

PSpice

电路设计与分析

主编 刘明章

◆ 语言简练 ◆ 内容详实 ◆ 通俗易懂
◆ 实例丰富 ◆ 高效实用 ◆ 立足应用



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

PSpice 电路设计与分析

主编 刘明章
编著 钟国臣 严建豪 胡家彦

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

OrCAD PSpice 是 CAD 公司开发的电子电路设计自动化系列软件中的一员, OrCAD PSpice9 系列软件在电路性能分析, 优化设计, 以及特性数据库等诸多方面比以前有了很大的提高。它以方便快捷的输入方式、强大的分析功能等特点获得电子行业的一致好评。本书从 PSpice 的基本开发环境和基本语法开始, 根据电路设计中所需要解决的各种问题, 介绍相关语句的格式, 以及各种组件的使用。在用户熟悉了 PSpice 的基本用法之后, 本书开始结合 OrCAD PSpice9.2 并以具体的实例来介绍如何使用软件来完成各种电路的输入和不同分析方法的设置等问题。本书中的内容安排由易到难, 对初学者难以理解的概念和容易发生的问题, 给予了尽可能详细的说明, 可以同时起到教科书和用户手册的作用。

图书在版编目(CIP)数据

PSpice 电路设计与分析/刘明章主编. —北京: 国防工业出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-118-06958-7

I. ①P... II. ①刘... III. ①电子电路—计算机辅助设计—应用软件, PSpice IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 137221 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 380 千字

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

随着集成电路的飞速发展,传统的设计方法已远远不能满足需求。计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)技术已经在电子设计的领域起着非常重要的作用。CAD 技术已经渗透到了电路图生成、逻辑模拟、电路分析、优化设计、最坏分析、印刷板设计等各个领域。现在 CAD 技术已逐渐成为提高电子线路设计的速度和质量的不可缺少的重要工具。离开 CAD 技术,很难圆满地完成一个电路和系统的设计任务。

OrCAD PSpice 是电子设计中用来分析电路的工具之一,它不仅可以计算模拟电路的直流工作点、增益、频率特性等,还可以仿真数字电路的逻辑功能,更为突出的是它还拥有傅里叶分析、蒙特卡罗分析、最坏情况分析等特殊功能,使电路设计完全可以在计算机上完成。

本书的目的是介绍 OrCAD PSpice 的使用。帮助读者能够高效地运用该软件进行电路设计。对一个软件的使用的介绍通常是以它的不同功能作为不同部分来分别介绍的,但实际上最好的学习方法是在运用中学习,所以我们采用了基于实例的方法。也就是说,以一个个不同的实际电路为例,运用 OrCAD PSpice 来分析电路,同时介绍各种新概念和新的方法。实例是按照由简到繁的顺序安排的,读者在阅读的过程中,可以一边对照书学习,一边操作,从而逐渐增加经验。后面的学习可能会用到前面的知识,如果读者没有完全掌握,还可以翻看前面的内容,有利于知识的巩固。

OrCAD PSpice 是由在 EDA 领域最负盛名的公司 OrCAD 所开发的通用电路模拟仿真软件,从 OrCAD PSpice9 开始,可以直接使用 OrCAD Capture CIS 进行原理图的绘制,并进行后续的相关分析,使得该软件的使用更加方便,功能更强大。

全书共 8 章,由浅入深地结合实例指导读者学习使用 OrCAD PSpice,并运用其进行电路分析。第 1 章包括电路 CAD 的发展历史以及 PSpice 软件的简要介绍和发展历史,第 2 章介绍了 OrCAD PSpice 的开发环境和基本的应用。第 3 章介绍了 PSpice 的电路描述语句,并介绍了如何使用描述语句输入的方法来分析简单的电路。第 4 章则介绍了 OrCAD Capture CIS 的基本应用。第 5 章详细介绍了如何使用 PROBE 模块进行波形的显示和分析。在第 6 章和第 7 章中,分别介绍了如何使用该软件对模拟电路和数字电路进行相关的分析,其中第 7 章还包括数模混合电路的分析。第 8 章介绍如何使用 PSpice 中的优化工具 Optimizer 来对设计电路进行优化。通过对这 8 章的学习,读者可以达到熟练应用 OrCAD PSpice 来设计电路和分析电路的程度。

