



北京理工大学  
Beijing Institute of Technology

# 本科生实验报告

课程名称： 电路分析基础

实验名称： 课内实验

任课教师：	张峰			实验教师：	张峰、方芸	
实验日期：	7 周-12 周			实验地点：	工训楼 502、503	
实验类型：	<input checked="" type="checkbox"/> 原 理 验 证 <input type="checkbox"/> 综 合 设 计 <input type="checkbox"/> 自 主 创 新					
学生姓名：	曾迦健	班级：	63032201	学号：	1820221053	
学      院：	计算机学院			专      业：	计算机科学与技术	
组      号：	10					
成      绩：						



信息与电子学院

SCHOOL OF INFORMATION AND ELECTRONICS

## 实验 1 基本元件伏安特性的测绘

### 一、实验目的

1. 掌握线性、非线性电阻及理想、实际电压源的概念。
2. 掌握测试电压、电流的基本方法。
3. 掌握电阻元件及理想、实际电压源的伏安特性测试方法，学习利用逐点测试法绘制伏安特性曲线。
4. 掌握直流稳压电源、直流电流表、直流电压表的使用方法。

### 二、实验设备

1. 电路分析综合实验箱
2. 直流稳压电源
3. 万用表
4. 变阻箱

### 三、实验内容

#### 1. 测绘线性电阻的伏安特性曲线

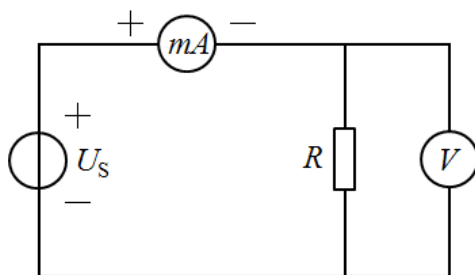


图 1.1

- 1) 测试电路如图 1.1 所示，图中  $U_s$  为直流稳压电源， $R$  为被测电阻，阻值  $R = 200\Omega$ 。
- 2) 调节直流稳压电源  $U_s$  的输出电压，当伏特表的读数依次为表 1.1 中所列电压值时，读毫安表的读数，将相应的电流值记录在表格中。

表 1.1

$V(V)$	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
$I(mA)$	0.0	10.3	20.1	29.8	39.5	49.3

- 3) 在图 1.3 上绘制线性电阻的伏安特性曲线，并将测算电阻阻值标记在图上。

#### 2. 测绘非线性电阻的伏安特性曲线

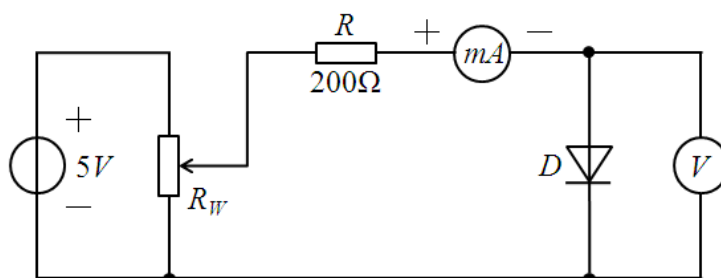


图 1.2

- 1) 测试电路如图 1.2 所示，图中  $D$  为二极管，型号为 1N4007， $R_w$  为可调电位器。

2) 缓慢调节  $R_W$ , 使伏特表的读数依次为表 1.2 中所列电压值时, 读毫安表的读数, 将相应的电流值记录在表格中。

表 1.2

<b>V(V)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.55</b>	<b>0.6</b>	<b>0.65</b>	<b>0.7</b>	<b>0.71</b>
<b>I(mA)</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>1.1</b>	<b>3.5</b>	<b>11.9</b>	<b>16.4</b>

3) 在图 1.4 上绘制非线性电阻的伏安特性曲线。

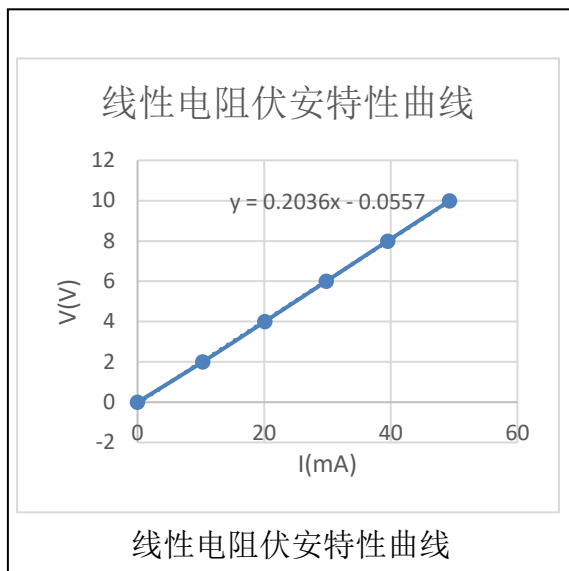


图 1.3

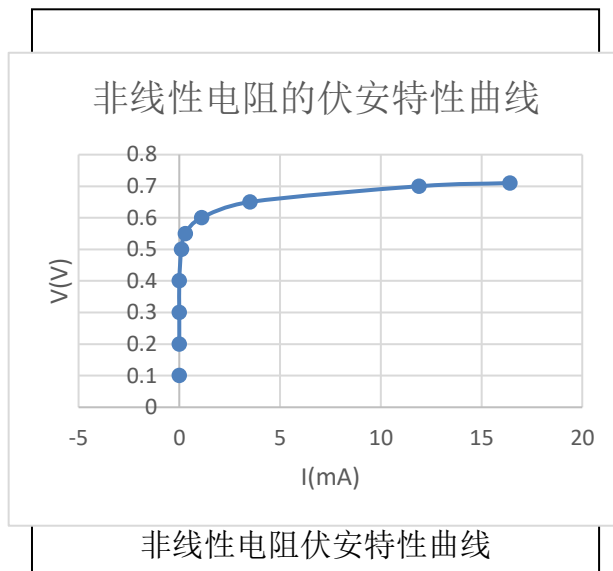


图 1.4

### 3. 测绘理想电压源的伏安特性曲线

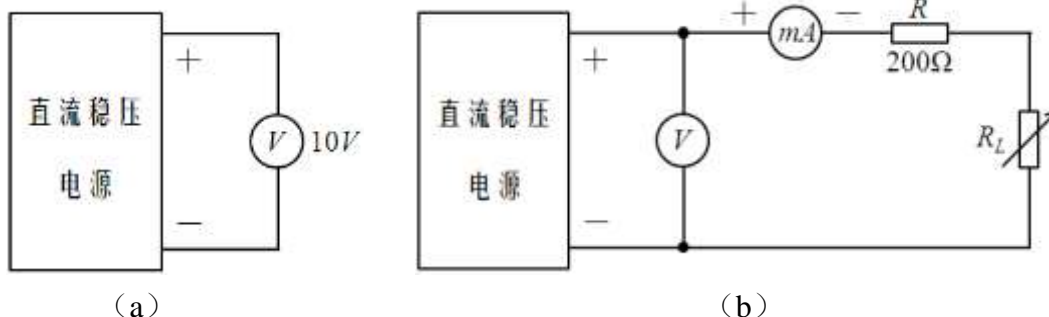


图 1.5

1) 首先, 连接电路如图 1.5 (a) 所示, 不加负载电路, 直接用伏特表测试直流稳压电源的输出电压, 将其设置为 10V。

2) 然后, 测试电路如图 1.5 (b) 所示, 其中  $R_L$  为变阻箱,  $R$  为限流保护电阻。

3) 调节变阻箱  $R_L$ , 使毫安表的读数依次为表 1.3 中所列电流值时, 读伏特表的读数, 将相应的电压值记录在表格中。

表 1.3

<b>I(mA)</b>	<b>0.0</b>	<b>10.0</b>	<b>20.0</b>	<b>30.0</b>	<b>40.0</b>
<b>V(V)</b>	<b>10.0</b>	<b>9.97</b>	<b>9.97</b>	<b>9.97</b>	<b>9.97</b>

