

● 郑益慧 主编
朱承高 主审

电路及电子 (仿真)实验

(非电类专业)

DIANLU
JI DIANZI
(FANGZHEN)
SHIYAN

上海交通大学出版社

电路及电子（仿真）实验

(非电类专业)

主编 郑益慧

主审 朱承高

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了电路的计算机仿真技术及其在电路及电子实验中的应用。读者通过本书不仅可以熟悉仿真软件的使用和操作,而且还可以方便快捷地提高自己的实验技术。

全书共分4章。第1章概括地阐述了EDA技术的有关问题,以及虚拟仪器的常识和基本概念,集中介绍了当前比较流行的两种仿真软件(EWB、PSpice)的基本功能和操作、电路图的输入方法、基本分析方法和高级分析方法;第2章至第4章分别从电路仿真实验、模拟电子技术仿真实验和数字电子技术仿真实验三个方面编写了比较全面的应用EWB对电路进行分析的实验项目,给出了实验要求及目的、EWB的操作步骤和部分实验结果,并设有思考题以帮助读者加深理解。其中电路仿真实验有4个实验项目,模拟电子技术仿真实验有9个实验项目,数字电子技术仿真实验有7个实验项目,涵盖了电路及电子实验的基本内容,并设有少数独立的提高性实验。

本书既可以作为高等院校非电类专业的仿真实验教材,也可以作为电类专业教学及电子工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路及电子(仿真)实验/郑益慧主编. —上海:上海
交通大学出版社,2005
ISBN7-313-03888-7

I. 电... II. 郑... III. 电子电路—计算机仿
真—高等学校教材 IV. TN710.02

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第006690号

电路及电子(仿真)实验

(非电类专业)

郑益慧 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.25 字数:249千字

2005年2月第1版 2005年2月第1次印刷

印数:1-3050

ISBN7-313-03888-7/TN·106 定价:14.00元

版权所有 侵权必究

前言

EDA（电子设计自动化）技术在我国推广，已经使电子电路的分析和设计过程发生了质的飞跃，原本通过理论分析及电路物理模型来验证的电子电路，可以预先利用计算机硬件环境与 EDA 软件相结合的系统进行虚拟的电子电路设计、修改及优化，形成在理论上是最佳的电路设计，然后据此再进行物理模型的验证及调试，根据实物的性能及参数误差做适当修改，得出最终的电路结构。这样能做到事半功倍，免除了以往作实物调试时在一定程度上的盲目性，能够比较快捷地得到理想的结果，此种技术称为电路仿真技术，目前已在实际的电子电路设计中得到广泛的应用。

为了使每一位非电专业的同学亦能够了解以至熟悉电路仿真技术，我们结合电工及电子实验内容编写了配套的仿真实验教材，要求学生在做电工及电子实验之前，必须预先在课外进行仿真。此举不仅使学生在实践中熟悉仿真软件的使用和操作，而且能事先对所要做的实验真正做到心中有数，在实验过程中可以把注意力集中在理论与实际的差异，从而积累一定的实践经验。

本教材用一章的篇幅(第 1 章)集中介绍了常用的仿真软件 PSpice 及 EWB，其中 PSpice 叙述较详细，而 EWB 叙述简略，这是因为两者的功能不少是类似的，而且后续章节的仿真实验是用 EWB 做的，同学们可以先参照教材内容在实践中熟悉 EWB，如有余力亦可结合同样的实验题材采用 PSpice 进行仿真，看看结果是否相同，并且对两种软件进行比较。

学习电工及电子技术，采用理论与实践相结合，软件及硬件相结合是一个长远的方向，熟悉与 EDA 技术相关的各种软件是今后了解及掌握电工及电子技术所必需的。而熟悉软件并不是仅靠课堂讲解所能做到的，还必须依靠大量的课外实践，在实践中学习。所以同学们在上实验课时，需要探索仿真与实物实验相结合的新路，由此，在加深基本概念的理解、熟悉实验操作技能、扩大实践知识面等方面必有所收获。

必须注意的是，采用计算机仿真技术仅仅是为研究、分析电路和电子技术提供了一种快捷而又形象的分析方法。仿真技术所得到的仅仅是一种理论分析的形象化结果，不等于实际的电路。所以仿真技术不能完全替代实际电路，我们对电路的认识不能停留在由众多符号所代表的虚拟电路上，而是要认识具体的由各个实际电路元器件所构成的电路，最终是要利用这些实际的电路为我们服务。因此培养学生通过硬件实验掌握实验操作技术，善于处理实验中发生的问题，能够判断和发现故障并采取措施排除故障的能力；以及从实验中积累经验，了解实际的电路元器件特性，通过所观察到的电路现象了解电路工作状态，加深理解所学的理论知识，这些都是实验教学所要达到的最终目的。人们只有通过亲身体验才能深入地了解事物的本质以及在各种条件下所表现出来的各种状态。希望同学们能够重视实验教学中的各个环节，重视“亲身体验”，重视在实践中发现问题、思考问题、解决问题，任何创新思维都是在实践中有所发现、有所感悟，然后通过不断的思索，分析研究，加以系统化，再逐步完善的。同学们如能充分利用实验室为大家所创造的优越条件，认真学习而有所收获，那不

