

赵雅兴 编著

PSpice YU DIANZI QIJIAN MOXING

PSpice 电子器件模型



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

PSpice 与电子器件模型

赵雅兴 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书系统介绍了电子线路计算机辅助分析与设计中常用的 PSpice 模拟器的实际应用,详尽叙述了各类元件、器件、模拟集成电路与数字集成电路的 PSpice 作业文本文件中描述语句的书写方法,对于常用控制命令(即点命令)、模拟信号源和数字信号源以及 PSpice 模拟器的使用技巧也都做了详尽地说明,并列举了大量的例题和习题。特别是对于各类元、器件的模型和集成电路宏模型的构造理论与设计、以及各类模型在电子电路与系统的 PSpice 分析与设计的应用都做了详尽地说明。

本书可作为高等院校有关专业选修课教材或教学参考书,也可供有关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

PSpice 与电子器件模型/赵雅兴主编. —北京:北京邮电大学出版社,2004

ISBN 7-5635-0938-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 074410 号

书 名: PSpice 与电子器件模型

主 编: 赵雅兴

责任编辑: 马莹娜

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编: 100876)

电话传真: 010-62282185(发行部), 010-62283578(FAX)

电子信箱: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京通州皇家印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 22.75

字 数: 523 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0938-0/TN·344

定 价: 29.50 元

·如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系·

前 言

电子电路发展到今天,已经历了由晶体管分立元件电路到 SSI(小规模集成电路,集成度包括 1~10 个晶体管),MSI(中规模集成电路,集成度包括 10~100 个晶体管),LSI(大规模集成电路,集成度包括 100~1 000 个晶体管),VLSI(超大规模集成电路,集成度在 1 000 个晶体管以上),和 ULSI(甚大规模集成电路,集成度更高)4 个阶段。要分析、设计如此规模的电子电路与系统,必须采用计算机辅助分析与设计(Computer Aided Analysis and Design),即采用 CAA 与 CAD 技术。因此,CAA 与 CAD 技术已成为分析与设计电子电路与系统的关键技术之一。电子电路计算机辅助分析与设计软件也应运而生。由美国加州大学伯克利分校推出的电路分析程序 Spice(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)自 20 世纪 70 年代问世以来,在世界各国得到了广泛的应用,并且版本不断更新,功能不断完善。尤其是自 1984 年由 Microsim 公司推出的基于 Spice 的微机版本 PSpice 以来,采用 PSpice 对电子电路进行计算机辅助分析与设计得到了广泛的普及与应用。目前高版本的 PSpice 不仅可以分析模拟电路,而且也可以分析数字电路和数模混合电路。PSpice 的输入文件不仅有文本文件形式,而且还有图形输入形式。Spice 与 PSpice 已被公认为是通用电路模拟程序中最优秀的软件,具有广泛的应用前景。根据读者反应的需求和我校重点专业建设的需要,本书在《电子线路 PSpice 分析与设计》和《电子器件模型与通用电路模拟程序》两本书的基础上进行了整合、修改和补充。对于在应用 PSpice 对电子电路与系统进行计算机辅助分析与设计中碰到的无源元件、有源器件(包括分立有源器件和集成电路)和非线性时变元件的模型构造与设计,以及应用 PSpice 求取二端口网络的 S 参数等大量理论与技巧问题,都作了详细的描述,并在电子电路分析与设计中给出了大量实例和习题。全书由赵雅兴教授编写完成。杜志、朱传征、杨荣涛、朱鹏飞、李晓彤、赵宇梅、谢恺、谭培育、葛云山、张旭东等研究生在编写过程中也做了大量工作,在此表示感谢。

本书在编写过程中引用诸多专家、学者的著作和论文的研究成果,在这里向他们表示衷心的感谢。同时,也向北京邮电大学出版社的领导和编辑为本书的出版给予的大力支持表示深深的谢意。

由于作者水平所限,书中会有不妥之处,欢迎对本书提出批评和建议。

作者
2003 年 6 月于天津大学

目 录

第1章 概述

1.1 Spice 与 PSpice	1
1.2 电子电路文本输入文件的规定	2
1.2.1 节点	2
1.2.2 元件值	2
1.2.3 电路元件	3
1.2.4 元件模型	4
1.2.5 信号源	4
1.2.6 分析类型	4
1.2.7 输出变量	5
1.2.8 PSpice 的输出命令	5
1.2.9 电路文件的格式	5
1.2.10 输出文件的格式	6
习题与思考题	10