4) 在图 1.7 上绘制理想电压源的伏安特性曲线。

### 4. 测绘实际电压源的伏安特性曲线

1) 首先, 连接电路如图 1.6 (a) 所示, 不加负载电路, 直接用伏特表测试实际电压源的输出电压, 将其设置为 10V。其中  $R_S$  为实际电压源的内阻, 阻值  $R_S = 51\Omega$ 。

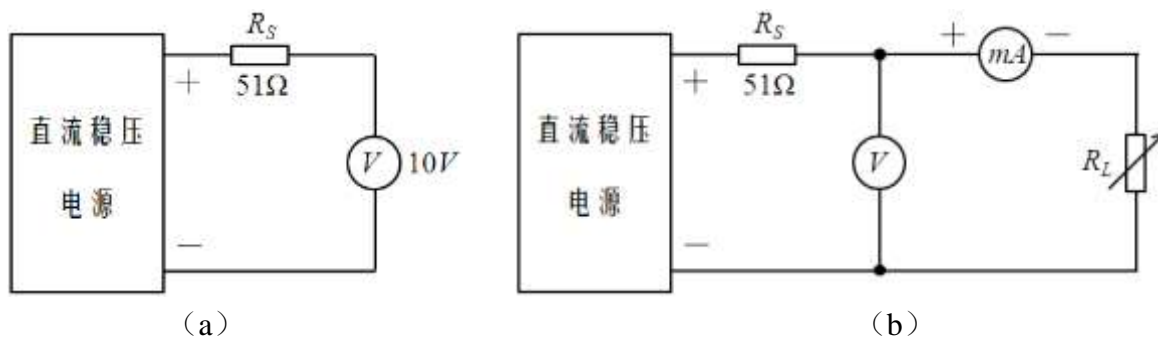


图 1.6

2) 然后, 测试电路如图 1.6 (b) 所示, 其中  $R_L$  为变阻箱。

3) 调节变阻箱  $R_L$ , 使毫安表的读数依次为表 1.4 中所列电流值时, 读伏特表的读数, 将相应的电压值记录在表格中。

表 1.4

$I(\text{mA})$	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0
$V(\text{V})$	10.0	9.15	8.34	7.53	6.75

4) 在图 1.7 上绘制实际电压源的伏安特性曲线, **要求:** 理想电压源和实际电压源的伏安特性曲线画在同一坐标轴中。

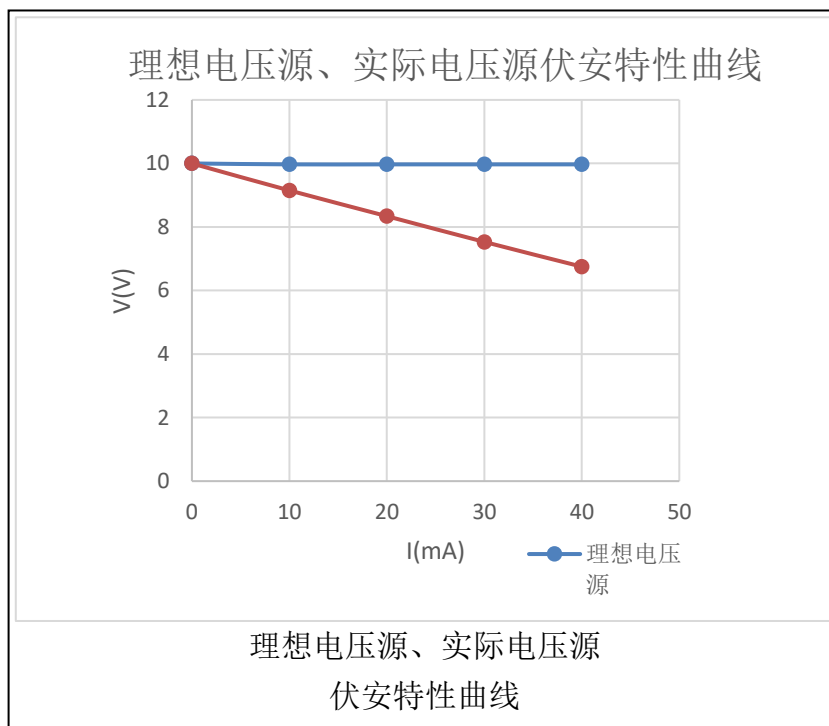


图 1.7

#### 四、实验结论及总结



原始数据

## 实验 2 含源线性单口网络等效电路及其参数测定

### 一、实验目的

1. 验证戴维南定理和诺顿定理，加深对两个定理的理解。
2. 通过对含源线性单口网络外特性及其两种等效电路外特性的测试、比较，加深对等效电路概念的理解。
3. 学习测量等效电路参数的一些基本方法。

### 二、实验设备

1. 电路分析综合实验箱
2. 直流稳压电源
3. 万用表
4. 变阻箱

### 三、实验内容

#### 1. 含源线性单口网络端口外特性测定

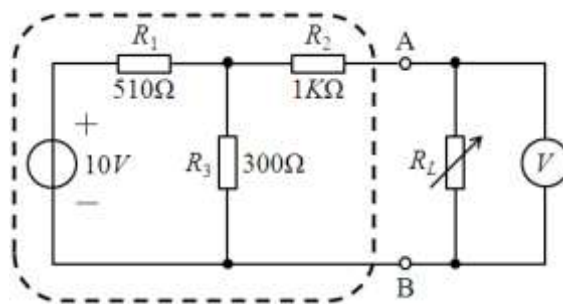


图 2.1

- 1) 测量电路如图 2.1 所示， $R_L$  为变阻箱，直流稳压电源的输出电压为 10V。
- 2) 调节变阻箱  $R_L$ ，使其阻值依次为表 2.1 中所列电阻值时，读伏特表的读数，将相应的电压值记录在表格中，并计算通过负载  $R_L$  的电流值填写在表格中。

表 2.1

$R_L(K\Omega)$	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$V_{AB}(V)$	1.69	2.32	2.64	2.84	2.98
$I_{AB}(mA)$	1.69	1.16	0.88	0.71	0.596

- 3) 在图 2.7 上绘制含源线性单口网络的外特性曲线。

#### 2. 等效电路参数测定

##### 1) 测量含源线性单口网络开路电压 $U_{oc}$

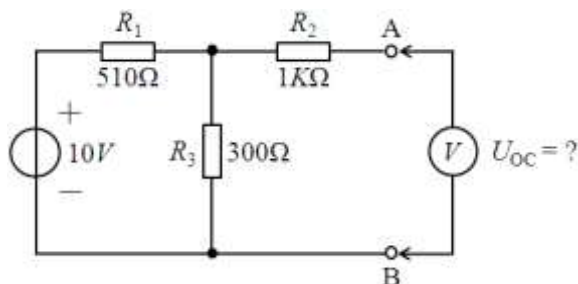


图 2.2

- (1) 测量电路如图 2.2 所示，直流稳压电源的输出电压为 10V。  
 (2) 用伏特表测量含源线性单口网络两个端口 A、B 间的电压，即为开路电压  $U_{OC}$ 。

$$U_{OC} = \underline{3.69\text{ V}}$$

## 2) 测量含源线性单口网络短路电流 $I_{SC}$

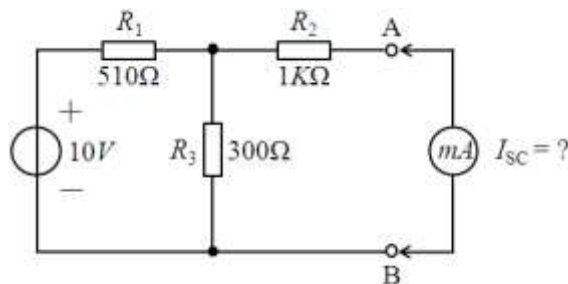


图 2.3

- (1) 测量电路如图 2.3 所示，直流稳压电源电压为 10V。  
 (2) 用毫安表测量通过含源线性单口网络两个端口 A、B 间的电流，即为短路电流  $I_{SC}$ 。

