

北京希望电脑公司计算机技术丛书

PSPICE (V 4.02)

电路模拟设计软件 使用手册

尤 雷 编著
熊可宣 审校



海 洋 出 版 社

北京希望电脑公司计算机技术丛书

PSPICE(V4.02)电路模拟设计软件使用手册

龙 雷	编著
熊可宜	审校

海 洋 出 版 社

内 容 简 介

本书系统地讲解了电路模拟软件 PSPICE 的各种指令和电路分析方法。本书共有十六章, 包括电路的基本描述、器件和电源的描述格式、电路的分析方式以及 PSPICE 各种应用程序的使用方法。同时辟有专章以几个电路模拟的实例介绍 PSPICE 软件包的用途和能力。

本书可做为大学、研究所和工业企业单位的一个有实用价值的电子线路计算机辅助设计工具。

需要本书的用户, 请直接与北京 8721 信箱联系, 邮码 100080, 电话: 2562329。

(京)新登字 087 号

责任编辑: 闫世尊

北京希望电脑公司计算机技术丛书

PSPICE(V4.02)电路模拟设计软件使用手册

龙 雷 编著
熊可宜 审校

*

海洋出版社出版(北京复兴门外大街 1 号)

海洋出版社发行 双青印刷厂印刷

开本: 789×1092 毫米 1/16 印张: 11.8 字数 260 千字

1992 年 5 月第一版 1992 年 5 月第一次印刷

印数: 1—4000

*

ISBN 7-5027-3015-X/TP · 153 定价: 10.00 元

序 言

本手册的目的在于介绍如何使用 PSPICE 做电子线路的模拟和仿真。

SPICE 是世界著名的模拟电路仿真标准工具。从其产生以来至今,经历了数十次改进和完善后早已成为设计大规模电路不可缺少的 CAD 工具,广泛用于大学、研究所和工业企业单位的电子线路计算机辅助设计。

PSPICE 是 MicroSim 公司出版的当今众多 SPICE 不同分枝中的一种,它是用在 PC 机上作电子线路设计模拟和仿真的软件包。PSPICE 产生于 1984 年,由于受当时 PC 机性能的限制, PSPICE 开始仅用于教学和演示等目的,同时,可完成小规模电路的计算机辅助设计。随着 PC 机性能的不断提高和软件包功能的不断完善, PSPICE 便具有了越来越高的商业价值。今天,当设计者在 PC 机上完成中大规模电路设计时, PSPICE 已成为一个有很高实用价值的计算机辅助设计工具。

本书前十章主要讲解 PSPICE 的各种指令和电路分析方法。其中第一章简略介绍了 PSPICE 的起源、功能和电路模拟的原理。第二章列举了几个电路模拟的实例以说明 PSPICE 的用途和能力。第三章到第五章分别介绍了电路的基本描述,包括无源器件、有源器件和电源模型的描述格式。第六章到第八章分别介绍了电路的分析方式,包括直流分析、交流分析和瞬态分析。第九章介绍了分析结果的输出方法。第十章介绍了 PSPICE 的其他指令语句。第十一章介绍了使用 PSPICE 时可能会遇到的一些问题。

本书自十二章起主要讲解 PSPICE(V4.02)各应用程序的使用方法。其中,第十二章介绍了 PSPICE(V4.02)软件包的程序构成和初始化。第十三章介绍了 PSPICE 集成环境软件 PS.EXE 的使用方法。第十四章介绍了后处理软件 PROBE.EXE 的使用方法。第十五章介绍了电源模型建立程序 STMED.EXE 的使用方法。第十六章介绍了有源器件模型参数建立程序 PARTS.EXE 的使用方法。最后,附录 A 综合了 PSPICE 各种元件表示法。附录 B 综合了 PSPICE 指令集。附录 C 给出了 PSPICE(V4.02)各程序模块的命令小结。附录 D 列举了 PSPICE (V4.02)提供的元器件模型参数库,便于用户快速查阅。

