

▶▶ 高等学校电子与通信工程类专业“十三五”规划教材



- 经典的电路设计和仿真工具——OrCAD PSpice(Cadence 16.5)
- 主流的PCB设计工具——Protel DXP

电子线路设计仿真与实例

——OrCAD与Protel DXP

▶▶ 主编 齐跃峰 刘燕燕 朱奇光
参编 荆楠 郭璇 李林

高等学校电子与通信工程类专业“十三五”规划教材

电子线路设计仿真与实例

——OrCAD 与 Protel DXP

主 编 齐跃峰 刘燕燕 朱奇光
参 编 荆 楠 郭 璇 李 林

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书从应用角度出发,结合电路设计中的实际问题,系统地介绍了CAD软件OrCAD PSpice (Cadence 16.5)和Protel DXP的基本功能与应用技巧,并结合典型应用实例说明电路系统设计的一般步骤和方法。

考虑到本书作为教材使用的目的,除第1章外每章末都附有小结和一定量的习题,习题中精选了“电路分析”“电子线路设计基础”“模拟电子技术”等课程中的一些典型电路设计的例子。通过习题的练习,读者不但可以掌握本章的内容,而且可以领会相关课程的知识,触类旁通,一举两得,大大提升学习效果。

本书可作为高等学校电子信息类专业本科生、研究生的教材,也可作为非电类专业学生的选修课教材(课时为35~40学时),同时可供电路设计工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路设计仿真与实例:OrCAD与Protel DXP/齐跃峰,刘燕燕,朱奇光主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.12

ISBN 978-7-5606-4716-6

I. ①电… II. ①齐… ②刘… ③朱… III. ①电子电路—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TN702

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第244110号

策 划 秦志峰

责任编辑 秦志峰 王 静

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 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 21

字 数 499千字

印 数 1~2000册

定 价 46.00元

ISBN 978-7-5606-4716-6/TN

XDUP 5008001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

前言

随着计算机技术的飞速发展和大规模集成电路的广泛应用,电子电路的计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)已经成为电子电路分析设计中不可缺少的有力工具。以集成电路 CAD 为基础的电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)已经成为电子学领域中的重要学科,并形成了一个独立的产业。本书从应用角度出发,系统地介绍了国内电子电路设计和仿真所使用的两种 CAD 软件——OrCAD PSpice (Cadence 16.5)和 Protel DXP,前者是经典的电路设计和仿真工具,后者不但可以完成常用的模拟和数字电路的分析设计,还是目前主流的 PCB 设计工具。

在 OrCAD 中,首先介绍利用 OrCAD Capture CIS 绘制电路原理图的方法,包括如何创建新的设计项目、绘制电路原理图以及原理图的后处理工作;然后介绍了 OrCAD PSpice A/D 的模拟仿真功能,详细阐述了 4 种基本电路特性分析的参数设置、波形观测及输出结果的分析过程;以具体电路实例介绍了参数扫描分析和 PSpice AA 分析中各种高级分析功能。在此基础上,给出了应用 PSpice A/D 描述电路的基本定理及进行电子线路设计的一般方法。

在 Protel DXP 中,首先介绍了软件的基本知识,在此基础上详细描述了电路原理图的绘制,包括简单电路原理图和层次原理图的绘制方法,以及网络表文件的生成;接着介绍了印制电路板(PCB)的设计知识,包括 PCB 设计时的系统参数设置、PCB 的规划、网络表文件的加载、元器件的布局、电路板的布线以及最后的调整和敷铜。

在内容的编排上,本书结合高校电类课程教学实际,将软件的各个功能由浅入深逐步展开。书中包括大量相关课程中的经典电路,如“模拟电子技术”中的基本放大电路以及加法、减法、积分、微分运算电路,“数字电子技术”中的译码器,模/数混合电路中的滤波器等,通过这些电路的设计和仿真分析,读者可对课程的学习有更加深刻的理解和领会。本书最后以几个典型的实际电路设计工程为例,系统地介绍了电路设计的一般方法和步骤,以及 PSpice 和 Protel DXP 在模拟和数字电路中的应用,使读者对 CAD 技术有更加深刻清晰的认识。

在学习方法上,读者需要注意以下两点:

(1) 理论联系实际。本书中的大量实例都紧密结合相关课程的教学内容,如“电路原理”“模拟电子技术”和“数字电子技术”,力求使读者通过本书的学习对相关课程有更加深刻的理解和领会。读者在学习的过程中可以使用所讲软件对相关课程的内容进行仿真和验证,改变参数观察仿真结果的变化,分析其中的原因,达到 CAD 软件的学习和相关课程的学习相互促进的目的。

(2) 多练习、多思考。电子电路设计是一门实践性非常强的课程,CAD 软件本身就是一类应用软件,只有经过长期大量的练习才能积累丰富的经验,因此读者应当在平时的学习中学会主动运用 CAD 知识来分析遇到的问题,多练习,勤思考,才能达到熟练掌握、灵活运用的目的。

