

EDA工具Protel98 及其设计应用

韩力 李晋炬 齐春东 编著



EDA 工具 Protel98 及其设计应用

韩 力 李晋炬 齐春东 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书系统介绍了 Protel 公司 1998 年推出的 EDA 工具 Protel98, 包括电气原理图设计、PCB 设计、无网格自动布线、混合电路仿真和 PLD 设计全配置模块功能。结合 PCB 设计需要, 书中还详细介绍了 PCB 设计所需的主要相关知识。

本书适合作为高等学校开展本科生 EDA 教学的参考书, 可供研究生开展课题研究时参考使用, 对其他利用 Protel98 从事设计工作的专业人员也是一本较为详细的工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

EDA 工具 Protel98 及其设计应用/韩力等编著. —北京: 北京理工大学出版社, 1999.8
ISBN 7-81045-584-2

I. E… II. 韩… III. 电路设计: 计算机辅助设计-应用软件, Protel98 IV. TM02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14771 号

责任印制: 母长新 责任校对: 陈玉梅

15652/03

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010)68912824

各地新华书店经售

北京房山先锋印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 403 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 29.00 元

※图书印装有误, 可随时与我社退换※

前 言

跨越世纪门槛之际，回眸 20 世纪新技术革命对人类社会发展的巨大推动作用令人兴奋不已。以信息技术革命为主要开端的人类经济已经开始跨入知识经济的大门。作为电子信息技术发展杰出成果之一的计算机辅助设计（CAD）技术，将人类工业设计和制造水平推向了新的高度。在电子设计与制造业中，电子 CAD 技术的出现和发展使世界电子工业取得了长足进步。

然而，技术发展是无止境的。近年来出现的电子设计自动化 EDA（Electronic Design Automation）技术，对传统的电子设计方式形成巨大冲击，已经并将继续引发着一场电子设计领域的革命。应该说，EDA 是计算机技术、ASIC 设计技术和电子 CAD 技术日臻完善的综合产物。

EDA 给电子设计带来的变革正在日益显现。目前，我国许多高等学校都在开始或酝酿投资于 EDA 教学的软、硬件环境建设，因为明人慧眼都知道，我们培养出的电子工程技术人才如果连普通的 EDA 专业知识与应用技能都没有，迎接 21 世纪外部世界的市场竞争与技术挑战就无从谈起。

1998 年，Protel Technology 公司正式推出了 EDA 工具 Protel98，完整配置的 Protel98 集 SCH98、PCB98、Route98、PLD98 和 SIM98 五个功能模块为一体，以交互方式实现了五个设计模块之间的无缝链接。在一定程度上讲，Protel98 代表了当今 PC 机桌面 EDA 工具的发展方向。

笔者认为，Protel98 不需要过深、过宽的专业知识就可以很好地掌握使用，非常适合引入高等学校本科生的 EDA 教学环节。基于这种情况，我们编写了此书，希望它既可以作为本科生甚至研究生 EDA 教学的参考书，又可以作为不同层次电子设计人员需要的工具书。在全面介绍完整配置的 Protel98 使用基础上，综合阐述了 PCB 设计的相关技术知识，便于缺少 PCB 设计实践经验的学生或用户使用，以期使本书读者的设计工作达到一个新的境界。

本书共分六章，第一、二、三、五章由韩力编写并负责统编全书；第四章和第六章分别由李晋炬和齐春东编写。本书在编写过程中，得到了北京理工大学出版社的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于时间比较仓促，加之笔者水平的确有限，书中不妥之处在所难免，恳请各位同仁和广大读者批评指正。

编 者

1999 年 4 月于北京理工大学

目 录

第一章 电子设计自动化工具 Protel 98

.....	(1)
§ 1-1 概述	(1)
§ 1-2 Prote 98 的基本特色	(3)
§ 1-3 Advanced SCH98 简介	(4)
§ 1-4 Advanced PCB 98 简介	(7)
§ 1-5 Advanced Route 98 简介	(9)
§ 1-6 Advanced SIM98 简介	(10)
§ 1-7 Advanced PLD 98 简介	(11)
§ 1-8 EDA/Client Server 结构体系	(13)
§ 1-9 Protel98 的安装	(14)

第二章 电气原理图设计工具 SCH98

§ 2-1 Advanced SCH98 的操作界面	(15)
2-1-1 文件(file)菜单	(16)
2-1-2 编辑(Edit)菜单	(18)
2-1-3 查看(View)菜单	(23)
2-1-4 放置(place)菜单	(25)
2-1-5 工具(Tools)菜单	(31)
2-1-6 仿真(Simulate)菜单	(34)
2-1-7 可编程逻辑器件设计 (PLD)菜单	(34)
2-1-8 选项(Options)菜单	(35)
2-1-9 报告(Reports)菜单	(36)
2-1-10 窗口(Window)菜单	(39)
§ 2-2 设计简单原理图	(40)
2-2-1 设计范例 1:DC-DC 变换 电路设计	(40)
2-2-2 设计范例 2:单片机 8031 最小系统设计	(48)
§ 2-3 图纸编辑设置与创建图纸模板	(51)
2-3-1 图纸编辑设置	(51)
2-3-2 自定义图纸模板	(52)
§ 2-4 元件库及其管理	(55)
2-4-1 元件与部件的概念	(56)
2-4-2 元件查找与放置	(56)
2-4-3 自定义元件	(58)
§ 2-5 层次式电路设计	(60)

2-5-1 层次式电路设计的概念	(61)
2-5-2 层次电路设计举例	(64)
§ 2-6 电气规则检查	(66)
§ 2-7 与其它软件工具的接口	(68)
2-7-1 与混合电路仿真工具 Advanced Sim98 的接口	(68)
2-7-2 与 EEsos 的接口	(69)
2-7-3 与 Xilinx FPGA 开发工具 的接口	(69)
2-7-4 与 OrCAD 的接口	(70)
2-7-5 与 Protel DOS Schematic 的接口	(72)
2-7-6 与 Protel Advanced PCB98 的接口	(72)

