

21

高等学校信息工程类“十二五”规划教材

# 电子线路CAD实用教程

(第四版)

潘永雄 沙河 编著

DIANZI XIANLU CA  
SHIYONGJIAOCHEN



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

## 内 容 简 介

本书以从事电子线路设计的工程技术人员、高等学校电子类专业学生为读者对象,讲解了电子线路计算机辅助设计(CAD)的基本概念、设计规则,通过典型实例,全面介绍了目前应用广泛的电子线路 CAD 软件包——Protel 99 SE 的主要功能(包括原理图编辑、电路仿真、印制电路板设计、信号完整性分析)、安装和使用方法。考虑到从事电子线路 CAD 设计者的实际工作需要,本书结合实例,尤其是对模拟仿真部分,作了较为详细的讲解。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子线路 CAD 实用教程 / 潘永雄, 沙河编著. —4 版.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2012.11

高等学校信息工程类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2939-1

I. ①电… II. ①潘… ②沙… III. ①电子电路—计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 247645 号

策 划 马乐惠

责任编辑 张 玮 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2012 年 11 月第 4 版 2012 年 11 月第 24 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 21.5

字 数 505 千字

印 数 160 001~168 000 册

定 价 36.00 元

ISBN 978-7-5606-2939-1/TN

**XDUP 3231004-24**

\*\*\*如有印装问题可调换\*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

# 序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和结构的调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应的教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入21世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电学院、西安邮电学院、重庆邮电学院、吉林大学、杭州电子科技大学、桂林电子科技大学、北京信息科技大学、深圳大学、解放军电子工程学院等10余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定对这两大类专业教学计划和课程大纲,对目前本科教育的发展变化和相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材的作者及审稿人。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、好中选优、以质取胜。教材内容要反映21世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用;体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生具有从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

# 高等学校计算机、信息工程类专业 规划教材编审专家委员会

主任：杨震（南京邮电大学校长、教授）

副主任：张德民（重庆邮电大学通信与信息工程学院院长、教授）

韩俊刚（西安邮电学院计算机系主任、教授）

## 计算机组

组长：韩俊刚（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

王小民（深圳大学信息工程学院计算机系主任、副教授）

王小华（杭州电子科技大学计算机学院教授）

孙力娟（南京邮电大学计算机学院副院长、教授）

李秉智（重庆邮电大学计算机学院教授）

孟庆昌（北京信息科技大学教授）

周娅（桂林电子科技大学计算机学院副教授）

张长海（吉林大学计算机科学与技术学院副院长、教授）

## 信息工程组

组长：张德民（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

方强（西安邮电学院电信系主任、教授）

王晖（深圳大学信息工程学院电子工程系主任、教授）

胡建萍（杭州电子科技大学信息工程学院院长、教授）

徐祎（解放军电子工程学院电子技术教研室主任、副教授）

唐宁（桂林电子科技大学通信与信息工程学院副教授）

章坚武（杭州电子科技大学通信学院副院长、教授）

康健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）

蒋国平（南京邮电大学自动化学院院长、教授）

总策划：梁家新

策划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案：马武装

# 前 言

本书第三版出版至今已近 5 年，这期间电子元器件封装工艺有了长足的进步，贴片封装元件已成为主流，甚至功率元件也以贴片封装为主；元件封装尺寸越来越小，引脚数量越来越多，引脚间距越来越小，印制电路板布线密度越来越高。

第四版继续围绕表面封装元器件布局/布线特征、PCB 设计一般原则，对第三版内容做进一步的修改。在修改过程中，尊重并吸收了使用该书前三版的教师及读者提出的意见和建议；依据 PCB 工艺进步、电子产品小型化特征，重点调整了第 5 章内容，并新增了“第 6 章 PCB 设计基础”。

(1) 重写了第 5 章内容，按系统性原则，将其中部分内容移入新增的第 6 章中。

(2) 在新增的第 6 章中，详细、系统地介绍了 PCB 设计的基本知识及原则；结合 PCB 工艺，介绍了 PCB 可靠性设计、可制造性设计、散热设计等方面内容。

本书第四版虽然在内容上做了较大的修改，但仍保留了第三版的布局架构。由于价格因素及 PCB 设计行业的特有规律，Protel 99 SE 版在国内依然有大量用户。因此，本书第四版没有必要过多地介绍 Protel DXP 2004 或 Altium Designer xx 等更高版本的使用方法，重点依然放在电子 CAD 设计规律的介绍方面。毕竟 CAD 设计软件仅仅是实现设计思想的平台，掌握了电子 CAD 设计规则、方法、注意事项后，使用什么软件实现就不难了。