编者长期从事高校“电路分析”“模拟电子技术”“数字电子技术”“电子线路设计基础”等课程的教学和科研任务，在长期的教学和科研实践中，深深体会到 CAD 在电类专业教学和科研中的重要作用以及高校开设 CAD 课程对于电类专业学生的重要意义。所以，借此机会，编者将多年的实践心得和体会加以总结，结合近年来的教学和科研实践，编辑成书，与各位分享。

感谢“燕山大学研究生课程建设项目”在本书编写、出版过程中的资助。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中的疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2017 年 8 月

目 录 Contents

第 1 章 概述	1	2.8.1 元件自动编号	44
1.1 电子线路 CAD 技术	1	2.8.2 设计规则检查	46
1.2 常用电子线路 CAD 工具	2	2.8.3 生成网络表	48
1.2.1 PSpice A/D 介绍	2	2.8.4 生成报表	50
1.2.2 Protel DXP 介绍	3	本章小结	53
1.3 本书主要内容和学习方法	5	习题	53
第 2 章 Capture 电路原理图绘制	7	第 3 章 PSpice 仿真分析与应用设计	56
2.1 Capture 的功能特点及软件组成	7	3.1 PSpice A/D 的功能特点及软件构成	56
2.2 利用 Capture CIS 绘制电路原理图的基本 步骤	8	3.2 PSpice A/D 分析电路的基本步骤	58
2.3 创建新设计项目	9	3.3 波形显示和分析模块	61
2.4 电路图编辑窗口	12	3.3.1 Probe 模块调用和运行	61
2.4.1 菜单系统	12	3.3.2 工具按钮	62
2.4.2 工具按钮	18	3.3.3 信号波形显示	63
2.5 设置绘图环境参数	19	3.3.4 Probe 探针	72
2.5.1 设置绘图页参数	20	3.4 激励源的设置与编辑	74
2.5.2 设置模板参数	22	3.5 基本电路特性分析	78
2.5.3 设置保存、打印及文件归档	24	3.5.1 直流工作点分析	79
2.6 绘制电路原理图	25	3.5.2 直流扫描分析	85
2.6.1 元件的选取与放置	25	3.5.3 交流扫描分析	88
2.6.2 电源的选取与放置	28	3.5.4 瞬态分析 (Time Domain(Transient))	96
2.6.3 对元件的基本操作	30	3.6 参数扫描分析	100
2.6.4 元件参数设定和元件符号编辑	31	3.7 逻辑仿真	110
2.6.5 绘制电连接线	34	3.7.1 逻辑仿真的概念	111
2.6.6 放置网络别名	36	3.7.2 逻辑仿真中的激励信号源	112
2.6.7 添加辅助绘图元素	37	3.7.3 逻辑电路仿真	114
2.6.8 标题栏的处理	38	3.8 模/数混合仿真	115
2.7 平坦式和层次式电路设计	39	3.8.1 模/数接口电路	115
2.7.1 平坦式电路设计	40	3.8.2 数/模混合电路仿真	115
2.7.2 层次式电路设计	41	3.9 高级分析	117
2.8 电路原理图后处理	44	3.9.1 参数测绘仪	119
		3.9.2 灵敏度分析	123

3.9.3 优化设计	125	4.8.2 绘制总线	183
3.9.4 蒙特卡罗分析	127	4.8.3 绘制总线入口	184
3.9.5 电应力分析	130	4.8.4 电源和接地	185
3.10 PSpice 应用与电路设计	134	4.8.5 绘制输入/输出端口	186
3.10.1 应用 PSpice 验证电路基本定理	134	4.8.6 绘制线路节点	187
3.10.2 电路设计	138	4.8.7 绘制网络标号	188
本章小结	142	本章小结	189
习题	143	习题	189
第 4 章 Protel DXP 2004 快速入门	146	第 5 章 Protel DXP 2004 高级设计	190
4.1 Protel 软件的发展	146	5.1 图形工具菜单的使用	190
4.2 Protel DXP 2004 概述	146	5.1.1 图形工具栏	190
4.2.1 Protel DXP 2004 的特点	146	5.1.2 绘制直线	191
4.2.2 Protel DXP 2004 的组成	147	5.1.3 绘制多边形	191
4.2.3 Protel DXP 2004 对系统的要求	148	5.1.4 绘制圆弧与椭圆弧	192
4.2.4 Protel DXP 2004 的安装	148	5.1.5 添加文字注释	193
4.3 Protel DXP 2004 原理图的设计步骤	149	5.1.6 添加文本框	194
4.3.1 设计印制电路板的一般步骤	149	5.1.7 绘制矩形	194
4.3.2 设计 Protel DXP 原理图的一般步骤	149	5.1.8 绘制圆角矩形	195
4.4 原理图设计系统的窗口管理	151	5.1.9 绘制扇形	196
4.4.1 工具栏的打开与关闭	151	5.1.10 插入图片	197
4.4.2 工作窗口的缩放	154	5.2 层次原理图的设计	197
4.4.3 工作窗口的排列	156	5.2.1 层次原理图的设计方法	198
4.5 设置原理图图纸及工作环境	158	5.2.2 自上而下层次原理图设计	199
4.5.1 图纸参数设定	158	5.2.3 层次原理图之间的切换	203
4.5.2 填写设计信息	162	5.2.4 层次电路原理图设计实例	204
4.5.3 原理图环境参数设置	163	5.3 建立多通道原理图	205
4.6 元器件的操作	165	5.3.1 创建一个多通道设计	206
4.6.1 输入元件名来获取元件	165	5.3.2 设置布局空间和标识符格式	207
4.6.2 利用元件列表选择元件	167	5.3.3 布局空间命名	208
4.6.3 字符串查找与替换	168	5.3.4 编译项目	208
4.6.4 使用工具栏放置元件	169	5.4 电路原理图的编译修改及报表生成	209
4.6.5 元件的调整	169	5.4.1 设置编译规则	209
4.6.6 设置元件属性	175	5.4.2 编译工程及查看系统信息	210
4.7 元器件库的操作	177	5.4.3 报表生成	211
4.7.1 打开元件库管理器	177	本章小结	213
4.7.2 元件库管理器面板	178	习题	213
4.7.3 添加元件库	179	第 6 章 元器件库的建立和元件制作	215
4.7.4 删除元件	181	6.1 元器件库概述	215
4.7.5 搜索元件	181	6.2 建立自己的原理图元件库	217
4.8 电路原理图的绘制	182	6.2.1 原理图元件编辑菜单和工具栏	217
4.8.1 绘制导线	182	6.2.2 绘制原理图元件体	218
		6.2.3 设置原理图元件属性	221

