



高职高专电子信息类“十二五”规划教材

电路仿真与PCB设计

主编 劳文薇 副主编 邢云凤



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



中国高等院校计算机专业“十二五”规划教材

电路仿真与PCB设计

主编 周志敏 副主编 周志敏 周志敏



清华大学出版社
Tsinghua University Press

高职高专电子信息类“十二五”规划教材

电路仿真与 PCB 设计

主 编 劳文薇

副主编 邢云凤

电路仿真和 PCB 设计是工程实践中应用最多的技术之一。本书依据目前及 Protel 99SE 软件在电路仿真的方法，举例说明了 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的设计方法。本书可作为高职高专电子信息类专业的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

PSpice(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)是美国 MicroSim 公司于 20 世纪 80 年代开发的电路模拟分析软件。高版本的 PSpice 不仅可以对模拟电子电路进行直流分析、瞬态分析及交流分析等，还可以对数字电路和数模混合电路进行分析。目前，该软件被公认为通用电路仿真程序中最优秀的软件平台之一。

Protel 软件是实现基于 PCB 设计的一体化设计 CAD 软件，其设计功能强大，应用面最宽。Protel 设计系统是由澳大利亚 Altium 公司开发的一套将 EDA 环境引入 Windows 操作系统的电路设计系统。Altium 公司于 1999 年正式推出 Protel 99SE 版。Protel 99SE 版是 Protel 公司推出的世界上第一套将 EDA 环境引入 Windows 操作系统的电路设计系统。Altium 公司于 1999 年正式推出 Protel 99SE 版。Protel 99SE 版是 Protel 公司推出的世界上第一套将 EDA 环境引入 Windows 操作系统的电路设计系统。Altium 公司于 1999 年正式推出 Protel 99SE 版。Protel 99SE 版是 Protel 公司推出的世界上第一套将 EDA 环境引入 Windows 操作系统的电路设计系统。

西安电子科技大学出版社

本书内容共分 12 章，包括：第 1 章电路设计仿真概述，第 2 章 PSpice 电路仿真，第 3 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 4 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 5 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 6 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 7 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 8 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 9 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 10 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 11 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用，第 12 章 Protel 99SE 软件在 PCB 设计中的应用。

内 容 简 介

PSpice(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)是公认的通用电路仿真程序中最优秀的软件平台之一。PSpice 不仅可以对模拟电子电路进行支流分析、瞬态分析及交流分析等,还可以对数字电路和数模混合电路进行分析。

本书分为两部分,第一部分介绍电路仿真设计,主要介绍了利用 PSpice 软件进行电路仿真的方法,举例说明了基本单元电路的设计与仿真方法;第二部分主要介绍基于 PCB 的电路设计,其中以 Protel 99SE 为设计工具,以单片机开发板电路原理图设计和 PCB 设计为项目。全书以培养学生具备一般电路设计及仿真和 PCB 设计的能力为宗旨。

本书面向工学结合的教改,突出职业能力培养,兼顾职业资格证书考试,可作为高等职业院校工科电类相关专业的教材,也可供相关职业培训和工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电路仿真与 PCB 设计 / 劳文薇主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012. 6

高职高专电子信息类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2765-6

I. ①电… II. ①劳… III. ①电子电路—计算机仿真—应用软件, Protel 99SE—高等职业教育—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 035096 号

策 划 张 媛

责任编辑 张 媛 张 瑜

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 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 13.5

字 数 312 千字

印 数 1~3000 册

定 价 21.00 元

ISBN 978-7-5606-2765-6/TN·0646

XDUP 3057001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

EDA(Electronic Design Automation, 电子设计自动化)技术是现代电子工程领域的一门实用新技术, 它提供了基于计算机的电路设计方法。EDA 技术的发展和推广极大地推动了电子产业的发展, 掌握 EDA 技术是电子工程师就业的基本条件之一。

