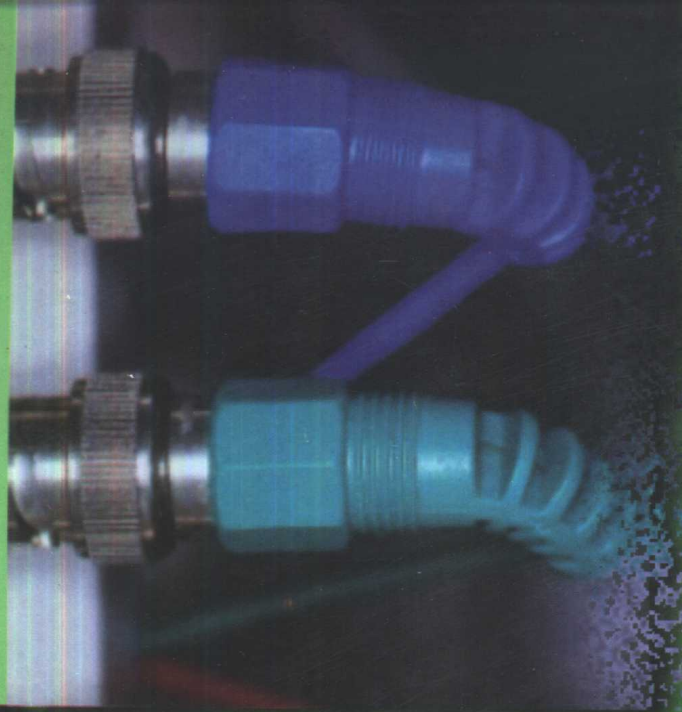




高伟涛 编著

Pspice 8.0

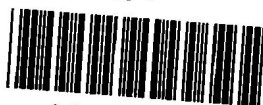
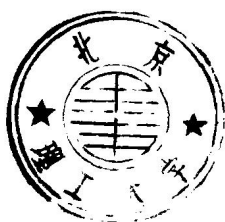
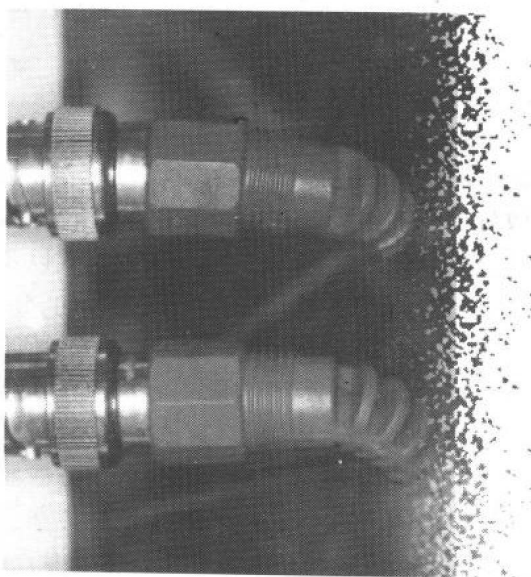
电路设计实例精粹

..... 工程师工具软件应用系列

国防工业出版社

国防工业出版社

www.ndip.com.cn



991687

高伟涛 编著

○○○○○○○

Pspice 8.0

电路设计实例精粹

○○○○○○○ 工程师工具软件应用系列

35585/01

内 容 提 要

Microsim Pspice 8.0 是 Microsim 公司开发的电子电路设计自动化系列软件之一,其方便快捷的输入方式、快速准确的解决方案等特点获得了电子行业的一致好评。本书从 Pspice 的基本语法开始,根据电路设计中所需要解决的各种问题,介绍 Pspice 中基本分析语句的格式以及使用,其中包括电阻、电容、晶体管等电子元器件的描述语句、电源描述语句、分析控制语句以及子电路描述语句等,结合 Pspice 8.0 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,内容覆盖了包括无源电路、基本放大电路单元、电流源电路、差分放大电路、运算放大器及其应用、基本数字电路单元、加法器、触发器、计数器以及数模接口电路等各个方面。最后,本书以共射放大电路和 CMOS 放大器为例介绍了 Optimizer 的使用方法。全书的实例由简入繁,适合于从事电路设计与开发的科研人员和工科电子专业师生循序渐进地进行阅读和学习。

