

东南大学微波与射频电路实验

实 验 报 告

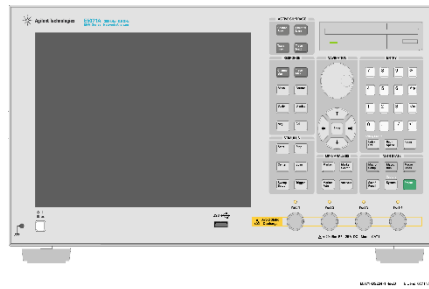
学号：04022212 姓名：钟源 2024 年 12 月 21 日

实验九 采用矢量网络分析仪测量滤波器的 S 参数

一、实验目的

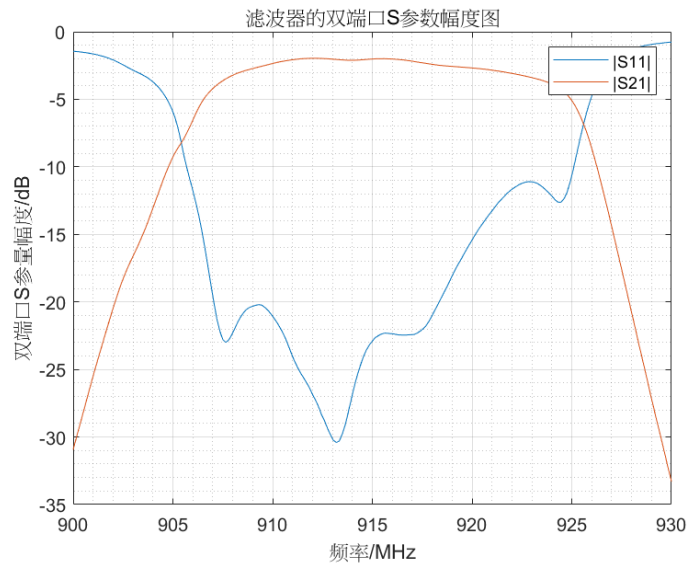
掌握使用矢量网络分析仪测量二端口网络 S 参数的方法。

二、实验内容

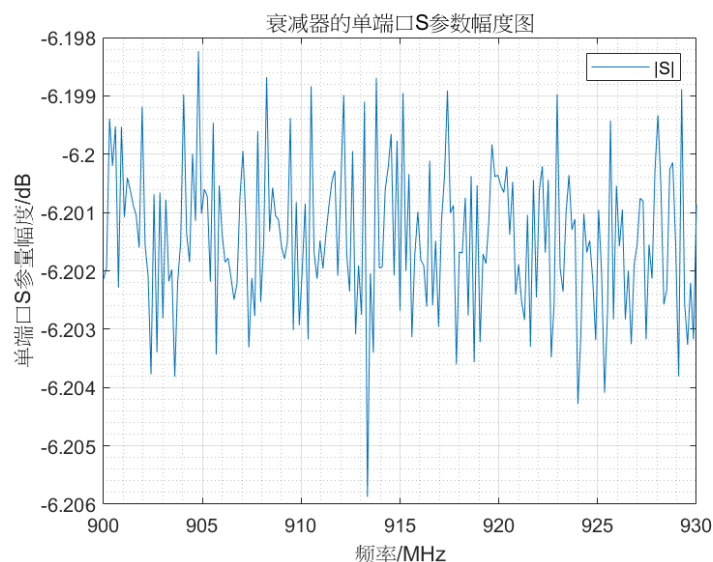


实验任务：

- 使用网络分析仪测量待测滤波器的双端口 S 参数（频率范围从 900MHz 至 930MHz），并存储数据（.s2p 文件，实部虚部格式）。



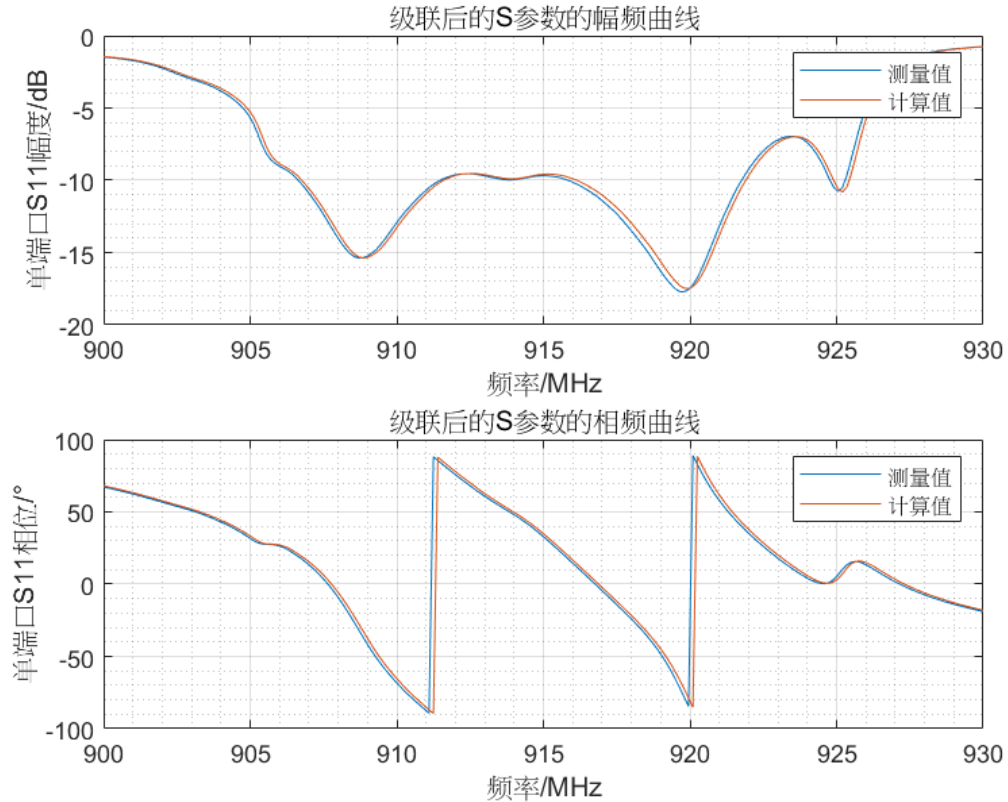
2. 使用网络分析仪测量不匹配负载（衰减器）的单端口 S 参数（频率范围从 900MHz 至 930MHz），并存储数据（.slp 文件，实部虚部格式）。观察测量的 S 参数曲线，说明衰减器的标称衰减值（dB）和衰减器一端开路时测量另一端反射系数模值（dB）的大致关系，并简单说明原因。



