

东南大学电工电子实验中心

实 验 报 告

课程名称: 电路实验

第 6 次实验

实验名称: 黑箱电路元件判别及参数测试

院（系）： 电子科学与工程

专 业： 电子信息大类（无锡）

姓 名: 孙寒石 学 号: D2219117

实 验 室: 104 实验组别: 17

同组人员： 张扬 实验时间： 2020 年 9 月 17 日

评定成绩: 审阅教师:

一、实验目的

1. 运用欧姆定律和元件的阻抗特性解决实际问题。
2. 学会根据需求选择激励源的类型、设定频率的高低，简化测量过程、提高测量精度。
3. 应用 Multisim 软件工具仿真，研究双端口无源网络电路中电阻、电感或者电容组成的不同的电路结构的幅频和相频特性。
4. 尝试从分析任务要求着手，应用已经学习过的知识，寻找解决问题的方法；同时也希望拓宽视野，体验解决问题方法的多样性。学习体验“分析任务-调查研究-设计电路-构建平台-实验测试-总结分析”的科学研究方法。

二、实验分析指导

1) 对直流信号：

电阻： $V \neq 0$ $I \neq 0$

电容： $V \neq 0$ $I = 0$

电感： $V \approx 0$ $I \neq 0$

2) 若阻抗与交流激励的频率无关，则电路为阻性。

3) 若支路包含电感，电感在直流激励下的阻抗近似为零，阻抗随交流激励信号的频率提高而变大，电流相位滞后于电压；

4) 若支路包含电容，电容在直流激励下的阻抗为无穷大，随交流激励信号的频率提高而变小，电流相位超前于电压；

5) 若交流激励信号的频率从低（0Hz）到高加至串联的两个元件之间，阻抗从某一个定值开始增加，电流与电压的相位差从 0 开始变大，则其中一个是感性，另一个是阻性，频率为 0 时的阻抗值即为电阻值（包含电感的电阻）。

6) 若交流激励信号的频率从低到高加至串联的两个元件之间，阻抗从无穷大开始趋近某一个定值，则其中一个是容性，另一个是阻性，趋近的阻抗定值即为电阻值。

7) 若交流激励频率变化时，电流与电压的相位接近 90° ，则串联的两个元件中没有阻性元件。

三、实验内容

通过测试判断“Y”、“ Δ ”型网络中各元件的性质，计算元件的参数。（ Z_1 、 Z_2 、 Z_3 为 R、L、C 中的某一元件。）

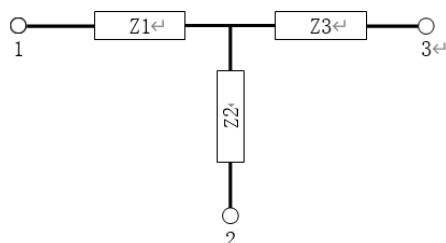


图 1 黑箱电路“Y”型网络

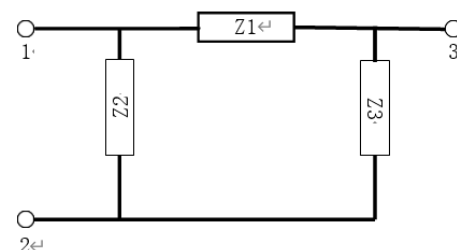


图 2 黑箱电路“ Δ ”网络

实验要求

- (1) 分析电路，给出解决问题的思路，提出实验方案；
- (2) 制定实验计划，明确各步骤中施加激励的方式、激励类型和状态，电路的连接方式，需要测量的参数等；
- (3) 利用 Multisim 软件，根据实验信号的波形、参数，判定元件性质、计算元件参数。