电路仿真和 PCB 设计是 EDA 技术的重要内容, 也是工程实践中应用最多的技术之一。本书依托目前使用较多的 PSpice 及 Protel 软件平台, 介绍了电路仿真的方法, 举例说明了基本电路单元的设计与仿真, 并以单片机开发板电路设计及 PCB 设计作为背景介绍 Protel 99SE 的应用方法。这样安排的目的在于使读者在学习了本书内容之后, 能够具备一般电路设计、仿真及相应的 PCB 设计的能力。

PSpice(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)是美国 MicroSim 公司于 20 世纪 80 年代开发的电路模拟分析软件。高版本的 PSpice 不仅可以对模拟电子电路进行支流分析、瞬态分析及交流分析等, 还可以对数字电路和数模混合电路进行分析。目前, 该软件被公认为通用电路仿真程序中最优秀的软件平台之一。

Protel 软件是实现基于 PCB 设计的一个杰出工具。Protel 软件在国内流行最早、应用面最宽, 是具有强大功能的电子设计 CAD 软件, 一向以其高度集成性和扩展性著称于世。Protel 设计系统是由澳大利亚 Altium 公司推出的世界上第一套将 EDA 环境引入 Windows 操作系统下的 EDA 电路集成设计系统, Altium 公司 1999 年正式推出了 Protel 99 版, 在进入 21 世纪之前又将 Protel 99 版改进为 Protel 99SE 版。Protel 具有电路原理图(Schematic)设计、印刷电路板(PCB)设计、可编程逻辑器件(PLD)设计和电路仿真(Simulate)模块功能, 是电子工程师进行电子设计广泛使用的工具之一。

本书内容共分 12 章, 包括: 第 1 章电路设计仿真概述, 第 2 章 PSpice 电路

基本仿真，第3章 Pspice 软件的实际应用，第4章 Protel 99SE 简介，第5章电路原理图的设计与编辑，第6章电路原理图电检查、报表的生成及输出，第7章原理图库操作，第8章印刷电路板图设计基础，第9章 PCB 设计与布局，第10章 PCB 设计与布线，第11章 PCB 设计的后续处理，第12章元件封装编辑。

本书编写注重面向工学结合的教改，突出职业能力培养，各高校教师在授课时也可以根据本校特点，按编者下面建议的顺序进行讲解。第1~3章讲解模拟单元电路设计与仿真，第7章讲解单片机开发板电路原理图元件的设计与制作，第4~6章讲解单片机开发板电路原理图设计与制作，第12章讲解单片机开发板电路元件封装的设计与制作，第8~9章讲解单片机开发板电路的PCB设计与布局，第10~11章讲解单片机开发板电路的PCB设计与布线。

本书由具有多年 EDA 教学及教改经验的教师编写，共分12个章节。其中劳文薇老师负责第1~3、8~12章的编写，邢云凤老师负责第4~7章的编写。本书的所有习题均结合具体实践编写，具有系统性及递进性。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者
2011年5月

第 1 章 电路设计仿真概述 1

1.1 绪论	1
1.1.1 PSpice 的发展过程	1
1.1.2 PSpice 仿真软件的优越性	3
1.2 PSpice 的基本组成及主要功能	4
1.2.1 PSpice 的基本组成	4
1.2.2 PSpice 的主要功能	5
习题	6

第 2 章 PSpice 电路基本仿真 7

2.1 PSpice 的环境及参数设置	7
2.1.1 Microsim 设计管理器	7
2.1.2 Schematics 窗口	9
2.1.3 PSpiceA/D 窗口	21
2.1.4 Probe 程序项	22
2.1.5 激励源编辑器	25
2.1.6 模型参数提取程序 Parts	27
2.1.7 Optimizer 优化窗口	29
2.2 PSpice 软件的使用	30
2.2.1 Schematics 功能简介	30
2.2.2 电路图的绘制	31
2.2.3 Analysis 菜单分析	33
2.2.4 输出方式的设置	34
2.2.5 PSpice 的几种分析	35
2.3 PSpice 仿真快速入门	36
2.3.1 用 PSpice 进行电路仿真的基本步骤	36
2.3.2 PSpice 电路仿真实例	36
习题	40

