

成都理工大学

# 本科生实验报告

实验课程 电工电子学实验课

专业名称 环境科学与工程

学生姓名 安德利

学生学号 202019020220

指导教师 黄虎

实验地点 基础实验楼 A324

二〇二一年十一月二十七日

# 目 录

<b>实验 1 电路元件伏安特性的测量</b> .....	<b>1</b>
一、 实验目的 .....	1
二、 实验器材 .....	1
三、 实验原理及线路 .....	1
四、 实验结果及分析 .....	4
<b>实验 2 基尔霍夫定律的验证</b> .....	<b>8</b>
一、 实验目的 .....	8
二、 实验器材 .....	8
三、 实验原理及线路 .....	8
四、 实验结果及分析 .....	9
<b>实验 3 线性电路特性的研究</b> .....	<b>11</b>
一、 实验目的 .....	11
二、 实验器材 .....	11
三、 实验原理及线路 .....	11
四、 实验结果及分析 .....	13
<b>实验 4 线性有源二端网络等效电路的研究</b> .....	<b>15</b>
一、 实验目的 .....	15
二、 实验器材 .....	15
三、 实验原理及线路 .....	15
四、 实验结果及分析 .....	18
<b>实验 5 运算放大器与受控源特性研究</b> .....	<b>20</b>
一、 实验目的 .....	20
二、 实验器材 .....	20
三、 实验原理及线路 .....	20
四、 实验结果及分析 .....	24

## 实验 1 电路元件伏安特性的测量

### 一、实验目的

- 1、掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的测量方法；
- 2、掌握伏安测量法中测量样点的选择和绘制曲线的方法；
- 3、学习直读式仪表和直流稳压电源等设备的使用方法。

### 二、实验器材

名称	型号	数量
实验箱		1
线性电路研究模块		1
电压源 U	5V	1
电压表 V		1
电流表 A		1
电阻 R1		1
电阻 R2	150Ω	1
半导体二极管	2D1	1
稳压二极管	2D2	1
导线		4

### 三、实验原理及线路

#### 实验原理

电路元件的特性一般可用该元件上的端电压  $U$  与通过该元件的电流之间的函数关系  $I=f(U)$  来表示，即用  $I$ - $U$  平面上的一条曲线来表征，这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。电阻元件是电路中最常见的元件，有线性电阻和非线性电阻之分。实际电路中很少是仅由电源和线性电阻构成的“电平移动”电路。而非线性器件却常常有着广泛的使

用,例如非线性元件二极管具有单向导电性,可以把交流信号变换成直流量,在电路中起着整流作用。

万用表的欧姆挡只能在某一特定的  $U$  和  $I$  下测出对应的电阻值,因而不能测出非线性电阻的伏安特性。一般采用含源电路“在线”状态下测量元件的端电压对应的电流值,进而由公式  $R=U/I$  来求电阻值。

1. 线性电阻元件的伏安特性符合欧姆定律  $U=RI$ , 其阻值不随电压或电流值的变化而变化, 伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线, 如图 1-1 (a) 所示, 该直线的斜率等于该电阻器的电阻值。

2. 白炽灯可以视为一种电阻元件, 其灯丝电阻随着温度的升高而增大, 一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可以相差几倍, 通过白炽灯的电流越大, 其温度越高, 阻值也越大, 即对一组变换的电压值和对应的电流值, 所得  $U/I$  不是一个常数, 所以它的伏安特性是非线性的, 如图 1-1(b) 所示。

3. 普通的半导体二极管也是一种非线性电阻元件, 其伏安特性如图 1-1(c) 所示。二极管的电阻值随着电压或电流的大小, 方向的改变而改变。它的正向压降很小 (一般锗管约为  $0.2\sim 0.3V$ , 硅管约为  $0.5\sim 0.7V$ ), 正向电流随正向压降升高而急剧上升, 而反向电压从零一直增加到十几至几十伏时, 其反向电流增加很小, 粗略地可视为零。发光二极管正向电压在  $0.5\sim 5V$  之间时, 正向电流有很大变化。可见二极管具有单向导电性, 但反向电压加得过高, 超过管子的极限值, 则会导致管子击穿损坏。

4. 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管, 其正向特性与普通的二极管类似, 但其反向特性较特殊, 如图 1-1(d) 所示。给稳压二极管加反向电压时, 其反向电流几乎为零, 但当电压增加到某一数值时, 电流将突然增加, 以后它的端电压将维持恒定, 不再随外加反向电压的升高而增大, 这便是稳压二极管的反向稳压特性。实际电路中, 可以利用不同稳压值的稳压管来实现稳压。