我选择了黑箱电路“Y”型网络进行实验。

1、判断元件性质方法、步骤

① 首先，用交流激励信号源串联一个电流表之后，连接 O1,O2； O2,O3； O3,O1 的两端，调整频率，会出现以下四种情况：

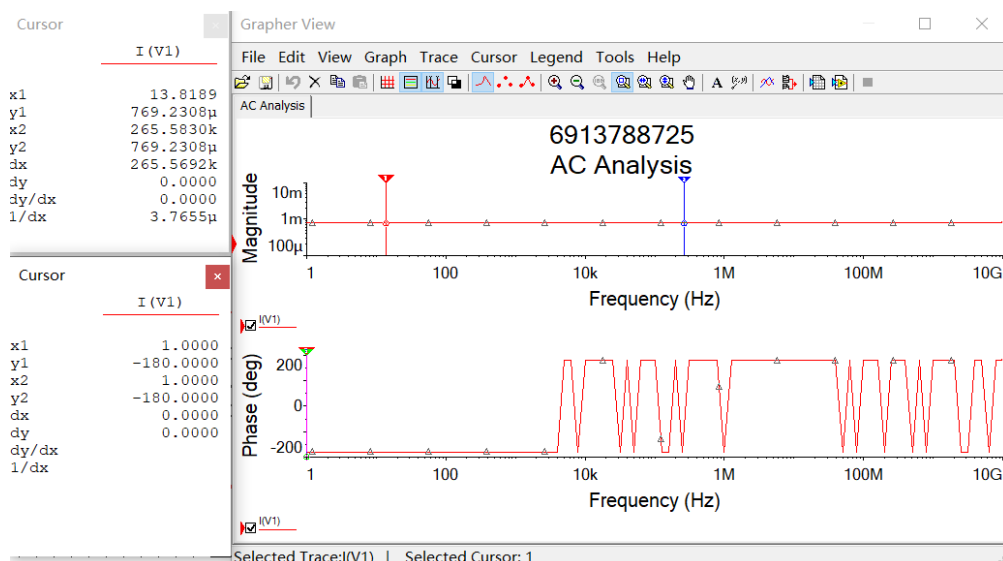
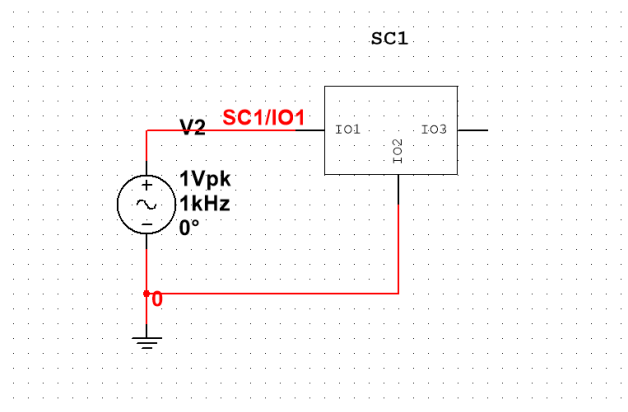
I) 若频率无论如何变化，电流表示数不变，则阻抗与交流激励的频率无关，则电路为阻性。