仅仅是完成了学业，得到了学分，而且扩大了知识面，认识了许多实际的东西，建立了自己的思维方式，了解了处理实际电气及电子电路故障的方法。这些经历将长期保留在自己的记忆中，并将终身受益。

本教材编入了电路及电子仿真实验 20 个，其中绝大部分与原来的《电工及电子实验》(朱承高，陈钧娴. 上海交通大学出版社)教材相配套，并有少数独立的提高性的实验内容。为了便于同学们在课外自学，教材中给出了大部分实验内容和实验结果，以便对照。另外，在原有的实验基础上，在同学们经过若干仿真实验的练习，对仿真操作已经熟悉的情况下，根据循序渐进的原则逐步增加一些自选内容及设计性内容，以培养同学们的独立思考和独立工作的能力，以及实验设计及对实验结果判断的能力。

对于本书中与《电工及电子实验》教材相配套的大部分电路及电子仿真实验，要求同学们在进实验室之前，利用课外时间完成相配套的仿真实验，以作为硬件实验前预习内容的一部分。将仿真实验结果合并硬件实验结果，完成该实验的总结报告，并根据两者结果的比较，判定实验结果的正确性以及相应的理论依据。

本教材由郑益慧编写第 1 章，许巧燕编写第 2、4 章，丁祝伟、吴雅美编写第 3 章。全书由郑益慧统稿，由朱承高主审。编写中电工与电子技术中心给予了大力支持，在此一并致谢。

编写与硬件实验相配套的仿真实验教材是一种探索，虽经反复多次，但对内容取舍、体裁及深度的把握还不是很到位。另外，对实验本身的可行性也需要在实践中进一步完善。限于编写人员的知识水平和业务能力，书中难免存在着不妥与错误之处，还望广大读者不吝指正，万分感谢！

编 者

2004 年 8 月于上海交通大学

目 录

1 电路的计算机仿真技术	1
1.1 EDA 技术概述	1
1.1.1 EDA 技术的涵义	1
1.1.2 EDA 技术的发展历程	1
1.1.3 EDA 技术的重要作用	2
1.1.4 EDA 工具中的仿真技术	3
1.2 仿真软件 OrCAD/PSpice9 简介	3
1.2.1 PSpice A/D 支持的元器件类型	4
1.2.2 PSpice A/D 可分析的电路特性	4
1.2.3 PSpice A/D 的配套功能软件(模块)	5
1.2.4 PSpice A/D 中的单位和数字	5
1.2.5 电路模拟的基本过程	6
1.2.6 用 Capture 绘制电路图	7
1.2.7 用 PSpice 分析电路	18
1.3 仿真软件 EWB 简介	35
1.3.1 EWB 软件	35
1.3.2 电路图的绘制及仿真运行	35
1.3.3 EWB 的分析工具	45
1.4 虚拟仪器	45
1.4.1 虚拟仪器概念	46
1.4.2 虚拟仪器的硬件平台	47
1.4.3 虚拟仪器的软件系统	48
1.4.4 虚拟仪器的发展	49
1.4.5 虚拟仪器的特点	49
1.4.6 虚拟仪器的设计与实现步骤	50
1.4.7 虚拟仪器的应用实例	50
2 电路仿真实验	52
2.1 RC 电路频率特性的研究	52
2.2 RLC 谐振电路的研究	58
2.3 一阶 RC 电路暂态响应的研究	62
*2.4 RLC 串联电路时域响应的研究	67

3 模拟电子技术仿真实验	73
3.1 晶体三极管电压放大电路	73
3.2 场效晶体管放大电路	80
3.3 集成运算放大器的基本运算电路	85
3.4 功率放大电路	93
3.5 有源滤波器	96
3.6 集成电压比较器	104
3.7 信号发生器	108
3.8 直流稳压电源	112
3.9 晶闸管交流调压	117
4 数字电子技术仿真实验	123
4.1 集成逻辑门电路	123
4.2 组合逻辑电路	130
4.3 编码、译码及数据分配、选择电路	135
4.4 集成触发器	141
4.5 集成计数器及译码显示电路	145
4.6 555 集成定时器	147
4.7 数模转换器及模数转换器	152
参考文献	156

1 电路的计算机仿真技术

计算机的出现和发展是现代科学技术的巨大成就之一。随着计算机技术的迅猛发展,计算机技术已深入到各个领域,开创了一个新的时代。电子设计自动化(Electronic Design Automation, 简称 EDA)是计算机辅助设计(Computer Aided Design, 简称 CAD)在电子系统设计中的完美应用,而虚拟仪器(Virtual Instrument, 简称 VI)则是仪器技术与计算机技术深层次结合的产物。

