

东南大学微波与射频电路实验

实 验 报 告

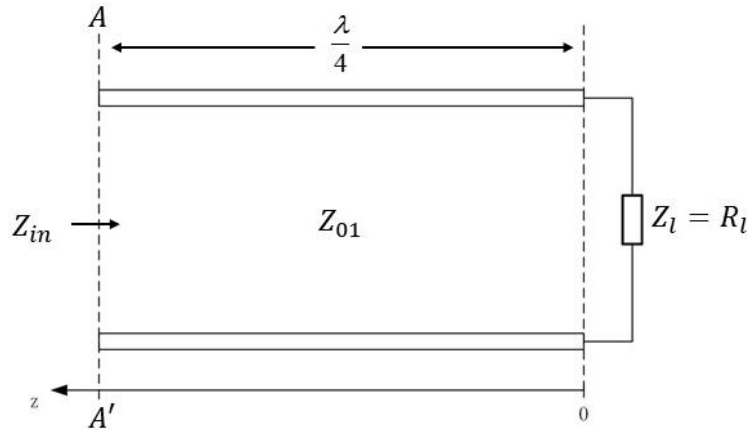
学号：04022212 姓名：钟源 2024 年 10 月 26 日

实验二 四分之一波长阻抗变换器的计算机仿真分析

一、实验目的

掌握四分之一波长阻抗变换器的原理，仿真单节四分之一波长阻抗变换器的频率特性。

二、实验原理



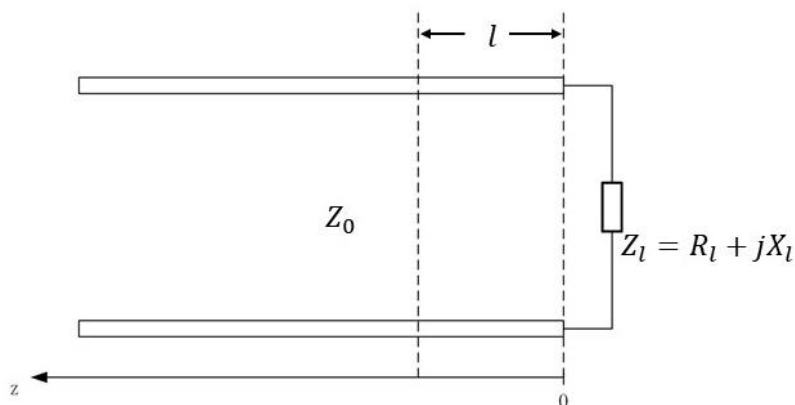
已知无耗传输线终端负载 Z_l 为纯实数，传输线长度为 $\frac{\lambda}{4}$ ，特征阻抗为 Z_{01} 。

1. 写出 A-A' 处向负载看去的输入阻抗 Z_{in} 的表达式。

$$Z_{in}(z) = Z_{01} \frac{R_l \cos\left(\frac{2\pi z}{\lambda}\right) + j Z_{01} \sin\left(\frac{2\pi z}{\lambda}\right)}{Z_{01} \cos\left(\frac{2\pi z}{\lambda}\right) + j R_l \sin\left(\frac{2\pi z}{\lambda}\right)} \quad \text{令 } z = \frac{\lambda}{4} \quad \frac{Z_{01}^2}{R_l}$$