图书在版编目(CIP)数据

Pspice 8.0 电路设计实例精粹 / 高伟涛编著. —北京:
国防工业出版社, 2001. 2
(工程师工具软件应用系列)
ISBN 7-118-02420-1

I. P... II. 高... III. 电路设计—应用软件, Pspice
8.0 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 54623 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 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 430 千字

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 25.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

前 言

随着电子计算机技术的发展,计算机辅助设计方法已经开始逐渐进入电子设计的领域。模拟电路中的电路分析、数字电路中的逻辑模拟,甚至是印制电路板、集成电路版图等等都开始采用计算机辅助工具来加快设计效率,提高设计成功率。而大规模集成电路的发展,使得原始的设计方法无论是从效率上还是从设计精度上已经无法适应当前电子工业的要求,所以采用计算机辅助设计来完成电路的设计已经势在必行。同时,微机以及适合于微机系统的电子设计自动化软件的迅速发展使得计算机辅助设计技术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。

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立叶分析、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。

最早的 Pspice 是在 SPICE2G 的基础上于 1984 年推出的,目前广泛使用的 Pspice 是由 MicroSim 公司推出的,它不仅具有 Spice 原有的功能,在输入输出图形处理、算法的可靠性和收敛性、仿真速度、模拟功能扩展以及模型参数库和宏模型库等方面都有所改善和扩充。

本书的目的是介绍 Pspice 8.0 的基本使用方法以及如何高效使用 Pspice 8.0 来设计电路所需的技巧。对一个软件使用的介绍,通常是以它的不同功能作为不同部分来分别介绍,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来学习 Pspice。也就是说,以一个个不同的实际电路为例,运用 Pspice 8.0 来分析电路,同时介绍各种有关 Pspice 的新概念和新的方法。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,这样有利于知识的巩固。

全书分为两大部分,第一部分是基础部分,包括第一章到第六章。第一章介绍了电路 CAD 以及 Pspice 的发展历史,第二章介绍了 Pspice 的电路描述语句,其中包括基本元器件如电阻、电感、电容、双极性晶体管、MOS 管、电源等的描述语句,对 Pspice 中基本分析语句和控制语句以及子电路语句和库函数调用语句都做了简单介绍。从第三章开始,读者将结合实例来学习如何使用 Pspice。第三章以最简单的无源电路如分压装置、LC 低通滤波器、RC 充放电路为例,介绍 Pspice 中的一些基本分析方法。第四章则开始介绍如何分析有源放大电路单元,如共射放大单元、共集放大单元等,在这一章中,用户将学习到如何利用 Pspice 对模拟电路中的一些基本参数(比如增益、频率特性等)进行测量和调节。第五章将以输入输出级和电流源为例介绍如何使用电路图编辑器等工具来完成电路的输入,并通过设置分析参数来分析这些电路。在第六章,读者将学习到如何分析较为综合的模拟电路,比如差分放大器、运算放大器等。第二部分是提高部分,包括第七章和第八章。第七章介绍数字电路以及数模混合电路的分析方法,包括 CMOS 反相器、译码器、加法

器、触发器、计数器等,在本章中,读者还将学到数字电路以及数模混合电路分析中的特殊的概念以及方法。第八章以共射放大电路以及 CMOS 放大单元为例,介绍如何使用 Pspice 中的优化工具 Optimizer 来对电路进行优化处理。

本书每一章的内容安排都是从实例开始,提出需要解决的问题,然后通过讲解演示,最后解决问题,并给出结果。读者通过对这八章的学习,可以达到熟练应用 Pspice 8.0 来设计电路和分析电路的程度。

对于任何一个使用 Pspice 8.0 的用户来说,本书都是相当有用的。无论是初学者还是专业人士,本书提供的例子以及解决方案都有一定的参考价值。但是由于电路的设计是较为专业的内容,如果没有一定的电子专业基础,可能学习起来会对书中提及的一些基本概念不知所措,所以本书适合于有一定电子专业基础的人学习。