由于电路的设计是较为专业的内容,所以本书适合于有一定电子专业基础的人。

由于作者的水平和经验有限,书中难免有不当之处,希望广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 OrCAD PSpice 简介	1
1.1 电路 CAD 的发展	1
1.2 PSpice 软件简介	3
第 2 章 PSpice 的开发环境	4
2.1 Capture CIS Edition	4
2.2 Schematics 窗口	4
2.2.1 打开 Schematics 绘图窗口	4
2.2.2 绘图窗口的工具栏	5
2.2.3 绘图窗口的主菜单	8
2.3 PSpiceA/D 窗口	12
2.3.1 打开 PSpiceA/D	12
2.3.2 PSpiceA/D 窗口常用命令项	12
2.4 Probe 程序项	13
2.5 激励源编辑器 Stimulus Editor	14
2.5.1 打开 Stimulus Editor 窗口	14
2.5.2 Stimulus Editor 工具栏	14
2.5.3 Stimulus Editor 菜单栏	15
2.6 Optimizer 优化窗口	20
2.6.1 打开 Optimizer 窗口	20
2.6.2 Optimizer 窗口菜单	21
第 3 章 PSpice 的电路描述语句	24
3.1 输入文件的一般规定	24
3.1.1 输入描述语句的构成和相关规定	24
3.1.2 标题语句、注释语句和结束语句	26
3.2 无源元件描述语句	26
3.2.1 电阻 R	26
3.2.2 电容和电感	27
3.2.3 互感	27
3.2.4 无损传输线	28

25	3.2.5 电压控制开关	28
85	3.2.6 电流控制开关	28
18	3.3 有源元件描述语句	29
18	3.3.1 二极管	29
18	3.3.2 双极型晶体管	29
18	3.3.3 MOS 场效应晶体管	30
18	3.3.4 结型场效应晶体管	30
48	3.3.5 砷化钾场效应晶体管	30
48	3.3.6 数字电路器件	31
09	3.4 电源描述语句	31
09	3.4.1 独立电压源和独立电流源	31
29	3.4.2 线性受控源	34
29	3.5 分析和控制语句	34
89	3.5.1 分析语句	35
89	3.5.2 控制语句	35
101	3.6 子电路以及库的调用	36
201	3.6.1 子电路描述语句	36
201	3.6.2 元器件库的调用	36
801	3.7 使用描述语言输入的方法分析直流电路	37
011	3.8 使用描述语言输入的方法分析交流电路	45
011	第4章 Capture CIS 初步了解	50
111	4.1 打开新的电路图	50
111	4.2 电路绘制过程	53
111	4.2.1 绘图页规格的调整	53
211	4.2.2 电路元件的放置	57
211	4.2.3 电源元件的放置	62
211	4.2.4 改变元件序号与元件值	63
211	4.2.5 元件间连线	65
311	4.2.6 接点的放置	66
311	4.2.7 存档	66
911	4.3 电路特性分析类型和分析参数设置	67
221	4.4 运行 PSpice A/D 程序	70
221	4.5 Capture CIS 使用实例	70
921	4.5.1 绘制电路图	71
121	4.5.2 设置参数	72
221	4.5.3 保存	74
221	4.5.4 启动 PSpice 仿真	74

85	4.5.5 直流分析	75
85	4.5.6 参数分析	78
95	第5章 Probe 模块的运用	81
95	5.1 Probe 的功能和调用方式	81
0E	5.1.1 Probe 的功能	81
0E	5.1.2 Probe 调用和运行模式的设置	81
0E	5.1.3 Probe 模块的窗口界面	84
1E	5.1.4 Probe 模块的主命令系统	84
1E	5.2 信号波形的显示	90
1E	5.2.1 Probe 窗口中显示波形	90
4E	5.2.2 信号波形的编辑修改	93
4E	5.2.3 多批模拟分析结果波形的显示	95
2E	5.3 显示波形的分析处理	98
2E	5.3.1 改变坐标值	98
0E	5.3.2 增加一个 Y 轴	101
0E	5.3.3 坐标网格的设置	105
0E	5.3.4 光标 Cursor 的应用	106
7E	5.3.5 Label 标注符的使用	108
24	5.4 Probe 的多窗口显示	110
02	5.4.1 波形显示区的控制	110
02	5.4.2 波形显示窗口的控制	112
02	5.5 Probe 的文本工作模式	114
22	5.5.1 信号波形的数据显示	114
22	5.5.2 数据的逻辑处理	114
72	第6章 模拟电路分析	115
80	6.1 输入级、输出级	115
20	6.1.1 用 Capture CIS Edition 绘制电路图	115
00	6.1.2 生成网单输入文件	117
00	6.1.3 直流工作点分析以及直流扫描	117
70	6.1.4 瞬态分析	119
07	6.1.5 交流小信号分析	122
07	6.1.6 乙类工作状态互补输出级	123
17	6.1.7 傅里叶分析	129
27	6.2 电流源	131
47	6.2.1 镜像电流源基本分析	132
47	6.2.2 镜像电流源偏置电阻的直流扫描分析	136

