

目录：

- 1、 电路模拟基础
- 2、 系统模拟基础
- 3、 DC 模拟和电路模型
- 4、 AC 模拟和调整
- 5、 S 参数模拟和优化
- 6、 滤波器：瞬态，设计指导，momentum（无源电路的 2.5D 模拟工具），DAC
- 7、 谐波平衡模拟
- 8、 电路包络模拟
- 9、 最终电路/系统模拟

更多资料尽在

<http://edastudy.ik8.com>

<http://edastudy.freewebsite.org>

本教程是设计一个用于 1900MHz GSM 的 RF 接收系统，包含的部件主要有：

- 1、 200MHz 由集总参数元件构成的低通滤波器
- 2、 1900MHz 由微带线构成的带通滤波器
- 3、 1900MHz 的功放
- 4、 把 1900MHz 变到 200MHz 的混频器
- 5、 其他小部件

在完成这个系统的过程中，就可以掌握目录所示的内容。

更多资料尽在

<http://edastudy.ik8.com>

<http://edastudy.freewebsite.org>

2003 年 9 月

| | |
|----------------------------------|----|
| 第一章 电路模拟基础..... | 3 |
| 概要..... | 3 |
| 目标..... | 3 |
| 目录..... | 3 |
| 开始..... | 3 |
| 『1』 运行 ADS..... | 3 |
| 『2』 建立新项目..... | 4 |
| 『3』 检查你的新项目内的文件..... | 5 |
| 『4』 建立一个低通滤波器设计..... | 5 |
| 『5』 设置 S 参数模拟..... | 6 |
| 『6』 开始模拟并显示数据..... | 7 |
| 『7』 储存数据窗口..... | 9 |
| 『8』 调整滤波器电路..... | 10 |
| 第二章 系统模拟基础..... | 12 |
| 概要..... | 12 |
| 目标..... | 12 |
| 目录..... | 12 |
| 开始..... | 13 |
| 『1』 建立一个新的系统项目和原理图..... | 13 |
| 『2』 建立一个由行为模型构成的 RF 接收系统..... | 13 |
| 『3』 设置一个带频率转换的 S 参数模拟..... | 14 |
| 『4』 画出 S21 数据..... | 16 |
| 『5』 提高增益，再模拟，绘制出另一条曲线..... | 16 |
| 『6』 设置一个 RF 源和一个带相位噪声的本振 LO..... | 17 |
| 『7』 设置一个谐波噪声控制器..... | 18 |
| 『8』 设置谐波模拟..... | 20 |
| 『9』 模拟并画出响应：pnmx 和 Vout..... | 21 |

更多资料尽在
<http://edastudy.ik8.com>
<http://edastudy.freewebsite.org>

第一章 电路模拟基础

概要

这一章包括基础界面、ADS 文件、原理图、模拟、和数据显示等内容。另外还有一个简单的例子。

目标

建立一个新的项目和原理图设计
设置并执行 S 参数模拟
显示模拟数据和储存
在模拟过程中调整电路参数
使用例子文件和节点名称
执行一个谐波平衡模拟
在数据显示区写一个等式

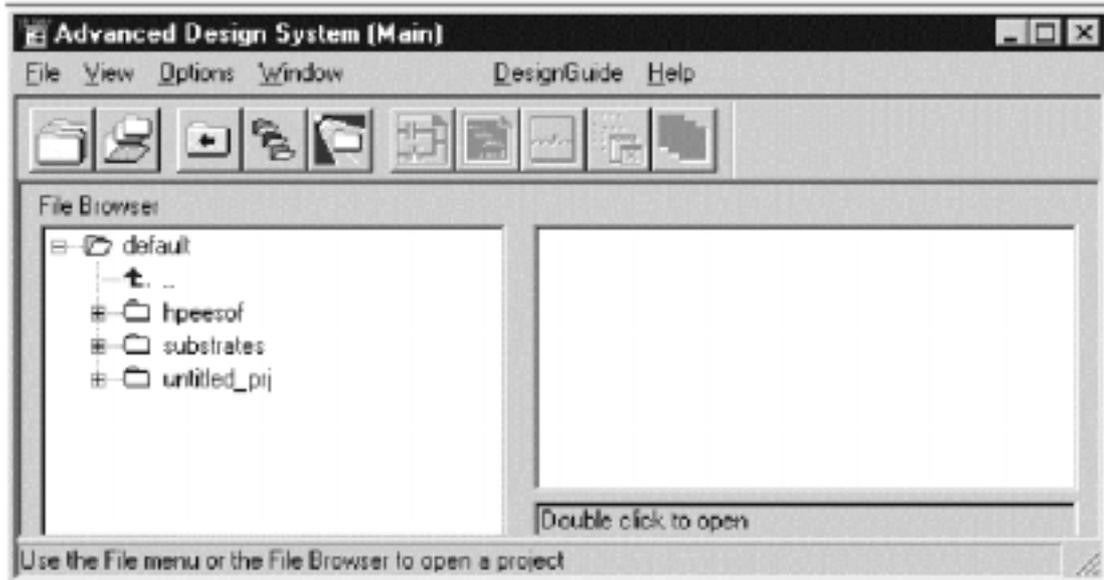
目录

- 『1』 运行 ADS
- 『2』 建立新项目
- 『3』 检查你的新项目内的文件
- 『4』 建立一个低通滤波器设计
- 『5』 设置 S 参数模拟
- 『6』 开始模拟并显示数据
- 『7』 储存数据窗口
- 『8』 调整滤波器电路
- 『9』 模拟一个 RFIC 的谐波平衡
- 『10』 增加一个线标签 (节点名称), 模拟, 显示数据

开始

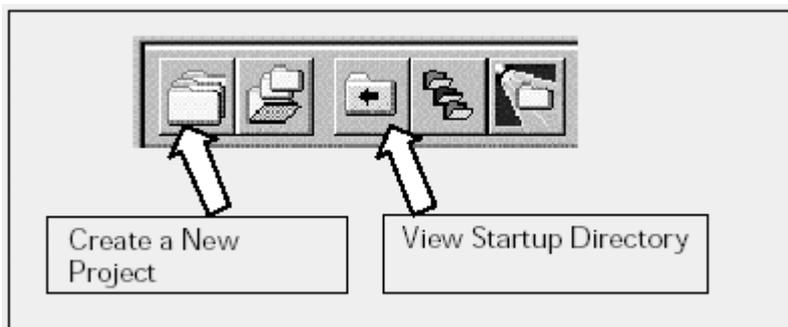
『1』 运行 ADS

很简单, 在开始菜单选择图标, 运行后界面如下:

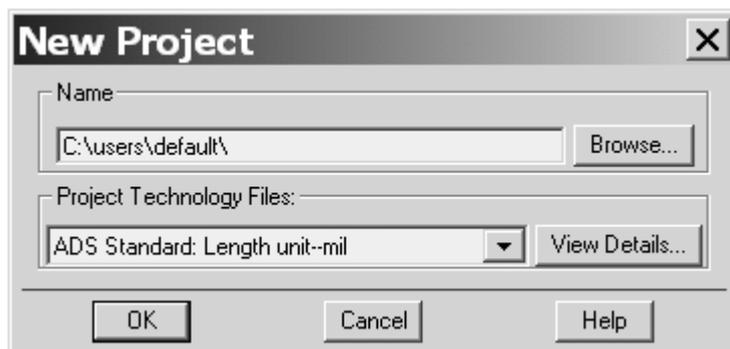


『2』 建立新项目

- a. 在主窗口，点击图标：**View Startup Directory**。会显示你所定缺省目录的 ADS 项目文件夹。（一般安装时缺省目录是 C:\user\default，你可以修改，但是注意不能用中文名称或放到中文名称的目录中，因为那样在模拟时会引起错误）