全书由高伟涛编著,刘敏、王文会、刘亚冰、苏敏、王伟、李朋、丁君松、张之刚、刘磊等同志参与了本书的编写工作,张小雨、彭飞、王欣、张倩、郑红、赵强等同志调试并参与了部分程序的编制工作,在此向所有为本书的出版提供了无私帮助的同志致以衷心的感谢。

由于时间仓促,限于作者的水平,本书的不足之处在所难免,欢迎广大读者不吝赐教。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
1.1 电路 CAD 的发展历史	1
1.2 电路仿真工具 Pspice 简介	3
第二章 Pspice 的电路描述语句	5
2.1 输入文件的一般规定	5
2.1.1 输入描述语句的构成	5
2.1.2 输入描述语句的规定	5
2.1.3 标题语句、注释语句和结束语句	7
2.2 无源元件描述语句	7
2.2.1 电阻 R	7
2.2.2 电容和电感	8
2.2.3 互感	8
2.2.4 无损传输线	9
2.2.5 电压控制开关	9
2.2.6 电流控制开关	9
2.3 有源元件描述语句	9
2.3.1 二极管	9
2.3.2 双极型晶体管	10
2.3.3 MOS 场效应晶体管	10
2.3.4 结型场效应晶体管	10
2.3.5 砷化钾场效应晶体管	11
2.3.6 数字电路器件	11
2.4 电源描述语句	11
2.4.1 独立电压源和独立电流源	12
2.4.2 线性受控源	14
2.5 分析和控制语句	15
2.5.1 分析语句	15
2.5.2 控制语句	16
2.6 子电路及库的调用	17
2.6.1 子电路描述语句	17
2.6.2 元器件库的调用	17
第三章 无源电路	19

3.1 直流电路	19
3.1.1 从最简单的分压装置开始	19
3.1.2 包含受控源的直流电路	25
3.2 交流电路	27
3.2.1 LC 低通滤波器	27
3.2.2 RC 充放电电路	32
第四章 基本有源放大电路单元	36
4.1 共发射极放大电路单元	36
4.1.1 编写输入网单文件	36
4.1.2 直流工作点的调整	38
4.1.3 频率响应特性	41
4.1.4 输入输出电阻	42
4.2 共集电极放大电路单元	45
4.2.1 设置直流工作点	45
4.2.2 电压增益及输入输出电阻	46
第五章 使用电路图编辑器分析模拟电路	50
5.1 输入输出级	50
5.1.1 用 Schematics 创建电路图	51
5.1.2 用 Schematics 生成网单输入文件	54
5.1.3 直流工作点分析以及直流扫描	54
5.1.4 瞬态分析	57
5.1.5 交流小信号分析	60
5.1.6 乙类工作状态互补输出级	62
5.1.7 甲乙类互补输出级	69
5.1.8 参数分析	73
5.1.9 使用 Probe 进行性能分析	75
5.2 利用子电路分析电路	78
5.2.1 创建库及符号	79
5.2.2 运用已创建的库及符号	84
5.3 电流源	88
5.3.1 镜像电流源基本分析	88
5.3.2 镜像电流源偏置电阻的直流扫描分析	92
5.3.3 镜像电流源的输出电阻与温度特性	99
5.3.4 威尔逊电流源	102
第六章 模拟电路综合分析	109
6.1 差分放大器	109
6.1.1 理想差分放大电路的基本性能	109
6.1.2 理想差分放大电路的共模抑制比	115
6.1.3 噪声分析	122

