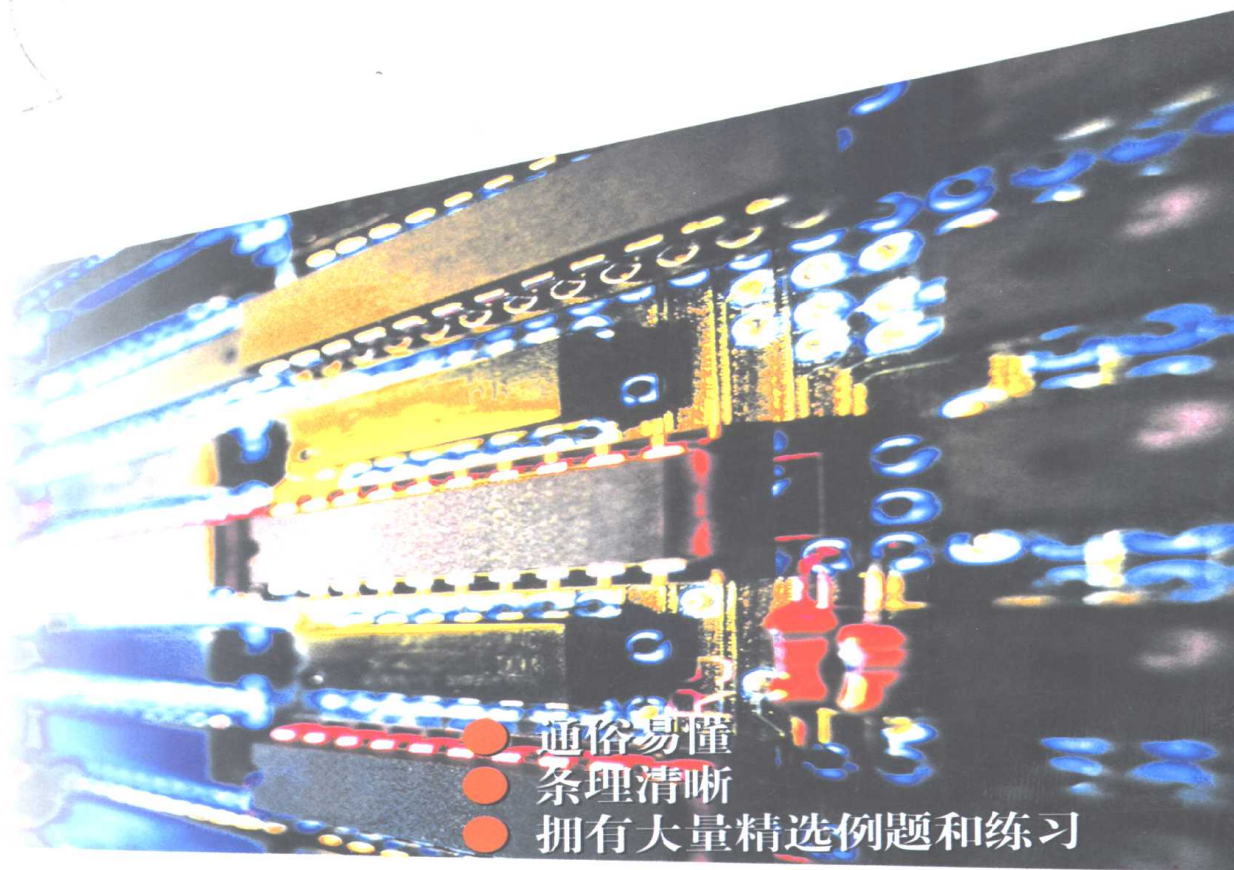




高等院校电子技术教材 电路原理图与电路板 设计教程 Protel 99SE

夏路易 石宗义 编著



- 通俗易懂
- 条理清晰
- 拥有大量精选例题和练习



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

TN702

28D

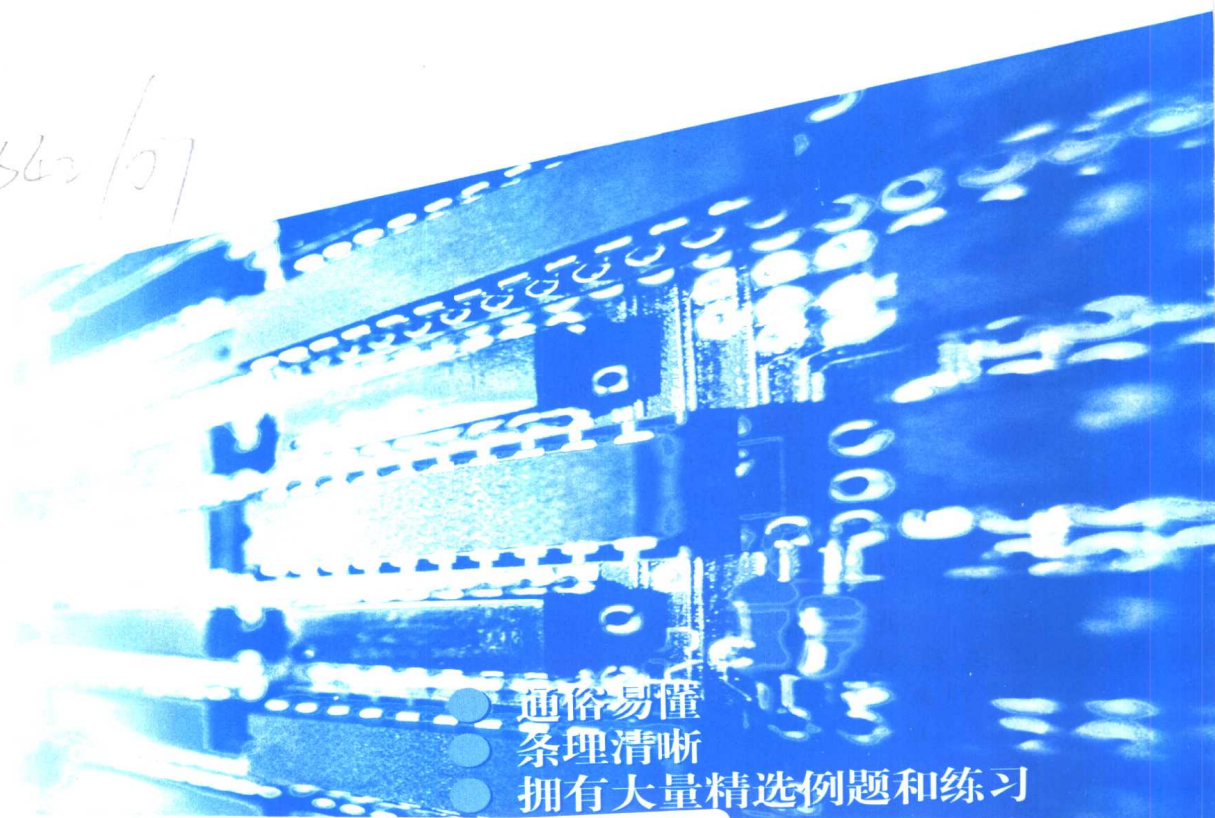
高等院校电子技术教材

电路原理图与电路板 设计教程

Protel 99SE

夏路易 石宗义 编著

B2342/07



- 通俗易懂
- 条理清晰
- 拥有大量精选例题和练习

北方工业大学图书馆



00516493



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

内 容 简 介

Protel 99SE 是 Protel Technology 公司开发的基于 Windows 环境下的电路板设计软件。该软件功能强大, 人机界面友好, 易学易用, 仍然是大中专院校电学专业必学课程, 同时也是业界人士首选的电路板设计工具。

本书由 15 章、4 个附录组成, 主要内容包括: 原理图设计环境、用工具画原理图、画元件图、原理图画图练习、电路板设计环境、人工画电路板、画元件封装图、自动布线画电路板、设计规则与信号分析、电路仿真、仿真练习、人工布线画电路板练习、自动布线画电路板图练习、电路设计导引、完成电路板设计后的工作等。其中每一章都附有练习题及其详细提示。

本书通俗易懂、条理清晰, 既有对菜单命令的详细讲解又有大量精选例题和练习满足实际训练, 可以帮助读者在短时间内成为电路板设计高手。

本书既是高校现代电子技术 EDA 方面的教材, 同时也是初学者和进行电路及电路板设计的工作人员的自学用书。

本书光盘内容包括: 练习与例题, 流行的 EDA 软件介绍, 练习用元件符号库和封装库, 如何获得 Protel 99SE 软件的试用版, 动手做和教学用教材等等。

如果遇到技术方面的问题, 请与作者联系, Email: yiluxia@yahoo.com.cn。

- 盘 书 系 列 名 : 高等院校电子技术教材 (1)
盘 书 名 : 电路原理图与电路板设计教程 Protel 99SE
文 本 著 作 者 : 夏路易 石宗义 编著
责 任 编 辑 : 马红华
C D 制 作 者 : 希望多媒体开发中心
C D 测 试 者 : 希望多媒体测试部
出 版、发 行 者 : 北京希望电子出版社
地 址 : 北京市海淀区知春路63号卫星大厦三层 100080