1.1 EDA 技术概述

电子技术是 20 世纪下半叶乃至 21 世纪初发展最迅速、最活跃、最具渗透力的技术之一,它已成为实现信息化社会的重要技术基础。电子技术发展如此迅速,在于它具有极大的市场应用需求。科学技术发展到今天,衡量许多产品技术含量高低在很大程度上取决于电子技术的引入水平。这就使得电子系统设计技术得到了迅猛的发展,专业设计人员一直追求的是贯穿电子设计过程始终的最小人工花销、最强的自动化设计手段,正是在这种强烈的技术需求推动下,EDA 技术诞生了。

1.1.1 EDA 技术的涵义

EDA 是随着集成电路和计算机技术的飞速发展应运而生的一种高级、快速、有效的设计自动化工具。EDA 工具是以计算机的硬件和软件为基本工作平台,集数据库、图形学、图论与拓扑逻辑、计算数学、优化理论等多学科最新成果研制而成的计算机辅助设计通用软件包。以大规模可编程集成电路为物质基础的 EDA 技术将打破软硬件之间的设计界限,使电子系统设计发生了革命性的变化。

1.1.2 EDA 技术的发展历程

EDA 技术伴随着计算机、集成电路、电子系统设计的发展,经历了计算机辅助设计、计算机辅助工程设计(Computer Aided Engineering Design, 简称 CAE)和电子设计自动化三个发展阶段。

1. CAD 阶段(20 世纪 70 年代)

20 世纪 70 年代,随着中小规模集成电路的出现和应用,传统的手工制图设计印刷电路板(PCB)和集成电路的方法已无法满足设计精度和效率的要求,人们开始将产品设计过程中高度重复性的繁杂劳动,如布图、布线工作,用具有二维图形编辑与分析功能的 CAD 工具替代,这就产生了电子 CAD 技术。此时的电子 CAD 技术没有形成系统,仅仅是一些孤立的软件程序,但是它们取代了产品设计过程中高度重复性的繁杂劳动,提高了工作效率,显示出了强大的活力。最具代表性的产品就是美国 ACCEL 公司开发的 Tango 布线软件。70 年代是 EDA 技术发展初期,由于 PCB 布图布线工具受到计算机工作平台的制约,其支持的设计工作有限

且性能比较差。

2. CAE 阶段(20 世纪 80 年代)

随着计算机和集成电路的发展,EDA 技术发展到计算机辅助工程设计阶段,出现了以计算机仿真和自动布线为核心技术的第二代 EDA 技术。具有自动综合能力的 CAE 工具代替了设计师的部分设计工作,其特点是以软件工具为核心,通过这些软件完成产品开发的设计、分析、生产、测试等各项工作,重点解决电路设计没有完成之前的功能检测等问题。利用这些工具,设计人员能在产品制作之前预知产品的功能与性能,能生成产品制造文件,在设计阶段对产品性能的分析前进了一大步。但是,大部分从原理图出发的 EDA 工具仍然不能适应复杂电子系统设计的要求,而且具体化的元件图形制约着优化设计。

3. EDA 阶段(20 世纪 90 年代)

20 世纪 90 年代,设计人员逐步从使用硬件转向设计硬件,从单个电子产品开发转向系统级电子产品开发(即片上系统集成, System on a chip)。因此,EDA 工具是以系统设计为核心,包括系统行为级描述与结构综合、系统仿真与测试验证、系统划分与指标分配、系统决策与文件生成等一整套的电子系统设计自动化工具。这时的 EDA 工具不仅具有电子系统设计的能力,而且能提供独立于工艺和厂家之外的系统级设计能力,具有高级抽象的设计构思手段。例如,提供方框图、状态图和流程图的编辑能力,具有适合层次描述和混合信号描述的硬件描述语言(如 VHDL、AHDL 或 Verilog),同时含有各种工艺的标准元件库。只有具备上述功能的 EDA 工具,才可能使电子系统工程师在不熟悉各种半导体工艺的情况下,完成电子系统的设计。第三代 EDA 技术的出现,极大地提高了系统设计的效率,使设计人员开始实现“概念驱动工程”的梦想。设计人员摆脱了大量的辅助设计工作,把精力集中于创造性的方案与概念构思上,从而极大地提高了设计效率,缩短了产品的研制周期。

1.1.3 EDA 技术的重要作用

EDA 在电子工程设计中发挥了不可替代的重要作用,主要体现在三个方面。

1. 验证电路方案设计的正确性

当系统功能要求确定之后,首先采用系统仿真或结构模拟的方法验证系统方案的可行性,这只要确定系统各环节的传递函数(数学模型)便可实现。这种系统仿真技术还可推广应用于非电专业的系统方案设计,或某种新理论、新构思的方案设计,进而对构成系统的各电路结构进行模拟分析,以判断电路结构设计正确性及性能指标的可实现性。这种精确的量化分析方法,对于提高设计水平和产品质量,具有重要的指导意义。