$$I_{SC} = \underline{3.1\text{ mA}}$$

## 3) 测量含源线性单口网络等效内阻 $R_0$

### (1) 半压法

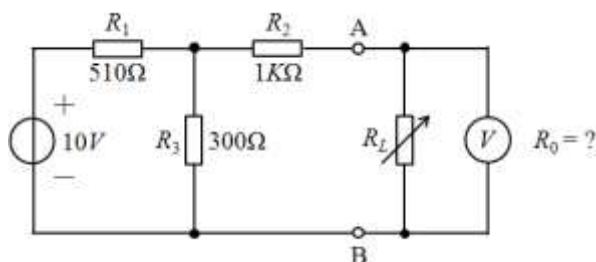


图 2.4

- a. 测量电路如图 2.4 所示，直流稳压电源的输出电压为 10V。  
 b. 调节变阻箱  $R_L$ ，当  $U_{AB} = 0.5U_{OC}$  时，记录变阻箱的阻值。

$$R_0 = \underline{1200\ \Omega}$$

### (2) 开路电压、短路电流法

$$R_0 = \frac{U_{OC}}{I_{SC}} = \underline{1190\ \Omega}$$

## 3. 验证戴维南等效电路

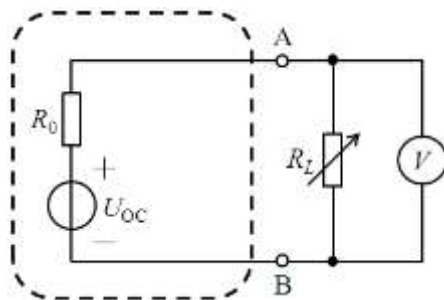


图 2.5

- 1) 测量电路如图 2.5 所示， $R_L$  为变阻箱，注意： $U_{OC}$  和  $R_0$  分别为前面测得的开路电压和等效内阻。



2) 调节变阻箱  $R_L$ ，使其阻值依次为表 2.2 中所列电阻值时，读伏特表的读数，将相应的电压值记录在表格中，并计算通过负载  $R_L$  的电流值填写在表格中。

表 2.2

$R_L(K\Omega)$	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$V_{AB}(V)$	1.67	2.3	2.63	2.83	2.97
$I_{AB}(mA)$	1.67	1.15	0.877	0.708	0.594

3) 在图 2.7 上绘制戴维南等效电路的外特性曲线。

#### 4. 验证诺顿等效电路

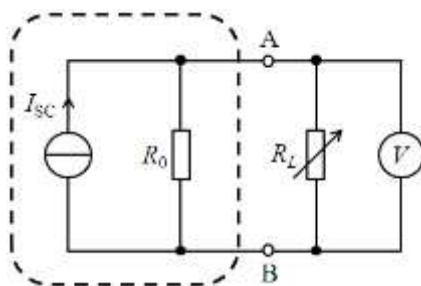


图 2.6

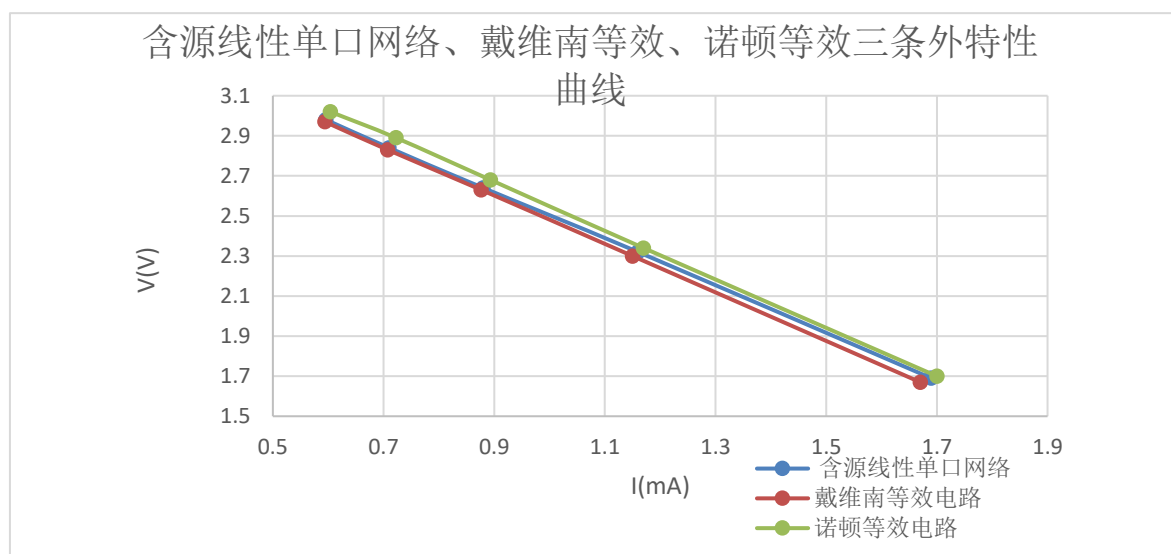
1) 测量电路如图 2.6 所示， $R_L$  为变阻箱，注意： $I_{SC}$  和  $R_0$  分别为前面测得的短路电流和等效内阻。

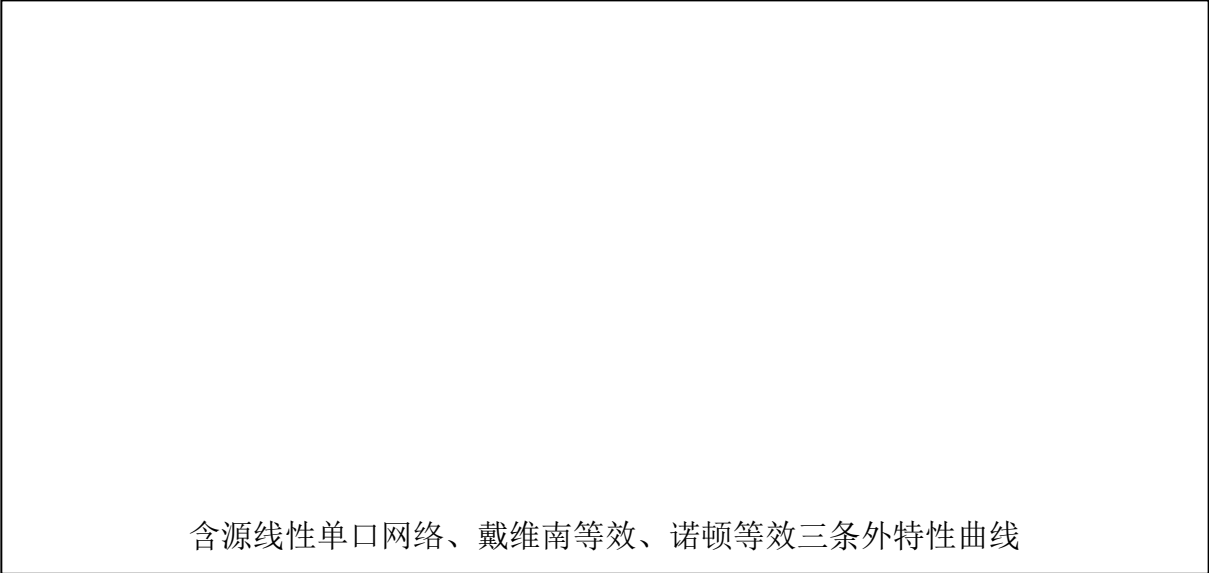
2) 调节变阻箱  $R_L$ ，使其阻值依次为表 2.3 中所列电阻值时，读伏特表的读数，将相应的电压值记录在表格中，并计算通过负载  $R_L$  的电流值填写在表格中。

表 2.3

$R_L(K\Omega)$	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$V_{AB}(V)$	1.70	2.34	2.68	2.89	3.02
$I_{AB}(mA)$	1.70	1.17	0.893	0.722	0.604

