

实验八

ADS软件基础与应用



ADS概述

- ADS (Advanced Design System) 软件，是Agilent公司专门为RF工程师及DSP工程师开发的EDA工具，是国内外各大学和研究所使用最多的射频微波电路和通信系统仿真软件。
- 功能非常强大，仿真手段也丰富。
- 主要应用于：
 - 射频和微波电路的设计
 - MMIC和RFIC的设计
 - 通信系统的设计
 - 数字逻辑及DSP设计
 - 微波电路系统版图内含电磁场仿真工具Momentum，并且能使版图与原理图自动同步，大大提高了版图设计效率。



ADS概述

- ADS能帮助用户解决从概念到产品、从器件到系统，整个过程中各个环节的设计问题。
- ADS的设计覆盖了从集总参数到分布参数；从低频到高频；从数字到模拟；从时域到频域；从线性到非线性；从电路到电磁场；从单个器件到整机等全方位的设计。
- 计算机辅助设计过程都包含三个基本步骤：
 - (1)建立电路的数学模型；
 - (2)搭建仿真模型，并对模型进行分析计算；
 - (3)对设计进行参扫和最优化。



ADS概述

- ADS用工作空间workspace包容所有设计项目（如电路原理图、仿真数据等）。
- 这些文件根据不同的类型存入5个子目录中：
 - networks (存放原理图和版图文件)
 - data (存放原理图仿真的数据)
 - mom_dsn(存放momentum仿真的数据)
 - verification (存放设计规则校验数据)
 - synthesis (存放DSP应用中相关的数据)。
- ADS包含四类设计窗口：
 - Schematic窗口，编辑和搭建电路原理图；
 - Hpssofsim窗口，对电路进行各种仿真和计算；
 - Data display窗口，以各种形式显示仿真结果；
 - Layout窗口，编辑电路版图和利用Momentum工具进行二维半的场计算。



ADS仿真分析方法

- 时域仿真
 - 高频SPICE分析和卷积分析 (Transient、 Convolution)
- 频域仿真
 - S(Z、Y和H等参数)参数的线性分析 (S Parameters)
 - 谐波平衡分析(Harmonic Balance)
- 混合模式仿真
 - 电路包络分析 (Circuit Envelope)
 - 拖勒密分析 (Ptolemy)
- 系统仿真
 - 射频系统分析
- 电磁仿真
 - 平面电磁仿真分析(Momentum)
 - 立体结构三维电磁仿真分析 (EMDS)



ADS仿真控制器

仿真控制器	功能描述	典型使用场合
直流仿真控制器-DC	直流拓扑检查及直流工作点分析	所有RF/模拟设计（有源电路）
交流仿真控制器-AC	获取小信号传输参数如电压增益、电流增益及线性噪声电压和噪声电流等	滤波器、放大器
S参数仿真控制器-S Param	提供S、Y、Z、线性噪声、群时延等参数（可以用来达到交流仿真的很多目的）	滤波器、振荡器、放大器
谐波平衡仿真控制器-HB	在频域分析各种谐波和交调成分，如IP3	混频器、振荡器、功放、收发机
大信号S参数仿真控制器-LSSP	执行大信号S参数分析来描述非线性行为	功率放大器
增益压缩仿真控制器-XDB	寻找一个用户定义的增益压缩点，在此点上实际功率曲线偏离理想线性曲线 x_{dB}	功率放大器、混频器
电路包络仿真控制器-Envelope	利用混合频域 - 时域分析技术来对复杂信号如数字调制RF信号的快速、完整的分析	混频器、振荡器、功率放大器、收发机、锁相环
数据流仿真器	控制数字信号及时钟信号	所有数字信号处理DSP
瞬态仿真控制器-Transient	完全在时域中利用一个简化的模型求解非线性电路，用于说明分布式元件的频率响应	振荡器、混频器、功率放大器、开关电路



ADS自带的元器件库中英文对照

- Lumped-Components 集总参数元件控制面板，包含电阻、电容、电感等
- Lumped-With Artwork 带有封装模型的集总元件控制面板
- Sources-Controlled 受控源面板，包含VCCS，VCVS等
- Sources-Freq Domain 频域源面板，包含频域电压源、频域功率源等
- Sources-Modulated 调制源面板，包含调制信号源模型，GSM，CDMA等
- Sources-Noise 噪声源面板
- Sources-Time Domain 时域源面板
- Simulation-DC 直流仿真面板
- Simulation-AC 交流仿真面板
- Simulation-S_Param S参数仿真元器件面板



ADS自带的元器件库中英文对照

- Simulation-HB 谐波平衡仿真元器件面板
- Simulation-LSSP 大信号S参数仿真元器件面板
- Simulation-XDB 增益压缩仿真元器件面板
- Simulation-Envelope 包络仿真元器件面板
- Simulation-Transient 瞬态仿真元器件面板
- Simulation-Instrument 仿真工具仿真元器件面板
- Simulation-Sequencing 序列仿真元器件面板
- Optim/Stat/Yield/DOE 优化/统计/良品率/专用设备控件元器件面板
- Probe Components 显示仿真元器件面板
- Data Items 数据管理面板



ADS自带的元器件库中英文对照

- TLines-Ideal理想传输线元器件面板
- TLines-Microstrip 微带传输线元器件面板
- TLines-Printed Circuit Board 印刷电路板传输线元器件面板
- TLines-Stripline 带状线传输线元器件面板
- TLines-Suspended Substrate悬浮基地传输线元器件面板
- TLines-Finline 鳍线传输线元器件面板
- TLines-Waveguide波导传输线元器件面板
- TLines-Multilayer多层传输线元器件面板
- Passive-RF Circuit无源射频电路元器件面板
- Eqn Based-Linear基于方程的线性网络元器件面板



ADS自带的元器件库中英文对照

- Eqn Based-Nonlinear 基于方程的非线性网络元器件面板
- Devices-Linear 线性元器件面板
- Devices-BJT 晶体三极管元器件面板
- Devices-Diodes 二极管元器件面板
- Devices-GaAs 砷化镓元器件面板
- Devices-JFET 结型场效应管元器件面板
- Devices-MOS MOS 元器件面板
- Filters-Bandpass 带通滤波器元器件面板
- Filters-Bandstop 带阻滤波器元器件面板
- Filters-Highpass 高通滤波器元器件面板
- Filters-Lowpass 低通滤波器元器件面板

