

浙江大学

本科实验报告

project 1: 混频器仿真与优化

课程名称:	射频电路与系统
姓名:	
学院:	信息与工程学院
专业:	
学号:	
指导老师:	皇甫江涛

January 3, 2024

目 录

一、3dB 定向耦合器设计	3
二、微带平衡混频器设计	4
1. 输出频谱分析	5
2. 噪音系数仿真	5
3. 噪声系数随 RF 频率的变化	6
4. 三阶交调系数	6
5. 功率—三阶交调系数	7
三、微带平衡混频器优化	7
四、微带平衡混频器 Layout 仿真	8
五、出现的问题与总结	10

一、 3dB 定向耦合器设计

3dB 定向耦合器的原理图搭建如图所示。

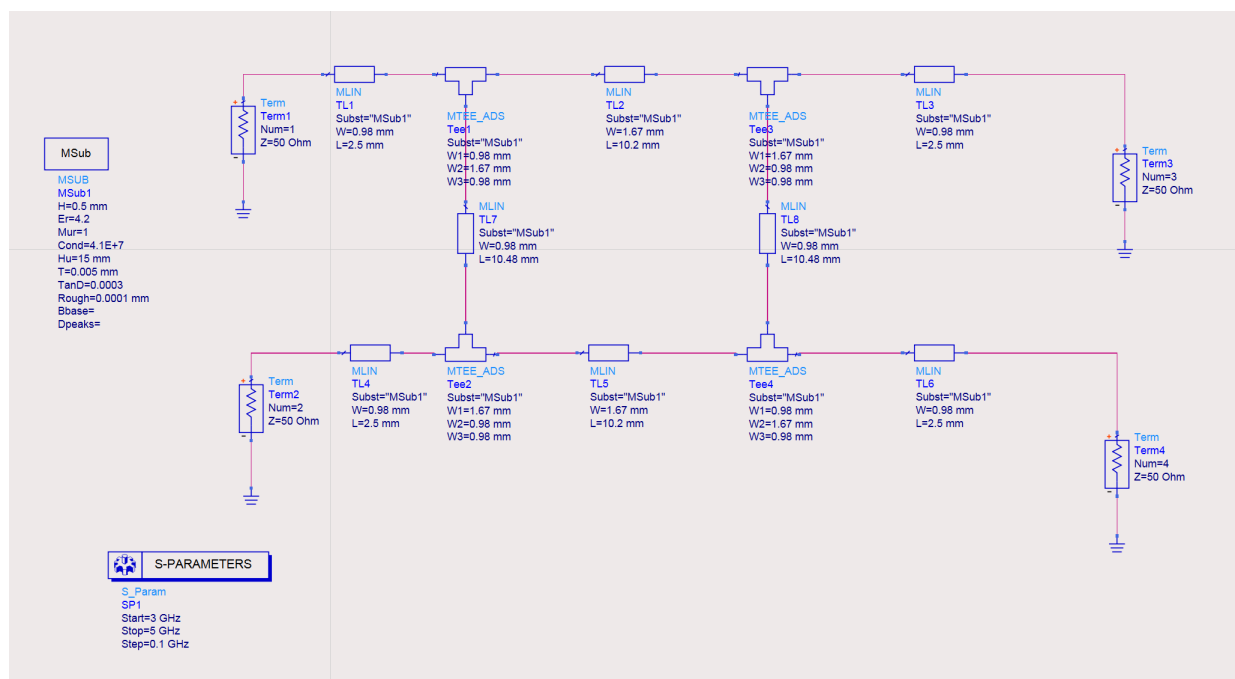


Figure 1: 3dB 定向耦合器

其中 50 ohm 传输线的线宽 $w = 0.98\text{mm}$, 四分之一波长长度为 10.46mm , 35ohm 传输线的线宽为 $w = 1.67\text{mm}$, 四分之一波长长度为 10.2mm 。

