

Virtuoso Analog Design Environment

实验手册

Version 5.1.41

实验一、熟悉 Virtuoso Analog Design Environment

实验摘要：通过一些基本操作熟悉 Linux 操作系统下 Virtuoso Analog Design Environment 设计工具。

Virtuoso Analog Design Environment 是一个在 Design Framework II 设计软件系列中的一个，它可以进行输出波形查看，模拟仿真等，Virtuoso Analog Design Environment 有一个非常友好的图形界面。

实验步骤：

一、登录 Linux 操作系统，用安装软件的用户登录，最好不要用 root 用户。

二、打开 Linux 的终端，进入软件所在文件夹，比如我的是 /home/chengtao/adelab5，输入 `cd /home/chengtao/adelab5`，即可进入，注意在安装时有一个 `lnx86.cshrc` 的文件，在每次进入 Cadence 之前都应该先运行以下命令：`source lnx86.cshrc`，然后再终端中输入 `icms &`，稍等片刻，即可进入 Cadence 图形界面 CIW，如下图 1 所示（会弹出一个 Cadence 得介绍窗口，关闭即可）。

三、打开一个尖峰检测电路。

1、选择 Tool 下的 Library Manager，即可弹出 Library Manager 对话框，总共有三栏分别为：Library、Cell、View，只有在 Library 下有目录，另外两个是空的，点 `traning`，在 Cell 下便会显示很多目录，我们选择点击 `peakTestv`，在 View 下会出现一个 `schematic`，双击便会弹出一个对话框，如下图 2 所示。

2、选中 `peakDetectv`，`peakDetectv` 会被白色的正方形线包围，然后依次执行 Design—Hierarchy—Descend Edit（可以使用快捷键 E），会蹦出一个小对话框，在 View Name 中选择 `schematic`，点击 Ok，则会弹出一个电路图，如下图 3 所示。

3、用鼠标选中一个 `Ampv`，按下 E 键，将 ViewName 设置为 Verilog，点击 OK，即可弹出这个器件的 Verilog-a 语言描述，可以仔细参考一下，先不要关闭。

四、运行仿真。

1、在 VerilogA-Editor 对话框中，选中 Design 下的 Return，即可回到原来的 Schematic Editor 对话框，依次选择 Tool-Analog Environment，弹出一个对话框，如下图 4 所示。

2、依次选择 Setup-Simulator/Directory/Host，确认 Simulator 设置为 `spectre`，点击 Ok。

3、依次选择 Setup-Model Libraries，在弹出的对话框中点击右下角的 Browser，将目录设置为 `/home/chengtao/adeab5/Models/myModels.scs`，点击 Add，点击 OK。

4、依次选择 Analysis-Choose，（也可点击对话框右侧的 Choose Analysis），弹出一个对话框，如下图 5 所示设置，点击 OK。

5、重新选中 `peakTestv` 块，按 E 键打开尖峰检测电路，然后再 Analog Design Environment 对话框中依次选择 Outputs-To Be Plotted-Select On Schematic，在尖峰检测电路中选择 `vinput`、`vcap`、`vcontrol` 附近的线路，然后按下 Esc 键，重新返回到 Analog Design Environment 对话框，得到如下图 6 所示。

6、依次执行 Simulation-Nestlist and Run, 也可点击对话框右侧的 Nestlist and Run, 稍等片刻, 会弹出两个窗口, 其中有一个波形窗口, 波形应该是如下图 7 所示。

7、关闭所有窗口, 不必保存。

实验二、Schematic Entry

实验摘要: 在自己创建的目录下添加一个放大器, 对放大电路创建符号, 并对该放大器进行测试仿真。

试验步骤:

一、创建 Library 和 Schematic Cellview。

1、进入 CIW 窗口, 依次执行 File-New-Library, 在 Name 一栏里输入 mylib, 在右边的 Technology File 中选中 Don't need a techfile, 点击 Ok。

2、继续在 CIW 窗口中执行 File-New-Cellview, 将 Library Name 设置为 mylib, Cell Name 中输入 amplifier, View Name 设为 schematic, Tool 设为 Composer-Schematic, 点击 OK, 弹出一个 Schematic Editor 窗口。

3、在 Schematic Editor 窗口中, 我们要画一个如图 8 所示的电路。添加元件, 可以选择 Add-Instance, 或者按下键盘上的 I 键, 要添加的元件列表如下:

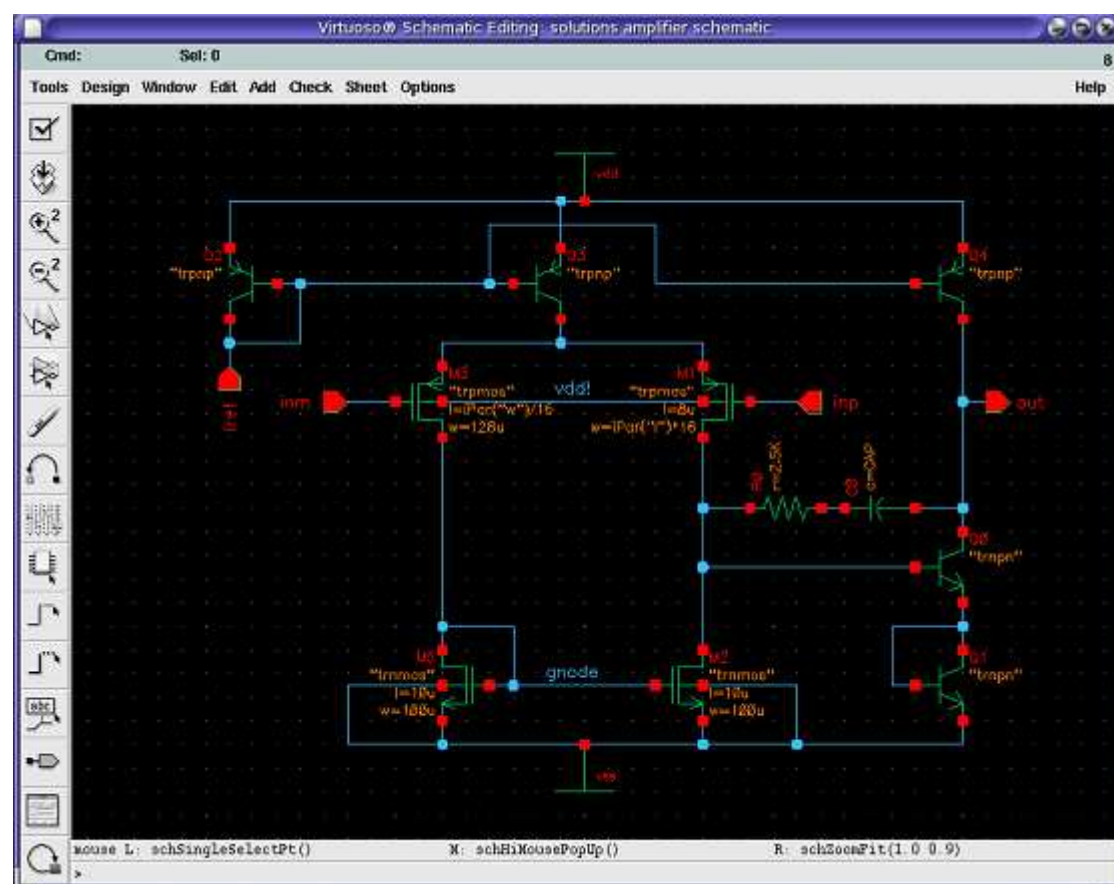


图 8

Library Name	Cell Name	Properties/Comments
<i>analogLib</i>	<i>pnp</i>	For Q2, Q3, Q4: Model Name=trpnp (no quotes)
<i>analogLib</i>	<i>nnp</i>	For Q0, Q1: Model Name=trnpn (no quotes)
<i>analogLib</i>	<i>pmos4</i>	For M1: Model Name=trpmos (no quotes) Length=8u, Width=iPar("l")*16
<i>analogLib</i>	<i>pmos4</i>	For M3: Model Name=trpmos (no quotes) Length=iPar("w")/16, Width=128u
<i>analogLib</i>	<i>nmos4</i>	For M2, M5: Model Name=trnmos, Width=100u, Length=10u
<i>analogLib</i>	<i>res</i>	Resistance=2.5K
<i>analogLib</i>	<i>cap</i>	Capacitance=CAP (Design Variable)
<i>analogLib</i>	<i>vdd, vss</i>	

一个添加的例子如下图 9 所示：

注意：点击 **Browser** 即可进行选择，要注意器件的方向要与图 8 所示的方向一致，可以使用 **Rotate** 和 **Sideways** 进行改变器件方向，将鼠标移入 **Schematic Editor** 窗口，单击即可添加，按下 **Esc** 键即可结束添加。

4、添加节点，执行 **Add-Pin**，或者直接按 **P** 键，**Pin Name** 中输入节点名称，如下所示：

Pin Names *iref inp inm out*

各节点名称要用空格隔开，**Direction** 设为 **input**，**Usage** 设为 **schematic**，将鼠标移入 **Schematic Editor** 窗口，会有一个图形跟着鼠标，选择好 **iref** 的方向（使用 **Add Pin** 窗口下面的 **Rotate** 和 **Sideways** 按钮），单击即可将 **iref** 放入，再回到 **Add Pin** 窗口，选择好 **inp** 的方向，依次类推，鼠标每点一下，将放入一个，注意再放入 **out** 之前，要将 **Direction** 改为 **output**。

Tips:

- ✧ 当器件已经放入时，仍然可以更改其方向，选择 **Edit—Rotate** 时，单击某个器件即可旋转，**Esc** 可以退出，还可以更改期间的属性，选中某个器件，**Edit—Properties—Object** 即可更改部分属性。
- ✧ **Schematic Editor** 窗口左边有一排快捷键，使用时可提高效率。
- ✧ 器件的旋转方向只有一个，要想改变只能通过 **Sideways** 来改变的，在添加时就要使用 **Sideways** 按钮，再添加完之后，无法改变。
- ✧ 有很多键盘的字母代表快捷键，在你使用工具栏时，会看到他们各代表什么。

5、点击左边一排快捷键中的 **Wire (narrow)**，将所有器件连成如图 8 所示的电路，或者直接按 **W** 键。

6、当你完成连接之后，添加 **Wire Name**，用 **Add—Wire Name**，或者直接按 **L** 键，在 **Names** 栏中输入 **Vdd! gnode**，用空格隔开，将鼠标移入 **Schematic Editor** 窗口在相应的位置处单击即可加入。（要点击相应的线）

7、点击左边快捷键最上面的那个 Check and Save, 在 CIW 窗口里会有信息输出。
二、为放大器创建 Symbol。

1、在 Schematic Editor 窗口中执行 **Design—Create Cellview—From Cellview**, 如下图所示窗口进行设置, 点击 OK, 如图 11 所示设置, 点击 OK, 弹出如图 12 所示窗口。

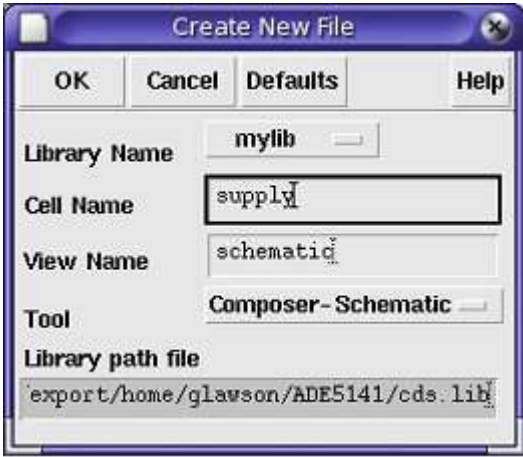
2、选中中间的绿色长方形, 删除, 执行 **Add—Shape—Polygon**, 在 Symbol Editing 窗口的最下面有提示: Point at first of polygon, 要你选择多边形的第一个点, 在这里我们作一个三角形, 将它编辑成如下图 13 所示, 注意所有的东西均可以用拖拽的方式编辑, 也可以所示左边的一排工具, 三角形内的文字可以使用 **Add—Note—Note Text** 添加, 在弹出的对话框中进行如下设置:

Note Text	Amp
Font Height	0.0825
Justification	centerCenter

3、点击左边一排按钮中最上面的 Save, 关闭该窗口即可, Schematic Editor 窗口也可关闭。

三、创建 Supply Circuit。

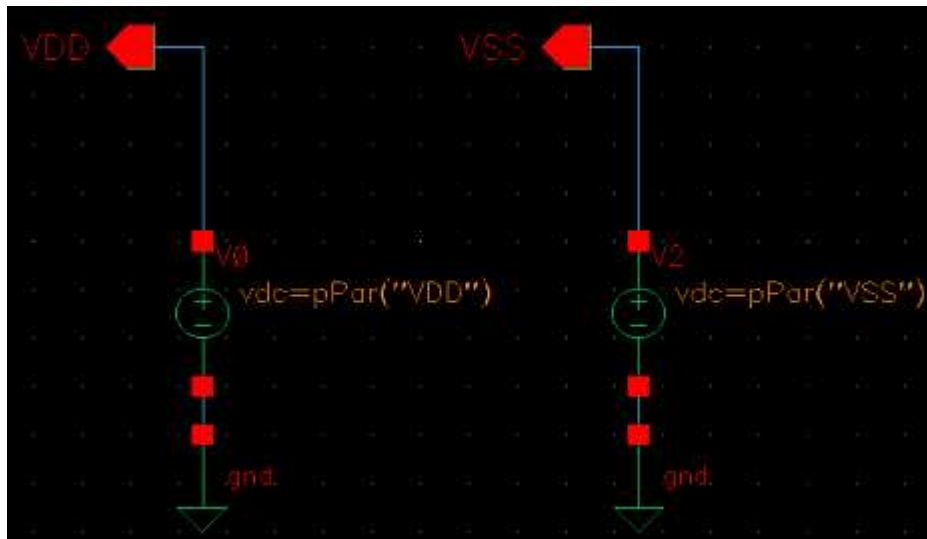
1、在 CIW 窗口中执行 **File—New—Cellview**, 在弹出的窗口中进行如下设置:



点击 Ok, 一个空白的 Schematic Editing 窗口弹出。

2、添加下列列表中的元件, 连成如下图所示的电路:

Library Name	Cell Name	Properties/Comments
analogLib	vdc	For V0: DC voltage = pPar("VDD")
analogLib	vdc	For V2: DC voltage = pPar("VSS")
analogLib	gnd	



图中的 VDD、VSS 为输出接点，可通过 P 键添加（注意添加前要使用 Sideways），连完后点击左上角的 Check and Save。

3、为 Supply Circuit 创建 Symbol。在 Schematic Editing 窗口执行 **Design—Create Cellview—From Cellview**，弹出一个窗口，点击 OK 即可弹出 Symbol Generation Options 窗口，在 Top Pins 一栏中填入 VDD VSS，其他空着，点击 OK，会弹出一个 Symbol Editing 窗口，如图 14 所示。

4、可以不必编辑，直接保存，直接点击左上角的 Save，关闭该窗口，Schematic Editing 窗口也可关闭。

四、建立放大器测试电路。

1、在 CIW 窗口中，执行 **File—New—Cellview**，在弹出的窗口进行如下设置：



点击 OK。

2、在弹出的空的 Schematic Editing 窗口添加以下列表中的元件：

Library Name	Cell Name	Properties/Comments
mylib	amplifier	
mylib	supply	VDD = 5, VSS = -5
analogLib	vsin	For V2: AC Magnitude=1, Amplitude=50m, Frequency=1M, Offset voltage = 0
analogLib	idc	For I2: DC current = 500u
analogLib	res	For R1: Resistance = 20K
analogLib	res	For R0: Resistance = 10K
analogLib	vdd, vss	

将这些元件连接成如下图 15 所示的形状，（需要添加一个 Wire Name）。

点击 Check and Save 键，先不要关闭本窗口。留着下一个实验用！

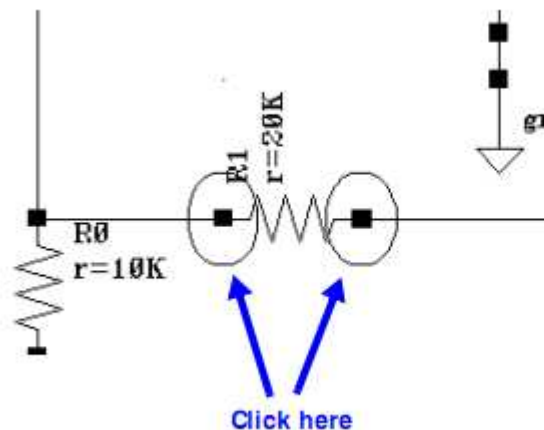
实验三、模拟仿真

实验摘要：本实验主要对实验二中所建立的放大器测试电路进行模拟仿真。

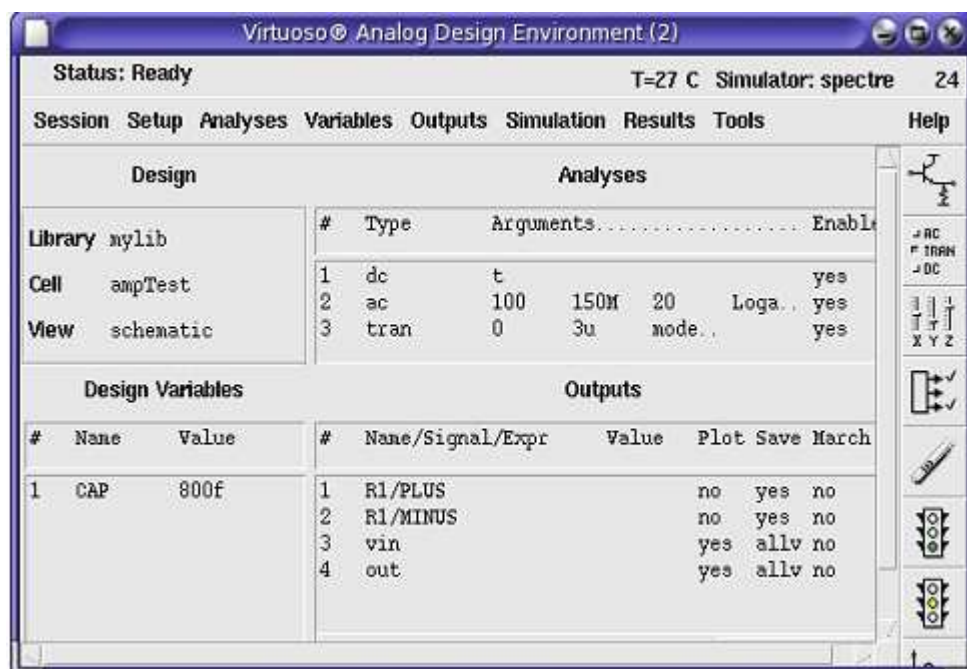
实验步骤：

一、运行仿真。

- 1、在放大器测试电路的窗口中，执行 **Tools—Analog Environment**，弹出一个 Analog Design Environment 窗口，执行 **Setup—Simulator/Directory/Host**，将 Simulator 设置为 spectre，点击 OK。
- 2、执行 **Setup—Model Libraries**，点击右下角的 Browser，将目录设为 ~/adelabic5/Models/myModels.scs，点击 Add，点击 Ok。
- 3、选择窗口右边的 Choose Analysis 按钮，进行如下设置：
 - 1) Analysis 设为 ac，Sweep Variable 设为 Frequency，Sweep Range 设为 Start-Stop，Start 100，Stop 150M，Sweep Type 设为 Logarithmic，选中 Point Per Decade，其后面填入 20，点击 Apply，如下图 16 所示。
 - 2) Analysis 设为 tran，Stop Time 设为 3u，选中 moderate，点击 Apply。
 - 3) Analysis 设为 dc，选择 Save Operating Point，点击 Apply，点击 OK。
- 4、在 Analog Design Environment 窗口右侧选择 Edit Variable 按钮，点击窗口下方的 Copy From，点击 Find 回到 Schematic Editing 窗口，选中放大器，按 E 键，回到 Schematic Reading 窗口，重新点击 Find，电容就会被矩形包围，这在大规模的电路中需找某个器件很有用。
- 5、回到 Editing Design Variables 窗口，将 Value(Expr) 设为 0.8p，点击 Change, OK。
- 6、回到 Analog Design Environment 窗口，执行 **Outputs—Save All**，确认 allpub 选项被选中，OK。
- 7、执行 **Outputs—To Be Saved—Select On Schematic**，自动回到 Schematic Editing 窗口，选中 R1 电阻的两个端点，如下图所示：



按下 Esc，当我们再次查看 Analog Design Environment 窗口时，Outputs 里多了两项，再次执行 **Outputs—To Be Plotted—Select On Schematic**，选中 vin 和 vout 附近的线路，按 Esc，现在 Analog Design Environment 窗口变成了如下图所示：



8、执行 **Simulation—Netlist and Run**，或者点击 Analog Design Environment 窗口右侧 Netlist and Run 按钮，稍等一会，会蹦出两个窗口，一个是文本窗口，一个是输入输出波形窗口，如下图所示，看看你所得到的输入输出波形是否下面的一致。

图 17，图 18。

9、在这里要说几个常见问题：

- 若输出波形不对，一般是你最开始所画的电路图有问题，请检查。
- 当你改变了电路时，或者改变了某些参数时，需要重新产生网表，否则仿真还是原来的仿真结果。
- 要保存当前的仿真参数，执行 **Session—Save State**，Save As 一栏设为 state1，

并确保窗口下方所有的选项均被选中。

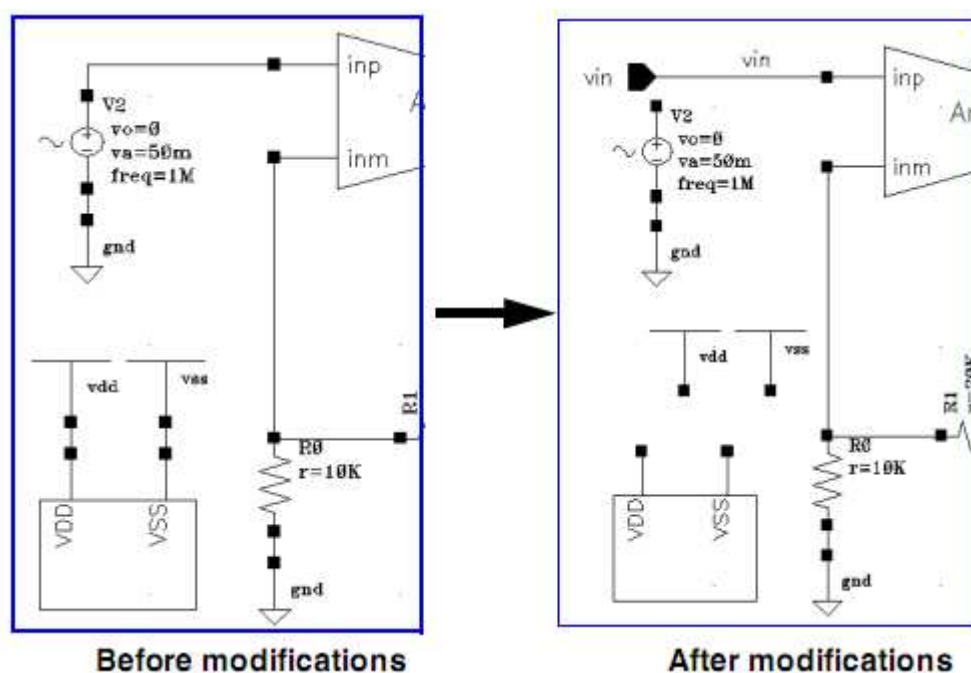
10、用 Snapshot 查看仿真结果。在 Analog Design Environment 窗口中使用 Control 键选中 dc 和 ac，执行 **Analyses—Disable**，我们发现 dc 和 ac 一栏的 yes 变成了 no，而 tran 还是 yes，我们双击 tran，在弹出的窗口中点击右下角的 Options，在 **TIME STEP PARAMETERS** 区域里，将 maxstep 设为 100p，点击 Apply。这样做的目的是为了是仿真的时间较长，使你能够抓住某个仿真的瞬间查看。

11、点击 Run 按钮运行仿真，在弹出的文本框 (specture 输出窗口) 显示第一个时间点开始仿真时，点击 **Plot Outputs** 按钮，此时会看到一个不完整的波形输出，不久，完整的波形便会输出。

12、为下一步做准备。执行 **Session—Load State**，将刚才保存的 state1 加载进来 (会弹出波形窗口)，回到 Schematic Editing 窗口 (ampTest 电路窗口)，执行 **Design—Probe—Remove All**，去掉那些彩色的探测线，先不要关闭任何窗口。

