

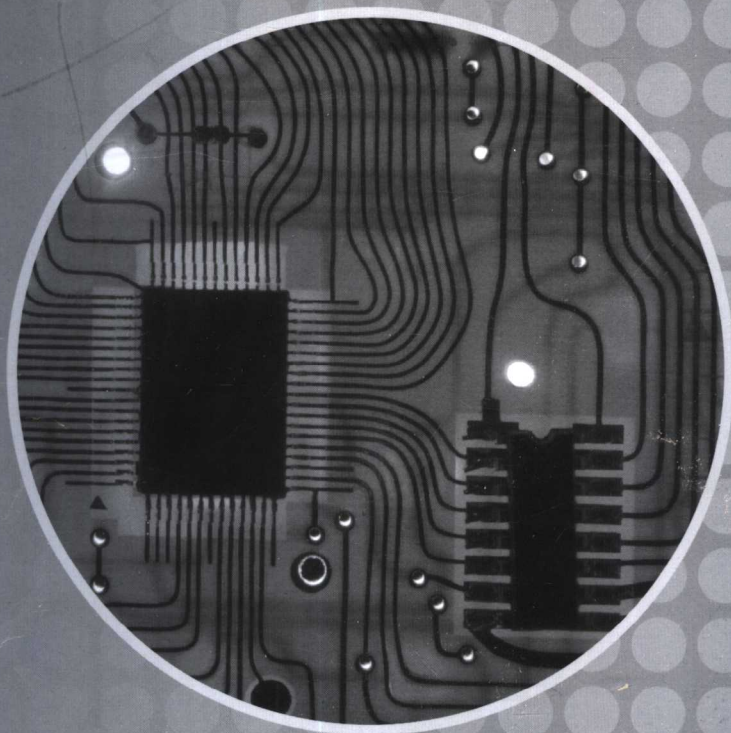
V V V V V
高等学校实验课系列教材



模拟电路 实验技术 (下册)

MONI DIANLU SHIYAN JISHU

●主编 谢礼莹
●参编 张 玲 潘银松 王艳琼



EXPERIMENTATION

重庆大学出版社



模拟电路实验技术

(下 册)

主编 谢礼莹

参编 张 玲 潘银松 王艳琼

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书为高等学校实验课系列教材之一。全书分上、下册,下册包括两篇:模拟电路 CAD 实验及其设计、可编程模拟器件的开发及设计实验,内容有:OrCAD PSpice 在模拟电路仿真中的应用及其在数字电路分析中的应用、利用 OrCAD PSpice 进行模拟电路仿真、ispPAC 系列器件结构及原理、PAC-Designer 软件使用方法、利用 ispPAC 器件的设计实例等。

本书供高等学校工科相关专业实验之用,也可供有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电路实验技术. 下册/谢礼莹主编. —重庆:重庆大学出版社,2005. 11

(高等学校实验课系列教材)

ISBN 7-5624-3553-7

I. 模... II. 谢... III. 模拟电路—实验—高等学校—教材 IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 127746 号

模拟电路实验技术

(下 册)

主编 谢礼莹

参编 张 玲 潘银松 王艳琼

责任编辑:曾令维 高鸿宽 版式设计:曾令维

责任校对:邹 忌 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:299 千

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3553-7 定价:16.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究。

前言

1995 年原国家教委批准的《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》明确指出:电子技术基础是一门实践性很强的课程,它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。

进入 21 世纪后,电子技术的发展呈现出系统集成化、设计化、用户专用化和测试智能化的态势,为了培养 21 世纪电子技术人才和适应电子信息时代的发展要求,高等院校的电子技术课程体系结构也随之改革,模拟电路实验技术的内容也亟待拓展和更新。

本教材编写的指导思想是:夯实基本实验技能、突出电子电路基本分析方法和调试方法,引入现代电子新技术、新器件、新电路;同时精选内容,着重创新;编写时更力求思路清晰、深入浅出、文字通顺、图文并茂,便于阅读。

本教材的特点是:在保证基本验证性和训练性实验的基础上,加强了综合性、设计性实验,拓展了利用 PSpice 软件的仿真新实验以及利用 ispPAC 器件和 PAC-Designer 软件的在系统可编程开发设计实验内容。例如书中引入的电子电路计算机辅助分析与设计技术就可以使各位读者体会到这类仿真实验在很大程度上弥补了硬件实验在对电路的温度分析、参数分析、性能分析、以及最坏情况分析方面的不足;ispPAC 器件和 PAC-Designer 软件的开发实验则为学生建立了从集成模拟器件的开发设计到设计结果下载到芯片进行验证的完整实验模式;全书强调对实验结果的分析 and 调试,注重于引导学生把传统的验证性测试实验转变为主动的调试与研究性实验,充分激发学生在实践环节中的自主学习热情。

