



全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

DIANZI XIANLU CAD

电子线路 CAD

司国斌 毛景魁 主编



黄河水利出版社

全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

电子线路 CAD

主 编 司国斌 毛景魁

副主编 杨 旭 潘传红 蒋 琳

张 敏 席东河

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书共分为 11 章,主要包括 Protel 99SE 简介、原理图基础、绘制原理图、原理图库元件的绘制、认识电路板、绘制电路板、元件封装的绘制、高级电路板设计技巧、报表文件、电路仿真、信号完整性分析。

本书通俗易懂,不仅可以作为高校电子类、电气类、机电类等 CAD 方面的教材,同时可以作为初学者和从事电路分析及电路板设计的工作人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路 CAD/司国斌,毛景魁主编. —郑州:黄河水利出版社,2011.8

全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0046 - 2

I. ①电… II. ①司… ②毛… III. ①电子电路 - 计算机辅助设计 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 159855 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhsclchs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm × 1092 mm 1/16

印张:16.5

字数:400 千字

印数:1—4 100

版次:2011 年 8 月第 1 版

印次:2011 年 8 月第 1 次印刷

定价:33.00 元

前 言

Protel 99SE 是澳大利亚 Protel Technology 公司致力于 Windows 平台开发的电子设计软件,它能实现从电学概念设计到输出物理生产数据,以及其中的所有分析、验证和设计数据管理。该软件功能强大、易学易用,是业内人士首选的电路板设计工具。

本书共分 11 章,2 个附录。其中,第一、二、三、四章介绍了原理图设计环境、设计工具及原理图制作实例;第五、六、七、八、九章介绍了电路板设计环境,手动、自动设计电路板的方法,以及电路板制作完成后的一些辅助操作;第十章介绍了电路仿真;第十一章进行了信号完整性分析。附录 A 给出了制作电路板时一些常用的设计规则;附录 B 则介绍了 Proteus 7.5 的使用方法,为电子线路 CAD 和单片机仿真学习的有机衔接做了铺垫。

本书由浅入深,详细介绍了在画图过程中可能遇到的问题及处理方法,便于读者阅读和理解。

本书可操作性强,注重应用操作与实践能力的培养,介绍了各种操作技术的详细步骤,每章编写了相对应的思考与上机练习题,读者可以在学习教材章节的同时,逐步练习操作,循序渐进地练习使用。

本书适合于大中专学生、电子技术爱好者及中小型企业设计人员学习和参考。

全书由焦作大学司国斌、河南机电高等专科学校毛景魁担任主编,由河南工业职业技术学院杨旭、河南机电高等专科学校潘传红、商丘科技职业学院蒋琳、河南机电高等专科学校张敏、河南工业职业技术学院席东河担任副主编。具体编写分工如下:第一、四、九章及附录由司国斌编写,第六、七章由毛景魁编写,第二章由杨旭编写,第十章由张敏编写,第八、十一章由蒋琳编写,第五章由潘传红编写,第三章由席东河编写。全书由司国斌统稿。

在此,特别感谢在本书编写、出版过程中给予我们不同形式帮助和支持的专家与朋友。对于书中疏误之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2011 年 5 月

目 录

前 言

第一章 Protel 99SE 简介	(1)
第一节 Protel 发展史	(1)
第二节 Protel 99SE 的特点	(2)
第三节 Protel 99SE 基本操作	(5)
第四节 Protel 99SE 的菜单汉化	(10)
思考与上机练习题	(11)
第二章 原理图基础	(13)
第一节 原理图管理器	(13)
第二节 设计环境设置	(17)
第三节 常用工具箱	(28)
第四节 电气规则检查和标注	(36)
第五节 网络表	(42)
第六节 常用菜单及快捷键	(44)
思考与上机练习题	(47)
第三章 绘制原理图	(50)
第一节 多元件芯片	(50)
第二节 全局编辑	(53)
第三节 原理图实例	(56)
第四节 画图技巧	(62)
思考与上机练习题	(64)
第四章 原理图库元件的绘制	(66)
第一节 认识元件库	(66)
第二节 元件的绘制	(69)
第三节 多元件芯片的绘制	(73)
思考与上机练习题	(75)
第五章 认识电路板	(76)
第一节 电路板结构	(76)
第二节 电路板工作层面	(80)
第三节 电路板操作界面	(85)
第四节 电路板设计环境	(89)
思考与上机练习题	(96)
第六章 绘制电路板	(97)
第一节 手工制作电路板	(97)

第二节 自动布线制作电路板	(129)
思考与上机练习题	(145)
第七章 元件封装的绘制	(149)
第一节 电路板元件库环境	(149)
第二节 更改元件封装	(150)
第三节 画元件封装图	(152)
第四节 制作专用元件库	(157)
思考与上机练习题	(158)
第八章 高级电路板设计技巧	(160)
第一节 特殊操作技巧	(160)
第二节 布线技巧	(167)
思考与上机练习题	(171)
第九章 报表文件	(172)
第一节 生成报表	(172)
第二节 生成底片文件	(176)
思考与上机练习题	(182)
第十章 电路仿真	(183)
第一节 电路仿真的步骤	(183)
第二节 常用的仿真元件	(183)
第三节 常用的仿真电源	(194)
第四节 电路仿真分析	(199)
第五节 仿真常见问题的解决	(210)
思考与上机练习题	(212)
第十一章 信号完整性分析	(218)
第一节 信号完整性的有关概念	(218)
第二节 设置信号完整性分析规则	(219)
第三节 信号完整性分析实例	(220)
附录 A 设计规则	(227)
第一节 走线方面的规则	(227)
第二节 元件布置方面的规则	(234)
附录 B Proteus 7.5 的使用与提高	(239)
第一节 Proteus 7.5 SP3 安装	(239)
第二节 Proteus 7.5 界面介绍	(243)
第三节 基本操作	(245)
第四节 实 例	(250)
参考文献	(258)