3) 在图 2.7 上绘制诺顿等效电路的外特性曲线。要求：将本实验 1、3、4 部分要求的含源线性单口网络、戴维南等效、诺顿等效三条外特性曲线画在同一坐标轴中。





含源线性单口网络、戴维南等效、诺顿等效三条外特性曲线

图 2.7

#### 四、实验结论及总结

# 原始数据

## 实验 2 含源线性单口网络等效电路及其参数测定

### 原始数据

班级: 63032201 学号: 1820221055 姓名: 曾江 组号: 10

### 1. 含源线性单口网络端口外特性测定

$R_L(K\Omega)$	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$V_{AB}(V)$	1.69	2.32	2.64	2.84	2.98
$I_{AB}(mA)$	1.69	1.16	0.88	0.71	0.596

### 2. 等效电路参数测定

1)  $U_{OC} = 3.69 V$

2)  $I_{SC} = 3.1 mA$

3) (1) 半压法

$R_0 = 1200 \Omega$

(2) 开路电压、短路电流法

$R_0 = \frac{U_{OC}}{I_{SC}} = 1190 \Omega$

### 3. 验证戴维南等效电路

$R_L(K\Omega)$	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$V_{AB}(V)$	1.67	2.30	2.63	2.83	2.97
$I_{AB}(mA)$	1.67	1.15	0.877	0.708	0.594

### 4. 验证诺顿等效电路

$R_L(K\Omega)$	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$V_{AB}(V)$	1.70	2.34	2.68	2.89	3.02
$I_{AB}(mA)$	1.7	1.17	0.893	0.722	0.604

10  
14  
4

### 实验3 一阶电路响应的研究

#### 一、实验目的

1. 掌握  $RC$  一阶电路零状态响应、零输入响应的概念和基本规律。
2. 掌握  $RC$  一阶电路时间常数的测量方法。
3. 熟悉示波器的基本操作，初步掌握利用示波器监测电信号参数的方法。

#### 二、实验设备

1. 电路分析综合实验箱
2. 双踪示波器

#### 三、实验内容

##### 1. $RC$ 一阶电路的零状态响应

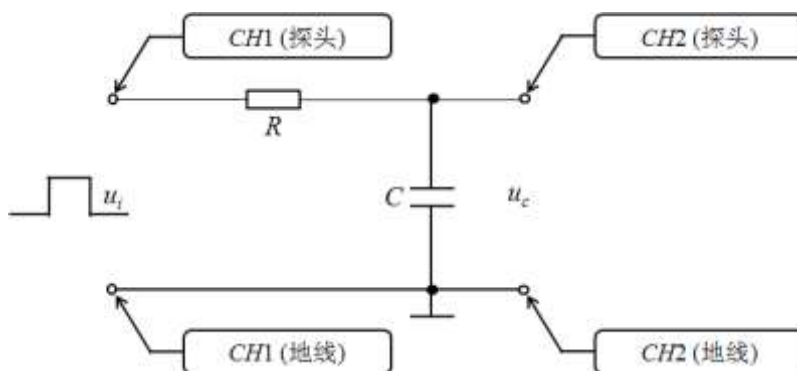


图 3.1

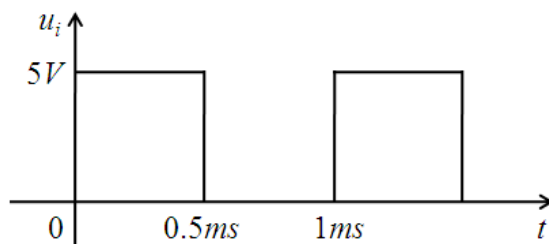


图 3.2

- 1) 测试电路如图 3.1 所示，电阻  $R = 2k\Omega$ ，电容  $C = 0.01\mu F$ 。
- 2) 零状态响应的输入信号如图 3.2 所示，幅度为  $5V$ ，周期为  $1ms$ ，脉宽为  $0.5ms$ 。
- 3) 将观测到的输入、输出波形（求  $\tau$  值放大图）存储到  $U$  盘，课后粘贴在图 3.3 上相应方框处。**要求：**在图上标记相关测量数据。
- 4) 测量响应波形的稳态值  $u_c(\infty)$  和时间常数  $\tau$ 。

$$u_c(\infty) = \underline{5.12 \text{ V}}$$

$$\tau = \underline{22.00 \mu s}$$

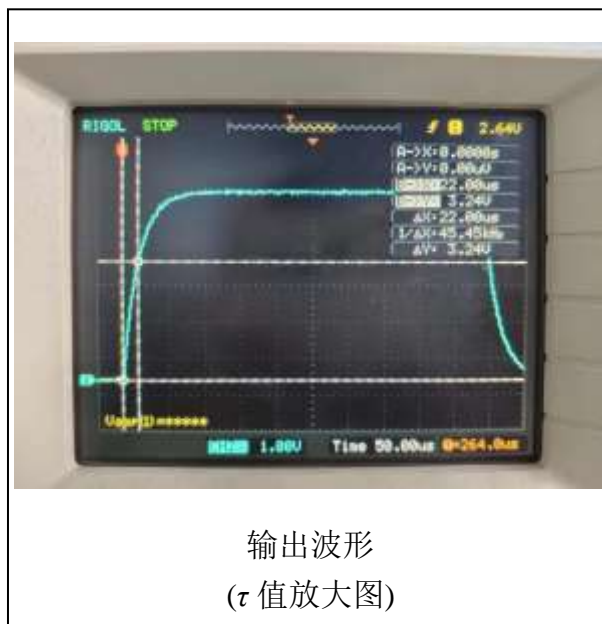
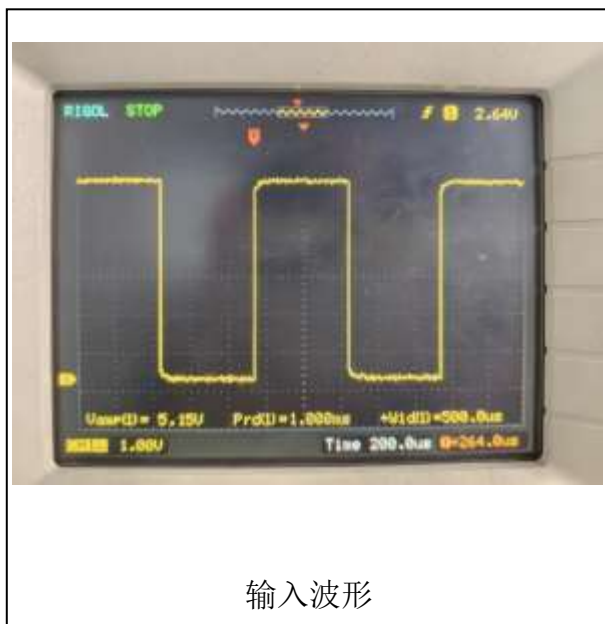


图 3.3

## 2.RC 一阶电路的零输入响应

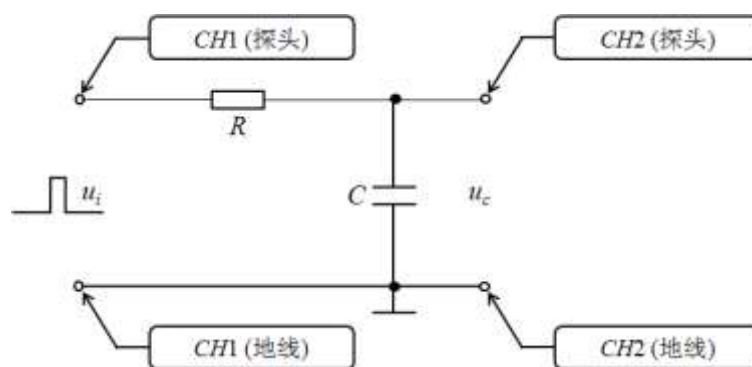


图 3.4

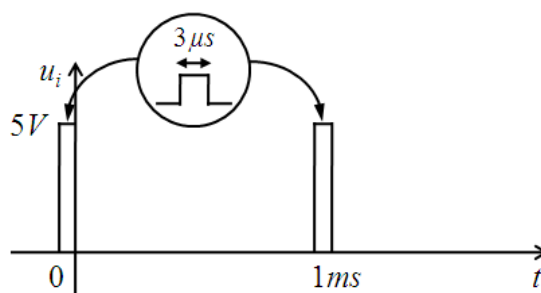


图 3.5

- 1) 测试电路如图 3.4 所示，电阻  $R = 2\text{k}\Omega$ ，电容  $C = 0.01\mu\text{F}$ 。
- 2) 零输入响应的输入信号如图 3.5 所示，幅度为 5V，周期为 1ms，脉宽为  $3\mu\text{s}$ 。
- 3) 将观测到的输入、输出波形（求  $\tau$  值放大图）存储到 U 盘，课后粘贴在图 3.6 上相应方框处。**要求：**在图上标记相关测量数据。
- 4) 测量响应波形的初始值  $u_c(0)$  和时间常数  $\tau$ 。