201	6.2.3 镜像电流源的输出电阻与温度特性	138
701	6.3 差动放大器	143
701	6.3.1 绘制电路图	143
801	6.3.2 设置仿真参数	145
001	6.3.3 存档并进行仿真	145
100	6.3.4 巢式分析	147
000	6.3.5 交流分析与噪声分析	148
100	6.3.6 蒙特卡罗分析(Monte Carlo)	149
100	6.4 带通滤波器	153
000	6.4.1 绘制电路图	153
800	6.4.2 设置元件参数	156
000	6.4.3 设置分析参数	157
010	6.4.4 执行仿真	157
010	6.4.5 低通滤波器进行噪声分析	159
010	第7章 数字电路分析	160
100	7.1 数字电路模拟的基本知识	160
100	7.1.1 数字电路模拟涉及的概念	160
010	7.1.2 数字电路模拟的基本步骤	161
010	7.2 数字电路中的常用器件	161
010	7.3 数字电路模拟中的激励信号源	163
000	7.3.1 DIGCLOCK 波形设置	164
000	7.3.2 STIMn 激励信号波形的设置	164
	7.3.3 DIGSTIMn 信号源的设置	165
	7.3.4 FILESTIMn 类信号源波形设置	166
	7.4 数字电路实例分析	168
	7.4.1 三八译码器	168
	7.4.2 半加器的实现	176
	7.5 数/模混合电路模拟	181
	7.5.1 数/模混合电路的接口等效电路	181
	7.5.2 数/模混合电路实例	183
	7.6 数字电路最坏情况分析	191
	7.6.1 基本概念	191
	7.6.2 延迟时序模糊导致输出不确定	191
	7.6.3 脉宽变窄	193
	第8章 使用 Optimizer 进行电路的优化设计	195
	8.1 概述	195

8.1.1	基本概念	195
8.1.2	基本条件	197
8.2	二极管偏置电流的优化	197
8.2.1	绘制电路图	198
8.2.2	设置优化参数	199
8.2.3	优化结果	201
8.2.4	利用网单文件进行优化	203
8.3	共射极放大电路的优化	204
8.3.1	绘制电路图	204
8.3.2	IC(Q1)优化	206
8.3.3	增加优化目标	208
8.3.4	电路图自动升级	209
8.4	无源输出极的优化	210
8.4.1	多待调整参数设置	210
8.4.2	设置优化参数	212
8.4.3	优化结果	213
8.5	优化 COMS 放大器	214
8.5.1	COMS 放大器	214
8.5.2	优化参数设置	216
8.5.3	可选项设置	217
8.5.4	优化结果	218
8.5.5	优化过程中的波形显示	220
8.6	有源滤波器优化	222

第1章 OrCAD PSpice 简介

1.1 电路 CAD 的发展

随着计算机技术和自动化技术的飞速发展,以电子计算机辅助设计技术(Computer Aided Design, CAD)为基础的电子设计自动化技术(Electronic Design Automation, EDA)已经成为了电子电路设计必不可少的工具。计算机的发展促进了电路设计的自动化过程,使电子线路设计越来越便利,同时,电子线路的发展也促进了计算机的更新换代,并且也向计算机提出了更高的软件要求。

在过去,通常用两种方法进行电路设计:

一种方法是在数学上利用公式计算,一般用两个基尔霍夫定律以及元件的特性方程列方程进行计算求解。数学方法求解电路问题,看似非常精确,对于简单的电路分析确实可以得到很不错的效果,也利于形成理论,但当电路结果复杂、元件多时,数学分析的方法就会暴露出很多问题:

(1) 电路元件的增多,使得电路方程的数目随之增加,求解越发困难。

(2) 运用数学方法时,随着电路元件的增多,方程数目增加了,方程的解的精度也就自然而然地降低了。

(3) 如果发现原来的设计中出现了问题,就必须修改元件的参数甚至要修改电路形式,数学方法将会有很大改动,甚至无法得到新的结果。

(4) 数学方法无法进行元件可靠性等实验。

(5) 容差分析以及优化设计很困难。

另一种方法是物理方法。按照设计出来的电路图将元件搭成电路板,并用测试工具对电路的各项指标进行测试。对于简单的电路设计,手工搭建电路能够很直观地分析电路特性,提高试验者的动手能力,同时也能得到很不错的效果。但当元件数目大量增加时,搭建电路就会变得非常困难,不但需要大量的实际元件,而且会出现以下问题:

(1) 电路元件的增多,使得在利用元件搭建电路板时出错率很高,所以调试效率降低。

(2) 元件搭建出的电路板的电学特性与实际生产中的集成电路的电学特性有所不同,随着电路规模的扩大,这种差异也会越来越大。

(3) 调试困难。如果发现原先的设计中出现了问题,就必须修改元件的参数甚至要修改电路形式,在这样的情况下,无论是数学方法还是物理方法,都会消耗大量的人力、物力和时间,这样会增加电路的生产成本。

(4) 在高温或低温的破坏性试验条件下的电路特性试验是无法做的。即使勉强做了某种破坏性试验,整个电路都被损害,也无法继续完成试验。

(5) 容差分析以及优化设计很困难。

随着大规模集成电路的发展,电路的品种日益增多,同时规模也越来越大,电路的性能如稳定性、可靠性等要求也越来越高。这种较为原始的设计方法无论从效率上还是从设计精度上

显然都无法适应当前电子工业对大型电路的要求。同时,大规模的集成电路以及微电子技术的发展也促进了计算机和计算机技术的发展,这也使得计算机技术在电路的设计中的对电路的性能进行模拟成为可能。

采用 CAD 技术进行电子线路的分析和设计的优点如下:

(1) 减轻人工劳动,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,大大减轻了设计方案验证阶段的工作量。另外,在设计印刷电路时,布线等繁琐的劳动都可以由计算机的自动布线等功能来完成。传统方法的样机试制和小批量投产过程,在电路 CAD 中可由容差分析和优化设计来实现,不但能设计电路的性能,而且能事先预计它的生产合格率。这样就能够提高设计效率,缩短设计周期。

(2) 提高了设计质量。与传统的数学方法相比较,电路 CAD 中采用的元件模型更为复杂、精确,甚至可以根据需要来调整元件模型的复杂程度。不仅如此,CAD 工具还备有通用器件的模型参数库。除了常规的模拟,还可以模拟各种寄生参数的影响,模拟元器件参数的变化对整个电路性能的影响。同时也克服了传统设计方法中因仪器仪表接入而引起的各种误差。另外,利用 CAD 工具还可以方便地进行多种设计方案的比较和优选,从而挑选最佳的设计方案。

(3) 降低设计成本。传统的设计过程,必须投入大量的人力、物力进行设计、测试、调试,为了提高实际生产的成品率,还必须进行小批量的生产来进行测试。利用 CAD 技术,可以直接用计算机迅速而方便地进行灵敏度分析、容差分析和中心值优化,从而在提高设计质量的同时节省研制费用。特别是伴随着微型计算机的迅速发展和普及,目前已经推出了不少在微型计算机系统上运行的电路 CAD 软件,这就可以在计算机硬件投资要求不大的前提下进行电路的模拟和设计。

(4) 调试电路方便。在电路的设计过程中,为满足性能的要求,需要对电路的某部分进行修改,利用电路 CAD,调试过程变得格外方便。不仅可以通过修改元器件的参数来调整电路的性能,同时还可以对调整后的电路进行分析测试,通过观察波形等方式来观察电路的性能是否符合要求。

(5) 将电子工作者从繁重的体力劳动中解脱出来。采用了电子线路 CAD,电子工作者面对着的不再是电路板、示波器等,而是计算机的屏幕。设计者通过对计算机的操作,就能完成放置元件、连线、测试等一系列的工作。设计者不必像以前那样必须耗费大量的时间用于设计电路之外的体力劳动。这样,设计者们就能够从繁琐的计算、查表、绘制曲线、插放元件等工作中解脱出来,以更多的精力从事创造性的设计工作。

20 世纪 80 年代末期以来,微型计算机的迅速普及和可用于微型计算机系统的电子 CAD 软件的相继推出,为 CAD 技术的推广起到了重要的作用。起初的 OrCAD 和 PSpice 软件均在 DOS 环境下运行,功能相对简单,并且对使用者的要求较高。在随后几年里,随着 Windows 的应用,CAD 技术有了新的发展,使用也变得更简单。现在,OrCAD 公司和开发 PSpice 的 MicroSim 公司实现了强强联合,使得 OrCAD 软件包和 PSpice 软件包也随之集成在一起,构成了一个在微型计算机上运行的电子 CAD 软件系统,功能非常强大。

一般来说,一个能完成较为复杂的超大规模集成电路(VLSI)设计的 EDA 系统一般应该包括 10 个~20 个 CAD 工具,从高层次的数字电路的自动综合、数字系统仿真、模拟电路仿真,到各种不同层次的版图级的设计和校验工具,它们可以完成自顶向下以及自底向上的 VLSI 设计的各个环节和全部过程。

近年来,用于电子系统和集成电路设计的 EDA 工具发展很快,现场可编程逻辑器件(FPGA、CPLD 等)开发工具在试验室就可以设计出专用集成电路,以硬件描述语言(VHDL、Verilog HDL