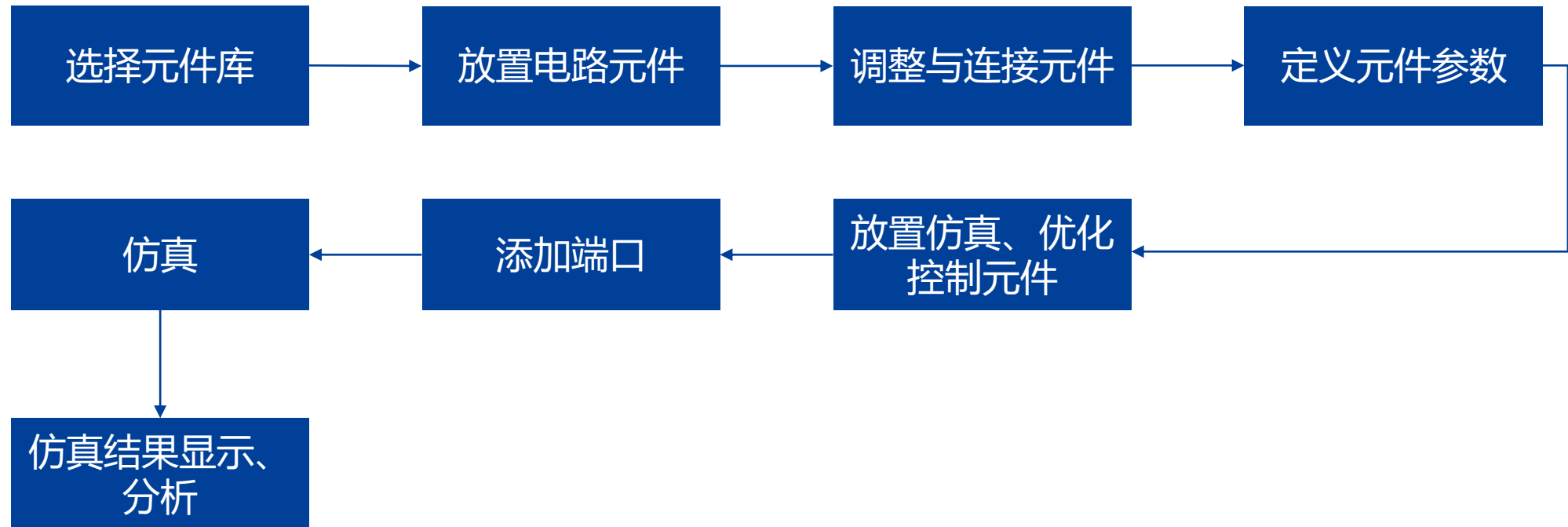


ADS自带的元器件库中英文对照

- System-Mod/Demod 调制解调元器件面板
- System-PLL components 锁相环元器件面板
- System-Passive 系统级无源元器件面板
- System-Switch & Algorithmic 开关和运算元器件面板
- System-Amps & Mixers 放大器和混频器面板
- System-Data Models 基于数据文件的模型面板
- Tx/Rx Subsystems 收发子系统模型面板
- Drawing Formats 画图格式面板
- Smith Chart - Matching Network 史密斯原图-匹配网络面板
- Transistor Bias Networks 晶体管偏置电路面板
- Matching DG - All Networks 匹配电路设计向导面板



创建设计design和版图layout的基本步骤



ADS设计应用

传输线仿真实验

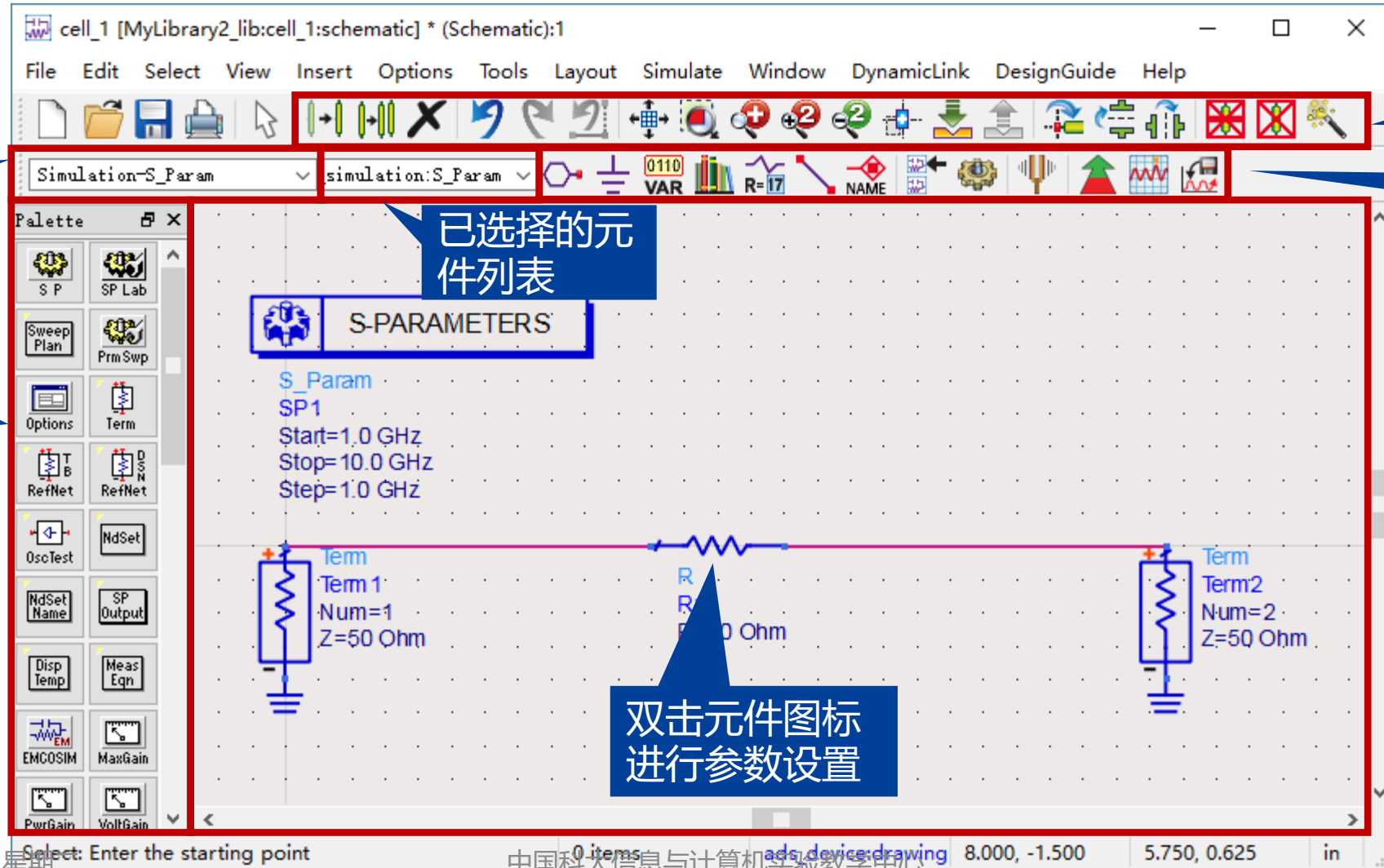


实验目的

- 了解ADS软件的基本应用；
- 根据无耗均匀传输线理论，借助ADS软件对传输线终端负载分别为匹配负载、短路、开路、纯电抗、复阻抗五种情况进行电路设计与仿真。



ADS软件界面介绍



元件库选择

元件库包含的元件列表

元件操作区

快捷工具区

原理图编辑区

已选择的元件列表

双击元件图标进行参数设置



■ 用ADS进行传输线仿真

• 实验要求

- 根据无耗均匀传输线理论，借助ADS软件对传输线终端负载分别为匹配负载、短路、开路、纯电抗、复阻抗五种情况进行电路设计与仿真。
- 在ADS仿真数据显示窗口，使用直方格、SMITH圆图显示数据，并对结果进行分析，以验证传输线理论中的相关知识（如反射特性，阻抗特性）。