6.1.4 单端输入电路分析	125
6.1.5 傅里叶分析	128
6.1.6 蒙特卡罗分析	132
6.1.7 最坏情况分析	141
6.2 集成运算放大器	150
6.2.1 创建库文件	150
6.2.2 绘制电路图	155
6.2.3 系统失调电压	157
6.2.4 随机失调电压	164
6.2.5 电压增益	168
6.2.6 运算放大器的其他特性	171
6.3 运算放大器的运用	173
6.3.1 反相输入方式	173
6.3.2 同相输入和差分输入方式	177
6.3.3 运算放大器的宏模型	181
6.3.4 加法和减法运算电路	183
6.3.5 积分电路	187
6.3.6 微分电路	192
6.3.7 电压比较器	195
6.3.8 施密特触发器	199
第七章 数字电路分析	203
7.1 数字电路中的基本单元	203
7.1.1 CMOS反相器	203
7.1.2 CMOS反相器阈值电压的调节及瞬态特性	206
7.1.3 CMOS与非门	208
7.2 Pspice 中的数字电路元器件	212
7.2.1 基本数字元器件	212
7.2.2 数字电路分析基本概念	214
7.2.3 三-八译码器	215
7.3 加法器	221
7.3.1 一位加法器	221
7.3.2 串行加法器	224
7.3.3 并行加法器	227
7.4 时序电路	230
7.4.1 基本触发器	230
7.4.2 计数器	232
7.5 数模混合电路	236
7.5.1 数模混合电路中的接口子电路	236
7.5.2 数模混合电路中的电源	238

7.5.3 数模混合电路实例	239
7.5.4 定义接口子电路的电源	245
7.6 数字电路最坏情况分析	249
7.6.1 基本概念	250
7.6.2 延迟时序模糊	250
7.6.3 输出结果的不定状态分析	252
7.6.4 脉宽变窄	254
第八章 使用 Pspice Optimizer 进行电路优化设计	256
8.1 基本概念	256
8.1.1 基本条件	256
8.1.2 基本概念	257
8.2 对共射极放大电路的优化	259
8.2.1 准备优化	259
8.2.2 开始优化	263
8.2.3 对优化增加限制	264
8.2.4 观察并保存优化结果	266
8.3 较复杂的优化实例分析	268
8.3.1 对无源输出级进行优化	268
8.3.2 优化 CMOS 放大器	271
8.3.3 设置可选项	273
8.3.4 优化结果	275
8.3.5 使用 Pspice Optimizer 拟合参数	277
8.3.6 使用 Probe 观察优化过程	280
8.3.7 利用输入网单文件进行优化	284
8.3.8 优化滤波器电路	286

第一章 绪 论

Pspice 在电子设计自动化发展的过程中,起到了重要的作用,本书将以 Microsim Pspice 8.0 为例,介绍如何使用该软件来对电路进行模拟计算,达到辅助电路设计的目的。

在基础部分中,我们将介绍有关 Pspice 8.0 的基础知识。其中包括电子 CAD 发展历史、Pspice 的基本语句规则以及如何使用软件中的电路图编辑器等工具来分析模拟电路。由于 Pspice 可以用两种方式输入:网单输入文件和电路图输入,所以掌握 Pspice 基本语句规则是必不可少的技能。同时由于电路图输入方式更为方便快捷,所以用户还必须掌握如何利用电路图编辑器工具来编辑电路图以及设置和分析各种过程参数。

Pspice 最初是专门用来模拟模拟电路的,所以它在模拟电路上的分析技术是相当成熟的。作为一般的电路设计工作者,熟练地掌握使用 Pspice 来分析模拟电路是基本技能之一。

1.1 电路 CAD 的发展历史

在任何一种电路设计的开始,都必须对电路的性能进行规划和验证。在过去,我们常用的方法有两种:

一种是在数学上利用公式计算,一般利用两个基尔霍夫定律以及元件的特性方程列出所需方程并进行计算求解。

另外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。

这两种方法对于简单的小规模电路还是可行的,但电路规模一旦扩大,这两种方法就显出了它们的缺点:

1. 过程过于繁琐 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。另外也使得在利用元件搭电路板时出错率更高。

2. 精度降低 对于数学方法,方程数目增加了,方程的解的精度就自然而然地降低了。而对于物理方法,用元件搭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以及时间,这样会增加电路的生产成本。

4. 无法进行极限状态以及最坏情况分析 例如,在高温或低温的破坏性的试验条件下的电路特性试验是无法进行的。即使勉强进行了某种破坏性试验,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。例如集成电路中电阻若用扩散工艺制造时,阻值一般在 20% 左右变化,同时各晶体管的特性也有变化,为了提高集成电路的成品率,应对电路进行容差分析,但用数学方法或者物理方法是非常困难的。