网 址: www.bhp.com.cn
E-mail: lwm@bhp.com.cn
电 话: 010-62520290, 62521724, 62528991, 62630301, 62524940, 62521921, 82610344
(发行) 010-62613322-215 (门市) 010-82675588-501, 82675588-201 (编辑部)
经 销 : 各地新华书店、软件连锁店
排 版 : 希望图书输出中心 刘桂英
CD 生 产 者 : 北京中新联光盘有限责任公司
文 本 印 刷 者 : 北京广益印刷有限公司
开 本 / 规 格 : 787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 23.875 印张 548 千字
版 次 / 印 次 : 2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷
印 数 : 0 001-5000 册
本 版 号 : ISBN 7-900101-08-X
定 价 : 35.00 元 (本版 CD)

说明: 凡我社产品如有缺页, 可执相关凭证与本社调换。

前 言

使用电脑设计电路原理图和电路板图是把电子技术从理论应用到实际的第一步，在学习了模拟和数字电路之后，首先应该学的就是画电路原理图和电路板图。只有会设计电路原理图和电路板图才能进行电子产品的研究与开发。本书的目的就是帮助读者从理论走向实际，掌握电子产品开发的基本技术。

Protel 99SE 是澳大利亚 Protel Technology 公司推出的一个全 32 位的电路板设计软件。该软件功能强大，人机界面友好，易学易用，使用该软件设计者可以容易地设计电路原理图、画元件图、设计电路板图、画元件封装图和电路仿真，是业内人士首选的电路板设计工具。

本书共分 15 章，前 1、2 和 3 章详细地介绍了 Protel 99SE 中原理图设计环境和原理图设计工具，第 5、6、7、8 和 9 章详细地介绍了 Protel 99SE 电路板设计环境、人工布线设计电路板和自动布线设计电路板，第 10 章介绍了电路仿真，第 4、11、12 和 13 章是练习题。第 14 章给出了设计电路板的基本原则。第 15 章给出电路板图设计完成后应该做的工作。每一章都附有详细提示的练习题。

本书的第一个特点是它全面地介绍了 Protel 99SE 的功能。几乎每一个菜单命令都得到了详细介绍。第二个特点是精选了大量的原理图设计、电路板图设计和电路仿真方面练习，通过这些练习，读者可以很快地学会该软件的应用。第三个特点是给出了电路板的设计原则，为初学电路板设计的读者提供了设计电路板的基本知识。

