

Simetrix/Simplis 仿真基础

近 4 年开发电源的过程，在使用仿真软件的过程中，对仿真渐渐有了个了解，仿真不能代替实验。仿真软件显示电路不能工作，而实际确能工作，仿真不收敛，而实际电路永远不会不收敛。但是仿真软件可以测试未知电路，可以验证自己的想法，甚至大大缩短开发过程，在你仿真的过程中，也可以更深入的理解开关电源的拓扑结构，控制模式等，假如你要实验一个电路，发现库里没有现成的 IC,在自己搭建 IC 之后，你对整个 IC 具体是如何运作的必定了解的非常清楚。

如果你的模型足够精确，你可以得到和实验室非常接近的结果。如果你的电路是错误的，你也不用担心“炸机”的危险。

Simetrix/Simplis 是我个人比较喜欢用的一款仿真软件，相对与功能强大的 SABER, Simetrix/Simplis 具有操作简单，容易上手，速度快等特点，用来实验开关电源的各个功能电路非常不错，精通之后，也能进行更复杂的仿真实验，比如开关电源的损耗分析，环路分析，大信号分析，IC 设计等。

“只要你能想到的，你就可以用电路实现！”

虽然这几年一直在接触这款软件，但离“精通”还相差很远，但我想利用它简单易学的特点，让更多的人了解使用它，对实际开发有所帮助。并希望引出玉来，使大家共同提高。

我打算先说一下软件操作过程，再举几个简单的实例，供大家参考。由于水平有些，只能说这些基础的东西。

先说一下目录

1. 基础操作：放置元件
2. 导入 PSPICE 模型
3. 瞬态分析，DC 分析，AC 分析，参数扫描
4. 自建子电路，元件库
5. 用 SIMETRIX 仿真开环 BUCK。
6. 用 SIMPLIS 仿真 BUCK 电路：POP 分析，AC 分析。
7. 两个简单的实例：桥式整流带恒功率负载—表达式的应用
填谷 PFC PF 值计算-波形的分析和处理

更深入一点的实例如

电流模式反激电路。

准谐振反激电路。

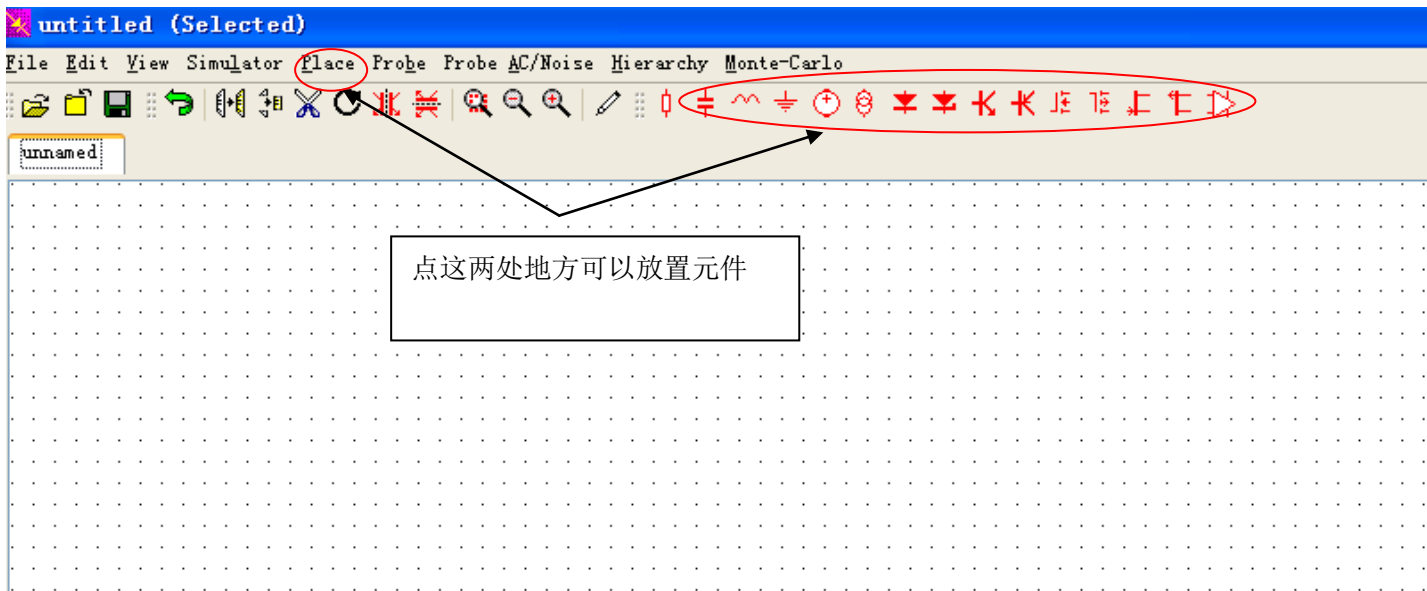
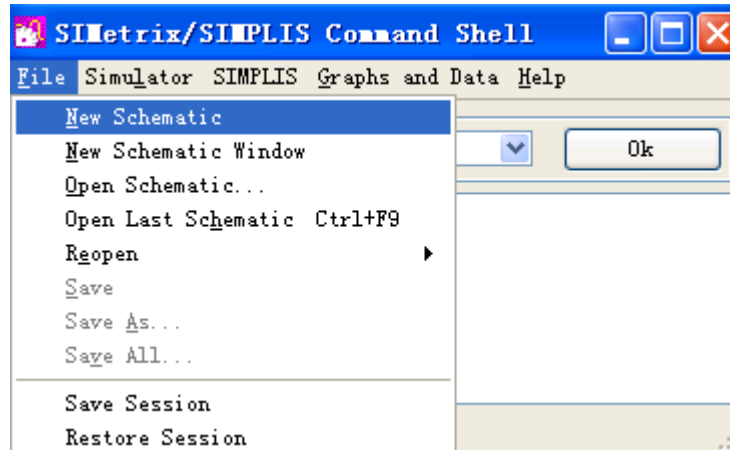
单极反激 PFC 电路。

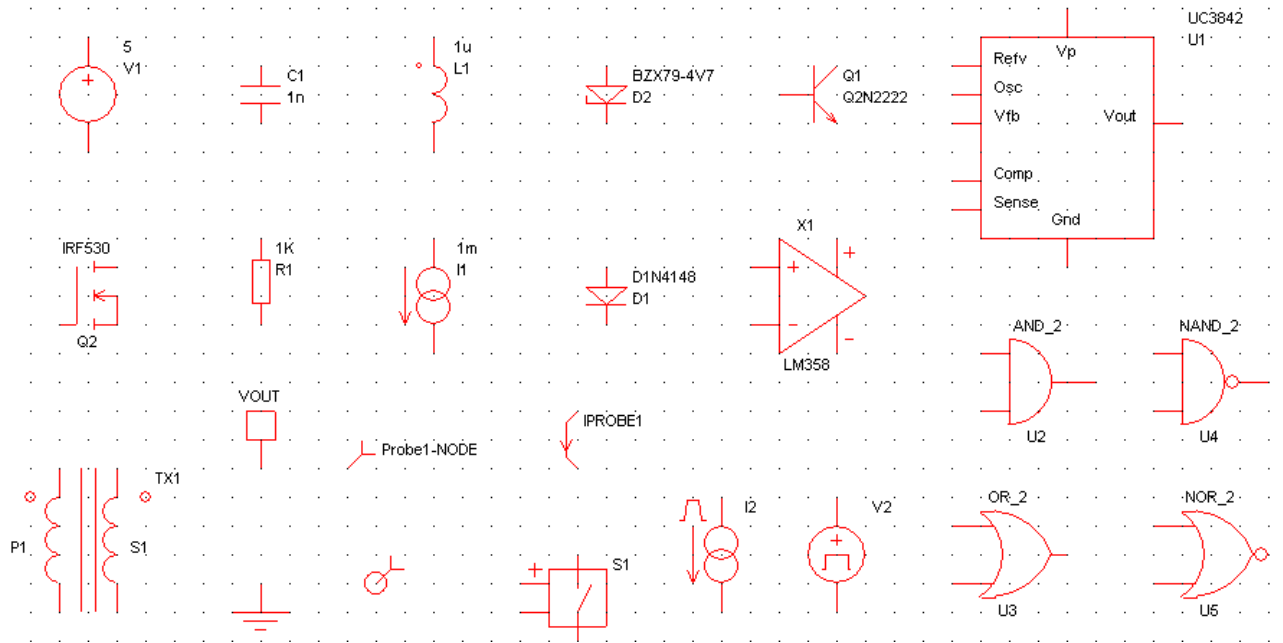
LLC 电路等。

做好后会和大家分享。

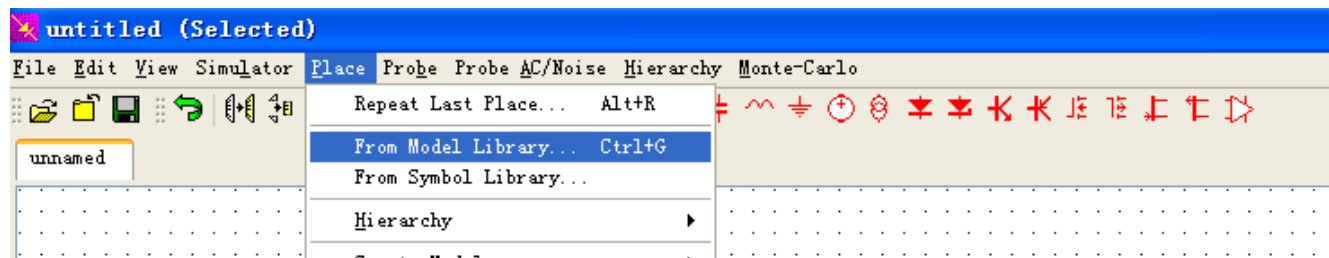
1. 放置元件。

先打开程序，点击 File——New Schematic,建立新电路图

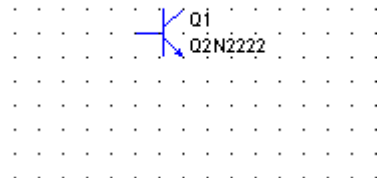




基本的元件如 DC 电源，波形发生器电源，分段源，受控源，电阻，电容，电感，变压器，MOS 管，三极管，二极管，稳压管，压控开关，地，电压探头，电流探头，运放等都能找到的到，如上图，也可以从 Place——From Model Library 菜单中找到更多的元件，如 3842，TL431 等。



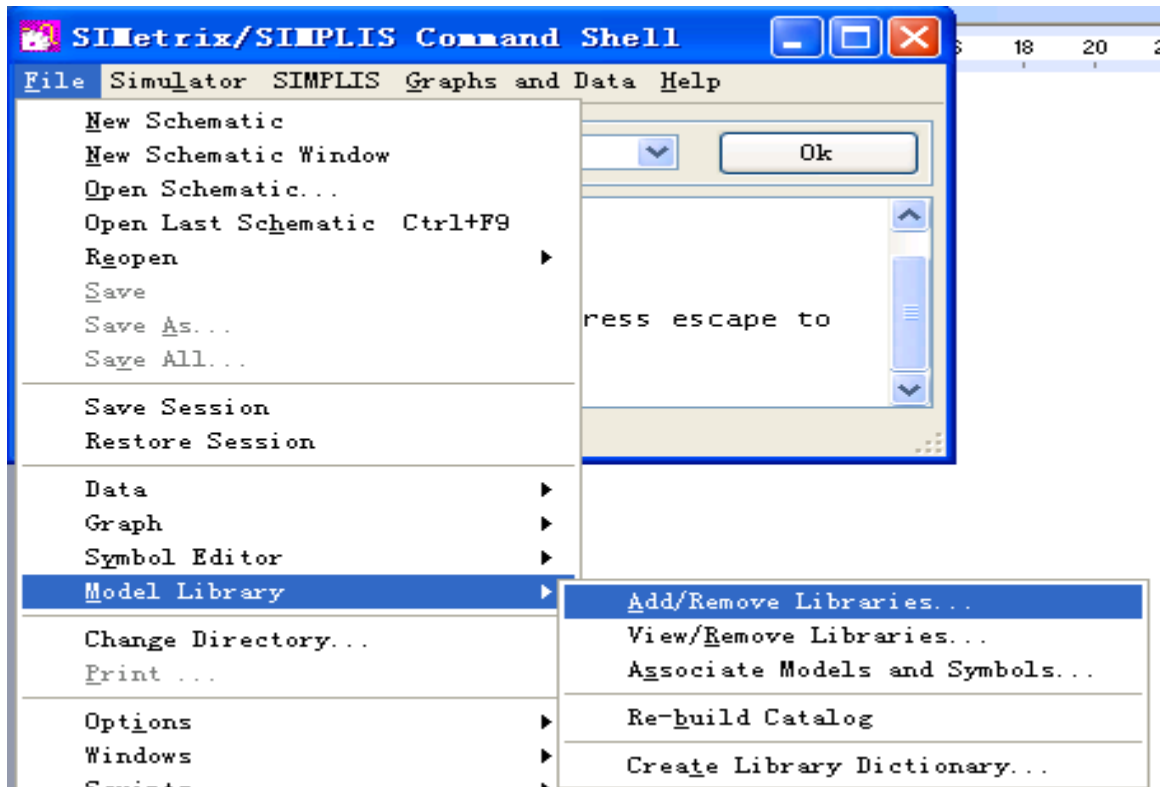
双击电路图中的通用元件，三极管, MOS 管等可以选择另外一个型号，如双击 Q2N2222 可以把 Q1 变成 Q2N3904



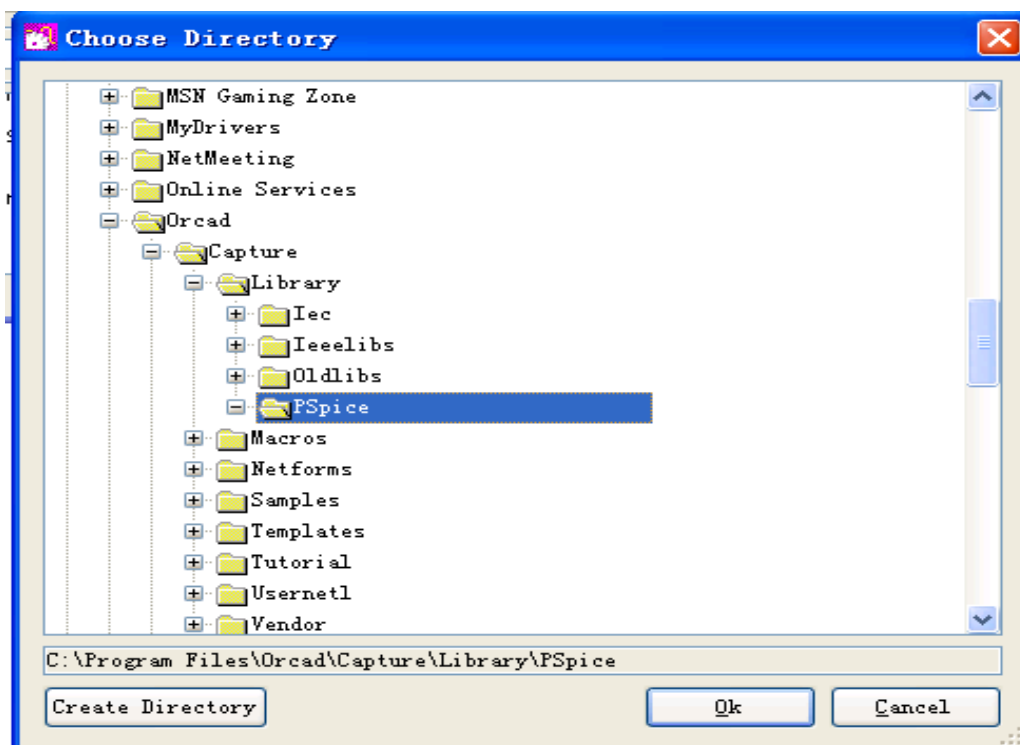
小技巧：快捷键的使用，比如按 G，可以放置一个地，按 R 键放置电阻，C 键放置电容等，F5 旋转元件，F6 镜像元件，F12 放大，SHIFT+F12 缩小，F3 开始连线。你把键盘的上的键全按一遍就熟悉了，哈哈。

