

ZONGHE DIANZI YU PCB SHEJI
WANQUAN XUEXI SHOUCE

综合电子与 PCB 设计 完全学习手册

主编：陆清茹



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

综合电子与 PCB 设计完全学习手册

主 编:陆清茹

副主编:许 庆 王 珩 吉 静



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

综合电子与 PCB 设计完全学习手册 / 陆清茹主编. —
南京: 东南大学出版社, 2019. 3

ISBN 978-7-5641-8298-4

I. ①综… II. ①陆… III. ①印刷电路-计算机辅助
设计-手册 IV. ①TN410.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 027329 号

综合电子与 PCB 设计完全学习手册

主 编 陆清茹
出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
网 址 <http://www.seupress.com>
经 销 全国各地新华书店
印 刷 兴化印刷有限责任公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 15.5
字 数 380 千字
版 次 2019 年 3 月第 1 版
印 次 2019 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-8298-4
定 价 45.00 元

* 本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830

前言

随着电子技术的迅猛发展,现代电子工业也取得了长足的进步,大规模、超大规模集成电路的应用使印刷电路板日趋精密和复杂,传统的手工设计和制作印刷电路板的方法已越来越难以适应生产的需求。为了解决这一问题,各类电路计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design)软件应运而生,其中 Protel 99 SE 和 Altium Designer(AD)两款软件以其高度集成性和扩展性著称于世。在电子行业的 CAD 软件中,这两款软件当之无愧地排在众多 EDA 软件的前面,几乎所有的电子公司都要用到它们,许多大公司在招聘电子设计人才时在其条件栏上常会写着要求会使用 Protel 或 AD。

对于电路 CAD 设计的入门者,可以从学习 Protel 99 SE 软件入手。Protel 99 SE 对于初学者来说简单易学,可以进行原理图编辑和电路元件编辑、PCB(Printed Circuit Board)设计和 PCB 元器件编辑、PCB 自动布线和手动布线等,是一款具有强大功能的电子设计 CAD 软件。它较早就在国内开始使用,在国内的普及率也最高,有些高校的电子专业还专门开设了课程来学习它。

Altium Designer 就是 Protel 的升级版,除了全面继承 Protel 99 SE 等在内的先前一系列版本的功能和优点外,还做了许多改进并增加了很多高端功能。该平台拓宽了板级设计的传统界面,全面集成了 FPGA 设计功能和 SOPC 设计实现功能,从而允许工程设计人员能将系统设计中的 FPGA 与 PCB 设计及嵌入式设计集成在一起。由于 Altium Designer 在继承先前 Protel 软件功能的基础上,综合了 FPGA 设计和嵌入式系统软件设计功能,Altium Designer 对学习者的要求更高一些,一般建议学习过 Protel 99 SE 后再学习 Altium Designer 将会更高效。

本书共分三部分:软件介绍、软件应用和综合实训。从电路设计实用的角度出发,通过第一部分和第二部分的结合,采用“查字典”的方式全面介绍了 EDA 软件中使用最为广泛的两款电路板设计软件 Protel 99 SE 和

Altium Designer 的使用方法,详细介绍了原理图设计、元件制作、PCB 元件的布局、布线及电路设计的仿真等,并范例性地列举了多个综合型实践性案例的软件操作方法;并在第三部分中设置了多个递进式的实训练习。通过以上“三步式”的学习,读者可以轻松掌握 Protel 99 SE 和 Altium Designer 两款 CAD 设计软件的使用和操作。本书的主要特色及说明如下:(1) 本书的编写并不是完全按照 Protel 软件操作界面的顺序逐一介绍,而是从实用的角度出发,按照项目研发过程中进入电路设计和制作阶段的实际需要来应用软件,书中介绍的所有操作步骤和软件使用方法都是编者十多年从事 PCB 设计工作的经验总结。(2) 通过“三步式”结构让读者更容易掌握 Protel 99 SE 和 Altium Designer 软件的使用方法:软件使用介绍、案例示范操作、设置实训练习;(3) 在软件的使用介绍上,本书采用“查字典”的方式,将软件的具体操作细节和快捷键操作等方法放在软件应用部分,以便读者在具体操作时便于查找定位;(4) 在范例部分,本书都采用具有综合性及实践性的完整电子系统作为案例,更具有实际操作示范价值;(5) 实训练习根据软件学习的流程采用“内容逐步递进式”进行设计,让读者可以通过实训练习逐步真正掌握这两款电路板设计软件。本书的特点是全面、实用、条理清晰、通俗易懂,特别适合初学者或作为大学生电子设计竞赛的培训教材使用,也可供大专院校相关专业的学生学习参考。

编者

2018 年 10 月于南京

目 录

第一部分 软件介绍

第 1 章 Protel 99 SE 软件介绍	3
1.1 Protel 99 SE 简介	3
1.2 Protel 99 SE 操作流程	7
1.3 综合案例	26
第 2 章 Altium Designer 软件介绍	41
2.1 Altium Designer 简介	41
2.2 Altium Designer 操作流程	43
2.3 综合案例	50