6.2.4 向电路原理图中添加新建的元件	223	8.1.3 PCB的抗干扰措施	260
6.3 创建元器件库实例	224	8.2 在电路图中添加元件的封装及网络	260
本章小结	226	8.2.1 添加元件封装库	261
习题	226	8.2.2 网络表文件(Netlist)的生成	262
第7章 印制电路板 PCB设计初步	227	8.2.3 向PCB加载网络表文件	264
7.1 PCB介绍	227	8.3 元件布局	265
7.1.1 PCB的结构	228	8.3.1 元件的自动布局	265
7.1.2 多层板概念	228	8.3.2 元件布局手动调整	267
7.1.3 过孔	229	8.3.3 元件和导线的删除	269
7.1.4 膜	229	8.4 电路板布线	270
7.1.5 焊盘	229	8.4.1 修改电路板布线规则	272
7.1.6 组件的封装	230	8.4.2 自动布线	276
7.2 生成PCB文件的两种方法	232	8.5 电路板后期调整	279
7.2.1 利用菜单命令创建	232	8.5.1 调整布局、布线	280
7.2.2 利用向导创建	233	8.5.2 修改覆铜规则	280
7.3 印制电路板编辑器的简要介绍	238	8.5.3 设计规则检查(DRC)	282
7.4 设置印制电路板工作环境	239	本章小结	283
7.4.1 设置环境参数	239	习题	283
7.4.2 设置工作层	244	第9章 电子电路设计方法和实例	286
7.5 PCB工具栏	246	9.1 电子电路设计一般步骤	286
7.5.1 绘制导线	246	9.2 设计实例	289
7.5.2 绘制焊盘和过孔	247	9.2.1 方波-三角波-正弦波产生电路设计	289
7.5.3 添加字符串	249	9.2.2 光纤脉冲宽度调制传输系统设计	293
7.5.4 标注尺寸和位置	250	9.2.3 脉冲计数式鉴频器在UM71型无绝缘轨道电路信号测试中的应用	299
7.5.5 绘制圆弧和圆	252	9.2.4 煤矿矿井安全监测系统设计	305
7.5.6 矩形和多边形的填充	252	9.2.5 运煤小车车号红外遥控发送、接收系统设计	310
7.5.7 标注电路板尺寸	254	9.2.6 手持650 nm LD激光光源设计	317
7.5.8 覆铜	255	本章小结	325
本章小结	256	习题	325
习题	257	参考文献	327
第8章 印制电路板的制作	258		
8.1 印制电路板绘制的基本原则	258		
8.1.1 PCB设计流程	258		
8.1.2 元件的布局	258		

第1章 概述

1.1 电子线路 CAD 技术

随着计算机技术的飞速发展和大规模集成电路的广泛应用,计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)技术已经成为电子电路分析设计中不可缺少的工具。

电子线路 CAD 的基本含义是使用计算机来完成电子线路的设计过程,包括电路原理图的编辑、电路功能仿真、工作环境模拟、印制板设计(自动布局、自动布线)与检测等。除此之外,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方便。

目前,电子线路 CAD 软件种类很多,如早期的 TANGO、smartWORK、PCAD 等,还有目前广泛应用的 PSpice、Multisim 和 Protel 等。其中 PSpice 和 Protel 具有功能强大、使用方便、易学、自动化程度高等特点,是目前比较流行的两种电子线路 CAD 软件。

1. CAD 技术的优点

电子线路设计中采用的 CAD 技术具有如下优点:

(1) 缩短设计周期。采用 CAD 技术,用计算机模拟代替搭建试验电路的方法,可以减少设计方案验证阶段的工作量,大大加速设计进程。例如,在设计印制电路板(Printed Circuit Board, PCB)时,采用 Protel 中的自动布局布线和功能强大的后处理功能,可以很方便地完成印制电路板的设计,将人们从烦琐的纯手工布线中解放出来。

(2) 节省设计费用。搭建试验电路费用高、效率低,采用计算机进行模拟验证可以减少硬件的投资,节省研制费用。

(3) 提高设计质量。CAD 技术可以采用精确的模型来计算电路特性,而且可以很容易地实现灵敏度分析、容差分析、参数优化、成品率模拟和最坏情况分析等各种分析,可以在节省设计费用的同时提高设计质量。

(4) 共享设计资源。在 CAD 系统中,成熟的单元设计及各种模型和模型参数均存放在数据库文件中,用户可直接分享这些设计资源。特别是对数据库内容进行修改或增添新内容后,用户可及时利用这些最新的结果。

随着电子技术的发展,设计的电路越来越复杂,规模也越来越大,在这种情况下,离开 CAD 技术几乎无法完成电子电路设计任务。

2. CAD 软件的种类

根据电子线路设计任务的需要,目前可用于设计过程的 CAD 软件包括如下几类:

(1) 通用电路模拟软件:对一般电子电路进行模拟验证的软件。该软件可根据给出的电路拓扑结构和电路中所用的元器件参数,模拟分析该电路的直流、交流和瞬态等各种特

性, 并进行灵敏度分析、成品率模拟和最坏情况分析等, 例如 PSpice、EWB 等。

(2) 专用电路设计软件: 专门用于某些特定类型电路的设计软件, 例如由 PLD 和 FPGA 等可编程器件构成的电路。与通用模拟软件相比, 这类软件适用面窄, 但在其适用范围内功能则更强, 往往还具有优化设计的功能。

(3) 印制电路板布局布线软件: 具有自动布局布线功能, 一般只需用户进行少量的人工干预就可完成印制电路板的设计任务。

随着计算机技术和电子线路设计技术的发展, CAD 软件的功能越来越强大, 一种软件往往包含以上各软件的很多功能, 例如 Protel。

3. 利用 CAD 软件进行电路设计的过程

在计算机上, 利用电子线路 CAD 软件进行完整的电路设计的一般过程如下:

(1) 原理图编辑。原理图编辑是电路 CAD 设计的前提, 因此原理图编辑是电路 CAD 软件必备的功能。

(2) 电路仿真。电路的功能、性能主要由原理图决定, 编辑好原理图后, 在制作电路板前, 一定要对电路的功能、性能指标进行仿真测试。

(3) 设计、编辑印制电路板。PCB 设计是电路 CAD 设计的最终目的, 因此 PCB 功能的强弱(如自动布局、布线效果)是衡量电路 CAD 软件性能的主要指标之一。

本书介绍了两种目前在电路设计领域广泛应用的 CAD 软件——PSpice 和 Protel。前者是经典的电路设计和仿真工具, 后者不但可以完成常用的模拟和数字电路的分析设计, 还是目前最主流的 PCB 设计工具, 具有强大的功能。

1.2 常用电子线路 CAD 工具

1.2.1 PSpice A/D 介绍

在众多的 CAD 工具中, PSpice A/D 是当前使用最广泛的电路仿真工具软件。PSpice 是在 SPICE 的基础上发展起来的。最初的 SPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)是在 20 世纪 70 年代, 由美国加利福尼亚大学伯克莱分校在模拟电子电路的研究中开发的一种用以分析、设计和测试复杂电子电路的软件工具。其后, 美国的 MicroSim 公司进一步将其完善, 包装为一个能应用于不同领域的商品化版本。为了能在 PC 上运行 SPICE, MicroSim 公司在 1983 年推出 PSpice 软件产品, PSpice 与 SPICE 使用同样的运算规则和语法。PSpice 具有的强大功能, 使其自问世以来, 在全世界的电工、电子工程界得到了广泛的应用。此后 PSpice 的版本不断更新, 功能不断完善, 在 1988 年 PSpice 被定为美国国家工业标准。目前大多数电子线路设计仿真软件都是以 PSpice 为基础实现的。20 世纪 80 年代以来, 采用自由格式语言的 PSpice 5.0 版本, 在我国得到了广泛应用。

1998 年, 著名的 EDA 商业软件开发商 OrCAD 公司与 MicroSim 公司正式合并, 此后 MicroSim 公司的 PSpice 产品正式并入 OrCAD 公司的商业 CAD 系统中。1998 年, OrCAD 公司正式推出 OrCAD PSpice Release 9.0, 与传统的 SPICE 相比较, OrCAD