二、运用图像仿真模板放大器检测电路进行仿真。

1、更改 ampTest 电路，如下图所示：

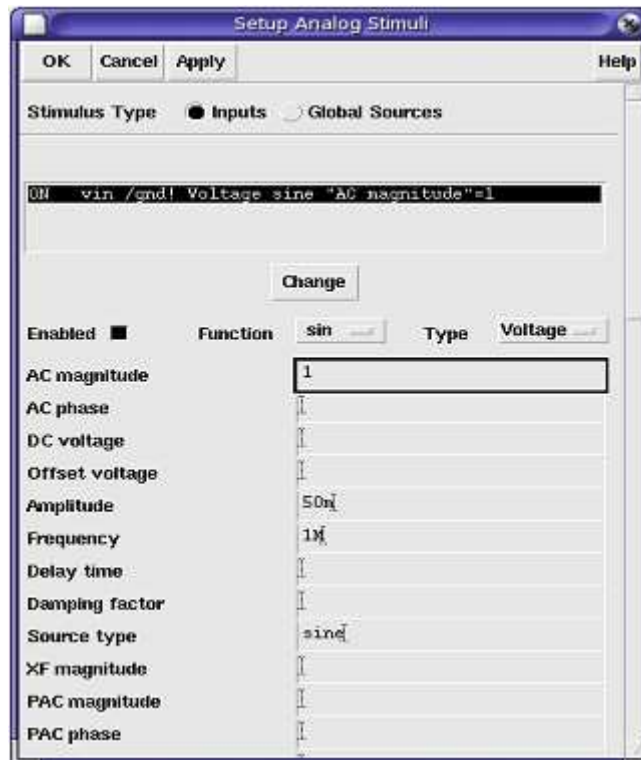


这一步简单，只需要使用 P 键添加一个 vin 输入节点，删掉一些连接线即可，改完之后，点击左上角的 Check And Save 按钮，此时会弹出一个对话框说有零个错误三个警告，不必理会 close 即可。

2、回到 Analog Design Environment 窗口，执行 **Setup—Stimuli**，弹出 Setup Analog Stimuli 窗口，将 Stimulus Type 设为 Inputs，选择 Enable 选项，进行如下设置后，点击 Change 按钮。

Function	sin
AC Magnitude	1
Amplitude	50m
Frequency	1M

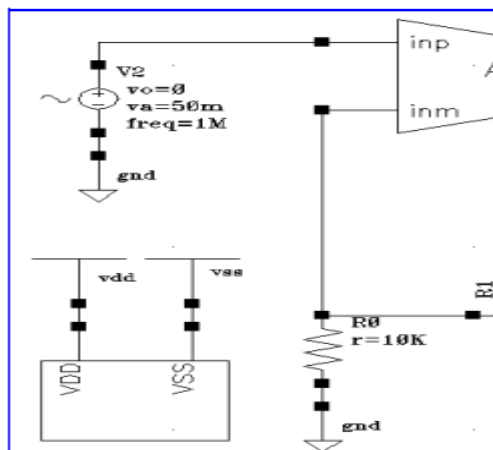
看看你的设置是否和下面的一致：



这样实际上将一个正弦信号连接到输入节点 vin，然后选中 Global Sources，选中“OFF vdd! /gnd! Voltage bit”，选中 Enable，Function 设为 dc，只设置 **DC voltage** 5，点击 Change，同样选中“OFF vss! /gnd! Voltage bit”，选中 Enable，Function 设为 dc，**DC voltage** -5，点击 Change，点击 OK。

3、由于我们改变了电路等参数，所以在进行仿真之前，我们要重新生成网表，执行 **Simulation—Netlist—Recreate**，弹出网表窗口，关闭即可，然后就点击 Analog Design Environment 窗口右边的 Run 按钮，片刻即可输出波形，该波形与原来的波形是一致的，如下图 19 所示，若你所得到的不一致，请检测设置。

4、为下一步作准备。其实也就是将原来的东西改回来，执行 **Setup—Stimuli**，将 Stimulus Type 设为 Input，去掉 Enable 选项，点击 Apply，将 Stimulus Type 设为 Global Source，选中将 vdd 和 vss 的 Enable 选项都去掉，并点击 Apply。还要将 ampTest 电路改回来，如下图所示：



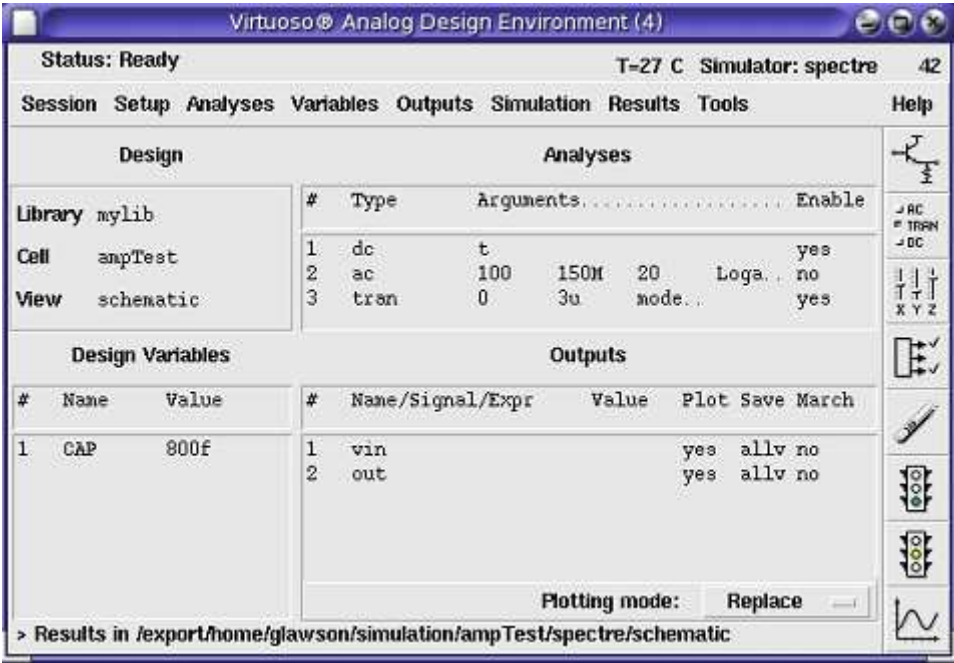
点击 Check And Save 按钮，并执行 **Design—Probe—Remove All**，现在你可以重新产生网表，进行仿真以下，看看你是否还能得到原来的结果。

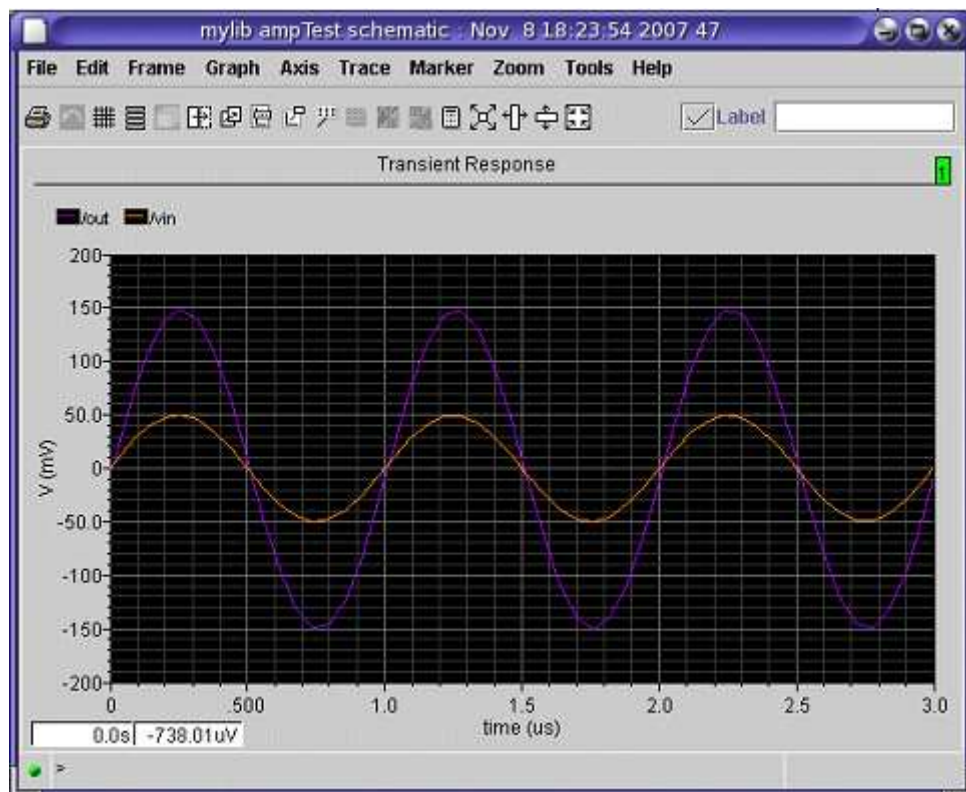
5、此时，你可以关闭所有窗口，下次要重新打开。

三、瞬态工作点分析。

1、开始设计环境，进入终端，运行 `source lnx86.cshrc`，然后进入 `adelabic5`，执行 `icms &`，进入 CIW 窗口，执行 **Tools—Library Manager**，打开 `ampTest` 的 Schematic。

2、执行 **Tools—Analog Environment**，接着在 Analog Design Environment 窗口执行 **Session—Load State**，接着选中 `ac`，执行 **Analyses—Disable**，Analog DesignEnvironment 窗口将变成如下图所示，然后使用 **Netlist and Run** 按钮，片刻将会弹出 `spectre` 窗口和波形窗口，如下图所示。





我们注意到输出波形显示一个增益为 3 的电压输出。

3、接下来我们将输入要分析的时间点。在 Analog Design Environment 窗口，执行 **Analyses—Choose**，选中 tran 分析，然后点击右下角的 Options 按钮，会弹出一个很长的窗口，我们往下拉，找到 infotimes 这一栏，输入如下图所示数据：

1.505u 2.0u 1.00u 1.25u

中间用空格隔开，去掉上一行的 Save Final Op Pt 选项，其它的不要动，点击 OK，Choose Analysis 窗口也点击 OK。

4、重新产生网表，执行 **Simulation—Netlist—Recreate**，网表输出窗口将会产生，然后点击 Run 按钮，又会产生一个波形输出，一个 Specture 窗口，波形跟上一个是一样的，关闭它们即可。这里我们回到 Schematic Editing 窗口，我们选中 Amp，按下 E 键，点击 OK，回到我们最初的放大器，在下面的步骤将会用到这个。

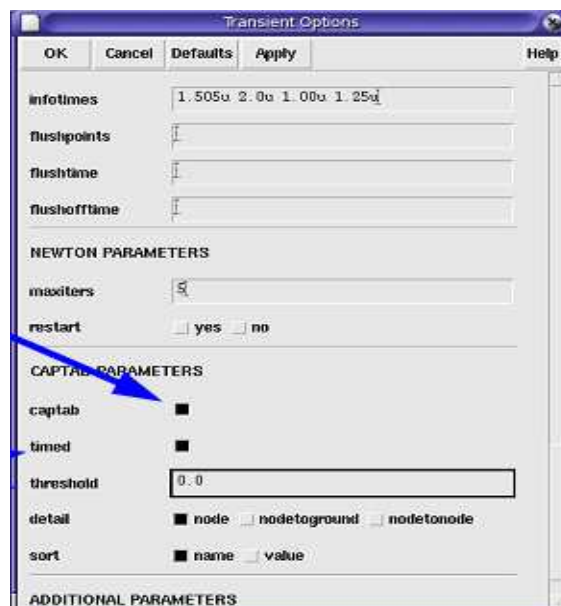
5、回到 Analog Design Environment 窗口，执行 **Results—Print—Transient Operating Points**，会弹出 Results DisplayWindow 窗口会弹出，但放大器电路自动置顶，我们选中 M1，然后选中 M3，然后按 Esc 键，随着你选中某个器件，瞬态工作点分析信息会加入到 Results Disney Window 窗口，如下图所示：

Results Display Window				
Window Expressions Info				Help 52
signal	OPT('/I8/M1' *	OPT('/I8/M1' *	OPT('/I8/M1' *	OPT('/I8/M1' *
time	1u	1.25u	1.505u	2u
stress	0	0	0	0
age	0	0	0	0
he_vdsat	0	0	0	0
ids	-173.5u	-173.9u	-174.7u	-173.5u
vgs	-2.23	-2.225	-2.233	-2.23
vds	-5.967	-6.013	-5.967	-5.967
vbs	2.77	2.725	2.769	2.77
vth	-1.252	-1.246	-1.252	-1.252
vdsat	-840.4m	-841.1m	-843.2m	-840.4m
gm	352.8u	353.3u	354u	352.8u
gds	1.789u	1.785u	1.801u	1.789u
gmbs	45.29u	45.63u	45.45u	45.29u
gameff	497.3m	497.3m	497.3m	497.3m
betaeff	370.8u	370.8u	370.8u	370.8u
cbd	0	0	0	0
cbs	0	0	0	0
cgs	584.2f	584.2f	584.2f	584.2f
cgd	24.32f	24.32f	24.32f	24.32f
cgb	48.54f	48.65f	48.6f	48.54f
ron	34.39K	34.57K	34.16K	34.39K
id	-173.5u	-173.9u	-174.7u	-173.5u
ibulk	20f	20f	20f	20f
pwr	1.035m	1.046m	1.042m	1.035m
gmoverid	-2.034	-2.031	-2.027	-2.034
isub	0	0	0	0
region	2	2	2	2
degradation	0	0	0	0
reversed	0	0	0	0
type	1	1	1	1

找到 M1 和 M3 的 ids 和 gm 的相应的行，检查这些行的数据是否近似相差不大。
四、查看电容列表。

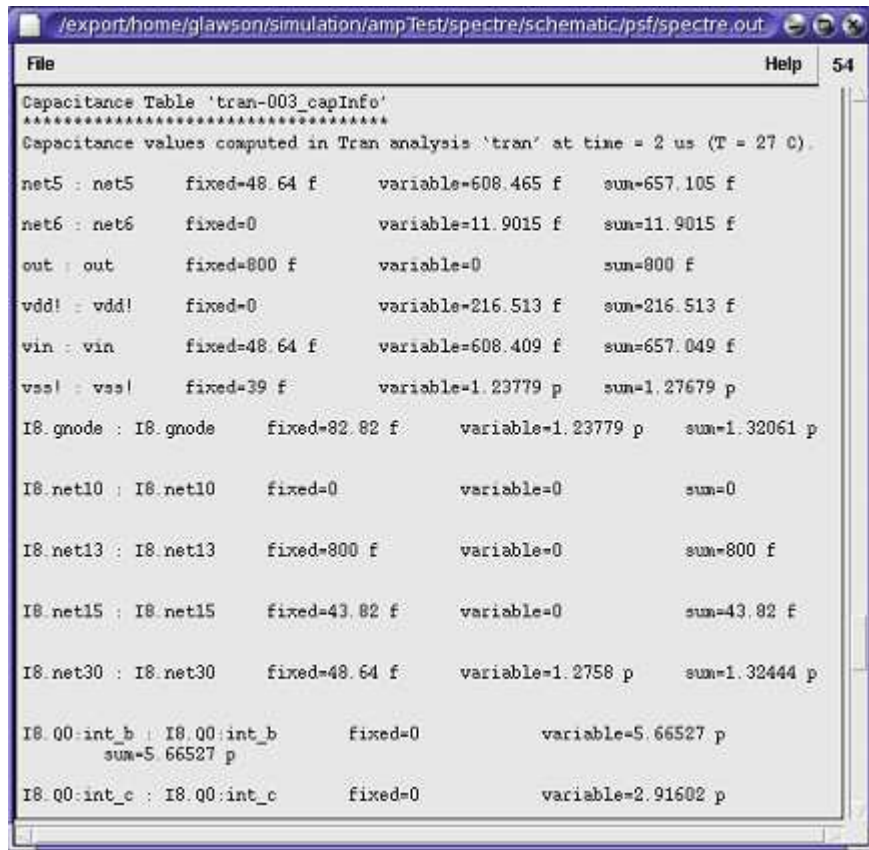
Virtuoso Analog Design Environment 能够提供在仿真时，器件和节点的详细电容值列表。

1、在 Analog Design Environment 窗口，执行 **Analyses—Choose**，点击右下角的 Options 按钮，弹出一个很长的窗口，往下拉，找到 captab 选中，timed 选中，threshold 设为 0.0，details 设为 node，如下图所示：



点击 OK。

2、重新生产网表，执行 **Simulation—Netlist—Recreate**，然后点击 Run 按钮，仿真结束后，会弹出波形窗口和 spectre 窗口，在 spectre 窗口中就能查看到电容值，如下图所示：



你所看到的可能与上图稍有不同，但大体应该是相同的。

3、除了 CIW 窗口，关闭其它任何窗口，不要再一次保存 state。

实验四、显示仿真结果

一、

1、打开 Library Manager 窗口，打开 mylib 里的 ampTest 电路。

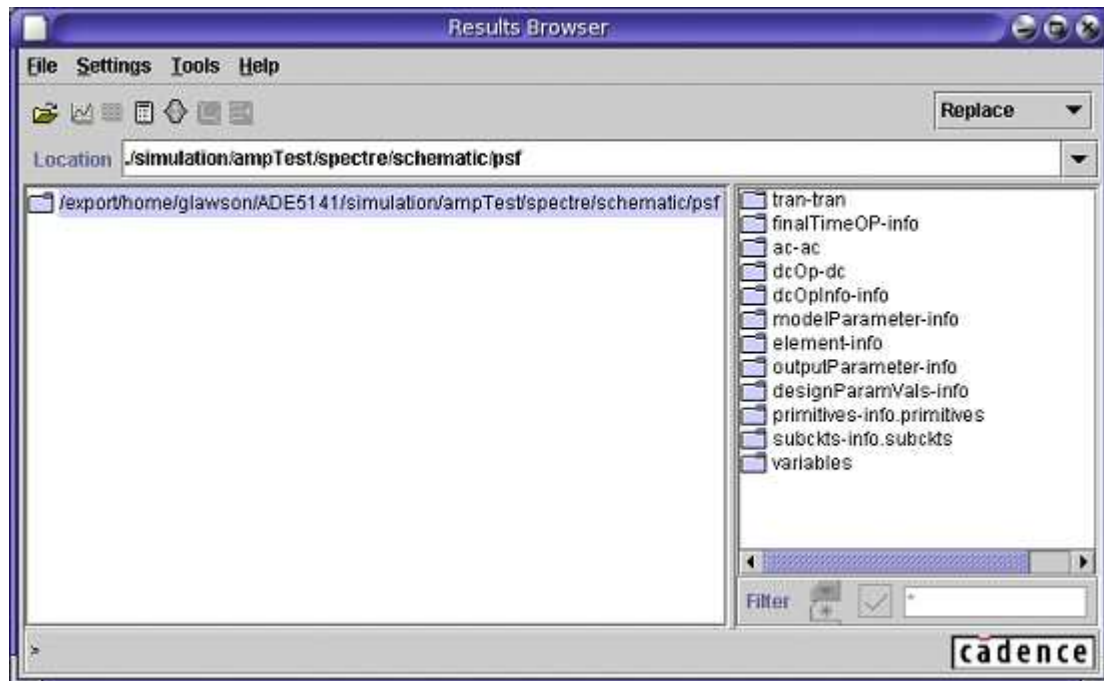
2、在 Schematic Editing 窗口中，执行 **Tools—Analog Environment**，在 Analog Design Environment(以下简称 ADE)窗口，执行 **Session—Load State**，选中 state1，点击右侧的 Nestlist And Run 按钮运行仿真，产生输入输出波形。

3、学会使用图像窗口。此时显示的输入输出波形有两个，一个是 Transient 响应，一个是 AC 响应，而且输入输出图像是重叠在一个坐标下的，我们可以用如下方法使他们分别位于自己的坐标系下，注意到图像的右上角有数字 1 和 2，我们点击 1，然后执行 **Axis—Strips**，或者点击窗口上方的一排工具栏中，从左起第四个按钮 **Strip Chart Mode**，如下图所示：



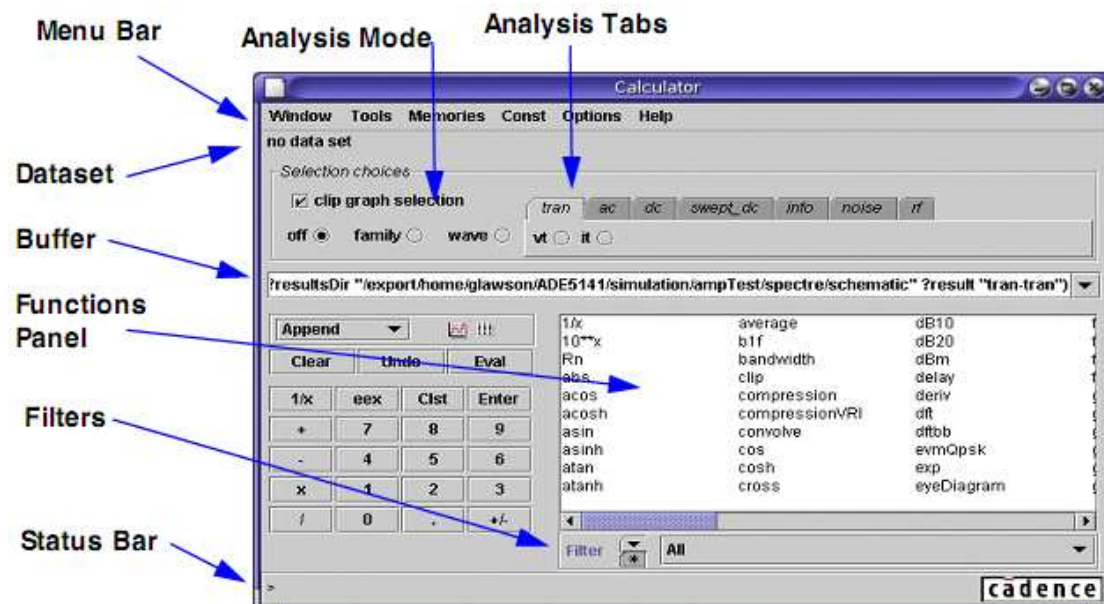
此时瞬态响应的波形输入输出就被分开，关闭该波形窗口。

4、在 ADE 窗口中执行**Tools—ResultsBrowser**，即可打开 Results Browser 窗口，如下图所示：



双击右边的 tran-tran，然后用 Control 键选中右边的 vin 和 out，点击 plot 按钮（左上角第二个按钮），输入输出波形会弹出，先不要关闭该窗口。

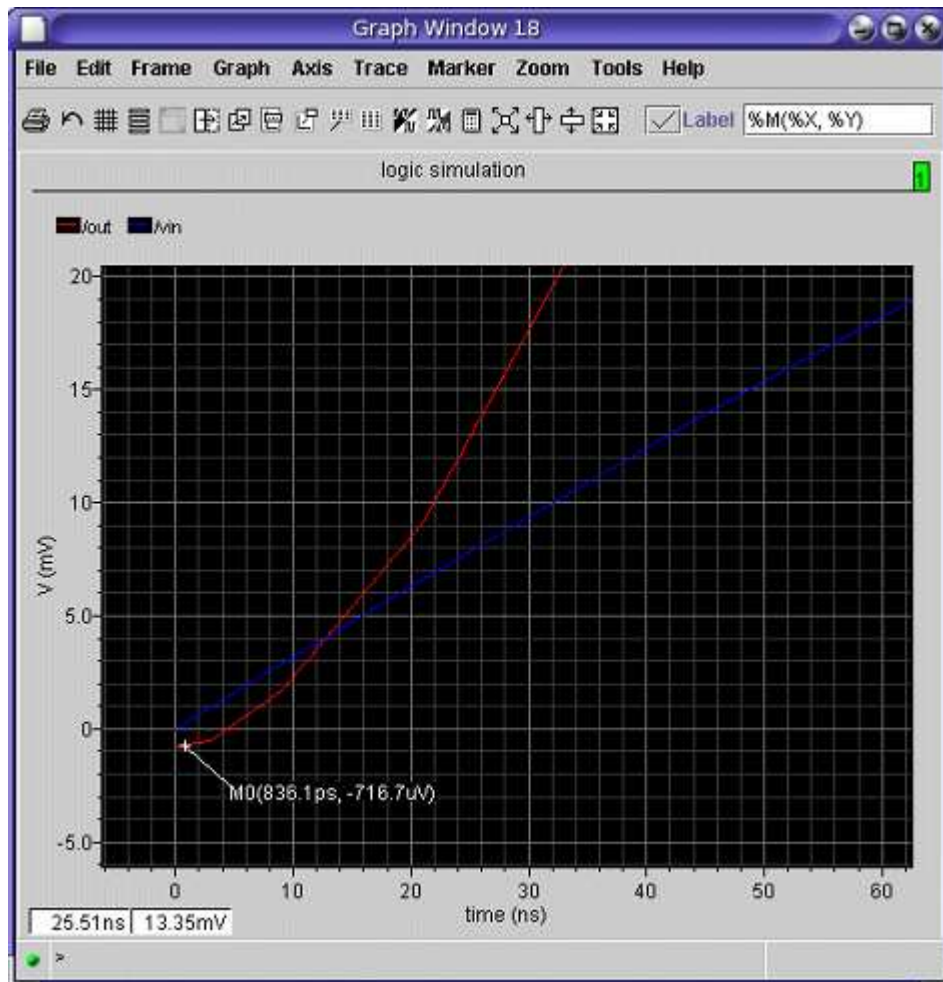
5、使用 WaveScan Calculator。在波形窗口中执行**Tools—Calculator**，如下图所示：