本书适合作为大专院校现代电子技术 EDA 课程的教材，课程教学安排为：课堂教学 22 小时，其中第 1、2 和 3 章需要 4 小时，第 5、6、7、8 和 9 章需要 8 小时，第 10 章需要 6 小时，第 14 章和 15 章需要 4 小时。同时还需要 20~30 小时的上机练习。

本书适合作为电路计算与仿真课程的教材，课程教学安排为课堂教学 10 小时，其中第 1、2 和 3 章需要 4 小时，第 10 章需要 6 小时，同时还需要 16~20 小时的上机练习。

本书可以是课程设计的教材，适合多于一周时间的课程设计，在教师给出设计题目后，学生设计原理图、仿真并画出电路板图。

本书可以是电工基础、模拟电子技术和数字电子技术课程的教学辅助教材，方法是随教学进度逐步讲解原理图设计和仿真方面的内容。通过对电路的仿真加深对电路的理解。

书中给出的精选例题和具有详细提示的练习题特别适合自学，通过对这些练习题的练习，读者可以很快掌握 Protel 99SE 软件的使用。

全书内容丰富实用、语言通俗易懂、层次清晰严谨，特别是一些设计经验的写入，使本书更具有特色，可以在短时间内使读者成为电路板设计高手。

本书的读者是在校电类大中专学生、电子技术研发工程师和电子技术爱好者。

全书由夏路易和石宗义主编，由谢刚编写第 1、2 章，石宗义编写第 3、4、5、6 章，郑晋平编写 7、8、9 章，罗霄华编写第 10、13、14、15 章和附录 2、3，夏路易编写第 11、12 章、附录 1、4 和随书光盘，全书由夏路易统稿。

编写过程中得到了朋友和同事的帮助，在此表示感谢。

虽然本书经过编者努力，但仍会有疏漏和错误之处，请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 原理图设计环境	1
1.1 原理图设计基础	1
1.2 进入设计环境	8
1.3 管理器	16
1.4 设计环境设置	20
练习题	26
第2章 用工具画原理图	28
2.1 原理图画图工具	28
2.2 原理图绘图工具	36
2.3 编辑原理图的工具	36
2.4 元件库、模板和网络表操作	42
2.5 电气规则检查和标注	47
2.6 报告工具	51
2.7 窗口操作	53
2.8 打印原理图	55
2.9 主工具条上的常用按钮	56
练习题	57
第3章 画元件图	60
3.1 元件编辑器	60
3.2 管理元件	61
3.3 画元件图的工具	64
3.4 画元件图示例	66
3.5 有关元件的报告文件	69
练习题	70
第4章 原理图画图练习	72
4.1 画图前奏	72
4.2 画图示例	74
4.3 练习题	79
第5章 电路板设计环境	94
5.1 设计电路板基础	94
5.2 进入电路板设计环境	101
5.3 电路板管理器	103
5.4 电路板设计环境	107
第6章 人工画电路板	117
6.1 定义电路板	117

6.2 放置设计对象	123
6.3 编辑电路板	136
6.4 窗口显示与配置	146
6.5 报表与统计	147
6.6 电路板图的输出打印	154
练习题	157
第 7 章 画元件封装图	161
7.1 元件封装编辑环境	161
7.2 元件封装图向导	162
7.3 直接画元件封装图	166
7.4 元件封装图的例子	167
7.5 制作专用元件库	168
练习题	169
第 8 章 自动布线画电路板	171
8.1 网络表的调入与编辑	171
8.2 自动布置元件	180
8.3 自动布线与清除布线	183
8.4 人工干预设计	185
8.5 分割平面	186
8.6 交叉参考	187
8.7 图例	188
8.8 显示机械层	188
练习题	189
第 9 章 设计规则与信号分析	204
9.1 设计规则	204
9.2 设计规则检查电路板	230
9.3 信号完整性分析	232
9.4 元件分布密度图	238
练习题	239
第 10 章 电路仿真	244
10.1 元件	244
10.2 分析设置	256
10.3 观察数据波形	265
练习题	267
第 11 章 仿真练习	282
11.1 电工基础	282
11.2 模拟电路	284
11.3 数字电路	288

11.4 特殊器件电路	295
第 12 章 人工布线画电路板练习	300
12.1 人工布线画图步骤	300
12.2 画图练习	300
第 13 章 自动布线画电路板图练习	311
13.1 自动布线画图步骤及注意事项	311
13.2 画图练习	312
第 14 章 电路板设计导引	333
14.1 一般原则	333
14.2 接地	336
14.3 其它设计考虑	337
14.4 抗干扰设计	338
14.5 高频布线	340
14.6 电路板设计指导	340
第 15 章 完成电路板设计后的工作	343
15.1 在 CAM 管理器中建立文件	343
15.2 CAM 管理器中的菜单	348
15.3 向电路板厂提供的文件	348
附录 1 菜单命令	350
F1.1 EDA 环境菜单命令	350
F1.2 设计管理器菜单命令（没有建立设计数据库）	350
F1.3 设计管理器菜单命令（已经建立了设计数据库）	350
F1.4 原理图菜单命令	351
F1.5 原理图元件库菜单命令	356
F1.6 电路板图菜单命令	357
F1.7 元件封装菜单命令	363
附录 2 热键	364
F2.1 常用原理图命令热键	364
F2.2 常用电路板图命令热键	365
附录 3 使用 Protel 99SE 绘制教科书中的电路图	366
F3.1 建立元件库	366
F3.2 画图	367
F3.3 将图粘贴到 Word 软件中	367
F3.4 一些注意的问题	368
附录 4 随书光盘内容简介	369

第1章 原理图设计环境

使用计算机画电路原理图是现代电子技术设计的重要组成部分。在初步掌握了电路、数字电路和模拟电路的基本原理之后,就应该学会使用计算机设计电路原理图。

1.1 原理图设计基础

1.1.1 原理图设计步骤

(1) 设置原理图设计环境。设计环境对画原理图影响很大,在画原理图之前,应该把设计环境设置好。工作环境设置是使用 Design/Options 和 Tool/Preferences 菜单进行的。画原理图环境的设置主要包括图纸大小、捕捉栅格、电气栅格、模板设置等。