第 3 章 PSpice 软件的实际应用 41

3.1 晶体管基本放大电路的仿真	41
3.1.1 设置静态工作点	41
3.1.2 计算放大电路的输入输出电阻	49
3.1.3 放大电路的频响特性及其电压增益	52
3.2 谐振电路的仿真	55
3.3 含有运放的直流电路的仿真	56
3.4 有源负载电路的仿真	57
3.4.1 镜像电流源	58
3.4.2 威尔逊电流源	64

3.4.3 微电流源	66
习题	70
第4章 Protel 99SE 简介	71
4.1 概述	71
4.1.1 Protel 99SE 的组成	71
4.1.2 Protel 99SE 的主要功能特点	72
4.2 系统设计流程	72
4.2.1 电路原理图的设计步骤	72
4.2.2 PCB 设计的一般步骤	74
4.3 设计环境	75
4.3.1 创建数据库文件	76
4.3.2 创建新文档	77
4.4 设计管理器	79
4.5 电路图环境参数设置	80
4.5.1 环境参数设置	80
4.5.2 元件库的加载	82
习题	83
第5章 电路原理图的设计与编辑	84
5.1 画电路图工具	84
5.1.1 画导线	85
5.1.2 画总线	86
5.1.3 画总线进出点	86
5.1.4 放置网络标号	87
5.1.5 放置电源和接地符号	88
5.1.6 放置零件	89
5.1.7 放置电路方块图	92
5.1.8 放置电路方块图进出点	92
5.1.9 放置电路输入输出端口	93
5.1.10 放置节点	94
5.1.11 放置忽略 ERC 测试点	94
5.1.12 放置 PCB 布线指示	95
5.2 电路图的编辑	95
5.2.1 元件的选取	96
5.2.2 元件的剪贴	97
5.2.3 元件的删除	98
5.2.4 元件的移动	98
5.2.5 元件的排列和对齐	99
5.2.6 阵列式粘贴	100
5.3 层次电路图的设计工具	101

5.4 层次电路图的设计方法	101
5.4.1 自上而下的层次图设计方法	102
5.4.2 自下而上的层次图设计方法	104
5.5 重复性层次图的设计	105
5.6 层次电路图的管理工具	106
习题	107
第6章 电路原理图电检查、报表的生成及输出	113
6.1 检查原理图	113
6.1.1 Setup 选项卡	114
6.1.2 Rule Matrix 选项卡	114
6.2 生成网络表	115
6.3 生成零件列表	118
6.4 生成网络比较表等	120
6.5 原理图输出	122
6.5.1 设置打印机	122
6.5.2 打印输出	123
习题	123
第7章 原理图库操作	124
7.1 原理图库加载及零件的放置	124
7.2 零件库编辑器	126
7.2.1 零件库编辑器界面	127
7.2.2 画图工具栏	127
7.3 零件管理器的使用	129
7.4 创建新的零件	131
7.4.1 直接绘制新的零件	132
7.4.2 编辑相似零件	134
习题	136
第8章 印刷电路板图设计基础	138
8.1 概述	138
8.1.1 认识 PCB	138
8.1.2 PCB 的结构与基本元素	139
8.1.3 PCB 设计流程	141
8.2 PCB 图编辑器	142
8.2.1 Protel 99SE PCB 的启动及窗口认识	142
8.2.2 PCB 设计管理器	143
8.2.3 设置电路板工作层	145
8.2.4 设置 PCB 电路参数	148
8.3 PCB 图的设计环境设置及绘图工具	153
8.3.1 PCB 文件管理	153

