



射频功率分配/合成器设计、仿真与测试

一、实验目的

1. 了解功率分配器的原理及基本设计方法；
2. 掌握威尔金森功分器的结构、工作原理及 S 参量；
3. 了解利用 ADS 进行电路优化仿真的基本步骤及方法；
4. 掌握利用 ADS 微带线计算工具 LinCalc 计算、设计微带线；
5. 了解利用 ADS 在电路板级进行电路仿真的方法与步骤。

二、实验内容

设计一微带结构的威尔金森功分器。

中心频率：2GHz+学号后两位倒数，带宽：60MHz，输出端口功率比：2：1，

频带内输入端口的回波损耗： $S_{11} < -20\text{dB}$ ， $S_{22} < -20\text{dB}$ ， $S_{33} < -20\text{dB}$ ，

隔离度： $S_{32} < -20\text{dB}$ ，频带内插入损耗： $S_{21} > -3.1\text{dB}$ ， $S_{31} > -3.1\text{dB}$ ，

板材参数：

H: 基板厚度(1.5 mm)	Er:基板相对介电常数(2.65)
Mur:磁导率(1)	Cond:金属电导率(5.88E+7)
Hu:封装高度(1.0e+33 mm)	T:金属层厚度(0.035 mm)
TanD:损耗角正切(1e-4)	Rough:表面粗糙度(0 mm)

三、威尔金森功分器原理

威尔金森功分器的结构图如图 1 所示。

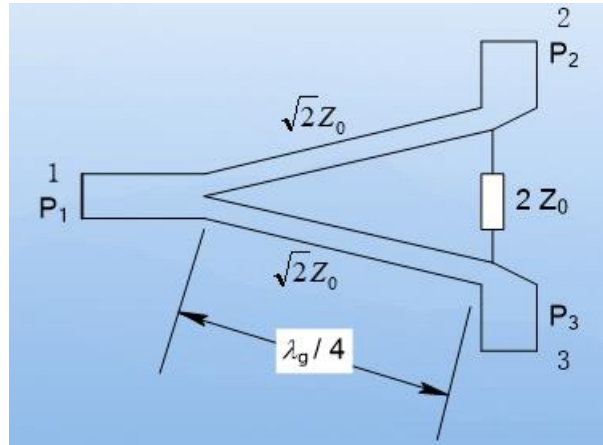


图 1 威尔金森功分器结构图

信号从端口 1 输入，端口 2 和端口 3 获得相等功率。如果端口 2 和端口 3 失配，电阻 $R = 2Z_0$ 可以起到很好的隔离作用。

下述公式推导参考文献 1。

考虑一般情况（比例分配输入功率）下，设三号端口 P_3 和二号端口 P_2 的输出功率比为 k^2 ，即

$$k^2 = \frac{P_3}{P_2} \quad (1)$$

由于一号端口到二号端口与一号端口到三号端口的线长度相等，故二号端口的电压 U_2 与三号端口的电压 U_3 相等，即 $U_2 = U_3$ 。二号端口与三号端口的输出功率与电压的关系为

$$\begin{cases} P_2 = \frac{U_2^2}{Z_2} \\ P_3 = \frac{U_3^2}{Z_3} \end{cases} \quad (2)$$

将上式代入 (1)，得

$$\frac{U_3^2}{Z_3} = k^2 \frac{U_2^2}{Z_2} \quad (3)$$

即

$$Z_2 = k^2 Z_3 \quad (4)$$

式中， Z_2 、 Z_3 为二号端口和三号端口的输入阻抗，若选

$$\begin{cases} Z_2 = kZ_0 \\ Z_3 = \frac{Z_0}{k} \end{cases} \quad (5)$$

则可以满足式 (2-21)。为了保证一号端口匹配, 应有

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z_0} &= \frac{Z_2}{Z_{02}^2} + \frac{Z_3}{Z_{03}^2} \\ \frac{1}{Z_0} &= \frac{k}{Z_{02}^2} + \frac{Z_3}{k Z_{03}^2} \end{aligned} \quad (6)$$

同时考虑到

$$\frac{Z_{02}^2}{Z_2} = k^2 \frac{Z_{03}^2}{Z_3} \quad (7)$$

则

$$\frac{1}{Z_0} = (k^{-2} + 1) \frac{Z_3}{Z_{03}^2} = (k^{-2} + 1) \frac{Z_0}{K_{03}^2} \quad (8)$$