II) 若交流激励信号的频率从低到高时，阻抗从无穷大开始趋近某一个定值，则其中一个为容性，另一个是阻性，趋近的阻抗定值即为电阻值。

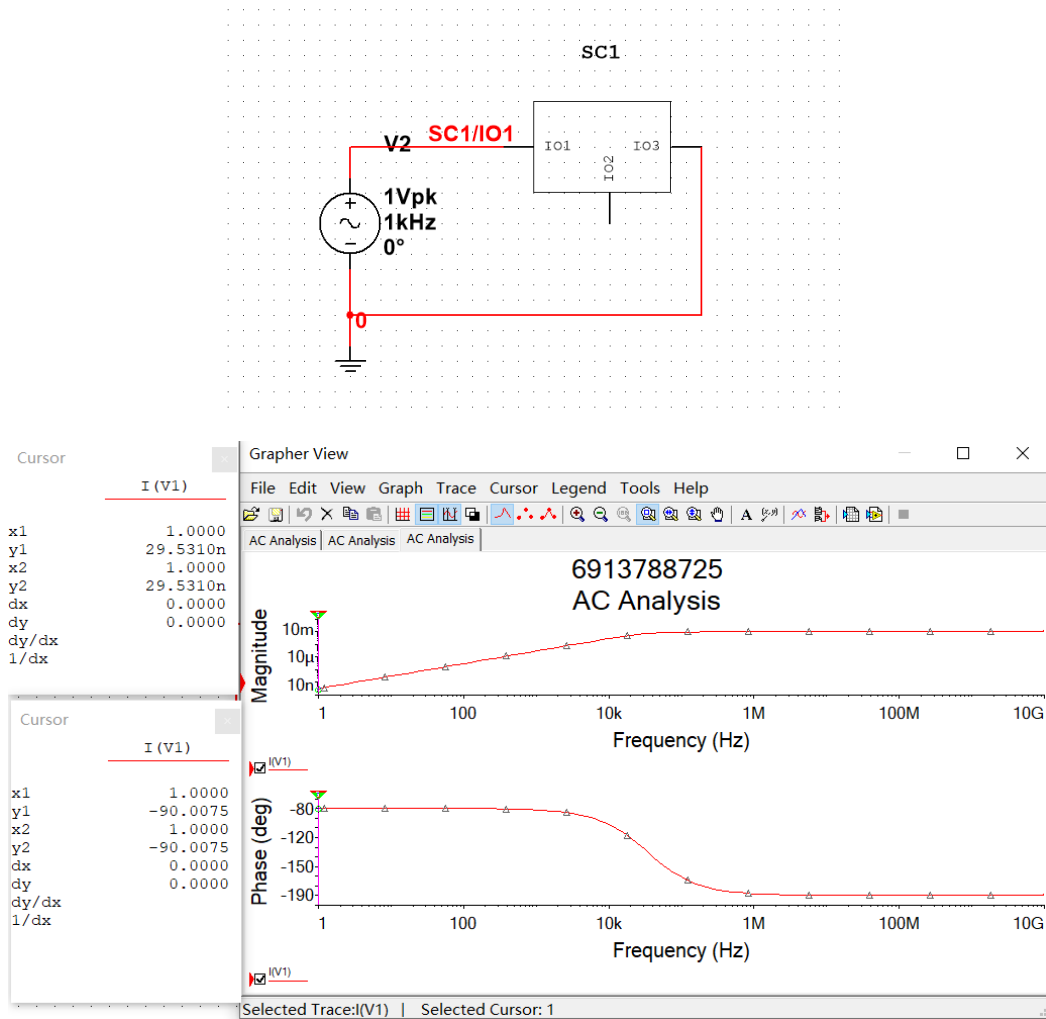
III) 若交流激励频率变化时，电流与电压的相位接近 90° ，则串联的两个元件中没有阻性元件。

IV) 若交流激励信号的频率从高到低时，阻抗从无穷大开始趋近某一个定值，则其中一个为感性，另一个是阻性，趋近的阻抗定值即为电阻值。

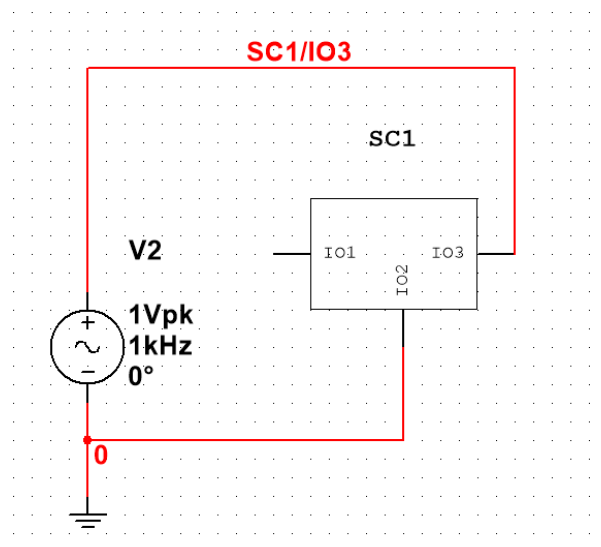
② 根据三个端口的情况，可以推出三个元件的性质，下面以我选择的“Y”型电路为例子进行具体判断。