之后对该耦合器进行 S-P 仿真, 其结果如图所示。

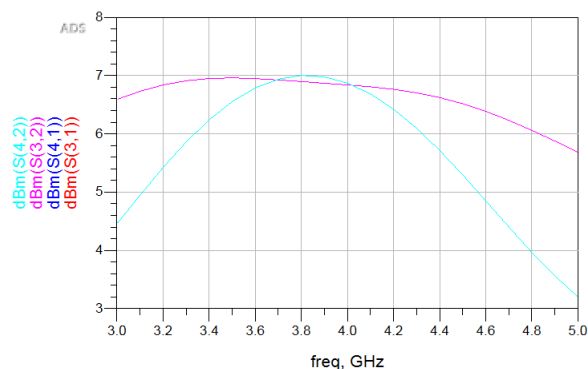


Figure 2: 端口耦合度

从图 2中可以看出, 该 3dB 耦合器在 3.6 4.2GHz 附近的耦合度较好。而从图 3中显示, 输出端口相位差大致在 300 左右。图 4表明, 耦合器在 3.8GHz 的回波损耗在-30dBm 以下, 效果较好。

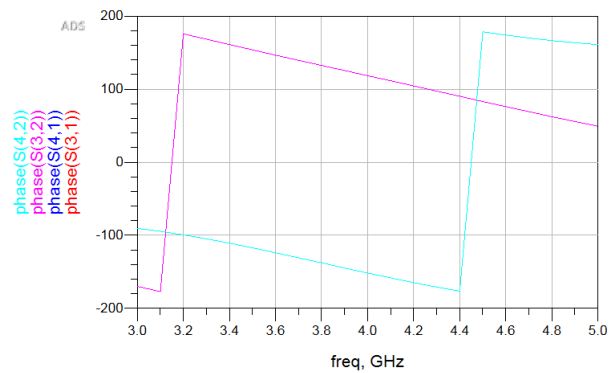


Figure 3: 输出端口间相位差

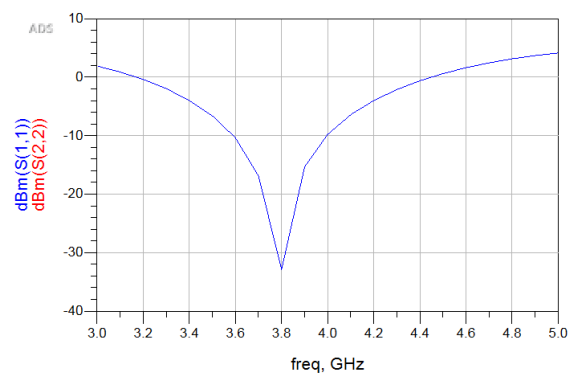


Figure 4: 回波损耗

二、 微带平衡混频器设计

微带平衡混频器的搭建除了耦合器和二极管之外，还需要在其后加入低通滤波，低通滤波的滤波效果如图 5 所示。

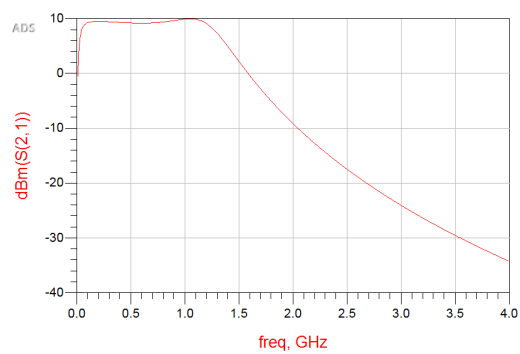


Figure 5: 低通滤波

微带平衡混频器的原理图如图 6 所示, Msub 和二极管的参数都需要提前设定, 再在之后的器件中调用。

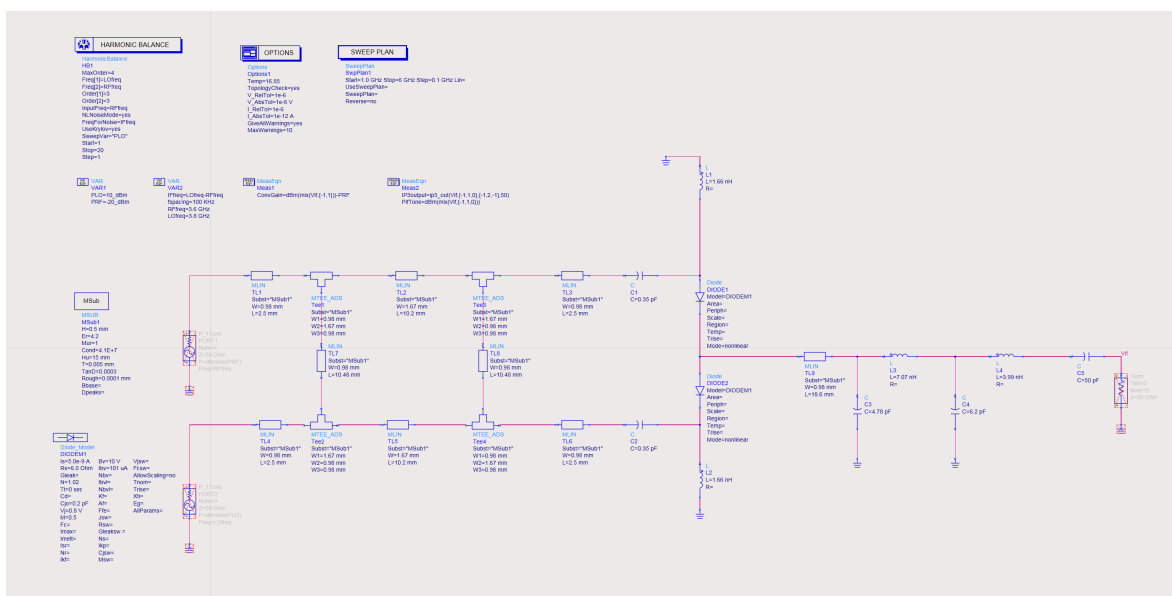