所以

$$\begin{aligned} Z_{03} &= \sqrt{\frac{1+k^2}{k^3}} Z_0 \\ Z_{02} &= \sqrt{k(1+k^2)} \end{aligned} \quad (9)$$

为了实现二号端口和三号端口的隔离, 即二号端口或三号端口的反射波不会进入三号端口或者二号端口, 可选

$$R = kZ_0 + \frac{Z_0}{k} = \frac{1+k^2}{k} Z_0 \quad (10)$$

在等功率分配的情况下, 即在 $P_2=P_3$, $k=1$, 于是

$$\begin{cases} Z_2 = Z_3 = Z_0 \\ Z_{02} = Z_{03} = \sqrt{2}Z_0 \\ R = 2Z_0 \end{cases}$$

四、功分器原理图及版图

1. 确定功分器指标

中心频率 2.68GHz，功率分配 2: 1，优化功分器 S 参数。

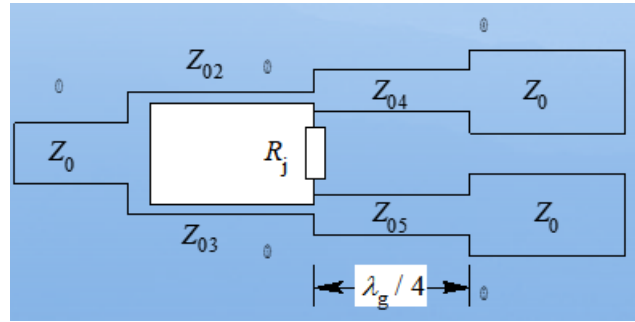
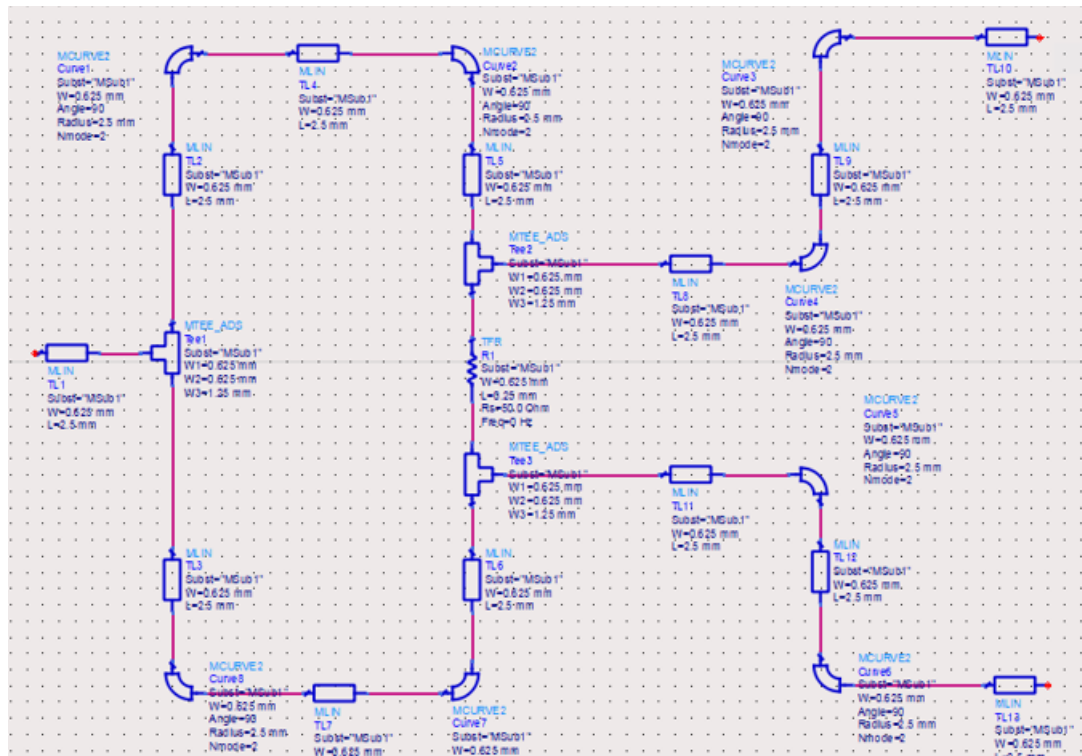