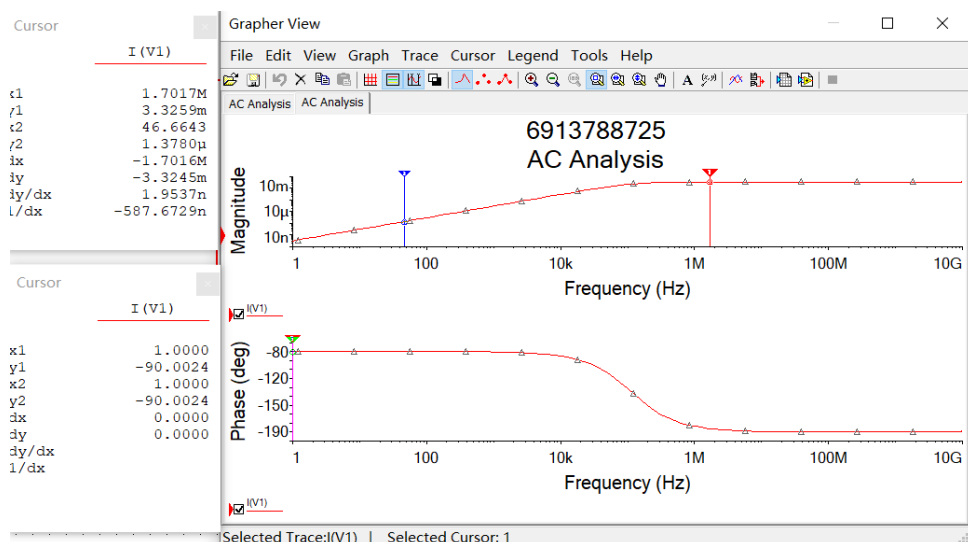


O1,O2 端口：从图中可以看出，频率无论如何变化，电流表示数不变，则阻抗与交流激励的频率无关，则 **O1,O2** 端口电路为阻性，即 **Z1, Z2** 均为电阻。



O1,O3 端口：从图中可以看出，交流激励信号的频率从低到 high 时，阻抗从无穷大开始趋近某一个定值，则其中一个是容性，另一个是阻性，趋近的阻抗定值即为电阻值，即 **Z1** 为电阻，**Z3** 为电容。





02,03 端口：虽然我们从前两个图已经得到了结论，但是我们可以通过这次来进一步验证我们的结论。从图中可以看出，交流激励信号的频率从低到高时，阻抗从无穷大开始趋近某一个定值，则其中一个是容性，另一个是阻性，趋近的阻抗定值即为电阻值，即 Z2 为电阻，Z3 为电容。

综上所述，Z1,Z2 为电阻，Z3 为电容。

2、测量元件参数方法、步骤

1) 测量方法

从前面的实验中，我们得知，Z1,Z2 为电阻，Z3 为电容。下面将测量它们的具体参数。

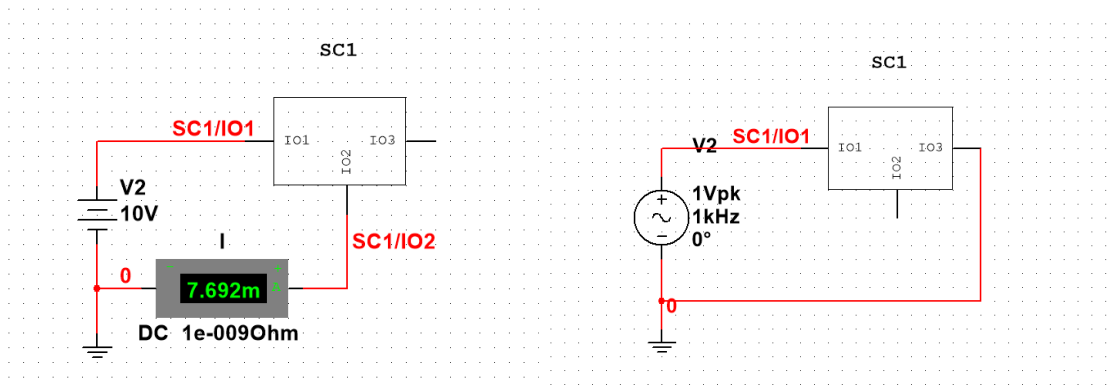
① 首先，我们用一个直流电源连接端口 01,02，并用电流表测得电流，根据公式 $Z_1 + Z_2 = \frac{U}{I}$ ，可以得到 Z1+Z2 的值。