2. 电路特性的优化设计

器件参数的容差和工作环境温度将对电路工作的稳定性产生影响。传统的电路设计方法很难对这种影响进行全面的分析和了解,因而也就很难实现电路的优化设计。EDA 技术中的温度分析和统计分析功能,既可以分析各种恶劣温度条件下的电路特性,也可以对器件容差的影响进行全面的计算分析。其内容包括:①对不同的容差特性进行规定次数的跟踪分析(蒙特卡罗分析);②单独分析每一器件容差对电路的影响量(灵敏度分析);③分析全体器件容差对电路性能的最大影响量(最坏情况分析)。采用统计分析方法便于确定最佳元件参数、最佳电路结构以及适当的系统稳定裕度,真正做到电路的优化设计。

3. 实现电路特性的模拟测试

在电子电路的设计过程中,大量的工作是各种数据测试及特性分析。但是,受测试手段及仪器精度所限,有些测试项目较难实现。采用 EDA 方式,可以方便地实现全功能测试,也可以直接模拟各种恶劣工作环境及各种极限条件下的电路特性而无器件或电路损坏之虞,较之传统的设计方式要经济得多。

采用 EDA 技术大大地缩短了设计周期,节省了设计费用,提高了设计质量。随着电子技术的发展,需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 EDA 技术几乎无法完成现代的电子线路设计任务。

1.1.4 EDA 工具中的仿真技术

EDA 工具所具有的仿真功能使电路设计者受益匪浅。当前,电子设计数字化的趋势已显露无遗,许多传统的模拟电路领域(包括通信产品、AV 设备等)基本让位于数字电路,但这并不意味着模拟电路及其技术将要消亡,它依然有着数字电路无法取代的地位。一个电路设计者的功底主要反映在模拟电路设计经验上。模拟电路的仿真算法较数字电路的仿真算法复杂得多,目前依然主要依靠 SPICE 算法,几十年来少有突破。EDA 业内人士早已认识到这一问题和相应的潜在 EDA 软件市场,目前 IEEE 下设的模拟电路硬件描述语言小组正在围绕 VHDL 和 Verilog 分别制订工业标准,以期推动模拟电路仿真技术出现革命性的突破。

SPICE 是一种模拟电路的硬件描述语言,用于 PC 机上的 SPICE 就是 PSpice,高版本的 PSpice 已经可以对模-数混合电路进行仿真分析,并具备文本和图形两种输入方式。目前,许多开发商推出的各类 EDA 工具,只要涉及模-数混合电路仿真的,几乎都采用以 SPICE 算法为内核并与数字 HDL 混合使用的做法,同时自行开发操作界面,如 Protel98 中的 Sim 98 模块,加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出的 Electronics Workbench 中的 Multisim,以及 OrCAD 中的 PSpice 都是如此。

电路仿真分析方法和元器件库的模型均建筑在 SPICE 程序(SPICE3F5)的基础上,当使用者创建一个线路图,并按下电源开关后,就可以从仿真示波器等测试仪器上读得电路中的被测数据。实际上,这个过程是该软件通过计算使用者所创建的电路数学表达式而求得的数值解。在电路中的每个元器件都有其设定的数学模型,因此,这些元器件模型的精度,就决定了电路仿真结果的精度。

通过计算机软件仿真的方法,对电子线路进行模拟运行的整个过程可分成以下四个步骤:

- (1) 数据输入:将用户创建的电路图结构、元器件数据读入,选择分析方法。
- (2) 参数设置:程序会检查输入数据的结构和性质,以及电路中阐述的内容,对参数进行设置。
- (3) 电路分析:对输入信号进行分析,它将占据 CPU 工作的大部分时间,是电路进行仿真和分析的关键。它将形成电路的数值解,并将所得数据送至输出级。
- (4) 数据输出:以数据文件或图形方式获得仿真运行的结果。

1.2 仿真软件 OrCAD/PSpice9 简介

作为 EDA 重要组成部分的 PSpice 是一个电路通用分析程序,它的主要任务是对电路进行模拟和仿真。该软件的前身是 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 年研制推出的, 并于 1975 年推出了正式实用化版本 SPICE 2G, 1988 年被定为美国国家标准。1984 年 Microsim 公司推出了基于 SPICE 的微机版本 PSpice(Personal-SPICE), 此后各种版本的 SPICE 不断问世, 功能也越来越强。1998 年 1 月, 著名的 EDA 公司——OrCAD 公司与开发 PSpice 软件的 Microsim 公司实现了强强联合, 于 1998 年 11 月推出了 OrCAD / PSpice9。

针对不同用户的需要, OrCAD 公司提供了三个档次的 PSpice 程序: PSpice A/D、PSpice A/D Basic 和 PSpice, 三者功能有所不同, 其中 PSpice A/D 的功能最全。