编者于北京

说 明

PSPICE 电路模拟软件中,对电阻、电容、电感、频率、时间等采用了些特有的表示,为了方便读者阅读,现把本书中涉及到的单位符号与我国规定的法定计量单位符号,列表对照,供参考使用。

对 照 表

量的名称	单位符号名称	本书用的单位符号	相应的法定计量单位符号
频率	Hz 赫[兹]	h, Kh, Mh	Hz, kHz, MHz
电阻	Ω 欧[姆]	K, k, j, $K\Omega$	$K\Omega$, Ω
电容	F 法[拉]	UF, uF	μF
电感	H 亨[利]	UH	μH
电流	A 安[培]	MA, UA	mA, μA
时间	s 秒	Us, Ns	μs , ns

目 录

第一章	PSPICE 简介	1
1.1	PSPICE 的产生和发展过程	1
1.2	PSPICE 的功能	1
1.3	PSPICE 如何进行电路模拟	2
第二章	电路设计实例	3
2.1	纯电阻电路	3
2.2	RLC 电路	5
2.3	基本放大器电路	10
第三章	电路描述 1——无源器件	20
3.1	电路的基本描述格式	20
3.2	电阻	23
3.3	电容	24
3.4	电感	25
3.5	互感(变压器)	26
3.6	传输线	27
3.7	开关	28
第四章	电路描述 2——有源元件	33
4.1	半导体二极管	33
4.2	半导体三极管(双极型)	35
4.3	J-结型场效应管	38
4.4	MOS 场效应管	40
4.5	砷化镓(GaAs FET)场效应管	43
第五章	电路描述 3——电源模型	46
5.1	独立电源	46
5.2	受控源	51
第六章	电路分析 1——直流分析	55
6.1	计算直流工作点	55
6.2	直流扫描分析	56
6.3	计算直流小信号传输函数	56
6.4	灵敏度分析	57
第七章	电路分析 2——交流分析	59
7.1	频率响应分析	59
7.2	噪声分析	61
第八章	电路分析 3——瞬态分析	63
8.1	瞬态响应分析	63
8.2	付立叶分析	64

第九章	PSPICE 输出指令	65
9.1	直流分析和瞬态分析的输出参量	65
9.2	交流分析的输出参量	68
9.3	输出指令	69
第十章	PSPICE 其他指令	71
10.1	子电路的描述和调用	71
10.2	.FUNC 指令	72
10.3	.INC 指令	73
10.4	.LIB 指令	73
10.5	.MC 指令	74
10.6	.MODEL 指令	74
10.7	.NODSET 指令	75
10.8	.OPTIONS 指令	76
10.9	.PARAM 指令	78
10.10	.STEP 指令	79
10.11	.TEMP 指令	79
10.12	.WIDTH 指令	80
第十一章	运行 PSPICE 中常见的问题	81
11.1	收敛问题	81
11.2	计算精度问题	81
11.3	悬浮节点问题	82
11.4	电容与电感引起的问题	83
11.5	负值元件	84
11.6	其他常见问题	84
第十二章	PSPICE(V4.02)使用初步	85
12.1	PSPICE(V4.02)软件包的安装	85
12.2	PSPICE(V4.02)程序文件说明	85
12.3	PSPICE(V4.02)的运行和初始化	87
第十三章	PSPICE 集成环境程序 PS.EXE 的使用	90
13.1	PS 使用初步	90
13.2	FILE 命令项	92
13.3	CIRCUIT 命令项	94
13.4	STMED 命令项	96
13.5	ANALYSIS 命令项	96
13.6	DISPLAY 命令项	102
13.7	PROBE 命令项	103
13.8	QUIT 命令项	103
第十四章	PSPICE 图形后处理程序 PROBE.EXE 的使用	104
14.1	PROBE 程序的执行	104
14.2	ADD TRACE 命令	105

