

《射频电路基础》实验报告

班级：通信 1802 姓名：刘增运 学号：1808030220 指导老师：蔡丽萍 舒若

实验二 传输线理论实验

一、实验目的

- 1、掌握传输线分析时的射频工程师法则
- 2、掌握传输线连接的典型终端条件
- 3、熟悉 Tlines-Ideal、Source-Time Domain, Simulation-Transient 三个库的控件使用

二、实验内容

- 1、利用 LC 模型分割仿真传输线
- 2、测量传输线短路、开路时的阻抗特性
- 3、验证四分之一波长传输线性质

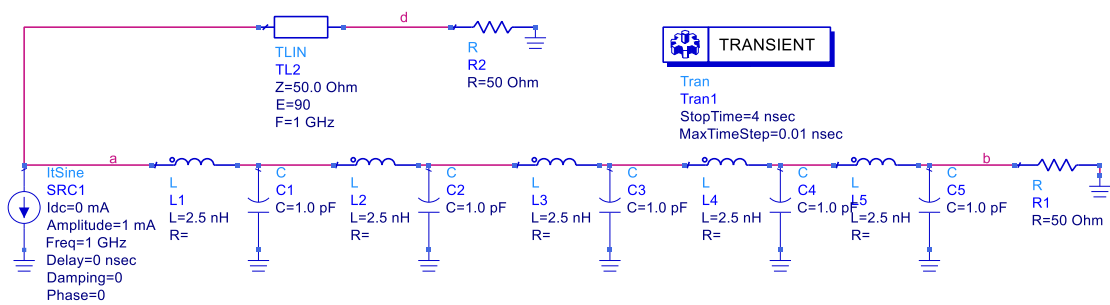
三、实验所需软件和文档

- 1、ADS2011

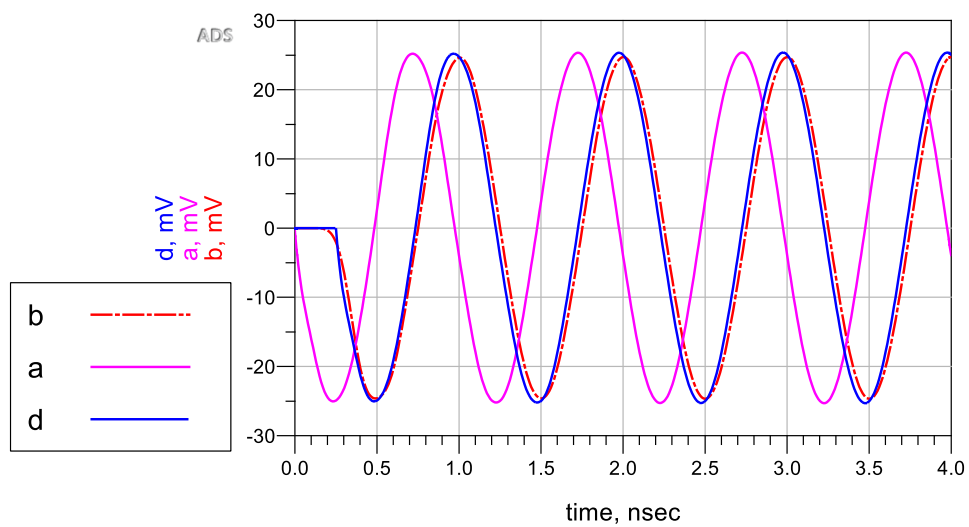
四、实验步骤

1、对上面第 2 个电路，假设信号传输速度为 $2 \times 10^8 m/s$ ，请结合课件，验证射频工程师法则。首先计算传输线等效电路模型中单位长度的 L 和 C 值，然后将 $\frac{\lambda}{4}$ 长的传输线分割成 5 个 $\frac{\lambda}{20}$ 长的 LC 模型，观察输入输出波形。再分解为 2 个 $\frac{\lambda}{8}$ 的 LC 模型，观察输入输出波形。得出结论。（下图是一个示意电路，数值没给出）。

