

# 东南大学微波与射频电路实验

## 实 验 报 告

学号：04022212      姓名：钟源      2024 年 12 月 28 日

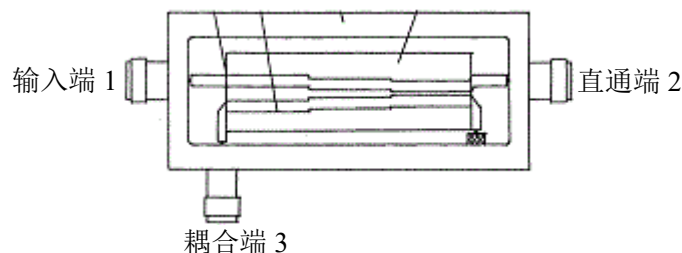
### 实验十 测量定向耦合器 S 参数

#### 一、实验目的

掌握使用矢量网络分析仪测量多端口网络 S 参数的方法。

#### 二、实验内容

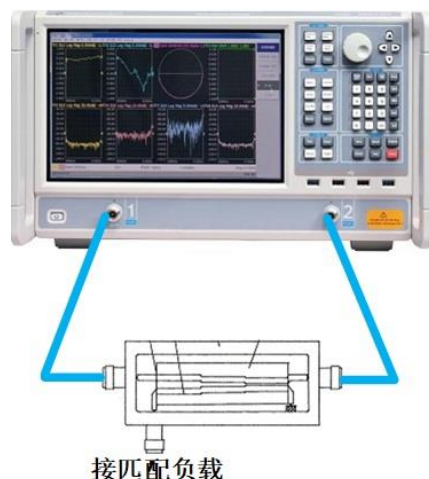
测量定向耦合器的传输、耦合和隔离特性

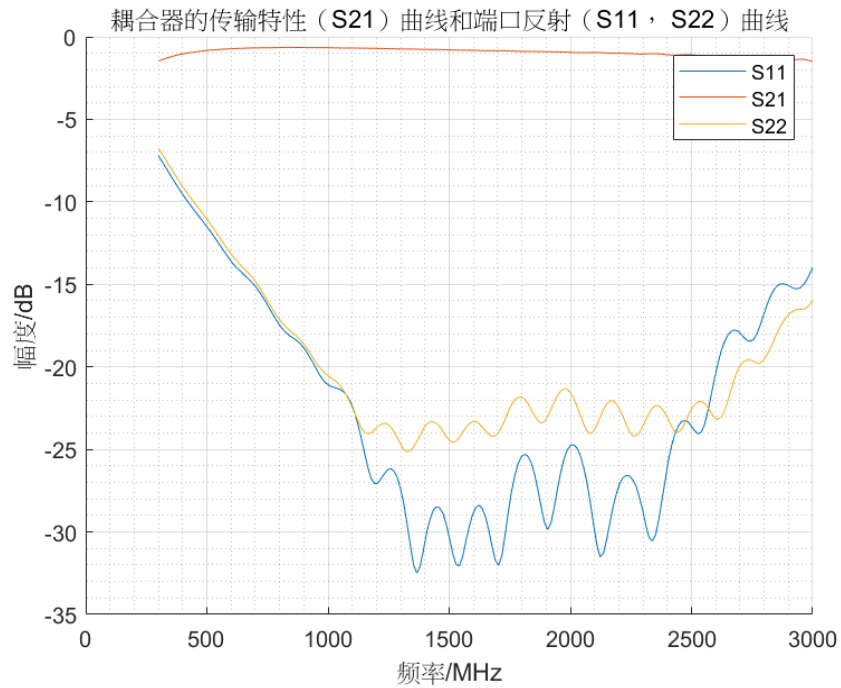


#### 实验任务：

1. 将网络分析仪的频率范围设置为 300MHz 至 3GHz，并进行校准。
2. 如右图连接仪器和待测定向耦合器，测量二端口 S 参数，并存储数据 (.s2p 文件)。用 matlab 软件在一张图中绘制耦合器的传输特性 ( $S_{21}$ ) 曲线和端口反射 ( $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ) 曲线。