(2) 放置元件。将电气和电子元件放置到图纸上。一般情况下元件的原理图符号在元件库中都可以找到,只需要将元件库中的元件从库中取出,放置在图上。由于元件种类非常多,都被分别放在不同的元件库中,所以应该知道哪类元件在哪些库中。

(3) 原理图布线。元件一旦放置在原理图上,就需要用导线将元件连接起来,连接时一定要符合电气规则。

(4) 编辑与调整。编辑元件的属性,这些属性包括元件名、参数、封装图等。调整元件和导线的位置等操作。

(5) 检查原理图。使用 Protel 99SE 的电气规则检查功能检查原理图的连接是否合理与正确,给出检查报告。若有错误就需要根据错误情况进行改正。

(6) 生成网络表。生成原理图的网络表,所谓网络表就是元件名、封装、参数及元件之间的连接表,通过该表可以确认各个元件和它们之间的连接关系。

(7) 打印输出。打印输出原理图。

1.1.2 原理图设计对象

在 Protel 99SE 中的设计对象包括电气、绘制和指示对象。

电气对象:包括电阻、电容、集成电路等元件和连接他们的导线。

绘制对象:包括圆、矩形、曲线、文字等图形物体,是纯粹的图形,没有电气上的意义。

指示对象:这些对象包括不进行电气规则检查的符号、印制板布局的符号等指示性符号。

1. 电气对象

(1) 总线(Bus):一组相关的信号线,在原理图上用较粗的线表示。

(2) 总线分支 (Bus Entry):总线与导线的连接线。

(3) 元件(Part):电阻、电容、集成电路等。

- (4) 连接点 (Junction): 线路相连的交叉点。
 - (5) 导线 (wire): 连接元件管脚的连线。
 - (6) 电源地线端子: 电源和地线的符号。
 - (7) 网络标号(Netlabel): 导线或总线上的标识文字, 该文字放在哪根导线上就表示哪根导线。
 - (8) 端口 (Port): 电路图与其它电路图或图纸符号之间的连接接口。
 - (9) 图纸符号: 将电路图表示成一个方框符号, 则该符号称为图纸符号。
 - (10) 图纸符号中的端口: 图纸符号中代表电路输入输出的接口。
- 部分电气对象见图 1.1。

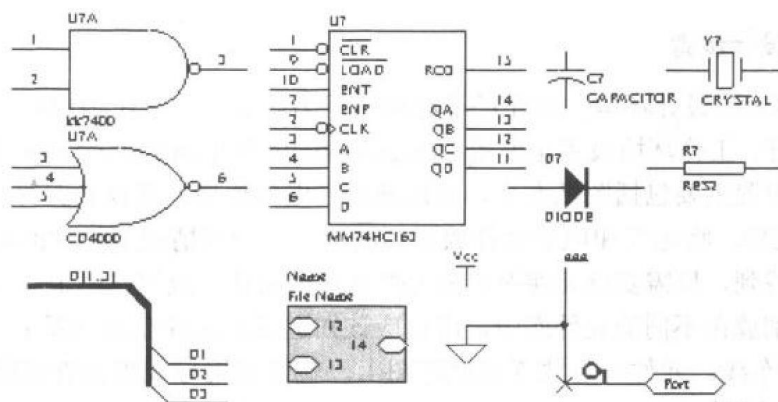


图1.1 部分电气对象

2. 绘制对象

- (1) 文本 (Text): 就是一串文字。
 - (2) 文本框 (Text Frame): 就是一段文字。
 - (3) 圆弧(Arcs): 一段弧线。
 - (4) 椭圆弧(Elliptical Arcs): 一段椭圆弧线。
 - (5) 椭圆(Elliptical): 实心椭圆。
 - (6) 圆饼(Pie Charts): 实心圆饼。
 - (7) 直线(Lines): 只具有线的功能, 可以改变线条粗细。
 - (8) 矩形(Rectangle): 实心矩形。
 - (9) 圆角矩形(Round Rectangle): 实心圆角矩形。
 - (10) 多边形(Polygons): 实心多边形。
 - (11) 曲线(Beziers): 自由曲线。
 - (12) 图片(Graphic): 可以是各种图片。
- 绘制对象见图 1.2。