等)为输入方式的高层次数字系统综合工具已经广泛应用于 VLSI 的设计中,各集成电路(IC)的生产厂家的版图单元库也越来越丰富,这些都促使集成电路的设计自动化程度越来越高。目前,对大多数电路设计工作者而言,一般只需进行电路的系统级或电路级的综合或仿真,就可以实现 IC 芯片的设计。

1.2 PSpice 软件简介

在众多的 EDA 工具中,PSpice 是当前使用最广泛的电路级仿真工具软件。本文介绍的 OrCAD PSpice 是由 OrCAD 公司推出的用于进行电子电路设计与仿真的高功能软件。它与 OrCAD 的软件包集成在一起,可以直接利用 OrCAD Capture 软件进行电路图绘制和后续的分析处理。

OrCAD PSpice 主要由以下几部分组成:

1. Capture CIS Edition

用户可以选择是利用 OrCAD Capture CIS 绘制电路原理图还是利用传统的 SchematicsPSpice 绘制原理图,由前者绘制的原理图可以直接用于电路特性的仿真;后者绘制的电路原理图可以转化成电路网单文件,并标上节点号,提供给仿真工具进行模拟。

2. 电路仿真程序 PSpice A/D Edition

电路仿真工具是 PSpice 的核心部分,它包括以下功能:直流工作点的分析、直流转移特性分析、传输函数的计算、交流小信号分析、交流小信号的噪声分析、瞬态分析、傅里叶分析、直流灵敏度分析、温度分析、最坏情况分析和蒙特卡罗统计分析等,同时它还能够对数模混合电路进行仿真。在 OrCAD/PSpice 中,运用描述语言进行电路仿真的功能也包含在这一模块中,在使用过程中,它接收网单文件的输入,并列方程进行求解计算,最后输出结果。同时可以用 Probe 输出所要显示的波形。

3. 输出绘图程序 Probe

Probe 是 PSpice 的输出图形后处理软件包。它接收仿真程序输出的绘图文件(*.DAT),在屏幕上绘出曲线,它还可以输出到打印机上。本书将重点介绍这一模块,因为它对结果的分析有着重要的作用,波形的输出可以使设计者很直观地掌握和分析设计效果。

4. 激励源编辑程序 Stimulus Editor

用户可以在输入网单文件中定义电路的输入信号源,也可以利用 Stimulus Editor 编辑输入信号源,包括正弦源、脉冲源、指数源、分段线性源等。

5. 模型参数提取程序 Parts

由于电子元器件种类复杂,模型参数库中的模型有限,所以 PSpice 提供了从器件特性直接提取模型各种参数的软件包 Parts。它从元器件制造商提供的数据表直接提取 PSpice 的模型参数,而不需要对器件进行测量。将该模型放入库中就可以利用模型进行仿真。PSpice 还允许用户对已有的模型参数或器件的方程进行修改。

6. 电路优化工具 Optimizer

PSpice 所提供的优化工具 Optimizer 是针对已经具有大致的基本功能的电路的,通过调节某些性能参数,如增益、带宽等,可以使用 Optimizer 对电路进行优化。Optimizer 将调整电路中某些参数的值,观察参数的微弱变化对电路性能的影响,然后再次调整参数,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。

第2章 PSpice 的开发环境

PSpice 的 Windows 版本使使用者能够很容易地绘制电路图并进行分析,本章主要介绍 OrCAD PSpice 的开发环境。OrCAD PSpice 是一个将 PSpice 的电路仿真功能和 OrCAD 的部分功能相结合在一起的高功能组合软件。