$$u_c(0) = \underline{712\text{mV}}$$

$$\tau = \underline{22.4\mu\text{s}}$$

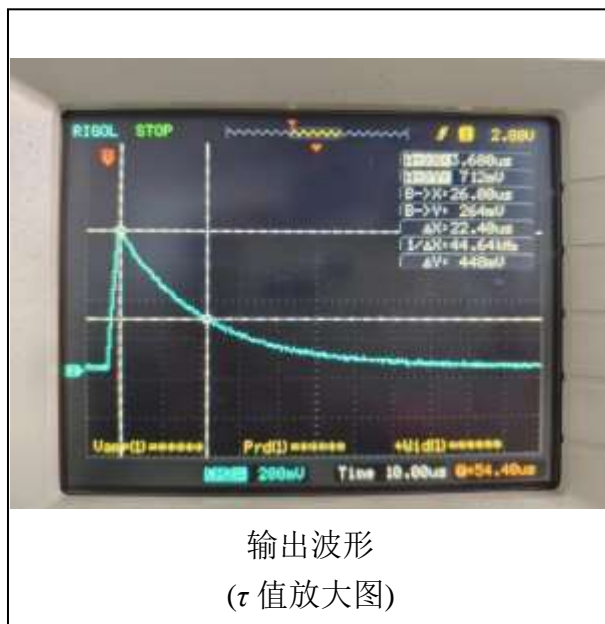
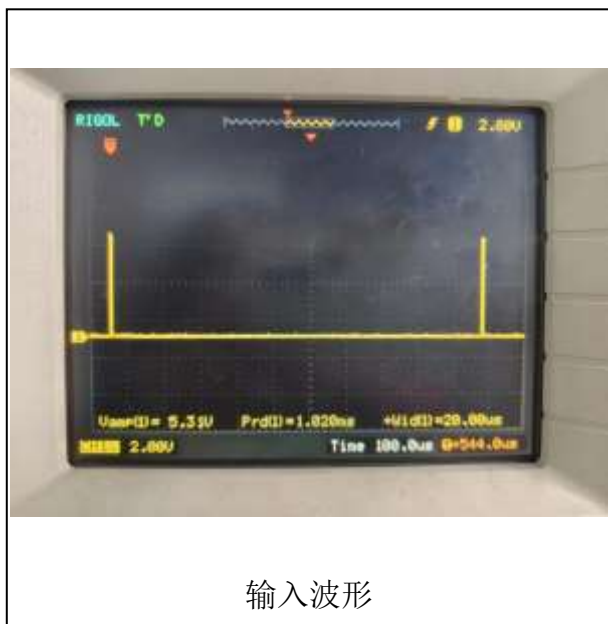


图 3.6

#### 四、实验结论及总结

## 原始数据

### 实验3 一阶电路响应的研究

#### 原始数据

班级: 63032201 学号: 1820221053 姓名: 曾加健 组号: 10

#### 1. RC 一阶电路的零状态响应

$$u_c(\infty) = \underline{5.12 \text{ V}}$$

$$\tau = \underline{22.00 \mu\text{s}}$$

#### 2. RC 一阶电路的零输入响应

$$u_c(0) = \underline{712 \text{ mV}}$$

$$\tau = \underline{22.4 \mu\text{s}}$$



89.2 - 6.8

## 实验4 二阶电路响应的研究

### 一、实验目的

1. 观测二阶电路在过阻尼、临界阻尼和欠阻尼三种状态下的响应波形，加深对二阶电路响应的认识和理解。
2. 掌握振荡角频率和衰减系数的概念。
3. 进一步熟悉示波器的操作。

### 二、实验设备

1. 电路分析综合实验箱
2. 双踪示波器
3. 变阻箱

### 三、实验内容

#### 1. $RLC$ 二阶电路的零状态响应

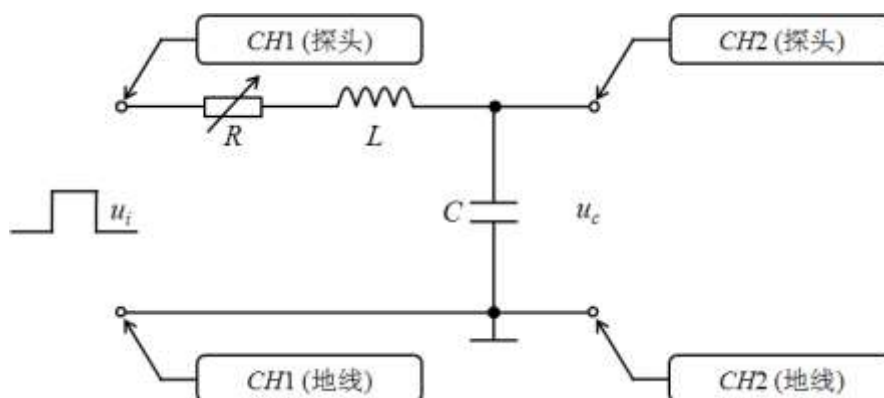


图 4.1

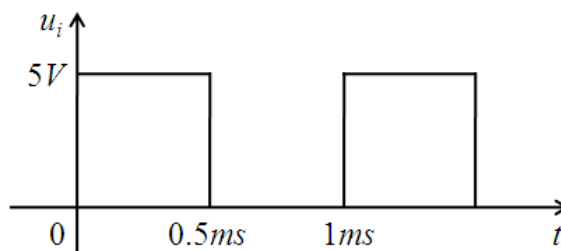
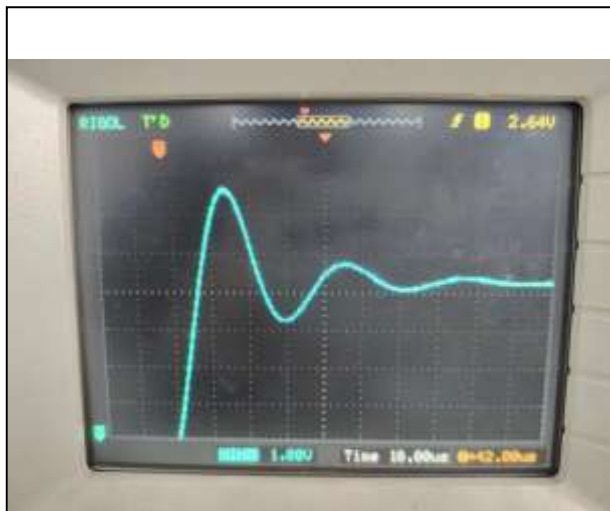