第二部分 软件应用

第 3 章 Protel 99 SE 软件应用	97
3.1 Protel 99 SE 的文件类型	97
3.2 Protel 99 SE 的运行、安装与卸载	97
3.3 Protel 99 SE 的启动和关闭	104
3.4 系统参数的设置	108
3.5 Location 标签项	110
3.6 设计任务管理器	111
3.7 设计文件的建立	112
3.8 Protel 99 SE 的窗口管理	114
3.9 文件的其他操作	118
3.10 原理图参数的设置	122
3.11 元件库的操作	127
3.12 原理图元件的操作	128
3.13 导线的操作	130

3.14	各元件符号的使用	130
3.15	原理图元件的制作及 PCB 封装	135
3.16	打印输出属性设置	150
第 4 章	Altium Designer 软件应用	151
4.1	Altium Designer Summer 09 软件	151
4.2	原理图设计	161
4.3	PCB 电路板设计	183

第三部分 综合实训

第 5 章	Protel 99 SE 综合实训	213
5.1	实训一 Protel 99 SE 的基本操作	213
5.2	实训二 电路的 ERC 检查,生成元件清单及网络表	215
5.3	实训三 Protel 99 SE 原理图元件的制作及 PCB 封装	216
5.4	实训四 闪光电路的 PCB 设计	217
5.5	实训五 单片机系统的 PCB 设计	219
5.6	实训六 OP07 功率放大器的设计	220
5.7	实训七 数字钟的设计	222
5.8	实训八 设计制作函数信号发生器	228
第 6 章	Altium Designer 综合实训	233
6.1	实训一 Altium Designer 的基本操作	233
6.2	实训二 电路的 ERC 检查及相关报表的生成	234
6.3	实训三 原理图元件的制作	235
6.4	实训四 酒精测试仪原理图的绘制	236
6.5	实训五 电磁检测电路的设计	237
6.6	实训六 封装库元件的设计	239
6.7	实训七 双电机驱动板的设计	239
6.8	实训八 智能车主板的设计	240

参考文献	242
-------------------	------------

第1章 Protel 99 SE 简介

1.1 Protel 99 SE 简介

随着信息时代的到来,电子技术得到前所未有的飞速发展,电子线路被广泛应用于电子线路、传统的人工方式所替代,高效和节省时间。计算机辅助设计方式的出现,同时促进了多窗口(Electronics Design Automation, 电子设计自动化)软件。在这类软件中,Protel 99 SE 以其上手快、操作方便、功能强大、集成度高、易于设计 CAD 软件的代表,同时满足了众多电子设计者的需要。

第一部分

软件介绍

本章简单介绍了 Protel 99 SE 的主要功能,并简要介绍了 Protel 99 SE 的组成结构,为学习 Protel 99 SE 的具体操作打下基础。

1.1.1 Protel 99 SE 的发展历史

随着电子技术的高速发展,电路的规模迅速膨胀,电路设计越来越复杂,而相对的产品生产及上市时间却要求越来越快。在传统的电子设计过程中,电路板的設計需要了设计者大量的时间和精力,而且电路功能修改上相对不便。大量 EDA 软件的出现填补了这一空缺,使得设计者能够更及时而简单地进行电路的变更设计。Protel 便是其中一款功能强大的 EDA 设计软件,可方便地进行原理图设计、电路板或印制电路板(PCB)设计三部分的功能。它操作方便、易用、集成度高、上手简单、操作方便,功能齐全的电子设计工具,同时也是电子设计者必备的软件。

Protel 系列产品源自美国著名的 Protel 公司开发设计。Protel 系列产品的前身是一款名为 TANGO 的软件,最初由美国加州的 TANGO Technology 公司于 1987—1988 年推出,随后被澳大利亚的 Protel 公司收购。随着电子工业的发展,早期的 TANGO 软件已难以满足电路设计需求,因此,为了改变这一现状,Protel 公司及其开发团队推出了 Protel 系列软件,并在此后不断推出新版本,不断完善其设计、提供最新的技术。1995 年,在 TANGO 的基础上,Protel 公司连续推出了适用于 DOS 操作环境的 Protel 95 版本软件,1997 年,又更进一步推出了适用于 Windows 操作环境的 Protel 97 Windows 软件。1997 年,Protel 公司继续在其基础上开发了面向用户、可操作性和设计、PCB 设计、仿真、板级设计和自动制造 5 个核心模块的 Protel 99 SE 软件。1999 年,Protel 公司最先推出了具有从电路设计到电路分析的完整体系结构 Protel 99 SE 软件。2000 年,Protel 公司推出了自动化程度更高、功能更齐全的 Protel 99 SE 软件,该软件性能进一步提升,同时该软件也首次引进了“设计浏览器”平台。2002 年,Protel 公司改名为 Altium 公司,同时对其原有软件更新,推出了性能更为强大的 Protel DXP 软件。2003 年,Protel DXP 软件进一步完善,Protel 2004 软件推出(2004 年,Altium 公司继续更新推出 Altium Designer 6.0,该版软件在印制