- b. 会弹出如下对话框



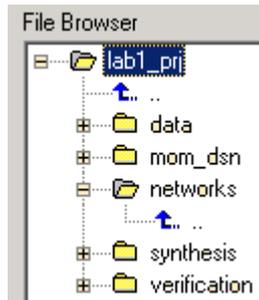
项目名称为 lab1。

下面的下拉菜单主要是设定单位的，在微带线布局时有用，我们选择 mil。

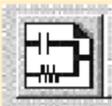
C. 点击 OK 建立新项目，并且会出现原理图窗口。

『3』 检查你的新项目内的文件

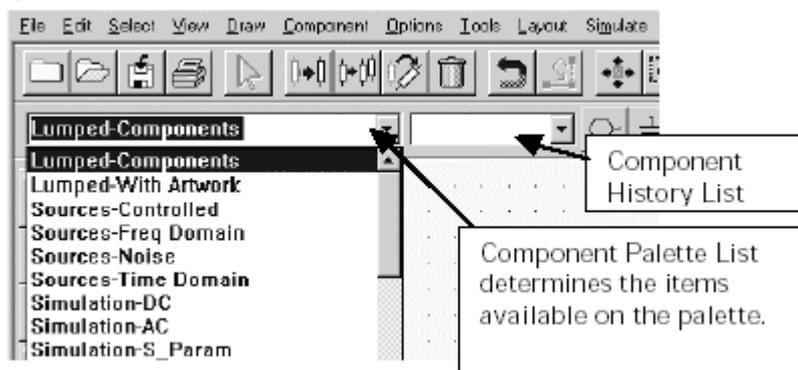
- 看左边的文件浏览窗口。目前显示你在 lab1 项目内。
- 在主窗口，双击 **networks** 目录,目前里面没有原理图文件。



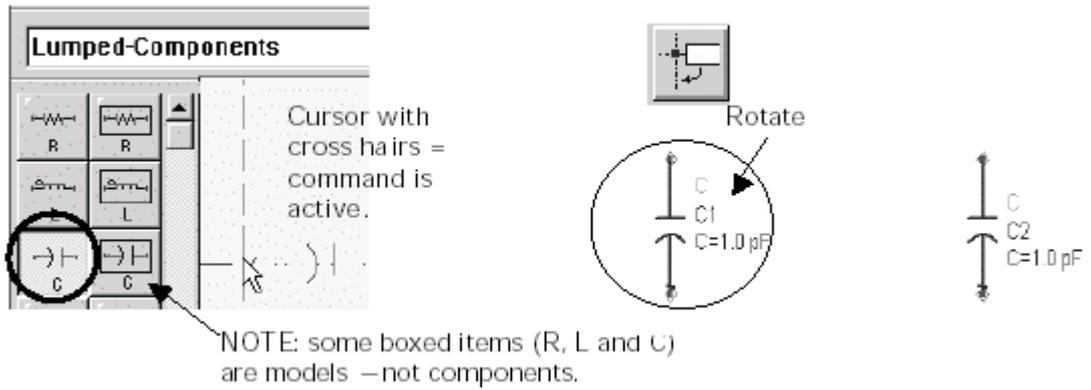
『4』 建立一个低通滤波器设计

- 在主窗口，点击 **New Schematic Window** 图标 ，也可以使用刚才自动打开的原理图窗口。

- 储存原理图。点击  图标，取名 lpf。现在 network 目录中会出现 lpf.dsn 文件。
- 在元件模型列表窗口中选择 **Lumped - Components** (集总参数元件) 项。示意图如下



- 从该选项左边面板中选择电容 capacitor C

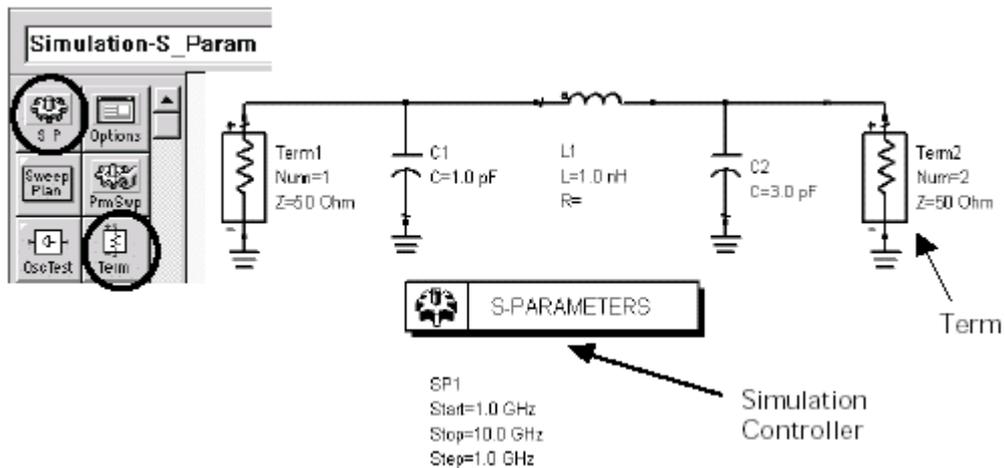


可以用 Rotate 图标旋转，放好以后，再放入另一个电容。

e. 然后放入电感 ，地 ，用线  把他们连起来。

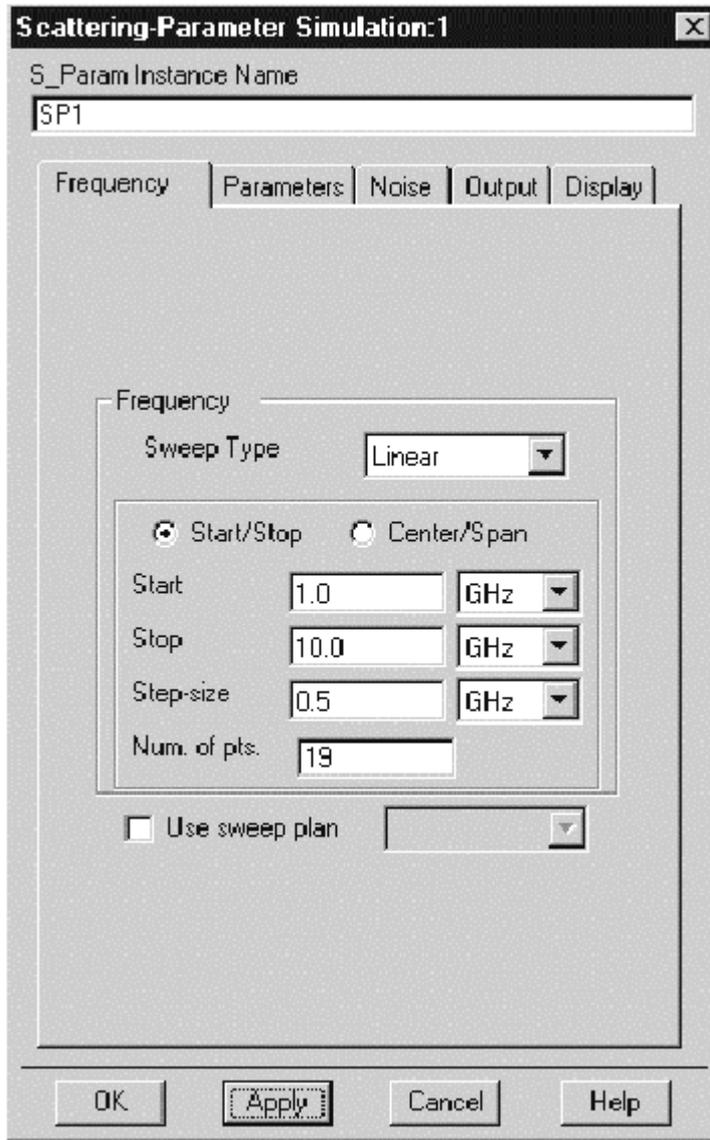
f. 在元件模型列表窗口选择 **Simulation - S_Param** 项，在该项面板中选择 S-parameter 模拟控制器（象个齿轮）和端口 Term 放到图上。用 ESC 结束命令。使用

