

PCB设计项目教程

徐凯 王威 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

PCB 设计项目教程

徐凯 王威 主编

内 容 简 介

本书的编写旨在帮助学生摆脱 PCB 课程“枯燥、难懂”的恐惧心理，为学生营造一种“易学、有趣、方便、实用”的轻松学习氛围。

本书以 Protel 99 SE 软件为依托，介绍 PCB 设计的基本方法和使用技巧。采用“项目导向、任务驱动”教学模式编写，实现了“教、学、做”一体化教学，改变了以往“理论教学、实验、课程设计”三段式教学方式。全书精心设计了三个教学项目，每个项目由多个任务组成。在项目的学习中体现了真实、完整的 PCB 设计过程，充分体现了“工学结合”的全新教学理念。

本书适合作为高等院校的教材，也可以作为电路设计人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

PCB 设计项目教程 / 徐凯, 王威主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 4

ISBN 978 - 7 - 5682 - 3848 - 9

I. ①P… II. ①徐… ②王… III. ①印刷电路 - 计算机辅助设计 - 教材 IV. ①TN410. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 057682 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 353 千字

版 次 / 2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 55.00 元



责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

前言

Preface

PCB 又称印制电路板，是电子元器件电气连接的提供者。它的发展已有 100 多年的历史了；它的设计主要是板图设计。采用印制电路板的主要优点是大大减少布线和装配的差错，提高了自动化水平和劳动生产率。本书以项目为导向介绍了利用 Protel 99 SE 进行 PCB 设计的基本方法和使用技巧，致力于如何使学生爱学、易学、学懂该课程，是本书编写的主导思想。

本书的编写具有以下特点：

(1) 以产品为课程载体，采取“项目导向、任务驱动”教学模式编写，将教学内容分为若干个相对独立的实训项目，每个项目由若干个任务组成，能在教学过程中充分发挥学生的主动性、积极性，课内学习与课外自学相结合。

(2) “做、学”结合贯穿于整个教学过程中。每个教学内容都需经过实践去实现，改变以往“理论教学、实验、课程设计”的教学模式。能在教学过程中完整体现实际产品开发工作过程。

(3) 加强教学内容的先进性与实用性。本书尽可能选择学生熟悉的真实案例，如单片机应用系统，使学生对学习内容不感到陌生，更易于接受新知识；通过展示各种元器件模型，使教学内容更接近实际，真正做到“工学结合”。

本书由徐凯、王威担任主编。编写分工为：徐凯编写项目一、项目二，王威编写项目三、附录。马彪教授担任主审，对全书进行了审校。孙艳霞教授为本书编写提供了许多宝贵意见及资料。本书编写过程中参考了其他相关教材的一些内容（详见本书后的“参考文献”），在此向这些教材的作者和为本书出版提供帮助的各位朋友表示感谢。本书可以作为高等院校电子、自动化等相关专业的教材，也适合作为电路设计人员的参考用书。

由于时间仓促，加之水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

Contents

项目一 设计三极管放大器 PCB	1
子项目一 绘制三极管放大器电路图	2
任务一 认识 Protel 99 SE	2
任务二 绘制简单三极管放大器电路图	17
任务三 完善三极管放大器电路图	32
任务四 输出电路图	41
子项目二 绘制三极管放大器 PCB	51
任务一 规划三极管放大器 PCB 并加载网络表	51
任务二 三极管放大器 PCB 的布局布线	65
任务三 完善三极管放大器 PCB	90
项目二 设计 ISP 下载线 PCB	105
子项目一 绘制 ISP 下载线电路图	107
任务 绘制 ISP 下载线电路图	107
子项目二 设计 ISP 下载线 PCB	114
任务一 设计计算机串行口封装	114
任务二 设计 ISP 下载线 PCB	124
项目三 设计时钟温度控制器 PCB	136
子项目一 绘制时钟温度控制器电路图	137
任务一 设计电路图元件	137
任务二 设计单片机最小系统 (总线方式)	151
任务三 设计单片机最小系统 (层次图方式)	162
任务四 综合实训——绘制时钟温度控制器电路图	170
子项目二 设计时钟温度控制器 PCB	182
任务一 制作元件封装	182
任务二 设计单片机最小系统 PCB (一)	198
任务三 设计单片机最小系统 PCB (二)	208
任务四 综合实训——设计时钟温度控制器 PCB	215
附录 1 Protel 99 SE 电路图库元件 (Miscellaneous Devices. ddb)	220
附录 2 Protel 99 SE 常用元件封装 (Advpcb. ddb)	225
附录 3 单片机教学实训系统	228
参考文献	229