1.2.1 PSpice A/D 支持的元器件类型

PSpice A/D 可模拟以下 6 类常用的电路元器件:

- 基本无源元件, 如电阻、电容、电感、互感、传输线等。
- 常用的半导体器件, 如二极管、双极晶体管、结型场效晶体管、MOS 管等。
- 独立电压源和独立电流源。
- 各种受控电压源、受控电流源和受控开关。
- 基本数字电路单元, 如门电路、传输门、触发器、可编程逻辑阵列等。
- 常用单元电路, 如运算放大器、555 定时器等。在这里集成电路可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结构。

PSpice A/D 为不同类别的元器件赋予了不同的字母代号, 如表 1.2.1 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 1.2.1 PSpice A/D 支持的元器件类别及其字母代号

字母代号	元 器 件 类 别	字母代号	元 器 件 类 别
B	GaAs(砷化镓)场效晶体管	N	数字输入
C	电容	O	数字输出
D	二极管	Q	双极晶体管
E	受电压控制的电压源(VCVS)	R	电阻
F	受电流控制的电流源(CCCS)	S	电压控制开关
G	受电压控制的电流源(VCCS)	T	传输线
H	受电流控制的电压源(CCVS)	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	结型场效晶体管(JFET)	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 场效晶体管(MOSFET)	Z	绝缘栅双极晶体管(IGBT)

1.2.2 PSpice A/D 可分析的电路特性

PSpice A/D 可分析的电路特性有 6 类 15 种:

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

- 交流分析, 包括频率特性(AC Sweep)、噪声特性(Noise)分析。
- 瞬态分析, 包括瞬态响应分析(Transient Analysis)、傅里叶分析(Fourier Analysis)。
- 参数扫描, 包括温度特性分析(Temperature Analysis)、参数扫描分析(Parametric Analysis)。
- 统计分析, 包括蒙特卡罗分析(MC: Monte Carlo)、最坏情况分析(WC: Worst Case)。
- 逻辑模拟, 包括逻辑模拟(Digital Simulation)、数/模混合模拟(Mixed A/D Simulation)、最坏情况时序分析(Worst Case Timing Analysis)。

1.2.3 PSpice A/D 的配套功能软件(模块)

OrCAD 软件包中进行电路模拟分析的核心软件是 PSpice A/D。为了使模拟功能更完美, OrCAD 软件包中还提供了 5 个配套软件(模块)。它们的功能如下:

- 电路图设计软件(Capture), 其主要功能是以人机交互方式在屏幕上绘制电路图, 设置电路中元器件的参数, 生成多种格式要求的电连接网表。在该程序中可直接运行 PSpice 及其它配套软件。
- 激励信号波形编辑软件(StmEd: Stimulus Editor), 其主要功能是以人机交互方式生成电路模拟中需要的各激励信号源。包括瞬态分析中需要的脉冲、分段线性、调幅正弦、调频、指数等 5 种信号波形和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。
- 模型参数提取软件(ModelEd: Model Editor), 其主要功能是, 如果用户需采用未包括在模型参数库中的元器件, 则用户只需提供该元器件手册中给出的元器件特性数据, ModelEd 即可生成电路模拟时所需要的该元器件的模型参数。
- 模拟结果波形显示和分析模块(Probe), 其主要功能是将 PSpice 的分析结果用图形显示出来。不仅能显示电压、电流这些基本电路参量的波形, 还可显示由基本参量组成的任意表达式的波形。该模块还能对模拟结果进行再加工, 以提取更多的信息。
- 优化程序(Optimizer), 其主要功能是在电路模拟的基础上, 根据用户规定的电路特性约束条件, 自动调整元器件的参数设计值, 使电路的特性得到改善, 实现电路的优化设计。

1.2.4 PSpice A/D 中的单位和数字

PSpice 中的数字采用科学表示方式, 即可以使用整数、小数和以 10 为底的指数。用指数表示时, 底数 10 用字母 E 来表示。对于比较大或比较小的数字, 还可采用 10 种比例因子, 如表 1.2.2 所示。

表 1.2.2 比例因子的符号和名称

符号	F	P	N	U	MIL	M	K	MEG	G	T
比例因子	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	2.54×10^{-6}	10^{-3}	10^{+3}	10^{+6}	10^{+9}	10^{+12}
名称	飞	皮	纳	微	密尔	毫	千	兆	吉	太

特别注意, 比例因子的符号在软件中可用大写也可用小写, 含义是一样的, 这样在使用时就与常规习惯有些不同, 应特别小心, 稍一疏忽就会出错。

PSpice A/D 中采用的是实用工程单位制, 如电压用伏特(V)、电流用安培(A)、功率用瓦特(W)等。在运行中, PSpice A/D 会根据具体对象自动确定其单位。用户在输入数据时, 代表单位的字母可以省去。

1.2.5 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, 按设计流程分述如下:

