



孙江宏 李良玉 等编著

Protel 99 电路设计与应用



机械工业出版社
China Machine Press

Protel 99 电路设计与应用

孙江宏 李良玉 等编著



机械工业出版社

本书是一种教程类书籍，以电路板设计过程为主线，介绍了 Protel 99 及其应用。全书从一个工程人员的角度出发，根据电路板设计的经验和过程，详细讲解了 Protel 99 软件的使用方法，如何进行电路板设计并提高效率，涉及软件内容有电路原理图设计(Advanced SCH99)、印制电路板设计(Advanced PCB99)、无网格布线(Advanced Route99)、可编程逻辑器件设计(Advanced PLD99)、电路模拟/仿真(Advanced SIM99)等。

本书由浅到深地进行了讲解，将理论与实际结合起来，详细讲解了制作步骤与设计构思，并插入了很多独到的技巧、说明和注意事项，读者可自行进行模拟操作。

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：牛新国 封面设计：姚毅

责任印制：郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版第 2 次印刷

787mm×1092mm 1/16 20.5 印张·504 千字

4 001—7 000 册(1CD, 含配套书)

定价：39.00 元

ISBN 7-900066-06-3/TP.06

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本书购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

[Http://www.machineinfo.gov.cn/book/](http://www.machineinfo.gov.cn/book/)

35803/02

前 言

现在, 随着新型器件和集成电路应用越来越广泛, 电路也越来越复杂, 从而也就推动了电路设计自动化软件的不断发展, 使其功能越来越强大。作为本领域中的一个领先公司, Protel Technology 公司于 1999 年推出了 Protel 99, 同以前的版本相比, 新的软件具备 PDM 功能的强大的 EDA 综合设计环境。

可以说, Protel 99 是桌面环境下第一个以独特的设计管理和协作技术 (PDM) 为核心的全文件印制电路板设计系统。从系统环境看, 它是基于 Windows 95/98/NT 的完全 32 位 EDA 设计系统。从新增功能看, Protel 99 采用了三大技术: 智能工具技术 (SmartTool)、智能组管理技术 (SmartTeam) 和智能文档管理技术 (SmartDoc)。从具体功能看, 它包含 5 个核心模块: 电路原理图设计 (Advanced SCH99)、印制电路板设计 (Advanced PCB99)、无网格布线 (Advanced Route99)、可编程逻辑器件设计 (Advanced PLD99)、电路模拟/仿真 (Advanced SIM99)。

Protel 99 的强大功能大大提高了电路板设计、制作的效率, 它的“方便、易学、实用、快速”的特点, 并且具备极其友好的 Windows 风格界面, 使它已成为广大电子线路设计者首选的计算机辅助电路板设计软件。

本书从一个电子工程师的角度出发, 根据电路板设计的过程, 全面地介绍了电路原理图设计、印制电路板设计、仿真及各种报表生成等内容。

本书由孙江宏、李良玉等编著, 王艳林、刘东辉、段大高、桑新柱、孙宏书等参与。由于编者水平有限, 书中错误之处在所难免, 敬请读者指正。本书的作者是目前正在大学进行教学与研究工作的教师以及具备电路设计经验的专业研究生, 所以整个内容都是从实践中得来的。

本书是在参考了同类书籍的基础上, 进行了综合总结, 并在进行实践教学的过程中, 专门针对学生在学习中的重点、难点进行解答式讲解。可以说, 克服了一些书籍在学习后没有收获的弊病, 在每一个小节后面都提供一个实例, 可以保证“手到病除”。书中的一个显著特点就是所有的例子都将我们所选用的参数直接标在了图中, 这样读者可以非常清楚地根据该信息得到结果。之所以这样做是因为 Protel 中有些参数的作用显示得并不明显, 容易让人感到困惑。另外, 本书尤其在仿真模拟方面进行了比较详细的描述。

本书是教材类书籍, 采用了系统讲解和实例结合的方式。考虑到目前很多软件的共性以及操作的一致性, 我们对软件中的一些基本操作就略去不讲。从写作过程看, 基本上是采用工程人员使用软件的特点, 所以可能和软件的界面 (尤其是菜单顺序) 有一些不同。从写作方式看, 语言是采用由浅到深的方式, 并紧紧围绕电气专业。另外, 本书中所采用的符号大都是软件自带的, 有些同国标不符, 所以我们在全书的后面附有对照附录, 读者可自行参考使用。

本书的读者对象是具备了一定的电路和印制电路板知识的专业人士, 而且需要具备一定的计算机操作知识。希望本书对读者能够产生切实有益的帮助。

目 录

前 言

第 1 章	Protel 99 简介	1
1.1	Protel 99 特点	1
1.1.1	Protel 99 的主要功能模块	1
1.1.2	Protel 99 的主要特点	1
1.2	Protel 99 的工作环境	3
1.2.1	启动 Protel 99	3
1.2.2	Protel 99 的工作环境	3
1.3	Protel 99 的文档组织结构	5
1.3.1	设计数据库的内容	6
1.3.2	Protel 99 支持的文件类型	6
1.4	Protel 99 的文件管理	7
1.4.1	设计项目管理	7
1.4.2	文件管理	8
1.4.3	文件编辑	9
1.5	Protel 99 工作界面的管理	10
1.5.1	辅助查看工具的管理	10
1.5.2	不同设计数据库的窗口管理	11
1.5.3	工作窗口的拆分与合并	12
1.6	开发小组的管理	12
1.6.1	成员管理 (Members)	12
1.6.2	授权管理 (Permissions)	14
1.6.3	监控器 (Session)	15
第 2 章	Protel 99 原理图设计	16
2.1	Protel 99 原理图设计介绍	16
2.1.1	Protel 99 原理图的一般设计步骤	16
2.1.2	进入 Protel 99 原理图设计环境	16
2.2	图纸参数设置	18
2.2.1	设置图幅的大小	18
2.2.2	设置图纸的风格	18
2.2.3	一些其他的设置	19
2.3	绘制电路原理图	20
2.3.1	绘图区的放大和缩小	20
2.3.2	元件库的载入	21
2.3.3	工具条的打开与关闭	23
2.3.4	放置元件	24
2.3.5	编辑元件	25
2.3.6	放置电源和接地符号	33

2.3.7	连接线路和放置节点	34
2.3.8	放置总线及其进出端点	34
2.3.9	放置网络名称	36
2.3.10	放置电路方块图及其进出端点	38
2.3.11	放置电路输入输出点	40
2.4	绘制一张完整的电路原理图	41
2.5	元件管理器的使用	43
2.5.1	切换到元件管理器	43
2.5.2	对元件库进行管理	43
2.5.3	对电路图图元进行管理	45
2.6	设计层次原理图	47
2.6.1	层次电路原理图的设计方法	47
2.6.2	建立层次原理图	49
2.6.3	不同层次电路之间的切换	51
2.6.4	由方块电路符号生成新原理图中的 I/O 端口符号	51
2.6.5	由原理图文件产生方块电路符号	52
第 3 章	制作元件和建立元件库	53
3.1	使用元件库编辑器和管理元件库	53
3.1.1	启动元件库编辑器	53
3.1.2	元件库编辑器界面的组成	54
3.1.3	管理元件库	54
3.2	常用画图工具的使用	59
3.2.1	画图工具条	59
3.2.2	放置 IEEE 符号的工具条	60
3.2.3	画图工具条的使用	61
3.3	元件的制作	67
第 4 章	电路规则检查 (ERC) 及网络表	69
4.1	电路规则检查 (ERC)	69
4.1.1	ERC 设置及应用	69
4.1.2	错误定位	74
4.1.3	修改错误	76
4.2	网络表 (Netlist)	78
4.2.1	网络表对话框的设置	79
4.2.2	生成网络表	81
4.2.3	网络表比较	82
第 5 章	PCB 图设计基础	86
5.1	PCB 图的简介	86
5.2	PCB 图设计流程	87
5.2.1	设计流程图	87
5.2.2	设计步骤	87

5.3	启动 PCB 设计窗口	88
5.3.1	PCB 设计窗口的启动步骤	88
5.3.2	PCB 设计窗口	88
5.3.3	加载零件封装库	89
5.4	PCB 组件的放置与编辑	90
5.4.1	PCB 组件命令的启动方法	90
5.4.2	放置零件封装	91
5.4.3	飞线	99
5.4.4	放置导线	102
5.4.5	放置圆弧导线	109
5.4.6	放置焊点	112
5.4.7	放置导孔	114
5.4.8	放置矩形填充	115
5.4.9	放置敷铜	118
5.4.10	放置泪滴	120
5.4.11	放置屏蔽导线	121
5.4.12	放置字符串	121
5.4.13	放置标注	123
5.4.14	放置坐标与相对原点	124
5.5	PCB 设计过程	125
5.5.1	PCB 图的规划	126
5.5.2	PCB 工作层面与电路板属性的设置	126
5.5.3	网络表的引入	131
5.5.4	零件封装的布局与对齐	133
5.5.5	手动布线	140
第 6 章	PCB 高级设计	144
6.1	建立与分割内层	144
6.1.1	建立内层	144
6.1.2	分割内层	145
6.2	系统参数设置	146
6.2.1	启动系统参数对话框	146
6.2.2	编辑系统参数对话框	147
6.3	设计管理器的应用	153
6.3.1	认识 PCB 设计管理器	153
6.3.2	管理 Nets (网络) 对象	155
6.3.3	管理 Components (零件封装) 对象	158
6.3.4	管理 Libraries (零件封装库) 对象	159
6.3.5	管理 Net Classes (网络类) 对象	161
6.3.6	管理 Component Classes (零件封装类) 对象	163
6.3.7	利用 Violations 查找错误	167

6.4	利用向导创建 PCB	168
第 7 章	封装库管理	176
7.1	零件封装简介	176
7.1.1	零件封装的分类	176
7.1.2	零件封装的编号	177
7.1.3	常用的零件封装	177
7.2	启动零件封装编辑器	179
7.2.1	打开新建文件对话框	179
7.2.2	创建新零件封装库文件	179
7.2.3	启动零件封装编辑器	180
7.3	创建零件封装	180
7.3.1	完全手工创建零件封装	180
7.3.2	修改已有零件封装库来创建新封装库	184
7.3.3	利用向导创建零件封装	185
7.4	零件封装管理	189
7.4.1	认识封装浏览器	189
7.4.2	零件封装浏览器的应用	191
第 8 章	Sch 与 PCB 的同步设计	194
8.1	由 Sch 生成 PCB	194
8.1.1	准备原理图和网络表	194
8.1.2	规划电路板	195
8.1.3	装入零件封装库	196
8.1.4	装入网络表与零件	197
8.1.5	对零件进行布局	199
8.1.6	自动布线与手工调整	202
8.1.7	进行局部修改和输出	202
8.2	由 PCB 到 Sch 的同步设计	203
8.2.1	由 PCB 更新 Sch 的操作步骤	204
8.2.2	Update Design 对话框	207
8.3	由 Sch 到 PCB 的同步设计	208
8.4	同时设计 Sch 和 PCB	210
8.4.1	具体操作	210
8.4.2	修改后的更新操作	213
第 9 章	设计规则检查 (DRC) 与自动布线	215
9.1	设计规则及其检查 (DRC)	215
9.1.1	设计规则	215
9.1.2	设计规则检查 (DRC)	244
9.2	自动布线	247
9.2.1	自动布线设置	248
9.2.2	自动布线实现	249

第 10 章 报表及打印输出	251
10.1 原理图报表	251
10.1.1 生成元件列表	251
10.1.2 产生交叉参考表	254
10.1.3 产生元件引脚列表	255
10.1.4 产生元件报表	255
10.2 PCB 报表	257
10.2.1 生成选取引脚报表	258
10.2.2 生成电路板信息报表	258
10.2.3 生成层次列表	259
10.2.4 生成元件报表	260
10.2.5 生成设计文件层次报表	262
10.2.6 生成网络状态表	262
10.2.7 生成信号集成报表	263
10.2.8 生成 NC 钻孔报表	263
10.2.9 生成元件位置文件报表	264
10.2.10 报表的其它项目	264
10.3 打印输出	265
10.3.1 原理图的打印输出	265
10.3.2 电路板的打印输出	267
第 11 章 仿 真	269
11.1 Protel Advanced SIM99 的主要特点	269
11.2 设计可供仿真用的原理图	270
11.2.1 选用供仿真用的原件	270
11.2.2 Protel Advanced SIM99 中的仿真元件库	271
11.2.3 仿真元件参数的设置	272
11.2.4 给原理图添加激励源	279
11.2.5 给原理图定义仿真初始状态	286
11.3 工作点分析	287
11.3.1 设计仿真原理图	288
11.3.2 仿真分析设置	288
11.3.3 生成仿真配置文件	290
11.3.4 仿真运行	290
11.3.5 仿真结果分析	290
11.3.6 仿真过程发生错误	291
11.4 暂态分析	292
11.4.1 设计一个半波整流电路原理图	292
11.4.2 暂态分析设置	293
11.4.3 波形分析	294
11.5 直流扫描分析 (DC Sweep analysis)	297

11.5.1	设计一个晶体管输出特性分析电路	297
11.5.2	直流扫描分析设置	297
11.5.3	仿真结果分析	298
11.6	交流小信号分析 (AC Small Signal analysis)	299
11.6.1	设计一个低通滤波器电路	299
11.6.2	交流小信号分析设置	299
11.6.3	仿真结果分析	300
11.7	傅里叶分析 (Fourier)	304
11.7.1	设计一个带通滤波器电路	304
11.7.2	傅里叶分析设置	305
11.7.3	仿真结果分析	306
11.8	蒙特卡罗分析	306
11.8.1	设计一个仿真电路	307
11.8.2	蒙特卡罗分析设置	307
11.8.3	仿真结果	309
11.9	参数扫描分析	309
11.9.1	设计仿真电路原理图	310
11.9.2	参数扫描分析设置	310
11.9.3	波形分析	311
11.10	噪声分析 (Noise analysis)	311
11.10.1	噪声分析内容	312
11.10.2	噪声分析设置	312
11.10.3	仿真结果	313
11.11	温度扫描分析 (Temperature Sweep analysis)	313
11.11.1	设计一个研究晶体管放大特性的电路	313
11.11.2	温度扫描分析设置	314
11.11.3	温度扫描结果	314
11.12	传递函数分析 (Transfer Function)	315
附录	图形符号	316

第1章 Protel 99 简介

Protel 99 是由 Protel Technology 公司研制的 Protel 电路设计软件系列中的最新版本。它提供了一系列的电路设计工具、优秀的文件管理系统,使用户真正享受到方便快捷而又形象的设计自动化,使设计人员从繁琐的电路设计中解脱出来,只需用鼠标便可完成从电路原理图到最终的印制电路板设计的全部过程。它除了提供电路设计平台外,还提供了网络管理平台,从而使用户能够在网络环境下进行电子线路的设计,与其他用户共享设计库资源及元件库资源等,是一个真正的客户/服务器电路设计系统。

1.1 Protel 99 特点

1.1.1 Protel 99 的主要功能模块

Protel 99 具有出色的用户管理技术,强大的自动化设计功能,灵活的编辑功能,简单方便的操作环境和完善的元件库管理能力。Protel 99 主要由两大部分组成,每一部分有三个功能模块。

(1) 电路设计部分。主要功能模块有:

1) Advanced SCH99 原理图设计模块,包括用于设计原理图的原理图编辑器,用于管理元器件的零件编辑器和各种相关报表生成器。

2) Advanced PCB99 印制电路板设计模块,包括用于设计电路板的电路板编辑器,用于零件封装管理的零件封装编辑器,电路板组件管理器和各种相关报表生成器。

3) Advanced Route99 无网格布线模块。

(2) 电路仿真与 PLD 设计部分,主要功能模块有:

1) Advanced PLD99 可编程逻辑器件设计模块,包括具有语法意识的文本编辑器,用于编译和仿真设计结果的 PLD 和用于观察仿真结果的 Wave。

2) Advanced SIM99 电路仿真模块,包括一个功能强大的数字/模拟混合信号电路仿真器及用于仿真结果显示、测量的波形显示器。

3) Advanced Integrity99 高级信号完整性分析模块,主要包括一个高级信号完整性分析仿真器,能分析 PCB 设计和检查设计参数等。

1.1.2 Protel 99 的主要特点

1. 集成设计管理系统 (Design Explore)

(1) 设计管理系统的外观与 Windows 的资源管理器相一致,使用非常方便。

(2) 使用了智能工具 (SmartTool) 技术,在设计环境中集成了所有设计所用到的工具。

(3) 使用了智能文档 (SmartDoc) 管理技术,把所有设计时用到的文档都保存在一个数据库中,在工作中可以使用各种文档。

(4) 使用了智能组 (SmartTeam) 管理技术,允许多个设计者通过网络安全地为同一工

程工作。通过集成的设计管理系统，可以方便地管理用户、设置访问权限等。

(5) 提供了功能强大的各种文档的快速浏览工具，使用户可以快速方便地查询、定位、修改文档。

(6) 提供了全面而方便使用的帮助系统。

2. 方便灵活的编辑功能

(1) 交互式全局编辑功能，在任何设计对象上，只要双击鼠标左键，就可对其属性进行设置，并可将这一修改扩展到同一类型的所有其他对象，即进行全局修改。

(2) 型号齐全的零件库，原理图库、封装库、仿真元件库中提供了大量元件，可以满足用户的绝大部分应用。

(3) 提供了多种方便实用的选取对象方法及粘贴、拷贝、排列、对齐等多种编辑命令。

(4) 提供了丰富的右键菜单功能，使用非常方便。

(5) 提供了集成的向导 (Wizard) 使用户可以轻松完成许多复杂的工作。

(6) 无限制的撤消/重复功能允许用户恢复到以前的任意状态。

3. 功能强大的自动化设计

(1) 功能强大的自动布局、布线功能，提供了多种布线策略，在电路非常复杂的情况下也可以完成高质量的布线。

(2) 功能完备的 ERC (电气规则检查) 和 DRC (设计规则检查)，可以大大提高用户设计电路的可靠性和正确性，节约用户的检查时间。

(3) 提供了能力强大的数/模混合信号仿真器，使用户可以在电路设计阶段就可以预计电路的性能。

(4) 提供了高级 PCB 信号完整性分析仿真器，能分析 PCB 设计和检查设计参数，测试过冲、下冲、阻抗和信号斜率等。

(5) 完全支持层次式原理图设计，能够自上而下或自下而上的设计，自动生成相应的出入点。

(6) 具有智能化敷铜功能，可以方便地进行敷铜参数设置。

4. 完善的库管理功能

(1) 用户不仅可以打开任意数目的库，而且不需要离开原来的编辑环境就可以访问元件库。

(2) 元件可以在线浏览，也可以直接从库编辑器中放置到设计图纸上。

(3) 零件库编辑功能和零件封装功能可以很方便地生成新的元件，并且可以方便地添加到库中。

5. 良好的开放性

(1) 可以直接识别、调用多种原理图格式。

(2) 可以接受多种网络表格，如其他版本的 Protel、TANGO 等。

(3) 可以识别多种电路板图格式。

(4) 可以输出多种报表形式。



图 1-1 Protel 99 启动画面

1.2 Protel 99 的工作环境

1.2.1 启动 Protel 99

在安装好 Protel 99 后, 在桌面上将多出一个如图 1-1 的快捷方式, 双击它就可以启动 Protel 99, 也可以从“开始/程序/Protel 99/Protel 99”启动菜单启动。Protel 99 启动后会进入如图 1-1 所示欢迎界面。

如果是第一次启动 Protel 99, 经过数秒钟后, 会进入如图 1-2 所示画面。



图 1-2 Protel 99 的初始界面

1.2.2 Protel 99 的工作环境

进入到 Protel 99 的初始界面后, 单击 File/Open 菜单, 打开一个如图 1-3 所示对话框, 选取 Design Explorer 99/Examples 子目录下 Z80 Microprocessor.Ddb 文件 (这是 Protel 99 提供的例子文件), 打开这个文件。



图 1-3 打开文件对话框

打开了 Z80 Microprocessor.Ddb 文件的 Protel 99 标准工作画面如图 1-4 所示。下面对这个工作画面的主要组件进行说明下。

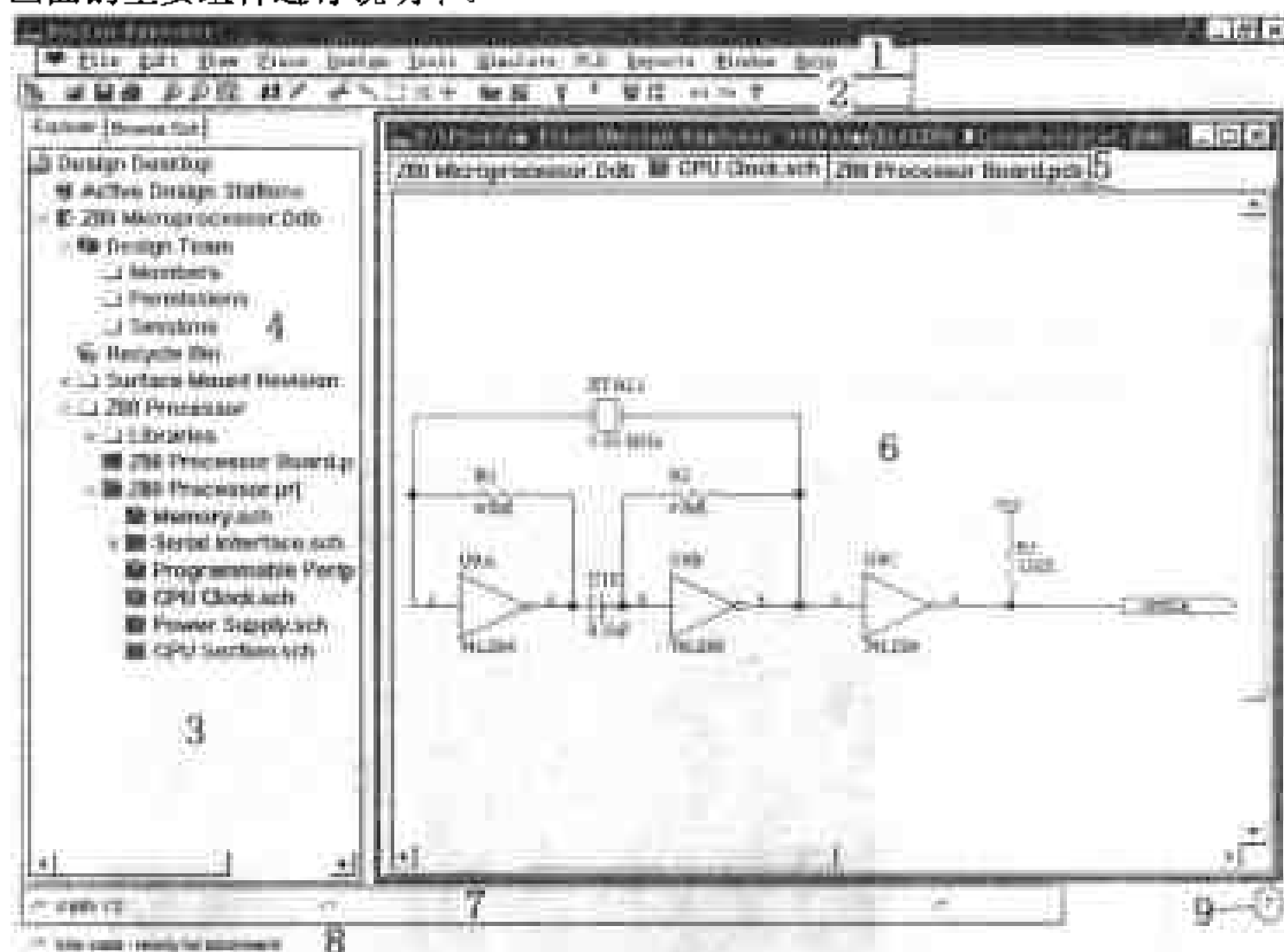


图 1-4 Protel 99 的标准工作界面

(1) 菜单栏。图 1-4 中 1 号区为菜单栏，Protel 99 的菜单栏可以根据用户正在执行的不同 Server 程序而相应变化，下面列举其中几个菜单栏，如图 1-5 所示。

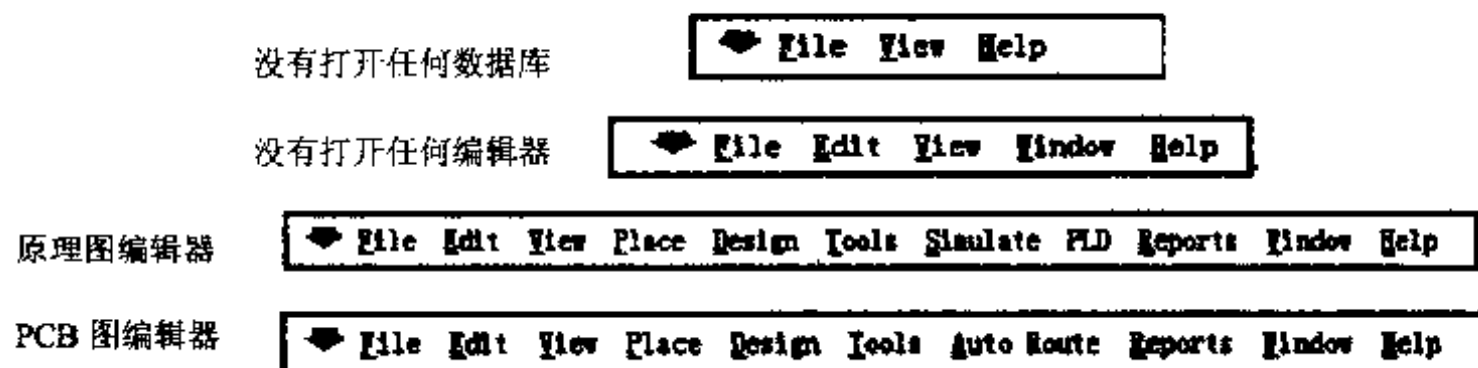



图 1-5 几种不同的菜单栏

如果要启动菜单下的命令，只要单击该菜单，即可出现下拉菜单，用户就可以从中选取命令了。下拉菜单中的命令有几种，大部分属于直接操作命令，如果在命令的右边有一个向右的三角形 ▸，表示该命令有子菜单。如果命令右边有“...”，则表示选取该命令后将出现对话框。此外在 View 菜单中还有选项式命令，单击该命令，则该命令左边出现一个 ✓，再单击该命令，则 ✓ 消失。

注意：不同的菜单栏中的同一个菜单命令，其功能可能完全不同，使用方法、快捷键操作也不同。另外，菜单命令都可以使用快捷键执行，直接单击菜单项中的画有下划线的字母即可执行该命令，例如要执行 Edit 命令，单击 E 键即可。还有些命令有按键名称，例如在

没有打开任何编辑器时菜单栏中 Edit 菜单的子菜单中的 Copy Ctrl+C 命令, 可以连续单击 E、C 键来执行此命令, 也可以直接按 Ctrl+C 键来执行。


(2) 主工具栏。图 1-4 中 2 号区为主工具栏, 与菜单栏相似, 执行不同的 Sever 程序在主工具栏中就会出现不同的工具按钮。

(3) 设计管理器。图 1-4 中 3 号区为设计管理器, 这个区域显示的是设计管理导航树, 如果进入了各种编辑器, 这个区域还可以通过其顶部的切换标签切换到相应的快速浏览器 (Protel 99 中对应不同的文档有不同的快速浏览器, 以方便文档的编辑, 在以后各章中将分别介绍)。可以单击  按钮来切换设计管理器的显示或隐藏状态。

(4) 设计管理导航树。图 1-4 中 4 号区为设计管理导航树 (Design Explorer Navigation Tree), 它的风格与 Windows 的资源管理器相似, 操作方法也类似, 用鼠标左键单击一个文档或目录, 就会进入相应的服务程序, 菜单栏、主工具栏相应变化。

(5) 主档切换标签。图 1-4 中 5 号区为主档切换标签, 主档切换标签中显示的是已经打开的文档的名称, 单击标签, Protel 99 就会自动切换到相应的文档编辑器中。

(6) 工作区。图 1-4 中 6 号区为工作区, 用户设计电路原理图、PCB 图或编辑其他文档都在工作区。

(7) 状态栏。图 1-4 中 7 号区为状态栏, 状态栏分为三个部分, 由  分隔, 状态栏显示的是正在进行的工作状态。进入不同的编辑器, 状态栏显示的内容不同, 多注意状态栏的信息会对用户提供很大帮助。如图 1-6 所示为在原理图编辑环境下布放导线时的状态栏显示内容。

X:970 Y:750


Hit Spacebar to change mode: Any Angle

End - Redraw

图 1-6 状态栏

从图中可以看出, 状态栏的左边显示的是光标的坐标, 中间显示的是可以进行的操作 (单击空格键可以改变布线角度), 右边显示的是在原理图编辑环境下可以使用的快捷键 (End-Redraw: 单击 End 键可以执行 Redraw 命令)。

(8) 命令状态栏。图 1-4 中 8 号区为命令状态栏, 它显示的是当前正在执行的命令及其含义。

(9) 帮助顾问。图 1-4 中 9 号区为帮助顾问, 它是一自然语言帮助系统, 用户只要单击  图标即弹出如图 1-7 所示对话框。例如在问题输入栏中输入 “how to place part”, 单击 Search 按钮, 帮助向导就会找到相关主题, 单击主题即可获得帮助信息。

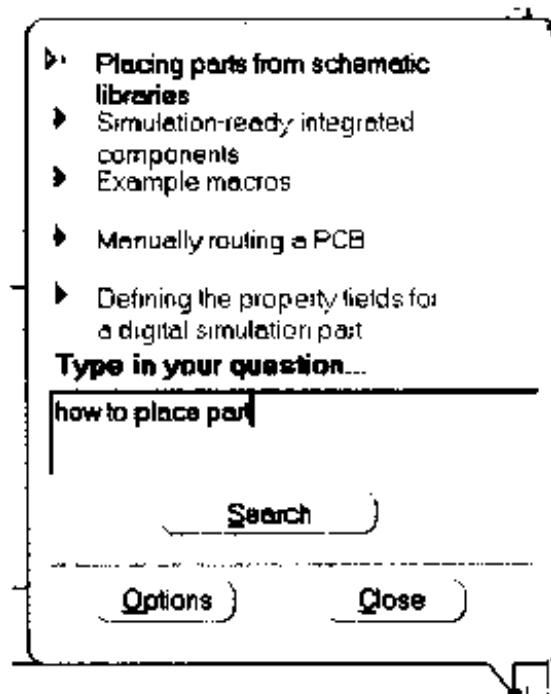


图 1-7 帮助顾问对话框

1.3 Protel 99 的文档组织结构

在 Protel 99 中, 所有电路设计的数据文件, 如原理图文件、印制电路板文件以及各种文本文件和仿真波形文件等都存放在一个设计数据库 (Design Database, 以 “.Ddb” 为扩展

名)中。无论用户在设计库中创建了多少个文件,以及多少种类型的文档,其对外存储的文件均为一个以“ddb”为扩展名的文件。所有的电路设计文件都接受设计数据库的管理和组织,用户打开设计数据库后,Protel 99 会自动识别这些文件。也就是说这个设计库文件对外是不透明的,这就避免了数据的损失以及操作的混乱。

1.3.1 设计数据库的内容

设计数据库(Design Database)包含以下三个部分(参见图 1-4 中的设计管理导航树):

(1) Design Team 管理器。Protel 99 的设计是面向一个设计组的,在 Design Team 中可以定义设计组的成员和权限,这样就使通过网络来进行设计变得更加方便。设计组中的成员数量没有限制,并且他们可以同时访问同一个设计库。每个成员都可以看到当前哪个文档被打开,并且可以锁住而防止被修改。

(2) Recycle Bin 管理器。它的作用相当于 Windows 中的回收站。把要删除的文件先移到 Recycle Bin 中进行删除,必要时可从 Recycle Bin 中恢复文件;也可以清空 Recycle Bin,进行彻底删除。

(3) Documents 管理器。用户可以把所有的文档都包含在 Documents 管理器中,其中主要有电路原理图文件和印制电路板文件等,可以建立多层子目录。Documents 管理器中不仅可以包含 Protel 中的设计文件,还可以输入任何类型的应用文档,如 Microsoft Word、Microsoft Excel、AutoCAD 等应用程序的文档,用户可以直接在设计管理器中打开和编辑这些文档。

1.3.2 Protel 99 支持的文件类型

Protel 99 支持的部分文件所表示的含义如表 1-1 所示。

表 1-1 Protel 99 支持的部分文件所表示的含义

扩展名	文件类型
SCH	电路原理图文件
PCB	印制电路板文件
LIB	库文件
NET	网络表文件
XLS	零件列表文件
XRF	零件交叉参考表文件
REP	网络表比较结果文件
THG	跟踪结果文件
ERR	保存出错信息的文件
CFG	仿真配置文件
SIM	仿真结果信息文件
PDF	波形文件
PRJ	项目文件

1.4 Protel 99 的文件管理

1.4.1 设计项目管理

1. 建立一个新的项目

当用户进入的是 Protel 99 的初始界面（如图 1-2 所示），选取 File/New 菜单项（如图 1-8a 所示）可以建立一个新的项目，如果用户已经打开了一个项目文件，即已经进入了 Protel 99 的标准工作画面（如图 1-4 所示），可以选取 File/New Design 菜单项（如图 1-8b 所示），再建立一个新的项目，这时会弹出如图 1-

9a 所示对话框。在对话框内输入文件

名，如果要改变路径，单击 **Browse...**

按钮，可以选择新路径。单击 **OK**

按钮，即可建立一个新的项目。

如果用户需要密码保护设计文件，单击图 1-9a 中的 **Password** 切换标签，弹出如图 1-9b 所示对话框，单击 **Yes** 单选按钮，输入密码并确认一次即可。这个密码分配给默认的用户名 Admin。

Admin 是这个新建的项目的管理员，有

权管理这个项目的设计小组成员，其他成员无权访问设计项目中的 Members 文件夹。

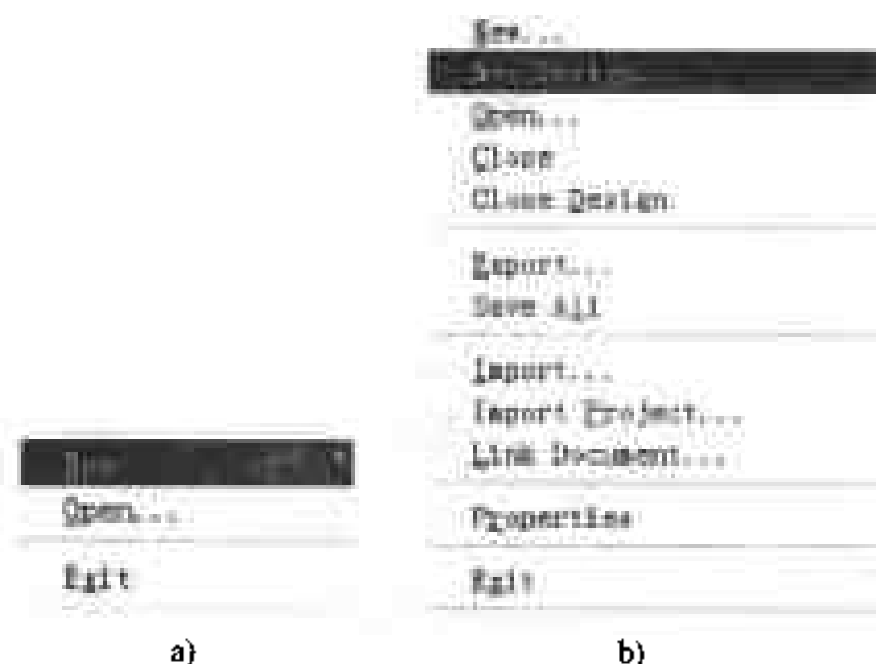


图 1-8 Protel 99 File 子菜单

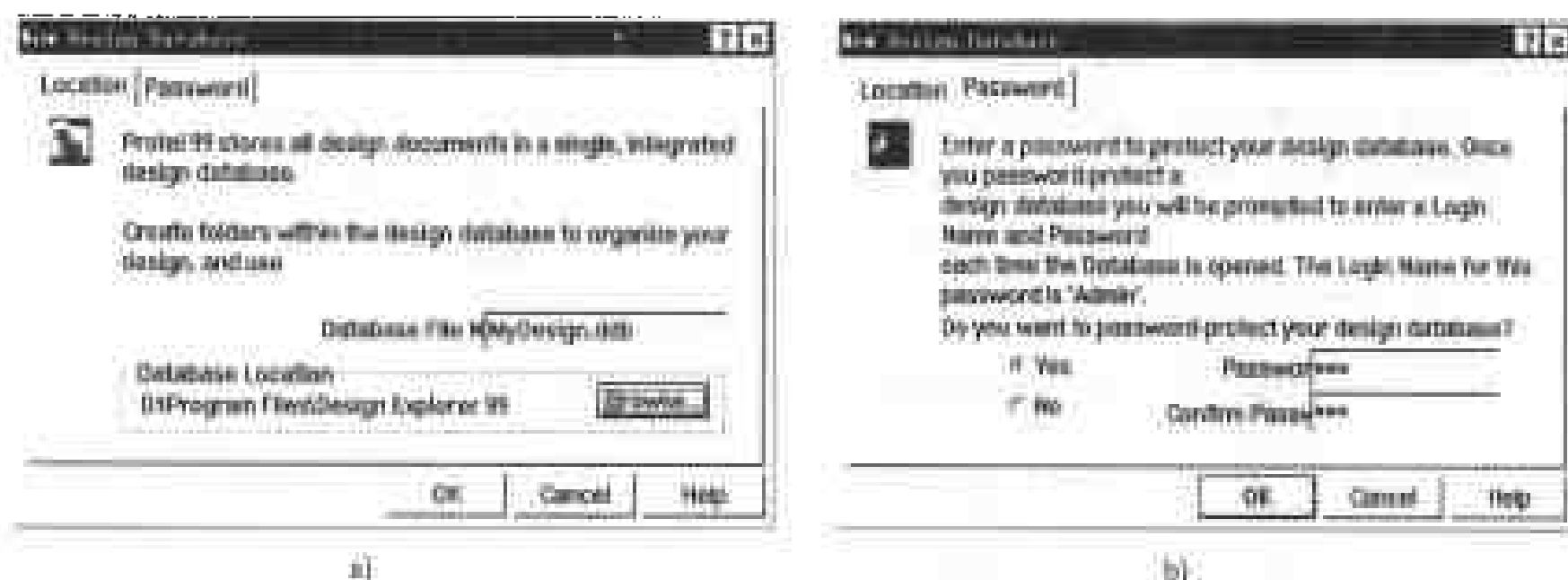


图 1-9 新建一个项目

2. 打开一个项目文件

选取图 1-8 中的 Open 菜单项可以打开一个已存在的项目文件（以 ddb 为扩展名）。如果用户要打开的项目文件有密码保护，会出现如图 1-10 所示的登录画面，要求用户输入用户名和密码。

3. 关闭一个项目文件

选取图 1-8b 所示菜单中的 Close Design 菜单项，可以关闭一个已经打开的项目，项目

中所有文档都将关闭，并且会提示用户是否保存用户对文档的修改。

1.4.2 文件管理

1. 新建一个文件

要在一个项目内新建一个文件，可以选取 File/New 菜单选项（如图 1-8b 所示），将会弹出选择文件类型对话框，如图 1-11 所示，用户可以

选取所需建立的文件类型，然后单击 **OK** 按钮即可。

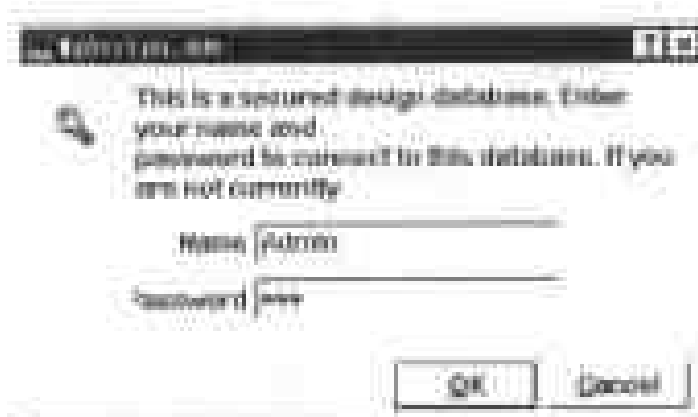


图 1-10 登录画面

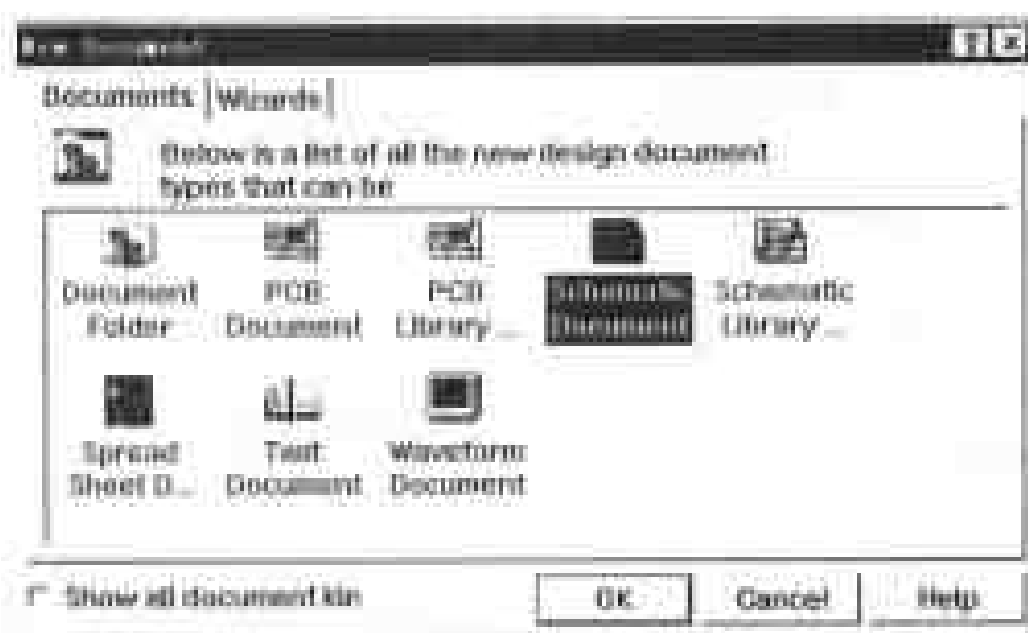


图 1-11 选择文件类型对话框

Protel 99 提供了丰富的编辑器资源，图 1-11 所示各文件类型为 Protel 99 编辑器所支持的文件类型，各图标含义如表 1-2 所示。此外还可以建立其他 Windows 应用程序的文件，例如可以建立 Word 文件。编辑此文件时，Protel 99 自动调用 Word 字处理程序。选中图 1-11 中 ☒ **Show all document kind** 复选框，会显示所有 Protel 99 可以建立的文件类型。

表 1-2 Protel 99 编辑器支持的文件类型

图标	文 件 类 型
	Document Folder：文件夹
	PCB Library Document：印制电路板（PCB）图文件
	PCB Library Document：PCB 库文件
	Schematic Document：原理图文件
	Schematic Library Document：原理图库文件
	Spread Sheet Document：电子表格文件
	Text Document：文本文件
	Waveform Document：波形文件

2. 打开和关闭文件

双击设计管理器中的文件名, 就可以打开这个文件, 激活这个文件的编辑器。要关闭一个文件, 可以选取 File/Close 菜单项 (如图 1-8b 所示)。

3. 导出 (Export)、导入 (Import) 和链接文件 (Link Document)

由于 Protel 99 的设计项目数据库文件 (.ddb 文件) 是一个对外不透明的文件, 要想与其他程序 (如 Protel 的低版本) 或者其他 .ddb 文件共享设计文件, 就要使用文件的导出 (Export)、导入 (Import) 和链接文件 (Link Document) 功能, 这三个命令在 File 子菜单中, 如图 1-8b 所示。

(1) Export 项。用于将当前设计库中的一个文件导出作为一个独立的文件保存, 原来的设计数据库内的这个文件仍存在。例如在制板时, 就可以将 PCB 图导出, 只将这个 PCB 图提供给制板厂商。

(2) Import 项。用于将其他文件导入当前的设计数据库内, 作为这个设计数据库的一个文件。例如将用 Word 编辑的说明书、计划书导入数据库内供设计时随时查阅, 或者将其他编辑器编辑的原理图或 PCB 图导入。

(3) Link Document 项。用于将其他文件链接到当前设计库中。链接只是将其他文档的快捷方式连接到本设计数据库中, 这与 Windows 桌面上的快捷方式相似。使用链接可以节约存储空间, 不会使设计数据库变得很大, 但是一旦这个被链接的文件存储路径有变化或名字有变化, 设计数据库就会找不到这个文件, 而使用 Import 功能则不存在这方面的问题。

1.4.3 文件编辑

用户可以对文件对象进行复制、剪切、粘贴、删除、重命名等操作。

打开 Design Explorer 99/Example 子目录下的 Z80 Microprocessor.ddb 文件, 双击 Z80 Processor 文件夹, 此时工作区显示此文件夹下文件, 如图 1-12 所示, 现在 Protel 99 处于文件管理状态。



图 1-12 处于文件管理状态的界面

要编辑文件, 选取 Edit 菜单项, 其子菜单如图 1-13a 所示, 或将鼠标指向要编辑的文件名 (在设计管理器内或在工作区均可), 单击鼠标右键, 弹出菜单如图 1-13b 所示。

各菜单命令作用如下。

(1) Cut 项。对选中的文件实现剪切操作, 暂时保存于剪贴板中, 然后用户可以粘贴或复制该文件。

(2) Copy 项。将选中的文件拷贝到剪贴板中, 用户可以粘贴复制该文件。

(3) Paste 项。将已保存在剪贴板中的文档复制到当前位置。

(4) Paste Shortcut 项。将剪贴板中的文档的快捷方式复制到当前位置。

(5) Delete 项。删除当前选中的文档, 执行此命令, 并没有将该文件完全删除, 而是将文件放到回收站 (Recycle Bin) 中。如果用户想从设计数据库完全删除这个文件, 用户可以双击回收站图标, 此时工作区显示的是回收站的内容, 此时主菜单 File 的子菜单中多了三个选项 Restore (恢复)、Delete (删除) 和 Empty Recycle Bin (清空回收站), 也可以在工作区将光标指向文件名, 单击鼠标右键, 也会弹出包含这三个命令的菜单, 从中选取 Delete 或 Empty Recycle Bin 命令即可完全删除这个文件。Restore 用于将回收站内的文件恢复。

(6) Rename 项。该命令用于将当前选中的文档改名。

图 1-13 两个菜单中对应的相同的命令作用相同, 图 1-13b 中的其他命令含义如下。

(7) Open 项。用于打开当前选中的文档。

(8) Open In New Window 项。用于在一个新的窗口中打开该文档。

(9) Properties 项。用于编辑文件的属性。

(10) View 项。用于改变工作区当前窗口的显示状态 (大图标、小图标、列表或详细资料)。

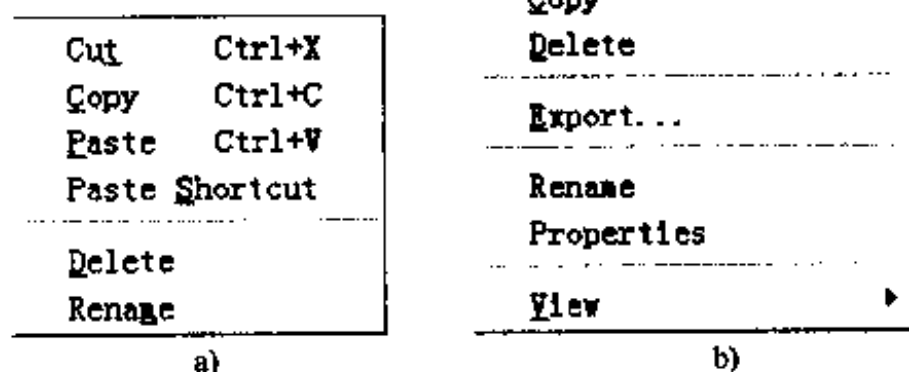


图 1-13 文件编辑菜单

1.5 Protel 99 工作界面的管理

1.5.1 辅助查看工具的管理

当 Protel 99 处于文件管理状态时 (如图 1-12 所示), 用户可以使用 View 菜单中的各命令打开与关闭设计管理器、状态栏、命令行、工具条、图标等, View 菜单如图 1-14 所示。

(1) Design Manager 项: 打开与关闭设计管理器。

(2) Status Bar 项: 显示与关闭状态条。

(3) Command Status 项: 显示与关闭命令状态条。

(4) Toolbar 项: 显示与关闭工具条。

(5) Large Icons/Small Icons/List/Details 项: 文件显示窗口的文件显示状态, 分别为大图标/小图标/列表/详细资料。

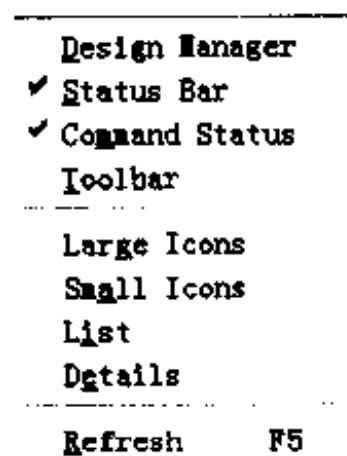


图 1-14 View 菜单

(6) Refresh 项: 刷新当前设计数据库中的文件状态。

注意: 在其他编辑器窗口中的 View 菜单是不同的, 都有各自的独特的显示命令, 但一般都有这里所讲的前 4 项。

1.5.2 不同设计数据库的窗口管理

Protel 99 允许用户同时打开多个设计数据库, 其中每一个设计数据库都有一个独立的工作窗口。用户可以对这些不同的工作窗口进行平铺、层叠等操作, 这些操作可以通过 Windows 菜单命令来实现, Windows 菜单如图 1-15 所示。

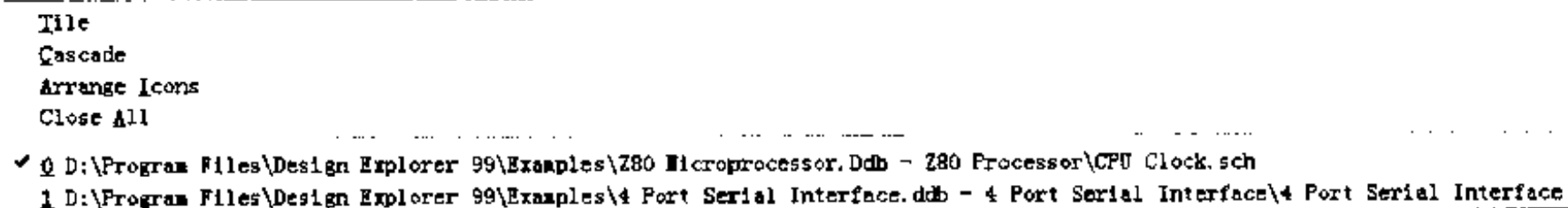


图 1-15 Windows 菜单

(1) Tile 项: 工作窗口平铺显示, 如图 1-16 所示为打开两个设计数据库的工作窗口平铺显示。

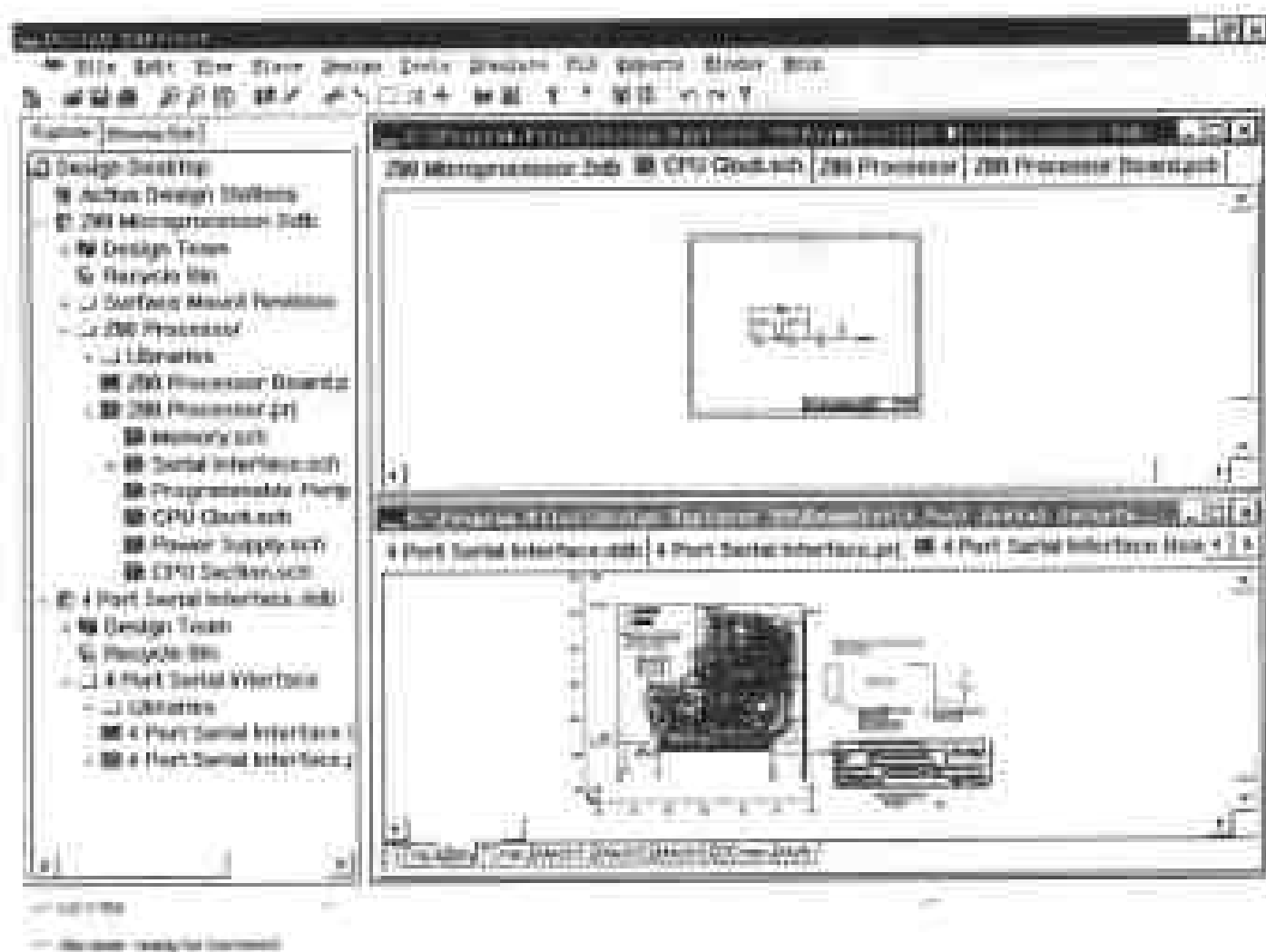


图 1-16 平铺显示工作窗口

(2) Cascade: 层叠显示工作窗口。

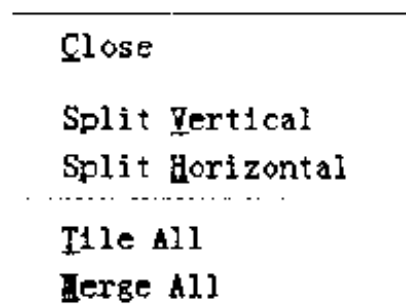
(3) Arrange Icons: 当工作窗口处于图标显示状态时, 可将不同文档的工作窗口的图标排列整齐。

(4) Close All: 关闭所有工作窗口, 即关闭所有已经打开的设计数据库。

图 1-15 中最后两行分别为两个已经打开的设计数据库的名字及路径, 前面有对勾的表示此文件的工作窗口处于激活状态。单击文件名可以激活其工作窗口。

1.5.3 工作窗口的拆分与合并

当用户打开一个设计数据库时，用户可能需要同时显示几个文件，这时就要对窗口进行拆分。将鼠标指向工作窗口的切换标签（每个切换标签对应一个已打开的文件），单击鼠标右键，就会弹出如图 1-17 所示菜单。



- (1) Close 项：关闭这个切换标签所指示的文件。
- (2) Split Vertical 项：垂直拆分工作窗口，使工作窗口显示为左右两部分。

- (3) Split Horizontal 项：水平拆分工作窗口，使工作窗口显示为上下两部分。

- (4) Tile All 项：所有已经打开的文件都分配一个显示区域，并平铺显示。

- (5) Merge All 项：已拆分的窗口完全合并。

图 1-17 工作窗口拆分与合并菜单

图 1-18 所示为一个工作窗口拆分为三个显示区域的情形。

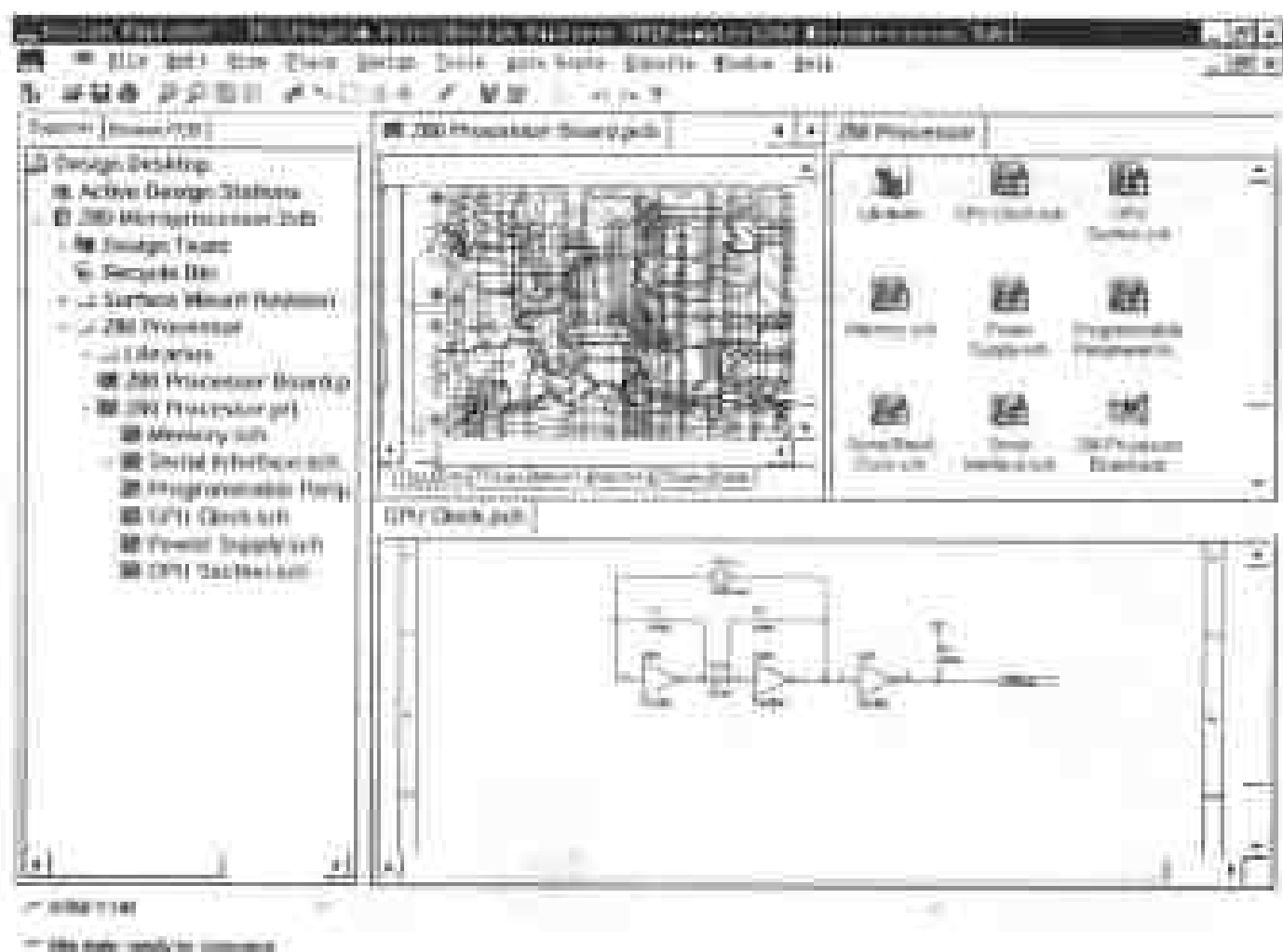


图 1-18 将工作窗口拆分为三个区域

1.6 开发小组的管理

Protel 99 提供了开发小组管理工具来管理多个用户同时操作项目数据库，这对项目的安全提供了保障。每个项目数据库都带有开发小组（Design Team），其中包括成员（Members）、授权（Permissions）和监控器（Session）三个部分。

1.6.1 成员管理（Members）

Members 用来管理参与开发的小组成员，Members 可以给每个参与开发的小组成员设定

一个不同的名称以及相应的密码, 不同的小组成员有不同的权限。这样 Protel 将在用户打开该设计数据库时询问成员名和密码, 未经授权的用户将无法看到或更改项目文件的内容。打开 Design Explorer 99/Example 子目录下 Z80 Microprocessor.ddb 文件, 在开发管理器中打开 Z80 Microprocessor.ddb\Design Team 下的 Members, 在工作窗口可以看到已经有两个成员: 系统管理员 (Admin) 和客户 (Guest)。用鼠标指向用户名单击鼠标右键, 弹出如图 1-19 所示成员管理菜单。

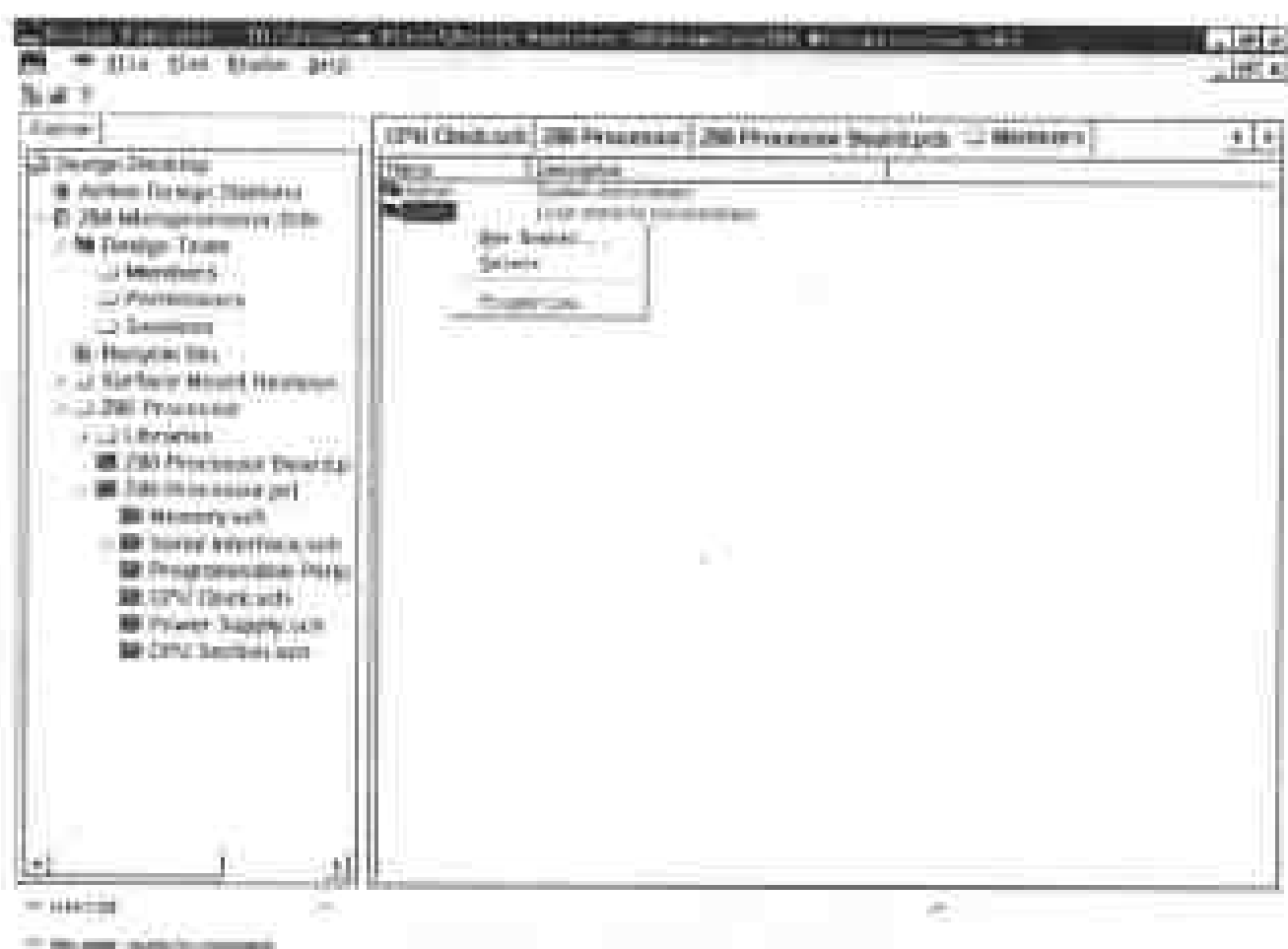


图 1-19 成员管理界面

成员管理菜单中有三个选项, 分别为新成员 (New Member...)、删除成员 (Delete) 和成员属性 (Properties)。

(1) New Member...项: 增加一个新成员, 选取此命令, 弹出如图 1-20 所示成员属性对话框。

用户可以确定成员名称 (Name)、对成员的描述 (Description) 和密码 (Password), 并对密码进行确认 (Confirm)。

(2) Delete 项: 删除成员, 用来删除已存在的成员。

(3) Properties 项: 成员属性, 可以选取此命令修改成员属性。

注意: Protel 99 默认用户是以系统管理员 (Admin) 身份进入项目文件, 如果 Admin 没有密码, 用户可以直接打开数据库, 如果为 Admin 定义了密码, 则启动时要求用户登录 (如图 1-10 所示)。只有以系统管理员身份进入项目文件时, 用户才可以访问开发小组的 Members 和 Permissions, 其他用户无权管理开发小组成员和授权。

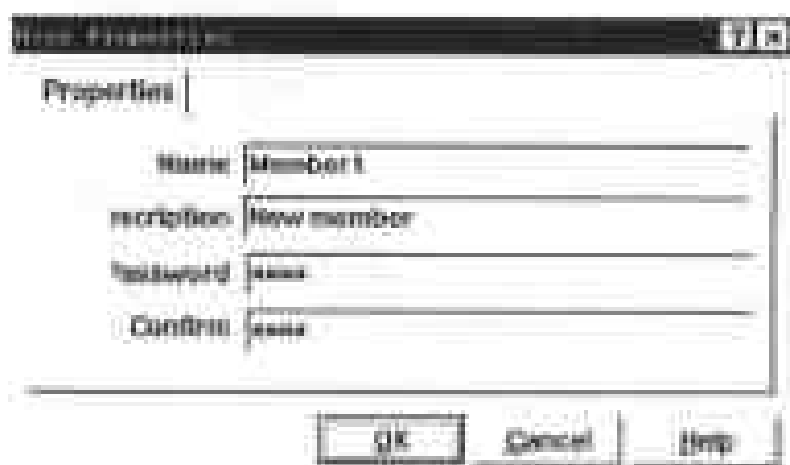


图 1-20 成员属性对话框

1.6.2 授权管理 (Permissions)

Permissions 用来给这些开发小组成员规定不同的工作权限, 工作权限包括各个成员对设计数据库内文件进行读 (R: Read)、写 (W: Write)、删除 (D: Delete) 及新建 (C: Create) 的权利。

打开设计数据中的 Permissions 文件夹, 用鼠标指向用户名并单击鼠标右键, 弹出如图 1-21 所示授权管理菜单。



图 1-21 授权规则设置界面

成员 (授权) 管理菜单中有三个选项分别为: 新成员 (规则) (New Rule...), 删除成员 (规则) (Delete), 成员 (规则) 属性 (Properties)。

(1) New Member (Rule) ...项: 增加一个新成员 (规则), 选取此命令, 弹出如图 1-22 所示成员 (授权规则) 属性对话框。

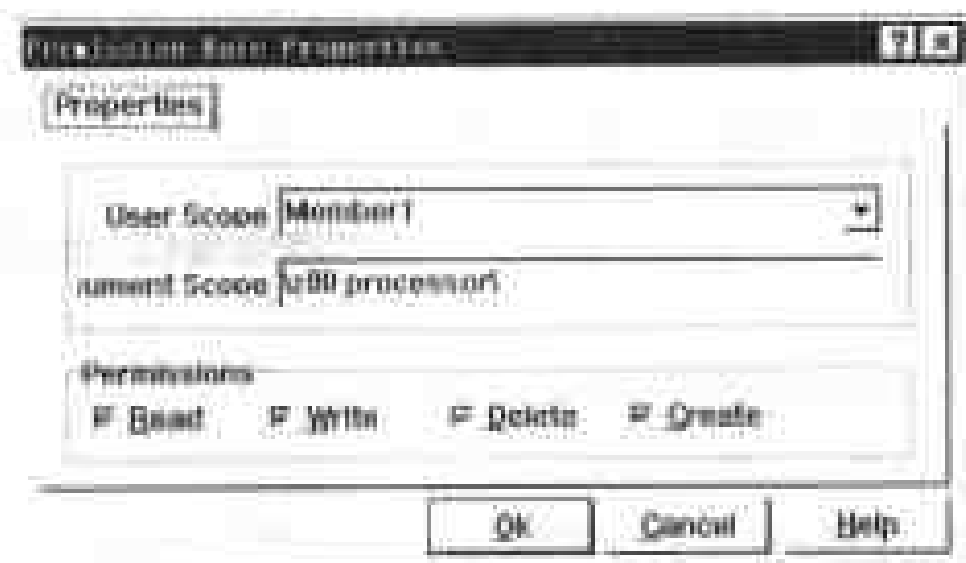



图 1-22 授权规则属性对话框

在其中的 User Scope 下拉列表的右侧单击 “” 下拉按钮, 可以在其下拉列表中选择设计小组成员 (在 Members 中已设置好的成员)。然后在 Document Scope 栏内输入成员的工作范围 (工作目录)。最后在 Permissions 中选择工作权限, 单击工作权限前的复选框即可。

(2) Delete 项: 删除工作权限, 用来删除已存在的成员的工作权限。

(3) Properties 项: 工作权限属性, 用户可以选择此命令修改成员的工作权限, 其对话框如图 1-22 所示。

在图 1-22 中设定的在前面设定的成员 Member1 的工作权限: 可以对 Z80 Processor 子目录下的文件进行读 (R: Read)、写 (W: Write)、删除 (D: Delete) 及新建 (C: Create) 的权利。

注意: 授权规则对下层子目录具有继承性, 例如 Admin 对目录具有读、写、删除、新建的权利, 该规则对根目录下的各级目录同样有效。授权规则又具有不同的优先级: 关于下级子目录的授权规则优先于上级子目录的授权规则, 关于具体成员名字的授权规则优先于 All Members 的授权规则。

1.6.3 监控器 (Session)

Sessions 用来查看当前设计数据库 (.ddb 文件) 被使用的情况, 包括各文件在哪个工作站上被哪个用户使用等等。

打开设计数据中的 Sessions 文件夹, 如图 1-23 所示。

监控器显示的内容包括: Name 一栏为当前已经打开的文件的名称, Location 表示文件或文件夹所在的位置, Member 表示打开该项目的用户, Machine 表示打开该项目的设计工作站 (即连入局域网的 PC), Context ID 表示相关的标识符, Status 表示文件的工作状态。

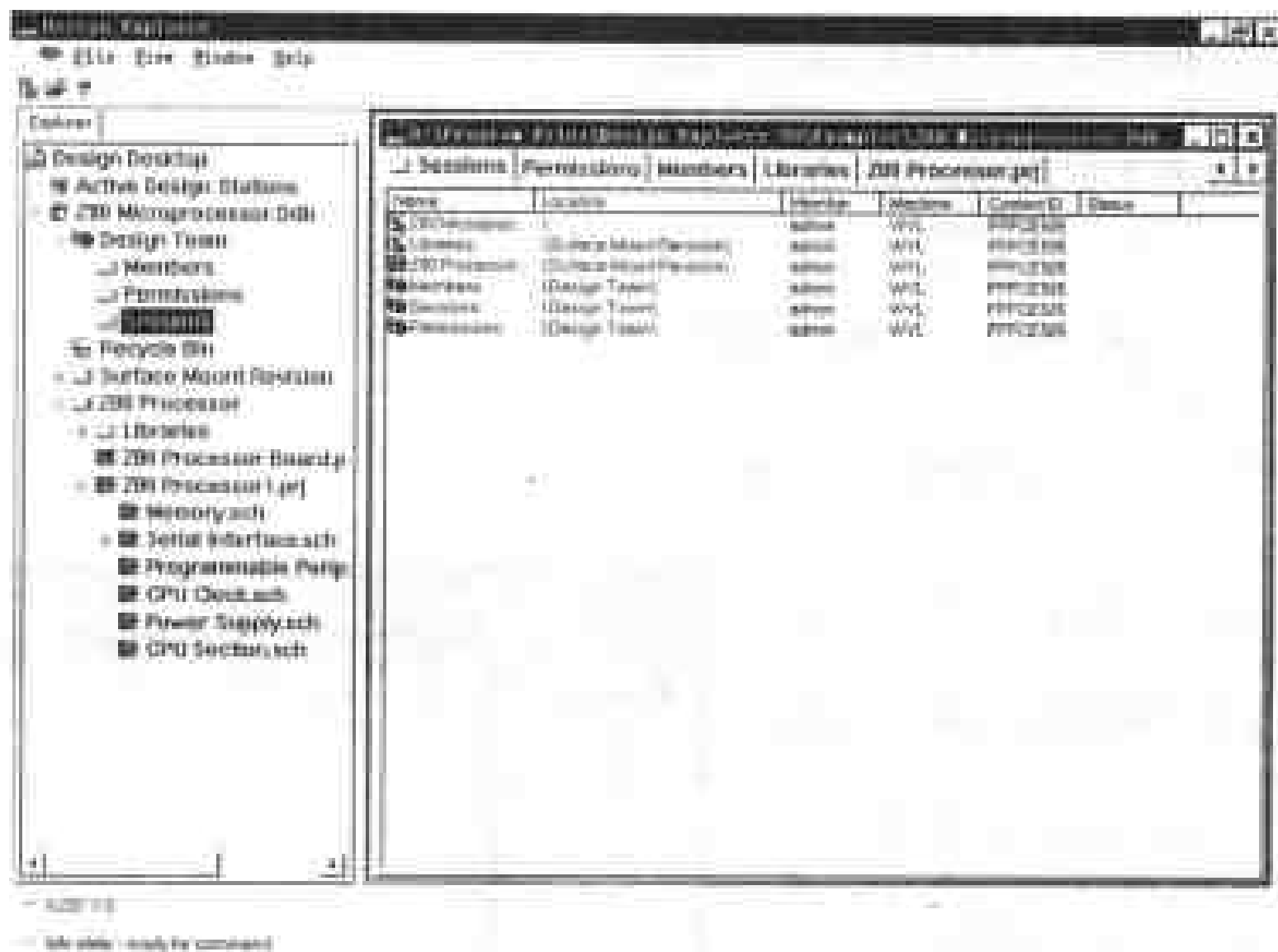


图 1-23 监控器界面

第2章 Protel 99 原理图设计

对于电子电路设计者来说,如要设计一个电路,首先是要进行原理图设计,然后再进行PCB图设计。所以本章主要对如何绘制原理图进行介绍。

在本章中,您将学习到以下内容:

- 电路原理图设计时必要的设置
- 放置和调整元件
- 放置节点和连接线路
- 绘制一张完整的原理图
- 绘制层次原理图

2.1 Protel 99 原理图设计介绍

2.1.1 Protel 99 原理图的一般设计步骤

电子电路设计的基础是要设计好原理图,原理图设计的好坏直接影响到后续工作的进展,如网络表的生成、印制电路板的设计等等。

一般而言,原理图的设计工作包括以下步骤:

- (1) 对图纸进行设置。
- (2) 确定整个电路图的总体布局。
- (3) 放置好元器件并连线。
- (4) 对元器件和连线进行调整和修改。
- (5) 保存并打印。

2.1.2 进入 Protel 99 原理图设计环境

在原理图设计环境下,用户可以进行电路原理图的设计,生成相应的网络表。

通过以下步骤将进入原理图的设计环境:

(1) 启动 Protel 99 系统后,单击 File/New 命令建立一个新的设计数据库文件,或单击 File/Open 命令打开一个已经存在的设计数据库文件。

(2) 系统载入设计数据库后,将显示如图 2-1 所示的界面。

(3) 单击 File/New 命令,弹出 New Document 对话框,选择画原理图的 Schematic

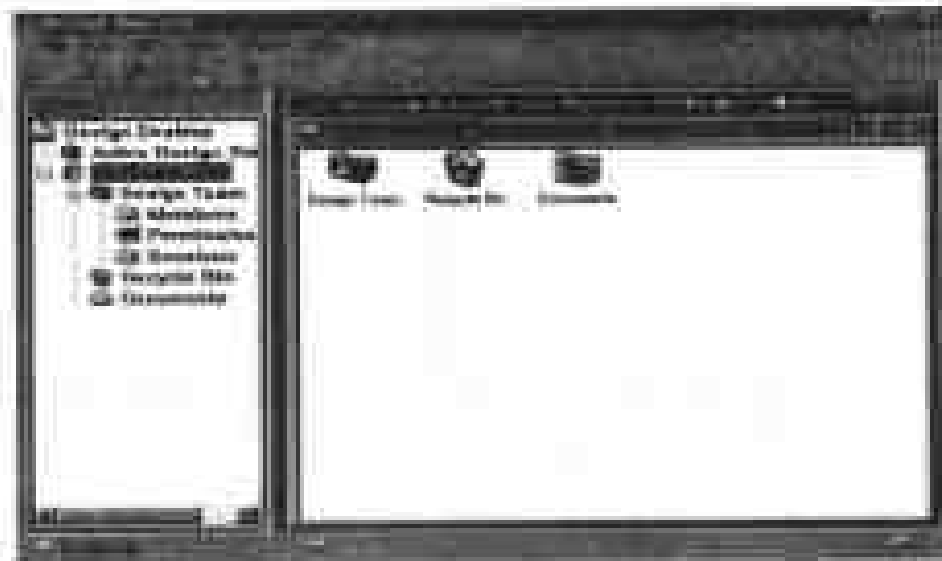


图 2-1 启动原理图设计环境

Document 图标后, 界面如图 2-2 所示。



图 2-2 创建文件类型对话框

(4) 单击 OK 按钮后, 就建立了一个原理图文件, 系统默认的文件名为“Sheet1”, 也可以更改为其他的文件名, 显示结果如图 2-3 所示。

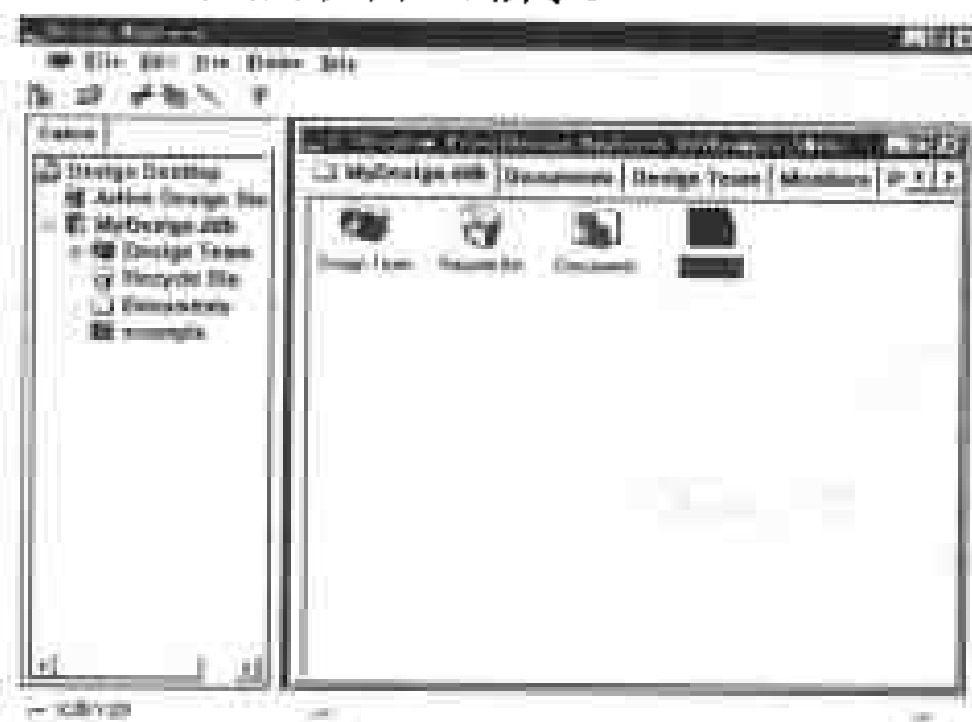


图 2-3 建立名为 example 的原理图文件

(5) 单击左侧窗口 Explorer 下的 example 图标, 或双击右侧窗口中的 example 图标, 则进入原理图编辑环境, 如图 2-4 所示。

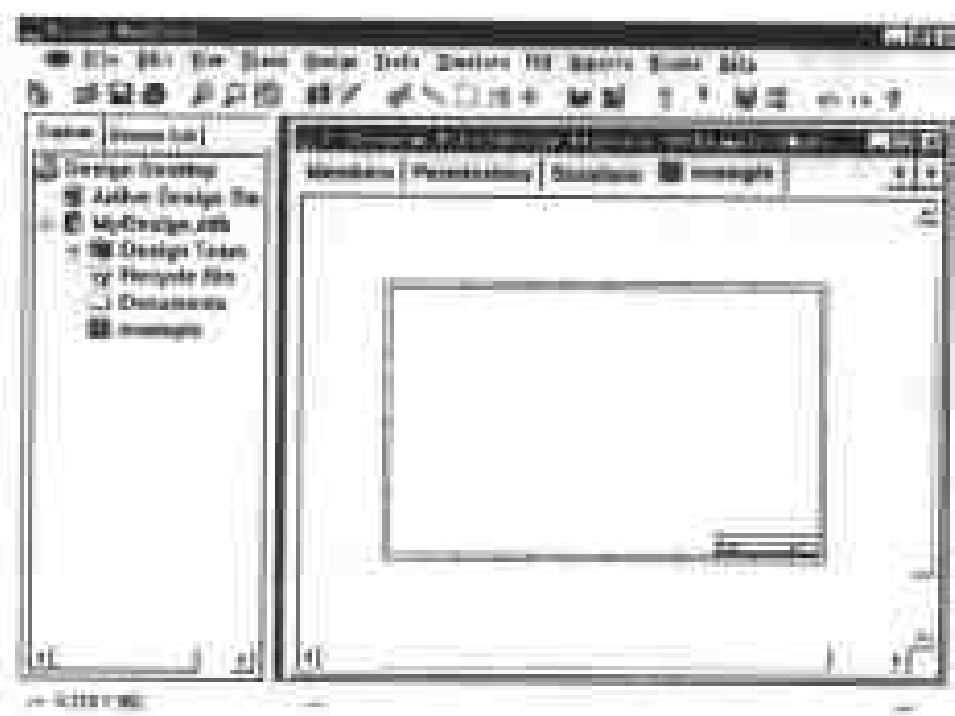



图 2-4 进入原理图编辑环境

2.2 图纸参数设置

2.2.1 设置图幅的大小

在绘制一张图之前, 首先应确定图纸的大小, 选择合适的图纸有利于电路图的绘制和打印, 为设计工作提供便利。

1. 设置标准图纸

执行菜单命令 Design/Options 后, 弹出如图 2-5 所示的对话框。单击对话框中 Standard Style 选项栏按钮  后, 在下拉式的选项栏中可以有各种标准的图纸进行选择。一般我国常用的图幅有 A4-A0, 用户可根据需要选择合适的图纸。

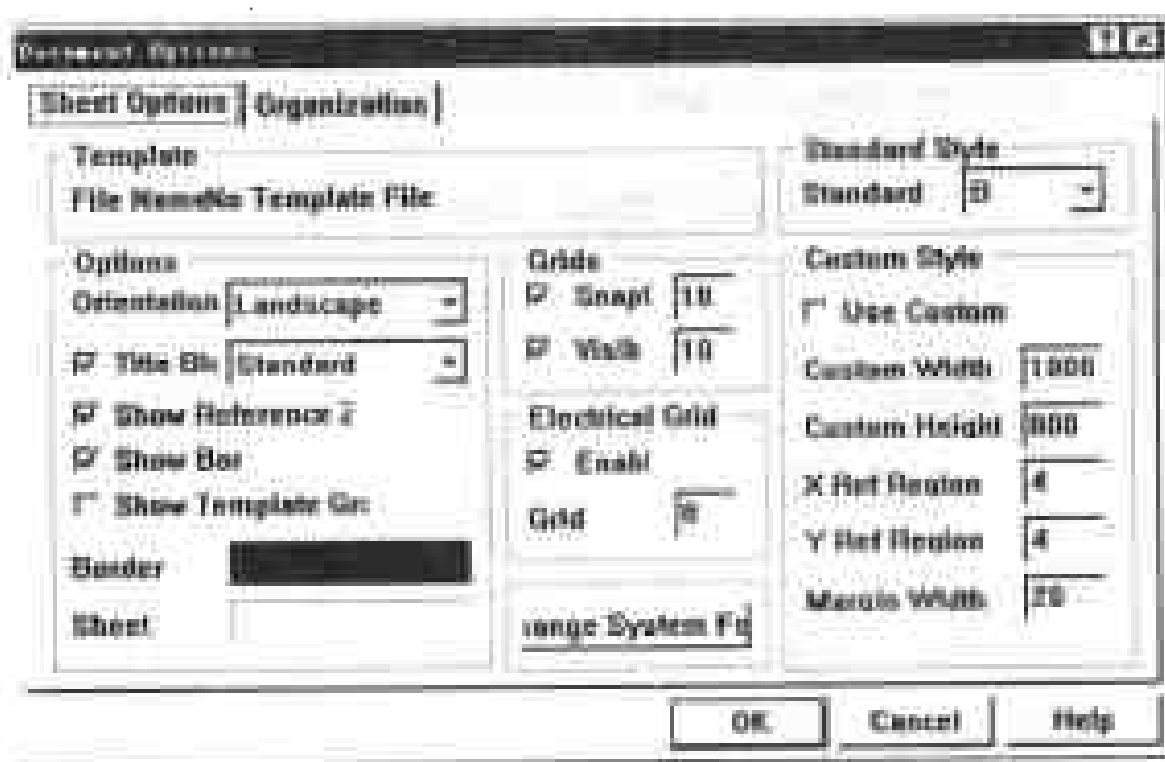




图 2-5 图纸设置选项框

2. 自定义图纸的大小


如用户有特殊要求, 可自己设计图纸大小。用鼠标单击对话框中 Custom Style 选项栏的 Use Custom 后, 则在复选框  中出现对勾, 这时自定义功能开始被激活。在此栏中共有 5 个参数设置值, 其中 Custom Width 和 Custom Height 分别为图纸的宽度和高度的设定值, X Ref Region 和 Y Ref Region 分别为 X 轴和 Y 轴坐标分格数的设定值, Margin Width 为边框的宽度设定值。

2.2.2 设置图纸的风格

1. 设置图纸的方向

在如图 2-5 所示选项框中, Options 选项栏的 Orientation 选项用来设置图纸的方向。单击  按钮后, 可有两个选择: 一个是 Landscape (图纸横向放置), 另一个是 Portrait (图纸竖向放置)。用户可根据实际需要选择图纸的方向。

2. 设置图纸的标题栏

在如图 2-5 所示选项框中, Options 选项栏的 Title Block 选项设置图纸标题栏的类型。单击  按钮后, 可有两个选择: 一个是 Standard (标准类型), 另一个是 ANSI (美国国家标准学会类型)。两种类型的标题栏如图 2-6a、b 所示。

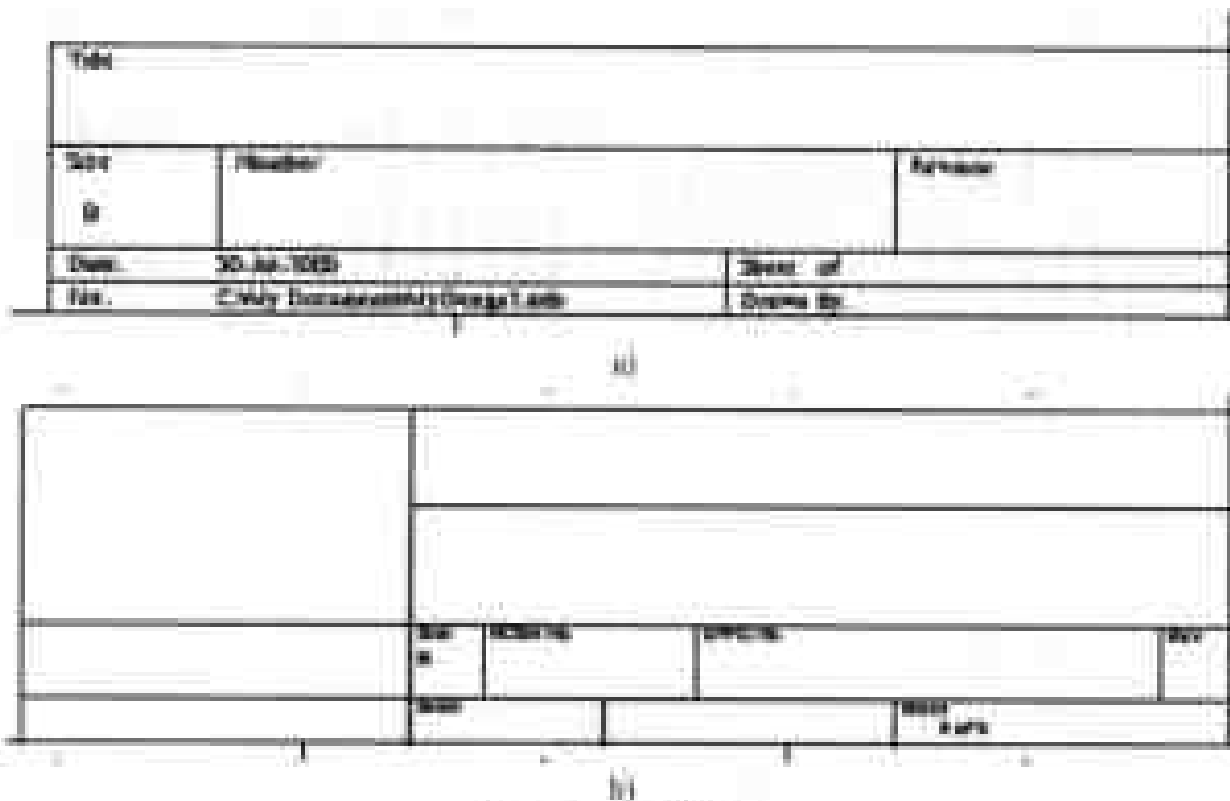


图 2-6 标题栏

a) 标准类型标题栏 b) ANSI 类型标题栏

3. 其他设置

在 Options 选项栏中, Show Reference Zone 复选框用来设置图纸的参考坐标的显示或隐藏, Show Border 复选框用来设置图纸边框的显示与否, Show Template Graphics 复选框用来设置是否显示模板中的图形。Border 选项用来设置图纸的边框颜色, 默认颜色是黑色, 若要改为其他颜色可以单击右边的颜色框, 弹出如图 2-7 所示的对话框, 选择系统设置好的 239 种颜色。如若需要, 也可单击 Define Custom Colors 按钮来自定义颜色。单击 OK 按钮确定。Sheet 选项用来设置图纸的颜色, 默认颜色是淡黄色, 若要改变颜色, 可参照 Border 选项。

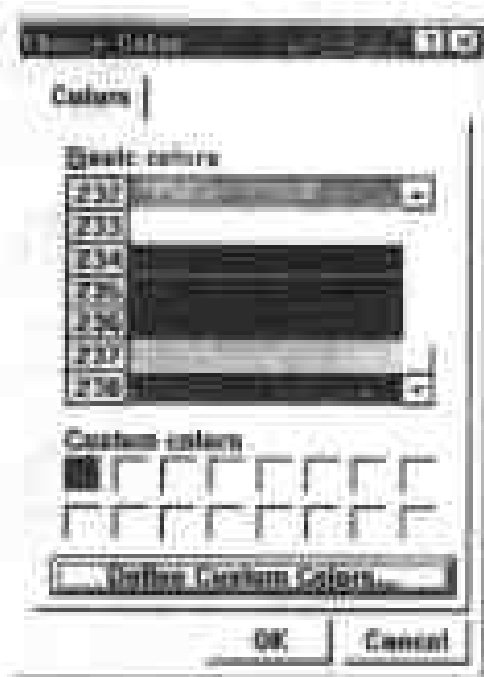


图 2-7 边框颜色选择对话框

2.2.3 一些其他的设置

1. 设置图纸的栅格

图纸上的栅格是为了方便图样的设计, 有了栅格可以更清楚地知道元件或连线的位置。此选项在图 2-5 所示选项框的 Grids 一栏中, 其中 Snap 为栅格锁定, 选择此项后, 光标以 Snap 选项右侧的值为基本单位进行移动, 方便元件的设置和节点的连接。Visible 选项为栅格可视, 选择后只在图纸上显示栅格, 而不影响光标的移动, 如图 2-8 所示。Grids 一栏下面的 Electrical Grid 选项栏是为了方便节点的查找, 当选中 Enable 时, 在搜索电气节点过程中, 光标将以 Grid 右侧的值为半径, 查找与光标位置最近的节点, 找到后就会把光标移到该节点上, 为绘

制电路提供方便,如图 2-9 所示。

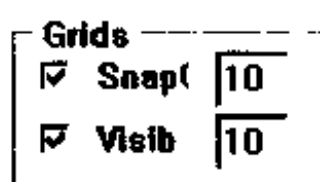


图 2-8 设置图纸栅格

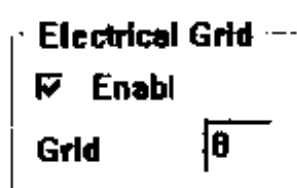


图 2-9 设置图纸的电气栅格

2. 设置系统字体

单击如图 2-5 所示选项框中的 Change System Font 按钮,则弹出如图 2-10 所示的 Windows 对话框,在此对话框中可以选择所需要的字体、字体样式、字体大小等等。

3. 设置文档及组织情况

执行菜单命令 Design/Options 后,在弹出的对话框中选择 Organization 选项,如图 2-11 所示。可在 Organization 一栏中输入设计单位的名称,在 Address 一栏中输入设计单位的地址,在 Sheet 一栏中输入图纸的页号和总页数,在 Document 一栏中输入图纸的标题名、编号及版本号。



图 2-10 设置字体对话框



图 2-11 文档及组织情况对话框

技巧:在设置图纸参数时,可在图纸页面上单击鼠标右键,在弹出的菜单中选择 Document Options,则弹出图 2-5 所示的对话框,按需要进行各种设置。

2.3 绘制电路原理图




2.3.1 绘图区的放大和缩小

Protel 99 中关于绘图区的放大和缩小可有三种方法:

1. 使用快捷键方式

- (1) 区域放大: 按下 PageUp 键, 可使绘图区放大。
- (2) 区域缩小: 按下 PageDown 键, 可使绘图区缩小。
- (3) 移至中心: 按下 Home 键, 可使绘图区以光标为中心进行移动。
- (4) 图面更新: 按下 End 键, 可对绘图画面进行刷新。
- (5) 区域移动: 按下 4 个方向键可以使绘图区分别向上、下、左、右四个方向移动。

2. 主工具条按钮方式

- (1) 区域放大: 用鼠标单击主工具条上的  按钮, 可使绘图区放大。
- (2) 区域缩小: 用鼠标单击主工具条上的  按钮, 可使绘图区缩小。
- (3) 浏览整图: 用鼠标单击主工具条上的  按钮, 可看到整张图。

3. 利用菜单方式

(1) 区域放大: 执行菜单命令 View/Zoom In 可放大绘图区, 菜单如图 2-12 所示。

(2) 区域缩小: 执行菜单命令 View/Zoom Out 可缩小绘图区, 菜单如图 2-12 所示。

(3) 比例显示: 执行菜单命令 View 中的 50%、100%、200%、400% 可按比例显示绘图区域, 菜单如图 2-12 所示。

(4) 浏览整图: 执行菜单命令 View/Fit Document, 可显示整张电路图, 菜单如图 2-12 所示。

(5) 浏览全部图形: 执行菜单命令 View/Fit All Objects, 可显示全部所画的电路, 菜单如图 2-12 所示。

(6) 局部放大: 执行菜单命令 View/Area, 可显示所选中的局部区域, 执行命令后, 将光标移到所要显示区域的左上角, 然后单击鼠标左键, 再将光标移到所要显示区域的右下角, 单击鼠标左键, 即可放大所选择的区域。

(7) 以中心放大: 执行菜单命令 View/Around Point, 可以以光标所在点为中心, 放大绘图区。命令执行后, 将光标移到要放大区域的中心, 然后单击鼠标左键, 再将光标移到所要显示的区域, 单击鼠标左键, 即可放大所选择的区域。

(8) 移动显示位置: 执行菜单命令 View/Pan, 在设计图样时, 常常要查看各个部分的电路, 所以要移动显示位置, 在执行命令前先将光标移动到目标点, 然后执行命令, 目标点的位置就会移动到工作区的中心位置显示, 即以该目标点为屏幕中心, 显示整个屏幕。

(9) 刷新画面: 执行菜单命令 View/Refresh, 可对画面进行刷新。

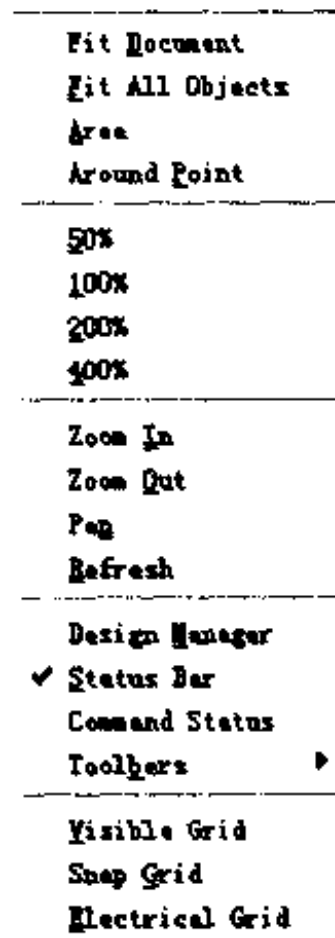


图 2-12 视图下拉菜单

2.3.2 元件库的载入

在图纸设置好以后, 就可以在上面绘制电路原理图了, 由于电子电路本身的特点是有许多标准元件, 故在 Protel 99 中, 标准的元件已被放在元件库中, 所以在绘制原理图时直接调用即可。具体装载步骤如下:

- (1) 用鼠标单击右侧窗口设计管理器的 Browse Sch 选项, 然后单击 Add/Remove 按钮,

将弹出如图 2-13 所示的对话框。



图 2-13 元件库添加/删除对话框

(2) 在顶部选项栏中选择扩展名为 .ddb 的文件，再单击 Add 按钮，此时该元件库出现在 Selected Files 一栏中，如图 2-14 所示。



图 2-14 添加元件库后的对话框

(3) 在设计原理图时，一次可载入多个元件库，添加好元件库后单击 OK 键，完成元件库的装载。

注意: Protel 99 所提供的标准元件库在 Design Explorer 99/Library/Sch 文件夹中, 熟悉 Protel DOS 的用户可选择 Protel DOS Schematic Libraries 元件库里的标准元件, 而对一些通用元件的选择, 用户可在 Design Explorer 99/Library/Sch 文件夹中选择 Miscellaneous Devices.ddb 元件库。

2.3.3 工具条的打开与关闭

进行 Protel 99 原理图设计时, 共有 7 个工具条, 分别是 Main Tools (主工具条)、Wiring Tools (画原理图工具条)、Drawing Tools (画图工具条)、Power Objects (电源图形工具条)、Digital Objects (常用元件工具条)、Simulation Sources (模拟信号源工具条)、PldTools (PLD 工具条)。在绘制原理图时, 主要用到主工具条、画原理图工具条、电源图形工具条及常用元件工具条。各个工具条的显示如图 2-15 所示。

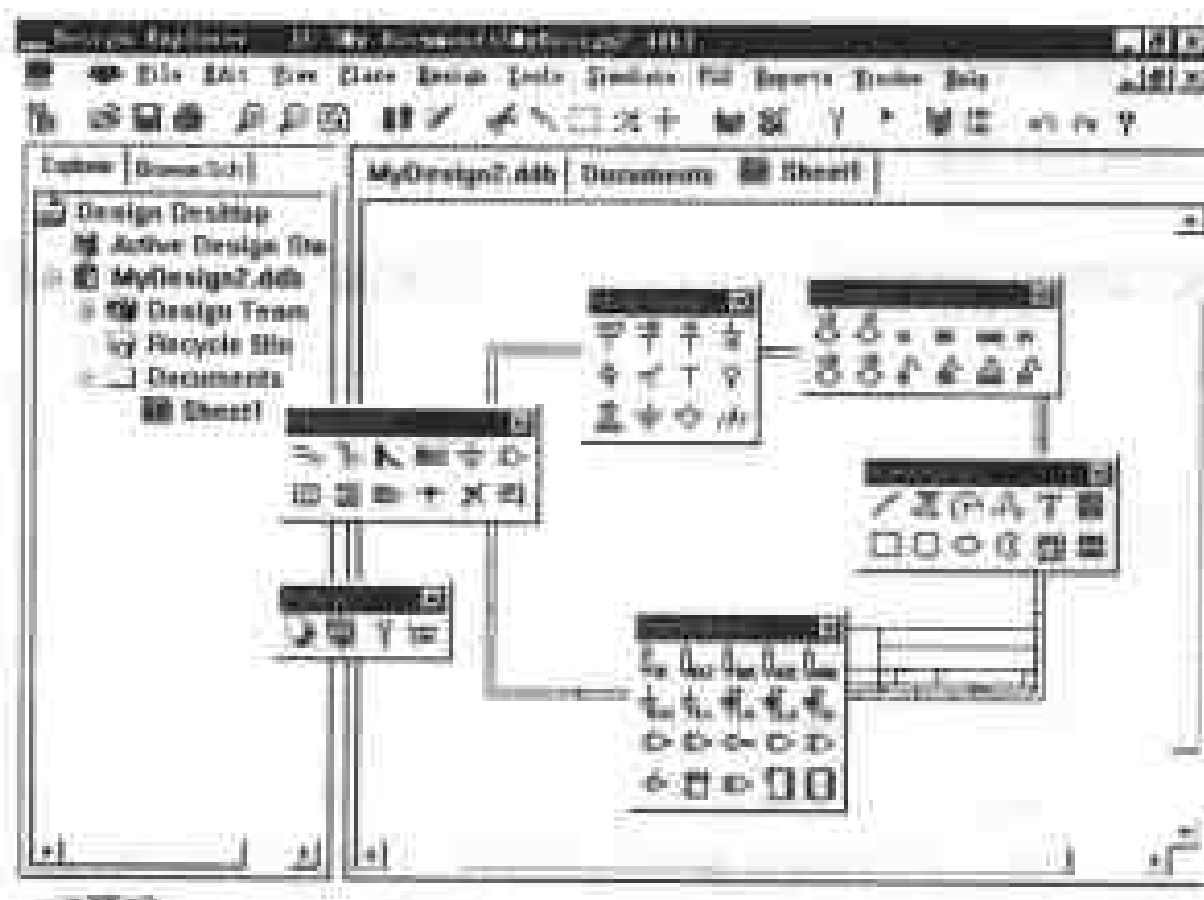


图 2-15 设计电路原理图的工具条显示

要打开或关闭各个工具条, 可执行菜单命令 View/Toolbars/Main Tools, 如图 2-16 所示, 选择所需要打开或关闭的工具条即可。

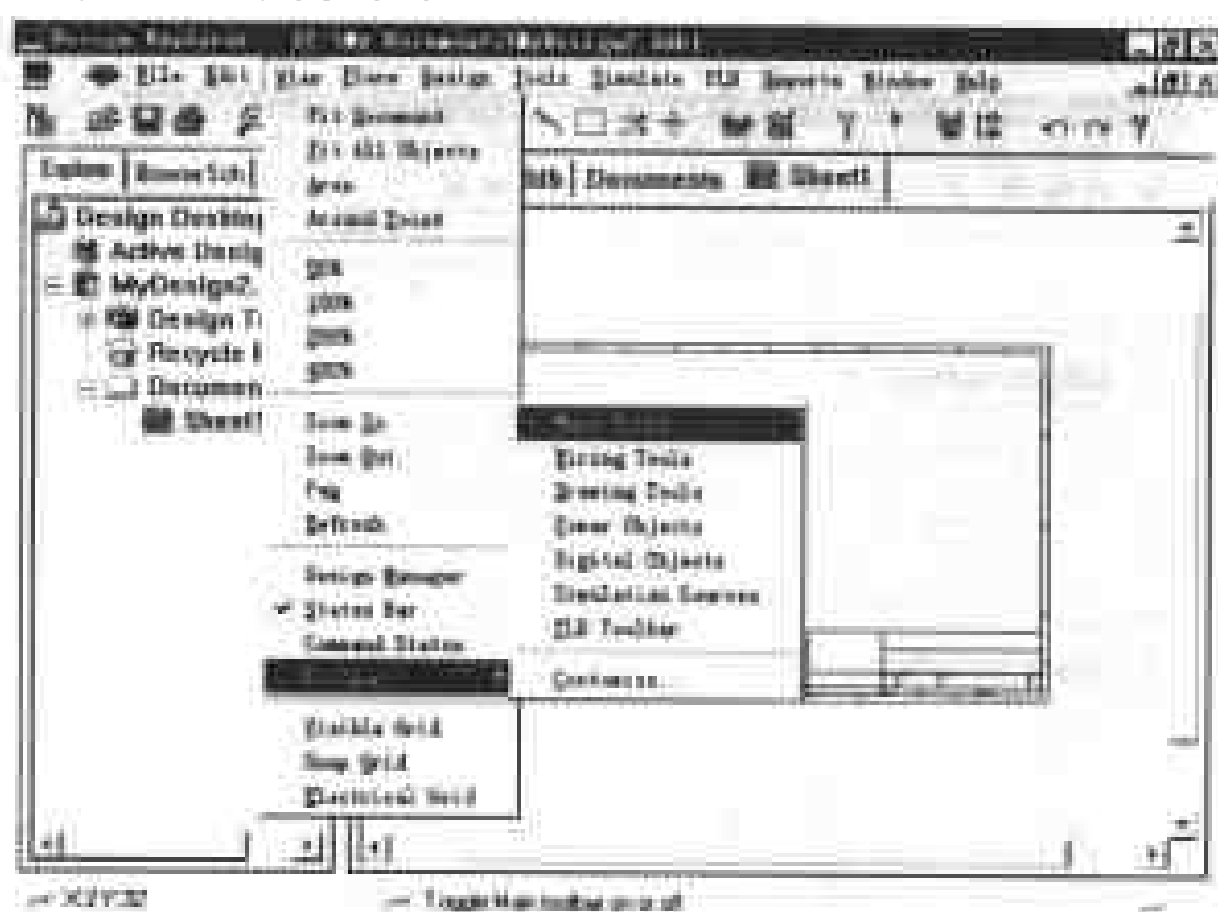



图 2-16 打开和关闭工具条

注意：在打开工具条时，有的工具条可能显示在窗口的左侧或底部，把光标移到该工具条，单击鼠标左键不动，把工具条拖到窗口中，反之也可把工具条安放到窗口的4个边框。

2.3.4 放置元件

1. 利用元件名称选择元件

如果知道元件的编号，可以直接输入名称来进行选取。执行命令菜单 **Place/Part** 或单击画原理图工具条上的按钮后，弹出如图 2-17 所示对话框。

输入所要选取的元件名称，例如输入 4001，单击 **OK** 按钮后，弹出如图 2-18 所示的对话框。



图 2-17 元件名称对话框



图 2-18 编制流水序号对话框

此对话框为元件的流水号对话框，可输入流水序号，也可直接利用默认值 **U?**，等到绘制好电路图后，使用 **Schematic** 的重编流水号功能（执行菜单命令 **Tools/Annotation**）。如果要为元件编制流水号，若第一个元件编号为 **U1**，那么在以后所放置相同形式的元件时，系统将自动把流水号编为 **U2**、**U3**、**U4** 等等。但如果所放置的集成电路有多个相同形式的元件时，系统可能会把每个元件的流水号编为 **U1A**、**U1B**、**U1C**、**U1D** 等等。单击对话框中的 **OK** 按钮，图纸上将会出现一个能随鼠标移动的元件图形符号，将其移动到适当的位置，单击左键，完成元件的放置。这时系统将再次弹出如图 2-17 所示的对话框，可继续放置元件。

按照上述方法在图纸上放置 4001 的两个门电路的显示如图 2-19 所示。

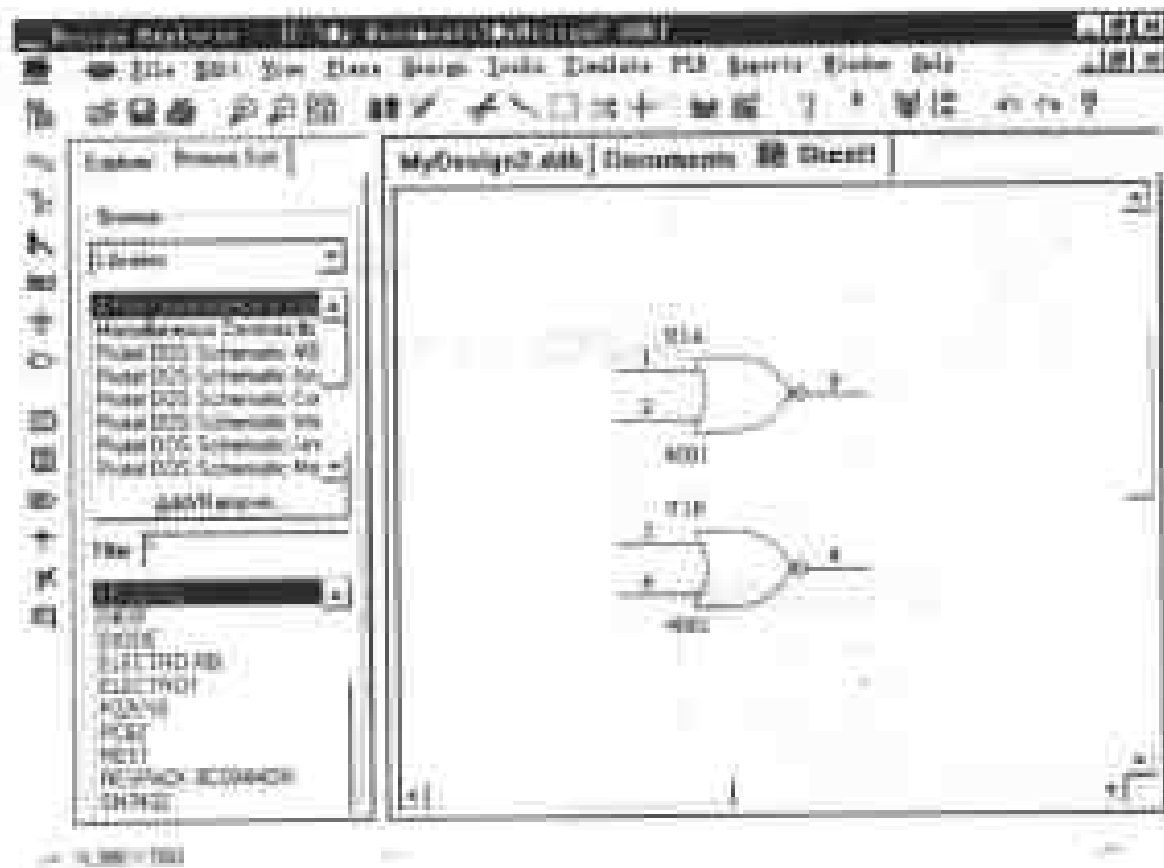


图 2-19 放置两个门电路后的显示结果

2. 利用元件列表选择元件

在左侧窗口中选取 Browse Sch 选项, 在 Libraries 栏下选择 Miscellaneous Devices.ddb 元件库, 这时 Filter 一栏中将列出库中所包含的元件, 从中选取所要的元件, 然后单击下面的 Place 按钮 (也可双击鼠标左键), 元件将出现在图纸上。随着鼠标的移动, 元件将随之移动。在适当的位置单击鼠标左键, 完成元件的放置。如若需要, 可继续放置相同类型的元件, 否则可单击右键取消命令。

用该方法放置两个 NPN 晶体管的显示如图 2-20 所示。

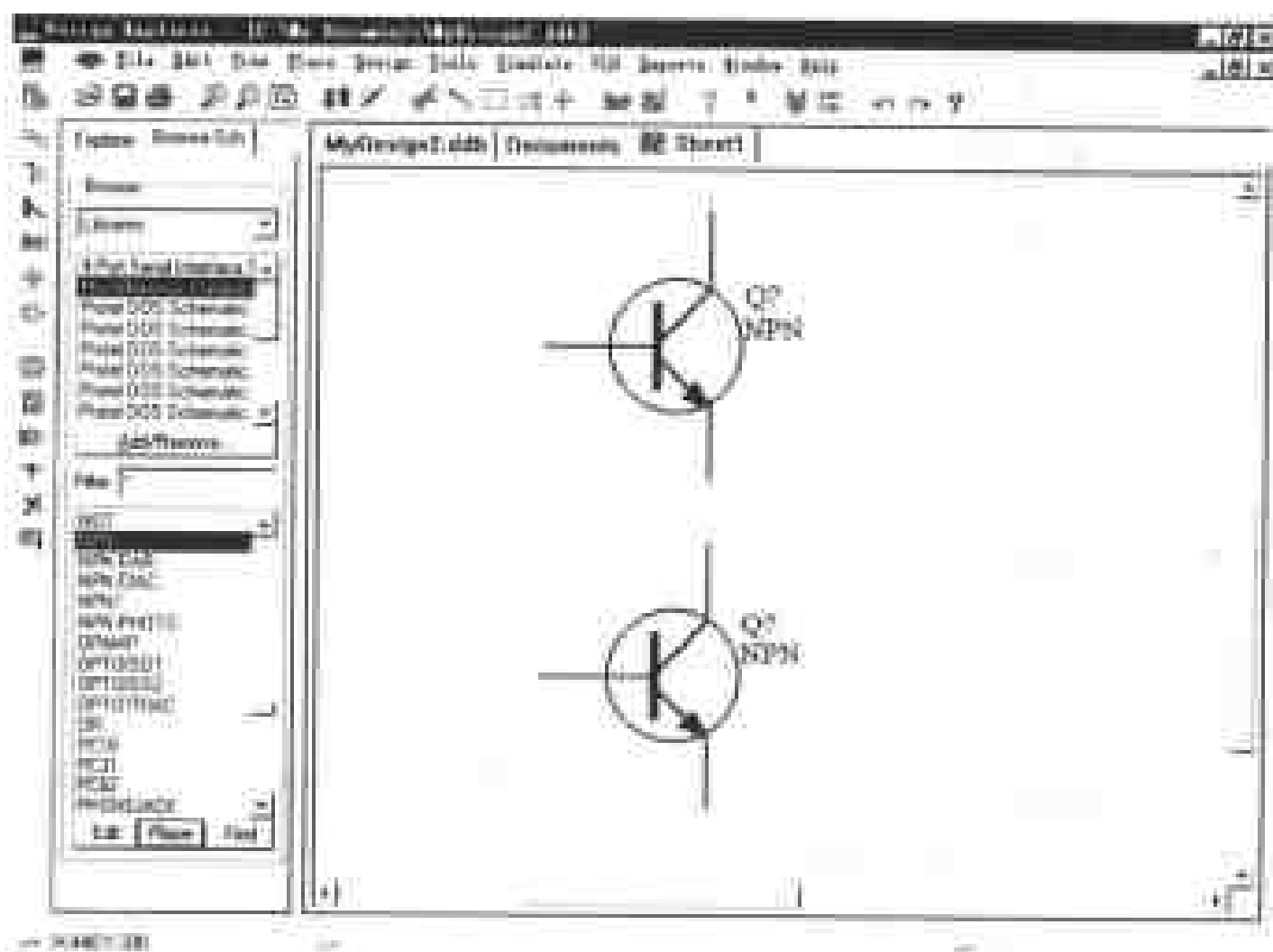


图 2-20 放置两个晶体管后的显示结果

在用元件列表的方法放置元件时, 元件的流水序号为 U?、Q?、R?、C? 等等, 若执行菜单命令 Place/Part, 则系统自动设置流水序号。

技巧: 在选择元件后, 还没有最后放置时, 按空格键可以旋转元件, 按 Tab 键后, 弹出元件属性对话框。

3. 利用 Digital Objects 工具条放置常用元件

对于一些常用的元件, 如电阻、电容、门电路、寄存器等, 可以用 Digital Objects 工具条来选取放置, 工具条如图 2-15 中 Digital Objects 所示, 单击工具条上所要选取的元件后, 图纸上即可出现元件, 在适当的位置将元件放置好。

2.3.5 编辑元件

在放置好多个元件后, 由于可能要对元件进行移动、旋转、删除、剪贴等等, 所以要对元件进行编辑。

1. 移动一个元件

在图 2-20 所示的结果中, 如果要把两个晶体管平行放置, 可将鼠标移动到上面的晶体

管, 然后按住鼠标左键, 则在所选的对象上出现十字光标, 并在该晶体管的四周出现一个虚线框, 显示如图 2-21 所示, 此时可拖动鼠标将元件移动到下面晶体管的右侧, 松开鼠标即可, 结果如图 2-22 所示。

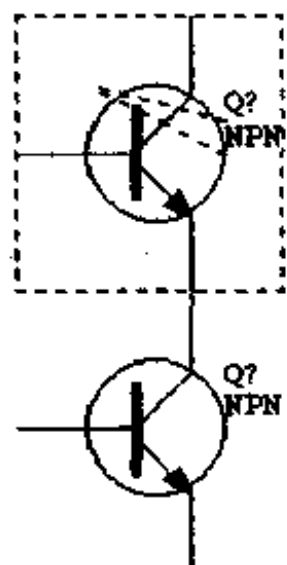


图 2-21 选取后的元件

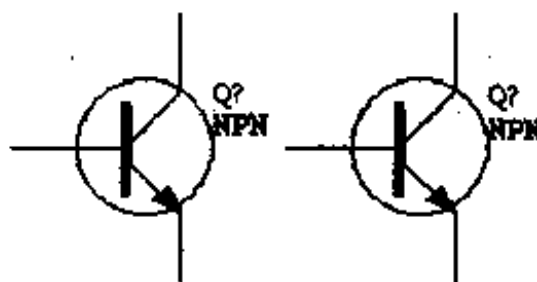


图 2-22 移动后的显示结果

执行菜单命令 Edit/Move/Move 也可完成元件的移动功能, 不同的是执行菜单命令完成任务后, 仍处于此命令状态。

2. 移动多个元件

在编辑中如果要一次移动多个元件, 可选中多个要移动的元件, 然后一起对多个元件进行移动, 具体步骤是:

(1) 先将光标移动到所要移动元件的左上角, 按住鼠标左键, 再把光标拖到所要移动元件的右下角, 松开左键, 这时选择的元件被黄色的框所框住, 如图 2-23 所示。

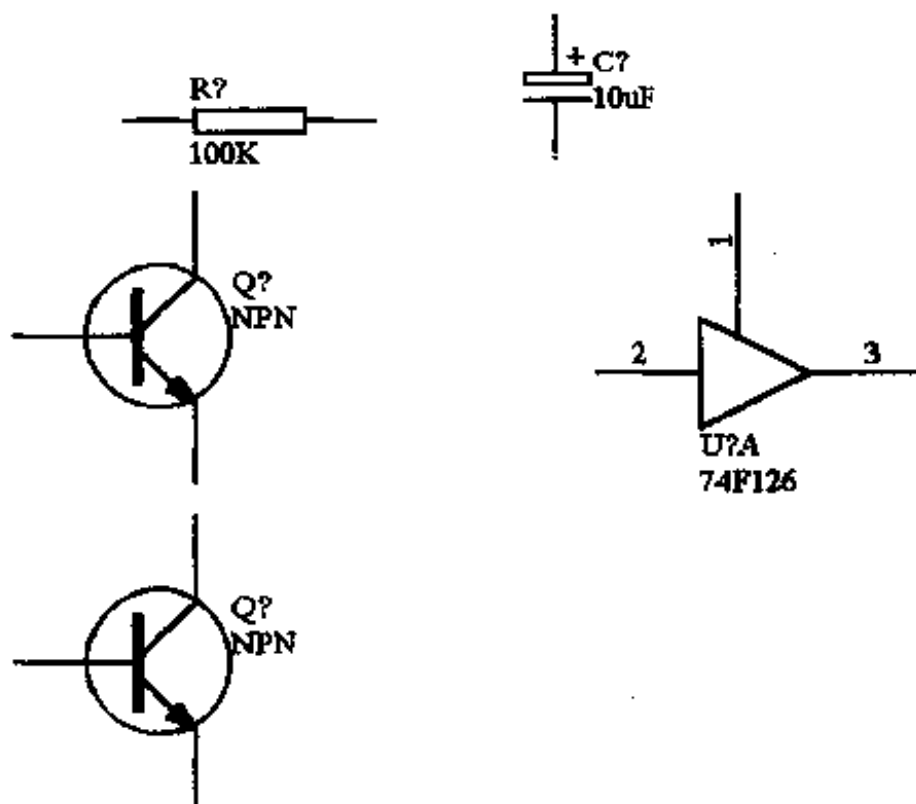


图 2-23 被选中多个元件的显示结果

(2) 然后用鼠标单击所选中的任一元件, 显示结果如图 2-24 所示, 再将其拖到适当位置, 此时其他被选元件也一起跟着进行移动, 松开左键即可完成多个元件的移动。

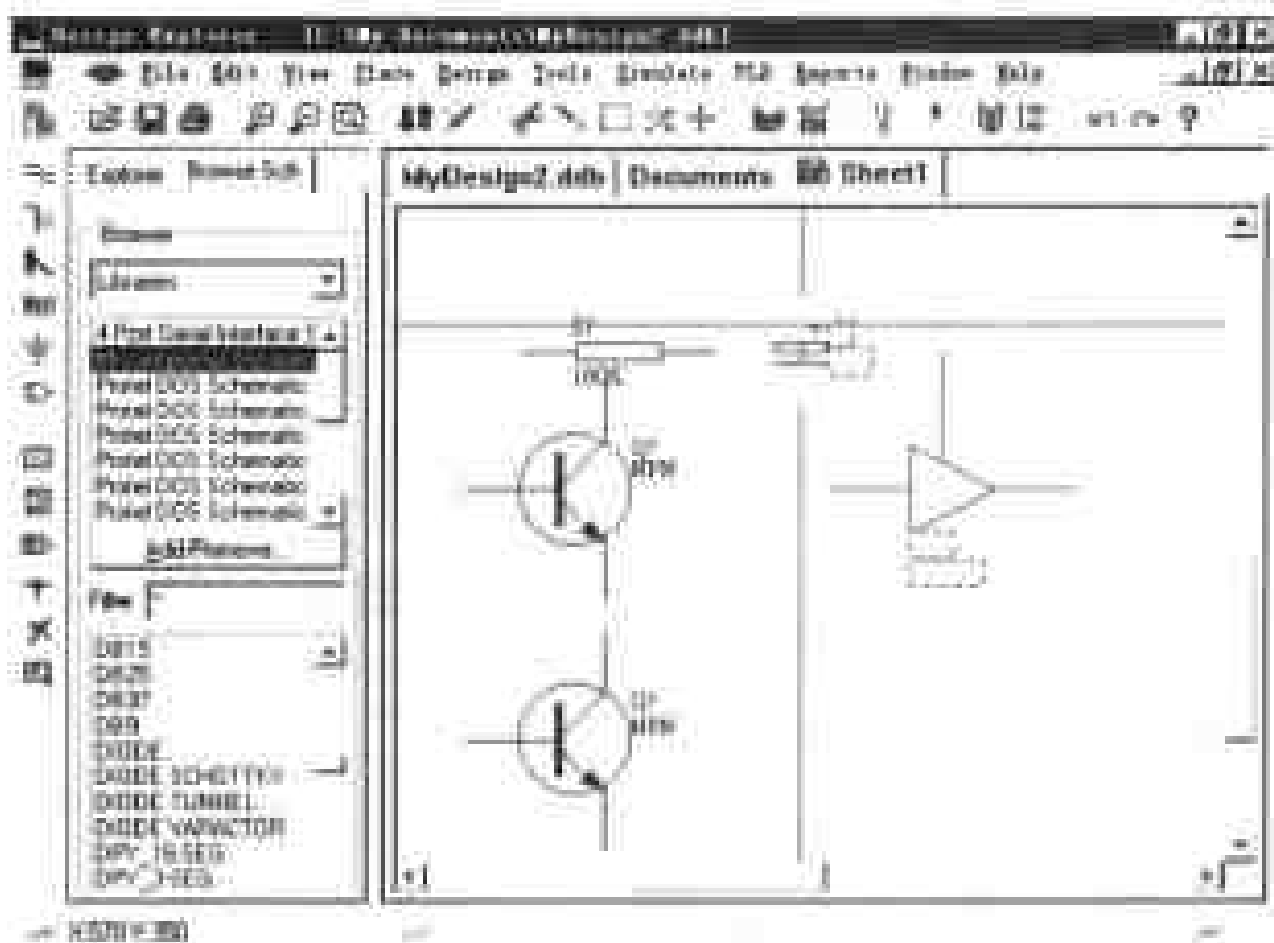


图 2-24 选中被框选的任何元件

在选取多个元件时，可执行菜单命令 **Edit/Toggle Selection**，则出现十字光标，将光标移动到所要选取的元件上，单击鼠标左键即可选中该元件，选中后该元件被黄色框框住，可继续照此方法进行选取多个元件，全部选取后，单击鼠标右键，完成选取工作。执行上面步骤 2 后就可一次移动多个元件。

技巧：在选取多个元件时，可按住 **Shift** 键，然后用鼠标单击所要选中的元件，单击一次可选中该元件，再单击一次则取消对该元件的选取。

例如，将如图 2-23 所示的 C? 和 U?A 移动到下面的显示结果如图 2-25 所示。

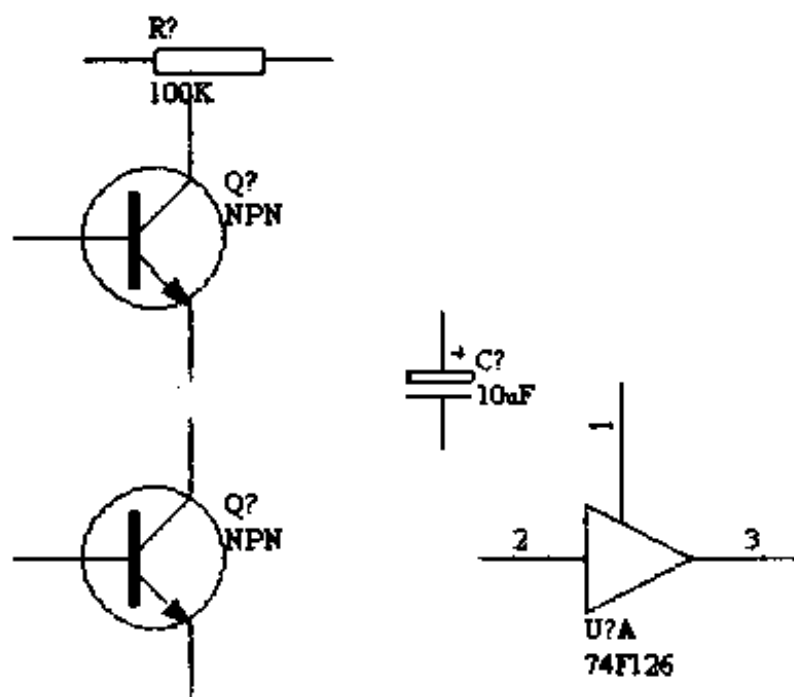


图 2-25 多个元件移动后的显示结果

3. 取消选取的元件

若要取消已经选取的元件，可执行菜单命令 **Edit/DeSelect** 来完成，命令如图 2-26 所示。

(1) Inside Area: 执行此命令后, 首先把光标移动到所要选区域的左上角, 单击鼠标左键, 然后将光标移动到所要选区域的右下角, 再单击鼠标左键, 这时所选区域中的元件被取消选中状态。

(2) Outside Area: 执行此命令后, 用 1 中的方法选择所要选取的区域, 这时所选区域外的元件被取消选中状态。

(3) All: 执行此命令后, 可取消图样上所有元件的选中状态。

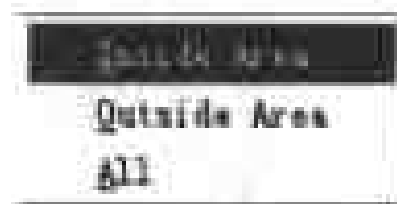


图 2-26 DeSelect 菜单命令

4. 排列和对齐元件

为了提高绘制原理图的工作效率, Protel 99 提供了多种有关元件排列和对齐的命令, 所有这些命令可以通过执行菜单命令 Edit/Align 中的命令选项来完成, 如图 2-27 所示。

各命令的功能说明如下:

(1) Align Left: 将选取的元件向最左边的元件对齐。

(2) Align Right: 将选取的元件向最右边的元件对齐。

(3) Center Horizontal: 将选取的元件向最左边元件和最右边元件的中间位置对齐。

(4) Distribute Horizontally: 将选取的元件在最左边元件和最右边元件之间等间距放置。

(5) Align Top: 将选取的元件向最上面的元件对齐。

(6) Align Bottom: 将选取的元件向最下面的元件对齐。

(7) Center Vertical: 将选取的元件向最上面元件和最下面元件的中间位置对齐。

(8) Distribute Vertically: 将选取的元件在最上面元件和最下面元件之间等间距放置。

(9) Align: 执行菜单命令 Edit/Align/Align, 则会弹出如图 2-28 所示的元件对齐设置对话框。

现将对话框各选项的含义介绍如下:

Horizontal Alignment (水平对齐) 栏中:

1) No Change: 保持原状。

2) Left: 等同于 Align Left 命令。

3) Right: 等同于 Align Right 命令。

4) Center: 等同于 Center Horizontal 命令。

5) Distribute equally: 等同于 Distribute Horizontally 命令。

Vertical Alignment (垂直对齐) 栏中:

1) No Change: 保持原状。

2) Top: 等同于 Align Top 命令。

3) Bottom: 等同于 Align Bottom 命令。

4) Center: 等同于 Center Vertical 命令。



图 2-27 元件的排列和对齐选项菜单



图 2-28 元件对齐设置对话框

5) Distribute equally: 等同于 Distribute Vertically 命令。

Move primitives to grid 栏的功能是在设定对齐时, 将元件移动到格点上, 以方便与线路的连接。


5. 剪贴元件

“剪贴”是 Windows 系统的编辑操作中基本命令, 在 Protel 99 中同样也有“剪贴”操作, 它包括对元件的复制、剪切、粘贴。

(1) 复制: 选取所要复制的元件后, 执行菜单命令 Edit/Copy, 把所选取的元件作为副本放入剪贴板中。

(2) 剪切: 选取所要剪切的元件后, 执行菜单命令 Edit/Cut, 把所选取的元件移入剪切板中, 同时将所选中的元件删除。

(3) 粘贴: 执行菜单命令 Edit/Paste, 将剪贴板中的元件作为副本, 拷贝到图纸上。

技巧: 在主工具条中,  分别是剪切和粘贴的快捷按钮, 可直接用鼠标左键单击来进行操作, 在复制操作时, 要选择好复制基点, 应尽量使基点靠近所要复制的元件。

6. 删除元件

在 Edit 菜单中有两个删除命令, Clear 和 Delete。

(1) Clear: 是删除已选取的元件, 在执行命令前应选择好要删除的元件, 也可用 Ctrl+Delete 快捷键来实现 Clear 功能。

(2) Delete: 在执行命令后, 光标变成十字状, 将光标移动到所要删除的元件上单击鼠标左键, 则删除该元件。

技巧: 若要删除元件, 可用鼠标单击元件使其被虚线框框住, 直接按下 Delete 键, 则元件被立即删除。

7. 阵列式粘贴元件

阵列式粘贴是一种特殊的粘贴方式, 它可以一次按所指定的间距将同一个元件重复地粘贴到图样上。执行菜单命令 Edit/Paste Array, 如图 2-29 所示, 也可单击 Drawing Tools 工具条中的阵列式粘贴图标, 如图 2-30 所示。

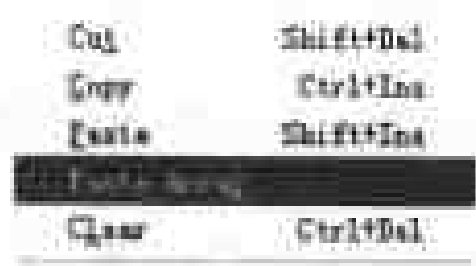


图 2-29 菜单命令 Paste Array



图 2-30 画图工具条中的阵列式粘贴命令

执行阵列式粘贴命令后, 将会弹出如图 2-31 所示的对话框。

现将对话框中各选项的功能说明如下:

在 Placement Variables 栏中:

(1) Item Count: 用于设置要粘贴的元件数。

(2) Text: 用于设置所要粘贴元件流水序号的增量值。如果设置为 1, 并且元件序号为 U1, 则重复放置的元件中, 序号依次为 U2、U3、U4 等等。

在 Spacing 栏中:

- (1) Horizontal: 用于设置要粘贴元件间的水平间距。
- (2) Vertical: 用于设置要粘贴元件间的垂直间距。



图 2-31 阵列式粘贴对话框

如图 2-32 所示图纸中的电阻 R1, 若要在图纸上放置与其相同的 5 个电阻, 可用阵列式粘贴命令。



图 2-32 所要粘贴的电阻元件

具体操作步骤如下:

- (1) 选中所要粘贴的元件, 然后执行复制 (Copy) 命令, 在靠近电阻的左上角单击左键, 以此点作为拷贝基点。
- (2) 执行阵列式粘贴命令 (Edit/Paste Array), 则弹出如图 2-31 所示的对话框, 在复制元件数一栏中输入 5, 在水平和垂直间距栏中输入 30 和 -20。
- (3) 单击 OK 按钮后, 在图纸的合适点处作为粘贴点, 单击鼠标左键, 则完成阵列式粘贴, 结果显示如图 2-33 所示。

8. 旋转元件

由于绘图的需要, 有时要把元件进行旋转, 这样有利于图样的绘制。Protel 99 中共有 3 种关于旋转的操作, 现介绍如下:

在旋转元件前应用鼠标左键选中元件, 并按住鼠标左键不动, 此时按下面的 3 个键将完成元件的 3 种旋转方式。

- (1) Space 键: 每按一次, 元件将按逆时针方向旋转 90 度。
- (2) X 键: 使元件进行左右对调, 即以十字光标为轴作水平对调。

(3) Y 键: 使元件进行上下对调, 即以十字光标为轴作垂直对调。

注意: 在按下鼠标左键不动时, 元件上的属性文字应变为虚线框, 只有这时才能有效地对元件进行旋转操作。

9. 编辑元件的属性

在 Protel 99 中, 每一个元件都有自己的属性, 有些属性只能在元件库中进行编辑设置, 而有些则可在绘制中进行编辑设置。

在选中元件而还没有最后放置时, 可直接按下 Tab 键来打开如图 2-34 所示的对话框。

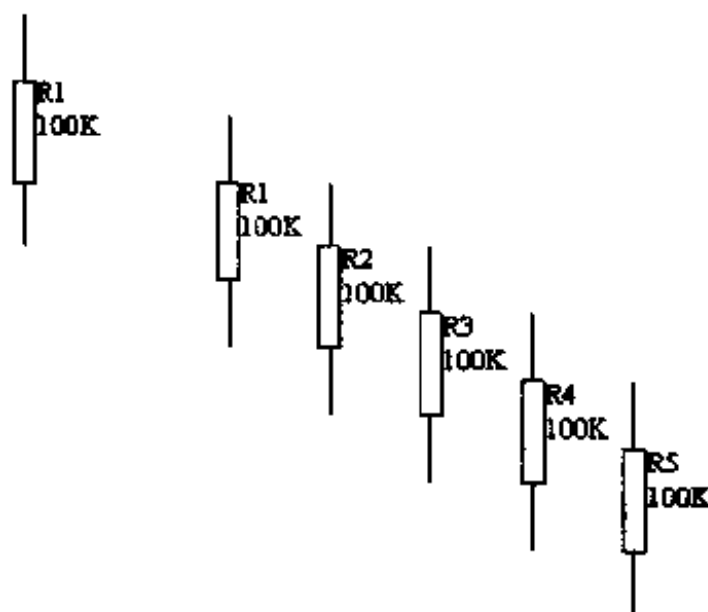


图 2-33 执行阵列式粘贴后的显示结果



图 2-34 元件属性对话框

如果元件已放置在图样上, 则可用鼠标双击该元件来打开属性对话框, 为方便设置其中的各选项卡, 可单击对话框中的 Global>>按钮, 结果如图 2-35 所示。

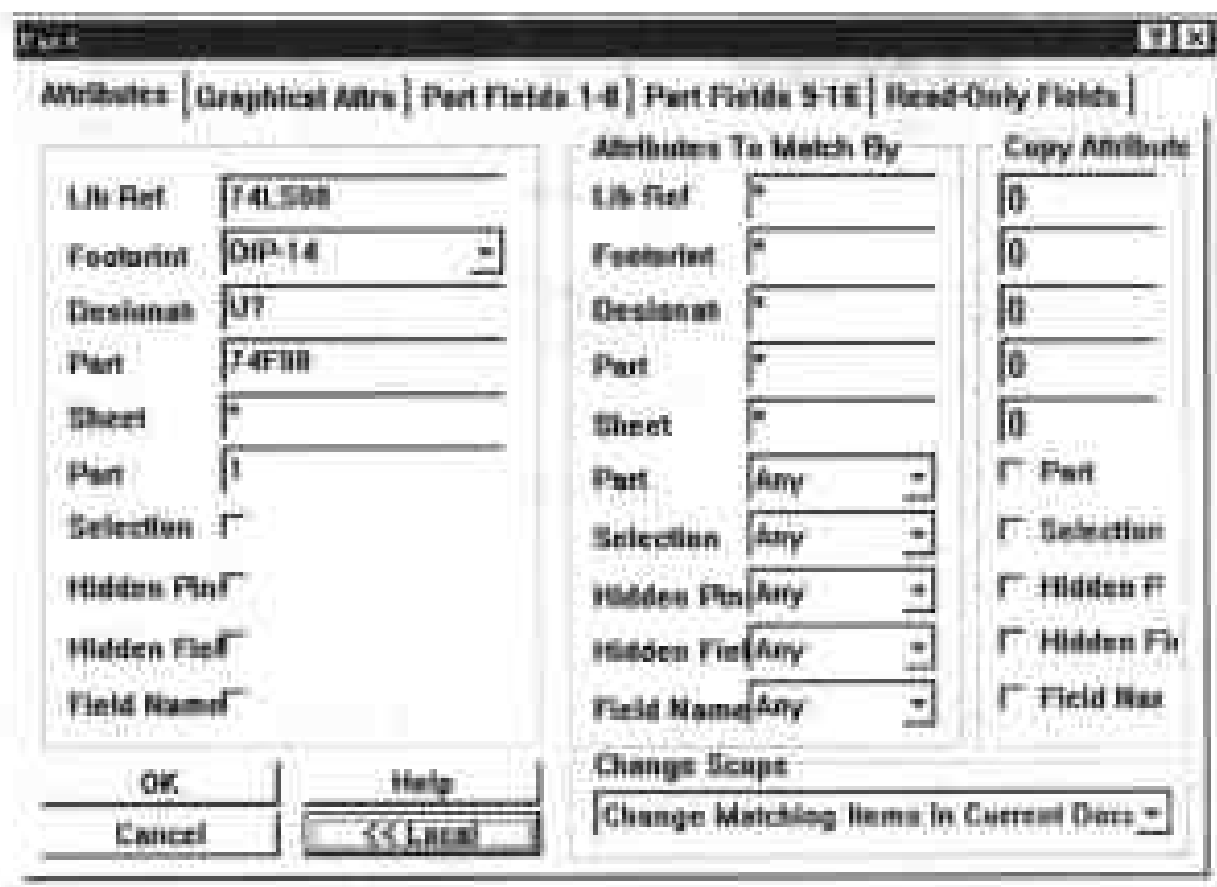


图 2-35 详细的元件属性对话框

各选项卡的意义分别如下：

(1) Attributes (属性) 选项卡

在该选项栏中共包括以下 10 个选项：

- 1) Lib Ref: 在元件库中所定义的元件的名称, 在图纸上不显示这个名称。
- 2) Footprint: 元件的封装形式 (在制作 PCB 图时有详细介绍)。
- 3) Designator: 在电路图中元件的流水序号。
- 4) Part Type: 显示在图纸上的元件名称, 默认值与元件库中的元件名称相同。
- 5) Sheet Path: 成为图纸元件时, 设置下层图纸的路径。
- 6) Part: 设置子元件序号, 如 U1A 为 1、U1B 为 2、U1C 为 3 等等。
- 7) Selection: 选中此项后, 则该元件为选中状态。
- 8) Hidden Pins: 选中此项后, 则可以显示该元件隐藏的引脚。
- 9) Hidden Fields: 决定是否显示 “Part Fields 1-8” 和 “Part Fields 9-16” 选项卡中的元件数据栏。
- 10) Field Name: 是否显示元件数据栏名称。

(2) Graphical Attrs (图形属性) 选项卡

该选项卡中包括了元件的各种图形属性, 有图形位置、类型、旋转角度、填充颜色、线条颜色、引脚颜色等多个选项, 如图 2-36 所示。

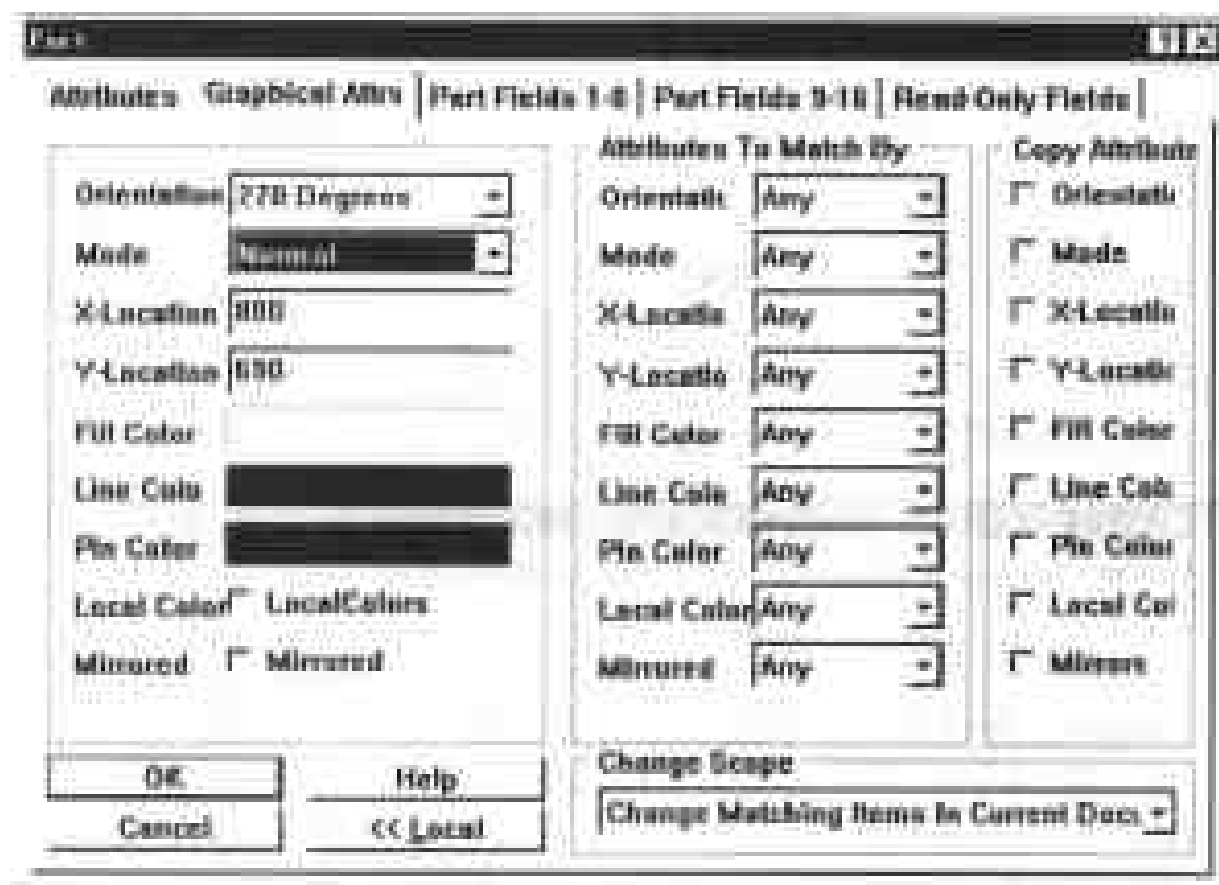


图 2-36 元件图形属性对话框

具体的各栏功能说明如下：

- 1) Orientation: 元件的旋转方向。
- 2) Mode: 设定元件的模式, 单击右边的下拉式按钮会弹出一个列表, 有 Normal (正常模式)、DeMorgan (狄摩根模式) 和 IEEE (美国电气与电子工程师学会模式) 三种模式。
- 3) X-Location、Y-Location: 设置 X 轴和 Y 轴坐标。
- 4) Fill Color: 设置元件内部要填充的颜色。
- 5) Line Color: 设置元件的线条颜色。

6) Pin Color: 设置元件引脚的颜色。

7) Local Color: 指定上面 3 项关于颜色的设置是否应用于该元件。

8) Mirrored: 使元件水平对调。

(3) Part Fields 1-8 选项卡

Part Fields 1-8 选项卡的功能是设置元件的 1-8 项标注, 可在各标注栏中直接输入标注文字。

(4) Part Fields 9-16 选项卡

Part Fields 9-16 选项卡的功能是设置元件的 9-16 项标注, 同 (3) 中所述的设置方法基本相同。

(5) Read-Only Fields 选项卡

Read-Only Fields 选项卡的功能是设置元件的只读标注, 这些标注不能直接在电路图中编辑。

10. 编辑元件组件的属性

在元件的某一属性上双击鼠标左键, 将会弹出一个关于该属性的对话框。如在电阻的显示文字 100k 上双击鼠标左键, 则出现如图 2-37 所示的对话框, 可以通过此对话框来设置其类型、X 轴、Y 轴、旋转角度、显示颜色、显示字体、是否选取、是否隐藏显示等属性。元件的其他一些组件属性的设置与此相类似。

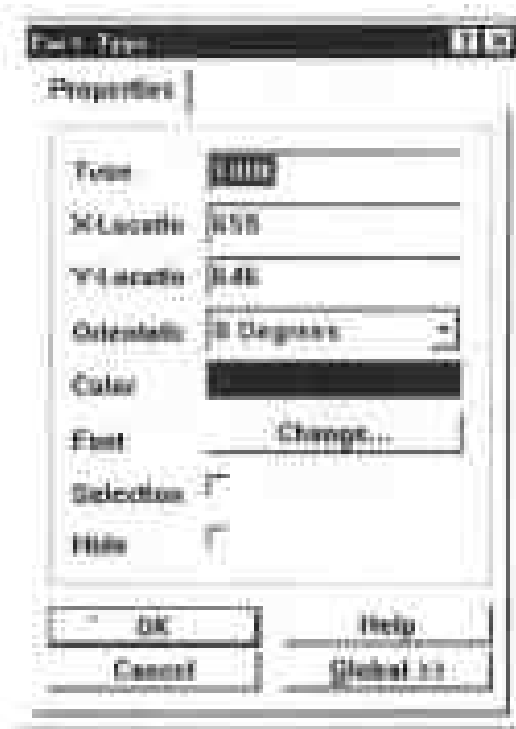


图 2-37 Part Type 对话框

2.3.6 放置电源和接地符号

在设置和编辑好元件后, 接下来就要放置电源和接地符号了。具体步骤如下:

(1) 启动 Power Objects 工具条, 可执行菜单命令 View/Toolbars/Power Objects, 工具条如图 2-38 所示。

(2) 用鼠标单击工具条上需要设置的电源或接地符号, 此时光标变成十字形状, 在适当位置单击鼠标左键, 则完成设置。

(3) 在设置时可像设置元件时一样, 用 Space 键、X 键、Y 键对电源或接地符号进行旋转操作。

(4) 在放置过程中可按 Tab 键来对其进行属性编辑, 显示如图 2-39 所示的对话框。

在 Net 一栏中可编辑电源的网络名称, 在 Style 一栏中可修改电源的类型, 在 X-Location 和 Y-Location 栏中可分别修改 X 轴和 Y 轴的坐标, 在 Orientation 一栏中可选择放置的角度, 在 Color 一栏中可选择电源或接地符号的颜色。Selection 复选框为是否选中该电源或接地符号。

在放置好后若要编辑电源和接地符号属性, 则可用鼠标双击该电源或接地符号, 就可出现如图 2-39 所示的对话框。

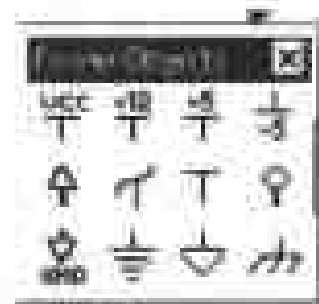


图 2-38 Power Objects 工具条

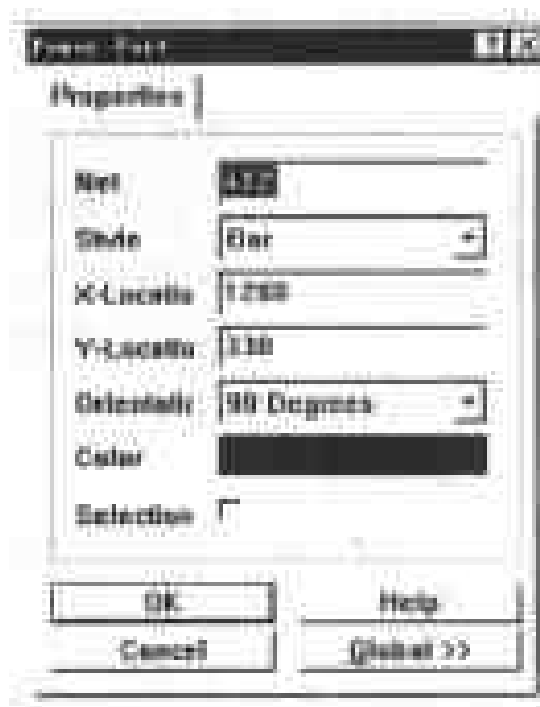



图 2-39 电源和接地符号
属性编辑对话框

2.3.7 连接线路和放置节点

在设置完元件和电源后, 应该进行电路连线和设置阶段, 下面分别对连接线路和设置节点进行介绍。

1. 连接线路

执行菜单命令 Place/Wire 可启动连线操作, 或单击图 2-40 所示原理图绘制工具条上的  按钮, 这时光标变成十字形状。将光标移动到所要连线的起点, 当起点为元件引脚时, 则在该处出现一黑点。单击鼠标左键, 就会在该引脚和光标之间出现一条预拉线。将线拉到所要设置的位置后单击鼠标左键, 则可定位一条线。若需要可继续走线, 直到连接好两个端点。单击鼠标右键, 完成一条连接线路。

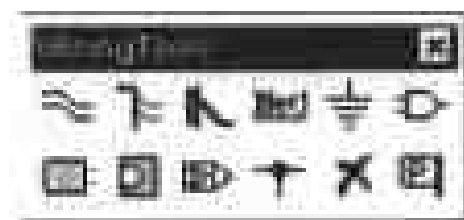



图 2-40 原理图绘制工具条

按照上述方法, 进行其他元件间的连线, 全部连好后, 单击鼠标右键或按下 Esc 键退出连线状态。

注意: 在连接线路过程中, 只有在连接端点都出现黑点时, 这样的连接才是有效的电器连接。

2. 放置节点

在 Protel 99 中, 当连线为 T 型连接时, 系统会自动在连接处放置一个节点, 但当十字交叉时, 则系统不会自动放置节点。而必须手动进行放置。


执行菜单命令 Place/Junction 可启动放置节点操作。或单击如图 2-40 所示工具条上的  按钮, 这时鼠标将会变成十字光标, 并且中间还有一个小黑点, 将光标移动到所要放置节点处, 单击鼠标左键即可。

如果想要删除一个节点, 只须用鼠标左键单击该节点, 使节点被虚框框住, 按下 Delete 键后, 节点即被删除。

2.3.8 放置总线及其进出端点

总线是由一组性质相同导线构成的线束, 如控制总线、数据总线、地址总线等等。在绘制某些集成电路时, 它们可能有较多的数据线、控制线或地址线。为了方便连线, 可以使用总线来进行连接。在 Protel 99 中用较粗的线条来代表总线。总线本身没有任何实质上的电气意义, 它只是一种简化的连接方式, 而必须由总线接出的各个导线上的网络名称来完成电气意义上的连接。

1. 画总线

执行菜单命令 Place/Bus 启动画总线操作, 或有鼠标左键单击图 2-40 所示绘图工具条上的  按钮, 这时光标变成十字形状, 然后在适当的位置将总线画在图纸上。绘制和编辑总线的方法与连接导线的方法相类似。图 2-41 所示为绘制一条总线后的电路图。

2. 画总线进出端口

总线进出端口 (Bus Entry) 是单一导线进出总线的端点, 如图 2-42 所示。总线的进出

端点没有任何的电气连接意义,只是看上去更具有专业水准而已。

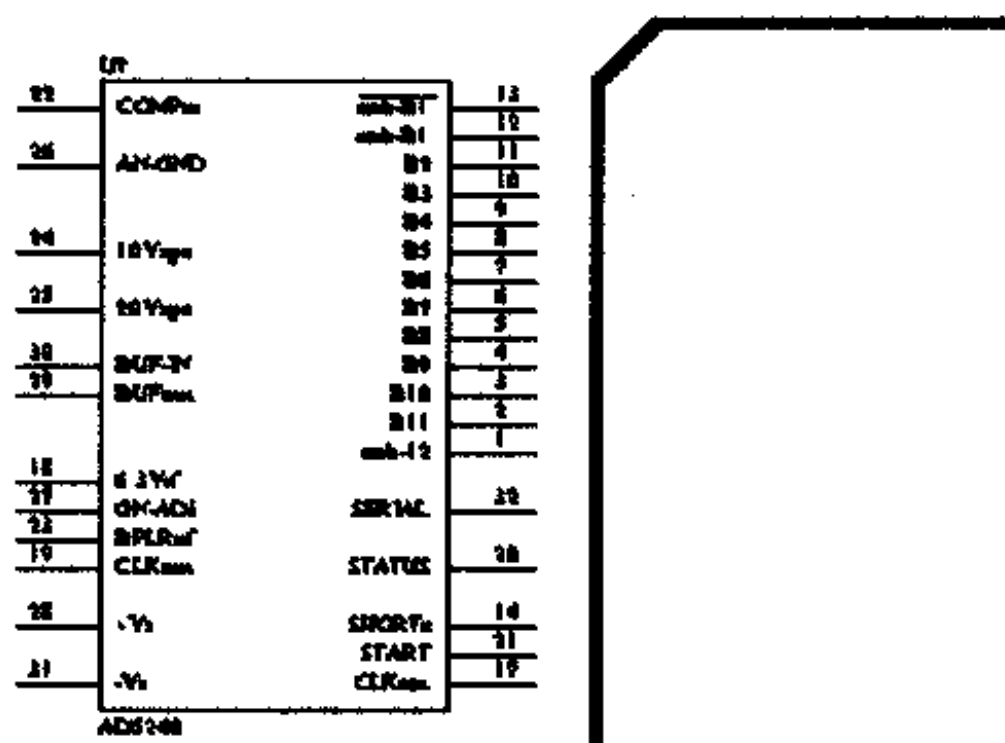


图 2-41 绘制总线后的电路图

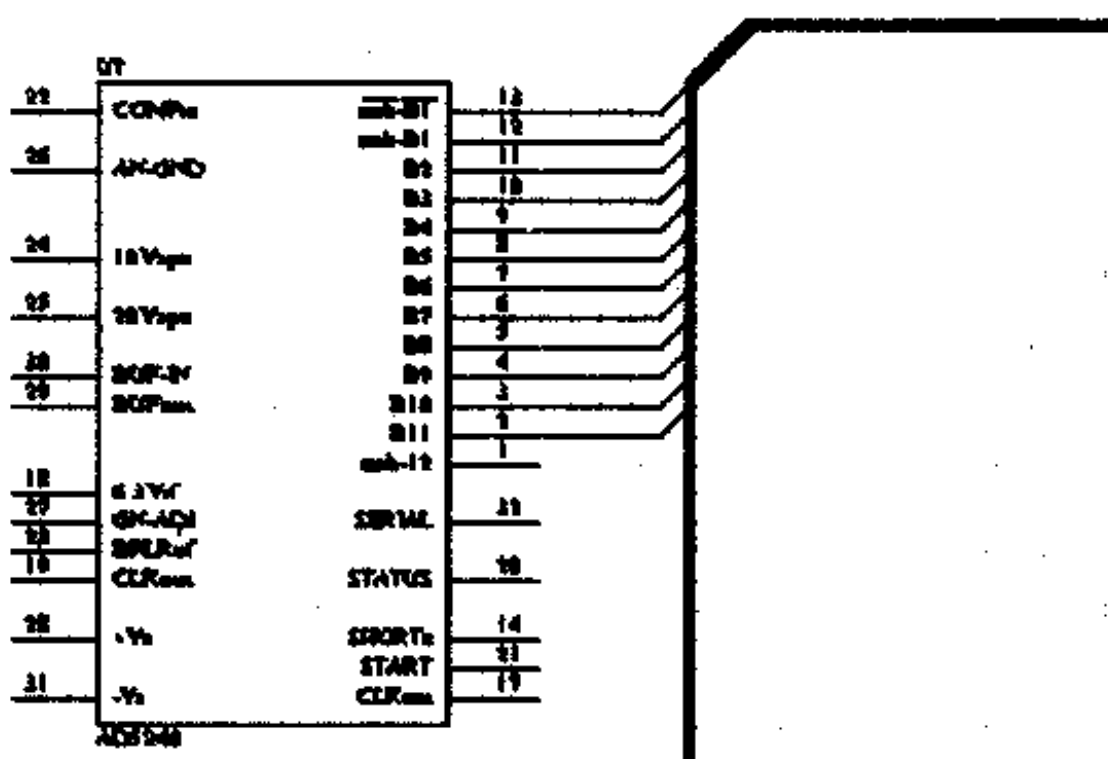



图 2-42 绘制总线进出端口后的电路图

执行菜单命令 Place/Bus Entry, 可启动画总线进出端口操作。或用鼠标左键单击图 2-40 所示工具条上的  按钮, 这时光标变成十字形状, 并且上面有一段 45 度或 135 度的线, 表示系统已处于画总线进出端口状态, 显示如图 2-43 所示。

画总线进出端口的具体步骤如下:

(1) 将光标移动到所要放置总线进出端口的位置, 光标上出现一个圆点, 表示移到了一个合适放置端口的位置, 单击鼠标左键则可完成一个总线进出端口的放置。

(2) 画完全部的总线进出端口后, 单击鼠标右键, 则可结束画总线进出端口状态。

在放置过程中, 按 Space 键可使总线进出端口的方向按逆时针旋转 90 度, 按 X 键则可

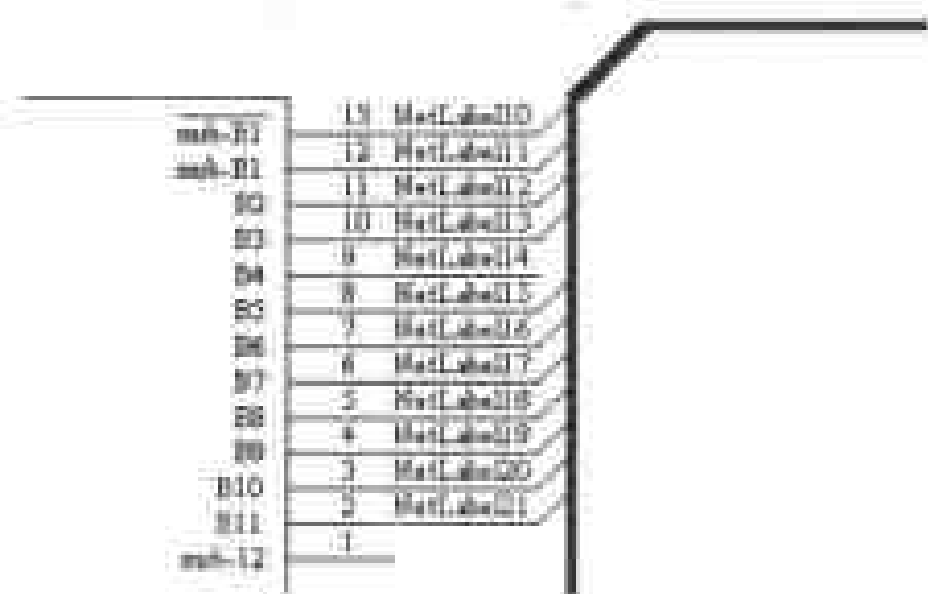


图 2-44 放置网络名称后的电路图

2. 编辑网络名称属性对话框

在放置网络名称的状态下，如果要编辑所要放置的网络名称，按下 Tab 键则可弹出网络名称属性对话框，如图 2-45 所示。若已放置好网络名称，则可用鼠标双击所要编辑的网络名称，也会弹出如图 2-45 所示的属性对话框。

各个设置栏的功能说明如下：

- (1) Net: 设置网络名称。
- (2) X-Location: 设置网络名称所在位置的 X 轴坐标值。
- (3) Y-Location: 设置网络名称所在位置的 Y 轴坐标值。
- (4) Orientation: 设置网络名称的放置方向。单击右边的按钮则可打开一个下拉式列表，其中 4 个选项供选择。

也可在放置网络名称的状态下，按 Space 键来选择合适的网络名称方向。

(5) Font: 设置所要放置文字的字体，用鼠标左键单击 Change 按钮，则会弹出设置字体对话框。

(6) Global: 单击此项按钮后，可进入整体修改对话框，如图 2-46 所示。其中的一些设置基本上与元件组件或导线的属性编辑相类似。



图 2-45 网络名称属性对话框

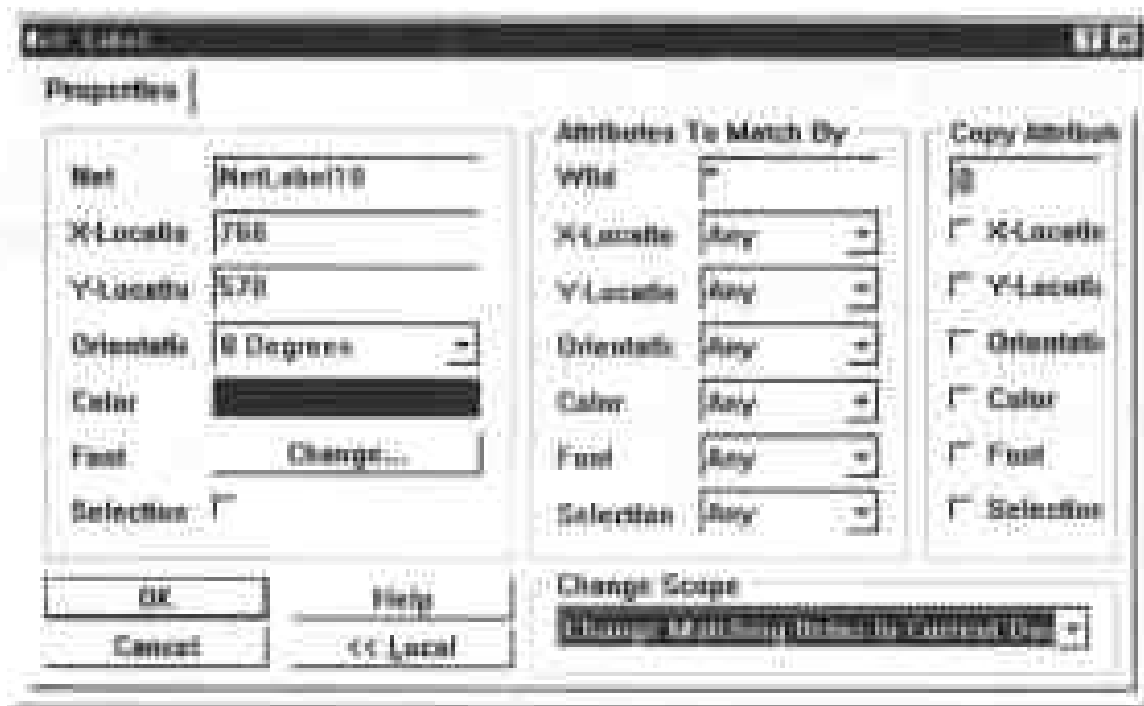


图 2-46 网络名称编辑对话框

下面对其中一些选项功能进行说明:

1) Attributes To Match By 栏中: 在 Wild 设置项内, 填入 “*” 表示不管电路图中其他的网络名称是什么, 都符合整体修改条件。也可以指定某个特定网络名称, 表示整个电路图中所有同名的网络名称都符合整体修改条件。

2) Copy Attributes 栏中: “{}” 是指定如何修改网络名称。如果要将电路图中的 NetLabel1、NetLabel2、NetLabel3……网络名称修改 Net1、Net2、Net3……, 那么可在 Wild 项中填入 “NetLabel*”, 在 Copy Attributes 栏中填入 “{NetLabel=Net}”, 然后按 OK 按钮, 就可完成网络名称的整体修改。


2.3.10 放置电路方块图及其进出端点

电路方块图是层次式电路设计不可缺少的组件, 层次式电路设计将在下一节中介绍。

什么是电路方块图? 简单地说, 就是设计者将一些元件组合在一起, 从而构成一个新的复杂的器件。把这个器件在图纸上用简单的方块图来表示, 至于这个复杂器件由哪些元件组成, 内部如何连线, 则可用另外一张电路图来描述。其实它和元件的一些属性特征相类似。

1. 放置电路方块图

执行菜单命令 Place/Sheet Symbol 可启动放置电路方块图操作, 或用鼠标左键单击图 2-40 所示

工具条上的  按钮, 这时光标变成十字形状, 将光标移动到要放置方块图的一角, 然后单击鼠标左键, 再把光标移动到方块图的另一角, 即可得到如图 2-47 所示的一绿色区域, 单击鼠标右键, 退出放置电路方块图状态。

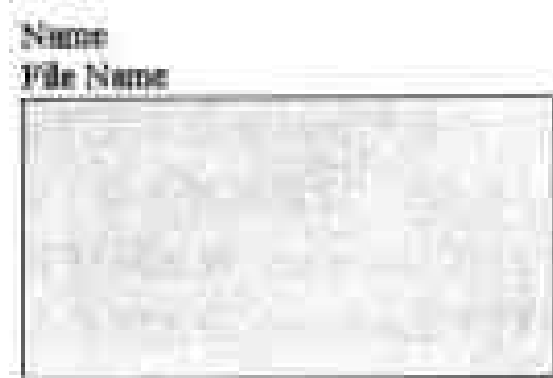


图 2-47 放置电路方块图

用鼠标双击电路方块图, 则可弹出电路方块图属性对话框, 如图 2-48 所示。此对话框中有些选项和前面介绍的其他属性对话框中的相似, 下面对其中的一些设置项进行说明:

(1) Border Width: 选择电路方块图边框的宽度。单击右侧的按钮则会弹出一个下拉式列表, 其中共有 4 种边线供选择, 即 Smallest (最细)、Small (细)、Medium (中等) 和 Large (粗)。

(2) X-Size: 设置电路方块图的宽度。

(3) Y-Size: 设置电路方块图的高度。

(4) Border Color: 设置电路方块图的边框颜色。

(5) Draw: 设置电路方块图内是否要填入 Fill Color 所设置的颜色。

(6) Filename: 设置电路方块图所对应的文件名。

(7) Name: 设置电路方块图的名称。

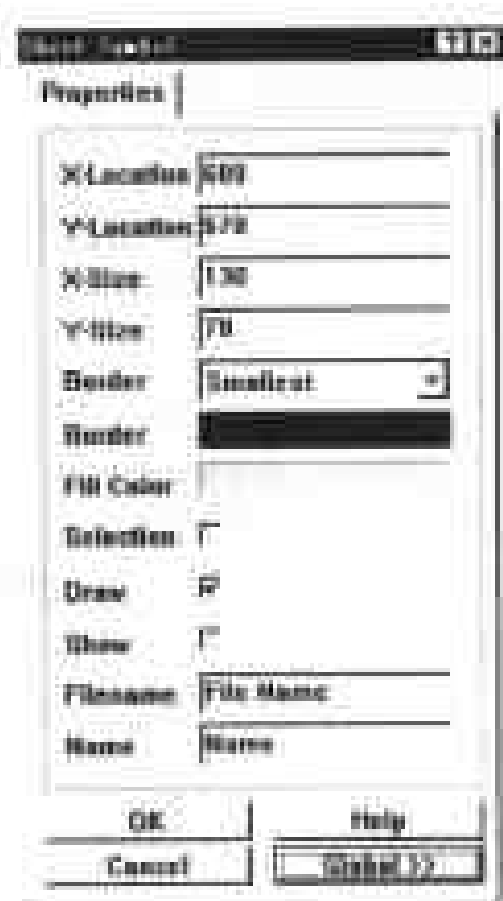



图 2-48 方块图属性对话框

2. 放置方块图的进出端点

电路方块图只是定义了一个复杂的器件，还应为其加上进出端点，也可以说是这个复杂器件的功能引脚。电路方块图有了进出端点后，才可在图纸上与其他元器件进行连接。

执行菜单命令 Place/Add Sheet Entry 可启动放置方块图进出端点的操作。或用鼠标左键单击图 2-40 所示工具条上的  按钮，这时光标变成十字形状，将光标移动到电路方块图中，单击鼠标左键，则光标会出现如图 2-49 所示的结果。

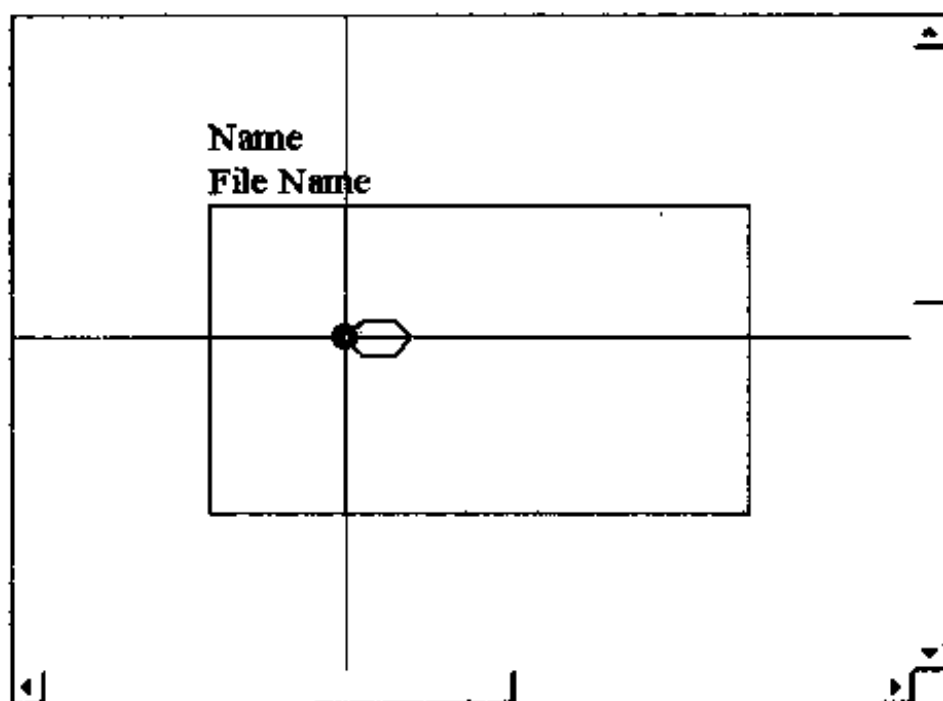


图 2-49 放置方块图的进出端点

在合适的电路方块图的左右边界上单击鼠标左键，就可在该位置放置一个方块图的进出端点，放置完毕后，单击鼠标右键则退出放置方块图进出端点状态。在方块图进出端点上，用鼠标左键双击后，会弹出如图 2-50 所示的方块图进出端点属性对话框。

该对话框的各项设置说明如下：

- (1) Name: 设置方块图进出端点的名称。
- (2) I/O Type: 设置方块图进出端点的形式，其中共有 4 项可以选择，分别是 Unspecified（无方向式信号进出端点）、Output（输出型进出端点）、Input（输入型进出端点）和 Bidirectional（输入输出双向型进出端点）。
- (3) Style: 设置箭头方向。共有 4 种可供选择，即 None（无箭头）、Left（左箭头）、Right（右箭头）和 Left&Right（双向箭头）。
- (4) Side: 设置方块图进出端点是在方块图的左边还是右边，一般可不设置。
- (5) Position: 设置方块图进出端点的位置，一般也可不设置。
- (6) Text: 设置方块图进出端点名称的颜色。

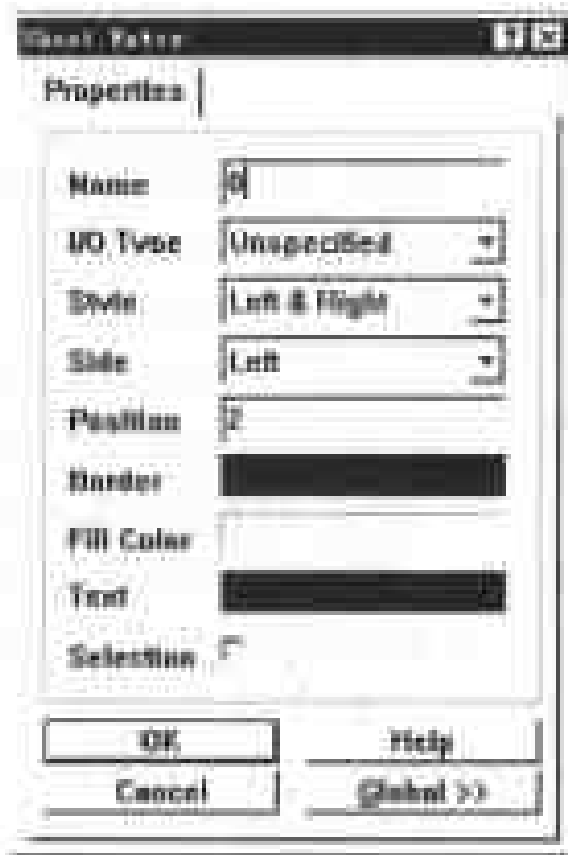



图 2-50 设置方块图进出端点属性对话框

2.3.11 放置电路输入输出点

在设计电路原理图时，一个网络与另一个网络的连接可以用实际的导线连接，也可以用放置相同的网络名称，来把两个网络建立起具有电气意义上的连接，同样也可以使用相同名称的输入输出点，来建立起网络间具有电气意义上的连接。输入输出点也是层次图设计不可缺少的组件。

执行菜单命令 Place/Port，可启动放置电路输入输出点操作，或用鼠标左键单击图 2-40 所示工具条上的  按钮，这时光标变成十字形状，并在上面出现一个输入输出点图形，如图 2-51 所示。

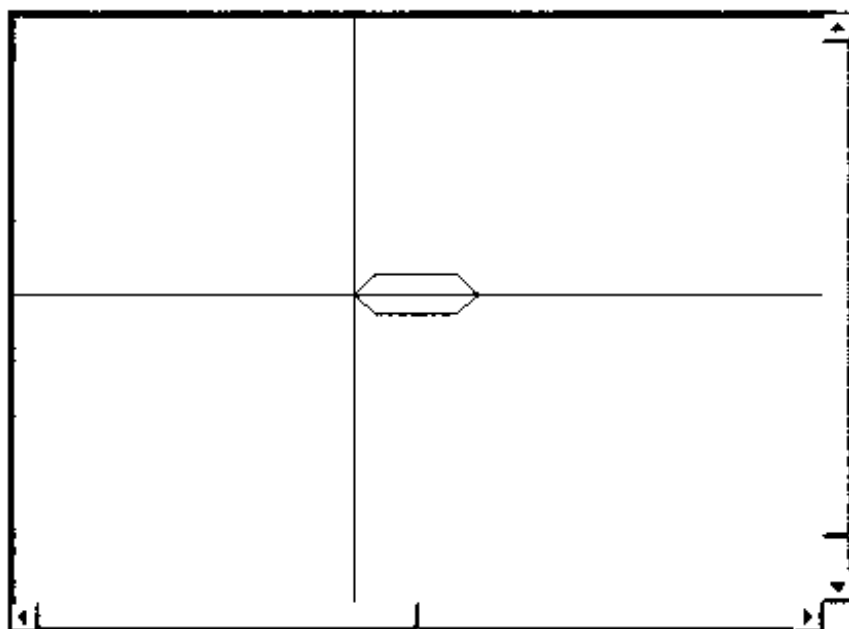


图 2-51 放置输入输出点

然后将光标移动到合适的位置，单击鼠标左键，则完成一个输入输出点的放置，全部放置好后，可单击鼠标右键退出放置输入输出点状态。

在放置好的输入输出点上用鼠标双击，则会弹出如图 2-52 所示的输入输出点属性对话框。

下面对一些设置项进行说明：

(1) Name: 设置输入输出端口的名称。具有相同名称的输入输出端口的点在电气上是连接在一起的。

(2) Style: 设置输入输出端口的外形。共有 4 种类型供选择，选用方法同放置方块图进出端点相类似。

(3) I/O Type: 设置端口的电气特性。它会为电气法则测试 (ERC) 提供一些依据，如当两个同属于 Input 输入类型的端口连接在一起时，就会产生错误报告。此项共有 4 种类型供选择。

(4) Alignment: 设置输入输出端口名称在端口符号中的位置，有 Left、Right 和 Centerd 3 种对齐方式。

(5) Width: 设置输入输出点的宽度。可以修改此项中数值来改变输入输出端口的长度，也可在放置输入输出端口时，固定一点后，用鼠标拖动到合适的输入输出点宽度。

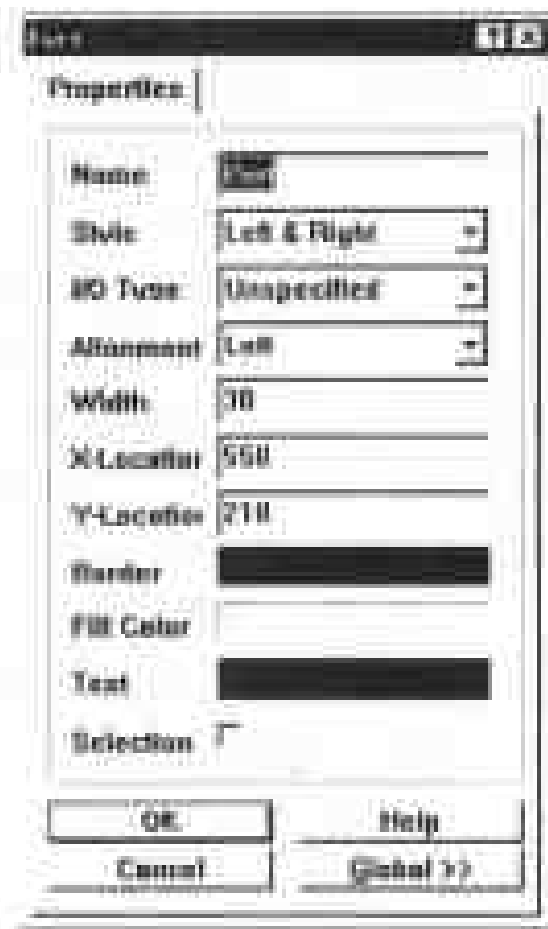


图 2-52 输入输出点属性对话框

2.4 绘制一张完整的电路原理图

通过前面的学习后，下面来绘制一张如图 2-53 所示完整的电路原理图。

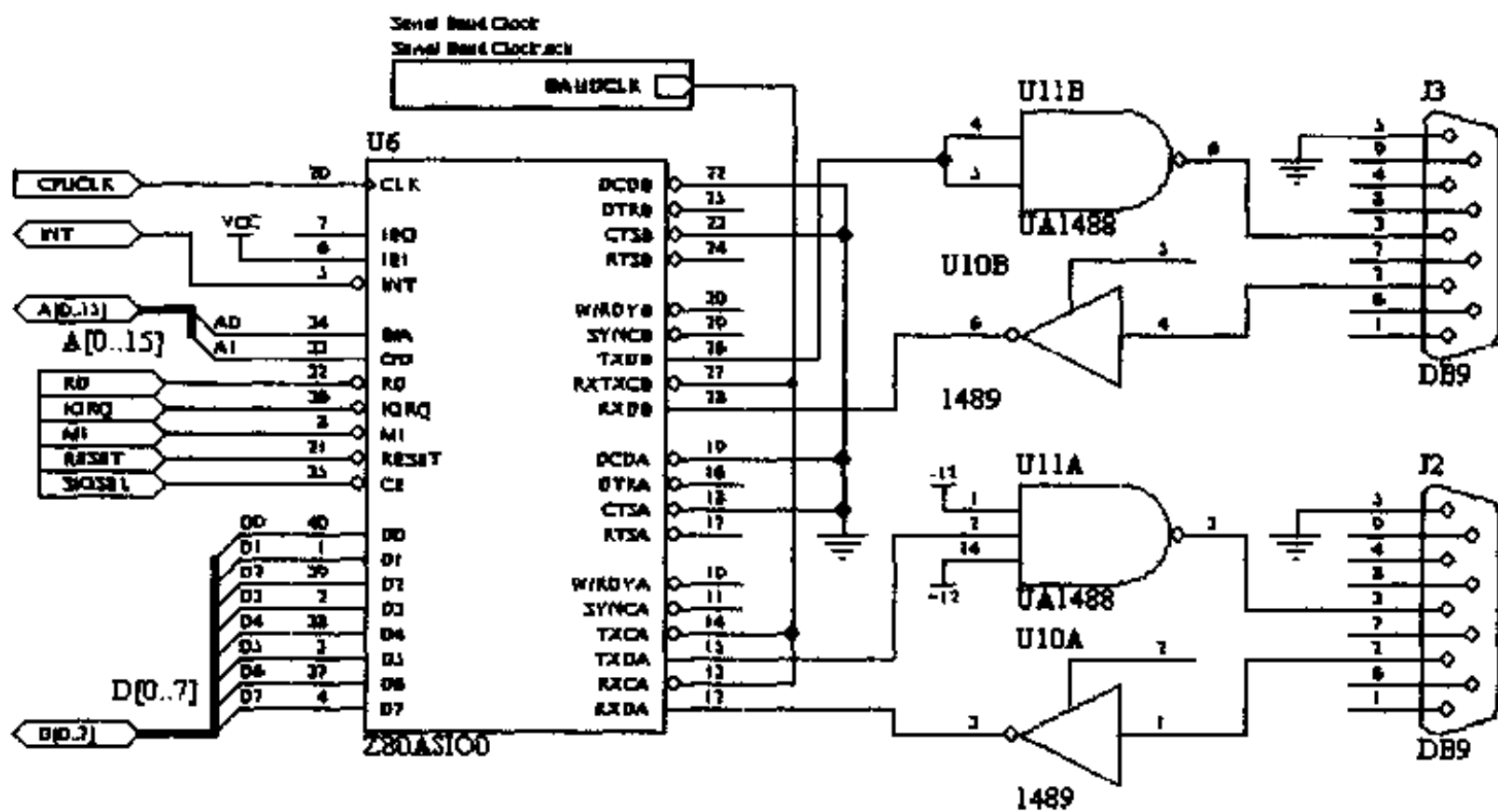


图 2-53 Z80 串口电路图

1. 载入元件库并放置元件

(1) 首先将元件库为 Protel DOS Schematic Libraries.ddb 载入系统，装载方法可参照 2.3.2 节关于元件库的载入。

(2) 装载好元件库后，就可以从各元件库中选择所要放置的元件。在绘制图 2-53 电路时，可分别放置元件名为：Z80ASIO0、UA1488、1489、DB9 的元件，并在图纸的合适位置上放置好，如图 2-54 所示。

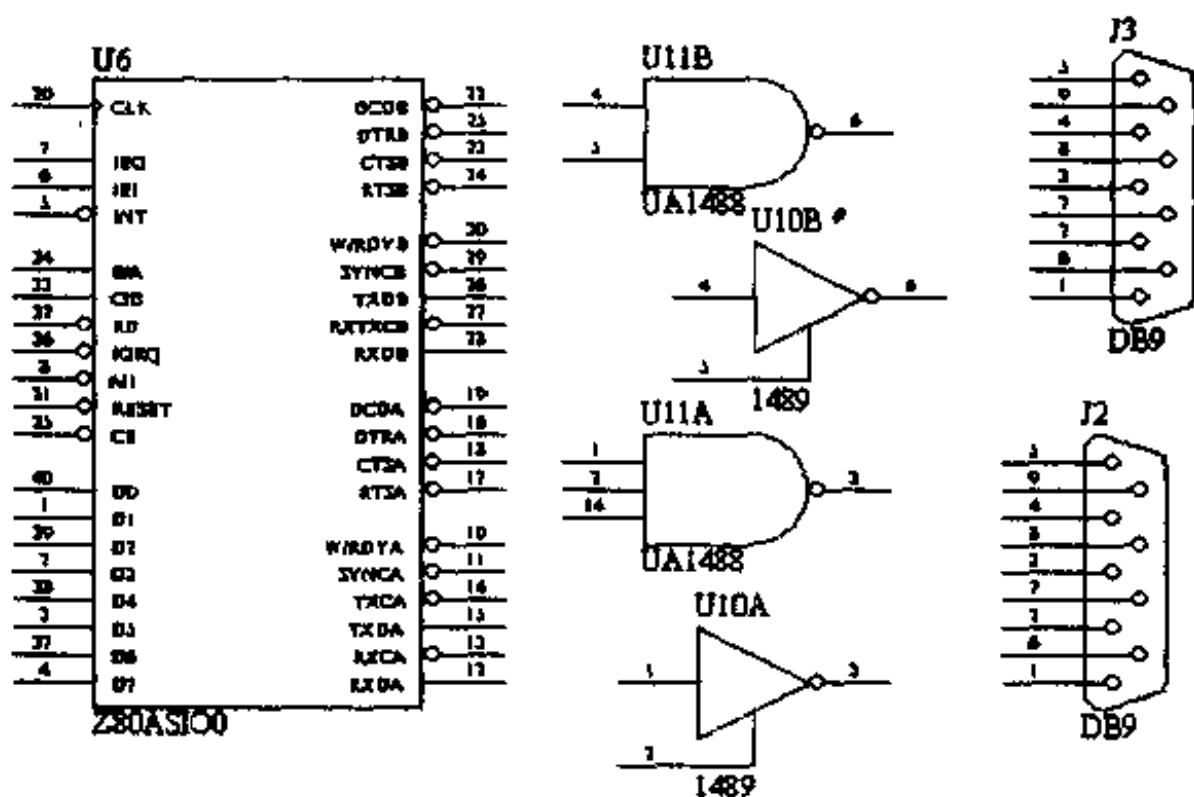


图 2-54 放置好元件后的绘制结果

2. 编辑元件并放置电源

(1) 调整一些元件的位置, 例如将名为 1489 的元件旋转 270 度, 把某些元件进行水平或垂直排列, 并用鼠标拖动元件来调整好元件间的距离, 也可在编辑元件时用鼠标左键双击元件, 这时会弹出关于元件属性的对话框, 用户可以修改其中的选项, 从而对元件进行必要的编辑, 还可以使用 Edit/Move 子菜单有各命令来实现。