项目一

设计三极管放大器PCB

三极管放大器是电类专业学生很熟悉的内容。选择三极管放大器作为 PCB 设计教学载体，项目小、内容简单，易于学生快速掌握 PCB 设计基本流程，并熟练使用 PCB 设计软件 Protel 99 SE。本项目完成内容如图 1-1、图 1-2 所示。

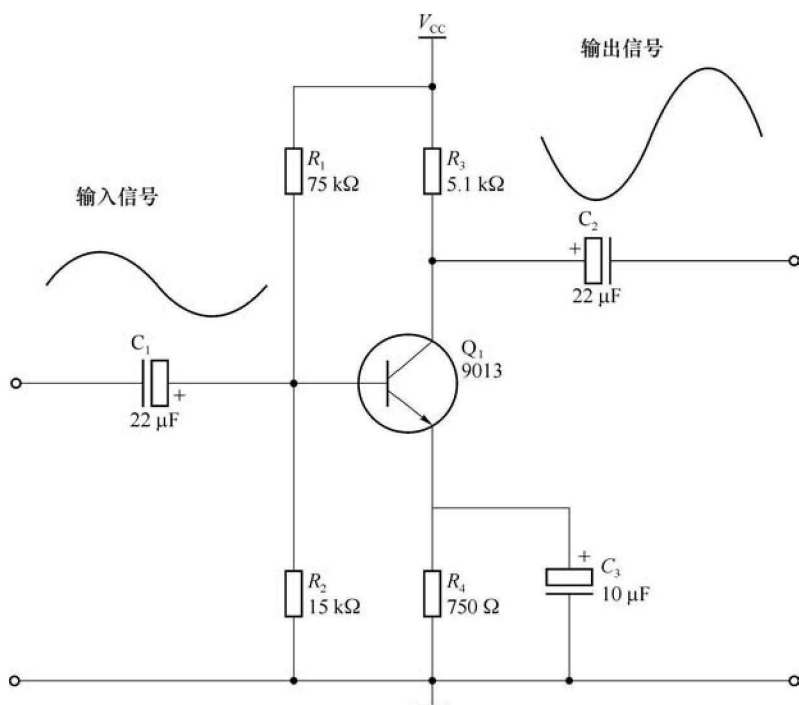


图 1-1 三极管放大器电路图

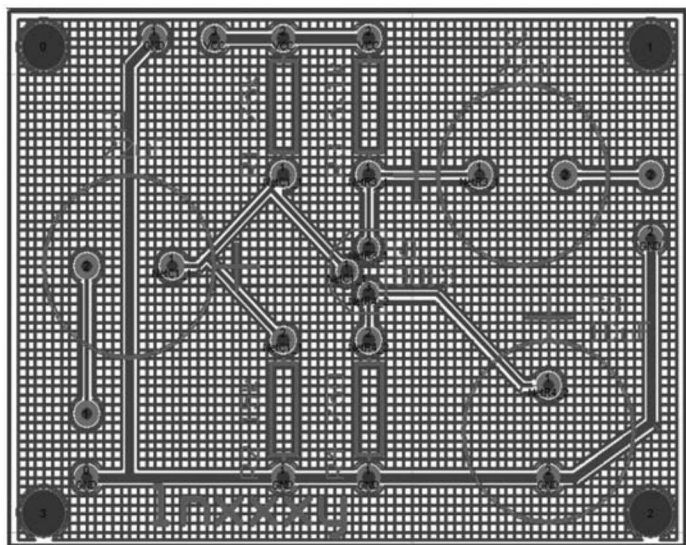


图 1-2 三极管放大器 PCB

一、教学目标

- (1) 掌握 Protel 99 SE 软件的基本操作方法，能绘制简单电路图。
- (2) 掌握单面 PCB 设计方法，能够完成单面 PCB 的布局布线。
- (3) 能够查找并解决绘制电路图及设计 PCB 过程中出现的简单错误。