总之,模拟电路实验应当突出基本技能、强调设计性综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的训练,以适应培养面向 21 世纪创新人才的要求。

全书分为上、下两册,在主要内容上,按照模拟电路实验的性质将所有实验分为验证性和训练性实验、设计性实验、综合性实验三大类。又按照实验材料和实验平台将整个课程的实验分为硬件实验和计算机辅助分析实验两大类。

其中基本验证性和训练性实验主要是培养和训练学生熟练掌握常用电子仪器来完成基本的单元电路实验;综合性、设计性实验则通过较系统的实践能力锻炼,使学生初步具有模拟电子线路的工程设计、安装调试技能,提高独立分析和处理实际问题的能力;而另一层次的利用 PSpice 软件的仿真实验则使学生掌握了电路仿真分析、调试的技能,利用 ispPAC 器件和 PAC-Designer 软件的开发实验又为学生提供了集成模拟电路的在系统编程设计环境,拓展并延续了模拟电子技术的集成化、设计化、用户专用化和测试智能化实验思路。

本教材的教学基本要求是:书中的每个基本实验需 3~4 学时内完成,综合性设计实验则须安排较多的学时数。为了达到实验目的,应要求学生做好实验前的预习,实验中应独立思考,认真完成实验规定内容。实验结束后,能写出完整的实验报告,分析实验数据,提出实验处理建议,以加强对实验效果的分析 and 理解。

本教材适用于不同院校、各种层次专业(电类、非电类)的模拟电路实验课程教学;其最大优点是它适合这类课程的开放式教学,因为教材在实验内容、实验材料、实验平台和实验学时的安排上可以使教师和学生有很宽松的参考选择余地。

本教材的参考教学时数为:硬件实验 12~36 学时,仿真实验 8~20 学时,课程设计则为一周或 20 学时。

本教材由谢礼莹担任主编,曾孝平教授担任主审。

全书共分 4 篇,谢礼莹编写第 1 篇、第 3 篇;张玲编写第 2 篇;王艳琼编写第 4 篇;夏鸣凤、潘银松分别参与了第 1 篇、第 3 篇的编写。谢礼莹全书统稿。

本教材首先得到重庆大学教务处以及通信工程学院及基础实验教学中心各级领导的大力支持,同时也得到了电气工程学院、光电信息工程学院有关教师的技术支持,在此一并表示深切的谢意!

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免还存在一些缺点和错误,如有不妥或错漏之处,殷切希望广大读者批评指正!

编者
2005 年 7 月

目 录

第 3 篇 模拟电路 CAD 实验及其设计

第 7 章 概论	1
7.1 计算机辅助设计与电子设计自动化	1
7.2 电路模拟分析工具 PSpice 简介	2
7.3 电路模拟过程	5
7.4 运行 OrCAD/PSpice A/D 9.1 的有关规定	8
第 8 章 OrCAD PSpice 在模拟电路仿真中的应用	14
8.1 电路图绘制软件 Capture	14
8.2 直流电路分析	22
8.3 交流电路交流分析和瞬态分析	32
8.4 参数扫描分析和电路性能分析	40
8.5 输入激励信号波形设置	47
8.6 模拟电路综合分析——差分放大器	57
8.7 蒙特卡诺(Monte Carlo)分析	69
8.8 最坏情况分析(Worst-Case Analysis)	75
第 9 章 OrCAD/PSpice 在数字电路分析中的应用	80
9.1 逻辑模拟基本概念及激励信号源设置	80
9.2 数字电路模拟	91
9.3 数/模混合模拟	98
9.4 逻辑错误的显示和分析	102
第 10 章 利用 OrCAD PSpice 进行模拟电路仿真(实验)	104
实验一 包含受控源的直流电路	105
实验二 RLC 串联谐振电路	106
实验三 基本有源放大电路单元	108
实验四 单管共源放大电路的常见应用	111
实验五 互补输出级电路	112

实验六 电流源	116
实验七 运算放大器的应用——线性部分	119
实验八 运算放大器的应用——非线性部分	122
实验九 电流并联负反馈放大电路	124
实验十 典型数字电路的研究	127
实验十一 单稳态多谐振荡器	129
附录 II	132
附录 II.1 常用库文件名及元器件	132
附录 II.2 PSpice Goal Function	135
附录 II.3 常用的工具按钮介绍	136
附录 II.4 常见的错误信息	138
 第 4 篇 可编程模拟器件的开发及设计实验	
第 11 章 可编程模拟器件概述	141
11.1 可编程模拟器件的组成	141
11.2 可编程模拟器件的分类	142
11.3 可编程模拟器件的设计流程	142
第 12 章 ispPAC 系列器件结构及原理	144
12.1 ispPAC10	144
12.2 ispPAC20	150
12.3 ispPAC80	153
第 13 章 PAC-Designer 软件使用方法	156
13.1 PAC-Designer 的基本用法	156
13.2 器件编程	166
第 14 章 利用 ispPAC 器件的设计实例	168
设计一 ispPAC10 高精度阶梯滤波器的设计	168
设计二 用 ispPAC20 实现的电压监控	173
设计三 用 ispPAC20 实现的温度监控	178
设计四 ispPAC80 可编程低通滤波器实验	182
附录 III 常用的工具按钮介绍	186

