

21 世纪高校规划教材 · 电子信息类

电子电路 CAD 简明教程

◆ Protel 99 SE 版 ◆

和卫星 殷春芳 李长杰 编著
李正明 主审

CAD Protel 99 SE

DIANZI DIANLU CAD
JIANMING JIAOCHENG
PROTEL 99 SE BAN

中国科学技术大学出版社

21 世纪高校规划教材·电子信息类

电子电路 CAD 简明教程

和卫星 殷春芳 李长杰 编著

李正明 主审

中国科学技术大学出版社

• 合 肥 •

内 容 简 介

随着现代电子工业的发展,各类 CAD 软件层出不穷,Protel 系列软件是目前比较完善的一种。Protel 99 SE 是 Protel 系列软件的较新版本,它功能强大,深受从事电子电路设计的广大科技工作者的欢迎。本书介绍了 Protel 99 SE 的基本结构、工作界面、使用方法等,并以讲解实例为主,按照电子电路设计的步骤,详细介绍了使用 Protel 99 SE 进行电路设计的过程,重点讲述原理图设计和印制电路板设计,它们是电子电路设计的基础和主体。通过对本书的学习,读者可以快捷地掌握电路设计的基本方法与技巧。

本书可以作为普通高等学校和高等职业技术学院电类专业学生学习 Protel 99 SE 的入门教材,也可以作为从事电子电路设计的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路 CAD 简明教程(Protel 99 SE 版)/和卫星,殷春芳,李长杰 编著.—合肥:中国科学技术大学出版社,2005.8

21 世纪高校规划教材·电子信息类

ISBN7-312-01814-9

I. 电… II. ①和… ②殷… ③李… III. 电子电路-电路设计:计算机辅助设计-应用软件, Protel 99 SE-高等学校-教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 077679 号

书 名: 电子电路 CAD 简明教程(Protel 99 SE 版)

著作责任者: 和卫星 殷春芳 李长杰

责任编辑: 张善金

标准书号: ISBN-7-312-01814-9/TN·60

出版者: 中国科学技术大学出版社

地 址: 合肥市金寨路 96 号 邮编: 230026

网 址: <http://www.press.ustc.edu.cn>

电 话: 发行部 0551-3602905 邮购部 3607380 编辑部 3602910

电 子 信 箱: press@ustc.edu.cn

印 刷 者: 合肥现代印务有限公司

发 行 者: 中国科学大学出版社

经 销 者: 全国新华书店

787mm×960mm

1/16

印张: 18.5

字数: 420 千

2005 年 8 月第 1 版

2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1—4000 册

定价: 22.00 元

前 言

随着信息革命的深入发展,新型器件和集成电路的应用越来越广泛,其电子电路也越来越复杂、越来越精密,这给电子产品的设计工作增加了很大的难度。繁琐的手工绘图,加上反反复复的安装测试,不仅设计周期长,成本高,而且很难满足技术要求,严重地制约了电子产品的更新换代。20 世纪 80 年代以后,计算机软件的飞速发展,利用计算机进行电子电路辅助设计(CAD),除了改图容易、快速外,还可以进行电路的仿真及印制电路板设计,极大地缩短了电路设计与制作的周期,更增强了设计的可靠性。

Protel 99 SE 是目前最受欢迎的电子电路 CAD 软件。它具有丰富的编辑功能、强大的自动化设计能力、完善的检测工具、灵活的设计管理手段,它为用户提供了极其丰富的原理图元件库、PCB 元件库以及出色的在线编辑和库管理,良好的开放性还使它可以兼容多种格式的设计文件,以及支持 Windows 平台上的所有输出外设,使用户可以轻松地控制电子电路设计的全过程。

本书共分 5 章,主要介绍了 Protel 99 SE 的基本操作,原理图设计及印制电路板设计,它是 Protel 99 SE 基础及主要部分。在编写的过程中力求体系结构合理,重点突出,便于掌握,因此在讲述 Protel 99 SE 基本内容及操作过程中都是从具体实例出发,引导读者深入了解及掌握 Protel 99 SE 软件的特点,试图为初学者快速、有效地掌握电子电路 CAD 的设计方法与技巧提供有力的帮助。