2. 导入 PSPICE 库

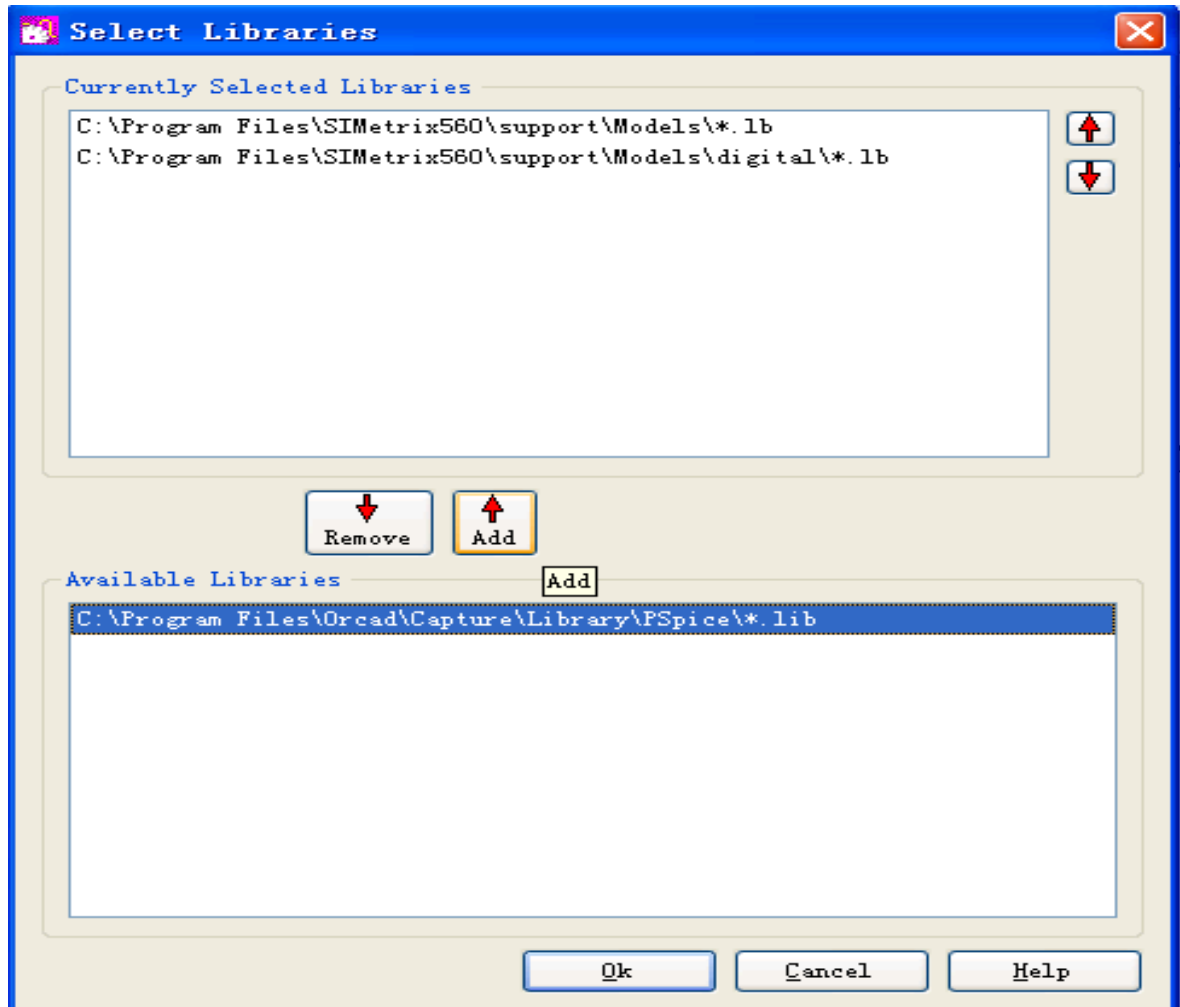
你有时候会发现 Simetrix/Simplis 自带的库有些元件没有，没关系，Simetrix 实际上就是一个简易版的 PSPICE，兼容 PSPICE 的库和功能。因此我们可以导入 PSPICE 库文件。



选择如上图的菜单



然后选择 PSPICE 库文件的目录，点 OK,如上图

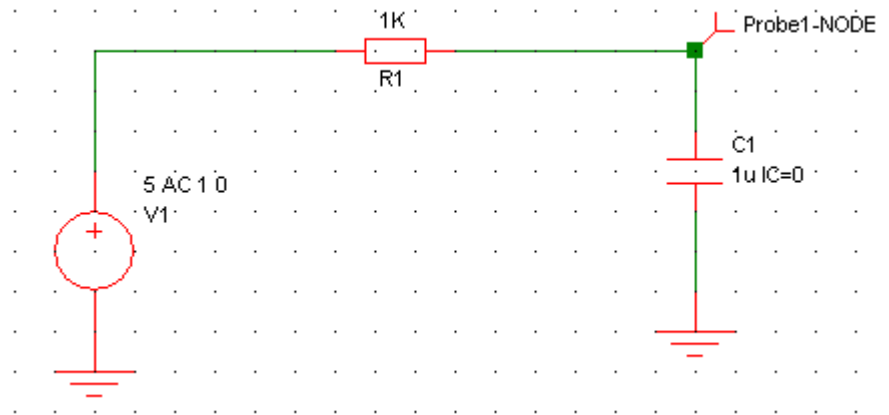


然后选中下框中的内容，先点 Add,在点 OK，就可以了

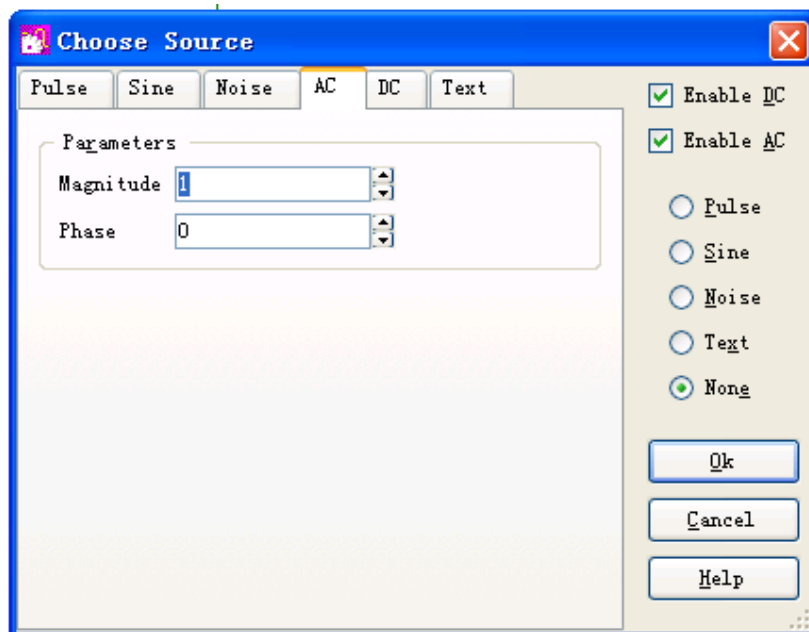
然后你是不是发现库里面多了很多元件呢？

3.瞬态分析, DC 分析, AC 分析, 参数扫描

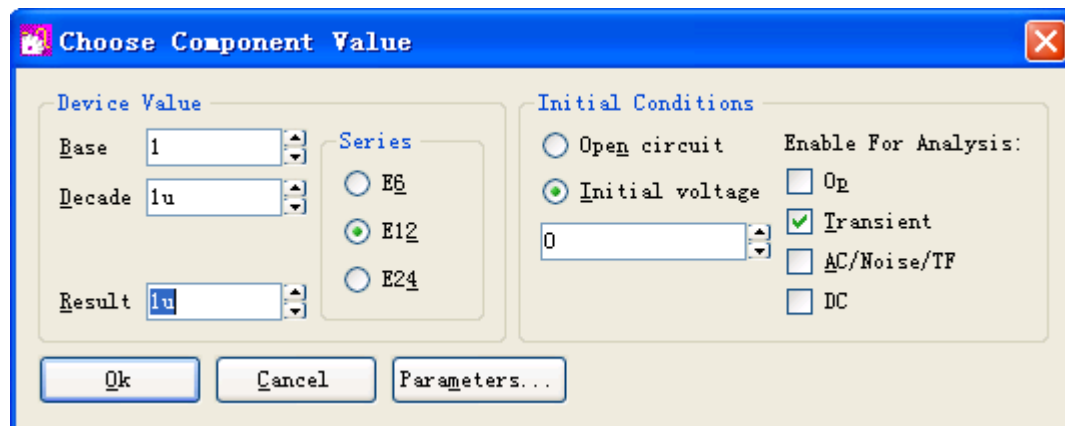
用共射放大电路和 RC 滤波电路简单的说一下以上四种最基本也是最常用的分析。
首先建立一个 RC 低通滤波电路如下图。



V1 是 5V 电源, 把 Enable AC 也选中, 表示 V1 同时也是个频率源, 允许进行 AC 分析。

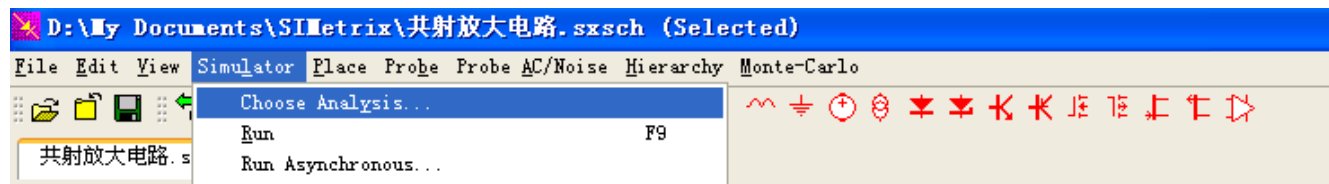


R1 是 1K 电阻, C1 是电容, 把电容初始电压设置为 0, 如下图

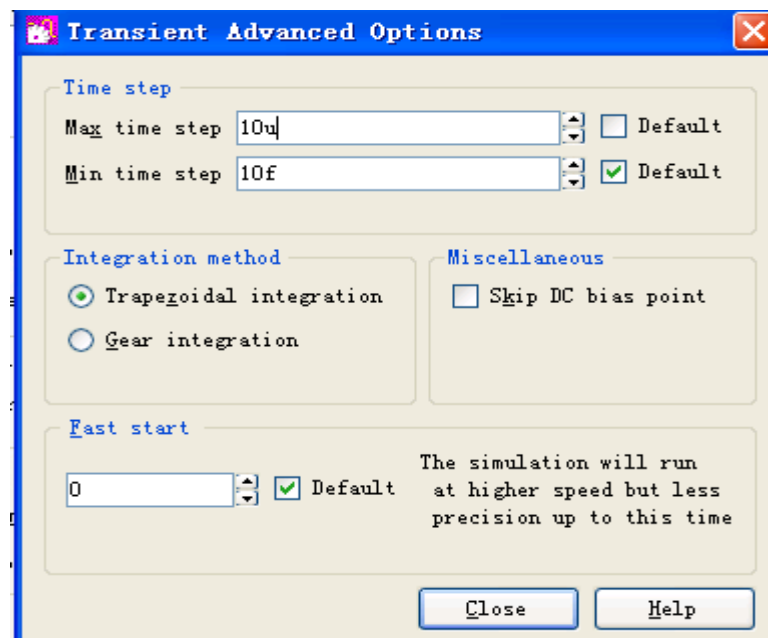
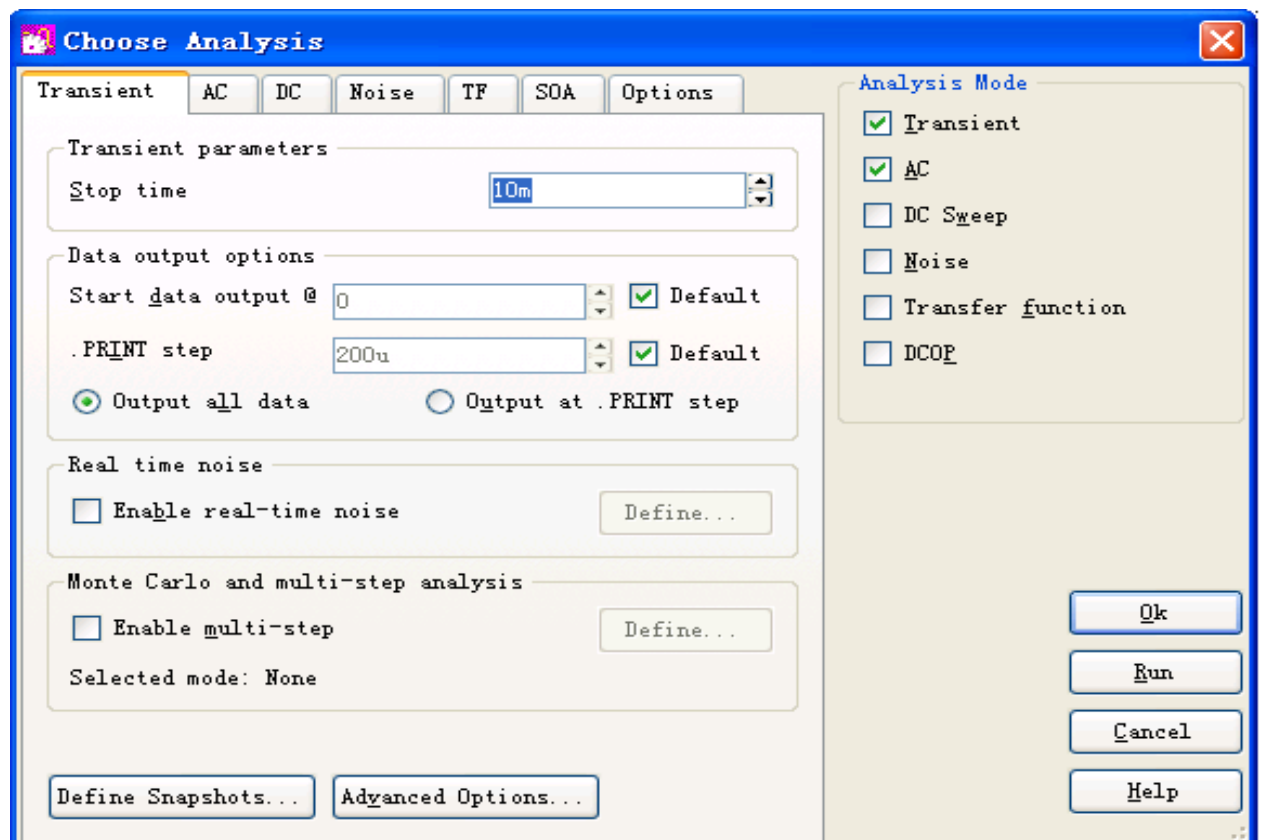


在 RC 之间放置一个电压探头, 按快捷键 B, 也可以从菜单 Place——Probe——Voltage Probe

点 Simulator——Choose Analysis, 进行分析设置, 如下图

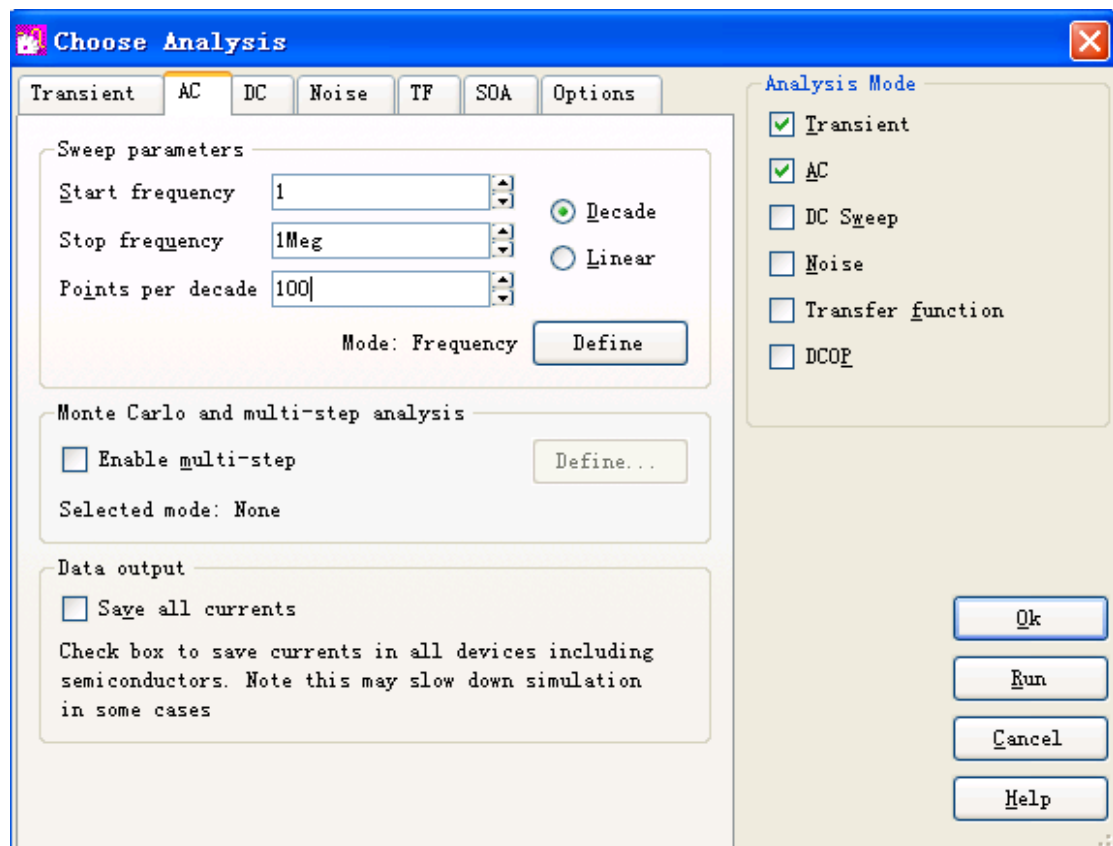


勾选中 Transient 和 AC, 在 Transient 栏中 Stop time 设置 10ms, 表示仿真时间为 10ms
点 Advanced Options 键可以设置步长, 步长时间越小越精确, 但是速度也越慢