除此以外,在利用数学方法求解的过程中,元件的特性方程不能特别复杂,否则根本无法求解或者求解过程过于繁琐,所以只能采用较为简单的元件模型,这样会带来一系列的问题。

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。这些较为原始的设计方法,无论是从效率上还是从设计精度上,显然已经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对电路的性能进行模拟成为可能。

在当前的电子系统以及集成电路的设计过程中,以电子计算机辅助设计(Computer Aided Design,即 CAD)为基础的电子设计自动化(Electronic Design Automation,即 EDA)技术已经成为必不可少的工具之一。

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 10~20 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,使用现场可编程逻辑器件(FPGA,CPLD 等)开发工具在实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。

在电子线路的分析以及设计中采用 CAD 技术的优点如下:

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试验电路,这就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,从而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,以及模拟元器件参数的变化对整个电路的性能的影响。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,从中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,还必须进行小批量地生产来进行测试。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。特别是随着微机的迅速发展和普及,目前已经推出了不少在微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,电子工作者面对的不再是电路板、示波器等等,而是计算机的屏幕。设计者通过对计算机的操作,就完成了包括放置元件、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来完成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,以更多的精力来从事创造性的设计工作。

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,并且向计算机提出了更高的软件要求。

1.2 电路仿真工具 Pspice 简介

SPICE 是 Simulation Program with IC Emphasis 的缩写,该程序是美国加利福尼亚大学伯克利分校电工和计算机科学系开发的,主要用于集成电路的电路分析程序。其第一版本于 1972 年完成,是用 FORTRAN 语言写成的。1975 年推出正式实用化版本。1981 年的 SPICE2G.5 版本是由近一万五千条 FORTRAN 语句组成,开始运行在 CDC6400 计算机上。由于程序采用完全开放的政策,用户可以按自己的需要进行修改,加之实用性好,薄利地推广,并移植到 IBM, UNIVAX, RCA 及 PDP 等型号计算机上,所以在全世界广为应用。

自从 SPICE 问世以来,其版本的更新是持续不断的。1985 年 3 月推出了 SPICE3, 1986 年 5 月推出了 SPICE3A.7 版本。这是一种交互式的电路模拟程序。其优点是用户在运行输入语句后,SPICE3 再执行用户所要求的分析。用户需分析的语句可随时用人机对话的方式输入,使电路分析更加灵活。SPICE3A 版本是用 C 语言写成的,在图形功能方面得到增强,数据结构和执行效率上也有很大的改进。

SPICE 目前有 SPICE3C 和 SPICE3E 等版本,版本的更新主要在于电路分析功能的扩充、算法的完善和元器件模型的更新和增加。但从 SPICE2G.5 版本至现在的每个版本都仅仅是局部的变动。人们普遍认为 SPICE2G 是最为成功和有效的。1988 年 SPICE 被定为美国国家工业标准。各种以 SPICE 为核心的商用电路仿真工具,在 SPICE 的基础上做了很多实用化的工作。其中以 Metasoftware 公司的 HSPICE 以及 MicroSim 公司的 Pspice 最为著名。Pspice 是众多 SPICE 家族成员中的一种,它是适用于 IBM PC 个人计算机的 SPICE 版本。最早的 Pspice 是在 SPICE2G 的基础上于 1984 年推出的。目前广泛使用的 Pspice 是由 MicroSim 公司推出的,它不仅具有 SPICE 原有的功能,在输入输出、图形处理、算法的可靠性和收敛性、仿真速度、模拟功能扩展以及模型参数库和宏模型库等方面都有所改善和扩充。

Pspice 8.0 是 MicroSim 公司推出的最新版本的 Pspice,它由以下几个部分组成:

1. Design Manager Design Manager 帮助管理设计中的文件,它有强大的文件管理能力,可以将一个设计中所有的输入输出文件以及电路图文件当作一个整体进行处理,并能观察它们的结构。

2. 电路图输入程序 Schematics Pspice 的输入形式一般有电路原理图和网单文件两种。采用电路原理图的形式作为输入方式比较简单、直观。电路元器件的符号库中除了有必须的电阻、电容、电感、晶体管等基本元器件外,还有运算放大器等宏模型符号,以及数字电路中的寄存器、门电路等等。在设计中,输入电路图后,可以利用电路原理图编译器把电路图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。