图标  调整这些元件的参数如下图所示：



『5』 设置 S 参数模拟

a. 双击齿轮打开配置窗口，把 Step - size 改成 0.5GHz，选择 ok。

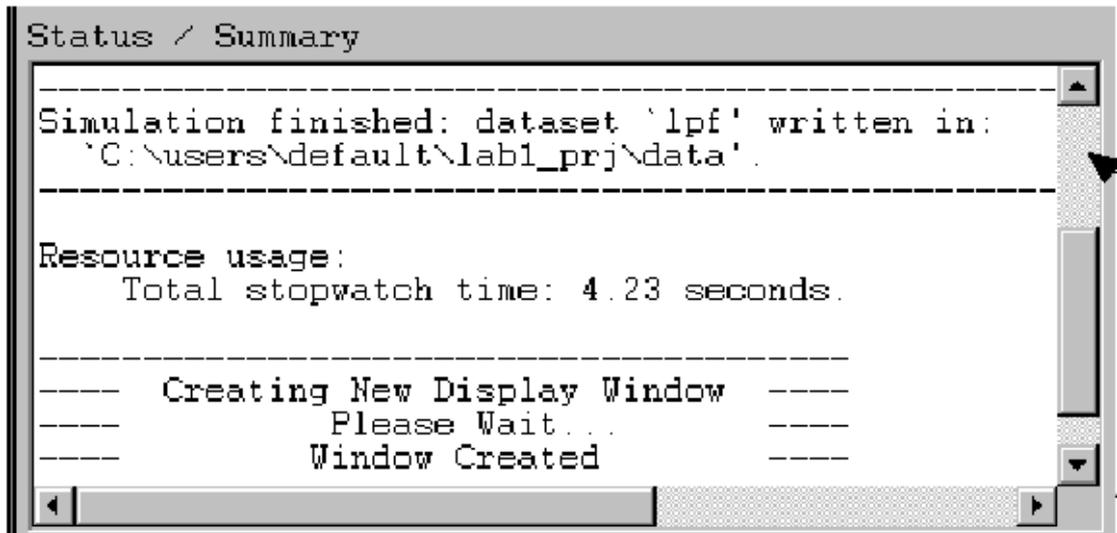


b. 在上面的窗口点击 display 标签，会显示所有可以显示在原理图中的项目。

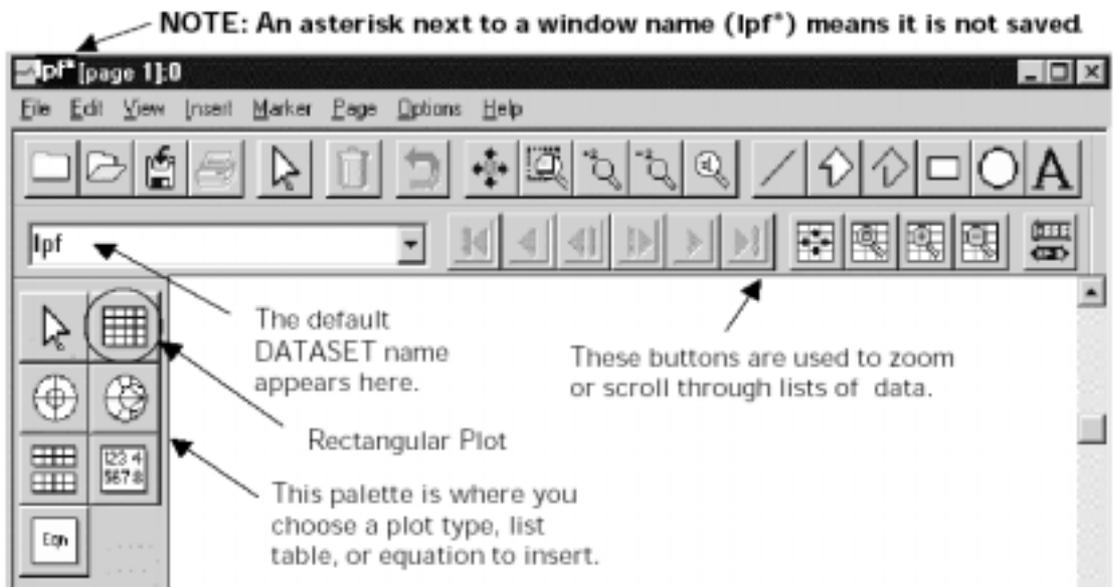
『6』 开始模拟并显示数据



- 点击原理图窗口上方的 Simulate 图标 ，开始模拟。
- 然后就会弹出状态窗口，显示模拟的相关信息。



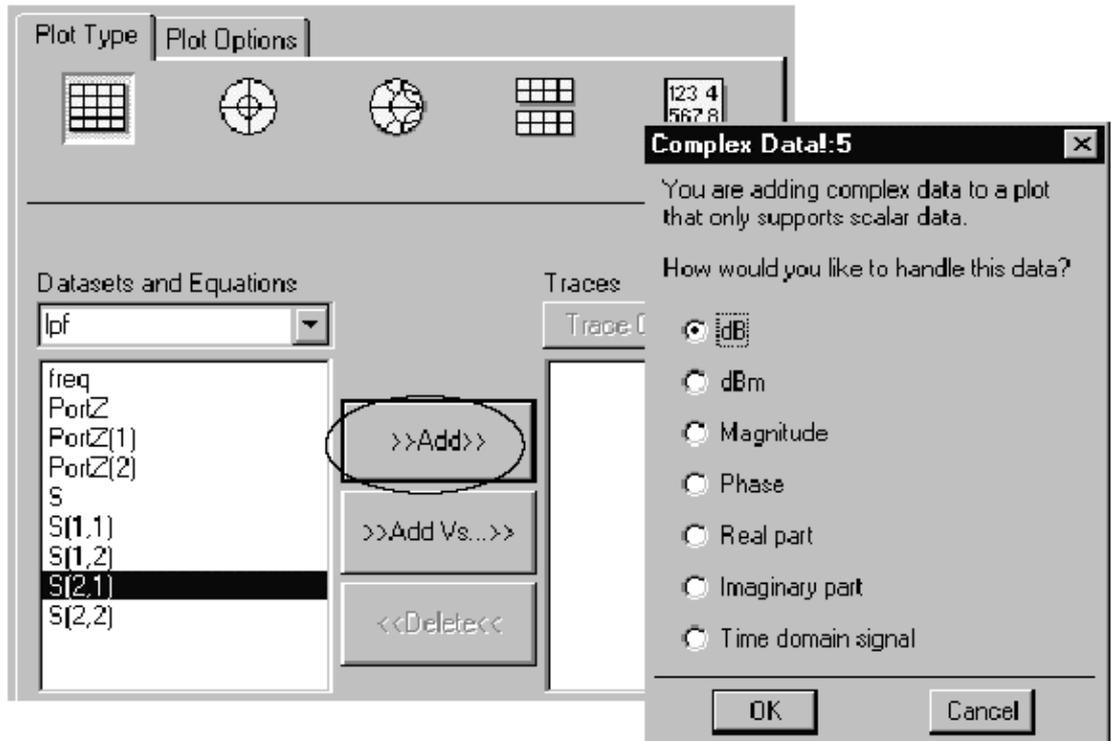
- c. 模拟完成以后，如果没有错误，会自动显示数据显示窗口，可以看到窗口左上方的名称为 lpf。