本书由江苏大学电气信息工程学院和卫星、李长杰、殷春芳老师共同编写,其中第 1、2、3 章、附录 B 由和卫星编写,第 4 章、附录 A、附录 C 由李长杰



编写,第5章由殷春芳编写。本书在编写的过程中得到了江苏大学电气信息工程学院领导、同事以及江苏大学教学主管部门的热情支持,李正明教授主审了本书的全部内容,并提出了宝贵的意见和建议,在此一并表示衷心的感谢!

提高学生的工程实践能力及知识创新能力,一直是工科院校所努力追求的培养目标之一,也是本书编写的指导思想。本书全部内容以电子技术基础为背景,以计算机为工具,努力培养学习者的工作与实践的能力。本书可以作为高等院校及高等职业院校工科电类相关专业的“电子电路 CAD”课程及课程设计的教材,也可以作为从事电子电路设计工作的工程技术人员的参考资料。

由于 Protel 内容丰富,而编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 6 月 12 日



目 次

前 言	(I)
第 1 章 电子电路 CAD 与 Protel 99 SE 概述	(1)
1.1 电子电路 CAD 的概念	(2)
1.2 Protel 99 SE 体系结构	(2)
1.2.1 原理图设计组件	(2)
1.2.2 印制电路板设计系统 PCB 设计组件	(3)
1.2.3 自动布线组件	(4)
1.2.4 可编程逻辑器件组件	(4)
1.2.5 仿真组件	(5)
1.3 Protel 99 SE 的启动和关闭	(5)
1.3.1 Protel 99 SE 的启动	(5)
1.3.2 Protel 99 SE 的关闭	(7)
1.4 Protel 99 SE 文件管理	(8)
1.4.1 文件管理	(10)
1.4.2 使用快捷菜单	(13)
1.4.3 文件编辑	(13)
1.4.4 显示辅助查看工具	(14)
1.4.5 系统菜单	(14)
第 2 章 原理图的设计	(16)
2.1 电路原理图设计的一般步骤	(16)
2.2 启动原理图设计系统	(18)
2.3 原理图编辑器的画面管理	(19)
2.3.1 电路原理图设计工具栏管理	(19)
2.3.2 电路原理图面板显示管理	(24)
2.4 原理图的绘制	(26)
2.4.1 设置图纸	(27)
2.4.2 放置元器件	(33)
2.4.3 调整元器件布局	(38)

2.4.4 放置电源、接地及端口符号	(49)
2.4.5 绘制连接线	(52)
2.4.6 编辑元器件	(57)
2.5 总线、总线分支、网络标号工具的使用	(62)
2.6 利用绘图工具添加说明性图形和文字	(67)
2.7 原理图的电气检查	(72)
2.8 报表的建立	(77)
2.8.1 网络表	(77)
2.8.2 元件列表的建立	(82)
2.9 保存文件	(86)
2.10 原理图的输出	(86)
第 3 章 层次原理图的设计	(90)
3.1 层次原理图的设计方法	(90)
3.1.1 自上而下的层次原理图设计方法	(91)
3.1.2 自下而上的层次原理图设计法	(91)
3.2 建立层次原理图	(92)
3.2.1 建立顶层原理图	(93)
3.2.2 画方块图	(94)
3.2.3 放置方块电路接口	(96)
3.2.4 连线	(99)
3.2.5 保存	(102)
3.3 不同层次电路之间的切换	(103)
3.4 由方块电路符号产生新原理图中的 I/O 端口符号	(104)
3.5 由原理图文件产生方块电路符号	(105)
第 4 章 印制电路板的基本设计	(107)
4.1 印制电路板设计的一般步骤	(107)
4.1.1 印制电路板的基本知识	(107)
4.1.2 印制电路板的设计流程	(110)
4.2 启动 PCB 设计系统	(111)
4.2.1 建立一个新的印制电路板文件	(112)
4.2.2 Protel 99 SE PCB 编辑器的启动	(114)
4.2.3 Protel 99 SE PCB 编辑器窗口的区域划分	(115)
4.3 PCB 编辑器的画面管理	(116)
4.3.1 PCB 编辑器单窗口画面的常用操作	(116)