(2) 在编辑好元件后, 就可放置电源和接地符号了, 打开电源和接地符号工具条, 选择所要放置的电源和接地符号, 并相应地进行位置调整, 用鼠标双击电源打开属性对话框, 编辑其属性。绘制结果如图 2-55 所示。

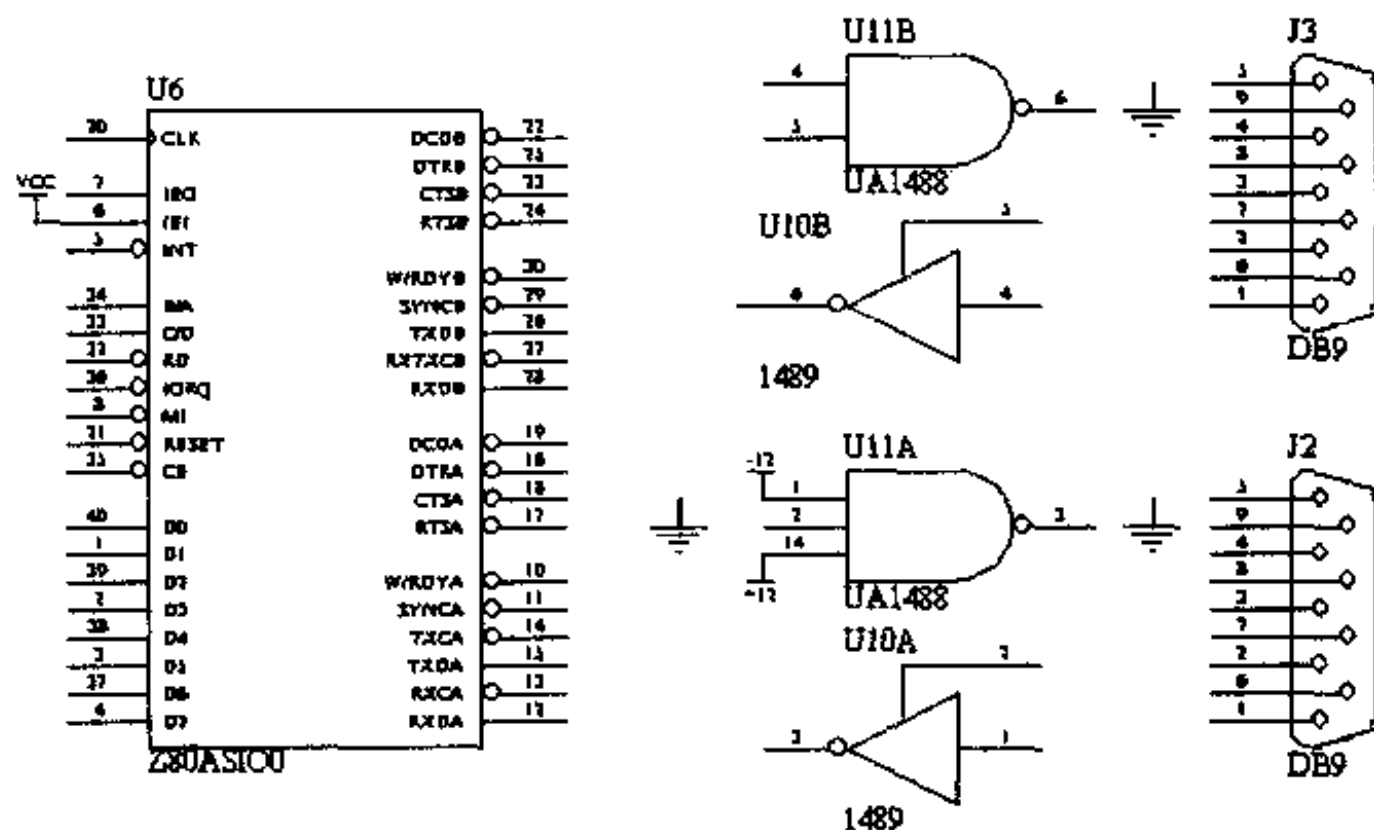


图 2-55 编辑元件和放置电源后的绘制结果

3. 连接线路并绘制总线

(1) 绘制总线和总线出入端口, 可执行 Place/Bus 和 Place/Bus Entry 菜单绘制命令, 也可从 Wiring Tools 菜单上选取绘制命令, 绘制后可相应调整其位置。

(2) 绘制导线, 执行 Place/Wire 命令或从 Wiring Tools 工具条中选取绘制导线命令, 就可对各节点进行连接导线。

(3) 执行放置节点命令 Place/Junction 或从 Wiring Tools 工具条中选取放置节点命令, 在需要节点的地方将节点放置好。

(4) 进行网络名称的放置。执行菜单命令 Place/Net Label 或从 Wiring Tools 工具条中选取放置网络名称命令。放置好网络名称后, 还要对各网络名称进行编辑, 以符合一致性命名要求, 这样才能建立起真正的电气连接。显示结果如图 2-56 所示。

4. 放置电路方块图和输入输出端点

(1) 本电路中有一个名为 BAUDCLK 电路方块图, 是 Z80ASIOU 的一个串口时钟电路, 执行菜单命令 Place/Sheet Symbol 或从 Wiring Tools 工具条中选取放置方块图命令, 画一个电路方块图, 并为其放置一个输出端点。然后再将电路的输入输出端点放置在 Z80ASIOU 相应的引脚上, 并用导线把节点连接起来。

(2) 放置输入输出端口, 执行菜单命令 Place/Port 或从 Wiring Tools 工具条中选取放置

下面对管理器中的功能按钮进行详细介绍。

(1) Add/Remove: 用鼠标左键单击此按钮则会弹出如图 2-58 所示的对话框。



图 2-58 载入/移出元件库对话框

通常元件库文件放在\Design Explorer 99\Library\Sch 目录及其子目录下, 选择所要加载的元件库文件, 单击 Add 按钮, 则元件库将在 Selected Files 区域中显示出来。在载入元件库时, 也可直接在所载入的元件库上双击该文件, 就可载入该元件库。如果要移出某个已加载的元件库, 则可在 Selected Files 里选择所要移出的元件库, 单击 Remove 按钮, 则文件名将在 Selected Files 中消失, 即元件库被移出。双击该元件库也可实现元件库的移出。

(2) Filter: 此设置栏的功能是筛选元件, 并支持通配符“*”。在系统默认情况下, Filter 设置栏是一个“*”号, 表示罗列所选择的元件库中的所有元件, 如果在“*”前输入一个“W”, 然后用鼠标单击元件库, 则可罗列出所有以“W”为开头的元件。

(3) Place: 用于放置元件。单击此按钮后, 光标变成十字形状, 并且在光标上带有所选择的元件, 在适当的位置单击鼠标左键, 则完成元件的放置。按右键则取消元件的放置。也可在元件显示区域中用鼠标左键双击所要选择的元件, 然后完成元件的放置。

(4) Find: 用于元件的查找。它相当于右键快捷菜单里的 Find Component 命令。单击此按钮, 则会弹出如图 2-59 所示的对话框。此对话框有 Find Component、Search、Found Library 和 Components 4 个功能区域。

下面分别对 4 个功能区域进行介绍。

1) Find Component: 用于设置查找元件的方式。共有两种方式可以选择, 即 By Library Reference 和 By Description。By Library Reference 是按元件名称来查找元件, 在右边的输入框中可以指定所要查找的元件名称, By Description 是按元件的描述方式来查找元件, 在右边的输入框中可以指定所要查找的元件描述。在这两种方式查找中, 可以使用通配符“*”。

2) Search: 用于指定查找元件的范围。其中包括 Scope、Sub directories、Find All Instances、Path、File 5 个设置项。Scope 选项用于指定查找的范围, 单击选项右边的下拉式按钮, 则可

打开下拉式列表, 可有三个选项, All Drives、Listed Libraries 和 Specified Path。All Drives 用于指定系统查找元件的范围是计算机上所有的驱动器。Listed Libraries 用于指定在系统已加载的元件库中查找元件。Specified Path 用于指定要设定的路径下查找元件, 如果选择此项, 则应当在 Path 设置栏中指定路径。指定 Sub directories 选项, 则连同指定路径下的所有子目录一起进行查找。Files 设置项用于设置查找的元件库类型, 主要用于查找库文件, 文件的后缀名为“.ddb”或者“.lib”。

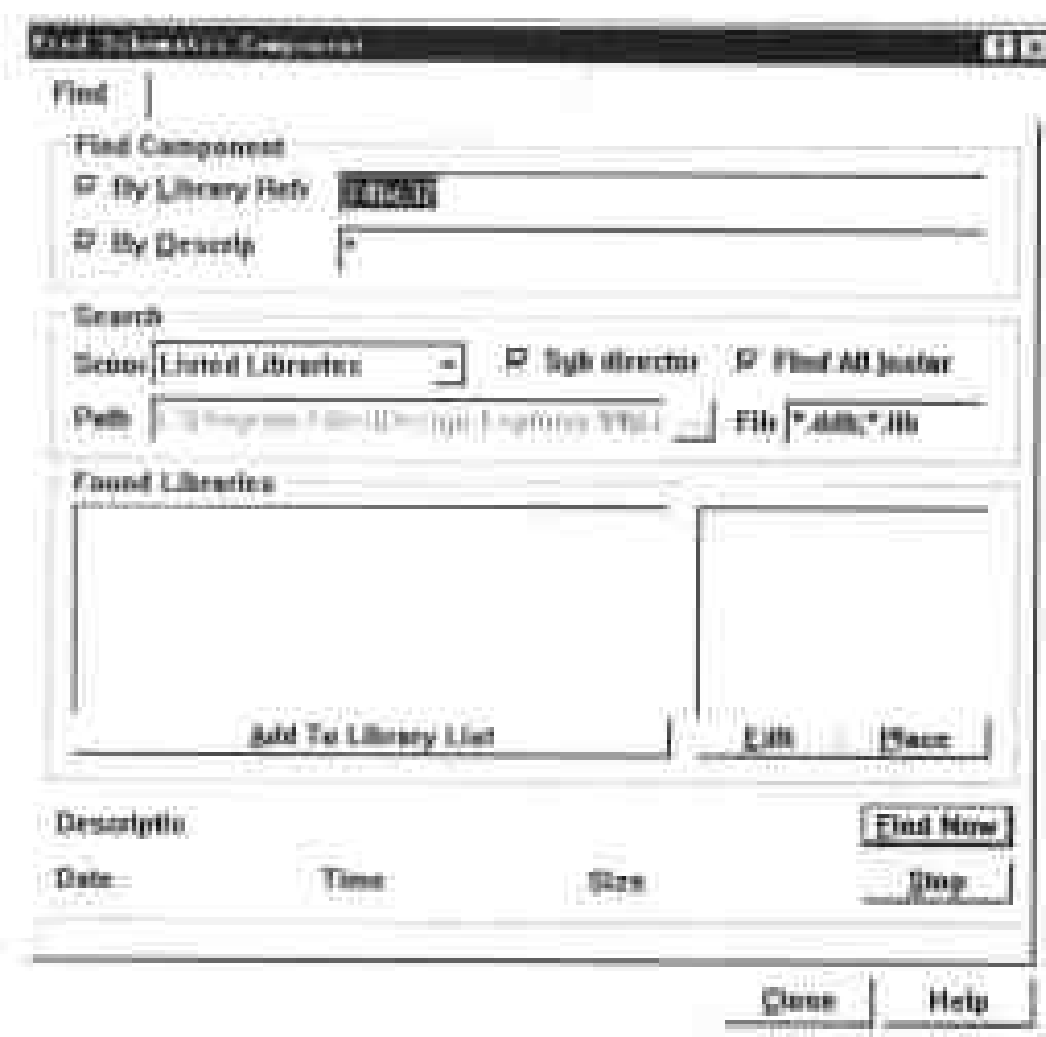


图 2-59 查找元件对话框

3) Components: 用于显示系统查找到的元件。

4) Found Library: 用于显示查找到的元件所在的元件库。

在 Components 和 Found Library 设置项的下半部分, 有 Add To Library List、Edit 和 Place 三个按钮。单击 Add To Library List 按钮, 则系统将载入 Found Library 里所选择的元件库。单击 Place 按钮, 则将在图纸上放置 Components 里所选定的元件。单击 Edit 按钮, 则系统将启动 SchLib 编辑器来编辑 Components 里所选定的元件。关于 SchLib 编辑器会在下一章中进行介绍。

在图 2-59 所示的对话框中还有 Find Now 和 Stop 两个按钮, 单击 Find Now 按钮, 则系统启动查找程序开始查找, 在查找过程中, 单击 Stop 按钮, 则系统将终止查找。

2.5.3 对电路图图元进行管理

用鼠标单击对象浏览框中的 Primitives 选项, 就可用来对原理图图元进行管理, 可以用它来查找、编辑原理图图元, 如图 2-60 所示。

具体的功能项介绍如下:

(1) 电路图信息类型选择项: 单击此选项框右边的下拉式按钮, 则可以选择需要显示的电路图的信息类型, 共有 30 个选择项, 详细功能见表 2-1。

表 2-1 元件信息类型及其功能

信 息 类 型	功 能	信 息 类 型	功 能
All	所有元件信息	Pins	元件引脚信息
Bus Entry	总线进出点信息	Hierarchical Nets	层次式设计网络信息
Buses	总线所有信息	Ports	输入输出点信息
Directives	指示标签信息	Power Objects	电源信息
Error Makes	错误标识信息	Sheet Entries	方块图进出点信息
Images	图片信息	Sheet Parts	元件图信息
Junctions	节点信息	Sheet Symbols	电路方块图信息
Labels	网络所有信息	Sheet Sym Files	电路方块图文件信息
Layout Directives	PCB 布线标志信息	Sim.Directives	电路仿真所有信息
Net Identifiers	网络识别信息	Sim.Probe	电路仿真测试点信息
Net Labels	网络名称信息	Sim.Vectors	电路仿真测试向量信息
Part Fields	元件标注栏信息	Sim.Stimulus	电路仿真激励信号信息
Part Types	元件名称信息	Suppress ERC	忽略 ERC 测试点信息
Parts	元件所有信息	Text Frames	文本信息
Pins&Parts	元件和引脚信息	Wires	导线信息

(2) Filter: 用于筛选元件的显示信息, 这项支持通配符, 同元件库管理中的 Filter 设置项相类似。

(3) 信息显示区: 在 Filter 设置项的下方, 用于显示在电路图信息类型选择项里所选择的信息。

(4) All in Hierarchical: 用于设置是否显示所有的层次式设计信息。

(5) Partial Info: 用于设置是否显示电路图的部分有关信息。

(6) Text 按钮: 用于编辑元件信息显示区内所选定对象的文本信息, 对于元件而言, 编辑的是元件的序号。

(7) Jump 按钮: 单击此按钮, 光标将快速跳转到信息显示区内选定的对象上, 信息显示区内所选定的对象出现在编辑区中央, 并且对象周围出现虚框。

(8) Edit 按钮: 用于编辑信息显示区内所选定的对象, 单击此按钮会弹出如图 2-61 所示的对象编辑对话框, 也可在选定对象上用鼠标左键双击, 打开对话框。



图 2-60 原理图图元管理窗口

(9) Update List 按钮: 用于更新信息显示区的信息, 当编辑区中的电路图发生了变化, 但信息显示区的信息还没有来得及更正时, 可以单击此按钮, 则可立刻进行信息更正。

2.6 设计层次原理图

层次电路图设计是在实践的基础上提出的, 随着计算机技术的发展而逐步实现的一种先进的电路图设计方法。对于一个比较庞大复杂的电路图, 可以称之为一个项目, 这个项目不可能一次被完成, 也不可能将这个电路图画在一张图纸上, 更不可能由一个人来独立完成。而一个项目通常是由大量的张图组成, 并由许多的设计者来共同完成。

利用 Protel 99 所提供的层次原理图绘制方法, 可以方便快捷地将项目任务圆满完成。

简单地说, 层次电路图的设计就是模块化电路图设计, 通过电路图的模块化设计, 可以大大地提高设计效率。

2.6.1 层次电路原理图的设计方法

层次电路图设计方法实际上是一种模块化的设计方法。用户可以将要设计的系统工程划分为若干个子系统, 而子系统下面又可划分为多个功能模块, 功能模块又可再细分为很多的基本功能模块。设计好基本功能模块, 并定义好各模块之间的连接关系, 就可完成整个设计过程。

在设计过程中, 可以从系统开始, 逐级向下进行设计, 也可以从最基本的模块开始, 逐级向上进行设计, 也可以对相同的电路图进行重复调用。

1. 自上而下的层次图设计方法

所谓自上而下的设计方法, 就是由电路方块图产生原理图。因此用自上而下的方法来设计层次图时, 首先要放置电路方块图, 其设计流程可用图 2-62 所示。

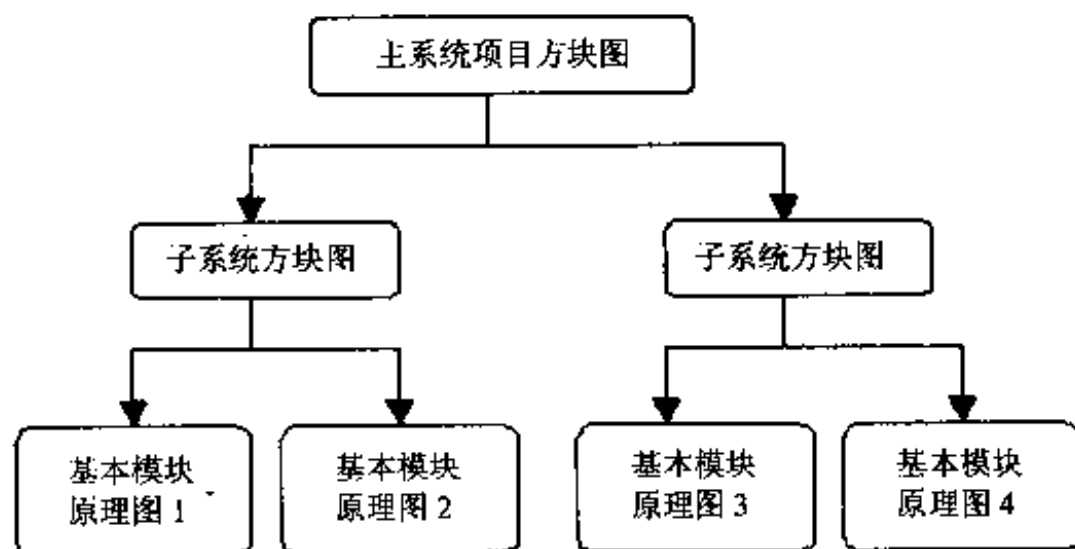


图 2-62 自上而下的层次图设计方法流程

2. 自下而上的层次图设计方法

所谓自下而上的层次图设计方法就是由原理图产生电路方块图, 因此用自下而上的方法

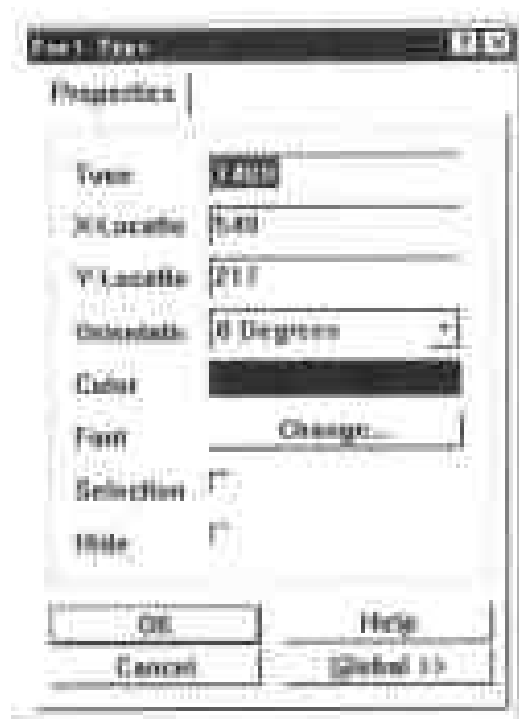


图 2-61 对象编辑对话框

来设计层次图时，首先要放置电路原理图。其流程图如图 2-63 所示。

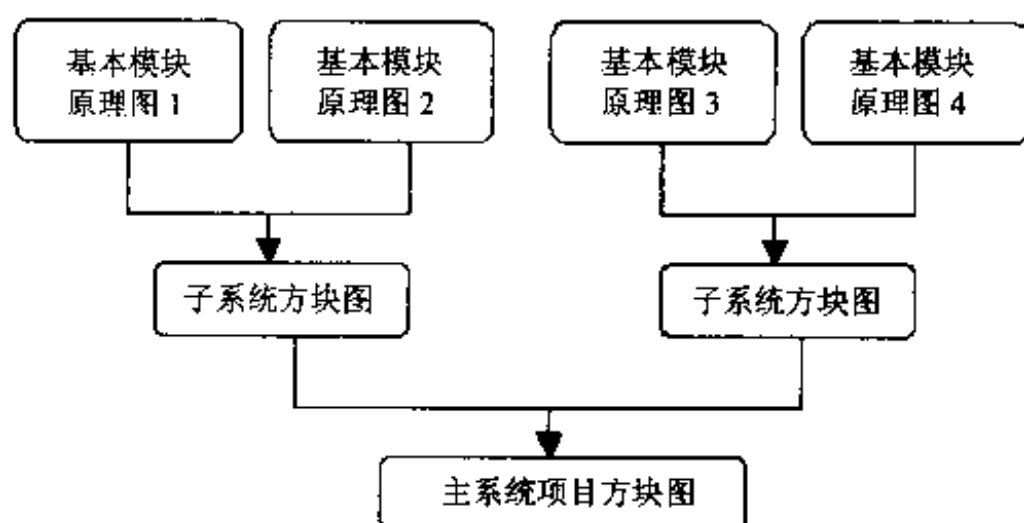


图 2-63 自下而上的层次图设计方法流程图

3. 重复性层次图的设计方法

所谓重复性层次图是指在层次式电路图中，有一个或多个电路图被重复地调用。在绘制电路图时，不必重复绘制相同的电路图。典型的重复性层次图的示意图如图 2-64 所示。

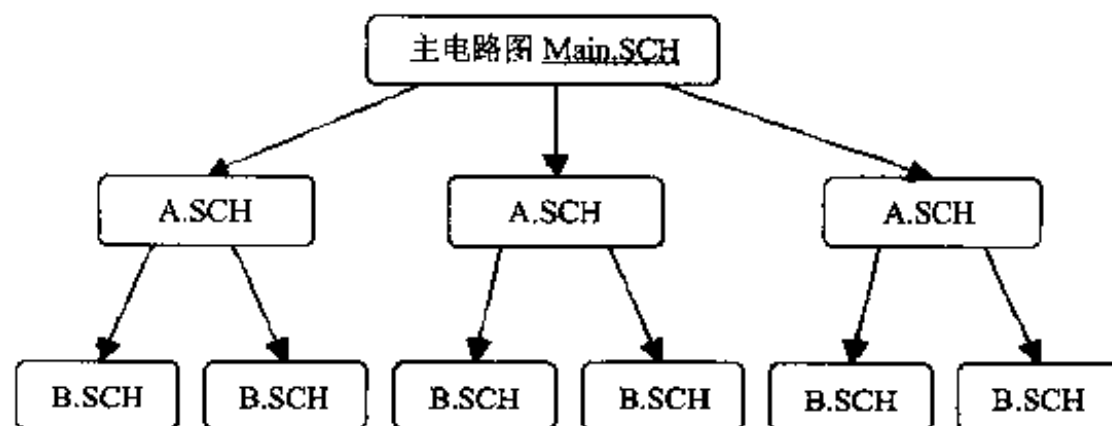


图 2-64 重复性层次图设计方法示意图

在图 2-64 中，共有 10 张原理图，除了主电路图外，图 A.SCH 共出现了 3 次，图 B.SCH 共出现了 6 次。在实际工作中，只须绘制 3 张图，即主电路图、A.SCH 和 B.SCH。在绘制被重复调用的原理图时，元件序号可不必先指定，留待后面让系统自己处理。

要让重复性层次图有实用价值，还必须将各个被重复调用的原理图复制成副本，设置好各个副本中元件的序号，这样才能产生网络表（将在后续的章节中介绍），进行电路板设计。例如在绘制图 2-64 时，首先要将主电路图、A.SCH 和 B.SCH 三个电路图转化成相互独立且相关联的 10 张电路图，即将重复性层次图转化为一般性层次图。

具体操作步骤如下：

（1）将重复性层次图转化为一般性层次图，并把重复性原理图复制成层次图。

（2）复制完电路图后，必须将各个电路图中的元件进行编号，即设置元件的流水序号。执行菜单命令 Tools/Annotate，会弹出如图 2-65 所示的设

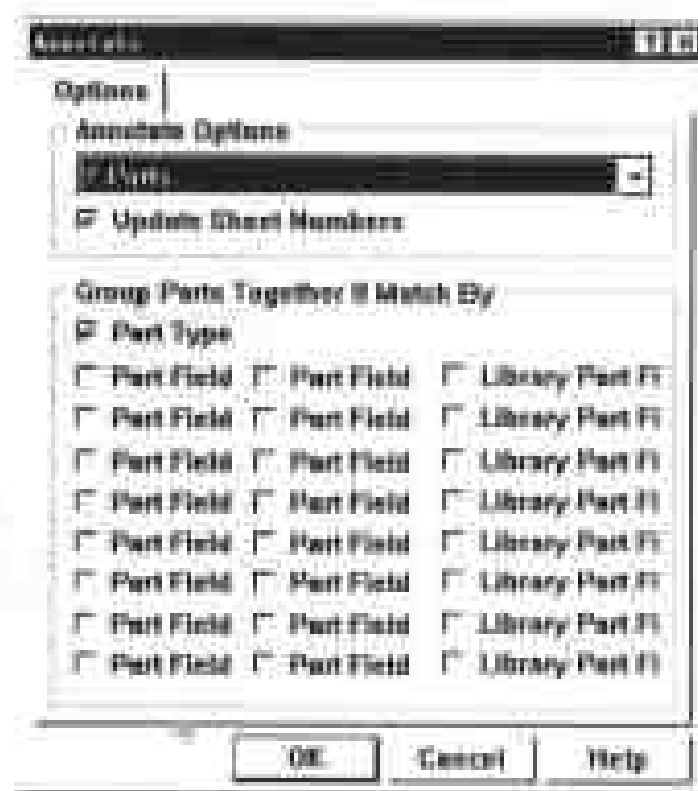


图 2-65 设置标注对话框

置标注对话框。

其中 Update Sheet Numbers 选项的功能是重新安排图号, 是必选项, ?Parts 项是针对整个项目的。如果项目中元件序号还没有编号, 那么系统将自动设置编号。

(3) 设置完对话框后, 系统将立即自动编号, 并把编号的结果存为 “*.rep” 的文件, 作为项目的一部分出现在项目管理器中。同时系统还会启动文本编辑器, 显示报告文件。

2.6.2 建立层次原理图

本节将介绍层次电路图设计的具体步骤和过程, 所选用的例子在 Design Explorer 99\Examples 目录下, 文件名为 Z80 Microprocessor.Ddb (也可在本书的配套光盘中找到)。本例子中利用的是自上而下的层次图设计方法。

系统项目方块图如图 2-66 所示。它分别由 Memory.sch (存储器模块)、Serial Interface.sch (串行接口模块)、Programmable Peripheral Interface.sch (并行接口模块)、CPU Clock.sch (CPU 时钟模块)、Power Supply.sch (电源模块) 和 CPU Section.sch (CPU 模块) 组成。其层次结构关系如图 2-67 所示。

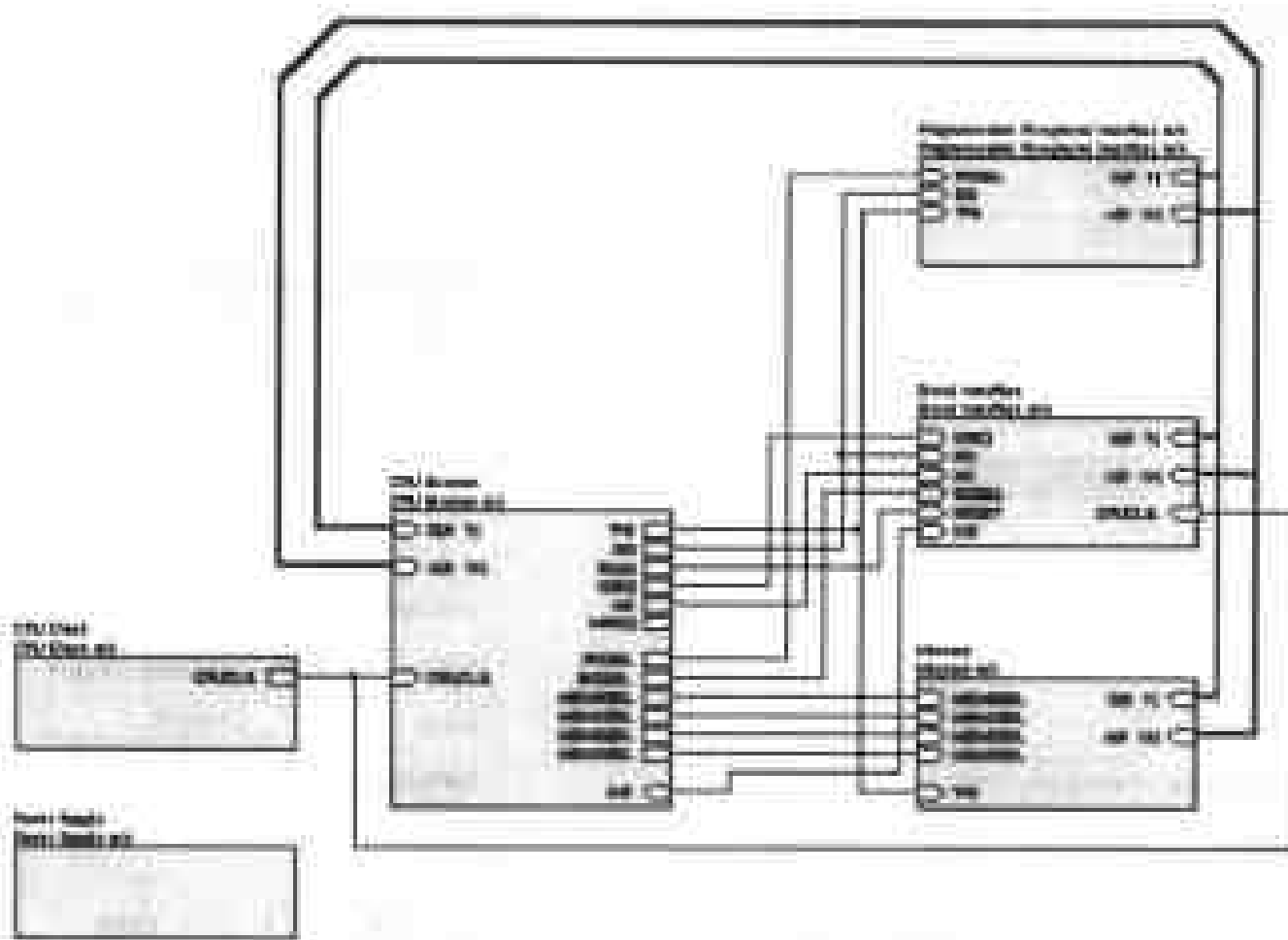


图 2-66 层次原理图设计实例

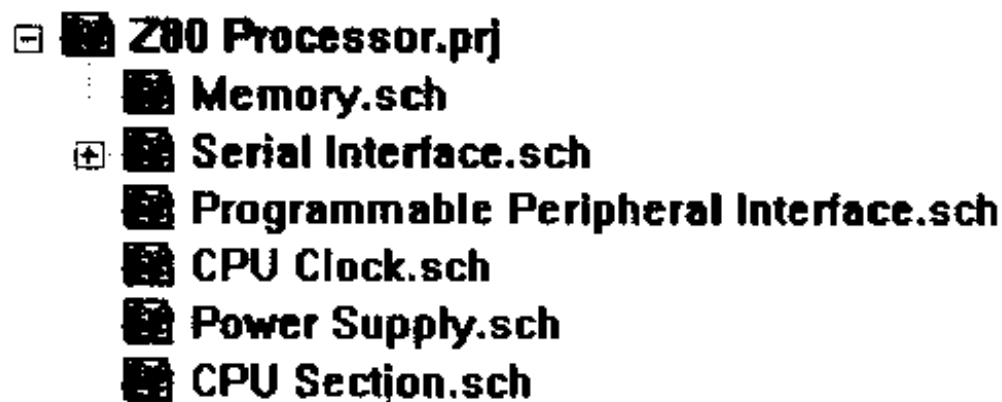



图 2-67 层次结构关系

建立层次原理图的具体步骤如下:

(1) 进入原理图设计环境, 建立一个新的层次原理图文件。

(2) 单击绘制原理图工具条上的  或执行菜单命令 Place/Sheet Symbol, 启动绘制方块电路操作。

(3) 执行命令后, 这时光标变成十字形状, 并带有一个方块电路, 将光标移动到适当的位置后, 单击鼠标左键, 确定方块电路图的左上角位置, 然后拖动鼠标, 移动到合适位置后, 单击鼠标左键, 确定方块电路图的右下角。在图纸的合适位置将每个方块电路放置好后, 单击鼠标右键则可退出绘制方块电路状态。

(4) 编辑电路方块图, 用鼠标左键双击方块电路图后, 会弹出如图 2-68 所示的方块电路图属性对话框。例如将 Filename 选项设置为 Memory.sch, 表明该电路代表 Memory 模块, 将 Name 选项设置为 Memory, 表明了此方块电路的名称。

若要更改文字标注, 可用鼠标左键双击该文字, 打开如图 2-69 所示的方块电路图文字属性对话框, 进行必要的编辑。

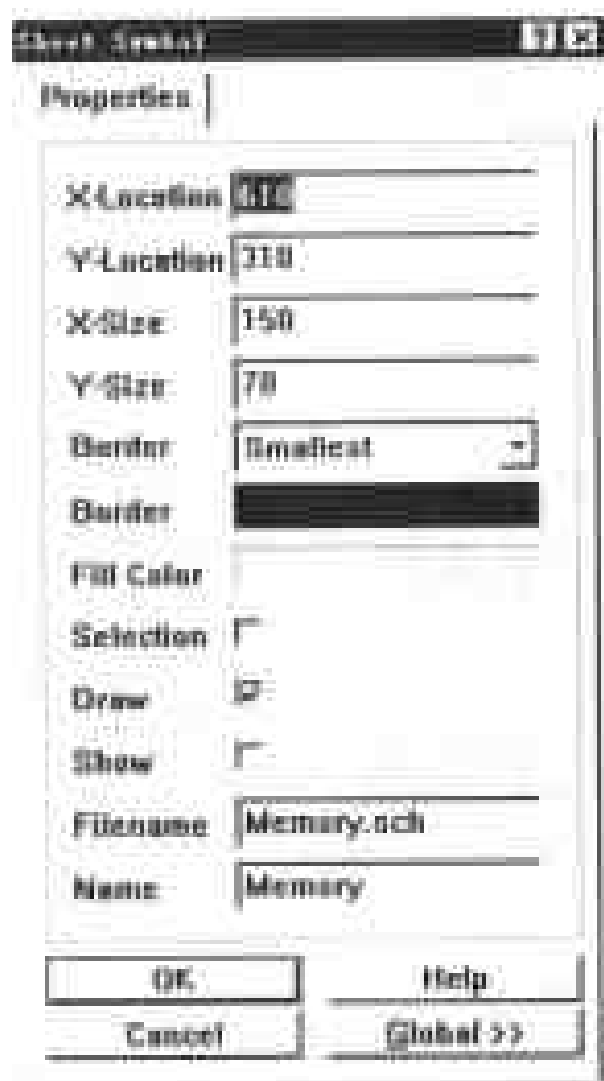


图 2-68 方块电路图属性对话框

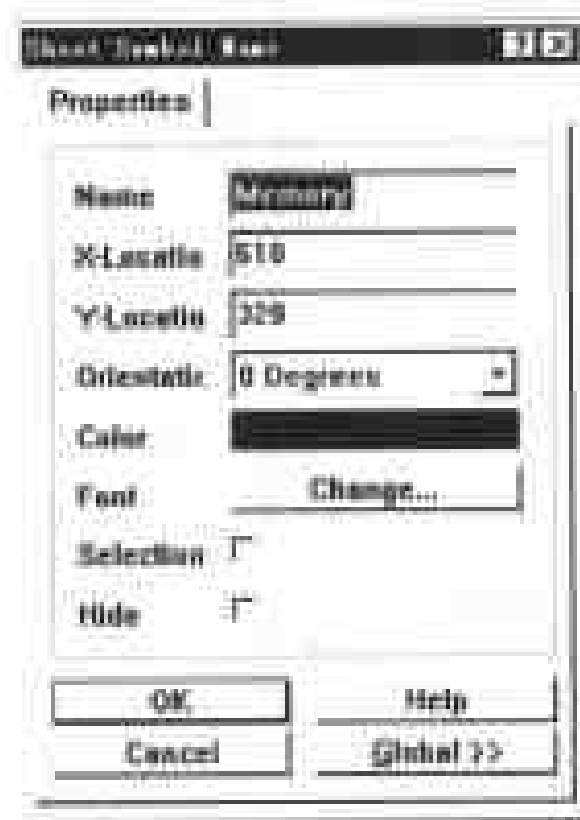



图 2-69 方块电路图文字属性对话框

(5) 用鼠标左键单击 Wiring Tools 工具条上的  按钮, 或执行菜单命令 Place/Sheet Entry, 启动放置方块电路端点操作。

(6) 执行命令后, 光标变成十字形状, 当光标移动到方块图中, 单击鼠标左键则光标处有方块电路的端口符号出现。然后在所要放置端点的位置, 单击鼠标左键, 将放置好一个进出端口。放置完成后, 单击鼠标右键退出放置方块电路端点状态。

(7) 编辑方块电路端点。用鼠标左键双击方块电路的端点, 则会弹出如图 2-70 所示的


方块电路端点属性对话框。例如,在 Memory 模块上的 WR 端口属性中将 Name 选项设置为 WR,在 I/O type 选项选择 Output 型。其他端口的设置与此相类似。

(8) 将其他的方块电路图及端口放置好后,把各端口的电气关系用导线或总线连接起来。

通过上述步骤,一个层次原理图就建立起来了,也就完成了电路图设计的上层项目。而在绘制下层原理图时,要将各个模块与层次原理图相对应。各个模块所对应的原理图分别在 Memory.sch、Serial Interface.sch、Programmable Peripheral Interface.sch、CPU Clock.sch、Power Supply.sch 和 CPU Section.sch 6 个电路图中。

2.6.3 不同层次电路之间的切换

在同时调入或编辑层次电路的多张原理图时,不同层次电路图之间的切换是必不可少的,使用的切换方法如下:

(1) 执行菜单命令 Tools/Up/Down Hierarchy,如图 2-71 所示。或用鼠标左键单击主工具条上的  按钮,可启动层次电路图之间的切换操作。

(2) 这时光标变成了十字形状,如果是上层切换到下层,只需将光标移动到所要切换的方块电路上,单击鼠标左键,即可立即切换到下层。如果是从下层切换到上层,只需将光标移动到下层电路图的某个端口上,单击鼠标左键,即可立即切换到上层。

2.6.4 由方块电路符号生成新原理图中的 I/O 端口符号

在采用自上而下设计层次电路图时,是先建立方块电路,再绘制方块电路相对应的原理图,而绘制原理图时,其 I/O 端口符号又必须和方块电路上的 I/O 端口符号相对应。Protel 99 提供了一条绘制捷径,即可直接由方块电路符号产生原理图的端口符号。

下面以图 2-65 为例,介绍其具体步骤。

(1) 执行菜单命令 Design/Create Sheet From Symbol,如图 2-72 所示。这时光标变成了十字形状,移动光标到某个方块电路上。假设移动到 Memory 方块电路上。

(2) 单击鼠标左键,会弹出如图 2-73 所示的确认端口 I/O 属性对话框。单击对话框中的 Yes 按钮,则所产生的 I/O 端口的电气特性与原来的方块电路中的相反,即输出变成输入,单击 No 按钮,则所产生的 I/O 端口的电气特性与原来的方块电路中的相同,即输出仍为输出。

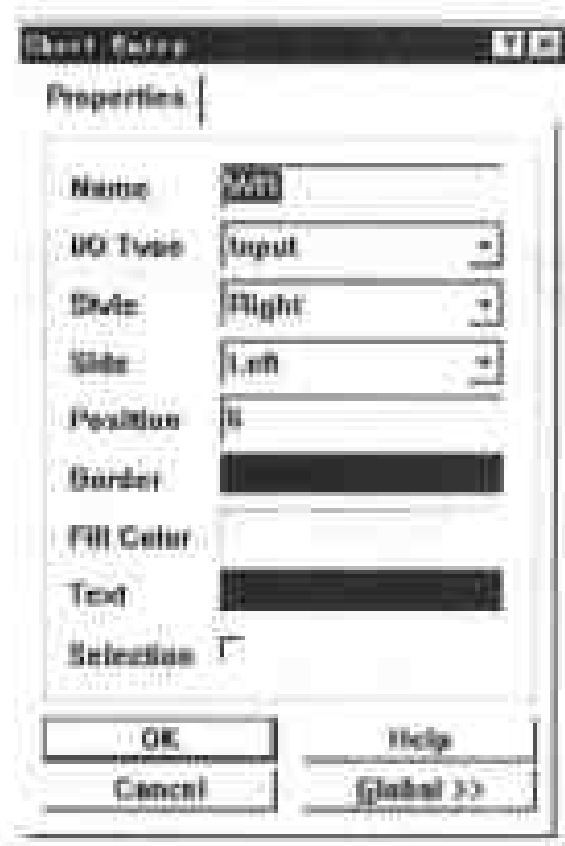


图 2-70 方块电路属性设置对话框



图 2-71 执行层次图切换命令



图 2-72 执行产生新原理图命令

(3) 选择 Yes 按钮后, 则 Protel 99 自动生成一个文件名为 Memory.sch 的原理图文件, 并布置好 I/O 端口, 如图 2-74 所示。



图 2-73 确认端口 I/O 属性对话框



图 2-74 产生新的原理图

2.6.5 由原理图文件产生方块电路符号

如果在设计中采用自下而上的设计方法, 则先设计原理图, 再设计方块电路。而 Protel 99 则又为用户提供了一条捷径, 即由一张已经设置好端口的原理图直接产生方块电路符号。

下面仍以图 2-66 为例, 介绍其具体步骤。

(1) 执行菜单命令 Design/Create Symbol From Sheet, 这时会弹出如图 2-70 所示的对话框。

(2) 选择要产生的方块电路的文件, 然后单击 OK 按钮, 会同样出现如图 2-73 所示的对话框, 选择 Yes 按钮。

(3) 这时光标处将出现一个方块电路, 在合适的位置单击鼠标左键, 将其定位, 则可自动生成名为 Memory 的方块电路, 如图 2-76 所示。

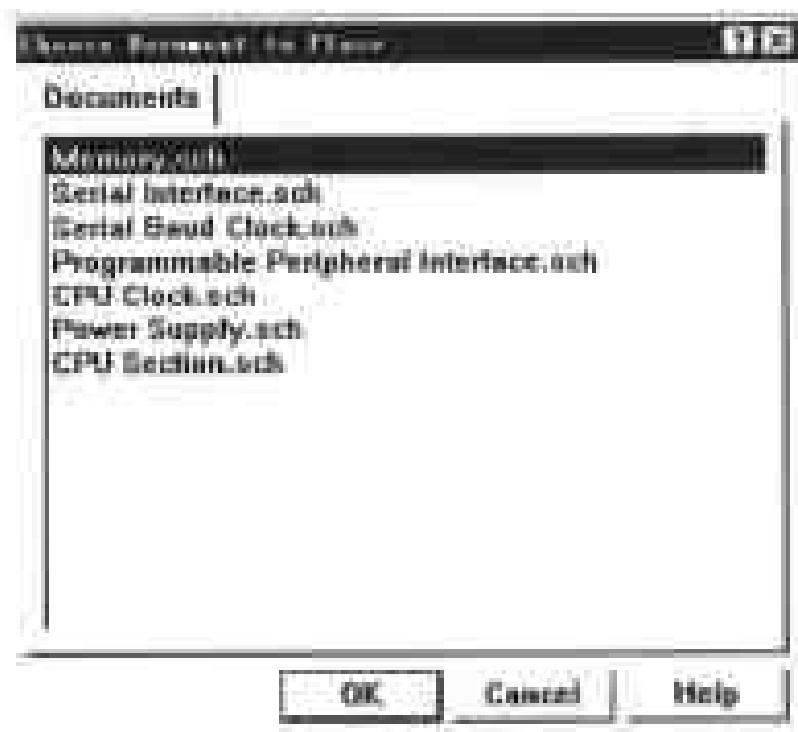


图 2-75 选择要产生方块电路的文件

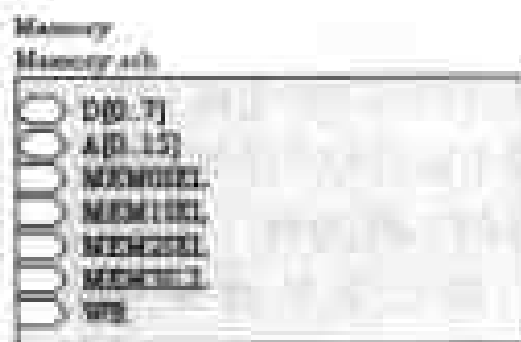


图 2-76 新产生的方块电路

第3章 制作元件和建立元件库

在绘制原理图时，首先需要的就是载入元件库，然后再放置元件。虽然 Protel 99 中提供了大量的元件库，但由于某些原因，在所提供的元件库中可能找不到所需要的元件，比如新开发出的新产品以及一些较特殊的元件等等。这时用户就必须自己动手来制作元件和建立元件库。

通过本章的学习，您将学到以下内容：

- 如何建立和管理元件库
- 绘图工具的使用
- 元件的制作和编辑

3.1 使用元件库编辑器和管理元件库

创建元件库和制作元件，都是在 Protel 99 的元件库编辑器中进行的，下面将首先介绍元件库编辑器的使用。

3.1.1 启动元件库编辑器

启动元件库编辑器的具体步骤如下：

- (1) 执行菜单命令 File/New，系统将弹出如图 3-1 所示的新建文件对话框。

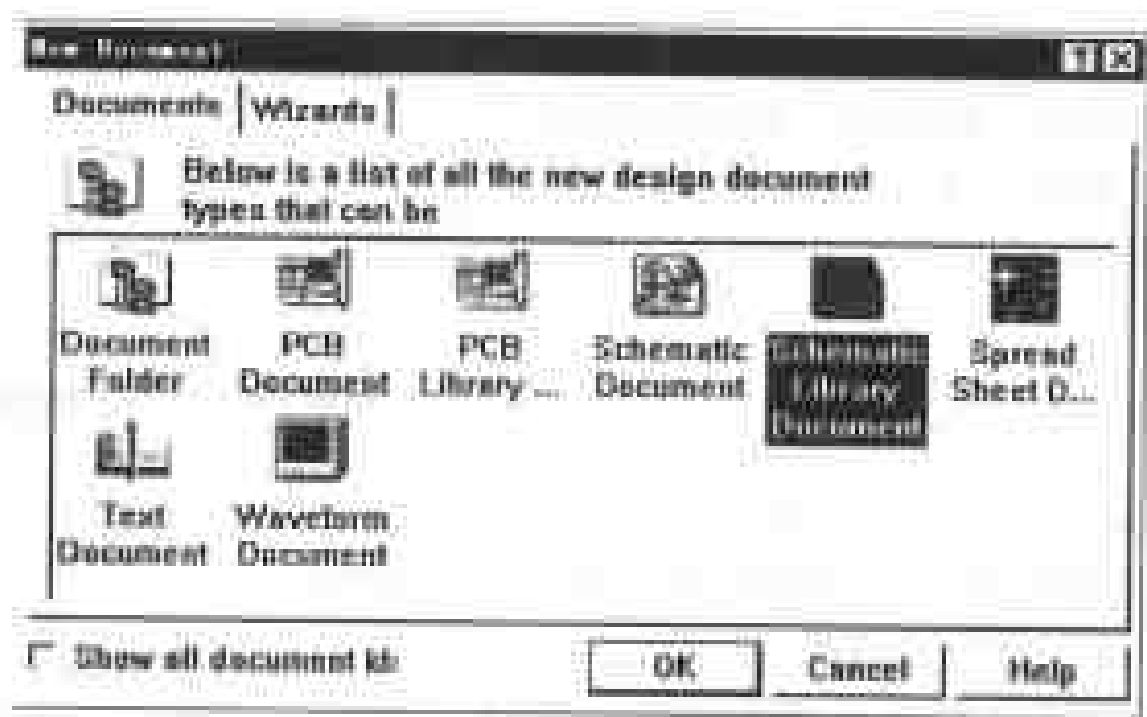


图 3-1 创建文件对话框

- (2) 在对话框中选择原理图元件库编辑器图标 (Schematic Library Document)，用鼠标双击图标或选择后，单击 OK 按钮，则系统就在当前设计管理器中建立了一个新的元件库文档，默认文件名为 Schlib1，用户可以自己修改为其他文件名。

- (3) 双击新建的元件库文档图标，就可进入原理图元件库编辑器界面，如图 3-2 所示。

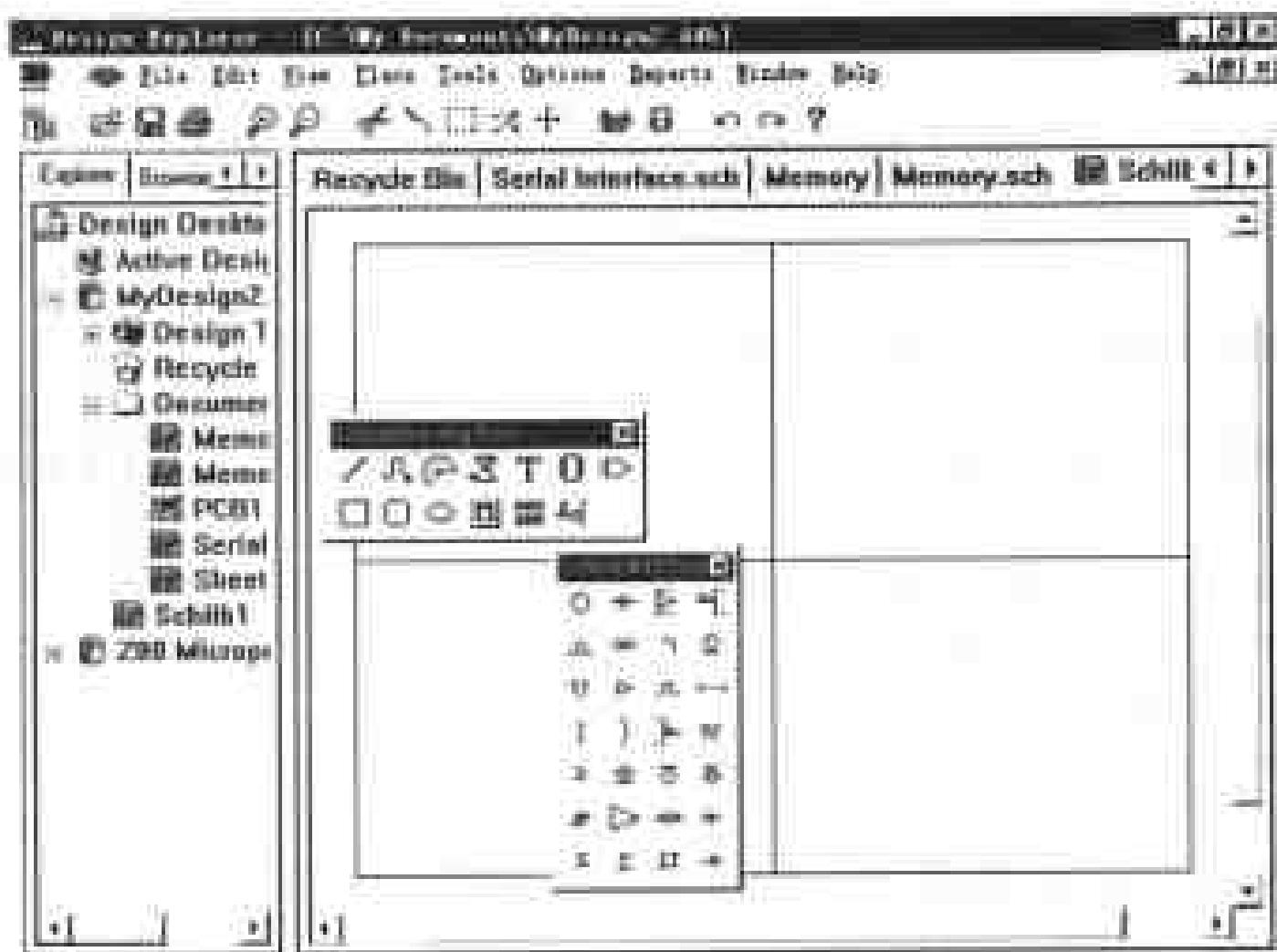


图 3-2 元件库编辑器界面

3.1.2 元件库编辑器界面的组成

在如图 3-2 所示的界面中, 可以看到元件库编辑器主要由菜单、主工具条、元件管理器、画图工具条、IEEE 工具条和编辑窗口等组成。与原理图设计编辑器不同的是, 在编辑区域内有一个十字坐标轴, 它将编辑区域划分成四个象限。象限的定义与数学上的相同, 即从右上角开始按逆时针方向依次是: 第一象限、第二象限、第三象限和第四象限。一般情况下, 在第四象限中进行元件的编辑制作。

3.1.3 管理元件库

元件管理器是和设计管理器集成在一起的, 用鼠标单击图 3-2 中的 Browse Schlib 选项卡, 就可得到如图 3-3 所示的元件管理器。

元件管理器共有 4 个区域: components (元件) 区域、Group (组) 区域、Pins (引脚) 区域和 Mode (元件模式) 区域, 如图 3-3 所示。

下面分别对各区域的功能进行说明:

1. Components 区域

此区域的功能是选择所要编辑的元件。当打开一个元件库时, 在此栏中就会罗列出这个元件库

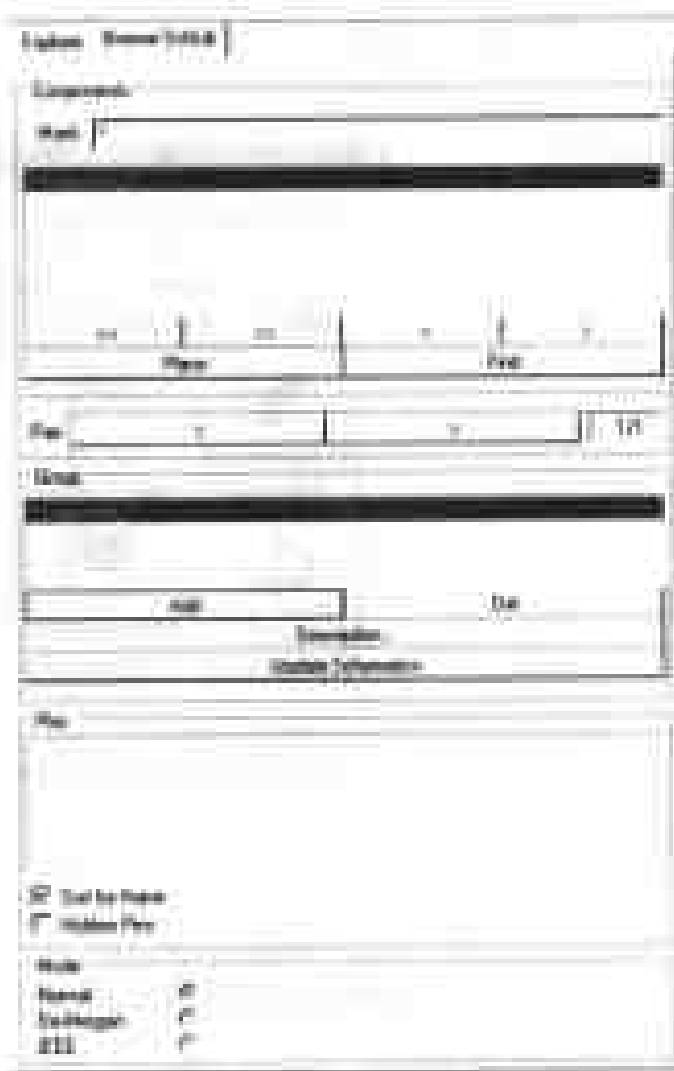


图 3-3 元件管理器

的所有元件的名称, 将光标移动到所要选择的元件名称上, 单击 Place 按钮, 或用鼠标双击该元件, 则可在编辑区域显示这个元件。

(1) Mask: 此栏用于筛选元件。功能是显示元件库里的元件名, 元件名显示在 Mask 栏的下面。

(2) “<<”按钮: 是选择元件库中的第一个元件, 等同于菜单命令 Tools/First Component。

(3) “>>”按钮: 是选择元件库中的最后一个元件, 等同于菜单命令 Tools/Last Component。

(4) “<”按钮: 是选择上一个元件, 等同于菜单命令 Tools/Pre Component。

(5) “>”按钮: 是选择下一个元件, 等同于菜单命令 Tools/Next Component。

(6) Place 按钮: 是将所选择的元件放置到电路图中。单击该按钮后, 系统自动切换到原理图设计界面, 同时原理图元件编辑器退到后台运行。

(7) Find 按钮: 用于搜索元件, 单击该按钮后, 将会弹出如图 3-4 所示的查找元件对话框。在对话框中可以设置查找的对象和查找的范围, 查找的对象为包含在 .ddb 和 .lib 文件中的元件。

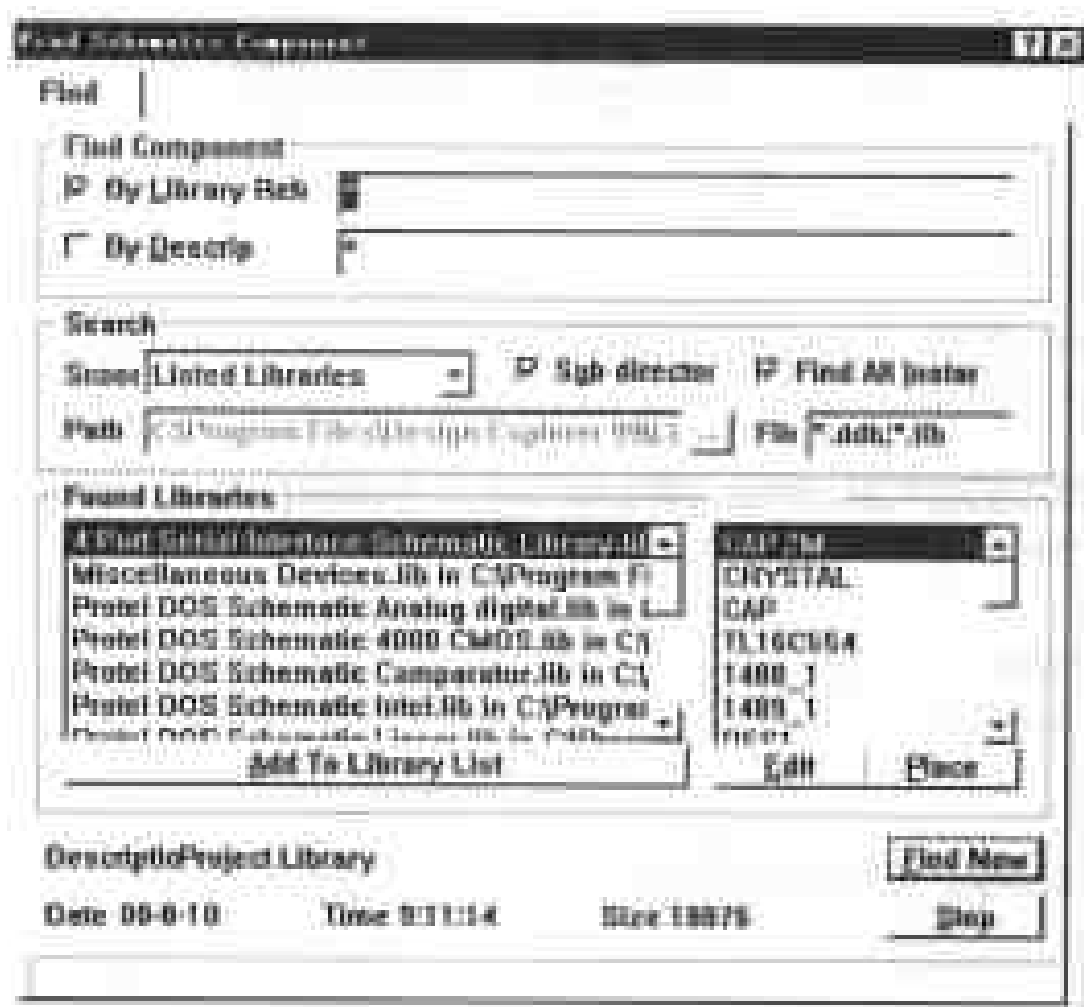


图 3-4 查找元件对话框

1) Find Component 选项框用来设定查找的对象。选择 By Library Reference 复选框并在其后面的文本框中输入搜索的元件名, 也可以选择 By Description 复选框并在其后的文本框中输入日期、时间或元件大小等描述对象, 系统将会搜索到所有符合条件的元件。

2) Search 选项框是用来放置搜索方位, 在查找元件时可以根据情况设定查找的路径、目录和文件后缀等。

3) Found Libraries 选项框是用来显示所搜索到元件所属的元件库。

4) 如果单击 Add To Library List 按钮, 则将选中的元件库加到当前元件库管理器中。单击 Edit 按钮, 则将对所选中的元件进行编辑。单击 Place 按钮则自动切换到原理图设计环境,

同时原理图元件编辑器将退到后台运行。单击 Stop 按钮将停止搜索。

(8) Part: 此栏是针对复合型元件而设计的, Part 右边有一个状态栏, 显示当前的器件号。

2. Group 区域

主要功能是在元件名显示区显示指定元件的元件组。所谓元件组就是指共用元件图的元件, 但是元件名却不相同。如 7400 的元件组有 74LS00、7400、74ALS00 等等, 它们的引脚名称与编号都相同, 故可能共用一个元件符号。

(1) Add 按钮: 用于添加元件组, 将指定的元件名称归入该元件库。单击该按钮后, 会弹出如图 3-5 所示的添加元件组对话框。输入指定的元件名称后, 单击 OK 按钮可将指定元件添加到元件组里。

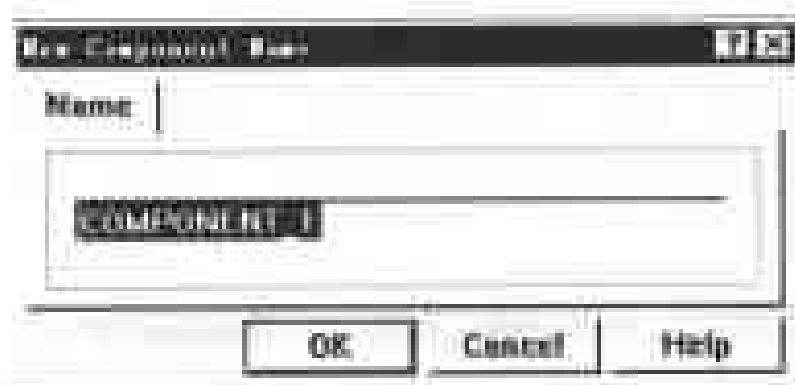


图 3-5 添加元件组对话框

(2) Del 按钮: 用于将元件组显示区内指定的元件从该元件组里删除。

(3) Description 按钮: 用于描述性说明, 单击此按钮将弹出如图 3-6 所示的对话框。这个对话框共有 3 个选项卡。

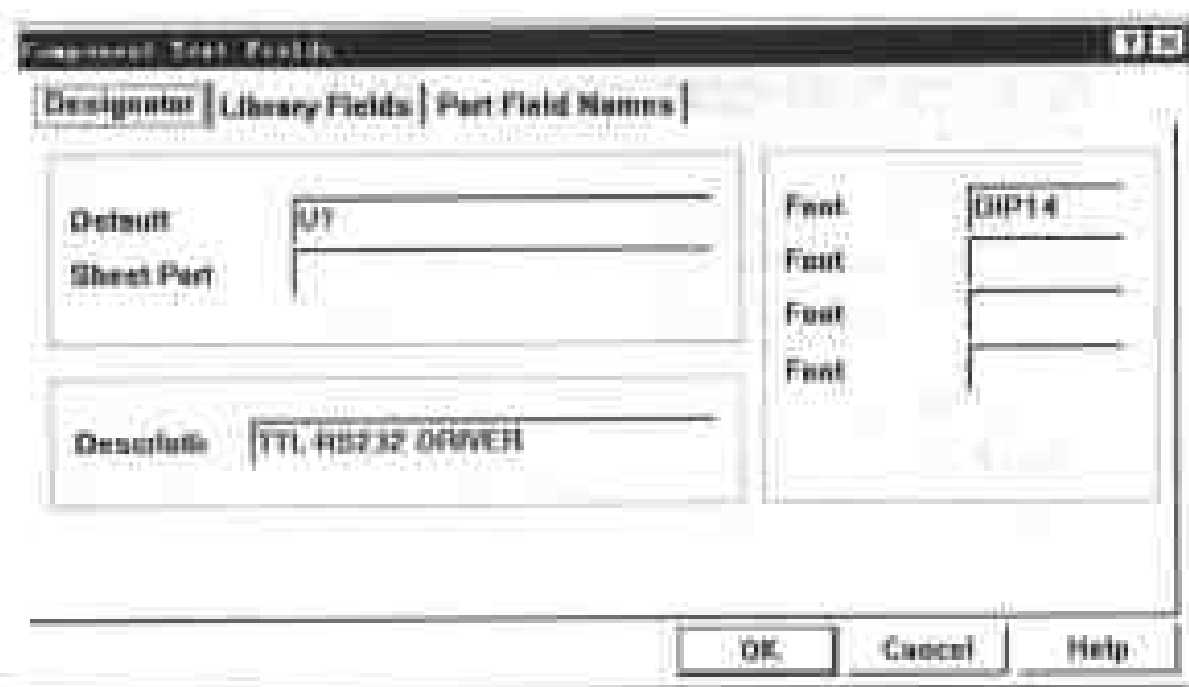


图 3-6 Component Text Fields 对话框

1) Designator 选项卡。

- Default Designator: 缺省的元件流水序号。
- Sheet Part Filename: 如果该元件是绘图页元件, 则在此处设置对应的子绘图页的路径及文件名。
- Description: 关于该元件功能的简要说明。
- Foot Print: 元件的封装形式。

2) Library Fields 选项卡。如图 3-7 所示, 它共有 8 个 Text Field 文本栏, 用户可根据自己的需要进行必要的设置, 每个数据栏中最多能够输入 255 个字符。

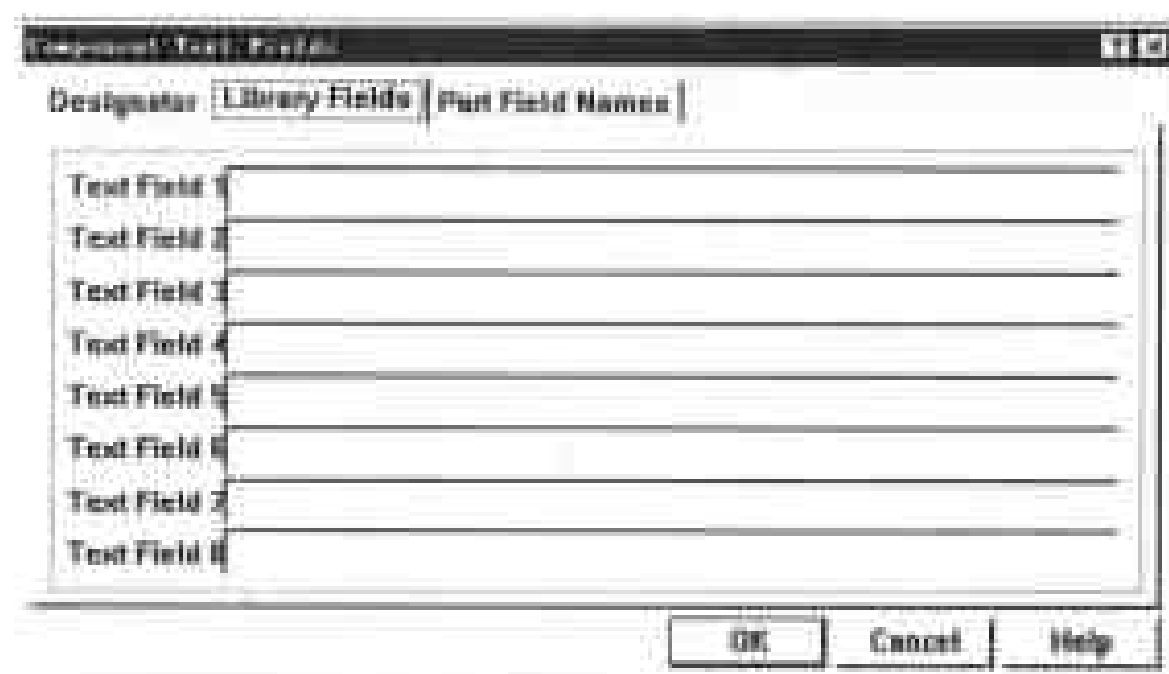


图 3-7 Library Fields 选项卡

3) Part Field Names 选项卡。如图 3-8 所示, 它共有 16 个栏, 用户可根据自己的需要进行必要的设置, 每个数据栏中最多能够输入 255 个字符。在绘图页中使用该元件时, 可以看到这些数据的内容。

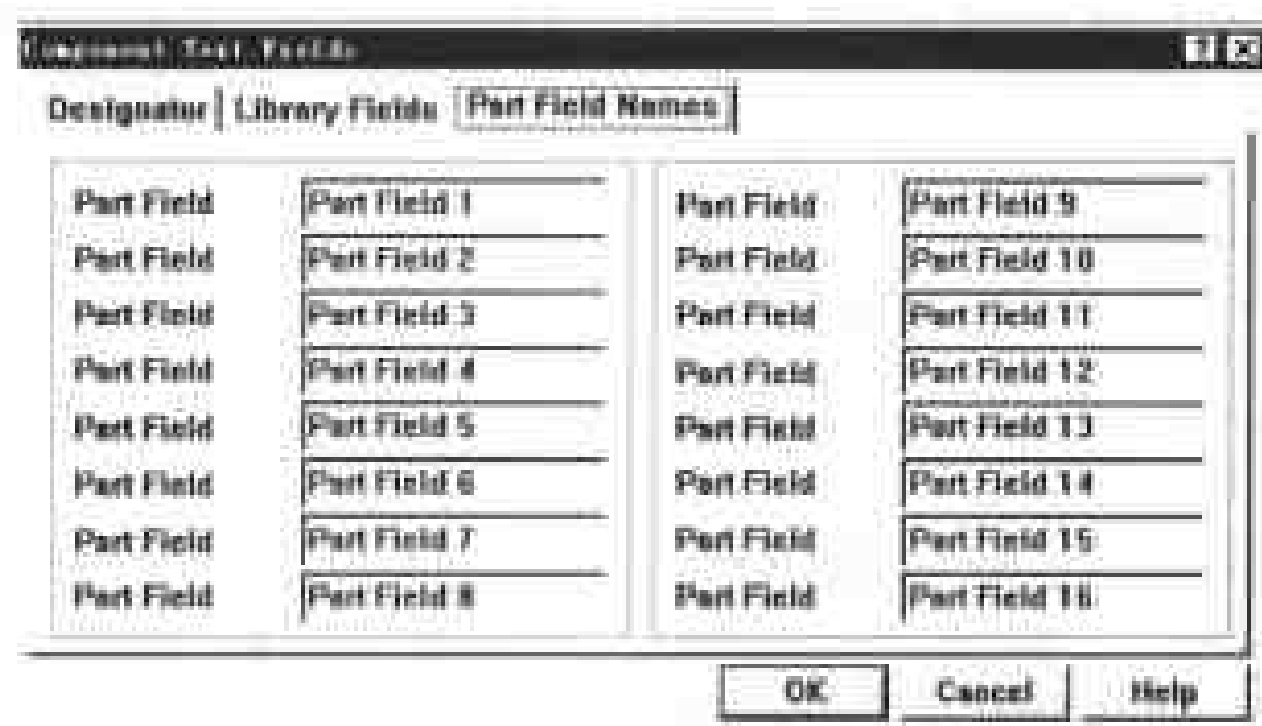


图 3-8 Part Field Name 选项卡

(4) Update Schematics 按钮: 是用来更新电路图中有关该元件的部分。单击此按钮, 系统将该元件在元件编辑器中所作的修改反映到原理图中。

3. Pins 区域

用于显示当前工作中的元件引脚的名称及状态信息, 共有两个选项。

(1) Sort by Name: 指定按名称来排列。

(2) Hidden Pins: 用来放置是否在元件图中显示隐含的引脚。

4. Mode 区域

用于指定元件的模式, 共有 Normal、De-Morgan 和 IEEE 3 种模式。

元件库除了用上述方法管理外,也可使用 Tools 菜单中的命令来执行,如图 3-9 所示,各项命令的功能说明如下:

- (1) New Component: 添加元件。
- (2) Remove Component: 删除元件管理器中 Component 区域指定的元件。
- (3) Rename Component: 修改元件管理器中 Component 区域指定元件的名称。
- (4) Remove Component Name: 删除元件组中指定的元件名称。如果该元件仅有一个元件名称的话,连元件图也会被删除,此命令相当于单击 Group 区域中的 Del 按钮。
- (5) Add Component Name: 向元件组里添加元件名称,此命令相当于单击 Group 区域中的 Add 按钮。
- (6) Copy Component: 将该元件复制到指定的元件库中,单击此命令后,会弹出一个对话框,选择元件库后按 OK 按钮即可。此命令只在调入两个以上的元件库时才有效。
- (7) Move Component: 将该元件移动到指定的元件库中,单击此命令后,会弹出一个对话框,选择元件库后按 OK 按钮即可。此命令只在调入两个以上的元件库时才有效。
- (8) New Part: 在复合元件中新增元件。
- (9) Remove Part: 删除复合元件中的元件。
- (10) Next Part: 切换到复合元件中的下一个元件,相当于 Component 区域中 Part 右边的“>”按钮。
- (11) Prev Part: 切换到复合元件中的前一个元件,相当于 Component 区域中 Part 右边的“<”按钮。
- (12) Next Component: 切换到当前元件的下一个元件,相当于 Component 区域中 Components 栏上的“>”按钮。
- (13) Prev Component: 切换到当前元件的下一个元件,相当于 Component 区域中 Components 栏上的“<”按钮。
- (14) First Component: 切换到元件库中的第一个元件,相当于 Component 区域中 Components 栏上的“<<”按钮。
- (15) Last Component: 切换到元件库中的最后一个元件,相当于 Component 区域中 Components 栏上的“>>”按钮。
- (16) Show Normal: 相当于 Mode 区域中的 Normal 选项。
- (17) Show Demorgan: 相当于 Mode 区域中的 Demorgan 选项。
- (18) Show IEEE: 相当于 Mode 区域中的 IEEE 选项。
- (19) Find Component: 相当于 Component 区域中的 Find 选项。
- (20) Description: 启动元件描述对话框,相当于 Group 区域中的 Description 按钮。
- (21) Remove Duplicates: 删除元件库中重复的元件名。

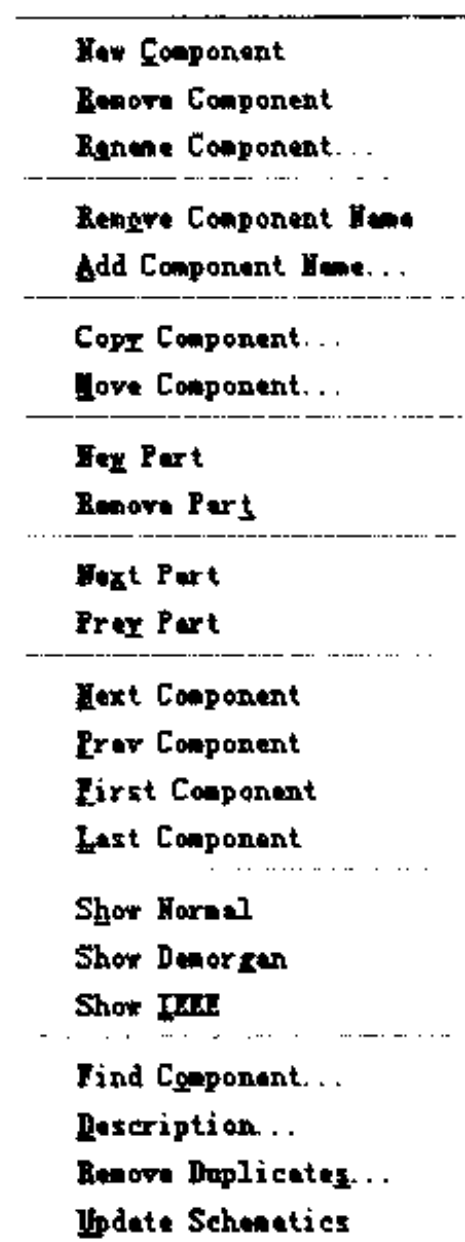


图 3-9 Tools 菜单项

(22) Update Schematics: 将元件库编辑器中所做的修改, 更新到所打开的原理图中, 相当于 Group 区域中的 Update Schematics 按钮。

3.2 常用画图工具的使用

在 Protel 99 中元件编辑器里的常用工具主要包括画图工具条和放置 IEEE 符号工具条。下面分别介绍两个工具条的使用功能。

3.2.1 画图工具条

图 3-10 为元件编辑系统中的画图工具条, 画图工具条的打开和关闭可执行菜单命令 View/Toolbars/Drawing Toolbar, 或用

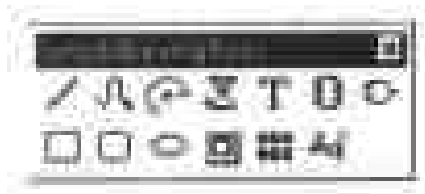


图 3-10 画图工具条








鼠标单击主工具条上的  图标。

表 3-1 说明了画图工具条中各个图标的功能和它们所对应的菜单命令。

表 3-1 画图工具条各按钮的功能

图 标	功 能	对应的菜单命令
	画直线	Place/Line
	画曲线	Place/Beziers
	画圆弧线	Place/Elliptical Arcs
	画多边形	Place/Polygons
	放置文字	Place/Text
	添加新元件	Tools/New Component
	添加复合元件中的元件	Tools/New Part
	画矩形	Place/Rectangle
	画圆角矩形	Place/Round Rectangle
	画椭圆或圆	Place/Ellipses
	插入图片	Place/Graphic
	将剪贴板上的内容阵列粘贴	Edit/Paste Array
	放置元件引脚	Place/Pins

另外, 在 Place 菜单中还有一个 Pie Charts 命令, 是用于画扇形面。

3.2.2 放置 IEEE 符号的工具条

IEEE 是 Institute of Electrical and Electronic Engineers 的缩写，中文名称是美国电气和电子工程师学会。













放置 IEEE 符号的工具条如图 3-11 所示，IEEE 符号工具条的打开和关闭可执行菜单命令 View/Toolbars/IEEE Toolbar，或用鼠标单击主工具条上的  图标。

表 3-2 说明了放置 IEEE 符号的工具条中各个图标的功能和它们所对应的菜单命令。












图 3-11 放置 IEEE 符号的工具条

表 3-2 放置 IEEE 符号工具条图标功能

图 标	功 能	对应 Place/IEEE Symbols 菜单命令中的菜单命令
	放置低态触发符号	Dot
	放置左向信号	Right Left Signal Flow
	放置上升沿触发时钟脉冲	Clock
	放置低态触发输入符号	Active Low Input
	放置模拟信号输入符号	Analog Signal In
	放置无逻辑性连接符号	Not Logic Connection
	放置具有暂缓性输出的符号	Postponed Output
	放置具有开集极输出的符号	Open Collector
	放置高阻抗状态符号	HiZ
	放置高输出电流符号	High current
	放置脉冲符号	Pulse
	放置延时符号	Delay
	放置多条 I/O 线组合符号	Group Line
	放置二进制组合的符号	Group Binary
	放置低态触发输出符号	Active Low Output
	放置 π 符号	Pi Symbol
	放置大于等于号	Greater Equal
	放置具有提高阻抗的开集极输出符号	Open Collector PullUp
	放置开射极输出符号	Open Emitter

(续)

图 标	功 能	对应 Place/IEEE Symbols 菜单命令中的菜单命令
	放置具有电阻接地的开射极输出符号	Open Emitter PullUp
	放置数字输入信号	Digital Signal In
	放置反相器符号	Invertor
	放置双向信号	Input Output
	放置数据左移符号	Shift Left
	放置小于等于号	Less Equal
	放置 Σ 符号	Sigma
	放置施密特触发输入特性的符号	Schmitt
	放置数据右移符号	Shift Right

另外, 菜单 Place/IEEE Symbols 中的 Or Gate、And Gate 和 Xor Gate 分别为放置或门、与门和非门符号。

3.2.3 画图工具条的使用

1. 画直线

单击画直线按钮后, 光标将变成十字形状, 把光标移动到适当位置, 单击鼠标左键, 然后拖动鼠标到合适的位置, 再单击左键即可。若要继续绘制, 此时可重复上述操作, 要想退出画直线状态可单击鼠标右键。

在画线过程中, 可以按下 Tab 键来弹出画线对话框, 如图 3-12 所示。若线已画完, 则可用鼠标左键双击直线, 也会弹出如图 3-12 所示的对话框。

它共有 4 个选项, 从上至下分别为 Line Width (线宽, 包括 Smallest、Small、Medium 和 Large 4 种), Line Style (线型, 包括 Solid、Dashed 和 Dotted 3 种), Color (直线的颜色) 和 Selection (切换选取状态)。

单击已画好的直线, 可进入点取状态, 此时直线的两端会出现一个文形黑点, 可以通过拖动控制点来高速这条直线的起点和终点的位置。也可以拖动直线本身来移动其位置。

2. 画曲线

单击画曲线按钮后, 光标变成十字形状, 首先单击鼠标左键确定第一点, 然后再确定第二点, 当确定第三点时, 就会出现一条曲线, 此时可继续确定第四点, 直到生成所需要的曲线为止。

若要编辑其属性, 用鼠标左键双击曲线后, 会弹出如图 3-13 所示的对话框。放置方法与直线属性对话框相类似。



图 3-12 画直线属性对话框

3. 画圆弧线

单击画圆弧线按钮后, 首先要在要画圆弧的中心处单击鼠标左键, 则会出现圆弧预拉线。

调整好圆弧的半径, 然后单鼠标左键, 光标会自动移动到圆弧的一端, 将其位置调整后再单击鼠标左键, 这时光标会自动移动到圆弧的另一个端点, 当将其位置调整好后, 单击鼠标左键则完成圆弧的绘制。下一次圆弧的绘制将以上一次画的为默认值, 若要退出绘制状态, 只须单击鼠标右键即可。图 3-14 为所绘制的椭圆弧和圆弧。



图 3-13 曲线属性对话框



图 3-14 绘制的椭圆弧和圆弧

用鼠标左键单击已绘制的圆弧后, 会在圆弧上出现 4 个黑点, 可用鼠标拖动黑点来完成圆弧形状的修改。

在绘制过程中, 如果按下 Tab 键, 或在绘制后用鼠标左键双击圆弧, 会弹出圆弧属性对话框, 如图 3-15 所示。对话框中 X-Radius 和 Y-Radius 分别为 X 轴和 Y 轴的半径, Start Angle 为缺口起始角度, End Angle 为缺口结束角度。其他一些选项和前面讲述的有些类似, 这里就不再重复。

4. 画多边形

启动画多边形命令后, 光标会变成十字形状, 在要绘制图形的一个边角处单击鼠标左键, 然后将光标移动到这条边的另一个角。单击鼠标左键则会形成一条直线, 再移动光标到另一条边, 这时会出现一个随光标移动的预拉封闭区域。确定后单击左键, 单击右键则结束当前所绘制的多边形, 可继续画另外一个多边形。全部画好后单击右键, 若按 Esc 键可退出绘制状态。图 3-16 为所绘制的多边形。

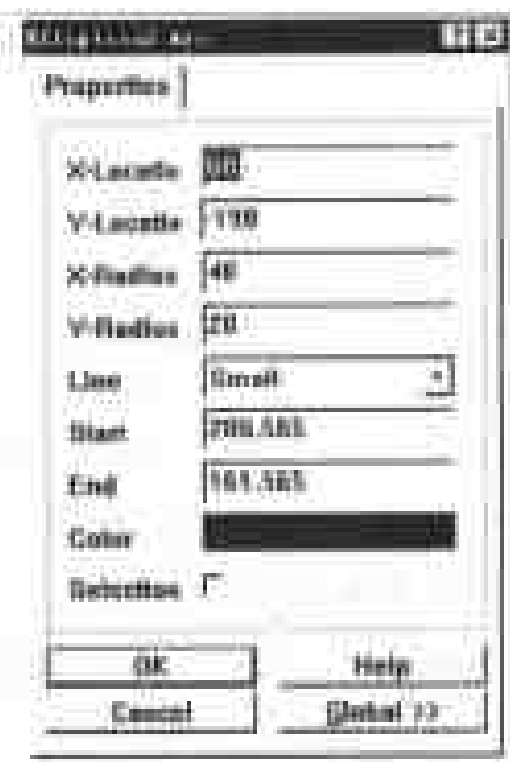


图 3-15 绘制圆弧属性对话框

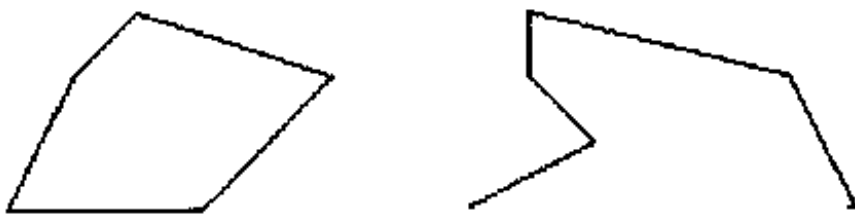


图 3-16 绘制的多边形

在绘制过程中,按下 Tab 键,或在已绘制好的多边形上双击鼠标左键,会弹出如图 3-17 所示的多边形属性对话框。其中 Border Width 为设置边框宽度、Border Color 为设置边框颜色、Fill Color 为设置填充颜色、Draw Solid 为设置实心多边形。

直接用鼠标左键单击已绘制的多边形,则会在多边形的各个边角出现黑色控制点,拖动这些点可以改变多边形的形状。

5. 放置文字

启动放置文字命令后,光标变成十字形状并且在其右上角有一个虚线框,在欲放置文字的地方单击鼠标左键,则该处就会出现一个名为“Text”的字符串,并可继续放置第二个字符串,如图 3-18 所示。全部放置好后,单击右键则可退出放置文字状态。

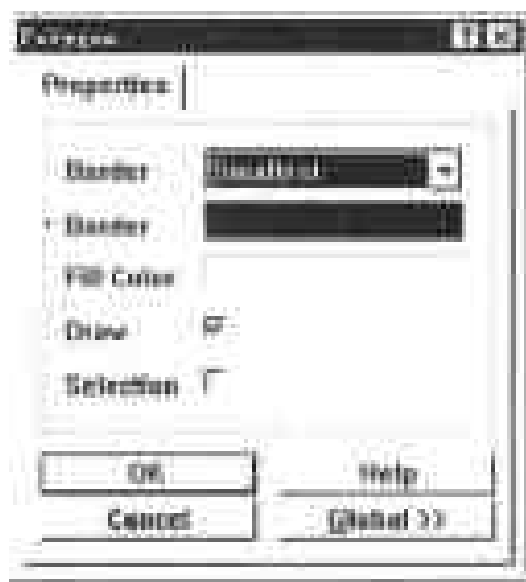


图 3-17 多边形属性对话框

Text 放置文字

图 3-18 放置文字

若在放置之前按下 Tab 键,或用鼠标左键双击字符串,则会弹出如图 3-19 所示的放置文字属性对话框。可在 Text 一栏中输入要放置的文字(只能输入一行文字)。

6. 画矩形

启动命令之后,光标变成十字并且右下角有一个矩形框,在要绘制矩形的一个角上单击鼠标左键,然后再将光标拖动到矩形的对角上,单击鼠标左键,则可完成矩形的绘制。如果需要可继续进行绘制,若要退出单击右键即可。绘制结果如图 3-20 所示。

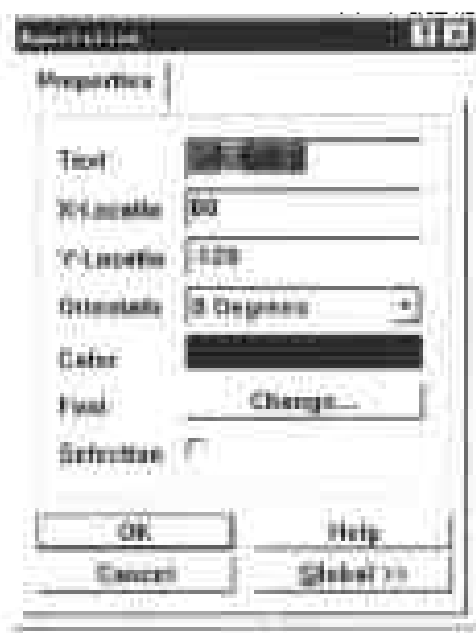


图 3-19 放置文字属性对话框



图 3-20 绘制的矩形和圆角矩形

在绘制过程中按下 Tab 键,或用鼠标左键双击矩形则会弹出如图 3-21 所示的矩形属性对话框。其中 X1-Location 和 Y1-Location 为矩形左上角的 X 轴和 Y 轴坐标值, X2-Location

和 Y2-Location 为矩形右下角的 X 轴和 Y 轴坐标值。

如果直接用鼠标左键单击已绘制好的矩形，则会在矩形的 4 个角和各边的中点出现黑点，可以通过拖动这些控制点来改变矩形的形状。

7. 画圆角矩形

圆角矩形的绘制与矩形的绘制相类似，绘制好的圆角矩形如图 3-20 所示。下面主要说明一下圆角矩形属性对话框的特点。双击圆角矩形后，会弹出如图 3-22 所示的对话框。其中比矩形属性对话框多了 X-Radius 和 Y-Radius 两项，这两项分别是 4 个圆角的 X 轴和 Y 轴半径。

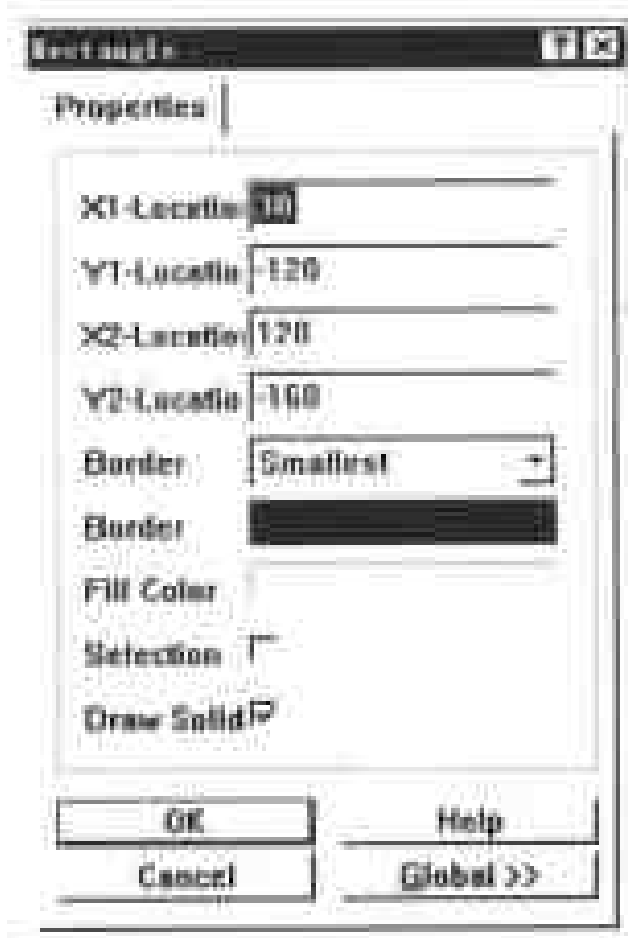


图 3-21 矩形属性对话框

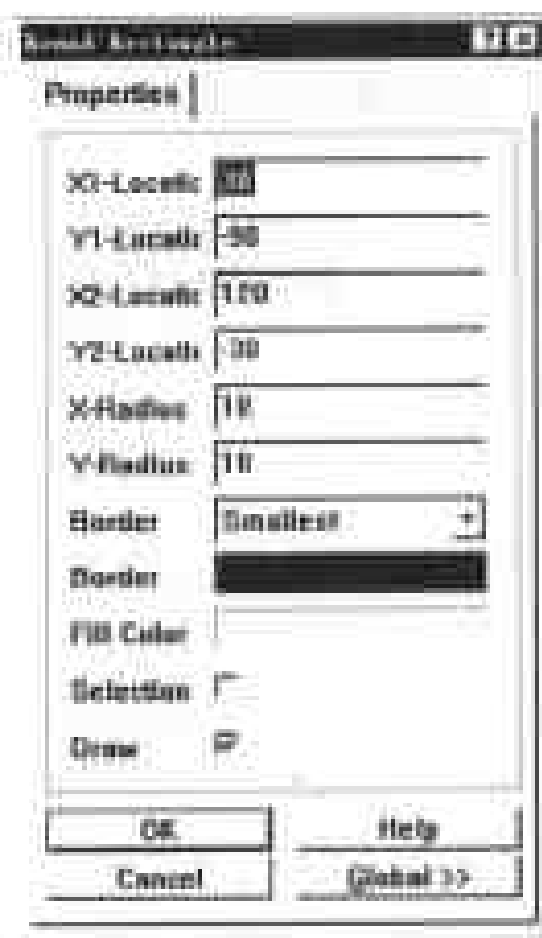


图 3-22 圆角矩形属性对话框

单击已绘制好的圆角矩形，则会出现 12 个黑点，拖动这些控制点则可改变圆角矩形的形状。

8. 画椭圆或圆

启动命令后，光标变成十字形状并带有一个椭圆形状，首先要在要绘制图形的中心点单击鼠标左键，然后拖动鼠标会出现预拉椭圆线，分别在适当的 X 轴半径处和 Y 轴半径处单击鼠标左键，则可完成椭圆的绘制，若需要可继续绘制。退出绘制状态可单击鼠标右键。如将 X 轴和 Y 轴半径设为相同值，就可绘制出圆。效果如图 3-23 所示。



图 3-23 绘制的椭圆和圆

在绘制过程中,按下 Tab 键或用鼠标左键双击图形,则会弹出如图 3-24 所示的椭圆属性对话框,其中 X-Location 和 Y-Location 为椭圆的中心点坐标, X-Radius 和 Y-Radius 为椭圆的 X 轴和 Y 轴的半径。

如果直接用左键单击已绘制好的椭圆,则会出现关于 X 轴和 Y 轴半径的黑色控制点,用鼠标拖动控制点则会改变椭圆的形状。

9. 插入图片

启动命令后,则会弹出如图 3-25 所示的插入图片对话框,可在搜寻栏中选择要插入图片所在的文件夹,在文件类型中指定图片的格式,然后在文件列表中选择所要插入的图片的文件名,单击“打开”按钮即可插入图片。

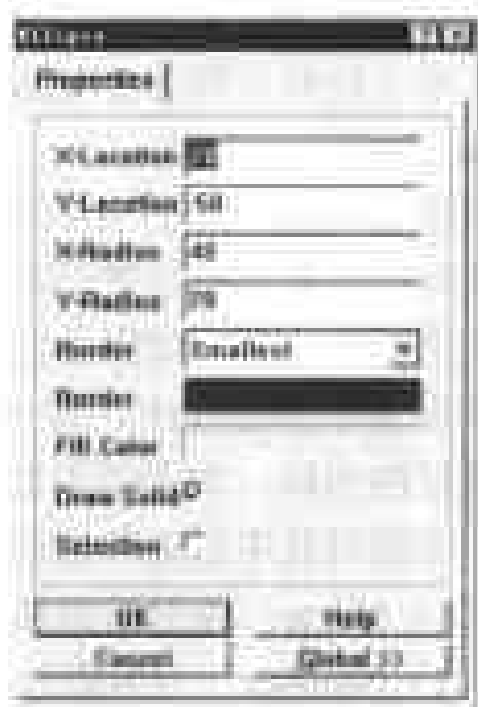


图 3-24 椭圆属性对话框



图 3-25 插入图片对话框

这时在绘制页内会出现一个随光标移动的矩形预拉区域,在要放置图片的左上角单击鼠标左键,然后再将光标拖动到所要放置区域的右下角,单击鼠标左键后,则在这个区域中就会显示所插入的图片。如若需要可继续插入图片,否则可单击图 3-25 对话框中的取消按钮。插入的图片效果如图 3-26 所示。

如果在插入过程中,按下 Tab 键后或用鼠标左键双击已插入的图片,则会弹出如图 3-27 所示的图片属性对话框。其中 File Name 为图片的文件名,单击 Browse 按钮后,可重新选择图片。X1-Location 和 Y1-Location 为矩形左上角 X 轴和 Y 轴的坐标值。X2-Location 和 Y2-Location 为矩形右下角 X 轴和 Y 轴的坐标值。Border On 为设置是否显示边框。X:Y Ratio 1:1 为是否保持 X 轴和 Y 轴的比例,

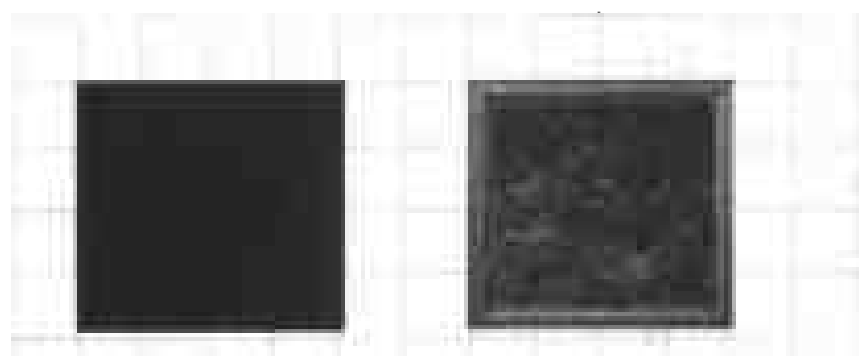


图 3-26 插入的图片

单击已放置好的图片，会在图片四周出现控制黑点，用鼠标拖动控制点则可改变图片的形状。

10. 放置元件引脚

启动放置命令后，光标将变成十字形状并且有一条水平的短线，在所要放置引脚的位置单击鼠标左键则会完成一个引脚的放置，如图 3-28 所示。

在放置引脚过程中，按下 Tab 键或用鼠标左键双击已放置好的引脚，则会弹出如图 3-29 所示的引脚属性对话框。下面对其中的选项进行说明：

(1) Name: 为引脚的名，是引脚左边的字符。

(2) Number: 为引脚号，是引脚右边的字符。

(3) X-Location: 为引脚 X 轴的坐标值。

(4) Y-Location: 为引脚 Y 轴的坐标值。

(5) Orientation: 为引脚方向选择，可从下拉式列表中选择合适的旋转角度。

(6) Dot: 是否在引脚上加一圆点。

(7) Clk: 是否在引脚上加一时钟符号。

(8) Electrical: 用来设定引脚的电气特性，可从下拉式列表中选择合适的性质。

(9) Show Name: 为是否显示引脚名。

(10) Show Number: 为是否显示引脚号。

(11) Pin: 用来设置引脚的长度。

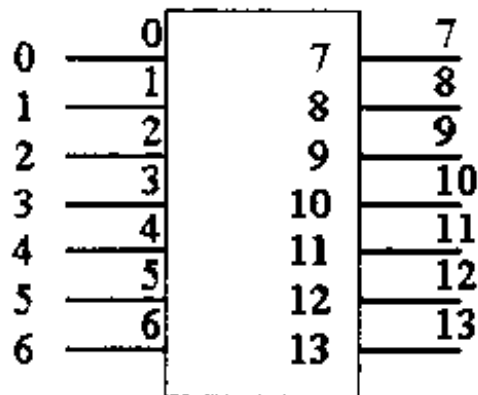


图 3-28 绘制的引脚

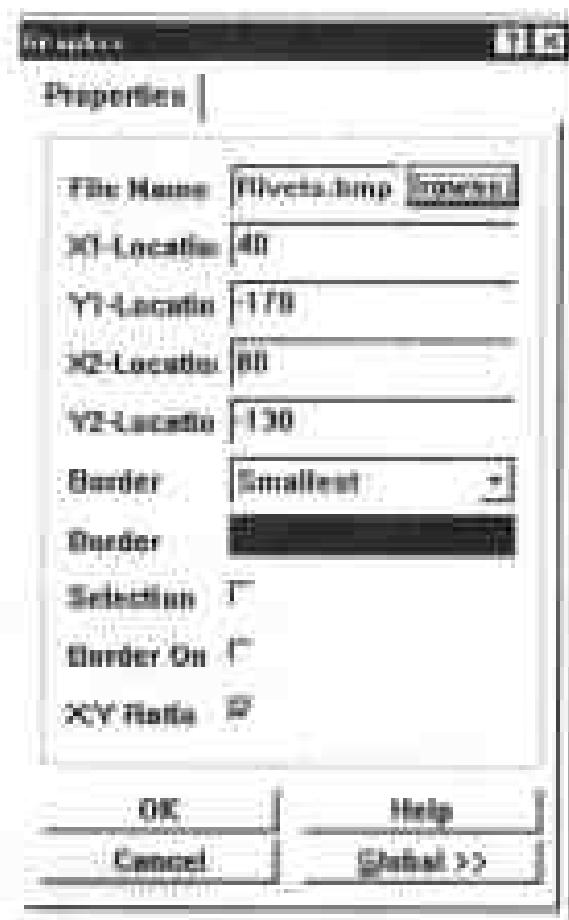


图 3-27 图片属性对话框

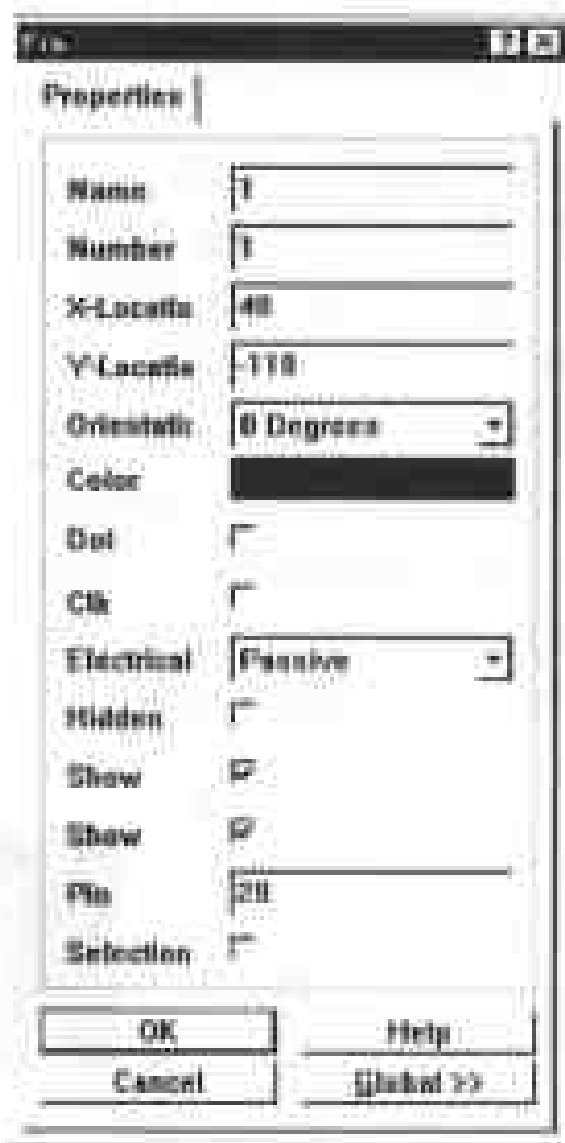



图 3-29 引脚属性对话框

3.3 元件的制作

本节将通过一个制作元件的具体实例，绘制如图 3-30 所示的元件，来说明制作元件的步骤。

(1) 执行菜单命令 File/New，从编辑器选择框中选择原理图元件编辑器，用鼠标左键双击库文件图标，进入原理图元件库编辑环境界面。

(2) 按 PageUp 或 PageDown 键，调整好元件绘制区域的大小，并在第四象限绘制元件。

(3) 执行菜单命令 Place/Rectangle，或用鼠标左键单击画图工具条上的  按钮来画一个矩形，将光标移动到所要画矩形的左上角，单击鼠标左键，再把光标移动到所要绘制矩形的右下角，单击鼠标左键，则完成矩形的绘制。结果如图 3-31 所示。

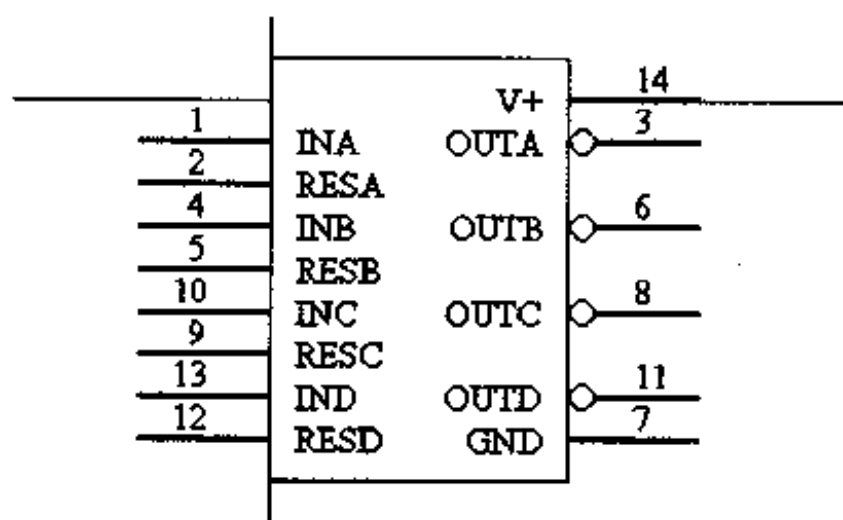


图 3-30 元件绘制实例

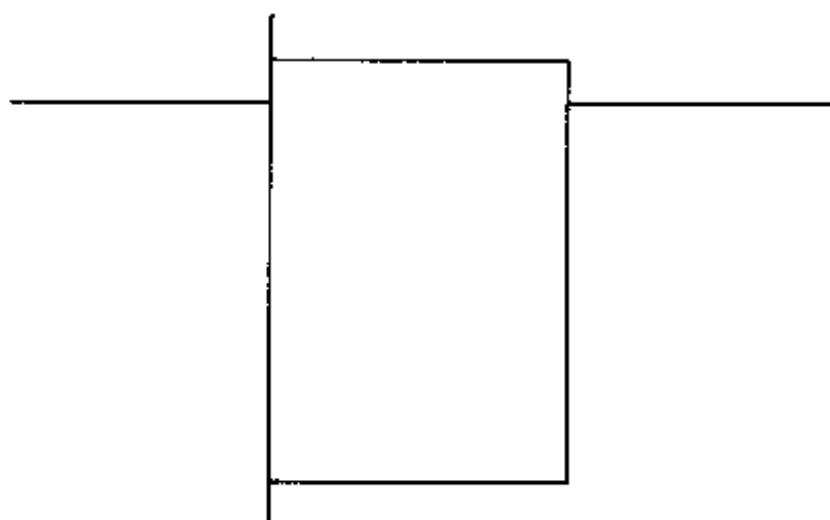



图 3-31 画一个矩形

(4) 执行菜单命令 Place/Pins，或用鼠标左键单击画图工具条上的  按钮，来放置元件的引脚。将光标移动到所要放置引脚的位置，单击鼠标左键，把各个引脚放置好。结果如图 3-32 所示。

(5) 编辑各引脚的属性，用鼠标左键双击所要编辑的引脚，会弹出引脚属性对话框，在对话框中分别对各引脚进行编辑修改。各引脚的修改情况如下：

1) 引脚 1: Name 改为 INA，Orientation 选择为 180Degrees。

2) 引脚 2: Name 改为 RESA，Orientation 选择为 180Degrees。

3) 引脚 3: Name 改为 INB，Number 改为 4，Orientation 选择为 180Degrees。

4) 引脚 4: Name 改为 RESB，Number 改为 5，Orientation 选择为 180Degrees。

5) 引脚 5: Name 改为 INC，Number 改为 10，Orientation 选择为 180Degrees。

6) 引脚 6: Name 改为 RESC，Number 改为 9，Orientation 选择为 180Degrees。

7) 引脚 7: Name 改为 IND，Number 改为 13，Orientation 选择为 180Degrees。

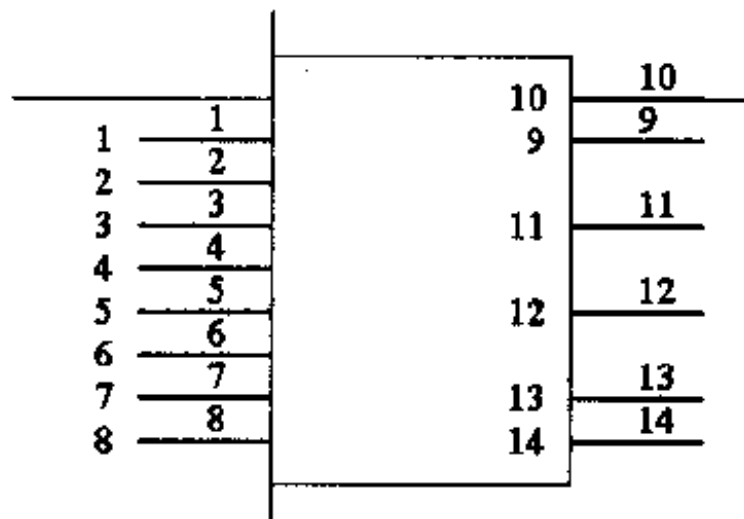


图 3-32 放置引脚后的显示结果

- 8) 引脚 8: Name 改为 RESD, Number 改为 12, Orientation 选择为 180Degrees。
 - 9) 引脚 9: Name 改为 V+, Number 改为 14。
 - 10) 引脚 10: Name 改为 OUTA, Number 改为 3, 选中 Dot 复选框。
 - 11) 引脚 11: Name 改为 OUTB, Number 改为 6, 选中 Dot 复选框。
 - 12) 引脚 12: Name 改为 OUTC, Number 改为 8, 选中 Dot 复选框。
 - 13) 引脚 13: Name 改为 OUTD, Number 改为 11, 选中 Dot 复选框。
 - 14) 引脚 14: Name 改为 GND, Number 改为 7, 选中 Dot 复选框。
- 修改后的图形如图 3-33 所示。

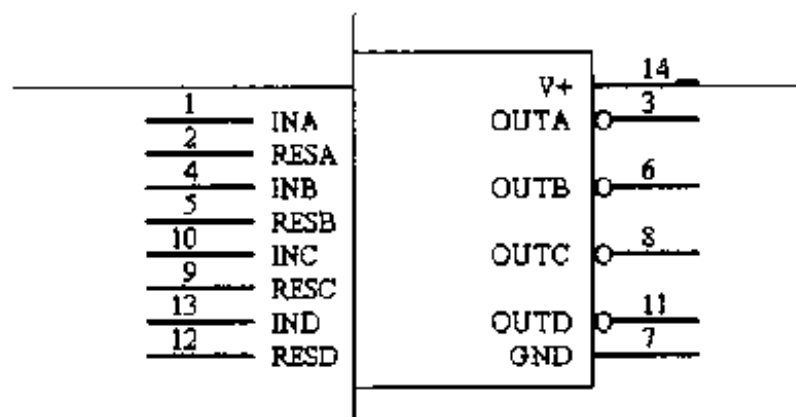


图 3-33 修改引脚后的图形

(6) 将图 3-33 中的引脚 1、2、4、5、10、9、13 和 12 移至矩形边上, 移动后图形如图 3-30 所示。执行菜单命令 File/Save 保存元件, 单击 Tools/Rename Component, 则可打开如图 3-34 所示的对话框, 将元件的名字改为 ICP 后, 单击 OK 键, 则最终完成了元件的制作。

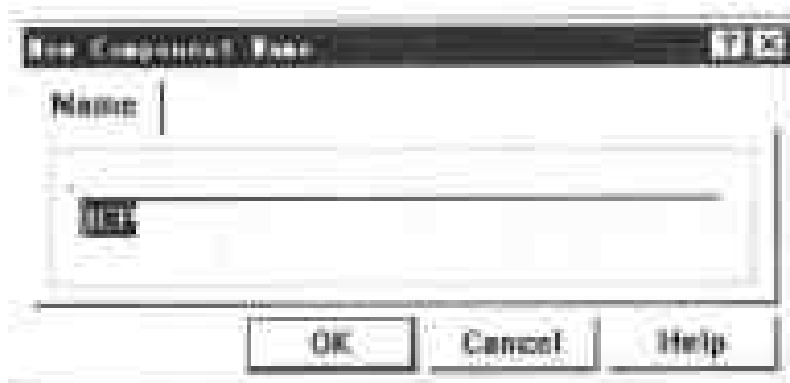


图 3-34 元件名称对话框

如果想在原理图设计时使用此元件, 只需将此元件库载入后, 取用元件 ICP 即可。若是在现有的元件库中加入新的设计元件, 只要进入元件库编辑器械, 选择现有的元件库文件, 再执行菜单命令 Tools/New Component, 就可按照上面的设计步骤进行新元件的绘制。

第4章 电路规则检查（ERC）及网络表

在前面我们介绍了电路图的设计方法，本章通过实例对已设计好的电路图作 ERC 检查及生成网络表，在本章将学习到：

- 电路规则检查（ERC）的设置与应用
- ERC 报告的内容
- 错误的查找和修改方法
- 网络表生成的设置
- 网络表的内容
- 网络表的比较

4.1 电路规则检查（ERC）

为了保证设计电路的正确性，Protel 99 在产生网络表之前，可以利用软件测试用户设计的电路原理图，执行电路规则的测试工作，以便找出人为的疏忽。执行完测试后，系统会产生并在原理图中有错误的地方做好标记，以使用户分析和修改错误。这是 Advanced Schematic 提供的一个最基本的测试功能，即电路规则检查（ERC：Electrical Rule Check）。

电路规则检查可检查电路的连接匹配性。例如，某个输出引脚连接到另一个输出引脚就会造成信号冲突，未连接完整的网络标签会造成信号断线，重复的流水序号会使 Advanced Schematic 无法区分出不同的元件等。以上这些不合理的电路冲突现象，ERC 会按照用户的设置以及问题的严重性分别以错误（Error）或警告（Warning）信息来提醒用户注意。

本节将以 Z80 单片机微处理器电路为例讲解 ERC 工具及错误定位和修改的方法。

4.1.1 ERC 设置及应用

按前两章学习的电路原理图的设计方法，设计 Z80 Processor 应用电路的原理图设计，顶层文件如图 4-1a 所示，模块间的电连接是由页面模块端口建立起来的，其包括 7 个原理图如图 4-1b 所示。电路规则检查是由网络表生成器进行的，如果没有安装网表生成器，那就没法运行电路规则检查，即其没有反应。确认安装网表生成器，我们就可以按以下步骤进行操作了。

1. 产生 ERC 报告前的各种选项

如图 4-2 所示，选择 Tools 菜单中的 ERC 选项，弹出如图 4-3 所示的 Setup Electrical Rule Check（电路规则检查）对话框，该对话框包括 Setup 和 Rule Matrix 两个选项卡。该对话框主要用来设置电路规则的选项、范围和参数，然后执行检查，下面对它们进行解释。

（1）Setup 选项卡

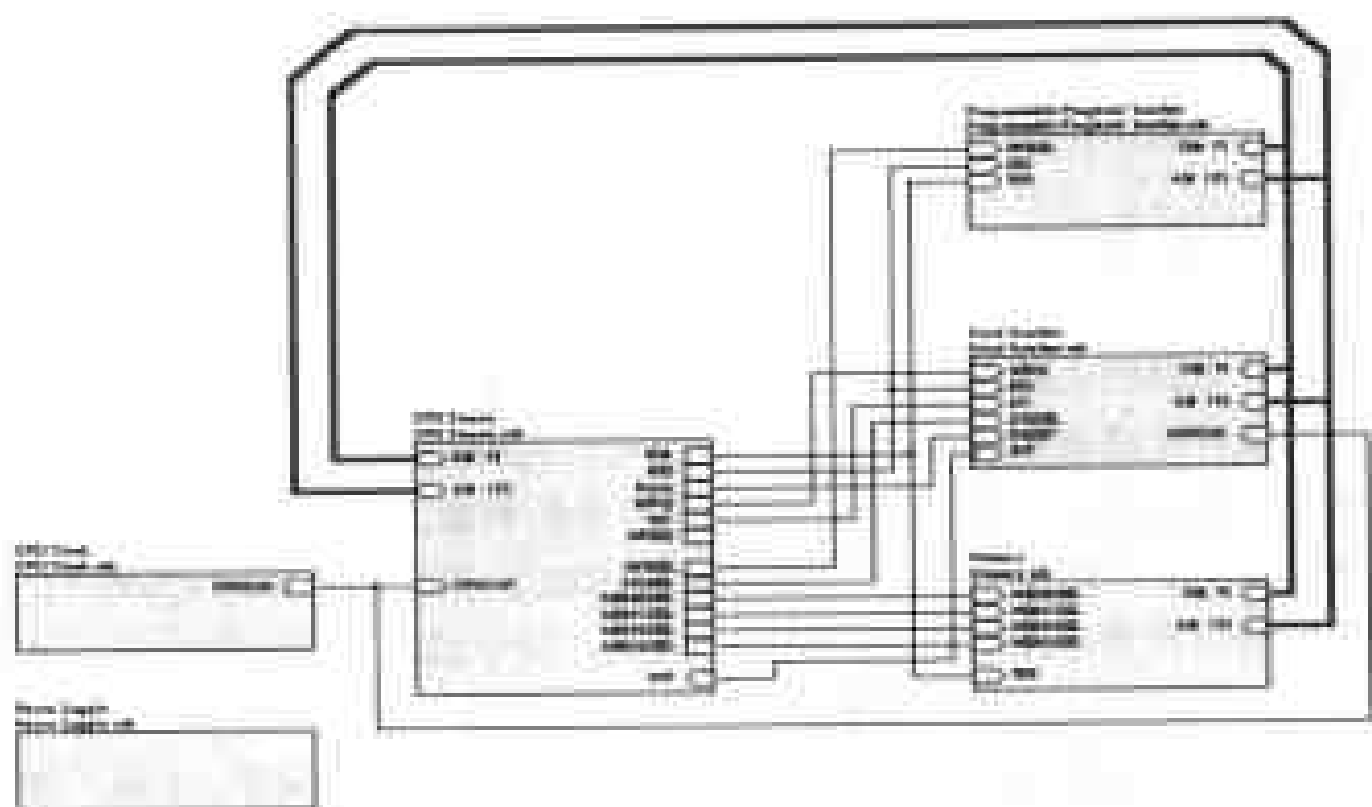
Setup Electrical Rule Check 对话框的 Setup 选项卡如图 4-3 所示，其各选项含义如下：

1) ERC Options 复选框

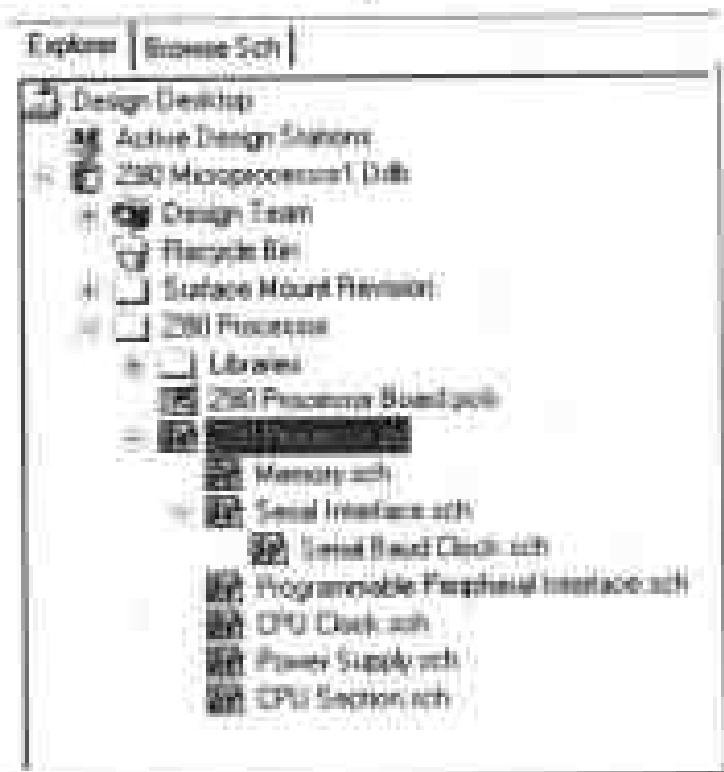
- Multiple net names on net: 检查同一个网络上是否有多个不同名称的网络标识符。
- Unconnected net labels: 检查绘图页中是否有未连接到其它电路对象的网络标签。
- Unconnected power objects: 检查是否有未连接到任意电路对象的电源对象。
- Duplicate sheet numbers: 检查项目中是否有绘图页码相同的绘图页。
- Duplicate component designators: 检查绘图页中是否有流水序号相同的元件。

注意: 当没有执行过菜单命令 Tools/Annotate 对所有元件重新排号时, 或是没有试用 Tools/Complex to Simple 功能将一个复杂层次化项目转换成简单的层次化设计时, 这种情况最常发生。

● Bus label format errors: 检查附加在总线上的网络标签的格式是否非法, 以至于无法正确地反映出信号的名称与范围。由于总线上的逻辑连同形式由放置于总线上的网络标签来指定, 所以总线的网络标签应该能够描述全部的信号。



a)



b)

图 4-1 原理图

a) Z80 项目顶层图 b) 原理图编辑器项目包含的文件

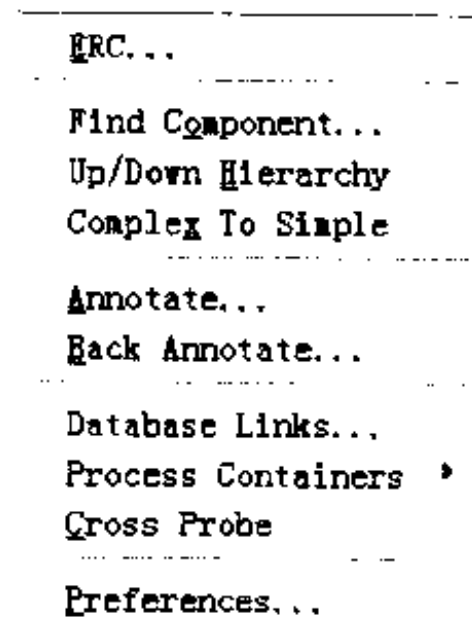


图 4-2 Tools 菜单选项

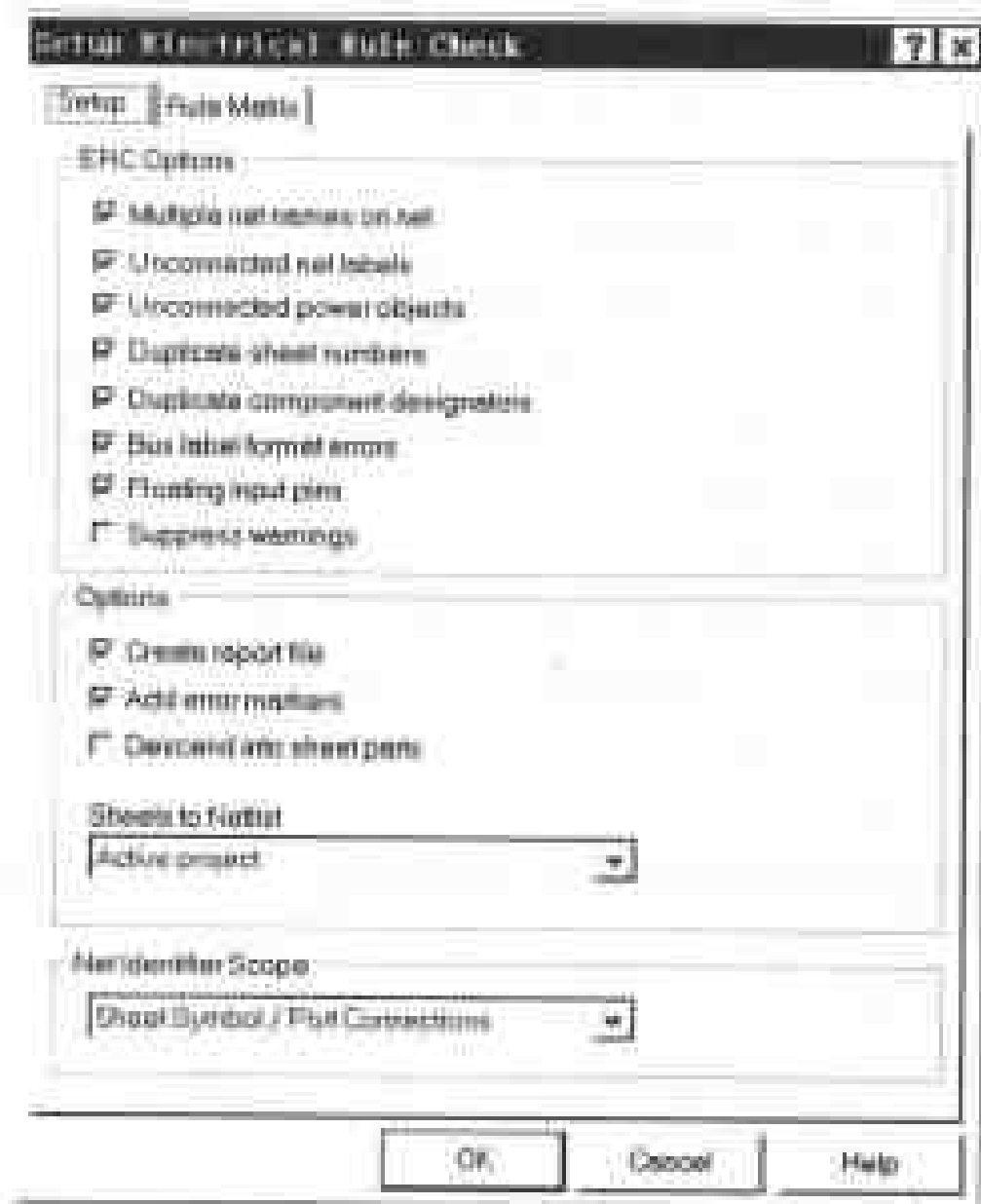


图 4-3 设置电路规则对话框

● **Floating input pins:** 检查是否有未连接到任何其他网络的输入引脚,即出现所谓的 Floating (浮空) 情形。

● **Suppress warnings:** 设置在执行 ERC 时,忽略警告 (Warning) 等级的情况,而只对错误 (Error) 等级的情况进行标识。这种做法主要是为了让设计师省略一部分失误条件以加速 ERC 流程。

注意: 为了确保电路完美无缺,在作品最后一次进行 ERC 时,千万不要设置 Suppress warnings 选项。

2) Options 复选框

● **Create report file:** 设置列出全部 ERC 信息并产生一个文本报告。

● **Add error markers:** 设置在绘图页上有错误或警告情况的位置上放置错误标记,这些错误标记可以帮助用户找出有问题的网络连线。

● **Descend into sheet parts:** 设置在执行 ERC 时,同时深入绘图元件中进行检查。所谓绘图元件 (Sheet Parts) 就是一个“举止行为”都很像绘图页符号的元件,它的引脚与其对应的子层绘图页上的输入输出端口连通。子层的绘图页文件的路径与名称就定义在该元件的 Sheet Part path 数据栏中。

3) Sheets to Netlist 选择项

Sheet to Netlist 用于设置产生网络表的电路图范围。单击右边的下拉式按钮,弹出 3 个下拉式列表,如图 4-4 所示,其包含 3 选项,现分别解释如下:

● **Active sheet:** 选择项用于设置生成当前激活的原理图的网络表。

- **Active Project:** 选择项用于设置生成当前激活的项目的网络表。
- **Active sheet plus sub sheets:** 选择项用于设置生成当前激活的原理图的网络表（包括其中的子图）。

4) Net Identifier Scope 选择项

Net Identifier Scope 主要针对层次电路图，用于设置网络标识符的工作范围，网络标识符的范围主要是在一个多张绘图页的设计中决定网络连通性的方法。单击右边的下拉式按钮，弹出 3 个下拉式列表，如图 4-5 所示，其包含三选项，现分别解释如下：

- **Net Labels and Ports Global:** 选择项设置网络名称（Net Label）及电路图输入输出点适用于整个项目。
- **Only Ports Global:** 选择项设置电路图输入输出点适用于整个项目，在整个项目的所有电路图中，只要是电路图输入输出点都被认为是相连接的。
- **Sheet Symbol/Port Connections:** 选择项设置方块图的进出点和电路中的输入输出点都适用于整个项目。



图 4-4 Sheets to Netlist 选择项



图 4-5 Net Identifier Scope 选择项

(2) Rule Matrix 选项卡

Setup Electrical Rule Check 对话框的 Rule Matrix 选项卡如图 4-6 所示。这是一个彩色的正方形区块，称为电路规则矩阵，下面对它进行解释。

该选项卡主要用来定义各种引脚、输入输出端口、绘图页输入端口彼此间的连接状态是否已经构成错误（Error）或警告（Warning）等级的电路冲突。所谓错误情形，是指电路中有严重违反电子原理的连线情况出现，如 VCC 电源与 GND 接地短路这种情况；所谓警告情形，是指某些轻微违反电子电路原理的连线情况（甚至是设计者故意的），由于系统不能确定它们是否真正有误，所以就用警告等级的信息来提醒设计者。矩阵是以交叉接触的形式读入的。如要看输入引脚连接到输出引脚的检查条件，就观察矩阵左边的 Input Pin 这一行和矩阵上方的 Output Pin 这一列之间的交叉处即可（缺省为绿色方块）。矩阵中以彩色方块

来表示检查结果。绿色方块表示这种连接方式不会产生任何错误或警告信息(如某一输入引脚连接到某一输出引脚),黄色方块表示这种连接方式会产生警告信息(譬如未连接的输入引脚),红色方块则表示这种连接方式会产生错误(譬如两个输出引脚连接在一起)。电路规则矩阵定义的检查条件可由用户自行加以修改,只需在矩阵方块上单击鼠标左键进行切换即可。切换顺序为绿色(No Report, 不产生报表)、黄色(Warning, 警告)与红色(Error, 错误),然后回到绿色。

说明: 我们可以根据自己的需要和习惯进行选项卡电路规则的各项设置,本例采取了默认的方式,单击 OK, 程序自动进入文本编辑器并生成相应的错误检查结果报告。

2. ERC 结果报告

图 4-7 是运行了电路规则检查生成的报告文件,它提供了电路规则错误的设计图纸名字和错误在图纸中的位置,以及错误所在网络的标识、元件标识等信息。

我们可以按照报告提供的信息找到错误的位置,如图 4-8 和图 4-9 错误标记在 CPU Section.sch 原理图中。

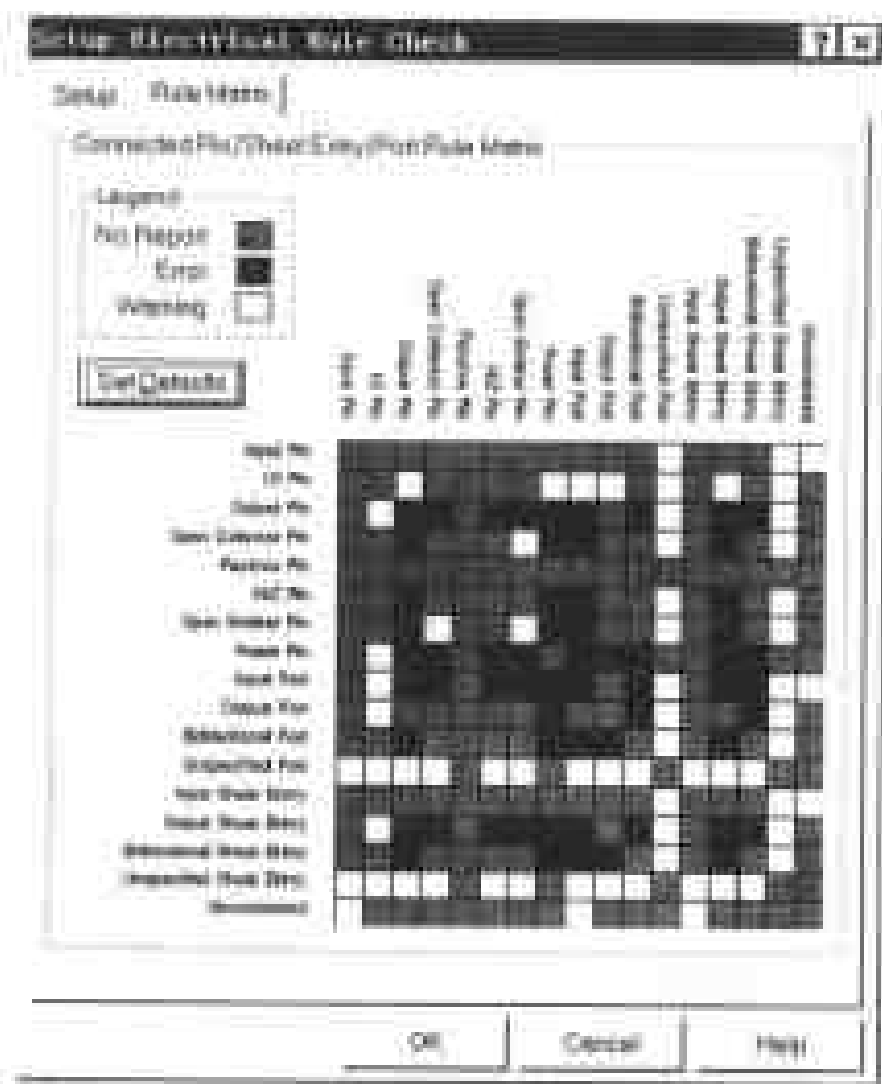


图 4-6 设置电路规则矩阵

```

Error Report For : Surface Mount Revision\Z80 Processor.prj    7-Aug-2000    14:13:39

#1 Error  Duplicate Designators CPU Section.sch R6 At (224,559) And CPU Section.sch R6 At (364,159)
#2 Warning Unconnected Input Pin On Net NetU5_6
      CPU Section.sch(U5-6 @310,620)

#4 Error  Floating Input Pins On Net NetU5_6
Pin CPU Section.sch(U5-6 @310,620)

#5 Warning Unconnected Input Pin On Net NetU6_20
      Serial Interface.sch(U6-20 @270,470)

#7 Error  Floating Input Pins On Net NetU6_20
Pin Serial Interface.sch(U6-20 @270,470)

#8 Warning Unconnected Input Pin On Net NetU12_10
      Serial Baud Clock.sch(U12-10 @330,180)

#10 Error  Floating Input Pins On Net NetU12_10
Pin Serial Baud Clock.sch(U12-10 @330,180)

End Report
  
```

图 4-7 电路规则检查报告

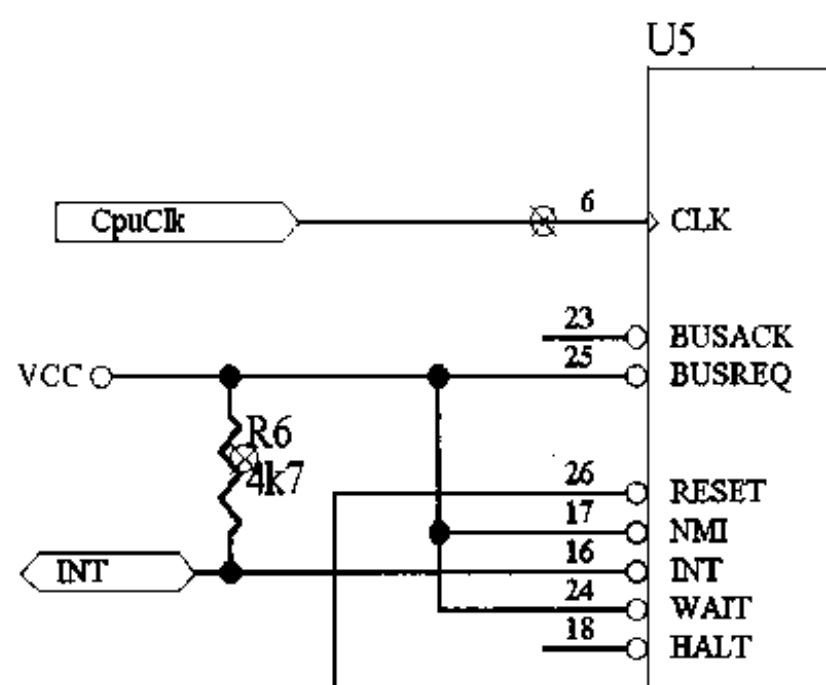


图 4-8 电路规则检查错误标记图一

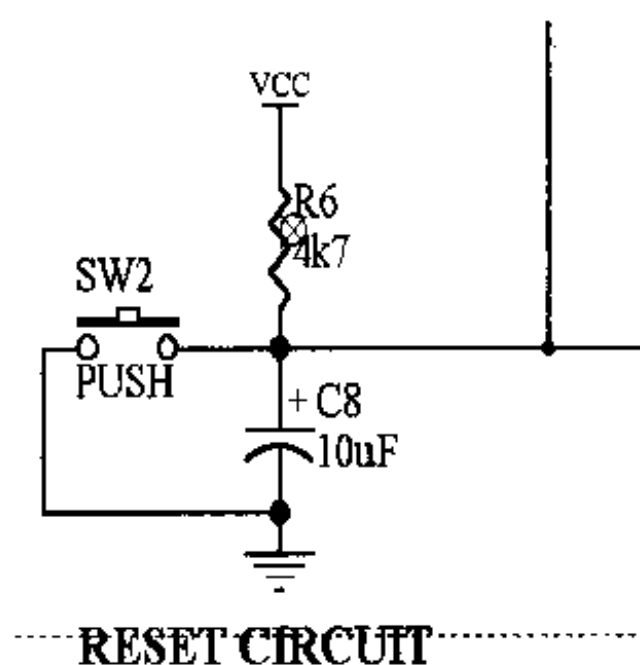


图 4-9 电路规则检查错误标记图二

4.1.2 错误定位

我们虽然可以按照报告提供的信息找到错误的位置，但更好办法是利用检查所生成的错误位置标志来定位错误位置，下面对其进行讲解。

电路规则检查完成后，将当前窗口切换到原理图编辑器中，在原理图编辑器的面板（Panel）中，它提供了修正电路错误的辅助工具。在如图 4-10 所示的 Browse 的下拉式菜单中，我们选中 Primitives，在浏览类型选项中选中 Error Markers（错误标记）一项，选中 All in Hierarchy，在实体列表窗口中显现着电路检查的错误和警告。

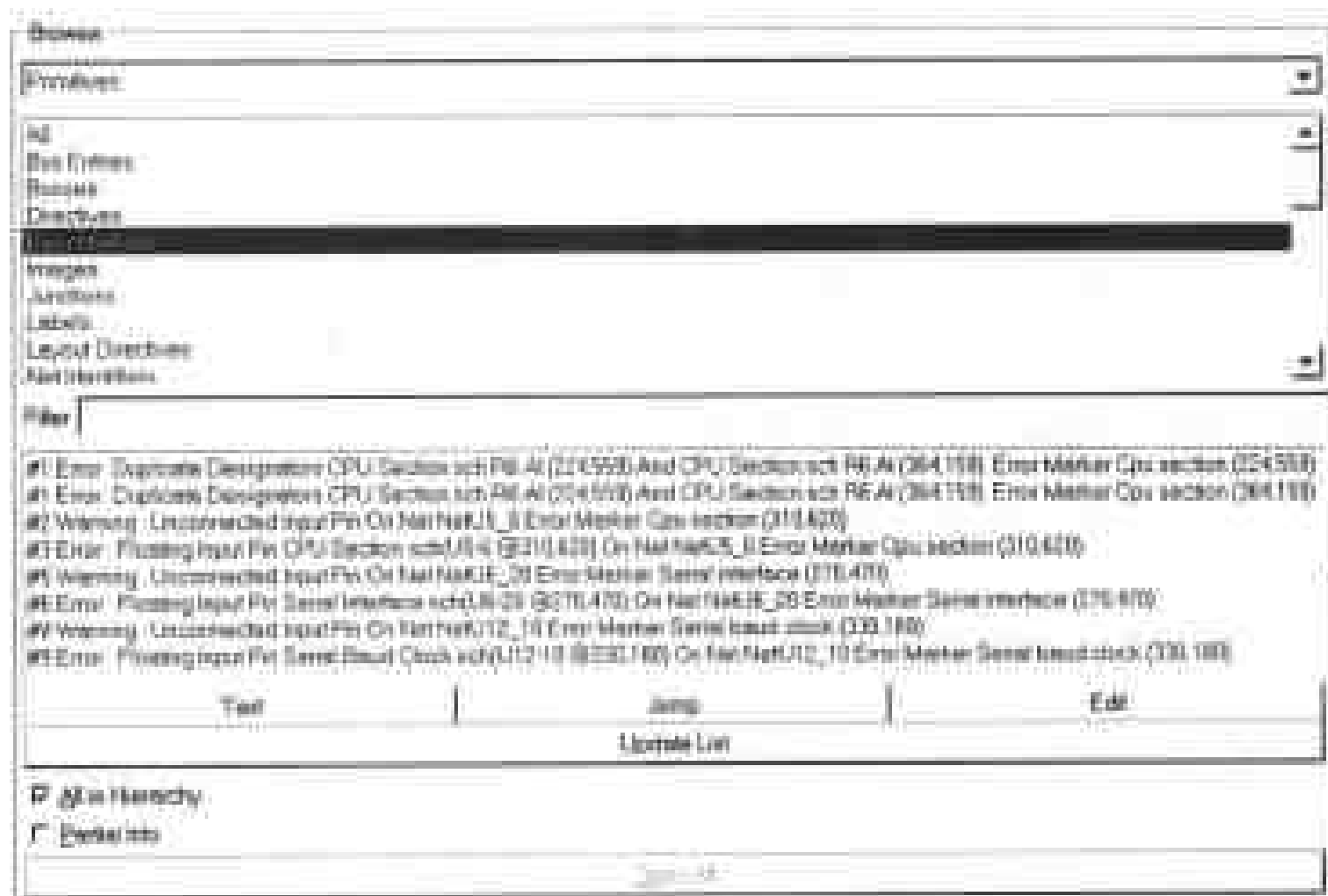


图 4-10 浏览项目错误列表

(1) 选择错误列表错误项, 用鼠标左键单击面板浏览 Jump 查错。如图 4-11 中错误项, 然后, 用鼠标左键单击面板浏览 Jump 按钮, 则我们可看到原理图编辑器改变了显示窗口, 自动打开包含电阻 R6 的原理图, 并且把出错的地方 (R6) 放大于原理图编辑窗口的中心位置, 如图 4-12 所示。

#1 Error Duplicate Designators CPU Section.sch R6 At (224,559) And CPU Section.sch R6 At (364,159) Error Marker Cpu section (224,559)

图 4-11 编辑器下方提示信息

我们选择下一条信息，重复上述操作，得到图 4-13。图 4-12 和图 4-13 其实是一个错误，都是电路中电阻的标号的重复。

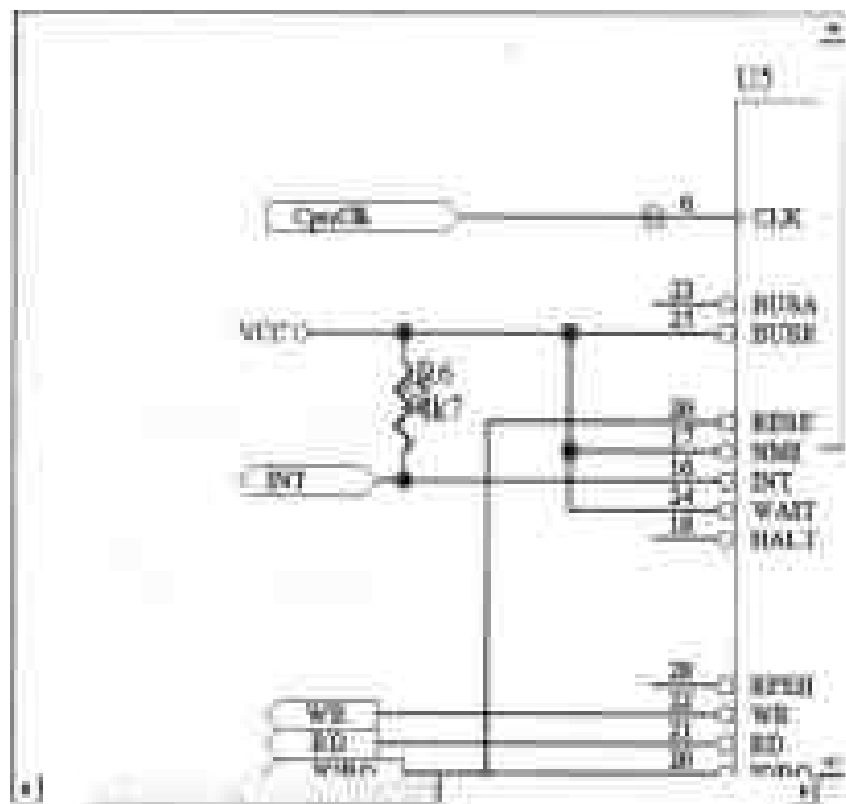


图 4-12 相变曲线一

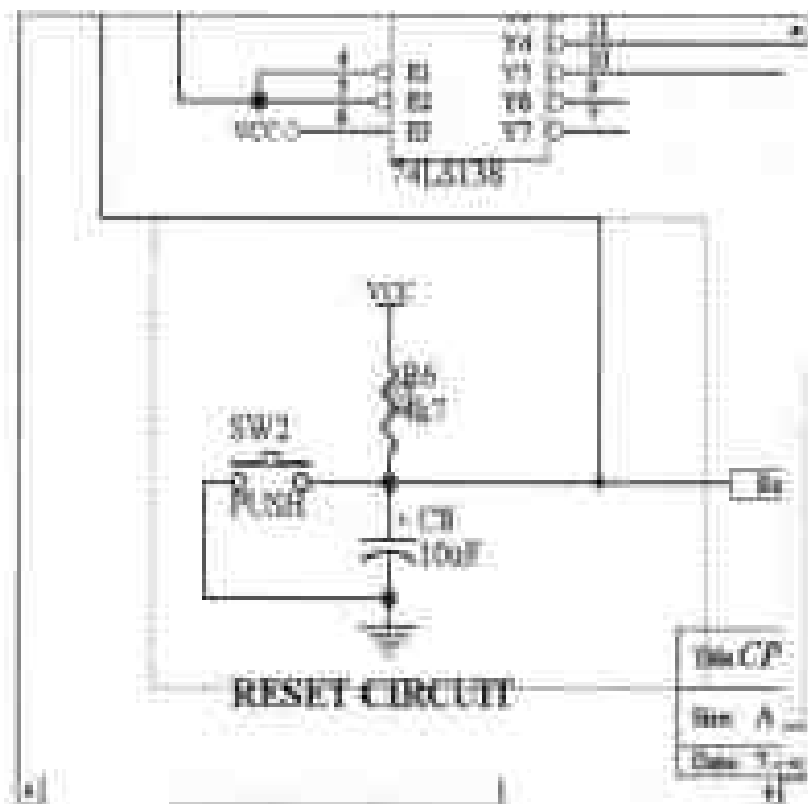


图 4-13 顺流操作精馏

按照上述方法，我们可以依次找出各个错误，图 4-14 是错误定位三和图 4-15 是错误定位四。

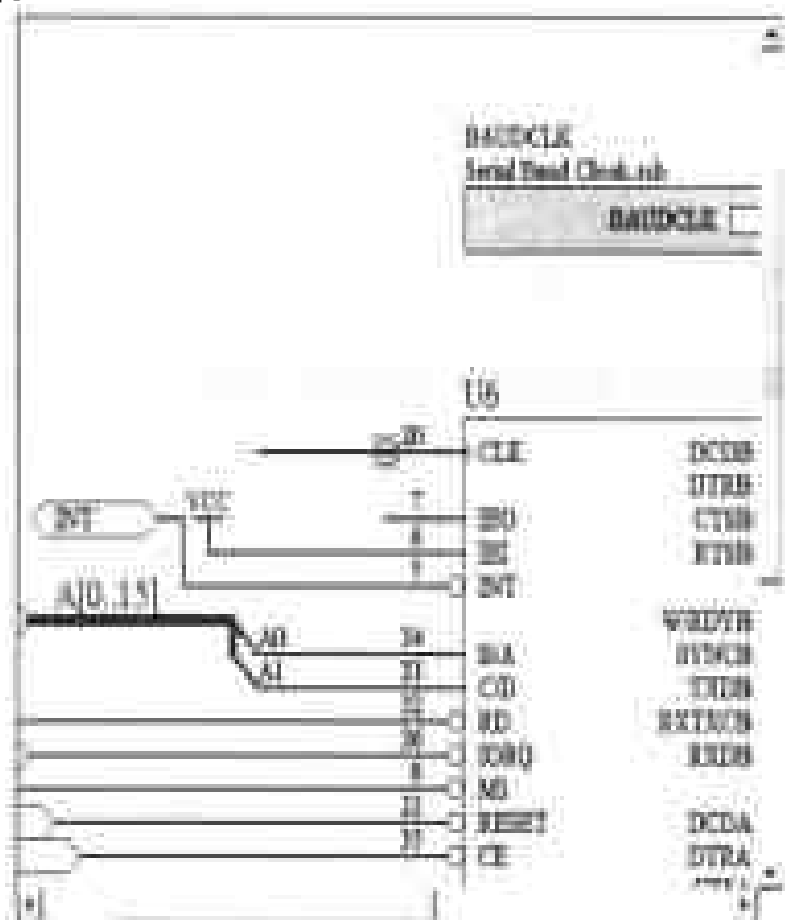


图 4-14 精确定位三

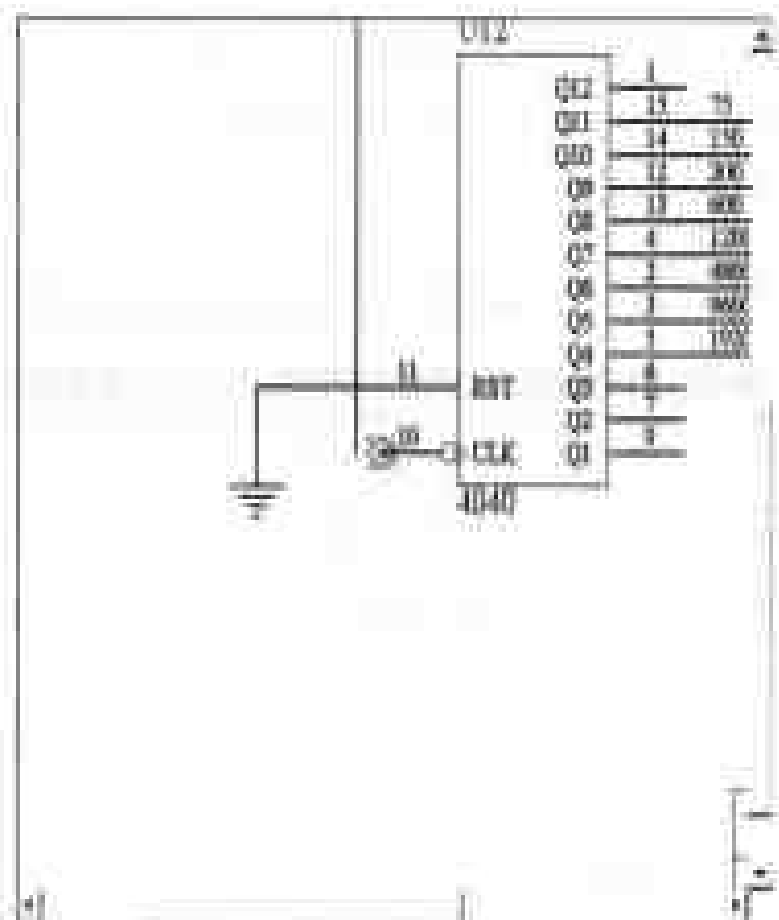


图 4-15 情景室控制图

图 4-12 的引脚 6 处的错误、图 4-14 中的错误及图 4-15 中的错误都属于输入引脚悬浮错误。

(2) 选择错误列表错误项，用鼠标左键单击面板浏览 Text 按钮查错。比如第一错误项，则我们看到原理图编辑器不仅自动地打开了包含电阻 R6 的原理图，把出错的地方 (R6) 放大于原理图编辑窗口的中心位置，还弹出了错误标记的错误信息对话框，如图 4-16 所示，我们也可以在这里查看这个错误标记的错误条件描述。



图 4-16 编辑错误标记名称

(3) 选择错误列表错误项，用鼠标左键单击面板浏览 Edit 按钮查错。比如第一错误项，则我们看到原理图编辑器不仅自动地打开了包含电阻 R6 的原理图，把出错的地方 (R6) 放大于原理图编辑窗口的中心位置，还弹出了错误标记的 Error Marker (错误标记属性) 对话框，如图 4-17 所示。

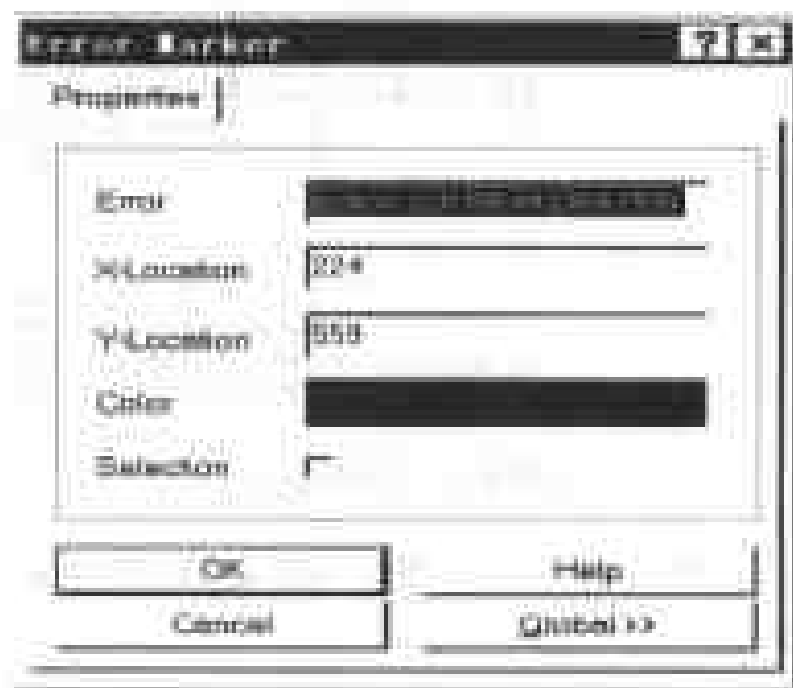



图 4-17 Error Marker 对话框

我们也可以在这里查看错误标记的错误条件描述。和其他电路实体一样，我们不仅可以在此设置电路错误标记的属性，也可以进行全局修改。

(4) Protel 99 提供的另一个功能是不同的编辑器之间的 Cross probing (对照功能)。当我们希望在某个原理图电路错误时回到错误报告的对应位置，Cross probing (对照功能) 就显得比较有用。例如，单击主工具栏的 Cross probing 按钮，然后用鼠标单击原理图中的任一错误标记，如图 4-13 所示的错误，则我们将在错误报告文件中看到与这个错误标记相对应的错误信息选为高亮色，如图 4-18 所示。

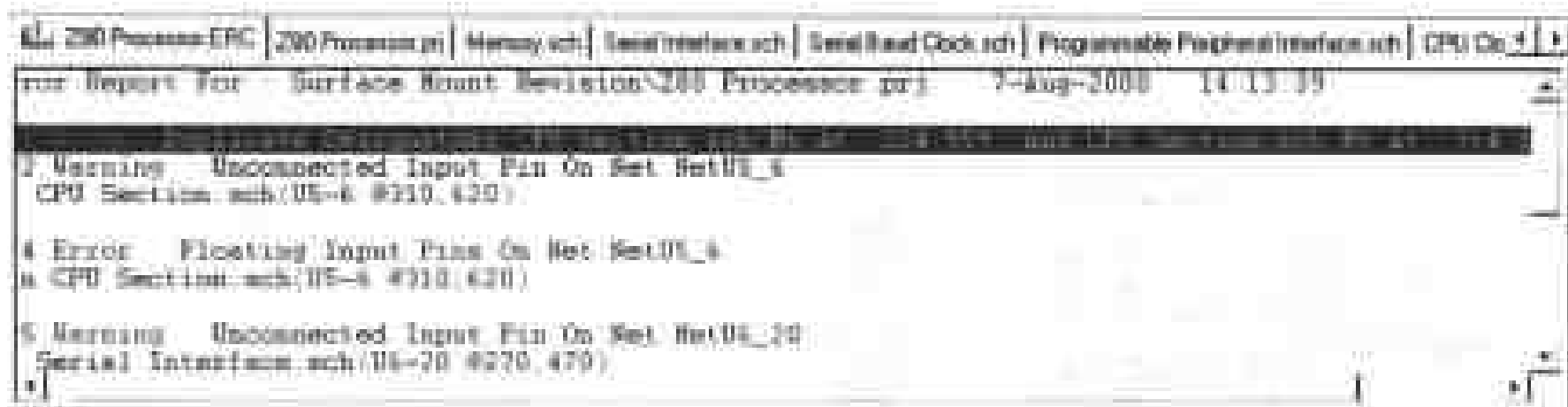


图 4-18 错误信息被选亮

4.1.3 修改错误

我们将在前面的电路检查和错误标记定位的基础上进行电路规则错误的修改工作。原理

图的电路规则能检测到多种设计错误或警告,其种类主要有:

- (1) 元件标识重复错误 (Duplicate Designators error), 比如本列中电阻的标识重复。
- (2) 设计错误 (Design errors), 比如两个属性为输出的引脚被直接连在了一起。
- (3) 绘图错误 (Drafting errors), 比如导线与引脚重叠 (Overlapping), 用直线 (非电路连接绘图) 代替导线, 或者由于没有选择对齐网络格 (Snap grid off) 而导致导线没有连到元件引脚, 或者是导线/总线端点没有碰到端口的短路等。
- (4) 格式错误 (Syntax errors), 比如网络标识 (net identifiers) 的拼写错误或总线表示错误。
- (5) 元件错误 (Component errors), 比如元件的引脚放错了地方, 或是引脚的属性不对。这种错误是在原理图库编辑时发生的, 也需要在库编辑器中解决。
- (6) 悬浮的输入引脚错误 (Floating Input Pins errors), 比如本例中的错误。

改正电路规则检查错误的方法是: 首先定位错误, 在错误报告中查看错误的情况, 由此与原理图对照观察, 一般情况下, 都能在错误表示处分析出造成错误的可能原因, 进行修改, 如本例中元件重复错误, 只需将图 4-12 中的电阻标识 R6 改为 R7 即可。而有的情况下, 在错误标记的地方找不到报告中的所说的错误, 那么, 错误标记有可能指错了地方。有时, 为解决一个错误, 需在不同的原理子图中搜索。本例中图 4-15 的错误只需将断开处用导线连接在一起即可。图 4-12 和图 4-14 中的悬浮的输入引脚错误 (Floating Input Pins), 可分析出图 4-12 中错误缺少输入端口, 但在图 4-14 中找不到错误的地方, 我们可根据输入端口, 查到 CPU Clock.sch 子图如图 4-19, 可看出它缺少输出端口, 我们加上输出端口。

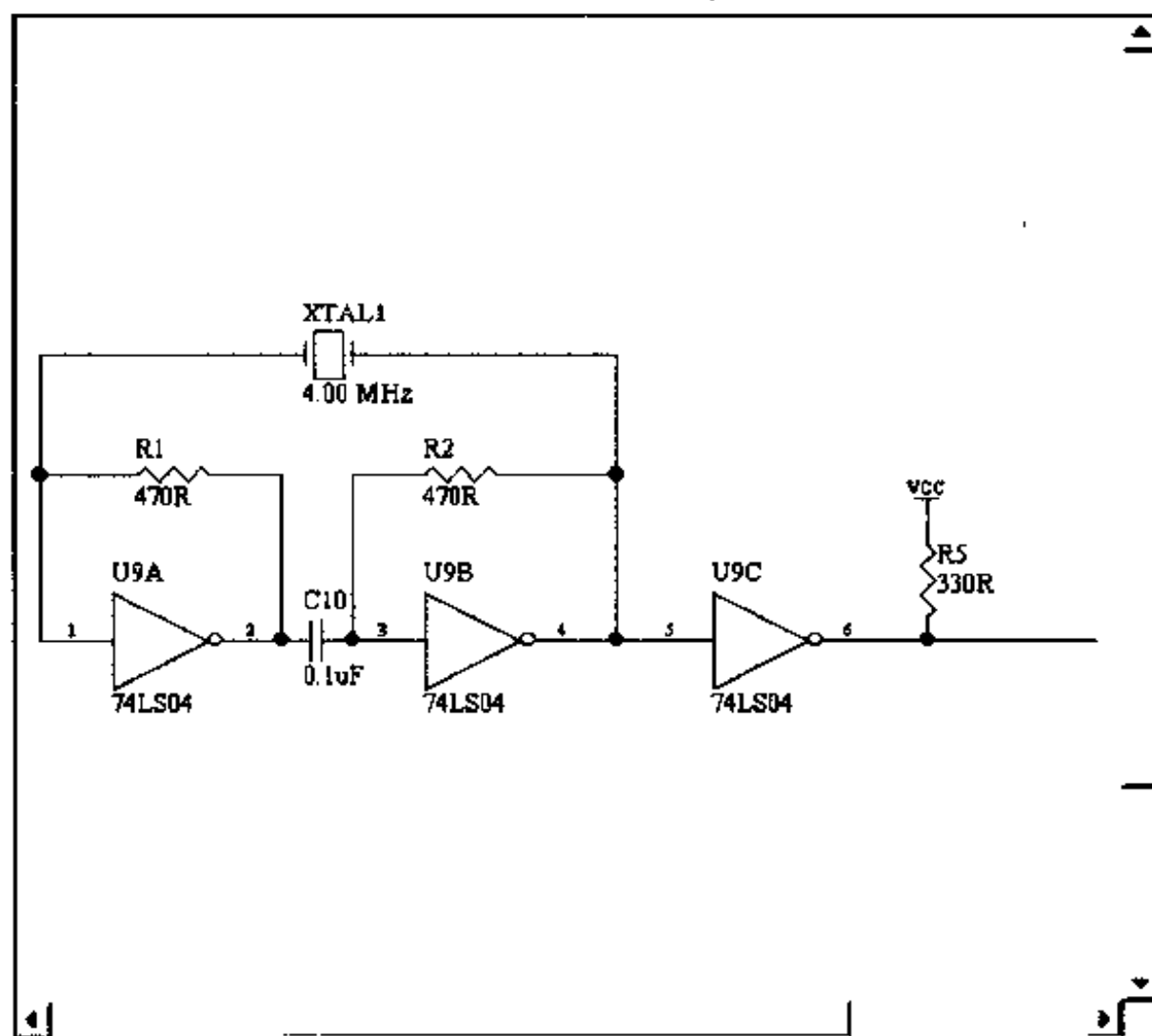


图 4-19 缺少输出端口的 CPU Clock.sch 原理图

一般来说, 按照上述错误查找方法就可找到错误的真正所在位置并修改过来。最后可以进行 ERC 检查, 得到如图 40-20 所示的没有错误的电路规则检查报告。

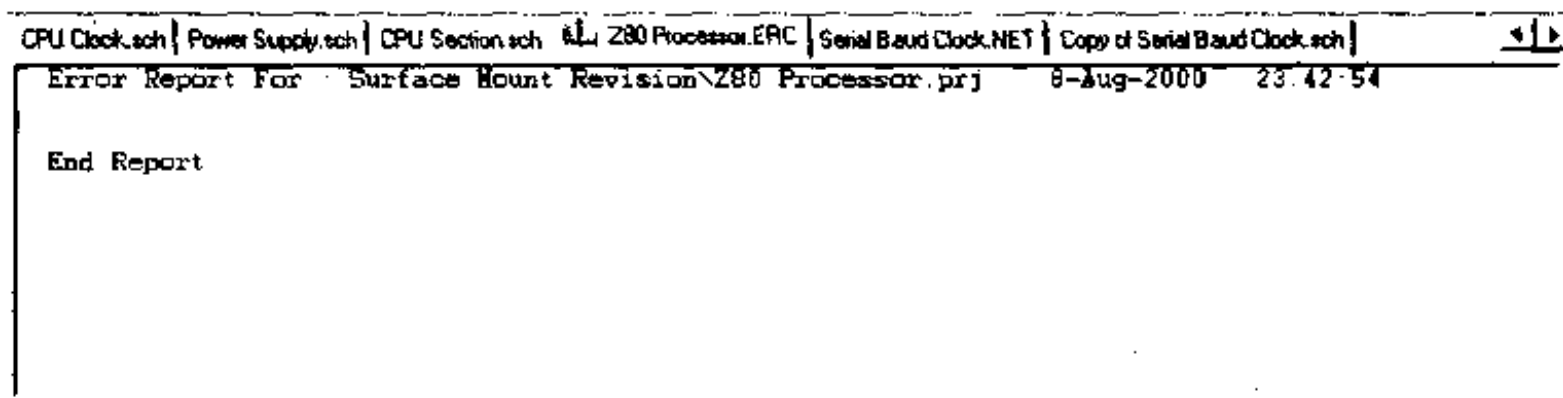


图 4-20 修改错误后的电路规则检查报告

4.2 网络表 (Netlist)

原理图设计的目的是为了制版, 而原理图与 PCB 的关系是由生成的网络表建立的, 可以说, 网络表是电路版自动布线的灵魂, 也是原理图设计软件 Protel Schematic99 与印制电路设计软件 Protel PCB99 之间的接口。

电路设计的一项关键性能就是原理图编辑器和 PCB 版图设计软件对原理图形电路符号网络标号所代表的逻辑关系的识别能力。电路连接性的辨识在电路设计的多个步骤都有涉及, 原理图设计过程中关系到两种连接性: 一是用网络标识符代表的物理网络连接性, 另一个是隐藏引脚的连接性。在由绘图页产生网络表时, 使用的逻辑的连通性原则, 而非物理的连通性。也就是说, 只要通过网络标签所连接的网络就被视为有效的连接, 而并不是真正有连线 (Wire) 将网络各端点实际地连接在一起。那么, 我们就可以在原理图设计的任何阶段进行网络表的生成, 它没有任何限制。

本节我们将以 Z80 Microprocessor 项目中原理图子图 Serial Baud Clock.sch (如图 4-21) 为例, 讲解网络表的生成及相关设置中的一些问题, 以 Z80 Processor 为例讲解网络表比较的相关内容, 并提及由 PCB 版图生成网络表的方法。

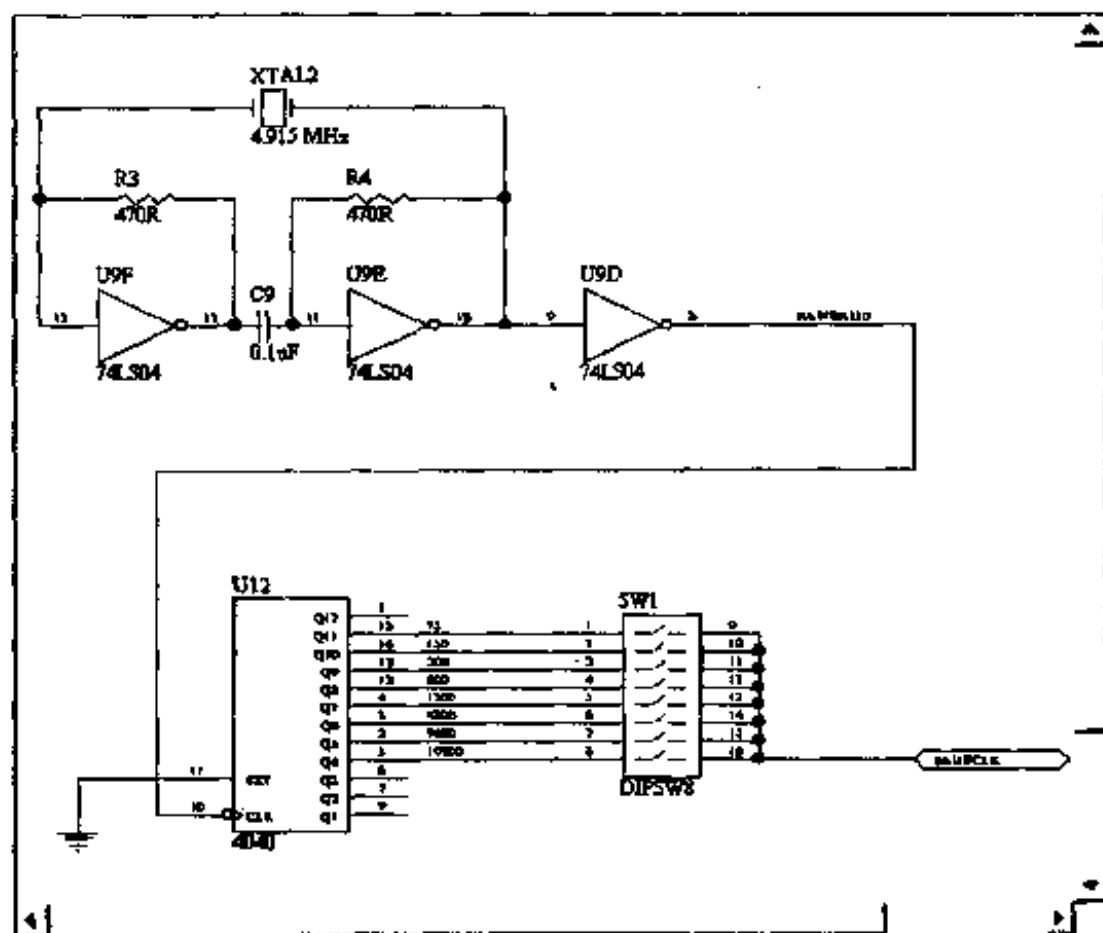


图 4-21 将要生成网络表的原理图

4.2.1 网络表对话框的设置

打开 Z80 Microprocessor 项目中如图 4-21 所示的原理图子图 Serial Baud Clock.sch, 单击菜单命令 Design/Create Netlist, 系统弹出 Netlist Creation (生成网表) 对话框, 如图 4-22 所示, 该对话框又包括 Preferences 和 Trace Options 两个选项卡, 下面分别进行解释。

1. Preferences 选项卡

Preferences 选项卡如图 4-22 所示, 其中各选项的含义如下:

(1) Output Format 选项用于选择生成网络表的格式, 单击右边的下拉式按钮, 打开如图 4-23 所示的下拉式列表, 按上下滚动条可选择不同的网络表格式。Protel 99 共提供了 38 种格式, 其中最常用的是 Protel 格式, 在后面对其有所解释。

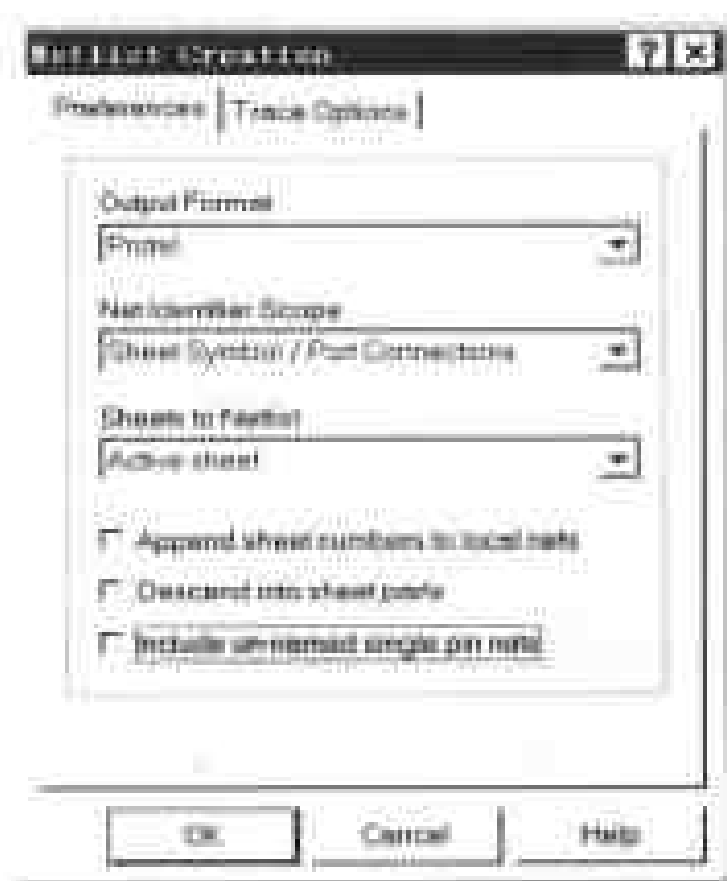


图 4-22 Netlist Creation 对话框

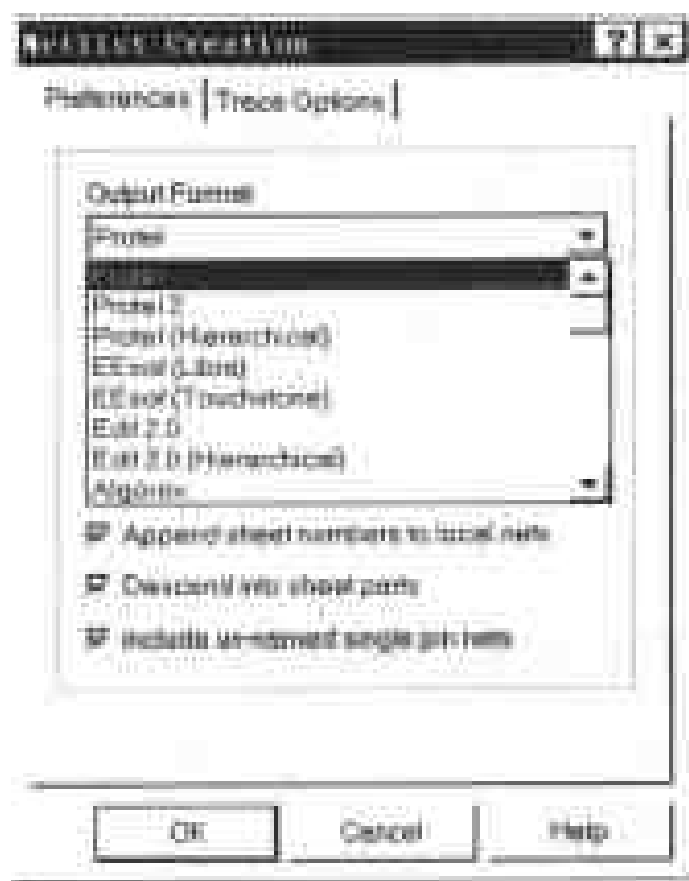


图 4-23 选择网络表述出格式

(2) Net Identifier Scope 选项主要是针对层次电路图, 用于选择网络名称认定的范围, 系统默认为 Sheet Symbol/Port Connections, 单击右边的下拉式按钮, 打开如图 4-24 所示的下拉式列表。

列表有 3 个选项, 现分别解释如下:

1) Net Label and Ports Global 选项用于设置网络名称 (Net Label) 及电路输入输出点, 适用于整个项目。在整个项目的所有电路图中, 只要同名的网络和电路图输入输出点都被认为是相连接的。

2) Only Ports Global 选项用于设置电路图输入输出点, 适用于整个项目。在整个项目的所有电路图中, 只要同名的电路图输入输出点都被认为是相连接的; 而网络名称仅适用于同一张电路图中, 在不同的电路图中, 即使网络名称相同也被认为没

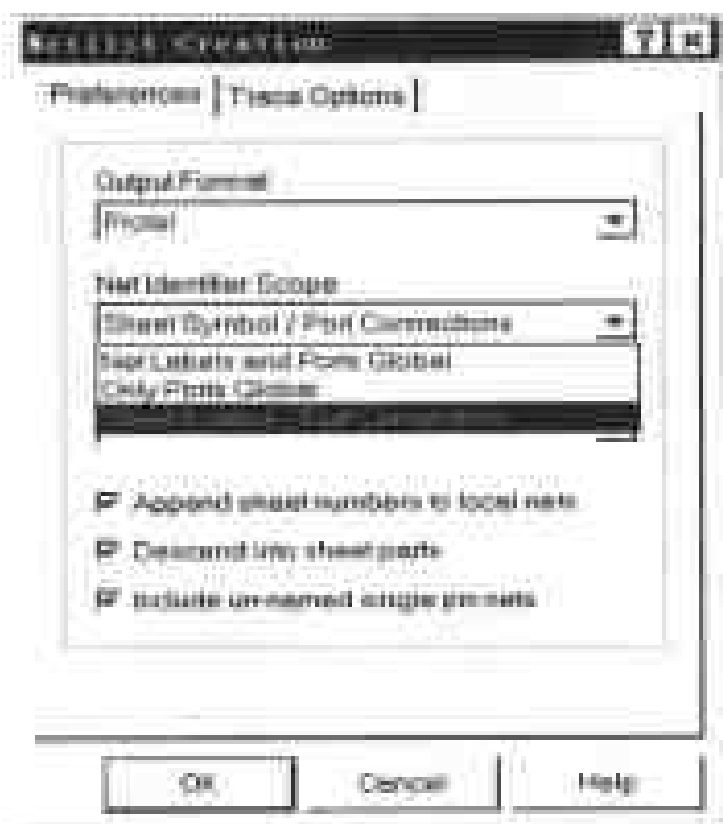


图 4-24 选择网络名称认定范围

有连接。

3) Sheet Symbol/Port Connections 选项用于设置方块图进出点与电路图中电路图输入输出点, 适用于整个项目。在整个项目的所有电路图中, 只要同名的方块图进出点和电路图输入输出点都被认为是相连接的。

(3) Sheets to Netlist 选项用于设置产生网络表的电路图范围, 如图 4-25 所示。其中包括 3 个选项, 现分别解释如下:

1) Active Sheet 选项用于设置生成当前激活的原理图的网络表。

2) Active Project 选项用于设置生成当前激活的项目的网络表。

3) Active sheet plus sub sheets 选项用于设置生成当前激活的原理图的网络表(包括其中的子图)。

(4) Append sheet numbers to local nets 选项用于设置在产生网络表时, 系统自动将电路图编号, 并且加到每个网络名称上, 以识别该网络的位置。

(5) Descend into sheet parts 选项用于设置在产生网络表时, 如果遇到电路图零件, 系统将深入到该零件的内部电路图, 将它视为电路的一部分, 且一并转化为网络表。

(6) Include un-named single pin nets 选择项用于设置在产生网络表时, 如果遇到没有名称的零件引脚, 也一并转化为表。

2. Trace Options 选项卡

单击 Trace Options 标签, 即可切换到如图 4-26 所示的 Trace Options 选项卡, 其中各选项的含义如下:

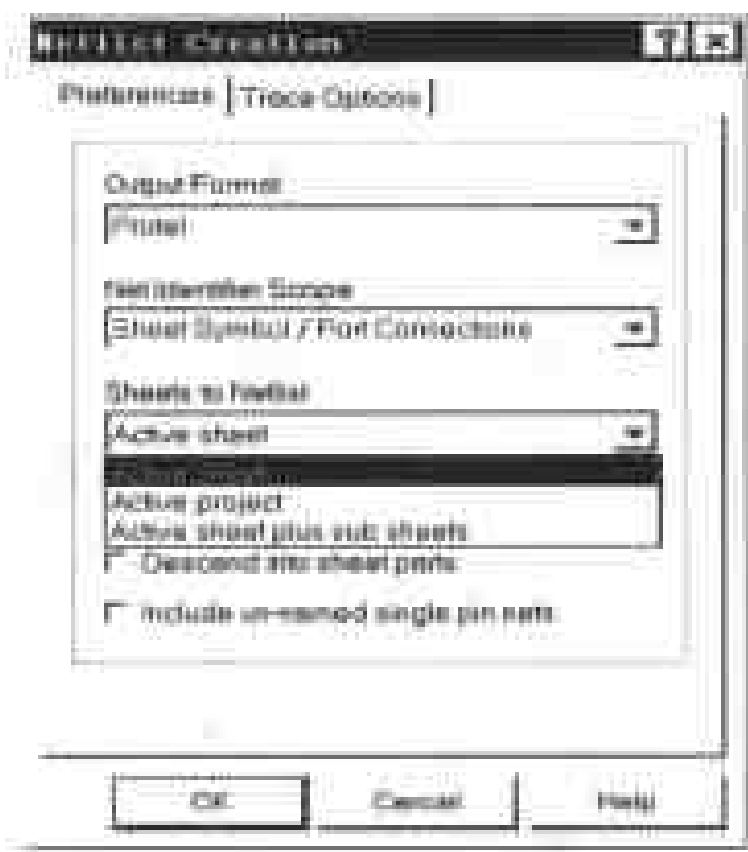


图 4-25 Sheets to Netlist 选择项

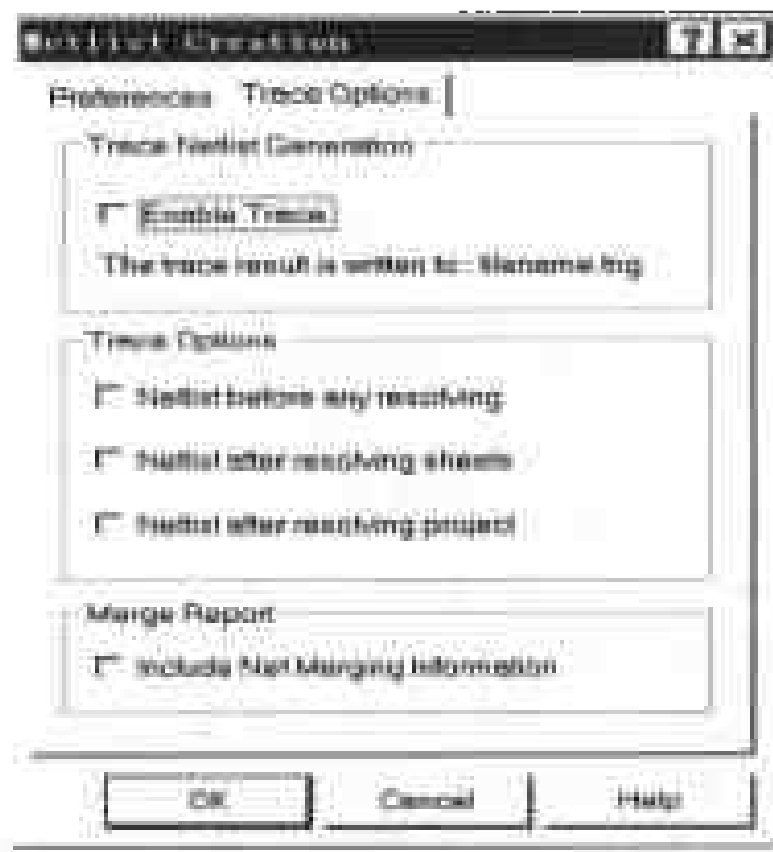


图 4-26 Trace Options 选项卡

(1) Enable Trace 选项用于设置在生成网络表的过程中, 可以跟踪, 并且将跟踪结果保存为后缀为.tng 跟踪记录文件中。

(2) Trace Options 选项区域, 包括 3 个跟踪选项, 其含义分别解释如下:

1) Netlist before any resolving 选项用于设置在产生网络表时, 将任何分解动作都加到跟踪文件中。

2) Netlist after resolving sheets 选项用于设置在产生网络表时, 只有当电路图中的内部

网络结合到项目网络后,才加以跟踪,并形成跟踪文件。

3) Netlist after resolving project 选项用于设置在产生网络表时,只有当项目内部网络进行结合动作后,才将该步骤保存为跟踪文件。

(3) Include Net Merging information 选项用于设置在跟踪文件中包括网络的数据。

说明:我们可以根据自己实际的需要,在充分了解各种设置的基础上,进行合理的设置。

4.2.2 生成网络表

对话框设置完后,这里以前面用的例子 Z80 Processor 中的 Serial Baud Clock.sch 为例,讲解最常用的 Protel 格式的网络表。单击对话框的 OK 命令,系统将电路原理图的网络关系进行计算,然后生成网络表,并将其写入相应的.Net 文件,显示在 Protel 99 的记事本编辑界面中。其主要内容有两部分,第一部分是元件描述部分,如图 4-27 所示,第二部分是网络描述部分,如图 4-28 所示,它们都是原理图 4-21 生成网络表的组成部分(其中的汉字是后加进去的),文件名为 Serial Baud Clock.NET,下面对它们进行分别解释。

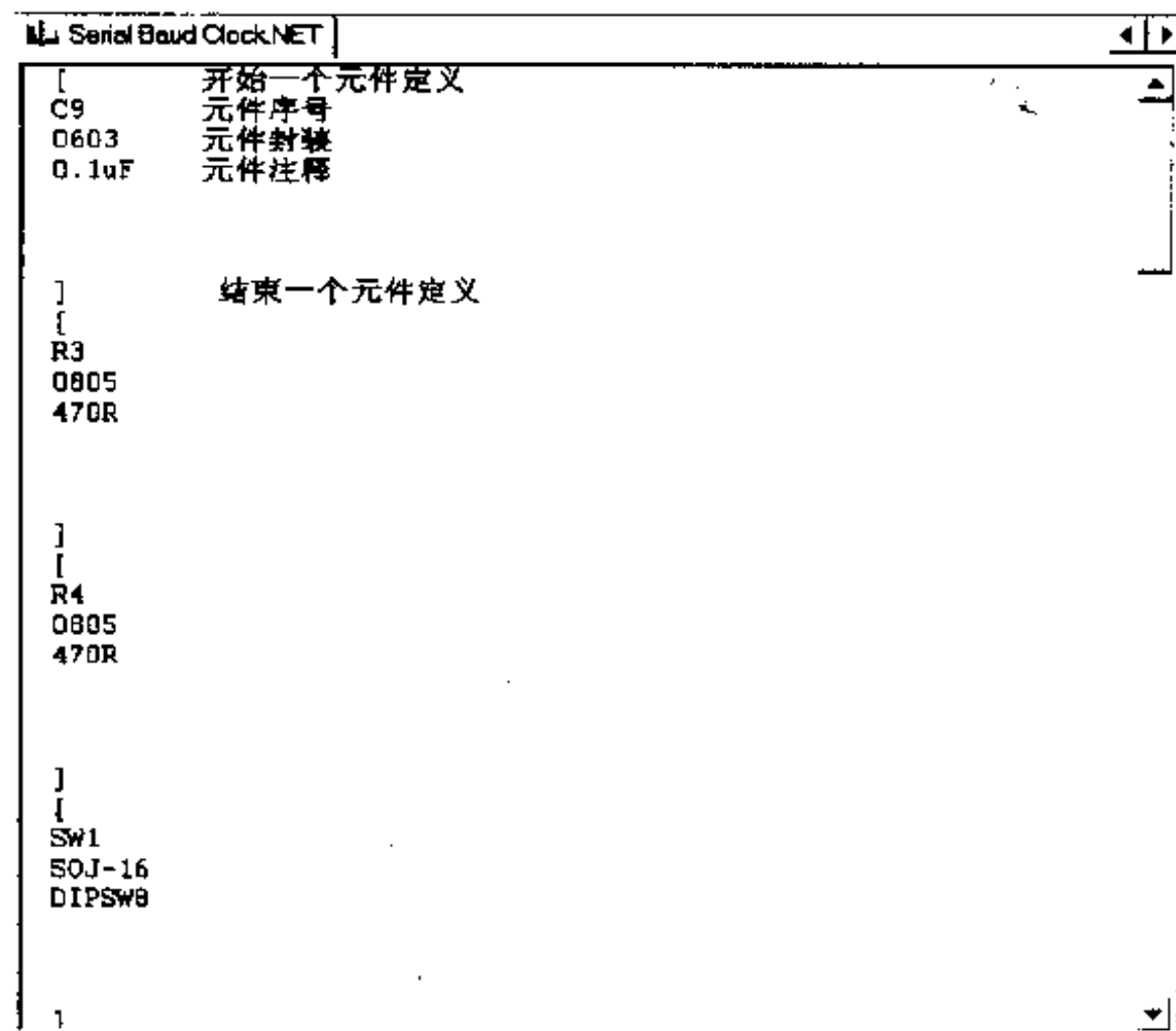


图 4-27 网络表的元件信息

1. 元件定义部分

如图 4-27 所示,每一个元件的定义部分都以“[”开始,以“]”结束。“[”的下一行是元件序号的定义,取自元件的序号栏(Designator);元件序号的下一行为元件封装的定义,在进行 PCB 布线时所加载的元件封装就是根据这部分的信息加载的,而元件封装名取自原理图中的元件的 Footprint 栏。如果原理图中元件的 Footprint 栏为空,则这一行为空;元件封装的下一行为元件注释的定义,元件名称的定义取自原理图中元件的注释,元件注释的定义取自原理图中元件的注释(Part Type)栏;元件注释的下三行是空白行,是系统保留的,没有用途。