第三章 混合电路仿真工具 SIM98

§ 3-1 有关电路仿真的问题	(74)
§ 3-2 SIM98 涉及的基本概念	(77)
3-2-1 仿真元件符号 与模型的关系	(77)
3-2-2 仿真源及其设置	(78)
3-2-3 节点名称	(81)
3-2-4 元件值表示	(82)
§ 3-3 SIM98 的仿真分析功能	(83)
3-3-1 工作点分析	(83)
3-3-2 暂态分析	(84)
3-3-3 交流小信号分析	(86)
3-3-4 噪声分析	(87)
3-3-5 直流传输分析	(87)
3-3-6 上电分析	(89)
3-3-7 蒙特卡洛分析	(90)
3-3-8 扫描	(91)
3-3-9 快速傅里叶变换	(91)
§ 3-4 波形窗口的操作	(93)
3-4-1 波形窗操作	(93)
3-4-2 打印仿真波形 及输出报告	(95)
§ 3-5 电路仿真举例	(95)

3-5-1 模拟电路仿真举例	(96)	多点接地	(142)
3-5-2 数字电路仿真举例	(102)	4-2-2 数字地和模拟地分开	(145)
3-5-3 模/数混合电路仿真举例	(105)	4-2-3 电源电路的地线	(145)
§ 3-6 模拟元件和激励源的 SPICE		§ 4-3 供电电路的设计	(146)
描述语句	(106)	4-3-1 电源的线宽设计及去耦	(146)
3-6-1 无源元件描述语句	(106)	4-3-2 高电压走线之间的	
3-6-2 半导体元件描述语句	(108)	安全距离	(148)
3-6-3 受控源描述语句	(109)	§ 4-4 电磁兼容的有关问题	(148)
3-6-4 模拟激励源描述语句	(114)	4-4-1 合理选择印制线路	
§ 3-7 数字元件的 Verilog-HDL 描述	(116)	导线的线宽	(149)
3-7-1 Verilog-HDL 简介	(117)	4-4-2 抑制线间串音干扰的	
3-7-2 Verilog-HDL 的结构特点	(118)	正确布线	(149)
3-7-3 Verilog-HDL 的数据类型	(119)	4-4-3 高频模拟印制线路的有关技术	
3-7-4 逻辑值与逻辑强度	(120)		(151)
3-7-5 Verilog-HDL 运算符		§ 4-5 印制电路板的尺寸与器件布置	(155)
与关键词	(120)	§ 4-6 电路板及元器件的散热问题	(157)
3-7-6 Verilog-HDL 的门级		4-6-1 控制铜箔导体温度	(157)
结构描述	(122)	4-6-2 电路板上的器件	
§ 3-8 层次描述	(124)	散热设计	(157)
3-8-1 SPICE 格式的子电路定义	(124)	§ 4-7 表面安装技术(SMT)设计	(158)
3-8-2 Verilog-HDL		4-7-1 SMT 元器件的选择	(158)
格式的子模块	(125)	4-7-2 PCB 排版的基本要求	(161)
3-8-3 混合型子电路	(127)	4-7-3 元器件的布局	(161)
3-8-4 电路的顶层描述	(127)	4-7-4 SMT 的焊盘及布线	(162)
3-8-5 界面节点的特殊规定	(129)	§ 4-8 印制线路板的制作与价格	(163)
§ 3-9 器件模型语句及模型库	(130)	4-8-1 线路板的制作工艺流程	(163)
3-9-1 器件模型语句简介	(130)	4-8-2 线路板的价格核算	(164)
3-9-2 仿真库文件形式	(133)	第五章 印制板设计工具 Advanced PCB98	
3-9-3 关于 SIM98 中的			(165)
建模问题	(134)	§ 5-1 印制电路板设计流程	(165)
§ 3-10 SIM98 的输入输出文件	(135)	§ 5-2 Advanced PCB98 编辑器的管理	(167)
3-10-1 SIM98 的输入文件	(135)	5-2-1 工具菜单操作功能	(167)
3-10-2 SIM98 的输出文件	(136)	5-2-2 图形工作界面的管理	(169)
第四章 印制电路板(PCB)设计中的有关技术		5-2-3 印制板结构及层面设置	(170)
.....	(139)	5-2-4 工作层面显示	
§ 4-1 印制线路板的线宽		颜色的设置	(172)
与阻抗和电感的关系	(139)	5-2-5 其它选择设置动能	(173)
4-1-1 印制线路板的线宽		§ 5-3 Advanced PCB98 的设计操作	(174)
与电阻的关系	(140)	5-3-1 确定印制板的几何尺寸	(174)
4-1-2 印制线路板的线宽		5-3-2 装入网络表和元件	
与电感的关系	(141)	封装模型	(174)
§ 4-2 减小地线阻抗的设计方法	(142)	5-3-3 元件自动布局	(176)
4-2-1 正确选择单点接地和		5-3-4 人工调整元件布局	(177)

5-3-5	Advanced Route98 与自动布线操作	(178)	§ 5-7	PCB 文件的输出打印	(205)
5-3-6	布线后的人工调整	(184)	第六章	Advanced PLD98 及编程设计	(207)
5-3-7	地线敷铜操作	(186)	§ 6-1	PLD 设计的基本概念	(207)
§ 5-4	生成输出报表	(187)	6-1-1	概述	(207)
5-4-1	引脚报表	(188)	6-1-2	PLD 的分类	(207)
5-4-2	电路板报表	(188)	6-1-3	PLD 设计方法	(208)
5-4-3	元件报表	(188)	§ 6-2	CUPL 语言简介	(209)
5-4-4	自动布线报表	(189)	6-2-1	CUPL 语言简述	(209)
5-4-5	网络状态报表	(192)	6-2-2	CUPL 语言的基本元素	(209)
§ 5-5	创建元件封装模型	(192)	6-2-3	CUPL 语言的结构	(213)
5-5-1	PCBLib 元件编辑器	(193)	§ 6-3	Advanced PLD98 介绍	(220)
5-5-2	创建元件封装模型	(194)	§ 6-4	Advanced PLD98 仿真	(232)
5-5-3	创建方案元件封装库	(201)	§ 6-5	PLD 设计举例	(239)
5-5-4	从 PCB 文件 创建网络表	(202)	6-5-1	组合逻辑设计	(240)
§ 5-6	双向交叉检索与反向注释	(202)	6-5-2	时序逻辑设计	(254)
			6-5-3	状态机设计	(258)
			参考文献	(268)	