第 1 章 Protel 99 SE 软件介绍

1.1 Protel 99 SE 简介

随着信息化时代的到来,电子行业得到前所未有的飞速发展。对于越来越复杂的大型电子线路,传统的人工方式被便捷、高效和智能的计算机辅助设计方式所取代,同时出现了许多 EDA(Electronic Design Automation, 电子设计自动化)软件。在这些软件中,Protel 99 SE 以其上手快、操作简单、效率高等诸多优点成为电子设计 CAD 软件的典型代表,同时赢得了众多电子设计者的青睐。

本章简单介绍了 Protel 99 SE 的发展历史、模块组成、主要特点和软件运行等概况,在真正学习 Protel 99 SE 的具体操作前,使读者对该软件有一个基本的了解。

1.1.1 Protel 99 SE 的发展历史

随着电子技术的高速发展,电路的集成度越来越高,线路设计越来越复杂,而相对的产品生产及上市时间却要求越来越快。在传统的电子设计过程中,电路板的设计耗费了设计者大量的时间和精力,而在电路功能设计上相对不够。大量 EDA 软件的出现解决了这一难题,使得设计者能将更多的时间用于电路的功能设计上。Protel 便是其中一款高效便捷的 EDA 设计软件,由电路的原理图设计、电路仿真和印制电路板(PCB)设计三部分功能构成,它是目前 EDA 行业中上手简单、操作方便、功能齐全的开发工具的典型,同时也是电子设计者的首选软件。

Protel 系列产品由澳大利亚 Protel 公司开发设计。Protel 系列产品的前身是一款名为 TANGO 的软件,该软件由美国 ACCEL Technologies 公司于 1987—1988 年推出,随后被澳大利亚 Protel 公司收购。随着电子工业的发展,早期的 TANGO 软件已对日益复杂的电路设计要求渐感力不从心。为了改变这一现状,Protel 公司在原有基础上推出了 Protel 系列软件,并且在接下来的近 25 年中不断更新软件,提供最新的技术。1985 年,在 TANGO 的基础上,Protel 公司改进推出了适用于 DOS 操作环境下的 Protel for DOS 软件;1991 年,又更新推出了适用于 Windows 视窗操作系统的 Protel for Windows 软件;1997 年,Protel 公司继续更新推出了包含原理图输入、可编程逻辑器件(PLD)设计、仿真、板卡设计和自动布线 5 个核心模块的 Protel 98 软件;1999 年,Protel 公司最先推出了具有从电路设计到电路分析的完整体系的 Protel 99 软件;2000 年,Protel 公司推出了自动化程度更高、功能更齐全的 Protel 99 SE 软件,该软件性能进一步提高,同时该款软件也首次引进了“设计浏览器”平台;2002 年,Protel 公司改名为 Altium 公司,同时对原有软件更新,推出了性能更为强大的 Protel DXP 软件;2003 年,Protel DXP 被进一步完善,Protel 2004 软件出现;2006 年,Altium 公司继续更新推出 Altium Designer 6.0,该款软件在印制

电路板 PCB 设计性能上得到大大提高;2008 年,Altium Designer Summer 8.0 推出;2009 年,Altium Designer Winter 8.2 问世,在上一版本的基础上软件功能和运行速度得到再次增强,从而使得该款软件成为最强大的电路一体化设计工具。

在电子行业中,Protel 系列软件当之无愧地排在众多 EDA 软件的前面,它高效地实现了从设计概念到生产的无缝连接。在 Protel 系列软件中,Protel 99 SE 以所占资源少、操作简便及功能齐全等优点,成为目前使用最为广泛的 Protel 版本。

1.1.2 Protel 99 SE 的组成与特点

Protel 99 SE 虽然占用资源很少,但其功能较为齐全,可谓“麻雀虽小,五脏俱全”。绝大多数款的 BS 应用程序,它除了有一个基本的框架窗口外,软件本身还提供了相应的各个组件之间的设计者接口,这种人性化的设计使得设计者在运行主程序时各服务器程序都可在需要的时间被及时调用,大大加快主程序的启动速度,同时为软件以后的更新和性能的提高提供了便利。

Protel 99 SE 一般由 5 大功能模块构成,分别是原理图设计模块、印制电路板(PCB)设计模块、布线模块、可编程逻辑器件模块和仿真模块。其中原理图设计模块和印制电路板(PCB)设计模块是一般设计工作中的重点,而其他模块可以说都是为这两个模块服务的,而 Protel 99 SE 软件正是电路板设计中的典型。