第一章 Protel 99SE 简介

Protel 99SE 是 Protel Technology 公司于 2000 年推出的基于 Windows 平台的第六代产品,集强大的设计能力、复杂工艺的可生产性、设计过程管理于一体,可完整实现电子产品从电学概念设计到生成物理生产数据的全过程,以及其中的所有分析、仿真和验证。它既满足了产品的高可靠性要求,又尽最大可能地缩短了设计周期,降低了设计成本。本章将主要针对 Protel 99SE 的发展过程和操作界面作具体的介绍。

本章重点介绍 Protel 99SE 的发展史和特点,并介绍了操作界面。

第一节 Protel 发展史

随着现代科学技术的发展,电子电路的功能越来越强大,电路板的布线也越来越复杂。虽然集成电路得到了广泛应用,但传统的手工电路设计和制板还是无法满足现代电路设计的要求。随着 PC 机的普及,应用计算机软件进行电路设计已经成为普遍采用的技术手段,普通科技人员也可以进行复杂电路的高效率设计制作。近年来,电子设计自动化(EDA)概念的引入,也进一步推动了电子电路的计算机设计技术向前发展。

20 世纪 80 年代中期,计算机已在各个领域得到广泛应用。在这个背景下,美国 ACCEL Technology 公司于 1987 年推出了第一个应用于电子线路设计的软件包 Tango,开创了电子设计自动化的先河,并给电子线路设计带来了设计方法和方式的革命,人们纷纷开始用计算机来设计电子线路,直到今天国内许多科研单位还在使用这个软件包。但是,随着电子业的飞速发展,Tango 开始显示出不适应时代发展需要的弱点。为此,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 这个名字在业内日益响亮。

20 世纪 80 年代末,Windows 系统迅速流行,许多应用软件纷纷开始支持 Windows 操作系统,Protel 也不例外,Protel Technology 公司相继推出了 Protel For Windows1.0、Protel For Windows2.0 等版本。这些版本的可视化功能给用户设计电子线路带来了很大方便。

20 世纪 90 年代中期,Windows95 出现,Protel 也紧跟科技发展步伐,推出了基于 Windows95 的 3.X 版本。3.X 版本的 Protel 加入了新颖的主从式结构,但在自动布线方面却没有什么出众表现。另外,由于 3.X 版本的 Protel 是 16 位和 32 位的混合型软件,故工作不太稳定。

Protel For Windows 在 3.X 版本之后,引进了客户机/服务器的工作环境结构,用户可以根据自己的习惯设置最满意的工作环境。1998 年,Protel Technology 公司推出了给人全新感觉的 Protel 98,不仅将所有应用程序代码由以往的 16 位版本升级到 32 位版本,而且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 Technology 公司又推出了新一代电子线路设计系统 Protel 99,在其中加入了许多全新的特色,并引入了设计数据库文件与设计团队的概念。跨入 2000 年之前,

Protel Technology 公司将 Protel 99 版加强改良成 Protel 99SE(Second Edition),在电路板设计方面作了很大改进,并且大幅度提高了设计数据库文件打开及关闭的工作效率,减少过多的网络广播与接收操作,以避免网络堵塞。

2001 年,Protel Technology 公司更名为 Altium 公司。2002 年,Altium 公司集合各家之长,率先推出了最新一代桌面板级设计系统 Protel DXP,它运行在优化了的设计浏览器平台上,具备了所有当今先进的设计特点,以便处理各种复杂的 PCB 设计过程。通过把设计输入仿真、PCB 绘制编辑、拓扑自动布线、信号完整性分析和设计输出等技术融合,Protel DXP 为用户提供了全线的设计解决方案,从而将电子电路的计算机设计推向了一个新的境界。

2004 年,Altium 公司又推出了一种基于 FPGA 的新型嵌入式系统设计方法——以“现场”设计能力为其独特卖点的 Protel 2004 和 Nexar 2004 设计工具软件,该设计方法充分利用电路板级设计方法,允许设计师省略传统的高级设计语言设计流程而直接设计基于处理器的系统产品。

Protel 2004 是完整的板级设计系统,性能已远远超出传统的板级设计工具,并可无缝地与 Nexar 一起工作。Protel 2004 通过集成 Nano Board(纳米级面包板)和一组基于 IP 的虚拟仪器完全支持 PCB 设计和 FPGA 项目的集成,从而使得用户可以对基于 FPGA 的设计进行快速、交互式实现和调试。

2005 年底,Protel 软件的原厂商 Altium 公司推出了 Protel 系列的最新高端版本 Altium Designer 6.0。它是把电子产品开发系统完全一体化的一个新版本,是业界第一款也是唯一一种完整的板级设计解决方案。Altium Designer 是业界首例将设计流程、集成化 PCB 设计、可编程器件(如 FPGA)设计和基于处理器设计的嵌入式软件开发功能整合在一起的产品,是一种同时进行 PCB 和 FPGA 设计及嵌入式设计的解决方案,具有将设计方案从概念转变为最终成品所需的全部功能。

