



21 世纪高职高专规划教材
高等职业教育规划教材编委会专家审定

DIANZI XIANLU CAD
XIANGMU SHIXUN JIAOCHENG

电子线路CAD项目实训教程

主 编 毕秀梅
副主编 张建碧 杨卫东



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



21世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

电子线路 CAD 项目实训教程

主 编 毕秀梅

副主编 张建碧 杨卫东



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD)已经成为电路板设计中不可缺少的一项技术。利用该软件进行电路原理图设计与印刷电路板(Printed Circuit Board,PCB)设计已经成为高职院校电类专业毕业生必须掌握的一项基本技能之一。这是一本厂校合作编写的教材。编写这本教材的目的是希望教师在电类专业的高职教学中,使学生能够学到设计不同类型的电路图及掌握对于各种电路进行PCB设计的基本技能,适应将来读图、检图、电路板设计的工作岗位。

《电子线路CAD项目实训教程》是作者根据多年教学实践和PCB设计经验,不断结合工厂实际,不断学习当前先进企业PCB板设计标准而编写出来的,语言简练,通俗易懂,实用性强,可作为高职院校相应课程的教材,也可供从事电路设计的工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路CAD项目实训教程/毕秀梅主编. --北京:北京邮电大学出版社,2012.7

ISBN 978-7-5635-3093-9

I. ①电… II. ①毕… III. ①电子电路—计算机辅助设计—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第119579号

书 名: 电子线路CAD项目实训教程

主 编: 毕秀梅

责任编辑: 张珊珊

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12.75

字 数: 300千字

版 次: 2012年7月第1版 2012年7月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-3093-9

定 价: 26.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

《电子线路 CAD 项目实训教程》本着教、学、做一体化的思想。整个实训教程分为基础项目与实训项目两大块。基础知识引导实践技能,实践技能帮助消化基础知识。本教材本着以实际工程项目引导、以实际任务驱动的教学思路。选择了七个项目,一个基础项目,六个实训项目,实训项目的内容循序渐进、逐步加深,且每个项目都有自己的特殊内容,这些特殊内容就构成了本教材宽泛的适用范围,每个项目后配有大量的项目习题,每个项目习题都是实际项目,学习者可以根据不同的需要进行选择练习,使知识得以提高。

基础项目 0 介绍了 Protel 99 SE 软件使用基础;电路原理图和印制电路板图的设计要点;自建元件库、制作元件符号和自建元件封装库、制作元件封装的步骤;工艺文件编写的相关知识。

实训项目 1 是单片机跑马灯电路设计。这是第一个实训项目,在原理图设计中,详细介绍了新建原理图文件的方法;原理图图纸设置的方法;加载元件库与移去元件库的方法;放置与编辑元件属性的方法;元件的选中与取消选中的方法;元件移动与删除的方法;正确绘制原理图的步骤及导出原理图文件的方法。电路板设计采用单面板、手工设计,在此介绍了详细介绍了元件布局的规则与布线的规则。

实训项目 2 是串联晶体多谐振荡器电路设计。在第一个项目的基础上,电路原理图中增加了复合式元件,绘制具有符合式元件的原理图;增加了 ERC 电气规则检查;增加了元件封装,生成网络表的知识。在单面电路板设计中,由第一个项目中的手工布线到通过加载网络表自动布线,增加了自动布局规则、布线规则及自动布线设计电路板的步骤。

实训项目 3 是直流稳压电源电路设计。电路原理图中增加了二极管元件,绘制原理图时没有任何障碍。但是,通过自动布线绘制单面电路板图,在加载网络表时就会出现错误提示,这是由于二极管等元件在原理图中与在 PCB 中引脚号不一致造成的,需加以修改。

实训项目 4 是交通信号灯电路原理图设计。在原理图绘制中,增加了自建元件库、创建数码管元件符号,并且在绘制原理图时使用创建的元件符号,同时引入了总线画法。在双面电路板设计中,增加了自建元件封装库、创建数码管元件封装符号,并且在自动绘制电路板图时使用创建的数码管元件封装。