第 3 篇

模拟电路 CAD 实验及其设计

第 7 章 概 论

在电子电路计算机辅助设计的发展过程中,PSpice 起到了很大的重要的推广作用,本篇将以 OrCAD/PSpice 9.0 为例,介绍如何使用该软件对电路分析及电子线路中的典型电路进行模拟、分析和计算,以达到电子设计自动化的目的。

7.1 计算机辅助设计与电子设计自动化

电子电路设计,就是根据给定的功能和特性指标要求,通过各种方法,确定采用线路的拓扑结构以及各个元器件的参数值。有时还需要进一步将设计好的线路转换为印刷电路板版图设计。采用传统的人工设计方法花费高、效率低。随着计算机技术的迅速发展,计算机辅助设计(CAD:Computer Aided Design)技术已渗透到电路图生成、逻辑模拟、电路分析、电路优化设计

计、最坏情况分析、印制板设计等电子线路设计的各个领域。20 世纪 80 年代末期以来,微型计算机的普及可用于微机系统的电子 CAD 软件的相继推出,为 CAD 技术的进一步推广应用创造了良好的条件。CAD 技术正逐渐成为提高电子线路和系统设计的速度和质量的不可缺少的重要工具。现在完全可以说,离开 CAD 技术,很难圆满地完成一个电路和系统的设计任务。而这其中相当一部分设计任务是采用在微型计算机系统上运行的 CAD 软件完成的。

CAD 技术本身是一种通用技术,在机械、建筑、甚至服装等各种行业中均已得到广泛的应用。在电子行业中,CAD 技术不但应用面广,而且发展很快,在实现设计自动化(DA: Design Automation)方面取得了突破性进展。目前在电子设计领域,设计技术正处于从 CAD 向 EDA 过渡的过程中,一般统称为电子设计自动化(EDA)。

与 CAD 相比,采用 EDA 技术具有以下优点:

- ①设计周期缩短更多;
- ②设计费用减少更多;
- ③设计质量提高更多;
- ④设计资源共享更多;
- ⑤电路调试更加方便。

7.2 电路模拟分析工具 PSpice 简介

PSpice 的前身是 SPICE,其全称为 Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis,即重点用于集成电路的模拟程序。最早的 SPICE 软件是美国加州大学伯克莱分校为适应集成电路 CAD 的需要,于 1972 年推出的。1975 年推出的 SPICE 2G 版达到了实用化程度,得到了广泛推广。但该程序的运行环境至少为小型计算机。1983 年,OrCAD 公司推出了可在 PC 机上运行的 PSpice 1(P 代表是在 PC 机上运行的版本)。本书将结合 1998 年推出的 OrCAD/PSpice 9.0 版本,从支持的元器件种类、可分析的电路特性类型、配套软件以及新特点等几方面说明该软件的功能特点。

7.2.1 PSpice A/D 支持的元器件类型

PSpice A/D 可模拟下述 6 类最常用的电路元器件:

- ①基本无源元件,如电阻、电容、电感、互感、传输线等。
- ②常用的半导体器件,如二极管、双极晶体管、结型场效应管、MOS 场效应晶体管、GaAs 场效应晶体管、绝缘栅双极晶体管(IGBT)等。
- ③独立电压源和独立电流源。可产生用于直流(DC)、交流(AC)、瞬态(TRAN)分析和逻辑模拟所需的各种激励信号波形。
- ④各种受控电压源、受控电流源和受控开关。
- ⑤基本数字单元,包括常用的门电路、传输门、延迟线、触发器、可编程逻辑阵列、RAM、ROM 等。
- ⑥常用的单元电路,特别是像运算放大器一类集成电路,可将其作为一个单元电路整体出现在电路中,而不必考虑该单元电路的内部电路结构。

PSpice A/D 为不同类别的元器件赋给了不同的字母代号,如表 7.2.1 所示。在电路图中,不同元器件编号的第一个字母必须按表中规定。

表 7.2.1 PSpice A/D 支持的元器件类别及字母代号(按字母顺序)

字母代号	元器件类别	字母代号	元器件类别
B	GaAs 场效应晶体管	N	数字输入 ^①
C	电容	O	数字输出 ^①
D	二极管	Q	双极晶体管
E	受电压控制的电压源	R	电阻
F	受电流控制的电压源	S	电压控制开关
G	受电压控制的电流源	T	传输线
J	受电流控制的电压源	U	数字电路单元
I	独立电流源	U STIM	数字电路激励信号源
J	结型场效应晶体管	V	独立电压源
K	互感(磁芯),传输线耦合	W	电流控制开关
L	电感	X	单元子电路调用
M	MOS 场效应晶体管(MOSFET)	Z	绝缘栅双极晶体管(IGBT)