图 4.2

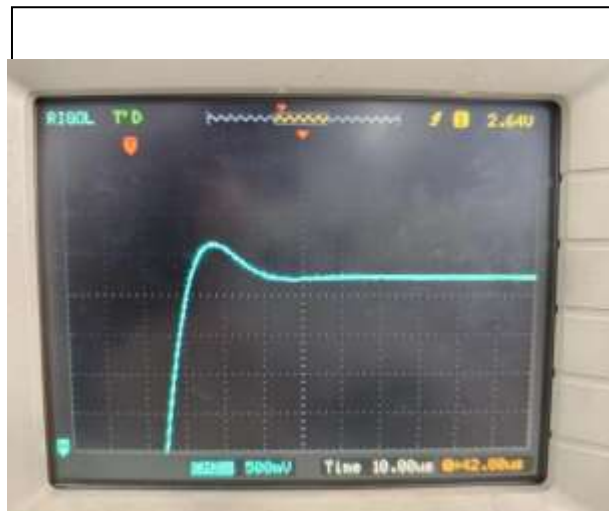
- 1) 测试电路如图 4.1 所示， $R$  为变阻箱，电容  $C = 0.01\mu\text{F}$ ，电感  $L = 2.7\text{mH}$ 。
- 2) 零状态响应的输入信号如图 4.2 所示，幅度为  $5\text{V}$ ，周期为  $1\text{ms}$ ，脉宽为  $0.5\text{ms}$ 。
- 3) 调节变阻箱  $R$ ，观察  $RLC$  二阶电路零状态响应的三种状态波形（欠阻尼、临界阻尼和过阻尼），将波形存储到  $U$  盘，课后粘贴在图 4.3 上相应方框处。**要求：**记录临近阻尼状态下的临界阻值：

$$R_{\text{临界}} = \underline{\quad 470\ \Omega \quad}$$





欠阻尼



临界阻尼



过阻尼

图 4.3

## 2. $RLC$ 二阶电路的零输入响应

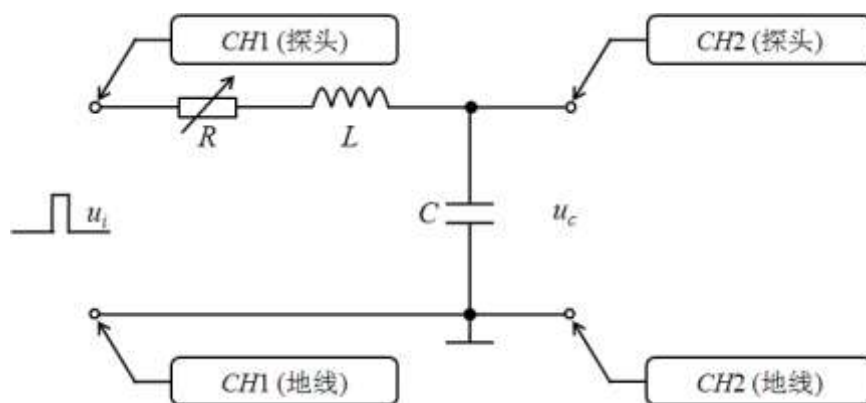


图 4.4

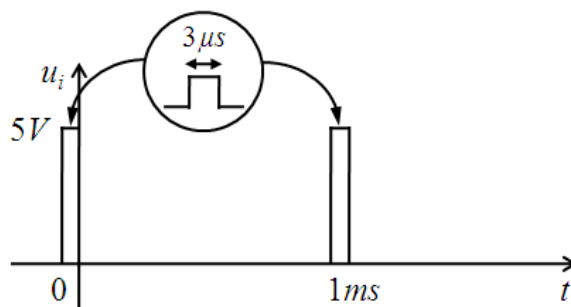


图 4.5

1) 测试电路如图 4.4 所示,  $R$  为变阻箱, 电容  $C = 0.01\mu\text{F}$ , 电感  $L = 2.7\text{mH}$ 。

2) 零输入响应的输入信号如图 4.5 所示, 幅度为  $5\text{V}$ , 周期为  $1\text{ms}$ , 脉宽为  $3\mu\text{s}$ 。

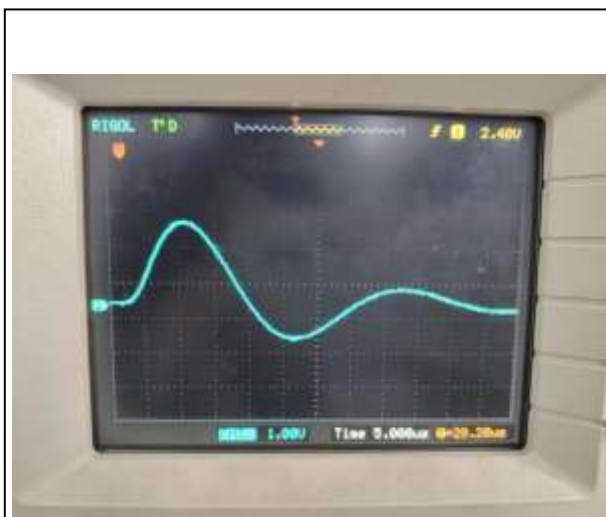
3) 调节变阻箱  $R$ , 观察  $RLC$  二阶电路零输入响应的三种状态波形 (欠阻尼、临界阻尼和过阻尼), 将波形存储到  $U$  盘, 课后粘贴在图 4.6 上相应方框处。**要求:** 记录临界阻尼状态下的临界阻值:

$$R_{\text{临界}} = \underline{640\ \Omega}$$

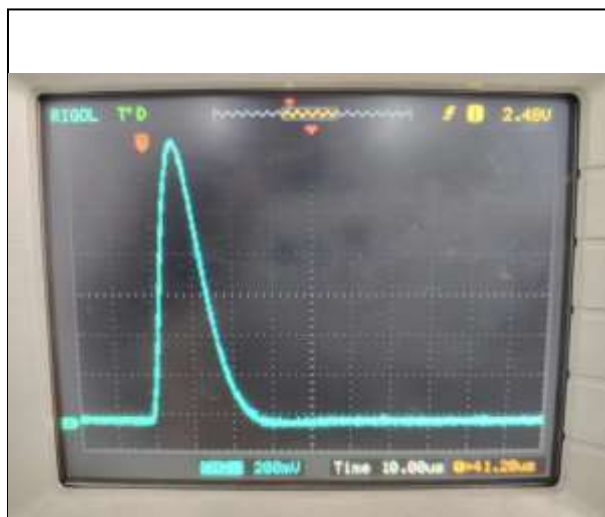
4) 取  $R = 100\Omega$ , 观测波形相邻两个波峰或波谷的电压值  $u_{1m}$ 、 $u_{2m}$  和振荡周期  $T_d$ , 计算振荡角频率  $\omega_d$  和衰减系数  $\alpha$ 。

$$\omega_d = \frac{2\pi}{T_d} = \underline{1.94 \times 10^5\ \text{V}}$$

$$\alpha = \frac{1}{T_d} \ln \frac{u_{1m}}{u_{2m}} = \underline{4.97 \times 10^4\ \text{V}}$$



欠阻尼



临界阻尼

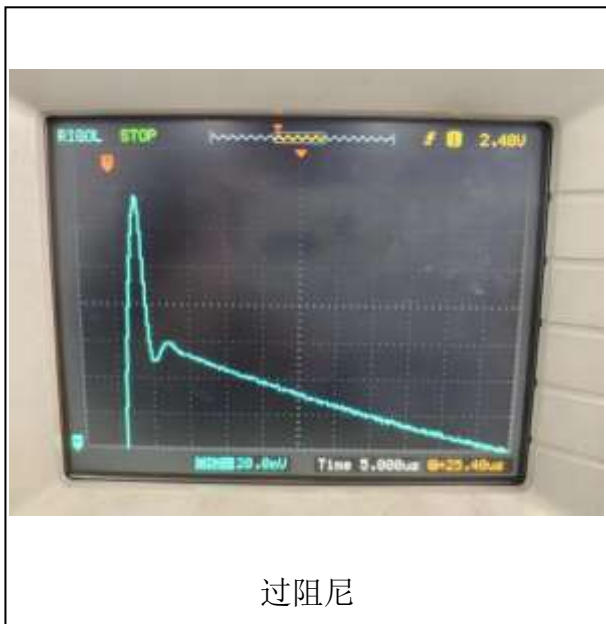


图 4.6

#### 四、实验结论及总结

## 原始数据

### 实验4 二阶电路响应的研究

#### 原始数据

班级: 63032201 学号: 1820221053 姓名: 曾加健 组号: 10

#### 1. $RLC$ 二阶电路的零状态响应

$$R_{eq} = \underline{470\ \Omega}$$

#### 2. $RLC$ 二阶电路的零输入响应

$$R_{eq} = \underline{\cancel{640}\ \Omega} \text{ 经 } 640\ \Omega$$

$$u_{1m} = \underline{1.00\ V}$$

$$u_{2m} = \underline{200\ mV}$$

$$T_d = \underline{32.40\ \mu s}$$

32  $\mu s$

## 实验5 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 单个元件阻抗频率特性测试

### 一、实验目的

1. 掌握交流电路中  $R$ 、 $L$ 、 $C$  单个元件阻抗与频率间的关系，测绘  $R$ - $f$ 、 $X_L$ - $f$ 、 $X_C$ - $f$  特性曲线。
2. 掌握交流电路中  $R$ 、 $L$ 、 $C$  元件各自的端电压和电流间的相位关系。
3. 观察在正弦激励下， $R$ 、 $L$ 、 $C$  三元件各自的伏安关系。

