

实验题目：ADS软件基础与应用

实验内容

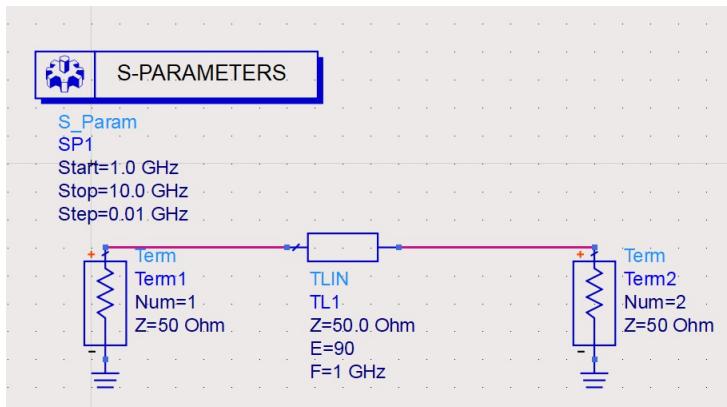
传输线仿真实验

实验目的

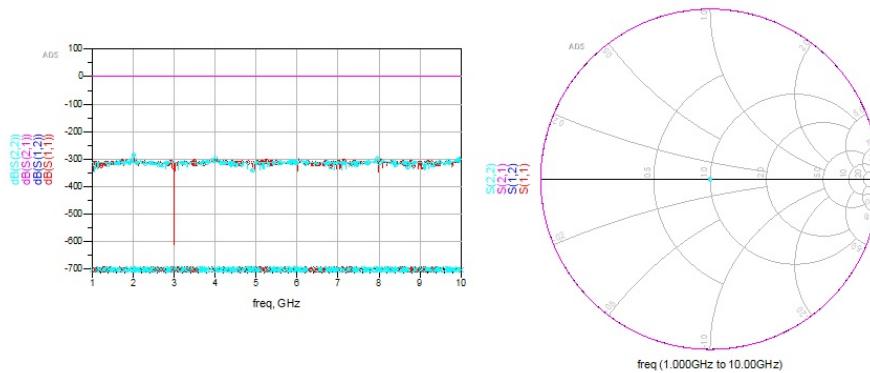
- 了解ADS软件的基本应用
- 根据无耗均匀传输线理论，借助ADS软件对传输线终端负载分别为匹配负载、短路、开路、纯电抗、复阻抗五种情况进行电路设计与仿真。