注:①N 器件和 O 器件是为数/模混合电路中对数/模接口型节点进行转换而引进的等效器件。

电路模拟的精度在很大程度上取决于电路中代表各种元器件特性的模型参数值是否精确。为了方便用户使用,PSpice A/D 提供的模型参数库中包括有超过 11 300 种的半导体器件和模拟集成电路产品的模型参数以及 1 600 多种数字电路单元产品的参数,其中包括了最新的 GaAs 器件和 IGBT 器件模型参数,对 MOSFET 器件还提供了 6 种不同级别的模型,适用于先进的亚微米工艺器件。

7.2.2 PSpice A/D 的配套功能软件

(1) 设计项目管理软件 Project Manager

在 OrCAD 软件包中,将一个设计任务当做一个项目。对要进行模拟分析的电路设计项目,由项目管理软件 Project Manager 对该项目涉及的电路图、模拟要求、涉及的图形符号库和模型参数库、有关输出结果等实施组织管理。每个设计项目对应一个项目管理器窗口。

如图 7.2.2 是一个差分电路的项目管理器窗口。标题栏中的 example 为该项目的名称。图中显示的是 File 标签中的内容。若单击图中 Hierarchy 标签,相应标签页中将列出电路图中分层结构关系。

由图可见,项目管理器中包含了 3 类文件。

- ①电路设计文件(Design Resources);
- ②中间结果输出文件(Outputs);
- ③与 PSpice 运行有关的文件(PSpice Resources)。

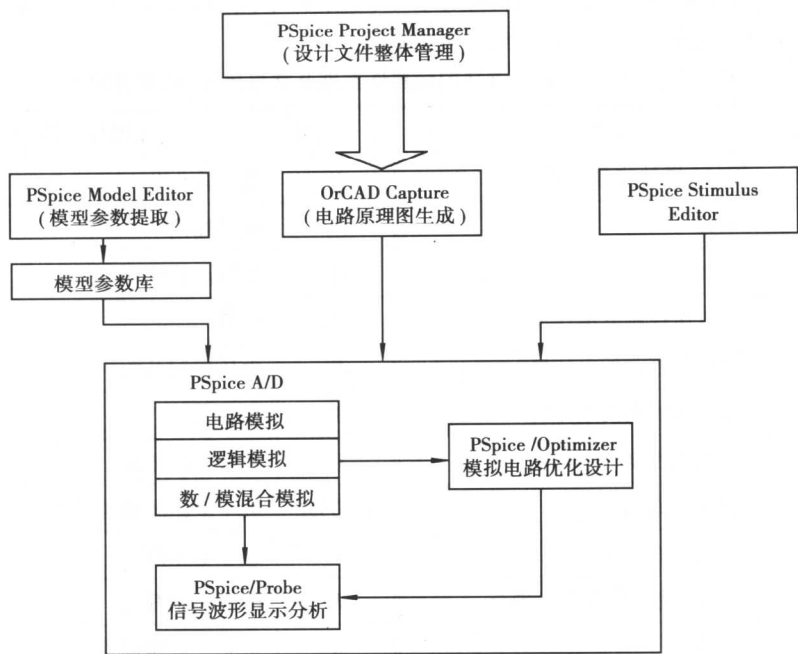


图 7.2.1 PSpice A/D 与配套软件

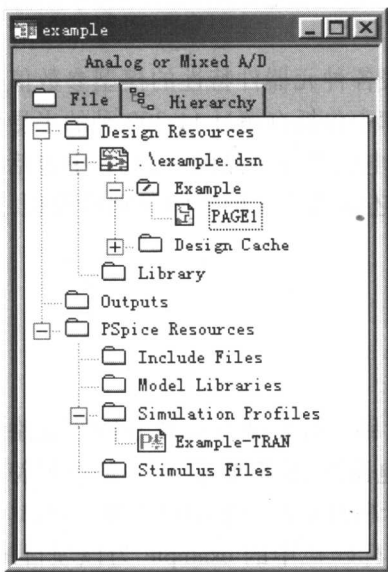


图 7.2.2 设计项目管理器 (Project Manager)

(2) 电路图设计软件 Capture

为了进行电路模拟，必须向 PSpice A/D 提供待分析电路的拓扑结构、元器件参数值等全部信息，同时还要说明电路特性分析类型、设置分析参数并提出结果输出要求。早期的 Spice 和 PSpice 软件要求用户按规定格式将上述内容编制成一份输入文件。这一工作不但繁杂，且极易出错，当电路规模较大时，这个问题更加严重。采用电路图绘制软件后，用户只需以人机交互图形编辑方式在屏幕上绘制好电路原理图，设置好分析参数，即可在电路图设计软件环境下继续完成电路模拟。在该软件环境下，还能控制本节介绍的其他配套软件的运行。