我们先点击 wave 按钮，波形会被置顶，我们点击 out 曲线，然后回到 Calculator 窗口，在 Functions Panel 里选择 rms，现在在 Buffer 一栏中应该是这么显示的：
`rms(v("/out"?result"tran-tran"))`，而后点击 Eval 按钮，在 Buffer 中应该会显示 105.8E-3，这里解释一下，rms 函数的功能是用来求正弦函数幅值的有效值，由于我们的输出的电压的最大值为 150mv，其有效值为 0.1061v，所以与计算的值非常接近。

6、点击 Clst 按钮，跟刚才一样，选中 out 曲线，在 Functions Panel 中选择 average，点击 Eval 按钮，得到的数值应该是一750.4E-6，这是在输出端测到的一个很小直流补偿电压。

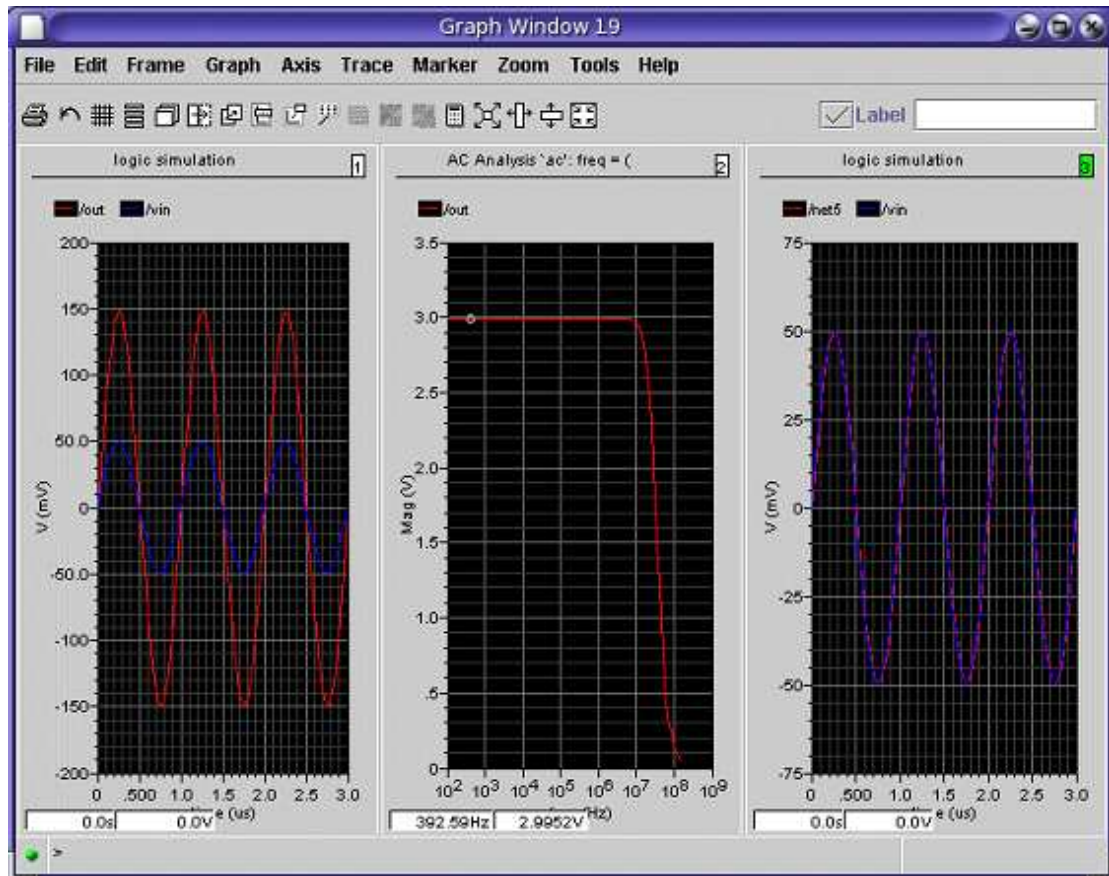
7、使用 WaveScan 的 Zoom、Markers 和 Labels 等功能。执行**Zoom—Zoom**，在波形的起始处画一个矩形，画完就会将放大的图像显示出来，如下图所示：



接着执行**Marker—Place—Trace Marker**，用鼠标点击输出起始处，就会如上图所示，显示一个时间和电压，我们发现这个电压和我们刚才算得那个平均值很接近。我们选中时间和电压往外退拽一点，然后选中那个点拖拽，我们可以沿着输出曲线拖拽，同时时间和电压也会跟随者变化。

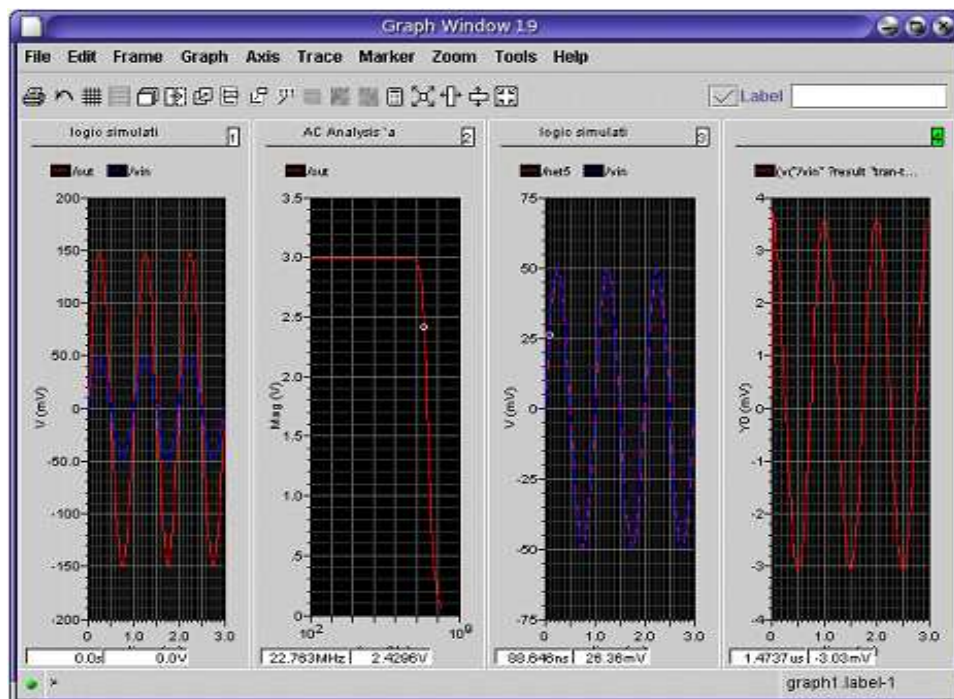
在 Label 一栏中随便输入一些东西，然后点击 Label 前面的按钮，将鼠标移入图像中，即可添加想要的 Label。

8、关闭图像显示窗口，在 Results Browser 窗口，进入 tran-tran 目录，选中 vin 和 vout，点击 plot signal 按钮画图，此时波形窗口弹出，我们再次回到 Results Browser 窗口，在右上角有一个下拉菜单，我们选择 New SubWin，再到图形窗口执行**Frame—Layout—Horizontal**，回到 Results Browser 窗口，打开 ac-ac 目录，选中 out，然后点击画图按钮，会弹出一个具有两个图形的窗口，再回到 Results Browser 窗口，打开 tran-tran 目录，选中 vin 和 net5，点击画图按钮，此时刚开始的那个窗口中又会多出一个类似正弦的图像，如下图所示：



看看你所得到的图形是否和上图一致。

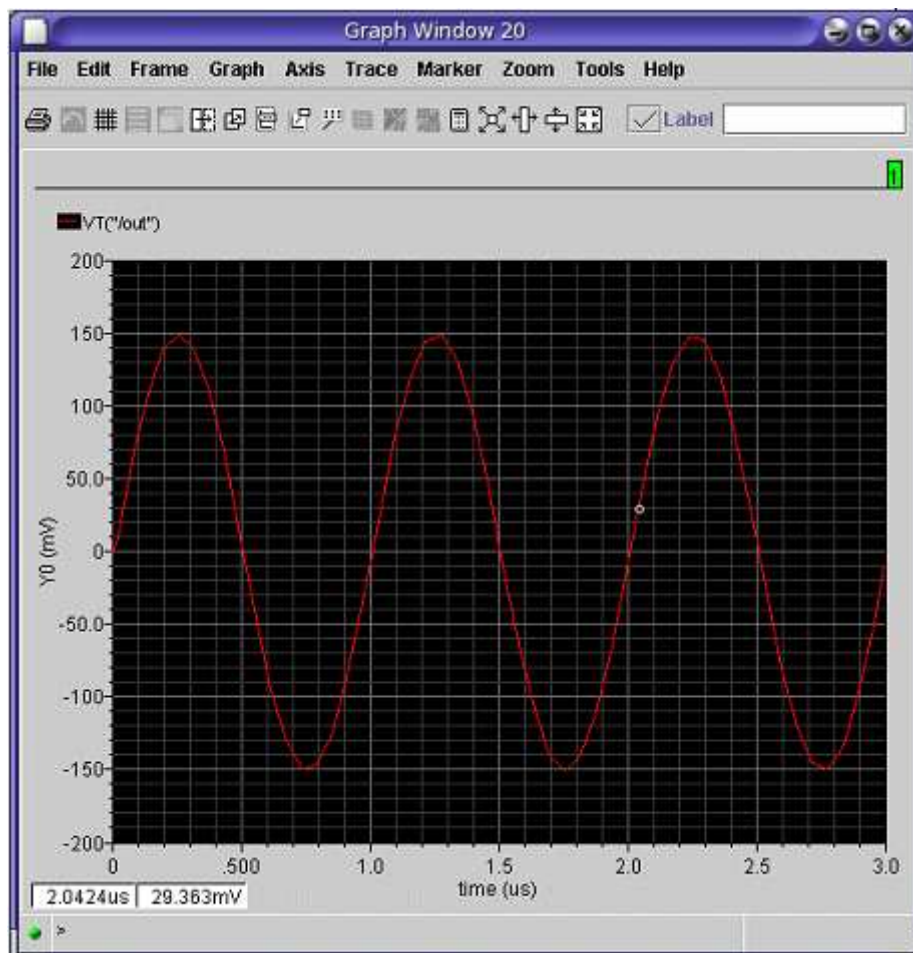
9、回到 Results Browser 窗口，选中 tran-tran 目录下的 vin，点击 **Difference of two signals** 按钮（在 Results Browser 窗口工具栏从左往右第五个按钮），这是在 Results Browser 窗口的下部有信息提示点击第二个信号，这里我们选择 net5，这是图形窗口又多了一个图像，如下图所示：



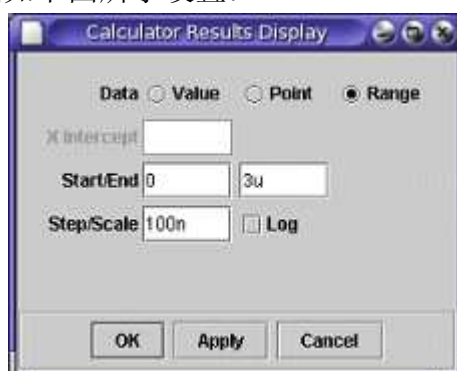
这时我们可以点击工具栏中 Card Layout 按钮（左起第六个），我们可以查看某个图像的情况，我们选择 vin 和 net5 信号输出的窗口，我们发现这两个信号几乎是一样的输出，接下来我们将计算这两个波形的延时。

二、使用 Calculator。

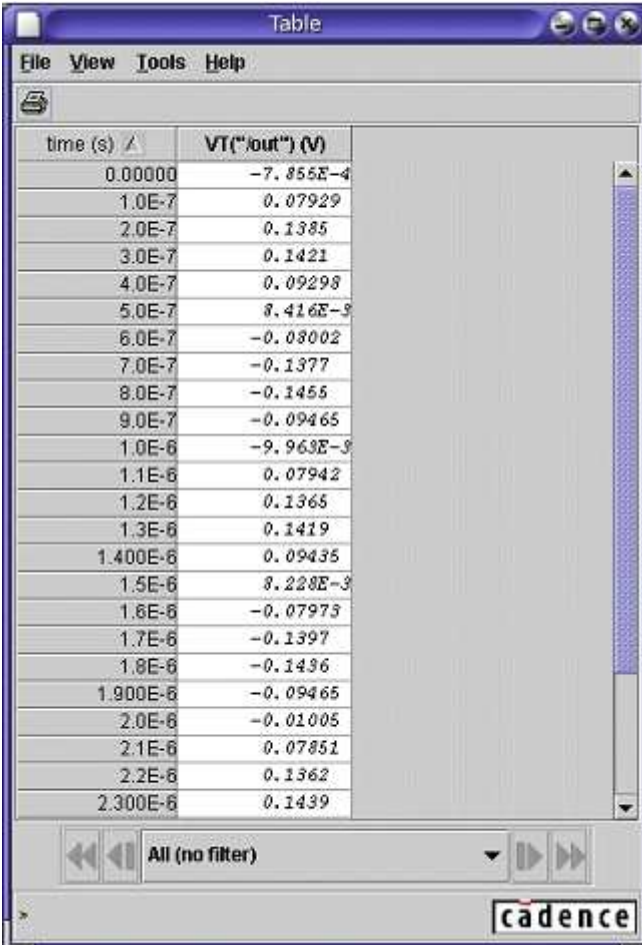
1、关闭所有图形窗口，只留下 ADE 窗口，ampTest 电路窗口，在 ADE 窗口中执行 **Tools—Calculator**，其实 Calculator 窗口在图形窗口中也能打开。选中 tran 标签下的 vt 按钮，ampTest 电路窗口将会置顶，选中 out 节点，回到 Calculator 窗口，发现在 Buffer 中有一行“VT(“/out”)”，然后我们点击 plot 按钮，将会弹出如下图所示波形：



我们回到 Calculator 窗口，点击 **Tabular Results Display** 按钮(在 plot 按钮右边)，会弹出一个对话框，按如下图所示设置：



点击 OK，则会弹出一个表格，如下图所示：

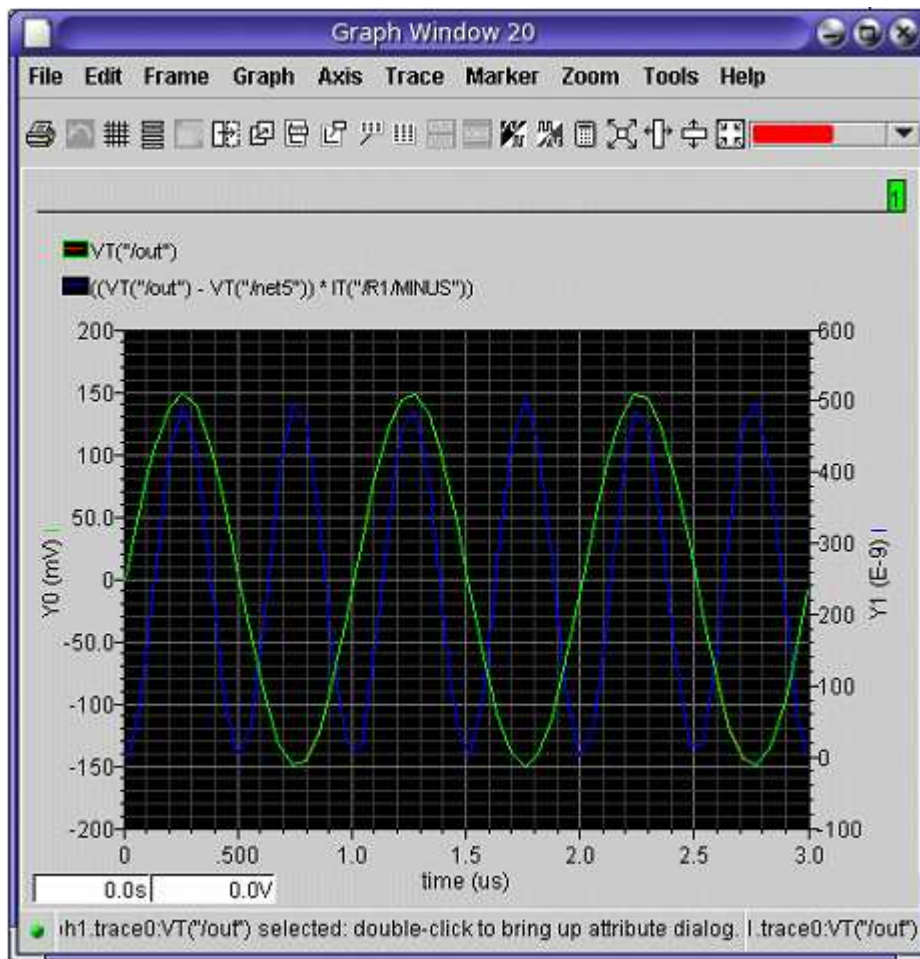


time (s)	VT("/out") (V)
0.00000	-7.855E-4
1.0E-7	0.07929
2.0E-7	0.1385
3.0E-7	0.1421
4.0E-7	0.09298
5.0E-7	8.416E-9
6.0E-7	-0.08002
7.0E-7	-0.1377
8.0E-7	-0.1455
9.0E-7	-0.09465
1.0E-6	-9.963E-9
1.1E-6	0.07942
1.2E-6	0.1365
1.3E-6	0.1419
1.400E-6	0.09435
1.5E-6	8.228E-9
1.6E-6	-0.07973
1.7E-6	-0.1397
1.8E-6	-0.1436
1.900E-6	-0.09465
2.0E-6	-0.01005
2.1E-6	0.07851
2.2E-6	0.1362
2.300E-6	0.1439

你得到的数据可能与上图表达方式不同，比如在 0 时，上图的电压是-7.855E-4，你得到的可能会是-788.5E-6，其它数值也一样。

如果你的步长很小，使得 Calculator 运行很长时间都没反应，你可以使用 Control+C 键中断，关闭表格窗口。

2、仿真数据处理。查看 Calculator 窗口的 Buffer 中是否有“VT (“/out”)”，若没有，按原来的方法加入，点击 plot 按钮，会弹出一张图，我们刚才见过，这时我们回到 Calculator 窗口，点击 vt 按钮，ampTest 电路置顶，我们选中与 inm 连接的线路，会发现 Calculator 窗口的 Buffer 一栏出现了另一个表达式，这时我们点击减号，在 Buffer 中会出现用前一个表达式减后一个表达式，这时我们点击 it 按钮，ampTest 电路又会被置顶，这次我们点击 R2 电阻的右端点（左端点也可），这时在 Calculator 的 Buffer 中又会有一个新的表达式，我们点击乘号，就会显示前面的表达式乘以现在的表达式，然后我们点击 plot 按钮，就会弹出如下图所示图像：

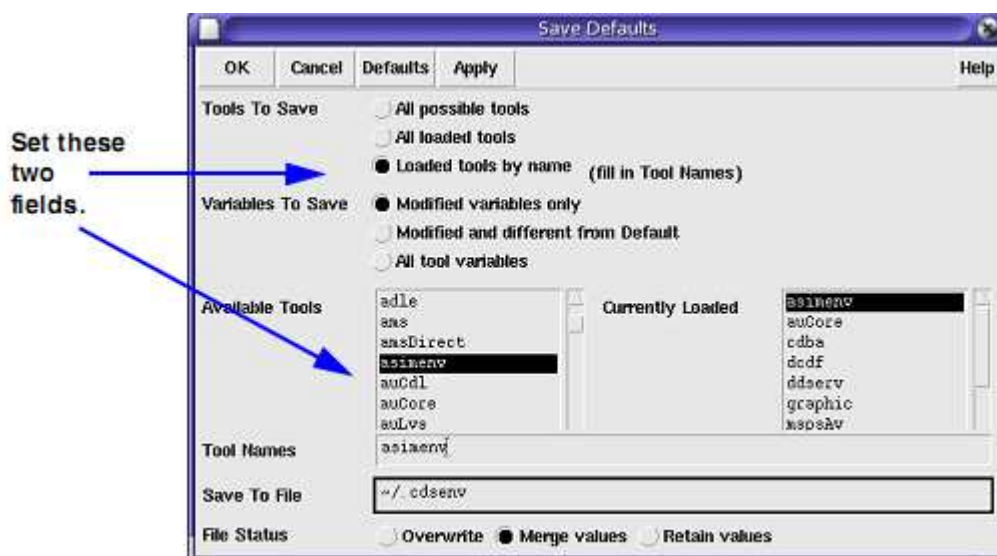


out 曲线是刚才画上去的，若没有这条曲线没关系。

关闭图像窗口，Calculator 窗口，但不要关闭 ADE 窗口，ampTest 电路窗口和 CIW 窗口。

三、保存仿真。

1、在 CIW 窗口中执行 **Options—Save Defaults**，在弹出的窗口中进行如下设置：



设置完后点击 OK，这就把我们在仿真环境中的设置就保存到了 ~/.cdsenv 文件中。

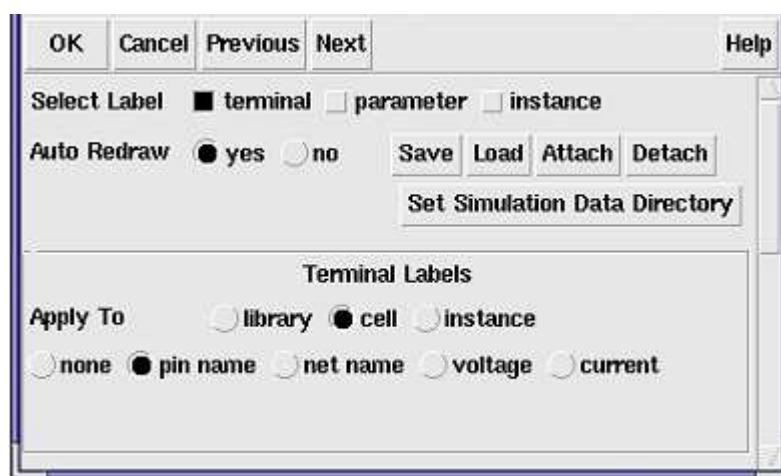
2、要想加载这些设置，可以在 CIW 窗口中输入：`envLoadFile("~/cdsenv")`，即可加载这些设置。

3、在 CIW 中执行 **Options—Save Session**，弹出对话框，不必更改，直接 OK，你的整个实验环境就被保存了。

4、关闭 CIW，然后在终端中先 `source lnx86.cshrc`，然后在终端中输入 `icms -restore cdsSession.save &`，回车后你会发现你的 ADE 窗口，ampTest 窗口都被打开了，而且在 ADE 窗口中已经加载了 state，就如同你关闭 CIW 窗口之前一样，你可以试着在 ADE 窗口点击 Run 按钮，看看你是否能得到和原来一样的波形。

四、在电路图的元件附近显示 Interpreted Labels。

1、在 ampTest 电路中，执行 **Edit—Component Display**，弹出对话框，我们先回到 ampTest 电路中，选中 Amp 放大器，然后再回到对话框，进行如下图所示设置：



然后观察 ampTest 电路中有什么显示变化。

2、选中 20K 的电阻，使 Select Label 只选中 instance，Apply To 选中 cell，并选中 cell name，观察 ampTest 电路中多了哪些显示，其实你可以试着每选中一个看看电路图中会有什么变化。

3、保存 Label 显示状态，我们还是在执行 **Edit—Component Display**，在弹出的对话框中点击 Save 按钮，在弹出的对话框中，它会显示一个保存文件的目录，我们直接点击 OK 即可，我们所保存的东西是一个 SKILL 文件。

4、有时有太多的 Label 会使我们的电路很难看，因此我们还要学会关闭 Label 显示。同样执行 **Edit—Component Display**，选中 Amp，在 Select Label 中我们选中 terminal 和 instance 两个，然后 Apply To 都选择 cell，关键的一部是要都选中 none 按钮，我们观察 ampTest 电路的变化。

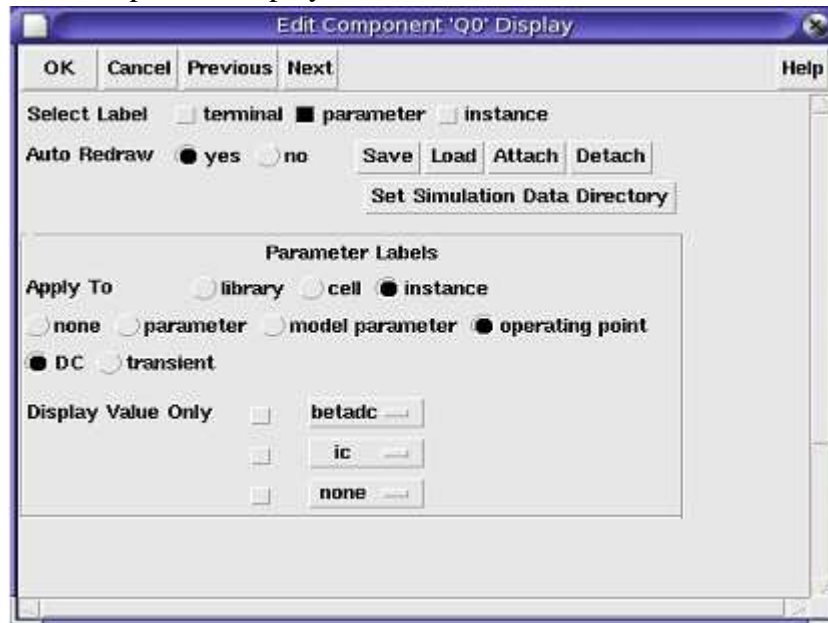
5、前面我们只选中了 terminal 和 instance，下面我们来看看怎么用这个 Select Label 中的 parameter。执行 **Edit—Component Display**，我们选中 ampTest 电路中的 Supply 电路，在 Select Label 一行中只选中 parameter，在最下面的 Display Value Only 中使用下拉菜单选择 VDD 和 VSS，我们观察电路有什么变化，其实我们可以都试一试各种按钮，然后观察会使电路发生哪些显示上的变化，我们只要学会执行 **Edit—Component Display** 就可以了。

