

OrCAD PSpice

培训教材

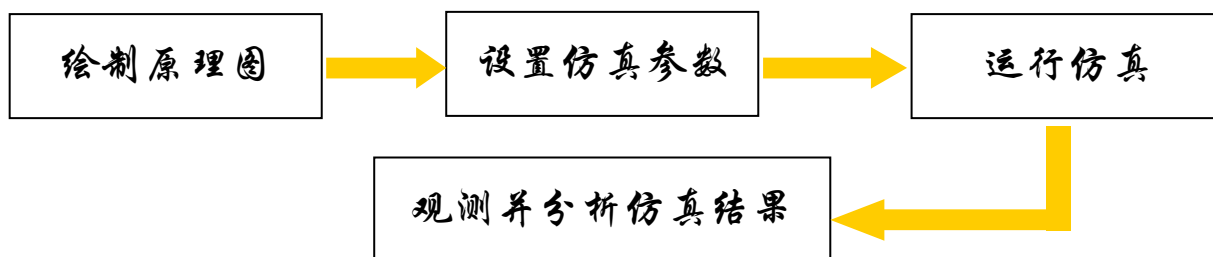


深圳光映计算机软件有限公司

培训目标：

熟悉 PSpice 的仿真功能，熟练掌握各种仿真参数的设置方法，综合观测并分析仿真结果，熟练输出分析结果，能够综合运用各种仿真对电路进行分析，学会修改模型参数。

一、PSpice 分析过程



二、绘制原理图

原理图的具体绘制方法已经在 Capture 中讲过了，下面主要讲一下在使用 PSpice 时绘制原理图应该注意的地方。

- 1、新建 Project 时应选择 Analog or Mixed-signal Circuit
- 2、调用的器件必须有 PSpice 模型

首先，调用 OrCAD 软件本身提供的模型库，这些库文件存储的路径为 Capture\Library\pspice，此路径中的所有器件都有提供 PSpice 模型，可以直接调用。

其次，若使用自己的器件，必须保证*.olb、*.lib 两个文件同时存在，而且器件属性中必须包含 PSpice Template 属性。

- 3、原理图中至少必须有一条网络名称为 0，即接地。
- 4、必须有激励源。

原理图中的端口符号并不具有电源特性，所有的激励源都存储在 Source 和 SourceTM 库中。

5、电源两端不允许短路，不允许仅由电源和电感组成回路，也不允许仅由电源和电容组成的割集。

解决方法：电容并联一个大电阻，电感串联一个小电阻。

6、最好不要使用负值电阻、电容和电感，因为他们容易引起不收敛。

三、仿真参数设置

1、PSpice 能够仿真的类型

在 OrCAD PSpice 中，可以分析的类型有以下 8 种，每一种分析类型的定义如下：

直流分析：当电路中某一参数（称为自变量）在一定范围内变化时，对自变量的每一个取值，计算电路的直流偏置特性（称为输出变量）。

交流分析：作用是计算电路的交流小信号频率响应特性。

噪声分析：计算电路中各个器件对选定的输出点产生的噪声等效到选定的输入源（独立的电压或电流源）上。即计算输入源上的等效输入噪声。

瞬态分析：在给定输入激励信号作用下，计算电路输出端的瞬态响应。

基本工作点分析：计算电路的直流偏置状态。

蒙托卡诺统计分析：为了模拟实际生产中因元器件值具有一定分散性所引起的电路特性分散性，PSpice 提供了蒙托卡诺分析功能。进行蒙托卡诺分析时，首先根据实际情况确定元器件值分布规律，然后多次“重复”进行指定的电路特性分析，每次分析时采用的元器件值是从元器件值分布中随机抽样，这样每次分析时采用的元器件值不会完全相同，而是代表了实际变化情况。完成了多次电路特性分析后，对各次分析结果进行综合统计分析，就可以得到电路特性的分散变化规律。与其他领域一样，这种随机抽样、统计分析的方法一般统称为蒙托卡诺分析（取名于赌城 Monte Carlo），简称为 MC 分析。由于 MC 分析和最坏情况分析都具有统计特性，因此又称为统计分析。

最坏情况分析：蒙托卡诺统计分析中产生的极限情况即为最坏情况。

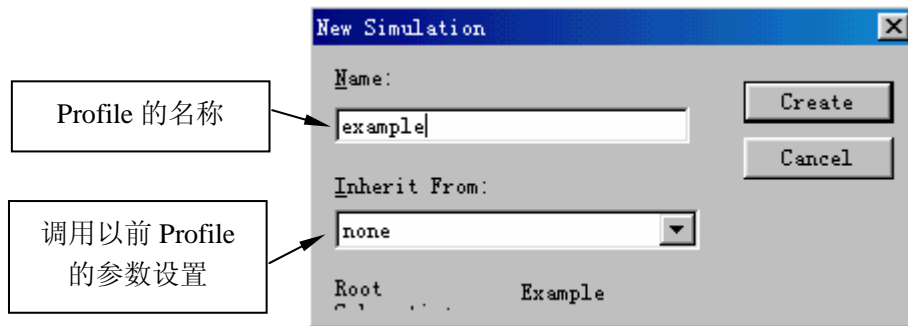
参数扫描分析：是在指定参数值的变化情况下，分析相对应的电路特性。

温度分析：分析在特定温度下电路的特性。

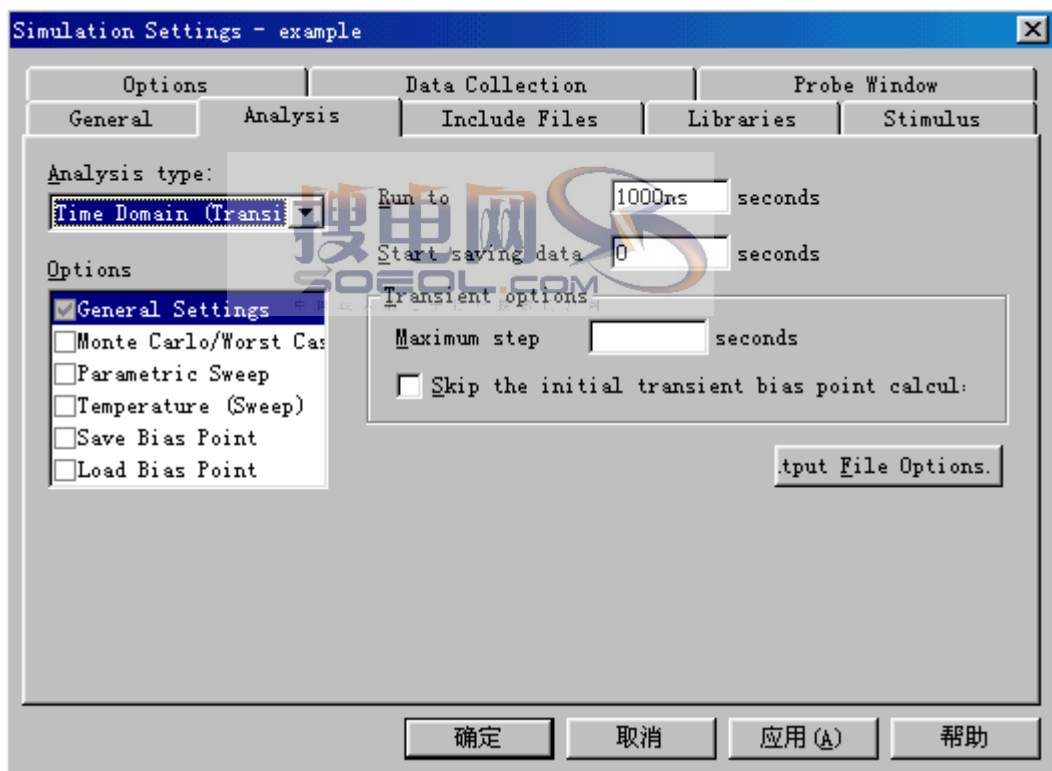
您对电路的不同要求，可以通过各种不同类型仿真的相互结合来实现。

2、建立仿真描述文件

在设置仿真参数之前，必须先建立一个仿真参数描述文件，点击  或 PSpice>New simulation profile，系统弹出如下对话框：



输入 name，选择 Create，系统将接着弹出如下对话框：



在 Analysis type 中，你可以有以下四种选择：

Time Domain(Transient): 时域(瞬态)分析


DC Sweep: 直流分析

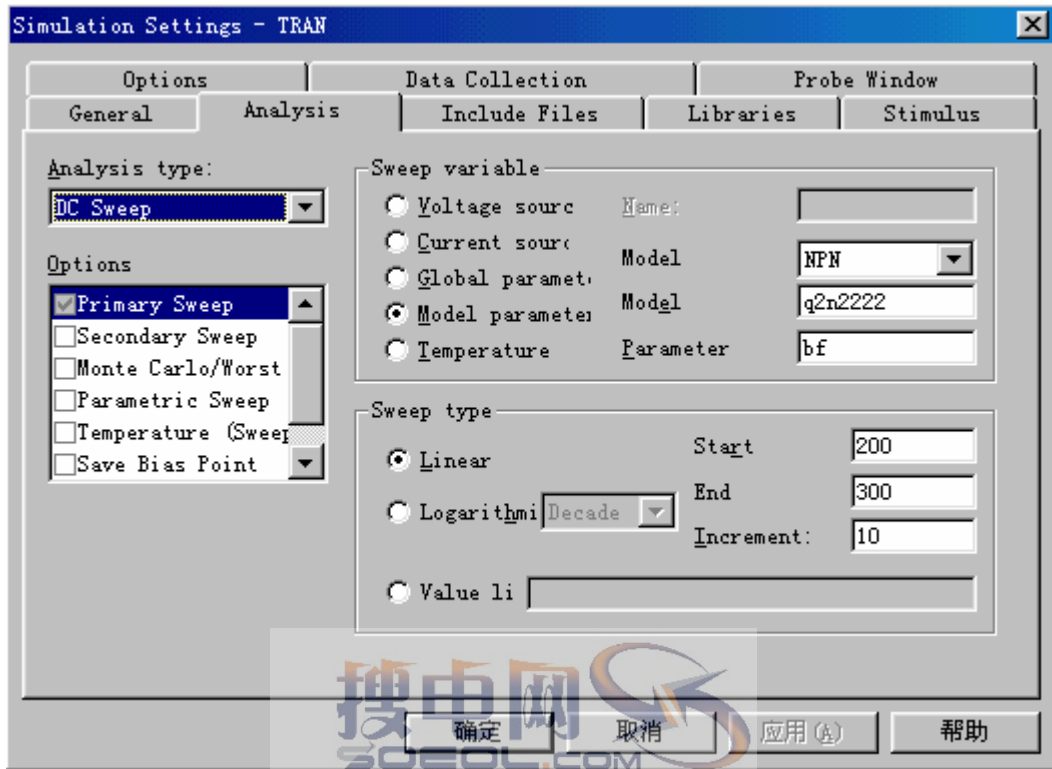
AC Sweep/Noise : 交流/噪声分析

Bias point: 基本偏置点分析

在 Options 选项中你可以选择在每种基本分析类型上要附加进行的分析，其中 General Setting 是最基本的必选项（系统默认已选）。

3、设置和运行 DC Sweep

点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 在 Analysis type 中选择 DC Sweep, 在 Options 中选中 Primary Sweep, 如下所示:



Sweep variable: 直流扫描自变量类型

Voltage source: 电压源

Current source: 电流源

必须在 Name 里输入电压源或电流源的 Reference, 如 “V1”、“I2”。

Global parameter: 全局参数变量

Model parameter: 以模型参数为自变量

Temperature: 以温度为自变量

Parameter: 使用 Global parameter 或 Model parameter 时参数名称

Sweep type: 扫描方式

Linear: 参数以线性变化

Logarithmic: 参数以对数变化

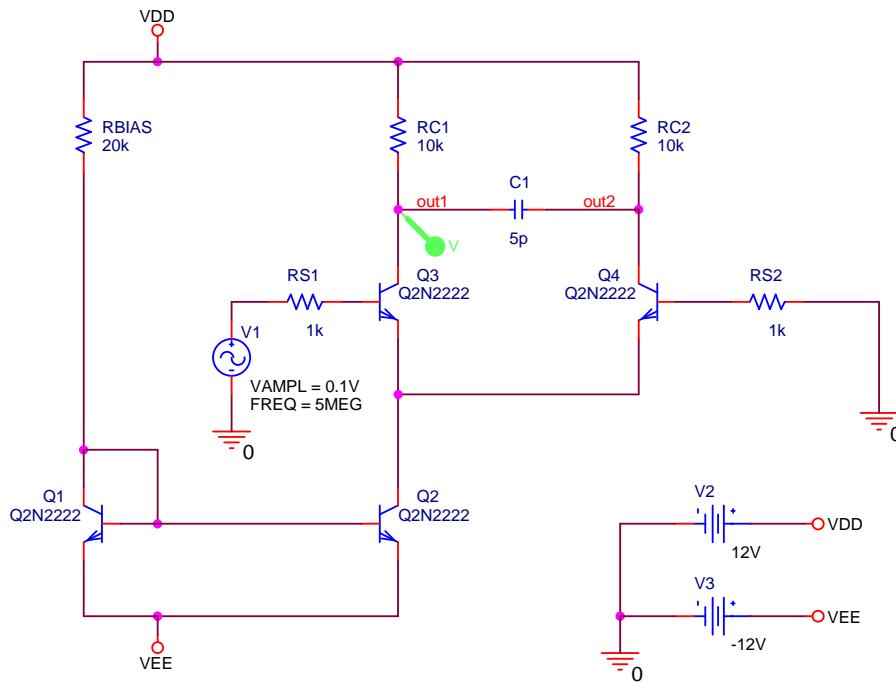
Value list: 只分析列表中的值



Start: 参数线性变化或以对数变化时分析的起始值

End: 参数线性变化或以对数变化时分析的终止值

Increment、Points/Decade、Points/Octave: 参数线性变化时的增量, 以对数变化时倍频的采样点。

例：以自变量为 Model parameter 为例，对于下示电路，对模型 Q2N2222 的参数 BF 进行 DC Sweep，参数设置如上图所示，对 BF 的值从 200 分析到 300，自变量以线性增长，增量为 10。




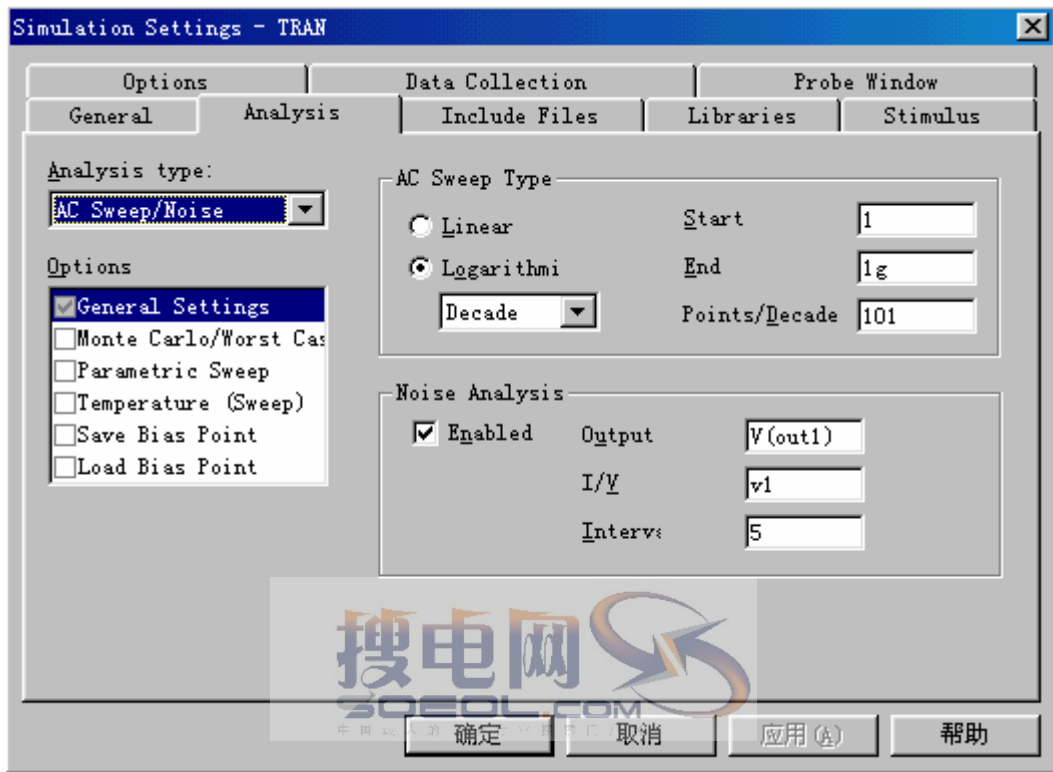
在 Simulation Setting 中按 OK 按钮退出并保存设置参数。点击  或 PSpice>Markers>Voltage Level，放置电压观测探针，位置如上图所示。点击  或 PSpice>Run 运行 PSpice，自动调用 Probe 模块，分析完成后，你将可以看到如下波形：



波形显示出输出 V(out1)与模型 Q2N2222 的 BF 参数变化关系。对于使用 Global parameter 参数，必须在原理图中调用一个器件：Capture\Library\PSpice\Special 库中的 PARAM 器件。然后对 PARAM 器件添加新属性，新属性即为一个 Global parameter 参数。如新建一个 RES 属性。调用 Global parameter 参数采用在 PART 的 VALUE 属性值中输入 {RES} 进行调用。

4、设置和运行 AC Sweep

点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 在 Analysis type 中选择 AC Sweep/Noise, 在 Options 中选中 General Settings, 如下所示:



AC Sweep Type:

其中参数的含义与 DC Sweep 的 Sweep Type 中的参数含义一样。

Noise Analysis: 噪声分析

Enabled: 在 AC Sweep 的同时是否进行 Noise Analysis。

Output: 选定的输出节点。

I/V: 选定的等效输入噪声源的位置。

Interval: 输出结果的点频间隔。

注意:

