼠标选择

在 Windows 环境下,鼠标操作已经很平常,它具有简便、直观等优点。利用鼠标可以选择单个对象,也可以进行区域选择。

- 利用鼠标选择单个对象

操作方法:按住 Shift 键不放,将鼠标移动到准备选择的对象上,单击鼠标左键即可确定选择;继续移动鼠标到其他对象上,继续执行选择。这种方法的优点:可以很方便的选择一些分散对象。

- 利用鼠标选择区域内对象

操作方法:在待命状态下,按住鼠标左键不放,确定区域的一个顶点,移动鼠标,同时由虚线组成活动矩形区域也跟着变化,松开鼠标左键,就选定了矩形区域内的对象。这种方法选择的结果与使用 Edit|Select|Inside Area 命令执行的结果相同。


#### (3) 切换选择

操作方法:执行 Edit|Toggle Selection 命令,鼠标由箭头形状变成十字形状,移动鼠标到一个对象上,单击鼠标左键或按 Enter 键(如果鼠标所指的对象原来没有处于选中状态,则单击后处于选中状态;相反如果鼠标所指的对象原来处于选中状态,则单击后将不处于选中状态);选择或取消选择一个对象后,系统仍然处于切换式选择状态,可以继续选择其他对象,或单击鼠标右键或按 Esc 键,退出此状态。

#### (4) 取消选择

使用菜单命令。执行菜单命令 Edit|Deselect,或在原理图中按 Alt+E+X 键,弹出取消选择菜单。

现将菜单的各项说明如下:

- Inside Area: 取消原理图中区域内的选中对象。其操作方法与选择菜单的 Inside Area 一样,只是区域里面的选中对象变成了非选中状态。
- Outside Area: 取消原理图区域外的选中对象。其操作方法与选择菜单的 Outside Area 一样,只是区域外面的选中对象变成了非选中状态。
- All: 取消原理图中所有的选中对象。单击主工具栏的取消选择按钮也可完成相同功能。

使用鼠标操作。操作方法:与使用鼠标进行单个选择相同,按住 Shift 键不放,将鼠标移动至准备取消选择的对象上,单击鼠标左键即确定取消选择;若继续移动鼠标到其他对象上,若继续进行就取消选择。

使用快捷键。操作方法:按下 X+A 键,即可取消全部选中对象。

### 3. 对象移动与拖动

移动对象与拖动对象是两种不同的操作:移动在改变对象的位置时将不保持对象的物理连接;而拖动只改变对象位置,对象之间的物理连接却保持不变。

### (1) 移动对象

利用菜单移动选中对象。操作方法：首先，选中需要移动的对象。然后，执行菜单命令 Edit|Move|Move Selection，或按 Alt+M+S 键，鼠标变成了十字形状。继后，移动鼠标到某一位置，单击鼠标左键，选中的对象就会以此点为基准随着鼠标的移动而移动。在移动到合适的位置后，单击鼠标左键，固定浮动的选中对象，并退出移动对象的状态。

利用菜单连续移动单个对象：此方法不但可以移动选中的单个对象，也可以移动没有被选中的对象。操作方法：执行菜单命令 Edit|Move|Move，或按 Alt+M+M 键，鼠标也变成了十字形状，然后，移动鼠标到等待移动的对象上，单击鼠标左键或按下 Enter 键，被单击的对象就以此点为基点跟着鼠标移动，再按下鼠标左键或 Enter 键固定对象。此时系统仍然处于移动单个对象的状态，可以继续移动其他对象，或者按鼠标右键或按 Esc 键退出。

利用鼠标移动选中对象。操作方法：首先，选中需要移动的对象。然后，移动鼠标到选中的某对象上，按住鼠标左键不放，移动鼠标，选中的对象即跟着移动。在移动到合适的位置后，松开鼠标左键，即可固定对象。

利用鼠标移动单个对象。操作方法：移动鼠标需要移动的对象上，按住鼠标左键不放，移动鼠标，选中的对象跟着移动。移动到合适位置后，松开鼠标左键，即可固定对象。

### (2) 拖动对象

利用菜单命令拖动选中对象。其操作方法与利用菜单命令移动选中对象相似。首先，选中需要拖动的对象。然后，执行菜单命令 Edit|Move|Drag Selection，或按 Alt+M+R 键，鼠标变成了十字形状。继后，移动鼠标到某一位置，单击鼠标左键，选中的对象就会以此点为基准随着鼠标的移动而被拖动，再按空格键即可改变拖动对象与未拖动对象之间物理导线的走线模式。在移动到合适的位置后，单击鼠标左键，固定浮动的选中对象，并退出拖动对象状态。

利用菜单命令连续拖动单个对象，此方法不但可以拖动处于选中状态的单个对象，也可以拖动没有被选中的对象。其操作方法与利用菜单命令连续移动单个对象相似。执行菜单命令 Edit|Move|Drag，或按 Alt+M+D 键，鼠标也变成了十字形状。然后，移动鼠标到等待拖动的对象上，单击鼠标左键或按下 Enter 键，被单击的对象就以此点为基点跟着鼠标被拖动，即可看到导线之间的物理连接不会断开，按空格键可改变拖动对象与其他对象之间的连线模式，再按下鼠标左键或 Enter 键固定对象。此时系统仍然处于拖动单个对象的状态，可以继续拖动其他对象，或者按鼠标右键或按 Esc 键退出。

利用鼠标拖动单个对象。操作方法：移动鼠标需要拖动的对象上，先按下 Ctrl 键不放，然后再按住鼠标左键不放，松开 Ctrl 键，移动鼠标，选中的对象跟着移动。移动到合适位置后，松开鼠标左键，即可固定对象。

## 4. 删除对象

当图形中的某个或某几个对象不需要或出现错误时，可以对其进行删除。

连续删除对象。操作方法：执行菜单命令 Edit|Delete，或按 Alt+E+D 键，系统进入删除模式，鼠标从箭头形状变成了十字形状，移动鼠标到等待删除的对象上，单击鼠标左键或按 Enter 键，将删除鼠标所指的对象。在删除一个对象后，系统仍然处于删除模式，可继续删除对象，或者单击鼠标右键或按 Esc 键退出删除模式。

删除聚焦对象。操作方法：首先，用鼠标左键单击准备删除的对象，使其处于聚焦状态。然后，按下 Delete 键便删除了已经聚焦对象。已经选中的对象仍然可以通过单击，使其处于

聚焦状态。

删除选中对象。操作方法：首先，选中等待删除的对象。然后，执行菜单命令 Edit|Clear，或者按下 Ctrl+Del 组合键，将删除所有的选中对象。

注意：因为，Protel 99 SE 的选择是迭加的，每一次的选择操作将不会取消原来已经存在的选择，而是和原来已有选择一起成为新的选择。所以，为了防止发生错误的删除对象，在每次选择删除对象之前最好按下 X、A 键取消所有选择。


## 5. 拷贝、剪切与粘贴


Protel 99 SE 的拷贝、剪切和粘贴功能，与标准 Windows 的拷贝、剪切和粘贴功能差不多，只是操作过程稍有不同。一般 Windows 软件的此类功能是将内容拷贝到 Windows 提供的标准剪贴板中，或者将其剪贴板的内容粘贴到相应的文档中。Protel 99 SE 的原理图编辑器提供了自己的剪贴板，拷贝、剪切和粘贴操作都是在其内部剪贴板上进行操作。

拷贝功能是将处于选中的对象复制到剪贴板，原本处于选中的对象不会消失掉。而剪切也是将处于选中的对象复制到剪贴板，但是，删除了原本处于选中的对象。粘贴是将剪贴板的对象复制到原理图中，并且剪贴板的对象可多次粘贴。

注意：这里所说的剪贴板都是指 Protel 99 SE 自己的剪贴板。

拷贝对象。操作方法：首先，选择所要复制的对象。然后，在待命状态下执行 Edit|Copy 命令，或按下 Alt+E+C 键，或按下 Ctrl+C 键。继后，鼠标由箭头形状变成十字形状，移动鼠标到合适位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键确定选择对象的参考点，将选中内容复制到剪贴板，剪贴板以前的内容就不再存在。参考点的作用是当将剪贴板内容粘贴到原理图上时，以定义的参考点作为基准。

剪切对象。操作方法：首先，选择所要剪切的对象。然后，在待命状态下执行 Edit|Cut 命令，或按下 Alt+E+T 键，或按下 Ctrl+X 键，也可以单击主工具栏的剪切按钮，鼠标由箭头形状也变成十字形状，移动鼠标到合适位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键确定选择对象的参考点，将选中的内容复制到剪贴板，剪贴板以前的内容就会被替换掉，而所选中的对象也消失了。

粘贴对象。操作方法：首先，将准备粘贴的对象使用拷贝命令或剪切命令复制到剪贴板。然后，在待命状态下执行 Edit|Paste 命令，或按下 Alt+E+C 键，或按下 Ctrl+V 键，或者单击主工具栏的粘贴按钮，鼠标由箭头形状变成十字形状，并带动浮动的由剪贴板复制来的内容，鼠标处在使用拷贝或剪切命令时定义的参考点上，移动鼠标到合适位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键固定粘贴的内容，使之粘贴到编辑窗的对象都处于选中状态。同时，Protel 99 SE 也提供有执行一次命令连续粘贴多次剪贴板内容的方法——Paste Array（阵列式粘贴）。

## 6. 对象叠放次序

Protel 99 SE 允许重叠放置对象。在电气对象、非电气对象之间都可以重叠放置，每当放置一个对象，它即处于叠放的最顶层，即使将叠放中的某对象移出，它们的叠放层次仍然保

持。同时, Protel 99 SE 还提供有编辑叠放层次的多种操作: 执行菜单命令 Edit|Move, 或按 Alt+E+M 键, 或直接按快捷键 Alt+M, 将弹出如图 4-64 所示的菜单, 其最下面的 5 个菜单项就是用于叠放操作的。

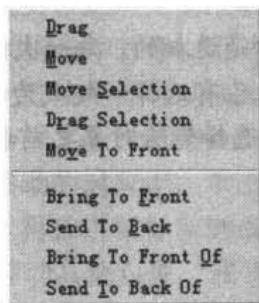


图 4-64 移动菜单

- **Move To Front:** 将一个对象移动到叠放的最顶层, 使移动的对象处于浮动状态, 允许改变其位置。操作方法: 执行 Move To Front 命令后, 鼠标变成了十字形状, 移动鼠标到准备操作对象没有被覆盖的部分上, 单击鼠标左键或按 Enter 键, 被单击的对象转换到浮动状态, 移动鼠标, 浮动对象跟着移动, 单击鼠标左键或按 Enter 键固定对象, 使此对象位于叠放的最顶层。
- **Bring To Front:** 将一个对象移动到叠放的最顶层, 但与 Move To Front 不同的是, 它不能改变对象的位置。操作方法: 执行 Bring To Front 命令后, 鼠标变成了十字形状, 移动鼠标到准备操作对象没有被覆盖的部分上, 单击鼠标左键或按 Enter 键, 被单击的对象直接转换到叠放的最顶层。
- **Send To Back:** 此命令与 Bring To Front 恰好相反, 是将选中的对象放置到叠放的最底层。操作步骤与 Bring To Front 命令一样, 只是执行命令变成了 Send To Back。
- **Bring to Front Of:** 将一个对象移动到另一个对象的上面, 它不改变任何对象的位置。操作方法: 执行 Bring to Front Of 命令后, 鼠标变成了十字形状, 移动鼠标到准备上移对象没有被覆盖的部分上, 单击鼠标左键或按 Enter 键予以确定, 单击对象即消失。此时鼠标仍然处于十字形状, 继续移动鼠标到某对象, 单击鼠标或按 Enter 键, 刚才消失的对象立即处于单击对象的上面。
- **Send To Back Of:** 此命令与 Bring to Front Of 恰好相反, 是将一个对象移动到另一个对象的下面。操作步骤与 Bring to Front Of 命令一样, 只是执行命令变成了 Send To Back Of。

### 4-6-3 对象排列与对齐

Protel 99 SE 提供多种方式排列和对齐对象, 与 Windows 的其他软件相比其排列和对齐命令更加多。但是, 排列及对齐的操作对象必须是已经选中了的对象。

执行菜单命令 Edit|Align, 或按快捷键 Alt+A, 将弹出如图 4-65 所示的菜单。



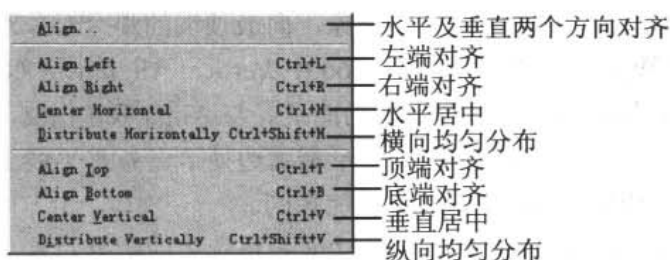


图 4-65 Align 菜单

**Align:** 此菜单项可以对已选中的对象同时进行横向和纵向两个方向的排列或对齐操作。选择 Align... 命令后, 系统即弹出如图 4-66 所示的 Align objects (排列对象) 对话框。

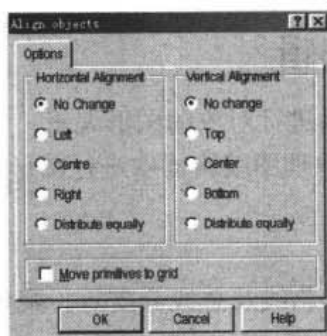


图 4-66 Align objects (对象排列) 对话框

对话框有两个选项区域分别设置水平方向和垂直方向的对齐操作。

下面对图 4-66 的选项设置进行说明:

- **Horizontal Alignment 选项区域:** 设置横向的排列操作选项区域, 共有 5 个单选项, 分别是 No Change (水平方向不作任何移动)、Left (向最左边的对象对齐)、Centre (所有对象将位于操作前最左边和最右边的对象的中间位置)、Right (向最右边的对象对齐) 和 Distribute equally (水平等间距分布对象)。
- **Vertical Alignment 选项区域:** 设置纵向的排列操作, 也有 5 个单选项, 分别是 No Change (垂直方向不作任何移动)、Top (向最顶端的对象对齐)、Center (所有对象将位于操作前最顶端和最底端的对象的中间位置)、Bottom (向最底端的对象对齐) 和 Distribute equally (垂直等间距分布对象)。

**Move Primitives to grid:** 确定是否将元件、导线、电路方块等电气对象移动到栅格点上。

**Align Left:** 将选中的所有对象, 向最左边的那个对象靠齐, 所有对象的图形左边界处于一条垂直线上, 此菜单项与图 4-66 中 Horizontal Alignment 组的 Left 单选项功能相同。

**Align right:** 将选中的所有对象, 向最右边的那个对象靠齐, 所有对象的图形右边界处于一条垂直线上, 此菜单项与图 4-66 中 Horizontal Alignment 组的 Right 单选项功能相同。

**Center Horizontal:** 将选中的所有对象, 移动到最左边对象和最右边对象的中间位置, 此菜单项与图 4-66 中 Horizontal Alignment 组的 Center 单选项功能相同。

**Distribute Horizontally:** 将选中的所有对象, 在水平方向等间距分布, 其分布范围为最左边对象到最右边对象的距离, 此菜单项与图 4-66 中 Horizontal Alignment 组的 Distribute equally 单选项功能相同。

**Align Top:** 将选中的所有对象，向最顶端的那个对象对齐，所有对象的图形最上边处于一条水平线上，此菜单项与图 4-66 中 Vertical Alignment 组的 Top 单选项功能相同。

**Align Bottom:** 菜单命令的功能正好与 Align Top 相反，它将选中的所有对象，向最底端的那个对象对齐，所有对象的图形最底边处于一条水平线上，此菜单项与图 4-66 中 Vertical Alignment 组的 Bottom 单选项功能相同。

**Center Vertical:** 菜单命令的功能是将选中的所有对象，移动到最上面对象和最下面对象的中间位置，此菜单项与图 4-66 中 Vertical Alignment 组的 Center 单选项功能相同。

**Distribute Vertically:** 菜单命令的功能是将选中的所有对象，在垂直方向等间距分布，其分布范围为最上面对象到最下面对象的距离，此菜单项与图 4-66 中 Vertical Alignment 组的 Distribute equally 单选项功能相同。

## 4-6-4 一般绘图工具编辑

聚焦后的对象，一般，就可以进行对象的图形编辑，并显示了图形的编辑柄（聚焦后显示的小黑点）。但是，元件不能在原理图编辑器中进行图形编辑，只能用原理图元件库编辑器编辑。

### 1. 直线形对象编辑

直线形对象包括导线、直线、总线及总线分支等。聚焦直线形对象的编辑方法如图 4-67 所示。

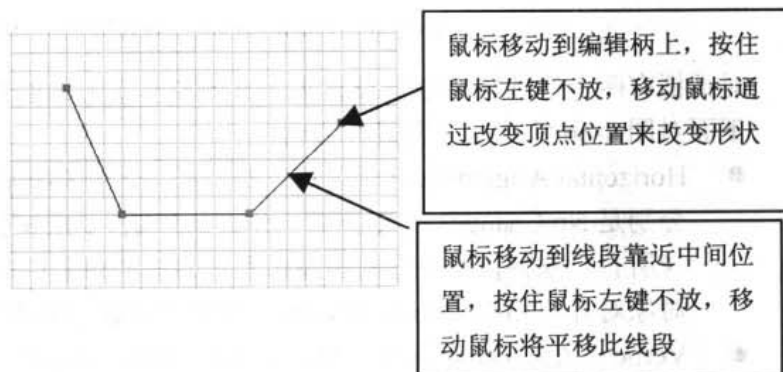


图 4-67 聚焦直线形对象的编辑方法

### 2. 矩形对象编辑

矩形对象包括方块电路、文字区块、矩形图、图片等。聚焦矩形对象的编辑方法如图 4-68 所示。

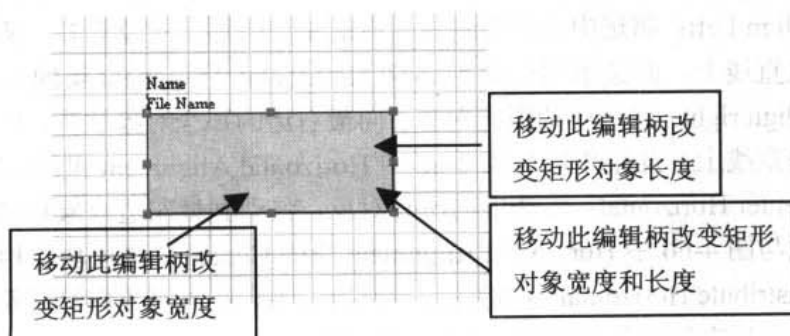


图 4-68 聚焦矩形对象的编辑方法

## 3. 圆形对象编辑

圆形对象包括椭圆等。聚焦圆形对象的编辑方法如图 4-69 所示。

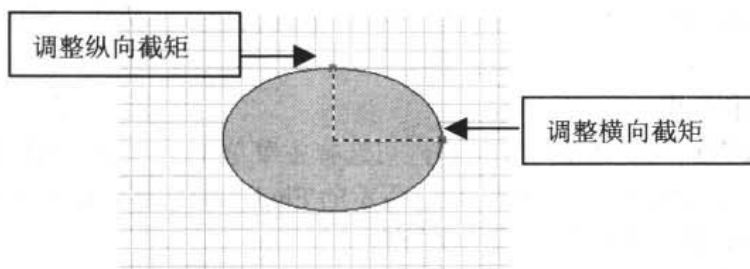


图 4-69 聚焦圆形对象的编辑方法

## 4. 弧形对象编辑

弧形对象包括圆弧、椭圆弧、馅饼图等。弧形对象编辑方法如图 4-70 所示。

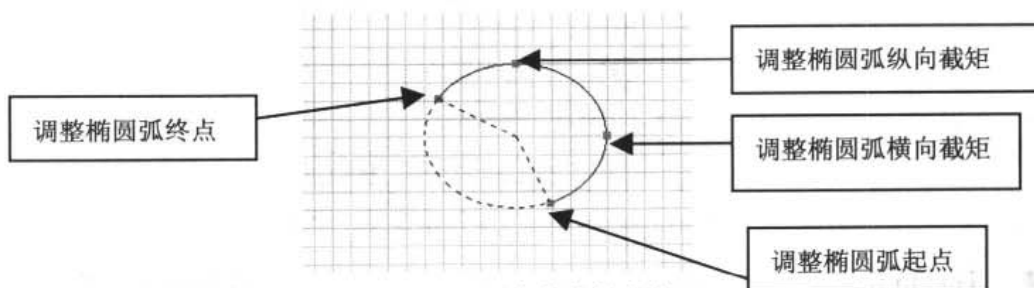


图 4-70 弧形对象的编辑方法

## 5. 多边形对象编辑

多边形对象的方法编辑如图 4-71 所示。

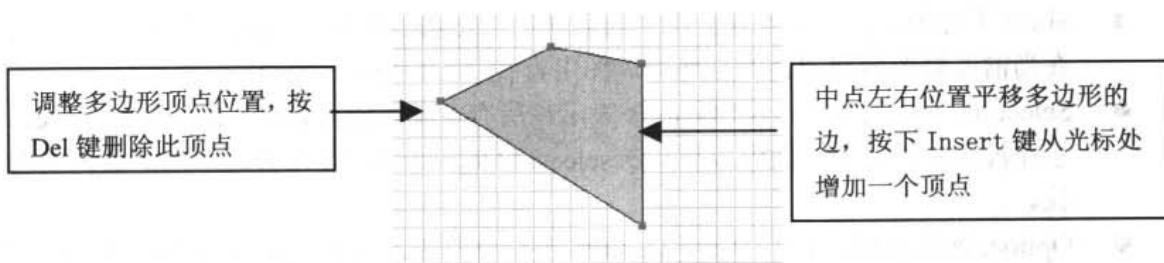


图 4-71 多边形对象的编辑方法

## 6. 曲线对象编辑

曲线对象主要是指用 Bezier 命令绘制的曲线。曲线对象的编辑方法如图 4-72 所示。

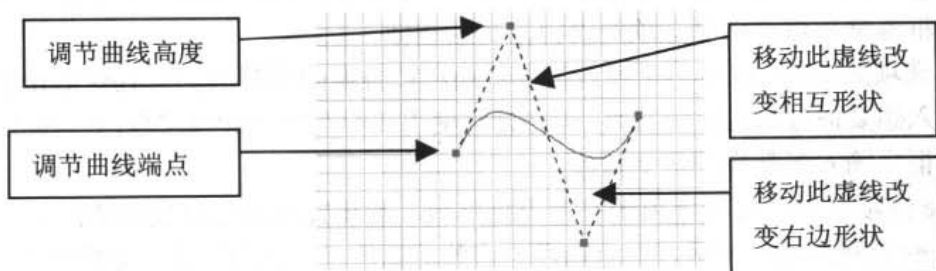


图 4-72 曲线对象的编辑方法

## 4-6-5 字符串查找与替换

Protel 99 SE 提供了一些非常实用的字符串查找与替换功能。下面详细介绍它们的使用方法。

### 1. 字符串查找

如果需要查找某个或某些字符串，可选择主菜单 Edit 下的 Find Text 命令（或直接使用快捷键 Ctrl+F），此时会弹出如图 4-73 所示的 Find Text（字符串查找）对话框。只要把查找要求输入其中，便可查找到所需的字符串。

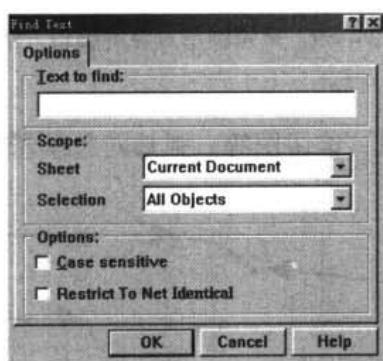


图 4-73 Find Text（字符串查找）对话框

- Text to find 文本框：输入所要查找的字符串。其中，允许使用通配符“\*”和“？”号。
- Scope 选项区域：此选项区域用于设置查找范围。有两个下拉列表框：Sheet 和 Selection。
- Sheet 下拉列表框：其设置只在当前活动的原理图中查找（Current Document）或是在当前原理图所属项目的全部原理图中查找（All Documents）。
- Selection 下拉列表框：All Objects 表示在所有对象范围内查找；Selected Objects 表示在被选中的对象范围内查找；Deselected Objects 表示在未被选中的对象范围内查找。
- Options 选项区域：若选中 Case sensitive 复选框则表示区分大小写；若选中 Restrict To Net Identify 则表示仅限于在网络标志符中查找。

### 2. 替换字符串

要进行字符串替换，可选择主菜单 Edit 下的 Replace Text 令（或直接使用快捷键 Ctrl+G），此时会弹出如图 4-74 所示的 Find And Replace Text（字符串查找并替换）对话框。这个对话框与查找对话框非常相似，而且选项的设置方法也相似。

- Text 选项区域：此区域用于输入需要替换和被替换的字符串。在 Text to find 文本框中输入想要被替换的原字符串，同样允许使用通配符“\*”和“？”号，在 Replace With 文本框中输入要替换的新字符串。
- Scope 选项区域：此区域用于设置查找范围。其设置方法与查找对话框完全一样。
- Options 选项区域：此区域中有两项与查找对话框是一样的。另一复选框 Prompt On Replace 的功能，是指在找到指定字符串后替换前是否提示确认。

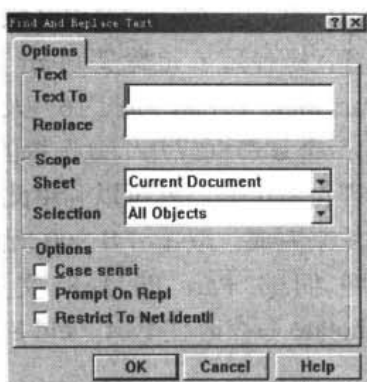


图 4-74 Find And Replace Text (字符串查找并替换) 对话框

通常字符串替换是把原来的字符串整个用新字符串替换。但是,有时可能只想替换指定字符串中的一部分。例如,需要把所有芯片的编号 U1、U2、U3.....改为 D1、D2、D3.....。这时就可以利用 Protel 99 SE 所提供的部分替换字符串功能了。要使用这个功能,只需将要被替换的字符串输入 Text to find 文本框中,然后在 Replace With 文本框中输入以下格式即可进行替换:

```
{oldstring=newstring}
```

以上述芯片编号为例,在 Text to find 编辑框中输入 U\*,在 Replace With 编辑框中输入 {U=D}即可。

### 3. 元件编号

一个电路设计中的元件编号是不能重复的,在编辑电路图过程中,Protel 99 SE 系统不会随时检查编号是否重复,只有生成网络表或进行 ERC 检查时才会检查元件编号是否重复。为保证整个设计中元件编号的唯一性,系统提供了对项目元件重新编号的命令 Annotate。

元件重新编号具体操作步骤如下:

- (1) 执行主菜单 Design 下的命令 Annotate,系统将弹出如图 4-75 所示的 Annotate (元件重新编号)对话框。系统将根据此对话框的设置,对整个项目中的元件进行重新编号。

**Annotate Options 选项区域:** 此选项区域的作用,是选择元件编号的方式。单击下拉列表框右边的下拉按钮,即有 3 种编号方式可供选择:

- **All Parts:** 对整个项目中的所有元件重新编号。
- **? Parts:** 对那些编号为“?”的元件进行编号,如 U?、C?、R?、D? 等。
- **Reset Designators:** 将项目中所有的编号设置为初始状态,如 U?、C?、R?、D? 等。进行此操作后,从 1 开始再对元件重新编号。

**Update Sheet Numbers:** 重新编排原理图的图号。即使用重复式方式设计的项目应选择此项。

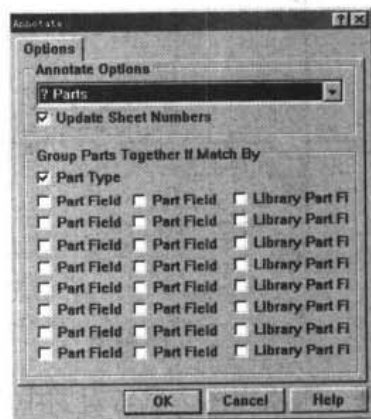


图 4-75 Annotate (元件重新编号) 对话框

**Group Parts Together If Match By 选项区域：**此选项区域的功能是利用标志对那些多单元的元件进行分组。系统的默认设置，是使用单元类型（Part Type）来区别和分组元件。当然，也可以利用 16 个单元复选框（Part Field 1~Part Field 16）及 8 个库单元复选框（Library Part Field 1~Library Part Field 8）内的一个复选框或几个复选框的组合，对单元元件进行分组。如果要将几个单元糅合到某一个物理设备中时，就可以利用此功能。例如，可以将电路中的 4 个与非门 74LS00 单元由一块芯片来完成。双击 74LS00 元件，在弹出的属性对话框中打开 Read-Only Fields 选项卡，在它们的 Part Field 8 文本框中输入相同的字符串如“My74LS00IC1”，然后执行 Annotate 命令时使 Part Field 8 有效。这样，便能保证这 4 个单元为一组，并由一块芯片实现。

## 4-7 小结与习题

### 4-7-1 小结

本章主要讲述设计原理图的一般方法，通过对电路绘制工具和一般绘图工具中各工具的使用讲解，能画出各种实用的原理图。在本章的最后部分，还对原理图的编辑过程中使用的各种技巧进行了详细说明，使其在绘制原理图的过程中对 Protel 99 SE 提供的各种编辑功能能够得心应手。

### 4-7-2 习题

1. 新建一张原理图，练习装入和卸载 AMD Miscellaneous.ddb。
2. 设计一个简单的电路图。其原理图的放置与设置如图 4-76 和图 4-77 所示。
3. 用 4-5 节所讲的方法，绘制如图 4-76 和图 4-77 的图形。

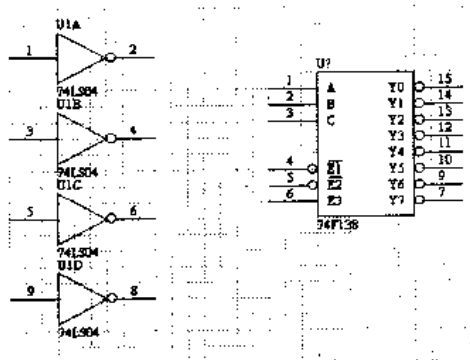


图 4-76

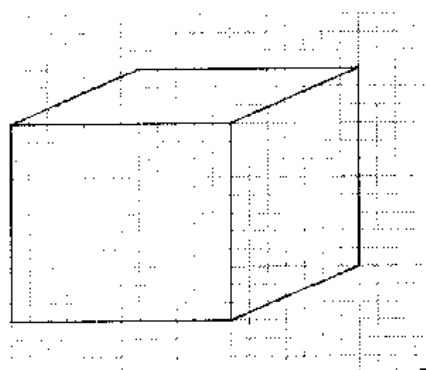


图 4-77

4. 打开一张原理图，试着对图中各对象进行移动、修改、编辑、拷贝、粘贴等。
5. 在原理图上绘制图形的工具有哪些？
6. 欲在原理图上注明该电路检测步骤和注意事项，应选用（     ）工具。  
A. 添加文字标注     B. 添加文本框



# 第 5 章

## 元件库编辑

有两种方法进入元件库编辑器：通常方法是打开包含元件库文档的设计数据库，单击准备打开的元件库文件；另一种方法是在原理图浏览编辑器（Browse Sch）中选择显示元件库（Browse 选项区域中选择 Libraries）时单击 Edit 按钮，也可打开元件库编辑器。

### 5-1 新建元件库

新建元件库方法与新建原理图的方法相似，只是将文档类型变为元件库。执行菜单命令 File|New，系统弹出图 5-1 所示的新建文档对话框，用鼠标左键单击 Schematic Library Document（元件库文档），然后单击 OK 按钮确认选择。

系统创建了一个元件库文档，默认文件名为 Schlib1，并且会直接启动元件库编辑器，如图 5-2 所示。

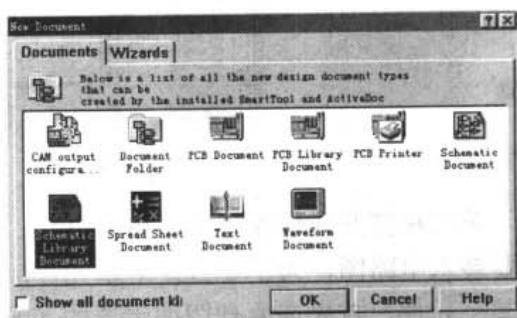


图 5-1 New Document（新建文档）对话框

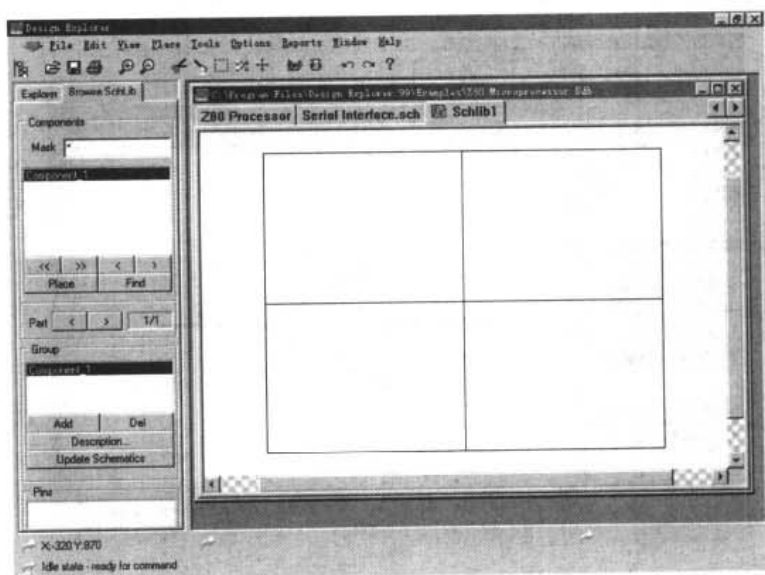


图 5-2 新建的空元件库显示画面



## 5-2 打开元件库

可以在新建的元件库中执行添加元件、编辑元件、删除元件等操作。同时，也可以编辑已经存在的元件库。要编辑元件库，首先要打开元件库。有下面两种方法可以打开元件库。

第一种是普通方法。所谓普通方法是指首先打开含有元件库的设计数据库，然后单击导航树中的元件库图标打开元件库文档。例如，要打开数据库 NSC Databooks.ddb，可单击导航树中的 NSC LS S TTL Logic 1989 (Commercial).lib 文档，系统将打开此元件库，并自动装入第一个元件，如图 5-3 所示。

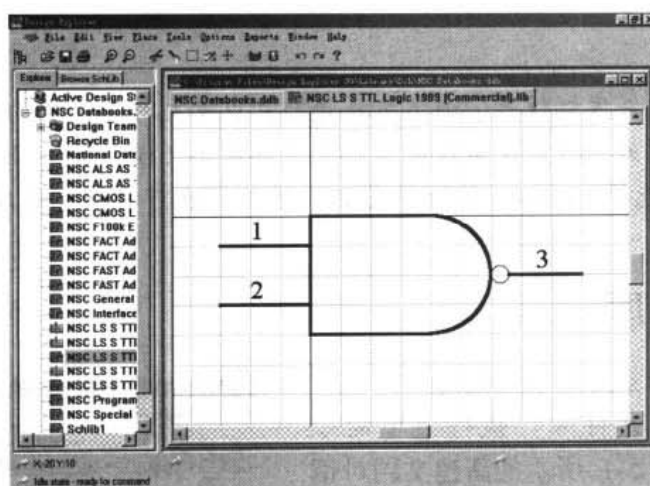


图 5-3 普通方法打开元件库

第二种打开元件库的方法更为直接。由于元件库是为设计原理图服务的，设计电路图时需要装入电路图，为了更方便编辑元件，可以直接从原理图编辑器到元件库编辑器。如要编辑某个元件，首先在原理图编辑器的 Component 下拉列表框中选择此元件，然后单击 Edit 按钮，系统将自动调入包含选择元件的元件库数据库，并使选择的元件处于编辑状态。例如选择非门 DM7406 元件，并单击 Edit 按钮，打开此元件，如图 5-4 所示。

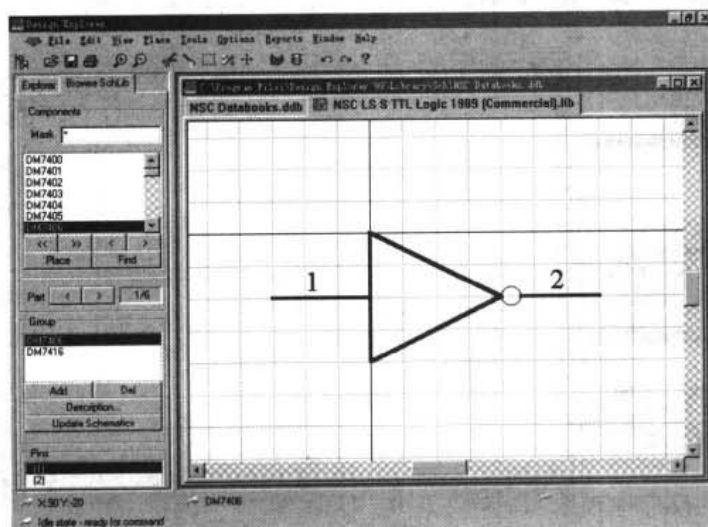


图 5-4 从原理图编辑器直接编辑元件

### 5-3 元件编辑器界面介绍

元件编辑环境与原理图编辑环境相似，许多操作方法也差不多。但是，与编辑元件密切相关的元件库浏览选项卡（Browse SchLib）与原理图编辑界面中的元件浏览选项卡（Browse Sch）差别较大，需要特别说明。

#### Components 选项区域

本选项区域的作用是选择所要浏览、查看或编辑的元件，如图 5-5 所示。



图 5-5 元件管理器的 Components 选项区域

#### Mask（元件过滤）文本框

在文本框中输入过滤条件，可以过滤掉那些不需要显示的元件，可以使用通配符“\*”和“?”设置过滤条件。

**<<**按钮：本按钮的功能是选择元件库的第一个元件，它与菜单命令 Tools|First Component 的功能相同。

**>>**按钮：本按钮的功能是选择元件库的最后一个元件，它与菜单命令 Tools|Last Component 的功能相同。

**<**按钮：本按钮的功能是选择上一个元件，它与菜单命令 Tools|Prev Component 的功能相同。

**>**按钮：本按钮的功能是选择下一个元件，它与菜单命令 Tools|Next Component 的功能相同。

**Place**按钮：本按钮的功能是将选定的元件放置到原理图中，单击本按钮后，系统将切换到原理图编辑器，光标变成十字形状并附带有浮动的选定元件，按下鼠标左键固定元件放置位置。从选项卡上可以看到，此时原元件库编辑器并没有关闭，只是处于非激活状态。

**Find**按钮：本按钮的功能是查找元件，它与原理图编辑器上的 Find 按钮功能一样。

**Part**选项区域内的**>**按钮：本按钮是专门为复合式元件设计的。通常说的元件指的是物理元件，有的元件中含有几个功能单元。例如，74LS00 就含有 4 个完全相同的与非门，一般，可将其划为 4 个单元（当然也可以按照其他方式划分），需要说明的是各个单元引脚号是完全不同的。当选择元件时，默认显示第一个单元。按下**>**按钮后，将切换到元件的下一个单元。

**Part**选项区域内的**<**按钮：它也是用于复合式元件的，按下**<**按钮后，将切换到元件的上一个单元。

## Group 选项区域

本选项区域的作用是显示在元件浏览选项区域中所选元件的成组列表显示。所谓成组元件，是指它们的物理外形相同、引脚也相同，完成相同的逻辑功能，只是元件的名称不同，其原因可能是它们的生产厂家不同，或者性能差异。例如，民用与非门除了 74LS00 外，还有 74S00、7400。因为，它们的功能完全相同，并且引脚也完全相同。所以将它们列为一组。而同样是与非门的 74LS01，由于引脚不相同，所以，就不能将其与 74LS00 视为一组，如图 5-6 所示。

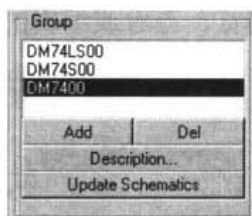


图 5-6 元件管理器的 Group 选项区域

现将 Group 选项区域内的 4 个功能按钮说明如下：

- **Add 按钮：**本按钮的功能是在元件组中增加一个元件。用鼠标单击此按钮后，将弹出如图 5-7 所示的 New Component Name（增加组元件名称）对话框，要求输入元件名称，完成后按下 OK 按钮。Group 选项区域将增加刚刚输入的元件，除了元件名称不同外，元件组内所有元件的功能、物理引脚完全相同。本按钮与菜单命令 Tools|Add Component Name 的功能相同。

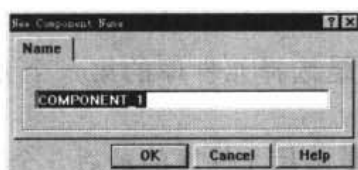


图 5-7 New Component Name（增加组元件名称）对话框

- **Del 按钮：**本按钮的功能是删除组内元件。删除的元件不只是将此元件与元件组脱离，而且还将它完全从元件库中删除。本按钮与菜单命令 Tools|Remove Component Name 的功能相同。
- **Description 按钮：**本按钮的功能是编辑组内选择元件的描述。本按钮与菜单命令 Tools|Description 的功能相同。选中准备编辑的元件并用鼠标左键单击此按钮后，将出现如图 5-8 所示的 Component Text Fields（元件文字描述）对话框。

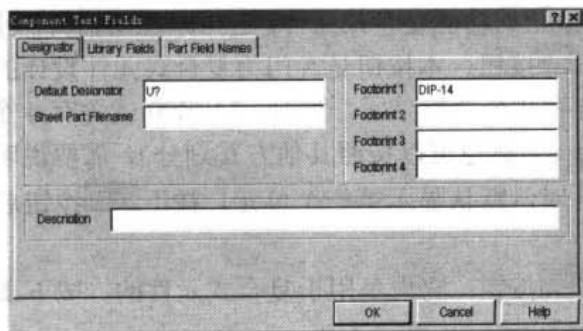


图 5-8 Component Text Fields（元件文字描述）对话框

**Designator 选项卡:** 如图 5-8 所示, 本选项卡的作用是编辑元件的一般属性, 如默认编号、功能说明、封装形式等。

**Library Fields 选项卡:** 如图 5-9 所示, 本选项卡的作用是编辑用户定义的元件文字属性。

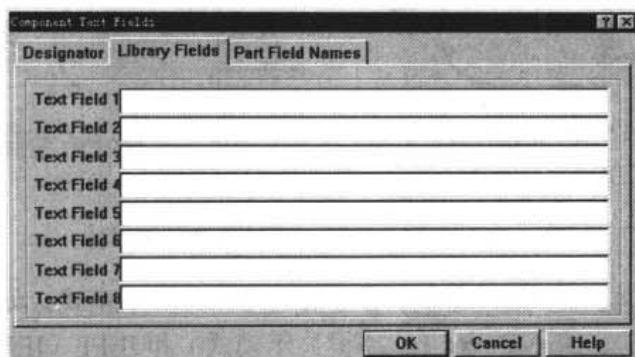


图 5-9 元件的 Library Fields 选项卡

**Part Field names 选项卡:** 如图 5-10 所示, 本选项卡的作用是定义 16 个元件文字的名称, 其最大长度为 255 个字符。

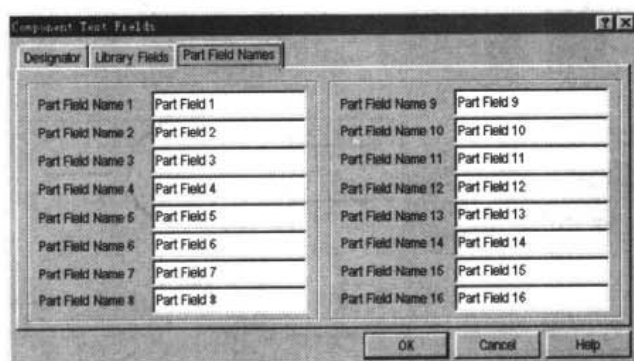


图 5-10 元件的 Part Field Names 选项卡

- **Update Schematics 按钮:** 本按钮的功能是更新原理图。当编辑更改了某些元件后, 为了让原理图及时跟上元件库的变化, 可以用此按钮。单击此按钮后, 系统将更新打开的所有原理图。本按钮与菜单命令 Tools|Update Schematics 的功能相同。

**Pins 选项区域:** 本区选项区域的作用是显示选中元件的指定单元的引脚信息, 如图 5-11 所示。

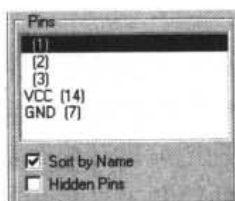


图 5-11 元件管理器的 Pins 选项区域

- **Sort by Name 选项:** 本选项的功能是确定是否引脚名称排序显示。
- **Hidden Pins 选项:** 本选项的功能是确定是否显示隐藏引脚, 如图 5-12 所示。

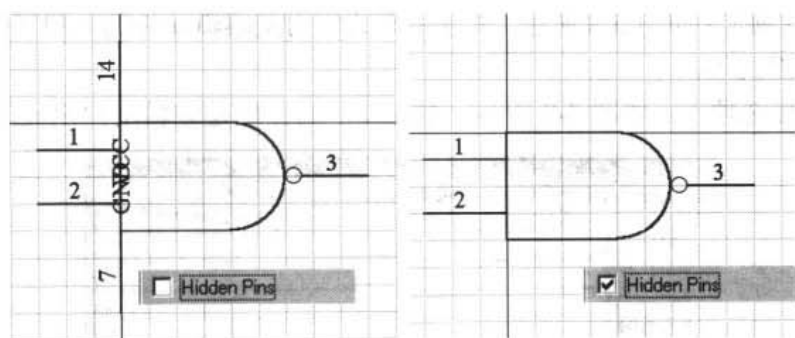


图 5-12 Hidden Pins 选项的设置效果对比

Mode 选项区域：本区选项区域的作用是指定元件的显示模式。元件显示模式有 3 种：Normal（正常显示模式）、De-Morgan（狄摩根显示模式）和 IEEE（IEEE 显示模式）。图 5-13 为 NSC 公司的 TTL 元件库的 74LS00 的 3 种显示模式。

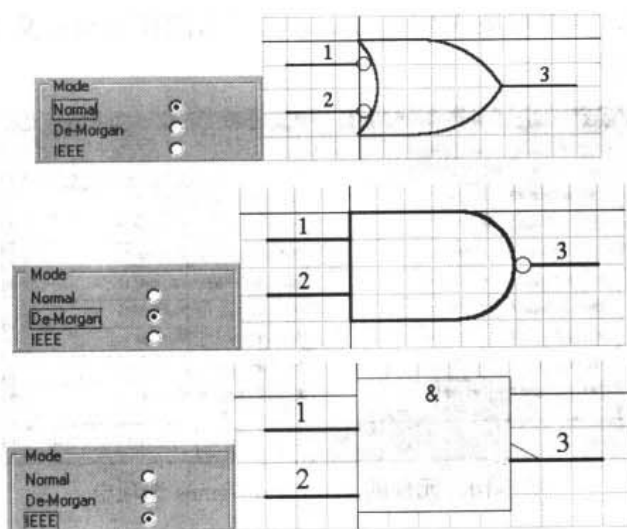


图 5-13 74LS00 的 3 种显示模式

注意：不是所有元件都完全提供这 3 种显示模式，但至少要提供正常显示模式。


## 5-4 元件绘制工具

上一节介绍了元件库管理器，借助它可以浏览元件和进行常用操作。从本节开始介绍如何更改元件、建立元件，并在最后以一个例子说明如何建立自己的元件。

Protel 99 SE 的元件编辑环境与原理图编辑环境一样，提供了强大的元件绘制工具。它们分别位于主菜单的 Place 菜单项下、元件绘制工具栏和 IEEE 符号工具栏。与设计原理图一样，每个工具栏按钮在 Place 菜单项都有对应的命令。

本节将介绍除 IEEE 符号外的所有绘制工具。选择主菜单的 Place 项，如图 5-14 所示，此菜单项下的命令能够绘制元件的所有内容。

IEEE Symbols 命令：本命令的功能是放置一个 IEEE 符号，它的下面还有很多命令项，可以放置各种各样的 IEEE 符号，下一节我们再专门介绍 IEEE 符号。

**Pins 命令：**本命令的功能是放置一个引脚，引脚是元件非常重要的元素不能出一点差错，元件通过引脚与其他元件进行电气交换，从而实现元件功能。本命令与元件绘制工具栏中的 PlacePin 按钮  功能相同。

执行 Pins 命令后，编辑窗口中将出现一个浮动的引脚符号，它跟着光标移动，带有十字光标的一端为接入元件的内部端，引脚的另外一端为外部连接端。

此时，按下空格键可改变引脚方向。按下 Tab 键将弹出引脚属性设置对话框，如图 5-15 所示，利用这个对话框可以设置引脚的所有属性。

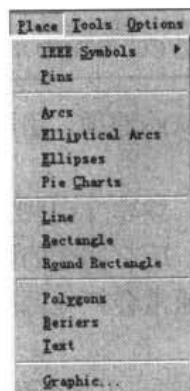


图 5-14 元件编辑器的 Place 菜单项

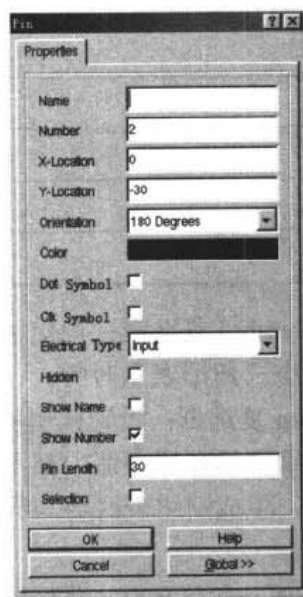


图 5-15 Pin (引脚) 属性设置对话框

- **Name 文本框：**本文本框的作用是设置引脚名。例如，通常将接收数据输入的引脚命名为 D0、D1、D2 等，将接收地址输入的引脚命名为 A0、A1、A2 等，将逻辑输出命名为 Y0、Y1 等，将时钟命名为 Clk，等等。
- **Number 文本框：**本文本框的作用是设置引脚号，即物理元件的引脚编号。在设置引脚时，不能有重复的编号；每当完成放置一个引脚后，下一次放置引脚时其引脚号自动加 1。
- **X-Location、Y-Location 文本框：**本文本框的作用是指定引脚的位置，其坐标指的是带有十字光标一端的坐标。
- **Orientation 下拉列表框：**指定引脚的方向，共有 4 种方向可供选择：0 Degrees (0°)、90 Degrees (90°)、180 Degrees (180°)、270 Degrees (270°)。
- **Color 选择框：**本选择框的作用是设置引脚的颜色，默认设置为黑色，如果要更改颜色，单击 Color 右边颜色框，进行相应设置即可。
- **Dot Symbol 复选框：**它的作用是设定引脚是否为低电平有效。如果确认此选项，引脚开始处将有一个小圆圈，表示反相的意思。
- **Electrical Type 下拉列表框：**它的作用是设置引脚的电气特性，主要用于在编辑原理图时的电气性能检查 (ERC)。例如，输入引脚悬空或两个输出引脚相连都将导致




ERC 检查错误。但是，生成网络表时将不使用引脚的电气特性。Protel 99 SE 提供的电气特性，如表 5-1 所示。


表 5-1 引脚的电气特性

类型	作用
Input	输入引脚
IO	输入/输出双向引脚
Output	输出引脚
OpenCollector	集电极开路型引脚
Passive	一般无源引脚（如电阻、电容的引脚）
HiZ	高阻抗引脚
OpenEmitter	射极输出型引脚
Power	电源引脚（如常用的 VCC 和 GND）


- Clk Symbol 复选框：设定引脚是否为时钟引脚。如果确认此选项，引脚开始处将有一个小三角形表示时钟。
- Hidden 复选框：设置此引脚是否隐藏。如果确认此选项，将定义引脚是隐藏的，在元件编辑器和原理图中都不会显示出来。需要说明的是，所有同名的隐藏引脚自动相连，生成网络表时将同名的网络连在一起。所以，通常会把电源引脚定义成隐藏的。
- Show Name 复选框：设置是否显示引脚名。如果确认此选项，引脚名称将显示出来。
- Show Number 复选框：设置是否显示此引脚号。如果确认此选项，引脚编号将显示出来。
- Pin Length 文本框：设置引脚长度，默认长度为 30，一般取值范围为 10~50。
- Selection 复选框：设置引脚是否处于选中状态，与原理图编辑器的选中状态一样，处于选中状态的引脚可以进行很多编辑处理。


**Arcs 命令：**此命令的功能是绘制圆弧，元件绘制工具栏没有按钮与此命令对应。圆弧的绘制方法与原理图编辑器中圆弧的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。


**Elliptical Arcs 命令：**此命令的功能是绘制椭圆弧，与元件绘制工具栏中的按钮功能相同。椭圆弧的绘制方法与原理图编辑器中椭圆弧的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。

**Ellipses 命令：**此命令的功能是绘制椭圆，与元件绘制工具栏中的按钮功能相同。椭圆的绘制方法与原理图编辑器中椭圆的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。

**Pie Charts 命令：**此命令的功能是绘制馅饼图，元件绘制工具栏没有按钮与本命令对应。馅饼图的绘制方法与原理图编辑器中馅饼图的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。


**Line 命令：**此命令的功能是画直线，与元件绘制工具栏中的按钮功能相同。直线的绘制方法与原理图编辑器中直线的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。


**Rectangle 命令：**此命令的功能是画矩形，与元件绘制工具栏中的按钮功能相同。矩形的绘制方法与原理图编辑器中矩形的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。


**Round Rectangle 命令：**此命令的功能是画圆角矩形，与元件绘制工具栏中的按钮功能




相同。圆角矩形的绘制方法与原理图编辑器中圆角矩形的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。

**Polygons 命令：**此命令的功能是画多边形，与元件绘制工具栏中的按钮功能相同。多边形的绘制方法与原理图编辑器中多边形的绘制方法相同，其属性的编辑方法也相同。

**Beziers 命令：**本命令的功能是画曲线，本命令与元件绘制工具栏中的按钮功能相同，也与原理图编辑器中一般绘图工具栏的画曲线按钮功能相同，使用方法也一样，同样可以设置曲线的线宽、颜色等属性。

**Text 命令：**本命令的功能是放置文字，与元件绘制工具栏中的按钮功能相同，也与原理图编辑器中一般绘图工具栏的放置单行文字按钮功能相同，使用方法也一样，可以设置文字内容、方向、颜色、字体等属性。

**Graphic 命令：**本命令的功能是插入图片，与元件绘制工具栏中的按钮功能相同，也与原理图编辑器中一般绘图工具栏的放置图片按钮功能相同，使用方法也一样，可以设置图片的内容、显示比例、边框等属性。

## 5-5 IEEE 符号说明

为了方便快速放置 IEEE 符号，Protel 99 SE 不但提供了使用菜单命令 Place|IEEE Symbols 命令放置 IEEE 符号，如图 5-16 所示，同时，还专门提供了 SchLibIEEETools (IEEE 符号工具栏)，如图 5-17 所示。IEEE 符号工具栏的每个按钮都有一个菜单命令与之对应。

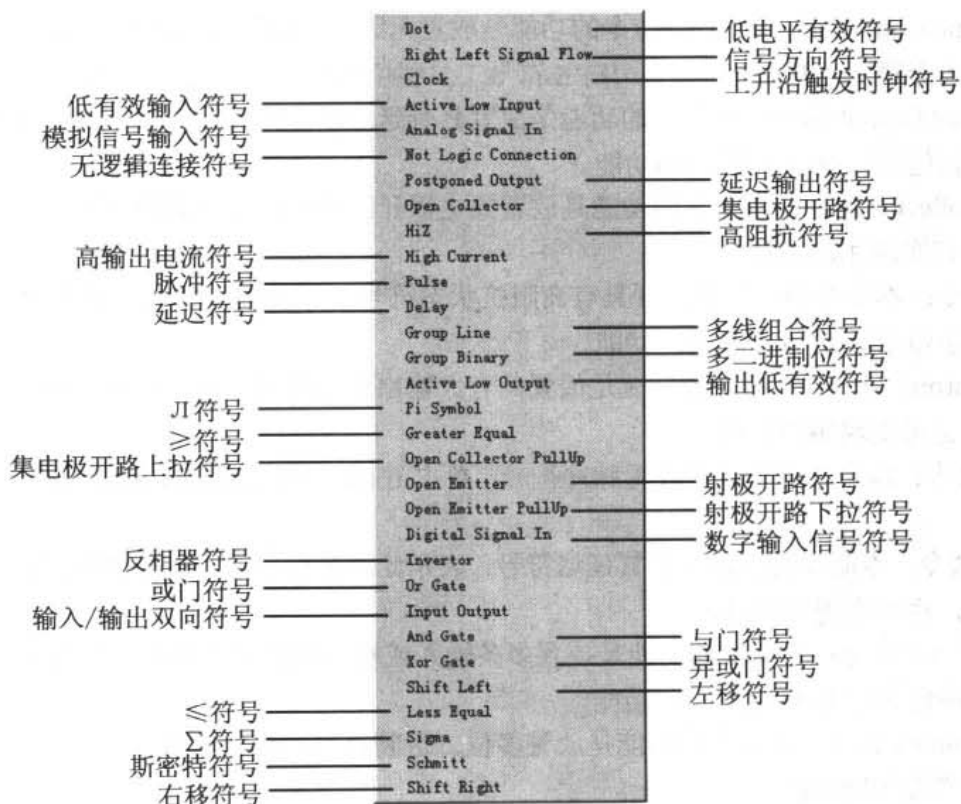




图 5-16 IEEE 菜单命令





图 5-17 IEEE 符号工具栏


下面逐个介绍 IEEE 符号菜单命令的功能。


**Dot 命令：**本命令的功能是放置低电平有效符号，也就是放置一个小圆圈，表示低输入有效或有效输出为低；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Right Left Signal Flow 命令：**本命令的功能是放置信号流方向符号，信号方向可以是上下左右；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Clock 命令：**本命令的功能是放置上升沿触发时钟脉冲符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Active Low Input 命令：**本命令的功能是放置低有效输入符号，即当输入为低电平时有效；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Analog Signal In 命令：**本命令的功能是放置模拟信号输入符号，表示此输入为模拟信号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Not Logic Connection 命令：**本命令的功能是放置无逻辑连接符号，如 74LS123 的电阻和电容输入端为无逻辑连接引脚；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Postponed Output 命令：**本命令的功能是放置具有延迟输出特性的符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Open Collector 命令：**本命令的功能是放置集电极开路符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**HiZ 命令：**本命令的功能是放置具有高阻抗状态符号，如三态门输出；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**High Current 命令：**本命令的功能是放置具有大输出电流符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Pulse 命令：**本命令的功能是放置脉冲符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。

**Delay 命令：**本命令的功能是放置延迟符号，表示此通道有延迟；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Group Line 命令：**本命令的功能是放置多条输入或输出线的组合符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Group Binary 命令：**本命令的功能是放置多位二进制符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Active Low Output 命令：**本命令的功能是放置输出低有效符号，如与非门 74LS00 的输出；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


**Pi Symbol 命令：**本命令的功能是放置  $\pi$  符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮 ，也可实现相同功能。


实现相同功能。


**Greater Equal 命令：**本命令的功能是放置 $\geq$ 符号，例如或门 74LS32 的功能模式为  $A+B \geq 1$ ；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**Open Collector PullUp 命令：**本命令的功能是放置具有上拉电阻的集电极开路符号，例如 7 段 LED 驱动电路 74LS248 的驱动输出；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。


**Open Emitter 命令：**本命令的功能是放置射极开路符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**Open Emitter PullUp 命令：**本命令的功能是放置具有下拉电阻的射极开路符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**Digital Signal In 命令：**本命令的功能是放置数字输入信号符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。


**Invertor 命令：**本命令的功能是放置反相器符号，可以直接使用此命令绘制反相器；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。


**Or Gate 命令：**本命令的功能是放置或门符号，可以直接使用此命令绘制逻辑或门；IEEE 符号工具栏没有对应的按钮。


**Input Output 命令：**本命令的功能是放置双向输入/输出符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。


**And Gate 命令：**本命令的功能是放置与门符号，可以直接使用此命令绘制逻辑与门；IEEE 符号工具栏没有对应按钮。


**Xor Gate 命令：**本命令的功能是放置异或门符号，可以直接使用此命令绘制逻辑异或门；IEEE 符号工具栏没有对应工具按钮。

**Shift Left 命令：**本命令的功能是放置左移符号，一般的可用于具有向左移位功能的元件；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**Less Equal 命令：**本命令的功能是放置小于等于 ( $\leq$ ) 符号；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**Sigma 命令：**本命令的功能是放置求和 ( $\Sigma$ ) 符号，加法器 74LS283 的相加功能；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**Schmitt 命令：**本命令的功能是放置具有斯密特触发功能的符号，如带斯密特触发功能的非门 74LS14；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**Shift Right 命令：**本命令的功能是放置右移符号，一般的可用于具有向右移位功能的元件；单击 IEEE 符号工具栏中的按钮，也可实现相同功能。

**IEEE 符号的属性设置：**与其他图件的属性设置一样，IEEE 符号属性有两种设置方法：处于放置状态时按 Tab 键，或双击已经放置好的 IEEE 符号，都将弹出如图 5-18 所示的 IEEE Symbol (IEEE 符号) 属性设置对话框。

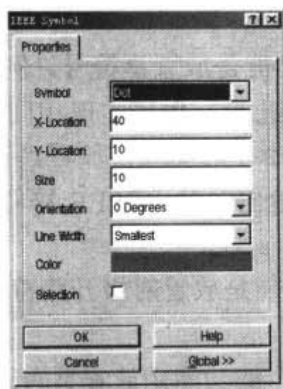


图 5-18 IEEE Symbol (IEEE 符号) 属性设置对话框


IEEE 符号属性对话框的设置方法与原理图中对象的属性设置方法相同, 这里不再重复。

## 5-6 元件管理工具

元件的管理主要指建立新元件、删除元件、元件更名、元件组操作、拷贝元件、查找元件等。这些管理工具可由主菜单的 Tools 菜单项 (如图 5-19 所示)、Browse SchLib (元件库管理器) 或 SchLibDrawingTools (元件绘制工具栏) 中获得。



图 5-19 Tools 菜单项

**New Component 命令:** 本菜单命令的功能是建立一个空的新元件。本命令与元件绘制工具栏中的按钮  功能相同。

**Remove Component 命令:** 本菜单命令的功能是删除元件管理器元件列表中处于选中状态的元件。

**Rename Component 命令:** 本菜单命令的功能是更改元件列表中处于选中状态的元件名称。

**Remove Component Name** 命令：此菜单命令的功能是删除元件管理器中 Group 选项区域元件组中的某元件。

**Add Component** 命令：此菜单命令的功能是在元件管理器中 Group 选项区域的当前元件组中增加组元件。

**Copy Component** 命令：此菜单命令的功能是拷贝指定的元件。

**Move Component** 命令：此菜单命令的功能是移动元件，即将指定的元件从一个元件库移动到另一个元件库。

**New Part** 命令：此菜单命令的功能是增加一个新单元；先指定编辑元件，后执行本命令，系统即刻增加一个单元，并使增加的单元处于当前编辑状态。

**Remove Part** 命令：此菜单命令的功能是删除处于编辑状态的单元。

**Next Part** 命令：此菜单命令的功能是将当前单元的下一个单元切换到编辑状态。

**Prev Part** 命令：此菜单命令的功能是将当前单元的上一个单元切换到编辑状态。

**Next Component** 命令：此菜单命令的功能是将当前元件的下一个元件切换到编辑状态。

**Prev Component** 命令：此菜单命令的功能是将当前元件的上一个元件切换到编辑状态。

**First Component** 命令：此菜单命令的功能是元件库的第一个元件切换到编辑状态。

**Last Component** 命令：此菜单命令的功能是元件库的最后一个元件切换到编辑状态。

**Show Normal** 命令：此菜单命令的功能是当前元件的显示模式切换到正常方式，也就是一般使用的模式。

**Show Demorgan** 命令：此菜单命令的功能是当前元件的显示模式切换到狄摩根方式。本命令与选择元件管理器 Mode 选项区域中的 Demorgan 选项的作用相同。

**Show IEEE** 命令：此菜单命令的功能是当前元件的显示模式切换到 IEEE 方式。本命令与选择 Browse SchLib 选项卡中 Mode 选项区域中的 IEEE 单选框的作用相同。

**Find Component** 命令：此菜单命令的功能是查找元件。

**Description** 命令：此菜单命令的功能是编辑当前元件的描述，指的是 Browse SchLib 选项卡中 Group 选项区域中指定的元件。

**Remove Duplicates** 命令：此菜单命令的功能是删除元件库中的重复元件。

**Update Schematics** 命令：此菜单命令的功能是更新原理图，对元件库作的修改将体现到打开的原理图中。

## 5-7 元件设计及编辑

前面介绍了元件编辑器的界面，说明了元件管理工具和元件绘制工具，现在举一个例子阐述如何建立自己的元件。要建立一个新元件，必须要有该元件的资料如元件名称、元件封装、元件引脚定义、元件引脚编号等。

要建立新元件，先要利用 **New Component** 命令新建一个空元件，或利用 **Copy Component** 命令拷贝已有的元件，后再使用 **Rename Component** 命令更改默认元件名，再使用元件绘制工具生成元件的图形符号，后再放置引脚信息。如果是多单元复合式元件还需要利用 **New Part** 命令生成新的元件单元。元件定义完成后，存盘放入元件库。

现以建立一个元件异或门 74LS86 为例（如图 5-20 所示）来，介绍如何设计一个新元件。

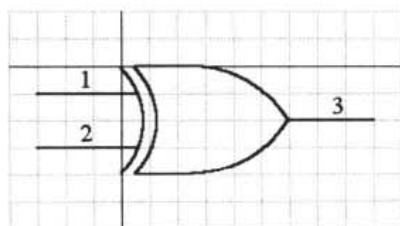


图 5-20 准备建立的 74LS86 元件

## 5-7-1 新建元件

执行菜单命令 Tools|New Component，在弹出的 New Component Name（新建元件命名）对话框中输入“74LS86”，如图 5-21 所示，单击 OK 按钮确认新元件名。

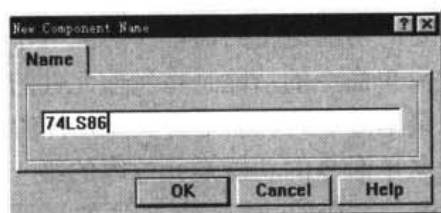


图 5-21 New Component Name（新建元件命名）对话框

在新建一个元件后，系统会自动以最大范围显示，但对编辑元件来说，此分辨率太小，将光标移动到编辑窗口的十字叉中心位置，连续按 PageUp 键 8 次才能放大显示。

## 5-7-2 选项设置（Options）

改变光标移动的栅格（Snap）大小，默认设置为 10 mil，将其改为 5 mil。执行 Options 菜单下的 Document Options 命令，将弹出如图 5-22 所示的 Library Editor Workspace（元件编辑环境）设置对话框。

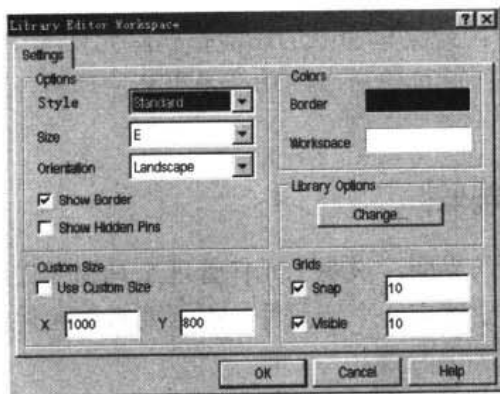



图 5-22 Library Editor Workspace（元件编辑环境）设置对话框

它主要用于设置编辑元件时的默认设置，如类型、尺寸、方向、是否显示十字叉、是否显示隐藏引脚、十字叉颜色、环境颜色、元件库描述更改、显示栅格大小及是否显示、光标移动栅格大小及是否有效等。将 Grids 选项区域中的 Snap 文本框中的 10 改成 5，其他内容对元件的编辑影响不大可不更改。

### 5-7-3 画直线

环境设置完成后，就可以开始绘制元件。先绘制元件的直线部分。

单击元件绘制工具栏的按钮，或执行菜单命令 Place|Line，或者按下 Alt+P+L 键。系统将进入绘制直线状态，直线的绘制方法与原理图编辑器直线的绘制方法一样。画好后的直线，如图 5-23 所示。

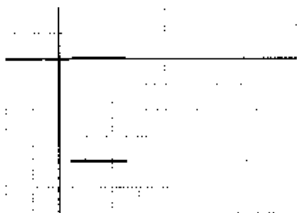


图 5-23 元件的直线绘制

当然，在直线绘制过程中，也可以更改直线的默认属性，如直线宽度、颜色、线型等。这里采用默认设置。

### 5-7-4 画圆弧

执行菜单命令 Place|Arcs，或按下 Alt+P+A 键，系统将进入到绘制圆弧状态，光标上附带活动的圆弧，同样此时圆弧的绘制方法与原理图中圆弧的绘制方法相同。第一次单击鼠标左键或按下 Enter 键，确定圆弧的圆心；第二次单击鼠标左键或按下 Enter 键，确定圆弧的半径；第三次单击鼠标左键或按下 Enter 键，确定圆弧的起点。第四次单击鼠标左键或按下 Enter 键，确定圆弧的终点。按照上面的方法绘制其他圆弧，画好后的结果如图 5-24 所示。

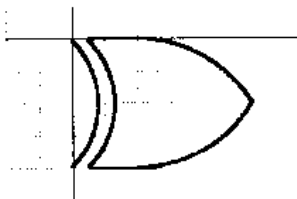



图 5-24 绘制完圆弧后的元件

这样，一个异或门的图案就基本形成了。

### 5-7-5 增加引脚

元件的图案绘制完成后，下一步就是放置元件的引脚。一般地说，元件的图案代表了其功能，而元件引脚则表示了元件如何与外部相连接。

单击元件绘制工具栏的按钮，或执行菜单命令 Place|Pins，或按快捷键 Alt+P+P 后，系统进入放置引脚状态，此时光标变成十字形状，并附带一个浮动的引脚，没有光标的引脚一端是与外部相连的。如果引脚方向不对，可以按下空格键依次改变方向，总共有 4 个方向可以选择：0 Degrees、90 Degrees、180 Degrees、270 Degrees。

默认引脚方向为 0 Degrees，与需要的方向相反，连续按 2 次空格键，即可将方向变成 180 Degrees，如图 5-25 所示。



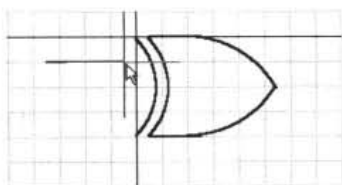


图 5-25 转换方向后的浮动引脚

增加引脚属性：系统给的引脚属性如引脚名称、编号、颜色、电气属性以及引脚长度等均为默认设置，有些属性不能使用默认设置，必须要进行重新设置。如果在固定引脚之前已经知道哪些属性应该如何更改的话，此时就可按下 Tab 键即进入引脚的属性设置对话框，将引脚名改为 A，编号改为 1，电气特性改为 Input（输入脚），如图 5-26 所示。

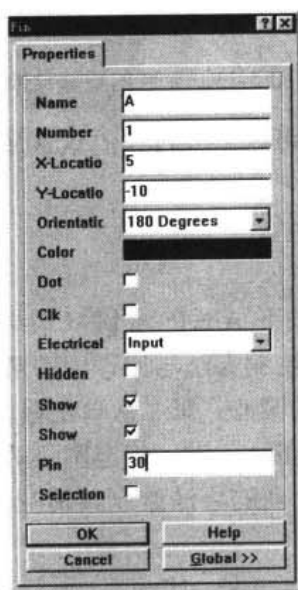


图 5-26 设置好引脚属性后的对话框

重复上面的步骤，增加其他引脚，一个异或门的最终结果，即如图 5-27 所示。

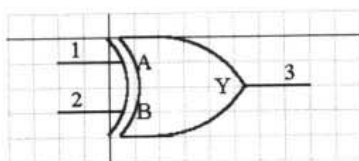



图 5-27 一个完整的异或门

## 5-7-6 增加单元

从物理元件可知，74LS86 含有 4 个功能相同的异或门，故在绘制元件时，一般的应将它分成 4 个单元来处理。因为，绘制元件通常是按功能来划分单元，这样既清晰又便于设计原理图，哪个地方需要一个异或门就放置一个，不必将一个 74LS86 芯片所含的所有异或门集中到一起。

前面已经设计了元件 74LS86 中的一个完整的异或门，但它只是 4 个单元中的第一个，

还需要增加其他单元。

单击元件绘制工具栏的按钮，或执行菜单命令 Tools|New Part，或者按下快捷键 Alt+P+W 键，系统立即增加一个单元，Browse SchLib 选项卡中 Part 选项区域右边的“1/1”也变成了“2/2”，如图 5-28 所示，并且新增加的单元正处于当前编辑状态。

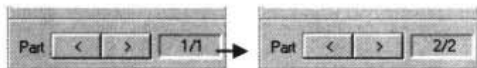



图 5-28 增加一个单元的指示




### 5-7-7 设计新单元

由于新单元的功能与第 1 个单元的功能是完全一样的，故表示功能的图案也应该是相同的。下面使用拷贝第 1 个单元的方法来设计新单元，单击 Part 选项区域的按钮切换到第 1 个单元。

#### 1. 拷贝第 1 单元图形

**全部选择：**执行菜单命令 Edit|Select|All，或按快捷键 Alt+S+A 键，或者在待命状态下按住鼠标左键不放并拖动鼠标，使拖动出来的虚线框围住需要选择的图形，处于选中状态的图形颜色为黄色。

**拷贝选择图形：**执行菜单命令 Edit|Copy，或按下快捷键 Alt+E+C 键，光标变成了十字形状，就应确定选择图形的参考点。参考点可以是任何位置，不一定非得在选择图形的某个地方，移动十字光标到原点（即 Border 线的交叉点）处，单击鼠标左键或按 Enter，即拷贝完毕。

**粘贴图形：**单击元件管理器 Part 选项区域的按钮切换到新建的第 2 个单元，执行菜单命令 Edit|Paste，或按快捷键 Alt+E+P，或单击主工具栏上的按钮，光标变成十字形状，并附带了刚刚拷贝的图形，光标所在的位置为刚才设置的参考点，移动十字光标到原点后，单击鼠标左键或按 Enter 键固定粘贴的图形。粘贴后的图形处于选中状态，执行菜单命令 Edit|Deselect All，或单击主工具栏的按钮，即可取消选择。


#### 2. 更改引脚设置

单元所有内容（连同引脚）都是从第 1 单元拷贝来的，单元的图案不用编辑，但引脚信息和第 1 个单元不同，所以需要更改引脚设置。

用鼠标左键双击引脚的方法更改引脚信息，分别将引脚 1、2、3 变成引脚 4、5、6，结果即如图 5-29 所示。

按照上面叙述的方法可分别创建 74LS86 的第 3、第 4 个单元。

**设置电源引脚：**前面叙述了元件的功能单元及其引脚设置，现在说明如何设置电源引脚。一般的讲，电源引脚放置在元件的第 1 个单元，74LS86 有两个电源引脚。其中，7 脚为地（GND），14 脚为 5V 电源（VCC）。

电源引脚的放置方法与其他引脚的放置方法一样，将元件切换到第 1 个单元，单击元件绘制工具栏的按钮，或执行菜单命令 Place|Pins，分别放置两个引脚，并将它们的名称设置为 GND 和 VCC，Designator（引脚编号）设置为 7、14，如图 5-30 所示。

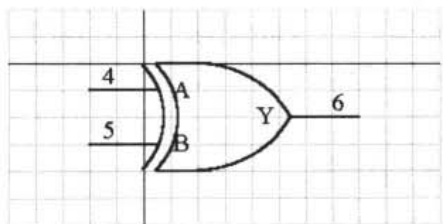


图 5-29 74LS86 的第 2 个单元

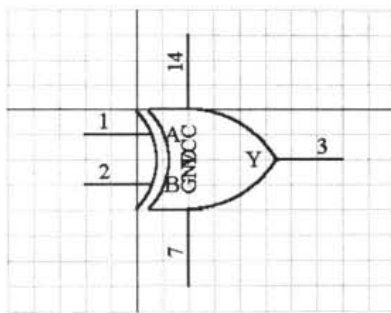


图 5-30 增加电源引脚后的第 1 个单元

设计电路时电源和地的连接, 最好能自动连接。这样, 原理图阅读起来既清晰又不容易出错。所以, 需要将电源和地引脚设置为隐藏的。这样系统会自动把同名的隐藏引脚连接在一起, 并且和同名的网络相连。

### 5-7-8 定义元件属性

元件绘制完成后, 应开始设置元件的属性。元件属性是指原理图放置元件的默认编号、元件描述、元件封装、元件其他选项区域的说明。

由于新建立的元件属性都是空白的, 故需要手动输入, 单击 Group 选项区域的 Description 按钮, 或执行菜单命令 Tools|Description, 系统

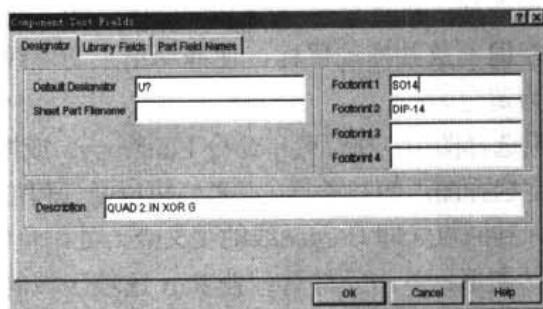


图 5-31 Component Text Fields (元件文字) 属性设置对话框

弹出如图 5-31 所示的元件属性对话框, 即可将 Default Designator (元件默认编号) 设置为“U?”, 将 Description (元件描述) 设置为“QUAD 2.IN XOR G”, 将 Footprint (元件封装) 中的前两栏设置为“SO14”和“DIP-14”。对其他的设置可以不管。

这样, 标准 TTL 电路 74LS86 元件就完成建立了。在建立这个元件的过程中, 只使用到了元件库编辑器的很少功能, 实际上利用这个编辑环境可以建立非常复杂的元件。

## 5-8 小结与习题

### 5-8-1 小结

本章主要讲述了在设计原理图过程中如何新建一个库, 如何对原理图中所用到的库进行管理和操作, 并用详细的步骤讲解了如何自定义自己的元件。通过对本章的学习, 可以画出各种含有特殊元件的原理图, 从而解决了实际工作中找不到合适元件的问题。

### 5-8-2 习题

1. 新建一个库文件, 并在其中自定义一个元件异或门 74LS86。
2. 新建一个库文件, 在其中画一个放大器符号, 并用 IEEE 标准符号标注。
3. 简述原理图元件库绘图工具栏中各个按钮的作用, 并指出与这些按钮相对应的菜单命令。

## 第 6 章

# 多张电路图设计

经过前面几章的介绍，在一张电路图中设计自己的电路已经是比较容易了，但是，如果需要设计的电路非常复杂，一张电路图纸已无法完成设计，即使硬塞进去，此时电路的可读性也很差了。为了解决这个难题，Protel 99 SE 提供一种强大的多张原理图设计功能：电路图可以按层次划分，电路的层次关系可以很复杂，并且一个设计中的电路图纸数目没有限制。利用这个功能可以完成极其复杂的电路设计，即使所设计的电路不算复杂，也可以将每个功能模块电路设计成单张电路图，从而使设计的电路可读性更强。

设计的各电路图之间的关系，是用一种特殊符号 Sheet Symbol（方块电路图符号）实现的。方块电路图用图形的方式表示一张完整的电路图，方块电路图含有一些 Sheet Entry（方块电路出入口），使用它能使与原理图中对应的端口进行连接。在多张电路图设计中最重要的是理解如何处理各种网络标志，以及各种层次组织方式是如何连接的。

本章将主要介绍多张电路图的设计。

### 6-1 多张电路图的连通性

电路图中电气对象的连接是用两种方式来实现连接的：一种是直接用导线将需要连接的对象连接起来，另一种方式是利用网络标志符来实现连接。利用网络标志符不但可以连接单张电路图，而且可以连接多张电路图上的电气对象。

网络标志符包括：Net Label（网络标号）、Port（端口）、Sheet Entry（方块电路出入口）、Power Port（电源端口）和 Hidden Pin（隐藏引脚）。

网络标号：也是平常使用最多的一种标志连接的方法，在不方便用导线直接相连时，或要与其他电路图对应网络相连时，放置一个网络标号。用网络标号来唯一地标志一个电路网络，这个网络与同一张电路中具有相同名称的其他网络相连，并且通过设置也可以与整个电路项目中其他电路的同名网络相连。也可在导线、元件引脚、总线上放置网络标号。

端口：就好比一张电路图的输入/输出口，使用它可与项目中的其他电路进行连接。其连接方式要依赖具体的设置，可以由两种方式进行连接：横向连接即直接与其他电路图上的对应端口相连；纵向连接，即与代表此电路的方块电路图（Sheet Symbol）中的对应方块电路出入口（Sheet Entry）相连。