Figure 6: 混频器原理图

1. 输出频谱分析

将输出端命名为 Vif, 在 Eqn 中写出 ConvGain 的表达式, 对混频器进行 H-B 仿真, 可得到如图 7 和图 8 的仿真结果。

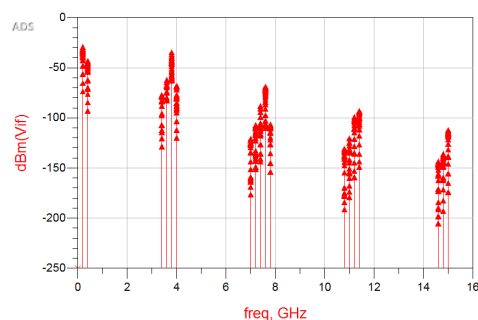


Figure 7: 中频输出频谱

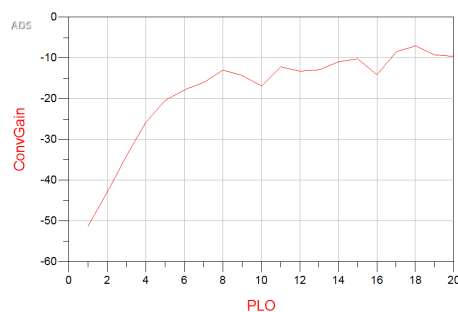


Figure 8: 输出增益

2. 噪音系数仿真

在上面仿真的基础上, 稍微把仿真器修改一下就可以得到噪音系数的仿真结果。取消对 PLO 的扫描后, 开始仿真, 并设置 nf, 即可得到如图所示的噪声系数仿真结果。

noisefreq	nf(2)
200.0 MHz	13.696

Figure 9: 噪音系数

3. 噪声系数随 RF 频率的变化

在上面噪音仿真的基础上, 对参数做一定改动 (具体查看图 6)。并设置扫描仿真从 1GHz 到 6GHz, 步长为 0.1GHz。并在 DataDisplay 窗口输入 $plot_vs(nf(2), HB_NOISE.RFfreq)$, 可得到如图 10所示的仿真图像。