8.3.2 装载元件库	153
8.3.3 设置电路板工作层面	154
8.3.4 PCB 绘图工具的使用	154
习题	156
第 9 章 PCB 设计与布局	157
9.1 窗口设置	157
9.2 从原理图到印制板	158
9.2.1 通过网络表文件生成印制板文件	158
9.2.2 通过更新方式生成印制板文件	161
9.3 设置工作层	166
9.4 PCB 布局	167
9.4.1 PCB 布局过程及原则	167
9.4.2 手工预布局	168
9.4.3 元件分类	170
9.4.4 自动布局参数设置	171
9.4.5 自动布局	174
9.4.6 手工调整元件布局	176
习题	179
第 10 章 PCB 设计与布线	181
10.1 设置自动布线规则	182
10.1.1 布线的基本要求及过程	182
10.1.2 自动布线规则设置	183
10.1.3 自动布线	187
10.2 手工修改布线	187
10.2.1 手工布线的基本操作	187
10.2.2 导线的编辑	188
10.3 设计规则检查	189
习题	190
第 11 章 PCB 设计的后续处理	191
11.1 高级布线技巧	191
11.1.1 更改元件封装和引脚连接关系	191
11.1.2 布线	191
11.2 敷铜	192
11.3 包地、补泪滴	193
11.3.1 包地	193
11.3.2 补泪滴	194
11.4 生成报表	194
11.5 PCB 图的打印	196
习题	197

第12章 元件封装编辑.....	198
12.1 元件封装库编辑器.....	198
12.2 创建新元件封装.....	199
12.2.1 利用向导创建元件封装.....	199
12.2.2 手工创建元件封装.....	202
习题.....	203
参考文献.....	205

电路设计仿真概述

在本章中,对 PSpice 电路设计仿真进行简单的介绍,在后续章节中将逐步介绍它的神奇功能。

本章主要内容包括:

- PSpice 的发展
- PSpice 的优越性
- PSpice 的基本组成及主要功能

1.1 绪 论

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。PSpice 最初是专门用来进行模拟电路仿真的,现在高版本的 PSpice 软件也可以对数字电路进行仿真,这使得 PSpice 的应用范围更加广泛。对于一个电路设计工作者来说,熟练地使用 PSpice 来进行电路的分析和设计是必不可少的一项技能之一。PSpice 是以 Spice(Simulation Program with IC Emphasis)为核心发展起来的,由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,主要用于集成电路的电路程序分析。

1.1.1 PSpice 的发展过程

1. Spice 通用电路分析程序

Spice 的发展已走过 40 多年的历程,美国加利福尼亚大学伯克利分校(Dr. Bernstein)于 20 世纪 60 年代末开发了 CANCER 电路分析程序,并在此基础上,于 1972 年推出了 Spice 程序,1975 年推出了升级版的 Spice2,随后又相继推出了 Spice2G, Spice3A, ..., Spice3G。Spice 源程序是开放的,能够迅速地进行扩展和改进,使得它的电路分析功能不断扩充,算法不断完善,元器件模型不断增加和更新,分析精度和运行时间也得到有效的改善,因而成为工业和科研领域电路模拟的标准工具之一。

Spice 程序具有面板、示波器 etc 整个电子实验室的功能,可对复杂的电路与系统进行分析,这主要是由于 Spice 程序含有高精度元器件模型,获取准确的器件模型参数对于电路分析和设计人员来说是非常重要的。Spice 程序具有庞大的器件库,其中包括无源器件模型,如电阻、电容、电感、传输线等;半导体器件模型,如二极管、双极型晶体管、场效应管等。



第1章

电路设计仿真概述

在本章中,对 PSpice 电路设计仿真进行简单的介绍,在后续章节中将逐步介绍它的神奇功能。

本章主要包括:

- PSpice 的发展
- PSpice 的优越性
- PSpice 的基本组成及主要功能

1.1 绪 论

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。PSpice 最初是专门用来进行模拟电路仿真的,现在高版本的 PSpice 软件也可以对数字电路进行仿真,这使得 PSpice 的应用范围更加广泛。对一个电路设计工作者来说,熟练地使用 PSpice 来进行电路的分析和设计是必不可少的专业技能之一。PSpice 是以 Spice(Simulation Program with IC Emphasis)为核心发展起来的,由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,主要用于集成电路的电路程序分析。

1.1.1 PSpice 的发展过程

1. Spice 通用电路分析程序

Spice 的发展已走过 40 多年的历程。美国加利福尼亚大学伯克利分校(D.c. Berkeley)于 20 世纪 60 年代末开发了 CANCER 电路分析程序,并在此基础上,于 1972 年推出了 Spice 程序。1975 年推出了升级版的 Spice2,随后又相继推出了 Spice2G, Spice3A, ..., Spice3G。Spice 源程序是开放的,能够迅速地进行扩展和改进,使得它的电路分析功能不断扩充,算法不断完善,元器件模型不断增加和更新,分析精度和运行时间也得到有效的改善,因而成为工业和科研领域电路模拟的标准工具之一。

Spice 程序具有面板、示波器等整个电子实验室的功能,可对复杂的电路与系统进行分析,这主要是由于 Spice 程序含有高精度元器件模型。获取准确的器件模型参数对于电路分析和设计人员来说是非常重要的。Spice 程序具有庞大的器件库,其中包括无源器件模型,如电阻、电容、电感、传输线等;半导体器件模型,如二极管、双极型晶体管、结型场效



应管(JFET)、MOS 场效应管(MOSFET)等;各种电源,包括线性和非线性的受控源,如独立电压源、电流源,受控电压源、电流源等;模/数(A/D)、数/模(D/A)转换接口电路以及数字电路器件库。应用 Spice 程序,可以建立许多宏模型电路,这使得运算放大器、电压比较器等电路功能的模拟成为可能。

应用 Spice 程序还可以进行多种电路分析,这些分析包括:非线性直流分析(DC),计算电路的直流工作点;线性小信号分析(AC),分析电路的频率响应;瞬态分析(TRAN),确定电路的时域响应;小信号电路直流传输特性分析(TF);直流小信号灵敏度分析(SENS);畸变分析(伴随交流分析);噪声分析(NOISE,伴随交流分析),计算特定输出和输入节点的等效输出、输入噪声;输出变量的傅里叶分析(FOUR)(与瞬态分析同时完成);温度分析(TEMP);数字电路分析,包括电路的逻辑运算和延迟时间的计算、D/A 转换电路的分析。

2. DOS 版 PSpice

DOS 版 PSpice 软件包具有通用、高效和多功能特点,它适用面广,可仿真模拟、数字、接口等全部通用电路,同时具有电子工程设计的全部分析功能。另外,PSpice 极具特色的探测器(PROBE)功能,提供了全功能、全频段的测试仪器平台,其主要功能如下:

(1) 直流分析:可实现工作点分析(OP)、扫描分析(DC)、小信号灵敏度分析(ENS)、转移函数计算等。

(2) 频域分析:可实现频响分析及噪声分析。

(3) 时域分析:可实现瞬态分析、频谱分析、失真度分析和快速傅里叶变换(FFT)。

(4) 器件容差统计分析:包括蒙特卡罗分析(MC)、灵敏度分析和最坏情况分析(WCASE)。

(5) 温度扫描分析。

(6) 激励波形编辑修改功能。

(7) 器件模型参数建库和修改功能。

DOS 版的 PSpice 由以下 3 个部分组成:

(1) 电路输入文件编辑器 Edit。将需要分析的电路按电路描述语言和规则进行输入、编辑,加入控制指令,生成扩展名为“.dl”的文件。有语法错误时,编辑器会有错误信息提示。

(2) 电路分析程序 PSpice。PSpice 可将电路输入文件 filename.eir 按分析指令进行相应分析,生成 filename.dat 数据文件和 filename.out 输出文件。filename.dat 和 filename.out 文件可直接进行打印。