本书可作为高等学校信息工程类“电子线路 CAD”课程的教材或教学参考书，也可作为从事电路线路设计工作的工程技术人员的参考资料。

尽管我们力求做到尽善尽美，但因水平有限，书中难免有不当之处，恳请读者继续批评、指正。

编者

2012 年 5 月

## 第三版前言

在电子设备、电子产品微型化及高频化需求的驱动下，近年来元件封装技术及工艺取得了很大进步。在电子设备、电子产品中大量采用表面封装元器件已成为一种趋势，这不仅可减小电路板的面积，也有利于降低系统整体的成本(表面封装元器件价格比传统穿通式元件低，以表面封装元器件为主的 PCB 板生产与器件装配工效较高)，还可提高电路系统的可靠性。

本书围绕表面封装元器件特征、PCB 设计特有规律，对第二版内容进行了全面的修改。

(1) 重写了第 5 章内容。在涉及元件封装时以表面封装元器件为主，淡化了传统穿通式封装，此外还增加了 PCB 设计基础知识，如布局、布线一般规则，地线与电源线布线要求，各种常见的电源电路排版方式等。

(2) 调整并完善了第 1、2、6、7 等章节的内容，并增加了如何建立、使用及维护专用元件封装图形库文件方面的内容。

(3) 更正、补充了第二版中的错漏。

第三版虽然在内容上做了较大的修改，但仍保留了本书第二版的布局架构。由于价格因素及 PCB 设计行业特有规律，Protel 99 SE 版在国内依然有大量用户。因此，本书没有过多地介绍 Protel DXP 版的使用方法。

本书可作为高等学校及高职院校电子类专业“电子线路 CAD”课程的教材或教学参考书，也可作为从事电子线路设计工作的工程技术人员的参考资料。

尽管我们力求做到尽善尽美，但因水平有限，书中不当之处在所难免，恳请读者继续批评指正。

编者

2007年2月

## 第二版前言

Protel 99 SE 与 Protel 99 相比,功能、使用环境、操作方式等变化不大,Protel 99 用户在使用 Protel 99 SE 时不会有陌生感。Protel 99 SE 主要完善并强化了模拟仿真分析、信号完整性分析功能,如简化了初始化设置项,增加了波形观测方式等。

本书围绕 Protel 99 SE 的新增功能、用法,并采用了使用《电子线路 CAD 实用教程(第一版)》教材的任课教师的意见、建议,对第一版内容进行了全面的修改。除调整部分章节内容外,还重写了第 1、4、5、6 章及第 2 章部分内容。本书修改内容安排如下:

(1) 删除了第一版中对 Protel 98 的介绍。第一版简要介绍 Protel 98 功能、安装方式的原因是 Protel 98 对硬件配置要求较低,原理图编辑、PCB 设计(自动布局、自动布线)、元件制作等功能也基本完善。而目前微机硬件配置已能流畅地运行 Protel 99 SE,因此没有理由不升级到 Protel 99 或 Protel 99 SE。

(2) 依据 Protel 99 SE 界面变化,调整了第 2、5 章内容。

(3) 围绕 Protel 99 SE 模拟仿真分析、信号完整性分析新增功能及改进后的操作方式,重写了第 4、6 章部分内容。

(4) 按教材要求,重新选择了操作实例和习题。

第二版虽然在内容上做了较大的修改,但仍保留了本书第一版的布局架构。

本书可作为高等学校电子类专业“电子线路 CAD”课程的教材或教学参考书,也可作为从事电子线路设计工作的工程技术人员的参考资料。

尽管我们力求做到尽善尽美,但因水平有限,书中难免存在不当之处,恳请读者批评指正。

编者  
2003年9月

# 第一版前言

对电子线路设计人员来说,掌握电子线路计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)的基本概念,并能熟练运用有关 EDA(电子设计自动化)软件进行线路设计、仿真分析及印制电路板设计,将会极大地提高工作效率。本书系统、全面地介绍了目前最受欢迎的电子线路 CAD 软件之一—— Protel 99 的功能、安装和使用方法,重点介绍了该 CAD 软件包内的原理图编辑、模拟仿真分析、印制板编辑及信号完整性分析等方面的基本知识和操作技能。考虑到电子线路 CAD 设计者的实际工作需要,书中结合典型实例,尤其是对模拟仿真部分,作了较为详细的讲解。