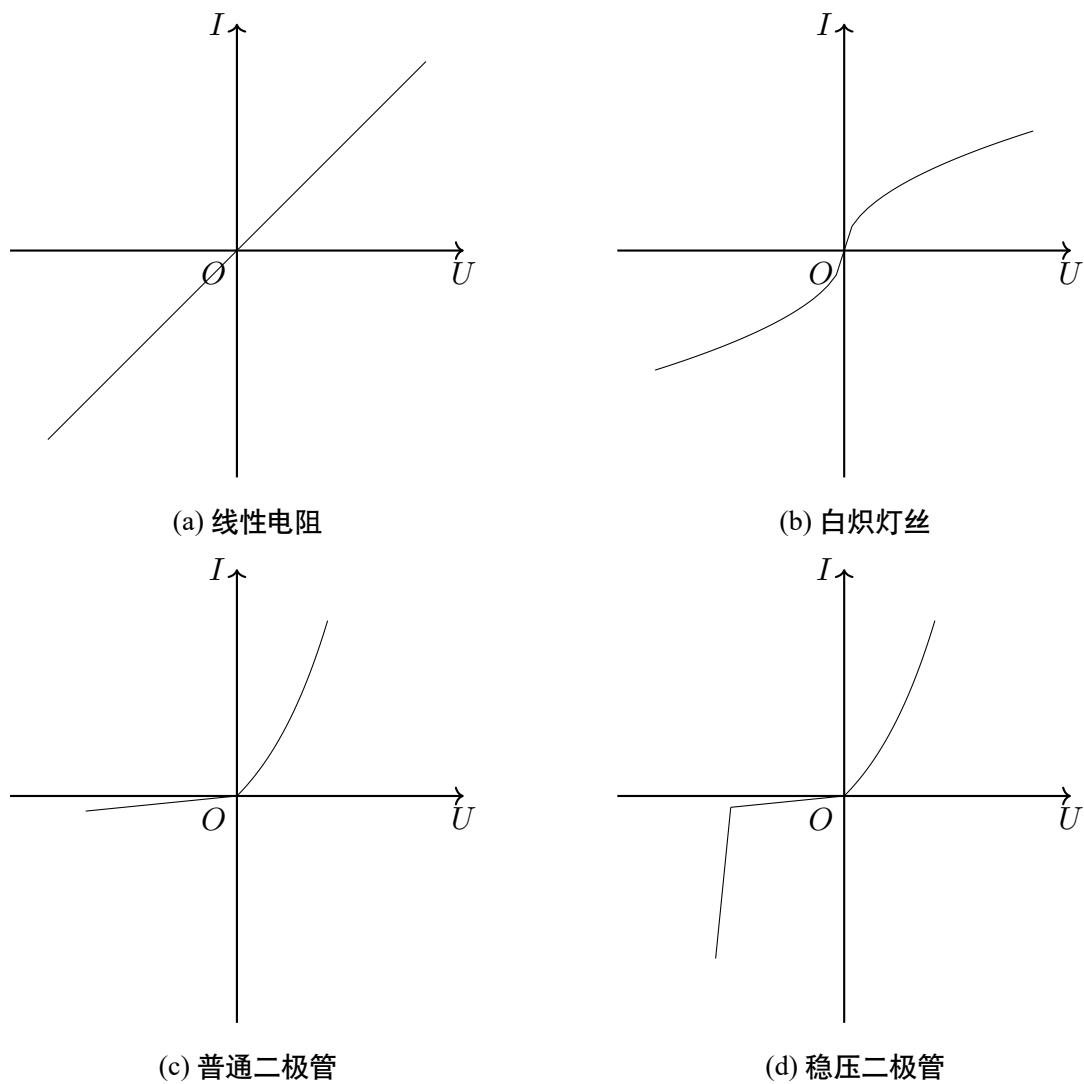
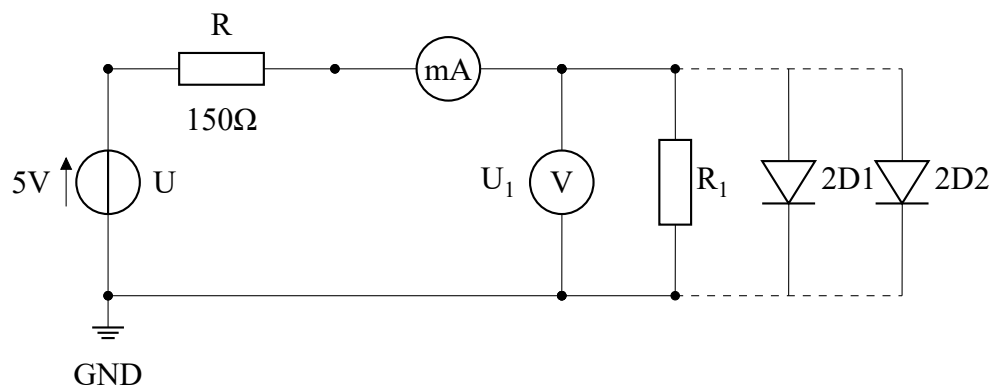