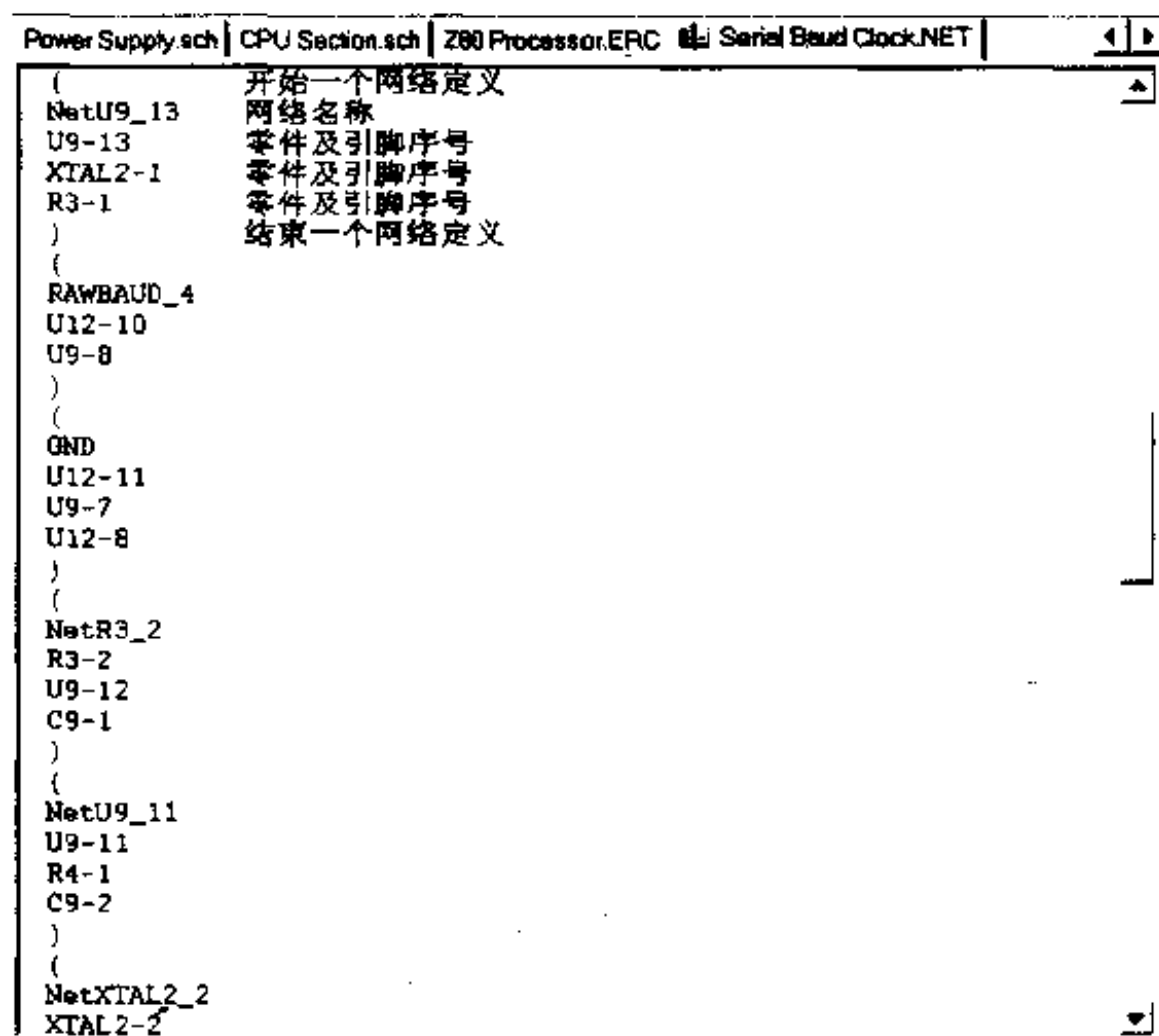


图 4-28 网表的网络信息

2. 网络定义部分

如图 4-28 所示, 每一个网络的定义部分都以“(”开始, 以“)”结束。“(”的下一行为网络名称或编号的定义, 它的定义取自电路图中的某个网络名称或者是某个输入输出点名称; 接下来的每一行代表一个网络连接的引脚, 如对上面的网络 NetU9-13, U9-13 是表示元件序号为 U9 的第 13 只引脚, XTAL2-1 是表示元件序号为 XTAL2 的第 1 只引脚, R3-1 是表示元件序号为 R3 的第 1 只引脚, 这四只引脚是连接在一起的, 属于同一网络 NetU9-13。其它网络与其道理相同。

其他常用格式的网络表, 如 Protel2、Protel[Hierarchical]等, 基本格式和 Protel 格式类似, 只是资料更加多一些, 在此不作介绍。

4.2.3 网络表比较

网络表比较 (Netlist Comparison) 可比较用户指定的两个网络表, 并将二者的差别列成文件。网络表比较是一个 ASCII 码文, 其扩展名为 .Rep。当更新电路图版本时, 可利用该功能将新版电路的修正部分记录下来存盘备查, 也可利用网络比较对比两个网络表间的异同, 用以检查电路是否有变更。通常, 进行一项设计, 总是由原理图设计开始, 由原理图生成网络表, 通过网络表设计 PCB 版图, 绘好版图后再生成新的网络表, 如果两次生成的网络表是等价的, 则说明 PCB 图如实地反映了原理图, 即版图是正确的。我们还是以 Z80 Processor 为例讲解有原理图生成的网络表和以 PCB 版图生成的网络表的比较, 以检查版图是否是正确的。

1. 由原理图生成网络表

打开如图 4-1 所示的 Z80 Processor 的项目顶层图 Z80 Processor.prj, 选择菜单命令 Tools/ERC 进行合理设置的电路规则检查, 查看检查报告是否有错, 如有错进行电路修改,

然后再进行 ERC 检查,直到无错为止。如无错,则选择菜单命令 Design/Create Netlist,进行如图 4-29 所示的原理图设置后,单击对话框的 OK 按钮,系统即生成网络文件如图 4-30 所示。我们可大体上检查一下其内容有没有缺少什么项目,比如,是否所有的元件都有封装设置。如果没有错,我们就可以进行创建 PCB 文件了。

2. 由 PCB 版图生成网络表

PCB 版图的创建和绘制,请读者参考相关章节,这里就不作详细讲解了。打开 Z80 Processor 项目的 PCB 版图 Z80 Processor Board.pcb,如图 4-31 所示。选择菜单命令 Tools/Generate Netlist,系统生成如图 4-32 所示的由 PCB 版图生成的网络表。

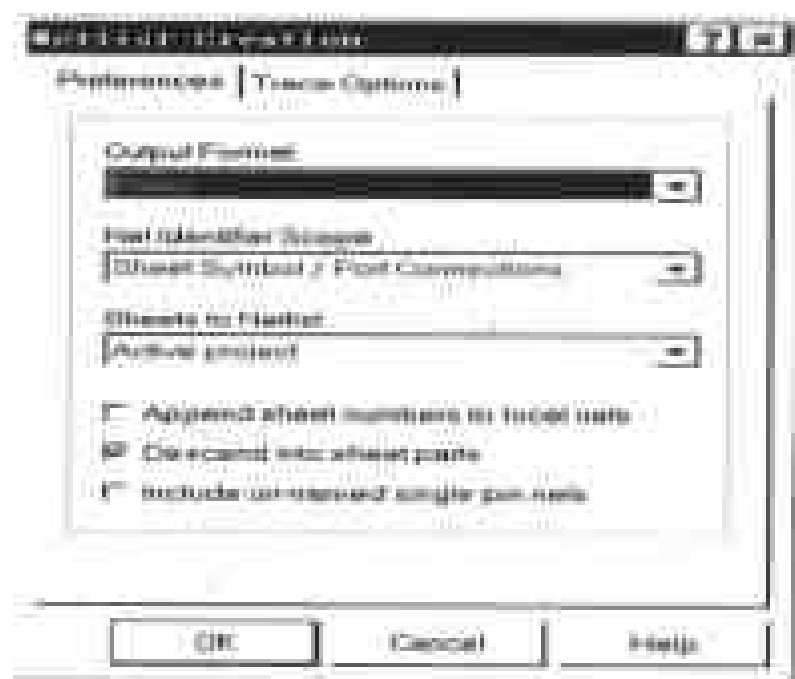


图 4-29 原理图设计网络表生成设置

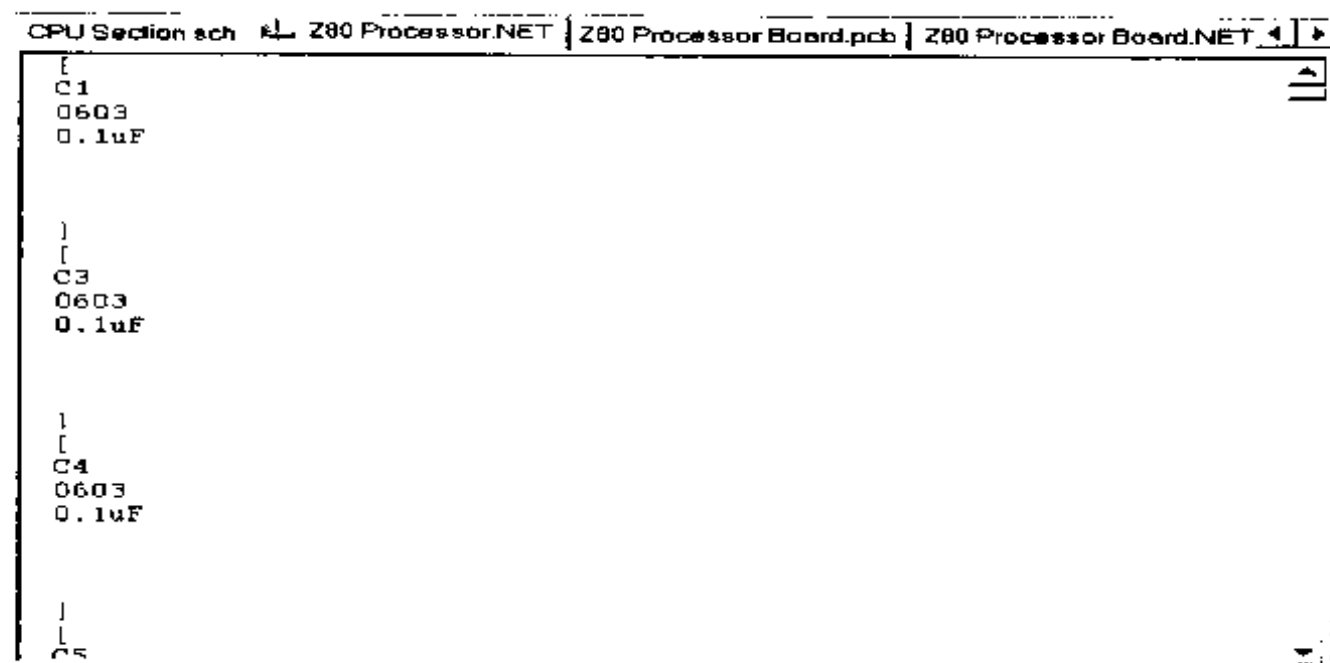


图 4-30 由原理图生成的网络表

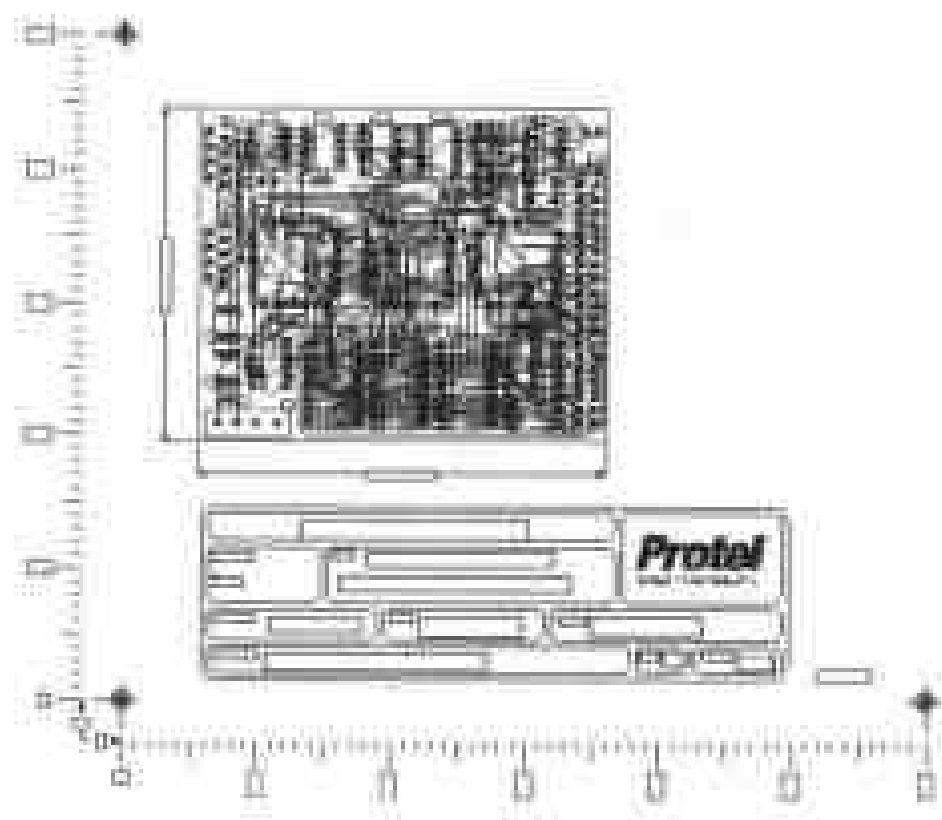


图 4-31 Z80 Processor PCB 版图

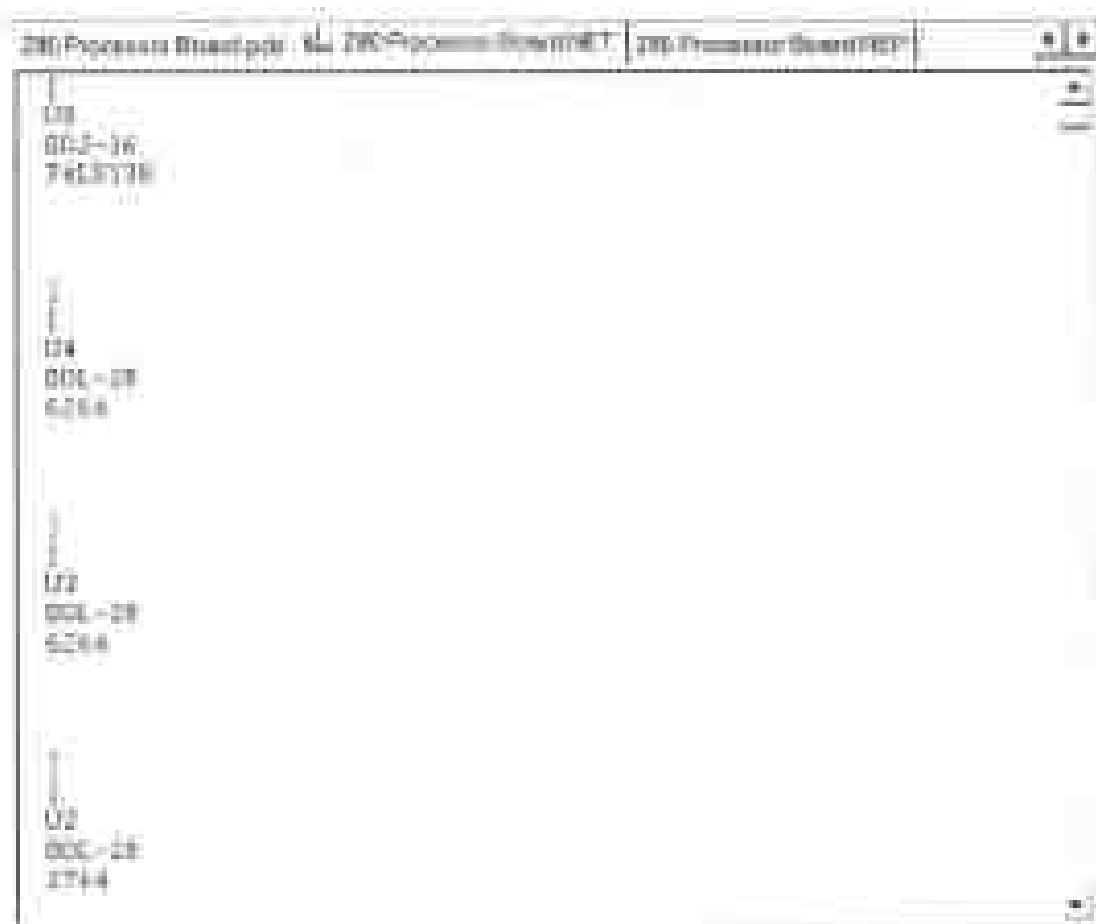


图 4-32 由 PCB 版图生成的网络表

3. 网络比较表

当要比较这两个现成的网络表时, 打开电路原理图文件, 然后执行菜单命令 Report/Netlist Compare, 系统会弹出如图 4-33 所示的对话框。在对话框中选择第一个已经存在的网络文件, 即 Z80 Processor.NET, 单击 OK 按钮, 系统会再次弹出如图 4-33 所示的对话框, 要求选择第二个网络文件。



图 4-33 网络表文件选择对话框

选择第二个网络文件, 即 Z80 Processor Board.NET, 单击 OK 按钮。系统自动进入文本

编辑器,并产生网络表比较文件如图4-34所示,文件名为Z80 Processor.Rep,显示网络中的一致与不一致的地方。

PCB1 Z80 Processor Board.pcb Z80 Processor Board.NET Z80 Processor.Rep		
Matched Nets	GND	and Net2
Matched Nets	-12	and Net84
Matched Nets	+12	and Net81
Matched Nets	VCC	and Net1
Matched Nets	NetXTAL1_2	and Net65
Matched Nets	NetU9_3	and Net69
Matched Nets	NetR1_2	and Net68
Matched Nets	NetU9_1	and Net64
Matched Nets	PB7	and Net44
Matched Nets	PB6	and Net45
Matched Nets	PB5	and Net46
Matched Nets	PB4	and Net47
Matched Nets	PB3	and Net48
Matched Nets	PB2	and Net49
Matched Nets	PB1	and Net50
Matched Nets	PB0	and Net51
Matched Nets	PC3	and Net52
Matched Nets	PC2	and Net53
Matched Nets	PC1	and Net54
Matched Nets	PC0	and Net55
Matched Nets	PA0	and Net57
Matched Nets	PA1	and Net58
Matched Nets	PA2	and Net59
Matched Nets	PA3	and Net60
Matched Nets	PA4	and Net61
Matched Nets	PA5	and Net41
Matched Nets	PA6	and Net42
Matched Nets	PA7	and Net43

图4-34 生成的网络表比较文件

文件的最后还列出了如下比较的统计结果,我们可以拉动滚动条查看如下:

```

-----
Total Matched Nets                = 88
Total Partially Matched Nets      = 0

Total Extra Nets in Z80 Processor.NET = 0
Total Extra Nets in Z80 Processor Board.NET = 0

Total Nets in Z80 Processor.NET    = 88
Total Nets in Z80 Processor Board.NET = 88
-----

```

我们看到它们完全一致,说明我们的PCB版图与原理图完全相符,它们是对应的。

第 5 章 PCB 图设计基础

印制电路板（PCB）图在电路设计中是相当重要的一部分。本章主要介绍与 PCB 图有关的一些基本概念和基本操作，为 PCB 图的设计打下一个坚实的基础。

本章将学习以下内容：

- PCB 图概念
- PCB 图的设计流程
- PCB 组件的放置与编辑
- PCB 图的基本操作
- PCB 图的高级操作

5.1 PCB 图的简介

PCB 是 Printed Circuit Board 的简写，即印制电路板，就是用来连接各种实际零件的一块板图，如图 5-1 所示。

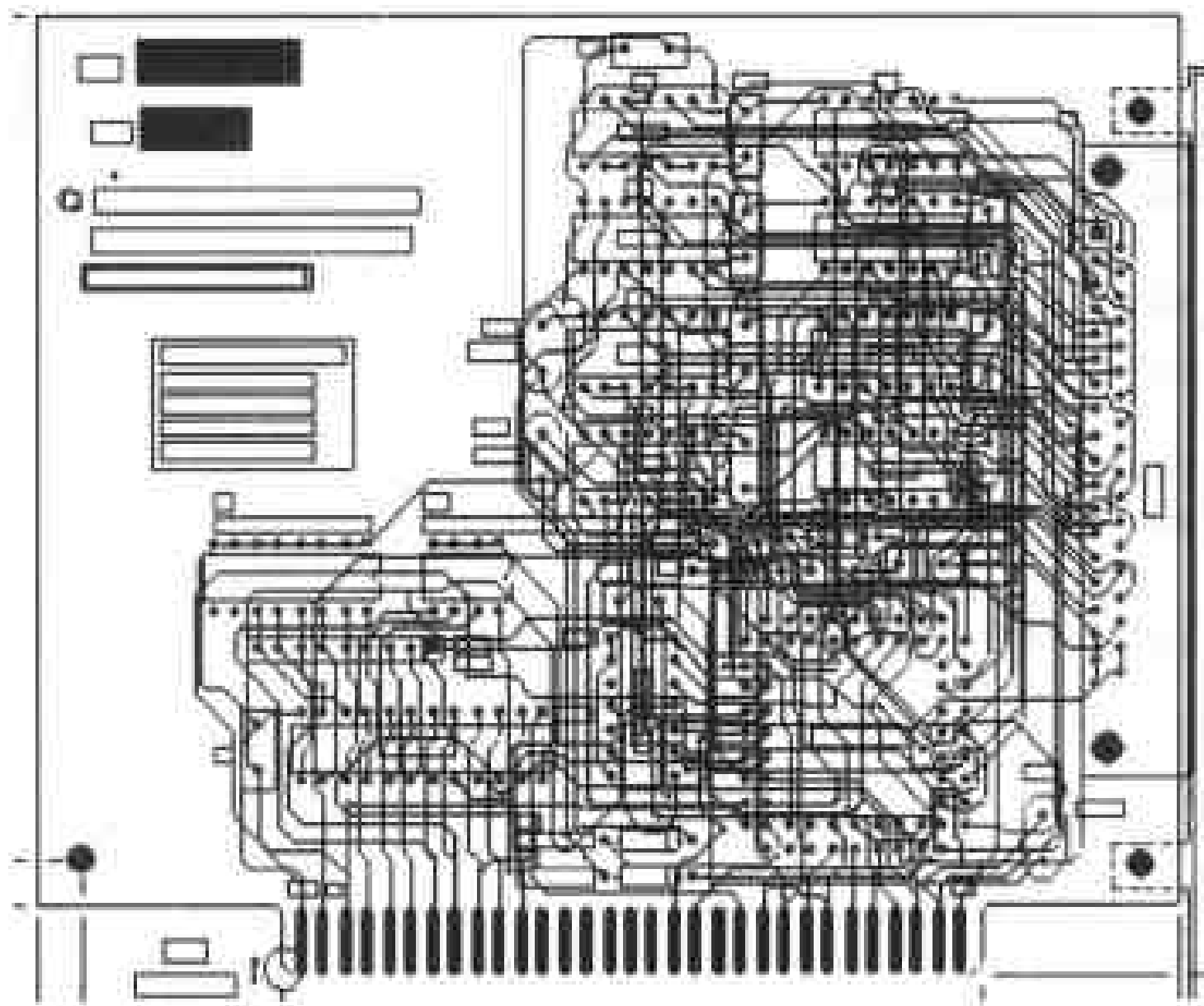


图 5-1 印制电路板图

根据印制电路板的结构可以分成单面板（Signal Layer PCB）、双面板（Double Layer PCB）

和多层板 (Multi Layer PCB) 三种。单面板是一种一面敷铜, 另一面没有敷铜的电路板, 只可在它敷铜的一面布线并放置元件。双面板是一种包括顶层 (Top Layer) 和底层 (Bottom Layer) 的电路板, 双面都有敷铜, 都可以布线, 顶层一般为元件面, 底层一般为焊锡层面。多层板就是包含多个工作层的电路板, 除了有顶层和底层外还有中间层, 顶层和底层与双面板一样, 中间层一般是由整片铜膜构成的电源或接地层。层数愈多, 加工就愈难, 它的成本也愈高, 但板的体积就愈小。随着电子技术的愈来愈发展, 多层板的应用将愈来愈广泛。

图 5-2 是一个典型的 4 层印制电路板结构剖面示意图。

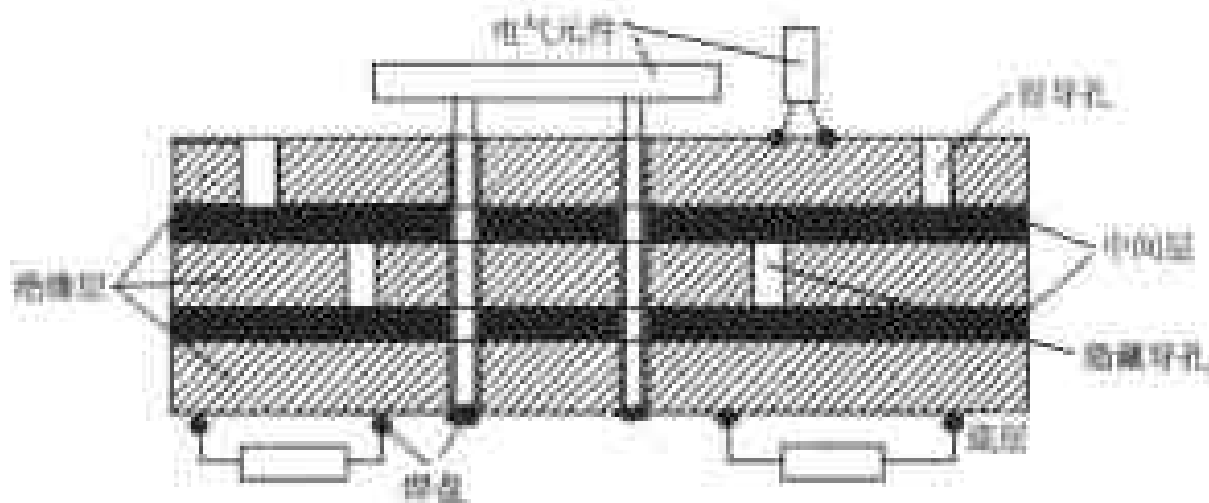


图 5-2 印制电路板结构剖面示意图 (4 层)

从示意图中可以看出, 该电路板包括 4 层, 即顶层、底层和两个中间层。层与层之间是绝缘层, 用于隔离各个板层, 使之不受干扰。

对于一个实际的电路板来说, 还有许多的其他层, 如防焊层 (Solder Mask)、丝印层 (SilkScreen Overlay)、机械层 (Mechanical) 等, 这些又有顶层与底层之分。防焊层是预留出焊盘的位置, 用绝缘材料将铜膜导线覆盖住。丝印层主要用于印制一些文字, 如公司名称、各种设置等。在 Protel 99 中系统提供了许多的层面设置, 如 16 个信号层、4 个内部板层等。

5.2 PCB 图设计流程

5.2.1 设计流程图

利用 Protel 99 来设计印刷电路板, 其设计流程如图 5-3 所示。

5.2.2 设计步骤

根据图 5-3 所示的流程图, 利用 Protel 99 进行印制电路板设计的步骤可具体描述为:

(1) 绘制原理图。根据设计要求设计电路原理图, 并完成绘制原理图的绘制。对于特别简单的电路图, 也可以

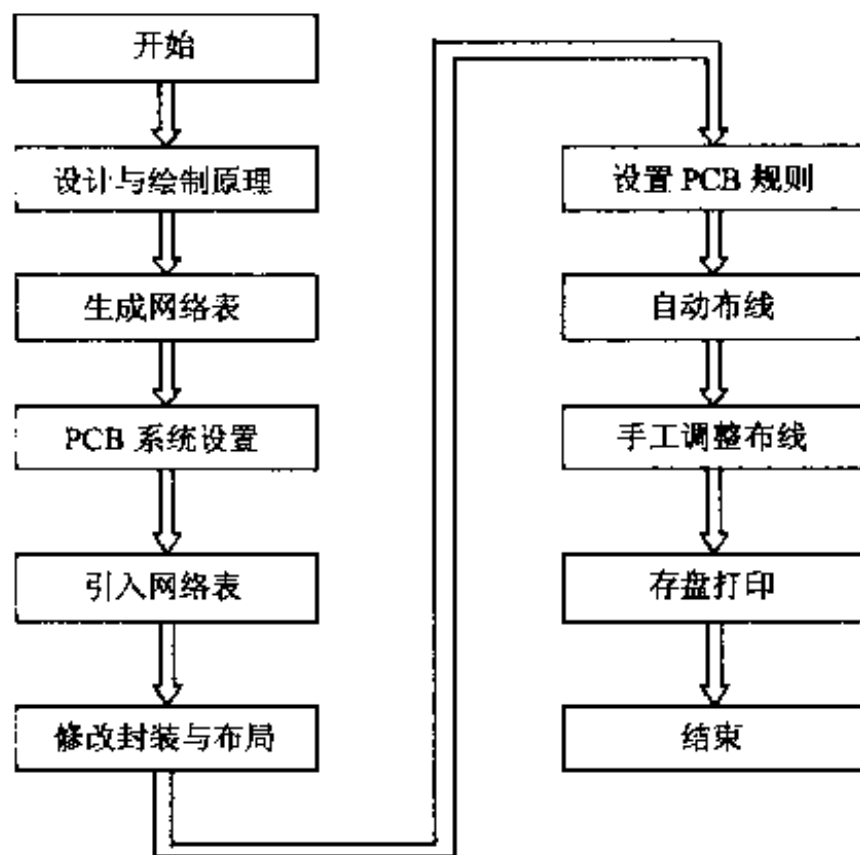


图 5-3 印刷电路板设计流程图

直接进行 PCB 的绘制。

(2) 生成网络表。根据原理图生成网络表,这部分在 Protel 99 是自动进行的,只需用户单击“Create Netlist”即可。网络表很重要,这是自动布线的基础,特别是网络表的对应关系,如果稍有差错,生成的 PCB 图与我们所设计的将完全不同。同时网络表也是原理图与印制电路板图的接口。

(3) PCB 系统设置。这是印制电路板设计中非常重要的步骤。主要内容有:规划电路板的结构,即确定电路板设计的框架,设置系统参数等。比如采用几层板,是单面板还是双面板,零件采用什么样的封装,如何布局。设置系统参数主要是设置元件的布置参数、板层参数和布线参数等。

(4) 引入网络表。引入第二步生成的网络表和零件封装,让原理图与印制电路板图连接起来。

(5) 修改零件封装和布局。引入网络表后,系统将根据规则对零件自动布局并进行飞线,我们可以根据实际情况修改零件封装或对零件布局进行修改和调整。

(6) 设置 PCB 规则。这是进行自动布线的前提。布线规则如安全距离、导线形式等。

(7) 自动布线。Protel 99 自动布线功能比较完善,它采用最先进的无网格、基于形状的对角线自动布线技术。如果 PCB 参数设置好的话,一般都会很成功地完成自动布线。

(8) 手工调整布线。自动布线后,如果有不满意的地方,我们可以进行手工调整。

(9) 存盘打印、结束。

5.3 启动 PCB 设计窗口

我们要进行 PCB 图设计,首先必须启动 PCB 设计窗口,即 PCB 设计编辑器。下面介绍如何启动 PCB 设计窗口及如何利用它。

5.3.1 PCB 设计窗口的启动步骤

启动方法与前面介绍的原理图设计系统的启动方法类似。这也是大部分设计者采用的方法,步骤如下:

(1) 进入 Protel 99,创建设计管理器。方法是:选择主菜单的菜单项 File\Open 命令打开一个已有的设计库,或者单击 File\New 命令创立一个新的设计管理器。

(2) 在设计管理器环境下选择 File\New 命令创建一个新的 PCB 文件,系统将弹出“New Documents”对话框。也可以按动快捷键 F、N,或在设计窗口中单击鼠标右键,从弹出菜单中选择“New...”命令,从中选取“PCB Document”图标,单击“OK”按钮即可。

(3) 对新建 PCB 文件重命名。新创建的文件将会出现在当前的设计库中,选中此文件图标或名字单击鼠标右键,在弹出菜单中选取“Rename”命令,再输入新的名字。

(4) 在设计库中用鼠标左键双击文件图标或名字,系统将进入 PCB 设计编辑器。

5.3.2 PCB 设计窗口

在进行 PCB 设计之前,首先了解一下 PCB 设计窗口。图 5-4 是 PCB 设计编辑器的主界面。它由标题、主菜单、主工具条、设计管理器、绘图区、放置工具条、状态栏和命令行组成。这些我们在前述章节中有详细介绍。



图 5-4 PCB 设计编辑器主界面

5.3.3 加载零件封装库

在进行 PCB 设计之前，必须加载零件封装库。下面介绍如何加载零件封装库。

1. 启动加载零件封装库（PCB Libraries）对话框

启动加载零件封装库对话框主要有两种方法：

（1）主菜单方法

选择主菜单命令 **Design\Add/Remove Library...**，如图 5-5 所示，系统将弹出 PCB Libraries 对话框，如图 5-7 所示。

（2）设计管理器的 Browse PCB 方法



图 5-5 主菜单命令

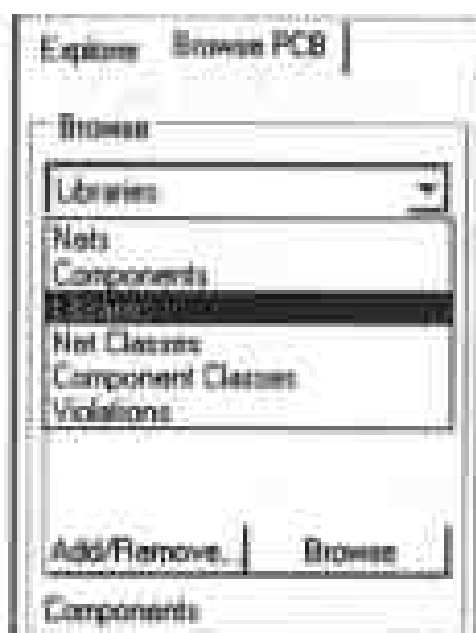


图 5-6 Browse PCB

在设计管理器中单击 **Browse PCB** 标签，系统将切换到 **Browse PCB** 标签页，然后在单击 **Browse** 区域的下拉式选择编辑框右边的下拉式按钮，如图 5-6 所示，从中选择 **Libraries**

2. 启动方式二

放置工具栏 (PlacemenetTools) 启动式。只要进入 PCB 绘制模式, 系统就会自动出现如图 5-9 所示的“浮动”工具栏, 用户可以自由地拖动到想要放置的地方。

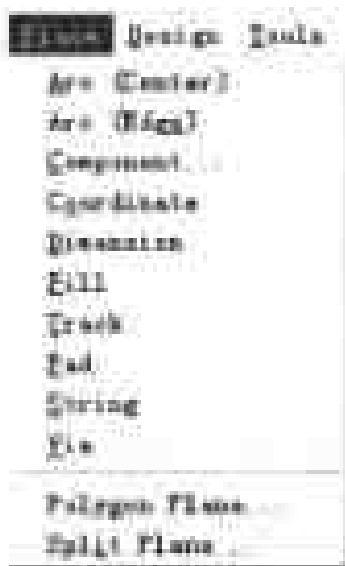


图 5-8 Place 菜单



图 5-9 组件放置工具栏

如果放置工具栏 (PlacemenetTools) 没有出现或关闭, 可以从主菜单上重新激活它。方法是: 选择主菜单项 View 下的 Toolbars 的子菜单 PlacementTools 即可。也可以用快捷键 (V、B、P) 来打开和关闭放置工具栏。


3. 启动方式三

快捷键启动式。如放置导线, 依次击键 P、T 即可。

5.4.2 放置零件封装

零件封装是 PCB 设计中最基本也是最重要的组件, 详细介绍零件封装的选取、放置、布局和修改操作。


1. 命令启动方法

- (1) 主菜单启动: 选择主菜单区的 Place\Component 选项。
- (2) 快捷键启动: 从键盘上依次击键 P、C 键。
- (3) 放置工具栏启动: 单击 PlacementTools 工具栏上的 Component 图标 。

命令启动后, 系统会弹出如图 5-10 所示的 Place Component 对话框, 需要我们在该对话框中输入零件封装名、标号和注释等参数。

这个对话框中的各项说明如下:

- Footprint: 装载封装。用来输入零件封装库的封装名, 即装载何种零件封装。如果熟悉零件封装的话, 可以直接在编辑框中输入封装

名, 如 DIP8。也可以通过单击  按钮

来浏览, 选择所要取用的零件封装。单击 Browse

按钮后, 系统将弹出如图 5-11 所示的 Browse Libraries 对话框。我们可以通过对话框选择所需要放置的封装。

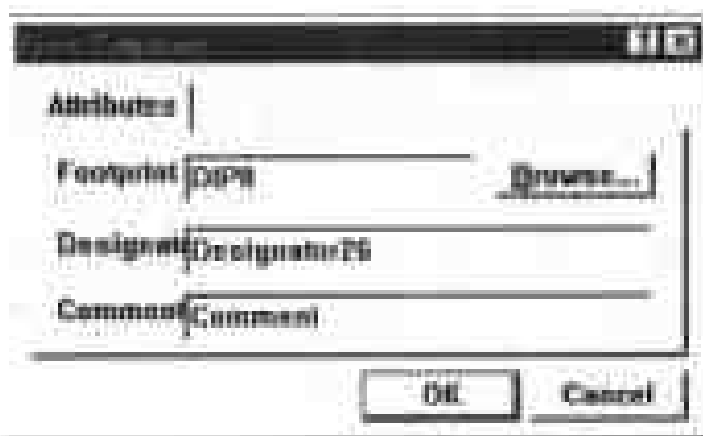


图 5-10 放置零件封装对话框

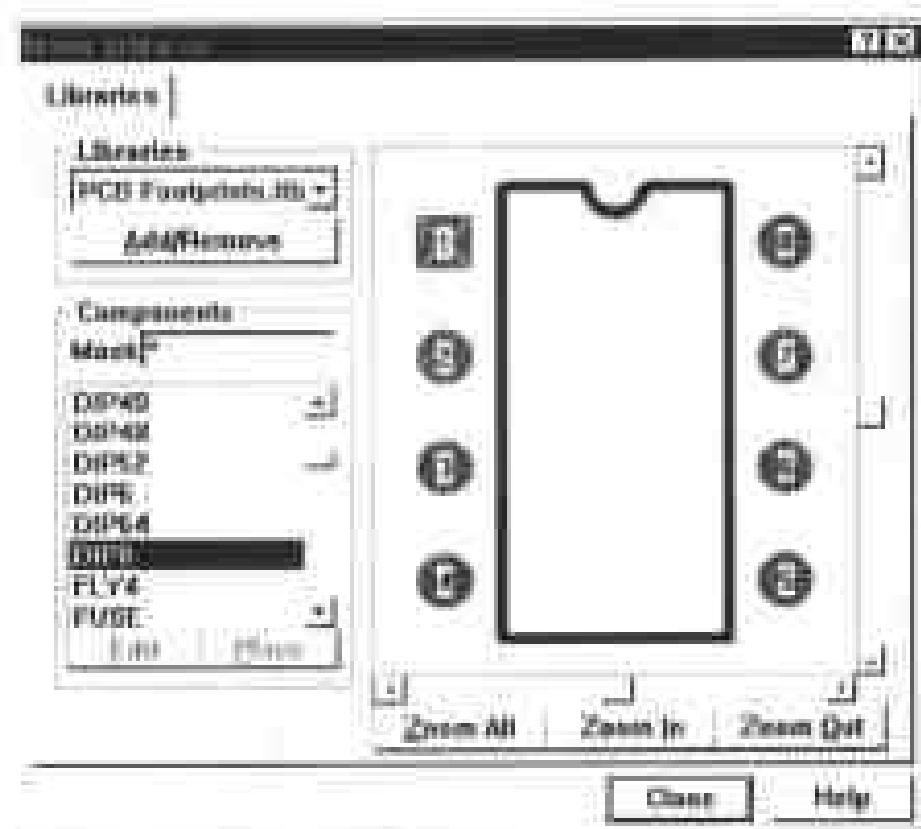


图 5-11 零件封装库浏览对话框

● **Designator:** 零件序号。用来输入此封装在本 PCB 中的零件序号，系统默认为 Designator xx，其中 xx 表示零件封装序号。

● **Comment:** 零件名称。用来输入此封装的零件名称。

● 从图 5-11 可看出，零件封装库浏览对话框中有三部分，即 Libraries（零件封装库）区域、Components（零件封装）区域和零件封装预览区域。

● **Libraries:** 零件封装库。在该区域中单击编辑框的下拉式按钮，选择当前系统加载的零件封装。单击 **Add/Remove** 按钮可以添加或删除零件封装库。

● **Components:** 零件封装。在该区域列出了选定零件封装库的零件封装，可以在零件封装列表中选择所要预览的零件封装。**Mask** 框用于过滤零件封装，系统默认设置为“*”号，表示列出选定零件封装库中的所有零件封装。单击 **Edit** 按钮，系统将切换到零件封装编辑器（PCBLib）环境，编辑选定的零件封装，单击 **Place** 按钮，浏览零件封装库对话框关闭，系统将退回到 PCB 设计环境，光标变成十字形状，并且光标上粘着一个选定的零件封装，要求放置零件封装。

● **预览区域:** 在该区域显示了选定零件封装的形状和焊点。图 5-11 显示的是零件封装 DIP8 的形状和焊点。单击 **Zoom All** 按钮，将所选零件封装在预览区域内尽可能地放大。单击 **Zoom In** 按钮，将放大零件封装。单击 **Zoom Out** 按钮，将缩小零件封装。

2. 零件封装的放置

选取好零件封装后，单击图 5-10 对话框的 **OK** 按钮，进入零件封装的放置状态。此时光标变成十字形状，并且带着选择的零件封装一起移动。移动鼠标到合适的位置，单击鼠标左键即可

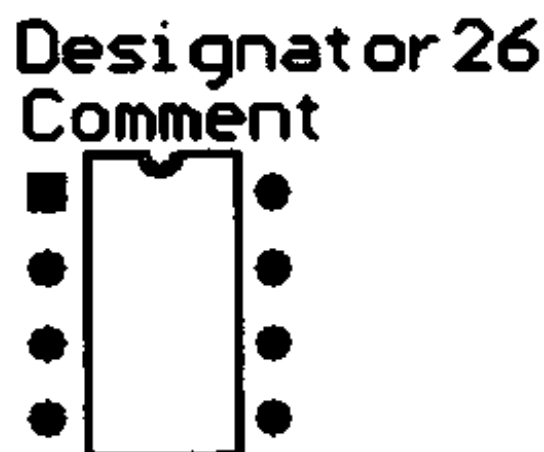


图 5-12 放置好的零件封装

完成零件封装的放置,如图 5-12 所示。接着又出现图 5-10 所示的对话框继续放置零件封装,如果不想再放置零件封装,则单击 Cancel 按钮结束该命令。

提示:在放置过程中可以按空格键使零件封装旋转,按“X”键使零件封装在水平方向上反转,按“Y”键使零件封装在垂直方向上反转,按“L”键使零件封装从顶层移到底层,同时由于零件封装切换到了底层,零件封装的零件序号和零件名称都将是相反的。可以再按“X”键使零件封装在水平方向上反转。

3. 设置零件封装的属性

放置零件封装首先要启动零件属性设置对话框。方法有三种:

(1) 当在放置零件封装时从键盘上按 Tab 键。

(2) 用鼠标左键双击已经放置好的零件封装。

(3) 选中零件封装,然后单击鼠标右键,从弹出菜单中选取 Properties 命令。零件封装属性设置对话框如图 5-13 所示。

从图 5-13 可以看出,零件封装属性设置对话框中有三个标签页,即“Properties”、“Designator”和“Comment”,点不同的标签将进入相应的标签页。从标签的名称可看出,三个标签页是分别对应零件封装的三部分,即零件封装整体、零件封装的零件序号(Designator xx)、零件封装的零件名称(Comment)。下面分别介绍。

1) Properties 标签页: Properties 标签页如图 5-13 所示,此标签页有以下 10 个编辑选项:

- Designator: 设置零件的序号。
- Comment: 设置零件的名称或标注。
- Footprint: 设置零件的封装形式。
- Layer: 设置零件封装所在的层。通过右边的下拉式按钮选择层。

- Rotation: 设置零件封装的旋转角度。
- X-Location/Y-Location: 设置零件封装 X 轴/Y 轴坐标。
- Lock Prims: 设置是否锁定零件封装的结构,即不能将零件封装的各个部件分开。
- Locked: 设置是否锁定零件封装的位置。
- Selection: 设置零件封装是否处于选择状态。

2) Designator 标签页: Designator 标签页如图 5-14 所示,此标签页有以下 10 个编辑选项。

- Text: 设置零件封装的序号。
- Height: 设置零件封装序号文字的高度。
- Width: 设置零件封装序号文字的线宽。
- Font: 设置零件封装序号文字的字体。通过右边的下拉式按钮选择字体。
- Layer: 设置零件封装序号文字所在的层。通过右边的下拉式按钮选择层。
- Rotation: 设置零件封装序号旋转角度。
- X-Location/Y-Location: 设置零件封装序号 X 轴/Y 轴坐标。

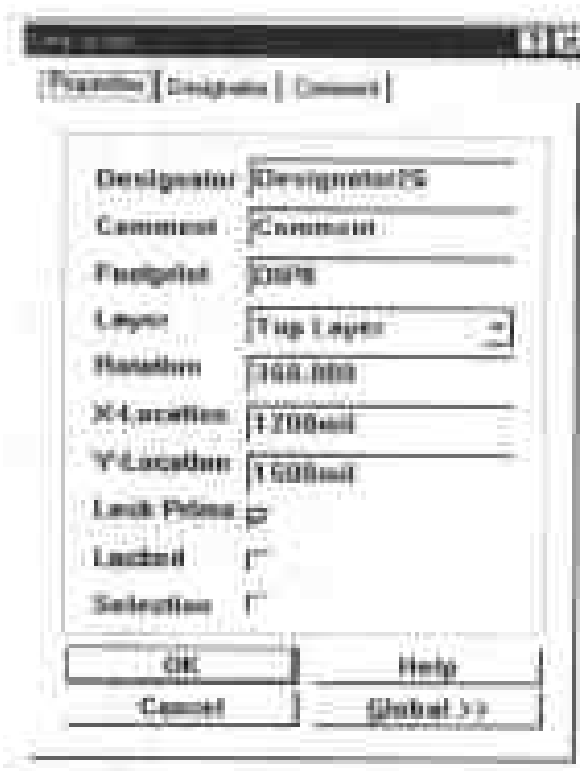


图 5-13 Properties 标签页

- Hide: 设置零件封装序号是否隐藏。
- Mirror: 设置零件封装序号是否翻转。

3) Comment 标签页: Comment 标签页与 Designator 标签页完全一样, 只是 Comment 标签页里的所有选项都是设置零件封装的零件名称或注释的属性。具体请参见 Designator 标签页。

4. 封装的基本操作

(1) 零件封装移动、旋转和板层切换

对于正在放置过程中的零件封装, 其移动、旋转和板层切换请参见前面讲述的方法以及提示。下面介绍对已放置的零件封装进行移动、旋转和板层切换等操作。

1) 零件封装的移动: 图 5-15 所示为一个已放置好的 DIP8 零件封装, 现在对它进行移动操作。

首先在零件上按住鼠标不放, 光标自动移动到零件封装的参考点上, 如图 5-16 所示。此时可以任意移动光标, 零件封装跟着光标一起移动, 在合适的位置按下鼠标左键, 放下零件封装。注意在移动过程中一直按住鼠标不放, 否则就无效。另外一般情况下, 零件封装的参考点在焊点 1 上。

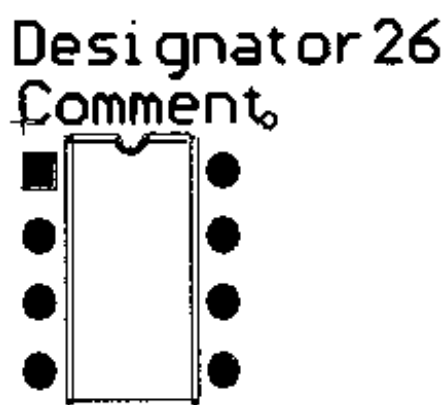


图 5-15 放置好的零件封装

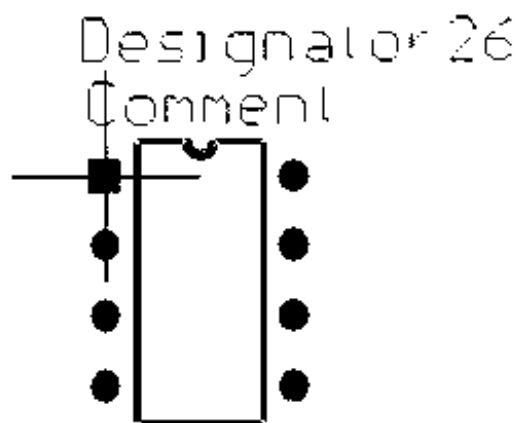


图 5-16 光标自动移到零件封装的参考点上

同时零件封装的移动也可以通过主菜单命令很方便地完成。选取主菜单的菜单项“Edit”下的“Move”项, 系统将弹出子菜单, 如图 5-17 所示。在子菜单中与零件封装移动有关的命令有: Move、Drag、Component、Move Selection。

命令启动后, 光标变成十字形状, 接着在零件封装上单击鼠标左键, 光标自动移动到零件封装的参考点上, 如图 5-16 所示。方法同前面所述一致。

其中的各项内容如下:

- Move: 用于单独移动组件。
- Drag: 用于移动零件封装, 此时被移动的零件封装和它相连的导线是否断开与环境的设置有关。如果设置了导线一起移动, 在与零件封装相连的导线将跟随着移动,

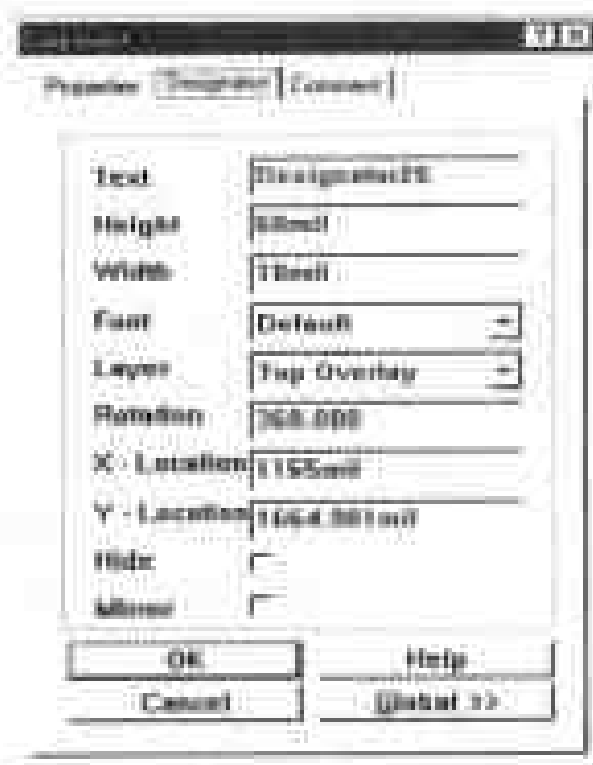


图 5-14 Designator 标签页



图 5-17 “Edit/Move”子菜单

不会造成断线的情况。在启动此命令之前，不需要选取零件封装。此命令非常有用。

- **Component:** 专用于单独移动零件封装，对其他组件无效。
- **Move Selection:** 与“Move”的功能相似，只是它移动的是所有已选定的零件封装。

2) 零件封装的旋转：与移动相似，在选取零件后按住鼠标不放，如果按空格键，使零件封装沿某个角度旋转，系统默认为 90 度，如图 5-18a 和 5-18b 所示。旋转角度可以在环境设置中设置。如果按“X”键，则使零件封装在水平方向上作反转，如图 5-19a 和 5-19b 所示。如果按“Y”键，则使零件封装在垂直方向上作反转，如图 5-20a 和 5-20b 所示。

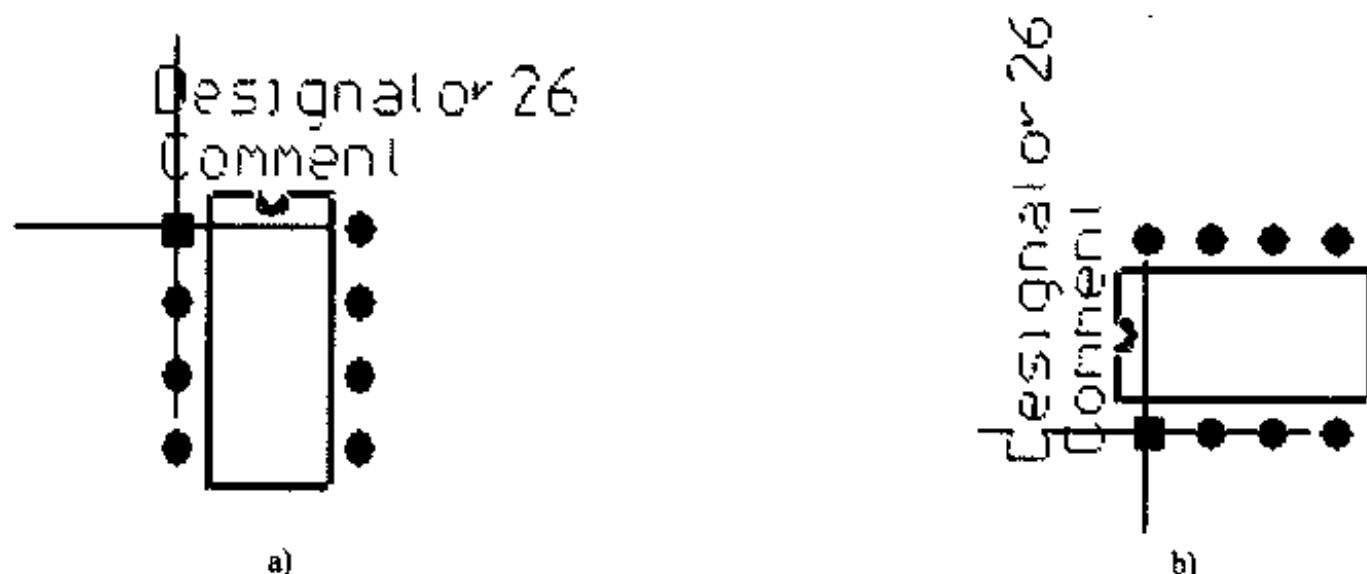


图 5-18 零件封装的旋转

a) 旋转前选定状态 b) 逆时针旋转 90 度后

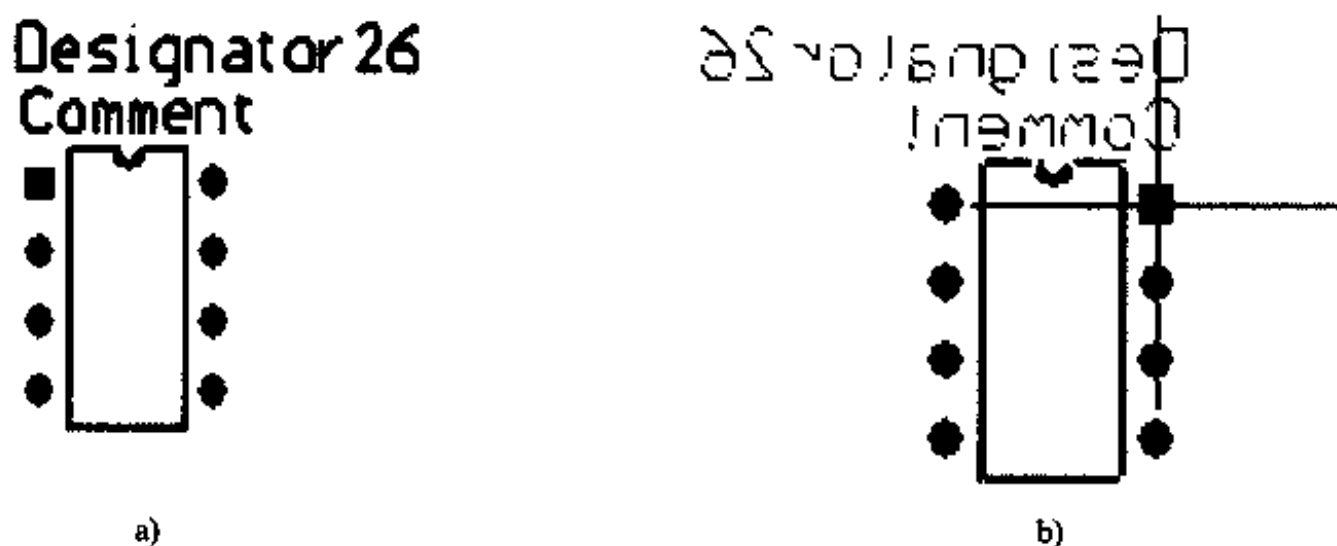


图 5-19 水平反转

a) “X” 水平反转前 b) “X” 水平反转后

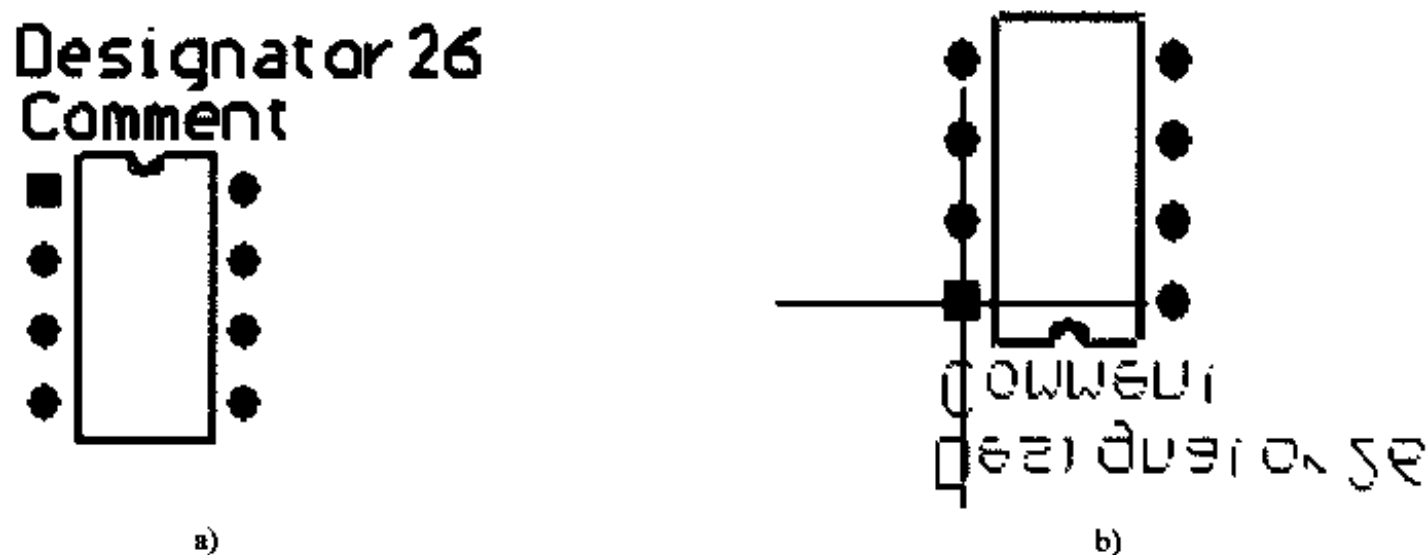


图 5-20 垂直反转

a) “Y” 垂直反转前 b) “Y” 垂直反转后

同时零件封装的旋转也可以通过主菜单命令很方便地完成。同移动一样，选取主菜单的菜单项 Edit\Move，在 Move 子菜单中有“Rotate Selection”和“Flip Selection”两个命令可以使零件封装旋转。

● Rotate Selection: 用于旋转选定的组件。首先要选定需要旋转的组件，然后通过菜单启动该命令系统将弹出一个对话框，如图 5-21 所示。

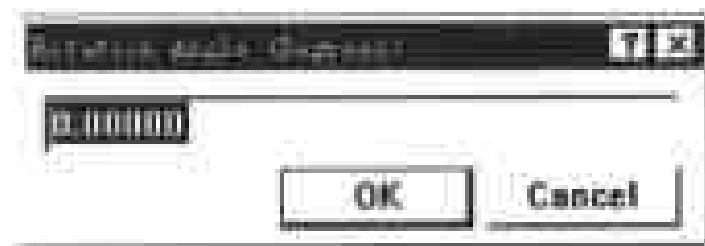


图 5-21 旋转角度对话框

此对话框要求我们输入旋转的角度，单位为度。如果输入的角度为正，则零件封装沿逆时针方向旋转，如果为负，则沿顺时针方向旋转。输入角度后，单击“OK”，光标变成十字形状，要求我们指定旋转中心。移动光标到合适的位置，单击鼠标左键，确定零件封装的旋转中心。此时零件封装就以选定点为中心，以设定的角度旋转，如图 5-22a 和 b 所示。

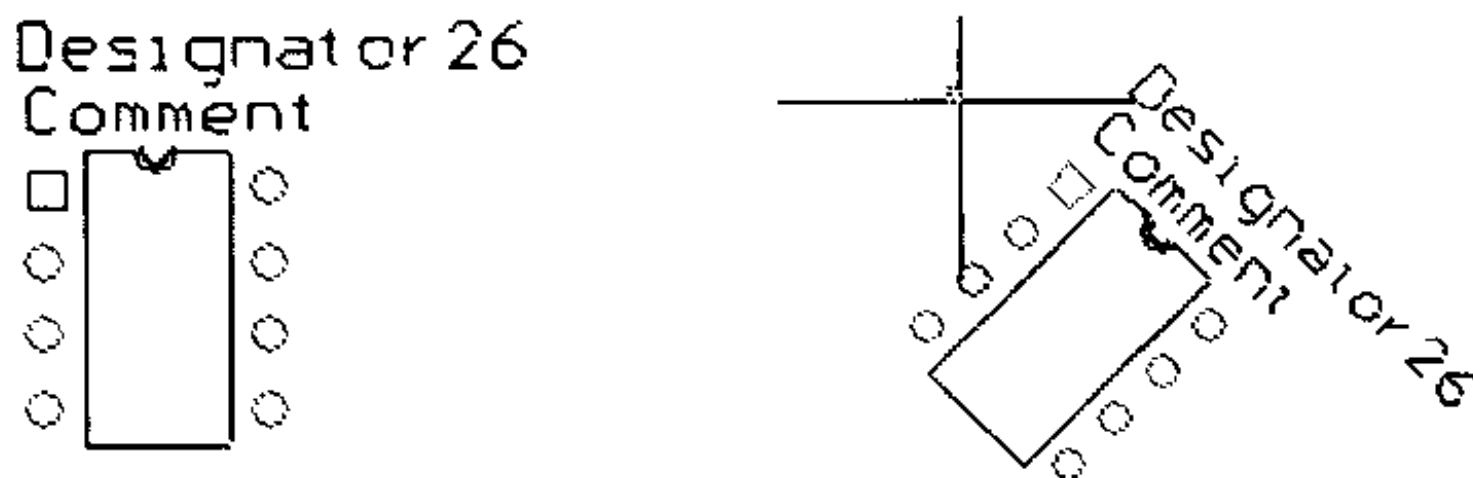


图 5-22 选定需要旋转的零件，沿中心线旋转角度为-45 度

● Flip Selection: 用于选定组件的水平翻转，使选定的组件以各个组件所构成的区域中心为对称轴作水平翻转。此操作也可以选选定各个组件，再在其中一个上按住鼠标左键，然后按“X”键作水平翻转。但是它是以前光标所在的点为中心作水平翻转，如图 5-23 所示。

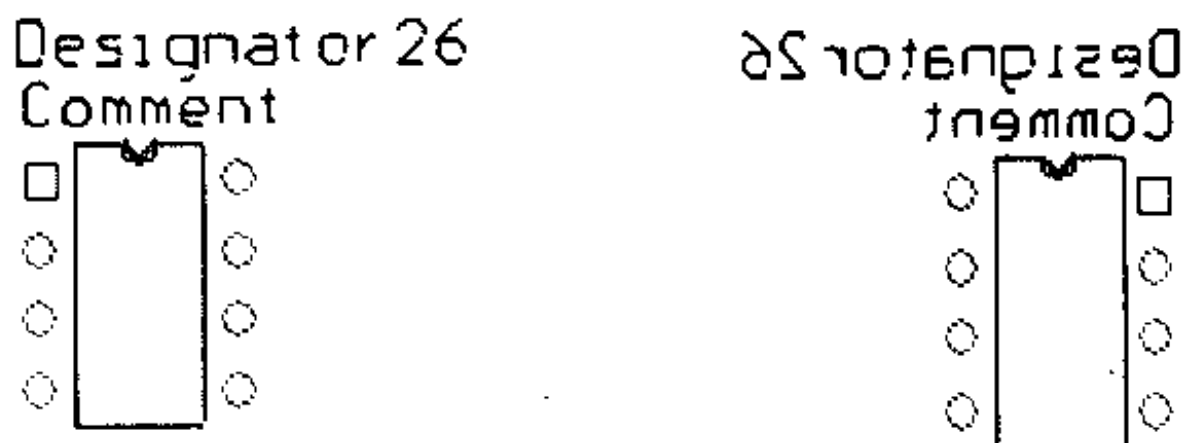


图 5-23 选定需要水平翻转的零件，执行 Flip Selection 后零件的水平翻转

3) 零件封装的板层切换: 零件封装的板层切换很简单，与移动一样，在选定零件封装

后按住鼠标不放，从键盘上按 L 键，零件封装就从顶层切换到了底层（或从底层切换到了顶层）。由于零件封装切换到了底层，所以零件封装的序号与名称都是相反的。可以继续按“X”键，使零件封装作水平翻转，就可以把零件封装的序号与名称换回，如图 5-24 所示。

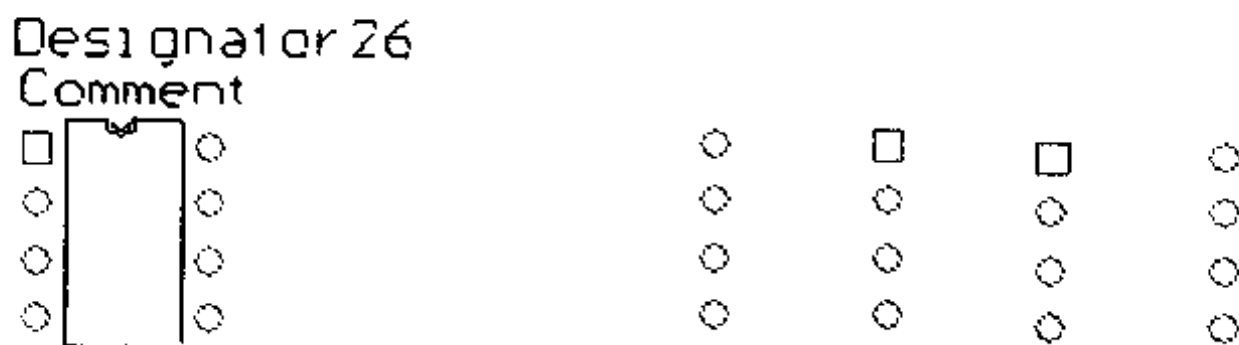


图 5-24 选定的零件封装切换到了底层，再作了水平翻转

(2) 零件封装的复制、粘贴

在主菜单的菜单项“Edit”中集中了有关剪切、复制、粘贴等操作的命令。它们是：Cut、Copy、Paste、Paste Special...、Clear。除了 Paste Special...外，其余的与 Windows 操作一样。

- Cut: 将选取的零件作为副本放入剪贴板中。快捷键为 E、T 或 Shift+Delete。
- Copy: 将选取的零件直接移入剪贴板中，同时将被选零件删除。快捷键为 E、C 或 Ctrl+Insert。
- Paste: 将剪贴板中的东西作为副本拷贝到电路图中。快捷键为 E、P 或 Shift+Insert。
- Paste Special...: 这是一种选择性的粘贴。下面重点介绍 Paste Special...命令。

启动 Paste Special...命令后，系统将弹出 Paste Special 对话框，如图 5-25 所示。

Paste Special 对话框中有 4 个选项，说明如下：

1) Paste on current: 如果选中该项，则所有的组件都将粘贴在当前层中。否则，粘贴组件时，各个组件根据拷贝时组件所在的板层粘贴到不同的板层中。如果粘贴的组件中包含有不同层间的导线时，而选择该项，则很有可能造成导线在同一个板层内发生交叉。所以要慎重选择。


2) Keep net name: 如果选中该项，则粘贴组件时将保持原有的网络名称。由于它保持原有的网络名称，所以要慎重选择，因为网络名称相同，粘贴的组件和 PCB 原来的组件之间会出现飞线。建议在同一个 PCB 中粘贴时，请不要选中此项，在不同的 PCB 中粘贴时，也要注意两者是否有相同的网络名称存在。

3) Duplicate designator: 如果选中此项，则在粘贴组件时将保持零件的序号，也就是说在同一个 PCB 中有两个或多个相同序号的封装。否则，粘贴时会在零件封装的零件序号后加入一个“Copy”字样。该命令通常用于在同一个 PCB 内的粘贴组件，如果选择此项的话，通常不选中 Keep net name。

4) Add to component class: 如果选择该项，则在粘贴时各个零件封装将添加到拷贝是零件封装所在的零件封装类中。



图 5-25 Paste Special 对话框

设置完毕后，单击  按钮，即可将剪贴板中组件按上面的设置进行粘贴。

如果要进行阵列式粘贴, 请单击 **Paste Array** 按钮, 系统将出现阵列式粘贴设置对话框, 如图 5-26 所示。

此对话框包括以下 4 个部分:

1) Placement Variables: 用于设置放置的参数, 其中“Item Count”项用于设置重复放置组件的个数, “Text Increment”项用于设置组件序号的增量。

2) Array Type: 用于设置粘贴类型, 如果选择“Circular”项则进行环形粘贴, 如果选择“Linear”项则进行线性粘贴。选择其中的某一项, 则下面两个区域中对应的一个变成可用, 而另一个变成不可用。

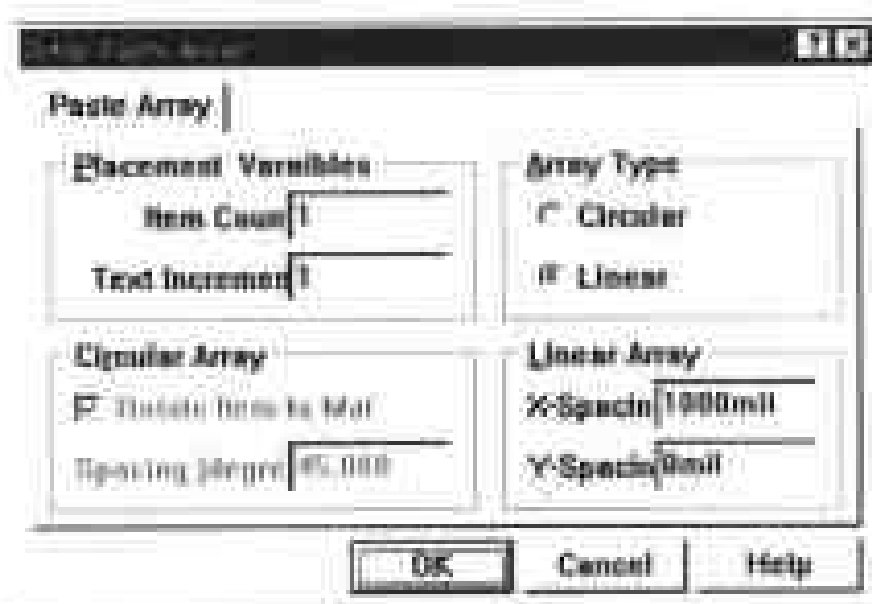


图 5-26 阵列式粘贴设置对话框

如图 5-26 中选择“Linear”, 所以 Linear Array 区域变成可用。

3) Circular Array: 用于设置环形粘贴时的参数。其中“Spacing[degrees]”用于设置粘贴组件间的角度。如果选中了“Rotate Item to Match”项, 则组件将改变方向以保持组件和旋转半径间的夹角, 否则组件的方向将保持不变。

4) Linear Array: 用于设置线性粘贴时的参数。其中“X-Spacing”项用于设置组件间的水平间距, 而“Y-Spacing”项用于设置组件间的垂直间距。

(3) 零件封装的修改

1) 零件封装外形的更改

有时我们会遇到比较特殊的零件封装, 在零件封装库中找不到, 又觉得没有必要去新建一个零件封装, 此时我们可以直接在 PCB 上更改零件封装。

下面举例说明修改步骤, 希望将图 5-27 的零件封装改成如图 5-28 所示的零件封装。

首先双击零件封装, 打开零件封装属性对话框, 将 Lock Prims 取消, 如 **Lock Prims** ☐, 即使零件封装的各个部件(如导线、焊点)能够分开。其次修改导线, 使零件封装的外形符合要求的形状。然后移动焊点到合适的位置。

完成调整后, 双击零件封装, 再次打开零件封装对话框, 将 Lock Prims 选中。

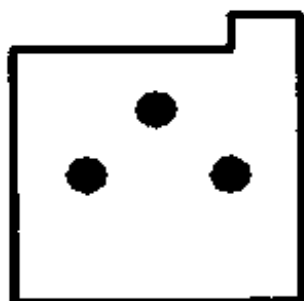


图 5-27 更改前零件封装

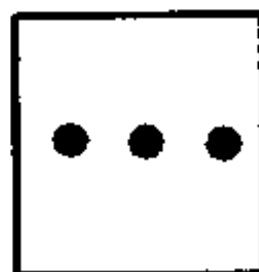


图 5-28 更改后零件封装

2) 零件封装的分解

如果希望彻底分解零件封装, 可以选择主菜单项的 Tools\Convert\UnGroup Component 命令即可实现。命令启动后光标变成十字形状, 移动光标到需要分解的零件封装上单击鼠标

左键完成。零件封装一旦分解了就再也不能恢复了, 所以使用此命令之前要慎重考虑。

5.4.3 飞线

飞线, 就是连接各个点的线。当引入网络表后生成的印制电路板 (PCB) 图, Protel 99 按照默认的拓扑规则 (最短规则), 自动生成了飞线。我们在手工布线或自动布线后调整 PCB 图时, 可以通过 “From-To Editor (飞线编辑器)” 方便地进行编辑和设计飞线。

1. 启动 From-To Editor (飞线编辑器)

(1) 用主菜单启动。选择主菜单栏的菜单项 **Design\From-To Editor**, 即可打开飞线编辑器, 如图 5-29 所示。

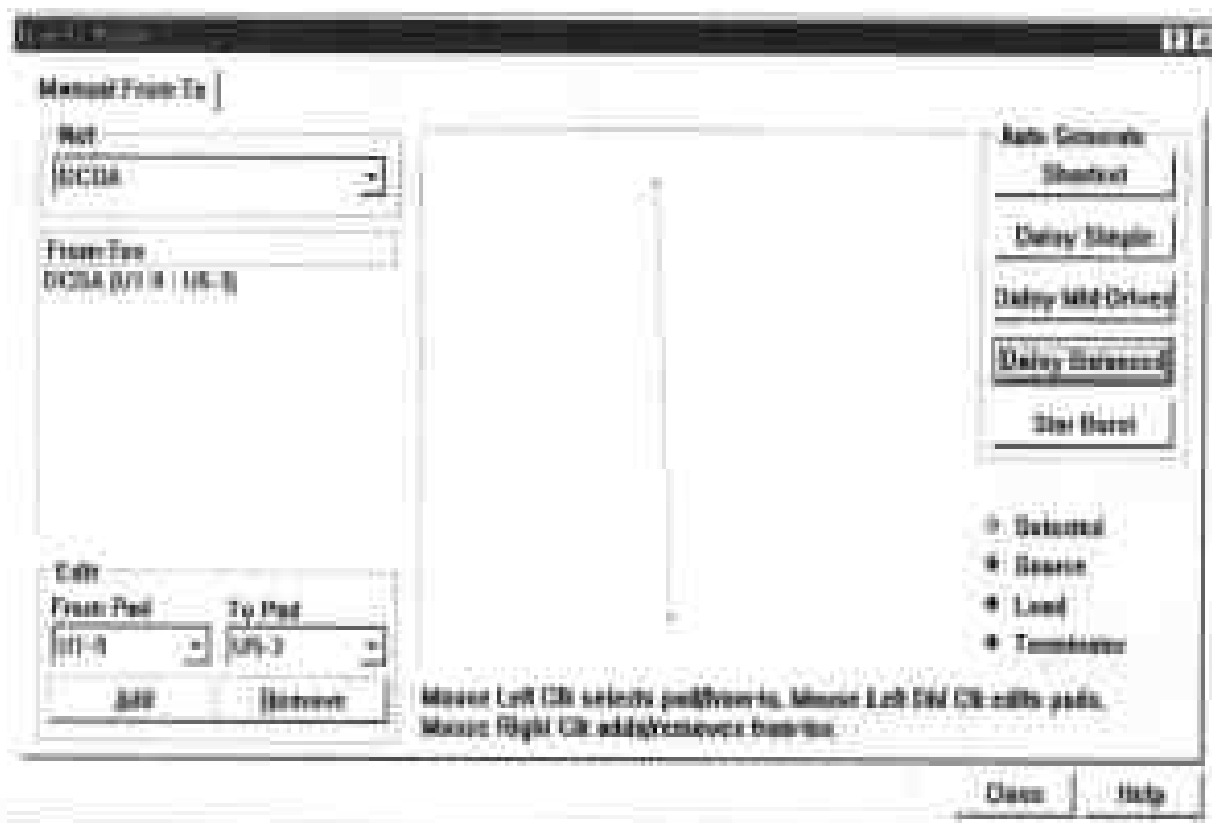


图 5-29 飞线编辑器

(2) 用快捷键启动。在 PCB 设计窗口下, 从键盘上依次击键 D、F 即可, 如图 5-29 所示。

2. From-To Editor 的应用

“From-To Editor” 可以大致分为 6 个部分。下面分别予以详细介绍:

(1) 网络选择 (Net) 区域。在左上角, 有一个下拉式选择框, 可以选择需要编辑飞线的网络。单击右边的下拉式按钮, 将会列出当前印制电路板上的所有的网络名称, 如图 5-30 所示。在其中选择一个需要编辑飞线的网络, 则该网络的所有节点将都出现在右边的飞线显示区中。



图 5-30 网络选择

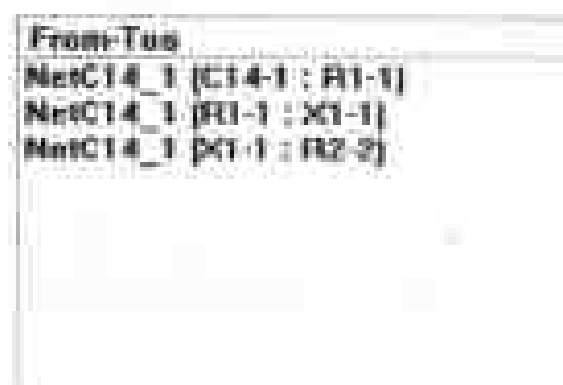


图 5-31 飞线列表框

(2) 飞线列表 (From-Tos) 区域。该框中列出了当前选择网络中的所有的自定义飞线。按照默认的规则生成的飞线, 将不会列出来。在飞线列表框中, 则对应的飞线在右边的飞线显示区将显示为米黄色, 如图 5-31 所示。

(3) 飞线编辑 (Edit) 区域。飞线编辑用于自定义飞线, 如图 5-32 所示。其中有 From Pad、To Pad、Add、Remove 4 项。

1) “From Pad” 项: 用于定义飞线的起点 (Source)。单击右边的下拉式按钮, 将会列出当前印制电路板上的所有焊点的名称, 如图 5-33 所示。从中选择一个作为起点。

2) “To Pad” 项: 用于定义飞线的终点 (Terminator)。用法与 “From Pad” 相似, 如图 5-34 所示。



图 5-32 飞线编辑器



图 5-33 飞线的起点



图 5-34 飞线的终点

3) “Add” 按钮: 添加。单击该按钮, 将选择的飞线加到当前的网络中。

4) “Remove” 按钮: 删除。单击该按钮, 将选择的飞线从网络中删除。

(4) 飞线显示区域。飞线显示用于显示自定义的飞线, 如图 5-35 所示。

在此框的下面将有丰富的提示信息, 如图 5-36 所示。

上面的信息告诉我们, 在焊点或飞线上单击鼠标左键可以选择它, 如果在焊点上双击鼠标左键可以编辑该焊点, 系统将弹出焊点属性对话框, 我们再单击焊点属性对话框的 “Advanced” 标签页, 在 “Electrical type” 编辑框中选择该焊点的电气类型, 即起点 (Source)、中间焊点 (Load)

和终点 (Terminator), 如图 5-37 所示。如果单击鼠标右键将出现一个菜单, 如图 5-38 所示。它有两个菜单项, “Add From-To (添加飞线)”、“Remove From-To (删除飞线)”, 主要用于添加和删除飞线操作, 其作用与飞线编辑框中的 “Add”、“Remove” 两项完全相同。

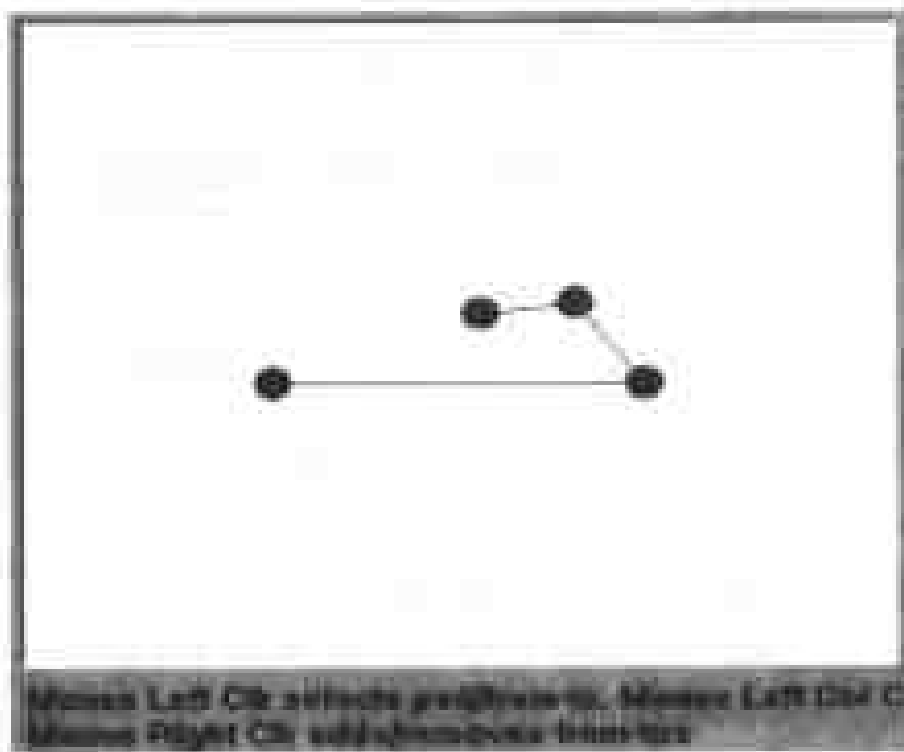


图 5-35 飞线显示区域

**Mouse Left Clk selects pad/from-to, Mouse Left Dbl Clk edits pads,
Mouse Right Clk adds/removes from-tos**

图 5-36 飞线提示信息

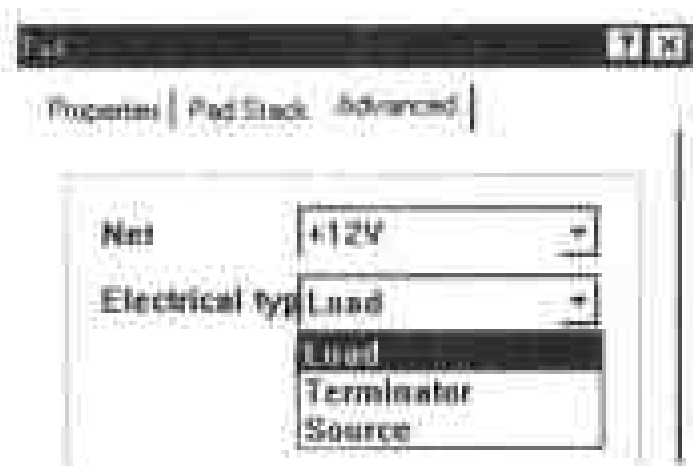


图 5-37 选择焊点的电气类型

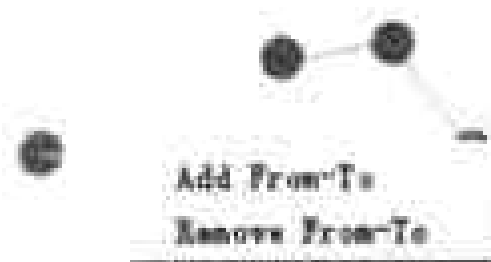


图 5-38 用右键编辑菜单

(5) 飞线生成规则区域。在一个网络中,最基本的是网络上的所有节点必须连通,并且没有任何回路。一个网络可以有多种飞线组合,使用一定的拓扑规则,则生成一定的飞线组合。在飞线编辑框的右边,有5个飞线规则按钮,如图5-39所示。单击某一按钮,则对应生成一种飞线组合。

1) **Shortest** 按钮:最短规则,这是系统默认的规则,生成的飞线不显示出来。它使系统生成一组飞线能够连通网络上的所有节点,并且使连线最短。

2) **Daisy Simple** 按钮: Daisy-Simple 规则,它使系统在起点(Source)和终点(Terminator)之间连通网络上的各个节点,并且使连线最短。生成的飞线显示在飞线列表和飞线显示区中。它需要指定起点和终点,如果没有指定,则生成的飞线与最短规则生成的相同。

3) **Daisy Mid-Driven** 按钮: Daisy Mid-Driven 规则,它使系统以起点为中心向两边的终点连通网络上的各个节点,起点两边的中间节点数要相同,并且使连线最短。生成的飞线显示在飞线列表和飞线显示区中。它需要指定起点和终点,如果没有指定一个起点和两个终点,则生成的飞线与 Daisy-Simple 规则生成的相同。

4) **Daisy Balanced** 按钮: Daisy Balanced 规则,系统将中间节点数平均分配成组,组的数目和终点数目相同,一个中间节点组和一个终点相连接,所有的组都连接在同一个起点,起点之间用串联的方式连接,并且使连线最短。生成的飞线显示在飞线列表和飞线显示区中。它需要指定起点和终点,如果没有指定一个起点和两个终点,则生成的飞线与 Daisy Simple 规则生成的相同。

5) **Star Burst** 按钮: Star-Burst 规则,此规则的含义是:每一个节点都直接和起点相联系,如果系统指定了终点,则终点不直接与终点连接,如果系统不指定起点,则系统将试着轮流以每个节点作为起点去连接其他的各个节点,找出连线最短的一组作为网络的飞线。生成的飞线显示在飞线列表和飞线显示区中。

(6) 颜色提示区域。在图5-29飞线编辑器的右下角有4个提示灯,如图5-40所示。

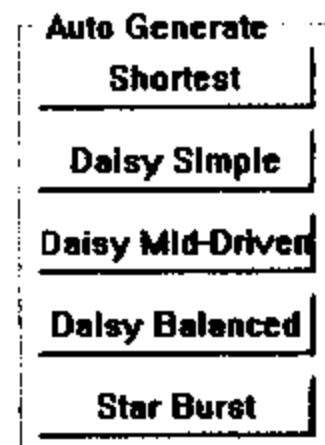


图 5-39 飞线的规则选择按钮

在飞线显示区中,带黄色圈的焊点表示该焊点被选中,红色的焊点表示该焊点为起点(Source),蓝色的焊点表示该焊点为终点(Terminator),绿色的焊点表示该焊点为中间焊点(Load)

- Selected
- Source
- Load
- Terminator

5.4.4 放置导线


在 Protel 99 中,布线可分为手工布线和自动布线,手工布线是用户按照飞线指示的连接来手动布置导线,自动布线是系统按照设置好的规则进行布线。下面我们将详细介绍导线的各种操作,包括布置、调整和修改等。

1. 命令启动方法

启动放置导线命令有 4 种方法。

(1) 主菜单启动方式。在设计窗口中选择主菜单的菜单项 Place\Track,即可启动导线放置命令。

(2) 快捷键启动方式。在设计窗口中从键盘上依次击键 P、T,即可启动导线放置命令。

(3) 放置工具栏(PlacementTools)启动方式。在设计窗口中单击放置工具栏上的导线放置命令图标,就可以启动该命令。

(4) 鼠标右键启动方式。在设计窗口中单击鼠标右键,从弹出菜单中选择“Place Track(放置导线)”命令,如图 5-41 所示,即可启动此命令。

2. 导线的放置

启动命令后,光标变成十字形状。首先在合适的位置单击鼠标左键,确定导线起点,然后拖动鼠标,导线将以橡皮筋状态随光标移动,到合适的位置再单击鼠标左键,确定导线终点,这样一条导线被放置好了。如果不单击鼠标右键,下一段导线将以前一段导线的终点作为起点,仍然以橡皮筋状态随光标移动,到合适的位置再单击鼠标左键,确定第二条导线终点,这样第二条导线被放置好了。依此类推,直到单击鼠标右键为止,结束此命令,如图 5-42 所示。

如图 5-42 所示,倒数第二段导线为红色,最后一段导线为空心线,红色线表示导线位置已经确定,但长度还没有确定,空心线表示只确定了导线的方向而导线的位置和长度都没有确定。前面还有一些布置好了的导线,那么它们是位置和长度都已经确定了的导线。

如果导线要布置在焊点上,则将光标移到焊点处,此时系统会自动捕捉焊点,在焊点上会出现如图 5-43 所示的八角形,表示光标与焊点的中心重合。

图 5-40 颜色提示框



图 5-41 鼠标右键菜单

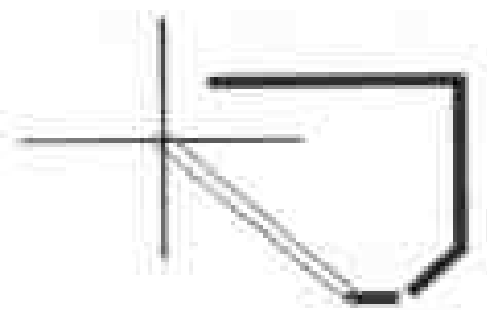


图 5-42 导线的放置

下面介绍放置导线过程中的一些实用的方法。

(1) 转角模式切换: 导线转角时采取什么方式, 这要涉及到转角模式。在 Protel 99 中, 系统提供了 6 种模式: 45 度转角模式、45 度圆弧转角模式、90 度转角模式、90 度圆弧转角模式、圆弧转角模式、任意角度转角模式, 如图 5-44 所示。

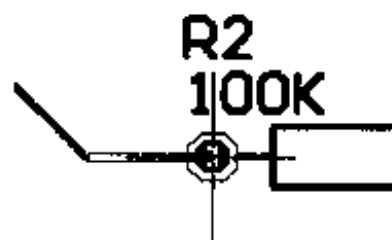


图 5-43 光标与焊点的中心重合

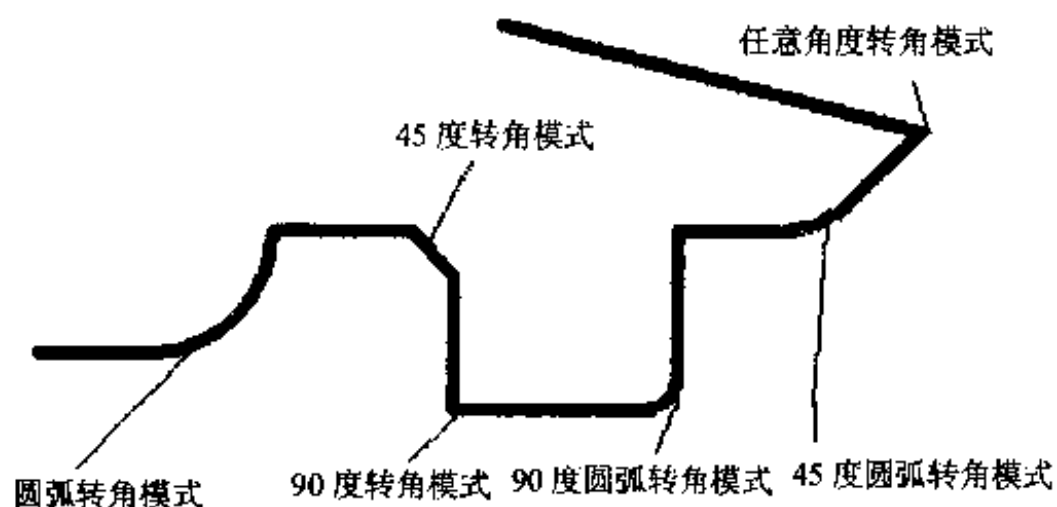


图 5-44 6 种转角模式

这 6 种模式可以相互转换, 转换方法是: 在布线过程中 (导线尚未定位), 随时从键盘上按动 “Shift+Space” 键, 可以在这 6 种模式中来回切换。

(2) 导线方向切换: 在布线过程中, 按动空格键即可实现导线方向的切换, 如图 5-45 所示。

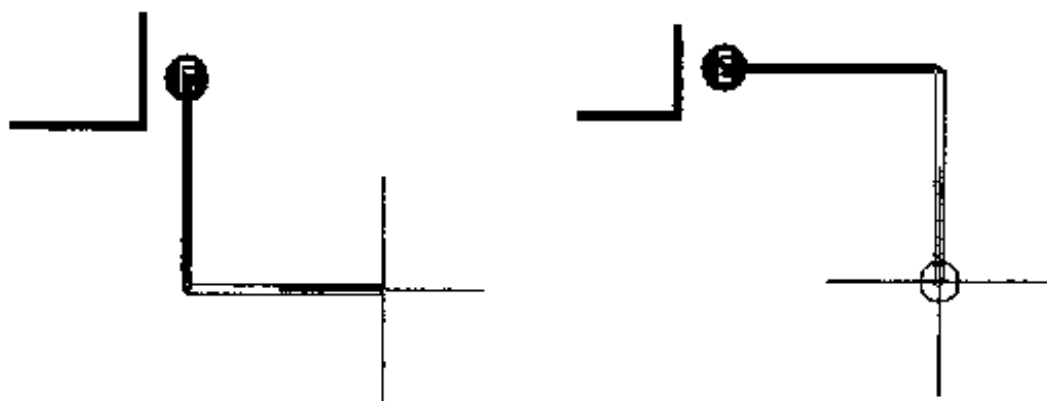


图 5-45 导线方向切换前按空格键后的方向

(3) 设置光标移动间距: 在 Protel 99 中, 光标的移动是跃进式的, 每次跳动一个最小间距, 这个最小间距是可以设置的。如果感觉到光标跳动得太快或太慢时, 我们可以随时进行设置。设置方法是: 在布线过程中, 从键盘上按 G 键, 系统将弹出如图 5-46 所示的列表。

从中选择一个合适的数值即可。同时也可以输入一个数值, 方法是选择列表中的 “Other” 项, 系统将会弹出如图 5-47 所示的对话框, 在编辑框中输入一个数值, 然后按 “OK” 按钮即可。



图 5-46 右键菜单

(4) 板层切换方法: 如果在非命令状态要切换当前板层, 可以通过单击电路板绘图区下方的板层标签,

如图 5-48 所示。也可以通过按小键盘上的“*”键来实现顶层与底层的切换。如果在布线命令状态下,需要在不同板层中布线,光标不能移开绘图区,又不能执行其他的命令,此时需要采用快捷键方式,通过按小键盘上的“*”键来实现顶层与底层的切换,切换后会自动添加一个导孔,并且导线改变颜色,如图 5-49 所示。



图 5-48 板层标签

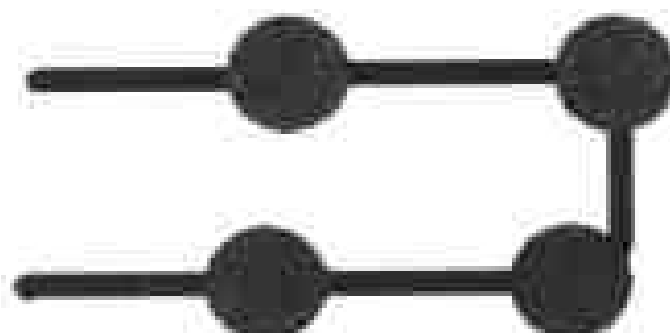


图 5-49 用“*”键实现板层切换

(5) 取消前一段导线放置: 在导线放置状态下,如果要取消前一段已放置好的导线,从键盘上按动“BackSpace”键即可实现。

3. 导线的属性设置

在导线布置状态下按“Tab”键,或双击已布置好了的导线,系统将弹出导线属性设置对话框,如图 5-50 示。

下面介绍导线属性设置对话框中的各个选项:

1) Width: 用于设置导线的宽度。

2) Layer: 用于设置导线所在的板层。单击右边的下拉式菜单,从中选择一个即可。

3) Net: 用于设置导线所在的网络。单击右边的下拉式菜单,从中选择一个即可。

4) Locked: 用于设置导线是否锁定,即避免误操作而改变导线。如果选中了此项,则在 PCB 中移动该导线时,将出现一个确认绘画框,如图 5-51 所示。单击“Yes”按钮,可以继续移动导线。

5) Selection: 用于设置导线是否处于选取状态。

6) Start-X/Start-Y: 用于设置导线起点的 X/Y 轴坐标。

7) End-X/End-Y: 用于设置导线终点的 X/Y 轴坐标。

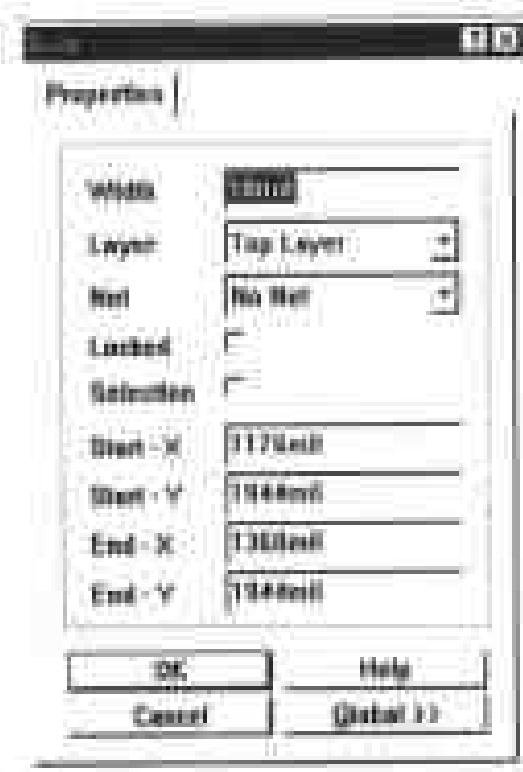


图 5-50 导线属性设置对话框



图 5-51 确认对话框

4. 导线的修改与删除

1) 导线的移动: 用鼠标左键单击需要移动的导线, 此线段将会变成红色, 而且会出现三个控制点、两个端点和一个中点, 如图 5-52 所示。在选中的线段的任意点上(除控制点外)单击一下鼠标左键, 此线段的控制点将消失, 线段粘在十字形状的光标上, 如图 5-53 所示。此时可以任意地移动光标到合适的位置上, 再单击鼠标左键即可完成操作。这里只是单击一下鼠标左键, 而不是按住鼠标左键不放。如果按住鼠标左键不放来进行移动导线, 则选中的导线段将从导线中分离出来, 即与它相连的导线不会移动, 此时还可以按空格键使之切换方向, 如图 5-54 所示, 但一般不采取该移动方式。

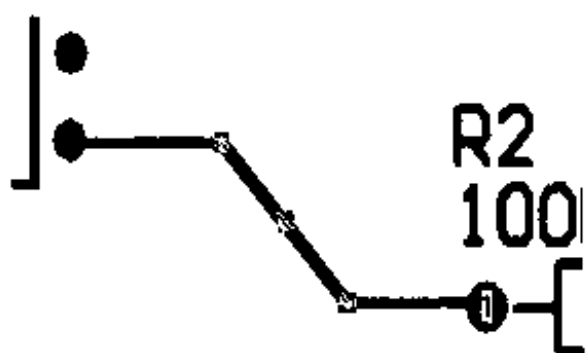


图 5-52 选中移动的导线

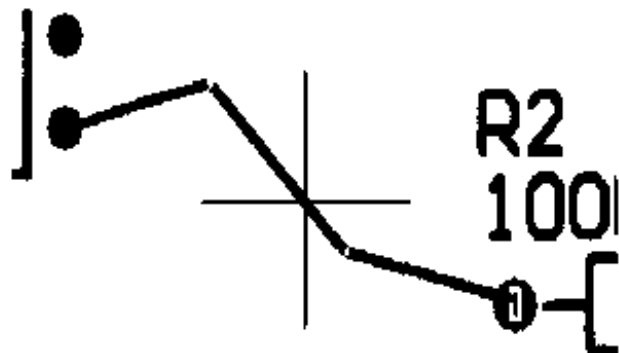


图 5-53 任意移动导线

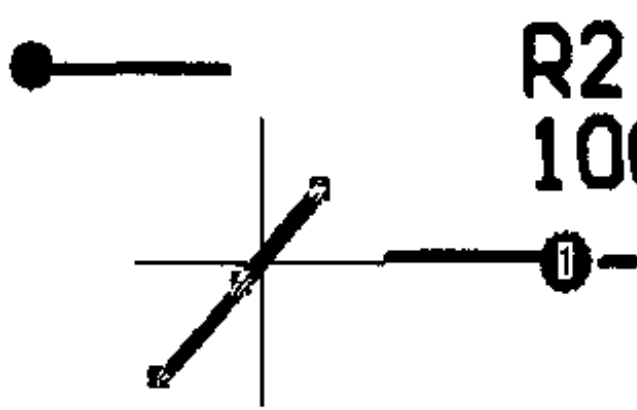
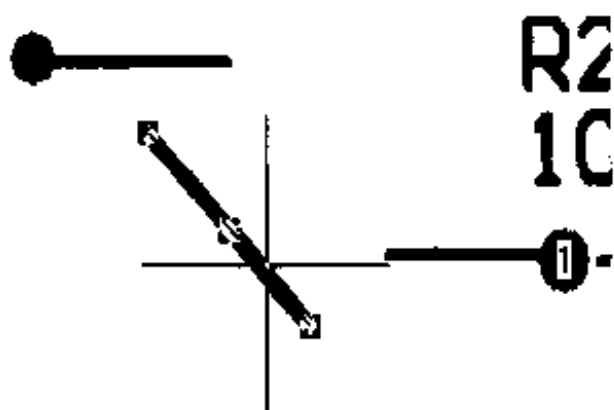


图 5-54 按鼠标左键不放移动方式, 按空格键使之切换方向

2) 导线的控制点: 前面讲到的移动是不选择在导线的控制点上, 如果选择在控制点上又将如何呢? 下面讨论这个问题。如果单击任意一个端点, 则此控制点将和光标一起移动, 而且带动与之相连的两段导线的端点一起移动, 如图 5-55 所示。

如果单击中间的控制点, 则此控制点将和光标一起移动, 而且此导线段分为两个部分, 如图 5-56 所示。

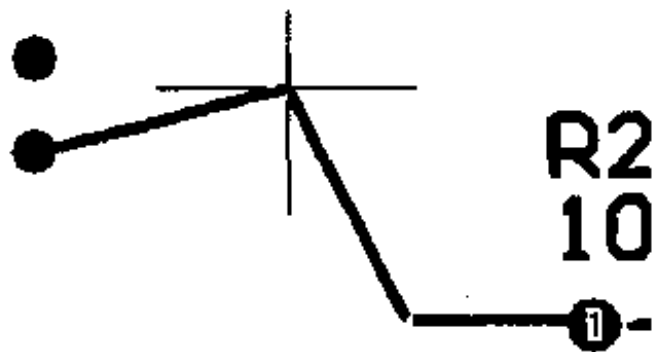


图 5-55 单击一个端点移动



图 5-56 单击中间点移动

3) 导线的删除: 如果不需要某一段导线时, 我们可以删除它。删除导线的方法很多, 我们可以在所要删除的导线段上单击鼠标左键, 选取该导线, 然后从键盘上按“Delete”键即可实现导线段的删除。也可以将光标移到需要删除的导线段上, 按住“Shift”键单击鼠标左键, 该导线段处于选取状态, 此时的选取状态与前面的点有区别, 然后按 Ctrl+Delete 键即可。还可以利用菜单命令 Edit\Delete, 启动命令后, 光标变成十字形状, 将光标移到需要删除的导线段上, 光标上出现小圆点, 单击鼠标左键即可。该命令常常采用快捷键方式启动, 即键 E、D。

5. 导线放置的举例

(1) 同一板层间的布置

下面通过一个例子来介绍同一板层间的导线布置操作。希望将如图 5-57a 所示的两个焊点用导线连接起来, 如图 5-57b 所示。

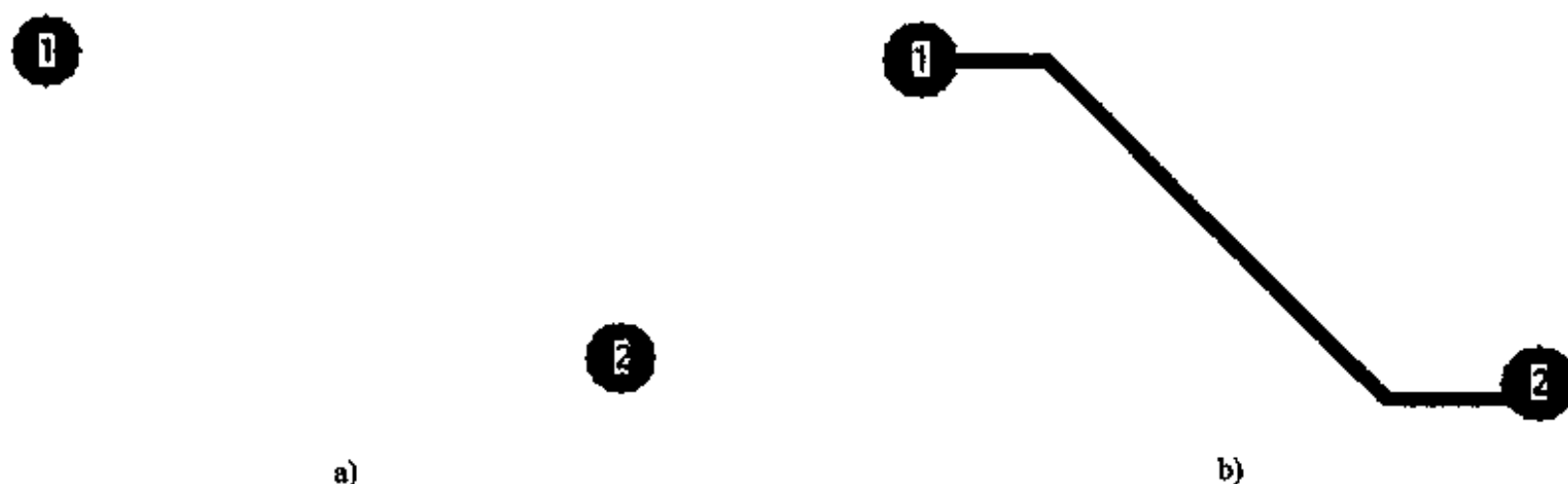


图 5-57 同一板层间的布置

a) 布线前的两个焊点 b) 布线后的两个焊点

以下是该操作的具体步骤:

1) 启动布线命令。根据前面介绍的方法启动布线命令, 此时光标变成十字形状, 将光标移到 1 号焊点上, 焊点上会出现一个八角形框, 说明光标和焊点中心重合, 如图 5-58 所示。

2) 确定第一段导线。在焊点中心单击鼠标左键, 确定导线的起点。然后向 2 号焊点移动光标, 通过“Shift+Space”键将转角模式切换成 45 度转角模式, 如图 5-59 所示。在合适的位置单击鼠标左键, 确定第一段导线的位置和长度。

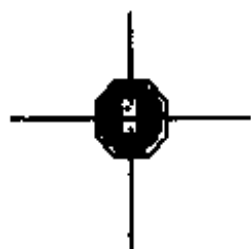


图 5-58 光标与 1 号焊点重合

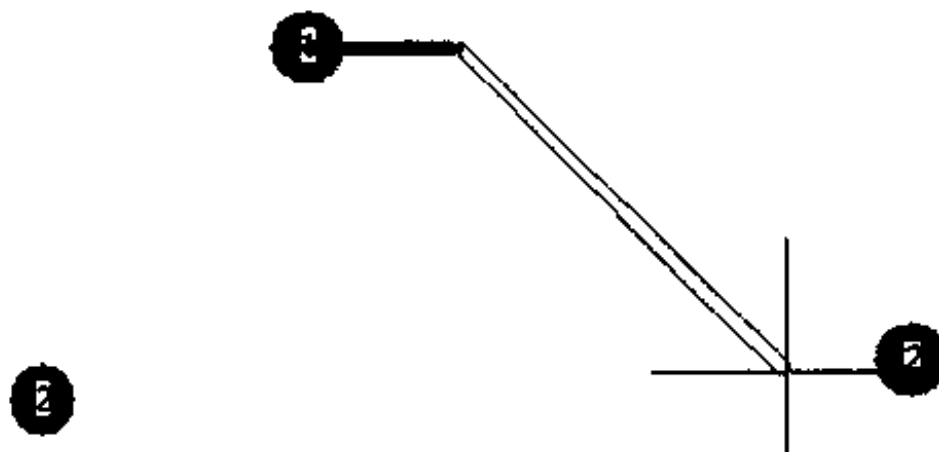


图 5-59 布置第一段导线

3) 确定第二段导线。完成第一段导线后, 将光标移到 2 号焊点上, 焊点上出现一个八角形, 如图 5-60 所示。单击鼠标左键, 将第二段导线确定。

4) 确定第三条段线。接着单击鼠标左键, 完成第三段导线, 如图 5-61 所示。

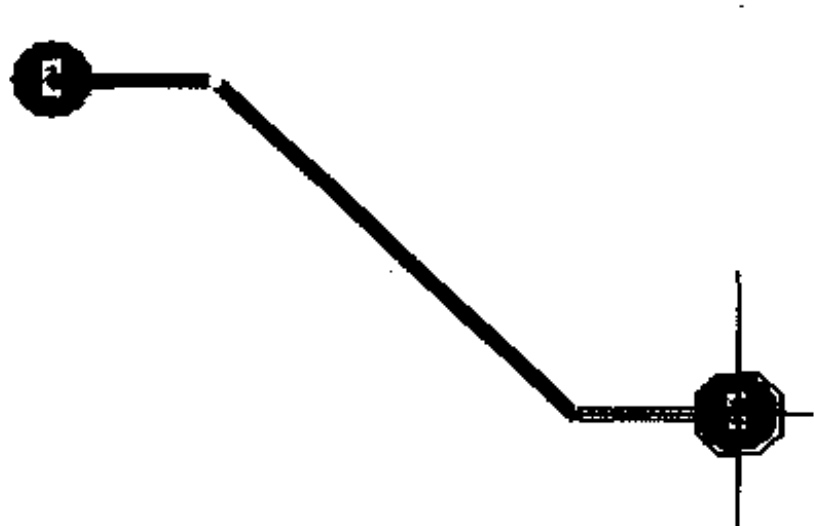


图 5-60 布置第二段导线

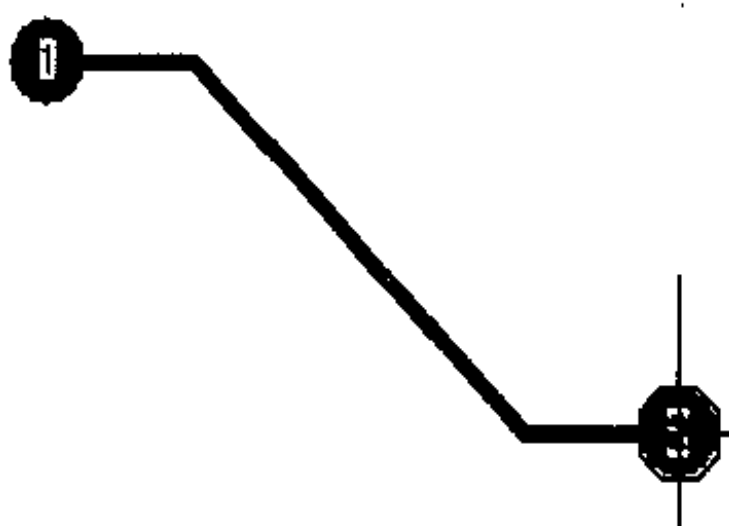


图 5-61 布置第三段导线

5) 结束命令。单击鼠标右键, 完成整条导线的放置。整条导线变成红色, 光标仍为十字形状, 系统仍处于布线状态, 如图 5-62 所示。接着再单击鼠标右键, 系统退出布线状态。

(2) 不同板层间的布置

有时两个需要布线的焊点之间有一条导线, 而这条导线和我们需要布线的导线又在同一个板层上, 所以不能直接跨过此导线, 必须通过其他层来布置该导线。

如图 5-63 所示的两个需要布线的焊点就是这种情况, 所以需要在不同的板层间布置导线。

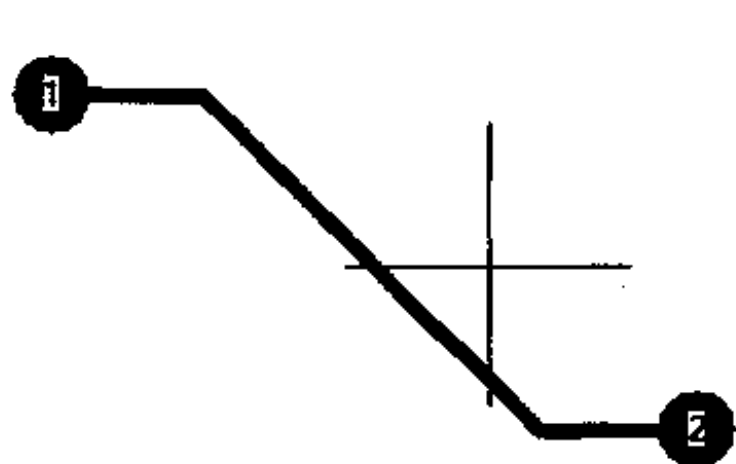


图 5-62 布线完成

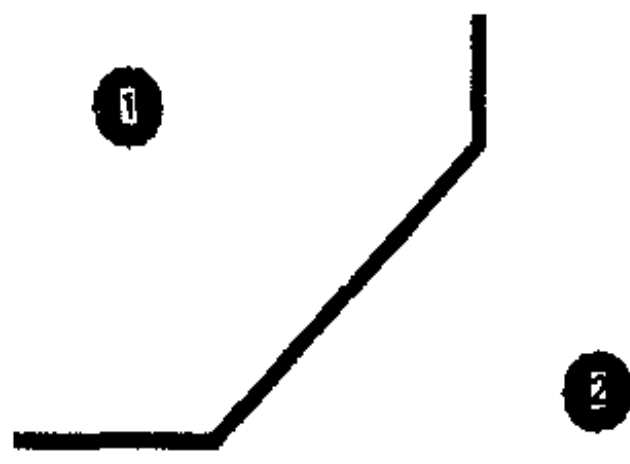


图 5-63 待布线的焊点

下面介绍该操作的步骤:

1) 首先从顶层开始布线。启动布线命令, 使系统进入布线状态。移动光标到 1 号焊点上, 此时焊点上会出现一个八角形, 表示光标和焊点中心重合, 如图 5-64 所示。

2) 单击鼠标左键确定 1 号焊点为起点开始布线。将布线模式切换为 90 度转角模式, 在合适的位置单击鼠标左键, 确定顶层的第一段导线。如图 5-65 所示。任何从小键盘上按 “*” 键, 切换到底层, 此时会出现一个导孔跟着光标移动, 继续移动鼠标, 在合适位置击鼠标左键, 确定顶

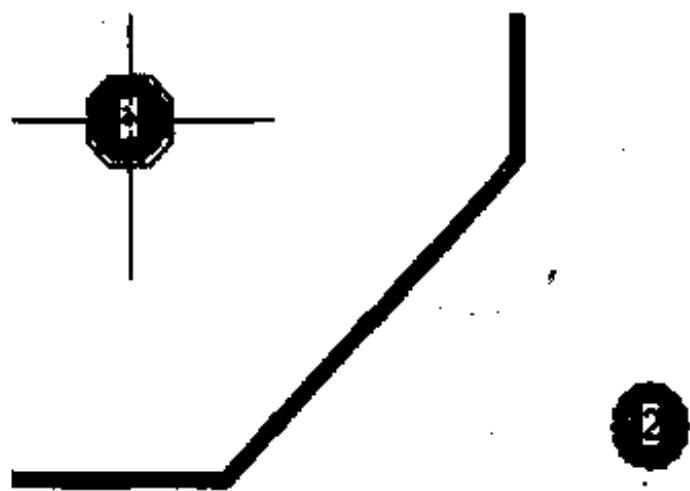


图 5-64 光标和焊点中心重合

层的第二段导线以及导孔，如图 5-66 所示。

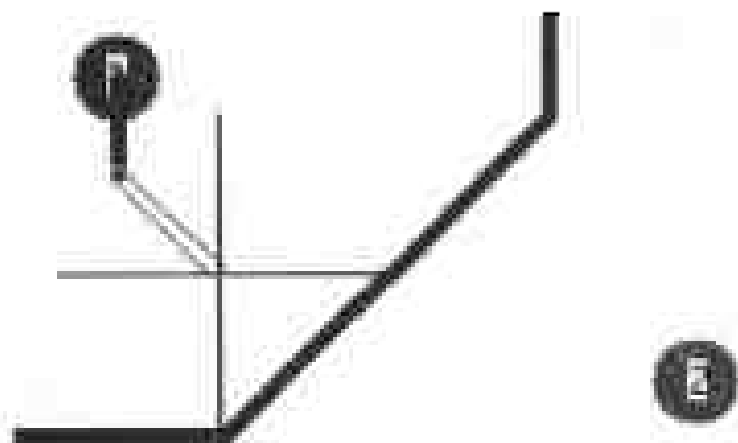


图 5-65 确定第一段导线

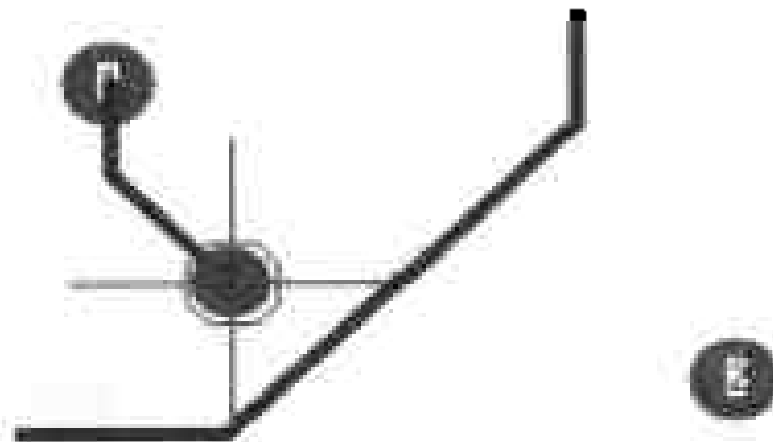


图 5-66 确定第二段导线和导孔

3) 在底层布线。确定好焊点后，继续移动鼠标，此时可以看到导线颜色变成了蓝色，如图 5-67 所示。将光标移到 2 号焊点上，此时该焊点上出现一个八角形，说明光标和焊点中心重合，如图 5-68 所示。

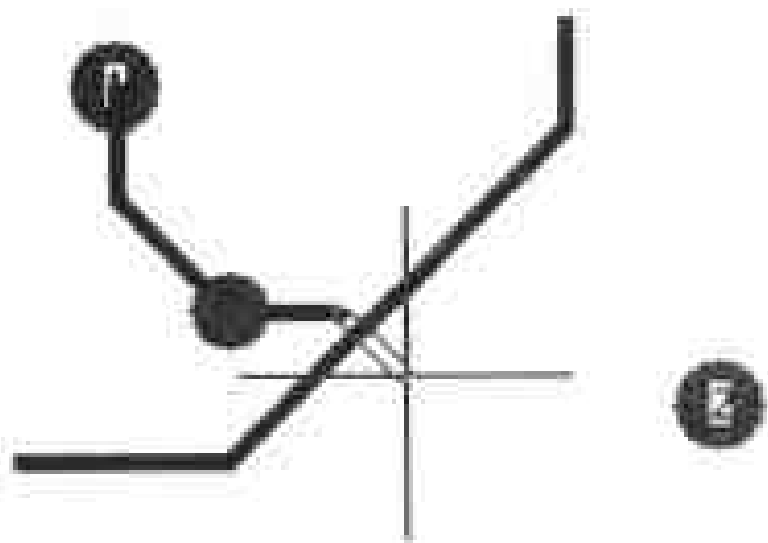


图 5-67 开始底层布线

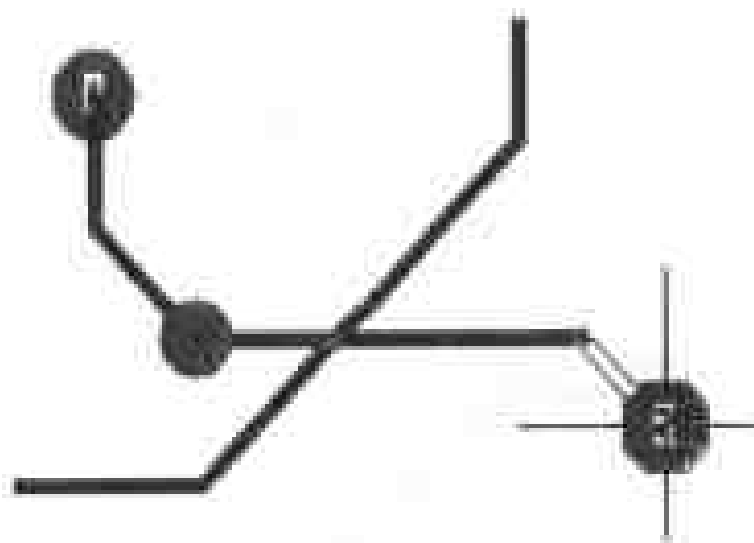


图 5-68 光标和焊点中心重合

4) 接着单击鼠标左键，确定底层的第一段导线。然后再接着单击鼠标左键，确定底层的第二段导线，如图 5-69 所示。

5) 退出布线状态。单击鼠标右键，完成整条导线的布置，此时光标还是十字形状，系统还处于布线状态，如图 5-70 所示。接着再单击鼠标右键，系统退出布线状态。

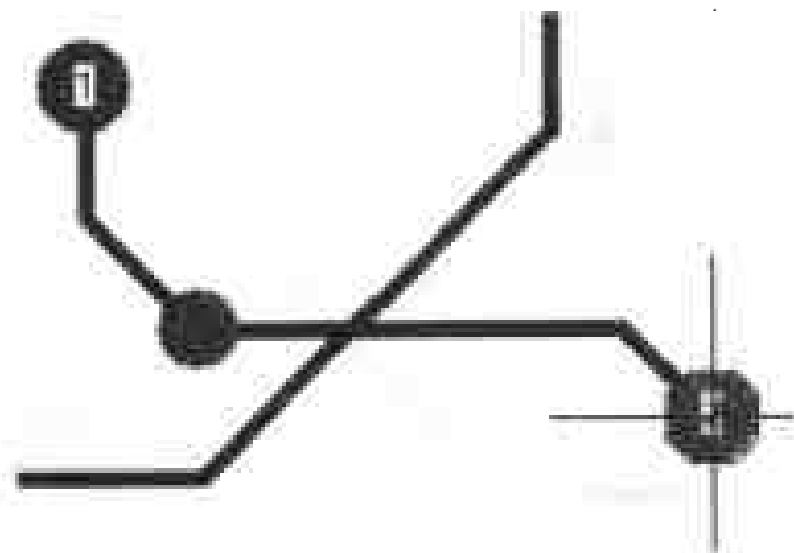


图 5-69 完成底层布线

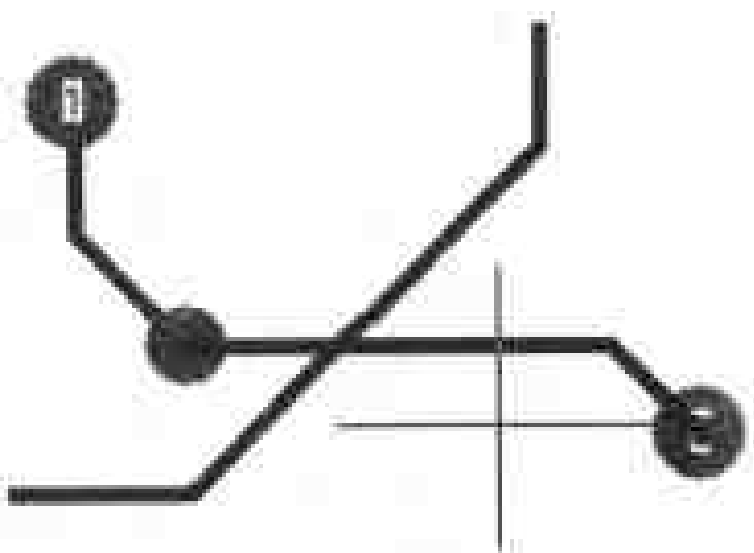


图 5-70 操作完成


5.4.5 放置圆弧导线

在 Protel 99 中, 绘制圆弧导线有两种方式: Arc (Center) 和 Arc (Edge), 其分别是以圆心为基准和以边界 (起点、终点) 为基准来绘制圆弧导线。下面我们将分别予以详细介绍。

1. 启动放置圆弧导线

(1) Arc (Center): 此命令是以圆心为基准来绘制圆弧导线。

用鼠标左键单击浮动工具条上的放置圆弧

导线图标 , 或选择主菜单命令 “Place” \ “Arc

(Center)”, 或击快捷键 P 和 A, 就可以启动放置圆弧导线的命令。以 Arc (Center) 绘制圆弧导线, 有 4 个参数, 如图 5-71 所示。

首先确定圆心位置, 然后拖动鼠标以确定圆弧半径大小, 再确定起点位置, 最后确定终点的位置, 这样就绘制成功了。

(2) Arc (Edge): 此命令是以边界 (起点、终点) 为基准绘制圆弧导线。

用鼠标左键单击浮动工具条上的放置圆弧导线

图标 , 或选择主菜单命令 “Place” \ “Arc (Edge)”,

或击快捷键 P 和 E, 就可以启动放置圆弧导线的命令。以 Arc (Center) 绘制圆弧导线, 有 4 个参数, 如图 5-72 所示。

首先确定起点 A, 然后拖动鼠标, 在合适的位置再按左键以确定终点位置 B, 这样就绘制成功了。这种方法绘制圆弧导线时, 圆弧导线的圆心和半径是自动计算出来的。

2. 设置圆弧导线的属性

在圆弧导线没定位时, 可以按动键盘的 “Tab” 键, 设置圆弧导线的属性, 或用鼠标左键双击已经放置好的圆弧导线来设置圆弧导线的属性。此时系统会弹出如图 5-73 所示的圆弧导线属性设置对话框。

此对话框只有一个标签页, 为 “Properties” 标签页, 如图 5-73 所示, 其中的选项分别介绍如下:

1) Width: 设置圆弧导线的线宽度。

2) Layer: 设置圆弧导线所在的板层。单击右边的下拉式按钮, 将出现下拉式菜单, 如图 5-74 所示, 在其中选择一个即可。

3) Net: 设定此圆弧导线所在的网络。单击右边的下拉式按钮, 将出现在印制电路板上的所有网络名称, 如图 5-75 所示, 从中选择一个即可。

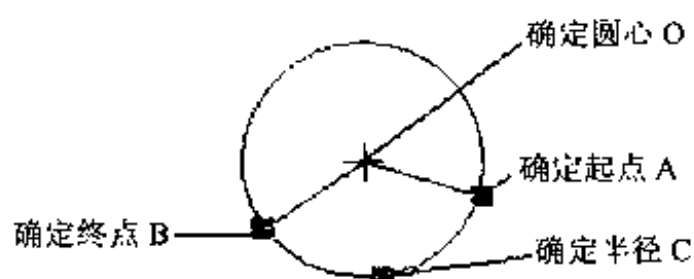


图 5-71 绘制圆弧导线的四个参数
(Center)

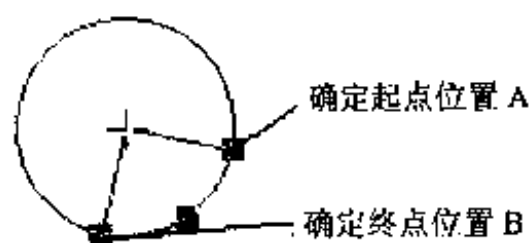


图 5-72 绘制圆弧导线的四个参数
(Edge)

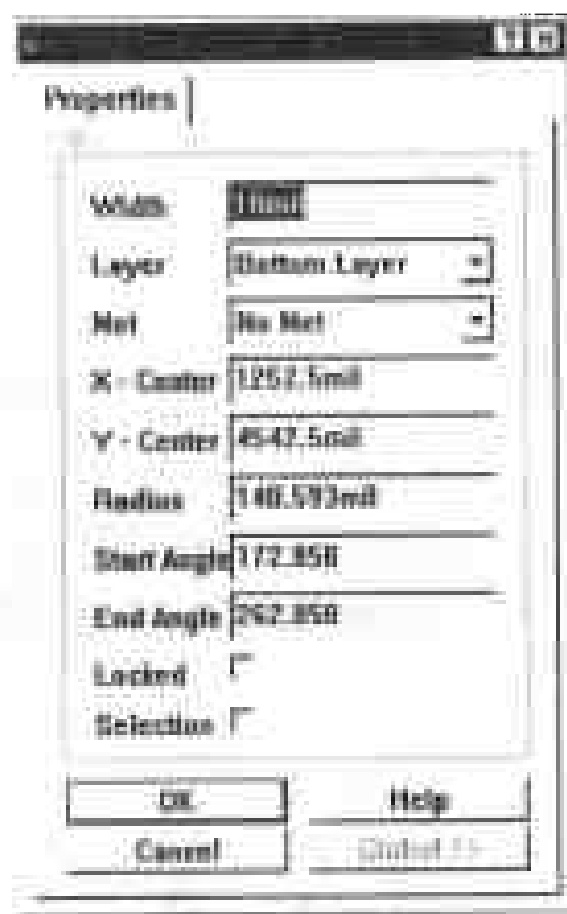


图 5-73 圆弧导线属性设置
对话框

- 4) X-Center/Y-Center: 设置圆弧导线的圆心 X/Y 坐标。
- 5) Radius: 设置圆弧导线的圆弧半径。
- 6) Start Angle: 设置圆弧导线的起始角度。
- 7) End Angle: 设置圆弧导线的终止角度。
- 8) Locked: 选中此选项表示锁定圆弧导线的位置, 在移动圆弧导线时将出现确认对话框, 以免无意中的错误移动。
- 9) Selection: 设置圆弧导线是否处于选中状态。



图 5-74 选择板层

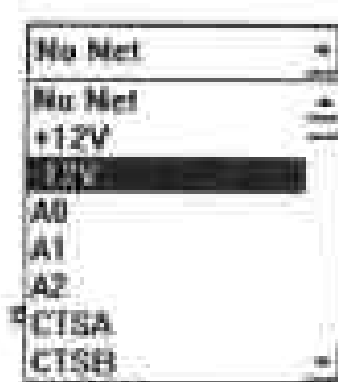


图 5-75 选择网络

3. 放置圆弧导线

(1) Arc (Center) 放置圆弧导线

1) 在完成设置以后, 将光标移动到合适的位置, 然后单击鼠标左键即可确定圆心的位置, 如图 5-76 所示。

2) 移动鼠标, 将有一个虚线圆指示半径的大小, 到合适的位置, 再次单击鼠标左键即可确定圆弧半径, 如图 5-77 所示。



图 5-76 设置圆弧中心

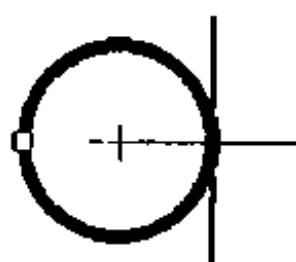


图 5-77 设置圆弧半径

3) 移动鼠标, 在圆弧导线开始的位置单击鼠标左键即可确定起始位置, 如图 5-78 所示。

4) 移动鼠标, 在圆弧导线结束的位置单击鼠标左键即可确定终止位置, 如图 5-79 所示。

5) 单击鼠标右键完成放置圆弧导线, 如图 5-80 所示。

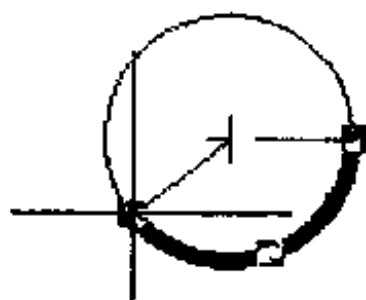


图 5-78 确定起点

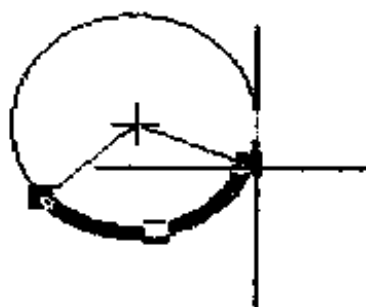


图 5-79 确定终点



图 5-80 完成圆弧的绘制

(2) Arc (Edge) 放置圆弧导线

- 1) 在完成设置以后, 将光标移动到合适的位置, 然后单击鼠标左键即可确定圆弧的起始位置, 如图 5-81 所示。
- 2) 移动鼠标, 在圆弧导线结束位置单击鼠标左键即可确定终止位置, 如图 5-82 所示。
- 3) 单击鼠标右键完成放置圆弧导线, 如图 5-83 所示。

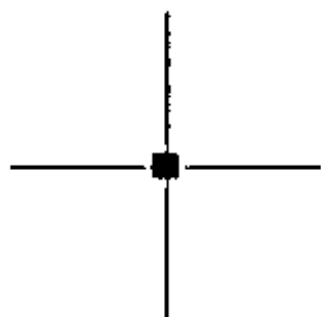


图 5-81 确定起点

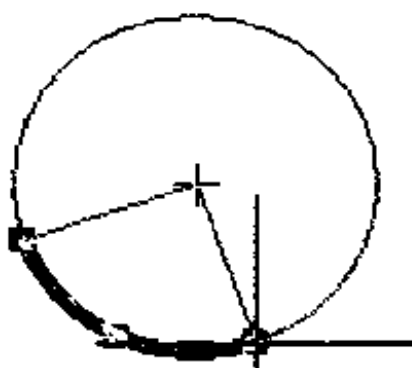


图 5-82 确定终点



图 5-83 完成绘制

4. 修改圆弧导线

在绘制的圆弧导线上单击鼠标左键, 在圆弧上将会出现三个操作控制点, 而且另一半圆弧也会显示出来。在圆弧的圆心处将有一个小十字形状, 如图 5-84 所示。

在非控制点上单击鼠标左键, 此时圆弧导线会粘在光标上, 并随之移动, 如图 5-85 所示。到合适的位置后单击鼠标左键即可完成放置。

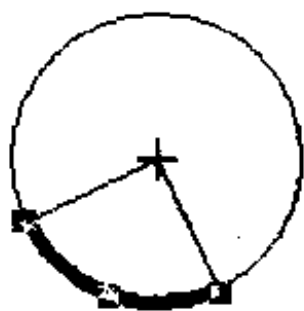


图 5-84 点取圆弧

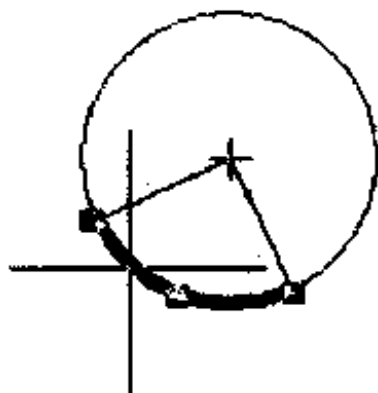


图 5-85 移动圆弧

在两个端点控制点上单击鼠标左键, 可以移动圆弧的起始、终止位置, 如图 5-86 和图 5-87 所示。

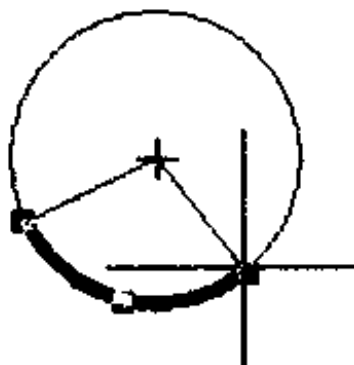


图 5-86 点取一个端点控制点

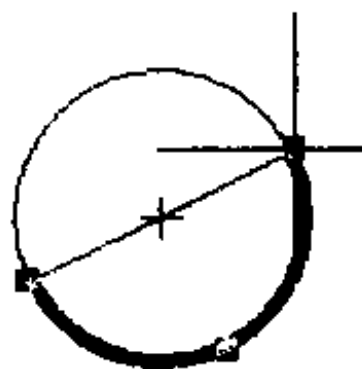


图 5-87 修改圆弧长度

在中间的控制点上单击鼠标左键, 可以调整圆弧的半径, 如图 5-88 和图 5-89 所示。

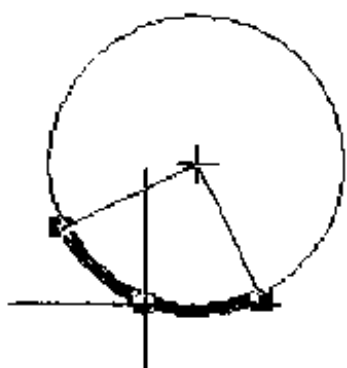


图 5-88 点取中间控制点

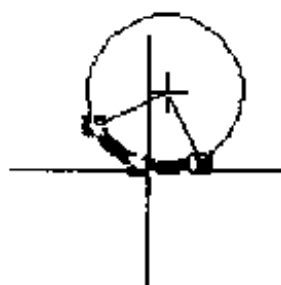



图 5-89 修改圆弧半径

5.4.6 放置焊点

1. 启动放置焊点命令

1) 主菜单启动。选取主菜单的菜单项 Place\Pad 命令, 即可启动放置焊点的命令。

2) 放置工具栏启动。用鼠标左键单击放置工具栏上的放置焊点图标  即可。

3) 快捷键启动。从键盘上依次单击键 P、P, 就可启动放置焊点的命令。

2. 放置焊点

启动命令后光标变成十字形状, 并且光标上粘着一个浮动的焊点随光标一起移动, 如图 5-90 所示。将光标移动到合适的位置, 然后单击鼠标左键即可放置焊点, 如图 5-91 所示。同样在放置后, 可以在焊点上单击鼠标左键, 然后移动和修改焊点。

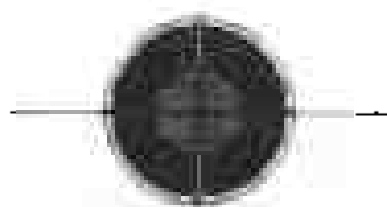


图 5-90 粘着焊点的光标

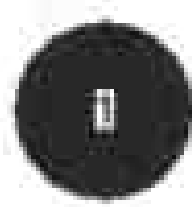


图 5-91 放置好的焊点

3. 设置焊点属性

在焊点没有放下时, 可以按动键盘的“Tab”键, 设置焊点的属性。在焊点已经放下以后, 用鼠标左键双击也可以设置焊点的属性。焊点属性设置对话框如图 5-92 所示。

焊点属性对话框包括三个标签页, 分别为“Properties”标签页、“Pad Stack”标签页和“Advanced”标签页。

1) Properties 标签页: 焊点属性设置对话框的 Properties 标签页如图 5-92 所示。其中的选项分别介绍如下:

- Use Pad Stack: 选中此项, 表示焊点的各个尺寸、形状由 Pad Stack 标签页来控制, 本标签页中的以下选项将不用设置。

- X-Size/ Y-Size: 设定焊点的 X/Y 向尺寸。

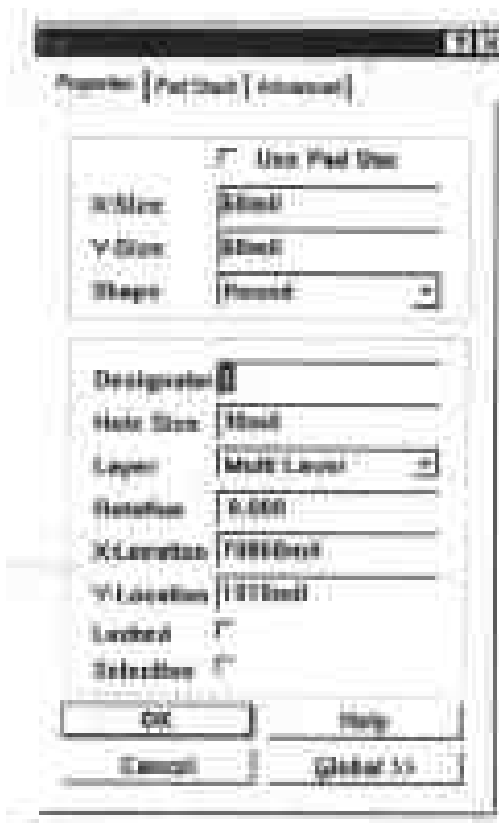


图 5-92 焊点属性设置对话框

● **Shape:** 设定焊点的形状。系统提供了三种预设形状: “Round”、“Rectangle”和“Octagonal”, 单击右边的下拉式按钮即可出现这三种形状, 如图 5-93 所示。在其中选择一个即可。三种形状如图 5-94 所示。



图 5-93 三种预设形状

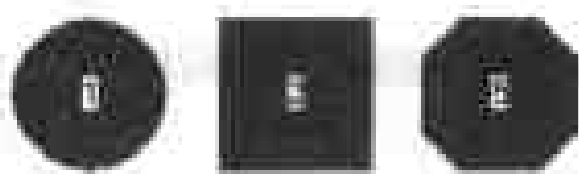


图 5-94 焊点的三种基本形状

此项结合上面的 X-Size/ Y-Size 两项可以设置多种形状的焊点。焊点的控制尺寸如图 5-95 所示。在图中焊点 1 的 X-Size/ Y-Size 都设为 50mil, 而 Shape 选 Round, 所以焊点的半径为 50mil 的圆。焊点 2 的 X-Size 设为 50mil, 而 Y-Size 设为 25mil, Shape 选 Round, 所以焊点为椭圆。焊点 3 的 X-Size/ Y-Size 都设为 50mil, 而 Shape 选 Rectangle, 所以焊点为正方形。焊点 4 的 X-Size 设为 50mil, 而 Y-Size 设为 25mil, Shape 选 Rectangle, 所以焊点为长方形。焊点 5 的 X-Size/ Y-Size 都设为 50mil, 而 Shape 选 Octagonal, 所以焊点为正八角形。焊点 6 的 X-Size 设为 50mil, 而 Y-Size 设为 25mil, Shape 选 Octagonal, 所以焊点为扁八角形。

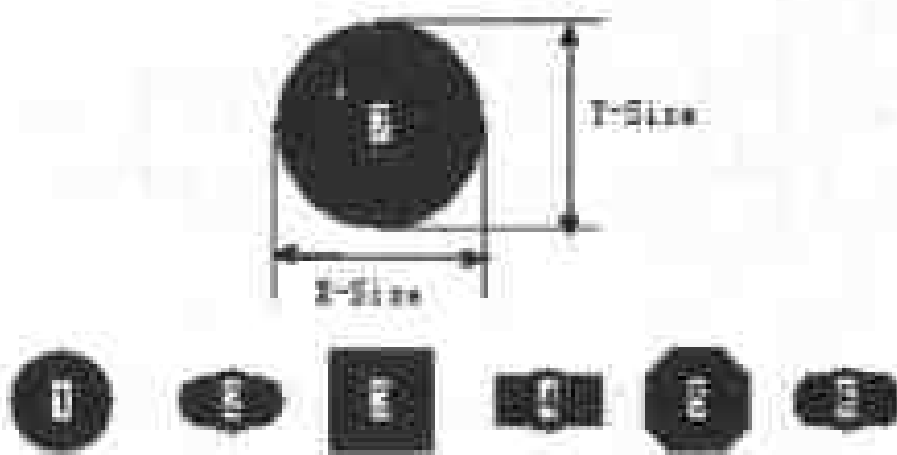


图 5-95 多种形状焊点的设置

● **Designator:** 设置焊点的序号。

● **Hole Size:** 设置焊点的通孔尺寸。

● **Layer:** 设定焊点所在的板层。单击右边的下拉式按钮, 将出现下拉式选单, 列出 PCB 所有的层, 如图 5-96 所示。在其中选择一个即可。

- **Rotation:** 设置焊点的旋转角度。
- **X-Location/ Y-Location:** 设置焊点的 X/Y 坐标。

2) **Pad Stack** 标签页: Pad Stack 标签页如图 5-97 所示。首先要在焊点属性对话框的 Properties 标签页中选中 “Use Pad Stack” 选项, 表示焊点的各个尺寸、形状由本标签页来控制。

此标签页分三个区域: 顶层 (Top)、中间层 (Middle) 和底层 (Bottom), 分别控制焊点的顶层、中间层、底层的尺寸和形状。每一个区域又有三个设置项, 意义分别如下:

- **X-Size/ Y-Size:** 设定 X/Y 向尺寸。



图 5-96 选择板层

● **Shape:** 设定形状。系统提供了 3 种预设形状, 分别是 Round、Rectangle 和 Octagonal, 选取与设置同前一个标签页。

3) **Advanced 标签页:** Advanced 标签页如图 5-98 所示, 它有三个设置项, 意义分别如下:

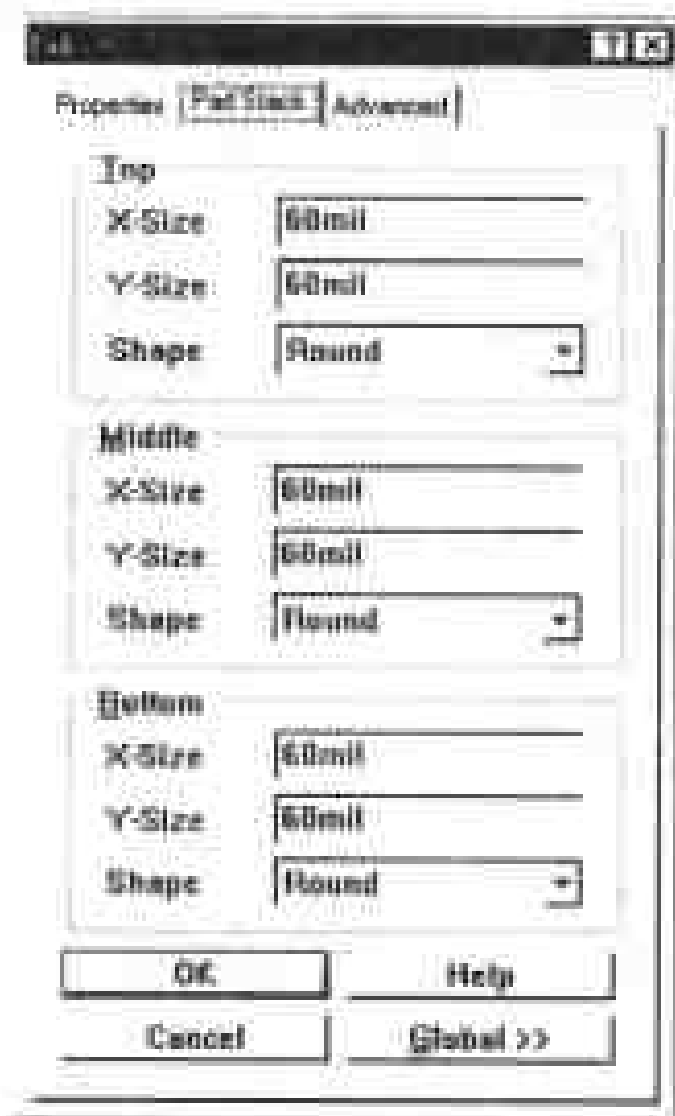


图 5-97 Pad Stack 标签页

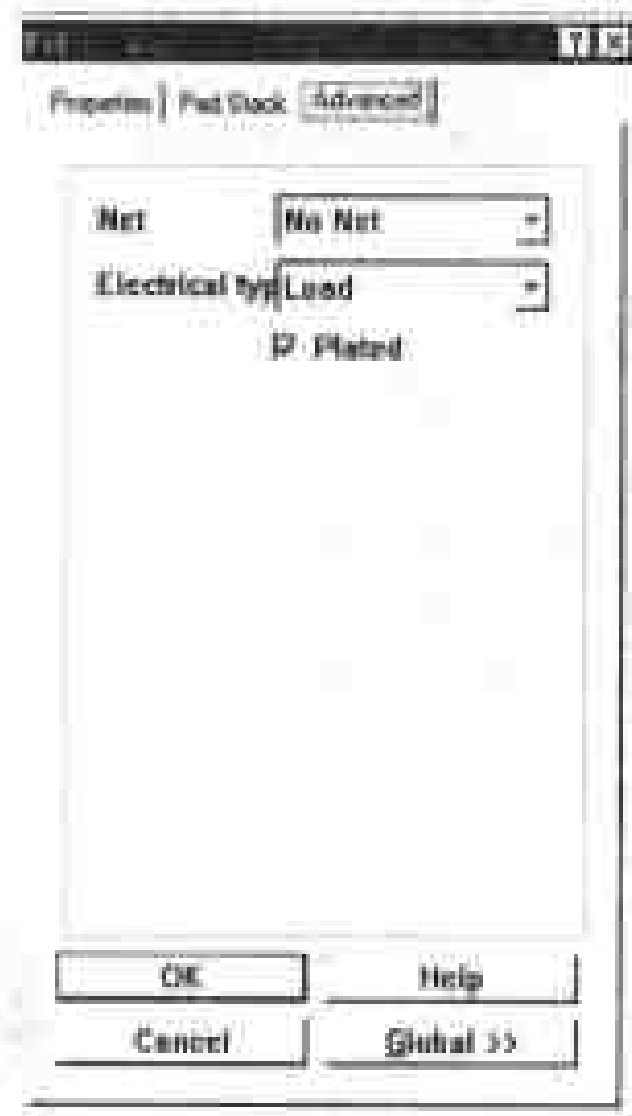


图 5-98 Advanced 标签页

● **Net:** 设定此焊点所在的网络。单击右边的下拉式按钮, 将出现在印制电路板上的所有网络名称, 在其中选择一个即可。

● **Electrical type:** 设定此焊点在网络中的电气类型, 单击右边的下拉式按钮, 将出现三个选项: “中间点 (Load)”、“终点 (Terminator)” 和 “起点 (Source)”, 在其中选择一个即可。

● **Plated:** 设定此焊点是否将通孔的孔壁电镀, 选中为是。


设置完成以后, 单击 OK 即可。

5.4.7 放置导孔

导孔是连接不同板层间的导线, 当从一层进入另一层时需要放置导孔。导孔可以分为三类, 即从顶层贯穿到底层的穿透式导孔, 从顶层通到内层或从内层到底层的盲孔和内层之间的隐藏导孔。

1. 启动放置导孔命令

1) 主菜单启动。选取主菜单的菜单项 Place\Via 命令, 即可启动放置导孔的命令。

2) 放置工具栏启动。用鼠标左键单击放置工具栏上的放置导孔图标  即可。

3) 快捷键启动。从键盘上依次单击键 P、V, 就可启动放置导孔的命令。

2. 放置导孔

启动命令后光标变成十字形状，并且光标上粘着一个浮动的导孔随光标一起移动，如图 5-99 所示。将光标移动到合适的位置，然后单击鼠标左键即可放置导孔，如图 5-100 所示。



图 5-99 光标粘着导孔



图 5-100 放置好的导孔

提示：在布线状态，从小键盘上按“*”键，系统会自动产生一个导孔，并且导线从一层进入另一层。

3. 设置导孔属性

在导孔没有放下时，可以按动键盘的“Tab”键，设置导孔的属性。在导孔已经放下以后，用鼠标左键双击也可以设置导孔的属性。导孔属性设置对话框如图 5-101 所示。

导孔属性设置对话框有两个标签页，即：

“Properties”标签页和“Advanced”标签页。

1) Properties 标签页：Properties 标签页如图 5-101 所示，各设置项分别介绍如下：

- Diameter: 设置导孔的直径。
- Hole Size: 设置导孔的通孔直径。
- Layer Pair: 设置导孔穿透的板层。
- X-Location/Y-Location: 设置导孔的 X/Y 坐标。

2) Advanced 标签页：单击图 5-101 中的“Advanced”标签，就可进入 Advanced 标签页，如图 5-102 所示。

- Net: 设置导孔所在的网络。
- Start Layer: 设置导孔的起始层。
- End Layer: 设置导孔的终止层。

只有当在 Properties 标签页的 Layer Pair 中选择“Blind&Buried (Any)”（自动穿透的板层）时，Start Layer 和 End Layer 才需要设置。其他情况下此两项为不可编辑状态。

5.4.8 放置矩形填充

1. 启动放置矩形填充命令

1) 主菜单启动。在 PCB 设计界面的窗口中，选择主菜单项“Place”\“Fill”命令，即可启动 Fill 命令。

2) 放置工具栏启动。单击放置工具栏中的 Fill 图标

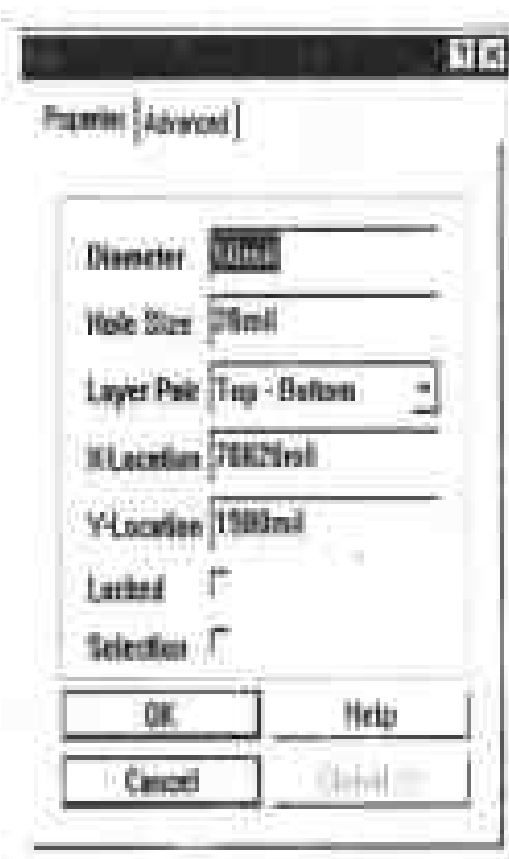


图 5-101 导孔属性设置对话框

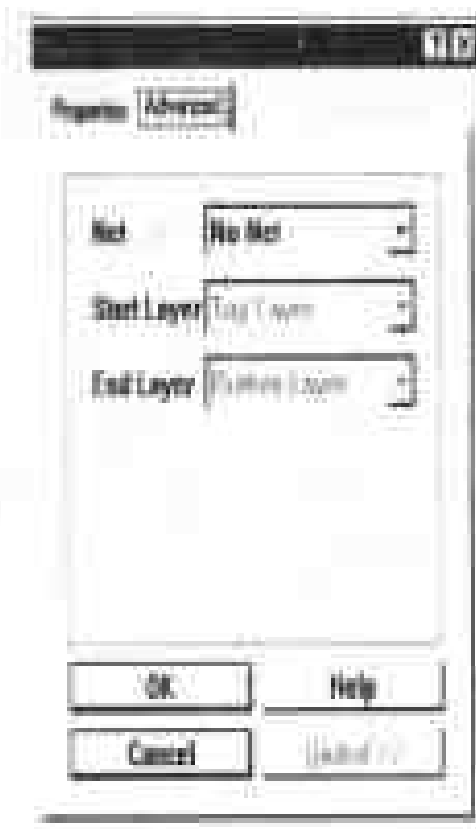


图 5-102 Advanced 标签页

□, 即可启动该命令。

3) 快捷键启动。在 PCB 设计窗口, 从键盘上依次按键 P 和键 F, 即可启动此命令。

2. 放置矩形填充

命令启动后, 光标变成十字形状。

1) 移动鼠标到合适的位置, 单击鼠标左键确定左上角位置, 如图 5-103 所示。

2) 再移动鼠标, 此矩形填充以浮动状态随光标移动到合适的位置, 单击鼠标左键确定右下角位置, 如图 5-104 所示。

3) 单击鼠标右键, 完成矩形金属填充的放置, 如图 5-105 所示。

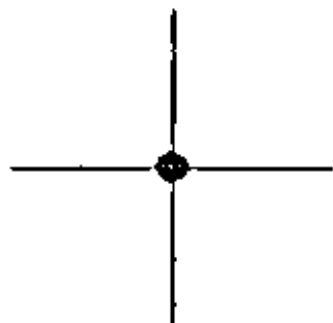


图 5-103 确定左上角位置

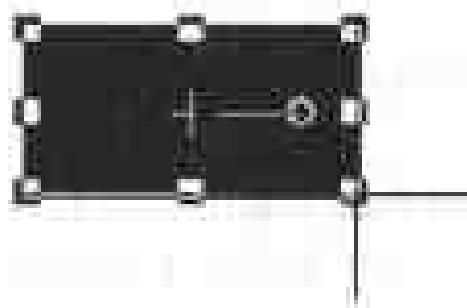


图 5-104 确定右下角位置

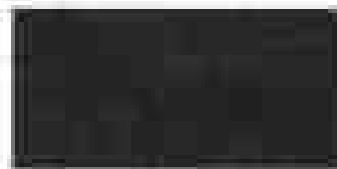


图 5-105 放置完成

3. 设置矩形填充属性

当矩形金属填充没有定位时, 按动键盘上的“Tab”键, 或在已放置好了的矩形金属填充上双击鼠标左键, 即可启动矩形金属填充属性对话框, 如图 5-106 所示。

此对话框有一个“Properties”标签页, 如图 5-106 所示。其中的选项分别介绍如下:

1) Layer: 设置矩形金属填充所在的板层。单击右边的下拉式按钮, 将列出此印制电路板中的所有板层, 在其中选择一个即可。

2) Net: 设置矩形金属填充所在的网络。单击右边的下拉式按钮, 将列出此印制电路板中的所有网络, 在其中选择一个即可。

3) Rotation: 设置矩形金属填充的旋转角度。

4) Corner 1-X/Y: 设置矩形金属填充左上角的 X/Y 坐标。

5) Corner 2-X/Y: 确定此矩形金属填充右下角的 X/Y 坐标。

4. 修改矩形填充

矩形金属填充放置后, 我们可以对它进行修改。如移动、旋转、改变大小、删除等操作。

在待修改的矩形金属填充上单击鼠标左键, 矩形金属填充就进入修改状态, 如图 5-107 所示。在图中我们可以看到有十个控制点。其中周边八个控制点用来改变矩形金属填充的大小, 中央的十字形状控制点, 用来移动矩形金属填充, 与十字形状控制点相连的圆形控制点用来对矩形金属填充进行旋转操作。

1) 移动: 待矩形金属填充进入修改状态后, 在矩形金属填充的非控制点或中央十字控

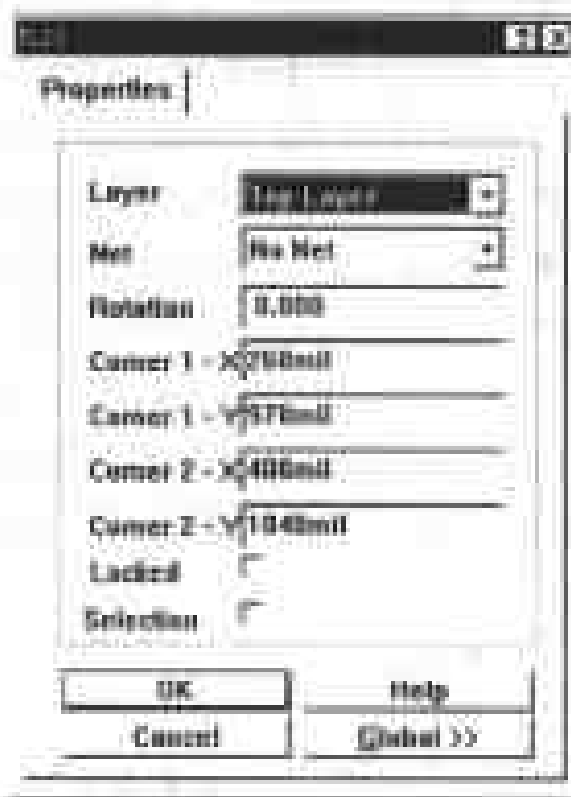


图 5-106 矩形金属填充属性对话框

制点上单击鼠标左键，光标变成十字形状，此时矩形金属填充以浮动状态粘在光标上，移动光标到合适的位置，再单击鼠标左键即可完成移动，如图 5-108a 和 5-108b 所示。当然，如果想取消移动，在单击鼠标左键之前，单击鼠标右键即可；如果已经单击鼠标左键定位了，可以单击主工具条上的 Undo 图标或从主菜单上选 Edit\Undo 来取消操作。

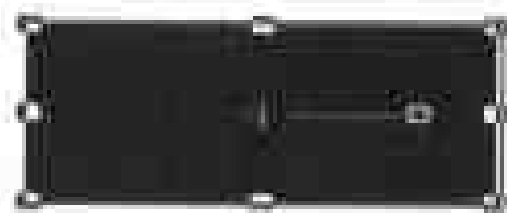


图 5-107 选取矩形金属填充



图 5-108 移动

a) 单击非控制点 b) 拖动鼠标移动

2) 旋转：待矩形金属填充进入修改状态后，在矩形金属填充的圆形控制点，单击鼠标左键，光标变成十字形状，如图 5-109a 所示，矩形金属填充粘在十字光标上沿着中央的十字形状控制点旋转，移动鼠标到合适的位置，再单击鼠标左键即可完成旋转，如图 5-109b 所示。中途撤消操作如移动中所述。

3) 改变大小：待矩形金属填充进入修改状态后，在矩形金属填充的周边八个控制点中任选一个，单击鼠标左键，光标变成十字形状，且矩形金属填充以浮动状态粘在光标上，如图 5-110a 所示。移动鼠标到合适的位置，再单击鼠标左键即可完成操作，如图 5-110b 所示。中途撤消操作如移动中所述。



图 5-109 旋转

a) 单击圆形控制点 b) 旋转操作

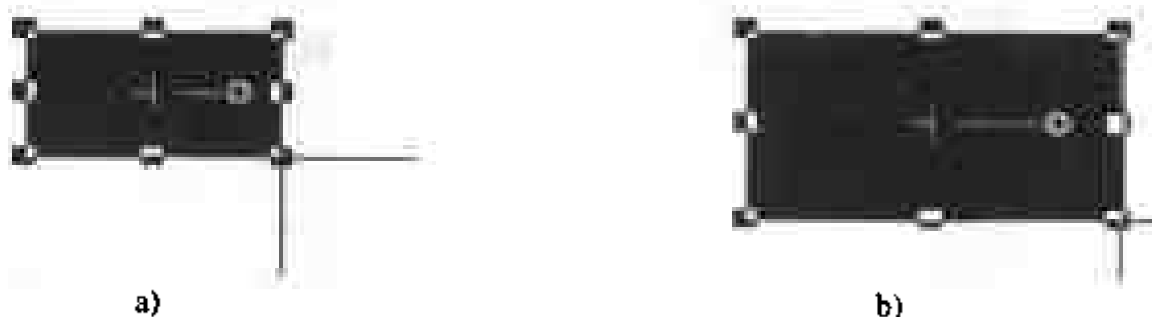


图 5-110 改变大小

a) 单击边界控制点 b) 改变大小操作


4) 删除: 如图 5-107 所示, 选中矩形金属填充后, 从键盘上按“Delete”键即可。

5.4.9 放置敷铜

敷铜就是将电路板中空白的地方铺满铜膜, 主要目的是提高电路板的抗干扰能力, 通常将铜膜接地, 这样电路板中空白的地方就铺满了接地的铜膜, 电路板的抗干扰能力就会显著地提高。

1. 启动放置敷铜命令

1) 主菜单启动。在 PCB 设计界面的窗口中, 选择主菜单项 Place\Polygon Plane...命令, 即可启动 Polygon Plane... (敷铜) 命令。

2) 放置工具栏启动。单击放置工具栏中的 Polygon Plane... (敷铜)  图标, 即可启动该命令。

3) 快捷键启动。在 PCB 设计窗口, 从键盘上依次按键 P、和键 G, 即可启动此命令。

2. 设置敷铜属性

命令启动后, 将出现如图 5-111 所示的属性对话框。

此对话框上有一个“Properties”标签页, 其中的选项分别介绍如下:

1) Net Options: 网络选项组。

- Connect to Net: 设置敷铜连接的网络。单击右边的下拉式按钮, 将列出此印制电路板中的所有网络, 如图 5-112 所示, 在其中选择一个即可。但一般将敷铜连接到接地的网络。如果不选, 则下面的两个选项没有作用。

- Pour Over Same Net: 覆盖连接网络。选中该项后, 如果在敷铜的范围内遇到连接的网络时, 将覆盖此网络。

- Remove Dead Copper: 删除死铜。选中该项后, 如果某一块铜膜无法连接到指定的网络时, 则删除它。

2) Plane Setting: 板层设置组。

- Grid Size: 设置敷铜时的栅格大小。
- Track Width: 设置敷铜线的宽度。
- Layer: 设置敷铜所在的层。单击右边的下拉式按钮, 将列出此印刷电路板中的所有层, 如图 5-113 所示, 在其中选择一个即可。

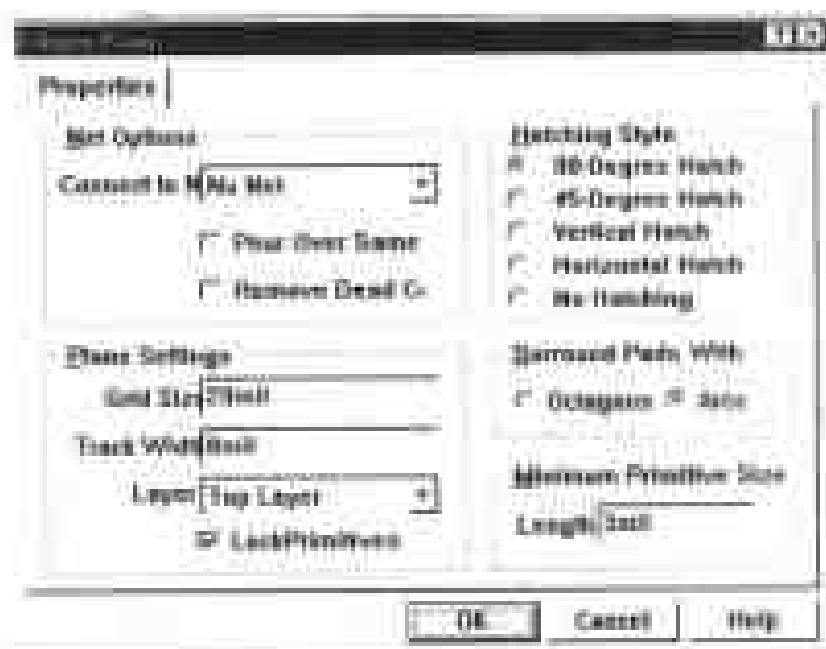


图 5-111 敷铜属性设置对话框



图 5-112 选择网络



图 5-113 选择板层

● **LockPrimitives**: 锁定敷铜, 选中则锁定敷铜, 不选则将敷铜作导线看。系统默认为选中, 除非有特殊需要, 否则一般将此项选中。

3) **Hatching style**: 填充模式组。系统提供以下 5 种填充模式, 如图 5-114 所示。

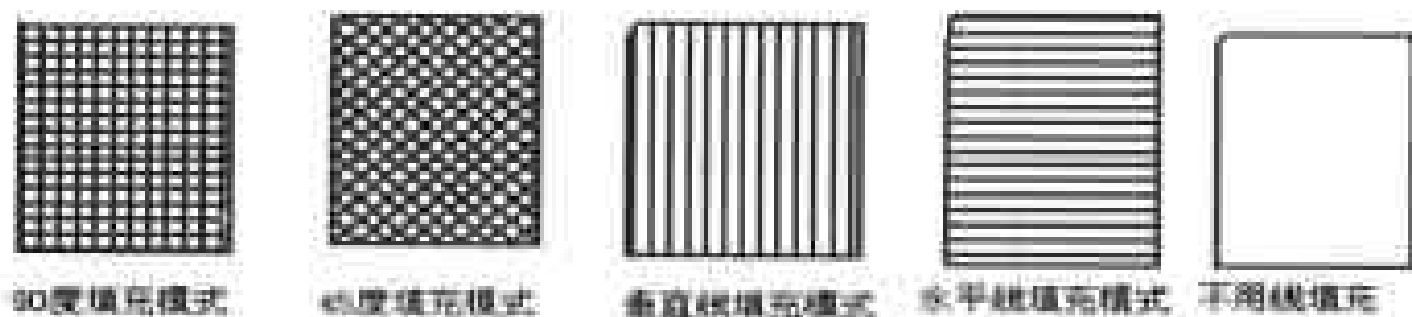


图 5-114 敷铜的 5 种填充模式

- **90-Degree Hatch**: 采用 90 度线填充。
- **45-Degree Hatch**: 采用 45 度线填充。
- **Vertical-Degree Hatch**: 采用垂直线填充。
- **Horizontal-Degree Hatch**: 采用水平线填充。
- **No Hatch**: 不用线填充。

4) **Surround Width**: 环绕模式组。

- **Octagons**: 采用八角形环绕焊点, 如图 5-115 所示。
- **Arcs**: 采用圆弧环绕焊点, 如图 5-116 所示。

5) **Minimum Primitive Size**: 最短限制组。

- **Length**: 最小长度, 设置敷铜线的最短限制。

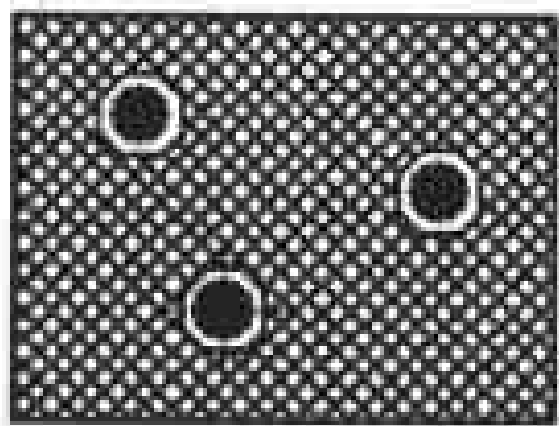


图 5-115 八角形环绕焊点

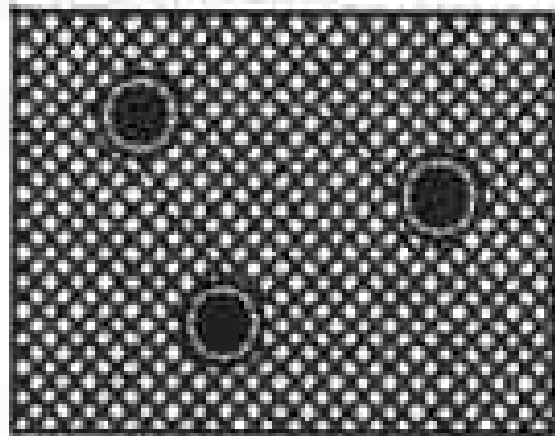


图 5-116 圆弧环绕焊点

3. 放置敷铜

命令启动后, 光标变成十字形状。

1) 移动鼠标到合适的位置, 单击鼠标左键确定一端点位置。

2) 依次移动鼠标到合适的位置, 单击鼠标左键确定各个端点的位置。

3) 单击鼠标右键, 完成敷铜的放置, 如图 5-117 所示。

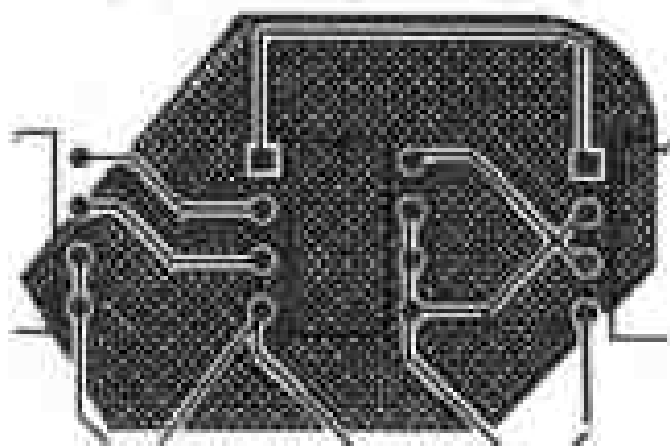


图 5-117 放置敷铜

提示：在绘制敷铜边界，当边界线没有定位时，可以按空格键或“Shift+空格键”改变边界线的转角方式，这与导线的放置相似。也可以双击敷铜，进行属性的修改。

4. 敷铜的修改

对于已经放置好了的敷铜，我们可以对它进行移动、旋转、切换板层和删除等操作。

1) 移动：在敷铜上按住鼠标左键不放，光标变成十字形状，敷铜只出现端点框架，并随光标移动，如图 5-118 所示。移动鼠标到合适的位置，松开鼠标左键，放下敷铜。此时会出现如图 5-119 所示的对话框，问是否重新建立敷铜 (Rebuild 1 polygon?)，回答“Yes”即可。

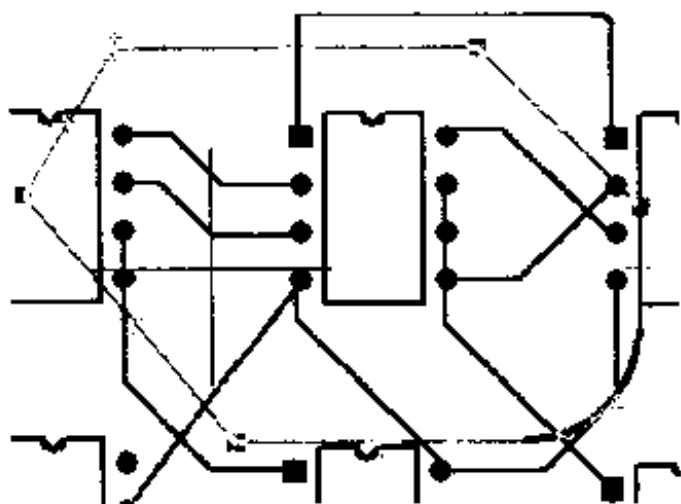


图 5-118 选取的敷铜



图 5-119 确认对话框

2) 旋转：在敷铜上按住鼠标左键不放，光标变成十字形状，敷铜只出现端点框架，此时从键盘上按“X”键使敷铜作水平翻转，按“Y”键使敷铜作垂直翻转，按空格键使敷铜以一定角度旋转，这些操作与零件封装的操作相同。同时也会出现图 5-119 所示的确认对话框，操作相同。

3) 切换板层：在敷铜上按住鼠标左键不放，光标变成十字形状，此时从键盘上按“L”键使敷铜从一层切换到另一层。同时也会出现图 5-201 所示的确认对话框，操作相同。

4) 删除：先选择主菜单项 Edit\Delete 命令，或从键盘上依次击键 E、D，再单击需要删除的敷铜，即可完成操作。

5.4.10 放置泪滴

在导线与焊点或导孔的连接处有一段过渡区域，叫作泪滴。泪滴的主要作用是在钻孔时，避免在导线与焊点的接触点处出现应力集中而使接触处断裂。

1. 启动放置泪滴命令

1) 主菜单启动。选择主菜单栏的菜单项 Tools\TearDrop\Add 命令，即可启动放置泪滴命令。

2) 快捷键启动。在 PCB 设计窗口下，从键盘上依次击键 T、T、A，即可启动该命令。

2. 放置泪滴

首先选择主菜单命令 Edit>Select\Net，选择需要放置泪滴的网络，然后再选择主菜单命令 Tools\TearDrop\Add 启动泪滴命令，泪滴就放好了，如图 5-120 所示。

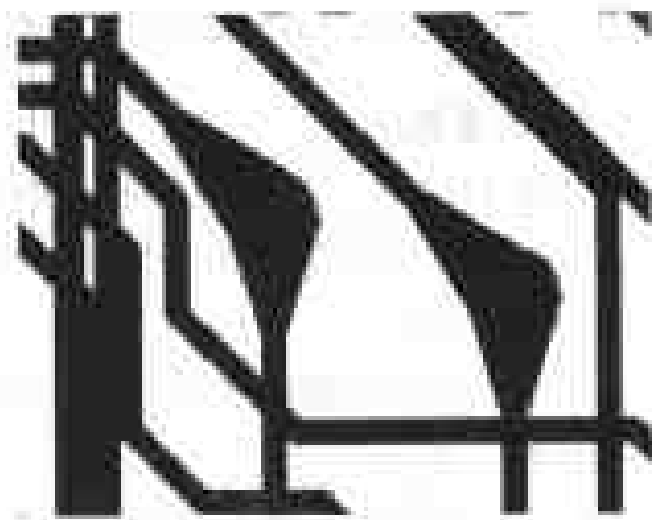


图 5-120 放置好的泪滴

3. 删除泪滴

放置好的泪滴，如果我们不需要它，可以删除它。操作是：首先选择主菜单命令 Edit\Select\Net，选好泪滴所在的网络，然后选择主菜单栏的菜单项 Tool\TearDrop\Remove 命令，即可删除泪滴。

5.4.11 放置屏蔽导线

为了防止相互干扰，常用接地线将易受干扰的线路或容易干扰其他线路的线路包起来，这就叫做屏蔽。下面是放置屏蔽导线的步骤。

1. 选择网络

选择主菜单命令 Edit\Select\Net，光标变成十字形状，将光标移到需要放置屏蔽导线的网络上，单击鼠标左键将网络选中。此时被选取网络变成黄色，表示被选中，如图 5-121 所示。

2. 启动放置屏蔽导线命令

选择主菜单命令“Tools”\“Outline Object”，被选中的网络就被接地线包住，如图 5-122 所示。

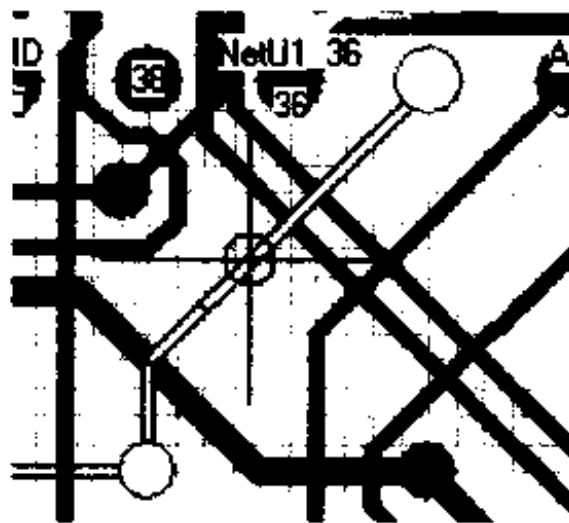


图 5-121 选取的网络

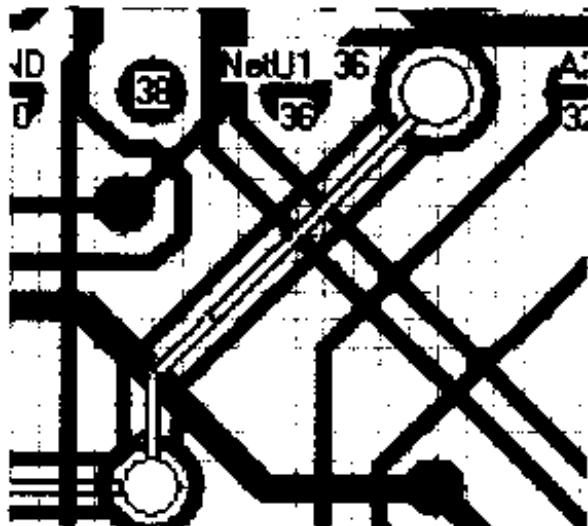


图 5-122 放置好的屏蔽

当然，当我们不再需要屏蔽时，可以删除它。方法是：选择主菜单命令 Edit\Select\Connected Copper，选取需要删除的屏蔽导线，然后从键盘上“Ctrl+Delete”即可删除。

注意：使用屏蔽导线时，通常有可能使屏蔽导线与电路板上的其他组件间的安全距离不够，所以，放置完屏蔽导线后需要手工调整。

5.4.12 放置字符串

1. 启动放置字符串命令

1) 主菜单启动。在 PCB 设计界面的窗口中，选择主菜单项 Place\String 命令，即可启动该命令。

2) 放置工具栏启动。单击放置工具栏中的 Fill 图标 **T**，即可启动该命令。

3) 快捷键启动。在 PCB 设计窗口，从键盘上依次按键 P 和键 S，即可启动此命令。

2. 放置字符串

在放置字符串前，先通过层切换标签将当前层切换到丝印层，即 Silkscreen (Top Silkscreen 或 Bottom Silkscreen)。启动命令后，光标将变成十字形状，并且光标上还粘着“String”，如

图 5-123a 所示。将鼠标移到合适的位置,单击鼠标左键即可放置字符串,如图 5-123b 所示。然后单击鼠标右键退出字符串放置状态。

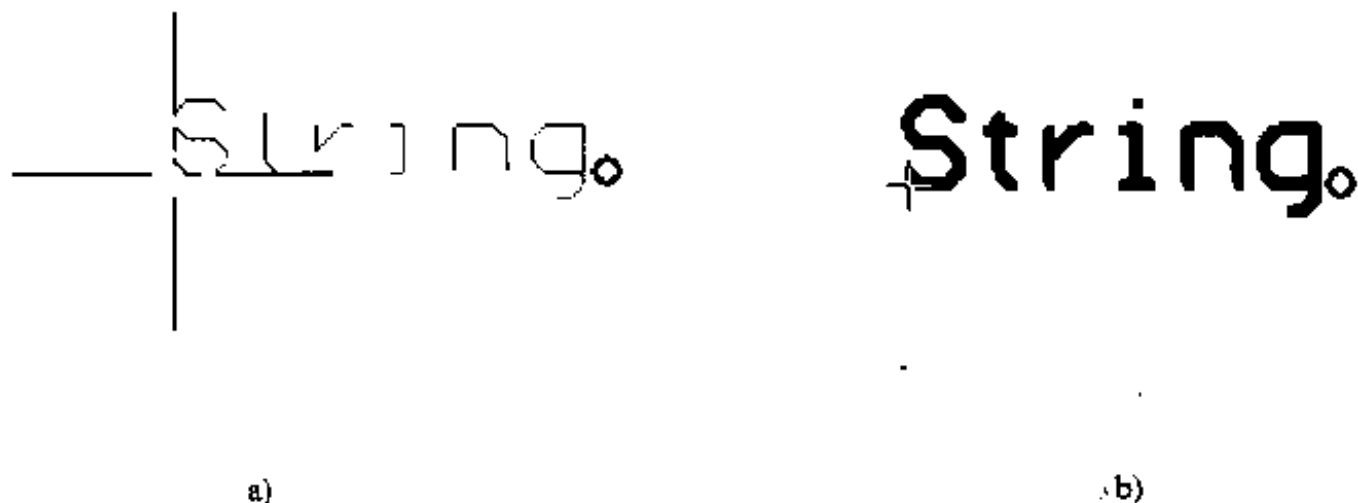


图 5-123 放置字符串
a) 光标上还粘着“String” b) 放置字符串

3. 设置字符串属性

在放置字符串时按“Tab”键或双击已放置好的字符串,即可启动字符串属性设置对话框,如图 5-124 所示。

此对话框只有一个“Properties”标签页,其选项分别介绍如下:

- 1) Text: 设置文字的内容,可以自己输入文字,也可以指定字符串变量。如果要字符串变量起作用,则在环境设置时指定“Convert Special Strings”项。
- 2) Height: 设置文字的高度。
- 3) Width: 设置文字的宽度。
- 4) Font: 设置文字的字体。单击右边的下拉式按钮,将出现下拉式选单,从中选择一个即可。
- 5) Layer: 设置文字所在的板层。单击右边的下拉式按钮,将出现下拉式选单,从中选择一个即可。
- 6) Rotation: 设置文字的旋转角度。
- 7) X-Location/Y-Location: 设置文字的 X/Y 坐标。
- 8) Mirror: 设置文字的是否镜像。如果选中,将此文字镜像,即作一个翻转。

4. 修改字符串

字符串的修改包括移动、旋转和切换板层等。下面分别介绍:

1) 字符串的移动: 在字符串上单击鼠标左键,此时字符串左下角会出现一个小十字形状,右下角出现一个圆形状,如图 5-125 所示。

在字符串的任何位置(除小圆形状外)单击鼠标左键,光标将变成十字形状,且字符串粘在光标上随之移动,如图 5-126 所示。移动光标到合适位置单击鼠标左键,放下字符串。