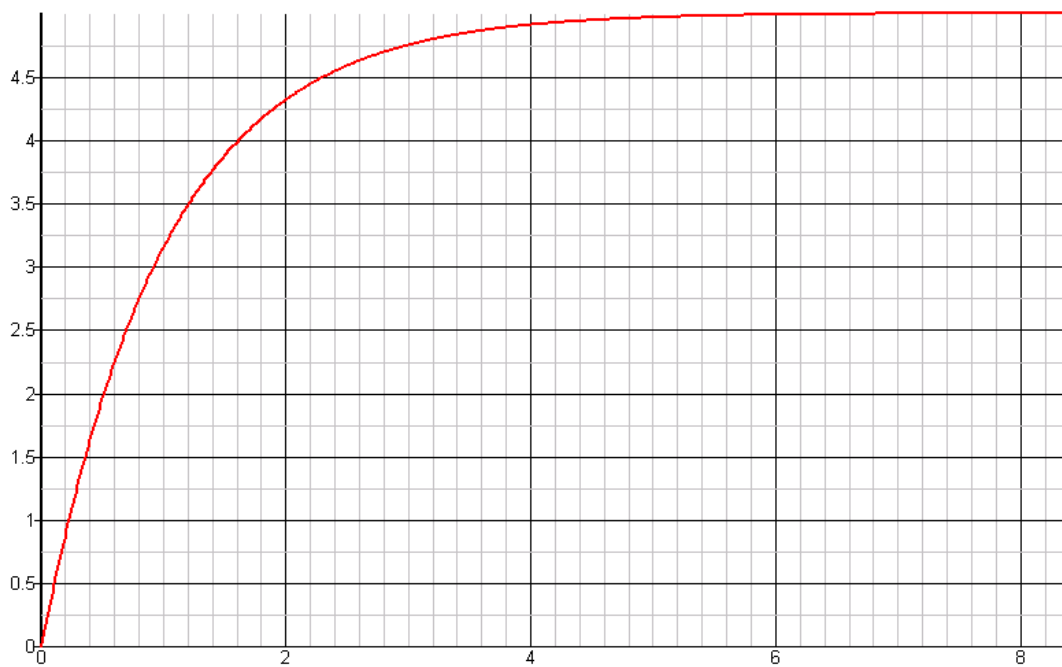
这里设置步长为 10us

然后在 AC 栏设置一下 AC 分析的起始扫描频率和终止频率，就可以进行分析了

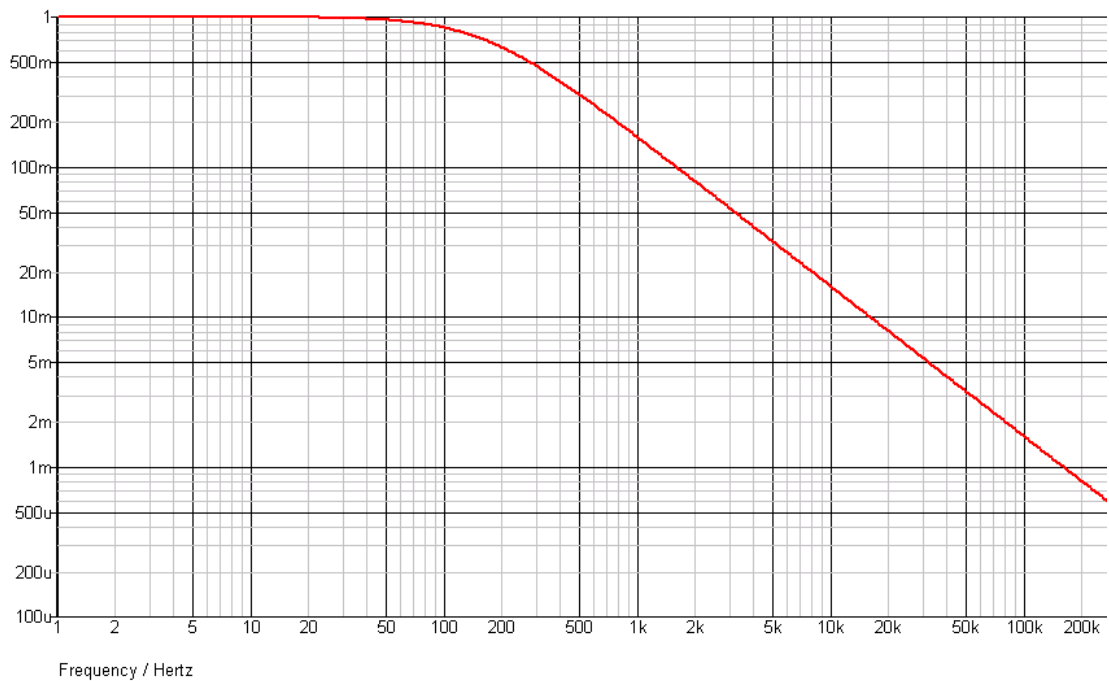


鼠标点击 Run，或者点 OK 后按 F9 运行分析

瞬态分析的结果如下图，可以看到测试点电压是慢慢升起来的



AC 分析结果如下图，可以看到增益刚开始是 1，大约 100HZ 以后开始往下掉了。

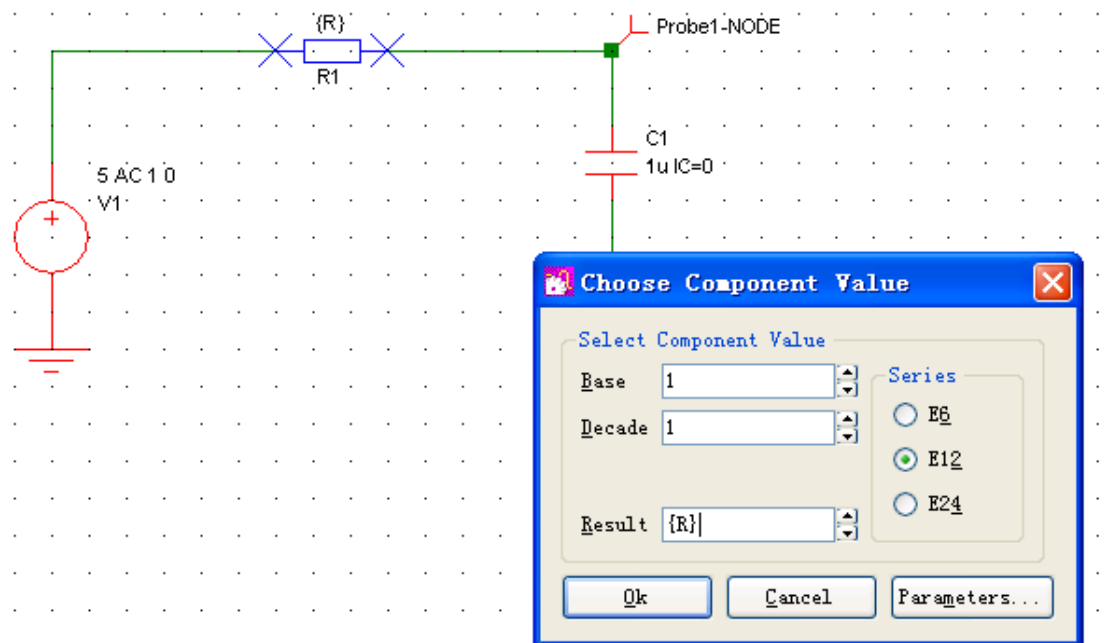


参数扫描分析

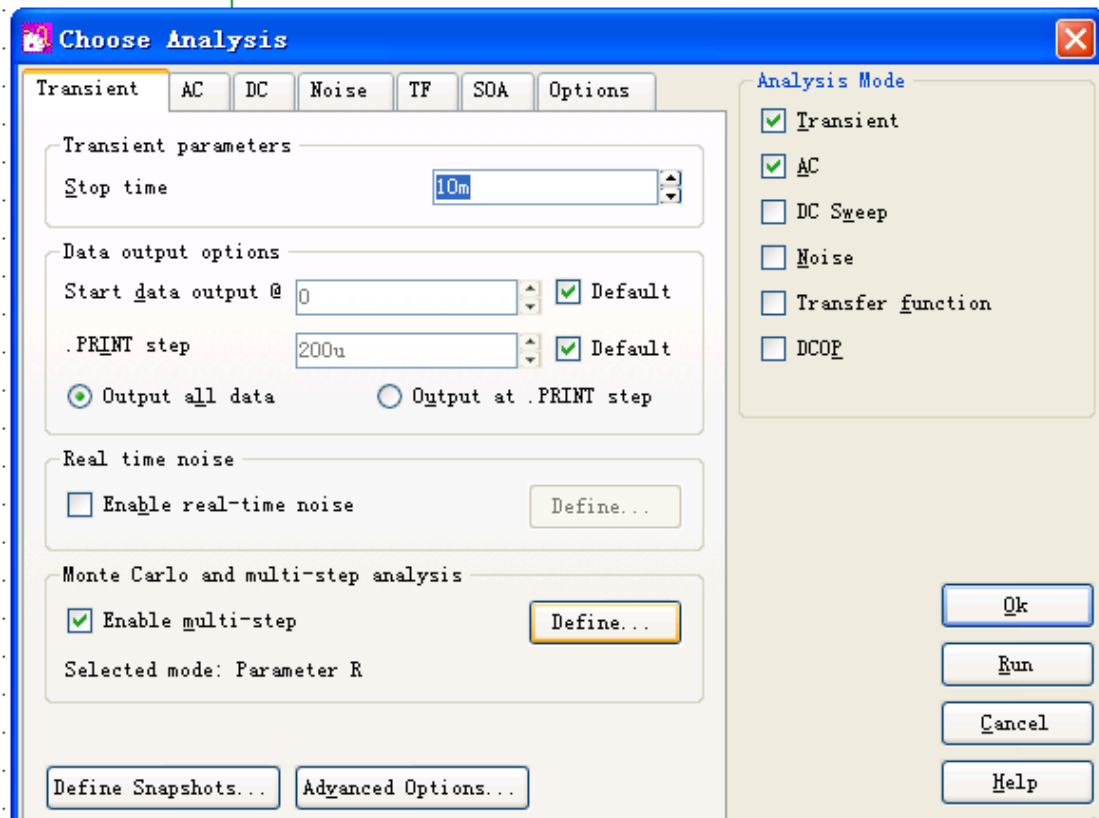
假如我要知道 R 在一定范围变化，输出是如何变化的呢，总不能一次一次的去试吧，用参数扫描可以解决

R1 从 1K 变化到 10K,记录 10 个点的数据

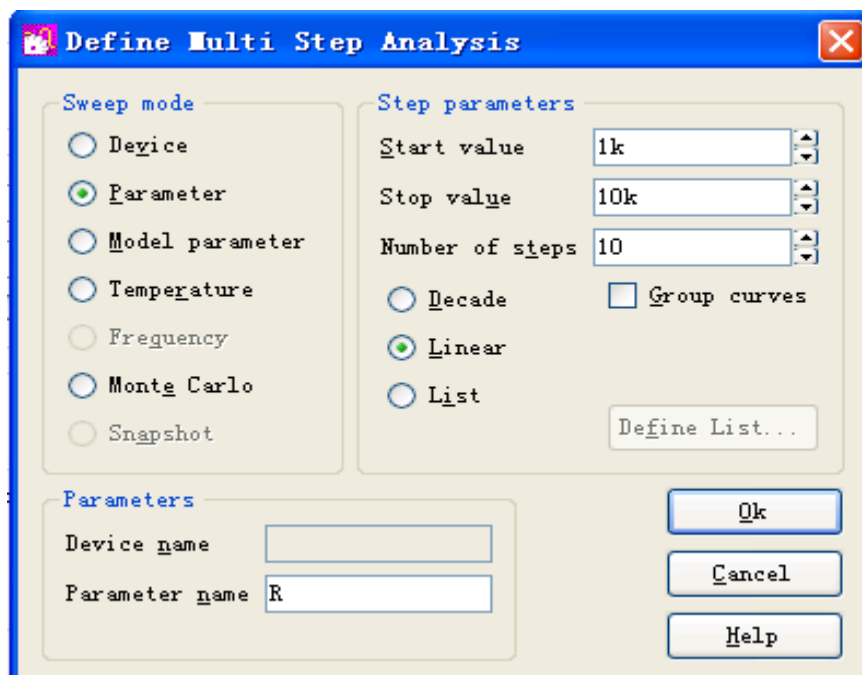
一样的电路图，只需把 R 的值从 1K 改为 {R},如下图



再在分析设置 Transient 栏目里面，勾选中 Enable multi-step,然后点 Define...

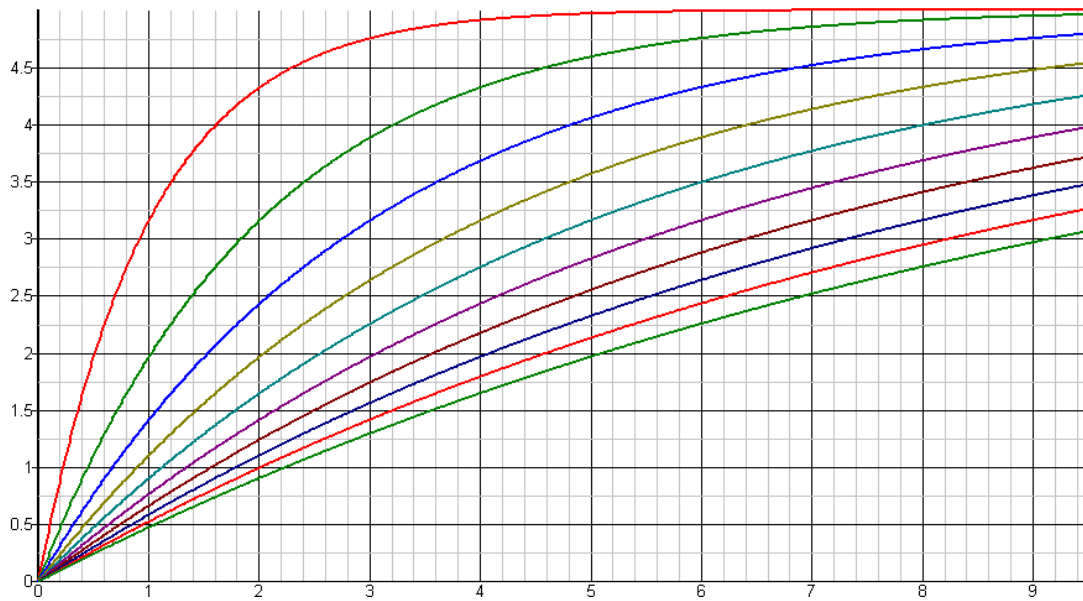


在弹出的框框里面选择第 2 项: Parameter 然后设置数据 start value:1k,stop value:10k, Number of steps:10, Parameter name:R 如下图。点 OK。