3. 电路仿真程序 PSpice A/D 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。在使用过程中,它接收网单文件的输入,并列方程进行计算求解,最后输出结果。

4. 输出绘图程序 Probe Probe 是 Pspice 的输出图形处理软件包。它接收仿真程序输出的绘图文件(*.DAT),在屏幕上绘出曲线,并可输出到打印机上。

5. 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 来编辑输入信号源,包括正弦源、脉冲源、指数源、分段线性源等等。

6. 模型参数提取程序 Parts 由于电子元器件的种类复杂,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。然后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。

7. 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,如果需要调节某些性能参数比如增益、带宽等,就可以使用 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时,则需要调节的参数也比较多,这时 Optimizer 就能充分表现出它的优势。

8. 文本编辑器 TextEdit 在使用 Pspice 进行电路模拟的过程中,会多次用到文本编辑器,比如对输入文件的编辑、浏览输出文件等等。为了方便用户,Pspice 还提供了自己的文本编辑器 TextEdit,功能类似于 Windows 中的记事本 Notepad。

图 1.1 列出了这时 Pspice 8 个部分之间的关系。

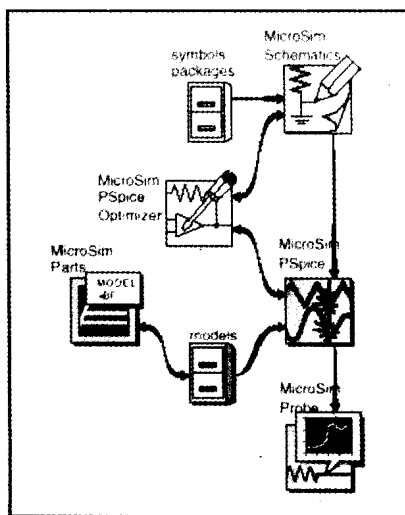


图 1.1 不同部分之间的关系

第二章 Pspice 的电路描述语句

在一般情况下, Pspice 接收输入的网单文件(实际上, 利用 Schematics 画电路图作为输入时, 第一步也是将电路图转化为网单文件), 对该文件进行分析, 辨认出各个元器件的模型、连结关系以及电源的属性等等, 并利用元器件的模型列方程计算求解。

类似于一般的计算机语言如 C 语言, 网单文件也必须有一定的语法规则, 只有这样, 计算机才能正确的识别并进行判断。但与计算机语言不同的是, Pspice 的输入文件并不能告诉计算机如何进行运算, 它只是将电路图用某种约定的格式描述出来, 然后添加各种分析语句, 而运算的过程则是由 Pspice A/D 来完成的。

2.1 输入文件的一般规定

Pspice 8.0 的默认输入文件为 * .CIR 文件。它是一种文本文件, 由输入语句组成。输入文件是以行为单位的, 每一行表示一个输入语句, 两个输入语句不能放在同一行中。用户可以在任何一个文本编辑器中对输入文件进行编辑。

2.1.1 输入描述语句的构成

输入描述语句由以下几种语句构成:

1. 标题语句 标题语句是描述文件的第一行, 这一行必不可少。
2. 注释语句 为了对网单文件中的描述语句进行说明, 可以采用注释语句。
3. 电路的描述语句 描述语句包括定义电路拓扑结构和元件值的元件, 半导体器件, 电源等描述语句。其位置可在文件的第二行到末尾一行的结束语句中的任何地方。
4. 电路特性分析和控制语句 包括对电路特性的分析, 如频率特性等, 以及输出的控制语句。
5. 结束语句 描述语句文件的最后一行, 表示模拟结束。

2.1.2 输入描述语句的规定

电路描述语句由定义电路拓扑结构和元器件参数的元器件描述语句、模型描述语句和电源语句等组成。例如:

```
RM 3 4 12k
VDD 5 0 5
QM 1 2 3 QMOD
.MODEL QMOD PNP IS=1E-15 BF=80 RB=10
+ CJC=2P CJE=1P VAF=100
```