第一章 电子设计自动化工具 Protel 98

§ 1-1 概述

近年来,在电子设计与制造业中,电子设计自动化 EDA (Electronic Design Automation) 技术越来越受到重视,已形成强劲的发展势头,许多从事电子设计的工程技术人员都在主动潜心钻研和积极运用各种 EDA 工具,他们的设计工作再也离不开计算机和 EDA 工具的有力支持。EDA 是在传统的电子 CAD 技术基础上发展完善起来的一种现代化电子设计技术手段,它的出现和全面推广应用必将给电子设计领域带来一场新的技术革命,并使世界电子工业发展取得长足进步,这一点应引起我们高度的重视。

应该说,EDA 技术是计算机技术、ASIC 设计技术和电子 CAD 技术日臻完善的综合产物。EDA 涵盖的技术范围是很宽的,一个全线 EDA 工具至少应具有前端设计中的设计输入、仿真、分析、验证以及后端设计中的布局布线、版图设计等功能。“全线 EDA 工具”是指那些能够支持从系统级设计开始直到各种物理实现级(如 ASIC 芯片或 PCB)的自上而下的设计工具。EDA 工具与传统电子 CAD 工具之间存在着一些明显的差别,主要表现在以下几个方面:

一、设计方式不同

EDA 的技术特色之一就体现在设计方式上,这一点尤以用于专用集成电路(ASIC)设计开发的 EDA 工具表现最为突出。与传统的电子设计方式比较,EDA 采用的设计方式有两个明显的特征:

1. 并行工程设计方式

这种设计方式的核心是在设计阶段就对设计对象(产品)具有全面的可预见性,它要求设计者从一开始就要考虑所设计产品的质量、成本、开发周期、用户需求和市场占有周期等综合因素。

2. 自上而下(Top to Down)设计

传统的自下而上(Bottom to Up)设计方法就是利用现有的通用 IC 器件自下而上构成某一特定需求的系统,这种方式的设计周期长、必须等到物理实现级(如 PCB)的工作全部完成后,才能通过系统调试验证设计是否正确;而自上而下的设计方法则是从系统总体入手,进行系统的行为或功能的划分、描述和验证,这时的设计已不再受任何通用器件的限制,在设计阶段,设计者始终可以在系统层次上把握设计的全过程。

二、设计工作环境不同

EDA 工具是一个开放式的完整集成设计环境,各类 EDA 工具之间应该具有良好的接口

特性。一般而言, EDA 工具至少应该是集电气原理与硬件描述语言输入、自动布局布线 PCB 设计、混合型电路功能仿真、PLD 设计与下载功能之大成的电子设计集成环境, 这些设计功能是目前电子系统设计中经常需要的。在同一个操作环境下可以完成多种不同设计功能是 EDA 工具操作界面的一大特点, 而传统电子 CAD 工具的功能一般是有限甚至是单一的。

三、人工介入的程度不同

传统电子 CAD 的主要特色是计算机辅助人完成设计, 而 EDA 则是在人的操作引导下, 大部分费时费工的工作基本上由计算机完成, 并具有更高的智能化水平。

基于 EDA 的发展背景和应用前景, 许多国外设计人员已大量应用 EDA 工具从事其设计工作并取得显著成效, EDA 工具的运用在我国也逐步开展。一谈到 EDA, 有的人不免立刻联想到价格昂贵的工作站。的确, 目前 UNIX 操作系统工作站统治了大型 EDA 软件。在以 Windows 操作系统为主流的 PC 机上, 能否完成较为复杂的 EDA 设计呢? 实际上, 把 EDA 设计推广到以 Windows95/98 和 Windows NT 为操作系统的 PC 机上已是大势所趋。国外咨询机构 Dataquest 和 Collet International 曾预言: 到 2000 年之前, 基于 Windows 和 UNIX 的 EDA 工具将平分秋色, 到 2005 年, UNIX 的 EDA 工具市场份额将少于 15%。据 Dataquest 统计, 目前 70%~80% 的 FPGA/PLD 和 PCB 设计都是在 PC 机上完成的。如几年前, 我国台湾省著名的 PC 芯片组制造商 SIS 就在 Windows NT 平台上, 用 Viewlogic 软件完成了超过 14 万门的电路与 VHDL 模型的混合仿真。随着奔腾 II、奔腾 III 芯片组的推出, 我们更没有理由怀疑 PC 机的能力了。由此可见, 我国需要培养的大量 EDA 设计工程师, 其经济、快捷和有效的途径当属培养掌握基于 PC 机的 EDA 工具的人才, 而不是只培养少数依赖 UNIX 工作站上 EDA 软件工程师。

明人慧眼都可以看出, 培养 21 世纪合格的电子设计人才, 必须在高等学校本科阶段就开展 EDA 教学和应用。令人可喜的是, 我国许多高等学校都在开始或酝酿投资于 EDA 本科教学的软、硬件环境建设。就目前多数高等学校在为本科生开设的 EDA/ECAD 教学课程中所采用的软件工具而言, 基本可以分为两大类:

(1) 电路系统分析与模拟型。以 Windows 环境下的 Pspice 最为普及, 这种电路模拟软件可采用图形输入方式, 能对混合电路进行模拟分析。有些学校还引入了基于 Windows 环境下的系统动态仿真分析工具 SystemView 等其它类型的软件工具。