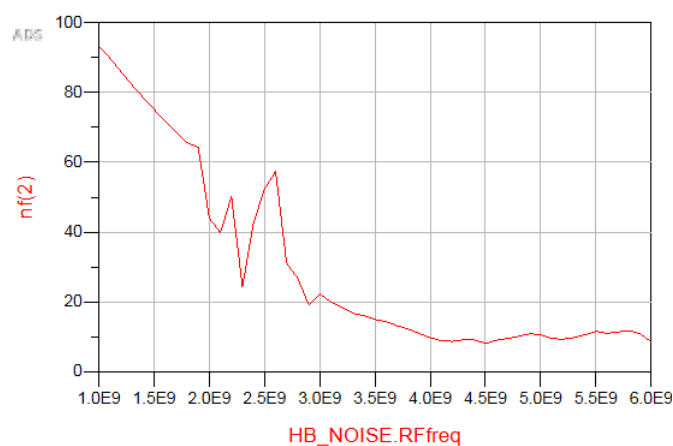


Figure 10: 噪声系数随 RF 频率的变化

4. 三阶交调系数

同样对参数做出调整, 更改 Eqn 中的表达式, 并修改输入端属性 (具体见原理图)。可得到如图 11的仿真结果。

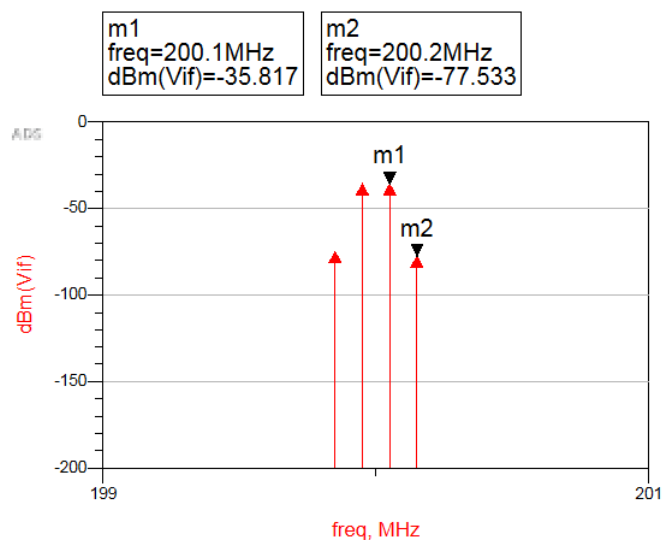


Figure 11: 三阶交调系数

5. 功率—三阶交调系数

为得到功率的三阶交调系数，修改参数，并添加扫面变量。仿真结果如图 12所示。

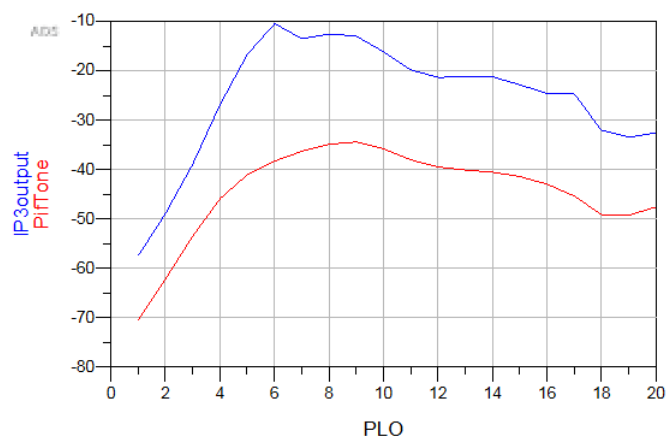


Figure 12: 功率-三阶交调系数

三、 微带平衡混频器优化

对于该微带平衡混频器，我对其输出增益进行了优化，使其在 PLO 大于 6 时，增益均大于-10，最终优化得到的原理图如图 13所示。