每条输入描述语句由以下几个部分组成:

1. 名称 名称的第一个字符必须是 A 到 Z 的某一个字符,其他位字符没有限制,名称、长度最长允许 131 个字符。一般来说,整个名称的长度不超过 8 个字符,实际上名称也只有前 8 个字符是有效的。在描述元件时第一个字符必须是规定的元件类型字母,表 2.1 中列出了 Pspice 中元器件名称的首字母。

表 2.1 电路元器件名称的首字母

首字母	电路元器件	首字母	电路元器件
B	砷化钾场效应晶体管	L	电感
C	电容	M	MOS 场效应晶体管
D	二极管	Q	双极型晶体管
E	电压控制电压源	R	电阻
F	电流控制电流源	S	电压控制开关
G	电压控制电流源	T	传输线
H	电流控制电压源	U	数字电路器件
I	独立电流源	V	独立电压源
J	结型场效应晶体管	W	电流控制开关
K	互感和磁心	X	子电路

2. 数字(数值) 数值部分可以是整数、浮点数、整数或浮点数加上整数指数,也可以是浮点数或者整数后面加上比例因子。例如:24, - 29, 122.234, 23E9, - 34.4E - 63, 42.2k, 55.4M。

3. 比例因子 在实际设计中,通常用的单位与国际标准单位会有所不同。为了设计的方便,Pspice 允许在数值后面加上比例因子。常用的比例因子:

$$T = 10E12 \quad G = 10E9 \quad MEG = 10E6 \quad K = 10E3 \quad M = 10E - 3$$

$$MIL = 25.4E - 6 \quad U = 10E - 6 \quad N = 10E - 9 \quad P = 10E - 12 \quad F = 10E - 15$$

4. 分隔符 一行语句中的不同部分用一个或者多个分隔符隔开。空格、逗号、等号、左括号、右括号等都可以作分隔符,多余的分隔符是无效的。

5. 续行号 一般一行最多有 80 个字符,如果语句过长,一行无法表达完全,可在第二行的开始加上“+”号,表示是第一行的继续。“+”号的个数不限。

6. 单位 输入语句中的单位符合国际标准单位制,即千克、米、秒、开、伏特、安培、欧姆等等,因此在实际的输入语句中都可以缺省。配合比例因子,可以实现各种工程上实用的单位。

7. 方向 采用常规的习惯标准,规定支路电流的正方向和支路电压的正方向一致。

8. 节点编号 电路的节点编号不一定是整数,可以是任意的数字或字符串,但是节点 0 规定为地。Pspice 不允许有悬浮的节点,即每个节点对地都必须有直流的通路。当实际的电路不满足这个要求时,一般是在该悬浮的节点与地之间接上一个大电阻(如 1G 欧姆),使该悬浮点对地有直流通路。

9. 不能分析的问题 电路中不能包含以下部分:电压源回路、电感回路、电压源和电感组成的回路、隔断的电流源和(或)电容,这些问题被称作不能分析的问题。Pspice 将含有以上形式的电路当作错误处理。

2.1.3 标题语句、注释语句和结束语句

输入文件的第一行是标题语句,也称为标题行,它由任意字符串和字母组成,其内容作为输出文件的第一行被打印出来。这一行必须设置,任何时候 Pspice 都将第一行当作标题行而不作为电路的一部分进行分析。

例如:

```
A MODEL CIRCUIT
```

```
AN AMPLIFIER CIRCUIT
```

注释语句是输入文件中的说明部分,不参与电路的模拟仿真。注释语句可以存在于输入文件除第一行和最后一行的结束语句之间的任何位置,其一般形式是“*”后加字符串。

例如:

```
* this part is the core of the circuit
```

```
* this component is not useful
```