(3) 激励信号波形编辑软件 Stimulus Editor

在对电路特性进行分析时，瞬态分析和逻辑模拟分析需要的输入激励信号波形各不相同。

Stimulus Editor 软件就是一个激励信号波形编辑器，可以在交互方式生成电路模拟中需要的各激励信号波形。包括：

- ①瞬态分析中需要的脉冲、分段线性、调幅正弦、调频和指数信号等 5 种波形；
- ②逻辑模拟中需要的时钟信号、各种形状脉冲信号以及总线信号。

(4) 模型参数提取软件 Model Editor

PSpice A/D 的模型参数库中包括了一万多种元器件和单元集成电路的模型参数,基本能满足一般用户模拟分析电路特性的需要。如果用户采用了未包括在模型参数库中的元器件,可以调用模型参数生成软件 Model Editor 提取该器件的模型参数。用户只需根据元器件手册中给出的元器件特性数据,Model Editor 即可生成电路模拟时需要的模型参数。

(5) 模拟结果波形显示和分析模块 PSpice/Probe

为了观察模拟结果,确定电路设计是否满足要求,PSpice A/D 完成电路模拟后可自动调用 Probe 模块。该模块具有 3 种主要功能:

①显示电路中的节点电压、支路电流波形。在显示信号波形过程中可随时修改电路分析参数设置,再重新进行电路模拟,显示信号波形。在 OrCAD 中,可根据需要在电路图设计修改、电路模拟、结果波形显示之间交叉调用,直到电路设计满足要求为止。

②模拟结果的再分析处理。Probe 可以对模拟结果波形进行再加工,以提取出更多的信息。

③数字电路中逻辑错误问题的检测。在显示逻辑模拟结果波形时,Probe 可以检测出电路中存在的冒险竞争、时序错误等问题,并可以将出错位置标注在电路中。

(6) 优化程序 Optimizer

为了进一步帮助用户改进其电路设计,PSpice A/D 提供了优化模块 Optimizer。Optimizer 可以在电路模拟的基础上,根据用户规定的电路特性约束条件(例如满足规定的带宽和增益要求),自动调整电路元器件参数(例如调整栅极电阻和晶体管参数),以满足某一电路指标要求(例如使电路功耗最小)。Optimizer 程序可同时调节 8 个元器件参数,满足 8 个优化目标和约束条件(或其组合)。

7.3 电路模拟过程

为使读者对整个电路模拟有一个全局印象,本节首先介绍电路模拟的基本过程,以便读者对 PSpice A/D 及其配套软件之间的相互关系有所了解。另外,本节中还会说明 PSpice A/D 对微机系统的要求。

7.3.1 电路模拟的基本过程

采用 OrCAD EDA 软件系统对电路设计方案进行电路模拟的基本过程共分 8 个阶段。但并不是每个电路设计都需要完整地经过这 8 个阶段,本书将根据实际应用需要,对其中几个主要设计阶段加以介绍。

(1) 新建设计项目(Project)

OrCAD 软件包对设计任务按项目(Project)实施管理。开始一个新的设计项目时,首先要调用 OrCAD/Capture 软件中的项目管理模块建立相应的项目名称,并确定有关的设置。

(2) 电路图生成

项目名称确定后,就应该在电路图绘制软件的环境下,以人机交互方式将用户确定的电路图设计方案以电路原理图形式送入计算机。图 7.3.1 中显示的是一个绘好的 RC 低通电路

图。绘制电路图的具体方法和步骤将在第 8 章中介绍。采用 PSpice A/D 8 以前的版本设计电路时,电路原理图仅提供了通过 PSpice A/D 软件包中的 Schematic 程序生成一种方式,而在版本 9.0 中则提供了新的前端模块 Capture。因为除可以利用 Capture 的电路图输入这一基本功能外,还可实现 OrCAD 中设计项目管理器统一管理,采用新的元器件属性编辑工具,利用鼠标右键菜单以及其他多种高效省时的功能。通过 9.0 以上版本提供的 Sch2cap 程序,可将 Schematic 生成的电路图转为 Capture 可接受的格式。