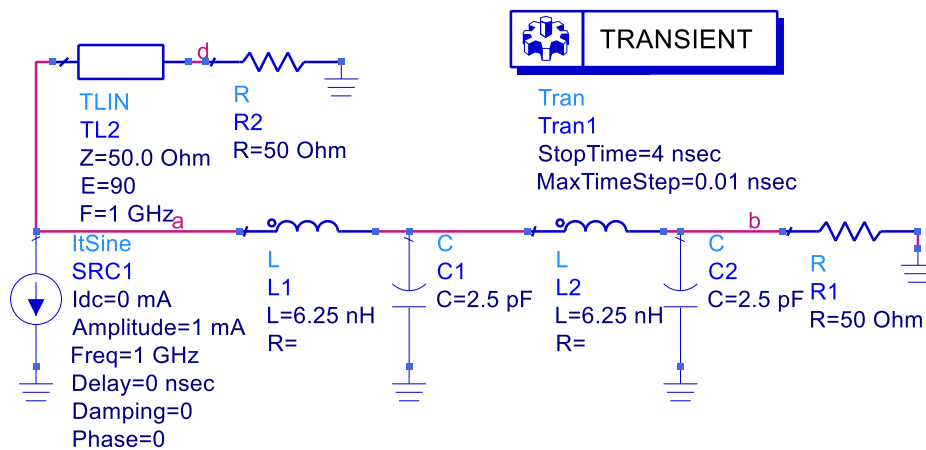
$\lambda/20$ 等效电路图:



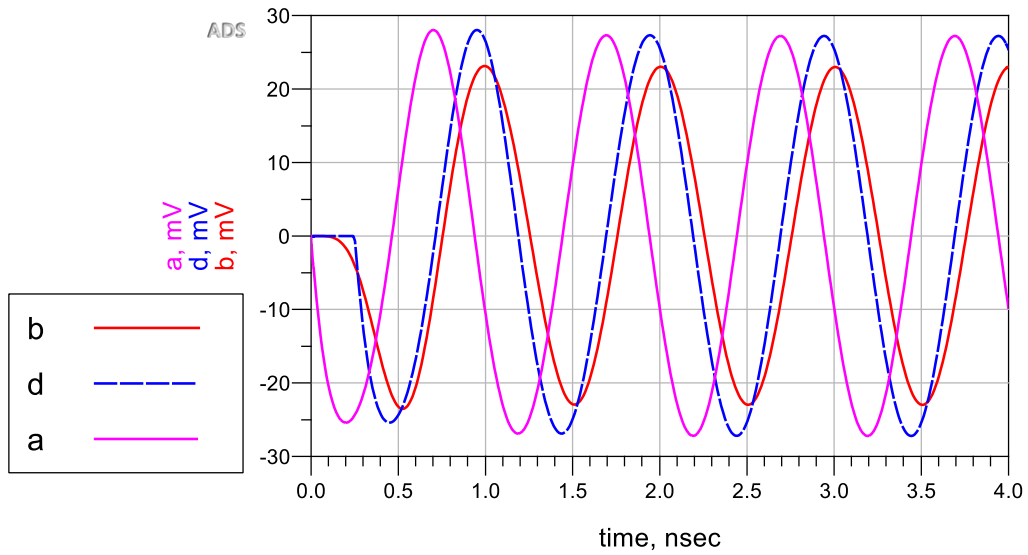
$\lambda/20$ 等效仿真图:



$\lambda/8$ 等效电路图:



$\lambda/8$ 等效仿真图：



分析与结论：

本实验中首先应该理解传输线电长度的定义，即 $\frac{d}{\lambda} \times 360^\circ$ ，所以不难理解 $E=90$ 对应 $\frac{\lambda}{4}$ 长度的传输线。

再计算得知信号波长 $\lambda=0.2\text{m}$ ，由 $\sqrt{\frac{L}{C}} = Z_o = 50\Omega$ 和 $\frac{1}{\sqrt{LC}} = V_p = 2 \times 10^8 \text{m/s}$ 计算得出单位长度传输线等效成的 LC 值分别为 $L=250\text{nH/m}$ 、 $C=100\text{pF/m}$ 。