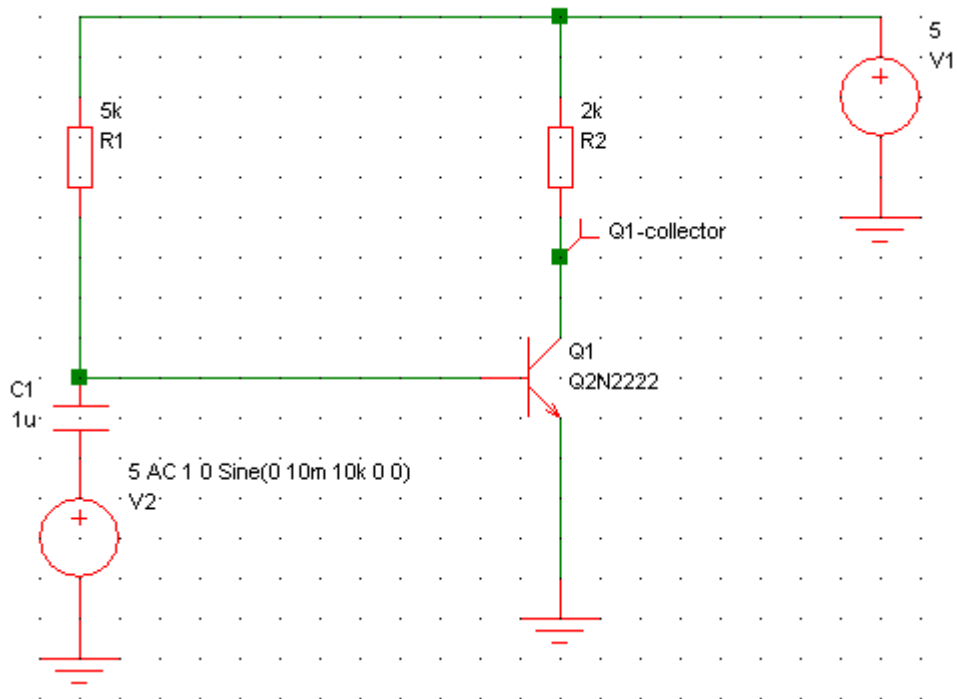
在 AC 栏目里也进行同样的操作，就可以分析了

分析结果是不是一下出了十组数据呢？

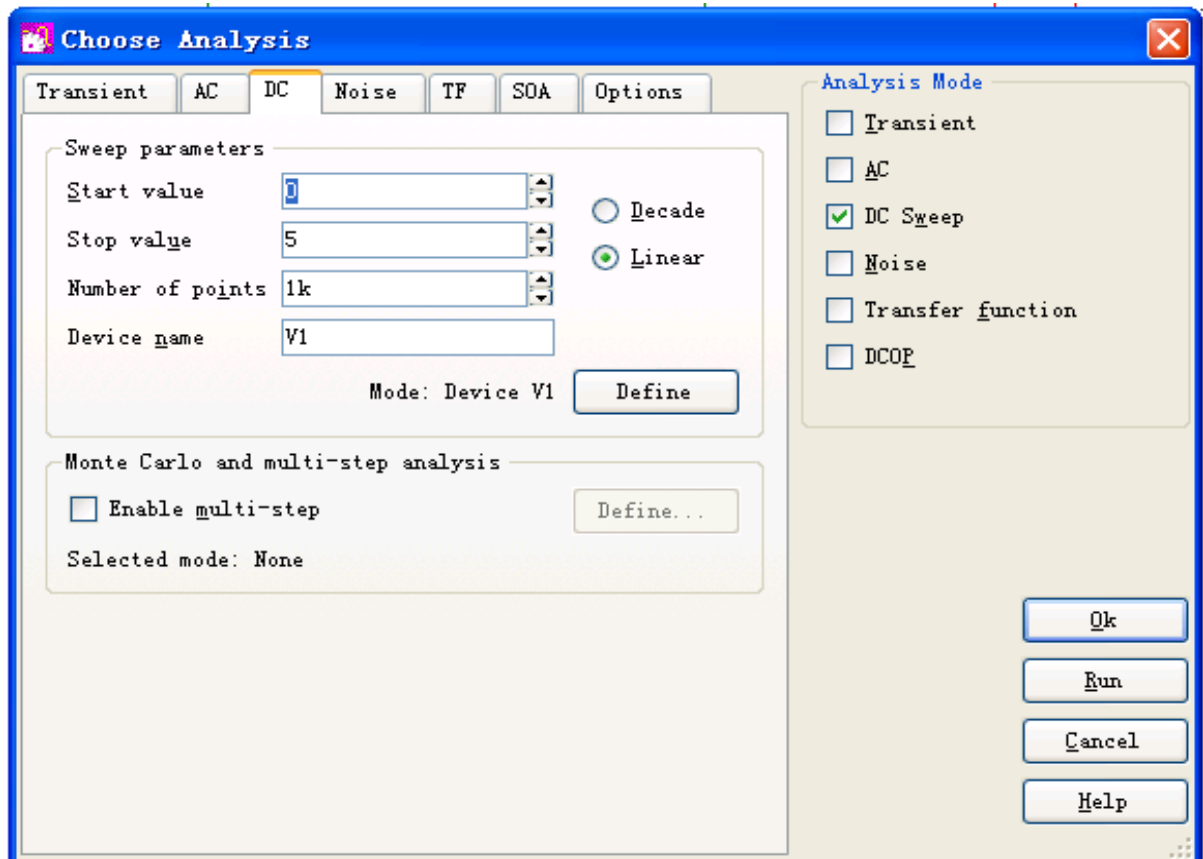


DC 分析

DC 分析其实也是一种参数扫描分析，只不过变化的是电源，如下图共射放大电路当电源 V1 从 0V 到 5V，Q1 C 极的工作点电压是如何改变的呢这里要用到 DC 分析。

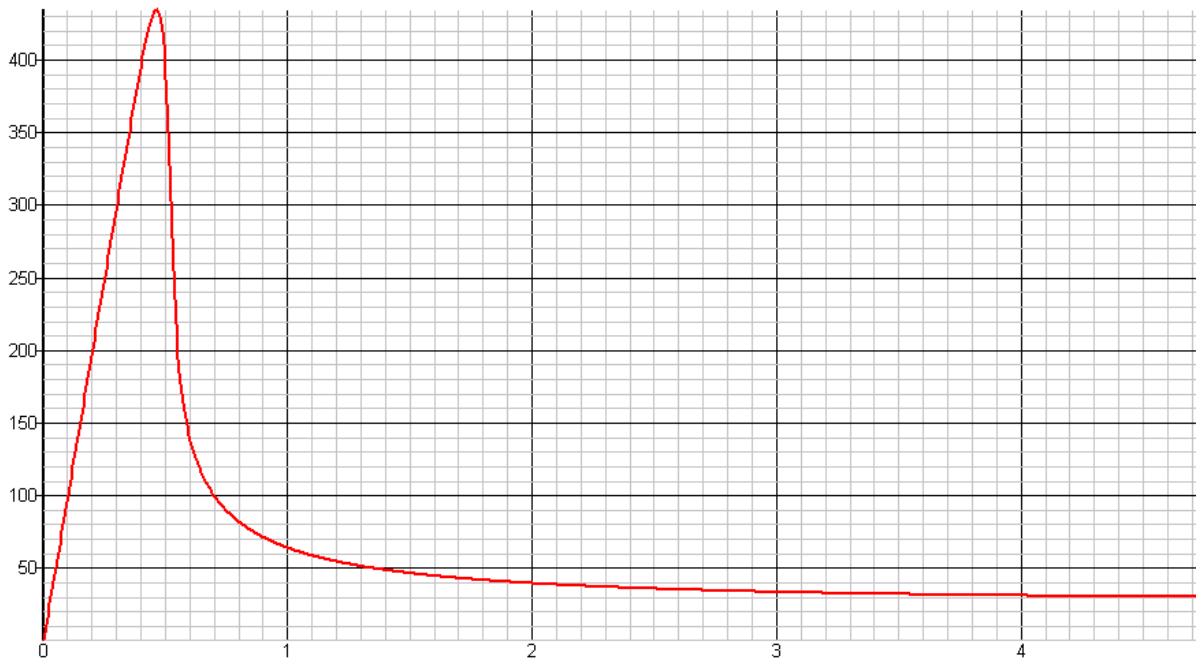


在分析设置里勾选中 DC Sweep,同时在 DC 栏目里设置如下



Start value 设为 0, Stop value 设为 5, Number of points 设为 1K(表示描 1000 个点, 越大越精确, 也越慢) Device name 设为 V1,表示要变化的源是 V1.

运行结果如下:



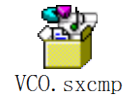
曲线表示了 V1 从 0V 到 5V, Q1 C 极对应的电压

3.自建子电路，库

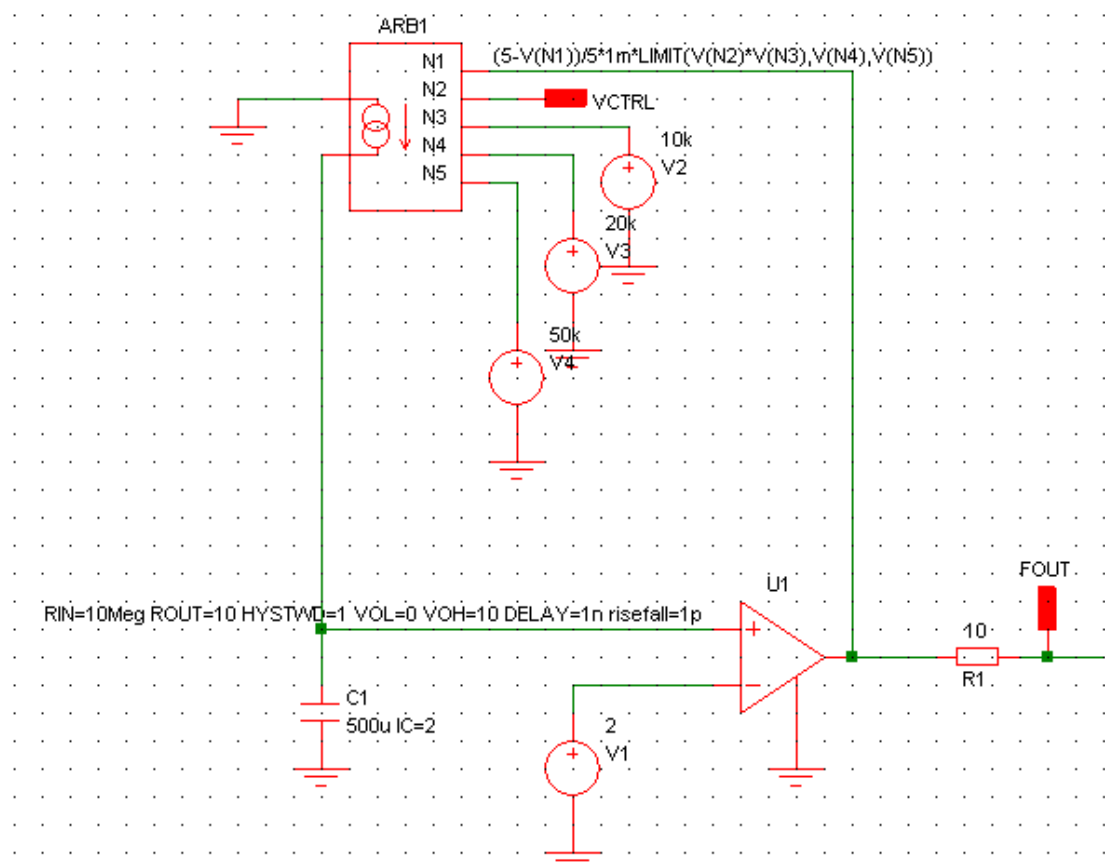
有时候为了画图方便，而库里面有没有现成的，我们需要自己建立子电路或者库，把一个功能模块的电路另存为一个电路文件，提供响应的接口，另外一个电路调用它，而不需要把整个子电路在图上画出来，或者是干脆封装成一个库文件，直接调用库就可以了。

这里通过做一个“压控振荡器”（类似 LLC 频率随 FB 电压改变）的例子来表明一下如何制作库或子电路。

需要能自己定义参数：最大频率，最小频率，增益（1V 输入电压对应多少 K 的输出频率）

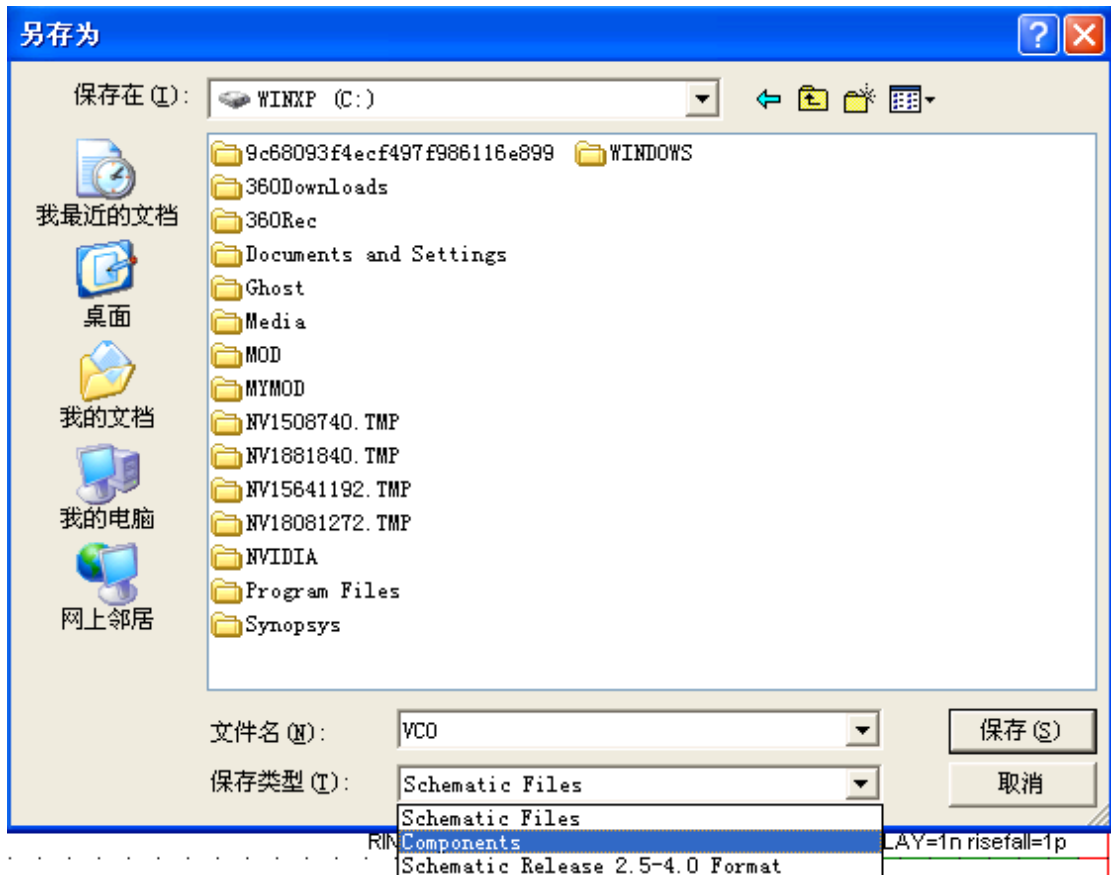


首先建立原理图，如下，如何实现 VCO 功能就不具体说了，有附件

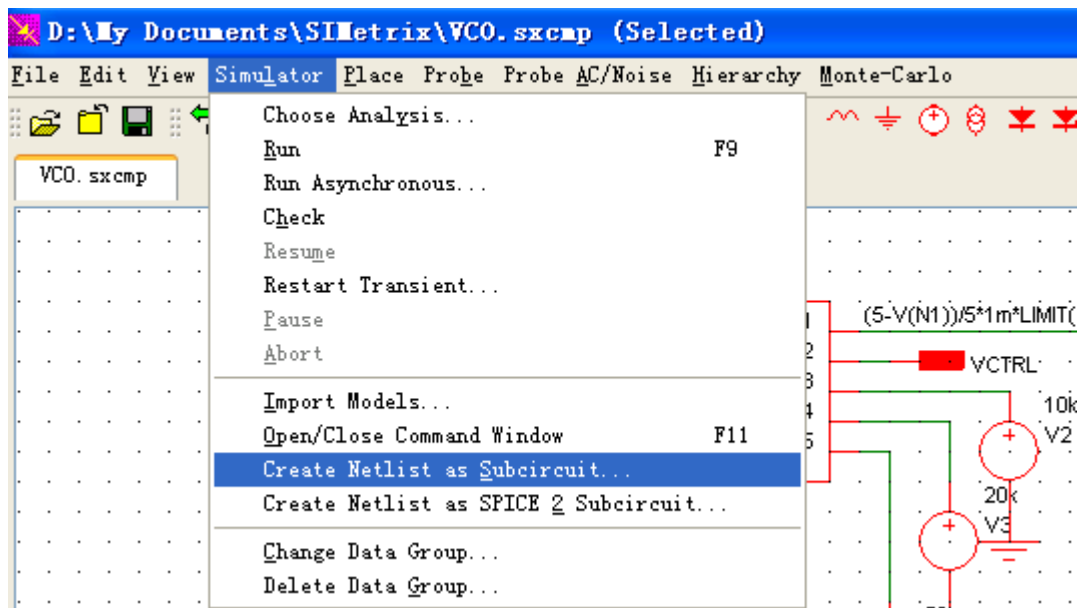


添加两个模块端子 VCTRL,FOUT（按 H 键可以添加模块端子）

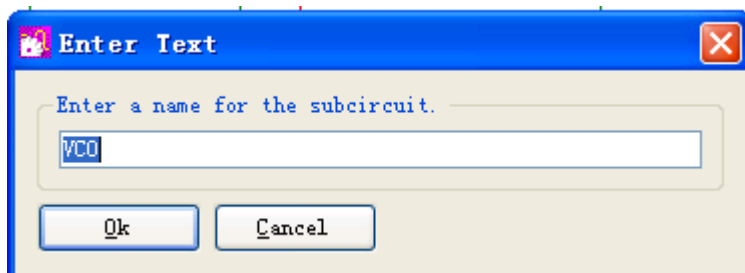
另存为 VCO.sxcmp(在另存为对话框中 保存类型选择第二项即可，表示是一个元件文件) 如下图



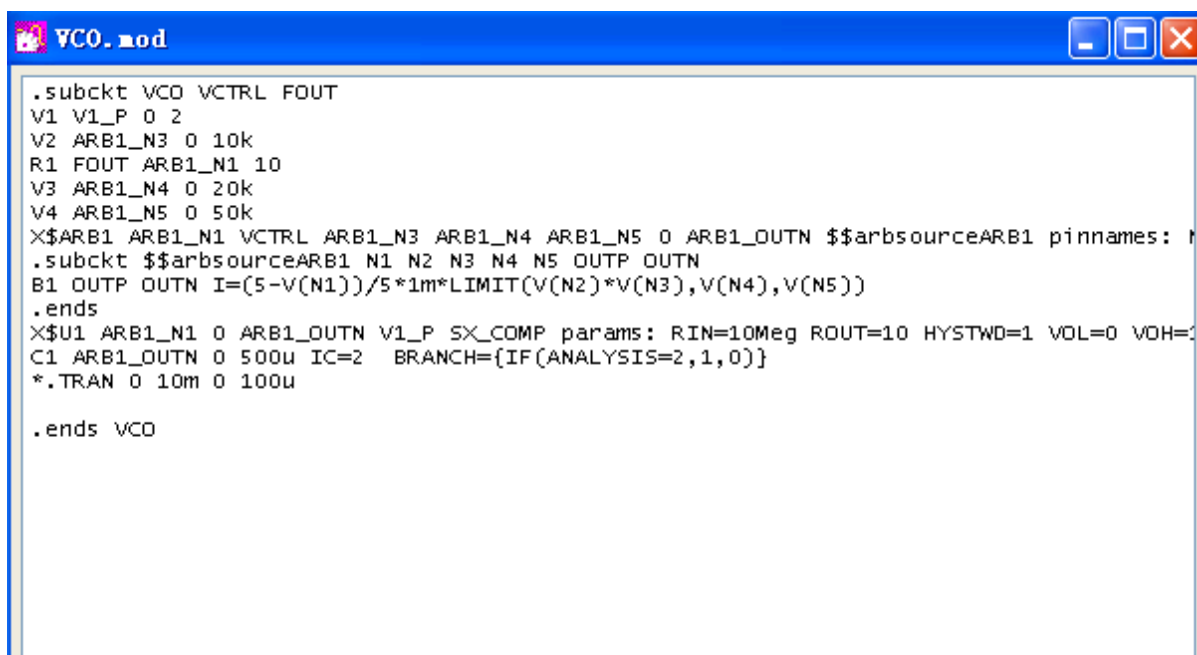
然后点击 Simulator 菜单中的 Create Netlist as Subcircuit...,建立网络表