二、教学重点

- (1) 以项目为载体，设计 Protel 99 SE 软件操作内容。
- (2) 绘制电路图。
- (3) PCB 布局布线规则及设置。

三、教学难点

PCB 加载网络表纠错。

四、教学建议

- (1) 采取“学、做、说”教学模式，学做一体，充分发挥学生的学习主动性。
- (2) 多采用启发式教学，教学中多设置问题引导学生思考。

子项目一 绘制三极管放大器电路图

任务一 认识 Protel 99 SE

一、任务介绍

通过完成该任务，学生能够了解 Protel 软件的功能，明确本门课的学习目标，能够安装

软件，掌握软件的基本操作方法。

二、任务分析

兴趣是学习的基础。本任务重点是让学生了解本课程学什么、有什么用，所以教师应根据实际教学条件，为学生实物介绍 PCB，加强学生对本课程的认识。

三、相关知识

1. Protel 99 SE 的发展

电子技术的高速发展使人们进入了日新月异、丰富多彩的信息化时代。现代电子技术正向微型化、高速化、集成化发展。IC 设计、电子线路设计和印制电路板设计等各项工作均要高度依赖计算机才能实现。本书主要介绍利用 Protel 99 SE 软件进行电子产品制造中的印制电路板设计。

1988 年，美国 ACCEL Technologies Inc 推出了第一个电子线路设计软件包——TANGO，该软件第一次实现了电子设计自动化（EDA）。由于软件简单实用，因此得到了广泛普及。

澳大利亚 Protel Technology 公司以其强大的研发能力推出了 Protel For Dos 作为 TANGO 的升级版本，从此 Protel 独霸电子线路设计领域。

20 世纪 80 年代末期，Protel 公司相继推出了 Protel For Windows 1.0、Protel For Windows 1.5 等版本。这些版本的可视化功能给用户设计电子线路提供了更大的方便。

20 世纪 90 年代中期，Protel 公司推出了基于 Win 95 的 3. X 版本。该版本软件是 16 位和 32 位的混合型软件，自动布线方面表现一般。

1998 年，Protel 公司推出了令人耳目一新的 Protel 98。Protel 98 以其出众的自动布线能力获得了业内人士的一致好评。

1999 年，Protel 公司推出 Protel 99，该软件为用户提供了比较先进的电子线路仿真技术。

2000 年，Protel 公司推出了更加先进、完善的 Protel 99 SE，该软件是现在社会应用最为普及的主流产品。

2001 年，Protel 公司更名为 Altium，公司实力及业务范围得到进一步发展。

2002 年，Altium 公司推出了最新版本 Protel DXP，该版本主要在仿真与布线方面有了较大的提高。

2004 年，Altium 公司推出 Protel DXP 2004 陆续升级至 SP4，资源库更加丰富和完善，并全面支持 FPGA 设计技术。

2006 年，Altium 公司推出新品 Altium Designer 6。

鉴于 Protel 99 SE 应用普及，且功能足够强大，完全满足学生毕业后从事电子线路板设计工作，因此本书仍以 Protel 99 SE 软件介绍印制电路板设计技术。

2. Protel 99 SE 的功能

Protel 99 SE 主要包括电路原理图设计、印制电路板图设计、电路信号仿真、PLD 逻辑器件设计 4 个功能模块。

1) 电路原理图设计（Advanced Schematic 99 SE）

该模块是电路设计的基础，主要用于绘制电路原理图，绘制各种电子元件并生成各种原理图报表，以用于后续功能的实现等。

2) 印制电路板图设计 (Advanced PCB 99 SE)

该模块利用电路原理图信息, 形成印制电路板电路。软件提供了自动布局、自动布线、在线式 DRC、元件库设计与管理、打印输出等多种功能。

3) 电路信号仿真 (Advanced SIM 99 SE)

该模块提供了能力强大的数/模混合信号电路仿真器, 可实现模拟信号与数字信号仿真, 为用户提供了一个完整的从设计到验证的仿真设计环境。

4) PLD 逻辑器件设计 (Advanced PLD 99 SE)