第2章 输出变量的定义

2.1 直流扫描和瞬态分析	11
2.1.1 电压输出	11
2.1.2 电流输出	12
2.2 交流分析	13
2.2.1 电压输出	13
2.2.2 电流输出	14
2.3 噪声分析	15
小结	15
习题与思考题	15

第3章 电压源和电流源

3.1 信号源模型	16
3.1.1 指数源	16
3.1.2 脉冲源	17
3.1.3 分段线性源	17

3.1.4	单频调频源	18
3.1.5	正弦源	18
3.1.6	多项式源	19
3.2	独立源	20
3.2.1	独立电压源	20
3.2.2	独立电流源	21
3.3	受控源	22
3.3.1	电压控制的电压源	22
3.3.2	电压控制的电流源	23
3.3.3	电流控制的电流源	23
3.3.4	电流控制的电压源	24
3.3.5	非线性受控源的代数方程描述语句	24
3.3.6	拉氏变换的系统函数描述的非线性受控源	25
小结		25
习题与思考题		26
第4章 无源元件		
4.1	引言	28
4.2	元件模型	28
4.3	工作温度	29
4.4	电阻、电感、电容元件	29
4.4.1	电阻	29
4.4.2	电容	30
4.4.3	电感	31
4.5	磁性元件	33
4.6	无损传输线	36
4.7	开关	37
4.7.1	压控开关	37
4.7.2	流控开关	39
小结		40
习题与思考题		41
第5章 点命令		
5.1	引言	43
5.2	模型	43
5.2.1	.MODEL(模型)	43
5.2.2	.SUBCKT(子电路)	43
5.2.3	.ENDS 子电路结束语句	44
5.2.4	.LIB(库文件)	44

5.2.5	.INC(文件包含)	45
5.3	输出类型	47
5.3.1	.PRINT (打印)	47
5.3.2	.PLOT(绘图打印)	48
5.3.3	.PROBE (屏幕图形显示)	48
5.3.4	PROBE(输出)	49
5.3.5	.WIDTH(宽度设置)	52
5.4	温度语句和电路结束语句	52
5.5	OPTIONS(选择项)	53
5.6	直流分析	55
5.6.1	.OP(直流工作点分析)	55
5.6.2	.NODESET (节点设置)	55
5.6.3	SENS 灵敏度分析	55
5.6.4	.TF(小信号转移函数)	58
5.6.5	.DC(直流扫描分析)	59
5.7	交流分析	61
5.8	噪声分析	62
5.9	瞬态分析	64
5.9.1	.IC(瞬态初始状态)	64
5.9.2	.TRAN(瞬态分析)	64
5.10	傅立叶分析	66
5.11	蒙特-卡罗(Monte-Carlo)分析	68
5.12	最坏情况分析(.WCASE)	70
5.13	通用参数扫描分析(.STEP)	72
5.14	参数及表达式定义语句(.PARAM)	72
5.15	函数定义语句(.FUNC)	73
	小结	75
	习题与思考题	75
第6章 半导体二极管		
6.1	引言	77
6.2	二极管模型	77
6.3	二极管语句	80
6.4	二极管电路 PSpice 分析	80
	小结	89
	习题与思考题	89
第7章 双极结型晶体管		
7.1	引言	92

7.2 双极结型晶体管模型	92
7.2.1 概述	92
7.2.2 直流 E-M 模型	92
7.2.3 E-M ₂ 模型	96
7.2.4 E-M ₃ 模型	99
7.2.5 G-P 模型	110
7.2.6 双极结型晶体管的噪声模型	110
7.3 双极结型晶体管模型参数与模型参数设置语句	113
7.4 双极结型晶体管语句	115
7.5 双极结型晶体管电路 PSpice 分析	116
小结	140
习题与思考题	140
第 8 章 场效应晶体管	
8.1 引言	144
8.2 结型场效应管	144
8.2.1 结型场效应管模型	144
8.2.2 结型场效应管电路的 PSpice 分析	146
8.3 MOS 型场效应管	154
8.3.1 概述	154
8.3.2 MOS1 模型	154
8.3.3 MOS2 模型	164
8.3.4 MOS3 模型	170
8.3.5 场效应管噪声模型	175
8.3.5 MOSFET 模型定义语句	177
8.3.7 MOS 型场效应管语句	180
8.3.8 MOS 型场效应管电路 PSpice 分析	181
8.4 砷化镓场效应管	187
8.4.1 砷化镓场效应管模型	187
8.4.2 砷化镓场效应管电路 PSpice 分析	189
小结	191
习题与思考题	192
第 9 章 模拟集成电路	
9.1 双极型集成运算放大器	195
9.1.1 双极型集成运算放大器宏模型	195
9.1.2 运算放大器应用电路的 PSpice 分析	217
9.2 MOS 运算放大器	228
9.2.1 MOS 运算放大器宏模型	228