然后命名为 VCO，点 OK 确定，再点 OK



会弹出一个如下的框框，把文字全部复制下来，粘贴到记事本里面去，然后另存到 C:\MYMOD 目录。另存文件可以命名为 VCO.MOD



为了可以实现输入参数，我们要把 VCO.MOD 稍作修改，把影响这些的值修改为变量
在第一行最后加入 params: Gain=10k Fmin=20k Fmax=50k （表示默认 1V 对应 10K 频率，
最小频率 20K,最大频率 50K）

把 V2 ARB1_N3 0 10K 改为 V2 ARB1_N3 0 Gain

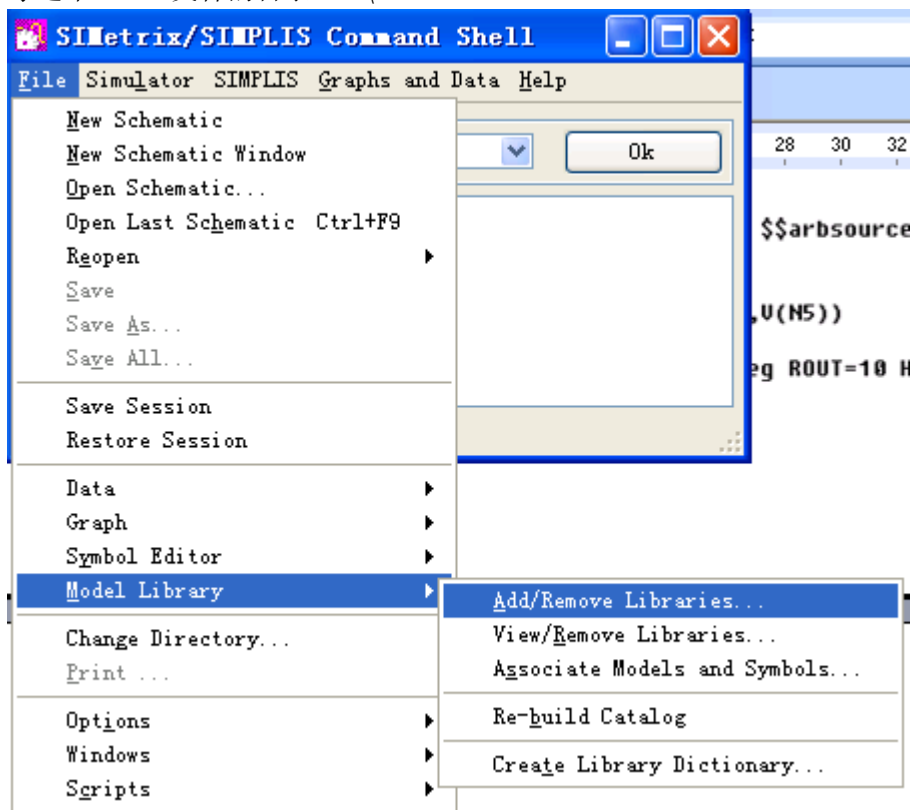
把 V3 ARB1_N4 0 Fmin 改为 V3 ARB1_N4 0 Fmin

把 V4 ARB1_N5 0 Fmax 改为 V4 ARB1_N5 0 Fmax 保存

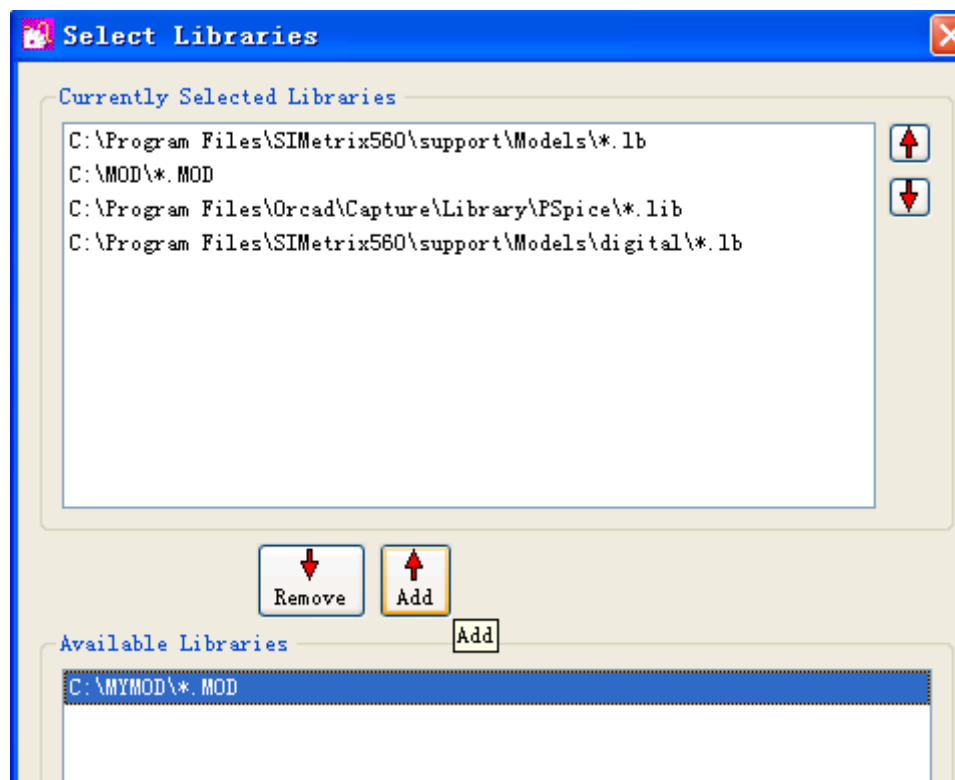


然后点击 File——Model Library——Add/Remove Libraries...

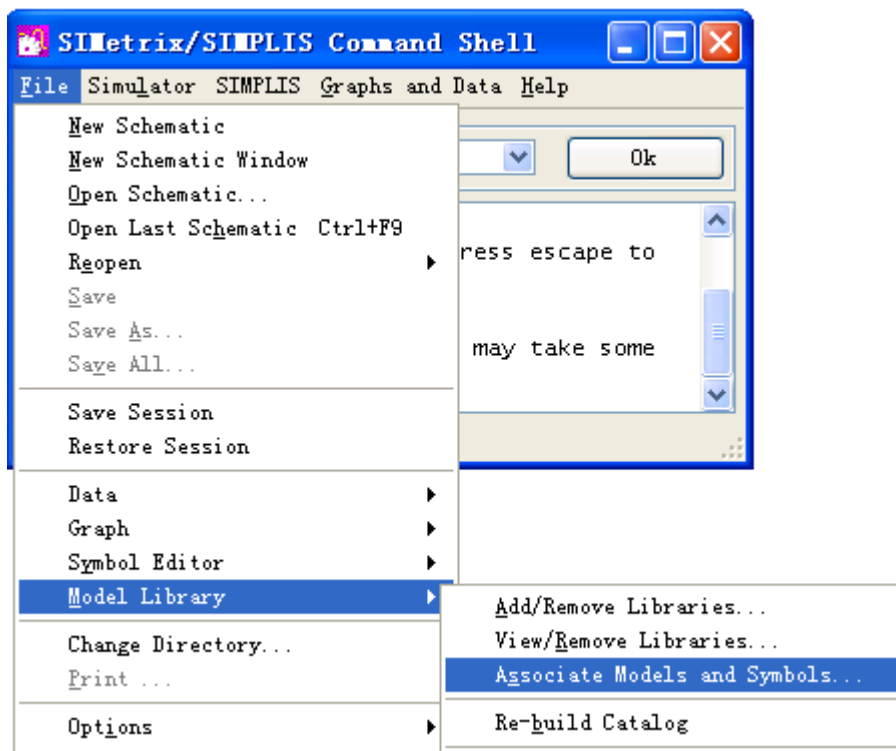
同第二节 导入 PSPICE 库 的操作过程一样，只不过把选择的目录由 PSPICE 目录改为你刚才这个 MOD 文件的目录（C:\MYMOD）



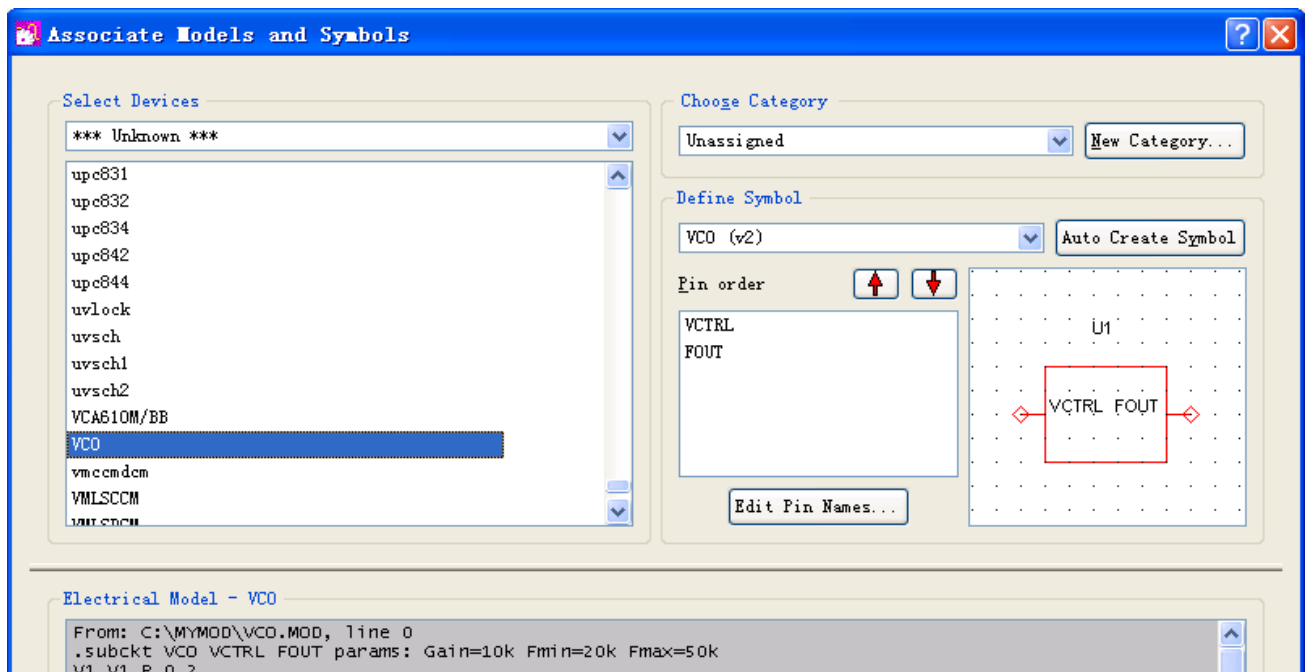
选中下框的，点击 Add,然后点 OK



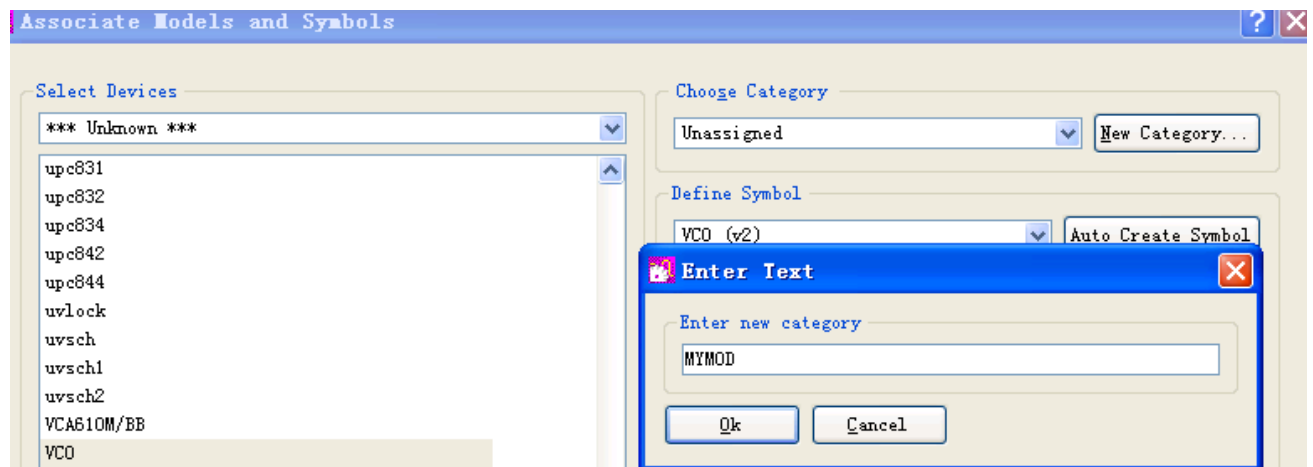
然后点击如下图菜单，为刚才的模型指定一个符号



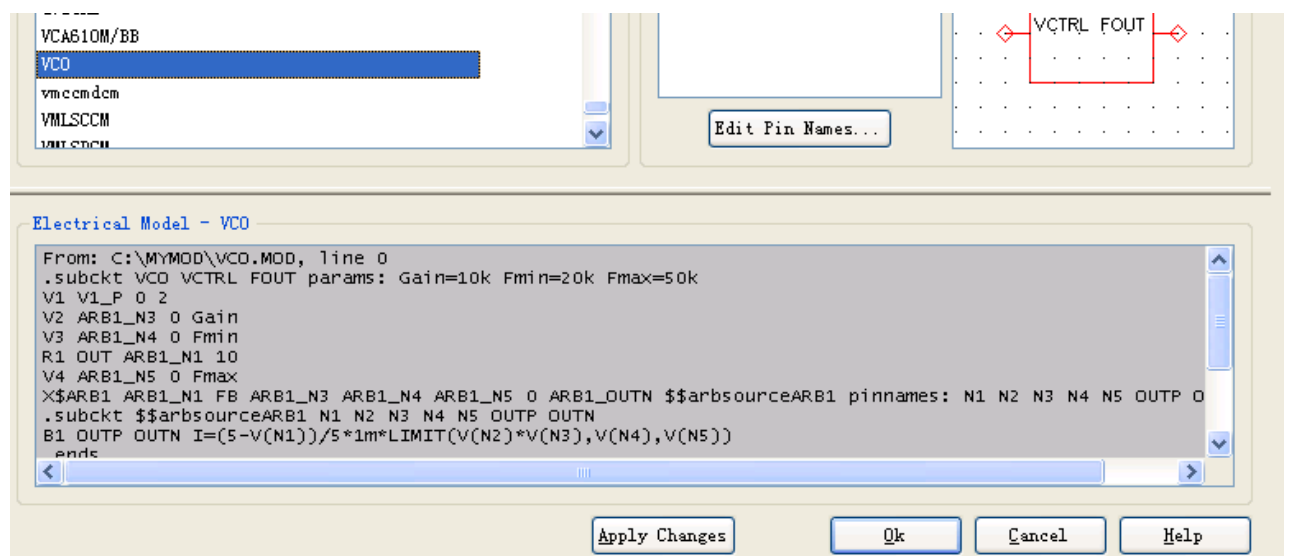
打开对话框后，在左边栏里找到 VCO,再点击右边的 Auto Create Symbol 键 为 VCO 自动创建一个符号。