匹配负载

电路连接



仿真结果



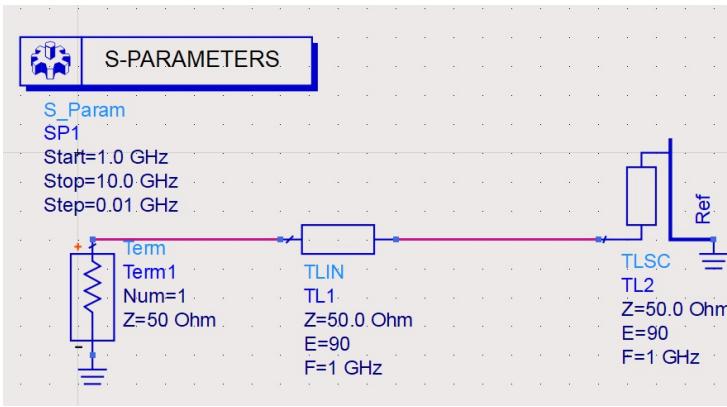
freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)
1.000 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -90.000	1.000 / -90.000	0.000 / 0.000
1.010 GHz	2.21E-16 / 1...	1.000 / -90.900	1.000 / -90.900	2.220E-16 / 1...
1.020 GHz	2.882E-18 / 9...	1.000 / -91.800	1.000 / -91.800	2.221E-16 / 1...
1.030 GHz	1.776E-17 / 9...	1.000 / -92.700	1.000 / -92.700	2.220E-16 / 1...
1.040 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -93.600	1.000 / -93.600	2.221E-16 / 1...
1.050 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -94.500	1.000 / -94.500	2.220E-16 / 1...
1.060 GHz	2.494E-16 / 1...	1.000 / -95.400	1.000 / -95.400	5.421E-18 / 1...
1.070 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -96.300	1.000 / -96.300	2.223E-16 / 1...
1.080 GHz	2.349E-16 / 1...	1.000 / -97.200	1.000 / -97.200	2.220E-16 / 1...
1.090 GHz	3.331E-16 / 1...	1.000 / -98.100	1.000 / -98.100	2.168E-17 / 1...
1.100 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -99.000	1.000 / -99.000	2.223E-16 / 1...
1.110 GHz	7.105E-17 / 9...	1.000 / -99.900	1.000 / -99.900	2.223E-16 / 1...
1.120 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -100.8	1.000 / -100.8	2.223E-16 / 1...
1.130 GHz	7.105E-17 / ~	1.000 / -101.7	1.000 / -101.7	2.231E-16 / 1...
1.140 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -102.6	1.000 / -102.6	2.168E-17 / 1...
1.150 GHz	3.331E-16 / ~	1.000 / -103.5	1.000 / -103.5	2.262E-16 / 1...
1.160 GHz	3.331E-16 / 1...	1.000 / -104.4	1.000 / -104.4	0.000 / 0.000
1.170 GHz	7.105E-17 / 9...	1.000 / -105.3	1.000 / -105.3	0.000 / 0.000
1.180 GHz	2.220E-16 / 1...	1.000 / -106.2	1.000 / -106.2	0.000 / 0.000
1.190 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -107.1	1.000 / -107.1	2.314E-16 / 1...
1.200 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -108.0	1.000 / -108.0	2.262E-16 / 1...
1.210 GHz	7.105E-17 / 9...	1.000 / -108.9	1.000 / -108.9	2.262E-16 / 1...
1.220 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -109.8	1.000 / -109.8	2.231E-16 / 1...
1.230 GHz	2.220E-16 / 0...	1.000 / -110.7	1.000 / -110.7	2.220E-16 / 1...
1.240 GHz	1.421E-16 / ~	1.000 / -111.6	1.000 / -111.6	2.262E-16 / 1...
1.250 GHz	1.421E-16 / 0...	1.000 / -112.5	1.000 / -112.5	2.262E-16 / 1...
1.260 GHz	1.421E-16 / ~	1.000 / -113.4	1.000 / -113.4	2.262E-16 / 1...
1.270 GHz	0.000 / 0.000	1.000 / -114.3	1.000 / -114.3	0.000 / 0.000
1.280 GHz	2.639E-16 / ~	1.000 / -115.2	1.000 / -115.2	0.000 / 0.000
1.290 GHz	2.639E-16 / ~	1.000 / -116.1	1.000 / -116.1	2.262E-16 / 1...

由上图可以看出匹配负载情况下 $S_{11} = S_{22} = 0$ ，代表无反射状态，即能量被全部吸收。

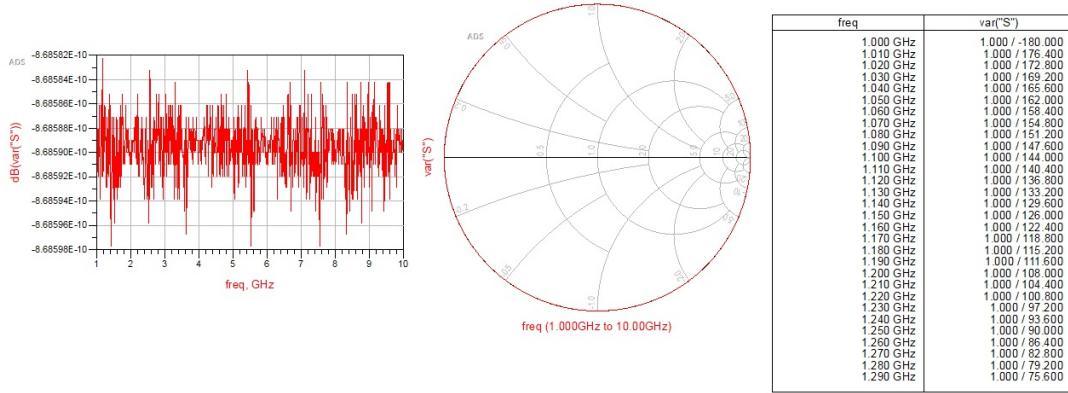
$S_{12} = S_{21} = \exp(-j\theta)$ ，表示传输线将所有能量均传输到负载端，与理想情况下匹配负载的结论一致。