本书共分 7 章。第 1 章简要介绍了电子线路 CAD 的基本概念, Protel 98/99 的功能、安装以及设计文件管理等方面的基本知识;第 2、3 章详细介绍了原理图编辑器 Schematic 99 的功能和原理图绘制方法;第 4 章详细介绍了 Sim99 的功能及原理图仿真分析方法;第 5、6 章介绍了印制板编辑器 PCB 99 的功能、印制板设计过程和技巧,以及信号完整性分析的原理、必要性和操作方法;第 7 章简要介绍了元件封装图编辑器 PCBLib 99 的功能及元件封装图的编辑过程和方法。

选择该书作为电子类专业“电子线路 CAD”教材时,建议先讲授“原理图编辑与模拟仿真”部分,时间安排上略滞后于“电子线路”课程 5~10 周,以便学生利用模拟仿真功能学习电子线路知识,这将激发出学生学习本课程和电子线路课程的浓厚兴趣,收到良好的效果;而“印制板设计”部分最好安排在“电子整机”课程后。

本书可以作为高等学校电子类专业“电子线路 CAD”课程的教材或教学参考书,也可作为从事电子线路设计工作的工程技术人员的参考资料。

由于我们水平有限,书中难免存在不当之处,恳请读者批评指正。

编者  
2001年5月



# 目 录

<b>第 1 章 电子线路 CAD 与 Protel 99 SE 概述</b> ..... 1	
1.1 电子线路 CAD 的概念..... 1	
1.2 Protel 99/99 SE 概述..... 2	
1.2.1 Protel 99 SE 新增功能..... 3	
1.2.2 Protel DXP 概述..... 4	
1.3 Protel 99/99 SE 的安装及启动..... 4	
1.3.1 Protel 99/99 SE 的安装..... 4	
1.3.2 Protel 99/99 SE 的启动..... 5	
1.3.3 Protel 99/99 SE 中的文件管理..... 8	
1.4 Protel 99/99 SE 电子线路设计流程..... 11	
习题..... 12	
<b>第 2 章 电原理图编辑</b> ..... 13	
2.1 电原理图的概念及绘制规则..... 13	
2.2 Protel 99 SE 原理图编辑器(SCH)的启动及界面认识..... 14	
2.2.1 原理图编辑器窗口的组成..... 14	
2.2.2 图纸类型、尺寸、底色、标题栏等的选择..... 16	
2.2.3 设置 SCH 的工作环境..... 19	
2.3 电原理图绘制..... 22	
2.3.1 元件电气图形符号库及管理..... 22	
2.3.2 放置元件..... 29	
2.3.3 连线操作..... 37	
2.3.4 放置电气节点..... 41	
2.3.5 放置电源和地线..... 42	
2.3.6 总线、总线分支、网络标号工具的使用..... 43	
2.3.7 I/O 端口..... 45	
2.4 利用画图工具添加说明性图形和文字... 47	
2.4.1 画图工具介绍..... 48	
2.4.2 常见图形绘制技巧..... 48	
2.5 原理图编辑技巧..... 50	
2.5.1 操作对象概念..... 50	
2.5.2 单个对象的编辑..... 50	
2.5.3 同时编辑多个对象..... 51	
2.5.4 利用拖动功能迅速画一组平行导线..... 56	
2.5.5 “画图”工具内“阵列粘贴”工具的特殊用途..... 57	
2.6 元件自动编号..... 60	
2.6.1 单一模块电路元件自动编号..... 62	
2.6.2 子电路元件自动编号..... 63	
2.7 原理图的电气检查..... 66	
2.8 存盘及文件管理..... 70	
2.9 原理图的打印..... 71	
2.9.1 打印前的设置..... 71	
2.9.2 打印..... 73	
2.10 报表建立与输出..... 73	
2.10.1 生成网络表文件..... 73	
2.10.2 生成元件清单报表..... 77	
2.11 电路编辑举例..... 79	
2.12 元件电气图形符号编辑与创建..... 82	
2.12.1 启动元件图形符号编辑器..... 82	
2.12.2 修改元件图形符号..... 84	
2.12.3 制作 P89C51RD2 微处理器的电气图形符号..... 88	
2.12.4 制作 LED 数码显示器..... 91	
2.12.5 创建数字集成电路芯片元件负逻辑/IEEE 电气图形符号..... 93	
2.12.6 设置元件的缺省序号..... 94	
2.13 创建自己的图纸文件..... 94	
2.14 原理图操作技巧..... 95	
2.14.1 修改/恢复 Protel 各类编辑器操作对象的缺省属性..... 95	