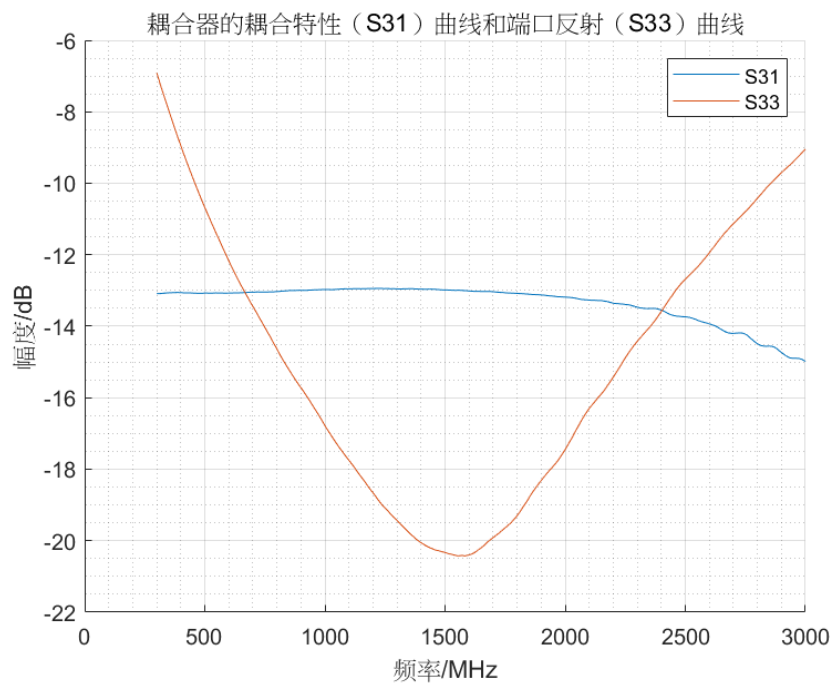
实测文件为 s21.s2p





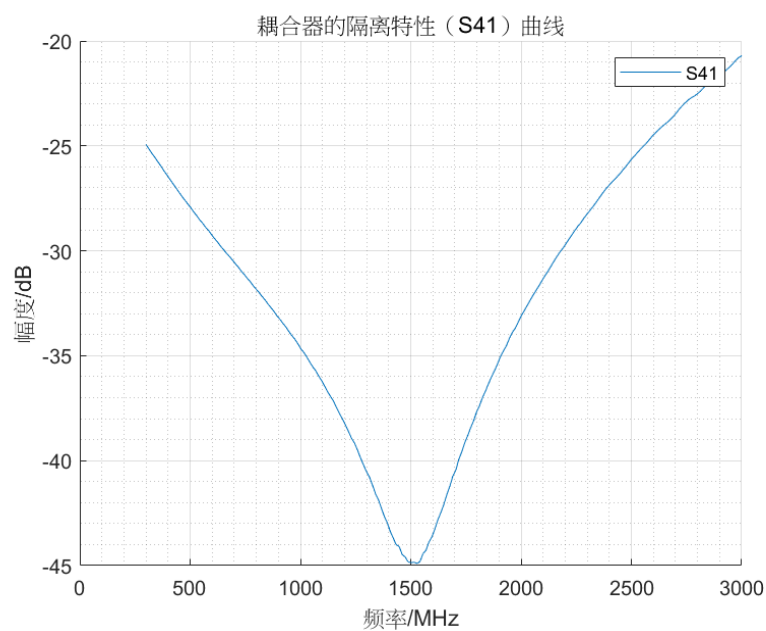
3. 如右图连接仪器和待测定向耦合器，测量二端口 S 参数，并存储数据 (.s2p 文件)。用 matlab 软件在一张图中绘制耦合器的耦合特性 ( $S_{31}$ ) 曲线和端口反射 ( $S_{33}$ ) 曲线。