短路

电路连接



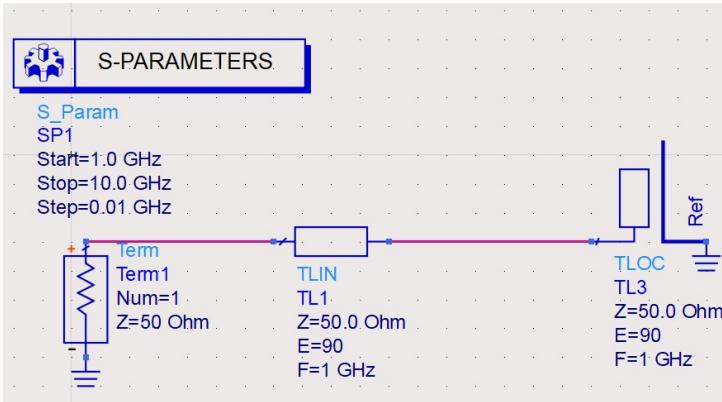
仿真结果



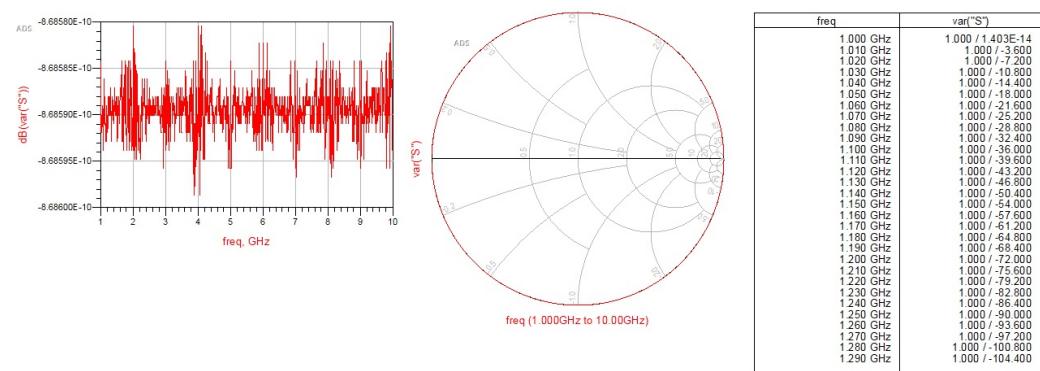
在短路情况下反射系数模值为1，而反射波幅度为0，代表能量全被反射回来。同时在1GHz下，短路线处反射系数相位为180°，与理论分析一致。