Protel 99 SE 软件的多个模块也决定了该软件的文件格式和类型不会少,不同的文件格式和类型只能在特定的模块中存在并有效。

下面就 Protel 99 SE 软件的原理图设计模块和印制电路板(PCB)设计模块以及软件中的文件进行简单的介绍和说明。

Protel 99 SE 的功能较多,从原理图设计到印制电路板(PCB)设计再到电路性能仿真一应俱全,其中又以原理图设计和印制电路板设计这两大块功能尤为突出。下面就这两个系统进行简单的介绍。

(1) 原理图设计模块(Schematic 模块)

原理图又被叫做“电路原理图”,一般用导线将电源、电阻等各种用电器、开关和电流表等连接起来所组成的具有一定功能特性的电路,它是按照统一的符号所表示出来的,可以直接体现电子电路的结构和工作原理,一般用于设计和分析电路。

由于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,因此也可以说,原理图就是用来体现电子电路的工作原理的一种工具。

图 1.1 所示为用 Protel 99 SE 软件所绘制的某张电路原理图,该原理图是在 Schematic 模块下绘制完成的。

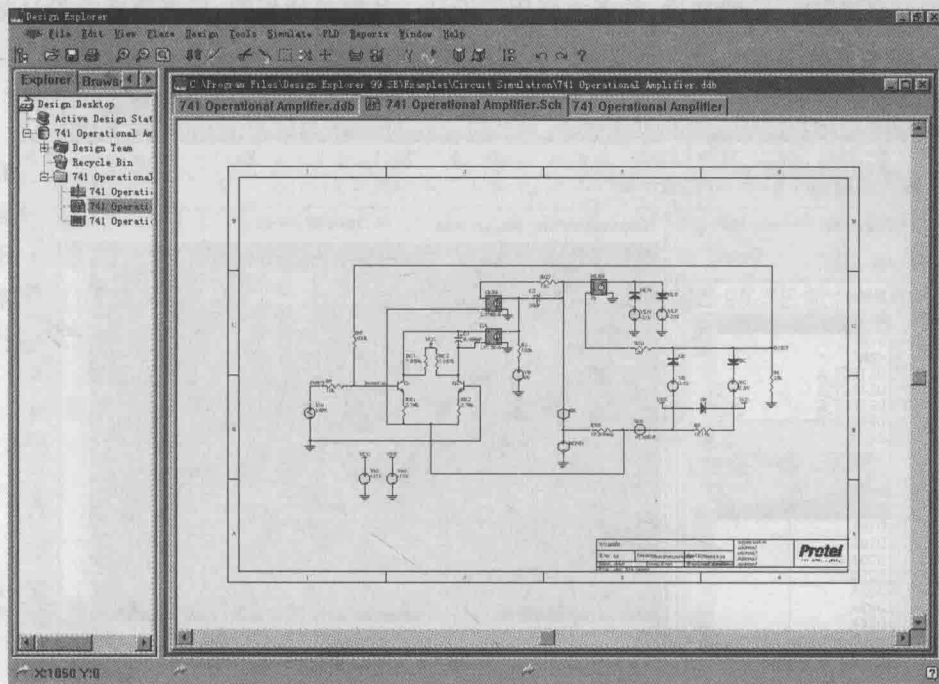


图 1.1 Schematic 模块下绘制完成的原理图

图 1.1 所示为电路图编辑器界面,它是 Protel 99 SE 软件的三大组件之一,另外两大组件分别是电路图元件库编辑器和各种文本编辑器。

Schematic 模块主要用于原理图的设计和绘制。在该模块中,除了可以直接从器件库中调用元件绘制原理图外(原理图编辑器),还可以修改甚至生成新的元件(电路图元件库编辑器),同时还可以生成各种报表(各种文本编辑器)。该模块支持层次化设计,编辑功能齐全灵活,设计、绘制时强大的自动化功能都使得设计者工作效率大为提高。

原理图编辑器具有大量的元件库,库中元件较为齐全,且操作简单,主要用于原理图的设计和绘制,根据该编辑器所提供的网络表可以为后期的印制电路板设计服务。除此之外,该编辑器采用分层的方式进行组织和设计,原理图绘制完成后可以进行电气设计检验,无误后进行打印输出。这诸多优点及功能大大减少了设计者的工作量,同时提高了设计者的工作效率,使设计者可以轻松完成所需承担的设计任务。

(2) 印制电路板(PCB)设计模块

印制电路板的设计是以电路原理图为依据,接着设计和绘制制板图,再根据制板图制作出具体的电路板,从而实现电路设计者所需要的功能。这几个环节环环相扣,缺一不可,特别是印制电路板设计这一环,由于它是电路原理图到制作具体电路板的桥梁,所以显得尤为关键。

印刷电路板的设计不光使板图设计最优化外,在设计过程中还需考虑许多现实的因素,诸如:板图布局是否方便和外部连接,电磁保护、热耗散等问题是否得到解决。优秀的板图设计不仅可以为厂家节约生产成本,达到良好的电路性能,同时具有较好的散热性能从而提高产品的使用寿命。在板图设计方面有两种实现方式,一种是通过手工,另一种是通过计算