2.14.2 一次修改同类操作对象的 属性选项 .....	96	4.4.7 温度扫描分析(Temperature Sweep Analyses) .....	144
2.14.3 工具栏(窗)与当前正在进行的 操作要匹配 .....	99	4.4.8 传输函数分析(Transfer Function Analyses) .....	145
2.14.4 在原理图中增加同类元件的 操作捷径 .....	99	4.4.9 噪声分析(Noise Analyses) .....	145
习题 .....	100	4.5 仿真综合应用举例 .....	146
<b>第3章 层次电路原理图编辑</b> .....	101	4.5.1 数字电路仿真实例 .....	146
3.1 层次电路设计概念 .....	101	4.5.2 利用 AC 小信号分析、参数扫描 分析确定带通滤波器参数 .....	147
3.2 层次电路设计中不同文件的 切换方法 .....	104	4.5.3 模拟、数字混合电路仿真 分析实例 .....	149
3.3 层次电路编辑方法 .....	104	4.5.4 “数学函数”库内信号合成 函数的应用 .....	151
3.3.1 建立层次电路原理图 .....	104	4.6 常用元器件仿真模型 .....	151
3.3.2 编辑模块电路 .....	108	4.6.1 二极管模型 .....	155
3.3.3 自下而上编辑层次电路 .....	109	4.6.2 三极管模型 .....	156
3.3.4 退耦电容的画法 .....	111	4.6.3 结型场效应管(JFET)模型 .....	157
习题 .....	111	4.6.4 MOS 场效应管模型 .....	158
<b>第4章 电路仿真测试</b> .....	112	4.7 创建仿真元件 .....	159
4.1 电路仿真操作步骤 .....	113	4.7.1 生成仿真电气图形符号 .....	159
4.2 元器件参数设置 .....	114	4.7.2 创建仿真元件模型参数 .....	162
4.3 电路仿真操作初步 .....	125	习题 .....	162
4.3.1 编辑电原理图 .....	125	<b>第5章 印制电路板设计初步</b> .....	165
4.3.2 选择仿真方式并设置 仿真参数 .....	126	5.1 印制板的材料及种类 .....	165
4.3.3 仿真结果观察及波形管理 .....	130	5.1.1 印制板的材料 .....	165
4.4 常用仿真方式及应用 .....	133	5.1.2 印制板的种类及结构 .....	166
4.4.1 工作点分析(Operating Point Analyses) .....	133	5.2 Protel 99 SE PCB 的启动及窗口认识 ...	168
4.4.2 瞬态特性分析(Transient Analyses)与 傅立叶分析(Fourier Analyses) .....	134	5.2.1 启动 PCB 编辑器 .....	168
4.4.3 参数扫描分析(Parameter Sweep Analyses) .....	135	5.2.2 PCB 编辑器界面 .....	169
4.4.4 交流小信号分析(AC Small Signal Analyses) .....	136	5.3 手工设计单面印制板——Protel 99 SE PCB 基本操作 .....	171
4.4.5 阻抗特性分析(Impedance Plot Analyses) .....	139	5.3.1 工作参数的设置与电路 板尺寸规划 .....	171
4.4.6 直流扫描分析(DC Sweep Analyses) .....	142	5.3.2 元件封装库的装入 .....	178
		5.3.3 画图工具的使用 .....	180
		习题 .....	192
		<b>第6章 PCB 设计基础</b> .....	193
		6.1 PCB 设计操作流程 .....	193