2008 年,Altium 公司对 Altium Designer 进行了两次升级,有效地将 ECAD 和 MCAD 两种文件格式结合在一起,为电子工程师带来了全面验证机械设计(如外壳与电子组件)与电气特性关系的能力,第一次允许电子设计人员直接进入机械 CAD 的领域,这就打破了电气设计和物理外壳设计领域之间的壁垒。

从 2008 年开始,Altium 公司坚持每半年升级一次,至今已经推出了 Altium Designer Summer 08、Altium Designer Winter 09、Altium Designer Summer 09、Altium Designer 10 等版本。

第二节 Protel 99SE 的特点

Protel 99SE 是 Protel 99 的升级版本,在 Protel 99 版本的基础上又增加了很多新的功能,其具体如下:

(1)在文件存储方面,Protel 99SE 的档案总管(Design Explorer)提供了两种类型的档案存储格式:一般的 Windows 档案系统格式和 Microsoft Access 数据库档案格式,如图 1-1 所示。

(2)在工作层方面,Protel 99SE 新增加了 32 层布线层(Signal Layers)、16 个电源接地层(Power/Ground Planes)、16 个机械层(Mechanical Layers)。可以全部自定的层叠结构(Layer Stack)与钻孔层对(Drill Pair)设定。从图 1-2 中可以看出增加的板层数目。

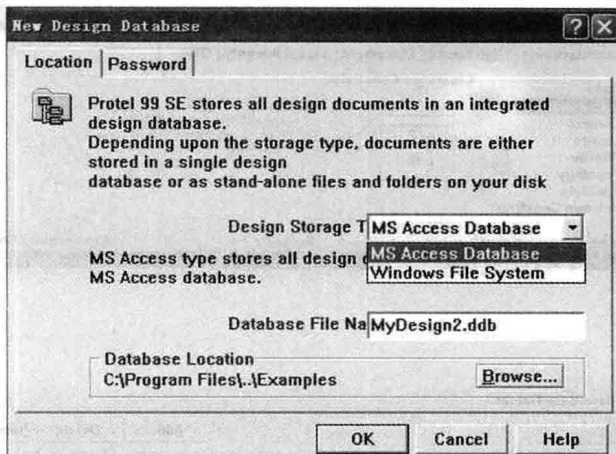


图 1-1 存储方式

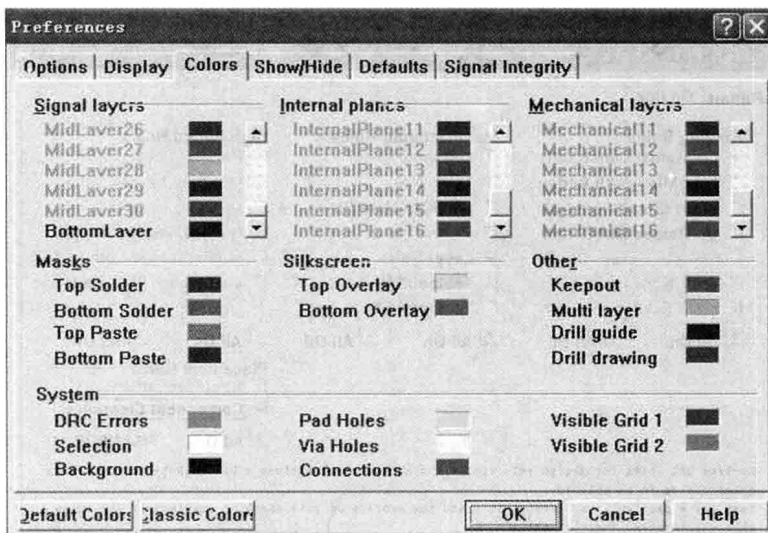


图 1-2 工作板层

(3)在布线方面,Protel 99SE 提供了 7 种新的设计规则(Design Rules)、5 种设计规则锁定范围(Scope)和具有设计规则的汇入/汇出功能及各种设计规则报告资料输出的功能,如图 1-3 所示。

(4)在元件配置方面,Protel 99SE 给出了群组元件的定义、动态的鼠线最佳化和鼠线长度的动态分析提示。另外,提出 X 轴与 Y 轴可分别定义的元件配置格点与简易的特殊范围划分,并提供元件安全间距的联机立即检查(Component Clearances On-line Check)与整批的设计规则检查(Batch DRC),如图 1-4 所示。

(5)在 PCB 元件库编辑(Library Editor)方面,加强了多重元件同时编辑与不限次数的【撤销】/【确认】功能、更全面性的元件【复制】/【剪贴】功能及完整的元件规则检查(Component Rule Check)功能。