(2) 围绕大规模可编程逻辑器件 (如 CPLD、EPLD、FPGA) 的 EDA 开发工具。可进行数字系统设计输入、功能仿真, 并以在系统或现场可编程方式对器件下载, 以完成数字系统集成设计, 构成所谓 “片上数字系统”。

然而, 这些 CAD/EDA 软件工具的用途相对比较专一。能不能找到一种适合本科 EDA 教学需要, 并在同一开放式设计环境下, 具有多种设计功能、通用型的 EDA 工具呢? 1998 年, Protel Technology 公司在其原有工具基础上, 正式推出了 EDA 工具 Protel98。完整配置的 Protel98 集 SCH98、PCB98、Route98、PLD98 和 SIM98 五个功能模块为一体, 以交互方式实现了电气原理图设计、PCB 设计、无网格自动布线、PLD 设计和混合电路仿真功能之间的无缝链接。虽然 Protel98 还有一些不够完善的地方, 但在某种程度上讲, Protel98 代表了当今 PC 机桌面 EDA 工具的发展方向。

§ 1-2 Protel98 的基本特色

Protel 软件工具有着众多的用户, 目前从事 PCB 设计的用户有多少人不是使用 Protel 工具呢? Protel98 继承并发展了原有 Advanced Protel for Windows 的特色, 功能最为强劲的仍然是电气原理图设计 SCH98 和印制板设计 PCB98 两个工具模块, 增加了先进的无网格自动布线器 Route98 模块, 改善了电路仿真和 PLD 设计模块的操作界面。

PCB 设计是电子系统物理实现的关键技术环节之一。可以这样说, 没有 PCB 设计功能的 EDA 软件工具作为支撑, 实现日益复杂的电子系统几乎是不可能的。目前, 基于 PC 机的 EDA 工具十分流行。PCB 设计工具的演变发展主要体现在: ①从运行于 DOS 环境过渡到 Windows 环境; ②自动布线技术过渡到无网格布线, 也称为基于形状 (Shape-Based) 布线; ③工具演变为交互式集成开放环境, 除传统的电气原理图输入和 PCB 设计、自动布线功能外, 还嵌入了混合型电路仿真和可编程逻辑器件 PLD 设计仿真等功能模块。目前, 水平较高并具有代表性的 PCB 设计 EDA 工具主要有美国 ACCEL Technologies 公司的 ACCEL EDA for Windows、澳大利亚 Protel Technology 公司的 Protel Advanced EDA for Windows 3.x 以及 1998 年最新推出的 Protel98 Advanced EDA for Windows。

曾显赫一时的 Tango 软件最早就来自 ACCEL Technologies 公司, 该公司自从 1986 年开始就成为 EDA 业内的主要成员之一。ACCEL EDA 工具主要内容包括: ACCEL Schematic、ACCEL P-CAD PCB、ACCEL Tango PCB 和 ACCEL POR Route 四个模块, 可布线 99 层, 最大板面 60"×60" (152.4cm × 152.4cm), 分辨率 0.1mil (0.01mm), 每块板最多可布放 64 000 个焊盘, 图形板面无级缩放, 可生成通用的 Gerber 格式光绘文件。

Protel 公司的 DOS 版软件 (Tango、Protel Schematic 和 Autotrax) 几年以来在我国 PCB 设计应用领域得到广泛应用, 拥有众多用户。Protel 公司的正式 DOS 版软件发展到 Schematic3.31ND 和 Autotrax1.61 终级版本之后, 便全面转向在 Windows 平台上的软件工具开发, 并于 1991 年推出全球第一套基于 Windows 平台上的 Advanced PCB 软件包, 第二年又首家推出电气原理图设计 Advanced Schematic 软件包。应该说, Protel 软件在我国乃至世界上一直是基于 PC 平台上最流行、用量最大、价位较低的 CAD/EDA 工具, 并且逐步取代 OrCAD 成为新一代电气原理图工业标准。此后, Protel 公司又推出了 EDA Client/Server (客户机/服务器) 体系结构软件, 能方便地实现各种 EDA 工具的无缝链接, 一定程度上代表了当今桌面 EDA 工具的发展方向。1998 年, Protel 公司成功地推出了高级电子设计自动化工具 Protel98, 其 5 个功能模块之间的关系如图 1-2-1 所示。

Protel98 的基本配置为 SCH98 和 PCB98 两个模块, 而它的完整配置包括 SCH98 (电气原理图设计模块)、PCB98 (印刷电路板设计模块)、Route98 (无网格布线模块)、PLD98 (可编程逻辑器件设计模块) 和 SIM98 (混合电路模拟仿真模块)。在 Protel98 的 EDA/Client 集成环境下, 用户可以交互式完成电气原理图输入、PCB 设计、无网格自动布线、PLD 设计和混合型电路仿真功能。Protel98 全面引入了“规则驱动”体系, 所谓“规则驱动”涉及 4 大类共 21 条规则, 即布线规则类、高速电路规则类、生产加工规则类和其它规则类, 按照