开路

电路连接



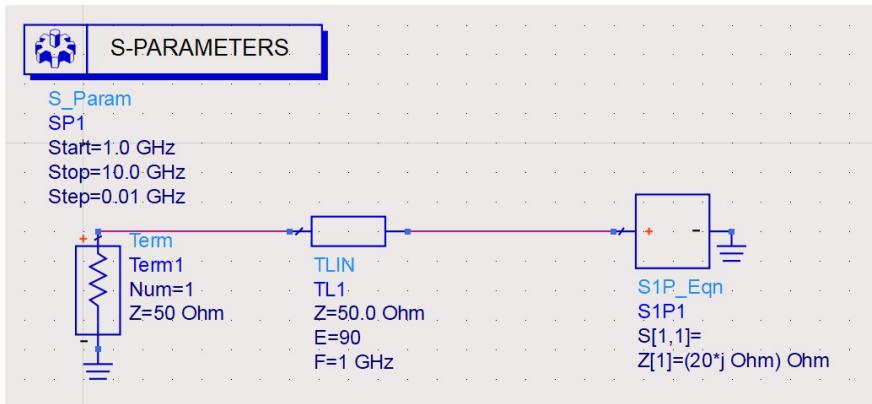
仿真结果



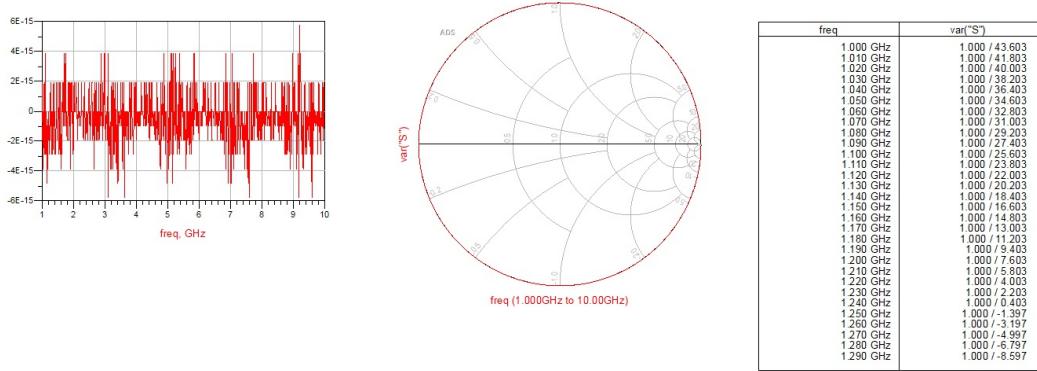
开路情况与短路情况在反射波幅度与Smith圆图上轨迹重合，但开路情况下反射系数相位为0，这点与理论分析一致。

纯电抗

电路



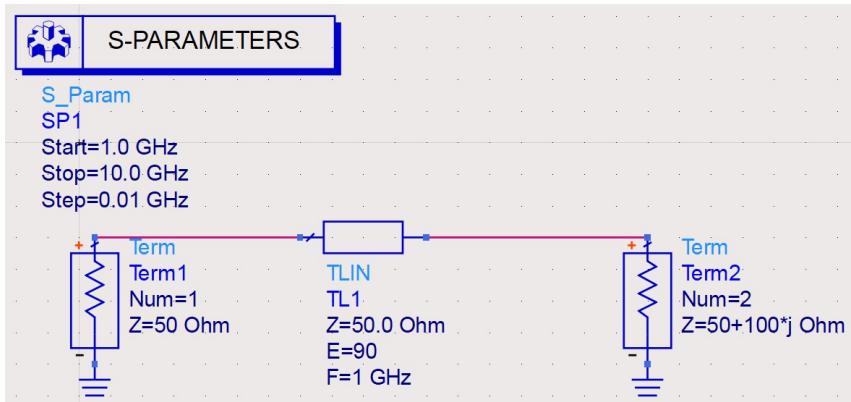
仿真结果



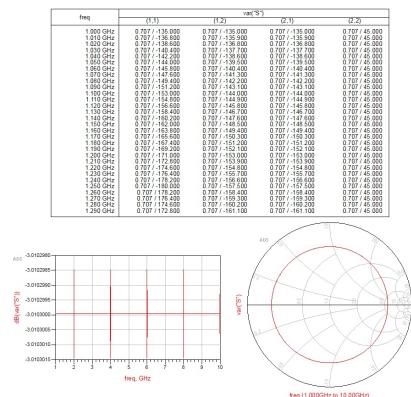
纯电抗情况下反射波幅度与Smith圆图与开/短路情况无区别，但初始相位应满足 $\theta = \arctan 20/50 * 2 = 43.6^\circ$ ，与仿真结果一致，说明仿真正确。