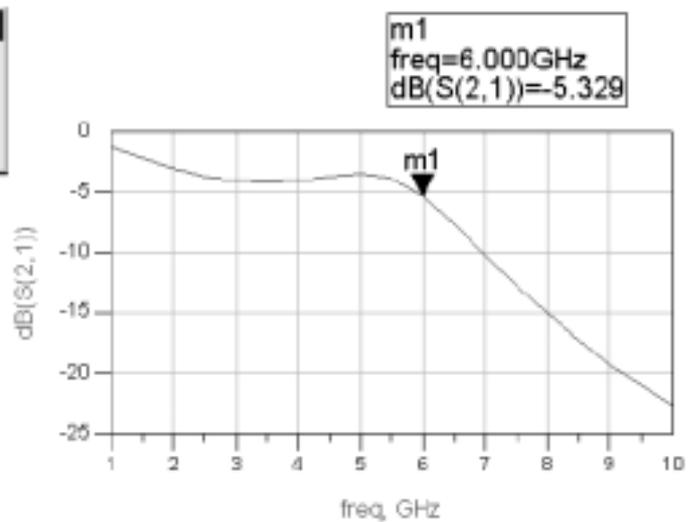
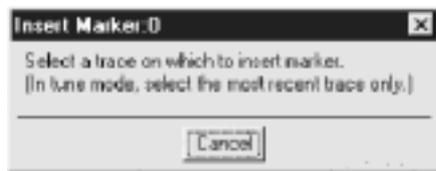
上图的 NOTE 说明，lpf 右上角的*代表还没有储存。

在这个窗口中可以以表格、圆图或等式的形式显示数据。

- d. 点击 Rectangular Plot 图标，把一个方框放到数据显示窗口中去，会自动弹出对话框，选择要显示的 $S(2, 1)$ 参数，点击 Add 按钮，选择 dB 为单位，点击 Ok。



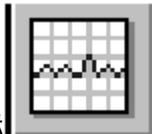
- e. 然后就会显示一个合理的低通滤波器响应。
- f. 点击 Marker>New，可以把一个三角标志放在图上，可以用键盘和鼠标控制它的位置。



『7』 储存数据窗口

- a. 储存的缺省名称为 lpf，扩展名为.dds，该文件会储存在项目文件夹的根目录中，而数据文件，即所有的.ds 文件和数据设定，会储存在 data 子目录中。



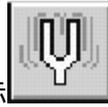
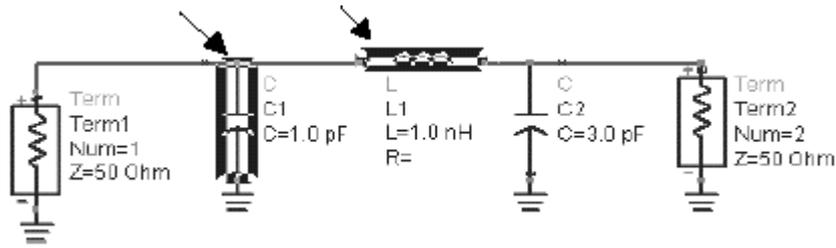
- b. 关上上述窗口，再通过点击原理图窗口的 Data Display 图标  再次打开这个 lpf.dds 文件。

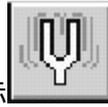


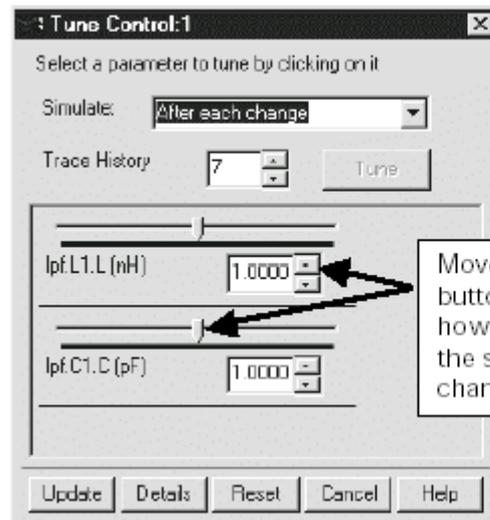
『8』 调整滤波器电路

- a. 点击原理图窗口中的 View All 图标 ，会自动调整原理图的显示。

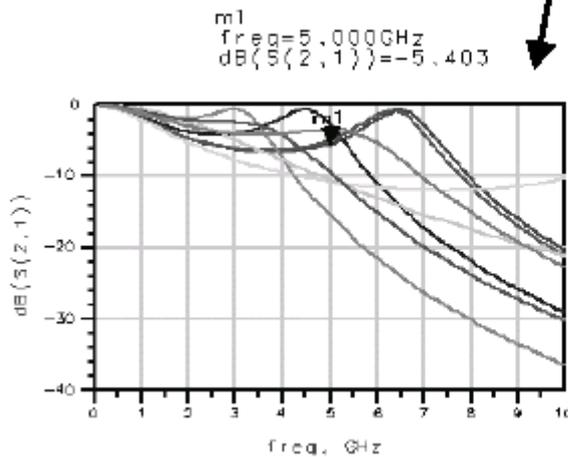
- b. 现在，在 lpf 原理图配合 Shift 和 Ctrl 键选择 C1 和 L1。



c. 点击 Tune 图标  开始调节电路。



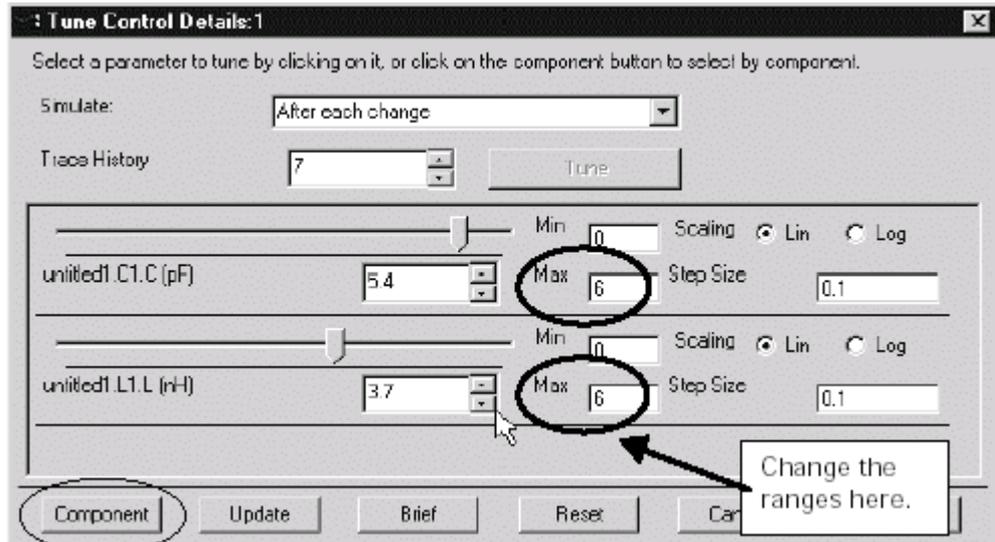
Move the slider or click on the buttons to tune values. Notice how the new traces appear on the s_data plot after each change.