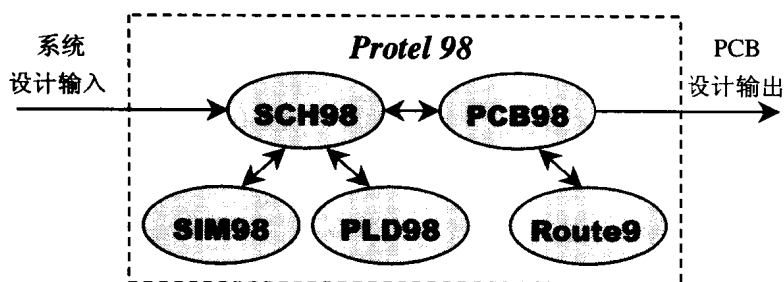


图 1-2-1 Protel98 五个功能模块之间的关系

这些规则运行的 EDA 工具能够较好地解决诸如信号延迟、串扰、阻抗匹配、特殊加工等方面的问题，从而实现了 EDA 工具从昂贵的工作站到基于廉价 PC 机桌面 EDA 工具的重大突破，更加适应广大用户高层次、现代化的需求。在 PCB 设计工具中，自动布线是关键技术之一，其中无网格布线技术和推挤式布线技术都是近年来出现的高性能布线算法。在满足高频模拟电路 PCB 设计的特殊需求方面，PCB 设计工具也有所突破，已可以实现智能化覆铜、泪滴焊盘、异形焊盘和内层分割等功能。EDA 工具最具魅力的功能之一就是它的软件仿真（Simulation）功能，特别是可以对模拟与数字混型电路进行仿真，SIM98 模块就具备此项功能。此外，在解决数字系统问题时，利用 EDA 工具对大规模可编程逻辑器件（PLD）进行设计、功能仿真与下载，从而大大提高数字系统的集成度与可靠性。Protel98 基本上都集成了上述各类 EDA 功能模块，在多数设计场合可以较好地完成一体化 EDA 设计工作。

Protel98 对 PC 机的配置要求如下：

1. 最低配置

- 运行于 Windows95/98/NT 的 IBM PC 及其兼容机，486 以上微处理器；
- 20M 内存；
- SVGA 显卡、16 色、800×600 分辨率；
- 最小规模安装需 60M 硬盘空间。

2. 推荐配置

- 运行于 Windows95/98/NT，IBM PC 及其兼容机；
- Pentium / Pentium Pro / Pentium II 微处理器；
- 32M 以上内存；
- 完整安装需 150M 硬盘空间；
- PCI 或 AGP 显卡、256 色、1024×768 分辨率。

§ 1-3 Advanced SCH98 简介

Advanced Schematic98，即高级电气原理设计（简称 SCH98），它是 EDA/ Client 系统中最基本的设计工具，可完成电子产品设计过程中电工、电子学阶段设计，包括功能设计、逻辑设计、电路设计。反映电气连接关系的网络表是把设计结果向其它 EDA 工具模块传输的主要信息媒介。SCH98 全面吸取了 Windows 的特点，作为 EDA/Client 的服务器之一，它

既可以单独用于纯粹的电气原理图设计，又可以作为设计过程的前端工具，以及和很多其它的 EDA 工具，包括逻辑模拟、电路分析验证、PCB 设计、PLD、FPGA 设计等工具配套连接，从而实现一个电子产品从设计构思、电学设计到物理结构设计的全线设计过程。SCH98 包含两个独立的编辑器，即：

1. 电气原理图编辑器 (Schematic Sheet Editor)

电气原理图编辑器用于编辑、检查和打印符合用户电路设计方案的信息，包括图纸、图表及设计数据报表文件。编辑器中含有：生成电气连接关系网络表、进行电气设计规则检查、制作出设计报告和打印高质量图纸等一系列设计活动所需的软件工具。

2. 电气图形符号编辑器 (Schematic Library Editor)

电气图形符号库编辑器简称元件库编辑器，它是 SCH98 模块中另外一个文件处理器，用于制作、编辑和管理元器件的图形符号库。元件库编辑器的基本操作和功能大致和原理图编辑相同，只是附加了专用于制作元件和进行库管理所需的工具。

在 EDA/Client 界面下，允许同时运行多个 EDA/Client 服务器。元件库编辑、电气原理图设计、PCB 设计软件、电子表格可同时打开。另外，Windows 386 增强模式支持虚拟内存技术，彻底解除了该设计系统对文件容量和数据库容量的限制，即使内存不太大的 PC 机也可运行。

电气原理设计方案允许采用层次式设计结构，SCH98 对涉及每个层次的图纸张数和层次数都没有限制，具体的数量只受用户 PC 机硬件配置的内存量和存储量限制。

利用 Windows 剪贴板可以在不同的设计文件间通过剪切、复制和粘贴进行设计信息交换。通过剪贴板可在 SCH98 和其它 Windows 应用程序间进行数据传递，也可以把其它 Windows 应用程序的信息，如文字等拷贝到 SCH98 中的文本框内。同样，可以把从 SCH98 中选定的部分转移到其它的应用程序中。

SCH98 支持多种设计方案，包括单张或多张图纸平面表达设计方案、多张图纸层次结构表达的设计方案。层次结构包括纯层次式结构、复式层次结构和元件图纸结构。在复式层次结构中，单张图纸上的设计文件可在整个方案中多处调用。

SCH98 中的项目管理器 (Project Manager) 把整个设计方案中根图、子图及它们间的关系用树状结构和图表显示在屏幕上，可完成从一个层次到另一层次、从一张图纸到另一图纸的任意切换。对于某一设计方案，不论有多少层次，各层次有多少张图纸，都可以通过菜单选项，一次完成如打开、关闭、存储等操作。

SCH98 支持不同风格的设计方法。例如支持更为合理的自上向下 (Top to Down)、逐步细化和模块化的设计方法，设计者可以将一个电子系统划分为若干子系统，而子系统再划分为若干功能模块，功能模块也可细分为若干基本模块，所有这些系统、子系统、功能模块、基本模块就形成了表达设计方案的层次。这样，完成总体设计时，就可以从最基本模块开始，逐级向上进行累积设计。自上向下设计是 EDA 技术中的典型设计方式。

SCH98 属于开放式设计系统，允许与其它类型的 EDA 工具进行横向数据交换。SCH98 支持曾经非常流行的 OrCAD/SDT (V3、4 或 386+) 设计文件。从 OrCAD 读入的电气原理图可被编译还原，完全支持 OrCAD/SDT 的设计要素和设计功能。OrCAD/SDT 的图形符号库通过反汇编也可以成功转换为 Protel 格式。