### 二、实验设备

1. 电路分析综合实验箱
2. 低频信号发生器
3. 双踪示波器

### 三、实验内容

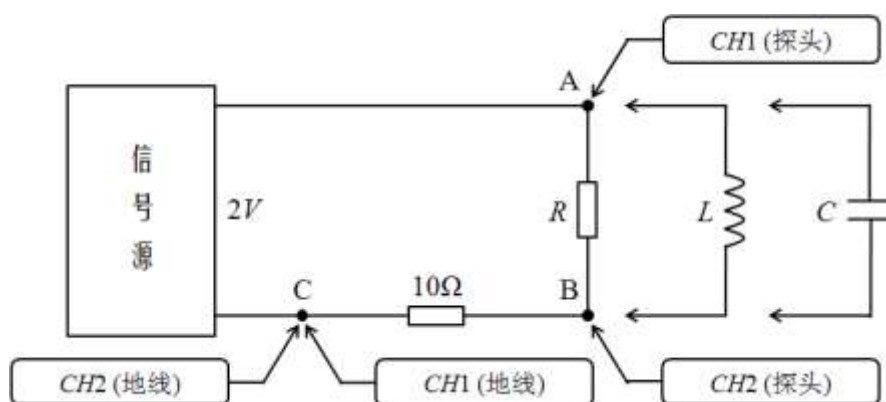


图 5.1

测试电路如图 5.1 所示， $R$ 、 $L$ 、 $C$  三个元件分别作为被测元件与  $10\Omega$  采样电阻相串联，其中电阻  $R=2k\Omega$ ，电感  $L=2.7mH$ ，电容  $C=0.1\mu F$ ，信号源输出电压的有效值为  $2V$ 。

#### 1. 测绘 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 单个元件阻抗频率特性曲线

1) 按照图 5.1 接好线路。**注意：**信号源输出电压的幅度须始终保持  $2V$  有效值，即每改变一次输出电压的频率，均须监测其幅度是否为  $2V$  有效值。

2) 改变信号源的输出频率  $f$  如表 5.1 所示，利用示波器的自动测量功能监测 2 通道信号的电压有效值，并将测量数据填入表中相应位置。

3) 计算通过被测元件的电流值  $I_{AB}$  以及阻抗的模  $|Z|$ ，并填入表 5.1 中相应位置。

$$I_{AB} = I_{BC} = \frac{U_{BC}}{10}$$
$$|Z| = \frac{U_s}{I_{AB}} = \frac{2}{I_{AB}}$$

4) 在图 5.2 上绘制  $R$ 、 $L$ 、 $C$  单个元件阻抗频率特性曲线，**要求：**将三条曲线画在同一坐标轴中。

表 5.1

$f(\text{KHz})$		10	20	30	40	50
$U_s(\text{V})$		2				
$U_{BC}(\text{mV})$	$R$	9.76	9.76	9.76	9.76	9.76
	$L$	122	60.1	43.6	32.3	26.4
	$C$	131	343	357	554	648
$I_{AB}(\text{mA})$	$R$	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976
	$L$	12.2	6.01	4.36	3.23	2.64
	$C$	13.1	34.3	35.7	55.4	64.8
$ Z (\text{K}\Omega)$	$R$	2.049	2.049	2.049	2.049	2.049
	$L$	0.164	0.333	0.459	0.619	0.758
	$C$	0.153	0.058	0.056	0.036	0.031

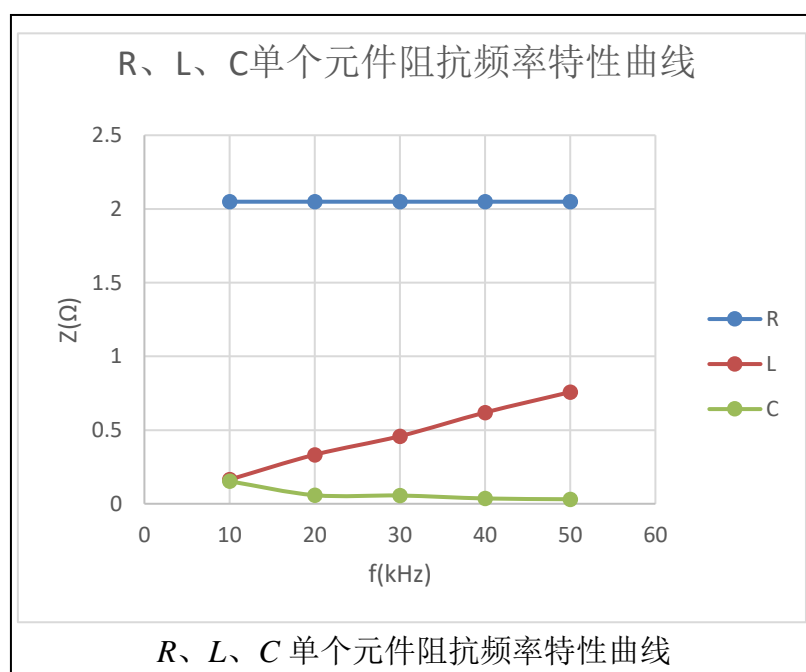


图 5.2

## 2. R、L、C 单个元件的相位测量

- 1) 测试电路不变，信号源的输出电压有效值为 2V，输出频率为 10kHz。
- 2) 在示波器上观察 R、L、C 三个元件各自端电压和电流的相位关系，将波形存储到 U 盘，课后粘贴在图 5.3 上相应方框处。
- 3) 计算 R、L、C 三个元件各自的相位差  $\Delta\phi$ ，并用文字描述 R、L、C 三个元件各自电压、电流的相位关系。