2) 旋转: 用鼠标单击字符串右下角的小圆形状,

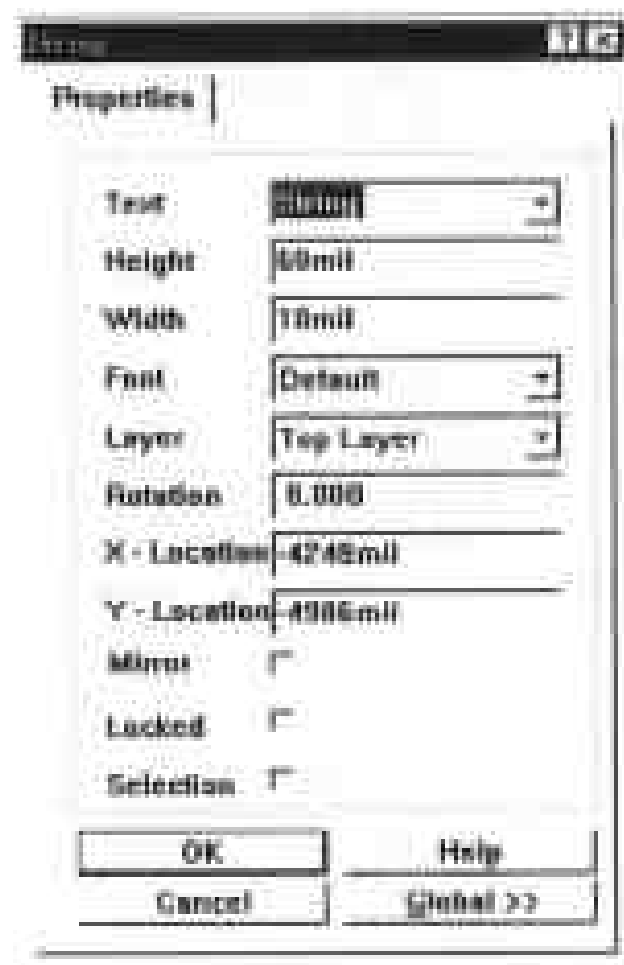


图 5-124 字符串属性设置对话框

光标变成十字形状, 并且字符串粘在光标上, 以左下角的十字形状为中心旋转如图 5-127 所示。移动光标到合适的位置, 单击鼠标左键, 放下字符串。



图 5-125 选中的字符串

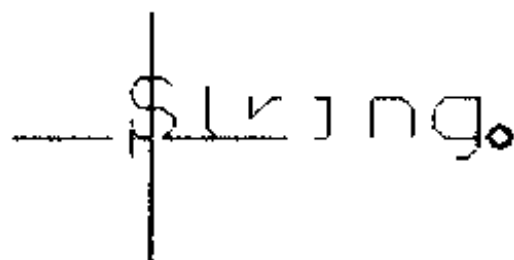


图 5-126 移动后的字符串

也可以在字符串上按住鼠标左键不放, 然后如果按空格键, 则字符串以一定角度旋转, 如图 5-128 所示。如果按“X”键, 则字符串作水平翻转, 如果按“Y”键, 则字符串作垂直翻转。与零件封装相似, 但这是以光标处为中心旋转。

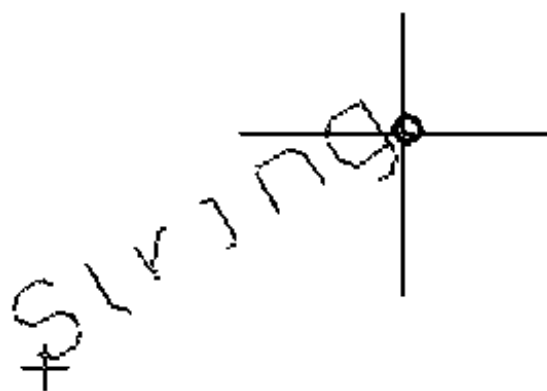


图 5-127 字符串的旋转

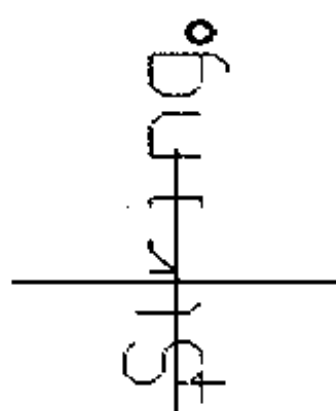



图 5-128 字符串的“空格键”旋转

3) 切换板层: 在字符串上按住鼠标左键不放, 然后按“L”键或从小键盘上按“*”键, 字符串就从一个层切换到了另一个层。

5.4.13 放置标注

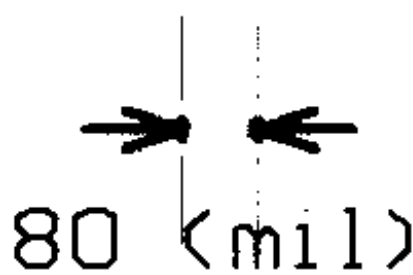
用鼠标左键单击放置工具栏上的标注图标, 或选择主菜单命令 Place\Dimension, 或按快捷键 P、D, 即可启动放置标注命令。

在放置字符串前, 先通过层切换标签将当前层切换到机械板层, 即 Mechanical (Mechanical1~4) 命令启动后, 光标变成十字形状, 并且光标上粘着一个两个相对着的箭头, 如图 5-129a 所示。

移动光标到合适的位置, 单击鼠标左键确定标注的起点。然后再移动光标, 此时尺寸标注拉开。移动到合适的位置单击鼠标左键, 确定标注的终点, 如图 5-129b 所示。



a)



b)

图 5-129 放置标注

a) 开始放置标注 b) 放置好的标注

提示：如果要切换标注单位，请按“Q”键即可使标注单位在 mil 与 mm 之间进行切换。

尺寸标注也可以进行修改，如移动、旋转、切换板层和删除等，其操作与对字符串的操作一样，这里不再重复。

尺寸标注也可以进行属性设置，在放置标注时按“Tab”键或用鼠标左键双击尺寸标注，即可弹出尺寸标注属性设置对话框，如图 5-130 所示。

对话框中的选项介绍如下：

1) Text Height: 设置标注文字的高度。

2) Text Width: 设置标注文字的宽度。

3) Unit Style: 设置标注单位的显示方式。系统设置了 3 种显示方式，即“None(无单位)”、“Normal(通常方式)”、“Bracket(括号方式)”。单击右边的下拉式按钮，从选单中选择一个即可。三种显示方式如图 5-131 所示。

对话框中其他选项与前面介绍的相同，这里不再重复。

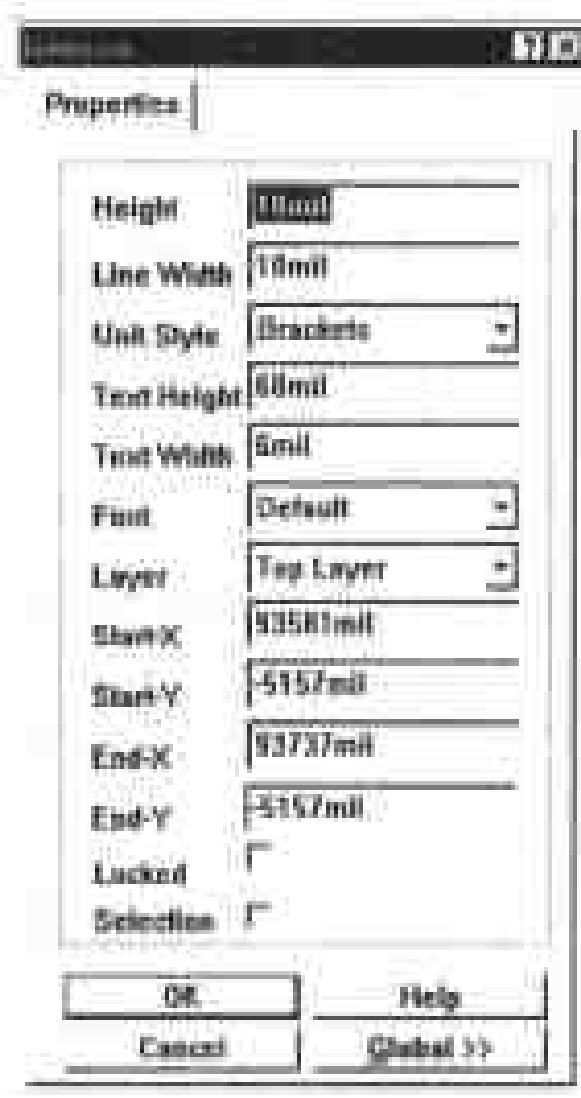


图 5-130 尺寸标注属性设置对话框

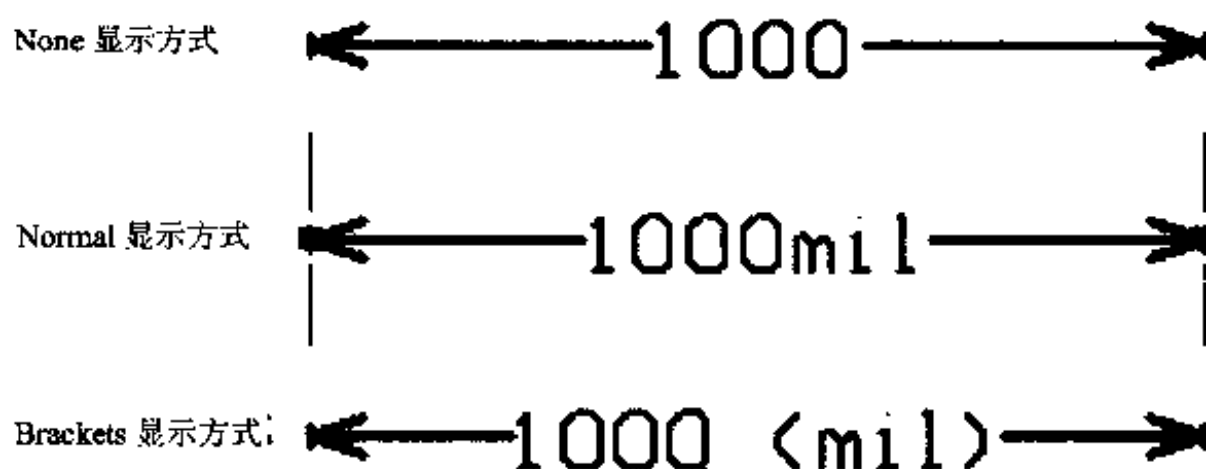



图 5-131 三种显示方式

5.4.14 放置坐标与相对原点

1. 放置坐标

用鼠标左键单击放置工具栏上的放置坐标图标，或选择主菜单命令 Place\Coordinate，或按快捷键 P、O，即可启动放置坐标命令。

命令启动后，光标变成十字形状，并且光标上粘着一个坐标指示，如图 5-132a 所示。单击鼠标即可放置坐标，如图 5-132b 所示。

放置坐标也可以设置属性，方法与放置标注相同，并且设置选项也相同。同样坐标显示也有三种方式（在 Unit Style 中设置），如图 5-133 所示。

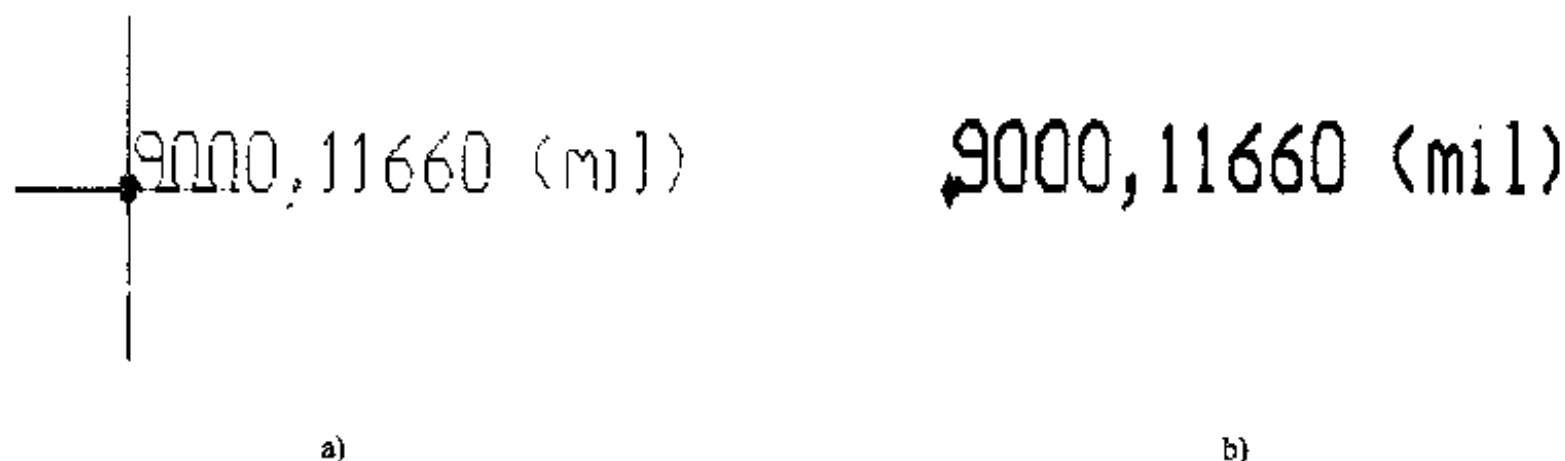


图 5-132 放置坐标

a) 开始放置坐标 b) 放置好的坐标

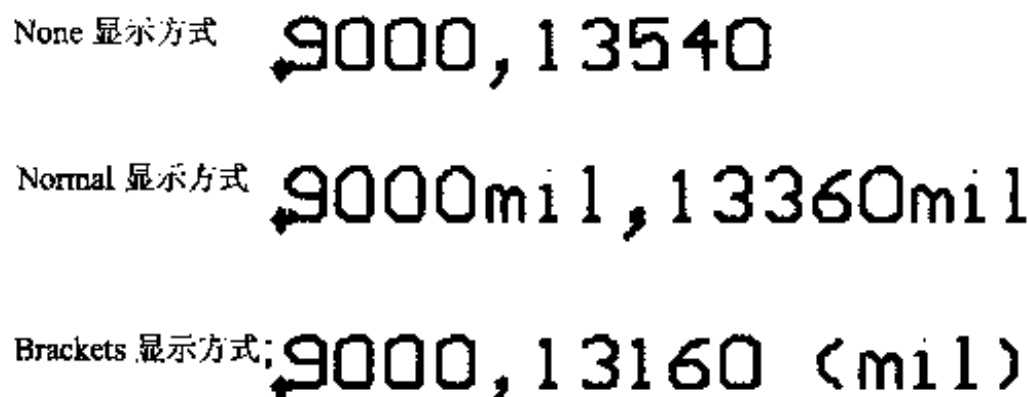



图 5-133 单位的三种显示方式

放置坐标也可以修改，所有的方法与放置标注相同，不再重复。

2. 放置相对原点

在 PCB 系统中有两个原点：一个是绝对原点，位于设置窗口的左下角，其位置永远固定；一个是相对原点，就是设计时用户便于定位而自行设定的坐标原点。底部的状态栏显示的就是相对原点确定的坐标。在没有定义相对原点时，相对原点与绝对原点是重合的。

在放置工具栏中单击放置相对原点图标 ，或选择主菜单命令 Edit\Origin\Set，或快捷键 E、O、S，即可启动放置相对原点命令。启动后光标变成十字形状，然后将移动要设置原点的位置上，单击鼠标左键就可完成。

当不需要相对原点时，可以选择主菜单命令 Edit\Origin\Reset，即可删除，是相对原点与绝对原点重合。

提示：在 PCB 设计时，从键盘上按 Ctrl+End 键。光标会自动移到相对原点上，按 Ctrl+Home 键，光标会自动移到绝对原点上。

5.5 PCB 设计过程

为了快速进入 PCB 设计，本节以一个简单的例子介绍 PCB 的设计过程。其中 PCB 系统参数都采用系统默认值，其具体设置方法将在后面几节中详细介绍。通过本节的学习，我们可以进行简单的 PCB 设计。

本节所举的例子是 MyDesign5_1.Ddb，其原理图为前面已设计好了的“MySCH.sch”文件，并且生成的网络表为“MySCH.NET”文件，欲创建的 PCB 文件为“MyPCB1.pcb”。进

入 Protel 99, 打开 MyDesign5_1.Ddb。

5.5.1 PCB 图的规划

进行 PCB 设计, 首先需要按照实际设计要求确定电路板的大小, 并且要绘制好电路板的边框。为了便于操作, 常常还要设置相对原点。具体步骤如下:


(1) 按照前面讲述的方法新建一个 PCB 文件, 并且进入新文件的编辑器中。

(2) 将当前层设置为禁止布线层 (Keep Out Layer) 在板层切换标签中单击 KeepOut 标签即可, 如图 5-134 所示。



图 5-134 单击 KeepOut 标签

如果标签中没有显示 KeepOut 标签, 那么根据前面介绍的方法让它显示出来。在绘图区单击鼠标右键, 从弹出菜单中选择 Options\Layers... 命令, 系统将弹出 “Document Option” 对话框, 在对话框的 “Other” 区域选中 “Keep Out” 项即可, 如 ☒ Keep Out 所示。禁止布线层一般用于绘制电路板边框。

(3) 设置相对原点。单击组件放置工具栏中的设置相对原点图标 , 光标变成十字形状, 在合适的位置单击鼠标左键即可完成相对原点的设置。


(4) 绘制电路板边框。启动导线放置命令, 如单击组件放置工具栏中导线放置图标 , 光标将变成十字形状, 按快捷键 Ctrl+End 使十字光标与相对原点重合, 此时单击鼠标左键确定边框左下角。移动鼠标到坐标为 (0, 3000) 的位置, 再单击鼠标左键确定边框的第一条边。按照同样的方法绘制出 3000×3000 的封闭正方形, 如图 5-135 所示。在绘制边框的过程中始终要注意设计窗口左下角状态栏的当前光标的坐标, 同时可以按快捷键 “Shift+空格键” 切换导线转角模式, 按空格键切换导线的绘制方向。



图 5-135 绘制好的电路板边框

5.5.2 PCB 工作层面与电路板属性的设置

在第一节中已经介绍了三种电路板结构, 有单面板、双面板和多层板, 所有的这些板都由层面构成, 图 5-2 中已详细介绍了。

实际电路板所需要的各种层面都可以在 Protel 99 中找到设置。Protel 99 提供了 7 种层面设置, 即 16 个信号层 (Signal Layer)、4 个内部层 (Internal Layer)、4 个机械层 (Mechanical Layer)、2 个钻孔导引层 (Drill Layer)、2 个防焊层 (Solder Mask Layer)、2 个锡膏层 (Paste Mask Layer)、2 个丝印层 (Silkscreen)。信号层主要是由电气布线的敷铜组成, 内部层主要用于布置电源和接地线, 机械层主要用于说明作用, 钻孔导引层主要用于辅助钻孔, 防焊层主要用于防止焊锡溢出而导致短路, 锡膏层主要用于粘贴表面安装零件, 丝印层主要用于印制一些文字。

PCB 工作层面与电路板属性的设置是在 Document Options 对话框中进行的。Document Options 对话框主要用来设置各板层的显示状态和设计窗口格点等多项设置。

1. 启动方式

(1) 主菜单启动。在设计窗口中选择主菜单的菜单项 Design\Options..., 即可启动 Document Options 对话框。在此对话框中包含两个标签页, 即 Layers 和 Options, 分别用于设置工作层面和电路板属性, 如图 5-136 和图 5-137 所示。

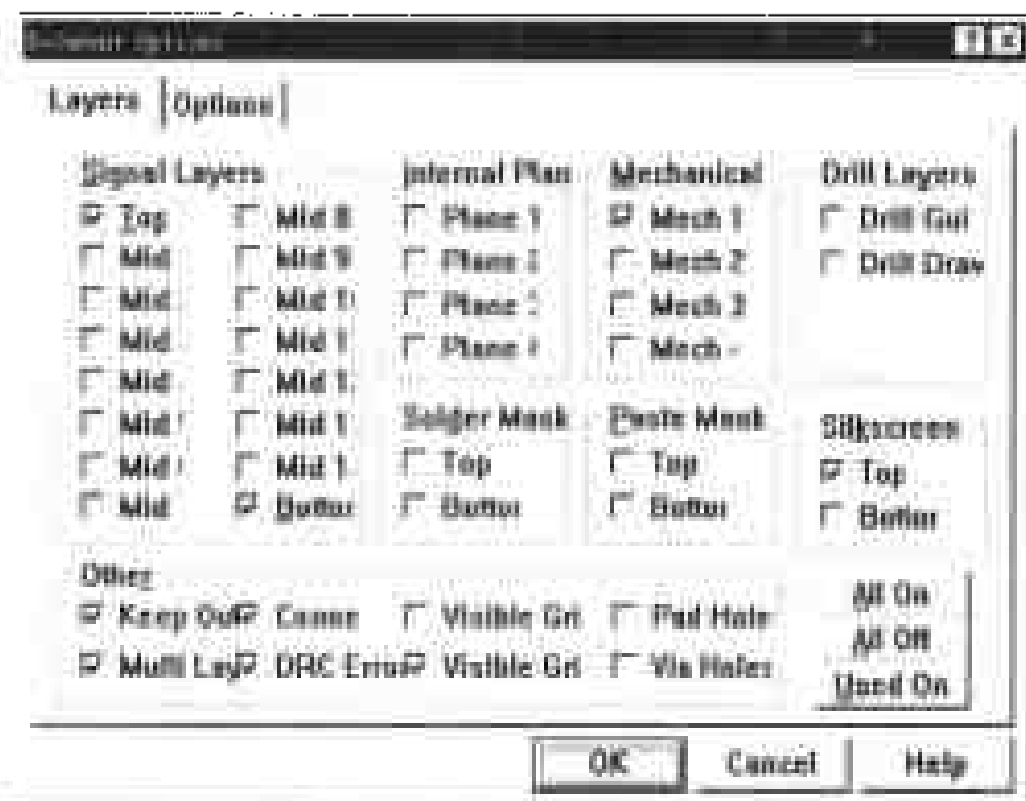


图 5-136 Document Options 对话框的 Layers 标签页

(2) 快捷键启动。在设计窗口中, 从键盘上连续按动键 D、O, 即可启动 Document Options 对话框。

(3) 右键法启动。在设计窗口单击鼠标右键, 如果选择弹出菜单的 Options\Broad Options..., 将可以打开对应于 Document Options 对话框的 Options (电路板选项) 页。如果选择弹出菜单的 Options\Layers..., 将可以看到对应于文档选项对话框的 Layers... (板层选项) 页, 如图 5-136 和 5-137 所示。

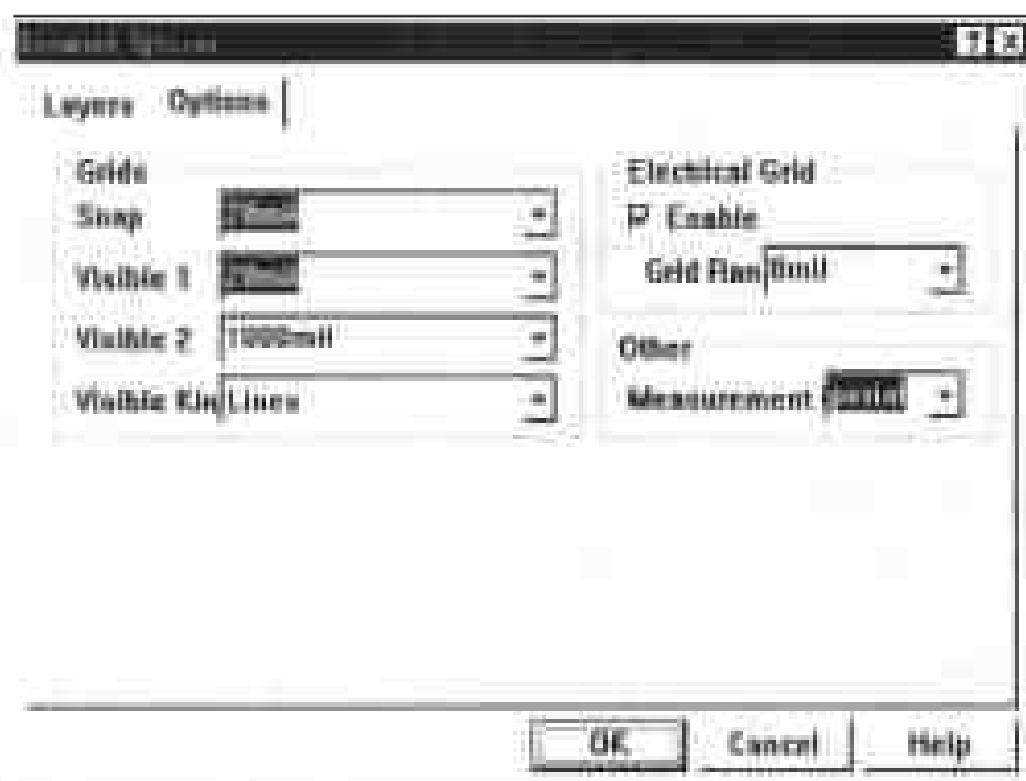


图 5-137 Document Options 对话框的 Options 标签页

2. 编辑 Document Options 对话框

该对话框包含“Layers”和“Options”标签页，分别用于设置工作层面和电路板属性。下面分别给予介绍。

(1) “Layers”标签页

单击 Document Options 对话框的“Layers”标签，将出现“Layers”页面，如图 5-136 所示。该页主要用来设置工作板层，它包含 8 个区域。

● **Signal Layers (信号板层)**：信号板层区域包括 16 个层，即 Top (顶层)、Bottom (底层) 和 14 个 Mid Layer1~14 (1~14 中间层)，如图 5-138 所示。该区域是用来设置信号层的

显示状态，在希望显示的层名前单击鼠标左键，如 ☒ **Top** 所示，则该层将在设计窗口中处于显示状态。

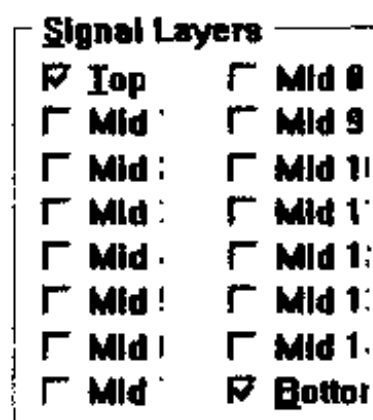


图 5-138 信号板层

● **Internal Plane (内部板层)**：内部板层主要是用来放置电源和接地线，此区域包括 4 个层，即 Plane 1~4，如图 5-139 所示。该区域是用来设置内部板层的显示状态，在希望显示的层

名前单击鼠标左键，如 ☐ **Plane 1** 所示，则该层将在设计窗口

中处于显示状态。内部板层不同于前面所讲中间层，中间层是指

用于布线的中间板层，该层中布的是导线，而内部板层是指电源层或地线层，一般情况下该层不布线，它是由整片铜膜构成。

● **Mechanical (机械板层)**：机械板层主要是用来作说明使用，此区域包括 4 个层，即 Mech 1~4，如图 5-140 所示。该区域是用来设置机械板层的显示状态，在希望显示的层名

前单击鼠标左键，如 ☒ **Mech 1** 所示，则该层将在设计窗口中处于显示状态。



图 5-139 内部板层

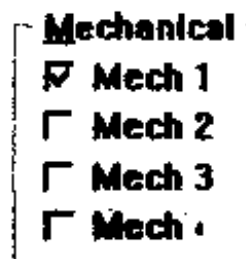


图 5-140 机械板层

● **Drill Layers (钻孔导引板层)**：钻孔导引板层主要是辅助导孔的钻孔之用，此区包括 2 个层，即 Drill guide (钻孔导引层) 和 Drill Drawing (钻孔图层)，如图 5-141 所示。在希望

显示的层名前单击鼠标左键，如 ☒ **Drill Draw** 所示，则该层将在设计窗口中处于显示状态。

● **Solder Mask (防焊板层)**：此区主要用来设置防焊板层的显示状态，包括 2 个层，即 Top (顶层防焊层) 和 Bottom (底层防焊层)，如图 5-142 所示。在希望显示的层名前单

击鼠标左键，如 ☒ **Top** 所示，则该层将在设计窗口中处于显示状态。

● **Paste Mask (锡膏板层)**：锡膏板层主要用来产生表面安装所需要的专用的锡膏层，用以粘贴表面的安装零件，此区域包括 2 个层，即 Top (顶层锡膏层) 和 Bottom (底层锡膏层)，如图 5-143 所示。此区主要用来设置锡膏板层的显示状态，在希望显示的层名前单击

鼠标左键, 如 ☒ **Top** 所示, 则该层将在设计窗口中处于显示状态。

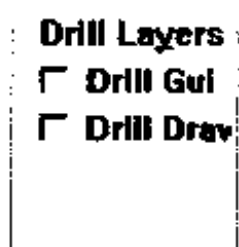


图 5-141 钻孔导引板层



图 5-142 防焊板层



图 5-143 锡膏板层

● **Silkscreen (丝印板层)**: 丝印板层主要用来绘制零件外形轮廓和标识零件序号, 此区域包括 2 个层, 即 **Top** (顶层丝印层) 和 **Bottom** (底层丝印层), 如图 5-144 所示。此区主要用来设置丝印板层的显示状态, 在希望显示的层名前单击鼠标左键, 如 ☒ **Top** 所示, 则该层将在设计窗口中处于显示状态。

● **Other (其他设置)**: Other 区域如图 5-145 所示。



图 5-144 丝印板层

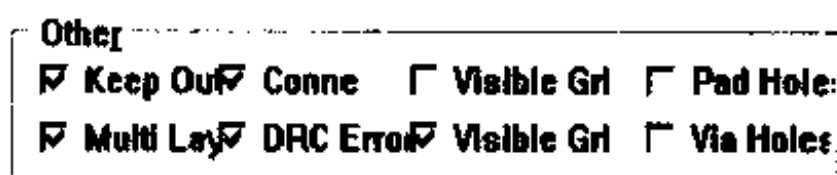


图 5-145 Other 区域

其各项意义如下:

Keep Out (禁止布线层): 选中表示显示禁止布线层, 否则不显示。

Connect (飞线): 选中表示显示飞线, 否则不显示。

Visible Grid1 (第一格点): 选中表示显示第一格点, 否则不显示。

Pad Holes (焊点通孔): 选中表示显示焊点通孔, 否则不显示。

Multi Layer (复合层): 选中表示显示复合层, 否则不显示。

DRC Error (DRC 检查): 选中表示自动布线检查错误信息。

Visible Grid2 (第二格点): 选中表示显示第二格点, 否则不显示。

Via Hole (导孔通孔): 选中表示显示导孔通孔, 否则不显示, 方法同上。

● **三个按钮**: 如图 5-146 所示。

All On (全开): 用鼠标左键单击此按钮, 系统将所有的板层都设置为显示。

All Off (全关): 用鼠标左键单击此按钮, 系统将所有的板层都设置为不显示。

Used On (用了才开): 用鼠标左键单击此按钮, 系统将用到的层设为显示, 没有用到的层设为不显示。

在对话框的任意处单击鼠标右键, 都将出现以上的三个按钮的菜单, 即浮动在对话框的上方, 如图 5-147 所示, 其功能与上面所述的完全一样。

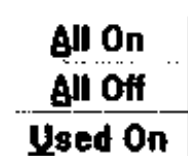


图 5-146 三个按钮

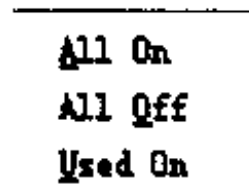


图 5-147 鼠标右键菜单

(2) “Options (选项)” 标签页

单击 Document Options 对话框的 Options 标签, 将出现 Options 页面, 如图 5-137 所示。此页主要是用于栅格、捕捉和系统度量单位的设置。

● Grids (栅格): Grids 区域如图 5-148 所示。

Snap (最小间距): 设置光标每次移动的距离, 设置方法是: 单击编辑框右边的下拉式

20mil 按钮, 从中选择一个合

适的数值即可, 也可以在激活编辑框后, 直接输入

一个合适的数值。另外也可以在设计窗口单击鼠标右键, 在弹出菜单中选择“Snap Grid”项, 从它的子菜单中选择一个合适的数值, 如图 5-149 所示。或者从它的子菜单中选择“Other...”项, 在弹出对话框中输入一个合适的数值, 如图 5-150 所示。

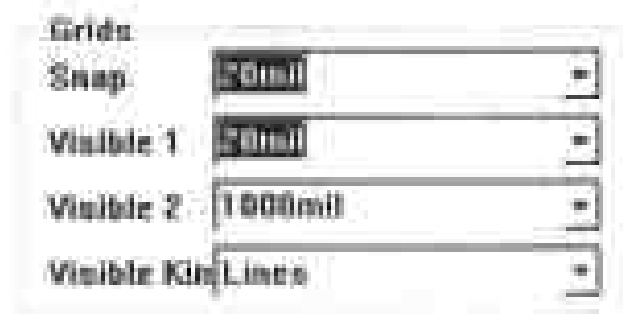


图 5-148 Grids 区域



图 5-149 Snap Grid 菜单

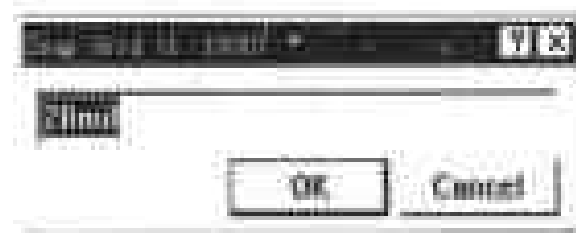


图 5-150 Snap Grid 值设置对话框

Visible 1 (第一组栅格): 设置第一组栅格的间隔距离, 系统默认为 20mil。设置方法是: 单击编辑框右边的下拉式 **20mil** 按钮, 从中选择一个合适的数值即可,

也可以在激活编辑框后, 直接输入一个合适的数值。

Visible 2 (第二组栅格): 设置第二组栅格的间隔距离, 系统默认为 1000mil。设置方法同上面的“Visible 1 (第一组栅格)”。

Visible Kind (栅格类型): 设置格点显示方式, 此项有两种选择, 即 Lines (线) 和 Dots (点状)。设置方法是: 单击编辑框右边的下拉式 **Lines** 按钮, 从中选择一个合适的即可。

提示: 在以上选项中, 系统提供了两种单位: mil (密耳) 和 mm (毫米), 输入数据的单位一般为 mil, 1 密耳=25.4 微米。同样也可以输入公制单位的数据, 如 20mm。

● Electrical Grid (电气节点捕捉)

所谓捕捉就是系统在节点范围内自动搜索电气节点。此区域有 Enable 和 Grid range（节点范围）两项，如图 5-151 所示，前者设置能否实现捕捉，后者设置在多大的范围内捕捉。

如果选中 ☒ **Enable**，则在画导线时，系统将会以节点范围中设置的数值为半径，以光标所在位置为中心，向四周搜索电气节点。如果搜索到节点的话，就会将光标自动移到该节点上，并在节点上显示一个大圆点。Grid range 的设置方法同上面的 Visible 1（第一组格点）。

● Other（其他设置）

该区域是用来设置度量单位，其中包括 Measurement 项，如图 5-152 所示。我们知道，系统提供了两种度量单位，即 Imperial（英制单位）和 Metric（公制单位）。设置方法同上面的 Visible Kind 相同。

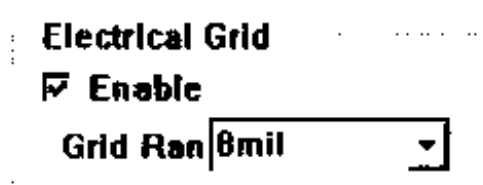


图 5-151 电气节点捕捉



图 5-152 设置度量单位

5.5.3 网络表的引入

在印制电路板设计过程中，网络表是非常重要的，它指示各个零件之间的连接关系，是系统自动和手动布线的依据。下面是引入网络表的步骤。

在网络表引入之前，通过板层切换标签，将 Top（顶层）设置为当前层。

(1) 选取主菜单命令 Design\Netlist...，系统将弹出如图 5-153 所示的网络表管理器对话框。

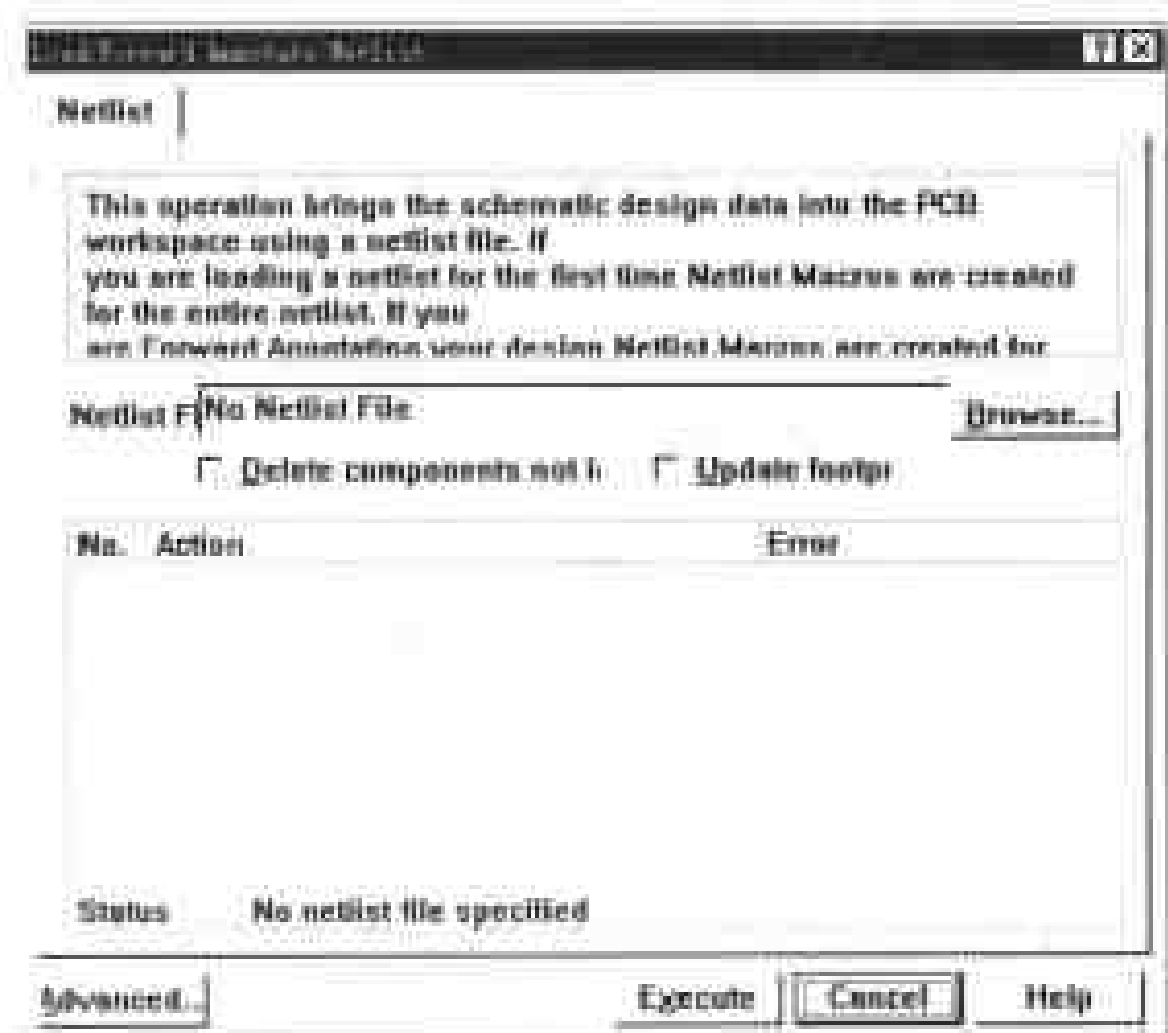


图 5-153 网络表管理器对话框

(2) 单击 Netlist File 右侧的 **Browse...** 按钮, 系统将弹出网络表文件选择对话框, 如图 5-154 所示。

(3) 在选择网络表文件对话框中选中网络表文件, 然后单击 OK 按钮即可。此时网络表管理器对话框变成如图 5-155 所示。

(4) 在网络表管理器对话框单击 **Execute** 按钮, 网络表中组件将出现在电路板框内, 如图 5-156 所示。

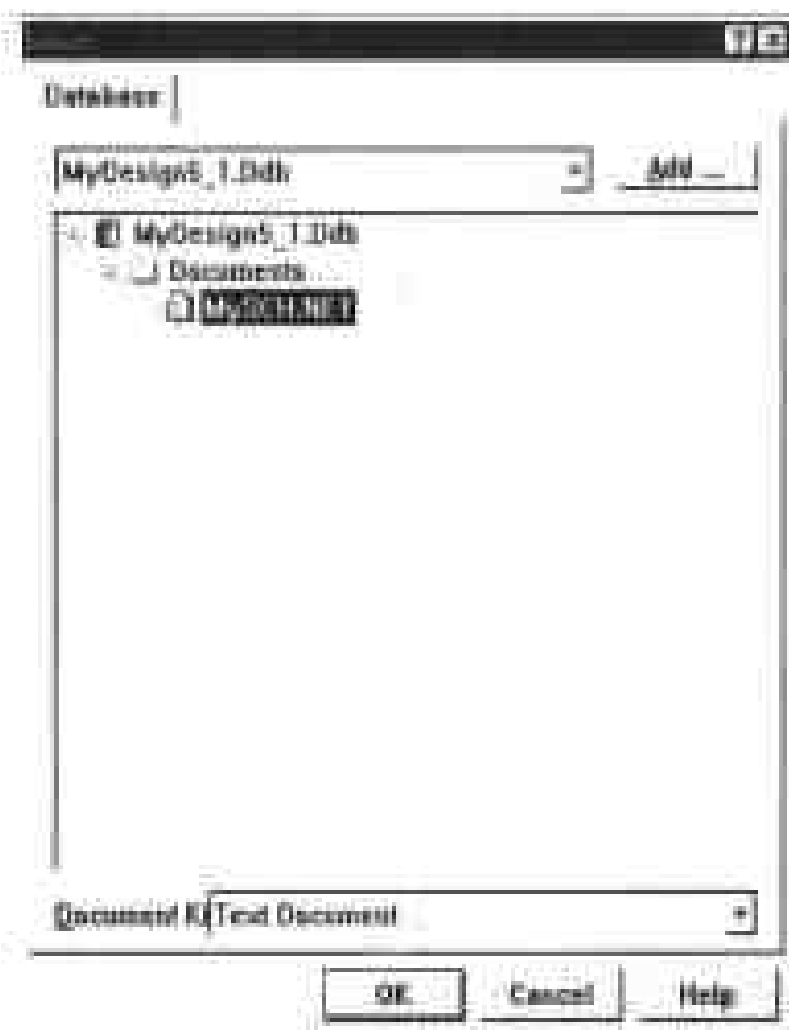


图 5-154 网络表文件选择对话框

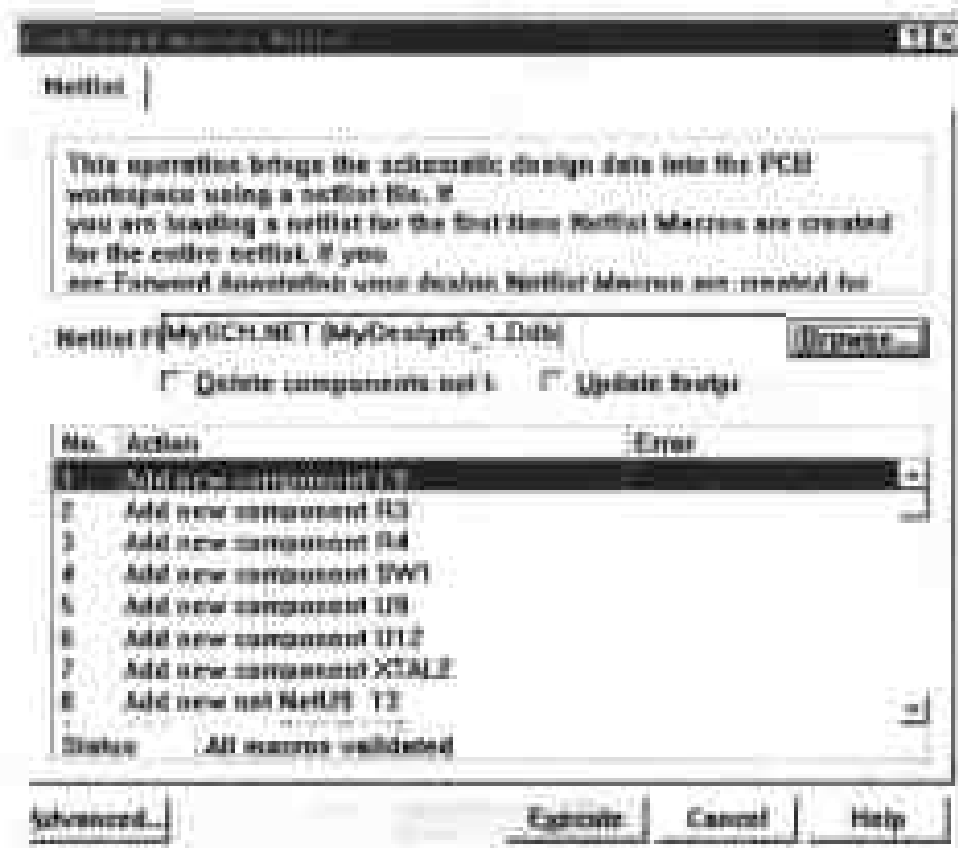


图 5-155 引入网络表后的对话框

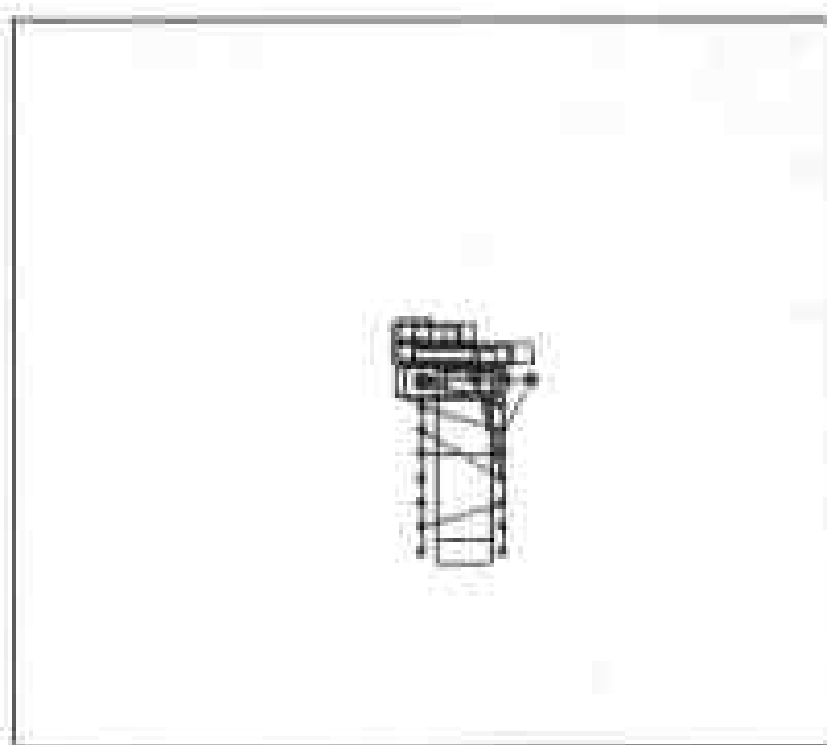


图 5-156 引入网络表后的电路板

5.5.4 零件封装的布局与对齐

1. 零件封装的布局

将网络表引入 PCB 系统后, 零件封装一般都是重叠在一起的, 如图 5-157 所示。调整零件封装在电路板上的布局有两种方式: 一是手动布局, 二是自动布局。下面分别予以介绍。

(1) 手动布局

手动布局通常是先将零件分开, 然后应用前面讲述零件移动、旋转、对齐等方法来调整零件封装的位置。首先我们讨论如何将零件分离出来, 分离的方法有三: 直接搬移法、推挤法和分类排列法。

● 直接搬移法。在分离零件封装时, 直接在重叠的零件封装上按住鼠标的左键不放, 屏幕将会出现重叠零件封装列表, 如图 5-158 所示。

在重叠的零件封装列表中, 选择需要移动的零件封装。选定后光标将变成十字形状, 光标上并粘着选定的零件封装, 如图 5-159a 所示。

移动鼠标到合适的位置, 然后单击鼠标左键将零件封装定位, 这样该零件封装就分类出来了, 如图 5-159b 所示。同理将其他的零件封装分离出来, 如图 5-160 所示。

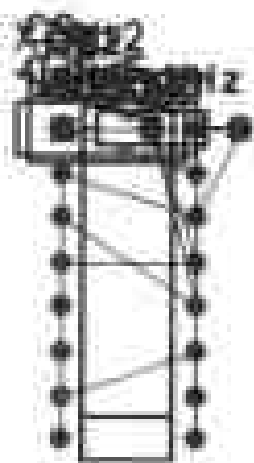


图 5-157 重叠的零件封装

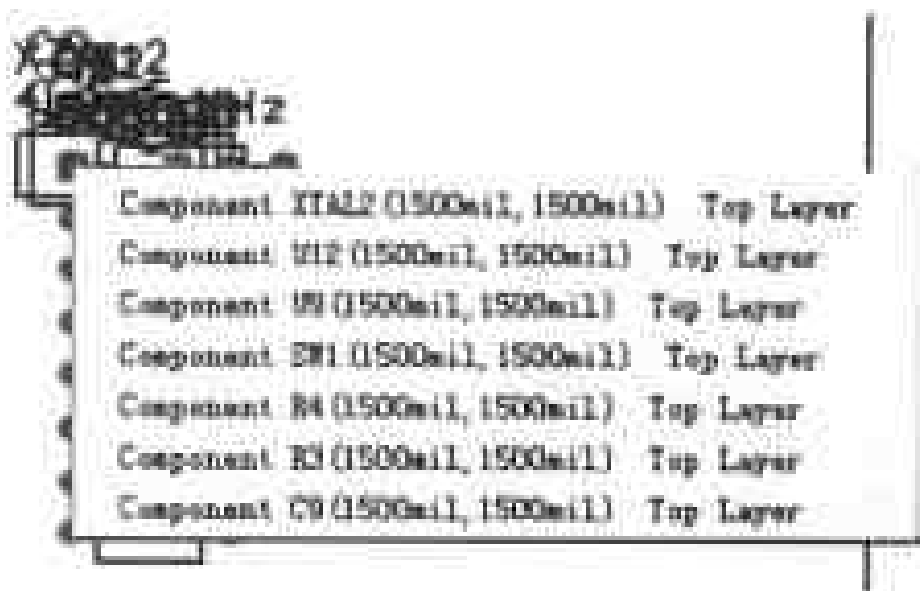


图 5-158 零件封装列表

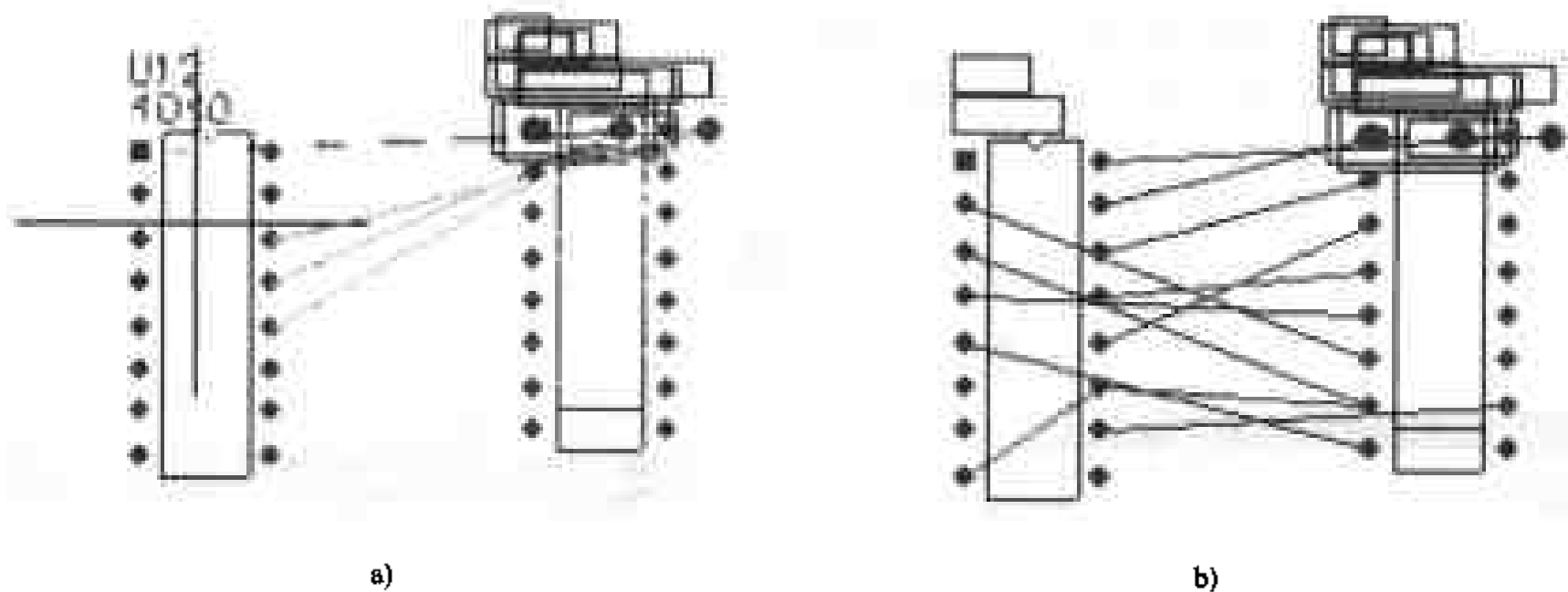


图 5-159 零件封装

a) 零件封装粘在十字光标上 b) 定位的零件封装

同时也可以采用前面讲述过的菜单命令“Move”来分离零件封装。很明显，这样一个分离的效率是非常低的。

● 推挤法。此方法是指将选定的零件封装原地不动，其他与它重叠的零件封装将被推开。主要涉及的命令是主菜单项 Tools\Align Components 的子菜单命令 Shove 和 Set Shove Depth...，如图 5-161 所示。

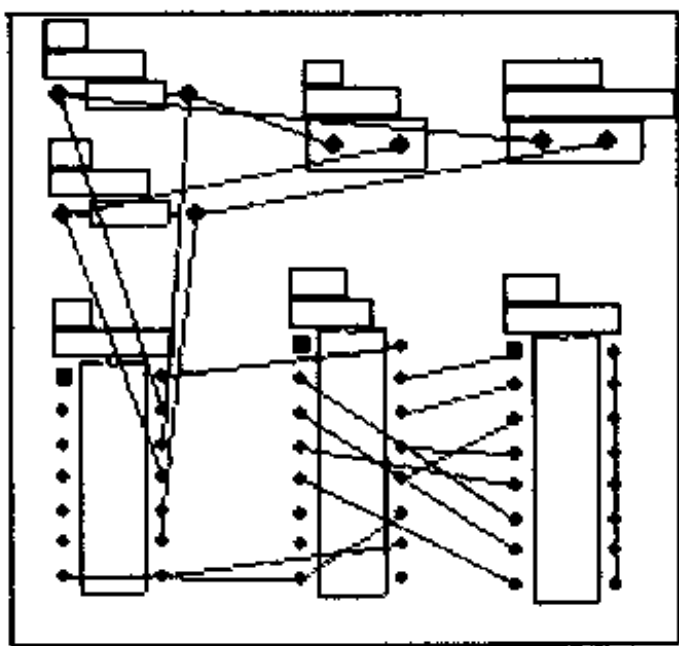


图 5-160 分离后零件封装

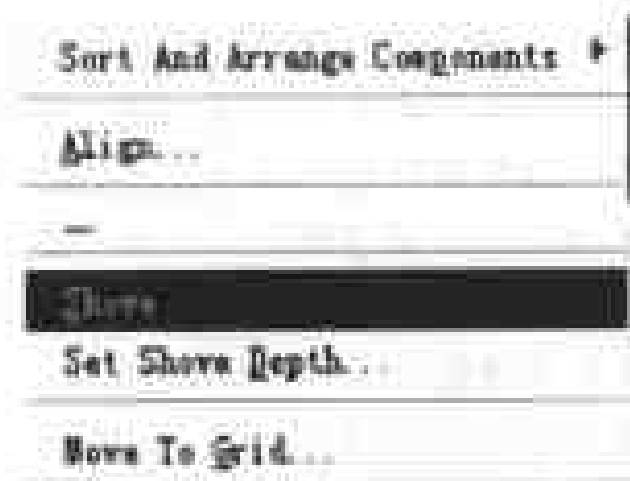


图 5-161 推挤法命令

推挤法是系统一次一次地推挤来完成零件封装的，比如四个零件重叠在一块，第一次系统将固定的零件与其他三个分离，但分离出来那三个还是重叠的，需要再一次分离，所以要完全分离需要三次推挤。成功地使用推挤法来完成分离零件封装有一个推挤深度的问题。至于要完全分离所有重叠的零件需要执行几次“Shove”命令，主要由重叠的零件封装数目、零件封装之间的重叠关系、系统设置的推挤规则和推挤的深度来决定。

通常希望通过一次推挤就将所有的零件封装分离开，而不希望这一次分离出来的零件封装在下一次推挤时又被推挤。解决的方法是加大推挤的深度，一般电路图设置为 20。

此方法步骤是：

首先通过“Set Shove Depth...”命令来设置推挤深度。执行该命令后，系统弹出“Shove Depth”对话框，如图 5-162 所示。

其次，执行主菜单项 Tools\Align Components 的子菜单命令 Shove 命令，光标变成十字形状，移动光标到重叠的零件封装上单击鼠标左键，光标处将出现如图 5-163 所示的重叠零件封装列表。



图 5-162 设置推挤深度对话框

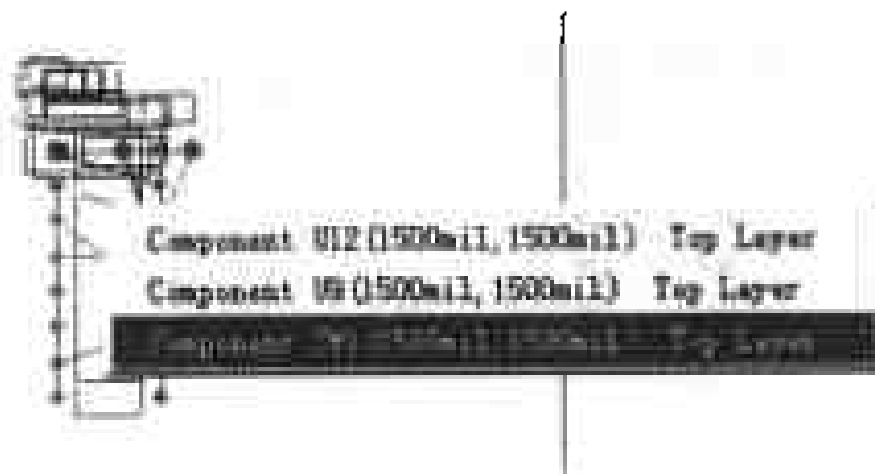


图 5-163 选择固定零件封装

在零件封装列表选择一个作为固定零件封装, 系统就进行自动推挤。图 5-164 所示为成功推挤后的电路板。从推挤的结果来看, 零件封装的布局还有点乱, 一般情况下需要进一步调整零件封装的布局。

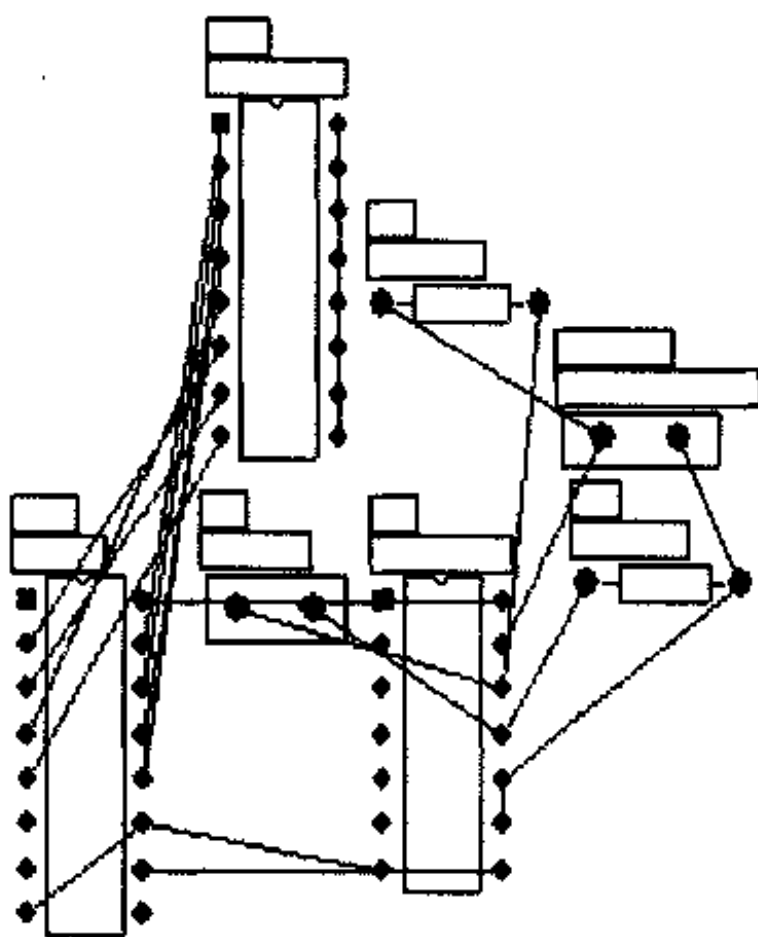


图 5-164 推挤后的零件封装

● 分类排列法

当零件比较多, 并且同类的零件比较多时, 我们一般用分类排列法来分离零件。使用这种方法能使相同类型的零件封装排成一排, 不同的零件封装各占一行。

选定需要分离的零件封装, 然后执行主菜单项 Tools\Align Component...\Sort And Arrange Components\Selected Component 命令, 光标变成十字形状, 在 PCB 绘图区的任何位置单击鼠标左键, 即可完成, 如图 5-165 所示。

如果对于所有零件进行分离、排列操作, 则可以执行主菜单项 Tools\Align Component...\Sort And Arrange Components\All Components 命令来操作。方法类似。

(2) 自动布局

手动布局可以很随意, 但效率很低。Protel 99 提供了强大的自动布局功能, 只要定义好规则, 系统就会自动将重叠零件分离出来。采用自动布局, 效率就大大地提高了。

自动布局是通过选择主菜单项 Tools\Auto Place...命令来完成。执行命令后系统会弹出如图 5-166 所示的对话框, 要求设置自动布局的参数。

通过此对话框可以设置两种自动布局的方式, 即 Cluster Placer 和 Statistical Placer。

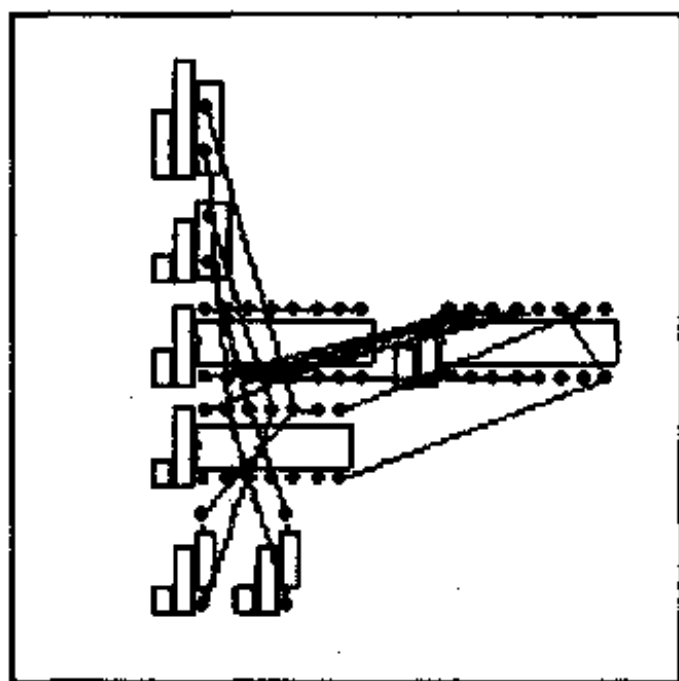


图 5-165 分类排列后的零件封装

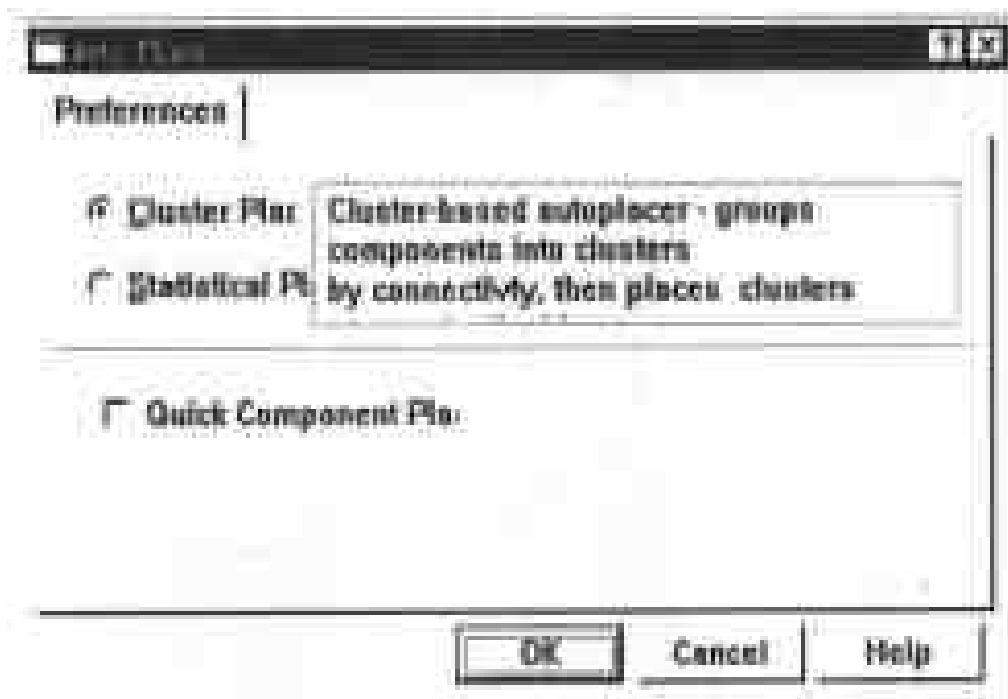


图 5-166 设置自动布局参数对话框

● **Cluster Placer:** 组群方式布局。它是以布局面积最小为标准, 同时可以将零件名称和序号隐藏。它还有一个加快布局速度的选项, 即 **Quick Component Placement**。如果选中它, 将加快系统的布局速度, 如图 5-103 所示。

● **Statistical Placer:** 统计方式布局, 它是以使得飞线的长度最短为标准。选中图 5-166 中的 **Statistical Placer** 项, 自动布局参数设置对话框变成如图 5-167 所示。

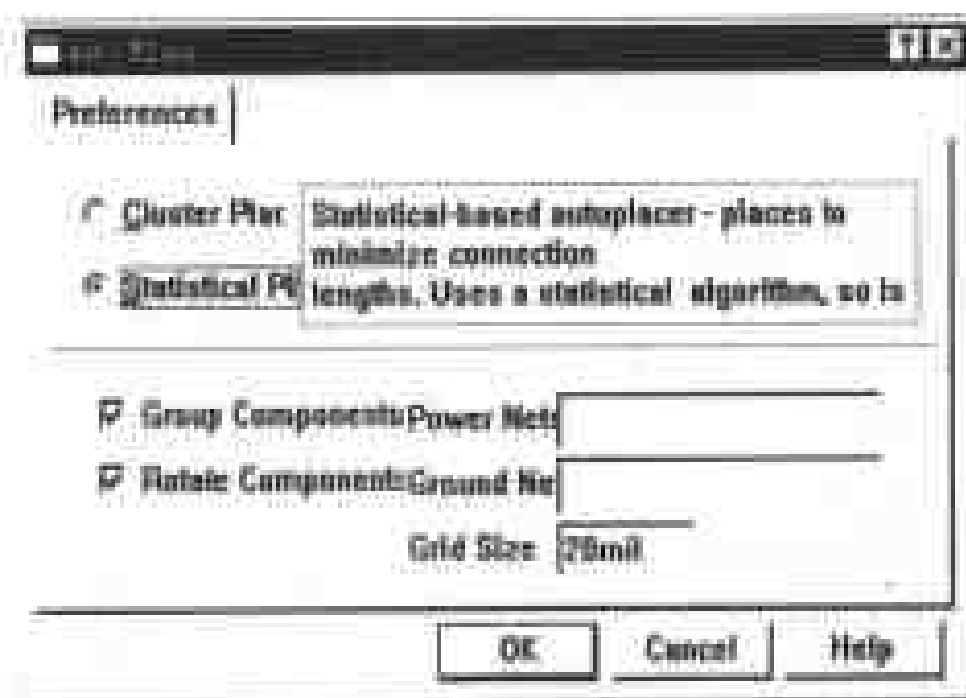


图 5-167 统计方式布局参数设置对话框

在此对话框中五项设置。“Group Component”表示将当前的网络中连接密切的零件归为一组, 在排列时将该组的零件作为群体而不是个体来考虑。“Rotate Component”表示将根据网络连接和排列的需要, 适当旋转和移动零件封装。“Power Nets”用于定义电源网络名称。“Ground Nets”用于定义接地网络名称。

“Grid Size”设置零件自动布局时的栅格的大小。

设置完毕后, 单击 **OK** 按钮, 系统进入自动布局状态。布局结束后, 系统将弹出如图 5-168 所示的对



图 5-168 提示自动布局结束对话框

话框,提示自动布局结束。

单击 OK 按钮,系统完成布局。图 5-169 为一电路图自动布局的结果。

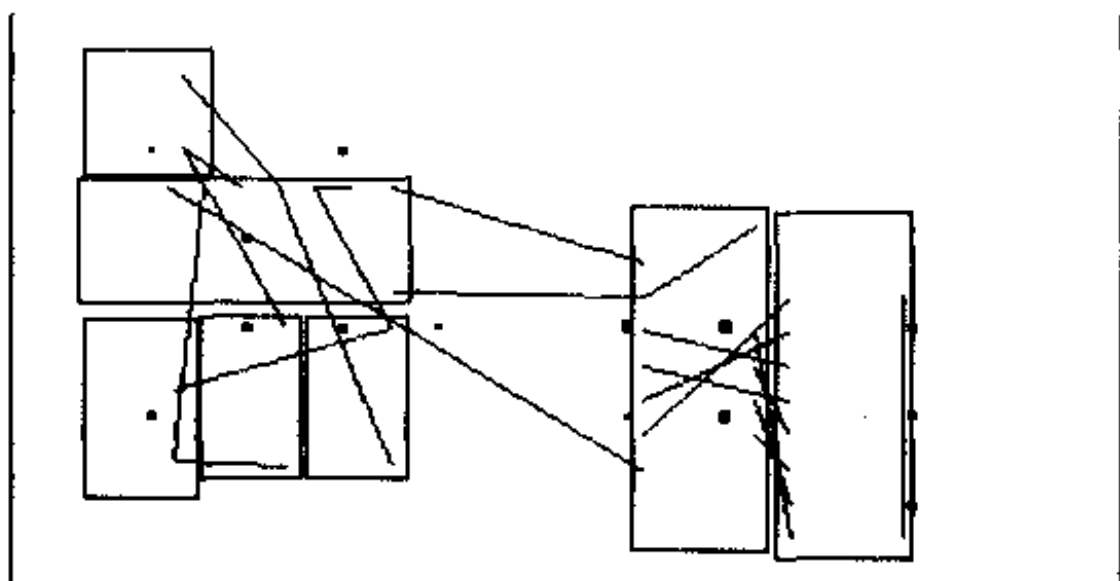


图 5-169 自动布局后 (Place1.pcb) 的画面

在自动布局过程中,状态栏中显示当前优化所花费的时间、优化进度和系统移动零件的次数。如图 5-170 是布局完毕后状态栏的显示。

00:00:03 Optimization:100.00% Moves:18332

图 5-170 布局完毕后的状态栏

上面的结果表明,布局花费了 3 分钟,100%的优化,移动次数 183322。虽然经过了优化,但优化的结果不一定令人满意,而且即使对同一个网络表,在同一个电路板内,每次自动布局的优化位置的也不同。完成后,系统会自动生成另一个 PCB 文件,将当前的结果保存在此文件中。第一次为 Place1.pcb,第二次为 Place2.pcb,依次类推。我们可以从选择一个最满意的结果来更新 PCB。具体方法如下:选择主菜单项 File 中的 Update PCB 命令,系统将更新最初的 PCB 文件。更新后的 PCB 如图 5-171 所示。

2. 零件封装的对齐

为了使设计的电路板比较整齐美观,有时也是电路上的需要等,在零件布局的过程中常常需要对有关零件封装进行对齐。零件封装的对齐操作可以通过主菜单项“Tools”\“Align Component”的子菜单的有关命令来完成。该子菜单如图 5-172 所示。

下面具体介绍子菜单中的主要命令。

(1) Sort and Arrange Component: 分类排列零件,即将各个零件封装按类别来排列,该命令已在手动布局中的分类排列法里详细的介绍了。该项下有两个用于选择零件范围,即 All Component 和 Selected Component 两个命令。All Component 用于电路板中的所有零件,Selected Component 用于所选取的零件。

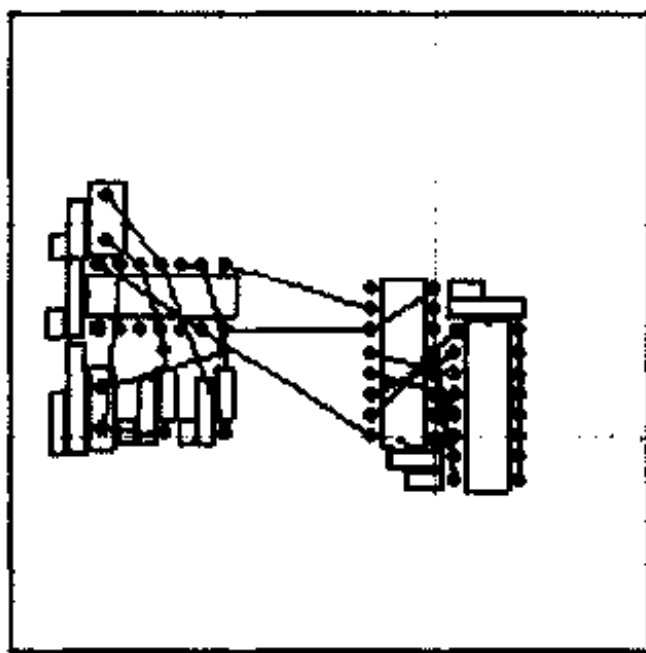


图 5-171 自动布局后的电路板

(2) Align...: 单击该命令, 系统将弹出零件封装对齐设置对话框, 如图 5-173 所示。该对话框有两个区域, 即: “Horizontal”和“Vertical”, 下面详细介绍对话框的各个选项。

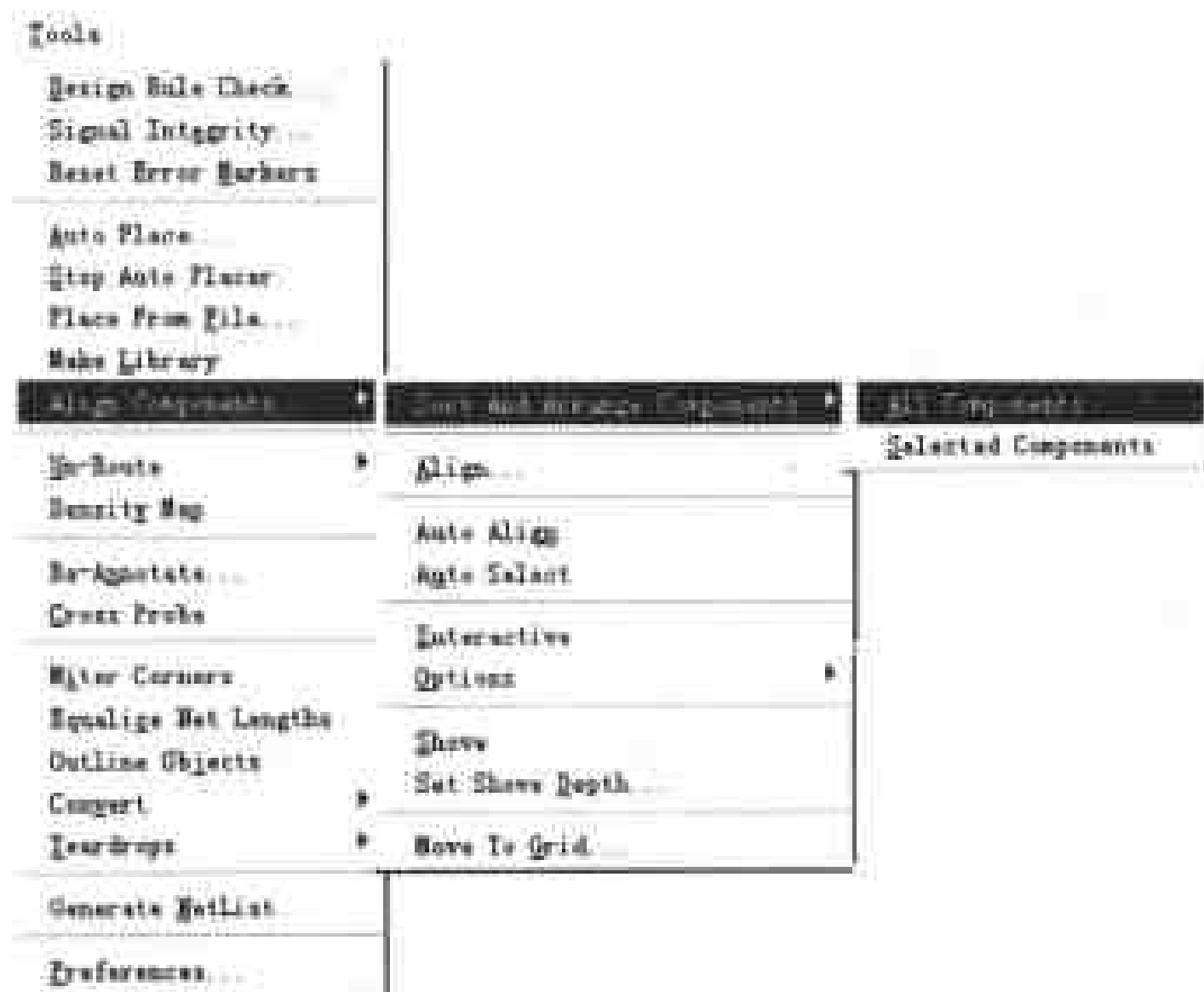


图 5-172 对齐操作的有关命令

1) Horizontal 区域

- **No Change:** 所取零件将不改变。
- **Left:** 左对齐, 即将所有被选取的零件封装都向着最左边的零件对齐。
- **Center (Horizontal):** 水平中间对齐, 即将所有被选取的零件封装的垂直中心线向最左边和最右边零件封装的中间位置对齐。
- **Right:** 右对齐, 即将所有被选取的零件封装都向着最右边的零件对齐。
- **Distribute equally (Horizontal):** 水平平分, 即将所有被选取的零件的垂直中心线都将在最左边和最右边零件的垂直中心线中间等距离放置。

2) Vertical 区域

- **No Change:** 所取零件将不改变。
- **Top:** 上对齐, 即将所有被选取的零件封装都向着最上边的零件对齐。
- **Center (Vertical):** 垂直中间对齐, 即将所有被选取的零件封装的水平中心线向最上边和最下边零件封装的中间位置对齐。

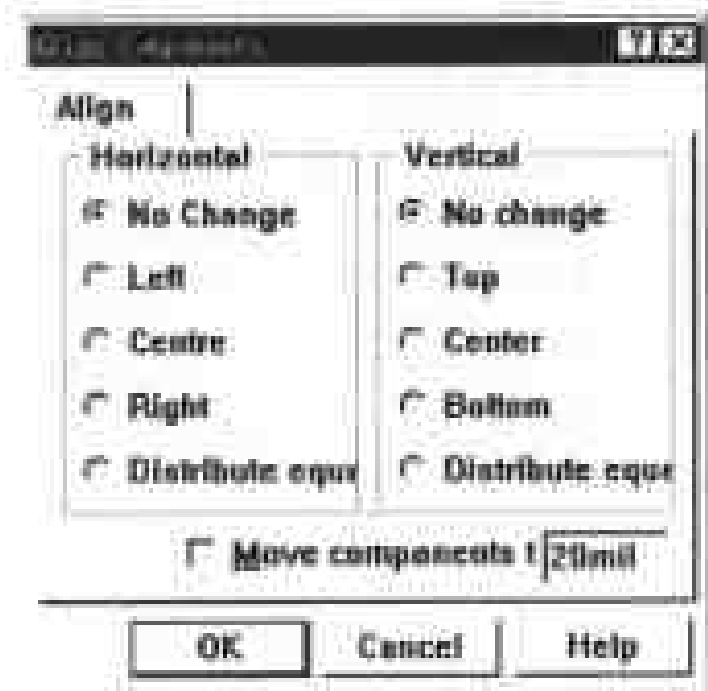


图 5-173 对齐设置对话框

- Bottom: 下对齐, 即将所有被选取的零件封装都向指最下边的零件对齐。
- Distribute equally (Vertical): 垂直平分, 即将所有被选取的零件的水平中心线都将在最上边和最下边零件的水平中心线中间等距离放置。

(3) Auto Align: 让系统自动进行对齐。当执行此命令时, 系统会自动将选择的零件封装和它相同的零件封装按一定的规则进行对齐。对齐规则在“Options”下设置。

(4) Auto Select: 让系统自动选择需要排列的零件封装。当执行此命令时, 系统会自动将选择的零件封装和与它相同的零件封装并且自动按等间距自动选择的零件封装进行对齐。

(5) Interactive: 实行交互式的对齐操作。

(6) Options: 用于设置 Auto Align 命令的对齐规则。Options 具有一个子菜单, 如图 5-174 所示。

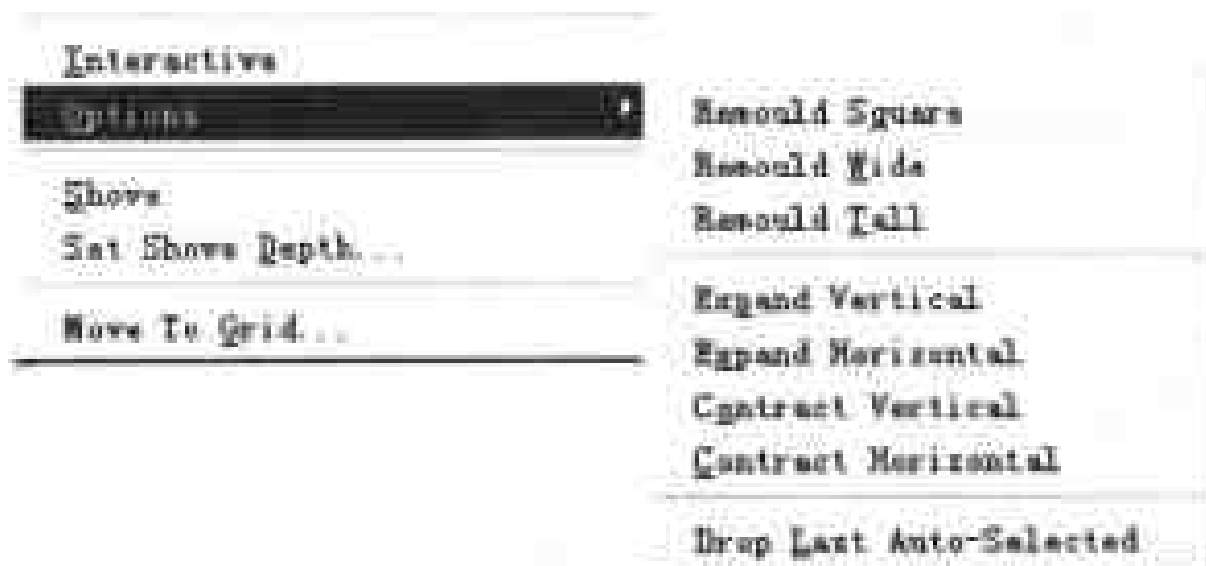


图 5-174 Options 子菜单

下面分别予以介绍。

- Expand Vertical: 此命令表示在所选的零件封装中, 最上边的零件封装位置不变, 加大其他零件封装与最上边的零件封装之间的垂直距离。
- Expand Horizontal: 此命令表示在所选的零件封装中, 最左边的零件封装位置不变, 加大其他零件封装与最左边的零件封装之间的水平距离。
- Contract Vertical: 此命令表示在所选的零件封装中, 最上边的零件封装位置不变, 减少其他零件封装与最上边的零件封装之间的垂直距离。
- Contract Horizontal: 此命令表示在所选的零件封装中, 最左边的零件封装位置不变, 减少其他零件封装与最左边的零件封装之间的水平距离。

(7) Shove: 该命令用于推挤零件。执行该命令后, 光标变成十字形状, 然后将光标移到需要推挤的零件封装上, 单击鼠标左键, 如果参考零件周围的零件太靠近了, 则自动向外推开零件。

(8) Set Shove Depth: 设置推挤次数。执行该命令后, 系统将弹出“Shove Depth”对话框, 如图 5-175 所示。要求输入推挤次数, 系统就会按照所输入的次数进行相应次数的推挤过程。

(9) Move to Grid: 该命令表示将被选取的零件移动到栅格上。执行该命令后, 系统将弹出

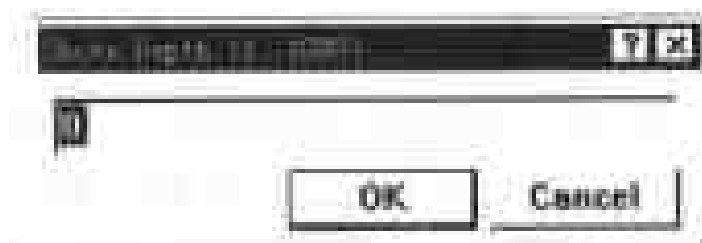


图 5-175 “Shove Depth”对话框

“Component Move”对话框,如图 5-176 所示。要求输入栅格值。

3. 结束布局

通过以上的方法和技巧将零件封装进行布局和对齐,最后的布局好的 PCB 图如图 5-177 所示。

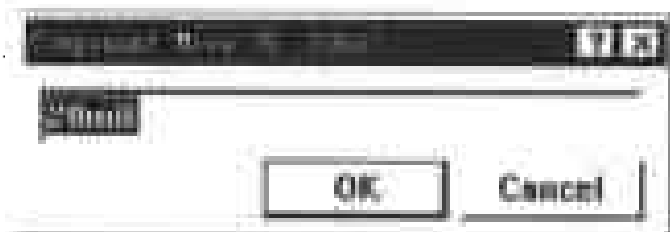


图 5-176 设置栅格值对话框

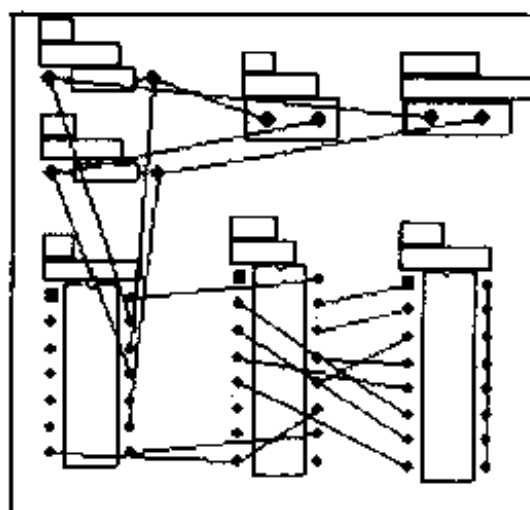


图 5-177 布局好的 PCB 图

5.5.5 手动布线

零件封装布局好后,利用前面介绍的组件放置方法,根据系统飞线的指示进行手动布线。手动布线其实就是按照飞线的指示如何放置导线。这些在放置导线一节中已经详细介绍了,请参照放置导线一节。但在具体放置电路板中的导线时有许多技巧,所以在此介绍在布线过程中的一些基本技巧,至于灵活应用就看读者的熟练程度和操作的经验了。

在布线前我们需做一些简单的设置。首先是设置电气格点捕捉,这一点在 5.5.2 PCB 工作层面与电路板属性的设置中有详细介绍。其次是设置设计规则 (Design rules),这一点在后续章节中介绍 (单击菜单命令 Design\Rules...),在本例中采取系统缺省设置。

图 5-178 所示的是一条按照飞线的指示布线的情况,飞线连在光标上,随光标移动。图 5-179 为布置了一部分导线的电路板。

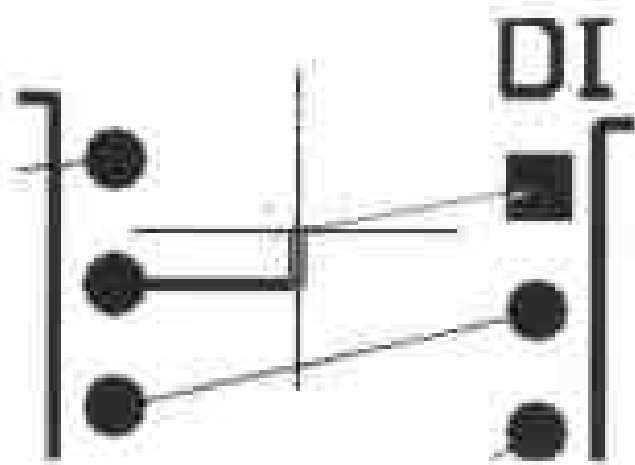


图 5-178 根据飞线布置导线

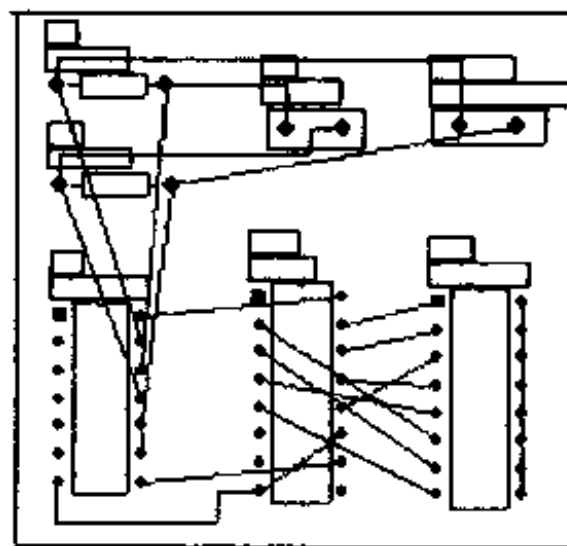


图 5-179 布置了一部分导线的电路板

提示: 在 PCB 布线过程中,我们经常根据情况改变导线的转角模式,其方法是按 Shift+空格键,使之在 6 种模式中来回切换。具体请参见放置导线一节。

1. 利用 Protel 99 的先行 (look-ahead) 特性

这一点我们早已见识过了,只是没有这样提而已。先行特性很简单,就是根据下一段导

线的走向来确定当前导线段。一般地,在导线转角时有两段导线是未确定的,如图 5-180 所示。当确定好下一段导线的走向后,单击鼠标左键定位当前导线段。

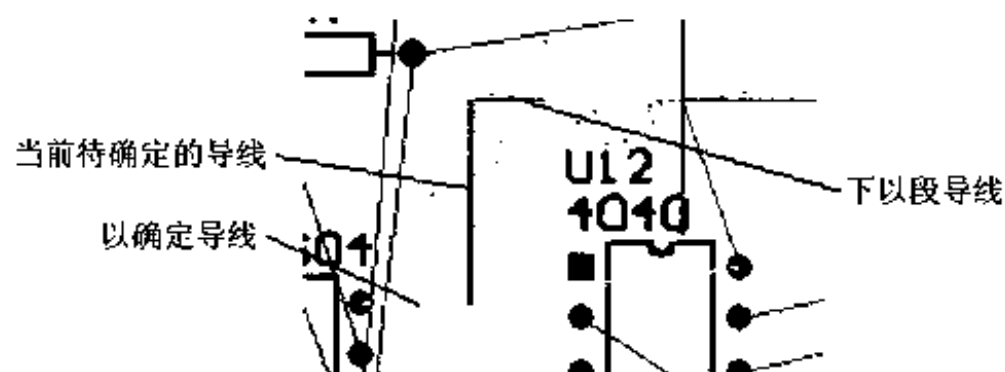


图 5-180 先行特性示意图

2. 在布线时改变 PCB 板层

此方法在前面也已经提到过,就在导线放置状态下,由于光标不能离开 PCB 工作区去执行板层切换命令,而布线又需要切换到底层,此时只有执行快捷键才能完成操作。方法是按小键盘上的“*”键即可,并且系统自动添加一个导孔,使导线过渡到另一层,如图 5-181 所示。

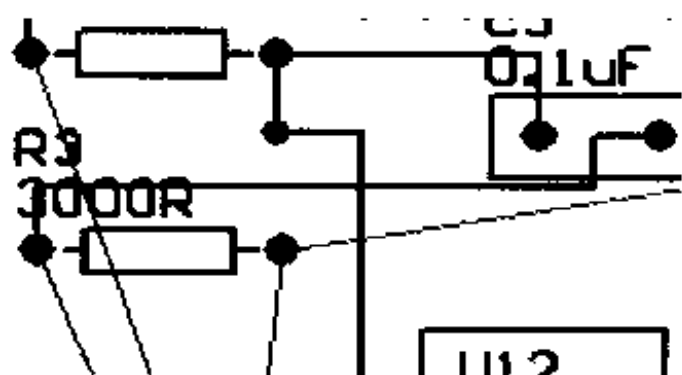


图 5-181 布线时改变 PCB 板层

3. PCB 交互式布线模式

系统设定了三种交互式布线模式,即 Ignore Obstacle (忽略障碍)、Avoid Obstacle (避免障碍)和 Push Obstacle (清除障碍)。设置方法是:

单击菜单命令 Tools\Preferences..., 系统将弹出如图 5-182 所示的系统参数设置对话框。

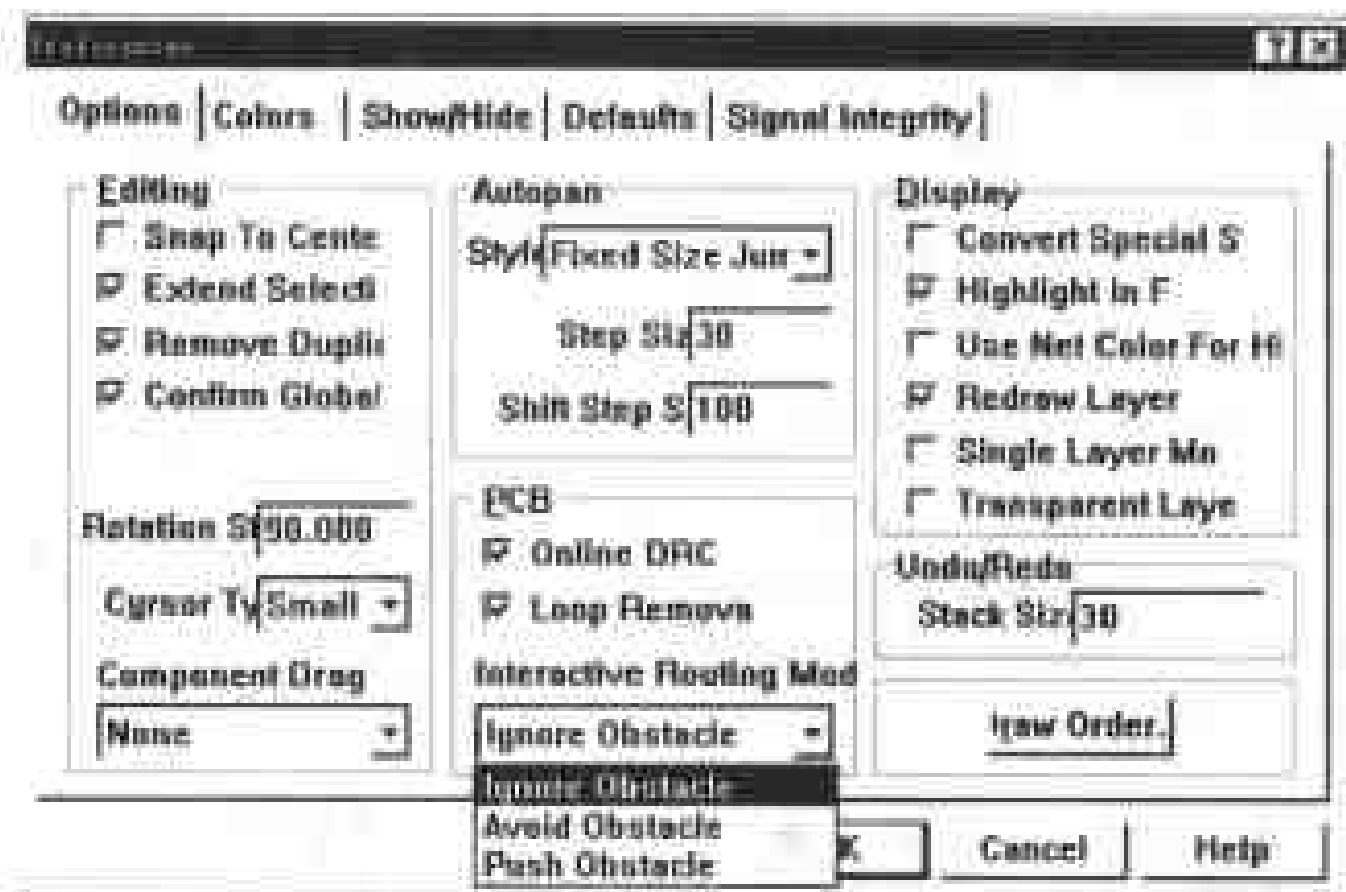


图 5-182 系统参数设置对话框

在 PCB 区域中的“Interactive Routing Mode”项,用鼠标左键单击右边的下拉式按钮,将会出现以下三个选项,如图 5-182 所示。

(1) Ignore Obstacle: 忽略障碍。选择该项,则在系统布线遇到障碍时,系统会忽略障

碍，直接布线过去。如图 5-183 所示，在同一层中布置交叉导线，系统会忽略这些而直接布线过去，但此时就有可能会出现错误检查（是否出现错误检查取决于是否选中了在线规则检查选项，方法是在图 5-182 的 PCB 区域中的 ☒ **Online DRC** 设置项）。

(2) **Avoid Obstacle**: 避免障碍。选择该项，则在系统布线遇到障碍时，系统会避免障碍，绕着布线过去。如图 5-184 所示，系统布线遇到障碍（同一层出现交叉导线）时，系统会避免障碍，使设计者不能从此布线，要布线必须绕着布线过去。

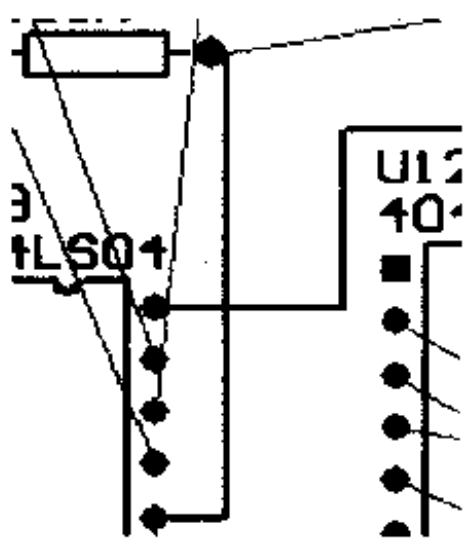


图 5-183 忽略障碍

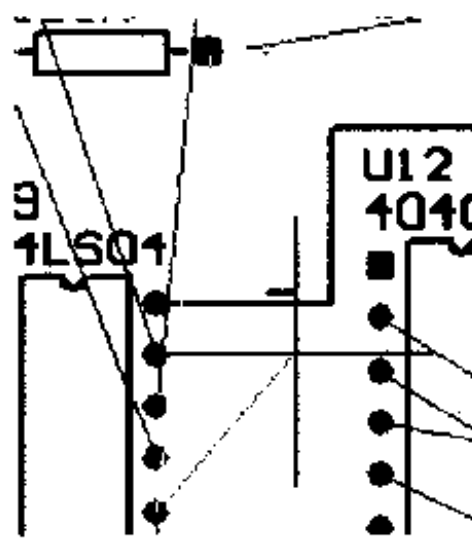


图 5-184 避免障碍

(3) **Push Obstacle**: 清除障碍。选择该项，则在系统布线遇到障碍时，系统会先清除障碍，然后再布线过去。如图 5-185 所示，系统布线遇到障碍（同一层出现交叉导线）时，系统会清除障碍，即推开当前障碍导线，然后再布线。

4. 再次布线 (Re-route)

有时布线好完成后，有个别的导线布置不满意，需要重新再布线。重新再布线有两种方法，其一是先删除导线，然后再布线，其二是利用系统设置项，直接再布线。第一种方法不再讨论，现就第二种方法来再次布线。

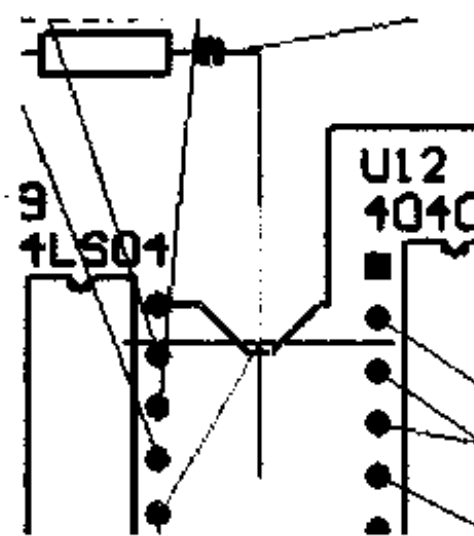


图 5-185 清除障碍

在图 5-182 的 PCB 区域中有 ☒ **Loop Removal**（自动回路删除）选项，如果选中该项，再次布线后，系统会自动删除先前的布线。图 5-186 为需要重新布线的线路，布线后如图 5-187 所示。如果没选中该项，布线后系统会保存先前的布线，如图 5-188 所示。

该选项系统默认为选中。

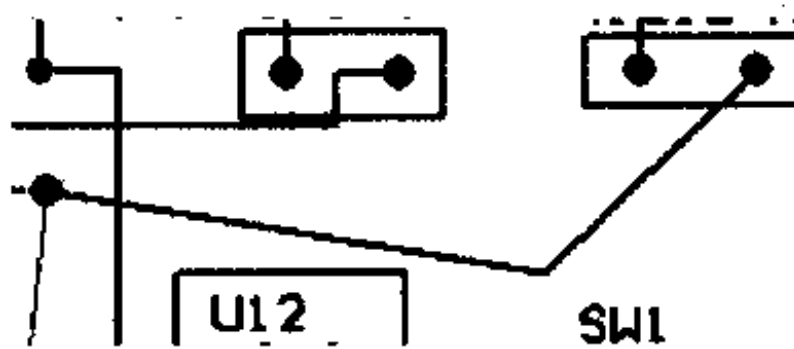


图 5-186 待重新布线的线路

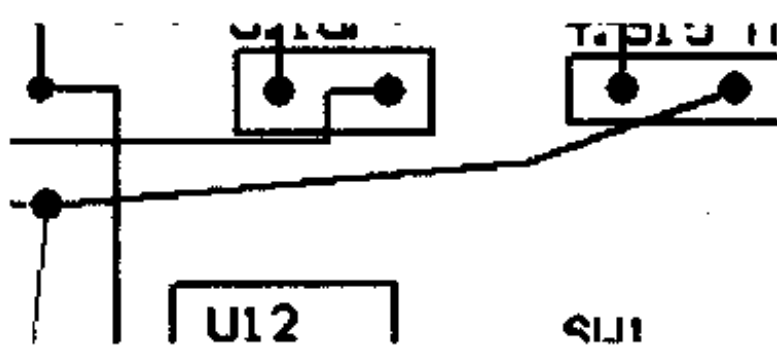


图 5-187 自动删除先前导线

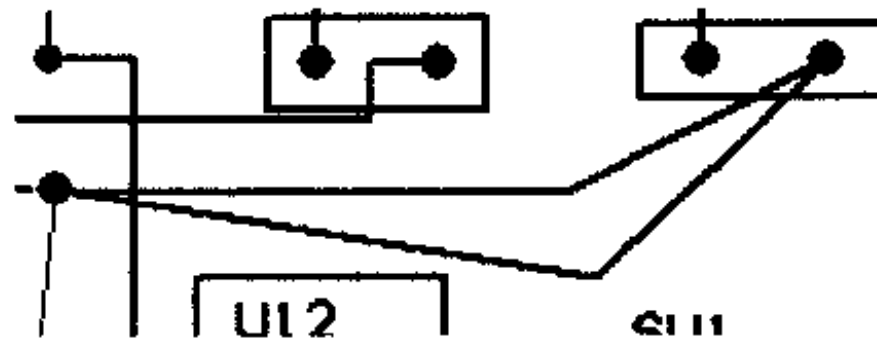


图 5-188 保存先前导线

利用前面所讲的方法和设置，将所有的导线都布置好，手动布线成功后的电路板如图 5-189 所示。

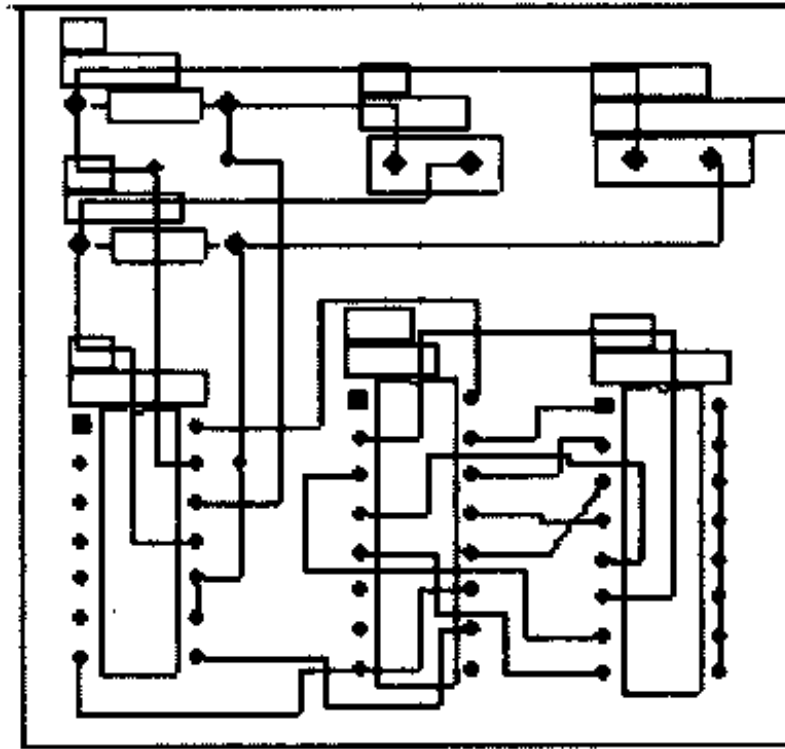


图 5-189 手动布线后的电路板

第 6 章 PCB 高级设计

通过上一章的学习，基本知道了如何进行 PCB 的设计，但所有的系统参数都采用系统默认值。本章将介绍 PCB 高级设计的一些方法和技巧，详细介绍系统参数的设置和设计管理器的应用等。

通过本章的学习，您将知道：

- 如何分割内层
- 设置系统参数
- 设计管理器的应用
- 利用向导创建 PCB

6.1 建立与分割内层

内层就是电源层和接地层，内层一般为整块铜膜，需要接电源或接地的焊点，通过导孔直接连接到电源层或接地层，从而减少了布线层的导线，有利于布线。

建立内层是在 PCB 多层板中建立一电源或接地层，这样同一电源或接点端就可以通过一个焊点直接连接到内层上。有时我们也需要在同一内层中建立多个不同用途的电源或接地块，此时就需要分割内层。

下面通过示例详细介绍如何建立内层和分割内层。

6.1.1 建立内层

下面举一个例子来说明如何建立内层。图 6-1 所示为一个要建立内层的电路的一部分，希望建立一个接地内层。

1. 设置内层

选择主菜单命令 Design\Internal Planes..., 系统将弹出如图 6-2 所示的内层设置对话框。

该对话框有三个区域，下面分别介绍。

1) Internal Planes 区域：用于设置四个内层分别与哪个网络相联系。单击右边的下拉式按钮，在下拉式选单中系统列出 PCB 电路中的所有网络名，从中选择一个网络即可。本例要建立接地内层，所以在 Plane1 中选择 GND 网络。

2) Split Planes 区域：用于建立分割内层，其中有分割内层列表框和三个按钮，列表框列出当前建立的分割内层，“Add”、“Edit”和“Delete”分别对应添加、编辑和删除分割内层操作。

3) 内层预览区：用来预览内层的情况。其中有三个选项，如果选中“Show Net for Internal Plane1/2/3/4”选项并且在可选编辑框中选择一个要预览的内层，如

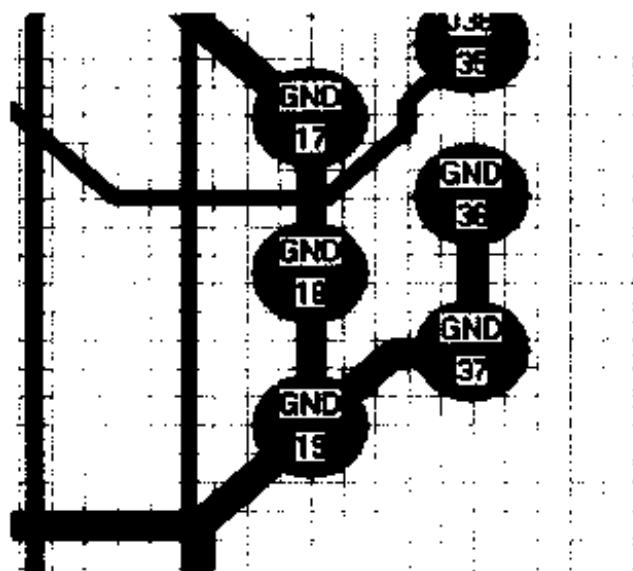


图 6-1 欲建立接地内层的电路

☒ Show Net for Int [Plane 1] 则在预览区内将显示该网络的连接情况，本例选 Plane 1。如果选中“Show Split Plane Nets”选项，如 ☒ Show Split Plane，则显示分割内层。

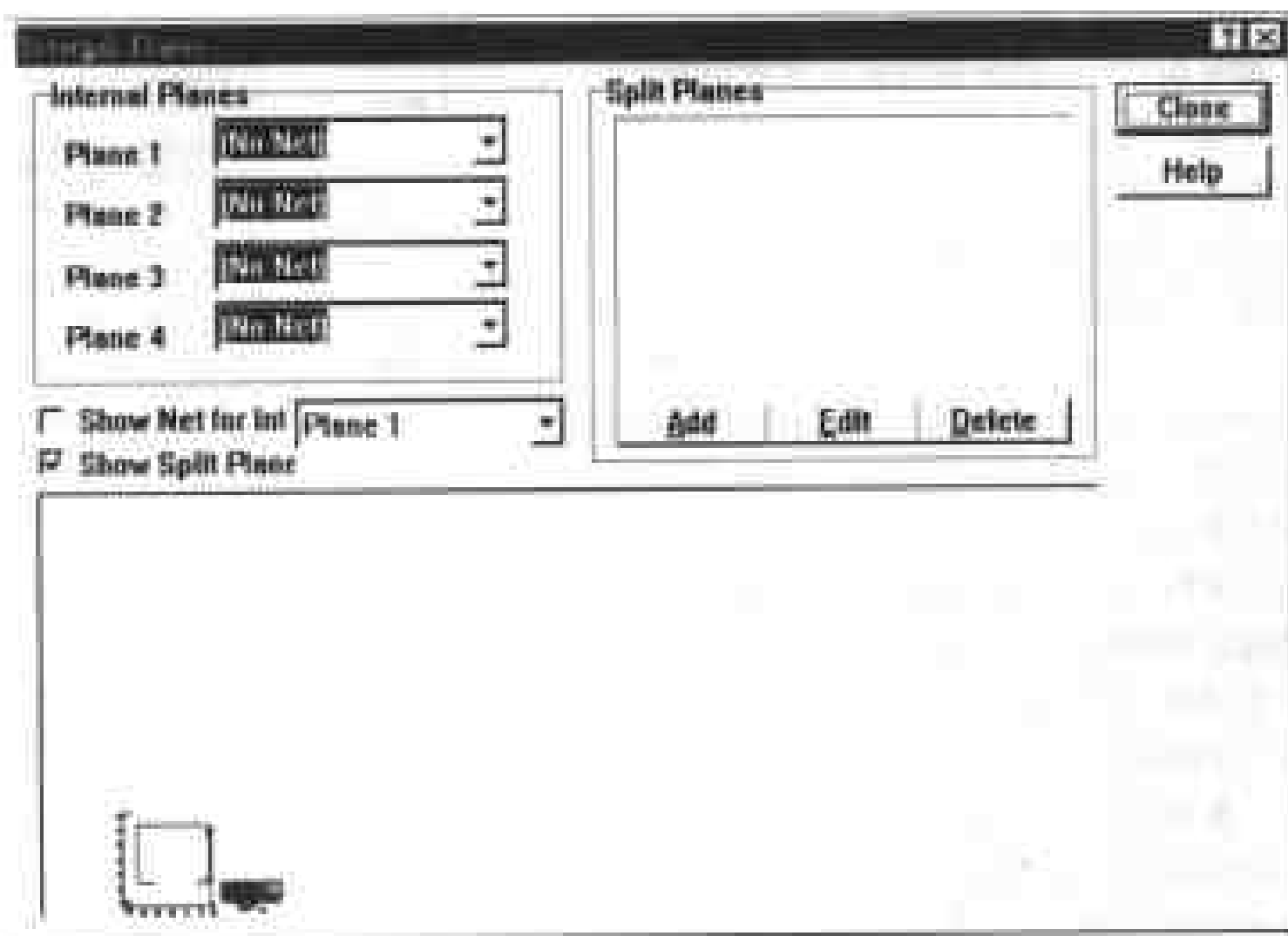


图 6-2 内层设置对话框

2. 重新自动布线

将内层设置对话框关闭，然后选择主菜单命令 Tools\Un-Route\All，此时电路板所有导线消失，以飞线取而代之。然后选择主菜单命令 Auto Route\All，系统重新自动布线。重新布线后的电路图如图 6-3 所示。

从图中可以看出，所有接地的焊点 GND 周围显示一个记号，表示该焊点通过导孔连接到内层上。同时开始相互连接的导线也不见了，取而代之的是一个板层“Internal Plane 1”。我们使用了内层 1 来代替连接的导线，而每个焊点的位置将有一个导孔，将焊点和内层连接起来，省去了在 PCB 上布线的麻烦。

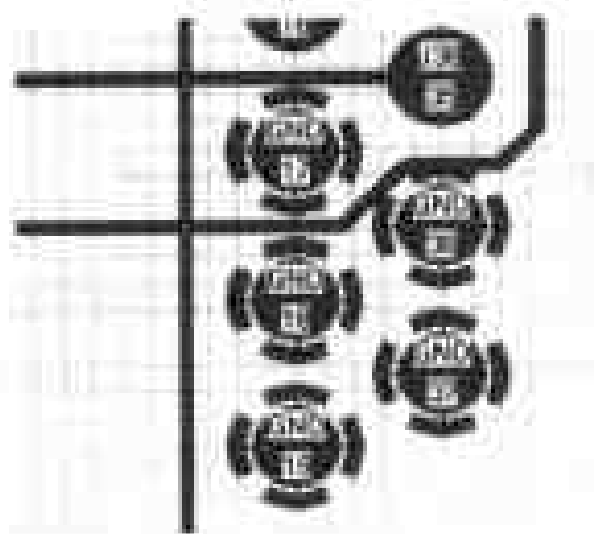



图 6-3 重新布线后的电路图

6.1.2 分割内层

有时我们需要将一个内层分割成两块或多块，因为希望在同一个内层上走两个或多个网络的线。下面介绍如何分割内层。

1. 启动命令方法

单击放置工具栏上的分割内层图标, 或选择主菜单命令 Place\Split Plane..., 或按快捷键 P、I, 或单击图 6-2 内层设置对话框中的“Split Planes”区域的“Add”按钮, 都可以启动该命令, 此时系统将弹出如图 6-4 所示的分割内层设置对话框。

下面分别介绍其中的选项:

1) Track Width: 设置分割区域的边框宽度。

2) Layer: 选择将要分割的内层。单击右边的下拉式按钮, 从下拉列表中选择一个即可 (Plane 1/2/3/4)。

3) Connect to Net: 设置与此分割出来的内层相联系的网络, 方法同上。

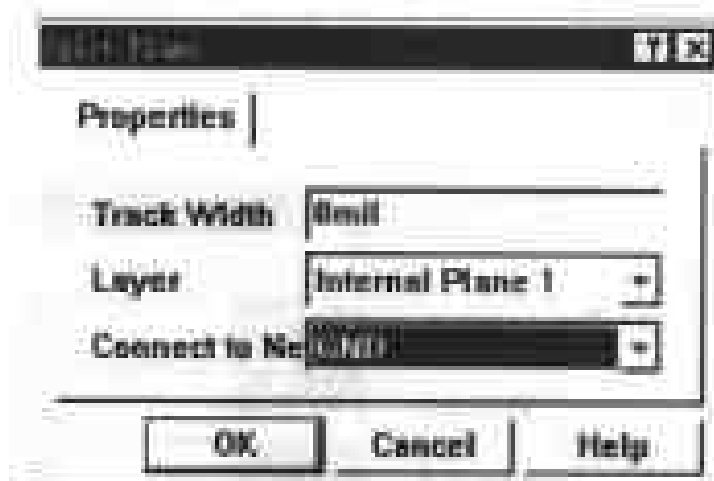


图 6-4 分割内层设置对话框

2. 分割内层

设置完毕后, 单击 OK 按钮, 光标将变成十字形状。移动光标到需要分割的区域, 单击鼠标左键确定分割区域的一点, 然后在需要分割的区域的各个角上单击鼠标左键, 将分割区域的边框绘制好, 再单击鼠标右键完成。这与敷铜边框的绘制相同。此时有一个墨绿色的框指示分割内层的区域。

提示: 在绘制分割区域的边框时, 可以按“Shift+空格键”键来改变边框的走向或形状, 这与导线绘制时的方法相同。

3. 重新自动布线

内层分割完毕后, 需要对电路板重新自动布线, 方法与建立内层完全相同, 请参见建立内层的重新自动布线。

对已建立的分割内层, 我们也可以对它进行修改和删除。其操作方法与敷铜的修改相同。

6.2 系统参数设置

PCB 系统参数的设置是在 Preferences 对话框中进行的。设置系统参数是高级 PCB 设计中非常重要的一步, 主要包括光标显示板层颜色、系统默认设置、显示与隐藏、PCB 设置。

6.2.1 启动系统参数对话框

启动方式

(1) 主菜单启动。选择主菜单的菜单项 Tools\Preferences..., 即可启动 Preferences 对话框, 如图 6-5 所示。

(2) 鼠标右键启动。在 PCB 设计窗口单击鼠标右键, 弹出一个菜单, 在弹出菜单中选择 Option...\Display..., 即可启动 Preferences 对话框, 如图 6-5 所示。

(3) 快捷键启动。在设计窗口中, 从键盘上连续击键 T、P, 即可启动 Preferences 对话框, 如图 6-5 所示。

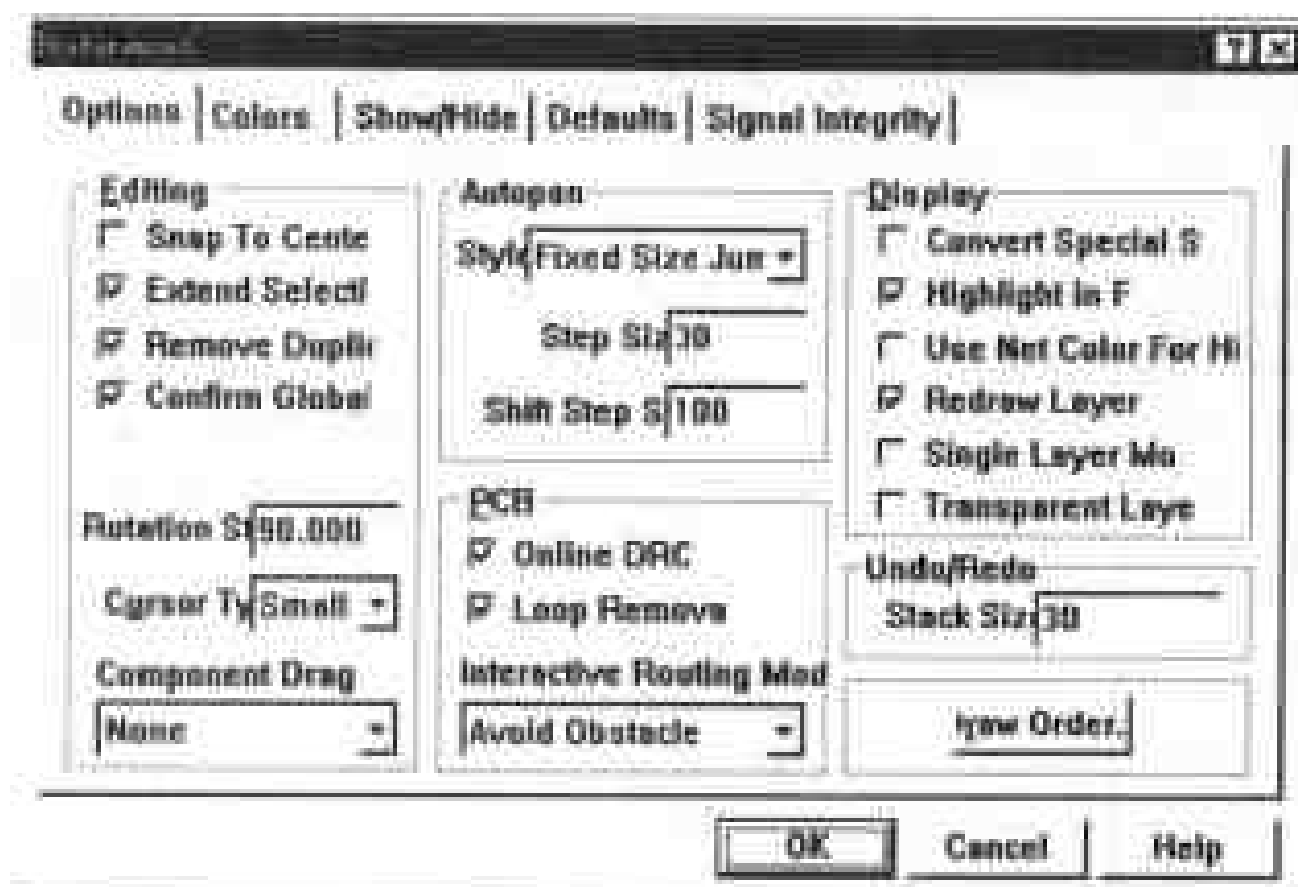


图 6-5 Preferences 对话框

6.2.2 编辑系统参数对话框

从图 6-5 我们可以看出，这个对话框有 5 个标签页，即“Options（选项）”、“Colors（颜色）”、“Show/Hide（显示/隐藏）”、“Defaults（默认设置）”、“Signal Integrity（信号完整检查）”。下面分别给予详细介绍。

1. “Options（选项）”标签页

Options 标签页如图 6-5 所示，此页有以下 6 个区域。

（1）Editing（编辑）区域：在此区域中有以下 7 个选项。

- Snap to Center: 移到中心点。选择该项，如 ☒ **Snap To Center**，则在移动零件封装或字符串时，光标会自动捕捉到零件封装或字符串的移动中心点（即参考点）上。在 Protel 99 中，零件封装的中心点为焊点，字符串的中心点为字符串边上的小十字形状，旋转点在字符串边上的小圆圈上。

- Extend Selection: 延长选择。系统默认选中该项，如 ☒ **Extend Selection**，该项表示在选取印刷电路图中的零件时，不取消原来的选择，即我们可以依次选择零件，所有选择的零件将都为选中状态，如果取消该项，则只有最后一次选择的零件为选中状态。

- Remove Duplicates: 删除重复零件。系统默认选中该项，如 ☒ **Remove Duplicates**，该项表示自动删除重复的零件，使电路图上没有零件序号完全相同的零件。

- Confirm Global Edit: 确认整体编辑。系统默认选中该项，如 ☒ **Confirm Global**，该项表示在进行修改操作以前，系统将提示是否确认，否则将不进行操作，以防止错误修改的发生。

● **Rotation Step:** 转动角度间隔。系统默认为 90 度, 如置表示在放置零件时, 按动空格键 (Space) 时零件旋转的角度, 单位为度。

● **Cursor Types:** 光标类型。系统设置了三种光标类型, 分别是 “Large 90 (90 度大光标)”、“Small 90 (90 度小光标)”、“Small 45 (45 度小光标)”。用鼠标左键单击右边的下拉式按钮, 出现三种光标类型, 如图 6-6 所示, 从中选择一种即可。

这三种光标的形状如图 6-7 所示。

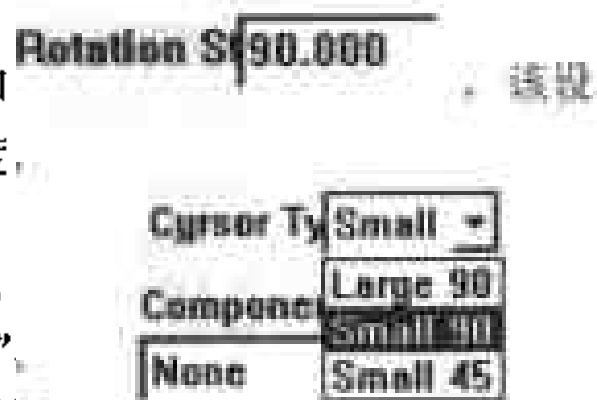


图 6-6 三种光标类型

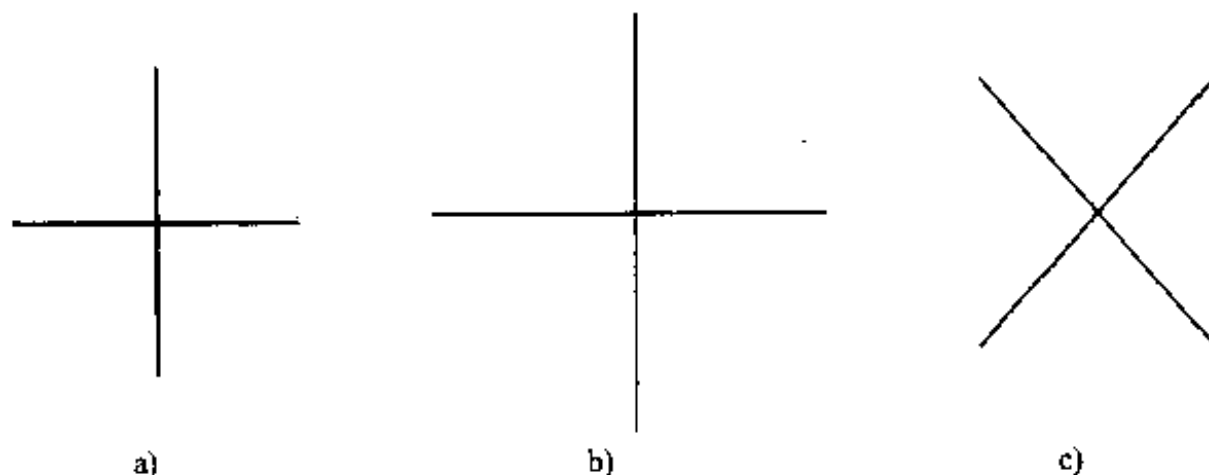


图 6-7 光标类型

a) Small 90 光标 b) Large 90 光标 c) Small 45 光标

● **Component Drag:** 元件拖动。该项用来设置拖动的方式。用鼠标左键单击右边的下拉式按钮, 即将出现两个选项: “None (没有)”、“Connection Tracks (连接导线)”, 如图 6-8 所示。选择 “None (没有)” 时, 拖动方式与移动方式一样; 选择 “Connection Tracks (连接导线)” 时, 则使用拖动命令移动零件, 所有与零件相连的导线将跟着移动。



图 6-8 Component Drag 选项

(2) **Autopan (自动边移区域):** 在此区域中有以下三个选项:

1) **Style:** 边移方式单击编辑框右边的下拉式按钮, 将出现 6 种供选择的方式, 如图 6-9 所示。

● **Disable:** 不能自动边移。选择该方式, 则在光标移动到设计区的边缘时, 系统不会自动向看不见的图纸区域移动。

● **Re-Center:** 重新定义中心边移。选择该方式, 则在设计中当光标移动到设计区的边缘时, 将以光标所在的位置重新定位设计区的中心位置。

● **Fixed Size Jump:** 固定速度移动。选择该方式, 则在光标移动到设计区的边缘时, 系统以下面设置的 “Step Size” 进行自动向看不见的设计区域移动。

● **Shift Accelerate:** Shift 键加速。选择该方式, 则当光标移动到设计区的边缘时, 如果 “Shift Step” 的值比 “Step Size” 的值大, 则以设置的 “Step Size” 进行自动向看不见的设计区域移动; 如果按住 “Shift” 键, 则以设置的 “Shift Step” 进行自动向看不见的设计区

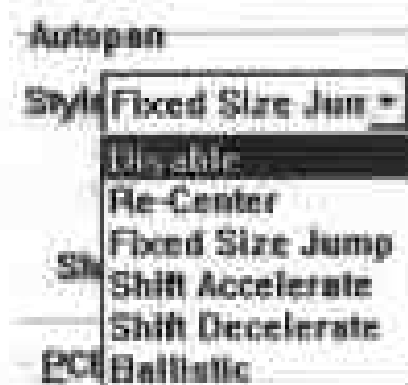


图 6-9 Autopan 的 Style 选项

域移动；如果“Shift Step”的值比“Step Size”的值小，则不论是否按住“Shift”键，系统都将以设置的“Step Size”进行自动向看不见的设计区域移动。

- Shift Decelerate: Shift 键减速。选择该方式，则当光标移动到设计区的边缘时，如果“Shift Step”的值比“Shift Size”大，则以设置的“Shift Size”自动向看不见的设计区域移动；如果按住“Shift”键，则以设置的“Shift Size”进行自动向看不见的设计区域移动；如果“Shift Step”的值比“Shift Size”小，则不论是否按住“Shift”键，系统都将以设置的“Shift Step”进行自动向看不见的设计区域移动。

- Ballistic: 弹道方式。选择该方式，则在光标移动到设计区的边缘时，光标离边缘越远，移动的速度越快。

2) Step Size: 步长。该项用于设置自动边移时的移动步长，单位为像素点。系统默认为 30 个像素点，如 **Step Size 30**。

3) Shift Step: 代替步长。该项用于快速边移。在移动的过程中，按住键盘上的“Shift”键，移动鼠标到设计区域的边界上，以实现快速移动。单位为像素点。系统默认为 100 个像素点，如 **Shift Step Size 100**。（一般比“Step Size”要大）

4) PCB（印制电路板区域）：在此区域中有以下三个选项：

5) Online DRC: 在线设计规则检查。选择该项，如 ☒ **Online DRC**，则在布线的整个过程中，系统将会自动按照设定的规则进行检查。

6) Loop Removal: 自动回路删除。选择该项，如 ☒ **Loop Removal**，则在布线的整个过程中，绘制一条导线后，如果系统发现有另一条回路可以取代此导线的作用，则会自动删除此多余的导线。

7) Interactive Routing Mode: 交互式布线模式选择。系统设定了三种布线模式，用鼠标左键单击右边的下拉式按钮，将会出现以下三个选项，如图 6-10 所示。

- Ignore Obstacle: 忽略障碍。选择该项，则在系统布线遇到障碍时，系统会忽略障碍，直接布线过去。

- Avoid Obstacle: 避免障碍。选择该项，则在系统布线遇到障碍时，系统会避免障碍，绕着布线过去。

- Push Obstacle: 清除障碍。选择该项，则在系统布线遇到障碍时，系统会先清除障碍，然后再布线过去。

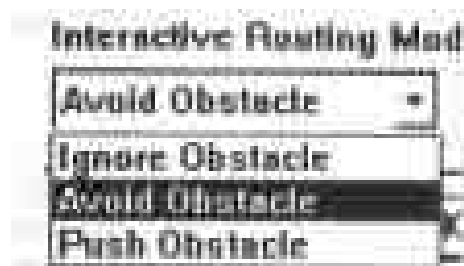


图 6-10 交互式布线模式选择

(3) Display（显示区域）：在此区域中有以下 6 个选项。

- Convert Special String: 转换特殊字符。选择该项，如 ☒ **Convert Special String**，则将特殊变量所代表的文字代替变量本身。

- Highlight in for Net: 用于亮显所选网络。系统默认选中该项，如 ☒ **Highlight in for Net**。

- Use Net Color For Highlight: 用网络的颜色作为选中的颜色。选择该项，如 ☒ **Use Net Color For Highlight**，则在选择网络以后，将网络颜色来代替统一的黄颜色。

● Redraw Layers: 重画板层。系统默认选中该项, 如 ☒ Redraw Layer, 则当重画电路图时, 系统将一层一层的重画, 最后才画当前的板层。

● Single Layer Mode: 单层模式。选择该项, 如 ☒ Single Layer Mo, 则将只显示当前的板层。

● Transparent Layer: 透明板层。选择该项, 如 ☒ Transparent Layer, 则所有的板层都将成为透明的。

(4) Undo/Redo (恢复与重做):

● Stack Size: 堆栈大小。该项用来设置最大的可撤消操作的次数, 系统默认为 50 次, 如 。

(5) Draw Order (绘制顺序): 单击此按钮, 将出现如图 6-11 所示的对话框, 此对话框用来设置板层的顺序。

在此对话框中有三个可操作的按钮, 分别介绍如下:

● “Promote (上移)”按钮 : 在编辑框中选择某层, 按动此按钮将使此层向上移动一次。

● “Demote (下移)”按钮 : 在编辑框中选择某层, 按动此按钮将使此层向下移动一次。

● “Default (默认)”按钮 : 按动此按钮将恢复系统默认的方式。

2. “Colors (颜色)”标签页

Colors 标签页主要用来设置各种板层、文字、屏幕等的颜色, 用鼠标左键单击“Color”标签, 将会出现如图 6-12 所示的对话框。

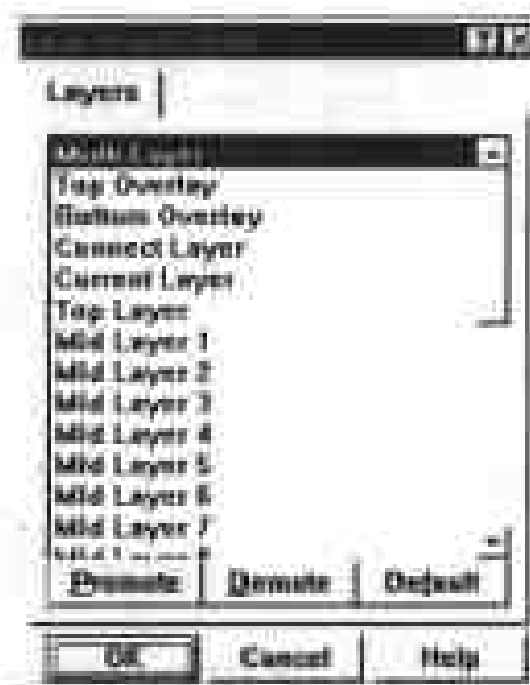


图 6-11 绘制顺序对话框

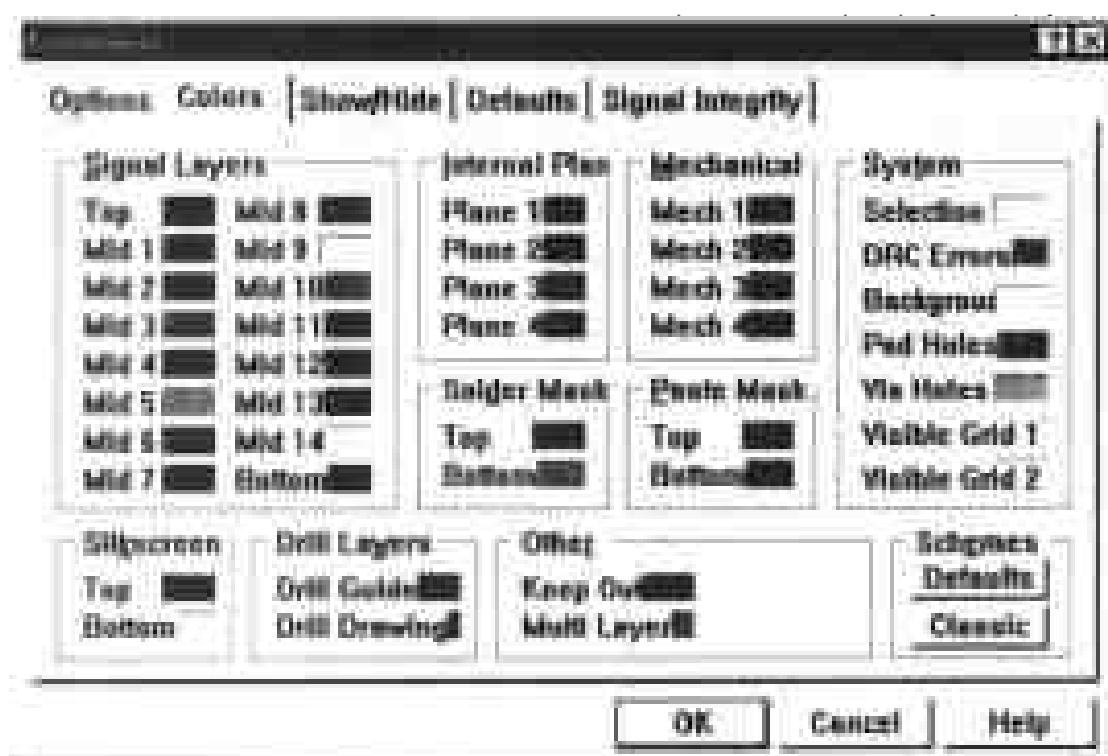


图 6-12 板层颜色设置对话框

用鼠标单击需要修改颜色的颜色条，将会弹出颜色选择对话框，如图 6-13 所示。在颜色选择对话框中，选择系统提供的默认颜色的一种，或自定义一种颜色即可。

3. “Show/Hide (显示与隐藏)” 标签页

用鼠标左键单击“Show/Hide”标签将会出现如图 6-14 所示的对话框。

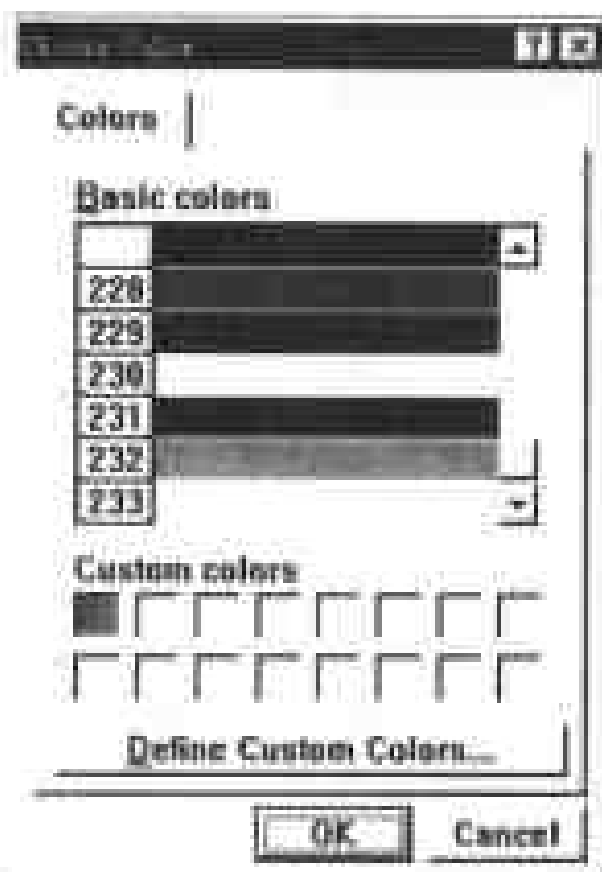


图 6-13 颜色选择对话框

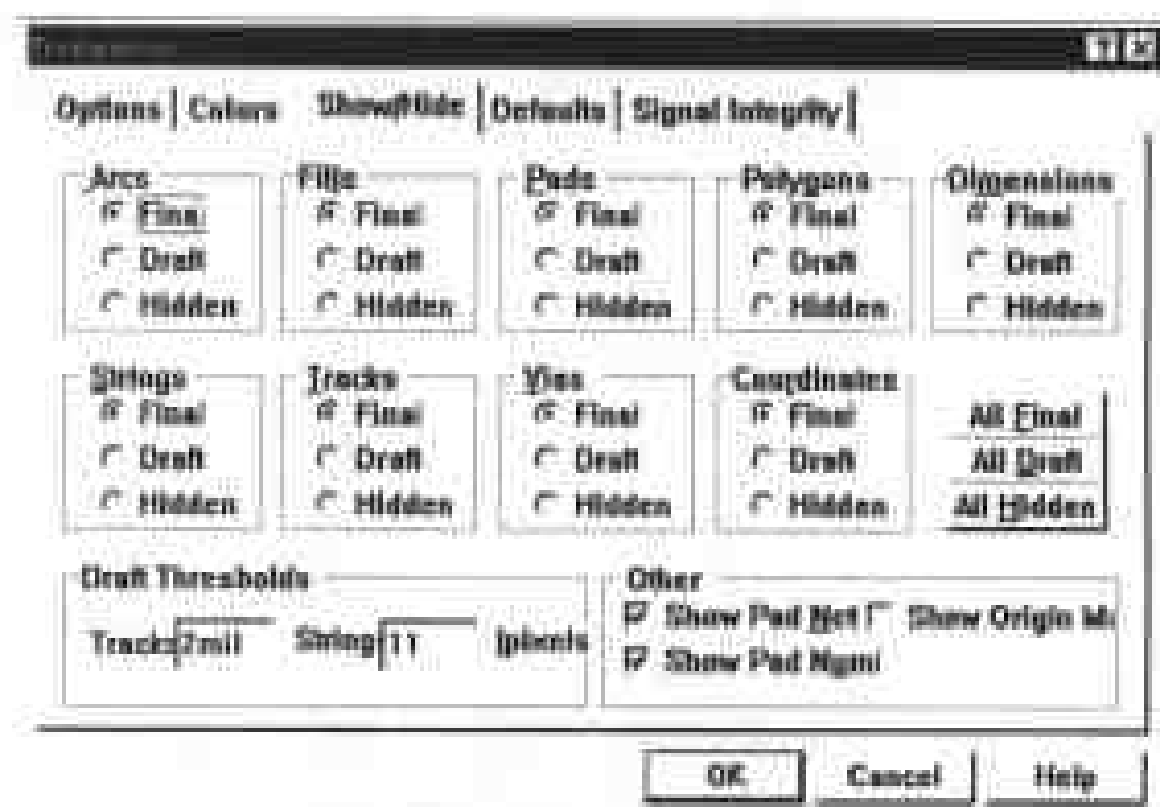


图 6-14 显示与隐藏标签页

该对话框主要用来设置各种组件的显示方式，对每一种组件都有三种显示方式：“Final (精细)”、“Draft (粗略)”、“Hidden (隐藏)”。对话框中的各个组件与 PlacementTools 工具条上的组件是对应的。如果需要某一种显示模式，只需选中该项即可，如 ☒ Final。

此面板上还有三个按钮：All Final 表示都以精细显示、All Draft 表示都以粗略显示、All Hidden 表示都以隐藏显示。按动其中一个，以上各组件都将以一种方式显示。

(1) Draft Thresholds: 显示模式阈值，用于显示模式切换的范围。其中有“Tracks”、“String”两项，系统默认 Tracks 为 2mil，String 为 11 pixels。其含义分别是：Tracks 编辑框为“2mil”表示当导线在 2mil 以上时，使用 Final 显示模式，表示当导线在 2mil 以下时，使用 Draft 显示模式；String 编辑框为“11”个 pixels (像素点) 表示当字符串在 11 个像素点以上时，使用 Final 显示模式，当字符串在 11 个像素点以下时，使用 Draft 显示模式。

(2) Other: 其他。该区域有三个选项，即“Show Pad Nets (显示网络名称)”、“Show Origin Market (显示原点)”、“Show Pad Numbers (显示焊点序号)”。如果需要执行其中的一种操作，只需在选中选项即可，如 ☒ Show Pad Net。

4. “Defaults (默认设置)” 标签页

此页用于设置个组件的系统默认值，用鼠标左键单击 Defaults 标签，即将出现如图 6-15 所示的对话框。

此对话框左边是一个“Primitive Type”编辑框，它包含了系统的各个组件，分别为“Arc

(圆弧)”、“Component (零件封装)”、“Coordinate (坐标)”、“Dimension (尺寸)”、“Fill (金属填充)”、“Pad (焊点)”、“Polygon (敷铜)”、“String (字符串)”、“Track (铜膜导线)”、“Via (导孔)”。还有“Edit Values (修改值) **Edit Values...**”和“Reset (复原) **Reset**”两个按钮, 选取某个组件, 然后按“Edit Values”或“Reset”即可修改或恢复该组件的默认值。

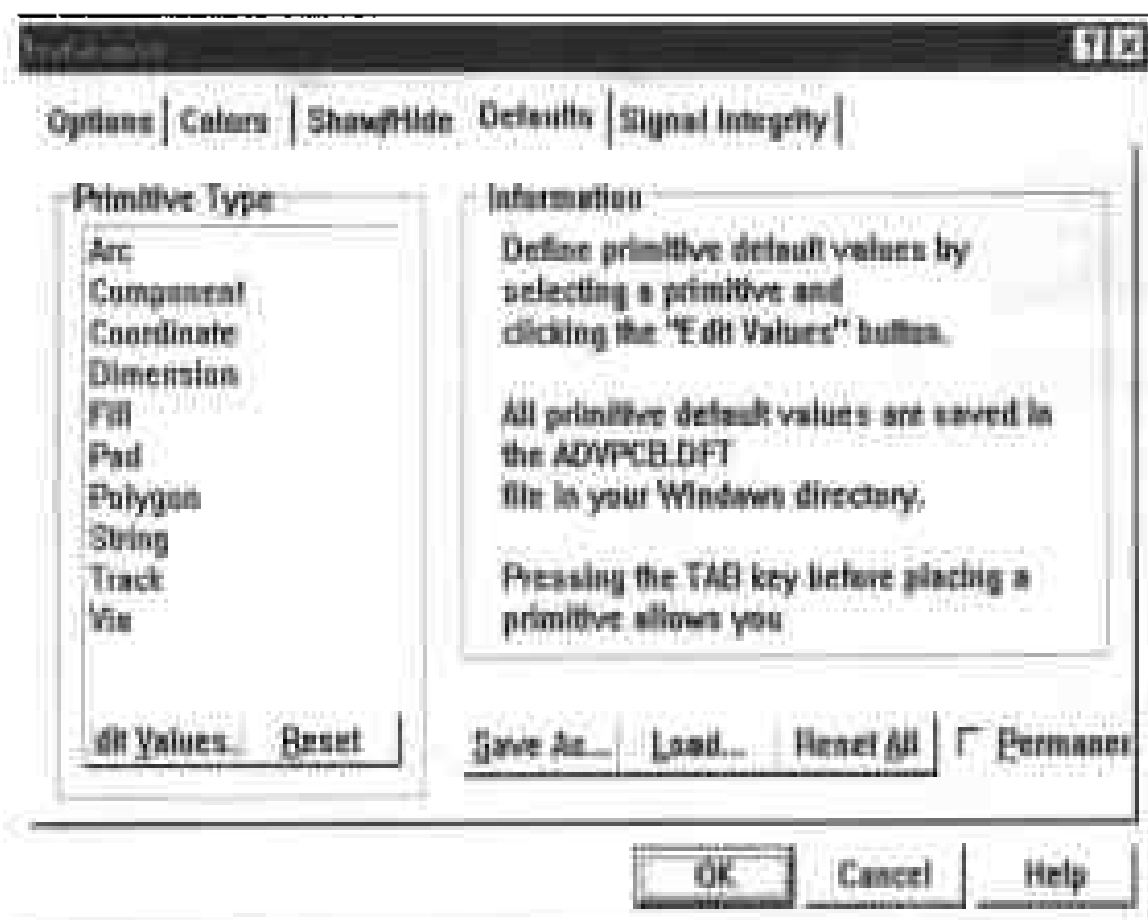


图 6-15 Default 标签页

对话框右边是一个“Information (信息)”框, 它告诉我们如何设置默认值, 并告诉我们在放置组件时 (还未定位), 按动键盘的“Tab 键”, 即可修改组件的默认值。

如果要修改某个组件的默认值, 先在左边单击该组件, 然后单击下面的 **Edit Values...** 按钮, 即将出现一个属性对话框, 修改其中的值即可。图 6-16 所示的属性对话框是修改“Component (零件封装)”的默认值时弹出的。

对话框中的“Save As (另存为) **Save As...**”和“Load... (读取) **Load...**”按钮使得我们能把新设置的默认值储存起来, 并在以后调用或恢复。

“Reset All (全部复原) **Reset All**”按钮使得所有组件都恢复为原来的值。复选框“Permanent (永久) ☐ **Permanent**”表示修改的值永久有效。



图 6-16 Component 属性对话框

5. “Signal Integrity (信号整合设置)” 标签页

此页用于信号整合设置, 单击 Signal Integrity 标签, 即将出现信号整合设置对话框, 如图 6-17 所示。

对话框右边文本框告诉我们如何设置信号整合。

在对话框左边 “Designator Mapping” 区域中单击 “Add (增加)”

Add... 按钮, 将弹出如图 6-18 所示的对话框, 用来增加定义一个新的零件的类型。

在对话框中的 “Designator Prefi (零件样本)” 中输入一个零件的样本名称, 然后单击 “Component Type (零件类型)” 右边的下拉式按钮, 如图 6-19 所示, 在其中选择一种类型即可。这些类型是 “Resistor (电阻)”、“IC (集成电路)”、“Diode (二极管)”、“Connector (连接插头)”、“Capactitor (电容)” 等。设置好的类型将在左边的编辑框中显示。我们可以选择它, 然后按动 “Remove (删除)” **Remove** 或 “Edit... (修改)”

Edit... 按钮来删除或修改它的类型。

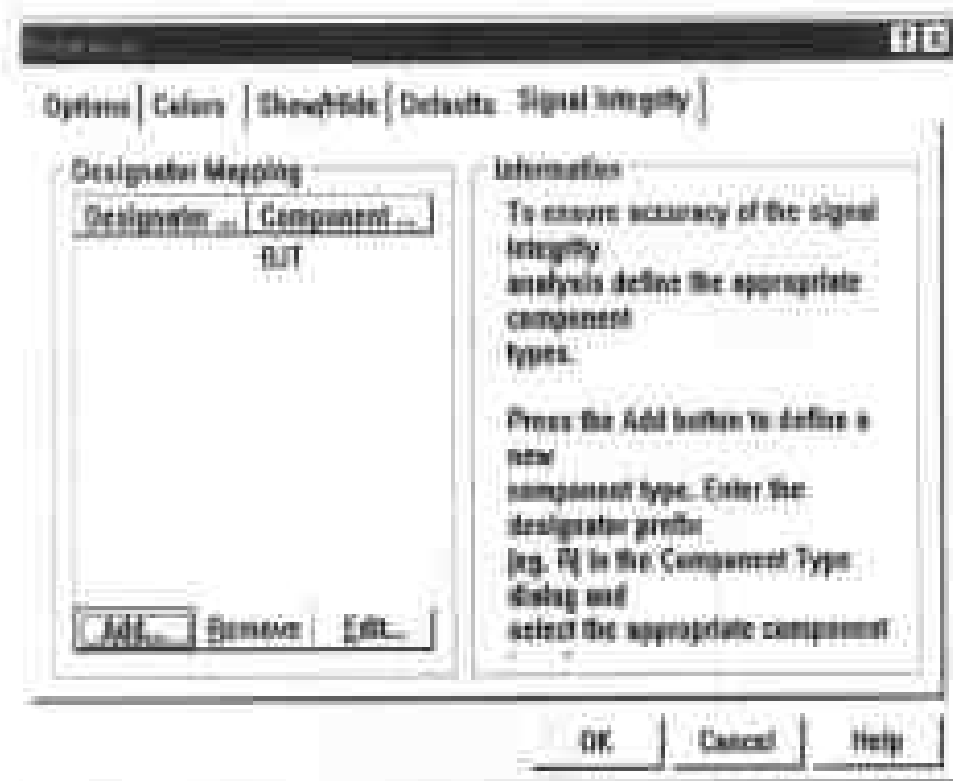


图 6-17 Signal Integrity 标签页

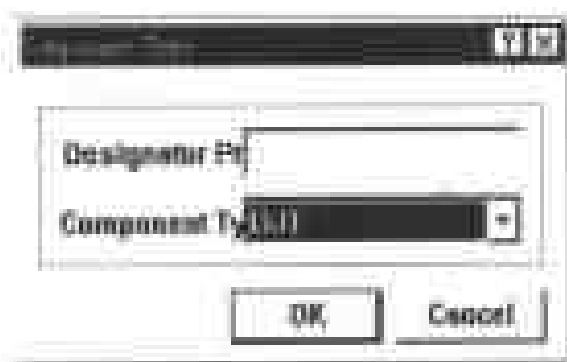


图 6-18 增加新零件类型对话框

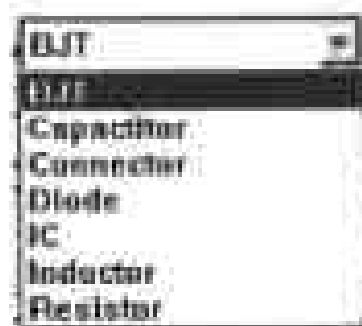


图 6-19 零件类型选择

6.3 设计管理器的应用

进行 PCB 设计时, 设计管理器的应用是相当普遍的, 所以本节将详细介绍 PCB 设计管理器的有关应用。

6.3.1 认识 PCB 设计管理器

1. PCB 设计管理器的组成

其实我们在前面就应用过设计管理器, 应该对此并不陌生。PCB 设计管理器由两个标签页组成, 即 Explorer 标签页 (如图 6-20 所示) 和 Browse PCB 标签页 (如图 6-21 所示)。

Explorer 标签页的应用比较简单, 主要用于文件和数据库的管理, 这些在前面几章节中

已经详细介绍过，这里不再重复介绍。

说明：Browse PCB 标签页的应用比较广泛，它可以查询 PCB 板上的各种网络、零件封装、焊点、零件封装库等，同时还可以编辑和定义网络、焊点等，功能非常强大。本节将主要详细介绍 Browse PCB 标签页的应用。

2. Browse PCB 标签页简介

Browse PCB 标签页的详细情况如图 6-21 所示，下面详细介绍各项功能。

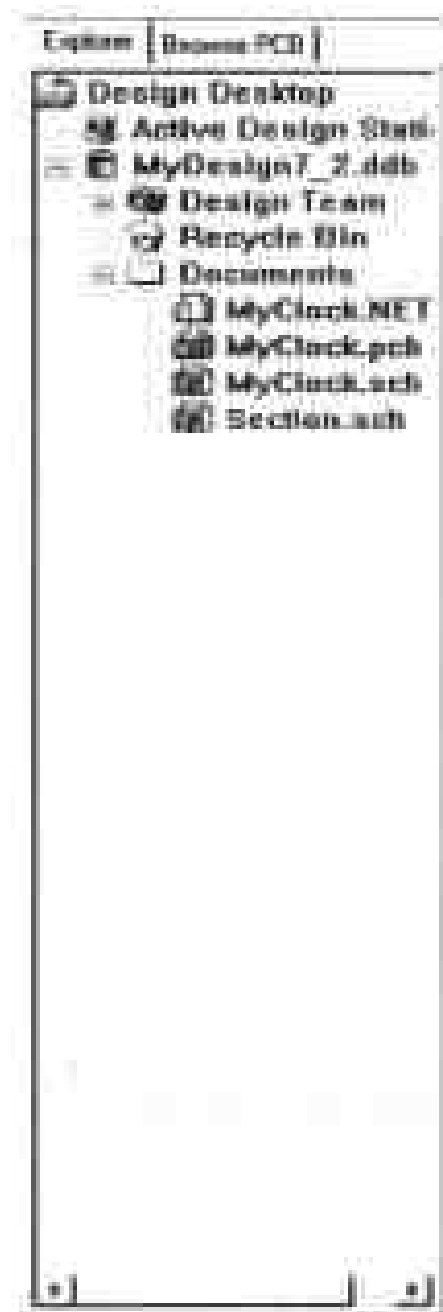


图 6-20 Explorer 标签页



图 6-21 Browse PCB 标签页

从图 6-21 中可以看出，Browse PCB 标签页分为 5 个部分。

(1) 对象类型选择框。此框用于选择要查询和编辑对象，单击右边的下拉式按钮，系统将显示下拉式列表，如图 6-22 所示。

在下拉式列表中有 6 类对象，即 Nets（网络）、Components（零件封装）、Libraries（零件封装库）、Net Classes（网络类）、Component Classes（零件封装类）、Violations（违例零件封装）。

(2) 对象列表框。该列表框用于编辑和查询已选类型的所有对象。

(3) 对象子列表框。该列表框用于编辑和查询对象列表框中选定对象的子对象。

(4) 对象预览框。预览框用于预览所选对象的形状和在电



图 6-22 对象类型选择框

路板中的大致位置。

(5) 板层切换框。板层切换框用于切换板层和改变板层颜色。单击右边的下拉式按钮，系统将显示下拉式列表，列出电路板中所有板层，如图 6-23 所示。从中选择一个，系统就将切换到相应的板层。

同时在此可以改变所选板层的颜色。方法很简单，用鼠标左键双击该框右侧的色块，系统将弹出颜色设置对话框，如图 6-24 所示。

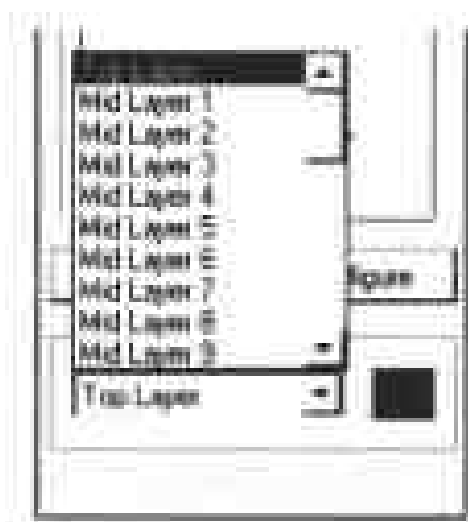


图 6-23 板层切换框



图 6-24 颜色设置对话框

从中选择一个并单击 OK 按钮即可，所选板层的颜色相应地得到改变。

6.3.2 管理 Nets（网络）对象

在对象类型选择框中选中的 Nets，此时 Browse PCB 标签页如图 6-25 所示，我们可以设置网络属性、放大网络、设置网络中的焊点属性、快速定位焊盘、预览放大等。

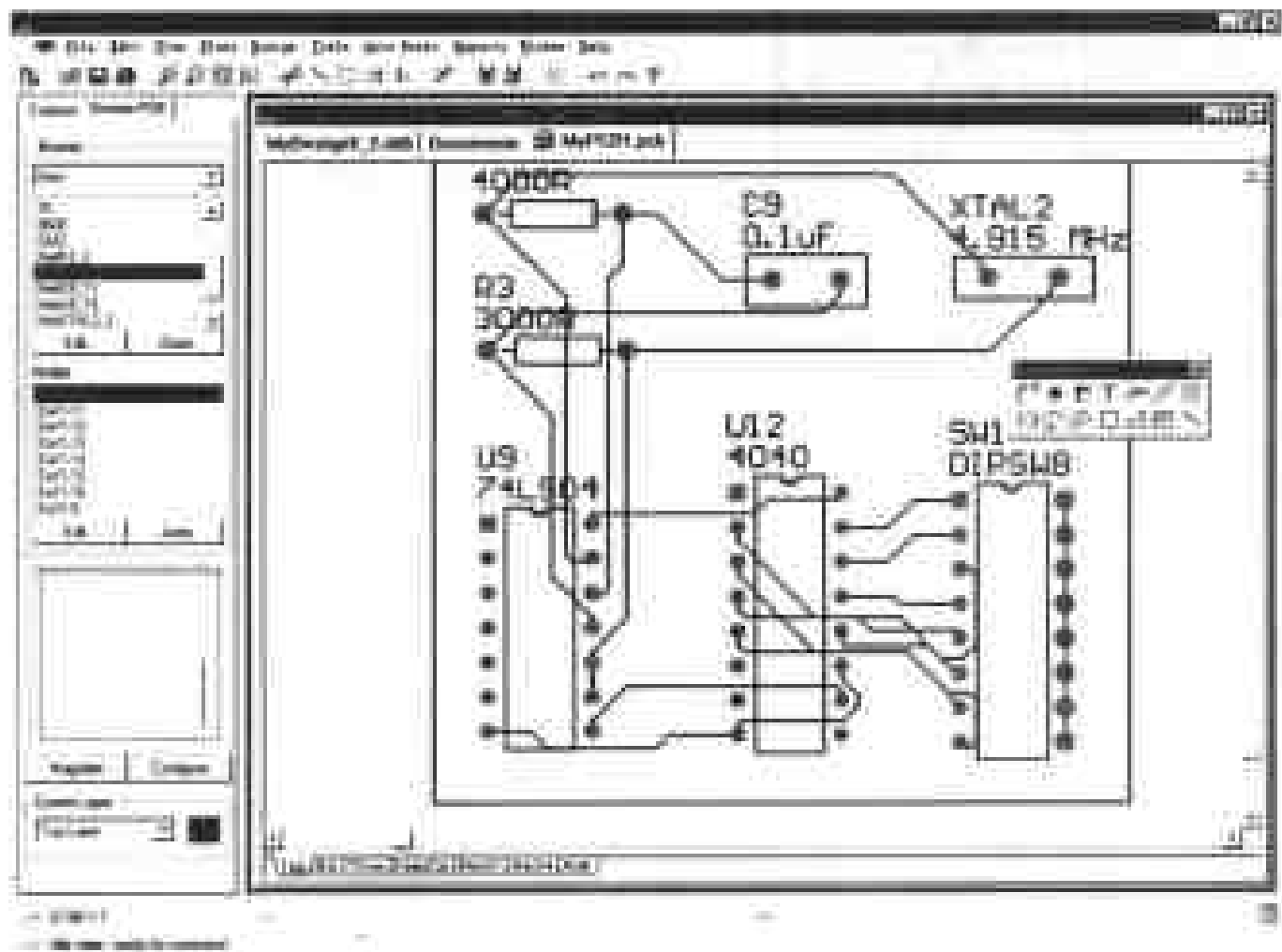


图 6-25 选择 Nets 类型后的 PCB 浏览器

1. 设置网络属性

在对象列表框中双击网络 NetSW1_9, 或选中 NetSW1_9 然后单击 **Edit..** 按钮, 系统将弹出如图 6-26 所示对话框, 用于编辑网络属性。

该对话框中有 3 项设置:

- (1) Net Name: 显示所选网络名。网络名不可修改。
- (2) Color: 修改网络飞线颜色。单击颜色条, 系统将弹出如图 6-24 所示颜色设置对话框, 从中选择一个即可。

- (3) Hide: 设置是否隐藏网络飞线。

2. 放大网络

单击 **Zoom** 按钮, 系统将会放大所选网络



图 6-26 网络属性对话框

(NetSW1_9), 使它充满屏幕, 并高亮度显示该网络, 如图 6-27 所示。

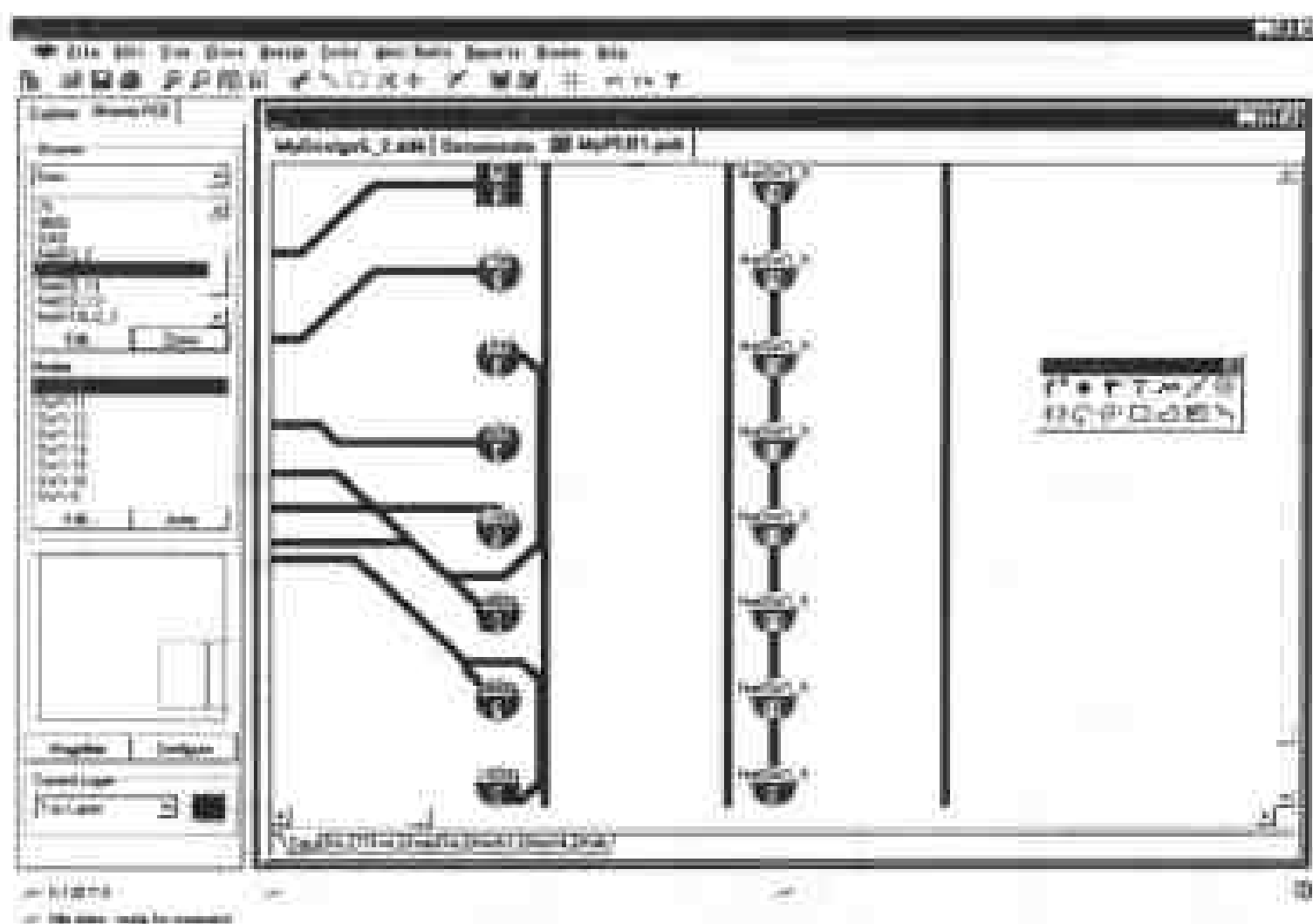


图 6-27 高亮度显示的 NetSW1_9 网络

3. 编辑焊盘属性

在对象列表框中选取 NetSW1_9 网络后, 对象子列表框里列出的是该网络上的所有焊盘。我们双击所选焊盘, 或选中焊盘后再单击其后的 **Edit..** 按钮, 系统将弹出如图 6-28 所示的焊盘属性对话框, 在该对话框中编辑焊盘属性。

4. 快速定位焊盘

在对象子列表框里选取需快速定位的焊盘, 然后单击其后的 **Jump** 按钮, 系统将

会快速定位所选的焊盘，并且系统将会放大亮显所选焊盘，出现在电路板工作区的中央，焊盘所在的零件封装变成黄色，如图 6-29 所示。

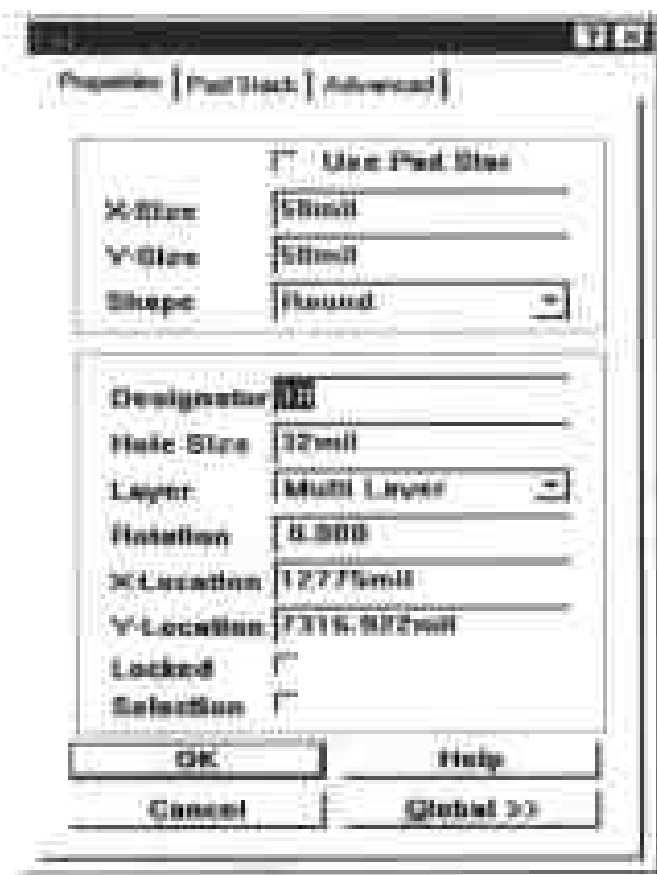


图 6-28 焊盘属性对话框



图 6-29 快速定位后的焊盘

5. 放大预览

在网络对象列表框中选中的一个网络后，预览框就显示该网络对象在电路板中的大概位置和形状。图 6-30 为 NetSW1_9 网络在预览框中的图形。

如果要放大预览框中的图形，则单击预览区中的 **Magnifier** 按钮，启动放大镜，此时光标变成放大镜形状。移动鼠标到 PCB 图中的某一个地方，则该位置将会显示在预览区，并且放大处理，如图 6-31 所示。

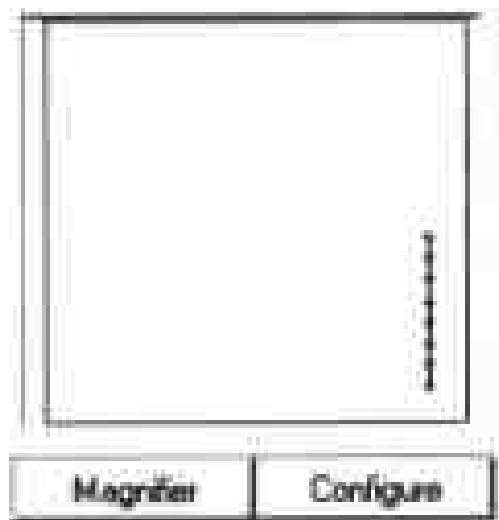


图 6-30 NetSW1_9 网络的预览图形

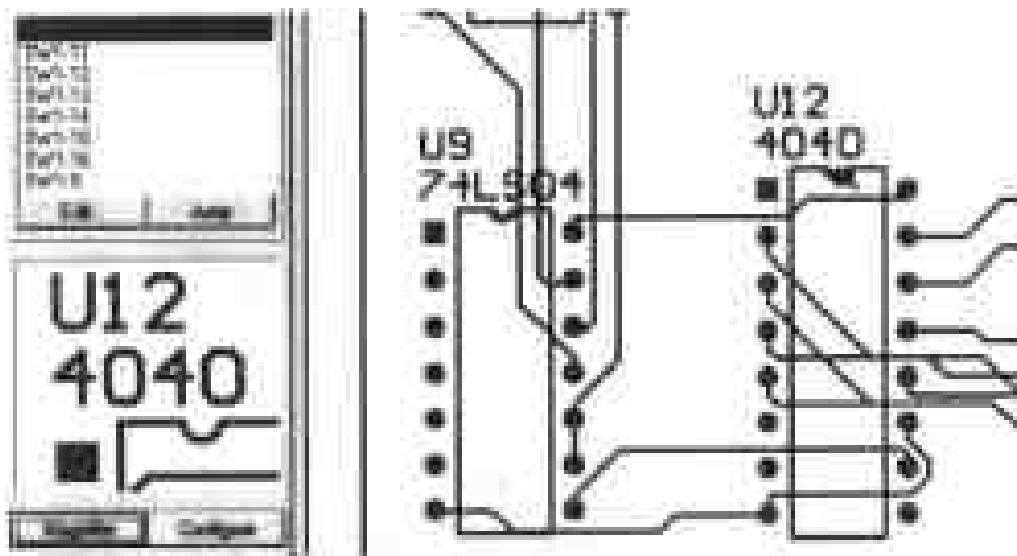


图 6-31 放大的预览框

6. 选择放大比例

如果要选择放大比例，就单击预览区的 **Configure** 按钮。单击该按钮后，系统将弹出如图 6-32 所示的放大比例选择对话框。

对话框中有三种比例, 即 Low-4:1 (低为 4 比 1)、Medium-2:1 (中为 2 比 1) 和 High-1:1 (高为 1 比 1), 选择其中一个, 然后单击 OK 按钮即可。

提示: 启动放大镜后, 在移动鼠标的过程中, 我们也可以按空格键来轮流切换以上三种放大比例。



图 6-32 放大比例选择对话框

6.3.3 管理 Components (零件封装) 对象

在对象类型选择框中选中 Components, 此时 Browse PCB 标签页如图 6-33 所示, 我们可以编辑零件封装属性、快速定位所选零件封装、设置引脚焊盘属性、快速定位焊盘、预览放大等。其操作与 Nets 管理基本相同, 在此简略介绍。

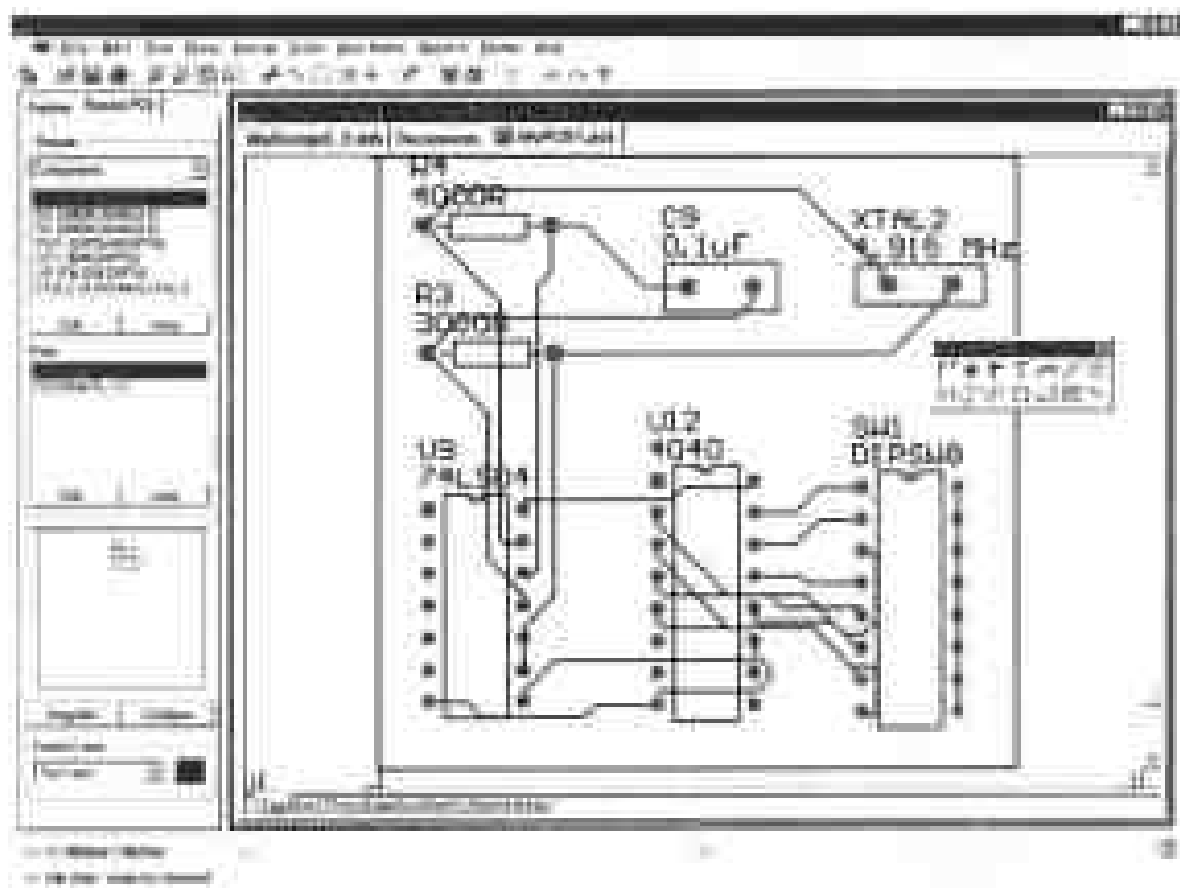


图 6-33 选中 Components 后的 PCB 浏览器

1. 编辑零件封装属性

首先在对象列表框中选择一个零件封装, 然后单击 **Edit...** 按钮, 系统将弹出零件封装属性对话框, 在该对话框中修改零件封装属性。

2. 快速定位所选零件封装

在对象列表框中选择一个零件封装, 然后单击 **Jump** 按钮, 所选零件封装将高亮度显示在 PCB 工作区的中央, 并且变成黄色。

3. 编辑引脚焊盘属性

此方法与 Nets 管理中的编辑焊盘属性完全相同, 请参见 Nets 管理中的编辑焊盘属性。

4. 快速定位焊盘

此方法与 Nets 管理中的快速定位焊盘完全相同, 请参见 Nets 管理中的快速定位焊盘。

此外, Components 的管理同样具有放大预览和选择放大比例的功能, 其方法与 Nets 管理中的放大预览和选择放大比例完全相同, 这里不再重复。

封装库，然后单击 **Browse** 按钮，或直接双击需要浏览的零件封装库名，系统将弹出如图 6-36 所示的浏览零件封装库对话框。

该对话框分 3 个部分，即 Libraries 区、Components 区和零件封装预览区。

(1) Libraries 区：在该区中我们可以选择当前加载的零件封装库，也可以单击 **Add/Remove...** 按钮来添加或删除零件封装库。

此按钮的功能与 Browse PCB 标签页中的“Add/Remove...”功能完全一样。

(2) Components 区：该区中列出了选定的零件封装库的所有零件封装。Mask 编辑框为零件封装过滤框。我们可以在列表框中选择需要预览的零件封装。单击 **Edit...**

按钮，将编辑所选零件封装，此时系统将当前窗口切换到零件封装编辑器环境中，如图 6-37 所示。具体操作在后续章节中会详细介绍。当单击 **Place** 按钮，可以放置所选零件封装，此时系统推出对话框，进入 PCB 编辑环境中。

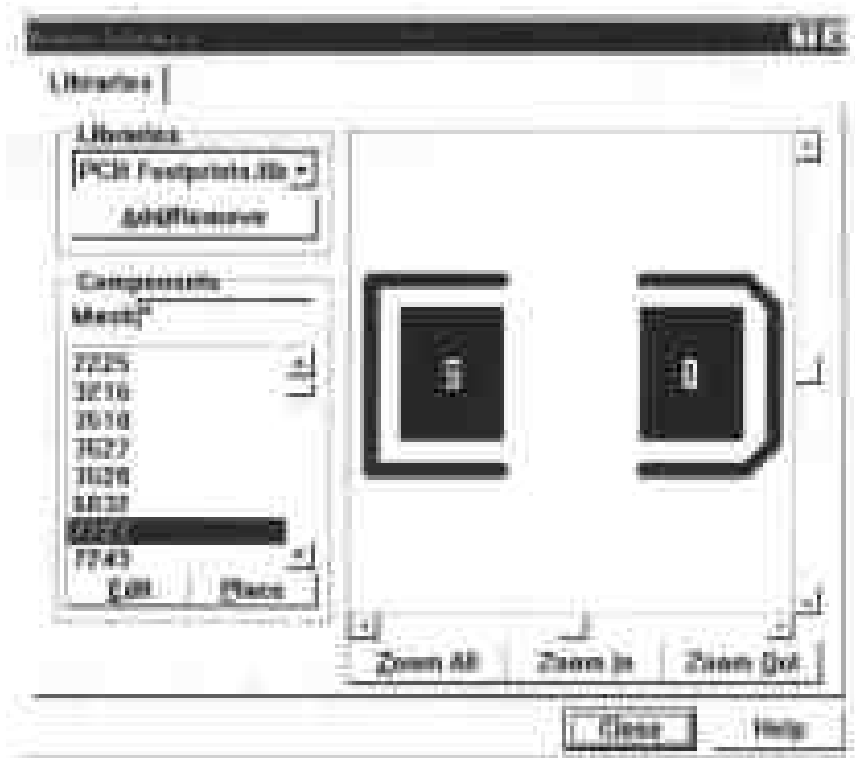


图 6-36 浏览零件封装库对话框

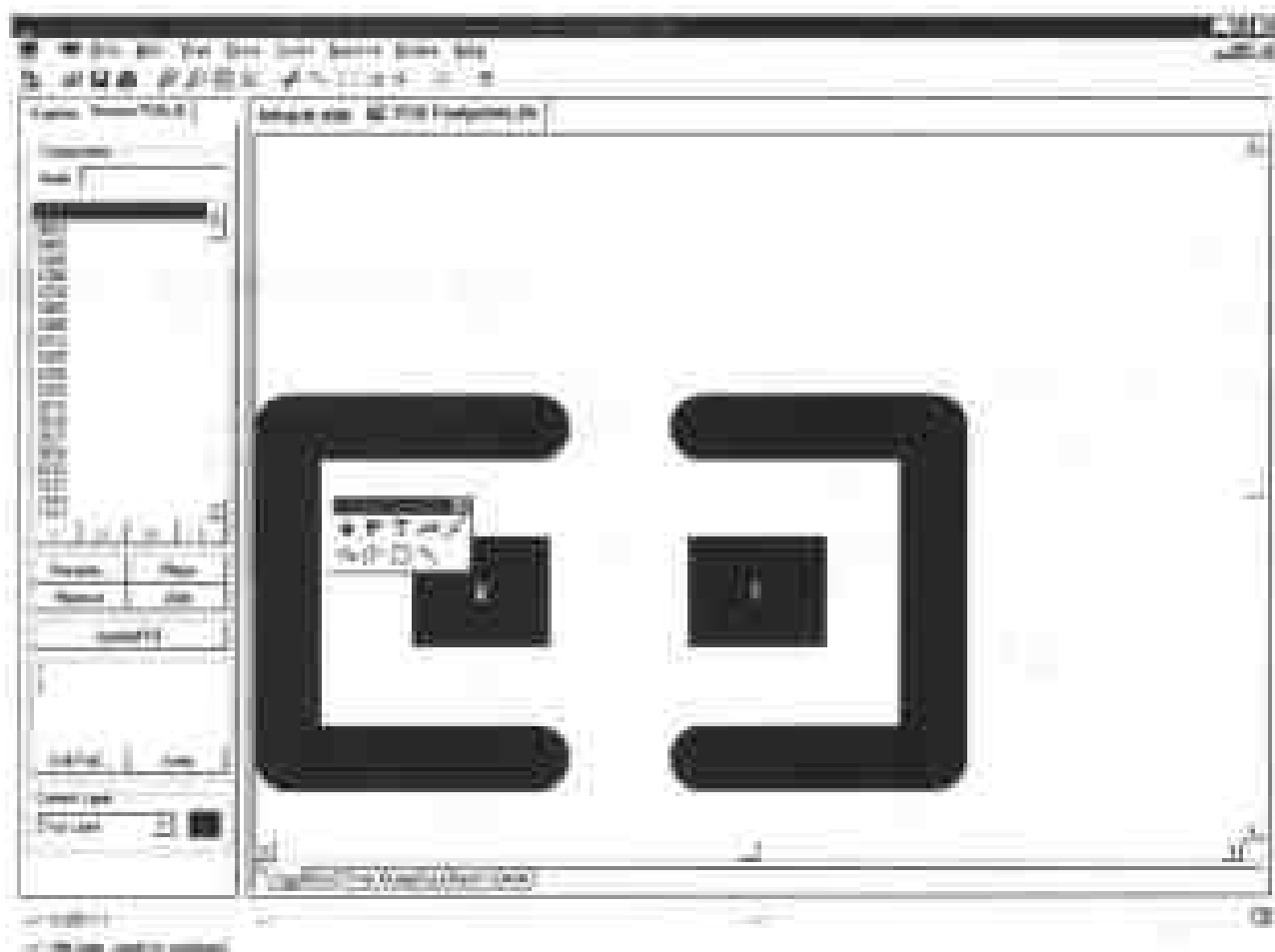


图 6-37 零件封装编辑器

(3) 零件封装预览区：在此区中，可以预览所选零件封装。同时可以单击“Zoom All”按钮将零件封装尽可能的放大，或单击“Zoom In”按钮将零件封装放大，或单击“Zoom Out”按钮将零件封装缩小。

3. 编辑零件封装

在图 6-34 中的对象子列表中选择需要编辑的零件封装, 然后单击 **Edit...** 按钮, 系统将当前窗口切换到零件封装编辑器环境中, 如图 6-37 所示。此时就可以对零件封装进行编辑操作了。

4. 放置零件封装

在图 6-34 中的对象子列表中选择需要放置的零件封装, 然后单击 **Place** 按钮, 或直接双击需要放置的零件封装, 光标变成十字形状并粘着所选的零件封装, 此时就可以对放置零件封装了, 放置的具体操作参见放置零件封装一节。

此外 Libraries 的管理同样具有放大预览和选择放大比例的功能, 其方法与 Nets 管理中的放大预览和选择放大比例完全相同, 这里不再重复。

6.3.5 管理 Net Classes (网络类) 对象

网络类就是某些网络的集合, 用户将具有相同意义的网络组合起来, 然后命名, 以便将来好操作。

在对象类型选择框中选中 Net Classes, 此时 Browse PCB 标签页如图 6-38 所示, 我们可以进行编辑网络类、编辑网络类中的网络和亮显网络类中的所选网络等操作。