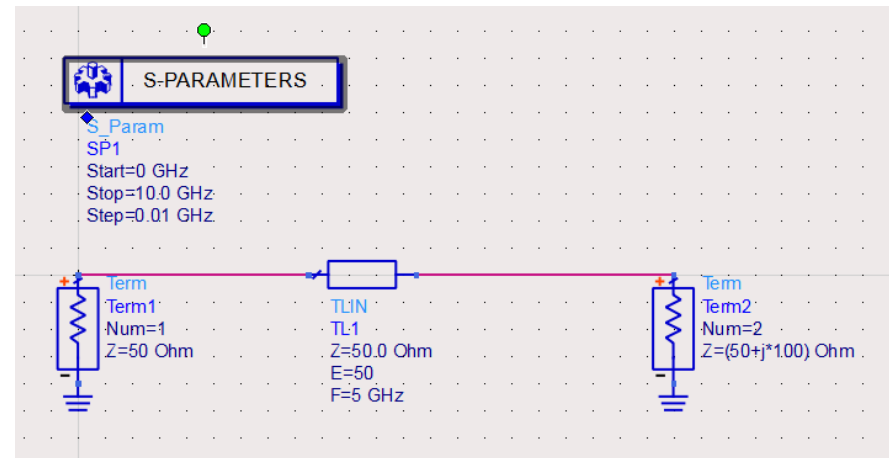
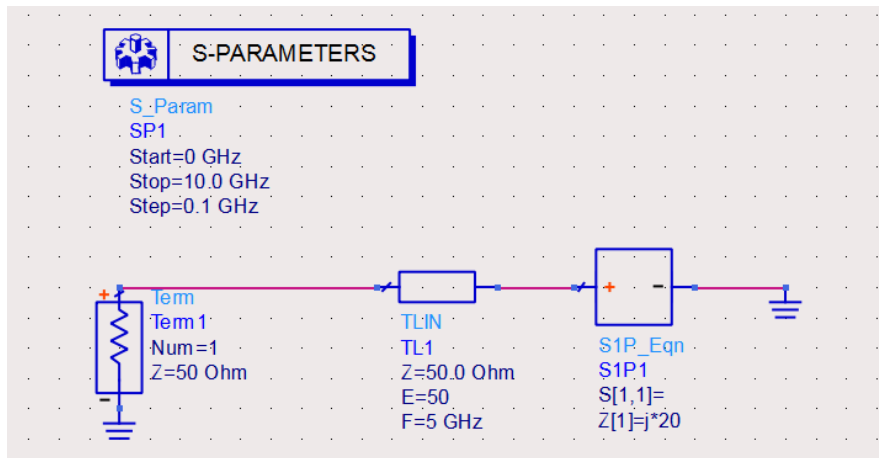
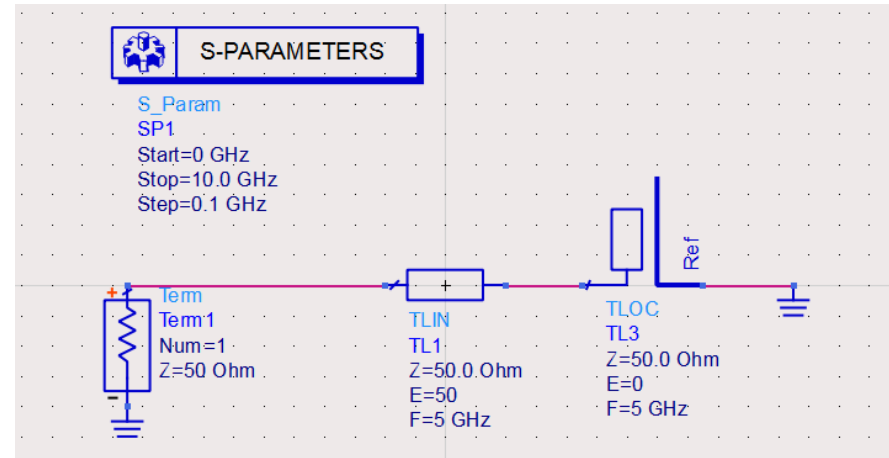
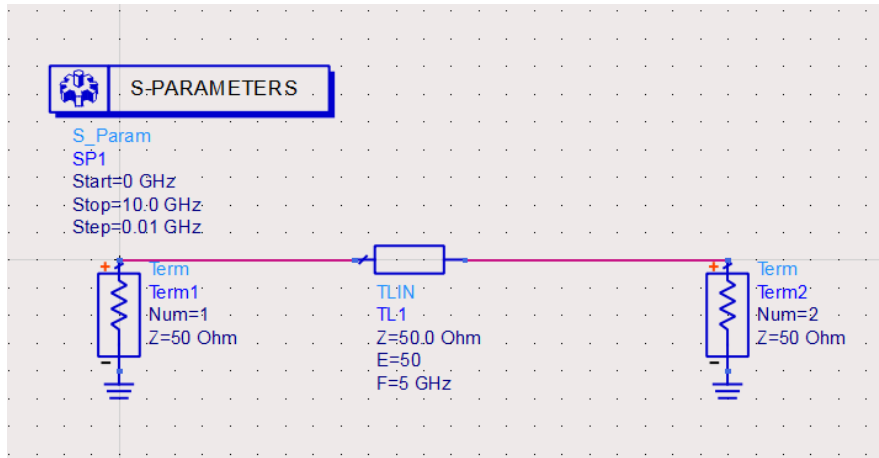
• 实验操作与说明

- 本次实验在电路图设计界面中，使用到的元件库选择有
 - Simulation-S_Param (S参数仿真器SP、端口Term)
 - Tlines-Ideal (理想传输线模型：传输线TLIN、理想短路模型TLSC、理想开路模型TLOC)
 - Eqn Based-Linear (S参数1端口模型S1P)





电路原理图





数据显示窗口

The screenshot shows a software window titled 'cell_1* [page 1]:8' with a menu bar (File, Edit, View, Insert, Marker, History, Options, Tools, Page, Window, Help) and a toolbar. Below the toolbar is a 'Palette' with various icons. The main area contains three data display windows:

- 直角坐标窗格 (Cartesian Coordinate Grid):** A plot of $\text{dB}(S(1,1))$ versus frequency (GHz). The y-axis ranges from -3.010298 to -3.010306, and the x-axis ranges from 0 to 10. A horizontal red line is plotted at approximately -3.010300.
- SMITH圆图 (Smith Chart):** A Smith chart plot of $S(1,1)$ versus frequency (0.0000Hz to 10.00GHz). A red curve is plotted on the chart.
- 数据列表 (Data Table):** A table showing the relationship between frequency and port impedances.

freq	PortZ	
	PortZ(1)	PortZ(2)
0.0000 Hz	50.000 / 0...	111.803 / ...
10.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
20.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
30.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
40.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
50.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
60.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
70.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
80.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
90.00 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
100.0 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...
110.0 MHz	50.000 / 0...	111.803 / ...

ADS设计应用

匹配网络的设计与仿真



实验目的

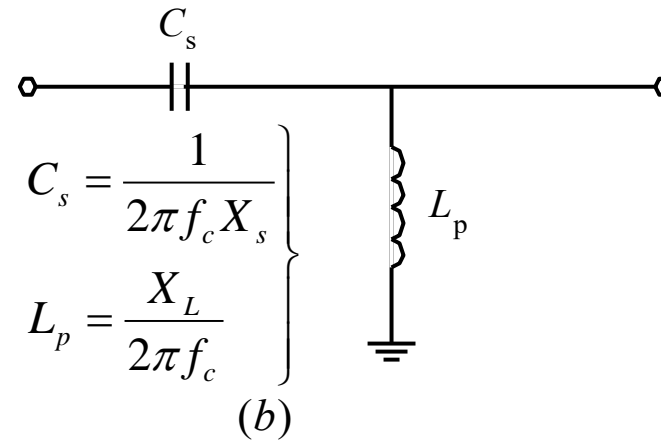
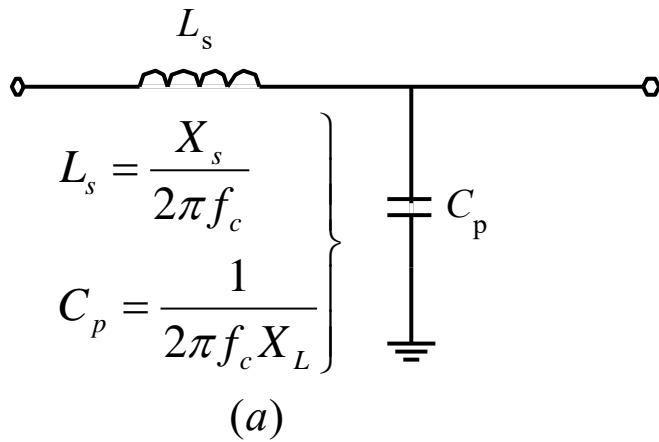
- 掌握阻抗匹配、共轭匹配的原理
- 掌握集总元件L型阻抗匹配网络的匹配机理
- 掌握并(串)联单支节调配器、 $\lambda/4$ 阻抗变换器匹配机理
- 掌握Smith原图的构成及在阻抗匹配中的应用



分立器件LC匹配网络设计

• 设计目标

- 设计L型阻抗匹配网络，使 $Z_s=(25 - j*25)$ Ohm信号源与 $Z_L=(100 - j*25)$ Ohm的负载匹配，频率为500MHz。









■ L型阻抗匹配网络的设计与仿真

- 设计实例
 - 设计L型阻抗匹配网络，使 $Z_S=(25 - j*25)$ Ohm信号源与 $Z_L=(100 - j*25)$ Ohm的负载匹配，频率为500MHz