6.2 PCB 设计前准备 .....	195	7.1.2 通过“更新”方式实现原理图文件 与印制板文件之间的信息交换 .....	241
6.2.1 原理图编辑 .....	195	7.1.3 在禁止布线层内绘制布线区 .....	245
6.2.2 检查并完善原理图 .....	195	7.1.4 通过网络表装入元件封装图 .....	247
6.2.3 印制板加工厂家的工艺水平 .....	197	7.2 设置工作层 .....	251
6.2.4 元件安装工艺的选择 .....	198	7.3 元件布局操作 .....	251
6.3 印制板层数选择及规划 .....	200	7.3.1 手工预布局 .....	251
6.3.1 双面板结构及规划 .....	200	7.3.2 元件分类 .....	256
6.3.2 4 层面板结构及规划 .....	201	7.3.3 设置自动布局参数 .....	257
6.3.3 6 层面板结构及规划 .....	201	7.3.4 自动布局 .....	259
6.4 PCB 布局 .....	202	7.3.5 手工调整元件布局 .....	261
6.4.1 布局方式的选择 .....	202	7.4 布线及布线规则 .....	267
6.4.2 板边框及原点选择 .....	202	7.4.1 设置自动布线规则 .....	267
6.4.3 选定排版方向 .....	202	7.4.2 自动布线前的预处理 .....	278
6.4.4 布局原则 .....	204	7.4.3 自动布线 .....	281
6.4.5 调整原理图中元件的 连接关系 .....	207	7.4.4 手工修改 .....	283
6.5 焊盘选择 .....	210	7.4.5 布线后的进一步处理 .....	287
6.5.1 穿透元件(THC)焊盘 .....	210	7.4.6 设计规则检查 .....	290
6.5.2 贴片元件焊盘 .....	212	7.4.7 验证印制板连线的正确性 .....	294
6.5.3 过孔 .....	215	7.4.8 元件重新编号及原理图元件 序号更新 .....	299
6.5.4 测试盘 .....	217	7.5 信号完整性分析 .....	299
6.6 布线 .....	217	7.5.1 信号完整性分析设置 .....	300
6.6.1 印制导线寄生参数及串扰 .....	217	7.5.2 启动信号完整性分析 .....	301
6.6.2 最小线宽及最小布线 间距的选择 .....	218	7.5.3 设置印制板结构参数、 元件类型及节点类型 .....	301
6.6.3 印制导线走线控制 .....	221	7.5.4 运行信号完整性分析 .....	302
6.6.4 单面板中跨接线设置原则 .....	224	7.5.5 根据分析结果采取相应 补偿办法 .....	304
6.7 地线/电源线布局规则 .....	224	7.6 打印输出 .....	306
6.7.1 地线与电源线共阻抗干扰及 消除方式 .....	224	习题 .....	308
6.7.2 接地方式 .....	226	<b>第 8 章 PCB 元件库的修改与创建</b> .....	310
6.7.3 地线布线的一些基本原则 .....	230	8.1 PCBLib 编辑器的启动及操作界面 .....	310
6.8 PCB 散热设计 .....	231	8.1.1 PCBLib 编辑器的启动 .....	310
习题 .....	233	8.1.2 PCBLib 编辑器窗口界面 .....	312
<b>第 7 章 双面印制电路板设计举例</b> .....	235	8.1.3 工作参数及图纸参数设置 .....	313
7.1 原理图到印制板 .....	235	8.2 制作元件封装图举例 .....	313
7.1.1 利用 PCB 向导生成包含布线区的 印制板文件 .....	235	8.2.1 制作 LED 发光二极管封装图 .....	313

8.2.2 制作 1 英寸八段 LED 数码 显示器封装图 .....	317	习题 .....	323
8.2.3 通过“复制—修改”方式 创建新元件封装图 .....	320	附录 GB 4728—85《电气图用 图形符号》摘要 .....	324
8.2.4 创建子电路封装图 .....	320	参考文献 .....	332
8.3 创建特定 PCB 设计专用元件 封装库 .....	321		

# 第1章 电子线路 CAD 与 Protel 99 SE 概述

## 1.1 电子线路 CAD 的概念

CAD 是 Computer Aided Design(计算机辅助设计)的简称。早在 20 世纪 70 年代, 军工部门就开始利用计算机来完成飞机、火箭等航空、航天器的设计工作。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, 但在当时普及率低, 主要原因是计算机价格昂贵, 商品化的 CAD 软件种类很少。然而, 随着计算机硬件技术的飞速进步以及价格的不断下降, 40 多年后的今天, CAD 软件种类繁多, 几乎所有的工业设计项目都有相应的 CAD 软件, 并向 CAM(Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)方向发展。可以这样说, CAD、CAM 的普及应用是计算机技术不断前进的动力之一, 而在计算机设计、制造领域广泛采用 CAD、CAM 技术后, 反过来又极大地缩短了计算机硬件的开发周期, 从而促进了计算机技术的发展和进步。

电子线路 CAD 软件的基本功能是使用计算机来完成电子线路的设计过程, 包括电原理图的编辑、电路功能仿真、工作环境模拟、印制板设计(包括自动布局、自动布线)与检测(包括布线、布局规则的检测和信号完整性分析)等。电子线路 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, 电子线路 CAD 软件种类很多, 如早期的 TANGO、SmartWork、Auto Board、EE System、PCAD、OrCAD、Protel 等, 其功能大同小异。其中 Protel 具有操作简单、方便、易学等特点, 自动化程度较高, 是目前比较流行的电子线路 CAD 软件之一。

在计算机上, 利用电子线路 CAD 软件进行电路设计的过程大致如下:

(1) 编辑原理图。原理图编辑是电子线路 CAD 设计的前提, 因此原理图编辑(Schematic Edit)是电子线路 CAD 软件必备的功能。

(2) 必要时利用 CAD 软件的电路仿真功能, 对电路功能、性能指标进行仿真测试(如使用 Protel 99/99 SE 的 Sim 仿真器)。电路功能、性能主要由原理图决定。在仿真软件出现以前, 只能通过实验方法对电路性能进行测试, 但费用高、周期长; 在仿真软件出现以后, 即可通过仿真软件对电路性能进行模拟, 既方便又快捷, 而且费用低廉。因此, 一个成熟的电子线路 CAD 软件最好应具备电路仿真功能。

(3) 如果电路中使用了 PLD 器件, 则必须进行 PLD 设计, 以便获得 PLD 烧结数据文件。因此, 一个成熟的电子线路 CAD 软件最好能提供 PLD 设计功能(Protel 98/99 SE 提供了 PLD 设计功能)。

(4) 生成网络表文件(或直接执行 Protel 99/99 SE 原理图编辑器中“Design”菜单下的“Update PCB...”命令, 创建 PCB 文件并将原理图中的元件序号、封装形式以及连接关系装入 PCB 文件内)。

(5) 不正确时返回(1), 修改原理图。

(6) 设计、编辑印制板(PCB)(执行“Update PCB...”命令, 或启动 Protel 99/99 SE PCB 编辑器, 并装入从原理图文件中提取的网络表文件)。PCB 设计是电子线路 CAD 设计的最终目的, 因此 PCB 编辑功能的强弱(如自动布局、布线效果)是衡量电子线路 CAD 软件关键性能的指标之一。

(7) 对高速数字电路来说, 完成印制板编辑后, 可能还需要通过信号完整性分析, 以确认信号在传输过程中是否发生畸变。

(8) 在 PCB 中生成网络表文件, 并与 SCH 编辑器中生成的网络表文件进行比较, 以确认 PCB 设计过程中是否改变了原理图中元件的连接关系。

## 1.2 Protel 99/99 SE 概述

Protel 是 TANGO 的继承者。美国 ACCEL Technologies 公司于 1988 年推出了在当时非常受欢迎的电子线路 CAD 软件包——TANGO, 它具有操作方便、易学、实用、高效的特点。但随着集成电路技术的不断进步——集成度越来越高, 引脚数目越来越多, 封装形式也趋于多样化, 并以 QFP、PGA、BGA 等封装形式为主, 使电子线路越来越复杂, TANGO 软件的局限性也就越来越明显。为此, 澳大利亚 Protel Technology 公司推出了 Protel CAD 软件, 作为 TANGO 的升级版本。Protel 上市后迅速取代了 TANGO, 成为当时影响最大、用户最多的电子线路 CAD 软件包之一。

早期的 Protel 属于 DOS 应用程序, 只能通过键盘命令完成相应的操作, 使用起来并不方便。随着 Windows 95/98 的普及, Protel Technology 公司先后推出了 Protel for Windows 1.0、Protel for Windows 1.5、Protel for Windows 2.0、Protel for Windows 3.0 等多个版本, 1998 年推出了全 32 位的 Protel 98, 1999 年推出了 Protel 99、Protel 99 Service Pack1、Protel 99 SE 等版本, 2002 年发布了在 Windows 2000、Windows XP 操作系统下运行的 Protel DXP 版本。Protel 98/99/99 SE 功能很强, 将电原理图编辑、电路性能仿真测试、PLD 设计及 PCB 编辑等功能融合在一起, 从而实现了电子设计自动化(EDA)。Protel 98/99/99 SE 具有 Windows 应用程序的一切特性, 在 Protel 98/99/99 SE 中, 引入了操作“对象”属性概念, 使所有“对象”(如连线、元件、I/O 端口、网络标号、焊盘、过孔等)具有相同或相似的操作方式, 实现了电子线路 CAD 软件所期望的“简单、方便、易学、实用、高效”的操作要求。本书将详细介绍 Protel 99 SE 的功能及使用方法。

Protel 99/99 SE 具有如下特点:

(1) 将原理图编辑(Schematic Edit)、印制电路板(PCB)编辑、可编程逻辑器件(PLD)设计、自动布线(Route)、电路模拟仿真(Sim)、信号完整性分析等功能有机地连在一起, 是真正意义上的 EDA 软件, 智能化、自动化程度较高。