(3) 曲线显示处理器 Probe 程序。Probe 程序可以显示 filename.dat 数据文件记录的输入输出曲线,可以以各种比例的线性坐标、对数坐标等方式显示。

DOS 版的 PSpice 还包括电源波形编辑产生器,可编辑、显示各种输入激励源波形;模型组件库产生器 Parts,可以进行模型参数提取,建立新组件库。控制程序 CS (Control Shell) 将以上 PSpice 各种功能和各组成部分以窗口形式组合起来,产生一个良好的人机交互界面,便于用户进行操作。

3. Windows 版 PSpice

Windows 版 PSpice 与 DOS 版 PSpice 的区别,主要在于用户作业文件的输入方式。DOS 版的用户作业文件只有一种文本方式,它需要用户编写待分析电路系统的 PSpice 源程序。



而 Windows 版不仅可接收作业源程序,而且还可以以作业电路原理图方式输入。这样对于习惯画电路图的工程技术人员来说就比较方便、直观。随着 PSpice 版本的更新,PSpice 8.0 软件的功能和库文件比以前增加了许多,用户可以利用现有的库资源分析电路与系统,应用范围比以前大大扩展。

随着版本的升级,PSpice 的功能不断完善。Microsim 公司被 EDA 领域最负盛名的公司 OrCAD 并购后,PSpice 程序更名为 OrCAD PSpice A/D,版本升级至 V9。主要包括 Schematics、PSpice、Probe、Stmed (Stimulus Editor)、Model Editor (Parts)等 5 个软件包及其他的一些辅助工具。

1.1.2 PSpice 仿真软件的优越性

PSpice 软件具有强大的电路图绘制、电路模拟仿真、图形后处理和元器件符号制作等功能。PSpice 以图形方式输入,自动进行电路检查,生成图表,模拟和计算电路。它的用途非常广泛,不仅可以用于电路分析和优化设计,还可用于电子线路、电路和信号与系统等课程的计算机辅助教学。与印制版设计软件配合使用,还可实现电子设计自动化。PSpice 被公认为是通用电路模拟程序中最优秀的软件,具有广阔的应用前景。这些特点使得 PSpice 受到广大电子设计工作者、科研人员和高校师生的青睐。

电路设计软件有很多,它们各有特色。如 Protel 和 Tango,它们对单层/双层电路板的原理图及 PCB 图的开发设计很适合,而对于布线复杂、元件较多的四层及六层电路板来说 OrCAD 更有优势。但在电路系统仿真方面,PSpice 可以说是其他软件无法比拟的,它是一个多功能的电路模拟试验平台。PSpice 软件由于收敛性好,适于做系统及电路级仿真,具有快速、准确的仿真能力。

PSpice 具有以下特点:

(1) 图形界面友好,易学易用,操作简单。从 DOS 版的 PSpice 到 Windows 版的 PSpice,该软件由原来单一的文本输入方式升级为原理图输入方式,使电路设计更加直观形象。PSpice 6.0 以上版本全部采用菜单式结构,只要熟悉 Windows 操作系统就很容易掌握,利用鼠标和热键一起操作,既提高了工作效率,又缩短了设计周期。即使没有参考书,用户只要具备一定的英语基础就可以通过实际操作很快掌握该软件。

(2) 实用性强,仿真效果好。在 PSpice 中,对元件参数的修改很容易,它只需存一次盘、创建一次连接表,就可以实现一个复杂电路的仿真。如果用 Protel 等软件进行参数修改仿真,则过程十分繁琐。在改变一个参数时,哪怕是一个电阻阻值的大小都需要重新建立网络表的连接,设置其他参数更为复杂。