$$R: \Delta\phi = \frac{CD}{AB} \times 360^\circ = \underline{\quad 0 \quad}$$

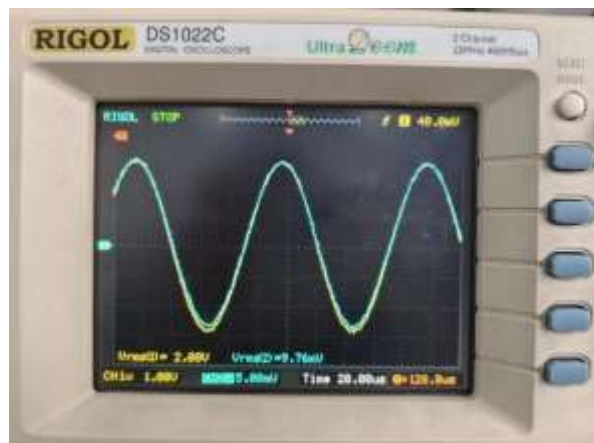
结论: 电压与电流同相

$$L: \Delta\phi = \frac{CD}{AB} \times 360^\circ = \underline{79.37^\circ}$$

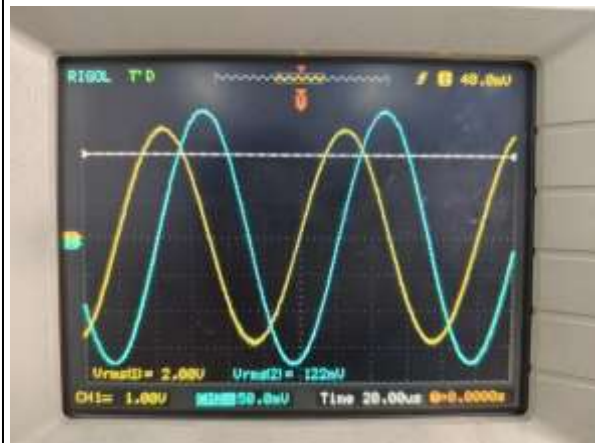
结论: 电压超前于电流 79.37°

$$C: \Delta\phi = \frac{CD}{AB} \times 360^\circ = \underline{270^\circ}$$

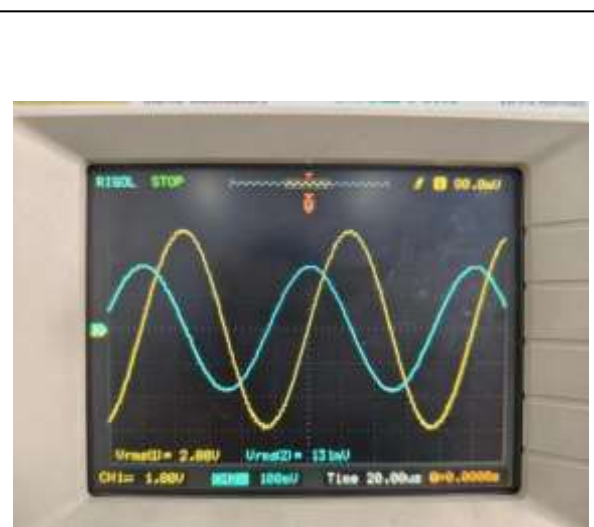
结论: 电压滞后于电流 90°



电阻  $R$



电感  $L$



电容  $C$

图 5.3

### 3. $R$ 、 $L$ 、 $C$ 单个元件的伏安关系轨迹线

- 1) 测试电路不变, 信号源的输出电压有效值为 2V, 输出频率为 10kHz。
- 2) 将示波器置于 X-Y 工作方式下, 直接观察  $R$ 、 $L$ 、 $C$  单个元件的伏安关系轨迹线, 将波形存储到 U 盘, 课后粘贴在图 5.5 上相应方框处。
- 3) 记录图 5.4 中标记的  $a$ 、 $b$  的数值, 并将数据标记在图 5.5 上相应位置。

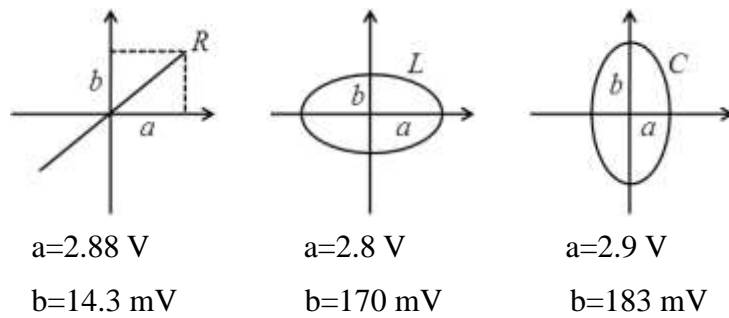


图 5.4

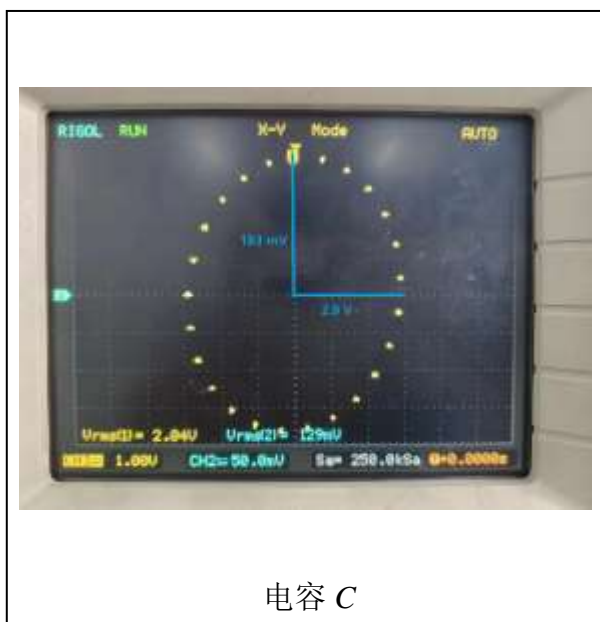
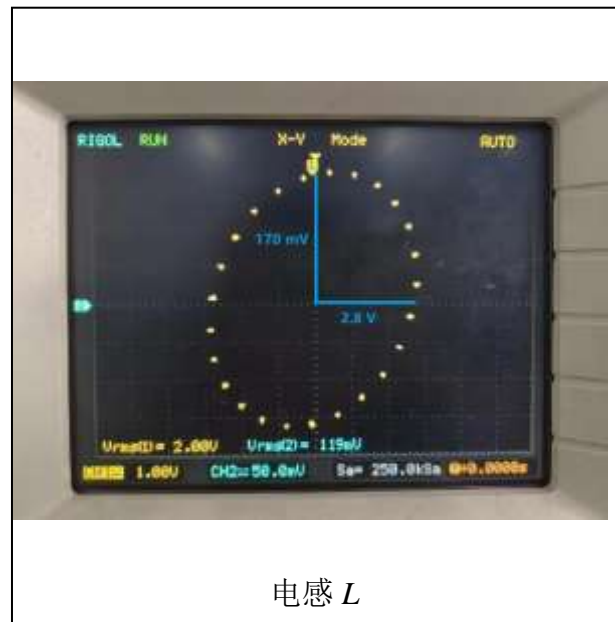
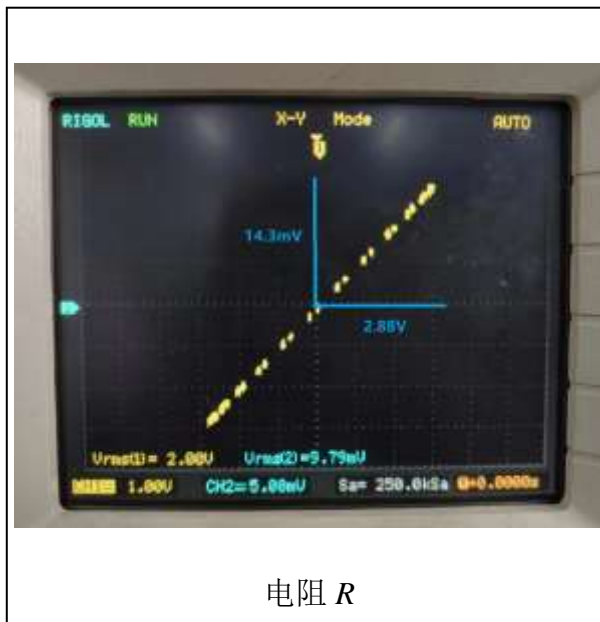


图 5.5

#### 四、实验结论及总结





# 原始数据

## 实验5 R、L、C单个元件阻抗频率特性测试

### 原始数据

班级: 63030201 学号: 1820221053 姓名: 曾加健 组号: 10

### 1. 测绘 R、L、C 单个元件阻抗频率特性曲线

$f(\text{KHz})$	10	20	30	40	50	
$U_s(V)$	2					
$U_{bc}(mV)$	R	9.76	9.76	9.76	9.76	9.76
	L	122	60.1	43.6	32.3	26.4
	C	131	343	357	554	648

### 2. R、L、C 单个元件的相位测量

R:  $AB = 100.0 \mu s$

$CD = 0 \mu s$

$\Delta\phi = 0$

结论: 电压与电流同相

L:  $AB = 101.6 \mu s$

$CD = 22.4 \mu s$

$\Delta\phi = \frac{CD}{AB} \times 360^\circ = 79.37^\circ$

结论: 电压超前于电流  $79.37^\circ$

C:  $AB = 102.4 \mu s$

$CD = 76.8 \mu s$

$\Delta\phi = \frac{CD}{AB} \times 360^\circ = 270^\circ$

结论: ~~电压~~ 电压滞后于电流  $90^\circ$

### 3. R、L、C 单个元件的伏安关系轨迹线

R:  $2a = 576 V$

$2b = 28.6 mV$

L:  $2a = 6.6 V$

$2b = 340 mV$

C:  $2a = 5.80 V$

$2b = 366 mV$

*3L 12/5*