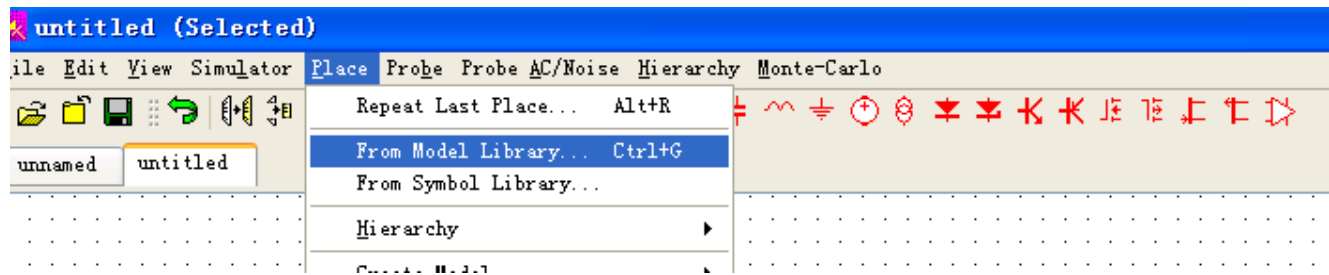
再点击右边的 New Category 键，输入 MYMOD,点 OK



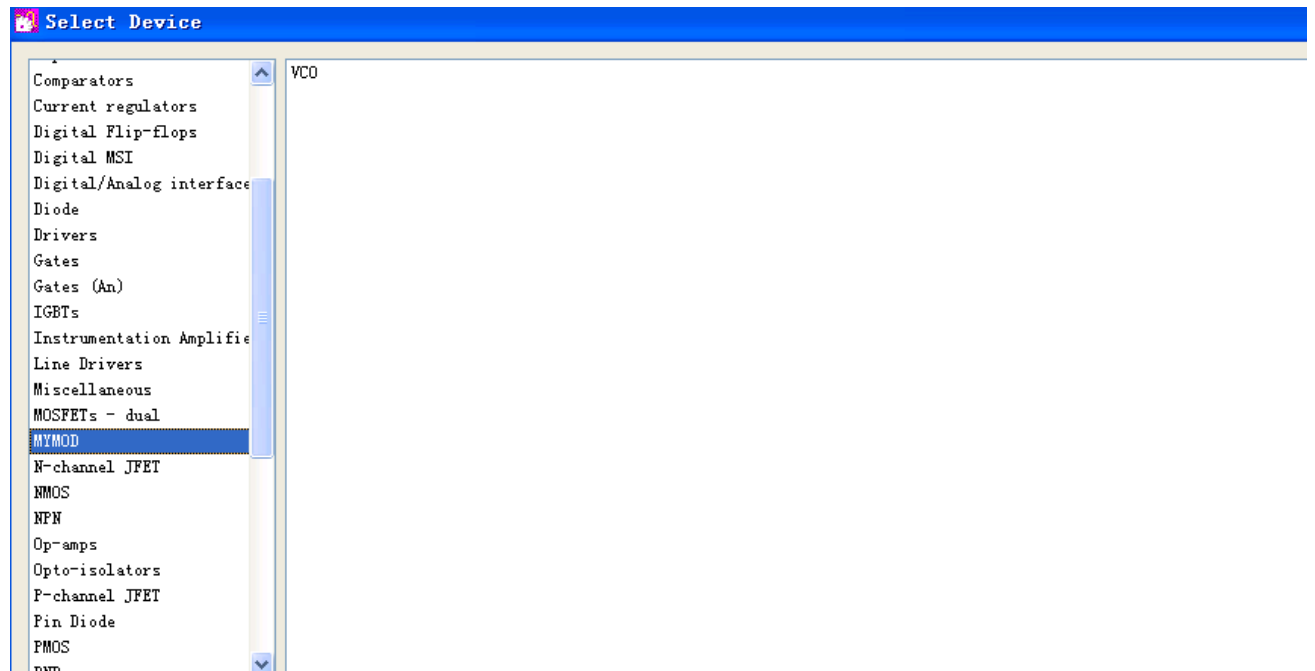
然后点击下方的 Apply Changes 键，好了，我们可以使用这个新创建的 VCO 库了。



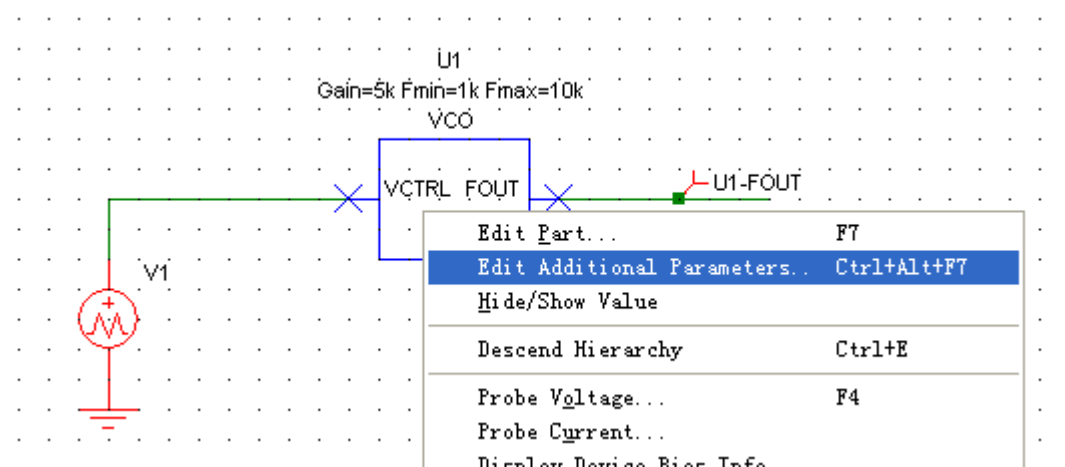
新建一个原理图，点击 Place——From Model Library...，找到刚才建立的库



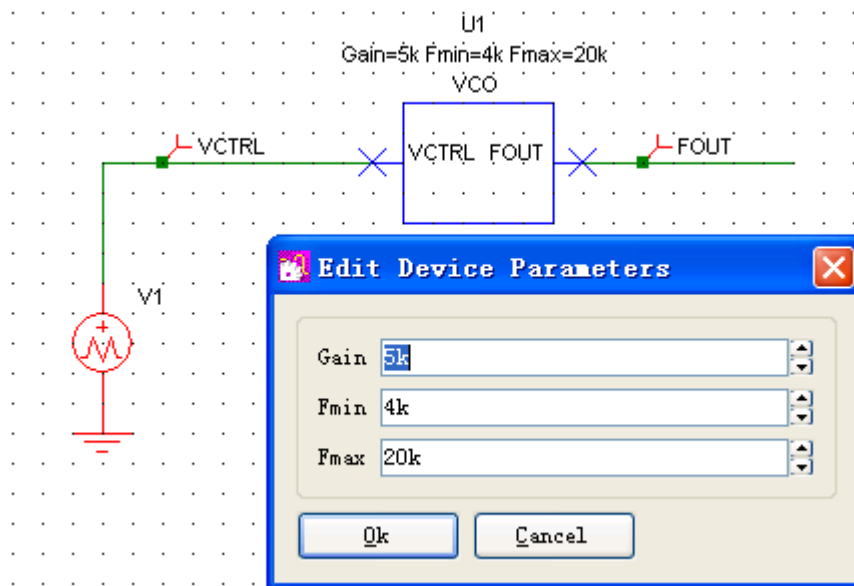
在左边的栏里找到 MYMOD,选中右边的 VCO,然后点下方的 Place 放置元件。



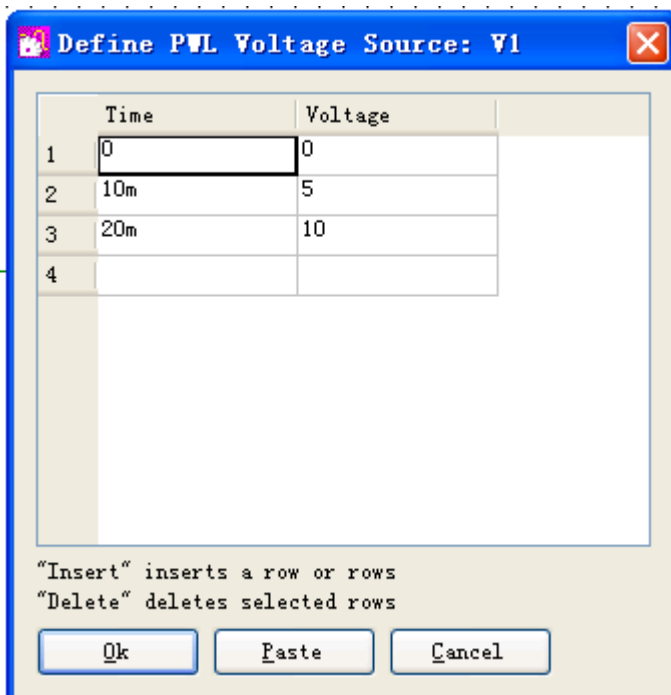
建立好原理图如下，选中元件，点右键菜单的第二项为编辑参数。



参数设置如下，Gain 设置为 5k,表示输入 1V 输出就是 5K 的频率。Fmin 设为 4k,Fmax 设为 20k,表示最小输出频率为 4k,最大输出频率为 20k..



V1 是个从 0-10V 变化的分段电压源



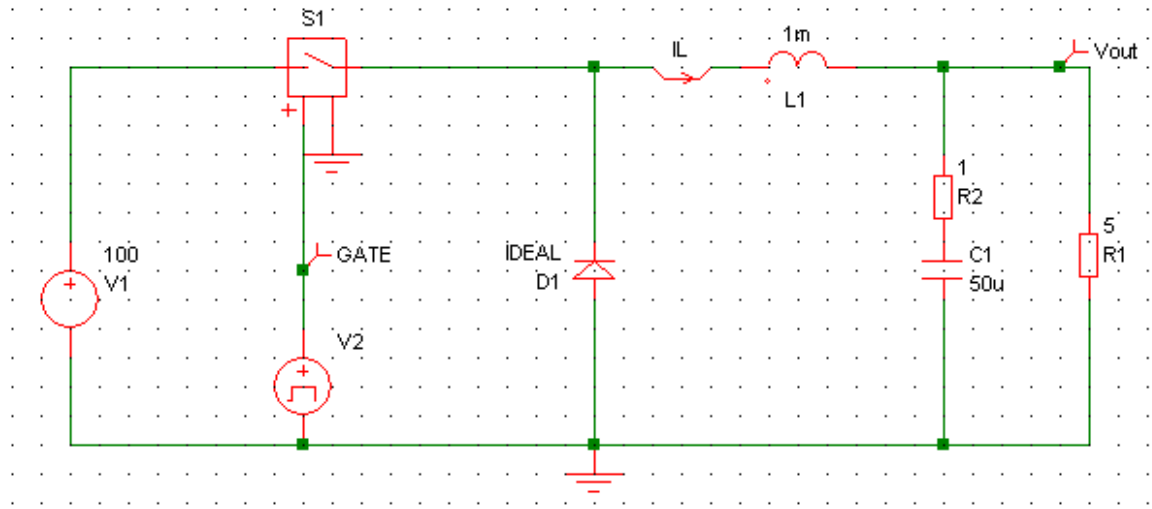
再看仿真结果，是不是和设计的相符合呢

子电路的建立更简单，这里就不再说了。

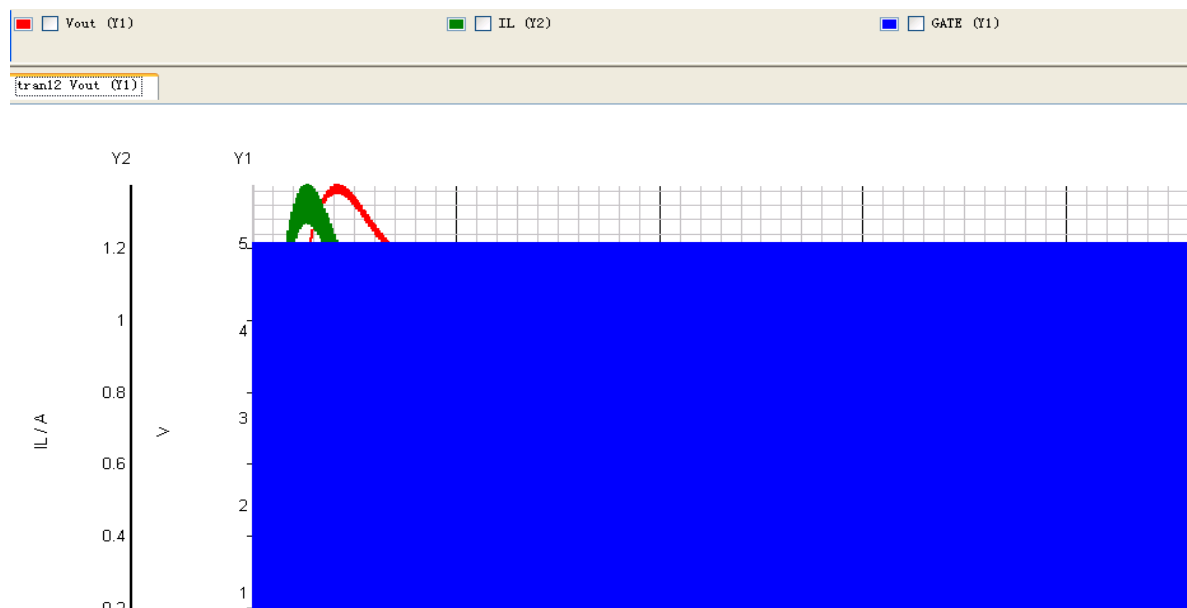
5 用 SIMETRIX 仿真开环 BUCK。

按下图画好原理图

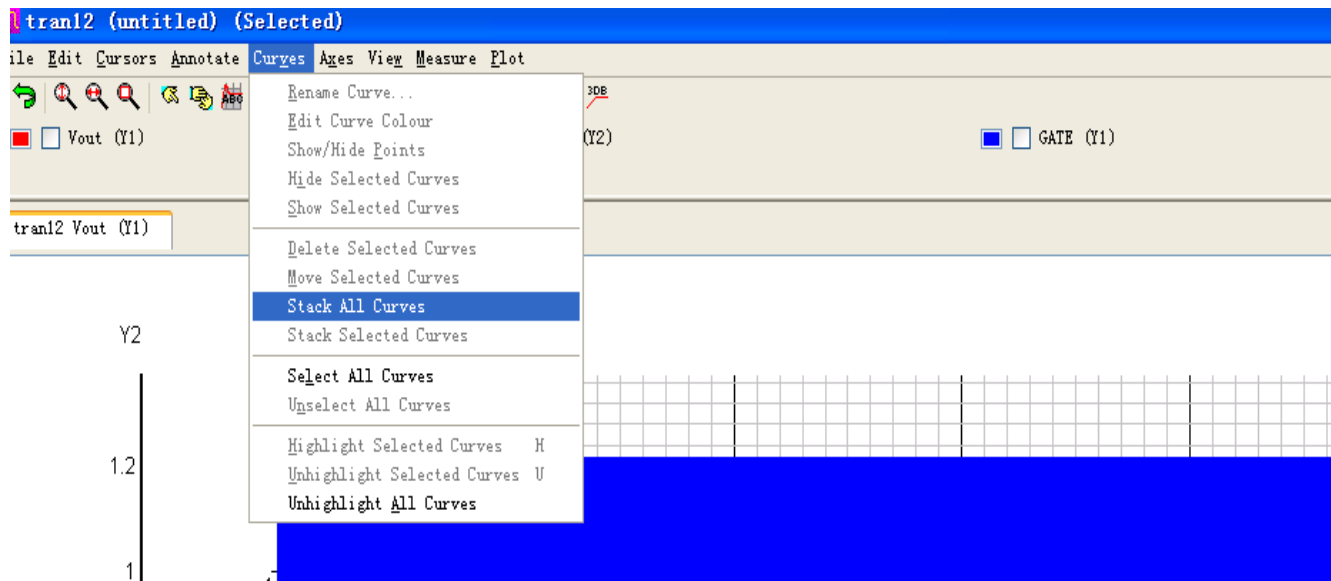
放置直流电源，压控开关，方波电源 V2,理想二极管，电感，电容，电阻，探头，一个简单的理想 BUCK 电路就完成了。



再看仿真波形，发现叠加在一起了。



没关系，按波形窗口 Curves 菜单中的 Stack All Curves 就可以展开



展开波形如下。



附件：简单开环 BUCK 的原理图



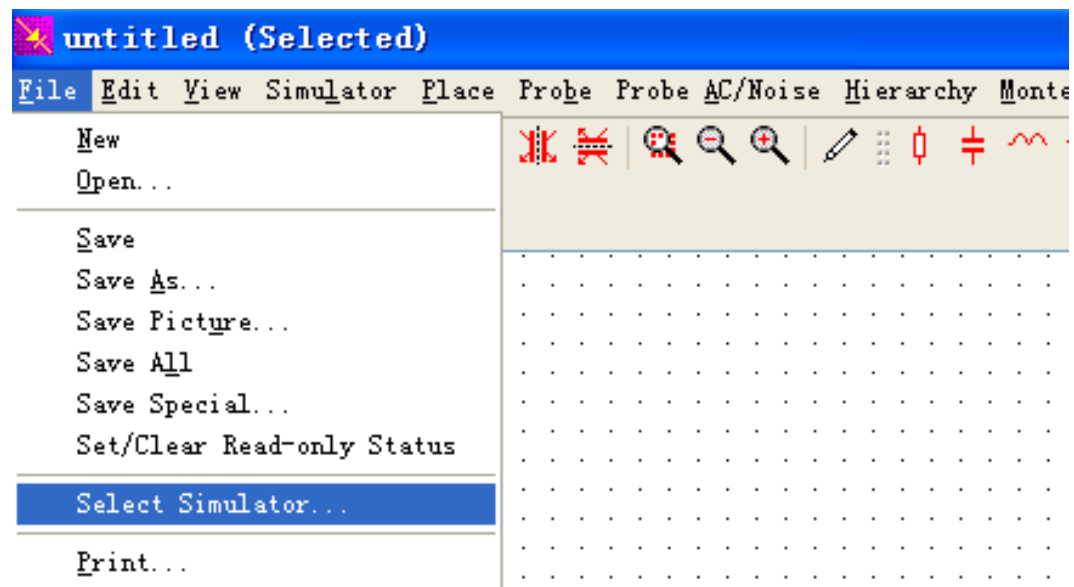
开环BUCK.sxsch

6.用 SIMPLIS 仿真 BUCK 电路: POP 分析, AC 分析。

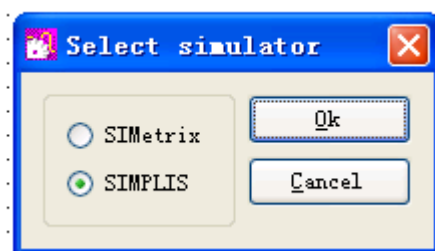
实际上 SIMETRIX/SIMLIS 包含 SIMETRIX 和 SIMLIS 两个仿真内核, SIMETRIX 是用的 PSPICE 内核, 而 SIMLIS 是一个基于分段线性元件建立的内核, 所以速度更快, 可以直接找到开关电路的稳定工作点, 可以不用平均模型, 直接从原理图上得到传递函数。