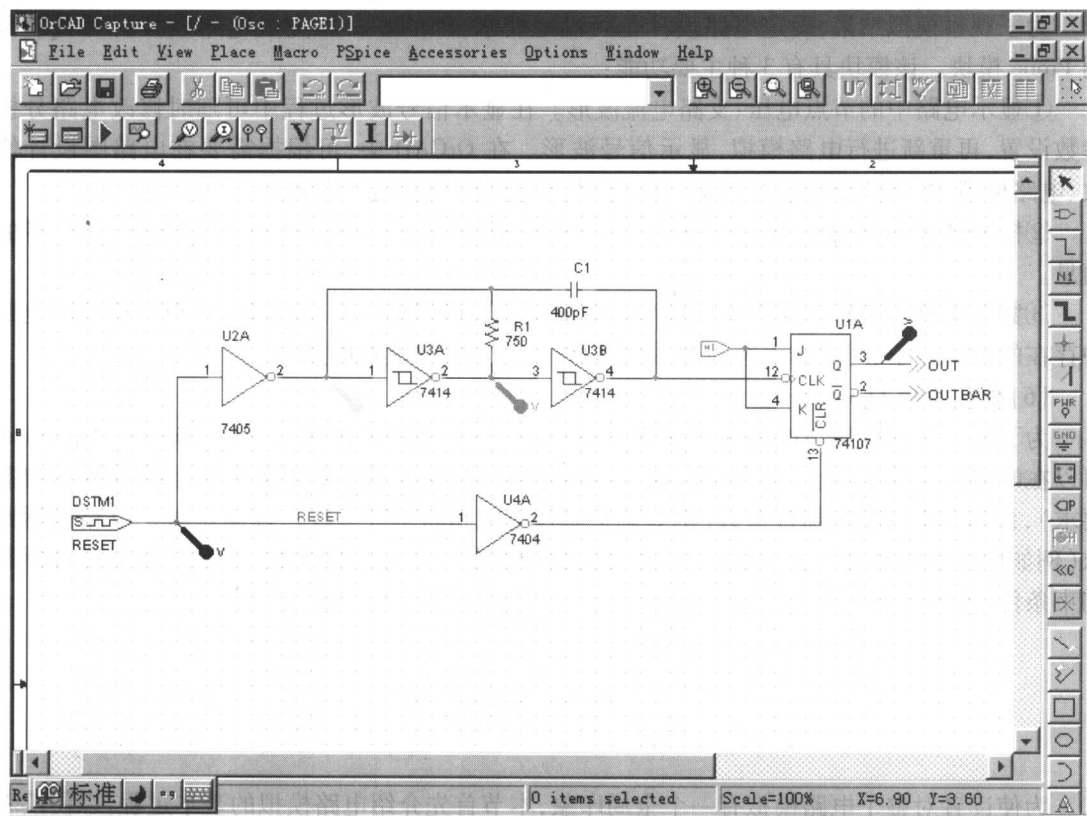


图 7.3.1 OrCAD/Capture 窗口

(3) 电路特性分析类型和分析参数设置

生成电路图以后,需根据电路设计任务确定要分析的电路特性类型并设置与分析有关的参数。从版本 9.0 开始,PSpice A/D 采用了模拟类型分组 (Simulation Profile) 的概念。

在版本 8.0 以前的 PSpice A/D 程序中,绘制好电路图并开始进行分析类型设置对话框的操作时,对选择设置的分析类型种类没有限制。完成电路模拟后,所设置的电路特性分析结果存放在同一个输出数据文件中。

从版本 9.0 开始,PSpice A/D 将基本直流工作状态分析、直流 DC 扫描、交流小信号 AC 分析和瞬态 TRAN 分析作为 4 种基本的分析类型。在每一种电路的一个模拟类型分组中,只能包括这 4 种基本分析类型中的一种分析,但对可以同时进行的灵敏度分析、温度特性、参数扫描、蒙特卡罗分析和直流工作点的存取等则没有限制。每个模拟类型分组均有各自的名称,分析结果数据单独存放在一个文件中。同一个电路可建立多个模拟类型分组,不同分组也可以针对同一种特性分析类型,只是分析参数不同。引入这一概念的好处是可以单独保存不同类

型分析的结果,删除其中一个,不会对其他类型分析结果产生影响。

用户可以在 OrCAD/Capture 环境下新建或修改 Profile 设置,也可以在显示分析结果波形时,在 PSpice A/D 环境下修改 Profile 设置并进行重新模拟。模拟类型分组设置结果存放在以 Sim 为扩展名的文件中。

(4) 运行 PSpice A/D 程序

完成上述 3 项工作后,即可调用 PSpice A/D 程序对电路进行模拟分析。

(5) 模拟结果的显示和分析

完成电路模拟分析后,PSpice 按照电路特性分析的类型分别将计算结果存入扩展名为 OUT 的 ASCII 码输出文件以及扩展名为 DAT 的二进制文件中。分析这两个文件的内容,可以确定电路设计是否满足预定要求。本书将具体介绍 OUT 输出文件的结构和内容。调用 PSpice/Probe 模块显示和分析模拟电路计算结果信号波形、数字电路和数模混合电路结果波形的方法将分别在第 8 章和第 9 章中加以介绍。图 7.3.2 给出了图 7.3.1 所示 RC 低通电路的模拟分析结果波形在 PSpice/Probe 窗口中显示的情况。