1. 建立设计项目(Project)

OrCAD 软件包对设计任务按项目(Project)实施管理。开始一个新的项目设计时, 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

项目名确定后, 就应该在电路图绘制软件 OrCAD/Capture 环境下, 以人机交互方式将用户确定的电路设计方案以电路原理图形式输入计算机。

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。

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。

6. 电路优化设计

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设计, 以提高设计质量。

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(Probe 窗口)中分析出错信息。

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。

1.2.6 用 Capture 绘制电路图

为了让读者更容易理解电路图的绘制方法，以图 1.2.1* 所示的射极输出器电路为例，讲解用 Capture 绘制电路图的步骤和方法。

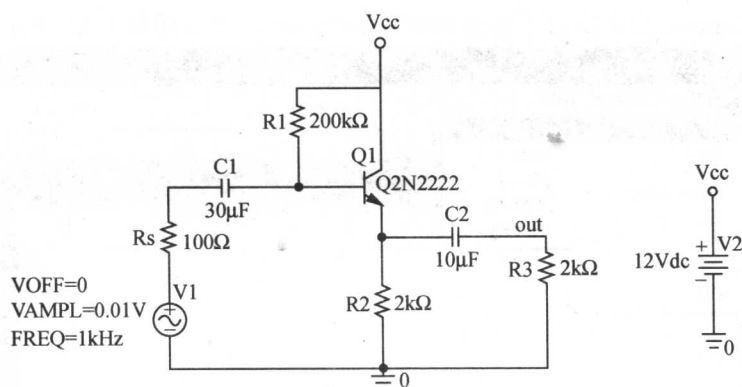


图 1.2.1 射极输出器电路图

1. 开启 Capture 软件

在 Windows 中选择命令集：程序\OrCAD Demo\Capture CIS Demo，点击后就会在屏幕上出现如图 1.2.2 所示的 Capture 启动窗口。

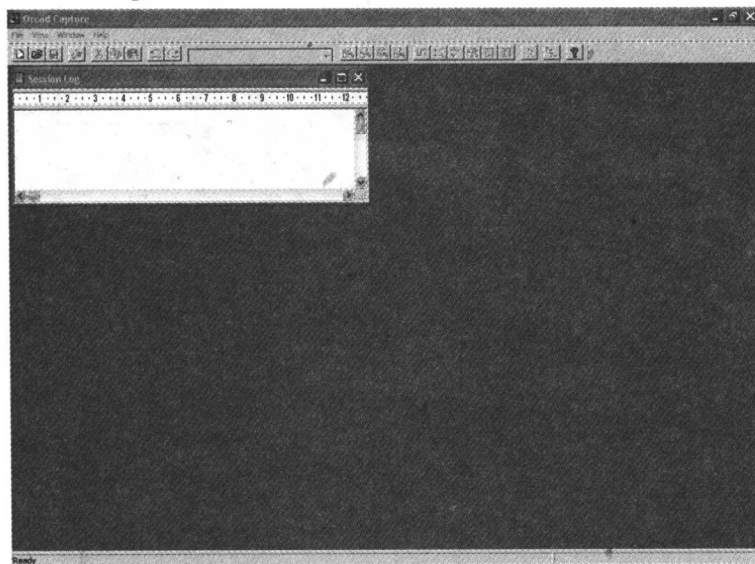


图 1.2.2 Capture 启动窗口

* 本书图例多用 Capture, EWB 等软件制作而成，为了保持与教学中实际制作的图例一致，文中的符号原则上以图为准，文中有单位的物理量则用斜体，如 $R_1=5\text{k}\Omega$ ，此时 R_1 与图中 R1 对应……图中 us, uS 与 μs 等价；ohm 与 Ω 等价；k ohm, K ohm 与 $\text{k}\Omega$ 等价。其他依此类推。

2. 新建设计项目

在 OrCAD 软件包中，每一个设计或分析任务都被当作一个项目，由项目管理器(Project Manager)统一管理。因此每开始一个新的任务就等于新建一个设计项目，要调用项目管理器为新建项目起个文件名，并确定有关的设置。具体操作如下：