图 2 威尔金森功分器

取 $Z_0 = 50\Omega$ ，那么 $Z_{02} = 51.49\Omega$ ， $Z_{03} = 103\Omega$ ， $Z_{04} = 59.46\Omega$ ， $Z_{05} = 42.04\Omega$ ， $R_j = 109\Omega$ 。

2. 原理图设计



3. 利用 LineCalc 计算微带线参数(以 $Z_0 = 50\Omega$ 为例)

Component

Type MLIN ID MLIN: MLIN_DEFAULT

Substrate Parameters

ID MSUB_DEFAULT

Er	2.650	N/A
Mur	1.000	N/A
H	1.500	mm
Hu	1.0e+33	mm
T	0.035	mm
Cond	5.88e+7	N/A
TanD	0.000	N/A
Rough	0.000	um
DielectricLossModel	1.000	N/A
FreqForEpsrTanD	1.0e9	N/A
LowFreqForTanD	1.0e3	N/A
HighFreqForTanD	1.0e12	N/A

Physical

W 4.050550 mm

L 48.196100 mm

Synthesize

Analyze

Electrical

Z0 50.000 Ohm

E_Eff 230.000 deg

Calculated Results

K_Eff = 2.198

A_DB = 0.013

SkinDepth = 0.049

Component Parameters

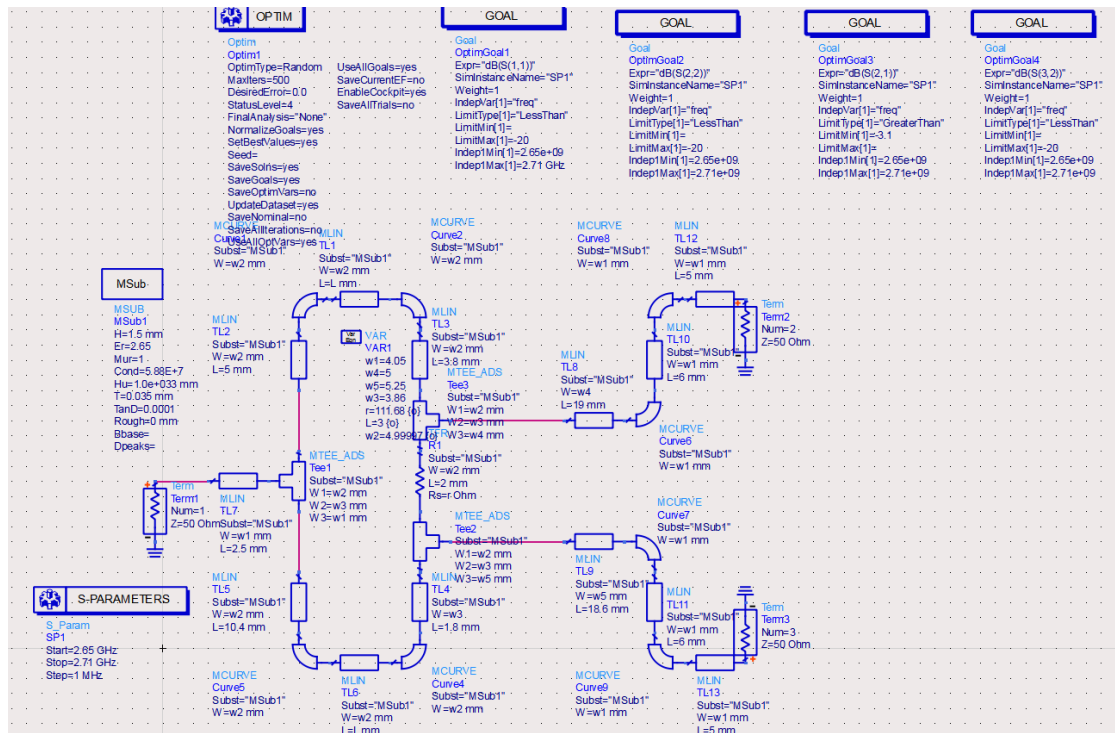
Freq 2.680 GHz

Wall1 mil

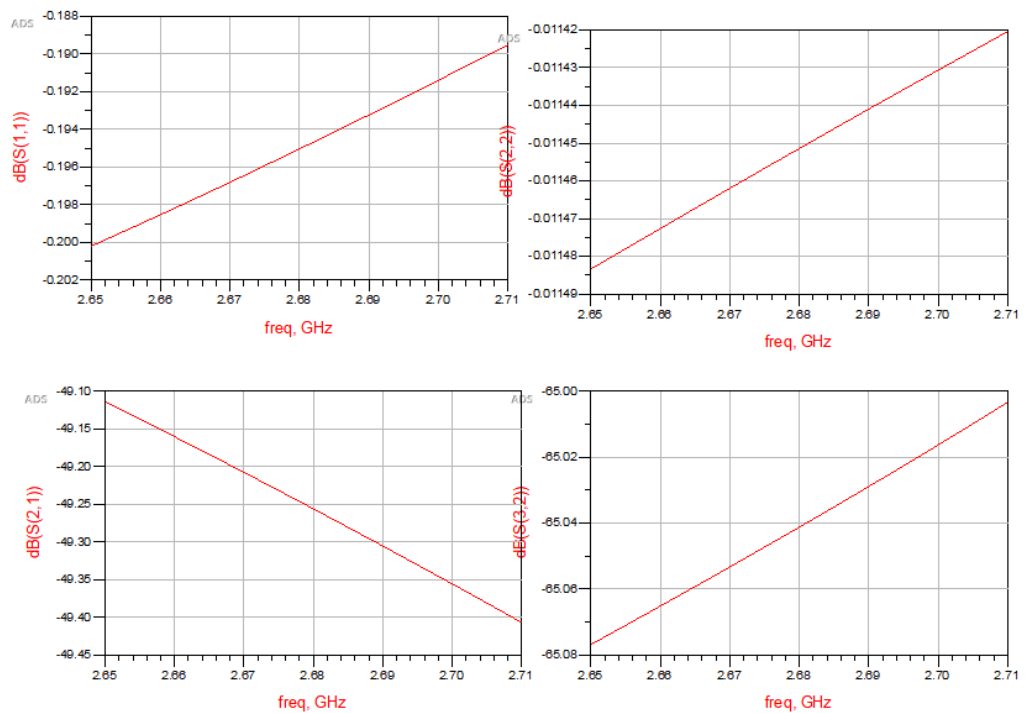
Wall2 mil

对于其余阻抗，采用类似方法，改变其值即可以自动生成线宽和线长。

4. 结合第 3 步结果，在原理图中改变线宽及线长，设置优化目标

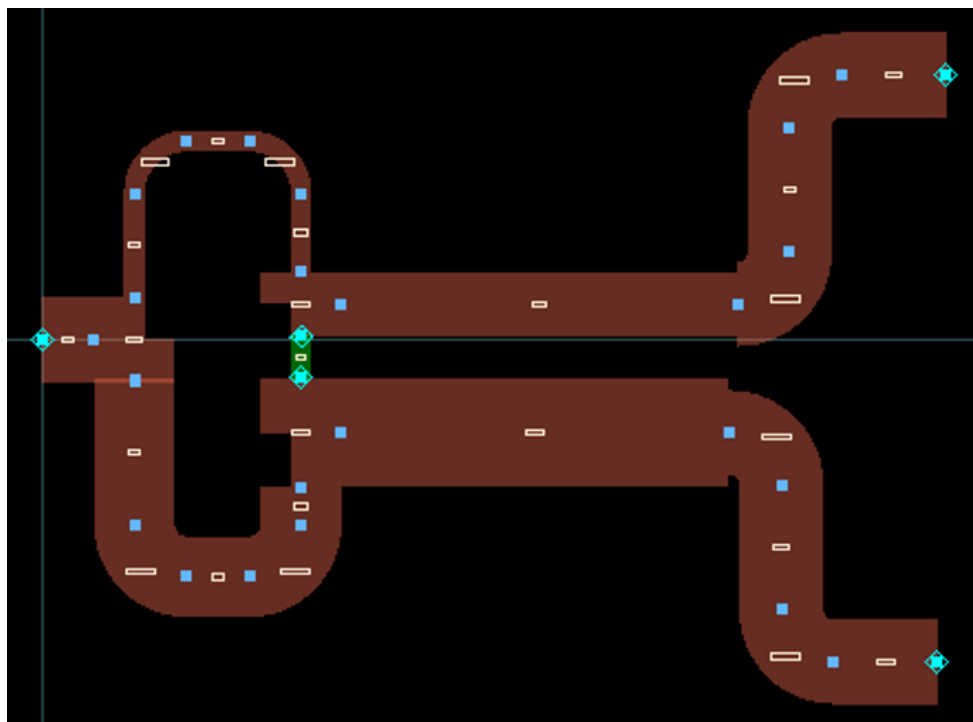


5. 进行优化仿真



可以看出， S_{11} 、 S_{22} 、 S_{21} 都满足要求，但是 S_{32} 未能满足要求。可能优化初值设置不合适，或者边界设置的太窄，导致优化结果不够理想。