实测文件为 s31.s2p

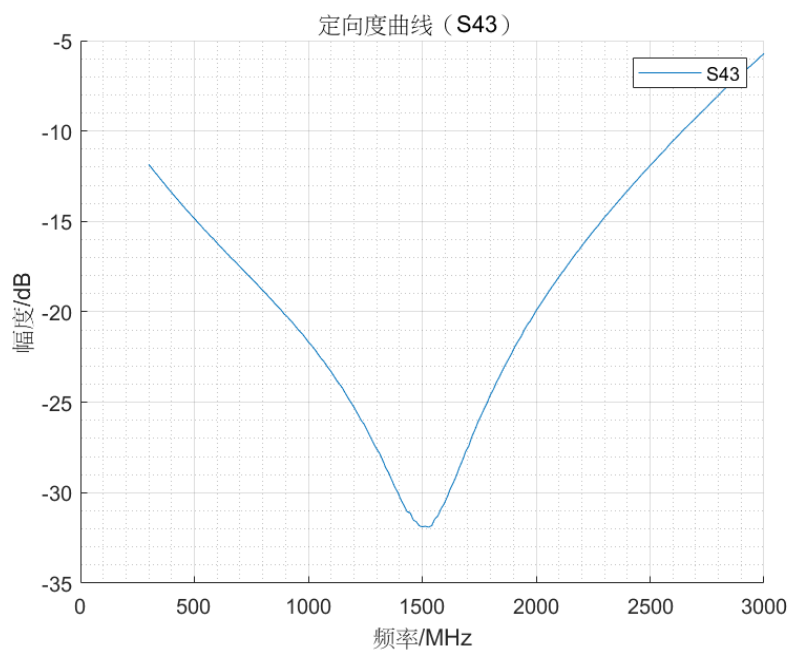


4. 如右图连接仪器和待测定向耦合器，测量二端口 S 参数，并存储数据（.s2p 文件）。用 matlab 软件在一张图中绘制耦合器的隔离特性（ $S_{41}$ ）曲线。

实测文件为 s41.s2p

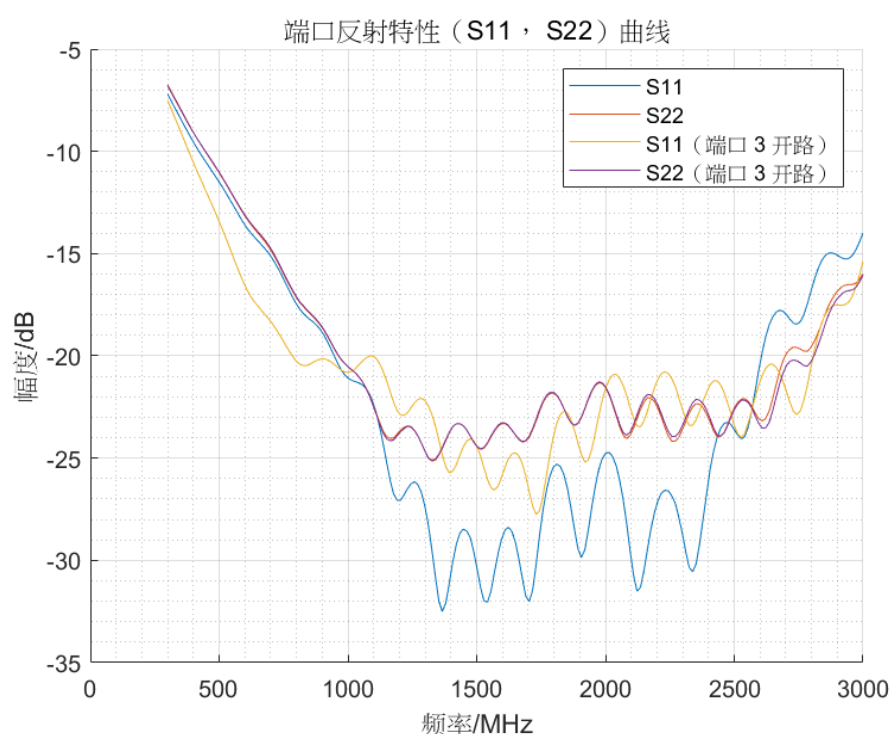
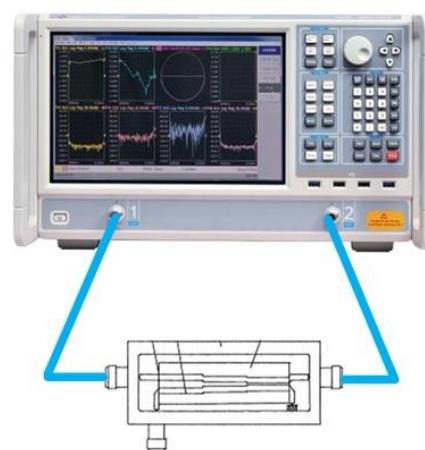