对于 AC Sweep, 必须具有 AC 激励源。产生 AC 激励源的方法有以下两种: 一、调用 VAC 或 IAC 激励源; 二、在已有的激励源(如 VSIN) 的属性中加入属性“AC”, 并输入它的幅值。

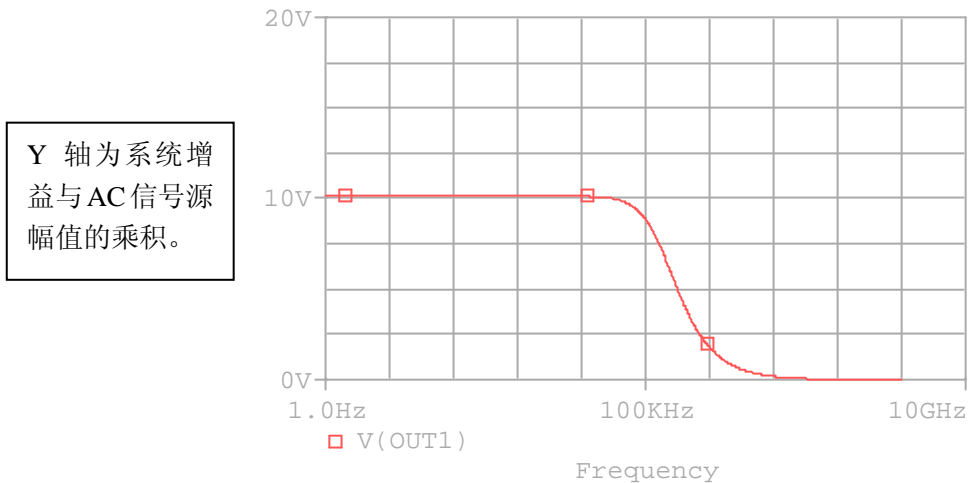
对于 Noise Analysis, 选定的等效输入噪声源必须是独立的电压源或电流源。分析的结果只存入 OUT 输出文件, 查看结果只能采用文本的形式进行观测。

例：按上图所设参数进行设置：

AC Sweep 的分析频率从 1Hz 到 1GHz，采用十倍频增量进行递增，每倍频采样点 101。

Noise Analysis 的输出节点为 OUT1，等效噪声源的输入源为 V1，每隔 5 个频率采样点输出一次噪声分析结果。

下图是 AC 分析结果及在 10.23KHz 时的噪声分析结果。




```

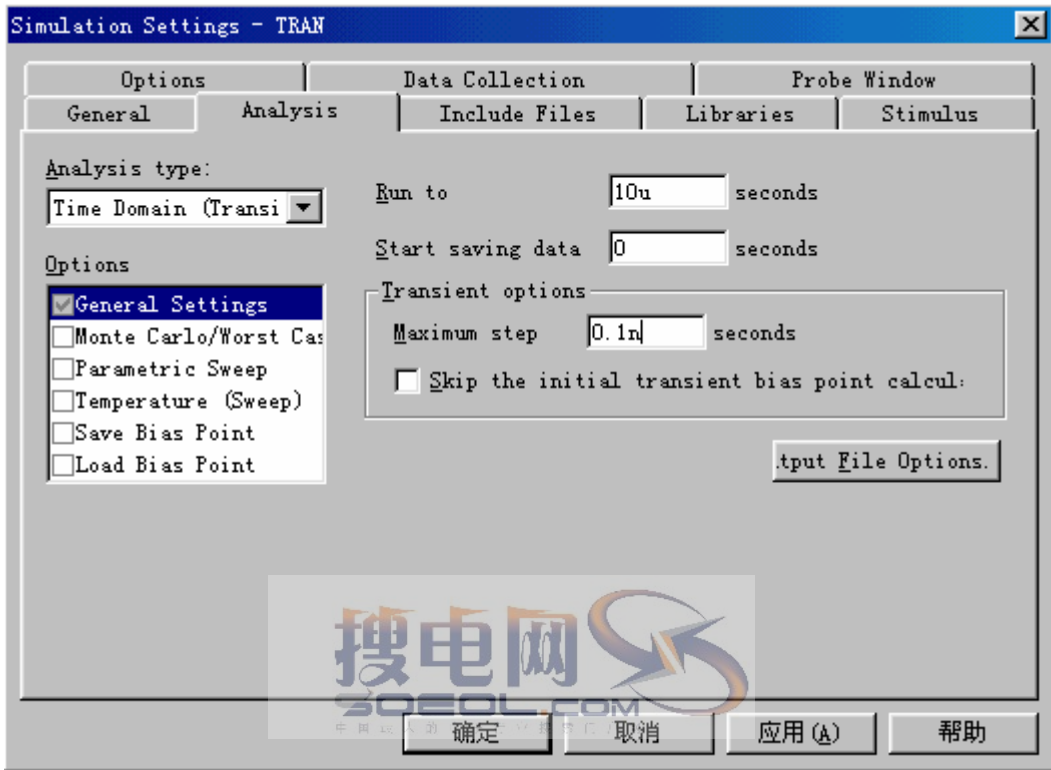
**** 08/01/00 14:42:37 ***** PSpice 9.1 (Mar 1999) ***** ID# 1090601032
** circuit file for profile: TRAN
**** NOISE ANALYSIS TEMPERATURE = 27.000 DEG C
*****
FREQUENCY = 1.023E+04 HZ
**** TRANSISTOR SQUARED NOISE VOLTAGES (SQ V/HZ)
      Q_Q1      Q_Q2      Q_Q3      Q_Q4
RB      1.033E-14  1.036E-14  1.699E-15  1.696E-15
RC      1.263E-22  9.911E-23  3.507E-23  3.270E-23
RE      0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
IBSN    2.389E-17  1.621E-16  1.597E-14  1.313E-14
IC      1.161E-14  1.042E-14  4.525E-15  4.404E-15
IBFN    0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
TOTAL   2.196E-14  2.094E-14  2.219E-14  1.923E-14

**** RESISTOR SQUARED NOISE VOLTAGES (SQ V/HZ)
      R_RB1AS    R_RC1      R_RC2      R_RS2      R_RS1
TOTAL   2.607E-17  1.530E-16  3.512E-19  1.696E-13  1.699E-13
**** TOTAL OUTPUT NOISE VOLTAGE          = 4.240E-13 SQ V/HZ
                                           = 6.511E-07 V/RT HZ

TRANSFER FUNCTION VALUE:
      V(OUT1)/V_V1          = 1.012E+02
EQUIVALENT INPUT NOISE AT V_V1 = 6.432E-09 V/RT HZ
    
```


5、设置和运行瞬态分析(Time Domain(Transient))

点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 在 Analysis type 中选择 Time Domain(Transient), 在 Options 中选中 General Settings, 如下所示:



Run to: 瞬态分析终止的时间

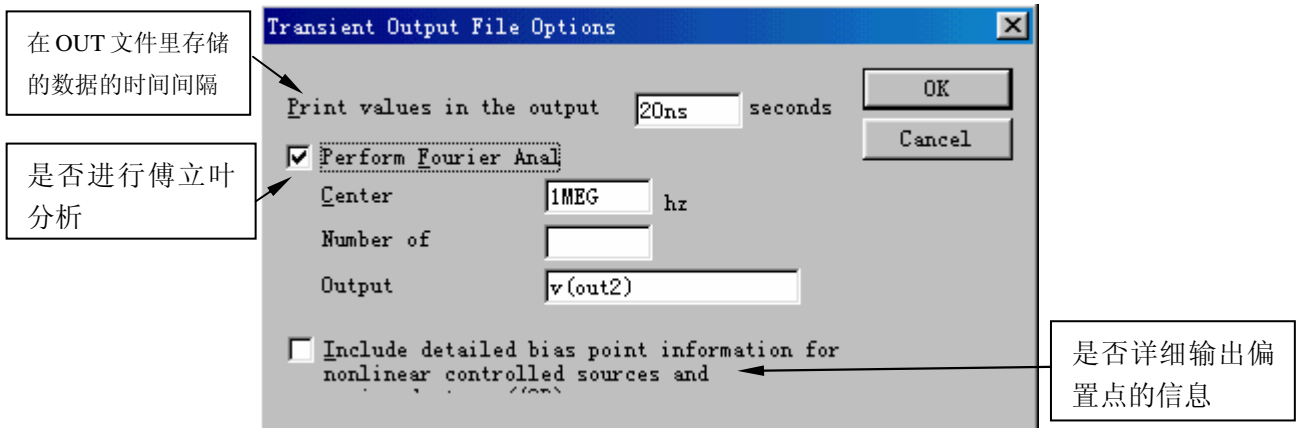
Start saving data: 开始保存分析数据的时刻

Transient options:

Maximum step: 允许的最大时间计算间隔

Skip the initial transient bias point calculation: 是否进行基本工作点运算

Output file Options: 控制输出文件内容, 点击后弹出如下对话框:



Output: 用于确定需对其进行傅里叶分析的输出变量名。

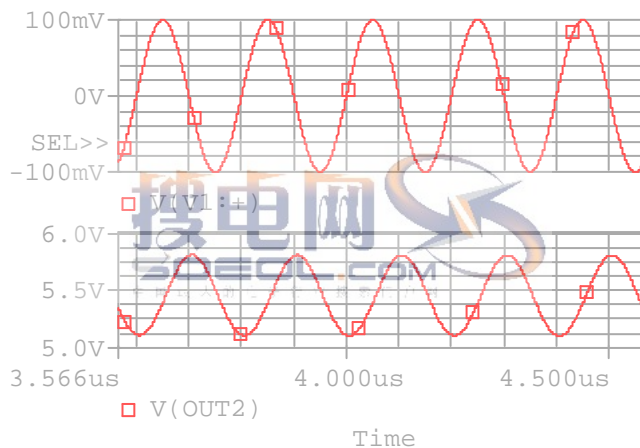
Number of Harmonics: 用于确定傅里叶分析时要计算到多少次谐波。
Pspice 的内定值是计算直流分量和从基波一直到 9 次谐波。

Center: 用于指定傅里叶分析中采用的基波频率，其倒数即为基波周期。
在傅里叶分析中，并非对指定输出变量的全部瞬态分析结果均进行分析。实际采用的只是瞬态分析结束前由上述基波周期确定的时间范围的瞬态分析输出信号。由此可见，为了进行傅里叶分析，瞬态分析结束时间不能小于傅里叶分析确定的基波周期。

例: 按上图所设参数进行设置。

从 0 时刻开始记录数据，到 10US 结束，分析计算的最大步长为 0.1NS，允许计算基本工作点；输出数据时间间隔为 20NS，允许进行傅立叶分析，傅立叶分析的对象为 V(out2)，基波频率为 1MHz，采用默认计算到 9 次谐波。

分析结果如下：




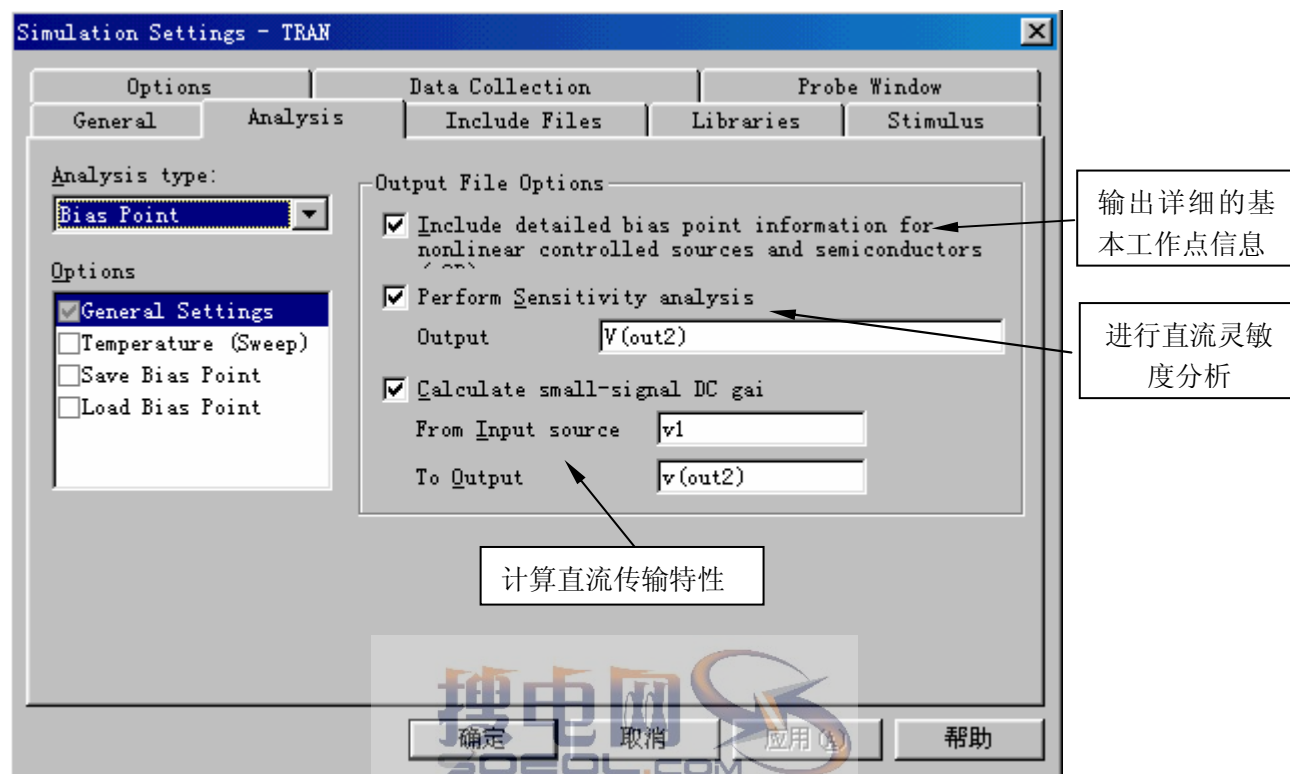
波形显示出节点 OUT2 的电压输出波形与输入信号的波形。下图是以文本的形式来查看傅立叶分析的结果。

```
FOURIER ANALYSIS                TEMPERATURE = 27.000 DEG C
*****
FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE V(OUT2)
DC COMPONENT = 5.448508E+00
HARMONIC  FREQUENCY  FOURIER    NORMALIZED  PHASE    NORMALIZED
NO         (HZ)          COMPONENT  COMPONENT   (DEG)    PHASE (DEG)
1          1.000E+06    6.658E-05  1.000E+00   3.418E+01  0.000E+00
2          2.000E+06    1.358E-04  2.040E+00   6.676E+01 -1.593E+00
3          3.000E+06    1.729E-04  2.597E+00   9.831E+01 -4.225E+00
4          4.000E+06    2.087E-04  3.134E+00   1.339E+02 -2.812E+00
5          5.000E+06    3.514E-01  5.279E+03  -1.000E+02 -2.709E+02
6          6.000E+06    1.915E-04  2.876E+00  -1.593E+02 -3.643E+02
7          7.000E+06    1.481E-04  2.225E+00  -1.193E+02 -3.585E+02
8          8.000E+06    9.106E-05  1.368E+00  -8.591E+01 -3.593E+02
9          9.000E+06    3.707E-05  5.568E-01  -3.820E+01 -3.458E+02

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 5.278535E+05 PERCENT
JOB CONCLUDED
TOTAL JOB TIME                125.16
```

6、基本工作点分析

点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 在 Analysis type 中选择 Bias Point, 在 Options 中选中 General Settings, 如下所示:



直流灵敏度分析: 虽然电路特性完全取决于电路中的元器件取值, 但是对电路中不同的元器件, 即使其变化的幅度 (或变化比例) 相同, 引起电路特性的变化不会完全相同。灵敏度分析的作用就是定量分析、比较电路特性对每个电路元器件参数的灵敏程度。Pspice 中直流灵敏度分析的作用是分析指定的节点电压对电路中电阻、独立电压源和独立电流源、电压控制开关和电流控制开关、二极管、双极晶体管共 5 类元器件参数的灵敏度, 并将计算结果自动存入.OUT 输出文件中。本项分析不涉及 PROBE 数据文件。需要注意的是对一般规模的电路, 灵敏度分析产生的.OUT 输出文件中包含的数据量将很大。

直流传输特性分析: 进行直流传输特性分析时, Pspice 程序首先计算电路直流工作点并在工作点处对电路元件进行线性化处理, 然后计算出线性化电路的小信号增益, 输入电阻和输出电阻, 并将结果自动存入.OUT 文件中。本项分析又简称为 TF 分析。如果电路中含有逻辑单元, 每个逻辑器件保持直流工作点计算时的状态, 但对模-数接口电路部分, 其模拟一侧的电路也进行线性化等效。本项分析中不涉及 PROBE 数据文件。

例：按上图的参数进行设置，分析结果如下：

直流灵敏度分析结果


DC SENSITIVITIES OF OUTPUT V(OUT2)			
ELEMENT NAME	ELEMENT VALUE	ELEMENT SENSITIVITY (VOLTS/UNIT)	NORMALIZED SENSITIVITY (VOLTS/PERCENT)
R_RBIA\$	2.000E+04	3.274E-04	6.548E-02
R_RC1	1.000E+04	-2.477E-05	-2.477E-03
R_RC2	1.000E+04	-6.300E-04	-6.300E-02
R_RS2	1.000E+03	4.398E-04	4.398E-03
R_RS1	1.000E+03	-4.394E-04	-4.394E-03
V_V2	1.200E+01	7.190E-01	8.629E-02
V_V3	-1.200E+01	3.577E-01	-4.293E-02
V_V1	0.000E+00	1.013E+02	0.000E+00
Q_Q1			
RB	1.000E+01	-1.920E-03	-1.920E-04
RC	1.000E+00	-1.006E-04	-1.006E-06
RE	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
BF	2.559E+02	-5.499E-05	-1.407E-04
ISE	1.434E-14	6.887E+11	9.876E-05
BR	6.092E+00	4.093E-14	2.494E-15
ISC	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
IS	1.434E-14	4.498E+14	6.450E-02
NE	1.307E+00	-1.452E-01	-1.898E-03
NC	2.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