实训项目 5 是足球机器人遥控板电路设计。在原理图设计中,增加了层次结构的电路画法,同时,增加了开关、按钮及电位器按照实际尺寸制作元件封装的步骤,增加了层次结构的电路在自动绘制双面电路板图的步骤,增加了根据飞线指示手工调整布线的方法,增加了利用矩形填充加大接地网络面积的方法。

实训项目 6 是水表电路设计。在原理图中,熟悉网络标号可以代替导线进行电路连接。在 PCB 设计中,熟悉表面贴装元件(Surface Mounted Devices,SMD)元件封装的制作方法,熟悉含有 SMD 元件的电路,PCB 自动和手动布局,自动布线与手工调整;学习两层覆地间添加过孔,保证地线连接的完整性,并增强电路(Electro Magnetic Interference,EMI)性能。

本书由辽宁机电职业技术学院的毕秀梅任主编,重庆城市管理职业学院的张建碧任副主编,丹东市百特仪器有限公司杨卫东任副主编。基础项目 0.1、0.2、0.5 由张建碧编写;基础项目 0.3、0.4,实训项目 1 到实训项目 5 由毕秀梅编写,基础项目 0.6 及实训项目 6 由杨卫东与毕秀梅编写;毕秀梅统稿。

由于时间仓促,作者水平有限,书中如有不妥之处,恳请批评指正。

编者

目 录

基础项目 0	1
基础项目 0.1 Protel 99 SE 软件使用基础	1
0.1.1 Protel 99 SE 的运行环境、安装	1
0.1.2 Protel 99 SE 的启动和关闭	4
0.1.3 Protel 99 SE 的文件类型	6
0.1.4 新建原理图文件基本操作	6
基础项目 0.2 电路原理图设计要点	9
0.2.1 电路原理图设计的步骤	9
0.2.2 图纸设置	10
0.2.3 加载元件库	11
0.2.4 创建网络表	15
基础项目 0.3 自建元件库、创建元件符号	16
0.3.1 原理图元件库文件界面介绍	16
0.3.2 元件符号的自定义绘制	20
0.3.3 在原理图中使用自己绘制的自定义元件符号	33
0.3.4 常见元件符号及所在的元件库	33
基础项目 0.4 PCB 图设计要点	37
0.4.1 手工设计 PCB 图的步骤	37
0.4.2 自动布线设计 PCB 图的步骤	37
0.4.3 自动布线设计 PCB 图	37
基础项目 0.5 创建元件封装库、绘制元器件封装	59
0.5.1 创建元件封装库	59
0.5.2 在同一设计数据库中使用自己创建的元件封装	68
0.5.3 在不同设计数据库中使用自己创建的元件封装	69
0.5.4 常用元件封装及所在的元件封装库	69
基础项目 0.6 工艺文件的编写	72
实训项目 1 单片机跑马灯电路设计	80
任务 1.1 绘制原理图	80
知识 1 新建原理图文件	82
知识 2 图纸设置	82
知识 3 加载元器件库、移去元件库	84

知识 4	放置元器件、编辑元件属性及调整元件位置	84
知识 5	放置输入/输出点及电源、接地符号	84
知识 6	放置节点、注释文字	84
知识 7	元件的选中与取消选中	85
知识 8	元件移动及旋转	85
知识 9	元件删除	85
知识 10	绘制导线	85
知识 11	导出原理图文件	86
任务 1.2	绘制单面 PCB 图	86
知识 1	新建 PCB 文件	87
知识 2	规划电路板	87
知识 3	加载元件封装库	87
知识 4	元件布局	88
知识 5	布线	89
知识 6	3D 显示	91
知识 7	导出 PCB 文件	92
项目习题	92
习题 1.1	单管放大器电路设计	92
习题 1.2	反相放大器电路设计	94
习题 1.3	两级阻容耦合三极管放大电路设计	94
习题 1.4	RC 串并联选频网络振荡器	96
习题 1.5	信号源电路设计	97
习题 1.6	甲乙类放大电路设计	98
习题 1.7	无线传声器电路设计	99
习题 1.8	实用助听器电路设计	99
习题 1.9	倒车蜂鸣器电路设计	100
习题 1.10	秒脉冲发生器电路设计	100
实训项目 2	串联晶体多谐振荡器电路设计	101
任务 2.1	绘制原理图	102
知识 1	查找元件、添加元件库	103
知识 2	加载元件库及移出元件库	103
知识 3	放置复合式元件	105
知识 4	元件封装	105
知识 5	ERC 检查	105
知识 6	生成网络表	106
知识 7	导出原理图文件、网络表文件与 ERC 文件	107
任务 2.2	绘制单面 PCB 图	108