方块电路出入口：它只有一种连接方法——纵向连接，即与方块电路图所表示的子图的同名端口（Port）相连。

电源端口：即将整个项目中所有的同名电源端口自动连接在一起，不管它们的显示符号

是否相同。因为，电源符号较多，并且有的符号不显示电源名称。所以，我们在进行设计时，为了不发生错误连接，尽量把电源端口设置成统一标准的形式。

**隐藏引脚：**隐藏引脚的连通性与电源端口相同，可将项目中所有的同名隐藏引脚自动相连。例如，标准集成电路的电源引脚和接地引脚通常都是隐藏的，它们自动与同名的电源端口相连。

所以，网络标志符的连通性依赖于项目的组织形式，这种组织形式在刚开始设计电路时就应该确定。

## 6-2 多张电路图的 5 种模式

如果设计的电路项目很复杂，就需要一个很好的电路管理软件来组织这些电路图，从而形成一个有效和谐的整体。Protel 99 SE 就是满足这些条件的一个电路设计管理软件，充分使用其功能可以设计出极其复杂的应用电路，并且从理论上说是没有限制的。

为了有效地组织好电路设计，Protel 99 SE 提供了 5 种层次电路的连接模式。在设计电路图之前，需要做出决定项目的电路分层结构。因为，不同的层次结构将影响到整个项目网络标志符的命名。同时，在进行电路的 ERC 检查时，在运行电路模拟时，在生成网络表时，在编译多电路图 PLD 设计时，都需要根据层次结构给出网络标志符的作用范围。现将多张电路图的 5 种层次结构介绍如下。

### 6-2-1 模式 1——通过全局端口连接多张电路

第 1 种模式是通过端口作为各电路图之间的连接的多张电路图设计。这种模式的示意图如图 6-1 所示。

说明：Sheet1.sch、Sheet2.sch、Sheet3.sch 的三个端口 Clock、D0、V1ot1 分别相互连接，而它们中的 NetLabel1、NetLabel2、NetLabel3 却不能相连。

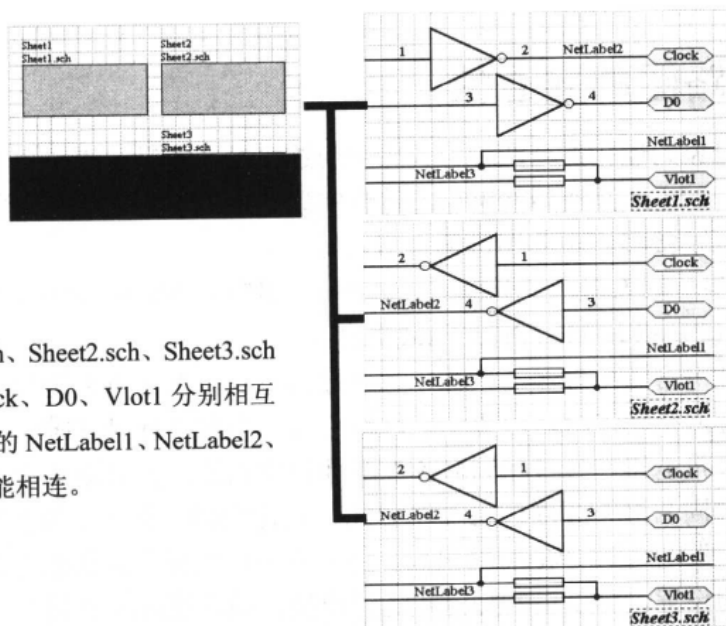


图 6-1 多张电路图的第 1 种连接模式

这种模式的本质是以相同的 Port（端口）名称作为项目电路图之间的连接，即端口是全局的。这种组织方式就像 OrCad 中的平坦式（Flat）设计，所有的子电路图都处于相同层次——第 2 层。顶层电路包括了表示所有子电路图的方块电路图，它们之间没有任何导线直接

相连，它们的连接是用子电路图的端口实现的。网络标号的作用范围仅限于本张电路图，只有通过端口才能与其他电路图相连。

这种模式的优点是层次结构简单，电路图之间连接方式也简单，不同电路图可以有相同的网络标号而不相互连接。

此模式的缺点：因组织方式太简单，难于管理大型电路设计。

如果是使用这种模式来设计电路，那么当进行 ERC 检查时，或在进行电路模拟运行，生成网络表时，编译基于原理图的 PLD 时，应该将弹出的对话框中的 Net Identifier Scope（网络标志符作用范围）下拉列表框设置成“Only Ports Global”。

### 6-2-2 模式 2——通过全局端口和全局网络标号连接

第 2 种模式和第 1 种模式相似。它不但通过端口作为电路图之间的连接，而且也可以通过网络标号来实现电路图之间的连接的多张电路图设计，如图 6-2 所示。

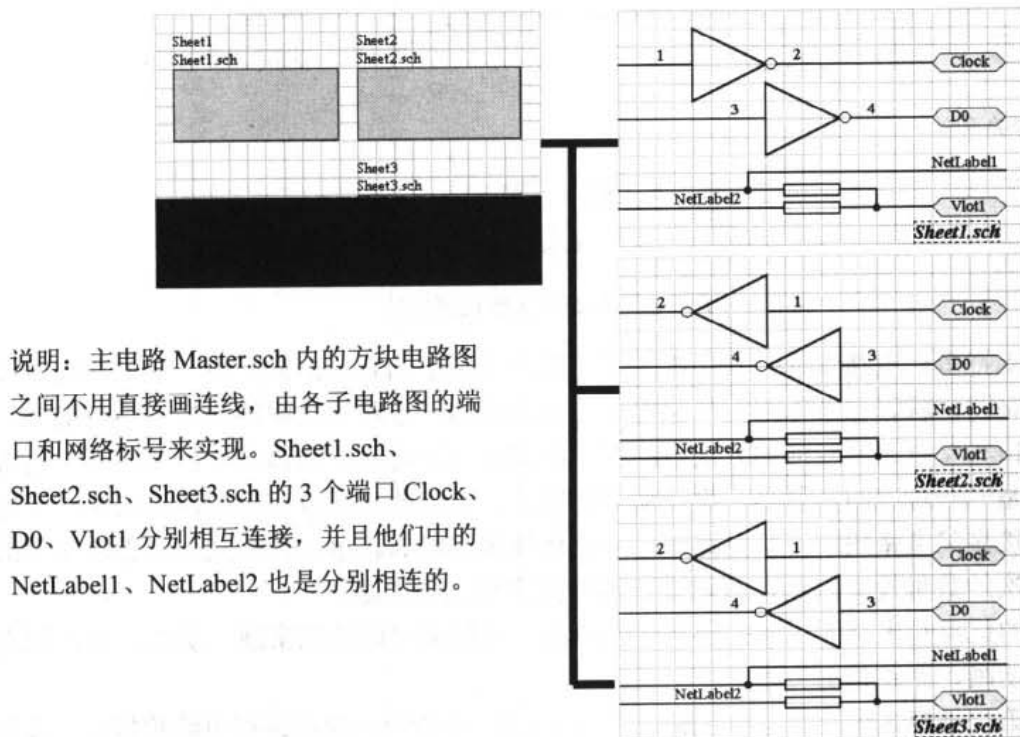


图 6-2 多张电路图的第 2 种连接模式

与第一种模式类似。这种模式的本质是以相同的端口名称和网络标号作为项目电路图之间的连接，即端口和网络标号是全局的；其组织形式也是平坦式结构，所有的子电路图位于相同层顶层，顶层电路包括了表示所有子电路图的方块电路图，它们之间没有任何导线直接相连，它们的连接是用子电路图的端口和网络标号实现的。

这种模式的优点和缺点与第 1 种模式相同。

如果使用这种模式来设计电路，那么当进行 ERC 检查时，或在进行电路模拟时，或生成网络表时，或编译基于原理图的 PLD 时，应将弹出的对话框的网络标志符作用范围（Net Identifier Scope）下拉列表框，设置成“Net Labels and Ports Global”。



### 6-2-3 模式 3——简单层次结构

第 3 种模式即所谓的简单的层次电路，其连接方式如图 6-3 所示。

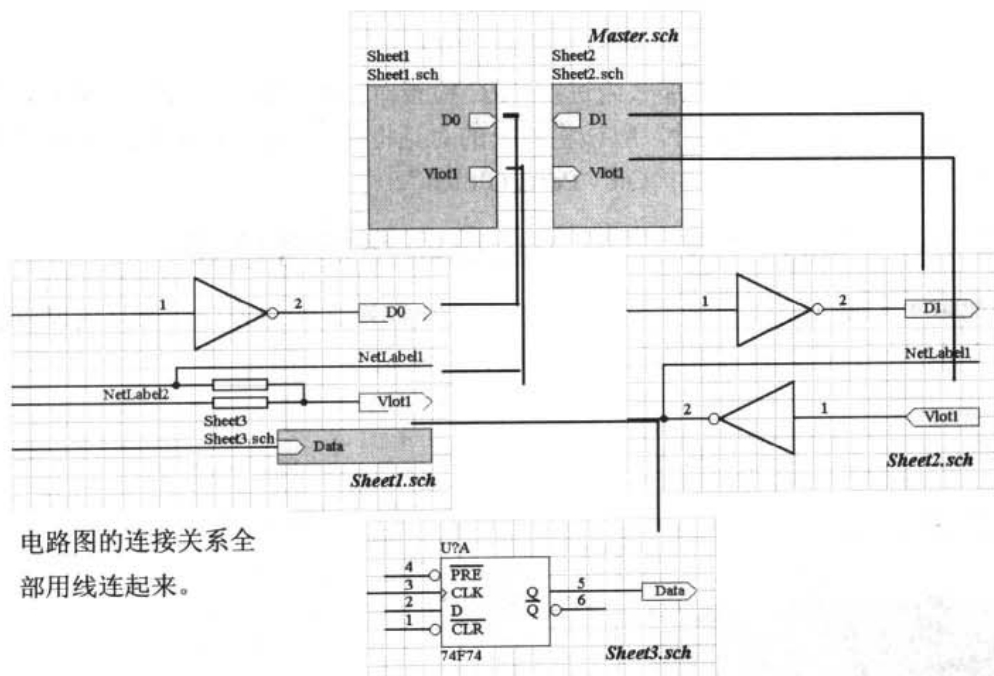


图 6-3 多张电路图的第 3 种连接模式

这种模式支持多层电路设计，其层次关系可以用树形结构表示出来；用一个方块电路图表示一个子电路图，就好像子电路图从父电路图继承来的。电路图之间的连接是纵向的，子电路图通过端口与父电路图对应的方块电路图中的同名方块电路出入口相连，并且端口与方块电路出入口是一一对应的。否则，设计就有问题了。电路图之间没有横向连接关系，子电路图之间的连接靠父电路图的方块电路图之间的连线来实现的。第 3 种模式为真正意义上的层次电路，层次的数量没有限制，可以设计出任意多层次的电路。

这种模式的优点是电路图之间的层次关系清楚，连接由父电路图实现。所以，电路图之间的连接也很明晰，跟踪信号方便。

如果使用第 3 种模式来设计电路，那么当进行 ERC 检查时，或在进行电路模拟时，或生成网络表时，或编译基于原理图的 PLD 时，要将弹出的对话框的 Net Identifier Scope（网络标志符作用范围）下拉列表框，设置成“Sheet Symbol/Port Conections”。

### 6-2-4 模式 4——复杂层次结构

第 4 种模式称之为复杂层次结构，它和第 3 种模式类似。在一个电路项目中可以多次放置同一个方块电路图，这些相同的方块电路图既可以位于同一张电路图，也可以位于不同的电路图。这种模式适合模块电路需要重复利用的场合。模式 4 的示意图，如图 6-4 所示。



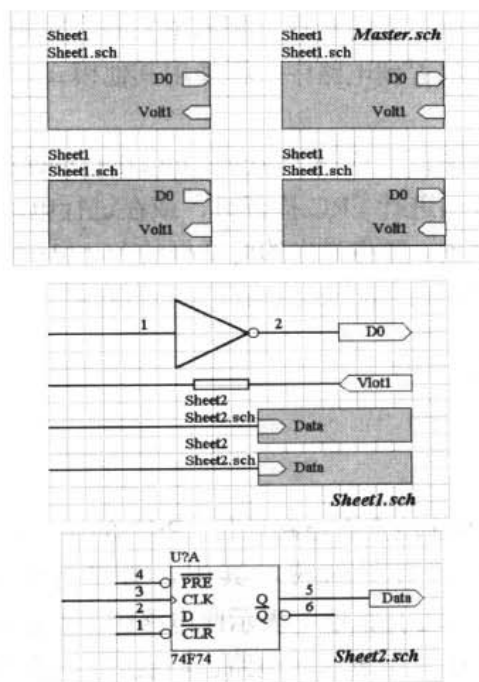


图 6-4 多张电路图的第 4 种连接模式

例如，电路设计中用大量的 7 段 LED 数码管驱动电路，可以把一个一位驱动电路（即一个 7 段 LED 数码管驱动电路）做成标准的模块电路，在需要使用这个模块的其他电路中用一个方块电路图来表示一位驱动电路，需要多少位显示就放置多少个方块电路图就可以了。

第 4 种模式只在设计阶段使用，它的优点是使电路在设计时最精简。但是，当进行电路分析时，要使这种精简的电路变成实际的电路形式，将复杂层次结构变成简单层次结构，将多次使用的子电路图进行复制并更名，以使一张子电路图只能被引用一次，菜单命令 Tools|Complex to Simple 就是完成此功能的。然而电路图元件编号却并没有改变，为保持元件编号的唯一性，必须对电路图重新编号，由菜单命令 Tools|Annotate 来实现。

如果使用第 4 种模式来设计电路，那么当进行 ERC 检查时，或在进行电路模拟时，或生成网络表时，或编译基于原理图的 PLD 时，要将弹出的对话框的 Net Identifier Scope（网络标志符作用范围）下拉列表框，设置成“Sheet Symbol/Port Connections”。

### 6-2-5 模式 5——电路图式元件构成的层次结构

第 5 种模式是利用电路图式元件构成的层次结构，与第 4 种模式一样，也可以重复利用电路图式的元件。它是一种特殊的层次结构，一个元件就表示了一张电路图，可以像元件一样重复放置使用，其连接方式如图 6-5 所示。有很多情形都可以使用模式 5 设计，如一个滤波器电路，可以把它当元件看待。

利用模式 5 来进行设计，只需在元件的 Sheet Part 属性输入它所表示的电路图文件名。元件的引脚就好比方块电路出入口与 Sheet Part 属性指定电路图的同名端口自动连接。为了更好地利用模式 5，一般的都要给出这些专用电路图设计对应的元件。

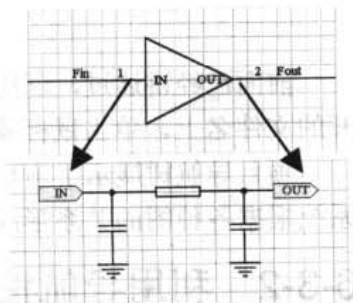


图 6-5 多张电路图的第 5 种连接模式



实际上,使用第5种模式设计电路是一个很好的选择,把常用的功能模块电路设计成一个标准元件,使用时就像元件一样将此功能放置到电路中,再使用其他模式一起设计电路就大为简化设计工作了。

使用这种模式来设计电路,在生成网络表时,应选 Descend into the sheet parts 复选框。

如果使用第5种模式来设计电路,那么当进行 ERC 检查时,或在进行电路模拟运行时,或生成网络表时,或编译基于原理图的 PLD 时,要将弹出的对话框的 Net Identifier Scope (网络标志符作用范围)下拉列表框,设置成“Sheet Symbol/Port Connections”。

## 6-3 多张电路图设计的导航

### 6-3-1 利用项目导航树

利用 Protel 99 SE 的设计导航树可以很方便地查看电路项目 (Prj) 的层次关系,如图 6-6 所示的是 LCD Controller.ddb 设计数据库设计导航树。其中,打括号的文件为 LCD Controller.prj 的项目导航树,原理图文件名左边的加号  表示此电路图下面还有子图,一般的是通过方块电路图来表示层次关系。而减号  则表示此电路已经展开,就像文件和文件夹的表现形式。但是,父电路和子电路并没有包含关系。

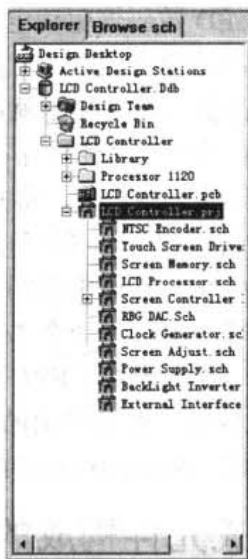



图 6-6 LCD Controller.prj 的项目导航树

前面已经讲述过,利用设计导航树打开一个文件是非常方便的,只需将鼠标移到准备打开的文件名上,单击鼠标就可以了。

项目导航树展示了项目中各电路图之间的关系。但是,不能直接编辑项目导航树,它是系统根据各种图的关系形成的。

### 6-3-2 利用导航按钮或导航命令

为了在设计多张电路图时便于查看信号的来龙去脉,Protel 99 SE 提供了菜单命令 Tools|Up/Down Hierarchy 和主菜单按钮 。在执行命令后,光标变成十字形状,此时有 2 种用法:

从方块图查看子电路图：如果要查看方块电路图代表的电路图内容，将十字光标移到准备查看的方块电路图上，单击鼠标左键，系统将立即切换到此电路图。如果在单击鼠标时，十字光标正好位于某方块电路出入口上，则切换到子电路图后，方块电路出入口对应的子电路图端口将处于聚焦状态，处于编辑窗口的中央。

从子电路图查看父电路图：如果要查看子电路图的某端口在父电路图的连接情况，将十字光标移动到端口上，单击鼠标左键，系统将即刻切换到父电路图，端口所对应的方块电路出入口位于编辑窗口中央，并处于聚焦状态。

## 6-4 自顶向下的多张电路图设计

多张电路图的设计与平时将一个复杂电路划分为几张小的电路图的设计方法相同，只是现在多了一个层次概念，多了复杂电路的管理单位——方块电路图。

鉴于各种层次电路设计的特点，现将比较常用的几种层次电路设计方法介绍如下。

下面以 Z80 Microprocessor.ddb 设计数据库为例，讲述自顶向下设计多张电路图的设计方法。

### 6-4-1 设计主电路图

自顶向下的设计方法是先设计主电路图，即整个电路的框图，并在图中定义表示各个功能模块的方块电路图，然后再绘制各个方块电路图所代表的子电路图。

自顶向下的设计步骤如下：

- (1) 建立项目目录：打开 Design Explorer 99 SE\Examples\Z80 Microprocessor.ddb，单击 Z80 Microprocessor.ddb 选项卡使其处于激活状态，执行菜单命令 File|New，选择新文档类型为 Document Fold（文件夹），并将生成的文件夹名称更名为 Test。
- (2) 建立顶层电路图：双击 Test 文件夹使其打开，执行菜单命令 File|New 或选择在编辑窗口内的弹出菜单中的 New 命令，选择新文档类型为 Schematic Document（原理图），并将生成的原理图文件名更名为 Test.Prj，如图 6-7 所示。

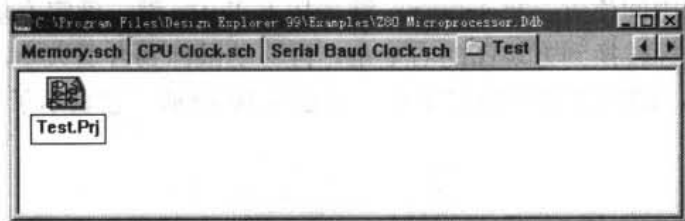




图 6-7 建立项目电路的顶层文件

- (3) 打开顶层电路及电路绘制工具栏：双击 Test.Prj 文件使其打开，再单击电路绘制工具栏切换按钮，使电路绘制工具栏处于打开状态。如果电路绘制工具栏已经是处于打开状态，则不用执行该操作。
- (4) 绘制 CPU 模块的方块电路图：执行菜单命令 Place|Sheet Symbol 或用鼠标单击电路绘制工具栏按钮，光标变成十字形状，处于浮动方块电路图的左上角，如图 6-8 所示，移动鼠标，浮动方块电路图也随着移动。

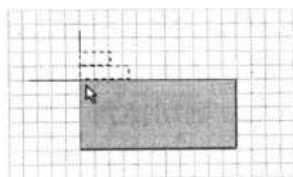


图 6-8 放置方块电路图

- (5) 设置 CPU 方块电路图属性: 按下 Tab 键, 弹出 Sheet Symbol (方块电路图符号) 属性对话框, 如图 6-9 所示, Filename 属性设置方块电路图代表的原理图文件名, 将其设置为 Cpu.sch, Name 属性用于设置方块电路图的名称, 将其设置为 CPU, 单击 OK 按钮加以确认。

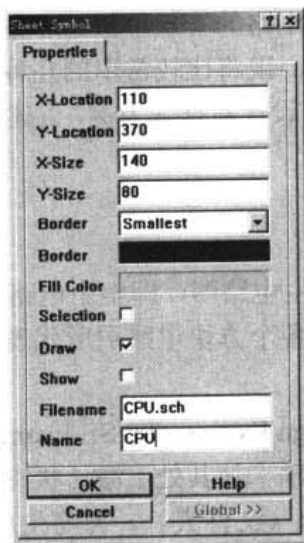


图 6-9 设置 Sheet Symbol (方块电路图符号) 属性对话框

- (6) 确定方块电路图位置和大小: 设置好属性后, 系统仍然处于浮动方块电路图状态, 移动鼠标到中间位置, 单击鼠标左键或按下 Enter 键, 确定方块电路图的左上角位置; 十字光标转换到方块图的右下角, 再移动鼠标到合适大小, 单击鼠标左键或按下 Enter 键, 确定方块图的右下角, 如图 6-10 所示, 它表示了子电路图 Cpu.sch。

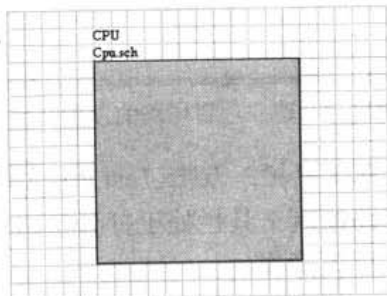


图 6-10 放置后的 CPU 方块电路图

- (7) 绘制其他方块电路图: CPU 方块电路图放置完成后, 系统仍然处于放置方块电路图状态, 可按照上面的方法绘制其他方块电路图。所有方块电路图绘制完成后的电路图, 如图 6-11 所示。

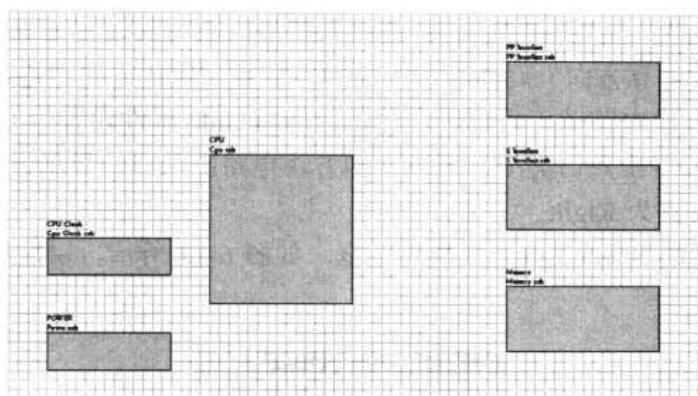



图 6-11 在主电路图中绘制的方块电路图

- (8) 进入放置方块电路出入口状态: 单击电路绘制工具栏中的按钮 , 或执行菜单命令 Place|Add Sheet Entry, 光标将变成十字形状, 移动鼠标使光标到 CPU 方块电路图中 (只有把光标移动到方块电路图中才能放置方块电路出入口), 单击鼠标左键或按下 Enter 键, 确定在此方块电路图中放置方块电路出入口, 方块电路图中十字光标上将出现浮动的方块电路出入口, 如图 6-12 所示。

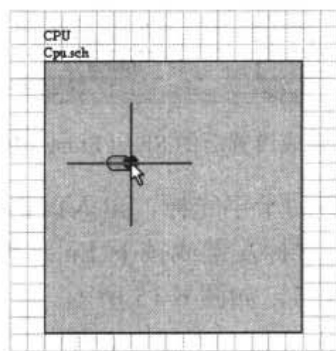


图 6-12 准备放置方块电路出入口

- (9) 设置方块电路出入口属性: 此时, 按下 Tab 键, 进入方块电路出入口的属性设置, 弹出如图 6-13 所示的 Sheet Entry (方块电路出入口) 属性对话框。

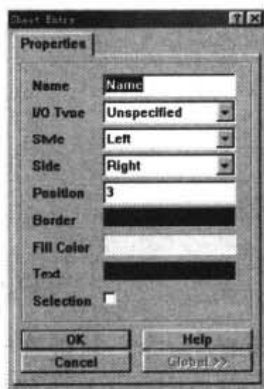


图 6-13 Sheet Entry (方块电路出入口) 属性对话框

- 设置 Name 属性: 因为, 首先放置的方块电路出入口, 为 CPU 设置输入信号 CPUCLK。所以, 其 Name (名称) 属性内容设置为 CPUCLK。



- 设置 I/O 类型：显然，CPU 时钟是输入信号，故将其设置为 Input。
- 设置 Side（停靠方向）属性：出入口的停靠点，应该方便相连，因是时钟信号。而 CPU 时钟方块电路图正好位于左边，故应将 Side 属性设置为 Left。
- 设置 I/Otype（出入口类型）属性：即方块电路出入口的显示方向。因是输入信号，故应将它设置为 Right。

其他属性设置后的 Sheet Entry 属性对话框，如图 6-14 所示。属性设置完成后，应单击 OK 按钮加以确认。

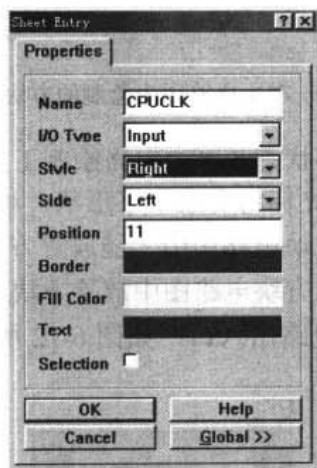


图 6-14 完成设置后的 Sheet Entry 属性对话框

- (10) 固定方块电路出入口：移动十字光标，出入口也跟着移动，将出入口移动到 CPU 方块电路图的对面，单击鼠标左键或按下 Enter 键，固定方块电路出入口，即完成绘制第 1 个方块电路出入口，如图 6-15 所示。
- (11) 绘制 CPU 方块图的其他出入口：绘制完 CPU 后，系统仍处于放置方块电路出入口状态，可按照步骤（8）～（10）讲述的方法，绘制好 CPU 方块电路图的其他出入口，如图 6-16 所示。

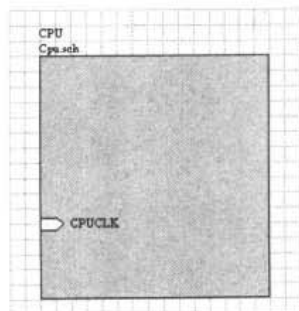


图 6-15 绘制 CPU 出入口

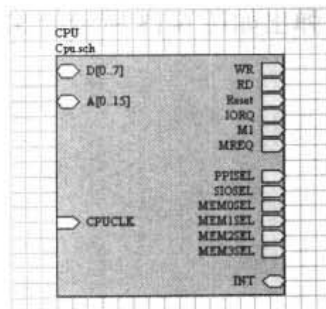


图 6-16 完成 CPU 方块电路图的出入口放置

因为，执行一次 Plac|Add Sheet Entry 命令，只能在一个方块电路图中放置出入口，故应按下 Esc 键或单击鼠标右键退出放置方块电路出入口状态。

- (12) 绘制其他方块电路图的电路出入口：重复上面（8）～（11）的步骤，即可绘制其他方块电路图的出入口，如图 6-17 所示。

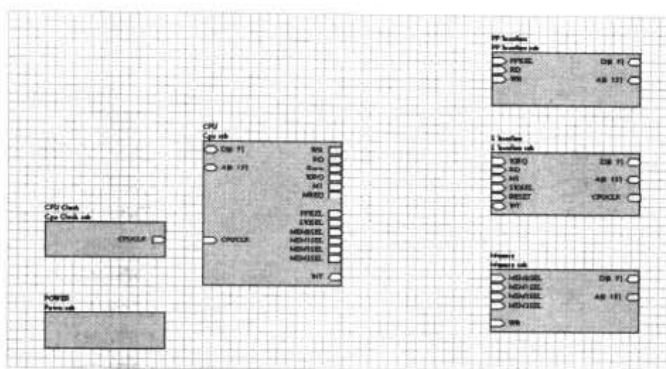


图 6-17 完成放置方块电路出入口的主电路图

- (13) 绘制主电路图其他部分如导线、总线等：按照电路模块的划分方法，需要连接的出入口用导线或总线连接起来，具体绘制方法前面已经讲述了，就不再重复了。其结果如图 6-18 所示。

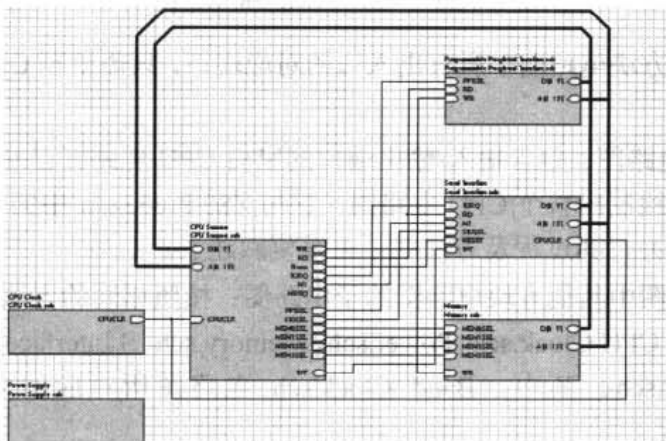


图 6-18 Z80 Processor.Prj 主电路图

## 6-4-2 子电路图设计

下面讲述由方块电路图生成的子电路图的方法。具体步骤如下：

- (1) 生成 Cpu.sch 子电路图：执行菜单命令 Design|Create Sheet From Symbol，光标变成十字形状，移动鼠标选择准备生成子电路图的方块电路图，将十字光标移动到 CPU 方块电路图上，单击鼠标左键或按下 Enter 键进行选择，系统将弹出如图 6-19 所示的 Confirm（确认）对话框。

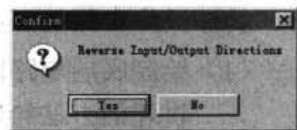


图 6-19 端口方向 Confirm(确认)对话框

此对话框询问是否要将端口的输入/输出方向反向。例如，设置信号 CPUCLK，在顶层电路中，它是从 CPU Clock 方块电路图输出到 CPU 方块图的，对于 CPU 方块电路图 CPUCLK 是输入型 (Input) 的，CPU 方块图对应的子电路图 CPUCLK 当然肯定是输入信号了。一般地说，生成的端口信号方向与其对应的方块电路出入口的方向一致，不必反向。按下 Yes 按钮表示生成的端口信号与对应的方块电路出入口信号反向，而按下 No 按钮则不反向。此时用不着反向，按下 No 按钮后，CPU 方块电路图生成的电路，



如图 6-20 所示。

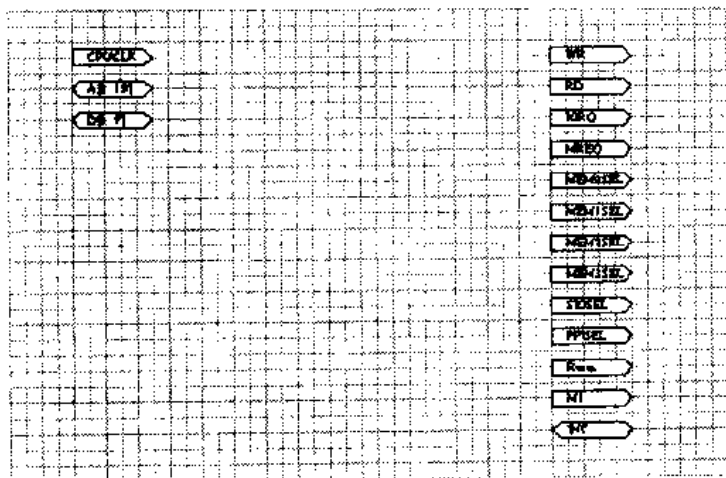


图 6-20 生成的 Cpu.sch 电路图

电路图中包含了方块电路图中所有出入口的对应端口，只需绘制 CPU 模块内的电路，就不用管其他部分。

- (2) 绘制 CPU 电路图：包含输入/输出端口的空白 CPU 电路图已经产生了，按照上一节讲述的方法绘制出整个 CPU 电路图（它与 Z80 Processor 中的 CPU Section.sch 电路图是一样的），其过程及方法就不再重复叙述了。
- (3) 生成主电路图中其他方块电路图的子电路图：按照相同的方法即可生成其他方块电路图的子图 CPU Clock.sch、Power.sch、Memory.sch、S Interface.sch、PP Interface.sch、Baud Clock.sch。其中，Baud Clock.sch 电路图所对应的方块电路图为 Serial Interface.sch。

### 6-5 自底向上的多张电路图设计

自底向上的层次电路图设计方法，正好与自顶向下的层次电路图设计相反。先绘制低层次的具体电路图，再产生这些电路图对应的方块电路图，最后才绘制顶层的主电路图。下面仍以 Z80 Microprocessor.Ddb 设计数据库为例讲述自底向上的设计方法。

具体操作步骤如下：

- (1) 绘制底层电路图：现在从 CPU Clock.sch 电路图开始一步步向上设计。按照前面所讲述的方法绘制好最底层的电路图 CPU Clock.sch。

**注意：**电路除了基本对象外，还有一个输出端口 CPUCLK，使用它与整个电路的其他模块进行信号连接。在生成方块电路图时，也要使用它产生方块电路出入口以保持端口 CPUCLK 与外部的连接关系。

- (2) 产生 CPU Clock 方块电路图: 在生成方块电路图之前, 打开父电路图 Z80 Processor.prj。执行菜单命令 Design|Create Symbol From Sheet, 系统将弹出如图 6-21 所示的 Choose Document to Place (选择父电路图) 对话框。

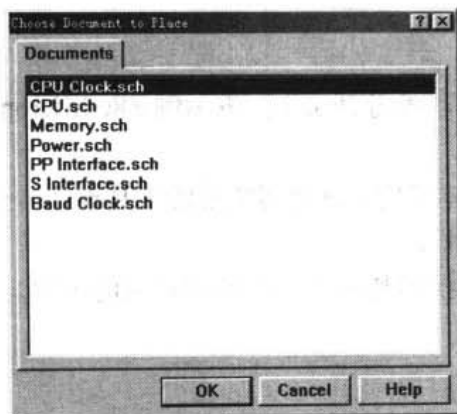


图 6-21 Choose Document to Place (选择父电路图) 对话框

对话框列出了当前目录中的所有原理图文件名, 选择好准备转换为方块电路图的原理图文件 (这里选择 CPU Clock.sch 文件), 然后单击 OK 按钮确认选择。系统即弹出电路出入口的输入/输出方向选择对话框, 如图 6-22 所示。

因为, 设置生成的方块电路出入口的方向与当前电路中端口的方向相同。所以, 应单击 OK 按钮。此时进入放置方块电路图状态, 光标变成十字形状并附带了浮动方块电路图, 将其移动到适当位置后, 单击鼠标左键或按下 Enter 键固定方块电路图, 其属性没有必要进行设置。因方块图名称和文件名都能自动设置好。完成放置后的 CPU Clock 方块电路图, 即如图 6-23 所示。

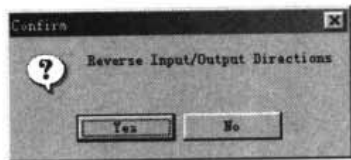


图 6-22 出入口方向选择 Confirm (确认) 对话框

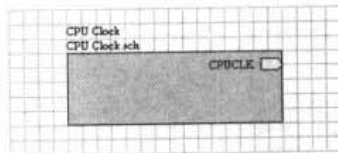


图 6-23 由子电路图生成的方块电路图

系统已经自动产生 CPU Clock 方块电路图, 并且也产生 CPUCLK 方块电路出入口。后面的工作只需要将方块图连接起来就可以了。

- (3) 产生其他电路的方块图: 可从 CPU Clock.sch、Memory.sch、Power Supply.sch、Programmable Peripheral Interface.sch、Serial Interface.sch 和 Serial Baud Clock.sch 原理图生成其他模块的方块电路图。

## 6-6 小结与习题

### 6-6-1 小结

本章介绍了用多张电路图设计复杂电路图的设计方法。讲解了多张电路图设计的 5 种模式, 每种模式的优点、缺点和适用范围, 并详细讲述了自顶向下和自底向上两种多张电路图的设计方法。若利用多张电路图进行设计, 不但使电路图的层次更加清楚, 而且可大大简化工作, 使设计大型的复杂的电路图成为可能。

### 6-6-2 习题

1. 新建一个设计数据库文件, 参考 Protel 自带示例 Z80 Microprocessor.ddb, 用自顶向下的方法设计多张电路图。
2. 至此原理图的设计已经基本学完, 试利用学过的工具设计一个较复杂的原理图, 要求用上多张电路图设计的相关知识。
3. 如何在多张原理图中迅速找到某一方块电路所对应的子图。

## 第 7 章

# ERC 检查、网络表、报表生成及原理图打印

前面讲述的是如何由空白的原理图生成具有意义的完整的电路项目，如何设计多张电路图项目，如何保证设计的电路是正确的。现在，说说如何对原理图进行电气检查（ERC），如何由原理图产生网络表，生成各式报表。最后，讲解如何将原理图打印出来。

### 7-1 ERC 的检查

完成绘制电路后，如何检查设计的电路有无错误呢？Protel 99 SE 提供了一整套电路设计工具，为了保证电路的正确性，提供了 ERC 工具，它可以根据要求检查电路是否有错误。ERC 为英文 Electrical Rule Checker 的缩写，即电气法则检查。

#### 7-1-1 SETUP 选项卡

为了更好明白 ERC 检查，下面举一个简单例子来说明 ERC 检查的过程和结果处理，其原理图如图 7-1 所示。

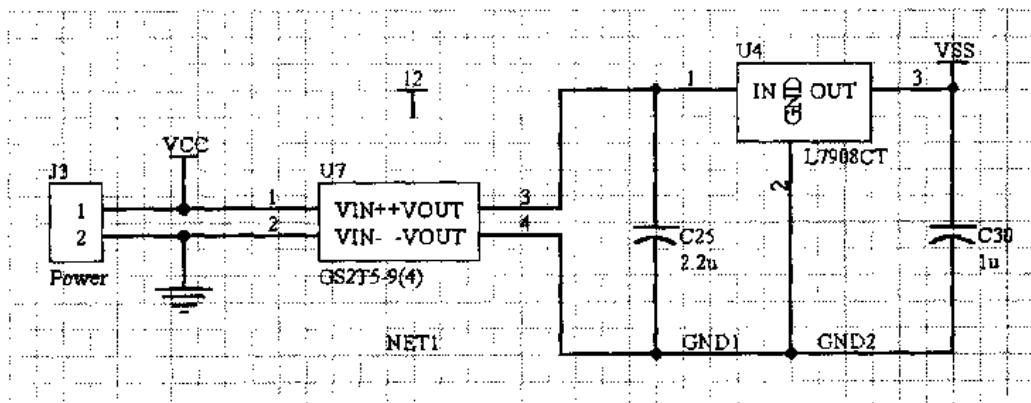


图 7-1 ERC 检查例子电路原理图

先打开准备进行 ERC 检查的电路图，执行菜单命令 Tools|ERC，系统将弹出如图 7-2 所示的 ERC 设置对话框，在这里可以根据电路的复杂程度任意设置选项。

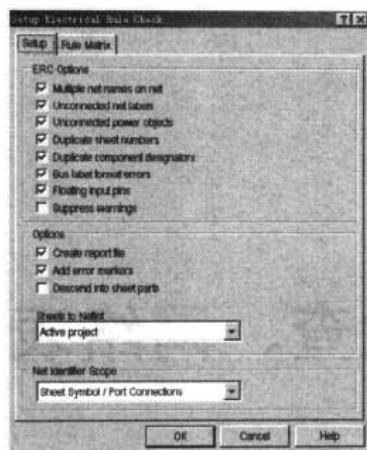


图 7-2 Setup Electrical Rule Check (ERC 设置) 对话框

ERC 设置对话框包含 2 个选项卡：Setup 选项卡和 Rule Matrix 选项卡。

**Setup 选项卡：**主要设置进行 ERC 检查时的各种选项。Setup 选项卡有 3 个设置选项区选项区域：ERC Options、Options、Net Identifier Scope。

现将每个选项区域说明如下：

## 1. ERC Options 选项区域

**Multiple net names on net:** 本选项的功能是在进行 ERC 检查时，如果同一个网络上放置了多个网络名称，将产生错误指示。例如，如果在电路中的一条网络上放置了 2 个网络标号 GND1 和 GND2，将生成如下错误：

```
#2 Error Multiple Net Identifiers Sheet1 GND1 At (850,390) And Sheet1 GND2
At (900,390)
```

**Unconnected net labels:** 本选项的功能是在进行 ERC 检查时，如果某个网络标号没有放在任何网络上，将产生错误指示。例如，图 7-1 电路中的网络标号 NET1 没有放在任何网络上，检查时将生成如下的警告信息：

```
#4 Warning Unconnected Net Label On Net NET1
Sheet1 NET1
```

**Unconnected power objects:** 本选项的功能是在进行 ERC 检查时，如果某个电源符号没有连接在任何网络上，将产生电源未连接的错误指示。例如，电路中的电源符号 12 没有放在任何网络上，则会出现如下警告信息：

```
#5 Warning Unconnected Power Object On Net 12
Sheet1 12
```

**Duplicate sheet numbers:** 本选项的功能是在进行 ERC 检查时，如果整个检查范围内有重复的电路图名称，检查时将指示出这种错误：

```
#6 Error Duplicate Sheet numbers 2 Sheet1 And Sheet2
```

**Duplicate component designators:** 本选项的功能是在进行 ERC 检查时，如果在整个检查范围内，有重复的元件编号，将出现错误指示。例如，如果将图 7-1 电路 Sheet1 中的 2 个电容的编号都设置为 C1，将生成如下错误：

```
#2 Error Duplicate Designators Sheet1 C1 At (830,291) And Sheet1 C1 At
(710,291)
```

**Bus label format errors:** 本选项的功能是在进行 ERC 检查时，如果出现了总线标号格式

错误，将指示出错误。总线网络标号的格式如下：

D[0..15]

其中，D 表示总线，[0..15]表示单根导线的网络标号范围。D[0..15]与在每根导线上放置网络标号 D0、D1、.....、D15 的效果是完全相同的。如果将总线格式写成 D[0.15]，将出现如下错误信息：

#37 Warning Unconnected Net Label On Net D[0.15]

Sheet1 D[0.15]]

**Floating input pins:** 本选项的功能是在进行 ERC 检查时，如果有输入特性的引脚是悬空的，将产生错误指示：

#28 Error Floating Input Pins On Net NetU?\_12

Pin Sheet1(U?-12 @520,460)

**Suppress warnings:** 本选项的功能是如果本选项有效，则在进行 ERC 检查时，将不产生告警性（Warning）的问题输出。

## 2. Options 选项区域

此选项区域是设置 ERC 检查范围和输出形式。

**Create report file:** 本选项的功能是在完成 ERC 检查后，是否将检查结果生成文档形式。文档名与项目的主电路图名称相同，扩展名为 ERC。

**Add error markers:** 本选项的功能是在完成 ERC 检查后，是否在出现错误的地方加上错误标志。错误标志为红色的符号✕。

**Descend into sheet parts:** 如果电路使用了电路图式元件，在进行 ERC 检查时，是否要将检查深入到元件的内部电路。

**Sheets to Netlist:** 本选项的功能是设定 ERC 的检查范围，单击此下拉列表框，将产生如图 7-3 所示的下拉列表。

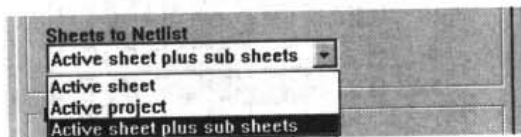


图 7-3 ERC 检查范围设置

- **Active sheet:** 只对当前打开的电路图文件进行 ERC 检查。
- **Active project:** 对当前打开电路图的整个项目进行 ERC 检查。
- **Active sheet plus sub sheets:** 对当前打开的电路图及其子电路图进行 ERC 检查。

## 3. Net Identifier Scope 选项区域

本选项区域的功能是设置电路项目的组织形式，其有关内容在第 6 章多张电路图设计中已经有所涉及。如果正在进行的项目只有一张电路图，那么此选项区域的任何设置效果都一样，不用管它。本项设置只对多张电路图设计有效，指明项目电路图网络标志符的作用范围。单击本选项区域中的下拉列表框，可出现如图 7-4 所示的下拉列表选项。

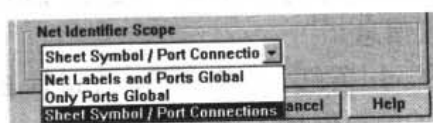


图 7-4 网络标志符范围设置

- Net Labels and Ports Global: 选中后, 网络标号与端口在整个项目都有效, 即项目中不同电路图之间的同名网络标号是相互连接的、同名端口也是相互连接的。这种设置方式应使用层次电路的第 2 种设计模式。

注意: 同名的网络标号和端口之间是不相互连接的, 即使在一张电路图中也是这样。

- Only Ports Global: 选中后, 只有端口在整个项目都有效, 即项目中不同电路图之间的同名端口是相互连接的。这种设置方式应使用层次电路的第 1 种模式设计电路。
- Sheet Symbol/Port Connections: 本选项的功能是, 子电路图的端口与父电路图内相应方块电路图中同名出入口是相互连接的, 它是标准的层次电路连接方式。这种设置方式应使用层次电路的第 3、4 种模式设计电路。

## 7-1-2 Rule Matrix 选项卡

Rule Matrix 选项卡: 本选项卡的功能是设置 ERC 检查的规则。

单击 ERC 检查设置对话框的 Rule Matrix 切换到此选项卡, 如图 7-5 所示。

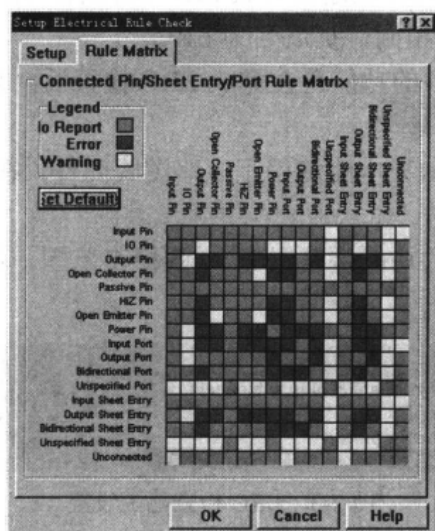


图 7-5 Rule Matrix 选项卡

虽然 Rule Matrix 数组设置很少用, 为了充分利用 Protel 99 SE 提供的功能, 现也对图 7-5 中的各选项区域说明如下:

### 1. Legend 选项区域

本部分内容指示设置阵列中小颜色方格的意义, 用 3 种颜色表示不同的设置。

- No Report: 表示正确的, 用绿色小方格表示。在进行 ERC 检查时, 会认为这种连接没有问题, 不会给出任何错误或警告信息。
- Error: 表示错误的, 用红色小方格表示。在进行 ERC 检查时, 若发现这种连接将给出含有 Error 的错误信息。
- Warning: 表示告警的, 用黄色小方格表示。在进行 ERC 检查时, 若发现这种连接将给出含有 Warning 的警告信息。



## 2. 规则设置阵列

利用此阵列可以设计自己的 ERC 检查规则。它由纵横交错的阵列组成，横向和纵向的项目相同，其意义如表 7-1 所示。

表 7-1 规则设置阵列项目的意义

项目	意义
Input Pin	输入引脚
IO Pin	输入/输出引脚
Output Pin	输出引脚
Open Collector Pin	集电极开路引脚
Passive Pin	无源引脚
HiZ Pin	三态高阻引脚
Open Emitter Pin	射极开路引脚
Power Pin	电源引脚
Input Port	输入端口
Output Port	输出端口
Bidirectional Port	双向端口
Unspecified Port	没有指定方向的端口
Input Sheet Entry	输入型方块电路出入口
Output Sheet Entry	输出型方块电路出入口
Bidirectional Sheet Entry	双向型方块电路出入口
Unspecified Sheet Entry	没有指定方向的方块电路出入口
Unconnected	没有连接

## 3. Set Defaults 按钮

本按钮的功能是使规则设置矩阵回到系统默认状态。选择默认设置后，单击 OK 按钮，系统即进行 ERC 检查，并生成错误报告文件，系统将自动打开此错误报告文件，图 7-1 生成的报告文件为：

```
Error Report For: yes\Sheet1  2-Jun-1999  21:14:36
#1 Error  Multiple Net Identifiers : Sheet3 GND2 At (730,410) And Sheet3 GND1
At (680,410)
#2 Warning  Unconnected Net Label On Net NET1
Sheet1 NET1
#3 Warning  Unconnected Power Object On Net 12
Sheet1 12
End Report
```

根据设置，系统还将自动在电路图有错误的地方放置红色的错误指示，如图 7-6 所示，便于快速找到错误的位置。

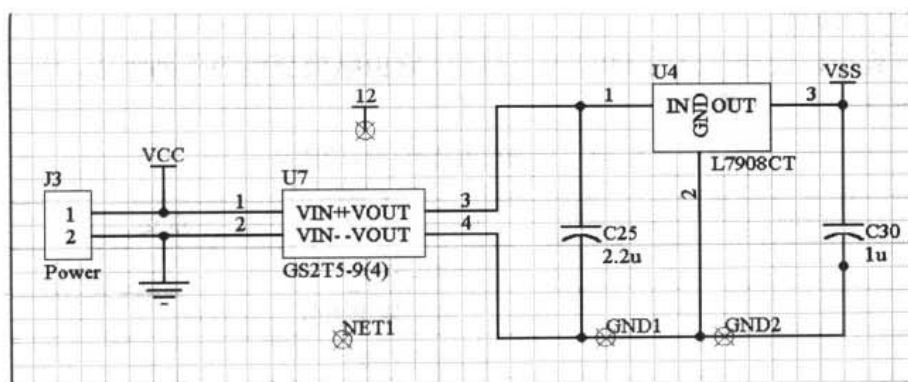


图 7-6 ERC 错误标注

## 7-2 网络表的生成

设计原理图的最终目的是要生成印刷电路板，而印刷电路板与原理图的纽带就是网络表，故将设计完成的原理图转换为网络表，是必经之步，也是设计原理图的主要目的。

### 7-2-1 网络表选项的设置

生成网络表的步骤如下：

- (1) 打开准备产生网络表的原理图文件并执行菜单命令 Design|Create Netlist，系统将弹出如图 7-7 所示的 Netlist Creation 对话框，即根据网络表的输出格式和项目层次结构进行设置。生成网络表对话框包含 2 个选项卡：Preferences 选项卡和 Trace Options 选项卡。现将它们分别进行介绍。

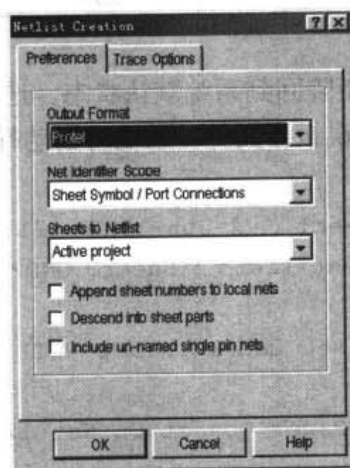


图 7-7 Netlist Creation（生成网络表）对话框

Preferences 选项卡：主要设置网络表格式、网络标志符作用范围等。

- Output Format 下拉列表框：此下拉列表框的功能是指定生成网络表的格式，Protel 99 SE 能够输出 Protel、Protel2、Edif 2.0、Algorex、.....、VHDL 等多种网络表格式，能够满足广泛的要求。
- Net Identifier Scope 下拉列表框：指明项目电路图网络标志符的作用范围。

- Sheets to Netlist 下拉列表框：设定对哪些电路图生成网络表。
- Append sheet numbers to local nets 复选框：在生成网络表时，选中它会自动将原理图编号附加到网络名称上，可以识别网络在哪一张电路图上，使用这个选项有利于跟踪错误。
- Descend into sheet parts 复选框：在生成网络表时，如果电路中有电路图式元件，确定是否将生成网络表的处理深入到元件的电路图内部，将它也作为电路图一并处理，并生成网络表。
- Include un-named single pin nets 复选框：在生成网络表时，如果电路中有没有命名的单个元件，确定是否将其转换为网络。

Trace Options 选项卡：本选项卡的作用是设置网络表的跟踪属性。单击网络表设置对话框的 Trace Options 切换到此选项卡，如图 7-8 所示。

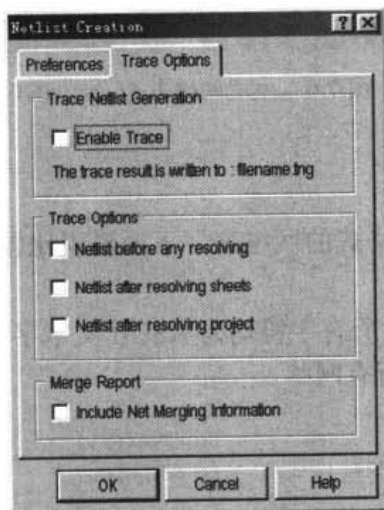


图 7-8 Trace Options 选项卡

现将各项设置加以说明如下。

- Enable Trace: 确定是否将跟踪结果形成一个文件，其文件名与项目的主文件名相同，扩展名为 TNG。
  - Netlist before any resolving: 在生成网络表时，任何动作都加以跟踪，并形成跟踪文件写入到以 TNG 为后缀名的文件中。
  - Netlist after resolving sheets: 在生成网络表时，只有当电路中的内部网络结合到项目网络时，才进行跟踪并形成跟踪文件。
  - Netlist after resolving project: 在生成网络表时，只有当项目文件的内部网络进行结合后，才将此步骤的内容形成跟踪文件。
  - Include Net Merging Information: 确定跟踪文件是否包括网络信息。
- (2) 完成设置后，用鼠标单击 OK 按钮后，系统即进入生成网络表过程，并生成网络表文件。其文件名与主电路图的文件名相同，扩展名为 NET。系统将自动打开此网络表，如图 7-9 所示。

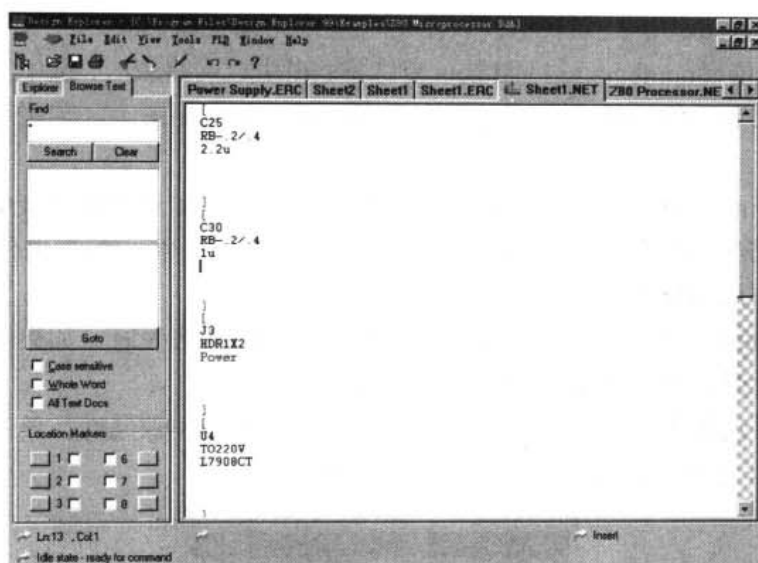


图 7-9 生成网络表 Sheet1.NET

## 7-2-2 网络表格式

Protel 99 SE 能够输出多种格式的网络表，下面说说比较常用的几种网络表格式：

### 1. Protel 网络表格式

标准的 Protel 网络表格式，所有字符均为 ASCII 文本字符，由 2 部分组成。第 1 部分为元件描述，第 2 部分为电路的所有网络。

元件部分的描述格式为：

[	元件描述开始
U1	元件编号
DIP14	元件封装形式
74LS00	元件类型、注释等
空行 1	保留
空行 2	保留
空行 3	保留
]	元件描述结束

网络描述格式为：

(	网络开始标识
D0	网络名称，如果没有命名，系统自动产生
U1-1	网络第 1 个点，U1-1 表示元件 U1 的引脚 1
U8-9	网络第 2 个点
J1-1	网络第 3 个点
)	网络结束标识

### 2. Protel 2 网络表格式

Protel 2 网络表是标准 Protel 网络表格式的扩展，它添加了很多附加信息，并且描述也由 2 部分增加为 3 部分。其中，第 1 行为：PROTEL NETLIST 2.0（表示文件为 Protel 2 网络表格式）。

第 1 部分为元件描述部分，格式如下：

[	元件描述开始标识
DESIGNATOR	每项信息前的说明——编号
U4	元件编号
FOOTPRINT	
TO220V	封装形式
PARTTYPE	
L7908CT	元件类型
DESCRIPTION	
Negative Voltage Regulators	元件说明
Part Field 1	
*	元件选项区域 1 内容
Part Field 2	
*	元件选项区域 2 内容
.....	
Part Field 16	
*	元件选项区域 16 内容
LIBRARYFIELD1	
	元件库选项区域 1 的说明
.....	
LIBRARYFIELD8	
	元件库选项区域 8 的说明
]	元件描述结束标识

第 2 部分为网络描述，格式如下：

(	网络描述开始标识
NetU7_4	网络名称
U7-4 GS2T5-9(4)--VOUT POWER	网络第 1 个点，格式为元件-引脚(空格)元件类型-
U4-2 L7908CT-GND POWER	
C30-2 1u-2 PASSIVE	
C25-2 2.2u-2 PASSIVE	
)	
(	网络描述开始标识
NetXTAL2_2	网络名称
XTAL2-2 4.915 MHz-2 PASSIVE	网络第 1 个点，格式为元件-引脚(空格)元件类型-引
	脚名称(空格)引脚电气类型
U9-9 74LS04-_D INPUT	网络第 2 个点
U9-10 74LS04-_E PASSIVE	网络第 3 个点
R4-2 470R-2 PASSIVE	网络第 4 个点
)	网络描述结束标识

第 3 部分为 PCB 布线指示，格式如下：

{	PCB 布线指示开始标识
VCC	指示作用的网络名称
TRACK	每项信息前的说明——导线宽度
30	导线宽度值
VIA	

50

NET TOPOLOGY

SHORTEST

ROUTING PRIORITY

MEDIUM

LAYER

UNDEFINED

}

过孔大小

布线策略

布线优先级

在哪一层布线

PCB 布线指示结束标识

为了充分利用 Protel 99 SE 提供的强大功能，应尽量使用 Protel 2 格式的网络表。这样，在设计原理图时，才能够设定一些 PCB 布线指示的参数。

## 7-3 报表的生成

Protel 99 SE 除了能生成网络表及 ERC 检查文件外，还可以产生其他有关电路图的报表文件，如引脚列表、元件清单、电路项目组织列表、交叉参考列表、网络比较列表等。

选中引脚列表是将处于选中状态元件的引脚进行列表；元件清单是 EDA 软件的共有功能，它列出了一张电路图或一个项目中所有元件；项目组织列表将一个电路项目的所有文件列出，并表示出它们的层次关系；交叉参考列表列出项目电路中所有元件，以及位于哪一张电路图；网络比较列表是比较两个网络表的结果。

Protel 99 SE 的原理图报表产生命令集中在主菜单项 Report 中。现逐个介绍每一种报表是如何生成的。

### 引脚列表

#### 1. 元件引脚

在设计电路过程中，有时需要查询元件引脚位于电路图的哪一个位置等信息，这时可以利用 Protel 99 SE 提供选择引脚列表功能。

选择引脚列表的操作步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 Report|Selected Pins，系统将弹出如图 7-10 所示的 Selected Pins（选择引脚列表）对话框。

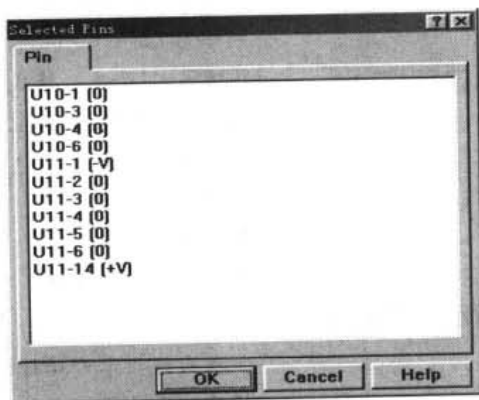


图 7-10 Selected Pins（选择引脚列表）对话框

图 7-10 中列出了当前电路图处于选中状态的引脚列表，它指明了引脚所属的元件、引脚

编号, 以及其网络标号。如 U11-14[+V] 表示元件 U11 的编号为 14 的引脚, 其所属的网络为 +V。

- (2) 选择列表框中的某一引脚, 单击 OK 按钮后, 选中的引脚将移到原理图编辑窗口的中央, 并以适当大小显示出来。

## 2. 元件清单

一般的 EDA 软件都少不了产生元件清单的功能, 作为功能强大的 EDA 软件 Protel 99 SE 更是如此。生成元件清单是设计电路项目必不可少的一个环节, Protel 99 SE 生成的元件清单提供了一张电路图或整个项目所用的元件、元件数量、元件编号和元件封装等信息。利用元件清单可以有效地管理电路项目。现将如何利用 Protel 99 SE 提供的向导功能产生元件清单说明如下。

- (1) 打开准备生成元件清单的项目文件或电路图。
- (2) 执行菜单命令 Report|Bill of Material, 将出现如图 7-11 所示的生成 BOM Wizard 对话框。这个对话框含有两个单选按钮: Project 和 Sheet, 二者选其一。如果要生成整个项目的元件清单, 选择 Project 项; 如果只生成当前电路图的元件清单, 则选择 Sheet 项。
- (3) 选择了 Project 或 Sheet, 单击 Next 按钮后, 进入向导的下一步, 将出现图 7-12 所示的对话框。

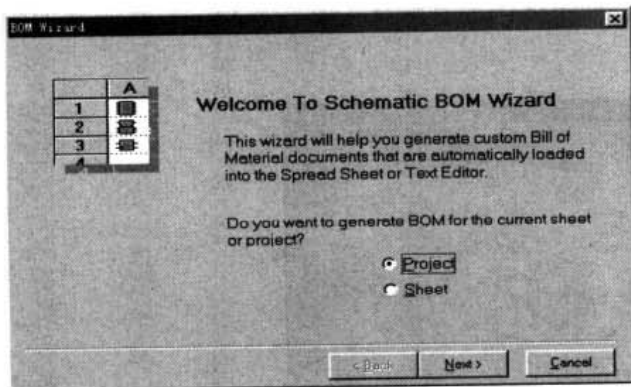


图 7-11 BOM Wizard 对话框之一

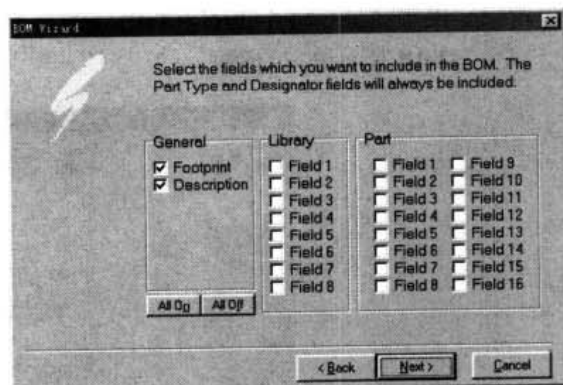


图 7-12 BOM Wizard 对话框之二

此对话框的功能是设置生成的元件清单包括元件的哪些信息。复选框内打钩表示选择此内容, 默认设置的元件清单内容包括了元件的 Footprint (封装形式) 和 Description (元件描述)。

单击 All On 按钮将选择元件的所有内容, 单击 All Off 将按钮取消所有选择, 包括 Footprint 和 Description。

- (4) 设置好清单内容, 单击 Next 按钮后, 进入向导的下一步。此时系统弹出如图 7-13 所示的对话框。



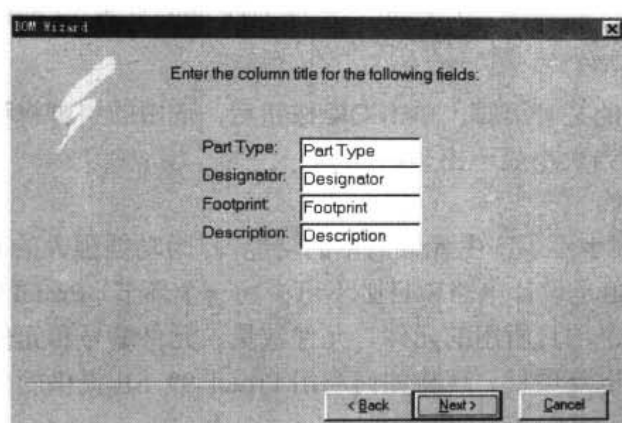


图 7-13 BOM Wizard 对话框之三

在此对话框中设置元件清单的栏目标题，图中的内容是默认设置，可以根据要求对 Part Type（元件类型）、Designator（元件编号）、Footprint（封装形式）、Description（元件描述）等进行更改。Part Type 栏和 Designator 栏是任何元件清单都有的，如果在前一对话框中没有选取 Footprint 或 Description，那么此对话框将不会出现这些栏。完成了栏目标题的设置，单击 Next 按钮后，便进入向导的下一步。

- (5) 如果在第(2)步选择了 Field 1~Field 4，系统还将弹出一个与图 7-13 类似的对话框，可输入 Field 1~Field 4 栏目的标题。如果使用的是默认设置，系统会直接出现如图 7-14 所示的对话框。

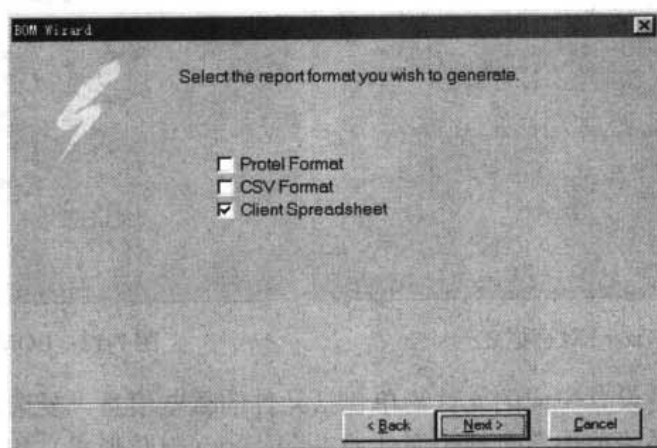


图 7-14 BOM Wizard 对话框之四

BOM Wizard 对话框之四的功能是设置 BOM 的输出文件。

现将其中的 3 个复选项说明如下：

- Protel Format 复选框：选取此项，将生成 Protel 格式的元件清单，扩展名为 BOM。产生了元件清单后，系统将启动文本编辑器并装入刚生成的元件清单文件。
- CSV Format 复选框：选取此项，将生成 CSV 格式的元件列表，扩展名为 CSV。
- Client Spreadsheet 复选框：选取此项，将生成 Protel 99 SE 的表格编辑器格式文件，扩展名为 XLS。

3 个选项可以同时都选中，系统会生成 3 个不同格式的元件清单文件。但只要选中了 Protel

Format 格式，系统都会自动用文本编辑器打开生成的 Protel 格式文件。选择输出文件格式后，单击 Next 按钮，即进入下一步操作。

(6) 系统弹出 BOM Wizard 的最后一个对话框，如图 7-15 所示。

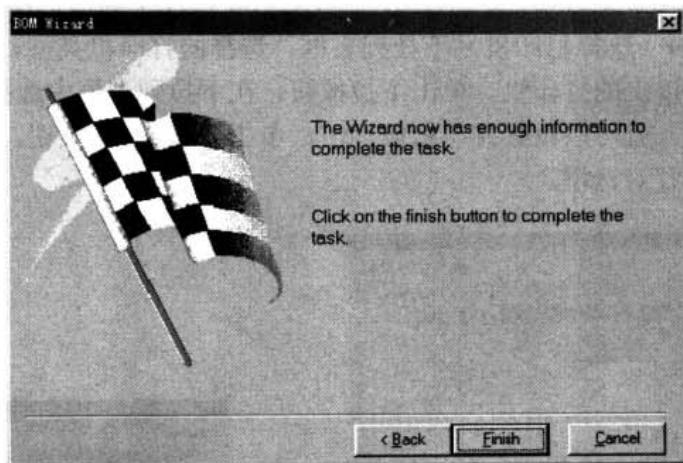


图 7-15 BOM Wizard 对话框之五

BOM Wizard 对话框之五是设置 BOM 的最后一步，单击 Finish 按钮予以确认，系统将生成 BOM 文件。图 7-16 即为 Z80 Processor 项目使用默认设置生成的 BOM 文件。

Sheet3 Sheet1a Sheet4 Z80 Processor.CSV Z80 Processor.XLS							
Part Type							
A1	A	B	C	D	E	F	G
1	Part Type	Designator	Footprint	Description			
2	0.1uF	C9	RAD0.2				
3	0.1uF	C1	RAD0.2				
4	0.1uF	C3	RAD0.2				
5	0.1uF	C10	RAD0.2				
6	0.1uF	C5	RAD0.2				
7	0.1uF	C6	RAD0.2				
8	0.1uF	C4	RAD0.2				
9	100uF	C7	RB.2/4				
10	10uF	C8	RB.2/4				
11	1489	U10	DIP14				
12	2764	U2	DIP28				
13	2764	U1	DIP28				
14	330R	R5	AXIAL0.4				
15	4.00 MHz	XTAL1	XTAL1				
16	4.915 MHz	XTAL2	XTAL1				
17	40 PIN	J4	IDC40P				
18	4040	U12	DIP16				
19	470R	R1	AXIAL0.4				
20	470R	R2	AXIAL0.4				
21	470R	R4	AXIAL0.4				
22	470R	R3	AXIAL0.4				

图 7-16 生成 Z80 Processor 的 BOM 文件


## 7-4 原理图的打印

完成了原理图设计后，常常需要将其打印出来以便保存。Protel 99 SE 支持多种的打印机，可以说 Windows 支持的打印机 Protel 99 SE 系统都支持。

### 7-4-1 打印设置

在打印原理图之前，需要先设置打印机。主要是设置打印机的类型、打印纸、打印方向、打印比例等。

打印设置的具体步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 File|Setup Printer 或单击主工具栏上的打印按钮。若打印机已安装，系统会弹出如图 7-17 所示的 Advanced Schematic Printer Setup (打印机设置) 对话框。可以在此设置打印机类型、打印的电路图、打印颜色、打印比例等。
- (2) Select Printer (选择打印机) 下拉列表框：选择的打印机类型。如果 Windows 系统安装了两种以上的打印机，单击下拉按钮，在下拉列表框中选择需要的类型。选择好打印机后，就可以设置打印机属性了，单击 Properties 按钮，将出现如图 7-18 所示的打印设置对话框。

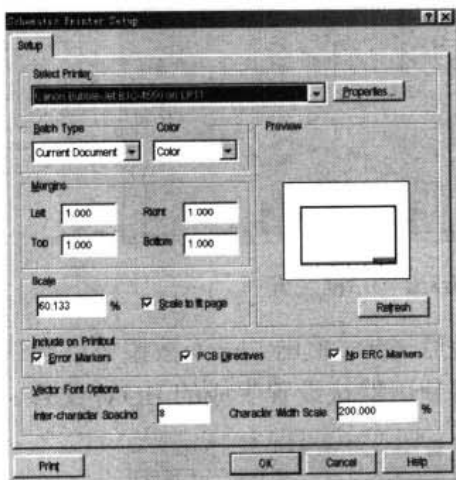


图 7-17 Advanced Schematic Printer Setup (打印机设置) 对话框

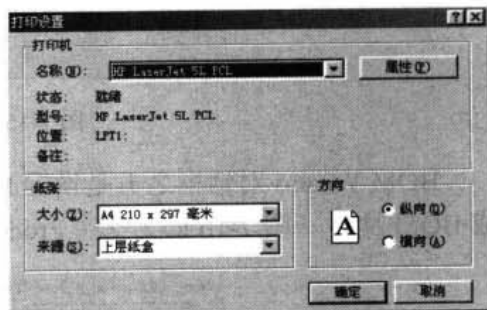


图 7-18 “打印设置”对话框

在此对话框中可设置打印机的一般属性，如打印纸张大小的选择、打印方向的选择等。如果需要更进一步设置打印机属性，单击属性按钮，将弹出如图 7-19 所示的对话框。

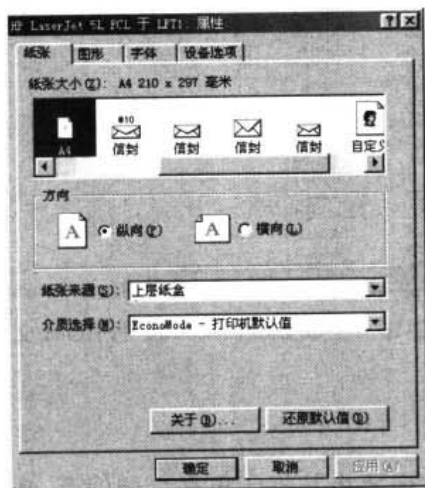


图 7-19 打印机属性设置对话框

属性设置对话框含有 4 个选项卡，利用它可对打印机的其他属性进行设置，如分辨率、抖动、浓度和打印字体等。其设置方法与 Windows 的打印机属性设置方法相同，在此不用再赘述。

- (3) Batch Type (打印文件的选择) 下拉列表框。选择准备打印的电路图文件, 有两个选择: Current Document (只打印当前编辑的电路图文件) 和 All Document (将打印当前编辑电路图所属的所有电路图文件)。
- (4) Color Mode (打印颜色设置) 下拉列表框。有两种打印颜色模式可供选择: Color (彩色打印输出) 和 Monochrome (单色打印输出)。单色打印是将原理图文件的色彩进行两极分化, 浅颜色对象以白色处理, 深颜色的对象以黑色处理。
- (5) Margins (边沿空白宽度设置) 文本框。设置打印纸张的边沿空白宽度。边沿空白宽度是指纸的边沿到电路图框之间的距离, 单位为英寸 (Inch), 共有 4 种空白宽度: Left (左边)、Right (右边)、Top (上边) 和 Bottom (下边)。
- (6) Scale (打印比例设置) 文本框。可以设置电路图的打印比例, 其范围为 0.001%~400%, 尽管打印比例范围很大, 但不要将打印比例设置过大, 以免原理图被分割打印。  
为了充分利用打印纸空间, 又不分割电路图, 此栏有 Scale to fit Scale 选项, 当选择此项后, 系统将根据打印纸张的大小、打印方向, 自动计算打印比例, 使输出的电路图正好填满图纸。
- (7) Preview (预览) 区域。当完成上面各项设置后, 利用 Preview 可以预览设置结果; 单击 Refresh 按钮, 便可更新预览结果。

注意: 每次更改设置后, 系统不会自动更新预览结果, 只有单击 “Refresh” 按钮才将最新设置反映到预览框中。

### 7-4-2 打印输出

执行菜单命令 File|Print, 或者单击打印机设置对话框 (图 7-17) 中的 Print 按钮, 系统将以安装打印机设置进行打印输出, 同时, 显示如图 7-20 所示的正在打印时的对话框。

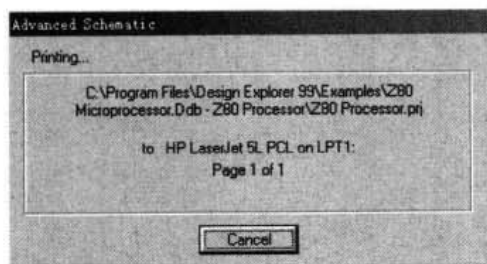


图 7-20 正在打印时的对话框

单击 Cancel 按钮, 即可取消打印操作。打印处理完成后, 打印对话框便自动消失。

## 7-5 小结与习题

### 7-5-1 小结

本章介绍了绘制完成原理图以后的一些工作。一般来说, 设计完电路图后, 还需要对电

路图进行电气检测（ERC 检查）以确保设计电路的正确性；还需要生成网络表为以后的制作印刷电路板图做准备；最后，如果需要，还可生成各种报表并打印出来。

### 7-5-2 习题

1. 将设计好的原理图进行电气检测，生成网络表，然后生成元件清单比较表，并将它打印出来。
2. 学习读网络表，并利用网络表检查原理图设计错误。
3. 在焊接印刷电路板的过程中，需要用到元件清单列表。试生成一份元件清单列表，观察其内容，并打印。
4. ERC 的含义及作用是什么？
5. 什么是 no ERC 符号，它的作用是什么？怎样在原理图上放置 no ERC 符号？
6. 如何通过改变电器法则测试规则来消除原理图中的测试警告？
7. 简述元件列表、引脚列表的作用。

## 第 8 章

# 印刷电路板基础

本章将介绍与印刷电路板设计密切相关的一些基本概念,包括印刷电路板的结构及零件的封装、铜膜导线、导孔、焊点等一些相关概念。另外,将介绍 Protel 99 SE 提供的电路板工作层面类型和如何设置一块电路板的工作层面。

### 8-1 印刷电路板的结构及相关组件

在进行印刷电路板设计时,了解一下印刷电路板的结构,理解一些基本的概念,对后面的印刷电路板设计的学习是很有帮助的,尤其是在涉及到布线规则时,这些概念是必不可少的。

#### 8-1-1 印刷电路板的结构

根据电路板层数的多少可将电路板分成以下 3 类:

- 单面板:指放置元件、布线等工作都在一个面上完成的电路板。放置元件和布线的一面是敷铜面,另一面是没有敷铜的。单面板的优点是成本低,但它只适用于比较简单的电路设计。
- 双面板:指电路板的两面都可以放置元件和布线的电路板,顶面和底面之间的电气连接通过过孔来完成。由于两面都可以布线,双面板适合设计比较复杂的电路时使用,是目前应用最广泛的电路板结构。
- 多面板:指不但在电路板的顶面和底面可以布线,在顶面和底面之间还可以设置多个可以布线的中间工作层面的电路板。使用多面板可以实现更加复杂的电路设计。

#### 8-1-2 元件的封装

元件的封装是指实际元件焊接到电路板时所指示的外观和焊点位置。既然元件的封装只是零件的外观和焊点位置,那么纯粹的元件封装仅仅是空间的概念,因此不同的元件可以共用一个元件封装,同种元件也可以有不同的封装形式。如 CAP 代表电容,他的封装形式有 RAD0.1、RAD0.2、RAD0.3 等。所以,在进行印刷电路板设计时,不仅仅要知道元件的名称,还要知道元件的封装。

元件的封装可以在进行电路原理图设计时指定,也可以在引进网络表时指定。设计电路原理图时,在编辑元件的属性时,在元件的属性对话框内的 Footprint 设置项内指定。

### 1. 元件封装的分类

元件的封装形式可以分为两大类：针脚式元件封装和表面粘着式（STM）元件封装。

针脚式元件封装：针脚式元件封装的这类元件焊接，是先要将元件针脚插入焊点导通孔，然后再焊锡。由于针脚式元件封装的焊点导孔贯通整个电路板，故其焊点的属性对话框内，Layer 板层属性必须为 Multi Layer。

表面粘着式（STM）元件封装：表面粘着式元件封装的焊点只限于表面板层。在焊点的属性对话框中，Layer 板层属性必须为单一板层。

### 2. 元件封装的编号

元件的封装编号一般为元件类型+焊点距离（焊点数）+元件外形尺寸。可以根据元件封装编号来判别元件封装的规格。

## 8-1-3 铜膜导线

铜膜导线简称导线，用于连接各个焊点，是印刷电路板的最重要的部分。印刷电路板的设计都是围绕如何布置导线来完成的。

印刷电路板的设计时，还有一种与导线有关的线，但与导线有本质的区别，称之为鼠线。鼠线是在引入网络表后，系统根据布线规则自动生成的，用来指引布线的一种连线。

鼠线不同于导线，鼠线只是形式上的一种线，没有电气意义。它只是表示出各个焊点间的连接关系。而导线是根据鼠线的指示的焊点的连接关系而布置的，是具有电气意义的连接线。

## 8-1-4 焊点、导孔

焊点的作用是放置焊锡、连接导线和元件引脚。导孔的作用是连接不同板层间的导线。导孔有 3 种，一种是从顶层贯通到底层的穿透式导孔，一种是从顶层通到内层的盲孔，还有一种是内层间的隐藏导孔。

## 8-1-5 安全间距

进行印刷电路板的设计时，为了避免导线、导孔、焊点及元件的相互干扰，就必须在它们之间留出一定的间距，这个间距就称之为安全间距（Clearance）。

## 8-2 设置电路板的工作层面

一块印刷电路板是由一系列层状结构构成，不同的印刷电路板具有不同的工作层面。设计印刷电路板的第一步，是根据需要选择和设置相应的工作层面。然后，对设置了的某些层面进行规划。

### 8-2-1 工作层面的类型

Protel 99 SE 的 PCB 编辑器提供一个工作层面环境，通过在不同的层面上放置元件等操作来完成电路板的设计。Protel 99 SE 提供的工作层面可分为物理层面和系统层面两大类。执行菜单命令 Design|Options，即可打开如图 8-1 所示的工作层面设置对话框。