14.3	REMOVE TRACE 命令	107
14.4	X-AXIS 和 Y-AXIS 命令	107
14.5	PLOT CONTROL 命令	108
14.6	HARDCOPY 命令	108
14.7	CURSOR 命令	108
第十五章	PSPICE 信号模型建立程序 STMED.EXE 的使用	110
15.1	STMED 程序的调用	110
15.2	NEW STIMULUS 命令	111
15.3	MODIFY STIMULUS 命令	111
15.4	DELETE STIMULUS 命令	112
15.5	PLOT CONTROL 命令	112
15.6	X-AXIS 和 Y-AXIS 命令	112
15.7	HARDCOPY 命令	113
15.8	CURSOR 命令	113
第十六章	PSPICE 元件模型建立程序 PARTS.EXE 的使用	114
16.1	PARTS 程序的调用	114
16.2	二极管模型的建立	115
16.3	三极管模型的建立	119
16.4	J-结型场效应管模型的建立	125
16.5	MOS 场效应管模型的建立	130
16.6	运算放大器模型的建立	136
16.7	电压比较器模型的建立	138
附录 A:	PSPICE 元件描述小结	142
附录 B:	PSPICE 指令小结	148
附录 C:	PSPICE(V 4.02)各应用程序命令小结	155
附录 D:	模型参数库提供的元件清单	158

第一章 PSPICE 简介

1.1 PSPICE 的产生和发展过程

SPICE 是 Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis(侧重于集成电路的模拟程序)的缩写, 它于 70 年代初期产生在美国加州大学的伯克莱分校, 后来在 70 年代中期改进为著名的 SPICE2 电路模拟器并成为一种工业标准工具, 其后产生的所有 SPICE 家族电路模拟器都是起源于 SPICE2。

PSPICE 是 MicroSim 公司出版的当今众多 SPICE 不同分枝中的一种, 如上所述, 它也是在 SPICE2 的基础上开发改进而成, 主要用在 PC 机上作电子线路设计的模拟和仿真。PSPICE 产生于 1984 年, 由于受当时 PC 机性能的限制, PSPICE 开始仅用于教学和演示等目的, 同时, 可完成小规模电路的计算机辅助设计。随着 PC 机性能的不断提高和软件包功能的不断完善, PSPICE 便具有了越来越高的商业价值。今天, 当设计者在 PC 机上完成中大规模电路设计时, PSPICE 已成为一个有很高实用价值的计算机辅助设计工具。

1.2 PSPICE 的功能

PSPICE 帮助你在制作真实的电路之前先对它们进行模拟, 根据模拟的结果, 你可以修改和优化电路设计, 而所作的这一切并不涉及任何硬件。PSPICE 还可以在你已经完成了电路设计之后帮助你测试电路的各种性能参数。简言之: PSPICE 是一个模拟的"实验台", 在它的上面, 你可以作各种的电路实验和测试。

PSPICE 所用的算法与 SPICE2 相同, 但是, PSPICE 除了侧重于微机上的应用外, 它在电的概念上对所有规模的电路设计和广泛的应用范围都具有普遍性和实用性。例如: PSPICE 对电路的模拟无所谓"大电路"和"小电路"之分, 毫伏和微伏对 PSPICE 来说都是数值, 没有"质"的差别。实际上, 只要 PSPICE 能求解你设计电路的矩阵方程, 它表现的行为都一样, 这就意味着 PSPICE 具有技术上的独立性和应用的普遍性。另一方面, 对电路完成的功能 PSPICE 也无特定的假设。

不论是集成电路设计还是分离器件电路设计, 你可以用 PSPICE 完成如下工作:

1. 在制作实际电路前模拟该电路的电性能。
2. 估计元器件改变对电路所造成的影响。
3. 分析一些较难测量到的电路特性如噪声、杂波失真、频谱分析、器件对电路影响灵敏度的分析和环境温度分析等。
4. 优化设计。

一旦你熟悉了 PSPICE, 你将发现它可以代替大部分(当然不是全部)制板实验工作。不过, 正像学习使用任何新工具一样, 要想利用它得到好的设计结果就必须具备使用此工具的熟练能力和丰富经验。