Each tuning creates another trace. The marker moves to the most recent simulated (tuned) trace. This trace is the s_data dataset which is changed each time you tune (simulate).

调节的结果会即时显示在数据显示窗口中，在 Trace History 中设定记录的轨迹数量，线上的三角标志会自动调整到最新的线上。

d. 改变调节的范围：在调节控制对话框中点击 Details 图标 ，可以打开详细的选项控制面板



可以设置调节范围，调节步长等参数。

- e. 调节过程中，点击 Update 按钮，更新原理图中相应元件的参数，也可以点击 Component 按钮，增加更多的调整参数。
- f. 调整满意以后，点击 Cancel 按钮，数据显示窗口会留下最后一条线，然后可以保存。则部分教程只是为了练习操作。

第二章 系统模拟基础

概要

这一章介绍了如何使用行为模型建立一个系统（例如我们要做的接收系统），这一步是设计系统的第一步，通过对系统级行为模型的模拟，来接近所需的系统性能。先设定系统组件为所需的性能，然后逐步用独立的电路替换，并可以比较两者的性能差异。

目标

使用上一章的技巧和经验

使用行为模型（滤波器、放大器、混频器）建立一个 RF 接收器的系统项目，RF = 1900MHz，IF = 100MHz

使用一个 RF 源，带相位噪声的本振 LO 和一个噪声控制器

测试系统：S 参数，频谱，噪声等等

目录

『1』 建立一个新的系统项目和原理图

『2』 建立一个由行为模型构成的 RF 接收系统

- 『3』 设置一个带频率转换的 S 参数模拟
- 『4』 画出 S21 数据
- 『5』 提高增益，再模拟，绘制出另一条曲线
- 『6』 设置一个 RF 源和一个带相位噪声的本振 LO
- 『7』 设置一个谐波噪声控制器
- 『8』 设置谐波模拟
- 『9』 模拟并画出响应：pnmx 和 Vout
- 『10』 可选内容 - SDD（象征性定义的元件）模拟

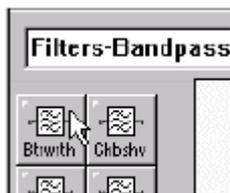
开始

『1』 建立一个新的系统项目和原理图

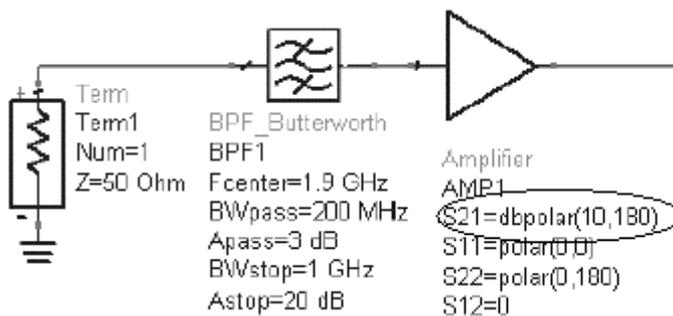
使用上一章学到的方法，建立一个新的项目取名 rf_sys

『2』 建立一个由行为模型构成的 RF 接收系统

- a. **Butterworth 滤波器**：在元件模型列表窗口中找到带通滤波器项目 **Filters-Bandpass**。插入一个 Butterworth 滤波器。设定为：中心频率 $F_{center} = 1.9\text{GHz}$ 。通带带宽 $BW_{pass} = 200\text{MHz}$ ，截止为 $BW_{stop} = 1\text{GHz}$ 。



- b. **放大器**：在元件模型列表窗口中找到 System-Amps&Mixers 项目，插入放大器 **Amplifier**。设定 $S_{21} = \text{dbpolar}(10, 180)$ 。



For on-screen editing, use the Enter key to step to the next parameter.

- c. **Term**：在 port1 插入一个端口。端口 Terms 在元件模型列表窗口的 Simulation-S_Param 中找。

关于 Butterworth 滤波器请注意 - Butterworth 滤波器的行为模型是理想情况的，所以在通带内没有波纹。换成滤波器和放大器的电路模型以后，会产生波纹。对于带波纹的系统滤波器，可以采用椭圆滤波器的行为模型。