目 次

4.3.2	PCB 编辑器多窗口画面的常用操作	(121)
4.3.3	工作区控制命令	(124)
4.4	PCB 编辑器的工作层面	(126)
4.4.1	工作层面的管理	(126)
4.4.2	工作层面的设置	(129)
4.4.3	工作层面的选择	(130)
4.5	Protel 99 SE PCB 基本操作	(131)
4.5.1	PCB 绘图工具	(131)
4.5.2	PCB 图形对象的编辑	(147)
4.6	手工绘制印制电路板	(152)
第 5 章	印制电路板的高级设计	(163)
5.1	原理图到印制板	(164)
5.2	规划电路板	(166)
5.2.1	手工绘制板框	(166)
5.2.2	使用板框向导绘制板框	(168)
5.3	电路板参数设置	(176)
5.3.1	设置工作层	(176)
5.3.2	系统参数设置	(178)
5.4	装载网络表及电路元件	(188)
5.4.1	利用网络表文件载入网络表和元件	(187)
5.4.2	外部网络表编辑	(190)
5.4.3	网络宏错误和排除	(197)
5.4.4	内部网络编辑	(199)
5.5	元件布局操作	(201)
5.5.1	元件的自动布局	(201)
5.5.2	再次装载网络表及元件	(205)
5.5.3	元件布局的手工调整	(206)
5.6	布线与布线规则	(206)
5.6.1	布线规则设定	(208)
5.6.2	其余设计规则简介	(222)
5.6.3	自动布线命令	(227)
5.6.4	设计规则检查	(233)
5.7	报表的生成	(237)
5.7.1	生成选取管脚的报表	(237)

5.7.2 生成电路板信息的报表	(238)
5.7.3 生成项目层次报表	(241)
5.7.4 生成网络状态报表	(241)
5.7.5 生成信号完整性分析报表	(241)
5.7.6 距离测量	(242)
5.8 创建自己的 PCB 封装库	(243)
5.8.1 PCB 封装库编辑器	(243)
5.8.2 创建新的元件封装	(245)
5.8.3 元件封装管理	(254)
5.8.4 创建项目元件封装库	(257)
5.9 电路板图的打印输出	(258)
5.9.1 打印预览	(259)
5.9.2 打印输出	(260)
5.9.3 其他输出操作	(266)
5.9.4 PCB 3D 视图	(267)
附录 A Protel 99 SE 常用快捷键一览	(268)
A.1 通用快捷键	(268)
A.2 原理图编辑器的其他常用快捷键	(269)
A.3 PCB 编辑器的其他常用快捷键	(271)
附录 B Protel 99 SE 的 Sch 库文件	(273)
附录 C 练习题	(278)
C.1 直流稳压电源电路	(278)
C.2 反馈式稳幅电路	(279)
C.3 电容测量电路	(279)
C.4 低频功率放大器电路	(280)
C.5 电话扩音和录音附加电路	(281)
C.6 用于温度测量的桥式电路模/数转换电路	(281)
C.7 具有数字控制的电源电路	(282)
C.8 采用集成电路的话筒放大器电路	(283)
C.9 一种两路数/模转换电路	(284)
C.10 一种模/数转换电路	(285)
C.11 一种采用单片机的巡回检测系统电路	(286)
参考文献	(288)