知识 1	设置当前原点、显示当前原点	109
知识 2	规划电路板	110
知识 3	恢复绝对原点	110
知识 4	加载网络表	110
知识 5	网络表出现的错误、原因及改正的方法	111
知识 6	自动布局	111
知识 7	设置线宽	112
知识 8	自动布线	113
项目习题	114
习题 2.1	方波发生器电路	114
习题 2.2	超声波发射电路	116
习题 2.3	超声波接收电路	117
习题 2.4	三个裁判判决电路	118
习题 2.5	八路循环彩灯电路设计	118
实训项目 3	±12 V 直流稳压电源电路设计	120
任务 3.1	绘制原理图	121
知识 1	加载元件库及移出元件库	122
知识 2	元件封装	123
知识 3	ERC 检查	123
知识 4	生成网络表	124
知识 5	导出原理图文件、网络表文件与 ERC 文件	125
任务 3.2	绘制单面 PCB 图	125
知识 1	修改二极管引脚号	126
知识 2	元件自动布局	127
知识 3	设置线宽	128
知识 4	自动布线	128
知识 5	补泪滴	130
项目习题	131
习题 3.1	无稳态多谐振荡器电路设计	131
习题 3.2	倒车蜂鸣器电路设计	132
习题 3.3	LM317 构成的将正负 12 V 转成正负 5 V 电路设计	134
习题 3.4	电话监控器电路设计	134
习题 3.5	正负直流稳压电源电路设计	135
习题 3.6	需要制作元件封装的直流稳压电源(已制作好)	136
习题 3.7	单键触摸式灯开关电路设计	137
习题 3.8	声光控制楼道灯电路设计	138

实训项目 4 交通信号灯电路原理图设计	139
任务 4.1 绘制原理图	140
知识 1 自建原理图库文件、绘制元件符号	141
知识 2 加载自建的原理图库文件	147
知识 3 放置总线、总线入口及网络标号	147
知识 4 导出原理图库文件、原理图文件、网络表文件	149
任务 4.2 自动布线绘制双面 PCB 图	149
知识 1 创建 PCB 库文件、制作元件封装	150
知识 2 设置双层布线层	152
知识 3 加载创建的元件封装库	152
知识 4 设置电源 VCC 布线层为顶层、地线 GND 布线层为底层	152
知识 5 拆除布线	153
项目习题	154
习题 4.1 自己创建元件库文件、绘制下列元件符号	154
习题 4.2 自建元件封装库、绘制元件封装	155
习题 4.3 四路抢答器电路设计	155
习题 4.4 数字频率计电路设计	156
习题 4.5 ADC0809 电路设计	158
实训项目 5 足球机器人遥控板电路设计	161
任务 5.1 绘制层次原理图	162
知识 1 自建原理图库文件、绘制元件符号、定义元件属性	163
知识 2 绘制层次电路图、查看层次电路图、导出层次电路图	166
知识 3 生成网络表、导出网络表	169
任务 5.2 自动布线绘制双面 PCB 图	169
知识 1 创建 PCB 元件封装库文件、制作元件封装、导出元件封装库	170
知识 2 设置单层布线层	173
知识 3 加载创建的元件封装库	173
知识 4 手工绘制没布上的飞线	173
知识 5 跳到地线网络上	173
知识 6 放置填充	174
项目习题	175
习题 5.1 超声波测距仪层次电路图	175
习题 5.2 直流电机 PWM 调速电路图	177
习题 5.3 信号发生器电路图	178
习题 5.4 激光显示器电路设计	179
习题 5.5 Z80 微处理器电路设计	180

实训项目 6 水表电路设计	183
任务 6.1 绘制带网络标号的电路原理图	184
任务 6.2 自动布线绘制有 SMD 元件的双面 PCB 图	185
知识 1 常用 SMD 元件封装形式与规格	186
知识 2 制作 SMD 元件封装	187
知识 3 放置多边形填充	187
知识 4 双层多边形地线填充多点过孔连接	189
项目习题	190
习题 6.1 RS485 通信电路设计	190
习题 6.2 RS232 光电隔离通信电路设计	190
习题 6.3 汽车遥控钥匙发射电路设计	191
习题 6.4 带 MP3 播放器的防盗报警器电路设计	191
参考文献	193