PSPICE 的各种控制语句是易学易用的, 这些控制语句用在被模拟器读入的输入文件中。它们相互之间无依赖关系, 在不同的上下文中, 这些语句的意义也是相同的。因此, 你可以学会一条语句再学下一条语句, 同时你会发现, 你并不需要掌握很多语句便可以开始作电路

模拟。

1.3 PSPICE 如何进行电路模拟

首先我们必须建立一个电路输入文件(INPUT FILE),该文件中描述了要模拟的电路中各个元器件(电阻、电容、电感、电源、半导体器件及其他器件)之间的连接关系。同时,该输入文件中还包含电路分析(如直流分析、交流分析、瞬态分析和系统特性分析等)的描述语句及输出结果的规定语句。

PSPICE 读入输入文件并了解电路各元器件之间的连接关系后,利用克希霍夫电流定律建立一组联立方程组,同时,PSPICE 了解所有元器件的电参数并进行节点分析,最终求得流经各支路的电流值。

PSPICE 运算的对象是一组联立方程组,联立方程组的大小取决于电路元器件及节点数目的多少。PSPICE 利用牛顿-罗福森法求得联立方程组的一组解,然后可依照使用者所要求的方式以图形或数字显示分析结果。

第二章 电路设计实例

本章将列举几个简单的实例以说明 PSPICE 的基本用途和功能。我们无需先介入那些较复杂的描述规则便可以很快地得到模拟结果,进而你会发现 PSPICE 的可爱迷人之处。然后,我们再后面的章节中详细讲解 PSPICE 的各种语句和模拟复杂电路的方法。

本章列出了三道电路题目,它们分别是:

纯电阻电路 —— 直流分析

RLC电路 —— 频率响应(交流分析)

基本放大器 —— 直流、交流、瞬态分析

2.1 纯电阻电路

图 2.1 所示的是一个纯电阻电路,试求解各节点电压。

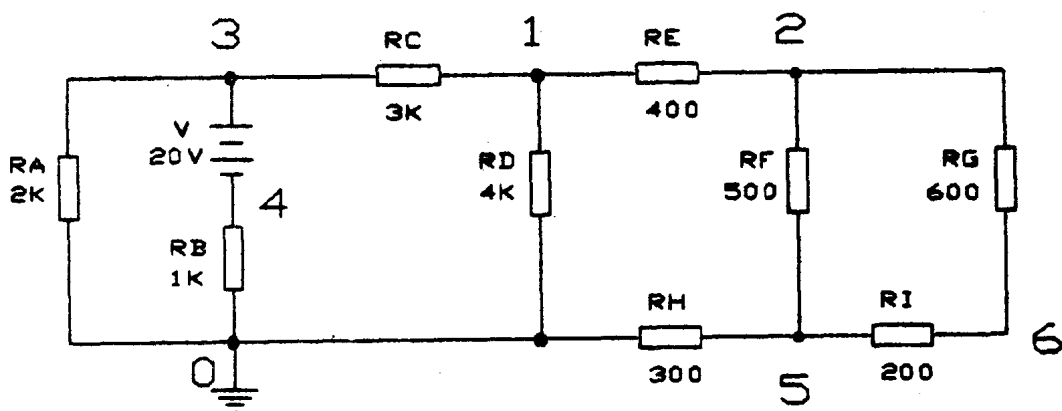


图 2.1 纯电阻电路

一般而言,当我们遇到这类题目时,总是利用克希霍夫电压或电流定律求解节点电压或回路电流而得到答案。现在,我们用 PSPICE 来计算结果。

运行 PSPICE 模拟软件需几个基本步骤:①产生输入文件(即电路描述文件);②运行模拟程序;③输出模拟结果;④观察结果数据或曲线。

在 PSPICE 中描述图 2.1 电路的输入文件为:

```
*Pure Resistor Circuit
```

```
.OPTION NOPAGE
```

```
V 3 4 20V
```

```
RA 3 0 2K
```

```

RB  4    0 1K
RC  3    1 3K
RE  1    2 400
RD  0    1 4K
RF  2    5 500
RG  2    6 600
RH  0    5 300
RI  5    6 200
.OP
.END