对其增益进行仿真，可以得到如图 14的仿真结果。发现在 PLO 大于 6 时，ConvGain 均大于-10，优化成功。

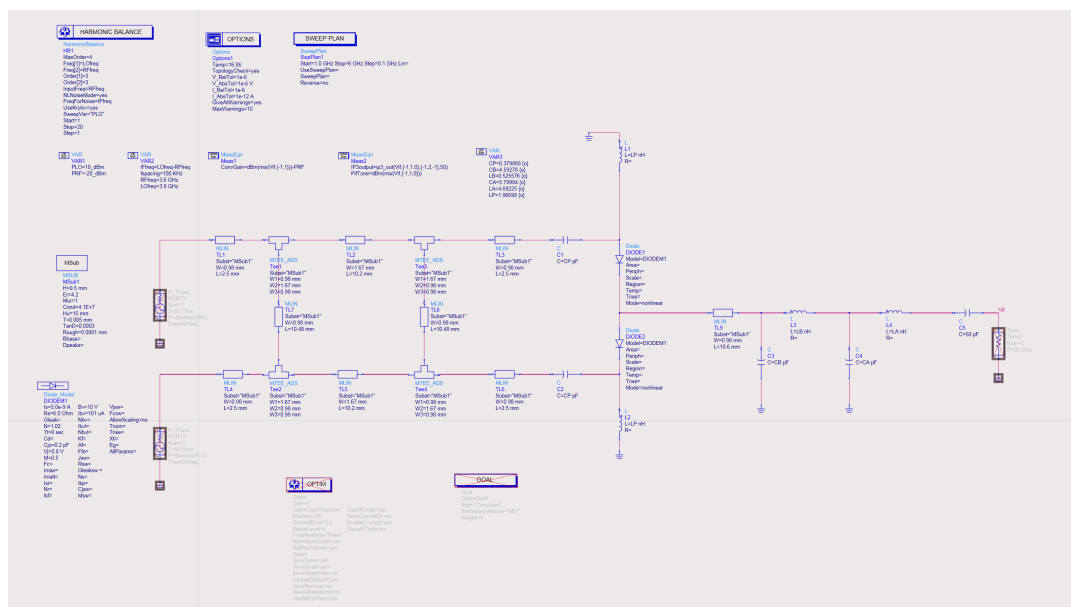


Figure 13: 混频器优化后原理图

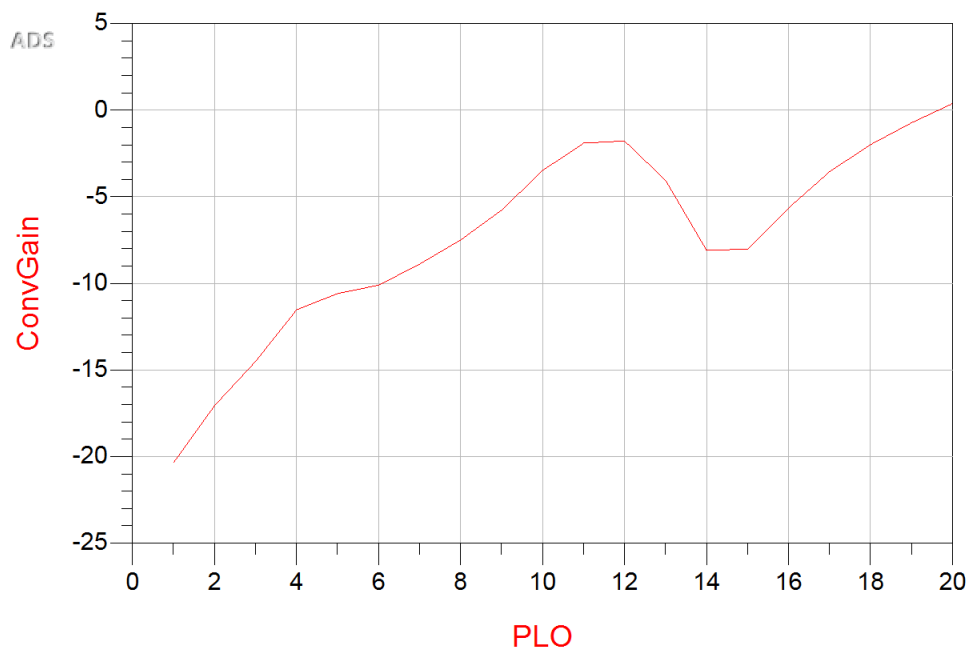


Figure 14: 混频器增益优化结果

四、 微带平衡混频器 Layout 仿真

将优化后的微带平衡混频器的输入源与输出负载去掉, 将其生成 layout, 得到如图所示的版图。

由于缺少电容、电感以及二极管的微带模型, 所以在该版图仿真中, 只能选择联合仿真, 其仿真结果如

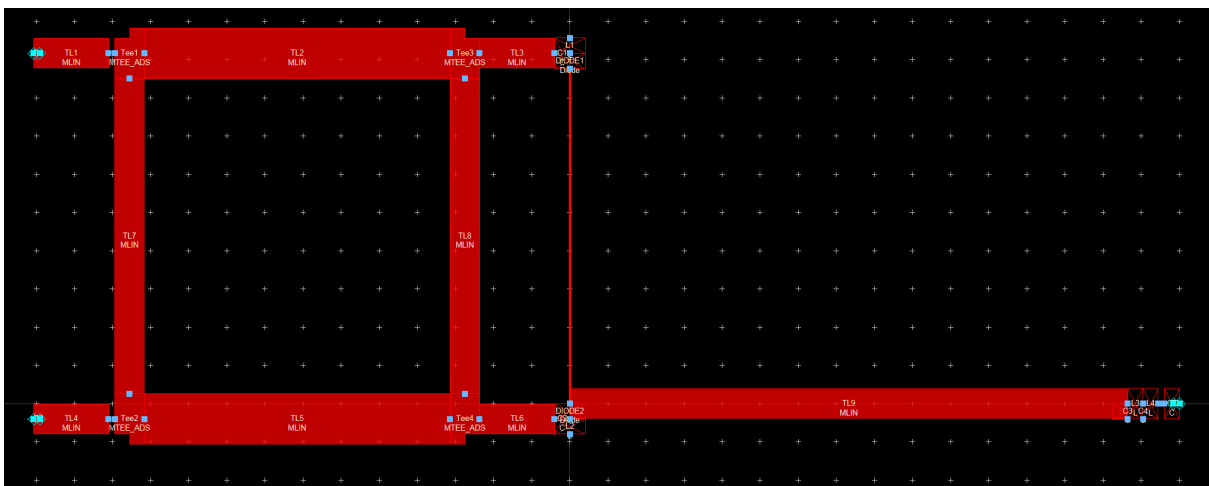


Figure 15: 混频器优化后版图

图所示。

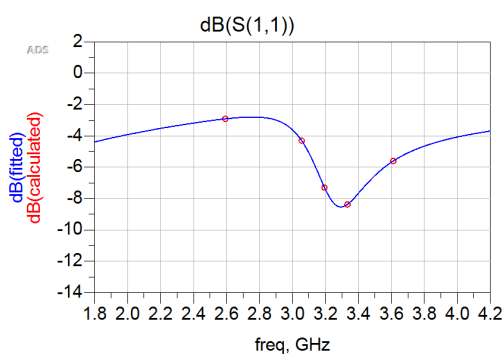