2.1 Capture CIS Edition

首先,打开 Capture CIS Edition,选择新建工程后出现如图 2-1 所示的窗口。

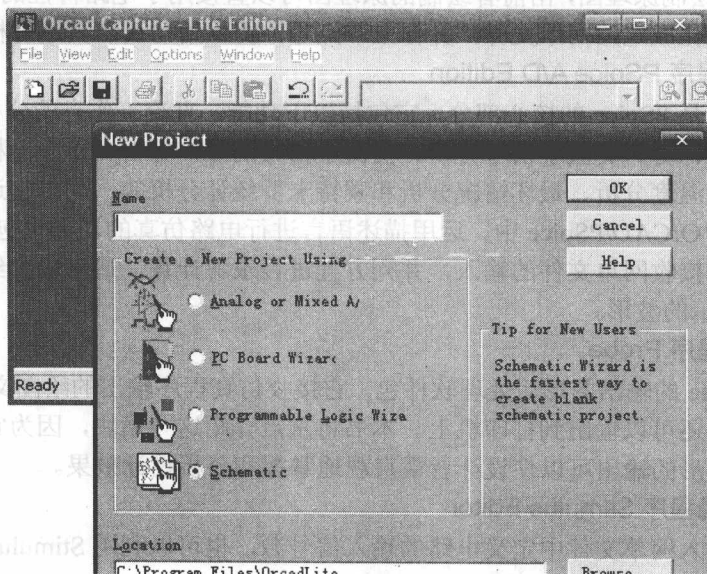


图 2-1 新建工程

新建的项目可以有 4 种类型: Analog or Mixed A/D 可以绘制电路原理图并进行仿真; PC Board Wizard 可以用来进行电路板设计; Programmable Logic Wizard 能够和 CPLD、FPGA 等进行很好的连接; Schematic 是一个快速的原理图设计方法,只能用来绘制电路图,不能用来仿真。在利用 PSpice 软件进行电路原理的分析和设计时,使用最多的是 Analog or Mixed A/D 和 Schematic。

2.2 Schematics 窗口

2.2.1 打开 Schematics 绘图窗口

新建一个 Schematic 工程,添好工程名称和保存路径,就可以打开 Schematic 窗口。

图 2-2 所显示的是建立项目后的项目管理器的内容。

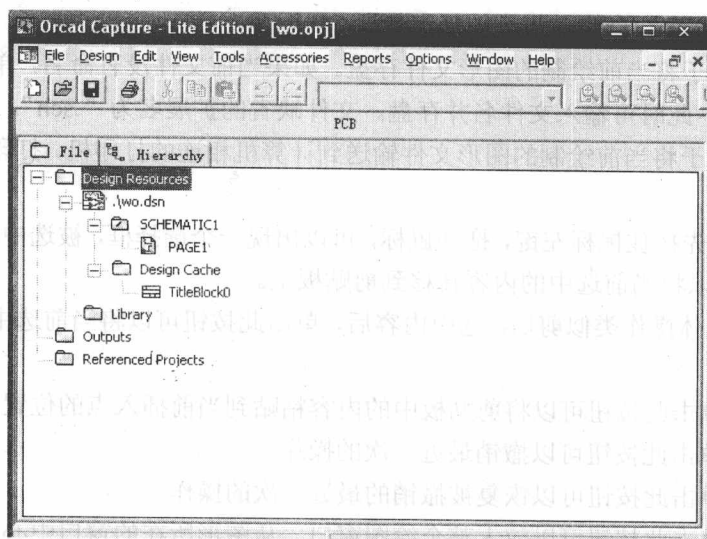


图 2-2 项目管理器

2.2.2 绘图窗口的工具栏

如图 2-3 所示，绘图窗口右侧为绘图工具栏。

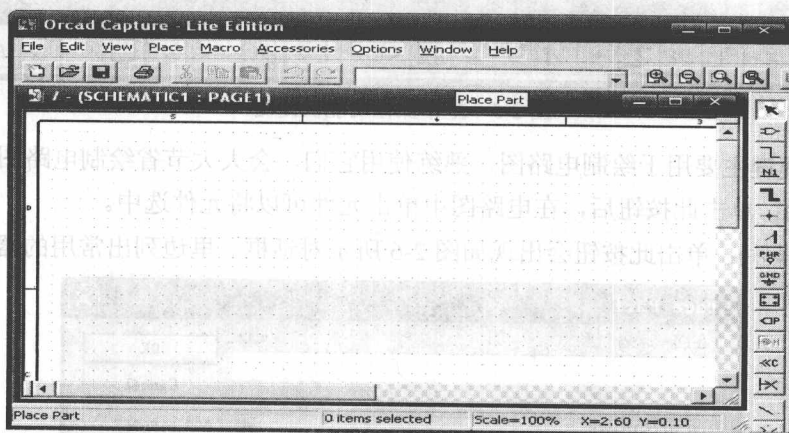


图 2-3 Schematics 电路图绘制窗口

绘图窗口中有许多快捷按钮，每一个按钮可以执行菜单条中的一个常用命令，使用起来快捷、方便，可以大大提高工作效率，省去了不断在菜单中寻找所需命令的麻烦。

(1) 第一组基本功能快捷键如图 2-4 所示。

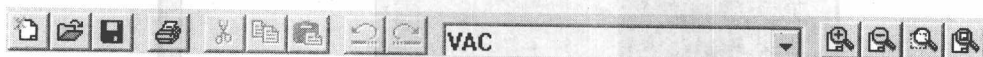


图 2-4 基本功能快捷键

 (新建): 用于创建新的图形文件。单击此按钮将出现一个新的“未命名”的绘图窗口，程序自动将前一个图形存盘。

 (打开): 用于打开已存在的图形文件。单击此按钮将出现 Open 对话框，可选择一个图

形文件来打开，程序会自动将前一个图形存盘。

 (存盘): 用于将当前绘制的图形文件存盘。如果当前文件没有命名，单击此按钮将会出现 Save As 对话框，此时可输入文件名并存盘。文件缺省的扩展名为“.sch”。