PSpice Release9.0 及其以后版本的界面更加直观,使用更加方便,分析功能更强,元器件参数库及宏模型库也更加丰富。

2003年,全球著名EDA软件公司Cadence公司收购OrCAD公司,并进行大力研发,相继推出10.*系列的不同版本,在提高易用性的同时,增加了很多元件库。2007年到目前,推出的都是16.*版本,在这一系列版本的开发过程中,增加了不少新功能。Cadence公司把自己的产品与OrCAD软件做了整合,优势互补以满足不同需求。现在Cadence公司针对PCB方面的EDA产品可以分为高端(Cadence SPB)和低端(OrCAD)。无论高端还是低端,原理图部分都主要用收购来的OrCAD中的原理图软件(Capture)来完成。

OrCAD是一个软件包,其进行电路模拟分析的核心软件是PSpice A/D,其基本电路分析功能有:

(1) 直流特性分析,包括静态工作点(Bias Point Detail)、直流灵敏度(DC Sensitivity)、直流传输特性(Transfer Function, TF)和直流特性扫描(DC Sweep)分析。

(2) 交流分析,包括频率特性(AC Sweep)和噪声特性(Noise)分析。

(3) 瞬态分析,包括瞬态响应分析(Transient Analysis)和傅里叶分析(Fourier Analysis)。

(4) 参数扫描,包括温度特性分析(Temperature Analysis)和参数扫描分析(Parametric Analysis)。

(5) 统计分析,包括蒙特卡罗(Monte Carlo, MC)分析和最坏情况(Worst Case, WC)分析。

(6) 逻辑模拟:包括数字模拟(Digital Simulation)、数/模混合模拟(Mixed A/D Simulation)和最坏情况时序分析(Worst - Case Timing Analysis)。

此外,PSpice提供的工具Optimizer可以对电路进行优化。当一个模拟电路能基本满足要求,但仍不符合所要求的优异性能标准时,可以调用Optimizer,通过调节某些性能参数,如增益、带宽等,观察参数的微弱变化对电路性能的影响,然后再次调整,直到性能达到要求为止。当对电路性能参数要求较多,同时需要调节的参数也比较多时,Optimizer就能充分表现出它的优势。

为使模拟工作做得更快更好、更具灵活性,OrCAD软件包提供了5个配套软件与之相配合,即电路图生成软件(Capture)、激励信号编辑软件(Stimulus Editor)、模型参数提取软件(Model Editor)、波形显示和分析模块软件(Probe)以及优化程序软件(Optimizer),从而使OrCAD/PSpice具有了电子工程设计的全部分析功能,不但能完成模拟或数字电路分析,而且能完成数/模混合电路分析。

1.2.2 Protel DXP 介绍

Protel系列电子设计软件是在CAD行业中,特别是在PCB设计领域具有多年发展历史的设计软件。由于其功能强大,界面友好,操作简便实用,问世以后很快被广大电子设计工程师所接受和熟悉,并成为发展最快、应用最广的CAD软件之一。在20世纪80年代到90年代初期,Protel经历了从DOS操作系统下的TANGO软件到Windows操作系统下的Protel for Windows产品的转变,也使Protel软件确立了在Windows平台的CAD软件中的领导地位,逐步成为PC平台上最流行的CAD软件。

1996年 Protel 公司收购了美国 NeuroCAD 公司,成为世界上拥有基于形状(Shape - Based)的无网格布线技术的少数几家公司之一。同年,该公司又收购了一家专做可编程逻辑电路设计的科技公司,因此在 1996 年相继推出了无网格自动布线器和 PLD 两个模块。接下来,Protel 公司在 1996 年底推出 EDA/Client 的第三代版本 Protel 3 之后,1998 年又推出了 EDA/Client 98,这是第一个包含 5 个核心模块的真正 32 位 EDA 工具,它是将 Advanced SCH 98(电路原理图设计)、PCB 98(印制电路板设计)、Route 98(无网格布线器)、PLD 98(可编程逻辑电路设计)、SIM 98(电路图模拟/仿真)集成于一体的一个无缝连接的设计平台。

1998 年,Protel 公司引进 Micro Code Engineering 公司的仿真技术和 InCases Engineering GmbH 公司的信号完整性分析技术,于 1999 年正式推出 Protel 99——具有 PDM(设计过程管理)功能的强大 CAD 综合设计环境。2000 年,Protel 公司兼并了美国著名的 EDA 公司 ACCEL,随后推出了 Protel 99SE,进一步完善了 Protel 99 软件的高端功能,形成了与传统 UNIX 上大型 CAD 软件相抗衡的局面。基于 Windows 平台的 Protel 99SE 集强大的设计能力、复杂工艺的可生产性和 PDM 于一体,可完整地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,包括中间所有分析的仿真和验证,满足了产品的高可靠性,极大地缩短了设计周期,降低了设计成本。

Protel DXP 是 Protel 系列软件的第七代基于 Windows 平台的产品,于 2002 年 7 月面世。这个版本是 Altium 公司在继 Protel 99SE 之后经过近 3 年研究得出的结果,其中有不少新的方法是在 PC 平台上的首次应用。Protel DXP 是一款面向 PCB 设计项目,为用户提供板级设计全线解决方案,多方位实现设计任务的 EDA 软件。它具有真正的多重捕获、多重分析、多重执行的设计环境。本书就是基于 Protel DXP 版本来介绍它的应用的。与之前的 Protel 版本相比,Protel DXP 具有如下特点:

(1) 智能集成的工作区界面。

Protel DXP 采用了比以往更为灵活的界面,能适应各种设计需要。这些界面可以提供便捷、实用的功能。例如,可以用它们很方便地实现打开文件、搜索文件、导航原理图或 PCB 图文件和对象编辑等功能。

(2) 引入全新的项目管理概念。

使用 Protel DXP 进行设计是从创建一个项目开始的,这些项目把所有的设计元素链接在一起。设计元素包括原理图、网络表源文件、PCB 文件等一系列设计中的文件。在项目中也可以把输出设置进行保存,包括原理图和 PCB 的打印设置、钻孔文件以及材料清单的输出设置等。然后,系统会把这些信息在项目范围内保存,应用到以后的设计中,而不必对每个文件的格式进行一一设置。

(3) 集成的元件库。

Protel DXP 采用了与以往不同的元件库形式,它采用了一种新的库管理模式——集成元件库(Integrated Library)管理。在集成元件库下,元件(Component)的原理图符号、PCB 元件封装(FootPrint)和电路仿真所用的仿真模型,以及信号完整性分析所用的元件管脚(Pin)模型,都可以通过链接的方式,在调用元件的同时把信息同步地传送给具体的设计项目。

(4) 在原理图中设置 PCB 设计规则及进行信号完整性分析。

Protel DXP 在原理图输入过程中不仅可以方便地添加元件的信号完整性模型,还可以对某个网络定义具体的设计规则,甚至可以为某个元件的管脚定义设计规则,这些设计规则会在后期制作 PCB 文件的时候自动加载。因为原理图中元件和 PCB 封装是一一对应的,而元件的管脚和 PCB 焊盘(Pad)也是一一对应的,所以这里的规则相当于在 PCB 里对焊盘或者焊盘类(Pad Class)设置规则。DXP 还可以在原理图输入阶段中进行信号完整性(Signal Integrity, SI)分析,可以按照所设置的规则进行制作 PCB 前的 SI 仿真,观察波形,解决潜在的、由高速数字电路传输引起的反射问题。

(5) Situs 拓扑逻辑布线器。

由于电子器件的几何形状比较复杂,以往基于栅格和基于图形的布线方式往往不能充分利用有限的板上空间或者不能保证很高的布通率。Altium 公司在 Protel DXP 中引入了新一代布线器——Situs 布线器。Situs 布线器是一款基于拓扑逻辑分析的布线器,可以胜任大面积、高密度的电路板的自动布线。拓扑逻辑分析改变了以往把工作区空间划分为若干矩形单元的做法,而是在 PCB 布局之后进行整板的电气节点分析,形成空间上类似于神经网络的拓扑图,然后根据这种以基本的三角形作为单元的拓扑图来进行智能的布线路径计算,找出最佳的布线路径。其拓扑方式布线比以往基于图形的无网格布线有更加灵活的优势,几乎不受板上几何图形的约束,可以很有效地避开障碍。

6. 全面的设计分析

在 Protel DXP 中可以直接从原理图编辑环境进入仿真操作。集成库把每个元件的不同模型有机地结合起来,使得 DXP 中的仿真变得更加直观。DXP 中的界面也做了改进,可以在同一窗口中显示各种数据。在原理图中可以设置信号完整性分析的规则,使得设计者可以参照电路原理为 PCB 设计做好前期的规则约束,还可以在原理图阶段进行信号完整性分析,预先发现板级设计中的问题。

1.3 本书主要内容和学习方法

本书从应用角度出发,结合电路设计中的实际问题,系统地介绍 PSpice(Cadence 16.5)和 Protel DXP 的各种功能与应用技巧。

在 OrCAD 中首先介绍利用 OrCAD Capture CIS 绘制电路原理图的方法,包括如何创建新的设计项目、绘制电路原理图以及原理图的后处理工作。然后介绍了 OrCAD PSpice A/D 的模拟仿真功能,详细阐述了 4 种基本电路特性分析的参数设置、波形观测及分析输出结果的过程;以具体电路实例介绍了参数扫描分析和 PSpice AA 分析中的各种高级分析功能。在此基础上,介绍了应用 PSpice A/D 描述电路的基本定理及进行电子线路设计的一般方法。

在 Protel DXP 中首先介绍了软件的基本知识,在此基础上介绍了电路原理图的绘制,包括简单电路原理图和层次原理图的绘制方法,以及网络表文件的生成;接着介绍了 PCB 的设计知识,包括 PCB 设计时的系统参数设置、PCB 的规划、网络表文件的加载、元器件的布局、电路板的布线以及最后的调整和敷铜。