L型阻抗匹配网络的设计与仿真

设计步骤

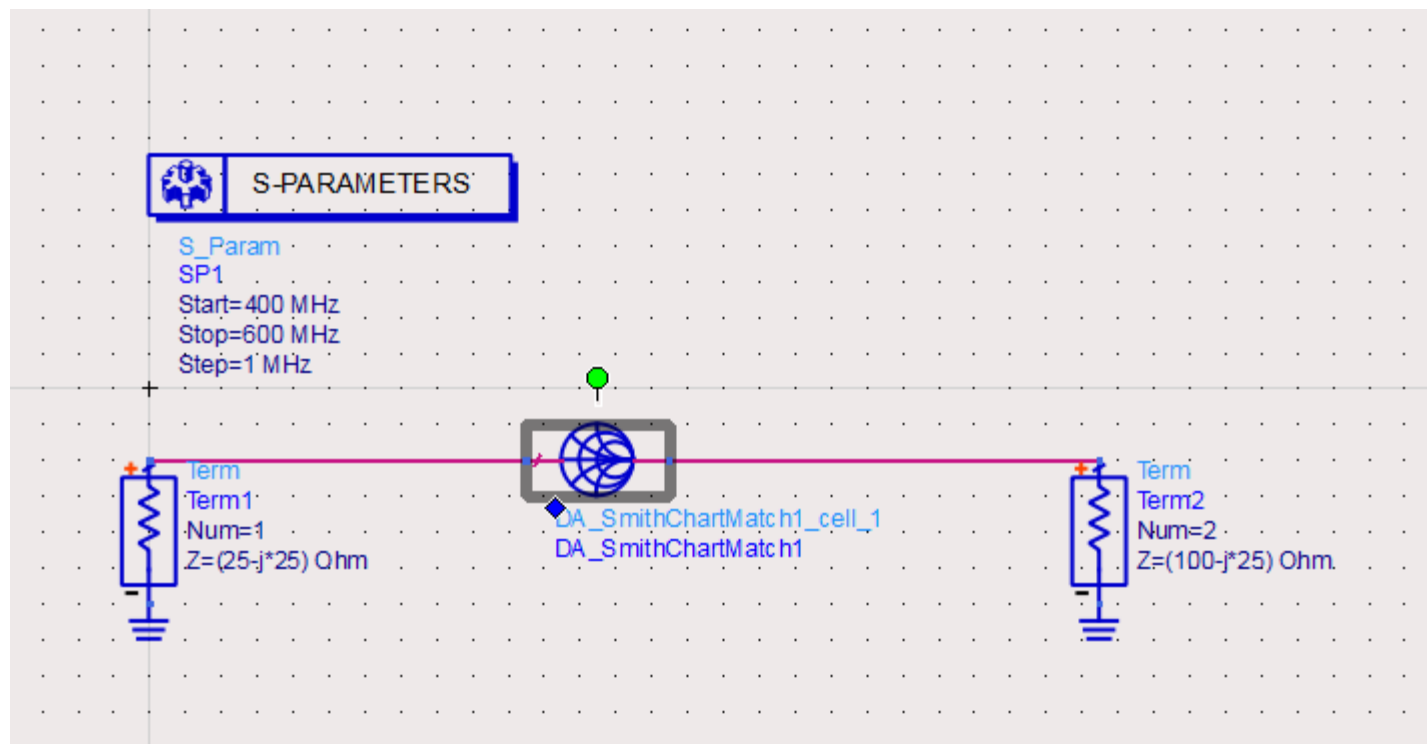
1. 打开ADS软件；
2. 新建工作空间，新建电路原理图（可以按设计向导完成或选择无需帮助，直接完成进入原理电路图设计界面）；
3. 在元件库列表中选择“Simulating-S Param”，单击 SP和 Term放入两个Term和一个SP控件；
4. 双击Term1，Term2端口，弹出对话框改变参数； 
5. 双击S-Parameters控件，弹出对话框改变参数；
6. 选择元件库“Smith Chart Matching”，单击在原理图中添加“DA_SmithChart Matching”控件，双击控件设置相关参数（见后页图）；或者在smith圆图工具界面，点击，原理图面板会切换到“Smith Chart Matching”。
7. 放置接地并连接原件；





L型阻抗匹配网络的设计与仿真

- 设计的原理图





L型阻抗匹配网络的设计与仿真

DA_SmithChartMatching控件相关参数设置界面

The screenshot shows the parameter configuration interface for the DA_SmithChartMatching component. The interface is divided into two main sections: a list of parameters on the left and a detailed view of the selected parameter on the right.

Parameter List (Left):

- Fp=500 MHz
- SourceType=Complex Impedance
- SourceEnable=True
- Rg=50 Ohm
- Lg=1 nH
- Cg=1 pF
- Zg=(25+j*25) Ohm
- SourceFile="ZSource.snp"
- SourceFileSparm="S(1,1)"
- SourceImpType=Input Impedance
- LoadType=Complex Impedance
- LoadEnable=False
- RL=50 Ohm
- LL=1 nH
- CL=1 pF
- ZL=(100-j*25) Ohm
- LoadFile="ZLoad.snp"
- LoadFileSparm="S(1,1)"
- LoadImpType=Output Impedance
- Z0=50 Ohm

Parameter Detail View (Right):

- Selected parameter: Fp (Real, e.g. 1.25)
- Value: 300
- Unit: MHz
- Buttons: Equation Editor..., Tune/Opt/Stat/DOE Setup...
- Checkbox: Display parameter on schematic

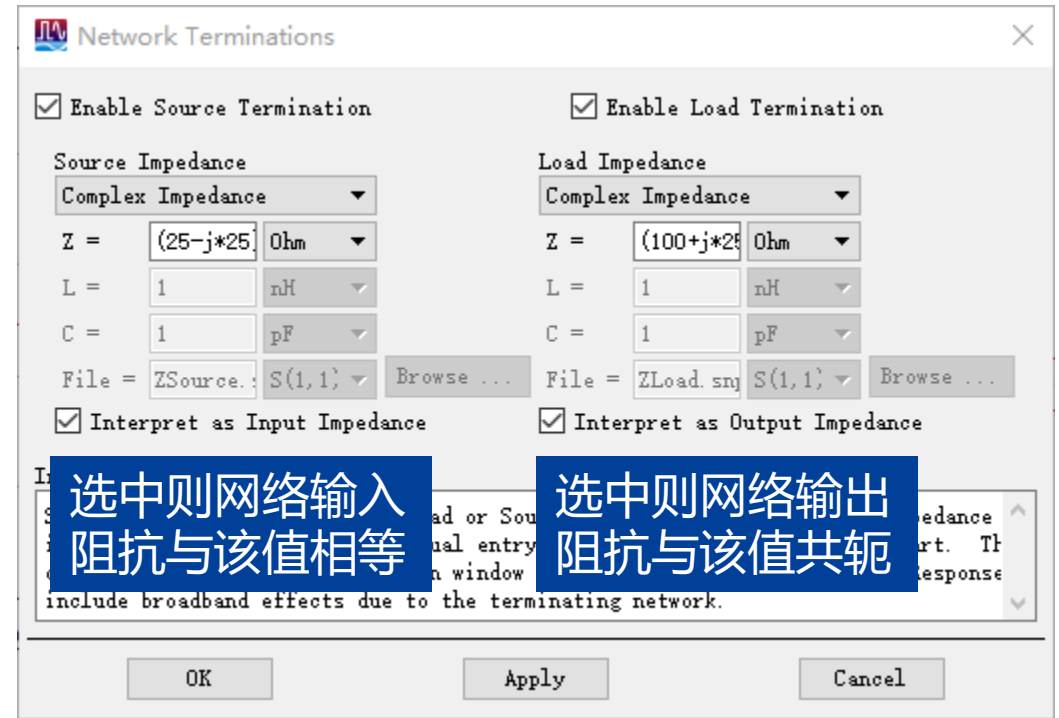
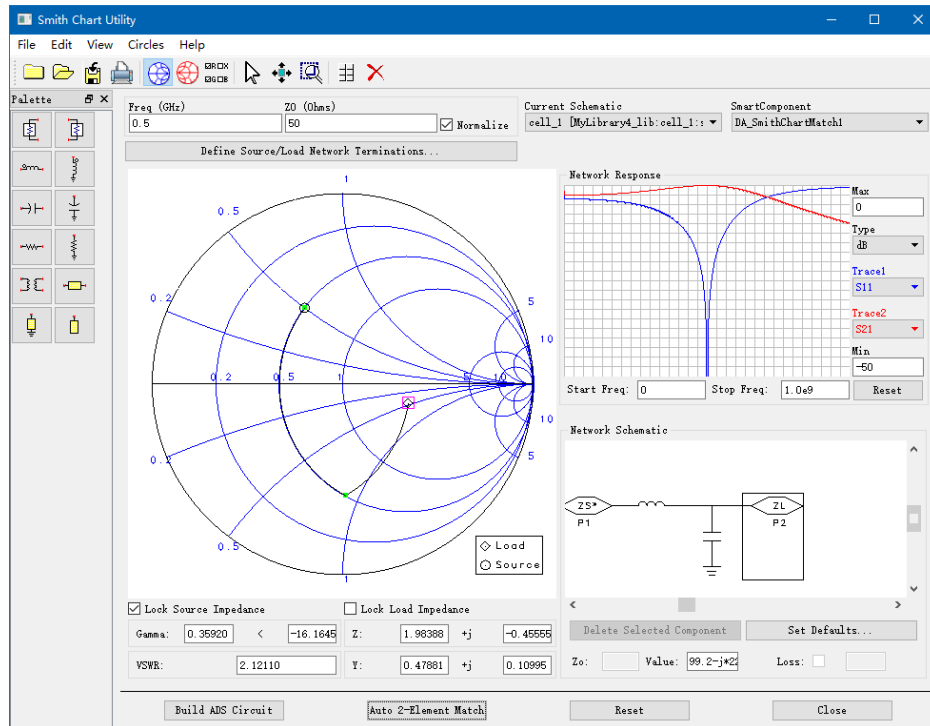
Annotations (Left):