```

先用文本编辑器产生此电路描述文件(假设文件名称为"TEST1.CIR"), 然后, 按照如下命令格式运行 PSPICE:

```
PSPICE1 TEST1.CIR TEST1.OUT ←
```

若输入文件中没有错误且系统运行正常的话, PSPICE 将读入输入文件、作电路模拟并产生结果文件"TEST1.OUT"。同样, 用文本编辑器可以看到模拟输出的结果。输出文件也可以送上打印机打印。

让我们来观察一下模拟的如下输出结果:

```

***** 05/20/92 ***** PSpice 4.02 - July 1989 ***** 15:48:31 *****
*pure resistor circuit
****   CIRCUIT DESCRIPTION
*****
.OPTION NOPAGE
RB  4    0 1K
RI  5    6 200
V   3    4 20V
RA  3    0 2K
RH  0    5 300
RC  3    1 3K
RE  1    2 400
RD  0    1 4K
RF  2    5 500
RG  2    6 600
.OP

```

[注: 在输出结果中, PSPICE 首先重复电路输入文件中的内容, 接下来才是分析结果]

**** SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION TEMPERATURE = 27.000 DEG C

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
(1)	2.4001	(2)	1.4474	(3)	11.3450	(4)	-8.6545
(5)	.7145	(6)	.8977				

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
------	---------

V	-8.655E-03
---	------------

TOTAL POWER DISSIPATION 1.73E-01 WATTS

**** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 27.000 DEG C

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME 4.23

在上述输出结果中，读者可以清楚地看到电路中各节点电压、电压源电流和总功率消耗。在输出文件的最后一行中，记录了整个运算过程所用的时间，这一问题 PSPICE 只用了 4.23 秒钟就解决了。

2.2 RLC 电路

图 2.2 为一个 RLC 电路，试求节点 1 的频率响应。通常手算时是以拉普拉斯变换来求解这个问题，尽管电路并不复杂，但手算的解题过程却并不简单。以下是 PSPICE 的解题过程。

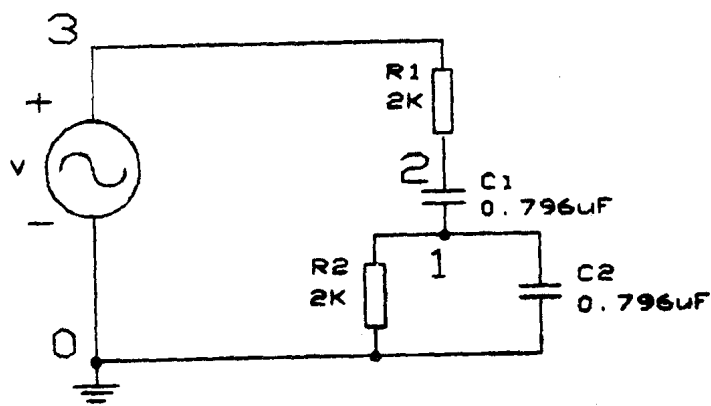


图 2.2 RLC 电路

输入文件如下:

```
*RLC Circuit
C1  2  1  0.796UF
C2  1  0  0.796UF
R1  3  2  2K
R2  1  0  2K
V   3  0  AC 1
.AC DEC 15 10 1000
.PRINT AC VM(1) VP(1)
.PLOT AC VM(1) VP(1)
.PROBE
.END
```

按照 2.1 中列出的格式运行 PSPICE 后得到的输出结果如下:

[注: 重复的输入文件内容部分被省略]

***** 05/20/92 ***** PSpice 4.02 - July 1989 ***** 02:32:26 *****

*RLC Circuit

**** SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION TEMPERATURE = 27.000 DEG C

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
------	---------	------	---------	------	---------	------	---------