 (打印): 用于将当前绘制的图形文件输送到计算机相连的打印机，打印机按照预先设置进行打印。

 (剪切): 首先按住鼠标左键，拖动鼠标，可以出现一个选择框，被选中的内容变成红色，然后单击此按钮可以将当前选中的内容转移到剪贴板上。

 (复制): 具体操作类似剪切，选中内容后，单击此按钮可以将当前选中的内容复制到剪贴板上。

 (粘贴): 单击此按钮可以将剪贴板中的内容粘贴到当前插入点的位置。

 (撤销): 单击此按钮可以撤销最近一次的操作。

 (恢复): 单击此按钮可以恢复被撤销的最近一次的操作。

 (放大): 单击此按钮可以放大整个绘图窗口，从图形所在的窗口中心开始放大。

 (缩小): 单击此按钮可以缩小整个绘图窗口，从图形所在的窗口中心开始缩小。

 (部分放大): 首先用鼠标选中一个区域，单击此按钮可以放大这个区域。

 (部分缩小): 类似部分放大，单击可以缩小鼠标选中的区域。

(2) 第二组基本操作功能快捷键如图 2-5 所示。

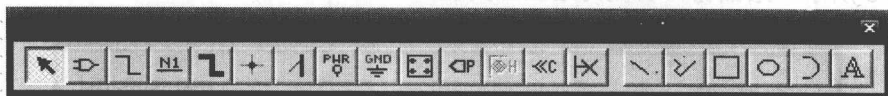


图 2-5 基本操作功能快捷键

这一组快捷键主要用于绘制电路图，熟练使用它们，会大大节省绘制电路图所用的时间。

 (选择): 单击此按钮后，在电路图中单击元件可以将元件选中。

 (查找器件): 单击此按钮会出现如图 2-6 所示对话框。里边列出常用的器件目录，可以

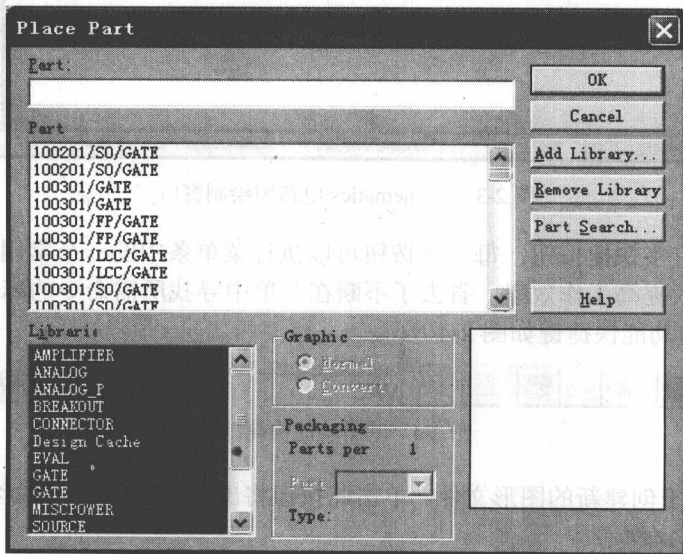


图 2-6 放置元器件

在 Part 栏中输入器件名称,也可以在列表中查找,单击 Part 名,在鼠标后就会跟随所选器件的形状,按下左键即可放下所选器件。对话框中的 Librarie 栏中列出了不同的库。可从中选择需要的器件库,查找元器件。

 (画线): 单击此按钮后鼠标在绘图窗口上会变成十字形。在选中点按下鼠标左键,拖动鼠标,线条画出,直到按下鼠标右键时结束。

 (画网络别名): 单击该按钮,会出现绘制网络别名的对话框,输入网络别名后单击 OK 按钮,会出现一个方框,用方框单击要绘制网络别名的电线即可。如图 2-7 所示。