(6)在 PCB 自动布线方面,包括整合各种 PCB 设计规则(如自动锁定前置布线(Lock

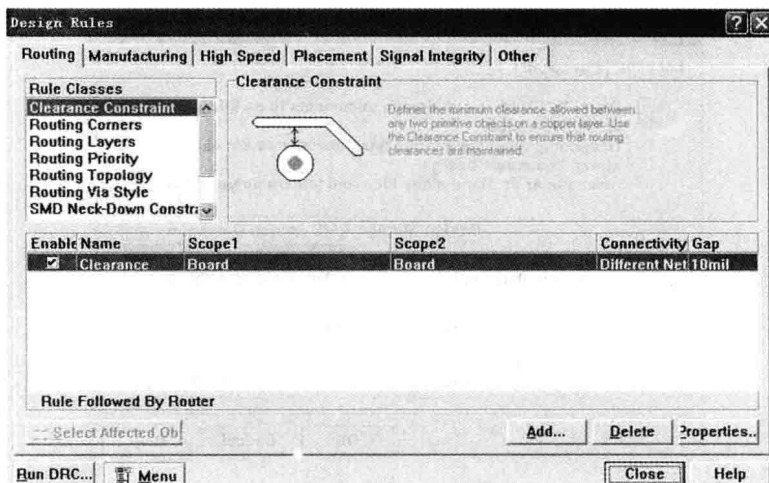


图 1-3 新增设计规则

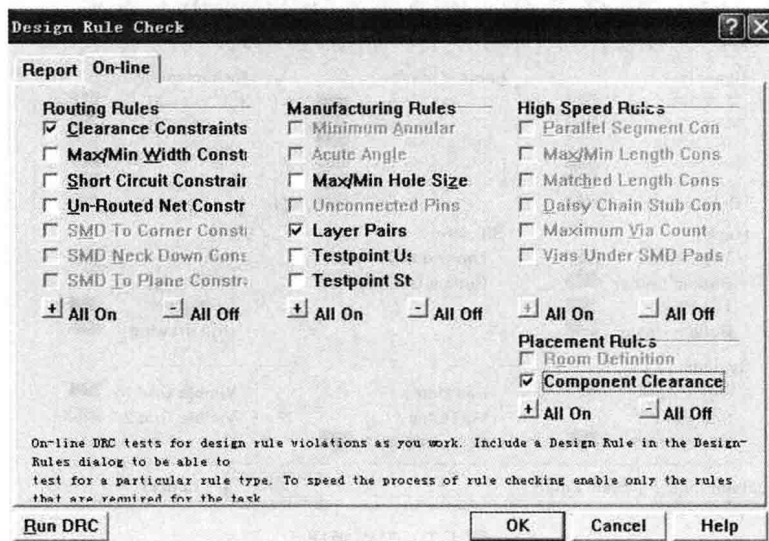


图 1-4 元件检查设置窗口

All Pre-route)、信号线等级(Net Level)和信号线分类群之等级(Net Classes Level)的设计规则评断)、例行性的走线最佳化(Cleanp)处理、可分层指定的布线阻进区(Keep-out)、整合 Spectra 转换介面,如图 1-5 所示。

(7)在电路图编辑器方面(Schematic Editor),增强了元件序号自动标号(Annotate)功能,让元件序号顺序按各图坐标位置编排,然后逐张编排。另外,可直接在图上编辑文字,并可定义多元件芯片(Multi-part Package)的序号字尾(如 U1A 可改为 U1:1)。还有依据电路图自动产生 PCB 元件分类群(Component Group)至电路板编辑器(PCB Editor)。自动标号设置窗口如图 1-6 所示。

Protel 99SE 的混合电路模拟器(Mixed-mode Simulator)提供了完整的数学算式的运算处理,以及模拟输出波形,并具有同时显示两种不同类型波形的能力(如同时显示相位与频

率的波形)。

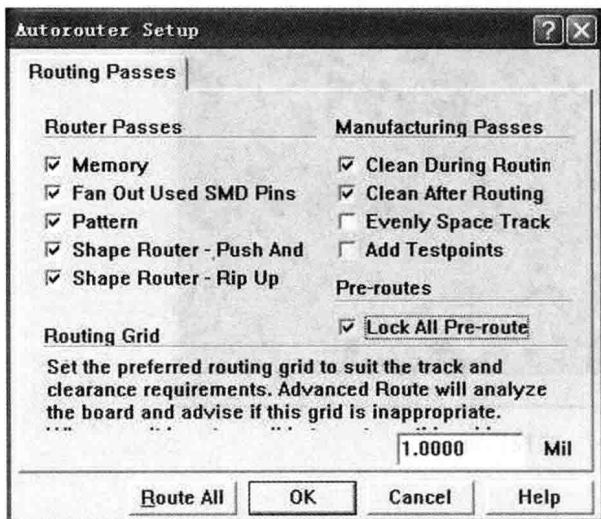


图 1-5 自动布线设置窗口

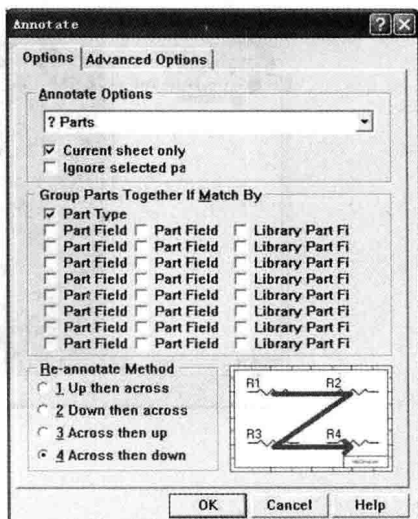


图 1-6 自动标号设置窗口

Protel 99SE 还给出了全新的 PCB 强力组合打印 (Power Print) 功能、全新的 CAM Manager 提升了 PCB 后序制程的能力支援、全新的 3D 模拟印刷电路板的浏览功能等。同时,全新加强的 AutoCAD 档案格式的双向互转界面,提供了全新的 OrCAD 格式的汇入界面。

Protel 99SE 对操作系统要求不高,具体如下。

(1) 基本配置:

- CPU Pentium 级别以上
- 内存 32 MB 以上
- 显示器 在 1024 × 768 分辨率下可显示 256 色以上
- 硬盘 200 MB 以上的空间
- 操作系统 Windows 95/98, Windows NT

(2) 高级配置:

- CPU Pentium IV
- 内存 256 MB
- 显示器 在 1024 × 768 分辨率下可显示 24 位真彩色
- 硬盘 200 MB 以上空间
- 操作系统 Windows 95/98, Windows NT, Windows 2000, Windows XP

第三节 Protel 99SE 基本操作

Protel 99SE 的主控界面主要包括画原理图和电路板的操作界面,当双击桌面上的 Protel 99SE 图标或使用  开始 /【所有程序】/【Protel 99SE】,都可以进入 Protel 99SE 的主控界面。主控界面如图 1-7 所示。

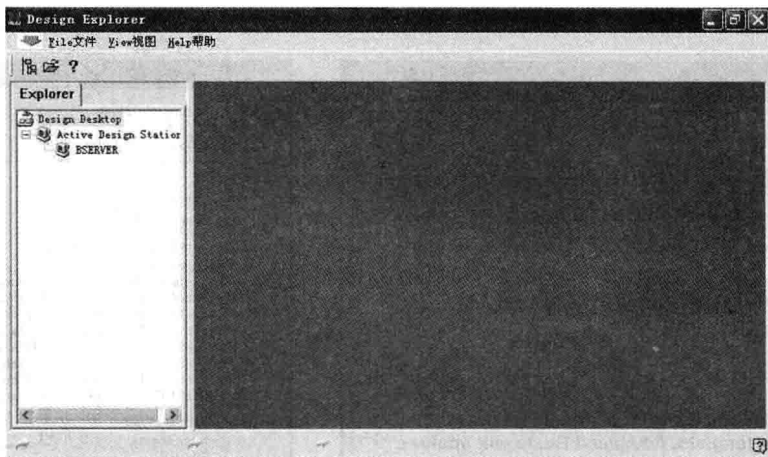


图 1-7 主控界面

一、原理图界面

在 Protel 99SE 主控界面中使用菜单【文件】/【新建】,将出现图 1-8 所示的新建数据库窗口,在 Database File Name(数据库文件名称)后的文本框中输入所画图纸的名称。以后所画的原理图和电路板及其他文件都将保存在该文件中。在该窗口中单击 Browse(浏览)按钮可以设置保存该文件的路径。

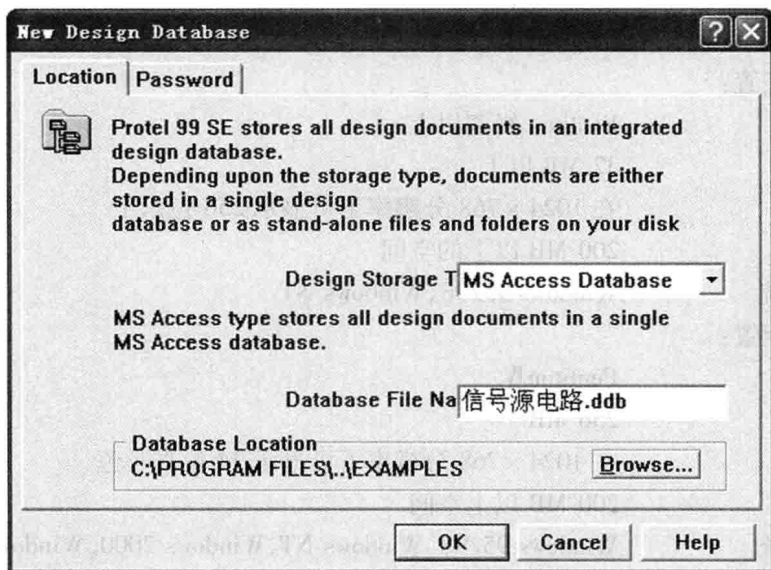


图 1-8 新建数据库窗口

因为 Protel 99SE 生成的附加文件较多,建议建立一个和数据库名称一致的文件夹,将数据库文件保存到该文件夹下。

设置完成后点击 OK,就可以进入数据库文件中,如图 1-9 所示。

在图 1-9 中,使用菜单【文件】/【新建】,将出现图 1-10 所示的文件选择窗口,在该窗口

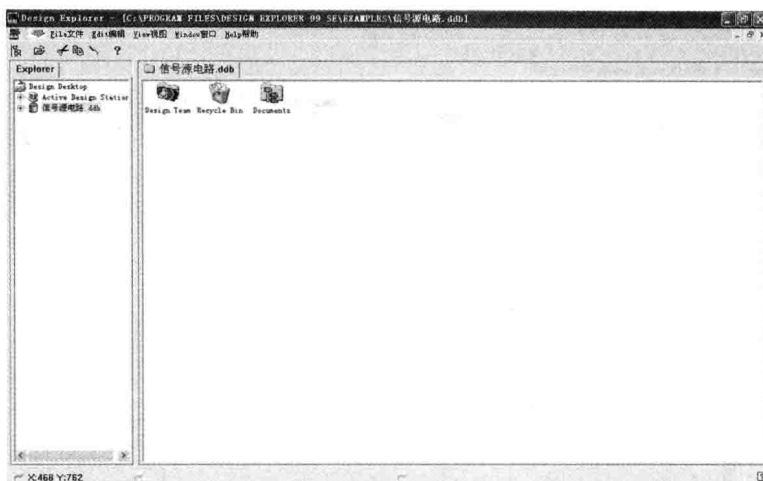


图 1-9 数据库窗口

中选择 Schematic Document(原理图文件), 点击 OK 就可以建立一个系统默认的 Sheet1. sch 文件。双击该文件, 就可以进入原理图编辑环境中, 如图 1-11 所示。