3. 指示对象

- (1) 忽略电路检查规则符号(No ERC)。
- (2) 测试点符号(Probe)。

(3) 测试向量索引(Test Vectors Index)。

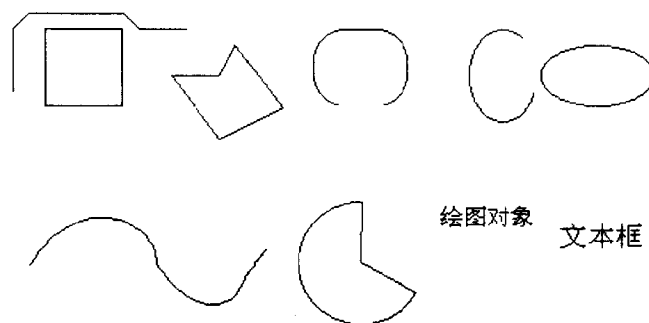


图1.2 绘制对象

(4) 信号源(Stimulus)。

(5) 印制板布线指示(PCB Layout)。

指示对象见图 1.3。



图1.3 指示对象

1.1.3 对象属性

对象的特性描述称为属性。例如数字集成电路的属性如图 1.4 所示。

(1) Attributes 页面, 见图 1.4。该页面上的属性是基本属性, 是需要经常修改的。其中 Lib Ref: 在元件库中的元件名称。

Footprint: 元件封装。

Designator: 标注编号 (电路图中的流水编号)。

Part Type: 在原理图中的元件参数, 缺省和元件库中的元件名称一样。

Sheet Path: 图纸元件属性中, 定义底层图纸的路径。

Part: 多元件芯片中的元件序号。

Selection: 定义元件处于选取状态。

Hidden Pins: 显示隐藏的元素管脚。

Hidden Fields: 显示隐藏的元素数据栏 (Part Field 1-8、Part Field 9-16)。

Field Name: 显示隐藏的元素数据栏名称。

(2) Graphical Attributes 页面, 见图 1.5。其中

Orientation: 元件方向。

Mode: 图形模式选择。可选择的模式包括标准模式、DeMorgan 模式和 IEEE 模式。

X-Location: X 方向位置。

Y-Location: Y 方向位置。

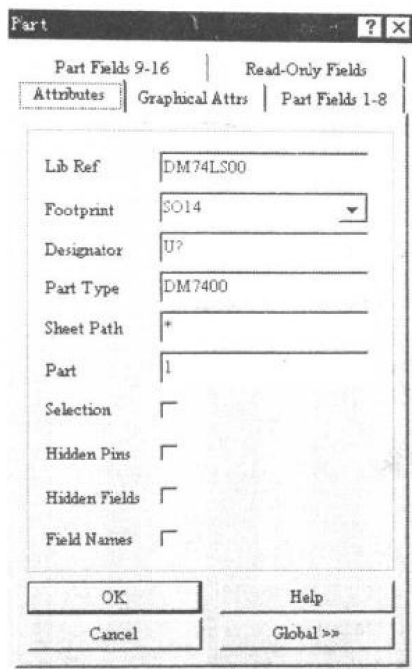


图1.4 集成电路的属性图

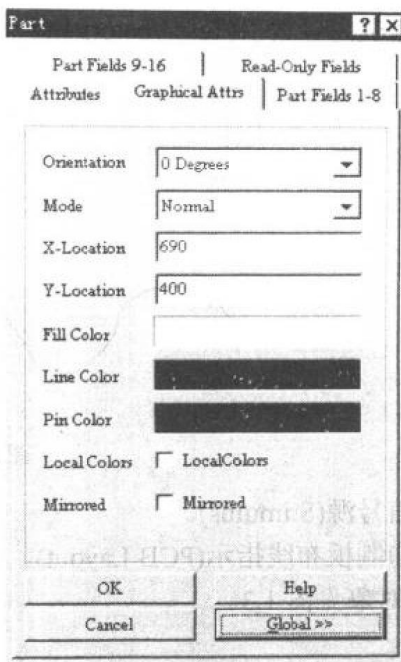


图1.5 Graphical Attributes 页面

Fill Color: 填充颜色。

Line Color: 轮廓线颜色。

Pin Color: 管脚颜色。

Local Color: 将颜色设置应用于元件。

Mirrored: 元件镜像。

(3) Part Field 1-8 页和 Part Field 9-16 页，见图 1.6。这两个页面用于设置元件数据栏的 1-16 项内容，就是说可以向这些数据栏中写入数据和文字。这些数据和文字可以用于仿真和显示。

(4) Read-Only Field 页，见图 1.7。该页面的功能是设置元件的只读属性，其中的文字不能修改。

(5) Global 按钮，每一个页面上都有一个按钮 Global，当单击该按钮时，显示如图 1.8 所示的窗口。它的内容与左面的页面一致。Global 按钮的功能是修改本对象属性的同时，也修改其它对象的属性。但是究竟修改哪些对象，修改对象的哪些属性，需要进行设置。

在窗口右侧有 3 个区域：

- **Attributes to Match By** 区域，用于设定修改属性对象的选择条件。就是说若对象符合这些条件，其属性就会得到修改。其中有星号“*”的项目需要输入选择条件，若不输入条件就认为是所有选择条件都吻合。具有下拉列表框的项目需要单击右边的小箭头进行选择，其中 Any 表示该项目所有选择条件都满足，Same 表示该项目相同才满足选择条件，Different 表示该项目不相同才满足选择条件。

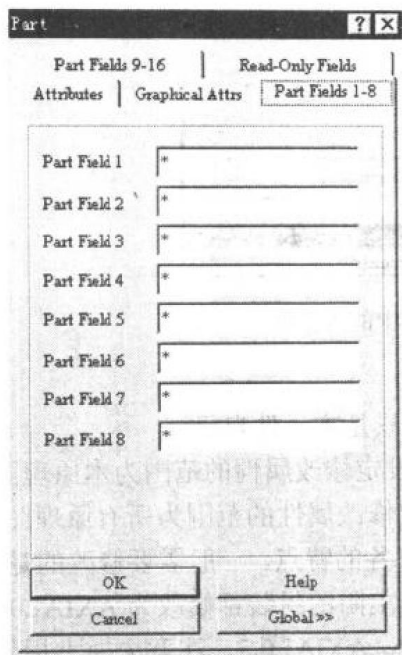


图1.6 Part Field 1-8页

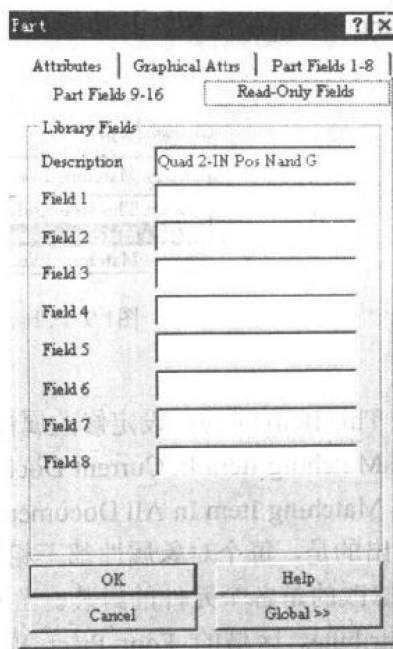


图1.7 Read-Only Field页

- **Copy Attributes** 区域，其功能是设定要修改的属性，就是把本对象的哪些属性拷贝给符合条件的对象。其中大括号中的内容需要输入，例如对于 **Part Type** 项，若要把 DM7400 改为 kk7400，就需要在大括号中输入 DM=kk。若不输入就表示该项目不需要修改，见图 1.8。