9.2.2	MOS 运算放大器应用电路的 PSpice 分析	233
9.3	运算跨导放大器	237
9.3.1	概 述	237
9.3.2	运算跨导放大器宏模型	239
9.3.3	运算跨导放大器应用电路的 PSpice 分析	241
9.4	模拟集成比较器	250
9.4.1	概 述	250
9.4.2	模拟集成比较器的宏模型	250
9.4.3	模拟集成比较器应用电路的 PSpice 分析	252
9.5	模拟集成乘法器	254
9.5.1	概 述	254
9.5.2	模拟集成乘法器时域分析宏模型	255
9.5.3	模拟集成乘法器应用电路的 PSpice 分析	260
9.6	锁相环集成电路	263
9.6.1	锁相环集成电路 BG322(NE565)的电路与构造框图	263
9.6.2	锁相环集成电路 BG322(NE565)的电路特性	265
9.6.3	锁相环集成电路 BG322(NE565)的宏模型	274
9.6.4	锁相环集成电路 BG322(NE565)宏模型的 PSpice 分析	279
	习题与思考题	286
第 10 章 非线性时变元件的计算机模拟		
10.1	概 述	291
10.2	PSpice 的非线性时变元件瞬态分析模型	291
10.3	非线性时变元件在模拟集成电路专用片构模中的应用 ——TA7335P 宏模型等效电路及其参数的确定	296
10.4	TA7335P 宏模型的 PSpice 瞬态分析	304
	习题与思考题	306
第 11 章 二端口网络的 S 参数求取		
11.1	概述	307
11.2	二端口网络 S 参数的提取方法	307
11.3	应用举例	310
	习题与思考题	313
第 12 章 数字集成电路		
12.1	概 述	314
12.2	数字部件的描述语句	315
12.3	数字电路作业输入文件	321
12.4	模拟-数字界面	325
	习题与思考题	334

第 13 章 PSpice 的应用技巧

13.1 引言	336
13.2 大电路问题	336
13.3 运行多个电路	336
13.4 大输出	337
13.5 无规律大数据量输入	337
13.6 长时间的瞬态运行	337
13.7 收敛性问题	338
13.7.1 直流扫描	338
13.7.2 偏置点	340
13.7.3 瞬态分析	340
13.8 分析精度问题	340
13.9 负值元件问题	341
13.10 功率开关电路	342
13.11 悬空结点	344
13.12 少于两个连接的节点	347
13.13 电压源和有感回路	347
13.14 用 Spice 运行 PSpice 文件	348
13.15 用 PSpice 运行 Spice 文件	348
13.16 求解非线性振荡器稳态解的加速技术	348
13.16.1 概述	348
13.16.2 加速技术	349
13.16.3 举例	350
习题与思考题	351
参考文献	353

第 1 章 概 述

1.1 Spice 与 PSpice

电子线路计算机辅助分析与设计,自从通用电路模拟软件 PSpice 推出之后,在电子线路设计人员中已得到广泛普及与应用。目前流行的 PSpice 是 Spice 的 PC 机版本。它采用了与 Spice 基本相同的计算方法,其输入、输出文本文件格式与 Spice2 也基本一致。可以认为 PSpice 是 Spice 的进一步改进。

Spice 是通用电路模拟软件,它可以对电子电路进行直流分析、交流分析、瞬态分析、噪声分析、灵敏度分析、傅立叶分析、谐波失真分析以及在不同温度下的电路性能分析。Spice 在对被分析网络计算时,采用了稀疏矩阵技术和精确的半导体器件模型,保证了计算的精确度和清晰的物理概念。应该注意的是,在采用半导体器件模型时,必须精确地给出模型参数(一般需要几十个模型参数)才能得出被模拟电路的准确性能。为了更好地掌握半导体器件模型与模型参数,本书将在后面章节中,针对不同器件较为详细地介绍各类器件模型与模型参数。在不需要精确模拟电路的性能时,则不必精确地给出器件的全部模型参数,有时也可以选择器件模型参数的缺省值。