机辅助设计(CAD)。一般来说,前者主要用于设计一些简单的版图,后者更适合设计复杂些的版图。图 1.2 所示为一张由原理图生成的印制电路板制板图。

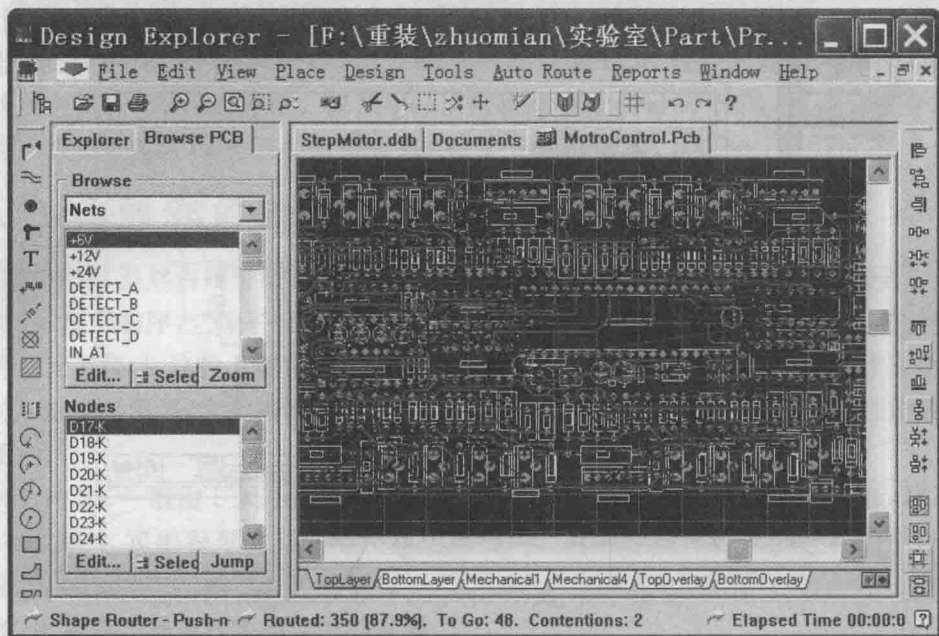


图 1.2 一张标准的印制电路板制板图

印制电路板设计模块具有以下功能和特点:界面人性化,操作简单灵活;除了库中已有的大量元件可直接调用外,该模块还可以修改和创建新的元件;无论是简单还是复杂的电路均可设计印制实现;整个设计过程都有着强大的自动化功能;在线式库编辑及完善的库管理;完备的输出打印系统等。

在 Protel 99 SE 中,针对不同模块,有许多不同的文件格式。Protel 99 SE 安装完成后,几个子文件夹会自动生成在设计者所指定的安装目录下,其中包括主应用程序文件 client 99. exe。Protel 99 SE 的文件夹多种多样,下面选取部分文件结构进行说明:如 Backup 文件主要用于存放被修改的文档的备份;Examples 文件夹中存放 Protel 99 SE 软件本身附带的例子;同其他软件一样,Help 主要用于存放 Protel 99 SE 的帮助文件;System 用于存放 Protel 各服务器程序文件;Library 文件夹下有 5 个子文件夹:PCB 存放 PCB 库文件、PLD 存放 PLD 库文件、SCH 存放原理图库文件、Signal Integrity 存放信号完整性库文件以及 SIM 存放仿真库文件。

Protel 99 SE 的文件类型和它的文件格式一样,也是种类繁多,一些具体的文件类型说明见 3.1 节。

Protel 99 SE 的运行、安装与卸载见 3.2 节。

1.1.3 小结

本节对 Protel 99 SE 的发展历史、主要组成部分及特点进行了简要的介绍,并对 Protel 99 SE 的运行环境做了说明,希望读者在进行后面的学习和设计前能对 Protel 99 SE 有一个初步的认识。

1.2 Protel 99 SE 操作流程

在已安装 Protel 99 SE 软件的基础上,设计者可以真正进入到软件的使用和设计阶段,但在设计某个具体的电路前我们需对 Protel 99 SE 软件进行熟悉和学习。第一步就需要我们对 Protel 99 SE 操作的基本知识有所了解,从而对这款软件形成一个初步的认识和理解。