第1章 电子电路 CAD 与 Protel 99 SE 概述

随着计算机软硬件技术的飞速发展,许多由人工进行的工作将逐渐由计算机来完成,计算机辅助设计是电子电路设计的必然趋势。本章简要介绍电子电路 CAD 的概念、Protel 99 SE 的主要功能与特点,Protel 99 SE 的启动和关闭,以及 Protel 99 SE 面向对象的文档资料管理方式等基本操作。通过本章学习,可以对 Protel 99 SE 的界面以及相应的特点有一个全面的了解,便于进一步地深入学习。

1.1 电子电路 CAD 的概念

CAD 是 Computer Aided Design (计算机辅助设计)的简称。CAD 的特点是速度快、准确性高、能极大地减轻工程技术人员的劳动强度。电子电路 CAD 的基本含义是使用计算机来完成电子电路的设计过程,包括电路原理图的编辑、电路功能仿真、工作环境模拟、印制板设计(自动布局、自动布线)与检测等。电子电路 CAD 软件还能迅速形成各种各样的报表文件,如元件清单报表,为元器件的采购及工程预决算等提供了方便。

目前,电子电路 CAD 软件种类很多,如早期的 TANGO,以及相继出现的 Smartwork、EE System、PCAD、OrCAD、Protel 等。这些软件的功能大同小异,其中 Protel 具有操作简单、方便、易学等特点,是目前比较流行的电子电路 CAD 软件之一。

Protel 99 SE 是 Protel 软件系列较新的版本,其强大而先进的功能,使它自推出以来,一直是大多数设计者的首选软件。因此,本书选用 Protel 99 SE 作为电子电路 CAD 的软件进行简明介绍。



1.2 Protel 99 SE 体系结构

Protel 99 SE 被设计成为一个客户/服务器应用程序, 它提供了一个基本的框架窗口和相应的 Protel 99 SE 组件之间的用户接口。在运行主程序时, 各服务器程序可以在需要的时间调用, 例如, 当要编辑一个原理图或者印制电路板 (PCB) 图时, 原理图编辑器或者 PCB 图编辑器这些内嵌的服务器程序才会被调用, 从而加快了主程序的启动速度。

由于 Protel 99 SE 采用的是客户/服务器体系结构, 极大地提高了软件本身的可扩展性。无论是 Protel 99 SE 本身的组件, 还是来自其他软件的组件, 都很容易地嵌入到 Protel 99 SE 中, 增强其功能。

Protel 99 SE 的客户/服务器体系结构究竟是如何工作的, 用户在使用 Protel 99 SE 时并不需要过多的了解, 只需对服务器有一个基本了解, 这对学习 Protel 99 SE 是有帮助的。Protel 99 SE 中有众多的服务程序, 例如: 原理图编辑服务器、PCB 图编辑服务器、仿真服务器、自动保存服务器等。但是基本上可以分为五大组件, 即: 原理图设计组件、PCB 设计组件、布线组件、可编程逻辑器件和仿真组件。

因为电路设计的最终目的是为了获得原理图和 PCB 图, 而原理图又是为 PCB 图服务的。所以这五个组件中, 后三个组件都是为前两个组件服务的, 可以说在 Protel 99 SE 中原理图设计组件和 PCB 设计组件是最基本的组件, 也是本书着重介绍的内容。下面先简单介绍各组件的基本功能。

1.2.1 原理图设计组件

原理图设计组件主要是进行原理图的设计, 它具有下列 5 个功能:

1. 支持模块化设计功能

原理图设计组件支持自上向下的模块化设计方法, 用户在设计大型系统原理图时, 可以先将整个系统划分成几个子系统, 然后子系统再划分成为几个功能模块, 功能模块又划分为一些基本模块, 用户可以先分别对各基本模块进行电路设计, 全部完成后再按照各个基本功能模块之间的关系, 将它们再组织起来, 形成一个整体, 从而完成系统的整个设计过程。相反, 用户也可以采用自下向上的设计方法, 先设计基本模块, 再组合成子模块, 最后把各子模块组合起来, 完成系统的整个设计。



2. 丰富而又强大的编辑功能

原理图设计组件有着丰富而强大的编辑功能, 这些功能主要体现在以下方面:

- (1) 原理图编辑器中可以实现如复制、剪切、粘贴等普通的编辑功能。
- (2) 可由用户自己设置次数, 执行多层撤销/重复功能。

(3) 原理图编辑器所带电气栅格特性提供了所有电器元件的自动连接功能, 这使得布线变得更加方便。

(4) 编辑器中采用的是交互式的编辑方法, 用户在编辑对象属性时, 只要在一个设计对象上双击鼠标左键, 就可以调出该对象的属性对话框, 直接对其进行修改, 不但直观而且方便。

(5) 为了方便 Protel for DOS 版本的用户, 在 Protel 99 SE 中仍旧保留了大多数的功能热键。

3. 强大的电气检查功能和向导功能

原理图设计组件的编辑器具有强大的电气检查功能, 能快速地对大型的复杂电路进行检查, 并将检查结果直接标记在原理图上, 从而方便了原理图的修正。

Protel 99 SE 还提供了向导功能, 用户可以利用向导设计功能电路模块, 例如: 放大器、滤波器、电源电路等。用户可以利用组件内嵌的 API 函数或者相应的宏语言来建立自己向导程序。

4. 完善的库元件编辑和管理功能

原理图设计组件的编辑器具备完善的库元件编辑和管理功能。其中, 原理图设计器提供了包含多达 16 000 个元件的众多元件库, 如: AMD, INTEL, DALLAS, TI, MOTOROLA, MAXIM, XILINX, PSPICE 仿真库, 等等。如果用户在这些库中没有找到符合自己要求的元件, 用户可以自行创建新的原理图元件。

5. 方便的同步设计功能

用户在使用 Protel 99 SE 时, 会发现原理图和 PCB 图之间的变换更为容易了。原理图和 PCB 图之间可以交叉查找元件、网络等。元件标号可双向注释, 既可以从原理图将修正信息传递到 PCB 图中, 也可以从 PCB 图中将修正信息传递到原理图中, 从而保证原理图和 PCB 图之间的高度一致性。

1.2.2 印制电路板设计系统 PCB 设计组件

在 Protel 99 SE 中, 设计印制电路板图 (PCB) 组件具有强大的设计自动化功能、编



辑功能以及完善的库元件管理功能等。

PCB 设计组件是一个 32 位的 EDA 设计系统, 其最大精度可以达到 0.001mil (mil 为毫英寸, 1mil=0.0254mm (毫米)) 的分辨率, 能够设计的工作层数达 32 个, 最大板图的大小为 2540mm×2540mm, 可以旋转的最小角度达到 0.001°, 能够管理的元件、网络以及连接等的数目仅仅受限于实际的物理内存。该组件提供了各种形状的焊盘。

同原理图编辑器一样, PCB 编辑器也具备了丰富而又灵活的编辑功能, 它提供交互式的全局编辑, 对象属性的修改操作也和原理图中的特性修改完全一样, 支持飞线和网络编辑。此外, 集成的操作记录系统会记录下用户的每一步操作, 并保存到文件中, 用户可以据此来修正原理图。

PCB 设计组件借助自动布线组件, 能够实现设计的自动化, 同时它还具备了在线式的设计规则检查 (DRC) 功能, 以修正违反设计规则的错误。

PCB 设计组件还具备完善的库元件管理功能, 用户可以方便快速地创建一个新的 PCB 元件。通过网络还可以访问多用户库, 使得用户元件库的共享更为方便。

PCB 设计组件具有良好的开放性, 其编辑器可以调入众多 EDA 设计系统的设计文件, 例如: PADS 2000, PADS PCB, ORCAD PCB, Protel for DOS 以及 TANGO 等版本的设计文件。同时它还拥有完备的输出系统, 支持 Windows 支持的所有输出平台, 并且能预览设计文件, 输出高分辨率的光绘文件, 以及输出数控钻孔 (NC Drill) 文件。