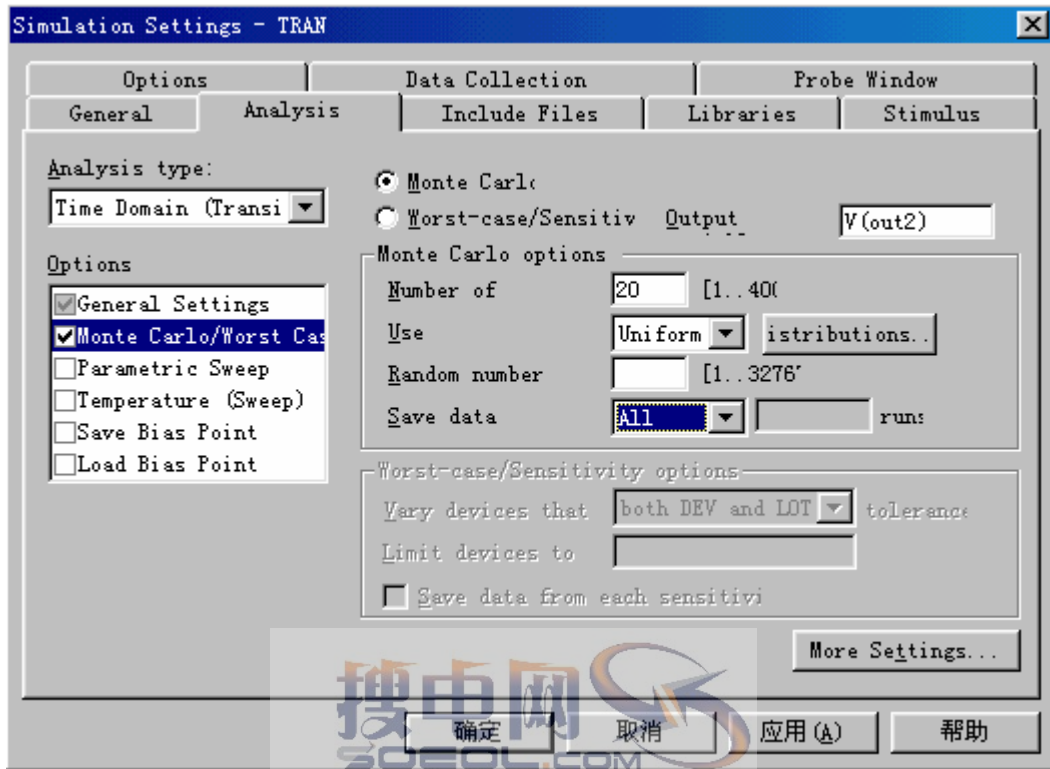
直流传输特性分析结果

```

****      SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS
          V(OUT2)/V_V1 = 1.013E+02
          INPUT RESISTANCE AT V_V1 = 1.534E+04
          OUTPUT RESISTANCE AT V(OUT2) = 9.617E+03
    
```

7、设置和运行 Monte Carlo/Worst-Case

点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 在 Analysis type 中选择 Time Domain(Transient), 在 Options 中选中 Monte Carlo/Worst-Case, 如下所示:



Monte Carlo: 选择进行蒙托卡诺分析

Worst-Case/Sensitive: 最坏情况分析

Output variable: 选择分析的输出节点

Monte Carlo options: 蒙托卡诺分析的参数选项

Number of: 分析采样的次数

Use: 使用的器件偏差分布情况 (正态分布、均匀分布或自定义)

Random number: 蒙托卡诺分析的随机种子值

Save data: 保存数据的方式

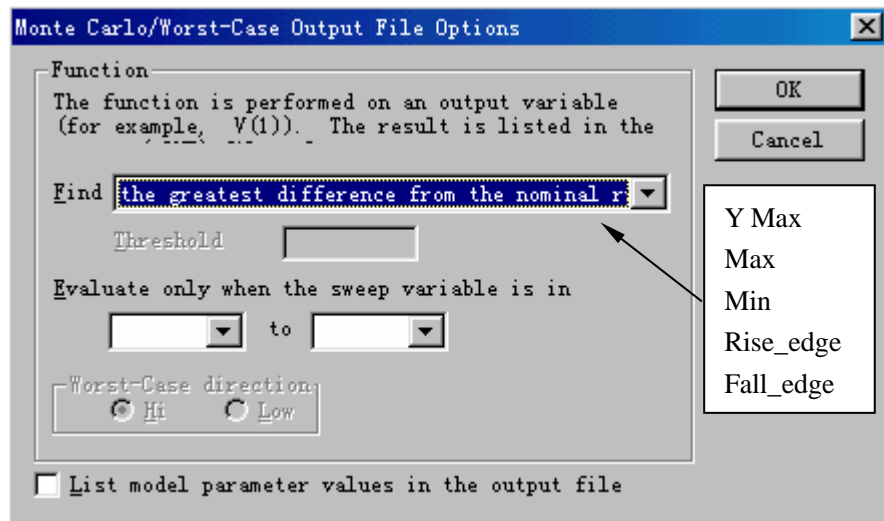
Worst-Case/Sensitivity options: 最坏情况分析的参数选项

Vary devices that: 分析的偏差对象

Limit devices to: 起作用的偏差器件对象

Save data from each sensitivity: 是否将每次灵敏度分析的结果保存入.OUT 输出文件

More setting...: 点击 More Setting 按钮, 将弹出如下对话框



Y Max: 求出每个波形与额定运行值的最大差值

Max: 求出每个波形的最大值

Min: 求出每个波形的最小值

Rise_edge: 找出第一次超出域值的波形

Fall_edge: 找出第一次低于域值的波形

Threshold: 设置域值

Evaluate only when the sweep variable is in: 定义参数允许的变化范围

Worst-Case direction: 设定最坏情况分析的趋向

List model parameter values in the output file: 是否在输出文件里列出模型参数的值

注意:

运行蒙特卡诺分析的前提条件是必须有元器件含有偏差属性关于器件参数偏差的设置方法，请阅读以下说明：

为了适应统计分析中模型参数要在一定范围内变化的要求，PSpice 中专门提供了统计分析用的元器件符号库，其名称为 **BREAKOUT**。库中每种无源元器件符号名为关键字后加 **BREAK**，如电阻、电容和电感符号的名称分别为 **RBREAK**、**CBREAK** 和 **LBREAK**。对半导体有源器件，为了进一步区分其不同类别，在 **BREAK** 后还可再加一些字符。例如双极晶体管符号名又分为代表横向 PNP (LPNP) 的 **QBREAKL**，代表 NPN 晶体管的 **QBREAKN** 等，代表 PNP 管的 **QBREAKP** 等。进行统计分析时，要考虑其参数变化的那些元器件必须改用 **BREAKOUT** 库中的符号。对这些元器件符号，再在其模型参数的设置中，在需要考虑参数变化的那些模型参数常规设置项“参数名=参数值”的后面，添加下面介绍的设置，具体描述该参数的变化。

由于一个电路中可能有多个元器件共用一个模型，如果在 MC 分析中每次分析时的随机抽样方式是这几个元器件值按同一个分布规律变化相同的值，则用关键词 LOT 表示。如果这几个元器件值各自独立变化，则用关键词 DEV 表示。每次分析中的抽样是按照随机数发生器产生的随机数进行的。PSpice 对 LOT 和 DEV 两种发生器均提供有 10 个编号的随机数发生器，用 0,...,9 表示。如果希望同一个模型中的几个模型参数甚至不同模型间的模型参数按同一组随机数产生的随机数抽样，只需要在这几个模型参数的设置中，在 LOT 或 DEV 后面紧跟同一个编号的 lot#，其中 lot# 为 0,...,9 中的某一数字，在 lot# 前需加斜杠符号“/”。如果在模型参数的设置中未采用 lot#，则表示该参数按单独一个发生器产生的随机数变化。

模型参数的变化模式设置应根据实际情况确定。如果设计的电路要用印刷电路板 (PCB) 装配，则不同 PCB 采用的元器件参数将独立随机变化，因此应选用 DEV。但是如果设计的电路用于集成电路生产，由于工艺条件的变化，将会使一批晶片上的元器件参数有一种同时增大或减小的趋势，这就应该用 LOT 表示。但在集成电路生产中，同一晶片上不同管芯之间的参数又存在随机起伏，这就需要 DEV 表示。这就是说，对于集成电路生产的电路设计进行 MC 分析时，对要考虑其变化的参数，应同时采用 LOT 和 DEV 两种变化模式。

为了反映实际生产中元器件参数的分布变化情况，PSpice 提供了正态分布（又称高斯分布）和均匀分布两种分布函数，供用户选用。在设置时，应在参数变化模式设置的后面紧跟代表选用分布规律的关键词 GAUSS（若选用正态分布）或 UNIFORM（若选用均匀分布）。在关键词前应加有斜杠符号“/”。

根据上述分析，在 MC 分析中描述元器件参数统计变化是在需考虑其参数值变化的“参数名=参数值”后面加上变化规律描述，其一般格式为：

参数名=参数值[DEV[lot#]/分布规律名]<变化值>[%]
+ [LOT[lot#]/分布规律名]<变化值>[%]

其中“参数名”即为要考虑其参数变化的模型参数名称。“参数值”为该模型参数的中心值，或标称值。上述格式中用方括号括起来的表示并非一定要给出。DEV、LOT 为关键词，表示参数变化模式。lot# 可取 0, ...,9，分布规律名可以是 GAUSS，UNIFORM 或用户定义的分布函数名。注意这两项赋值前面的斜杠符号不可少，且斜杠号前后均不应留空格。

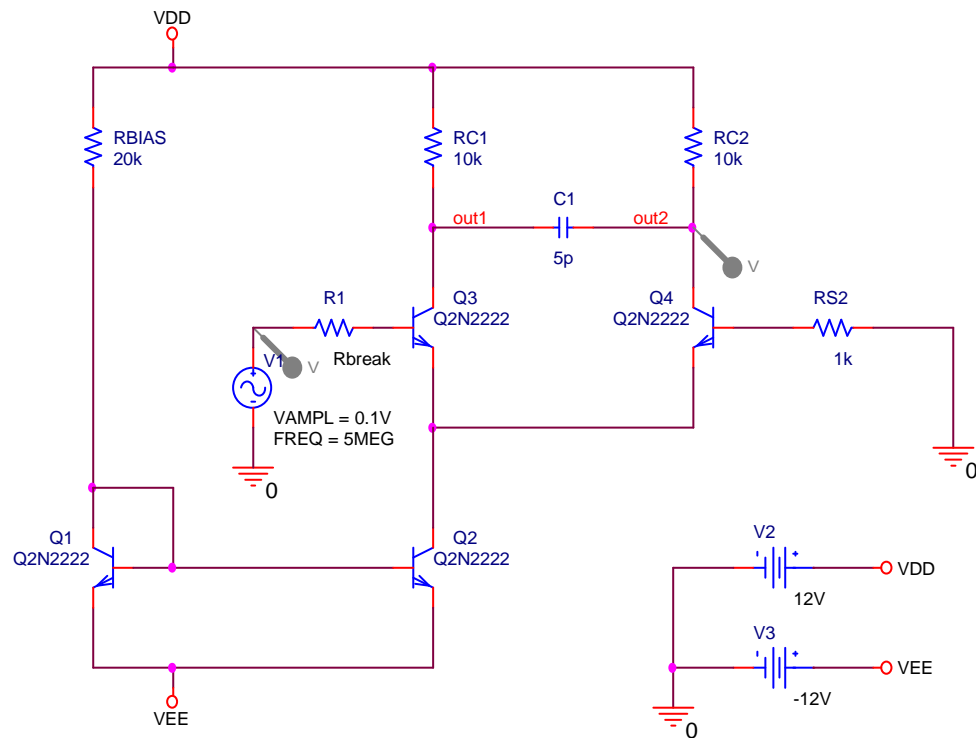
下面几个实例都是符合规定格式的正确表示。

IS=1E-9 DEV 0.5% LOT 10%

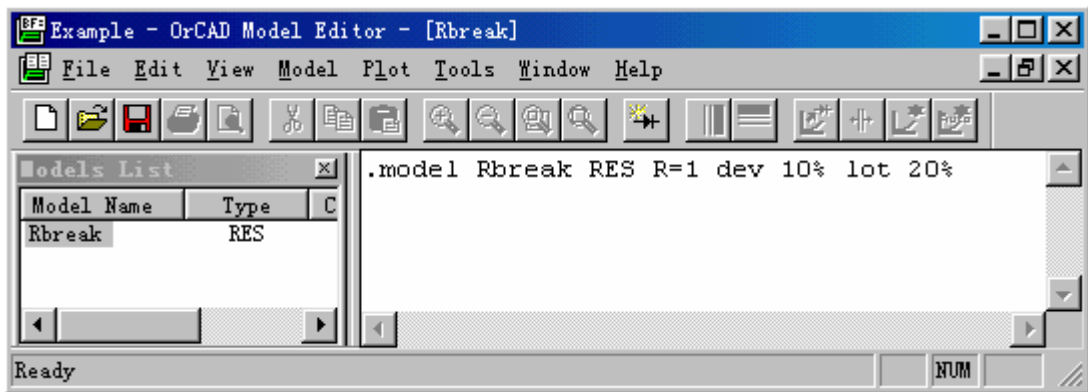
C=1 DEV 5%

R=1 DEV/4/GAUSS 1% LOT/UNIFORM 5% TC1=0.02 TC2=0.005

例： 以下图为例：



把前面电路中的电阻 RS1 替换为 breakout 库中的电阻 Rbreak，并选中该器件，点击 Edit>Pspice Model，调出如下对话框：

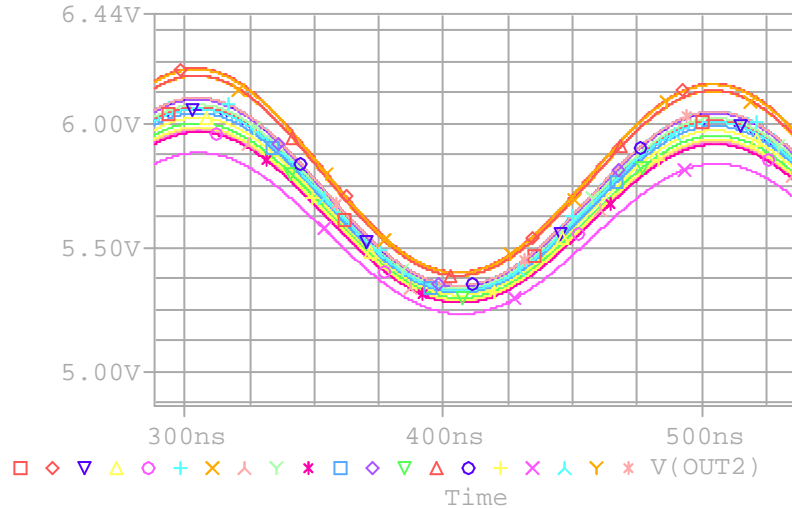


把内容按图修改，然后存盘并退出即可。

蒙特卡诺分析的输出节点设为 V(out2)，采样次数为 20，保存所有数据，参数分布为平均分布，随机种子值采用默认值。

瞬态分析的终止时间设为 1US。

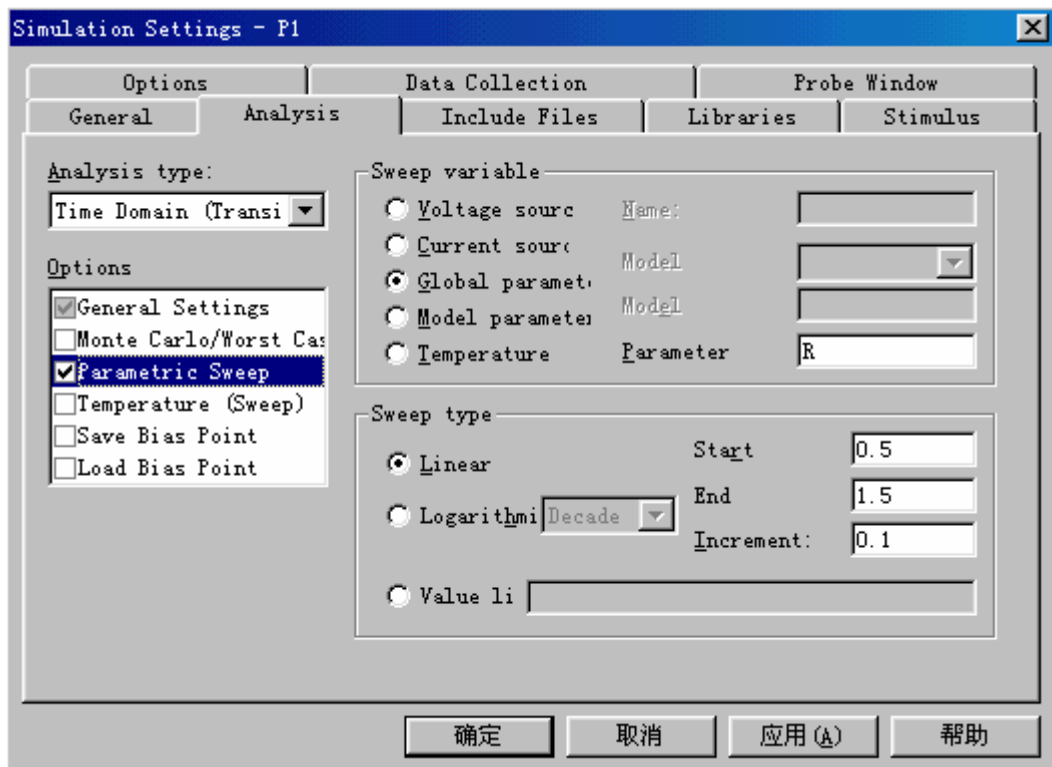
分析结果如下：



上图波形显示出电路输出 V(out2)在电阻 R1 阻值在 DEV 偏差为 10%、LOT 偏差为 20%的均匀分布状态下，随机采样 20 次的分析结果。

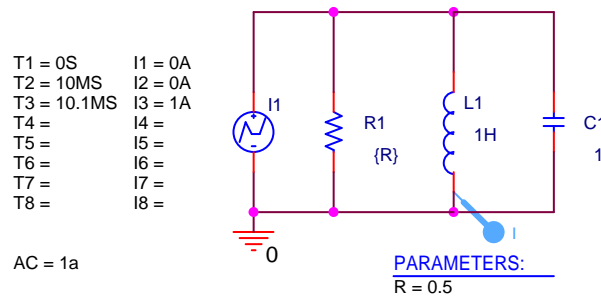
8、设置和运行参数分析(Parametric Sweep)