该模块提供一个集成的 PLD 开发设计环境, 并全面支持各种不同厂商 (如 Altera、Xilinx 等) 的 PLD 器件设计。

本书主要介绍 Protel 99 SE 软件中的电路原理图设计、印制电路板图设计两个模块。

四、任务实施

1. 安装 Protel 99 SE 软件

安装 Protel 99 SE 软件, 计算机需满足如下配置要求:

CPU: Pentium II 1G 以上; 内存: 128 MB 以上; 硬盘: 5 GB 以上可用的硬盘空间; 操作系统: Windows 98 版本以上; 显示器: 17 英寸 (1 英寸 = 2.54 厘米) SVGA; 显示分辨率: 1 024 × 768 像素以上。

Protel 99 SE 软件的安装步骤如下:

(1) 将 Protel 99 SE 软件光盘放入计算机光盘驱动器中。

(2) 放入 Protel 99 SE 系统光盘后, 系统将自动执行文件, 屏幕出现如图 1-3 所示的欢迎信息。也可打开光盘, 双击光盘中的 “setup.exe” 文件进行安装。

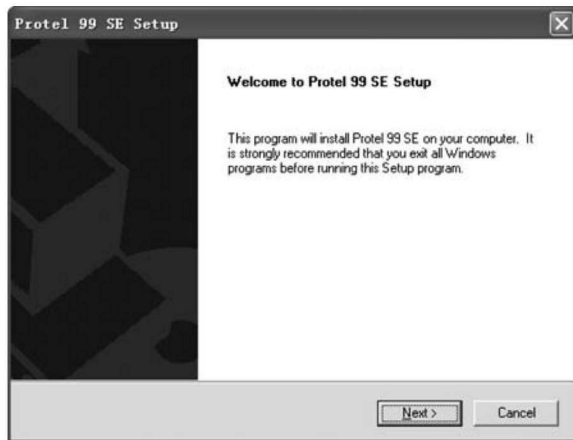


图 1-3 欢迎安装 Protel 99 SE

(3) 单击 “Next” 按钮, 屏幕弹出用户注册对话框, 提示输入序列号及用户信息, 输入注册信息后, 如图 1-4 所示, 单击 “Next” 按钮进入下一步。