基础项目 0

基础项目 0.1 Protel 99 SE 软件使用基础

0.1.1 Protel 99 SE 的运行环境、安装

1. Protel 99 SE 的运行环境

(1) 软件环境:要求在 Windows 98 或 Windows NT/2000 以上版本。

(2) 硬件环境:要求最低配置是 Pentium II 或 Celeron 以上 CPU(CPU 主频越高,运行速度越快),内存容量不小于 32 MB,硬盘容量必须大于 1 GB,显示器尺寸在 15 英寸或 15 英寸以上,分辨率不能低于 1 024×768,当分辨率低于 1 024×768(如 800×600 或更低)时,将不能完整显示 Protel 99 SE 窗口的下侧及右侧部分。(对于 15 英寸显示器来说,当分辨率为 1 024×768 时,字体太小,不便阅读,因此 17 英寸显示器可能是 Protel 99 SE 的最低要求)。总之,硬件配置档次越高,运行速度越快,效果越好。

2. Protel 99 SE 的安装

Protel 99 SE 的安装非常简单,按照安装向导逐步操作即可。Protel 99 SE 的安装非常简单,按照安装向导逐步操作即可,安装步骤如下所述:

① 在 Protel 99 SE 的安装光盘中找到 setup.exe 文件,如图 0-1 所示。双击此文件则开始运行安装程序,出现欢迎安装界面,如图 0-2 所示。

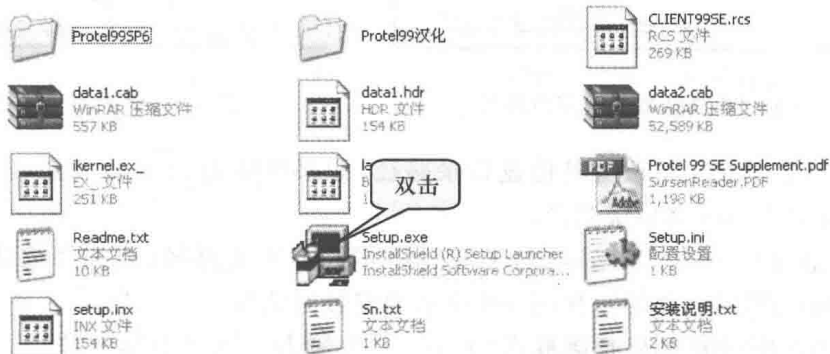


图 0-1 双击 setup.exe 文件



图 0-2 欢迎安装界面

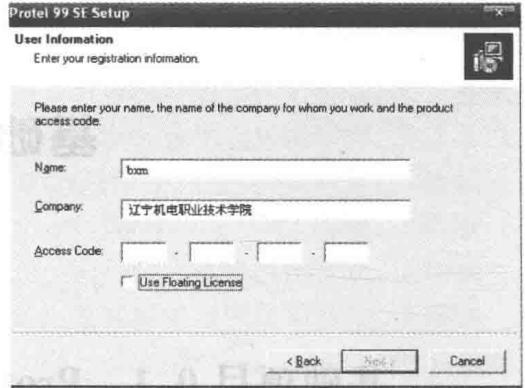


图 0-3 用户注册对话框

单击 Next(下一步)按钮,出现用户注册对话框。在如图 0-3 所示的对话框“Name”一栏中输入用户名,“Company”一栏中输入单位名称,“Access Code”一栏中输入序列号,序列号一般可在文件“sn.txt”中或产品外包装上找到。如果在安装时忘记输入序列号,也可以在安装后,启动时输入序列号。输入完成后“Next”按钮将可操作,单击该按钮,进入如图 0-4 所示安装对话框。

② 在图 0-4 所示对话框中提示用户确认或修改安装路径。默认路径是“C:\Program File”。如果想要修改,则单击“Browse...”按钮,选择安装路径,如图 0-5 所示。