(1)	0.0000	(2)	0.0000	(3)	0.0000
------	--------	------	--------	------	--------

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME	CURRENT
------	---------

V	0.000E+00
---	-----------

TOTAL POWER DISSIPATION 0.00E+00 WATTS

[注: 以上是电路的直流工作点分析结果]

***** 05/20/92 ***** PSpice 4.02 - July 1989 ***** 02:32:26 *****

*RLC Circuit

**** AC ANALYSIS

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FREQ	VM(1)	VP(1)
1.000E+01	9.669E-02	7.314E+01
1.166E+01	1.114E-01	7.047E+01
1.359E+01	1.279E-01	6.743E+01
1.585E+01	1.462E-01	6.399E+01
1.848E+01	1.660E-01	6.014E+01
2.154E+01	1.871E-01	5.586E+01
2.512E+01	2.090E-01	5.118E+01
2.929E+01	2.310E-01	4.613E+01
3.415E+01	2.525E-01	4.076E+01
3.981E+01	2.725E-01	3.516E+01
4.642E+01	2.904E-01	2.939E+01
5.412E+01	3.056E-01	2.353E+01
6.310E+01	3.177E-01	1.763E+01
7.356E+01	3.264E-01	1.173E+01
8.577E+01	3.316E-01	5.855E+00
1.000E+02	3.333E-01	-1.081E-02
1.166E+02	3.316E-01	-5.877E+00
1.359E+02	3.263E-01	-1.176E+01
1.585E+02	3.176E-01	-1.765E+01
1.848E+02	3.056E-01	-2.355E+01
2.154E+02	2.904E-01	-2.941E+01
2.512E+02	2.725E-01	-3.518E+01
2.929E+02	2.524E-01	-4.078E+01
3.415E+02	2.309E-01	-4.615E+01
3.981E+02	2.089E-01	-5.120E+01
4.642E+02	1.870E-01	-5.588E+01
5.412E+02	1.659E-01	-6.015E+01
6.310E+02	1.461E-01	-6.401E+01
7.356E+02	1.279E-01	-6.744E+01
8.577E+02	1.114E-01	-7.048E+01

1.000E+03 9.664E-02 -7.315E+01

[注：以上是电路的交流频率响应数值输出结果(由.PRINT 指令产生)，VM(1)表示节点 1 交流电压幅值，VP(1)表示节点 1 交流电压相位。]

***** 05/20/92 ***** PSpice 4.02 - July 1989 ***** 02:32:26 *****

*RLC Circuit

**** AC ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG C

LEGEND:

*: VM(1)

+: VP(1)

FREQ	VM(1)					
(*)-----	1.0000E-02	1.0000E-01	1.0000E+00	1.0000E+01	1.0000E+02	
(+)------	-1.0000E+02	-5.0000E+01	0.0000E+00	5.0000E+01	1.0000E+02	

1.000E+01	9.669E-02	.	*	.	.	.
1.166E+01	1.114E-01	.	*	.	+	.
1.359E+01	1.279E-01	.	*	.	.	.
1.585E+01	1.462E-01	.	*	.	+	.
1.848E+01	1.660E-01	.	*	.	+	.
2.154E+01	1.871E-01	.	*	.	+	.
2.512E+01	2.090E-01	.	*	.	+	.
2.929E+01	2.310E-01	.	*	.	+	.
3.415E+01	2.525E-01	.	*	.	+	.
3.981E+01	2.725E-01	.	*	.	+	.
4.642E+01	2.904E-01	.	*	.	+	.
5.412E+01	3.056E-01	.	*	.	+	.
6.310E+01	3.177E-01	.	*	.	+	.
7.356E+01	3.264E-01	.	*	.	+	.
8.577E+01	3.316E-01	.	*	.	+	.
1.000E+02	3.333E-01	.	*	.	+	.
1.166E+02	3.316E-01	.	*	.	+	.