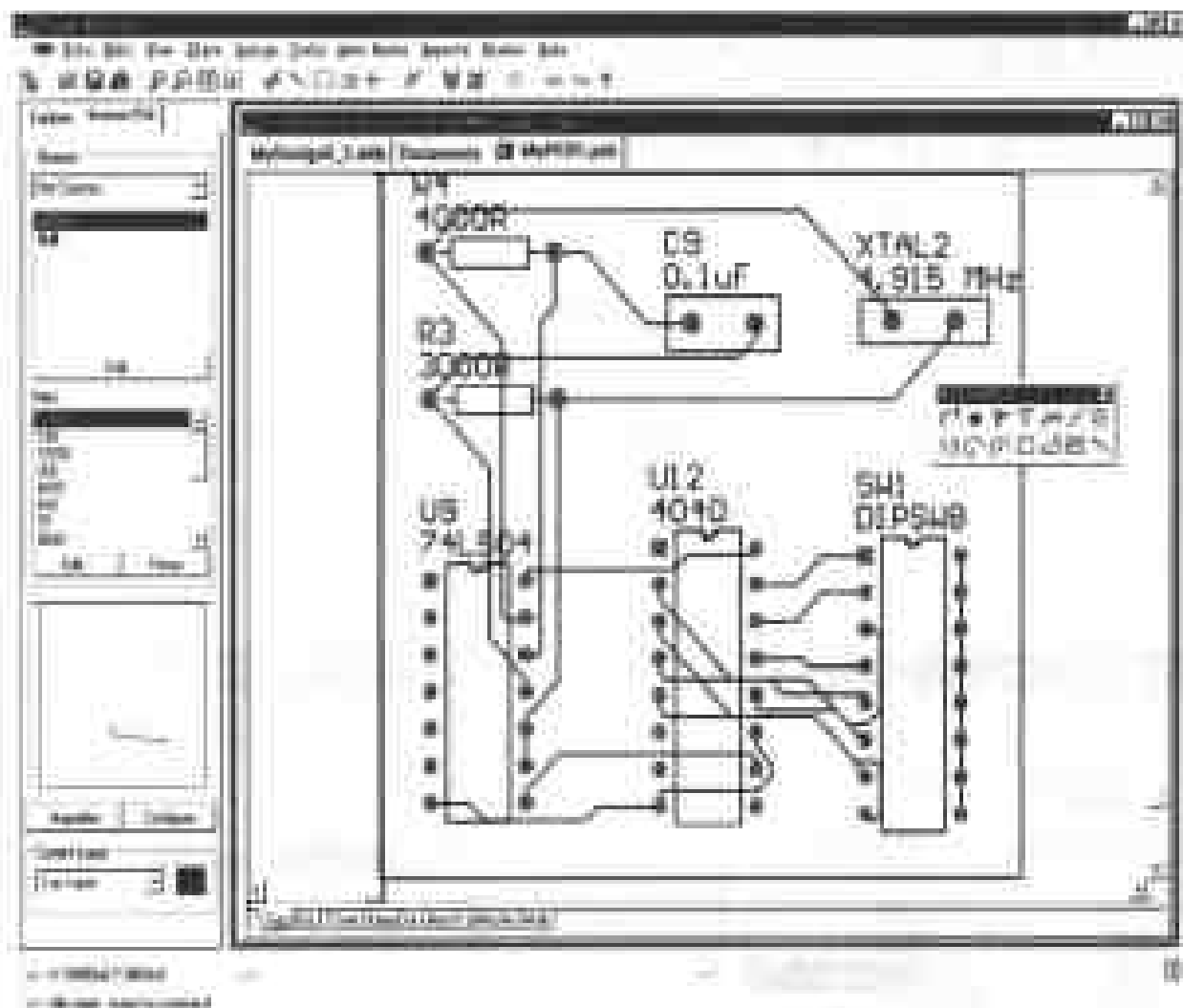


图 6-38 选中 Libraries 后的 PCB 浏览器

下面分别介绍这些操作。

1. 创建网络类

首先单击菜单命令 Design\Classes..., 系统将弹出如图 6-39 所示的类管理对话框。

从图 6-39 中可以看出, 该对话框有 3 个标签, 即 Net (网络类)、Component (零件封

装类) 和 From-To (飞线) 类。在 Net 标签页中有一个网络类列表和 3 个按钮, 3 个按钮分别对应着创建、编辑和删除网络类。

然后单击 **Add...** 按钮, 系统弹出网络类编辑对话框, 如图 6-40 所示。

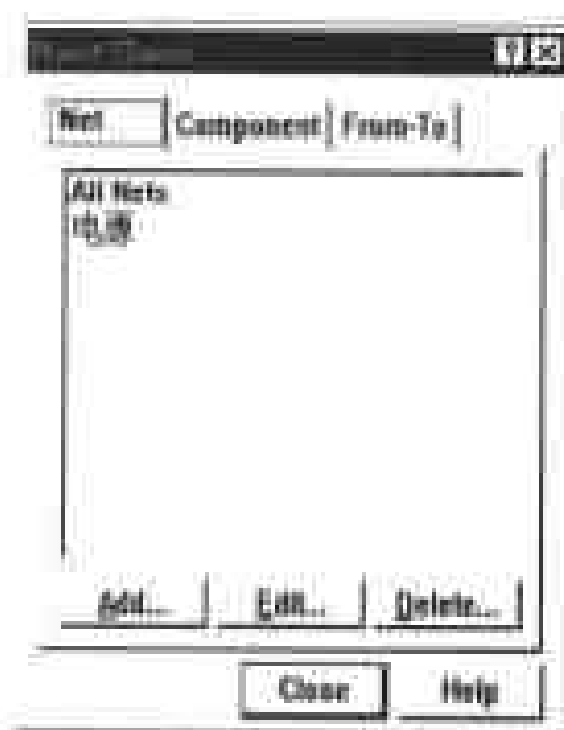


图 6-39 类管理对话框

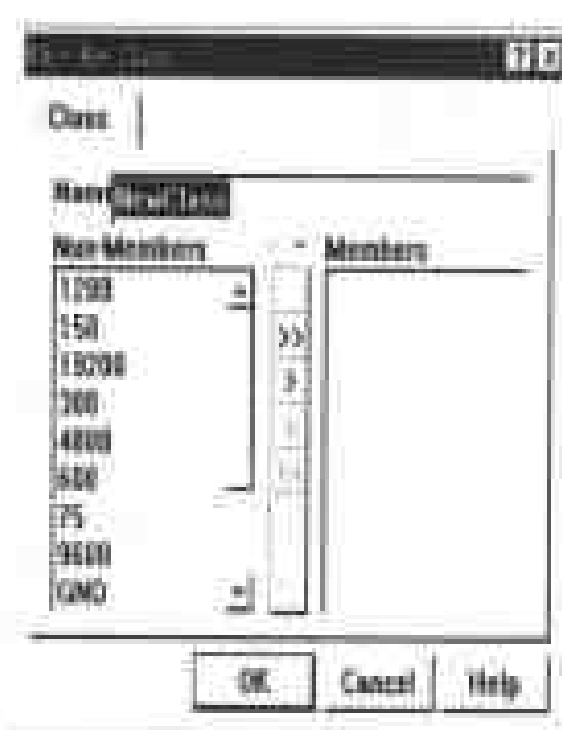


图 6-40 网络类编辑对话框

在 Name 编辑框中删除 NewClass, 输入新建类的名字如“网络类 1”, 然后在 Non-Members 列表框中选取待加入的网络, 再单击 **>** 按钮, 使所选网络加入到新建网络类中, 即显示在 Members 列表框中, 如图 6-41 所示。Non-Members 列表框中的网络表示不属于当前网络类, 而 Members 列表框中的网络表示是当前网络类的网络。如果要在当前网络类中删除一个网络, 首先在 Members 列表框中选中要删除的网络, 然后单击 **<** 按钮即可。**>>** 按钮表示将所有的网络都加入当前网络类中, 而 **<<** 按钮则表示将当前网络类的所有网络都删除。

最后单击 OK 按钮, 新的网络类就创建成功了。此时系统退回类管理对话框, 如图 6-42 所示, 网络类列表中多了一个“网络类 1”网络类。

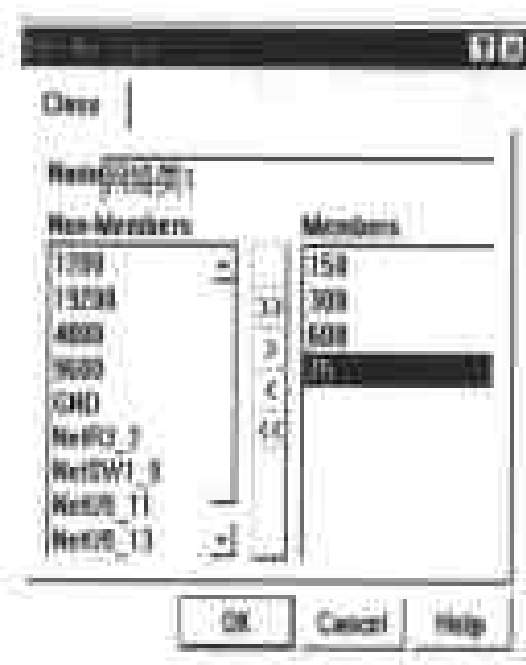


图 6-41 添加网络

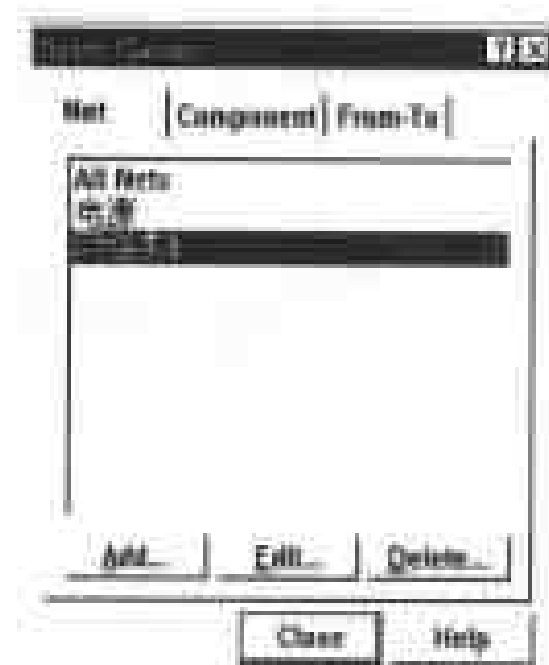


图 6-42 完成新建网络类

此外，我们还可以选择网络类，然后单击 **Edit...** 和 **Delete...**，对所选网络类进行编辑和删除操作（但 All Nets 网络类不能进行编辑和删除操作）。

2. 编辑网络类

在对象列表框中选中需要编辑的网络类，然后单击 **Edit...** 按钮，或直接双击需要编辑的网络类，系统将弹出如图 6-41 所示的对话框，在此对话框中对所选网络类进行编辑操作。方法与新建时的方法完全相同。该 Edit... 按钮与图 6-42 中的 Edit... 按钮功能完全相同。

注意：网络类列表（对象选择框）中有一个名为 All Nets 的网络类，由于它是一个系统类，不可编辑。如果选择该网络类后单击 Edit... 按钮，则系统将弹出一个如图 6-43 所示的错误警告提示对话框，告知该网络类不可编辑信息。



图 6-43 错误警告提示对话框

3. 编辑网络类中的网络

在对象子列表框中选择需要编辑的网络，然后单击其下的 **Edit...** 按钮，或直接双击需要编辑的网络，系统将弹出如图 6-44 所示的对话框，在此对话框中对所选网络进行编辑操作。

该对话框有两个列表框，即“Pins in other Nets”和“Pins In Net”，前者是其他网络中的引脚（焊盘），后者是当前网络的引脚（焊盘）。我们可以通过 **>>** **>** **<** **<<** 4 个按钮来添加和删除当前网络中的引脚。4 个按钮

的具体功能在前面已经讲述过。

4. 亮显网络类中的所选网络

在对象子列表框中选择需要亮显的网络，然后单击其下的 **Focus** 按钮，系统将亮显所选网络，并且该网络变成黄色。

此外 Net Classes 的管理同样具有放大预览和选择放大比例的功能，其方法与 Nets 管理中的放大预览和选择放大比例完全相同，这里不再重复。

6.3.6 管理 Component Classes（零件封装类）对象

零件封装类就是某些零件封装的集合，用户将具有相同意义的零件封装组合起来，然后命名，以便将来操作。



图 6-44 网络编辑对话框

在对象类型选择框中选中 Component Classes, 此时 Browse PCB 标签页如图 6-45 所示, 我们可以进行零件封装类的编辑、编辑零件封装中的零件封装和亮显零件封装类中的所选零件封装等操作。

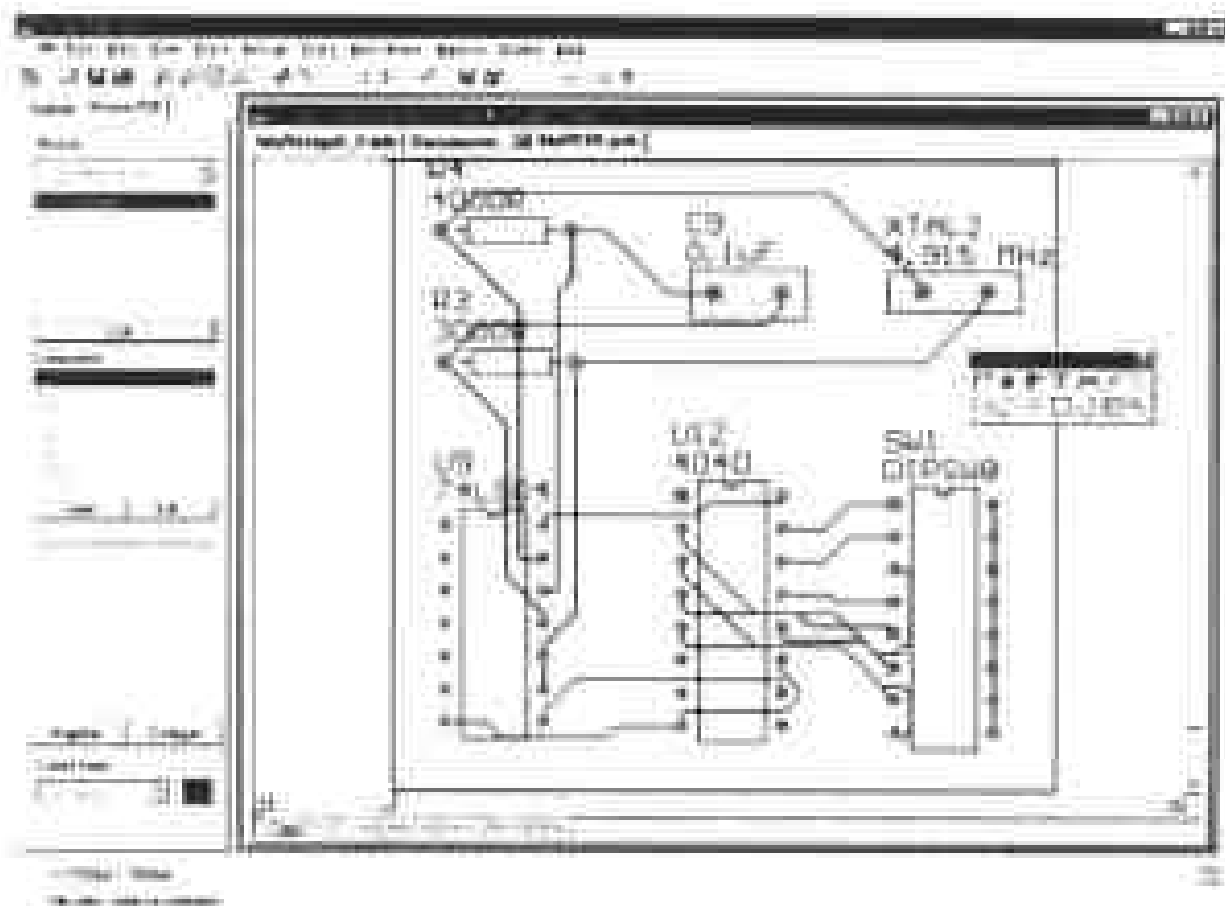


图 6-45 选中 Component Classes 后的 PCB 浏览器

下面分别介绍这些操作。

1. 零件封装类的创建与修改

首先选择菜单命令 Design\Classes..., 系统将弹出类管理对话框。然后单击 Components 标签, 打开 Components 标签页, 如图 6-46 所示。

与创建网络类一样, 单击 **Add...** 按钮, 系统将弹出如图 6-47 所示的新建零件封装类对话框。



图 6-46 Components 标签页






图 6-47 新建零件封装类对话框

在该对话框中的 Name 编辑框里输入新建零件封装类名, 如“电阻”。然后在 Non-Members 列表框中选取待加入的零件封装, 如 R3、R4, 在单击 > 按钮, 使所选零件封装加入到新

建零件封装类中，即显示在 Members 列表框中，如图 6-48 所示。

Non-Members 列表框中的零件封装表示不属于当前零件封装类的，而 Members 列表框中的零件封装表示是当前零件封装类的零件。

如果要在当前零件封装类中删除一个零件封装，首先在 Members 列表框中选中要删除的零件封装，然后单击  按钮即可。 按钮表示将所有的零件封装都加入当前零件封装类中，而  按钮则表示将当前零件封装类的所有零件封装都删除。

最后单击 OK 按钮，新的零件封装类就创建成功了。此时系统退回零件封装类管理对话框，如图 6-49 所示，零件封装类列表中多了一个名为“电阻”的零件封装类。

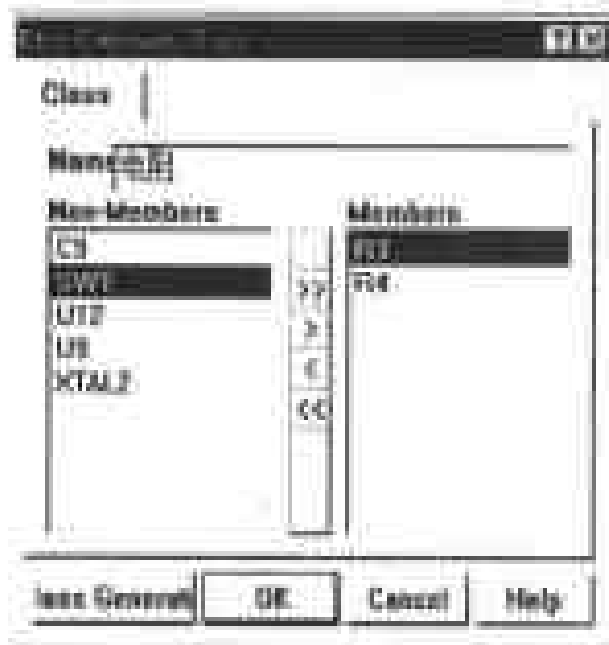


图 6-48 添加零件

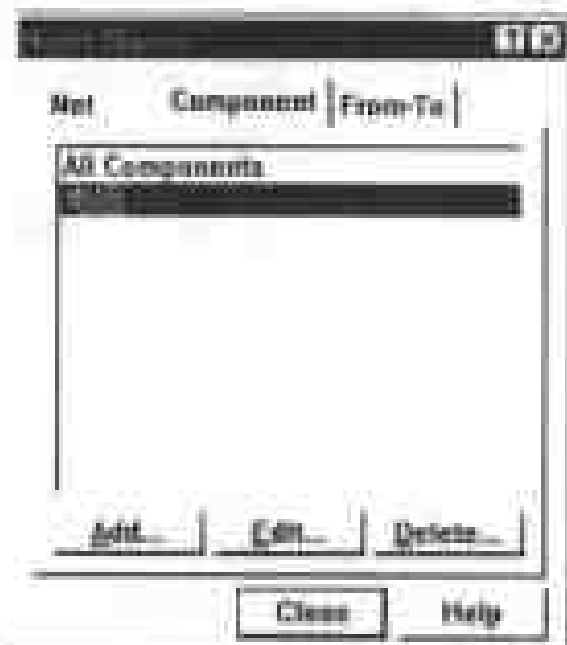




图 6-49 完成新建零件封装类

此外，我们还可以选择零件封装类，然后单击  和 ，对所选零件封装类进行编辑和删除操作（但 All Components 零件封装类不能进行编辑和删除操作）。

提示：我们还可以通过另一种方法创建零件封装类，即在图 6-47 中单击“Class Generate”按钮，系统弹出如图 6-50 所示的零件封装类生成器对话框。

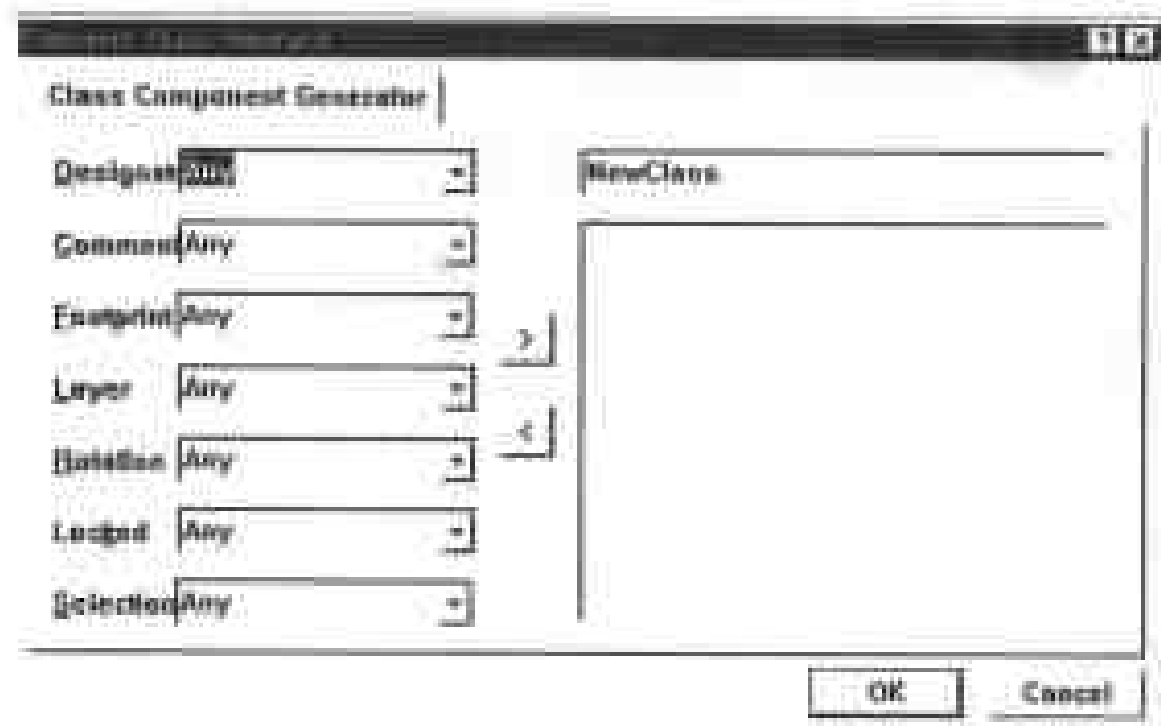

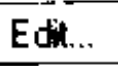


图 6-50 零件封装类生成器

在此对话框中将以通配符的形式来创建新的零件封装类, 比如在 Designator 中选 “U**”, 将名字 NewClass 改成 “集成块类”, 然后单击  按钮即可, 如图 6-51 所示。这样就创建了一个名为集成块类的零件封装类。

2. 零件封装类的编辑

在对象列表框中选中需要编辑的零件封装类, 如 “电阻” 零件封装类, 然后单击  按钮, 或直接双击需要编辑的零件封装类, 系统将弹出如图 6-48 所示的对话框, 在此对话框中对所选零件封装类进行编辑操作。方法与新建方法完全相同。该 “Edit...” 按钮与图 6-51 中的 “Edit...” 按钮功能完全相同。

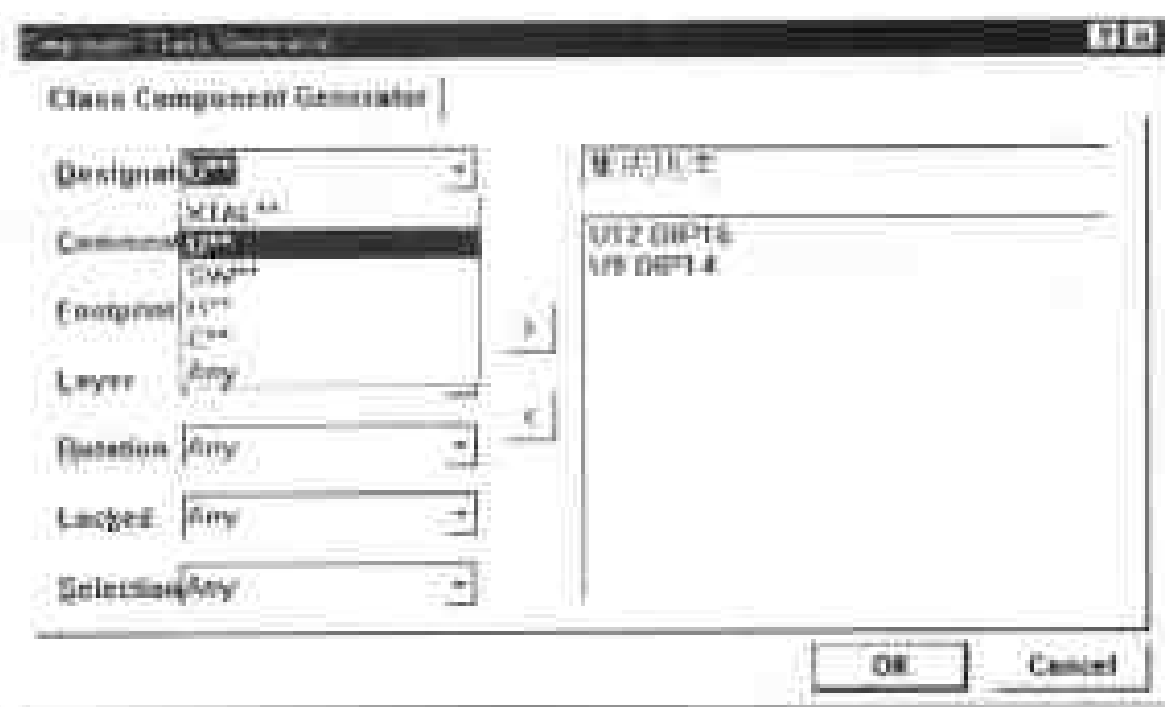


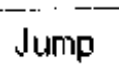
图 6-51 新建以 “U” 开头的集成块类

注意: 零件封装类列表 (对象选择框) 中有一个名为 “All Components” 的零件封装类, 由于它是一个系统类, 不可编辑。如果选择该网络类后单击 “Edit...” 按钮, 则系统将弹出一个如图 6-52 所示的错误警告提示对话框, 告知该零件封装类不可编辑信息。

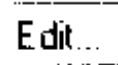


图 6-52 错误警告提示对话框

3. 快速定位所选零件封装

在对象子列表框中选择需要快速定位的零件封装, 如 R3、R4 等, 然后单击其下的  按钮, 系统将快速定位到所选零件封装, 并且该零件封装变成黄色, 放大出现在屏幕的中央。

4. 编辑零件封装类中的零件封装属性

在对象子列表框中选择需要编辑的零件封装, 然后单击其下的  按钮, 或直

接双击需要编辑的零件封装，系统将弹出如图 6-53 所示的零件对话框，在此对话框中对所选零件封装的属性进行编辑操作。

零件封装属性的具体编辑操作，我们在前面有过详细介绍，请参见放置零件封装一节。

此外 Component Classes 的管理同样具有放大预览和选择放大比例的功能，其方法与 Nets 管理中的放大预览和选择放大比例完全相同，这里不再重复。

6.3.7 利用 Violations 查找错误

利用 Violations 查找错误使得设计过程变得更加简单，我们可以快速找到布线过程中违背布线规则的错误处，并且可以知道该错误违背了何种布线规则。

在对象类型选择框中选中 Violations，此时 Browse PCB 标签页如图 6-54 所示，我们可以查看错误细节、亮显错误所在处和快速定位错误所在处等操作。

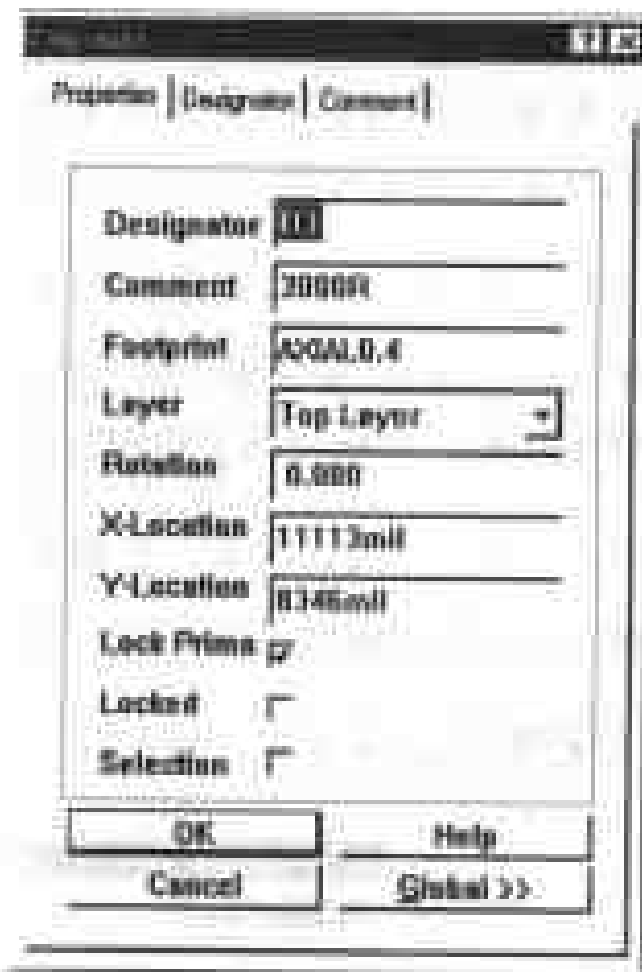


图 6-53 零件封装属性对话框

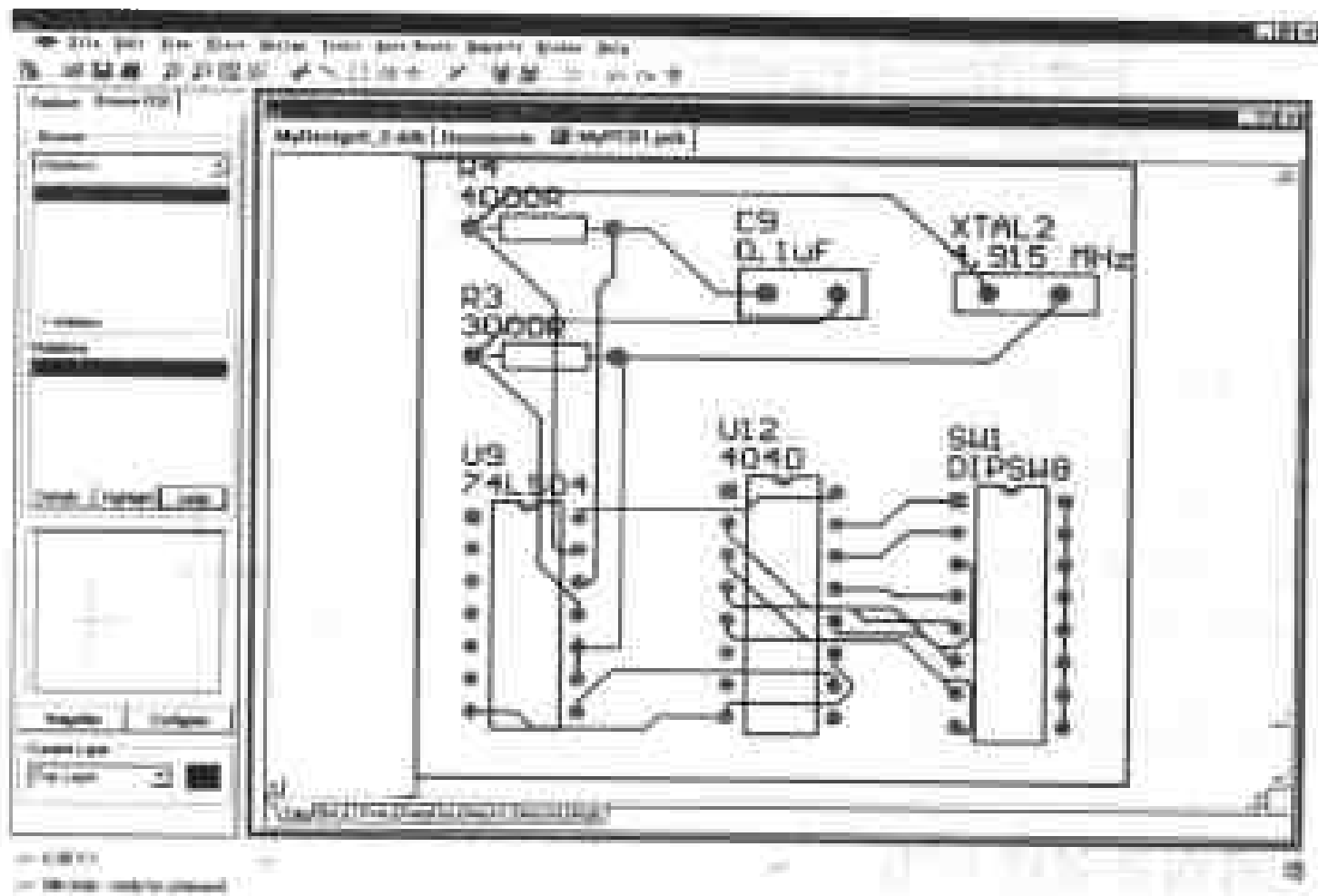


图 6-54 选中 Violations 后的 PCB 浏览器

下面分别介绍这些操作。

1. 显示错误类型

对象列表框中显示错误的类型和选定错误类型的错误数目。从图 6-54 中可以看出，本电路板有一个违例的地方，即一个错误，错误类型为 Clearance Constraint（安全距离）违背

布线规则。

2. 具体检查某个错误

在对象子列表框中具体显示选定错误类型的错误，如本电路板的错误为“0002: Track/Track”，表示导线与导线间的安全距离有错误。

(1) 显示错误细节：在对象子列表框中选定错误后，单击 **Details...** 按钮，系统将会弹出如图 6-55 所示的错误细节对话框。

该对话框中详细介绍了错误的原因，即违背了何种布线规则。

(2) 亮显所选错误处：在对象子列表框中选定错误后，单击 **Highlight** 按钮，系统将会在电路板出错误的地方闪烁一下，以便容易找到该错误的地方。此方法也可通过单击图 6-54 中的 **Highlight** 按钮来实现，两者完全一致。

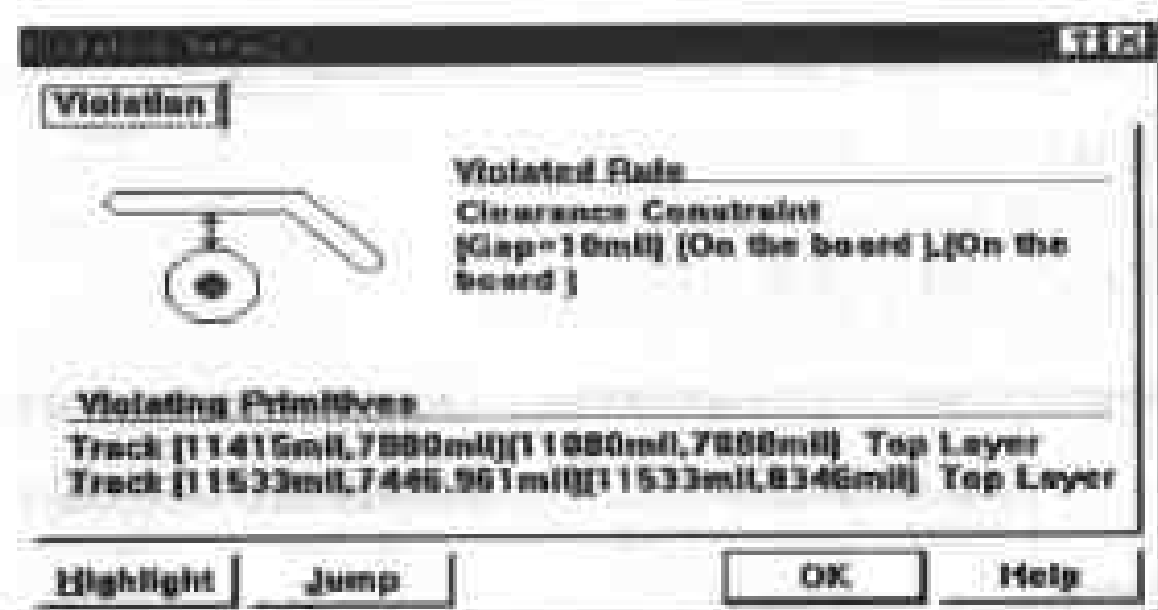


图 6-55 错误细节对话框

(3) 快速定位所选错误处：在对象子列表框中选定错误后，单击 **Jump** 按钮，系统将会快速定位到出错误的地方，并且此处高亮度、放大显示在工作区的中央。如图 6-56 所示。此方法也可通过单击图 6-55 中的 **Jump** 按钮来实现，两者完全一致。

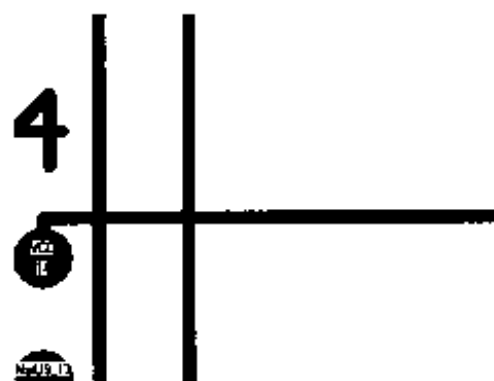


图 6-56 快速定位所选错误的地方

6.4 利用向导创建 PCB

创建新 PCB 的方法除了手工创建外，还可以利用 Protel 99 提供的向导来创建。利用向导可以生成一个 PCB 的规划和电路板的参数设置。

下面介绍具体步骤。

(1) 启动向导。在“New Document”对话框中选择“Wizards”标签页，而不是“Documents”标签页。“Wizards”标签页的对话框如图 6-57 所示。

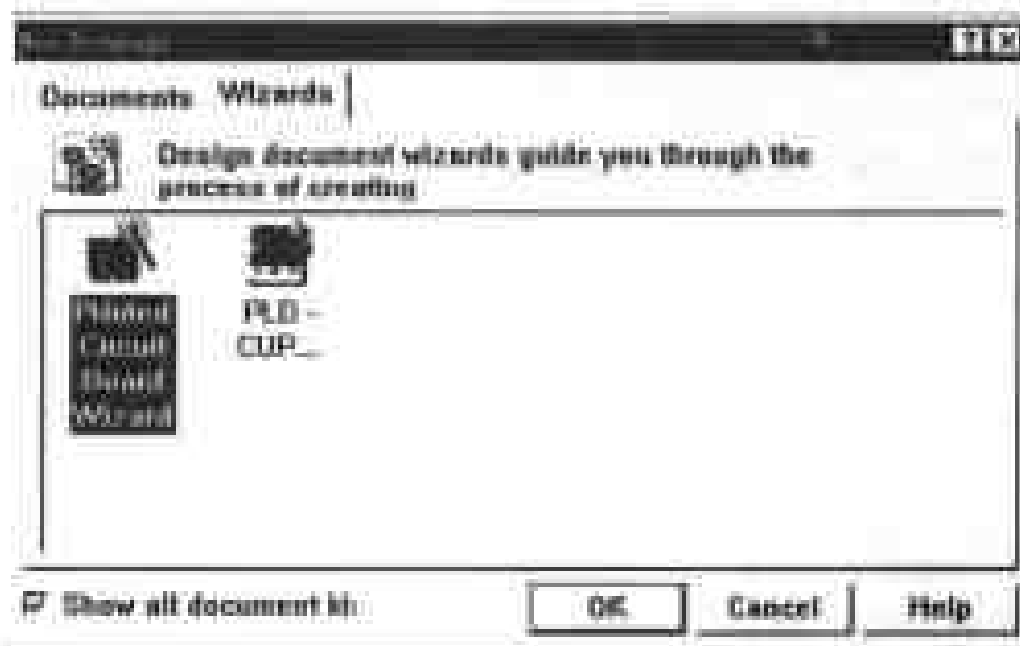


图 6-57 “Wizards” 标签页对话框

(2) 创建 PCB 向导。在图 6-57 中用鼠标左键单击“Printed Circuit Board Wizard”图标，如图 6-58 所示。然后单击 OK 按钮，系统将弹出如图 6-58 所示 Wizard 欢迎界面。



图 6-58 Board Wizard 欢迎界面

(3) 选择印制电路板的标准。在图 6-58 中单击“Next”按钮，系统将弹出如图 6-59 所示对话框，要求用户选择印制电路板的标准。

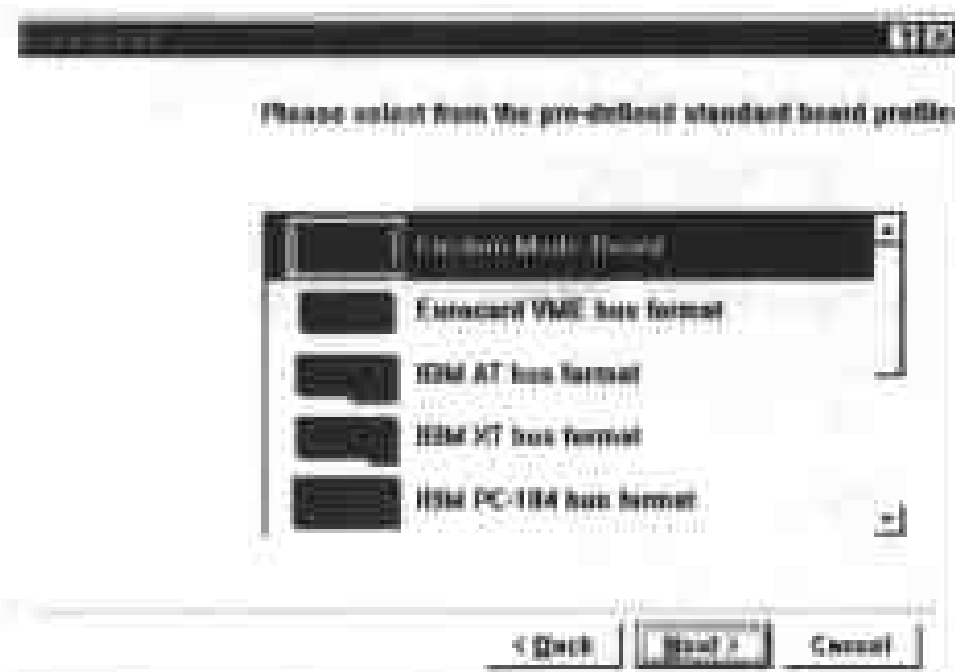


图 6-59 PCB 标准选择对话框

系统提供了 10 种标准供选择, 即 Custom Made Board, Eurocard VME bus format, IBM AT bus format, IBM XT bus format, IBM PC-104 bus format, IBM&APPLE PCI bus format, IBM PCMCIA bus format, IBM PS/2 bus format, Standard bus format, SUN Standard bus format。在这里介绍比较复杂一种, 选择 Custom Made Board, 并进行全面设置。

单击图 6-59 中的“Next”按钮, 系统弹出 Custom Board Detail 设置对话框, 如图 6-60 所示。

在这里我们将设置板的宽度、高度、外形、边层、标注层、导线宽度、标注线宽以及有关选项。

- Width: 设置电路板的宽度。
- Height: 设置电路板的高度。

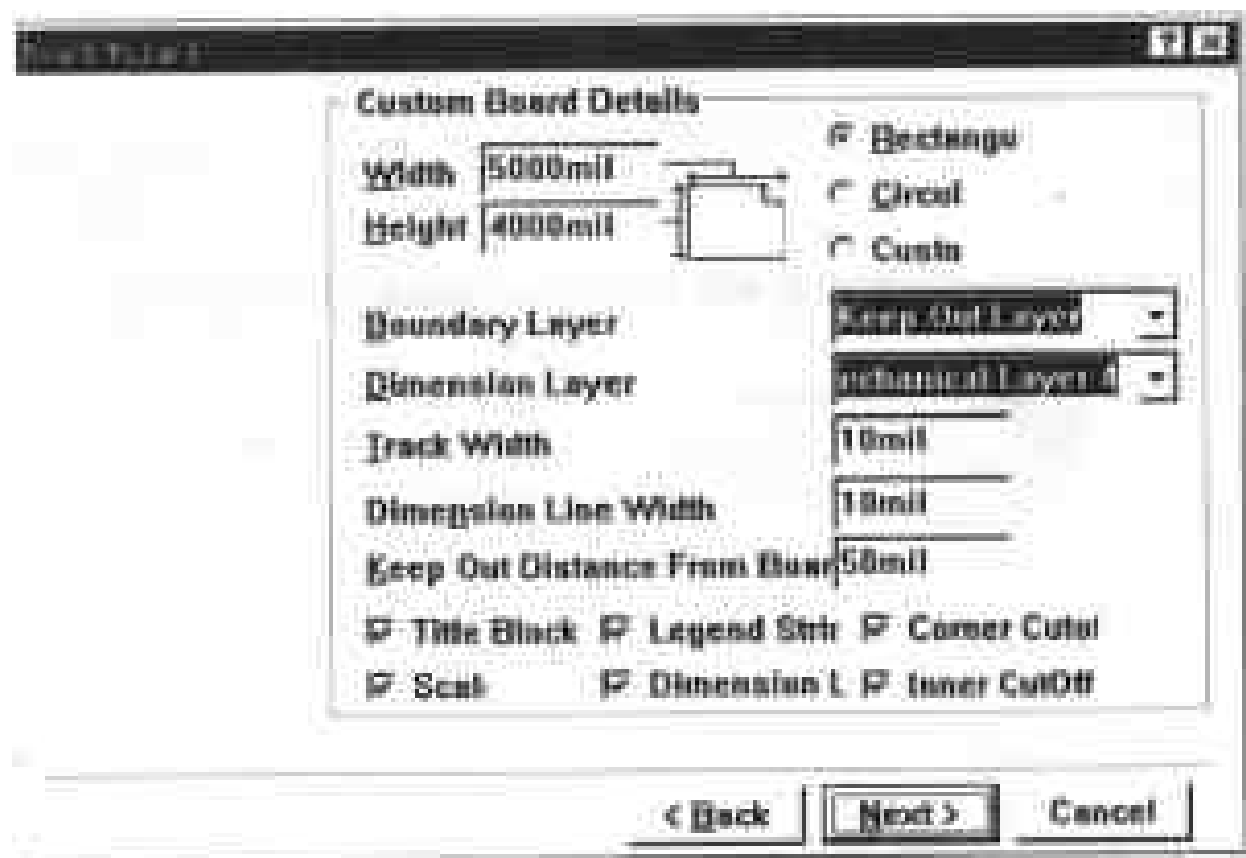


图 6-60 Custom Board Detail 设置对话框

- Rectangle: 设置电路板的形状为矩形。
- Circle: 设置电路板的形状为圆形。
- Custom: 设置电路板的形状为椭圆形。
- Boundary Layer: 设置电路板的边框所在的板层, 一般为“Keep Out Layer”层。
- Dimension Layer: 设置电路板的标注所在的板层, 一般为机械层。
- Track Width: 设置电路板的铜膜导线宽度。
- Dimension Line Width: 设置电路板的标注线的宽度。
- Keep Out Distance From Board: 设置电路板的最外导线到边界的距离。
- Title Block: 设置电路板的标题块。
- Scale: 设置电路板的比例。
- Legend String: 设置电路板的明细栏。
- Dimension Line: 设置电路板的标注线。
- Corner CutOff: 设置电路板的外切角。
- Inner CutOff: 设置电路板的内切空。

(4) 单击图 6-60 中的“Next”按钮, 系统将弹出如图 6-61 所示对话框, 显示电路板外形尺寸。这里的尺寸与图 6-60 中的“Width”、“Height”是一致的。同时也可以在此修改板的外形尺寸。方法是将光标移到标注数值点处, 数值变成编辑框, 直接在编辑框中输入尺寸数值即可。

(5) 单击图 6-61 中的“Next”按钮, 系统将弹出对话框, 如图 6-62 所示, 显示电路板切角尺寸。如果在图 6-60 中不选中“Corner Cutoff”, 将不出现此对话框, 在此也可以进行修改, 方法同上。

(6) 单击图 6-62 中的“Next”按钮, 系统将弹出对话框, 如图 6-63 所示, 显示电路板内切块尺寸。如果在图 6-60 中不选中“Inner Cutoff”, 将不出现此对话框, 在此也可以进行修改, 方法同上。

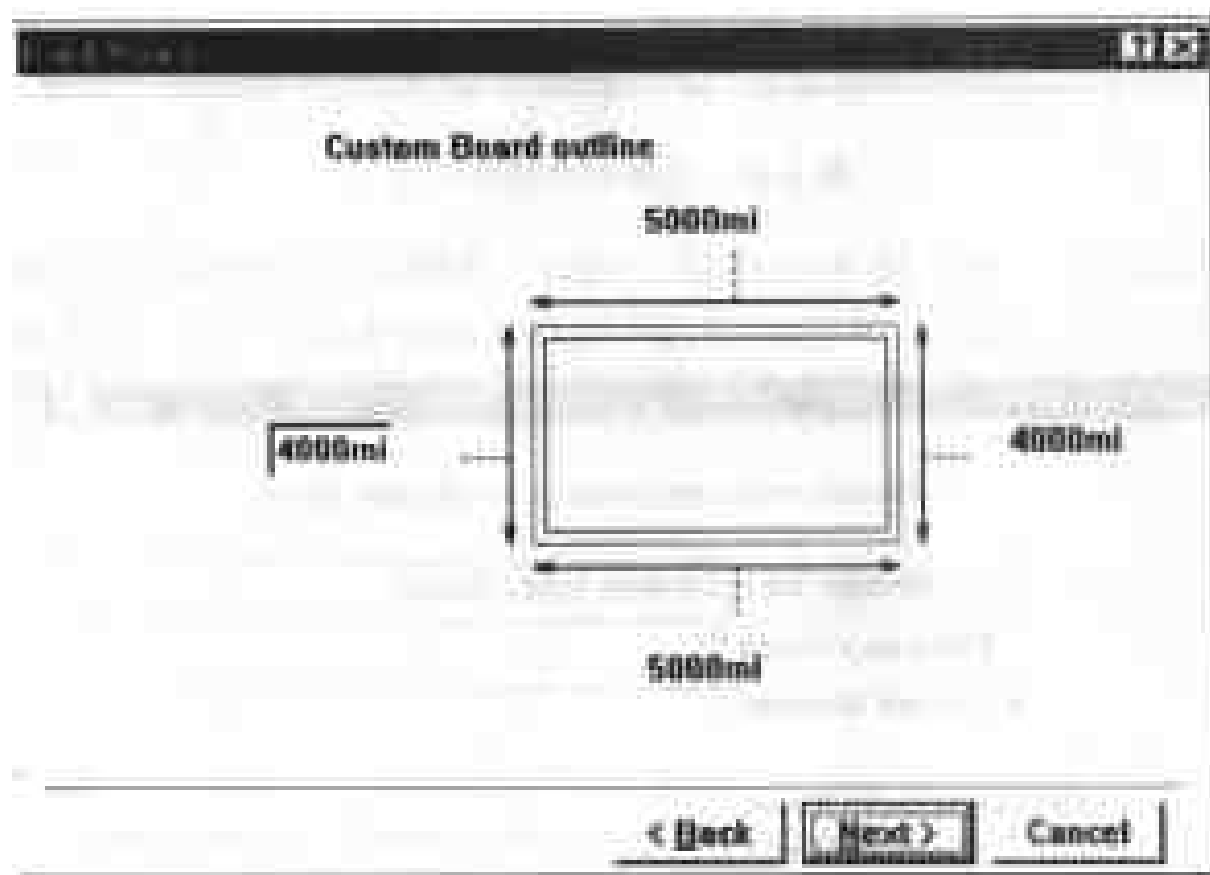


图 6-61 电路板外形尺寸

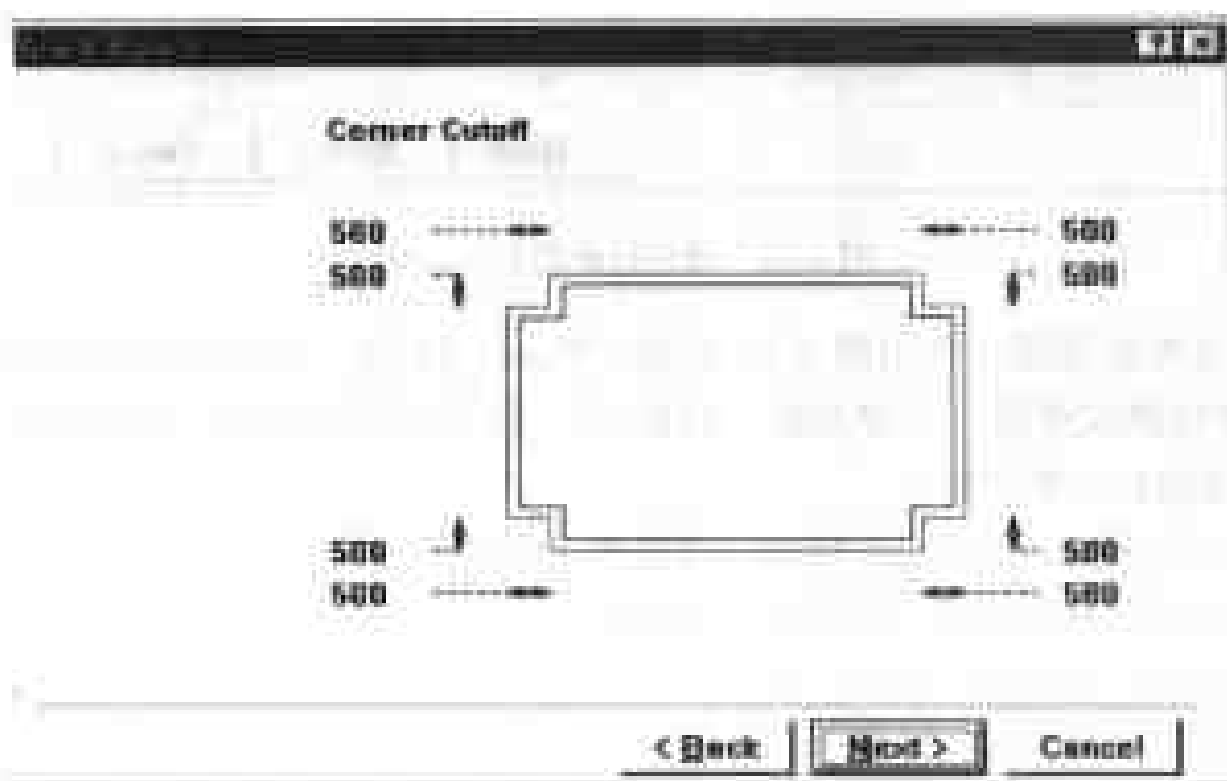


图 6-62 电路板切角尺寸

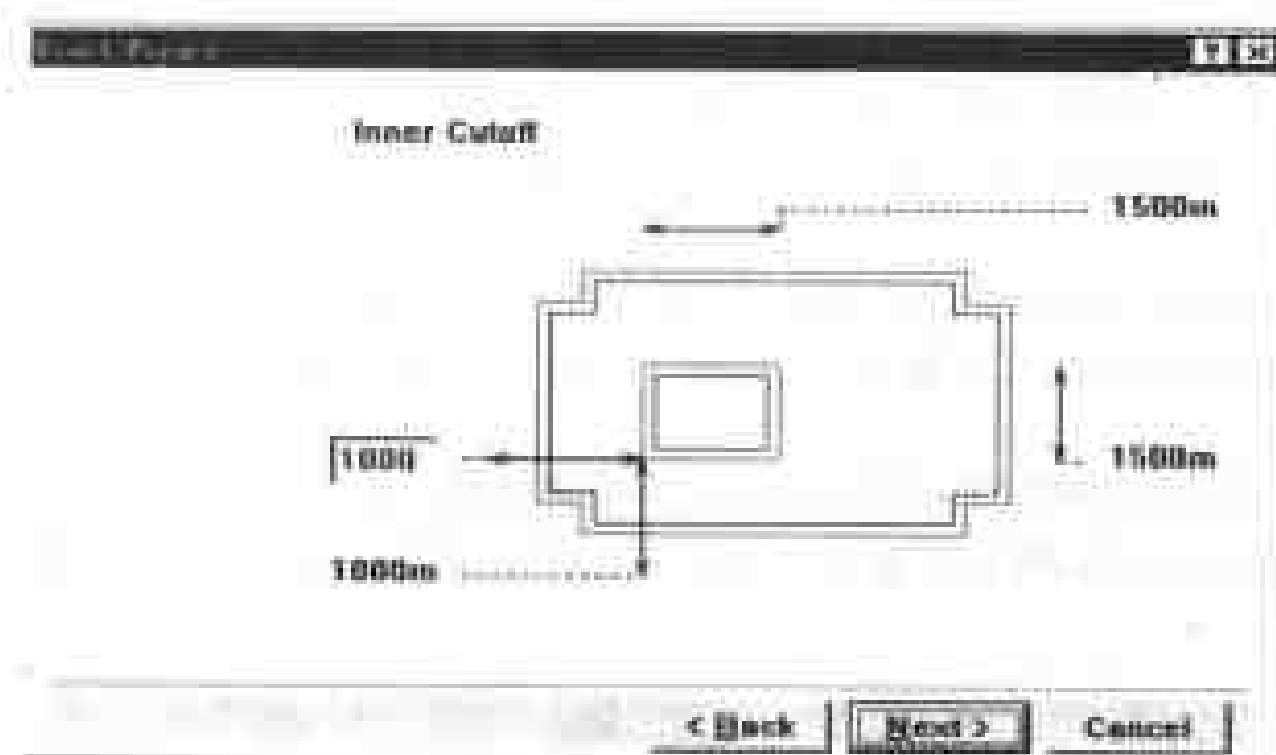


图 6-63 电路板内切块尺寸

(7) 填写标题信息。单击图 6-63 中的“Next”按钮，系统将弹出对话框，如图 6-64 所示，要求填写标题信息。如果在图 6-60 中没有选中“Title Block”项，将不出现此对话框。

图 6-64 填写标题信息对话框

(8) 选择电路板类型。单击图 6-64 中的“Next”按钮，系统将弹出对话框，如图 6-65 所示，要求选择电路板类型，如单面板、双面板、多面板以及电源、接地线放置的板层。

- Single Layer: 单面板。
- Two Layer-Plated Through Hole: 双面板，通孔镀层。
- Two Layer-Non Plated: 双面板，无镀层。
- Four Layer: 四层板（即 4 个信号层）。
- Six Layer: 六层板（即 6 个信号层）。
- Eight Layer: 八层板（即 8 个信号层）。
- Power/Ground planes: 电源/地线层（即内层）数量，有“Two”、“Four”和“None”

三个选项。

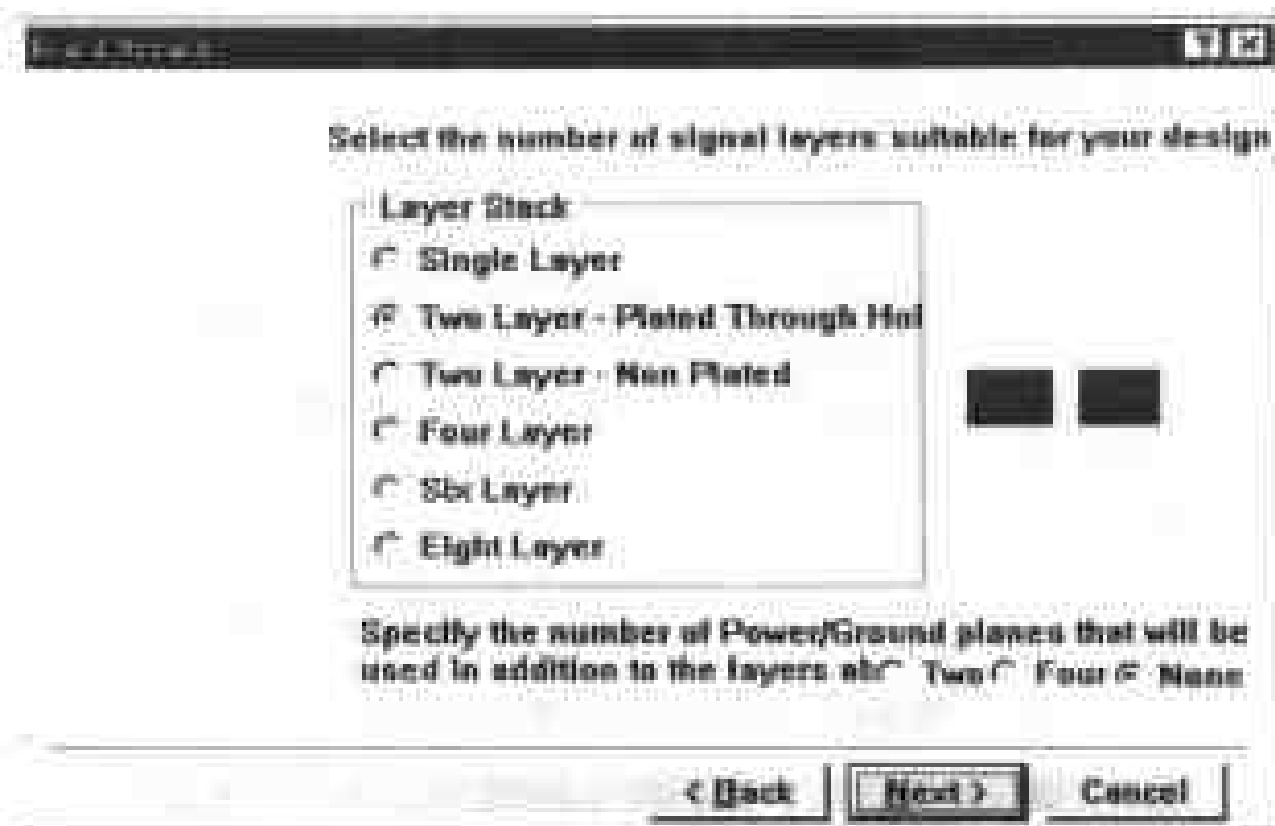


图 6-65 面板层数设置对话框

(9) 选择导孔形式。单击图 6-65 中的“Next”按钮，系统将弹出对话框，如图 6-66 所示，要求选择导孔形式。有两种选择，一是只有穿透孔 (Thruhole Vias only)，二是有盲孔或隐藏孔 (Blind and Buried Vias on)。

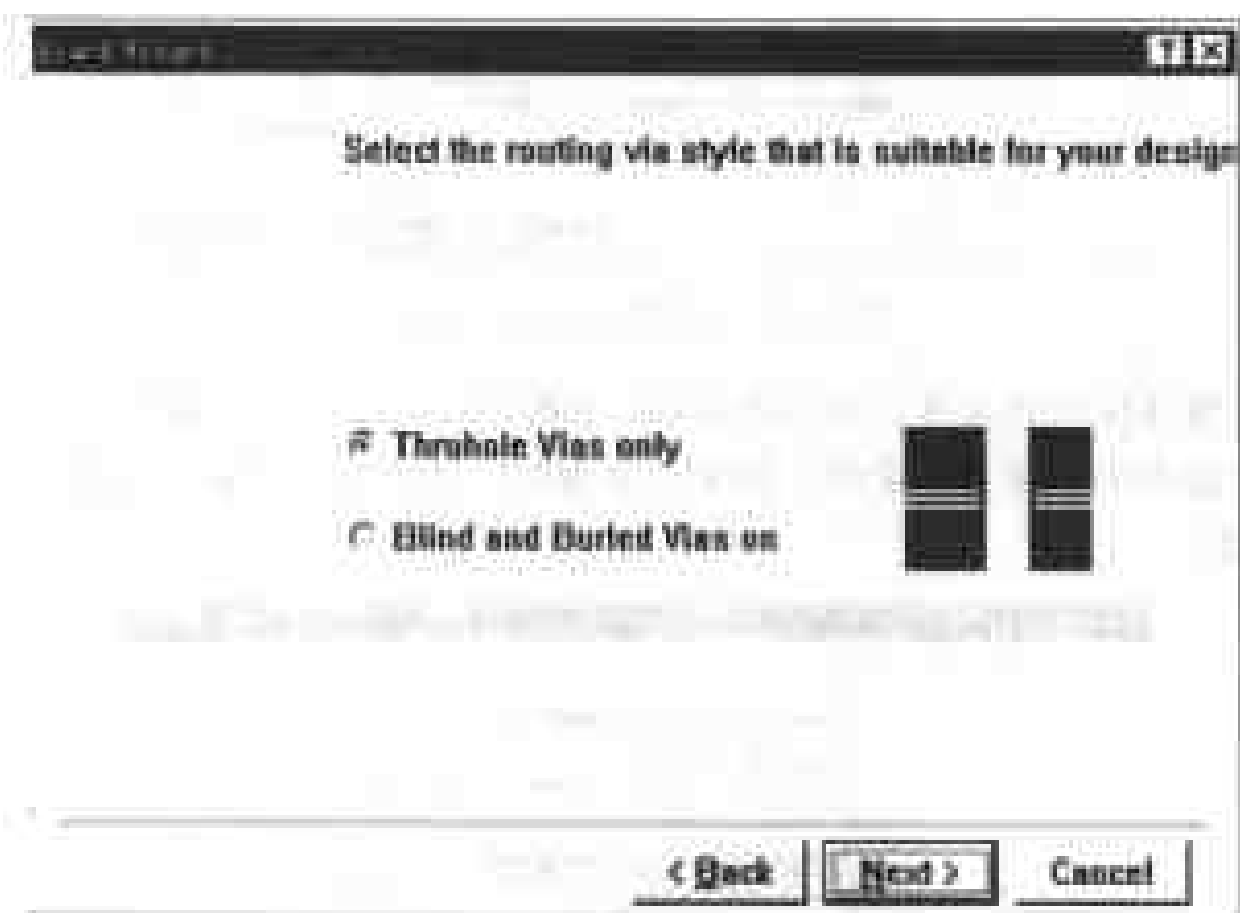


图 6-66 导孔形式选择对话框

(10) 选择零件封装类型。单击图 6-66 中的“Next”按钮，系统将弹出如图 6-67 所示对话框，要求选择零件封装类型。零件封装类型有两种，即引脚式零件封装和表面粘着式零件封装。另外还需选择是否顶层和底层都布置元件。

(11) 设置导线、导孔和安全距离的最小值。单击图 6-67 中的“Next”按钮，系统将弹出如图 6-68 所示对话框，设置导线、导孔和安全距离的最小值。

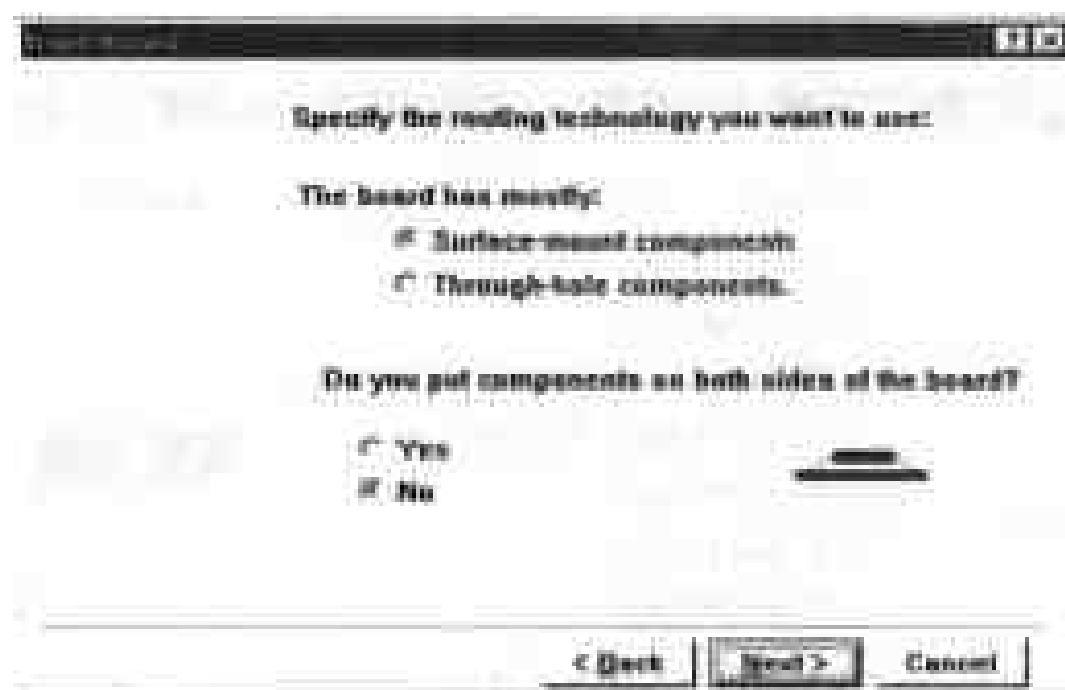


图 6-67 选择零件封装类型对话框

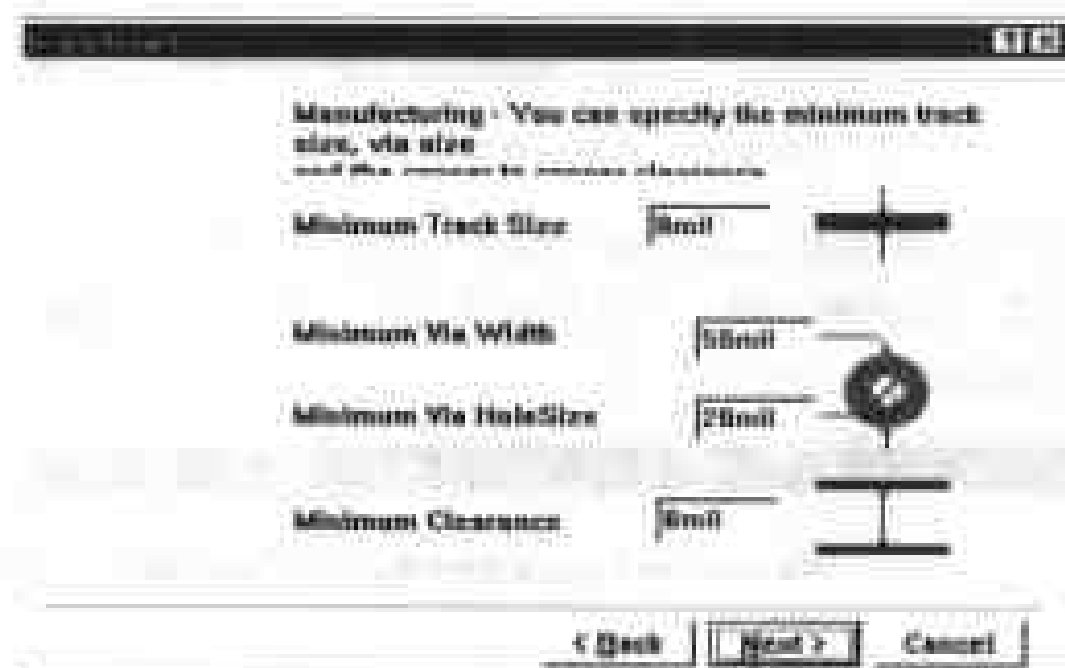


图 6-68 设置最小尺寸对话框

(12) 是否现在保存该文件。单击图 6-68 中的“Next”按钮，系统将弹出如图 6-69 所示对话框，询问是否现在保存该文件。如果要求保存，系统将弹出两个编辑框，要求输入文件名和 PCB 描述。



图 6-69 保存文件对话框

(13) 单击图 6-69 中的“Next”按钮，系统将弹出设置完成对话框，如图 6-70 所示。单击 OK 将完成操作，单击 Cancel 将取消操作。

创建成功后，系统自动进入新 PCB 文件的设计编辑器中，并自动规划好电路板，如图 6-71 所示。



图 6-70 设置完成对话框

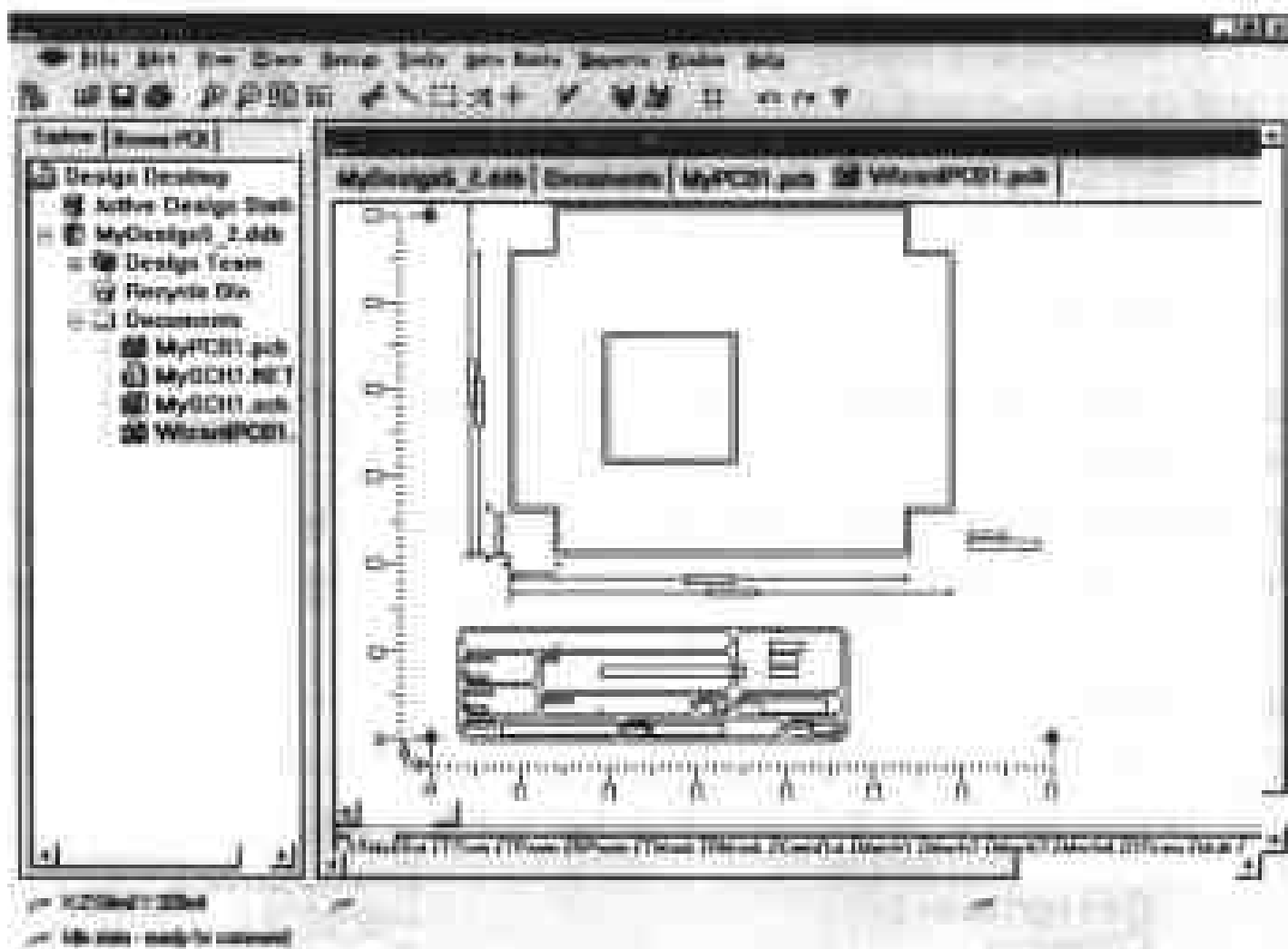


图 6-71 利用 Wizard 创建 PCB 文件

第 7 章 封装库管理

零件封装是构成板图的最基本单元，对于一般的零件封装，我们都从零件封装库中直接调用，但在设计电路板图过程中偶尔会遇到比较特殊的零件封装，可能系统零件封装库中没有，这时需要自己制作零件封装并对封装库进行管理。本章主要介绍如何使用 Protel 中的零件封装编辑器来制作零件封装及封装库的管理。

在本章中，您将学习到：

- 零件封装的基本知识和编辑器的启动
- 手工创建零件封装的两种方法
- 利用向导创建零件封装
- 零件封装管理

7.1 零件封装简介

零件封装是指实际零件焊接到电路板时指定的外观和焊盘的位置，它是使零件引脚和印制电路板上的焊盘一致的保证。零件封装只是零件的外观和焊盘的位置，纯粹的零件封装只是个空间的概念，不同的零件有相同的封装，同一个零件也可以有不同的封装。所以在取用焊接零件时，不仅要知道零件的名称还要知道零件的封装。图 7-1 为一个零件封装。

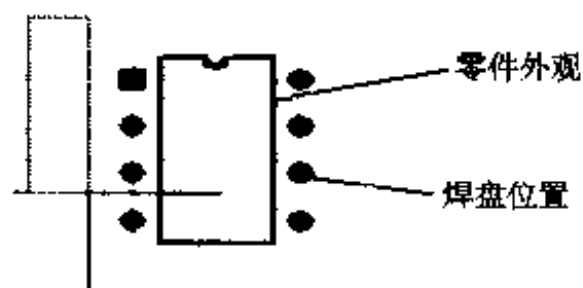


图 7-1 零件封装

7.1.1 零件封装的分类

零件封装可以分成针脚式零件封装和表面粘着式（STM）零件封装两大类。

1. 针脚式零件封装

针脚式零件封装在焊接时先要将零件引脚插入焊点导通孔，然后再焊锡。由于焊点导通孔贯穿整个电路板，所以其焊盘的板层属性必须为 Multi Layer。图 7-2a 所示就是针脚式零件封装。

2. 表面粘着式零件封装

表面粘着式零件封装只限于表面板层，其焊盘的板层属性必须为单一表面，即顶层（Top layer）或底层（Bottom layer）。图 7-2b 所示就是表面粘着式零件封装。



a)



b)

图 7-2 零件封装分类

a) 针脚式 b) 表面粘着式

7.1.2 零件封装的编号

零件封装的编号一般是：零件类型+焊点距离（焊点数）+零件外形尺寸。我们可以根据零件编号来判断零件封装的规格。如 DIP20 表示双列直插式零件封装，20 个引脚。又如电阻封装“AXIAL0.5”表示此零件封装为轴状，两焊点间的距离为 400mil。RB.4/.8 表示极性电容类零件封装，引脚间距离为 400mil，零件直径为 800mil。

7.1.3 常用的零件封装

我们常用的零件封装有二极管类（DIODE.4~DIODE.7）、极性电容类（RB.2/.4~RB.5/1.0）、非极性电容类（RAD0.1~RAD0.4）、电阻类（AXIAL0.3~AXIAL1.0）、可变电阻类（VR1~VR5）、集成块（DIPxxx）等。现分别列举如下：

1. 二极管类（DIODE）

二极管常用的零件封装如图 7-3 所示，其名称为 DIODExx，数字“xx”表示功率，数值越大，表示功率越大。如 DIODE.5。



图 7-3 二极管零件封装

2. 电容类

电容分非极性电容和极性电容两类，相应的封装形式也有两种，非极性电容的封装形式如图 7-4a 所示，其名称为 RADxx；极性电容的封装形式如图 7-4b 所示，其名称为 RBxx。数字“xx”表示两个焊点间的距离，数值越大，表示电容量越大，如 RAD0.4、RB.4/.8。

3. 电阻类

电阻常用的封装形式如图 7-5 所示，其名称为 AXIALxx，数字“xx”表示两个焊点间的距离，如 AXIAL0.5。



图 7-4 电容封装形式

a) 非极性电容 b) 极性电容



图 7-5 电阻封装形式

4. 集成块

集成块常用的封装形式如图 7-6a 和图 7-6b 所示，其名称为 DIPxx（双列直插式）和 SIPxx（单列直插式），数字“xx”表示管脚数，如 DIP14、SIP9。

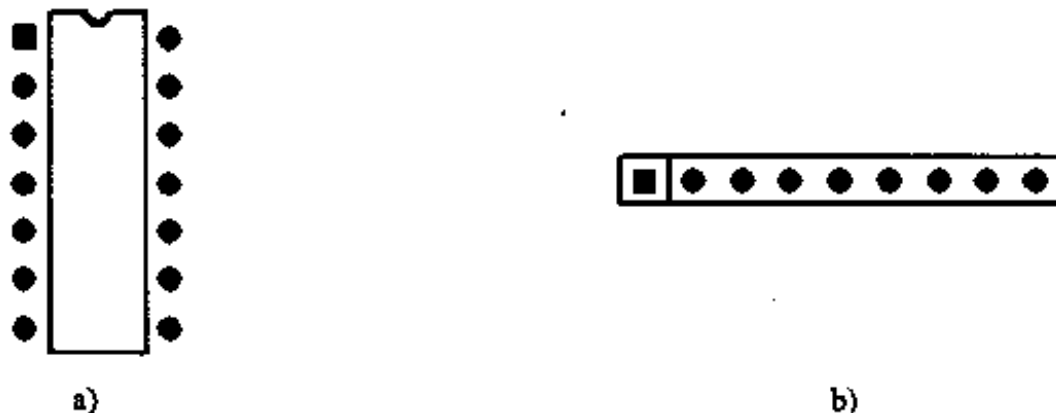


图 7-6 集成块封装形式

a) 双列直插式 b) 单列直插式

5. 晶体管类

晶体管的封装形式比较多,如图 7-7 所示,但其名称都为 TOxxx,“xxx”表示晶体管的类型,包括一般的晶体管、大功率管等,如 TO-18、TO-220 等。

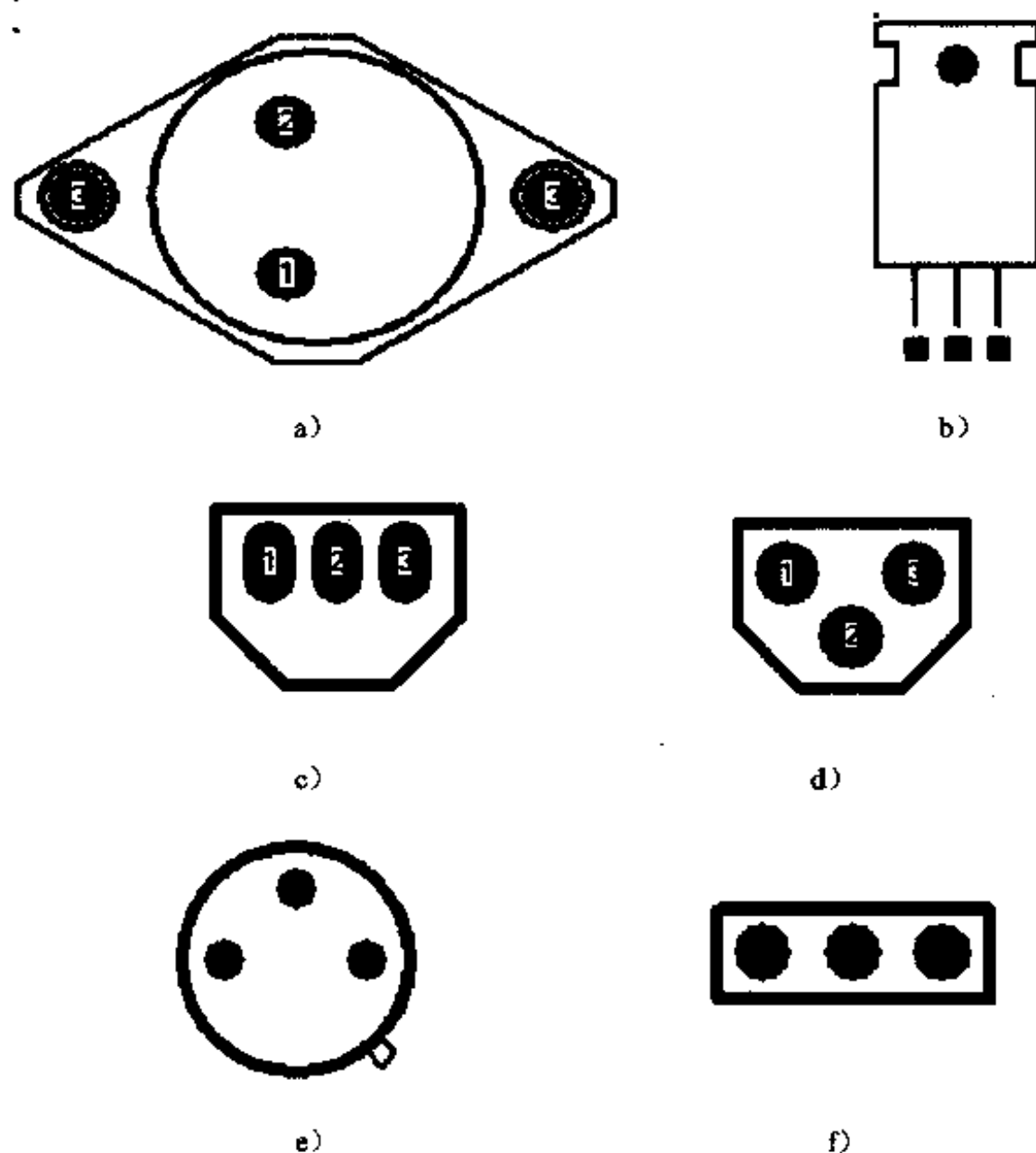


图 7-7 TO 的封装形式

a) TO-3 b) TO-220 c) TO-92B d) TO-92A e) TO-52 f) TO-126

6. 熔丝 (Fuse)

熔丝的常用封装形式如图 7-8 所示,其名称为 Fuse。

7. 电位器

电位器的常用封装形式如图 7-9 所示,其名称为 VRxxx,数字“xxx”表示焊点间距离,如 VR5。

8. 串并口

串并口的常用封装形式如图 7-10 所示,其名称为 DBxxx,数字“xxx”表示针数,如 DB15/F。

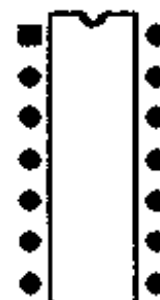


图 7-8 熔丝封装形式

图 7-9 电位器封装形式

图 7-10 串并口封装形式

7.2 启动零件封装编辑器

零件封装编辑器的启动与印制电路板图设计窗口的启动非常类似，具体方法如下。

7.2.1 打开新建文件对话框

在设计窗口中，选择主菜单的菜单项 File\New，打开新建文件对话框，如图 7-11 所示。

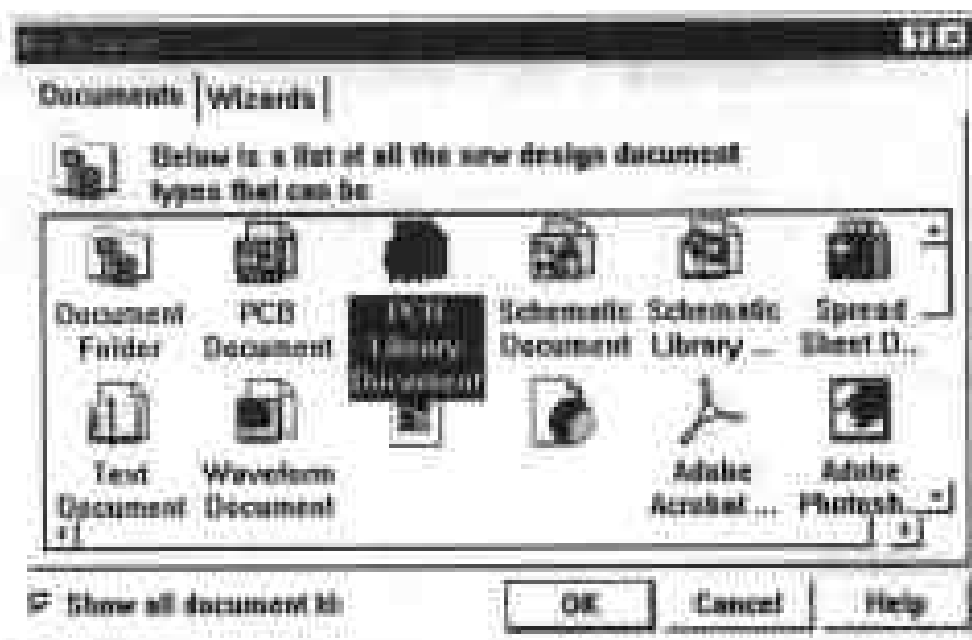


图 7-11 新建文件对话框

提示：打开新建文件对话框还有两种方法，其一是快捷键法，其二是鼠标右键法。

(1) 快捷键法：在设计窗口中，从键盘上依次按键 F 和键 N 即可。

(2) 鼠标右键法：在设计窗口的“Documents (文档)”页面中单击鼠标右键，从弹出菜单中选择“New... (新建)”，即可打开新建文件对话框。

7.2.2 创建新零件封装库文件

在对话框中用鼠标左键双击“PCB Library Document”图标，如图 7-12 所示，创建新零件封装库文件。

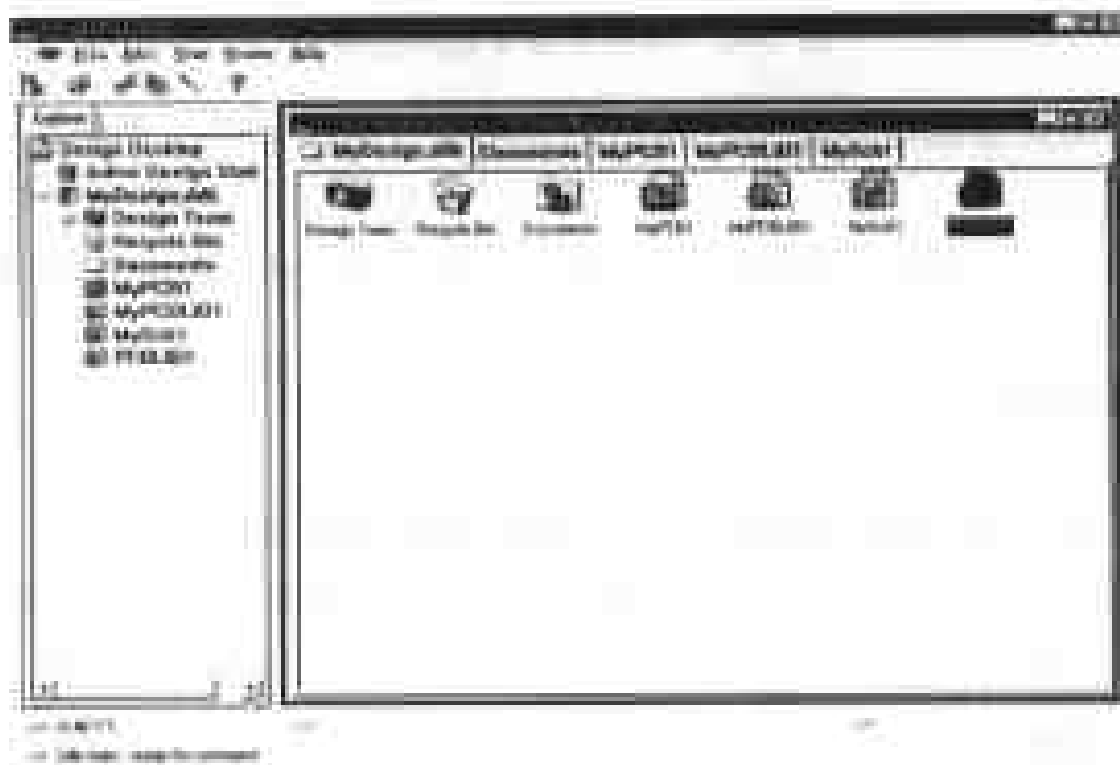


图 7-12 创建新零件封装库文件

再修改新建的零件封装库文件名，方法是：用鼠标右键单击零件封装库文件图标，在弹出菜单中选择“Rename（重命名）”命令，然后输入自己的命名。

7.2.3 启动零件封装编辑器

在设计管理器中双击零件封装库文件（或其图标），即可启动零件封装编辑器。进一步单击设计管理器左边的“Browse PCBLib”标签页，打开零件封装编辑器的“Browse PCBLib”页，如图 7-13 所示。

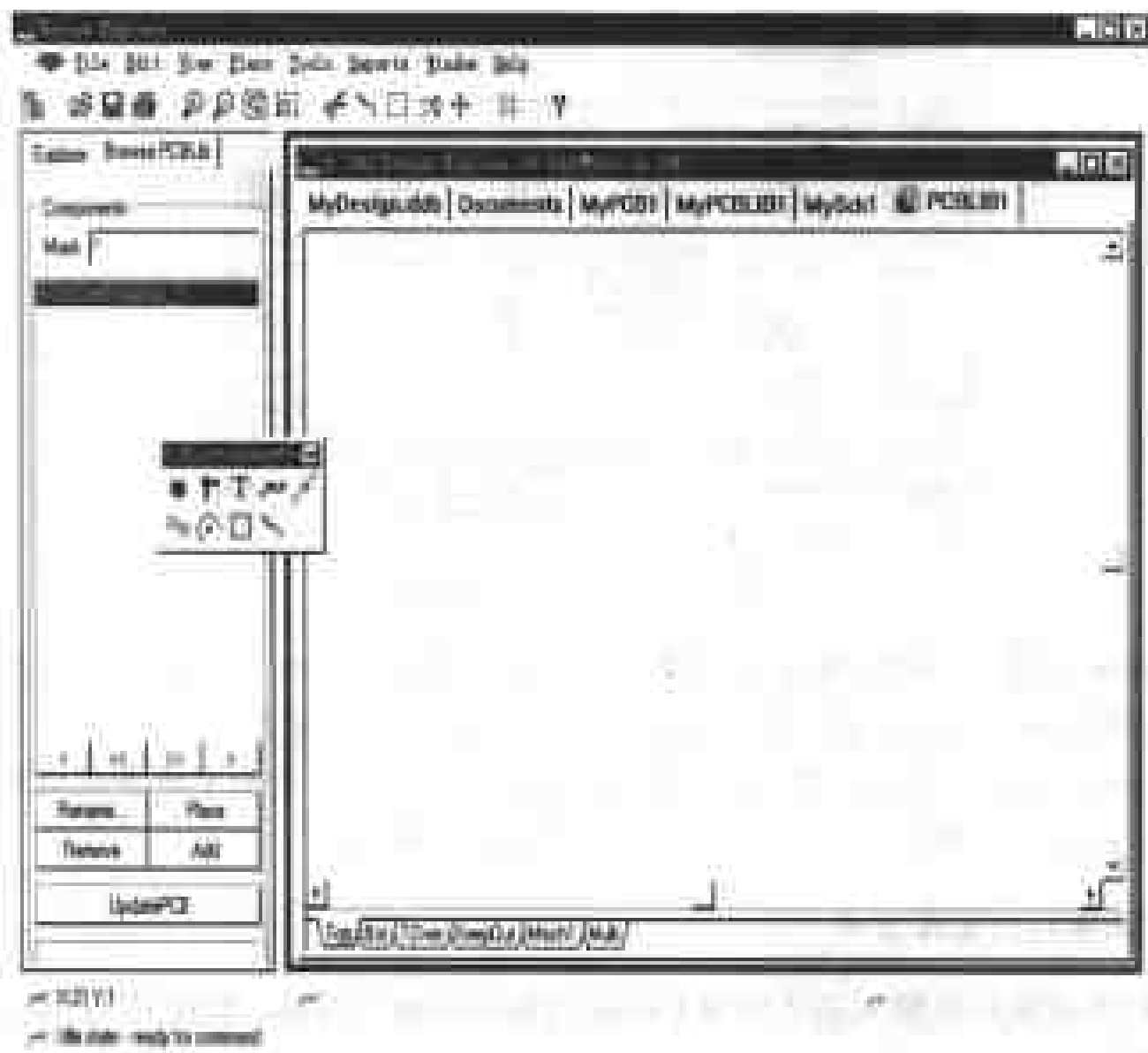


图 7-13 零件封装管理器主界面

这样零件封装编辑器就被启动了，并且还创建了一个库文件。当然现在这个库文件什么也没有，下一节我们将介绍如何加入封装。零件封装编辑器主界面与 PCB 设计界面非常相似，也分主菜单栏、主工具栏、编辑区、放置工具栏等等，在这里就不再重复介绍了。

7.3 创建零件封装

零件封装的创建主要有两种方法，即手工创建和利用向导创建。其中手工创建既可以从已有的零件封装库中通过修改来创建自己新的封装库，又可以完全自己从头创建。下面对这三种情况分别予以介绍。

7.3.1 完全手工创建零件封装

手工创建零件封装就是利用绘图工具，按照实际的尺寸绘制出零件的封装。下面通过创

建如图 7-14 所示的零件封装的实例，介绍如何创建零件封装。

具体步骤如下：

1. 设置零件封装参数

零件封装参数设置与 PCB 图参数设置类似，如板层设置、栅格大小设置、系统参数设置等。这里简单介绍一下如何设置，具体参数项设置参见第 5 章。

(1) 首先进行栅格设置。在零件封装编辑框中，单击鼠标右键，在弹出菜单中选择“Options”下的“Board Options...”，系统弹出如图 7-15 所示的对话框。也可以选择主菜单项的 Tools\Library...命令或单击快捷键 T、B。

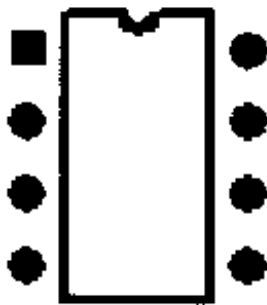


图 7-14 手工创建的零件封装

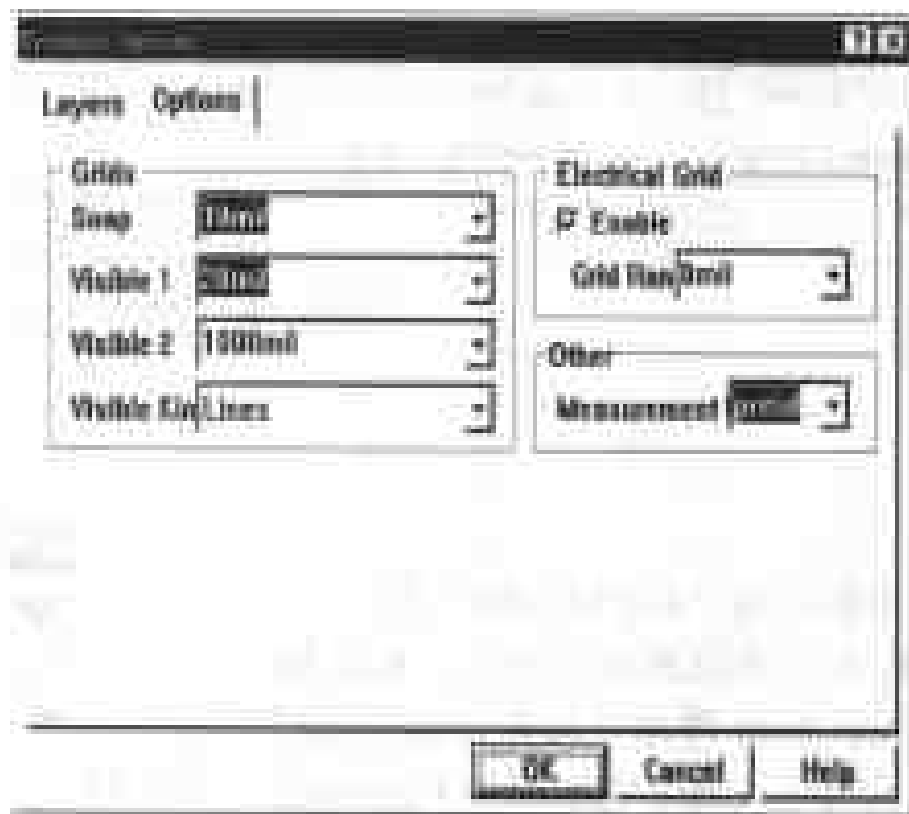


图 7-15 电气栅格参数设置

(2) 进行板层设置。直接在图 7-15 中单击“Layers”标签页，弹出板层参数设置对话框，如图 7-16 所示。也可以在零件封装编辑框中单击鼠标右键，在弹出菜单中选择“Options”下的“Layers...”。

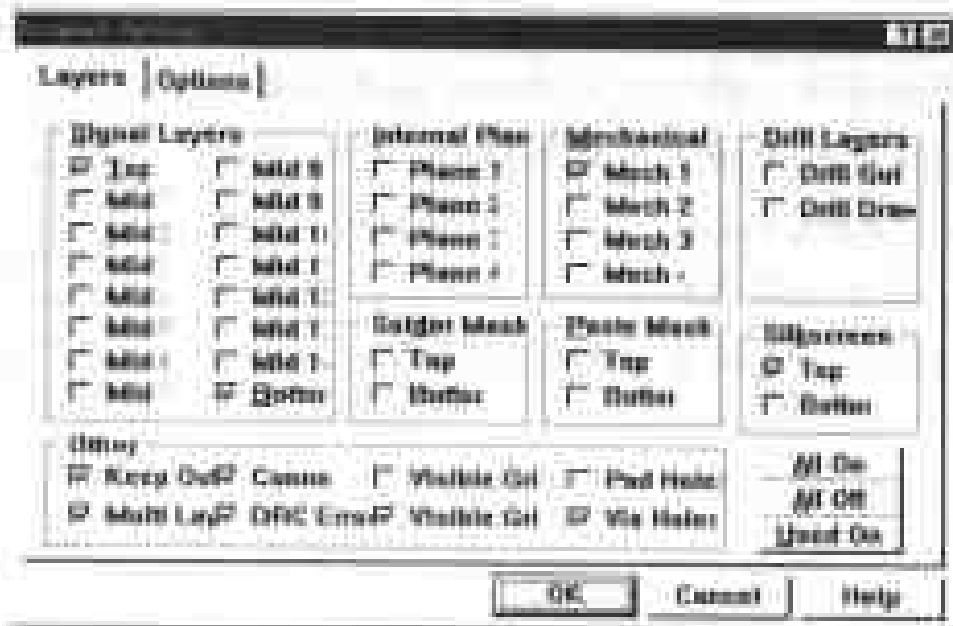


图 7-16 板层参数设置

(3) 最后进行系统参数设置。在零件封装编辑框中, 单击鼠标右键, 在弹出菜单中选择“Options”下的“Preferences...”, 弹出系统参数设置对话框, 如图 7-17 所示。也可以选择主菜单项的 Tools\Options...命令或单击快捷键 T、O。

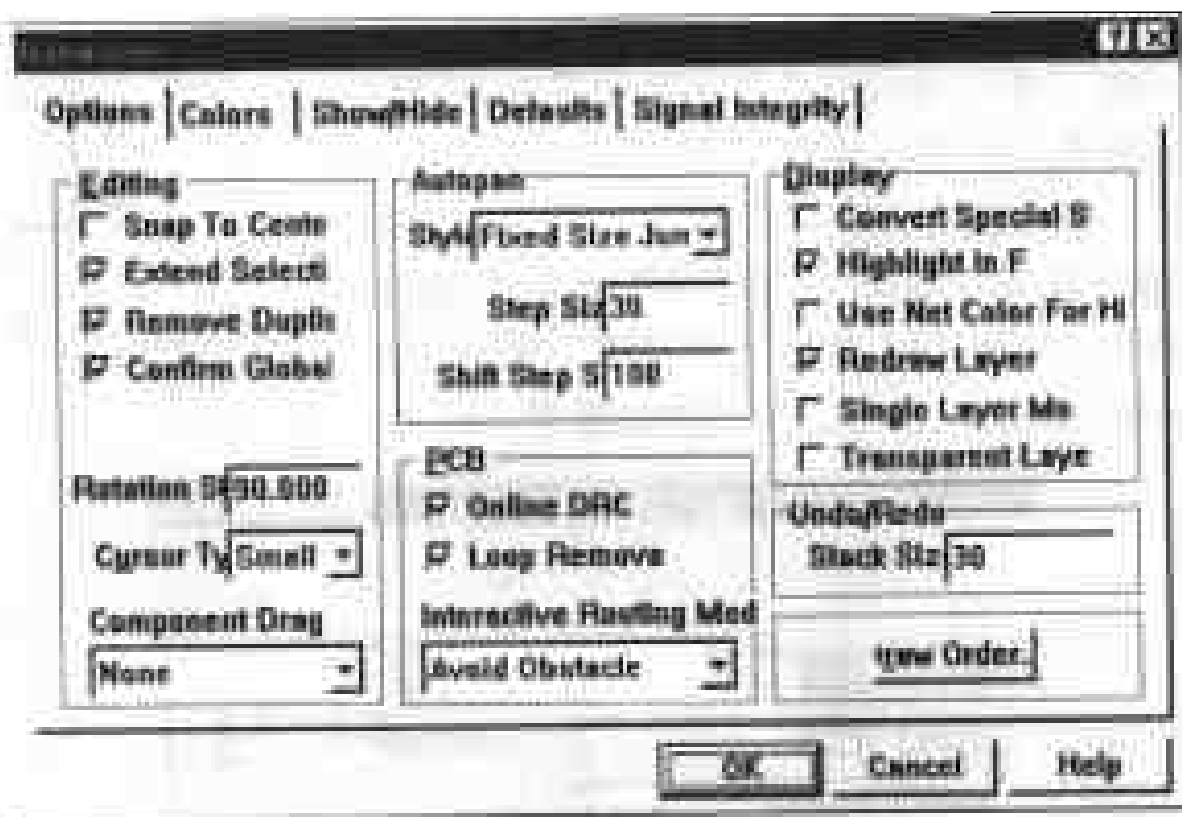


图 7-17 系统参数设置

2. 布置组件

在绘制前必须保证当前层为“Top Overlay”层。

(1) 布置焊盘。首先启动放置焊盘命令, 用鼠标左键单击 PCBLibPlacementTools 浮动工具条上的“Pad”图标, 如图 7-18 所示。也可以选择主菜单项的 Place\Pad 命令或单击快捷键 P、P。



图 7-18 “PCBLibPlacementTools”浮动工具条

启动后光标变成十字形状, 并拖着一个浮动的焊盘。先从键盘上按下“Tab”键, 设置焊盘属性。再移动鼠标到合适的位置按下左键将其定位。定位后也可以用鼠标左键双击焊盘, 修改焊盘的属性。在属性对话框的“Layer”选项中选择“Multi Layer”。

提示: 在创建零件封装时, 组件之间的相对距离及其形状相当重要, 否则新创建的零件封装将无法应用, 所以组件属性对话框中的“X-Location/Y-Location”、“Shape”等项常需要输入精确的值。在上述焊盘的布置过程中, 习惯将 1 号焊盘布置在 (0, 0) 位置, 然后其他的组件根据实际尺寸布置在它的相对位置上。同时焊盘直径与孔径都要设置好。在本例中假设焊盘之间垂直距离为 200mil, 水平距离为 300mil, 那么 2 号焊盘将布置在 (0, -200), 8 号焊盘将布置在 (300, 0), 依此类推。焊盘直径设置为 50mil, 孔径设置为 30mil。一般而言, 焊盘间的距离为 100mil 的整数倍

(英制), 孔径为 10mil 的整数倍 (英制)。1 号焊盘属性编辑如图 7-19 所示。

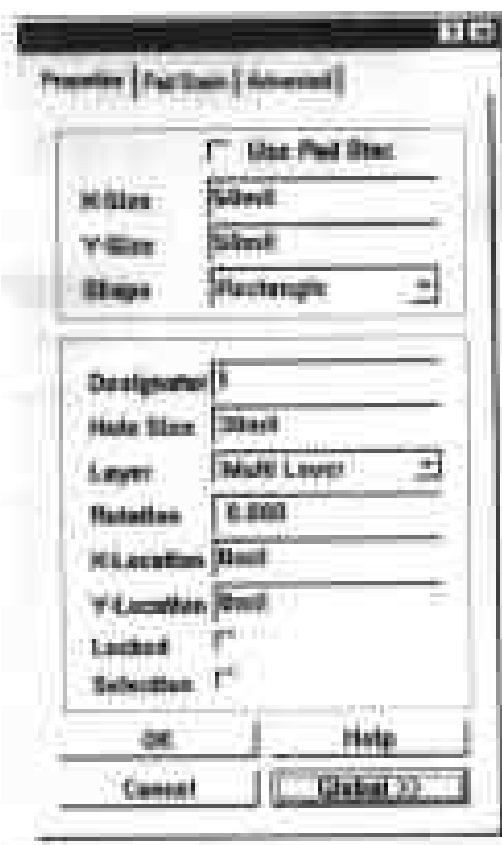


图 7-19 1 号焊盘属性设置

按照同样的方法, 将其他几个焊盘放置好, 如图 7-20 所示。

(2) 绘制外形轮廓。启动导线放置命令, 用鼠标左键单击 PCBLibPlacementTools 浮动工具条上的“Track”图标, 如图 7-21 所示。也可以选择主菜单项的 Place\Track 命令或单击快捷键 P、T。

启动后开始布置导线, 这里主要要注意组件间的距离要转化为绝对坐标值。左上角坐标为 (50, 100), 右上角坐标为 (250, 100), 左下角坐标为 (50, -700), 右下角坐标为 (250, -700), 上端左开口坐标为 (125, 100)、上端右开口坐标为 (175, 100)。布置好的导线如图 7-22 所示。

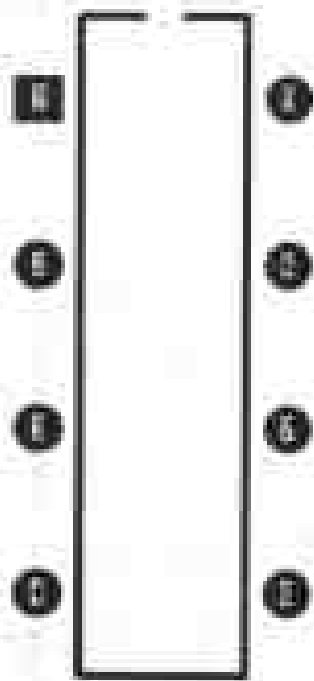
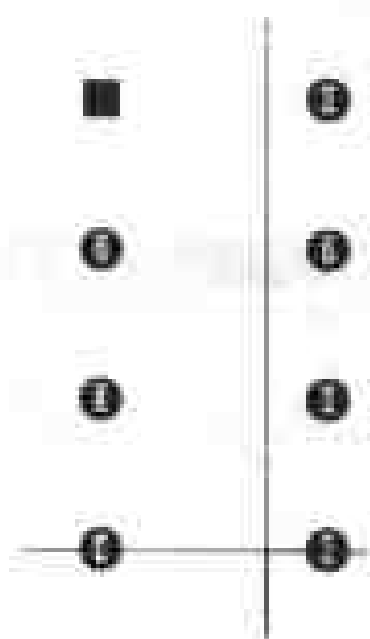


图 7-20 放置好的焊盘

图 7-21 “PCBLibPlacementTools”浮动工具条

图 7-22 布置好的导线

(3) 布置圆弧导线。用鼠标左键单击“PCBLibPlacementTools”浮动工具条上的“Arc”图标, 如图 7-23 所示。也可以选择主菜单项的 Place\Arc 命令或单击快捷键 P、A。

命令启动后开始布置圆弧导线, 其属性对话框中的参数值设置如图 7-24 所示。

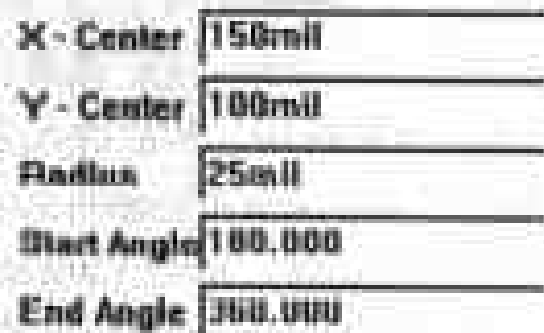


图 7-23 “PCBLibPlacementTools”浮动工具条

图 7-24 圆弧属性参数设置

绘制好的零件外形轮廓如图 7-25 所示。

(4) 设置零件封装参考点。选择主菜单的菜单项“Edit”下的“Set Reference”子菜单, 在子菜单中有三个菜单项, 即: “Pin 1”、“Center”和“Location”。其中 Pin 1 表示以 1 号引脚为参考点, Center 表示以零件中心为参考点, Location 表示由用户指定一个位置作为参考点。本例选“Pin 1”, 以 1 号引脚为参考点。

(5) 设置字符说明。用鼠标左键单击 PCBLibPlacementTools 浮动工具条上的“String”图标, 也可以选择主菜单项的 Place\String 命令或单击快捷键 P、S。结果如图 7-26 所示。

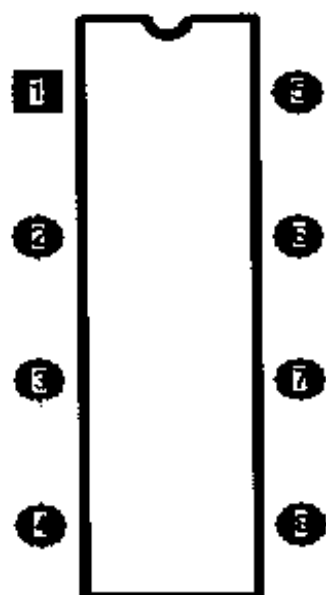


图 7-25 绘制好的零件外形轮廓

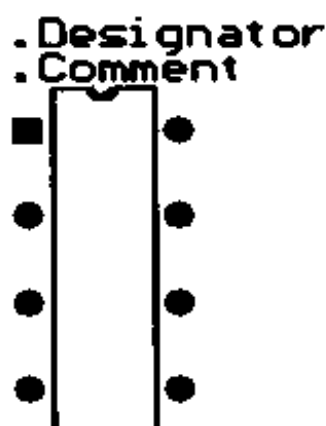


图 7-26 设置字符串

(6) 重命名与保存。在左边的封装管理器中选择“Rename”按钮，系统弹出如图 7-27 所示的对话框，在对话框中输入一个名字，如 MyDIP8。

最后选择主菜单的菜单项 File\Save，将新建的零件封装库保存。

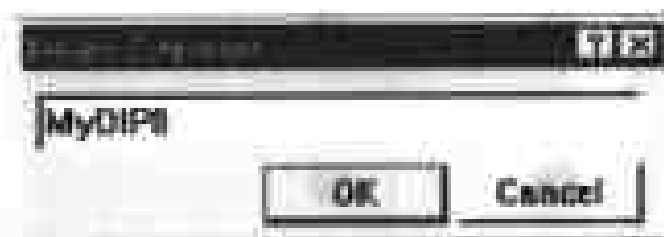


图 7-27 重命名对话框

7.3.2 修改已有零件封装库来创建新封装库

当一个零件封装形式与库中的某个零件封装形式类似时，我们可以通过修改已有的零件封装来获得新的零件封装。下面这个例子是通过 DIP8 获得的，如图 7-28 所示。

具体步骤如下：

(1) 从已有的零件封装获得一个拷贝。通常为了不影响系统封装库首先拷贝一份，然后在拷贝的那份上进行修改。在 PCB 设计窗口中单击 Browse PCBLib 标签页，选取封装 DIP8，再单击主菜单的菜单项 Edit\Copy 或单击快捷键 E、C、Ctrl+Ins，将 DIP8 拷贝在剪贴板中。然后进入零件封装编辑窗口（单击主菜单的菜单项 Tools\New Component...或单击快捷键 T、C，出现零件封装向导对话框，单击 Cancel 按钮即可），再单击主菜单的菜单项 Edit\Paste 或快捷键 E、P、Shift+Ins，将 DIP8 粘贴到编辑窗口中。结果如图 7-29 示。

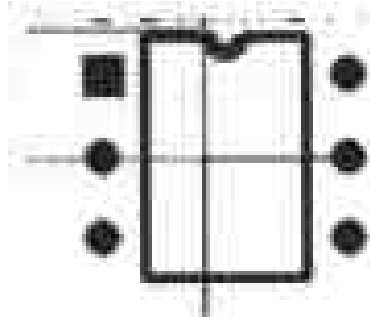


图 7-28 新建零件封装

(2) 修改零件封装。单击主菜单的菜单项 Edit\DeSelect 下的 All，以取消零件的选取状态。按照一般的编辑方法删除不需要的焊盘，并调整零件的外形、尺寸，编辑成图 7-28 所示的形状。

(3) 编辑组件属性。方法是：用鼠标右键双击焊盘，在弹出属性对话框中编辑属性参数。如将孔径 (Hole Size) 改为 30mil，改变形状、

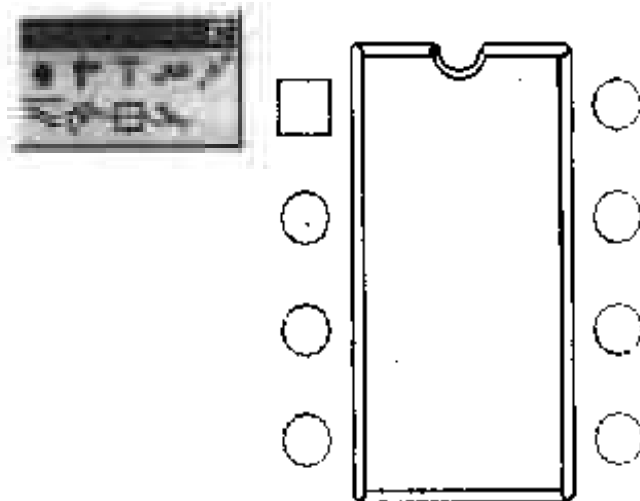


图 7-29 获取零件封装

焊盘号“Designator”等。

编辑完后,如果要把同类组件(如所有焊盘)的属性值都改变成前一个的值,那么在属性对话框中单击“Global”按钮,弹出整体编辑对话框,如图7-30所示。在右边“Copy Attributes”区域中选中需要修改的参数项。如“Shape”、“Hole Size”等。在“Change Scope”区域中选择“All primitives in current component”,单击OK即可。

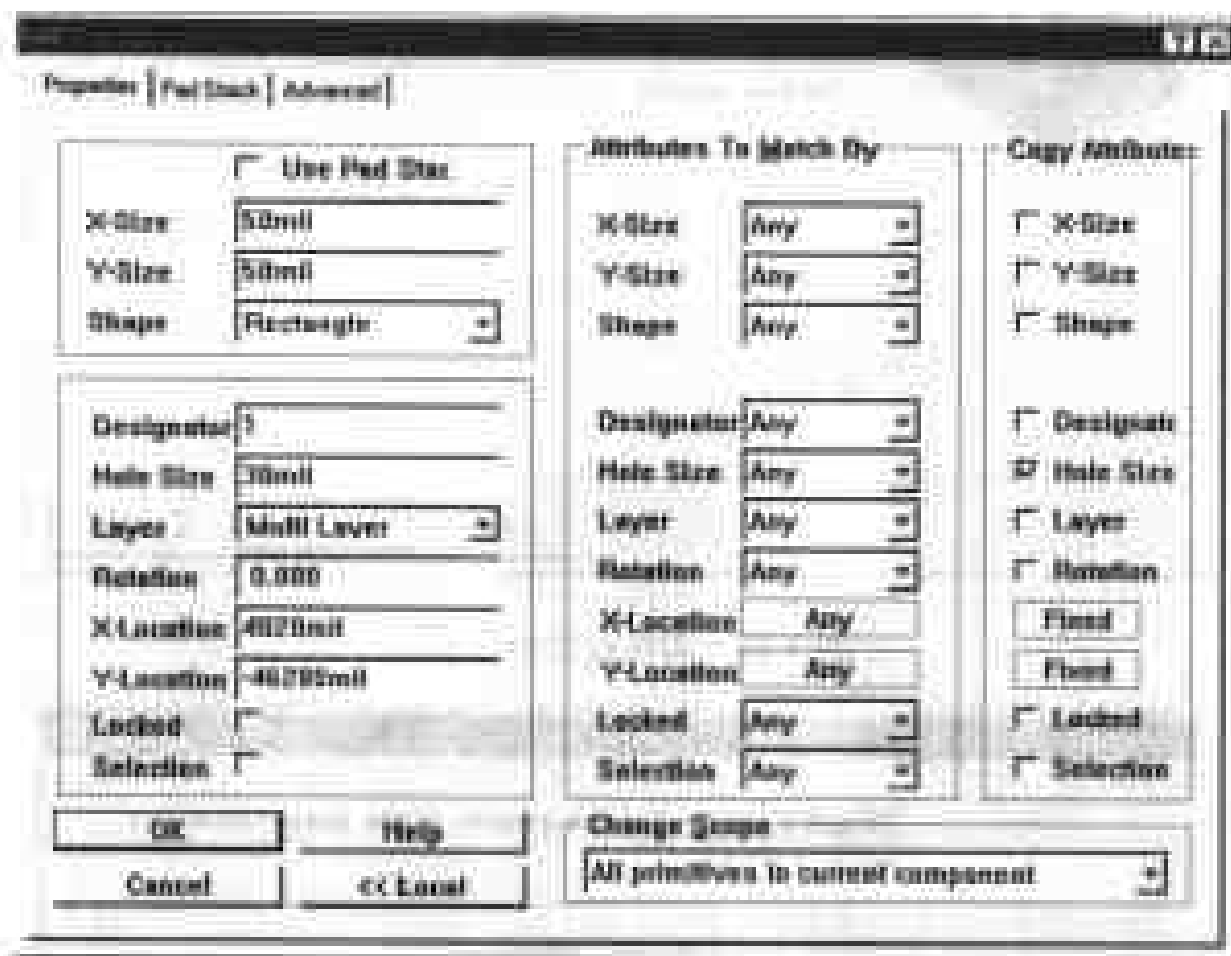


图 7-30 整体编辑对话框

- (4) 设置零件封装参考点。方法与前一个例子完全相同。
- (5) 设置字符说明。方法与前一个例子完全相同。
- (6) 重命名与保存。命名为“MyDIP6”,方法与前一个例子完全相同。

7.3.3 利用向导创建零件封装

前两种方法都显得很繁琐,而利用 Protel 99 提供的零件封装创建向导则可很方便地创建新的零件封装。下面通过创建一个 MyDIP10 来说明如何利用向导创建新的零件封装。

具体步骤如下:

(1) 启动零件封装向导。首先进入零件封装编辑器中,再选择主菜单的菜单项 Tools\New Component,即可启动零件封装向导,如图7-32所示。也可以用快捷键启动,即按键 T、C。

(2) 单击图7-32中的“Next”按钮,系统弹出如图7-33对话框,选择零件封装形式。

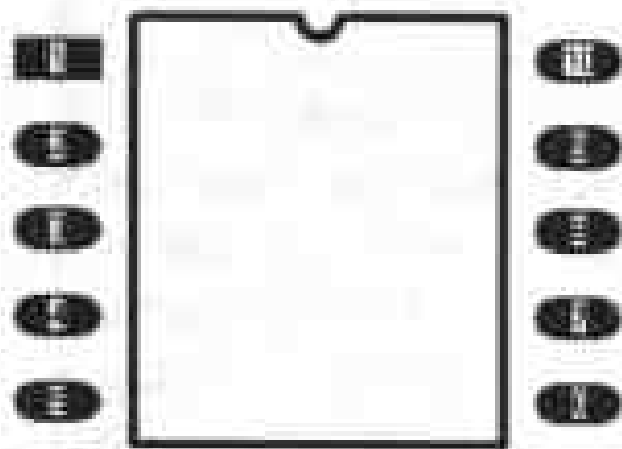


图 7-31 新建的零件封装 MyDIP10

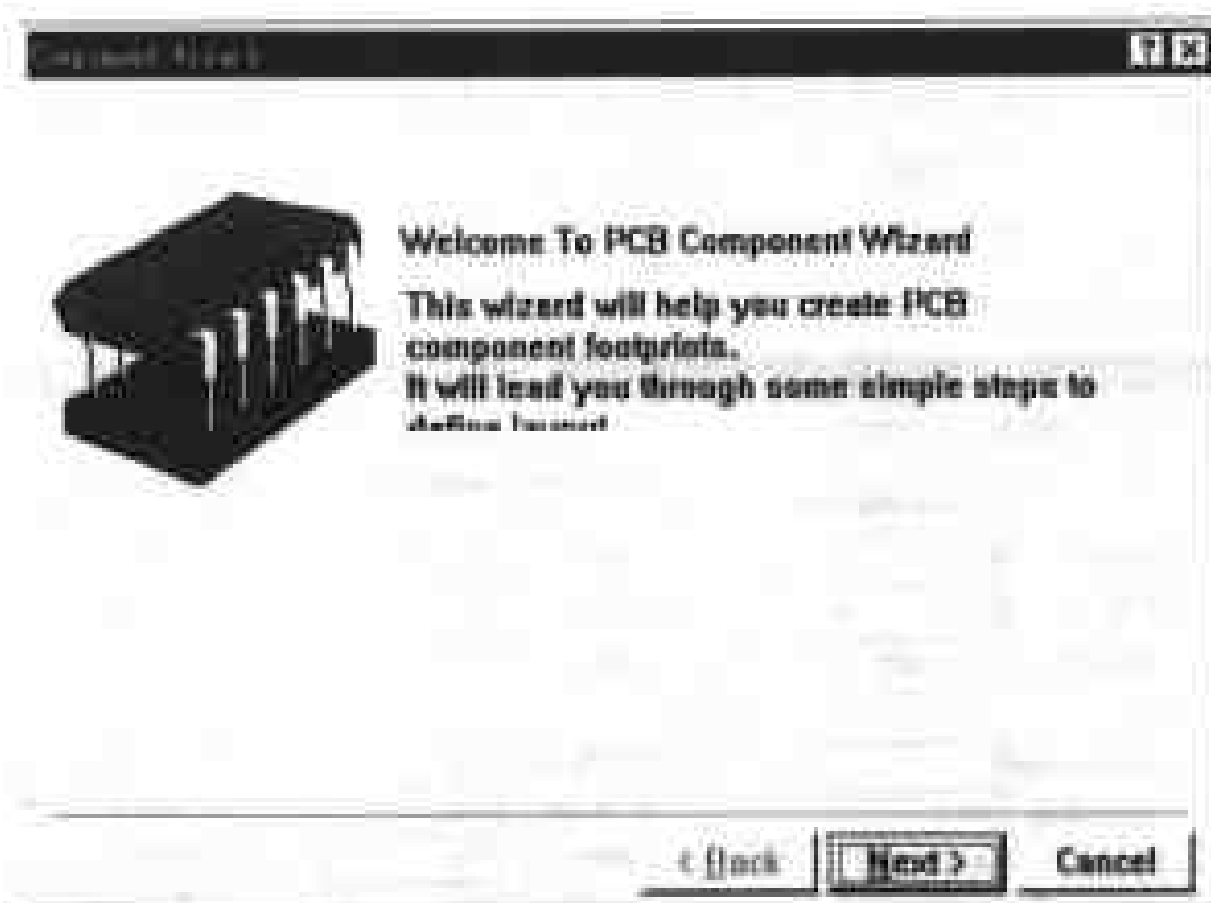


图 7-32 零件封装向导界面

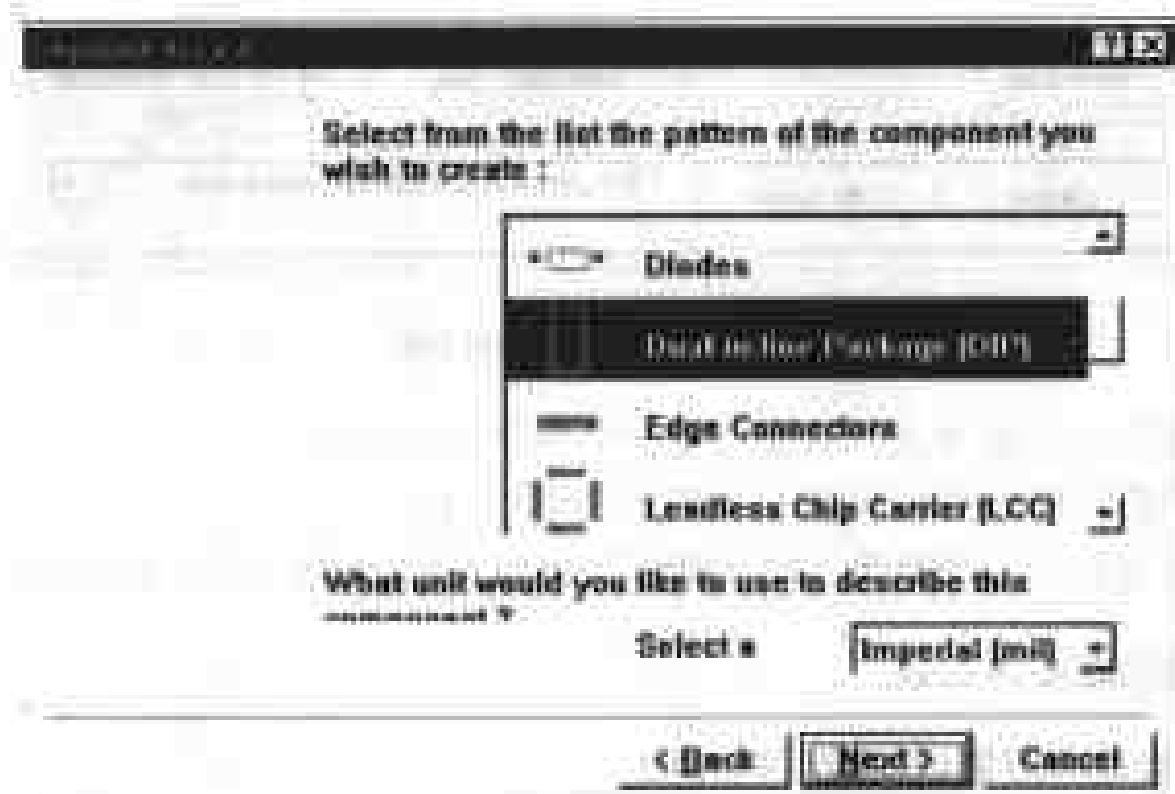


图 7-33 选择零件封装形式

在图 7-33 的文本框中列出了这 11 种零件的外形，我们可以从中选择需要的一种形式。这些形式是 Ball Grid Array (BGA) (格点阵列式)、Capacitors (电容式)、Diodes (二极管式)、Dual in-line Package (DIP) (双列直插式)、Edge Connectors (边连接式)、Leadless Chip Carrier (LCC) (无引线芯片载体式)、Pin Grid Arrays (PGA) (引脚栅格阵列式)、Quad Packs (QUAD) (四芯包装式)、Resistors (电阻式)、Small Outline Package (SOP) (小外形包装式)、Staggered Pin Grid Array (SPGA) (开关门阵列式)。

同时可以在对话框下的选择框中选择度量单位，即 Imperial (mil) (英制) 和 Metric (mm) (公制)，系统默认为 Imperial (mil)。

本例选择 Dual in-line Package (DIP) 形式，使用系统默认度量单位 Imperial (mil)。

(3) 用鼠标左键单击“Next”按钮，系统弹出如图 7-34 所示的对话框，进行焊盘尺寸

设置。方法是：在尺寸标注文字上单击鼠标左键，文字进入编辑状态，直接输入确定的数值。本例将孔径设为 30mil，其他设为 50mil。

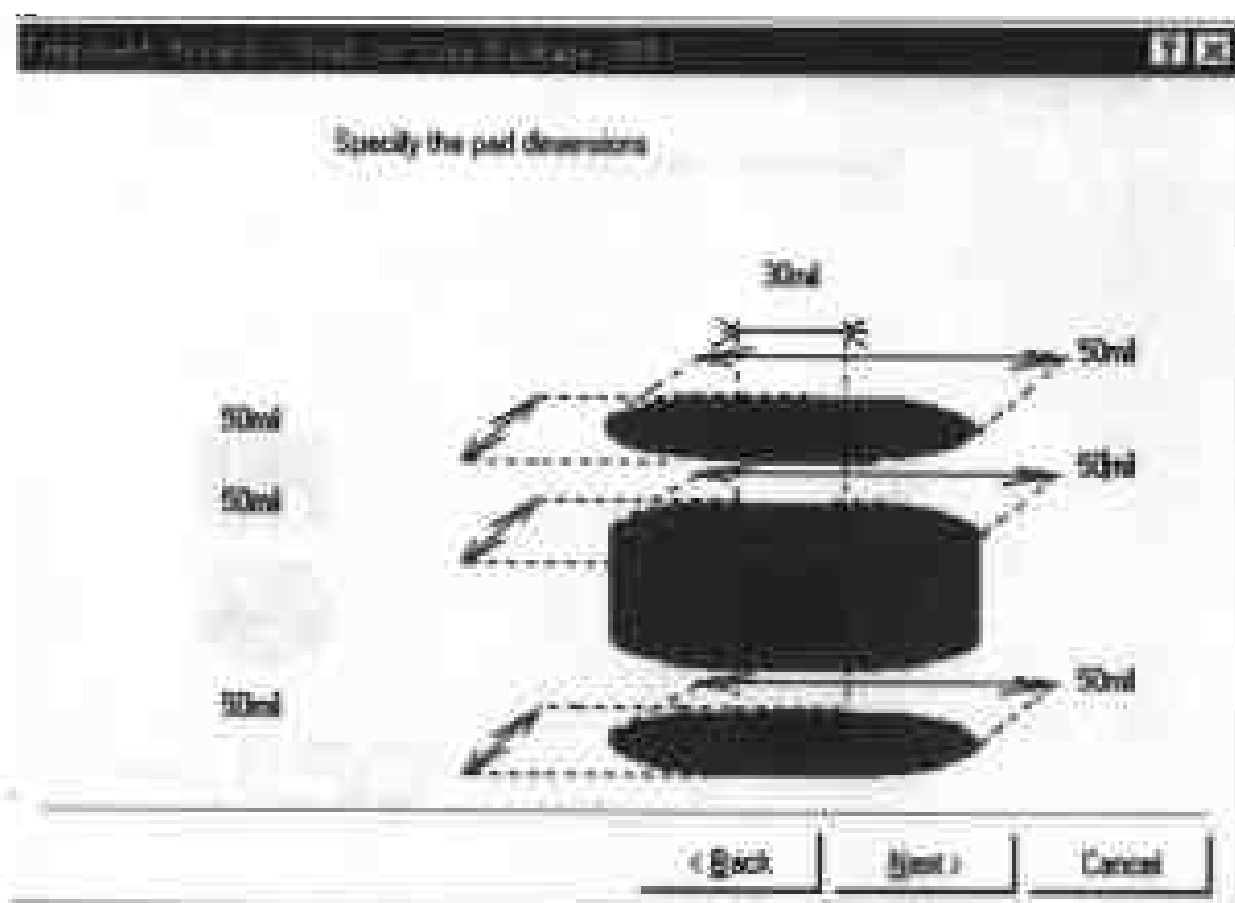


图 7-34 设置焊盘尺寸对话框

(4) 用鼠标左键单击“Next”按钮，系统弹出如图 7-35 所示的对话框，进行焊盘间距设置。方法同“焊盘尺寸设置”。本例将双排焊盘的排距设置为 300mil，同排焊盘的间距设置为 200 mil。

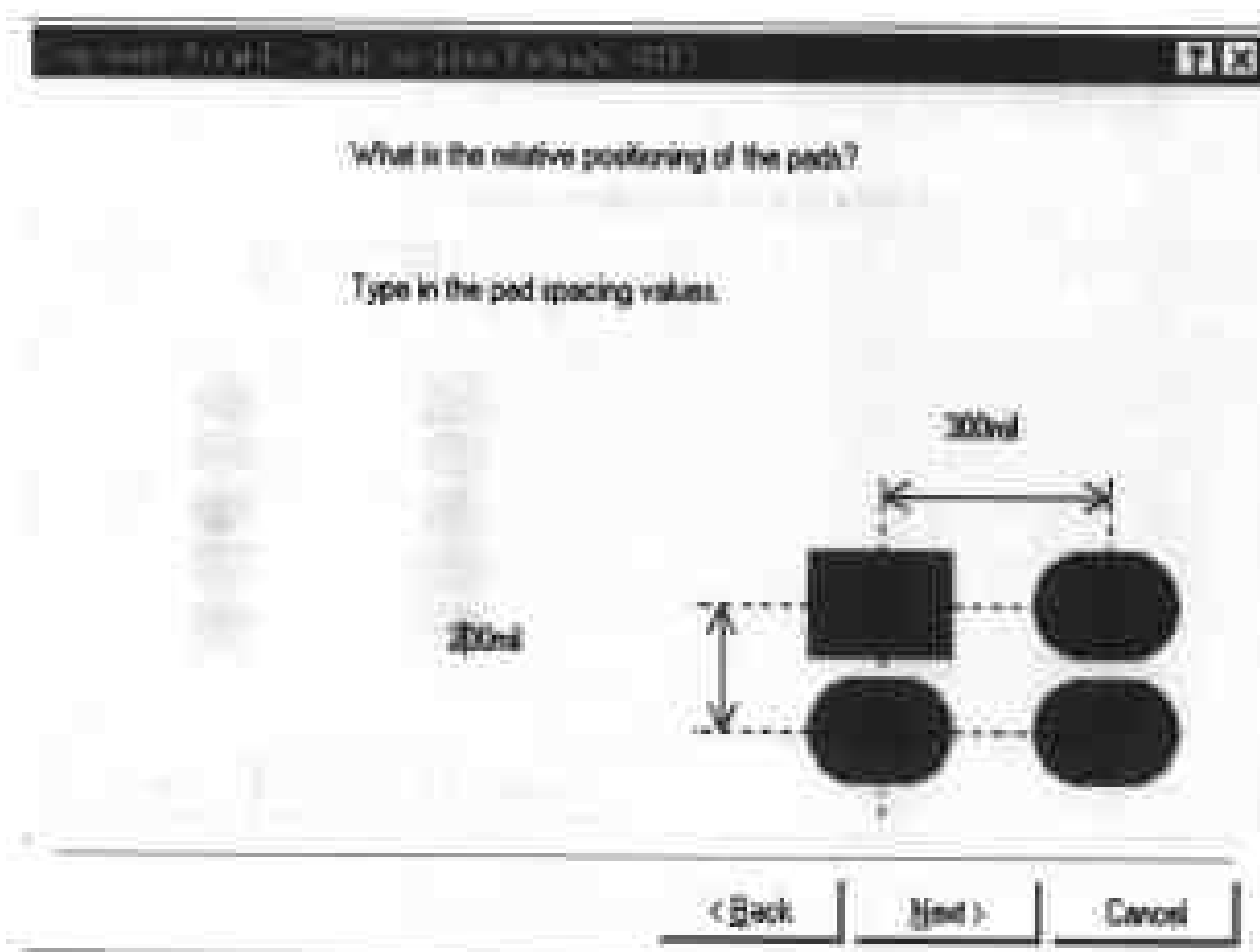


图 7-35 焊盘间距设置对话框

(5) 用鼠标左键单击“Next”按钮，系统弹出如图 7-36 所示的对话框，进行零件封装轮廓线条粗细设置。方法同“焊盘尺寸设置”。本例中将它设为 10mil。

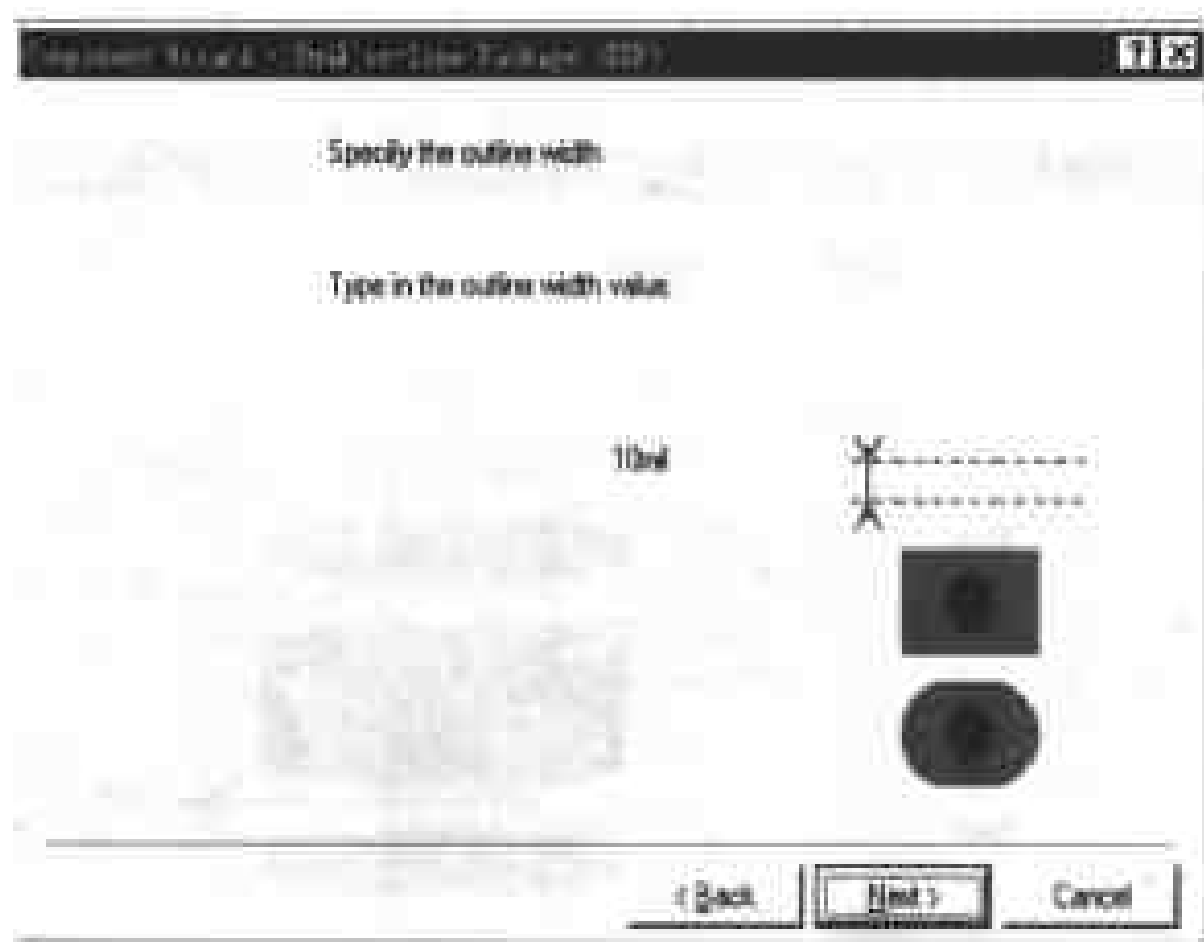


图 7-36 零件封装轮廓线条粗细设置

(6) 用鼠标左键单击“Next”按钮，系统弹出如图 7-37 所示的对话框，进行焊盘数量设置。方法是：直接在编辑框中输入焊盘数量，也可使用右边的微调器，通过增加或减少来设置焊盘数量。本例中将它设为 10。

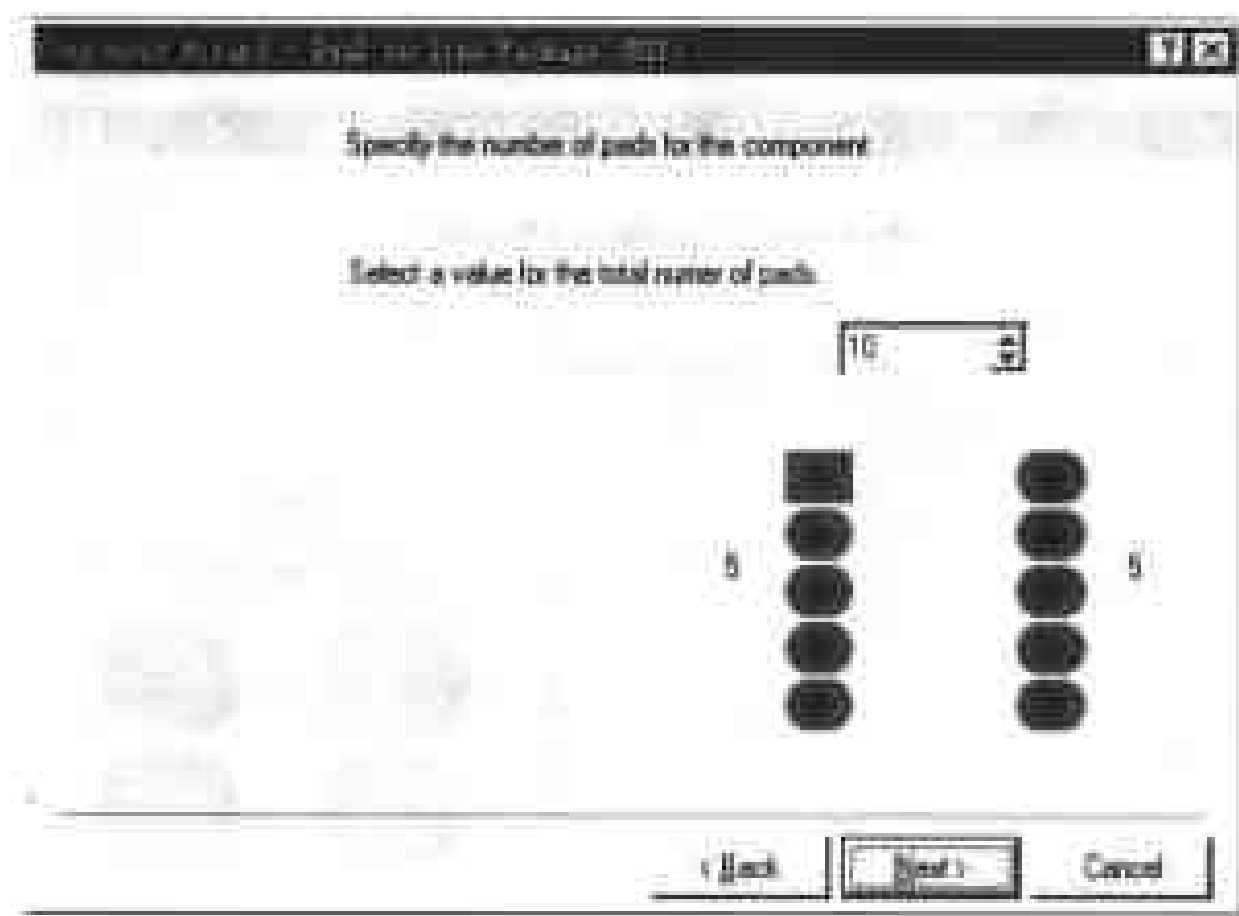


图 7-37 焊盘数量设置对话框

(7) 用鼠标左键单击“Next”按钮，系统弹出如图 7-38 所示的对话框，对零件封装命名。直接在编辑框中输入名字即可，将本封装命名为 MyDIP10。

(8) 用鼠标左键单击“Next”按钮，系统弹出如图 7-39 所示的对话框，表示零件封装设置完毕。

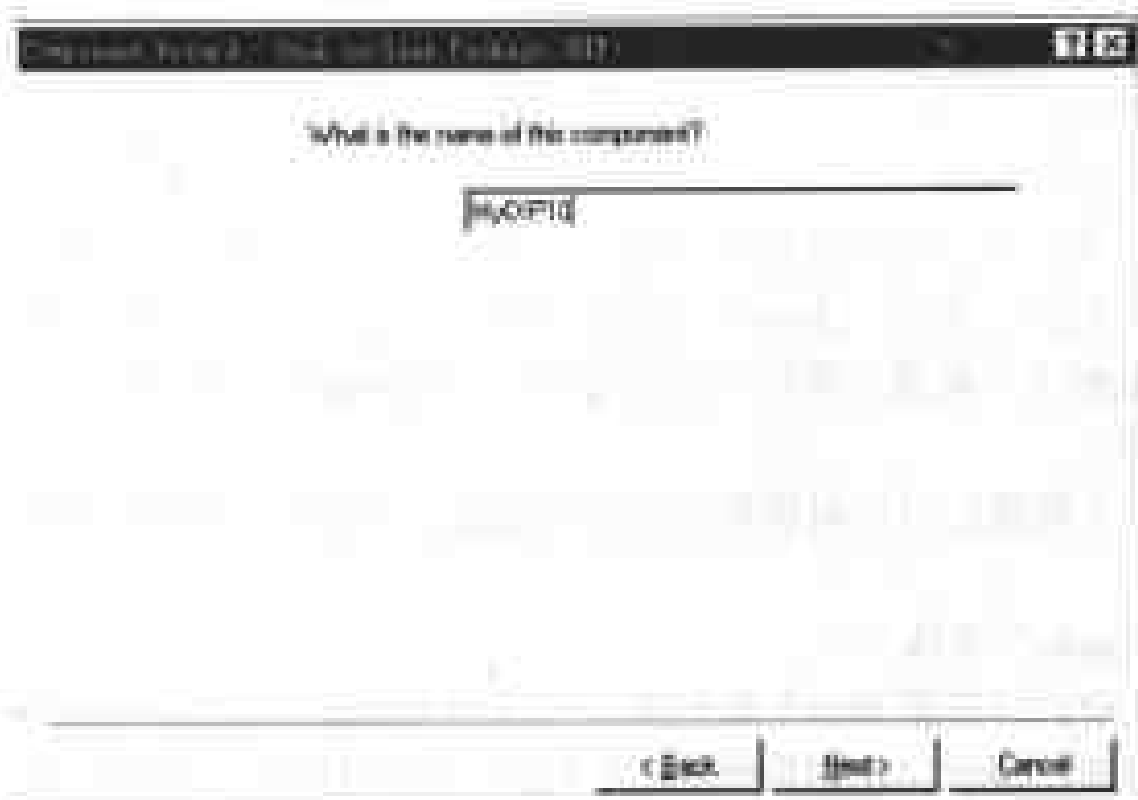


图 7-38 对零件封装命名



图 7-39 零件封装设置完毕

如果所有设置都满意，用鼠标左键单击“Finish”按钮，即完成零件封装的创建。如果有什么不妥，可以单击“Back”按钮再进行修改。如果要废除此次创建操作，可以单击“Cancel”按钮。

7.4 零件封装管理

零件封装创建好后，我们将对它进行各种操作。本节主要利用封装浏览器对零件封装进行操作。

7.4.1 认识封装浏览器

进入零件封装编辑窗口，在左边的设计管理器中选取“Browse PCBLib”标签页，即启动了封装浏览器，如图 7-40 所示。此窗口必须在显示分辨率至少为 1024×768 的情况下才

能完全显示, 最好的显示分辨率为 1280×1024 。该窗口有两个区域, 即: “Components” 区和 “Current Layer” 区。

1. “Components” 区域

该区域按顺序从上到下有零件封装过滤框 (Mask)、零件列表框、四个零件选取按钮、重命名 (Rename) 按钮、放置 (Place) 按钮、删除 (Remove) 按钮、添加 (Add) 按钮、更新 PCB (UpdatePCB) 按钮、零件引脚列表框、焊盘编辑 (Edit Pad...) 按钮、引脚快速定位 (Jump) 按钮。

通过以上这些工具我们可以对零件封装进行浏览、重命名、放置、删除、添加、更新、编辑等操作。

2. “Current Layer” 区域

该区有一个下拉式可选框和一个颜色框, 可以用来修改或设置零件封装各层的颜色。单击右边的下拉式按钮, 将可以看到系统的所有板层, 从中选择一个作为当前层即可。右边的颜色框显示该层的颜色, 可以通过此框来修改层的颜色。

具体操作方法是: 首先从下拉式可选框中选择需要修改或设置颜色的层, 然后用鼠标左键双击右边的颜色框, 系统将弹出一个颜色设置对话框, 如图 7-41 所示。在颜色设置对话框中, 从 “Basic colors” 区域选取一种颜色或在 “Custom colors” 中选取一种自定义的颜色, 将此颜色赋予所选层。

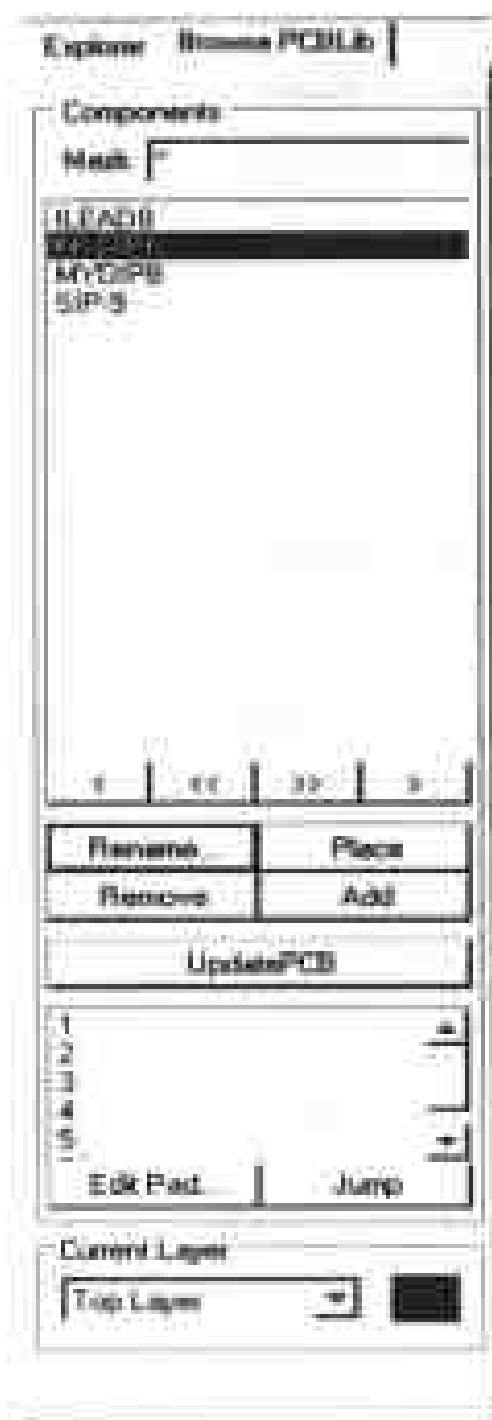


图 7-40 零件封装浏览器

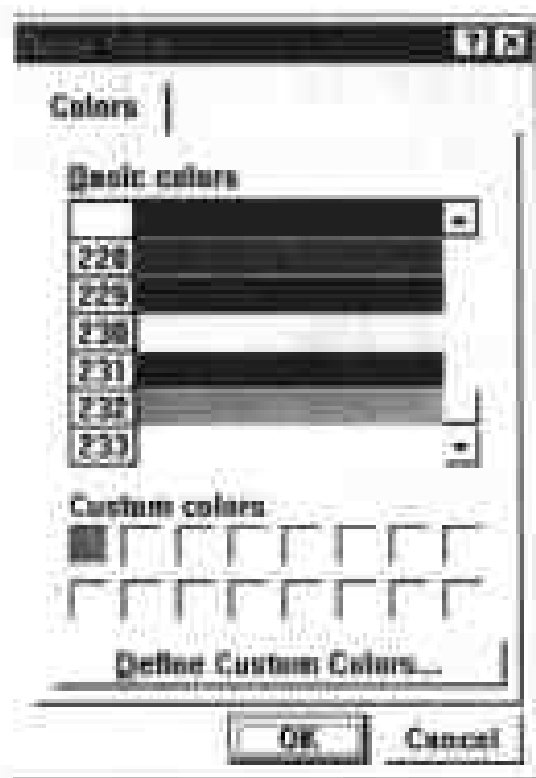


图 7-41 颜色设置对话框

7.4.2 零件封装浏览器的应用

1. 零件封装过滤框 (Mask*)

我们可以通过此框过滤当前 PCB 零件封装库中的零件, 所有满足过滤框条件的零件封装都将在下面的零件封装列表框中显示出来。方法是: 在过滤框中输入零件封装的前几个字母, 并在其后加上 “*” 号即可。如在过滤框中输入 “M*”, 系统将以 M 开头的封装都在列表框中显示出来, 如图 7-42 所示。如果只输入 “*” 号, 则列出当前 PCB 零件封装库中所有封装。

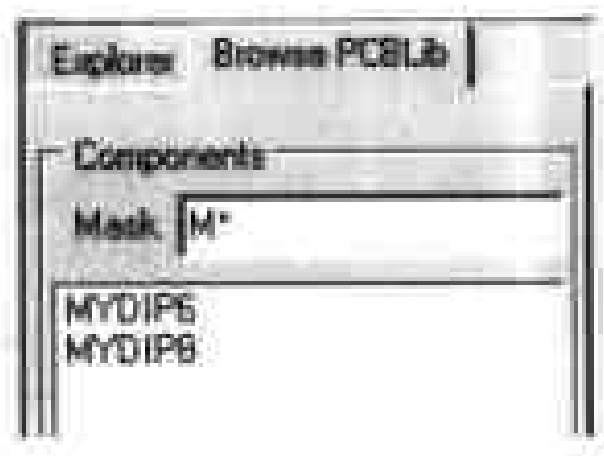
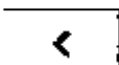
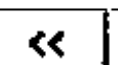




图 7-42 列出当前以 M 开头的
所有封装

2. 零件封装选取按钮

在零件封装列表框中选取封装的方法很多。我们可以直接在列表框中用鼠标左键单击封装名, 也可以单击列表框下的零件封装选取按钮  (前一个)、 (第一个)、 (最后一个)、 (后一个), 就可以选取需要的封装。同时这 4 个按钮与主菜单的菜单项 Tools 的 4 个命令相对应, 它们是 Tools\Prev Component, Tools\First Component, Tools>Last Component, Tools\Next Component。

3. 零件封装的重命名 (Rename) 按钮

对创建好的零件封装, 我们可以对它重命名。方法是: 首先在列表框中选中的一个需要重命名的封装, 然后单击 “Rename” 按钮, 系统将弹出如图 7-43 所示的重命名对话框, 在对话框中输入封装的新名字, 再单击 OK 按钮即可。在列表框中新名字取代以前的名字。

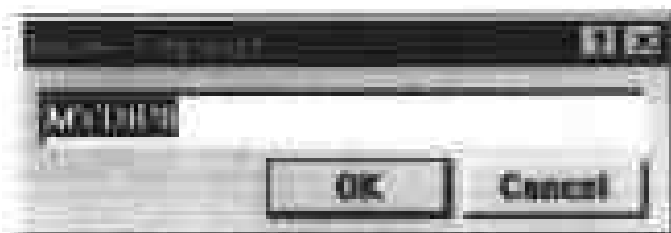


图 7-43 重命名对话框

4. 零件封装的放置 (Place) 按钮

新创建好的零件封装可以从零件封装编辑直接进行放置。首先在零件封装列表框中选中需要放置的封装, 然后单击 Place 按钮, 系统将自动切换到当前打开的 PCB 设计管理器中, 十字光标上粘着此零件封装, 移动鼠标到合适的位置定位此封装。此放置方法与前面讲述的零件封装放置方法相同。

5. 零件封装的删除 (Remove) 按钮

零件封装的删除操作是: 首先选中需要删除的零件封装, 然后单击 Remove 按钮, 系统

将弹出一个确认对话框,如图 7-44 所示。在确认对话框中单击 Yes 按钮,系统执行删除操作,单击 No 按钮,系统取消删除操作。

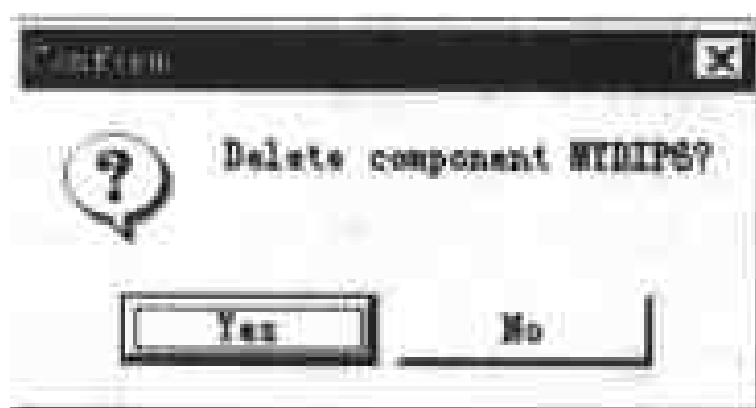


图 7-44 确认对话框

6. 零件封装的添加 (Add) 按钮

Add

零件封装的添加按钮与主菜单的 Tools\New Component 完全一样。在封装浏览器中单击 Add 按钮,系统将弹出创建零件封装向导界面,如图 7-45 所示。



图 7-45 创建零件封装向导界面

如果单击 Next 按钮,系统将会按照向导创建新的零件封装,方法与 7.3.3 “利用向导创建零件封装”相同。如果单击 Cancel 按钮,系统将会生成一个空零件封装,名字为 PCBCOMPONENT_1,然后可以用手工方法来绘制新的零件封装。

7. 零件封装的焊盘编辑 (Edit Pad...) 按钮

如果要修改某一个焊盘,可以通过“Edit Pad...”按钮来进行。首先在零件封装列表框中选中需要修改的零件封装,然后在该零件封装的引脚列表框中选中需要修改的焊盘,再单击“Edit Pad...”按钮,系统将弹出如图 7-46 所示的焊盘属性设置对话框。现在可以对其属性参数进行编辑与修改了。

8. 零件封装的引脚快速定位 (Jump) 按钮

Jump

如果想快速定位焊盘引脚, 可以通过“Jump”按钮来进行。首先在零件封装列表框中选中一个零件封装, 然后在该零件封装的引脚列表框中选中一个焊盘引脚, 再单击“Jump”按钮, 系统将会高亮度显示和放大该焊盘引脚, 如图 7-47 所示。

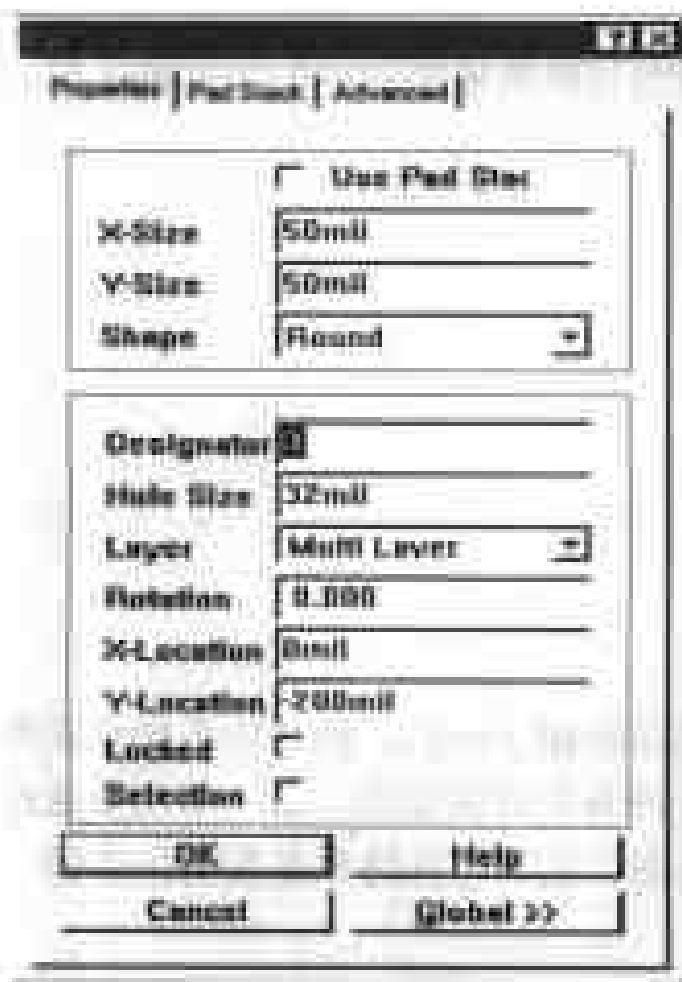


图 7-46 焊盘属性设置对话框

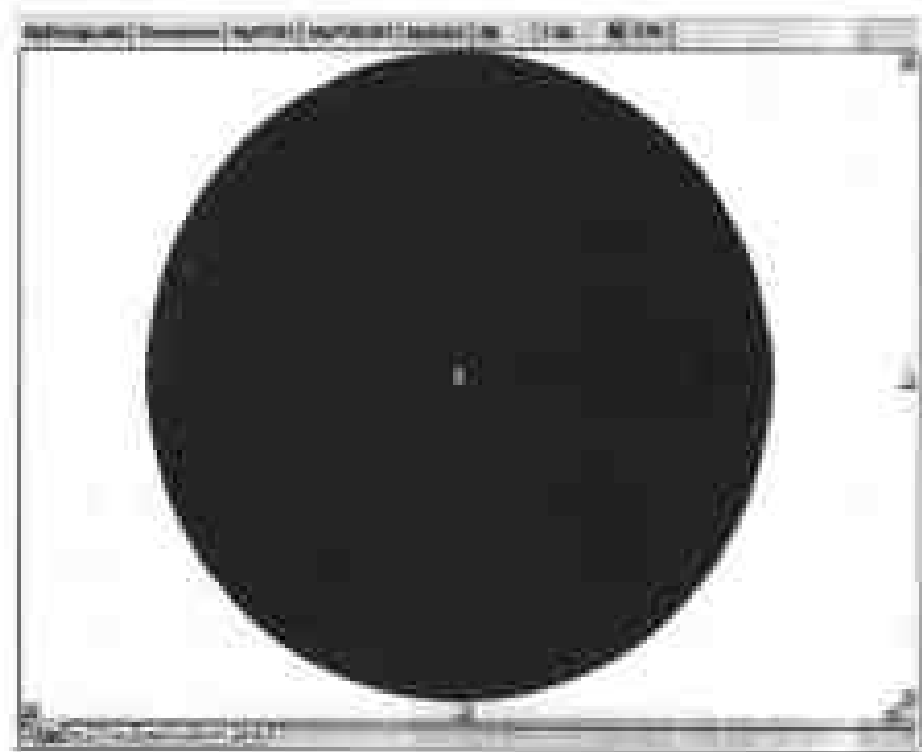


图 7-47 高亮度并放大的焊盘

第 8 章 Sch 与 PCB 的同步设计

Protel 99 包括了一个功能强大的原理图与电路板图的同步工具，这使得从原理图向电路板图（或反之）传递信息非常方便。本章详细介绍原理图与电路板图的同步工具的作用、使用方法。

通过本章的学习，您将学习以下内容：

- 将 Sch 装入 PCB 中
- PCB 的改变如何反映在 Sch 中
- Sch 的改变如何反映在 PCB 中
- 同时设计 Sch 和 PCB

8.1 由 Sch 生成 PCB

根据 PCB 的设计流程，设计一个 PCB 首先要设计原理图（Sch），然后由系统生成网络表，最后在 PCB 设计窗口引入此网络表，再进行 PCB 的有关后置处理。这一节主要通过一个例子（MyDesign8_1.Ddb）介绍如何从原理图到 PCB 图。以下小标题就是其制作步骤。

8.1.1 准备原理图和网络表

要制作印制电路板，需要有原理图和网络表，这是制作印制电路板的前提。前几章中详细介绍了如何制作原理图，并且如何由原理图生成网络表。

（1）首先在原理图编辑器中绘制如图 8-1 所示的原理图。

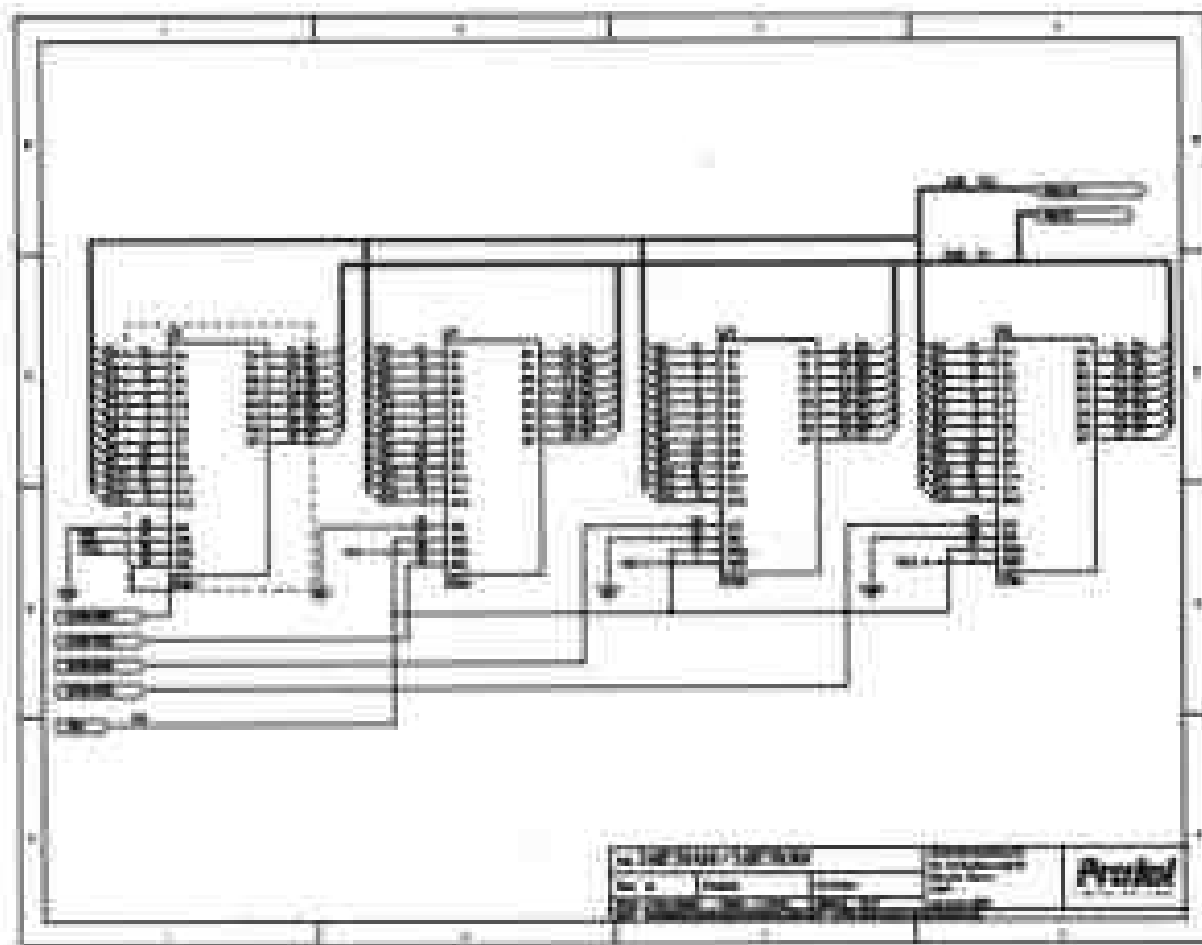


图 8-1 电路原理图

该图为一个存储器原理图,由两片 6264 和两片 2764 组成。注意定义好每个零件的封装形式,详细情况见光盘(文件 MyDesign8_1.Ddb 的 Documents 文件夹中的 MyMemory.sch)。

(2) 在原理图编辑器中将原理图生成网络表。方法是:通过单击主菜单命令 Design\Create Netlist..., 或在原理图的绘图区中单击鼠标右键,在弹出菜单中单击 Create Netlist...命令,系统将弹出如图 8-2 所示的对话框。

在完成各选项的设置后(一般采用系统默认即可),然后单击 OK 按钮,系统就自动生成网络表文件(本例为 MyMemory.NET),名字相同,只是后缀为“.NET”。网络表文件如图 8-3 所示。

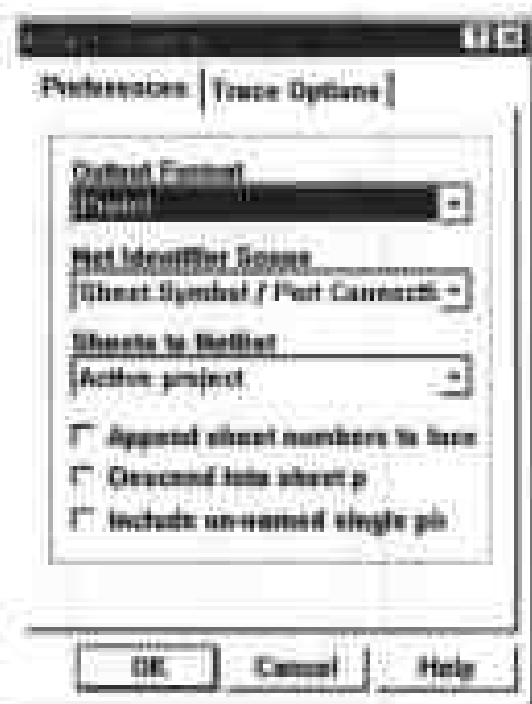


图 8-2 网络表创立对话框

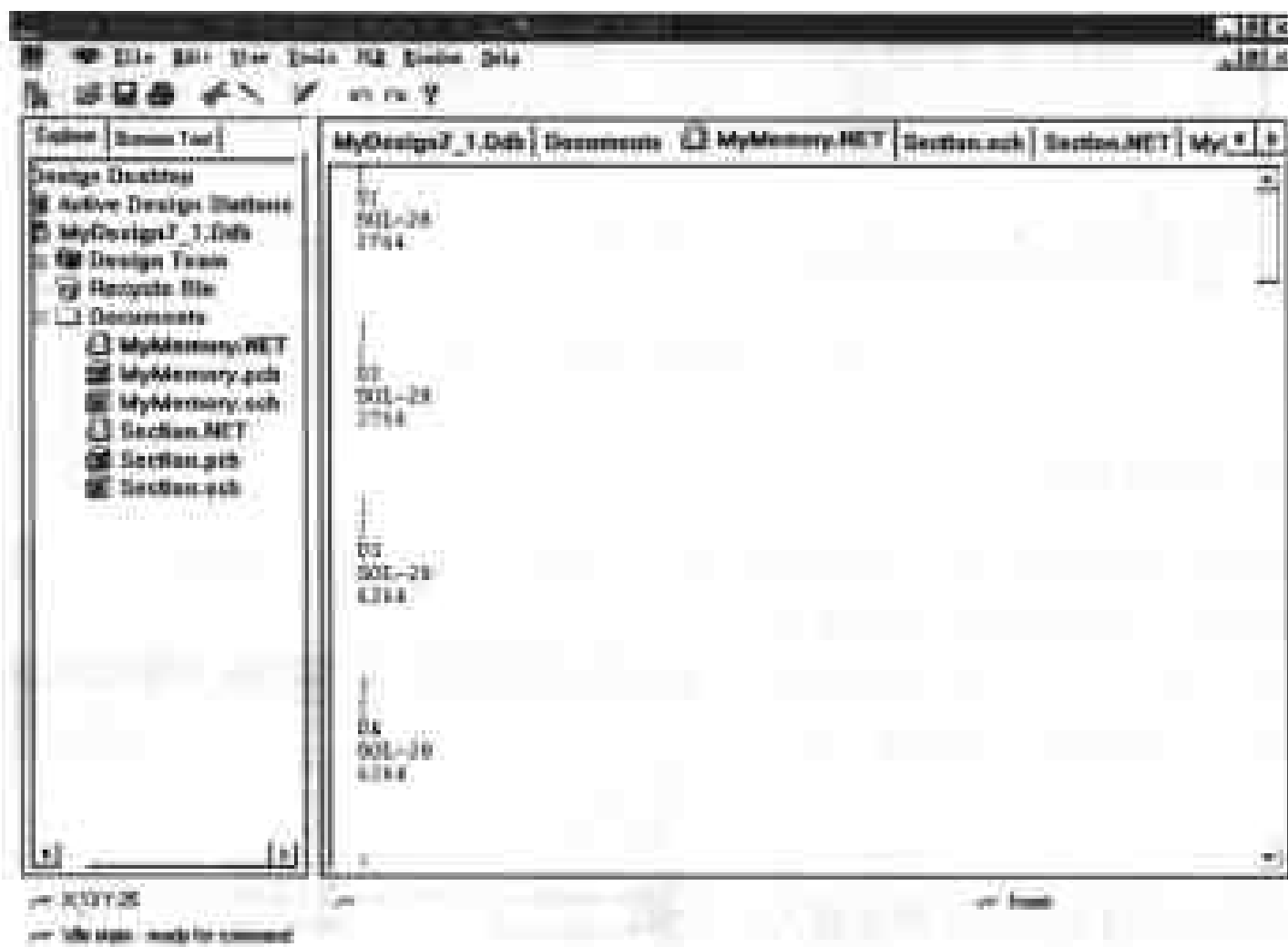


图 8-3 生成的电路原理图网络表

8.1.2 规划电路板

要制作 PCB,首先要确定其电路板的尺寸,这个工作叫做电路板的规划,也就是确定电路板板边。电路板的规划在前面章节中详细介绍过。

(1) 创建一个新的 PCB 文件。按照第 5 章的方法创建一个新的 PCB 文件(本例创建为 MyMemory.pcb)。

(2) 绘制 PCB 的边框。在设计管理器中双击新的 PCB 文件名(MyMemory.pcb),打开该文件。按照第 5 章介绍的方法,通过放置相对原点来绘制 PCB 的边框,如图 8-4 所示。注意必须在 KeepOut 板层中绘制。

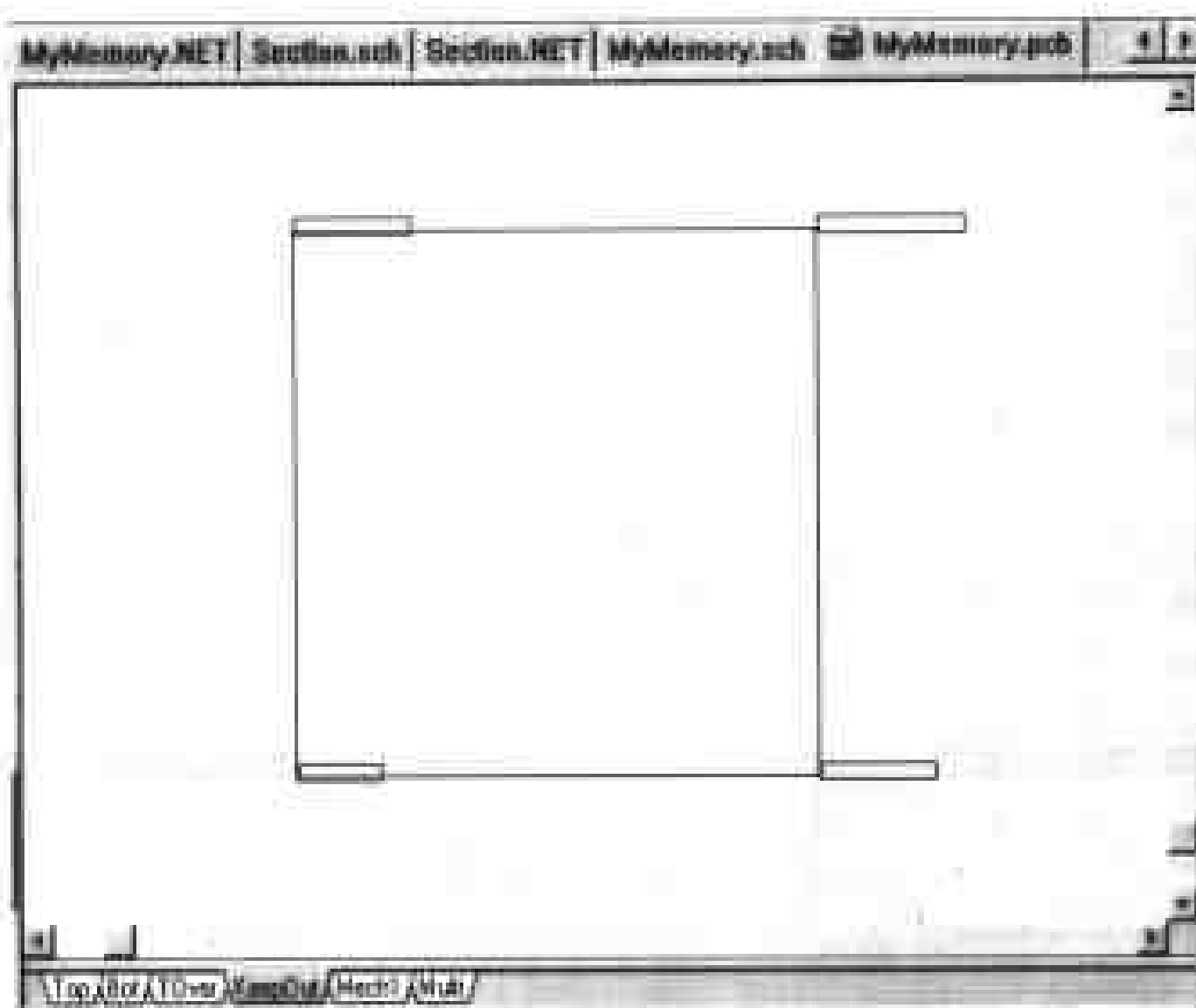


图 8-4 设置完电路板的边框

8.1.3 装入零件封装库

通过网络表将原理图上各个零件间的连接关系传递给 PCB，光指定一个零件名称，系统是不能识别的，还必须指定零件的封装形式。这部分工作是在原理图制作时，通过编辑对话框的 FootPrint 确定的。

在装入网络表与零件封装之前，必须装入所需的零件封装库，否则在装入网络表与零件封装的过程中，系统将会提示装入过程失败。

以下是其基本步骤：

(1) 打开添加/删除零件封装库对话框。在 PCB 设计窗口中，单击主菜单命令 Design\Add\Remove Library，系统会弹出添加/删除零件封装库对话框，如图 8-5 所示。

(2) 添加零件封装库。在对话框中找出原理图中所有元件对应的零件封装库，选中这些库，用鼠标左键单击对



图 8-5 添加/删除零件封装库对话框

话框中的 Add 按钮, 即可完成添加。

(3) 把所需零件封装库一个一个地都添加完毕后, 单击 OK 按钮, 完成添加操作。

8.1.4 装入网络表与零件

装入网络表与零件的过程就是将原理图设计的数据装入印制电路板 PCB 设计系统的过程, PCB 设计系统中数据的所有变化, 都可以通过网络宏 (Netlist Macro) 来完成。下面是网络表与零件的装入步骤 (注意把 Top 层设为当前层):

(1) 在 PCB 设计窗口中, 单击主菜单命令 Design\Netlist, 系统会弹出装入网络表与零件对话框, 如图 8-6 所示。

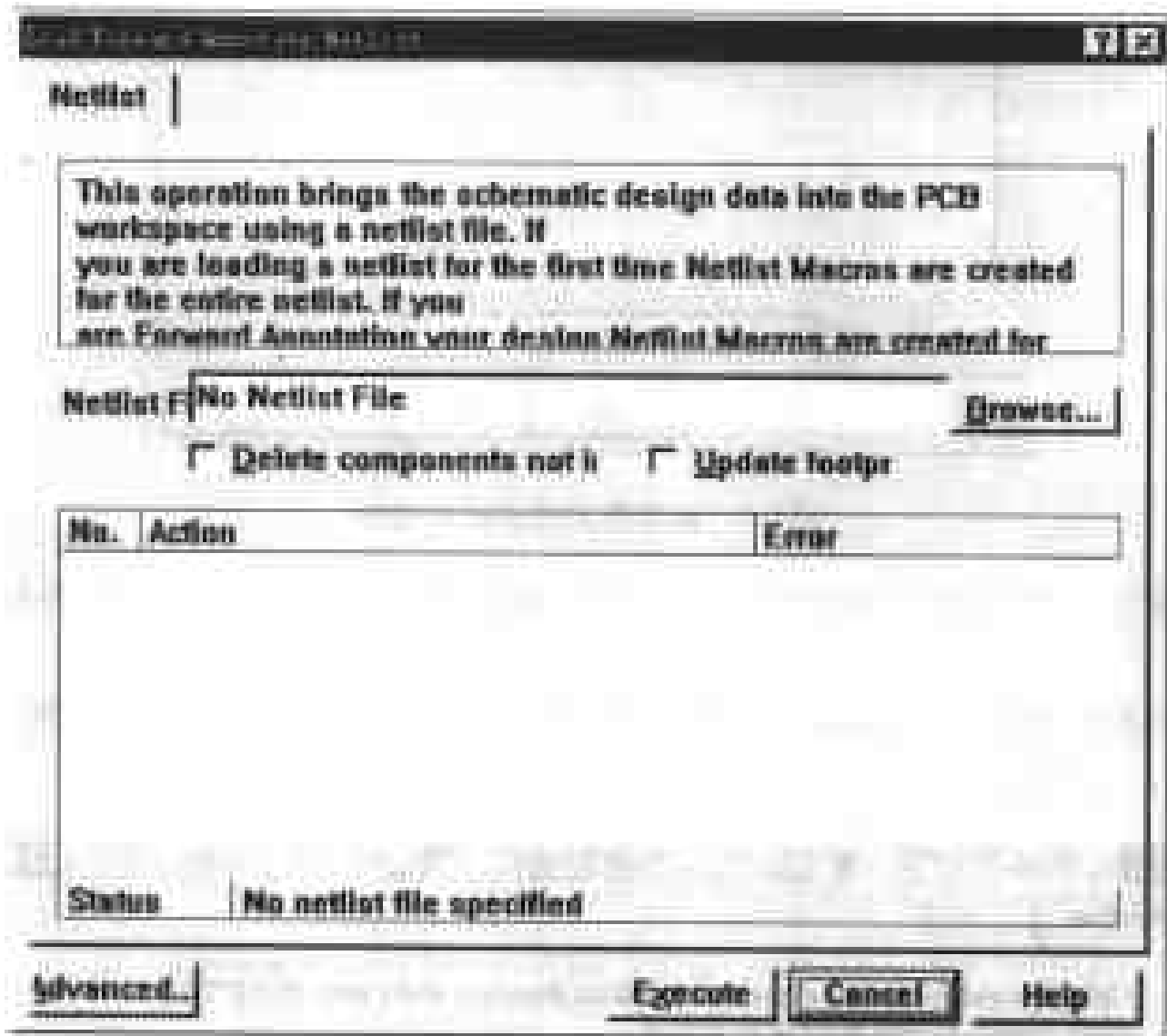


图 8-6 装入网络表与零件对话框

在这个对话框中, Netlist File 为需要装入的网络表文件名称, 可以直接在编辑框中输入网络表文件名称, 如果不知道网络表文件所在的位置, 可以单击编辑框右边的 “Browse...” 按钮, 则系统将弹出如图 8-7 所示的对话框。

在该对话框中, 我们可以选取网络表目标文件。本例如图 8-7 所示, 选取 MyMemory.NET 网络表文件名。

在图 8-6 对话框的 Netlist File 栏下面有两个复选框, 其一是 “Delete components not in netlist” 选项, 选中此项, 系统将删除没有连线的零件; 其二是 “Update footprint” 选项, 选中此项, 系统将允许遇到不同的零件封装时, 进行零件封装的更新。

引入的网络表以网络宏的形式出现在 Netlist Macros 栏中, 它包括三个列项, 即 No. 列项、Action 列项和 Error 列项。No. 列项用于显示转换网络表的步骤编号。Action 列项用于显示转换网络表时将要执行的操作内容。Error 列项用于显示网络表中出现的错误。