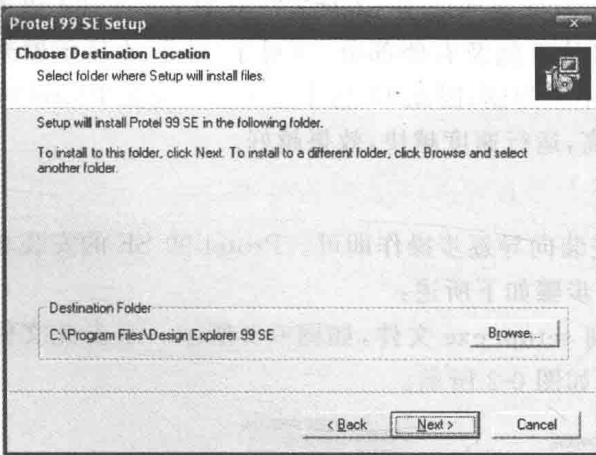


图 0-4 提示用户确认或修改安装路径

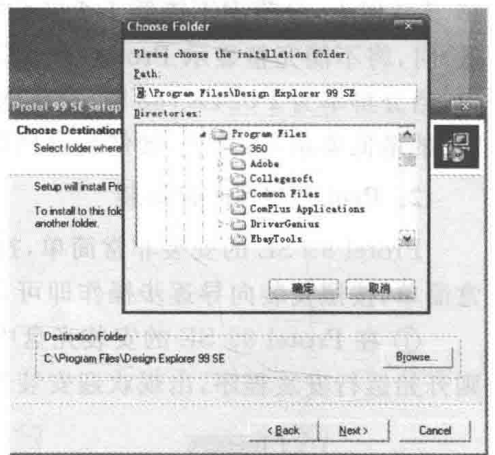


图 0-5 修改安装路径过程

③ 把 C 盘目录路径更改为其他盘目录路径,如果改变为 D 盘目录路径,则如图 0-6 所示。一般情况下不改变目录路径。

单击“确定”后,如图 0-7 所示(初学者可以不修改安装路径,而选择默认路径,见图 0-5)。单击“Next”按钮,将显示如图 0-8 所示的安装对话框。

④ 如图 0-8 所示的安装对话框中“Typical”按钮表示选择典型安装,“Custom”按钮表示选择自定义安装。初学者可以选择典型安装。单击“Next”按钮,将显示下一个安装对话框,单击“Back”按钮可以返回前面的步骤进行重新选择,若没有修改则单击“Next”

