

# B6/B14 交流电桥测电感电容及 Multisim 电路仿真实验补充材料

实验人：黄子维 20980066

合作者：黄睿杰 20980062

实验时间：2021.11.18 星期四 上午 室温：21°C 相对湿度：35%

## 实验设备

编号	名称	数量	仪器参数及型号
1	<i>NI – VisualBench</i> 一体化仪器	1	<i>VB – 8012</i>
2	实验测控用计算机	1	<i>ideaCENTER – B320i</i>
3	标准电容 $C_0$	1	$0.47\mu F$
4	标准电阻 $R_2$	1	$510\Omega$
5	电阻箱	2	<i>FBZX21Z</i>
6	数字电桥	1	<i>TH2811D</i>
7	Multisim 平台	1	<i>Multisim12.0</i>
8	黑箱电路	1	#7

表 S1: 实验设备

## 交流电桥实验参数

元件	参数
R2(R3)	$510\Omega$
$C_0$	$0.47\mu F$
$\omega_0$	$10kHz$

表 S2: 交流电桥实验参数

## 电容和电感测量不确定度

结果分别如表S3和表S4

参数	$S_A$	$S_B$	$S$
$C_x/nF$	0.387	0.0532	0.391
$r_C/\Omega$	0.47	0.22	0.52
$Z_C/\Omega$	0.45	0.09	0.47
$D$	0.003	0.001	0.004

表 S3: 电容测量不确定度

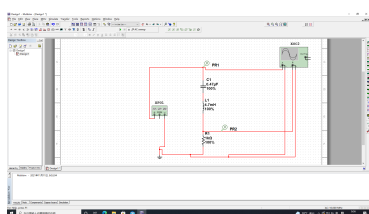
参数	$S_A$	$S_B$	$S$
$L_x/mH$	0.586	0.01	0.586
$r_L/\Omega$	2.97	0.07	2.97
$Z_L/\Omega$	36.96	0.87	36.97
$Q$	0.002	0.002	0.003