6、还有一些显示不能通过执行 **Edit—Component Display** 来修改，那么我们可以 **Edit—PropertiesObjects** 来修改属性得到，大家可以试试。

五、在电路图中加入仿真结果的解释。

1、在 ampTest 电路中选 Amp，执行 **Design—Hierarchy—Descend Edit**，打开放大电路，在 ADE 窗口中执行 **Results—Annotate—DC Operating Points**，我们可以在放大电路中看到在各个元件附近都会有一个直流工作点数据。

2、在放大电路中执行 **Edit—Component Display**，然后我们选中 Q0 三极管，我们再回到 Edit Component Display 窗口，我们进行如下图所示设置：



然后我们将 Display Value Only 中的 none 改为 vbe，然后在电路中我们就会看到 vbe 的数值显示。

3、你还可以在 ADE 窗口中执行 **Results—Annotate—Model Parameters**，查看模型参数，你还可以执行 **Results—Annotate—DC Node Voltages**，查看各个节点的直流电压值。

4、保存你添加的 Label。在 Edit Component Display 窗口中点击 Save 按钮，点击 OK 即可。到这里你的电路图也许已经“一片狼藉”了，你可能想回到最初的状态，那么只要在 ADE 窗口执行 **Results—Annotate—Design Defaults**，然后单击你的电路图，即可回到原来的状态。

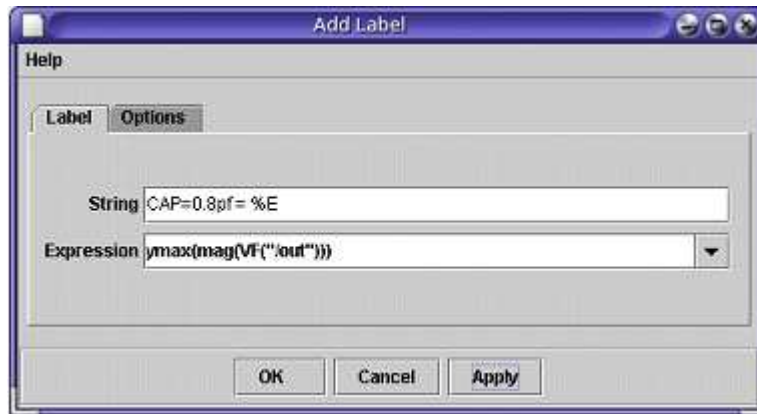
5、打印。如果你想打印某个器件的直流工作点参数，可以执行 **Results—Print—DC Operating Points**，然后选中某个器件，就能弹出一个文本窗口，你就可以打印了。可以关闭所有窗口了。

实验五、仿真结果分析

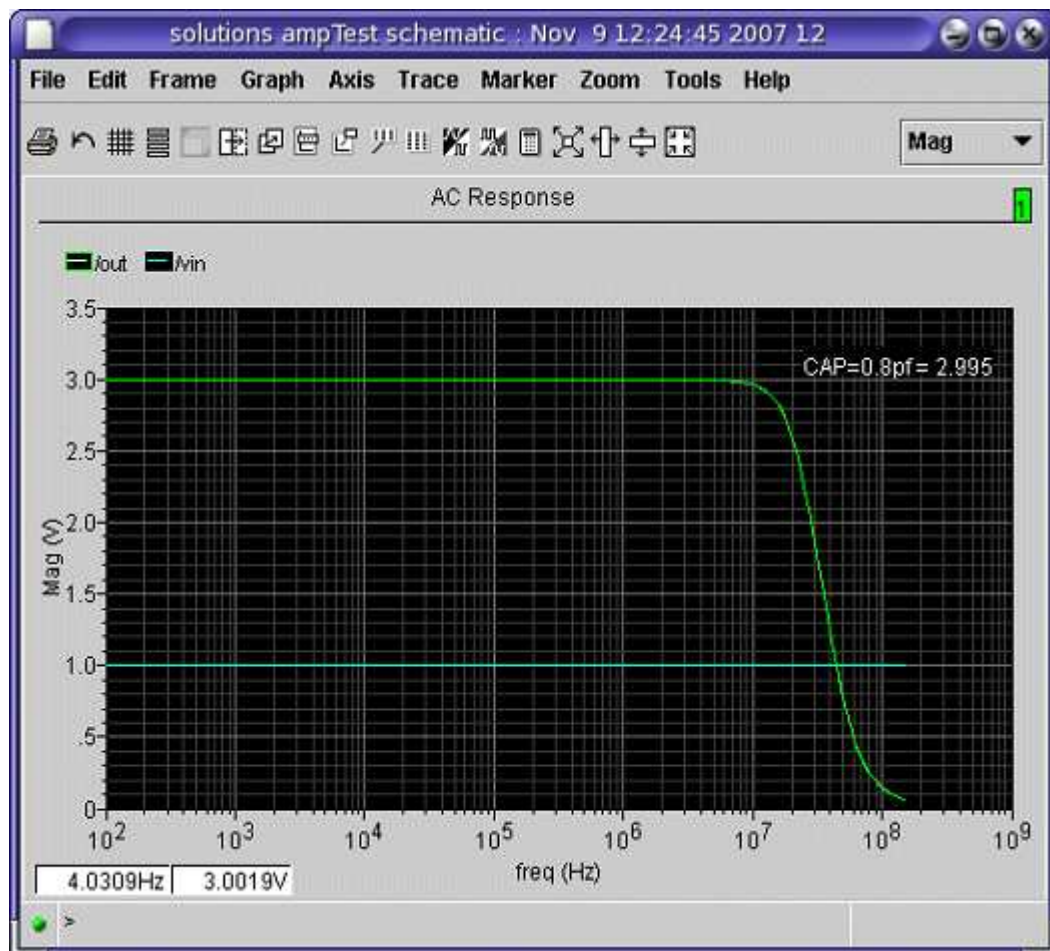
一、处理仿真结果。

1、我们仍然向上次一样，在终端中输入 `icms -restore cdsSession.save &`，稍等片刻便会弹出 CIW 窗口、ADE 窗口、输出波形窗口，我们先关闭波形输出窗口。在 ADE 窗口下，我们选中 Analyses 一栏中的 tran，然后执行 Analyses—Disable，我们发现 tran 一栏中原来的 yes 变成了 no，这时我们按下 Run 按钮，即刻弹出输入输出波形。

2、我们点击波形图，点击 Strip Chart Mode，将波形的输入和输出分开，然后我们选中 out 曲线，然后执行 **Graph—Label—Add**，在 Add Label 窗口中，我们进行如下设置：



然后我们点击 **Apply**，然后回到波形窗口，在输出波形向下处，单击，会出现如下图所示：

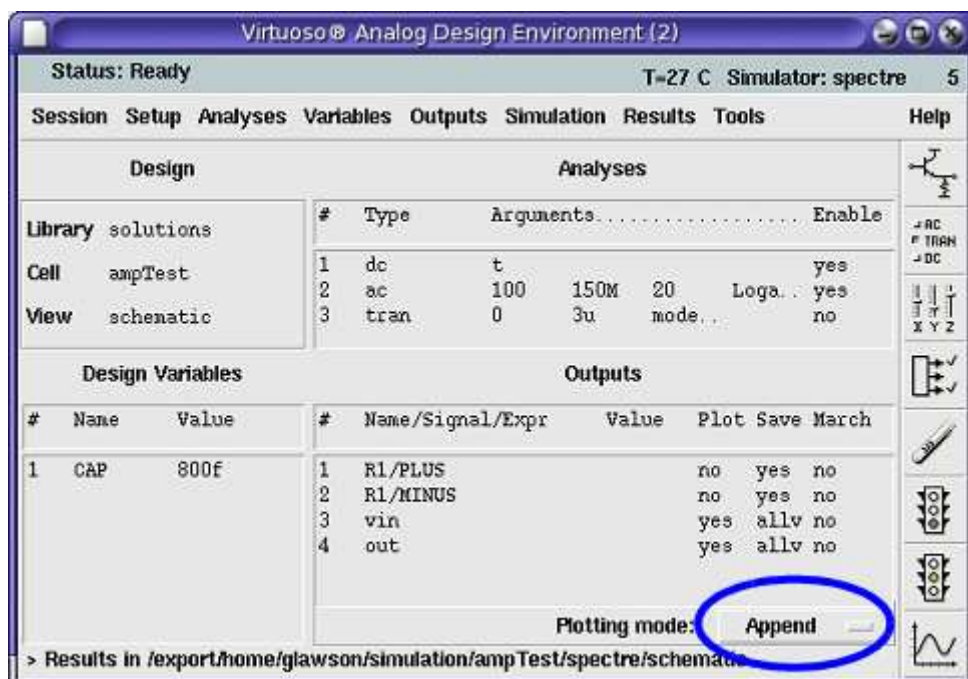


3、保存现有的仿真结果。回到 ADE 窗口，执行 **Results—Save**，更改下列内容：

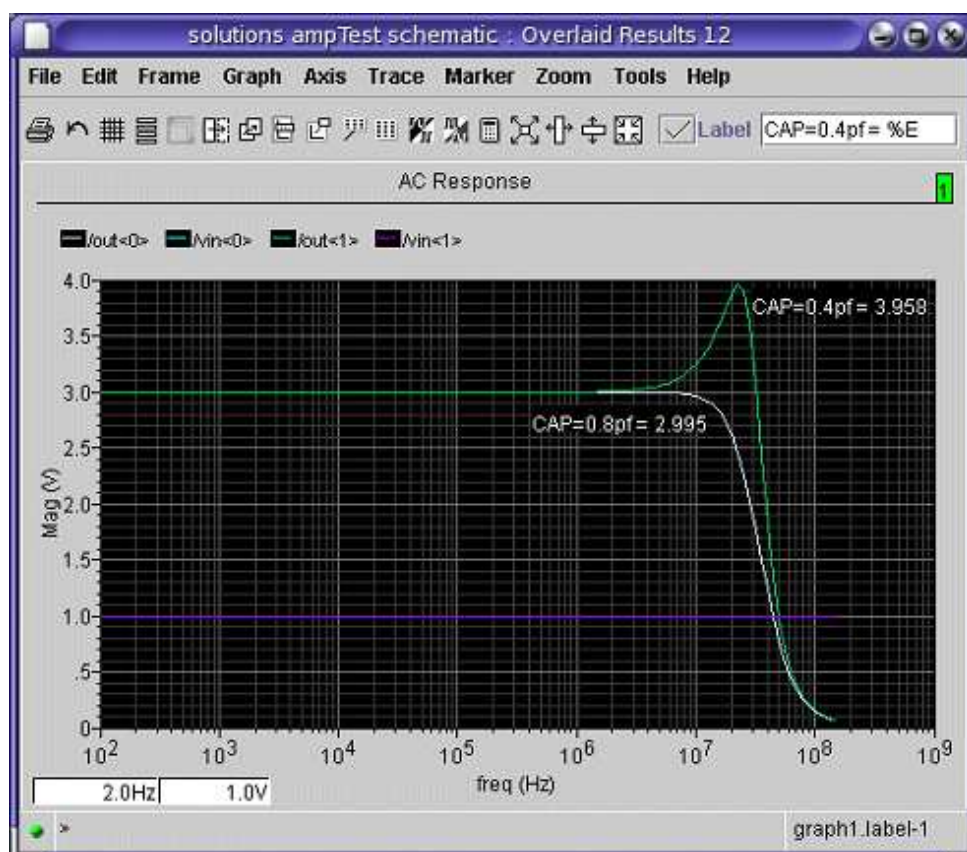
Save As	original.CAP
Comment	CAP = 0.8pF

点击 **OK**。

4、然后我们在 ADE 窗口中更改一个设置，我们将 Plot Mode 改为 Append，如下图所示：



接下来，我们双击做点的 CAP，然后将电容值改为 0.4p，Apply 和 OK 即可。然后直接点击 Run 即可，因为改变电容值不必重新产生网表，所以不必浪费时间。直接点击 Run 即可，这时我们的输出波形发生变化，我们像上次一样添加标签，我们选择 out 曲线，执行 **Graph—Label—Add**，在 String 中输入 **CAP=0.4pF = %E**，在 Expression 中输入 **ymax(mag(VF("/out")))**，点击 Apply 即可。我们再把标签放入波形中，得到一个如下图所示的波形：



5、我们仍旧保存当前的仿真结果，在 ADE 窗口执行 **Results—Save**，在弹出的窗口进行如下更改：

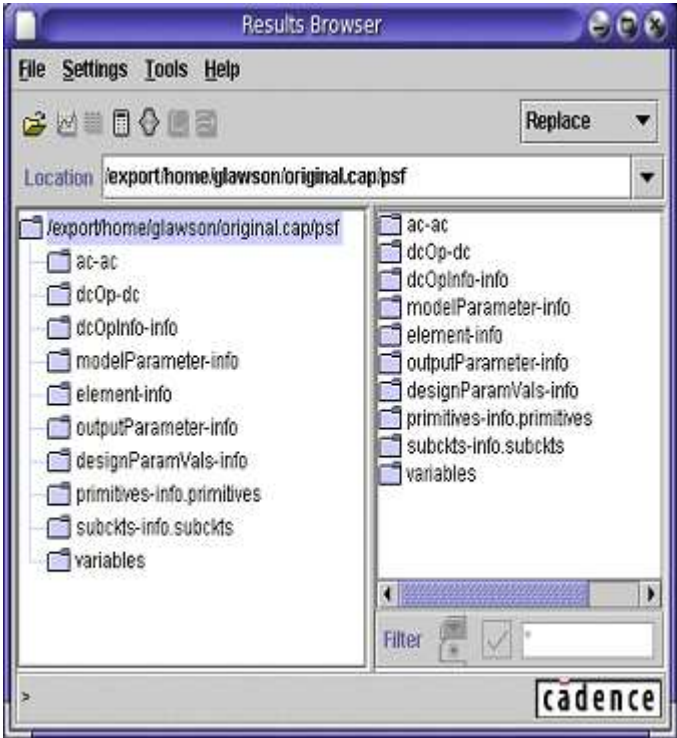
Save As updated.CAP

Comment CAP = 0.4pF

点击 OK 即可。
回到 ADE 窗口，我们把右下角的 Append 改回来，改为 Replace。

二、用结果浏览器处理仿真数据。

1、在波形输出窗口执行 **Tools—Browser**，会弹出 Results Browser 窗口，我们执行 **File—Open Results**，我们选择的文件的路径为 ~ /simulation/ampTest/apecture/original.CAP/psf，点击 OK 之后如下图所示：



2、我们先关闭波形输出窗口，然后双击 ac-ac，在窗口的右边一栏，我们双击 out，即可弹出输出波形，我们右击 out，选择 table，我们就可以看到 out 的输出值，我们还可以右击 out 选择 calculator，然后点击 plot 按钮，也可以看到输出波形。

三、按条件查看电路元件。

1、我们将使用电路状态工具来分析电路。首先检查你的 ADE 窗口，在 analysis 一栏中是否跟下图一致：

#	Type	Arguments					Enable
1	dc	t					yes
2	ac	100	150M	20	loga		yes
3	tran	0	3u				no

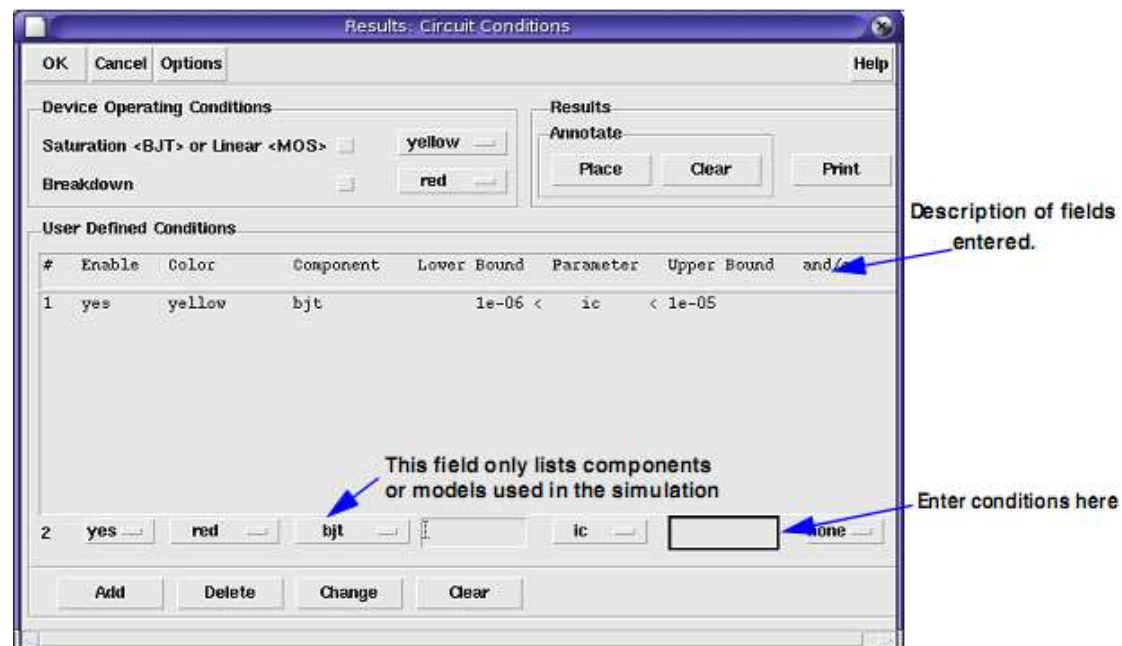
若不一致，请更改。

2、在 ADE 窗口执行 **Results—Circuit Conditions**，则 **Circuit Conditions** 窗口弹出，

我们在窗口的下方进行设置，如下所示：

1 ☐ yes ☐ yellow ☐ bjt ☐ ic ☐ none

然后点击 Add，在 User Defined Conditions 一栏中会多一行，如下图所示：



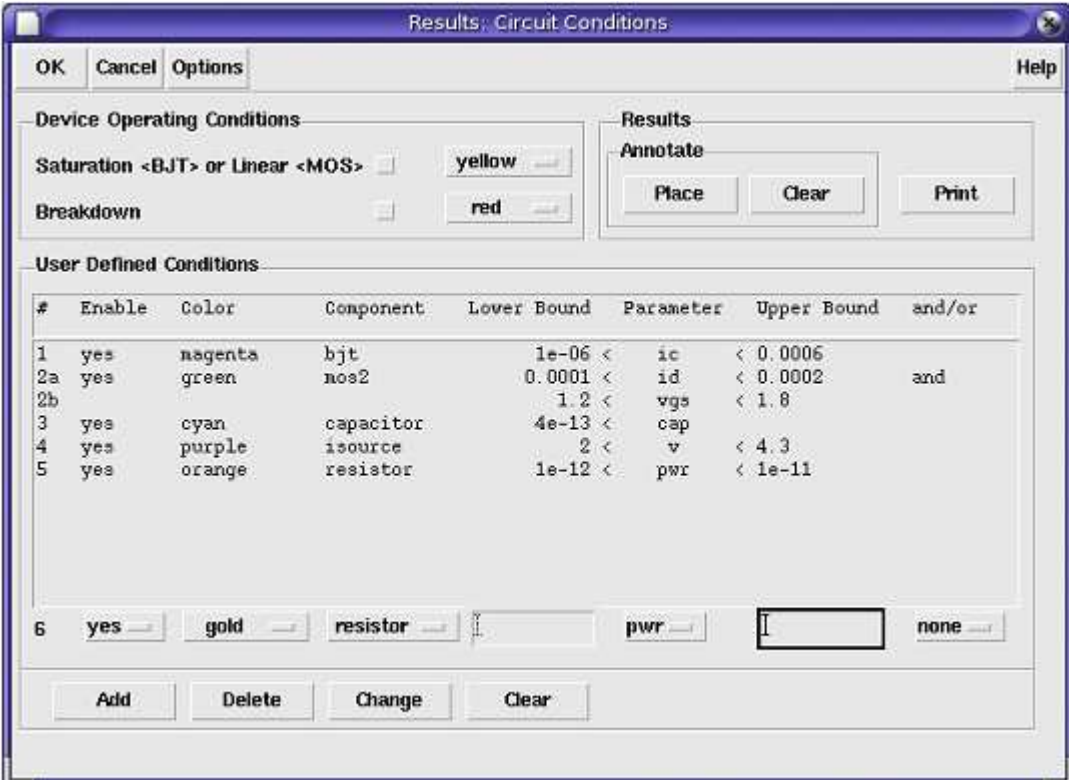
接着我们点击 Results Circuit Conditions 窗口中的 Place 按钮，这时在 CIW 窗口中会有一个提示语句：*Info* No components met your condition，这说明没有符合我们条件的器件。那么我们应该修改条件，将 Upper Bound 更改为 600u，然后点击 Place 按钮，我们在 ampTest 电路中会发现 Amp 被黄线包围，我们按 E 键，查看具体的放大电路，我们会发现 Q0 和 Q1 被黄线包围了，因为 Q0 和 Q1 的情况符合我们查找的条件，我们可以执行 **Results—Annotate—DC Operating Point** 来看一下各器件的直流工作点（要想回到原状态，可以执行 **Results—Annotate—Design Defaults**），你会发现只有 npn 管符合条件。

3、如果我們再想看看 Q0 和 Q1 是否在饱和区或者截止区，我们选中 Device Operating Conditions 下的 **Saturation <BJT> or Linear <MOS>** 选项和 **Breakdown** 选项，然后点击 Print 按钮，会弹出一个窗口，如下图所示：



可能你看到的窗口里的文字会比上图所示的 多几行，无非就是说没有饱和的，没有截止的。

4、我们设立一些附加的 Conditions。如下图所示：



添加完后点击 Place 按钮，回到电路图，我们会发现多了很多颜色矩形包围圈。你还可以添加其他条件来找到相应的器件，由于我们的电路大小有限，在大规模电路中，这个方法非常有用。

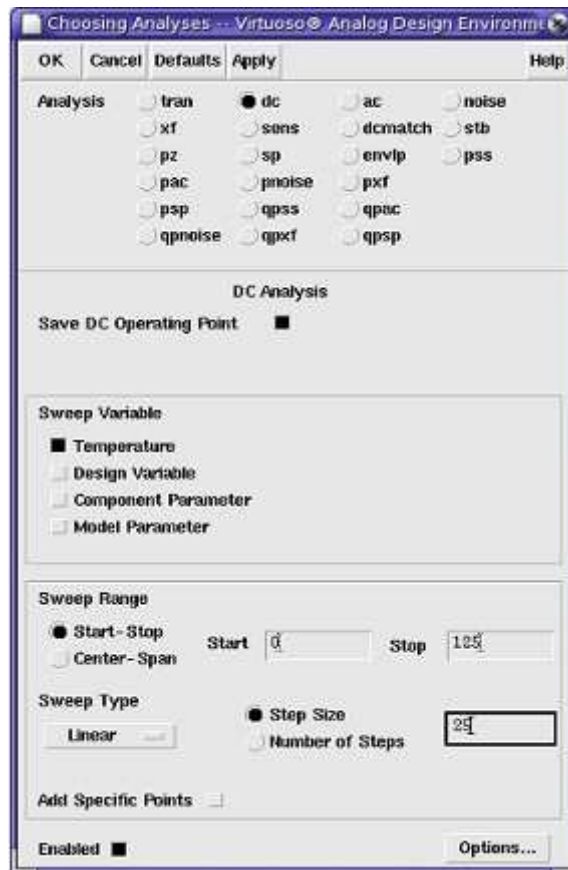
完成后，点击 Clear 按钮，关闭即可。

四、使用 spectre 仿真器进行特征扫描。

1、温度扫描，研究其对直流工作点的影响。首先保证你的 ampTest 电路、ADE 窗口是开着的，那么我们首先加载原来保存的模拟状态，执行 **Session—Load State**，选择 state1，并且去掉下面的 **Waveform Setup** 选项，点击 OK。