在内容的编排上,本书结合高校电类课程教学,将软件的各个功能由浅入深逐步展开。

书中包括大量相关课程中的经典电路，如“模拟电子技术”中的基本放大电路，加法、减法、积分、微分运算电路，“数字电子技术”中的译码器，模/数混合电路中的滤波器等，通过这些电路进行设计和仿真分析，读者可对课程的学习有更加深刻的理解和领会。在系统地掌握了两种软件的基础上，本书最后以几个典型的实际电路设计工程为例，系统地介绍了电路设计的一般方法和步骤，以及 PSpice 和 Protel DXP 在模拟和数字电路中的应用，使读者对 CAD 技术有一个更加深刻清晰的认识。

在学习方法上，读者需要注意以下两点：

(1) 理论联系实际。本书中的大量实例都是紧密结合相关课程的教学内容，如“电路原理”、“模拟电子技术”和“数字电子技术”，力求使读者通过本书的学习对相关课程有更加深刻的理解和领会。读者在学习的过程中可以使用本书所介绍的软件对相关课程的内容进行仿真和验证，改变参数观察仿真结果的改变，分析其中的原因，达到 CAD 软件的学习和相关课程的学习相互促进的目的。

(2) 多练习、多思考。电子电路设计是一门实践性非常强的课程，CAD 软件本身就是一类应用软件，只有经过长期大量的练习才能积累丰富的经验，因而读者应当在平时的学习中学会主动运用 CAD 知识来分析遇到的问题，多练习，勤思考，才能达到熟练掌握、灵活运用的目的。

第2章 Capture 电路原理图绘制

OrCAD Capture 是一个功能强大的电路原理图设计软件,使用该软件不但可以绘制各种类型的电路图,包括模拟电路、数字电路以及模/数混合电路,而且还可以对电路原理图进行各种后处理,包括元件自动编号、设计规则检查、生成多种格式网络表文件和各类统计报表。2000年,Cadence公司收购OrCAD公司后,对OrCAD进行大力研发,在提升易用性的同时,还增加了很多元件库。2007年,16.*系列版本问世,与之前的版本相比,16.*系列增加了不少新的功能,如强大的自动连线、3D视图、鱼眼放大功能以及不同设计文件之间的相互转换等。本书中的电路原理图设计就是基于Cadence Release 16.5\OrCAD Capture CIS进行的。16.5版提供了OrCAD Capture和OrCAD Capture CIS两个版本,Capture CIS与Capture相比,增加了元件信息系统(Component Information System, CIS),可以对元件实施高效管理,使得电路设计更加方便、快捷。

2.1 Capture 的功能特点及软件组成

1. Capture 的功能特点

Capture 是应用最广泛的电子电路绘图工具之一,具有如下功能特点:

(1) 它是真正基于 Windows 环境的原理图输入程序,既方便设计、修改电路原理图,也方便不同设计文档之间的交互,易于使用的功能及特点已使其成为原理图输入的工业标准。

(2) 其元件库相对比较完备。电路仿真元件库多达 8500 个,收入了几乎所有通用型电子元器件模块。在 Capture CIS 中,用户还可以通过 Internet 从指定的数据库中查找多达上百万条的元件信息,将需要的元件立即调入电路图中或者添加到库文件中备用。

(3) 它是众多软件的前端设计平台。OrCAD Capture 作为设计输入工具,可以连接 PSpice、VHDL 软件,提供模拟与数字电路前端设计平台。更为强大的功能是,可以生成 40 多种格式的网络表,满足不同 PCB 设计软件要求,如 OrCAD Layout、Allegro、Protel、PADS 2000 等。

(4) 它与 Cadence 公司其他软件产品集于一体,并能优势互补,交互性好。OrCAD Capture 在原理图绘制方面出类拔萃,完成原理图的输入后,除了可以直接调用原 OrCAD 公司的其他软件完成设计外,还可以调用 Cadence 公司的产品,如原来就处于领先地位的 PCB 设计布线工具 Allegro,可更高效地完成高速、高密度、多层的复杂 PCB 设计布线工作。

2. 软件组成

OrCAD Capture CIS 按照功能划分,可以分为下面 5 个模块,如图 2-1 所示。

(1) 项目管理模块(Project Manager)。OrCAD 对电路分析或设计任务按项目进行管理,将一个任务当做一个项目,每个任务对应一个项目管理窗口。Project Manager 不但管