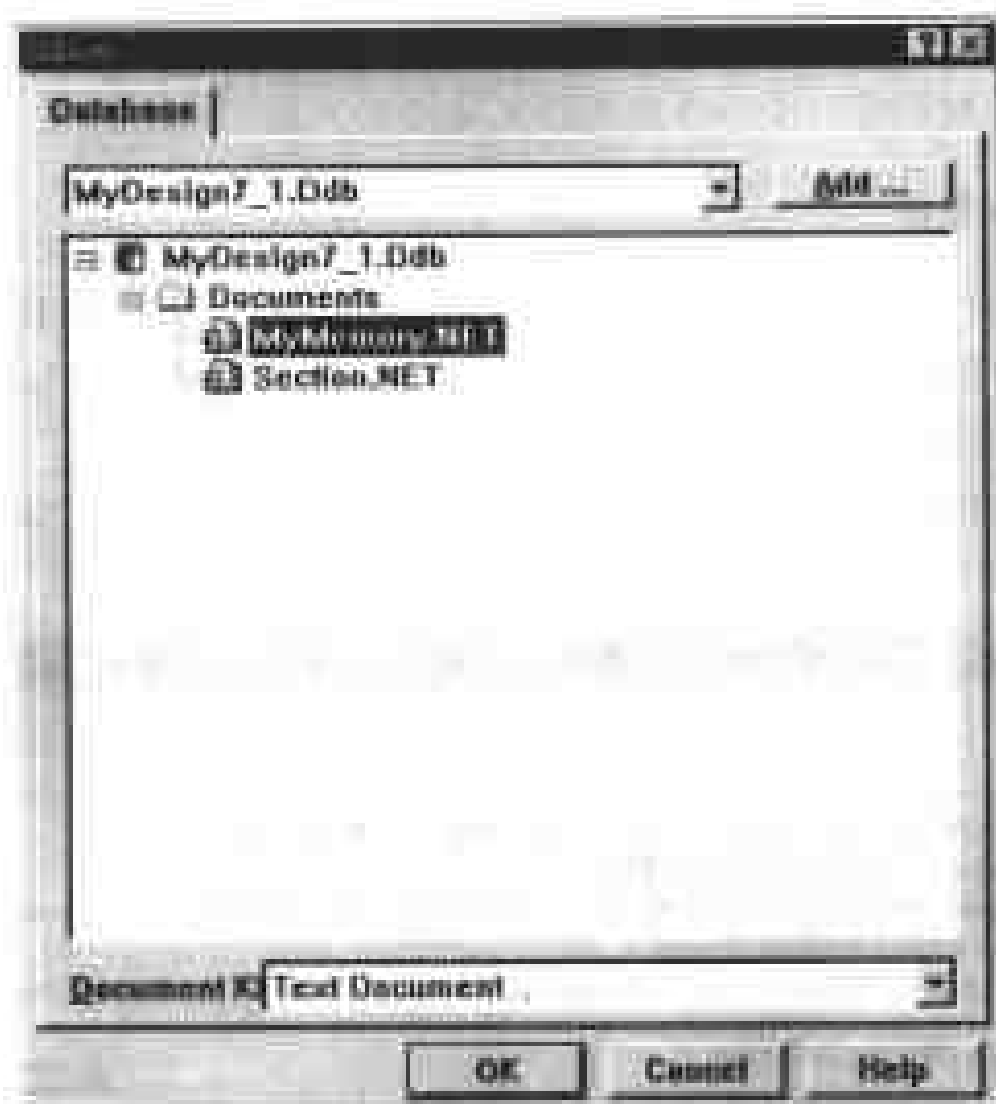


图 8-7 网络表文件选择对话框

(2) 在图 8-7 中选取网络表文件后, 单击 OK 按钮, 引入网络表后的网络表管理器如图 8-8 所示。

(3) 按对话框中的“Execute”按钮, 即可完成装入操作。网络表内的所有零件出现在电路板板框内, 如图 8-9 所示。

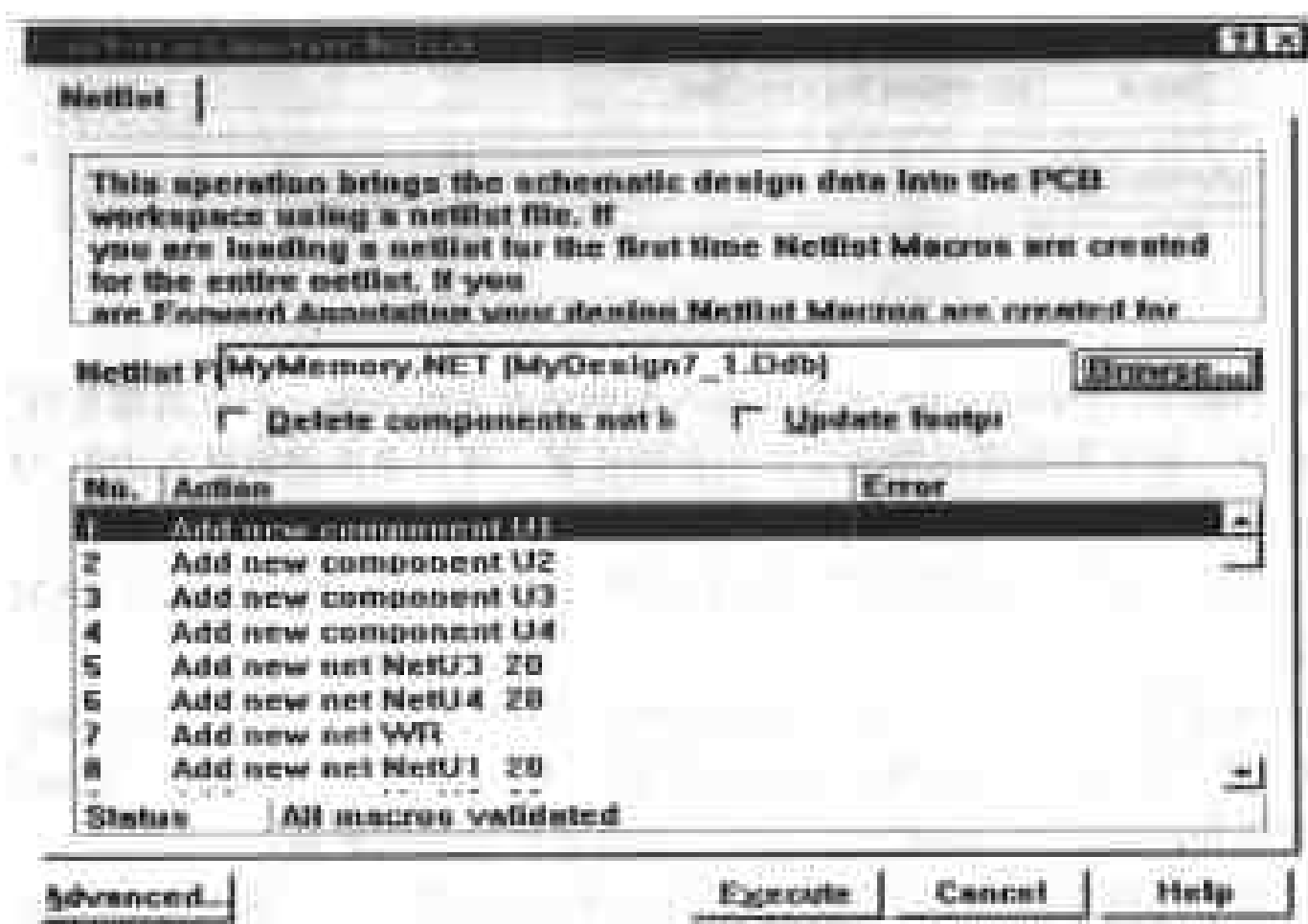


图 8-8 引入网络表后的网络表管理器

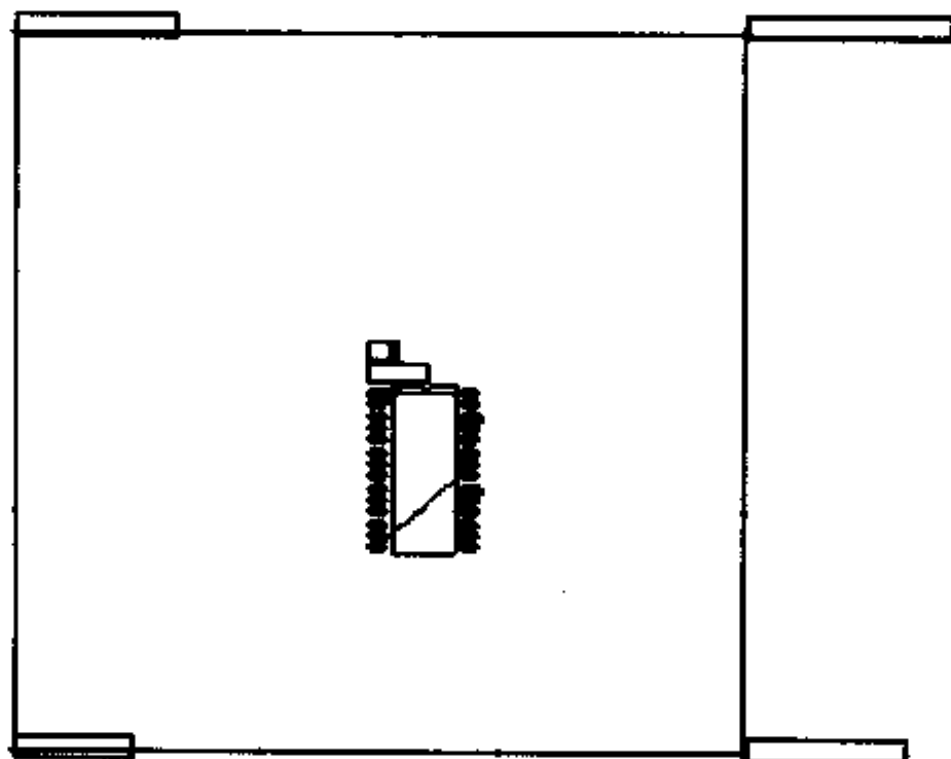


图 8-9 引入网络表后的电路板

8.1.5 对零件进行布局

1. 自动布局

装入网络表与零件封装后，通常装入的零件封装都重叠在一块，需要将它们分离，然后进行布局。

首先选择主菜单命令 Tools\Auto Place...，如图 8-10 所示。命令启动后，系统将弹出 Auto Place 设置对话框，如图 8-11 所示。

在 Auto Place 设置对话框中，在 Group Components Power Nets 编辑框中输入“VCC”，在 Rotate Components Ground Nets 编辑框中输入“GND”，其他采用默认值，单击 OK 按钮完成设置。

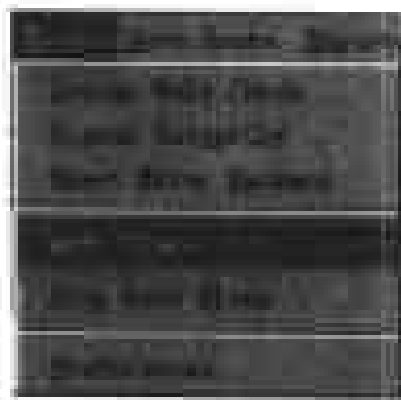


图 8-10 Auto Place 命令

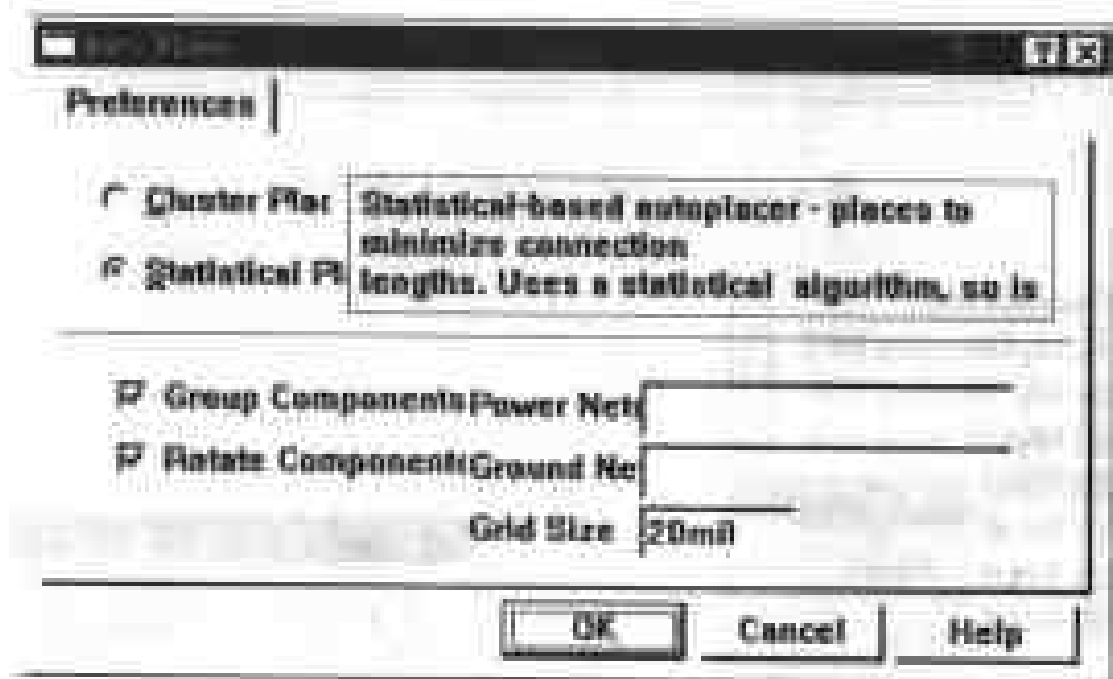


图 8-11 Auto Place 设置对话框

完成设置后系统自动切换到自动布局窗口，状态栏中显示当前的布局进程。布局完毕后，

系统将弹出如图 8-12 所示的提示对话框，表示自动布局完成。

单击 OK 按钮，关闭对话框。此时系统将自动布局的情况在窗口中显示出来，如图 8-13 所示。同时在设计管理器中显示系统生成的一个新的 PCB 文件，文件名一般为“PlaceX.pcb”（本例为 Place1.pcb）。

然后更新 PCB，选取 File 菜单中的“Update PCB”命令，系统就会自动更新最初的 PCB 文件。或者关闭自动布局文件 Place1.pcb，如图 8-14 所示。此时系统将弹出更新 PCB 文件确认对话框，如图 8-15 所示。

更新完毕后，在设计管理器中双击更新的 PCB 文件（MyMemory.pcb），其自动布局后的情况如图 8-16 所示。



图 8-12 自动布局完成后的提示对话框

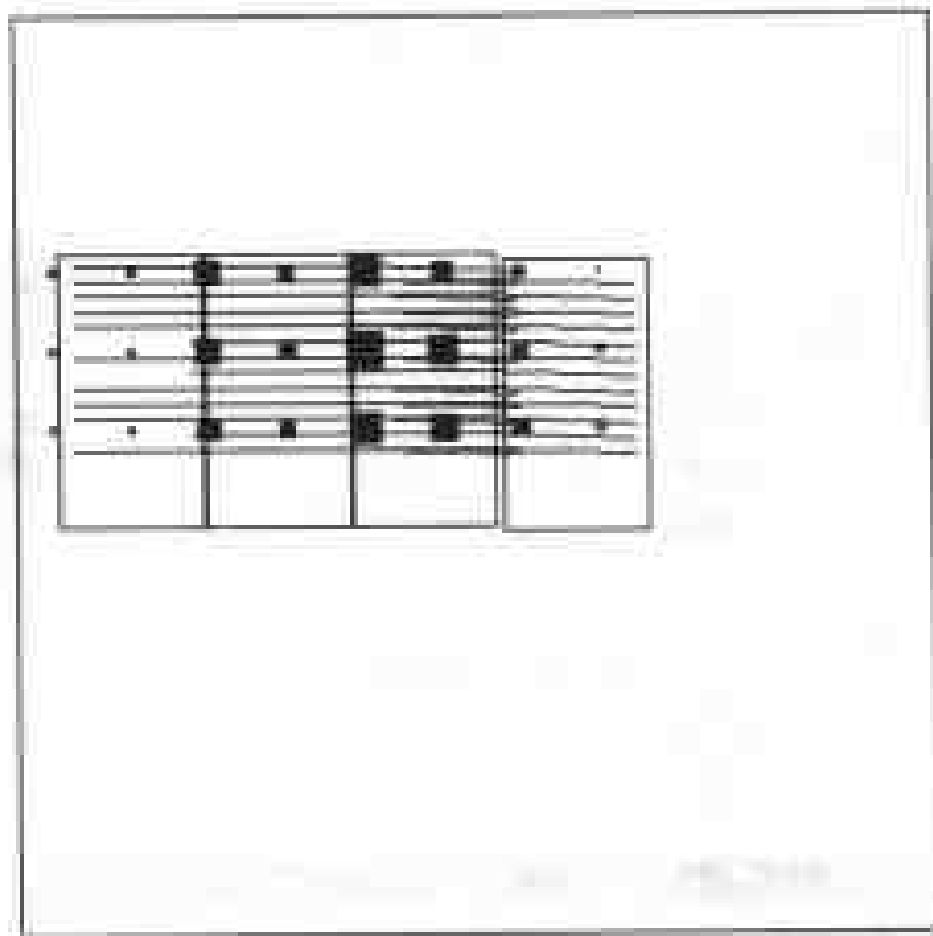


图 8-13 电路板自动布局后的结果



图 8-14 关闭 Place1.pcb



图 8-15 更新 PCB 文件确认对话框

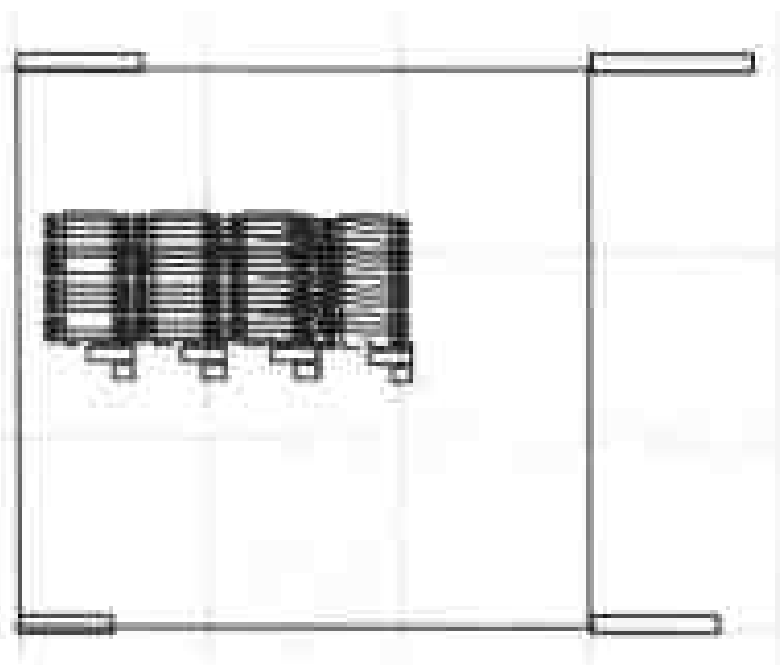


图 8-16 更新后的电路板情况

或者选择主菜单命令 **Tools\Align Components\Sort and Arrange Components\All Components**, 如图 8-17 所示, 系统自动进行分类排列布局。布局的结果如图 8-18 所示。



图 8-17 分类排列布局命令

2. 手工调整布局

PCB 自动布局后往往不太理想, 还需要进行手工调整布局。手工调整布局其实就是对零件封装进行排列、移动和旋转等操作。这些操作在前面都有详细介绍。

本例手工调整布局后如图 8-19 所示。

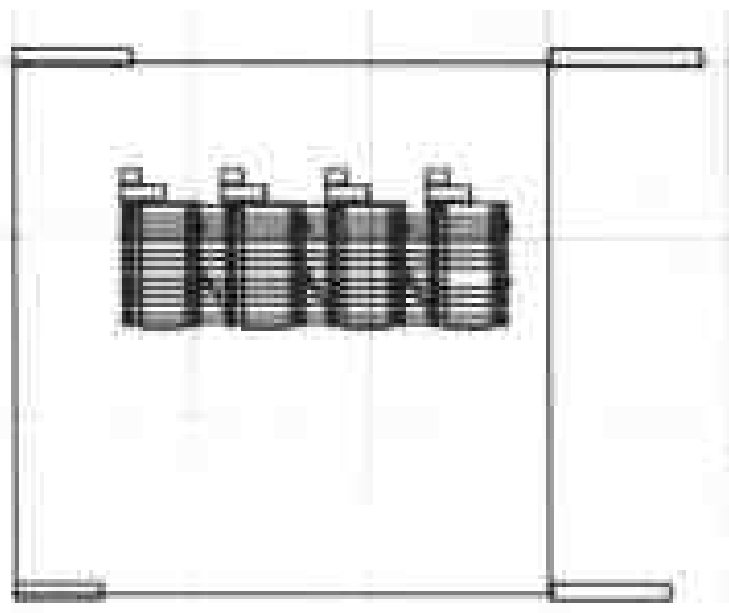


图 8-18 电路板分类排列布局后的结果

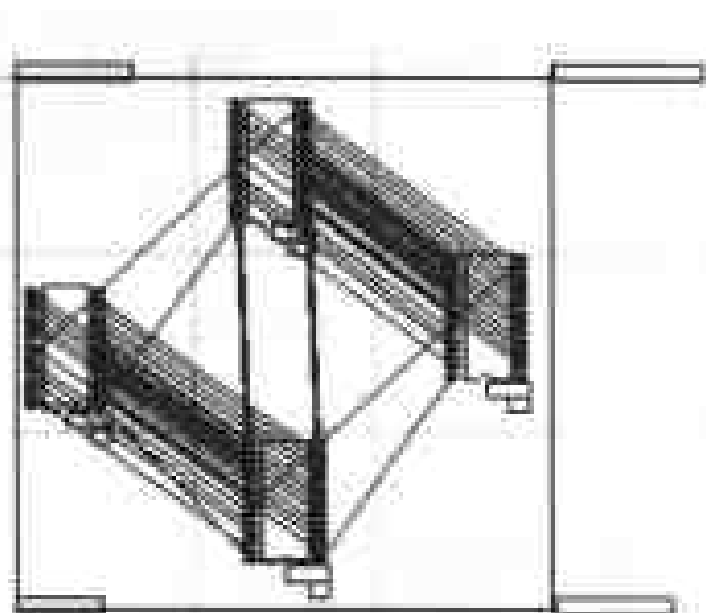


图 8-19 手工调整布局后的电路板

8.1.6 自动布线与手工调整

在布局完毕后,就进入电路板的自动布线过程。一般说来,首先是对电路板布线提出某些要求,然后按照这些要求来预置布线规则。布线规则的设置后续章节中有详细介绍,在这里我们采取默认的布线规则。

选择主菜单命令 Auto Route\All,如图 8-20 所示,系统对所有零件进行自动布线。

自动布线完毕后,如果有不满意的地方可以进行手工调整。手工调整主要是应用主菜单 Tools\Un-Route 下的命令,如图 8-21 所示。

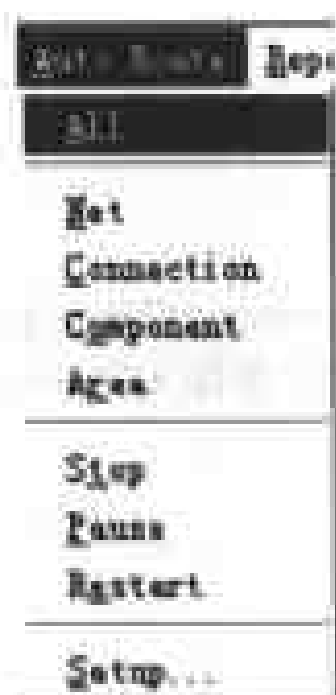


图 8-20 自动布线命令

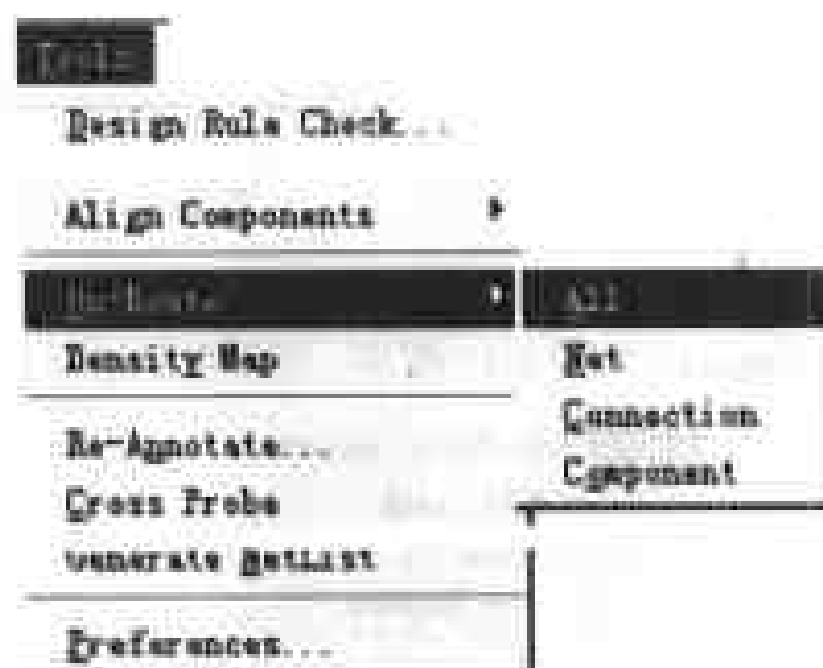


图 8-21 手工调整命令

自动布线及手工调整后的结果如图 8-22 所示。

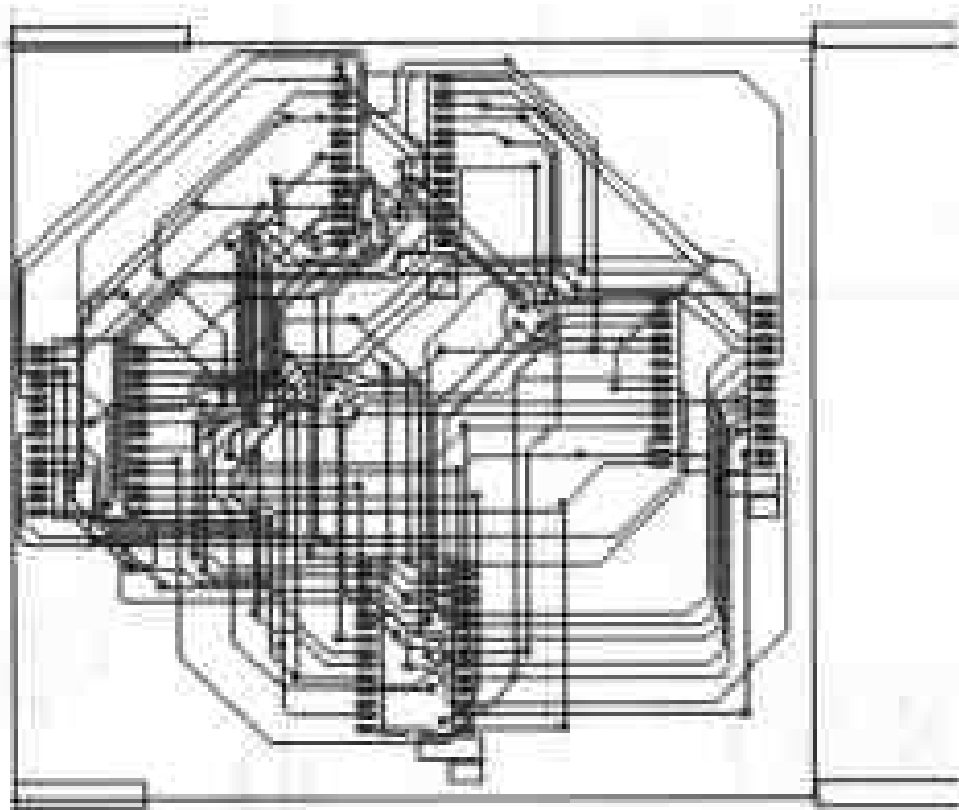



图 8-22 完成的 PCB 图

8.1.7 进行局部修改和输出

如果制作的 PCB 板还有不够满意的话,还可以进行局部的修改,比如修改零件的属性以及板面的清洁与整齐等等,直到完全满意为止,然后保存好文件。

最后, 就是 PCB 板的输出, 即打印。单击主菜单命令 File\Setup Printer..., 或单击主工具条上的图标, 系统弹出打印机选择对话框, 如图 8-23 所示。

单击图 8-23 中“Options...”按钮, 进行打印机输出属性设置, 系统如图 8-24 所示的属性设置对话框。

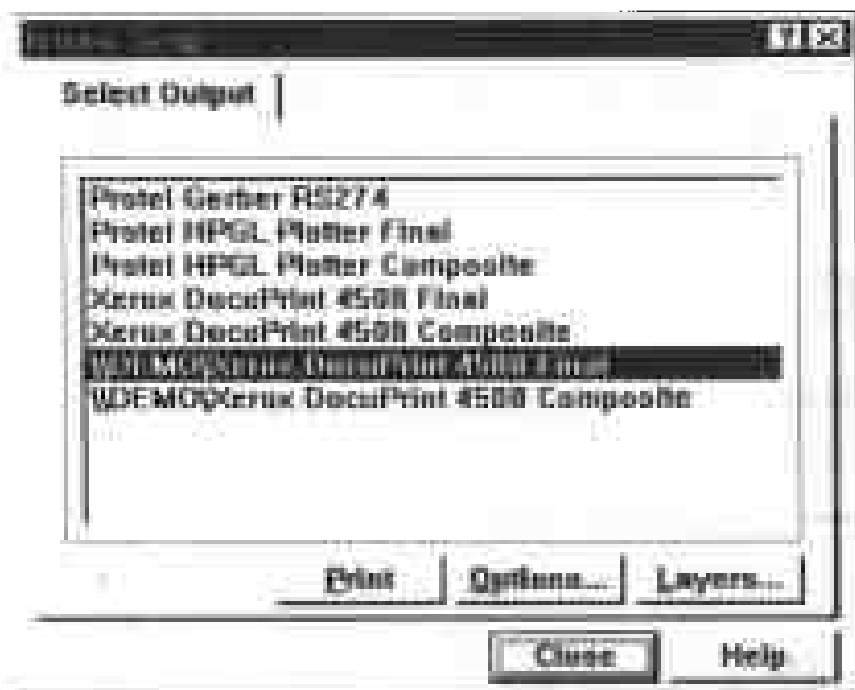


图 8-23 打印机选择对话框

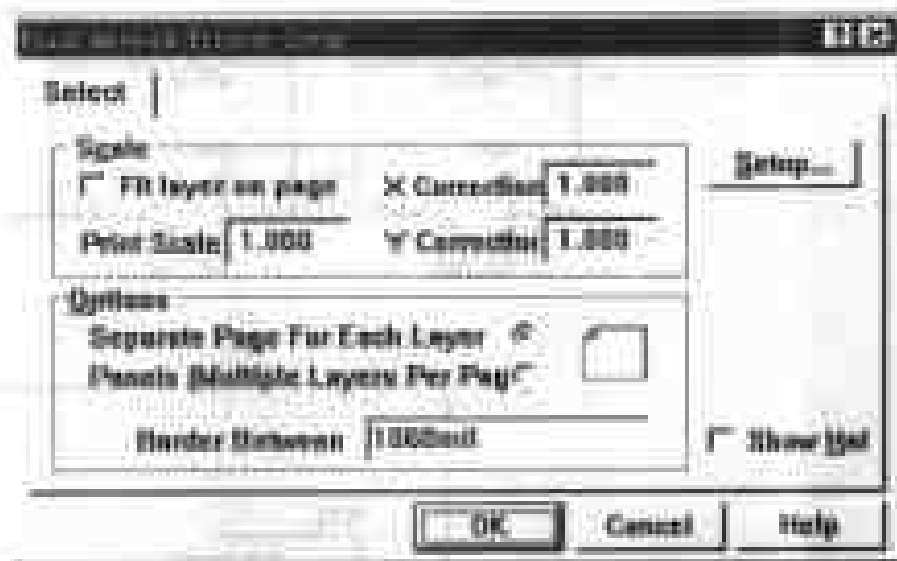


图 8-24 打印机输出属性设置对话框

单击图 8-23 中“Layer...”按钮, 选择需要打印的板层, 如图 8-25 所示。

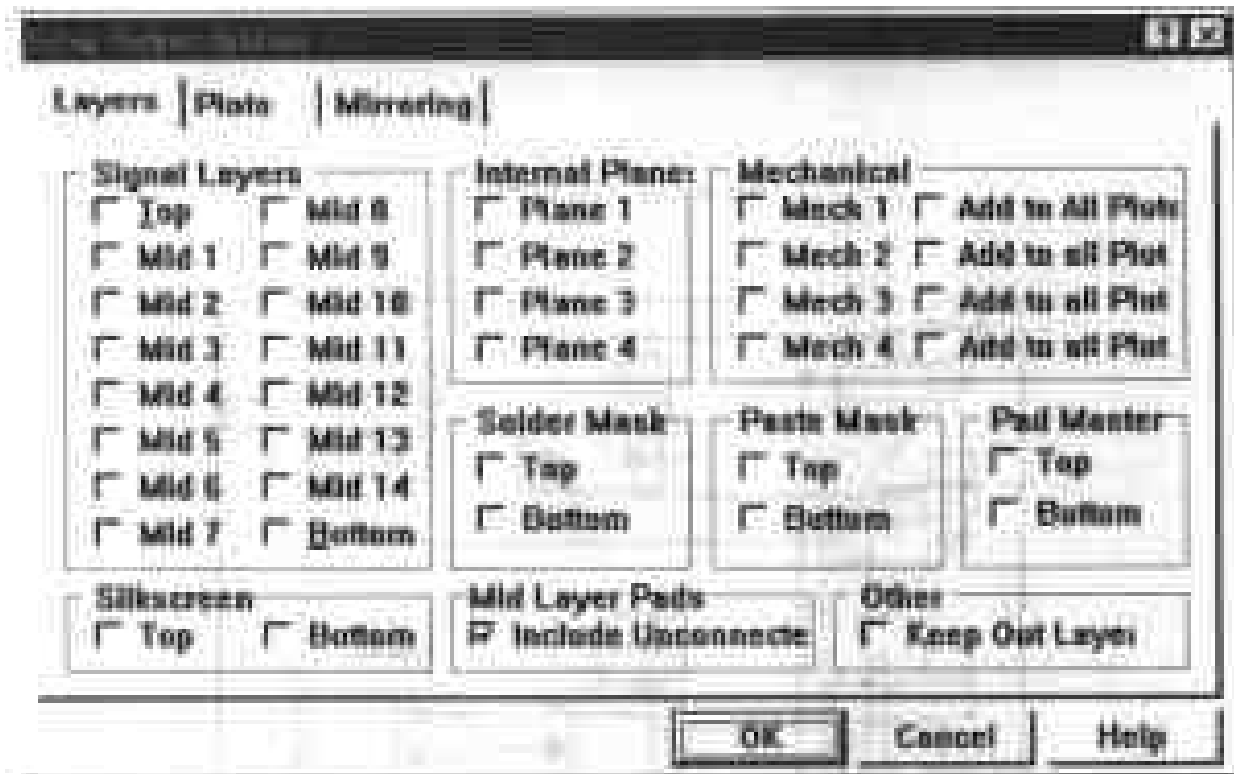


图 8-25 选择需要打印的板层

最后单击图 8-23 中“Print”按钮, 开始进行打印。

8.2 由 PCB 到 Sch 的同步设计

如果我们在电路板中进行了局部修改, 如零件的流水号、参考值等, 同时希望将修改的情况也反映到原理图中去, 这在 Protel 99 中可以很方便的实现。本节通过一个例子详细介绍操作的步骤。

8.2.1 由 PCB 更新 Sch 的操作步骤

下面是一个原理图和一个由它生成的电路板图，如图 8-26 和 8-27 所示。现在希望 PCB 图改变后，直接在 PCB 设计系统的窗口中更新 Sch。本例在光盘的 MyDesign8_2.Ddb 中，文件名为 MyClock.sch 和 MyClock.pcb。

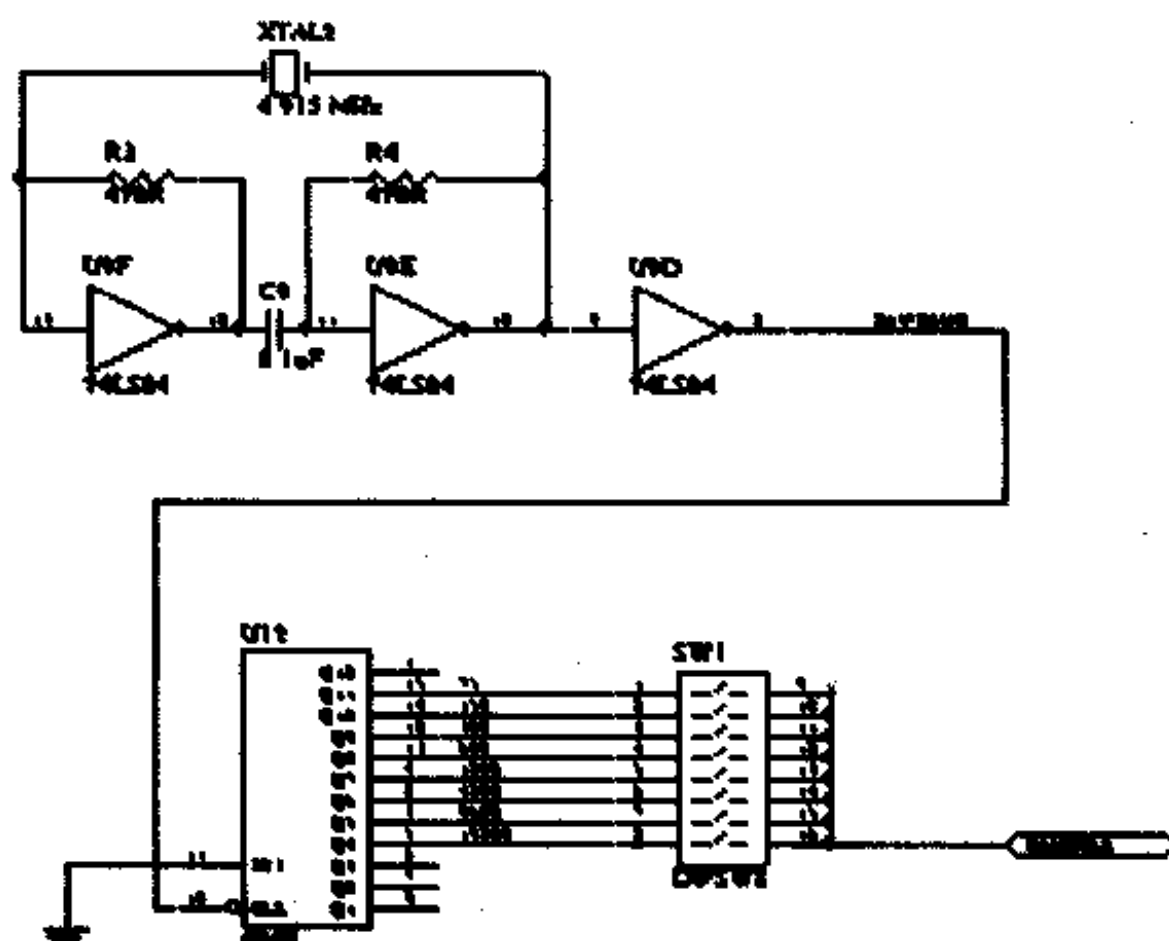


图 8-26 原理图

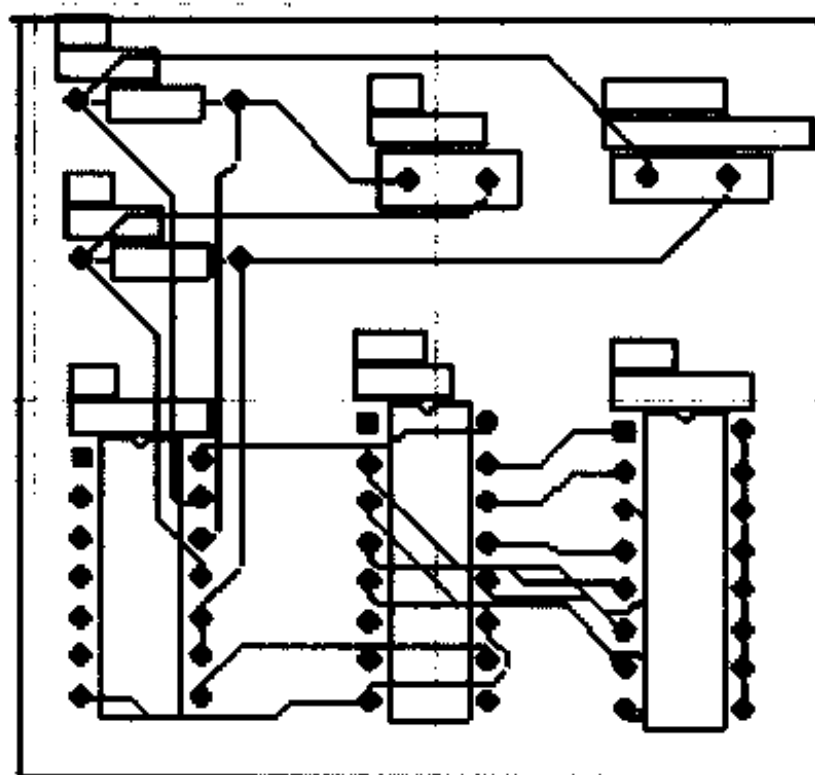


图 8-27 电路板图

现在将图中的 R3 和 R4 的流水号交换，且将 R3 的值改为 3000R，将 R4 的值改为 4000R，图 8-28a 为改动前的电路板，图 8-28b 为改动后的电路板。

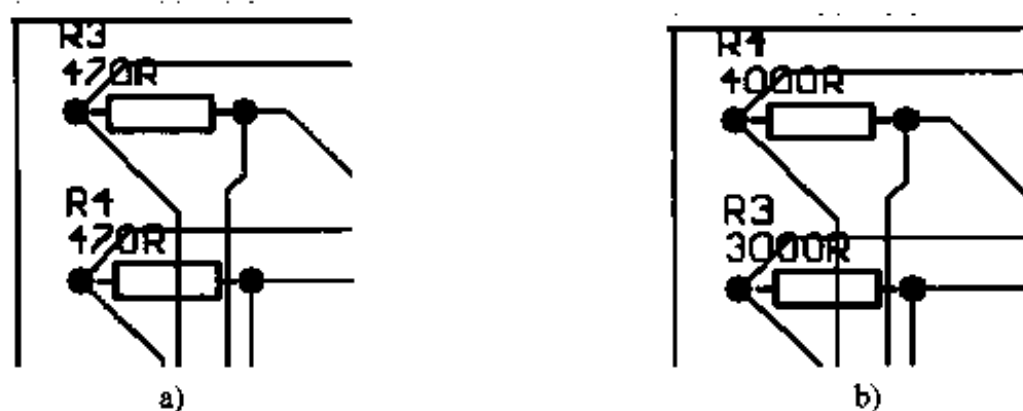


图 8-28 修改电路板

a) 改动前的电路板 b) 改动后的电路板

将改动后的电路板保存，然后进行原理图更新。首先在 PCB 设计系统的窗口中，选择主菜单命令 **Design\Update Schematic...**，系统将弹出 Synchronizer 对话框，如图 8-29 所示，要求选择更新的原理图文件名。这里选择 MyClock.sch。

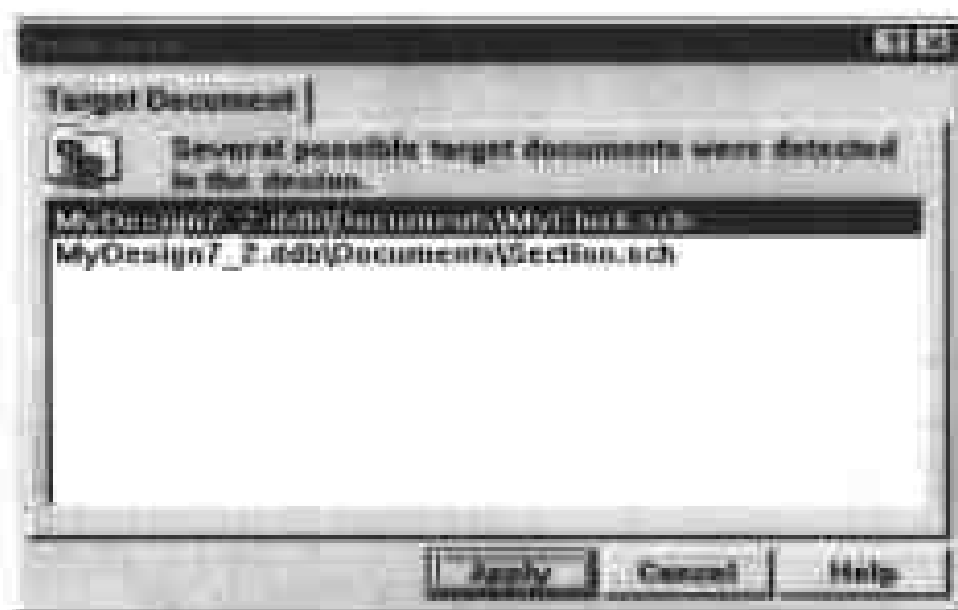


图 8-29 Synchronizer 对话框

选择了原理图后，单击 Apply 按钮，系统将弹出 Update Design 对话框，如图 8-30 所示。要求进行更新设置，这里采取系统默认值。

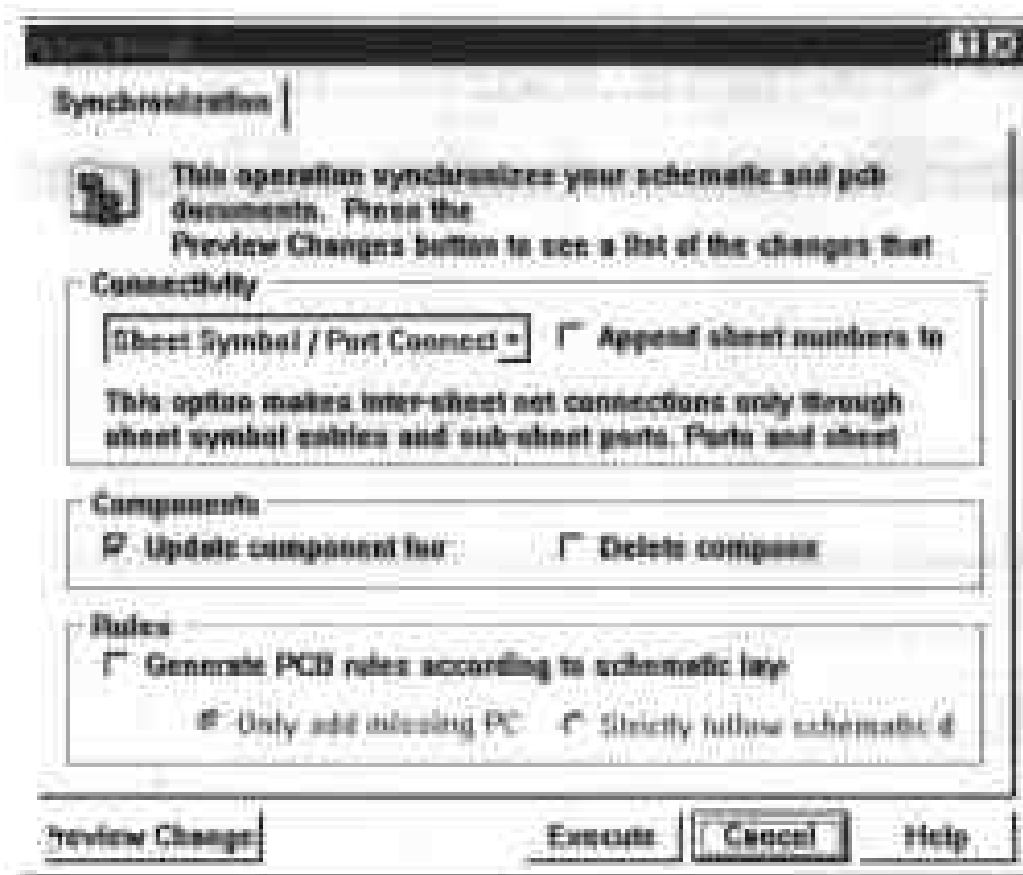


图 8-30 Update Design 对话框

在 Update Design 对话框中，我们可以单击“Preview Change”按钮进行预览改变情况，系统将弹出如图 8-31 所示对话框。

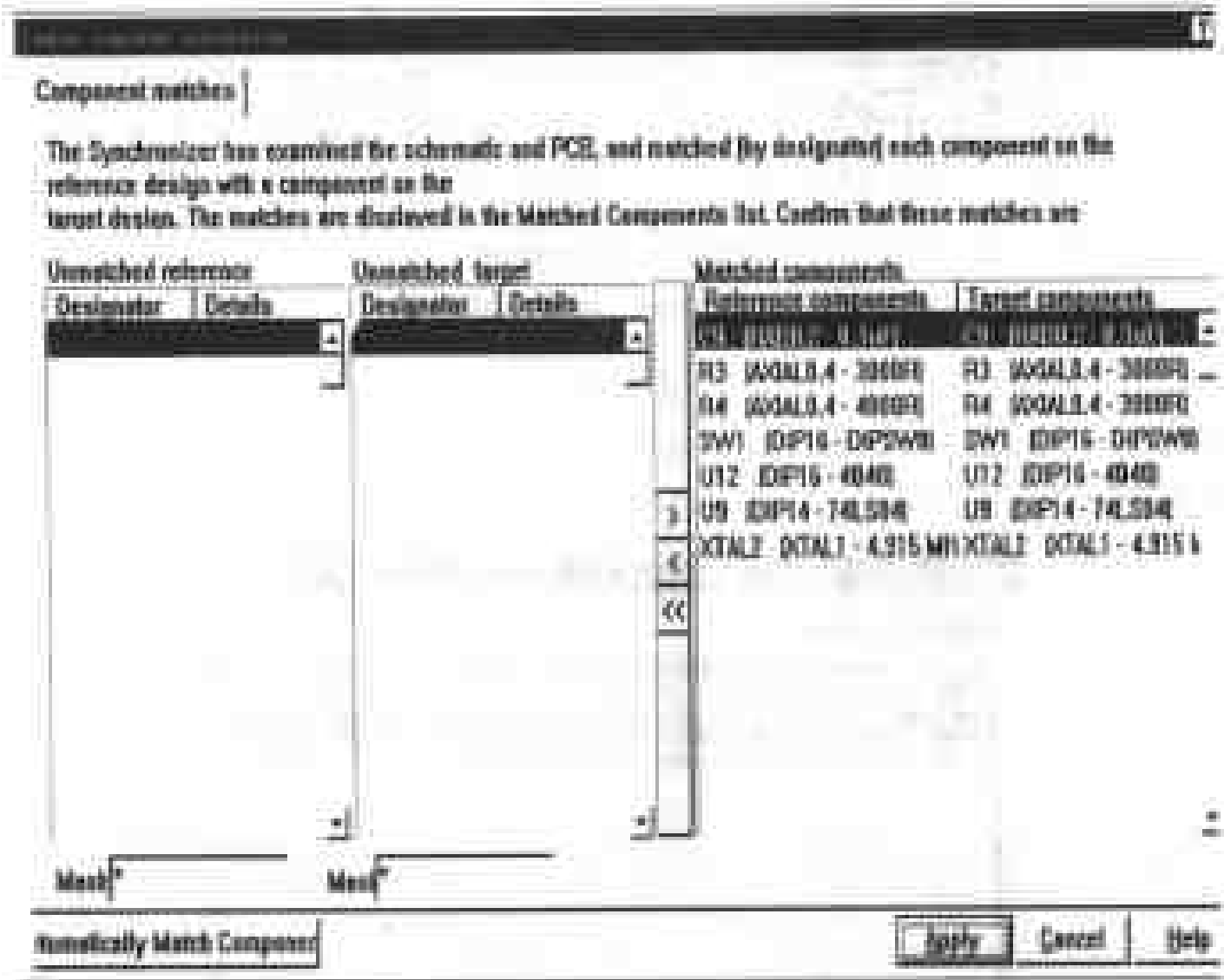


图 8-31 原理图与 PCB 图零件匹配对话框

完成后单击“Apply”按钮，系统将弹出如图 8-32 的对话框，报告当前的改变情况。

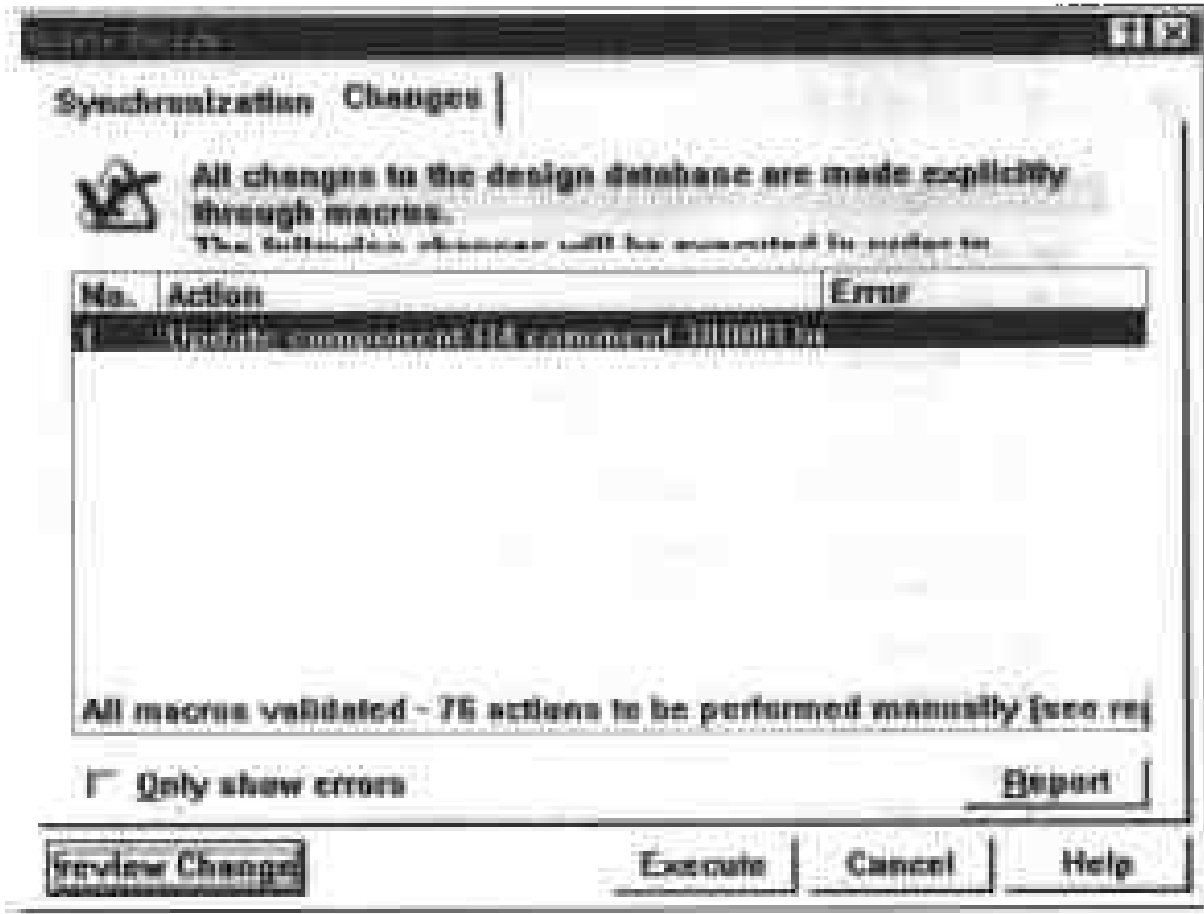


图 8-32 通知改变情况对话框

接着单击图 8-32 中的“Execute”按钮，系统弹出确认对话框，如图 8-33 所示。



图 8-33 确认对话框

然后单击确认对话框中的“**Yes**”按钮，系统将完成对原理图的更新。更新后的原理图如图 8-34 所示。

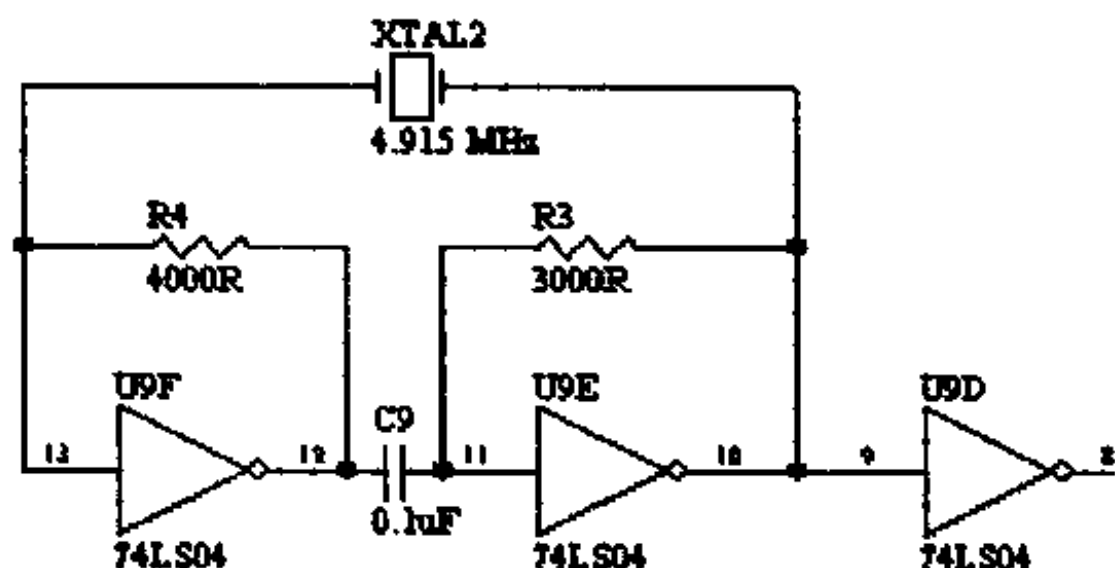


图 8-34 更新后的原理图

8.2.2 Update Design 对话框

更新原理图主要涉及到 Update Design 对话框，下面详细介绍该对话框中各个选项。在图 8-29 中选完原理图文件后，系统将弹出 Update Design 对话框，如图 8-30 所示。

该对话框有 3 个区域，即 Connectivity（连接性）、Components（零件封装）和 Rules（布线规则）。

（1）Connectivity：用于选择网络名称认定的范围。单击右边的下拉式按钮，在下拉式选单中有三个选项，如图 8-35 所示。系统默认为“Sheet Symbol/Port Connections”。

1) Net Labels and Ports Global：选择该项表示指定网络名称（Net Labels）和电路图中输入输出点适用于整个项目。在整个项目的所有电路图中，只要同名的网络及电路图输入输出点都被认为是相连的。

2) Only Ports Global：选择该项表示指定电路图输入输出点适用于整个项目。在整个项目的所有电路图中，只要同名电路图输入输出点都被认为是相连的。而网络名称仅适用于同一张电路图中，不同的电路图中即使网络名称相同也被认为没有相连。

3) Sheet Symbol /Port Connections：选择该项表示指定方块图进出点与电路图中输入输出点适用于整个项目。在整个项目的所有电路图中，只要同名的方块图进出点及电路图输入输出点都被认为是相连的。该项为系统默认项。

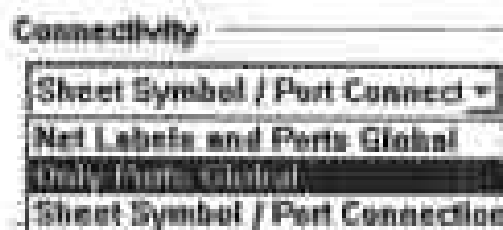


图 8-35 选择网络名称认定的范围对话框

Connectivity 区域的右侧还有一个“Append sheet numbers to local nets”选项,选中此项表示在产生网络表时,系统自动将电路图编号并且加到每个网络名称上,以识别该网络的位置。

(2) Components: 用于对零件操作的设置,其中有以下两个选项:

- 1) Update component footprint: 选中该项表示更新零件封装。
- 2) Delete components: 选中该项表示删除没有电气连接的零件。

(3) Rules: 用于指定布线规则。如果选中“Generate PCB rules according to schematic layout directives”选项表示系统将根据原理图布线指示来生成 PCB 布线规则。此时下面的两个选项变成可用:

- 1) Only add missing PCB rules: 选中该项表示仅添加缺少的 PCB 规则。
- 2) Strictly follow schematic directives: 选中该项表示严格按原理图布线规则指示生成 PCB 规则,不做其他任何的操作。

单击“Preview Changes”按钮,系统将弹出如图 8-31 所示的查看修改对话框。对话框以网络宏的方式来列出各种操作,通过该对话框可以发现原理图的一些问题。

8.3 由 Sch 到 PCB 的同步设计

由 Sch 到 PCB 其实就是由 Sch 产生 PCB,与前面第一节讲述的相同,只是本节介绍的方法有别。本节通过一个例子介绍 Sch 的改变如何直接反映到 PCB 中去。

本例创立一个 MyDesign8_3.Ddb 库,两个文件为 MyClock.sch 和 MyClock.pcb。

在 MyClock.sch 中绘制如图 8-36 所示的原理图,并且由此生成 MyClock.pcb 电路图,如图 8-37 所示。

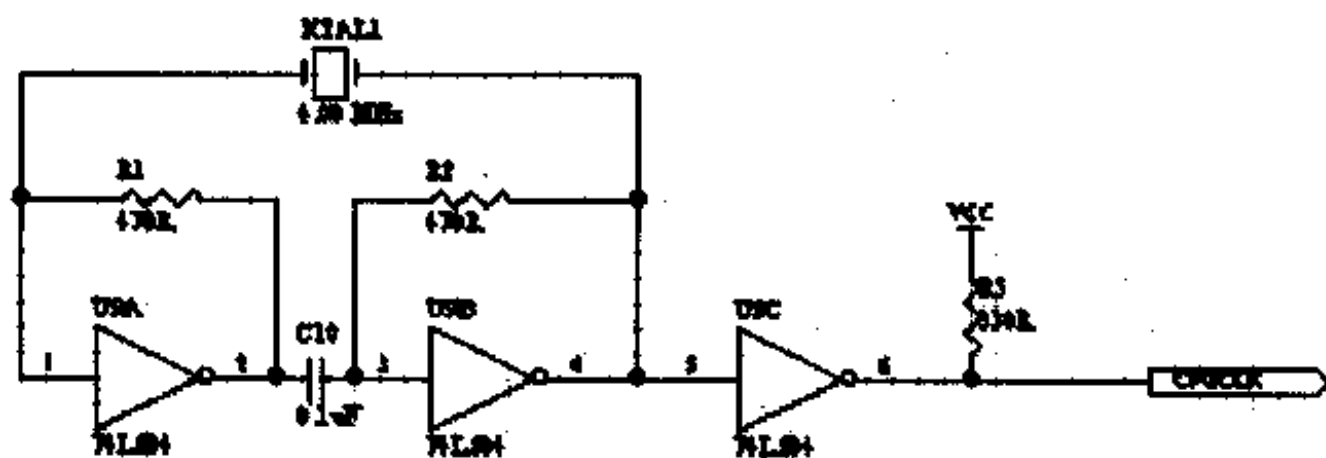


图 8-36 修改前的原理图

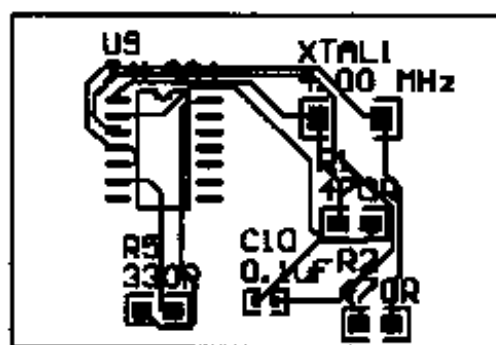


图 8-37 修改前的原理图生成的 PCB 图

然后将原理图修改如图 8-38 所示。即将 R1 和 R2 的流水号交换, 将 R1 的值该为 1000R, R2 的值该为 2000R, 并且加上一个 R3, R3 的值为 3000R。

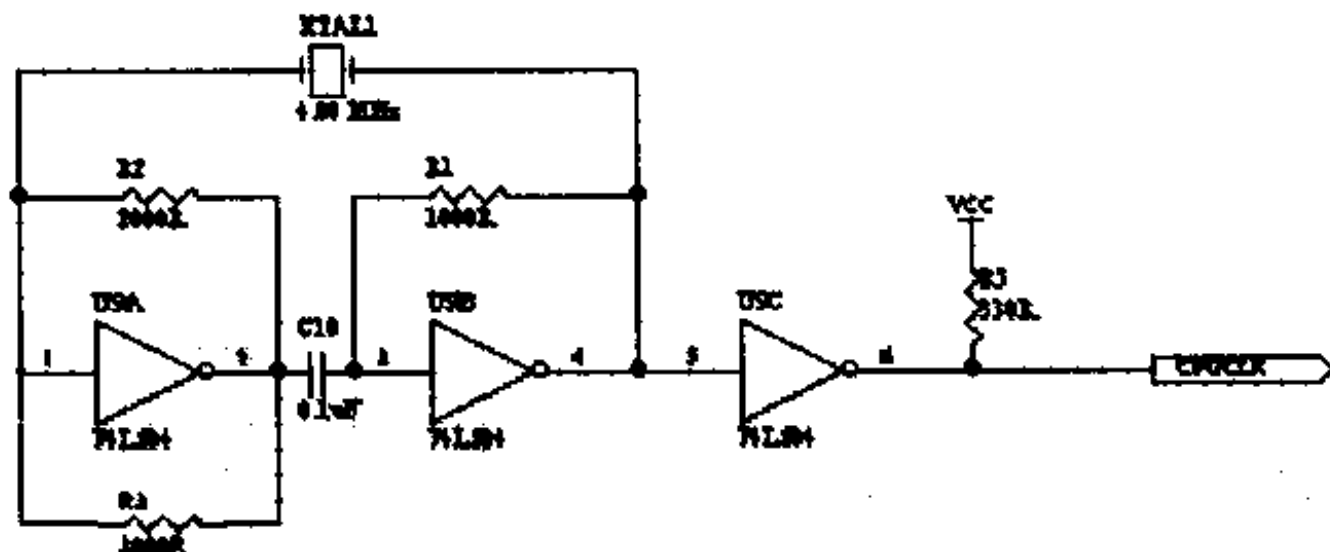


图 8-38 修改后的原理图

修改完毕后保存文件, 接下来进行 PCB 图的更新操作。

在原理图设计窗口中, 单击主菜单命令 “Design” \ “Update PCB...”, 系统将弹出 Synchronizer 对话框, 如图 8-39 要求选择待更新的 PCB 文件。这里选择 MyClock.pcb。

选择好文件后, 单击 OK 按钮, 系统将弹出 Update Design 对话框, 如图 8-40 所示。要求进行更新设置, 这里采取系统默认值。

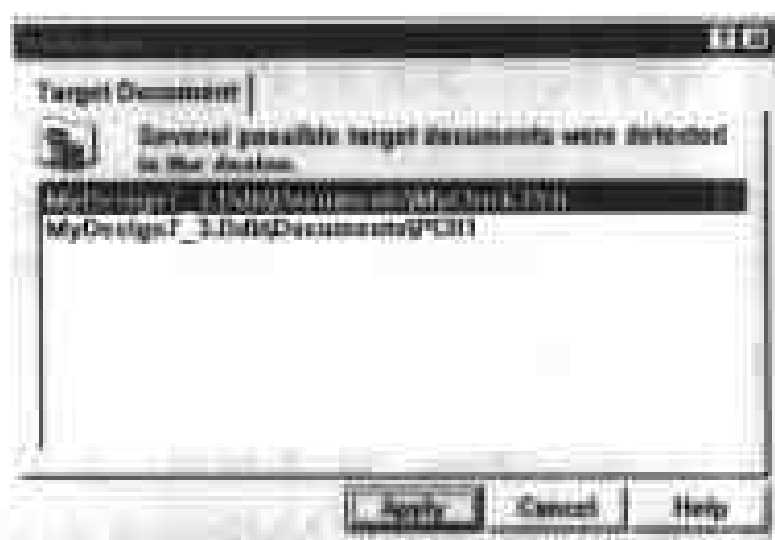


图 8-39 Synchronizer 对话框

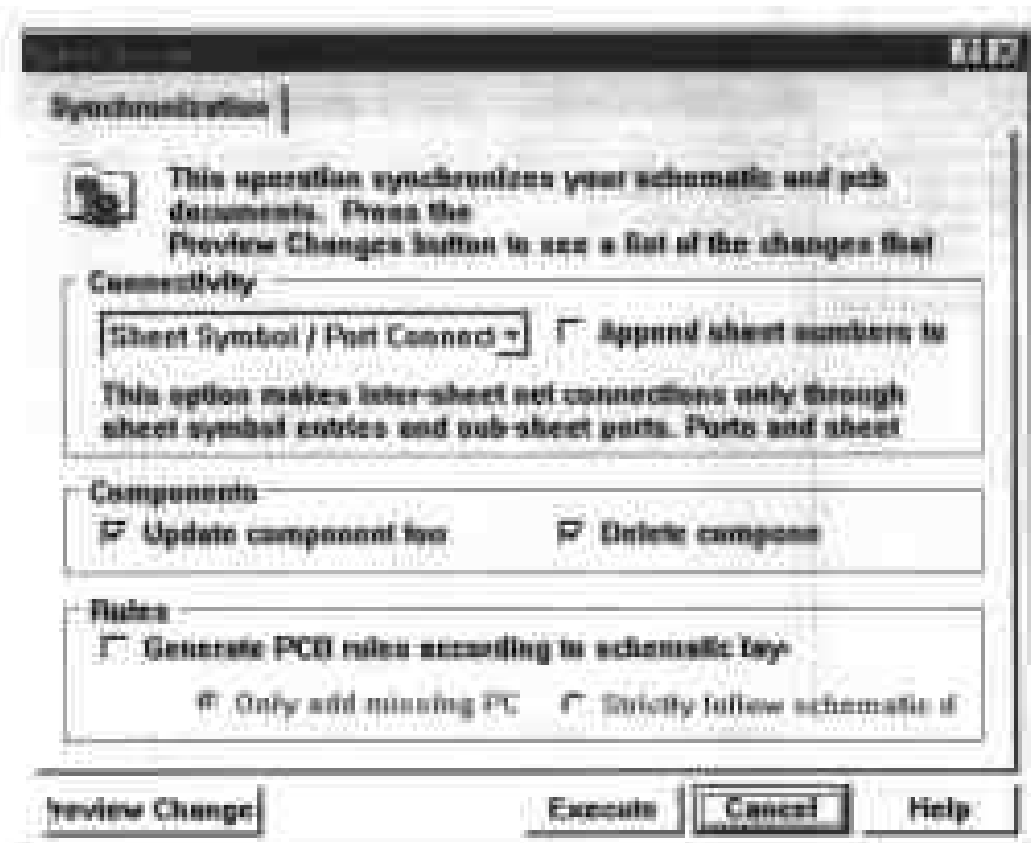


图 8-40 Update design 对话框

然后单击“Execute”按钮，系统执行更新操作，或单击“Preview Change”按钮进行预览更新情况，系统将弹出 8-31 所示的对话框。更新后的情况如图 8-41 所示。

从图中可以看出，R1 和 R2 的改变都已经在 PCB 中反映出来了，而增加的零件 R3 只是以飞线的形式出现在 PCB 中，所以还需进一步对 PCB 进行布局和步线等操作。完成重新布局和步线后的电路板如图 8-42 所示。

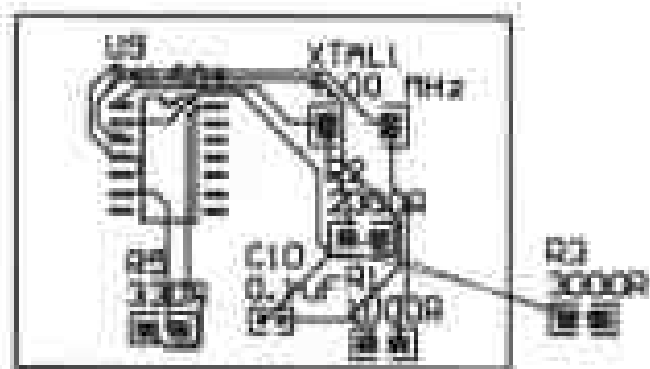


图 8-41 更新后的 PCB 图

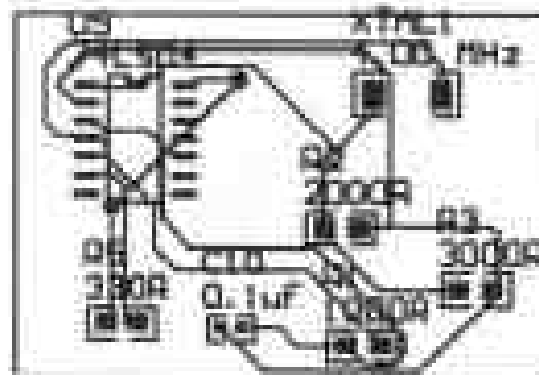


图 8-42 重新进行布局和步线的 PCB

对于 Update Design 对话框，它与 8.2.2 所讲述的完全一样，这里不再重复，请参见 8.2.2。

8.4 同时设计 Sch 和 PCB

Protel 99 提供了在同一个窗口中同时进行原理图和电路图设计的功能，使用该功能可以非常方便地进行同步设计。本节通过一个例子介绍其具体操作的步骤。

8.4.1 具体操作

(1) 进入 Protel 99 系统中，关闭所有打开的数据库，再创建一个新的数据库 MyDesign8_4.Ddb，然后在 MyDesign8_4.Ddb 的 Documents 文件夹中新建两个文件，一个是 MyClock3.sch，一个是 MyClock3.pcb，如图 8-43 所示。

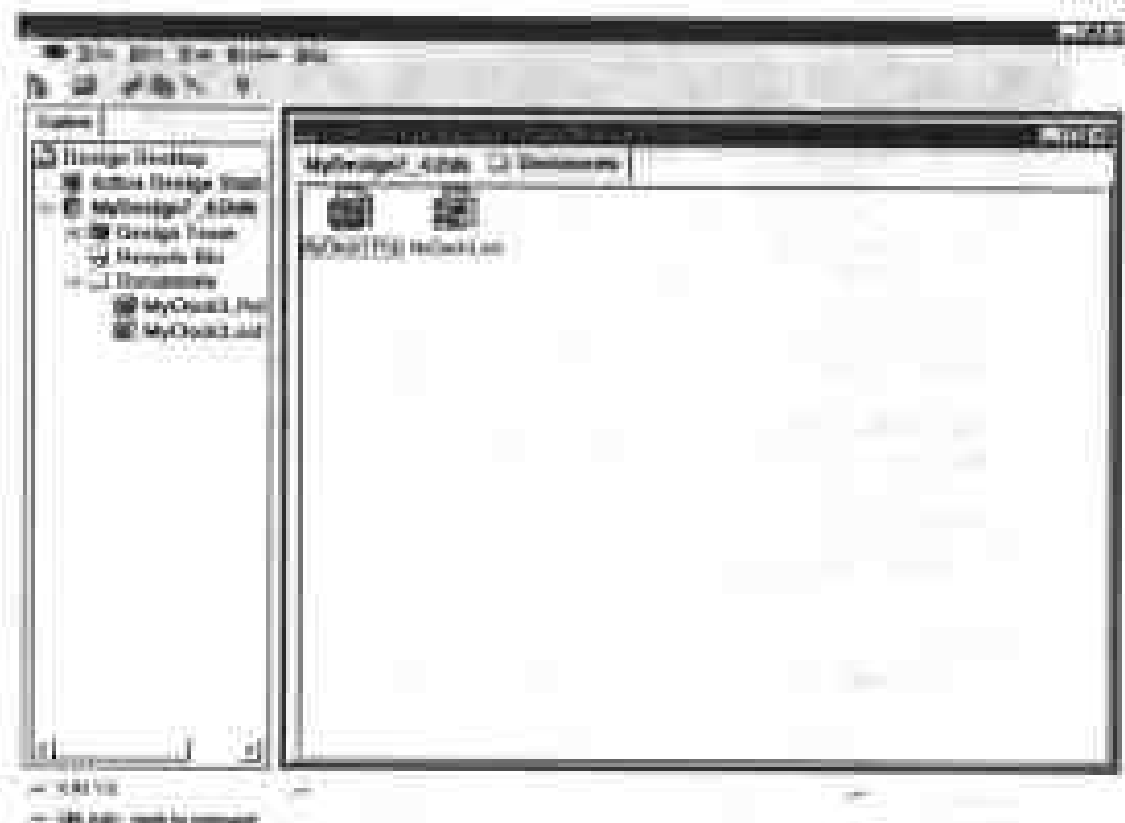


图 8-43 新的数据库 MyDesign8_4.Ddb 界面

(2) 用不同的窗口打开两个文件。在图 8-43 中 MyClock3.sch 文件的图标上单击鼠标

右键，在弹出菜单中选择“Open In New Window”命令，如图 8-44 所示，打开 MyClock3.sch。用同样的方法将 MyClock3.pcb 文件打开，如图 8-45 所示。

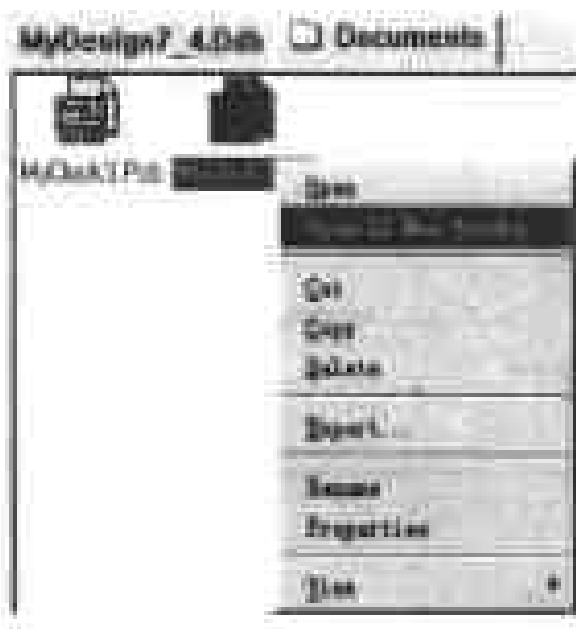


图 8-44 打开原理图

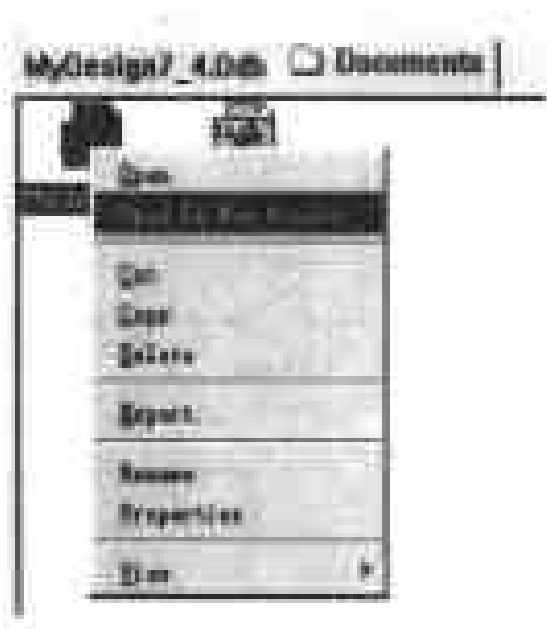


图 8-45 打开电路板图

然后选择主菜单命令 Window\Title，如图 8-46 所示，或按快捷键“Shift+F5”，命令执行完毕后，刚才打开的两个文件水平并列排列，如图 8-47 所示。



图 8-46 Title 命令项

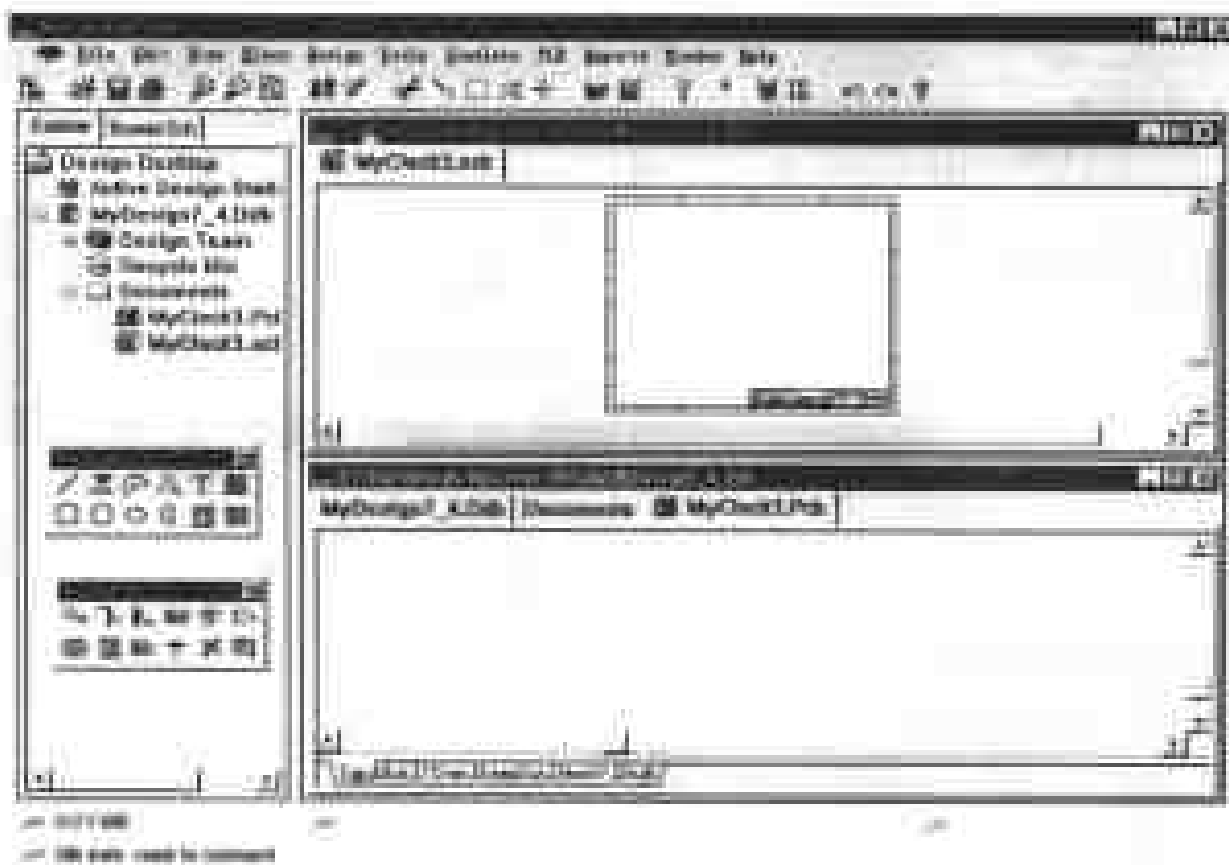


图 8-47 并列排列的原理图和 PCB 图

(3) 设计和绘制原理图。单击原理图右上角的最大化按钮, 将原理图放大, 绘制如图 8-48 所示的原理图。

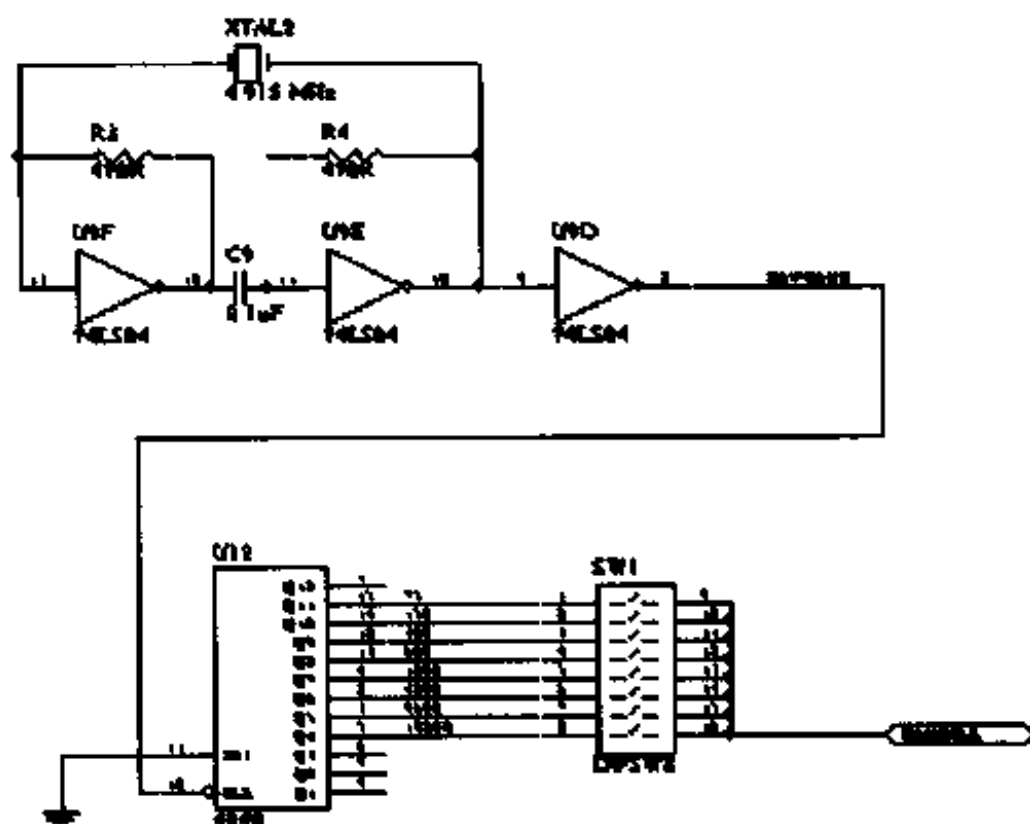


图 8-48 原理图

(4) 生成电路版图。绘制完原理图后, 再回到图 8-47 所示的并列窗口, 在激活原理图窗口的前提下, 选择主菜单 Design\Update PCB...命令, 系统将弹出如图 8-40 所示 Update Design 对话框, 根据前面介绍的方法进行设置后, 单击对话框的“Execute”按钮, 系统将自动将原理图中的网络表直接引入到 PCB 中, 生成 PCB 内部网络表。如图 8-49 所示, 零件封装按类型排列在 PCB 窗口, 并且以飞线相连接。

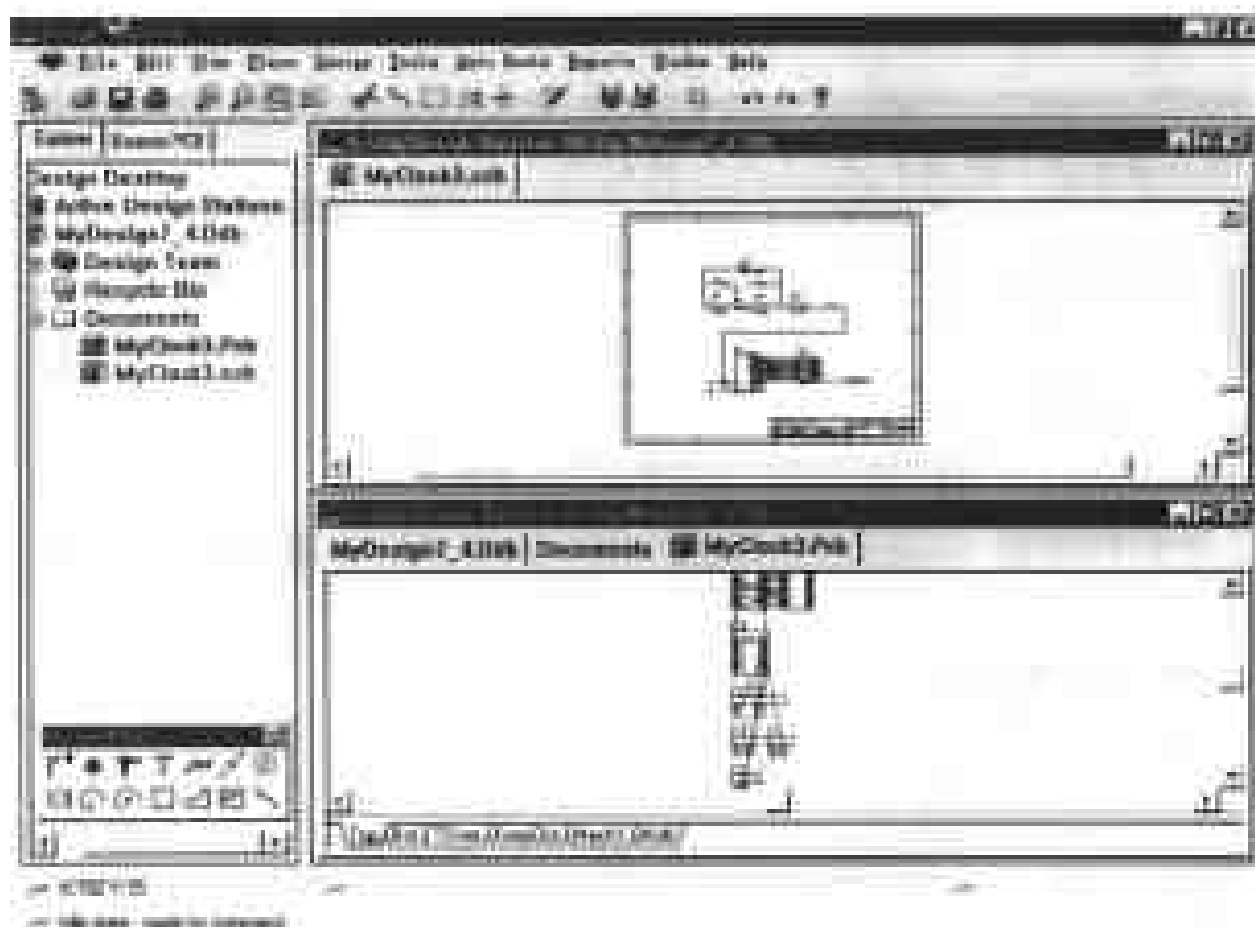


图 8-49 由原理图生成的 PCB 图

(5) 对版图进行规划、布局和布线操作。激活 PCB 设计窗口, 单击右上角的最大化按钮, 将 PCB 设计窗口进行放大。然后对版图进行规划、布局和布线, 具体操作见第 5 章所讲述的方法。图 8-50 为设计好的 PCB 图。

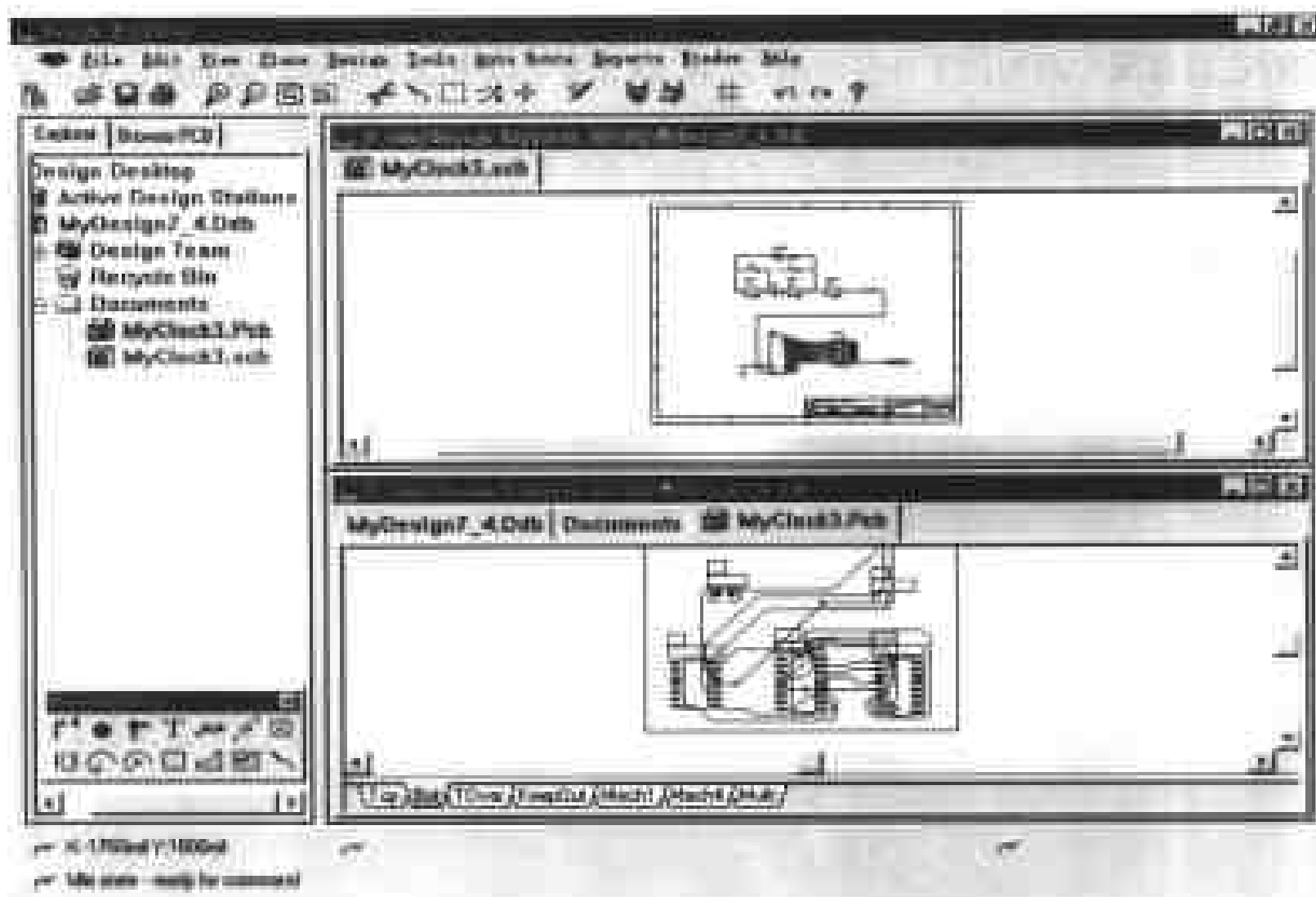


图 8-50 设计好的 PCB 图

(6) 激活 PCB 窗口, 选择主菜单 Design\Update Schematic...命令, 将 PCB 图中改变立即反映到原理图中去。

(7) 然后进行网络表比较, 比较相符合则结束设计, 保存文件并打印输出。

提示: 在设计窗口中并列排列着原理图设计窗口和 PCB 设计窗口, 当我们激活不同的窗口时, 设计窗口中的主菜单、主工具栏、设计管理器和放置工具栏等都相应地改变。

8.4.2 修改后的更新操作

修改后的更新操作与第 2 节和第 3 节介绍的方法相同, 这里不再重复, 只讲述不同的操作和有关注意事项。

1. 由 PCB 的变化去更新原理图

在 PCB 设计窗口中修改完毕后, 选择主菜单 Design\Update Schematic...命令, 系统将弹出 Update Design 对话框, 进行相关设置后执行操作。系统就自动进行网络表的切换。

值得注意的是必修保证 PCB 设计窗口被激活, 即为当前设计窗口, 否则在主菜单 Design 中根本就没有 Update Schematic...命令。激活的方法很简单, 只要在相应的设计窗口中单击鼠标左键即可。

2. 由原理图的变化去更新 PCB 图

在原理图设计窗口中修改完毕后, 选择主菜单 Design\Update PCB...命令, 系统将弹出

Update Design 对话框，进行相关设置后执行操作。系统就自动进行网络表的切换。

值得注意的是必修保证原理图设计窗口被激活，即为当前设计窗口，否则在主菜单 Design 中根本就没有 Update PCB...命令。激活的方法很简单，只要在相应的设计窗口中单击鼠标左键即可。

同时在原理图中添加的零件反映到 PCB 中一般是以飞线加零件封装的形式显示，因此对于更新的 PCB 还需进一步进行调整和布线。

第9章 设计规则检查（DRC）与自动布线

在前面我们介绍了 PCB 版图的设计方法，本章利用实例对已设计好的 PCB 图作设计规则检查（DRC）检查。Protel 99 的自动布线功能强大，设置出合理的自动布线规则，可以大大提高布线的质量及成功率，对一个 PCB 版图进行自动布线。在本章你将学习到：

- 设计规则检查（DRC）的设置
- DRC 报告的内容
- 自动布线的规则设置
- 自动布线的生成方法

9.1 设计规则及其检查（DRC）

当我们进行布线时，程序会按照一定的规则布线。对于以手工布线的电路版而言，我们可以进行设计规则检查（Design Rule Check），或者让系统进行实时规则检查来保证手工布线符合所设定的布线要求；对自动布线来说，我们可以利用 Protel 99 提供的设计规则检查（DRC）功能进行检查，以便观察布线的结果是否满足所设计的布线要求。本节讲解设计规则，并以 Z90 Processor Board.pcb 为例进行设计规则检查的介绍。

9.1.1 设计规则

PCB 中的设计规则很多，其中大部分都可以采用系统默认的设置，而用户真正需要的设置的设计规则并不多。至于用户需要设置哪些设计规则，那就得根据电路板设计的要求而定了。设计规则的合理性在很大程度上依靠用户的经验。

如果要改变设计规则的话，只要打开 PCB 版图文件，选择菜单命令 Design/Rule...，屏幕上会出现如图 9-1 所示的设计规则设置对话框。在该对话框中，按功能区分为 Routing、Manufacturing、High Speed、Placement、Signal Integrity、Others 等 6 页。在每一页中都包括三个区块：在左上角的区块中，逐条列出所有设计规则项目；右上角区块时左边区块中所选定设计规则项目的说明；下方区块则是在左边区块所选定设计规则项目下的内容简列。

1. 与布线有关的设计规则

在如图 9-1 的 Routing 页中，包括下列设计规则：

（1）Clearance Constraint（安全间距）规则设置

此设计规则规定在布线板中导线与导线、导孔、焊点、矩形金属填充等组件相互间的最小安全间距。选择本项后，在右上角区块中的说明如图 9-2 所示。

在对话框下方的区块中，显示出有关 Clearance Constraint 设计规则的项目，相关规定的适用范围（Scope 栏位）、内容（Details 栏位）及安全间距（Gap 栏位）。我们可以单击底下

的 按钮新增规定，屏幕会弹出如图 9-3 所示的编辑对话框；单击 按钮

删除所选择的规定；或单击 **Properties...** 按钮，屏幕弹出如图 9-3 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

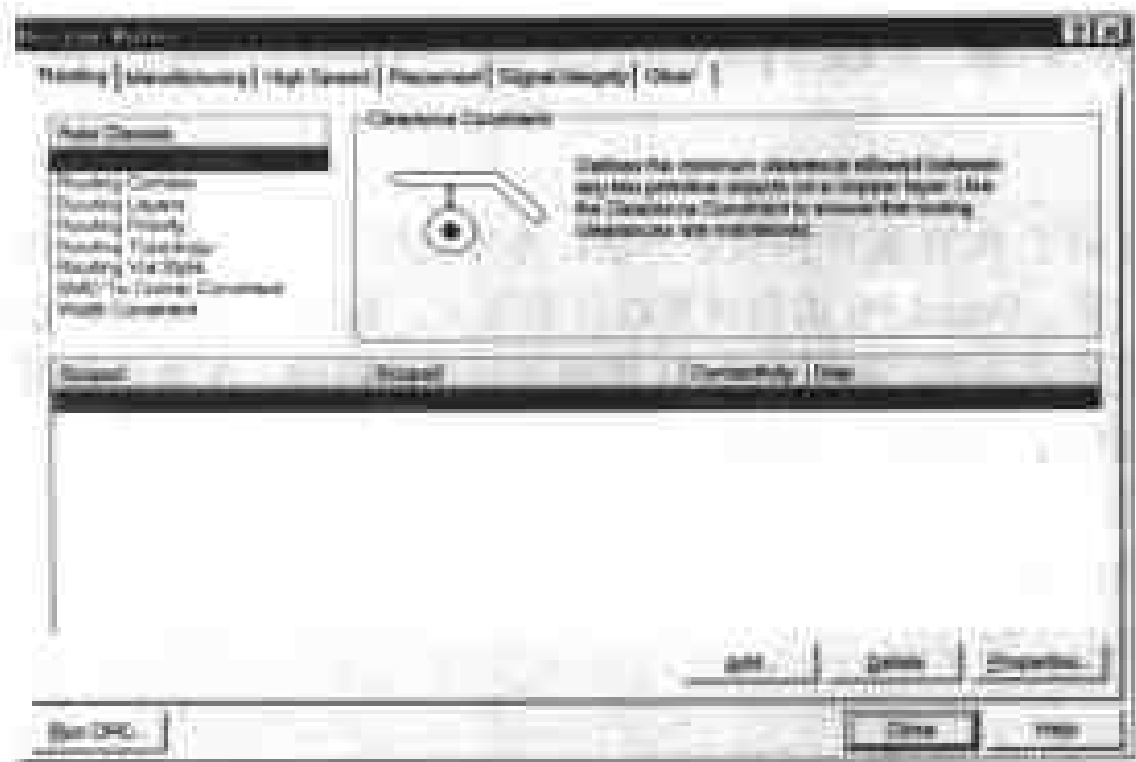


图 9-1 设计规则设置对话框



图 9-2 Clearance Constraint 说明

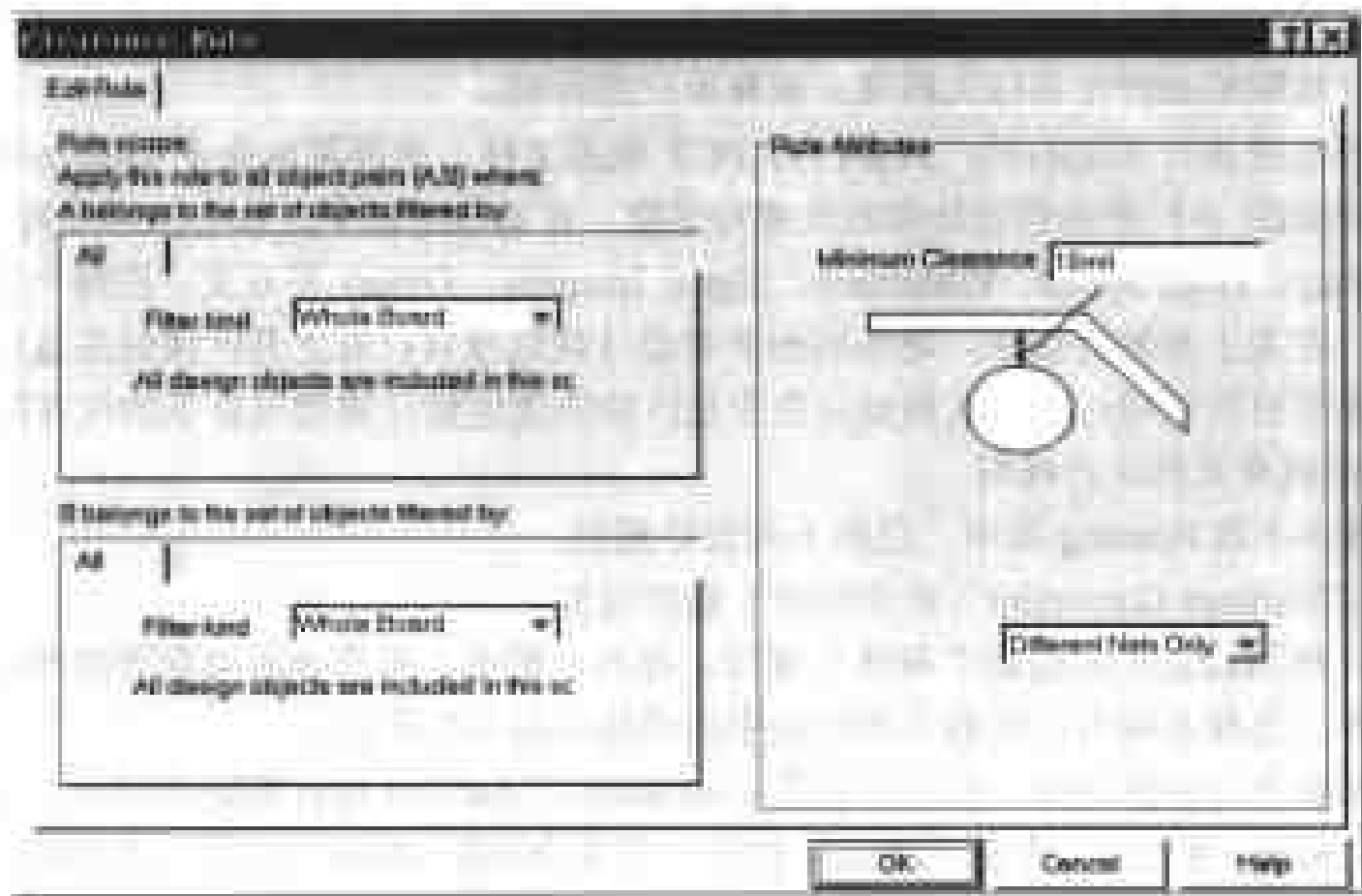


图 9-3 Clearance 规则编辑对话框

图 9-3 所示的编辑对话框中有 4 个选择项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。在对话框左边有两个 Filter kind 选择项, 其功能是分别设置所要保持安全间距的连中图件, 当要设置图件时, 只要单击其右边的下拉式按钮, 出现如图 9-4 所示的下拉式列表框。

选择不同的选项将会使出现不同的栏位, 解释如下:

- Whole Board (整个电路板) 项。如果选择了 Whole Board 项, 本设计规则将是整块电路板适用, 所以不用再进一步设置其他选项了。

- Layer (版层) 项。如果选择了 Layer 项, 程序将要求设置版层, 在本栏位的下方会多出一个 Layer 栏位, 如图 9-5 所示。这时就可以在 Layer 中设定版层了。

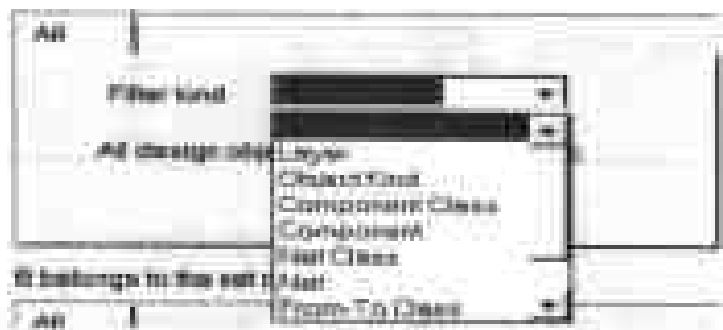


图 9-4 适用对象



图 9-5 设定图层

- Object Kind (图件) 项。如果选择了 Object Kind 项, 程序要求设置图件, 本栏位下方会出现许多选项, 如图 9-6 所示。其中 Vias 项是导孔、Tracks/Arcs 项是导线与弧线、Fills 项是填充区块、Smd Pads 项是 SMD 焊点、Thru-hole Pads 项是穿孔是焊点, 这是可以设置组件了。

- Component Class (零件群组) 项。如果选择了 Component Class 项, 程序将要求设置零件群组, 本栏位下方会多出一个 Component Class 栏位, 如图 9-7 所示, 这时就可在 Component Class 栏位中指定零件群组了。

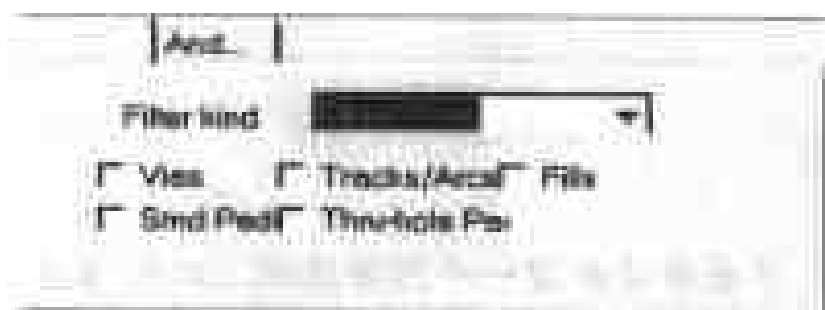


图 9-6 设定图件

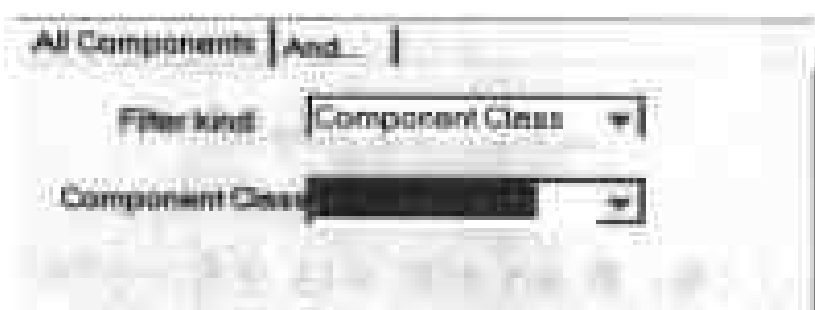


图 9-7 设定零件群组

- Component (零件) 项。如果选择了 Component 项, 程序将要求设置零件, 本栏位下方会多出一个 Component 栏位, 如图 9-8 所示, 这时就可在 Component 栏位中指定零件了。

- Net Class (网络群组) 项。如果选择了 Net Class 项, 程序将要求设置网络群组, 本栏位下方会多出一个 Net Class 栏位, 如图 9-9 所示, 这时就可在 Net Class 栏位中设定网络群组了。

- Net (网络) 项。如果选择了 Net 项, 程序将要求设置网络, 本栏位下方会多出一个 Net 栏位, 如图 9-10 所示, 这时就可在 Net 栏位中指定网络了。

- From-To Class (点对点连接线群组) 项。如果选择了 From-To Class 项, 程序将要求设置 From-To Class, 本栏位下方会多出一个 From-To Class 栏位, 如图 9-11 所示, 这时就可在 From-To Class 栏位中指定 From-To 了。

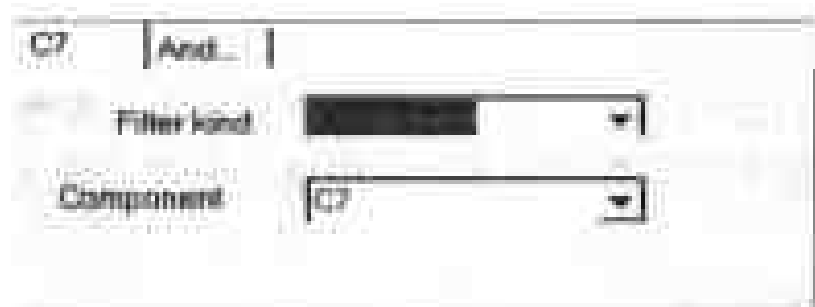


图 9-8 设定零件

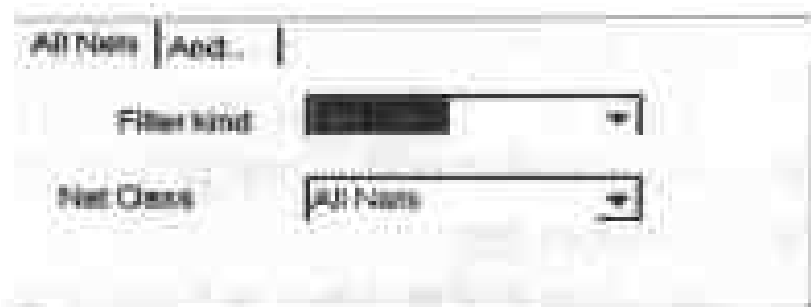


图 9-9 设定 Net Class

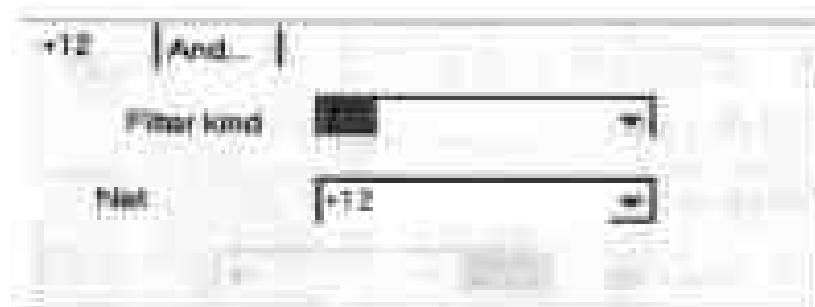


图 9-10 设定 Net



图 9-11 设定 From-To Class

● **From-To**（点对点连接线）项。如果选择了 From-To 项，程序将要求设置 From-To，本栏位下方会多出一个 From-To 栏位，如图 9-12 所示，这时就可在 From-To 栏位中指定 From-To 了。

● **Pad**（焊点）项。如果选择了 Pad 项，程序要求设置焊点，本栏位下方变成如图 9-13 所示，这时就可在 Pad 栏位中设定焊点了。

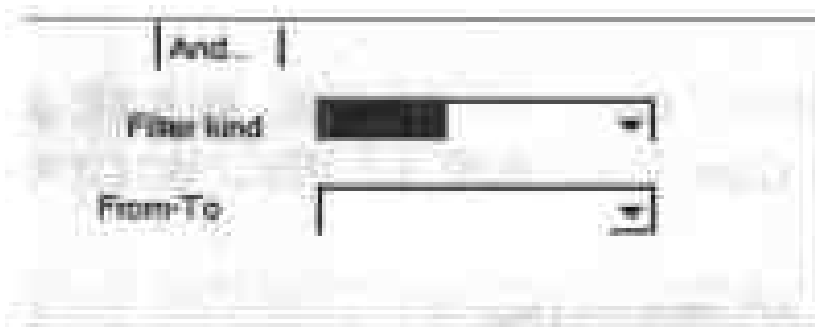


图 9-12 设定 From-To

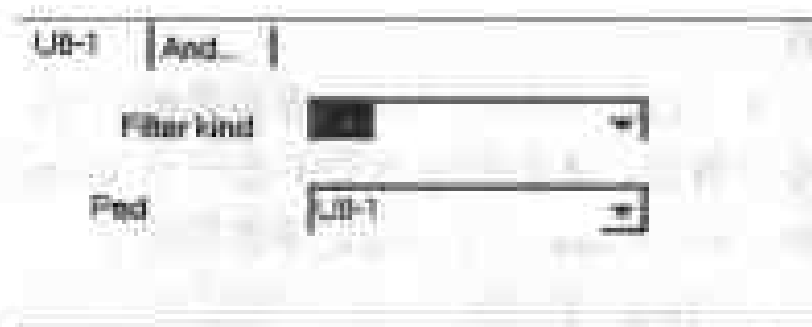


图 9-13 设定焊点

说明：图 9-5 到图 9-13 中有一个 And... 按钮，单击后将新增一个图件限制。以图 9-5 为例，单击该按钮后，将出现图 9-6。

2) **Minimum Clearance** 设置项。Minimum Clearance 设置项用于设置最小的安全间距。

3) **Connective** 选择项。Connective 选择项用于选择设计规则适用的网络条件，单击右端的下拉按钮列表，如图 9-14 所示，包括 Different Nets Only 项（规则只针对不同的网络，对于同一网络上的组件不作安全间距的检查），Same Net Only 项（规则指针对同一网络，对于不同网络上的组件不作安全间距的检查），Any Net（规则针对所有网络）。

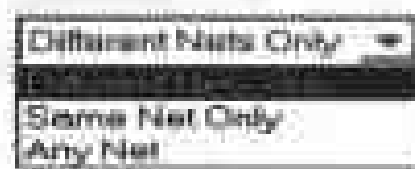


图 9-14 连接网络

建议：通常情况下，选择 Different Nets Only 项，就是安全间距规则适用于不同网络中得到先、焊点、导孔等组件，选择其他两个选项一定要慎重。

如果想加大电源线和和其他组件间的间距,可以单击图 9-1 中的 **Add...** 按钮,然后照图 9-15a 来设置规则编辑对话框的各个选项。

设置完毕后,单击 OK 按钮后,设计规则对话框中,下方的区域会多出一项条目,如图 9-15b 所示,该条目的内容为: Net-Board-Different Nets Only-20mil,这正是图 9-15a 中设置的各项内容。

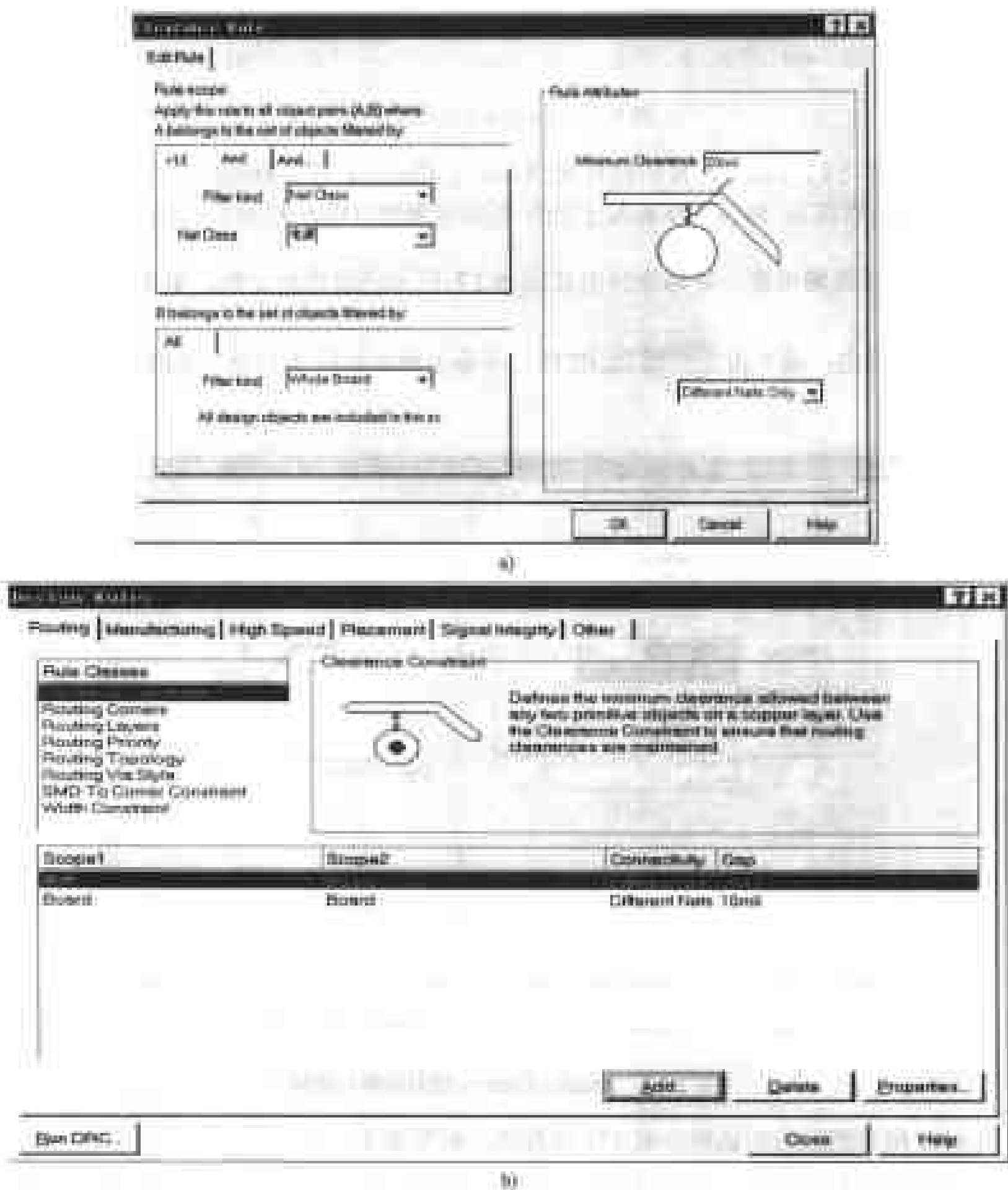


图 9-15 加大电源线和和其他组件的安全间距

a) 设置规则编辑对话框 b) 添加完毕后,设计规则设置对话框中显示的内容

(2) Routing Corners (导线转角方式) 规则设置

此设计规则规定在布线板中导线的转角方式,选择本项后,在右上角区块中的说明如图

9-16 所示。

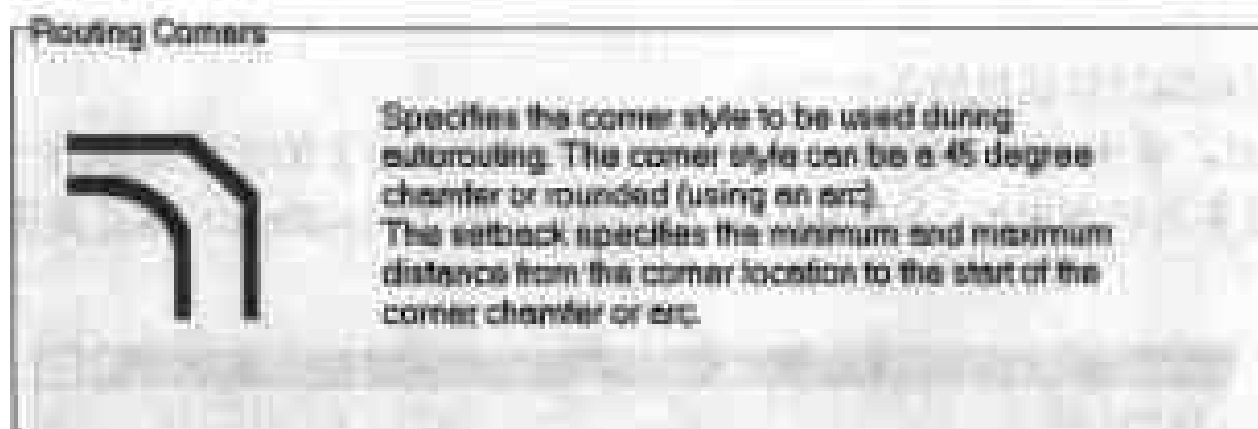


图 9-16 Routing Corners 说明

在对话框下方的区块中，显示出有关 Routing Corners 设计规则的项目，相关规定的适用范围（Scope 栏位）、内容（Details 栏位）及安全间距（Gap 栏位）。我们可以单击底下的

Add...

按钮以新增规定，屏幕会弹出如图 9-17 所示的编辑对话框；单击

Delete

按钮

删除所选择的规定；或单击 **Properties...** 按钮，屏幕也弹出如图 9-17 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

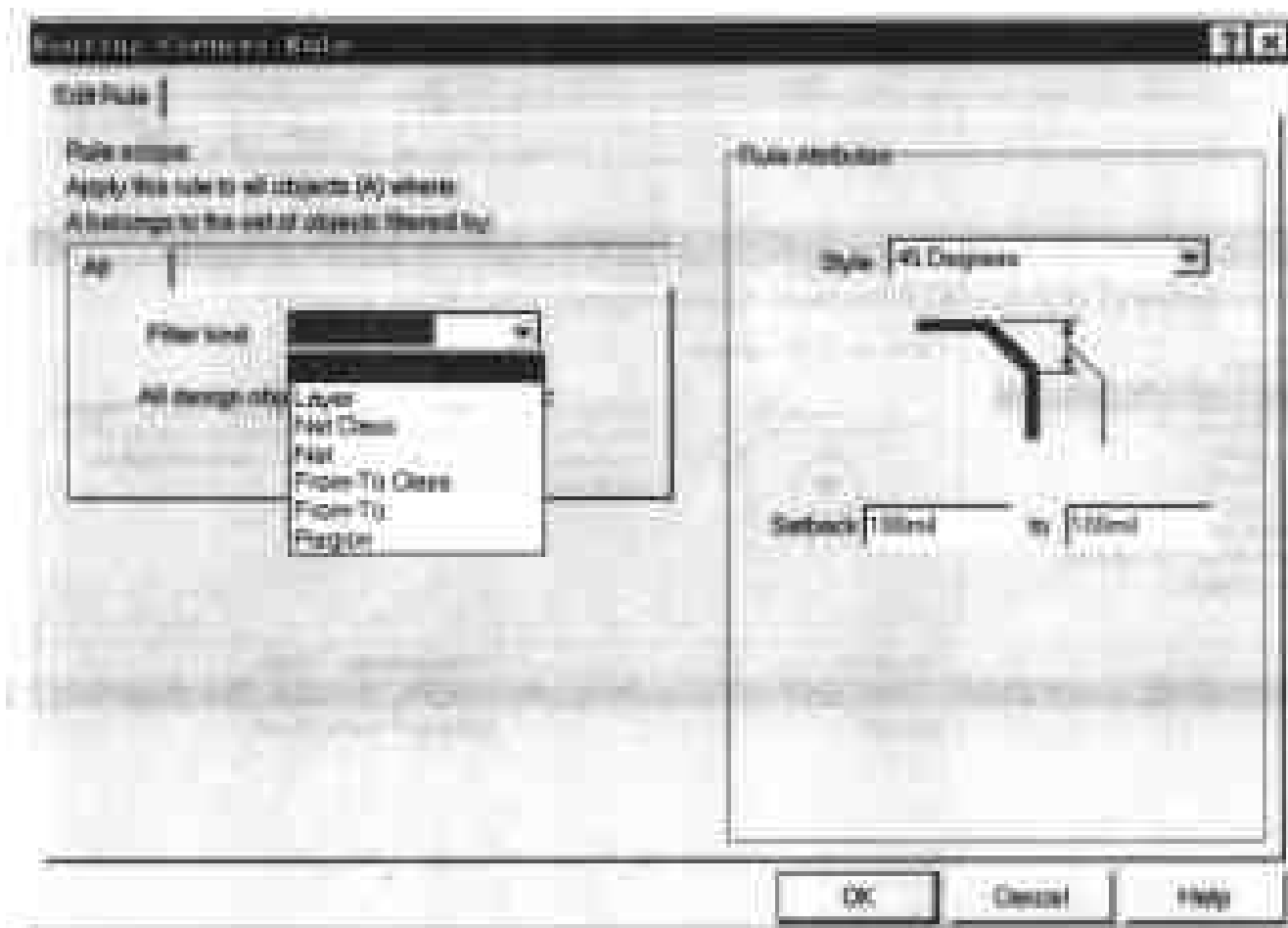


图 9-17 Routing Corners 规则编辑对话框

图 9-17 所示的编辑对话框中有 4 个选择项，解释如下：

1) Filter kind 选择项。Filter kind 选择项，其功能是分别设置这项规则的适用范围，包括 Whole Board（整个电路版）、Layer（版层）、Net Class（网络群组）、Net（网络）、From-To Class（点对点连接线群组）、From-To（点对点连接线）、Region（区域），选择不同的选项将会使本栏位下方出现不同的栏位，其中大部分的选项在前面已介绍过了，现仅说明不同的项目。

● **Region (区域) 项。**如果选择 Region 项, 程序将要求我们制定区域, 本栏位的下方改变如图 9-18 所示, 其中 x1、y1 栏位为定义区域的第一个角坐标, x2、y2 栏位为定义区域的第二角坐标。如果以坐标定义不方便的话, 可单击 **Define...** 按钮, 然后在实际画面上定义。

2) **Style 选择项。**此选择项的功能是指定转角的形式。当我们要指定转角形式时, 只需单击右端的下拉式按钮拉下列表, 如图 9-19 所示, 其中包括 90 Degrees(90 度转角)、45 Degrees (90 度转角) 击 Rounded (圆弧转角), 这时就可指定转角形式了。

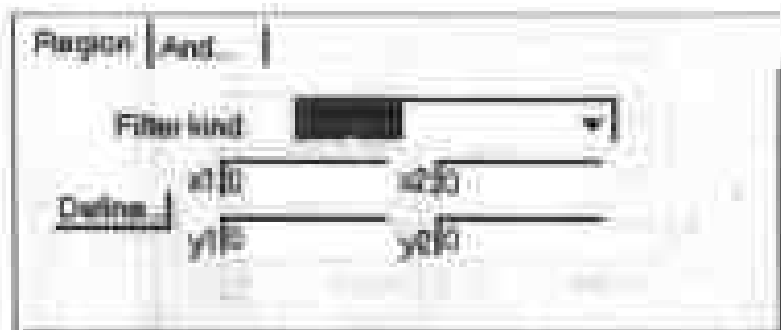


图 9-18 指定区域

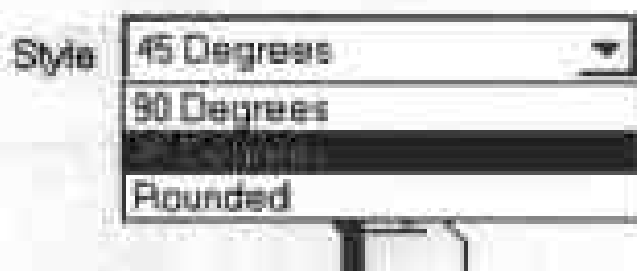


图 9-19 连接网络

3) **Setback 设置项。**此设置项的功能是指定最小转角的大小, 而这大小将随转角形式的不同具有不同的意义, 如果是 90 度转角的话, 就没有本设置项; 是 45 度角的话, 这大小就是转角的高度; 是圆弧转角的话, 这大小就是转角的半径。

4) **To 设置项。**此设置项的功能是指定最大转角的大小, 其功能与 Setback 设置项类似。

(3) Routing Layers (布线版层) 规则设置

此设计规则用于设置布线版层, 选择本项后, 右上角的区块中显示其说明如图 9-20 所示。

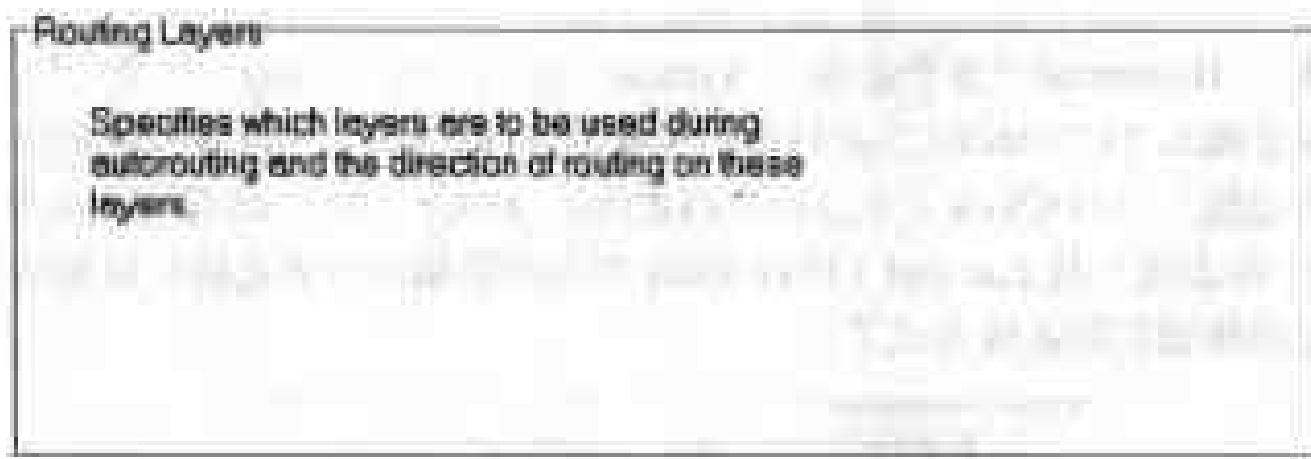


图 9-20 Routing Layers 说明

布线规则设置对话框的下方的区域显示了有关 Routing Layers 设计规则的项目、相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details) 以及版层 (Layer)。我们可以单击底下的

Add...

按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-21 所示的编辑对话框; 单击

Delete

按钮删除所选择的规定; 或单击

Properties...

按钮, 屏幕弹出如图 9-21 所示的编辑对话框, 可以编辑所选规则。

图 9-21 所示的编辑对话框中有两个选择项, 解释如下:

1) **Filter kind 选择项。**此选择项是设置这项规则的适用范围, 单击右端的下拉式按钮列表框, 包括 Whole Board (整个电路版)、Layer (版层)、Net Class (网络群组)、Net (网络)、

From-To Class (点对点连接线群组)、From-To (点对点连接线)、Region (区域)。选择不同的选项将会使本栏位下方出现不同的栏位, 所有选项在前面已介绍过了, 不再重复。

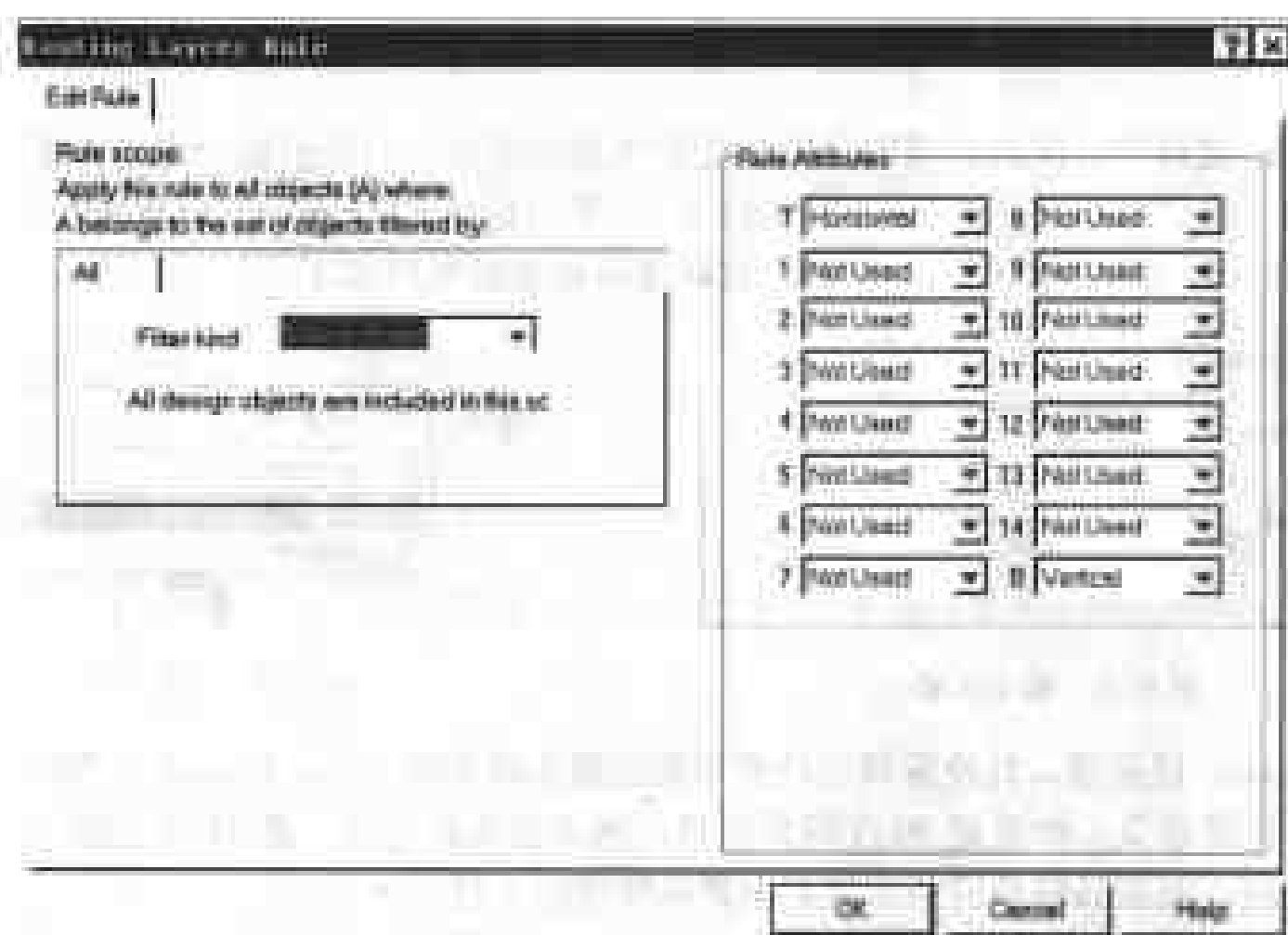


图 9-21 编辑对话框

2) Rule Attributes 区域。此区域用来设置各个版层的走线方式, 共有 16 个布线版层设置项, 单击设置项右端的下拉式按钮, 显示如图 9-22 所示的下拉列表, 其中各项包括 Not Used (该层不走线)、Horizontal (水平走线)、Vertical (垂直走线)、Any (任意走线)、1 O'Clock (一点钟方向走线)、2 O'Clock (二点钟方向走线)、3 O'Clock (三点钟方向走线)、4 O'Clock (四点钟方向走线)、5 O'Clock (五点钟方向走线)、45 Up (向上 45 度方向走线)、45 Down (向下 45 度方向走线) 及 Fan Out (针对 SMD 焊点的以扇出方式走线) 只能适用于单层板, 这时就可指定布线版层即走线方式了。

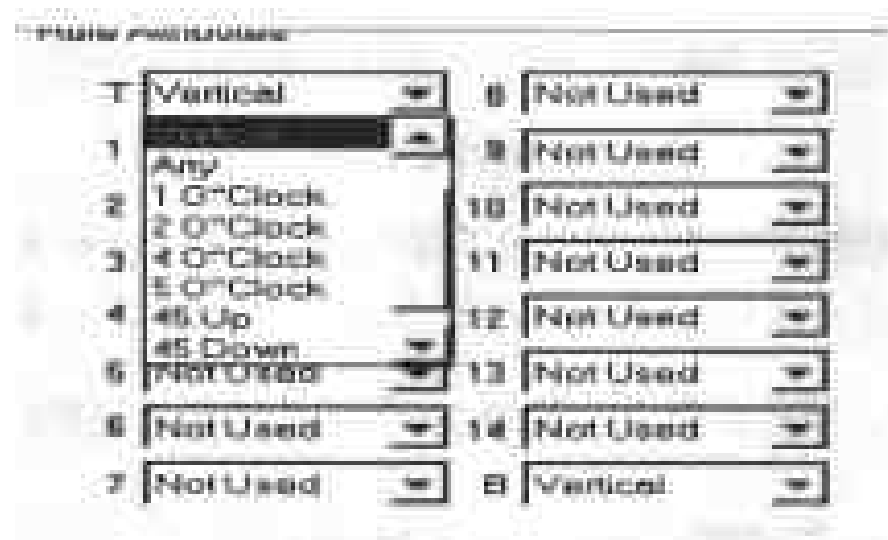


图 9-22 布线属性走线方式下拉式列表

(4) Routing Priority (布线优先次序) 规则设置

此设计规则用于设置布线优先次序, 选择本项后, 右上角的区块中显示其说明如图 9-23 所示。

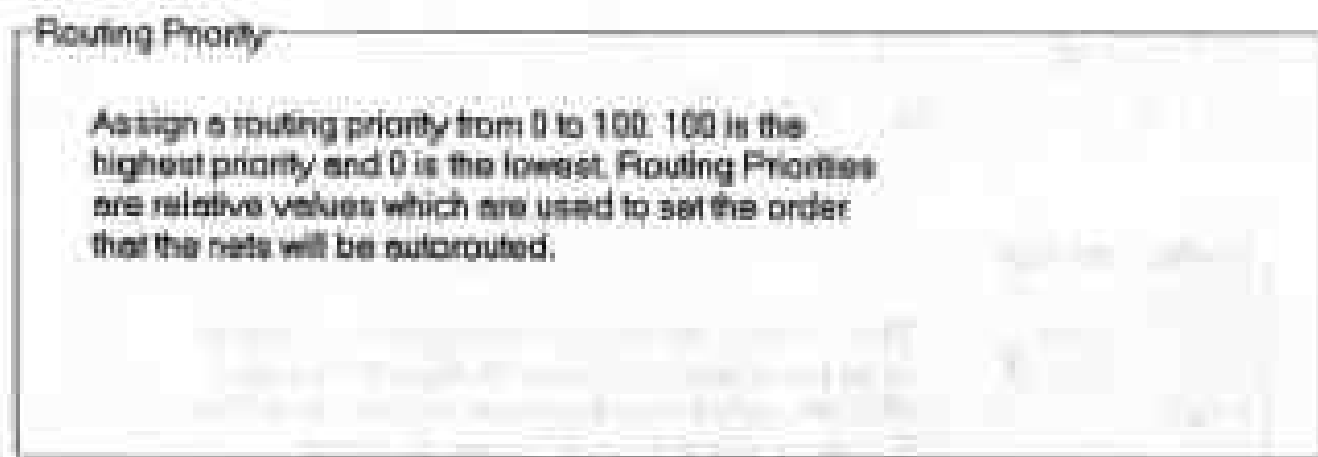


图 9-23 Routing Priority 说明

布线规则设置对话框的下方的区域显示了有关 Routing Priority 设计规则的项目、相关规定的适用范围（Scope）、内容（Details）以及优先次序（Priority）。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定，屏幕会弹出如图 9-24 所示的编辑对话框；单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定；或单击 **Properties...** 按钮，屏幕弹出如图 9-24 所示的编辑对话框。

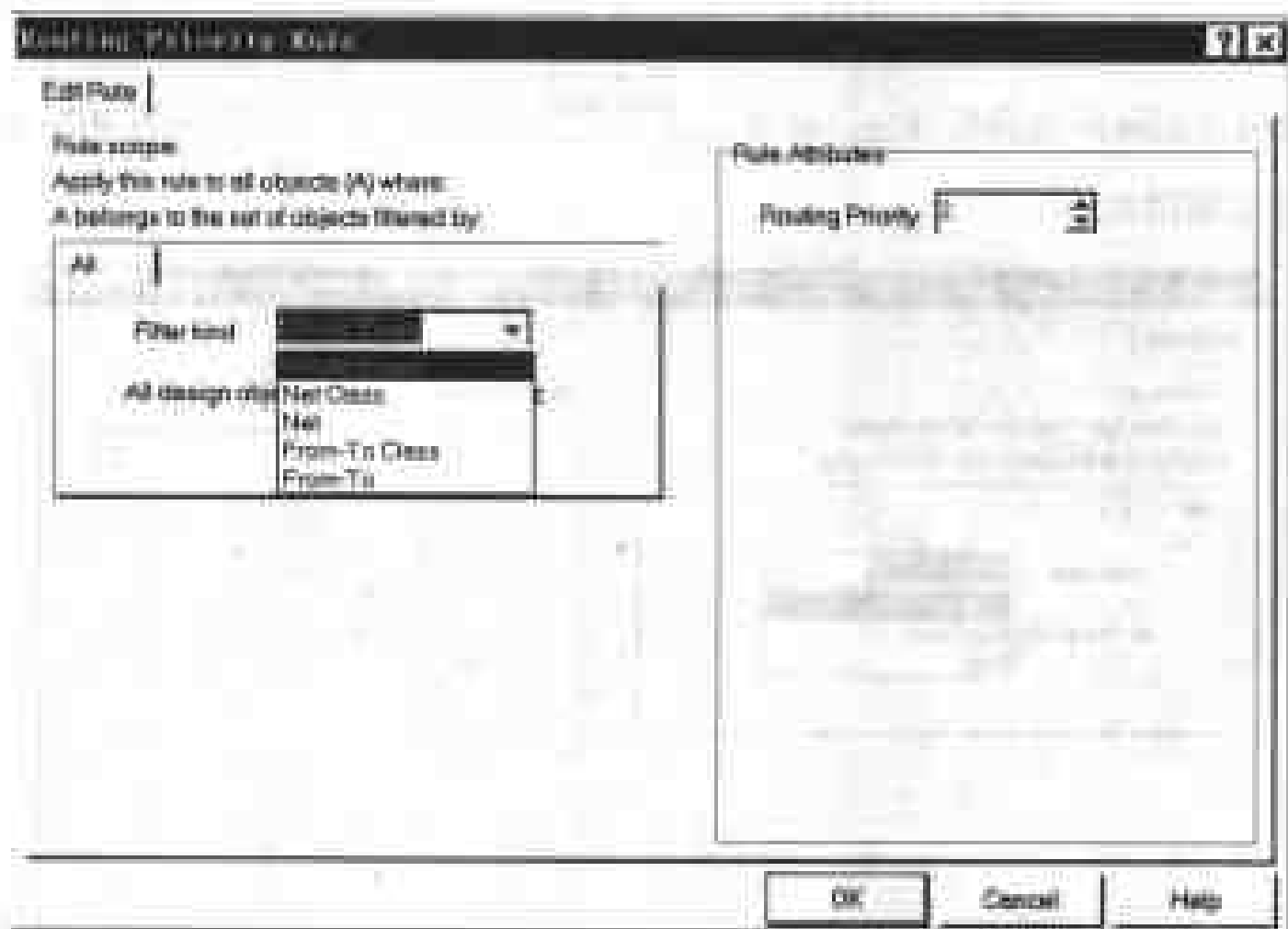


图 9-24 编辑对话框

该对话框中有两个选择项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项的是设置这项规则的适用范围，单击右端的下拉式按钮列表框，包括 Whole Board（整个电路板）、Net Class（网络群组）、Net（网络）、From-To Class（点对点连接线群组）、From-To（点对点连接线）。选择不同的选项将会使本栏位下方出现不同的栏位，所有选项在前面已介绍过了，不再重复。
- 2) Rule Attributes 选择项。此选择项用来设置布线的优先次序，其设定范围从 0 到 100，依次优先。

(5) Routing Topology (飞线生成的拓扑规则) 规则设置

此设计规则用于选择飞线生成的拓扑规则, 选择本项后, 右上角的区块中显示其说明如图 9-25 所示。

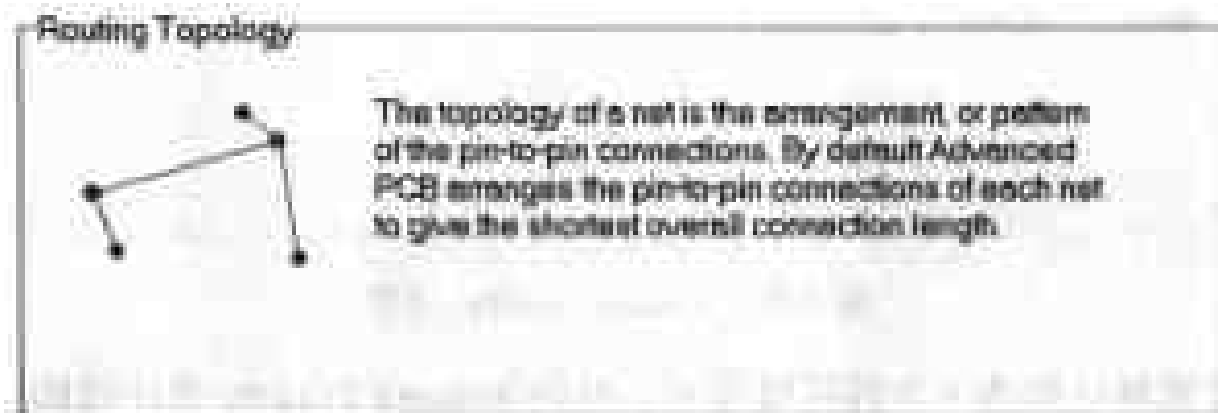


图 9-25 Routing Topology 说明

布线规则设置对话框的下方的区域显示了有关 Routing Topology 设计规则的项目、相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details) 以及飞线生成的拓扑规则 (Topology)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-26 所示的编辑对话框; 单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定; 或单击 **Properties...** 按钮, 屏幕弹出如图 9-26 所示的编辑对话框, 可以编辑所选规则。

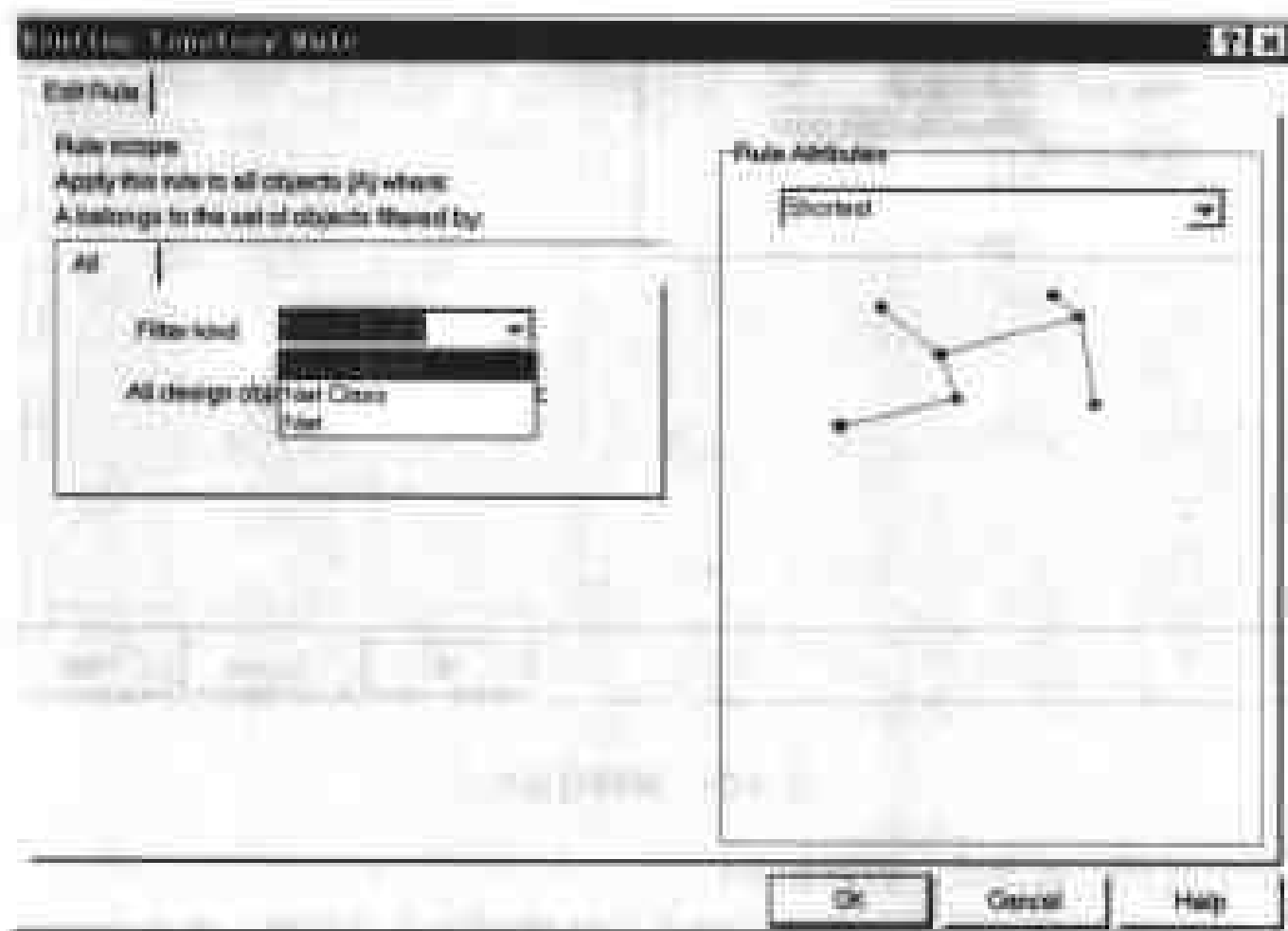


图 9-26 编辑对话框

图 9-26 所示的编辑对话框中有两个选择项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项是设置这项规则的适用范围, 单击右端的下拉式按钮列表框, 包括 Whole Board (整个电路版)、Net Class (网络群组)、Net (网络), 选择不同的选项将会使本栏位下方出现不同的栏位, 所有选项在前面已介绍过了, 不再重复。

2) Rule Attributes 选择项。此选择项用来飞线生成的拓扑规则，单击设置项右端的下拉式按钮，显示如图 9-27 所示的下拉列表，系统提供 7 种生成飞线的拓扑规则，其中包括 Shortest（采用最短路径图 9-28a）、Horizontal（采用水平图 9-28b）、Vertical（采用垂直图 9-28c）、Daisy-Simple（采用简单的菊状图 9-28d）、Daisy-MidDriven（采用由中间往外的菊状图 9-28e）、Daisy-Balanced（采用平衡式菊状图 9-28f）及 Starburst（采用放射状菊状图 9-28g）拓扑规则。

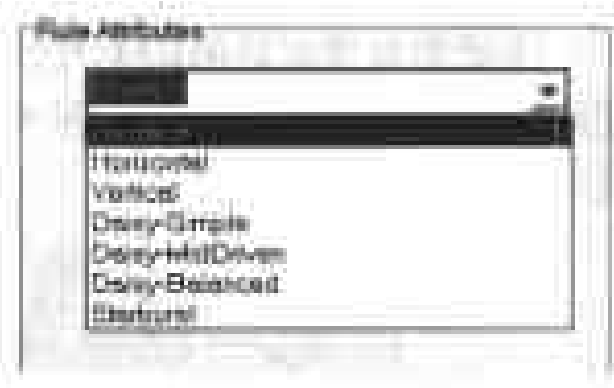


图 9-27 拓扑规则下拉式列表

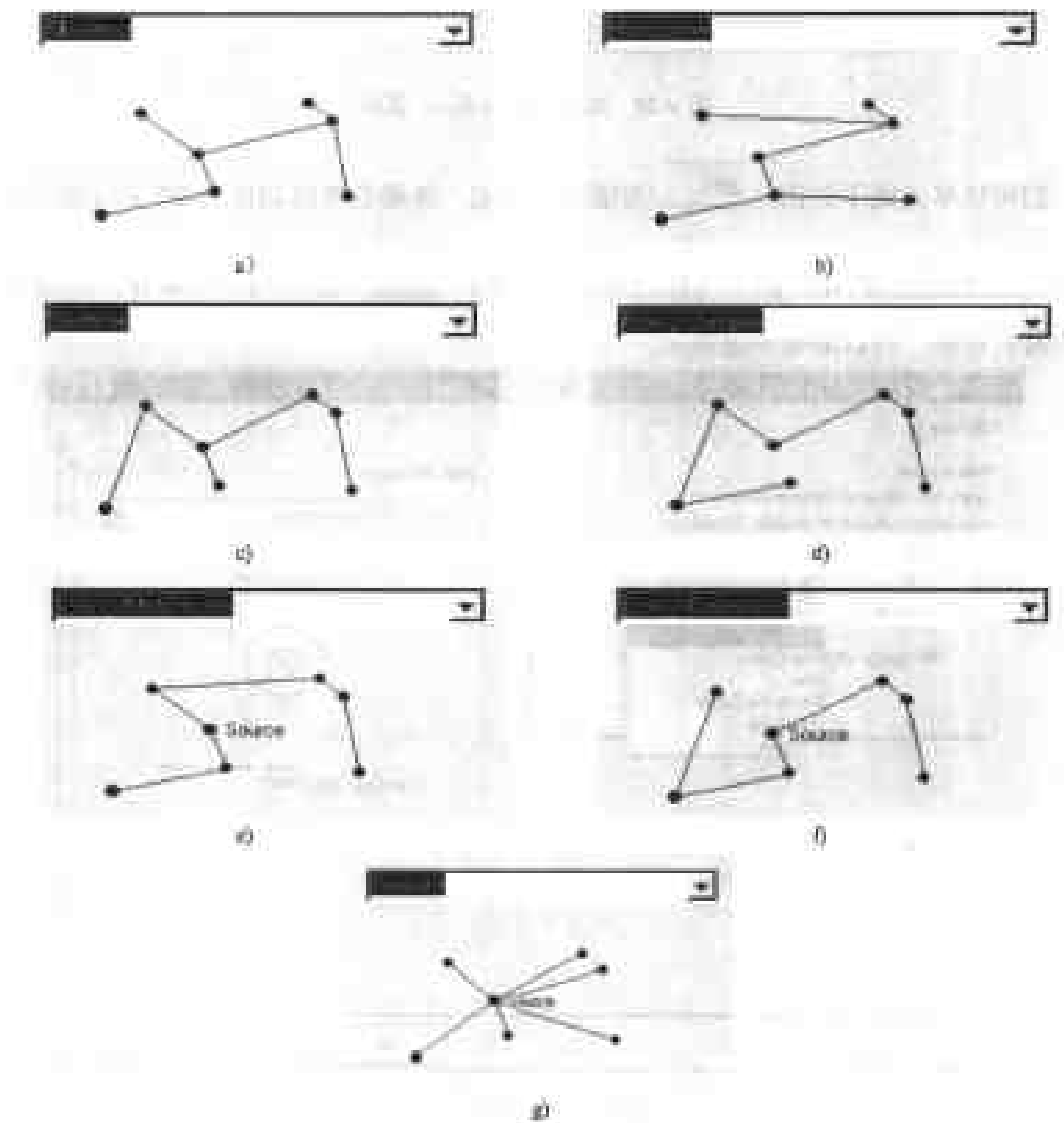


图 9-28 拓扑规则

- a) Shortest 拓扑规则 b) Horizontal 拓扑规则 c) Vertical 拓扑规则 d) Daisy Simple 拓扑规则
e) Daisy Mid-Driven 拓扑规则 f) Daisy Balanced 拓扑规则 g) Star Burst 拓扑规则

(6) Routing Via Style（导孔形式）规则设置

此设计规则用于设置导孔形式, 选择本项后, 右上角的区块中显示其说明如图 9-29 所示。布线规则设置对话框的下方的区域显示了有关 Routing Via Style 设计规则的项目、相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details)、钻孔大小 (Hole Size)、导孔宽度 (Width) 以及导孔形式 (Style)。

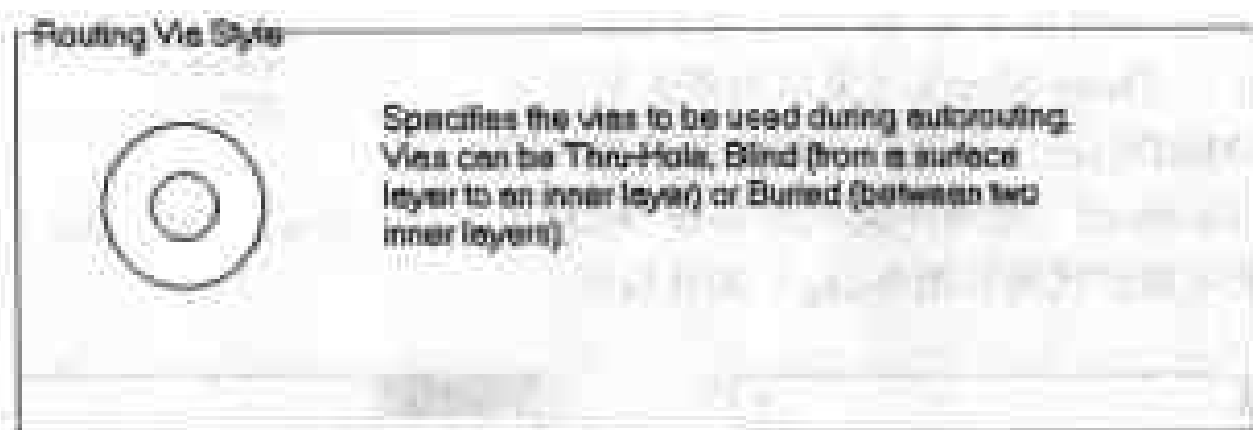


图 9-29 Routing Via Style 说明

我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-30 所示的编辑对话框; 单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定; 或单击 **Properties...** 按钮, 屏幕弹出如图 9-30 所示的编辑对话框, 可以编辑所选规则。

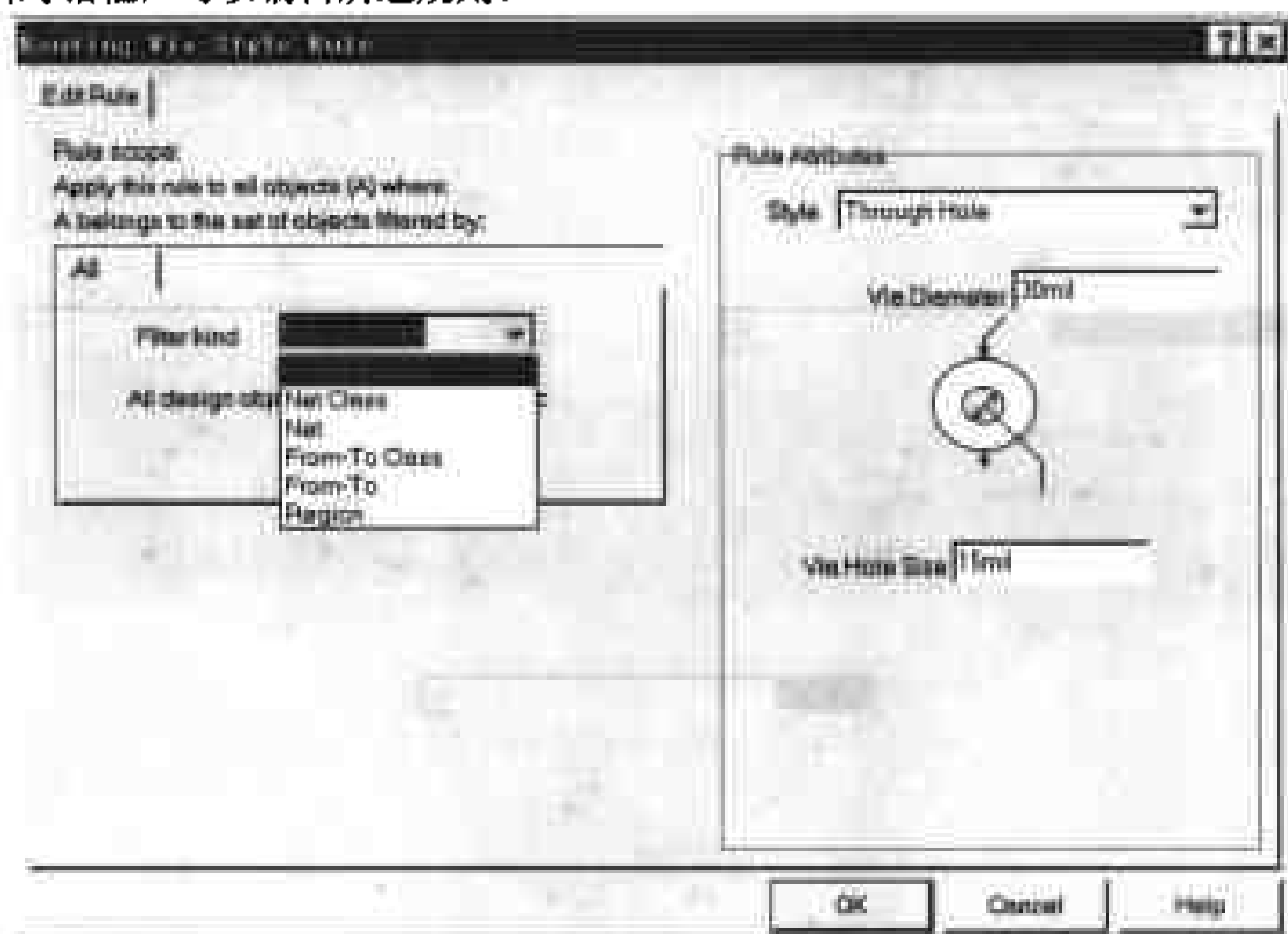


图 9-30 编辑对话框

图 9-30 所示的编辑对话框中有 4 个选择项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项是设置这项规则的适用范围, 单击右端的下拉式按钮列表框, 包括 Whole Board (整个电路版)、Layer (版层)、Net Class (网络群组)、Net (网络)、From-To Class (点对点连接线群组)、From-To (点对点连接线)、Region (区域), 选择不同

的选项将会使本栏位下方出现不同的栏位, 所有选项在前面已介绍过了, 不再重复。

2) Style 选择项。此选择项用来设置导孔形式, 单击设置项右端的下拉式按钮, 显示如图 9-31 所示的下拉列表, 其中各项包括 Through Hole (穿头是导孔)、Blind Buried (Adjacent Layers) (半隐藏式导孔及 Blind Buried (Any Layer Pair) (隐藏是导孔), 这时就可指定导孔形式。

3) Via Diameter 设置项。此设置项用于设置导孔直径。

4) Via Hole Size 设置项。此设置项用于设置导孔的通孔直径。

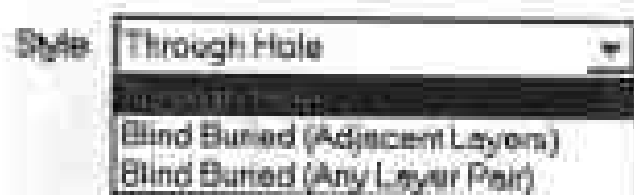


图 9-31 导孔形式下拉式列表

(7) SMD To Corner Constraint (表面安装零件距角的距离) 规则设置

此设计规则用于设置 SMD 零件距角的距离, 选择本项后, 布线规则设置对话框的下方的区域显示了有关 SMD To Corner Constraint 设计规则的项目、相关规定的适用范围 (Scope)、以及距离 (Distance)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-32

所示的编辑对话框; 单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定; 或单击 **Properties...** 按钮, 屏幕弹出如图 9-32 所示的编辑对话框, 可以编辑所选规则。

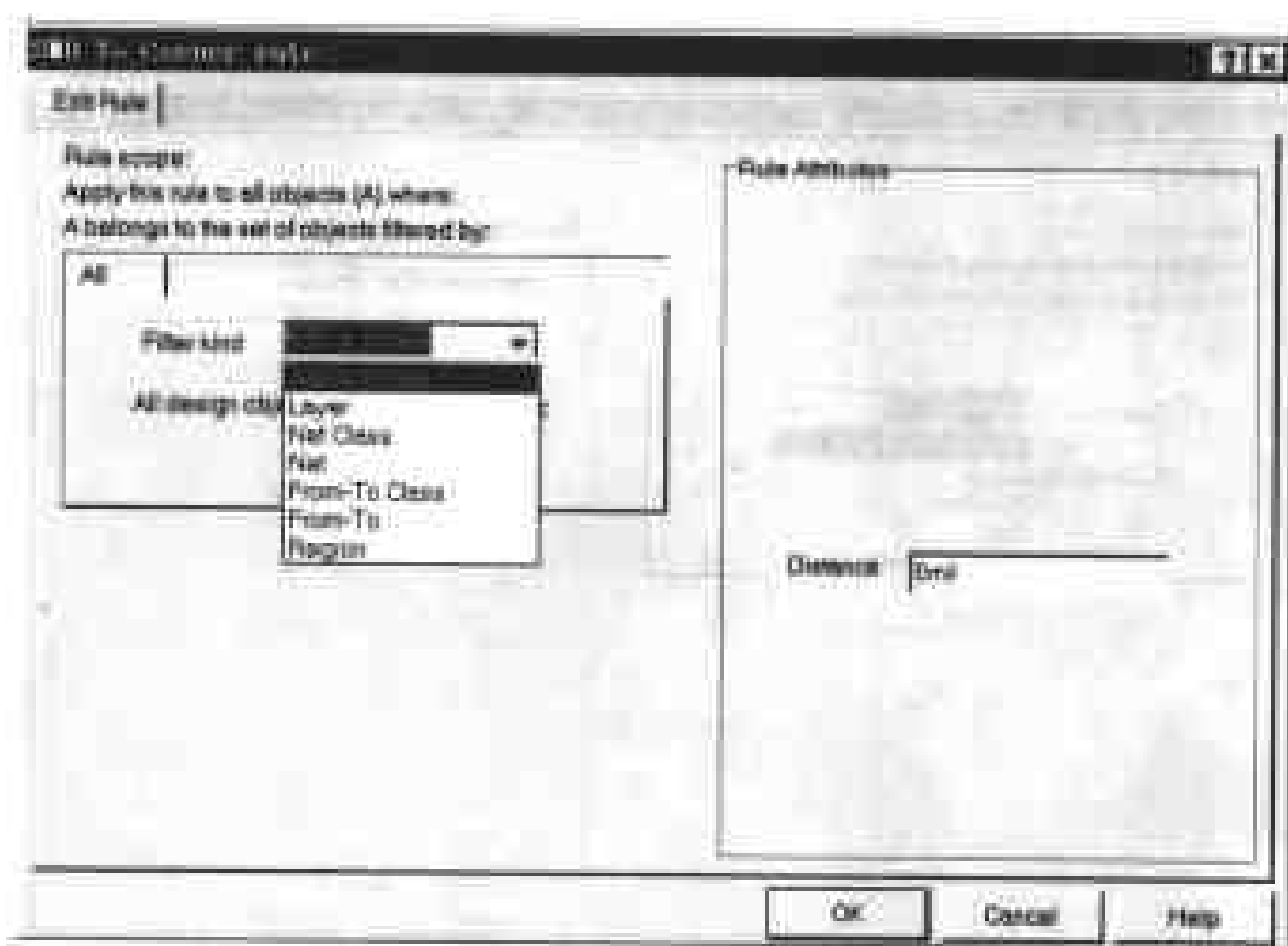


图 9-32 编辑对话框

图 9-32 所示的编辑对话框中有两个选择项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项是设置这项规则的适用范围, 单击右端的下拉式按钮列表框, 包括 Whole Board (整个电路版)、Layer (版层)、Net Class (网络群组)、Net (网络)、From-To Class (点对点连接线群组)、From-To (点对点连接线)、Region (区域), 选择不同

的选项将会使本栏位下方出现不同的栏位，所有选项在前面已介绍过了，不再重复。

2) Distance 设置项。此设置项用于设置表面安装零件的距角的距离。

(8) Width Constraint (导线宽度) 规则

此设计规则用于设置导线宽度，选择本项后，右上角的区域中显示其说明如图 9-33 所示。布线规则设置对话框的下方的区域显示了有关 Width Constraint 设计规则的项目、相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details)、最大线宽 (Maximum) 以及最小线宽 (Minimum)。

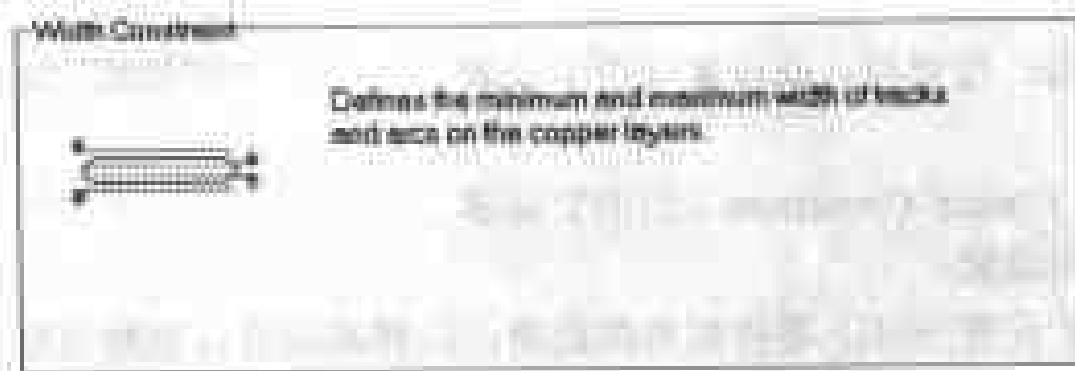


图 9-33 Width Constraint 说明

我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定，屏幕会弹出如图 9-34 所示的编辑对话框；单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定；或单击 **Properties...** 按钮，屏幕弹出如图 9-34 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

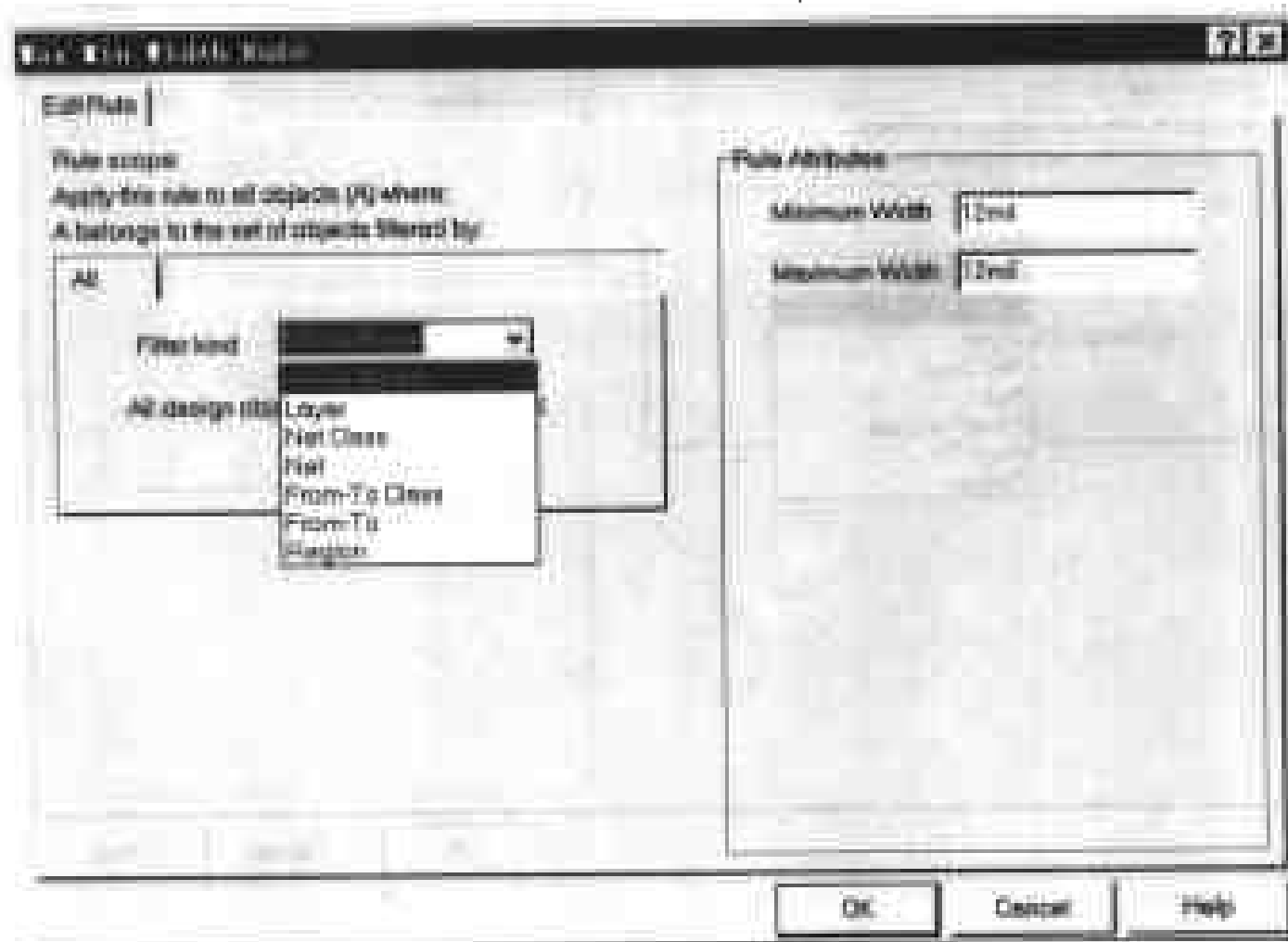


图 9-34 编辑对话框

图 9-34 所示的编辑对话框中有 4 个选择项，解释如下：

1) Filter kind 选择项。此选择项是设置这项规则的适用范围，单击右端的下拉式按钮列表框，包括 Whole Board (整个电路版)、Layer (版层)、Net Class (网络群组)、Net (网络)、

From-To Class (点对点连接线群组)、From-To (点对点连接线)、Region (区域), 选择不同的选项将会使本栏位下方出现不同的栏位, 所有选项在前面已介绍过了, 不再重复。

2) Maximum 设置项。此设置项用来设置该导线的最大线宽。

3) Minimum 设置项。此设置项用来设置该导线的最小线宽。

2. 与制作有关的设计规则

在如图 9-35 的 Manufacturing 页中, 包括下列设计规则:



图 9-35 Manufacturing 页

(1) Acute Angle Constraint (最小夹角) 规则设置

此设计规则设置具有电气特征的导线之间的夹角。选择本项后, 在右上角区块中的说明如图 9-36 所示。

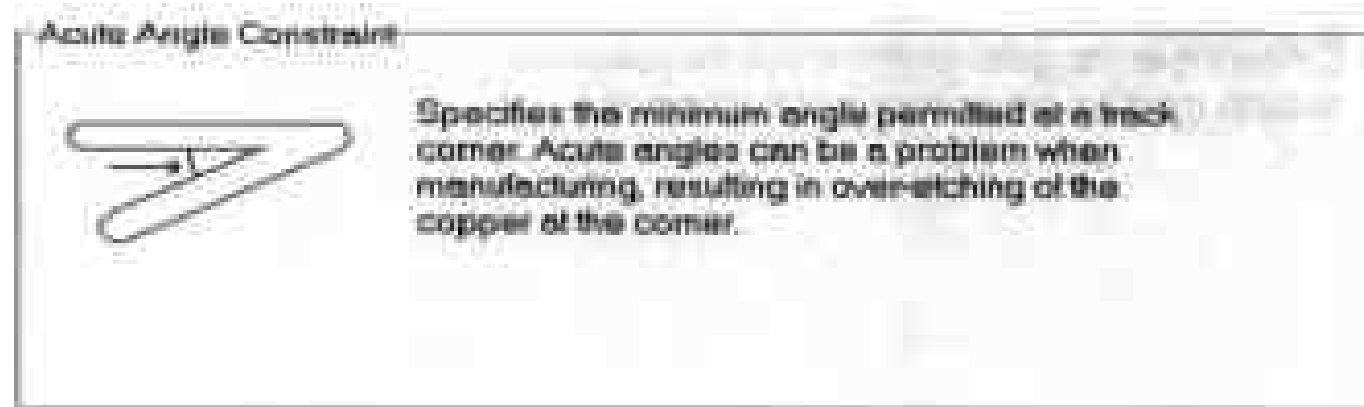


图 9-36 Acute Angle Constraint 说明

在对话框下方的区块中, 显示出有关此设计规则的项目, 相关规定的适用范围 (Scope 栏位)、内容 (Details 栏位) 及最小夹角值 (Minimum)。我们可以单击底下的 **Add...**

按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-37 所示的编辑对话框; 单击 **Delete** 按钮删除所选择

的规定；或单击 **Properties...** 按钮，屏幕弹出如图 9-37 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

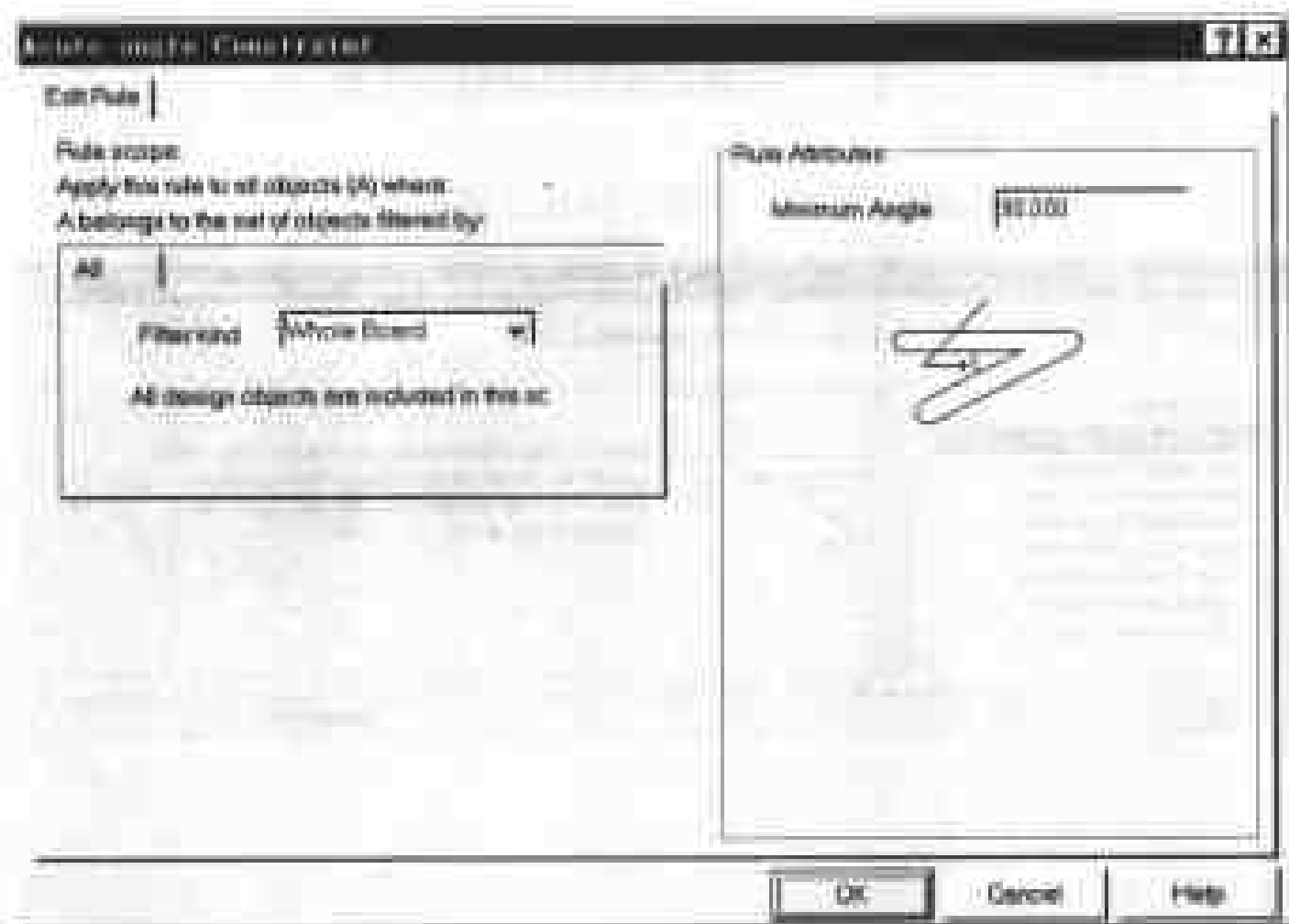


图 9-37 规则编辑对话框

图 9-37 所示的编辑对话框中有两个选择项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Minimum Angle 设置项。此设置项用来设置最小夹角值。

(2) Confinement Constraint (边界) 规则设置

此设计规则设置图件必须在指定区域内或指定区域外。选择本项后，在右上角区块中的说明如图 9-38 所示。

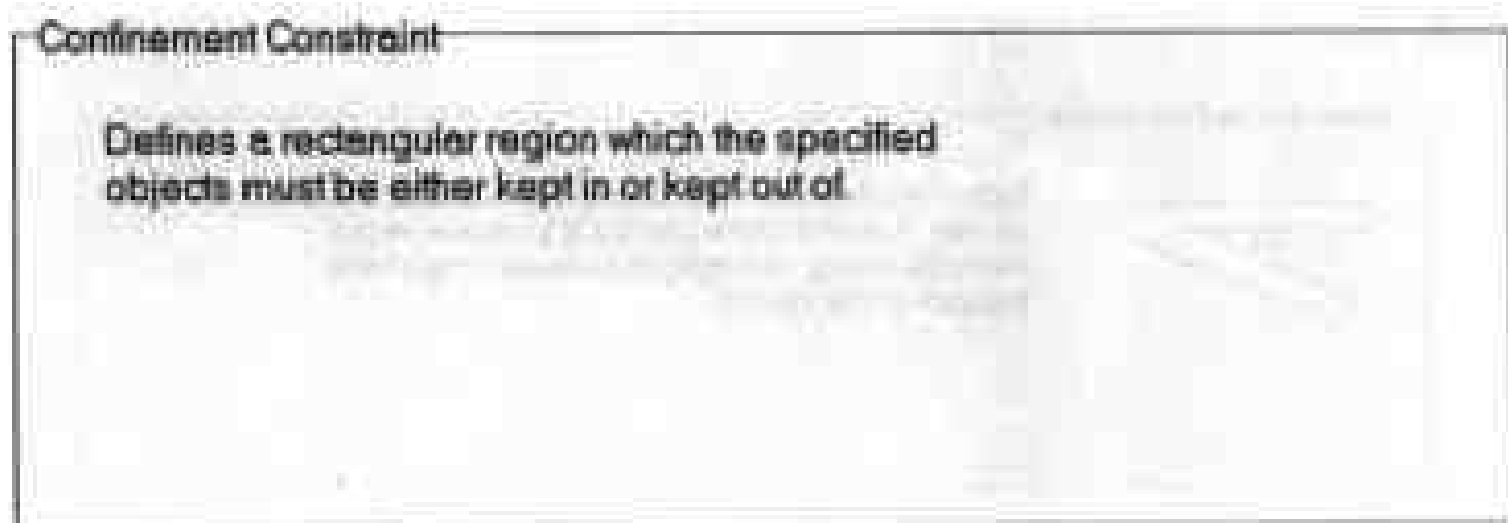


图 9-38 Confinement Constraint 说明

在对话框下方的区块中，显示出有关此设计规则的项目，相关规定的适用范围 (Scope)、区域 (Region) 及形式 (Style)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定，屏幕会弹

出如图 9-39 所示的编辑对话框；单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定；或单击 **Properties...** 按钮，屏幕弹出如图 9-39 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

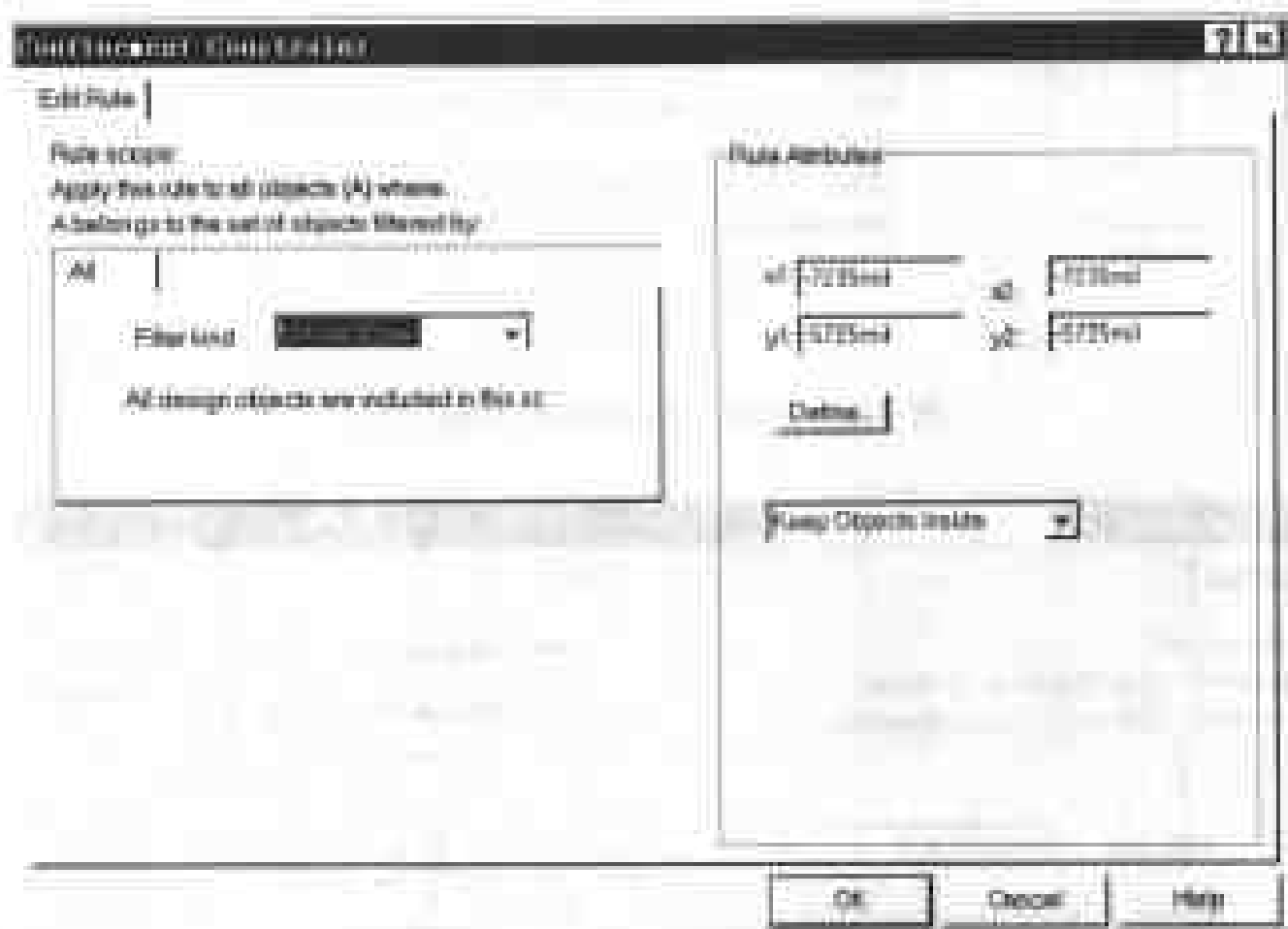


图 9-39 Confinement Constraint 规则编辑对话框

图 9-39 所示的编辑对话框中有两个选择项，解释如下：

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。

2) x1, y1, x2, y2 设置项。此设置项用以设置矩形区域对角线上的两个点坐标。如果以坐标定义不方便的话，可单击 **Define...** 按钮，然后在实际画面上定义。

3) Type 设置项。此设置项用来设置此区域的类型。单击右端的下拉式按钮，将出现如图 9-40 所示的下拉式列表，其包括两项，分别用来设定图件在所定义的区域内外。

此设计规则设置焊点或导孔与其通孔的最小直径差。选择本项后，在右上角区块中的说明如图 9-41 所示。



图 9-40 设置区域类型的下拉式列表

(3) Minimum Annular Ring (最小直径差) 规则设置

此设计规则设置图件焊点或导孔与其通孔的最小直径差。选择本项后，在右上角区块中的说明如图 9-41 所示。

在对话框下方的区块中，显示出有关此设计规则的项目，相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details) 及最小宽度 (Minimum)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定，

屏幕会弹出如图 9-42 所示的编辑对话框；单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定；或单击

Properties...