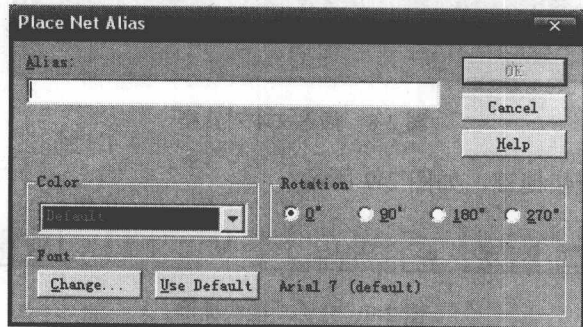


图 2-7 画网络别名

 (画总线): 单击此按钮后鼠标在绘图窗口同样会变成十字形。在选中点单击鼠标左键,拖动鼠标画总线(线条粗),单击鼠标右键结束。

 (画交点): 在交叉的电线交点处,单击此按钮,可以使该点变为真正的电气连接点,否则系统将认为交叉的电线只是交叉,而没有电气连接。

 (画总线分支): 单击此按钮后可绘制总线的分支,将总线信号的每一个信号表示出来。

 (放置电源): 单击此按钮后会弹出放置电源的对话框。

 (放置地): 单击此按钮后会弹出放置地的对话框(注意:地在电路图中使用的时候,要将其 name 设为 0,否则会认为该电路的接地点悬空)。

 (画框): 单击此按钮后绘图窗口上鼠标下出现一个矩形框。在选中点单击鼠标左键,放置框,单击鼠标右键结束。

 (画层次端口元件): 单击此按钮后会弹出放置层次端口的对话框。

 (画层次引脚): 单击此按钮后会弹出放置层次引脚的对话框。

 (去交点): 在电路的交点上(有电气连接)单击此按钮,会去掉电气连接。

 (画直线): 单击此按钮,然后在绘图窗口中依次点下两点,可以画出一条直线。

 (画折线): 单击此按钮,可以在绘图窗口中连续单击,两个连续点之间为线段,依次单击可以画折线。

 (画矩形): 单击此按钮,然后在绘图窗口中依次点下两点,可以画出一个矩形。

 (画圆): 单击此按钮,然后在绘图窗口中先单击一点为圆心,另单击一点以两点之间的距离为半径可以画出一个圆。

 (画弧线): 单击此按钮,然后在绘图窗口中依次单击两点,可以画出一条弧线。

 (插入文本): 单击此按钮,出现对话框如图 2-8 所示。在空白处可以输入将要粘贴到绘图窗口中的文字或字母。单击 OK 按钮,即可在绘图窗口的任何位置单击鼠标左键放置文本。

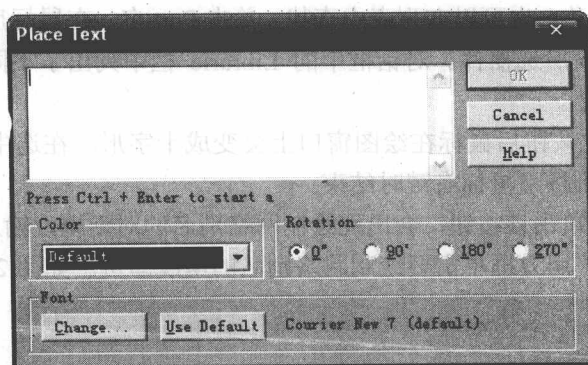


图 2-8 插入文本对话框

(3) 第三组分析功能快捷键，如图 2-9 所示。



图 2-9 分析功能快捷键

(新建分析文件): 单击此按钮打开 Analysis Setup 对话框，进行分析设置。

(编辑分析文件): 单击此按钮，可以更改一个已经存在的分析文件。

(分析): 单击此按钮，对当前绘图窗口上的电路进行分析。

(调用 PROBE): 单击此按钮，可以打开波形显示的窗口，确定要显示的波形。

(节点电压探针): 单击此按钮，然后绘图窗口中鼠标上会跟随一个小图标，再找到所需要电压的节点，单击。再双击该图标可弹出对话框，显示所选点的电压。

(电压差探针): 单击此按钮后，可以在电路中放置两个电压探针，分别为 V+和 V-用来表示两点的电压差。

(节点电流探针): 操作同上，显示节点电流。

(节点功率探针): 操作同上，显示节点功率。

(电压): 显示所有节点的电压值。

(隐藏显示节点电压): 选择节点，再单击此按钮可以选择显示或者隐藏该节点电压。

(电流): 显示所有节点流经的电流值。

(隐藏显示节点电流): 选择节点，再单击此按钮可以选择显示或者隐藏该节点电流。

(功率): 显示所有节点的功率值。

(隐藏显示节点功率): 选择节点，再单击此按钮可以选择显示或者隐藏该节点功率。

2.2.3 绘图窗口的主菜单

Schematics 窗口上面的主菜单包括 9 个常用命令项。单击其命令项或按下 Alt+热键(命令项中带下划线的字母)可以打开相应的命令菜单。

1. File(文件)

文件菜单如图 2-10 所示，主要用于打开、保存和打印图形文件，与其他的 Windows 应用程序相似。