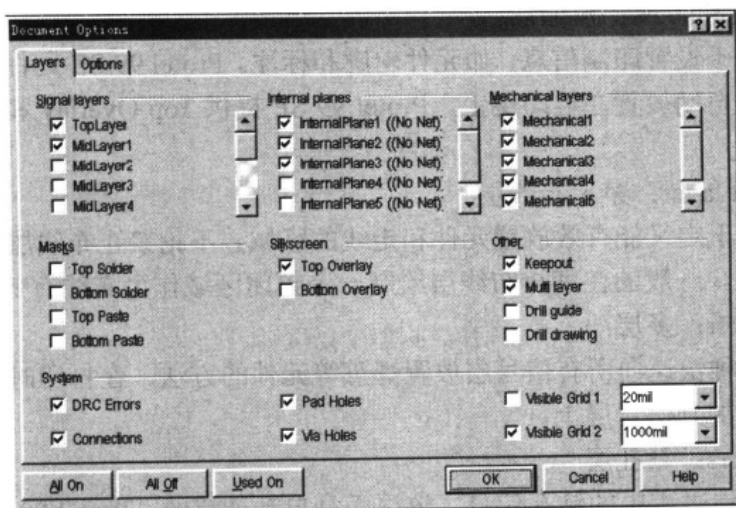


图 8-1 Document Options (PCB 工作层面) 设置对话框

现将各种工作层面的含义和适用范围介绍如下。

## 1. 物理层面

物理层面包括信号层、内部电源/接地层、机械层、阻焊层、锡膏防护层、丝印层、禁止布线层、多层、钻孔层等层面。

### (1) Signal layers: 信号层

信号层主要用于布置电路板上的信号线。Protel 99 SE 提供了 32 个信号层, 包括 TopLayer (顶层)、Bottomlayer (底层) 和 30 个 MidLayer (中间层)。信号层为正性, 置于其上的元件和导线代表了电路板上的敷铜区。

### (2) Internal plane layers: 内部电源/接地层

内部电源/接地层主要用于布置电源线和地线。Protel 99 SE 提供了 16 个内部电源/接地层。这些层面是负性的, 放置于其上的元件和走线代表了电路板未敷铜的区域。可以给内部电源/接地层命名一个网络名, 在设计过程中 PCB 编辑器能够自动将同一网络上的焊盘连接到该层上。Protel 99 SE 允许将电源层分割为几个子层。

### (3) Mechanical layers: 机械层

机械层一般的可用于设置电路板的物理尺寸、数据标记、过孔、装配说明以及其他的机械信息。Protel 99 SE 提供了 16 个机械层。

### (4) Solder mask layers: 阻焊层

阻焊层用于在设计过程中匹配焊盘, 并且是自动产生的。阻焊层是负性的, 放置其上的焊盘和元件代表了电路板的未敷铜区域。Protel 99 SE 提供了 Top Solder (顶层) 和 Bottom Solder (底层) 两个阻焊层。

### (5) Paste mask layers: 锡膏防护层

锡膏防护层和阻焊层类似, 但在使用“hot re-flow”(热对流)技术安装 SMD 元件时, 锡膏防护层用于设置锡焊层。锡膏防护层也是负性的, 放置于其上的元件和焊盘代表电路板的未敷铜区域。Protel 99 SE 提供了 Top Paste (顶层) 和 Bottom Paste (底层) 两个锡膏防护层。

### (6) Silkscreen layers: 丝印层

丝印层主要用于设置印制信息,如元件轮廓和标注。Protel 99 SE 元件库中的封装形式的轮廓线和标注将被自动放置在丝印层上。Protel 99 SE 提供 Top Overlay 和 Bottom Overlay 两个丝印层。

### (7) Keep out layer: 禁止布线层

禁止布线层用于定义能有效放置元件和走线的区域。不论禁止布线层是否可见,禁止布线层的边界都存在。一般的在禁止布线层绘制一个封闭区域作为布线有效区。

### (8) Multi layer: 多层

设置多层是一种快速向所有信号层放置焊盘等元件的方法。在打印时任何放置在多层上的元件将被自动添加到信号层上。

### (9) Drill layers: 钻孔层

钻孔层提供制造过程中的钻孔信息,该层面是自动计算的。Protel 99 SE 提供 Drill guide 和 Drill drawing 两个钻孔层。

## 2. 系统层面

系统层面包括以下几种:

- DRC Errors: DRC 错误层。
- Connection: 连接层。
- Pad Holes: 焊盘层。
- Via Holes: 过孔层。
- Visible Grid: 可视栅格层。

## 8-2-2 设置 PCB 工作层面

尽管 Protel 99 SE 提供了数十种不同的工作层面,但一块真正的印刷电路板是不可能同时具有这么多工作层面的,在设计印刷电路板的过程中为方便起见往往只打开所需要的层面,对其进行操作。因此,对工作层面进行设置是必要的。

### 1. 工作层面的打开和关闭

在图 8-1 中单击各个工作层面前面的复选框即可打开或关闭该工作层面。复选框内出现记号则表示该层面处于打开状态。单击 All on 按钮可将所有层面设置为打开,单击 All off 按钮可将所有层面设置为关闭,单击 Used on 按钮可打开常用工作层面。

### 2. 设置信号层、内部电源/接地层和机械层

Protel 99 SE 允许自定义信号层、内部电源/接地层和机械层的显示数目。

具体操作步骤如下:

#### (1) 设置 Signal layers 和 Internal planes

执行菜单命令 Design|Layer Stack Manager, 可弹出如图 8-2 所示的 Layer Stack Manager (工作层面管理) 对话框。

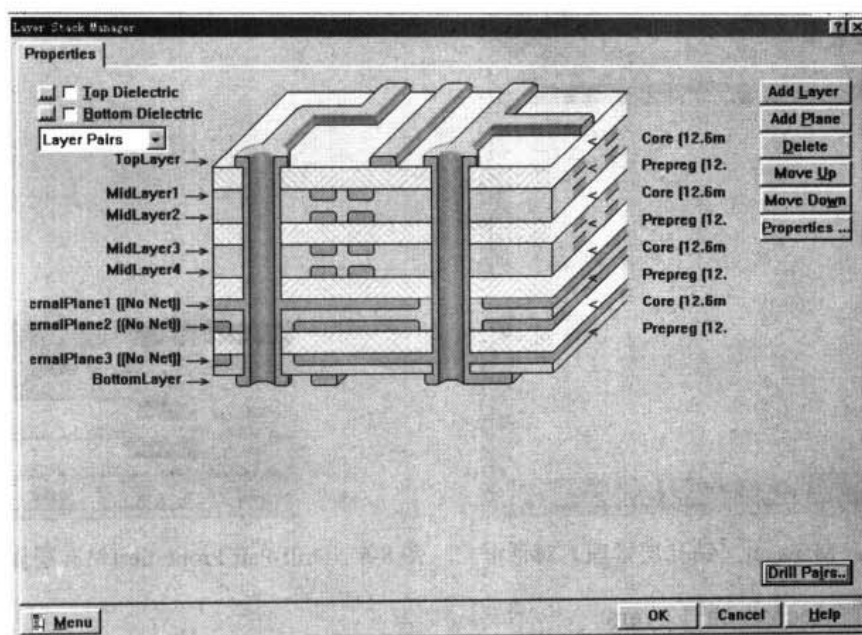


图 8-2 Layer Stack Manager (工作层面管理) 对话框

选中 TopLayer, 单击右上角的 Add Layer 按钮即可在信号层的顶层之下添加一个信号层的中间层 MidLayer, 重复操作一共可添加 30 个中间层。单击右上角的 Add Plane 按钮即可添加一个内部电源/接地层, 重复操作一共可添加 16 个内部电源/接地层。

选中要删除的中间层或内部电源/接地层, 单击 Delete 按钮即可删除该工作层面。单击 Move Up 和 Move Down 两个按钮可调节各工作层面间的上下关系。

选中要删除的中间层或内部电源/接地层, 单击 Properties 按钮, 将弹出如图 8-3 所示的 Edit Layer (工作层面编辑) 对话框, 在其中可设置该工作层面的 Name (名称) 和 Copper thickness (敷铜厚度)。

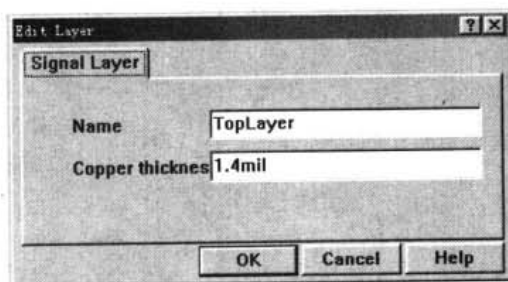


图 8-3 Edit Layer (工作层面编辑) 对话框

单击图 8-2 中的 Drill Pairs 按钮, 弹出如图 8-4 所示的 Drill-Pair Manager (钻孔层管理) 对话框, 在其列表框中列出了已定义了的钻孔层的起始层面和终止层面。单击 Add 或 Edit 按钮, 将弹出如图 8-5 所示的 Drill-Pair Properties (钻孔层属性设置) 对话框, 在其中设置钻孔层的 Start Layer (起始层面) 和 Stop Layer (终止层面)。



图 8-4 Drill-Pair Manager (钻孔层管理) 对话框

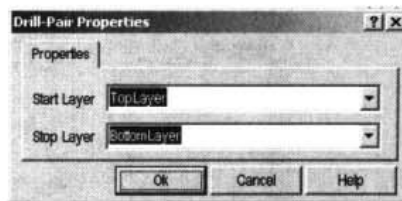


图 8-5 Drill-Pair Properties(钻孔层属性设置)对话框

## (2) 设置 Mechanical Layers

执行菜单命令 Design|Mechanical Layers, 弹出如图 8-6 所示的 Setup Mechanical Layers(机械层设置)对话框, 单击 Mechanical Layer1 复选框, 可打开机械层, 并可设置 Layer Name (机械层的名称) 等参数。

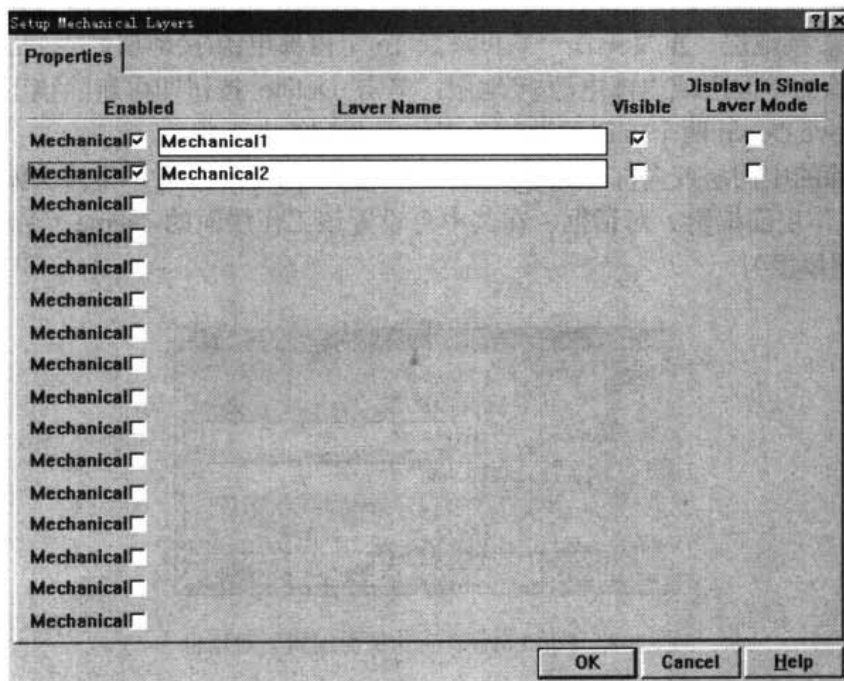


图 8-6 Setup Mechanical Layers (机械层设置) 对话框

设置完信号层、内部电源/接地层和机械层后, 图 8-1 所示的设置工作层面对话框将变为如图 8-7 所示。

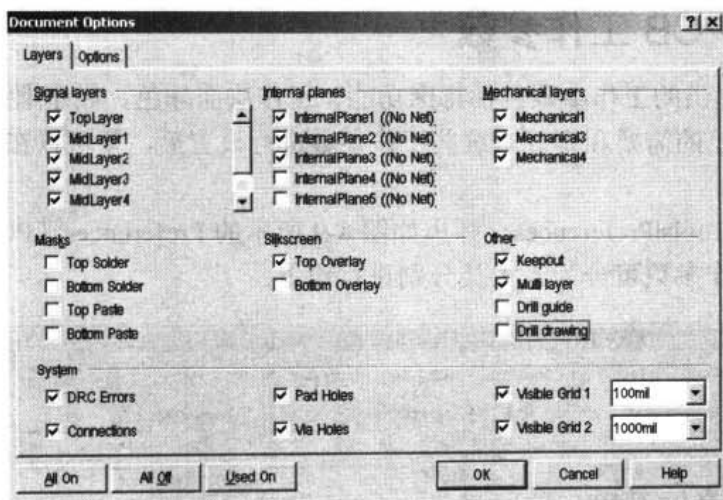


图 8-7 设置完信号层、内部电源/接地层和机械层后的设置工作层面对话框

### 3. 设置 Options 选项卡

单击图 8-7 中的 Options 标签, 进入如图 8-8 所示的 Options 选项卡, 可设置 PCB 工作区栅格属性。

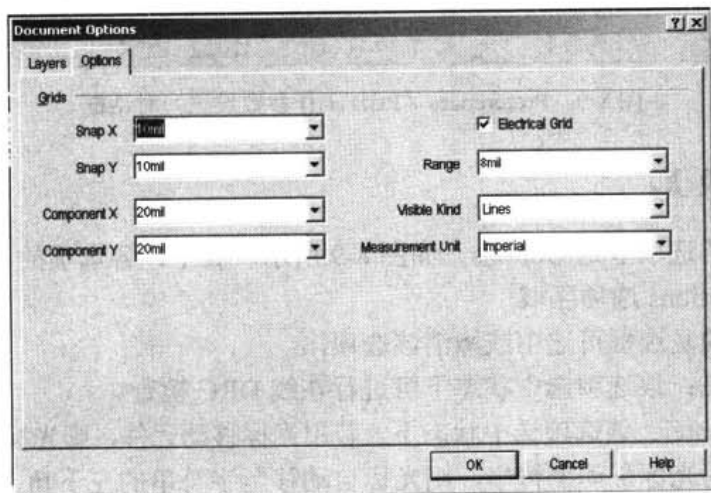


图 8-8 设置栅格

其中各项含义如下:

- Snap X: X 方向锁定栅格。
- Snap Y: Y 方向锁定栅格。
- Component: 元件锁定栅格。
- Range: 电气栅格范围。
- Visible kind: 可视栅格样式。Protel 99 SE 提供 Dots (点状) 和 Lines (线状) 两种栅格样式。
- Measurement Unit: 计量单位。Protel 99 SE 提供有两种计量单位: Metric (公制) 和 Imperial (英制)。

### 8-2-3 设置 PCB 工作参数

Protel 99 SE 提供的工作参数包括特殊功能、工作层面颜色、显示/隐藏、默认参数、信号完整性。根据自己的需要和喜好对这些工作参数进行设置后，便可以在自己喜欢的环境中方便地进行工作了。

执行菜单命令 Tools|Preferences，弹出如图 8-9 所示的 Preferences（PCB 工作参数设置）对话框。所有的工作参数可分为 6 大类分别进行设置。

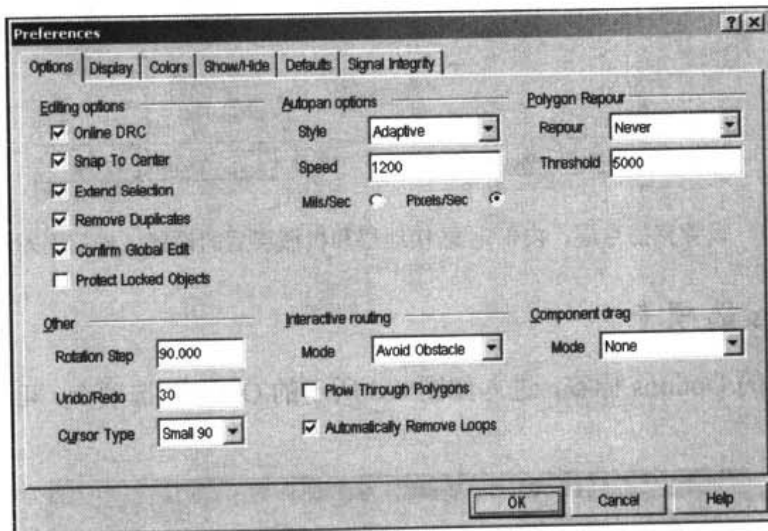


图 8-9 Preferences（PCB 工作参数设置）对话框

#### 1. 特殊功能的设置

设置特殊功能的选项卡是 Options，如图 8-9 所示。其中，各选项的功能如下：

##### (1) Editing options 选项区域

单击各选项前的复选框可选中或撤消该选项。

- Online DRC: 该选项选中状态下可进行在线 DRC 检查。
- Snap To Center: 该选项选中状态下，若用光标移动元件，则光标自动移至元件的原点处；若用光标移动字符串，则光标自动移至字符串的左下角。
- Extend Selection: 该选项选中状态下，执行菜单命令 Edit|Select|Inside Area(Outside Area)或 Edit|Deselect|Inside Area(Outside Area)时，若连续两次执行了选择区域的命令，则前一次的选择区域操作仍有效。在该选项未选中状态下，则前一次的选择操作作为无效。
- Remove Duplicate: 该选项选中状态下，可自动删除重复的元件。
- Confirm Global Edit: 该选项选中状态下，在编辑元件性质时，将出现整体编辑对话框。
- Protect Locked Object: 保护锁定的对象。

##### (2) Autopan options（自动转移）选项区域

- Style: 移动方式，共有 7 种。
- Speed: 移动速率。



- Mils/Sec: 移动速度单位, mils/s。
- Pixels/Sec: 移动速度单位, pixels/s。

### (3) Polygon Repour (多边形填充的绕过) 选项区域

- Repour: 设置是否让多边形填充绕过焊盘。包括 Never (覆盖)、Threshold (按阈值绕过)、Always (总是绕过) 3 种方式。
- Threshold: 绕过阈值。

### (4) Interactive routing (交互式布线的参数设置) 选项区域

- Mode: 交互式布线时的布线模式。包括 Ignore Obstacle (忽略障碍)、Avoid Obstacle (避开障碍) 和 Push Obstacle (推进障碍) 3 种模式。
- Plow Through Poly: 导线穿过多边形填充, 也即多边形填充绕过导线。
- Automatically Remove: 自动删除。

### (5) Component drag (元件拖动模式) 选项区域

Mode: 拖动元件时有两种模式。选中 None, 则在拖动元件时只拖动元件本身; 选中 Connected Tracks, 则在拖动元件时, 连接在该元件上的导线也随之移动。

### (6) Others (其他) 选项区域

- Rotation Step: 设置元件的旋转角度, 默认值为 90°。
- Undo/Redo: 设置 Undo/Redo (撤消/重复) 命令可执行的次数。
- Cursor Type: 设置光标形状。有 Large 90 (大十字)、Small 90 (小十字)、Small 45 (小叉形) 3 种可选的光标形状。

## 2. 显示状态的设置

设置显示状态的选项卡是 Display, 如图 8-10 所示, 其中各选项的功能如下。

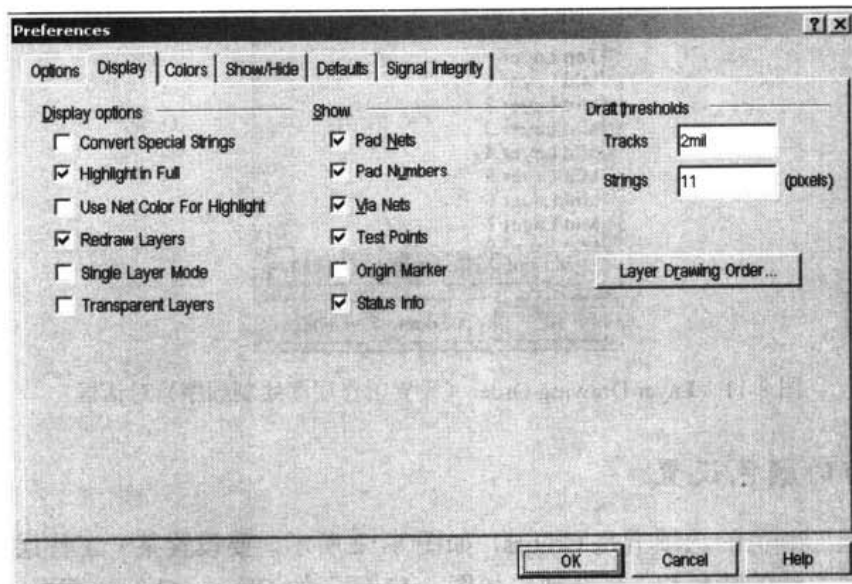


图 8-10 Display (显示状态设置) 选项卡

### (1) Display options 选项区域

- Convert Special String: 显示特殊功能的字符串。
- Highlight in Full: 全部高亮度显示。



- Use Net Color For Highlight: 高亮度显示时使用所设置的网络颜色。
- Redraw Layer: 刷新层面。
- Single Layer Mode: 单层面显示模式。
- Transparent Layer: 透明层面设置。

### (2) Show 选项区域

- Pad Nets: 焊盘网络。
- Pad Numbers: 焊盘数目。
- Via Nets: 过孔网络。
- Test Points: 测试点。
- Origin Marker: 原点。
- Status Info: 状态信息。

### (3) 在 Draft thresholds 选项区域中可设置草图中走线宽度和字符串长度的阈值

- Tracks: 走线宽度阈值, 默认值为 2mil。
- Strings: 字符串长度阈值, 默认值为 11pixels。

### (4) 设置工作层面的绘制顺序

单击图 8-10 中的 Layer Drawing Order 按钮, 将弹出如图 8-11 所示的 Layer Drawing Order (设置工作层面绘制顺序) 对话框, 在列表框中选中要编辑的工作层面, 再单击 Promote 或 Demote 按钮, 即可提升或降低该工作层面的绘制顺序。



图 8-11 Layer Drawing Order (设置工作层面绘制顺序) 对话框

## 3. 工作层面的颜色设置

设置工作层面颜色的选项卡是 Colors, 如图 8-12 所示。要设置某一工作层面的颜色, 可单击该工作层面右边的颜色块, 系统弹出如图 8-13 所示的 Choose Color (颜色选择) 对话框, 在其中选择要定义的颜色即可。

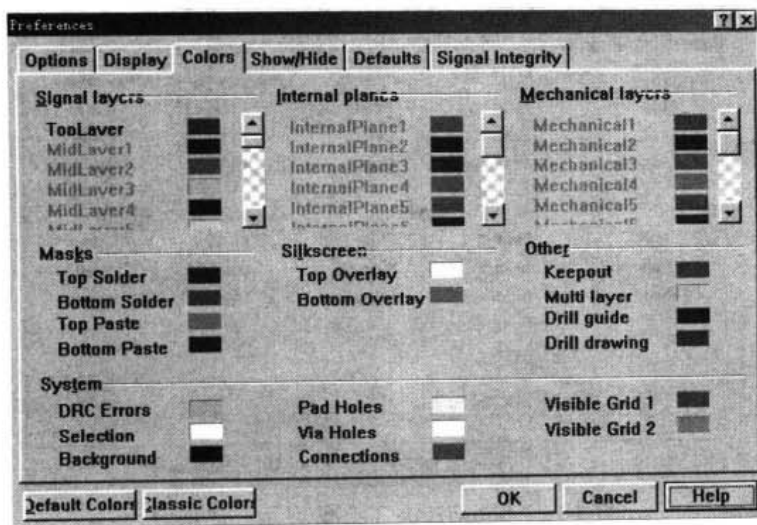


图 8-12 Colors (工作层面颜色设置) 选项卡

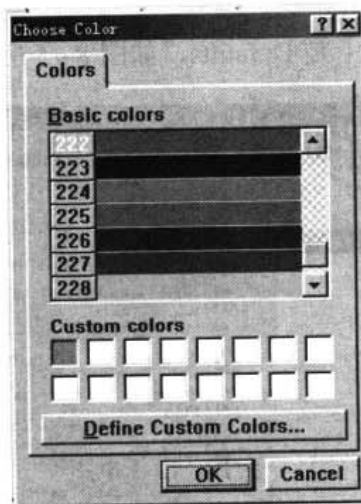


图 8-13 Choose Color (颜色选择) 对话框

#### 4. 元件的隐藏/显示设置

设置元件的隐藏/显示的选项卡是 Show/Hide, 如图 8-14 所示。Protel 99 SE-PCB 给 10 种元件提供了 Final (最终图稿)、Draft (草图) 和 Hidden (隐藏) 3 种显示模式。这 10 种元件包括 Arcs (弧线)、Fills (矩形填充)、Pans (焊盘)、Polygons (多边形填充)、Dimensions (尺寸标注)、Strings (字符串)、Tracks (导线)、Vias (过孔)、Coordinates (坐标标注)、Rooms (限制元件的区域)。单击 All Final、All Draft 或 All Hidden 按钮, 可分别将所有层面设置为最终图稿模式、草图模式或全部隐藏。

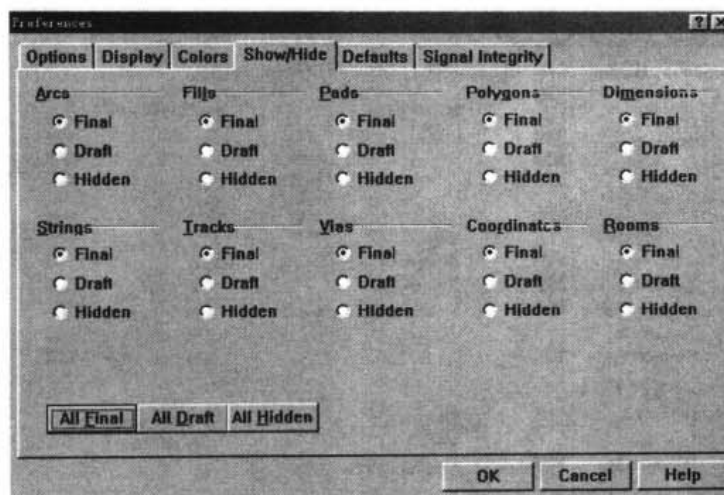


图 8-14 Show/Hide (隐藏/显示) 选项卡

## 5. 元件参数默认值的设置

设置元件参数默认值的选项卡是 Defaults，如图 8-15 所示。

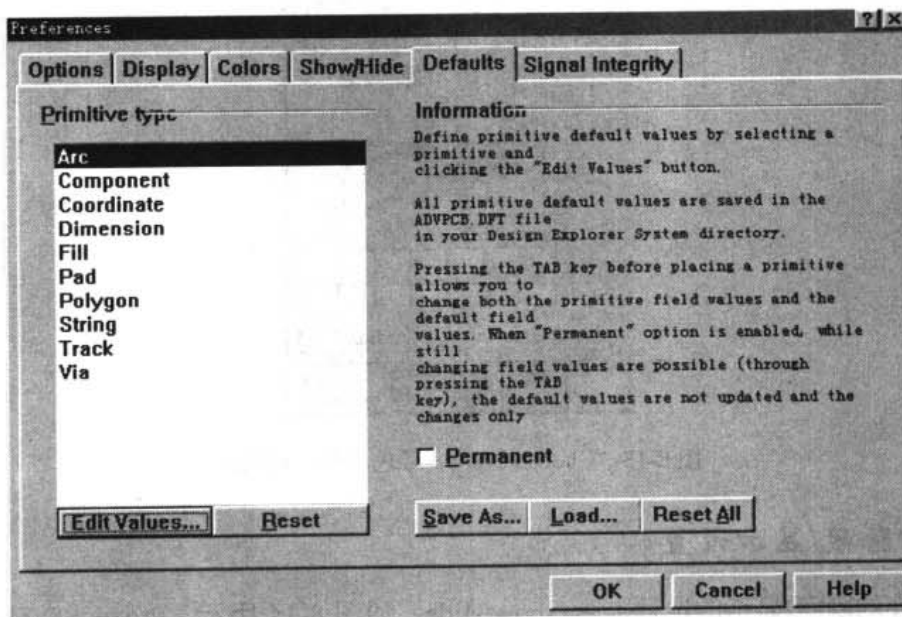


图 8-15 Default (元件参数默认值设置) 选项卡

在 Primitive type (基本类型) 列表框里选中要设置的元件，单击 Edit Values 按钮，弹出如图 8-16 所示的相应元件的设置对话框，即可修改和设置该元件的默认值。

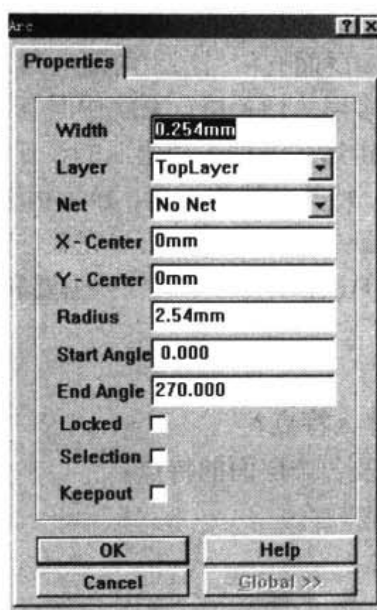


图 8-16 设置元件默认属性

## 6. 信号完整性的设置

设置信号完整性的选项卡是 Signal Integrity, 如图 8-17 所示。单击 Add、Remove 或 Edit 按钮, 即可添加、删除或编辑需要分析信号完整性的元件。

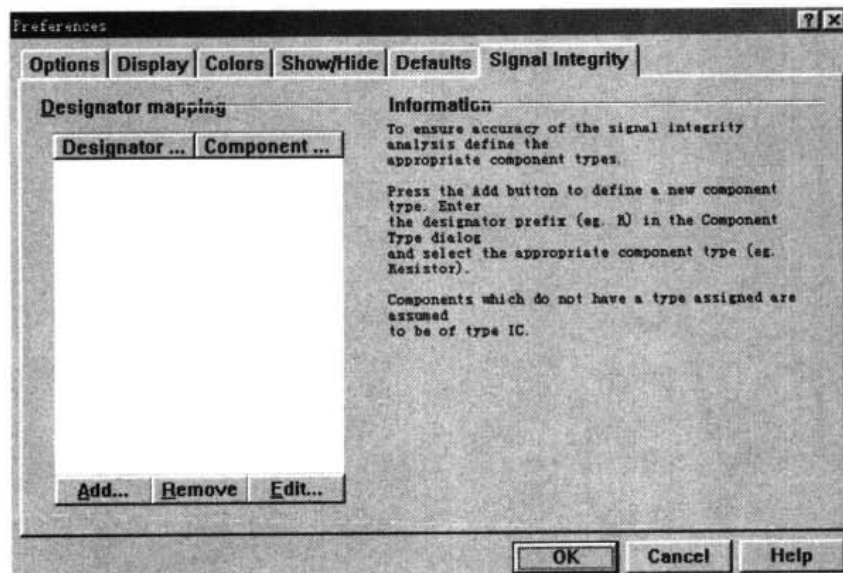


图 8-17 Signal Integrity (信号完整性设置) 选项卡

## 8-3 小结与习题

### 8-3-1 小结

本章第一节介绍了单面板、双面板和多面板 3 类电路板及与电路板相关的一些基本概念。

在第二节中详细讨论了构成电路板的各种层面。介绍 Protel 99 SE 提供的 9 类物理层面、5 类系统层面，共有数十个之多。物理层面有信号层、内部电源/接地层、机械层、阻焊层、锡膏防护层、丝印层、禁止布线层、多层、钻孔层；系统层面有 DRC 错误层、连接层、焊盘层、过孔层、可视栅格层。同时，还讲述了各种工作层面的设置方法。最后，讲述了 PCB 的 6 大类工作参数的设置方法，包括：特殊功能的设置、显示状态的设置、工作层面的颜色设置、元件的隐藏/显示设置、元件参数缺省值的设置、信号完整性的设置。通过本章的学习对 PCB 编辑器的工作环境将有更加深刻的认识，从而能够根据需求和喜好设置便于进行工作的环境。

### 8-3-2 习题

1. 电路板可分为哪几类，各有什么特点？
2. 简述 PCB 中物理层面的分类及各个层面的特点。
3. PCB 的特殊功能参数共有哪些？
4. 如何设置工作层面的绘制顺序？
5. 如何设置工作层面的颜色？
6. Protel 99 SE 提供的元件显示模式有哪几种？
7. 印刷电路板的物理边界和电器边界分别是在哪个工作层面中进行规划的？请说明电器边界的作用是什么？
8. 简述印刷电路板的布线流程以及各个步骤的作用。

## 第 9 章

# 进入 Protel 99 SE-PCB 编辑器

本章将介绍如何启动 Protel 99 SE-PCB 编辑器。在开始设计 PCB 之前，有必要先对 PCB 设计工作有个宏观的认识，了解设计一块 PCB 电路板需要几个步骤，以及各个步骤之间的先后关系。这样有助于在具体的设计过程中对整个设计工作的进程有所把握，思路清晰，考虑全面。

### 9-1 设计 PCB 的制作流程

首先，将 PCB 的设计工作的主要步骤用图 9-1 所示的制作流程图表示。然后，再作具体介绍。

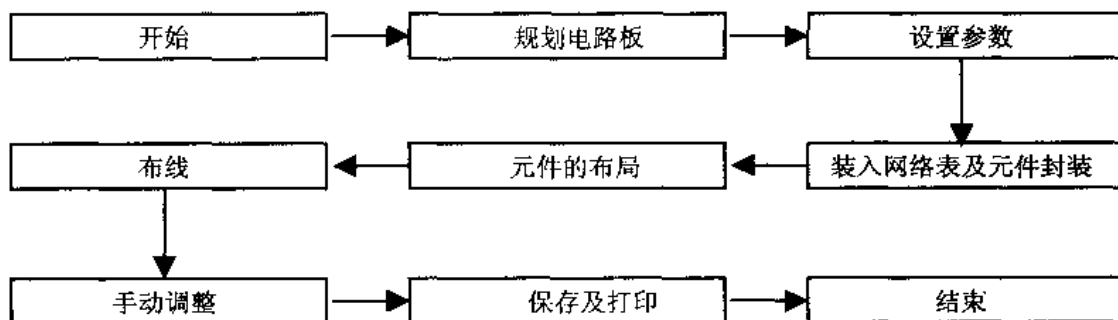


图 9-1 PCB 制作流程图

#### 1. 规划电路板

设计印刷电路板，第一步是合理地规划电路板，即根据客户的要求确定采用单面板还是双面板。如果电路太复杂，则需要使用多面板；然后确定电路板的尺寸、元件的封装形式和放置位置等。俗话说，有了好的开始就等于成功了一半。开始时电路板就应规划得当，则后继工作才能顺利进行；反之，则可能导致在其后的布线等工作中遇到困难，甚至无法进行下去而返工。

#### 2. 设置参数

设置参数是指设置工作层面参数、PCB 编辑器的工作参数、布线参数等。Protel 99 SE 提供了多种参数以创建便利和友好的工作环境。

#### 3. 装入网络表及元件封装形式

网络表由电路板的原理图生成，包含了原理图中元件之间的连线关系和元件封装形式的

说明,是创建 PCB 文件所必须的信息。所以,在进行元件布局和布线之前要先将网络表信息装入 PCB 文件。

### 4. 元件的布局

元件的布局包括自动布局和手工调整两种。自动布局是指在规划完电路板和装入网络表后,启用 PCB 编辑器的自动布局功能,其程序是根据网络表中的信息自动地将元件排布在电路板上。自动布局完后,应对不符要求或不尽人意之处进行手工调整,以便于以后好进行布线工作。

### 5. 布线

Protel 99 SE 提供了十分强大的自动布线功能,其成功率接近 100%。设置适当的布线参数后,程序就能根据网络表的信息和设置的参数要求自动布线。

### 6. 调整

虽然自动布线的成功率几乎是 100%,但仍需要手动对自动布线成功后的印刷电路板的元件位置、布线走向等进行调整,优化设计效果,满足要求,完成一块印刷电路板的制作。

### 7. 保存及打印

将手工调整好的印刷电路板保存到磁盘并备份,便于日后好打印和使用。

## 9-2 进入 Protel 99 SE-PCB 编辑器

启动 Protel 99 SE 后,执行菜单命令 File|New 或 File|Open 都可以进入 Protel 99 SE-PCB 编辑器。

启动 PCB 编辑器的操作步骤如下:

(1) 打开或新建一个设计数据库文件,如图 9-2 所示。

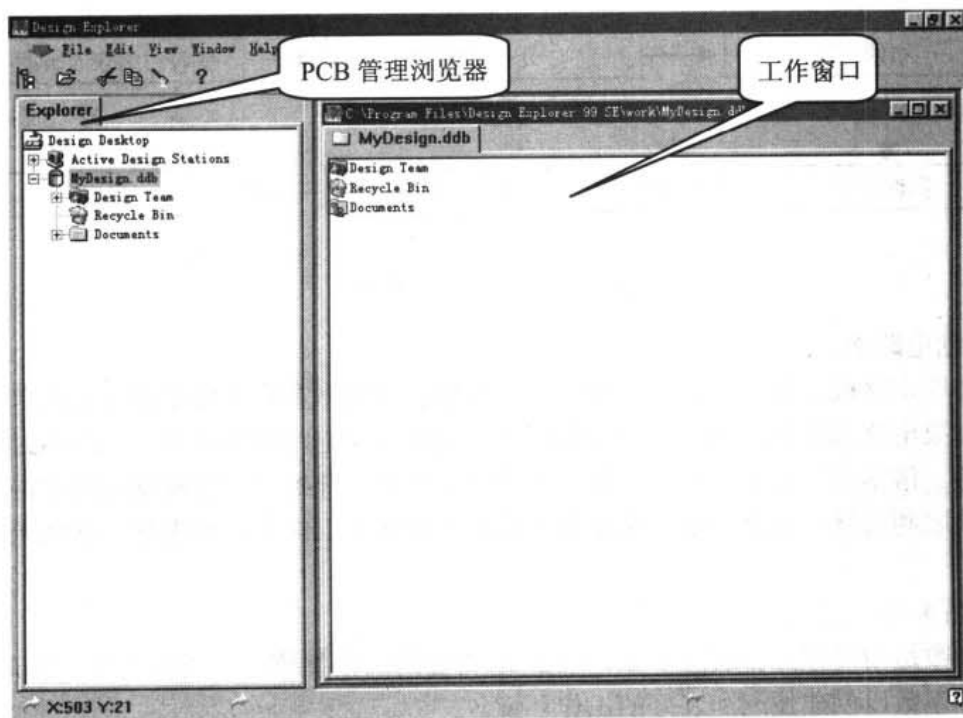





图 9-2 设计数据库文件示意图

(2) 双击工作窗口的图标  或单击 PCB 管理浏览器中的文件夹图标 , 进入 Document



文件夹。

- (3) 再次执行菜单命令 File|New, 出现如图 9-3 所示的 New Document (新建设计文档) 对话框, 双击其中的图标即可在 Document 文件夹中建立一个新的 PCB 文件, 默认名为“PCB1”, 扩展名为“PCB”。

在工作窗口的面板上单击鼠标右键, 在弹出的命令菜单中选择 New 命令也可打开如图 9-3 所示的 New Document (新建设计文档) 对话框。

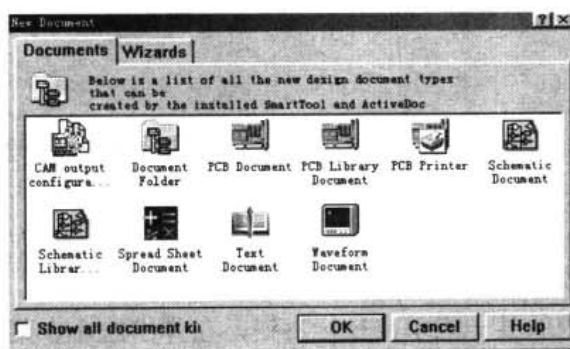



图 9-3 New Document (新建设计文档) 对话框

如果在如图 9-2 所示的状态下执行菜单命令 File|New, 则 PCB 文件被创建到设计数据库中。但是, 一般总是将一个设计方案中所生成的各种文件都创建到同一个 Document 文件夹中, 以便于管理和查找。拖动文件 PCB1.PCB 的图标可将其放入 Document 文件夹。

- (4) 双击工作窗口的图标, 或单击浏览器中的 PCB1 文件的图标, 便可以启动如图 9-4 所示的 PCB 编辑器。启动 PCB 编辑器后, 菜单栏里将自动添加设计 PCB 所需的各种工具栏。

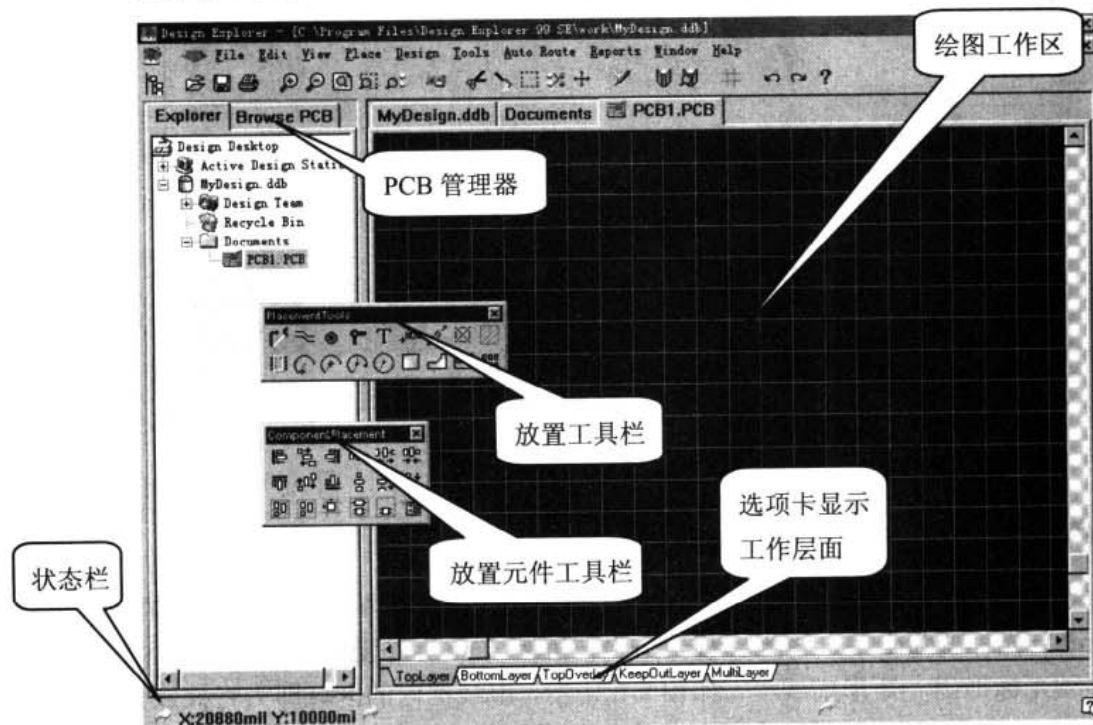


图 9-4 PCB 编辑器

## 9-3 PCB 编辑器的画面管理


PCB 编辑器的画面管理与原理图编辑器的画面管理基本类似,包括工作画面的移动、缩放、显示、刷新和窗口管理等操作。

### 9-3-1 画面显示

画面显示包括工作画面的移动、缩放、显示、刷新和窗口管理等操作。

#### 1. 画面的放大

当要对电路板的局部线路和元件进行编辑、修改、调整时,需要将画面放大到一定比例。放大画面有以下 5 种方法:

- 单击主工具栏中的  按钮。
- 执行菜单命令 View|Zoom in。
- 在 PCB 工作区内的某一点单击鼠标右键,在弹出的命令菜单中选择 Zoom in,则画面以该点为中心放大。
- 在 PCB 浏览器中的 Browse 下拉列表中选择浏览类型,然后选中浏览对象,单击 Zoom 或 Jump 按钮,可将被选中的对象放大,如图 9-5 所示。
- 使用快捷键 Page Up 键。

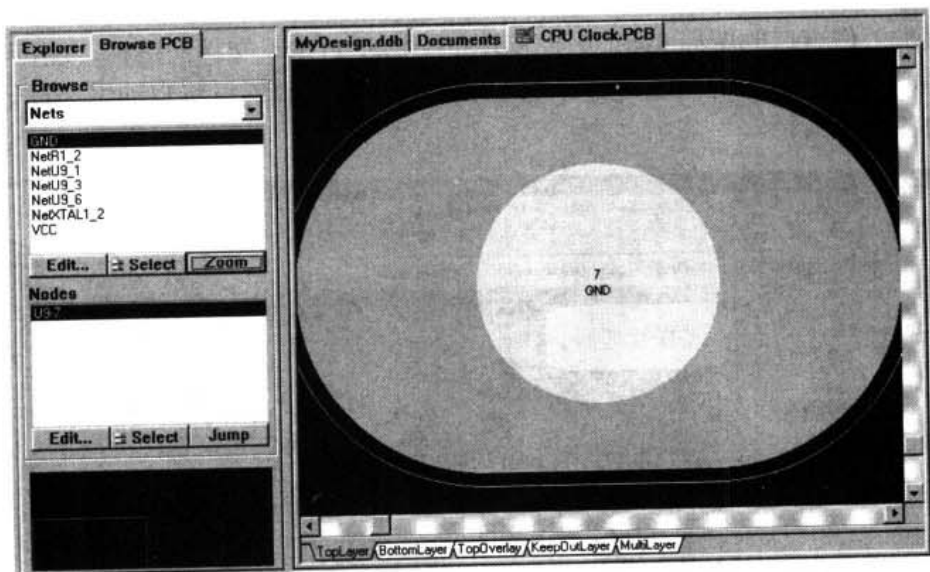


图 9-5 用浏览器放大所选的元素

#### 2. 自定义区域的放大

除了以上放大画面的方法,编辑器还提供了自定义需要放大域的放大功能。执行菜单命令 View|Area,光标变为十字,将光标移至适当位置,单击鼠标左键确认所需放大区域对角线的起点,移动光标拖出一矩形虚线框,如图 9-6 所示,虚线框内的区域即为将被放大的区域,单击鼠标左键确认所需放大区域对角线的终点,即可将虚线框内的区域放大,如图 9-7 所示。

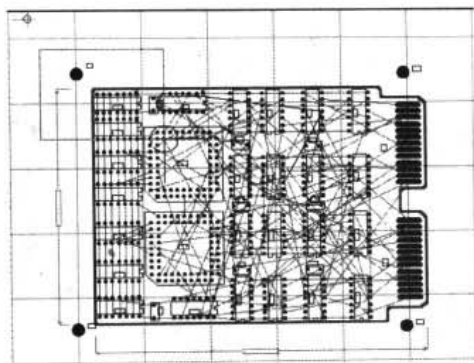


图 9-6 选中要放大的区域（虚线框部分）

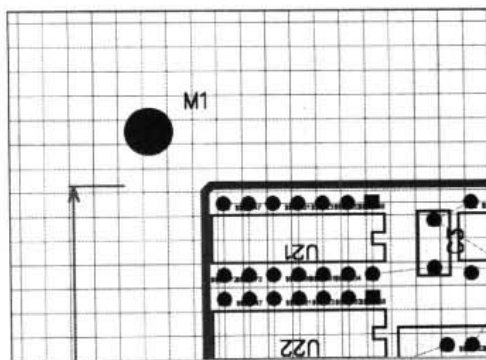


图 9-7 所选区域被放大后的画面

### 3. 显示以光标为中心的屏幕

这也是一种自定义放大区域的方式。执行菜单命令 View|Around Point, 光标变为十字, 在适当位置单击鼠标左键确认要放大区域的中心, 移动光标将拖出一矩形虚线框, 改变虚线框的大小选定需放大的区域（如图 9-8 所示）后, 单击鼠标左键确认, 即可将所选区域放大, 如图 9-9 所示。

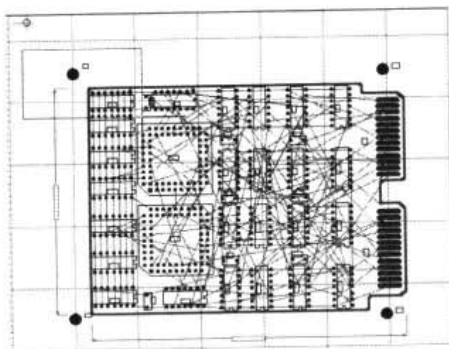


图 9-8 选中要放大的区域（虚线框部分）

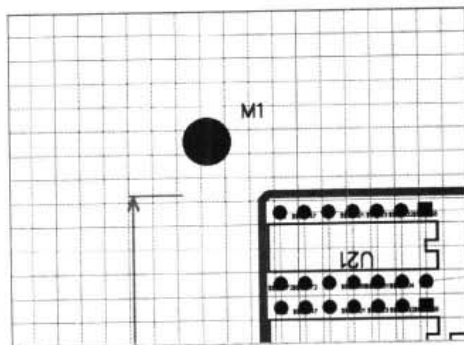



图 9-9 所选区域被放大后的画面

### 4. 画面的缩小

当需要浏览电路板的整体效果时, 需要缩小画面至一定的比例。缩小画面有以下 4 种方法:

- 单击主工具栏中的  按钮。
- 执行菜单命令 View|Zoom out。
- 在 PCB 工作区内的某一点单击鼠标右键, 在弹出的命令菜单中选择 Zoom Out, 则画面以该点为中心缩小。
- 使用快捷键 Page Down 键。

### 5. 将屏幕缩放到可显示整个电路板

执行菜单命令 View|Fit Board, 可使整个电路板在工作窗口全屏显示, 如图 9-10 所示。这种显示方式便于查找电路。执行菜单命令 View|Fit Document, 可使整个 PCB 文件在工作窗口全屏显示, 包括了图纸的编号、名称等信息, 如图 9-11 所示。

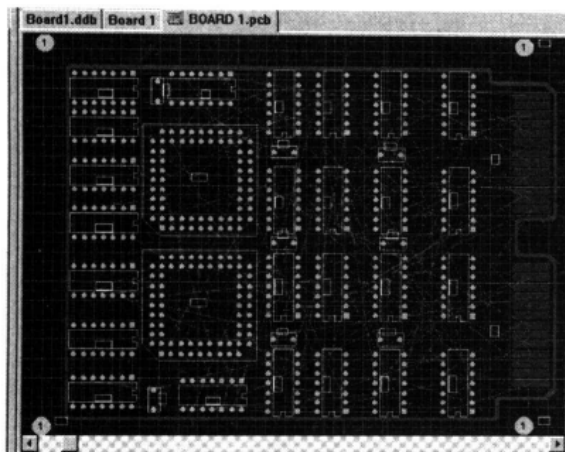


图 9-10 整个电路板全屏显示图

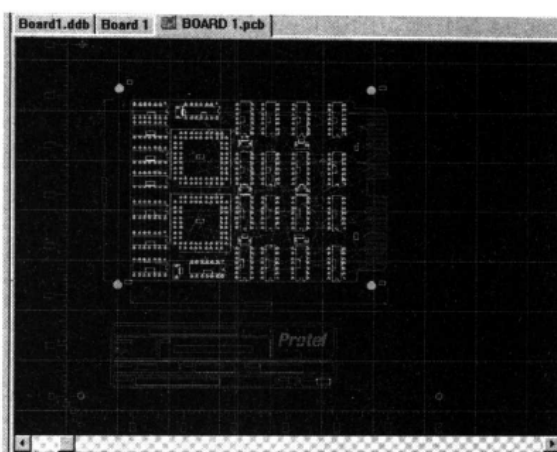


图 9-11 整个文件全屏显示

## 6. 采用上次显示比例显示

执行菜单命令 View|Zoom Last, 可使画面恢复至上一次的显示, 即以上一次的缩放比例显示画面。

## 7. 更新画面

有时在进行了移动画面或元件等操作后, 在屏幕上会残留一些斑点、线段的痕迹, 或者会出现画面的显示不完全的情况, 从而影响视觉和判断, 并使画面不美观。这时执行菜单命令 View|Refresh 刷新一次画面, 便可清除残痕, 完整地显示画面。该命令的快捷键为 End 键。

## 9-3-2 窗口管理

在设计过程中常常会有同时打开多个文件的情况, 为便于在各个窗口之间进行切换和在激活窗口内工作, Protel 99 SE 提供有一系列窗口的管理功能。

### 1. 多个窗口的管理

以同时打开 3 个设计数据库文件为例, 在主菜单栏的 Window 菜单中有 6 项命令: Tile、Cascade、Tile Horizontally、Tile Vertically、Arrange Icons、Close All, 并且显示了已打开的 3 个窗口, 如图 9-12 所示。

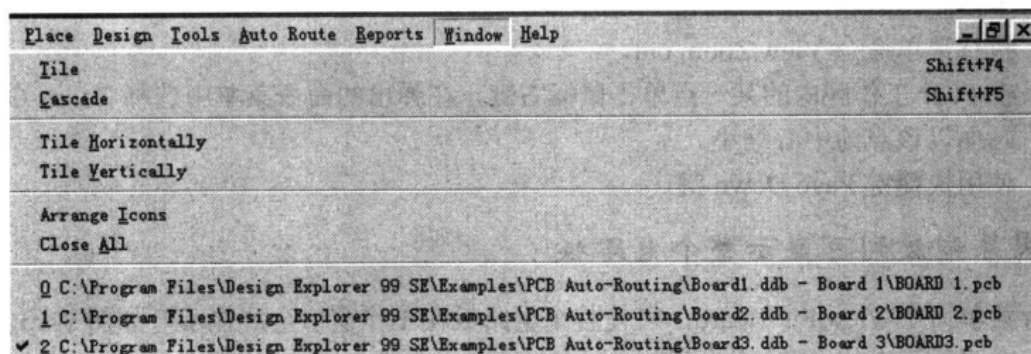


图 9-12 Window 菜单

下面具体介绍 Window 菜单中各项命令的用法:

(1) Window|Tile 命令

该命令为窗口平铺显示命令, 选择该菜单命令, 可使所有窗口同时平铺显示在主工作窗口里, 如图 9-13 所示。

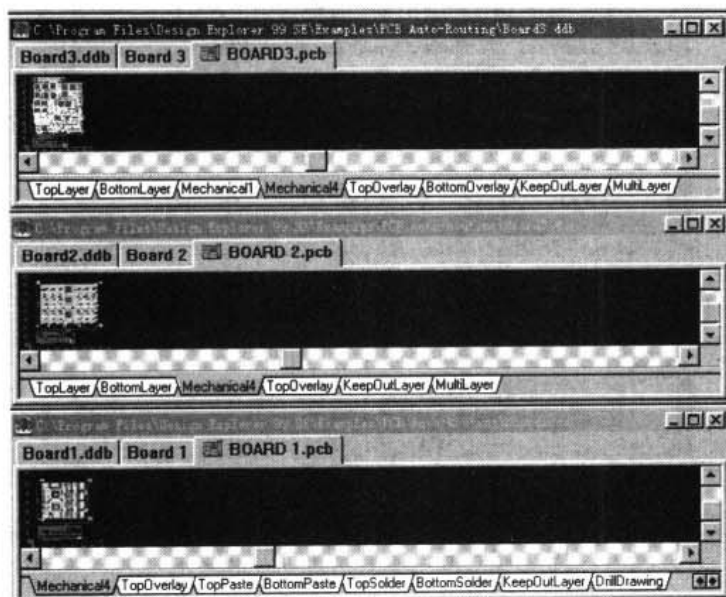


图 9-13 窗口平铺显示

(2) Window|Cascade 命令

该命令为窗口层叠显示命令, 选择该菜单命令可使所有窗口在主工作窗口中以层叠方式显示, 如图 9-14 所示。

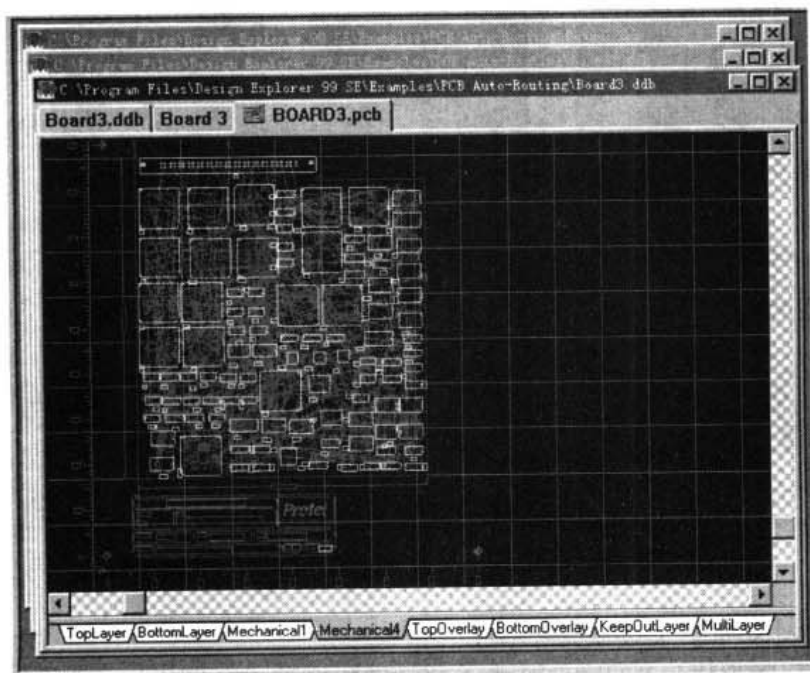


图 9-14 窗口层叠显示



### (3) Window|Tile Horizontally 命令

执行该菜单命令可使所有窗口在工作区域中以水平分割的方式显示, 如图 9-15 所示。

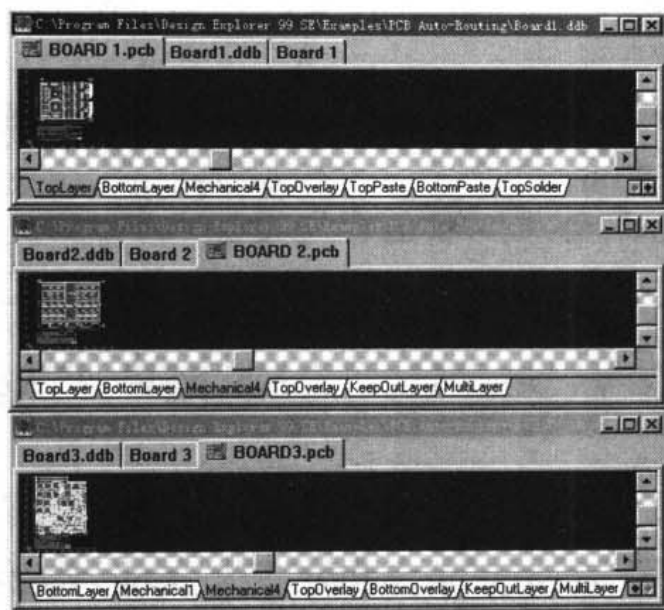


图 9-15 窗口水平分割的层叠显示

### (4) Window|Tile Vertically 命令

执行该菜单命令可使所有窗口在工作区域中以垂直分割的方式显示, 如图 9-16 所示。

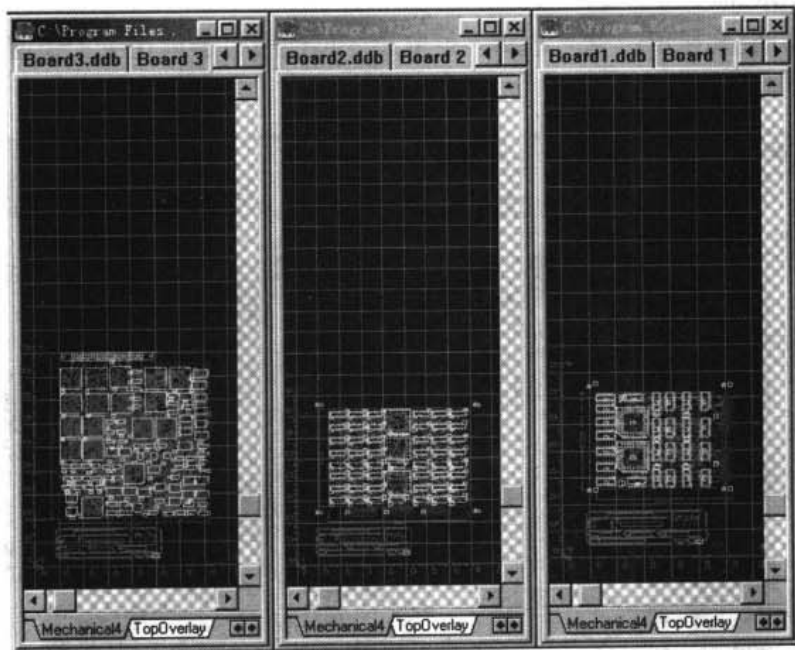


图 9-16 窗口垂直分割的层叠显示

### (5) Window|Arrange Icons 命令

当所有窗口都最小化为小图标时, 由于移动图标会造成各图标在屏幕上排列凌乱。这时, 执行菜单命令 Window|Arrange Icons, 便可使各个图标排列有序。

## (6) Window|Close All 命令

执行菜单命令 Window|Close All，可一次性地关掉所有窗口。

虽然可以用不同的方式显示多个窗口，但是当前的工作窗口只有一个。处在工作状态下的窗口标题栏为蓝色。直接用鼠标单击需要激活的窗口或在 Window 下拉菜单中选择需要激活的窗口，便可激活该窗口。

## 2. 单窗口的管理

对于单个设计数据库文件的窗口，Protel 99 SE 也能对其中的多个文件实现窗口管理。在当前工作窗口顶部的标签上用鼠标右键单击某一文件，即可弹出如图 9-17 所示的命令菜单。

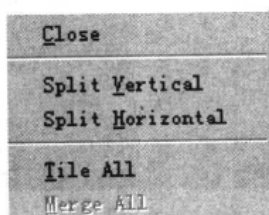


图 9-17 单窗口管理命令菜单

各菜单命令的功能如下：

- Close: 关闭该文件。
- Split Vertical: 将该文件与其他文件垂直分割显示，如图 9-18 所示。对所有文件都执行该命令，则所有文件窗口都会进行垂直分割显示。

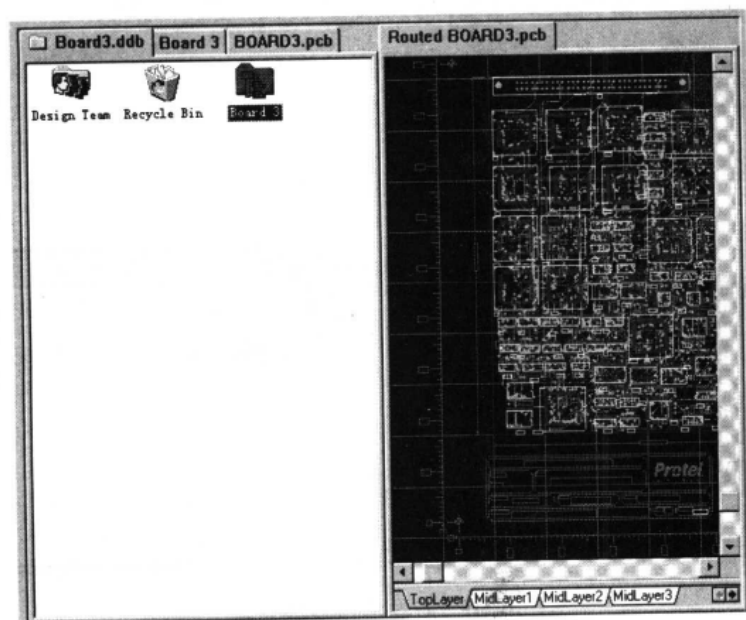


图 9-18 窗口的垂直分割显示

- Split Horizontal: 将该文件与其他文件水平分割显示，如图 9-19 所示。对所有文件都执行该命令，则所有文件窗口都会进行水平分割显示。



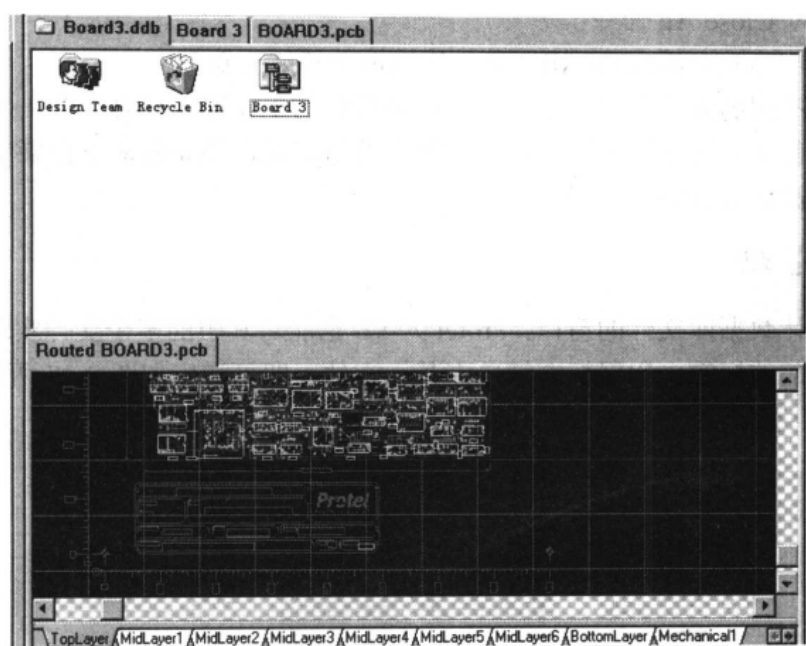


图 9-19 窗口的水平分割显示

- Tile All: 所有窗口平铺显示, 如图 9-20 所示。

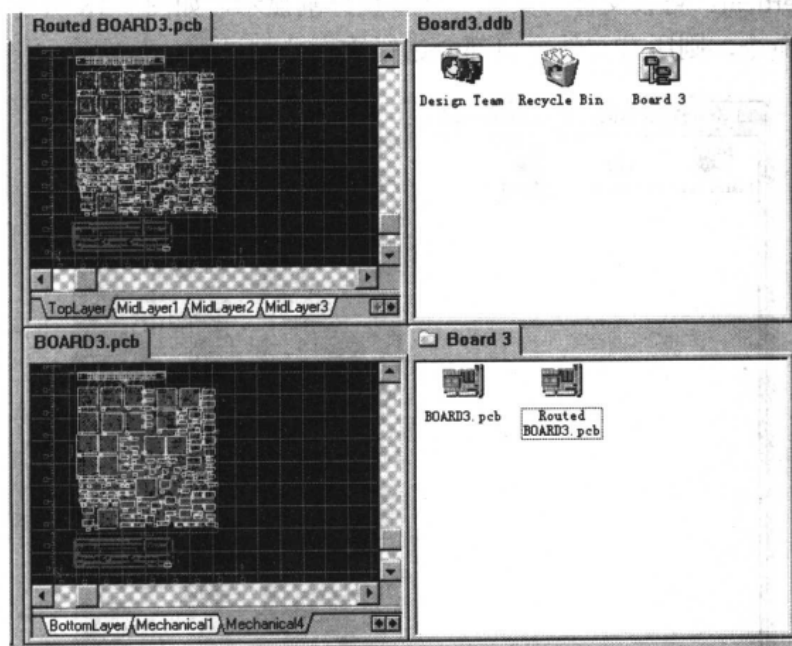


图 9-20 所有窗口平铺显示

- Merge All: 隐藏所有文件。文件以标签形式显示, 单击标签可显示相应文件, 如图 9-21 所示。

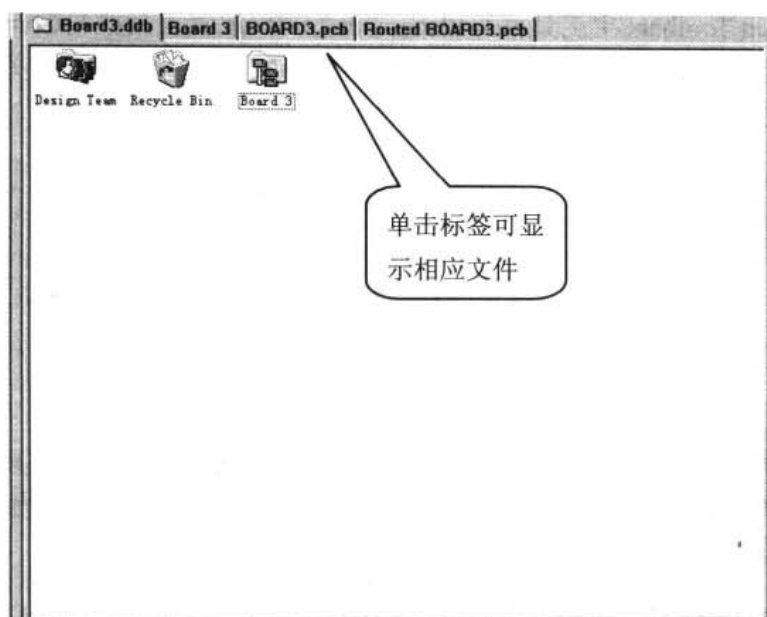


图 9-21 隐藏所有文件

### 9-3-3 PCB 各工具栏、状态栏、管理器的打开与关闭

在设计 PCB 的工作中常会用到工具栏、状态栏和管理器，可根据具体情况打开所需要的工具，以便于设计工作。打开和关闭 PCB 各工具栏、状态栏和管理器的菜单命令在如图 9-22 所示的 View 菜单中。

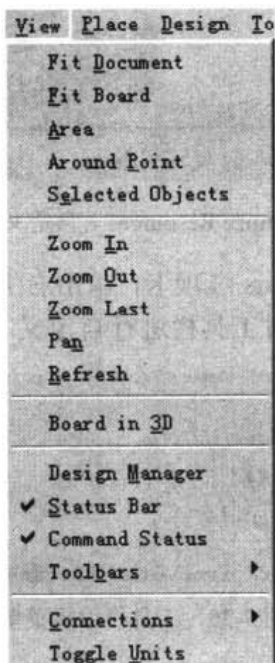


图 9-22 View 菜单

#### 1. 工具栏的打开和关闭

选择菜单命令 View|Toolbars，可看到 Toolbars 子菜单如图 9-23 所示。其中，包括 PCB

的常用工具栏: Main Toolbar(主工具栏)、Placement Tools(放置工具栏)、Component Placement(放置元件工具栏)和 Find Selection(查找被选择元件工具栏)。打开和关闭各个工具栏可通过执行相应的菜单命令来实现。

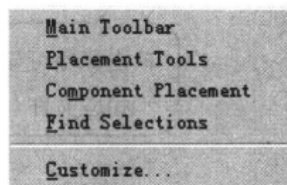


图 9-23 Toolbars 子菜单

除了以上常用的工具栏, Protel 99 SE-PCB 编辑器还提供了自定义工具栏的功能。自定义工具栏的方法如下: 执行菜单命令 View|Toolbars|Customize, 将弹出如图 9-24 所示的 Customize Resources(自定义资源)对话框。

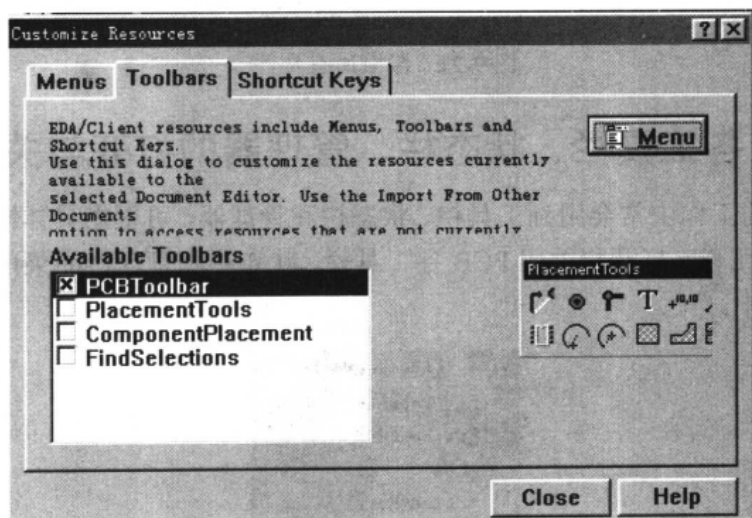


图 9-24 Customize Resources(自定义资源)对话框

打开自定义资源对话框的 Toolbars 选项卡, 单击右上角的 Menu 按钮, 弹出如图 9-25 所示的工具栏编辑菜单, 在其中可以对工具栏进行自定义、添加、删除等编辑工作。

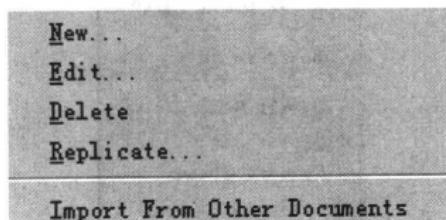


图 9-25 工具栏编辑菜单

提示: 自定义资源对话框的 Menu 选项卡和 Shortcut Keys 选项卡可分别用于自定义菜单和快捷键。

## 2. 状态栏和命令栏的打开和关闭

执行菜单命令 View|Status bar, 可打开和关闭状态栏。在状态栏中将给出当前光标的位置坐标。

执行菜单命令 View|Command Status 可打开和关闭命令栏。在命令栏中将给出当前正在执行的命令。

## 3. 管理器的打开和关闭

执行菜单命令 View|Design Manager, 可打开和关闭管理器。利用管理器中的 PCB 浏览器可以实现快速浏览 PCB、查找和定位元件等功能。

打开了工具栏、状态栏和管理器的 PCB 编辑器的画面, 即如图 9-26 所示; 关闭了工具栏、状态栏和管理器的 PCB 编辑器的画面即如图 9-27 所示。

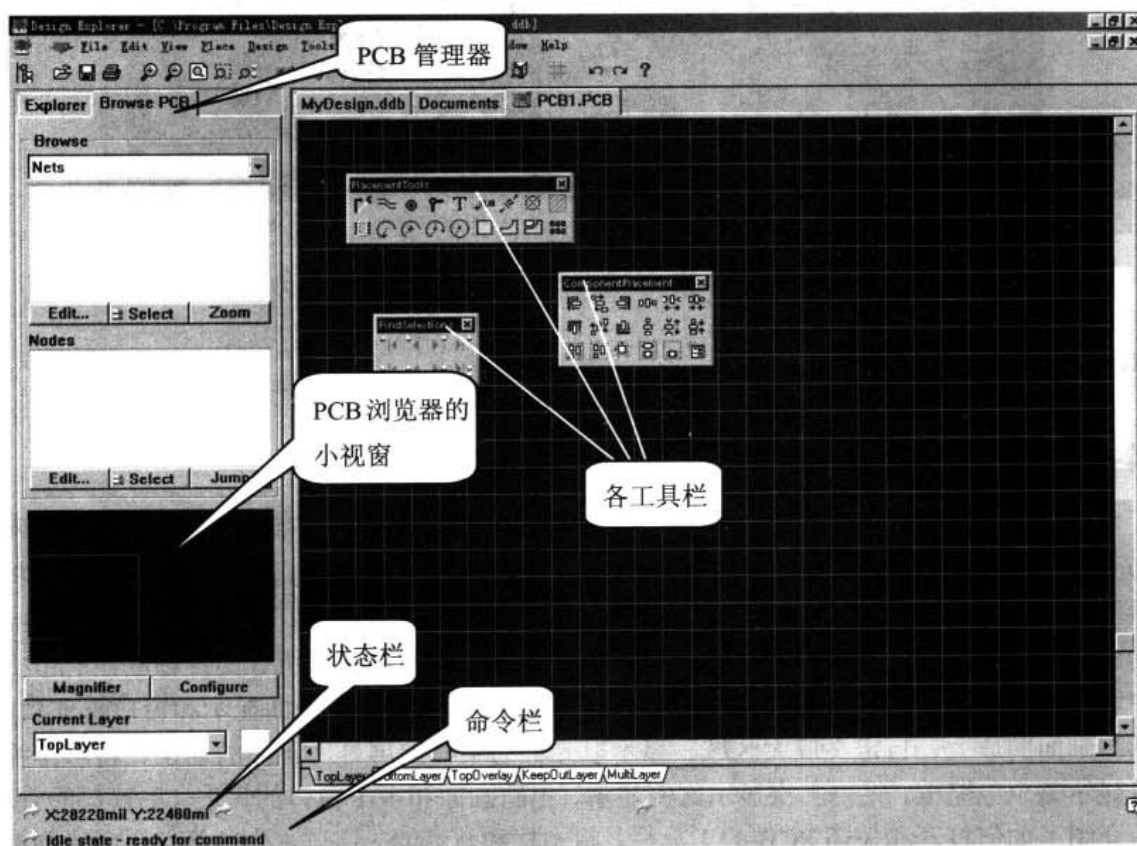


图 9-26 打开了工具栏、状态栏和管理器的 PCB 编辑器的画面



图 9-27 关闭了工具栏、状态栏和管理器的 PCB 编辑器的画面

## 9-4 小结与习题

### 9-4-1 小结

本章第一节简要地介绍了设计 PCB 主要的 7 个步骤：规划电路板、设置参数、装入网络表、元件封装形式及元件的布局、布线、调整、保存和打印。第二节讲述了进入 Protel 99 SE-PCB 编辑器以及在 PCB 编辑器中创建新文件的步骤，并对 PCB 编辑器的工作界面做了初步介绍。还指出在进行一项设计方案时，应注意将该项设计方案中所用到的所有文件都放在一个文件夹中以方便日后的管理和查找。第三节具体讲述了 PCB 编辑器的画面显示和窗口管理功能：包括：画面的放大、自定义放大区域、显示以光标为中心的屏幕、画面的缩小、将屏幕缩放到可显示整个电路板、采用上次显示比例显示、更新画面和多个窗口的管理、单窗口的管理；最后介绍了如何打开和关闭 PCB 的工具栏、状态栏和管理器。通过本章的学习，可达到熟悉 Protel 99 SE PCB 编辑器工作环境的目的。

### 9-4-2 习题

1. 如何创建一个数据库文件？
2. 如何创建一个新文件？
3. PCB 编辑器的工作界面主要由哪些部分组成？
4. 在 PCB 编辑器中放大和缩小画面的方法各有哪几种？
5. 要放大电路板的局部有几种方法？
6. PCB 编辑器中有哪些常用的工具栏？
7. PCB 编辑器的状态栏和命令栏分别用于显示什么信息？

# 第 10 章

## 制作印刷电路板

从本章开始将讲述 Protel 99 SE 印刷电路板的制作。下面将按照 9-1 节介绍的设计步骤进行印刷电路板的制作。

### 10-1 电路板的规划

电路板的规划，是指根据公司或制造商的要求，确定电路板的物理轮廓和电气轮廓。物理轮廓指电路板的外形、外部尺寸、参考孔位置、脚标等。电气轮廓，限定了放置元件和布线的范围。合理的电路板规划应便于后面的布线工作，在单面板的设计中尤其应该遵循这个原则。

如果采用向导创建 PCB 文件，系统将自动在图上设置好电路板的布局范围和物理大小。如果采用常规方法创建 PCB 文件，则需要手动设置电路板的布局范围和物理大小。也可以在放置完所有元件后再绘制布局范围。

#### 10-1-1 准备电路图与网络表

在规划电路板之前应先准备好电路原理图和网络表。因为通常一个 PCB 文件不是由绘制草图得来的，而是先装入相应的电路原理图文件，然后程序根据电路原理图的信息和网络表自动生成一个 PCB 文件。

在后面的几章里，将以 Z80 微处理器的 CPU 时钟为例，介绍如何制作一块 PCB 板。该 CPU 时钟的原理图如图 10-1 所示，在 Design Explorer 99 SE\Example 目录下的 Z80 Microprocessor 文件夹中，可以找到名为“CPU Clock.sch”的 CPU 时钟原理图文件。

新建一个 PCB 数据库文件，将此 CPU 时钟原理图拷贝到 Document 文档中。打开此原理图文件，选择菜单命令 Design>Create Netlist，将弹出如图 10-2 所示的网络表创建对话框，在其中可对网络表的输出形式等参数进行设置。

设置 Preferences（自定义参数）的选项卡，如图 10-2（a）所示。其中，各项参数含义如下：

- Output Format：该选项用于设置输出格式。
- Net Identifier Scope：该选项用于在创建多层电路板原理图的网络表时，指定网络标注范围。
- Sheets to Netlist：该选项用于在创建多层电路板原理图的网络表时，设置要创建网络表的层面。

- Append sheet numbers to local nets: 该选项用于设置是否添加层面数。
  - Descend into sheet part: 该选项用于设置是否分页。
  - Include un-named single pin nets: 该选项用于设置网络表是否包括未命名的单引脚信息。
- 设置 Trace Options 的选项卡, 如图 10-2 (b) 所示。