1.2.3 自动布线组件

该组件主要是为 PCB 设计组件服务的, 用以实现设计的自动化功能。在 Protel 99 SE 中, 实现自动布线组件没有独立的用户接口界面, 而是作为纯粹的内在服务器程序, 通过 PCB 编辑器实现与用户的交互。

自动布线组件的布局方法是基于人工智能, 可以对 PCB 版面进行优化, 其布线器采用了拆线重组的多层迷宫布线算法, 可以同时处理全部信号层的自动布线, 并进行不断地优化。Protel 99 SE 还支持基于形状 (shape-based) 的布线算法, 可以实现高难度、高精度的 PCB 自动布线。

1.2.4 可编程逻辑器件组件

该组件用于设计可编程逻辑器件。在 Protel 99 SE 中用户可以通过两种方法创建可编



程逻辑器件,一种方法是在原理图编辑器中使用一个专门的 PLD (Programmed Logic Device 可编程逻辑器件) 库 Symbols. Lib 进行设计;另一种方法是利用 CUPL 语言编写 PLD 描述文件。无论是采用哪种方法,最后都要执行 PLD 编辑器进行编译,以生成熔丝图文件,用来制作具有相应功能的器件。

1.2.5 仿真组件

该组件主要是根据原理图文件向相应的实际电路进行模拟,同时给出输出信号的波形。在 Protel 99 SE 中,仿真组件可以同时模拟信号和数字信号的仿真。用户在最后制作电路板之前,可以利用该组件先进行电路模拟,了解理想情况下电路的工作情况,判断是否符合要求,从而进行针对性的修正。这一功能给设计者在原理图设计阶段就能够准确地获得电路的工作状态,从而提高设计工作的准确性。应该注意的是:仿真需要使用仿真库 (Sim.ddb) 中的元器件来设计和绘制原理图。

对于 Protel 99 SE 的仿真和可编程逻辑器件设计可参考其他资料,本书将不涉及此内容。

1.3 Protel 99 SE 的启动和关闭

1.3.1 Protel 99 SE 的启动

用户根据安装信息可以十分轻松地安装上 Protel 99 SE,这里就不再赘述了。在 Protel 99 SE 的安装过程中,安装程序 setup 自动在桌面上和“开始”菜单内建立“Protel 99 SE”的快捷启动方式图标,同时在“开始\程序”快捷菜单内也建立了“Protel 99 SE”的快捷启动方式菜单。因此启动 Protel 99 SE 将非常容易。

启动 Protel 99 SE 有三种方法:

(1) 单击任务栏上的【开始】按钮,并选择【开始】→【程序】→【Protel 99 SE】→【Protel 99 SE】选项,即可启动 Protel 99 SE。如图 1-1 所示。