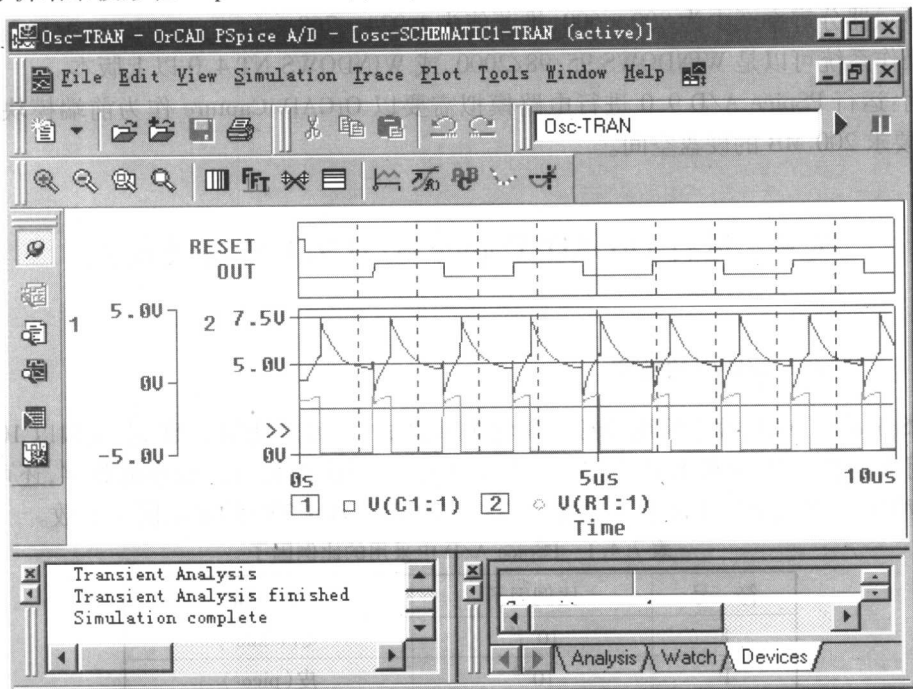


图 7.3.2 PSpice/Probe 窗口显示的分析结果信号波形

(6) 电路的优化设计

对于模拟电路,可在结果分析的基础上确定是否调用 PSpice A/D 中的优化模块 (Optimizer),对电路进一步进行优化,提高设计质量。

(7) 设计修正

在电路模拟过程中,如果电路设计方案不合适、电路图生成中出现差错或分析参数设置不当,都会导致 PSpice A/D 因检测出致命错误而不能正常运行或出现运行不收敛和运行结果不满足设计要求的情况。这时用户应分析问题所在,确定应修改电路设计还是要纠正电路图生成中的错误或重新设置分析参数。然后,再从上述第 2 阶段或第 3 阶段开始,进行新一轮的设

计模拟过程。有时需要经过几个循环的设计模拟才能得到满足要求的电路设计。为了尽快纠正电路模拟中的错误,用户可查阅 OUT 文件中存放的错误信息内容,也可以在波形显示分析窗口中分析出错误信息。

(8) 设计结果输出

经过上述几个阶段,得到符合要求的电路设计后,就可以调用 OrCAD/Capture 输出全套电路图纸,包括各种统计报表(如元器件清单,电路图纸层次结构表等);也可根据需要将电路设计图数据传送给 OrCAD/Layout,继续进行印刷电路板设计。

7.3.2 运行要求

运行 PSpice A/D 9.0 软件时,对微机系统有以下的基本要求:

- ①CPU 至少为 Intel 90 MHz Pentium 或等效的其他 CPU 芯片;
- ②内存至少为 32 MB,推荐用 64 MB;
- ③硬盘推荐值为 50 MB;
- ④显示器分辨率至少为 800 × 600,推荐值为 1 024 × 768;
- ⑤操作系统可以是 WINDOWS 95/98/2000,或 WINDOWS NT 4.0 以上版本。

说明:运行 PSpice A/D 9.0 进行电路模拟需要以 OrCAD/Capture 作为前端模块,而安装 Capture 要求 200 MB 的硬盘空间。

7.4 运行 OrCAD/PSpice A/D 9.1 的有关规定

7.4.1 PSpice A/D 中的数字

在 PSpice A/D 中,数字采用通常的科学表示方式,即可以使用整数、小数和以 10 为底的指数。用指数表示时,字母 E 代表作为底数的 10。对于比较大或比较小的数字,还可以采用 10 种比例因子,如表 7.4.1 所示。例如,1.23 k,1.23E3 和 1 230 均表示同一个数。