对于复选框中的项目，则是选择哪一个项目就修改哪一个项目的属性。

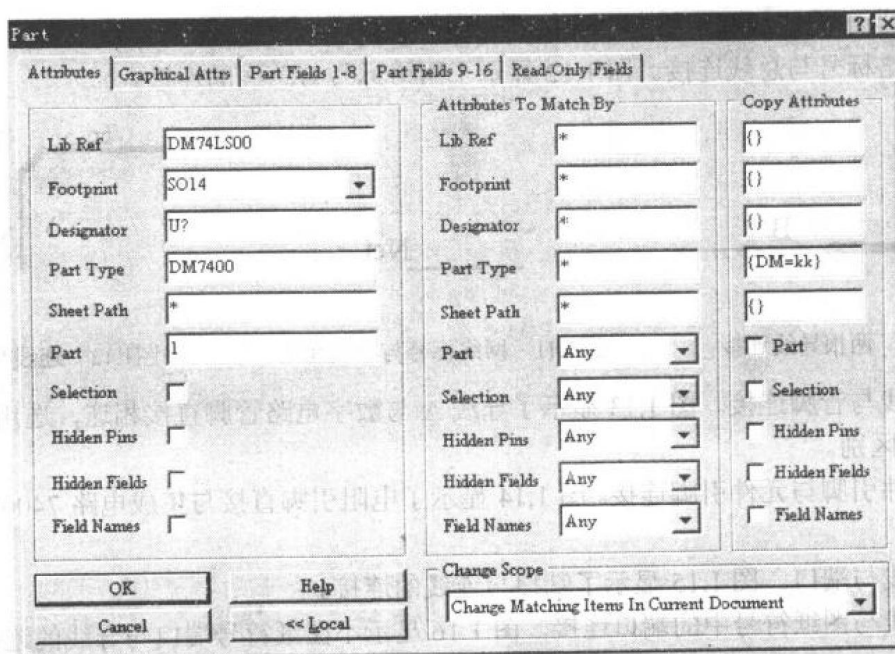


图1.8 Global按钮显示的窗口

- Change Scope 区域，其功能是设定修改属性的范围。该区域中的下拉列表框见图 1.9。

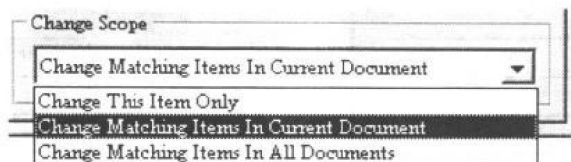


图1.9 Change Scope 中的下拉框

其中

Change This Item Only: 设定修改属性的范围只是本元件自己。

Change Matching Item In Current Document: 设定修改属性的范围为本原理图。

Change Matching Item In All Documents: 设定修改属性的范围为所有原理图。

需要指出的是，每个对象属性都不相同，各有各的特点。一般需要修改的是基本属性。例如，常要修改的是各个元件的封装。当要把多个电阻的封装都修改为 AXIAL0.3，就需要在 Copy Attributes 区域的 Foot Print 项目中输入 AXIAL0.3，注意去掉大括号。然后在 Attributes to Match By 区域中的 Lib Ref 项目中输入 RES2*。这样库参考名为 RES2 的电阻封装都会被修改为 AXIAL0.3。

1.1.4 原理图中常见的电气连接的方式

- (1) 连线与连线连接。图 1.10 显示的是线 A 与线 B 相连。粗连线是为了区别两根线。利用电气捕捉功能可以连接得很准确。
- (2) 网络标号与连线连接。图 1.11 显示了连线与网络标号 Net 连接。在连线上放置网络标号就相当于把连线和网络标号连接到一块。
- (3) 网络标号与总线连接。图 1.12 显示了网络标号与总线的连接。