高版本的 PSpice 与低版本 PSpice 相比,在对电子电路进行分析时,增加了蒙特卡罗(容差)分析、最坏情况分析、复频域分析以及参数设置语句、自建函数语句、通用参数扫描语句等,为用户带来了极大的方便。除此之外,高版本的 PSpice 与低版本 PSpice 相比,还增加了库中的模型,它不仅扩展了分立元器件模型,还加入了模拟集成电路宏模型和中小规模数字集成电路宏模型。高版本的 PSpice 不仅可以分析模拟电路,也可以分析数字电路和数模混合电路。并且在数字电路分析时,改变了以往的计算方法。它采用了存储与查表的方法,大大加快了分析速度。

高版本的 PSpice 软件安装在 WINDOWS 环境下运行,它由以下 5 部分组成:

- ① Schematics(电路图输入模块)
- ② PSpice(电路分析模块)
- ③ Probe(图形后处理模块)
- ④ Parts(新器件模型建立模块)
- ⑤ Stimulus Editor(独立的模拟信号源与数字信号源的建立与修改模块)

由此可知,高版本 PSpice 软件的输入文件可以采用图形输入方式,也可以采用文本输入方式。在[Schematics(电路图输入模块)]上制作电路图输入文件,并可按照分析类型进行 PSpice 分析。[PSpice(电路分析模块)]是针对文本输入文件进行调用,并进行分析的功能模块。它的文本输入文件是在 WINDOWS 环境下的[记事本]中编写的。当编写

完文本输入文件后,应按下面的路经、文件名保存。例示如下:

C:\MSIM\ZHAO.CIR

例示说明文本输入文件是在 C 盘的子目录 MSIM 下,以后缀为 .CIR 形式,命名为 ZHAO 保存的。该文件经 [PSpice(电路分析模块)]调用分析后,其分析结果可以用 [Probe(图形后处理模块)]装载 ZHAO.DAT 文件观察输出结果的各类图形曲线。也可以在 WINDOWS 环境下的 [记事本] 中打开后缀为 .OUT 的输出文件观察输出结果,本例为 C:\MSIM\ZHAO.OUT。也可以用这种方法查找出错误以便修改。

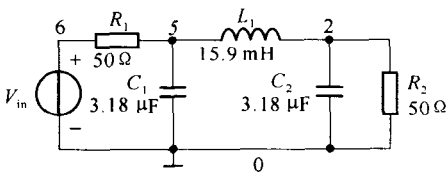


图 1.1 低通滤波器电路

对一个电子电路文本输入文件的编制,可以通过由元件名称、元件值、节点、变量和信号源所确定。例如,若对图 1.1 电路进行分析、计算,并绘出从 0 到 3 ms 内、以 10 μ s 为增量的瞬态响应,就需要做到:

- ① 如何用 PSpice 描述语句描述这个电路;
- ② 如何确定要求的分析类型(此例为瞬态分析);
- ③ 如何定义所要求的输出变量。

一个电路的描述和分析需要确定电路元件、节点、元件值、元件模型、信号源、分析类型、输出变量、PSpice 输出命令、电路文件格式、输出文件格式各项。

1.2 电子电路文本输入文件的规定

1.2.1 节点

在分析电路之前,首先要对电路的节点进行编号。在图 1.1 电路中,节点标号已注明。节点标号必须为 0~9 999 之间的整数。节点 0 被规定为地节点,其它节点的编号是任意的。PSpice 要求,每个节点至少应连接两个元件,即不能有悬空节点。

为了对电路进行分析,PSpice 规定,每一个节点必须有一条通向地节点的直流通路。这个条件在一些电路中并不一定能够满足,如某些滤波器电路。在这种情况下,通常连接一个非常大的电阻到地,以提供一条直流通路。这个电阻对电路的性能不应有什么影响。

1.2.2 元件值

在电路文件中,元件值写在与元件相连的节点后面。元件值用标准浮点形式书写,后跟可选的数值比率(和/或)单位后缀。PSpice 允许不带后缀的元件值写成如下形式:

5 5. 5.0 5E+3 5.0E+3 5.E3

PSpice 中约定了两种后缀,即比率后缀和单位后缀。比率后缀要乘以它前面的数。PSpice 确认的比率后缀有:

F=1E-15 P=1E-12 N=1E-9 U=1E-6 MIL=25.4E-6 M=1E-3
K=1E3 MEG=1E6 G=1E9 T=1E12

常用的单位后缀有:

V=伏 A=安 Hz=赫 OHM=欧母(Ω) H=亨 F=法 DEG=度

第一个后缀总是比率后缀,然后是单位后缀。如果没有比率后缀,那么头一个后缀就可能是单位后缀。PSpice 总是忽略单位后缀。例如,若电感的值是 $15\mu\text{H}$,就写成 15U 或 15UH。在没有比率后缀和单位后缀的情况下,电压、电流、频率、电感、电容和角度的隐含量纲分别为伏、安、赫兹、亨利、法拉和度。由于 PSpice 忽略所有的单位后缀,因此,下列表示是等价的:

25E-3 25.0E-3 25 M 25 MA 25 MV 25 MOHM 25 MH

几点说明:

- (1) 比率后缀都是大写字母。
- (2) M 代表 milli (毫),而不是兆。2 M Ω 应写作 2 MEG 或 2 MEGOHM。

1.2.3 电路元件

电路元件由元件名表示。元件名必须按规定的字母开头,随后就可以是数字或字母。元件名可长达 8 个字符。表 1.1 列出元件和信号源的首字母。例如,电容的名字必须以 C 打头。

表 1.1 电路元件和信号源代号

首字母	电路元件或信号源	首字母	电路元件或信号源
B	砷化镓 MES 场效应管	K	互感(变压器)
C	电容	L	电感
D	二极管	M	MOS 型场效应管
E	电压控制的电压源	Q	双极性晶体管
F	电流控制的电流源	R	电阻
G	电压控制的电流源	S	压控开关
H	电流控制的电压源	T	传输线
I	独立电流源	V	独立电压源
J	结型场效应管	W	流控开关

注:流控开关和压控开关在 Spice2 中不能应用,但在 Spice3 和 PSpice 4.02 以上版本中却可以用。

无源元件的描述格式如下:

<element name> <positive node> <negative node> <value>

其中,假定电流从正节点 N+ 流向负节点 N-。对如图 1.1 中的无源元件可按如下方式描述:

R1	6	5	50
C1	5	0	3.18UF
L1	5	2	15.9MH
C2	2	0	3.18UF
R2	2	0	50 OHM

1.2.4 元件模型

一些电路元件值依赖于其它参量,例如电感的初始状态、随电压变化的电容值以及随温度变化的电阻值等。电路元件的各种参数可以通过元件模型给出。确定信号源、有源和无源元件模型的技术将在第3、4、5章介绍。

常用简单正弦信号源的模型可以表示为:

$\text{SIN}(\text{VO} \quad \text{VA} \quad \text{FREQ})$

其中:VO和VA分别代表偏置电压和幅值电压,单位都是伏特;FREQ是频率,单位是赫兹。对于一个 $V_{in} = 10 \sin(2\pi \times 1000t)$ 的正弦电压来说,其描述语句为:

$\text{SIN}(0 \quad 10 \quad 1 \text{ KHZ})$

1.2.5 信号源

电压(或电流)源可以是受控源,也可以是独立源。代表信号源的符号也在表1.1中列出。一个独立电压(或电流)源可以是直流、正弦、脉冲、指数型、多项式、分段线性或单频-调频源。描述信号源的模型将在第3章中讨论。

信号源语句的格式为:

$\langle \text{source name} \rangle \quad \langle \text{positive node} \rangle \quad \langle \text{negative node} \rangle \quad \langle \text{source model} \rangle$

这里假定电流从正极N+流向负极N-,节点N+和N-的顺序是至关重要的。设节点6比节点0有更高的电位,那么上述连接在节点6和节点0之间的输入信号源 V_{in} 的描述语句为:

$\text{VIN} \quad 6 \quad 0 \quad \text{SIN}(0 \quad 10 \quad 1 \text{ KHZ})$

1.2.6 分析类型

PSpice可进行不同类型的分析,如直流分析、瞬态分析以及交流分析等。每一种分析都是由电路文件中的命令语句所决定的。例如,一个以.DC命令开始的语句将进行直流扫描分析。分析类型以及与它们相关的命令语句如下:

1. 直流分析

输入电压/电流源,模型参数或温度的直流扫描(.DC)

线性化器件模型参数的确定(.OP)

小信号传输函数(戴维宁等效电路)(.TF)

直流工作点(.OP)

小信号灵敏度(.SENS)

蒙特-卡罗分析(.MC)

最坏情况分析(.WCASE)

2. 瞬态分析

时域响应(.TRAN)

傅立叶分析(.FOUR)

蒙特-卡罗分析(.MC)

最坏情况分析(.WCASE)

3. 交流分析

小信号频率响应(.AC)

噪声分析(.NOISE)

蒙特-卡罗分析(.MC)

最坏情况分析(.WCASE)

应该指出的是,点是命令语句的组成部分。第5章将详细讨论不同的点命令。

执行瞬态分析的语句格式为:

.TRAN TSTEP TSTOP

其中:TSTEP代表时间增量;TSTOP代表最后(结束)时间。例如,若以 $10\mu\text{s}$ 为增量,0~3ms内的瞬态响应的描述语句为:

.TRAN 10US 3MS

1.2.7 输出变量

PSpice在打印或描绘输出电压或电流时具有一些特征。PSpice所允许的不同种类的输出变量将在第2章讨论。

节点3对于节点0的电压可以写作V(3,0)或V(3);节点7对于节点0的电压可以写作V(7,0)或V(7);节点1对于节点2的电压应写作V(1,2)。

1.2.8 PSpice的输出命令

最通常的输出形式是列表或绘图。直流扫描(.DC)、频率响应(.AC)、噪声分析(.NOISE)和瞬态分析(.TRAN)可以得到一个列表或绘图的输出形式。列表输出命令是.PRINT;绘图输出的命令是.PLOT;屏幕图形输出的命令是.PROBE。

由瞬态分析结果描绘V(3)和V(7)的输出语句为:

.PLOT TRAN V(3) V(7)

由瞬态分析结果列表输出V(3)和V(7)的语句为:

.PRINT TRAN V(3) V(7)

.PROBE是PSpice的图形信息后处理软件。.PROBE命令的语句是:

.PROBE

其模拟结果能够以图形输出形式在显示器上显示或进行硬拷贝。在执行.PROBE命令之后,PROBE将在屏幕上显示一个菜单以便进行图形输出。PROBE的使用很容易。输出命令将在5.3节讨论。

1.2.9 电路文件的格式

PSpice所能读懂的电路文件分为5部分:①描述电路类型的标题或注释;②定义电路元件和模型参数的电路描述;③定义分析类型的分析类型描述;④规定输出形式的输出描述;⑤程序的结束命令.END。

电路文件的一般格式如下:

标题

电路描述

分析类型描述

输出描述

.END

几点说明:

- ① 第一行,也就是标题行,可以包含任何类型的注释;
- ② 最后一行必须是.END命令;
- ③ 其余语句的顺序并不重要,且不影响模拟结果;
- ④ 如果一行写不下一个语句,可以在下一行写,续行由开始位置写加号“+”来表明,续行必须按正确顺序一个接一个地写;
- ⑤ 注释行可以写在任意位置,注释行在起始位置以星号“*”表明;
- ⑥ 各项间的空格数目并不十分重要(标题行除外)。制表键和逗号与空格键等价,例如:“ ”和“,”是等价的;
- ⑦ PSpice 的语句或注释既可大写又可小写;
- ⑧ Spice2 的语句只能大写,虽然 PSpice 的语句既可大写又可以小写,最好用大写字母书写 PSpice 的语句,这样同一个电路文件也可以在 Spice2 上运行;
- ⑨ 如果对一条命令或语句的作用拿不准,最好运行一下用这条命令或语句编写的电路文件,看看结果如何;
- ⑩ 在电子线路中,通常用下脚标来代表电压、电流和电路元件,然而在 PSpice 中,不用下脚标,例如, V_1 、 I_1 、 R_1 、 L_1 、 C_1 、 V_{CC} 在 PSpice 中分别表示成 V1、I1、R1、L1、C1、VCC。因此,PSpice 电路文件中描述电压、电流和电路元件的符号与电路中的符号不同。