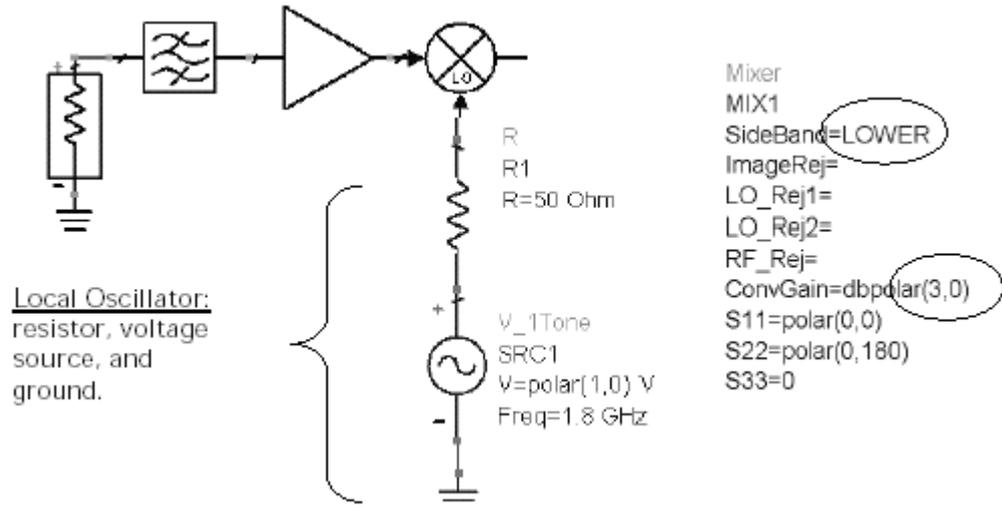
接下来要往系统中添加混频器和本振 LO 的行为模型。

- d. 在元件模型列表窗口中找到 System-Amps&Mixers 项目，在功放 amp 输出口插入一

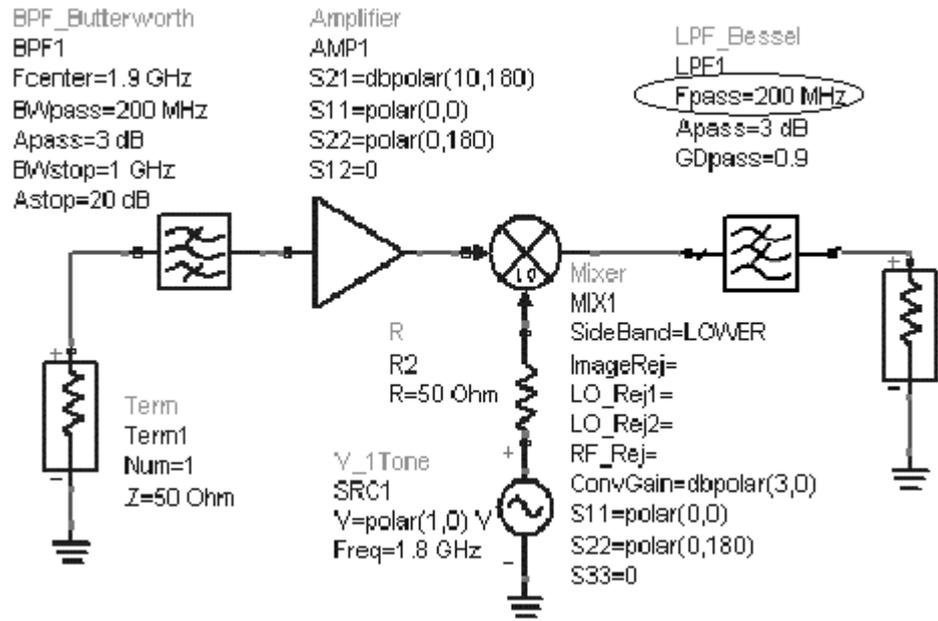


个混频器 Mixer 的行为模型，注意是插入 Mixer 而不是 Mixer2。Mixer2 是用于非线性分析的。

- e. 设定混频器 Mixer ConvGain = dbpolar (3 , 0)。这里 dbpolar 是极坐标表示，代表 3dB。设定 Mixer SideBand = LOWER，设定取混频器两个输出的低端。
- f. 可以按 F5 键，再点击原理图上的组件图形，移动组件的文字。



- g. 在元件模型列表窗口中找到 Sources-Freq Domain 项目，插入 V_1Tone 源和上图中标出的 50ohm 电阻和地，这样可以提供 100MHz 的中频输出。
- h. 如图所示，在混频器的输出口加一个低通 Bessel 滤波器（在元件模型列表窗口中的 Filters-Lowpass 项目中），设置 Fpass = 200MHz。
- i. 在 port2 放一个端口 Term。最终的系统电路如下所示：



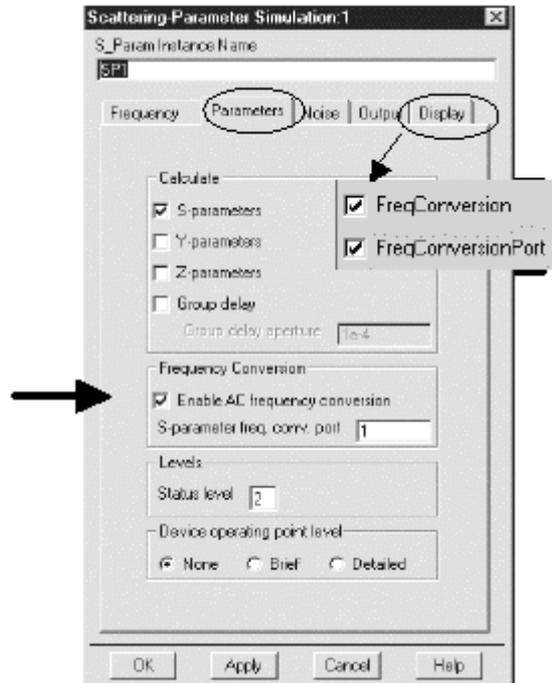
『3』 设置一个带频率转换的 S 参数模拟

- a. 插入控制齿轮，设定模拟参数为：1GHz 到 3GHz，step 步长为 100MHz。



S_Param
SP1
Start=1 GHz
Stop=3 GHz
Step=100 MHz

- b. 编辑模拟控制器，在 Parameters 标签内选上 AC frequency conversion。

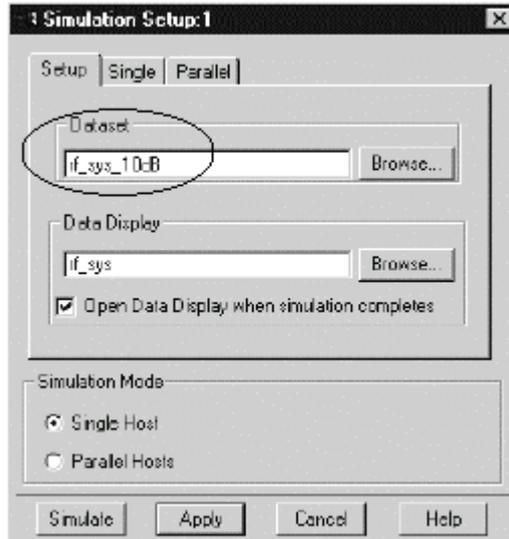


- c. 在 Display 标签内选择 FreqConversion 和 FreqConversionPort 两项，让它们在原理图中显示出来。



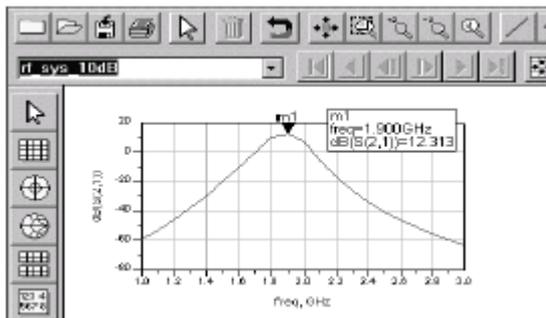
S_Param
SP1
Start=1 GHz
Stop=3 GHz
Step=100 MHz
FreqConversion=yes
FreqConversionPort=1

- d. 点击 Simulate>Simulation Setup。当对话框出现，把缺省的 dataset 名称改为 rf_sys_10dB，代表该系统有 10dB 的放大器增益。
e. 点击 Apply 和 Simulate 开始模拟。



『4』 画出 S21 数据

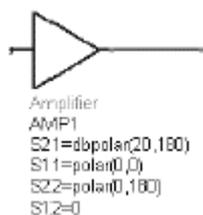
- a. 在数据显示窗口中插入一个网格显示的 S21 图形。



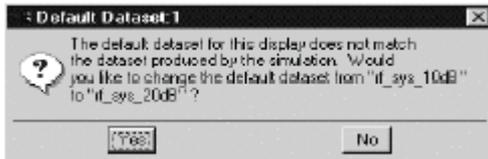
- b. 把一个三角标记放到 1900MHz 的线上。增益为混频器的转换增益减去因为失配造成的一些损耗。

『5』 提高增益，再模拟，绘制出另一条曲线

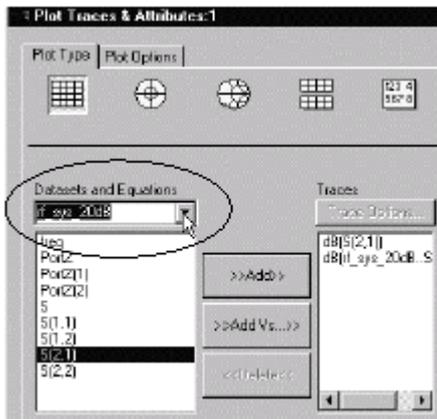
- a. 回到原理图，改变放大器增益 S21 到 20dB。



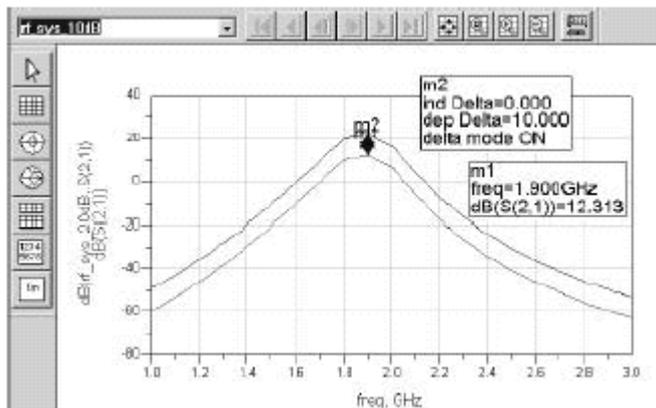
- b. 点击 Simulate>Simulation Setup, 改 dataset 名称为 rf_sys_20dB。点击 Apply, 开始模拟。
- c. 当模拟结束以后, 你会被提醒是否改变缺省 dataset, 回答 No。