1.359E+02	3.263E-01	.	*	+	.	.	.
1.585E+02	3.176E-01	.	*	+	.	.	.
1.848E+02	3.056E-01	.	X	.	.	.	.
2.154E+02	2.904E-01	.	+	*	.	.	.
2.512E+02	2.725E-01	.	+	*	.	.	.
2.929E+02	2.524E-01	.	+	*	.	.	.
3.415E+02	2.309E-01	.	+	*	.	.	.
3.981E+02	2.089E-01	.	+	*	.	.	.
4.642E+02	1.870E-01	.	+	*	.	.	.
5.412E+02	1.659E-01	.	+	*	.	.	.
6.310E+02	1.461E-01	.	+	*	.	.	.
7.356E+02	1.279E-01	.	+	*	.	.	.
8.577E+02	1.114E-01	.	+	*	.	.	.
1.000E+03	9.664E-02	.	+	*	.	.	.

[注：以上是由.PLOT 指令产生的节点 1 处的幅频和相频特性曲线]

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME

6.59

整个求解过程只用 6.59 秒就完成了，而且产生了直流结果、交流结果和曲线输出。

PSPICE 的另一个强大的功能是绘图指令".PROBE"和后处理程序 PROBE.EXE。首先在输入文件中包含".PROBE"指令，命令 PSPICE 产生".DAT"后处理输出图形数据文件，然后可使用 PROBE 程序观察输出结果如下(上面的曲线是相频特性，下面的曲线是幅频特性)：

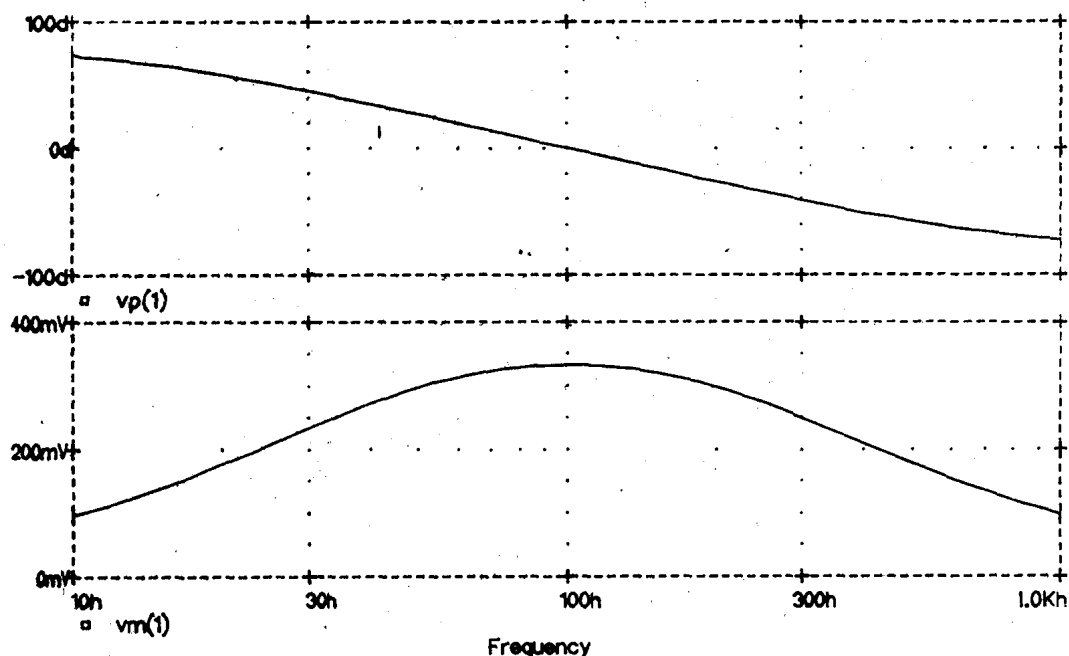


图 2.3 PROBE 显示的模拟结果