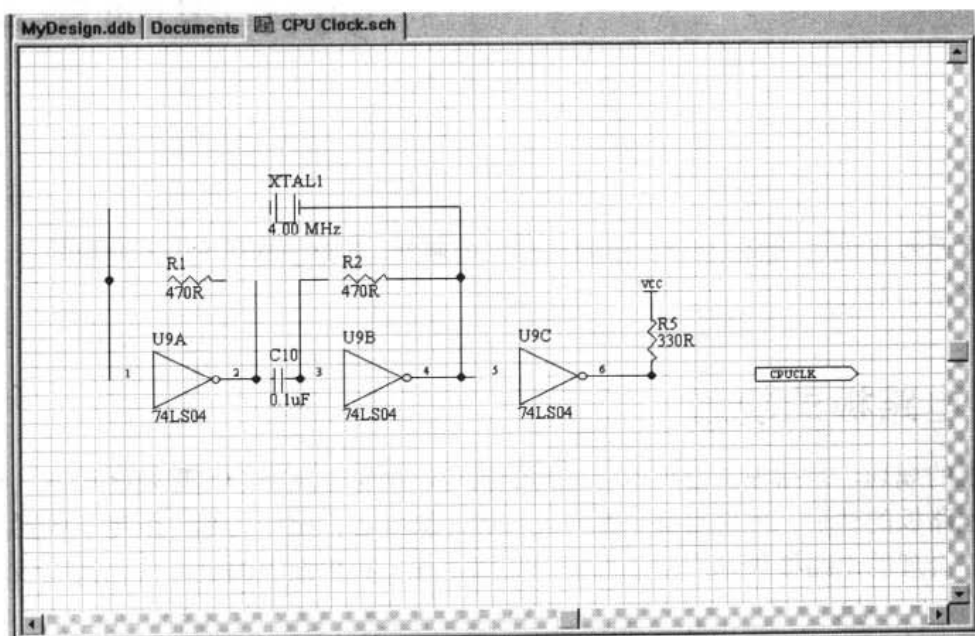
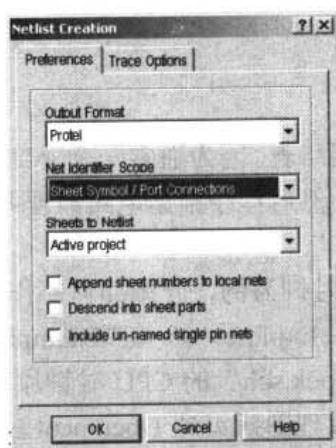
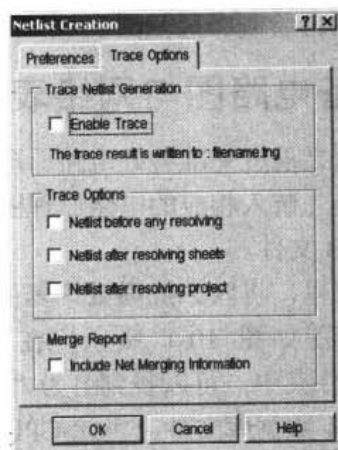


图 10-1 CPU 时钟原理图



(a) 自定义参数



(b) 网络表跟踪选项

图 10-2 网络表创建对话框

设置完成后, 单击 OK 按钮, 生成网络表。

## 10-1-2 PCB 坐标系统

### 1. 设置当前原点

打开一个新建的 PCB 文件后, Protel 99 SE 的 PCB 设计程序本身, 已为它定义了一个坐



标系统, 该坐标系统的原点即称为 Absolute Origin (绝对原点)。如果根据需要更改了坐标系统, 并定义自己的坐标原点, 该坐标原点便称为当前原点。当前原点的设置方法, 是执行菜单命令 Edit|Origin|Set, 光标变为十字, 移动光标至要设为原点的坐标位置, 单击鼠标左键将该坐标点设为当前原点, 在状态栏即可看到工作区中各点的坐标已经改变为新坐标系统下的坐标。

## 2. Protel 99 SE 的两个单位: mil 和 mm

Protel 99 SE 中所使用的单位有两个: mil 和 mm。mil 是英制长度单位“毫英寸”, mm 是公制长度单位“毫米”, 它们的换算关系是:  $1\text{mil}=0.0254\text{mm}$ 。

### 10-1-3 定义一个新的 PCB 板

在进行一项 PCB 设计之初, 应先在设计数据库中创建一个新的 PCB 文档; 再规划电路板的机械轮廓和电气轮廓, 以及规划电路板的层面结构; 然后, 再装入电路原理图信息和网络表。

电路板的机械轮廓, 是指电路板的物理外形和尺寸, 需要根据公司和制造商的要求进行相应规划。机械轮廓, 一般的是定义在 4 个机械层面上。

电路板的电气轮廓, 是指在电路板上布线和放置元件的范围。电气轮廓, 一般的是定义在禁止布线层上。禁止布线层是用于定义布线和放置元件的“合法”区域的特殊层面。一般的可将该“合法”区域的大小定义为电路板物理轮廓大小。所有信号层上的元件和布线都将被限制在该区域之内。

除了手动地规划电路板的方法, Protel 99 SE 还提供了一个功能强大的制板向导, 以创建一个 PCB 文档和规划电路板。

定义好 PCB 的坐标系统后, 便可以开始规划电路。下面介绍如何创建和规划电路板的机械层。

#### 1. 创建机械层

机械层的具体规划应根据公司和制板商的要求而定。通常厂商对电路板的拐角标记、参考孔位置和外形尺寸都有具体要求。比较合理的规划机械层的做法是: 在一个机械层上绘制电路板的物理轮廓, 而在其他的机械层上放置物理尺寸、队列标记和标题信息等。

**注意:** 所有机械层上的信息在输出 PCB 板时将被加载到其他任何一个层面上。

下面以设置物理边界为例, 介绍机械层的创建。

执行菜单命令 Design|Mechanical layers, 在如图 8.6 所示的机械层设置对话框内打开一个机械层后, 工作窗口的下方出现机械层的标签 Mechanical1, 单击该标签即可将工作层面切换到机械层, 如图 10-3 所示。

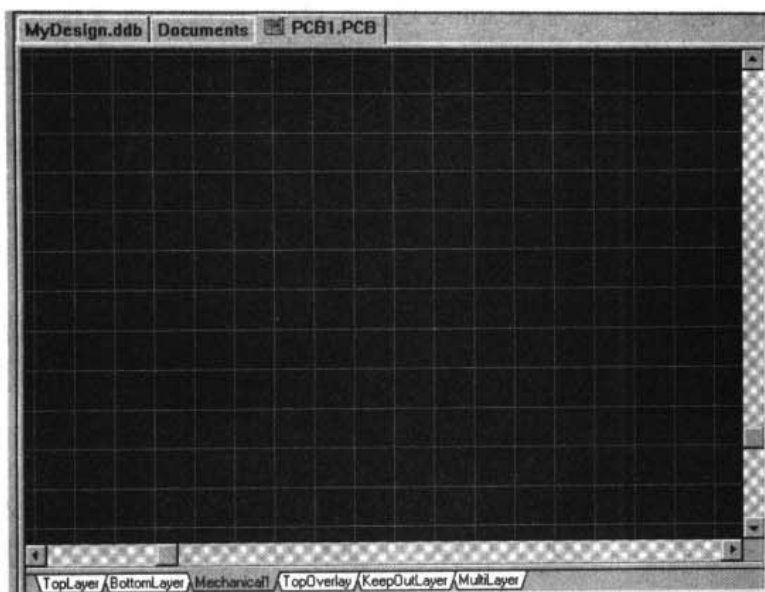


图 10-3 单击 Mechanical 标签切换到机械层

执行菜单命令 Place|Keepout|Track, 光标变为十字, 在工作窗口内移动光标时, 状态栏将显示光标所在位置的坐标。将光标移至 (18000, 99000) 点处, 单击鼠标左键放置起点, 然后将光标移至 (33000, 99000) 处, 单击鼠标左键确定上边界的终点, 电路板的上边界便出现在工作窗口, 如图 10-4 所示。

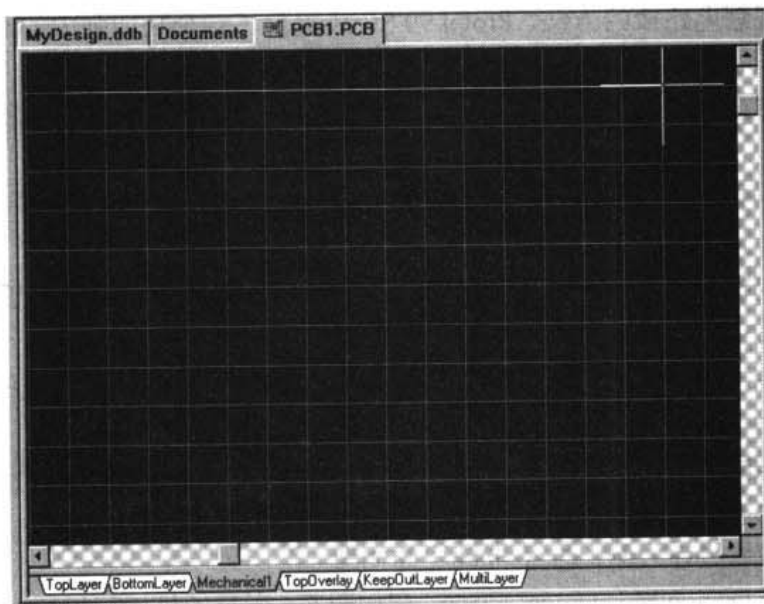


图 10-4 放置电路板的上边界

这时光标仍处于放置 Track 的状态, 接着将光标依次移至 (33000, 89000), (18000, 89000), 在各点上双击鼠标左键放置右边界和下边界, 再将光标移至起点处, 双击鼠标左键, 完成电路板物理边界的设置, 绘制好的电路板物理边界, 如图 10-5 所示。

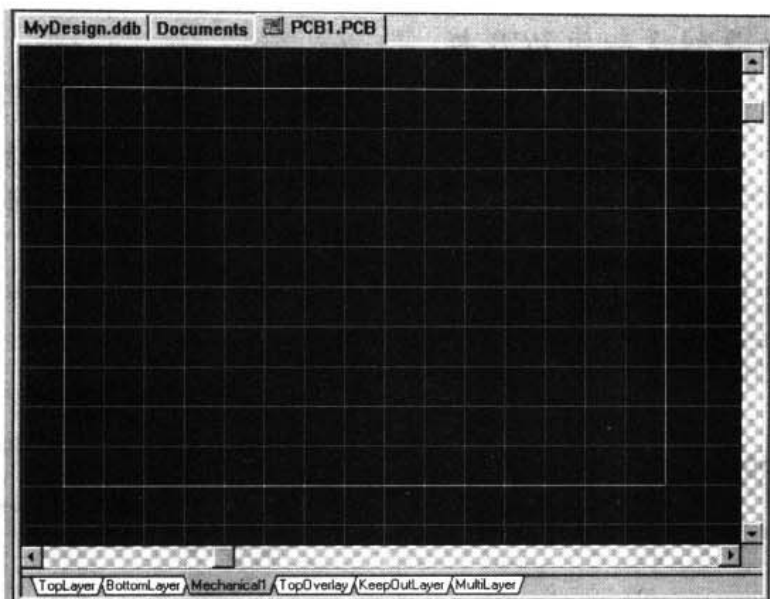


图 10-5 绘制好的电路板物理边界

这时单击鼠标右键，光标退出该边界的绘制状态，但仍处于放置 Track 的状态，可以继续绘制其他的边界，再单击鼠标右键即可退出放置 Track 的状态。也可在完成电路板物理边界的绘制后，双击鼠标右键直接退出放置 Track 的状态。

将光标移至已绘制的某一边界线上，双击鼠标左键将弹出如图 10-6 所示的 Track (导线) 属性设置对话框，可以对该边界的 Width (线宽)、Layer (所属层面)、Start-X 和 Start-Y (起点坐标)、End-X 和 End-Y (终点坐标) 等属性进行设置。

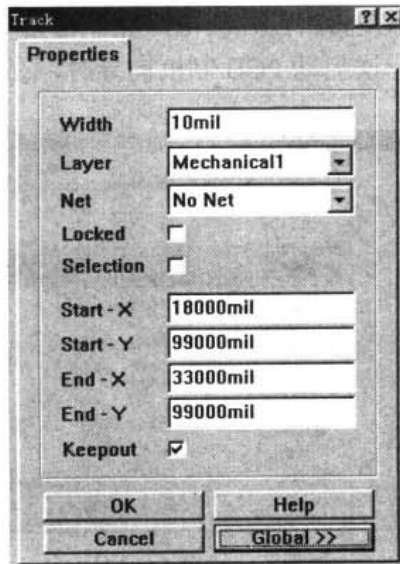



图 10-6 Track (导线) 属性设置对话框

最后，按 End 快捷键刷新界面，去掉残痕，电路板的物理边界就绘制好了。

到此，仅完成了机械层上电路板物理边界的绘制，根据需要可继续在该层面上确定参考孔位置、角标等信息和继续创建其他的机械层。

### 2. 使用制板向导创建新的 PCB 板

Protel 99 SE 提供的制板向导中带有大量已经设置好的模板。这些模板具有标题栏 (title block)、参考布线规则 (reference rulers)、物理尺寸 (dimensions) 和标准边缘连接器 (standard edge connectors) 等。同时, Protel 99 SE 的制板向导, 还允许自定义电路板、创建和保存自定义的模板。

要使用制板向导创建 PCB 板, 先执行菜单命令 File|New, 将弹出如图 10-7 所示的新建文档对话框, 在 Wizards 选项卡中选择印刷电路板向导图标, 便可启动如图 10-8 所示的 PCB Board Wizards (制板向导)。

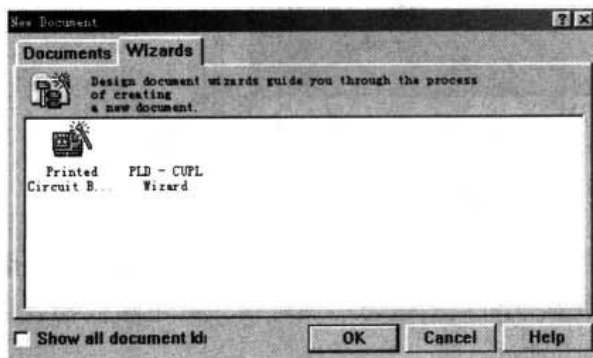


图 10-7 Wizards 选项卡

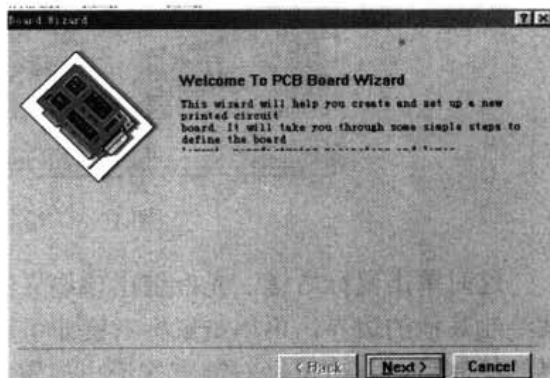


图 10-8 电路板向导开始界面

单击图 10-8 中的 Next 按钮, 进入如图 10-9 所示的模板选择对话框。在对话框中选择 Custom Made Board 便可以自定义一个新的电路板。如果选择了创建自定义电路板, 在制板向导的最后一个对话框中将提示是否将创建的电路板保存为一个模板。若选择了将其保存为一个模板并为其命名后, 在下一次启动 PCB 制板向导时, 在模板列表中将列出该模板。

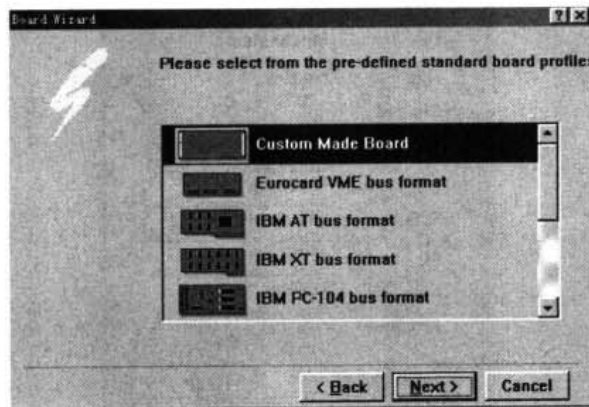


图 10-9 选择电路模板模式

**注意:** 制板向导中的模板以 “.PCB” 为扩展名保存在 Design Explorer 99 SE\System 文件夹中。要编辑这些模板, 先在一 PCB 数据库中建立相关的 “.PCB” 链接文件, 打开该链接文件便可编辑模板。

下面以创建一个自定义电路板为例，介绍如何使用 PCB 制板向导。

单击图 10-9 中的 Next 按钮，进入如图 10-10 所示的电路板参数设置对话框。各项参数含义如下：

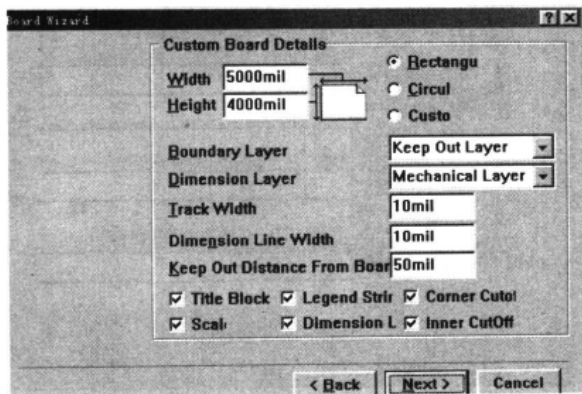
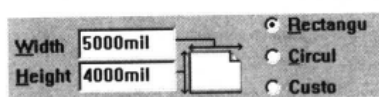
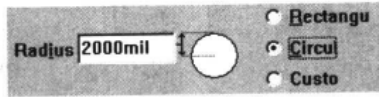


图 10-10 设置电路板参数

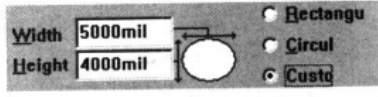
- Rectangular: 设置电路板为矩形板。选中该选项后，其左边的电路板外形参数设置如图 10-11 (a) 所示，可设置电路板的 Width (宽度) 和 Height (高度)。
- Circular: 设置电路板为圆形板。选中该选项后，其左边的电路板外形参数设置如图 10-11 (b) 所示，可设置电路板的 Radius (半径)。
- Custom: 自定义电路板外形。选中该选项后，其左边的电路板外形参数设置如图 10-11 (c) 所示，可设置电路板的 Width (宽度) 和 Height (高度)。



(a) 矩形板参数设置



(b) 圆形板参数设置



(c) 自定义电路板参数设置

图 10-11 电路板外形参数设置

提示：选择不同的电路板外形时，其后具体的参数设置步骤有所不同。

- Boundary Layer: 设置电路板边界所在的层面。
- Dimension layer: 设置物理尺寸所在的层面。
- Track Width: 设置导线线宽。
- Dimension Line Width: 设置尺寸线线宽。
- Keep out Distance from Board: 设置禁止布线层上电气边界与电路板边界之间的距离。
- Title Block: 设置是否显示标题栏。
- Legend String: 设置是否显示图例字符串。
- Corner Cutoff: 设置是否切掉电路板的 4 个角。该项只有在将电路板设置为矩形板时才可设置。
- Scale: 设置是否显示比例。
- Dimension Line: 设置是否显示尺寸线。

- Inner Cutoff: 设置是否切掉电路板中间的部分。该项同 Corner Cutoff 一样, 只有在将电路板设置为矩形板时才可设置。

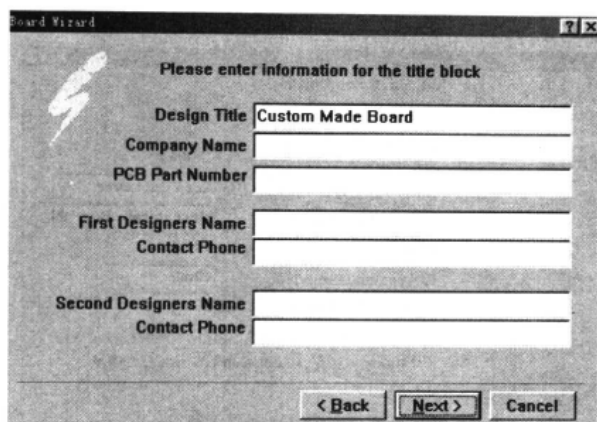
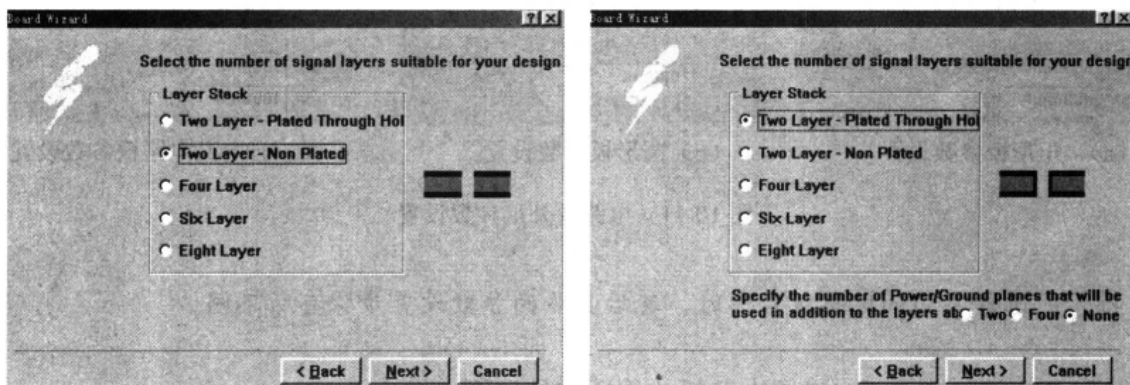


图 10-12 信息输入对话框

设置完电路板的参数后, 将弹出如图 10-12 所示的标题栏信息输入对话框, 在其中输入 Design Title (标题)、Company Name (公司名称)、PCB Part Number (PCB 板的编号)、First Designers Name (第一设计人员的姓名) 及其 Contact Phone (联系电话)、Second Designers Name (第二设计人员的姓名) 及其 Contact Phone (联系电话)。按 Next 按钮, 即可进入如图 10-13 所示的信号层设置对话框。其中各项含义如下:



(a) Non Plated 项效果

(b) Plated Through Hole 项效果

图 10-13 信号层设置对话框

- Two Layer-Plated Through Hole: 2 个带穿透孔的镀锡信号层。
- Two Layer-Non Plated: 2 个带穿透孔的不镀锡的信号层。
- Four Layer: 4 个信号层。
- Six Layer: 6 个信号层。
- Eight Layer: 8 个信号层。

当选中 Two Layer-Non Plated 时, 对话框如图 10-13 (a) 所示; 当选中 Two Layer-Plated Through Hole、Four Layer、Six Layer 或 Eight Layer 时, 对话框如图 10-13 (b) 所示。在对话框中, 还可对 Power/Ground Planes (电源/接地层) 的数目进行设置。



单击 Next 按钮，可进入如图 10-14 所示的选择过孔样式对话框。

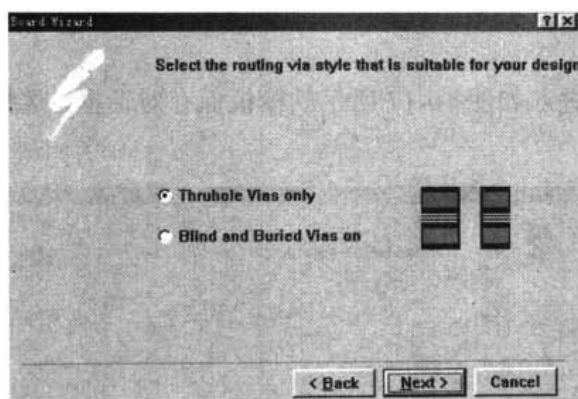


图 10-14 选择过孔样式对话框

其中，可供选择的过孔样式有 Thruhole Vias only（穿透式过孔）和 Blind and Buried Vias only（半盲孔和盲孔）。单击 Next 按钮，可进入如图 10-15 所示的布线技术设置对话框。

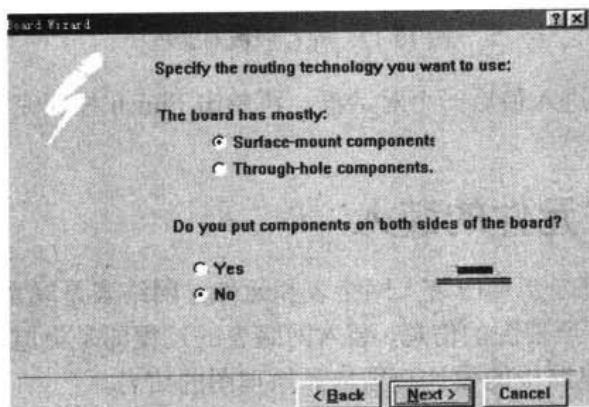


图 10-15 布线技术设置对话框

在对话框上方可设置元件的类型，供选择的类型有 Surface-mount components（表面粘贴元件）和 Through-hole components（穿插式元件）。在对话框下方还可设置是否在电路板两面都放置元件。

单击 Next 按钮，可进入如图 10-16 所示的布线参数设置对话框。

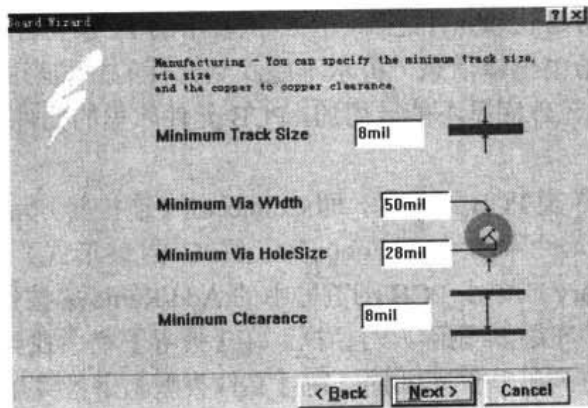


图 10-16 设置布线参数对话框



在此可对 Minimum Track Size (最小导线宽度)、Minimum Via Width (过孔的最小外径)、Minimum Via HoleSize (过孔的最小内径) 和 Minimum Clearance (导线之间的最小安全距离) 进行设置。

单击 Next 按钮, 可进入如图 10-17 所示的模板保存对话框, 选择是否将当前设置的电路板保存为一个模板。

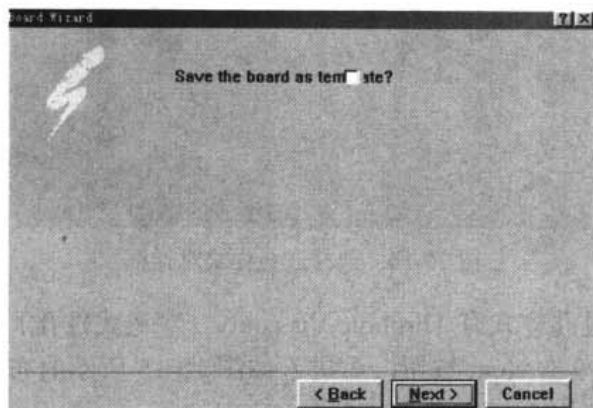


图 10-17 保存模板对话框

单击 Next 按钮, 可进入最后一个对话框。再单击 Finish 按钮完成使用向导创建 PCB 文档的整个过程。

## 10-2 网络表与元件的装入

规划完电路板后, 下一步便应装入网络表和元件。网络表是联系电路原理图和印刷电路板的桥梁。网络表携带了原理图的信息, 装入网络表的过程即是把原理图信息传送到 PCB 设计系统中的过程。印刷电路板的设计必须依靠原理图的信息。

在将原理图装入 PCB 文档之前, 应先定义电路板的机械边界和电气边界, 再仔细检查原理图, 确保其包含了创建 PCB 文件所必须的所有信息。原理图信息被装入 PCB 文档后, 所有元件的封装形式将被自动放置在 PCB 的工作区间以备调整, 同时将显示所有连接信息。

### 10-2-1 装入元件库

PCB 设计中所需的元件由 PCB 元件库提供, 在装入网络表和元件的过程中将会用到 PCB 元件库。所以, 在装入网络表和元件之前, 应先把要用的 PCB 元件库装入 PCB 编辑器。否则, 在装入网络表时会给出出错信息, 提示不能找到元件的封装形式。

PCB 元件库和 SCH 元件库是不能通用的, PCB 元件库里的元件是对应于 SCH 元件库中元件的封装形式。

Protel 99 SE 提供有 3 类 PCB 元件库, 即 Connector (连接器) 元件库、Generic Footprints (普通元件封装形式) 元件库和 IPC Footprints (IPC 封装形式) 元件库。执行菜单命令 Design|Add/Remove Library 或单击 PCB 浏览器中的 Add/Remove 按钮, 将弹出如图 10-18 所示的 PCB Libraries (元件库添加/删除) 对话框。在【搜寻】栏中找到需要的元件库路径, 在其下方的文件列表框中将列出元件库文件。在【文件类型】下拉菜单中有两种可供选择的文件类型: Protel Design files (\*.ddb) (Protel 99 SE 元件库文件) 和 PCB Library files (\*.Lib) (以前版本的 Protel PCB 元件库文件)。

选中某一元件库后，单击 Add 或 Remove 按钮，即可添加或删除被选中的元件库文件。双击文件列表框中的元件库文件，也可将其添加到选中文件列表中。单击 OK 按钮，即可开始装入所选的元件库。

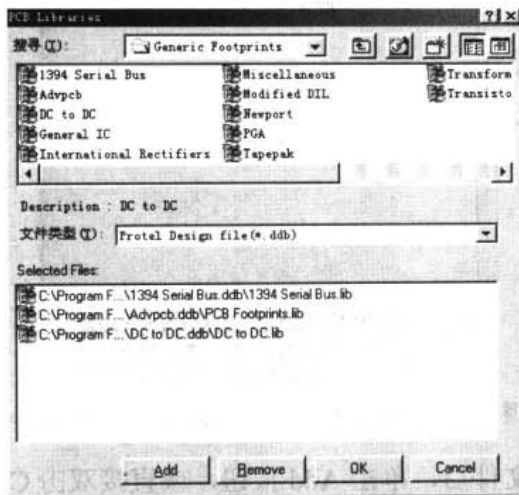


图 10-18 PCB Libraries（元件库添加/删除）对话框

## 10-2-2 网络表与元件的装入

在 PCB 编辑器中装入所需的 PCB 元件库后，便可以开始装网络表和元件了。Protel 99 SE 提供有两种网络表和元件的装入方法。一种是利用网络表文件的传统方法，另一种则是利用 Synchronizer（同步器）的方法。

### 1. 利用网络表文件装入网络表和元件

在装有 CPU 时钟原理图的文件夹中新建一个 PCB 文件，打开该 PCB 文件，执行菜单命令 Design|Load Nets，将弹出如图 10-19 所示的 Load/Forward Annotate Netlist（装入网络表）对话框。单击 Browse 按钮，弹出如图 10-20 所示的 Select（网络表文件选择）对话框。该对话框列出了当前 PCB 文件所在设计数据库文件中的所有文本文档。

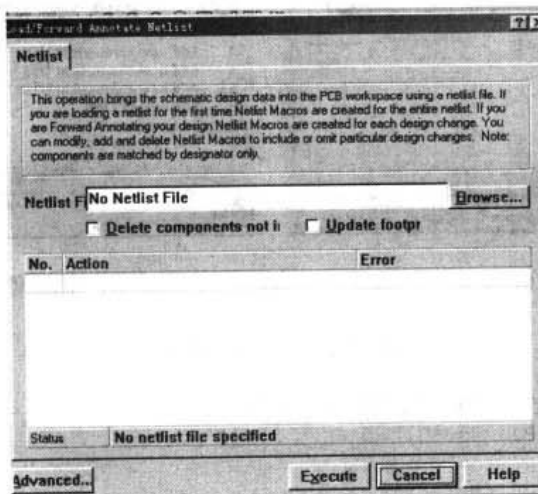


图 10-19 Load/Forward Annotate Netlist（装入网络表）对话框

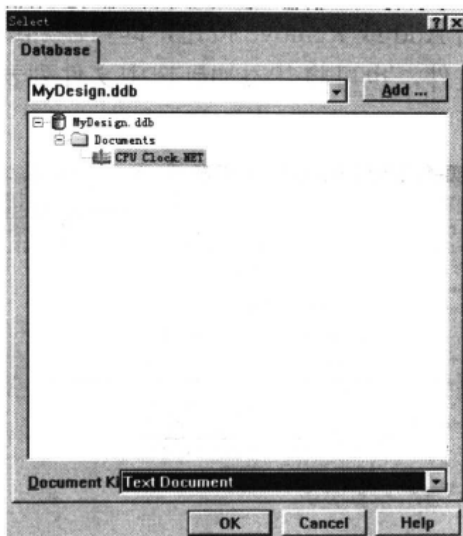
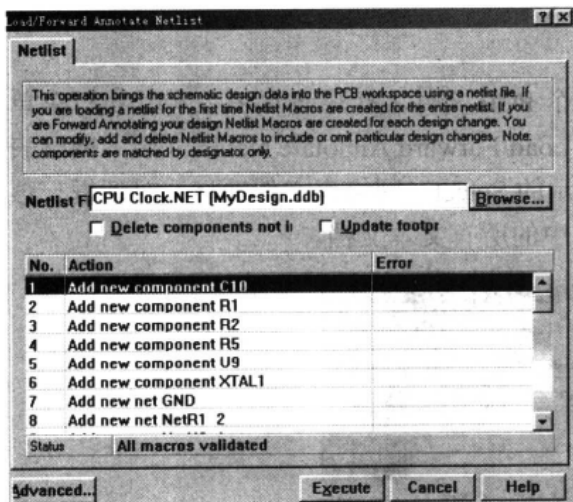
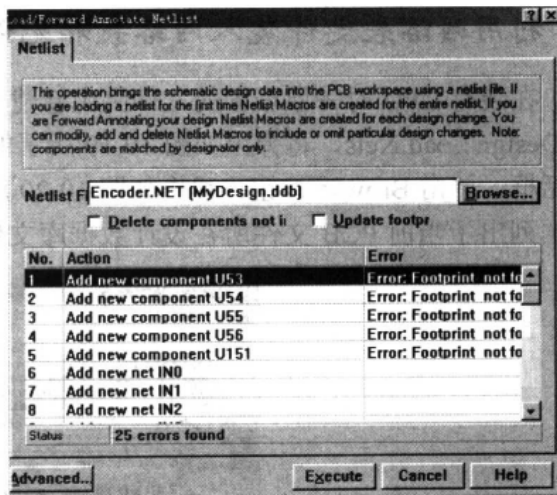


图 10-20 Select (网络表文件选择) 对话框

选中 CPU Clock.NET 文件后，单击 Add 按钮，或直接双击 CPU Clock.NET 文件，系统将开始自动生成 Netlist Macros (网络宏)，并将其在装入网络表的对话框中列出，如图 10-21 (a) 所示。生成网络宏后单击 Execute 按钮，系统开始装入网络表和元件。如果生成网络宏时出错，装入网络表对话框中会列出出错信息，如图 10-21 (b) 所示，并且在单击 Execute 按钮后将弹出 Confirm (确认) 对话框，提示系统无法执行所有的网络宏并询问是否强行装入。这时，最好先处理掉错误后再装入网络表和元件。常见的出错信息，包括找不到所需的元件封装形式。这时，应根据出错信息找到所需的 PCB 元件库并将其装入。



(a) 生成的网络宏信息



(b) 生成网络宏时的出错信息

图 10-21 生成网络宏

装入网络表和元件后的 PCB，如图 10-22 所示。

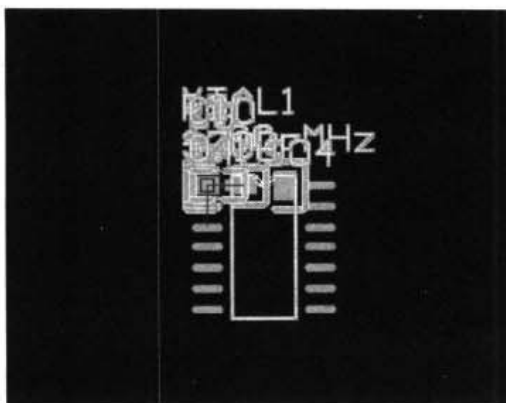


图 10-22 装入网络表和元件后的 PCB 图

## 2. 利用同步器装入网络表和元件

Protel 99 SE 提供了功能强大的 Synchronizer (同步器), 大大简化了将原理图信息装入 PCB 编辑器, 以及从 PCB 反馈信息回原理图的过程。同步器能够自动从原理图提取信息, 在 PCB 元件库中查找所需的元件封装形式并将其放置到 PCB 工作区, 然后在相应的元件引脚间添加连线。

使用同步器把原理图信息装入 PCB 文件之后, 如果改变原理图文件, 同步器会自动改变该原理图所对应的 PCB 文件的信息。反之, 如果改变 PCB 文件的信息, 同步器会自动改变该 PCB 文件所对应的原理图的信息。

利用同步器装入网络表和元件的步骤如下:

- (1) 打开 CPU Clock.sch 文件, 执行菜单命令 Design|Update PCB (更新 PCB), 即可弹出如图 10-23 所示的 Update Design (同步器参数设置) 对话框。其中各选项的含义如下:

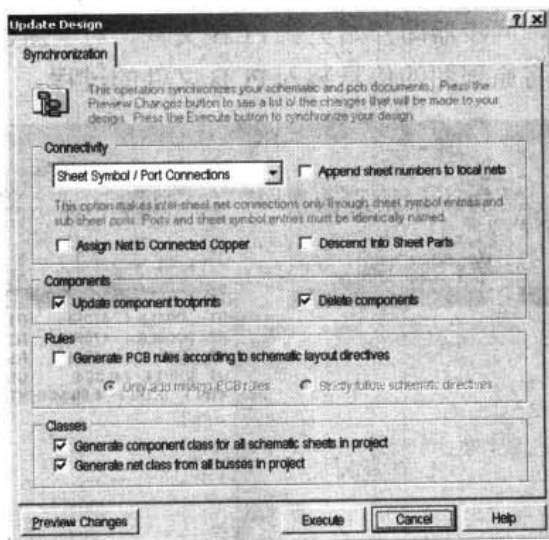


图 10-23 Update Design (同步器参数设置) 对话框

- Connectivity: 原理图内部网络连线方式。
- Append sheet number to local nets: 在网络名称上附加原理图编号。

- Assign Net to Connected Copper: 在连接的敷铜区设置网络。
- Update component footprints: 更新元件封装形式。如选中该选项, 则其系统在遇到不同的元件封装形式时将自动更新。
- Delete components: 删除网络表上没有的元件。
- Generate PCB rules according to schematic layout: 根据原理图设计生成 PCB 设计规则。选中该选项后, 有两种可选方式: Only add missing PCB rules 方式 (仅加入原 PCB 中没有的规则) 和 Strictly follow schematic directives 方式 (严格遵循原理图信息)。
- Generate component class for all schematic sheet: 生成所有原理图元件的类型。
- Generate net class from all busses in project: 由设计方案中的所有总线生成网络类型。

注意: 如果设计数据库文件中存在不止一个 PCB 文件时, 同步器会首先确认目标 PCB 文件。执行菜单命令 Design|Update PCB (更新 PCB) 后, 将先弹出如图 10-24 所示的目标 PCB 文件确认对话框。如选择要更新的 PCB 文件, 单击 Apply 按钮, 即可再进入如图 10-23 所示的同步器参数设置对话框。

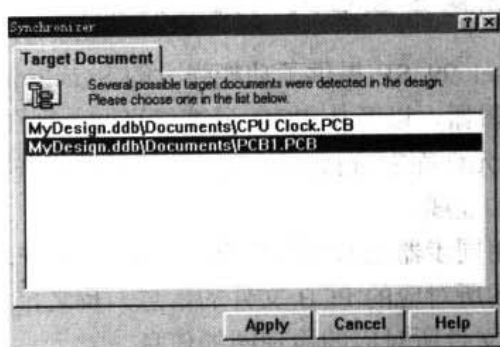


图 10-24 Synchronizer (同步器目标 PCB 文件确认) 对话框

- (2) 设置完同步器的参数后, 单击图 10-23 中的 Execute 按钮, 同步器开始扫描所选的 PCB 文件信息和原理图信息, 之后给出元件匹配信息, 如图 10-25 所示。单击图 10-25 中的 Apply 按钮, 同步器即开始更新 PCB 文件。对于新建一个 PCB 文件来说, 这个更新过程即是把原理图的信息装入 PCB 文件的过程。

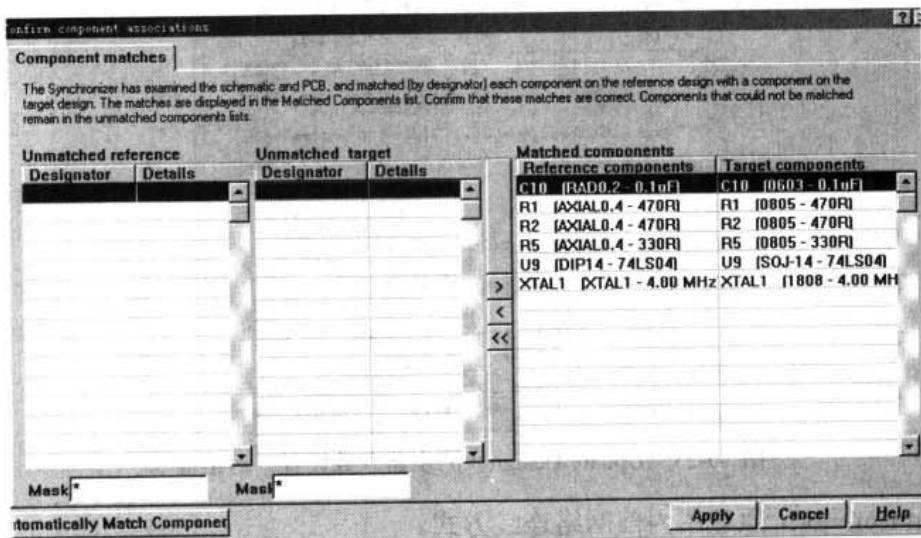


图 10-25 PCB 更新元件匹配信息



## 10-3 PCB 的连线

### 10-3-1 在 From-To 编辑器中指定 PCB 拓扑结构

装入了网络表和元件的 PCB 图中，在焊盘之间有连线存在。这些连线称为 ratsnest（鼠线）。鼠线用于标明哪些焊盘之间具有电气连接关系，它是元件布局的一个重要参数。PCB 编辑器在进行自动布局时便是遵循鼠线最短原则。

PCB 中鼠线的连接方式，称为网络拓扑结构。默认状态下，引脚之间的连线遵循鼠线最短原则。这种拓扑结构称为最短拓扑结构（Shortest）。

为能自如地控制网络中的拓扑结构，Protel 99 SE 提供了用于定义自己的 From-Tos 连线的 From-To 编辑器。可以为一个网络定义一个 From-To，也可以为网络的一部分定义几个 From-Tos，或者通过定义所有鼠线的 From-Tos 来定义整个拓扑结构。如果仅为网络的一部分创建了 From-Tos，则其余的鼠线自动被设置为最短拓扑结构。拓扑结构还要视实际应用的要求而加以改善。

下面介绍如何在 From-To 编辑器中指定 PCB 拓扑结构，即如何为网络建立 From-Tos。

#### 1. 打开 From-To 编辑器

在 PCB 文件中选择菜单命令 Design|From-To Editor，打开如图 10-26 所示的 From-To 编辑器对话框。

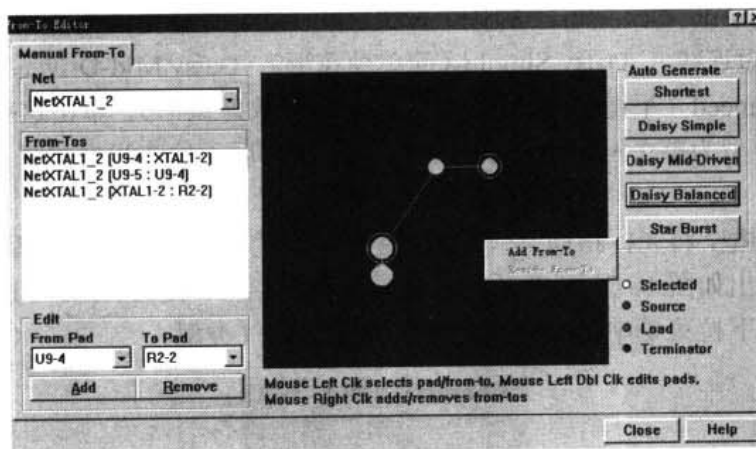


图 10-26 FromTo Editor (From-To 编辑器) 对话框

#### 2. From-To 编辑器对话框的界面

From-To 编辑器对话框中间的深色部分是预览框，预览框的左边各项从上到下依次为 Net（网络名称下拉菜单）、From-Tos（连线列表框）和 Edit（连线编辑栏）；预览框的右边各项从上到下依次是 Auto Generate 栏（连线自动生成选项栏）、焊盘选中状态标记（Selected）和焊盘类型标记。焊盘类型标记包括 Source（源点焊盘）、Load（加载焊盘）、Terminator（终点焊盘）。

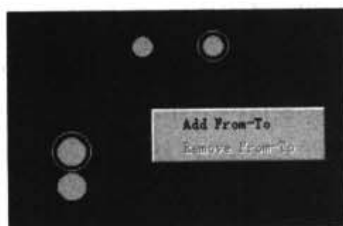
#### 3. 添加“From-Tos”连线

在 Net 中选中的一个网络后，From-Tos 中将列出该网络上所有的“From-Tos”连线；Edit 中的 From Pad（起始焊盘下拉菜单）和 To Pad（终点焊盘下拉菜单）中将列出该网络上所有焊盘的名称。选择要编辑连线的焊盘，单击 Add 或 Remove 按钮，即可添加或删除“From-To”

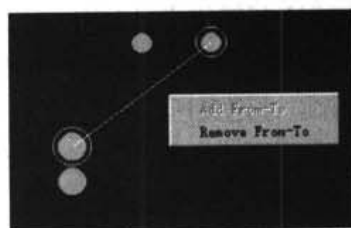
连线。同时，在预览框中将显示该网络上所有焊盘的相对位置及相互之间的连线，在编辑“From-To”连线时，可以从预览框中看到连线被添加和删除的情况。

## 4. 手动添加/删除 From-To 连线

除了使用 From-To 编辑框中的下拉菜单，也可以手动添加或删除 From-To 连线。手动方法是：单击鼠标左键选中要添加 From-To 连线的焊盘，在选中焊盘的周围将出现一个淡黄色的圆圈；在预览框的空处单击鼠标右键，将弹出如图 10-27 (a) 所示的快捷菜单，再单击 Add From-To 命令，即可在选中的焊盘之间添加 From-To 连线；选中要删除的 From-To 连线，在预览框空处单击鼠标右键，将弹出如图 10-27 (b) 所示的快捷菜单，单击 Remove From-To 命令即可删除所选的 From-To 连线。



(a) 手动添加 From-To 连线



(b) 手动删除 From-To 连线

图 10-27 手动添加/删除 From-To 连线

## 5. 几种拓扑结构

预览框右边的 Auto Generate 下的各个按钮，可设置几种特定的拓扑结构（即连线方式），包括 Shortest（最短连线）、Daisy Simple（简单菊花形）、Daisy Mid-Driven（由中间向外的菊花形）、Daisy Balanced（平衡的菊花形）、Star Burst（放射星形）。单击这些按钮，程序将快速地根据所选的类型为整个网络建立 From-Tos。在使用后 4 种连线方式时，最好指定源点焊盘和终点焊盘。

要指定焊盘类型，将光标指向某一焊盘，在预览框的下面会显示出该焊盘的名称和类型，双击该焊盘，将弹出如图 10-28 所示的焊盘属性设置对话框。在 Advanced 选项卡的 Electrical type（电气类型）下拉菜单中，即可以定义该焊盘的电气类型。

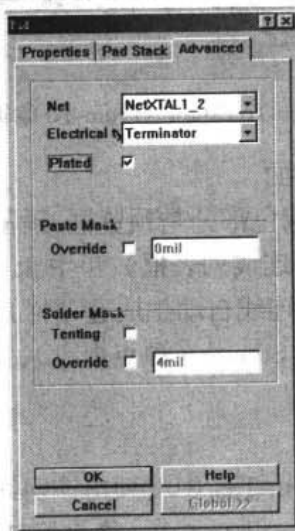


图 10-28 Pad（焊盘）属性设置对话框



### 10-3-2 显示或隐藏连接线

为了在使用鼠线时更加简便地工作，可以选择性地显示和隐藏引脚之间的连线。执行菜单命令 View|Connections，在其子菜单中可选择显示和隐藏的方式，如图 10-29 所示。Connections 子菜单中各项命令的功能如下：

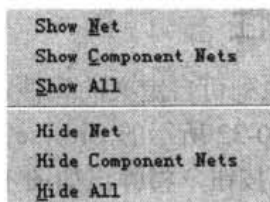
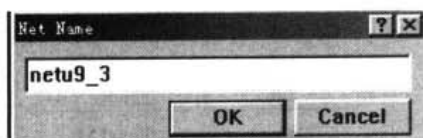


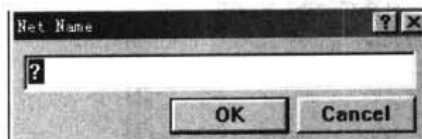
图 10-29 Connections 子菜单

**Show Net/Hide Net:** 这两项命令分别用于显示和隐藏被选中网络的全部引脚连线。选中该命令后，光标变为十字光标，将光标移至网路上的焊盘处，单击鼠标左键便可显示或隐藏该焊盘上的连线。在焊盘上双击鼠标，将弹出该焊盘及其连线的信息说明框。

若不知道焊盘的位置，在工作区的空处单击鼠标，将弹出如图 10-30 (a) 所示的网络名称输入对话框。在对话框中输入网络名称，单击 OK 按钮，则可显示/隐藏该网络的连线。



(a) Net Name 输入框 1



(b) Net Name 输入框 2

图 10-30 输入网络名称

若不知道网络的名称，则在网络名称对话框中输入“？”，如图 10-30 (b) 所示，单击 OK 按钮，将弹出如图 10-31 所示的所有的网络名称的列表框，选中所需的网络名称，单击 OK 按钮，即可显示或隐藏该网络的连线。

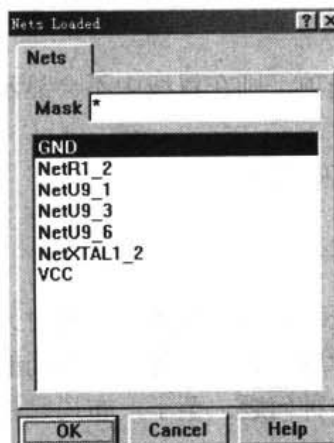


图 10-31 Nets Loaded (装入网络) 名称列表框

**Show Component Nets/Hide Component Nets:** 这两项命令分别用于显示和隐藏与所选元件相连的所有网络引脚连线。

Show All/Hide All: 这两项命令分别用于显示和隐藏所有已装入但还未布线的连线。

注意: 移动元件时, 除了该元件与不动的元件之间的连线, 其他所有与该元件相连的连线都将自动隐藏。

### 10-3-3 改变指定网络属性

PCB 图中的任何网络都具有一系列可自定义的属性, 如网络名称、显示的颜色和隐藏状态。要编辑这些网络属性, 在如图 10-32 所示的 Browse PCB (PCB 管理浏览器) 的 Browse 栏中选择 Nets (网络), 再单击 Edit 按钮, 将弹出如图 10-33 所示的网络属性设置对话框。

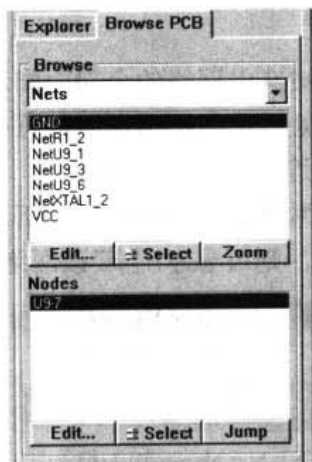


图 10-32 PCB 管理浏览器

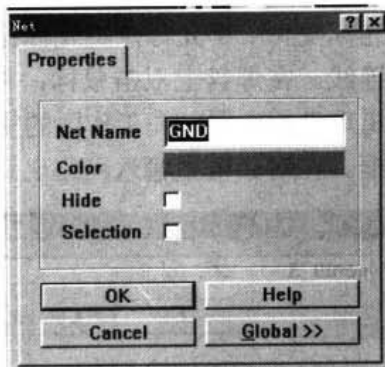


图 10-33 Net (网络) 属性设置对话框

网络属性设置对话框中各设置项的含义如下:

- Net Name: 设置当前网络名称。在原理图中没有被标注的网络将以“Nxxxxxx”的默认形式命名。可将其改为自定义的网络名称。
- Color: 设置当前网络颜色。单击该项右边的颜色块, 在弹出的颜色选择框中设置网络颜色。
- Hide: 隐藏。若选中该选项, 则在鼠线中不会显示当前的网络。反之, 在鼠线中将显示当前网络。
- Selection: 设置网络为选中状态。

## 10-4 元件的布局

规划完电路板, 装入了网络表和元件, 便可以开始对元件进行布局了。元件布局的好坏将影响电路板的优劣, 故应多方考虑, 合理安排。在布局的过程中, 必须考虑机械要求、热效应、信号完整性, 以及布线等各种问题。至于, 布局元件既可以采用自动布局, 也可以采用手动布局。

Protel 99 SE 有许多辅助元件布局的特点, 如 PCB 选择图例、自动创建 PCB 元件类型、合并元件等, 以及许多元件布局工具。

### 10-4-1 布局参数的设置

进行元件布局之前，先要对一些参数做相应设置。

元件布局栅格：执行菜单命令 Design|Options，在弹出的文件选项对话框的 Options 选项卡中，分别对元件布局栅格的 X 方向间距和 Y 方向间距进行设置，如图 10-34 所示。

Snap To Center 参数：执行菜单命令 Tools|Preferences，弹出如图 10-35 所示的 Preferences (PCB 工作参数设置) 对话框。选中 Snap to Center 选项，则用光标选中元件后，将定位在元件的参考点来拖动元件。不设置该参数，则拖动元件时，光标定位在选择元件时光标所指向的元件位置。

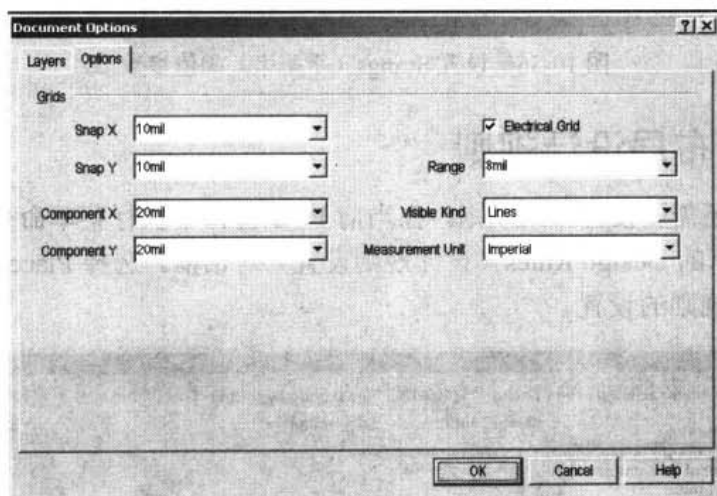


图 10-34 设置元件布局栅格

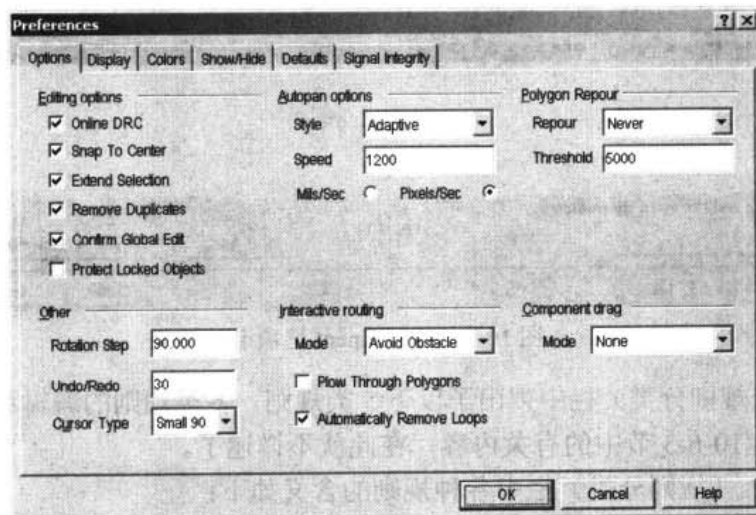


图 10-35 选中 Snap to Center 复选框

字符串阈值参数：单击 Display 标签，打开 Display 选项卡，如图 10-36 所示。在 Draft thresholds 选项区域的 Strings 文本框中输入字符串长度阈值。在将元件标注的字符串内容转变为一矩形轮廓框时，该参数决定以何种比例进行缩放。若要在缩小元件时，使字符串仍以文本形式显示，而不是转换为一矩形轮廓框，则需将此阈值设置为一较小的值。

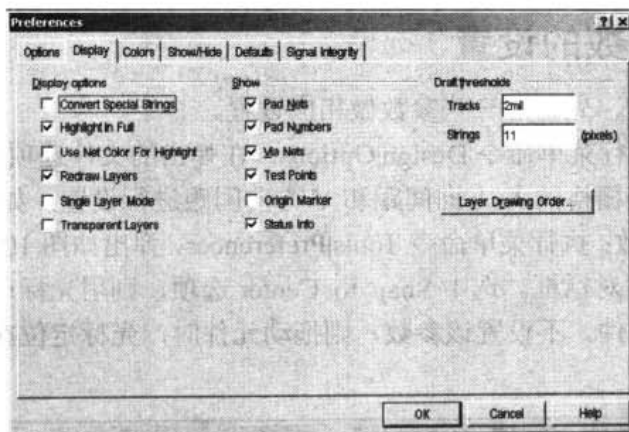


图 10-36 设置 Strings（字符串）阈值参数

## 10-4-2 元件布局设计规则

元件布局前，还需要设置布局规则。在当前 PCB 窗口中执行菜单命令 Design|Rules，将弹出如图 10-37 所示的 Design Rules（设计规则设置）对话框。选择 Placement 选项卡，即可进行元件布局设计规则的设置。

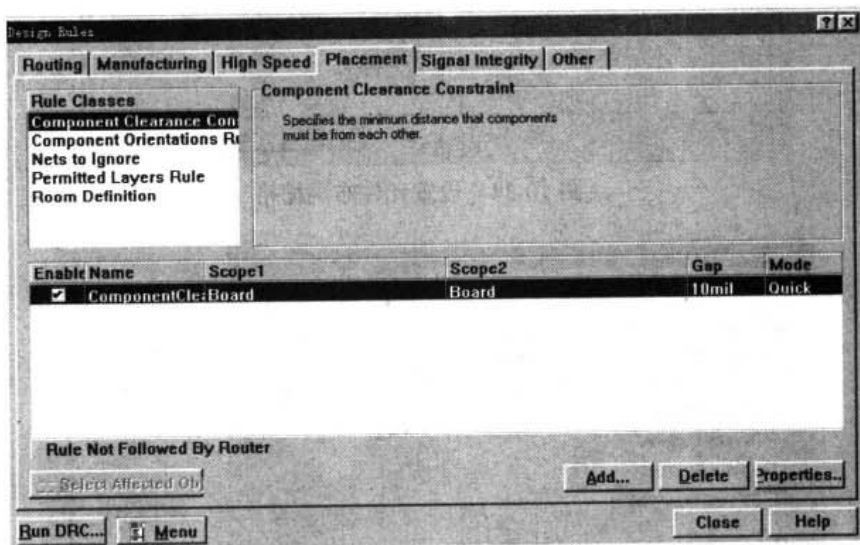


图 10-37 Placement 选项卡

Rule Classes（规则分类）栏中列出了以下 5 类规则。各类规则的编辑和设置方法，以及应用范围，请参看 10-6-3 节中的有关内容，在此就不详述了。

在 Rule Classes（规则分类）栏中各种规则的含义如下：

**Component Clearance Constraint（元件间距阈值设置）。**用于设置元件之间的最小间距。单击右下角的 Properties 按钮，系统弹出如图 10-38 所示的 Component Clearance（元件间距阈值设置）对话框，在 Gap 处输入设置值，即可以在 Check Mode 的下拉菜单中选择检测模式，包括 Quick Check（快速检测）、Mutli Layer Check（多层检测）、Full Check（完全检测）3 种模式。

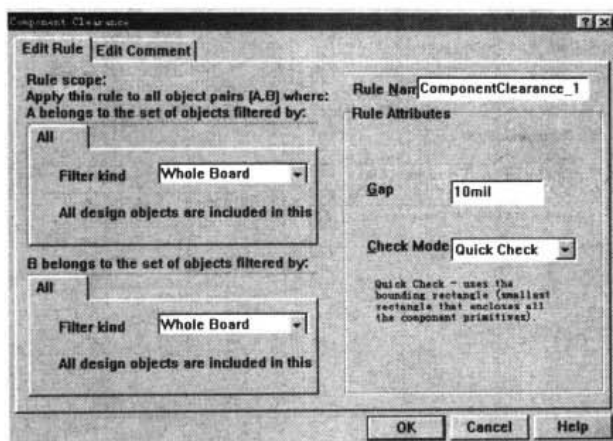


图 10-38 Component Clearance（元件间距阈值）设置对话框

Component Orientations Rule（元件放置方向设置）。该规则用于设置放置元件的方向，可以同时启用多种方向。在采用分组形式进行自动布局时，可以适当用任何一种方向来布局元件。在图 10-37 中选中 Component Orientations Rule 选项，单击右下角的 Properties 按钮，系统即弹出如图 10-39 所示的 Component Orientations（元件放置方向）设置对话框。可选的方向有  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  和任意角度。

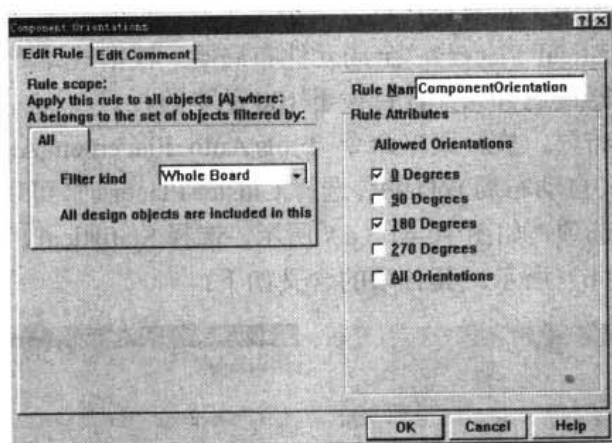


图 10-39 Component Orientations（元件放置方向）设置对话框

Nets To Ignore（忽略的网络设置）。该规则用于设置在采用分组形式进行自动布局时应忽略的网络。在忽略电源层时，有利于提高布线的速度和改善布线质量。被忽略的网络在自动布局时，还可被用于识别旁路电容。

Permitted Layers Rule（允许层面设置）。该规则用于设置可放置元件的层面。

Room Definition（定义对象范围）。该规则用于设置限定或排斥某些特定对象的矩形区域的范围，在图 10-37 中选中 Room Definition，单击右下角的 Properties 按钮，系统将弹出如图 10-40 所示的 Room Definition（定义对象范围）设置对话框。即可在 Rule Attribute 选项区域中设置矩形区域的范围，在 x1, y1 文本框中指定矩形区域的顶点坐标，在 x2, y2 文本框中指定矩形区域的顶点对角点的坐标。下面的第一个下拉列表框设置适用的层面，这里设置的是 Top Layer（顶层）。第二个下拉列表框中有两个选项，Keep Objects Inside（将对象限制在内）和 Keep Objects Outside（将对象限制在外）。



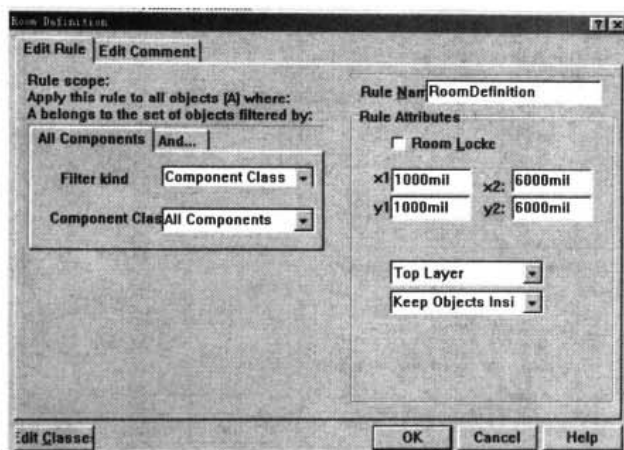


图 10-40 Room Definition 设置对话框

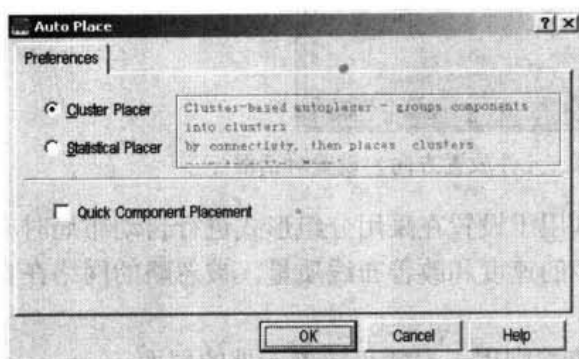
## 10-4-3 元件的自动布局

Protel 99 SE PCB 编辑器针对元件密度不同的电路板, 提供了两种元件布局器, 各自根据不同的算法和元件优化法来自动布局元件:

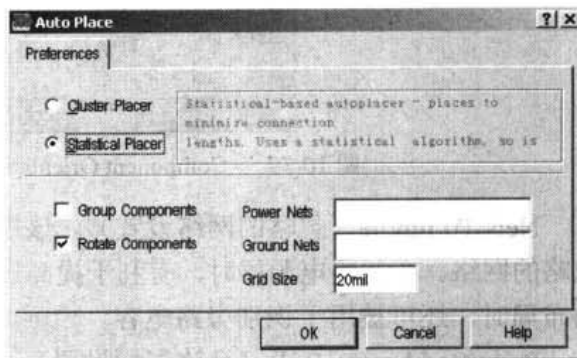
**Cluster Placer:** 分组元件布局器。根据元件的连通性将元件分组, 然后使其成几何分布。这种布局器所用的算法适用于元件数目较少 (小于 100) 的电路板。

**Global Placer (Statistical Placer):** 全局元件布局器。根据统计算法, 遵循连线最短原则来布局元件。这种布局器最适合元件数目大于 100 的电路板。

要开始元件的自动布局, 执行菜单命令 **Tools|Auto Placement|Auto Placer**, 将弹出如图 10-41 所示的 Auto Place(自动布局)对话框。选择 Cluster Placer 时, 可以选上 Quick Component Placement (快速布局) 选项, 如图 10-41 (a) 所示。选择 Statistical Placer 时, 即可出现不同的设置项, 如图 10-41 (b) 所示。其各项的含义如下:



(a) 选择分组元件布局器



(b) 选择全局元件布局器

图 10-41 自动布局对话框

- **Group Components** 复选框: 将关系密切的元件合并为一组, 布局时作为一个整体考虑。
- **Rotate Components** 复选框: 根据布局的需要将元件旋转。
- **Power Nets** 文本框: 电源网络名称。
- **Ground Nets** 文本框: 接地网络名称。

- Grid Size 文本框：栅格尺寸。

下面以前面章节得到的 CPU 时钟的 PCB 文件为例进行布局，选择 Statistical Placer（全局元件布局器），在 Power Nets 文本框中输入 VCC，Ground Nets 文本框中输入 GND，Grid Size 文本框中输入 20mil。令电源网络为 VCC，接地网络为 GND，栅格尺寸选用 20mil。在自动布局后的 PCB 图，即如图 10-42 所示。当系统提示已经完成自动布局后，选择对 PCB 更新后的 PCB 图，即如图 10-43 所示。

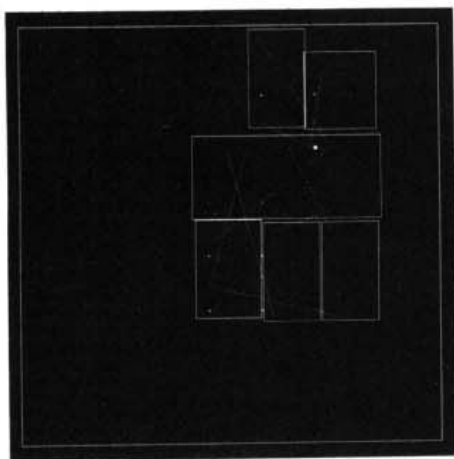


图 10-42 自动布局后的 PCB

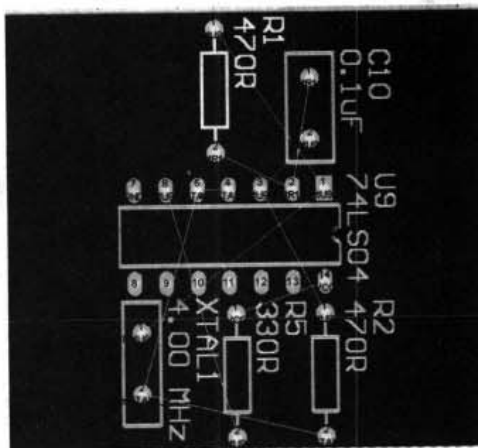


图 10-43 更新后的 PCB

**注意：**在开始自动布局之前，应确认已经在禁止布线层上设定了电路板的电气边界。电气边界可在禁止布线层上的任一处设定。否则，在单击图 10-41 中的 OK 按钮后不能进行自动布局，并弹出如图 10-44 所示的错误提示框，说明因没有设定电气边界而不能进行自动布局元件。

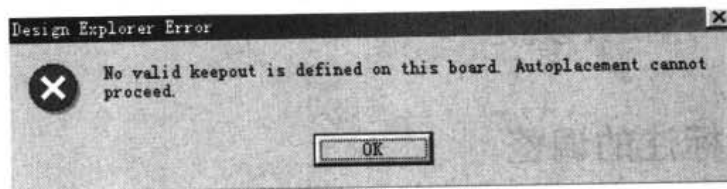


图 10-44 不能自动布局元件提示框

**注意：**在开始自动布局元件之前，需将坐标原点恢复为绝对原点。执行菜单命令 Edit|Origin|Reset 即可恢复坐标系统的原点为绝对原点。因为自动布局器的规则都是以绝对原点为参考点，如果不将当前原点恢复为绝对原点，元件可能会被放置到相对于你所建立的当前原点的栅格之外。

#### 10-4-4 手工调整元件的布局

手工调整元件的布局，指手动地将元件移动到指定位置，并调整元件的排列方向。包括以下操作：

##### 1. 手工移动元件

选择 PCB 的菜单命令 Edit|Move|Component，光标变为十字，移动光标至要移动的元件



处，单击该元件，元件将连在鼠标上随之一起移动，移动光标到目标位置，单击鼠标左键放置元件。这时，鼠标仍处于 Edit|Move|Component 命令状态，可以继续移动下一个元件。单击鼠标右键或按 Esc 键，即可退出移动元件的命令状态。

也可以用光标选中元件，按下鼠标左键不放，将元件拖至目标位置，放开左键，元件即被移动到目标位置。

## 2. 转动元件方向

用鼠标选中要转动的元件，按下鼠标左键不放，同时按下空格键、X 键或 Y 键即可转动被选中元件的方向。使用空格键时，转角的度数可以在如图 8-9 所示的 PCB 工作参数设置对话框的 Option 选项卡中设置，可参看前面 8-2-3 节的有关内容。

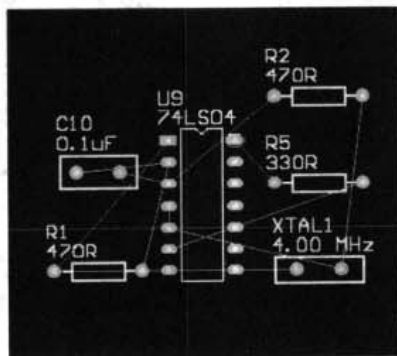


图 10-45 手工调整元件后的 PCB

如图 10-43 所示的 PCB 图，经手工调整元件布局后，即如图 10-45 所示。

**注意：**手工调整元件时，元件间的连线将自动优化。除了连在正被移动的元件上的那些连线可见外，其余的连线将自动隐藏。在移动过程中按下 N 键，可将被移动元件上的连线也隐藏。

## 10-4-5 元件标注的调整

调整了元件布局后，一般的要相应地调整元件的标注。移动和转动元件标注的方法和调整元件的方法完全一样。要调整标注的内容，用鼠标双击元件标注，将弹出如图 10-46 所示的元件属性设置对话框。在此，可对元件标注的 Text（文字）、Height（高度）、Width（宽度）、Font（字体类型）、Layer（所在工作层面）、Rotation（转动角度）、X-Location（X 坐标）、Y-Location（Y 坐标）、Hide（隐藏）、Mirror（镜像）等属性进行设置。

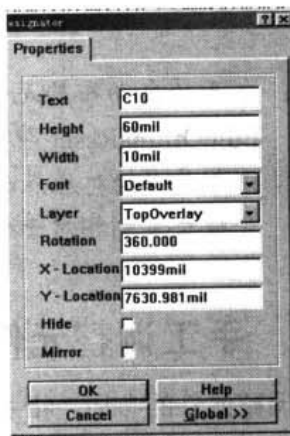


图 10-46 设置元件属性

## 10-5 Protel 99 SE-PCB 的编辑功能

Protel 99 SE-PCB 的编辑功能,除了包括大家所熟悉的 Cut (剪切)、Copy (复制)、Paste (粘贴)、Clear (清除) 等功能,还有 Select (选择)、Deselect (撤消选择)、Paste Special (特殊粘贴)、Selection Wizard (选择向导器)、Move (移动)、Origin (设置原点)、Jump (跳转)、Export to Spread (导出到电子表格) 等功能,如图 10-47 所示。

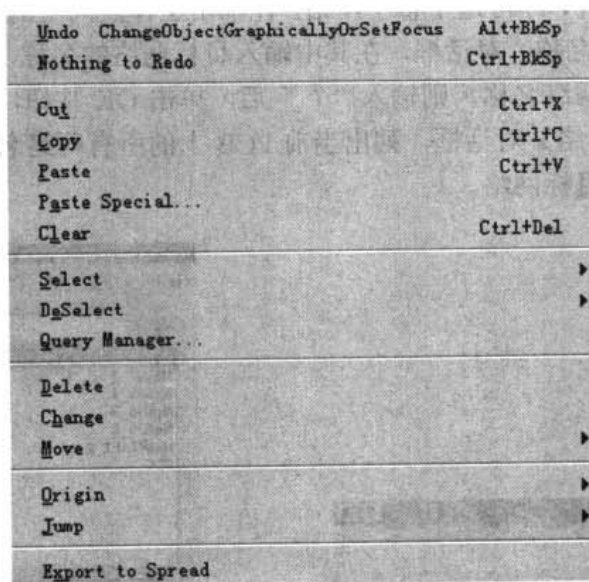


图 10-47 PCB 的 Edit 菜单

现将 Protel 99 SE-PCB 中部分常用的编辑功能加以详细介绍如下。

### 10-5-1 选择功能

Protel 99 SE 提供的选择功能在 Edit|Select 子菜单中,如图 10-48 所示,共有以下 12 种:

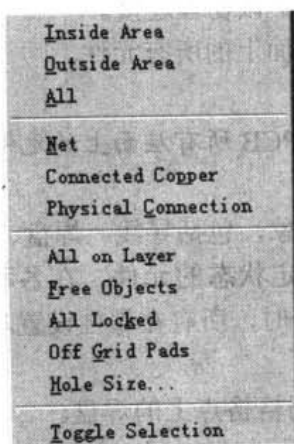



图 10-48 Edit|Select 子菜单

**Inside Area:** 选择指定区域内的所有元件。执行该菜单命令后,光标变为十字,移动光标至适当位置,单击鼠标左键确定指定区域对角线的一个端点,这时移动光标将拖出一虚线框,代表指定区域的范围,当虚线框框住所有要选的元件后,单击左键即可选中框内的所有

元件。

选择元件的操作，也可通过单击主工具栏中的图标来实现。

**Outside Area:** 选定指定区域外的所有元件。该菜单命令的操作与 **Inside Area** 命令类似，只是选中的元件是虚线框之外的元件。

**All:** 选择 PCB 上的所有元件。执行该菜单命令后，自动选中 PCB 上的所有元件。

**Net:** 选择指定的网络。执行该菜单命令后，光标变为十字，移动光标至目标网络，单击该网络上的任何一个元件，即可选中整个网络。在单击工作区间上的空处，将弹出如图 10-49 所示的 **Net Name** (网络名称) 对话框，在其中输入目标网络的名称，单击 **OK** 按钮，则可选中目标网络。若不知道网络名称，则输入“?”后，单击 **OK** 按钮，将弹出如图 10-50 所示的 **Nets Loaded** (装入网络) 对话框，列出当前 PCB 上的所有网络名称，选择目标网络，单击 **OK** 按钮，即可选中目标网络。

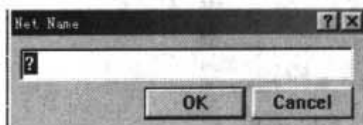


图 10-49 Net Name (网络名称) 对话框

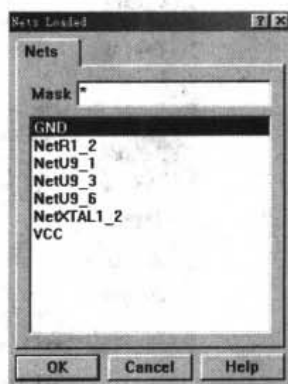


图 10-50 Nets Loaded (装入网络) 对话框

**Connected Copper:** 选择信号层上指定的电气元件。执行该命令后，光标变为十字，把光标指向目标元件并单击鼠标左键，即可选中该元件。

**Physical Connection:** 选择指定的物理连接。执行该命令后，光标变为十字，把光标指向物理连接并单击鼠标左键，即可选中该物理连接。

**All on Layer:** 选择当前工作层面上的所有元件。

**注意:** 执行 **All** 命令选中的是 PCB 所有层面上的元件。

**Free Objects:** 选择所有自由对象，包括导线、焊盘、过孔、字符串、圆弧和填充。

**All Locked:** 选择所有处于锁定状态的元件。在各种元件的属性设置对话框中有一项 **Locked** 选项，执行 **All Locked** 命令时，所有在属性设置对话框中选了 **Locked** 选项的元件都将被选中。

**Off Grid Pads:** 选择所有不在栅格格点上的焊盘。

**Hole Size:** 选择指定孔径的焊盘或过孔。执行该命令后，将弹出如图 10-51 所示的 **Hole Size** 对话框，在其中设置要选择的孔径范围和元件范围，单击 **OK** 按钮，即可选中设置范围内的元件。

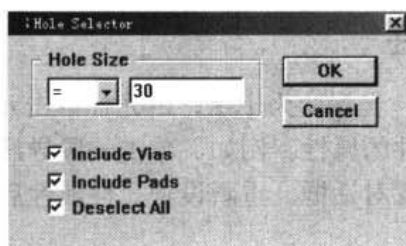


图 10-51 Hole Selector (焊盘或过孔孔径指定选择) 对话框

**Toggle Selection:** 逐次选择元件。执行该命令后, 光标变为十字, 逐个单击要选择的元件即可依次选中它们。单击已被选中的元件可撤消其选择。

实现该功能的另一方法是: 按下 Shift 键不放, 用光标逐个单击要选择的元件将其选中。若单击已被选中的元件将撤消其选择。


执行此命令后, 单击鼠标右键或按下 Esc 键, 即可退出 Toggle Selection 命令状态。

### 10-5-2 撤消选择功能

Protel 99 SE 提供的撤消选择功能在 Edit|Deselect 子菜单中, 如图 10-52 所示, 共有以下 6 种:



图 10-52 Edit|Select 子菜单

- **Inside Area:** 对指定区域内的元件取消选择。
- **Outside Area:** 对指定区域之外的元件取消选择。
- **All:** 取消对 PCB 上所有元件的选择。该命令也可通过单击主工具栏中的图标来实现。
- **All On Layer:** 取消对当前工作层面上所有元件的选择。
- **Free Objects:** 对除元件之外的所有元件取消选择, 包括导线、焊盘、过孔、字符串、圆弧和填充。
- **Toggle Selection:** 逐次取消选择。

取消选择的各命令的操作与选择命令的操作基本一样, 这里就不再作详细说明了。

### 10-5-3 删除功能

执行菜单命令 Edit|Delete, 光标变为十字, 单击要删除的元件, 即可删除该元件。继续单击其他元件, 即可删除要删除的所有元件。单击鼠标右键或按下 Esc 键, 退出删除元件命令状态。

## 10-5-4 更改元件属性

执行菜单命令 Edit|Change, 光标变为十字, 用光标单击元件, 弹出该元件的属性设置对话框, 在其中可重新设置该元件的属性。例如, 单击一段导线将弹出导线属性设置对话框, 单击一焊盘将弹出焊盘属性设置对话框。重新设置元件属性后, 单击 OK 按钮, 即可完成对元件属性的更改。

直接双击元件也将弹出元件属性设置对话框, 更改元件属性。而且, 这种方法更加简便。

## 10-5-5 移动元件

在设计工作中不可避免地要根据需要移动元件, Protel 99 SE 提供了 11 种不同的移动元件的方法。这些移动功能被放在如图 10-53 所示的 Edit|Move 子菜单中。

- Move: 单纯地移动一个元件。用该命令移动元件时, 只是移动元件本身, 而与元件相连的其他元件, 如导线等, 则原地不动。

**注意:** 用这种方法移动元件可能导致改变原来的电气连接关系。

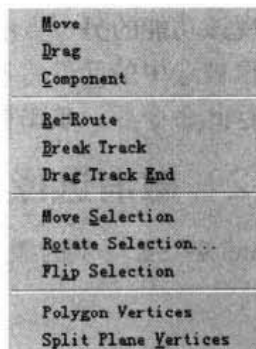
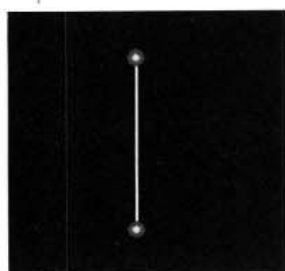
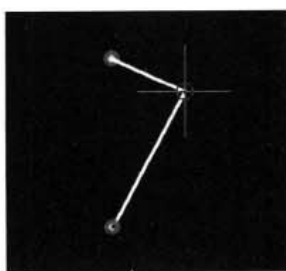