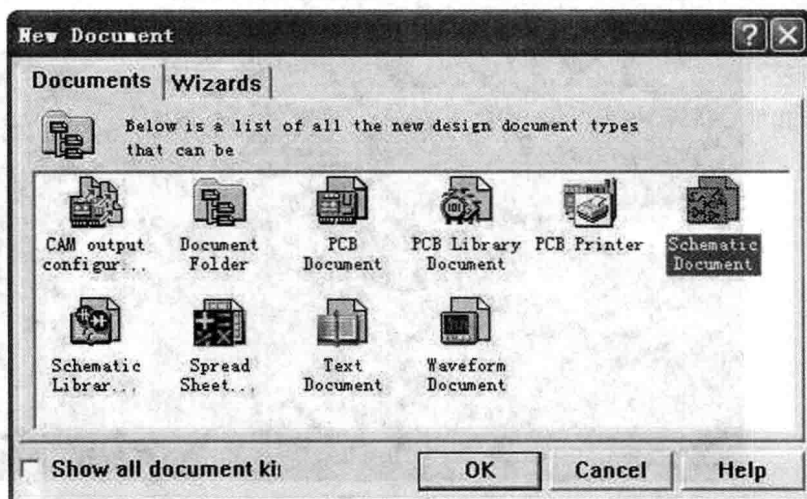


图 1-10 文件选择窗口

二、电路板界面

电路板文件的建立和原理图文件的建立基本相同, 当出现图 1-10 所示窗口之后, 在该窗口中选择 PCB Document, 此时系统默认的文件名称为 PCB1. pcb, 双击打开, 就可以进入电路板编辑界面, 如图 1-12 所示。

说明: 数据库文件后缀为 . ddb, 原理图文件后缀为 . sch, 电路板文件后缀为 . pcb。

如果在建立文件的过程中, 出现了如图 1-13 所示的情况, 可进行以下解锁操作:

当出现图 1-13 以后, 可以点击 Add 按钮, 在出现的图 1-14 中输入 y7zp - 5qqg - zwsf - k858, 然后点击 OK。

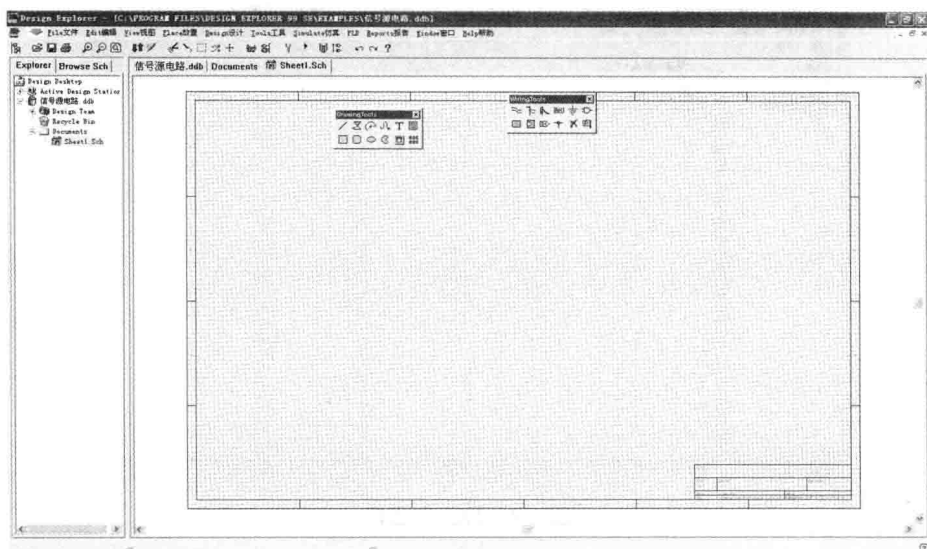


图 1-11 原理图编辑界面

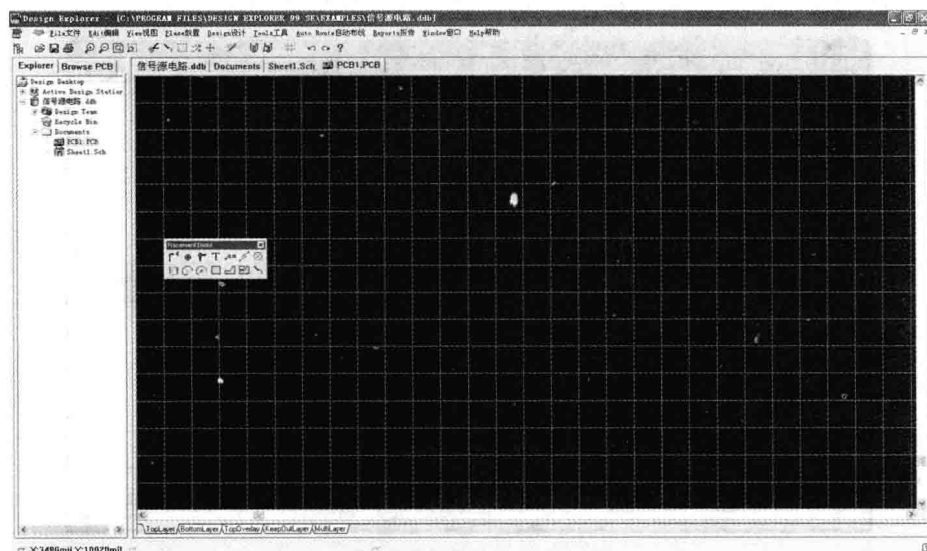


图 1-12 电路板编辑界面

此时图 1-13 将变成图 1-15,表示接受一个用户使用。关掉该窗口就可以建立对应的原理图和电路板文件。

三、常用文件及后缀

在 Protel 99SE 中,除数据库文件、原理图文件和电路板文件外,还有一些文件是需要掌握的。

(一) *.net 文件

在 PCB 文件中,可以通过网络表文件来加载电路图描述,然后继续电路板的设计,它是原理图和电路板连接的桥梁。*.net 文件通常在原理图环境中生成,然后在电路板中调用