复阻抗

电路



仿真结果



对于 $ZL=50+100j$ Ohm的负载来说，理论上反射系数 $\Gamma = \frac{ZL-Z_0}{ZL+Z_0} = \frac{\exp j*45^\circ}{\sqrt{2}} = S22$ ，与仿真结果一致，说明仿真正确。

匹配网络的设计与仿真

实验目的

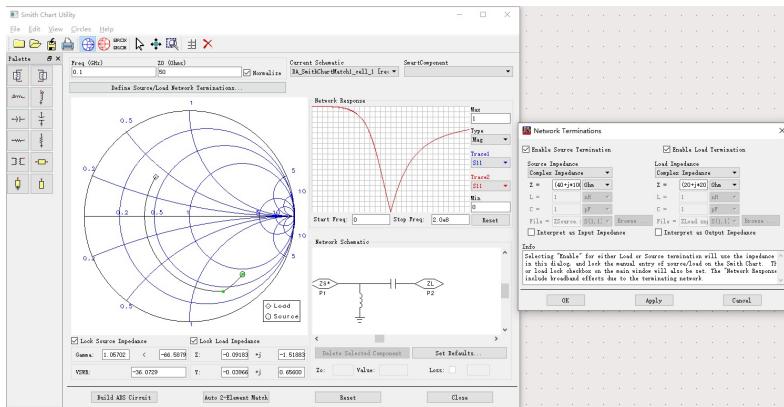
- 掌握阻抗匹配、共轭匹配的原理
- 掌握集总元件L型阻抗匹配网络的匹配机理
- 掌握并(串)联单支节调配器， $\lambda/4$ 阻抗变换器匹配机理
- 掌握Smith圆图的构成及在阻抗匹配中的应用

设计L型阻抗匹配网络，使 $Z_s=(40-j100)$ Ohm信号源与 $Z_L=(20+j20)$ Ohm的负载匹配，频率为100MHz

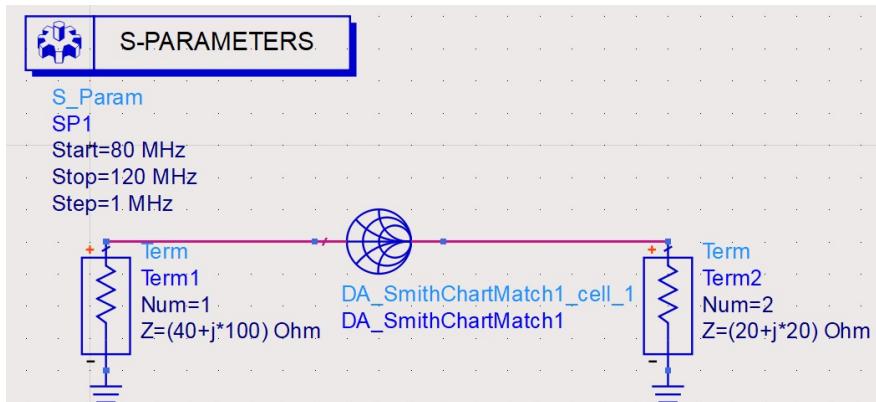
实验步骤

- 添加负载与 DA_SmithChartMatching 控件，设置参数与匹配目标一致。
- 在 tools->Smitch Chart 菜单配置 DA_SmithChartMatching 控件并选择L型匹配网络类型。完成后点击 Build ADS Circuit 生成电路。
- 使用 S-Parameters 控件对该电路进行仿真。