5. 根据隔离曲线和反射曲线，绘制定向度曲线（ $S_{43}$ ）。



6. 如右图连接仪器和待测定向耦合器，隔离端口 3 开路。测量二端口 S 参数，并存储数据（.s2p 文件）。

用 matlab 软件在一张图中绘制耦合器的端口反射特性（ $S_{11}$ ， $S_{22}$ ）曲线和任务 2 中的端口反射特性（ $S_{11}$ ， $S_{22}$ ）曲线，并与任务 2 中的结果进行对比，总结端口反射特性发生的变化，并定性分析产生这种变化的原因。（四条曲线画一张图）



总结：

由图可知，端口 3 开路或负载匹配时， $S_{22}$  的变化较小，两条曲线几乎重合。 $S_{11}$  曲线则变化较大，端口 3 开路时， $S_{11}$  曲线明显大于端口 3 接匹配负载时。

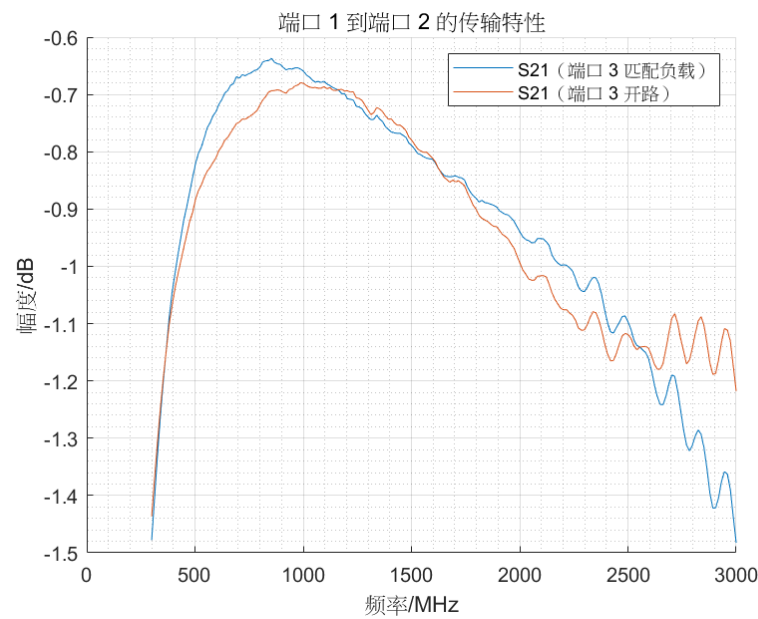
原因分析：

当端口 3 连接到匹配负载时，所有从端口 1 传输至端口 3 的功率都会被该匹配负载所吸收；若端口 3 处于开路状态，所有从端口 1 传输至端口 3 的功率都会被反射回去。端口 2 与端口 3 之间是隔离的，而端口 1 与端口 3 之间是相互耦合的。在测量  $S_{22}$  参

数时，端口 2（隔离端）的匹配状态对反射系数的测量结果没有影响；而在测量 S11 参数时，端口 3 作为耦合端，如果端口 3 是开路的，那么电磁波会被反射回端口 1，导致 S11 值增加。

根据理论知识，说明端口 3 开路 and 接匹配负载，对从端口 1 到端口 2 的传输特性是否有明显影响，并说明原因

实测文件为 s21-2.s2p



没有明显影响,原因如下:

当端口 3 与匹配负载相连时，端口 1 发送至端口 3 的所有功率均被该负载完全吸收；若端口 3 未连接任何负载而处于开路状态，则端口 1 发送至端口 3 的所有功率将完全反射回源点。在这种情况下，如果将端口 3 看作输入端，那么端口 2 相对于端口 3 是隔离端，而端口 1 则是耦合端，这意味着端口 3 的状态对于从端口 1 到端口 2 的传输特性影响甚微。