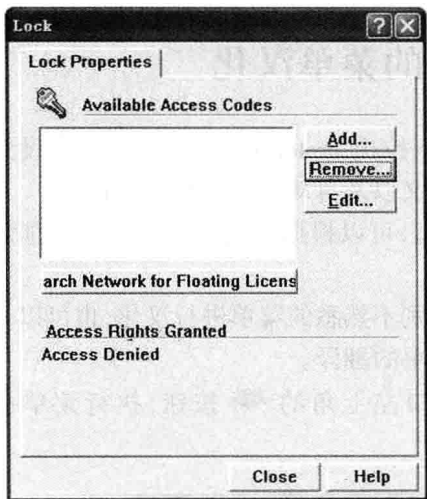


图 1-13 解锁前的窗口

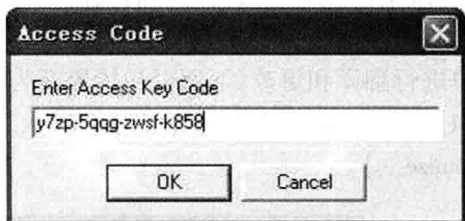


图 1-14 解锁窗口

Protel 99SE 电路板环境中,可以接受 Protel、Protel 2 和 Tango 格式的网络表,它们的后缀都是 . net。

(二) *. cam 文件

该文件是信息报表文件,它包括材料报表、设计规则报表、Gerber 报表、钻孔报表、插件报表和测试点报表。在生成这些文件之前,必须建立一个针对某个特定电路板文件的 cam 设置文件。

(三) *. lib 文件

该文件主要是用来保存元件外形的。在 Protel 99SE 中,主要包含有原理图库文件和电路板库文件。当然,用户也可以在库文件中自己创建和修改元件。

(四) *. erc 文件

该文件主要是对原理图进行电气检查后生成的文件,在文件中可以看到系统根据设置检查原理图的情况。

(五) *. g × × 文件

该文件是一种由 Gerber Schematic 公司开发并用来驱动光学绘图仪的底片文件标准格式。Gerber 文件都是以字母 G 开头,如顶层(Top Layer)的底片文件后缀为 . gtl,丝网层(Top Overlaywe)的底片文件后缀为 . gto。

(六) 其他文件

- *. txt 文件:标准的 ASC II 格式的文本文件。
- *. csv 文件:扩展形式的 ASC II 格式文件。
- *. cmp 文件:元件外形报表文件。
- *. err 文件:元件规则检查报表文件。

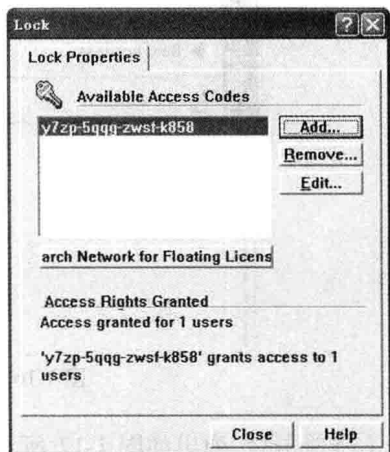


图 1-15 解锁后的窗口

第四节 Protel 99SE 的菜单汉化

点击 Protel 99SE 窗口左上方的  按钮,可以下拉出 Protel 99SE 的基本选项设置菜单,本节主要介绍菜单的汉化,工具栏、快捷键的自定义以及自动存盘功能的设置。