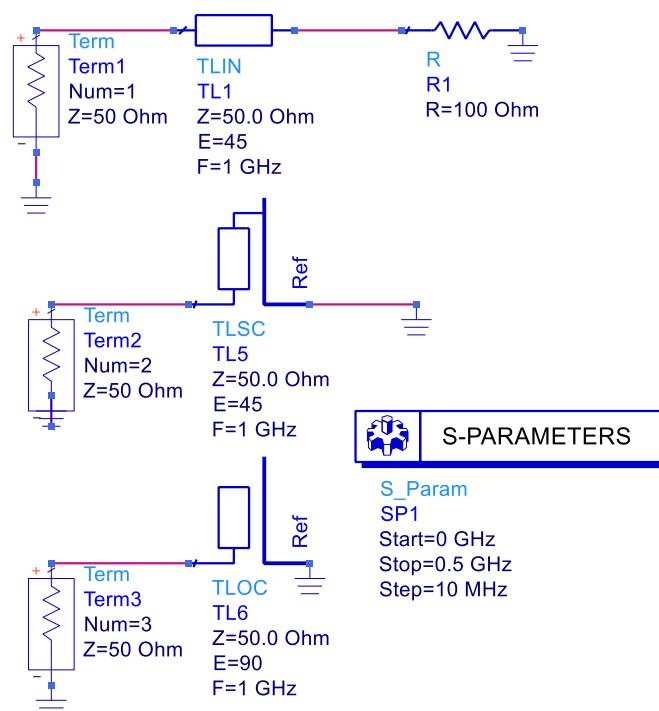
实验给出的传输线长度为 $\frac{\lambda}{4}$ ，切割成五段时，每段长度为 $\frac{\lambda}{20}$ ，对应每个 LC 分别为 $L=2.5\text{nH}$ 和 $C=1\text{pF}$ ；切割成两段时，每段长度为 $\frac{\lambda}{8}$ ，对应每个 LC 分别为 $L=6.25\text{nH}$ 和 $C=2.5\text{pF}$ 。

按照上述计算结果搭建电路，分别进行仿真，并与未等效的传输线情况下进行波形比较，可以看出：切割成五段时，大致能等效成原传输线传输的情况，切割成两段时，信号失真严重，无法近似等效成原始传输线情况。

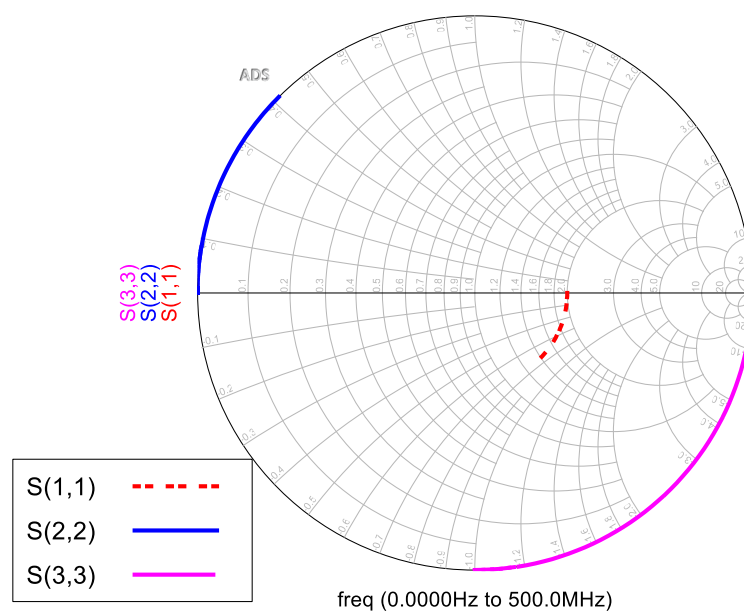
射频工程师法则指出，射频条件下应当尽量切割成 $\frac{\lambda}{20}$ 每段甚至更小，但是切割仅起到近似替代的作用，无法完全模拟原始传输线传输的状态。

2、验证典型传输线终端条件（开路、短路）的阻抗变化规律。组建以下电路，相关控件在 Tlines-Ideal 库中，用史密斯圆图观察 S(1,1)、S(2,2)、S(3,3)，结合课件给出结论。