S 参数曲线的幅度大约在 -6dB 附近，是标称衰减值 -3dB 的两倍。

当衰减器的一端处于开路状态时，其负载阻抗变得非常大，趋近于无限大。在这种情况下，反射系数的模数接近 1，表明发生了全反射现象。由于衰减器具有匹配和互易的特性，电磁波在通过衰减器时，无论是入射还是反射，都会经历 3dB 的能量衰减。因此，当衰减器的一端开路时，测量另一端的反射系数模数，其值大约是衰减器标称衰减值的两倍。

3. 将不匹配负载连接到待测滤波器的 2 端口，使用网络分析仪测量滤波器 1 端口的单端口 S 参数，实部虚部格式。
4. 采用 Matlab 软件，计算将不匹配负载连接到滤波器 2 端口时，1 端口的单端口 S 参数，绘制 S 参数的幅频特性曲线和相频特性曲线，并与测量结果进行比较，说明产生差异的原因。（请务必将两张图绘制在一起）



观察到实验中实测的 S 参数值相对于理论计算值表现出轻微的超前现象。

原因:首先,理论计算值是基于分别对滤波器和衰减器的网络参数进行测量,然后将这些参数代入公式 $\Gamma_{in} = S_{11} + \frac{S_{12}^2 \Gamma_1}{1 - S_{22} \Gamma_1}$ 中,以计算出 1 端口的单端口 S 参数。相比之下,实测值是通过网络分析仪直接测量得到的。在这种情况下,由于测量的参考面在单独测量和整体连接测量之间存在一定的差异,这种差异会导致 S 参数的相应偏移。此外,不同的接口连接也可能引入轻微的测量误差。这些因素共同作用,导致了实测值与理论计算值之间的差异。

5. 本实验中用传输线连接待测元件,并进行了测量前的校准,结合理论知识说明校准在本实验中的作用。

答:在本实验中,通过传输线将待测元件与测量设备相连,并在正式测量之前进行了校准过程。校准的目的是为了消除传输线本身对测量结果的潜在影响,确保所获得的[S]参数能够准确反映待测元件的特性。若不执行校准步骤,所测量得到的[S]参数将包含传输线和待测元件串联后的总体效应,而非待测元件自身的特性。因此,校准步骤是重要的。

三、附件（程序清单）

```

clear;clc;
load LPF.mat;
load 3DB.mat;
load CAS2.mat;
f=LPF(:,1);
S11=LPF(:,2)+1i*LPF(:,3);
S21=LPF(:,4)+1i*LPF(:,5);
S12=LPF(:,6)+1i*LPF(:,7);
S22=LPF(:,8)+1i*LPF(:,9);

S_3db=DB(:,2)+1i*DB(:,3);
S_cas=CAS2(:,2)+1i*CAS2(:,3);
phi_meas=get_phi(S_cas);

gamma_Z1=S_3db;
gamma_cal=S11+S12.*S12.*gamma_Z1./(1-S22.*gamma_Z1);
phi_cal=get_phi(gamma_cal);

figure();
plot(f/1000000,20*log10(abs(S11)));
hold on;
plot(f/1000000,20*log10(abs(S21)));
grid on;grid minor;
legend('|S11|','|S21|');
title('滤波器的双端口 S 参数幅度图');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('双端口 S 参量幅度/dB');

figure();
plot(f/1000000,20*log10(abs(S_3db)));
grid on;grid minor;
legend('|S|');
title('衰减器的单端口 S 参数幅度图');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('单端口 S 参量幅度/dB');

figure();
subplot(2,1,1);
plot(f/1000000,20*log10(abs(S_cas)));%测量值
hold on;
plot(f/1000000,20*log10(abs(gamma_cal)));%计算值
grid on;grid minor;
legend('测量值','计算值');
title('级联后的 S 参数的幅频曲线');
xlabel('频率/MHz');
ylabel('单端口 S11 幅度/dB');

subplot(2,1,2);
plot(f/1000000,phi_meas);%测量值

```

```
hold on;  
plot(f/1000000,phi_cal);%计算值  
grid on;grid minor;  
legend('测量值','计算值');  
title('级联后的 S 参数的相频曲线');  
xlabel('频率/MHz');  
ylabel('单端口 S11 相位/°');  
  
function phi=get_phi(S)  
    S_abs=abs(S);  
    phi_e=S./S_abs;  
    phi=-1i.* log(phi_e) ;  
    phi=real(phi.*(180/2/pi));  
end
```