结束语句标志着电路描述语句的结束:

```
.END
```

2.2 无源元件描述语句

在电路描述语句中,最为主要的是元器件描述语句。一般的无源元件描述语句由元件名、元件连结的节点号以及元件的参数值组成。

2.2.1 电阻 R

Pspice 中的电阻是一种线性元件,它既可以直接用电阻语句描述,也可以通过模型来描述。

电阻描述语句的一般格式:

```
RXXXXXXX N+ N- <(MODEL)NAME> VALUE <TC=TC1 <TC2>>
```

电阻模型语句的一般格式:

```
.MODEL MNAME RES R=PVAL1 <TC1=PVAL2> <TC2=PLA3> <TCE=PVLA4>
```

其中 RXXXXXXX 是元件的名称, N+、N- 是电阻两端的节点号。当电阻上加正向电压时,电流从 N+ 节点流向 N- 节点。 <(MODEL)NAME> 是可选项,它指出该电阻将用上后面由 .MODEL 语句定义的模型。VALUE 是电阻值,单位为欧姆。 <TC=TC1 <TC2>> 是可选的温度系数, TC1 和 TC2 分别是一阶、二阶温度系数,缺省值为 0。RES 是电阻模型关键字, R 定义电阻倍乘系数, TCE 定义指数温度系数。

电阻的温度公式是:

$$VALUE(T) = R * R0 [1 + TC1(T - T0) + TC2(T - T0) * (T - T0)]$$

其中 R0 是电阻描述语句中的阻值。T0 是常温 300K。

例如:

```
R4 0 3 RMOD 100
```

```
.MODEL RMOD RES (R=2 TC1=0.1 TC2=0.01)
```

2.2.2 电容和电感

语句的格式如下:

```
CXXXXXXX N+ N- <(MODEL)NAME> VALUE <IC=INCOND>
LXXXXXXX N+ N- <(MODEL)NAME> VALUE <IC=INCOND>
```

模型的语句格式如下:

```
.MODEL MNAME CAP ( C=PVAL1 VC1=PVAL2
+ VC2=PVAL3 TC1=PVAL4 TC2=PVAL5)
.MODEL MNAME IND ( L=PVAL1 IL1=PVAL2 IL2=PVAL3 TC1=PVAL4 TC2=PVAL5)
```

其中,电容和电感的值要求不能为零。语句中的各变量意义同前,IC 用来规定初始条件,仅仅在瞬态分析语句中设有关键字 UIC 时,IC 的赋值才有意义。C、L 是电容、电感的倍乘系数,VC1、VC2 分别是电容的一阶、二阶电压系数,IL1、IL2 分别是电感的一阶、二阶电流系数。电容和电压的求值公式如下:

$$C(V) = C0 * C(1 + VC1 * V + VC2 * V * V)$$

$$L(I) = L0 * L(1 + IL1 * I + IL2 * I * I)$$

其中,C0 和 L0 分别是元件描述语句中的值。

电容和电感的温度公式类似于电阻的温度公式。

2.2.3 互感

语句的格式如下:

```
KXXXXXXX LYYYYYYY LZZZZZZZ ... VALUE
+ <(MODEL)NAME> <(SIZE) + VALUE>
```

其中 LYYYYYYY 和 LZZZZZZZ 是两个耦合电感的名称,也可以将多个耦合电感按顺序写下去。VALUE 是耦合系数的值,它必须大于零且小于等于 1。其耦合规则通常是在每个电感的第一个节点上加一个“.”作为同名端。<(MODEL)NAME> 是模型名,(SIZE) VALUE 用来定义磁芯的横截面的大小,其缺省值为 1。磁芯的模型语句如下:

```
.MODEL MNAME CORE AREA=PVAL1
+ PATH=PVAL2 GAP=PAL3 PACK=PAL4 MS=PAL5...
```

其中,CORE 是磁芯模型的关键字,磁芯模型的其他参数意义如 2.2 表所示。

表 2.2 磁芯模型参数

模型参数	意 义	单 位	缺省值
AREA	平均磁通横截面积	Cm ²	0.1
PATH	平均磁路长度	Cm	1.0
GAP	有效气隙长度	Cm	0
PACK	叠层系数		1.0
MS	磁饱和和电流	A/m	1 * 10E6
ALPHA	平均磁场参数		1 * 10E - 3
A	形状参数	A/m	1 * 10E3
C	磁畴壁的挠曲常数		0.2
K	磁畴壁的销连常数		500