(4) 单击 “Next” 按钮后, 屏幕提示选择安装路径, 如图 1-5 所示, 单击 “Browse” 按钮可进行修改, 通常默认即可。

(5) 单击 “Next” 按钮, 选择安装模式, 一般选择典型安装 (Typical) 模式, 如图 1-6 所示。



图 1-4 注册信息序列号

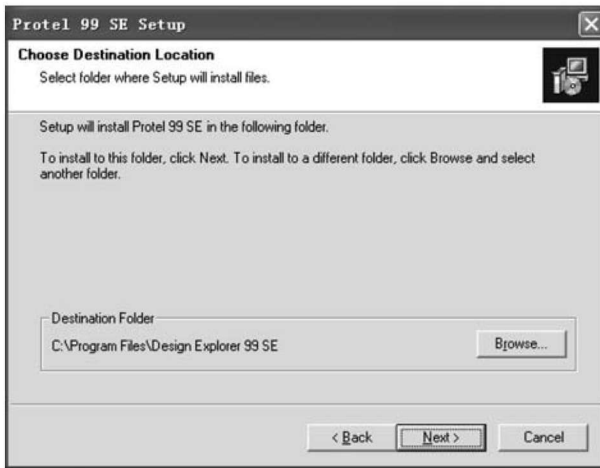


图 1-5 提示安装路径

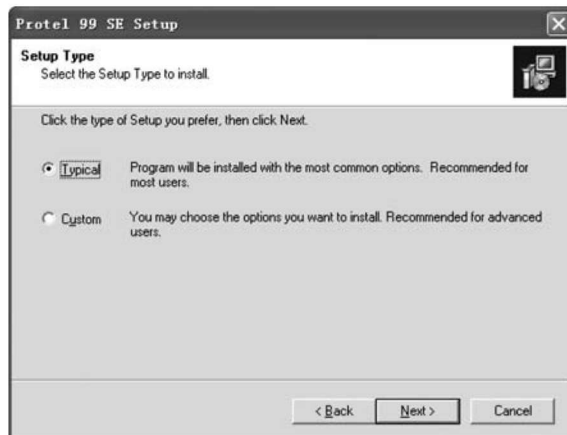


图 1-6 选择安装模式

(6) 单击“Next”按钮，屏幕提示指定存放图标文件的程序组位置，如图1-7所示。



图1-7 提示存放图标文件的程序组位置

(7) 单击“Next”按钮，提示是否满意前面的设置，如图1-8所示。

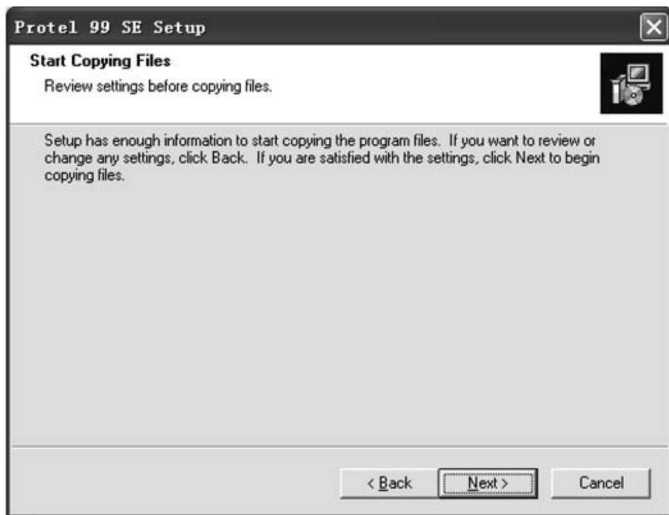


图1-8 确认设置信息

(8) 单击“Next”按钮，系统开始复制文件，并显示进程，如图1-9所示。

(9) 系统安装完成后屏幕提示如图1-10所示。单击“Finish”按钮结束安装，系统将在桌面产生 Protel 99 SE 的快捷方式。

2. 启动 Protel 99 SE 设计浏览器

该软件启动方式非常简单，可采用以下方式：

(1) 用鼠标双击 Windows 桌面上该软件的快捷方式图标，进入 Protel 99 SE 界面。

(2) 在 Windows 桌面上，执行命令【开始】/【程序】/【Protel 99 SE】/【Protel 99 SE】，即可启动 Protel 99 SE 设计浏览器。