在图 1.2.2 Capture 启动窗口下选择 File\New\Project，弹出如图 1.2.3 所示的对话框。

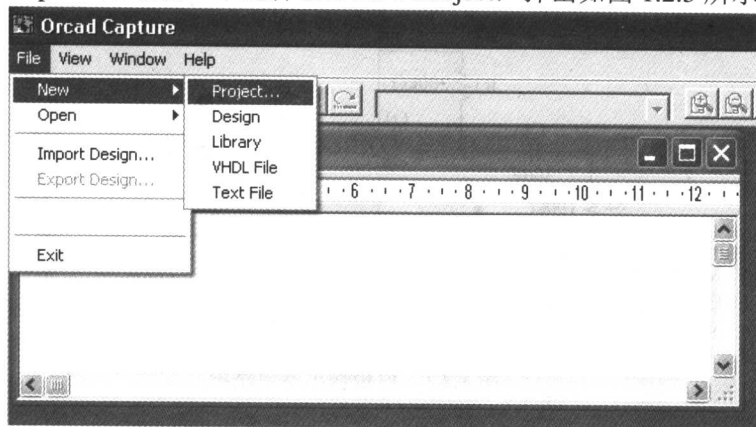


图 1.2.3 打开新建项目对话框

点击 Project...，屏幕上将弹出如图 1.2.4 所示的新建项目对话框，在这个对话框中需进行 3 项设置。

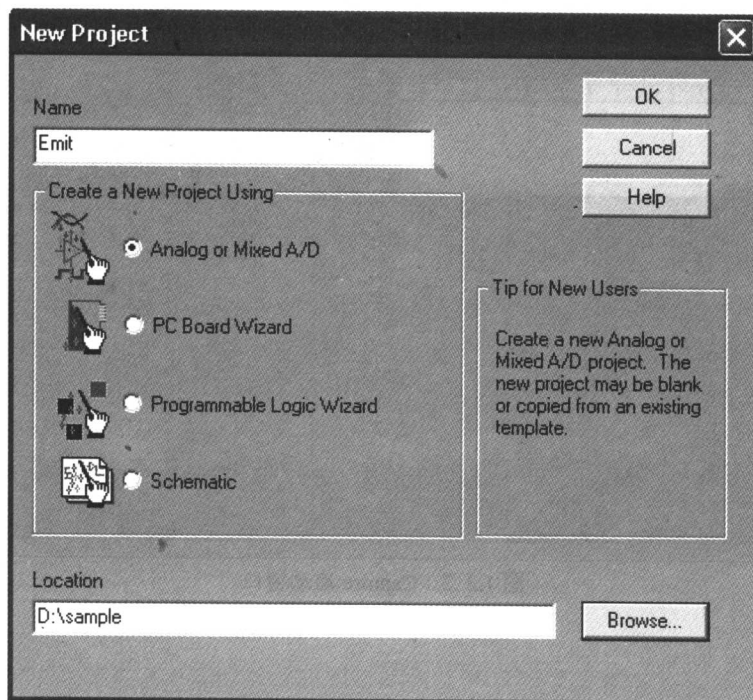


图 1.2.4 新建项目对话框

- 设定设计项目名称：在 Name 下键入新建的设计项目名称，比如将射极输出器起名为 Emit。
- 选定设计项目类型：图 1.2.4 中有 4 个选项用于选定该设计项目的类型。如果只对绘

制的电路图进行 PSpice 电路模拟，则应选中“Analog or Mixed A/D”。若电路图要用于印制电路板设计，则应选择“PC Board Wizard”；而选择“Programmable Logic Wizard”表示电路图将用于 CPLD 或 FPGA 设计；如果只是绘制一般的电路图，并不专门用于上述几种电路设计，则应选中“Schematic”。在本书中绘制的电路图是为了进行 PSpice 电路模拟，因此选中“Analog or Mixed A/D”。

- 设置设计项目路径名：图 1.2.4 的 Location 项用于设置新建设计项目所在的子目录，Browse 按钮可帮助用户尽快确定路径名。点击 Browse 按钮，屏幕上出现选定子目录对话框，如图 1.2.5 所示。

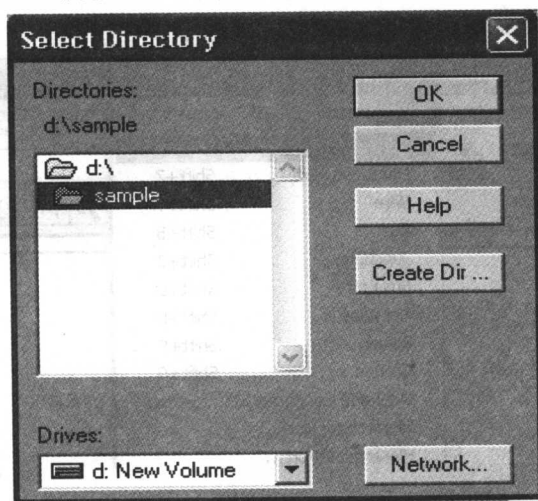


图 1.2.5 选定子目录对话框

图 1.2.5 中的 Directories 列出了当前选中的子目录路径，Drives 栏用于选定驱动器名，在 Drives 栏的上方的方框中显示出该驱动器下的目录层次关系供用户选择。用鼠标左键连击某一子目录名，即将其选为存放设计项目的子目录。本书中选定 d:\sample 目录。若要新建一个子目录，则可单击 Create Dir...按钮，并在弹出的对话框中键入新建子目录的目录名即可。