(2) 在调出的【开始】菜单组中单击“Protel 99 SE”选项即可启动 Protel 99 SE,如图 1-2 所示。



(3) 最简单的启动方法就是双击 Windows 桌面上的 Protel 99 SE 的图标来启动应用程序, 如图 1-3 所示。

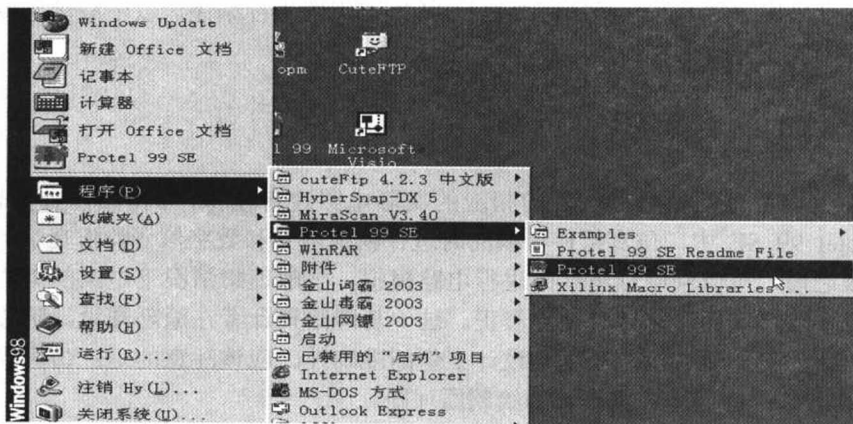


图 1-1 【开始】菜单启动 Protel 99 SE

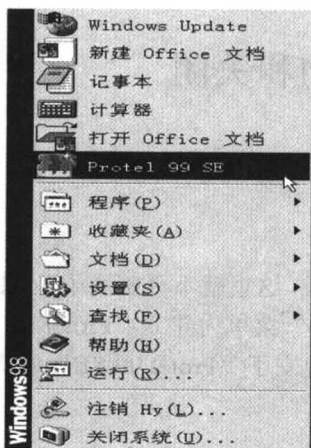


图 1-2 【开始】菜单中的 Protel 99 SE 快捷命令



图 1-3 桌面上的 Protel 99 SE 快捷图标

执行上述命令后, 会出现如图 1-4 所示的 Protel 99 SE 的启动画面。如果是第一次启动 Protel 99 SE, 由于未载入任何文档资料, 因此, 显示的操作界面如图 1-5 所示, 否则

Protel 99 SE 将自动恢复成上一次退出时的系统状态。



图 1-4 Protel 99 SE 启动画面

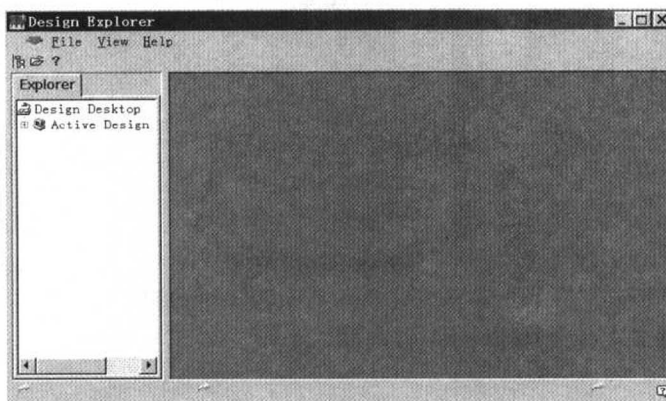


图 1-5 Protel 99 SE 主程序界面

1.3.2 Protel 99 SE 的关闭

当用户想结束电子电路设计时，就需要将 Protel 99 SE 关闭。在退出 Protel 99 SE 主程序之前，要保存修改了的文档，否则在退出时，会出现一个对话框，如图 1-6 所示，询问用户是否需要保存文件。要保存文件，单击“**Yes**”按钮；如果不想保存文件，单击“**No**”

按钮; 如果还不想退出 Protel 99 SE, 单击 “Cancel” 按钮。

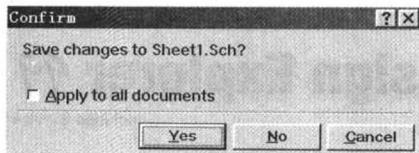


图 1-6 “确认”对话框

与 Protel 99 SE 启动一样, 关闭 Protel 99 SE 也有三种方法:

- (1) 单击 Protel 99 SE 应用程序窗口标题栏上的 “X” 按钮;
- (2) 在 Protel 99 SE 应用程序窗口的主菜单栏中单击【File】选项, 系统便会弹出下拉菜单组, 再选择【Exit】菜单项, 如图 1-7 所示。



图 1-7 利用菜单命令关闭 Protel 99 SE

- (3) 直接在键盘上按下<Alt>+F4 组合键。

1.4 Protel 99 SE 文件管理

Protel 99 SE 对原理图、印制电路板图等文件的管理, 采用了一种面向对象的管理方式, 借用了 Microsoft Access 数据库的存取技术, 将所有相关的文档资料都封装在一个称为“设计数据库”的文件中, 进行统一管理。对用户来说, 一个数据库就是一个工程项目。这个工程项目中可以有原理图、印制电路板图等有关的各种文档。文档封装带来的好处是显而