- 中心频率 (Center Frequency) points to Fp=500 MHz
- 源阻抗类型-复阻抗 (Source Impedance Type-Complex Impedance) points to SourceType=Complex Impedance
- 启用源 (模拟仿真) (Enable Source (Simulation)) points to SourceEnable=True
- 源阻抗 (与Zs共轭) (Source Impedance (Conjugate to Zs)) points to Zg=(25+j*25) Ohm
- 负载阻抗类型 (Load Impedance Type) points to LoadType=Complex Impedance
- 启用负载 (Enable Load) points to LoadEnable=False
- 负载阻抗 (Load Impedance) points to ZL=(100-j*25) Ohm



L型阻抗匹配网络的设计与仿真

9. 执行菜单命令【Tools】【Smith Chart】，弹出“SmartComponent Syne”对话框，选择“Update SmartComponent from Smith Chart Utility”，单击OK；
10. 改变Freq，单击“DefineSource/load Network terminations”按钮；

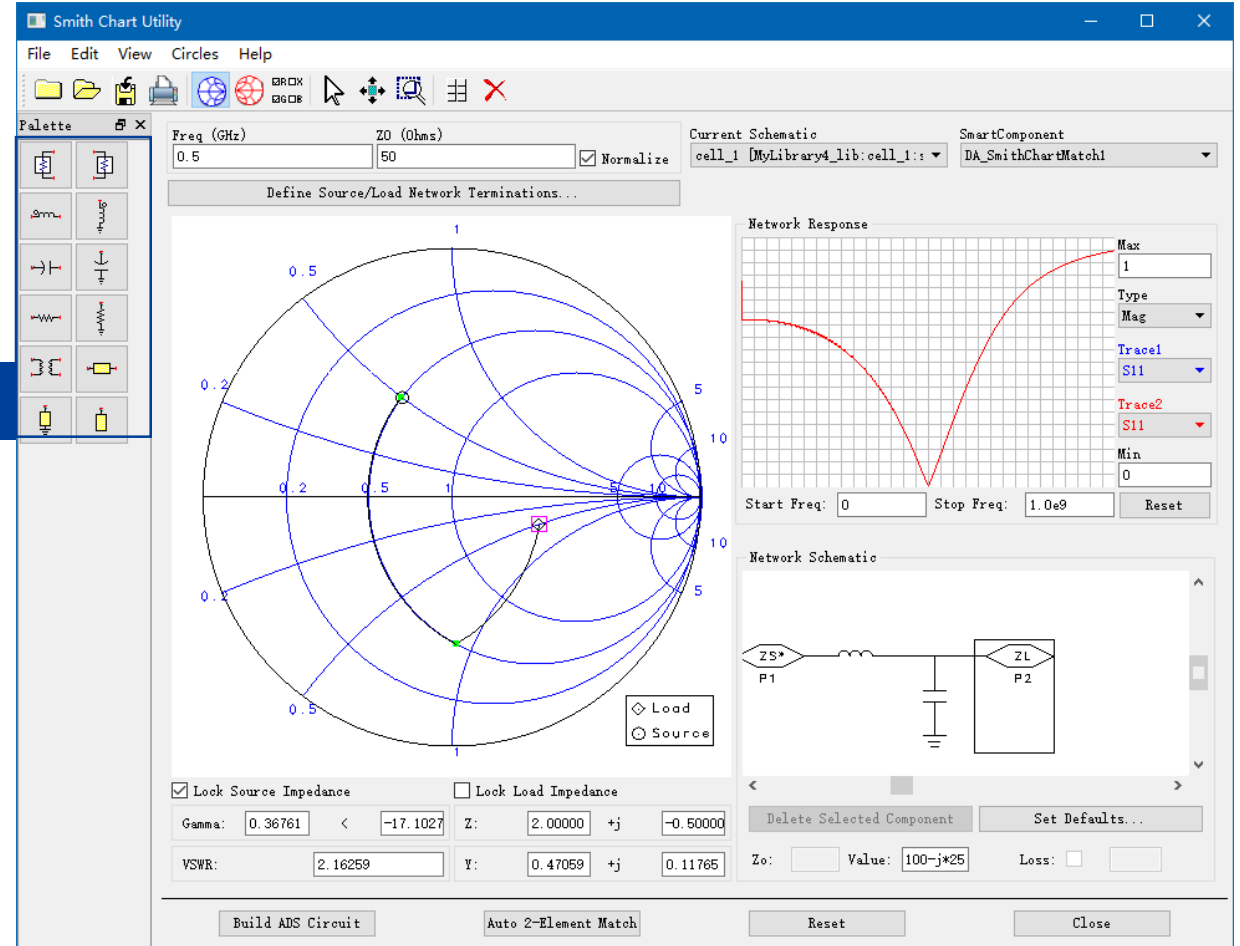




L型阻抗匹配网络的设计与仿真

9. 采用分立元件LC匹配过程如下图；
10. 改变L、C位置，观察L、C值变化时输入阻抗变化轨迹；
11. 单击“Build ADS Circuit”按钮，即可生成相应的电路；