2. 当要求 $Z_{in} = Z_0$ 时，写出 $\frac{\lambda}{4}$ 阻抗变换器的特征阻抗 Z_{01} 的表达式。

$$Z_{01} = \sqrt{R_l Z_0}$$



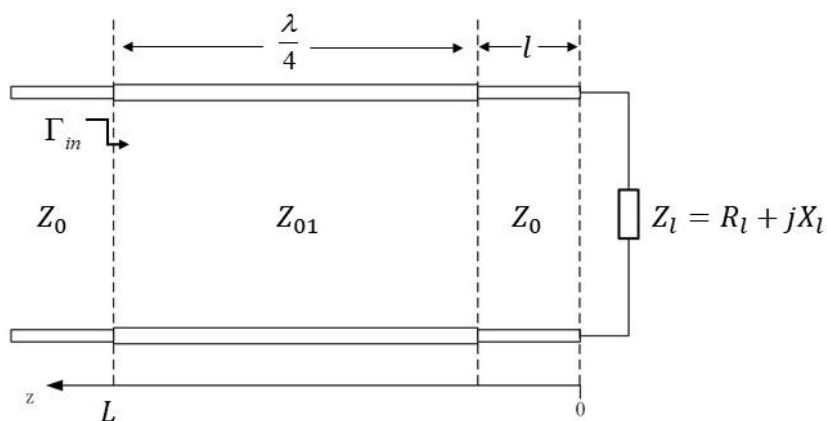
3. 当无耗传输线终端负载 Z_l 为复数时,求第一电压波节点或波腹点的位置 l 的表达式,并写出该处输入阻抗的表达式。

当 $X_l > 0$ 时,第一电压波腹点位置 $z_{\max} = -\frac{\lambda}{4\pi} \phi_l$,该处输入阻抗 $Z_{in} = \rho Z_0$

当 $X_l < 0$ 时,第一电压波腹点位置 $z_{\max} = -\frac{\lambda}{4\pi} \phi_l + \frac{\lambda}{4}$,该处输入阻抗 $Z_{in} = Z_0 / \rho$

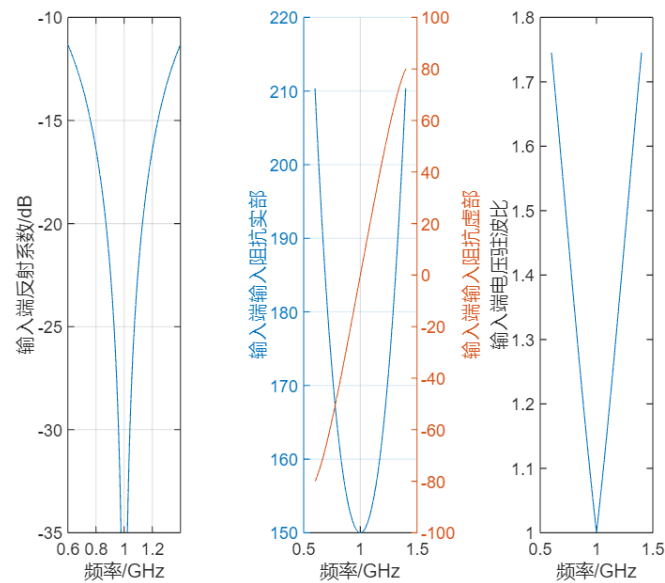
其中 ϕ_l 为终端反射系数的相位, ρ 为驻波比

三、实验内容

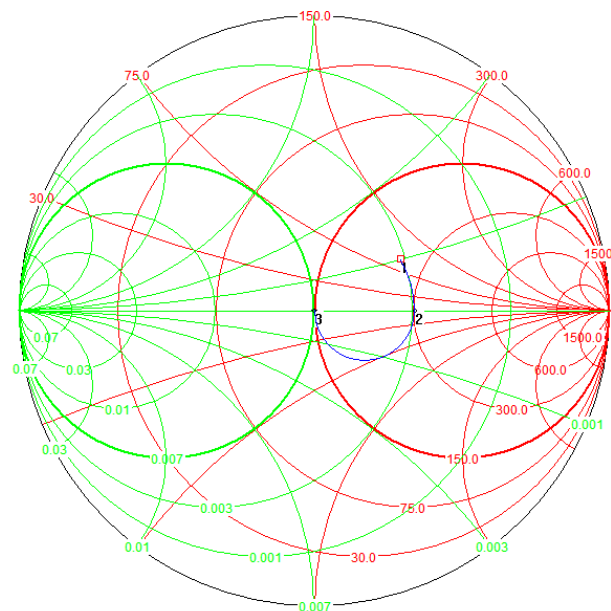


实验任务: 已知特性阻抗 $Z_0 = 150 \Omega$ 的均匀无耗传输线, 终端接有负载 $Z_l = R + jX = 250 + j100$, 中心频率为 1GHz, 工作频率范围为 0.6GHz 到 1.4GHz。