图1-11为 Protel 99 SE 启动后的主窗口。

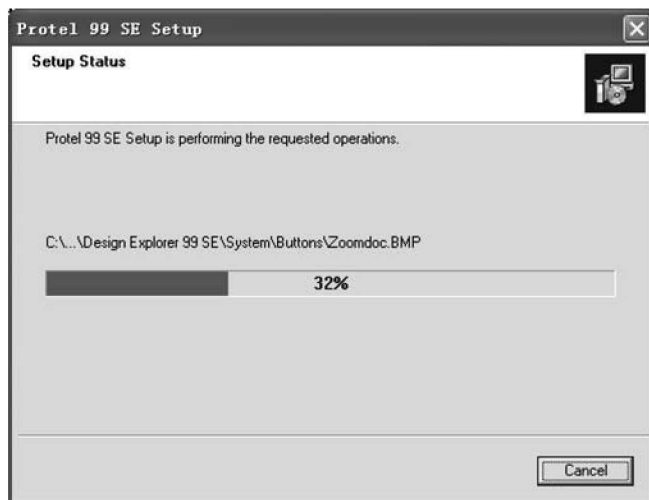


图 1-9 系统复制文件

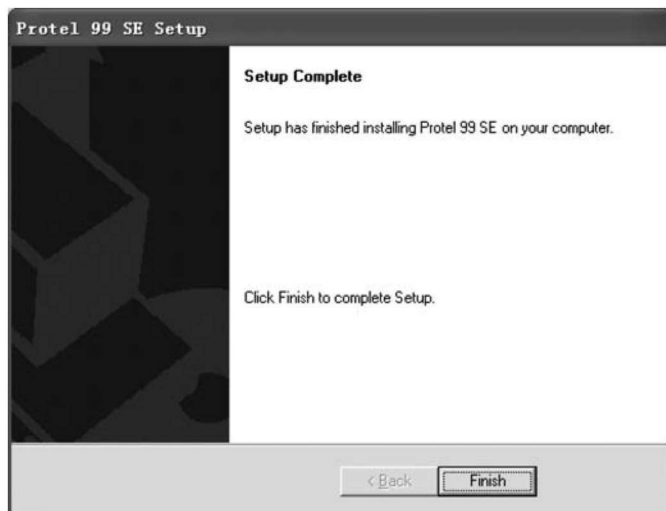


图 1-10 系统安装完成

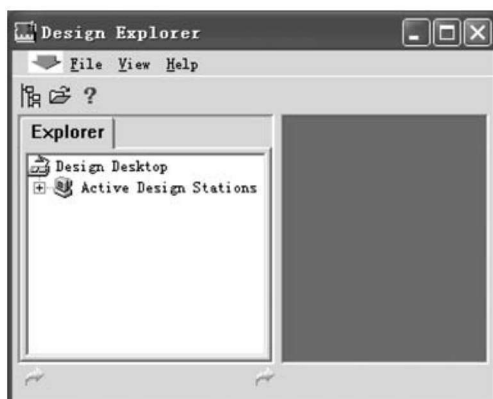


图 1-11 Protel 99 SE 主窗口

3. 退出 Protel 99 SE 设计浏览器

在 Protel 99 SE 浏览器中，执行菜单命令【File】（文件）/【Exit】（退出），即可退出 Protel 99 SE 设计浏览器。

4. 创建一个新的设计数据库文件（*.ddb）

Protel 99 SE 设计浏览器是印制电路板设计的综合平台，在该平台下，可运行多个应用程序，如原理图编辑器、PCB 电路板编辑器、库元件编辑器等。在一个数据库文件（*.ddb）下，可以存放原理图文件（*.Sch）、电路板（*.PCB）文件等。

（1）执行菜单命令【File】/【New】，屏幕弹出如图 1-12 所示的新建文件对话框，在“Database File Name”框中可以输入新的数据库文件名，系统默认为“MyDesign.ddb”。

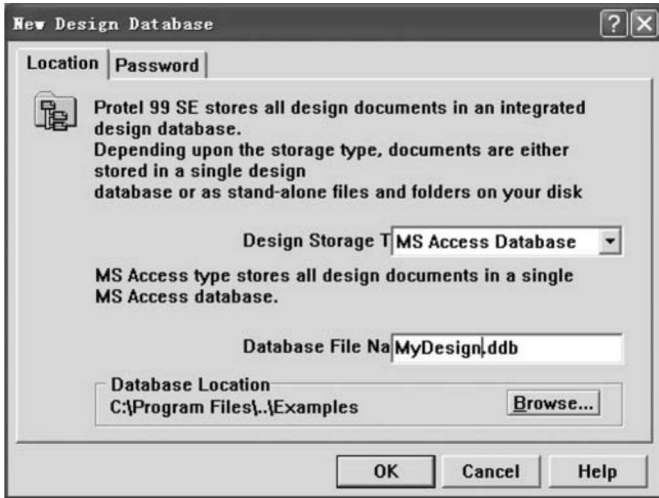


图 1-12 创建新的设计数据库文件

（2）单击“Browse”按钮，弹出文件保存对话框。在此可输入新的文件名，如“稳压电源”，并选择文件的存储位置，建议选择在自己专用的文件夹下，如事先已建立的文件夹“电路板设计”，如图 1-13 所示。