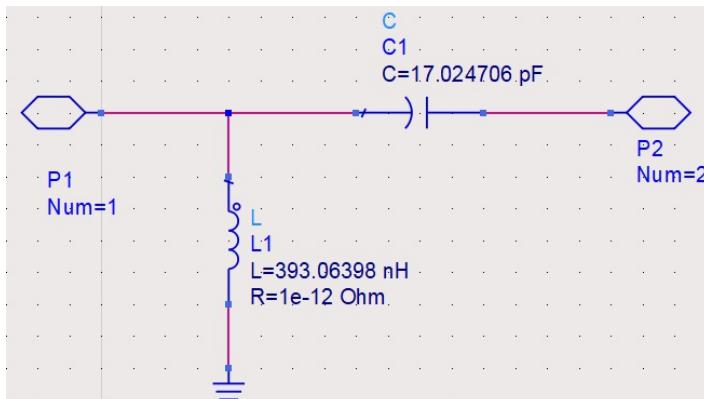
参数配置



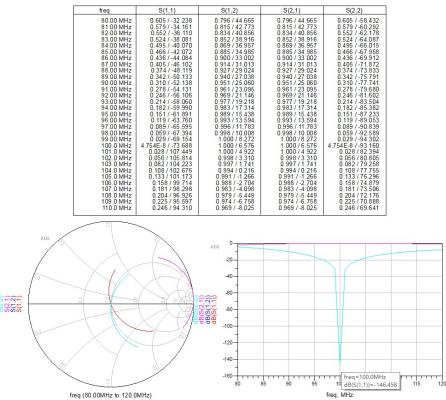
电路连接



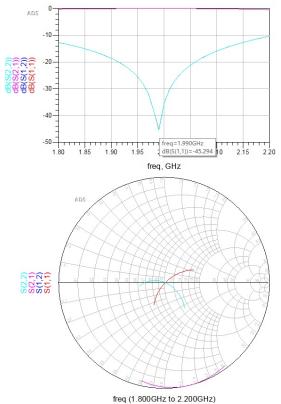
内部电路



仿真结果



仿真结果



freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)
1.800 GHz	0.230 / +14.867	0.973 / -54.155	0.973 / -54.155	0.230 / -173.444
1.810 GHz	0.220 / +15.507	0.975 / -55.348	0.975 / -55.348	0.220 / -175.110
1.820 GHz	0.210 / +16.147	0.977 / -56.541	0.977 / -56.541	0.210 / -176.776
1.830 GHz	0.199 / +17.051	0.980 / -57.739	0.980 / -57.739	0.199 / -178.425
1.840 GHz	0.188 / +17.984	0.983 / -58.937	0.983 / -58.937	0.188 / -180.070
1.850 GHz	0.176 / +115.534	0.984 / -60.138	0.984 / -60.138	0.176 / -178.263
1.860 GHz	0.164 / +120.012	0.985 / -61.339	0.985 / -61.339	0.164 / -179.926
1.870 GHz	0.153 / +120.012	0.988 / -62.547	0.988 / -62.547	0.153 / -174.928
1.880 GHz	0.141 / +120.738	0.990 / -63.755	0.990 / -63.755	0.141 / -173.239
1.890 GHz	0.130 / +121.962	0.992 / -64.963	0.992 / -64.963	0.130 / -172.779
1.900 GHz	0.117 / +122.123	0.993 / -66.181	0.993 / -66.181	0.117 / -169.779
1.910 GHz	0.105 / +122.243	0.994 / -67.399	0.994 / -67.399	0.105 / -168.406
1.920 GHz	0.092 / +123.399	0.996 / -68.618	0.996 / -68.618	0.092 / -166.103
1.930 GHz	0.080 / +124.555	0.997 / -69.837	0.997 / -69.837	0.080 / -164.796
1.940 GHz	0.066 / +123.994	0.998 / -71.067	0.998 / -71.067	0.066 / -161.911
1.950 GHz	0.054 / +124.218	1.000 / -72.296	1.000 / -72.296	0.054 / -160.526
1.960 GHz	0.039 / +123.203	0.999 / -73.527	0.999 / -73.527	0.039 / -156.074
1.970 GHz	0.026 / +120.218	1.000 / -74.761	1.000 / -74.761	0.026 / -150.877
1.980 GHz	0.014 / +117.238	1.000 / -76.995	1.000 / -76.995	0.014 / -149.680
1.990 GHz	0.005 / +16.406	1.000 / -77.235	1.000 / -77.235	0.005 / -42.270
2.000 GHz	0.000 / +16.406	1.000 / -77.475	1.000 / -77.475	0.000 / -42.270
2.010 GHz	0.031 / +58.800	0.999 / -78.717	0.999 / -78.717	0.031 / -15.376