分立元件

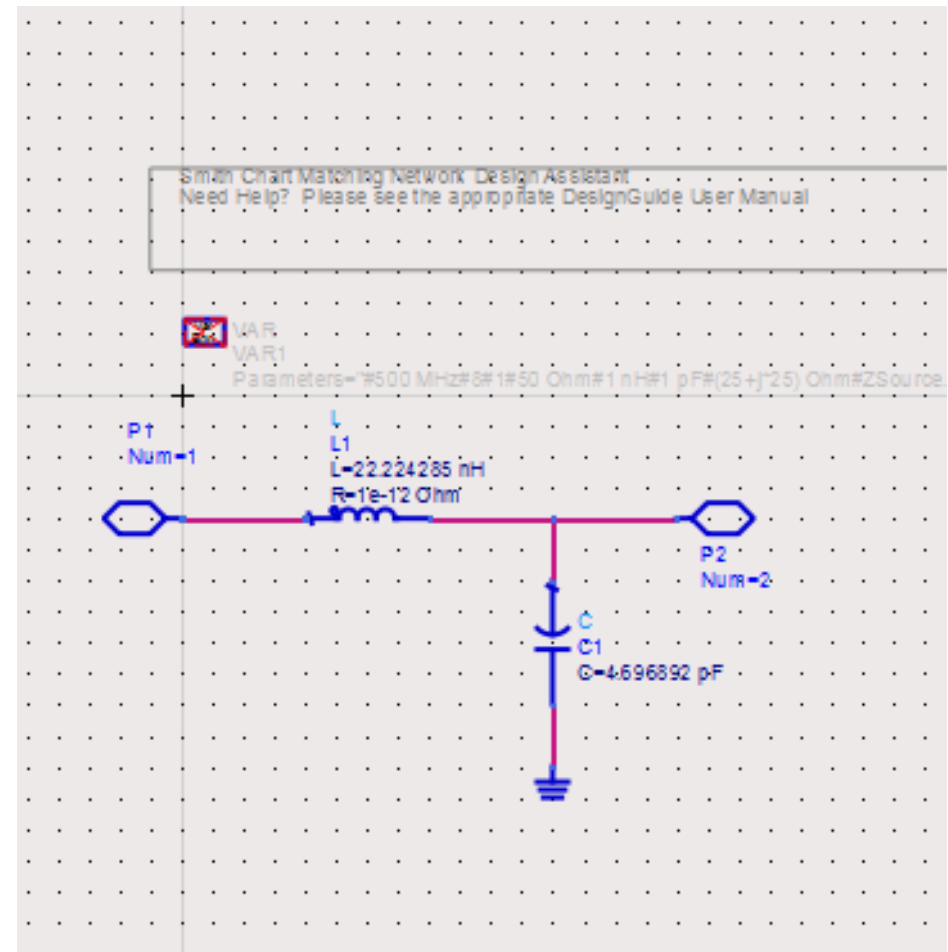




L型阻抗匹配网络的设计与仿真

9. 在原理图设计界面选中 DA_SmithChartMatch 控件，单击菜单栏向下的箭头 ，以查看匹配电路；
10. 单击 ，返回到原理图；
11. 单击  图标，进行仿真；
12. 单击 ，在结果窗口单击，选中要查看的图形，仿真结果输出。

并C串L型匹配电路





■ L型阻抗匹配网络的设计与仿真实验题（1）

- 设计题目（题中参数可以自己尝试设定）
 - 设计L型阻抗匹配网络，使 $Z_S=(40 - j*100)$ Ohm信号源与 $Z_L=(20+j*20)$ Ohm的负载匹配，频率为100MHz
- 设计要求
 - 长度单位选择为毫米；
 - 整理设计与仿真过程，完成实验报告；
 - 在ADS仿真数据显示窗口，使用直方格、SMITH圆图显示数据，并对结果进行分析。

ADS设计应用

微带单支节短截线匹配网络设计与仿真

实验目的



- 了解微带线的基本结构；
- 了解微带单支节短截线匹配网络设计与仿真步骤；



微带单支节短截线匹配网络设计与仿真

• 设计目标

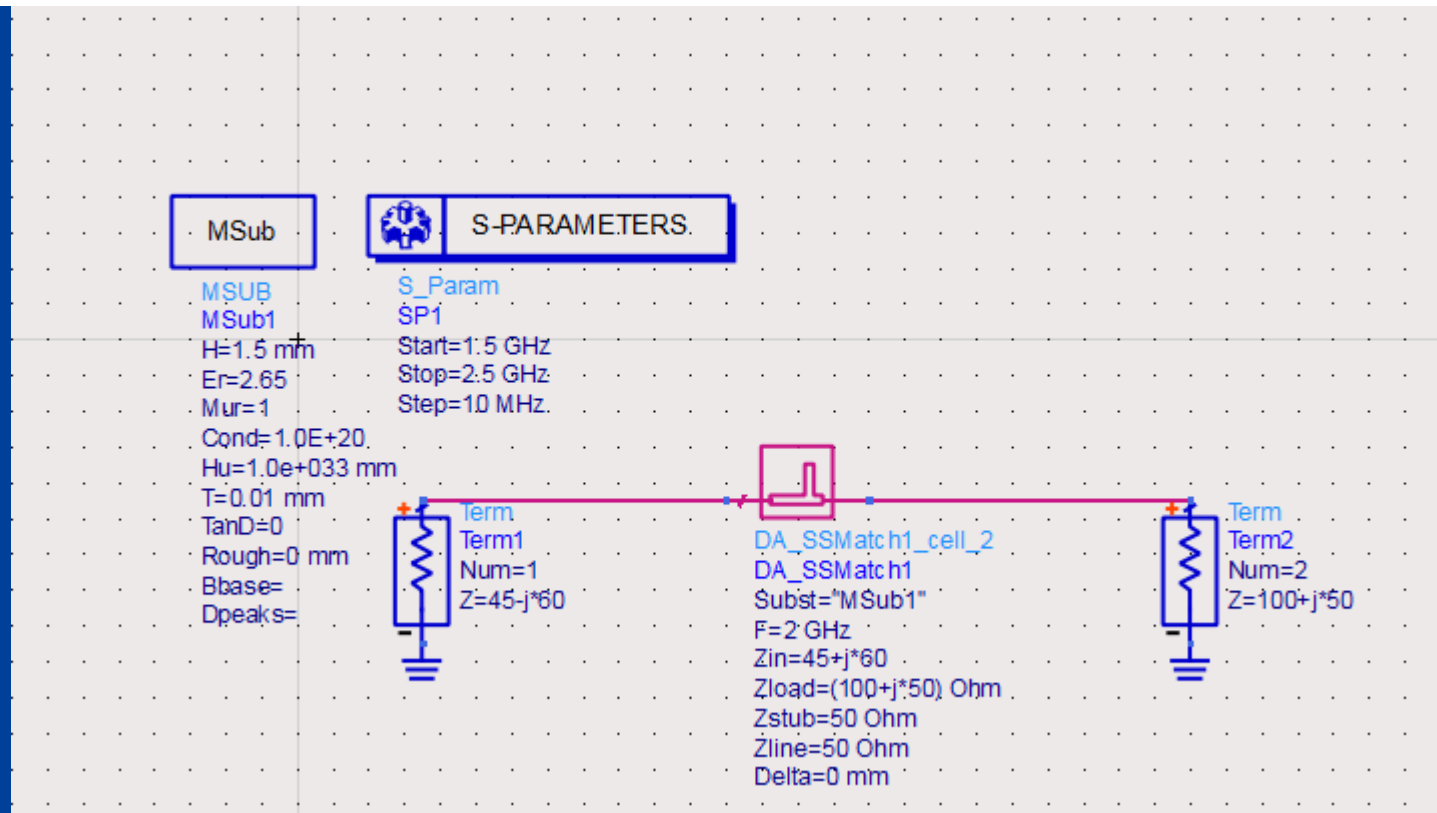
- 设计微带单支节短截线匹配电路，使输出阻抗为 $Z_S = (45 - j*60) \text{ Ohm}$ 的源与 $Z_L = (100 + j*50) \text{ Ohm}$ 的负载匹配，频率为2GHz
- 微带线板材参数：
 - 相对介电常数：2.65
 - 相对磁导率：1.0
 - 导电率：1.0e20
 - 损耗角正切：1e-4
 - 基板厚度：1.5mm
 - 导带金属厚度：0.01mm



微带单支节短截线匹配网络设计与仿真

设计的电路原理图

- S-PARAMETERS及Term元件所属元件库为Simulation-S_Parm
- MSUB及DA_SSMatch所属元件库为Passive Circuit DG-Microstrip Circuits
- 相关参数按照设计要求，双击元件进行设置，注意单位。