SCH98 向下兼容至 Protel (DOS 版) Schematic3.x，可直接读入其设计文件，自动将 DOS

版 Schematic3.x 设计文件中的位图格式元件库转换成 ADV SCH98 矢量图格式库。

SCH98 可生成多种格式的电气连接网络表。电气原理图设计结束后, SCH98 的网络表生成工具可以输出 30 多种格式的电气连接网络表, 其中包括常用工业标准的 EDIF2.0 格式和 EDIF2.0 层次式格式, 构成 EDA 系统进行物理结构设计的基础。

SCH98 具有多项可选接口功能, 提供了与电路逻辑模拟、数字以及混合电路仿真等工具软件的接口, 如 PSPICE, Dolphin SMASH, Hp-EEsof 等。通过 Xilinx 接口还能支持 FPGA 的基础设计。

在电气原理图设计阶段, 系统提供了一种所谓的电气网格, 它保证了布放电气互连线时能准确地连接各种元件的引脚。激活这项功能后, 光标会自动跳到在电网格范围内最近的接电点上, 有效接电点上也会出现引导连线用的标记, 非常便于准确无误地完成电气关系的互连。当连线与元件的引脚相交叉时, 系统也可以自动布放连接点。此外, SCH98 对电气连线关系有特殊的维护功能, 托拽电气实体时, 系统会保持原来连接关系, 甚至会自动增加或删除线段。

SCH98 具有健全的“检错功能”。在设计输入过程中, 可自动检查出复杂的电气设计中是否有违反设计规则的地方。检错项目包括物理规则和逻辑规则, 对于查出的网络标号、电源/地实体没有连接关系等物理错误以及输入属性引脚浮空等逻辑错误, 都可列入电气规则检查 (ERC) 后的输出报表文件中, 同时用出错标记标在相应的出错位置。

SCH98 具有强大的“编辑功能”。在电路图输入的任何阶段, 都可以打开实体的编辑对话框, 对话框显示对象的属性, 该属性可以被修改, 并可将这种修改扩展到同一类型的所有其它对象上, 即进行全局编辑更改。

SCH98 具有灵活的“选择”功能。按照操作者意愿, 可以进行成组的选择。例如可以一次选中一张图纸上的所有图素, 或只选某一在物理上互连的网络, 或选中项目代号上有共同规律的实体, 也可以只简单地选中某个几何区域上的全部图素。在选中的项中还可以指定不选的项目。已选中的对象可以移动、旋转或者作为文件输出、输入, 还可以使用标准的 Windows 命令, 例如 Cut、Copy、Paste、Clear 等操作, 还可以把整张图纸装到剪贴板上进行编辑。

SCH98 具有在线库编辑和完善的库管理功能。它用一个综合性的工具来管理元件的图形符号库。在设计过程中不仅可以打开多个元件库, 而且不需要离开原来的设计环境就可以访问库, 通过网络还可以访问多用户库。在库编辑中, 元件可以浏览, 也可以从库编辑器中直接放置到设计图上。SCH98 提供了丰富的建库工具, 操作时可以利用这些工具创建符合标准的元件符号, 也可改造原有的元件符号。

SCH98 提供许多著名器件厂家元器件标准库, 包括 AMD、Intel、Motorola、TI、Zilog 等公司的 16000 个以上元件符号, 同时还具备支持 Xilinx、Lattice 等公司产品的 PLD 设计仿真, 支持符合 Spice 算法及 Verilog-HDL 的混合电路仿真。

EDA /Client 环境允许同时运行 Advanced SCH98 和 Advanced PCB98, 在打开原理图或 PCB 图时允许双向交叉查找元件、管脚、网络, 也可以进行反向注释, 以保持电气原理图和 PCB 在设计上的一致性。

由于 SCH98 是 Windows 应用程序, 在 SCH98 界面下, 可在图中直接标注任意字体、大小、颜色的汉字。支持包括多种常用点阵和激光打印机以及多种类型的绘图设备。

§ 1-4 Advanced PCB 98 简介

Advanced PCB98 简称 PCB98, 它是 Protel98 设计系统中用于整个电路系统物理结构设计工具模块。PCB98 可完成的设计工作包括: 印制电路板的机械结构设计、元件的自动布局设计、走线的自动布线设计, 其结果可以用光绘数据文件的形式输出。

PCB98 为用户提供了一个功能强大的印制电路板设计环境。既可以用它进行单纯的 PCB 人工设计, 又可以和 SCH98 一起构成全自动的、集成化的、从构思到产品的设计环境。用 PCB98 完成的设计规模不受元件数目、连接网络数、总图素数目的限制, 而只受用户 PC 机硬件系统的内存限制。该工具有多层任务处理能力, 可以同时打开任意多个文件运行若干个应用程序。在 EDA/Client 体系结构中, 允许 PCB98 和 SCH98 同时运行在同一环境下, 并可在它们之间进行任意切换。

Advanced PCB98 具有标准 32 位设计系统的全部功能。此外, 它还具有以下功能:

- 16 个信号层、4 个电源/地层、4 个机械加工层、2 个阻焊层、1 个丝网层和 1 个钻孔层, 布线分辨率为 0.001 mil, 最大板尺寸为 254cm×254cm (100inch ×100 inch);

- 适合通孔 (DIP) 插装式和表面封装 (SMD) 技术器件的 PCB 设计;

- 32 位设计系统, 强大的“规则驱动”设计环境, 具有在线及批处理的设计规则检查 (Online and batch Design Rule Checking) 功能;

- 基于规则的智能化覆铜及特殊形状焊盘编辑功能;

- 分割内电层技术;

- 元件可以以 0.001 度分辨率沿任何角度布放;

- 智能化自动布局和自动布线功能, 自动布线提供拆线重试算法和全局布局算法, 并对布线进行平滑、优化和倒角处理, 使板面过孔数最少, 并对网络按指定的优先级、安全间距、线宽进行自动布线;

- 提供大量的工业化标准电路板作为设计模板;