按钮，屏幕弹出如图 9-42 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

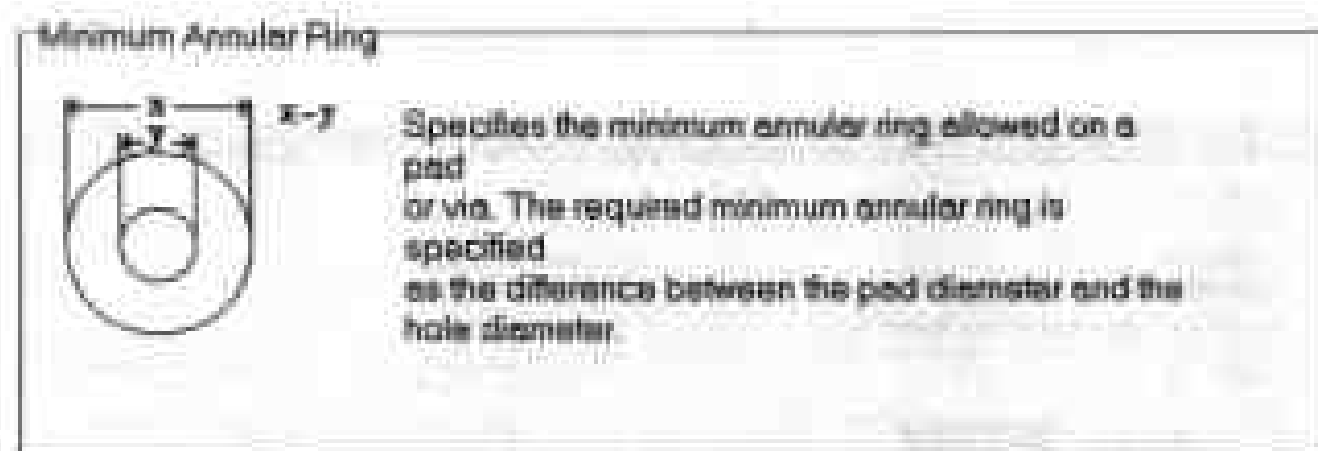


图 9-41 Minimum Annular Ring 说明

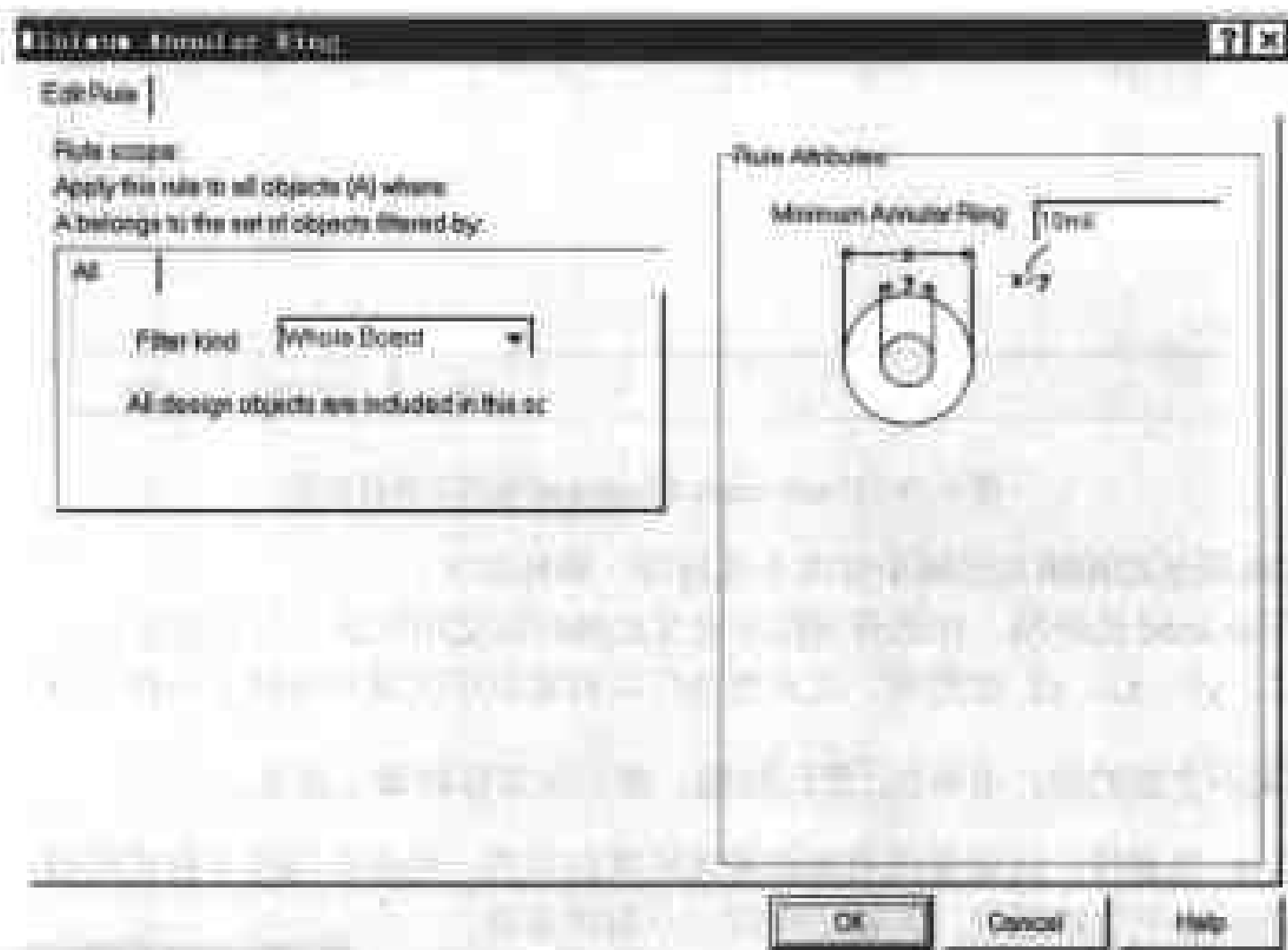


图 9-42 Minimum Annular Ring 规则编辑对话框

图 9-42 所示的编辑对话框中有两个选择项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Minimum Annular Ring 设置项。此设置项用以设置最小直径差。

(4) Paste Mask Expansion (SMD 焊点的延伸量) 规则设置

此设计规则设置 SMD 焊点的延伸量。选择本项后，在右上角区块中的说明如图 9-43 所示。

在对话框下方的区块中，显示出有关此设计规则的项目，相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details) 及延伸量 (Expansion)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定，屏

幕会弹出如图 9-44 所示的编辑对话框；单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定；或单击

Properties... 按钮，屏幕弹出如图 9-44 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

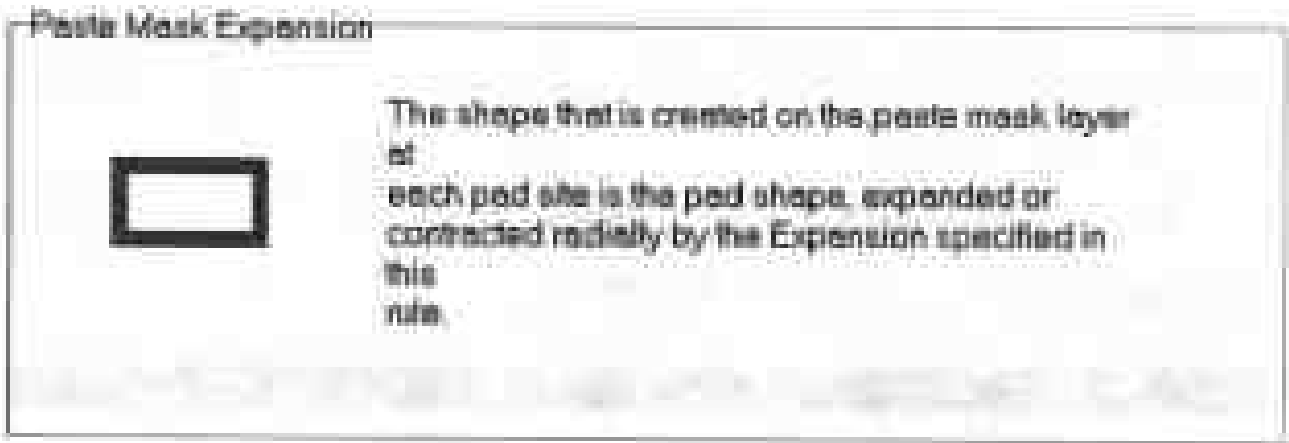


图 9-43 Paste Mask Expansion 说明

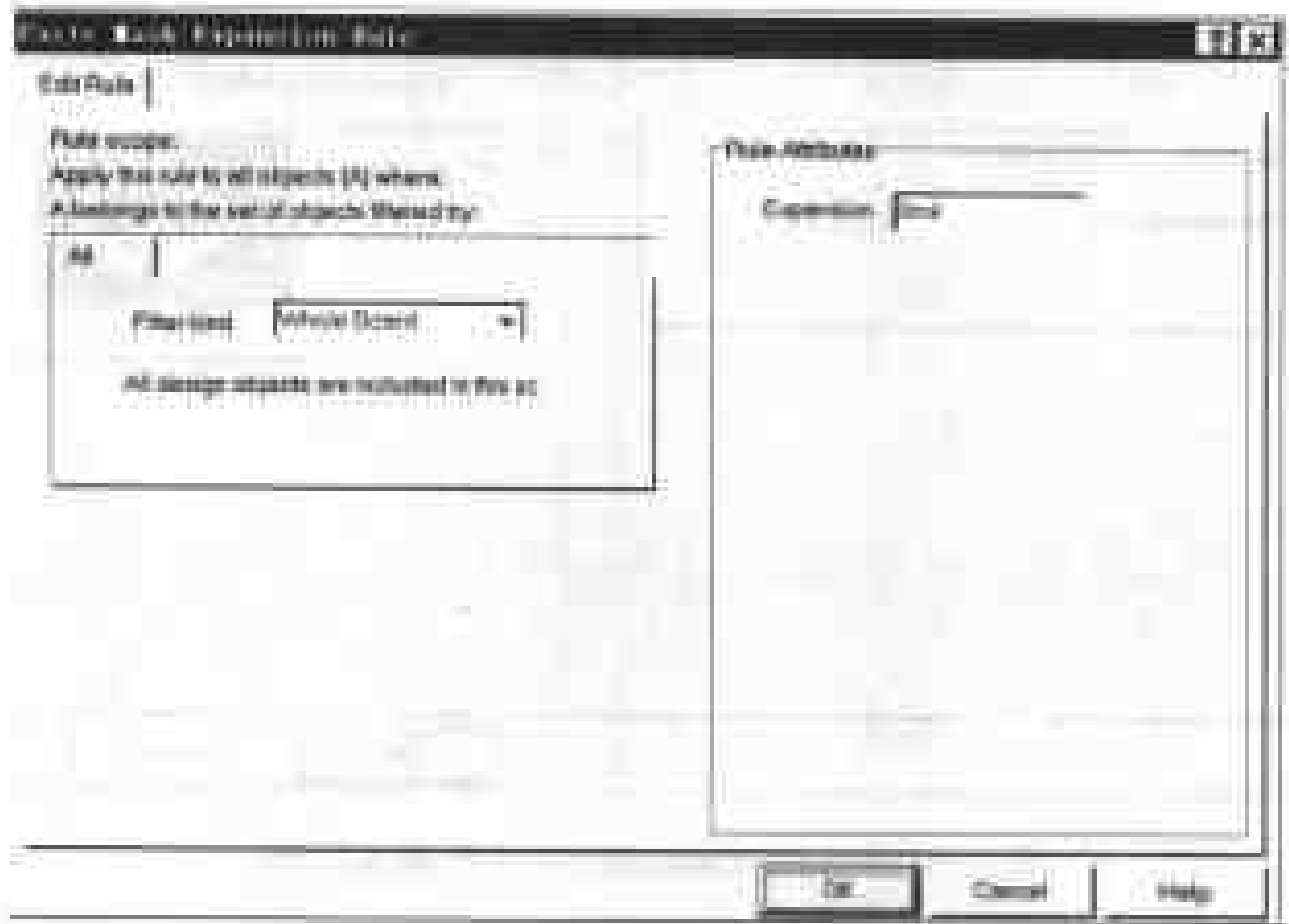


图 9-44 Paste Mask Expansion 规则编辑对话框

- 图 9-44 所示的编辑对话框中有三个选择项，解释如下：
- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
 - 2) Expansion 设置项。此设置项用以设置 SMD 焊点的延伸量。

(5) Polygon Connect Style (铺铜连接方式) 规则设置

此设计规则设置铺铜与焊点的连接方式。选择本项后，在右上角区块中的说明如图 9-45 所示。

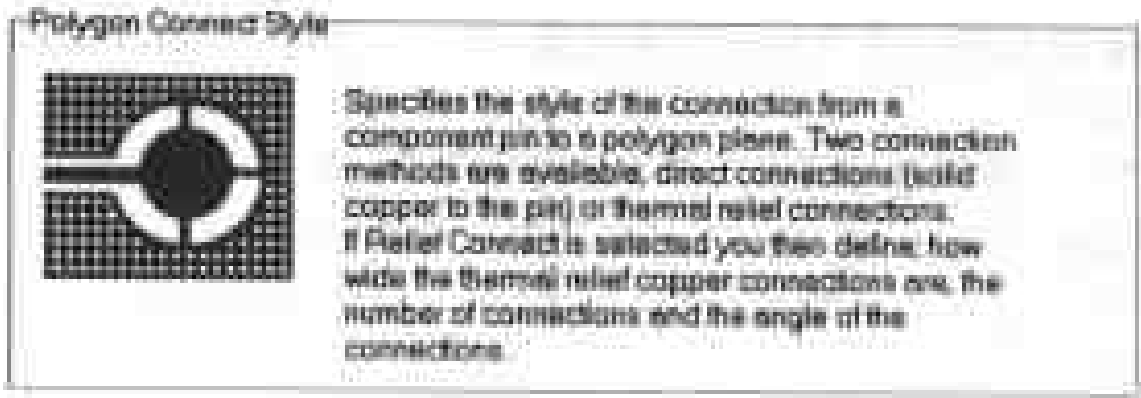


图 9-45 Polygon Connect Style 说明

在对话框下方的区块中, 显示出有关此设计规则的项目, 相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details)、连接方式 (Connect Style)、宽度 (Width)、连接线数 (Entries) 及连接线的角度 (Angle)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-46 所示的编辑对话框; 单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定; 或单击 **Properties...** 按钮, 屏幕弹出如图 9-46 所示的编辑对话框, 可以编辑所选规则。

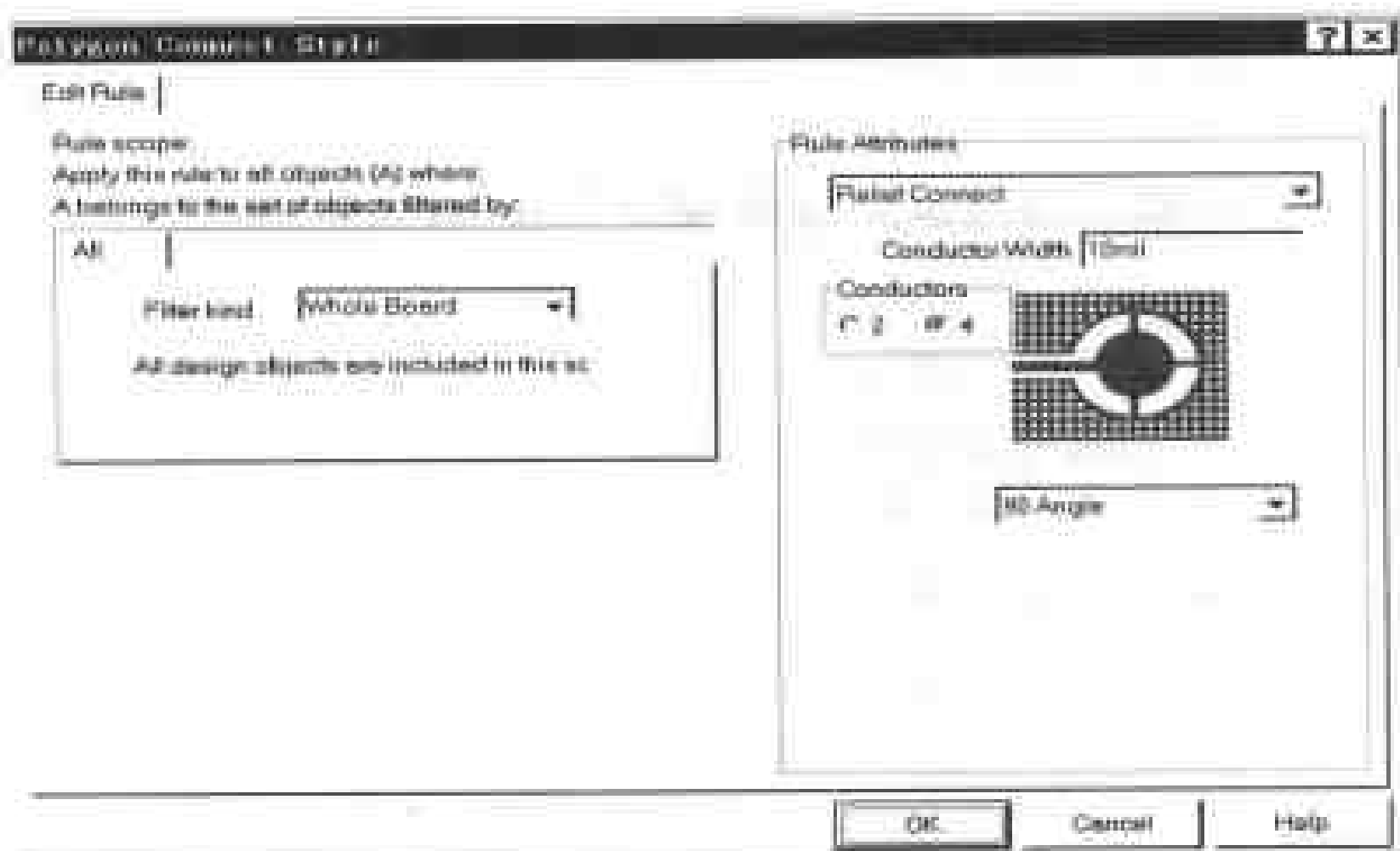


图 9-46 Polygon Connect Style 规则编辑对话框

图 9-46 所示的编辑对话框中有 5 个选择项, 解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。
- 2) Connect Style 选择项。此选择项用以设置铺铜与焊点的连接方式。单击右端的下拉式按钮, 将出现如图 9-47 所示的下拉式列表, 其中包括两个选项, 即 Relief Connect (辐射方式) 和 Direct Connect (直接方式)。如果选择 Direct Connect, 以下的几个设置将消失。
- 3) Conductor Width (连线的宽度) 设置项。此设置项用来设置连接线的宽度。
- 4) Conductors 设置项。此设置项用来设置连线的数量, 2 或 4 个。
- 5) Angle 设置项。此设置项用来设置连接线的角度, 90 度或 45 度。



图 9-47 连接方式的下拉列表

(6) Power Plane Clearance (电源层安全距离) 规则设置

此设计规则设置电源版层与穿过它的焊点或导孔之间的安全距离。选择本项后, 在右上角区块中的说明如图 9-48 所示。

在对话框下方的区块中, 显示出有关此设计规则的项目, 相关规定的适用范围 (Scope)、

内容 (Details) 及最小间距 (Clearance)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-49 所示的编辑对话框; 单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定; 或单击 **Properties...** 按钮, 屏幕弹出如图 9-49 所示的编辑对话框, 可以编辑所选规则。

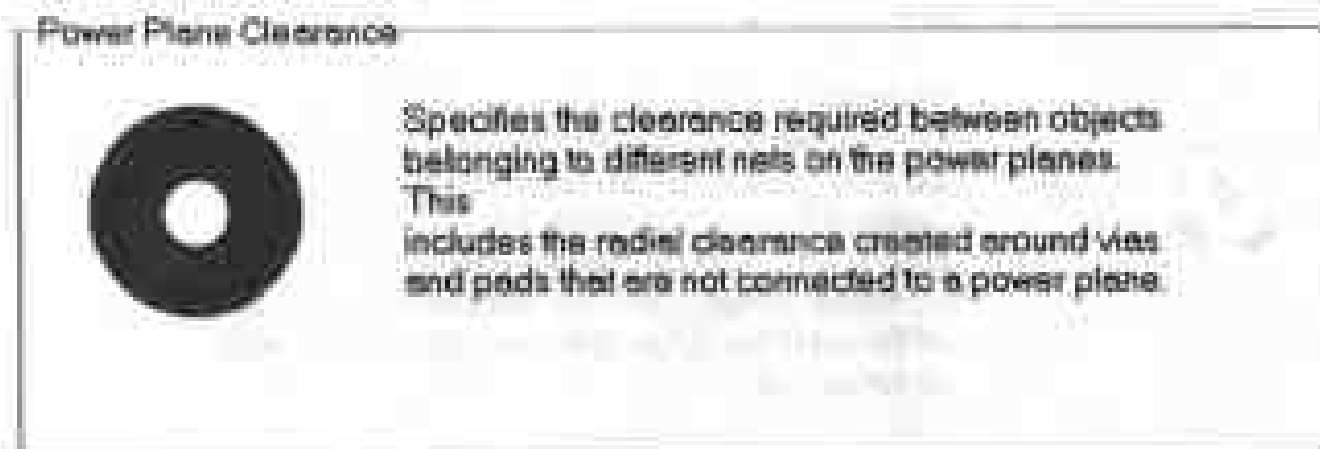


图 9-48 Power Plane Clearance 说明

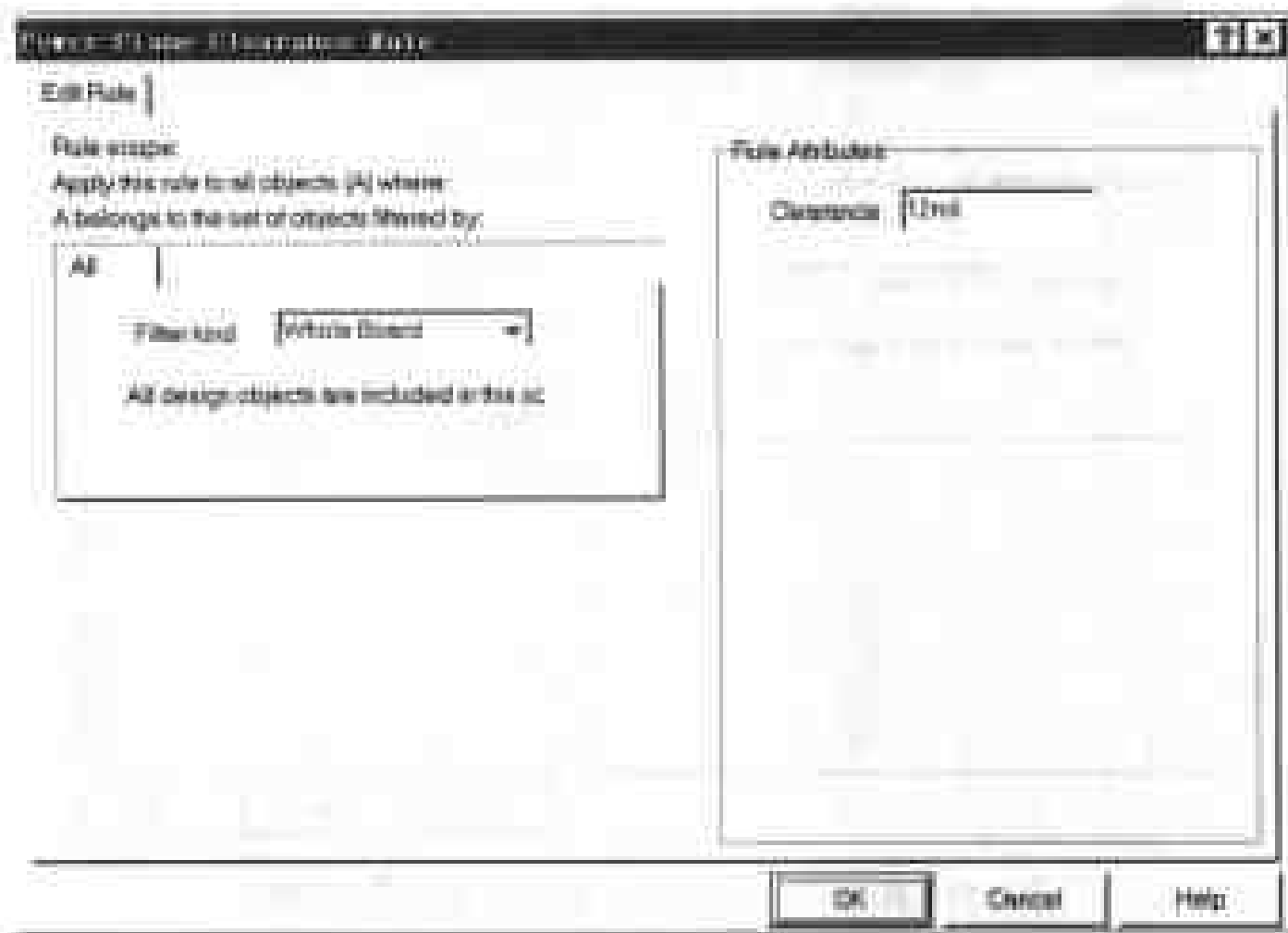


图 9-49 Power Plane Clearance 规则编辑对话框

图 9-49 所示的编辑对话框中有两个选择项, 解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。
- 2) Clearance 设置项。此设置项用以设置电源层与穿过它的焊点或导孔之间的安全距离。

(7) Power Plane Connect Style (电源层连接方式) 规则设置

此设计规则设置电源层与焊点、导孔等的连接方式。选择本项后, 在右上角区块中的说明如图 9-50 所示。

在对话框下方的区块中, 显示出有关此设计规则的项目, 相关规定的适用范围 (Scope)、

内容 (Details)、连接方式 (Connect Style)、延伸量 (Expansion)、宽度 (Width)、空隙 (Gap) 及连接线数 (Entries)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定, 屏幕会弹出如图 9-51

所示的编辑对话框; 单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定; 或单击 **Properties...** 按钮, 屏幕弹出如图 9-51 所示的编辑对话框, 可以编辑所选规则。

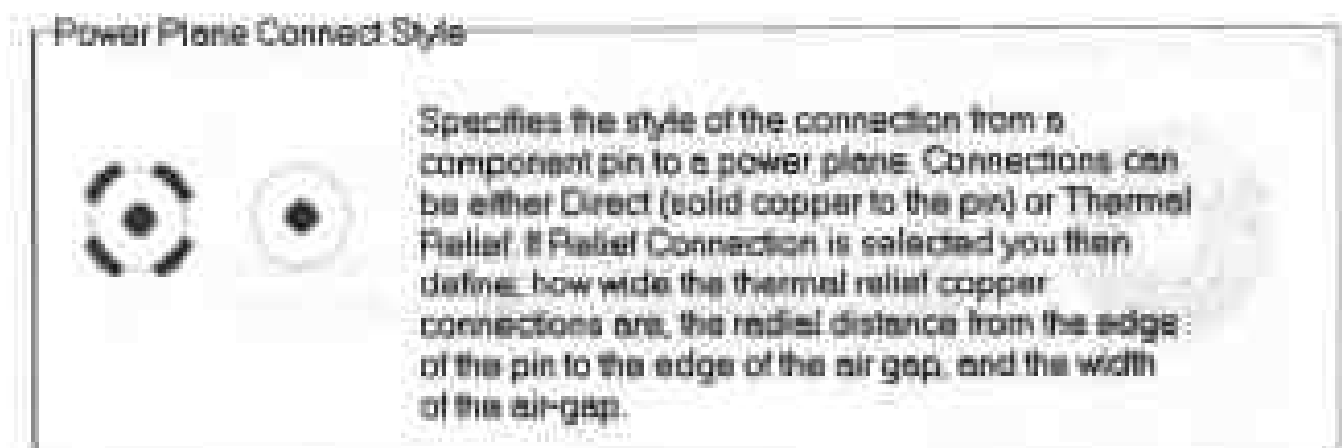


图 9-50 Power Plane Connect Style 说明

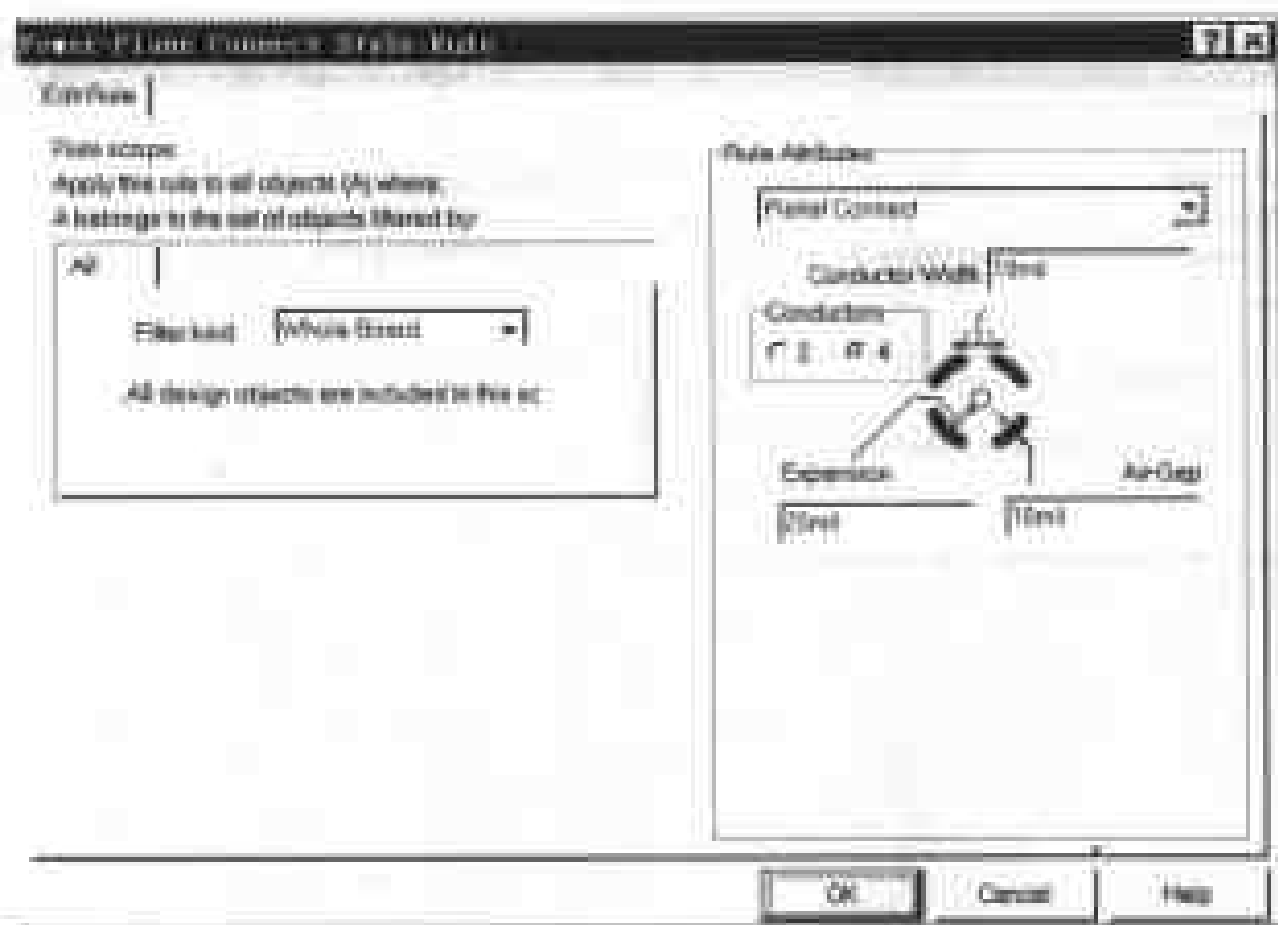


图 9-51 Power Plane Connect Style 规则编辑对话框

图 9-51 所示的编辑对话框中有 5 个选择项, 解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。
 - 2) Connect Style 选择项。此选择项用以设置铺铜与焊点的连接方式。单击右端的下拉式按钮, 将出现如图 9-52 所示的下拉式列表, 其中包括两个选项, 即 Relief Connect (辐射方式) 和 Direct Connect (直接方式)。如果选择 Direct Connect, 以下的几个设置将消失。
 - 3) Conductor Width 设置项。此设置项用来设置连接线的宽度。
 - 4) Conductors 设置项。此设置项用来设置连线的数量, 最多可获 4 个。
 - 5) Angle 设置项。此设置项用来设置连接线的角度, 90 度或 45 度。
- (8) Solder Mask Expansion (防焊层焊点延伸量) 规则设置

此设计规则设置防焊层焊点的延伸量。选择本项后，在右上角区块中的说明如图 9-53 所示。



图 9-52 连接方式的下拉列表

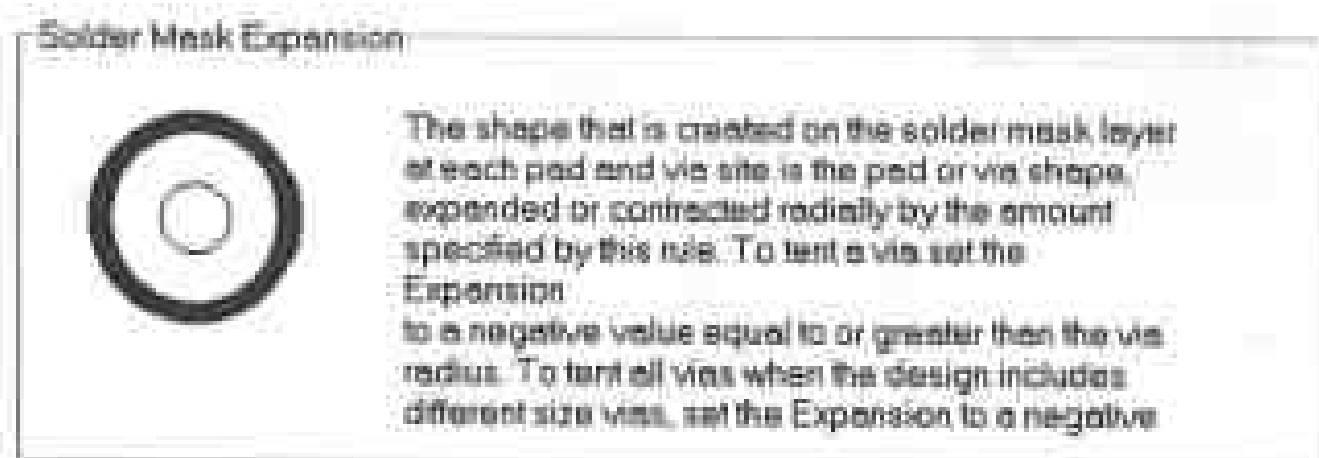


图 9-53 Solder Mask Expansion 说明

在对话框下方的区块中，显示出有关此设计规则的项目，相关规定的适用范围 (Scope)、内容 (Details) 及延伸量 (Expansion)。我们可以单击底下的 **Add...** 按钮新增规定，屏幕会弹出如图 9-54 所示的编辑对话框；单击 **Delete** 按钮删除所选择的规定；或单击 **Properties...** 按钮，屏幕弹出如图 9-54 所示的编辑对话框，可以编辑所选规则。

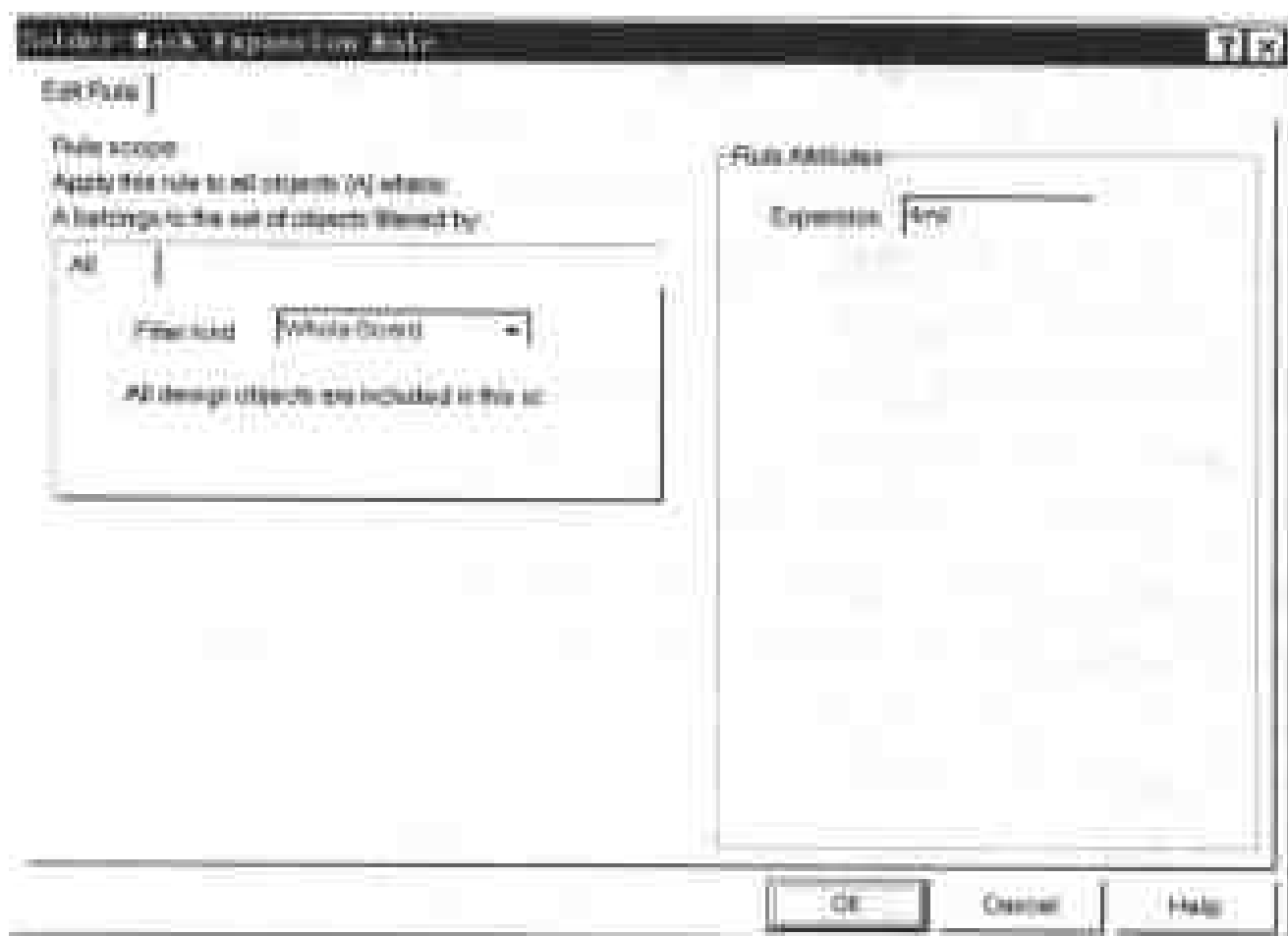


图 9-54 Solder Mask Expansion 规则编辑对话框

图 9-54 所示的编辑对话框中有 5 个选择项, 解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。
- 2) Expansion 设置项。此设置项用来设置最小的延伸量。
3. 与高频有关的设计规则

在如图 9-55 的 High Speed 页中, 包括 6 项设计规则, 下面将其设置项作一简要解释:

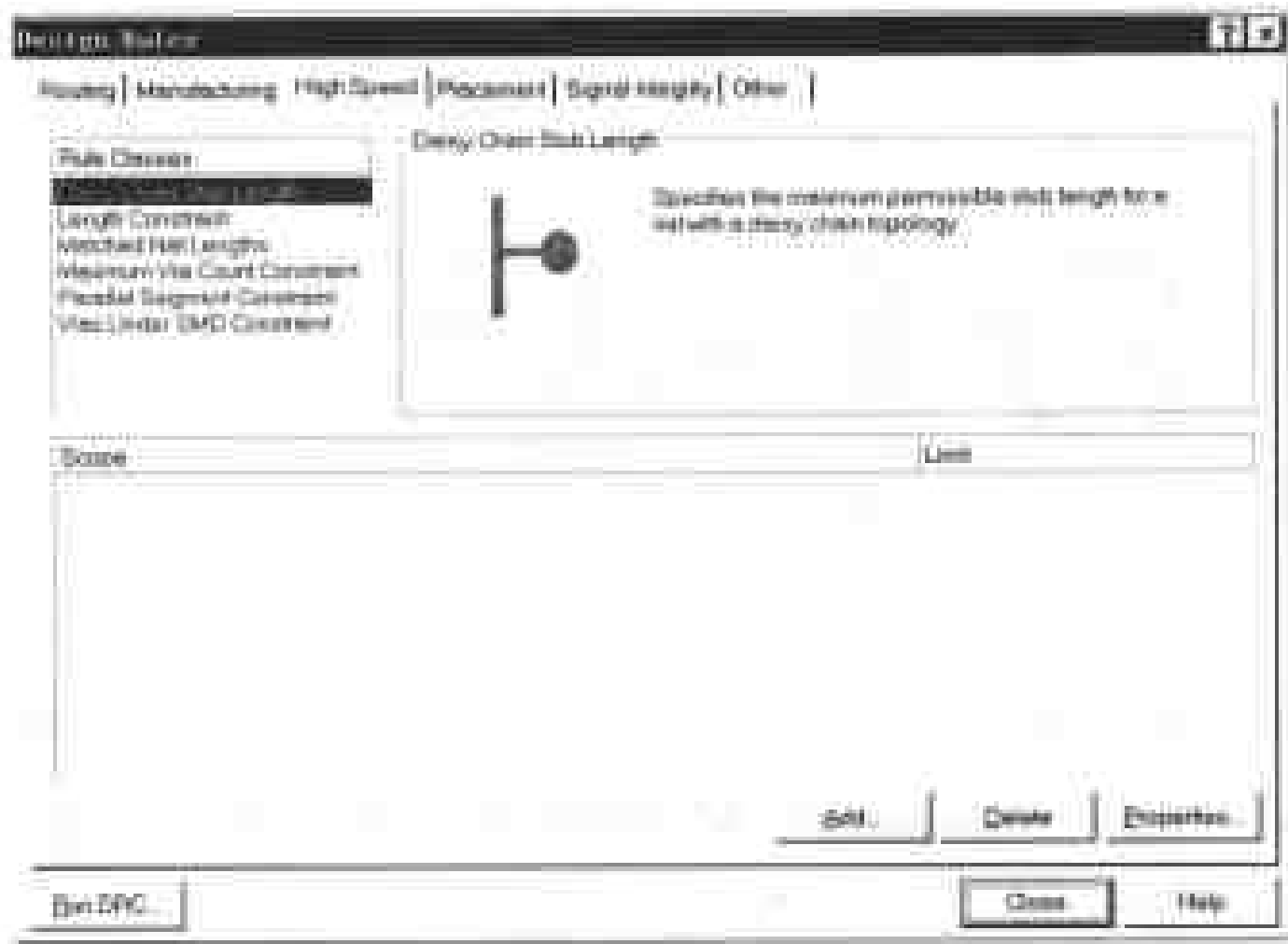


图 9-55 High Speed 页

(1) Daisy Chain Stub Length 规则设置

本设计规则用于设置布线时菊状走线的最大长度。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项, 解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。
- 2) Maximum Stub Length 设置项。此设置项用来设置最大分支的长度。

(2) Length Constraint 规则设置

本设计规则用于设置网络的长度限制。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括三项, 解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。
- 2) Minimum Length 设置项。此设置项用来设置网络的最小长度。
- 3) Maximum Length 设置项。此设置项用来设置网络的最大长度。

(3) Matched Net Lengths 规则设置

本设计规则是使网络等长所作的调整动作。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括五项, 解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。
- 2) Tolerance 设置项。此设置项用来设置最大误差量。
- 3) Style 选择项。此选择项用来设置调整长度的方式。

4) Amplitude 设置项。此设置项用来设置其振幅。如果选择 90 Degrees 项或 45 Degrees 项, 还得设置期间隙。

5) Gap 设置项。此设置项用来设置上面所说的间隙。

(4) Maximum Via Count Constraint 规则设置

本设计规则用于设置最多可放置多少个导孔。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

2) Maximum Via Count 设置项。此设置项用来设置电路版中最多可以使用多少个导孔。

(5) Parallel Segment Constraint 规则设置

本设计规则用于设置两条平行走线的限制距离。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括 4 项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

2) For a parallel gap of 设置项。此设置项用来设置两条线的最小间距。

3) the parallel limit is 设置项。此设置项用来设置两条线平行走线的最大间距。

4) Layer Checking 选择项。此选择项用来设置对同一隔板层 (Same Layer) 还是其上下的版层 (Adjacent Layer)。

(6) Vias Under SMD Constraint 规则设置

本设计规则用于设置可不可以在 SMD 焊点下放置导孔。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

2) Allow Vias under SMD Pads 选择项。此选择项用来设置允许在 SMD 焊点中放置导孔, 而不需要以扇出方式 (Fan Out) 连接出去在放置导孔。

4. 有关零件布置的设计规则

在如图 9-56 的 Placement 页中, 包括 4 项设计规则, 下面将其设置项作一简要解释:

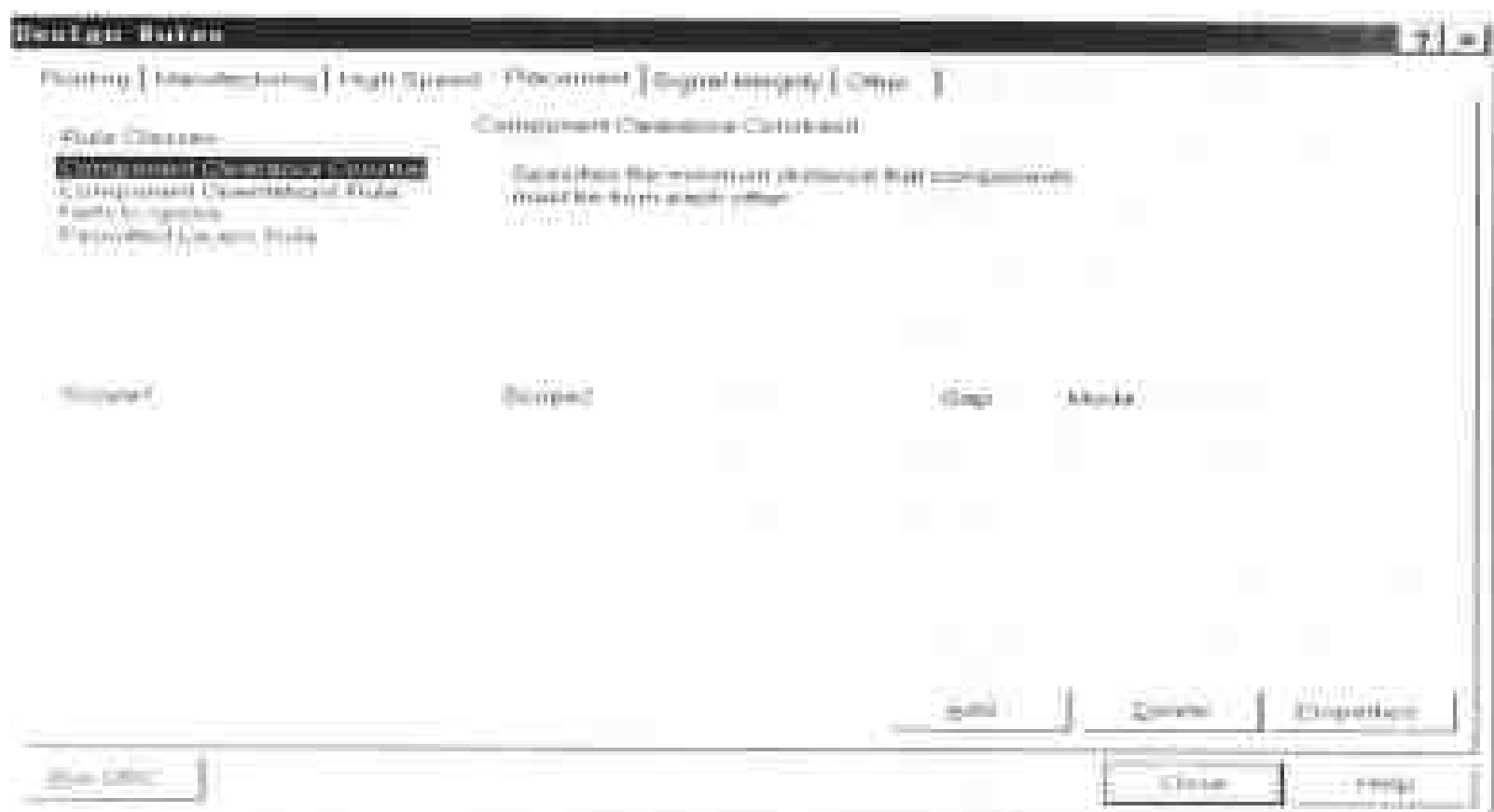


图 9-56 Placement 页

(1) Component Clearance Constraint 规则设置

本设计规则用于设置零件布置时零件的最小间距。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括三项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

2) Gap 设置项。此设置项用来设置两个零件的最小间距。

3) Check Mode 选择项。此选择项用来设置检查零件间距的模式。其中包括 Quick Check (快速检查模式)、Multi Layer Check (各层检查模式, 针对双面都放置零件的 SMD 的) 及 Full Check (完全检查模式)。

(2) Component Orientations Rule 规则设置

本设计规则用于设置零件的放置方向。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

2) Allowed Orientations 设置项。此设置项用来设置允许零件的放置方向, 其中包括 0 Degree、90 Degree、180 Degree、270 Degree 及 All Orientations (任意角度) 等选项。

(3) Net to Ignore 规则设置

本设计规则用来设置在自动零件布置时可忽略哪些网络, 如此可加速零件布置。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括一项, 解释如下:

Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

(4) Permitted Layers Rule 规则设置

本设计规则用于设置哪些零件可放置在那个版层, 当然, 零件只能放置在顶层或底层。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

2) Rule Attributes 区块。该区块里包括两个选项, Top Layer 选项设置是否能在顶层放置零件, Bottom Layer 选项设置能否能在底层放置零件。

5. 信号完整性分析的设计规则

如今的 PCB 设计日趋复杂, 高频时钟和快速开关逻辑意味着 PCB 设计已不止是放置元件和布线。网络阻抗、传输延迟、信号质量、反射、串扰和 EMC (电磁兼容) 等特性是每个设计者必须考虑的, 而进行加工前的信号完整性分析已越发显得重要。Protel 公司引进了 EMC 专业公司 INCASES 的先进技术, 在 Protel 99 中集成了信号完整性分析工具、精确的模型和版分析, 帮助用户利用信号完整性分析获得一次性成功和消除盲目性, 以缩短研制周期和降低开发成本。在如图 9-57 的 Signal Integrity 页中, 包括 14 项设计规则, 下面将其设置项作一简要解释:

(1) Flight Time-Falling Edge 规则设置

本设计规则用于设置降缘信号传输延迟的设定。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似, 这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项, 解释如下:

1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围, 与前述类似。

2) Maximum (Seconds) 设置项。此设置项用来设置最大的降缘延迟时间 (单位为 10^{-9} 秒)。

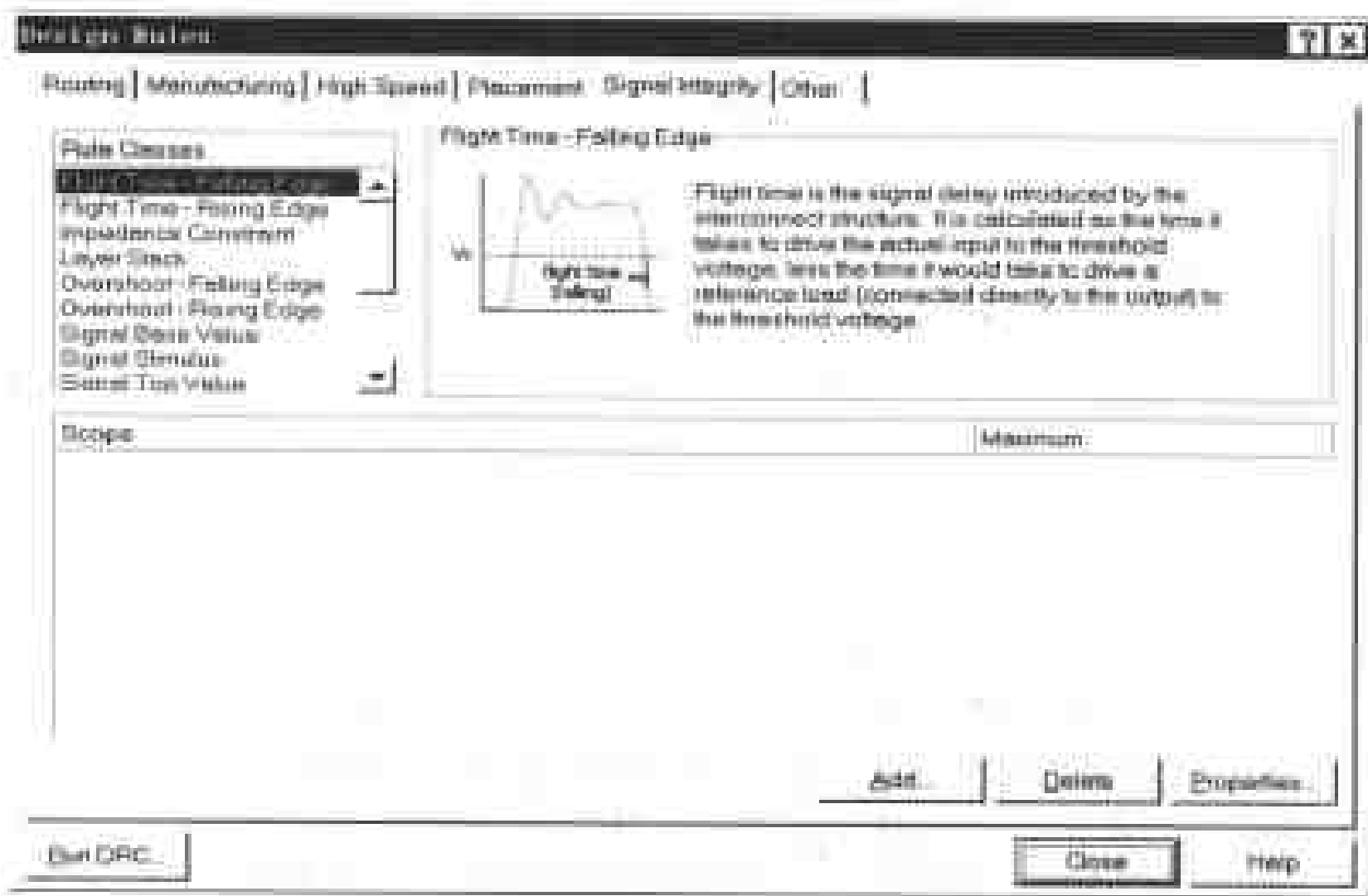


图 9-57 Signal Integrity 页

(2) Flight Time-Rising Edge 规则设置

本设计规则用于设置升缘信号传输延迟的设定。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似，这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Maximum (Seconds) 设置项。此设置项用来设置最大的升缘延迟时间（单位为 10^{-9} 秒）。

(3) Impedance Constraint 规则设置

本设计规则设置阻抗限制。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似，这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括三项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Minimum (Ohms) 设置项。此设置项用来设置允许的最低阻抗。
- 3) Maximum (Ohms) 设置项。此设置项用来设置允许的最高阻抗。

(4) Layer Stack 规则设置

本设计规则用于设置在进行信号分析时，各板层间的相对位置与属性。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似，这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，其中只有一个 Whole Board（整个电路板）选项。
- 2) Rule Attributes 区块。该区块包括三页，如图 9-58 所示，图 9-58a 的 Copper 页设定版层，版层上调单击 MoveUp 按钮，版层下调单击 MoveDown 按钮；图 9-58b 的 Dielectrics 页设定非电气版层，如果要设置时，选择要设定的项目，再单击 Properties...，即可打开其属性对话框进行设置；图 9-58c 的 Solider 页设定防焊层。



图 9-58 Rule Attributes 区域

a) Copper 页 b) Dielectrics 页 c) Solider 页

(5) Overshoot-Falling Edge 规则设置

本设计规则用于设置降缘信号信号下冲的最大振幅。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似，这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Maximum (Volts) 设置项。此设置项用来设置往下掉落得最大幅度。

(6) Overshoot-Rising Edge 规则设置

本设计规则用于设置升缘信号上冲的最大振幅。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似，这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Maximum (Volts) 设置项。此设置项用来设置上冲的最大幅度。

(7) Signal Base Vale 规则设置

本设计规则用于设置低电位的最高电压限制。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似，这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Maximum 设置项。此设置项用来设置低电位的最高电压限制。

(8) Signal Stimulus 规则设置

本设计规则用于设置进行信号分析时所加入的激励信号。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似，这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括 6 项，解释如下：

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围，与前述类似。
- 2) Stimulus Kind 选择项。此选择项用来设置激励信号的种类，其中包括 3 个选项：Constant Level（采用固定准位的直流信号）、Signal Pulse（采用单一脉冲信号）及 Signal Pulse（采用固定周期的脉冲信号）。
- 3) Start Level 选择项。此选择项用来设置激励信号的起始准位，其中包括两个选项：Low Level（低准位）和 High Level（高准位）。
- 4) Start Time 设置项。此设置项用来设置激励信号的起始时间。
- 5) End Time 设置项。此设置项用来设置激励信号的结束信号。
- 6) Period Time 设置项。此设置项用来设置激励信号的周期。

(9) Signal Top Value 规则设置

本设计规则用于设置高准位的信号最低电压。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项,解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。
- 2) Minimum (Volts) 设置项。此设置项用来设置允许的最低电压。

(10) Slope-Falling Edge 规则设置

本设计规则用于设置降缘信号的延迟时间。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项,解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。
- 2) Maximum 设置项。此设置项用来设置允许的延迟时间。

(11) Slope-Raising Edge 规则设置

本设计规则用于设置升缘信号的延迟时间。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项,解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。
- 2) Maximum 设置项。此设置项用来设置允许的延迟时间。

(12) Supply Nets 规则设置

本设计规则用于设置电路板里提供电源的网络及其电压。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项,解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。
- 2) Voltage 设置项。此设置项用来设置该网络或网络群组的电压。

(13) Undershoot-Falling Edge 规则设置

本设计规则用于设置降缘信号回弹电压的最大值。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项,解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。
- 2) Maximum (Volts) 设置项。此设置项用来设置允许的最大电压。

(14) Undershoot-Rising Edge 规则设置

本设计规则用于设置升缘信号回弹电压的最大值。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项,解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。
- 2) Maximum (Volts) 设置项。此设置项用来设置允许最大电压。

6. 有关其他的设计规则

在如图 9-59 的 Other 页中,包括两项设计规则,下面将其设置项作一简要解释:

(1) Short-Circuit 规则设置

本设计规则用于设置可不可以短路。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括两项,解释如下:

- 1) Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。
- 2) Allow Short Circuit 设置项。此设置项用来设置允许短路。

(2) Un-Route Net Constraint 规则设置

本设计规则用于设置重新布线的限制。其对话框设置和操作方式与以前所讲规则类似,这里不作详细讲解了。其编辑对话框中包括一项,解释如下:

Filter kind 选择项。此选择项用来设置此规则的适用范围,与前述类似。



图 9-59 Other 页

9.1.2 设计规则检查（DRC）

我们打开如图 9-60 所示的已绘制好的 PCB 版图，进行 DRC 检查，以检查电路板中有无违反我们前面所介绍的设计规则。

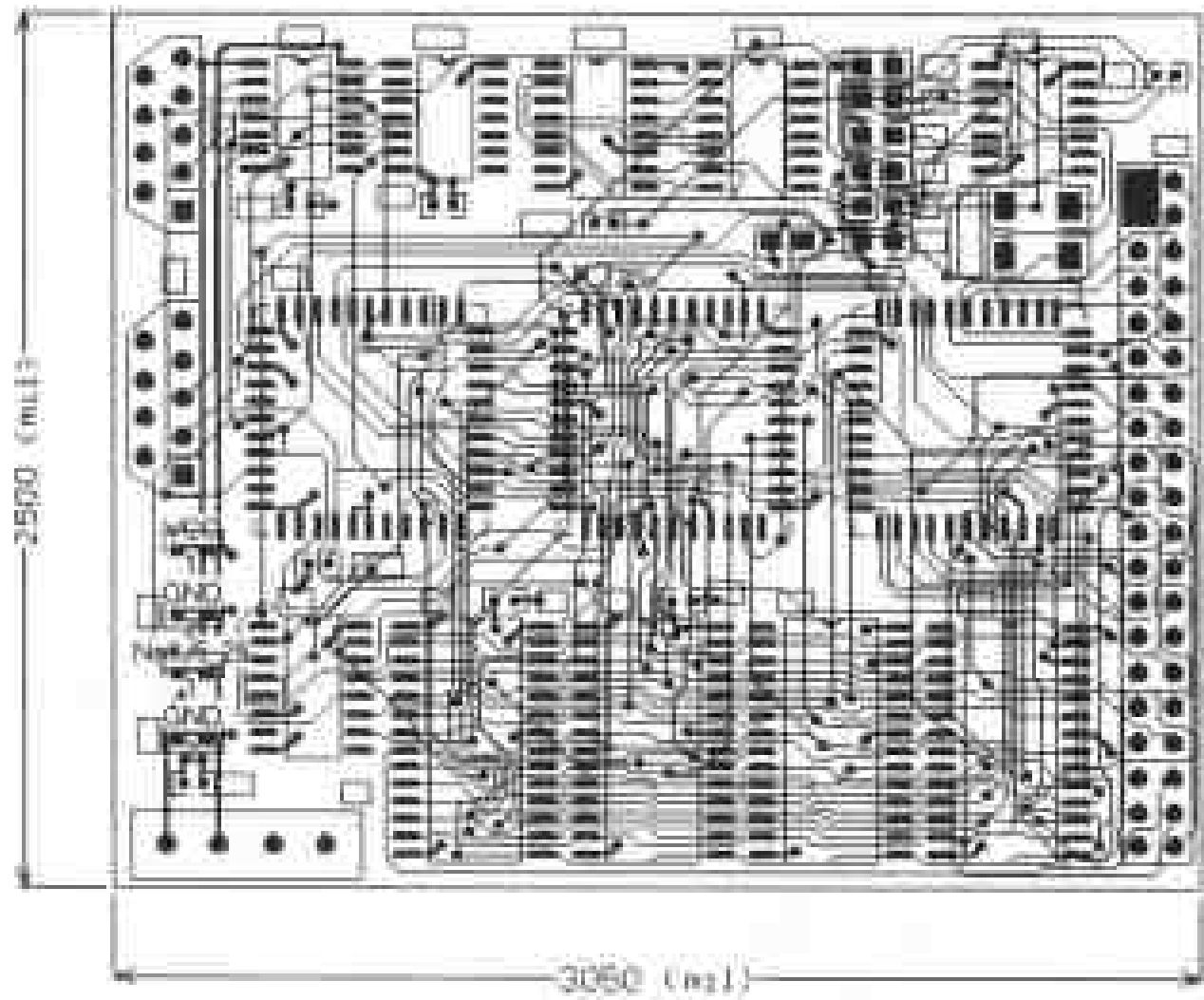


图 9-60 Z80 Processor PCB 版图

当我们进行讲解设计规则时,能够注意到在 Design Rule 对话框中,有个 **Run DRC** 按钮,这个按钮就是进行 DRC 用的。单击这个按钮,屏幕会弹出如图 9-61 所示的对话框。对这个操作,也可以用菜单命令 Tools/Design Rule Check... 替代。

1. 设计检查对话框设置

在这个设计规则检查对话框中,包括 Report、On-line 两页。

(1) Report 页。如图 9-61 所示,这页包括 4 个区块,解释如下:

1) Routing Rules。该区块功能是设置采用哪些一般性的布线规则,包括 Clearance Constraints(安全间距限制)、Max/Min Width Constraint(走线宽度限制)、Short Circuit Constraint(短路限制)、Un-Routed Net Constraint(重新布线网络限制)及 SMD To Corner Constraint(SMD 零件到板边的最小距离限制)等 5 项,我们可以直接勾选其中的项目,或单击其下方的 **All On** 按钮全选、单击 **All Off** 按钮全不选。在上面所讲的设计规则对话框中的 Routing 页里有设定的项目时,在此才可勾选。



图 9-61 DRC 对话框

2) Manufacturing Rules。该区块功能是设置采用哪些有关电路板制作的布线规则,包括 Minimum Annular Ring(圆环宽度限制)、Acute Angle(夹角限制)及 Confinement Constraint(放置限制)等三项,我们可以直接勾选其中的项目,或单击其下方的 **All On** 按钮全选、单击 **All Off** 按钮全不选。在上面所讲的设计规则对话框中的 Manufacturing 页里有设定的项目时,在此才可勾选。

3) High Speed Rules。该区块功能是设置采用有关高频电路的布线规则,包括 Parallel Segment Constraints(平行走线限制)、Max/Min Length Constraint(走线长度限制)、Matched Length Constraints(等长调整的限制)、Daisy Chain Stub Constraints(菊状走线分支长度限制)、Maximum Via Count(导孔数限制)及 Vias Under SMD Pads(SMD 焊点中放置导孔的限制)等六项,我们可以直接勾选其中的项目,或单击其下方的 **All On** 按钮全选、单击 **All Off** 按钮全不选。在上面所讲的设计规则对话框中的 High Speed 页里有设定的项目时,在此才可勾选。

4) Options。该区块的功能是设置 DRC 选项,其中包括三个选项及一个设置项, Create

Report File 项的功能时产生检查报告文件; Create Violations 项的功能是进行, 如有违反 Clearance Constraint、Width Constraint、Parallel Segment Constraint 等设计规则时, 切换到违反规则之 .pcb 文件, 在屏幕上将以高亮度绿色 (highlight) 显示违反规则之处; Sub-Net Details 项的功能是设定子网络也一并检查。另外, Stop when violations found 设置项的功能是设置进行 DRC 时, 遇到多少个违反设计规则即停职检查。

(2) On-line 页。On-line (在线) 页用于设置在线方式检查设计规则的各个选项, 如图 9-62 所示, 包括三个区块, 与前一页的功能一样, 在此不作赘述。安排这一页的目的是设定在线上 DRC 检查, 也就是走线时进行的 DRC 检查。

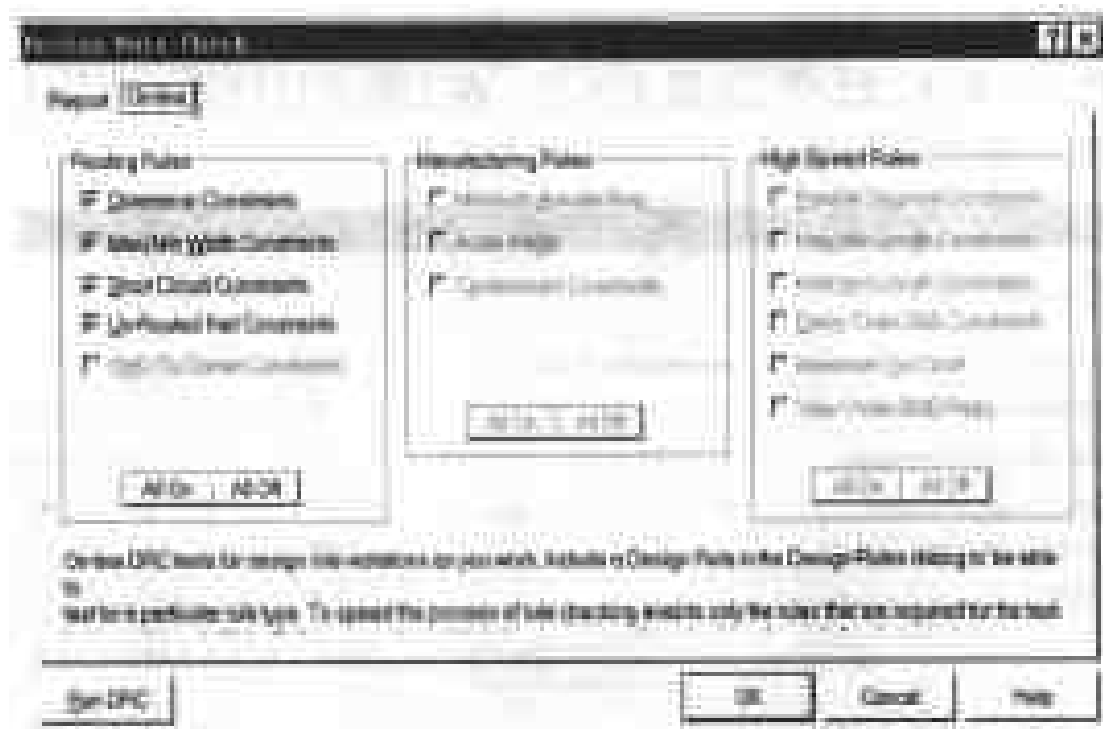


图 9-62 在线 DRC 设置对话框

2. 运行 DRC 检查及检查结果

完成上述设置后, 单击 开始进行 DRC 检查, 我们看到在 PCB 图中有违反设计规则的地方出现高亮度的绿色标记, 系统自动生成 DRC 报告文件, 同时用文本编辑器打开它, 如图 9-63 所示。



图 9-63 DRC 报告

在 DRC 报告文件中发现有 4 项违反设计规则, 在 PCB 图中找到如图 9-64 所示的错误标记处进行修改。这时可单击菜单命令 Tools/Reset Error Marker, 消除错错误标记, 把错误除去。做一遍 DRC 检查后的结果报告如图 9-65 所示。此时结果中已经没有错误信息, 可见该版图的设计规则检查通过了。



图 9-64 DRC 检查到的错误标记处



图 9-65 修正错误后的 DRC 报告

9.2 自动布线

在上节讲解了设计规则和 DRC 检测, 有了这些基础, 我们就可以对布局结束后的 PCB 版进行自动布线了。一般来说, 用户先是对电路板的布线提出某些要求, 设计者按这些要求按照这些要求设计布线规则, 然后按照上节所讲的与布线有关的设计规则尽心参数设置。布线设计规则设定的是否合理直接影响布线的质量和成功率。在自动布线前, 除了设置设计规则以外, 我们还需要设置系统进行自动布线时采取的策略。打开待布线的 PCB 图, 如图 9-66 所示, 我们以它为例进行讲解。

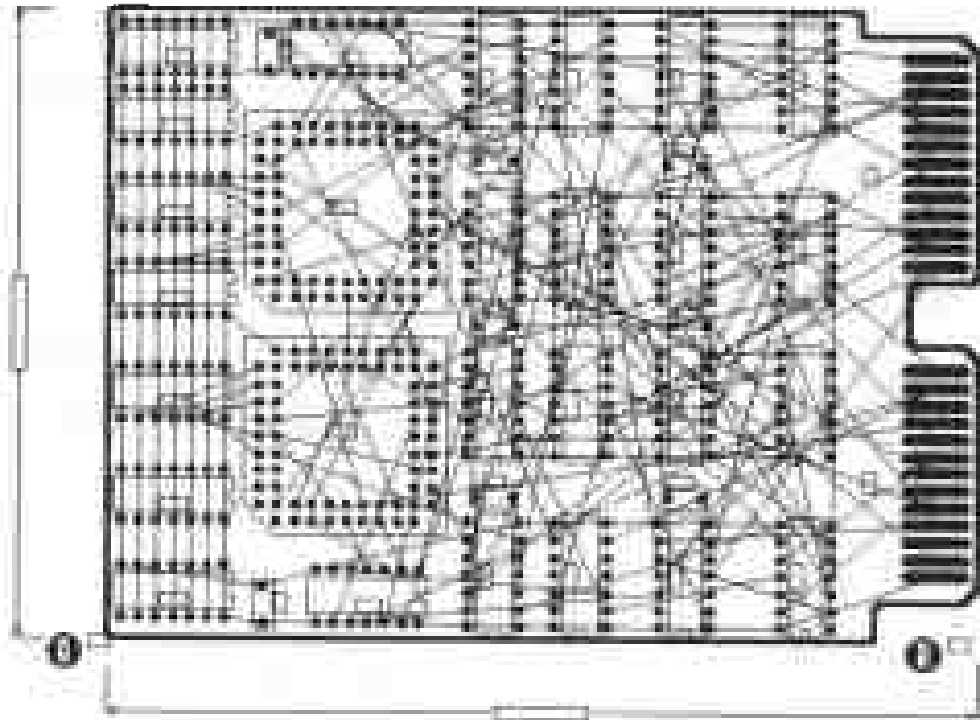


图 9-66 待布线的 PCB 图

9.2.1 自动布线设置

启动菜单命令 Auto Route/Setup..., 屏幕上即出现如图 9-67 所示的对话框。

这个对话框分为 Routing Passes 及 Testpoints 两页, 现解释如下:

1. Routing Passes (布线策略) 页

Routing Passes 页如图 9-67 所示, 包括以下内容:

(1) Routing Passes 区块用来提供布线程序的设定, 包括以下项目:

1) Memory (存储器)。该布线程序是针对有规律模式的走线, 特别实用在存储器零件上, 通常这种零件都是很多个排列在一起, 且其中大部分接脚都接在一起。

2) Fan Out Used SMD Pins (SMD 处扇出式布线)。此布线程序针对 SMD 零件, 它会在 SMD 焊点上放置一段导线, 在放置一个穿透时导孔。

3) Pattern (模式布线器)。本布线程序是把成功的布线模式存储起来, 用于 Net 布线时采取此模式。

4) Shape Router-Push And Shove (推挤式布线)。本布线程序是推挤式布线法, 就是在走线时, 以目前正在走的那条线优先。如果遇到间距太小走不过去的话, 那就会把挡道的线或其他图件 (如导孔) 推开, 以让出一条通道, 给目前正在走的那条线优先通过。

5) Shape Router-Rip Up (拆线式布线)。本布线程序是拆线式布线法, 就是在走线时, 以目前正在走的那条线优先。如果遇到其他线挡路时, 那就会把挡道的线或其他图件拆除, 以让出一条通道, 试图给目前正在走的那条线优先通过, 事后在设法重走被拆除的线。

(2) Manufacturing Passes 区块

1) Evenly Space Tracks (均匀分布空间)。当设定在两个焊点间布两条导线时, 第一条导线布线时会先偏向一边, 预留出较大的空间给第二条走线。如第二条导线还无法走过则改走旁路, 此时第一条导线移至两焊点的中心不再偏向一边。如第二条导线顺利通过, 则两导线在两焊点间均分空间。

2) Add Testpoints (增加测试点)。此选项的功能是增加测试点, 我们可以用此功能来检查同一个网络中间所用连接点的通断部分。

(3) Pre-routes 区块。Lock All Pre-routes 本选项的功能是锁住所有预先的布线。

(4) Routing Grid (布线格点)。该区块的功能是用来设置预置的布线格点, 也就是布线的解析度。布线格点愈小, 测布线的时间愈长, 所需的内存就愈多。

2. Testpoints (测试点) 页

Testpoints 页如图 9-68 所示, 包括以下内容:

(1) Testpoint Priority 区块。该区块提供测试点优先顺序的设定。由 “Disabled (禁止)”、5、4、3、2、1, 优先级别逐渐升高。

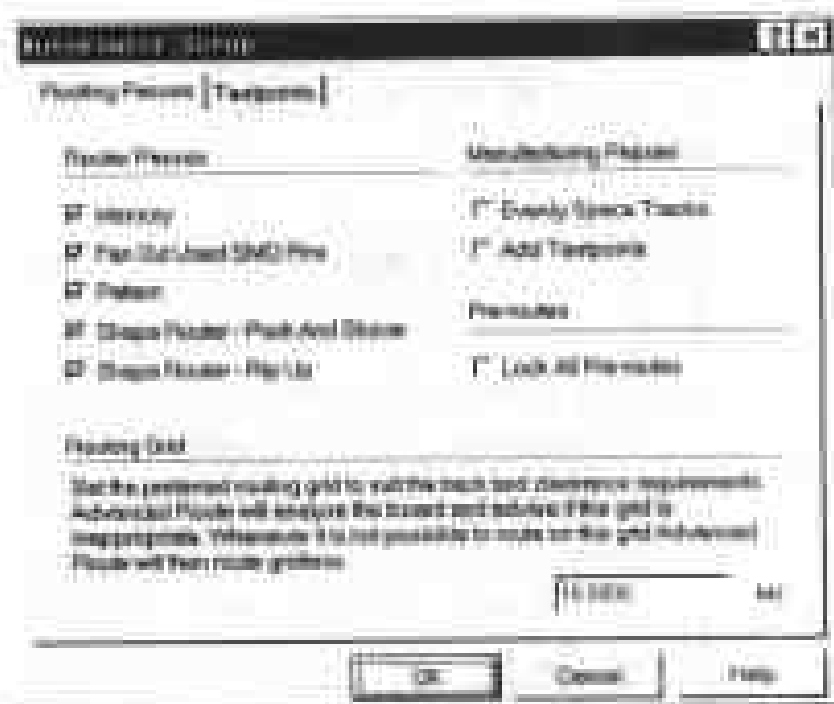


图 9-67 设定自动布线对话框

1) Existing Via 项。该选择项设定以既有的导孔为测试点的优先级。

2) Component Pad (Bottom Only) 项。该选择项设定以既有的零件上的焊点为测试点的优先级。

3) Testpoint Pad (Top Only) 项。该选择项设定在顶层上产生测试点的优先级。

4) Testpoint Pad (Bottom Only) 项。该选择项设定在低层上产生测试点的优先级。

5) Testpoint Pad (Truhole) 项。该选择项设定产生穿孔式测试点的优先级。

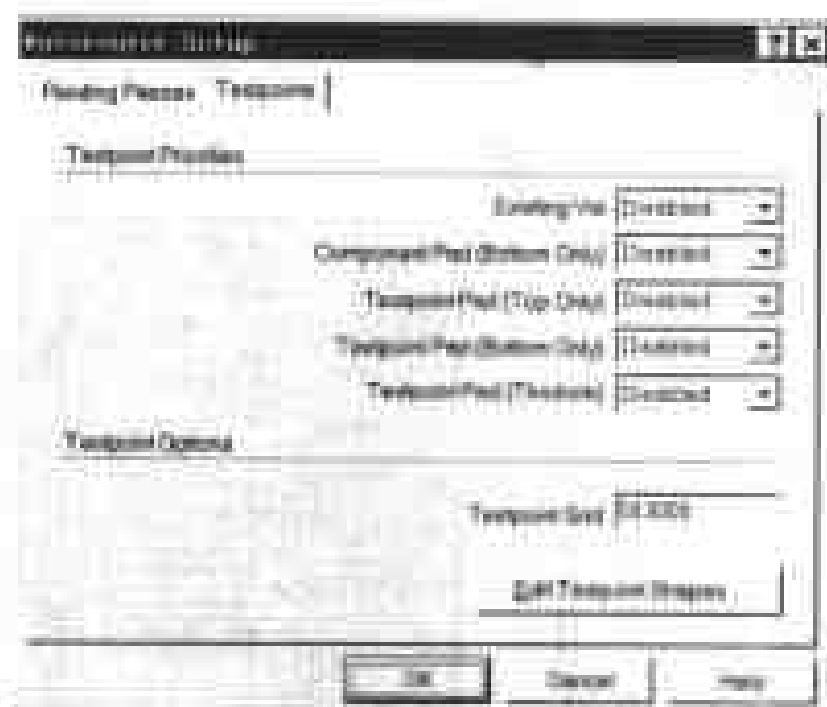


图 9-68 测试点设置对话框

(2) Testpoint Options 区块。

1) Testpoint Grid 设置项 该设置项设置测试点格点的大小，也就是测试点的解析度。

2) **Edit Testpoint Shapes ...** 按钮 该按钮的功能是打开测试点形状属性对话框，用以编辑测试点的形状。

说明：当一切设定完成后，单击 OK 按钮即可。如没有什么特殊要求，在以后的自动布线中，就可以进行自动布线了。

9.2.2 自动布线实现

1. 自动布线菜单

当我们要进行自动布线时，只要启动 Auto Route 菜单如图 9-69。其中包括 9 个命令，解释如下：

- (1) All 项。该命令的功能是进行整个电路板的布线。
- (2) Net 项。该命令的功能是对指定的网络进行布线。
- (3) Connection 项，该命令的功能是对指定的焊点进行焊点对焊点的布线。
- (4) Component 项。该命令的功能是对指定的零件进行布线。
- (5) Area 项。该命令的功能是对指定的区域进行布线。
- (6) Stop 项。该命令的功能是使正在布线的电路板停止布线。

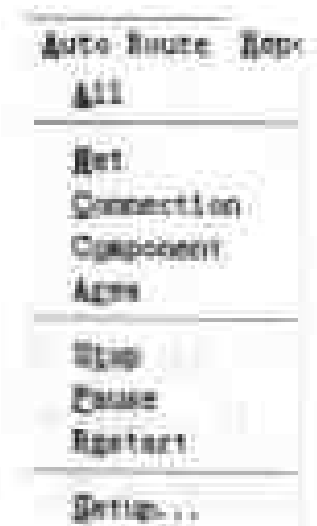


图 9-69 自动布线菜单

- (7) Pause 项。该命令的功能是使正在布线的电路板暂停布线。
- (8) Restart 项。该命令的功能是使已经布线过的电路板采取重新布线，或者在使用过 Stop 命令后再恢复正常布线。

(9) Setup...项。该命令的功能在本节开始部分已介绍过了，在此不再赘述。

2. 自动布线实现

我们对图 9-66 所示 PCB 版进行自动布线，在前面所讲的各种设置都设置好的基础上，

我们启动菜单命令 Auto Routing/All, 对该 PCB 版进行全局布线, 系统进行布线的结果如图 9-70 所示。

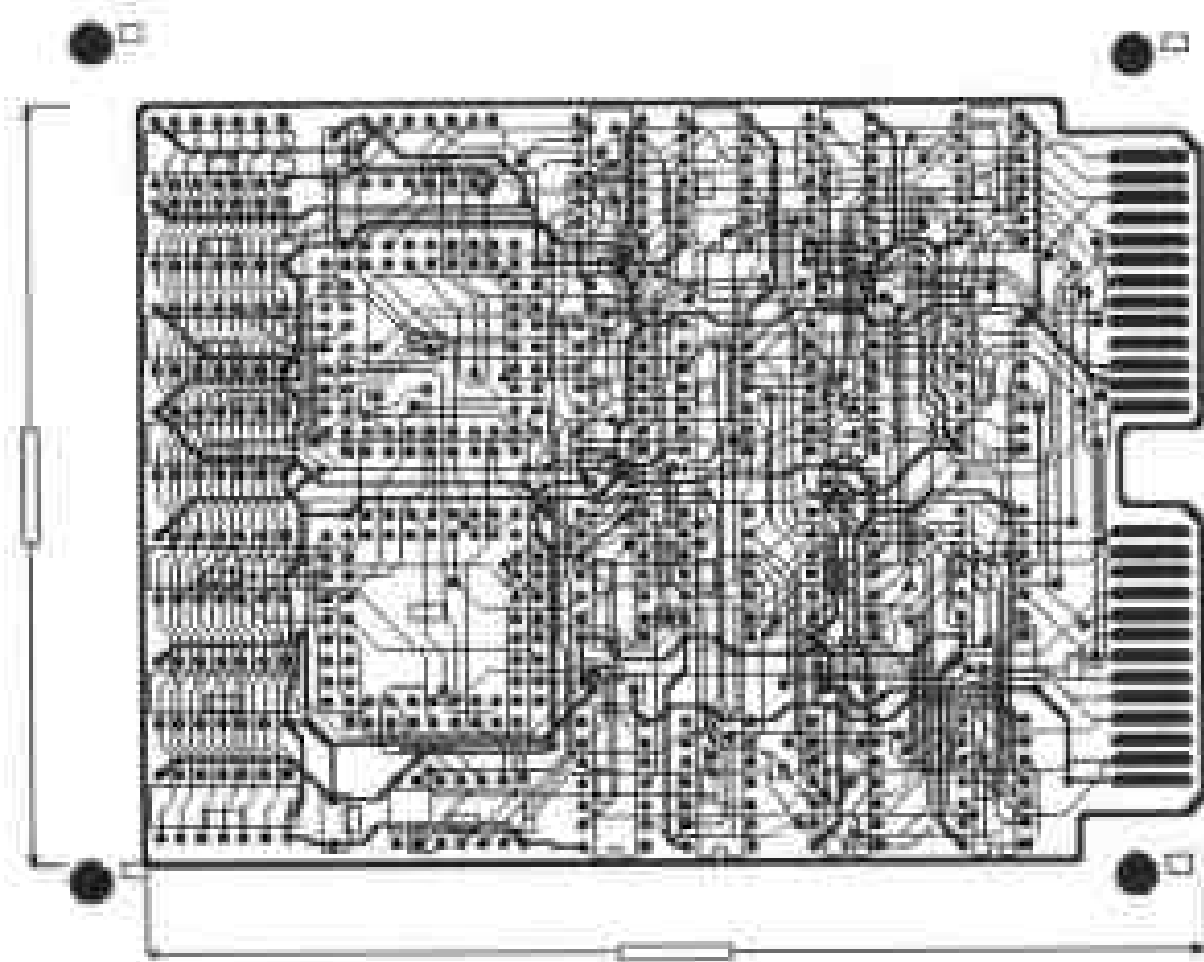


图 9-70 自动布线后的 PCB 版图

3. 布线拆除

对于电路板的编辑而言, 我们经常会走不出来, 或走线不理想。这时就可能要拆掉已经不好的线, 该如何拆线呢? 这时只需启动菜单命令 Tools/Un-Route, 即可拉出菜单如图 9-71 所示, 菜单中包括 4 个命令, 解释如下:



图 9-71 布线拆除菜单命令

(1) All 项。该命令的功能是将整个电路板已经完成的布线拆除, 使之成为预拉线。

Net 项。该命令的功能是将所指定的已经完成的布线网络拆除, 使之成为预拉线。

Connection 项。该命令的功能是将所指定的已经完成的焊点对焊点的布线拆除, 使之成为预拉线。

Component 项。该命令的功能是将所指定零件中已经完成的布线拆除, 使之成为预拉线。

第 10 章 报表及打印输出

Protel 99 具有丰富的报表功能，本章利用实例介绍各种报表及打印输出，包括以下内容：

- 原理图报表
- PCB 图报表
- 原理图及 PCB 图的打印输出

10.1 原理图报表

原理图设计环境除了可绘制原理图以外，将原理图转化为各报表文件也是它的一个重要任务。报表就相当于原理图的档案，它存放了原理图的各种信息，如原理图上各个零件的名称、引脚、各零件引脚的连接状况等等。在第 4 章中我们已经讲解了 ERC 列表、网络表和网络比较表，在此不再赘述。本节介绍的报表有元件列表、层次列表、交叉参考表、元件引脚列表以及元件库编辑器可生成的报表等。

10.1.1 生成元件列表

元件列表主要用于整理一个电路或一个项目的所有元件，它主要包括元件的名称、标注、封装等内容。下面以项目 Z80 Processor.prj 为例，讲述如何生成原理图的元件列表的一般方法。

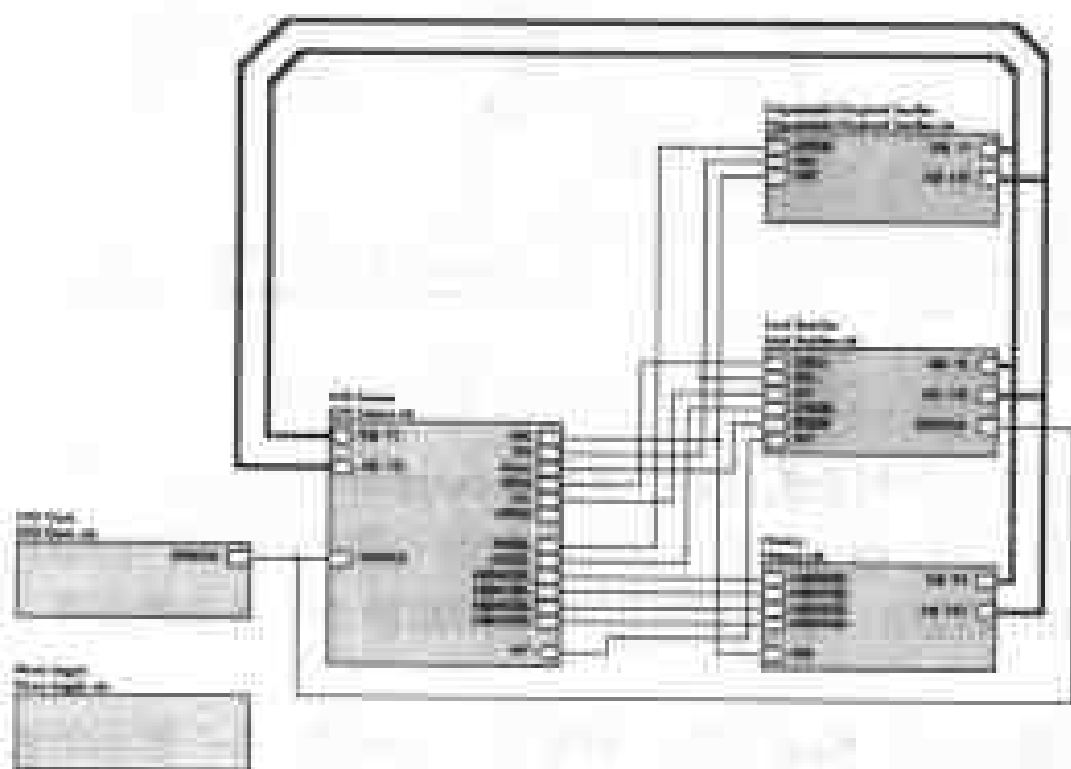


图 10-1 Z80 Processor.prj 图

(1) 打开原理图文件，如图 10-1 所示，执行菜单命令 Reports/Bill of Material，系统将启动元件列表向导，屏幕上出现如图 10-2 所示的确定元件列表范围对话框。

图中包括 Project 和 Sheet 两个选项，选择 Project 选项，表示要生成整个项目所有的原理图元件列表；选择 Sheet 选项，表示要生成目前被激活的原理图中的元件列表。这里要求

产生 Z80 Processor 项目的元件列表, 所以选 Project 选项。

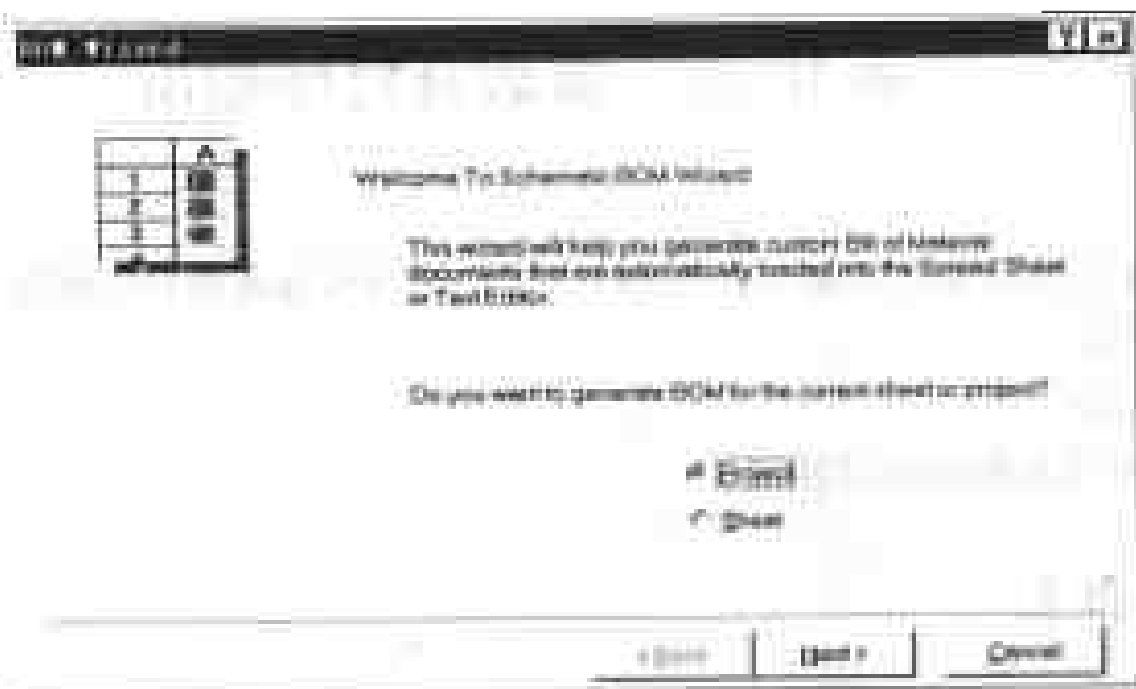


图 10-2 设置元件列表范围对话框

(2) 单击 Next 按钮, 屏幕上出现如 10-3 所示的确定元件列表内容对话框。

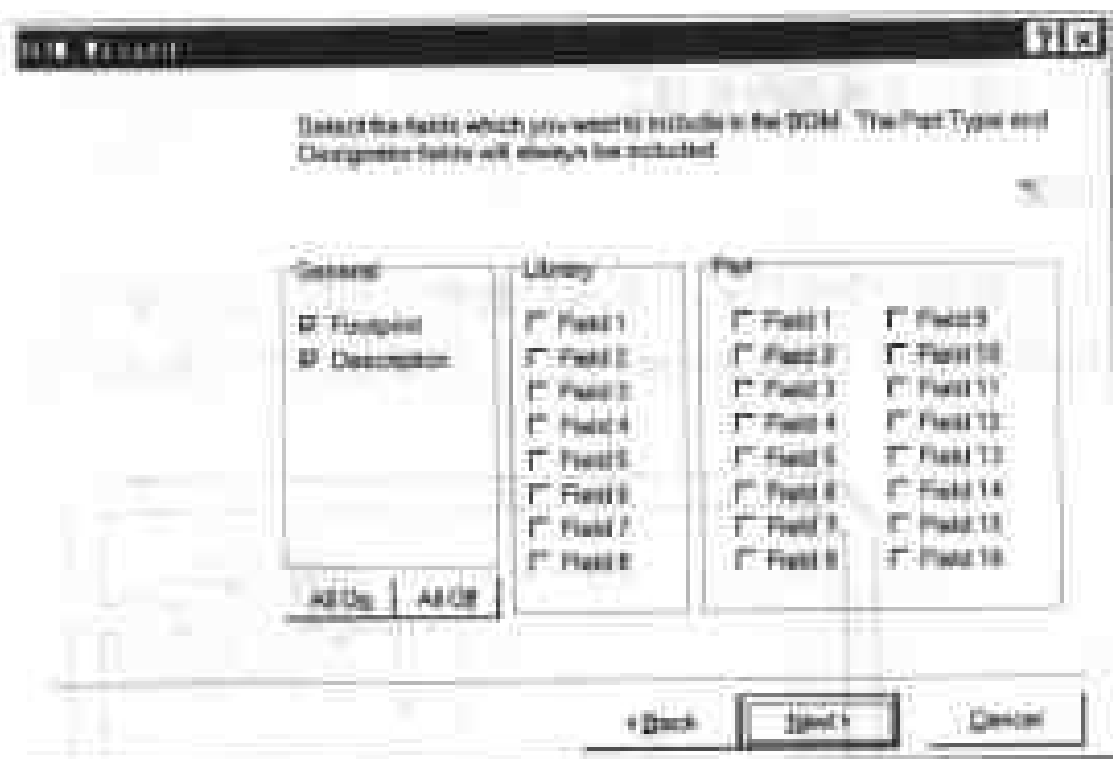


图 10-3 选择元件列表内容对话框

此对话框用于设置元件列表的内容, 选择 Footprint 选项表示产生的元件列表中含有元件封装的内容; 选择 Description 选项表示产生的元件列表中含有元件标注的内容。单击 All On 按钮则选中所有选项; 单击 All Off 按钮则撤销全部选中的项目。在本例中选中所有选项。

(3) 设置完毕后, 单击 Next 按钮, 屏幕上出现如图 10-4 所示的设置元件列表中每列名称对话框, 要求用户选择需要加入表中的文字栏。

(4) 完成定义后, 单击 Next 按钮, 屏幕上出现如图 10-5 所示的设置列表输出格式对话框。在这里选择最终的列表以何种格式产生, 系统提供了三种格式, Protel Format 选择项表示以 Protel 格式输出元件列表, 文件以 .bom 为后缀名; CSV Format 选择项表示以电子表格格式输出元件列表, 文件以 .CSV 为后缀名, Client Spreadsheet 选择项表示以 Protel 99 格式输出元件列表, 文件以 .XLS 为后缀名。本例中我们选择 Client Spreadsheet 格式。

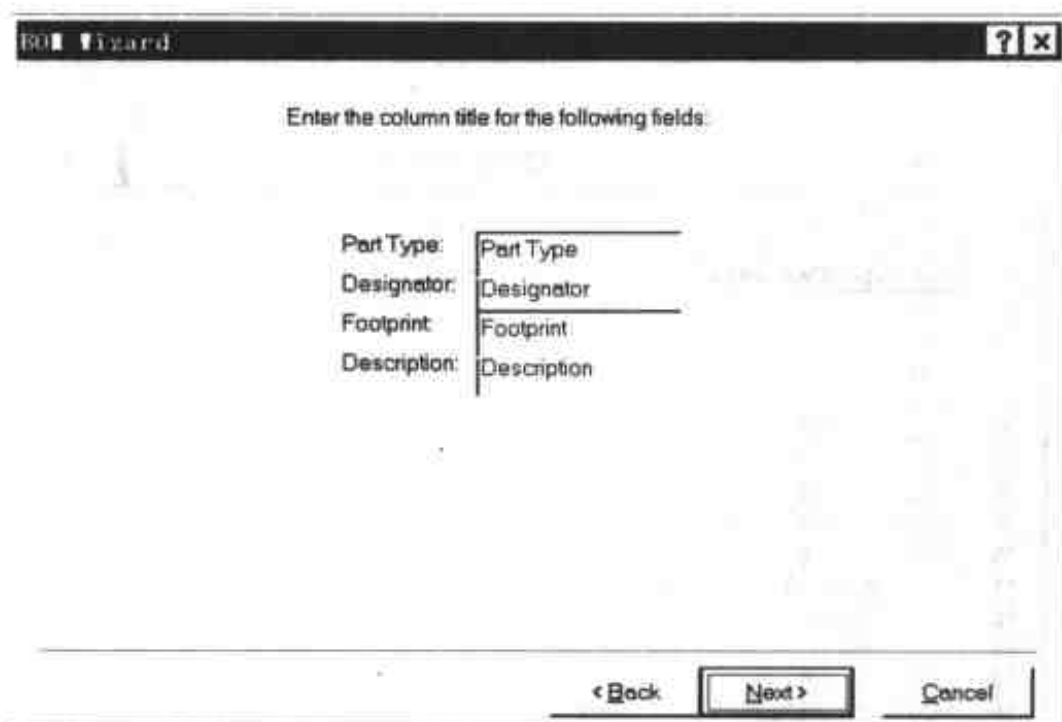


图 10-4 定义列表名称对话框

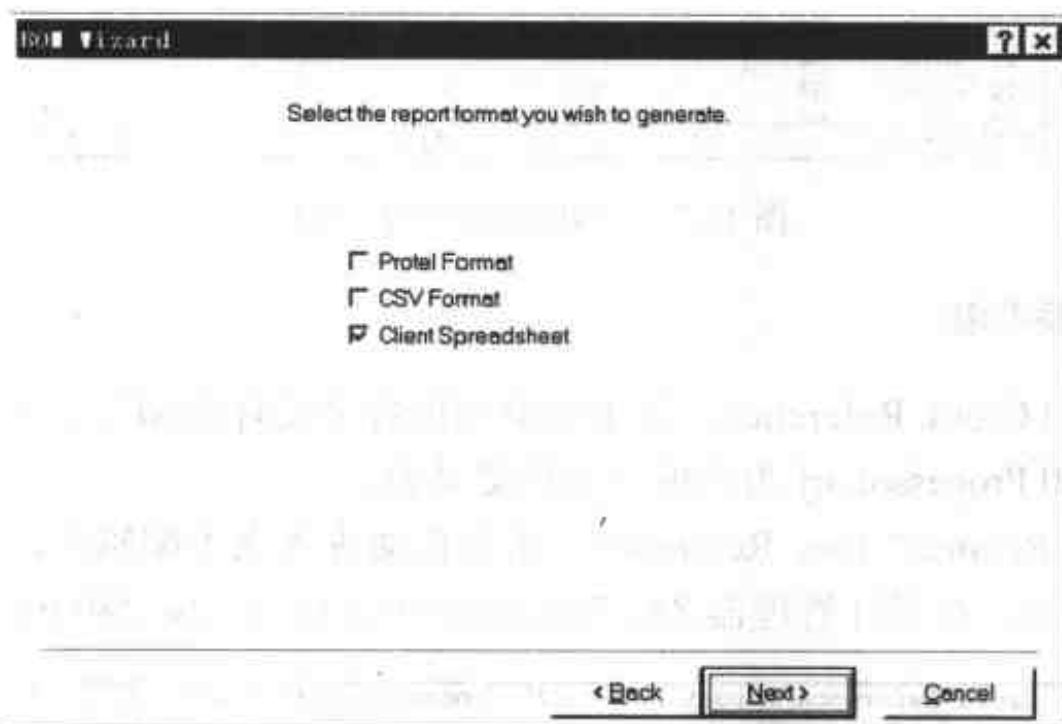


图 10-5 选择元件列表输出格式对话框

(5) 单击图中的 Next 按钮，屏幕上出现如图 10-6 所示的完成元件列表设置对话框。

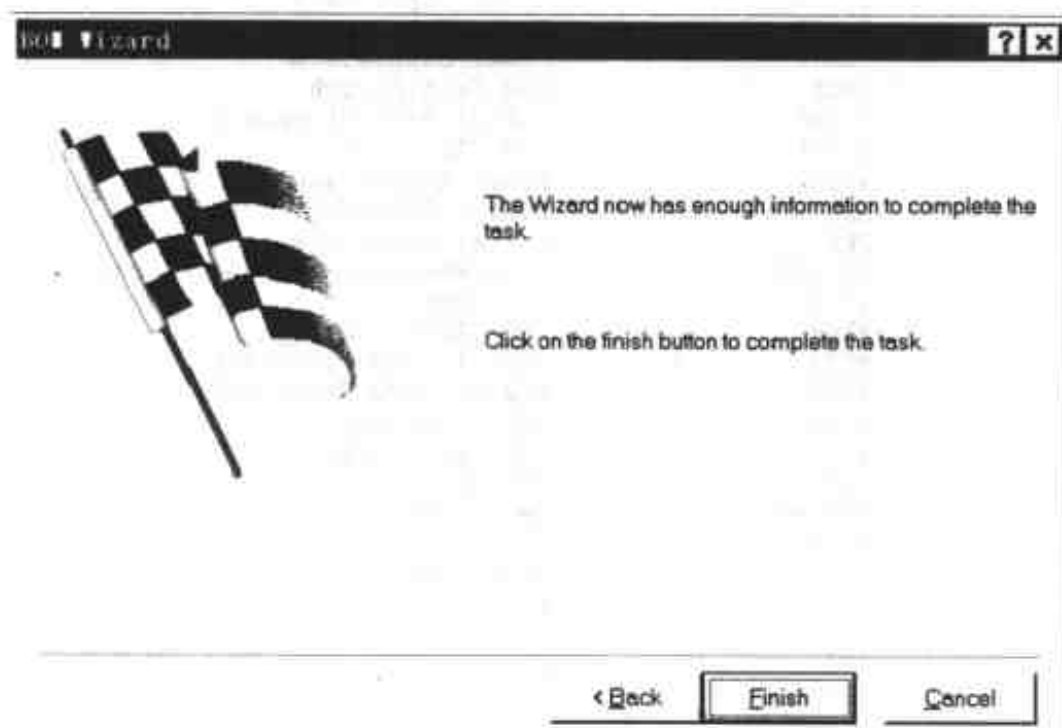
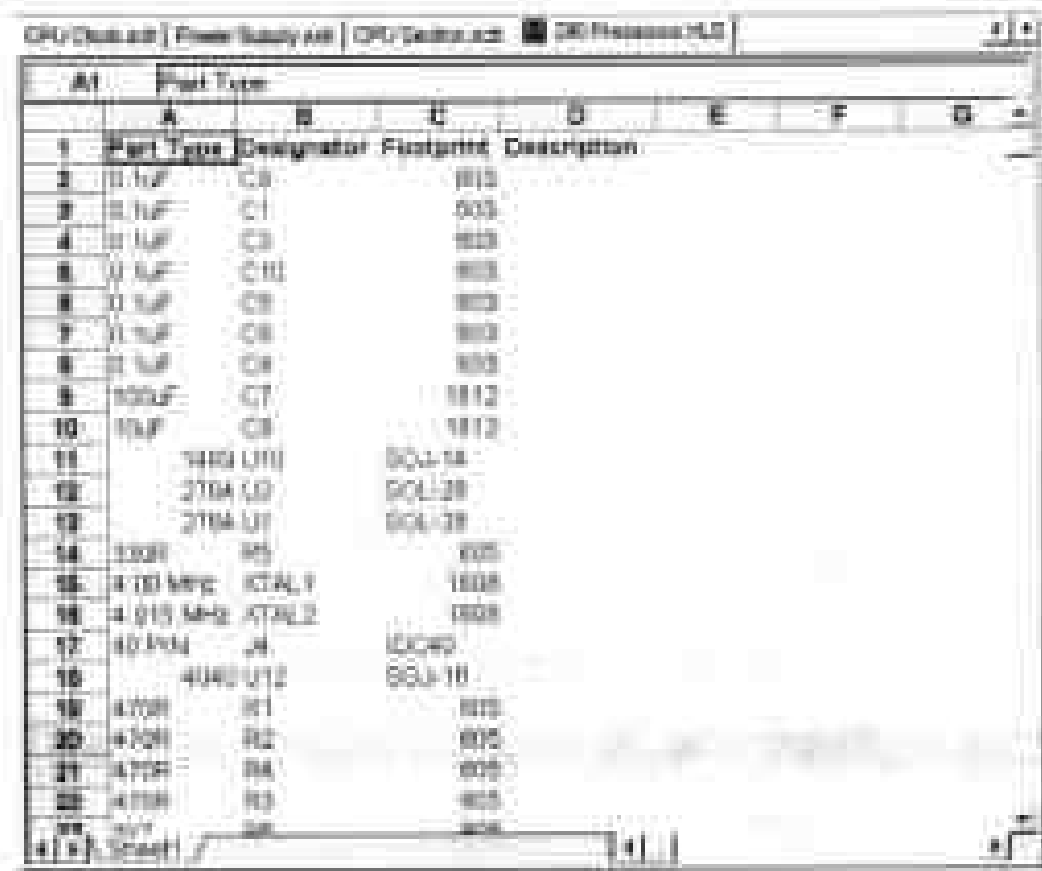


图 10-6 完成元件列表设置对话框

(6) 单击 Finish 按钮，系统自动进入表格编辑器，并生成后缀名为.XLS 的元件列表,如图 10-7 所示。



Part Type	Designator	Footprint	Description
0.1uF	C1		803
0.1uF	C2		803
0.1uF	C3		803
0.1uF	C4		803
0.1uF	C5		803
0.1uF	C6		803
0.1uF	C7		803
0.1uF	C8		803
100uF	C9		803
10uF	C10		803
74LS14	U1	SOJ-14	
2764	U2	SOJ-28	
2764	U3	SOJ-28	
2764	U4	SOJ-28	
4700	R1		803
4700	R2		803
4700	R3		803
4700	R4		803
4700	R5		803
4700	R6		803
4700	R7		803
4700	R8		803
4700	R9		803
4700	R10		803
4700	R11		803
4700	R12		803
4700	R13		803
4700	R14		803
4700	R15		803
4700	R16		803
4700	R17		803
4700	R18		803
4700	R19		803
4700	R20		803
4700	R21		803
4700	R22		803
4700	R23		803
4700	R24		803
4700	R25		803
4700	R26		803
4700	R27		803
4700	R28		803
4700	R29		803
4700	R30		803
4700	R31		803
4700	R32		803
4700	R33		803
4700	R34		803
4700	R35		803
4700	R36		803
4700	R37		803
4700	R38		803
4700	R39		803
4700	R40		803
4700	R41		803
4700	R42		803
4700	R43		803
4700	R44		803
4700	R45		803
4700	R46		803
4700	R47		803
4700	R48		803
4700	R49		803
4700	R50		803
4700	R51		803
4700	R52		803
4700	R53		803
4700	R54		803
4700	R55		803
4700	R56		803
4700	R57		803
4700	R58		803
4700	R59		803
4700	R60		803
4700	R61		803
4700	R62		803
4700	R63		803
4700	R64		803
4700	R65		803
4700	R66		803
4700	R67		803
4700	R68		803
4700	R69		803
4700	R70		803
4700	R71		803
4700	R72		803
4700	R73		803
4700	R74		803
4700	R75		803
4700	R76		803
4700	R77		803
4700	R78		803
4700	R79		803
4700	R80		803
4700	R81		803
4700	R82		803
4700	R83		803
4700	R84		803
4700	R85		803
4700	R86		803
4700	R87		803
4700	R88		803
4700	R89		803
4700	R90		803
4700	R91		803
4700	R92		803
4700	R93		803
4700	R94		803
4700	R95		803
4700	R96		803
4700	R97		803
4700	R98		803
4700	R99		803
4700	R100		803

图 10-7 生成的元件列表文件

10.1.2 产生交叉参考表

元件交叉参考 (Cross Reference) 表主要罗列出各个元件的编号、名称以及所在的电路图，我们还是以 Z80 Processor.prj 为例说明元件交叉表。

执行菜单命令 Reports/Cross Reference，系统自动进入文本编辑器，并产生元件交叉参考表，如图 10-8 所示，在设计管理器 Z80 Processor 中会自动出现 Z80 Processor.XRF。



Designator	Component	Library Reference	Sheet
C1	0.1uF	Power Supply.sch	
C2	0.1uF	Power Supply.sch	
C3	0.1uF	Power Supply.sch	
C4	0.1uF	Power Supply.sch	
C5	0.1uF	Power Supply.sch	
C6	0.1uF	Power Supply.sch	
C7	100uF	Power Supply.sch	
C8	10uF	CPU Section.sch	
C9	0.1uF	Serial Bus Clock.sch	
C10	0.1uF	CPU Clock.sch	
J1	4700	Power Supply.sch	
J2	009	Serial Interface.sch	
J3	009	Serial Interface.sch	
J4	40 PIN	Programmable Peripheral Interface.sch	
R1	4700	CPU Clock.sch	
R2	4700	CPU Clock.sch	
R3	4700	Serial Bus Clock.sch	
R4	4700	Serial Bus Clock.sch	
R5	009	CPU Clock.sch	
R6	487	CPU Section.sch	
R7	487	CPU Section.sch	
SW1	512SW0	Serial Bus Clock.sch	
SW2	FLSH	CPU Section.sch	
U1	2764	Memory.sch	
U2	2764	Memory.sch	
U3	6264	Memory.sch	
U4	6264	Memory.sch	
U5	Z80ACPU	CPU Section.sch	

图 10-8 生成的交叉参考表

10.1.3 产生元件引脚列表

元件引脚列表的功能是列出所选元件的引脚信息，如引脚号、名称、所在的网络名称等。

在产生元件引脚列表前，首先应选择相应的元件，我们选择 Z80 Processor 项目中的原理图 Serial Baud Clock.sch 中的一个元件，如图 10-9 所示，然后执行菜单命令 Reports/Selected Pins，屏幕上即可列出所选元件的所有引脚信息，如图 10-10 所示。

U12-2 (Q6) 表示元件 U12 的第二个引脚，所在网络名为 Q6。单击 OK 按钮，即可退出对话框。

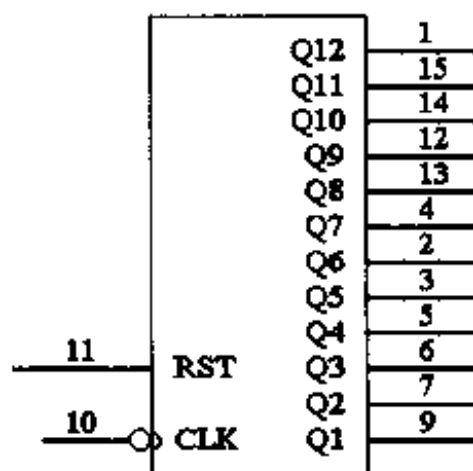


图 10-9 选择的待引脚列表的元件

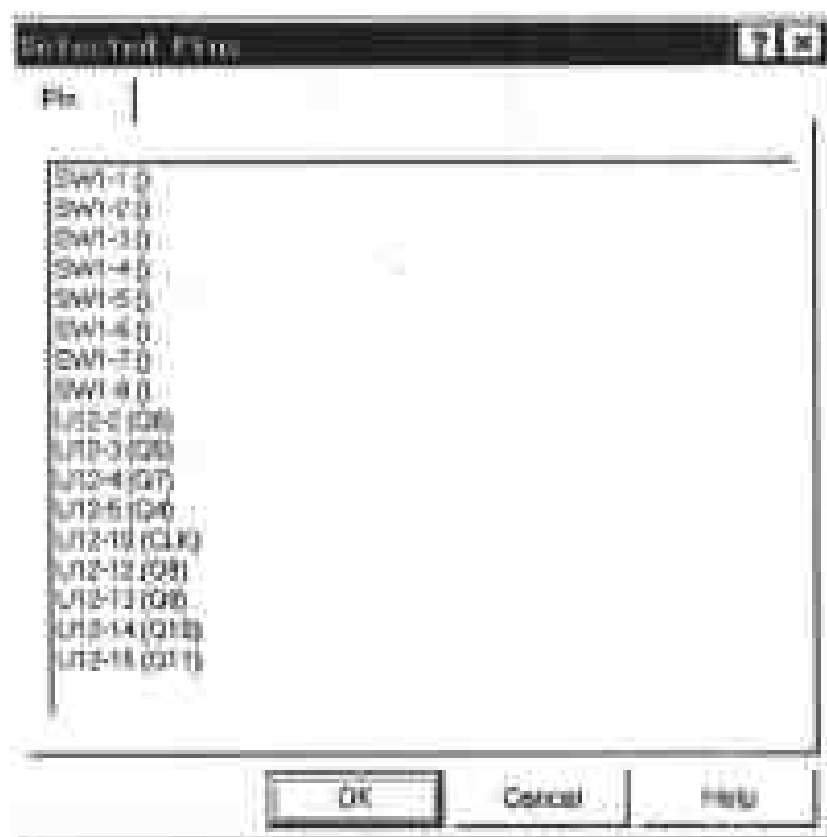


图 10-10 引脚列表

10.1.4 产生元件报表

在元件库编辑器里，可以生成元件报表、元件库表以及元件规则检查表等，下面我们以如图 10-11 所示的一个库元件为例进行说明。

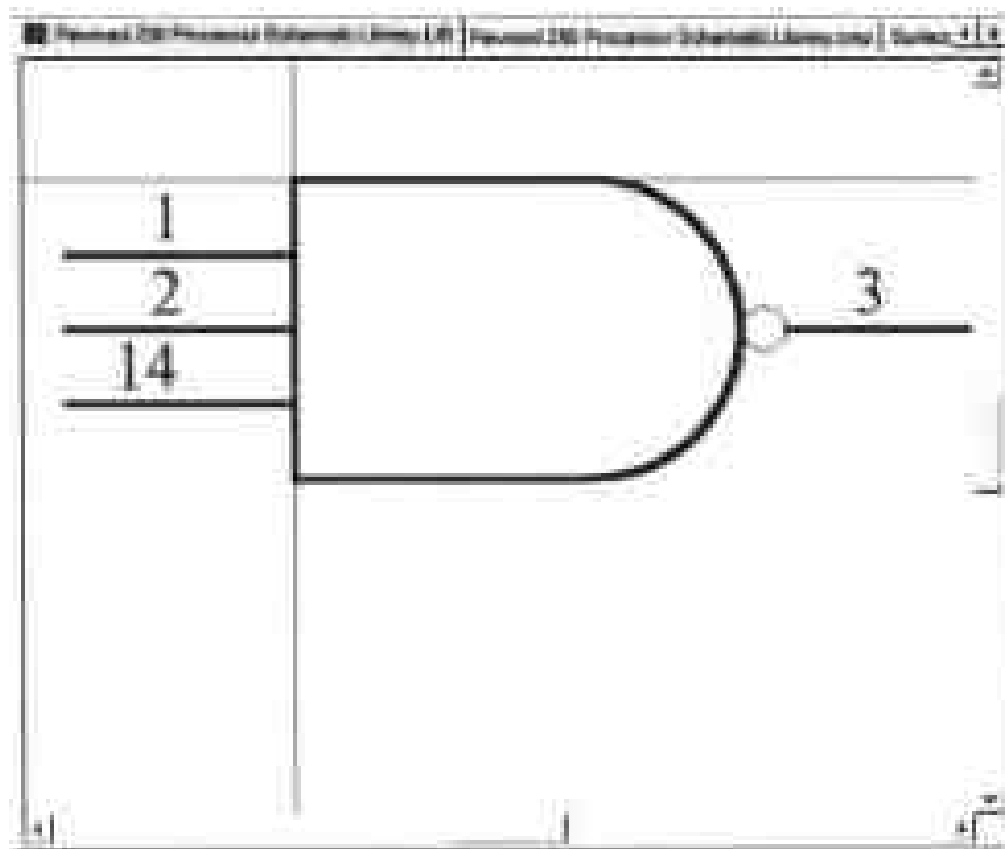


图 10-11 待生成报表的库元件图

3. 元件规则检查表

元件规则检查表主要用于元件库中的元件是否有错，并将有错的元件列出来，而且指明错误的原因等。

执行菜单命令 Reports/Component Rule Check..., 屏幕上出现如图 10-14 所示的 Library Component Rule Check 对话框，用于设置检查的属性，具体说明如下：

(1) Duplicate 区块。该区块用于设置是否检查重复项目，其中有两项，Component Names 选项用于设置检查是否有重复的元件名；Pins 选项用于设置检查元件是否有重复的引脚名。

(2) Missing 区块。该区块用于设置是否检查缺失的项目，其中包括五项，Description 选项用于设置检查是否有元件遗漏了元件描述；Footprint 选项用于设置检查是否有遗漏了元件封装；Default Designator 选项用于设置检查是否有遗漏了元件默认序号；Pin Name 选项用于设置检查是否有遗漏了元件引脚名称；Pin Number 选项用于设置检查是否有遗漏了元件引脚序号。

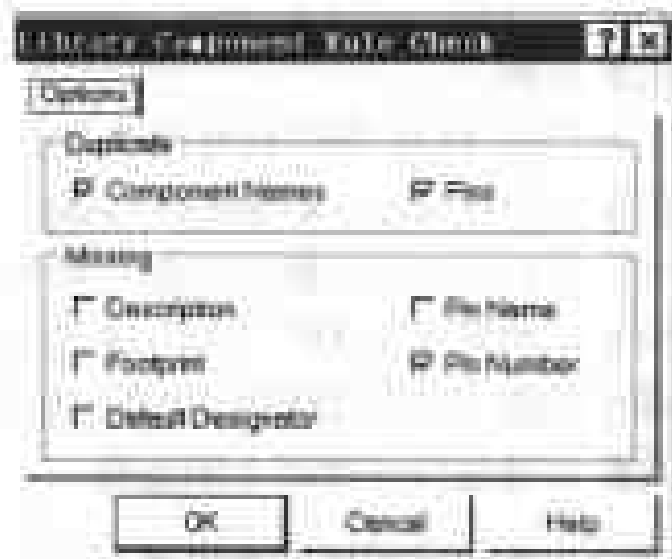


图 10-14 库元件规则检查对话框

设置完毕后，单击 OK 按钮，系统即可生成元件规则检查表，以图 10-11 为例，按照图 10-14 所示的设置元件规则检查表对话框，生成的元件规则检查表如图 10-15 所示。

Name	Errors
281741204	(Duplicate Pin Number : 14)
28174104	(Duplicate Pin Number : 14)
28174004	(Duplicate Pin Number : 14)

图 10-15 元件规则检查表

10.2 PCB 报表

PCB 报表是了解印制电路板详细信息的重要资料。Protel 99 的印制电路板设计系统提供了生成各种报表的功能，它可以给用户提供有关设计过程及设计内容的详细资料，这些资料主要包括设计过程中的电路板状态信息、引脚信息、元件封装信息、网络信息以及布线信息等等。下面我们以 Z80 Processor Board.pcb 图（见图 10-16）为例来介绍生成各个报表的方法，其

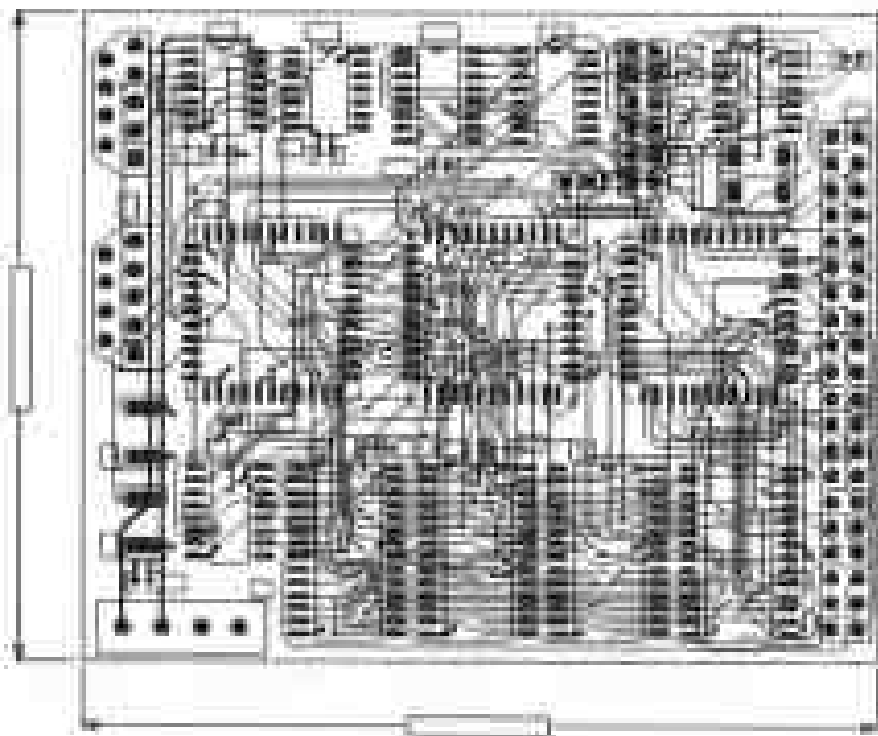


图 10-16 Z80 Processor Board.pcb

中网络表在第 4 章中已经讲述, 在此不再赘述。

10.2.1 生成选取引脚报表

引脚报表能够提供电路板上选取的引脚信息, 用户可以选取若干个引脚, 通过报表功能生成这些引脚的相关信息。我们选择 Z80 Processor Board.pcb 为例, 讲述如何生成引脚报表。

我们在 PCB 图中执行菜单命令 Edit/Select/All, 然后执行菜单命令 Reports/Selected Pins..., 屏幕上会出现如图 10-17 所示的选取引脚对话框。对话框中列出了选取引脚的信息, 如果单击 OK 按钮, 系统会进入文本编辑器, 并生成引脚报表文件.DMP, 如图 10-18 所示, 这可以让用户比较方便地验证网络上的连线。



图 10-17 选取引脚对话框

10.2.2 生成电路板信息报表

电路板信息报表用于提供给用户电路板的完整信息, 包括电路板尺寸、电路板上的焊点、导孔的数量以及电路板上的元件标号等等, 下面还是以图 10-16 为例讲述如何生成电路板信息报表。

执行菜单命令 Reports/Board Information..., 屏幕上出现如图 10-19 所示的电路板信息对话框。

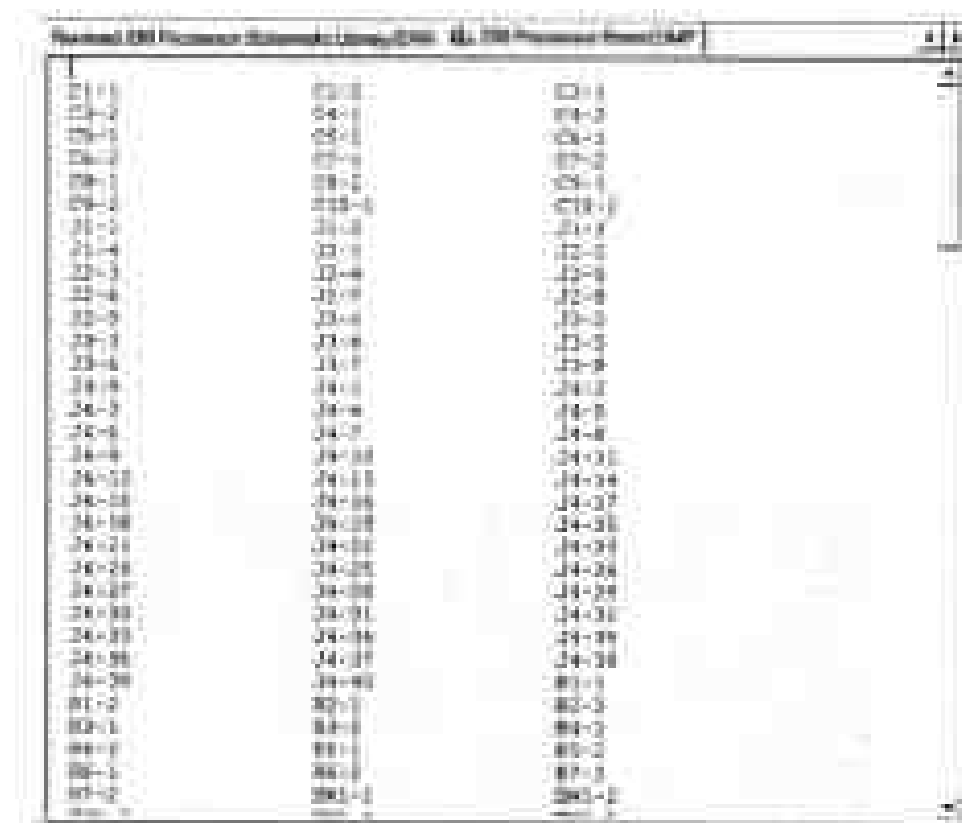


图 10-18 元件引脚报表图



图 10-19 印制电路板信息对话框

对话框中包括三个选项页, 具体说明如下:

(1) General 选项页。该页如图 10-19 所示, 主要用于显示电路板的一般信息, 如电路板上各个组件的数量、导线数、焊点数、导孔数、敷铜数、违反设计规则数量等。

(2) Components 选项页。该页如图 10-20 所示, 主要用于当前电路板上使用的元件序号及元件所在的板层等信息。

(3) Nets 选项页。该页如图 10-21 所示, 主要显示当前电路板的网络信息。

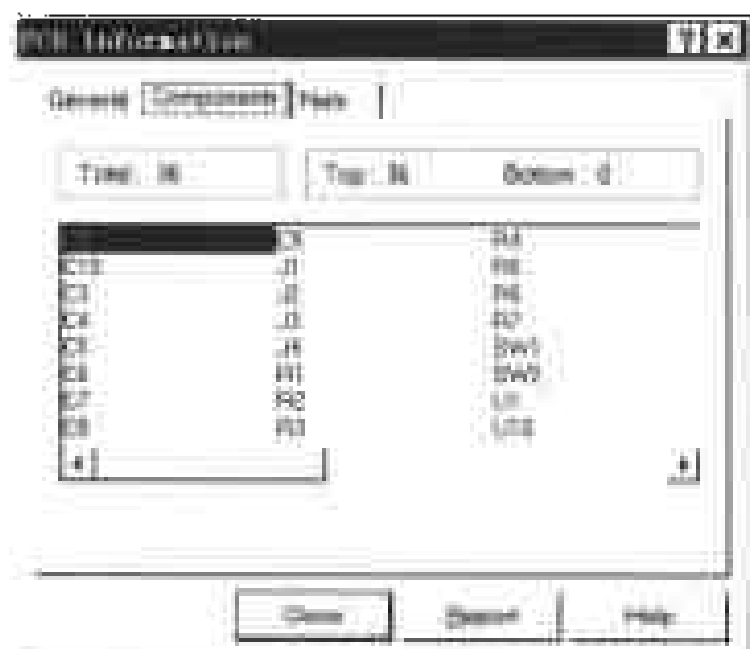


图 10-20 Components 选项页

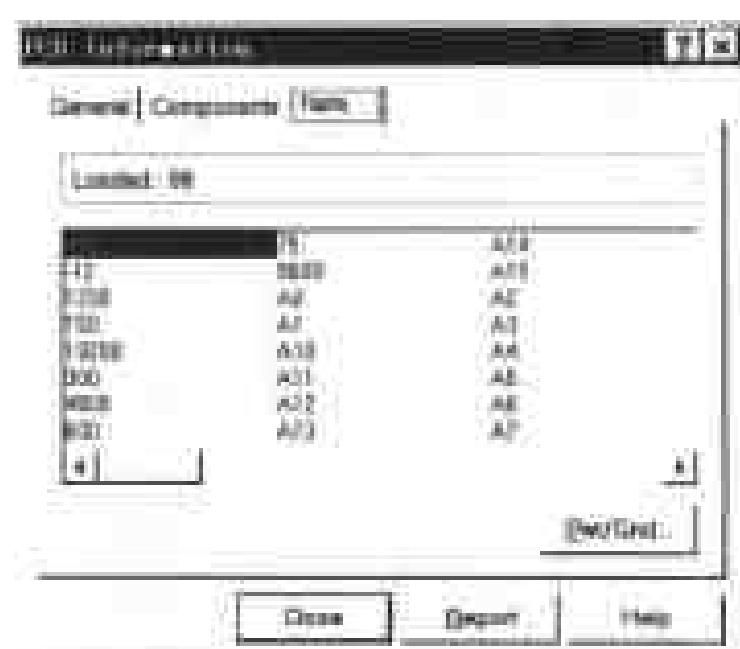


图 10-21 Nets 选项页

单击 Nets 选项页中 Pwr/Gnd...按钮, 屏幕上会出现如图 10-22 所示内部板层信息对话框。

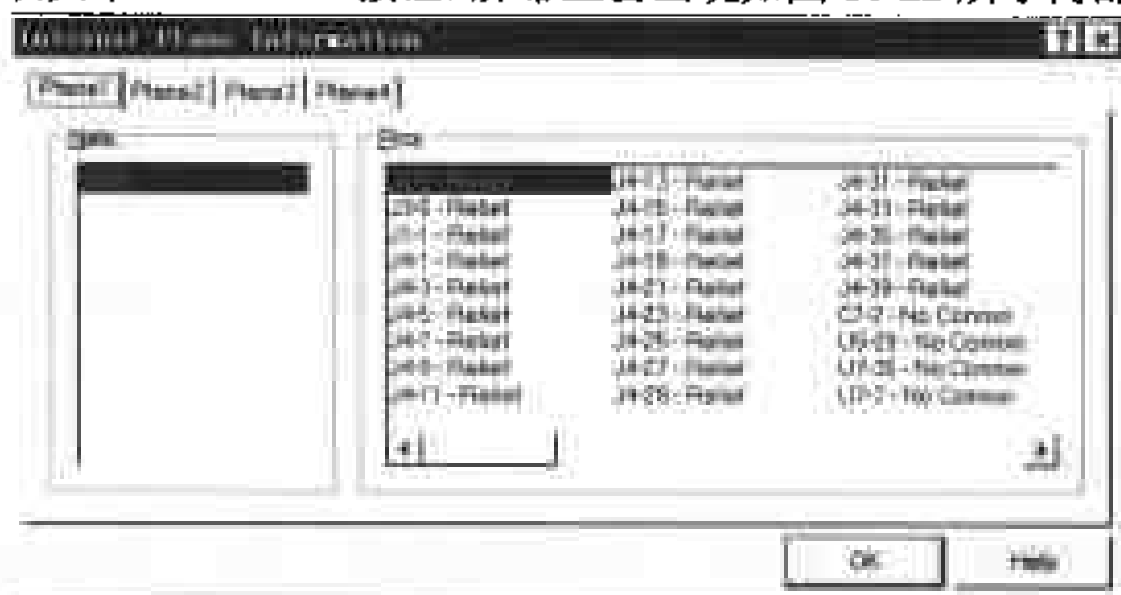


图 10-22 内部板层信息对话框

内部板层信息对话框列出了各个内部板层所接的网络、导孔和焊点以及焊点和内部板层间的连接方式。

我们可以在任何一个选项页中单击 Report 按钮, 将电路板信息生成相应的报表文件, 生成的文件以.REP 为后缀。如我们选择 General 选项页, 单击 Report 按钮, 生成如图 10-23 所示的电路板信息报表文件。

10.2.3 生成层次列表

层次列表主要用于描述文件中所包含的各个原理图文件的文件名和彼此间的相互关系。我们还是以 Z80 Processor.pj 项目为例进行讲解。

Layer	Pads	Drills	Fills	Area	Data
Top Layer	971	2488	0	0	0
Bottom Layer	4	944	0	0	0
Top Thickness	0	227	0	0	0
Top Pads	0	0	0	0	0
Bottom Pads	0	0	0	0	0
Top Solder Area	0	0	0	0	0
Bottom Solder Area	0	0	0	0	0
Keep Out Layer	0	0	0	0	0
Mechanical Layer 1	0	0	0	0	0
Mechanical Layer 2	0	0	0	0	0
Drill Drawing	0	0	0	0	0
MUCL Layer	117	0	0	0	0
Total	975	2488	0	0	0
Layer Pairs	7144				
Top Layer - Bottom Layer	119				
Total	119				

图 10-23 电路板信息报表

打开如图 10-1 所示的 Z80 Processor.pri, 执行菜单命令 Reports/Design Hierarchy, 系统即可产生如图 10-24 所示的项目的层次列表。在设计管理器的 Z80 Processor 中自动出现 Surface Mount Revision .rep 文件。



图 10-24 项目层次列表文件

从这个列表可以发现, 层次列表主要是将项目中包含的各种文件的层次关系罗列出来, 以方便设计人员。

10.2.4 生成元件报表

元件报表可以用来整理一个电路或一个项目中的元件, 形成一个元件列表, 以供用户查阅, 生成元件报表的操作方法如下:

执行菜单命令 Reports/Bill of Material..., 屏幕上出现如图 10-25 所示的零件报表向导对话框。

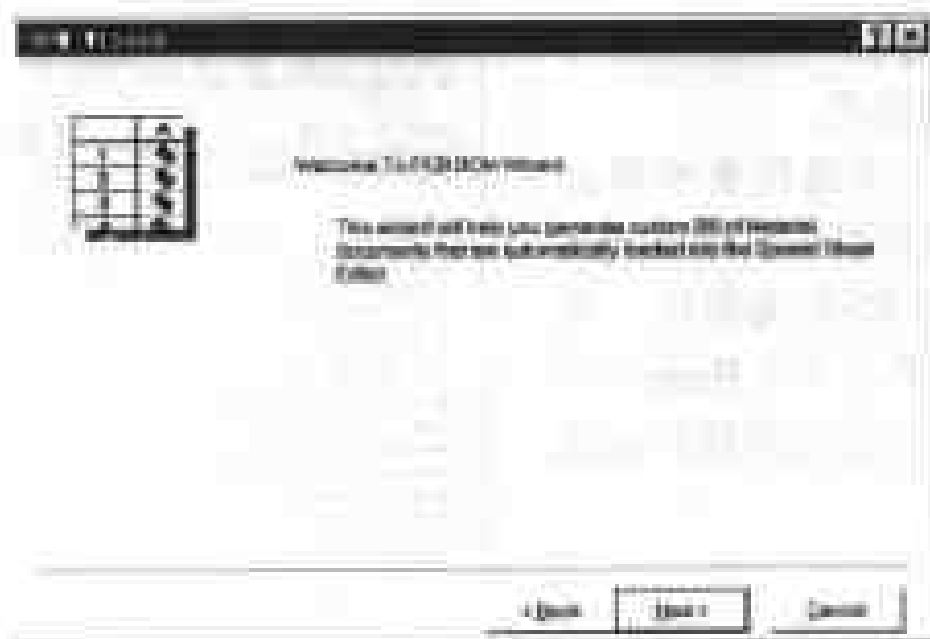


图 10-25 启动元件报表向导

单击 Next 按钮, 系统弹出如图 10-26 所示的对话框, 在这个对话框里可以选择元件的列表形式。对话框中包括两种列表形式, List 选项为将当前电路板上所有元件列成表, 每一个元件占一行, 所有元件按顺序向下排列; Group 选项为将当前电路板上的具有相同的元件

封装和元件名称的元件为一组，每一组占一行。我们选择 List 选项。

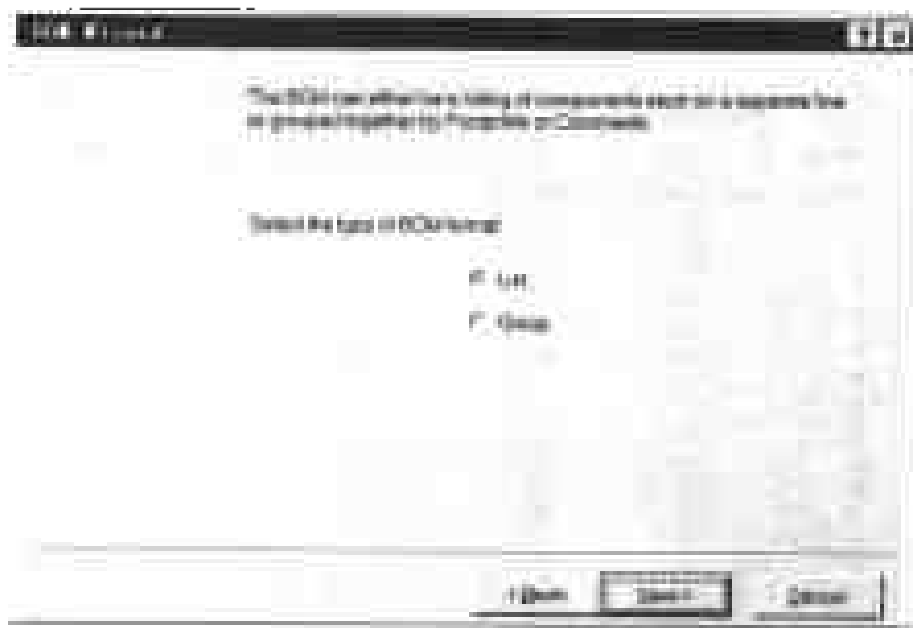


图 10-26 选择元件的列表形式

单击 Next 按钮，屏幕上出现如图 10-27 所示的对话框，该对话框中 Select the sorting method 选择项用于选择排序的依据，如选择 Comment，则用元件名称来对元件报表排序；Check the fields to be included in the report 选项用于报表所包含的项目，包括 Designator、Footprint、Comment 和 Quantity。

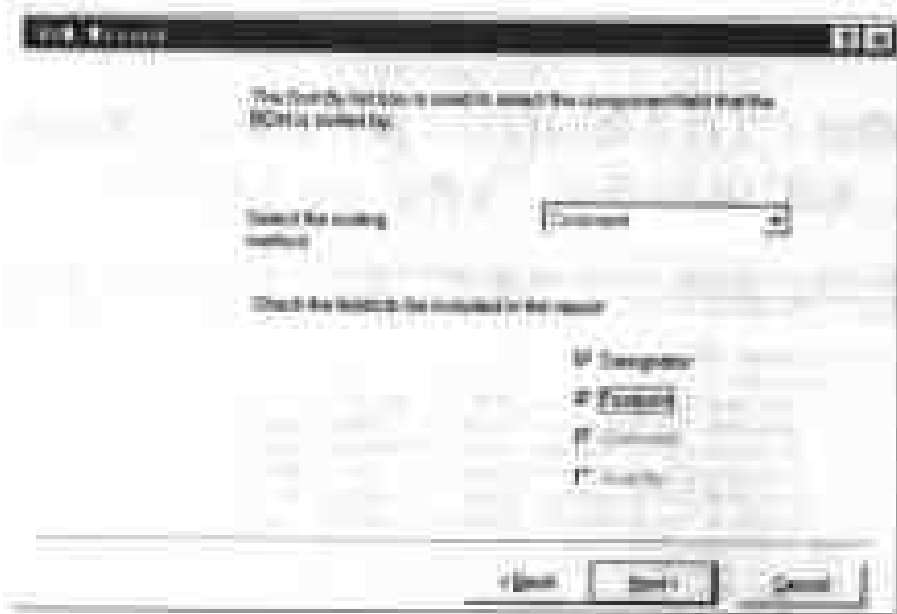


图 10-27 选择元件排序依据

选择了报表包含的范围后，单击 Next 按钮，屏幕出现如图 10-28 所示的完成元件列表设置对话框。



图 10-28 完成元件列表设置对话框



图 10-31 网络状态表

10.2.7 生成信号集成报表

信号集成报表用于提供一些有关元件的点特性资料。执行菜单命令 **Reports/Signal Integrity**，系统便进入文本编辑器，生成以.SIG 为后缀的文件，如图 10-32 所示。

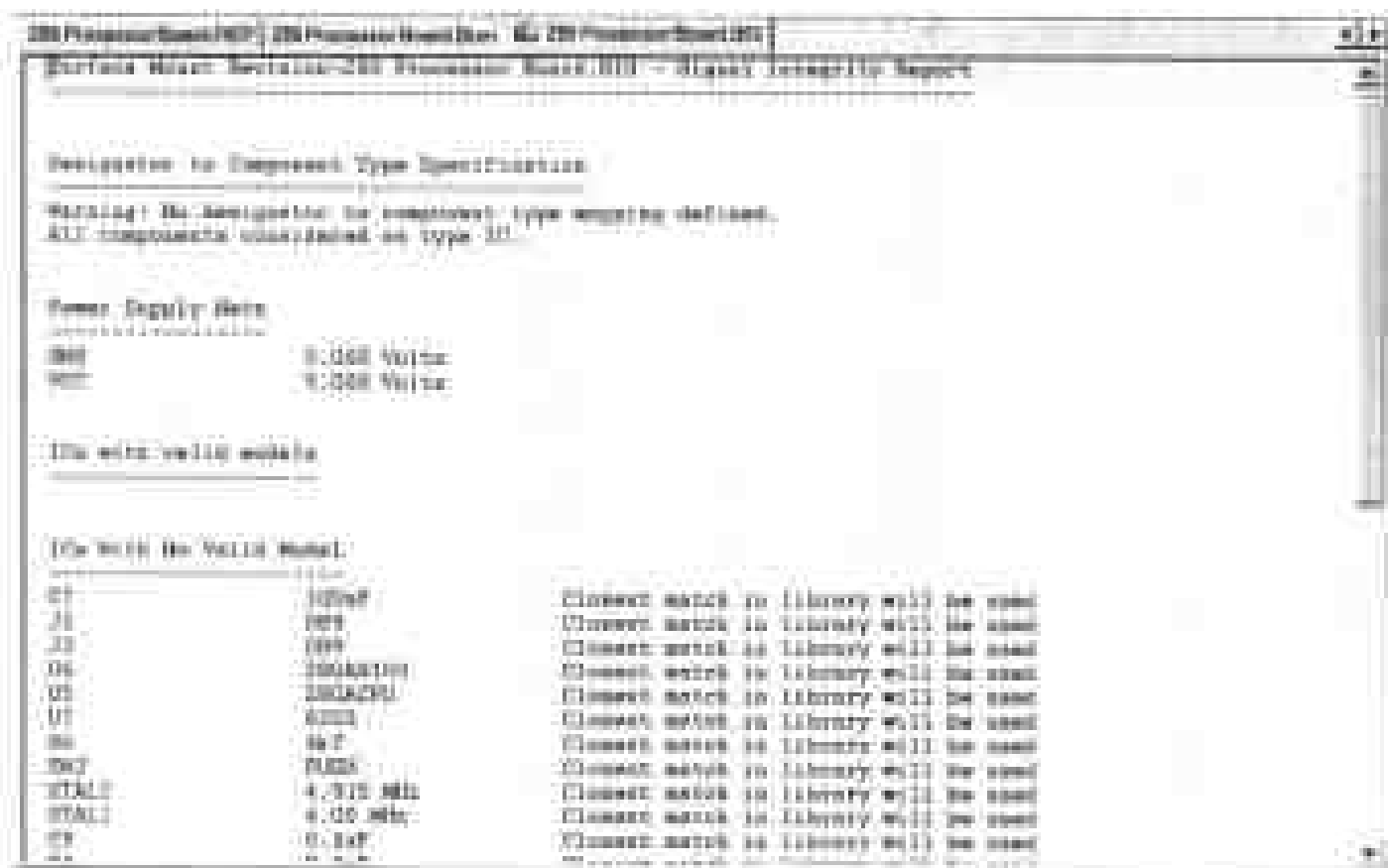


图 10-32 信号集成报表

10.2.8 生成 NC 钻孔报表

钻孔文件报表用于提供制作电路板时所需的钻孔资料，该资料可直接用于数控钻孔机。

执行菜单命令 Reports/NC Drill, 即可生成后缀名为.DRR 的文件, 如图 10-33 所示。

Drill	Hole Size	Hole Count	Total Drills
15	0.25mm	179	18,23 Drills (894.18 mm)
17	0.7112mm	63	18,73 Drills (894.18 mm)
Total		242	18,73 Drills (894.18 mm)

Total Processing Time : 00:00:02

图 10-33 钻孔文件报表

10.2.9 生成元件位置文件报表

元件位置文件报表用于提供元件之间的距离, 以判断元件的位置布置是否合理, 在自动化生产中, 自动插件机将元件插入电路板所需的信息文件。执行菜单命令 Reports/Pick and Place, 即可生成元件位置文件, 文件后缀名为.PIK, 如图 10-34 所示。

Designator	Part	X1	Y1	X2	Y2	Pick
08	0817-14	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
09	0818	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
10	0819	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
11	0820	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
12	0821	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
13	0822	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
14	0823	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
15	0824	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
16	0825	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
17	0826	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
18	0827	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
19	0828	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
20	0829	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
21	0830	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
22	0831	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
23	0832	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
24	0833	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
25	0834	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
26	0835	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
27	0836	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
28	0837	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
29	0838	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
30	0839	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
31	0840	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
32	0841	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
33	0842	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
34	0843	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
35	0844	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
36	0845	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
37	0846	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
38	0847	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
39	0848	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
40	0849	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
41	0850	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
42	0851	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
43	0852	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
44	0853	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
45	0854	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
46	0855	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
47	0856	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
48	0857	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
49	0858	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
50	0859	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
51	0860	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
52	0861	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
53	0862	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
54	0863	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
55	0864	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
56	0865	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
57	0866	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
58	0867	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
59	0868	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
60	0869	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
61	0870	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
62	0871	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
63	0872	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
64	0873	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
65	0874	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
66	0875	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
67	0876	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
68	0877	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
69	0878	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
70	0879	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
71	0880	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
72	0881	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
73	0882	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
74	0883	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
75	0884	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
76	0885	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
77	0886	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
78	0887	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
79	0888	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
80	0889	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
81	0890	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
82	0891	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
83	0892	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
84	0893	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
85	0894	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
86	0895	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
87	0896	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
88	0897	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
89	0898	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
90	0899	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
91	0900	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
92	0901	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
93	0902	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
94	0903	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
95	0904	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
96	0905	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
97	0906	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
98	0907	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
99	0908	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm
100	0909	254mm	217mm	254mm	217mm	245mm

图 10-34 元件位置文件报表


10.2.10 报表的其它项目

在 Reports 菜单下, 还有两个菜单命令, 即 Measure Distance 和 Measure Primitives 命令,

下面分别对其作简单介绍。

1. Measure Distance 命令

该命令用于测量任意两点间的距离。执行菜单命令 Reports/Measure Distance 后, 光标变成十字状, 要求确定一个测量端点。单击鼠标, 确定其中的一个测量端点, 然后移动光标到另一个测量端点上, 在两个端点之间出现一条细直线。单击鼠标, 屏幕出现如图 10-35 所示的测量结果。

单击  按钮, 上图消失, 可以测量另外两点间的距离, 单击鼠标右键, 可以取消该命令。

2. Measure Primitives 命令

该命令用于测量电路板上焊点、连线和导孔间的距离。以测量焊点间的距离为例介绍此命令。

执行菜单命令 Reports/Measure Primitives 后, 光标变成十字状, 将其移到其中的一个焊点上, 出现

八角形。单击鼠标, 会出现如图 10-36 所示的元件列表, 选择焊点, 单击鼠标, 光标变成十字状。将光标移动到第二焊点上, 单击鼠标, 即可出现如图 10-37 所示的元件列表, 选择第二焊点, 单击鼠标即可出现如图 10-38 所示的测量结果。



图 10-35 显示测量结果



图 10-36 选择第一焊点



图 10-37 选择第二焊点



图 10-38 测量结果

单击 OK 按钮, 上图消失, 可以测量另外两焊点、连线或导孔间的距离, 单击鼠标右键, 可以取消该命令。

10.3 打印输出

10.3.1 原理图的打印输出

电路原理图绘制结束后, 需要将其输出, 以供设计者参考、查阅和归档。电路原理图可以通过打印机和绘图仪输出, 现对它们进行介绍。

1. 打印机输出

用打印机输出图纸时, 要首先对打印机进行设置, 包括打印机的类型、纸张大小和原理图的设置等内容。操作方法如下:

(1) 首先执行菜单命令 File/Setup Printer, 屏幕上出现如图 10-39 所示的对话框, 在该对话框中设置打印的有关参数。Select Printer 选择项用来选择打印机, 用户根据实际的硬件配置而定; Batch Type 选择项用于选择输出的目标图形文件, Current Document 设置是指打印当前正在编辑的图形文件, All Document 设置是指打印输出整个项目的所有文件; Color Mode 选择项用于选择输出颜色的设置, Color 设置是彩色输出, Monochrome 设置是黑白输出; Margins 设置项是用来设置页边的空白宽度; Scale 设置项是用来设置缩放比例, Scale to fit page 是尽可能地放大打印电路图; Vector Font Options 中的 Inter-character 用来设置字符间的间隙, Character Width Scale 用来设置字符宽度比例; Preview 项中的 Refresh 按钮可以预览页面和电路图之间的关系。

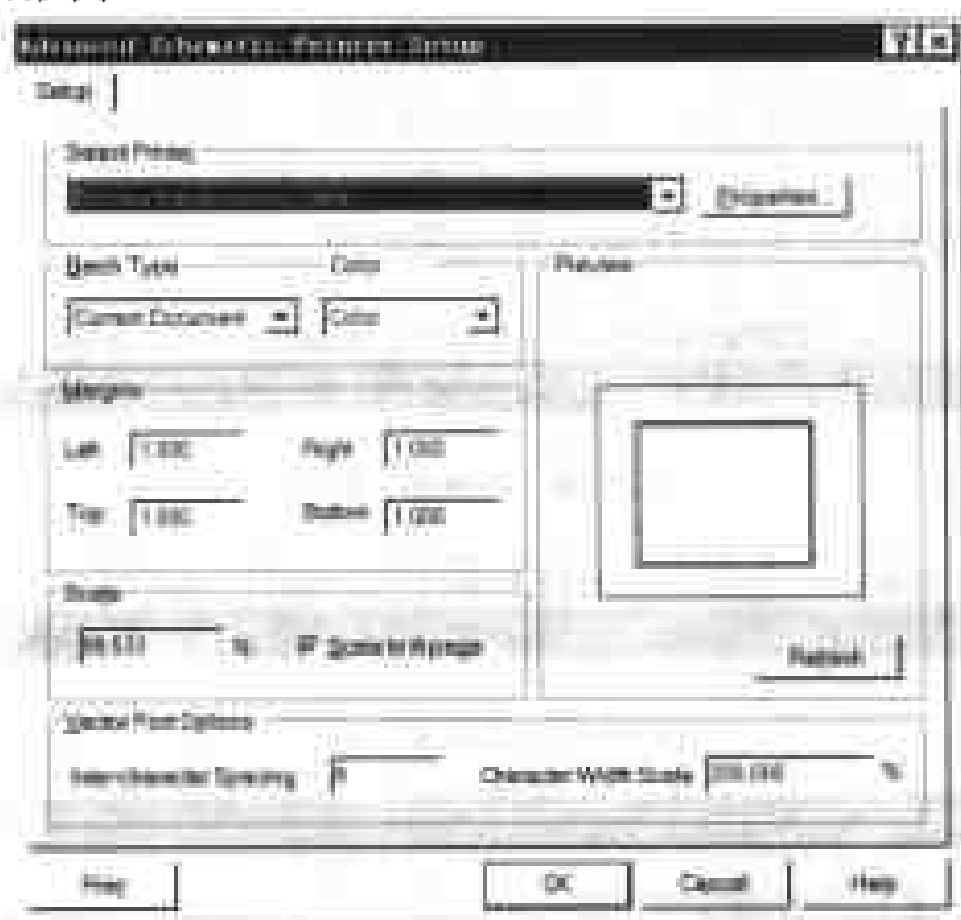


图 10-39 打印机设置对话框

(2) 单击图 10-39 中的 Properties 按钮, 屏幕上出现如图 10-40 所示的对话框, 在对话框中可以进行打印机分辨率、纸张大小和纸张方向的设置。



图 10-40 打印设置对话框

如果单击 **属性(P)** 按钮, 屏幕上会出现如图 10-41 所示的打印机属性设置对话框, 此时可对打印机的属性进行设置。

(3) 完成打印机属性设置、打印设置及打印图纸参数设置后, 可单击图 10-39 中的 **Print** 按钮, 或单击主工具条上的打印按钮, 或执行菜单命令 **File/Print**, 就可打印图纸。



图 10-41 打印机属性设置

2. 绘图仪输出

一般来说, 绘图仪的输出主要针对尺寸比较大的原理图, 常见的绘图仪有静电式、喷墨式和握笔式等。用绘图仪进行输出原理图的步骤与打印机输出相似。

(1) 首先设置绘图仪。在输出前执行菜单命令 **File/Setup Printer**, 同打印机一样, 根据要求来设置。

(2) 选择绘图笔或墨水夹。可以根据要求出图的质量和笔速的快慢来设置。

(3) 设置完成后, 执行打印命令, 即可用绘图仪将图纸输出。

10.3.2 电路板的打印输出

完成了 PCB 的设计后, 需要打印输出, 以生成印制板和焊接元件, 使用打印机打印输出电路板, 要设置打印机的类型、纸张的大小和电路图纸等内容, 再进行打印输出。操作方法介绍如下。

(1) 执行菜单命令 **File/Setup Printer...** 命令, 屏幕上会出现如图 10-42 所示的对话框, 此时可设置打印机的类型, 此项设置要根据所配置的硬件而定。

(2) 单击按钮 **Layers...**, 屏幕上会弹出如图 10-43 所示的 **Setup Output Options** 的设置对话框, 此时可以设置要输出的工作层面的类型。



图 10-42 打印机设置对话框



图 10-43 工作层面输出设置对话框

(3) 设置好输出层面后, 单击 **OK** 按钮, 返回如图 10-42 所示的对话框。单击 **Options...** 按钮, 屏幕上出现如图 10-44 所示的对话框, 在此可设置输出的比例以及边框的大小等属性。



图 10-44 设计输出特性对话框

(4) 单击图 10-44 中的 Setup...按钮, 屏幕上出现如图 10-45 所示的对话框, 在对话框中可以进行打印机分辨率、纸张大小和纸张方向的设置。



图 10-45 打印设置对话框

如果单击 **属性(P)** 按钮, 屏幕上会出现如图 10-46 所示的打印机属性设置对话框, 此时可对打印机的属性进行设置。

(5) 完成打印机属性设置、打印设置及打印图纸参数设置后, 可单击图 10-42 中的 Print 按钮, 或执行菜单命令 File/Print, 即可打印输出。



图 10-46 打印机属性设置对话框

第 11 章 仿 真

要完成一件电子产品，必须要完成原理图设计、PCB 图设计、制板、制造等几个步骤。对电子工程师而言，一定要保证原理图设计准确无误方可进行 PCB 图设计，这就要求设计者对所设计电路的性能进行初步验证。

早期的初步验证主要是将设计的电路图接成面包板，然后使用电源、信号发生器、示波器、电表等电子仪器来加以验证。这对于规模较小的电路是可行的，随着大规模集成电路的发展，电路规模越来越大，同时对电路的设计也要求越来越高，传统的验证方法已经完全不可行了。因而计算机辅助电路分析已成为现代电子工程师的助手和工具。EDA 软件的功能越来越强大，只要有合适而精确的电路模型，电脑便可仿真出接近真实的电路结果。

Protel 99 具有一个功能强大的模/数混合信号电路仿真器 Protel Advanced SIM99。它能提供模拟信号和数字信号仿真。

在本章中，您将学习到：

- Protel Advanced SIM99 的主要特点
- 设计仿真用原理图的方法及参数设置
- 设置仿真环境及仿真参数
- 仿真结果分析方法

11.1 Protel Advanced SIM99 的主要特点

Protel Advanced SIM99 可以对用户的设计电路进行一系列的仿真。这个仿真引擎与原理图设计工具 Protel Advanced Schematic 协同工作，为用户提供了完整的从设计到验证的仿真设计环境。

Protel 的模拟/混合信号仿真引擎使用 Berkeley 的增强版 SPICE3F5/Xpice 的仿真模型。由于数字器件的复杂性，使用标准的、非事件驱动的 SPICE 指令通常不能仿真数字器件。因此，Protel 采用了 XSPICE 的扩展版本的一种事件驱动的描述语言——Digital SimCode 描述数字器件。它包含了精确的事件驱动的数字元件模型、TTL 和 CMOS 电路模型，使用户可以不用人工插入 A/D 或 D/A 转换器而准确地完成模拟与数字元件的混合电路仿真。

Protel Advanced SIM99 包含了一个数目庞大的仿真元件库，用户只需从仿真元件库中选用所需的元件，连接好电路图，再加上激励源，就可以进行仿真。Protel Advanced SIM99 可以进行任何电路级别的模拟信号仿真和门级的数字信号仿真。电路规模只受用户电脑的内存的限制。

Protel Advanced SIM99 仿真器支持各种仿真功能，包括交流小信号分析、瞬态特性分析、噪声分析、直流分析、蒙特卡罗分析、参数扫描分析、温度扫描分析、傅里叶分析和传递函数分析。

Protel Advanced SIM99 仿真器提供了功能强大的仿真结果分析工具，可以记录各种需要的仿真数据，显示各种仿真波形如波特图、模拟信号波形、数字信号波形等，并且可以进行波形缩放、波形比较、波形测量等。使用户快速而准确地估计电路性能。

使用 Protel Advanced SIM99 进行仿真的主要步骤如下:

- (1) 设计一个仿真用的原理图。
- (2) 设置仿真环境及仿真参数。
- (3) 仿真。
- (4) 仿真结果分析。

11.2 设计可供仿真用的原理图

要对一个电路进行仿真, 原理图必须包含所有仿真所必需的信息。通常, 为使仿真可靠运行必须遵守以下一些规则:

- (1) 原理图的所有元件必须引用适当的仿真器件模型。
- (2) 必须有适当的信号源, 以便仿真过程中驱动电路。
- (3) 在电路中需要保存仿真数据的节点必须添加网络标号。
- (4) 必要时, 还要设置电路的初始状态。

下面几节介绍仿真用原理图的设计。原理图的设计前面已经介绍过, 下面只针对仿真用原理图的特殊要求进行介绍。

11.2.1 选用供仿真用的原件

要进行电路仿真, 原理图中的所有元件必须包含有详细而精确的仿真信息, 以便仿真器正确处理这些元件。通常, 这些元件必须引用适当的 SPICE 器件模型。

创建一个原理图的简便方法是选用 Protel Advanced SIM99 提供的仿真库中的元件。Protel Advanced SIM99 中包含了有 5 800 多个可供仿真用的元件的仿真库, 这些元件都被连接到适当的仿真模型上。

仿真库在 Protel Advanced SIM99 软件目录下\Library\Sch\SIM.ddb 中。有两种方式加载仿真元件库。

1. 菜单方式

在原理图设计环境下, 单击 Design/Add/Remove Library... 菜单, 如图 11-1a 所示, 来加载仿真用原理图库。

2. 使用设计管理器方式

单击设计管理器上的“Browse Sch”标签, 再单击“Add/Remove”按钮, 如图 11-1b 所示, 加载仿真用原理图库。

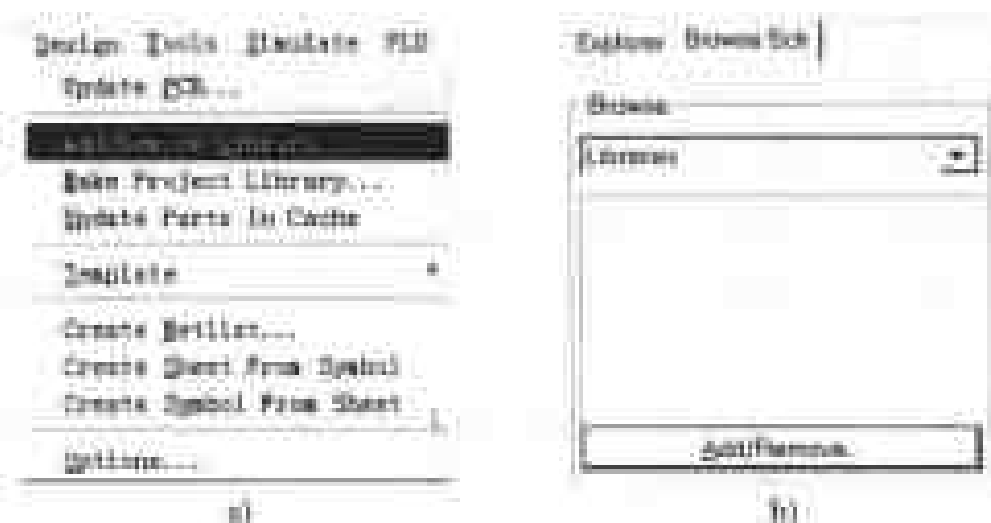


图 11-1 添加仿真用原理图库

完成上述操作后, 就会弹出图库加载窗口, 如图 11-2 所示。选择 \Library\Sch\SIM.ddb, 单击“Add”按钮, 就加载了原理图库。这时就可以直接使用这些库中的元件了, 每个元件都包含了 SPICE 仿真用的信息。SPICE 所具有的扩展特性可以更精确地设定元件特性, 例如指定晶体管的工作温度。这些额外的信息可以在元件属性对话框中的 Part Fields 中修改。



图 11-2 图库加载窗口

11.2.2 Protel Advanced SIM99 中的仿真元件库

以下是 Protel Advanced SIM99 中所包含的仿真元件库。这些元件从使用角度可以分为两类: 一类是需要用户设置参数的元件, 一类是不需要用户设置参数的元件。

1. 需要用户设置参数的元件库

下面这些元件库中的元件具有一些普通原理图库中元件所没有的仿真属性域。这些域需要用户来设定参数。

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| (1) Simulation Symbols.lib | 通用器件 (电阻、电容、电感、电源、受控源、熔丝等) |
| (2) Diode.lib | 二极管 |
| (3) Bjt.lib | 晶体管 |
| (4) Jfet.lib | 结型场效应晶体管 |
| (5) Mosfet.lib | 金属氧化物半导体场效应晶体管 |
| (6) Mesfet.lib | 金属半导体场效应晶体管 |
| (7) Switch.lib | 开关 |
| (8) Crystal.lib | 石英晶体 |
| (9) Relay.lib | 继电器 |
| (10) Transformer.lib | 互感 (变压器) |
| (11) Transline.lib | 传输线 |
| (12) 74xx.lib | 74 系列 TTL 元件 |

(13) Cmos.lib CMOS 4000 系列元件

2. 不需要用户设置参数的元件库

仿真用元件中的复杂元件都被 SPICE 子电路完全模型化, 这些元件没有用户需要设置的选项。这些元件, 只需指定元件在电路原理图中的标号 (元件属性对话框中 designator 选项)。所有的仿真用参数都已设置好。以下是供仿真用的复杂元件库。

- | | |
|--------------------|------------------|
| (1) 7segdisp.lib | 通用的不同颜色 7 段 LED。 |
| (2) Buffer.lib | 缓冲器件。 |
| (3) CAmp.lib | 电流放大器。 |
| (4) Comparator.lib | 比较器。 |
| (5) IGBT.lib | 绝缘栅双极型晶体管。 |
| (6) Math.lib | 具有运算功能的两端口器件。 |
| (7) Misc.lib | 各种不同的集成电路和其它器件。 |
| (8) Opamp.lib | 运算放大器。 |
| (9) Opto.lib | 光耦合隔离器件。 |
| (10) Regulator.lib | 电源调节器。 |
| (11) SCR.lib | 晶闸管。 |
| (12) Timer.lib | 555 时钟芯片。 |
| (13) Triac.lib | 三端双向晶间管。 |
| (14) Tube.lib | 真空管/电子管。 |
| (15) UJT.lib | 单结晶体管。 |

注意: 这些复杂元件的属性对话框中的 Part Type 域中包含了这些器件所用的 SPICE 模型的名字。不要改变 Part Type 域, 否则会改变这个元件的模型。

11.2.3 仿真元件参数的设置

仿真用元件具有独特的仿真属性域。这些域需要用户来设定参数。下面是一些主要的仿真用元器件。

1. 电阻

在仿真库 Symbols.Lib 中有如图 11-3 所示 4 种电阻类型可供仿真原理图用。



图 11-3 仿真用电阻

- | | |
|-------------|-------|
| (1) RES | 定值电阻 |
| (2) RESSEMI | 半导体电阻 |
| (3) RPOT | 分压电阻 |
| (4) RVAR | 可变电阻 |

这些符号代表了一般的电阻类型。半导体电阻使你可以模拟一块几何面积作用的阻值，并且可以设定器件的工作温度。

这些电阻器件具有特殊的属性域如图 11-4a 和 11-4b 所示，其中仿真元件特有的属性在 **Part Fields 1-8** 和 **Part Fields 9-16** 属性域中，其他元件与此相同。

- 1) Designator: 电阻名称 (如 R1)。
- 2) Part Type: 电阻值，以欧姆为单位 (如 100k)。对于半导体电阻，如果在这里指定了阻值，则关于几何尺寸的参数设置无效。
- 3) L: 可选项，半导体电阻的长度，以米为单位 (仅半导体电阻具有)。
- 4) W: 可选项，半导体电阻的宽度，以米为单位 (仅半导体电阻具有)。
- 5) Temp: 可选项，电阻工作温度，以摄氏度为单位，缺省值为 27 (仅半导体电阻具有)。
- 6) Set: 仅分压电阻和可变电阻具有。

注意：具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

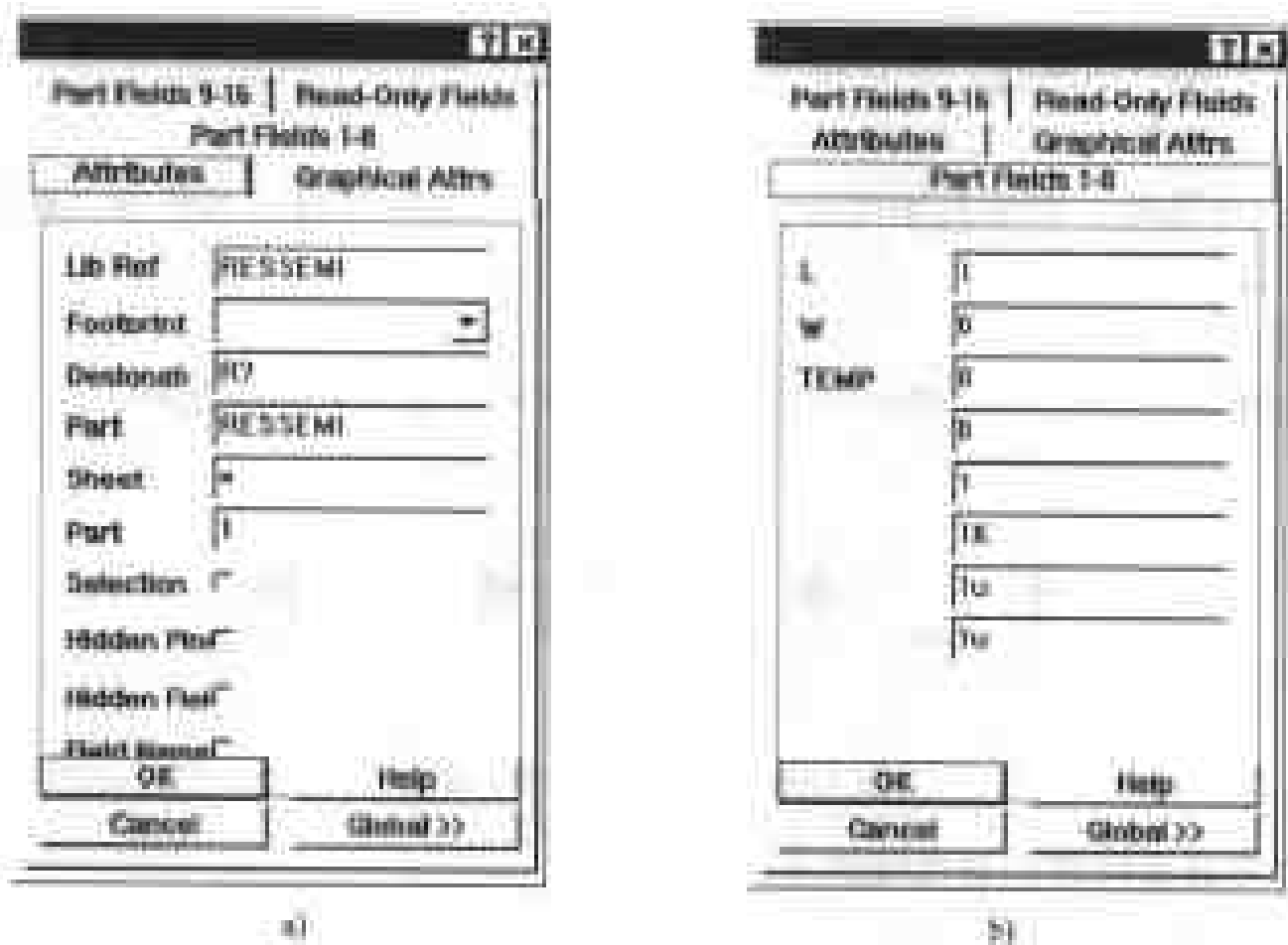


图 11-4 电阻属性

2. 电容

在仿真库 Symbols.Lib 中有如图 11-5 所示三种电容类型可供仿真原理图用。

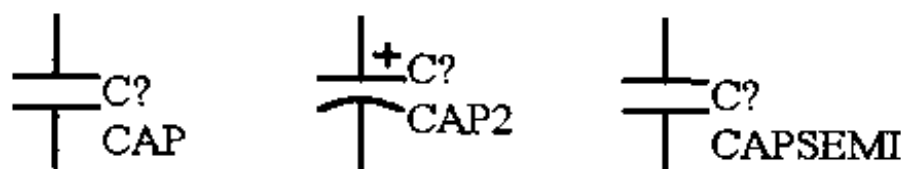


图 11-5 仿真用电容

- (1) CAP 定值无极性电容

(2) CAP2 定值有极性电容

(3) CAPSEMI 半导体电容

这些符号代表了一般的电容类型。半导体电容可以模拟一块几何面积作用的电容值。

这些电阻器件具有特殊的属性域如下:

(1) Designator: 电容名称 (如 C2)。

(2) Part Type: 电容值, 以法拉为单位 (如 22u)。对于半导体电容, 如果在这里指定了电容值, 则关于几何尺寸的参数设置无效。

(3) L: 可选项, 半导体电容的长度, 以米为单位 (仅半导体电容具有)。

(4) W: 可选项, 半导体电容的宽度, 以米为单位 (仅半导体电容具有)。

(5) IC: 可选项, 电容初始电压值。仅在暂态/傅里叶分析时其使用“初始条件”选项被选中时才有效。

3. 电感

在仿真库 Symbols.Lib 中有电感可供仿真原理图用。电感器件具有特殊的属性域如下:

(1) Designator: 电感名称 (如 L2)。

(2) Part Type: 电感值, 以亨利为单位 (如 22u)。

(3) L: 可选项, 半导体电容。

(4) IC: 可选项, 电感初始电流值。仅在暂态/傅里叶分析时其使用“初始条件”选项被选中时才有效。

4. 二极管 (diode)

在 Diode.lib 库中有全系列的标准二极管, 图 11-6 所示为其中的几种。

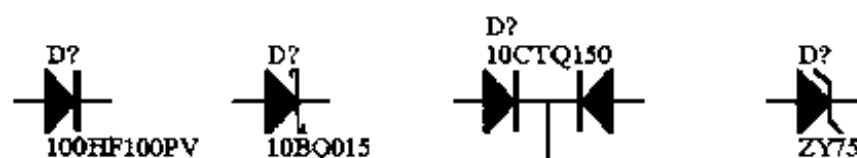


图 11-6 几种工业标准二极管

二极管器件具有特殊的属性域如下:

(1) Designator: 二极管名称 (如 D1)。

(2) Area: 可选项, 此参数定义了使用指定模型的并联的二极管的数目。这个参数将影响这个模型的许多参数。

(3) Off: 可选项, 在工作点分析中, 可使二极管上压降趋于零, 值越大, 二极管上压降越小。

(4) IC: 可选项, 零时刻二极管上压降。仅在暂态/傅里叶分析时其使用“初始条件”选项被选中时才有效。

(5) Temp: 可选项, 二极管工作温度, 以摄氏度为单位, 缺省值为 27。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会改变其模型。具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

5. 晶体管 (BJT)、结型场效应晶体管 (JFET) 和 MES 场效应晶体管

这三种器件具有特殊的属性域与二极管相同。其中 MES 场效应晶体管没有 Temp 可选

项。具体分类如图 11-7 所示。

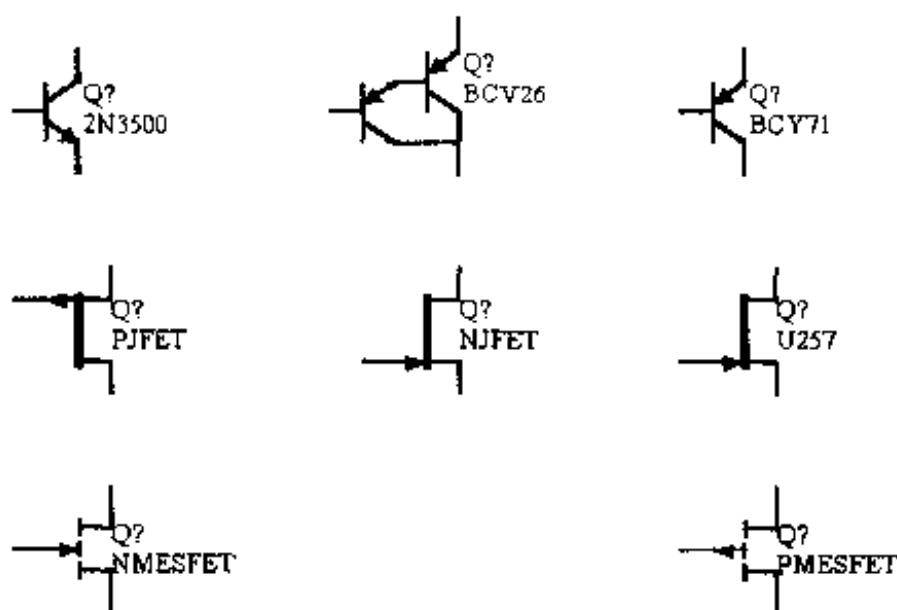


图 11-7 几种工业标准晶体管、结型场效应晶体管和 MES 场效应晶体管

6. MOS 场效应晶体管 (MOSFET)

在 Diode.lib 库中有全系列的标准 MOS 场效应晶体管, 图 11-8 所示为其中的几种。

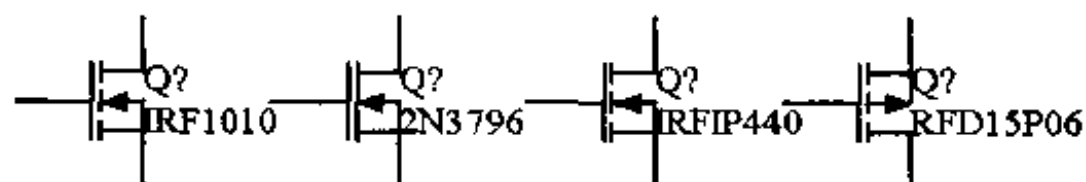


图 11-8 几种工业标准 MOS 场效应管

仿真器支持 Shichman Hodges, BSIM 1, 2 and 3, and MOS 2, 3 and 6 模型。

MOS 场效应晶体管具有特殊的属性域如下:

- (1) Designator: MOS 场效应管名称 (如 Q1)。
- (2) L: 可选项, 沟道长度, 以米为单位。
- (3) W: 可选项, 沟道宽度, 以米为单位。
- (4) AD: 可选项, 面积, 以平方米为单位。
- (5) AS: 可选项, 源区面积, 以平方米为单位。
- (6) PD: 可选项, 漏区周长, 以米为单位。
- (7) PS: 可选项, 源区周长, 以米为单位。
- (8) NRD: 可选项, 漏区扩散等效数。
- (9) NRS: 可选项, 源区扩散等效数。
- (10) OFF: 可选项, 在工作点分析中, 可使 MOS 场效应晶体管上压降趋于零, 值越大, 管上压降越小。
- (11) IC: 可选项, 零时刻 MOS 场效应晶体管上感应电流值。仅在暂态/傅里叶分析时其使用“初始条件”选项被选中时才有效。

(12) Temp: 可选项, MOS 场效应晶体管工作温度, 以摄氏度为单位, 缺省值为 27。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会改变其模型。具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

7. 开关

在 Switch.lib (\Library\Sch\Sim.ddb) 仿真中有如图 11-9 所示 8 种开关可供仿真原理图用。

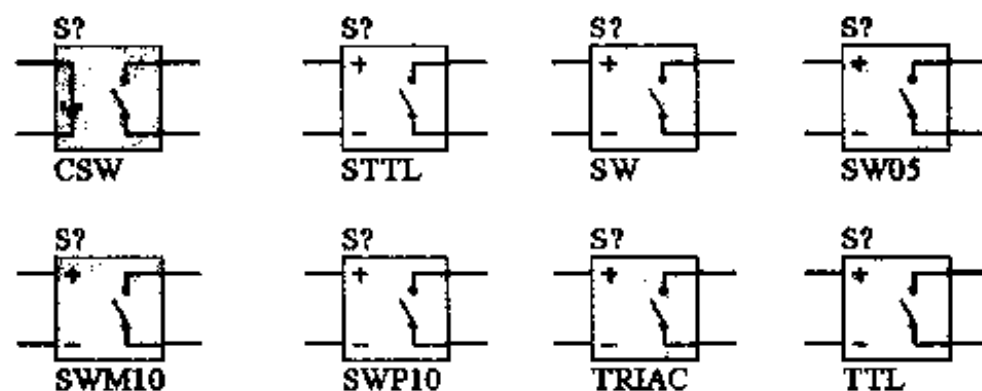


图 11-9 开关

- (1) CSW (默认电流控制开关)。
- (2) SW (默认电压控制开关)。
- (3) SW05 (压控开关, 阈值电压 $V_T=500.0m$)。
- (4) SWM10 (压控开关, 阈值电压 $V_T=-0.01$)。
- (5) SWP10 (压控开关, 阈值电压 $V_T=0.01$)。
- (6) STTL (压控开关, 阈值电压 $V_T=2.5$, 滞后电压 $V_H=0.1$)。
- (7) TTL (压控开关, 阈值电压 $V_T=2$, 滞后电压 $V_H=1.2$, 断态电阻 $ROFF=100E+6$)。
- (8) TRLAC (压控开关, 阈值电压 $V_T=0.99$, 通态电阻 $R_{ON}=0.1$, 断态电阻 $ROFF=1E+7$)。

这些开关器件具有特殊的属性域如下:

- (1) Designator: 开关名称 (如 S1)。
- (2) On/Off: 可选项, 开关的初始状态, 可以设置为 ON 或 OFF。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会改变其模型。具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

8. 熔丝

在仿真库 Symbols.Lib 中的熔丝特殊的属性域如下:

- (1) Designator: 熔丝名称 (如 F1)。
- (2) Current: 熔断电流 (如 250m)。
- (3) Resistance: 可选项, 熔丝的串联阻抗 (欧姆)。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会改变其模型。

9. 石英晶体

在仿真库 Symbols.Lib 中包含了各种不同规格的石英晶体器件。

石英晶体特殊的属性域如下:

- (1) Designator: 晶体名称 (如 Y1)。

- (2) Freq: 可选项, 晶体频率 (如 2.5M)。此值会改变模型的缺省值。
- (3) RS: 可选项, 串联阻抗, 单位欧姆。
- (4) C: 可选项, 静态电容, 单位法拉。
- (5) Q: 可选项, 等效电路的 Q 值。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会改变其模型。具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

10. 继电器

在 Relay.lib 库中有如图 11-10 所示几种继电器类型。

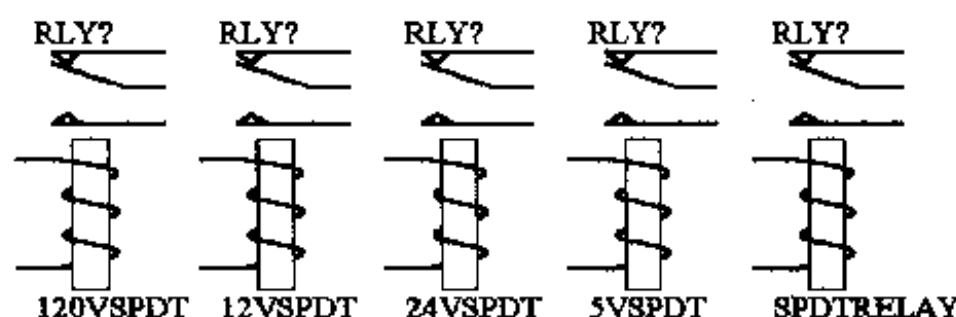


图 11-10 仿真用继电器

继电器器件具有特殊的属性域如下:

- (1) Designator: 继电器名称 (如 RLY1)。
- (2) Pullin: 可选项, 触点接通电压。
- (3) Dropoff: 可选项, 触点断开电压。
- (4) Contact: 可选项, 触点阻抗, 以欧姆为单位。
- (5) Resistance: 可选项, 线圈阻抗, 以欧姆为单位。
- (6) Inductance: 可选项, 线圈电感, 以亨利为单位。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会改变其模型。具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

11. 互感 (变压器)

在 Transformer.lib 库中有各种变压器类型。其中带有 CT 后缀的为带有中间抽头的变压器。

变压器器件具有特殊的属性域如下:

- (1) Designator: 变压器名称 (如 T1)。
- (2) Ratio: 二次/一次传输比 (如 0.1)。此值会改变模型的缺省值。
- (3) RP: 可选项, 一次直流电阻, 以欧姆为单位。
- (4) RS: 可选项, 二次直流电阻, 以欧姆为单位。
- (5) LEAK: 可选项, 泄漏电感, 以亨利为单位。
- (6) MAG: 可选项, 磁化电感, 以亨利为单位。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会改变其模型。具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

12. 传输线

在 Transline.lib 库中有 3 种传输线模型。

(1) LLTRA——无损耗传输线

无损耗传输线具有特殊的属性域如下：

- 1) Designator: 传输线名称。
- 2) ZO: 可选项, 特征阻抗, 以欧姆为单位。
- 3) TD: 传输延迟 (参见下面注释)。
- 4) F: 频率 (参见下面注释)。
- 5) NL: 在频率为 F 时, 相对于信号波长的归一化的传输线长度 (参见下面注释)。
- 6) IC: 可选项, 流过电感的初始电流值。仅在暂态/傅里叶分析时其使用“初始条件”选项被选中时才有效。

传输线的长度有两种表现形式: 一种是直接由传输延迟时间 TD 表示 (如 $TD=10\text{ns}$); 另一种是在频率 F 确定时, 由传输线长度 NL 表示。如果频率 F 给定而 NL 未定, 则 NL 缺省为 0.25。(即此频率为信号四分之一波长频率)。

(2) LTRA——有损耗传输线

这个双端口模型表示一个单导体有损耗传输线。这个模型包含了电阻、电感、电容及长度等特性。这些参数不能从原理图元件属性对话框设置。

(3) URC——均匀传输线

均匀传输线具有特殊的属性域如下：

- 1) Designator: 传输线名称。
- 2) L: 可选项, RC 线的长度, 以米为单位。
- 3) N: 可选项, RC 线模型段数。

注意: 具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

13. TTL 和 CMOS 器件

TTL 和 CMOS 器件具有特殊的属性域如下：

- (1) Designator: 器件名称 (如 U1)。
- (2) Propagation: 可选项, 器件传输延迟。可设为最大或最小值, 缺省为典型值。
- (3) Loading: 可选项, 输入负载特性。可设为最大或最小值, 缺省为典型值。
- (4) Drive: 可选项, 输出驱动特性。可设为最大或最小值, 缺省为典型值。
- (5) Current: 可选项, 标识器件功率的电流值, 可设为最大或最小值, 缺省为典型值。
- (6) PWR: 可选项, 电源电压。此值可改变缺省值, 如果设定了此值, 则必须同时设置 GND 值。
- (7) GND: 可选项, 接地电压。此值可改变缺省值, 如果设定了此值, 则必须同时设置 PWR 值。
- (8) VIL: 可选项, 输入信号的低电平。此值可改变缺省值。
- (9) VIH: 可选项, 输入信号的高电平。此值可改变缺省值。
- (10) VOL: 可选项, 输出信号的低电平。此值可改变缺省值。
- (11) VOH: 可选项, 输出信号的高电平。此值可改变缺省值。
- (12) WARN: 可选项, 可设置为 ON 使警告信号有效, 缺省为 OFF。

注意: 在此类元件的 Part Type 属性域中的值为 SPICE 模型的名字, 不可改变, 否则会

改变其模型。具有缺省值的可选项一般情况下不需要修改。

11.2.4 给原理图添加激励源

在对原理图仿真之前必须有适当的仿真激励源来驱动电路。在 Simulation Symbols.LIB (\Library\Sch\Sim.ddb)中有如下几种激励源：直流电源、正弦交流电源、周期脉冲电源、分段线性电源、指数函数电源、可调频率源、线性受控源、非线性受控源、频率/电压转换器、压控振荡器仿真源。其中直流电源、正弦交流电源和周期脉冲源可以从原理图设计环境中的 Simulate\source 子菜单中选取,如图 11-11 所示。

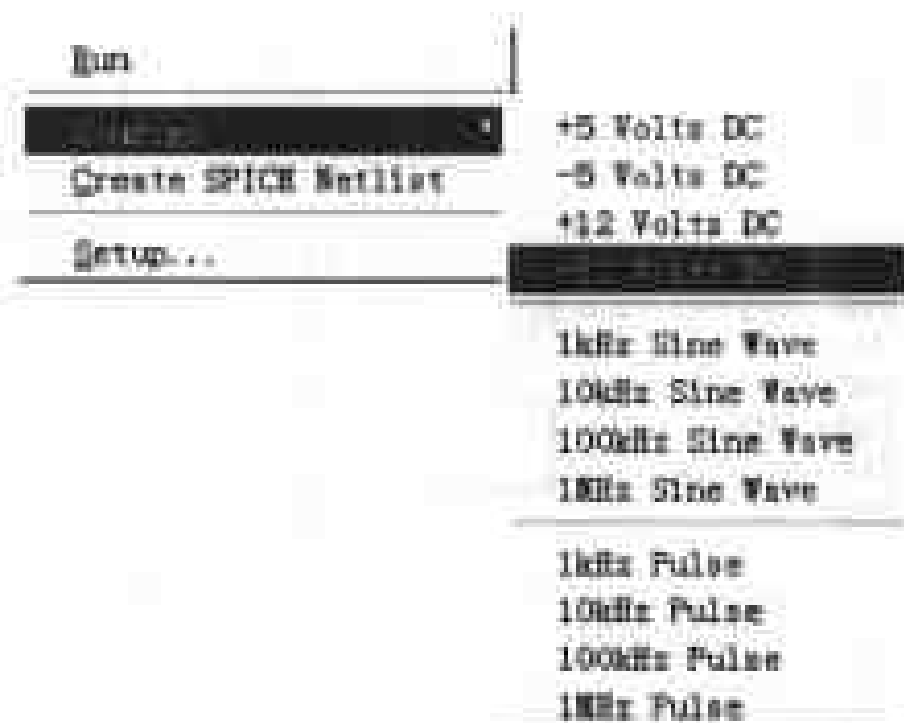


图 11-11 从菜单中选取电源

供仿真用的数字元器件已经隐藏了电源和地引脚,它可以自动连接到仿真引擎的内部缺省电源上,不需要用户设置。

在进行仿真前要对电源进行适当设置。下面详细介绍各种仿真源的属性设置。

1. 直流电源

直流电源有两种：直流电压源 (VSRC) 和直流电流源 (ISRC)。它们输出的为恒定电压或电流。

直流电源具有如下特殊属性域：

- (1) Designator: 直流源名称 (如 VDD)。
- (2) Part Type: 直流源幅值 (如 12)。
- (3) AC: 如果要基于此电源进行交流小信号分析,可设置此项。典型值为 1。
- (4) AC Phase: 交流小信号的相位 (度)。

2. 正弦交流电源

正弦交流电源有两种：正弦交流电压源 (VSIN) 和正弦交流电流源 (ISIN)。

正弦交流电源具有如下特殊属性域：

- (1) Designator: 正弦交流电源的名称 (如 INPUT)。
- (2) DC: 此项被忽略。
- (3) AC: 如果要基于此电源进行交流小信号分析,可设置此项。典型值为 1V。
- (4) AC Phase: 交流小信号的相位,以度为单位。
- (5) Offset: 正弦电压或电流的直流偏移量。
- (6) Amplitude: 正弦交流电源的振幅,以伏特为单位 (如 100m)。
- (7) Frequency: 正弦交流电源的频率,单位 Hz (如 1000)。
- (8) Delay: 电源起始的延时,单位为秒 (如 500u)。
- (9) Damping: 阻尼系数,正弦波减小的速率即每秒减小的幅值 (如 250)。如果为正值,则正弦波振幅以指数形式减少,负值则增加,为零,则输出为恒振幅的正弦波。

(10) Phase: 正弦波的初相位 (如 0)。

下面在 11-12a 所示电路图中设置正弦交流电源, 进行暂态分析 (分析方法见后面相关章节), 观察电源输入参数对输出波形的影响。输出波形如图 11-12b 所示。

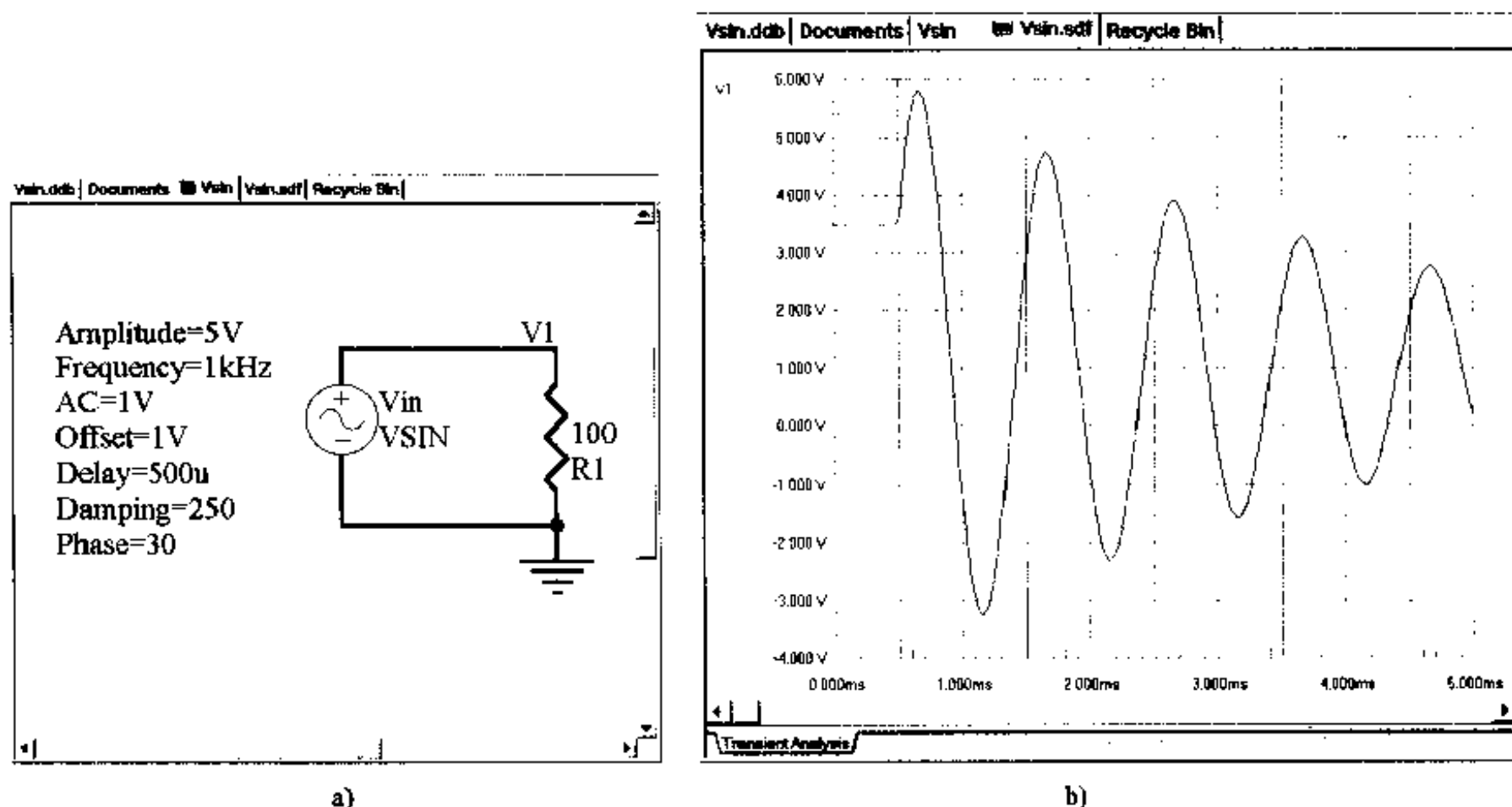


图 11-12 正弦交流电源设置及波形

3. 周期脉冲电源

周期脉冲电源有两种: 周期脉冲电源 (VPULSE) 和周期脉冲电源 (IPULSE)。

周期脉冲电源具有如下特殊属性域:

- (1) Designator: 周期脉冲电源的名称 (如 INPUT)。
- (2) DC: 此项被忽略。
- (3) AC: 如果要基于此电源进行交流小信号分析, 可设置此项。典型值为 1V。
- (4) AC Phase: 交流小信号的相位 (度)。
- (5) Initial Value: 起始幅值, 以伏特为单位 (如 0)。
- (6) Pulsed: 脉冲幅值, 以伏特为单位 (如 5)。
- (7) Time Delay: 脉冲源从初始状态到激发时间的延迟时间。
- (8) Rise Time: 从起始幅值变化到脉冲幅值延迟时间, 此值必须 > 0。
- (9) Fall Time: 从脉冲幅值变化到起始幅值延迟时间, 此值必须 > 0。
- (10) Pulse Width: 脉冲宽度, 以秒为单位 (如 500u)。
- (11) Period: 信号周期, 以秒为单位 (如 500u)。

下面在 11-13a 所示电路图中设置周期脉冲电源, 观察输入参数对输出波形的影响。输出波形如图 11-13b 所示。

4. 分段线性电源

分段线性电源有两种: 分段线性电压源 (VPWL) 和分段线性电流源 (IPWL)。

分段线性电源具有如下特殊属性域:

- (1) Designator: 分段线性电源名称 (如 INPUT)

(2) DC: 此项被忽略。

(3) AC: 如果要基于此电源进行交流小信号分析, 可设置此项。典型值为 1V。

(4) AC Phase: 交流小信号的相位, 以度为单位。

(5) Time/Voltage (Time/Current): 时间-幅值对, 最多可以输入 8 对数据, 用空格分隔。第一个数据为时间, 第二个数据为电压或电流的幅值。(如 0U 5V 5U 5V 12U 0V 50U 5V 60U 5V)

(6) File Name: 含有 PWL 数据的外部文件的名称。此文件必须在同一目录, 带有 “.PWL” 扩展名。

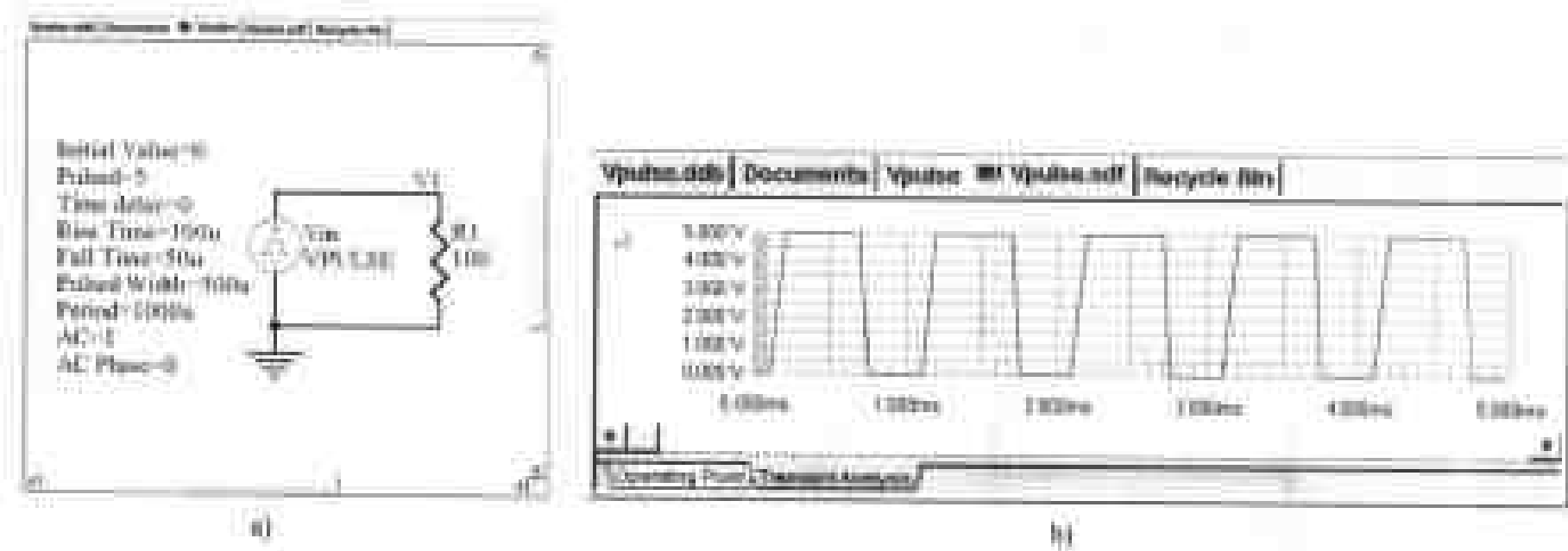


图 11-13 正弦交流电源设置及波形

注: 分段线性电源有两种方法获得参数:

1) 可以直接从 PWL 电源的属性域 “Time/Voltage 或 Time/Current” 设置 8 对数来描述波形。设定的时间参数必须为正值且顺序递增。

2) 可以用一个文本文件确定波形数据, 点数不限。此文件必须在同一目录, 带有 “.PWL” 扩展名。数据必须成对出现: 一个时间点跟着一个幅值。每一行数据的第一行必须加上一个 “+” 号, 每行可以有 255 个字符, 数值之间用空格分开, 值可以用科学计数法或小数表示。可以加入注释行, 以 “*” 开头。

以下数据为以文本文件方式编辑的随机噪声波形数据。

```
+ 0.00000e-3 0.6667 0.00781e-3 0.6372 0.01563e-3 -0.1177
+ 0.02344e-3 -0.6058 0.03125e-3 0.2386 0.03906e-3 -1.1258
+ 0.04688e-3 1.6164 0.05469e-3 -0.3136 0.06250e-3 -1.0934
```

5. 指数电源

指数电源有两种: 指数电压源 (VEXP) 和指数电流源 (IEXP)。用于产生按指数形式上升或下降的脉冲波形。

指数电源具有如下特殊属性域:

(1) Designator: 指数电源的名称 (如 INPUT)

(2) DC: 此项被忽略。

(3) AC: 如果要基于此电源进行交流小信号分析, 可设置此项。典型值为 1V。

- (4) AC Phase: 交流小信号的相位, 以度为单位。
- (5) Initial Value: 初始幅值, 以伏特为单位 (如 0)。
- (6) Pulse Value: 最大振幅, 以伏特为单位 (如 5)。
- (7) Rise Delay: 输出振幅从初始幅值变化到最大振幅的时间延迟, 单位为秒 (如 20n)。
- (8) Rise Time: 上升时间常数, 以秒为单位 (如 700n)。
- (9) Fall Delay: 输出振幅从最大振幅变化到初始幅值的时间延迟, 以秒为单位 (如 2u)。
- (10) Fall Time: 下降时间常数, 以秒为单位 (如 300n)。

下面在 11-14a 所示电路图中指数电源参数如上括号中的例值, 观察输入参数对输出波形的影响。输出波形如图 11-14b 所示。

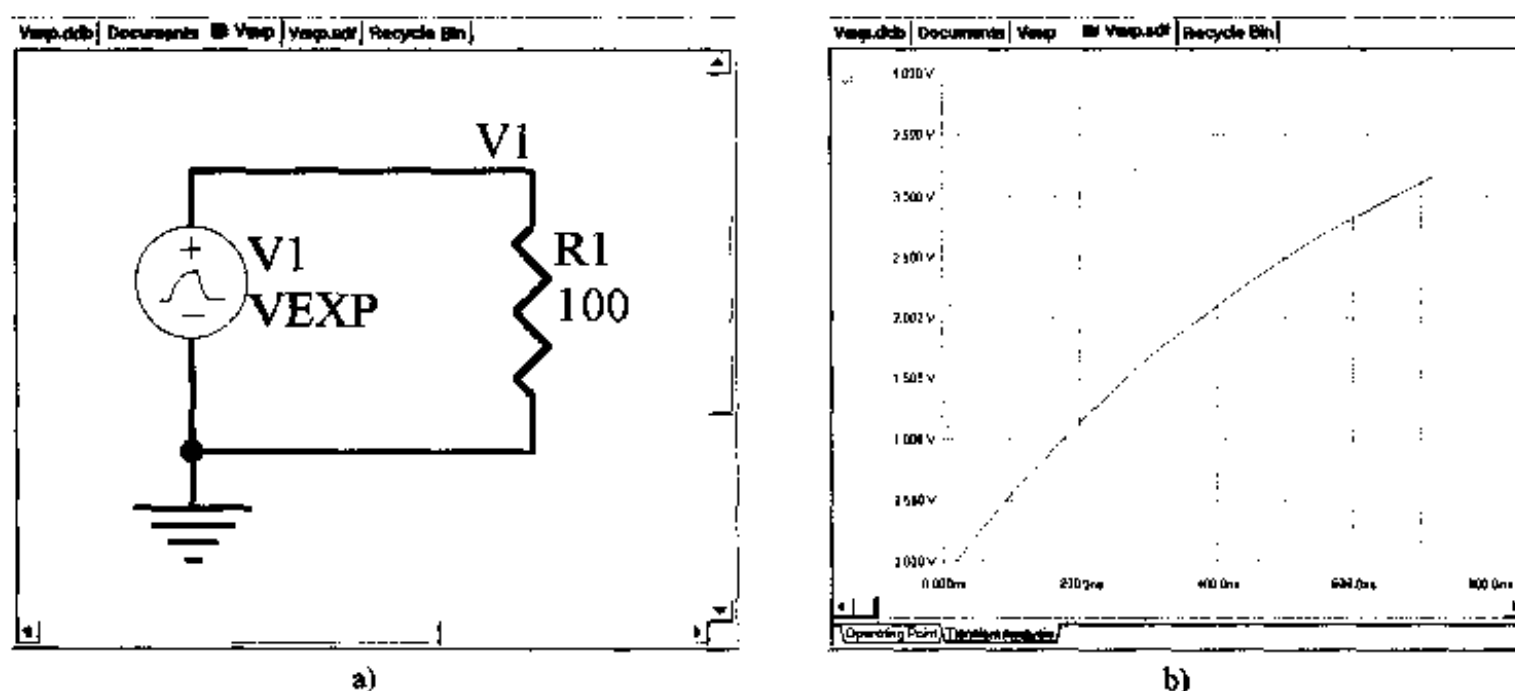


图 11-14 指数电源波形

6. 可调频信号源

可调频信号源有两种: 可调频电压源 (VSFFM) 和可调频电流源 (ISFFM)。

指数电源具有如下特殊属性域:

- (1) Designator: 名称。
- (2) DC: 此项被忽略。
- (3) AC: 如果要基于此电源进行交流小信号分析, 可设置此项。典型值为 1V。
- (4) AC Phase: 交流小信号的相位, 以度为单位。
- (5) Offset: 信号源的直流偏移量, 以伏特为单位 (如 2.5)。
- (6) Amplitude: 输出电压或电流的峰值, 以伏特为单位 (如 2.5)。
- (7) Carrier: 载频, 以 Hz 为单位 (如 100k)。
- (8) Modulation: 调制指数 (如 5)。
- (9) Signal: 调制频率, 以 Hz 为单位 (如 10k)。

注意: 波形用下面的公式描述。

$$V(t) = VO + VA * \sin(2 * \pi * Fc * t + MDI * \sin(2 * \pi * Fs * t))$$

where t = 当时时间, VO = Offset, VA = Amplitude, Fc = Carrier,

MDI = Modulation, Fs = Signal.