图 10-53 Edit|Move 子菜单

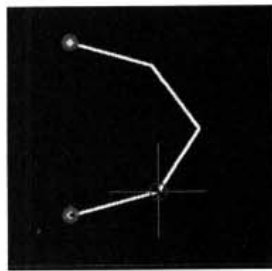
- Drag: 拖动元件。执行 Tools|Preference 命令, 在 Preference (PCB 工作参数设置) 对话框的 Option 选项卡中设置 Component drag 下拉列表框, 指定该命令的执行方式。参看 10-4-1 节关于拖动模式的设置。
- Component: 移动元件。
- Re-Route: 重新布线。执行该菜单命令后, 光标变为十字, 用光标单击一段导线, 导线的两端固定不动, 而中间部分断为两段并随光标移动, 在另一位置单击鼠标固定其中一段导线, 另一段又断为两段, 仍可随光标移动。若重复操作, 可任意布线。若单击右键或按 Esc 键, 即可退出拖动导线的状态。整个过程如图 10-54 所示。



(a) 一段目标导线



(b) 拖动导线



(c) 完成重新布线

图 10-54 重新布线

- Break Track: 折断导线。该命令与 Re-Route 类似, 不同之处在于该命令仅将导线分为两段, 如图 10-55 所示。

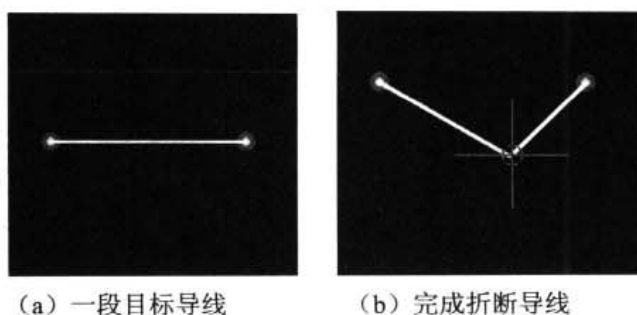


图 10-55 折断导线

- **Drag Track End:** 拖动导线端点。执行该命令后，光标变为十字，单击一段导线，光标滑至离单击处最近的导线端点并连在其上，移动光标时便拖动该端点，而另一端点原地不动。
- **Move Selection:** 移动处于选中状态的元件。执行该命令后，光标变为十字，用光标拖动被选中的任一元件都将拖动全部被选中的元件，拖动时被选中元件的相对位置保持不变，如图 10-56 所示。其中的三个焊盘已被选中，而导线未被选中。执行 Move Selection 命令前后的，则状态分别如图 (a) 和 (b) 所示。

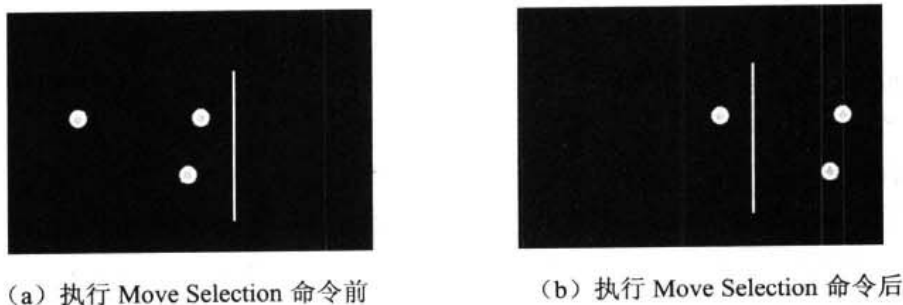


图 10-56 移动处于选中状态的元件 (图中焊盘被选中，导线未被选中)

- **Rotate Selection:** 转动处于选中状态的元件。执行该命令后，将弹出 Rotation Angle (转动角度) 设置对话框，如图 10-57 所示，输入要转动元件的角度，单击 OK 按钮进入转动元件的状态，光标变为十字，将光标移至所需的位置，单击鼠标左键确认该位置为转动中心，所有处于选中状态的元件都将绕转动中心作逆时针转动，转角为所设置的角度，如图 10-58 所示。其中三个焊盘被选中，导线未被选中。若转角设为  $30^\circ$ ，十字光标单击左边的焊盘，转动前后的状态，即分别如图 (a) 和 (b) 所示。
- **Flip Selection:** 左右颠倒处于选中状态的元件。执行该命令后，所有处于选中状态的元件将左右颠倒。如图 10-59 所示，图 (a)、(b) 分别为执行 Flip Selection 命令前后的状态。其中三个焊盘被选中，导线未被选中。

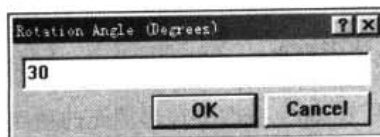
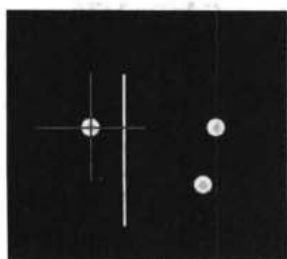
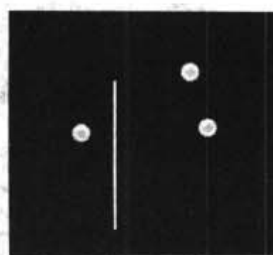


图 10-57 Rotation Angle (转动角度) 设置对话框



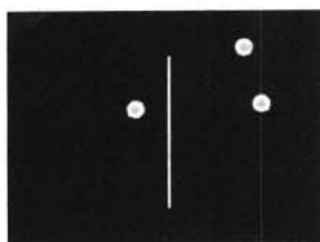


(a) 以左边的焊盘为转动中心

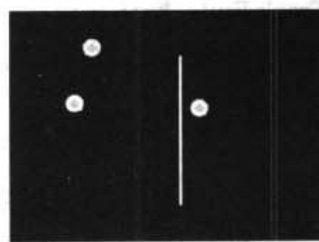


(b) 转动后的状态

图 10-58 转动处于选中状态的元件 (图中三个焊盘处于选中状态, 导线未被选中)



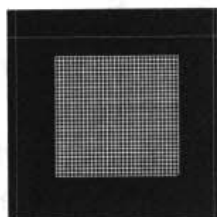
(a) 执行颠倒命令前



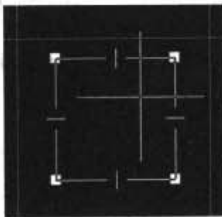
(b) 执行颠倒命令后

图 10-59 左右颠倒处于选中状态的元件

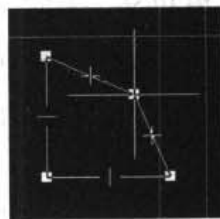
- **Polygon Vertices:** 更改多边形填充的顶点。执行该命令后, 光标变为十字, 单击要更改的多边形填充, 多边形填充的顶点变亮, 用十字光标单击多边形填充的顶点, 光标将连在顶点上, 移动光标拖动顶点至目标位置, 单击鼠标左键即可放下该顶点。若重复以上操作, 便可拖动其他需要更改的顶点。若单击鼠标右键退出该命令, 将弹出更改多边形填充 Confirm (确认) 对话框, 再单击 Yes 按钮确认, 多边形填充即被更改。整个过程, 如图 10-60 所示。



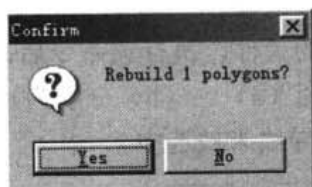
(a) 多边形填充



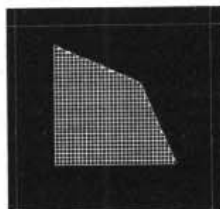
(b) 选中多边形填充



(c) 移动多边形填充的顶点



(d) 确认更改多边形填充



(e) 更改后的多边形填充

图 10-60 更改多边形填充的顶点



- Split Plane Vertices: 更改电源/接地层的顶点。该命令的操作与 Polygon Vertices 相同。

### 10-5-6 其他操作命令

除了以上所介绍的编辑命令, Protel 99 SE-PCB 还具有他一些命令。它们大多数是常见的命令, 许多的功能和用法与 Windows 中相应的命令一样, 下面就只作一些简单的介绍。

- Undo: 撤消前一项操作。
- Redo: 重复被撤消的操作。
- Cut: 剪切所选择的元件。
- Copy: 复制所选择的元件。
- Paste: 将剪贴板中的内容复制到指定位置。
- Paste Special: 用于设置粘贴属性。
- Clear: 删除被选中的元件。与 Cut 命令不同的是, 删除的内容不放在剪贴板中。
- Query Manager: 元件选择向导。
- Origin: 设置原点。包括 Set (设置当前原点) 和 Reset (恢复绝对原点)。
- Export To Spread: 用于生成当前 PCB 文件中的元件列表。
- Jump: 跳转功能, 用于在 PCB 上快速定位或快速找到指定元件。在子菜单中有以下 11 种跳转功能: Absolute Origin (跳转到绝对原点)、Current Origin (跳转到当前原点)、New Location (跳转到指定的坐标位置)、Component (跳转到指定的元件)、Net (跳转到指定的网络)、Pad (跳转到指定的焊盘)、String (跳转到指定的字符串)、Error Marker (跳转到错误标志处)、Selection (跳转到选中的元件处)、Location Marks (跳转到位置标志处)、Set Location Marks (放置位置标志)。这些命令的具体用法将在后面的应用中讲到。

## 10-6 自动布线

完成元件布局后, 便可以开始自动布线。自动布线是指 Protel 99 SE 程序根据设定的布线参数和布线规则, 按一定的算法自动在元件之间进行连线。虽然 Protel 99 SE 的自动布线功能很强大, 但仍建议在自动布线之前对部分重要线路进行手动布线。

Protel 99 SE 提供了方便易用、功能强大、高质量的自动布线器。自动布线器和 PCB 编辑器紧密相连为一个整体。运行自动布线器时, 将直接在 PCB 窗口对电路板进行布线。

一般的说, 自动布线器不需要设置任何参数。因为, 自动布线器能够自动分析当前 PCB 文件并选择最佳布线方式。但是, 在运行自动布线器之前设置相关的设计规则是非常重要的步骤。

### 10-6-1 自动布线前的准备工作

在对电路板进行自动布线之前, 应注意以下几个要点:

- 在电路板的禁止布线层上设置封闭的电气边界。
- 在禁止布线层上放置了元件或其他对象的部分, 在其他层面中不能布线。
- 在信号层中不能对没有网络名称的对象进行布线。
- 布线时不考虑机械层上的对象。

## 10-6-2 网络密度分析

在 PCB 编辑器中执行菜单命令 Tools|Density Map, 程序将对电路板的网络 Density (密度) 进行分析。图 10-61 是对 Z80 处理器电路板的 PCB 进行密度分析的结果。图中颜色深浅的差异, 代表了 PCB 图上网络密度的差异, 颜色深的地方对应网络密度大。

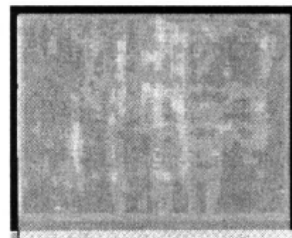


图 10-61 网络密度分析图

一般的, 网络密度不应相差太大。否则, 认为元件的布局不合理。但是, 也不可一概而论, 还要视电路的具体情况而定。对于大功耗的元件, 由于产热多, 周围密度应小些, 反之小功耗的元件的密度可以大些。应根据网络密度分析图对元件布局进行相应的调整, 才能做到合理的元件布局。

## 10-6-3 设置自动布线规则

Autorouter (自动布线器) 是遵循 PCB 文件中相关的 Design Ruler (设计规则)。所以, 在运行自动布线器之前, 应确保这些设计规则的正确性。

从当前 PCB 窗口中执行菜单命令 Design|Rules, 将弹出如图 10-62 所示的 Design Rules (设计规则) 设置对话框。

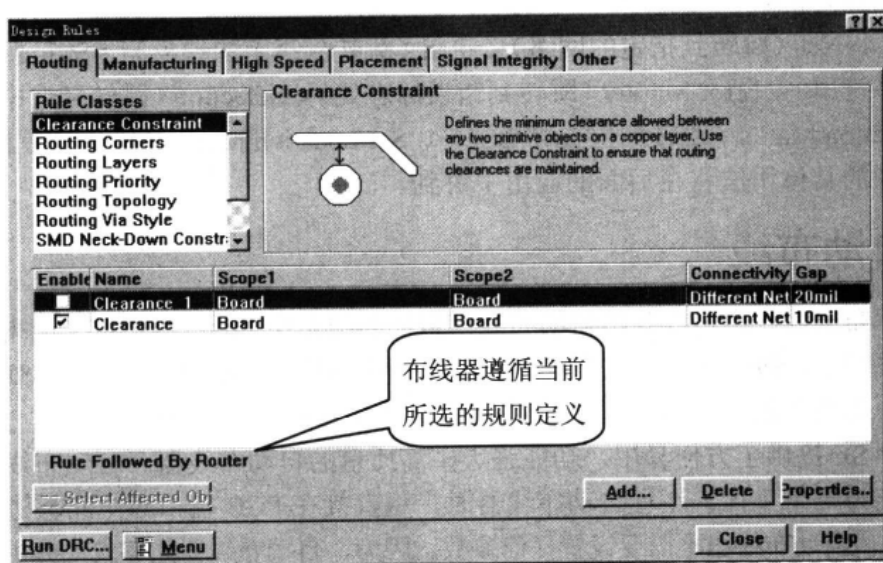


图 10-62 Design Rules (设计规则) 设置对话框

该对话框包括 6 页选项卡, 分别对应以下 6 大类设计规则:

- Routing 选项卡: 电路板的布线设计规则。
- Manufacturing 选项卡: 设置设计规则。
- High Speed 选项卡: 与高频设计有关的设计规则。
- Placement 选项卡: 元件布局设计规则。
- Signal Integrity 选项卡: 信号完整性分析规则。
- Other 选项卡: 其他相关设计规则。

## 1. 电路板的布线设计规则

布线设计规则应在 Routing 选项卡中设置,如图 10-62 示。在 Rule Class (规则分类) 选项区域中列出以下 10 类规则。当选定一项规则后,右边的解释区域中将给出该规则的解释和图例,在 Rule Class 下边的列表框中将给出已经定义了的规则,单击 Add 按钮,可进入规则设计对话框添加新规则;在 Rule Class 栏中选择某一规则,单击 Properties 按钮或双击该规则,可进入该规则的设计对话框,对规则进行编辑。单击 Delete 按钮,可删除列表框中的规则。规则列表框下边有一状态栏报告布线器是否遵循当前所选的规则定义(如图 10-62 的标注框所示)。

各类规则的规则设计对话框都有 Edit Rule (编辑规则) 和 Edit Comment (规则说明) 两个选项卡。在 Edit Rule 选项卡中对 Edit scope (适用范围)、Rule Name (规则名称)、Rule Attributes (规则属性) 会进行定义。在 Edit Comment 选项卡中,可以编辑各规则的说明文字,如图 10-63 所示。

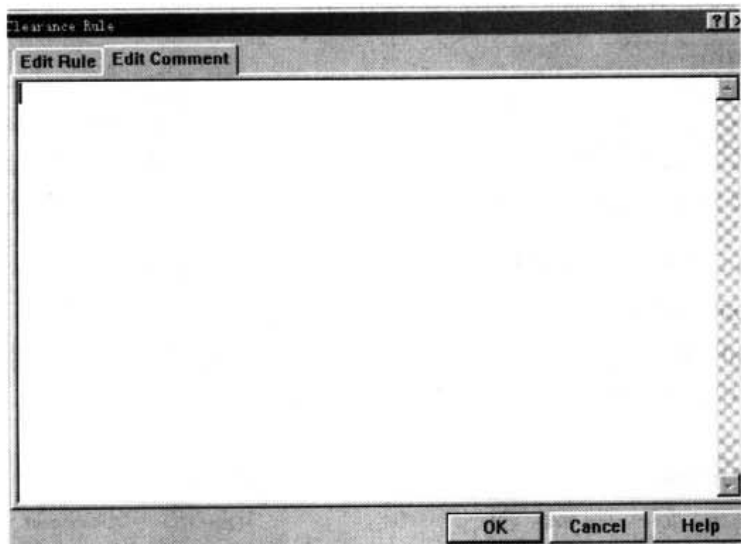


图 10-63 规则设计对话框的 Edit Comment 选项卡

### (1) 规则的适用范围

各类规则的适用范围在图 10-63 的 Edit Rule 选项卡中设置,总结起来主要有以下 16 种:

- Whole Board: 整个电路板。选择此项后,规则适用范围为整个电路板,如图 10-64 所示。

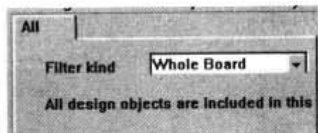
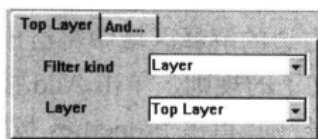


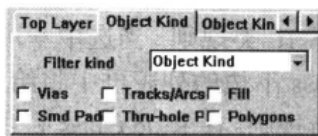
图 10-64 规则范围设置为整个电路板

- Layer: 指定层面。选择此项后,规则适用范围为指定的层面,如图 10-65 (a) 所示,在 Layer 下拉列表中设置规则适用的层面。单击 And 标签,对话框则变为如图 10-65

(b) 所示。某些层面之间可以执行逻辑“与”命令，即规则可以同时适用于几个层面。



(a) 设置规划运用的层面



(b) And 选项界面

图 10-65 规则范围设置为指定层面

- **Object Kind:** 指定对象。选择此项后，规则适用范围为指定的对象，系统要求设置对象的类型，如图 10-66 所示。可在下面出现的复选框中打钩，选中适用的对象，如 Vias（过孔）、Track（线段）、Fill（填充）等。
- **Footprint:** 指定封装。选择此项后，规则适用范围为指定的封装，可在 Footprint 下拉列表中选择引脚名称，如图 10-67 所示。

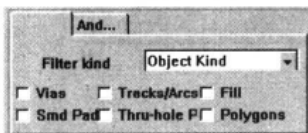


图 10-66 规则范围设置为指定对象

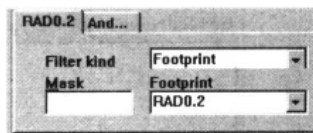


图 10-67 规则范围设置为指定封装

- **Component Class:** 指定元件类。选择此项后，规则适用范围为指定的一类元件，可在 Component Class 下拉列表中选择元件类型，如图 10-68 所示。
- **Component:** 指定元件。选择此项后，规则适用范围为指定的元件，可在 Component 下拉列表中选择元件名称，如图 10-69 所示。

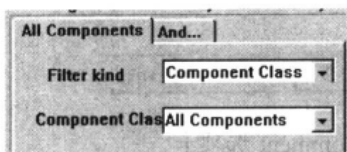


图 10-68 规则范围设置为指定元件类

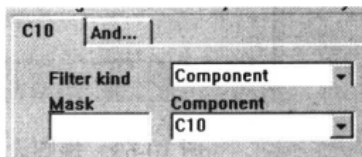


图 10-69 规则范围设置为指定的元件

- **Net Class:** 指定网络类。选择此项后，规则适用范围为指定的一类网络类，可在 Net Class 下拉列表中选择网络名称，如图 10-70 所示。
- **Net:** 指定网络。选择此项后，规则适用范围为指定的网络，可在 Net 下拉列表中选择网络名称，如图 10-71 所示。

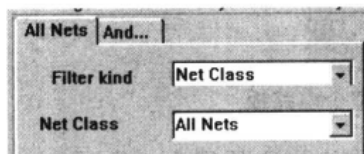


图 10-70 规则范围设置为指定的网络类

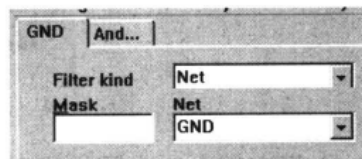


图 10-71 规则范围设置为指定的网络

- **From-To Class:** 指定 From-To 类。选择此项后, 规则适用范围为指定的一类 From-To 连线, 在 From-To Class 下拉列表中选择 From-To 类, 如图 10-72 所示。
- **From-To:** 指定 From-To 连线。选择此项后, 规则适用范围为指定的 From-To 连线, 在 From-To 下拉列表中选择 From-To 连线, 如图 10-73 所示。

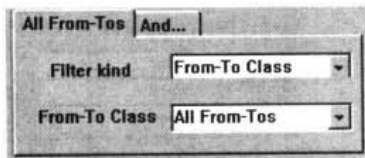


图 10-72 规则范围设置为指定的 From-To 类

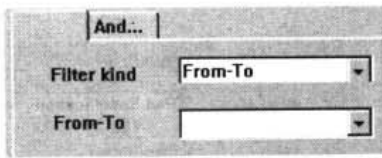


图 10-73 规则范围设置为指定 From-To

- **Region:** 指定区域。选择此项后, 规则适用范围为指定的区域, 系统要求输入区域的坐标范围, 如图 10-74 所示。单击 Define 按钮, 将立即切换到 PCB 工作窗口, 光标变为十字, 可用光标选定规则的适用范围。
- **Pad:** 指定焊盘。选择此项后, 规则适用范围为指定的焊盘, 可在 Pad 下拉列表中选择焊盘名称, 如图 10-75 所示。

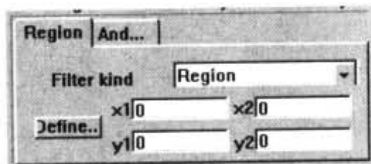


图 10-74 规则范围设置为指定区域

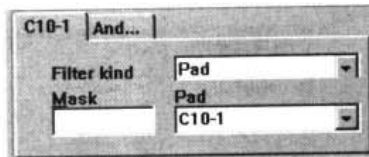


图 10-75 规则范围设置为指定的焊盘

- **Pad Class:** 指定焊盘类。选择此项后, 规则适用范围为指定的一类焊盘, 可在 Pad class 下拉列表中选择焊盘类型, 如图 10-76 所示。

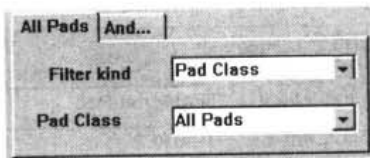


图 10-76 规则范围设置为指定的焊盘类

- **Pad Specification:** 指定规格的焊盘。选择此项后, 规则适用范围为指定的某种规格的焊盘, 如图 10-77 所示。单击图 10-77 中的 Specification 按钮, 将弹出如图 10-78 所示的 Pad Specification (焊盘规格) 设置对话框, 在其中可以设置焊盘的规格, 包括 Hole Size (孔径)、Net (所属网络)、Layer (所属层面)、X-Size (X 方向尺寸)、Y-Size (Y 方向尺寸) 和 Shape (外形)。在 Shape 下拉列表中, 有 3 种可选的形状: Round (圆形)、Rectangle (矩形) 和 Octagonal (八角形)。
- **Via Specification:** 指定规格的过孔。选择此项后, 规则适用范围为指定规格的过孔, 如图 10-79 所示。单击 Specification 按钮, 弹出如图 10-80 所示的 Via Specification (过孔规格) 设置对话框, 可以设置过孔的规格, 包括 Diameter (直径)、Hole Size (孔径)、From Layer (起始层面)、To Layer (终止层面) 和 Net (所属网络) 等。

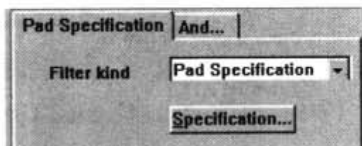


图 10-77 规则范围设置为指定规格的焊盘

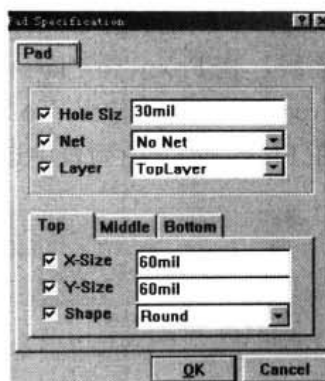


图 10-78 焊盘规格设置对话框

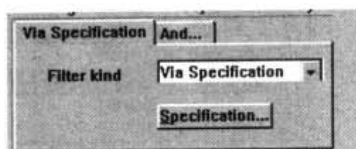


图 10-79 规则范围设置为指定规格的过孔

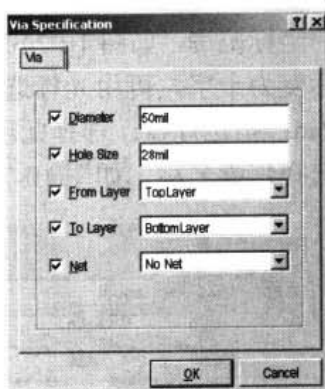


图 10-80 过孔规格设置对话框

- Footprint-Pad: 指定焊盘的引脚。选择此项后。规则适用范围为指定的某一焊盘上的某一引脚，系统要求输入引脚名称和焊盘名称，如图 10-81 所示。

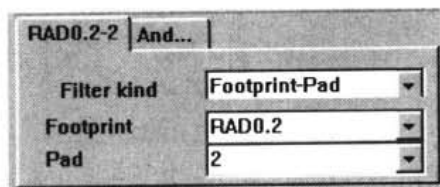


图 10-81 规则范围设置为指定的焊盘引脚

## (2) Rule Classes 选项卡的设置

在介绍完 Routing 选项卡中各种规则的适用范围后，下面继续介绍 Rule Classes（规则分类）栏中各种规则的含义和设置。

- Clearance Constraint: 安全间距阈值。该规则用于定义同一个工作层面上的两个元件间的最小间距，适用于在线 DRC 或运行 DRC 设计规则检查、自动布线等过程。Clearance Rule（安全间距参数）设置对话框，即如图 10-82 所示。可在 Edit Rule 选项卡内的 Rule Attribute 栏设置 num Clearance（间距值）及其所适用的网络，包括 Different Nets Only（不同网络）、Same Net Only（仅同一网络）、Any Net（任何网络）等。



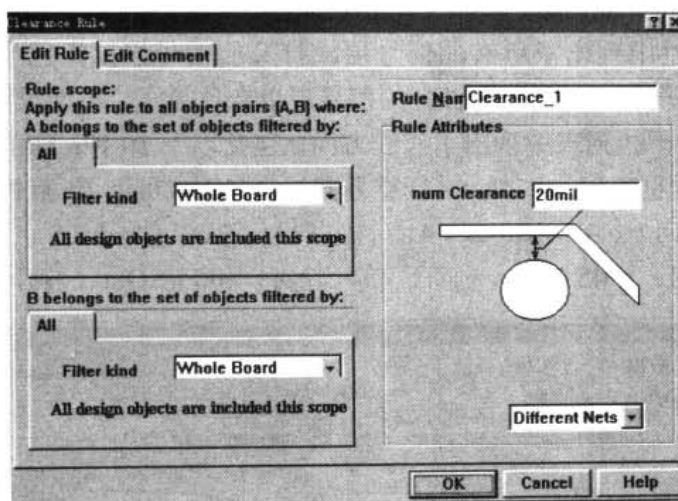


图 10-82 安全间距规则设计对话框

- Routing Corners: 拐角模式。该规则用于定义走线拐角的形状和尺寸。Routing Corners Rule (拐角模式参数) 设置对话框, 即如图 10-83 所示。在 Style 下拉列表中有 3 种拐角模式可选: 45 Degrees ( $45^\circ$ )、90 Degrees ( $90^\circ$ )、Rounded (圆角), 如图 10-84 所示。若选用  $45^\circ$  和圆角模式, 则要求定义 Setback (缩进值)。

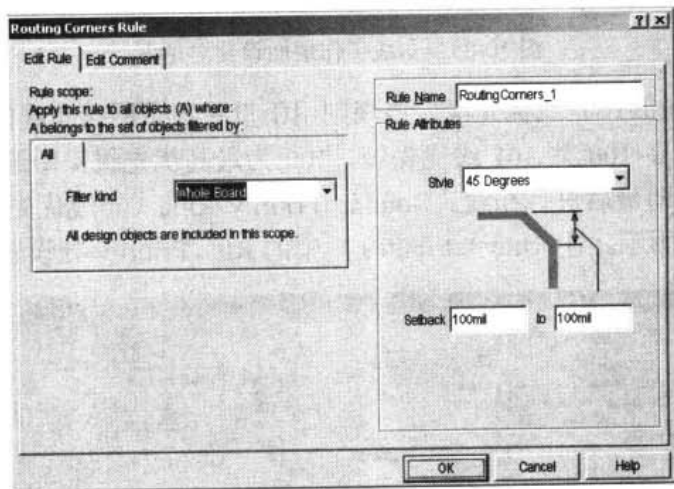


图 10-83 拐角模式参数设置对话框

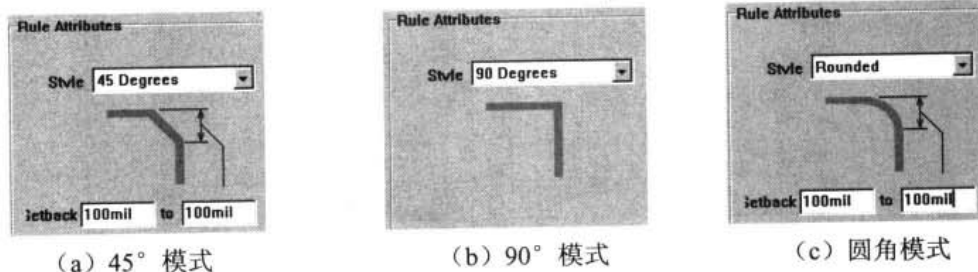


图 10-84 拐角模式

- Routing Layers: 布线工作层面。该规则用于设置布线工作层面及各层面上的布线方



向。Routing Layers Rule (布线工作层面) 设置对话框, 即如图 10-85 所示。在 Rule Attributes 栏中列出了所有的信号层, 打开的信号层以黑色显示, 可以设置 Rule Attributes (规则属性); 未打开的信号层以灰色显示, 不能设置 Rule Attributes。各层面右边的下拉列表中列出了布线方向, 包括以下 10 种: Horizontal (平行方向)、Vertical (垂直方向)、Any (任意方向)、1 O'Clock (1 点钟方向)、2 O'Clock (2 点钟方向)、4 O'Clock (4 点钟方向)、5 O'Clock (5 点钟方向)、45 Up (向上 45° 方向)、45 Down (向下 45° 方向) 和 Fan Out (散开方式)。

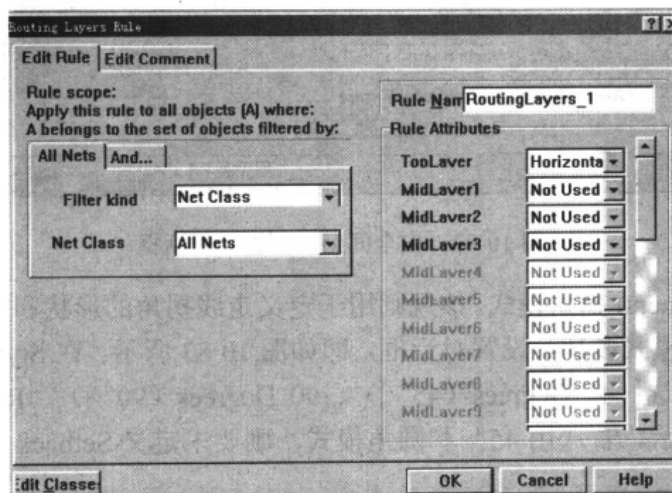


图 10-85 布线工作层面设置对话框

- **Routing Priority:** 布线优先级。该规则用于设置各个网络布线的先后顺序。PCB 编辑器提供有 0~100 共 101 级优先级。100 为最高优先级, 即最先进行布线; 0 为最低优先级, 即最后进行布线。Routing Priority Rule (布线优先级) 设置对话框, 即如图 10-86 所示。在 Rule Attributes 栏中的 Rule Priority 处设置优先级。

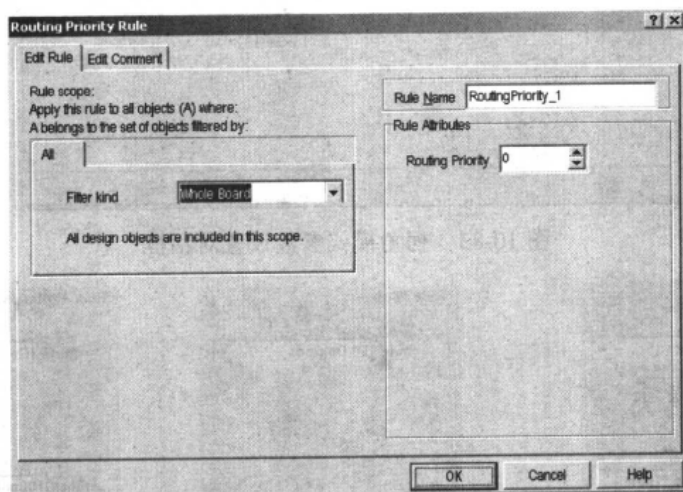


图 10-86 布线优先级设置对话框

- **Routing Topology:** 布线拓扑结构。该规则用于设置各个网络的引脚之间的布线规则。Routing Topology Rule (布线拓扑结构) 设置对话框, 即如图 10-87 所示。在 Rule Attributes 栏的下拉列表中有以下 7 种拓扑结构可选, 包括 Shortest (最短连线)、

Horizontal（水平连线）、Vertical（垂直连线）、Daisy-Simple（简单菊花形）、Daisy-MidDriven（由中间向外的菊花形）、Daisy-Balanced（平衡菊花形）、Starburst（放射星形）等。PCB 编辑器默认的拓扑结构为 Shortest。

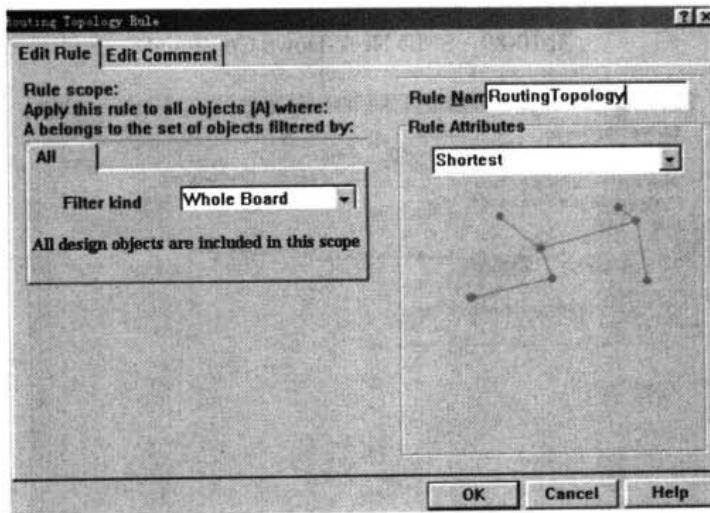


图 10-87 布线拓扑结构设置对话框

- **Routing Via Style:** 过孔类型。该规则用于设置过孔外径 Diameter 和内径 Hole Size 的尺寸。Routing Via Style Rule（过孔类型）设置对话框，即如图 10-88 所示。可在 Rule Attribute 栏中要求定义过孔外径和内径的 Min（最小值）、Max（最大值）、Preferred（首选值）。首选值可被用于自动布线和手工布线的过程。而最小值和最大值，则可被用于在线 DRC 过程。

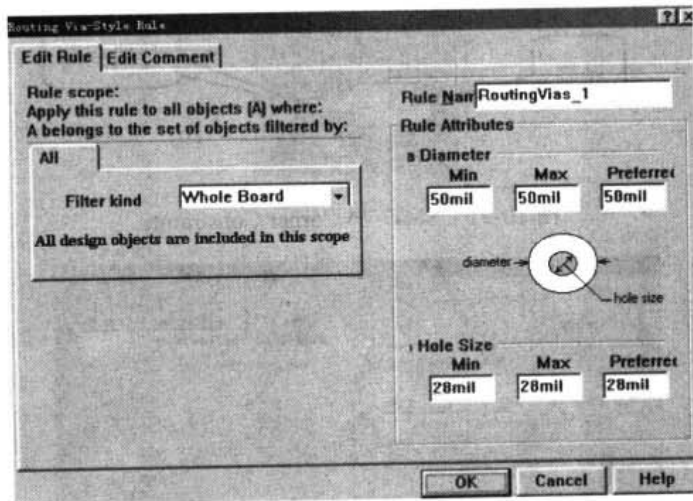


图 10-88 过孔类型设置对话框

- **SMD Neck-Down Constraint:** SMD 的瓶颈限制。该规则用于设置布线时 track width（导线的线宽）与 pad width（SMD 的焊盘宽度）之比的最大值，如图 10-89 所示。如果导线的宽度太大以至其 SMD Neck-Down Constraint 比值超过设置值，则视为冲突不予布线。该规则的 SMD Neck-Down Rule 设置对话框，如图 10-90 所示。可在 Neck-Down 处，以百分比形式输入设置值。

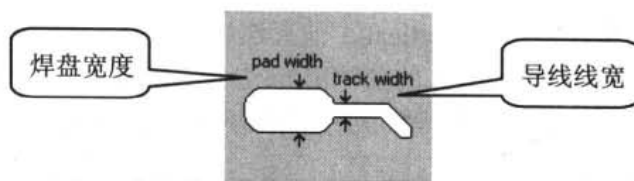


图 10-89 SMD Neck-Down Constraint

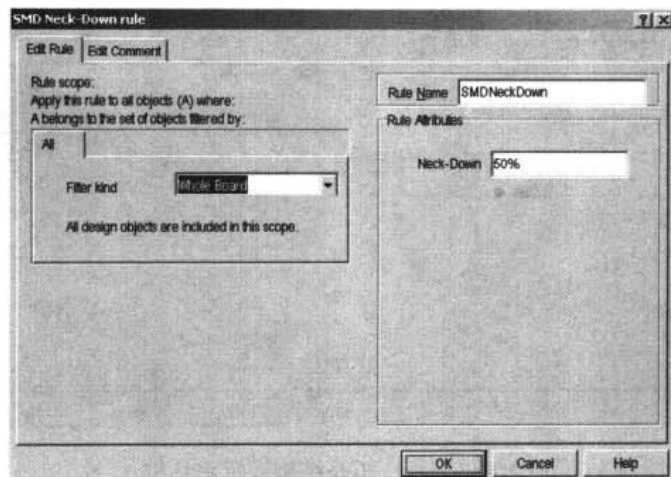


图 10-90 SMD Neck-Down rule 设置对话框

- **SMD To Corner Constraint:** 走线拐弯处与磁敏二极管的距离。该规则用于设置最接近 SMD 元件焊盘的走线拐角与 SMD 元件表面之间间距的最小值,如图 10-91 所示。该规则的 SMD To Corner Rule 设置对话框,即如图 10-92 所示,在 Distance 处输入设置值。

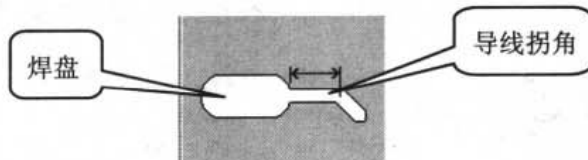


图 10-91 SMD To Corner Constraint

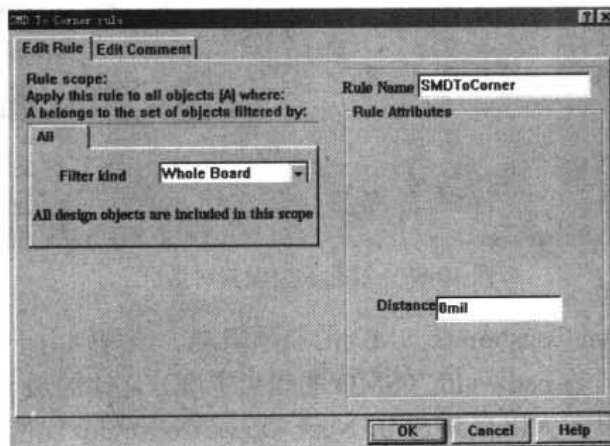


图 10-92 SMD To Corner rule 设置对话框

- **SMD To Plane Constraint:** SMD 到地电层的距离。该规则设置从 SMD 元件表面到电源层上过孔或焊盘的导线的最小长度。该规则的 SMD To Plane Rule 设置对话框, 即如图 10-93 所示。在 Distance 处, 输入设置值。

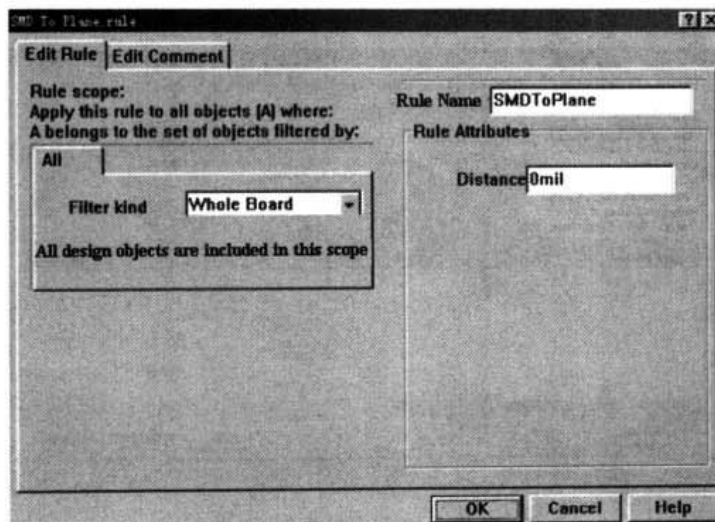


图 10-93 SMD To Plane rule 设置对话框

- **Width Constraint:** 布线宽度。该规则用于设置布线时导线宽度的最大允许值和最小允许值, 如图 10-94 所示。Max-Min Width Rule (布线宽度) 设置对话框, 即如图 10-95 所示。可在 Rule Attributes 栏中要求定义布线宽度的 Minimum Width (最小值)、Maximum Width (最大值)、Preferred Width (首选值)。首选值可被用于自动布线和手工布线的过程。而最小值和最大值可被用于在线 DRC 过程

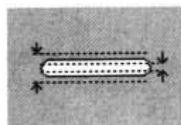


图 10-94 布线宽度

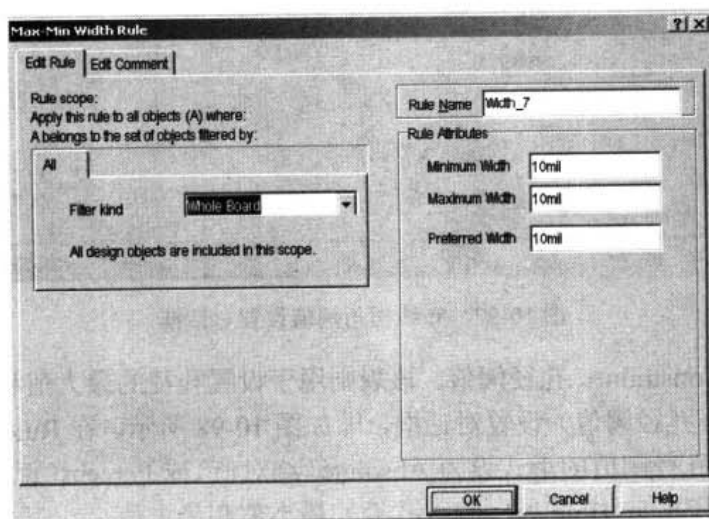


图 10-95 Max-Min Width Rule (布线宽度) 设置对话框

## 2. 电路板的设置设计规则

Manufacturing 选项卡如图 10-96 所示, 在 Rule Classes (规则分类) 选项区域中列出有以下 11 类规则。各类规则的编辑和设置方法, 以及应用范围与 10-6.3.1 节中布线设计规则一样。

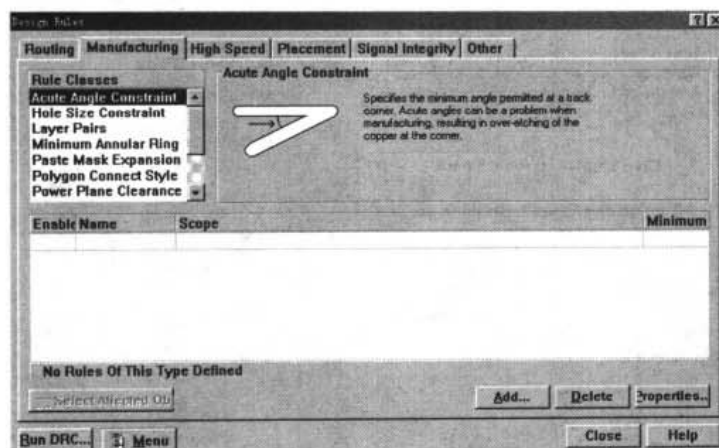


图 10-96 Manufacturing 选项卡

在 Rule Classes (规则分类) 选项区域中各种规则的含义如下:

- **Acute Angle Constraint:** 布线拐角阈值。该规则用于设置布线拐角的最小值。如果导线拐角太小, 在制造电路板时会造成过度蚀刻铜层的问题, 故应限制导线拐角的最小值。Acute Angle Constraint (布线拐角阈值) 设置对话框, 即如图 10-97 所示。可在 Minimum Angle (最小角度) 处, 输入拐角最小值。

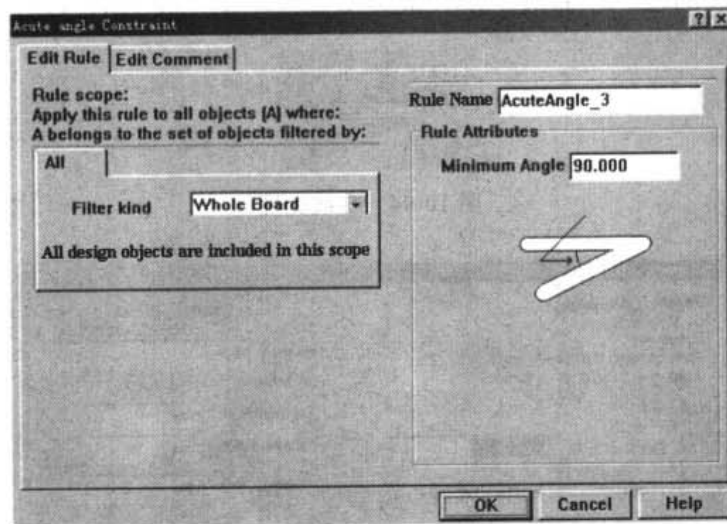


图 10-97 布线拐角阈值设置对话框

- **Hole Size Constraint:** 孔径阈值。该规则用于设置孔径的最大值和最小值。Hole Size Constraint (孔径阈值) 设置对话框, 即如图 10-98 所示。在 Rule Attribute 的下拉列表中, 可将孔径阈值的形式设为 Absolute (绝对值) 或 Percent (百分比); 在 Minimum Hole 和 Maximum Hole 处, 输入孔径的最小值和最大值。

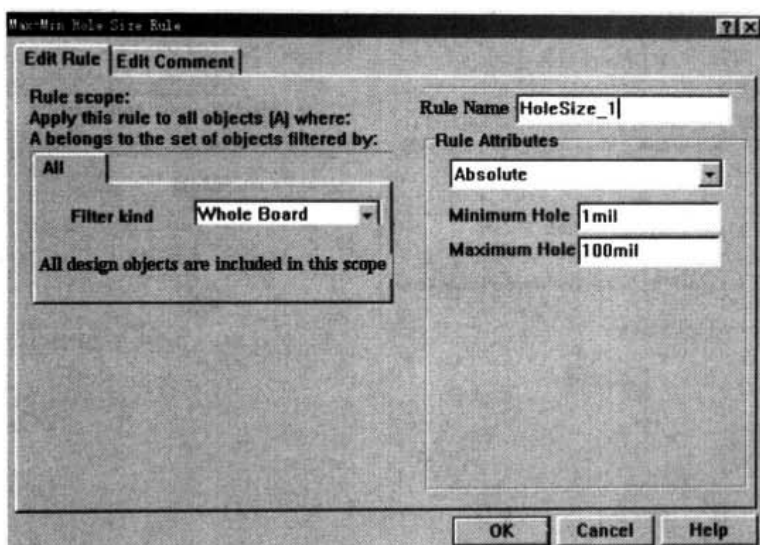


图 10-98 孔径阈值设置对话框

- **Layer Pairs:** 匹配层面对。该规则用于检测当前各层面对是否与钻孔层面对相匹配。电路板上的每个过孔的开始层面和终止层面为一当前层面对。钻孔层面对在图 8.2 所示的工作层面管理对话框中设置。Layer Pairs 设置对话框，即如图 10-99 所示。

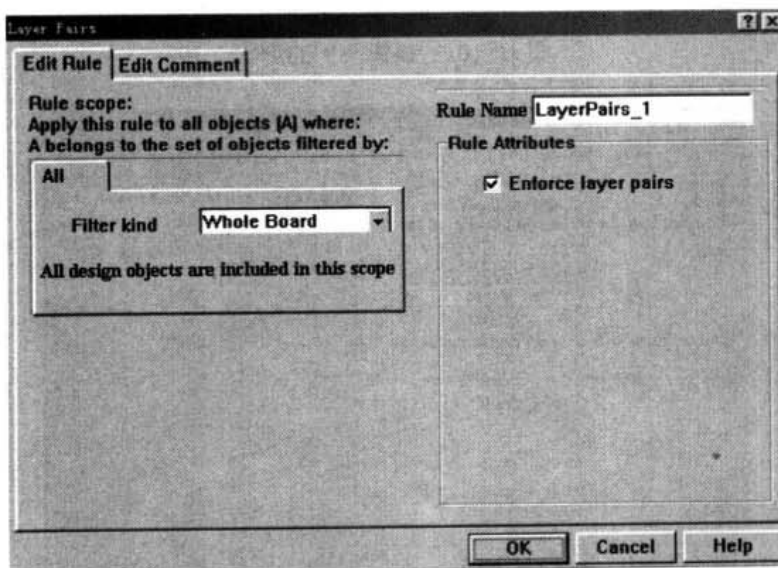


图 10-99 匹配层面对设置对话框

- **Minimun Annular Ring:** 环径阈值。用于设置过孔和焊盘的环径的最小值。过孔和焊盘的环径可定义为焊盘半径与孔内径之差。Minimun Annular Ring 设置对话框，即如图 10-100 所示。
- **Paste Mask Expansion:** 锡膏延伸度。在锡膏防护层上焊盘位置处的锡膏形状，就是焊盘的形状，如图 10-101 所示。该规则是设置锡膏的径向延伸度。Paste Mask Expansion Rule 设置对话框，即如图 10-102 所示。可在 Expansion 处，输入设置值。



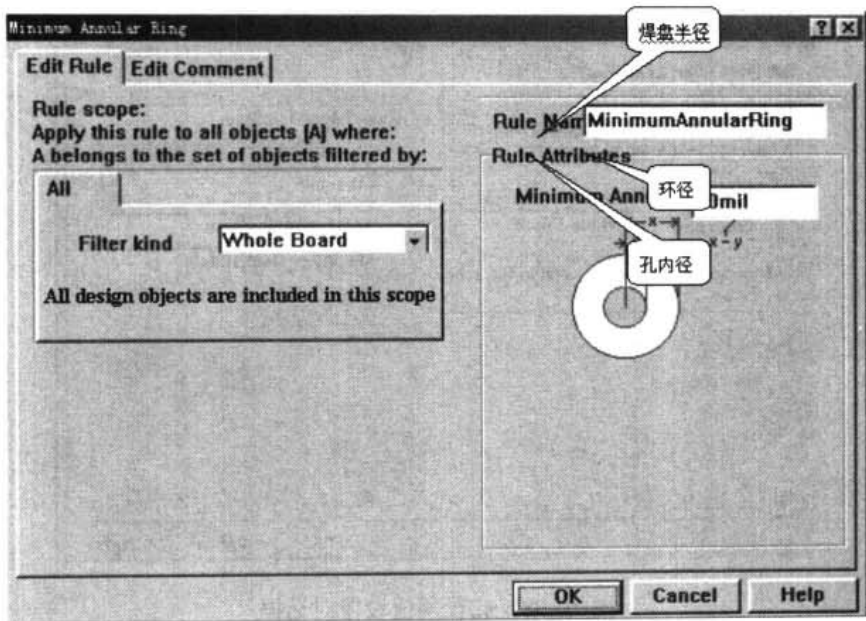


图 10-100 环径阈值设置对话框

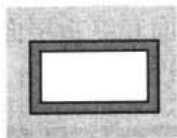


图 10-101 锡膏防护的形状

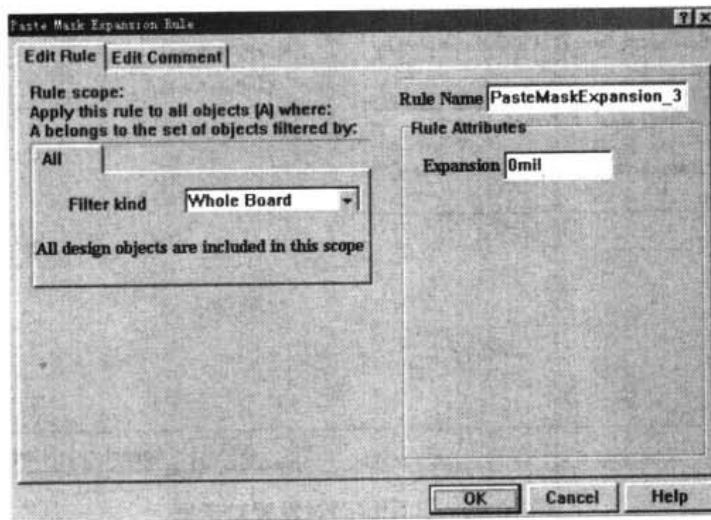


图 10-102 Paste Mask Expansion Rule (锡膏延伸度) 设置对话框

- Polygon Connect Style: 该规则用于设置焊盘引脚和敷铜之间的连线方式。Polygon Connect Style 设置对话框, 即如图 10-103 所示。在 Rule Attribute 栏下方的下拉列表中可以设置连线方式, 包括 Direct Connect (直接连线)、Relief Connect (散热式连线) 和 No Connect (无连线) 等 3 种方式。



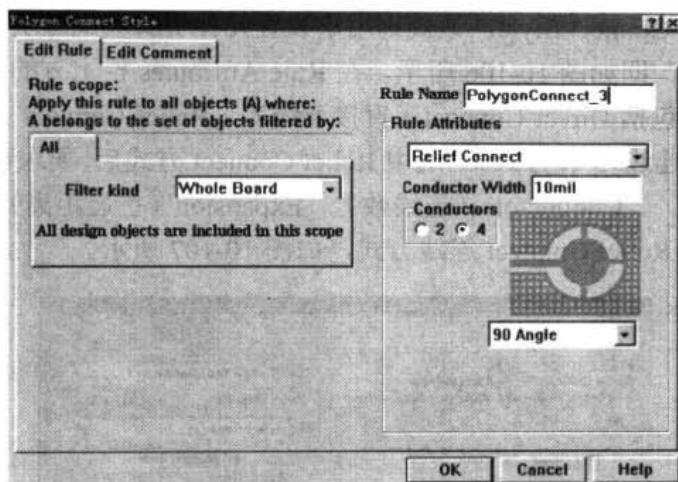
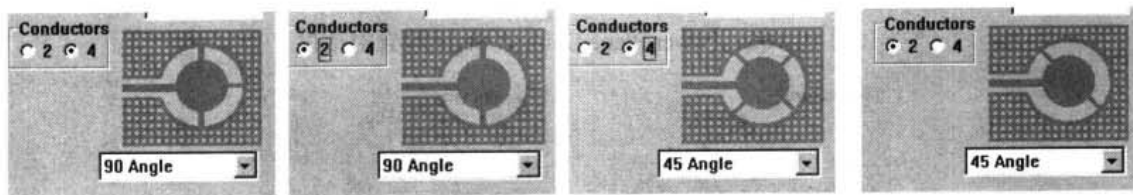


图 10-103 Polygon Connect Style 设置对话框

当选中 Relief Connect 方式后, 要求设置 Conductor Width (连线宽度)、Conductors (连线数) 和连线角度。连线角度在 Conductors 下方的下拉列表中设置。各种 Relief Connect 连线方式, 即如图 10-104 所示。



(a) 4 条 90° 方向连线 (b) 2 条 90° 方向连线 (c) 4 条 45° 方向连线 (d) 2 条 45° 方向连线

图 10-104 Polygon Connect Style 的四种 Relieve Connect 连线方式

- **Power Plane Clearance:** 该规则用于设置电源层上不同网络的元件之间的安全间距, 以及不属于电源层的焊盘和过孔的径向安全间距。该规则的设置对话框, 如图 10-105 所示。

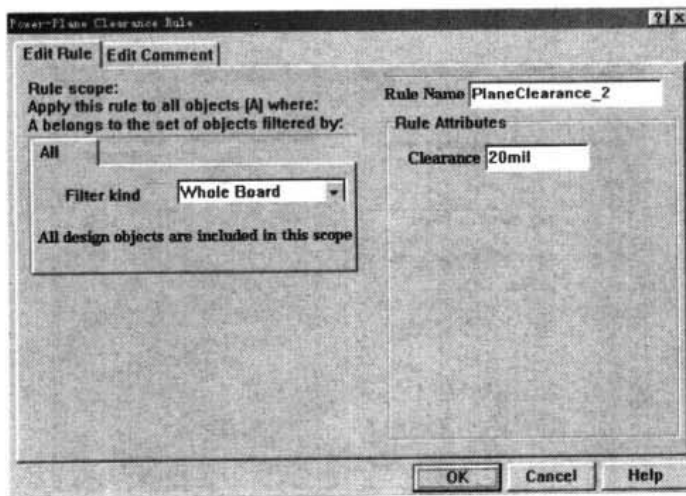


图 10-105 Power Plane Clearance Rule (电源层安全间距) 设置对话框

- **Power Plane Connect Style:** 该规则用于设置元件引脚和电源层之间的连线方式。其设置对话框, 即如图 10-106 所示。在 Rule Attributes 栏上方的下拉列表中可以设置连线方式, 包括 Direct Connect (直接连线)、Relief Connect (散热式连线) 和 No Connect (无连线) 3 种方式。当选中 Relief Connect 方式后, 要求设置 Conductor Width (连线宽度)、Conductors (连线数)、Expansion (扩展距离) 和 Air-Gap (空隙大小)。各种 Relief Connect 连线方式, 如图 10-107 所示。

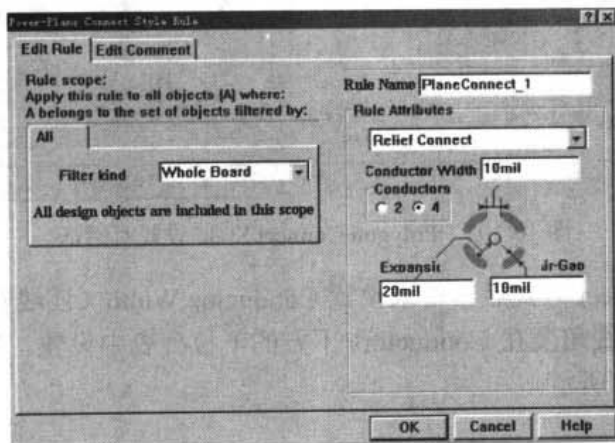
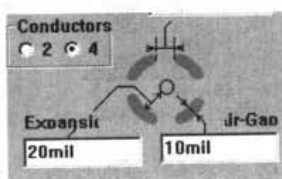
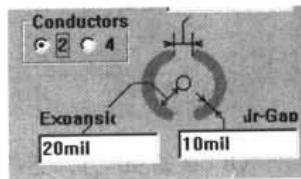


图 10-106 Power Plane Connect Style 设置对话框



(a) 4 条连线



(b) 2 条连线

图 10-107 Power Plane Connect Style 的两种 Reliefe Connect 连线方式

- **Solder Mask Expansion:** 阻焊层延伸度。用于设置阻焊层上预留的焊盘和实际焊盘的径向差值。Solder-Mask Expansion Rule (阻焊层延伸度) 设置对话框如图 10-108 所示。

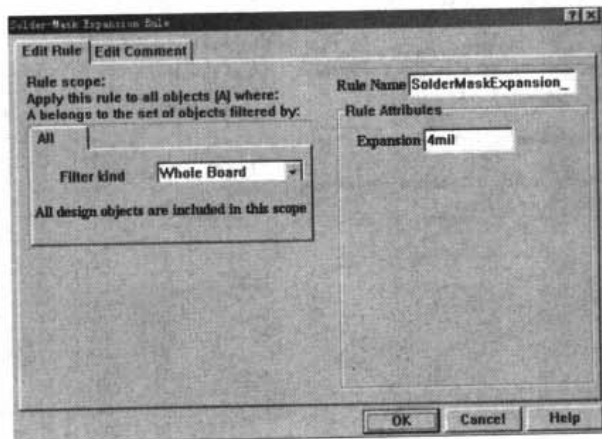


图 10-108 Solder-Mask Expansion Rule (阻焊层延伸度) 设置对话框

- Testpoint Style: 测试点参数。该规则用于设置可作为测试点的焊盘和过孔的物理参数, 适用于确定测试点、自动布线和在线 DRC 检查过程。其测试点设置对话框, 如图 10-109 所示。需要设置的参数有 3 项: Style (样式), 包括 Size (测试点尺寸)、Hole Size (孔径尺寸)、Allowed Side (适用层面) 和 Grid Size (栅格尺寸); 测试点尺寸; 孔径尺寸, 需要设置其 Max (最大值)、Min (最小值) 和 Preferred (首选值)。

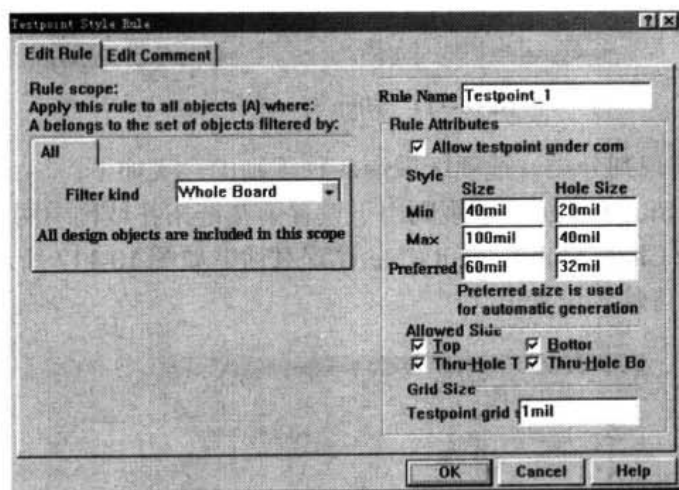


图 10-109 Testpoint Style Rule (测试点参数) 设置对话框

- Testpoint Usage: 测试点用法。该规则用于设置需要测试点的网络, 应用于确定测试点、自动布线和在线 DRC 过程。DRC 报表将给出不符合该规则的网络, CAM 管理器中测试点报表将给出有效测试点的位置。其测试点用法设置对话框, 即如图 10-110 所示。

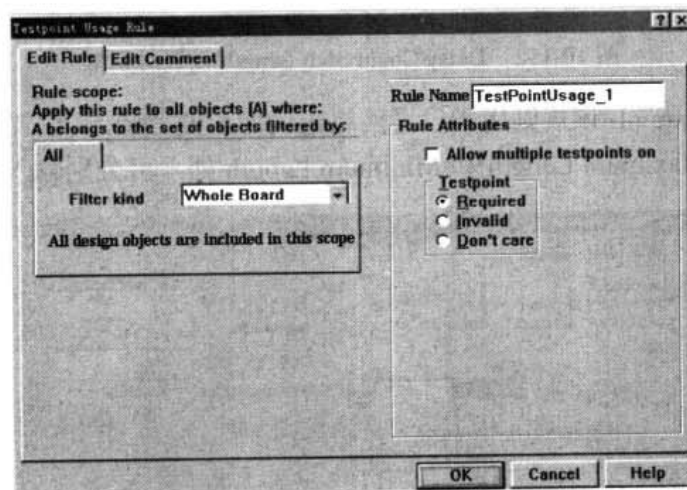


图 10-110 Testpoint Usage Rule (测试点用法) 设置对话框

### 3. 与高规则

High Speed 选项卡如图 10-111 所示, 在 Rule Classes (规则分类) 选项区域中列出有以下 6 类规则。各类规则的编辑和设置方法, 以及应用范围与 10-6.3.1 节中的布线设计规则一样。

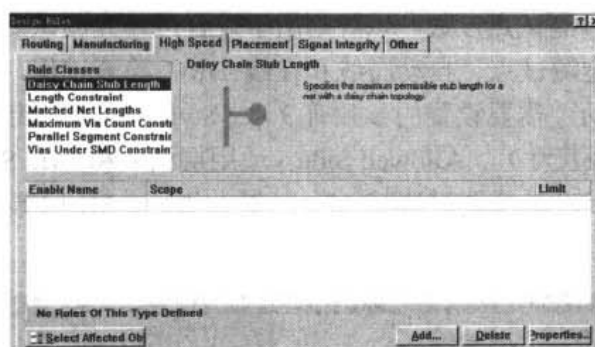


图 10-111 High Speed 选项卡

在 Rule Classes（规则分类）选项区域中各种规则的含义如下：

- **Daisy Chain Stub Length:** 该规则用于设置菊花链拓扑结构中网络连线的支线最大长度。其 Daisy Chain Stub-Length Rule 设置对话框如图 10-112 所示。在 Maximum Stub Length 处，可输入设置值。

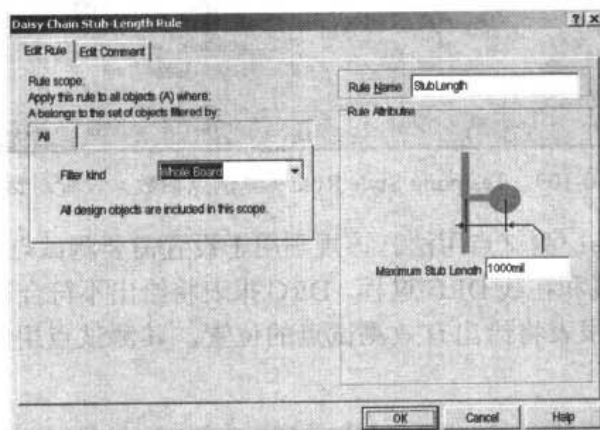


图 10-112 Daisy Chain Stub Length 设置对话框

- **Length Constraint:** 该规则用于设置网络走线的长度范围。其设置对话框，如图 10-113 所示。在 Maximum Length 和 Minimum Length 处，可分别输入最大值和最小值。

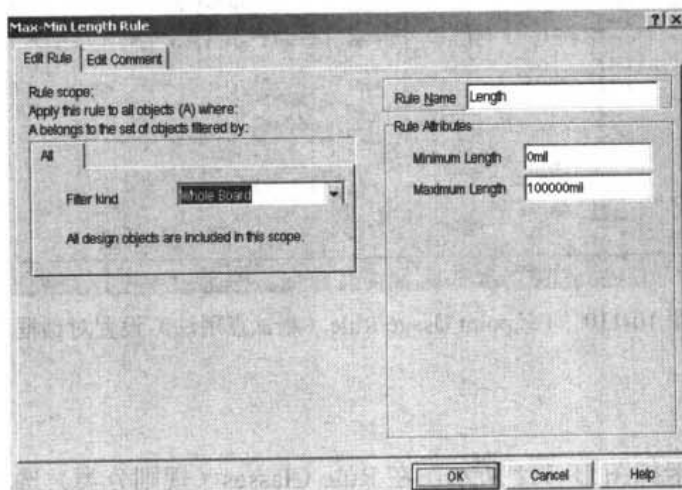


图 10-113 设置网络走线长度范围

- **Matched Net Lengths:** 匹配网络长度。该规则用于设置各个网络走线长度的不等程度。如果要在自动布线时使网络长度相匹配, 则在此规则中设置相应的修正参数。PCB 程序会检测出最长的网络, 将其他网络长度与之相比较, 并作相应调整。该规则的设置对话框, 即如图 10-114 所示。在 Tolerance 处, 可设置最大误差; 在 Correction parameters 栏下设置修正参数, 包括 Style (调整布线时所用的样式)、Amplitude (振幅) 和 Gap (间隙)。调整布线时所用的样式有 3 种: 90 Degree (90° 角)、45 Degree (45° 角) 和 Rounded (圆形), 如图 10-115 所示。

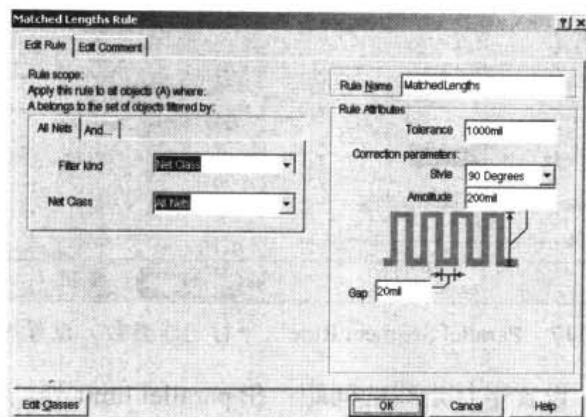


图 10-114 Matched Lengths Rule (匹配网络长度) 设置对话框

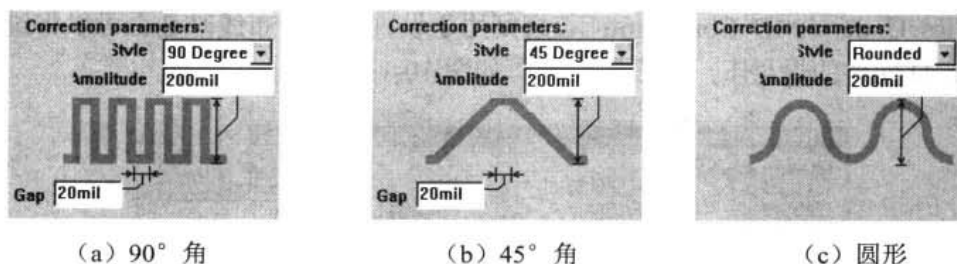


图 10-115 调整布线所用的样式

- **Maximum Via Count Constraint:** 过孔数阈值。该规则用于设置过孔的最大数目, 其设置对话框, 如图 10-116 所示。在 Maximum Via Count 处, 可输入设置值。

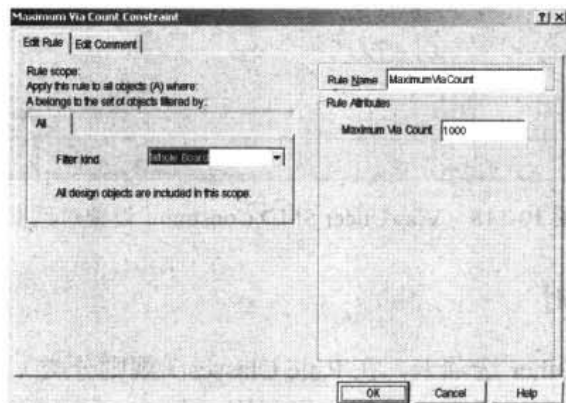


图 10-116 Maximum Via Count Constraint 设置对话框

- **Parallel Segment Constraint:** 平行走线参数。该规则用于设置两条平行线的间距值和走线平行长度阈值。其设置对话框如图 10-117 所示。

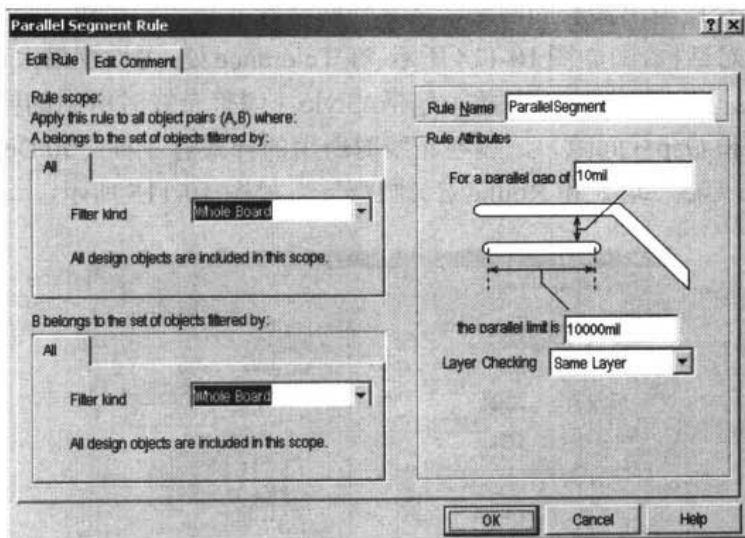


图 10-117 Parallel Segment Rule (平行走线参数) 设置对话框

可在 parallel gap 处, 设置平行走线的间距; 在 parallel limit 处, 设置平行长度的最大值; 在 Layer Checking 的下拉列表中, 选择平行线的层面关系。Same Layer 表示平行线属于同一层面, Adjacent Layer 表示平行线属于相邻层面。

- **Vias Under SMD Constraint:** 该规则用于设置在自动布线时是否可以将过孔放置在 SMD 元件的焊盘下。其设置对话框如图 10-118 所示。

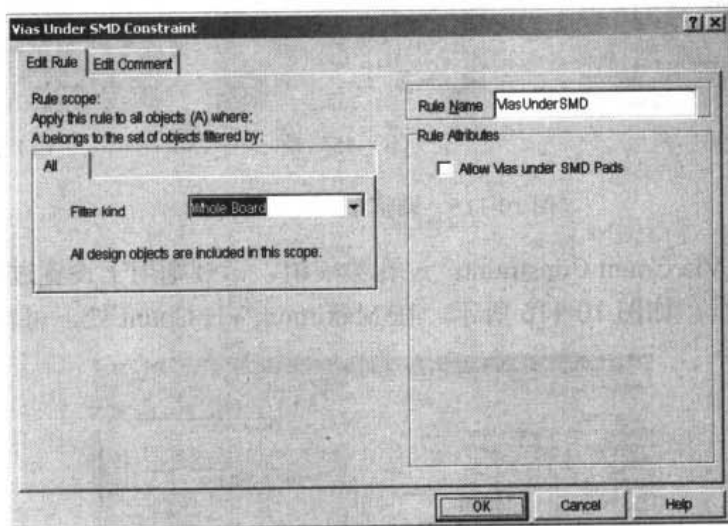


图 10-118 Vias Under SMD Constraint 设置对话框

## 4. 其他相关设计规则

如图 10-119 所示的 Other 选项卡, 在 Rule Classes (规则分类) 选项区域中列出有以下 3 类规则。各类规则的编辑和设置方法以及应用范围, 与 10-6-3 节中布线设计规则一样。



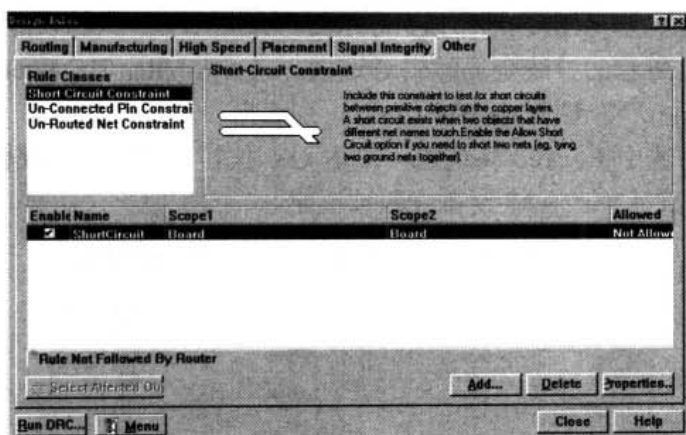


图 10-119 Other 选项卡

在 Rule Classes（规则分类）选项区域中各种规则的含义如下：

- **Short-Circuit Constraint:** 该规则用于检测敷铜层上对象之间的短路。如果两个属于不同网络的对象相接触，称这两个对象短路。如果需要将两个网络短路，将两个接地网络连在一起，则可启用短路设置。该规则的设置对话框如图 10-120 所示。

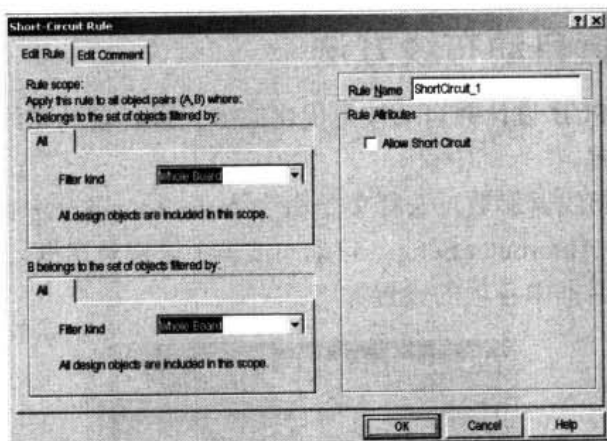


图 10-120 Short-Circuit Rule（短路）设置对话框

- **Un-Connected Pin Constraint:** 该规则用于探测没有连接导线的引脚。
- **Un-Routed Net Constraint:** 该规则用于检测网络布线的完成状态。网络布线的完成状态定义为（已经完成布线的连线）/（连线的总数） $\times 100\%$ 。

Placement 选项卡中的元件布局设计规则，在上一章中已经作了详细介绍，请参看 10-5-2 节。

由于篇幅所限，在此不对 Signal Integrity 选项卡中的信号完整性分析规则作详细介绍。有兴趣的读者可由帮助文件获取相关信息。

#### 10-6-4 自动布线前保留预布线

在实际工作中，从自动布线之前常常要手动地对某些网络进行预布线，然后运行自动布线器完成剩下的布线工作。要在自动布线时保留这些预布线以防丢失或被重新布线，在自动布线器选项中设置 Lock All Preroutes 选项。选中该项后，自动布线器将锁定所有预布线。反之，自动布线器在布线时，将取消所有预布线并对它们重新布线。



要锁定某一条预布线，双击该预布线，将弹出 Track（导线）属性设置对话框。单击 Global 按钮进入如图 10-121 所示的导线全局编辑对话框。在 Attributes To Match by 栏中将 Selection 下拉列表框设为 Same，将 Change Scope 下拉列表框设为 All FREE primitives，在 Copy Attributes 选项区域中选中 Locked 复选框，单击 OK 按钮，弹出导线属性修改确认对话框，单击其中的 Yes 按钮确认修改，该预布线即被锁定。

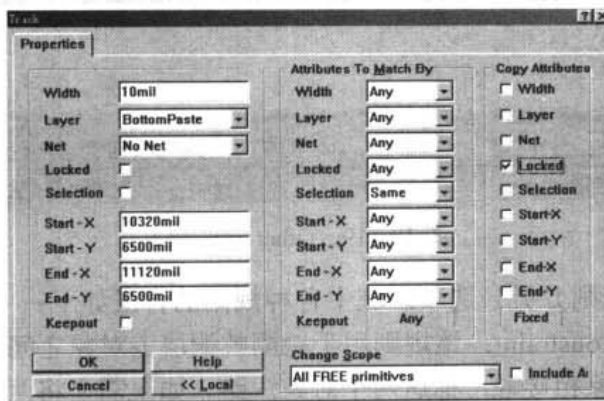


图 10-121 锁定预布线

## 10-6-5 手工配置自动布线方法

自动布线器能分析 PCB 设计并自动按最优化的方式设置自动布线器参数。所以，推荐使用自动布线器的默认设置。

如果需要手工设置布线器参数，选择菜单命令 Auto Route|Setup 或 Auto Route|Setup，将弹出如图 10-122 所示的 Autorouter Setup（自动布线器）设置对话框，在其中可以设置自动布线器的布线参数。其对话框中各项的设置如下：

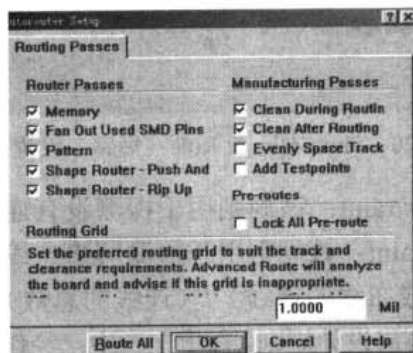


图 10-122 Autorouter Setup（自动布线器）设置对话框

### 1. Router Passes 选项区域

- **Memory:** 如果电路板上存在存储器，并且在设计中关心其放置位置和元件定位方式，则设置该选项以评估存储器的布线方式。这种布线方式的对象，是所有存储器及类似存储器的网络，采用的算法是启发式和搜索式。即使电路板上没有存储器，建议仍然总是选中该选项。
- **Fan Out Used SMD Pins:** 对于顶层和底层密布着 SMD 部件的电路板来说，要删除 SMD 部件的引脚（即使 SMD 部件的引脚作扇形散开）是非常困难的。可在对整个

电路板进行自动布线之前，先在布线器设置对话框的 Router Passes 栏中仅设置该选项后预先进行一次布线。如果发现 10% 的引脚在被删除时都失败，则在正式布线时很有可能所有引脚的删除都会失败。这时，应该调整电路板上引脚删除失败区域的元件布局。设置该选项后，将删除 SMD 部件的引脚，或者从 SMD 部件引出一小段导线，在导线终端布置一个过孔。删除布线方式，可采用启发式和搜索式的算法。当顶层和底层，或二者之一上布有单边元件时，始终设置该选项。删除失败的地方将以一内部画 X 的黄色小圆圈标注出来。