点击 或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框，在 Analysis type 中选择 Time Domain(Transient)，在 Options 中选中 Parametric Sweep，如下所示：



参数分析的设置方法与 DC Sweep 的设置方法完全一样，只是在 DC Sweep 时，把电路中的电感短路、电容开路。

例：以下图为例，下图是一个简单的 RLC 滤波器，将分析在输入阶跃信号作用下，输出信号的上升时间以及过冲与电阻 R1 的关系。

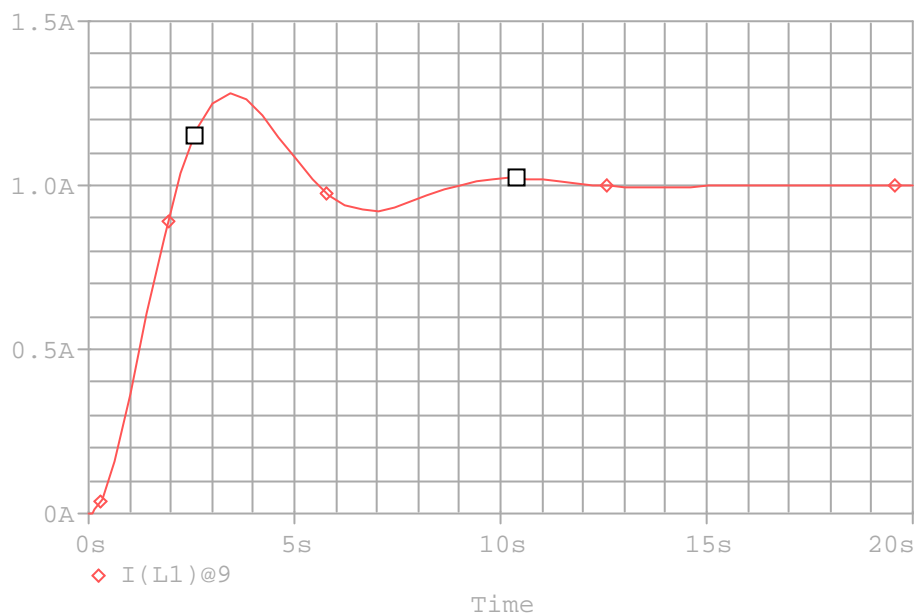


电路输入源采用 Source 库中的 IPWL，0-10MS 时没有电流，从 10MS-10.1MS 电流线性上升，直达 1A，然后保持不变。

在瞬态分析下附带对全局参数变量 R 进行参数分析。瞬态分析时间为 0-20S，最大步长为 100MS；参数分析采用线性变化，从 0.5-1.5 欧姆，增量为 0.1。

完成分析参数设置后，首先按常规方法进行模拟分析，然后在 Probe 窗口中调入参数扫描分析的全部 11 批数据。用户可选择显示某一批分析数据，以查看分析结果。

例如，选择执行 Trace/Add Trace 子命令，并在 Trace/Add Trace 设置框中指定显示的信号为：I(L1)@9，即显示第 9 批分析中(对应 R1=1.5Ω)，流过电感 L1 的电流。



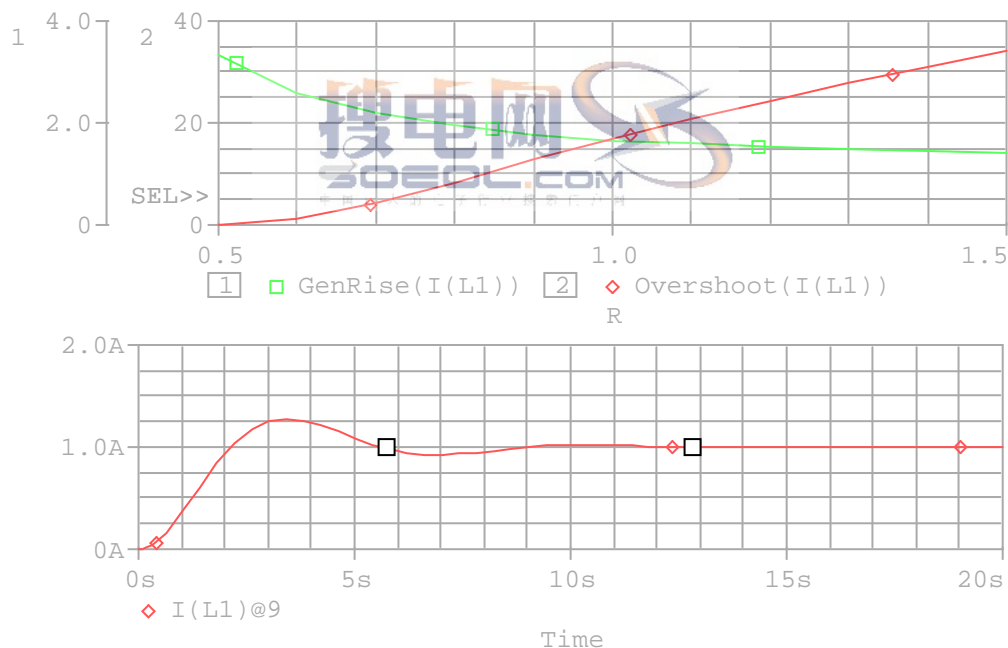
“上升时间”以及“过冲”性能分析：

选择执行 Plot/X Axis Settings 子命令，并在屏幕上显示的 x 轴设置框(见图 6-21)的 Processing Options 子框内，选中“电路性能分析 (Performance Analysis)”，然后单击 OK 按钮，启动电路性能分析过程。屏幕上出现电路性能分析显示窗口，x 轴成为参数扫描分析中的变量，即电阻 R。


选择执行 Trace/Add 子命令，并在屏幕上显示的 Trace/Add Trace 设置框中，确定显示的特征值函数及自变量为： $\text{genrise}(I(L1))$ ，然后单击 OK 按钮，屏幕上显示出上升时间与 R 的关系曲线(见图 6-32)。

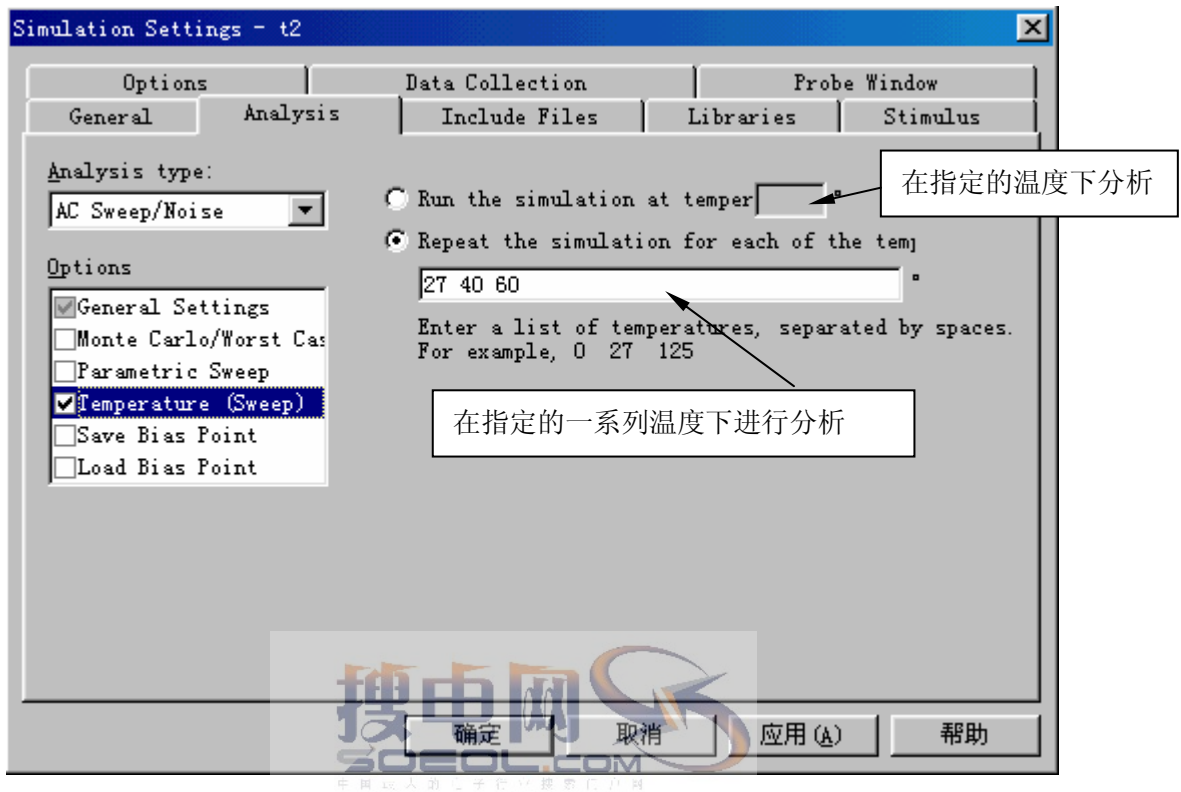
选择执行 Plot/Add Y Axis 子命令，在电路性能分析显示窗口再增加一根 y 轴，用于显示过冲特性。

重复上述步骤 (b)，确定显示的特征值函数及自变量为 $\text{Overshoot}(I(L1))$ ，然后单击 OK 按钮，屏幕上增加显示过冲与 R 的关系曲线，结果如下图所示。

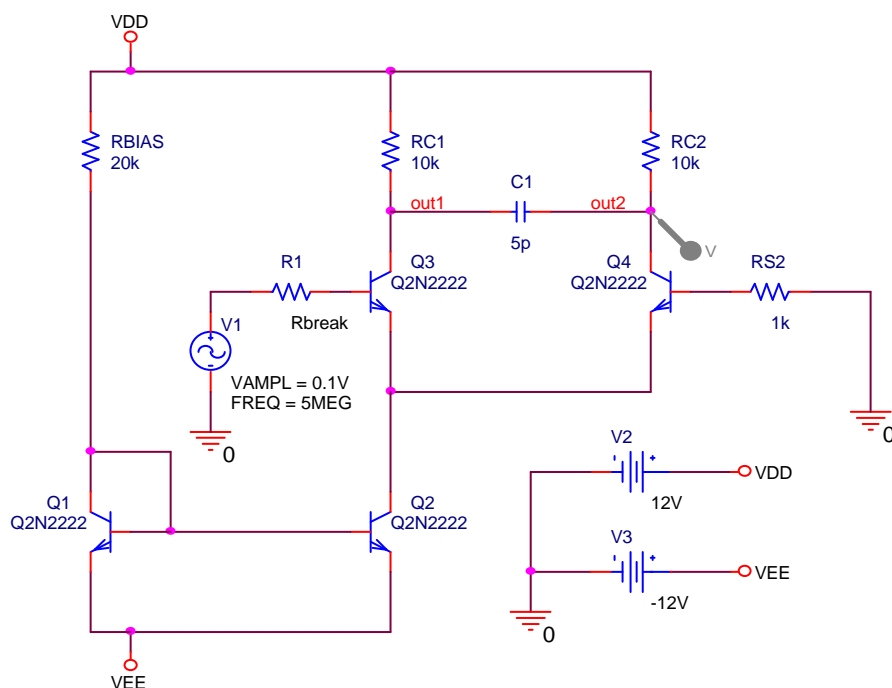


9、温度分析 Temperature (Sweep)

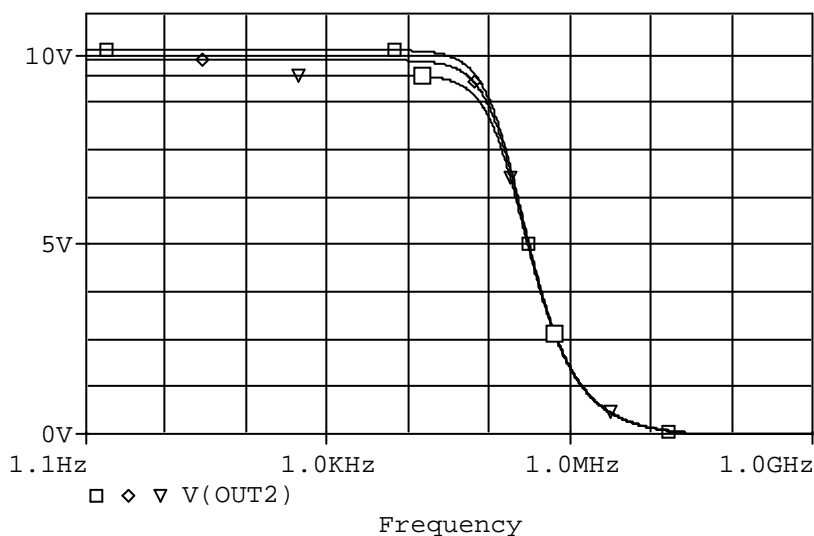
点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 在 Analysis type 中选择 AC Sweep/Noise, 在 Options 中选中 Temperature (Sweep), 如下所示:



例：对下图差动放大电路进行温度分析。分析电路在 27、40、60 度下的频响情况。AC Sweep 的频率从 1-1GHz, 倍频采样点为 101。



分析结果如下：



三条波形对应于三个不同的温度下电路对 V(out2)节点的增益

四、初始偏置条件的设置

1. 设置初始偏置条件的必要性

在实际电路中，存在有很多非线性器件以及双稳态或多稳态器件。采用常规方法计算其偏置解时往往出现不收敛问题，或得不到预定的稳定解。在电路规模较大时，这一问题更加突出。对此，Pspice中提供了多种方法，供用户根据自己对电路工作原理的分析，设置电路初始偏置条件。采用这种方法给电路分析带来下述2点好处。

(1)对一般非线性电路，可以帮助尽快得到直流偏置解。这样不但可防止可能出现的电路不收敛或很难收敛的问题，而且也可以节省大量的计算时间。

(2)对双稳或稳态电路，例如触发器，通过设置电路初始偏置条件，可以使电路呈现选定的稳定状态。

2. 设置初始偏置条件的方法

Pspice提供了4种方法，用于设置初始偏置条件。按这些方法的使用环境可将其分为两类。

(1)在电路图中设置初始偏置条件：在Pspice软件包的电路图绘制部分，用户可采用下述3种不同的方式，在绘制电路图的过程中同时设置好相应的初始条件。

(a)采用IC符号。

(b)采用 NODESET 符号。

(c)设置电容和电感元件的 IC 属性。

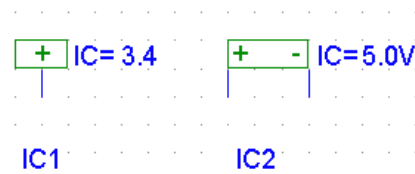
(2)在电路分析模拟过程中采用以前的直流偏置计算结果作为本次直流偏置的初始条件。本方法涉及到直流偏置信息文件的存取问题。

本节将分别介绍这几种方法之间的区别及其具体使用步骤。

IC 符号

1.功能

IC 是 Initial Condition 的缩写。在电路符号库 Special.slb 中, IC1 和 IC2 两个符号(见右图)用于设置电路中不同节点处的偏置条件。在电路图中放置 IC 符号的方法与放置元器件图形符号的方法相同。其中 IC1 为单引



IC 符号(例)

出端符号,用于指定与该引出端相连的节点的偏置条件。在电路中放置了 IC1 符号后,连击该符号,从屏幕上弹出的参数设置框中将该符号的 VALUE 属性设置为该偏置条件值即可。图 4-23 中的实例表示将相应节点处的初始偏置定为 3.4V。IC2 是具有两个引出端的符号,用于指定与这两个引出端相连的两个节点间的偏置条件。在交流小信号 AC 分析(见 3-6 节)和瞬态 TRAN 分析(见 3-8 节)需要求解偏置解的整个过程中,采用 IC 符号的那些节点,其偏置一直保持在由 IC 符号指定的数值上。这就是说,IC 符号实际上是指定了相应节点处的偏置解。

在 Pspice 运行过程中,实际上是在连有 IC 符号的节点处附加有一个内阻为 0.0002Ω 的电压源,电压源值即为 IC 符号的设置值。

2.说明

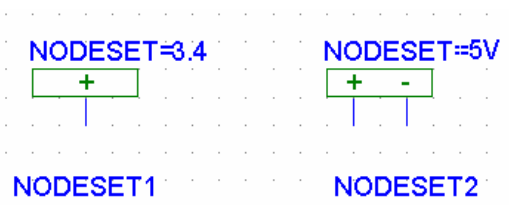
(1)IC 符号设置的偏置条件在直流特性扫描分析过程中不起作用。

(2)若某一节点处同时加有 IC 符号和下面要介绍的 NODESET 符号,则以 IC 符号的作用优先,即对该节点不考虑 NODESET 符号的作用。

NODESET 符号

1.功能

电路符号库 Special.slb 中 NODESET1 和 NODESET2 两个符号如右图所示。其使用方法与 IC 符号类似。但这两类符号的作用有根本的区别。不像 IC 符号那样用于指定节点处的直流偏置解。NODESET 符号的作用只是在迭代求解直流偏置解时，指定单个节点或两个节点之间的初始条件值，即在求解直流偏置解进行初始迭代时，这些节点处的初始条件取为 NODESET 符号的设置值，以帮助收敛。