下面在 11-15a 所示电路图中可调频信号源参数如上括号中的例值, 观察输入参数对输出

波形的影响。输出波形如图 11-15b 所示。

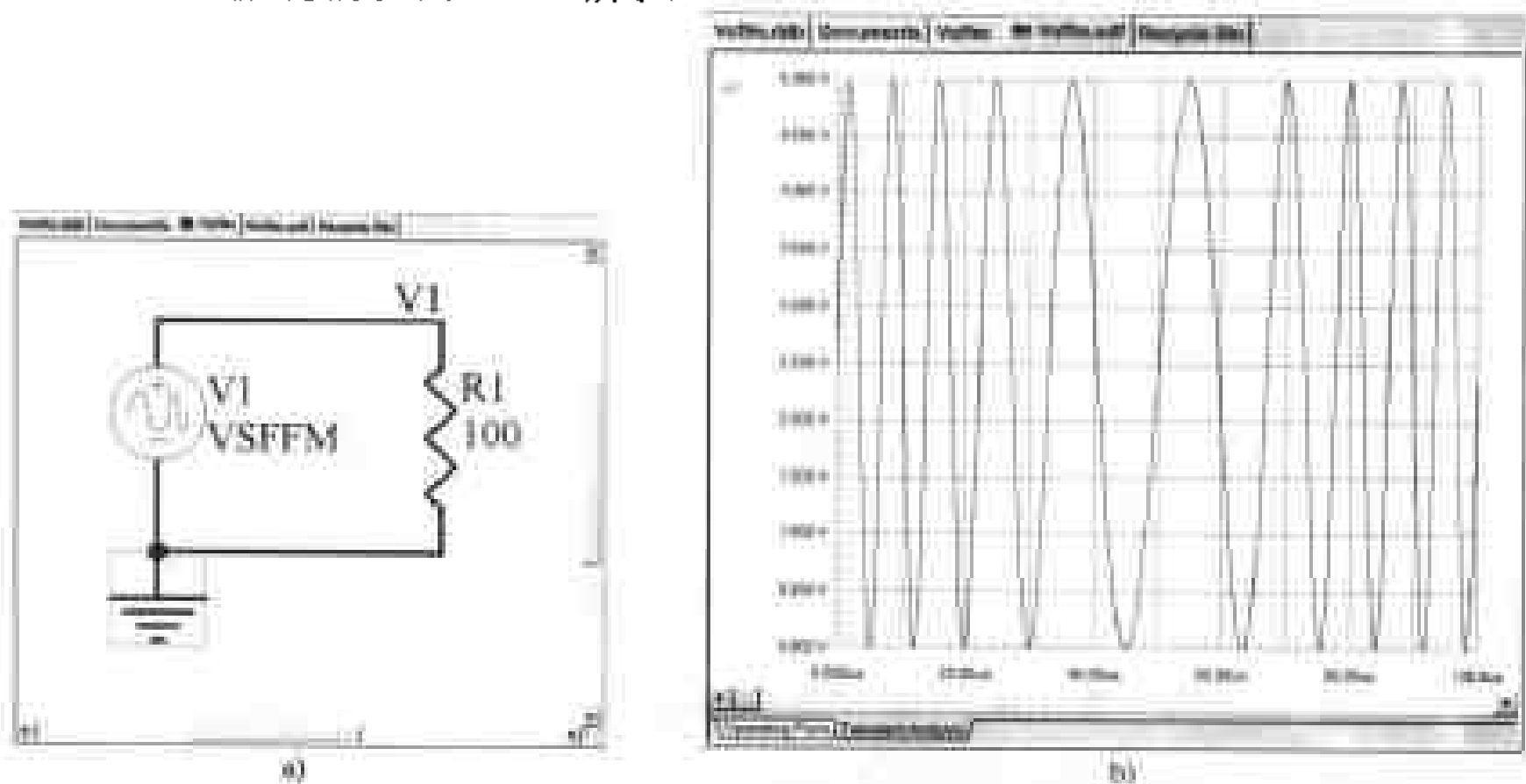


图 11-15 可调频信号源波形

7. 线性受控源

线性受控源有 4 种：电压控制电流源 (GSRC)，电压控制电压源 (ESRC)，电流控制电流源 (FSRC)，电流控制电压源 (HSRC)。

线性受控源具有两个输入端子和两个输出端子。输出端的电压或电流是输入端电压或电流的线性函数。

线性受控源具有如下特殊属性域：

(1) Designator: 名称 (如 GSRC1)。

(2) Part Type: 对 GSRC 为互导，以西门子为单位。对 ESRC 为电压增益。对 FSRC 为电流增益。对 HSRC 为互阻，以欧姆为单位。

下面在 11-16a 所示电路图中分段线性电压源 (VPWL) 的时间-幅值对 (Time/Voltage) 为 0 .1 2m .3 4m 1 6m 1.5 8m .5 10m 2.5 12m 4 14m .1，线性受控源为电压控制电流源，互导为 1，改变电阻 RL 的值可以发现输出电流不受 RL 值大小影响。输出波形如图 11-16b 所示。

8. 非线性受控源

非线性受控源有两种：非线性受控电压源 (BVSRC)，非线性受控电流源 (BISRC) 它们是标准的 SPICE 非线性受控电压源和电流源，也可叫做方程式定义电源，方程式由用户指定，通常以电路中其它节点的电压或电流为参考变量。

线性受控源具有如下特殊属性域：

(1) Designator: 名称。

(2) Part Type: 输出波形表达式 (如 $V(IN)^2$)。

可以使用以下的标准函数组成输出波形的表达式：ABS(), LN(), SQRT(), LOG(), EXP(), SIN(), ASIN(), ASINH(), SINH(), COS(), ACOS(), ACOSH(), COSH(), TAN(), ATAN(), ATANH()。也可以使用标准的运算符：+，-，*，/，^，unary，-If。

在波形表达式中要使用到其他节点的电压或电流，必须用网络标号指定该节点的名字。然后可以如下使用该节点的电压或电流做参考变量：

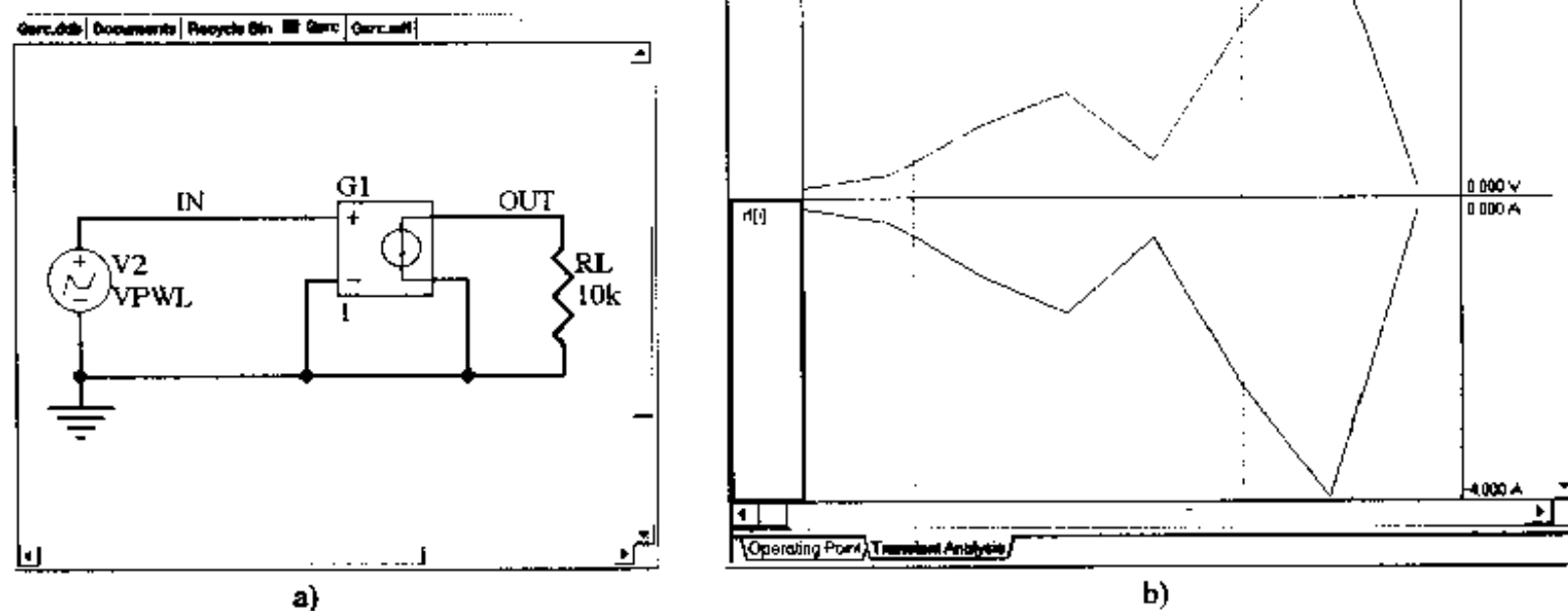


图 11-16 分段线性电压源驱动电压控制电流源

$V(NET)$ ——参考变量为节点 NET 的电压, $I(NET)$ ——参考变量为节点的电流。

下面在 11-17a 所示电路图中分段线性电压源 (VPWL) 的时间-幅值对 (Time/Voltage) 为 0 .1 2m .3 4m 1 6m 1.5 8m .5 10m 2.5 12m 4 14m .1, 非线性受控电压源的波形表达式为 $V(V1)^2$, 输出波形如图 11-17b 所示。

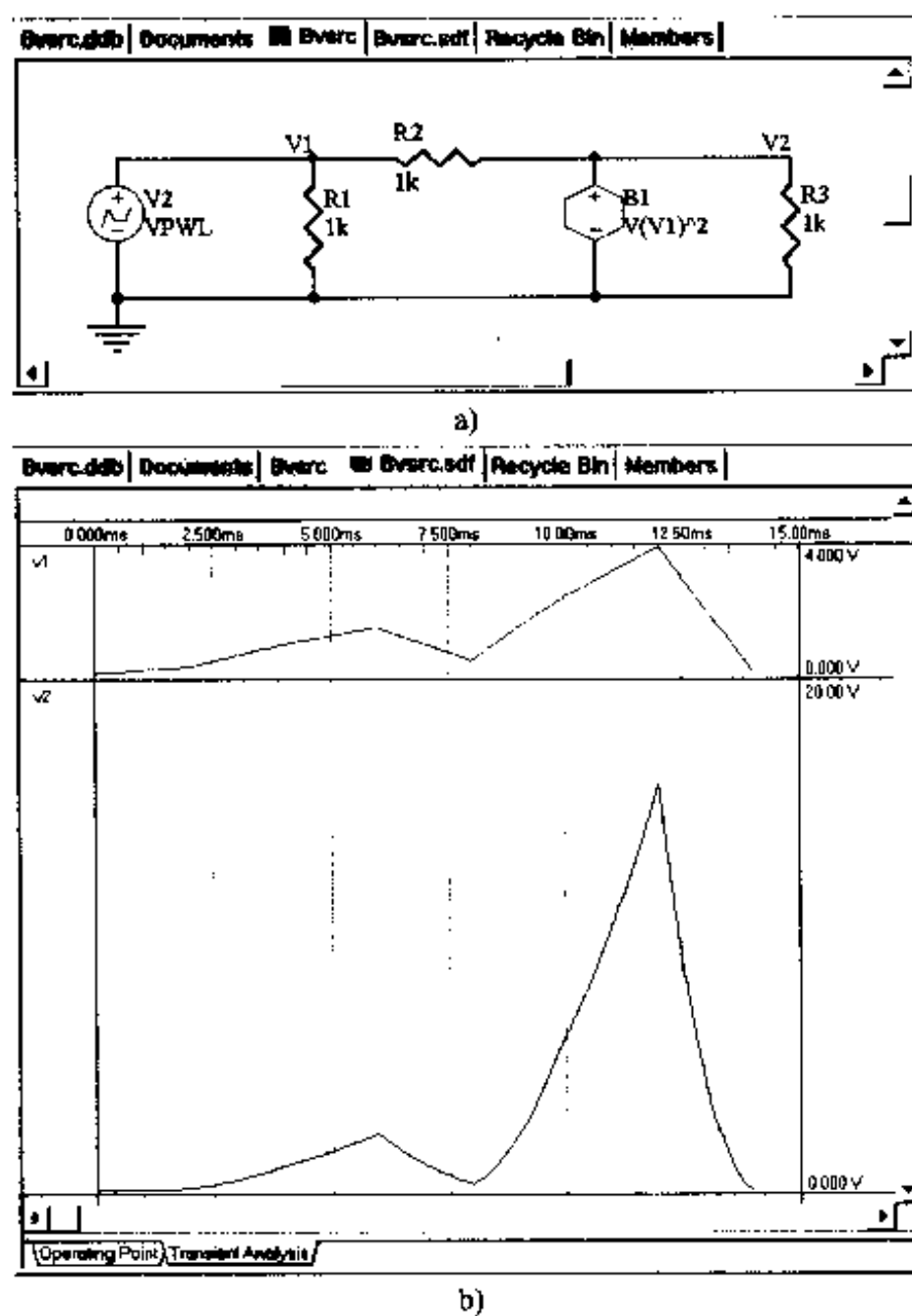


图 11-17 非线性受控源输出波形

上例中以 V1 为参考节点, 如果非线性受控源使用 COS()函数, 则可以这样使用 COS(V(V1))。其它函数使用方法相同。

注意: 如果 LOG(), LN(), 或 SQRT()函数的变量小于 0, 则变量值取绝对值。如果表达式的除数为 0 或 log(), ln()函数的变量为 0 就会产生错误。

9. 频率/电压转换器

频率/电压转换器 (FTOV) 的输出电压是输入频率的线性函数。它具有如下特殊属性域:

- (1) Designator: 名称 (如 FTOV1)。
- (2) VIL: 输入门限低电平。
- (3) VIH: 输入门限高电平。
- (4) CYCLES: 每伏输出电压的周期数。

下面在 11-18a 所示电路图中可调频电压源 (VSFFM) 驱动频率/电压变换器, 输出波形如图 11-18b 所示。

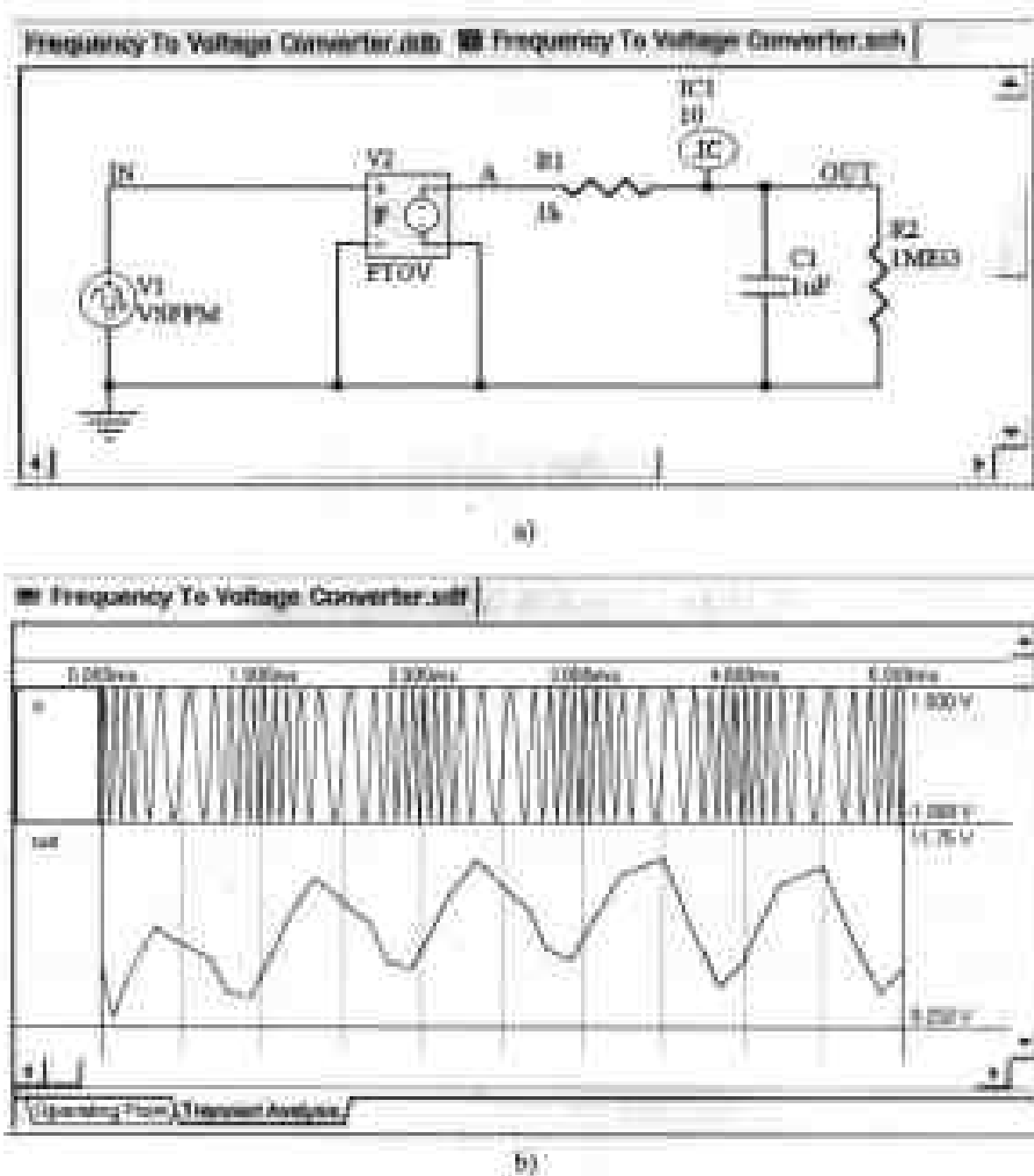


图 11-18 频率/电压转换器的输出波形

10. 压控振荡器仿真源

压控振荡器有压控正弦振荡器 (SINEVCO), 压控方波振荡器 (SQRVCO) 和压控三角波振荡器 (TRIVCO)。

压控振荡器具有如下特殊属性域:

- (1) Designator: 名称 (如 SQRVCO1)。

- (2) LOW: 输出波形最小值 (缺省为 0)。
- (3) HIGH: 输出波形最大值 (缺省为 5)。
- (4) CYCLE: 占空比, 值从 0 到 1 (缺省为 0.5)。只对 SQRVCO 和 TRIVCO 有效。
- (5) RISE: 上升时间 (缺省为 1u), 只对 SQRVCO 有效。
- (6) FALL: 下降时间 (缺省为 1u), 只对 SQRVCO 有效。
- (7) C1/C2/C3/C4/C5: 输入控制电压值 (缺省为 0/1/2/3/4)。
- (8) F1/F2/F3/F4/F5: 输出频率值 (缺省为 0/1k/2k/3k/4k)。

注意: 参数 C1~C2 和 F1~F 决定了从电压到频率的转换功能。C 值确定电压值, F 值确定相对应的输出频率。输入/输出值之间的值为线性插值确定。

下面在 11-19a 所示电路图中分段线性电压源 (VPWL) 的时间-幅值对 (Time/Voltage) 为 0 .1 2m .3 4m 1 6m 1.5 8m .5 10m 2.5 12m 4 14m .1, 频率/电压变换器参数为 LOW=0, HIGH=3, 其余为缺省值。输出波形如图 11-19b 所示。

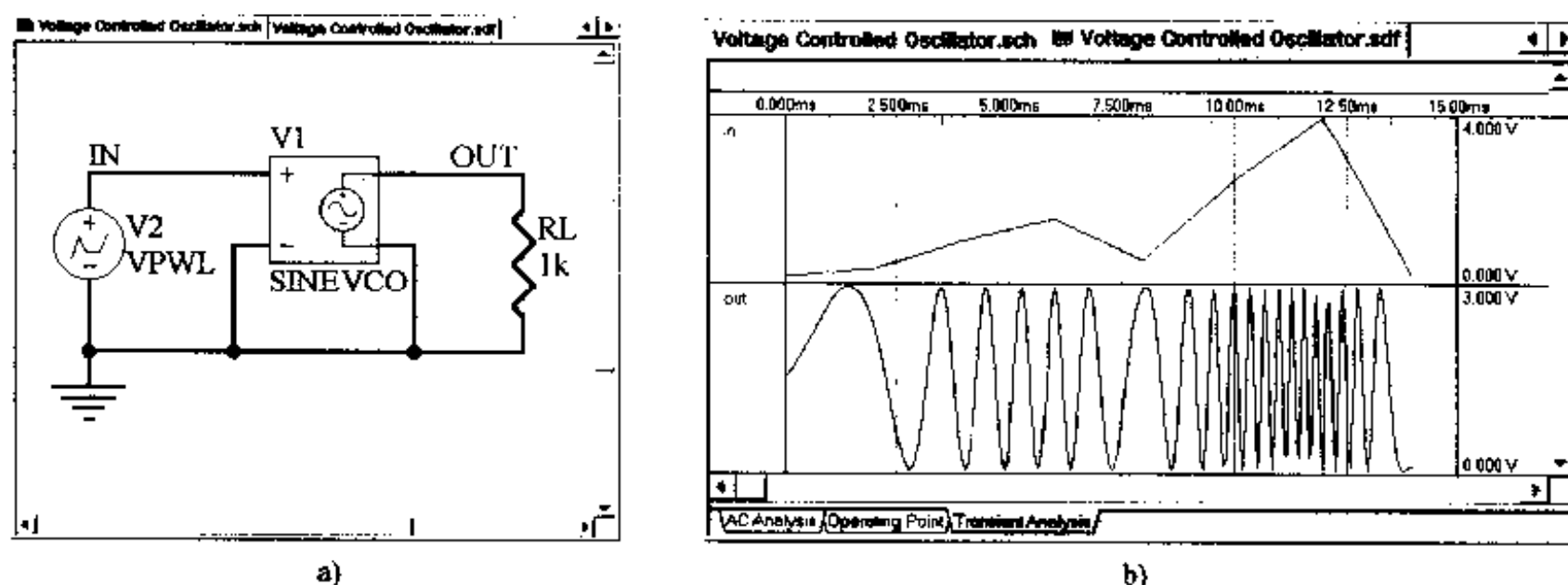


图 11-19 压控振荡器仿真源输出波形

11.2.5 给原理图定义仿真初始状态

1. 定义仿真电路的节点

在对一个电路仿真前, 会从原理图自动生成一个 SPICE 网络表。在网络表中, 电路中的每个节点会有一个唯一的缺省的名字, 这个名字用来标识仿真数据节点。

为了很容易地识别电路中感兴趣的节点, 可以使用网络标号给这些节点命名, 如 VIN、VOUT、CLOCK 等。这样可以使用户很容易识别这些节点的信号。

2. 定义仿真初始状态

对于有些电路 (如单稳态电路或双稳态电路) 可能需要预置节点电压以促使模拟解的收敛。在仿真库-Symbols.lib 中有两个特殊的初始状态预置符 .NS 和 .IC, 如图 11-20 所示。

(1) .NS 节点电压预置符, .NS 用于设定节点电压以使电路能够顺利进入工作点分析状态, 然后这些设定的节点电压值失效, 继续进行实际的工作点分析。

(2) .IC 初始状态设置符, .IC 用于在暂态分析中设定

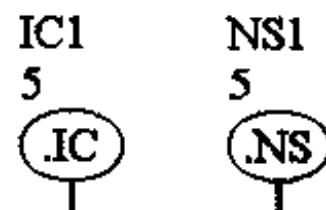


图 11-20 初始状态预置符

电路初始状态。

.NS 和.IC 的属性对话框可如下设置:

- (1) Designator: 器件名称。
- (2) Part Type: 初始值。

注意: 设计者也可以通过元器件属性设定的电路的初始状态。在元器件属性中设定的初始状态优先于用 .IC 设定的初始状态。

前面频率/电压变换器所举的例子中使用了.IC 初始状态设置符, 下面将图 11-18a 电路图中的.IC 设置符去掉如图 11-21a 所示, 可以从输出波形图 11-21b 中看出过一断时间频率/电压变换器才开始正常工作(与图 11-18b 对照)。

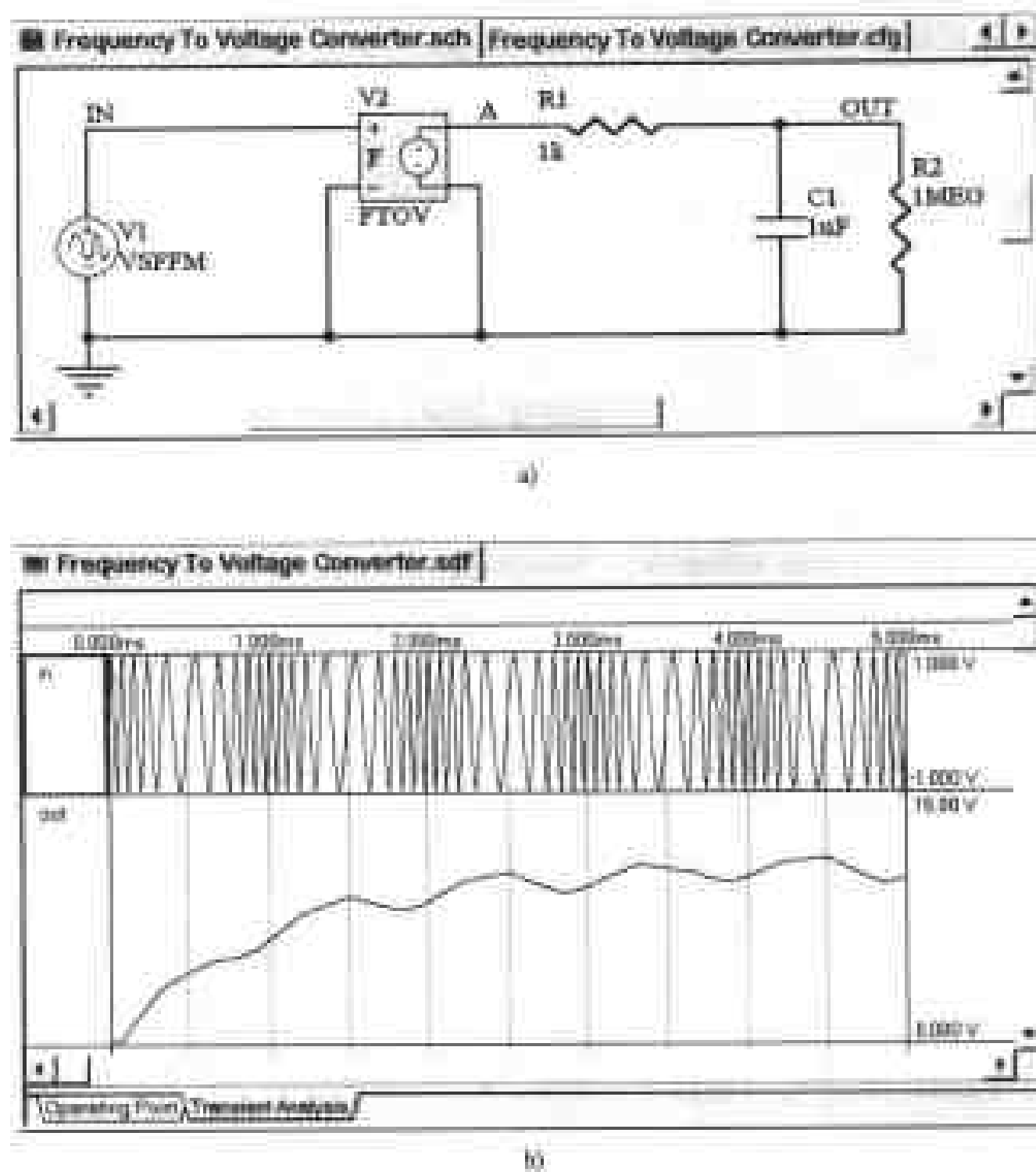


图 11-21 .IC 初始状态设置符对输出波形的影响

11.3 工作点分析

工作点分析就是分析电路中各节点的直流偏置电压。在暂态分析, 交流小信号分析之前自动进行工作点分析。工作点分析结果为一包含节点或器件的电流, 电压和功率的列表。

11.3.1 设计仿真原理图

如图 11-22 所示设计一个电阻电路，电路中元件的设置如图中所示，未标出的属性为缺省设置。图中电源为 10V 直流电源，R1 为 5 欧姆电阻，R2 和 R3 为 10 欧姆电阻，可以根据欧姆定律算出 V1 节点电压为 5V，流过 R1 的电流为 1A，流过 R2 和 R3 的电流分别为 0.5A。下面将对这个电路进行工作点分析，可以验证上面的分析是正确的。

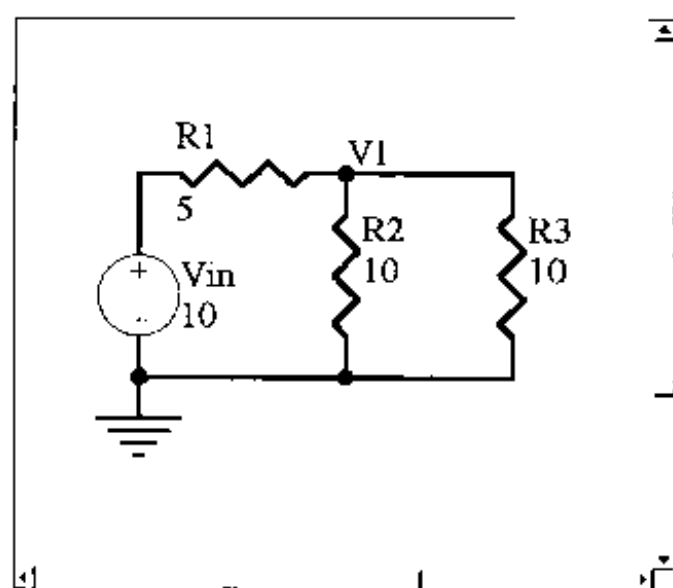


图 11-22 工作点分析原理图

11.3.2 仿真分析设置

在进行仿真分析前，要先选择对电路进行哪种分析，要收集哪个变量的数据，以及在仿真完成后自动显示哪个变量的波形。

仿真器的选项设置是在原理图编辑环境下，在要仿真的原理图处于活动的状态下，选择 Simulate/Setup 菜单项，进入仿真分析设置对话框，如图 11-23 所示。

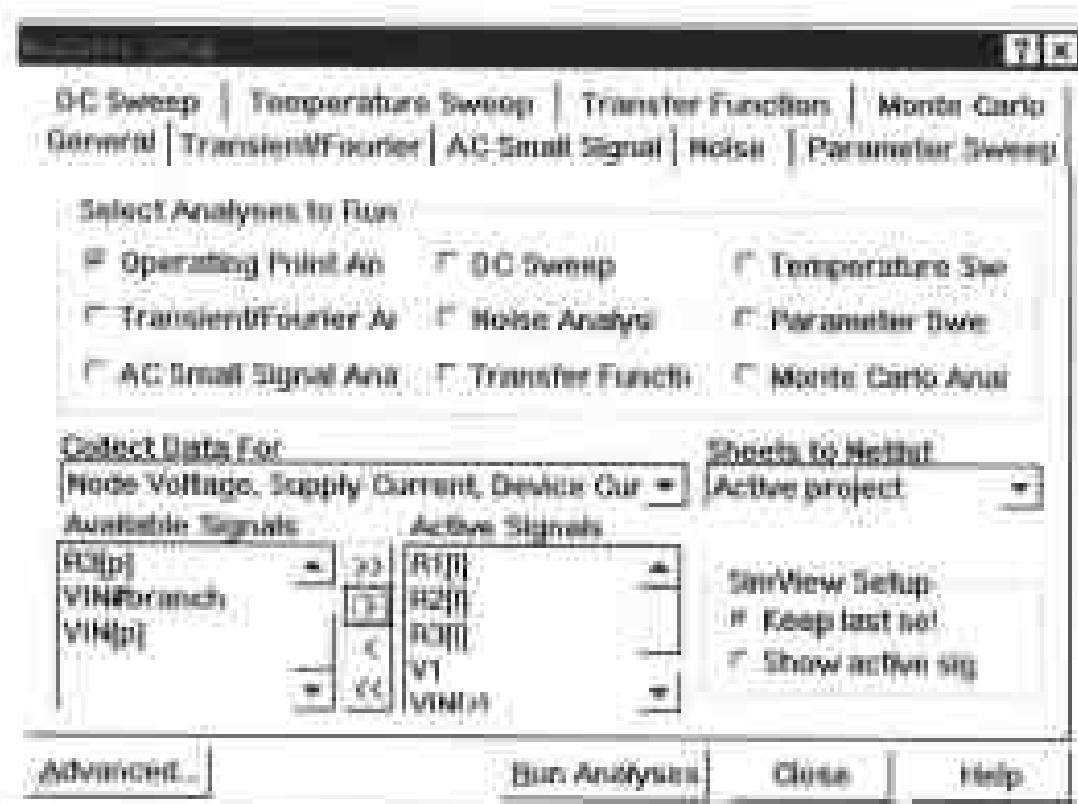


图 11-23 仿真分析设置对话框

仿真分析设置对话框主要包括以下几部分：

(1) 设置切换标签


设置切换标签可以切换不同的仿真项目设置标签页，进行不同仿真项目的详细设置。其中 General 选项为常规选项，各种仿真都要用到。

(2) 选择仿真项目 (Select Analyses to Run)

共有 9 个选项，即工作点分析 (Operating Point Analysis)，暂态/傅里叶分析 (Transient/Fourier Analysis)，交流小信号分析 (AC Small Signal Analysis)，直流扫描分析 (DC Sweep Analysis)，噪声分析 (Noise Analysis)，传输性能分析 (Transfer Function Analysis)，温度扫描分析 (Temperature Sweep Analysis)，参数扫描分析 (Parameter Sweep

Analysis), 蒙特卡洛分析 (Monte Carlo Analysis)。选中各选项前的复选框 ☐ 即表示进行该项目的仿真。这里选择进行工作点仿真分析。

(3) 选择要显示的仿真节点数据 (Collect Data For)

因为在仿真过程中要收集大量的数据, 用户可以选择保存电路的哪些点的哪些类型的数据作为仿真结果。Collect Data For 可以用来选择保存哪些数据。单击下拉按钮  可以进行选择弹出如图 11-24 所示下拉列表。

在其下拉列表中共有 5 个选项。

1) Node Voltages and Supply Current 项: 保存节点电压和电源电流。

2) Node Voltages, Supply and Device Current 项: 保存节点电压、电源和元器件电流。

3) Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers 项: 保存节点电压、电源电流、元件的电流和功率。

4) Node Voltages, Supply Currents and Device/Subcircuit VARS 项: 保存节点电压、电源电流和元件/支路的电压和电流变量。

5) Active signals 项: 保存激活的仿真信号 (在 Active Signals 列表框中显示的变量)。这里选择第三项 “Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”。

(4) 生成网络表 (Sheet to Netlist)


1) Active Sheet 项: 当前激活的电路图。

2) Active Project 项: 当前激活的项目。

3) Active sheet plus sub sheets 项: 当前激活的电路图及其子图。

(5) 可以获得的仿真信号和当前激活的仿真信号 (Available Signals/ Active Signals)

Available Variables 列表框中列出了所有可以仿真输出的信号变量。Active Signals 列表框中列出了可以自动在仿真结果显示窗口中显示结果的变量。图 11-25 列出了本节要作的工作点分析中的仿真信号。

双击列表框中的变量会使这个变量从这个列表框移到另一个列表框中, 或者用 < 和 > 按钮来移动变量。图中 、<< 按钮用来移动所有变量。

从图 11-25 中可以看出变量后面有后缀, 变量后带 [p] 后缀表示功率变量, 如 R1[p] 表示 R1 消耗的功率, 变量后带 [i] 后缀表示电流变量, 变量后带 [z] 后缀表示阻抗变量, 变量后带 #branch 后缀表示为支路电流。NetVin_1 为仿真前生成网络表时自动为没有定义节点名称的节点起的名字。

(6) 仿真结果显示设置 (SimView Setup)

如图 11-26 所示为仿真结果显示设置区域。

点选单选钮 ☐ 可以选择要输出的仿真结果, 共有两

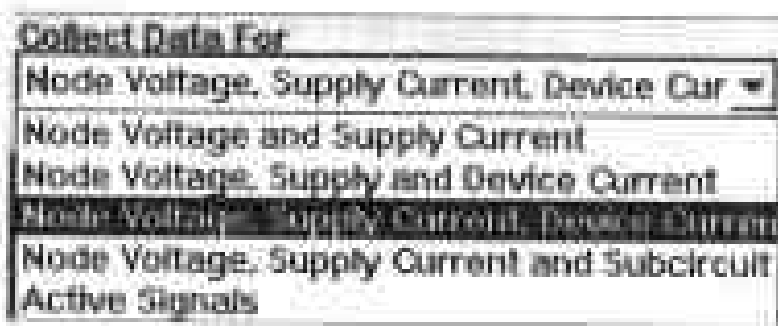


图 11-24 仿真节点数据列表

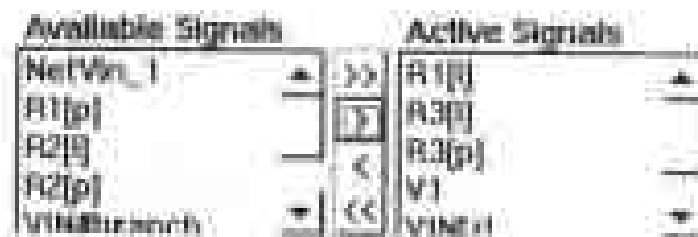


图 11-25 选择信号列表

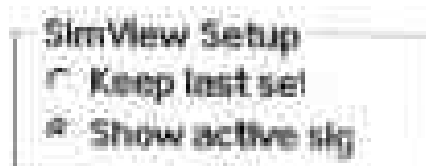


图 11-26 仿真结果显示设置区域

个选项。

- 1) Keep Last setup 项: 显示上次仿真结果。
- 2) Show active signals 项: 按 Active Signals 列表框中选择的变量显示仿真结果。

11.3.3 生成仿真配置文件

在仿真设置对话框中的设置会自动保存到仿真配置文件 (.cfg) 中。每次改动仿真设置, 其改动后的设置自动更新这个文件。这个配置文件与同名的原理图相链接, 因此每次仿真时都会使用最新设置的仿真设置。关闭仿真设置对话框后就可以在设计管理器中看到这个文件, 打开此文件可以看到仿真配置文件的详细内容。如图 11-27 所示为本节工作点仿真的配置文件的一部分。

```
[Netlist Options]
SheetsToNetlist=1

[Analyses Setup]
DCAnalysis=False
ACAnalysis=False
TransientAnalysis=False
TransferFunction=False
NoiseAnalysis=False
OPAnalysis=True
ParamSweep=False
TempSweep=False
MonteCarlo=False
AlwaysSetTransientDefaults=True

[Probe Setup]
Variable0=R1[i]
Variable1=R3[i]
Variable2=R3[p]
Variable3=V1
Variable4=VIN[z]

[Analog Options]
AnalysesDataSavedIndex=2
METHOD=Trapezoidal
DVCC= 5.000
DVDD= 15.00
SpiceRefNode=GND

[DC Analysis Setup]
PrimarySource=
PrimaryStart=0
PrimaryStop=0
PrimaryStep=0
EnableSecondary=False
```

图 11-27 仿真配置文件

括号中的名字为各个需要设置的仿真项目, 其后跟的为它的仿真参数的设置。

11.3.4 仿真运行

在所有的仿真设置项目设置好后, 可以直接从仿真设置对话框中单击 **Run Analyses** 按钮, 或者在原理图环境下选择 **Simulate/Run** 菜单执行仿真。

11.3.5 仿真结果分析

仿真结束后, 仿真器会自动将仿真结果保存在 .sdf 文件中, 同时会生成波形显示窗口显示仿真结果, 如图 11-28 所示。可以看到, 仿真结果与上面所分析的结果一致。对于复杂电

路，使用工作点分析将大大降低用户的计算工作量。

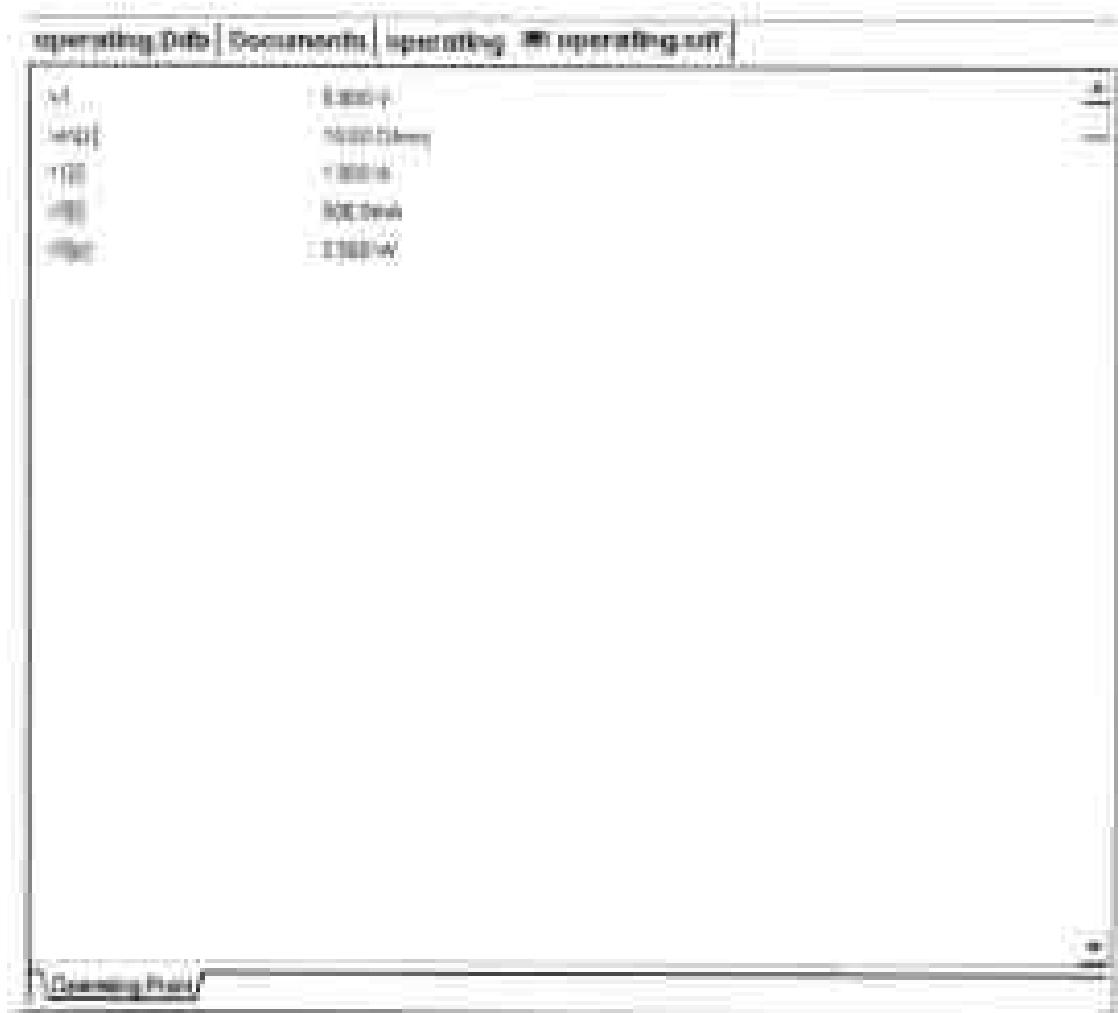


图 11-28 仿真结果显示

11.3.6 仿真过程发生错误

如果用户在设计的原理图中的设置有错误，仿真器会提示错误。例如把工作点仿真原理图中的地删除，如图 11-29 所示，再运行仿真。

这时仿真过程发生错误，弹出对话框提示在创建 SPICE 网络表的过程中发生错误，询问用户是否需要看是什么错误，如图 11-30 所示。

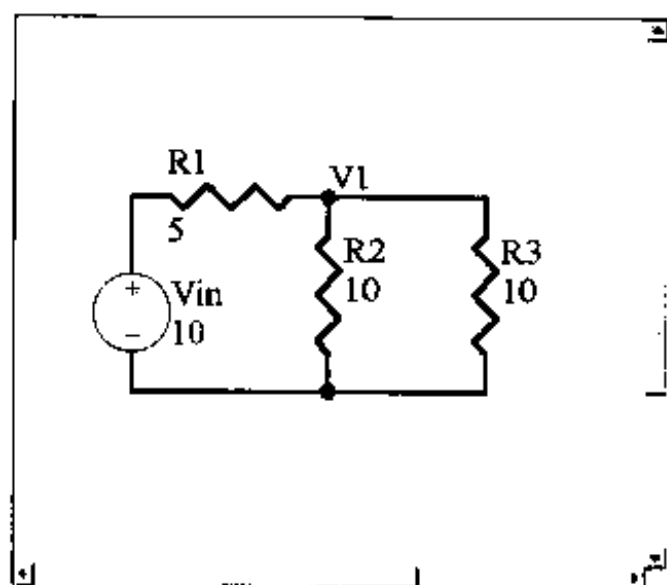


图 11-29 有错误的仿真原理图



图 11-30 仿真错误提示对话框

如果用户选择“**Yes**”，就会生成一个错误文件（.err）并显示出错误，如图 11-31 所示。可以看出，窗口中显示出设置错误：GND Spice Reference Net is not in the schematic（原理图中没有指定参考地）。

用户可以从原理图创建 SPICE 网络表，对照仿真器生成的错误文件，可以帮助用户查

找仿真过程中的错误。在原理图设计环境下，选择“Simulate/Create SPICE Netlist”菜单可以创建 SPICE 网络表。

小结：本节给出了仿真的整个过程，对仿真的常规设置项进行了详细介绍。

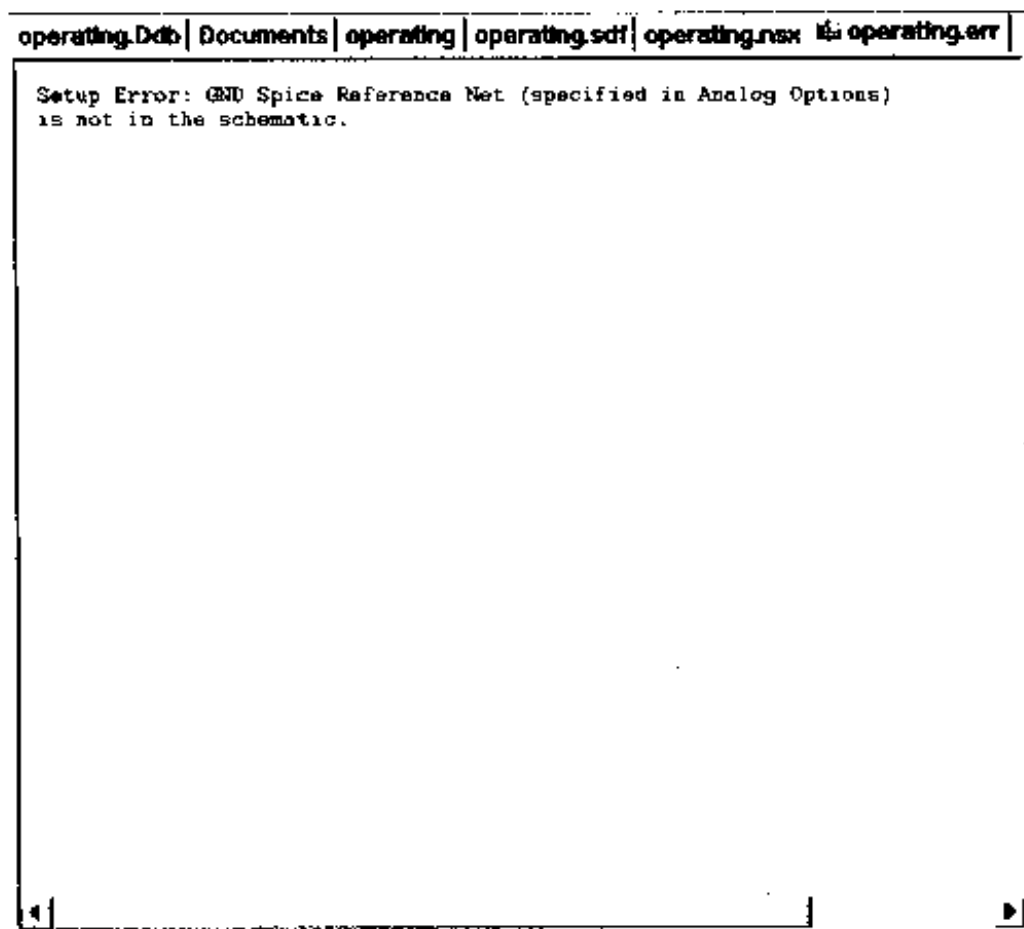


图 11-31 错误文件

11.4 暂态分析

暂态分析的输出波形就像使用示波器测量电路观察到的波形一样，它以时间为横轴来计算各个时间点的输出变量的值（电压或电流）。计算的时间范围为用户指定的时间段。在暂态分析时会自动先执行工作点分析，以计算电路的直流偏压。如果用户在暂态分析设置时选定了“使用初始状态”选项，就不进行工作点分析。

11.4.1 设计一个半波整流电路原理图

仿真原理图如图 11-32 所示。

本电路为一个半波整流电路，输入为一正弦波电压源，电压源参数设置如图所示。经整流滤波后，输出 Vhw 为一恒压直流电压。下面将对此电路进行

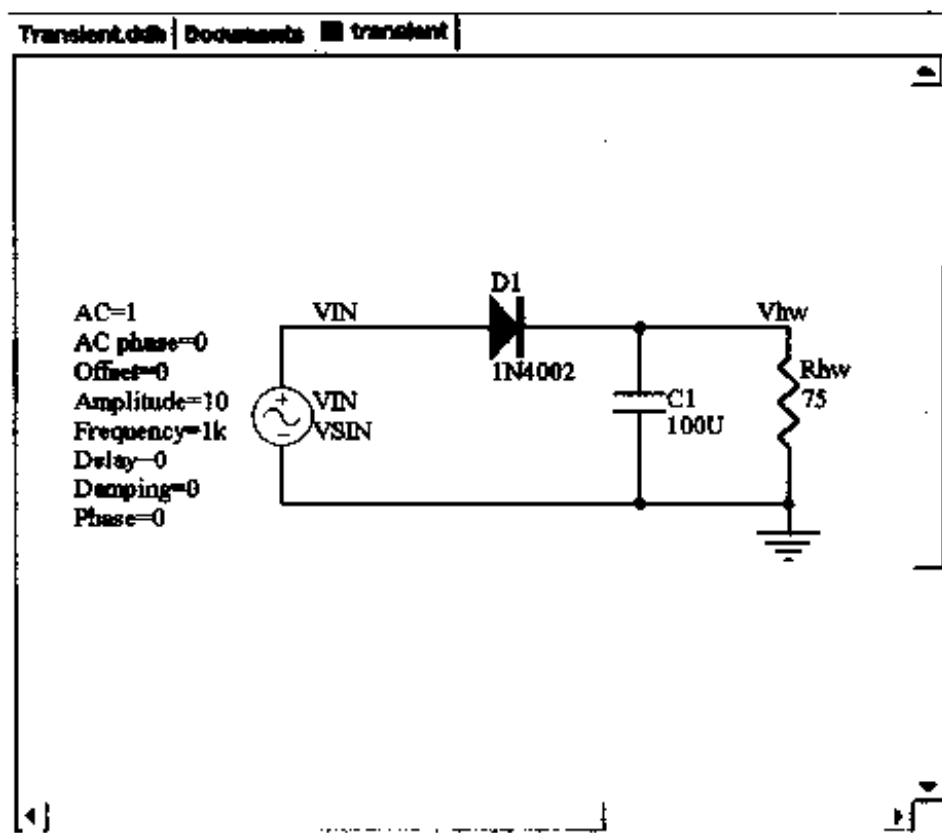


图 11-32 半波整流电路原理图

暂态分析, 用户可以看到各节点的输出波形, 还可以对波形进行测量。用户可以改变图中参数, 以观察输出波形的变化。图中未标出的参数为缺省参数。

11.4.2 暂态分析设置

要进行暂态分析设置, 首先在原理图设计环境中选取“Simulate/Setup”菜单进入仿真设置对话框, 设置 General 选项(参见图 11-24)。其中, Collect Data For 选项中选择第三项“Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”, Active Variables 信号选择 Vin, Vhw, C[i]。再点取 **Transient/Fourier** 标签, 进入如图 11-33 所示对话框。与暂态分析有关的设置项有三组。

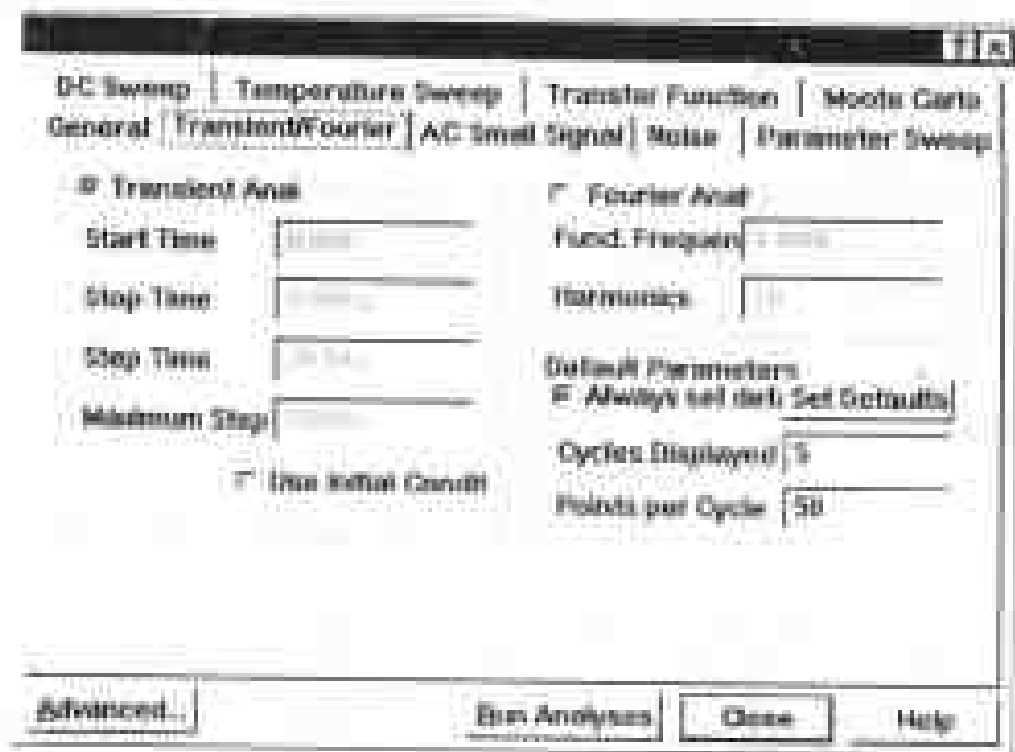


图 11-33 暂态分析对话框

(1) Transient Analysis 动态仿真分析

1) Transient Analysis 复选框。选中表示要进行暂态分析, 这个复选框与 General 标签页中的 Transient Analysis 复选框是同步的。

2) Start Time 框: 起始时间。

3) Stop Time 框: 停止时间。

4) Step Time 框: 步进时间间隔。

5) Maximum Step 框: 最大步进时间间隔。

6) Use initial conditions 框: 使用初始状态。

(2) Default Parameters (默认时间参数)

1) Always set defaults 复选框。选中表示总是使用缺省值(仿真器自动计算参数)。

2) Cycles Displayed 框: 表示在波形图中显示多少周期。

3) Points per Cycle 框: 表示在仿真分析时, 仿真器在每个周期内要计算的时间点数据。

4) Set defaults 按钮。单击此按钮使仿真器按用户设置的周期数和每周期点数来自动计算仿真参数。

(3) use initial conditons 复选框。使用初始状态。

暂态分析总是从零时刻开始, 但是从零时刻到用户设定的起始时间段内的分析结果数据不保存。从起始时间到停止时间内的分析数据保存并用图形显示。

步进时间间隔是指在暂态分析时的时间增量,在实际分析时,步进时间间隔是动态调整的以使分析结果收敛。最大步进时间间隔限制了分析计算时步进行时间的变化范围。通常,步进时间间隔选择 Step Time 或 (Stop Time - Start Time) / 50 中较小的值。通常步 0 进时间间隔与最大步进时间间隔取值相同,在起始点, Step Time 和 Max Step 设置为 (Stop Time - Start Time) / 1000。

如果用户不知道该输入什么值合适,单击 **Set Defaults** 按钮,仿真器会自动计算暂态仿真参数。起始时间自动设为 0, 停止时间、步进时间间隔和最大步进时间间隔根据用户设定的显示周期数 (Cycles Displayed) 和每个周期计算的点数 (Points per Cycle fields) 以及电源的最低频率计算。如果选择了 “Always set defaults” 选项,则每次执行仿真时,仿真器都自动计算仿真参数,用户的设置无效。

如果用户选择了 “Use Initial Conditions option”, 表示用户不想从静态工作点开始分析,则仿真器不再进行工作点分析 (Operating Point)。但这样要事先确定电路中所有需要确定初始状态元器件的初始状态参数或使用 “.IC” 来确定电路初始状态。

本例中我们使用缺省设置,如图 11-33 所示。

注意: 元器件属性中设置的初始状态参数优先于电路中使用 “.IC” 设置的初始状态。

11.4.3 波形分析

在仿真参数设置完成后,单击 **Run Analyses** 按钮,则仿真器进行仿真分析,并将仿真结果存放在 “文件名.sdf” 文件中,然后自动打开 “.sdf” 文件,显示波形如图 11-34 所示。

1. 切换仿真项目

当用户同时进行多个项目的仿真时,可以单击仿真结果输出窗口底部的仿真项目标签

Operating Point **Transient Analysis**, 就可以选择要显示的项目。

2. 波形的显示与隐藏

进入到仿真结果分析环境后(单击设计管理器中的 **Explorer** 标签,单击扩展名为 “.sdf” 的文件)单击 **Browse SimData** 标签,如图 11-34 所示。图中 Waveforms 组框中显示的变量是可以显示波形的变量,这些变量就是我们在上节中介绍的可以获得的仿真信号和当前激活的仿真信号 (Available Signals/ Active Signals) 中的信号变量,其中变量前带有 “*” 号的变量就是当前激活的变量。这个组框的底部有三个按钮 **Show**, **Hide** 和 **Color**。在变量表中选择一个(图 11-34 中 cl[p] 变量被蓝条覆盖即表示该变量被选中,单击某一变量名即可选中该变量),单击 **Show** 按钮,即可显示其波形,反之单击 **Hide** 按钮即隐藏其波形。在某个变量处于选中状态时,单击 **Color** 按钮,可以选择该变量波形的显示颜色,如图 11-35

所示。

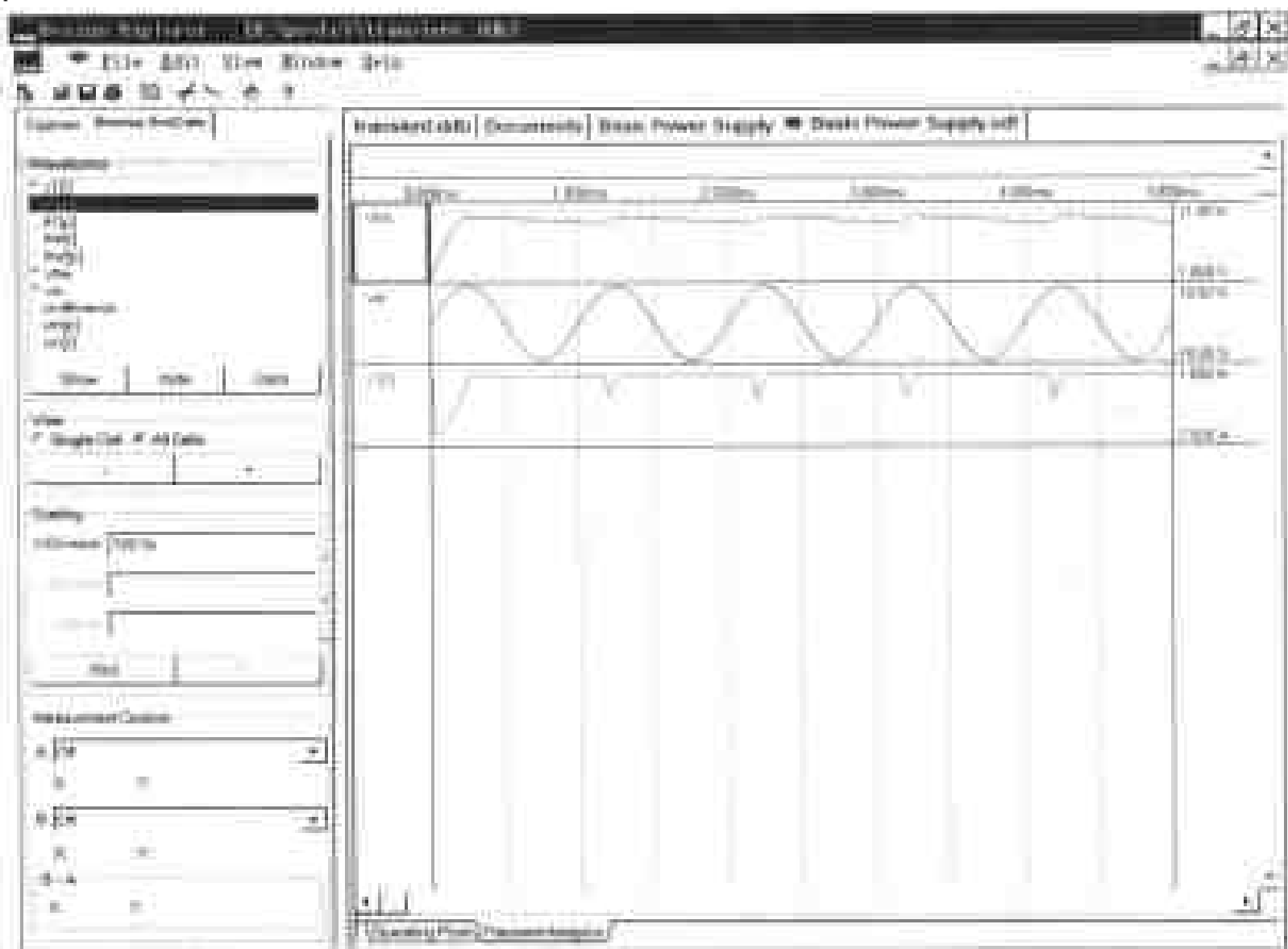
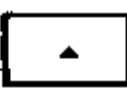





图 11-34 半波整流电路暂态分析波形图

3. 显示单个波形与多个波形

在 View 组框中, 选中单选按钮 ☒ All Cells, 在波形显示窗口中显示所有被激活的变量的波形。选中 ☒ Single Cell |, 在波形显示窗口中只显示被处于选中状态的波形 (图 11-34 中 Vhw 变量的波形前部的小方框被加上粗实线即表示处于选中状态, 用鼠标左键单击某个变量波形显示区域的任一点即可选中该波形)。单击  和  按钮用于切换显示的波形。

4. 显示波形的缩放

在 Scaling 组框中, X Division 表示每一纵格表示的值的大小, 即横坐标的显示比例, Y Division 表示每一横格表示的值的大小, 即纵坐标的显示比例。Y Offset 表示纵坐标的零点的位置。

 和  按钮表示使波形的显示按照波形显示窗口的大小调整。

5. 波形的测量

在 Measurement Cursors 组框中有两个测量工具, A 和 B。在其下拉列表中可选择被测

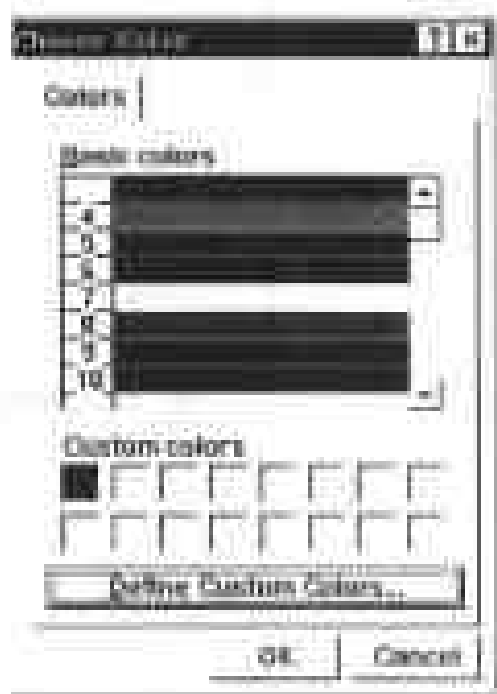


图 11-35 波形颜色设置

变量,如图 11-36 所示,可选择的被测变量全部为当前被激活的变量。其中“Off”选项表示关闭此测量工具。

现在 A 与 B 都选择 Vhw 变量,可以看到, Vhw 的波形图上增加了两个测量工具,如图 11-37 所示。将鼠标移到测量工具 A 或 B 上,就会出现一个小手,按住鼠标左键拖动,测量工具就会随之移动,在测量组框中同时显示被测点的坐标(图 11-37 中横虚线、竖虚线与曲线的交点即为曲线在该点坐标)。如图 11-38 所示,图中分别显示了 A、B 测量工具所测量的点的坐标值与两者测得的坐标值的差。从图 11-38 所示的测量结果可以看出,曲线 Vhw 的波纹幅值为 1.016V,可见这个直流电源效果不是很好。

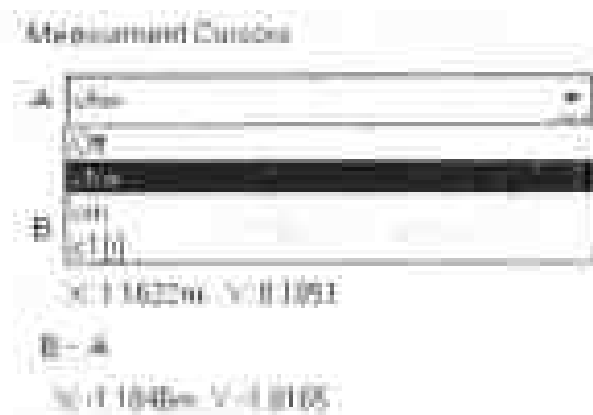


图 11-36 选择被测变量

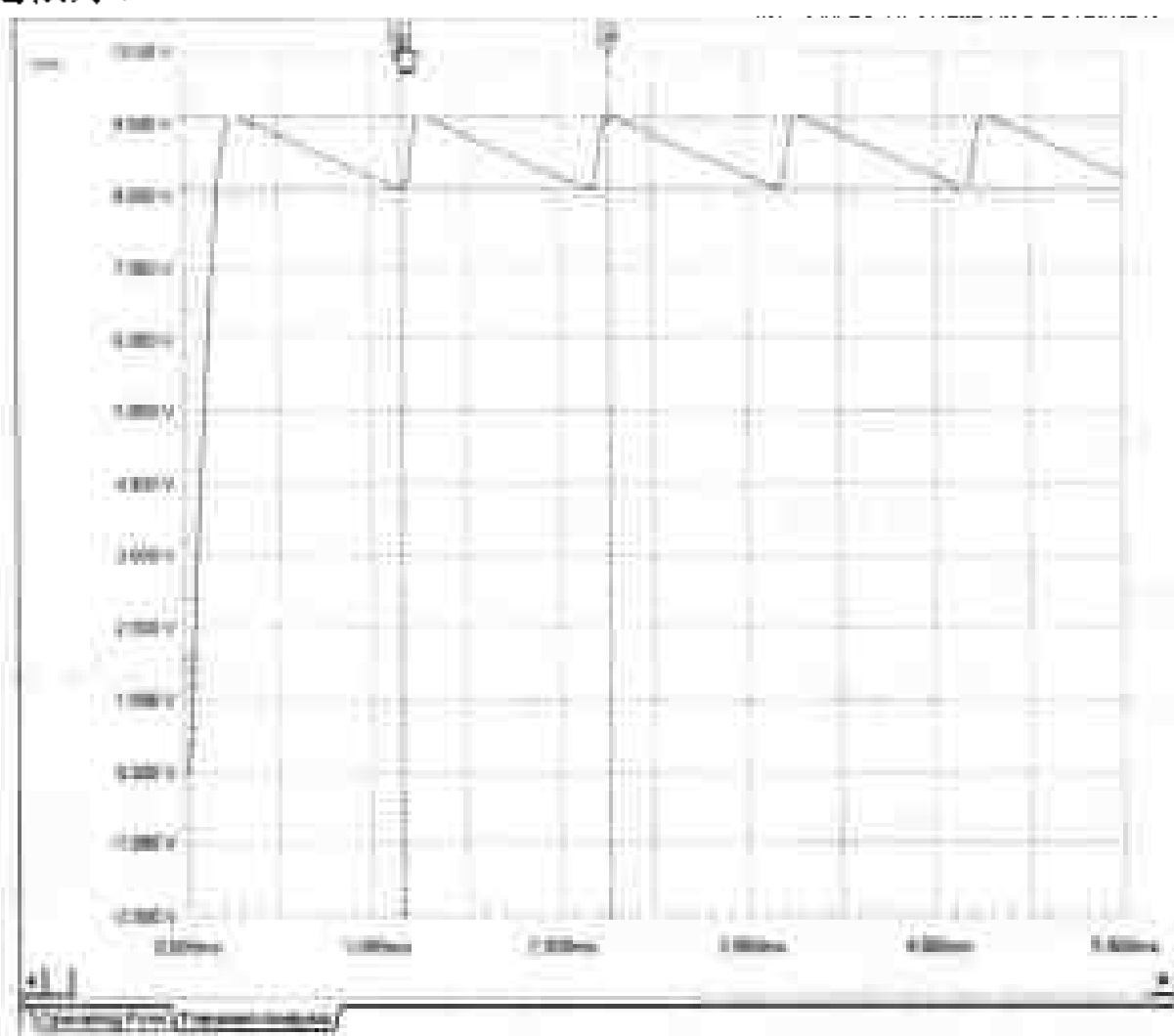


图 11-37 增加了测量工具的波形图

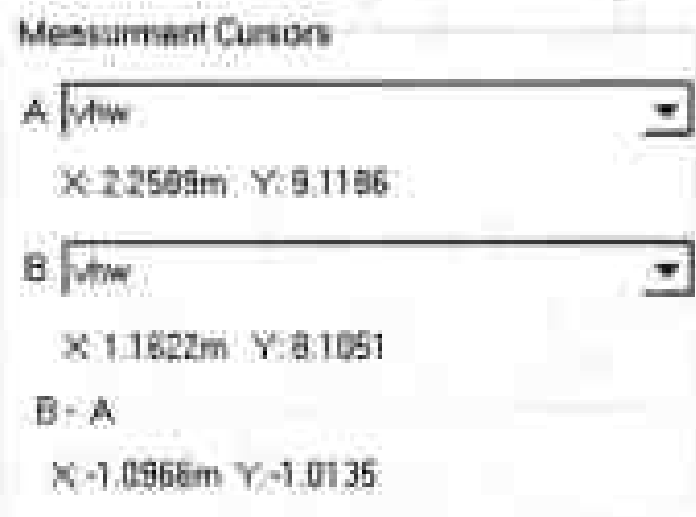


图 11-38 测量结果显示

11.5 直流扫描分析 (DC Sweep analysis)

直流扫描分析是使用户选定的电源从起始电压到停止电压变换电压值, 每变化一次执行一次工作点分析, 其输出为直流传输曲线 (各仿真分析变量对不同直流电压的响应曲线)。

11.5.1 设计一个晶体管输出特性分析电路

晶体管是非线性元件, 通常用伏安特性曲线对它进行描述, 工程上常用的是晶体管的输入特性和输出特性曲线。输出特性是指在基极电流一定的情况下, 集电极与发射极之间的电压 V_{ce} 与集电极电流 I_c 之间的关系曲线。本例通过直流扫描分析研究三极管的输出特性。电路图如图 11-39 所示, 图中晶体管为一 PNP 型晶体管, 基集为一直流电流源, 发射极为一直流电压源。

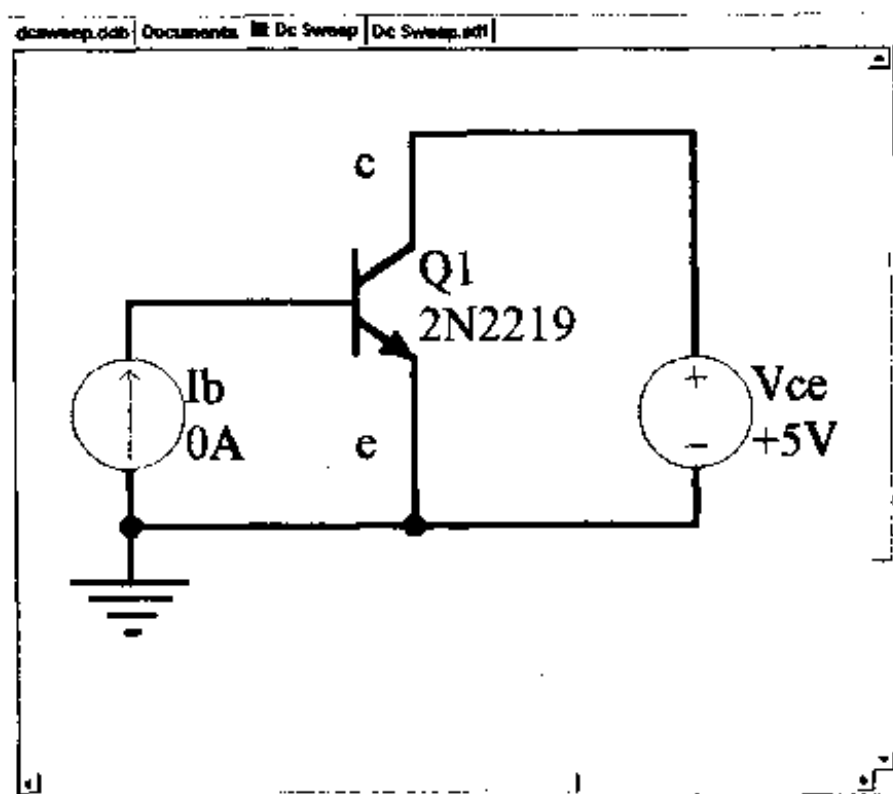


图 11-39 三极管特性分析电路图

11.5.2 直流扫描分析设置

要进行直流扫描分析设置, 首先在原理图设计环境中选取“Simulate/Setup”菜单, 进入仿真设置对话框, 设置 General 选项 (参见图 11-24)。其中, Collect Data For 选项选择第三项“Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”, Active Variables 信号选择 Q1[ic], 即集电极电流。再点取 **DC Sweep** 标签, 进入如图 11-40 所示对话框。

(1) DC Sweep Primary 组框为设置主电源的扫描方式。

- 1) Source Name 下拉列表用来选择主扫描独立电源, 本例选择 V_{ce} 。
- 2) The Start Value 项。扫描起始电压值, 本例中为 0V。
- 3) Stop Value 项。扫描停止电压值, 本例中为 3V。
- 4) Step Value 项。扫描步长, 即直流电压每次变化量, 本例中为 10mV。

(2) Secondary 项。辅助扫描电源, 辅助电源值每变化一次, 主电源扫描其整个范围。本例中辅助扫描电源选 I_b , 起始电流值为 0, 停止电流值为 1mA, 步长为 200uA。

注：主电源是必须指定的，辅助电源是可选的。

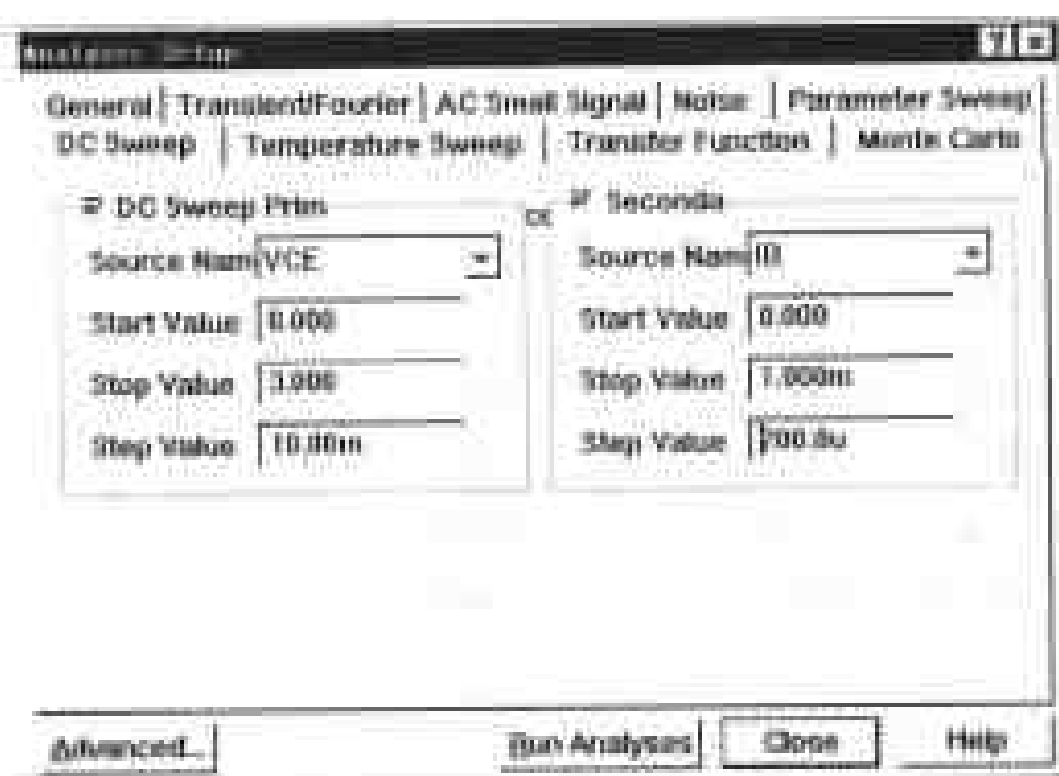


图 11-40 直流扫描分析设置对话框

11.5.3 仿真结果分析

单击 **Run Analyses** 按钮进行仿真分析，输出波形图如图 11-41 所示。从图中可以看出，各条特性曲线的形状基本上是一样的，在 V_{ce} 超过某一数值后，特性曲线变得比较平坦。改变 I_b 的值，可得到一组输出特性曲线。

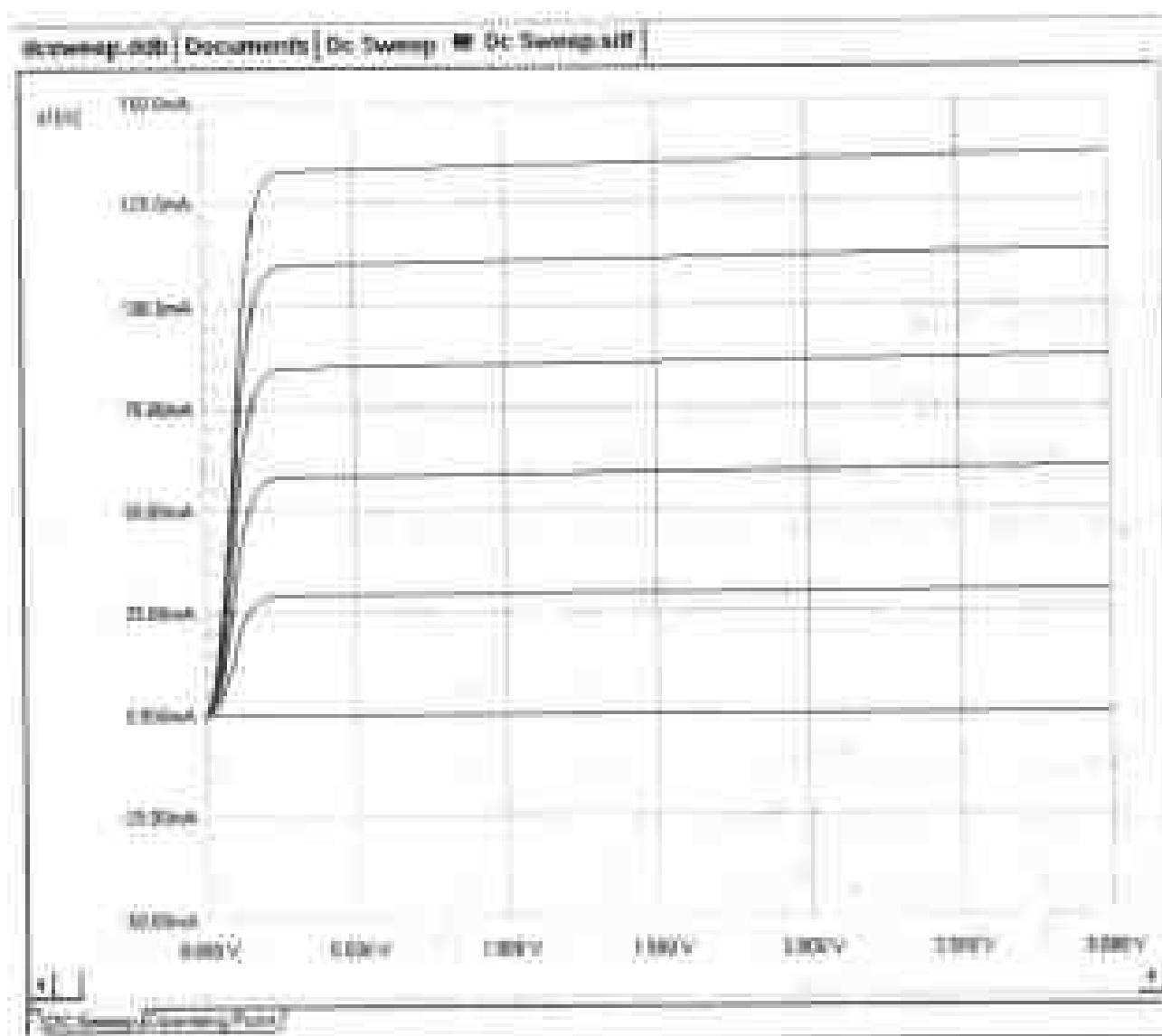


图 11-41 晶体管特性曲线

11.6 交流小信号分析 (AC Small Signal analysis)

交流小信号分析仿真的是电路的频率响应。仿真器首先执行工作点分析以确定电路的直流偏压,然后将信号源换成一个固定振幅的正弦波扫频信号发生器,再在用户指定的频率范围内对电路进行分析。交流小信号分析的输出通常是传递函数(电压增益,传输阻抗等)。

11.6.1 设计一个低通滤波器电路

设计一个如图 11-42 所示的低通滤波器电路,图中电源为一段线性电源,经过二极低通滤波后,输出 OUT 将变为比较平缓的输出波形(可用暂态分析观察),其中的高频成分被滤掉了,通过暂态分析输出波形可以看出一定的滤波效果,但通过交流小信号分析研究低通滤波器的频率响应,可以定量分析出滤波效果。

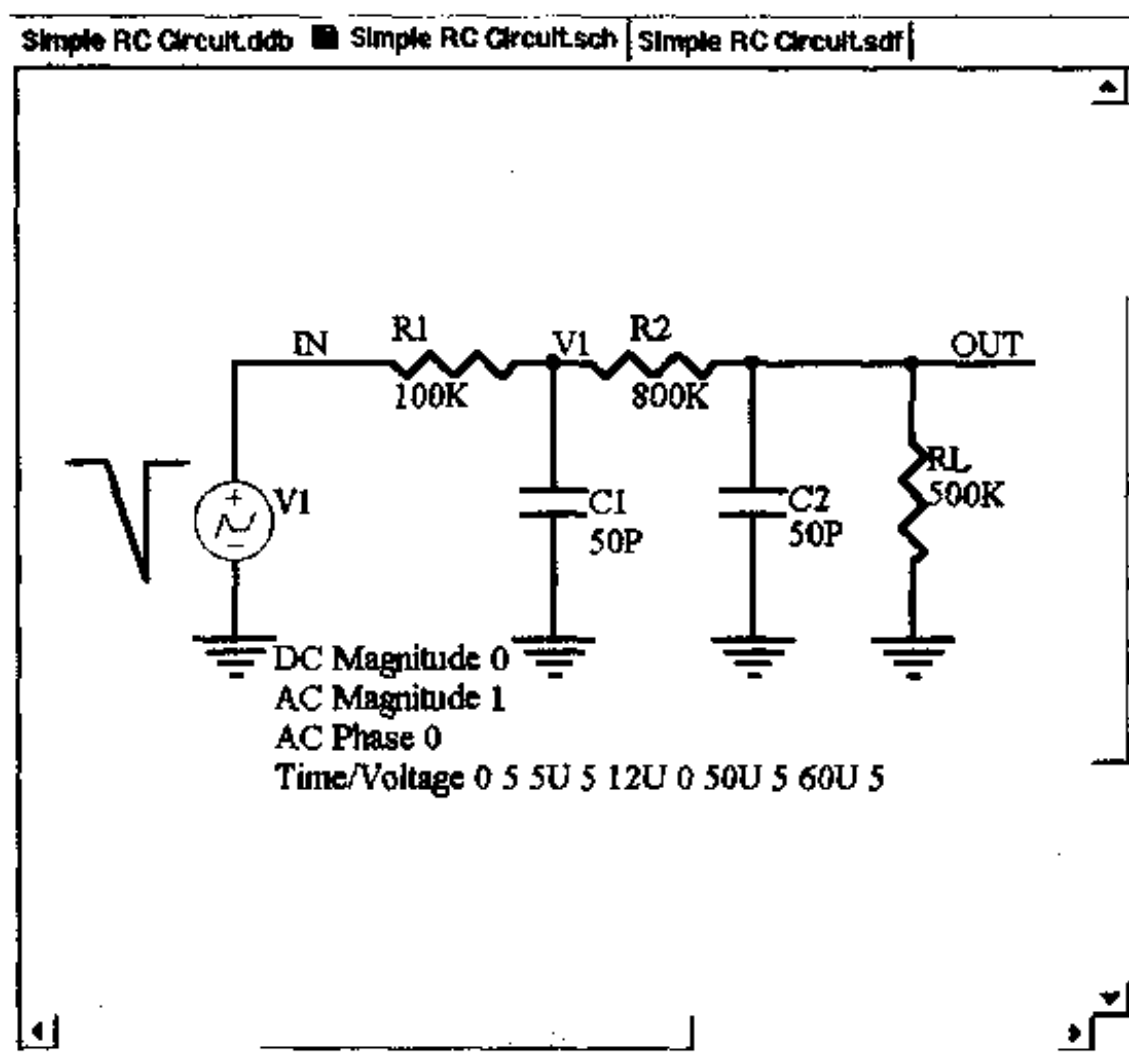


图 11-42 低通滤波器电路

11.6.2 交流小信号分析设置

要进行交流小信号分析设置,首先在原理图设计环境中选取“Simulate/Setup”菜单,进入仿真设置对话框,设置 General 选项(参见图 11-24)。其中,Collect Data For 选项选择第三项“Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”,Active Variables 信号选择 IN, OUT, V1。再点取 AC Small Signal 标签,进入如图 11-43 所示对话框。

正弦波信号发生器从 Start Frequency 到 Stop Frequency 扫描输出,步长由用户设定的测试点数(Test Points)和扫描方式(Sweep Type)确定。

(1) AC Analy 各项内容

1) Start Frequency 项。扫描起始频率,本例设为 1Hz。

- 2) Stop Frequency 项。扫描停止频率，本例设为 10MHz。
- 3) Test Points 项。测试点数，本例设为 1000。
- 4) Total Test Points 项。总的测试点数，此值与扫描方式有关。本例为 7001。

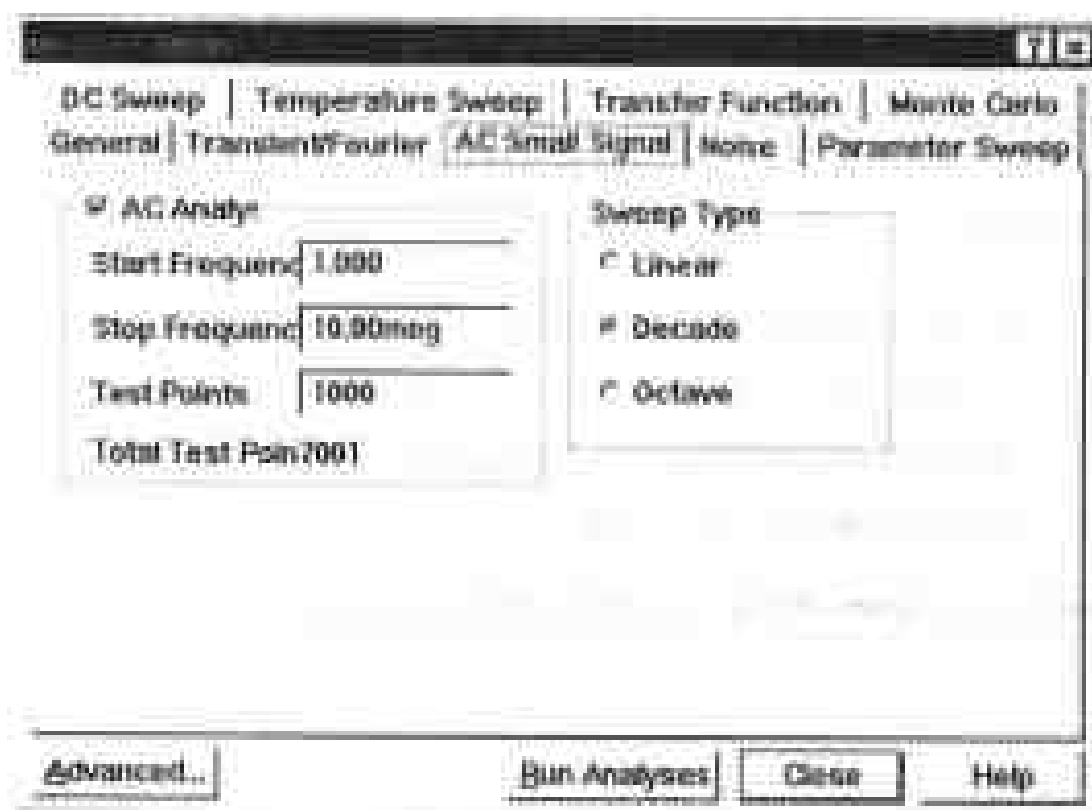


图 11-43 交流小信号分析设置对话框

(2) 扫描方式 (Sweep Type) 各项内容

扫描方式与测试点数之间的关系如表 11-1 所示。本例选择 10 倍频方式。

表 11-1 扫描方式与测试点数之间的关系

扫描方式 (Sweep Type)	测试点数 (Test Points)
Linear 线性方式	确定的是扫描的总的频率点数
Decade 十倍频方式	确定的是每十倍频扫描的频率点数
Octave 八倍频方式	确定的是每八倍频扫描的频率点数

注意：在进行交流小信号分析之前，电路原理图中至少要有有一个交流电源，并且其 AC 属性域进行了适当设置（幅值和相位）。测试点数要取得足够大，否则不能得到正确的频率响应。交流小信号幅值设为 1 使得其对数幅值为 0dB。

11.6.3 仿真结果分析

对上述仿真设置进行仿真分析，输出波形如图 11-44 所示。从图中可以看出此电路对高频成分有很强的抑制作用，只有低频成分可以通过，高频成分不能通过。图 11-44 所示为交流小信号分析的缺省坐标类型，X 轴为线性频率值，Y 轴为输出电压幅值，但实际应用中经常使用的是波特图来分析电路的频率响应，用户可以改变输出波形的坐标类型来适应不同的仿真需要。

1. 设定仿真曲线的坐标类型

在波形显示窗口的波形显示区域单击鼠标右键，会弹出一个弹出式菜单如图 11-45 所示。单击“Scaling...”选项，就会弹出坐标类型选择对话框，如图 11-46 所示。

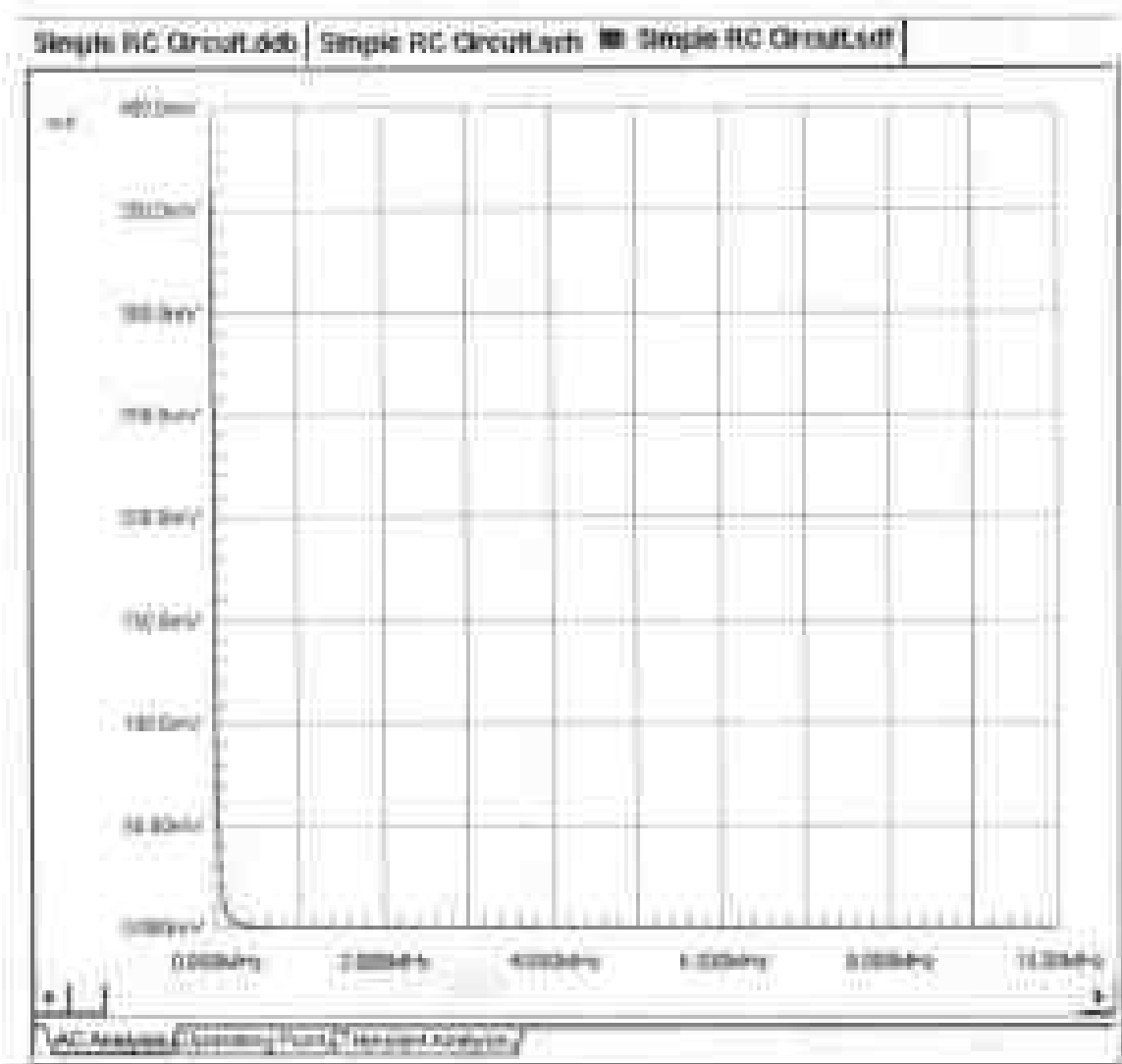


图 11-44 交流小信号分析波形图

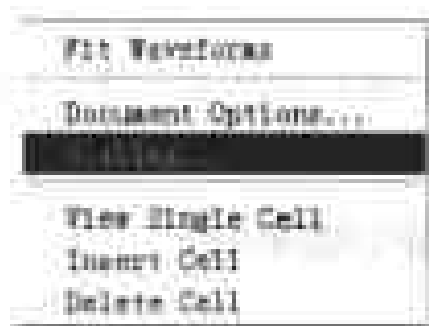


图 11-45



图 11-46 坐标类型选择对话框

根据需要绘制的不同仿真类型数据，可以选择不同的 X 和 Y 轴的坐标类型。各项的具体内容如下：

- (1) X 轴：X 轴有两种坐标形式。
 - 1) Log 项。对数坐标。
 - 2) Linear 项。线性坐标。
- (2) Y 轴：Y 轴有六种坐标形式。
 - 1) Real 项。实部。
 - 2) Imaginary 项。虚部。
 - 3) Magnitude。模。
 - 4) Magnitude In Decibels 项。以分贝表示的模值。
 - 5) Phase In Degrees 项。以度表示的相位。
 - 6) Phase In Radians 项。以弧度表示的相位。

注：不是所有的数据类型都可以选则各种坐标类型。改变坐标类型会影响所选择的分析的所有图形。

在电路分析时常常使用波特图来研究电路的频率响应。为了研究本例中低通滤波器的低通特性, X 轴选择对数坐标, Y 轴选择以分贝表示模, 输出波形即为增益频率响应波特图, 如图 11-47a 所示。X 轴选择对数坐标, Y 轴选择以度表示的相位, 输出波形即为相位频率响应波特图, 如图 11-47b 所示。

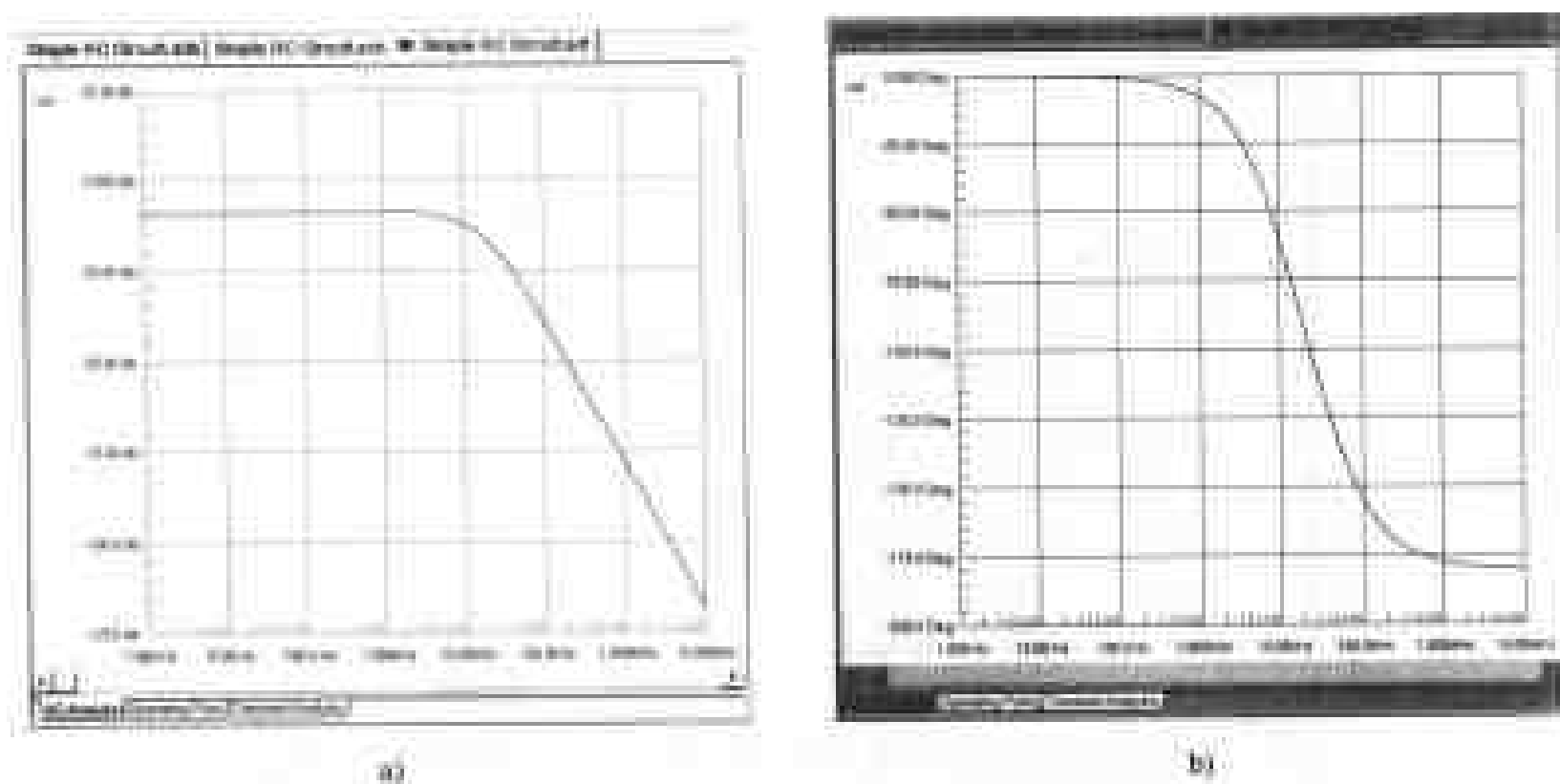


图 11-47 增益及相位的频率响应波特图

2. 改变波形显示窗口的显示状态

选取图 11-45 所示菜单中“Document Option...”选项, 或选取主菜单中“View/Option...”选项, 即可出现如图 11-48 所示对话框。

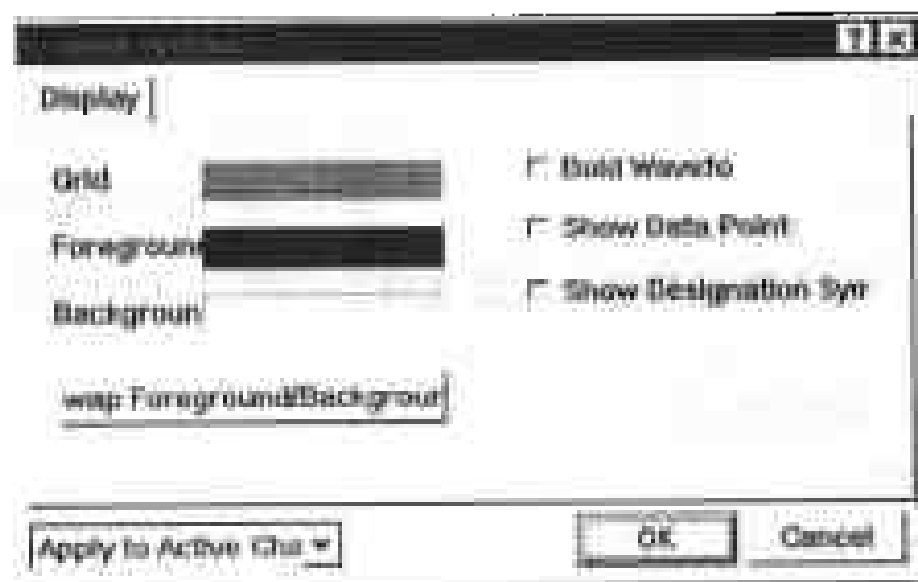


图 11-48 波形显示窗口显示状态对话框

- (1) Grid: 用于改变格线的颜色。
- (2) Foreground 项: 用于改变前景的颜色。
- (3) Background 项: 用于改变背景的颜色。
- (4) Swap Foreground/Background 项: 单击此按钮, 波形显示窗口的前景颜色和背景颜色对调。
- (5) Bold Waveforms 项: 选择此复选框, 以粗线显示波形。
- (6) Show Data Points 项: 选择此复选框, 在波形中显示数据点。

(7) Show designation Symbols 项：选择此复选框，显示波形标识符号。当用户在一个波形单元中显示多个变量的波形时，可能需要波形标记来区分不同的曲线，以便在单色显示输出设备输出波形时也能区分不同的曲线。不同的波形曲线用不同的波形标记。

对话框左下角下拉式列表框，有 3 个选项：当前的设置只应用当前激活的项目仿真波形图，当前的设置只应用整个文档的所有仿真项目，当前设置保存为系统默认设置。

3. 图 11-45 所示菜单中的其它命令

(1) Fit Waveforms 项：使波形根据波形显示窗口的大小自动调整波形，此命令与主菜单中的“View/Fit Waveforms”命令相同。

(2) View Single Cell 项：显示单个波形曲线，此命令与 11.3.2 节所讲的“Brows Simdata”管理器中的显示单个波形命令相同。在显示单个波形曲线状态下，波形显示区域的右键菜单中相对应的命令为“View All Cell”显示所有波形曲线。

(3) Insert Cell/Delete Cell 项：插入/删除某个波形单元。

4. 突出显示某个波形

将光标指向某个仿真节点名，光标会变成一个小手，单击鼠标左键，该节点波形自动变粗，如图 11-49 所示，相当于在波形显示选择框里双击仿真节点名称。

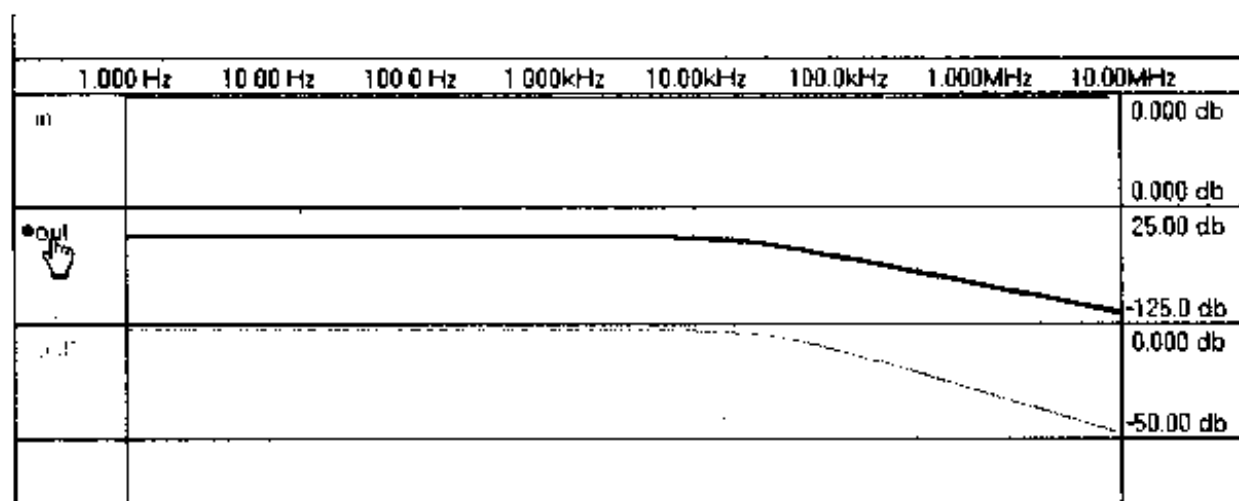


图 11-49 突出显示某个波形

5. 比较波形

将光标指向某个仿真节点名称，光标会变成一个小手，按住鼠标左键，将它拖到要比较的波形图上。如图 11-50 所示。图中还加了波形标记。

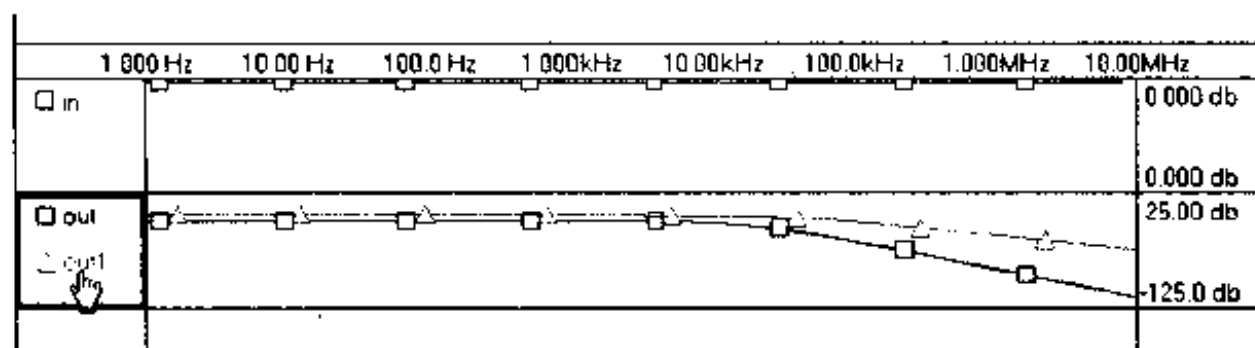


图 11-50 比较两个波形

6. 改变波形显示的纵坐标比例

将光标指向某个仿真波形的分割线，光标将变成上下箭头，如图 11-51 所示。按住鼠标左键，将分割线拉到合适的位置松开鼠标，即可改变波形显示的纵坐标比例。

7. 管理某一波形的右键菜单

将光标指向某个仿真节点名，光标会变成一个小手，单击鼠标右键，出现右键菜单如图

11-52 所示, 选取 Cursor A/Cursor B 即可添加测量坐标, 作用与 11.3.2 节所讲的“Brows Simdata”管理器中的测量波形相同, 将删除测量工具可以将光标指向某个测量工具标签 A 或 B 上, 光标会变成一个小手, 单击鼠标右键, 单击 Cursor Off 命令, 即可删除测量工具。Wave Color 命令用于改变波形颜色。Hide Wave 命令用于隐藏波形。

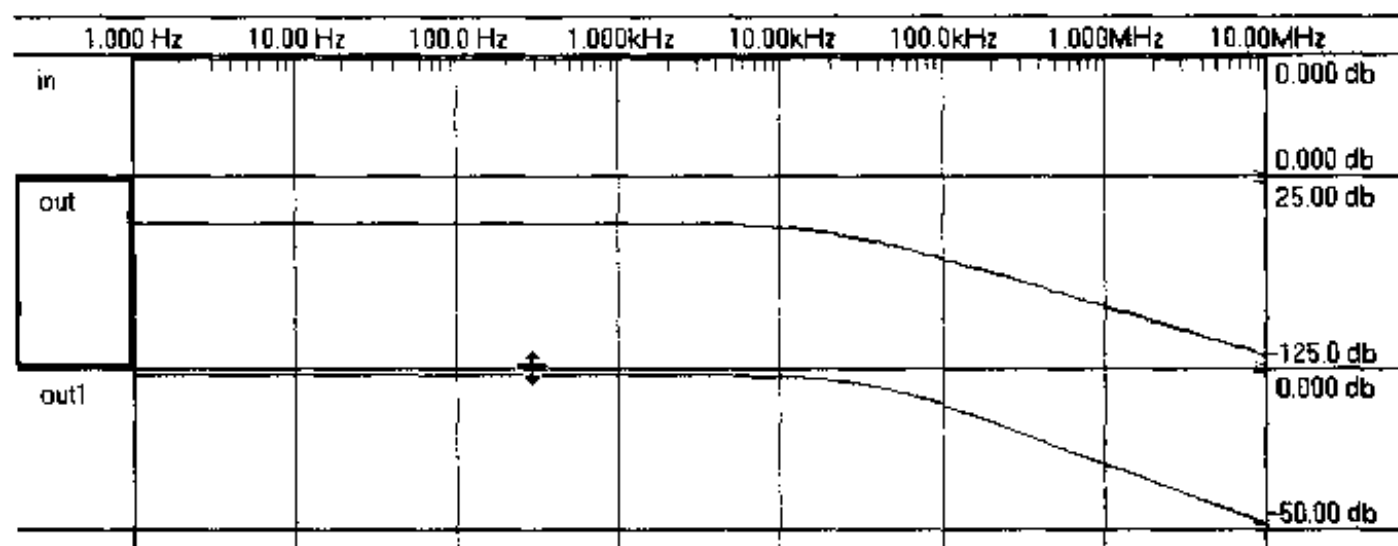


图 11-51 改变波形显示的纵坐标比例

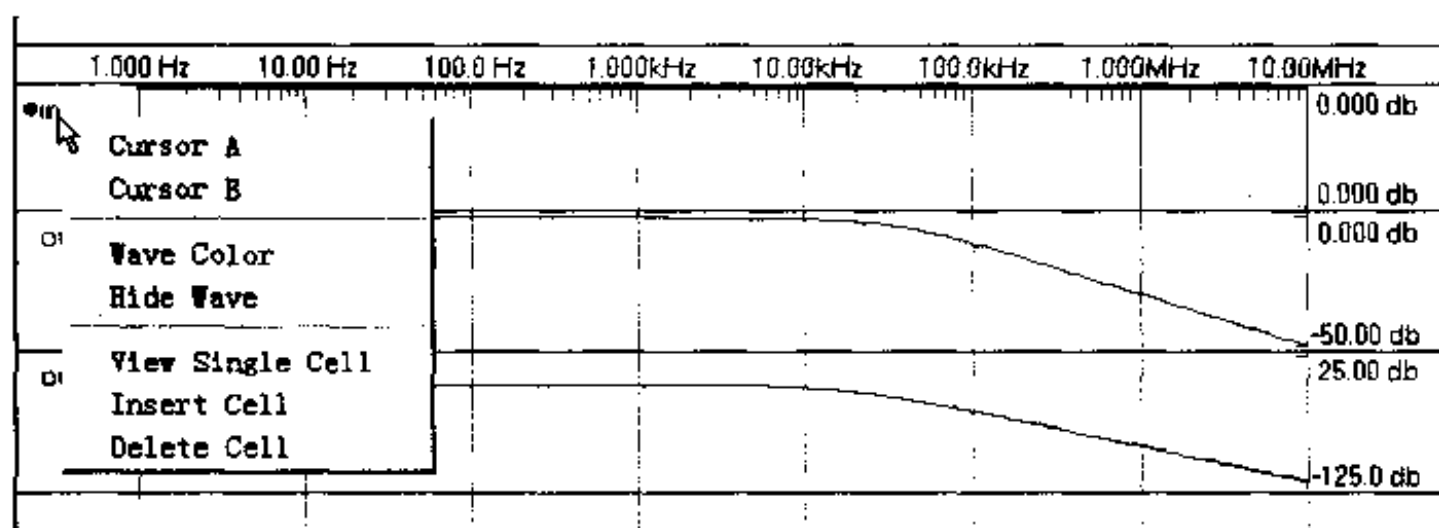


图 11-52 管理某一波形的右键菜单

11.7 傅里叶分析 (Fourier)

傅里叶分析是电路分析的重要手段, 例如对晶体管电路, 即使输入信号是一个很单纯的固定频率信号, 输出信号也会由于晶体管的非线性而引入输入信号的各次谐波而产生某种程度的失真。要观察谐波失真现象可以从时域信号的变形程度来判断, 但若将其转为频域信号就可以分析出各次谐波对输出影响的程度。

傅里叶分析取用暂态分析中最后一个周期的数据进行分析, 例如, 基频为 1kHz, 则暂态分析的最后 1ms 内的数据做傅里叶分析用。傅里叶分析中的各次谐波的幅值和相位信息都保存在 Filename.sim 文件中。

11.7.1 设计一个带通滤波器电路

带通滤波器电路如图 11-53 所示, 通频带中心频率为 1kHz, 电压源为一个频率为 1kHz 的方波电压源。输出为一个同频率的正弦波 (可用暂态分析观察), 所有方波电源的高次谐波都被抑制掉了。通过傅里叶分析可以看出各高次谐波对输出波形的影响程度。

11.7.2 傅里叶分析设置

要进行傅里叶分析设置，首先在原理图设计环境中选取“Simulate/Setup”菜单，进入仿真设置对话框，设置 General 选项（参见图 11-24）。其中，Collect Data For 选项选择第三项“Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”，Active Variables 信号选择 in, out。再点取 **Transient/Fourier** 标签，进入如图 11-54 所示对话框。

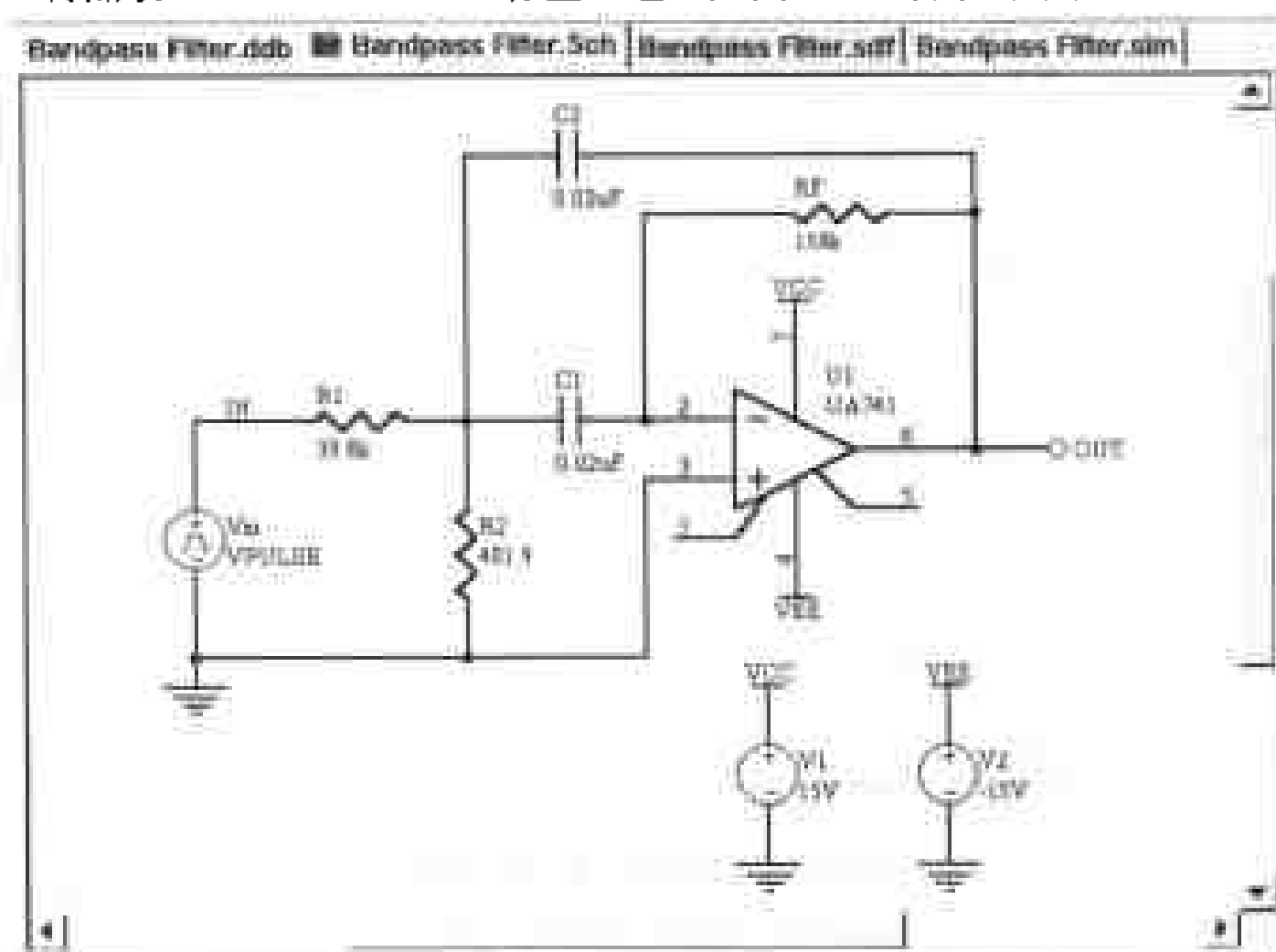


图 11-53 带通滤波器

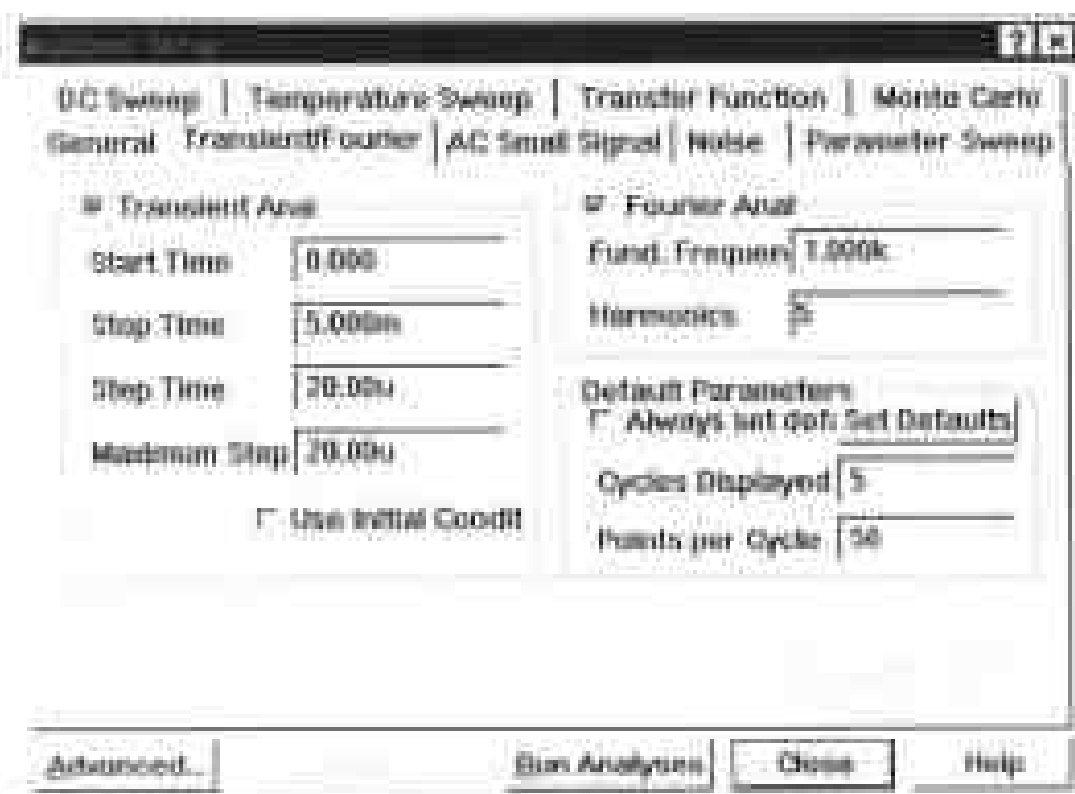


图 11-54 傅里叶分析设置对话框

傅里叶分析参数有：

- (1) Fund. Frequency: 设置傅里叶分析的基频，本例设为 1kHz。
- (2) Harmonics: 设置傅里叶分析的谐波数目，本例设为 5 次。

傅里叶分析时需同时进行暂态分析, 本例中暂态分析设置采用缺省值。

11.7.3 仿真结果分析

傅里叶分析波形如图 11-55 所示, 从图中可以看出输入信号的高次谐波基本滤掉了, 还可以使用测量工具测量高次谐波对电路的实际影响程度。从暂态分析波形图 11-56 可以看出, 输入的方波信号经滤波器输出为同频率的正弦波信号。

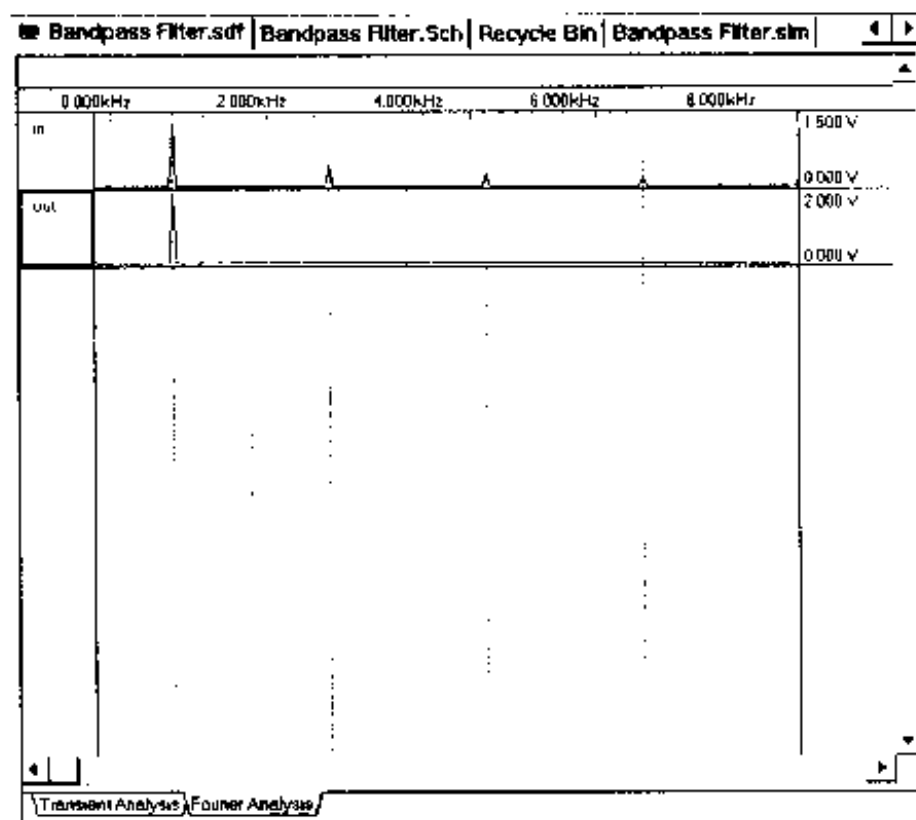


图 11-55 傅里叶分析仿真波形

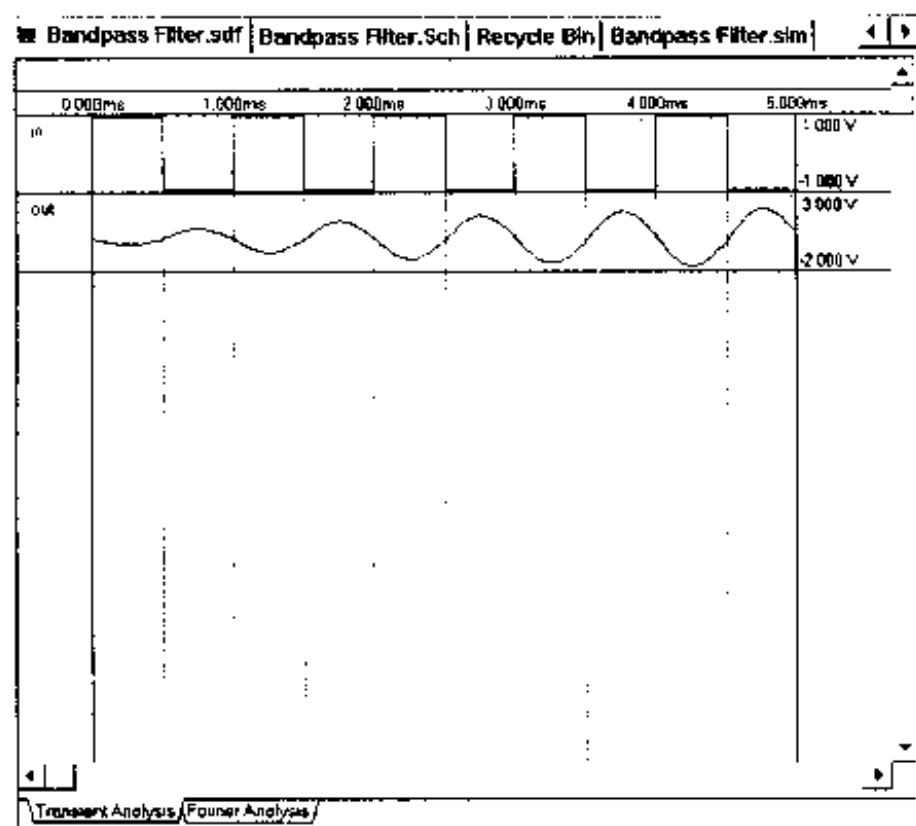


图 11-56 带通滤波器的暂态输出波形

11.8 蒙特卡罗分析

实际电子元件的各种特性值并不是一个固定不变的值, 一定会存在某些程度的误差范

围。这会造成电路特性的偏移,设计者必须确认其偏移程度是否仍能保证电路性能。蒙特卡罗分析主要目的就是分析元件对电路特性的影响程度。

蒙特卡罗分析就是在执行工作点分析、直流扫描分析、暂态分析、交流小信号分析、噪声分析或传递函数分析时,在指定的元件误差范围内随机地变化元件参数。元件参数每变化一次,就执行一次选定的仿真项目,并将选定的激活状态的节点参数(Active Signals list)仿真结果记录下来。分析次数可由用户定义,但第一次的记录结果为所有元件均为理想值时的仿真结果。执行蒙特卡罗分析时只有基本元器件的参数可以变化。

11.8.1 设计一个仿真电路

本节对如图 11-53 所示带通滤波器电路进行蒙特卡罗分析(结合暂态分析),研究元件参数误差对输出波形的影响。如果对此电路结合交流小参数分析进行蒙特卡罗分析,还可以研究电路元件误差对通频带中心频率的影响。

11.8.2 蒙特卡罗分析设置

要进行蒙特卡罗分析设置,首先在原理图设计环境中选取“Simulate/Setup”菜单,进入仿真设置对话框,设置 General 选项(参见图 11-24)。其中,选择暂态分析,暂态分析的设置采用缺省设置,Collect Data For 选项选择第三项“Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”,Active Variables 信号选择 in, out。再点取 **Monte Carlo** 标签,进入如图 11-57 所示对话框。

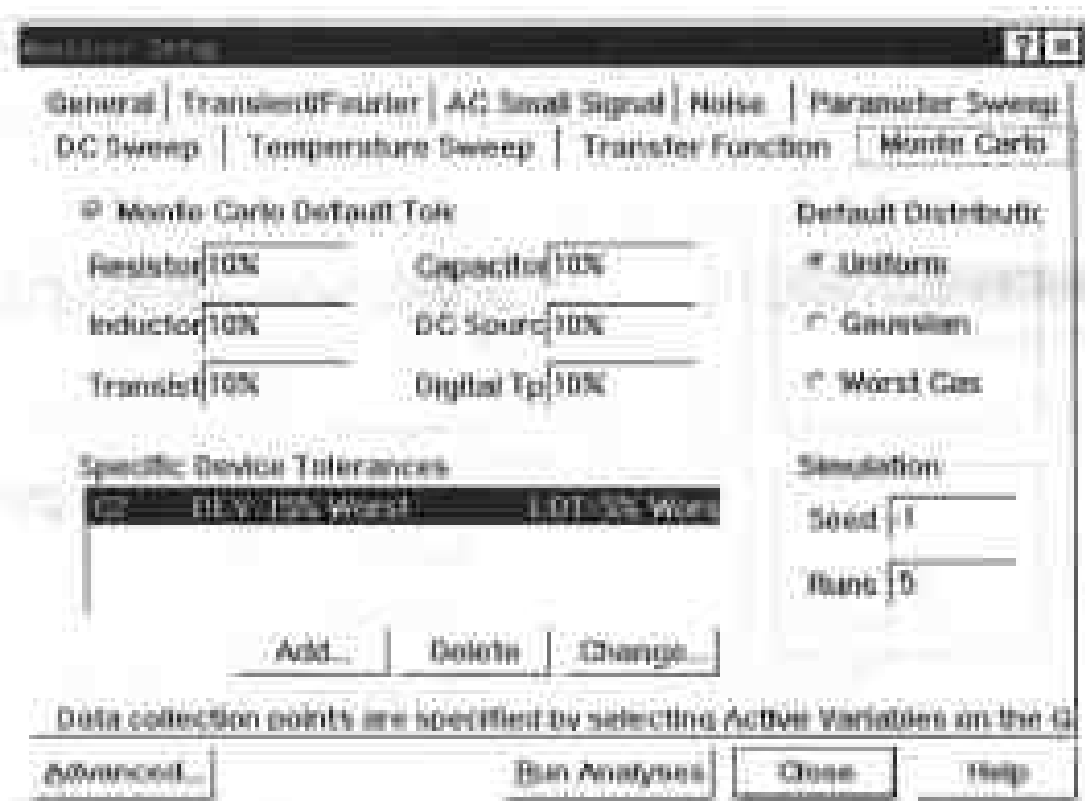


图 11-57 蒙特卡罗分析设置

1. 参数设置

(1) Monte Carlo Default Tolerances 选项卡。此选项卡用于确定蒙特卡罗分析电路元件的缺省误差范围,可以对六种通用器件指定缺省的误差范围,这六种器件是 Resistor 电阻, Capacitor 电容, Inductor 电感, DC source 直流电源, Transistor (beta forward) 三极管, Digital Tp 数字元件传输延时间。

(2) Simulation 选项卡

1) Seed: 随机数发生器的种子。由于同一个种子所产生的随机数顺序每一批都一样, 执行的蒙特卡罗分析都一样。要想产生出一批不一样的随机数, 就要使用不同的种子。缺省值为-1。

2) Runs: 仿真次数。例如输入 5, 则执行 5 次仿真, 每次都在指定的元件参数误差范围内使用不同的参数 (由随机数的种子决定)。

(3) Default Distribution 选项卡, 用于指定误差分布状态。

1) Uniform: 均匀分布, 元件误差参数变化在指定的范围内呈均匀分布。

2) Gaussian: 高斯型分布, 元件误差参数变化在指定的范围内呈高斯曲线分布。

3) Worst Case: 最差分布, 元件误差只取用误差范围边缘的值。

一般而言, 元件的误差分布状态均呈一种高斯曲线的形式, 也就是像一座山的形状, 中间高起而两边平缓下降的曲线。选择最差分布时则进行最差情况分析, 这对于估计电路在极端情况下是否能正常工作是必要的。

(4) Specific Device Tolerances 选项卡, 确定蒙特卡罗分析电路中特定元件的误差范围。在此选项卡中指定的元件误差的优先级高于 Monte Carlo Default Tolerances 选项卡中指定的误差, 即对某一元件, 如果在两个选项卡中都指定了误差范围, 则只有 Specific Device Tolerances 选项卡中确定的值有效。

单击 add 按钮, 或在对话框的特定元件参数设定区单击鼠标右键, 从弹出式菜单中选取 Add 选项 (shortcut: press the INSERT key), 弹出 Monte Carlo Device and Lot Tolerances 对话框, 如图 11-58a 所示, 添加特定参数的变化范围。

在 Designator 域输入元件的名称, 或从元件下拉列表框中选取, 下拉列表中有所有可以指定误差范围的元件, 如图 11-58b 所示, 为本例中可供选择的元件。如果需要, 可以在 Parameter 域添加参数, 此处支持的参数包括数字元件的延时, 三极管的前向放大倍数, 电位计的电阻。

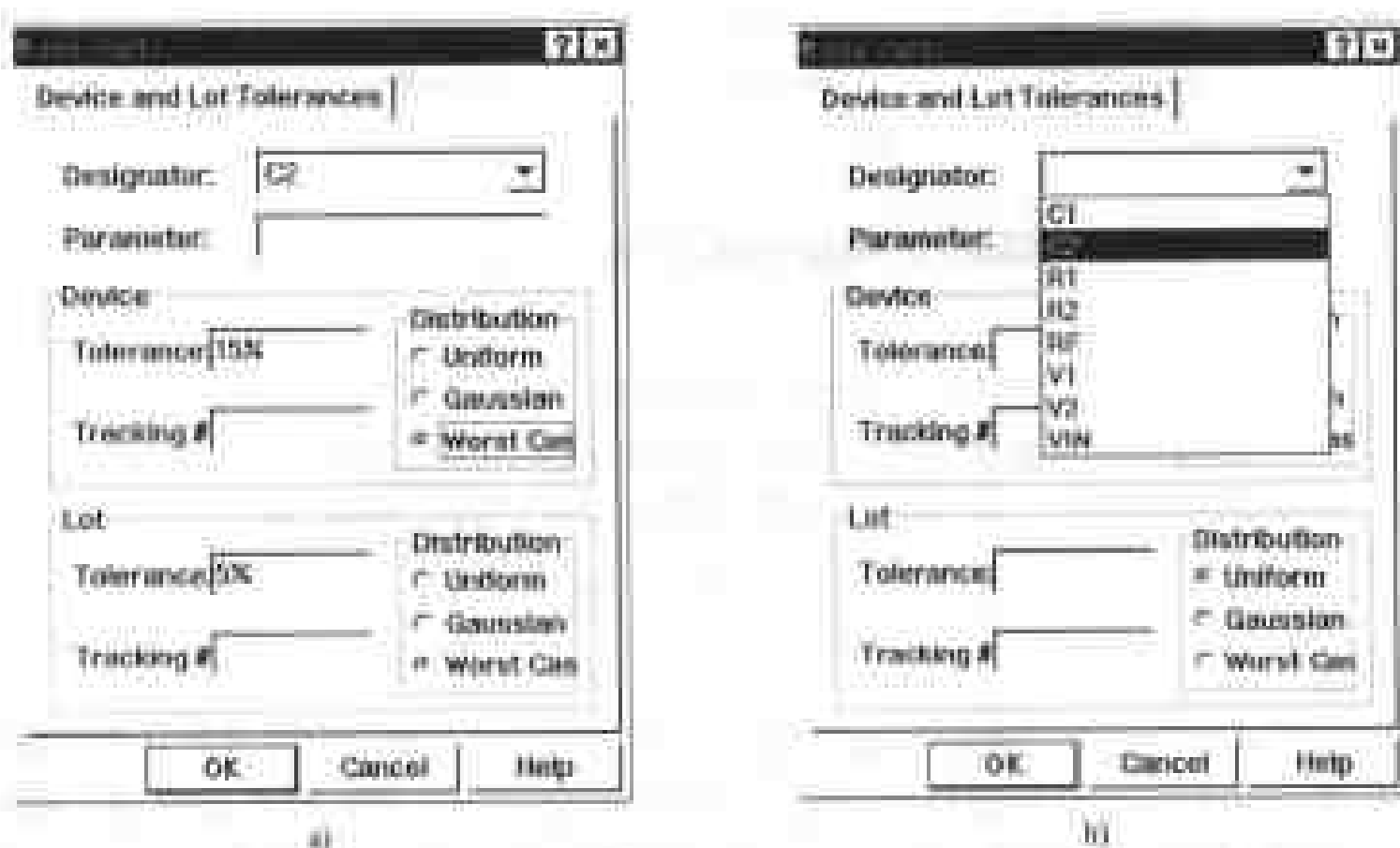


图 11-58 指定特定元件的误差

2. 元件误差表示

每种元器件都有两种误差表示方法, Device 误差和 Lot 误差。两种至少可以使用一种。Device 误差会令使用相同模型的元件分别地变化, 故其较适用于离散元件。Lot 误差会使所有使用相同模型的元件一起变化, 故其较适用于集成电路。对于一个特定的器件, device 和 lot 误差是独立计算的 (用不同的随机数) 然后把它们加在一起。

(1) Tolerance field (误差域) 可以输入误差绝对值或百分比。

(2) Tracking # 域用于当用户需要使有关系的元器件共同变化时指定一个共同的跟踪数, 例如给两个器件指定同一个跟踪数和相同的误差范围, 则在仿真分析时这两个元器件使用相同的随机数。

在元器件不完全相关时, 可以将 device 误差和 lot 误差结合使用。例如两个不同的电阻排, 它们的 lot 误差 (两个电阻排之间) 可能很大, 而 Device 误差 (同一个电阻排内的不同电阻之间) 很小, 这时 device 误差不可忽略, 因为它可能对电路性能影响很大。

例如, R1 和 R2 都是 1k, device 误差为 1%, 没有相同的跟踪数, lot 误差为 4%, 有相同的跟踪数。则每个电阻的误差范围为 5% (1%+4%)。但是在仿真分析时, 两个电阻之间的误差不会大于 2%。

11.8.3 仿真结果

仿真析结果如图 11-59 所示。图中 in 和 out 曲线为元件为标称值 (即无误差) 时的输入和输出曲线, in-m1~in-m4 和 out-m1~out-m4 曲线为蒙特卡罗分析曲线 (图中由于名称重叠在一起只显示了 in-m1, in-m2, out-m1 和 out-m2), 从图中可以看到, 所指定的元件参数对输出波形的影响很大。

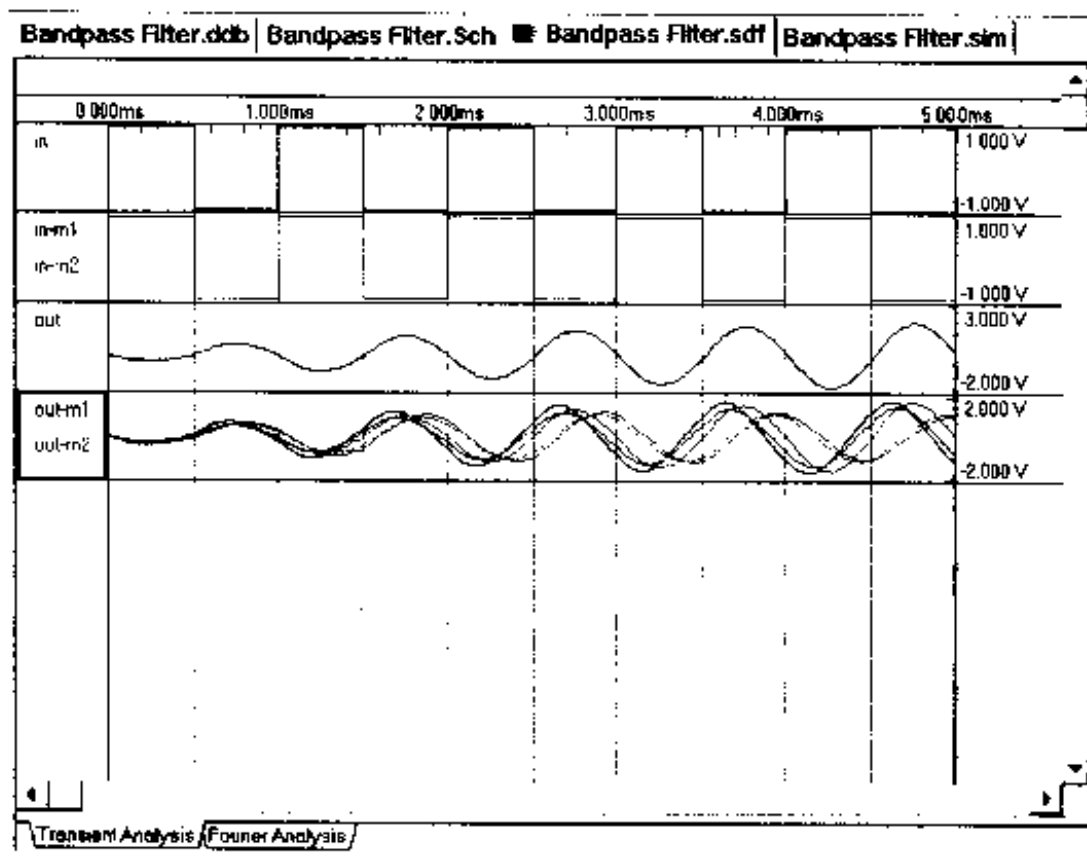


图 11-59 对暂态分析的蒙特卡罗分析结果

11.9 参数扫描分析

在设计电路的过程中, 有时需要比较电路中某个元件值或某个模型参数改变对电路性能

的影响。参数扫描分析允许用户在指定的范围内以一个的步距变化参数值, 执行用户选定的仿真分析(直流分析, 交流分析, 暂态分析等), 从而分析出变化的参数对电路的影响。参数扫描分析只能变化基本元件的参数, 子电路的参数不能变化。

11.9.1 设计仿真电路原理图

本例通过对如图 11-53 所示带通滤波器进行参数扫描分析, 研究参数变化对通频带宽度, 中心频率的影响, 进一步还可以研究出哪一个元件参数对通频带影响最大及最佳元件参数。

11.9.2 参数扫描分析设置

在本例中对带通滤波器的交流小信号分析进行参数扫描分析, 要进行参数扫描分析设置, 首先在原理图设计环境中选取“Simulate/Setup”菜单, 进入仿真设置对话框, 设置 General 选项(参见图 11-24)。其中, 选择交流小信号分析, Collect Data For 选项选择第三项“Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”, Active Variables 信号选择 out。交流小信号分析参数为 Start Frequency=0Hz, Stop Frequency=3kHz, Test Points=100, Sweep Type=Decade。再点取 **Parameter Sweep** 标签, 进入如图 11-60 所示对话框。

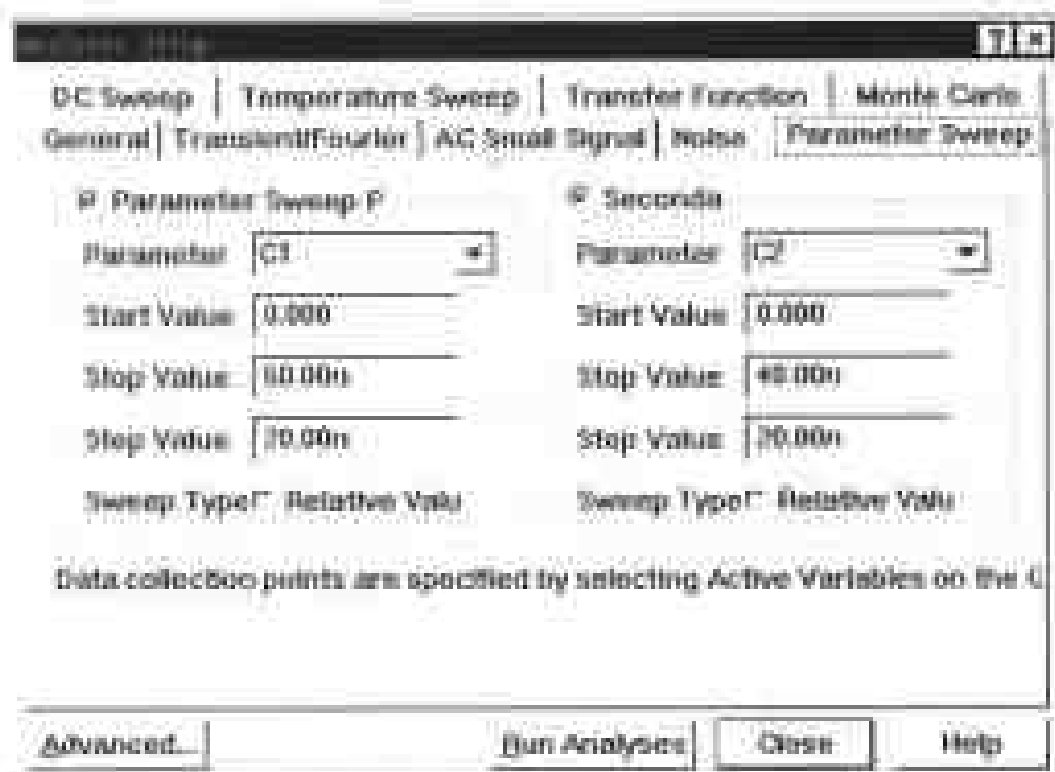


图 11-60 参数扫描分析设置

(1) Parameter Sweep Primary 选项卡

- 1) Parameter 参数, 从下拉列表选取。本例选取 C1。
- 2) Start Value 起始值。本例取值 0nF。
- 3) Stop Value 停止值。本例取值 60nF。
- 4) Step Value 步距。本例取值 20nF。

(2) Secondary 第二个扫描参数选项卡。

本例中 Parameter=C2, Start Value=0, Stop Value=40nF, Step Value=20nF。

注意: 参数扫描分析只可以变化基本元器件或模型的参数。也可以指定第二个参数进行扫描, 第二个扫描参数每变化一次, 第一个参数在指定范围内全部扫描一遍。

(3) 扫描参数可以是一个单独的元件名称(如 C2)也可以是一个元件名称带一个元件

参数后缀（例如 U5[tp_val]），下面是一些有效参数的例子。

参数 (Parameter)	变化的变量 (What is varied)
RF	名称为 RF 的电阻值
Q3[b β]	三极管的放大倍数 (Beta)
R3[r]	电位计 R3 的电阻值
U5[tp_val]	数字器件 U5 的传输延迟

Relative Values 复选框选中表示扫描起始值，停止值和步距是加在被选择参数的已有值或缺省值上，例如，对一个电阻，其原有值为 950 欧姆，起始值、停止值和步距分别为 0、50、20，Relative Values 复选框选中，则在扫描分析中使用的参数分别为 950、970、990、1010、1030 和 1050。

11.9.3 波形分析

根据上述参数扫描分析设置，其输出波形如图 11-61 所示。

从图中可以看出 C1 和 C2 的参数变化对带通滤波器的输出频率范围，中心频率及增益均有很大影响。

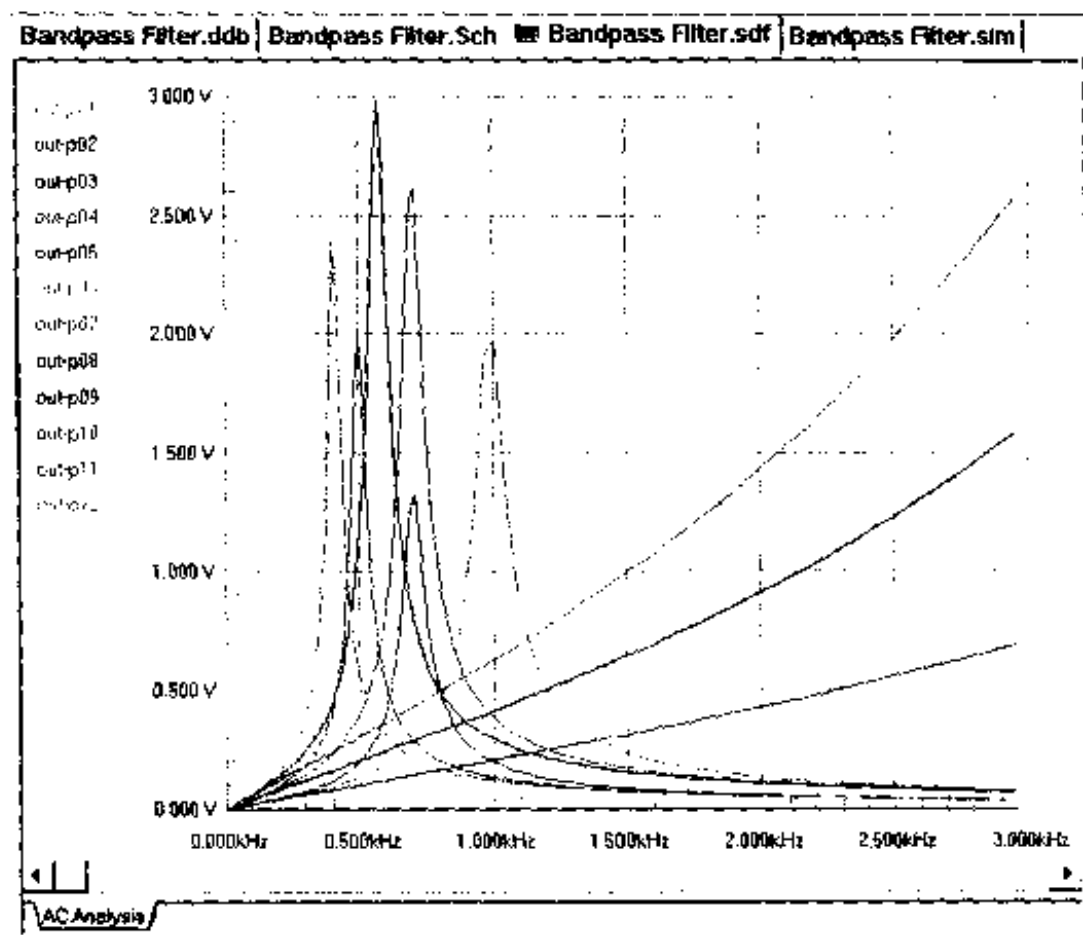


图 11-61 对带通滤波器交流小信号分析的参数扫描分析

11.10 噪声分析 (Noise analysis)

电阻和半导体元件都会产生噪声。元件自然产生的噪声一般称为白噪声或热噪声，它所涵盖的频率范围由 0Hz 到无限大，这会对电路产生一定的影响。由于噪声是随机产生的，所以只能用统计方法进行估算。

Protel 99 仿真器的噪声分析是通过计算出电阻和半导体器件的白噪声谱密度来估算噪声

对电路影响, 用 V^2/Hz (Volts squared per Hertz) 度量。电容, 电感和受控源不产生噪声。

11.10.1 噪声分析内容

Protel 99 仿真器的噪声分析可以计算出以下噪声:

(1) Output Noise (输出噪声)。在指定的输出节点上测量的噪声。

(2) Input Noise (输入噪声)。在输入端引入的噪声会在输出端产生噪声, 它们之间的大小有一定比例关系, 例如, 在输出端测到的噪声为 10p, 电路的增益为 10 倍, 则在输入端的等效噪声为 1p。

(3) Component Noise (元件噪声)。输出噪声是电路中每个元件噪声的总和。同于电路有增益, 同样元件在电路输入端引入与输出端引入噪声对电路的影响是不同的。

11.10.2 噪声分析设置

在本例中对图 11-53 所示带通滤波器电路进行噪声分析。要进行噪声分析设置, 首先在原理图设计环境中选取 “Simulate/Setup” 菜单, 进入仿真设置对话框, 设置 General 选项 (参见图 11-24)。其中, Collect Data For 选项选择第三项 “Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”, Active Variables 信号选择 in, out。再点取 **Noise** 标签, 进入如图 11-62 所示对话框。

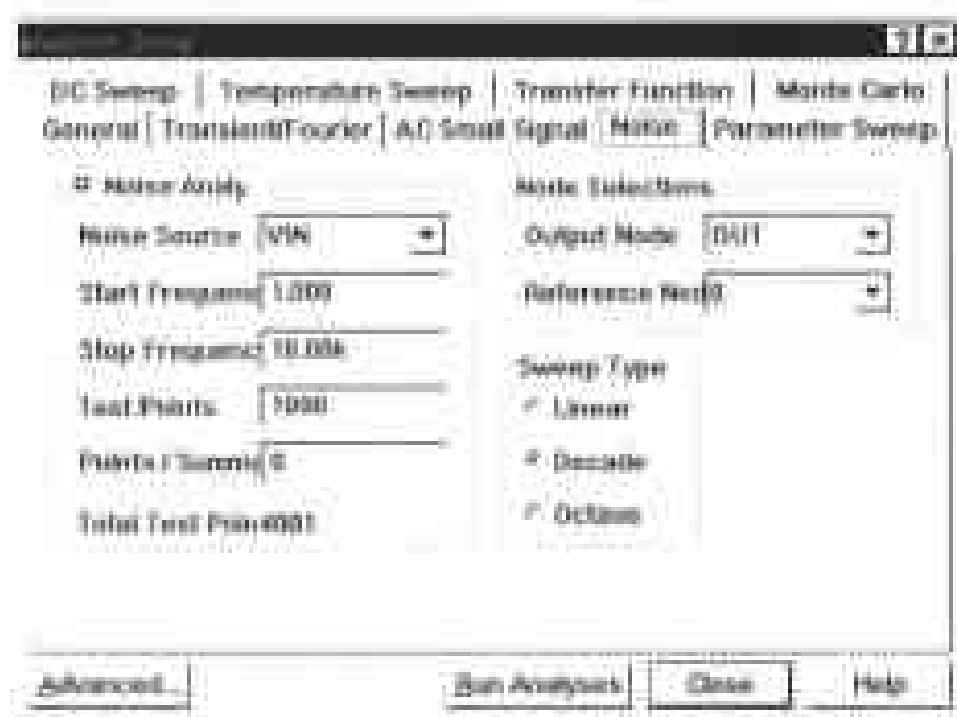


图 11-62 噪声分析设置对话框

(1) Noise Analysis 噪声分析选项卡

1) Noise Source 项。噪声源, 从下拉列表中选取。本例选取 VIN 为噪声源。

2) Start Frequency/Stop Frequency/Test Points 项。分别为起始频率/停止频率/测试点数。本例分别为 1/10k/1000。

3) Points/Summary 项。输入 0 则测量输入和输出噪声, 输入 1 则测量所有元件噪声的共同影响。

(2) Sweep Type 扫描方式选项卡, 确定扫描方式。

Linear/Decade/Octave 分别为线性方式/十倍频方式/八倍频方式。本例选择十倍频方式。扫描方式与总的测试点数的关系参见交流小信号分析。

(3) Node Selections 节点选择

1) Output Node 项。输出节点, 从列表框中选取, 仿真器分析噪声源的噪声对此节点的影响。本例中选取 OUT 节点。

2) Reference Node 项。参考节点, 缺省值为 0, 本例中选取 0。

11.10.3 仿真结果

噪声分析仿真输出波形如图 11-63 所示。从输出波形中可以看出, 带通滤波器对通频带外的噪声都有很强的抑制作用。

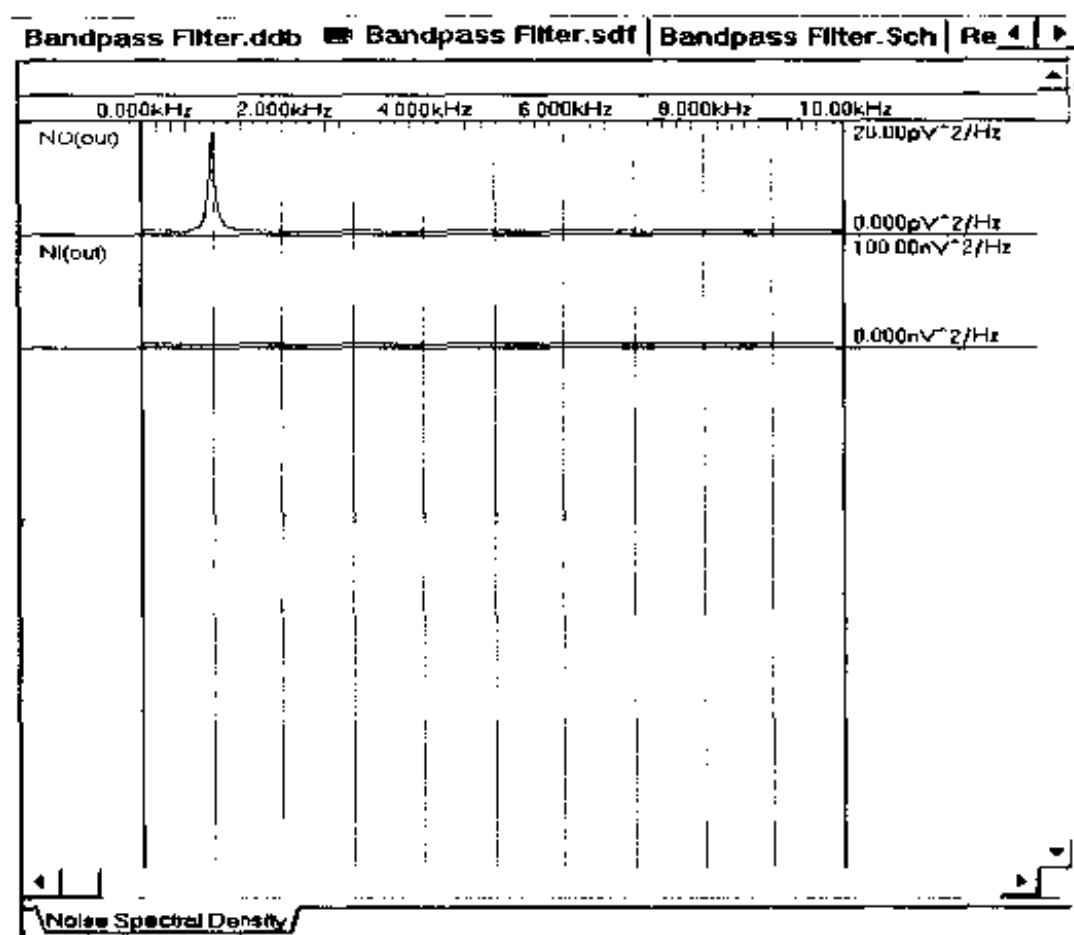


图 11-63 噪声分析输出波形

11.11 温度扫描分析 (Temperature Sweep analysis)

在前面所讲的仿真分析中, 默认的工作温度为室温。但是电子元件的参数是会受温度影响而改变, 从而影响电路的工作状态, 因此电路设计者必须考虑电路是否在其工作环境限定的所有温度下都能可靠工作。作商业用途的元件, 其额定的工作温度范围一般为 0 到 70 摄氏度, 军事用途的元件额定工作温度还要高。温度扫描分析可以仿真出工作温度对电路的影响, 保证用户设计出可靠的电路。

温度扫描分析可以与交流分析、直流分析、暂态分析等标准分析相结合, 在指定温度范围内按用户指定的步长变化温度, 每一个温度产生一条曲线。

11.11.1 设计一个研究晶体管放大特性的电路

晶体管放大电路中静态工作点的稳定性是很重要的, 工作点不稳定的原因很多, 例如电源电压变化、电路参数变化、管子老化等等, 但主要是由于半导体晶体管的特性参数 (I_{CEO} , V_{BE} , β 等) 随温度变化造成的。晶体管的 I_{CEO} 、 V_{BE} 、 β 随温度升高而变化的结果都集中表

现在静态工作点电流 I_c 的增大上。本例通过温度扫描分析研究 I_c 随温度变化而变化的现象。电路图如图 11-64 所示。

11.11.2 温度扫描分析设置

本例结合直流扫描分析进行温度扫描分析。首先在原理图设计环境中选取“Simulate/Setup”菜单，进入仿真设置对话框，设置 General 选项（参见图 11-24）。其中，Collect Data For 选项选择第三项“Node Voltage, Supply Currents, Device Currents and Powers”，Active Variables 信号选择 $Rc[i]$ ，即三极管集电极电流。选取直流扫描分析，进行直流扫描参数设置，Souce Name=VC，Start Value=0V，Stop Value=12V，Step Value=1mV，不使用第二个扫描源。再点取 **Temperature Sweep** 标签，进入如图 11-65 所示对话框。

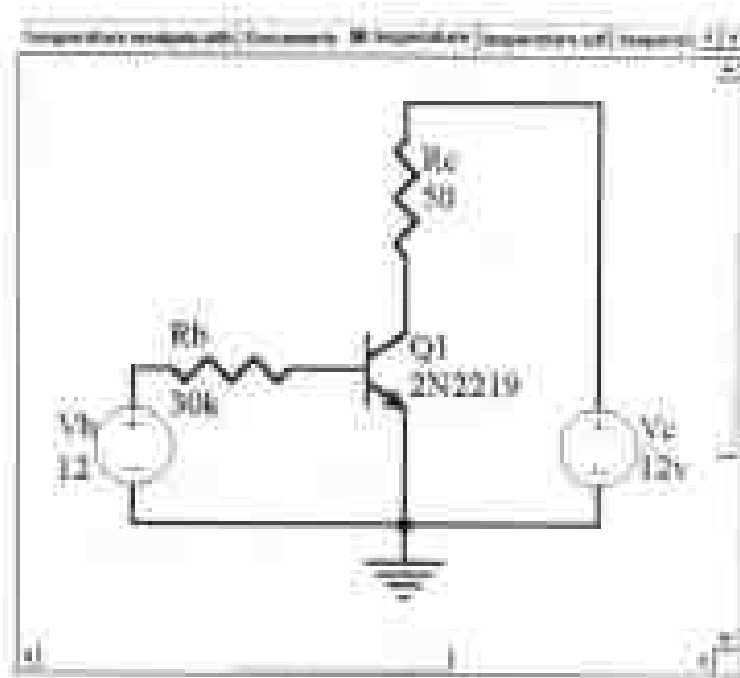


图 11-64 晶体管放大特性研究电路

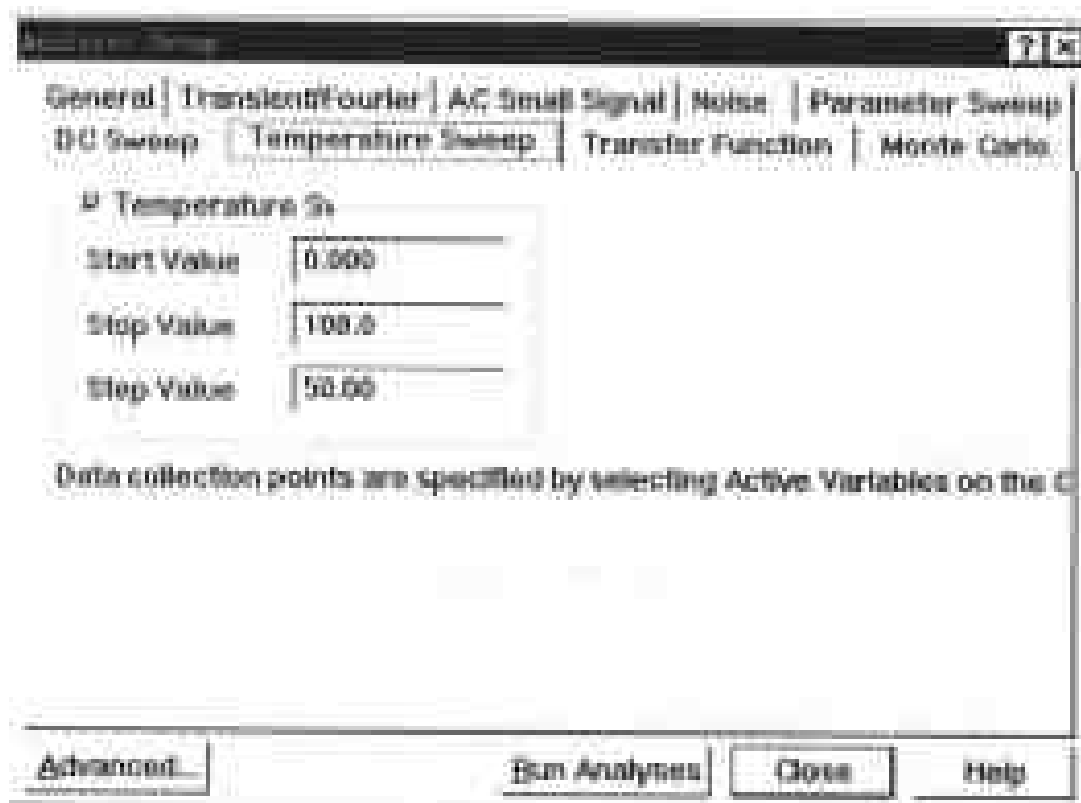


图 11-65 温度扫描分析设置对话框

温度扫描分析设置项为：

- (1) **Start Value** 项：起始温度值，本例设为 0。
- (2) **Stop Value** 项：扫描最大温度值，本例设为 100。
- (3) **Step Value** 项：扫描温度步距，本例设为 50。

运行仿真时，用户所选择的标准仿真项目会在每个扫描温度点都仿真一次。温度扫描分析只分析计算在 Active Variables list 中列出的变量。

11.11.3 温度扫描结果

对上述设置的温度扫描分析输出波形如图 11-66 所示。从图中可以看出，随着温度的升高，晶体管集电极电流增大。

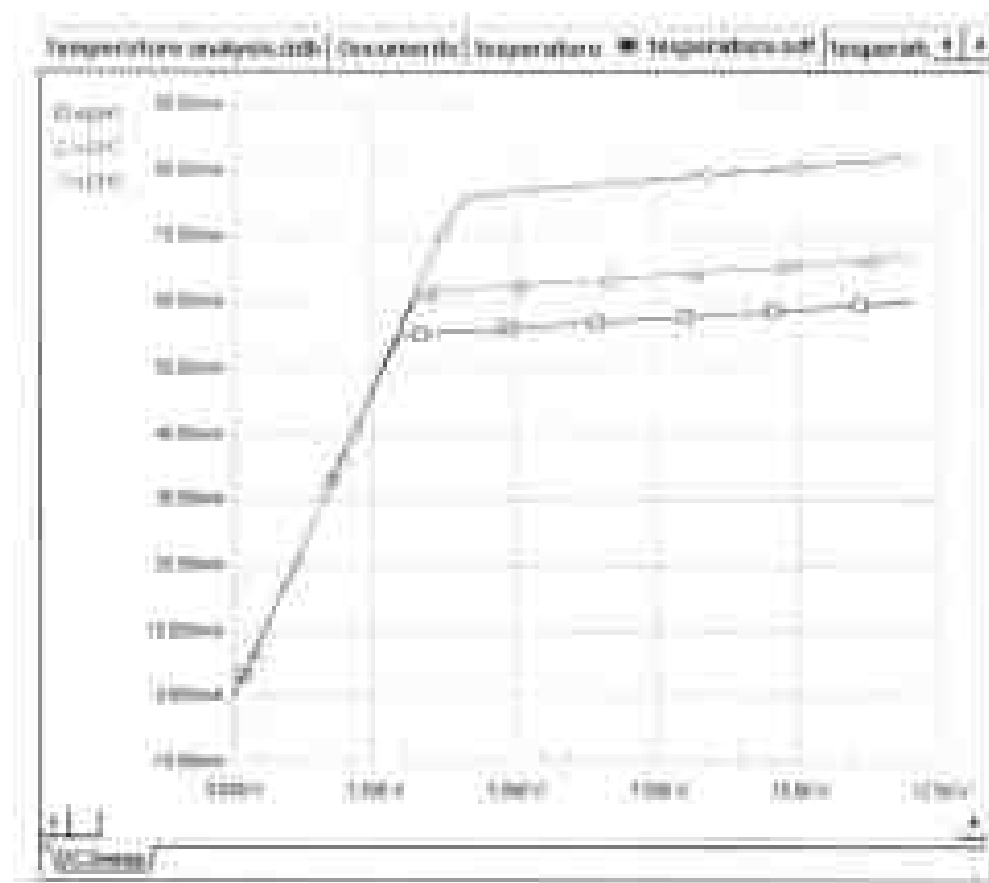


图 11-66 温度扫描分析波形图

11.12 传递函数分析 (Transfer Function)

传递函数分析计算电路的直流输入阻抗, 直流输出阻抗和直流增益。传递函数分析设置对话框如图 11-67 所示。

传递函数分析有两个设置参数。

- (1) Source Name 项: 输入电源, 从下拉列表中选择。
- (2) Reference Node 项: 输入电源的参考节点, 从下拉列表中选择。

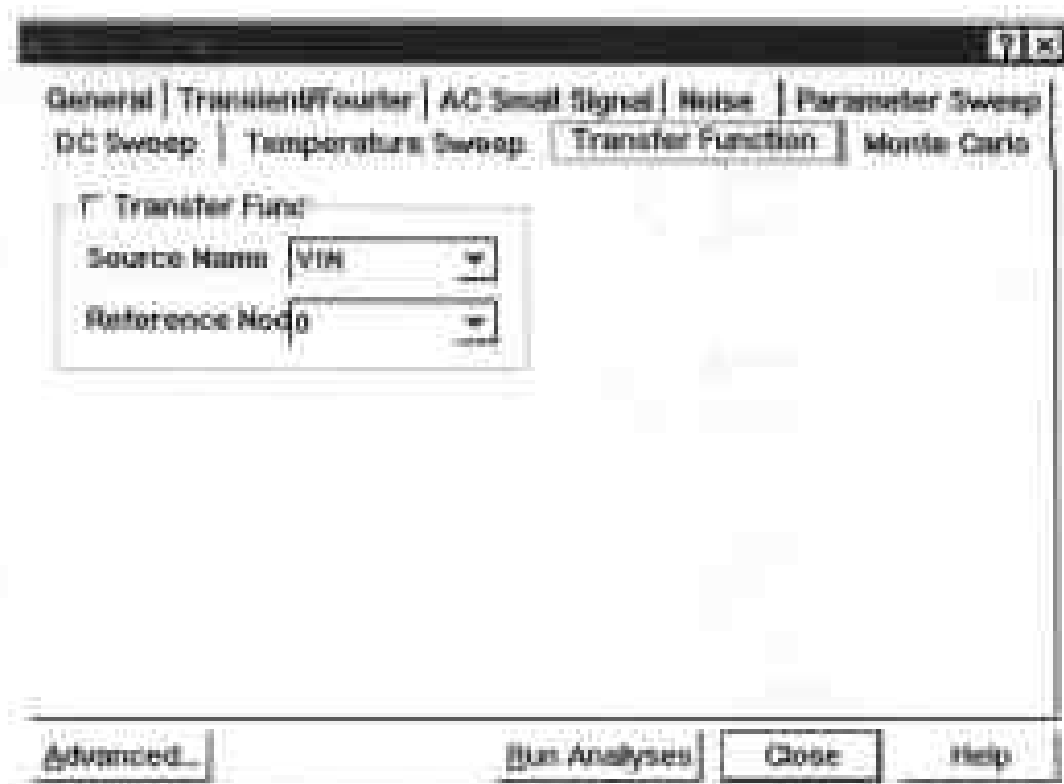


图 11-67 传递函数分析设置对话框

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = P r o t e l

作者 =

页数 = 3 1 5

S S 号 = 0

出版日期 =