电路图：



史密斯圆图：



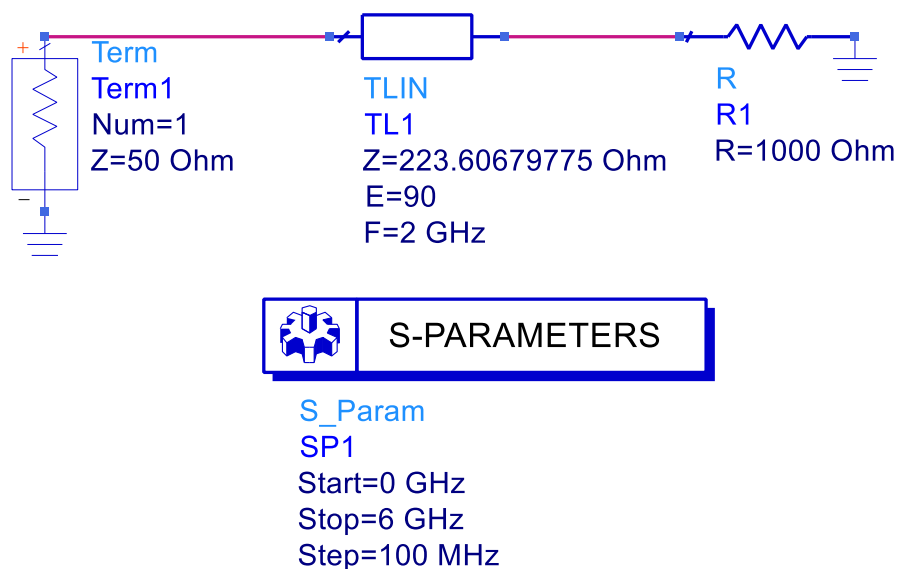
结果分析:

在第一个电路中，负载电阻为 100Ω ，归一化后 $z_{in}=2$ ，所以在史密斯圆图上起点为 $z_{in}=2$ 处，传输线为 $E=45$ 、 $Z=50\Omega$ ，扫频轨迹以 $z_{in}=1$ 为圆心顺时针旋转 45° 。

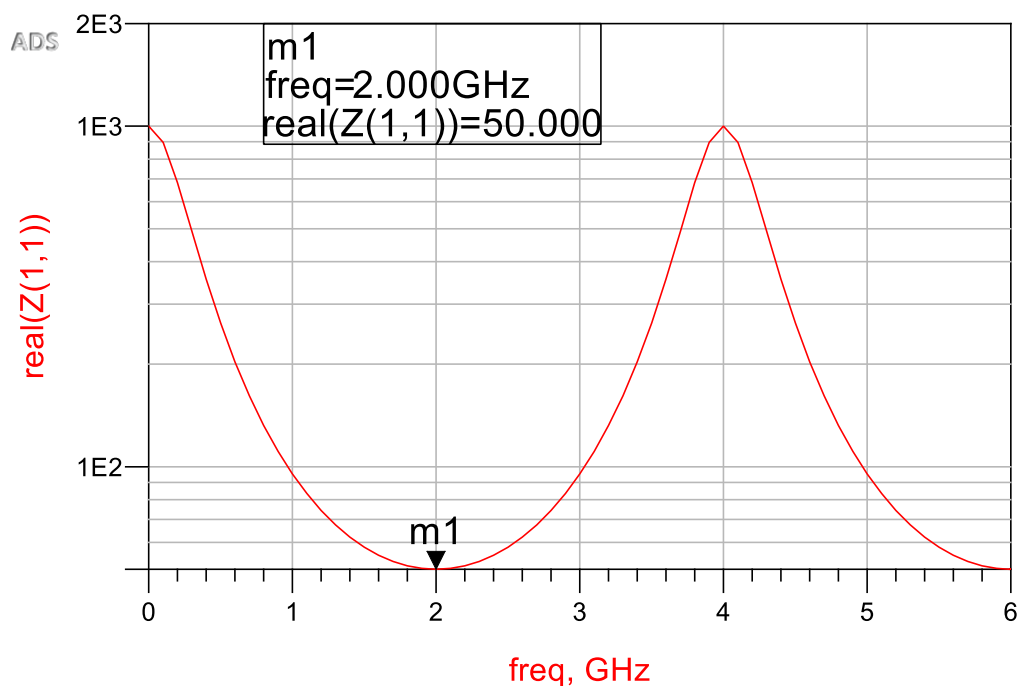
同理，第二个电路连接终端短路传输线，第三个电路终端开路传输线，所以在史密斯圆图上起点分别为 $z_{in}=0$ 和 $z_{in}=\infty$ ，扫频轨迹同样以 $z_{in}=1$ 为圆心分别顺时针旋转 45° 与 90° 。

3、组建下图电路，假设 TERM 右边是一个天线系统，工作在 2GHz，请查看其阻抗中的电阻部分(电抗为 0)曲线(电阻轴用对数坐标，可以看得更清楚)，然后改变传输线特性阻抗，使其 TERM 向右看的电阻接近 50 欧姆。

电路图:



仿真图：

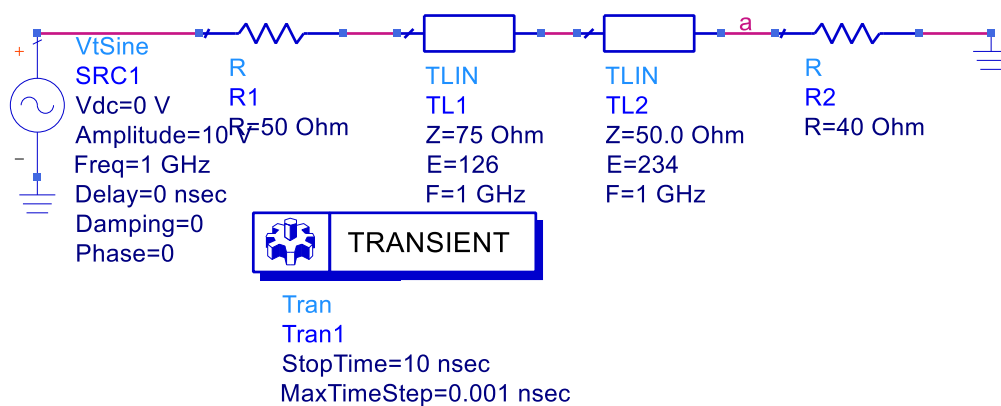


实验结论：

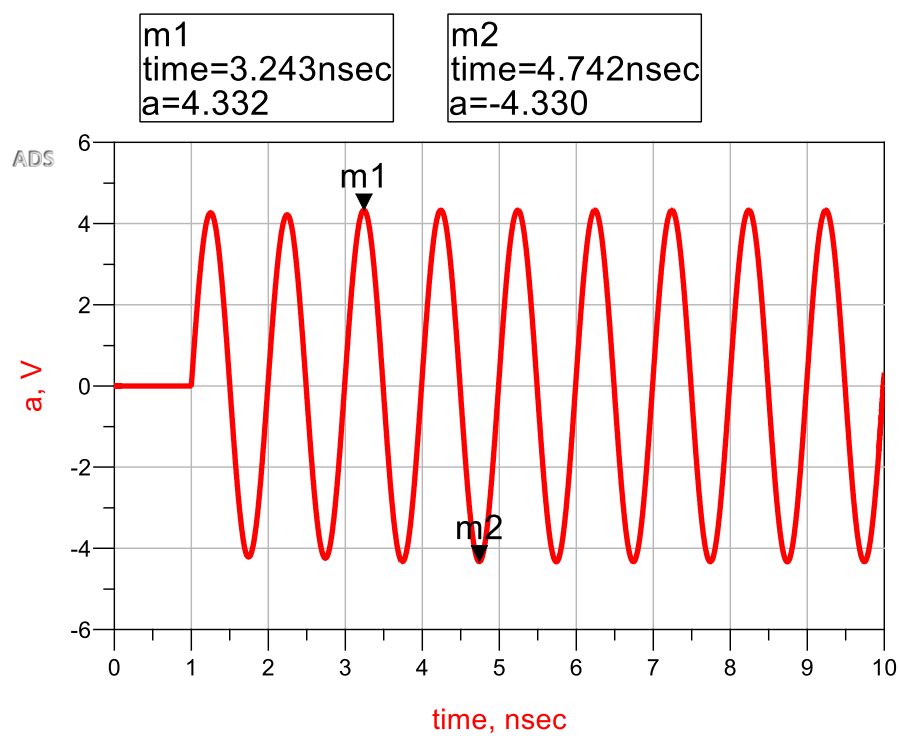
在典型终端条件相关内容学习时，得知对于 $\frac{\lambda}{4}$ 的传输线，有 $z_{in} = \frac{z_0^2}{z_L}$ ，代入此题目中给定的 $Z_L=1000\ \Omega$ 和 $Z_{in}=50\ \Omega$ ，计算得知 $Z_0=223.6$ 欧姆，将传输线参数修改后进行仿真，并将仿真结果在对数坐标轴下观察，可以明显看出，2GHz 时天线系统的阻抗为 $50\ \Omega$ （M1 点标注）。

4、仿真求解电路图传输到负载的功率（教材 2.28 题）

电路图：



仿真结果:



实验结论:

通过搭建电路模型,进行仿真,得到负载电阻两端电压为最大振幅 $V=4.332V$

的正弦波。由 $P = \frac{1}{2} \cdot \frac{V^2}{R}$ 计算得出负载电阻消耗的功率为 $P=0.235W$ 。