NODESET 符号（例）

2.说明

(1) NODESET 符号设置值将作为 AC 交流小信号分析和 TRAN 瞬态分析求解直流偏置解迭代过程的初始条件。对 DC 扫描分析，只是在扫描过程的第一步求解直流解时，以 NODESET 设置值作为迭代求解的初始条件。从 DC 直流分析的第二步扫描开始，进行迭代求解时 NODESET 的设置值将不再起作用。

(2) 由于 NODESET 符号只用于设置直流迭代求解时的初始条件，而 IC 符号设置的是节点处的直流偏置解，因此当某一节点同时连有这两类符号时，以 IC 符号的设置值为准，NODESET 对该节点的设置不起作用。

电容、电感初始解的设置

电容和电感元件有一项名为 IC 的属性设置，用于设置电容和电感元件两端的初始条件。这些设置在所有的直流偏置求解计算过程中均起作用。但是在 TRAN 瞬态分析中，如果选中了参数“Skip initial transient solution”，则瞬态分析前将不求解直流偏置工作点。设置有 IC 属性的元器件将以其 IC 属性设置值作为偏置解，其他元器件的初始电压或电流值取为 0。


对电容，IC 属性的设置相当于在求解时与电容并联一个串联电阻为 0.002Ω 的电压源。对电感，相当于与电感串联一个恒流源，而与恒流源并联一个 $1G\Omega$ 的电阻。

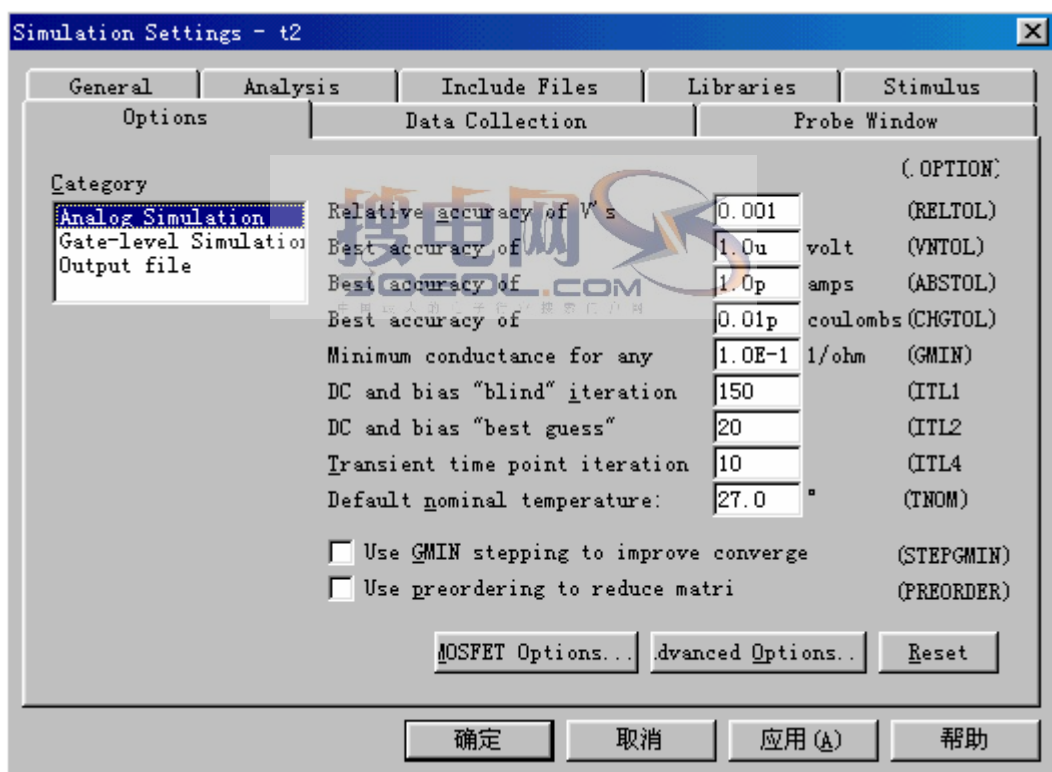
五、Pspice 中的任选项设置(OPTIONS)

1.作用

为了克服电路模拟中可能出现的不收敛问题,同时兼顾电路分析的精度和耗用的计算机时间,并能控制模拟结果输出的内容和格式,Pspice 软件提供了众多的任选项供用户选择设置。根据设置内容的不同,可将这些任选项分为两类。一类属于选中型任选项,用户只需选中该任选项,即可使其在模拟分析中起作用,无需赋给具体数值。另一类为赋值型任选项,对这类任选项,系统均提供有内定值。

2.任选项的设置方法

点击或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 选中 Options, 窗口弹出如下对话框:



Analog Simulation 任选项

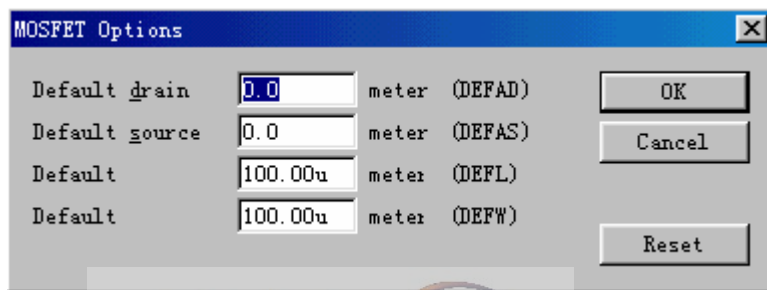
1. 基本任选参数

- (1) RELTOL: 设置计算电压和电流时的相对精度。
- (2) VNTOL: 设置计算电压时的精度。
- (3) ABSTOL: 设置计算电流时的精度。
- (4) CHGTOL: 设置计算电荷时的精度。
- (5) GMIN: 电路模拟分析中加于每个支路的最小电导。

- (6) ITL1: 在 DC 分析和偏置点计算时以随机方式进行迭代次数上限。
- (7) ITL2: 在 DC 分析和偏置点计算时根据以往情况选择初值进行的迭代次数上限。
- (8) ITL4: 瞬态分析中任一点的迭代次数上限, 注意, 在 SPICE 程序中有 ITL3 任选项, Pspice 软件中则未采用 ITL3。
- (9) TNOM: 确定电路模拟分析时采用的温度默认值。
- (10) use GMIN stepping to improve convergence: 在出现不收敛的情况时, 按一定方式改变 GMIN 参数值, 以解决不收敛的问题。

2. 与 MOS 器件参数设置有关的任选项

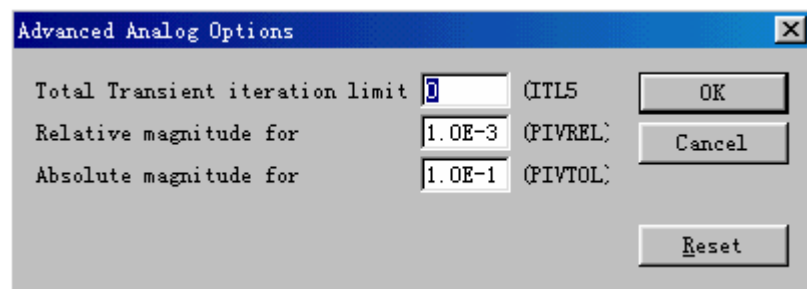
在图 4-38 中按“MOSFET Options...”按钮, 屏幕上出现下图所示任选项参数设置框, 其中包括 4 项与 MOS 器件有关的任选项:



- (1) DEFAK: 设置模拟分析中 MOS 晶体管的漏区面积 AD 内定值;
- (2) DEFAS: 设置模拟分析中 MOS 晶体管的源区面积 AS 内定值;
- (3) DEFL: 设置模拟分析中 MOS 晶体管的沟道长度 L 内定值;
- (4) DEFW: 设置模拟分析中 MOS 晶体管的沟道宽度 W 内定值。

3. Advanced Options 参数设置

按“Advanced Options”按钮, 屏幕上出现下图所示任选项参数设置框。



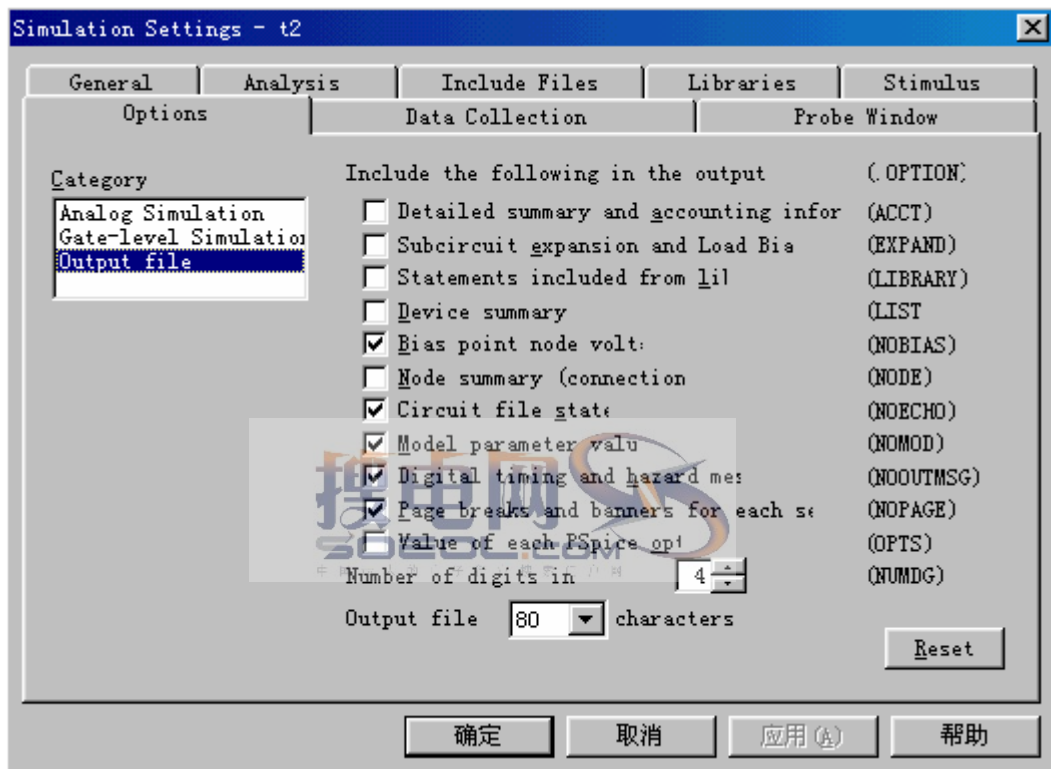
- (1) ITL5: 设置瞬态分析中所有点的迭代总次数上限, 若将 ITL5 设置为 0 (即内定值) 表示总次数上限为无穷大。
- (2) PIVREL: 在电路模拟分析中需要用主元素消去法求解矩阵议程。求解议程过程中, 允许的主元素与其所在列最大元素比值的最小值由

本任选项确定。

(3) PIVTOL: 确定主元素消去法求解矩阵议程时允许的主元素最小值。

用于控制输出文件的任选项

在 Category 栏选择: “Output File”, 屏幕上即出现图 4-41 所示的任选项数设置框。图中所示任选项的选中情况是系统的内定设置。下面解释各任选项被选中后产生的作用。




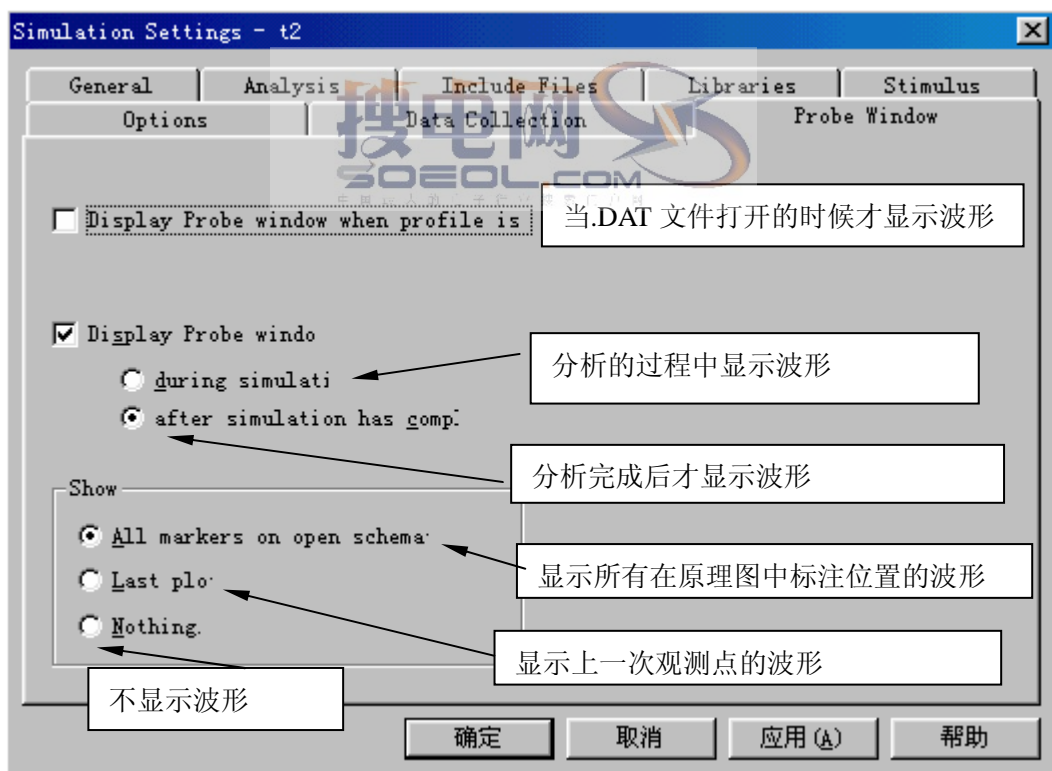
- (1) ACCT: 该任选项名称是 Account 的缩写。若选中该项, 则在输出关于电路模拟分析结果的信息后面还将输出关于电路结构分类统计、模拟分析的计算量以及耗用的计算机时间等统计结果。
- (2) EXPAND: 列出用实际的电路结构代替子电路调用以后新增的元器件以及子电路内部的偏置点信息。
- (3) LIBRARY: 列出库文件中在电路模拟过程被调用的那部分内容。
- (4) LIST: 列出电路中元器件统计清单。
- (5) NOBIAS: 不在输出文件中列出节点电压信息。
- (6) NODE: 以节点统计表的形式表示电路内部连接关系。
- (7) NOECHO: 不在输出文件中列出描述电路元器件拓扑连接关系有及与分析要求有关的信息。
- (8) NOMOD: 不在输出文件中列出模型参数值及其在不同温度下的更新

结果。


- (9) **NOPAGE**: 不在输出文件中保存模拟分析过程产生出错信息。
- (10) **NOPAGE**: 在打印输出文件时代表模拟分析结果的各部分内容（如偏置解信息、DC、AC 和 TRAN 等不同类型的分析结果等）均自动另起一页打印。如果选中 **NOPAGE** 任选项，则各部分内容连续打印，不再分页。
- (11) **OPTS**: 列出模拟分析采用的各任选项的实际设置值。
- (12) **NUMDG**: 确定打印数据列表时的数字倍数（最大 8 位有效数字）。
- (13) **Output File () Characters**: 确定输出打印时每行字符数（可设置为 80 或 132）。

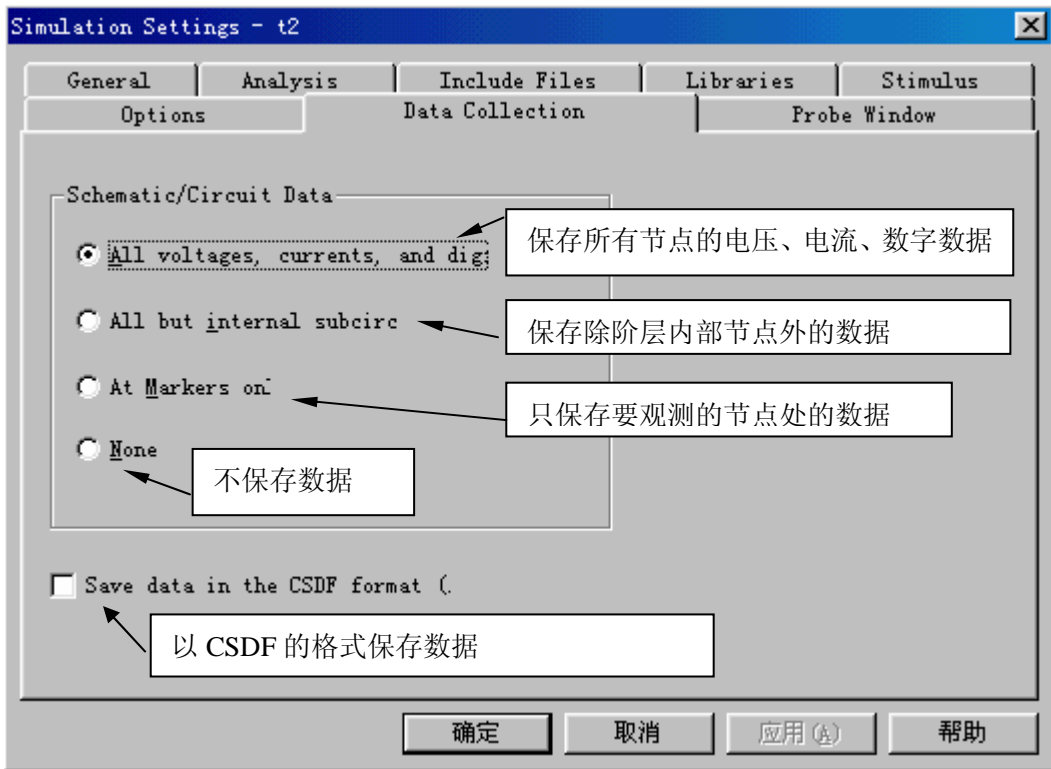
六、设置波形显示方式

点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 选择 Probe Window, 对话框如下所示:



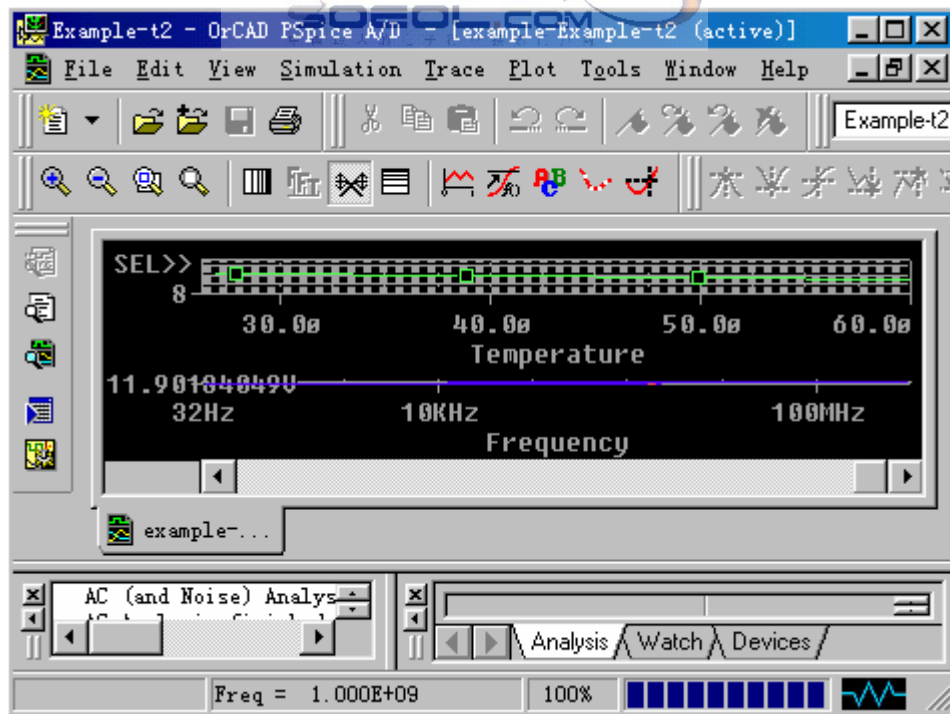
七、数据保存选项

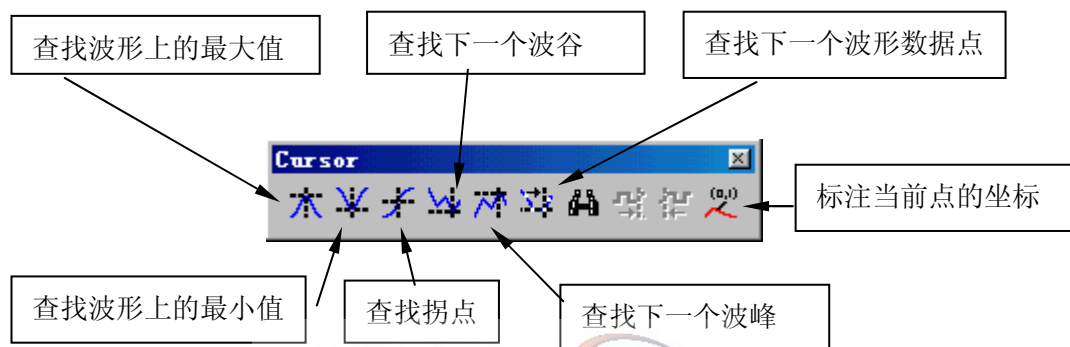
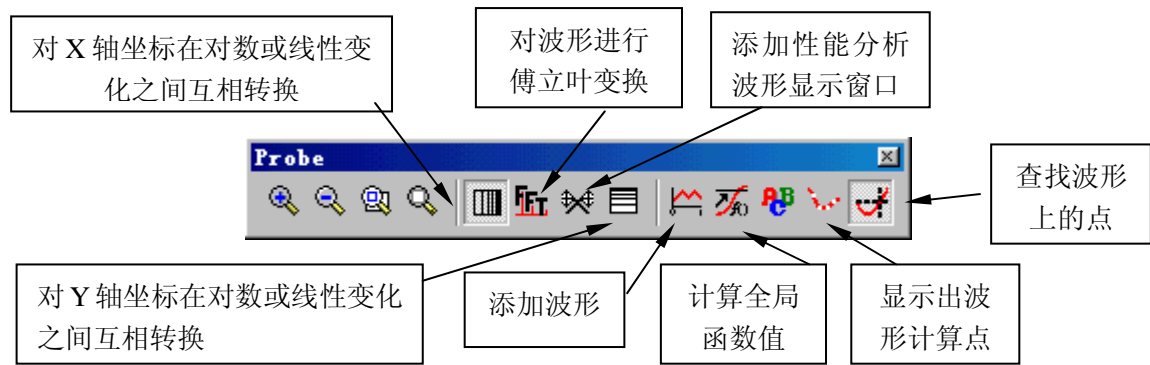
点击  或 PSpice>Edit Simulation profile, 调出 Simulation Setting 对话框, 选择 Data Collection, 对话框如下所示:



八、分析并处理波形

下图是 PSpice 专门用来显示和处理波形的工具窗口，所有对波形的分析与处理，都是由它来完成。





九、直方图绘制

对电路特性进行蒙特卡诺(MC)分析以后，调用 Probe 绘制出描述电路特性分散情况的分布直方图，就可以预计该电路设计投入生产时的成品率。直方图的绘制实际上是电路性能分析(Performance Analysis)功能的一部分。

1、绘制直方图的基本步骤

完成参数扫描分析以后，在 PSpice A/D 的 Probe 窗口中，不管以那种方法启动电路性能分析(Performance Analysis)，Probe 将分析“电路特性”随“元器件参数”的变化。其中“电路特性”就是选用的特征值函数，在电路特性分析显示窗口中成为 y 轴坐标变量。

“元器件参数”是参数扫描分析中的变量参数，在显示窗口中是 x 轴坐标变量。

如果在完成蒙特卡诺分析以后启动电路性能分析(Performance Analysis)，Probe 窗口将转化为直方图绘制窗口，选用的特征值函数在显示窗口中成为 x 轴坐标变量，y 轴坐标刻度为百分数。这就是说，只要在 MC 分析以后启动电路性能分析，就自动进入直方图绘制状态。因此绘制直方图包括 MC 分析和电路性能分析(Performance Analysis)两个分析过程。

2、直方图绘制实例：Chebyshev 滤波器分析

下面电路图是一个 Chebyshev 4 阶有源滤波器电路图。图中元器件参数值是按照中心频率为 10KHZ, 带宽为 1.5KHZ 的要求设计的。其中 V1 为 AC 分析输入激励信号源, 独立电压源 V2 为直流+15V, V3 为直流-15V。如果投入生产时要组装 100 套滤波器, 所有的电阻采用精度为 1% 的电阻器, 所有电容采用精度为 5% 的电容器, 试绘制 100 套滤波器的 1db 带宽和中心频率分布直方图。

[1].直方图绘制

绘制直方图的过程可分为下述 6 个阶段。

(1)绘制电路图。其中应注意下面几个问题。

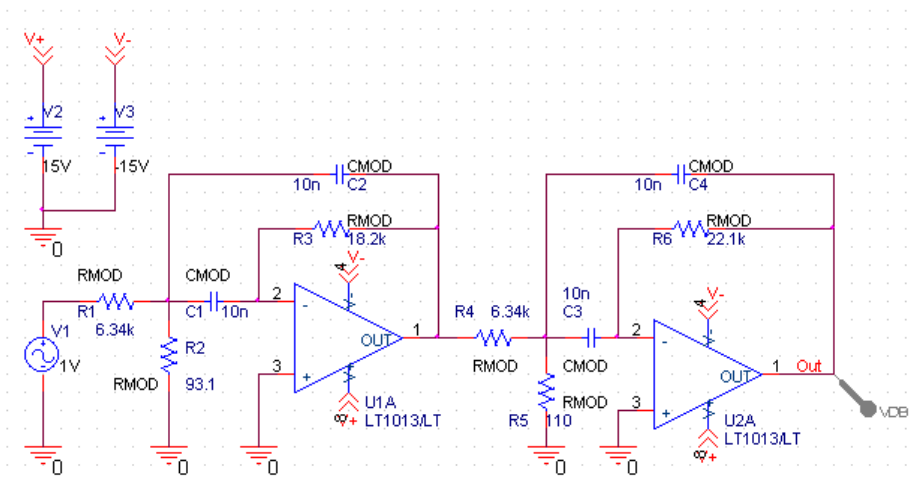
(a)将输入端的 AC 分析激励信号源 V3 设置为 AC=1。这样, 输出信号的幅度即为电路的增益。

(b)由于 MC 分析产生的数据量很大, 而分析中直接有用的是输出电压, 因此 PROBE 数据文件中只存放 Marker 符号所指向的输出端电压信号数据。

(c)MC 分析中要考虑电阻和电容参数容差的影响。电路中的电阻和电容应分别采用 BREAKOUT 符号库中的 Rbreak 和 Cbreak 符号, 并将他们的模型设置为:

```
.model RMOD RES (R=1 DEV=1%)
```

```
.model CMOD CAP (C=1 DEV=5%)
```



Chebyshev 有源滤波器

(2)设置 AC 分析参数。考虑到滤波器的中心频率为 10KHZ, 带宽为 1.5KHZ, 因此 AC 交流小信号分析中的扫描频率范围设置为:

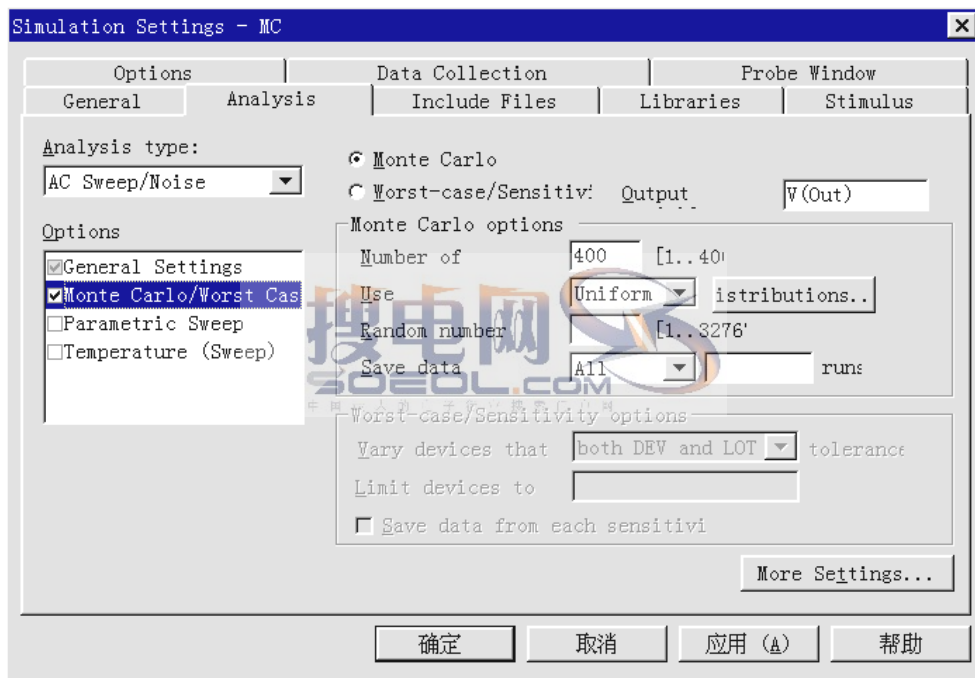
Start Freq: 100HZ
End Freq: 1MEGHZ
Pts/Decade: 50

频率扫描类型选为 Decade。

(3)设置 MC 分析参数。根据要求，MC 分析的参数设置如下图：

(4)进行模拟分析。设置好 AC 和 MC 分析参数后，运行 PSpice，进行 MC 分析。

(5)选定分析结果数据：由于 MC 分析中包括有多批次 AC 分析，屏幕上将提示用户确定选用那些批次的数据(见 5-3-5 节)。若要采用所有批次的数据，选择“**All**”并单击 **OK** 按钮，则全部数据均调入 Probe，供分析。屏幕上为通常的 Probe 信号波形显示窗口。



MC 分析参数设置(例)

(6)绘制带宽直方图

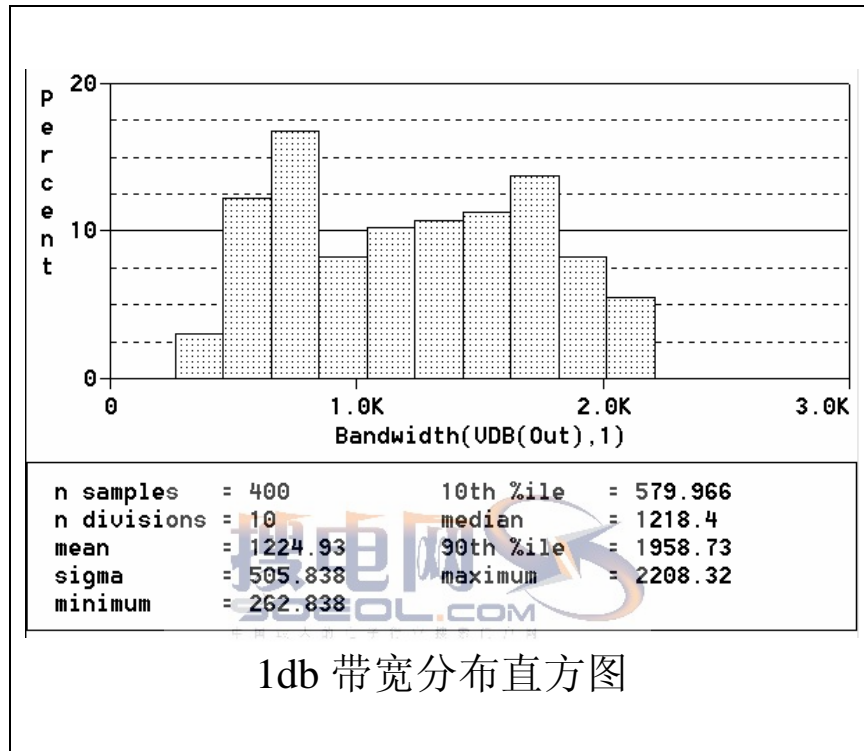
(a)进入直方图绘制状态：在 PSpice A/D 窗口中选择执行 **Plot/Axis Settings** 子命令，并从屏幕上出现的 x 轴设置框内，选择 **Processing Options** 子框中的“**Performance Analysis**”选项，然后单击 **OK** 按钮。由于现在是在 MC 分析以后启动电路性能分析(**Performance Analysis**)，因此屏幕显示就进入直方图绘制状态。Y 轴坐标刻度变为百分数。

(b)绘制直方图。首先选择执行 **Trace/Add** 子命令，并在屏幕上弹

出的 Add Trace 设置框中，按 1db 带宽的分析要求，依次选择特征值函数 Bandwidth(1,db-level)以及作为自变量的信号变量名 V(Out)，则设置框底部 Trace Expression 一栏显示出 Bandwidth(V(Out),)。按 1db 带宽的要求，还需要采用通常文字编辑方法，将其改为：

Bandwidth(VDB(Out),1)

完成上述特征值函数及自变量设置后，单击 OK 按钮，屏幕上即出现 1db 带宽分布直方图，如下图：



[2].直方图信息分析

上图一方面以直方图图形方式显示了带宽数值在不同范围内的滤波器所占的比例。同时在图的下方显示了直方图有关信息说明和统计分析结果，共有 9 项。包括：MC 分析包括的批次(n samples)、直方图 x 坐标数据范围划分区间(n divisions)、平均值(mean)、标准偏差(sigma)、最小值(minimum)、10%分位数(10th%ile)、中位数(median)、90%分位数(90th%ile)和最大值(maximum)。

其中，“中位数”就是 50%分位数。如果将所有样本的带宽按从小到大的顺序排列，50%分位数是指在顺序排列的样本中，正好位于中间位置的那个样本的带宽，也就是说，整个样本中有 50%的样本带宽小于等于中位数。同样有 50%样本的带宽大于等于中位数。如果样本个数是奇数个，用数学表示为(2n+1)个，则 50%分位数就是第(n+1)个样本的带宽。如果样本个数为偶数个，用数学表示为 2n，则 50%分位数取为第 n 个样本的带宽和第(n+1)个样本的带宽的平均

值。

对上述滤波器的 MC 分析，共有 100 个样本，如果将这 100 个样本按其带宽值从小到大的顺序重新排列，则 50%分位数，即中位数，就是第 50 号样本和第 51 号样本的带宽的平均值。显然，中位数不一定等于平均值。因为平均值是对这 100 个样本的带宽求平均的结果。只有在样本带宽分布完全对称的情况下，即直方图分布完全对称时，平均值才等于中位数。

与 50%分位数概念类似，10%分位数就是按从小到大顺序排列的 100 个滤波器样本中第 10 号样本和第 11 号样本的带宽平均值。这就是说，有 10%的样本的带宽小于等于 10%分位数，有 90%的样本的带宽大于等于 10%分位数。