- 自动生成光绘 Gerber 格式文件、电路板生产数控加工文件;

- 可以输入和输出 DXF 格式文件, 实现和 AutoCAD 等软件的数据交换;

- 可以实现对 (数字) 电路板设计进行信号集成分析;

- 工程更改单 (ECO) 系统跟踪设计中涉及到的网络表的更改;

- 与电气原理设计、电子表格之间的双向交叉检索功能。

PCB98 中含有一个能增加处理速度的数据结构和一系列的实用设计规则, 帮助设计者全面控制设计参数。如果把 SCH98 和 PCB98 结合在一起, 就是一个运行在同一环境下的自动化 PCB 设计系统。

在设计中, PCB98 始终遵循包括多重安全间距、实体几何形状、平行导线长度、阻抗匹配、生产工艺等参数的控制, 以及布线优先权、连线拓扑结构、内电层和覆铜连接方式等方面的 21 条设计规则。PCB98 可以胜任高速电路设计, 具有拓扑控制、布线长度控制、串扰控制、网络等长控制等功能。

PCB98 遵循不可拆断的电气互连规则, 采用“网络完整性优先”的互连驱动设计结构,

随时对系统设计进行在线监控,随着布线或移动元件、删除布线,及时删除或添加反映电气互连关系的“飞线”。这一功能与另外的在线设计规则检查功能有机结合,始终保证 PCB 设计电气连接关系与电气原理图保持一致。

PCB98 结合先进的无网格布线器 Route98,具备人工和自动布线功能,它将电气网格系统、避让障碍物模式和七种导线布放模式(具有预测布线功能)结合在一起,可以在不违反设计规则的前提下,实现在任何电气实体上进行预测布线。在布线时,系统将随时分析规则的优先级别,遵守预先设置好的全部设计规则。

PCB98 具有丰富的导向器(Wizards)功能。它允许用户选择某种工业标准化电路板或元件封装模型作为自己设计的依据,再做出一些参数选择,比如确定允许在两个焊盘之间穿过的导线数、电路板的层数以及是以通孔插装技术为主还是以表面安装技术为主等等之后,导向器将创建、归纳出一套专门为该设计而优化的 PCB 设计规则。同时用户也可以加入自己的电路板模板并设置参数,作为一个标准板被引用。

PCB98 具有智能化覆铜(Intelligent Polygon Planes)功能。它可以在电路板上完成多种覆铜面设计,敷铜面可与指定的网络互连,并与其它电气实体(如焊盘、过孔、导线等)保持一定的避让间距,并可以自动消除敷铜中的“孤岛”。这种功能对于高速数字电路或高频模拟电路的 PCB 设计是非常有益的。

PCB98 还支持实体的内部电源/地层的分割。PCB 设计时可以把内部电源/地层分割成若干个相互绝缘的区域,成为电位不同的电源的专用网络。只要在内电源/地层上框出要分割的区域,把相应的网络赋给该区域,则区域内属于该网络的全部焊盘都将自动连接到该源/地层块上。利用内层编辑器可以检验和控制所有内部电源/地层,包括分割的电源/地块的设置、位置等。

PCB98 的特性之一是它与 SCH98 之间能方便地进行直接动态互联。电气原理图和印制板图工具之间可以进行双向交叉检索、找出彼此相互对应的网络、元件或管脚。PCB98 与 SCH98 之间可以进行正向、反向注释。所谓正向注释就是把电气原理设计 SCH98 中的信息传递到电路板设计 PCB98 中去,保证 PCB 设计的物理连接结构、电路功能和设计的电气原理图一致;反向注释是指在重新标注 PCB 板中的元件标号后,电气原理图中对应的元件标号也自动做相应的改动。实际上,这种动态互联式的正向、反向注释功能在 ACCEL/EDA 工具包中也同样具备,这体现了 EDA 工具的智能化,可以避免人为疏忽造成的设计不规范性失误。

EDA 工具的开放性主要体现在不同 EDA 工具之间设计信息交换时的兼容性和自身系统内部的横向数据信息交换能力上。PCB98 是一个良好的开放设计系统,它可以直接打开以前的 DOS 版本 Protel Autotrax、PADS-PCB、PADS2000 (ASC、PDIF5/6) 和 Tango Series II 等格式的 PCB 设计文件。

PCB98 具有自动光绘数据生成功能。它可以自动生成标准 Gerber 光绘文件、光圈表(D 码)文件,并具有在线光圈编辑功能。所生成的 Gerber 文件可以输入到 PCB98 中显示。由此可见,目前的印制电路板加工厂家的光绘设备和软件可以无障碍地接收 Protel98 的 PCB 设计文件。另外,NC Drill 文件是印制板钻孔数控钻铣设备所必须的,PCB98 可自动生成该文件,且不需要用户定义的刀具表(Tool Files)文件。PCB98 还提供了 AutoCAD 接口,能直接输出、输入 DXF 格式文件。PCB98 可以报表形式生成材料清单(BOM)文件、反向

注释文件、网络表状态报告表文件、工程更改单（ECO: Engineering Change Order）报表等文件。其中，工程更改单可随时跟踪电路板所做的物理更改。

PCB98 可实现自动布局和布线操作，采用的模拟退火算法使布局布线质量高，适合元件数多且复杂的 PCB 设计。布线可以按优先级及预定义的规则由计算机全部自动完成，也可以采用对话方式分组自动布线。如果 PCB98 配置了先进的 Route98 布线器模块，布线效果更佳，其高性能的无网格自动布线功能可达到几乎完美的布通率。PCB98 具有在线设计规则检查（DRC）功能，它随时提示违反设计规则的错误设计，可对各个阶段的设计进行物理结构方面的统一检查。密度图用于检查布局效果，配合自动布线器使用，实现最佳的布局。