本节通过设计一个如图 1.3 所示直流稳压电路为例对 Protel 99 SE 软件的整个设计过程进行演示和说明。

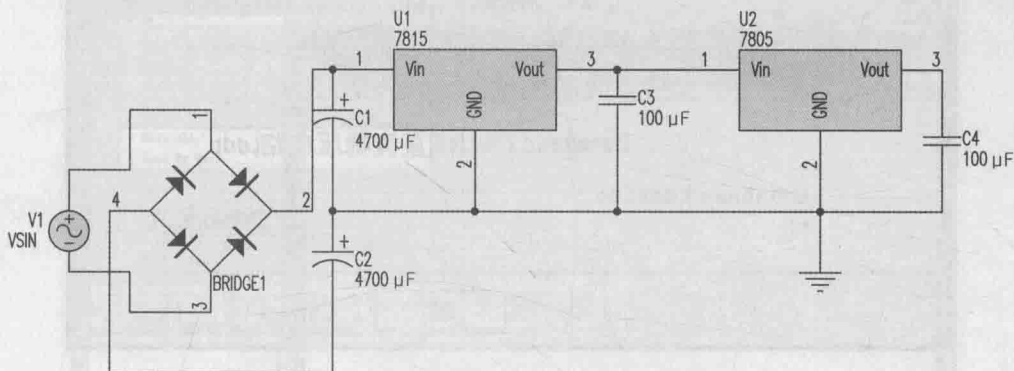


图 1.3 直流稳压电路

1.2.1 原理图的设计

如图 1.4 所示,原理图设计的步骤较为复杂,一般一个完整的电路原理图设计过程主要由以下步骤组成:在新建原理图设计文件的基础上,进入该文件;对绘制图纸和工作界面参数进行初始设置;在参考已构思完成的电路基础上放置元件,并把元件一一拖至相应的位置;通过工具把各个元件连接起来,调整元件的位置并完善原理图;对完成的原理图进行电气检查,根据提示修改并完善电路图;在原理图无误后生成网络表并保存和输出。

1) 设计任务的建立

对于第一次使用 Protel 99 SE 的用户来说,在成功打开系统之后(见 3.3 节),按照用户的喜好对系统参数进行设置(见 3.4 节)。

在对系统参数设置后,用户就可以开始进行电子电路的设计了。在做具体的设计前,首先要在 Protel 99 SE 中建立一个新的设计任务,具体操作如下:

单击软件上方菜单栏中的“File”菜单,在“File”菜单的下拉菜单栏中选“New”命令项,会弹出一个新建任务对话框(该对话框的说明见 3.5 节),本实例设计任务名取为“整流稳压电路”,