按钮,将同样显示下一个安装对话框,同样单击“Next”按钮,则开始安装,同时将显示安装进度,如图 0-9 所示。

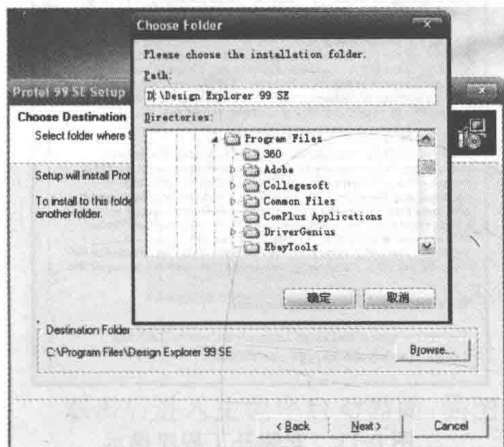


图 0-6 改变为 D 盘目录路径

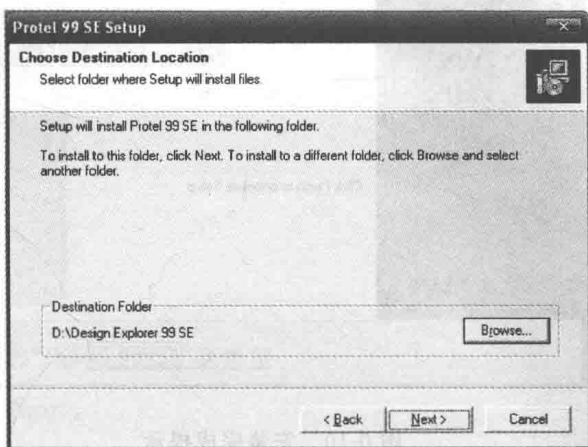


图 0-7 修改安装路径结果图

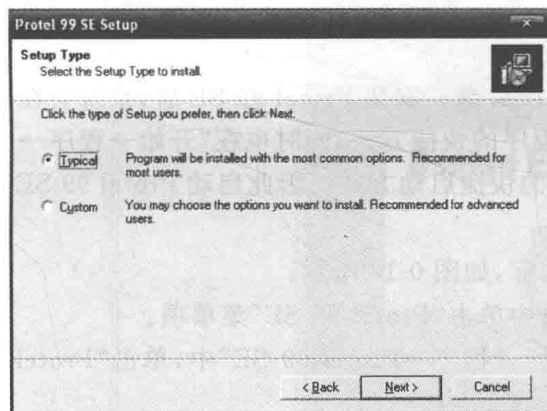


图 0-8 选择安装类型

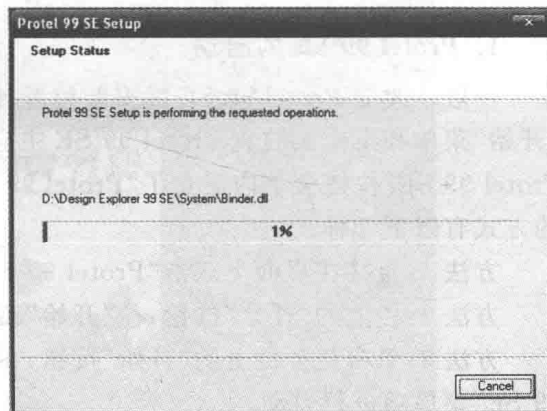


图 0-9 安装进程显示

⑤ 几秒钟后将显示安装完成提示界面,如图 0-10 所示,单击“Finish”按钮完成安装。

⑥ 安装补丁程序:完成 Protel 99 SE 安装后,可执行附带光盘上的 Protel 99 SE_Service_pack6.exe 文件,安装补丁程序。进入补丁安装程序的第一个对话框,如图 0-11 所示。单击窗口下方的“CONTINUE”进入下一个对话框,即安装路径选择对话框,采用默认路径,单击“Next”按钮,即开始安装补丁程序。安装完成后单击“Finish”按钮完成补丁安装。

⑦ 安装中文菜单:先启动一次 Protel 99 SE,关闭后,将 C 盘 Windows 根目录中的大小为 268 KB 的 client99se.rcs 英文菜单改名(例如 client99se1.rcs)后保存起来,再将光盘中 Protel 99 汉化的大小为 242 KB 的 client99se.rcs 复制到 C 盘 Windows 根目录下。再启动 Protel 99 SE 时,即可发现所有菜单命令后均带有中文注释信息。

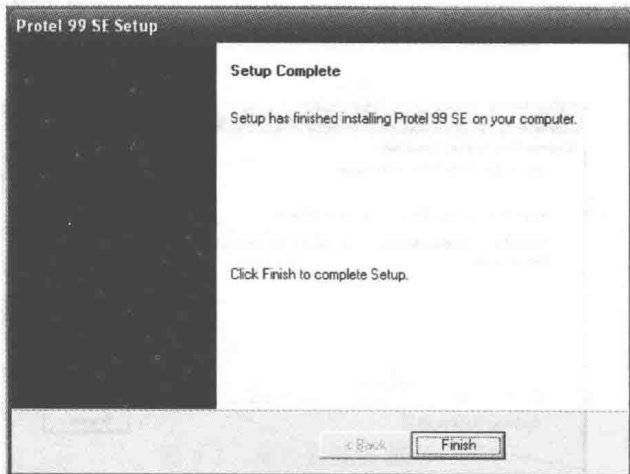


图 0-10 安装完成提示



图 0-11 安装补丁程序提示

0.1.2 Protel 99 SE 的启动和关闭

1. Protel 99 SE 的启动

一般不改变 Protel 99 SE 的安装位置,默认在 C 盘。安装 Protel 99 SE 后,系统会在“开始”菜单和桌面上放置 Protel 99 SE 主应用程序的快捷方式,同时也在“开始→程序→Protel 99 SE”快捷菜单内建立了“Protel 99 SE”的快捷启动方式。因此启动 Protel 99 SE 的方式有以下 3 种:

方法 1:直接在桌面上双击“Protel 99 SE”图标,如图 0-12 所示。

方法 2:栏上的“开始”按钮,在“开始”菜单组中单击“Protel 99 SE”菜单项。

方法 3:单击任务栏上的“开始”按钮,在“开始→程序→Protel 99 SE”中,单击“Protel 99 SE”菜单项进行启动。

① 单击任务栏上的“开始”按钮,在“开始”菜单组中单击“Protel 99 SE”菜单项,如图 0-13 所示。



图 0-12 桌面上“Protel 99 SE”图标



图 0-13 “开始”菜单组中的“Protel 99 SE”

② 单击任务栏上的“开始”按钮,在“开始→程序→Protel 99 SE”中,单击“Protel 99 SE”菜单项进行启动。如图 0-14 所示。

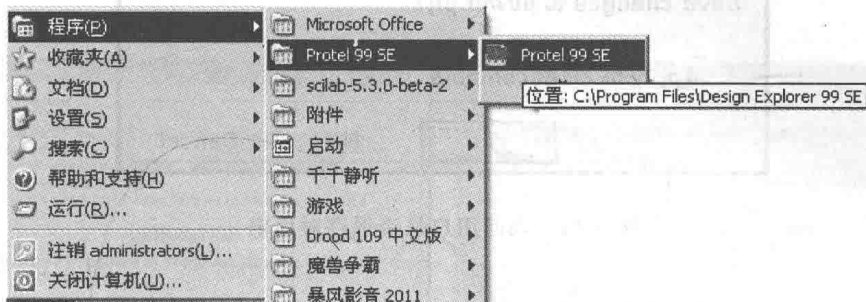


图 0-14 “程序(P)”中的“Protel 99 SE”菜单项

双击后进入主程序启动界面,如图 0-15 所示。

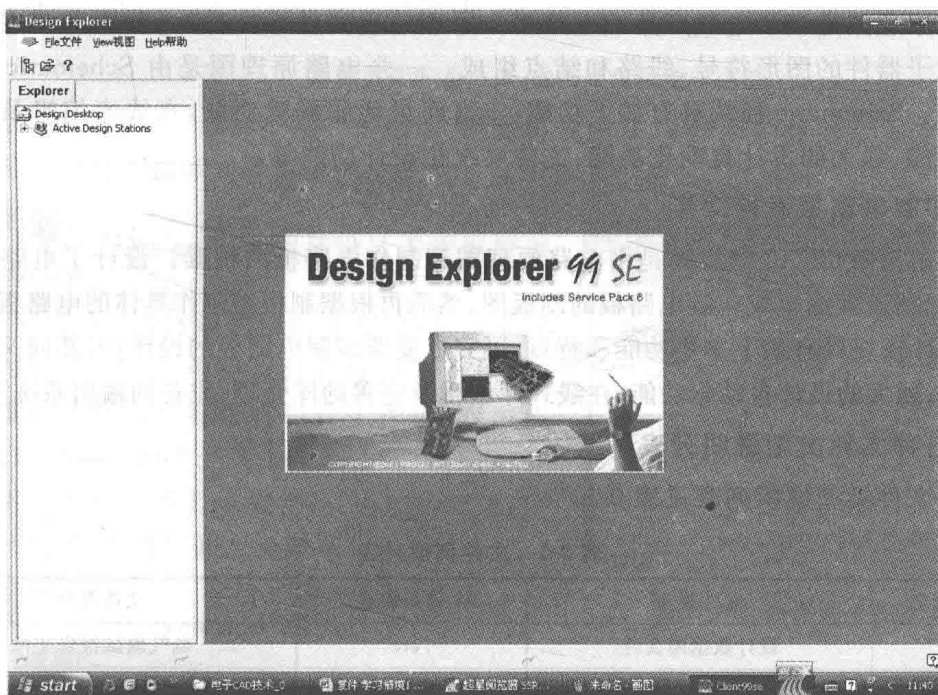




图 0-15 主程序启动界面

2. Protel 99 SE 的关闭

关闭 Protel 99 SE 主程序的方法有 4 种:最快捷的方法是单击主窗口标题栏中的关闭按钮 。其次,也可以执行菜单命令“File→Exit”。第三,直接双击“系统菜单”按钮  Design Explorer。第四,按下 ALT+F4 组合键。在关闭 Protel 99 SE 主程序时,如果修改了文档而没有保存,则会出现一个对话框,询问用户是否保存,如图 0-16 所示。单击“Yes”按钮确认保存修改,若不需要保存修改,则单击“No”按钮,“Cancel”按钮表示取消关闭程序命令。