- d. 双击编辑已有的 10dB 线。当对话框出现，点击下拉框查看可用的 datasets 和等式，选择 rf_sys_20dB dataset。



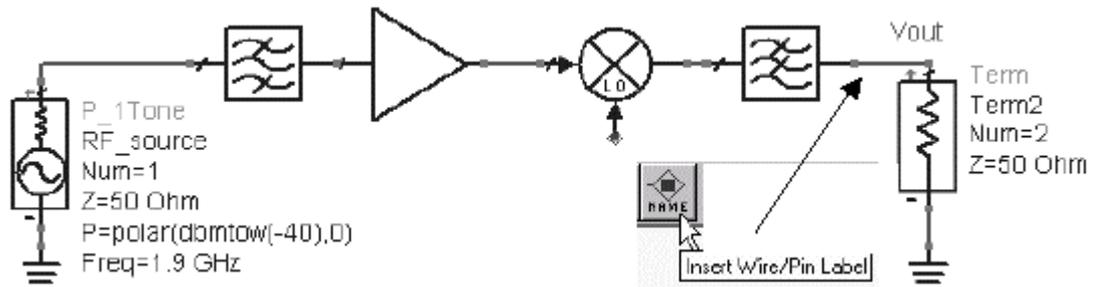
- e. 选择显示 S21 数据，单位选 dB，让 S21 在数据显示窗口显示，注意整个 dataset 的路径会显示出来，因为它不是缺省 dataset。
 f. 把新的三角标志放到新的线上，选择所有的标志，点击命令 Marker>Delta Mode On，看看两个模拟之间 10dB 的差值。保存。



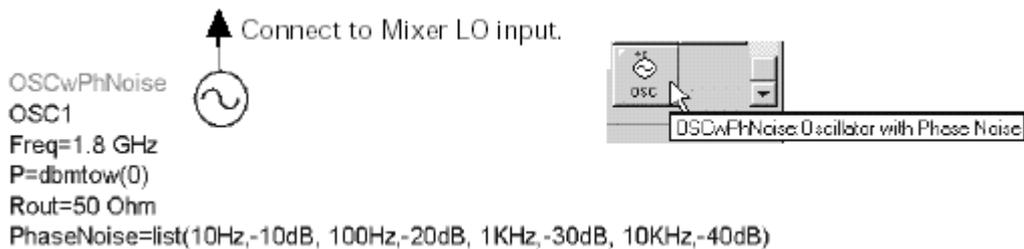
『6』 设置一个 RF 源和一个带相位噪声的本振 LO

接下来演示如何使用谐波平衡模拟器模拟振荡器的行为模型带来的相位噪声。

- 用新名称 rf_sys_phnoise 保存当前的原理图。
- 在已经保存的原理图中，删除 S_param simulation controller 就是那个齿轮，V_1Tone 本振源 LO source，50ohm 电阻和地。
- 用 P_1Tone 源替换 port1Term，设定功率和频率如下：Freq = 1.9GHz，P = polar (dbmtow(-40),0)。注意 polar 与 dbpolar 单位不同，把源的名称改为 RF_source，Num = 1；
- 插入一个线标记 Vout (节点)，完成后的原理图如下：



- e. 在元件模型列表窗口中找到 Sources-Freq Domain 项目，插入 OSCwPhNoise，连接到混频器 mixer 上。设定 Freq = 1.8GHz，修改 PhaseNoise list 如下图所示。OSCwPhNoise 已经自带了 50ohm 电阻注意这和『2』节中的 V_1Tone 加 50ohm 的电阻的功能类似，就是多了相位噪声。



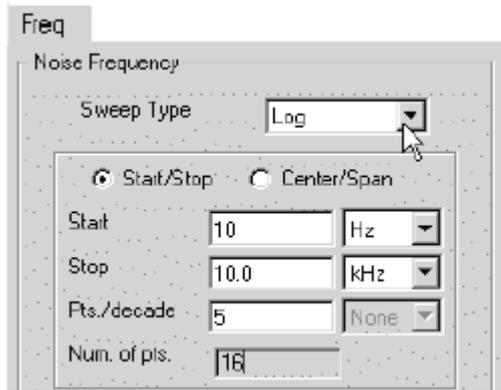
『7』 设置一个谐波噪声控制器

- a. 在元件模型列表窗口中找到 Simulation-HB 项目，在原理图上插入噪声控制器 NoiseCon。

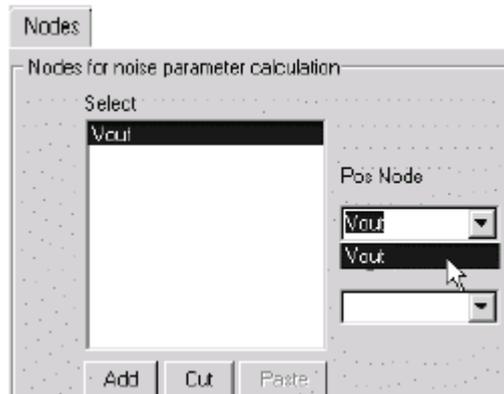


注意：NoiseCon 组件和 HB 谐波模拟一齐使用。它便于你把模拟控制和噪声测量分开。你也可以在仅仅使用一个 HB 控制器的情况下，为不同的噪声测量设定和使用多个噪声控制。

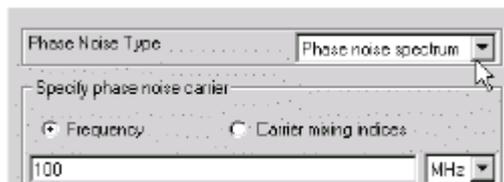
- b. **Freq tab** 频率标签 - 编辑 Noise Con - 设定 Sweep Type 为 log，范围从 10Hz 到 10KHz，步长 5。



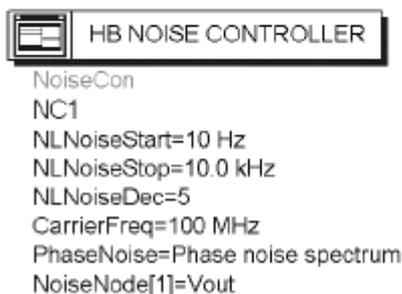
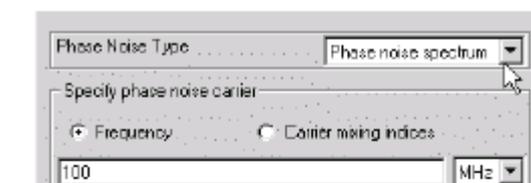
- c. 在 Nodes tab 标签中点击 Pos Node 下拉框，选择 Vout 节点，点击 Add 按钮。噪声控制器同其它的 ADS 组件一样，能够在原理图中修改节点的名称。