同理可知，90%分位数是按从小到大顺序排列的 100 个样本中，第 90 号和第 91 号样本的带宽的平均值。

[3].直方图的添加

在直方图绘制状态下，添加有关直方图的过程与前面“(b)绘制直方图”的过程一样，分为 4 步。按本节开始的要求，绘制中心频率分布直方图的步骤如下。

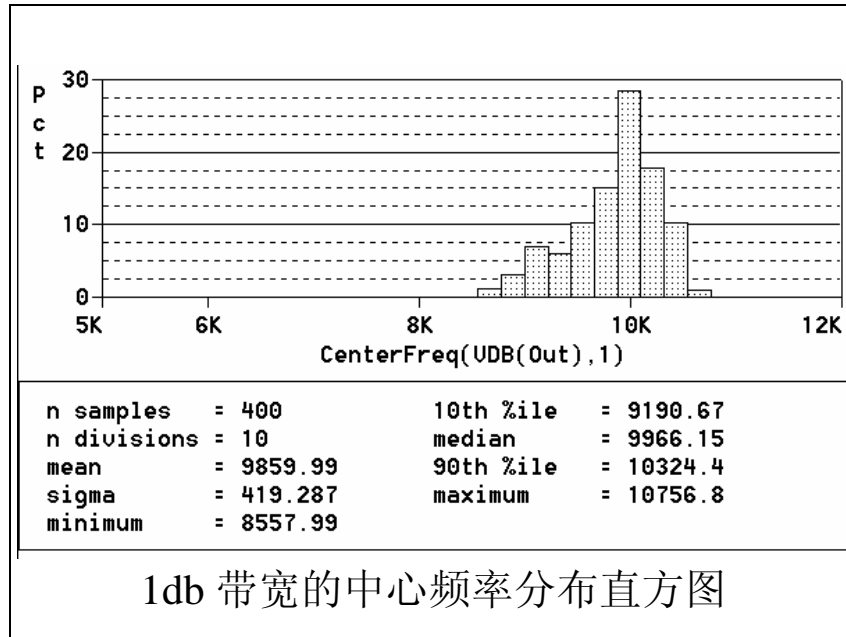
(a)选择执行 Trace/Add Trace 子命令，屏幕上出现 Trace/Add Trace 设置框。

(b)按绘制“中心频率”直方图的要求，在设置框中依次选择特征值函数 Centerfreq(1,db-level)和作为自变量的输出信号名 V(Out)，这时在设置框底部 Trace Expression 一栏显示出 Centerfreq(V(Out),.)。

(c)本例所要求的中心频率是指 1db 带宽的中心位置频率。因此还需采用通常文字编辑方法，将上述表式改为

Centerfreq(VDB(Out),1)

(d)完成上述设置后，单击 OK 按钮，屏幕上便显示出 1db 带宽中心频率直方图，代替原来的 1db 带宽直方图，如下图所示：



说明：如果要在屏幕上同时显示上述两个直方图，应在绘制好第一个直方图后，首先执行 Plot/Add Plot 子命令，新增一个图形显示区，然后在新的显示区中按上述步骤绘制第二个直方图。

3、与直方图绘制有关的选项设置

直方图 x 轴数据范围划分的区间数，以及直方图下方是否同时显示有关信息和统计分析结果，均可以由用户通过有关任选项设置确定。

在 PSpice A/D 窗口主命令栏中选择执行 Tools/Options 子命令，屏幕上将出现图 5-5 所示 Probe 任选项设置框。其中有两项与直方图的绘制有关。

(1) “Number of Histogram Division”：本项的作用是确定绘制直方图时，在 x 坐标的整个数据范围内，一共划分多少个区间，用于统计在不同区间内样品数的多少。为了在直方图上较好地反映出参数的统计分布情况，一方面要求样本数不能太少，起码要大于 30，最好为 100~200。同时对区间的划分个数也有一定的要求。从绘制直方图的基本原理考虑，应根据样本数确定区间划分个数。一般来说，若样本不到 50 个，可分为 5~7 个区间。50~100 个样本，可分为 6~10 个区间。100~200 个样本，分为 7~12 个区间。若样本大于 200 个，可分为 10~20 个区间。Probe 的内定默认值是划分 10

个区间。

(2)Display Statistics: 若选中本任选项(这是系统的内定默认设置), 则在绘制的直方图下方同时显示出关于直方图的有关信息说明和统计分析结果。若使该任选项脱离选中状态, 则在绘制的直方图下方将不给出任何其他信息。

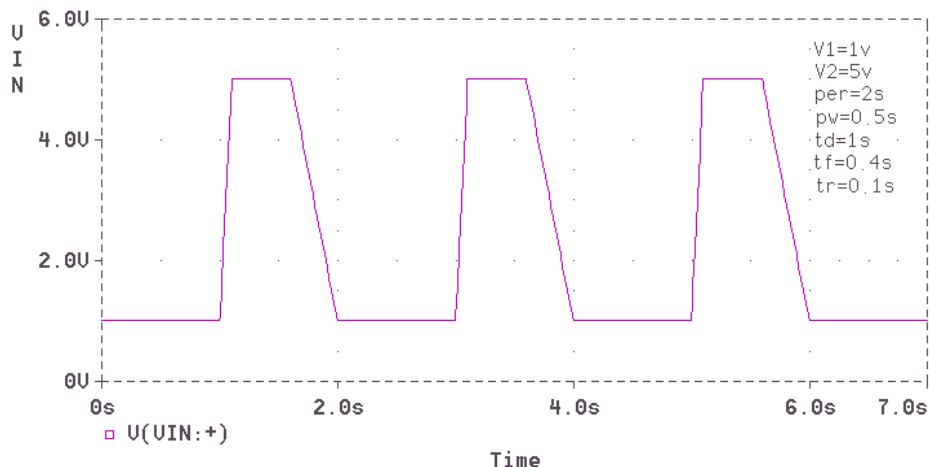
十、激励源的设置

(一)、用于瞬态分析的五种激励信号

Pspice 软件为瞬态分析提供了五种激励信号波形供用户选用。下面介绍这五种信号的波形特点和描述该信号波形时涉及到的参数。其中电平参数针对的是独立电压源。对独立电流源, 只需将字母 V 改为 I, 其单位由伏特变为安培。

(1).脉冲信号(Pulse)

脉冲信号是在瞬态分析中用得较频繁的一种激励信号。描述脉冲信号波形涉及到 7 个参数。表 1 列出了这些参数的含义、单位及内定值。表 2 给出了不同时刻脉冲信号值与这些参数之间的关系。下图为一具体实例。图中给出了该波形对应的参数。



脉冲信号波形(例)

表 1 描述脉冲信号波形的参数

参数	名称	单位	内定值
V1	起始电压	伏特	无内定值
V2	脉冲电压	伏特	无内定值
per	脉冲周期	秒	TSTOP
pw	脉冲宽度	秒	TSTOP
td	延迟时间	秒	0

tf	下降时间	秒	TSTEP
tr	上升时间	秒	TSTEP

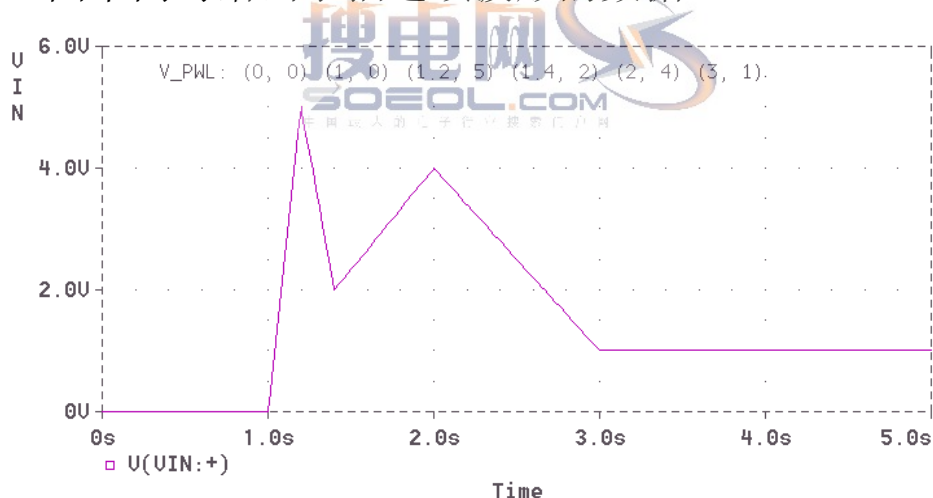
注：表中 TSTOP 是瞬态分析中参数 Final Time 的设置值；TSTEP 是参数 Print Step 的设置值。

表 2 脉冲信号电平值与参数的关系

时间	脉冲电平
0	v1
td	v1
td+tr	v2
td+tr+pw	v2
td+tr+pw+tf	v1
td+per	v1
td+per+tr	v2

(2).分段线性信号 (PWL: Piece-Wise Linear)

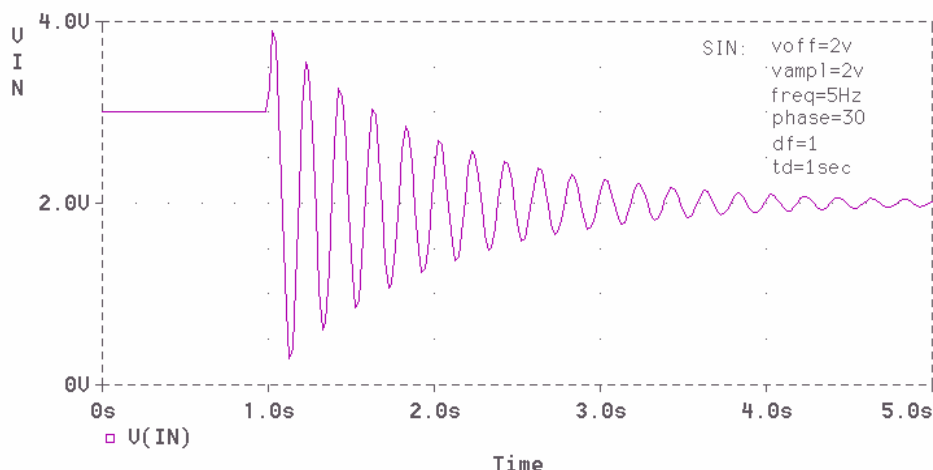
分段线性信号波形由几条线段组成。因此，为了描述这种信号，只需给出线段转折点的坐标数据即可。下图是一个分段线性信号波形实例。图中同时给出了描述该波形的数据。



分段线性信号波形 (例)

(3) .调幅正弦信号 (SIN: Sinusoidal Waveform)

描述调幅正弦信号涉及 6 个参数。表 3 列出了这些参数的含义、单位和内定值。表 4 给出了调幅正弦信号波形的变化与这 6 个参数的关系。下图为一具体实例，图中同时给出了该信号波形对应的参数。



调幅正弦信号波形(例)

表 3 描述调幅信号参数

参数	名称	单位	内定值
voff	偏置值	伏特	无内定值
v ampl	峰值振幅	伏特	无内定值
freq	频率	赫兹	1/TSTOP
phase	相位	度	0
df	阻尼因子	1/秒	0
td	延迟时间	秒	0

注：表中 TSTOP 为瞬态分析中参数 Final Time 的设置值。

表 4 调幅信号波形与参数的关系

时间范围	调幅信号波形
0—td	$voff+v ampl \cdot \sin(2\pi \cdot phase/360)$
td—TSTOP	$voff+v ampl \cdot \sin(2\pi \cdot (freq \cdot (TIME-td)+phase/360)) \cdot \exp(-(TIME-td) \cdot df)$

说明：此处描述的调幅正弦信号只用于瞬态分析。若阻尼因子与偏置值均为 0，则调幅信号成为标准的正弦信号，但是在进行 3-6 节介绍的 AC 分析时，本信号并不起作用。

(4).调频信号 (SFFM: Single-Frequency Frequency-Modulated)

描述调频信号需要 5 个参数，表 5 列出了这些参数的含义、单位和内定值。调频信号与这些参数之间的关系为：

$$voff+v ampl \cdot \sin(2\pi \cdot fc \cdot TIME+mod \cdot \sin(2\pi \cdot fm \cdot TIME))$$

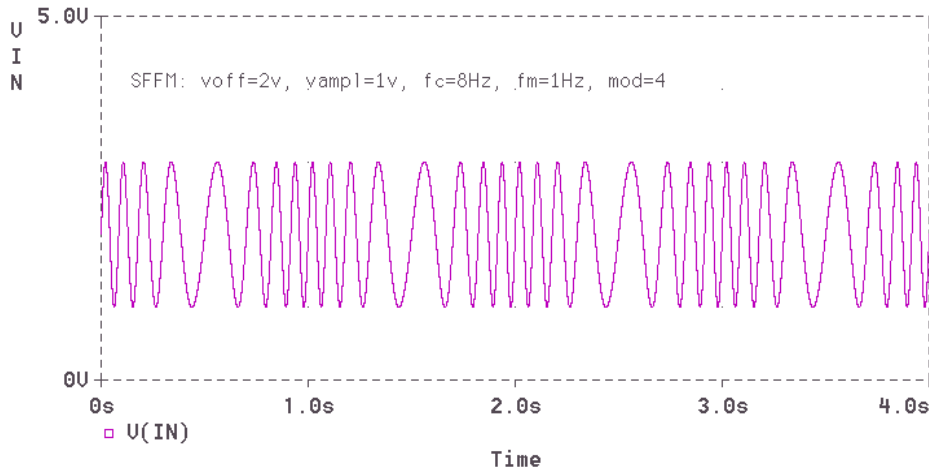
下图为一个调频信号波形实例。图中同时给出了描述该波形的参数数据。

表 5 描述调频信号参数

参数	含义	单位	内定值
voff	偏置电压	伏特	无内定值

vampl	峰值振幅	伏特	无内定值
fc	载频	赫兹	1/TSTOP
fm	调制频率	赫兹	1/TSTOP
mod	调制因子		0

注：表中 TSTOP 是瞬态特性分析中参数 Final Time 的设置值。



调频信号（例）

5.指数信号(EXP: Exponential Waveform)

下图给出了一个指数信号波形实例。描述该信号要有 6 个参数，如表 6 所示。表 7 列出了不同时刻指数信号电平值与这 6 个参数的关系。图中所示波形对应的参数如图中所示。由图可见，在时间 0—td1 这段时间内，信号电平为 v1，接着以 tc1 为时常数，从 v1 指数变化至 v2，直到时刻 td2 为止。然后又以 tc2 为时常数，按指数规律变化至 v1。

表 6 描述指数信号的参数

参数	名称	单位	内定值
v1	起始电压	伏特	无内定值
v2	峰值电压	伏特	无内定值
td1	上升（下降）延迟	秒	0
tc1	上升（下降）时常数	秒	TSTEP
td2	下降（上升）延迟	秒	Td1+TSTEP
tc2	下降（上升）时常数	秒	TSTEP

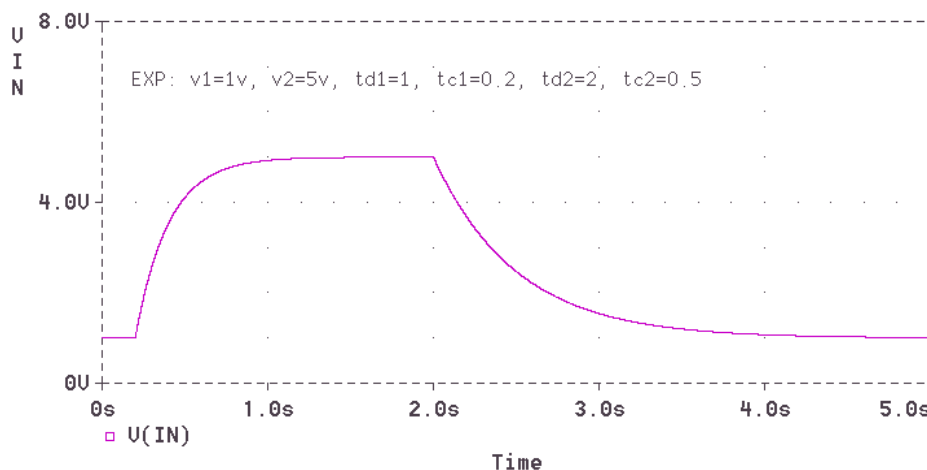
注：表中 TSTEP 为瞬态分析中参数 Print Step 的设置值。

表 7 指数信号电平值与参数的关系

时间范围	电平值
0-td1	v1

td1-td2	$v1+(v2-v1)(1-\exp(-(\text{TIME}-td1)/tc1))$
td2-TSTOP	$v1+(v2-v1)((1-\exp(-(\text{TIME}-td1)/tc1))(1-\exp(-(\text{TIME}-td2)/tc2)))$

注：表中 TSTOP 为瞬态分析中参数 Final Time 的设置值。



指数信号波形（例）



（二）、FILESTIMn 类信号源波形设置

FILESTIMn 的信号波形由一个波形描述文件中的数据确定。如果描述波形的数据量较大，或者激励信号是另一次逻辑模拟的输出波形，甚至是另一个模拟软件的结果，采用波形描述文件是一种比较好的方法。本节在介绍波形描述文件结构和格式的基础上，具体说明 FILESTIMn 的信号波形设置方法。

A、激励信号波形描述文件格式

波形描述文件由两个部分组成。

1 文件头(Header)

波形描述文件的开始部分称为文件头，包括时间值倍乘因子定义和信号名列表两部分。其一般格式如下所示：

```
TIMESCALE=<时间倍乘因子值>
<信号名 1>, ...<信号名 n>
OCT(<bit2 信号名>...<bit0 信号名>)
HEX(<bit3 信号名>...<bit0 信号名>)
```

(1)时间倍乘因子值：这是任选项参数。若有此项，在文件头中必须单独列为一行。波形描述部分的时间值等于设置值乘“时间倍乘因子值”。本参数内定值为 1。

(2)一般信号名列表：在文件头的信号名列表区中，用二进制数描述的信号只需列出信号名，不同信号名之间应该用空格或逗号等分隔符隔开。文件头中最多允许指定 255 个信号名，可以分成几行表示。每一行字符数不得超过 300 个。不同行的行首不要加续行标注符。

(3)OCT 和 HEX 信号名组：PSpice 可以用一个 8 进制数表示 3 个信号的逻辑电平值，用一个 16 进制数表示 4 个信号的逻辑电平值。在前一种情况下，相应的 3 个信号名合为一组，用关键词 OCT 作为该分组标志名。在后一种情况下，相应的 4 个信号名合为一组，用关键词 HEX 作为其标志名。显然，在 OCT 右侧括号中必须有 3 个信号名。在 HEX 右侧括号内必须有 4 个信号名。需要强调的是，在文件头中，OCT 和 HEX 分组信号以及一般信号的顺序应该与文件中波形描述部分逻辑电平设置值的顺序相对应。对高、低电平值，一般信号对应的是二进制数，而一个 OCT 分组和 HEX 分组分别对应于一个 8 进制数和 16 进制数。