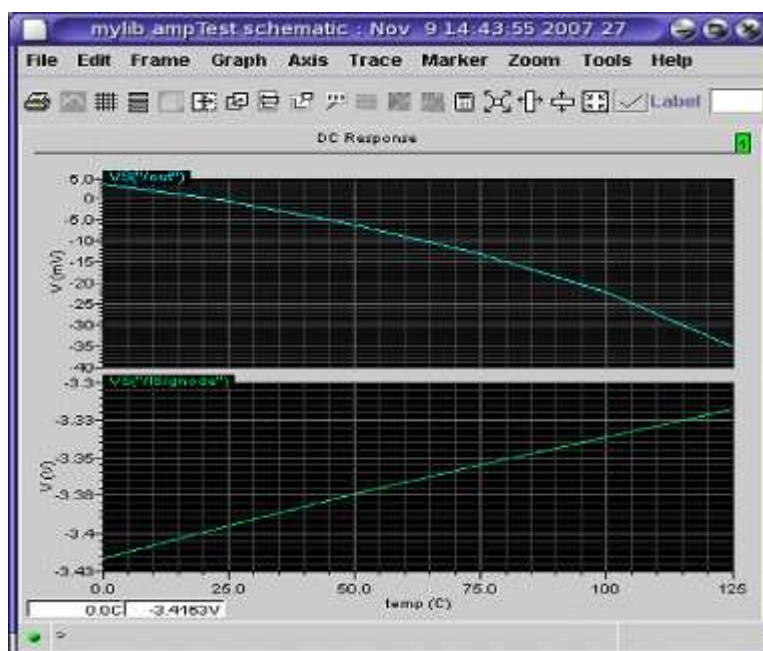
2、我们先关闭 Analyses 一栏下的 ac 和 tran 分析，可以选中它们，然后执行 Analyses—Disable。我们还要确定现在的仿真是 spectre 仿真，可以执行 Setup—Simulator/Directory/Host 查看，然后就是我们使用的 Model 是什么，执行 Setup—Model Libraries 查看是否为 *mvModels.scs* 这个文件。

3、关闭 Analyses 一栏下的 ac 和 tran 仿真，同时选择它们，执行 Analyses—Disable 即可，然后点击 Choose Analyses 按钮（位于 ADE 窗口的右侧），在弹出的对话框中，点击 dc 按钮进行如下图所示设置：



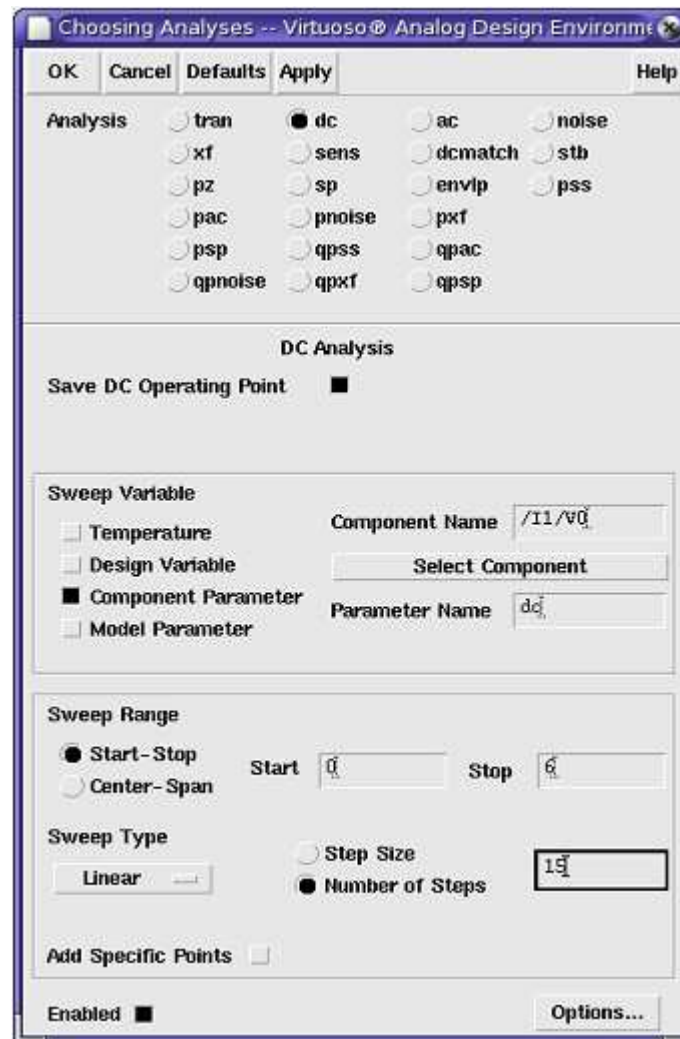
点击 Apply 和 OK。

4、在 ADE 窗口中点击 **Netlist and Run** 按钮，会弹出一个波形，先不必理会，我们此时回到 ampTest 电路窗口，用 E 键将放大器电路显示出来，然后在 ADE 窗口中执行 **Results—Direct Plot—DC**，我们在放大器电路中依次选中与 out 附近的线路，gnode 附近的线路，然后按 Esc，再来观察我们的波形，此时的波形好像是两条近似的直线，可是当我们点击 **Strip Chat Mode** 按钮时，会出现如下图所示图像：



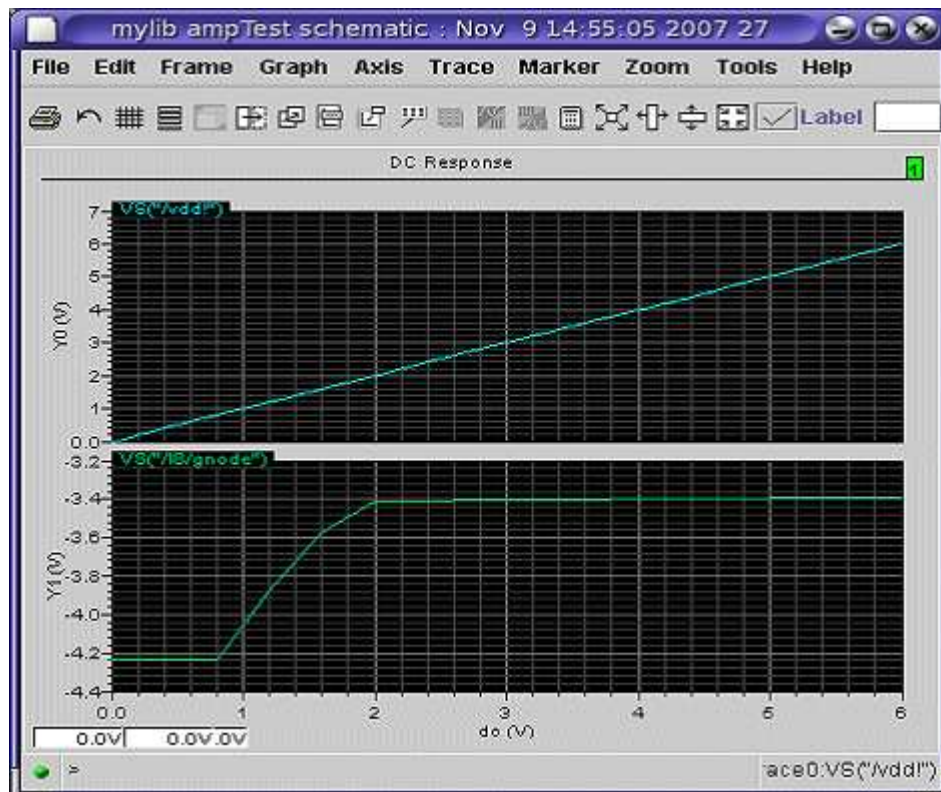
5、元件参数直流扫描。若你的放大电路正打开，Control+E 键可以回到 ampTest 电路，选中 Supply 电路，按 E 键，我们要查看 Supply 电路。

6、在 ADE 窗口中点击 Choose Analyses 按钮，选中 dc 分析，在 Sweep Variable 区域里我们选中 **Component Parameter**，然后点击 **Select Component** 按钮，在 Supply 电路中单击 vdc 电压源，会弹出一个对话框，我们只要双击第一行中的表达式：*dc* *vdc* “DC voltage”，然后对 Choose Analyses 窗口进行如下图所示设置：



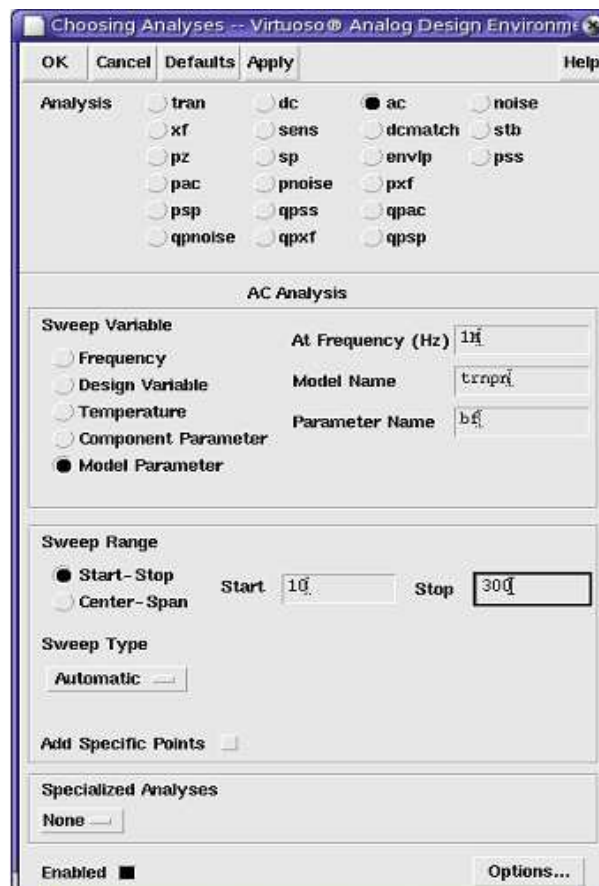
点击 OK，在 ADE 窗口中，保证 ac 和 tran 分析是关闭的。点击 Netlist And Run 按钮，仿真完成后会弹出一个波形，先不管。

7、再次按 E 键打开放大电路，然后再 ADE 窗口中执行 **Results—Direct Plot DC**，在放大电路中选择 vdd! 和 gnode 附近的线路，按 Esc 键后，查看波形，点击 **Strip Chat Mode** 按钮后，波形图如下所示：

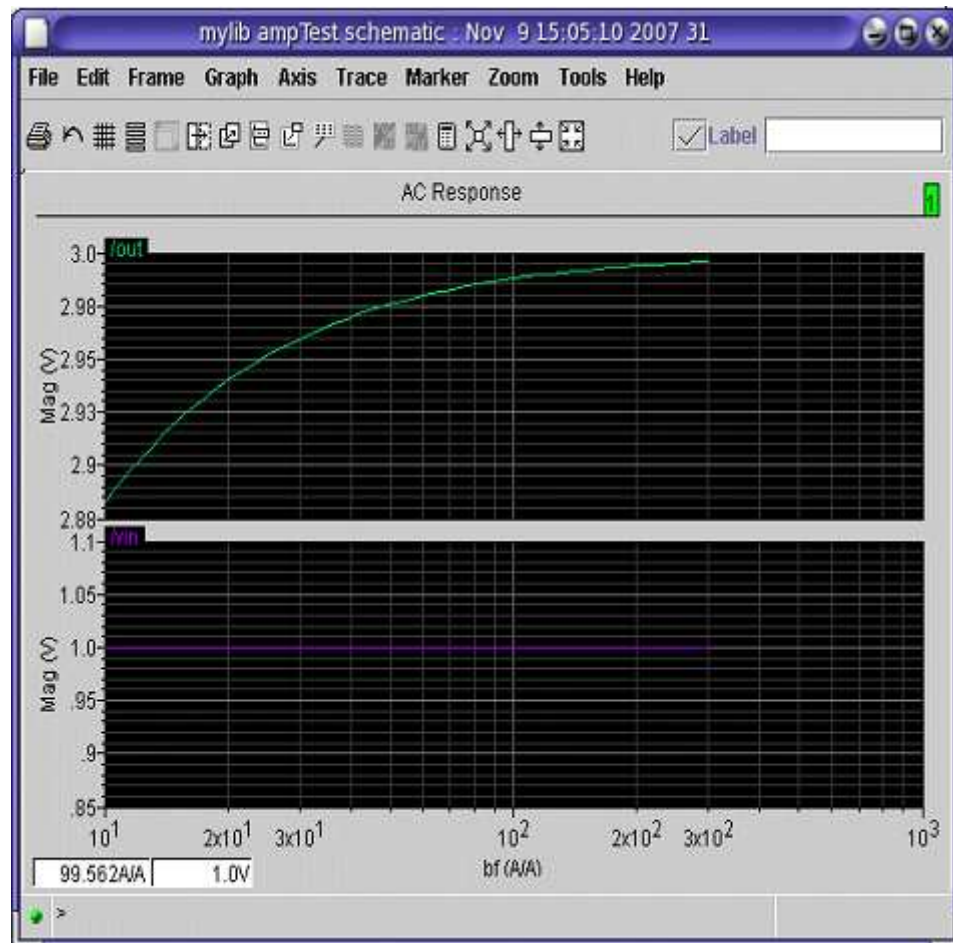


说明 nmos 管在 VDD 电源在 0.8~2.0 时是打开的。

8、交流扫描模型参数。点击 Choose Analyses 按钮，关闭 dc 扫描，打开 ac 扫描，如下图所示进行设置：



点击 OK，然后点击 ADE 窗口中 Netlist And Run 按钮，仿真完成后显示的波形如下图所示：



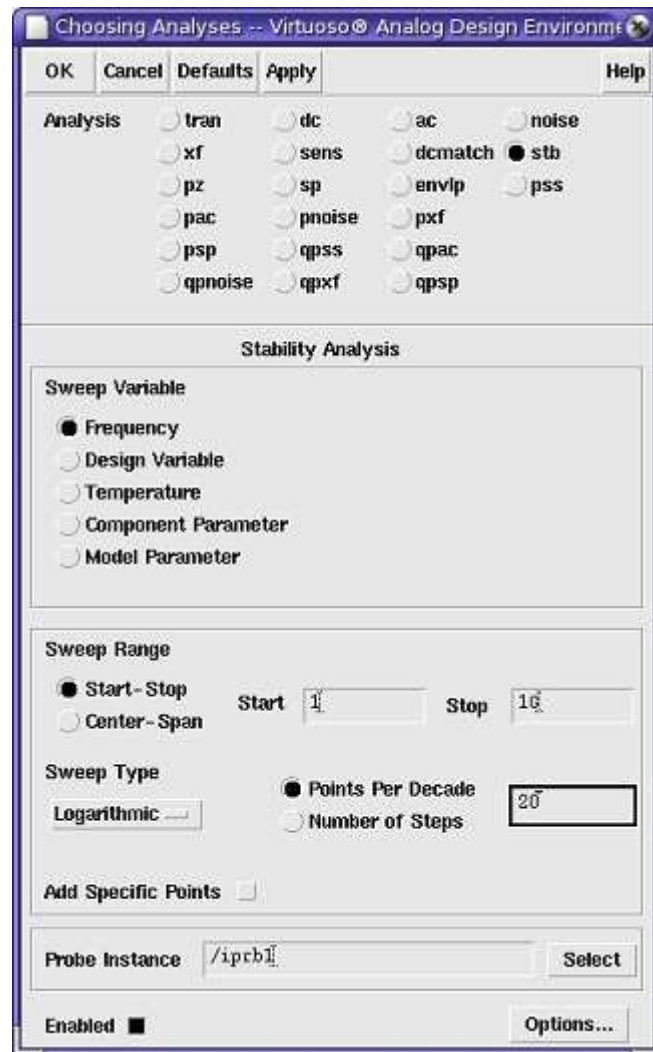
从波形图我们可以看出，bf 参数对放大倍数是有影响的。

关闭所有窗口。

五、稳定性分析。

1、获取增益和相位差。注意，这次我们重新打开 CIW 窗口时，与以往不同。我们需要进入~/adelabic5/Stab 文件夹，然后再输入 icms &，进入 CIW 窗口。

2、使用 Library Manager，打开在 testlib 目录下的 bipamp_sim 的 Schematic，打开 ADE 窗口，点击 Choose Analyses 按钮，选中 stb 分析，Sweep Variable 设为 Frequency，Sweep Type 设为 **Logarithmic**，每十倍频 20 点，点击下面的 Select 按钮回到电路图，单击 iprb1，则在 **Probe Instance** 中就会出现 /iprb1，如下图所示：



点击 OK。

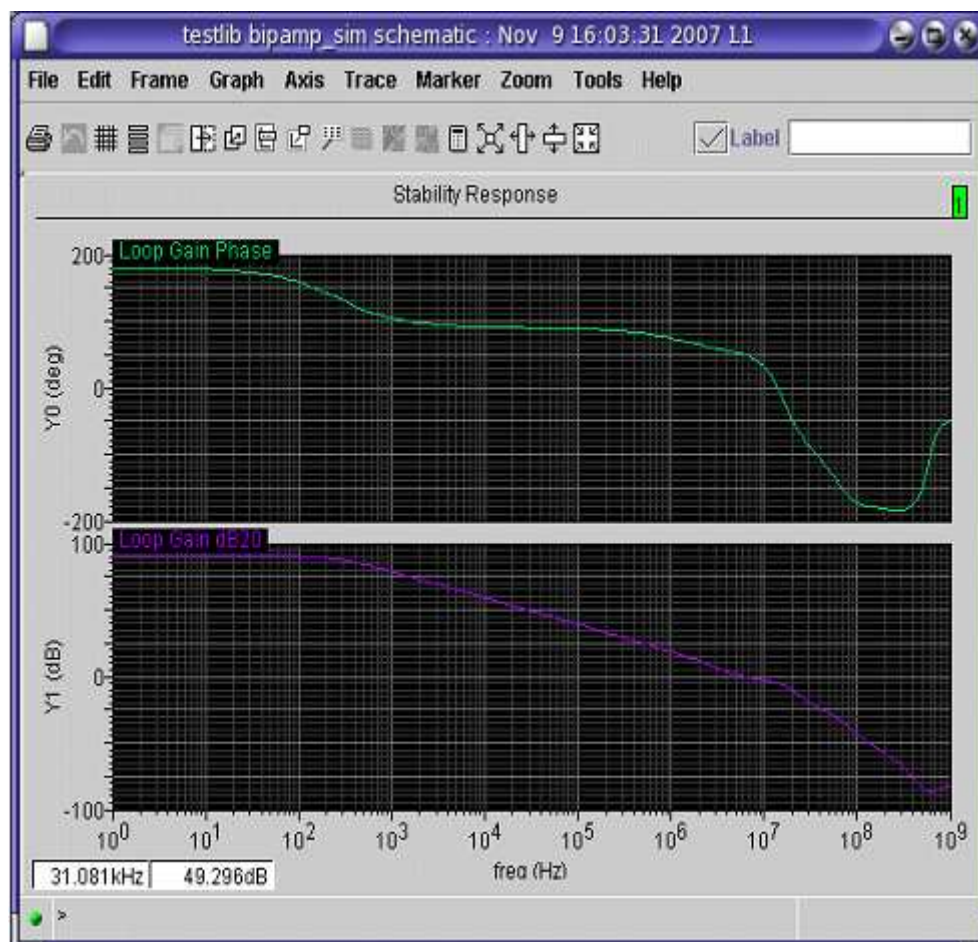
3、回到 ADE 窗口，选择仿真的 Model，执行 **Setup—Model Libraries**，找到 ./Models 下的 **corner_lib model**，并且在 **Section (opt.)** 中写入 **tt**，点击 Add，点击 OK。

4、在 ADE 窗口执行 **Setup—Simulation Files**，在 **Definition Files** 一栏中，我们点击 **Browser** 按钮，选择 ./Model 下的 **globals.scs** 文件，点击 OK。

5、点击 **Netlist And Run** 按钮，这时只会弹出文本窗口（specture 窗口），执行 **Results—Print—Stability Summary**，这时会弹出一个文本窗口，会显示频率在

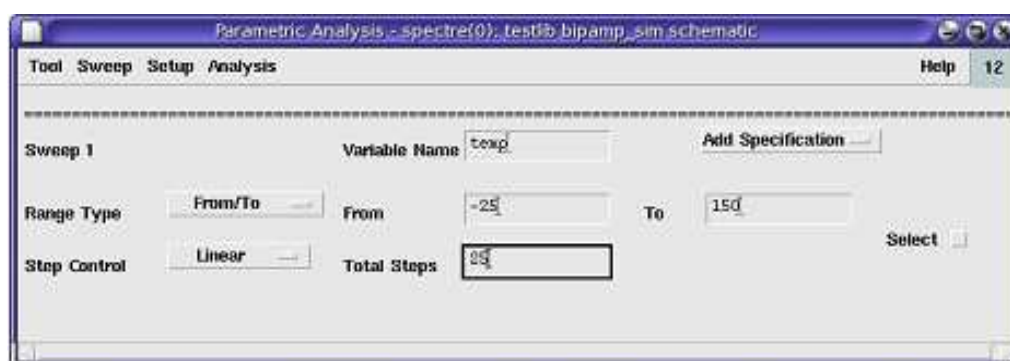
6.017MHZ 时的相位差为 50.129° ，频率在 14.055MHZ 时的增益为 5.0348dB。

6、在图像上查看增益和相位差。在 ADE 窗口中，执行 **Outputs—To Be Plotted—Select On Schematic**，然后在电路图中单击 out 附近的线路，out 输出则被增加到 ADE 窗口的 **Outputs** 一栏中，执行 **Results—Direct Plot—Main Form**，在弹出的窗口中选中 **Function** 下的 **Loop Gain**，**Modifier** 下的 **Magnitude and Phase** 按钮，最后点击对话框下方的 **Plot** 按钮，则会输出波形图，如下图所示：



我们找到 0dB 时对应的频率和相位差，找到相位差为 0 时的频率和增益。

7、模拟温度对稳定性的影响。在 ADE 窗口中执行 **Tools—Parametric Analysis**，在弹出的对话框中进行如下图所示设置：



将 Variable Name 设为 temp，从 -25 到 150，步长为 25 进行 linear 分析，然后执行 **Analysis—Start**，分析完之后，回到 ADE 窗口，我们可以将稳定性分析结果显示出来，执行 **Results—Print—Stability Summary**，可以得到如下图所示的分析结果：

temp	PM(Deg)	@Freq(Hz)	GM(dB)	@Freq(Hz)
-25	51.721	6.4775M	4.2244	14.881M
-17.708	51.49	6.3993M	4.3553	14.755M
-10.417	51.26	6.3264M	4.4798	14.632M
-3.125	51.033	6.2581M	4.5984	14.512M
4.1667	50.808	6.1941M	4.7115	14.396M
11.458	50.586	6.1339M	4.8196	14.283M
18.75	50.369	6.0772M	4.923	14.174M
26.042	50.156	6.0238M	5.0221	14.068M
33.333	49.948	5.9733M	5.1171	13.967M
40.625	49.746	5.9256M	5.2084	13.868M
47.917	49.55	5.8803M	5.2962	13.774M
55.208	49.361	5.8374M	5.3807	13.684M
62.5	49.179	5.7966M	5.4622	13.597M
69.792	49.005	5.7579M	5.5409	13.515M
77.083	48.84	5.721M	5.6171	13.437M
84.375	48.683	5.6859M	5.6908	13.363M
91.667	48.536	5.6524M	5.7624	13.294M
98.958	48.398	5.6206M	5.832	13.229M
106.25	48.27	5.5903M	5.8999	13.169M
113.54	48.151	5.5615M	5.9662	13.115M
120.83	48.038	5.5344M	6.031	13.065M
128.12	47.928	5.5091M	6.0943	13.019M
135.42	47.81	5.4859M	6.1561	12.976M
142.71	47.669	5.4653M	6.2163	12.934M
150	47.478	5.448M	6.2747	12.888M

从上图我们可以看出随着温度升高，相位差会减少。本实验结束，可以关闭所有窗口。

实验六、参数分析

一、在放大器的补偿电容上进行参数分析。

1、使用 icms & 命令打开 CIW 窗口，打开 mylib 目录下的 ampTest 电路，打开 ADE 窗口，并且加载 state1，这里我们要进行删减一部分内容：在 Outputs 一栏中只留下 out 输出。

2、运行仿真，在输出波形中有一条 ac 响应和 tran 响应的输出波形。在 ADE 窗口中执行 **Tools—Parametric Analysis**，会弹出 Parametric Analyses 窗口，在这个窗口总执行 **Setup—Pick Name For Variable—Sweep 1**，在弹出的对话框中双击 CAP，然后再 Parametric Analyses 窗口中进行如下设置：