图1.10 两根导线连接



图1.11 网络标号与导线相连

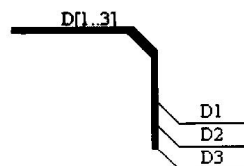


图1.12 连线与总线连接

- (4) 连线与管脚连接。图 1.13 显示了导线 A 与数字电路管脚直接相连，选用粗连线是为了和管脚区别。

- (5) 元件引脚与元件引脚连接。图 1.14 显示了电阻引脚直接与集成电路 7400 管脚连接的情况。

- (6) 连线与端口。图 1.15 显示了端口与连线的连接。

- (7) 连线与图纸符号中的端口连接。图 1.16 显示小图纸符号端口与导线的连接。

- (8) 端口与端口之间的逻辑连接。相同名称的端口表示连接在一起。

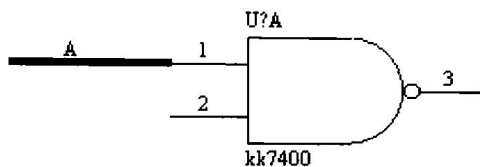


图1.13 连线与管脚连接

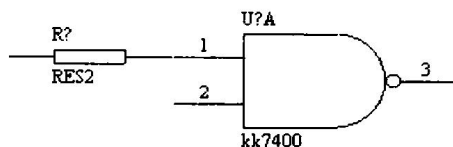


图1.14 引脚与引脚的连接

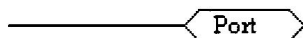


图1.15 端口与导线的连接

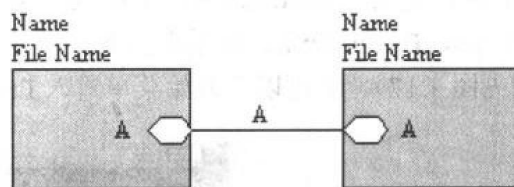


图1.16 图纸符号的端口与连线的连接

(9) 图纸符号端口与端口之间的逻辑连接。相同名称的图纸符号端口和端口表示连接在一起。

(10) 网络标号与网络标号之间的逻辑连接。相同名称的网络标号表示连接在一起。

电气连接可以是原理图上直接的物理导线连接，也可以是网络标号之间的逻辑连接。例如，若两根导线具有相同的标号，就表示连接在一起。

(11) 网络标号与元件引脚名称之间的连接。若某个元件的引脚名是 VCC，则该引脚和电路中所有具有网络标号为 VCC 的引脚和连线相连。

以上连接形式虽然很多，但是在最后形成网络表的时候，只有管脚号和管脚号之间的连接关系，而连接形式的花样多，只是提供了方便的画图工具，使读图更加简单、方便。

1.1.5 一些常用热键

PgUp: 放大视图。

PgDn: 缩小视图。

End: 刷新画面。

Tab: 在元件浮动状态时，编辑元件属性。

Space bar: 旋转元件或变更走线方式。

X: 元件水平镜像。

Y: 元件垂直镜像。

Esc: 结束当前操作。

1.1.6 画原理图的目的

画电路图本身就是设计电路，设计的结果是一张原理图、元件列表和原理图网络表。

原理图网络表是画电路板图的基础。若是从最终结果是得到电路板图的角度来看原理图，则画原理图的目的是画电路板图而不是原理图本身。

1.2 进入设计环境

1.2.1 从 Windows 操作系统进入 Protel 99SE 环境

(1) Protel 99SE 对计算机硬件的需求为 CPU: 奔腾 II 以上; RAM: 32M 以上; 硬盘: 240M 的空间; 显示分辨率: 1024×768。

(2) 软件需求: Windows NT 或 Windows 98。

(3) 启动 Protel 99SE。如果桌面上有快捷方式, 双击就可以进入 Protel 99SE 环境 (快捷方式见图 1.17)。还可以从开始菜单进入 Protel 99SE 环境, 见图 1.18。



图1.17 Protel 99SE的快捷方式

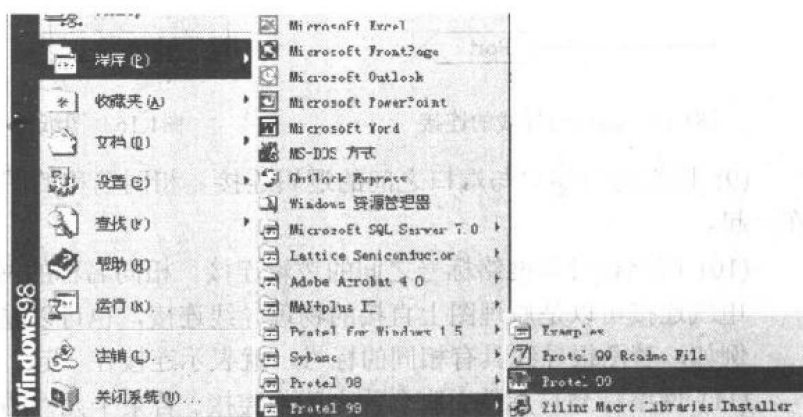


图1.18 从开始菜单进入Protel 99SE

进入 Protel 99SE 环境后, 屏幕显示见图 1.19。

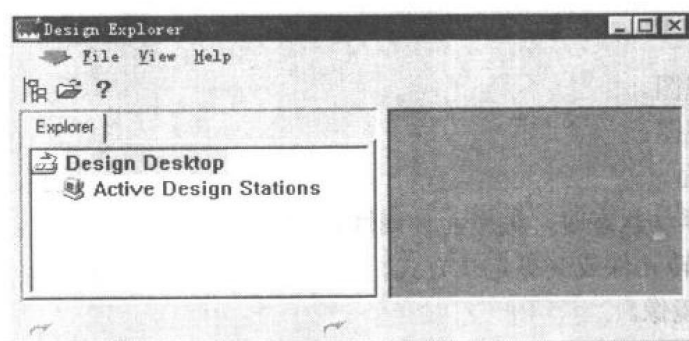


图1.19 Protel 99SE环境

1.2.2 设计管理器

设计管理器可以方便地对设计数据库以及各种资料、文件进行管理。其管理方法类似于 Windows 操作系统的资源管理器。设计管理器窗口见图 1.20。

(1) Design Desktop 设计桌面。设计桌面就像一个工作台, 其上放着一台或几台正在运行 Protel 99SE 的设计电脑 (Active Design Stations), 还有设计数据库 (例如名为 MyDesign1.Dbd)。

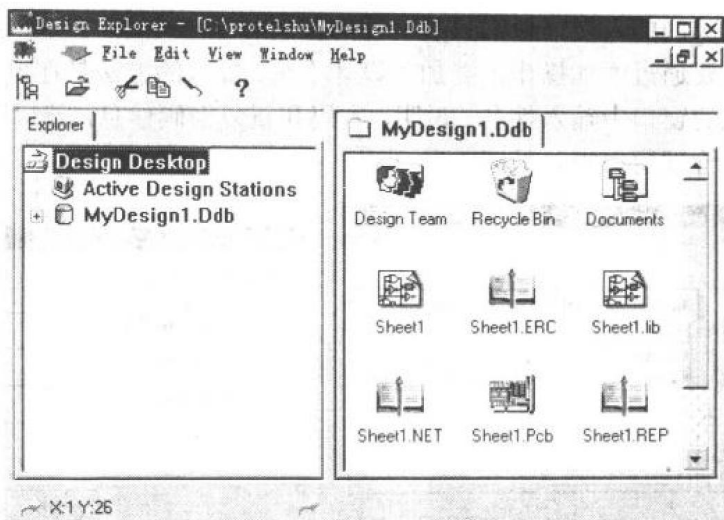


图1.20 设计管理窗口

(2) Active Design Stations 设计电脑。由于 Protel 99SE 是客户/服务器型设计软件，允许几台电脑共同设计一个原理图，所以在工作台上将显示所有正在工作的电脑。通过选择不同的电脑可以与不同的设计者交流与探讨。但是如果是单用户 Protel 99SE 许可证，则在计算机网络上就会运行不正常，特别是在教学中多台计算机连网使用时，需要关掉集线器的电源，Protel 99SE 才能正常运行。