2.020 GHz	0.050 / +59.837	0.999 / -80.955	0.999 / -80.955	0.050 / -14.592
2.030 GHz	0.059 / +59.837	0.998 / -82.205	0.998 / -82.205	0.059 / -22.587
2.040 GHz	0.074 / +37.971	0.997 / -83.450	0.997 / -83.450	0.073 / -24.849
2.050 GHz	0.093 / +37.971	0.996 / -84.695	0.996 / -84.695	0.093 / -23.741
2.060 GHz	0.102 / +38.956	0.995 / -85.941	0.995 / -85.941	0.102 / -28.903
2.070 GHz	0.111 / +38.956	0.994 / -87.187	0.994 / -87.187	0.111 / -28.776
2.080 GHz	0.132 / +31.456	0.991 / -88.432	0.991 / -88.432	0.131 / -32.375
2.090 GHz	0.141 / +31.456	0.990 / -89.677	0.990 / -89.677	0.141 / -32.296
2.100 GHz	0.161 / +32.720	0.987 / -90.919	0.987 / -90.919	0.161 / -35.613
2.110 GHz	0.172 / +32.808	0.984 / -92.160	0.984 / -92.160	0.175 / -37.176
2.120 GHz	0.181 / +32.808	0.982 / -93.399	0.982 / -93.399	0.181 / -37.176
2.130 GHz	0.204 / +30.907	0.979 / -94.636	0.979 / -94.636	0.204 / -40.223
2.140 GHz	0.223 / +29.046	0.976 / -95.874	0.976 / -95.874	0.223 / -43.371
2.150 GHz	0.233 / +28.948	0.972 / -97.100	0.972 / -97.100	0.233 / -43.187
2.170 GHz	0.262 / +26.947	0.965 / -99.549	0.965 / -99.549	0.262 / -46.685
2.180 GHz	0.276 / +25.939	0.961 / -100.767	0.961 / -100.767	0.276 / -47.512
2.200 GHz	0.306 / +23.912	0.952 / -103.189	0.952 / -103.189	0.305 / -50.327

可见电路在2GHz附近实现了匹配，此时负载处反射波相比入射波来说很小，说明匹配成功。左图中S11与S22重合，S12与S21重合。实际匹配频率相比2GHz有所偏移，实际应用中仍需要其他调整。

思考题

1. 常用的微波/射频EDA仿真软件有哪些

使用矩量法(MOM)的微波/射频EDA仿真软件有ADS、Ansoft Designer、Microwave Office、Ansoft Ensemble、Super NEC和FEKO；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。

2. 使用ADS软件进行匹配电路设计和仿真的主要步骤有哪些

选择元器件，配置其参数->选择合适的匹配结构，设定匹配目标并计算匹配结果->添加对应控件仿真测试匹配是否成功。

3. 给出两种典型微波匹配网络，并简述其工作原理

L型匹配网络：通过在负载处并联一电感(容)并串联一电容(感)的方式调整负载阻抗使得其等效阻抗匹配。

单支节匹配：先经过一段传输线使阻抗的实部变为1，再通过并联一段传输线使得其虚部消失来达到匹配的目的。其中两端传输线长度可调。

4. 写出心得体会与建议

ADS软件可以通过手工绘制电路的方法对实际电路进行建模，并可以调整很多参数来观察其对整个电路的影响，便于进行分析。但是在平时的课程中我们还是较少用到这种工具，如果可以的话希望能不仅在实验课中尝试这种软件，在理论课上也可以讲一讲这种软件在实际生产中应用情况。