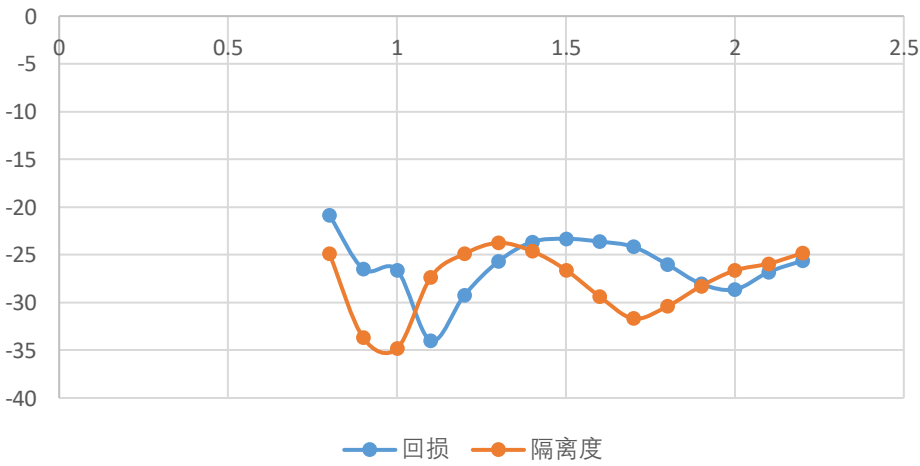
6. 生成版图

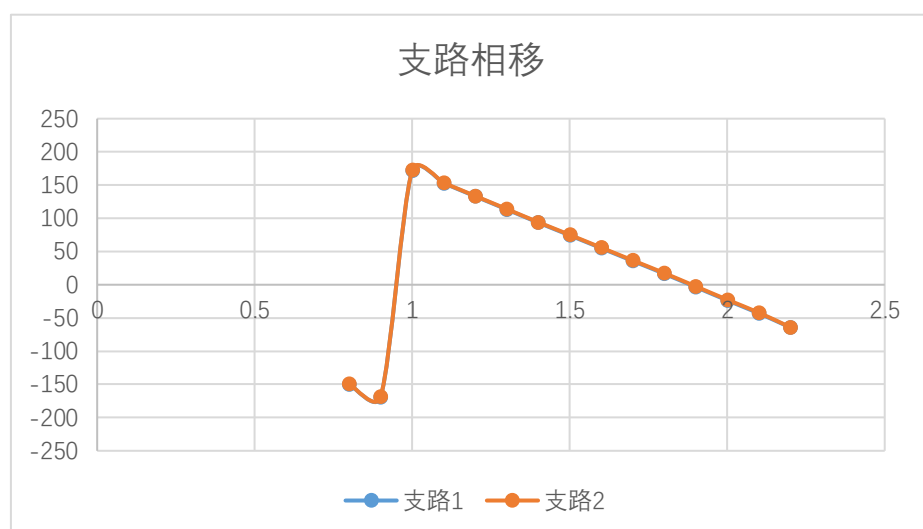
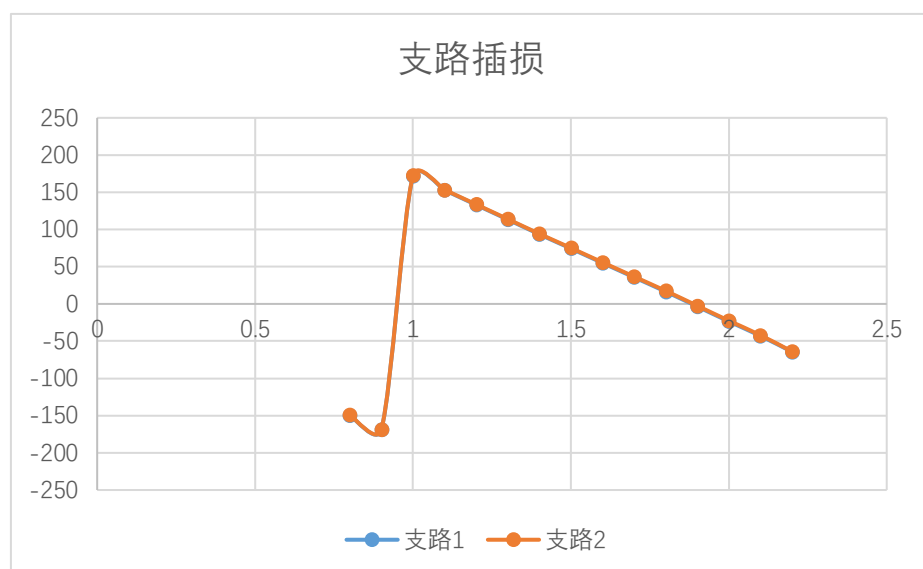
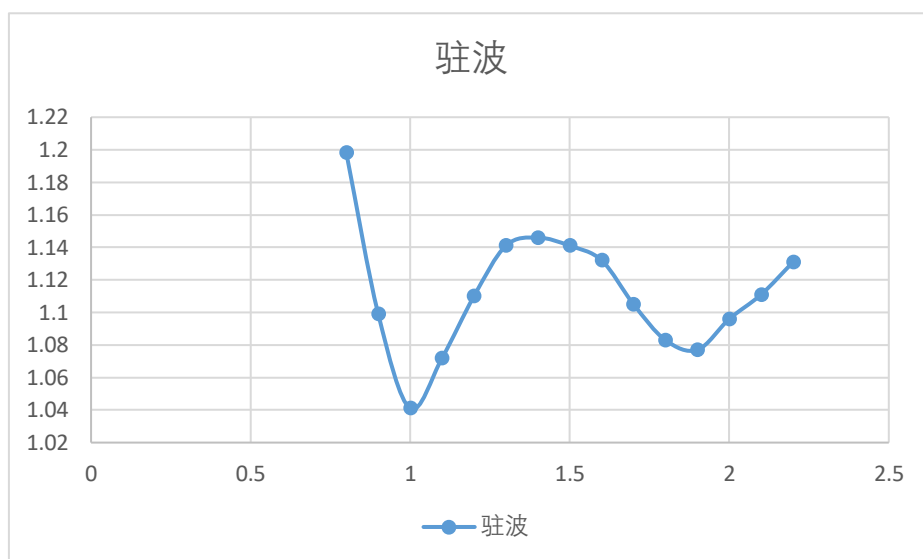


五、 课堂功分器测量记录

频 率 (GHz)	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
回 损 (dB)	-20.86	-26.489	-26.601	-34.004	-29.204	-25.689	-23.651	-23.324	-23.617	-24.167	-26.007	-28.041	-28.634	-26.804	-25.619
驻波	1.198	1.099	1.041	1.072	1.110	1.141	1.146	1.141	1.132	1.105	1.083	1.077	1.096	1.111	1.131
支 路 1 插 损 (dB)	-3.103	-3.070	-3.072	-3.075	-3.076	-3.019	-3.078	-3.018	-3.133	-3.202	-3.301	-3.145	-3.132	-3.009	-3.065
支 路 1 相移	-149.655	-168.895	171.981	152.765	133.066	113.385	93.542	74.391	55.036	35.762	16.540	-3.494	-23.575	-42.991	-64.300
支 路 2 插 损 (dB)	-3.098	-3.070	-3.069	-3.071	-3.081	-3.024	-3.089	-3.028	-3.213	-3.300	-3.151	-3.133	-3.019	-3.074	-3.076
支 路 2 相移	-149.291	-168.554	172.491	153.300	133.675	114.026	94.221	75.192	55.870	36.701	17.585	-2.453	-22.536	-41.941	-63.872
隔 离 度 (dB)	-24.901	-33.691	-34.830	-27.341	-24.890	-23.751	-24.624	-26.592	-29.381	-31.681	-30.401	-28.275	-26.634	-25.931	-24.824

回损与隔离度





参考文献

- 1 杭州电子科技大学 不等分微带功分器设计 2011. 3