表 7.4.1 PSpice A/D 中采用的比例因子

符 号	比例因子	名 称
F	10^{-15}	飞(femto-)
P	10^{-12}	皮(pico-)
N	10^{-9}	纳(nano-)
U	10^{-6}	微(micro-)
MIL	25.4×10^{-6}	密耳(mil)
M	10^{-3}	毫(milli-)
k	10^3	千(kilo-)
MEG	10^6	兆(mega-)
G	10^9	吉(giga-)
T	10^{12}	太(tera-)

对于以 M 开头的 3 个比例因子符号应特别的注意。若用单个字母 M(不管大、小写),是代表 10^{-3} 。要表示 10^6 必须用 MEG 共 3 个字母,这与常规习惯有些不同,在使用中稍有不慎,将会出现错误。例如,在交流小信号分析中,要指定 100 MHz 的频率,必须用 100 MEG,若按平时习惯表示为 100 M,则 PSpice 将其理解为 100 mHz。

7.4.2 PSpice A/D 中的单位

PSpice A/D 中采用的实用工程单位制,即时间单位为秒(s),电流单位为安培(A),电压单位为伏(V),频率单位为赫兹(Hz)……。在运行过程中,PSpice A/D 会根据具体对象,自动确定其单位。因此,在实际应用中,代表单位的字母可以省去。例如,表示 $470\text{ k}\Omega$ 的电阻时,用 470 k, 4.7E5, 470kohm 等均可。对于几个量的运算结果,PSpice A/D 也会自动确定其单位。例如,若出现电压与电流相乘的情况,PSpice A/D 将自动给运算结果确定单位为功率单位“瓦特”(W)。

7.4.3 PSpice A/D 中的运算表达式和函数

在使用 PSpice A/D 过程中,往往要使用很多表达式。PSpice A/D 中的表达式由运算符、数字、参数和变量构成。

在构成表达式时,可采用的运算符如表 7.4.2 所示。

表 7.4.2 PSpice A/D 中的运算符

运 算 符	含 义
算术运算符	
+	加(或与字符相连)
-	减
*	乘
/	除
**	指数运算
逻辑运算符	
~	非(NOT)
	布尔“或”(OR)
^	布尔“异或”(XOR)
&	布尔“与”(AND)
关系运算符(在 IF()函数中)	
==	等于
!=	不等于
>	大于
>=	大于或等于
<	小于
<=	小于或等于

PSpice 具有内建函数,构成表达式时,可以引用的函数式如表 7.4.3 所示。

表 7.4.3 PSpice A/D 中的函数(按字母顺序)

函 数	含 义	说 明
ABS(x)	x 的绝对值 $ x $	
ACOS(x)	x 的反余弦函数 $\arccos(x)$	$-1.0 \leq x \leq +1.0$
ARCTAN(x)	x 的反正切函数 $\arctan(x)$	结果的单位为弧度
ASIN(x)	x 的反正弦函数 $\arcsin(x)$	$-1.0 \leq x \leq +1.0$
ATAN(x)	与 ARCTAN(x) 相同	
ATAN2(y,x)	(y/x) 的反正切函数 $\arctan(y/x)$	
COS(x)	余弦函数 $\cos(x)$	x 的单位为弧度
COSH(x)	双曲余弦函数 $\cosh(x)$	x 的单位为弧度
DDT(x)	x 对时间的导数	仅适用于瞬态特性分析
EXP(x)	以 e 为底的指数函数	
IF(t,x,y)	其值为 x(若 t 为“真”)或 y(若 t 为“假”)	
IMG(x)	x 的虚部	若 x 为实数,则 IMG(x) 为 0
LIMIT(x,min,max)	结果为 min(若 $x < \min$) 或 max(若 $x > \max$) 或 x(其他情况)	
LOG(x)	自然对数 $\ln x$	
LOG10(x)	常用对数 $\lg x$	
M(x)	x 的幅值	结果与 ABS(x) 相同
MAX(x,y)	x,y 中的最大值	
MIN(x,y)	x,y 中的最小值	
P(x)	x 的相位	若 x 为实数,则 P(x) 为 0
PWRS(x,y)	结果为 $+ x ^y$ 若 $(x > 0)$ 或 $- x ^y$ 若 $(x < 0)$	
R(x)	x 的实部	
SDT(x)	将 x 对时间积分	仅适用于瞬态特性分析
SGN(x)	结果为 +1(若 $x > 0$) 或 -1(若 $x < 0$) 或 0(若 $x = 0$)	正负号函数
SIN(x)	正弦函数 $\sin(x)$	x 的单位为弧度
SINH(x)	双曲正弦函数 $\sinh(x)$	x 的单位为弧度
STP(x)	结果为 1(若 $x < 0$) 或 0(若 $x > 0$)	见表后例 2
SQRT(x)	x 的平方根	
TAN(x)	正切函数	x 的单位为弧度
TANH(x)	双曲正切函数 $\tanh(x)$	
TABLE(x,x ₁ ,y ₁ ,...,x _n ,y _n)	注①	