(3) 设计数据库 (*.dbd)。在 Protel 99SE 中开发设计小组 (Design Team) 管理、垃圾箱(Recycle Bin)和资料(Document)文件夹(原理图、印制板图、网络表等)都被保存在一个数据库内。该数据库就是设计数据库。

- 设计小组包括人员管理 (Members)、权限(Permissions)和 Sessions，见图 1.21 中的三个图标。

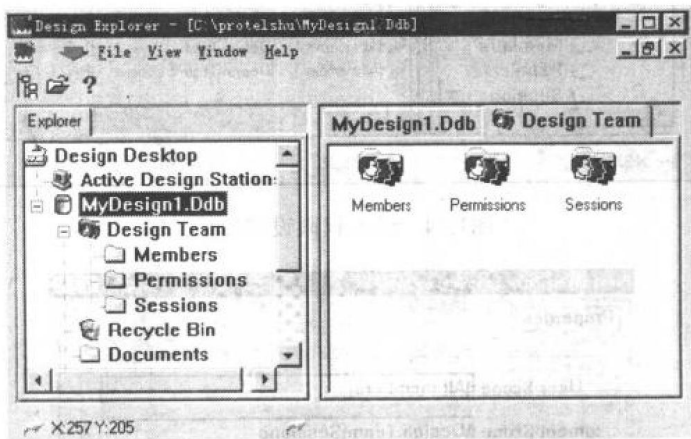


图1.21 设计小组

- 人员管理 (Members)。双击 Member 图标，进入人员管理窗口，见图 1.22。管理窗口中列出管理人员 (Admin) 和非设计人员 (Guest)，管理人员可能是项目主管、总工程师等，他们有读、写、删除和建立各种文件的权利，而非设计人员可能是老

板或其它部门的人员,他们只具有读的权利。

设计人员要通过添加操作才能加入设计小组,加入的方法是在窗口中单击右键,然后在出现的窗口中输入姓名、说明、密码和重复密码信息,就可以将新设计人员加入到人员管理窗口中,见图 1.23。

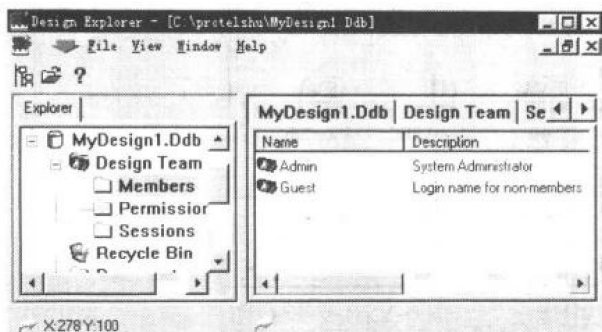


图1.22 人员管理窗口

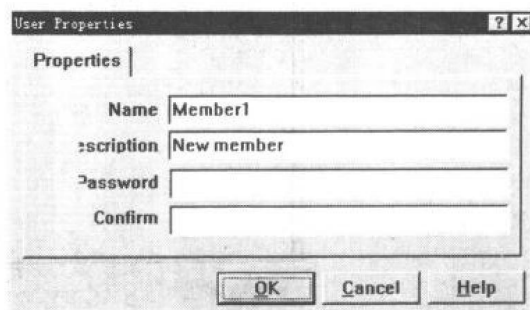


图1.23 新成员加入窗口

- 成员权限设置(Permissions)。新成员资料一旦输入,就可以进行权限设置了。双击权限图标,屏幕显示如图 1.24 所示的窗口。在该窗口中显示所有成员和成员的权限,双击成员就可以进入成员权限设置窗口。在权限设置窗口可以设置对设计文件的读(Read)、写(Write)、删除(Delete)和建立(Create)的操作权限。权限设置窗口见图 1.25。

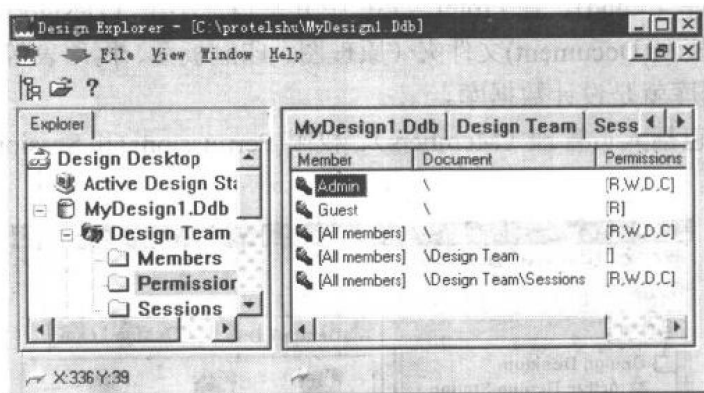


图1.24 进入权限设置窗口

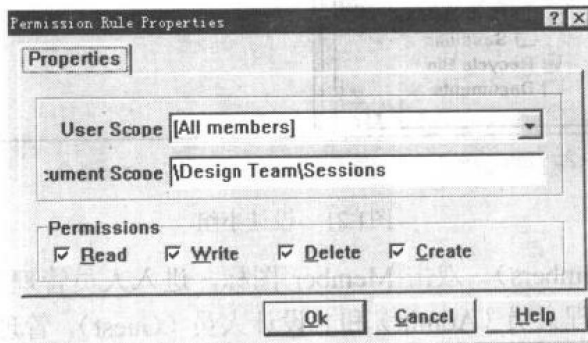


图1.25 设置权限