定向耦合器的设计特点，包括其对称性以及无源可逆网络的特性，确保了信号传输的稳定性和一致性。因此，无论端口 3 是开路还是连接匹配负载，这些状态的变化都不会显著影响从端口 1 到端口 2 的传输特性。

在定向耦合器中，信号主要沿着预定路径传输，即直接从端口 1 传输到端口 2，而端口 3 的状态不会对这一主要传输路径造成干扰。此外，定向耦合器的高隔离度和方向性设计也确保了从端口 1 到端口 2 的信号传输效率是经过优化的，同时从端口 1 到端口 4 的信号传输被有效隔离。因此，无论端口 3 是开路还是连接匹配负载，其状态变化都不会对从端口 1 到端口 2 的传输特性产生显著影响，从而确保了测量结果的精确性和可靠性。

### 三、附件（程序清单）

```
clear;clc;

S21dc2=load('S21dc2.s2p');
f=S21dc2(:,1);
S11=S21dc2(:,2)+1i*S21dc2(:,3);
S21=S21dc2(:,4)+1i*S21dc2(:,5);
S12=S21dc2(:,6)+1i*S21dc2(:,7);
S22=S21dc2(:,8)+1i*S21dc2(:,9);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%绘图%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure();
grid on;grid minor;
hold on;
plot(f/1e6,20*log10(abs(S11)));
plot(f/1e6,20*log10(abs(S21)));
plot(f/1e6,20*log10(abs(S22)));
title('耦合器的传输特性（S21）曲线和端口反射（S11， S22）曲线');
legend('S11','S21','S22');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('幅度/dB');
S31dc2=load('S31dc2.s2p');
f_31=S31dc2(:,1);
S11_31=S31dc2(:,2)+1i*S31dc2(:,3);
S21_31=S31dc2(:,4)+1i*S31dc2(:,5);
S12_31=S31dc2(:,6)+1i*S31dc2(:,7);
S22_31=S31dc2(:,8)+1i*S31dc2(:,9);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%绘图%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure();
grid on;grid minor;
hold on;
plot(f/1e6,20*log10(abs(S21_31)));
plot(f/1e6,20*log10(abs(S22_31)));
title('耦合器的耦合特性（S31）曲线和端口反射（S33）曲线');
```

```

legend('S31','S33');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('幅度/dB');
S41dc2=load('S41dc2.s2p');
f_41=S41dc2(:,1);
S21_41=S41dc2(:,4)+1i*S41dc2(:,5);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%绘图%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure();
grid on;grid minor;
hold on;
plot(f/1e6,20*log10(abs(S21_41)));
title('耦合器的隔离特性 (S41) 曲线');
legend('S41');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('幅度/dB');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%绘图%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure();
grid on;grid minor;
hold on;
S43=S21_41./S21_31;
plot(f/1e6,20*log10(abs(S43)));
title('定向度曲线 (S43) ');
legend('S43');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('幅度/dB');
S21_2dc2=load('S21_2dc2.s2p');
f=S21_2dc2(:,1);
S11_2=S21_2dc2(:,2)+1i*S21_2dc2(:,3);
S21_2=S21_2dc2(:,4)+1i*S21_2dc2(:,5);
S22_2=S21_2dc2(:,8)+1i*S21_2dc2(:,9);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%绘图%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure();
grid on;grid minor;
hold on;
plot(f/1e6,20*log10(abs(S11)));
plot(f/1e6,20*log10(abs(S22)));
plot(f/1e6,20*log10(abs(S11_2)));
plot(f/1e6,20*log10(abs(S22_2)));
title('端口反射特性 (S11, S22) 曲线');
legend('S11','S22','S11 (端口 3 开路) ','S22 (端口 3 开路) ');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('幅度/dB');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%绘图%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure();
grid on;grid minor;
hold on;
plot(f/1e6,20*log10(abs(S21)));
plot(f/1e6,20*log10(abs(S21_2)));
title('端口 1 到端口 2 的传输特性');

```

```
legend('S21（端口 3 匹配负载） ', 'S21（端口 3 开路） ');  
xlabel('频率/MHz');  
ylabel('幅度/dB');
```