首先要选择 SIMLIS 内核。

按下图点击菜单。

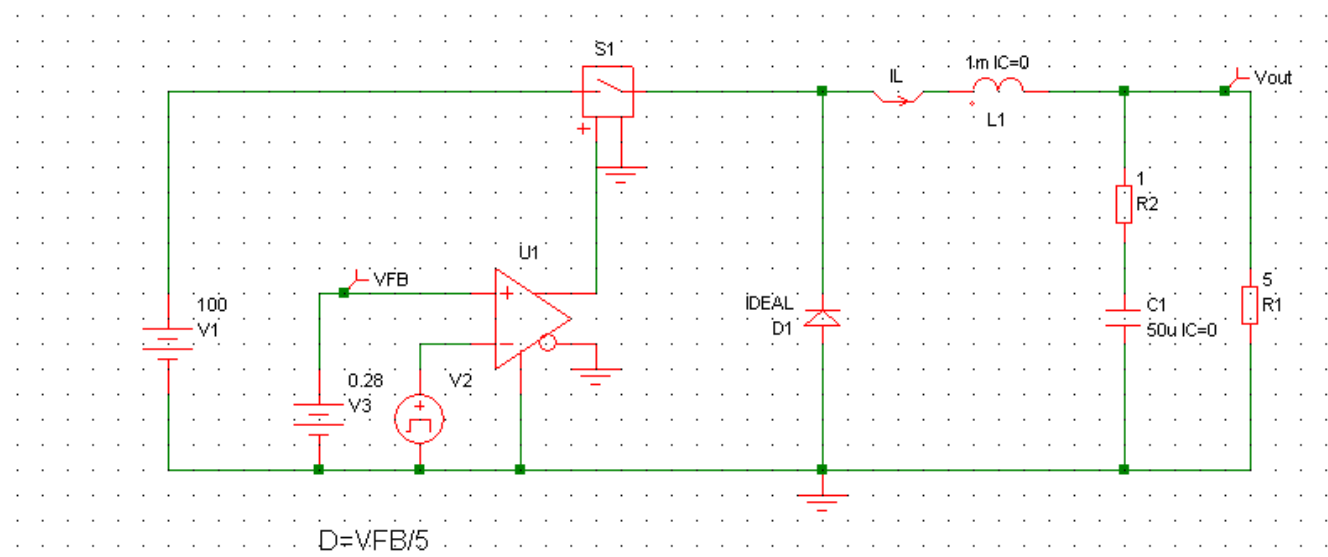


再选择第二项, 按 OK

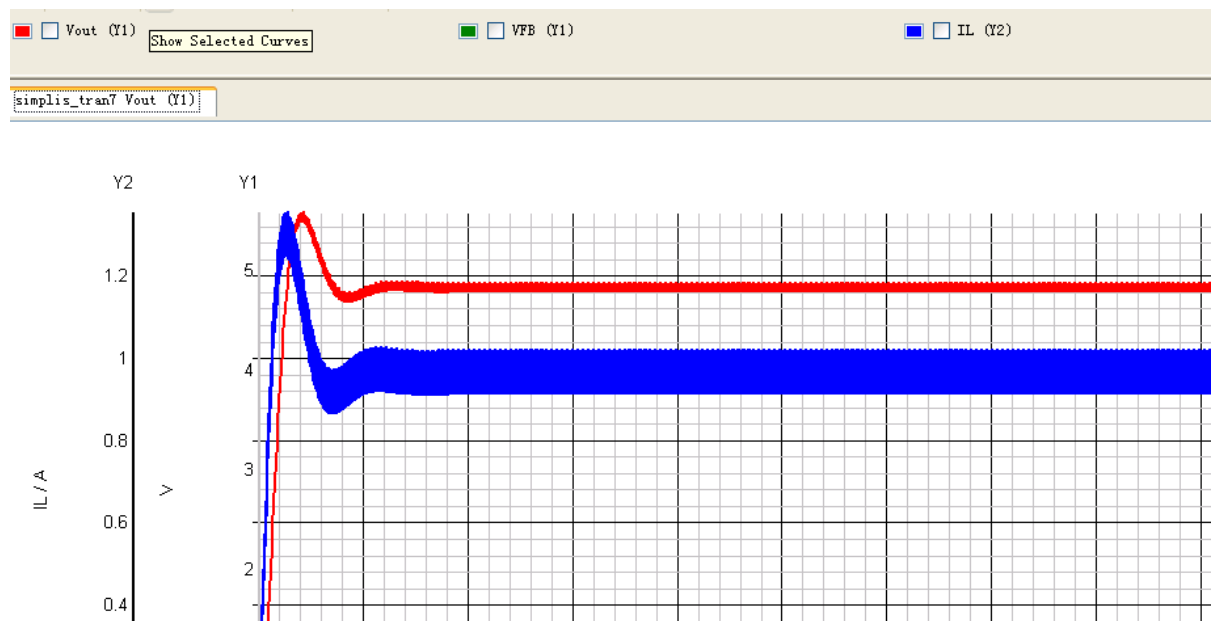


可以画图了。

V2 是个三角波，V3 是 FB 信号，V2 和 V3 比较后形成一个方波作为驱动信号。5V 的 FB 电压对应 100% 的占空比



可以看到仿真波形如下，但速度却快了很多，20ms 的仿真时间 3 秒钟就完成了。



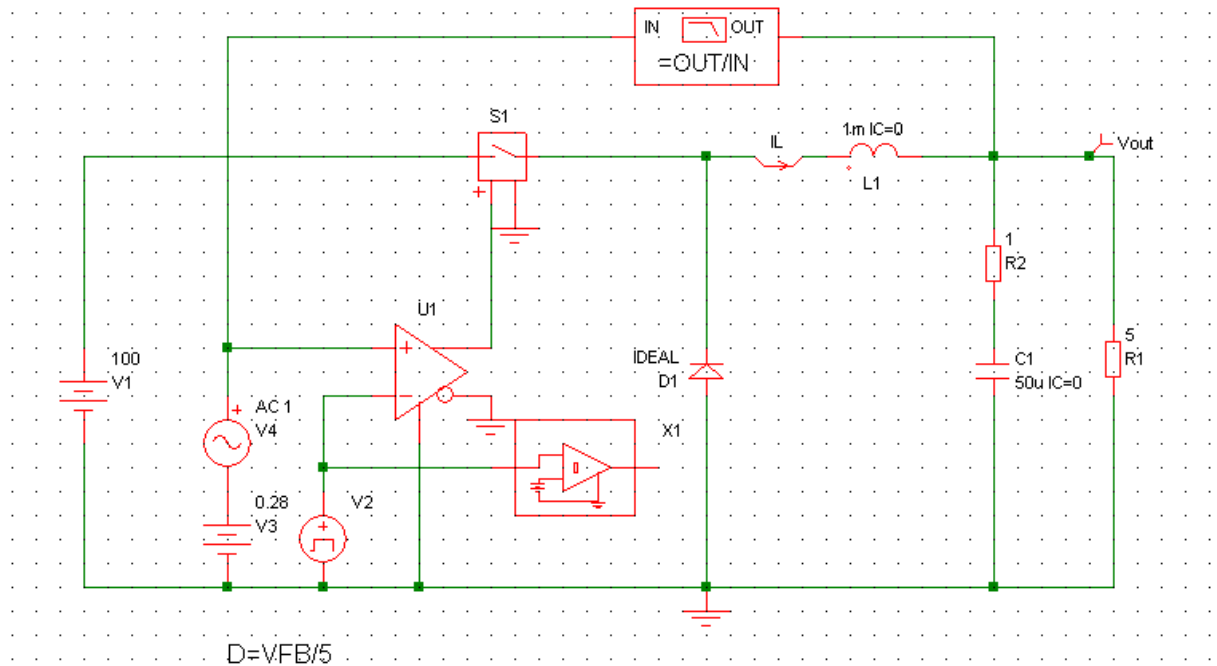
SIMPLIS-BUCK.sxsc
h

附件：

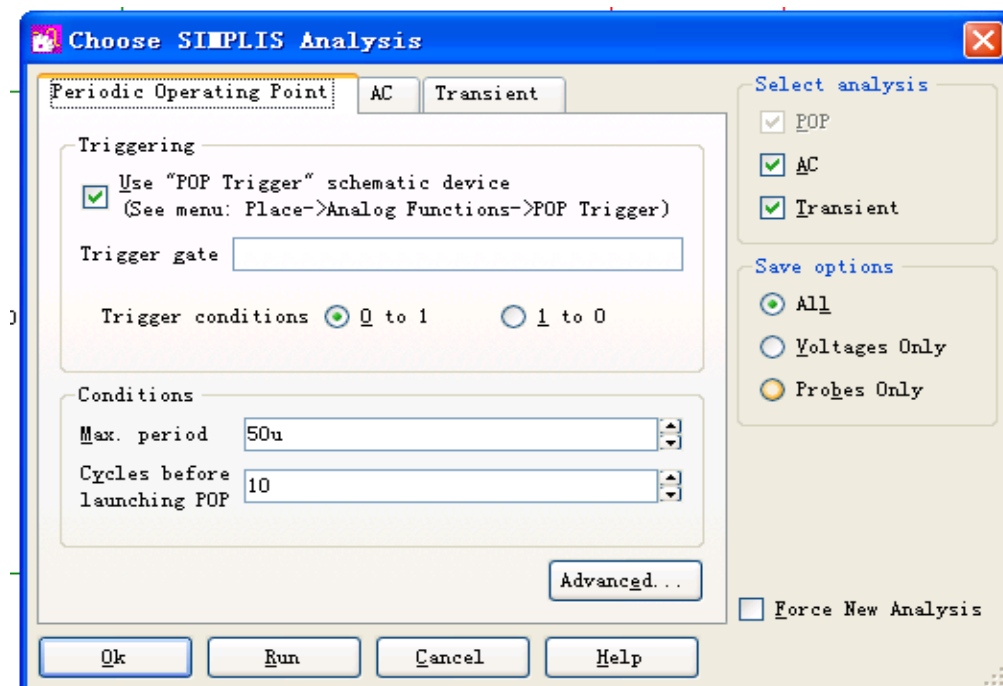
如果不想看稳定的过程，直接看稳定后的结果，并且要得到 VB 对输出的波特图，就要借助 POP 分析。

首先要加入一个 POP Trigger,就是图中的 X1,必须加在有周期性信号的地方，比如图中的三角波发生器。

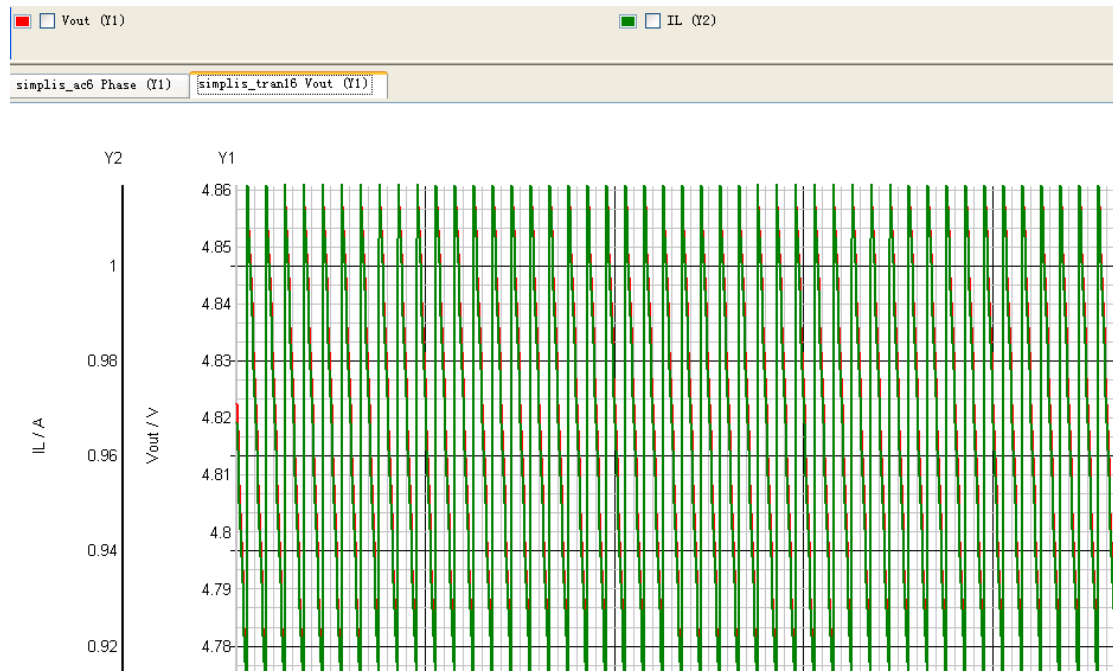
要看波特图，要加入 AC 源（图中的 V4）和波特图观察器（在 Probe AC/Noise 菜单可以找到）



然后很重要的一点，要在分析设置对话框中设置 POP 分析的参数，按下图勾选，Max.period 时间要大于开关周期时间，比如本例开关频率为 50K,那么这个数就要大于 20u,这里取 50u



然后运行分析，直接得到了稳态值和波特图。



SIMPLIS-BUCK-POP.
sxsch

附件

7.一些简单的实例：桥式整流加恒功率负载—表达式的应用

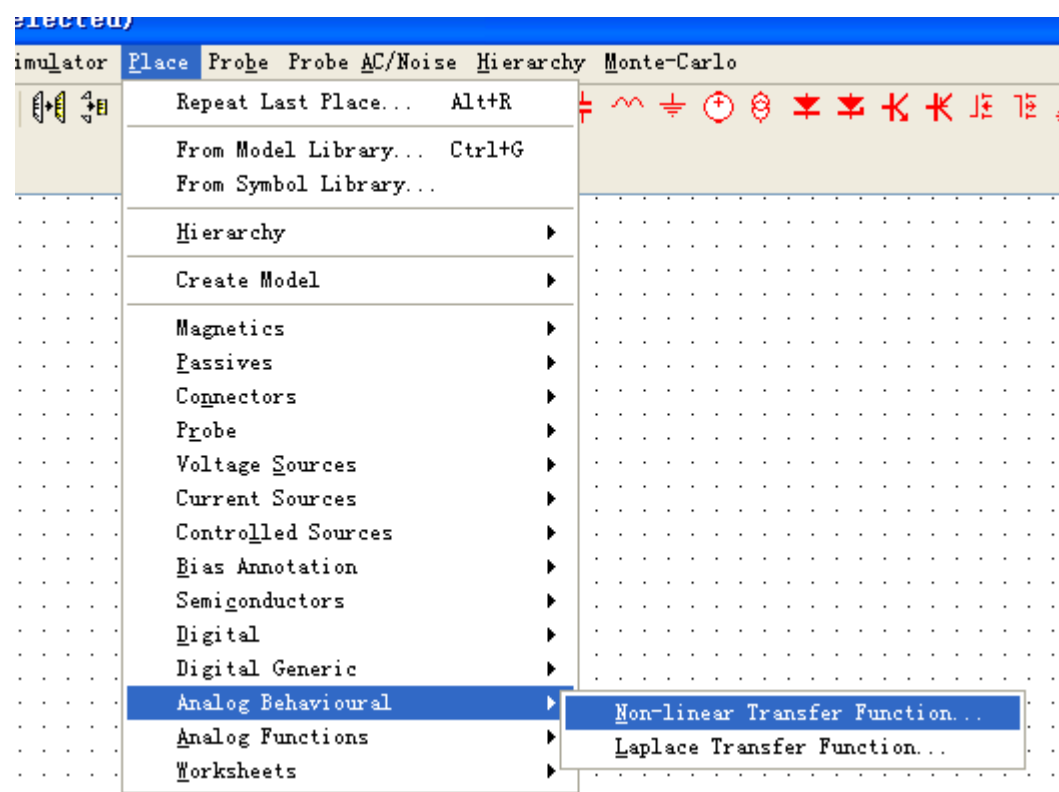
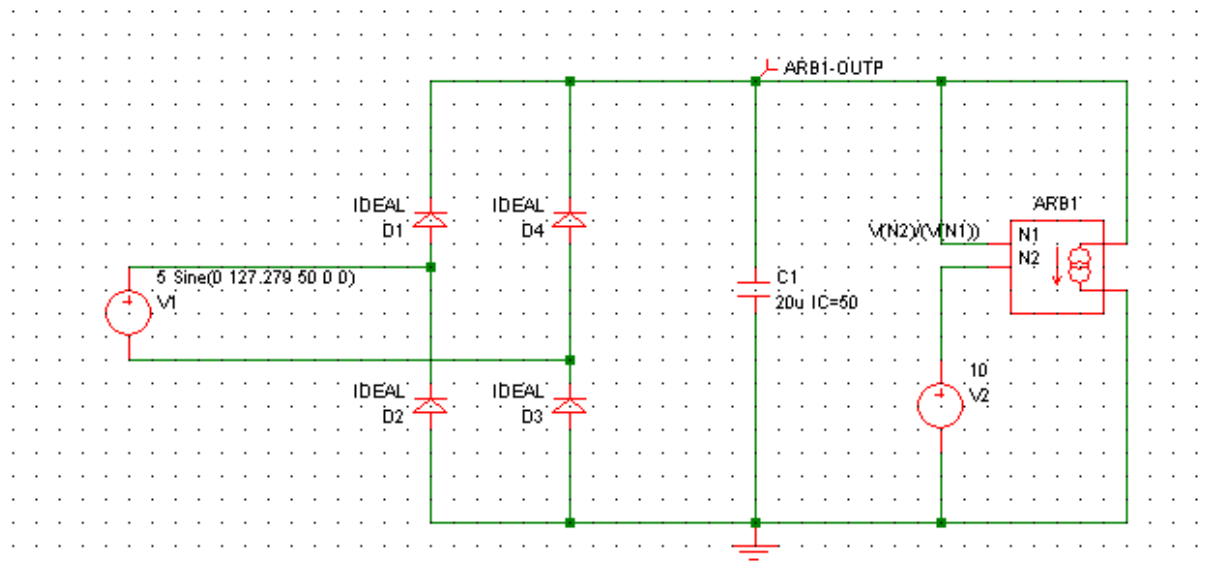
填谷 PFC PF 值计算-波形的分析和处理