1.2.10 输出文件的格式

PSpice 模拟的结果存储在一个输出文件中,通过各种命令,可以控制输出结果的类型和数量。如果电路文件有错误,PSpice 将在屏幕上显示出错,并建议在输出文件中查找错误的细节。输出结果包含如下 4 种类型:

- ① 电路本身的描述,包括网络表、器件表、模型参数表等;
- ② 不需 .PLOT 和 .PRINT 命令直接输出的分析结果,包括 .OP、.TF、.SENS、.NOISE 和 .FOUR 分析;
- ③ 利用 .PRINT、.PLOT 和 .PROBE 命令打印和绘图,包括 .DC、AC 和 .TRAN 分析;
- ④ 运行统计信息(各种各样关于整个运行过程的统计信息),包括各种分析所需时间和所用存储单元数量。

例 1.1 用 PSpice 分析模拟图 1.1 中的电路,计算并描绘出以 $10\mu\text{s}$ 为步长, $0\sim 3\text{ms}$ 内的瞬态响应。要求打印绘出 $V(2)$ 和 $V(6)$ 的波形。电路文件存在文件 EX1-1.CIR 中,输出结果存在文件 EX1-1.OUT 中。利用 .PROBE 命令使结果显示在屏幕上并进行硬拷贝。

解：电路文件包含以下语句：

Example 1.1 A lowpass filter circuit with sinusoidal input voltage

```
VIN 6 0 SIN(0 10 1 KHZ)
```

```
R1 6 5 50
```

```
C1 5 0 3.18 UF
```

```
L1 5 2 15.9 MH
```

```
C2 2 0 3.18 UF
```

```
R2 2 0 50
```

```
.TRAN 10 US 3 MS
```

```
.PLOT TRAN V(2) V(6)
```

```
.PROBE
```

```
.END
```

若在 DOS 状态下运行 PSpice, 可键入 PS 命令(键入 PS, 然后按回车键)启动 PSpice, 然后装入电路文件 EX1-1. CIR(利用文件操作中的 Load 命令, 并注意提供电路文件必要的路径)。如果输入文件中没有错误, 则菜单中的 Analysis 以高亮度显示。选择菜单中的 Analysis 项, 即可进行电路分析。若在 Windows 状态下运行, 可以利用鼠标启动 PSpice, 然后装入电路文件 EX1-1. CIR, 即可对电路进行分析。如果电路文件中有错, 则必须对错误进行修改, 直至改对为止。对于高版本的 PSpice, 也可以利用其绘图功能直接绘制电路图, 然后调用 PSpice 进行电路分析。

电路分析的结果存储在输出文件中。用户可以指定输出文件的名字。如果输出文件名字缺省, 那么分析结果将存在一个具有与输入文件名字相同、但扩展名为 .OUT 的输出文件中。在这种情况下, 电路文件的后缀为 .CIR, 输出文件的后缀为 .OUT。这样电路文件和相应的输出文件可以通过后缀辨认出来。

运行 .PROBE 命令, 在显示器上显示的瞬态响应如图 1.2 所示。输出文件 EX1-1.OUT 的内容可以打印出来。

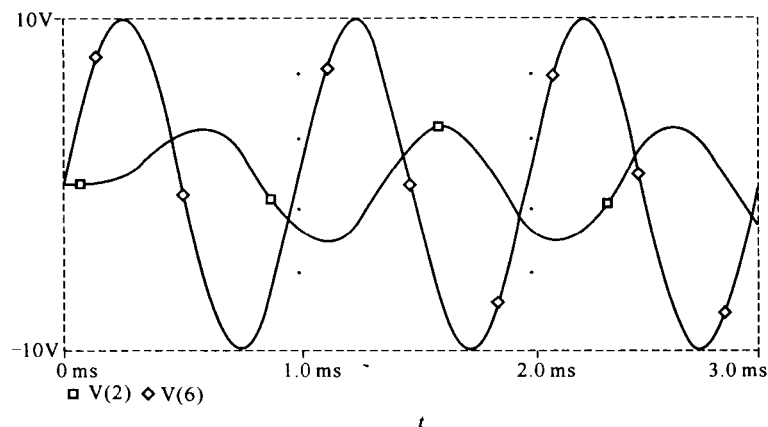


图 1.2 例 1.1 瞬态响应