PCB98 具有强大的自动阵列排放功能，通过布局整理工具能把选定实体重复排列成直线或圆弧状，还能按行或列把实体等间距布放或把元件移到设定网格点上；推挤工具能把重叠在一起的元件推开。这些自动化功能大大减少了人工整理布局的时间。PCB98 具有如下强大而灵活的设计功能：

【编辑】 可进行随心所欲的全局编辑，在任何设计实体（如焊盘、连接导线、字符、元件等）上可以更改其属性；可进行整体更改，即将某一更改扩展到同一类型的所有其它实体上，例如，修改导线时，可更改其线宽及其所属的层面。

【选择】 按照用户愿意，可以选择某一在物理上互连的导线网络，或选中项目代号上有共同规律的实体及某个几何区域的全部图素。可进行成组选择。已经选中的对象可以使用标准的 Windows 命令进行操作，例如 Cut、Copy、Paste、Clear 等。被选中的实体或区域可以进行移动、翻转（旋转分辨率为 0.001 度）、作为文件输出或者存为库中的一个特定元件。

【微观察镜】 它使操作者在俯瞰当前 PCB 全局的同时，可以在微观察镜中显示电路板的任意角落的细节，即工作显示区可以放大和缩小。

【对象浏览器】 它用于检索和处理有关元件库、网络和元件的操作，可以迅速地布放、或检索当前电路板上的对象（元件、网络、焊盘）。

【图形编辑】 用鼠标激活对象，进行调整尺寸、拖拽或旋转等操作。

【库编辑器】 可以进行创建、观察和编辑元件封装模型的操作。PCB 库编辑器有自己的窗口，允许同时打开多个库文件。

【网络表操作】 PCB98 软件本身会随时维护网络表的完整性。

【多层撤销/重做】 允许操作者恢复到以前的任一状态下。撤销和重做的次数无限。

PCB98 支持 Windows 平台上几乎所有外部输出设备，包括各式打印机、绘图机和 PostScript 输出。可以全自动地输出高分辨率的 Gerber、HPGL 光绘文件，可以输出数控钻铣加工 NC-drill 文件。PCB98 支持的元件字符有 18 种可选方位，可显示三种字体，允许用打印机内嵌字体替代显示字体。采用无级缩放和视窗跟随技术，支持 32 位系统的分辨率，精度达 0.0005mil。

§ 1-5 Advanced Route 98 简介

随着当今集成电路技术的飞速发展，电子设计规模日趋复杂，对 PCB 的密度要求越来越高，激烈的市场竞争要求产品设计周期越来越短。就复杂的 PCB 设计而言，人工布线编

辑手段是十分低效的。人们对具有高性能 PCB 布线软件的需求越来越迫切,这种需求主要体现在对布线质量、布通率和布线时间的要求上。实践证明:布通率低于 95%、布通时间以天为单位的 PCB 布线器已难以适应当今电子设计的需求。

软件自动布线是否有效主要取决于布线算法。目前基本有三种较为先进的布线算法:探测算法、拆线重试法和无网格布线法。探测算法布线器采用限制图形的方式寻找布线通道,其布线效率较高;拆线重试算法布线器采用展开网络的方式,避开障碍重新布线,布通率也较高,很适合高精度通孔插装式电路板或一般 SMD 板的布线;无网格算法布线器可以说是当今最先进的。无网格算法也称为基于形状(Shape-Based)算法,基于这种算法的布线器适合非常复杂的 PCB 布线。

Protel 公司于 1998 年正式推出了新一代 PCB 无网格布线软件包 Protel Advanced Route98,其综合布线能力几乎可以和工作站上的大型 EDA 工具媲美。Advanced Route98 可以在自动布线之前进行布线分析,根据布线参数计算出布通率和布通时间,并以自动布线报表文件形式告知用户。这就是说,在没有进行自动布线之前,用户就可以知道他设计的印制板是否可以完全布通,需要多长时间。Route98 采用人工智能算法,使得板面上的过孔最少、连线总长度最短,避免出现过多的折线和过孔。可全面接受 PCB98 的设计规则。实际测试表明,Route98 能很好地完成诸如微机主板、笔记本电脑主板、图像加速卡等高密度、高难度 PCB 自动布线。通常,Route98 模块不属于 Protel98 的基本配置模块。

§ 1-6 Advanced SIM98 简介

Protel 98 具有对 Advanced SCH98 所设计电路进行仿真分析的功能,并且可以进行模拟与数字混合型电路仿真。在 Advanced SCH98 操作界面,单击工具条中的“Simulate”项,即可调用 Advanced SIM98 工具模块进行仿真分析。实际上,Advanced SCH98 是一个具有很多用于各种设计的完整的电子电路设计环境,它既可单独用来进行电气原理设计,也可与电路仿真工具 SIM98、PLD98 及 PCB98 模块结合起来使用,从而使 Protel 98 成为从头至尾的自动化集成设计系统。SCH98 包含了丰富的备用仿真电路符号库,每个符号都有相应的仿真模型。一旦 SIM98 模块安装到 EDA/Client 环境下,就可以完成电路仿真。SIM98 模块也不属于 Protel98 的基本配置模块。

SIM98 电路仿真工具包括三个核心部分:网格列表器(Netlister)、仿真引擎(Simulation engine)和波形视窗(Waveform viewer),是有一定特色的模拟/数字混合型电路仿真器。只要是熟悉 Windows 环境高版本 Pspice 工具的用户,可以很快掌握它的使用。SIM98 是使用工业标准语言 SPICE 及 Verilog-HDL 的混合电路仿真工具。模拟电路仿真中经常遇到的二极管、双极型三极管、结型场效应管模型均使用 SPICE 模型。Verilog-HDL 语言是一种用于数字电路系统的标准硬件描述语言, SIM98 提供完整的符合 IEEE 1364 Verilog-HDL 语言标准的仿真。

SIM98 在支持器件制造商家的模型,如 Motorola、Texas Instruments 等提供的 SPICE 标准器件模型的同时,本身具备了超过 6 400 个电气符号的丰富仿真库资源,这些仿真符号可