(3) 功能强大,集成度高。在 PSpice 内集成了许多仿真功能,如直流分析、交流分析、噪声分析、温度分析等,用户只需在所要观察的节点放置电压(电流)探针,就可以在仿真结果图中观察到其“电压(或电流)-时间图”。而且该软件还集成了诸多数学运算功能,不仅为用户提供了加、减、乘、除等基本的数学运算,还提供了正弦、余弦、绝对值、对数、指数等基本的函数运算,这些都是其他软件所无法比拟的。

另外,用户还可以对仿真结果窗口进行编辑,如添加窗口、修改坐标、叠加图形等。PSpice 还具有保存和打印图形的功能,这些功能给用户提供了制作所需图形的快捷、简便



的方法。Windows 版的 PSpice 更优于 DOS 版的 PSpice, 它不但可以使用原理图输入方式, 而且也可以使用文本输入方式, 是广大电子电路设计者的好帮手。

1.2 PSpice 的基本组成及主要功能

PSpice 实际上是个软件包, 整个分析过程通过软件包中的各个软件协调完成。下面介绍 PSpice 8.0 版本的各个组成部分及主要功能。

1.2.1 PSpice 的基本组成

(1) 设计管理器 Design Manager。Design Manager 可帮助管理设计文件, 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的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输入比较简单、直观。在 PSpice 的电路元器件符号库中除了必需的电阻、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。用户在设计中, 可以避开输入麻烦的电路描述语句, 而只需非常直观地用电路图编辑器进行电路图的编辑。编辑成功后, 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, 这样对于习惯画图的工程技术人员来说比较方便、直观。

(3) 输出结果绘图程序 Probe。Probe 是 PSpice 8.0 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), 在屏幕上绘出波形曲线供仿真人员分析电路性能, 并可输出到打印机上。

(4) 电路仿真程序 PSpice A/D。电路仿真工具是 PSpice 8.0 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, 它接受网单文件的输入, 并列方程进行计算求解, 最后输出结果。仿真的结果一般由图形文件(*.dat)和数据文件(*.out)两部分组成。

(5) 激励源编辑程序 Stimulus Editor。PSpice 8.0 中的信号源种类较多, 尤其是瞬态分析的信号源, 包括正弦源、脉冲源、指数源、分段线性源、单频调频源等。为了方便用户设定这些信号源, PSpice 8.0 用激励源编辑程序帮助用户快速地建立输入信号源波形。

(6) 模型参数提取程序 Parts。在实际电路设计中需要的元器件多种多样, 而模型参数库中的模型是有限的。针对这一问题, PSpice 给出了一个从元器件特性中直接提取参数模型的软件包 Parts。Parts 是一个优化提取的程序, 可根据用户给出的元器件特性或参数初值用曲线拟合等优化算法, 得到参数的最优解, 进而有了元器件的模型, 然后将该模型放入库中, 就可以利用该模型进行仿真了。同时, PSpice 8.0 还允许用户对已有的模型参数进行修改。

(7) 电路设计优化程序 Optimizer。PSpice 所提供的优化工具 Optimizer 用于针对已经具



有大致基本功能的电路进行优化。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,直到达到要求为止。当对电路的性能要求较多时,需要调整的参数就多,这时 Optimizer 就会体现出它的强大功能。

(8) 文本编辑器 Text Edit。文本编辑器可以对输入文件进行编辑,也可以浏览输出的网单文件等。

以上各个组成部分分工合作,协助设计者完成电路的设计过程。一般电路的设计过程是用电路图编辑器 Schematics 将要仿真的电路按照一定的规则组成电路图,转化成网单文件,或通过文本编辑器运用电路描述语句对电路进行描述得到电路的网单文件;然后调用 PSpice A/D 工具对网单文件进行处理,得到电路的输出文件;再通过 Probe 程序根据输出文件用图形、曲线等形式表示电路的特性,或通过文本编辑器输出网单文件,并通过该网单文件给出该电路的各项指标特性等。