2. 波形描述

在文件头后面即为波形描述。这两部分之间至少用一个空行隔开。波形描述部分由若干行组成。每一行格式为：

时间值 逻辑电平值

其中时间值与逻辑电平值之间应该用空格分开。

(1) 时间值：时间单位为秒。时间值可以用绝对模式(如 45ns, 1.2e-8 等)，或相对模式(如+5ns, +1e-9 等)表示。如果在文件头中有 TIMESCALE 设置值，则每一个时间值还应用该设置相乘(见下面图 7-7 例 3)。

(2) 逻辑电平值：波形描述部分逻辑电平值可采用的字符及其含义如表 8 所示。

表 8 逻辑电平设置值

	二进制	OCT(8 进制)	HEX(16 进制)
高低电平(High/Low)	0,1	0-7	0-F
不确定(Unknown)	X	X	X

高阻(Hi-impedance)	Z	Z	Z
上升(Rising)	R	R	
下降(Falling)	F	F	

如表 8 所示，在设置逻辑电平时，对 OCT 和 HEX，同一个分组中的几个信号高低电平分别用一个 8 进制和 16 进制数表示，但程序运行时会自动将其转换为等价的二进制数，并按从最高位(msb)到最低位(lsb)的顺序依次将每一位二进制数分别赋给分组括号中的每一个信号。如果逻辑电平值设置为 X、Z、R 或 F，则分组内的每一个信号均取该设置值。由于 F 是 16 进制数中的一个数，因此对 HEX 分组，不允许设置“下降”逻辑状态。

例 3： 下述文件内容描述了 13 个信号的波形。其中 Addr7,...Addr0 共 8 个信号分别用两个 HEX 分组表示。在文件头中设置了时间倍乘因子值。

```

TIMESCALE=10ns
Clock, Reset, In1, In2
HEX(Addr7, Addr6, Addr5, Addr4)
HEX(Addr3, Addr2, Addr1, Addr0)
RW

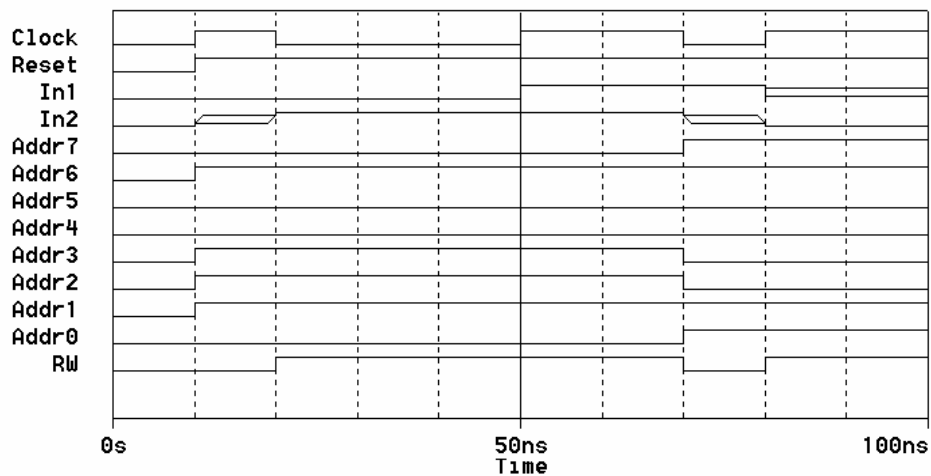
0  0000 00 0
1  110R 4E 0
2  0101 4E 1
+3 1111 4E 1
7  011F C3 0
8  11X0 C3 1

```

在上述波形描述中，同时采用了绝对时间模式和相对时间模式两种表示方式，分别给出了 t=0, 10ns, 20ns, 50ns, 70ns 和 80ns 六个时刻的波形变化。

由于文件头中包括 5 个一位信号，两个 HEX 分组信号，因此在波形描述部分，时间值后面逻辑电平设置项共有 7 个字符。前 4 个对应 4 个一般信号的逻辑状态设置，第 5 和第 6 个字符为两个 16 进制数，对应两个 HEX 分组内一共 8 个信号的逻辑状态设置。最后一

个字符用于描述文件头中最后一个一般信号 RW 的信号逻辑电平。



波形描述文件确定的信号波形(例 3)

上述文件描述的 13 个信号波形如上图所示。

B、FILESTIMn 信号源波形设置

由于 FILESTIMn 类信号源波形由波形描述文件中数据确定，因此其信号设置比较简单。在电路图中连击该类信号源符号，屏幕上出现元器件属性设置框，如下图所示，常规元器件属性参数项外，FILESTIMn 所特有的参数有 4 项。

		PSpiceOnly	FILENAME	SIGNAME	IO_MODEL	IO_LEVEL
1	SCHMATIC1 : PAGE1 : DSTM7	TRUE	DIG1.STL		IO_STM	0

FILESTIMn 参数设置

1. FILENAME (波形描述文件名)

本项参数的作用是指定调用那一个波形描述文件。

2. SIGNAME(信号名)

该项参数用于指定从波形描述文件中读取那几个信号名对应的波形描述数据。下面以前面例 3 所示波形描述文件的调用为例，说明与该参数设置有关的问题。设存放例 3 所示数据的文件名为 DIG1.STL 文件。上图中已将 FILENAME 项设置为 DIG1.STL。

(1) 1 位信号源 FILESTIM1: 对这种信号源，只需要指定一个信号名。若 SIGNAME 参数设置为 Reset，则 PSpice 将从 DIG1.STL 文件中读取信号名为 Reset 的波形描述数据，作为该信号源的激励信号

波形。显然，被调用的波形描述文件中一定要有一个名称与 **SIGNAME** 参数设置名或信号源输出端节点名相同的信号名。

(2) 多位信号源 **FILESTIMn**：这种信号源有 4、8、16 或 32 位输出，因此，需从波形设置文件中读取多组数据。具体设置方法与上述 1 位信号源情况类似。

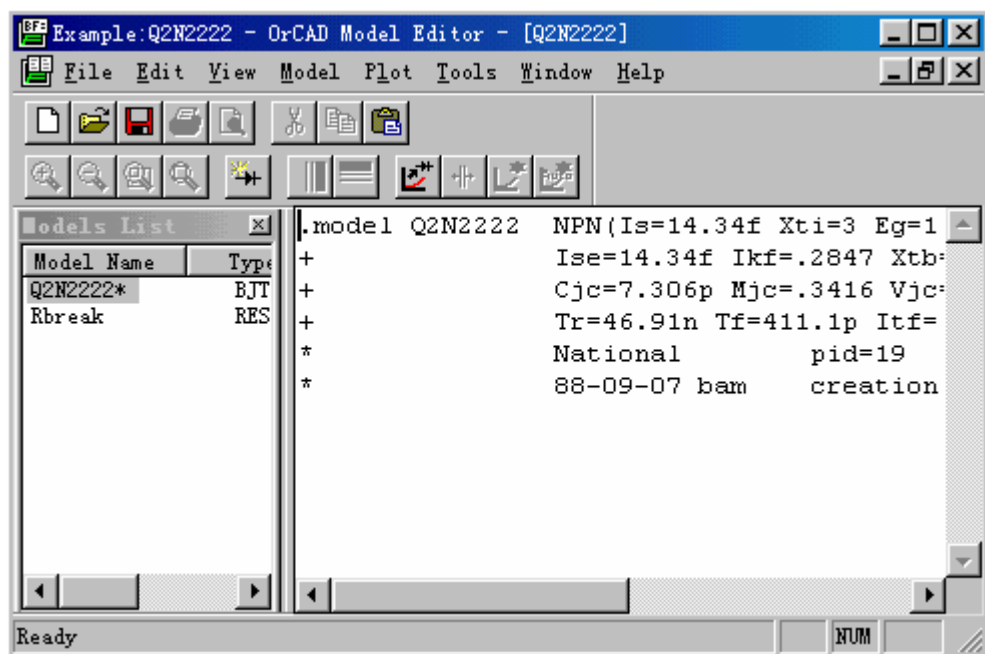
波形描述文件中的信号名个数与信号源位数(即信号源输出端节点名个数)不一定相等。即不要求文件中每一个信号名均被调用。但波形描述文件中一定要有与信号源输出端节点名称相同的信号名。在一个电路图中，可以有多个 **FILESTIMn** 信号源调用同一个波形描述文件

十一、 模型编辑

在 PSpice 中，为了方便用户修改器件模型，提供了一个模型编辑器 (PSpice Model Editor)，通过 PSpice Model Editor，也可以新建自己的模型。

1、 编辑器件模型

在 Capture 的 Schematic 中，选中需要编辑的器件，点击 Edit>Pspice Model，系统将会自动到 PSpice 的模型库中查找该器件的模型，并弹出如下窗口：

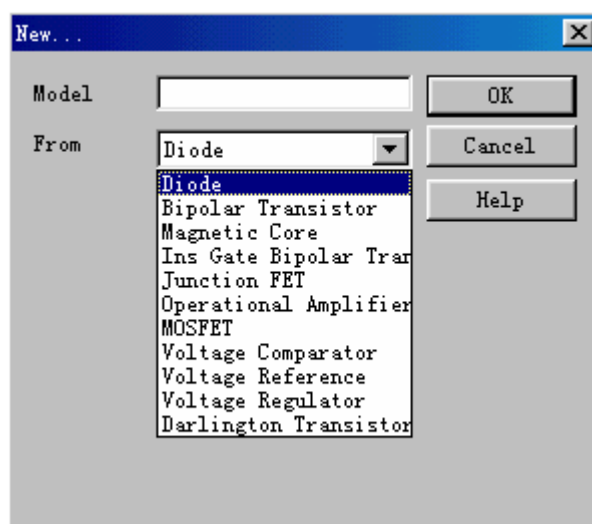


通过修改窗口中的文本，并保存退出，即已经修改了该模型。但是修改后的模型只对该设计起作用，并不会影响到 PSpice 的仿真库。

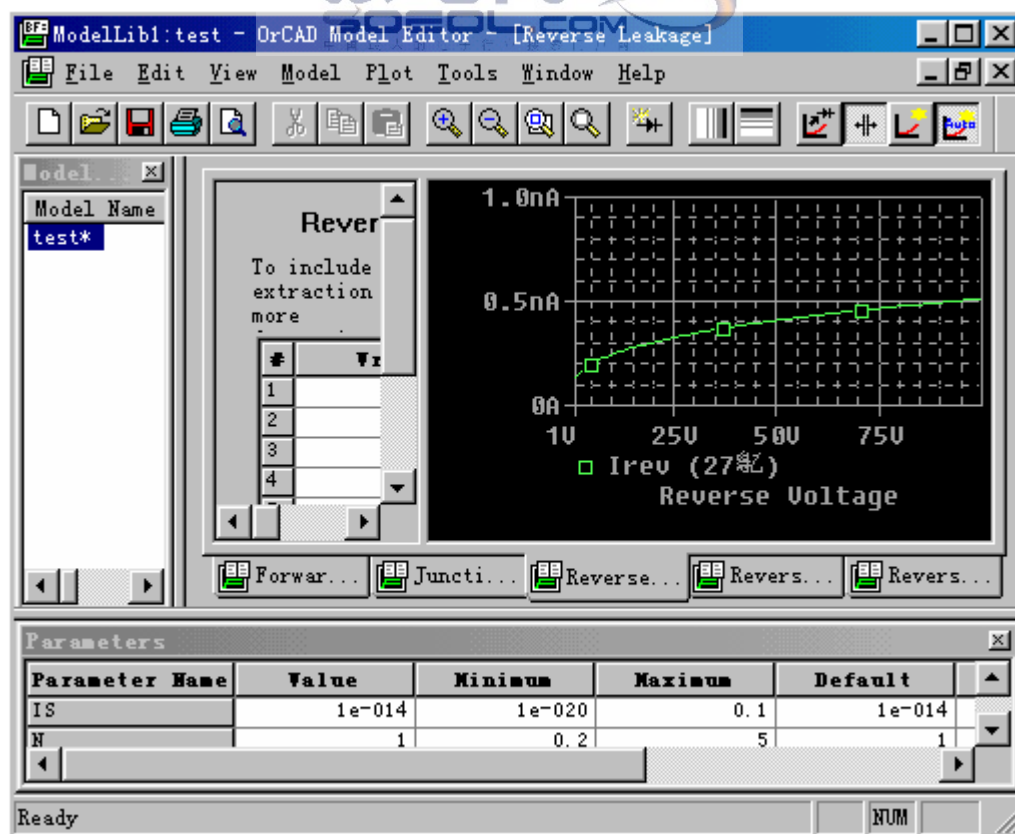
另外一种方法是直接从开始菜单中打开 PSpice Model Editor, 然后直接打开相对应的库文件, 选中相应的器件然后开始修改, 这样将会直接影响以后该器件的模型。

2、新建器件模型

从开始菜单中打开 PSpice Model Editor, 从菜单 Model>New, 系统弹出如下对话框:



在 Model 中输入模型名称, 点击 OK, 即会出现如下窗口:



你可以通过 View 菜单中的 Normal 或 Model text 选择以波形或文本的形式来编辑器件模型。

注意：PSpice 支持的模型参数含义，在软件光盘的下面文件中有详细的介绍：

<光盘>\Document\pspcref.pdf

在附件 A 中举出三极管的模型参数。可以参阅。



附件 A：三极管模型参数





附件 B: PSpice 常用的全局函数



附件 C: ABM 行为器件库的应用实例

一、Modeling voltage-controlled and temperature-dependent resistors

Voltage-controlled resistor

If a Resistance vs. Voltage curve is available, a look-up table can be used in the ABM expression. This table contains (Voltage, Resistance) pairs picked from points on the curve. The voltage input is nonlinearly mapped from the voltage values in the table to the resistance values. Linear interpolation is used between table values.

Let's say that points picked from a Resistance vs. Voltage curve are:

Voltage	Resistance
0.5	25
1.0	50
2.0	100

The ABM expression for this is shown in [Figure 1](#).



Figure 1 - Voltage controlled resistor using look-up table

Temperature-dependent resistor

A temperature-dependent resistor (or thermistor) can be modeled with a look-up table, or an expression can be used to describe how the resistance varies with temperature. The denominator in the expression in [Figure 2](#) is used to describe common thermistors. The TEMP variable in the expression is the simulation temperature, in Celsius. This is then converted to Kelvin by adding 273.15. This step is necessary to avoid a divide by zero problem in the denominator, when T=0 C.

NOTE: TEMP can only be used in ABM expressions (E, G devices).

[Figure 3](#) shows the results of a DC sweep of temperature from -40 to 60 C. The y-axis shows the resistance or $V(I1:-)/1A$.

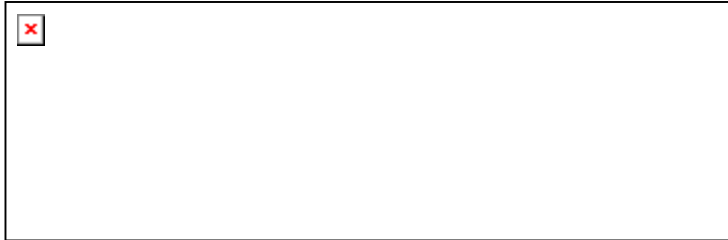


Figure 2 - Temperature controlled resistor



Figure 3 - PSpice plot of Resistance vs. Temperature (current=1A)

Variable Q RLC network

In most circuits the value of a resistor is fixed during a simulation. While the value can be made to change for a set of simulations by using a Parametric Sweep to move through a fixed sequence of values, a voltage-controlled resistor can be made to change dynamically during a simulation. This is illustrated by the circuit shown in [Figure 5](#), which employs a voltage-controlled resistor.



Figure 4 - Parameter sweep of control voltage

This circuit employs an external reference component that is sensed. The output impedance equals the value of the control voltage times the reference. Here, we will use Rref, a 50 ohm resistor as our reference. As a result, the output impedance is seen by the circuit as a floating resistor equal to the value of V(Control) times the resistance value of Rref. In our circuit, the control voltage value is stepped from 0.5 volt to 2 volts in 0.5 volt steps, therefore, the resistance between nodes 3 and 0 varies from 25 ohms to 100 ohms in 25 ohm-steps.

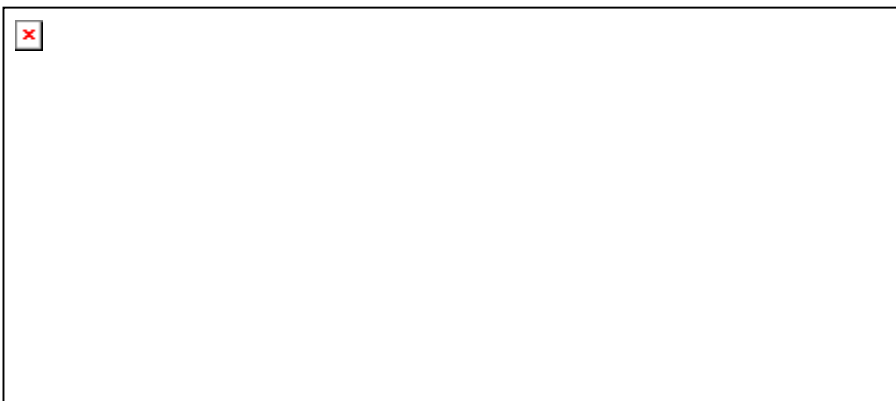


Figure 5 - Variable Q RLC circuit

A transient analysis of this circuit using a 0.5 ms wide pulse will show how the ringing differs as the Q is varied.

Using Probe, we can observe how the ringing varies as the resistance changes. [Figure 6](#) shows the input pulse and the voltage across the capacitor C1. Comparing the four output waveforms, we can see the most pronounced ringing occurs when the resistor has the lowest value and the Q is greatest. Any signal source can be used to drive the voltage-controlled resistance. If we had used a sinusoidal control source instead of a staircase, the resistance would have varied dynamically during the simulation.