Parametric Analysis - spectre(1): mylib ampTest schematic

Tool Sweep Setup Analysis Help 6

Sweep 1

Variable Name: CAP

Add Specification

Range Type: From/To

From: 0.4p To: 0.8p

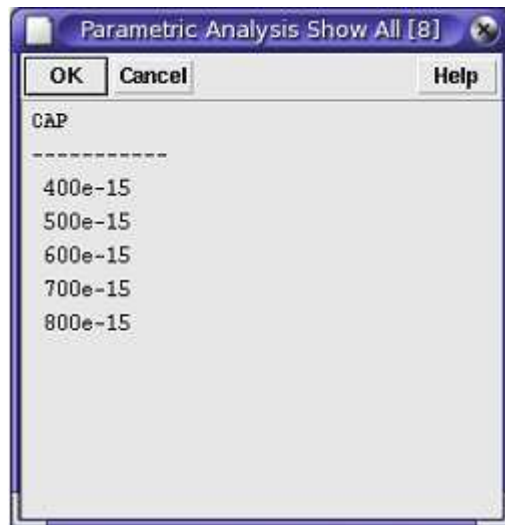
Step Control: Auto

Total Steps: 5

Select

你还可以查看一下 CAP 都会取哪些值，在这个窗口中执行

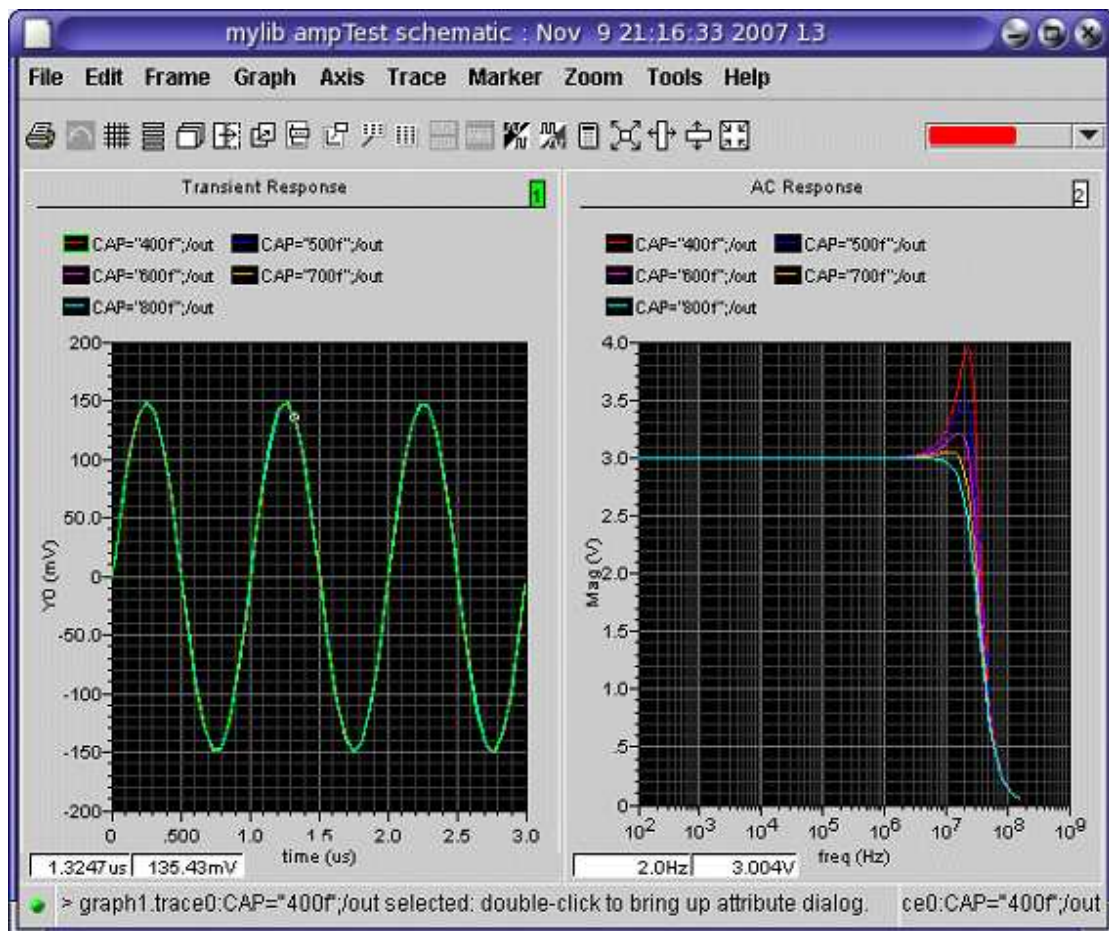
Analysis—Show Sweep Sets—All, 则会在弹出的窗口中显示 CAP 要取的值:



查看完点击 OK 即可。

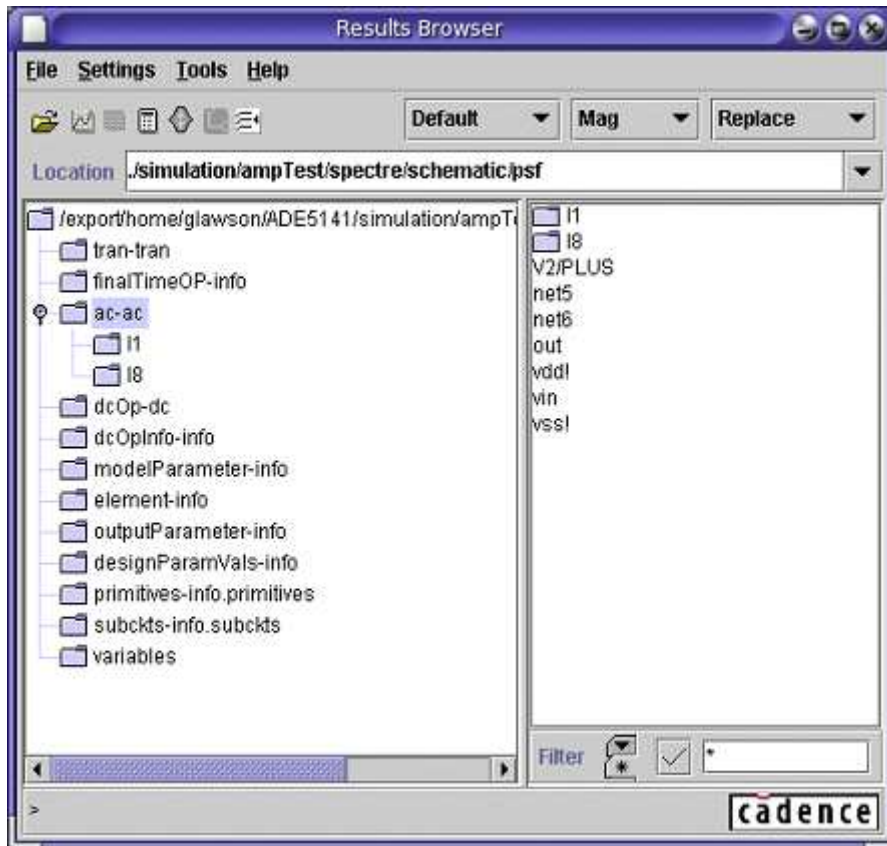
3、参数分析时,你可以同时扫描不止一个区间,只要将右侧的 Add Specification 下拉菜单打开,并选中 Range 即可增加新的 Range,这里我们不多描述,可以自行尝试一下,你甚至还可以进行多个扫描。

4、在 Parametric Analyses 窗口中,执行 **Analysis—Start**, 分析结束后会弹出如下图所示波形:

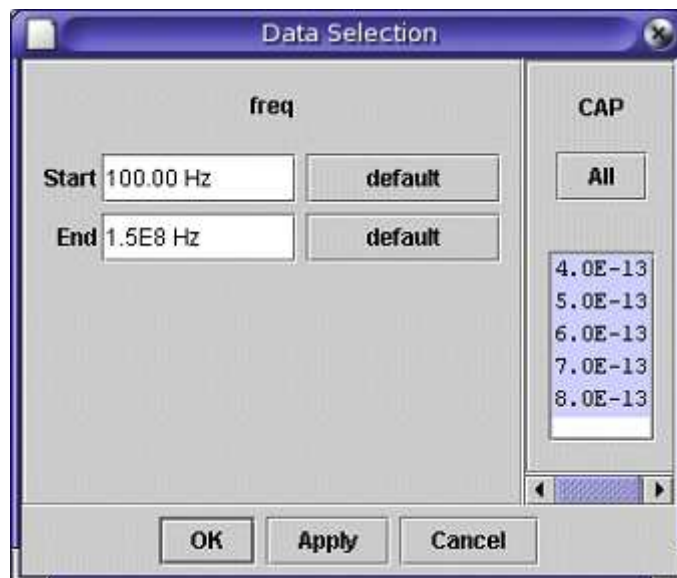


5、有时候我们需要画出一条单个的曲线 (对应于某一个参数), 可以使用 ADE

窗口下的 Results Browser，在 ADE 窗口中执行**Tools—Browser**，点击 ac-ac，在窗口的右边选中 out 曲线，如下图所示：



执行 **Settings—Select Data**，弹出一个窗口，如下图所示，我们只选中 4.0E-13，



点击 OK。回到 Results Browser 窗口中，右击 out 选中 New Win 即可打开一个对应于 CAP=4.0E-13 的输出波形，当然你也可以在原来的波形图基础上打开，那么就要选择 New Subwin。

6、如果要保存结果的话，可以执行**Results—Save**，在 SaveAs 中填入**parametric**，点击 OK 即可。

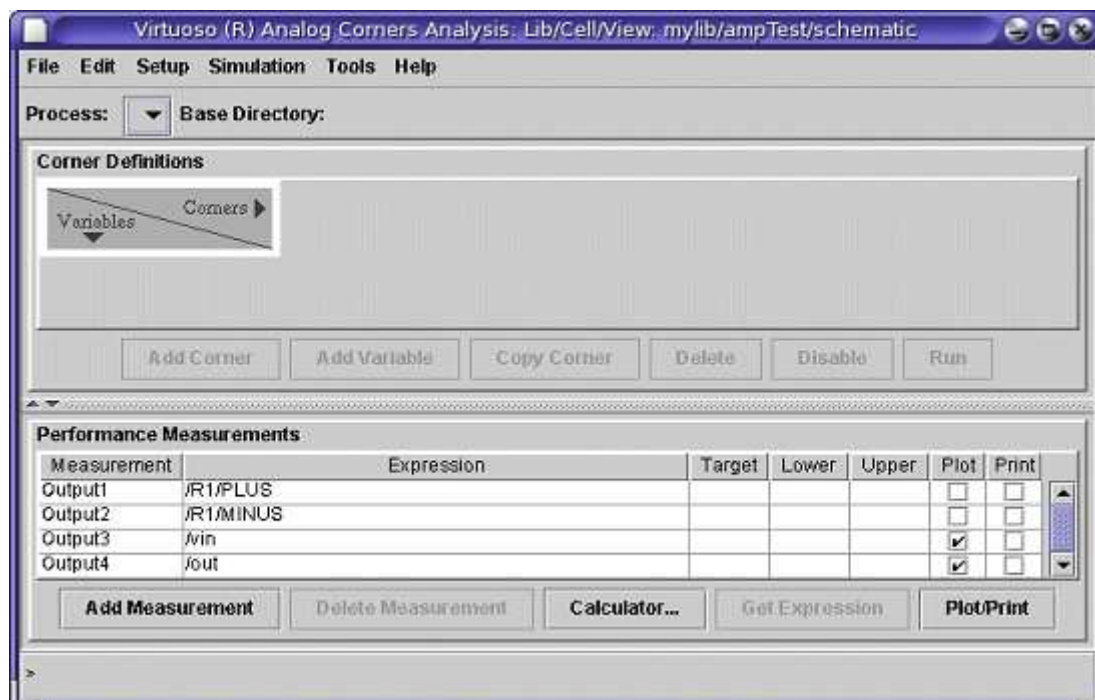
7、关闭所有窗口。

实验七、使用 OCEAN 和 SKILL 语言

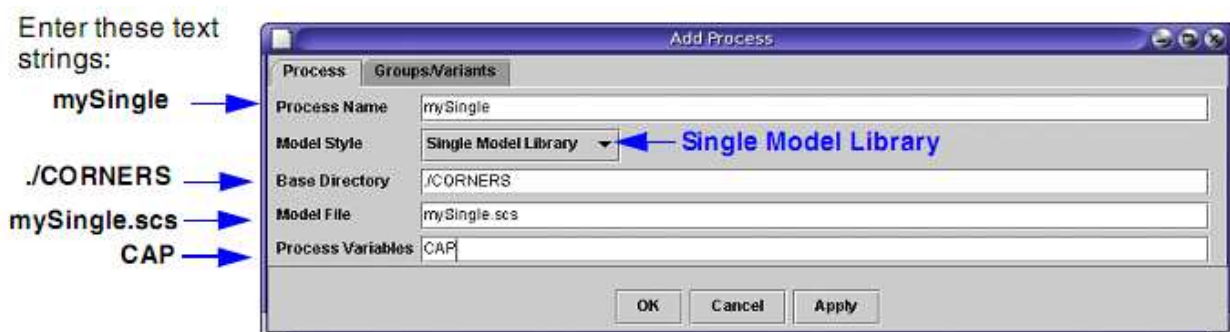
实验八、使用 Corner 分析工具

一、准备工作。

- 1、使用 icms & 进入 CIW 窗口，打开 Library 目录下的 ampTest 电路。
- 2、打开 ADE 窗口，加载 state1，关闭 tran 分析。
- 3、点击 Netlist And Run 按钮，进行电路仿真，如果产生了预期的效果，就可以进行下面的实验。
- 4、在 ADE 窗口执行 **Tools—Corners**，则会弹出 Corner Analyses 窗口，如下图所示：



在 Corner Analyses 窗口中执行 **Setup—Add Process**，在弹出的窗口中进行如下图所示设置：



在确定你输入正确后点击 OK（一定要保证输入正确后再点击 OK）。

- 5、在 Corner Analyses 窗口执行 **File—Load**，会弹出一个对话框，我们点击 Save，然后我们找到 **CORNERS/mySingle.pcf** 文件，点击 OK，则 Corner Analyses 窗口会变成如下图 20 所示：

- 6、点击 Run 按钮，稍等片刻，会弹出很多窗口，其中包括一个波形窗口和一个

Results Display 窗口，如下图 21、22 所示：

7、关闭 Corner Analyses 窗口，本实验结束。

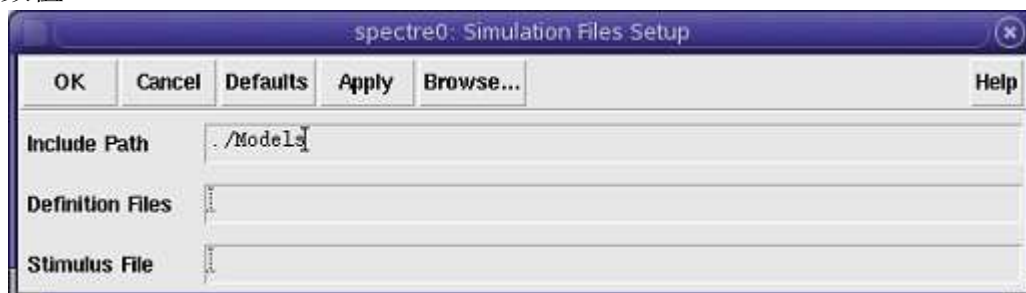
实验九、Monte Carlo 分析

一、Monte Carlo 分析。

1、Monte Carlo 分析其实就是模拟统计分析，你可以利用它来仿真电路中某个参数的统计变化量，然后你就可以得出在某个参数在取不同的值时，看你输出的变化是否满足实际的需要。

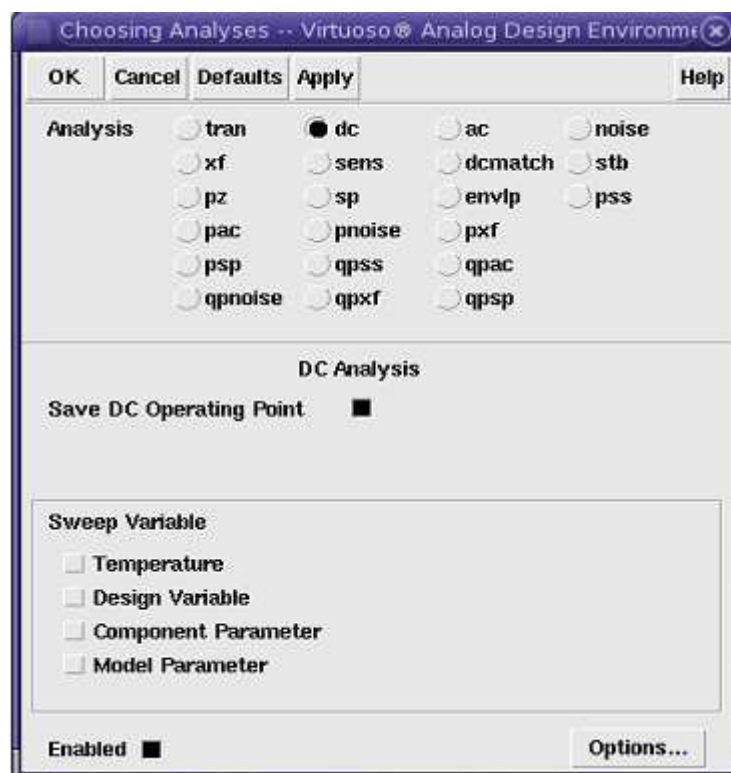
2、在终端窗口输入 icms & 进入 CIW 窗口，利用 Library Manager 打开 mylib 下的 AmpTest 电路，进入 ADE 窗口。

3、在 ADE 窗口执行 **Setup—Simulation Files**，在 Include Path 中输入如下图所示的数值：

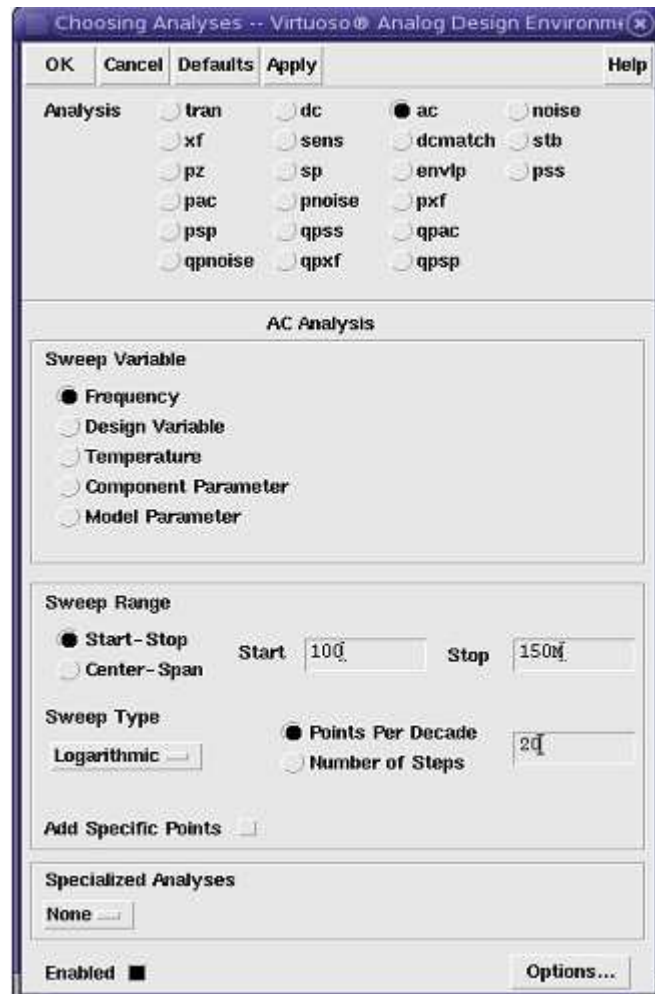


4、在 ADE 窗口中执行 **Setup—Model Libraries**，将 Model Library File 设置路径为：~/adelabic5/Models/spectreLib4.scs，点击 Add，OK 即可。

5、在 ADE 窗口中点击 Choose Analyses 按钮，选中 dc 分析，进行如下图所示设置：

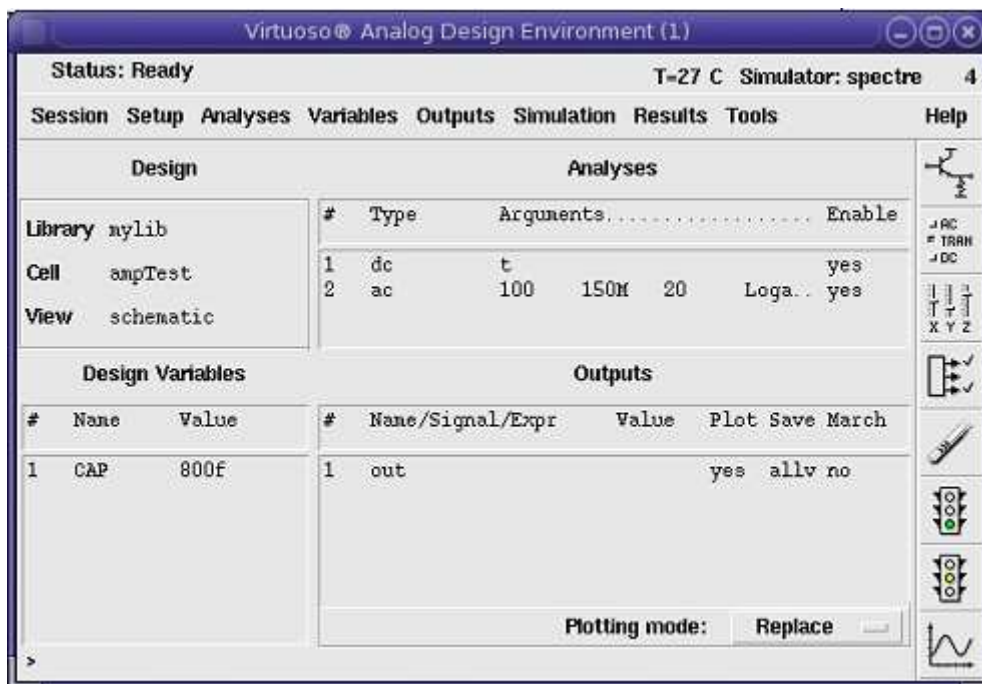


选中 ac 分析，如下图进行设置：

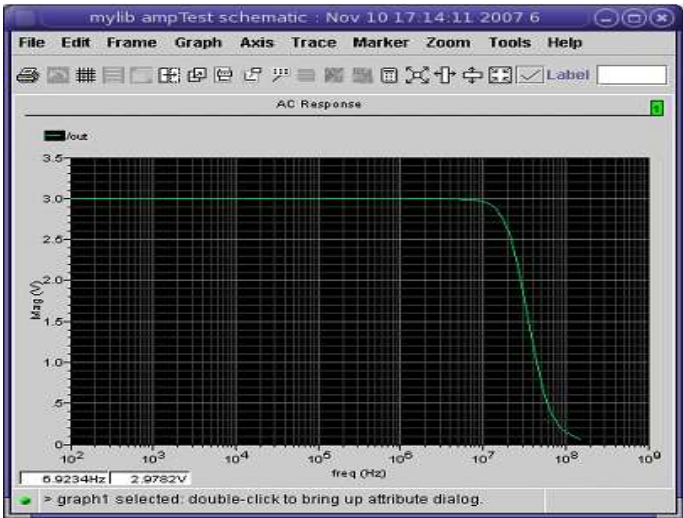


点击 Apply, OK 即可。

6、在 ADE 窗口中，执行 **Outputs—To Be Plotted—Select On Schematic**，然后点击 out 节点，按 Esc 退出，然后你的 ADE 窗口会变成如下所示：



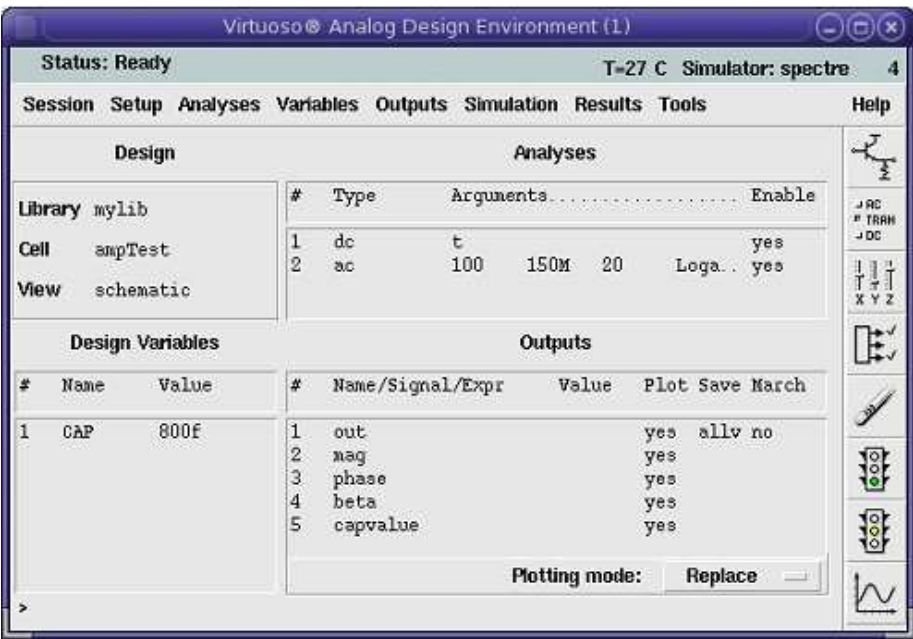
7、点击 Netlist and Run 按钮，看你是否能得到如下所示的波形：



8、创建新的表达式，在 ADE 窗口，双击 Outputs 里的 out 信号，在弹出的对话框中，点击 New Expression 按钮，在 Name 中输入 mag，点击 Open 按钮会弹出 Calculator 对话框，我们选择点击 ac 下的 vf，然后会自动置顶电路窗口，点击 out 节点，回到 Calculator 窗口，在 Function 里选择 db20，然后再 Buffer 中的表达式的形式为：`db20(VF("/out"))`，在 Setting Outputs 窗口中点击 Get Expression 按钮，点击 Add 按钮，然后重复上述步骤依次添加如下东西：