- **Pattern:** 每块电路板都有相连的模块。成功地对这些模块布线，取决于布线时选择模块的顺序。Pattern 布线方式有多种算法，每种算法对应一类模块，是一种搜索式布线方法。自动布线时将始终设置该选项。
  - **Shape Router-Push and Shove:** 推挤布线方式，是自动布线器中的主要布线方式。Protel 99 SE 对以往的推挤布线方式作了很大的改进，布线器在对角线方向对走线进行推挤操作，不限制推挤走线的最远距离，能避开过孔和焊盘。推挤布线方式的算法，能够处理更加复杂的情况。
  - **Shape Router-Rip Up:** 在推挤布线时可能出现间距冲突，冲突的地方将以黄色小圆圈标注。一般地说，布线算法是能够避免间距冲突。但对于非常复杂的电路板，仍有布线算法不能消除的间距冲突。设置该选项后，布线器能撤消发生间距冲突的走线，并重新布线以消除间距冲突。
2. **Manufacturing Passes 选项区域（手工改进布线方法）**
- **Clean During Routing:** 设置该选项后，在完成布线的每一步后都将运行该选项，以加强已布线并清除焊盘个数。
  - **Clean After Routing:** 设置该选项后，在完成所有布线步骤后运行该选项，和 Clean Up During Routing 项的作用一样，用于加强已布线并清除焊盘个数。
  - **Evenly Space Tracks:** 该选项用于在以下情况下使走线位于两个焊盘的中间。当布线参数允许在集成电路的焊盘之间布两条走线，但在两个焊盘之间只布了一条走线时，该走线将被放置在距离其中一个焊盘 20mil 处。如果设置了 Evenly Space Tracks 选项，这根走线将被排布在两个焊盘的中间。
  - **Add Testpoints:** 加入测试点选项。请参看 10-6-7 节。
3. **Lock All Pre-route:** 如前所述，选中该选项以保留所有预布线。
4. **Routing Grid:** 设置布线栅格大小。

## 10-6-6 运行自动布线

要运行自动布线器，单击主菜单 Auto Route，或者按下快捷键 A，在弹出的菜单中选择运行自动布线器的方式，如图 10-123 所示。

菜单中的各菜单命令的含义如下：

- **Autoroute All:** 用当前布线设置对整个电路板布线。  
以 10-4-3 节所得到的手工布局后的 PCB 为例，对其执行 Autoroute All 命令后得到的布线图如图 10-124 所示。

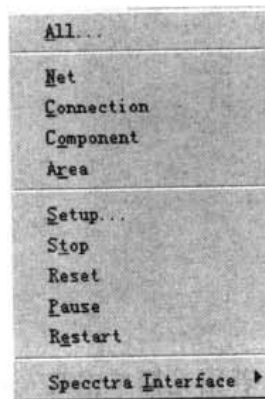


图 10-123 Auto Route 下拉列表

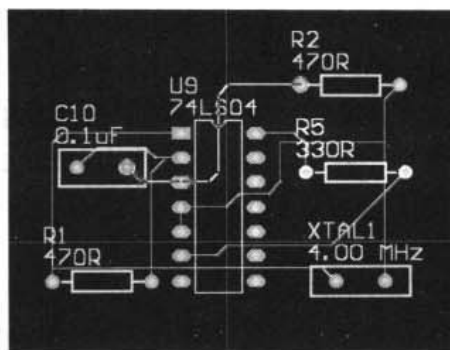


图 10-124 完成自动布线后的 PCB

- **Autoroute Connection:** 对选中连线布线。选择该命令后，光标变为十字，将光标移至目标连线上，单击鼠标左键即可对被选中的连线进行布线，如图 10-125 所示。这时鼠标仍处于 Autoroute Connection 命令状态下，可以继续对下一条连线布线。单击鼠标右键，即可退出布线命令。

使用该布线命令时，不会启用所有算法，建议在对整个电路板布线时不要选用该命令。

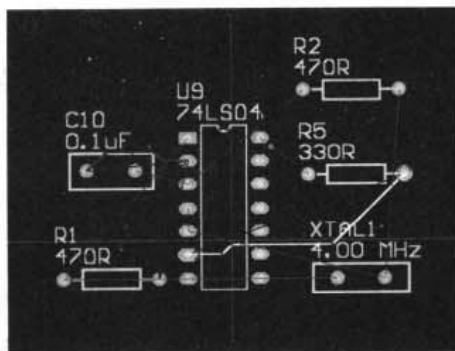


图 10-125 对选中连线布线

**Autoroute Net:** 对选中的网络布线。选择该命令后，光标变为十字，用光标选中任一网络，单击网络上的任一条连线或元件，都可对该网络上的所有连线布线。对网络 NetXTAL1\_2 布线的结果如图 10-126 所示。

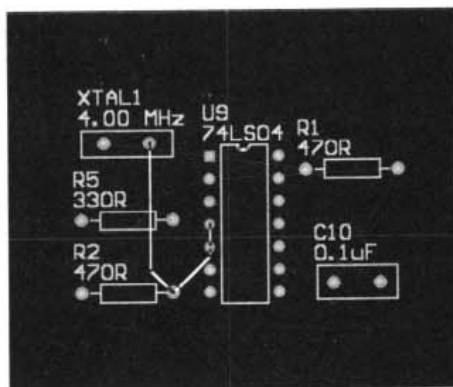


图 10-126 对网络 NetXTAL1\_2 布线

若用光标单击某一焊盘，将弹出如图 10-127 所示的信息框，提示该焊盘所属的网络的信

息。使用该命令布线时，可启用所有布线方法（routing passes）。

**Autoroute Component:** 对选中元件上的所有连线布线。选择该命令后，光标变为十字，用光标单击任一元件时，将对所有连在该元件上的连线布线。使用该命令时，将启用所有布线方法（routing passes）。对元件布线的结果，即如图 10-128 所示。

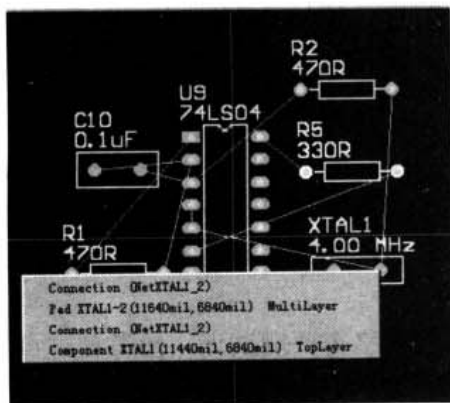


图 10-127 焊盘的网络信息

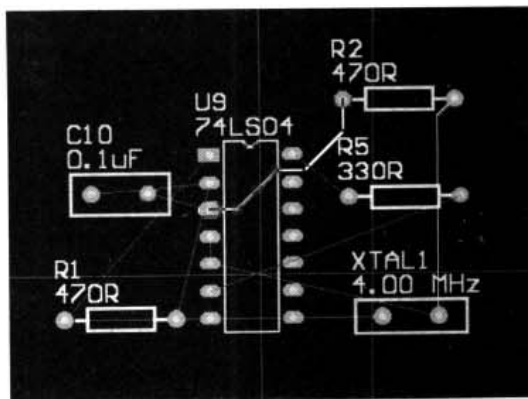
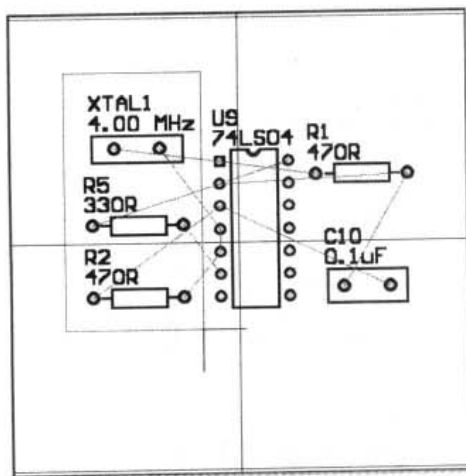
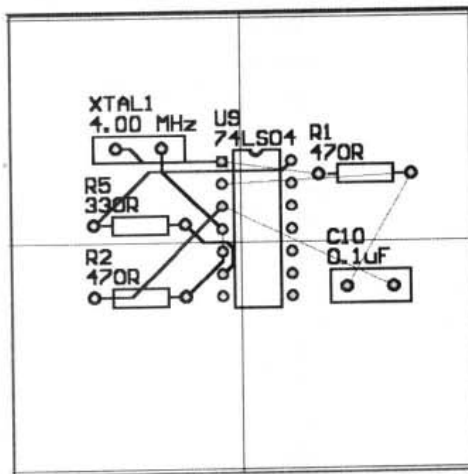


图 10-128 对选中元件布线

**Autoroute Area:** 对选中区域内的连线布线。选择该命令后，光标变为十字，用光标选择要布线的区域后，将对被选区域内的所有连线布线。使用该命令时，将启用所有布线方法（routing passes）。选中区域布线结果，如图 10-129 所示。



(a) 选定某一区域（虚线框内部分）



(b) 对选定的区域布线

图 10-129 对选中区域内的连线布线

在自动布线的过程中，也可打开图 10-123 所示的 Auto Route 菜单执行以下命令：

**Pause:** 中断。可以在自动布线的任何阶段终止布线。执行 Restart 命令可以继续中断了的布线。

**Restart:** 继续布线。中断布线后使用该命令可以重新开始布线。

**Reset:** 重新设置布线器。

**Stop:** 终止自动布线。执行该命令后，将中断自动布线，并弹出 Design Explorer Information 信息报告框，如图 10-130 所示，提示已经完成的布线，同时也保留所有已经完成的布线。

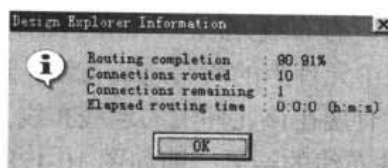


图 10-130 信息报告框

## 10-6-7 在自动布线过程中加入测试点

在 10-6-5 节的最后已提到自动布线器的测试点 (Testpoint) 功能。选中该选项后, 在自动布线过程的每一程序完成后, 都将运行测试点的程序。在添加测试点之前, 系统会先检测电路板上已存在并可作为测试点的焊盘和过孔。然后, 自动布线器将在没有但需要测试点的网络上添加一个测试点。

自动布线器将参考测试点用法设计规则来决定哪些网络需要测试点, 参考测试点类型设计规则来决定将添加测试点的焊盘属性。在添加测试点之前, 应检查这些规则。

在 10-6-3 节设置设计规则中已经提过测试点参数的设置, 在如图 10-131 所示的 Testpoint Style Rule 设置对话框中, 已定义 Allowed Side (适用层面) 和测试点尺寸的 Preferred Size (首选值)。自动布线器将会把尺寸为 Preferred Size (首选值) 的圆形焊盘依次放置在 Allowed Side (适用层面) 上, 系统已经对适用层面的顺序进行了预定义。

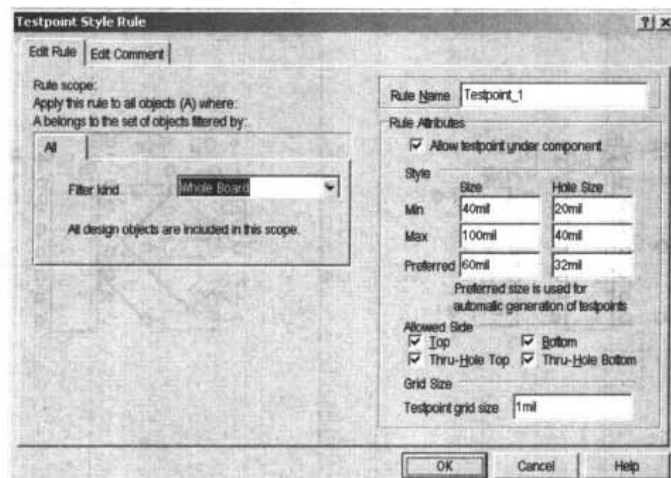


图 10-131 Testpoint Style Rule (测试点参数) 设置对话框

## 10-7 手工调整

Protel 99 SE 的布线功能十分强大。它既可以让电路设计者进行手工布线, 也可以进行自动布线, 自动布线的成功率几乎可达 100%。但由于自动布线采用拓扑法则, 有些地方不可避免会出现一些较机械的布线方式, 影响了电路板设计的美观; 一块成功的电路板, 其设计往往是电路设计者在自动布线的基础上, 经过多次修改, 才能达到令人满意的效果。

### 10-7-1 增加电源/地的输入端及信号的输出端

设计者设计的 PCB 板, 可能会缺少电源/地的输入端、信号的输出端, 为了保证电路板



设计的完整性, 必须增加电源/地的输入端及信号的输出端。

具体的操作步骤如下:

- (1) 运行 Protel 99 SE, 打开设计的 PCB 板。
- (2) 用鼠标单击如图 10-132 中①所示的 Bottom Layer 选项卡, 将底层设置为当前工作层。

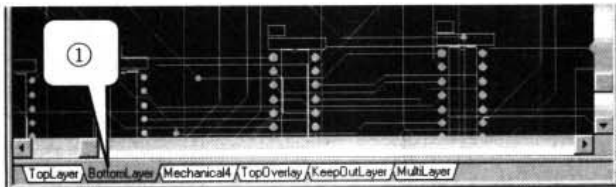


图 10-132 切换工作层面

- (3) 执行菜单命令 Place|Pad 后, 光标变成十字形, 将光标移动到需要放置焊盘的位置, 单击鼠标左键, 放置焊盘。其放置的焊盘, 即如图 10-133 中①所示。

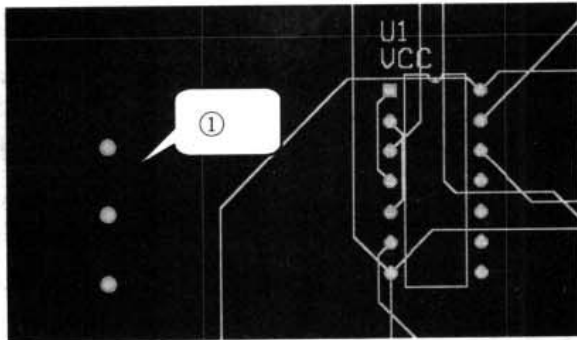



图 10-133 放置焊盘

- (4) 将鼠标移动到刚放置的焊盘上, 双击鼠标左键, 或者在执行命令 Place|Pad 后, 按下 Tab 键, 弹出如图 10-134 所示的 Pad (焊盘) 属性对话框, 在对话框中可对焊盘的属性进行设置。可设置的内容, 包括需要放置焊盘的位置、大小、形状、工作层面和旋转角度等。
- (5) 单击图 10-134 中的 Advanced 标签, 打开 Advanced 选项卡, 如图 10-135 所示。单击 Net 下拉列表框右边的下拉按钮 , 选择 VCC, 单击 OK 按钮, 将焊盘的网络属性设置为电源 VCC。
- (6) 执行菜单命令 Place|Line, 将焊点同网络 VCC 的其他部分连接在一起, 如图 10-136 中的①所示。
- (7) 按照同样的方法, 分别设置信号的输出端和地线的输入端, 结果如图 10-137 所示。图 10-137 中①为电源输入端, ②为地线输入端, ③为信号输入端。

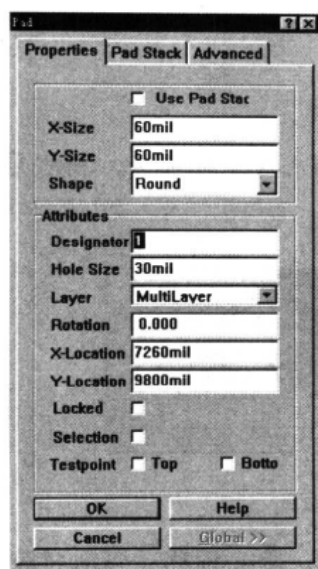


图 10-134 设置焊盘属性

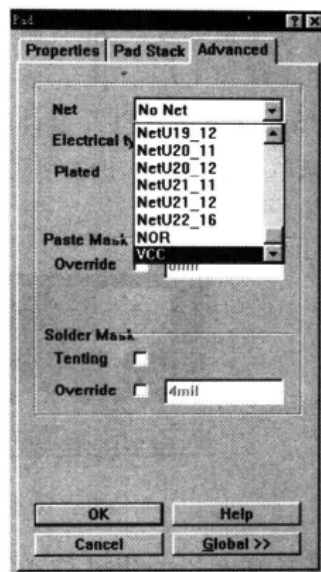


图 10-135 设置焊盘网络属性

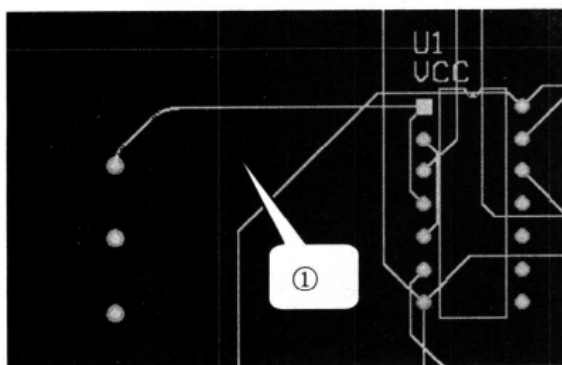


图 10-136 电源的输入端连接

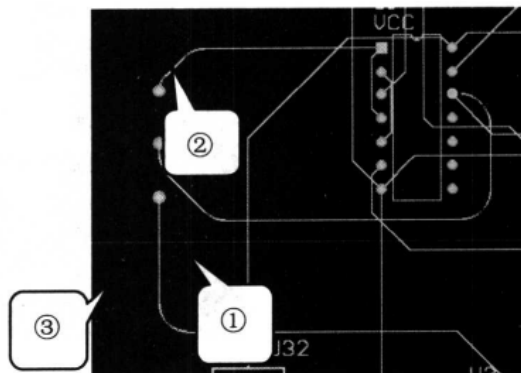


图 10-137 增加的电源/地的输入端和信号输出端效果图

## 10-7-2 调整布线

Protel 99 SE 布线分为手工布线和自动布线。调整布线常常需要拆除以前的布线，拆线共包括 4 个菜单命令，分别是 Tools|Un-Route|ALL、Tools|Un-Route|Net、Tools|Un-Route|Connection 和 Tools|Un-Route|Component。

调整布线的操作步骤如下：

- (1) 单击 PCB 工作窗口下边的 Top Layer 标签，将工作层由当前层切换到 Top Layer（顶层），使顶层为当前层。
- (2) 执行命令 Tools|Un-Route|ALL，拆除所有布线；执行 Tools|Un-Route|Net 命令拆除选定网络的布线；执行 Tools|Un-Route|Connection 命令拆除所选的一条连线；执行 Tools|Un-Route|Component 命令拆除与所选元件相连的导线。
- (3) 光标变为十字形，移动光标到需要拆除的连线或网络上，单击鼠标的左键，连线就被删除了。
- (4) 执行菜单命令 Place|Line 或在工作区单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择 Place Line，



在拆除导线的地方重新布线，结果如图 10-138 中①所示（为显示清楚，将布线宽度增加了 1 倍）。

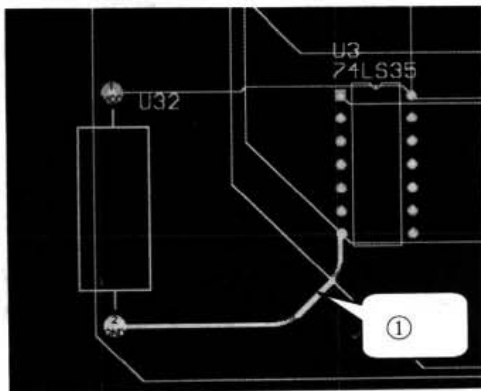


图 10-138 修改后的电路图

### 10-7-3 接地线和电源线的加宽

在电路设计者设计的电路板中，有很多因素会影响实际生产产品的性能，电路板的抗干扰能力就是其中较为重要的一种。电路的抗干扰能力，可以通过设计电路板时增加电源线和接地线的宽度得以提高，使电路的串模抑制比、共模抑制比增强，从而显著的改变抗干扰能力，提高系统的稳定性。

接地线和电源线加宽的原则：一般是在允许的情况下，地线越宽越好；而电源线和其他的信号线，如果通过的电流较大，也需要加宽。

下面以 LED 显示电路为例，讲解导线加宽的一般方法。

具体的操作步骤如下：

- (1) 运行 Protel 99 SE，打开需要修改的 PCB 文件。
- (2) 移动光标，将光标指向需要加宽的电源线、导线或是接地线。双击鼠标左键，弹出如图 10-139 所示的 Track 属性对话框，电路设计者可以根据需要，在 Width 文本框中输入线宽。

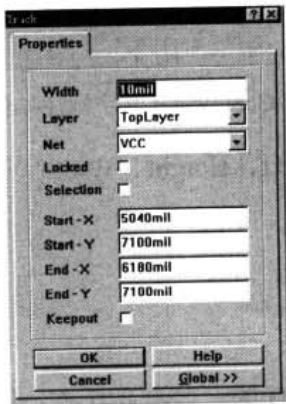


图 10-139 在 Width 文本框中输入 20mil

- (3) 单击 OK 按钮，完成修改。未修改前的导线如图 10-140 中①所示，修改后的导线如图 10-141 中①所示。

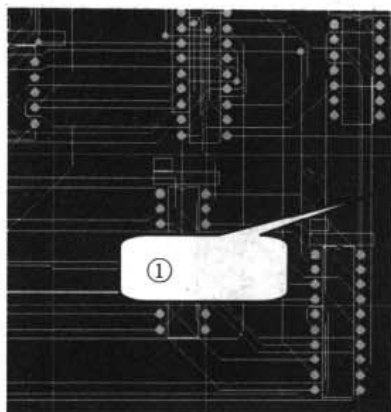


图 10-140 导线未加宽前的电路图

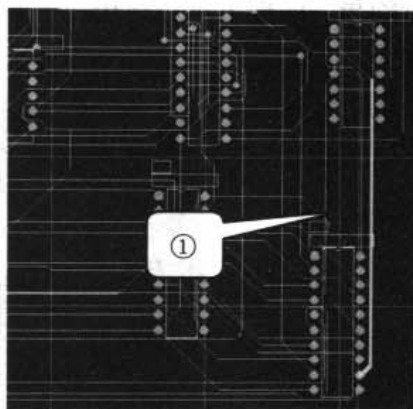


图 10-141 导线加宽后的电路图

## 10-7-4 文字标注的调整

文字标注调整的目的是让文字排列整齐，字体一致，使加工出的 PCB 板美观一些。文字标注调整的操作步骤如下：

- (1) 移动光标到需要调整文字标注的位置。
- (2) 将鼠标定位在文字上，双击鼠标左键，弹出如图 10-142 所示的 Comment (文字标注) 修改对话框。

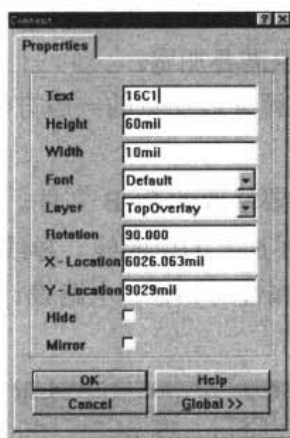


图 10-142 Comment (文字标注) 修改对话框

- (3) 设计者可根据需要，对 Text、Height、Width、Font 等进行修改。

## 10-8 小结与习题

### 10-8-1 小结

本章第一节主要讲述了设计 PCB 的一些准备工作：包括准备原理图和网络表、选择坐标系、定义和规划 PCB 板。第二节讲述了如何装入 PCB 元件库。PCB 元件库是 SCH 元件库中元件的封装形式，在设计 PCB 时用到的是 PCB 元件库。所以，仅仅装入原理图是不够的，还必须装入与其相对应的 PCB 元件库。同时，讲述了装入网络表的两种方法：利用网络表文

件和利用同步器装入网络表。第三节详细介绍了 PCB 设计中的一个重要参数——鼠线，以及鼠线的连接方式——网络拓扑结构。第四节重点讲述了元件布局的相关内容。元件的布局有自动和手动两种方法，不论采取哪种方法布局，都要先对布局参数和布局规则进行相应设置。PCB 的布局规则是 PCB 的设计规则中的一种，包括元件间距阈值、元件放置方向、自动布局时应忽略的网络、允许层面、限定矩形区域等 5 项规则；接着介绍了 Protel 99 SE 提供的两种自动布局器：分组元件布局器和全局元件布局器。前者适用于元件数目较少（小于 100）的电路板，后者适用于元件数目较多（大于 100）的电路板。最后，讲述了对自动布局后的电路板将作的各种调整，如元件的方向、元件标注的调整等。第五节介绍了 PCB 编辑器的编辑功能，包括：选择、撤消选择、删除、更改元件属性、移动元件等等。第六节具体讲述了 PCB 设计中自动布线的相关内容。在进行自动布线之前，先要根据网络密度分析图调整元件的布局，然后设置相应的布线规则。第七节讲述了手工调整布线，它直接关系到设计的电路板是否能够按照预先设定的方式工作，制造的电路板是否美观等。

### 10-8-2 习题

1. 如何设置自己的坐标系统？
2. Protel 99 SE 中用到的单位是什么？
3. Protel 99 SE 的制板向导提供了哪些功能？怎样才能创建自定义的模板？
4. 练习使用制板向导创建 1 块圆形的电路板。
5. PCB 元件库和 SCH 元件库是否一样？它们有什么区别和联系？
6. Protel 99 SE 提供了几类 PCB 元件库？哪几类？
7. 比较装入网络表和元件的两种方法，各有什么特点？
8. 什么是鼠线？它在设计 PCB 的过程中起什么作用？
9. 什么是网络拓扑结构？画出 Protel 99 SE 所提供的几种拓扑结构图。
10. 简述 Snap to Center 参数和字符串阈值参数的意义。
11. 简述 Protel 99 SE 中的元件布局规则。
12. Protel 99 SE 提供的元件布局器各有什么特点？
13. 怎样才能将 PCB 中的元件顺时针转动  $50^\circ$ ？
14. 练习 PCB 编辑器的各种选择功能及撤消选择功能。
15. 移动元件命令 Move 和 Drag 有何不同？Re-Route 命令和 Break Track 命令有何不同？
16. 在布线之前应注意哪些问题？
17. 密度分析图有何作用？
18. 简述电路板的布线设计规则。
19. 为什么要设置布线拐角阈值？
20. 用图表示出焊盘引脚和敷铜之间的各种连线方式。
21. Protel 99 SE 的程序是如何实现匹配网络长度的？
22. 为什么在布线之前要设置并保留预布线？如何实现保留预布线？
23. Protel 99 SE 的自动布线器有哪几种自动布线方式？
24. 设计 1 个 LED 显示电路，在电路板布线完成后，为电路板增加电源输入端。

25. 用 8031 芯片、2764 芯片和 74LS373 芯片，再加上外围电路，设计 1 个计数器，在设计好的电路板中，调整网络布线。
26. 利用 Potel 99 SE 提供的设计原理图 Z80 Processor，调整文字的标注，使所有的文字标注方向一致。
27. 举例说明如何将 A、B、C、D4 个元件，分别转动  $30^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $60^\circ$ ，以及将这 4 个元件整体地以 A 为中心顺时针转动  $60^\circ$ ？
28. 执行元件自动布局的菜单命令是什么？
29. 怎样按照下面的要求设定自动布线参数中的布线工作层面？  
只将顶层设定为布线层面，其布线方式为任意。  
其他信号层均设置为不使用。

# 第 11 章

## 绘图工具介绍

自动布线的结果往往不尽人意，还需要进行手工调整。在此后的两章中将介绍手工调整时要用到的两个工具：PCB 的绘图工具和编辑工具。

Protel 99 SE 的绘图工具是在 Placement Tools（放置工具栏）中。在 PCB 编辑器中执行菜单命令 View|Toolbars|Placement Tools，即可打开如图 11-1 所示的 Placement Tools（放置工具栏）。

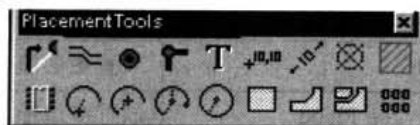


图 11-1 Placement Tools（放置工具栏）

放置工具栏中大部分按钮的功能，还可以通过使用菜单命令来实现。这些按钮对应于主菜单 Place 中的各命令，如图 11-2 所示。图 11-3 所示的是 Place 的 Keepout 子菜单。

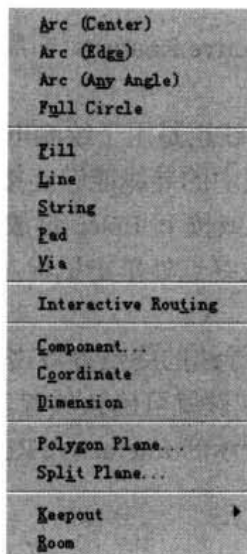


图 11-2 Place 下拉菜单

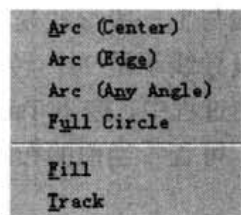



图 11-3 Keepout 子菜单

放置工具栏中各个按钮的功能及其与 Place 菜单命令的对应关系，如表 11-1 所示。

表 11-1 放置工具栏中的各个按钮及对应功能

按钮图标	对应的命令	对应的功能
	Place Interactive Routing	交互式布线
	Place Line	绘制连线
	Place Pad	放置焊盘
	Place Via	放置过孔
	Place String	放置字符串
	Place Coordinate	放置位置坐标
	Place Dimension	放置尺寸标注
	Edit Origin Set	设置坐标原点
	Place Room	放置限制元件的区域
	Place Component	放置元件
	Place Arc (Edge)	边缘法绘制圆弧
	Place Arc (Center)	中心法绘制圆弧
	Place Arc (Any Angle)	边缘法绘制任意角度圆弧
	Place Full Circle	放置整个圆弧
	Place Fill	放置矩形填充
	Place Polygon Plane	放置多边形填充
	Place Split Plane	放置内部电源/接地层
		用于将剪贴板中的内容粘贴在工作平面上

## 11-1 绘制导线

放置工具栏中的按钮，或执行菜单命令 Place|Interactive Routing，即用于绘制导线。其快捷键为 Alt+P+T。

导线是指在元件的焊盘之间构成电气连接的连线。导线也是用于绘制电路板的轮廓线、禁止布线边界等。交互式布线是指放置导线。交互式布线中的导线能够连接到网络上。

单击该按钮后，光标变为十字，在选定位置单击鼠标或按下 Enter 键放置导线的起点，移动光标将拖出导线，可以看到导线的走线情况，在导线终点处单击鼠标左键或按下 Enter 键，即可放置一段导线。

若某一段导线与上一段导线呈 90° 转折，则必须在导线的终点处双击鼠标左键确认放置；若其与上一段导线不是 90° 转折，则只须单击鼠标左键就可确认放置。

在绘制导线的过程中，按下 Tab 键将弹出如图 11-4 所示的 Interactive Routing（交互式布线）设置对话框，可查看当前的布线规则。

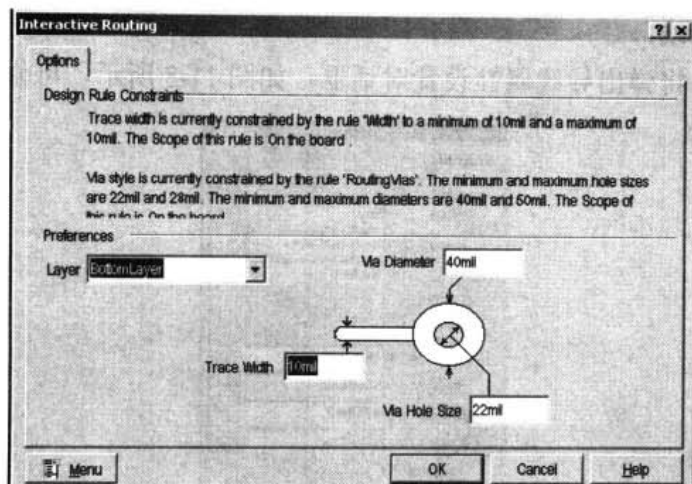


图 11-4 Interactive Routing (交互式布线) 布线规则

绘制完一条导线后, 单击鼠标右键或按下 Esc 键, 可结束该导线的绘制。这时光标仍处于绘制导线的命令状态, 可继续绘制下一条导线。然后单击鼠标右键或再按下 Esc 键, 即可退出绘制导线命令状态。图 11-5 所示的是绘制导线的示意图。

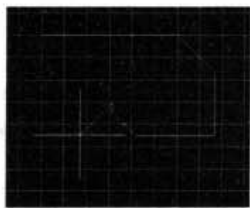


图 11-5 绘制导线示意图

对于已经绘制好的导线, 可执行以下编辑操作步骤:

(1) 选中一条导线, 该导线将如图 11-6 所示。

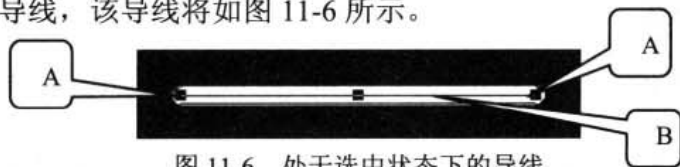


图 11-6 处于选中状态下的导线

- (2) 单击一下“A”点, 鼠标变为十字, 移动光标可以拖动导线的端点; 在另一位置再单击鼠标左键, 即可将导线的端点移动到新位置。
- (3) 单击一下“B”点, 鼠标变为十字, 移动光标, 本是直线的导线即变为折线; 在另一位置再单击鼠标左键, 原来的导线即被分为了两条导线, 如图 11-7 所示。

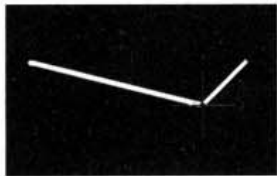


图 11-7 将一条导线分为两条

(4) 单击导线上除 A、B 点的任何地方, 光标变为十字并连接在导线上, 移动光标即可



平移整段导线。

(5) 双击导线，将弹出导线属性设置对话框，如图 11-8 所示，可修改导线的属性。

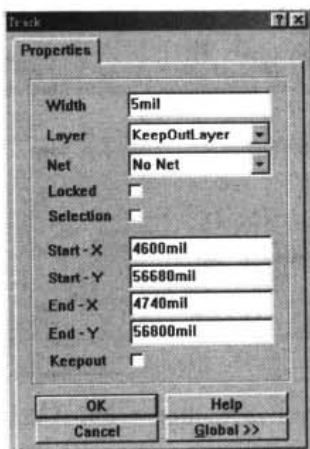


图 11-8 设置导线属性对话框

注意：在 Protel 中两点之间的一条导线，通常是由几段导线组成的，如图 11-9 所示。

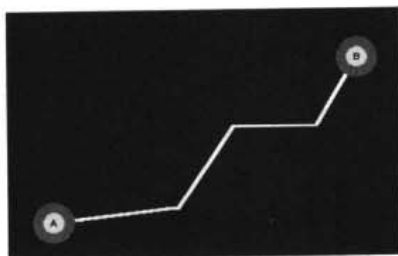



图 11-9 焊盘 A 和 B 之间由 4 段导线连接

## 11-2 绘制连线

放置工具栏中的按钮，或执行菜单命令 Place|Line，即可用于绘制连线。其快捷键为 Alt+P+L。

直线一般是在非电气层上绘制电路板边界、元件边界、禁止布线边界等。它不能连接到网络上，其绘制不遵循布线规则。

绘制和编辑连线的方法与绘制导线的方法完全一样。在绘制连线的过程中，按下 Tab 键，将弹出如图 11-10 所示的 Line Constraints (连线) 属性设置对话框，可更改连线的线宽及其所属的层面。

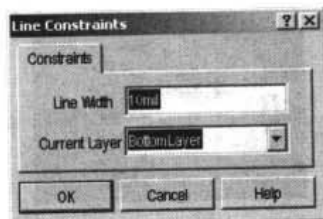


图 11-10 Line Constraints (连线) 属性设置对话框

注意：连线是放置放在非电气层上的线段，其属性不受设计规则的限制；而导线是放置在电气层上构成电气连接的线段，则遵循设计规则。

### 11-3 放置焊盘

放置工具栏中的按钮，或执行菜单命令 Place|Pan，即可用于绘制焊盘。其快捷键为 Alt+P+P。

焊盘通常指用于连接元件引脚的衬垫，能连接到网络上，可被放置于所有层面上。

单击焊盘按钮后光标变为十字，中心带有一焊盘，如图 11-11 所示。将光标移动至目标位置，单击鼠标左键或按下 Enter 键便在该处放置了一个焊盘，如图 11-12 所示。这时光标仍处于放置焊盘的状态，可以继续放置下一个焊盘。单击鼠标右键、双击鼠标左键或按下 Tab 键，都可退出放置焊盘命令。



图 11-11 处于放置焊盘状态的鼠标




图 11-12 放置好的焊盘

在放置焊盘的过程中按下 Esc 键，在弹出的焊盘设置对话框中可更改焊盘属性。

对于已经放置好的焊盘，可执行以下编辑操作：

- 移动焊盘：单击放置好的焊盘，焊盘四周出现小十字，即处于选中状态，再单击焊盘，光标变为十字，并连接在焊盘上。移动光标，焊盘将随之一起移动，在另一位置单击鼠标左键，即可放置焊盘到新位置。
- 双击焊盘，也将弹出焊盘属性设置对话框，可编辑焊盘属性。

### 11-4 放置过孔

放置工具栏中的按钮，或执行菜单命令 Place|Via，即可用于绘制过孔。其快捷键为 Alt+P+V。

过孔用于在 PCB 的两个层面之间形成电气连接，并能连接到网络上。

放置和编辑过孔的方法与放置和编辑焊盘的方法完全一样。如图 11-13 所示，是处于放置过孔状态的光标；如图 11-14 所示，是放置好的过孔。

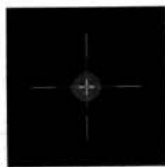


图 11-13 处于放置过孔状态的光标

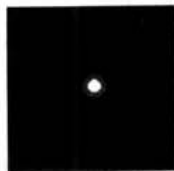


图 11-14 放置好的过孔

## 11-5 放置字符串

放置工具栏中的按钮 ，或执行菜单命令 Place|String，即可用于放置字符串。其快捷键为 Alt+P+S。

单击字符串按钮后，光标变成图 11-15 所示的浮动字符串，在目标位置单击鼠标左键或按下 Enter 键即可放置字符串。放置好的字符串，即如图 11-16 所示。单击鼠标右键或按下 Esc 键，即可退出放置字符串的命令状态。在放置字符串的过程中，按下 Tab 键，在弹出的字符串设置对话框，可更改字符串的内容和属性。

字符串不是具有电气特性的元件，不能连接到网络上，对电路的电气连接关系无任何影响。

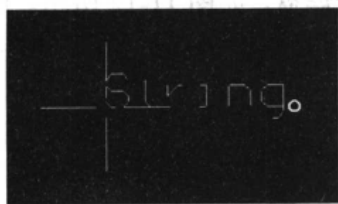


图 11-15 处于放置字符串状态的光标

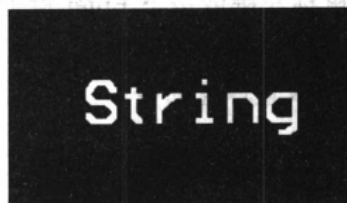


图 11-16 放置好的字符串

对于已经放置好的字符串，可执行以下编辑操作：

- 单击字符串使其聚焦，字符串将变为如图 11-17 所示，用光标单击“A”点，光标将连在“A”点，移动光标可使“A”点围绕“B”点转动，从而改变字符串的方向，如图 11-18 所示。
- 用光标单击图 11-17 中的“B”点，光标将连在“B”点，移动光标可平移字符串。

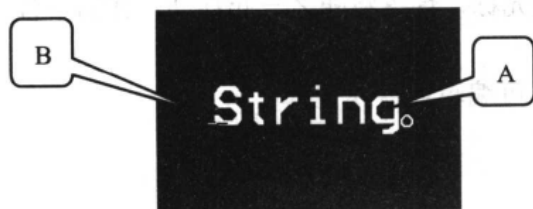


图 11-17 处于被选中状态的字符串

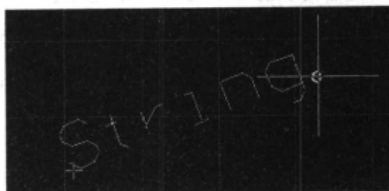



图 11-18 转动字符串的方向

## 11-6 放置坐标位置

放置工具栏中的按钮 ，或执行菜单命令 Place|Coordinate，即可用于放置位置坐标。

单击按钮  后，光标变成如图 11-19 所示，在十字的旁边显示光标的当前坐标。在目标位置单击鼠标左键或按下 Enter 键，即可放置该位置的坐标。放置好的坐标标注，如图 11-20 所示。单击鼠标右键或按下 Esc 键，即可退出放置坐标位置的命令状态。

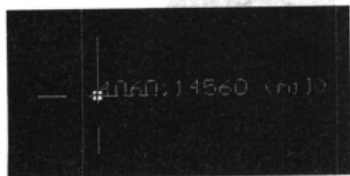


图 11-19 处于放置坐标位置状态的鼠标

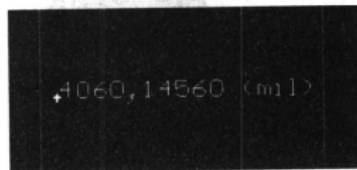


图 11-20 放置好的坐标标注

在放置坐标的过程中,按下 Tab 键,在弹出的坐标显示设置对话框中可更改坐标标注的显示属性。坐标单位可设置为 3 种表示形式:None(无单位)、Normal(常规表示)、Brackets(括号表示),分别如图 11-21(a)、11-21(b)、11-21(c)所示。

坐标标注不是具有电气特性的元件,不能连接到网络上,对电路的电气连接关系无任何影响。

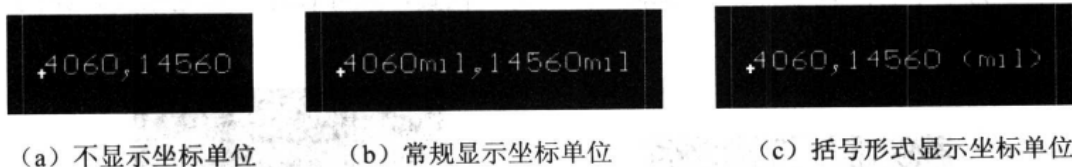


图 11-21 3 种坐标单位的显示形式

对于放置好的坐标,可执行以下的编辑操作:

- 光标单击坐标标注,坐标标注将变为如图 11-22 所示;单击“A”点,光标变为十字,并连在坐标标注上,移动光标即可平移坐标标注;在平移坐标标注时将自动更新坐标值,显示的坐标值始终是光标的当前坐标值。
- 双击放置好的坐标值,将弹出坐标标注设置对话框,可更改坐标标注的显示形式。

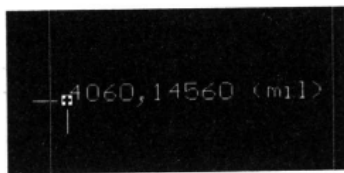


图 11-22 处于被选中状态的坐标标注

执行菜单命令 Tools|Convert|Explode Coordinate To Free Primitives, 将坐标标注分解为自由的基本对象。坐标标注被分解后,就不能为一个整体来处理了。

## 11-7 设置尺寸标注

放置工具栏中的按钮,或执行菜单命令 Place|Dimension,即可用于放置尺寸标注。其快捷键为 Alt+P+D。


单击按钮后,光标变成如图 11-23 所示。在目标起点处单击鼠标左键或按下 Enter 键,即确定尺度的起点;移动光标至目标终点,单击鼠标左键或按下 Enter 键,即可设置尺寸标注。设置好的尺寸标注如图 11-24 所示。重复该操作设置下一个尺寸标注,单击鼠标右键或按下 Esc 键,可退出设置尺寸标注的命令状态。



图 11-23 设置尺寸标注起点时的鼠标

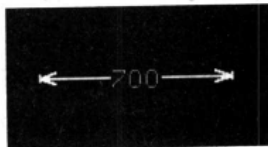


图 11-24 设置好的尺寸标注

在放置坐标的过程中,按下 Tab 键,在弹出的尺寸标注设置对话框中可更改尺寸标注的

属性。尺寸标注的单位和坐标标注的单位具有同样的可选择形式。

坐标标注不是具有电气特性的元件，不能连接到网络上，对电路的电气连接关系无任何影响。

对于放置好的坐标，可执行以下的编辑操作：

- 单击尺寸标注使其处于选中状态，如图 11-25 所示，单击“A”点或“B”点，光标变为十字并连在端点处，移动光标至另一位置，尺寸标注即随之改变，如图 11-26 所示。



图 11-25 处于选中状态的尺寸标注





图 11-26 改变尺寸标注

- 双击尺寸标注，将弹出尺寸标注设置对话框，可更改尺寸标注的属性。
- 单击尺寸标注的任何位置，光标将变为十字并连在其上，移动光标到另一位置单击左键，即可将尺寸标注移至新位置。


执行菜单命令 Tools|Convert|Explode Dimension To Free Primitives，可将尺寸标注分解为自由的基本对象。若尺寸标注被分解后，就不能再作为一个整体来处理了。

## 11-8 设定原点


放置工具栏中的按钮，或执行菜单命令 Edit|Origin|Set，即可用于设置坐标原点。

单击按钮后，光标变成十字。在要设置为原点的位置，单击鼠标左键便可将该点设置为自定义坐标系统的原点。可以在状态栏中看到设置原点前后工作区内坐标的变化。执行菜单命令 Edit|Origin|Reset，即可恢复坐标系统的原点为绝对原点。

## 11-9 放置元件

放置工具栏中的按钮，或执行菜单命令 Place|Component 用于放置元件的封装形式。快捷键为 Alt+P+C。

元件的封装形式指实际元件在 PCB 上的表现形式，通常包括连接设备引脚的焊盘和设备的物理外形等。

单击按钮后，将弹出如图 11-27 所示的放置元件对话框，在 Footprint 处输入元件名称，或者单击 Browse 按钮，弹出如图 11-28 所示的浏览元件库对话框，从已经安装了的元件库中选择需要的元件封装形式，单击 Close 按钮回到上一级对话框，再单击 OK 按钮即可关闭对话框。这时光标变为十字，并且在光标上连接了所选的元件，如图 11-29 所示。移动光标到目标位置，单击左键或按下 Enter 键放置元件，又会弹出放置元件对话框，可以继续放置下一个元件。单击 Cancel 按钮，即可退出放置元件的命令状态。

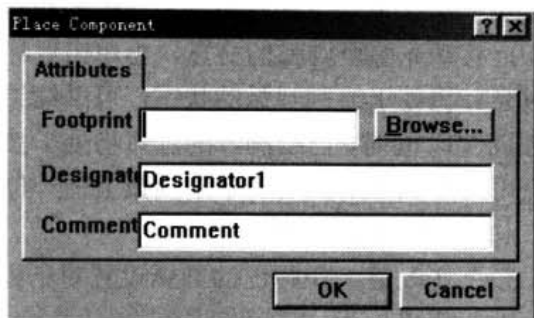


图 11-27 Place Component (放置元件) 对话框



图 11-28 Browse Libraries (浏览元件库) 对话框

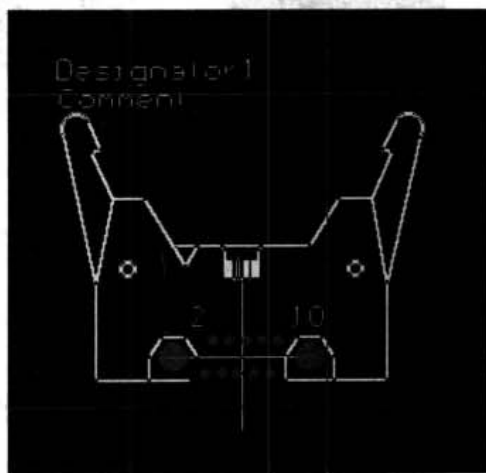


图 11-29 处于放置元件状态的光标


在 PCB 编辑器中不能直接编辑元件的形式, 只能打开相关的 PCB 元件库后对其进行编辑。

**注意:** 通常在新建 PCB 文件时, 都要装入原理图的信息, 两个过程基本上是同步完成。在装入原理图的过程中, 将要用到的 PCB 封装形式被放置在电路板上以备定位, 原理图中元件间的连线关系保存在 PCB 文件中。


执行菜单命令 Tools|Convert|Explode Component to Free Primitives, 可将元件分解为自由的基本对象。一旦元件被分解后, 就不能被再组合为一个整体。

## 11-10 绘制圆弧

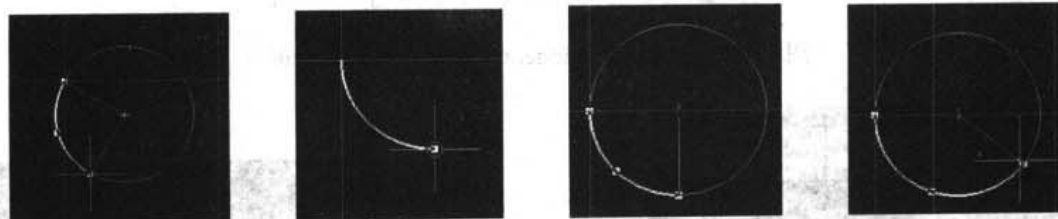
Protel 99 SE 提供了 4 种绘制圆弧的方法。每种方法都是通过顺序地放置一系列点来绘制圆弧。所有的点确定后, 圆弧就绘制好了。这时光标仍处于绘制圆弧的命令状态, 可以继续绘制下一段圆弧。单击鼠标右键或按下 Esc 键退出绘制圆弧的命令。

按钮 , 或执行菜单命令 Place|Arc (Edge), 即可用边缘法绘制 90° 圆弧。其快捷键为 Alt+P+E 和 Alt+P+K+E。




单击按钮后,光标变为十字,单击鼠标左键确定圆弧的起点,光标自动移至圆弧的另一端,如图 11-30 (a) 所示,移动光标至圆弧的终点,再单击鼠标左键确认。绘制好的圆弧如图 11-30 (b) 所示。这时光标仍处于绘制圆弧的状态,可继续绘制下一个圆弧。单击右键或按 Esc,即可退出绘制圆弧状态。同时,已绘制好的圆弧将处于被选中状态,如图 11-30 (c) 所示,单击圆弧的两个端点可调整圆弧的弧度;单击圆弧上任一位置可平移圆弧;单击圆弧的中点可调整圆弧的半径,如图 11-30 (d) 所示。


在绘制圆弧的过程中,按下 Tab 键,在弹出的圆弧设置对话框中可修改圆弧的属性。

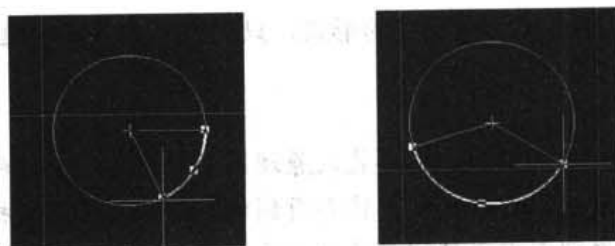


(a) 确定圆弧起点 (b) 放置好的 90° 圆弧 (c) 处于选中状态的圆弧 (d) 调整圆弧

图 11-30 边缘法绘制 90° 圆弧及对其的调整


按钮,或执行菜单命令 Place|Arc (Center),即可用中心法绘制圆弧。其快捷键为 Alt+P+A 和 Alt+P+K+A。


单击按钮后,光标变为十字,在目标位置单击鼠标左键确认圆心,移动光标调整半径到需要的长度;再次单击鼠标左键确认半径,如图 11-31 (a) 所示,这时光标为十字,并限制在圆周上移动。再单击鼠标左键确认圆弧起点后,光标自动滑至圆弧的另一端,移动光标调整圆弧的弧度,单击左键确认圆弧终点,即如图 11-31 (b) 所示。单击鼠标右键或按 Esc 键,即可退出绘制圆弧的状态。对圆弧的调整同法 1。



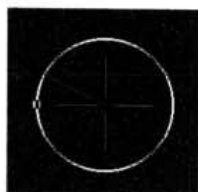
(a) 确认圆弧的半径 (b) 确认圆弧的终点

图 11-31 中心法绘制圆弧

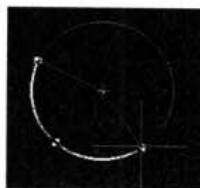
按钮,或执行菜单命令 Place|Arc (Any Angle),即可用边缘法绘制任意角度圆弧。其快捷键为 Alt+P+N。

单击按钮后,光标变为十字,在目标位置单击鼠标左键确认圆弧起点,如图 11-32 (a) 所示。这时光标自动移至圆心,移动光标调整半径后再单击左键确认圆心,光标自动移到圆弧上,移动光标,即可调整圆弧的角度,单击鼠标左键确认圆弧的终点,即如图 11-32 (b) 所示。单击鼠标右键退出绘制圆弧状态。







(a) 确认圆弧起点后

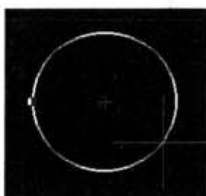


(b) 确认圆弧圆心后

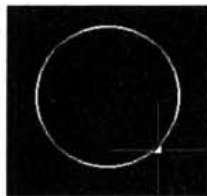
图 11-32 边缘法绘制任意角度圆弧

按钮 , 或执行菜单命令 Place|Full Circle, 即可用于放置整个圆弧。其快捷键为 Alt+P+U。

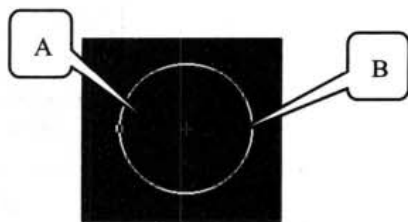
单击  按钮后光标变为十字, 在目标位置单击鼠标左键确认圆心, 移动光标将拖出一个圆来, 如图 11-33 (a) 所示。调整圆的半径后, 再单击左键确认绘制整个圆弧, 如图 11-33 (b) 所示。这时光标仍处于绘制圆弧的状态, 可继续绘制下一个圆弧。单击鼠标右键或按下 Esc 键, 即可退出绘制圆弧状态。同时, 已绘制好的圆弧将处于被选中状态, 如图 11-33 (c) 所示。单击“A”点可调整圆弧的半径, 单击圆心“B”点或圆弧上任一处可平移圆弧。



(a) 调整圆弧半径



(b) 确认绘制整个圆弧





(c) 处于被选中状态的圆弧

图 11-33 绘制整个圆弧

## 11-11 放置填充

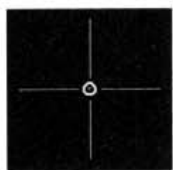
Protel 99 SE 提供有 2 种放置填充的方式,

按钮 , 或执行菜单命令 Place|Fill, 即可用于放置矩形填充。其快捷键为 Alt+P+F。

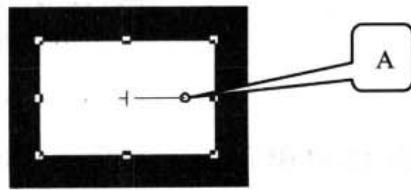
单击按钮  后, 光标变为如图 11-34 (a) 所示, 依次在矩形填充对角线的两个顶点处, 单击鼠标左键或按 Enter 键, 即可放置一个矩形填充。

单击鼠标右键或按下 Esc 键, 即可退出放置矩形填充状态。同时, 已放置好的矩形填充处于被选中状态, 如图 11-34 (b) 所示。单击“A”点可使矩形填充绕其中心转动; 单击填充的 4 个顶点可缩放填充尺寸; 单击填充 4 条边的中点可改变其高度和宽度; 单击填充的任何部分可平移填充。

在放置矩形填充的过程中, 按下 Tab 键, 在弹出的矩形填充设置对话框中可更改属性。





(a) 处于放置矩形填充状态的鼠标



(b) 处于被选中状态的矩形填充

图 11-34 放置矩形填充

按钮, 或执行菜单命令 Place|Polygon Plane, 即可用于放置多边形填充。其快捷键为 Alt+P+G。

单击按钮将弹出多边形填充设置对话框, 如图 11-35 所示。在其中可设置多边形填充的 Connect to Net (填充连接的网络)、Grid Size (栅格尺寸)、Track Width (线宽)、Layer (所在工作平面)、Hatching Style (填充风格)、Surround Pads With (环绕焊盘方式)、Minimum Primitive Size (最小原始尺寸) 等参数进行设置。然后单击 OK 按钮确认设置, 进入放置多边形填充的状态。当光标变为十字, 单击鼠标左键确认多边形起点。然后, 在多边形的各个顶点处单击左键确认。最后, 在多边形终点单击鼠标右键, 程序会自动将多边形的起点和终点连接起来并完成填充。

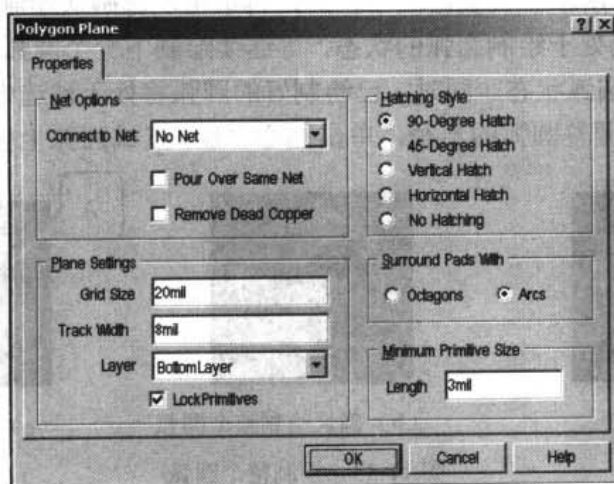


图 11-35 Polygon Plane (多边形填充) 设置对话框

如图 11-36 所示是采用 5 种不同填充风格放置的多边形填充。

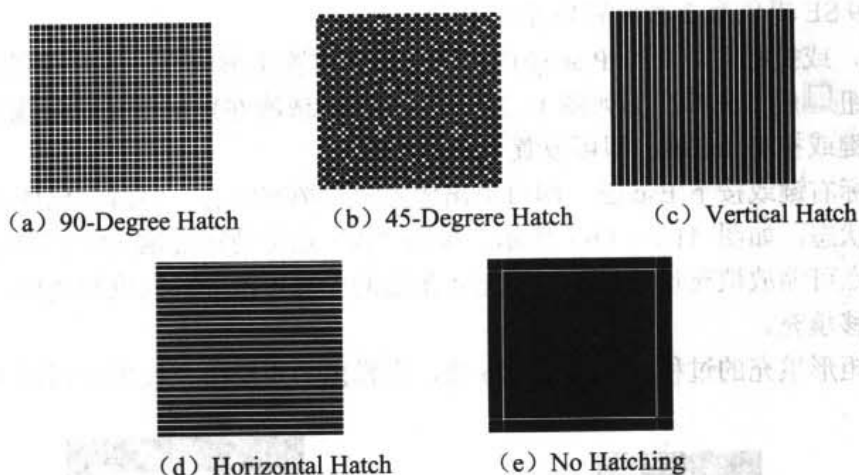


图 11-36 5 种不同填充风格的多边形填充

如图 11-37 所示, 是 2 种多边形填充绕过焊盘的方式。



(a) 8 边形方式 (Octagons)



(b) 圆弧方式 (Arcs)

图 11-37 两种多边形填充绕过焊盘的方式




**注意：**要放置一个充满的多边形填充，可在多边形设填充设置对话框中将线宽设置的比栅格尺寸稍大些，则相邻的导线互相重叠从而填满整个多边形。

**注意：**要使多边形填充绕过焊盘，必须在如图 8.9 所示的 PCB 工作参数对话框的 Option 选项卡中，将 Repour 选项设置为 Always 或 Threshold。

矩形填充和多边形填充是不同的。前者将整个矩形区域全部填满，同时覆盖区域内所有的导线、焊盘和过孔，使它们具有电气连接；而后者是用铜线填充，并可以被设置为绕过多边形区域内具有电气连接的对象，不改变它们原有的电气特性。如果要使多边形填充连接到多边形区内的网络上，则在多边形填充设置对话框中选中 Pour Over Same Net 项。

执行菜单命令 Tools|Convert|Explode Polygon To Free Primitives，可将多边形填充分解为自由的基本对象。一旦多边形填充被分解后，就不能再被组合为一个整体了。

## 11-12 其他工具

在图 11-1 所示的放置工具栏中还有 3 个放置工具：一个是按钮 ，用于放置限制元件的区域；一个是按钮 ，用于放置内部电源/接地层；另一个是按钮 ，用于将剪贴板中的内容粘贴在工作平面上。这里不对它们作详细介绍，读者可根据 Protel 99 SE 自带的帮助文件了解它们的功能和用法。

## 11-13 小结与习题

### 11-13-1 小结

本章详细介绍了 PCB 的绘图工具。Protel 99 SE 比以前的版本增加了一些绘图工具，从而使其绘图工具达到 16 个，主要用于放置导线、焊盘、过孔、字符串、坐标位置、尺寸标注、填充等元件，以及绘制圆弧和设置原点等等。放置各种元件的方法大同小异，并且这些绘图工具的使用大都具有快捷键方式。

### 11-13-2 习题

1. PCB 中的连线和导线有何区别和联系？
2. 如何将一段导线分为几段？
3. 放置位置坐标有几种形式？举例说明是哪几种？

4. 怎样设置自定义坐标系统的原点? 怎样恢复绝对原点?
5. 绘制圆弧有几种方法? 分别用每种方法绘制一个半径 10mm 的圆弧, 弧度不限。
6. 矩形填充和多边形填充有什么不同?

# 第 12 章

## 在 PCB 中定位

在实际的设计工作中，PCB 一般具有相当复杂的网络结构和数目繁多的元件与布线，所以，能在 PCB 中快速和准确地定位，将非常有利于 PCB 的设计工作，本章介绍 4 种在 PCB 中进行定位的方法。

### 12-1 使用 PCB MiniViewer 定位

打开 PCB 管理器后，在工作区面板上有一个很小的视窗可以显示主屏幕，利用这个小视窗可以浏览 PCB 文件和在工作区快速定位，如图 12-1 所示。

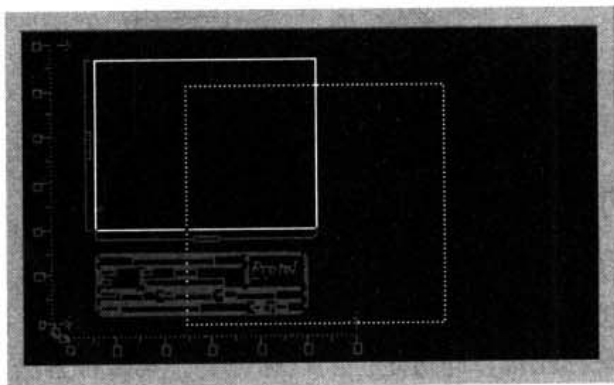


图 12-1 PCB 浏览器中的小视窗

小视窗的整个黑色的矩形代表整个 PCB 工作区，图中的虚线框代表当前的工作窗口画面。将光标指向虚线框的顶点，按下鼠标左键并拖动顶点可以改变虚线框的大小，相应的工作窗口的画面被缩放。将光标指向虚线框内任一处，按下鼠标左键不放，移动光标即可拖动整个虚线框移动，相应的工作窗口在 PCB 工作区中移动。在 PCB 浏览器的小视窗中拖动虚线框能够在整个 PCB 工作区快速地定位和浏览，如图 12-2 所示。要观察 PCB 工作区内某部分图样，将虚线框拖到相应位置框住要查看的部分，在工作窗口中便立即可显示这部分图样。

PCB 浏览器中的小视窗还可作为放大器使用。单击图 12-2 中小视窗下的 Magnifier 按钮，光标变为一个放大镜，将放大镜移至工作窗口中要放大的部分，在小视窗中便可显示该部分被放大后的详细情况。单击 Configure 按钮，将弹出如图 12-3 所示的 Configure Magnifier（放大器配置）对话框，可在其中设置放大器的放大比例。在使用放大器浏览图纸的过程中，按下空格键即可更换放大的比例。

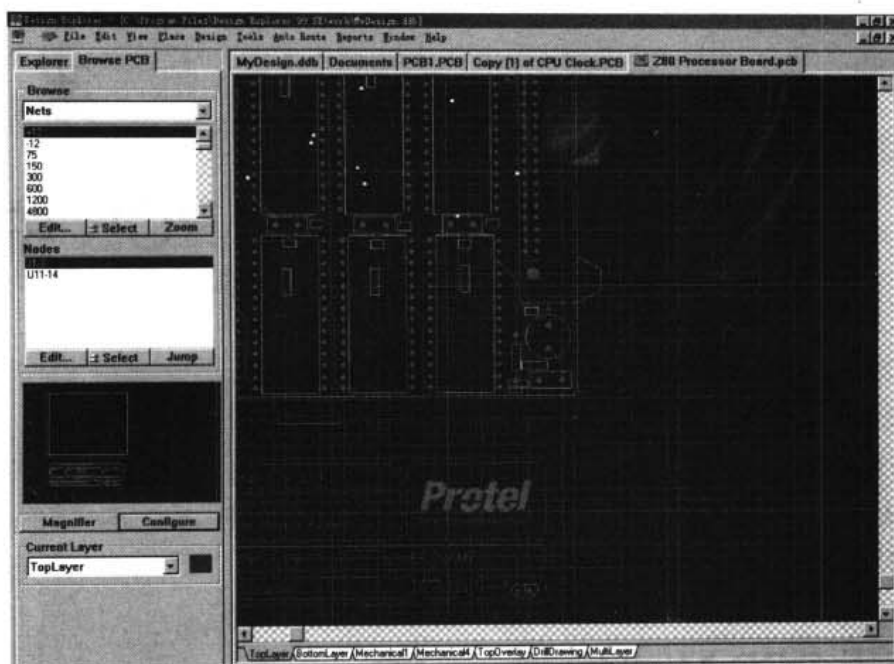


图 12-2 利用 PCB 浏览器中的小视窗快速定位及浏览

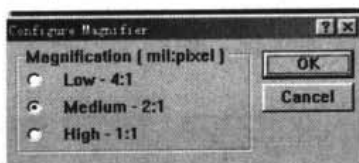


图 12-3 Configure Magnifier (放大器配置) 对话框

## 12-2 手动移动图纸

手动移动图纸的方法有两种：第一种是利用工作窗口旁的滚动条，拖动滚动按钮或将光标指向滚动条上的箭头按钮，按下鼠标左键不放，都可以移动图纸。找到所需的位置后，停止拖动滚动按钮或放开鼠标左键，即可定位到目标位置。第二种方法，是将光标移至工作窗口中，按下鼠标右键不放，光标变为一只小手抓住图纸，移动光标便可拖动图纸。找到所需的位置后，放开鼠标右键，即可在目标位置定位。

## 12-3 跳到指定位置

最为快捷和准确的在 PCB 中定位的方法，就是采用在前面 10-5-6 节提到的跳转操作。现将 Edit|Jump 子菜单中的各项跳转命令介绍如下：

- **Absolute Origin:** 跳转到绝对原点。执行该菜单命令后，光标自动指向系统所定义的绝对原点处。在状态栏中可查看光标的当前坐标值。
- **Current Origin:** 跳转到当前原点。执行该命令后，光标自动指向自定义坐标系统的当前原点处。
- **New Location:** 跳转到指定的坐标位置。执行该命令后，将弹出如图 12-4 所示的 Jump To Location (指定位置坐标) 设置对话框，输入目标位置的 X 坐标和 Y 坐标，单击

OK 按钮，光标即自动指向所设置的位置。

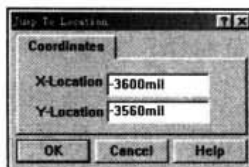


图 12-4 Jump To Location (指定位置坐标) 设置对话框

- **Component:** 跳转到指定的元件。执行该命令后，将弹出 Component Designator (元件编号输入) 对话框。在其中输入要定位的元件名称，单击 OK 按钮，光标立即指向该元件的位置。若不知道元件的名称，输入“？”，单击 OK 按钮，将弹出 Components Placed (元件放置) 列表框，其列出了当前 PCB 上的所有元件，在其中选择要跳转到的元件，然后按 OK 按钮就可以了。
- **Net:** 跳转到指定的网络。该命令的操作与 Component 命令基本相同。
- **Pad:** 跳转到指定的焊盘。该命令的操作与 Component 命令基本相同。
- **String:** 跳转到指定的字符串。该命令的操作与 Component 命令基本相同。
- **Error Marker:** 跳转到错误标志处。执行该命令后，光标自动指向错误标志处。
- **Selection:** 跳转到选中的元件处。执行该命令后，被选中的元件将在工作窗口中放大至全屏显示。
- **Location Marks:** 跳转到位置标志处。执行该命令后，光标将自动指向位置标志处。当没有位置标志时，光标将指向工作窗口的最边缘。
- **Set Location Marks:** 放置位置标志。该命令与 Location Marks 命令配合使用。

## 12-4 浏览元件

下面介绍第 4 种在 PCB 中定位的方法：使用 PCB 浏览器浏览元件。单击 Browse PCB 选项卡标签，出现如图 12-5 所示的 PCB 浏览器。

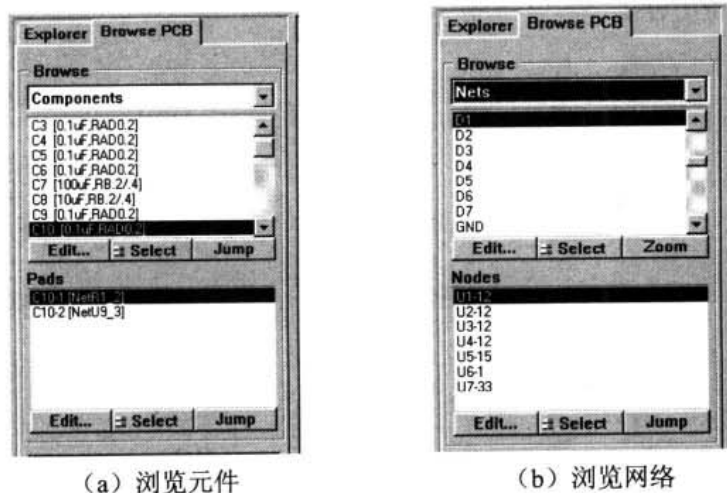


图 12-5 PCB 浏览器

在 Browse 下拉列表框中设定栏的对象类型，包括有 Nets (网络)、Components (元件)、



Libraries (元件库)、Net Classes (网络类型)、Component Classes (元件类型)、Violations (违反规则信息) 和 Rules (设计规则)。

若选择 Components 或 Nets 为浏览对象, 浏览器将分别如图 12-5 (a) 和图 12-5 (b) 所示, 在上边的元件列表框中列出 PCB 上所有的元件和网络名称。选中一个元件或网络, 在下边的信息框中将列出该元件或网络的详细信息。单击 Jump 或 Zoom 按钮, 系统能快速定位到选中的元件或网络, 并以其为中心, 以适当的缩放比例在工作窗口显示。再单击 Select 按钮, 即可在工作区选中该元件或网络。

选择其他的对象时, 类似的可使用 Jump 或 Zoom 按钮, 快速地在 PCB 工作窗口中定位到被选的元件。

**注意:** 当光标指向工作区内任何对象时, 状态栏将显示该元件的信息。这项功能可以在第 8 章图 8-10 的显示状态选项卡中, 选中 Show 栏下的 Status Info 选项即可。

## 12-5 小结与习题

### 12-5-1 小结

本章讲述了在 PCB 中定位的几种方法: 包括使用 PCB MiniViewer 定位、手动移动图纸、跳到指定位置和浏览元件。前两种方法适用于粗略的较大范围的定位, 后两种方法适用于精确的小范围的定位, 可精确到具体的某一个元件。到熟练掌握各种在 PCB 中定位的方法将非常有助于在对 PCB 的设计中进行编辑和调整。

### 12-5-2 习题

若要查找 PCB 电路图的某一部分, 应选用哪种定位方法? 若要查找电路图中的某个元件, 应采用哪种定位方法?