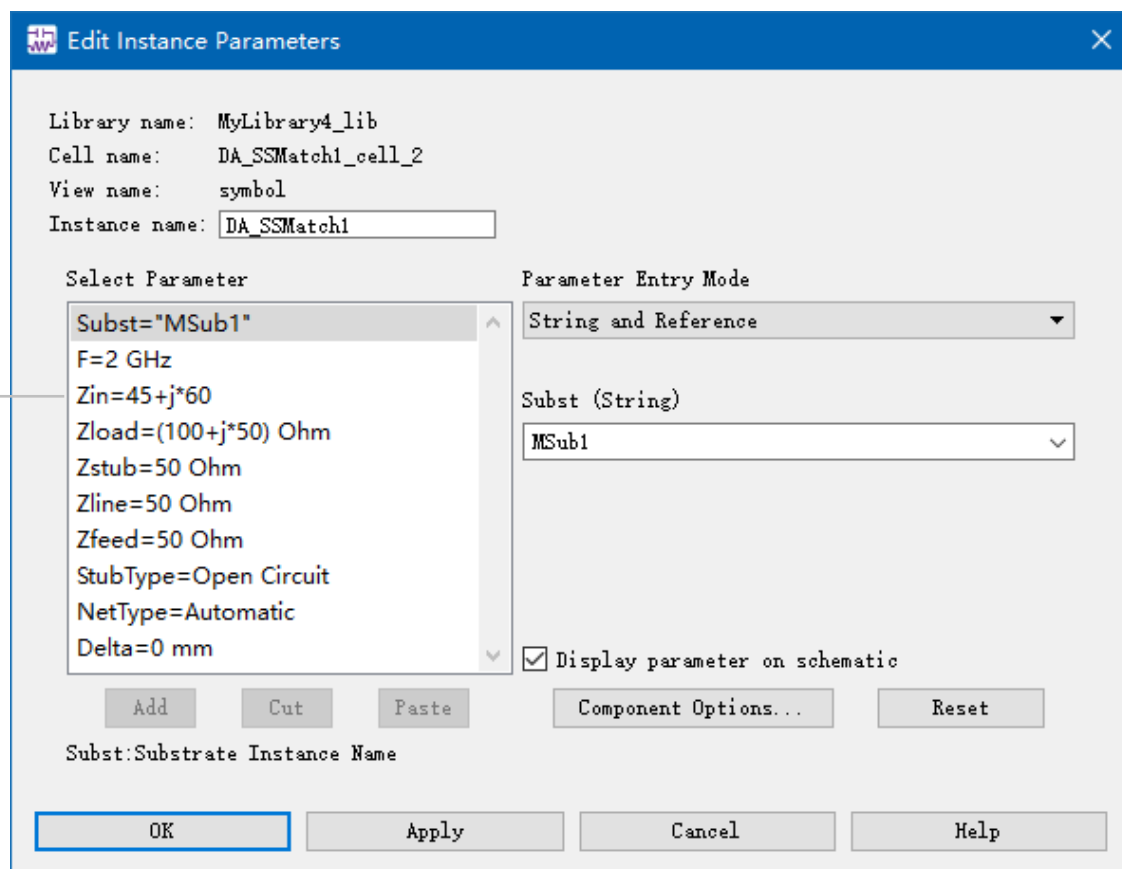




微带单支节短截线匹配网络设计与仿真

- DA_SSMATCH元件参数设置如下：

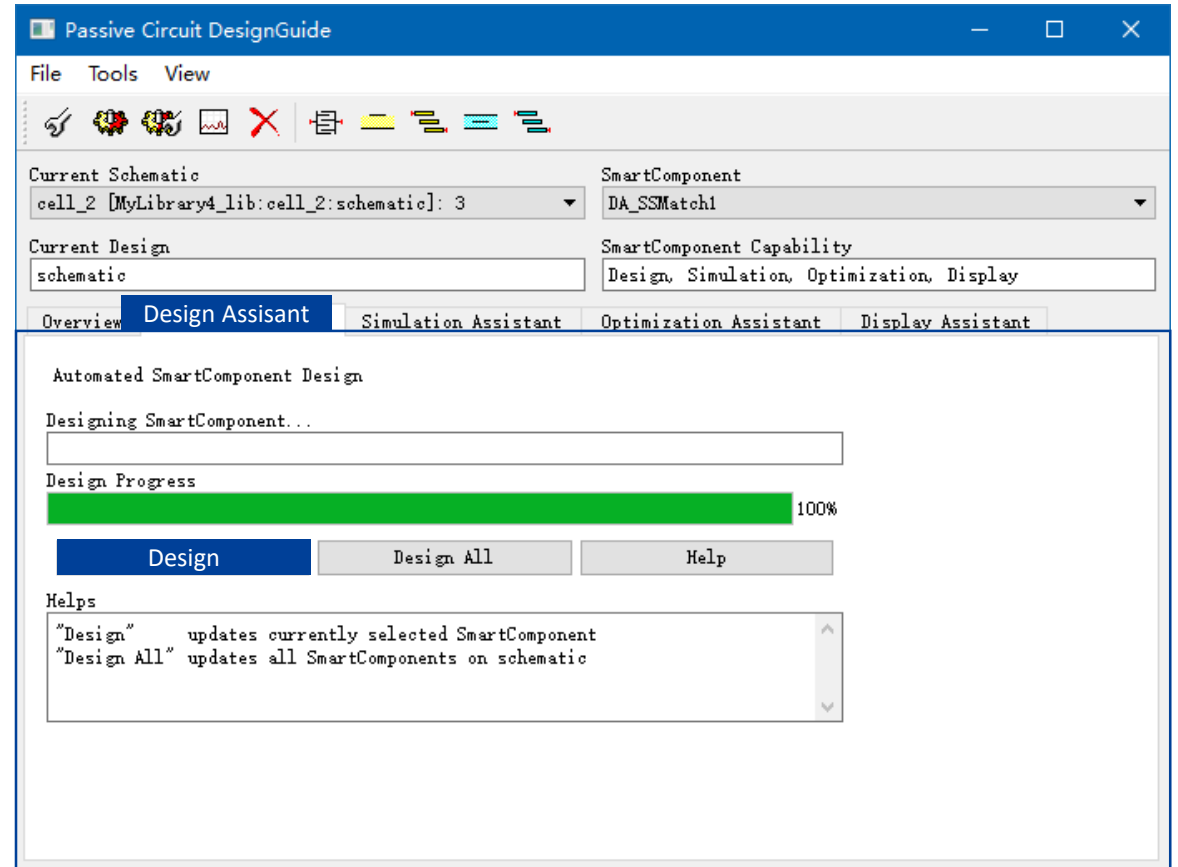
- Z_{in} 设置值与要求值共轭





微带单支节短截线匹配网络设计与仿真

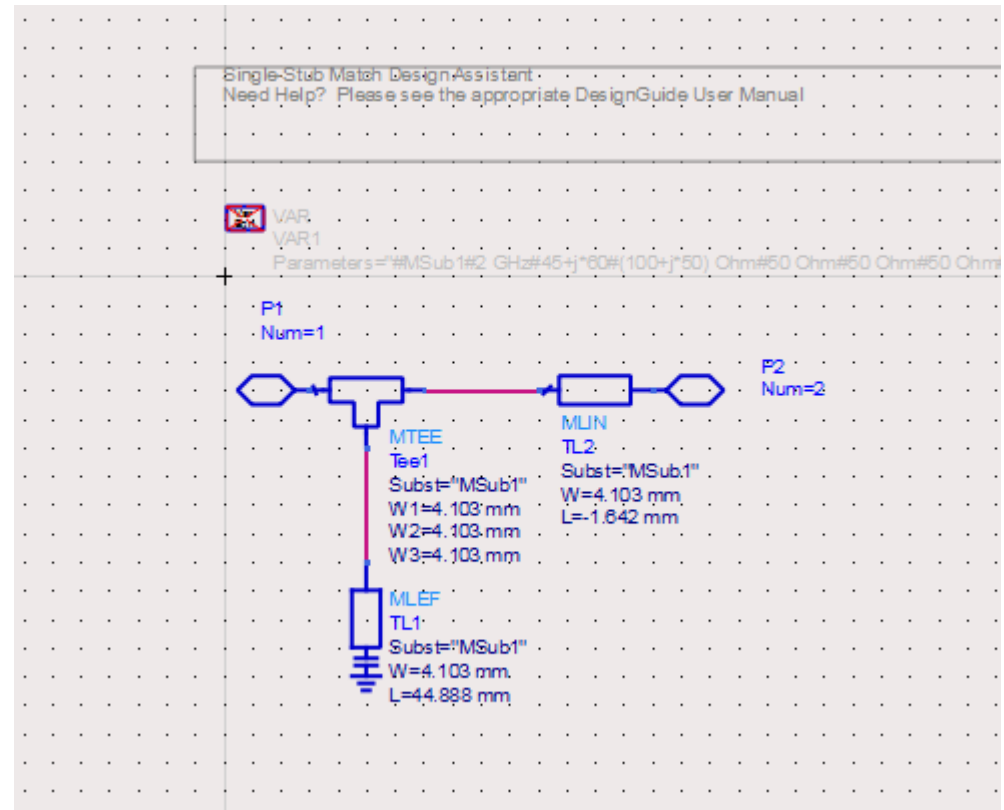
- 执行菜单命令【DesignGuade】【Passive Circuit】，选择对话框中的Passive Microstrip Control Window，点击OK，选择Design Assiant Design，点击Design，100%出现后，Close该对话框。