② 使用交流激励信号源，并使用 AC analysis 功能，增大频率，阻抗从无穷大开始趋近某一个定值。我们观察频率充分大的时候，即电流 I 几乎不变的时候，其电流值。利用公式 $Z_1 = \frac{U}{I} (\frac{1}{\omega C} \approx 0)$ ，可以计算出 Z1 的值，进一步计算出 Z2 的值。

③ 沿用②的电路图，在 AC analysis 中调整频率，使得相位为 -135° ，电流为②中的 0.707 倍。此时，正好达到容抗和电阻值相等的情况，记录此时的频率值。又有公式 $X_C = X_{R1}, Z_1 = \frac{1}{\omega C}$ ，因为 Z1 在②中已经求得，所以我们可以利用记录的频率值来求得 C 的大小。

2) 测量电路

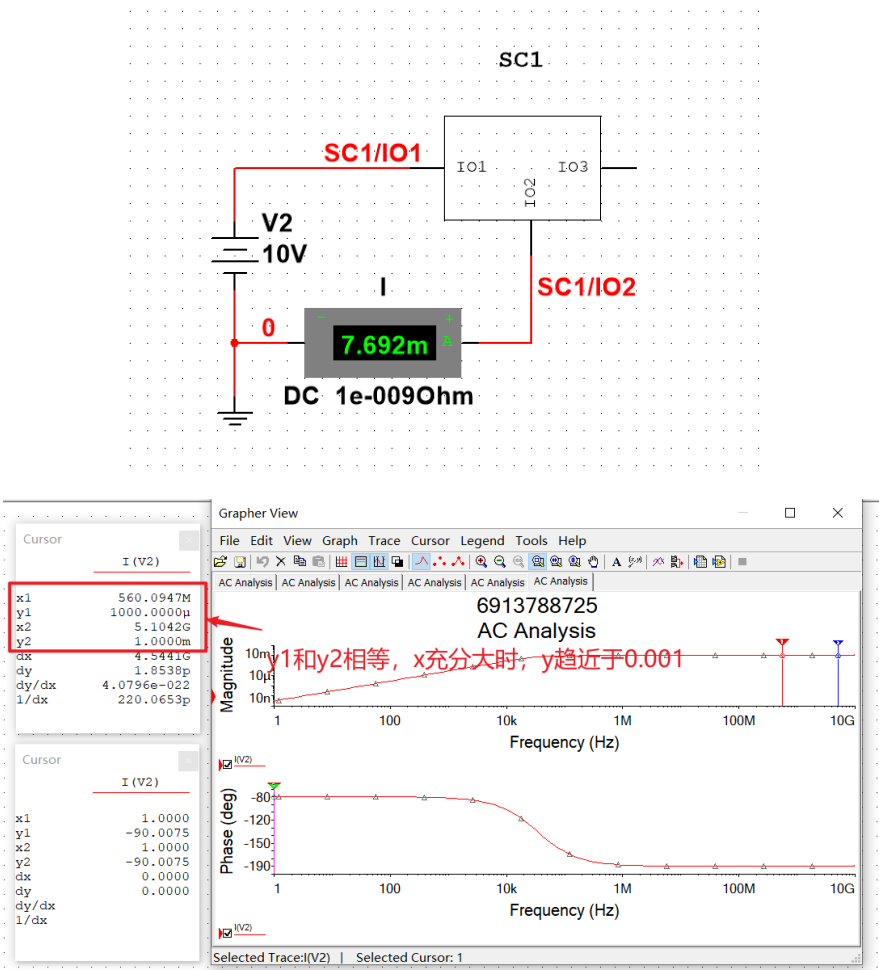
①所使用的电路图是下图左，②③所使用的是下图右。

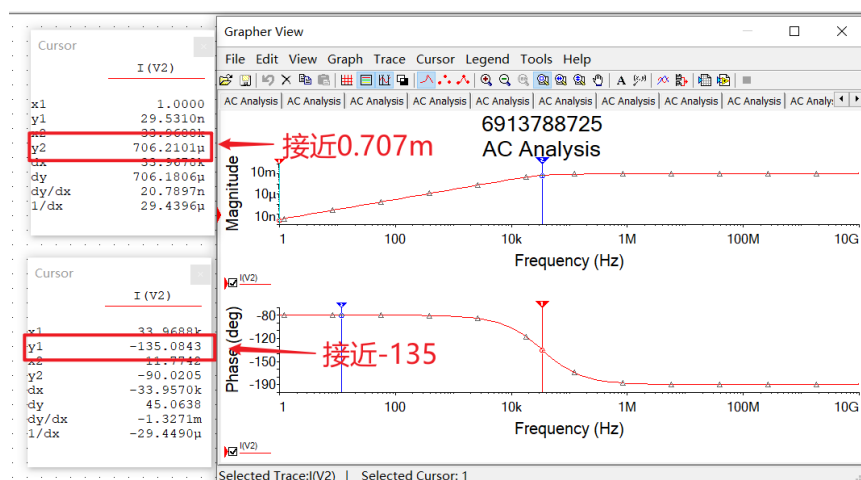


3) 实验电路测量参数记录

如下是三张电路测量参数的记录情况，这里用一张表格概况。

①步骤中的测量结果	②步骤中的测量结果	③步骤中的测量结果
$I = 7.692mA$	$I = 1.000mA$	$f = 33.9688kHz$





4) 待测元件计算方法及结果

①根据公式 $Z_1 + Z_2 = \frac{U}{I}$ ，可以得到 $Z_1 + Z_2 = \frac{10}{0.007962} = 1300.05\Omega$ 。

②利用公式 $Z_1 = \frac{U}{I} (\frac{1}{j\omega C} \approx 0)$ ，可以计算出 $Z_1 = \frac{1}{0.001} = 1000\Omega$ ，进一步，计算出 $Z_2 = Z_1 + Z_2 - Z_1 = 1300.05 - 1000 = 300.05\Omega$