Figure 16: 版图 S11 仿真

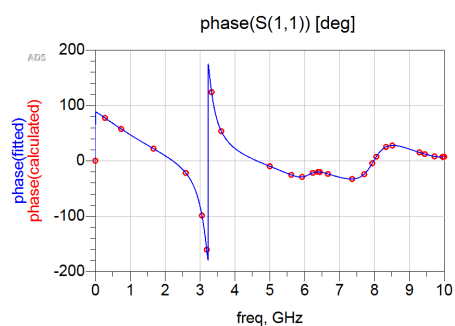


Figure 17: 版图 S11 (deg) 仿真

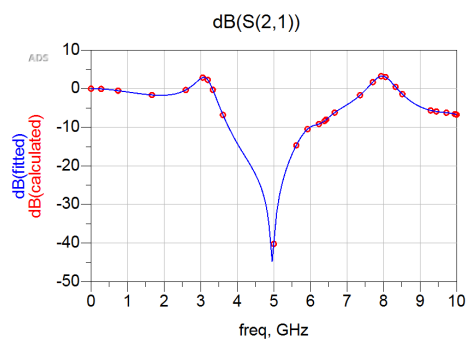


Figure 18: 版图 S21 仿真

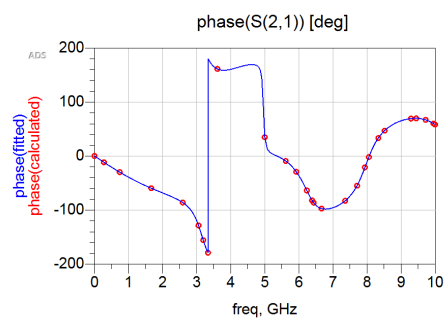


Figure 19: 版图 S21 (deg) 仿真

从中可以看出, 该混频器能够正常使用, 但是由于优化时未关注到回波损耗, 导致最终结果中, 回波损耗的中心位置变为 5GHz。

五、 出现的问题与总结

在整个混频器的设计中, 按照已设计好的器件仿真不会出现太大问题, 但对于设计的优化掌握的并不熟练, 最主要还是对各种参数的影响因素理解不够, 不知道更改那个原件的数值会对参数造成影响, 这是需要进一步学习的地方。