Name (opt.)	Expression
mag	<code>db20(VF("/out"))</code>
phase	<code>phase(VF("/out"))</code>
beta	<code>MP("/I8/Q0", "bf")</code>
capvalue	<code>OP("/I8/C0", "cap")</code>

注意 MP 和 OP 是在 Calculator 中的 info 下，在选择 Q0 时要进入放大电路，然后再选择 Q0，会遇到一个很小的对话框，最后完成之后的 ADE 窗口如下图所示：



9、设置 Monte Carlo 环境。在 ADE 窗口中执行**Tools—Monte Carlo**，在弹出的窗口中，进行如下所示更改：

Number of Runs	50
Analysis Variation	Process & Mismatch
Save Data Between Runs to Allow Family Plots	<input checked="" type="checkbox"/>

设置完后的 Monte Carlo 分析窗口如下图所示：

Analog Statistical Analysis

Status: Ready Simulator: spectre 7

Session Outputs Simulation Results Help

Analysis Setup

Sampling Method

☒ Standard ☐ LHS

Number of Runs

50

Starting Run #

1

Analysis Variation

Process & Mismatch

Swept Parameter

None

Append to Previous Scalar Data

☐

Save Data Between Runs to Allow Family Plots

☒

Save Process Parameters

☒

Outputs

#	Name	Expression/Signal	Data Type	Autoplot
1	S_1	/out	wave	yes
2	mag	dB20(VF("/out"))	wave	yes
3	phase	phase(VF("/out"))	wave	yes
4	beta	MP("/I8/Q0" "bf")	scalar	yes
5	capvalue	OP("/I8/Q0" "cap")	scalar	yes

scalar

no

Add

Delete

Change

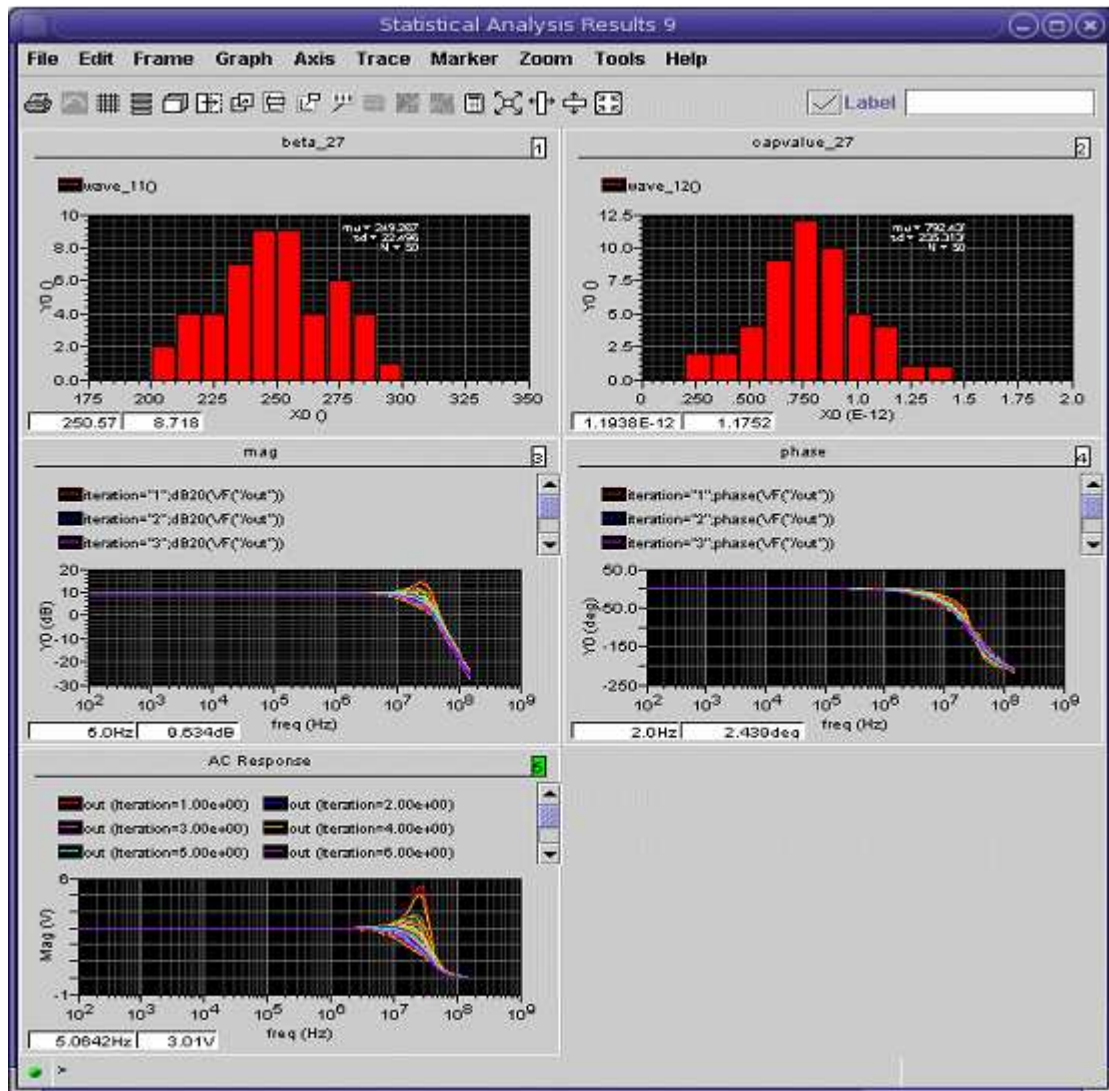
Clear

Calculator...

Get Expression

10、检查你的表达式是否有效，在 Monte Carlo 分析窗口中执行：**Simulation—Check Expressions**，如果你的表达式都是有效的，那么将不会有任何提示。

11、在 Monte Carlo 窗口中，执行**Simulation—Run**，等待几十秒左右，将会完成五十步的仿真，并且会弹出几个窗口，其中有一个输出波形窗口。如下图所示：



在柱状图中你可以看到平均值 (μ), 标准差 (sd), 仿真的次数 (N)。

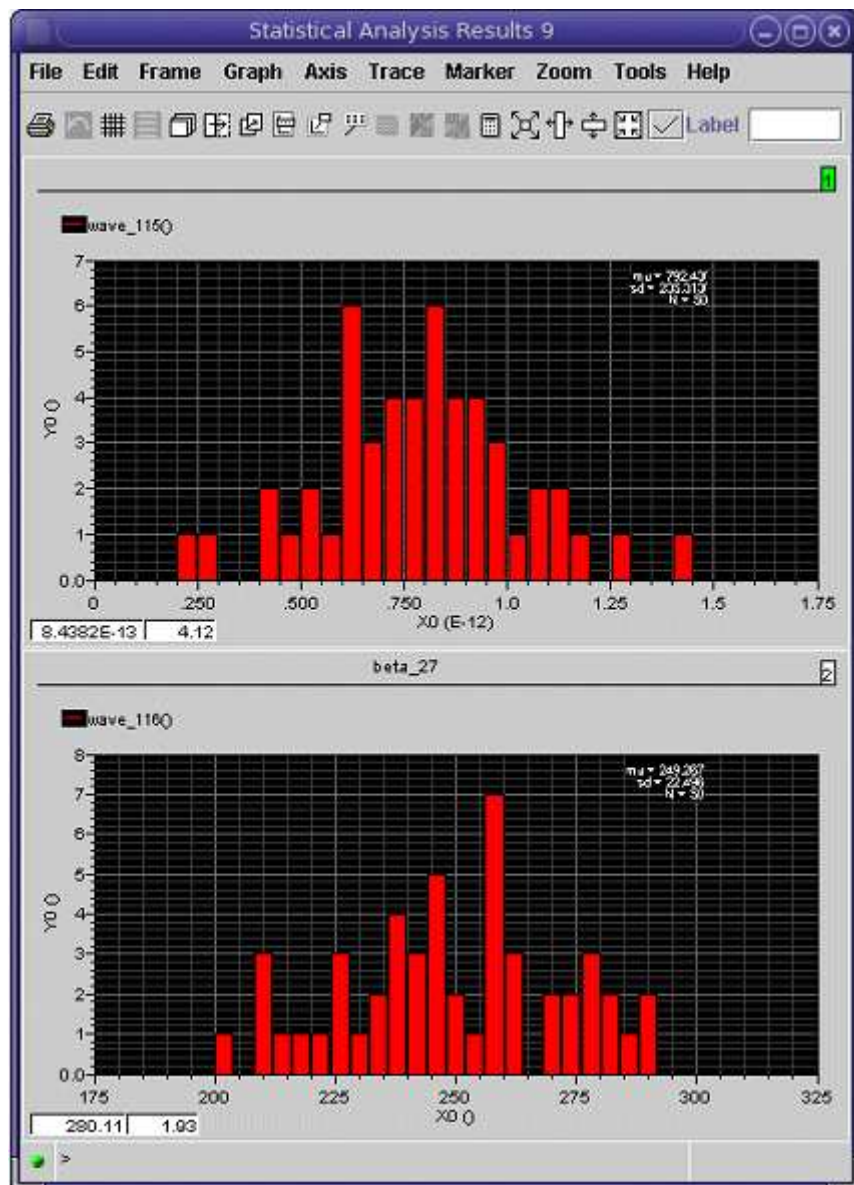
12、保存会话的状态。在 Monte Carlo 窗口中, 执行 **Session—Save State**, 弹出的如下图所示对话框:



点击 OK 即可。

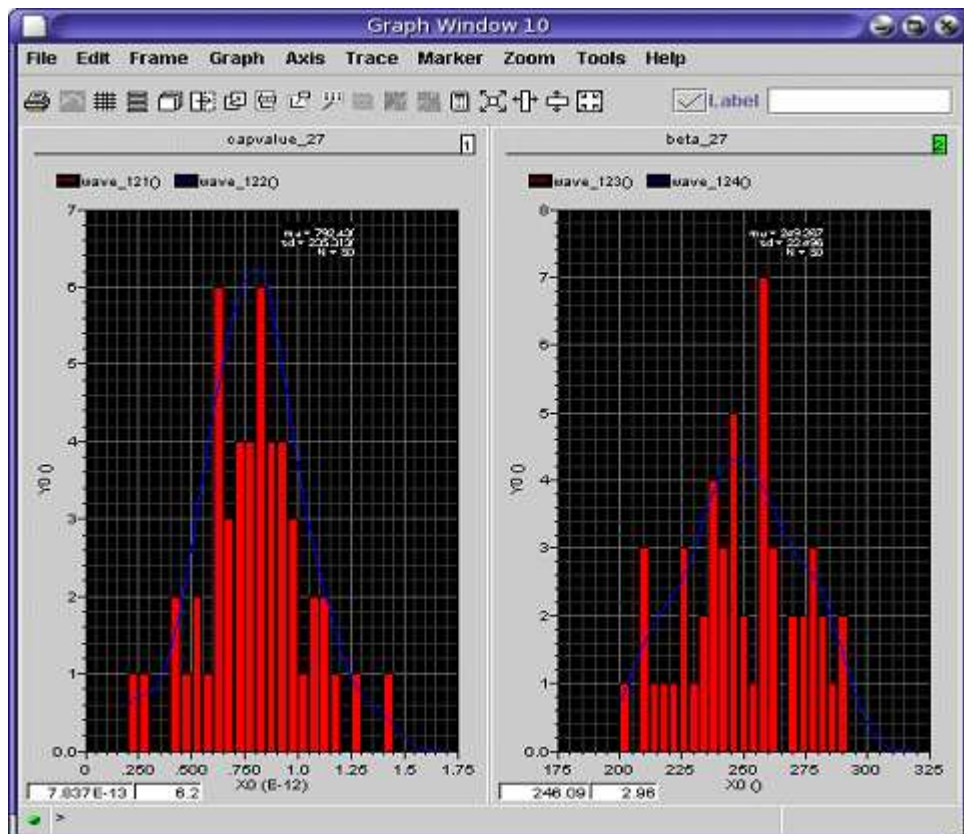
13、保存 OCEAN 脚本, 在 Monte Carlo 窗口中执行 **Session—Save Script**, 在弹出的对话框中, 直接点击 OK 即可。

14、画柱状图。虽然我们刚才已经得到了一个柱状图, 但是我们还可以改变一些参数来画柱状图, 在 Monte Carlo 分析窗口中执行 **Results—Plot—Histogram**, 弹出一个对话框, 我们选中 beta_27 和 capvalue_27, 点击 Add 按钮, 并将 Number of Bins 改为 20, 点击 Apply 按钮, 会得到如下图所示图形:



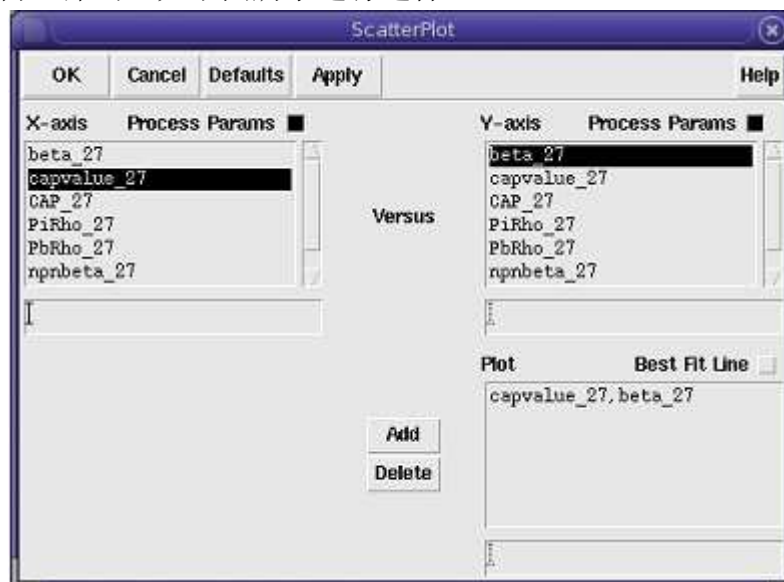
可能你得到的图像是左右结构摆放的，而且柱状图不尽相同，但大体趋势应该是一样的。

在 Histogram 对话框中，如果你选中 Density Estimates 选项，得到的图像是如下图所示：

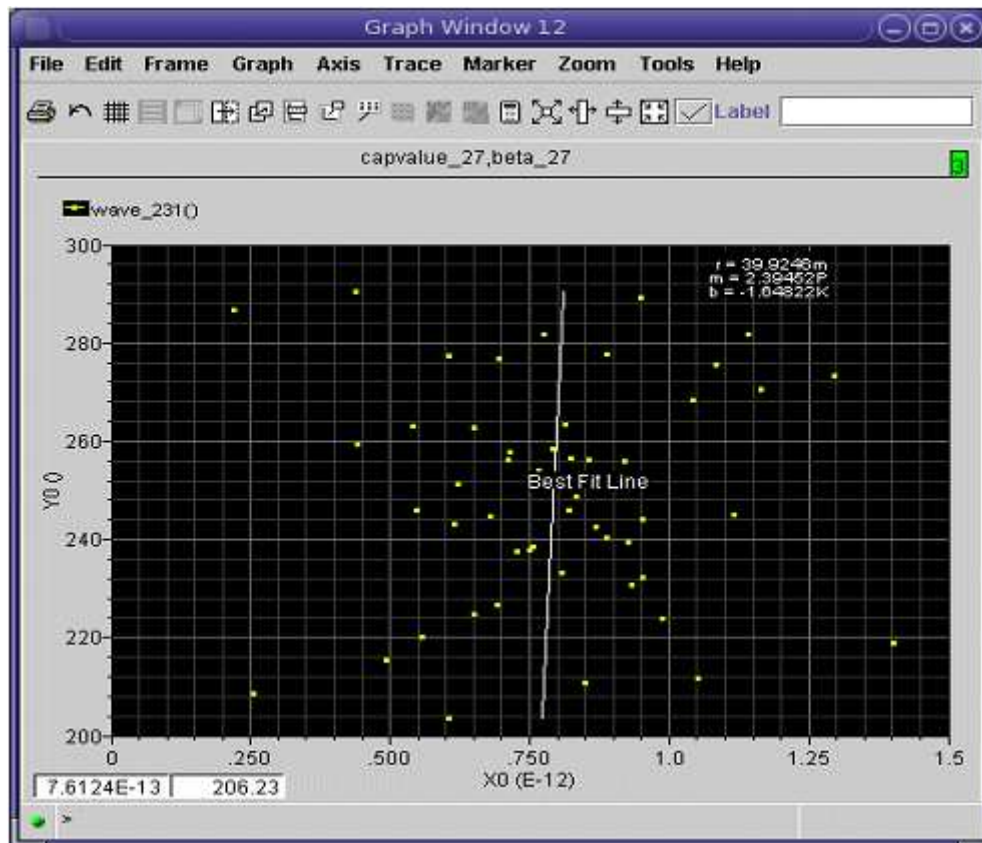


15、画曲线图。你可以单独画表达式的曲线图，在 Monte Carlo 分析窗口中执行 **Results—Plot—Curves**，你就可以画出三个表达式的曲线。

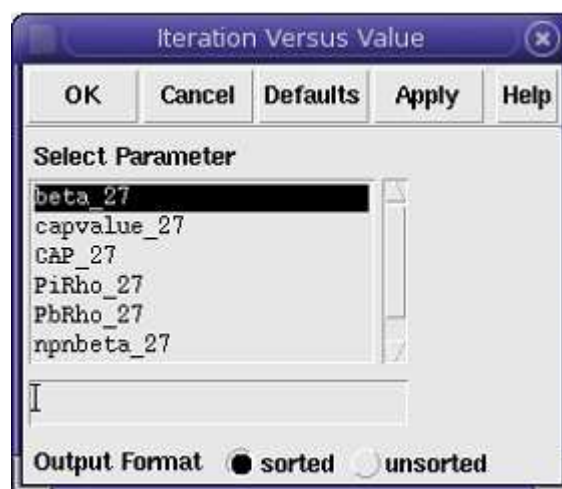
16、创建散布图。在 Monte Carlo 分析窗口中执行 **Results—Plot—Scatterplot**，ScatterPlot 窗口弹出，如下图所示进行选择：



并且选中 Best Fit Line，点击 Apply 按钮，就会弹出一个如下图所示窗口：



17、在 Monte Carlo 分析，可以将每一步仿真时各个表达式的值打印出来。在 Monte Carlo 分析窗口中执行 **Results—Print—Iteration Vs Value**，如下图所示进行设置：

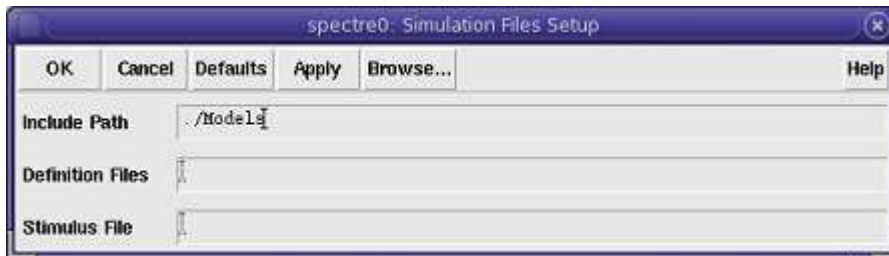


点击 Apply 按钮，你就可以得到 beta_27 这个参数值在每一步仿真时的数值，当然你也可以查看其他参数的值。

实验十、优化分析

一、优化分析就是在仿真时自动变化电路的参数，来获得理想的电路性能。在这个实验中，我们通过变化电容值和 npn 晶体管的 β 值来获得理想的带宽和相位差。

1、打开 mylib 下的 ampTest 电路，打开 ADE 窗口，在 ADE 窗口执行 **Setup—Simulation Files**，在弹出的窗口进行如下图所示设置：



2、在 ADE 窗口执行 **Setup—Model Libraries**，添加的 Model 目录为 ~/adelabic5/Models/myModOptim.scs。

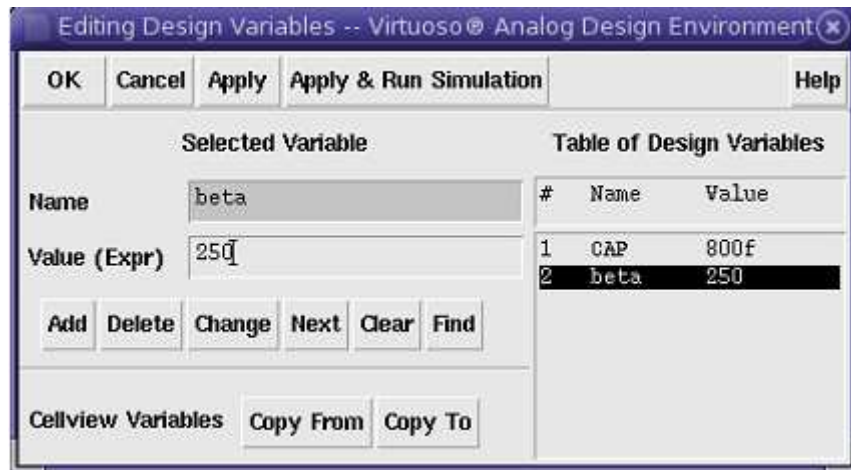
3、在 ADE 窗口中点击 Choose Analyses 按钮，在 dc 分析中，选中 Save DC Operating 即可，在 ac 分析中，选择从 100 到 150M 仿真，每十倍频 20 点。

4、在 ADE 窗口中执行 **Outputs—To Be Plotted—Select On Schematic**，在 ampTest 电路中选择 out 节点，按 Esc 退出，检查你的 ADE 窗口中的 CAP 的值是否为 800f，若不是改过来。

5、在 ADE 窗口中点击 Edit Variables 按钮，在弹出的窗口中输入如下内容：

Name	beta
Value(Expr)	250

点击 Add 按钮，如下图所示：



点击 OK 即可。

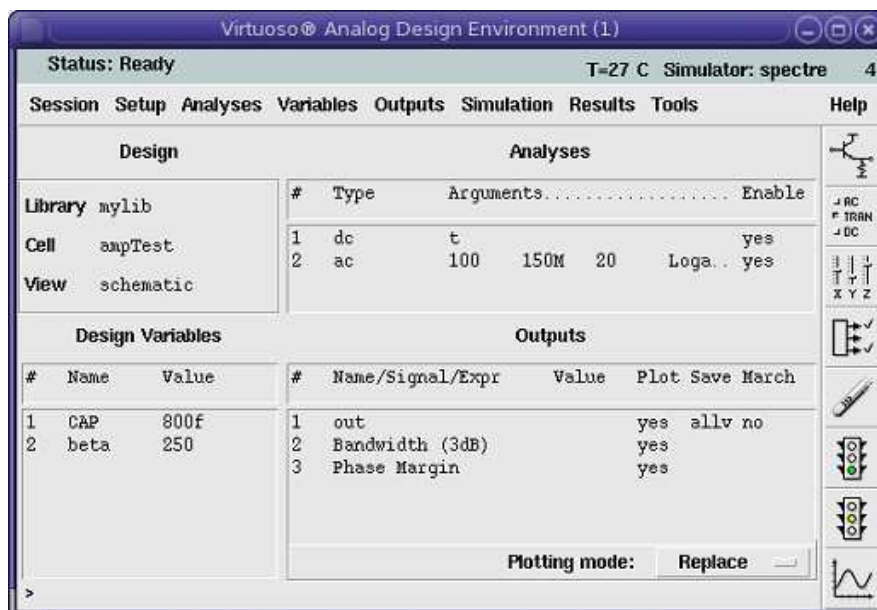
6、在 ADE 窗口的 Output 区域里，双击 out 输出，我们要添加新的表达式：

Name (opt.)	Expression
-------------	------------

Bandwidth(3db)	<code>bandwidth(VF("/out"),3,"low")</code>
----------------	--

Phase Margin	<code>phaseMargin(VF("/out"))</code>
--------------	--------------------------------------

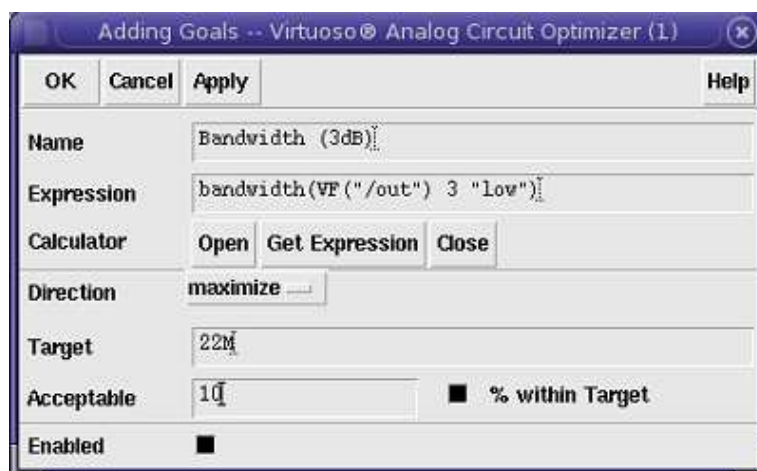
添加完后会得到如下图所示的 ADE 窗口：



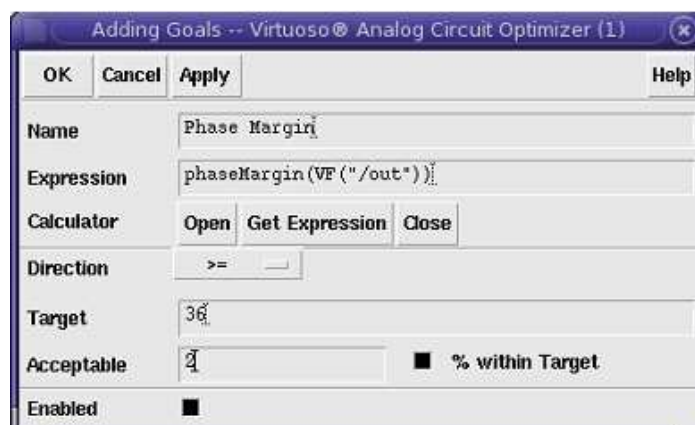
7、运行仿真，点击 Netlist and Run 按钮，仿真结束后会在 ADE 窗口中显示 Bandwidth 和 Phase Margin 的值：