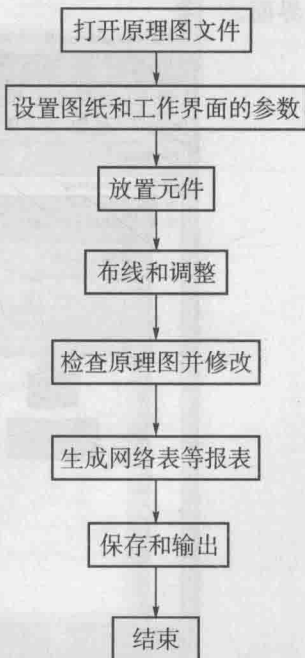


图 1.4 原理图设计流程

如图 1.5 所示。

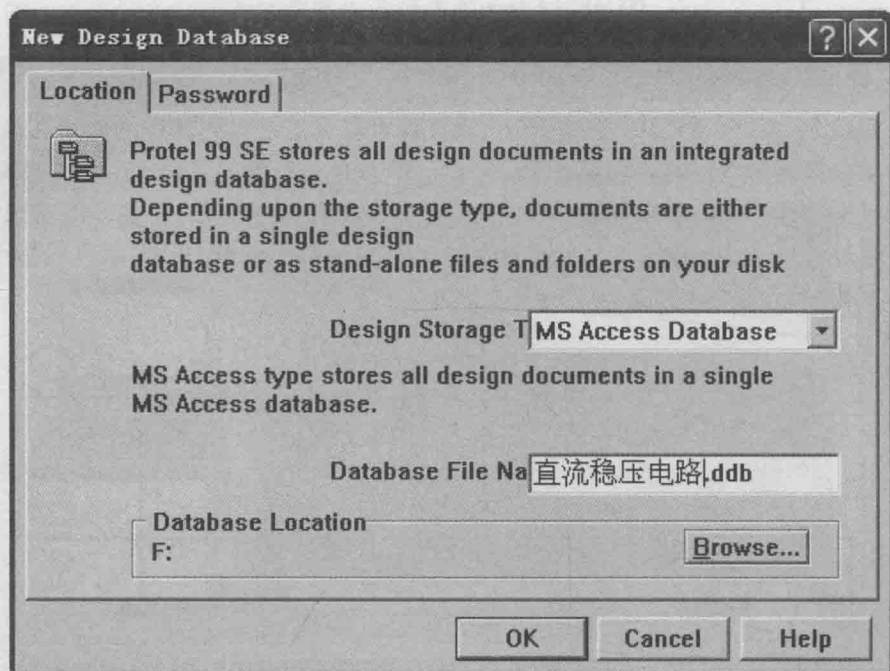


图 1.5 Location 标签项对话框

单击“OK”按钮,用户就完成了对设计任务的建立,同时进入如图 1.6 所示的设计管理界面。

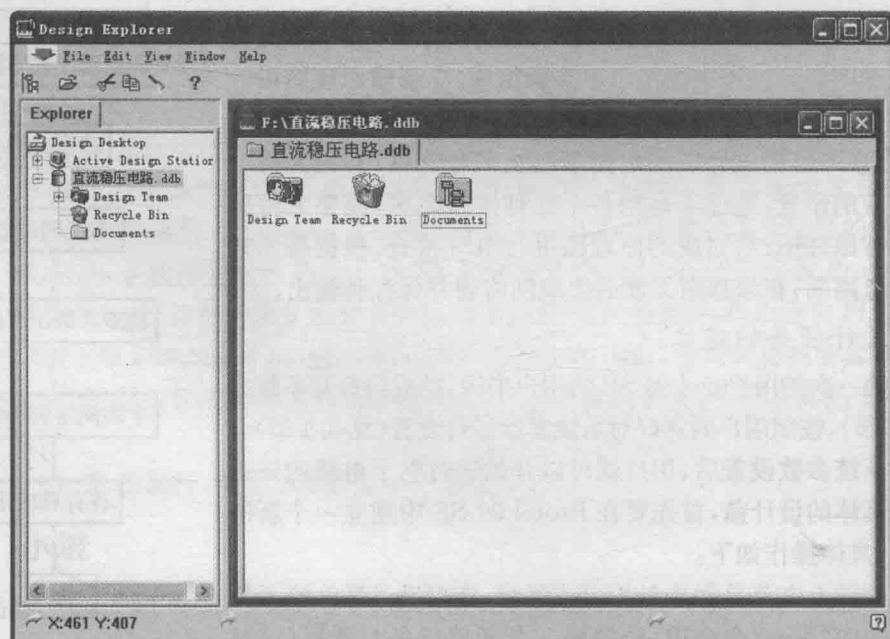


图 1.6 设计管理界面

设计任务管理器的具体介绍可参考 3.6 节。

2) 设计文件的建立

下面我们来学习 Protel 99 SE 中的设计文件是如何建立的。在 Protel 99 SE 中可以通过三种方式建立一个新的文件(见 3.7 节)。

比较常用的一种方法是双击进入 Documents 文件夹,然后点击软件菜单栏中的“File”命令,找到其下拉菜单中的“New”命令并单击该命令(图 1.7),从而打开如图 1.8 所示的新建文件对话框,我们选择原理图文件类型,单击“OK”按钮,即可创建一个相应的新文件。