单击图 1.2.5 中 Network...按钮，用户便可在相应对话框中设置映射网络驱动器和路径名。

完成配置后，单击图 1.2.4 中 OK 按钮，屏幕上将出现如图 1.2.6 所示的电路图编辑窗口 (Page Editor)，此时即可画射极输出器的电路图。

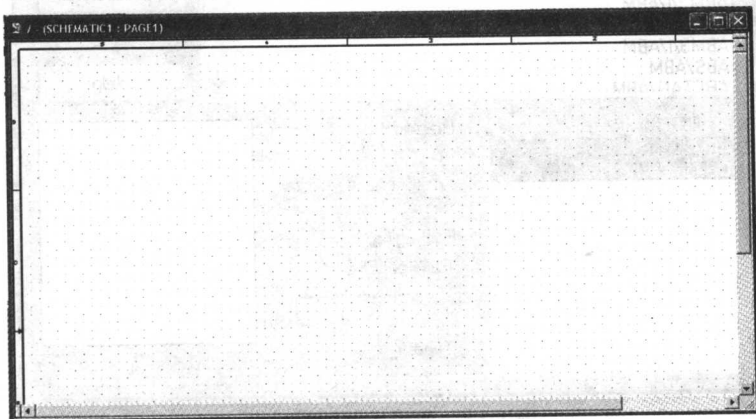


图 1.2.6 电路图编辑窗口(Page Editor)

3. 在电路图编辑窗口中放置元器件模型

在绘制电路原理图时，需要先将电路中使用到的元器件模型从其所在的元器件库符号中取出，放置到电路图编辑窗口中。取用元器件模型(以下简称元器件)的基本方法是先找到该元器件所在的元器件符号库(以下简称元器件库)，然后从中取用，此种方法需要知道所用元器件在哪个元器件库中，对于熟练人员来讲非常方便快捷；另一种方法是，当用户不知道元器件具体在哪个元器件库中时，可以采用直接寻找元器件的方法。下面是此两种方法的具体操作步骤：

(1) 打开取用元器件对话框。启动 Place/Part 命令，如图 1.2.7 所示；或者点击绘图工具栏中按钮，进入取用元器件对话框，如图 1.2.8 所示。

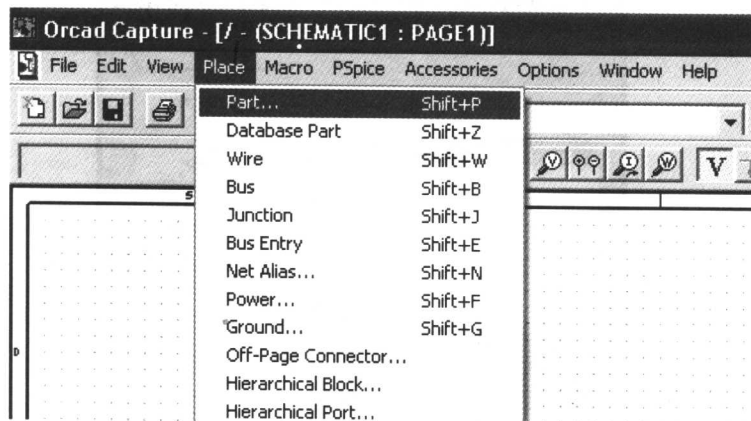


图 1.2.7 启动取用元器件对话框

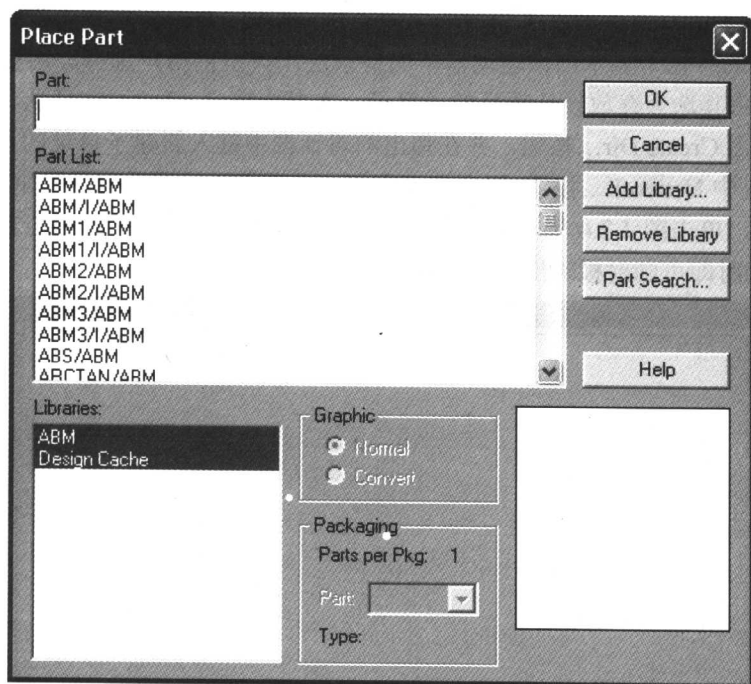


图 1.2.8 取用元器件对话框