1.2.2 PSpice 的主要功能

PSpice 8.0 程序的主要功能有非线性直流分析、非线性暂态分析、线性小信号交流分析、灵敏度分析和统计分析。

1. 直流分析

非线性直流分析功能简称直流分析。它是计算直流电压源或直流电流源作用于电路时电路的工作状态的。对电路进行的直流分析主要包括直流工作点分析、直流扫描分析和转移函数分析。

直流工作点是电路正常工作的基础。通过对电路进行直流工作点的分析,可以知道电路中各元件的电压和电流,从而知道电路是否正常工作以及工作的状态。一般在对电路进行仿真的过程中,首先要对电路的静态工作点进行分析和计算。

直流扫描分析主要是将电路中的直流电源、工作温度、元件参数作为扫描变量,对这些参量以特定的规律进行扫描,从而获取这些参量变化对电路各种性能参数的影响。直流扫描分析主要是为了获得直流大信号暂态特性。

与直流扫描分析相类似的还有温度分析。在这种分析过程中,将电路的温度作为扫描变量进行分析。因为电路的主要器件的特性都是与温度有关的,所以这就为分析电路在环境变化时的工作情况提供了一种非常有用的工具。特别重要的是,通过这种分析,我们可以预测电路在某些特殊环境,如极端温度条件、极端电源电压条件或元件开路短路条件下的工作情况,从而在进行电路设计时采取必要的预防措施。

2. 暂态分析

非线性暂态分析简称为暂态分析。暂态分析计算电路中电压和电流随时间的变化,即进行电路的时域分析。时域分析是指分析在某一函数激励下电路的时域响应特性。通过时域分析,设计者可以清楚地了解到电路中各点的电压和电流波形以及它们的相位关系,从而知道电路在交流信号作用下的工作状态,检查它们是否满足电路设计的要求。

3. 交流分析

线性小信号交流分析简称为交流分析。它是 PSpice 程序的主要分析功能。它能在交流小信号的条件下,选择合适的线性模型将电路的非线性元件在其直流工作点附近线性化,



然后在用户指定的范围内输入一个扫频信号,并计算出电路的幅频特性、相频特性、输入电阻、输出电阻等。这种分析等效于电路的正弦稳态分析即频域分析。频域分析用于分析电路的频域响应即频率响应特性。这种分析主要用于分析电路的幅频特性和相频特性。小信号转移特性分析主要分析在小信号输入的情况下电路的各种转移函数,通常分析的是电路的电压放大倍数。

噪声分析是电路设计的重要内容之一。在模拟电路中,无源器件和有源器件均会产生噪声,主要包括电阻产生的热噪声,半导体器件产生的散粒噪声和闪烁噪声。在噪声分析时,将元件的噪声等效为对一个输入信号进行的交流分析。通过噪声分析可以计算出各器件在某一输出节点产生的总噪声以及某一输入节点的等效输入噪声,从而可以分析一个电路产生噪声的主要来源,采取一定的电路设计措施来减小噪声的影响。

4. 灵敏度分析

灵敏度分析包括直流灵敏度分析和蒙特卡罗分析两种。直流灵敏度分析也称为灵敏度分析。它是在工作点附近将所有的元件线性化后,计算各元件参数值变化对电路性能影响的敏感程度。通过对电路进行灵敏度分析,可以预先知道电路中的各个元件对电路的性能影响的重要程度。对于那些对电路性能有重要影响的元件,要在电路的生产或元件的选择时给予特别关注。

5. 统计分析

统计分析主要包括蒙特卡罗分析和最坏情况分析。蒙特卡罗分析是在考虑到器件参数存在容差的情况下,分析电路在直流分析、交流分析或暂态分析时电路特性随器件容差变化的情况。另一种统计分析是最坏情况分析,它不仅对各器件参数的变化逐一进行分析,得到单一器件对电路性能的灵敏度分析,同时分析各器件容差对电路性能的最大影响量(最坏情况分析),从而达到优化电路的目的。

习 题

1. PS_pice 仿真有何优越性?
2. PS_pice 8.0 的主要功能是什么?