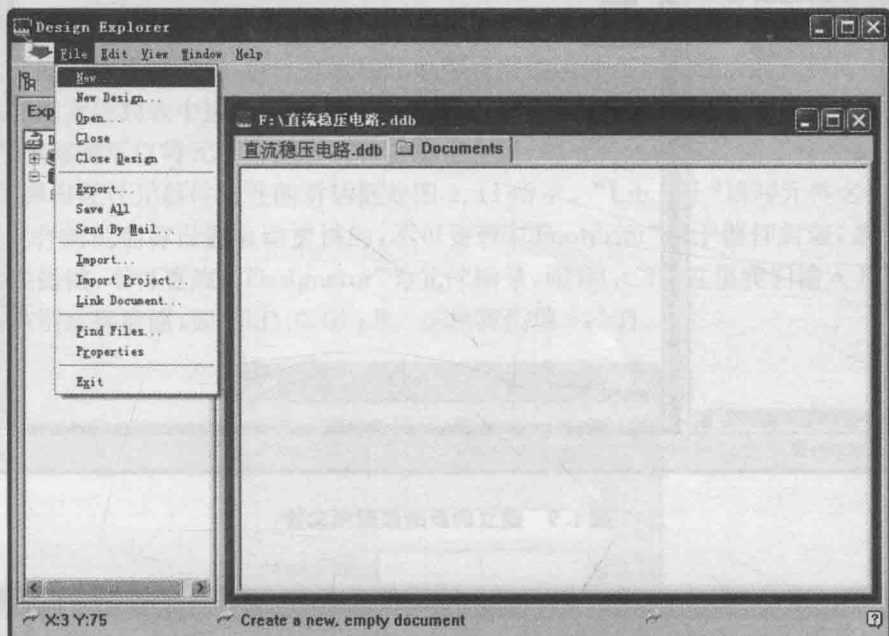


图 1.7 通过菜单栏建立新的文件

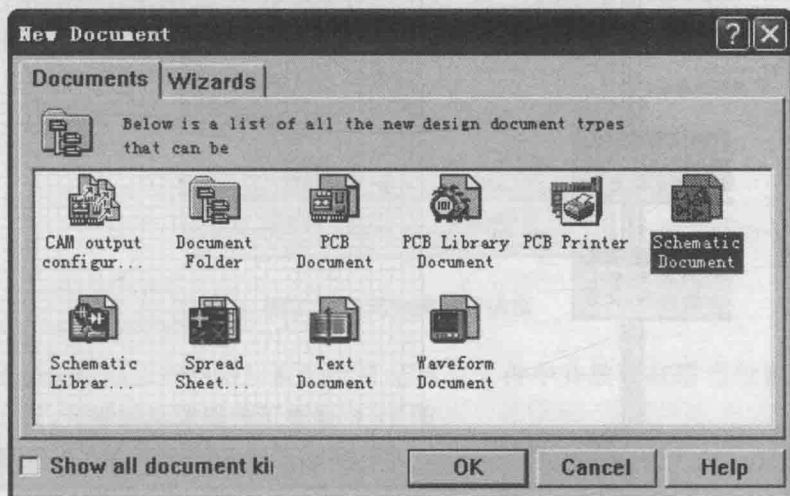


图 1.8 新建文件对话框

在如图 1.9 所示的界面,新建的原理图文件名处于可编辑的状态,若想再次修改文件名,可单击文件名进行修改。修改后双击文件图标,进入到如图 1.10 所示的原理图设计界面,文件的系统界面介绍可参考 3.8 节。

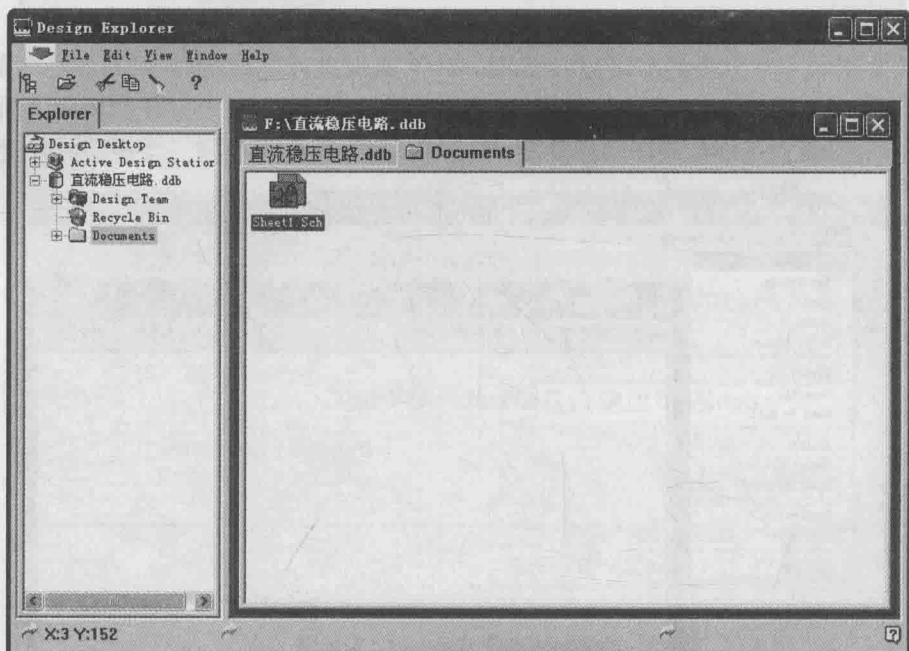


图 1.9 建立的新的原理图文件

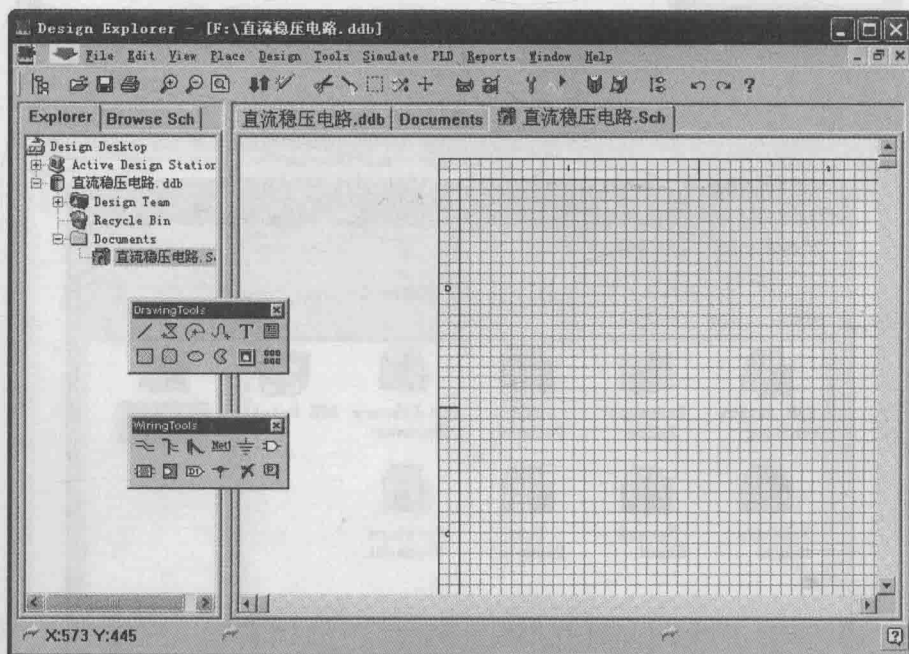


图 1.10 原理图设计界面