③在 AC analysis 中调整频率，使得相位为 -135° ，电流为②中的 0.707 倍。此时，正好达到容抗和电阻值相等的情况，记录此时的频率值为 $f = 33.9688kHz$ 。又有公式 $X_C = X_{R1}$, $Z_1 = \frac{1}{\omega C}$ ，因为 Z_1 在②中已经求得 $Z_1 = 1000\Omega$ ，所以 $C = \frac{1}{\omega Z_1} = \frac{1}{2\pi f Z_1} = 0.0046853\mu F$ 。

综上所述，本次实验最终结果为： Z_1 为电阻，且阻值 $Z_1 = 1000\Omega$ ； Z_2 为电阻，且阻值 $Z_2 = 300.05\Omega$ ； Z_3 为电容，且电容 $C = 0.0046853\mu F$ 。

四、实验使用仪器设备（名称、型号、规格、编号、使用状况）

Multisim 软件：

名称：Multisim 13.0 使用状况：顺利。

五、实验总结

（实验误差分析、实验出现的问题及解决方法、思考题（如有）、收获体会等）

实验误差分析：

仿真实验由于元器件引起的误差比较小，但是在交流扫描分析时，由于光标并不能完全定位在需要的数值点上，往往会有细微的差距，导致了实验的结果存

在一定的误差。同时，仿真实验电流表读数也不能完全穷尽所有小数位数。在本次实验中，①中的电流表读数，③中的光标并不能完全定位在需要的数值点上面，都使得结果出现了较小的误差。

出现的问题以及解决方法：

在交流扫描分析时，可以放大图片尺度，使得光标尽量定位在需要的数值点上，减小误差。

收获体会：

通过本次黑箱电路实验，我学会了根据需要选择激励源的类型、设定频率的高低，简化测量过程、提高测量精度等必要技能。同时，在应用 Multisim 软件工具仿真，研究双端口无源网络电路中电阻、电感或者电容组成的不同的电路结构的幅频和相频特性的水平上得到了进一步提高。

这一次实验是全仿真实验，考验了我尝试从分析任务要求着手，应用已经学习过的知识，寻找解决问题的方法；同时也拓宽了我的视野，体验解决问题方法的多样性。经历了本次实验后，我学习体验到了“分析任务-调查研究-设计电路-构建平台-实验测试-总结分析”的科学研究方法。