Bandwidth=26.94M ， Phase Margin=27.33

8、添加优化的目标和限制。在 ADE 窗口中执行 **Tools—Optimization**，电路优化窗口出现，点击窗口右边的 **Add/Edit Goals** 按钮，然后像上次一样将 Bandwidth(3db)添加进来，然后对话框的下面进行如下设置：



点击 Apply 按钮，然后再添加下一个 Phase Margin，设置如下：



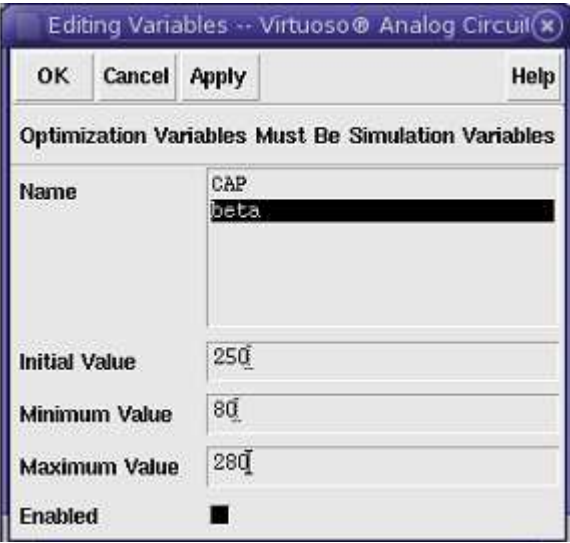
点击 OK。

9、在电路优化窗口点击 **Add/Edit Variables** 按钮，选中 CAP，进行如下设置：

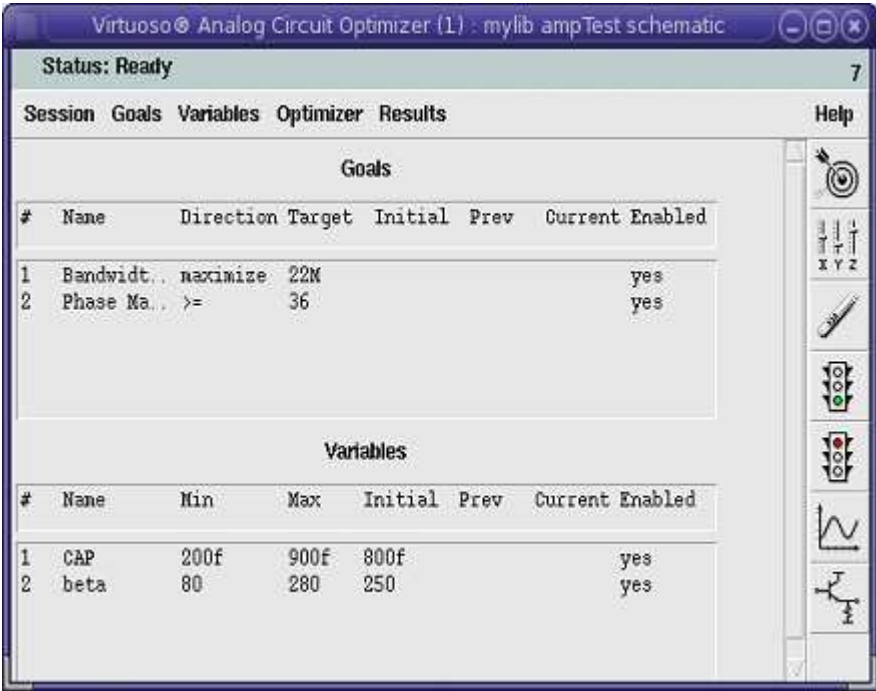
Minimum Value 0.2p
Maximum Value 0.9p
Enabled ☒

点击 Apply 按钮。选中 beta，设置如下：

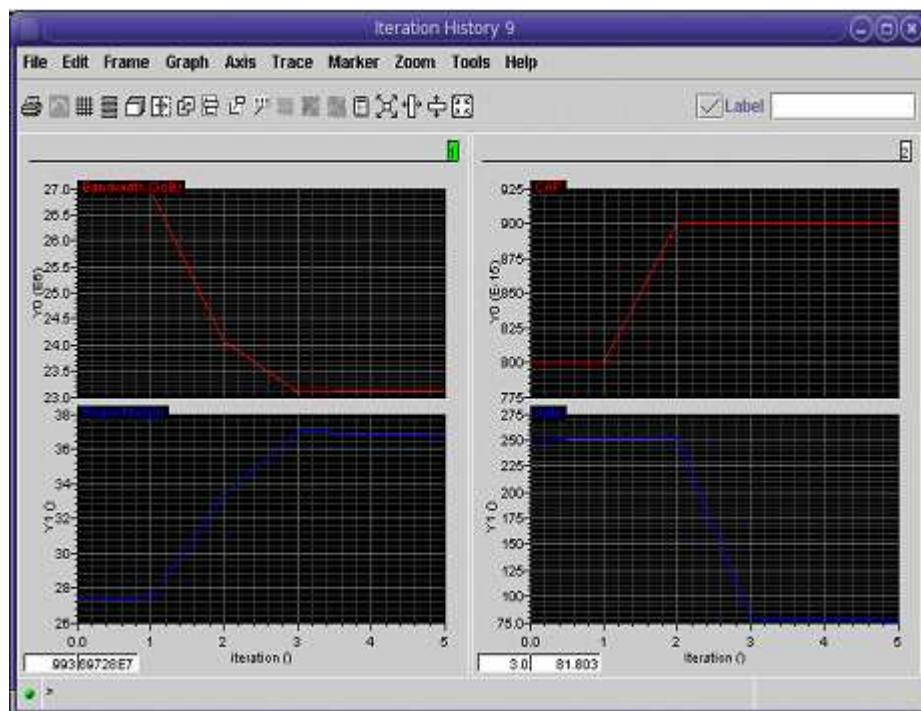
Minimum Value 80
Maximum Value 280
Enabled ☒



点击 OK，看看你的电路优化窗口是否如下图所示：



10、点击窗口右边的**Run Optimizer**按钮，大概几分钟之后，会弹出一个波形窗口，如下图所示：



可能你得到的波形与上图所示上下调换了。

11、这时在电路优化窗口中，会将优化后的各个参数的值显示出来，而且在 CIW 窗口中，也会提示 An optional solution is found，最终的数值应该是如下所示：

CAP=900f, beta=80.4, Bandwidth=23.11M, Phase Margin=36.92。

12、如果你想将优化后的值返还到电路中，要执行以下三个步骤：

首先，在电路优化窗口中执行**Results—Update Design**;

然后，在 ADE 窗口中执行**Variables—Copy to Cellview**;

最后，在 ampTest 电路窗口中执行**Design—Check and Save**。

13、保存会话状态，在电路优化窗口中执行**Session—Save State**，点击 OK。保存 OCEAN 脚本，执行**Session—Save Ocean Script**，点击 OK 即可。

14、实验结束，除了 CIW 窗口之外，关闭所有窗口。

实验十一、Component Description Format (CDF) 参数

一、CDF 使用界面。

1、在 CIW 窗口中执行**Tools—Library Manager**，找到 mylib 下的 amplifier，右键点击 Copy，会弹出 Copy Cell 窗口，将 amplifier 的所有东西复制到 mylib 下的一个新的 Cell——InlineAmp，如下图所示：



点击 OK。按同样的方法将 mylib 下的 ampTest 电路复制到 mylib 下的 InlineAmpTest。

2、打开 InlineAmpTest 电路，将放大器元件删除，并且添加刚才我们复制的 InlineAmp 电路，将 Instance Name 设置为 I0，点击 Check and Save 保存。

3、回到 Library Manager 窗口，找到 analogLib 目录下的 nmos4 单元，对它进行复制，复制的路径和名称如下图所示：

Library mylib
Cell mynmos4

在复制时，注意 **Copy All Views** 选项要被选中。

4、开始 CDF 使用界面。在 CIW 窗口中执行 **Tools—CDF—Edit**，Edit Component CDF 窗口会出现，我们先做如下更改：

CDF Selection  Cell
CDF Type Base 
Library Name mylib
Cell Name mynmos4

在添加目录时要使用 Browser 按钮，然后点击 Apply 按钮。

我们注意到 Edit Component CDF 窗口现在变得很长了，总共包括四个区域：Component Parameters、Simulation Information、Interpreted Labels Information、Other Information。

5、在 Component Parameters 区域的左上角有一个默认为 Name 的下拉菜单，我

们把它改为 Prompt，看看有什么变化，然后改回来，在该区域只进行如下更改：

model **mynmos4**

点击 Apply 按钮。

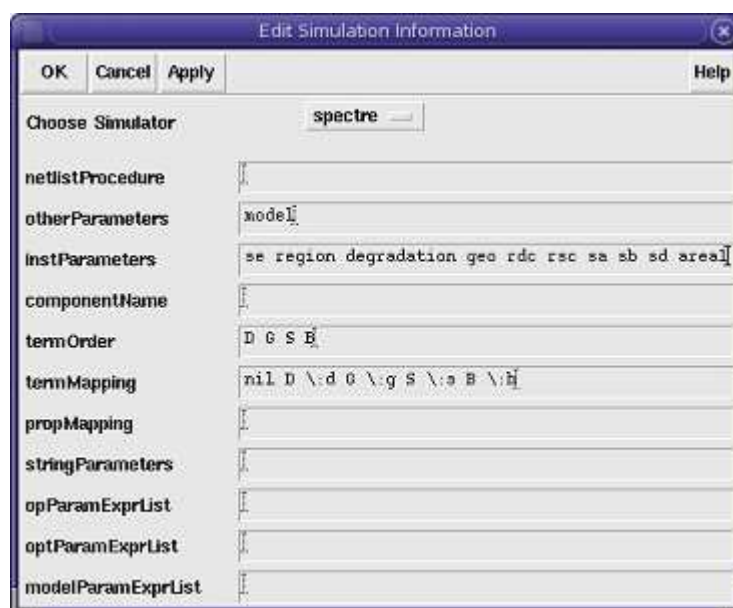
6、在 Component Parameters 区域中点击 Add 按钮，在弹出的窗口中进行如下设置：



The 'Add CDF Parameter' dialog box is shown. It has a title bar with a close button. Below the title bar are buttons for 'OK', 'Cancel', 'Apply', and 'Help'. The 'Add After Parameter' field is set to 'model'. The 'paramType' is 'float', 'storeDefault' is 'no', 'name' is 'areal', 'prompt' is 'New Area', and 'defValue' is '100'. The 'use', 'display', 'dontSave', 'editable', and 'callback' fields are empty.

点击 OK，你会发现在 Component Parameters 区域里多了一个 areal 参数，点击 Apply 按钮。

7、找到 Simulation Information 区域，点击该区域的 Edit 按钮，在弹出的窗口进行如下设置：



The 'Edit Simulation Information' dialog box is shown. It has a title bar with a close button. Below the title bar are buttons for 'OK', 'Cancel', 'Apply', and 'Help'. The 'Choose Simulator' field is set to 'spectre'. The 'netlistProcedure' field is empty. The 'otherParameters' field is set to 'model'. The 'instParameters' field is set to 'se region degradation geo rdc rsc sa sb sd areal'. The 'componentName' field is empty. The 'termOrder' field is set to 'D G S B'. The 'termMapping' field is set to 'nil D \:d G \:g S \:s B \:H'. The 'propMapping', 'stringParameters', 'opParamExprList', 'optParamExprList', and 'modelParamExprList' fields are empty.

主要是在 **instParameters** field 中添加 areal 参数，选择 spectre 为仿真器，点击 OK。

8、在 Edit Component CDF 窗口中点击 OK。

二、在仿真中验证 CDF 参数。

1、打开 InlineAmpTest 电路，打开 ADE 窗口，在 ADE 窗口中执行 **Session—Load State**，按如下进行加载：

Library	mylib
Cell	ampTest
Simulator	spectre
State Name	statel
What to Load	<input type="checkbox"/> Waveform Setup

点击 OK。

2、在 ADE 窗口中执行 **Setup—Model Libraries**，删除原来的 Model 文件，将 Model 改为 *InlineModels.scs* 文件。执行 **Setup—Simulation Files**，将 **Include Path** 设置为 *./Models*。

3、在 InlineAmpTest 电路中，选择 InlineAmp，执行 **Design—Hierarchy—Descend Edit**，找到 M2 管，按 Q 键弹出属性窗口，更改如下内容：

Library Name	mylib	
Cell Name	mynmos4	
Model name	mynmos4	
CDF Parameter	Value	Display
New Area	100	both <input type="checkbox"/>

点击 Apply 按钮，点击 Cancel 按钮，在电路中点击 Check and Save 按钮，执行 **Design—Hierarchy—Return** 回到 InlineAmpTest 电路。

4、回到 ADE 窗口，执行 **Simulation—Netlist—Recreate**，会弹出网表显示窗口，我们注意到是否有这么一行：

```
M2 (net18 gnode vss! vss!) mynmos4 w=100u l=10u area1=100
```

然后点击 Run 按钮，仿真结束后，弹出的波形应该是和以前一样的。

5、按上面的方法，我们再一次回到 InlineAmp 电路中，编辑 M5 的属性，进行如下更改：

Library Name	mylib
Cell Name	mynmos4
Model name	mynmos4a
New Area	101

点击 OK，然后点击电路中的 Check and Save 按钮，重新产生网表，你会在网表中发现有这么两行：


```
M5 (gnode gnode vss! vss!) mynmos4a w=100u l=10u area1=101
M2 (net18 gnode vss! vss!) mynmos4 w=100u l=10u area1=100
```

仿真一下，查看波形，AC 响应的波形是和原来一样的，但是 tran 响应的波形与原来的稍有不同（仔细观察），因为我们将 area1 设置为 101。

6、本实验结束。

实验十二、Macromodels、Subcircuits 和 Inline Subcircuits

一、创建一个寄生晶体管模型

- 1、找到 analogLib 目录下的 npn 单元，将其复制到 mylib 目录下，命名为 npnpar。
- 2、在 CIW 窗口中执行 **Tools—CDF—Edit**，进行如下设置：

CDF Selection	<input checked="" type="radio"/> Cell
CDF Type	Base <input type="checkbox"/>
Library Name	mylib
Cell Name	nnpnpar

点击 Apply 按钮。

- 3、将窗口往下拉，找到 **Simulation Information** 区域，点击 Edit 按钮，将 **Choose Simulator** 设置为 spectre，在 **instParameters** 中添加 mybeta，如下所示：

```
instParameters area m trise region mybeta
```

去掉 **termOrder** 中的“S”，如下所示：**termOrder** C B E，将 **componentName**

设为 **componentName** npnpar，点击 Edit Simulation Information 窗口的 OK，

点击 Edit Component CDF 窗口的 OK。

- 4、在 InlineAmp 电路中，找到 Q0 晶体管，按 Q 键编辑它的属性如下：

Library Name	mylib
Cell Name	nnpnpar
Model Name	(blank)

点击 Apply 按钮。

- 5、在 Edit Object Properties 窗口中，点击 Add 按钮（在 Instance Name 下面），按如下进行设置：

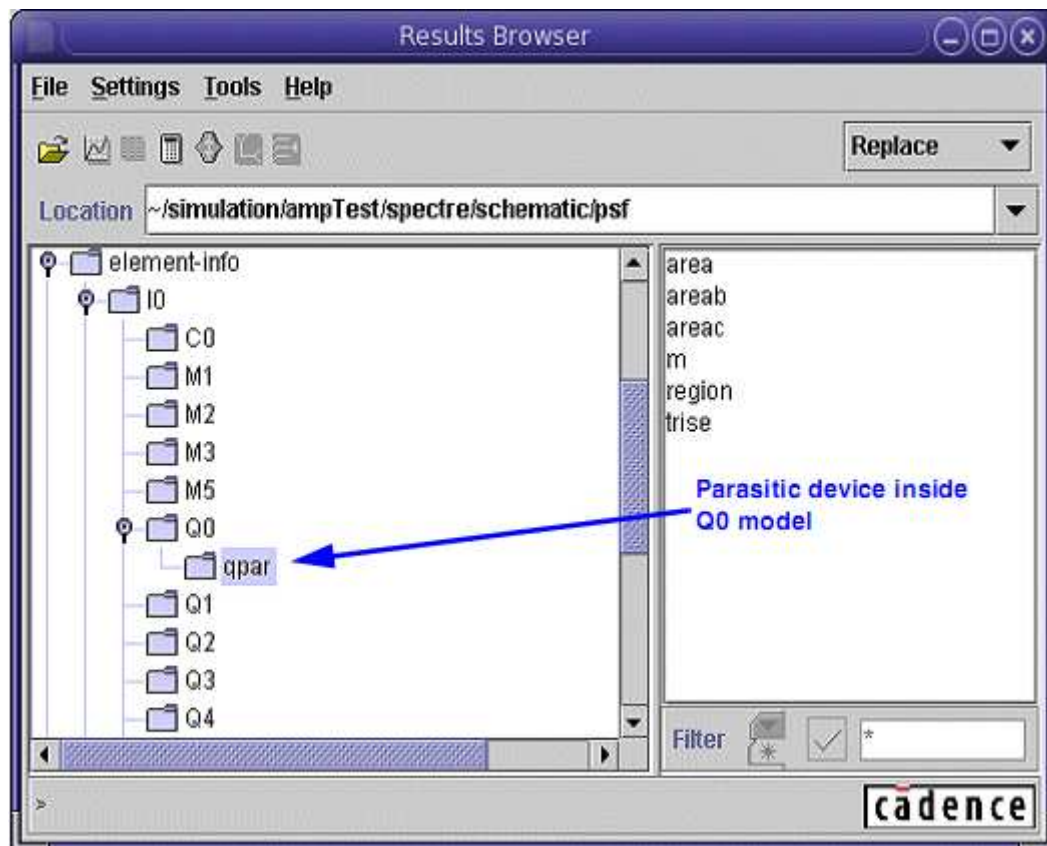


点击 OK，点击 Edit Object Properties 窗口的 OK。

- 6、回到 ADE 窗口，执行 **Simulation—Netlist—Recreate**，观察网表窗口，你应该

要看到会有这么一行: `Q0 (out net18 net39) npnpar mybeta=73` , 可能节点会不一样, 关闭网表窗口, 运行仿真, 得到的波形和以往一样。

7、在 ADE 窗口中执行 **Tools—Results Browser**, 在结果浏览器中找到如下图所示的东西:

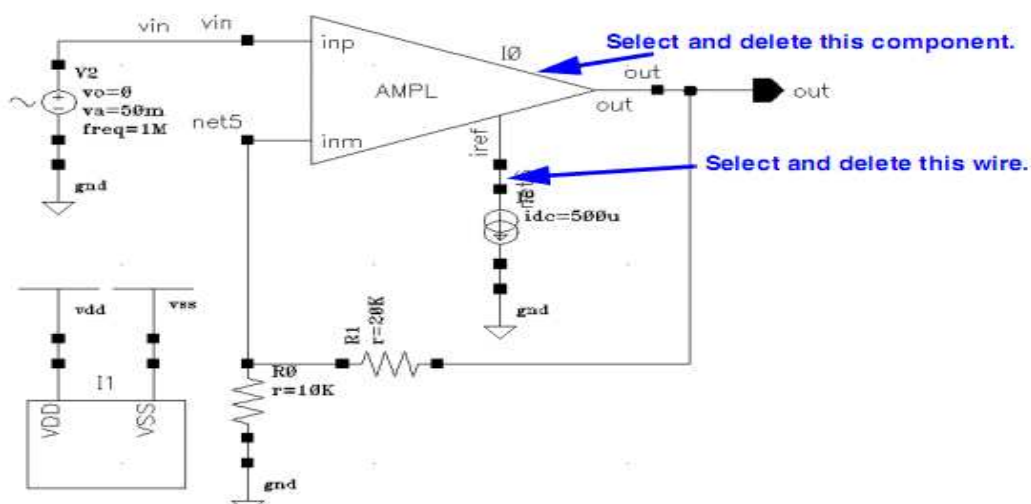


如果你点击 `ac-ac—I0—Q0`, 你会看到一个 `s` 节点。

8、保存电压和末端电流。在 ADE 窗口中执行 **Outputs—Save All**, 点击 OK 即可。

二、利用 Subcircuit 单元。

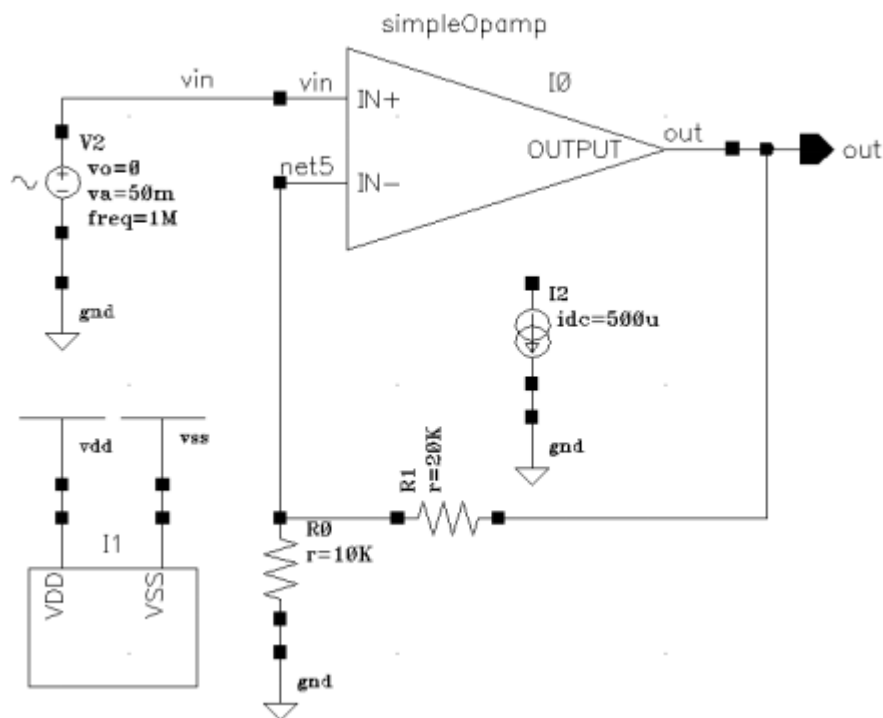
1、在 `InlineAmpTest` 电路中, 删除 `iref` 与电流源连接的线路, 删除 `InlineAmp`, 如下图所示:



2、添加元件，使用快捷键 I 添加，如下图所示：

Library	aExamples
Cell	vcvsOpamp
View	symbol
Names	I0

添加完之后的电路如下图所示：



点击 Check and Save 按钮。忽略 Warning 提醒。

3、回到 ADE 窗口，执行 **Simulation—Netlist—Recreate**，在网表窗口中，你应该可以找到这么一句话：

```
I0 (vin net5 out) vcvsOpamp
```


4、运行仿真，输出的波形 tran 响应和以前是一样的，但是 AC 响应显示的是两条与频率无关的直线。

5、在 InlineAmpTest 电路中，我们选择新加入的放大器，按 Q 键编辑它的属性，修改成如下所示：

Library Name	aExamples
Cell Name	vcvsOpampMacro
Instance Name	I0
Model Name	opamp

点击 OK 即可。点击 Check and Save 保存电路，忽略 warning。

6、在 CIW 窗口中执行 **Tools—CDF—Edit**，选择如下情况：

CDF Selection	 Cell
CDF Type	Base <input type="checkbox"/>
Library Name	aExamples
Cell Name	vcvsOpampMacro

点击 Apply 按钮。

找到 Simulation Information 区域，点击 Edit 按钮，检查是否将 Choose Simulator 选项设置为 spectre，otherParameters 中应填入 model，instParameters 中填入 inputCap，componentName 中填入 opamp，点击 Cancel 按钮。

7、回到 ADE 窗口，执行 **Simulation—Netlist—Recreate**，在网表窗口中，你应该看到有这么一行： `I0 (vin net5 out) opamp`，运行仿真，得到的波形和刚才一样，tran 正常，AC 响应与频率无关。

8、

三、