# 第 13 章


## 在 PCB 上定位元件

懂得在 PCB 元件上定位,将有助于帮助电路设计者固定较为特别的元件,使其他元件在布局时能围绕特定的元件进行。这样,可以简化电路板的布局。

### 13-1 手工定位元件

手工定位元件主要用于在元件自动布局前,有一些元件的位置需要先固定,在自动布局时,不再对手工定位的元件进行布局。

手工定位元件的操作步骤如下:

- (1) 运行 Protel 99 SE, 在如图 13-1 所示的界面中,单击左边设计导航树中的 pcb1.DDB 前的图标 , 弹出文件目录, 在文件目录中单击需手工定位的 PCB 文件, 再调整当前状态到 PCB 板设计状态。

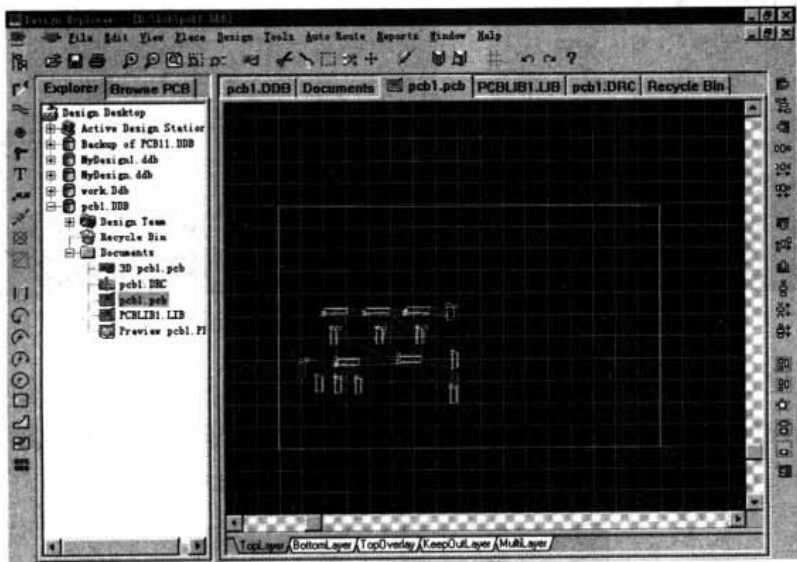


图 13-1 PCB 文件打开对话框

- (2) 在 PCB 板中,将鼠标移动到需要定位的元件上,双击鼠标左键,弹出如图 13-2 所示的 Component (元件) 属性对话框;在对话框中 Locked 选项后的方框内单击鼠标左键,出现符号“√”,可选中 Locked 选项。

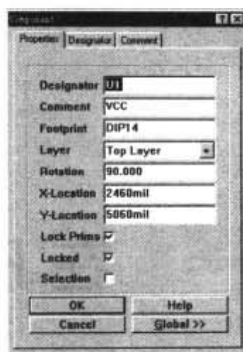


图 13-2 元件手工定位

- (3) 在图 13-2 所示对话框中，单击 Layer 下拉列表框右边的下拉按钮 ▼，在弹出的下拉菜单中选择手工定位元件的所在层 Top Layer；在 X-Location、Y-Location 选项中输入元件的坐标，定位元件在 X 轴和 Y 轴的坐标位置；设置好后，再单击 OK 按钮。
- (4) 按照上面的步骤，可以对需要定位的元件一一进行手工定位；
- (5) 手工定位的元件，在自动布局时，系统将不对其进行布局。其他元件的布局，将以手工布局的元件位置为参考，围绕手工定位元件进行。U1、U3、U21 全部采用手工定位的元件自动布局 and 只有 U1 采用手工定位后自动布局的效果对照，如图 13-3 和图 13-4 所示。

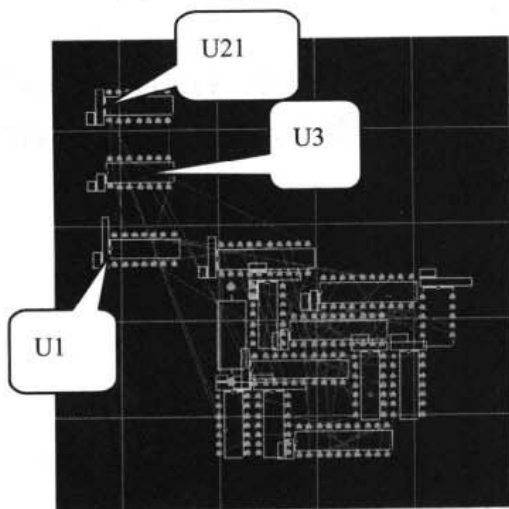


图 13-3 U21、U3、U1 手工定位后自动布局效果图

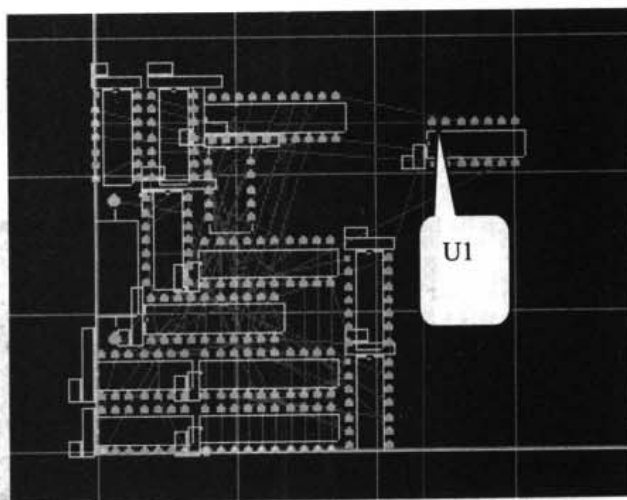


图 13-4 U1 采用手工定位后自动布局效果图

- (6) 如果要使手工定位的元件能自动布局，可以在图 13-2 中，去掉选择 Locked 选项。
- (7) 在没有去掉手工定位元件的 Locked 选项时，如果拖动该元件，会弹出图 13-5 所示的元件位置锁定确认对话框，单击 Yes 按钮便将继续移动元件。

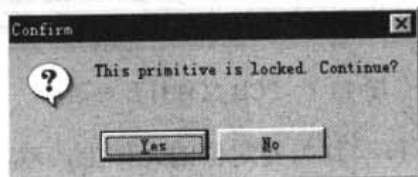


图 13-5 元件位置锁定确认对话框

## 13-2 智能自动定位元件

自动布局后, 还可利用 Protel 99 SE 提供的智能定位元件功能, 将元件排列整齐。执行菜单命令 View|Toolbars|Component Placement, 打开 ComponentPlacement (排列元件) 工具栏, 即如图 13-6 所示。

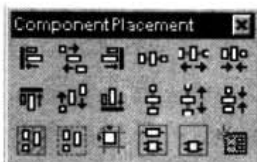




















图 13-6 ComponentPlacement 工具栏

在工具栏中共有 18 个按钮, 将鼠标移动到按钮上, 停留 1 秒钟, 可在鼠标下显示出按钮的功能。现将每个按钮的功能介绍如下:

- Align left edge of selected components 按钮 : 使用选择的元件作为对齐参考, 用元件的左边作为对齐起点。
- Align horizontal centers of selected components 按钮 : 以参考元件的水平中心作为对齐参考, 当选择了需要对齐的元件后, 对齐结果为所有元件和参考元件排成一列, 元件中心对齐。
- Align right edge of selected components 按钮 : 使用选择的元件作为对齐参考, 用元件的右边作为对齐起点。
- Make horizontal spacing of selected components equal 按钮 : 使所选择的元件从最左边开始, 最右边元件为终止点, 元件间的距离平均分布, 垂直方向的位置不改变。
- Increase horizontal spacing for selected components 按钮 : 使被选择元件间的间距, 随着 X 轴方向放置的元件的栅格逐步增加。
- Decrease horizontal spacing for selected components 按钮 : 使被选择元件间的间距, 随着 X 轴方向放置的元件的栅格逐步减少。
- Align tops of selected components 按钮 : 以参考元件的上边缘作为对齐参考;
- Align vertical centers of selected components 按钮 : 将被选择的元件放置成一列, 采用垂直中心对齐方式; 再把对齐元件放置在参考元件的上方。
- Align bottoms of selected components 按钮 : 以参考元件的下边缘作为对齐参考。
- Make vertical spacing of selected components equal 按钮 : 使所选择的元件从最上边开始, 最下边元件为终止点, 元件间的距离平均分布, 水平方向的位置不改变。
- Increase vertical spacing for selected components 按钮 : 使被选择元件间的间距随着 Y 轴方向放置的元件的栅格逐步增加。
- Decrease vertical spacing for selected components 按钮 : 使被选择元件间的间距随着 Y 轴方向放置的元件的栅格逐步减少。
- Arrange components within room 按钮 : 将元件放置到指定的位置。
- Arrange selected components within defined area 按钮 : 按下此按钮, 使被选择的元件移动到矩形区域中。在工作区中单击鼠标右键, 确定矩形区域起点, 按住鼠标左键, 拖动鼠标到矩形区域的对角线, 再单击鼠标左键, 确定区域。

- Move selected components to grid 按钮 : 移动元件到放置栅格的最近点。但是, 被锁定的元件不能移动。
- Create union from selected components 按钮 : 单击此按钮, 可将选中的几个元件组成一个组, 取消选择后, 移动组内的任意一个元件, 整个组将会一起移动, 而组内元件间的相对位置不会发生改变。
- Break components from union 按钮 : 将组内元件剔除出组。单击此按钮后, 光标变成十字, 在想要剔除的元件上单击鼠标左键, 系统即可弹出如图 13-7 所示的 Confirm Break Component Union (确认剔除元件) 对话框。选中想要剔除的元件编号, 然后单击 OK 按钮, 剔除后的元件将不会随着组被移动。
- Run align components dialog 按钮 : 运行对齐元件对话框。单击此按钮, 系统即可弹出如图 13-8 所示的 Align Components (对齐元件) 对话框。

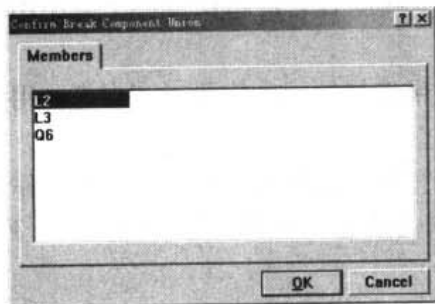


图 13-7 Confirm Break Component Union (确认剔除元件) 对话框

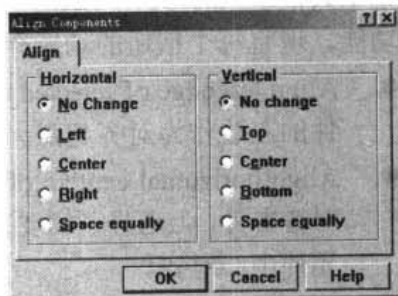


图 13-8 Align Components (对齐元件) 对话框

在对话框的 Horizontal (水平) 选项区域和 Vertical (垂直) 选项区域中, 可选择元件的水平 and 垂直方向的对齐选项。单击 OK 按钮, 光标变成十字, 在选中的元件上再单击鼠标左键, 元件就会按 Align Components 对话框中指定的方式排列对齐。

## 13-3 小结与习题

### 13-3-1 小结

在电路板的设计当中, 有一些特殊的元件, 如体积较大或者是接口元件, 需要放置在特定的地方, 就必须在元件自动布局前, 进行手工定位, 才能满足电路板的设计要求。布局电路板时, 就需先布局这一类元件。

### 13-3-2 习题

1. 采用桥式电路、7820、EXB841、TLP521-1、电容和电阻, 设计一个四驱动电路, 在元件自动布局前, 将桥式电路和 EXB841 进行手工定位。
2. 采用桥式电路、7820、EXB841、TLP521-1、电容、电阻和 CN1, 设计一个 IGBT 驱动电路, 对电容采用智能自动定位。
3. 设计一个 LED 显示电路, 将所有的元件进行手工定位。

# 第 14 章

## 手工布线

Protel 99 SE 较以前版本的 Protel 系列软件,在布线方面有较大的改进,这体现在其系统自动布线所采用的拓扑法则,系统所提供的布线条件更完善。只要元件的布局合理,利用自动布线,一般的布线中自动布线有较大的优势,但对于初学者,通过手工布线,可以了解到元器件的排放对布线的影响,为采用自动布线制作较复杂的印刷电路板获得实践经验。

### 14-1 手工布线

若要在印刷电路板中进行手工布线,就先要由原理图生成印刷电路板图。假设,需要布线的电路板,如图 14-1 所示。

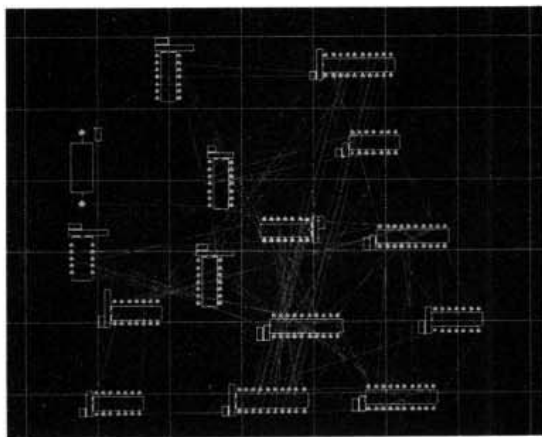


图 14-1 布局效果图

若要对电路进行手工布线,就应执行菜单命令 Place|Line,进行手工布线。将鼠标移到需要布线的位置,单击左键,确定放置导线的起始位置,移动鼠标到布线的终止位置,单击左键,确定布线的终止位置。布线完成后,单击右键或按 Esc 键,即可退出布线状态。同时,在进行布线时,应遵守在信号线之间不能布直角,电源线要加粗等原则。图 14-2 中的①为布线不符合规则(布线成直角)的例子,图 14-3 才是正确布线的例子。

在实际印制板布线中,一般的都是采取先自动布线,再用手工进行调整。因为,手工布线的结果,往往不能满足系统的拓扑法则,而先进行自动布线后,再手工布线,可以最大限度利用印制板的空间,使布局更合理。如果本例全部采用自动布线,再辅以手工布线,其效果即如图 14-4 所示。

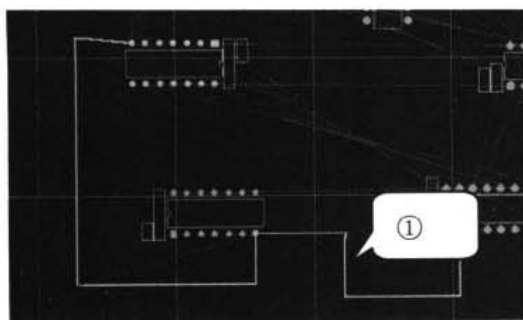


图 14-2 布线成直角

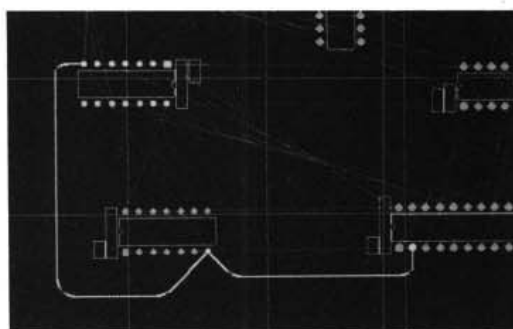


图 14-3 正确布线方法

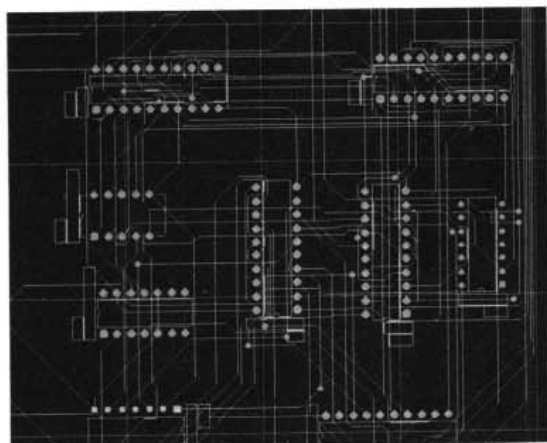


图 14-4 布线效果图

## 14-2 为手工布线设置 PCB 栅格

在进行手工布线时，如果栅格的设置不合理，布线可能出现尖角，这在布线中是不允许的。为了消除这种情况，可以设置栅格。

设置栅格的操作步骤如下：

- (1) 运行 Protel 99 SE，打开 PCB 文件。
- (2) 将鼠标移动到 PCB 图中，按下 G 键，弹出如图 14-5 所示的菜单，或者在 PCB 图中单击右键，弹出如图 14-6 所示菜单，进行栅格设置。

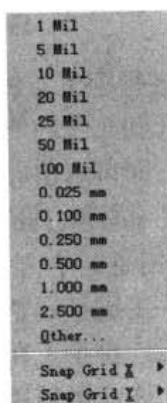


图 14-5 栅格设置菜单

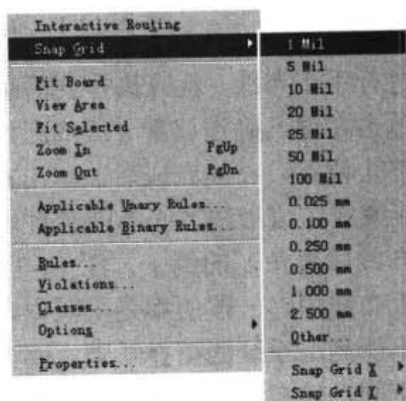


图 14-6 定位栅格菜单



- (3) 如果菜单所提供的栅格间距不能满足设计要求, 可以在图 14-5 或图 14-6 中选择 Other 命令, 弹出如图 14-7 所示的 Snap Grid (设置栅格) 对话框, 在对话框中输入自动定位的栅格最小间距。

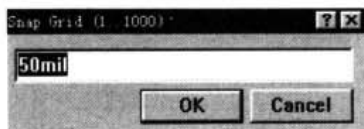


图 14-7 Snap Grid (设置栅格) 对话框

在手工布线时, 如果栅格设置不合理, 可能就根本不能定位到需要连线的焊盘上。图 14-8 是栅格设置为 200mil 时布线的效果图, 在图中由于栅格设置过大, 连线不能连接到焊盘上, 即如图 14-8 中的①所示; 图 14-9 是栅格设置为 1mil 时的效果图, 则达到了要求。

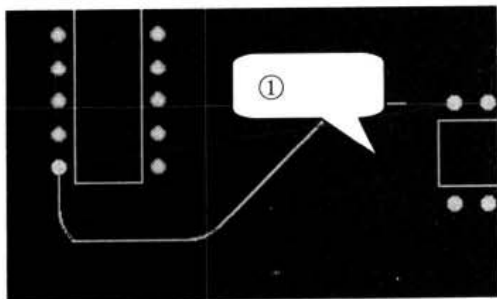


图 14-8 栅格设置为 200mil 时效果图

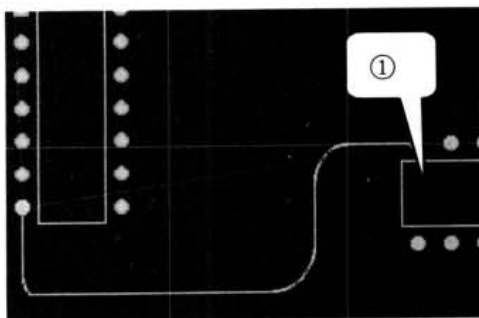


图 14-9 栅格设置为 1mil 时的效果图

### 14-3 放置线段后改变层及放置线段时改变层

在布线的过程中, 需要在放置线段后或放置线段时对层面进行更改。

#### 14-3-1 放置线段后改变层

在进行电路板的设计中, 可能由于设计者在布线时一时疏忽, 忘记在布线前改变需要布线的层, 则所有布线均为同一个层面, 这就不能满足电路板设计的要求, 需要重新改变导线所在的层。

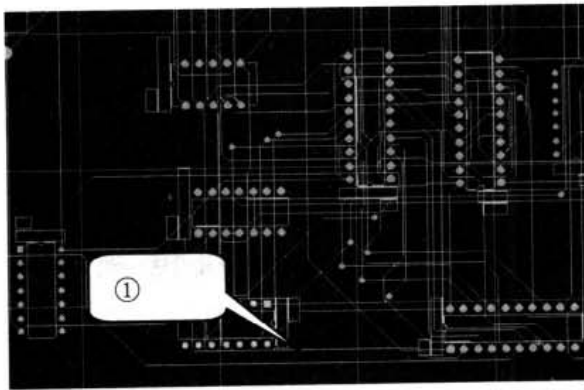


图 14-10 需改变布线层线条示意图

图 14-10 所示的①中的导线应为 Top Layer, 但在布线时, 却由于设计疏忽, 布在了 Bottom

Layer 层, 应要将布线的层改变过来, 步骤如下:

- (1) 将光标移动到需要改变的导线上, 双击左键, 弹出图 14-11 所示的 Track 属性设置对话框; 在对话框中, 即可改变导线的宽度、导线所在的层、网络的属性等。

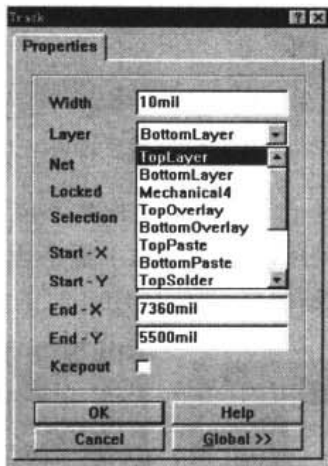



图 14-11 Track 属性设置对话框

- (2) 单击 Layer 下拉列表框右边的按钮 , 在弹出的菜单中选择 Top Layer, 将导线的层设置为 Top Layer, 单击 OK 按钮确定即可。

### 14-3-2 放置线段时改变层

在进行 PCB 板的手工布线时, 可能会遇到这样的情况: 某些线段在同一层上不能完全布好, 需要转换到另外的层上布线, 再转换到当前层, 具体步骤如下:

- (1) 运行 Protel 99 SE, 将文件调整到 PCB 布线状态。
- (2) 执行菜单命令 Place | Line, 放置线段。
- (3) 在需要改变层时, 按下小键盘上的 “\*” 键, 系统自动将布线的位置切换到另外的层, 同时自动在切换位置生成一个过孔, 所布线的层也发生相应的改变。
- (4) 在需要转换到原来的布线层时, 再按下小键盘上的 “\*” 键, 系统将自动进行布线层的切换, 同时自动在切换位置生成一个过孔, 如图 14-12 所示。

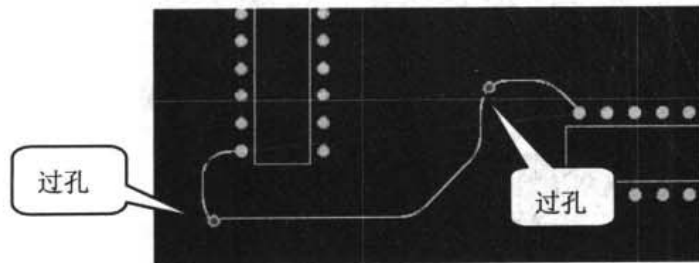


图 14-12 布线时改变层布线示意图

- (5) 将鼠标移动到布线切换位置, 单击鼠标左键, 会出现图 14-13 所示的布线提示, 可以看到布线的层发生了改变, 同时系统便会自动在布线位置生成了过孔。

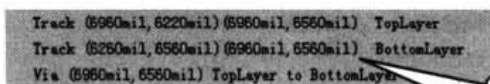


图 14-13 布线位置状态

布线从顶层到底层  
形成的过孔

## 14-4 放置线段模式

在对 PCB 板进行手工布线时, 线段的连接之间会出现转角模式, 现将导线的各种模式介绍如下:

- (1) 在 PCB 连线状态下, 执行菜单命令 Place|Line。
- (2) 光标变成十字形后, 移动光标到导线的起始位置, 单击左键, 确定放置导线的起点; 移动光标到需要改变方向的位置, 单击左键, 直到画线完毕; 单击右键, 退出放置线段状态。布线过程中, 如果要取消前一段导线, 按 Backspace 键; 需要转角时, 按下 Shift+空格键进行不同转角模式的相互切换。

PCB 提供有 6 种导线的放置模式, 分别是 45° 转角、圆弧转角、45° 圆弧转角、90° 转角、90° 圆弧转角和任意角转角可供选择, 如图 14-14 所示。

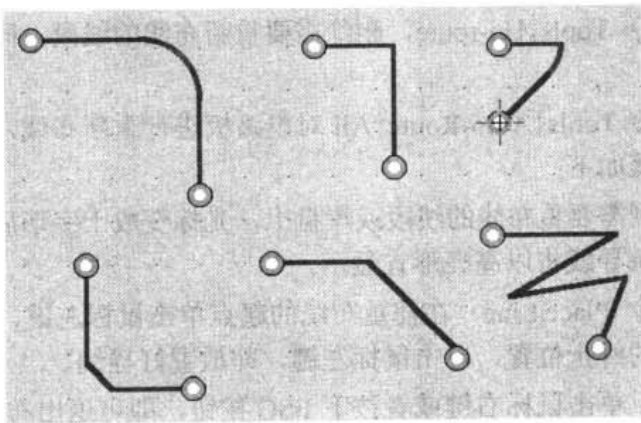


图 14-14 放置线段的 6 种模式

## 14-5 重布线和自动删除多余的线段

在 PCB 板的布线过程中, 重布线功能是经常使用的。当增加一个新的元件, 或者是元件的引脚改变, 或是自动布线清除后, 都需要进行重布线。如果设计者对所布的线不满意, 也可以将已经布好的线段先拆去, 再重新布线。拆线有两种方式: 一种是手工拆线, 方法是鼠标移至需拆除的线上, 单击左键, 选中导线, 再按下 Ctrl+Delete 键; 另一种方法, 是执行菜单命令 Tools|Un-route。

当采用自动布线或者重新布线时, 自动删除多余线段功能将删除布线时多余的线段。自动删除多余线段功能设置步骤如下:

- (1) 运行 Protel 99 SE, 打开 PCB 文件。
- (2) 执行菜单命令 Tools|Preference, 弹出如图 14-15 所示的 Preference 设置对话框。

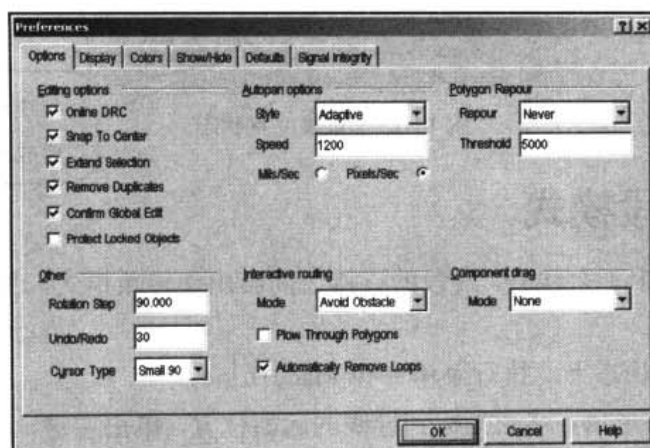


图 14-15 设置自动删除多余线段对话框

(3) 选择 **Automatically Remove** 选项，单击 **OK** 按钮。在以后布线中，系统即可自动为设计者去除多余的线段。

手工布线的重布线包括两个部分：一是电路板部分重布线；二是全部重布线。  
全部重新布线的操作步骤如下：

(1) 执行菜单命令 **Tools|Un-route**，删除需要重新布线的线段，同时也可对元件的布局进行调整。

(2) 执行菜单命令 **Tools|Auto-Route|All** 对电路板进行重新布线。

部分重布线的步骤如下：

(1) 将光标移动到需要重布线的线段或焊盘上，光标变成十字形后，单击鼠标左键，选中导线，整条导线将以高亮形式显示。

(2) 执行菜单命令 **Place|Line**，在需重布线的起点单击鼠标左键，放置导线，将鼠标移动到重布线的终止位置，单击鼠标左键，即放置好导线。

(3) 布线完成后，单击鼠标右键或者按下 **ESC** 按钮，即可退出布线状态。

(4) 由于在前面设置了自动去除多余线段的布线模式，系统便会自动去除多余的线段。  
重布线也可以重新生成过孔，同时也能自动去除多余的过孔。

## 14-6 智能交互布线模式

Protel 99 SE 提供 3 种不同的智能交互布线模式：即 **Ignore Obstacle**（忽略障碍物）、**Avoid Obstacle**（避免障碍物）、**Push Obstacle**（推开障碍物）。选用 3 种不同的智能交互布线模式，反映在布线板上的走线方式不同。

系统默认的智能交互布线模式是 **Avoid Obstacle**（避免障碍物），同时也可以选择另外两种布线模式。在图 14-15 的 **Interactive Routing** 选项区域中，单击 **Mode** 下拉列表框右边的下拉按钮，即可选择布线模式。

现将 3 种不同的布线模式加以介绍如下：

(1) **Ignore Obstacle**（忽略障碍物）：在这种模式下，可以在电路板的工作区任何位置布线。如果布线同设计规则相冲突，同时 **DRC**（设计规则检查）选项也选择了，则新布线和原有元件都同时作为一个设计规则错误被高亮显示。

- (2) Avoid Obstacle (避免障碍物): 此模式是系统默认的智能交互布线模式。在这种模式下, 布下的所有线段不会同设计规则相冲突。在布线过程中, 当光标移动到会产生设计规则冲突的位置, 系统会自动将布线光标移动到不会产生冲突的位置。采用这种布线方式, 使布线工作变得更加轻松易行, 是布线中特别是手工布线经常采用的方式。在布线过程中, 按住 ALT 键不放, 可以暂时从 Avoid Obstacle (避免障碍物) 模式转换到 Ignore Obstacle (忽略障碍物) 模式。
- (3) Push Obstacle (推开障碍物): 在这种模式下, 当布线光标移动到需要布线位置, 如果有障碍物, 则系统会自动将障碍物推开。但是, 这种模式不能推开不可动的器件, 如过孔、焊盘和被锁定的导线等。如果被推开的导线在某些位置不能再移动 (如已经将导线移动到紧靠某些不可移动的器件时), 则布线模式将自动转换成 Ignore Obstacle 模式。按下 END 键, 可以对布线进行刷新。

## 14-7 布线时使用 Look Ahead 特性

在放置导线时, Protel 99 SE 提供的 Look Ahead 功能, 对布线时的走线有指导作用。在布线时, 画出当前段后, 附着在光标上具有导线外型的线段即为 Look Ahead 段。当前段和 Look Ahead 段分别如图 14-16 中的①、②所示。

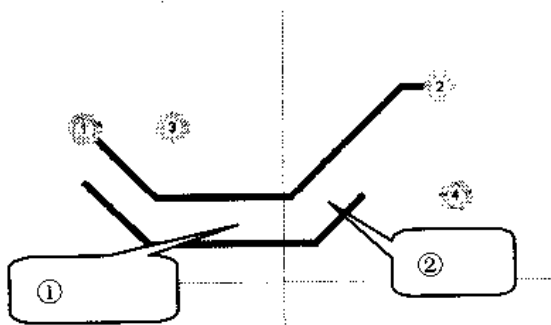


图 14-16 当前段和 Look Ahead 段的关系图

现将 Look Ahead 的使用方法介绍如下:

- (1) 使用 Look Ahead 可计算出要放置的下一段线段的位置和当前段的终止位置。单击左键, 放置当前段, 其终点将和需要放置的下一段的起点位置准确相连。这个特点可以使设计者在元器件周围快速准确的放置导线。

例如, 如果需要放置水平线, 接着将  $45^\circ$  倾斜线条连接到焊盘上, 如果没有 Look Ahead 段, 则放置过程很容易出现错误。但是使用 Look Ahead 段可以自动牵引光标到目标焊盘, 此时单击一次鼠标左键将放置好水平线段, 第二次单击鼠标左键, 将连接好斜线段。

Look Ahead 和当前段的关系, 如图 14-17 所示。

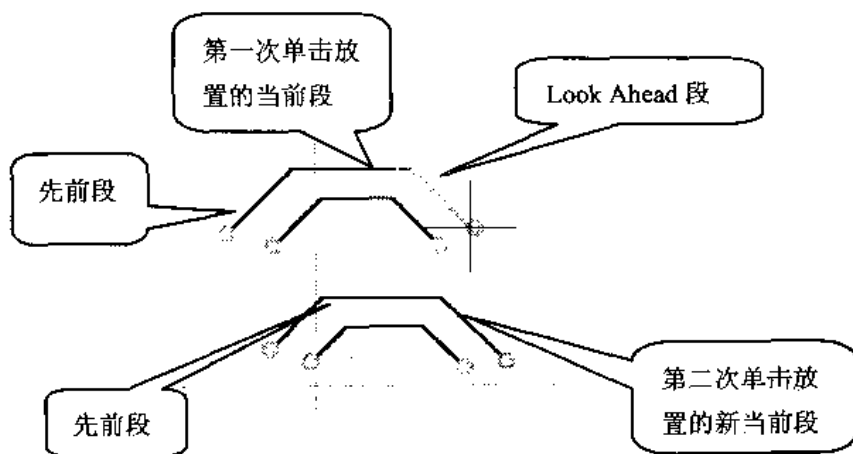


图 14-17 布线过程中不同线段的显示比较

- (2) 当使用 Look Ahead 功能引导设计者布线时，应当注意到放置的导线并不是都和光标相连，当要放置的导线与焊盘连接违反了电气检查规则，Look Ahead 段将绕开到不发生违反的区域，而光标则跳到焊盘的一侧，如图 14-18 所示。这项功能可以使设计者避免放置的线段同电气检查规则产生冲突。

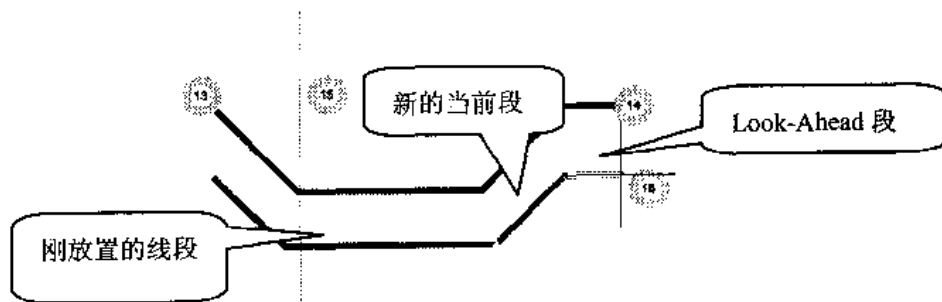


图 14-18 放置 Look Ahead 段可能产生电气检查规则冲突示意图

- (3) 如果所放置的线段 (Look Ahead) 在两个焊盘之间，并且不会产生电气检查规则冲突，那么光标位置和 Look Ahead 段则显示位置一致，如图 14-19 所示。

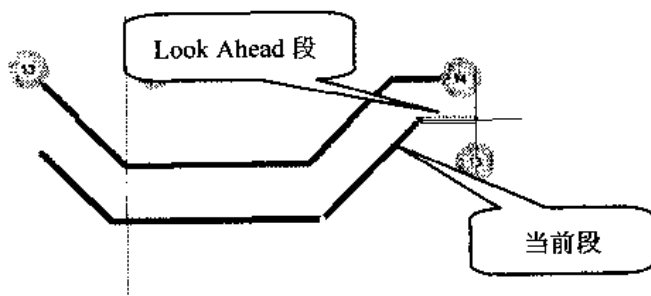


图 14-19 可通过焊盘间的 Look Ahead 段示意图

## 14-8 小结与习题

### 14-8-1 小结

本章讲的手工布线是电路板设计当中经常使用的功能。实际生产印刷电路板时，它的作用甚至超过了自动布线。因为自动布线完成后，还需要进行手工调整，才能保证设计的电路板达到设计要求，并且加工的电路板美观大方。

手工布线是 Protel 99 SE 提供的一项简单易行的功能，掌握简单，但要把电路板布置得符合设计要求，不产生电气规则检查冲突及设计规则检查时不出现错误，就需要进行大量的练习，并且要对系统进行必要的设置。例如，设置的布线模式、布线时会自动去除多余的线段等。

### 14-8-2 习题

1. 练习自动删除多余线段模式的设置。
2. 使用电阻、变压器、二极管、电容和 CMOS 管，设计一个逆变开关电源主电路的电路板，电路板的连线全部采用手工布线。
3. 采用桥式电路、7820、EXB841、TLP521-1、电容和电阻，设计一个驱动电路，练习在电路板的布线过程中改变导线的层、改变布线的转角模式。
4. 在大型电路或者高频电路中，手工布线是重要的，有时甚至是必须的。试将图 10-124 中加上电源和地，进行手工布线，并将电源线和地线加粗至 50mil。



# 第 15 章

## 校验 PCB 设计

Protel 99 SE 的 DRC (设计规则检查), 可以提供电路板设计规则的检查功能。本章的内容主要是讲解如何设置和运行 DRC。

### 15-1 设置和运行 DRC

在输出制作电路板之前, 为了对 PCB 板进行设计规则检查, 以便发现设计的不足之处, 并进行改正, Protel 99 SE 提供了设计规则检查功能, 即 Design Rule Check (设计规则检查)。

执行设计规则检查的操作步骤如下:

(1) 运行 Protel 99 SE, 打开 PCB 文件。

(2) 执行 Tools|Design Rule Check 命令, 系统弹出如图 15-1 所示的 Design Rule Check (设计规则检查) 对话框。DRC 对话框包括 Report 选项卡和 On-line 选项卡。其中, Report 选项卡用于设置以报表形式生成规则检查结果的各个选项, 而 On-line 选项卡则用于设置以在线方式检查规则的各个选项。

在 Report 对话框中可以对 Routing Rules (布线规则)、Manufacturing Rules (制造规则) 和 High Speed Rules (高速规则) 进行设置。如果图 15-1 中的 Create Report 选项不选择的话, 在执行了设计规则检查后, 将不会产生检查结果报告。

**Routing Rules 区域:** 用于设置检查那些一般性的设计规则, 包括 Clearance Constraints (安全间距检查)、Max/Min Width Constraints (导线宽度检查)、Short Circuit Constraints (短路检查)、Un-Routed Net Constraints (没有完成布线的网络进行检查)、SMD To Corner Constraints (走线拐弯处与 SMD 的距离检查)、SMD Neck-Down Constraints (SMD 的瓶颈限制检查)、SMD To Plane Constraints (SMD 到地电层的距离的限制检查) 等。

**Manufacturing Rules 区域:** 用于指定检查那些与制作电路板有关的设置。包括 Minimum Annular Ring (圆环宽度检查)、Acute Angle (尖角检查)、Max/Min Hole Size (打孔尺寸检查)、Unconnected Pins (悬空针脚检查)、Layer Pairs (层对规则检查)、Testpoint Style (测试点风格检查)、Testpoint Usage (测试点用法检查) 等。

**High Speed Rules 区域:** 用于设置对那些高频规则进行检查。包括 Parallel Segment Constraints (平行布线检查)、Max/Min Length Constraints (网络长度检查)、Matched Length Constraints (等线调整检查)、Daisy Chain Stub Constraints (分支线路的长度检查)、Maximum Via Count (导孔数检查)、Vias Under SMD Pads (SMD 焊点中放置导孔检查) 等。

Options 区域: Create Report File 项, 在规则检查完毕后生成检查报告; Create Violations 项, 在电路板里检查出违反规则的地方, 用高亮度绿色表示出来; Sub-Net Details 项, 对设置的子网络一起检查。

- (3) 在图 15-1 中, 单击 Signal Integrity 左边的按钮..., 系统弹出如图 15-2 所示的信号检查对话框, 在对话框中, 可以对要检查的信号进行设置。

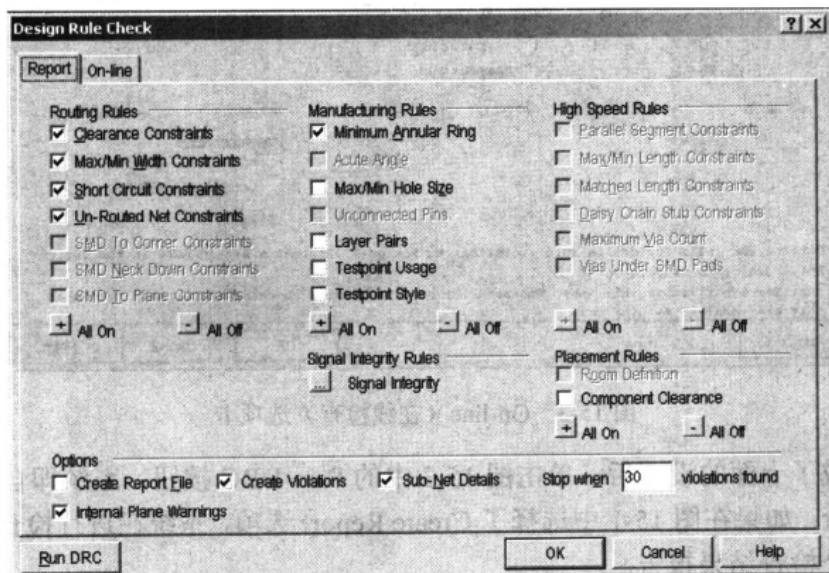


图 15-1 Design Rule Check (设计规则检查) 对话框

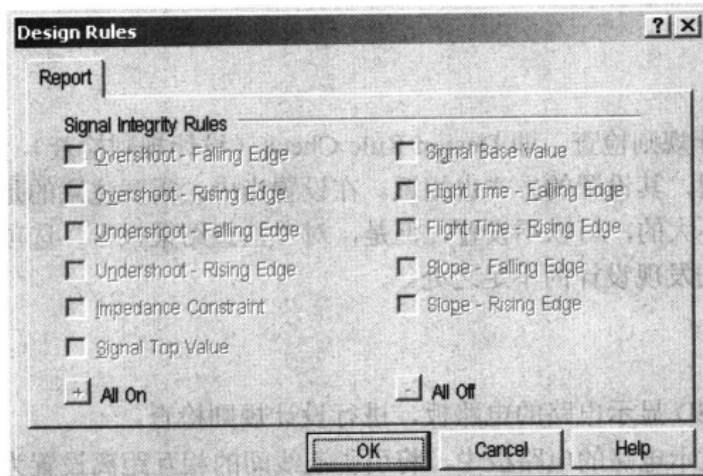


图 15-2 设置信号检查对话框

- (4) 单击 On-line 标签, 出现如图 15-3 所示的 On-line 选项卡, 可以对设计规则的在线检查进行相应设置。这对手工布线是非常有用的。在手工布线过程中, 可以让 DRC 在后台运行, 实时的进行设计规则检查, 以防止违反设计规则。On-line 选项卡的设置与 Report 的设置基本相同。

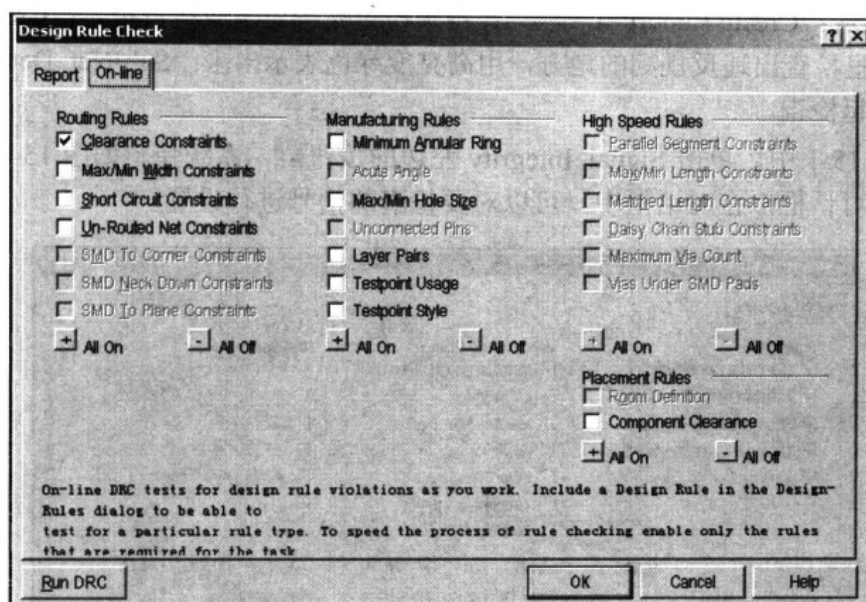


图 15-3 On-line (在线检查) 选项卡

- (5) 在完成了上面的设置后，单击图 15-3 中的 Run DRC 按钮，系统即自动执行设计规则检查。如果在图 15-1 中选择了 Create Report 选项，系统在进行检查后，将自动产生一个检查结果报告。

## 15-2 小结与习题

### 15-2-1 小结

PCB 板进行设计规则检查，即 Design Rule Check (设计规则检查)，和 ERC (电气规则检查) 有相似的作用，其设置的方式也相近。在设置当中，需要注意的是选择好检查选项，对电路板设计影响不大的，可以不设置，但是，对“检查结果报告”选项需要设置，它可以让设计者较为直观地发现设计的不足之处。

### 15-2-2 习题

1. 自行设计一个 LED 显示电路的电路板，进行设计规则检查。
2. 在设计的 LED 显示电路的电路板中，将引脚连线间的相互距离设置为不允许超过的最小间距 (例如，信号线间的最小允许距离为 8mil，则将连线的距离改为 5mil)，再进行设计规则检查，并对题 1 和 2 中的设计检查规则报告进行比较。

# 第 16 章

## 输出 PCB 文件

在 PCB 电路板图制作完成后，需要输出 PCB 文件以便制作电路板。

### 16-1 重编号 PCB 元件

在输出 PCB 文件前，往往需要对 PCB 元件进行重新编号。在一般的情况下，Protel 99 SE 在设计原理图时，会自动将元件的编号编辑好，通过生成的网络表，反映到印刷电路板上。但是，其编号会随着元件的自动布局、手工调整等影响而变得杂乱无章。Protel 99 SE 提供的重编号 PCB 元件功能，可以对元件进行重新编号和重标注。现以 LED 显示电路为例，对元件进行重新编号和重标注，操作步骤如下：

- (1) 运行 Protel 99 SE，打开 PCB 板。
- (2) 执行 Tools|Re-Annotate 命令，系统即弹出如图 16-1 所示的 Positional Re-Annotate (元件重编号) 设置对话框。

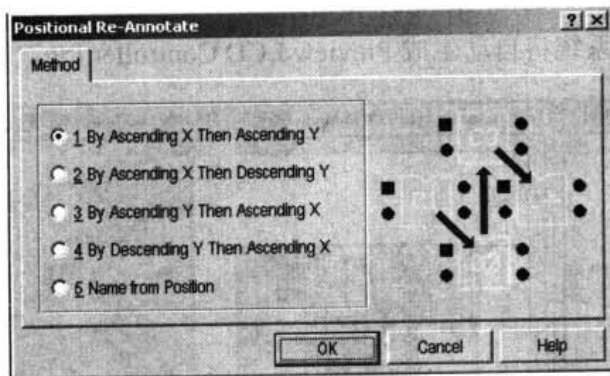


图 16-1 Positional Re-Annotate (元件重编号) 设置对话框

- (3) 在图 16-1 中设置后，单击 OK 按钮进行确认，系统自动对元件进行重新编号和重标注。同时，自动产生一个\*.WAS 的文件。其文件的内容如下：

U24	U2
U21	U3
U3	U4
U18	U5
U2	U6

U23	U7
U4	U8
U22	U9
U20	U10
U5	U11
U14	U12
U32	U13
U15	U14
U19	U15

其中，左边一列是以前的编号，右边一列是新编号。

注意：在 PCB 设计系统中，对元件进行重新编号后，必须回到原理图设计中，更新原理图的元件标注，以免元件的封装形式发生变化。

## 16-2 电路板的输出

相对于原理图的输出来讲，电路板图的输出就显得复杂些。要输出电路板图，需要先进行必要的设置。设置包括打印机的类型、纸张大小的设定、电路图纸的设定等。

### 16-2-1 打印机设置

在进行打印输出以前，应先进行打印机的设置（本例以输出 LCD Controller.PCB 文件为例）。其操作步骤如下：

- （1）执行 File|Printer/Preview 命令。
- （2）命令执行后，系统将自动生成 Preview LCD Controller.PPC 文件，如图 16-2 所示。

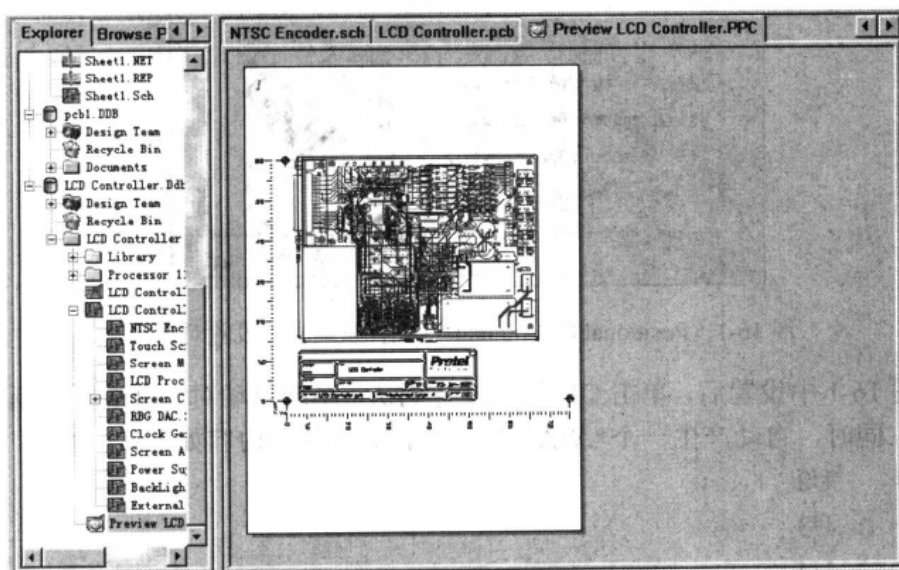


图 16-2 Preview LCD Controller.PPC 文件

- (3) 执行 File|Setup Printer 命令, 系统即弹出如图 16-3 所示的 PCB Print Options (打印机设置) 对话框。

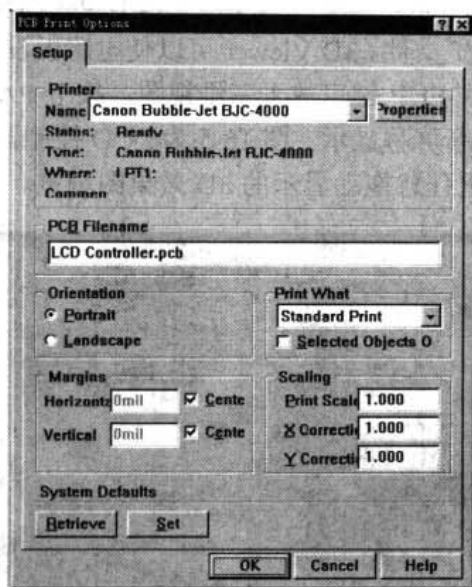


图 16-3 PCB Print Option (打印机设置) 对话框

在 Printer 下拉列表框中, 可选择打印机名称; 在 PCB Filename 文本框中, 显示要打印的文件名称; Orientation 选择框中, 可选择打印方向, 包括 Portrait (纵向) 和 Landscape (横向); Print What 下拉列表中, 可选择打印的对象, 包括 Standard (标准)、Whole Board On Page (整块板打印在一张纸上)、PCB Screen Region (打印电路板屏幕显示区域)。

- (4) 设置完成后, 单击 OK 按钮, 即完成打印设置。

### 16-2-2 打印输出

设置了打印机后, 可执行以下 4 个命令对打印命令进行设置。执行 File|Print ALL 命令: 打印所有图形; 执行 File|Print Job 命令: 打印操作对象; 执行 File|Print Page 命令: 打印指定的页面 (执行该命令后, 弹出如图 16-4 所示的打印页码设置对话框, 在对话框中输入需要打印页的页码); 执行 File|Print Current 命令: 打印当前页。

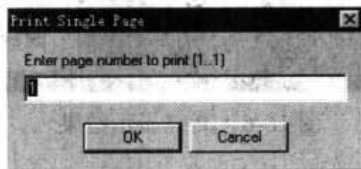


图 16-4 设置打印页码对话框

## 16-3 3D 预览元件

以前制作完电路板图, 如果想要看到最后的电路板和上面的元件形状, 还需要送到工厂里去进行制图、出片、晒图等工作。现在 Protel 99 SE 提供了 3D 预览元件的功能, 无须经过以上工序, 即可在电脑上看到制作出的电路板。3D PCB Viewer 是一个可视化的工具, 可以

预览和打印设计者设计的 PCB 板的 3D 图像。

执行 3D 预览的操作步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 View|Board in 3D，对电路板进行 3D 预览。
- (2) 系统自动生成 3D 预览文件。3D Viewer 可以使电路板设计者从任何角度观察所显示的电路板，按下 PAGEUP 键可放大三维视图，按下 PAGEDOWN 键可缩小三维视图，按下 END 键刷新屏幕显示。图 16-5 为 LCD 控制器的 3D 显示效果图。按住右键，可以在显示屏上任意拖动显示的 3D 效果图浏览。

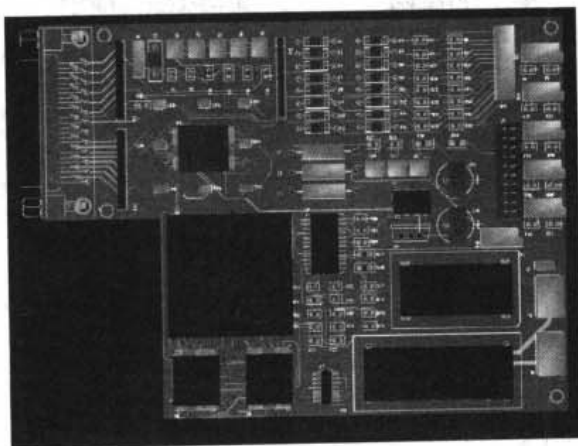


图 16-5 LCD 控制器 3D 效果图

- (3) 在元件浏览器中单击 Browse PCB3D 标签，在 Browse Nets 选项区域中单击想要高亮显示的网络，然后再单击下面的 Highlight 按钮，即如图 16-6 所示。

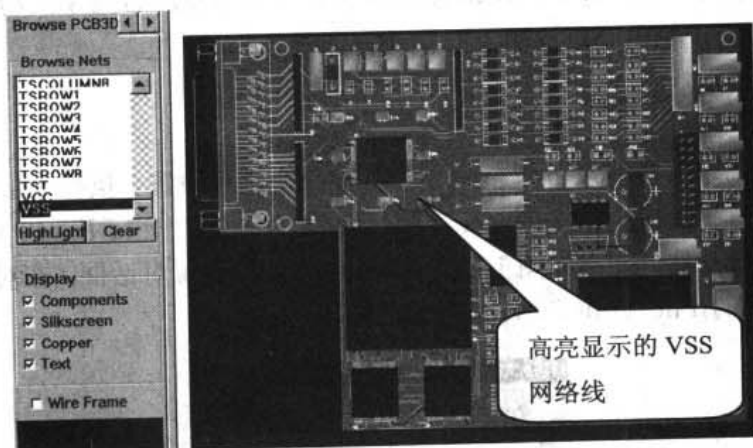


图 16-6 高亮显示结果

要取消图中高亮显示的结果，单击 Browse Nets 选项区域下边的 Clear 按钮即可。

- (4) Display 选项区域中有以下 4 个选项，可根据需要浏览不同的电路板层：Component（元件层）、Silkscreen（丝印层）、Copper（敷铜层）和 Text（文字）。
- (5) 在浏览区域中或左边的视图小窗口中，按住左键，可以任意旋转 PCB 板的 3D 视图，从各个侧面观察制作的 PCB 板，如图 16-7 中的①、②所示。



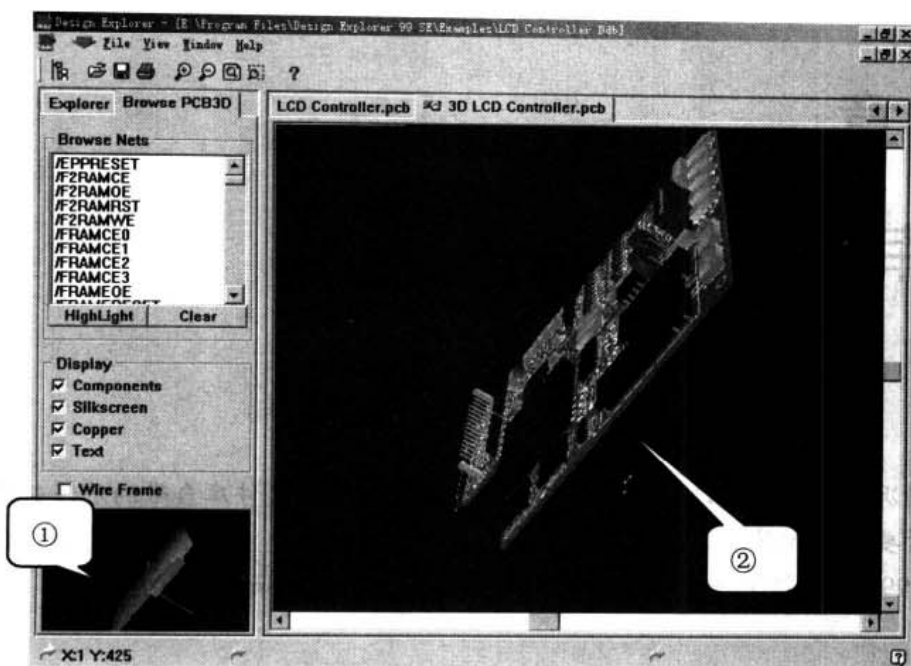


图 16-7 多角度浏览 PCB 板效果图

## 16-4 小结与习题

### 16-4-1 小结

本章简要介绍了 PCB 文件输出的一般过程。3D 预览，可以让设计者对设计的电路板有一个较为直观的印象。但是显示时，对显示卡的要求较高，如设计者的计算机配置不好，执行 3D 预览时可能会死机。

### 16-4-2 习题

1. 设计一个 LED 显示电路，在设计好的电路板中，进行打印文件格式设置。
2. 用 8031 芯片、2764 芯片和 74LS373 芯片，再加上外围电路，设计一个计数器，并在设计好的电路板中，对电路板制造需要打印的文件进行设置。
3. 对 Protel 99 SE 提供的 Z80 Microprocessor PCB 板进行 3D 预览。

## 第 17 章

# 元件库编辑器的使用

在多数情况下, 电路设计者仅使用 Protel 99 SE 系统内元件库自带的元件封装形式, 就可以满足设计要求。但是, 为了满足设计者的特殊使用要求, 可以根据需要制作自己的元件封装。Protel 99 SE 提供了一个功能强大的元件库编辑器 (Library Editor)。

### 17-1 新建元件

在本节中, 将以新建一个如图 17-1 所示的元件为例, 讲述制作元件的一般过程。使用手工创建元件, 实际上就是利用 Protel 99 SE 提供的绘图工具, 按照元件的实际尺寸绘制出该元件。

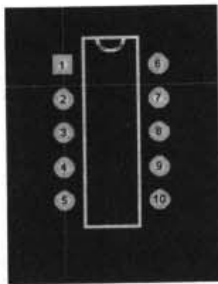



图 17-1 创建新元件实例

#### 17-1-1 手工建立元件

手工建立元件的操作步骤如下:

- (1) 运行 Protel 99 SE, 执行 File|New 命令, 在弹出的 New Document 对话框中选择 PCB Library Document 文档, 即进入元件库编辑器。编辑管理器的界面, 如图 17-2 所示。
- (2) 在工作区单击右键, 弹出快捷菜单, 选择 Place|Pad 命令; 或者在 PCBLibPlacement Tools 工具栏 (画图工具栏) 中, 单击 PlacePad 按钮 .
- (3) 光标变成十字形, 在十字形中间的圆形图形就是要放置的焊盘, 在工作区中拖动焊盘到适当的位置, 单击左键, 放置焊盘, 其结果如图 17-3 所示。

在放置了一个焊盘之后, 根据元件引脚间的实际间距, 可继续放置其他焊盘, 如图 17-4 所示。焊盘放置完成之后, 单击右键, 即可取消放置状态。

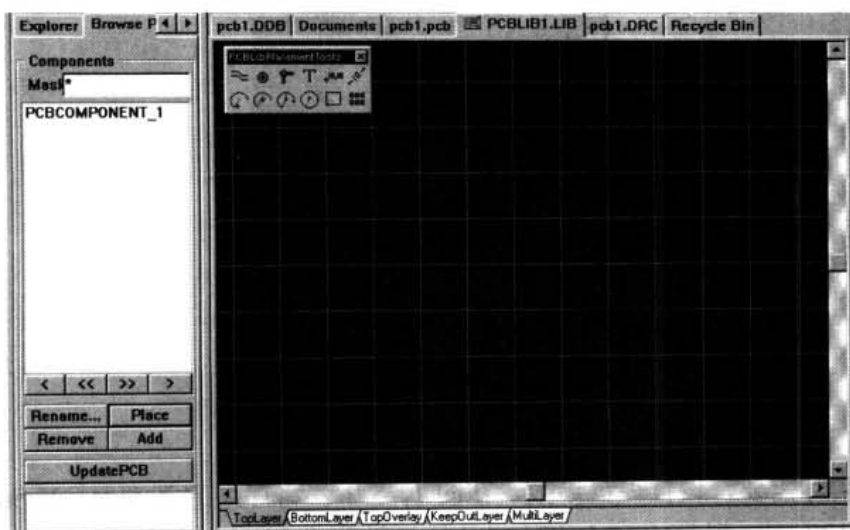


图 17-2 元件编辑器的编辑界面

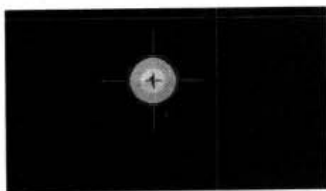


图 17-3 放置一个后的状态

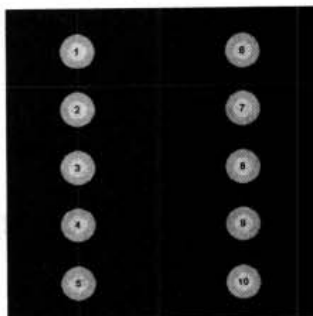


图 17-4 放置完焊盘后的状态

- (4) 改变焊盘形状。一般的起始位置的焊盘要设置成方形，将鼠标移动到第一个焊盘位置，双击左键，弹出如图 17-5 所示的 Pad (焊盘) 属性设置对话框，在对话框中将 Properties 选项卡中的 Shape 属性设置为 Rectangle (方形)，单击 OK 按钮完成修改，修改后的焊盘如图 17-6 所示。

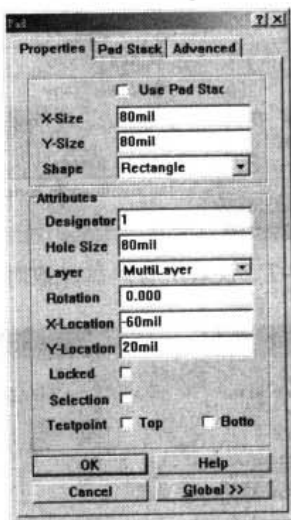


图 17-5 Pad (焊盘) 属性设置对话框

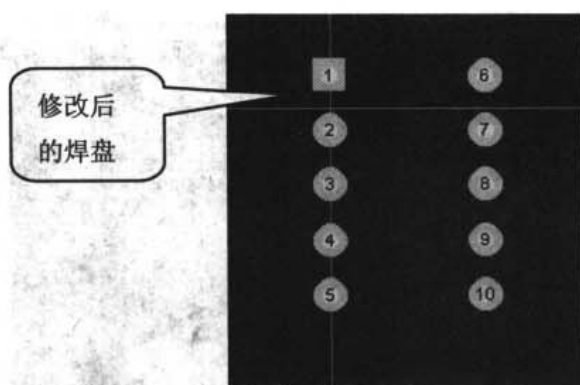


图 17-6 修改后的焊盘

- (5) 根据实际需要, 设置焊盘参数。在图 17-5 中, 将焊盘的 X-Size、Y-Size (直径) 设置为 120mil, 焊盘的 Hole Size (孔径) 设置为 50mil。
- (6) 单击图 17-5 中的 Global 按钮, 出现如图 17-7 所示的全局修改对话框, 在此对话框中, 可以设置焊盘的所有参数。将焊盘的参数 X-Size、Y-Size 均设置为 120mil, Hole Size 设置为 50mil, 设置好后, 单击 OK 按钮, 即弹出如图 17-8 所示的 Confirm 对话框。如果其他焊盘的参数要作相应的修改, 可单击 Yes 按钮进行确认; 如果不需要修改, 则单击 No 按钮。

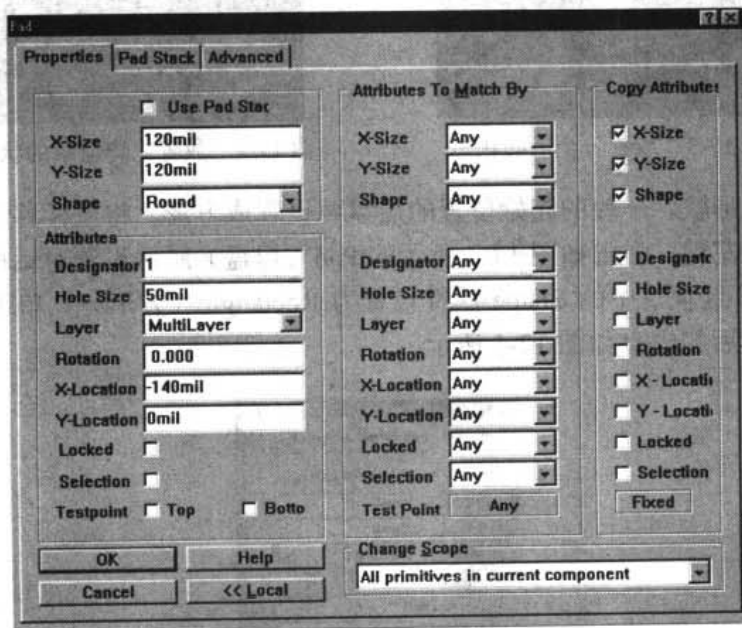


图 17-7 设置所有焊盘参数对话框

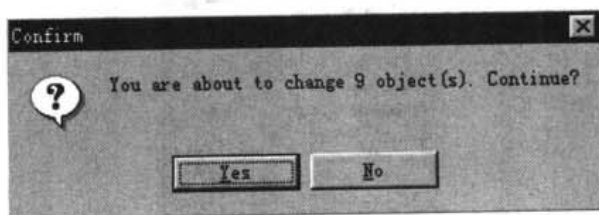



图 17-8 确认修改焊盘参数对话框

- (7) 在工作区底部单击 TopLayer 选项卡, 将工作界面切换到顶层, 执行菜单命令 Place|Track, 或者单击绘图工具栏上的按钮。
- (8) 光标变成十字形, 在工作区内画出元件封装的外部轮廓, 如图 17-9 所示。
- (9) 外形轮廓绘制好之后, 再绘制元件封装的圆弧结构。执行菜单命令 Place|Arc, 光标变成十字形, 在要绘制圆弧的位置单击的左键, 确定圆弧的中心, 然后移动鼠标, 确定圆弧的起点。在移动过程中, 不要按住鼠标的左键和右键。当移动到确定位置上后, 单击左键, 确定圆弧的起点, 用相同的方法确定圆弧的终点, 绘制好圆弧后的图形, 即如图 17-10 所示。

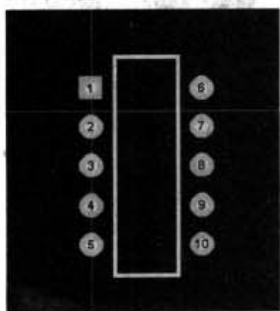


图 17-9 绘制元件的外形轮廓

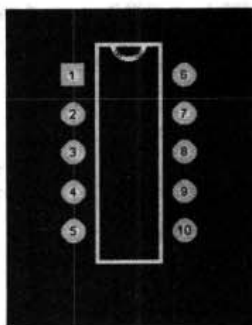


图 17-10 绘制圆弧

- (10) 绘制好圆弧后, 单击 Rename 按钮, 为元件重新命名, 如图 17-11 所示。当系统弹出如图 17-12 所示的 Rename Component (重命名元件) 对话框后, 即可在对话框中输入需要重命名的元件封装名称, 本例输入名称为 DIP-10。



图 17-11 单击重新命名对话框

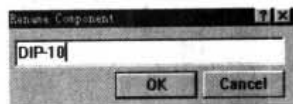


图 17-12 Rename Component (重命名元件) 对话框

- (11) 执行菜单命令 File|Save, 将新建的元件保存。以后, 就可以在需要的时候任意调用新建的 DIP-10 元件了。

## 17-1-2 利用元件向导生成元件

利用元件向导生成元件和前面所述手工生成元件有所区别，下面以电容元件的生成为例，具体操作步骤如下：

- (1) 执行 File|New 命令，在弹出的 New Document 对话框中选择 PCB Library Document 文档，进入元件库编辑器。
- (2) 执行 Tools|New Component 命令，系统弹出 Component Wizard（元件生成向导）对话框，如图 17-13 所示。



图 17-13 Component Wizard（元件生成向导）对话框

- (3) 单击 Next 按钮，进入封装类型选择框，可以选择元件的不同封装类型，如图 17-14 所示。这里选择元件封装为 Capacitors（电容）封装。

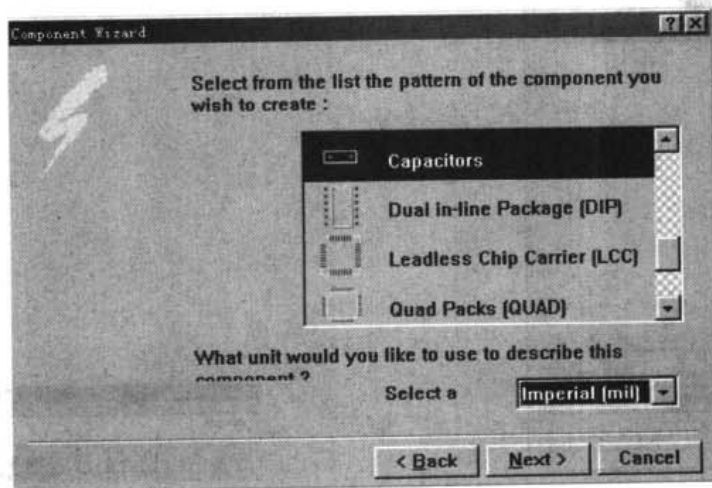


图 17-14 选择元件封装类型对话框

- (4) 单击 Next 按钮，进入电容类型选择对话框，如图 17-15 所示。系统将给出两种不同选择：一种为引脚穿过 PCB 板的电容；另一种为引脚不穿过 PCB 板的电容。这里选择的是引脚穿过 PCB 板的电容。

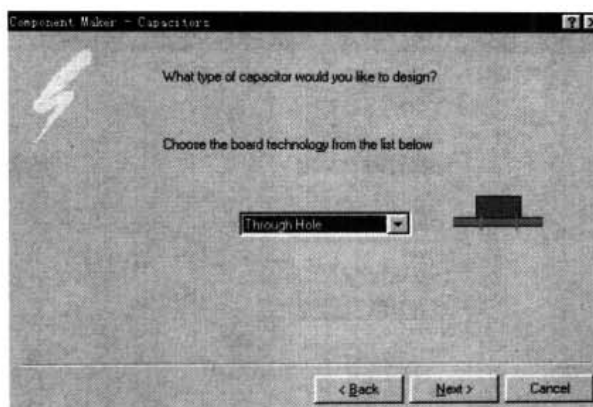


图 17-15 选择电容类型对话框

- (5) 单击 Next 按钮，进入焊盘尺寸选择对话框，如图 17-16 所示。图中所示尺寸，可以按照实际需要加以修改。

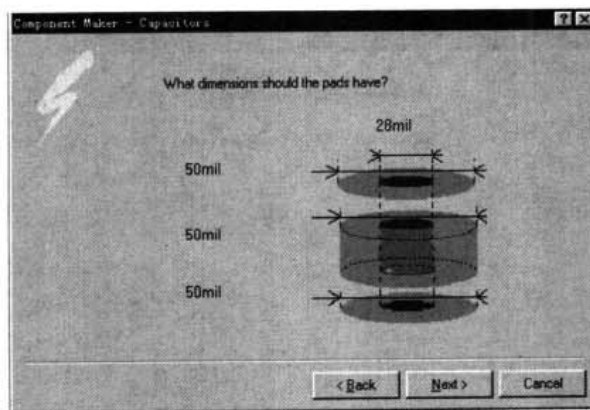


图 17-16 选择焊盘尺寸对话框

- (6) 单击 Next 按钮，进入焊盘间距选择对话框，如图 17-17 所示。尺寸间距，可以根据需要进行设置。

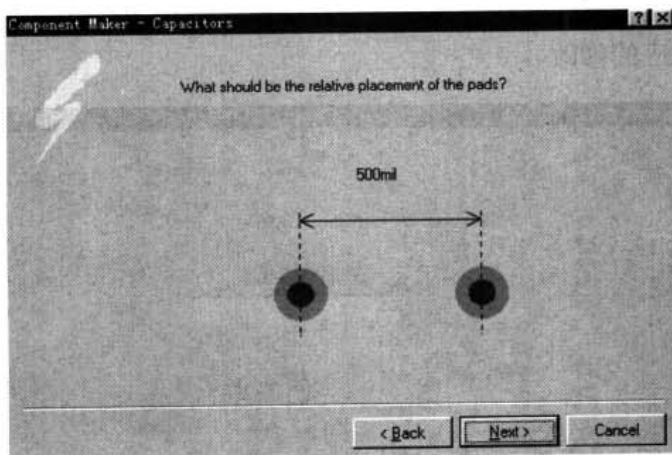


图 17-17 选择焊盘间距对话框

- (7) 设置完成后，单击 Next 按钮，进入电容外部特性设置对话框，如图 17-18 所示，可设置电容是否具有极性及电容的外观。



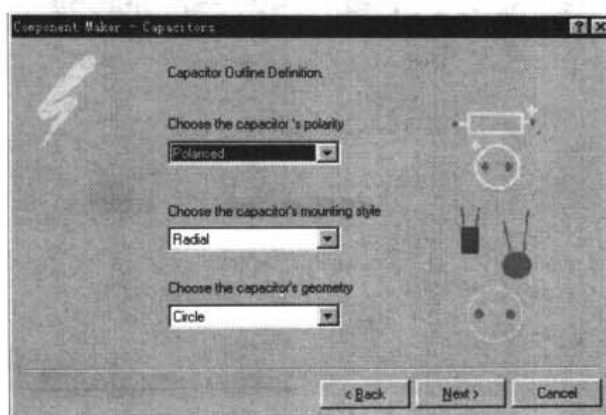


图 17-18 设置电容外部特性对话框

(8) 设置完成后, 单击 Next 按钮, 设置焊盘与走线间的间距、线宽, 如图 17-19 所示。

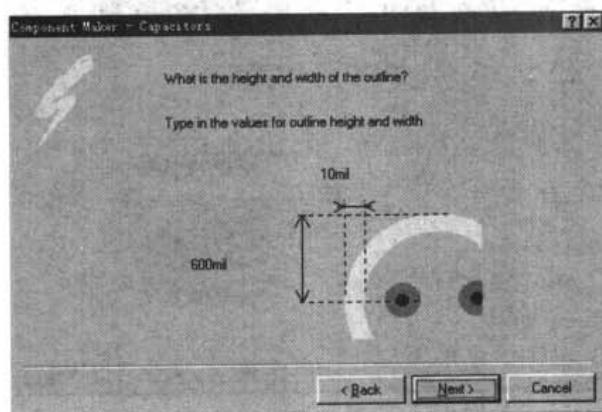


图 17-19 设置电容焊盘和走线间的间距、宽度对话框

(9) 单击 Next 按钮, 出现元件命名对话框, 可将元件命名为 C1, 如图 17-20 所示。如果需要对前面设置的元件封装属性进行修改, 单击 Back 按钮, 进入需要修改的对话框进行相应的修改。

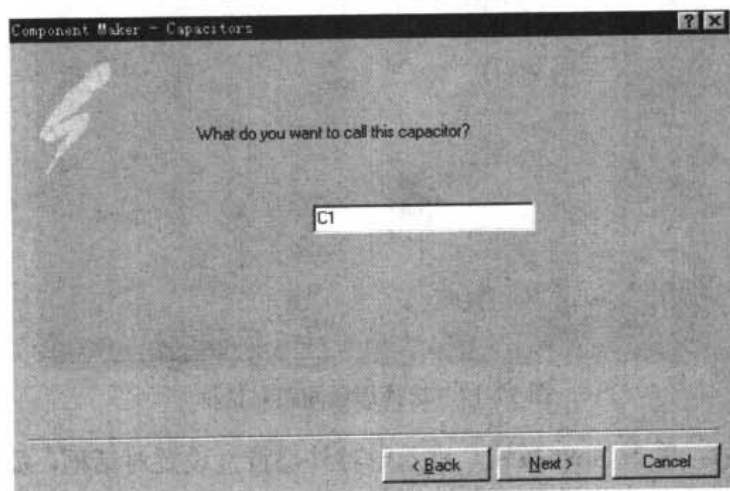


图 17-20 元件命名对话框

- (10) 单击 Next 按钮, 出现设置完成确认对话框, 如图 17-21 所示, 单击 Finish 按钮, 即完成新元件封装的制作。

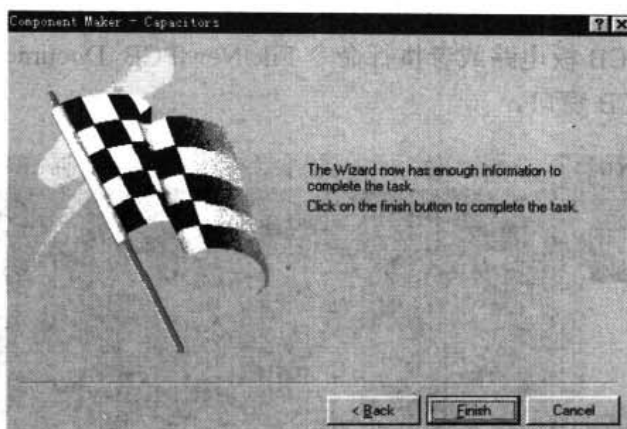


图 17-21 完成元件制作确认对话框

## 17-2 创建 PCB 封装库

项目元件封装库是按照项目电路图中的元件产生的一个元件封装库。项目元件封装库把整个项目中所用到的元件加以整理并存入了一个元件库文件。在设计过程中, 常常把 PCB 板所使用的元件封装建成一个专门的元件封装库, 可以从中轻易看出所有使用的封装。下面以 LED 显示电路 PCB 板为例, 讲述创建 PCB 封装库的一般步骤。

### 17-2-1 创建 PCB 封装库

创建 PCB 封装库的操作步骤如下:

- (1) 运行 Protel 99 SE, 打开设计的 LED 显示电路 PCB 板。
- (2) 执行菜单命令 Design|Make Libraries, 系统会自动生成相应的元件库文件, 并把文件命名为 pcb1.lib, 如图 17-22 所示。

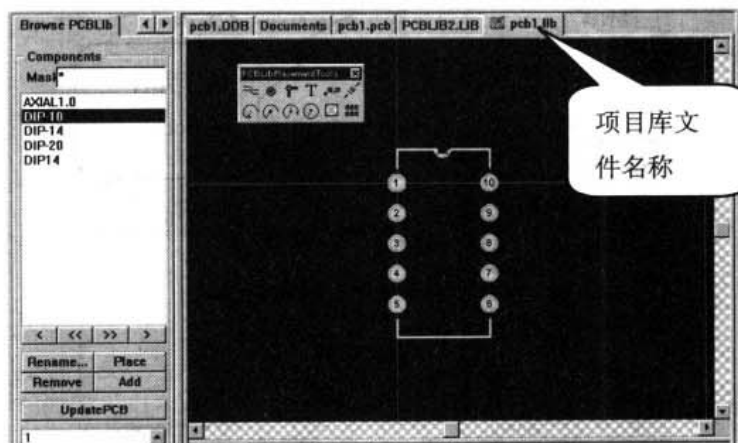


图 17-22 PCB 板项目库界面

- (3) 将鼠标移动到编辑管理器内, 单击不同元件封装代号, 其相应封装形式就在右边显示屏中显示出来。

## 17-2-2 调用创建的项目库封装

在 17-2.1 节中创建的元件封装库，可以被任意调用，其操作步骤如下：

- (1) 打开设计的 PCB 板电路或者执行命令 File|New|PCB Document，出现如图 17-23 所示的 PCB2.PCB 窗口。

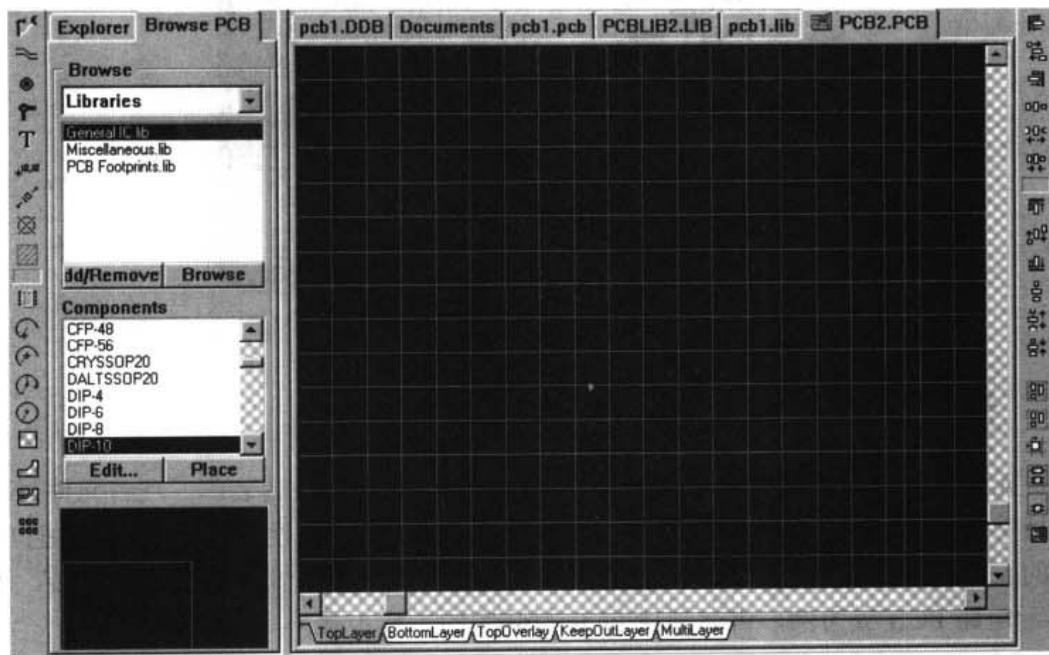


图 17-23 进入 PCB2.PCB 编辑界面

- (2) 单击 Add/Remove 按钮，出现如图 17-24 所示的 PCB Libraries 对话框。



图 17-24 选择 PCB 库

- (3) 选择 17-2-1 节中生成的元件库 pcb1.lib，单击 Add 按钮，将元件库添加到编辑管理器中，编辑管理器内元件库的内容即发生改变，如图 17-25 所示。

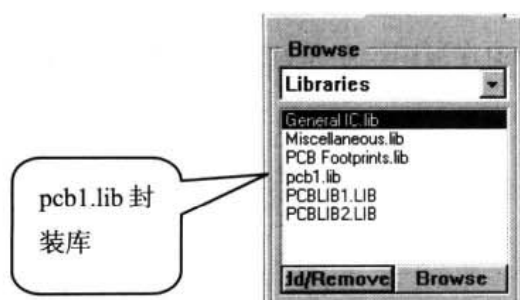


图 17-25 元件库编辑管理器对话框

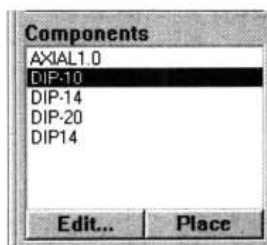


图 17-26 PCB1.LIB 所有封装

- (4) 在图 17-25 中，单击 pcb1.lib，则 PCB1 封装库中所有封装就在图 17-26 中显示出来。在图 17-26 中，双击选中的元件，或者选中元件后，再单击 Place 按钮，就可以将元件放置到 PCB 电路图中，如图 17-27 所示。

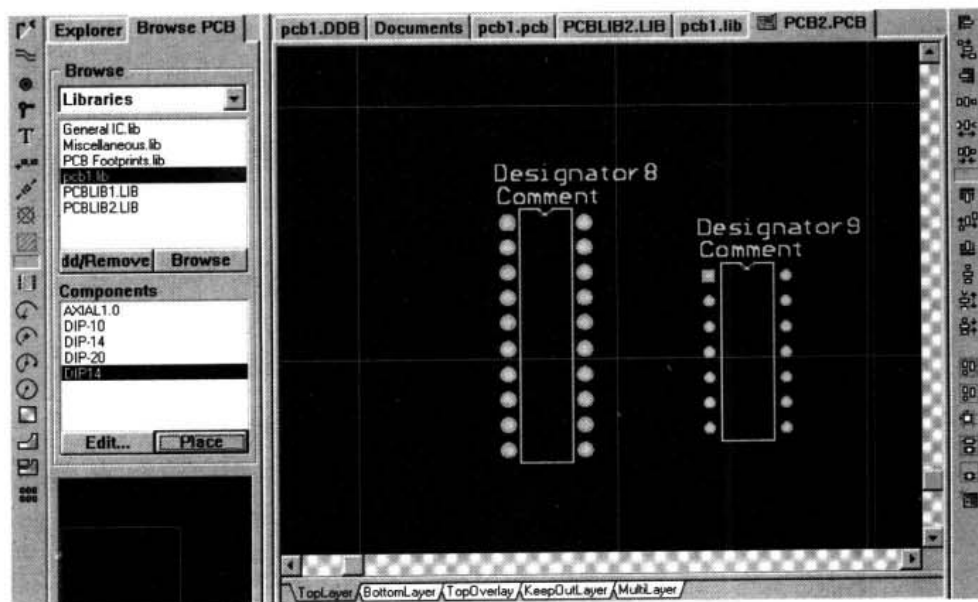


图 17-27 从 PCB1 封装库中放置元件

## 17-3 小结与习题

### 17-3-1 小结

本章介绍了对新建元件的实际操作和 PCB 项目库的操作。需要注意的是对元件的焊盘尺寸、焊盘间的相对位置、焊盘与走线间的距离等，一般都采用系统默认值，以保证制作的元件和从元件库中取出的元件间的一致性。

### 17-3-2 习题

1. 手工制作 MLL41 的元件封装。

2. 利用元件向导制作 MLL41 的元件封装。
3. 与列出所有元件名中带有“C”字母的元件，应在 PCB 元件编辑浏览器的屏蔽文本框中键入\_\_\_\_\_。
4. 将制作的 MLL41 元件封装放置到一个板图中，学习在板图绘制和封装绘制之间的切换。

# 第 18 章

## 产生报表

PCB 提供有多种报表形式，供电路设计者选择使用。

### 18-1 引脚信息报表

Protel 99 SE 提供的引脚报表，可以为电路设计者提供所设计电路板上的引脚信息。在使用此报表时，先选取电路板上的引脚，通过报表生成选取引脚的相关信息，可以方便设计者检查网络上的连线。所选取引脚的信息，由系统自动生成\*.dmp 的文件。

生成引脚信息表的操作步骤如下：

- (1) 运行 Protel 99 SE，打开设计好的 PCB 图。
- (2) 先选取 PCB 图中的引脚。如果没有选取引脚，则在元件浏览器中选择一个元件。然后，单击 Select 按钮，选中元件，如图 18-1 所示。
- (3) 在需要产生信息报表的管脚选定后，执行 Report|Selected Pins 命令，弹出如图 18-2 所示的 Selected Pins（管脚选择）对话框。在对话框中选择引脚名称，单击 OK 按钮，系统自动进行管脚信息统计，并产生\*.dmp 的管脚信息报表。

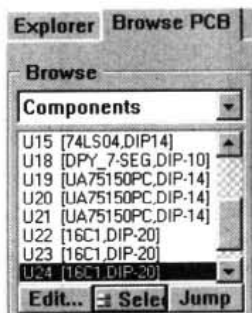


图 18-1 元件选择对话框

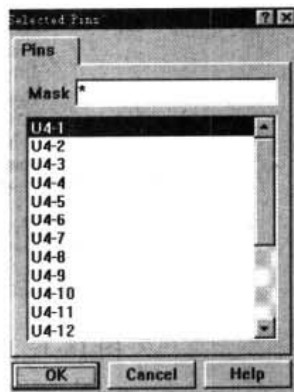


图 18-2 Selected Pins（管脚选择）对话框

管脚信息报表，如下所示（这里只列出了其中的一部分）：

U1-1	U1-2	U1-3
U1-4	U1-5	U1-6
U1-7	U1-8	U1-9
U1-10	U1-11	U1-12

U1-13	U1-14	U2-1
U2-2	U2-3	U2-4
U2-5	U2-6	U2-7
U2-8	U2-9	U2-10
U2-11	U2-12	U2-13
U2-14	U3-1	U3-2
U3-3	U3-4	U3-5
U3-6	U3-7	U3-8
U3-9	U3-10	U3-11
U3-12	U3-13	U3-14

## 18-2 电路板信息报表

引脚信息报表，可为电路设计者提供引脚的各种信息。根据实际需要，设计者可以选择 PCB 板中的部分或全部引脚，利用报表生成这些引脚的相关信息，并便于设计人员验证网络连线。

电路板信息报表的生成需要利用引脚信息报表。电路板信息报表的作用，是为用户提供一个完整的电路板信息，包括电路板尺寸、电路板上焊点、过孔的数量、电路板上元件的标号等。

产生电路板信息报表的操作步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 Report | Board Information，弹出如图 18-3 所示的 PCB Information (PCB 板信息) 对话框。在此对话框中可设置电路板的一般信息，包括电路板的尺寸、过孔及焊点的数量等。

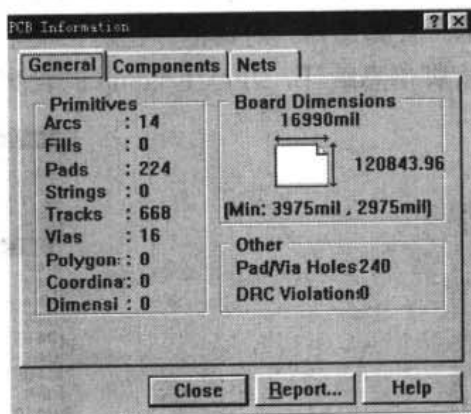


图 18-3 PCB Information (PCB 板信息) 对话框

- (2) 单击图 18-3 中的 Components 选项卡，设置需要显示元件的封装、编号等，如图 18-4 所示。
- (3) 单击 Nets 标签，打开 Nets 选项卡，显示电路板上的所有网络信息，从对话框中选择需要使用的网络号，本例选择网络号为 D1，如图 18-5 所示。



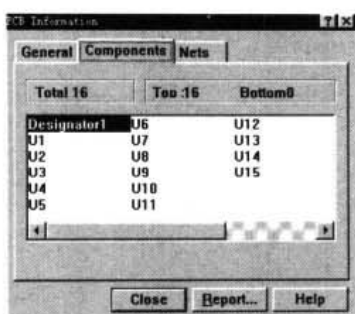


图 18-4 Components 选项卡

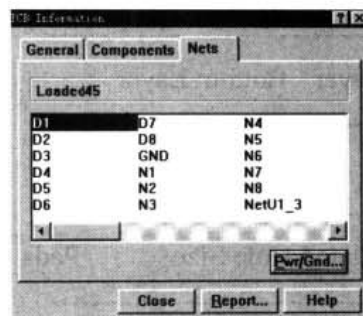


图 18-5 Nets 选项卡

- (4) 单击图 18-3 中的 Report 按钮，弹出如图 18-6 所示的 Board Report 对话框，在对话框中，选择需要产生报告的项目。

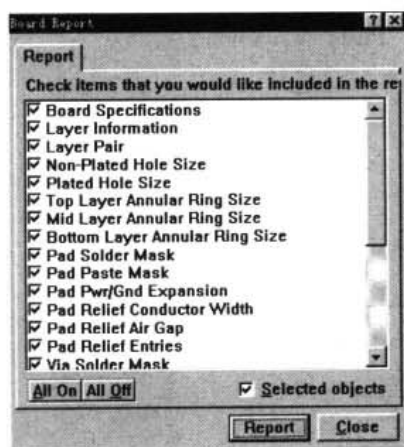


图 18-6 Report 选项卡

- (5) 报告项目设置好之后，单击 Report 按钮，系统便会自动生成电路板信息报告，并生成一个\*.REP 文件。

- (6) LED 显示电路板信息报表，即如下所示（这里只列出了其中的一部分）：

Specifications For PCB1.PCB

On 10-Jun-2001 at 16:55:06

Size Of board	16.99 x 120.844 sq in
Equivalent 14 pin components	871.03 sq in/14 pin component
Components on board	0

Layer	Route	Pads	Tracks	Fills	Arcs	Text
MultiLayer		33	0	0	0	0
Total		33	0	0	0	0

Layer Pair	Vias
------------	------

-----		
Top Layer - Bottom Layer	8	
-----		
Total	8	
-----		
Non-Plated Hole Size	Pads	Vias
-----		
Total	0	0
-----		
Plated Hole Size	Pads	Vias
-----		
28mil (0.7112mm)	0	8
32mil (0.8128mm)	11	0
35mil (0.889mm)	21	0
40mil (1.016mm)	1	0
-----		
Total	33	8
-----		
Top Layer Annular Ring Size	Count	
-----		
18mil (0.4572mm)	11	
22mil (0.5588mm)	8	
27mil (0.6858mm)	21	
60mil (1.524mm)	1	
-----		
Total	41	
-----		
Mid Layer Annular Ring Size	Count	
-----		

### 18-3 设计层次报表

Protel 99 SE 可以向设计者提供有关 PCB 文件层次的报表, 指出其文件系统的构成。  
生成设计层次报表的操作步骤如下:

- (1) 运行 Protel 99 SE, 打开设计好的 PCB 图。
- (2) 在菜单栏中执行 Report|Design Hierarchy 命令, 系统自动打开文本编辑框, 产生相

应的设计层次报表，如下所示。

```
Design Hierarchy Report for D:\nc\work.Bkp
Root (work.Bkp)
Design Team
Members
Permissions
Sessions
Recycle Bin
Documents
Copy of Sheet1.Sch
PCB1.lib
PCB1.PCB
PCB1.REP
PCB1.SIG
PCB3.PCB
PCBLIB1.LIB
Schlib1.Lib
Sheet1.cfg
Sheet1.ERC
Sheet1.NET
Sheet1.REP
Sheet1.Sch
Sheet1.XLS
```

## 18-4 网络状态报表

网络状态报表用于显示电路中每一条网络线的长度。生成网络状态报表的操作步骤如下：

- (1) 运行 Protel 99 SE，打开设计好的 PCB 图。
- (2) 在菜单栏中执行 Report|Net List Status 命令，系统自动打开文本编辑框，产生相应的网络状态报表。其所产生的 LED 电路网络状态报表如下：

```
Net report For PCB1.PCB
On 31-May-2001 at 12:29:31
D1  Signal Layer Only Length:2883 mils
D2  Signal Layer Only Length:3883 mils
D3  Signal Layer Only Length:2883 mils
D4  Signal Layer Only Length:3012 mils
D5  Signal Layer Only Length:2899 mils
D6  Signal Layer Only Length:2941 mils
D7  Signal Layer Only Length:3670 mils
D8  Signal Layer Only Length:2959 mils
```

GND Signal Layer Only Length:17713 mils  
N1 Signal Layer Only Length:8081mils  
N2 Signal Layer Only Length:8212 mils  
N3 Signal Layer Only Length:14179 mils  
N4 Signal Layer Only Length:9692mils  
N5 Signal Layer Only Length:16421 mils  
N6 Signal Layer Only Length:7710 mils  
N7 Signal Layer Only Length:13586mils  
N8 Signal Layer Only Length:7448 mils  
NOR Signal Layer Only Length:5181mils  
NetU14-1 Signal Layer Only Length:1257mils  
NetU14-3 Signal Layer Only Length:1430mils  
NetU19-12 Signal Layer Only Length:1250mils  
NetU19-2 Signal Layer Only Length:4438mils  
NetU19-3 Signal Layer Only Length:5624mils  
NetU1-13 Signal Layer Only Length:2415mils  
NetU1-3 Signal Layer Only Length:1789mils  
NetU1-4 Signal Layer Only Length:333mils  
NetU1-3 Signal Layer Only Length:350mils  
NetU20-11 Signal Layer Only Length:2948mils  
NetU20-12 Signal Layer Only Length:2696mils  
NetU21-11 Signal Layer Only Length:3096mils  
NetU21-12 Signal Layer Only Length:3410mils  
NetU22-16 Signal Layer Only Length:1358mils  
NetU3-1 Signal Layer Only Length:1403mils  
NetU4-12 Signal Layer Only Length:1725mils  
NetU4-15 Signal Layer Only Length:1495mils  
NetU4-16 Signal Layer Only Length:1517mils  
NetU4-16 Signal Layer Only Length:1742mils  
NetU5-1 Signal Layer Only Length:3485mils  
NetU5-11 Signal Layer Only Length:1730mils  
NetU5-12 Signal Layer Only Length:1121mils  
NetU5-15 Signal Layer Only Length:1603mils  
NetU5-6 Signal Layer Only Length:2714mils  
NetU5-9 Signal Layer Only Length:3487mils  
VCC Signal Layer Only Length:20028mils

网络状态报表中的内容, 随网络的改变而改变, 上述的网络内容是一种布线方式的网络状态显示。当布线方式改变, 重新检查网络状态时, 发现网络状态报表中的长度将会发生相应的改变。

## 18-5 信号完整性报表

信号完整性报表是系统为电路设计者提供的有关设计中所用元件电气特性的资料。是电路设计的一种辅助报表。

生成电路特性报表的操作步骤如下：

- (1) 运行 Protel 99 SE，进入印制板电路图状态。
- (2) 执行 Report|Signal Integrity 命令，系统自动进入文本编辑器，产生的信号完整性文件内容如下所示：

### PCB1.SIG-Signal Integrity Report

#### Designator to Component Type Specification

Warning! No designator to component type mapping defined  
ALL components considered as type IC.