启动时间的仿真-使用受控源

(1) 桥式整流加恒功率负载—表达式的应用

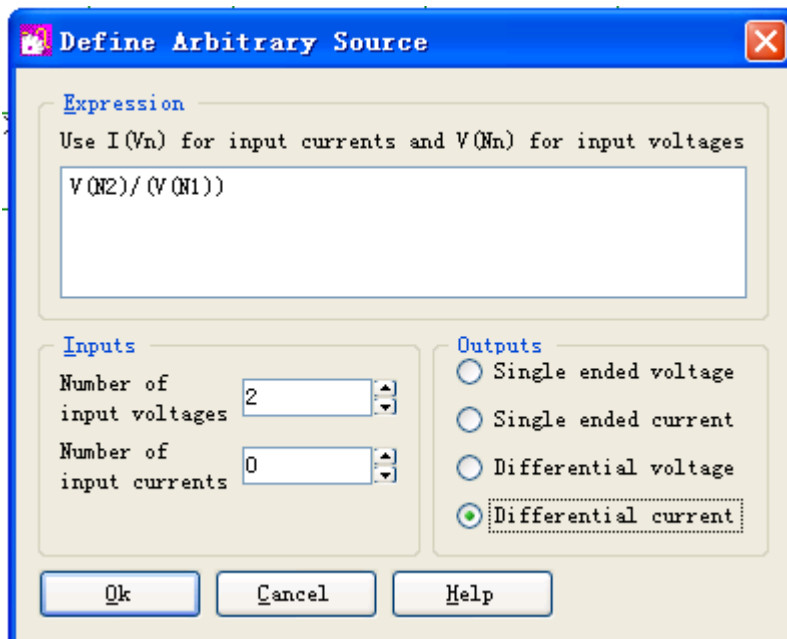
我们想知道桥式整流后大电解上的电压波形，但是又不想做一个完整的反激电路，我们可以假设反激电源是个恒功率负载，是不是可以做一个简单的恒功率负载达到目的呢用表达式可以实现！

如下图，输入电压是 90VAC/50HZ,电解电容是 20U,V2 是 10V 表示输入功率 10W.整个恒功率负载其实就是 ARB1,其实是个表达式，更可以看作多功能的受控源，在 PLACE 菜单能找到

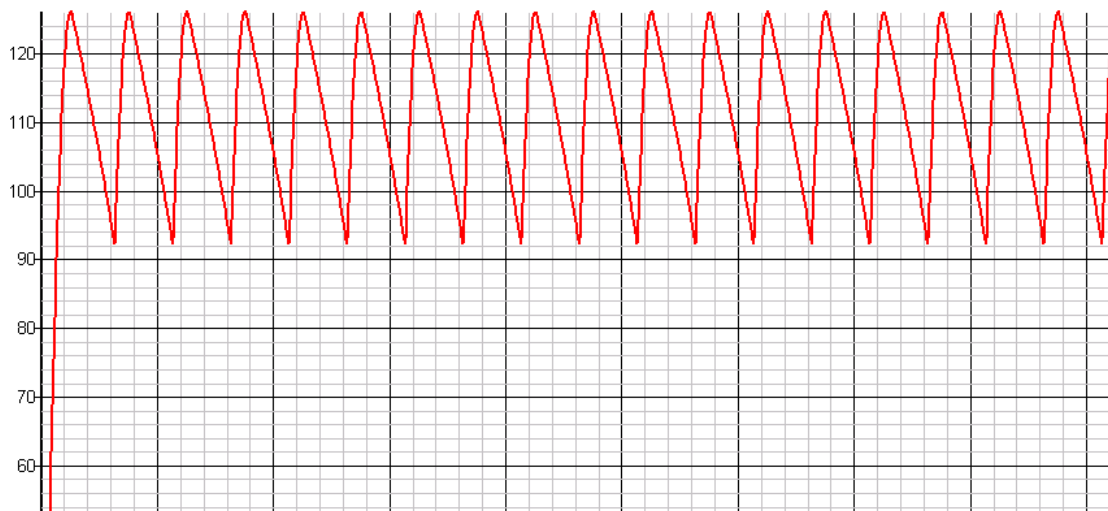


在里面设置两组电压输入，一路电流输出，如下图

并在框里输入 $V(N2)/V(N1)$.表示输出电流等于 V2 上的电压除以大电解上的电压



看仿真波形，大电解上的电压波形不是很低嘛，有 90V 以上



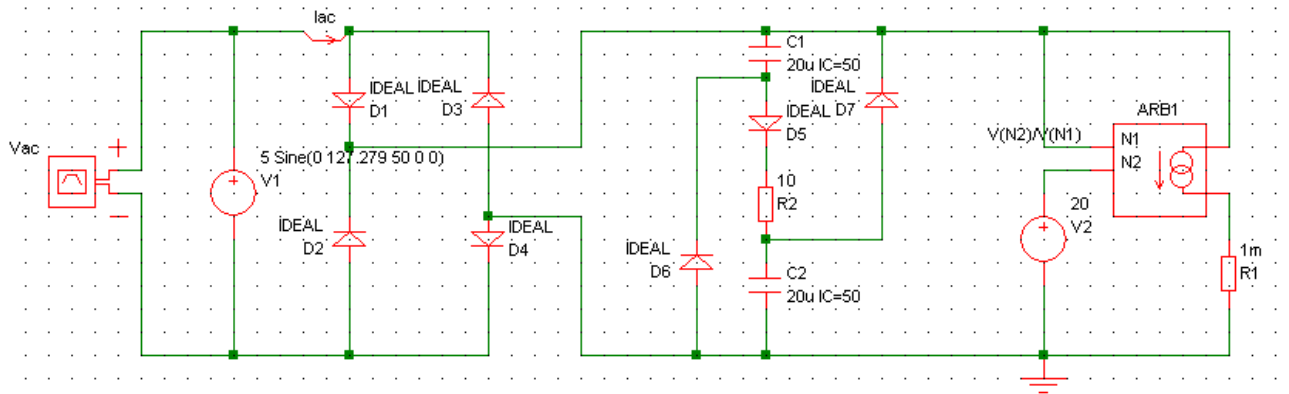
恒功率负载.sxsch

附件：

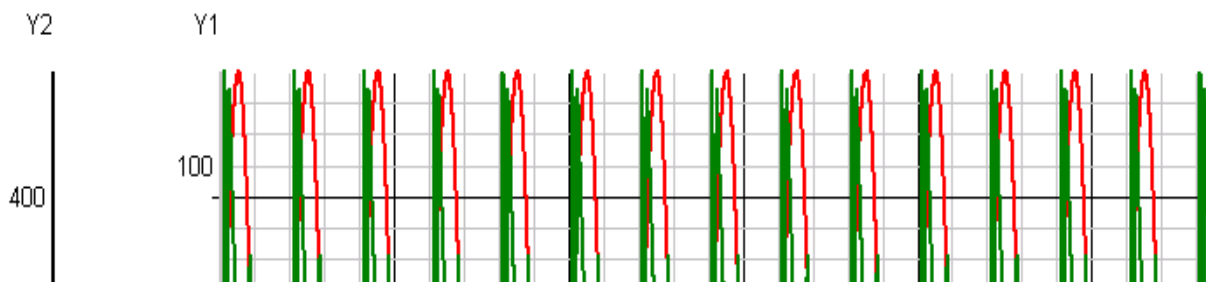
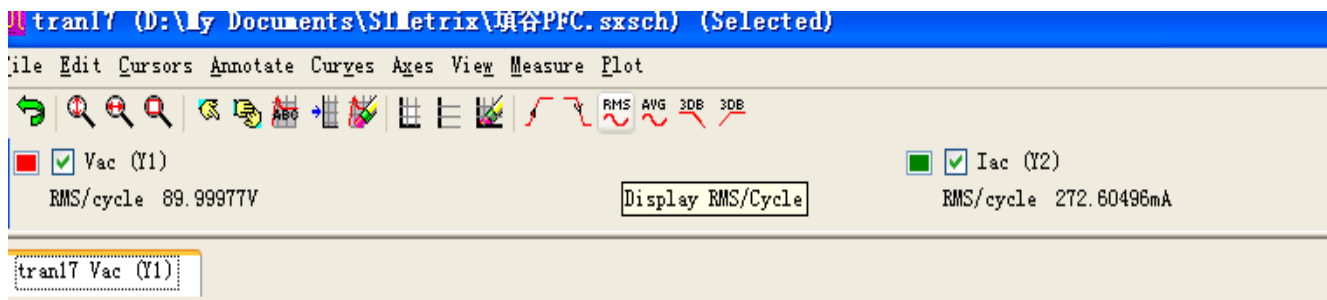
(2) 填谷 PFC PF 值计算-波形的分析和处理

如何计算填谷 PFC 的 PF 值呢, $PF = \text{有功功率} / \text{视在功率}$, 波形的计算功能能帮助我们达到目的。

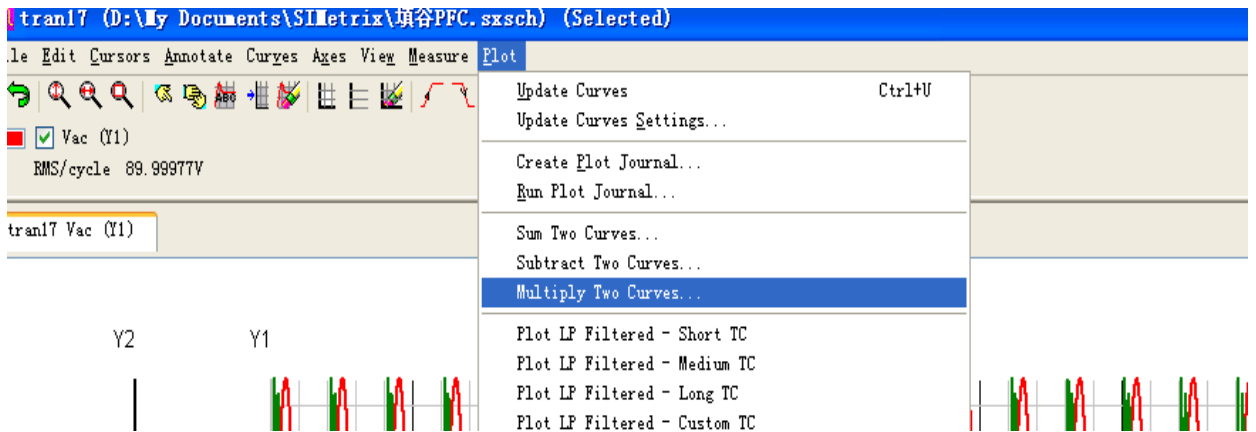
画好图, 加入恒功率负载, 并添加输入电压和输入电流的探头, 如下图



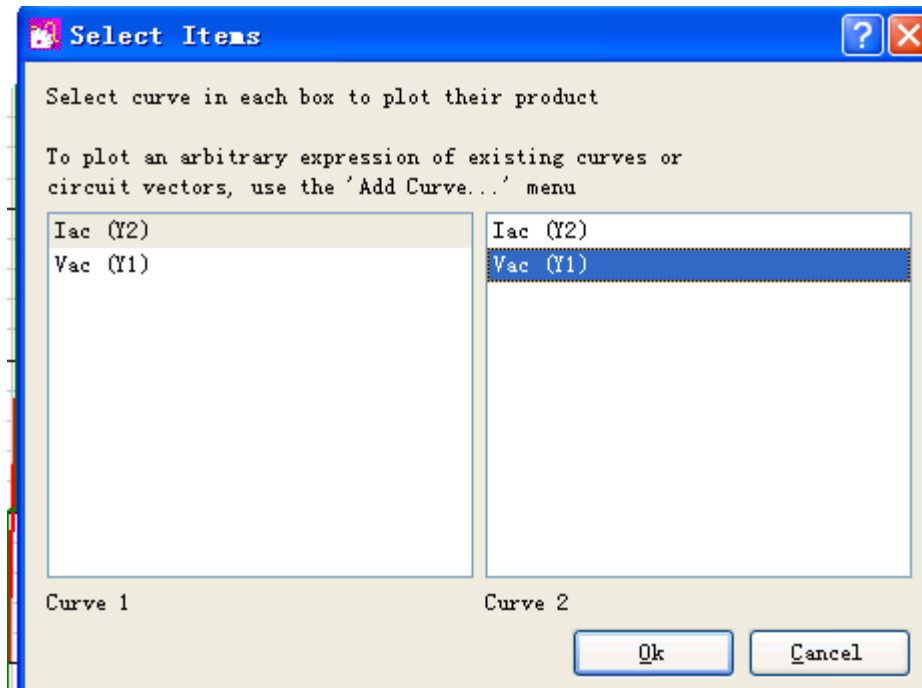
运行仿真, 再得到波形后点图上的 RMS 按钮求的有效值



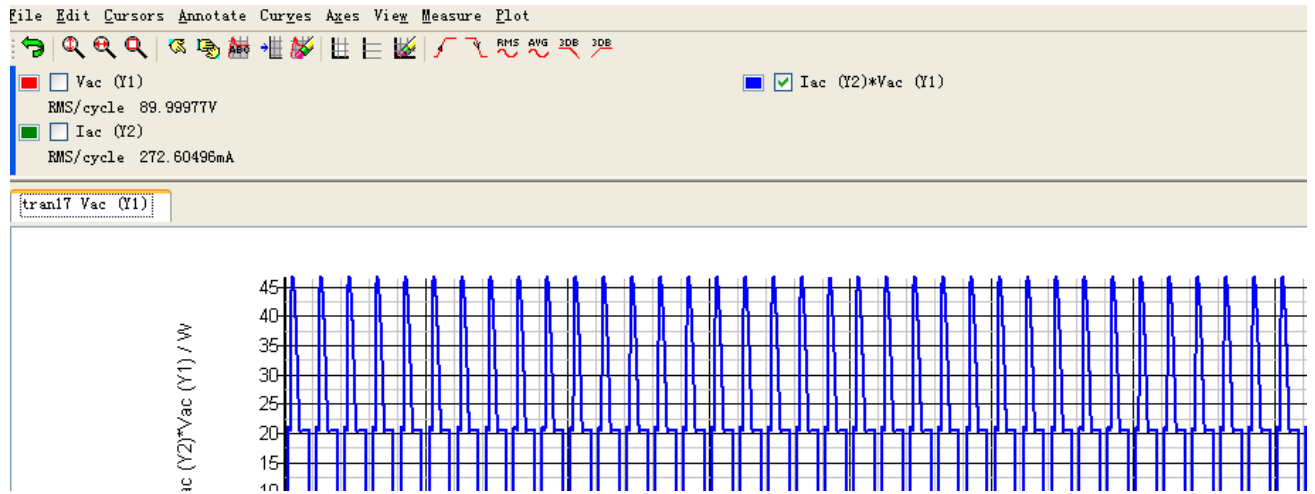
再点 Plot 菜单 Mutipty Two Curves,得到电压和电流相乘的波形



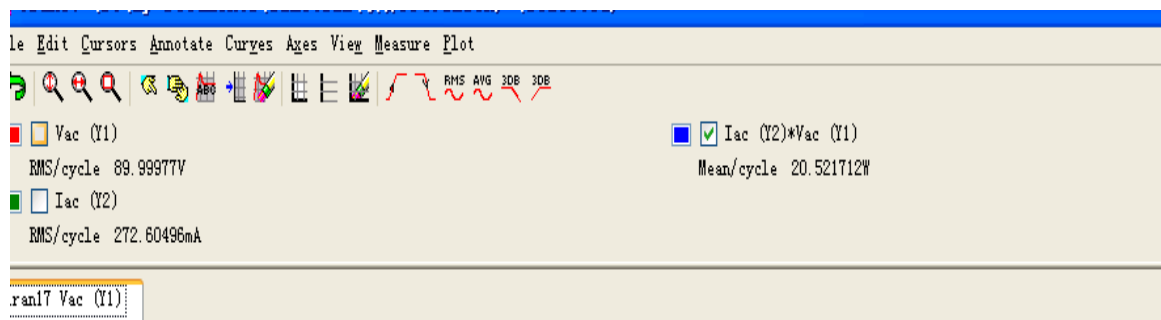
分别选中电压和电流，点 OK



于是我们得到了一个计算出来的波形，再点 AVG,求出平均值，即是有功功率



我们算出 $PF=20.52/(90*0.2726)=0.836$



填谷PFC.sxsch

附件：