(2) 支持由上到下或由下到上的层次电路设计, 能够完成大型、复杂的电路设计。

(3) 当原理图中的元件来自仿真元件库时, 可以直接对电原理图中的电路进行仿真测试。

(4) 提供 ERC(电气规则检查)和 DRC(设计规则检查), 能最大限度地减少设计差错。

(5) 库元件的管理、编辑功能完善, 操作非常方便。通过基本的作图工具, 即可完成原

理图用元件电气图形符号以及 PCB 元件封装图形的编辑、创建。

(6) 全面兼容 TANGO 及 Protel for DOS, 即在 Protel 99/99 SE 中可以使用、编辑 TANGO 或低版本 Protel 建立的文件, 并提供了与 OrCAD 格式文件转换的功能。

(7) Schematic 和 PCB 之间具有动态连接功能, 保证了原理图与印制板的一致性, 以便相互检查、校验。

(8) 具有连续操作功能, 可以快速地放置同类型元件、连线等。

### 1.2.1 Protel 99 SE 新增功能

Protel 公司推出 Protel 98 后, 于 1999 年 3 月推出了 Protel 99 正式版, 不久又推出了 Protel 99 SE(即 Protel 99 第二版), 两者的运行环境、操作方式(如电原理图编辑操作、自动布局与布线操作、印制板编辑等的操作方式)几乎基本相同。与 Protel 99 相比, Protel 99 SE 主要做了如下改进。

#### 1. 可选择设计文件类型

在创建新设计项目时, 允许选择设计文件类型——可以选择.ddb 文件, 也可以选择 Windows 系统文件。

#### 2. 模拟仿真部分

(1) 改进了“Browse Simdata”(浏览仿真数据)窗口的操作界面, 增加了观察对象创建(“New”)和删除(“Delete”)按钮; 强化了仿真曲线的测量方式, 不仅可以获得 A、B 两个被测点的差——“B-A”, 还可以获得最小值、最大值、平均值、均方值等参数。

(2) 虽然保留了“数学函数”仿真元件库, 但作用已不大。在 Protel 99 SE 中, 可通过“浏览仿真数据”窗口内的“New”按钮, 借助基本的“数学函数”来构造观察对象(任一物理量)的数学表示式。这样便可直接观察各节点电压、支路电流、器件功率外的其他物理量及其仿真曲线, 避免了在原理图内加入“数学函数”仿真元件和连线而对原理图造成的破坏。

(3) 强化了 AC 小信号分析波形观察方式, 可以直接观察“群延迟”参数, 且允许在 AC 小信号分析窗口内同时以两种方式观察被测对象。

(4) 扩充了仿真元件库, 增加了新的仿真元件。

(5) 增加了观察信号类型。在 Protel 99 SE 中, 可以观察任一元件中的电流量。

#### 3. 原理图编辑器部分

(1) 改进了“Browse Sch”(浏览原理图)窗口的操作界面, 当以“Library”(元件电气图形库)作为浏览对象时, 增加了元件电气图形符号浏览按钮“Browse”和元件电气图形符号浏览窗。在元件电气图形符号浏览窗内, 除了显示元件电气图形符号外, 还提供了同一封装内的套数、套号信息, 使操作者能够方便、迅速地找出目标元件的电气图形符号, 直观性强。

(2) 改进了元件属性窗口的界面。

(3) 修改了部分对话框的界面。

#### 4. PCB 编辑器部分

强化了原理图与 PCB 编辑器的同步更新方式, 在原理图窗口内执行“Design”(设计)

菜单下的“Update PCB...”命令，即可将原理图内的元件封装形式、电气连接关系装入同一设计数据库文件包内的 PCB 文件(如果存在多个 PCB 文件，会询问用户装入哪一个 PCB 文件；如果没有 PCB 文件，将自动产生 PCB 文件)中，无须先生成网络表后才能进行装入的操作过程。

### 5. “Signal Integrity”(信号完整性分析)部分

(1) 强化了信号完整性分析功能，给每一分析参数均设置了缺省值，即使不对信号完整性分析参数进行任何设置，也能运行(只是结果与实际情况未必相符)。

(2) 调整了部分设置项的位置、内容，忽略了对分析结果影响不大的设置项，简化了分析参数的设置过程。

## 1.2.2 Protel DXP 概述

2002 年, Protel 公司正式发布了在 Windows 2000、Windows XP 操作系统下运行的 Protel DXP 版本，其运行环境要求比 Protel 99/99 SE 高，具体如下：