图 1-13 文件保存对话框

（3）单击“保存”按钮，弹出如图 1-14 所示对话框。图中显示了新建文件名“稳压电源.ddb”，及文件存放路径“D:\我的文档\桌面\电路板设计”。



图 1-14 新建文件名及保存路径

(4) 单击“OK”按钮，创建了一个新的设计数据库文件，如图 1-15 所示。

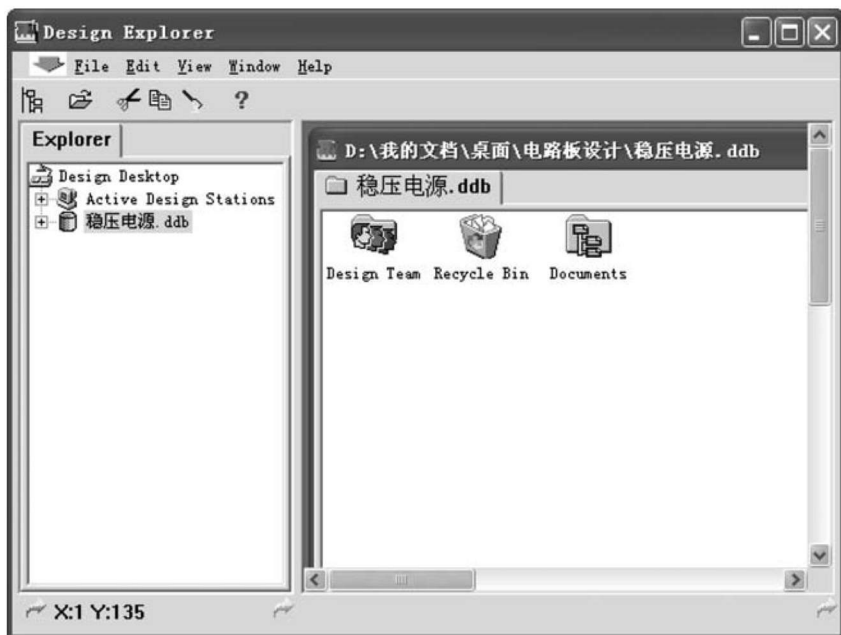


图 1-15 新建数据库文件

5. 进入 Protel 99 SE 编辑器

在图 1-15 窗口下，双击“Documents”图标确定文件存放位置，然后执行菜单命令【File】/【New】，屏幕弹出“New Document”对话框，如图 1-16 所示，图中各图标代表不同功能的编辑器，常用的有电路图编辑器、印制电路板编辑器、电路原理图库文件编辑器、印制电路板库文件编辑器。这些将在后续的学习中逐渐介绍。



图 1-16 新建文件对话框

双击所需的文件类型，即可进入相应的编辑器。如双击原理图编辑器图标“Schematic Document”，则创建一原理图编辑文件，默认文件名为“Sheet1.Sch”，将鼠标放在该文件图标上，单击右键，弹出对话框后执行【Rename】命令，即可进行文件名更改，如更改为“串联稳压电源.Sch”，如图 1-17 所示。

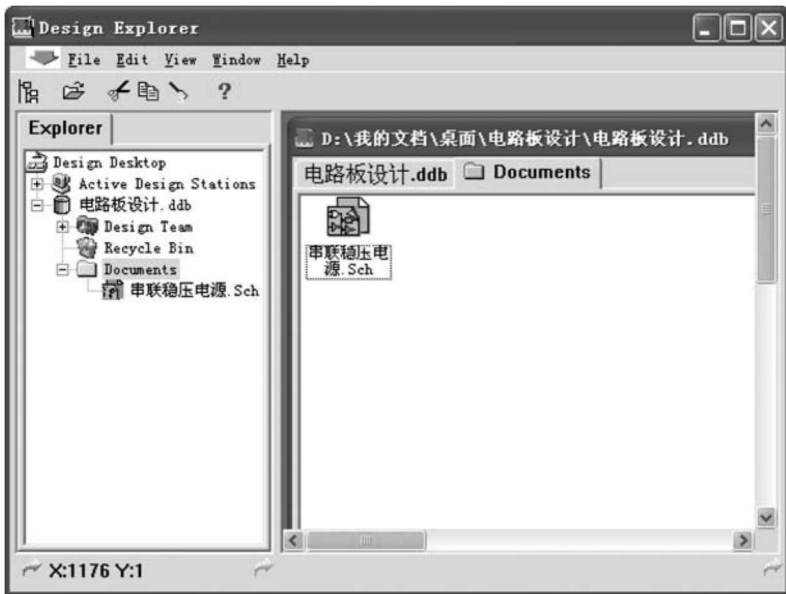



图 1-17 新建某种编辑器文件

6. 打开一示例文件

Protel 99 SE 软件本身自带很多示例文件，存放在“Examples”文件夹中。通过观看示例文件，对该软件功能及软件操作有一初步认识。

(1) 在图 1-15 中（或其他状态下，见图 1-17），执行菜单命令【File】（文件）/【Open】（打开），或单击工具栏按钮 ，弹出查找文件对话框，可选定图示示例文件，该文件为 *.ddb 文件，如图 1-18 所示。