1. 采用 $\frac{\lambda}{4}$ 阻抗变换器实现中心频点的阻抗匹配，并利用 matlab 软件，计算传输线上 $z=L$ 处电压反射系数的模值、驻波比随频率变化的曲线。（频率间隔取 1MHz）
2. 在以上计算的基础上，利用 matlab 软件绘制传输线上 $z=L$ 处输入阻抗 Z_{in} 的实部和虚部随频率变化的曲线。（频率间隔取 1MHz）



3. 利用圆图小程序，绘制中心频点阻抗变换的轨迹。



四、实验结果分析与总结

1. 当频率接近 1GHz 的中心频率时，两段传输线的电长度会接近一个特定的值，得输入端的阻抗能够匹配。在这种情况下，输入阻抗的实部会接近传输线的特征阻抗，而虚部则会接近 0。

2. 随着输入阻抗的虚部接近 0，输入端的驻波比（SWR）会接近 1，这意味着反射系数的模值会接近 0，表明阻抗匹配效果较好。

3. 在某个频率下，若要使终端接既含实部又含虚部的负载的传输线实现阻抗匹配，可以先接一段特征阻抗与待处理传输线相同的传输线，使得输入阻抗的虚部为 0，再接一段特定长度的特征阻抗不同（视负载是容性还是感性而定）的传输线，最终使得待处理传输线工作在行波状态

五、本实验中，如果中心频率为 1Hz，频率范围为 0.6Hz–1.4Hz，计算和绘图结果是否有不同？简单回答原因（20 字以内）。

没有不同，因为电长度没有变化，不会影响计算与绘图结果。

六、附件（程序清单）

```
%%%%%%%%%%实验条件%%%%%%%%%%
Z0=150;
ZL=250+100i;
%%%%%%%%%%公式代入%%%%%%%%%%
%1.终端反射系数
gamma_0=(ZL-Z0)/(ZL+Z0);
%2.终端驻波比
ruo0=abs((1+abs(gamma_0))/(1-abs(gamma_0)));
%3.Z01=sart(Z0*R1),代入 R1=Z0*ruo0
Z01=Z0*sqrt(ruo0);
%4.反射系数相角
phase_0=angle(gamma_0);
%5.电长度 l1
electrical_length_01=phase_0/2;
%6.电长度 l2
electrical_length_02=pi/2;
%7.频率范围
relative_f=0.6:0.00001:1.4;
%8.电长度换算的角度值
theta1=electrical_length_01*relative_f;
```

```

theta2=electrical_length_02*relative_f;
%9. 计算输入阻抗
Zin2=zeros(1,length(relative_f));
%9. 计算变量分布
for k=1:length(relative_f)
    Zin2(k)=F1(Z01, theta2(k), F1(Z0, theta1(k), ZL));
end
gamma=(Zin2-Z0)./(Zin2+Z0);

%%%%%%%%%%%%绘制图像%%%%%%%%%%%%
%输入端反射系数
figure(1);
subplot(1,3,1);
plot(relative_f,20*log10(abs(gamma)));
xlabel('频率/GHz');
ylabel('输入端反射系数/dB');
axis([0.6,1.4,-35,-10]);
grid on;
%输入端输入阻抗实部虚部
subplot(1,3,2);
hold on;
yyaxis left
plot(relative_f,real(Zin2));
xlabel('频率/GHz');
ylabel('输入端输入阻抗实部');
yyaxis right;
plot(relative_f,imag(Zin2));
xlabel('频率/GHz');
ylabel('输入端输入阻抗虚部');
grid on;
%输入端电压驻波比
subplot(1,3,3);
abs_rou=abs((1+abs(gamma))./(1-abs(gamma)));
plot(relative_f,abs_rou);
xlabel('频率/GHz');
ylabel('输入端电压驻波比');

function Zin =F1(Z0, theta, ZL)
Zin=Z0.*(ZL*cos(theta)+Z0*sin(theta)*1i)./(Z0*cos(theta)+ZL*sin(theta)*
1i);
end

```