Protel 99SE 中的所有使用资源都可以进行自定义,可以根据需要在工具栏上添加新的按钮、更改菜单或者加入自定义的快捷键等。

如果对汉化包的汉化效果不满意,或者只想对个别不熟悉的菜单进行汉化,也可以自己对菜单进行翻译和更改,下面以初始界面为例进行菜单的翻译。

(1) 打开 Protel 99SE,如图 1-16 所示。单击窗口左上角的  按钮,执行菜单命令【Customize...】。

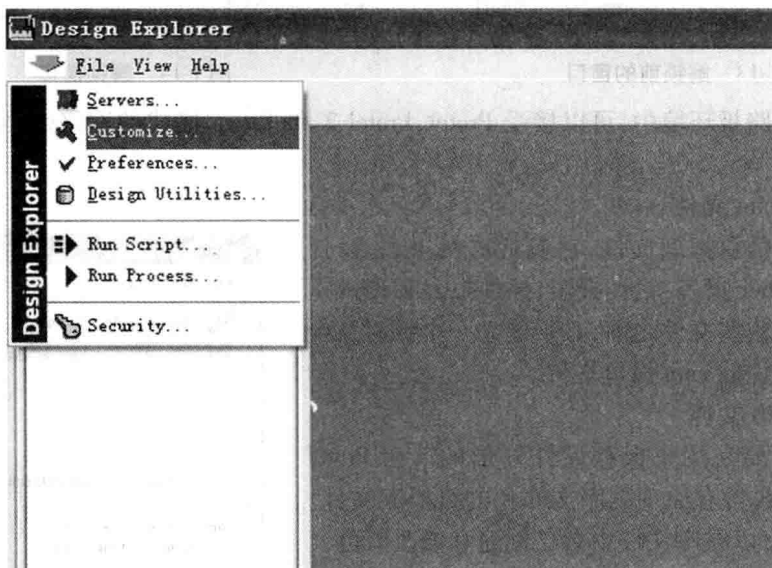


图 1-16 Protel 99SE 基本选项设置菜单

(2) 单击后,弹出如图 1-17 所示的 Customize Resources 对话框,选择 Menus 标签,单击 Menu 按钮。

(3) 在弹出的快捷菜单中点击【Edit】命令,将出现菜单属性对话框,如图 1-18 所示。

(4) 双击前边有加号的菜单,可以打开菜单列表,在 Text 后边的文本框中对应的英文后输入中文翻译,或者将英文删除直接输入中文,即可完成对菜单的翻译,如图 1-19 所示。其中,“&”符号表示紧随其后的字母可以与 Alt 键相配合,如 Alt + F 表示打开【File】菜单。

(5) 单击 Close 按钮,关闭对话框,即可看到翻译后的菜单,如图 1-20 所示。

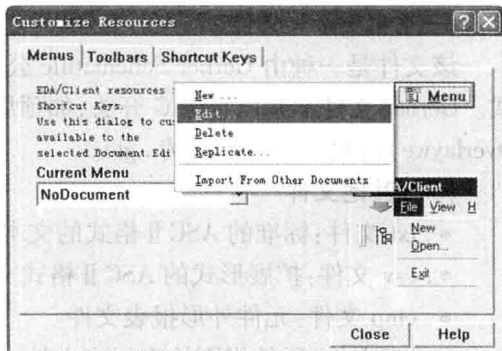


图 1-17 定制资源对话框

(6) 重复上面的步骤,可以对所有常用的菜单进行翻译。

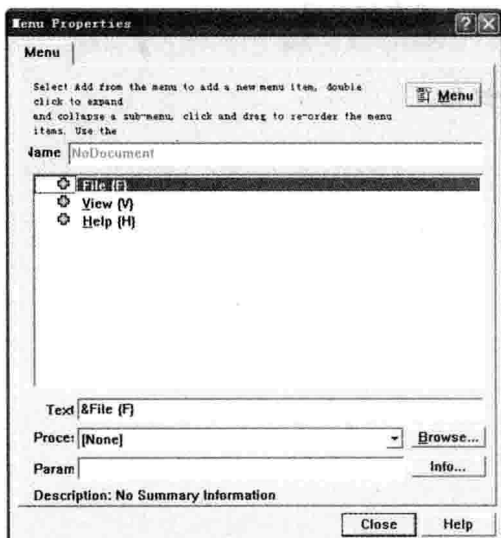


图 1-18 菜单属性对话框

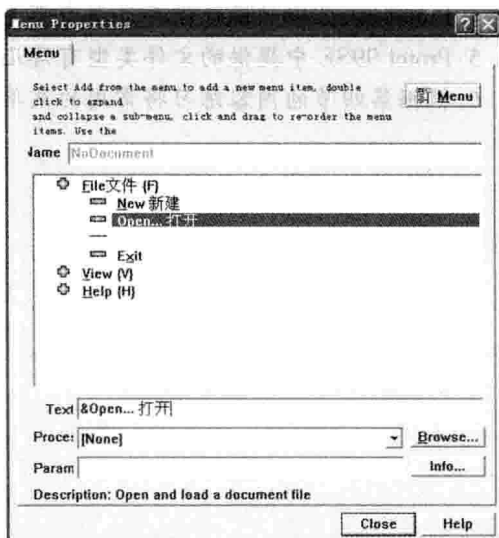


图 1-19 翻译后的菜单属性对话框

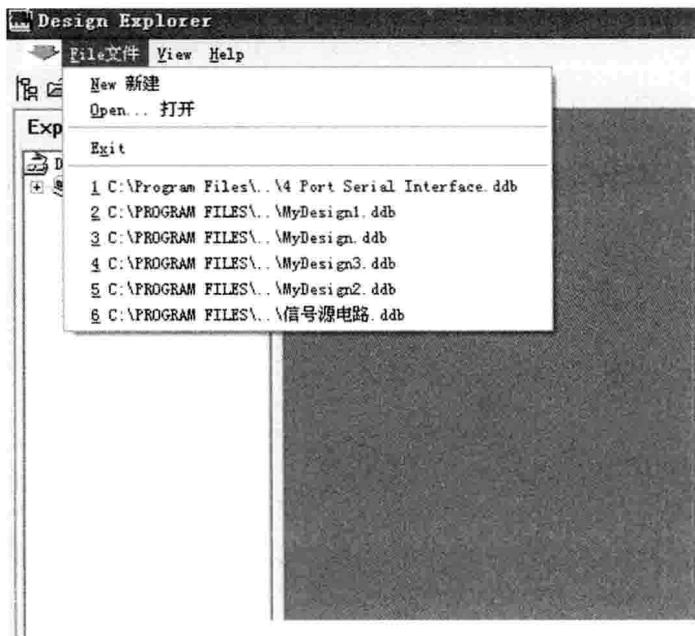


图 1-20 翻译后的菜单

思考与上机练习题

1. 了解 Protel 99SE 发展史。
2. 了解 Protel 99SE 新增特点。