- d. 在 PhaseNoise 标签中选择相位噪声类型 Phose Noise Type 为 Phase Noise spectrum，设定载频 carrier Frequency 为 100MHz。这是带由 LO 引入的相位噪声的中频频率。



- e. 在显示标签 Display tab 中把如下图所示出的项目显示在原理图上，并作出相应的修改。

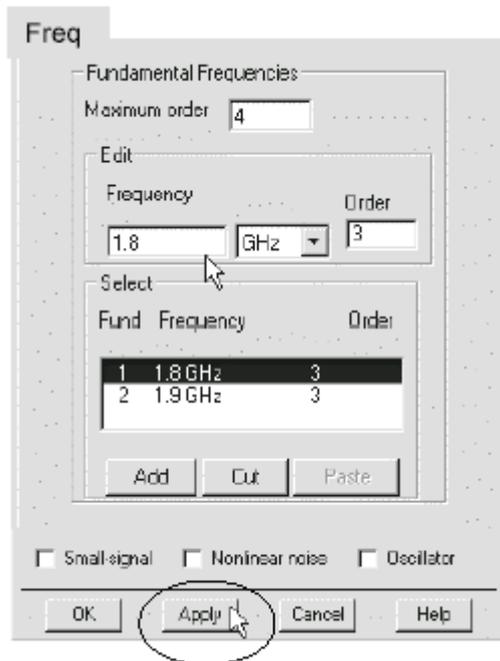


『8』 设置谐波模拟

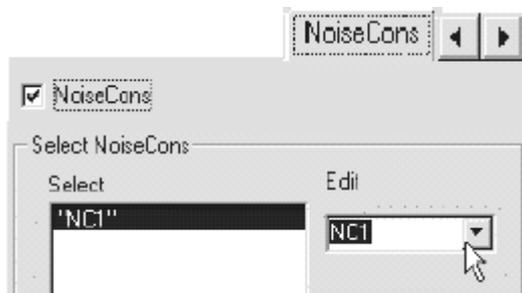
- a. 在元件模型列表窗口中找到 **Simulation-HB** 项目，在原理图中插入 HB 模拟控制器



- b. 编辑 HB 控制器（双击）。把缺省的频率值改为 1.8GHz，点击 Apply。然后增加 RF 频率 1.9GHz，点击 Apply。



- c. 在 Display 标签中，让 MaxOrder 显示出来，点击 Apply。
注意：你只需要在控制器中指定本振 LO 的频率（1.8GHz）和 RF 频率（1.9GHz），不需要指定其它的频率，因为 Order（谐波）和 Maximum order（混频产物）的缺省值将计算电路中其它的 tones，包括 100MHz 的中频 IF。
- d. 如下图所示，在 NoiseCon 标签中选择 NoiseCons。然后使用 Edit 按钮选择 NC1 为你设定的 Noise Con 的实例名称。点击 Add 和 Apply。

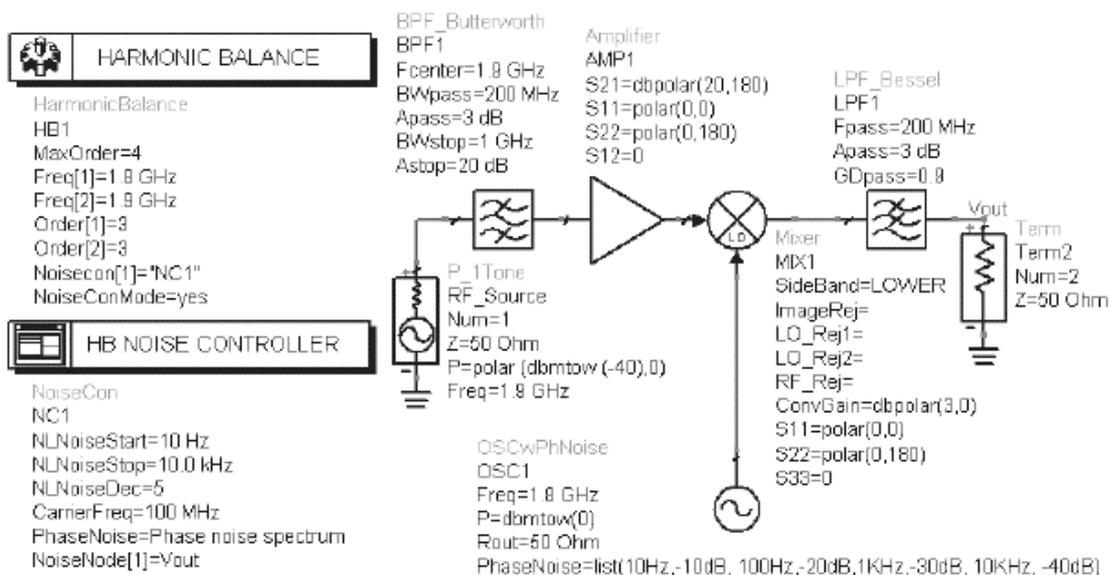


- e. 在显示 Display 标签的 HB Display 标签中，选择下图项目显示在原理图上。

HARMONIC BALANCE

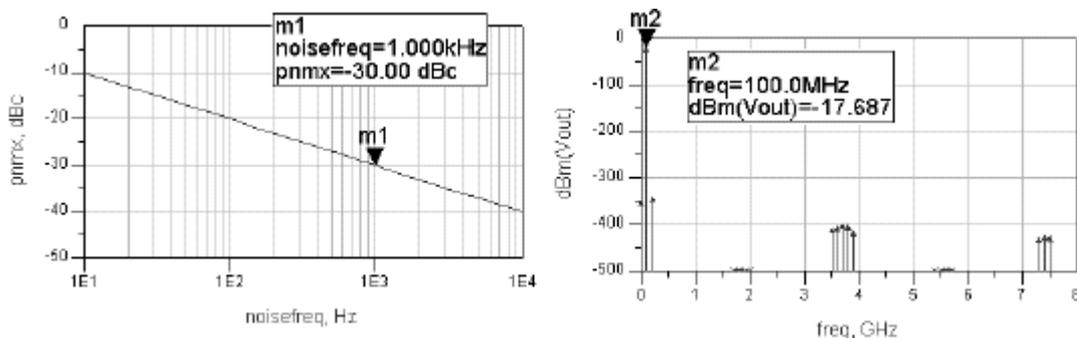
HarmonicBalance
HE
MaxOrder=4
Freq[1]=1.8 GHz
Freq[2]=1.9 GHz
Order[1]=3
Order[2]=3
Noisecon[1]="NC1"
NoiseConMode=yes

完整的原理图如下所示，在开始模拟之前，检查是否相符：



『9』 模拟并画出响应：pnmx 和 Vout

- 插入一个 rectangular 绘制 **pnmx**。使用 **Plot Options** 设定 X 轴的单位为 **Log**。插入一个三角标记观察频偏。插入一个 rectangular 绘制 **Vout**，单位设定为 **dBm**，在中频信号 100MHz 处放一个三角标记。输入功率为 -40dBm，加上 23dB 的功放增益和转换增益，输出为图中所示的 -17dBm。



- 储存。你现在已经完成了设计 RF 接收器的第一步，在下面的章节中，你将用电路替换系统模型组件。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装



该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>