表 S4: 电感测量不确定度

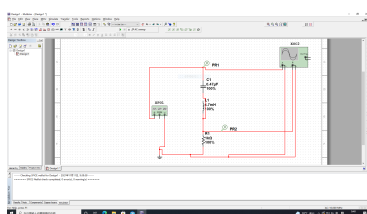
## 仿真实验

### RLC 仿真

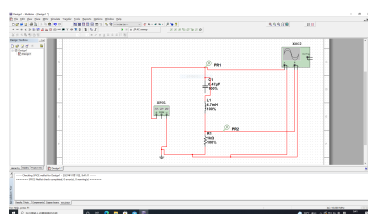
RLC, RC, RL 仿真电路图分别如图S1a, 图S1b和图S1c所示。



(a) RLC 电路



(b) RC 电路

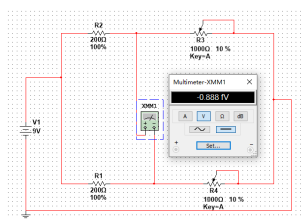


(c) RL 电路

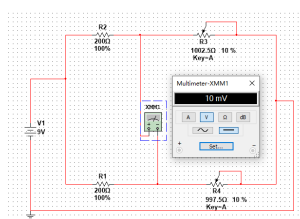
图 S1: RLC 仿真

### 非直流电桥实验

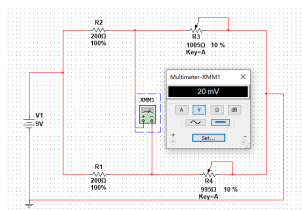
实验结果如图S2



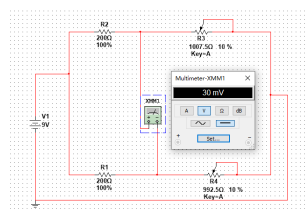
(a) 0mV



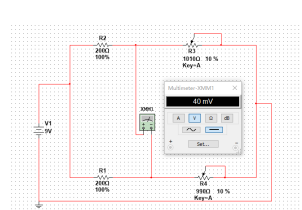
(b) 10mV



(c) 20mV



(d) 30mV



(e) 40mV

图 S2: 非直流电桥

## 交流电桥

结果如图S3

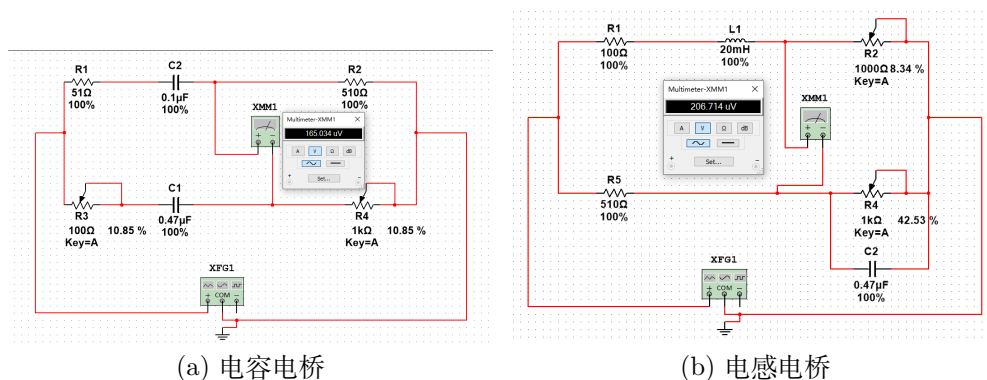


图 S3: 交流电桥

## 思考题

### 1. 交流电桥和直流电桥有何区别？

交流电桥中包含电阻、电感、电容等电路元件，交流电桥平衡时，除相对两臂交流阻抗的模的乘积相等外，阻抗的相位角还需要满足相对两臂相位角之和相等。而直流电桥只含有纯电阻元件，电桥平衡只要求相对两臂阻值乘积相等。

### 2. 麦克斯威尔 - 维恩电桥中， $R_0$ 和 $C_0$ 组成的桥臂若改成串联形式，电桥是否还能达到平衡？比较这两种形式的电桥，哪一种电桥适合测量高 $Q$ 值的电感，那一种适合测量低 $Q$ 值的电感？

- 改成串联之后电路仍可满足电桥平衡条件，电桥仍可平衡。
- 串联状态下电桥更适合用于测高  $Q$  值电感，并联状态下的电桥更适合用于测低  $Q$  值电感。
- 原因为：串联状态下，电阻和电容的总阻抗最大值较大，并联状态下较小。若要测  $Q$  较大的电感（内阻较小），则所需的总阻抗应较大，应当选择串联。反之则应选择总阻抗较小的方式，即并联。

### 3. 分析下列四种电桥线路是否能实现平衡，为什么？

- (a) 为麦克斯威尔-维恩电桥，可以平衡

2. (b) 相邻两臂为纯电阻，另外两臂不同为电感或电容，无法满足相位平衡条件，因此不能平衡
3. (c) 相对两臂为纯电阻，另外两臂不分别为电容和电感，无法满足相位平衡条件，因此不能平衡
4. (d) 相邻两臂为纯电阻，另外两臂同为电容，因此能平衡

#### 4. 推导直流电桥中 1/4 桥、半桥、全桥的输出电压与桥臂电阻之间的对应公式。

电桥不平衡时，AB 两点电压  $\Delta U$

$$\Delta U = \frac{R_1 R_4 - R_3 R_2}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U \quad (1)$$

四分之一桥

$$R_1 = R_2 = R_3 = R \quad (2)$$

$$R_4 = R' + \Delta R \quad (3)$$

$$\Delta U = \frac{R' - R + \Delta R}{2(R' + R + \Delta R)} U \quad (4)$$

半桥

$$R_1 = R_3 = R \quad (5)$$

$$R_2 = R' + \Delta R \quad (6)$$

$$R_4 = R' - \Delta R \quad (7)$$

$$\Delta U = \frac{-2R\Delta R}{(R' + R)^2 - (\Delta R)^2} U \quad (8)$$

全桥

$$R_1 = R_4 = R - \Delta R \quad (9)$$

$$R_2 = R_3 = R + \Delta R \quad (10)$$

$$\Delta U = \frac{-\Delta R}{R} U \quad (11)$$

## 项目源码

[SYSU-PHY-EXP/B6 AC bridge.Jeg-Vet\(github.com\)](https://github.com/Jeg-Vet/SYSU-PHY-EXP-B6-AC-bridge)