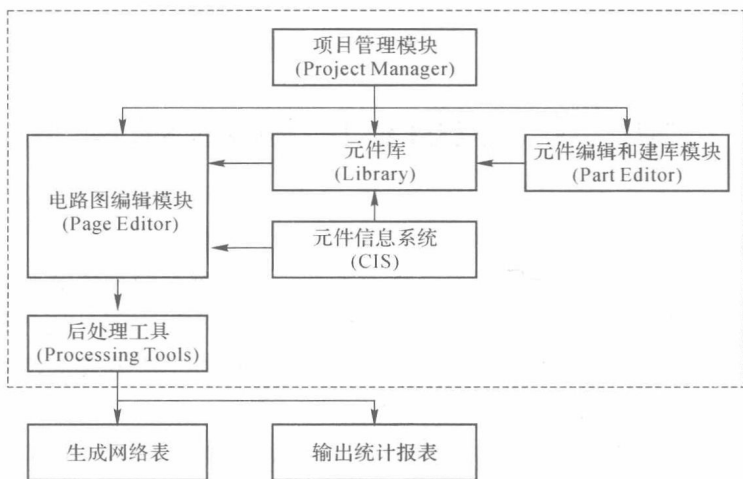


图 2-1 Capture CIS 软件构成

理项目中的各种设计文档，同时还处理与 OrCAD 中其他软件的接口和数据交换。

(2) 电路图编辑模块 (Page Editor)。在 Page Editor 窗口中实现电路原理图绘制。

(3) 元件编辑和建库模块 (Part Editor)。Capture 提供了元件符号和建库模块，用于创建及修改元件、电源、信号源以及子电路端口连接符号等。

(4) 元件信息系统 (Component Information System, CIS)。CIS 不但可以对元件调用和元件库实施高效管理，而且可以通过 Internet 元件助手 (Internet Component Assistant, ICA)，从指定网点提供的元件数据库查阅元件信息，根据需要找到的元件应用到电路设计中，或者添加到库文件中。

(5) 后处理工具 (Processing Tools)。电路原理图绘制完毕，调用后处理工具，可以对其元件进行自动编号、设计规则检查、输出各类统计报表以及生成多种供其他软件调用的网络表文件。

2.2 利用 Capture CIS 绘制电路原理图的基本步骤

绘制一个电路原理图，一般包括 5 个基本步骤。

1. 创建新设计项目

启动 OrCAD Capture CIS 软件，创建新设计项目，调用电路图编辑模块，设置环境运行参数和电路图页面参数。

2. 绘制电路原理图

(1) 放置元件符号。从元件库中调出元件符号，摆放在电路图页面的适当位置。对于层次式电路原理图，需要绘制各层次阶层模块及引脚。

(2) 元件间的电气连接。绘制互连线、节点、总线、总线分支、网络别名等。对于层次式电路原理图，绘制阶层端口。

(3) 添加非电气特性的电路辅助元素。放置标题栏、带有注释性的说明文字、几何图形、图片等。

3. 修改完善电路原理图

编辑、修改元件属性参数，改变元件位置及方向，调整连线布局，删除多余的电路元素等。

4. 电路原理图的后处理

进行元件自动编号、设计规则检查，如果该电路原理图要用于 PCB 设计，还要生成网络表文件和各种所需的统计报表。

5. 保存和输出

将绘制好的电路原理图保存，也可用打印机、绘图仪输出。

2.3 创建新设计项目

启动 Cadence Release 16.5\OrCAD Capture CIS，出现 Cadence Product Choices 窗口，如图 2-2 所示。

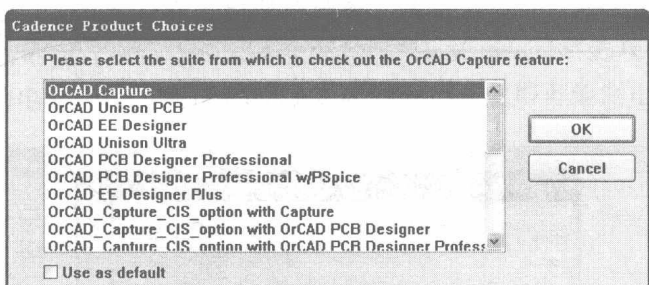


图 2-2 Cadence Product Choices 窗口

图 2-2 中，列出了 Cadence 公司的一系列软件产品，选择“OrCAD Capture CIS”，点击“OK”按钮，进入 OrCAD Capture CIS 初始界面，如图 2-3 所示。

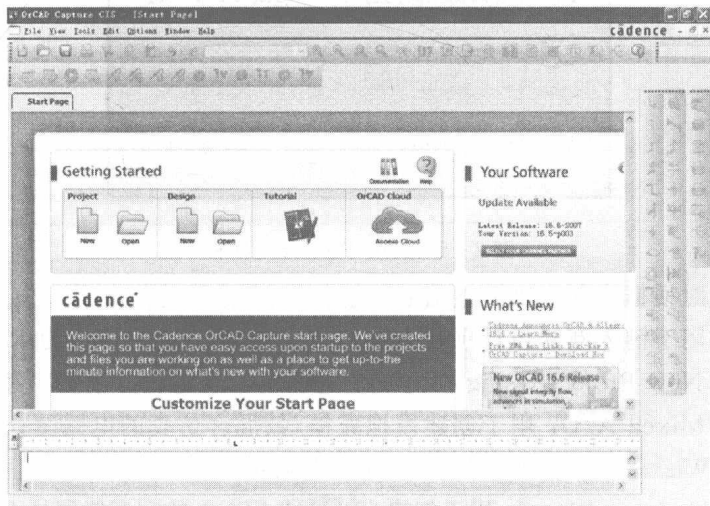


图 2-3 OrCAD Capture CIS 初始界面

在绘制一个电路原理图之前必须先创建一个新的设计项目。如图 2-4 所示，点击窗口上方的“File”菜单，选择执行“File\New\Project”命令，或直接点击工具按钮 ，可弹出