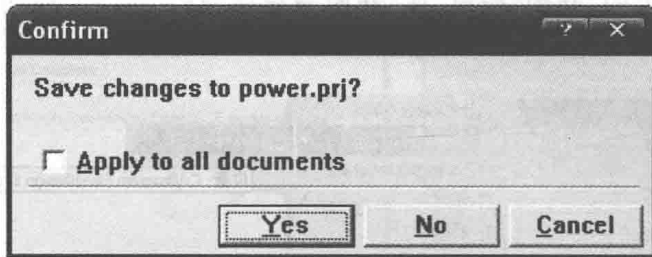


图 0-16 询问用户是否保存对话框

0.1.3 Protel 99 SE 的文件类型

1. 原理图设计文件

电路原理图是表示电气产品或电路工作原理的重要技术文件,电路原理图主要由代表各种电子器件的图形符号、线路和结点组成。一张电路原理图是由 Schematic 模块设计完成的。Schematic 模块具有如下功能:丰富而灵活的编辑功能、在线库编辑及完善的库管理功能、强大的设计自动化功能、支持层次化设计功能等。

2. 印制电路板设计文件

印制电路板(PCB)制板图是由电路原理图到制作电路板的桥梁。设计了电路原理图后,需要根据原理图生成印制电路板的制板图,然后再根据制板图制作具体的电路板。印制电路板设计模块具有如下主要功能和特点:可完成复杂印制电路板的设计;方便而又灵活的编辑功能;强大的设计自动化功能;在线式库编辑及完善的库管理;完备的输出系统等。

3. 各种文件类型说明列表

各种文件类型说明列表见表 0-1。

表 0-1 文件类型列表

文件后缀名	文件类型	文件后缀名	文件类型
.ddb	设计数据库文件	.erc	电气测试报告文件
.sch	原理图文件	.rep	生成的报告文件
.lib	库文件	.xls	元件列表文件
.pcb	印制电路板文件	.txt	文本文件
.prj	项目文件	.xrf	交叉参考元件列表文件
.net	网络表文件	.abk	自动备份文件

0.1.4 新建原理图文件基本操作

1. 新建数据库文件

执行菜单 File→New,输入数据库文件名 Database File Name。如图 0-17(a)所示,

输入的数据库文件名为“单片机跑马灯电路.ddb”。要想将该数据库文件存放在 F 盘下,单击左图下的浏览[Browse]按钮后,出现如图 0-17(b)所示对话框。选择 F 盘,然后单击保存按钮。



(a)

(b)

图 0-17 新建数据库对话框、选择存放位置对话框

最后,单击图 0-17(a)的“OK”按钮后,就会出现图 0-18 所示的数据库文件界面。说明你新建的设计数据库文件存放的位置在 F 盘下。



Design Team

“Design Team”是设计工作组管理

器,用于定义一个设计组的成员和权限,为多个设计者同时工作在一个项目设计组提供安全保障。每个数据库在默认时都带有设计工作组,双击该图标,出现“Members”、“Permissions”、“Sessions”3 部分,用它们可以进行修改密码、增加访问成员、删除设计成员、设置和修改权限等操作。



Recycle Bin

“Recycle Bin”是设计文件回收站,

其作用类似于 Windows 2000/XP 桌面上的“回收站”,用于存放删除的设计文件,必要时可从中恢复。



Documents

Documents 是文件。其他文件都应该建在 Documents 之下。

2. 新建原理图文件

在图 0-18 中,双击“Document”图标,就会出现图 0-19 所示的界面。

在工作窗口空白处单击右键,在弹出的快捷菜单中选择“New”,或执行菜单命令 File/New。此时系统将弹出“New Document”对话框,如图 0-20 所示。设计者在新建文件对话框中选择相应的文件类型图标(Schematic Document)后,单击 OK 按钮即可,或者双击该图标。



图 0-18 数据库文件界面