#### Power Supply Nets

Warning! No supply nets defined. Result may be unreliable.

#### ICs with valid models

#### ICs with no valid model

U32		Closest match in library will be used
U24	16C1	Closest match in library will be used
U23	16C1	Closest match in library will be used
U22	16C1	Closest match in library will be used
U21	UA75150PC	Closest match in library will be used
U20	UA75150PC	Closest match in library will be used
U19	UA75150PC	Closest match in library will be used
U18	DPY_7-SEG	Closest match in library will be used
U15	74LS04	Closest match in library will be used
U14	74LS04	Closest match in library will be used
U 5	74LS373	Closest match in library will be used

U 4	74LS373	Closest match in library will be used
U 3	74LS35	Closest match in library will be used
U 2	74LS04	Closest match in library will be used
U 1	VCC	Closest match in library will be used

## 18-6 NC 钻孔文件

为了将设计好的印制板图加工成印制板, Protel 99 SE 可生成钻孔文件。因为, 印制板的钻孔, 现在都在数控钻孔机上进行, 有了钻孔文件提供的钻孔资料, 在加工印制板时, 就不需要人工编制钻孔资料, 这有利于加快加工过程, 并保证了加工位置的准确性。

生成钻孔资料, 需要执行下列操作步骤:

- (1) 执行 File|New 命令, 弹出如图 18-7 所示的 New Document 对话框, 选择 CAM Output Configure 选项, 可生成辅助文件制造输出文件。
- (2) 单击 OK 按钮, 系统弹出如图 18-8 所示的 Choose PCB (PCB 文件选择) 对话框, 选择需要生成钻孔资料的 PCB 文件。



图 18-7 选择 CAM Output Configure

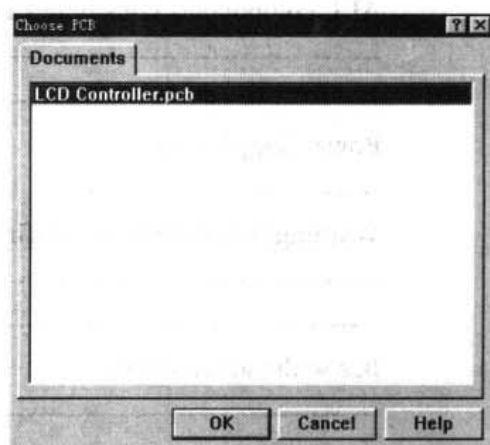


图 18-8 Choose PCB (PCB 文件选择) 对话框

- (3) 单击 OK 按钮, 系统弹出如图 18-9 所示的 Output Wizard (输出向导) 对话框。
- (4) 单击 Next 按钮, 系统弹出如图 18-10 所示的对话框, 在对话框中可选择需要生成的文件类型。这里选择的是 NC Drill。

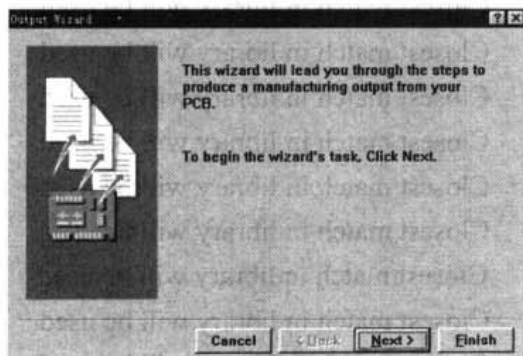


图 18-9 Output Wizard (输出向导) 对话框

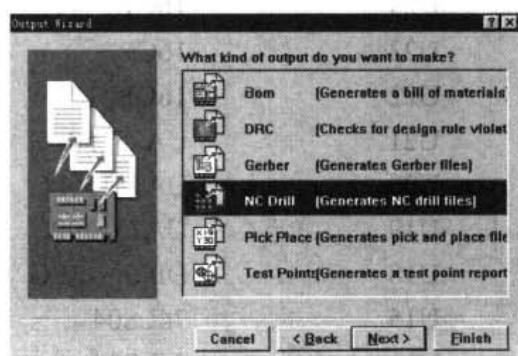


图 18-10 选择 NC Drill 生成钻孔文件

- (5) 单击 Next 按钮，系统弹出如图 18-11 所示的对话框，在对话框中可输入将产生的 NC 钻孔文件名称。
- (6) 单击 Next 按钮，系统弹出如图 18-12 所示的对话框，在对话框中可设置单位和单位格式。

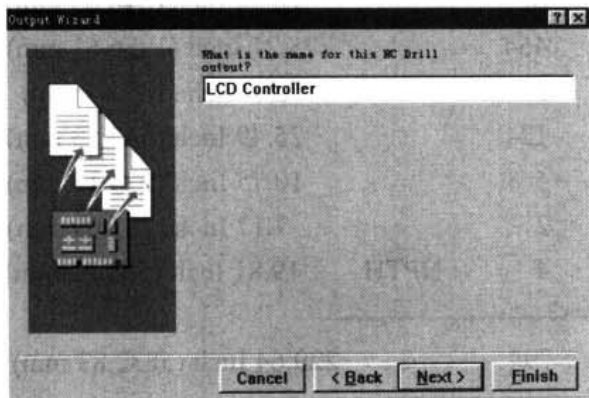


图 18-11 输入 NC 报表名称 LCD Controller

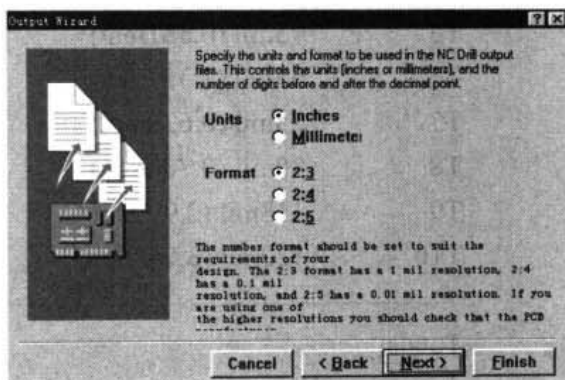


图 18-12 设置单位

- (7) 单击 Finish 按钮，完成 NC 钻孔文件的创建，或者单击 Next 按钮，弹出如图 18-13 所示对话框，再单击 Finish 按钮，完成 NC 钻孔文件的创建。系统默认文件的名称，即为 CAMManager1.cam。

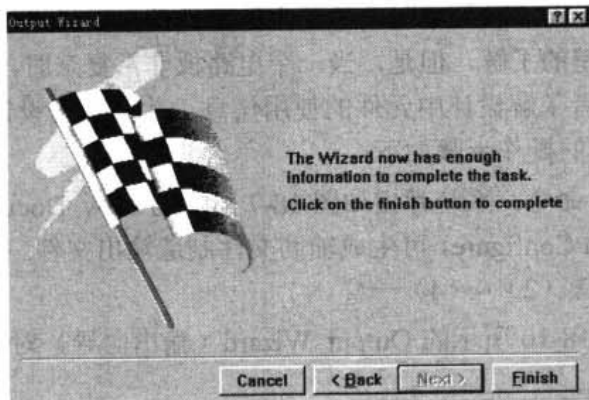


图 18-13 完成 NC 钻孔文件的创建

- (8) 在导航栏中双击刚建立的 CAMManager1.cam 文件，再执行菜单命令 Tools|Generate CAM Files，系统将自动产生数控钻孔文件。其文件的内容如下：

-----  
 NCDrill File Report For: LCD Controller.pcb    24-Jun-2001    23:33:42  
 -----

-----  
 Layer Pair : TopLayer to BottomLayer  
 ASCII File : NCDrillOutput.TXT  
 EIA File    : NCDrillOutput.DRL  
 -----

Tool	Hole Size	Hole Count Plated	Tool Travel
------	-----------	-------------------	-------------



T1	35mil (0.889mm)	33		17.67 Inch (448.70 mm)
T2	32mil (0.8128mm)	73		24.95 Inch (633.80 mm)
T3	40mil (1.016mm)	24		12.73 Inch (323.40 mm)
T4	28mil (0.7112mm)	62		25.54 Inch (648.65 mm)
T5	15mil (0.381mm)	464		78.21 Inch (1986.61 mm)
T6	55mil (1.397mm)	3		7.31 Inch (185.67 mm)
T7	25mil (0.635mm)	124		25.49 Inch (647.53 mm)
T8	30mil (0.762mm)	5		10.75 Inch (273.15 mm)
T9	118mil (2.9972mm)	2		7.17 Inch (182.09 mm)
T10	120mil (3.048mm)	4	NPTH	19.81 Inch (503.23 mm)
Totals		794		229.64 Inch (5832.83 mm)

Total Processing Time : 00:00:01

## 18-7 元件列表

PCB 材料清单的功能, 用来整理一个电路或一个项目中的零件, 形成列表, 供电路设计者进行查询。在设计的电路比较简单时, 电路中的零件信息, 通过设计者自己看电路板, 可以对元件信息有较为清楚的了解。但是, 当一个电路板非常复杂时, 板上的元件较多, 就需要元件列表, 帮助设计者了解设计中元件的使用信息, 才有利于设计工作的顺利进行。

生成 PCB 材料清单的操作步骤如下:

- (1) 执行 File|New 命令, 系统弹出如图 18-7 所示的 New Document 对话框, 在图中选择 CAM Output Configure, 可生成辅助文件制造输出文件。接下来的步骤与生成 NC 钻孔文件的步骤 (2) ~ (4) 一样。
- (2) 系统进入如图 18-10 所示的 Output Wizard (输出向导) 对话框, 选择 Bom 选项, 单击 Next 按钮。
- (3) 接着, 输入元件列表文件名称为 LCD Controller1, 再单击 Next 按钮, 弹出如图 18-14 所示的对话框, 在对话框中即可设置文件格式。

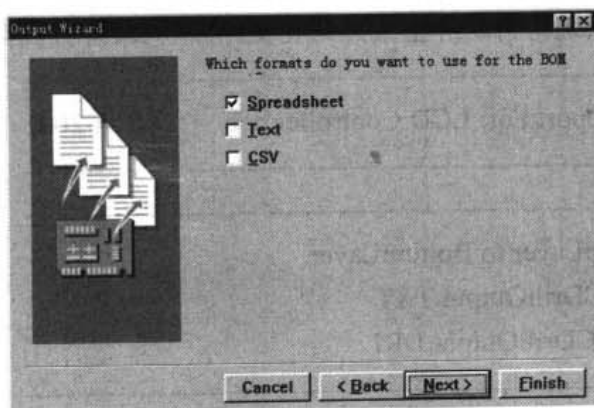


图 18-14 选择文件格式

(4) 文件格式设置完后, 单击 Next 按钮, 弹出如图 18-15 所示的元件列表形式选择对话框。

(5) 单击 Next 按钮, 弹出如图 18-16 所示的元件排序依据选择对话框。

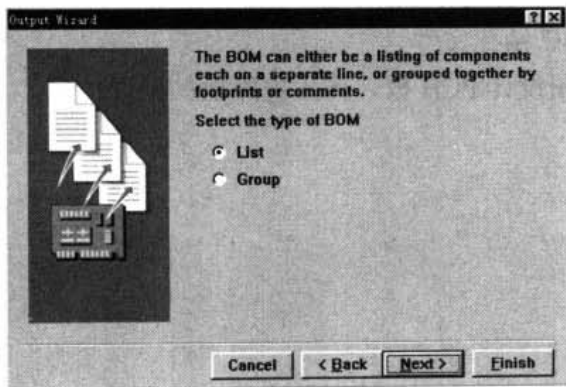


图 18-15 选择元件列表形式

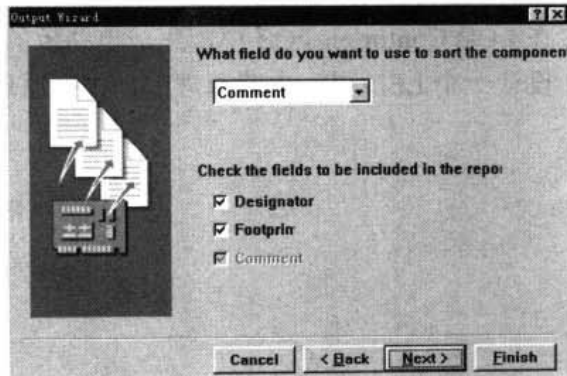


图 18-16 设置元件排序依据选择对话框

(6) 单击 Finish 按钮, 即可完成元件列表文件的创建。或者单击 Next 按钮, 弹出如图 18-17 所示的对话框, 再单击 Finish 按钮, 也可完成元件列表文件的创建。其系统默认文件的名称为 CAMManager2.cam。

(7) 进入 CAMManager2.cam 文件, 执行菜单命令 Tools | Generate CAM Files, 系统便会自动产生 BOM for LCD Contorller.bom 文件, 如图 18-18 所示。

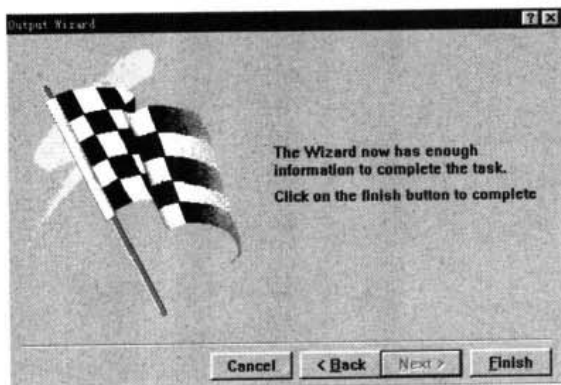


图 18-17 确认元件列表文件生成

	A	B	C	D	E	F	G
1	Comment	Footprint	Designators				
2	0 1u	1005(0402)	CU1a				
3	0 1u	1005(0402)	CU1a				
4	0 1u	1005(0402)	CU1f				
5	0 1u	1005(0402)	CU1g				
6	0 1u	1005(0402)	CU1h				
7	0 1u	1005(0402)	CU1b				
8	0 1u	1005(0402)	CU1c				
9	0 1u	1005(0402)	CU1d				
10	0 1u	1005(0402)	CU6a				
11	0 1u	1005(0402)	CU6b				
12	0 1u	1005(0402)	CU6c				
13	0 1u	1005(0402)	CU6d				
14	0 1u	1005(0402)	CU6e				
15	0 1u	1005(0402)	CU6f				
16	0 1u	1005(0402)	CU6g				
17	0 1u	1005(0402)	CU6h				
18	1 2k	1608(0603)	R38				
19	1 2k	1608(0603)	R37				
20	1 2k	1608(0603)	R64				
21	1 2k	1608(0603)	R11				
22	1 8k	3216(1206)	R34				
23	1 8k	3216(1206)	R47				
24	1 8k	3216(1206)	R43				

图 18-18 元件报表

## 18-8 小结与习题

### 18-8-1 小结

通过本章的学习, 可以对产生 Protel 99 SE 报表的方法及常用报表的功能, 有一定了解。在产生元件的引脚报表时, 需特别注意的是选取引脚后才能产生报表。这一点同其它几类报表产生方式有所区别。其它的报表信息, 只需要打开电路板, 再执行相应的菜单命令就可以了。

### 18-8-2 习题

1. 在 Protel 99 SE 系统提供的电路板中, 选择设计图 LCD Contorller.PCB, 任意选取一个元件, 产生引脚报表信息。
2. 在 LCD Contorller.PCB 中, 生成电路板的 NC 钻孔文件。
3. 设计一个 LED 显示电路原理图, 根据原理图设计 PCB 板, 产生电路板的元件列表。

## \*第 19 章

# Protel DXP 的新功能

Protel DXP 是以项目为中心的 PCB 设计平台，具有全新的图元导航及管理工具，以及高层次设计能力（如各种设计变量和多通道设计），此外，在设计工具上，也进行了许多改进。

Protel DXP 的用户界面进行了重新设计，为工作区引入了各种高级功能，例如：各种面板都可以随意设置成位置固定、工作区悬浮或者弹出式使用等模式。当前未使用的面板和工具条可以自动变灰，并支持双显示器设计模式。用户还可以通过简单的点击、拖动操作，来随意定制系统资源，这些功能使得设计工作更加高效并充满乐趣。

Protel DXP 的文件系统进行了重新规划，其在线帮助系统可以简明扼要地显示各种命令、对话框和“*What's this*”（对话框右上角的小问号）的帮助信息。此外，用户还可以通过使用参考文献帮助，浏览各种有关 Protel DXP 的设计文章（包括各种设计观点和设计向导），获得在 Protel DXP 中完成某项设计任务的详细信息。用户可以把这些文章视为 Protel DXP 的信息库，随着 Protel 网站资料的不断更新，这一信息库将不断地得到扩充。

## 19-1 设计新途径

### 19-1-1 Protel DXP 项目

在 Protel DXP 中进行设计，首先要创建一个（Project）项目。项目的作用是，把各种包括原理图、网络表、PCB 文件等要素连接起来，项目还存有输出参数，包括原理图和 PCB 的打印输出、装卡和数控钻孔以及材料报表的设置等。

通过 File 菜单的 New Project 选项，就可以新建一个项目。当为项目添加文件（如原理图或 PCB）时，项目文件中，就会建立与该文件的连接。原理图或者 PCB 文件可以存放在设计网络的任何位置，不必与项目文件在同一目录下。

要编辑项目中的某个文件，首先应打开项目文件，显示该项目中的文件列表，然后，在 Projects 面板中双击需要编辑的文件。

**提示：**编辑文件可以通过打开该文件所在的项目来进行，也可以直接打开该文件来进行编辑。

要为当前项目添加新的文件，只需在该项目的文件列表中右键单击其中任何一个文件，在弹出的 Project 快捷菜单中选择 New 选项即可。

**注意：**这种操作只是为项目添加了文件，如果需要为原理图创建一个子图，应该在父图中放置一个“sheet symbol(子图符号)”，然后将子图符号的“Filename”设置为刚才添加的原理图文件。

**提示：**项目的子文件如果与项目保存在同一盘符下，项目连接采用的是相对连接方式；而保存在其他盘符下的文件，则采用绝对连接方式。

### 19-1-2 Protel DXP 的设计步骤

Protel DXP 的一般设计步骤为绘图、编译、除错、输出。

#### 1. 绘图

要绘图，先从元件库中选择并放置元件，然后进行连线。可以在单张图纸上进行，也可以在多张图纸上进行。

设计的第一步是：放置元件。在选择元件之前，应首先将用到的元件库添加到项目的元件库列表中，操作如下：

- (1) 在 Libraries 面板中点击顶部的 Libraries 按钮，弹出 Add Remove Libraries 对话框。
- (2) 在该对话框中，可以添加或者移出元件库。Protel DXP 支持的元件库包括 Protel DXP 的集成库 (\*.IntLib)、原理图库 (\*.SchLib)、PCB 库 (\*.PcbLib) 以及 Protel 99 SE 的原理图/PCB 库 (\*.Lib)。

**提示：**添加好元件库以后，不论在任何时候进行项目文件编辑，这些元件库都会自动出现在该项目的元件库列表中。

#### 2. 编译验证

绘图完成后，下一步就是检查连接情况，包括检查草图错误（如导线未连接到元件引脚）和电气错误（如元件输入引脚悬空）。这就需要编译项目，项目编译时，将生成对应的连接模型，并自动检查草图错误和电气错误。

编译项目的方法如下：

- (1) 选择 Project|Compile PCB Project 菜单命令，或者在 Projects 面板中右键单击需要编译的文件，然后选择 Compile 命令。
- (2) 项目编译完成后，将显示 Compiled 面板，通过该面板可以浏览设计文件。

**提示：**项目编译时的错误检查规则是在 Options for Project 对话框（通过菜单命令 Project|Project Options 调出）的 Reporting and Connection Matrix 选项卡中进行设置的。

#### 3. 除错

项目编译时检查到的任何警告和错误信息，都会在 Protel DXP 界面底部的 Messages 面板中显示出来，同时，也显示在原理图或 PCB 的 Navigator 面板中。通过这些面板，可以很快定位到出现错误的地方。

要对原理图进行除错，首先将 Navigator 面板设置为浏览违规（Navigate Violations），然后单击适当的部位，即可找到违反电气规则的地方。

如果是对 PCB 进行除错，则需把 Navigator 面板设置为设计规则（Rules），这样就可以检查 PCB 是否违反了某个特定的设计规则，也可以通过选择 Rule Classes 中的 All Rules 来显示所有的违规信息。

#### 4. 输出


如果项目编译没有检查到任何警告/错误，下一步就可以进行项目输出。可以将原理图直接转化成 PCB，或者从 PCB 输出制版和装配文件。项目文件输出设置可以在 File 菜单下设置，也可以在 Projects 菜单的 Output Jobs 选项中设置，这些选项设置都将保存在项目中。

## 19-2 Protel DXP 中的面板

Protel DXP 中，面板应用得非常广泛。可以通过面板来打开文件、添加/移出元件库、浏览原理图/PCB 或者编辑各种图元。Protel DXP 中有两种面板：一种是在任何工作区都可以使用的面板，如 Libraries 面板和 Projects 面板；另一种是在某个特定的工作区才可以使用的面板，如 PCB Navigator 面板。



### 19-2-1 面板的显示模式

面板的显示模式可以通过以下途径进行设置：

- 在 View 菜单的 Workspace Panel 选项中，可以切换到其他面板，或者改变某个面板的显示/隐藏属性。
- 工作区右下方的 Panels 按钮也可以用来显示或者隐藏任何一个面板。
- 点击面板区域顶部的按钮可以切换到其他面板。
- 点击面板区域底部的标签可以进行当前面板的切换，右键单击某个面板的标签可以关闭该面板。

### 19-2-2 面板的定位

面板的定位选项包括以下几种：

- 固定位置模式：固定于用户界面的某一边。点击别针按钮可以切换成弹出模式。
- 弹出模式：面板以按钮的形式显示于工作区边缘，点击该按钮可以弹出面板，再点击工作区后面板将自动隐藏。点击别针按钮可以切换成固定位置模式。
- 悬浮模式：面板悬浮在工作区，当鼠标移动到面板上时面板会自动激活。

提示：点击/拖动面板标签或者面板名称，可以只移动该面板；按下 Ctrl 键可以防止面板变为固定位置模式；右键单击面板标题栏，可以控制该面板固定于工作区的什么位置。

## 19-3 同步设计：使原理图与 PCB 同步更新

PCB 设计的一个难点是如何保持原理图与 PCB 的同步更新，因为通常原理图、PCB 或

者二者同时都在进行设计更新。

Protel DXP 的同步设计是功能强大的比较器，用于实时比较原理图与 PCB 之间的差异。此外，它还可以用来比较其他设计文件，如 PCB 与网络表、网络表与网络表、原理图（或原理图项目）与原理图（或原理图项目）。实际上，它可以进行任何项目文件的比较。

## 19-3-1 原理图元件与 PCB 引脚封装的连接

使原理图与 PCB 同步更新的关键是，建立原理图元件与对应的 PCB 封装之间的连接。在 Protel DXP 中，有两种方法可以实现这种连接：名称（Designator）和惟一标识符（Unique Identifier）。

要检查元件连接状态，可以选择 Project 菜单下的 Component Links 命令，弹出的元件连接对话框中显示了所有元件的连接状态，如图 19-1 所示。

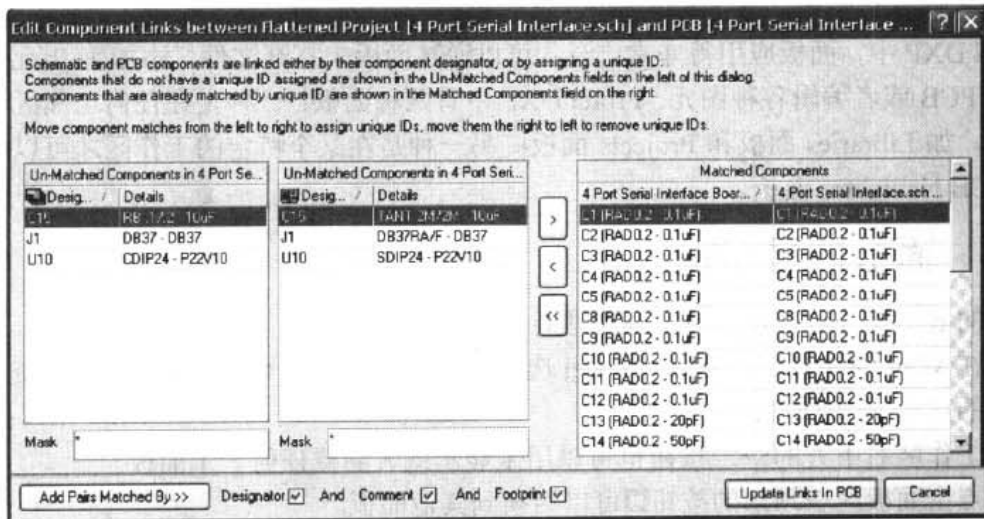


图 19-1 Component Links（元件连接）对话框

具有惟一标识符的元件列在右边的 Matched Components 区域，还未分配惟一标识符的元件，则列在左边的两个区域。对话框底部的按钮用于快速建立元件连接关系，也可以选择没有建立连接关系的原理图元件和 PCB 元件，并手动设置其连接关系。

通常，用惟一标识符来建立元件连接较好，因为这样可以在原理图和 PCB 中对各个元件进行重命名，同时它们之间的连接关系保持不变。

如果有的元件没有分配惟一标识符，而又运行设计同步命令，此时将弹出一个对话框，提示为这些元件建立名称连接。注意，这只是采用名称来建立连接，并不检查它们的引脚或者注释是否匹配。如果不确定采用名称连接是否可靠，请单击 No 按钮，然后打开元件连接对话框检查元件的连接情况。

## 19-3-2 在原理图与 PCB 之间传递修改信息

选择 Design 菜单中的 Update 命令，即可将修改信息从原理图传递至 PCB 或者从 PCB 传递到原理图，此时将弹出 Engineering Change Order 对话框，显示需要对目标文件进行哪些修改。

执行 Update 命令时，并不是所有的编辑结果都可以同步更新。例如，如果网络连接在



PCB 中进行了修改,那么就不能够再反馈回来更新原理图。这种情况下,将弹出一个 Confirm 对话框,详细显示出哪些修改结果不能进行同步更新。在该对话框中,如果选择 No,将弹出 Differences 对话框,列出二者的差异。

### 19-3-3 更新差异

比较引擎通过各个设计窗口编译产生的连接模型(网络表)进行详细比较,得出差异。不同文件之间的差异识别和解析通过下面的步骤来进行:

- (1) 比较设计窗口:通常,在原理图到 PCB 更新时进行。可以通过选择 Design 菜单中的 Update 命令或者 Project 菜单中的 Show Differences 命令来启动。
- (2) 得出差异列表:如果选择 Update 命令,Protel DXP 默认已确认需要做哪些更新,因此不再显示 Differences 对话框。如果选择 Show Differences 命令,那么将弹出 Differences 对话框,详细显示所有差异。
- (3) 设置更新方向:如果上一步选择的是 Show Differences 命令,则必须在 Differences 对话框中设置更新方向。可以单击右键,在弹出的快捷菜单中选择一次进行全部更新,或者点击 Update Design 栏,一个一个地设置更新方向。
- (4) 得出更新列表:设置好更新方向后,将得到 ECO 列表,ECO 列表中列出了需要更新差异的所有操作。
- (5) 执行差异更新:执行 ECO 列表即可进行差异更新。

在 Project Option 对话框的 Comparator 选项卡中,列出了可以从原理图到 PCB 进行比较更新的内容。

**注意:**并不是所有的内容在每个设计窗口都支持,例如 Protel 网络表就不支持元件集合(Room)和元件类(Class)。

## 19-4 元件命名管理

在原理图编辑器和 PCB 编辑器中,都具有根据元件位置来进行连续命名的工具。如果原理图到 PCB 的连接是通过元件名称来进行的,就应特别注意,当在原理图或者 PCB 中修改了元件名称时,需要及时同步更新。如果原理图到 PCB 的连接是通过惟一标识符来进行的,则可以任意对原理图或者 PCB 中的元件进行重命名。运行 Project 菜单下的 Component Links 命令,可以检查原理图与 PCB 之间的连接方式。

在原理图或者 PCB 编辑器中选择菜单命令 Tools|Annotate,即可弹出 Annotate(元件注释)对话框,如图 19-2 所示。该对话框列出了所有元件的当前名称,要改变元件命名规则,只需在对话框的左上角选择一种,然后单击 Reset Designators 按钮,并执行 Update Changes List 命令即可。建立正确的命名规则后,单击 Accept Changes 命令,即可产生用于更新原理图元件名称的 ECO 列表。

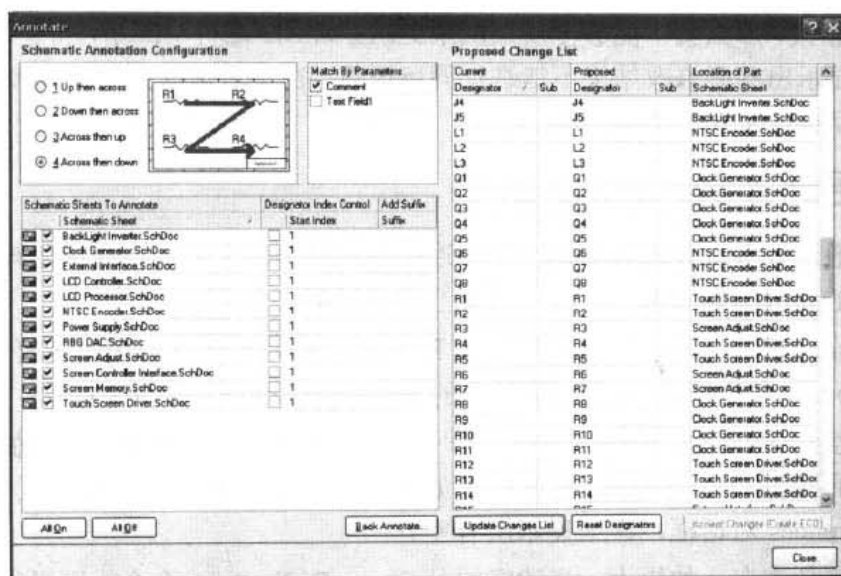


图 19-2 Annotate (元件注释) 对话框

## 19-5 全新概念的工作空间

在项目编辑方面, Protel DXP 引入了两种全新的概念——工作区过滤和元件信息的选择性显示。这两种高级编辑技术可以控制在工作区显示哪些元件, 然后对这些元件进行编辑。

### 19-5-1 在工作区进行元件过滤

在工作区控制当前需要显示的元件, 对于设计者来说是非常重要的。也许你想检查某个网络的布线情况, 或者与另外一个网络进行比较, 或者想查看某一系列的元件的位置, 而不希望其他元件也同时显示出来。这在 Protel DXP 中很容易办到, 只需将其他元件过滤掉, 然后将它们屏蔽, 这样, 既可在工作区只高亮度显示过滤后的元件, 而其他元件则变暗或者不显示。图 19-3 显示了工作区进行元件过滤的效果。

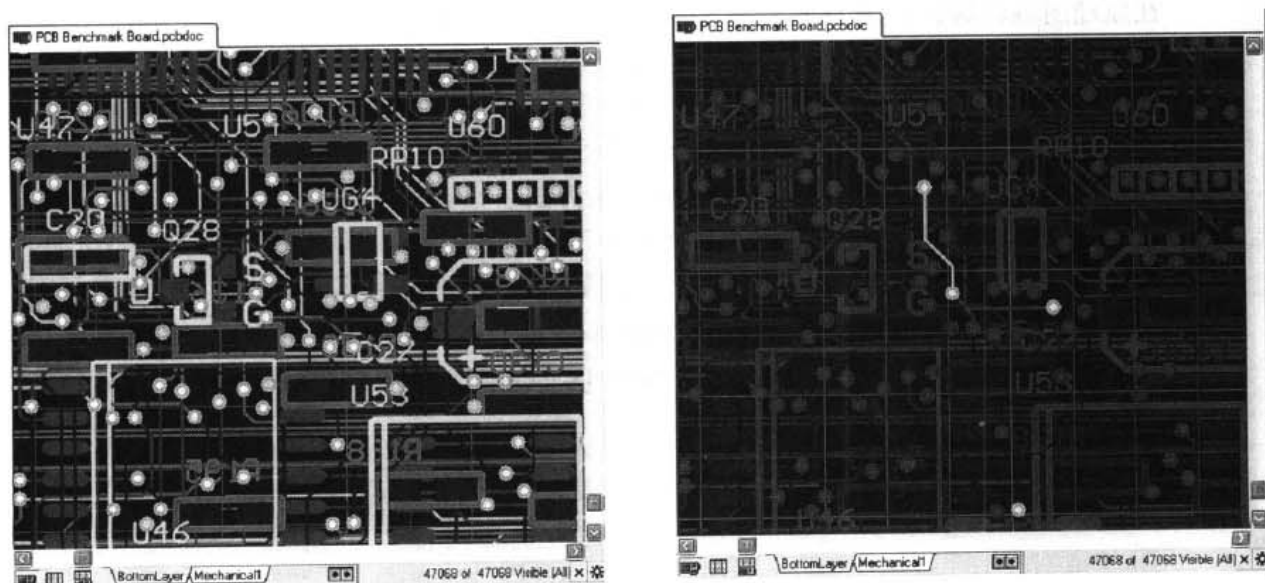


图 19-3 工作区进行元件过滤的效果

元件过滤可以通过多种方法来进行, 包括:

- 在原理图或者 PCB 的 Navigator 面板中点击某个条目, 不属于该条目的所有元件即被过滤掉。
- 在 List 面板中键入查询语句, 查询语句是在工作区进行元件查找的有力工具。
- 在 PCB 的过滤工具栏中直接选择一个网络、元件或者键入查询语句。
- 按下快捷键 Y 弹出过滤菜单, 然后在其中选择一个条目。

提示: ● 在工作区右下方单击 Mask Level 按钮, 可以调节屏蔽元件的显示亮度。

- 只有正常显示的元件才可以被选中或者进行编辑。
- 用设计规则来浏览元件是确认该规则适用于哪些元件的极好方法。
- PCB 过滤工具栏是进行元件、网络或者查询语句过滤的方便途径。在任何工具栏上单击右键, 然后选择过滤工具栏, 即可将它弹出。

## 19-5-2 元件监视器

工作区过滤器不仅是控制元件显示的有效工具, 还是控制哪些元件可以被编辑的有效方法。进行过滤操作以后, 只有那些正常显示的元件才可以被选择或者进行编辑。

单个元件的编辑可以使用传统的方法: 双击需要编辑的元件, 弹出元件属性对话框。此外, 还可以使用元件监视器面板来进行, 选择菜单命令 View|Workspace Panels|Inspector 或者按下快捷键 F11, 即可弹出该面板。

使用元件监视器面板有两个优点: 该面板可以一直打开, 只需单击需要编辑的元件, 即可在该面板中显示其属性, 并对它进行修改; 在该面板中可以同时编辑多个元件, 即使这些元件的种类不同。当选择多个元件时, 面板中只显示这些元件的共同属性。在面板中修改元件属性后, 只要在面板外面点击一下鼠标, 即可执行编辑命令。元件监视器参见图 19-4。

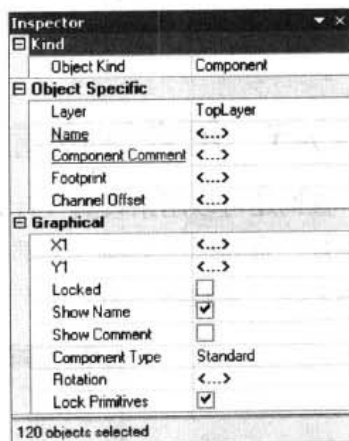


图 19-4 元件监视器

## 19-5-3 元件查询

Protel DXP 引入了一种在工作区查找元件的新方法——查询语言。查询语言是若干符号的集合——关键词、元件标识符、操作符和变量值, Protel DXP 分析查询语言后对工作区所有元件进行检查, 看是否符合查询条件, 符合条件的元件将在工作区高亮显示。

查询语言可以是非常简单的语句, 如 OnTop, 表示查找 PCB 中所有位于顶层的元件。查询语言也可以非常具体, 如: IsPad And (Not IsElectrical) And OnMultilayer And (HoleSize > 20), 表示查找焊盘 (IsPad), 并且该焊盘没有网络名称 (Not IsElectrical)、位于多个板层 (OnMultilayer)、孔径大于 20mils (HoleSize > 20)。

全套的关键词、元件标识和操作符都列在 Query Helper 对话框中, 可以利用该对话框来输入查询语言, 并在执行查找之前检查语法错误。在 List 面板中单击 Helper 按钮, 或者在设计规则的设置步骤中单击 Query Builder 按钮, 都可以弹出 Query Helper 对话框, 如图 19-5 所示。

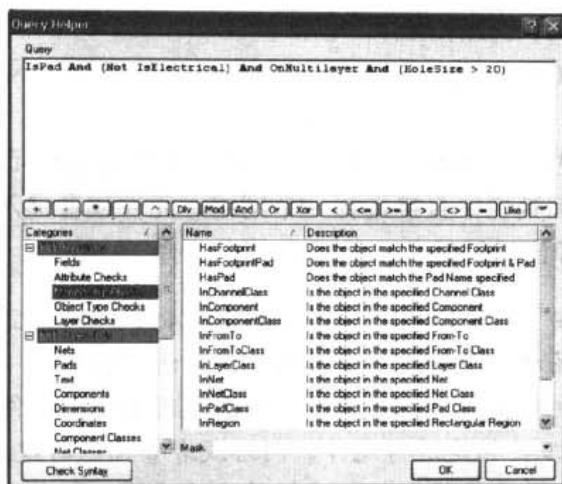


图 19-5 Query Helper (查询助手) 对话框

## 19-5-4 用查询语言进行过滤

查询语言可以用于在工作区进行元件过滤，可在 List 面板或者过滤工具栏中进行。过滤后就可以对那些符合条件的元件进行检查或者编辑了。例如，在过滤器编辑器或者过滤工具栏中输入 InNet('NetName')即可过滤出一个网络 (NetName 为需要显示或者编辑的网络名称)。

## 19-5-5 用查询设置设计规则的使用范围

查询还可以用来设置设计规则的使用范围。为了简化设计规则的使用范围，每一条设计规则都有一系列标准选项 (全部、网络、网络类、板层、网络和板层)，选择其中一个选项即可自动生成一条查询语言。此外，还有一个高级选项——手动输入查询语言，如图 19-6 所示。

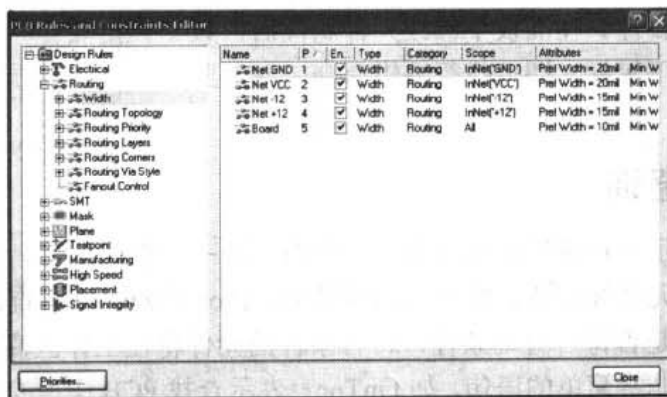


图 19-6 设置规则的适用范围

## 19-5-6 规则优先级

设计规则的使用顺序是由优先级决定的，优先级显示在 Design Rules 对话框的主窗口中。如果在该对话框的左边选择一个设计规则 (如导线宽度) 并向下展开树形结构，可以在对话框的底部单击 Priorities 按钮改变其优先级，其中最高优先级为 1。

## 19-6 列表面板

编辑元件还可以在列表面板中进行（参见图 19-7），该面板集成了查询语言编辑器、高亮显示控制和电子表格。在面板顶部输入查询语言并执行 Mask 命令的高亮显示选项后，电子表格将自动进行更新，移出那些被查询语言过滤掉的元件。电子表格是工作区显示元件的例外一种表达方法——在电子表格中进行的任何操作，如选择一组元件或者编辑一个元件，工作区的图形显示界面也会发生同样的改变。

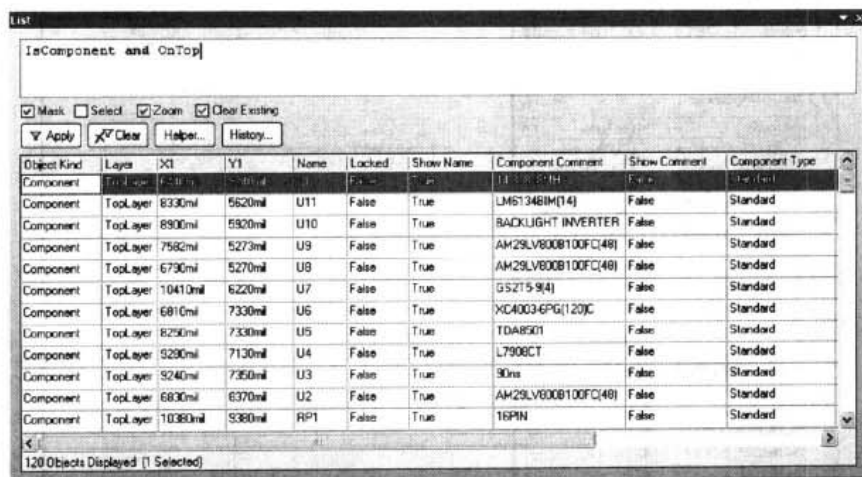


图 19-7 列表面板

- 提示：
- 在 List 面板输入的查询语言会同时在电子表格和设计窗口图形显示界面执行。
  - 在电子表格中可以使用标准的 Shift+单击和 Ctrl+单击操作来选择元件，然后在选择好的元件上右键单击，并选择删除未选中元件，可以使电子表格中仅保留选中元件，也可以选择编辑选中元件命令，来编辑这些选中的元件。
  - 在电子表格中右键单击选中元件，然后选择生成报表命令，从报表预览窗口可以选择输出格式，如文本文件、CSV 文件或者电子表格文件。

### 19-6-1 浏览设计文件

原理图和 PCB 设计窗口都具有 Navigator 面板，可用来浏览文件中的元件、网络和设计错误（在 PCB 中还可以根据设计规则进行浏览）。使用该面板的屏蔽功能，可以只显示在面板中选中的元件。

### 19-6-2 原理图浏览器面板

在进行编译之前，原理图仅为各种图元的简单组合——元件、网络、总线、I/O 端口等，虽然网络定义了各个元件的连接关系，但还没有生成连接模型。

进行编译后将产生连接模型，此时即可用 Navigator 面板来进行浏览（参见图 19-8）。在该面板的顶部有若干选项，其中 Mask 选项用于屏蔽其他未选中元件，而 Graph 选项则用



于显示元件之间的连接关系——显示网络用红色，显示元件用绿色。

如果选择面板中的 Hierarchy 命令，可以直接在原理图的设计图纸中进行浏览：单击原理图中的某个元件后，系统将根据面板顶部的选项来进行显示。例如，选择 Graph 选项并单击 Hierarchy 按钮，然后单击原理图中的某条导线，可以检查该导线的连接情况；单击 I/O 口的红色小图标，可以跟踪位于当前图纸之外的网络连接。

使用 Compiled 面板可以更详细浏览编译后的文件，它不仅可以浏览网络或元件，还可以浏览某一编译实体的所有成员。

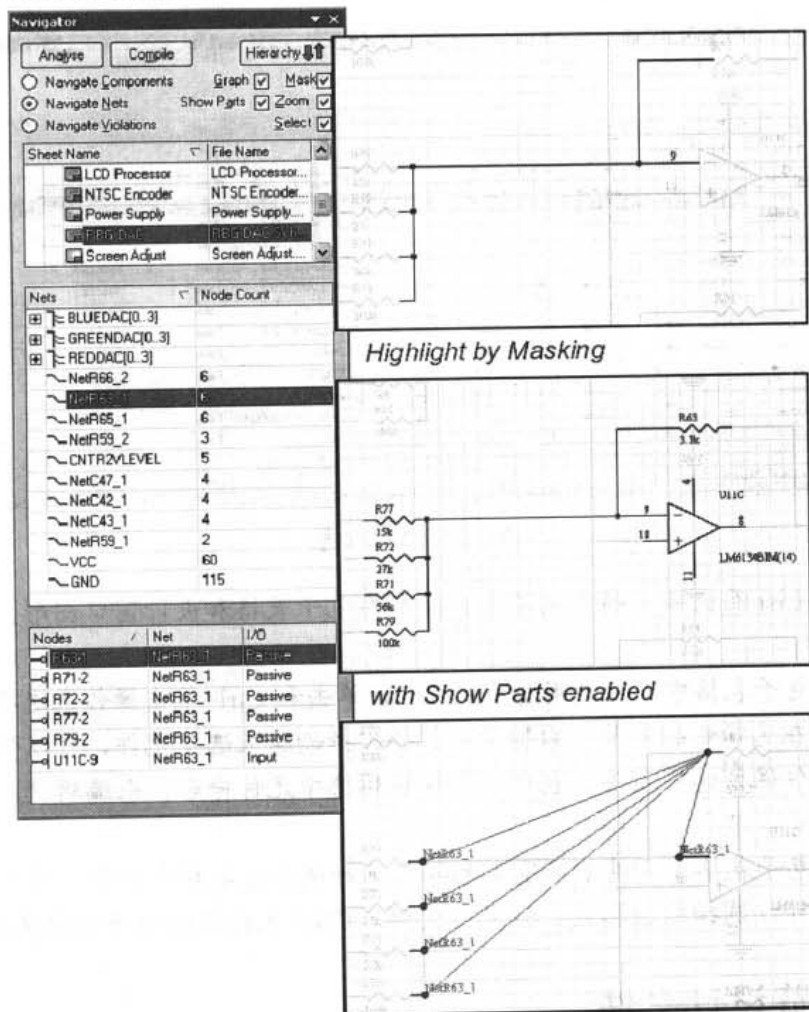


图 19-8 用 Navigator (导航) 面板来进行浏览

## 19-6-3 在原理图中设置设计规则

在原理图中，通过添加元件参数，可以设置对应 PCB 的设计规则。在原理图中为元件添加参数时，都有一个 **Add as Rule...** 按钮，单击该按钮后，Parameter Properties 对话框中将出现 **Edit Rule Values...** 按钮，点击它可以打开 Choose Design Rule 对话框，在该对话框中可以选择规则类型，并在规则编辑器中对规则进行设置，如图 19-9 所示。

PCB 编辑器中设计规则的使用范围是在设计规则中定义的，而在原理图编辑器中，则由参数添加的位置来决定。从原理图到 PCB 的设计规则映射有以下几种：

- 引脚参数——焊盘
- I/O 参数——网络
- 导线参数——网络
- 总线参数——网络类
- 元件参数——元件
- 子图符号参数——元件类
- 图纸参数——全部

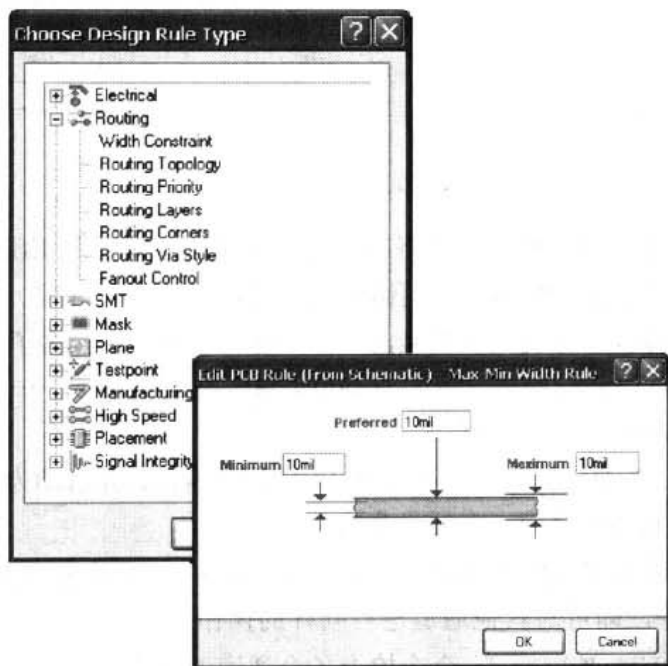


图 19-9 在原理图中通过添加元件参数可以设置对应 PCB 的设计规则

## 19-7 多通道设计

多通道设计的含义是，只需绘制一个通道原理图，而不必对它进行复制。即使将设计转化到 PCB 以后，原理图项目也一直保持这种状态。通道引用可以通过多个子图符号来实现，也可以仅用一个子图符号通过子图符号实例语句来进行引用。

通道实例化的数目是通过关键词 Repeat 来设置的，进行项目编译时，编译器根据 Repeat 数目对通道进行实例化，并为每个通道的元件进行命名，只是创建元件名称表格，而不必复制通道子图。编译完成后，在原理图设计窗口将出现若干标签，每一个标签对应该通道的一个实例。

多通道设计信息同时传递到 PCB 中，每一个通道对应一个元件集合（Room）。

在 PCB 中放置好一个通道的元件后，执行 Autoroute|Room 命令即可对通道元件进行自动布线，然后再执行 Tools|Rooms|Copy Room Formats 命令，即可按照同样的方法对其他所有通道的元件进行布置和布线。

下面将创建一个多通道设计：

- (1) 在子图中绘制出一个通道。
- (2) 在父图中放置一个代表该子图的子图符号。



- (3) 定义通道数目——在子图符号的名称栏输入关键词 Repeat，如图 19-10 所示，本例中子图名称为 CIN，通道编号为 1~8。

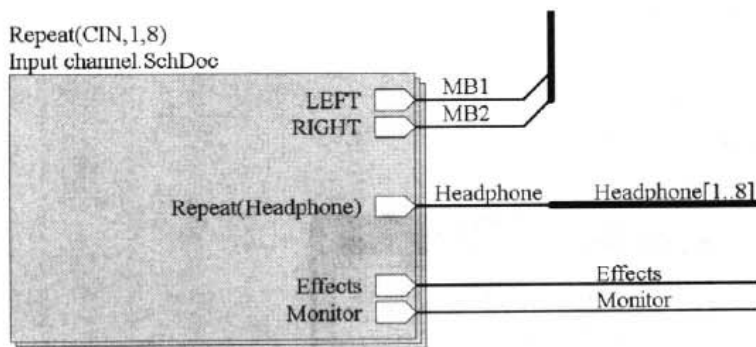


图 19-10 通道的一个实例

- (4) 所有通道子图都相连的公共网络用普通方式进行连接，如 Effects 网络。
- (5) 与每一个通道子图单独相连的网络则用总线的方式进行连接。注意，导线旁边的网络标签并没有包含总线成员编号，只有多通道子图符号包含了 Repeat 关键词。进行项目编译后，该总线即被分解为 Headphone1、Headphone2……一直到 Headphone8，每一个通道对应其中一个网络。
- (6) 项目编译后，多通道信息也将传递到 PCB 设计窗口，并自动为每个子图创建一个元件类，一个元件类对应一个元件集合。
- (7) 对其中一个通道的元件进行放置和布线后，在 PCB 设计窗口执行 Tools|Copy Room Formats 命令，即可对其他通道进行同样的操作。
- (8) 执行 Project|View|Channels 命令检查各个通道的命名。

**提示：**通道子图符合的名称用于标识每个通道的元件，如通道 8 中的元件 R1 将被命名为 R1\_CIN8，因此注意尽量减小子图符号的名称长度，这样可以使元件名称也变短。

必须记住所有通道只有一个子图，系统为每个通道分配的名称保存在系统表格中（Project|Channels），项目编译后仍然只有一个子图，只不过在子图文件下方多出了若干标签，一个标签对应一个通道。

## 19-8 设计制版变量

Protel DXP 支持制版变量。当设计好一个 PCB，但又想以不同的设置参数加载该 PCB 项目时，就需要使用制版变量。

首先设计并布置好 PCB，在原理图与 PCB 进行同步更新后，即可定义制版变量了。

执行命令 Project|Variants，弹出变量管理对话框，该对话框列出了项目中的所有元件。添加好需要的变量，并将那些不需要的元件变量设置为 Not fitted 属性后，就可以输出包含刚才添加的变量值的文件了，如材料报表、制版文件等，如图 19-11 所示。

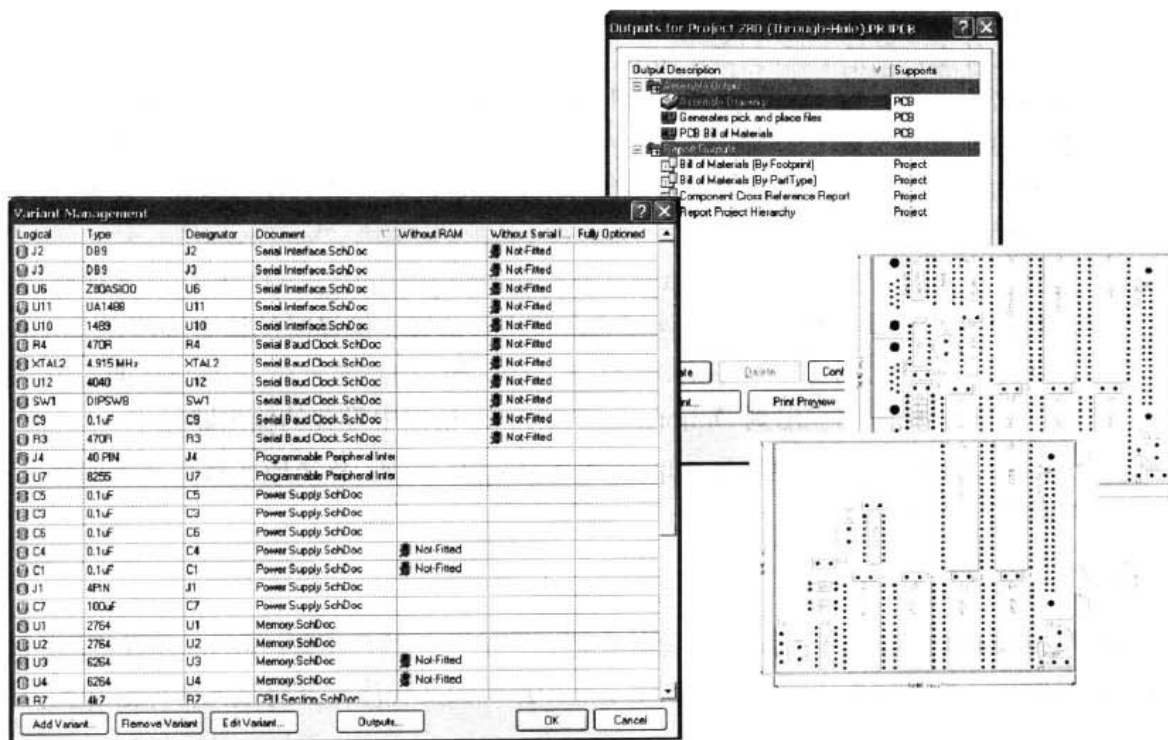


图 19-11 制版变量的设置对话框

## 19-9 集成元件库

元件集成库是一个完整的、可移植的元件数据包，它包含了原理图元件符号、PCB 引脚封装和 SPICE 模型，此外还可以随时向集成库中添加新的模型。

创建集成库首先应创建一个元件包项目（Library Package），该项目定义了集成库中的元件，完成元件包的创建并进行项目编译后即可输出集成库。

### 19-9-1 创建集成库

创建集成库的步骤如下：

- (1) 创建一个元件包源文件。
- (2) 添加原理图元件库，对于原理图元件库的数目没有限制。Protel 99 SE 的原理图元件库虽然可以包含在 DXP 的元件库面板中，但不能直接添加到元件包源文件，需要首先另存为 Protel DXP 格式。
- (3) 创建/编辑原理图元件库中的元件符号。创建新的原理图元件需要绘制其外形并添加引脚，如果有不需要显示出来的引脚，可以在元件库编辑器中将引脚的属性设置为隐藏（Hidden）。
- (4) 在 Options for Project 对话框中设置元件模型的搜索路径。注意，当前元件包源文件的目录已经自动设置为搜索路径，只需设置 PCB 封装和其他模型的搜索路径。添加新的搜索路径后单击 Refresh 按钮，确定途径的正确性。此外，还可以为元件包源文件添加单个模型文件。

- (5) 对于单个元件,在元件库编辑器中执行菜单命令 Tools|Edit Component,将模型连接到该元件上,包括 PCB 封装、SPICE 模型和信号完整性模型。注意,通常系统是用模型名称来进行搜索的,并在编译时将这些模型集成到元件库中,如果需要的话可以详细设置每个模型的确切路径。在进行元件包源文件编译时,模型所搜顺序为:模型的确切路径,元件包源文件所包含的路径,已安装的元件库路径,设置好的搜索路径。
- (6) 完成源文件的编辑后,执行菜单命令 Project|Compile Integrated Library,系统将根据项目的元件库源文件和模型文件对该项目进行编译。编译时的检查选项在 Options for Project 对话框中进行设置,编译后的错误/警告信息显示在 Messages 面板中,编译产生的集成库则输出到 Options for Project 对话框中设置的输出路径中。
- (7) 使用集成库。如果选中 Open outputs after compile 选项,该集成库将自动添加到已安装的元件库列表中。

### 19-9-2 规划元件库

元件包/集成库的结构很灵活,可以添加的原理图元件库数目不限。Protel DXP 的集成库就像一本手册——为不同系列的元件都创建了一个原理图元件库,并将该元件库添加到元件包中。

### 19-9-3 信号完整性模型

信号完整性仿真器使用的不是元件模型,而是引脚模型。进行信号完整性仿真时,可以为元件设置两种选项,一种是种类和工艺选项(采用默认的引脚模型),一种是 IBIS 模型选项。

### 19-9-4 元件库的访问

在 Protel DXP 中支持原理图元件库、PCB 元件库和集成库,通过 Libraries 面板可以访问这些元件库。

**提示:** 不必一定使用集成库,Protel DXP 支持独立的原理图元件库和 PCB 元件库。Protel 99 SE 和 Protel DXP 的元件库都可以添加到 Libraries 面板中,并通过该面板访问元件库中的元件符号和 PCB 封装。

## 19-10 基于位置拓扑结构的自动布线 (Situs)

### 19-10-1 设计规则的适用性

Situs 布线支持所有电气规则和布线规则,包括过孔样式、盲孔以及埋孔。

### 19-10-2 支持 BGA 数据包

Situs 包含了 BGA 元件的布线策略,并且不受 BGA 焊盘数目的限制。此外 Situs 还包含了新的“扇出 (Fanout)”设计规则,可满足多引脚表面贴焊元件的扇出要求。

### 19-10-3 用户可自定义布线策略

Situs 具有若干默认布线策略，每种策略在特定情况下布线效果最佳，在运行布线器之前应首先选择布线策略。

默认策略不可编辑，但可以复制，此外，用户还可以自定义布线策略。自定义布线策略设置对话框请参见图 19-12。



图 19-12 自定义布线策略设置对话框

### 19-10-4 PCB 规划的改进

#### (1) 电路板外形

电路板外形定义了电路布线的边界，Protel DXP 使用电路板外形来决定电源层边界，并在为其他设计工具（如 3D 显示）输出数据时用此外形计算板层边界，如图 19-13 所示。

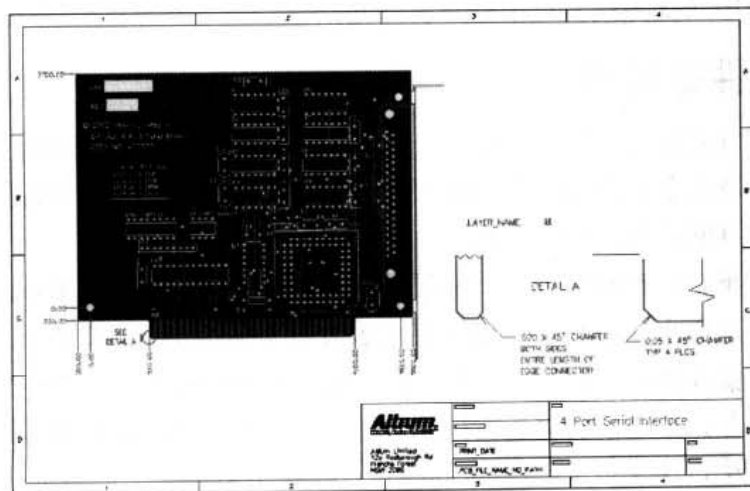


图 19-13 板的形状决定了板的边缘，使用自动功能实现电源层的自动规避

在创建新的 PCB 文件的同时,默认大小的电路板外形也被创建,用户可以使用菜单命令 Design|Board Shape 来改变其大小或者重新定义其边界。

**提示:** ● 在定义电路板外形时,可以通过空格键来改变拐角样式。

- 如果设计中包含了机械层的定义,可运行 Define from Selected Objects 命令,使电路板外形自动与机械层外形吻合。

### (2) 图纸模板

如果打开 Protel DXP 的 PCB 示例,可以看到电路板显示在一张图纸上,图纸具有边框、栅格和标题栏。这些内容绘制在一个机械层上 (Mechanical16)。

图纸属性在 Board Options 对话框中进行设置。图纸还可以与机械层绑定:在机械层上放置好模板图元,然后在 Board Layers 对话框中将该机械层连接到图纸,这样就创建好了所需的图纸模板。

如果图纸与机械层进行了绑定,当执行菜单命令 View|Fit Sheet 时,白色图纸就会自动缩放,刚好容纳下绑定层的图元。

- 提示:** ● Protel DXP 中包含若干预先定义好的 PCB 模板 (/Altium/Templates),可先打开需要的模板文件,然后将其内容复制到正在设计的 PCB 文件中。
- 在 Board Options 对话框中选择 Display Sheet 选项,可以随时隐藏图纸,此时所有绑定机械层也将被隐藏。
  - 如果在 Board Layers 对话框中将工作区的起始颜色和终止颜色均设为黑色,那么在该对话框中通过选择图纸显示模式 (开/关),可以在新图纸模式和传统的全黑显示模式之间进行切换。

## 19-10-5 新的设计规则适用范围系统

在 PCB 编辑器中可以设置若干设计规则,每条设计规则都具有适用范围,即该规则用于约束哪些元件,如电路板上的所有元件或者某个网络上的所有元件等。在 Protel DXP 中不使用预先定义好的固定规则范围,而是使用查询语言 (Queries) 来定义各个规则的适用范围,并且规则的使用顺序 (优先级) 可由用户自定义。

## 19-10-6 元件布置集合

Protel DXP 具有元件布置集合的高级功能,包括多边形集合、集合格式的复制、创建适合元件类的集合以及某个集合的自动布线与取消布线。有关元件布置集合的工具详细介绍如下,当使用这些工具的时候,请注意查看状态栏:

- (1) 放置矩形集合:在板层顶部或底部放置一个矩形元件集合 (Tools|Rooms)。
- (2) 放置多边形集合:在板层顶部或底部放置一个多边形元件集合 (Tools|Rooms)。
- (3) 复制元件集合格式:复制选中集合的元件布置及布线格式,并应用于其他具有相同元件的集合。在进行多通道设计时,使用该命令可以自动对其他通道的元件进行相同的布置及布线操作 (Tools|Rooms)。
- (4) 在元件周围创建元件集合:如果在一个元件类中已经布置好了元件,使用该命令可

- 以自动在这些元件周围创建一个元件集合。
- (5) 由选中元件创建非正交元件集合：由选中元件创建一个元件类，然后在这些元件周围创建一个非正交的元件集合 (Tools|Rooms)。
  - (6) 由选中元件创建正交元件集合：由选中元件创建一个元件类，然后在这些元件周围创建一个正交元件集合 (Tools|Rooms)。
  - (7) 由选中元件创建矩形元件集合：由选中元件创建一个元件类，然后在这些元件周围创建一个矩形元件集合 (Tools|Rooms)。
  - (8) 对元件集合进行自动布线：对起点和终点都在元件集合内的连接进行自动布线 (Autoroute 菜单)。
  - (9) 取消元件集合的布线：取消至少有一个节点在该元件集合内的所有连接的布线 (Tools|Un-Route)。
  - (10) 切分元件集合：将一个元件集合分割成两个集合 (Edit|Slice)。

### 19-10-7 测量工具

Protel DXP 中包含一套全面的测量工具，包括：直线、基准线、基线、引导线、角度、圆心、弧线、直径、半径等。测量数据可以通过 Dimensions 菜单或者 Dimensions 工具栏进行放置 (参见图 19-14)。尺寸标记具有连接性，一旦它与某个元件连接起来，就会随着元件一起移动。尺寸标记与元件 (如导线终点) 建立连接后，将会出现一个小的空心圆圈，圆圈的颜色与元件所在板层的颜色一致，该圆圈表示尺寸标记与该点建立了连接。每个尺寸标记都有一套完整的属性，如单位、精度、文本对齐方式以及箭头特征等等，双击尺寸标记即可对上述属性进行编辑。

在放置尺寸标记时，应随时注意状态栏，每种尺寸标记都具有自己的放置顺序，状态栏会提示下一步该进行何种操作。当鼠标移动到某个菜单或者工具栏中的某个尺寸标记上时，可以按下 F1 键来查看其帮助信息。

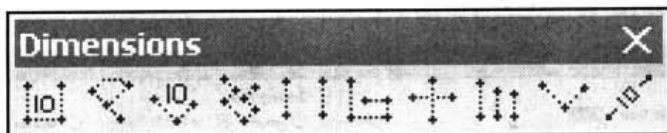


图 19-14 Dimensions (测量) 工具栏

### 19-10-8 电源层切割的改进

Protel DXP 的电源层切割工具看起来就像是一把刀。要切割某个电源层，先将该层设置为当前层，并切换至单层显示模式 (用 Shift+S 键进行切换)，然后执行菜单命令 Place|Line，从电路板外面开始，绘制一条分割线，分割线的宽度定义了无铜覆区域的宽度，在放置分割线过程中按下 Tab 键，可改变其宽度。

在绘制分割线时，应该从电路板外面开始，并终止于电路板外面。也可以在内部进行分割，但必须起始并终止于电路板边界或者已存在的分割线，如图 19-15 所示。

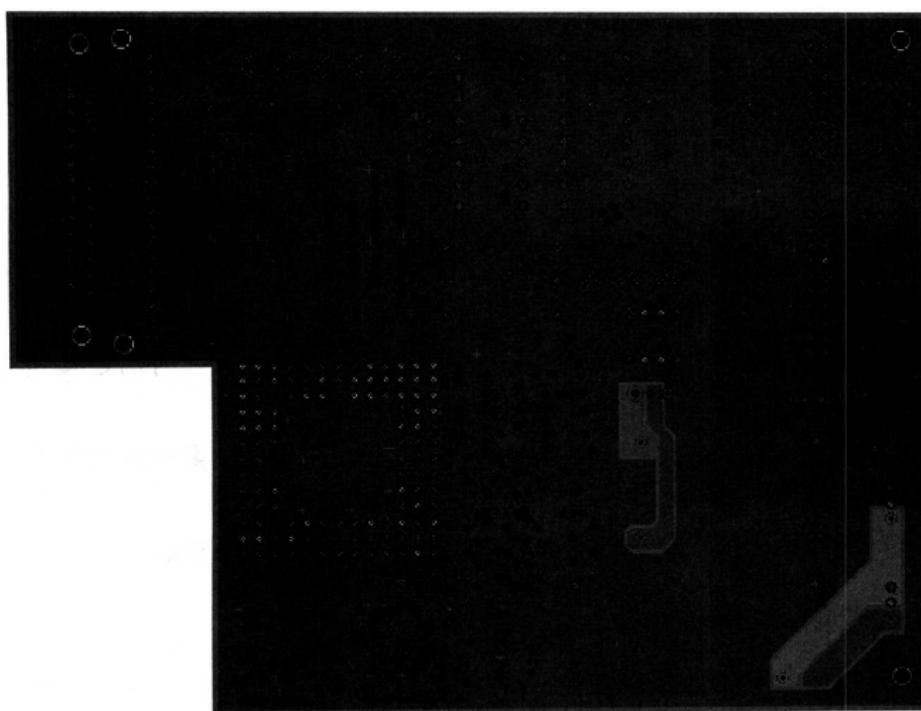


图 19-15 绿色为无铜分割线区域

## 19-10-9 完全可定义的焊盘形状

Protel DXP 支持三种类型的焊盘定义：

- 简单型：焊盘属性在所有板层上完全一致。
- 顶层—中间层—底层型：顶层和底层的属性可以单独定义，所有中间层的属性一起定义。
- 完全型：焊盘属性可在每一层单独定义。

焊盘设置对话框如图 19-16 所示。

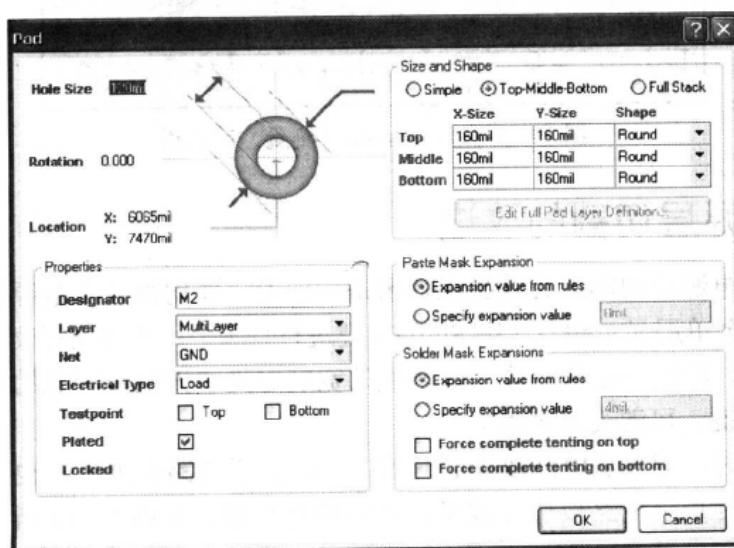


图 19-16 焊盘设置对话框



## 19-10-10 其他方面的改进

- 绘制原理图时，用户可定义的元件及引脚属性：元件参数和引脚参数完全对用户开放，可在原理图及元件库编辑器中进行编辑。
- 在原理图中对元件外形进行编辑：可在原理图中对元件引脚进行编辑或者移动。双击元件，然后，在元件属性对话框中对元件引脚解锁后，即可进行编辑。

## 19-11 电路仿真的改进

### 19-11-1 波形数据的导入与导出

可在电子表格与 Protel DXP 之间进行仿真图形的数据的导入与导出，或者将仿真图形复制到剪贴板上，然后粘贴到其他 Windows 应用程序中。

### 19-11-2 图形绘制的改进

可对图形属性（如标题栏、标签、直线）等进行编辑操作。

### 19-11-3 多种比例显示

可同时显示的比例为 1 到 4 倍，单击右键，并选择 Document Options，即可设置显示比例的种类，如图 19-17 所示。

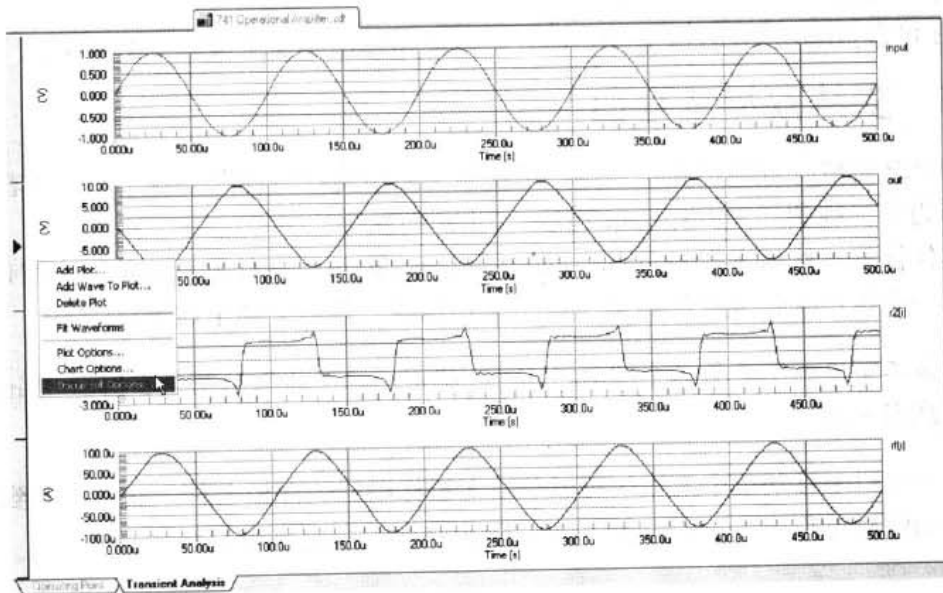


图 19-17 选择 Document Options 即可设置显示比例

### 19-11-4 信号完整性分析的改进

(1) 在 Protel DXP 环境下进行信号完整性分析 (SI)

可在原理图或者 PCB 中对电路进行 SI 分析（见图 19-18），对选中网络进行反射分析、交叉干扰分析，并在 Protel DXP 中显示波形。

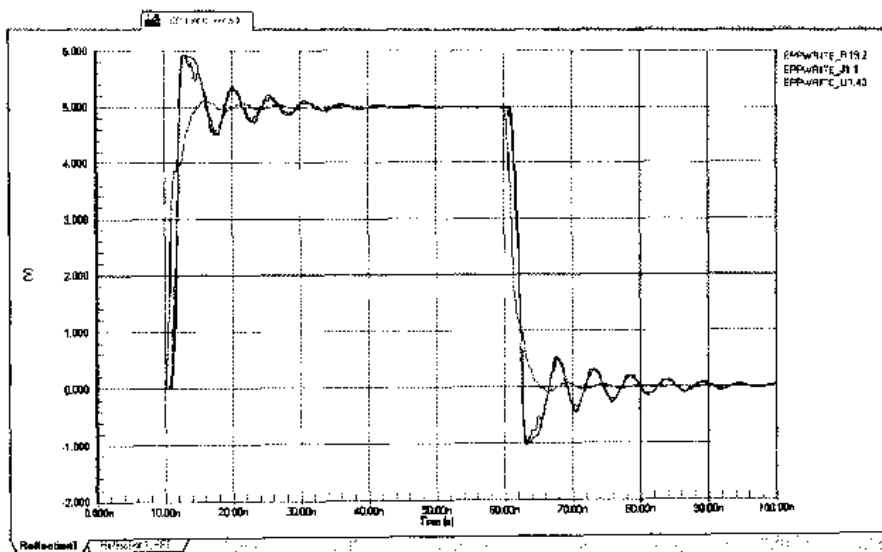


图 19-18 显示 PCB 中对电路进行 SI 分析波形

## (2) 在原理图中进行 SI 分析

可以在没有 PCB 文件的情况下，利用原理图进行 SI 分析，此时将使用默认的平均布线长度和 PCB 板层数。

## (3) 模型集成性的改进

在 Protel DXP 中包含了元件的 SI 模型。

## (4) 项目输出：Project Outputs

从 PCB 可直接输出 ODB++ 文件。而且，自动将输出结果下载到 CAMtastic。

## 19-11-5 支持双显示窗口

Protel DXP 可进行双显示窗口设置，可在两个显示窗口中管理项目文件，或者将第二个显示窗口作为第二视图（如 Inspector 面板、Filter 面板等）。

单击文件标签，然后选择 Open in New Window，即可将文件显示到第二个窗口。此外，也可以在第一个窗口未最大化的时候，点击文件标签，并将它拖出该窗口。

**注意：**第二窗口并不是第二个 Protel DXP 实例，它与原来的窗口在同一 Windows 线程中运行。

在第二个窗口中移动单个面板，可以单击面板标题栏的面板名称，然后拖动到新的位置即可。在移动面板过程中按下 Ctrl 键，可以防止将面板固定到窗口边缘。