推荐配置	最小要求
Windows XP	Windows 2000 Professional
Pentium 1.2 GHz 或更快 CPU	Pentium 500 MHz
内存 512 MB	不小于 128 MB
硬盘空间不小于 620 MB	硬盘空间不小于 620 MB
32 MB 显存，分辨率 1024 × 768	8 MB 显存，分辨率 1024 × 768

Protel DXP 操作界面与 Protel 99/99 SE 相比变化较大，“工具”按钮、菜单项较多，初学者不易掌握。尽管 DXP 版新增了一些功能，但一般用户很少用到，且对显示器尺寸要求太高(当显示器尺寸小于 19 英寸时，感到界面上的文字、按钮偏小，眼睛很容易疲劳)，因此，Protel 99/99 SE 用户不一定愿意升级到 Protel DXP。

## 1.3 Protel 99/99 SE 的安装及启动

### 1.3.1 Protel 99/99 SE 的安装

#### 1. Protel 99/99 SE 的运行环境

Protel 99/99 SE 对微机硬件要求不高，最低配置为：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(最好是 64 MB 或 128 MB)，硬盘容量必须大于 1 GB(最好使用 8 GB 以上硬盘)，显示器尺寸在 15 英寸或以上，分辨率不能低于 1024 × 768。当分辨率低于 1024 × 768(如 800 × 600 或更低)时，将不能完整显示 Protel 99/99 SE 窗口的下侧及右侧部分(对于 15 英寸显示器来说，当显示分辨率为 1024 × 768 时，字体太小，不便阅读，因此 17 英寸显示器可能是 Protel 99/99 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。

软件环境要求 Windows 95/98 或 Windows NT4.0 / 2000 以上版本。

就目前来说，Protel 99/99 SE 对微机硬件配置的要求不算高，一般容易满足。



## 2. Protel 99/99 SE 的安装

Protel 99 与 Protel 99 SE 的安装方法、过程相同：将 Protel 99/99 SE CD-ROM 光盘插入 CD-ROM 驱动器内，如果 CD-ROM 自动播放功能未被禁止的话，Protel 99/99 SE 安装向导将自动启动，并引导用户完成 Protel 99/99 SE 的安装过程。

当然也可以直接运行 Protel 99/99 SE 的安装文件 SETUP，启动安装过程。在安装过程中允许用户选择安装目录，缺省时 Protel 99 SE 安装在“C:\Program Files\Design Explorer 99 SE” (Protel 99 安装在“C:\Program Files\Design Explorer 99”)文件夹内。在安装过程中，系统将提示用户输入访问码(访问码贴在产品包装外，是 Protel 99/99 SE 合法用户的标志，没有访问码将无法打开和使用 Protel 99/99 SE)。如果在安装时不输入访问码，也可以在安装后启动时输入访问码。

安装后，Protel 99 SE 所在目录的文件结构如图 1-1 所示(假设采用缺省安装路径)。

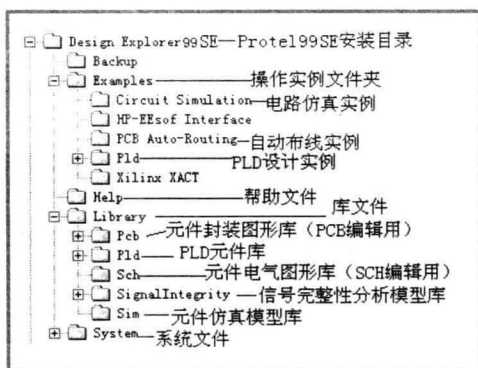


图 1-1 Protel 99 SE 安装后的文件结构

## 3. 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\_seservice\_pack6.exe 文件，安装补丁程序。

## 4. 安装中文菜单

完成 Protel 99 SE 的安装后，在复制中文菜单前，先启动一次 Protel 99 SE，退出后将 Windows 根目录中的 Client 99se.rcs 英文菜单保存起来，然后将附带光盘中的 Client 99se.rcs 复制到 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。

### 1.3.2 Protel 99/99 SE 的启动

在 Protel 99/99 SE 的安装过程中，安装程序 SETUP.EXE 自动在 Windows 95/98 桌面上和“开始”菜单内建立 Protel 99 SE(Protel 99)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(Protel 99)的快捷启动方式菜单。因此，启动 Protel 99/99 SE 将非常容易，单击桌面上“开始”菜单内的 Protel 99 SE(Protel 99)快捷启动方式或 Protel 99 SE(Protel 99)快捷方式菜单内的 Protel 99 SE(Protel 99)快捷方式，均可启动 Protel 99/99 SE。Protel 99/99 SE 启动后的操作界面如图 1-2 所示。