微带单支节短截线匹配网络设计与仿真

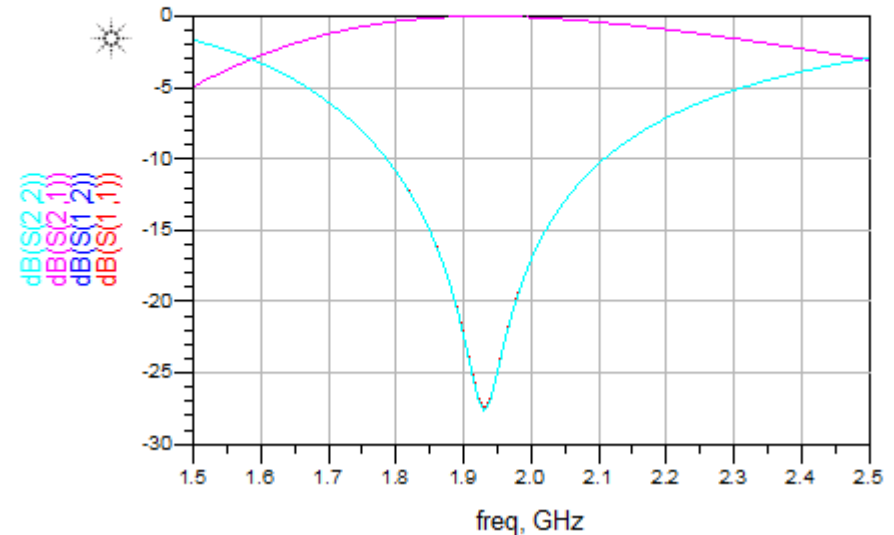
- 在电路原理设计界面，选中 DA_SSMATCH，然后点击下载查看匹配电路，点击下载返回设计界面。





微带单支节短截线匹配网络设计与仿真

- 单击  图标，返回到原理图；
- 单击  图标，进行仿真；
- 单击  图标，在结果窗口单击，选中要查看的图形，仿真结果输出。





微带单支节短截线匹配网络设计题

• 设计目标

- 设计微带单支节短截线匹配电路，使输出阻抗为 $Z_s = (25 - j*25) \text{ Ohm}$ 的源与 $Z_L = (100 - j*25) \text{ Ohm}$ 的负载匹配，中心频率为2GHz
- 微带线板材参数：
 - 相对介电常数：9.3
 - 相对磁导率：1.0
 - 导电率：1.0e30
 - 损耗角正切：1e-4
 - 基板厚度：1.0mm
 - 导带金属厚度：0.015mm



实验报告思考题

- 常用的微波/射频EDA仿真软件有哪些？
- 用ADS软件进行匹配电路设计和仿真的主要步骤有哪些？
- 给出两种典型微波匹配网络，并简述其工作原理。
- 写出实验体会和建议。



微波/射频EDA软件

- 微波/射频EDA仿真软件与电磁场的数值算法密切相关，所有的数值算法都是建立在Maxwell方程组之上的，了解Maxwell方程是学习电磁场数值算法的基础。在频域，数值算法有有限元法(finite element method, FEM)、矩量法(method of moments, MOM)、差分法(finite difference method, FDM)、边界元法(boundary element method, BEM)和传输线法(transmission line matrix method, TLM)；在时域，数值算法有时域有限差分法(finite difference time domain, FDTD)和有限积分法(finite integration technology, FIT)。
- 使用矩量法(MOM)的微波/射频EDA仿真软件有ADS、Ansoft Designer、Microwave Office、Ansoft Esemble、Super NEC和FEKO；使用有限元(FEM)的微波/射频EDA仿真软件有HFSS和Ansys；使用时域有限差分法(FDTD)的微波/射频EDA仿真软件有EMPIRE和XFDTD；使用有限积分法(FIT)的微波/射频EDA仿真软件有CST Microwave Studio和CST Mafia等。



Ansoft Designer

- Ansoft Designer是Ansoft公司推出的微波 / 射频电路和通信系统仿真软件。它采用了新视窗技术，可将射频电路系统、版图和电磁场仿真工具无缝地集成到同一设计环境。这种集成不是简单的界面集成，其关键是Ansoft Designer独有的“按需求解”的技术，即能够根据需要选择求解器，从而实现对设计过程的完全控制。
- Ansoft Designer还能方便地与其它设计软件集成到一起，并可以和测试仪器连接，完成各种设计任务。主要应用于：频率合成器、功率分配器、合成器、放大器、混频器、滤波器、移相器、锁相等各种微波/射频电路设计以及电路板和各种部件模块设计；通信系统设计；雷达系统设计；微带天线设计等。



Ansoft HFSS

- Ansoft HFSS是Ansoft公司推出的基于有限元算法的三维电磁场仿真软件，是世界上第一个商业化的三维电磁场仿真软件，业界公认的三维电磁场设计和分析的电子设计工业标准。HFSS提供了简洁、直观的用户界面，精确自适应的场解器和功能强大的电性能分析后处理器。能计算任意形状三维无源结构的S参数和全波电磁场。
- HFSS软件拥有强大的天线设计功能。它可以计算天线增益、方向性、远场方向图剖面、远场3D图和3dB带宽；绘制极化特性：包括球形场分量、圆极化场分量和轴比。
- 由Ansoft HFSS和Ansoft Designer构成的Ansoft 高频解决方案是目前唯一以物理原型为基础的微波 / 射频解决方案，提供了从系统到电路直至部件级的快速而精确的设计手段，覆盖了微波 / 射频设计的所有环节。



Microwave Office

- Microwave Office是AWR公司推出的微波EDA软件，为微波 / 射频平面设计提供了完整、快速和精确的解答。它是通过“VoltaireXL”和“EMSight”两个模拟器来对微波 / 射频平面电路进行模拟和仿真的。
- 该软件采用“VoltaireXL”的模拟器来处理集总元件构成的微波 / 射频平面电路问题。“VoltaireXL”模拟器内设一个元件库，在建立电路模型时，可以调出微波 / 射频电路所用的元件，其中无源器件有电感、电阻、电容、谐振电路、微带线、带状线、同轴线等等，非线性器件有双极晶体管，场效应晶体管，二极管等等。该软件采用“EMSight”的模拟器来处理任何多层平面结构的三维电磁场的问题。“EMSight”模拟器是一个三维电磁场模拟程序包，可用于平面微波 / 射频电路和天线结构的分析。其特点是把修正谱域矩量法与直观的视窗图形用户界面(GUI)技术结合起来，使得计算速度加快许多。它可以分析射频集成电路(RFIC)、微波单片集成电路(MMIC)、微带贴片天线和高速印制电路板(PCB)等电路的电气特性。



CST MICROWAVE STUDIO

- CST MICROWAVE STUDIO 仿真软件是德国CST (Computer Simulation Technology) 公司推出的高频三维电磁场仿真软件，是一款基于时域有限差分算法和PC机Windows环境下的仿真软件。是为快速、精确仿真电磁场高频问题而专门开发的EDA工具。它主要应用在复杂设计和更高的谐振结构。微波工作室可以通过散射参数使电磁场元件结合在一起，把复杂的系统分离成更小的子单元，通过对系统每一个单元行为的S-参数的描述，可以快速的分析和降低系统所需的内存。微波工作室考虑了在子单元之间高阶模式的耦合，结构分成小部分而没有影响系统的准确性。传统的电路仿真软件仿真是快速的，但是，当考虑集肤效应损耗和材料的复杂性，结果的准确性将受到大幅度的影响。像微波工作室的3D仿真软件克服了这种限制，可以解决任意几何形状的下所建立的麦克斯韦方程，包括复杂的材料模式。另外该软件具有开放性体系结构，能为其它仿真软件提供链接，使微波工作室与其它设计软件环境相集成。目前该软件被广泛应用于移动通信、无线通信设计、信号完整性和电磁兼容(EMC)等。具体应用范围包括耦合器、滤波器、平面结构电路、联结器、IC封装、各种类型天线、微波元器件、蓝牙技术和电磁兼容/干扰等。



WinSmith或其它Smith圆图软件

- WinSmith软件（或Smith-Chart等）是Smith圆图软件，运用这些软件可以快速实现匹配电路的设计和阻抗的计算。