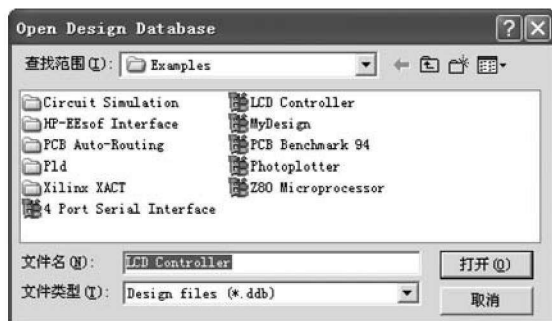


图 1-18 文件查找对话框

(2) 单击“打开”按钮，弹出如图 1-19 所示对话框。



图 1-19 打开选定文件

(3) 双击窗口中的“LCD Controller”示例文件，进入图 1-20。由图中可见，该文件中包含很多不同类型的图标，每个图标代表一个文件。



图 1-20 “LCD Controller”文件打开图

(4) 打开一任意原理图文件。双击扩展名为 “.Sch” 的某一文件即可，打开后某一原理图如图 1-21 所示。

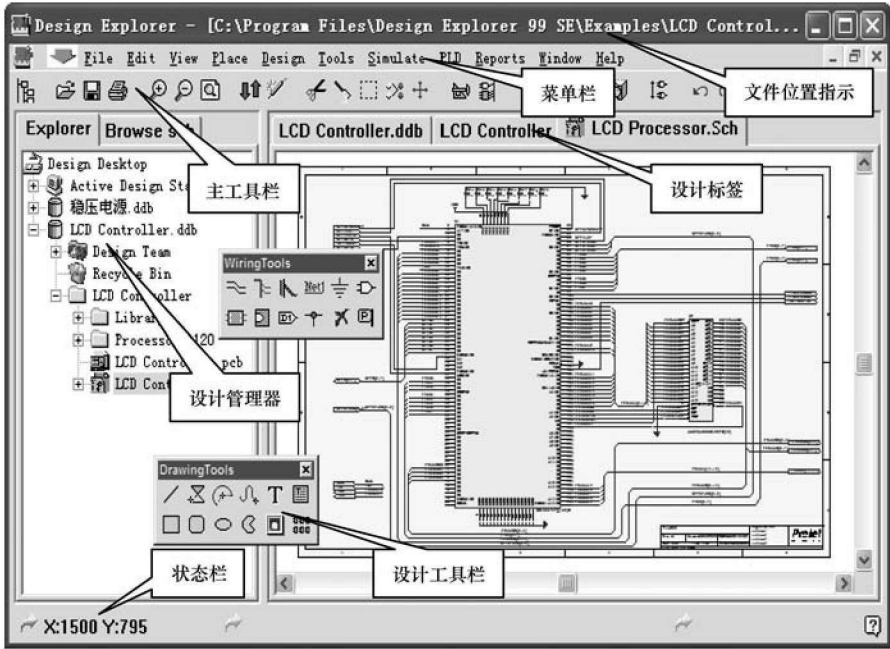


图 1-21 Protel 99 SE 工作窗口



图 1-22 工具栏列表

Protel 99 SE 工作窗口主要由菜单栏、设计管理器、工具栏、状态栏、设计标签、设计窗口、文件位置指示等组成。

设计管理器以树状列表形式显示当前设计平台上的设计数据库情况，方便设计人员进行设计管理工作。设计管理器的打开与关闭可以通过执行菜单命令【View】/【Design Manager】实现，也可单击工具栏图标进行打开与关闭操作。


工具栏操作起来比使用菜单命令方便。工具栏的打开与关闭可通过执行菜单命令【View】/【Toolbars】，进入图 1-22，再选择需要的工具栏单击即可。具体内容将在后续课程中介绍。

状态栏提示系统目前的工作状态，如图 1-21 中状态栏指示鼠标当前位置。状态栏的打开与关闭可通过进入菜单【View】，选中或取消选中“Status bar”即可。

五、拓展提高——系统设置

1. Protel 99 SE 系统参数设置

对系统参数进行合适的设置可以为设计者提供操作上的便利。

用鼠标单击系统主菜单栏中按钮，屏幕弹出如图 1-23 所示的菜单；用鼠标单击【Preferences】命令，屏幕出现图 1-24 所示的系统参数设置对话框。

(1) 自动备份文件。选中“Create Backup Files”复选框，系统将自动备份文件。