图 1-1: 线性电阻和非线性电阻的伏安特性曲线

绘制伏安特性曲线通常采用逐点测试法，电阻元件在不同的端电压  $U$  作用下，测量出相应的电流  $I$ ，然后逐点绘制出伏安特性曲线  $I=f(U)$ ，根据伏安特性曲线便可计算出电阻元件的阻值。

## 实验线路

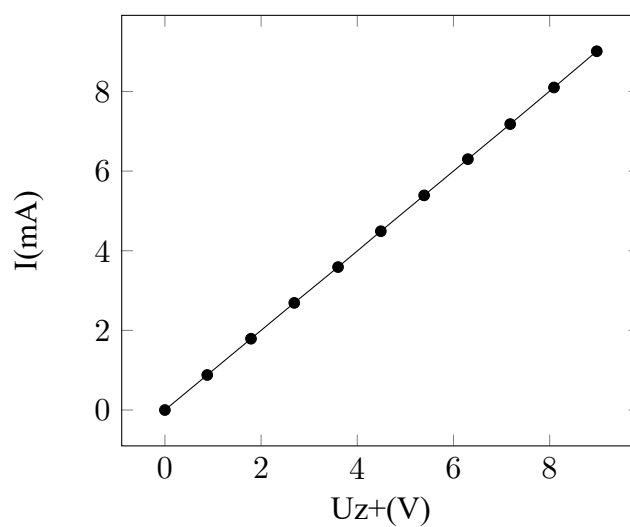


## 四、实验结果及分析

## 1. 测量线性电阻的伏安特性

表 1-1: 测量线性电阻的伏安特性

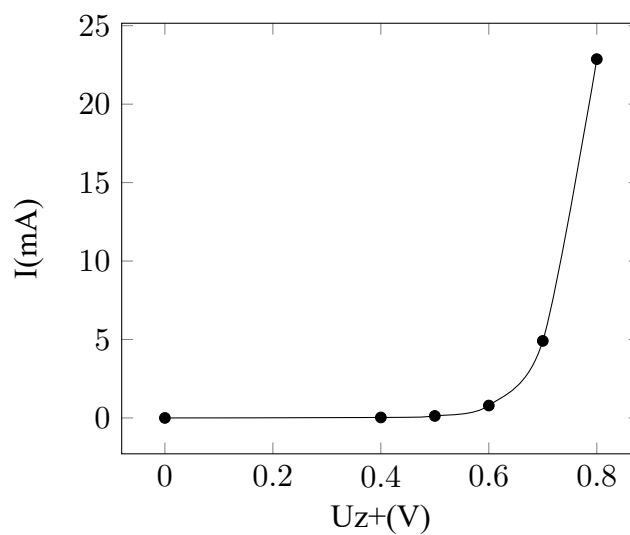
U(V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_1(V)$	0	0.88	1.79	2.69	3.60	4.49	5.39	6.30	7.18	8.09	8.98
$I(mA)$	0	0.88	1.79	2.69	3.59	4.49	5.39	6.30	7.18	8.10	9.01
$R_1(K\Omega) = \frac{U_1}{I}$		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

电阻  $R_1$  的伏安特性曲线

## 2. 测量半导体二极管的伏安特性

表 1-2: 二极管正向特性的测量

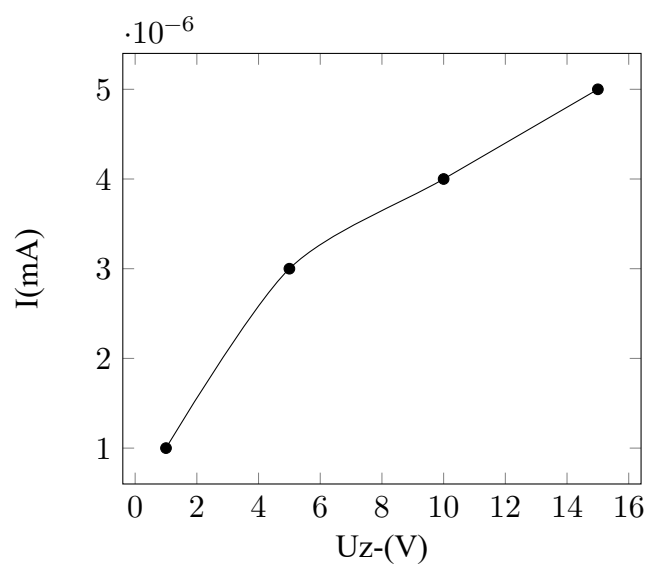
$U_{Z+}(\text{V})$	0	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
$I(\text{mA})$	0.000014	0.0301	0.1275	0.79	4.91	22.87



二极管正向伏安特性曲线

表 1-3: 二极管反向特性的测量

$U_{Z-}(\text{V})$	1	5	10	15
$I(\text{mA})$	0.000001	0.000003	0.000004	0.000005

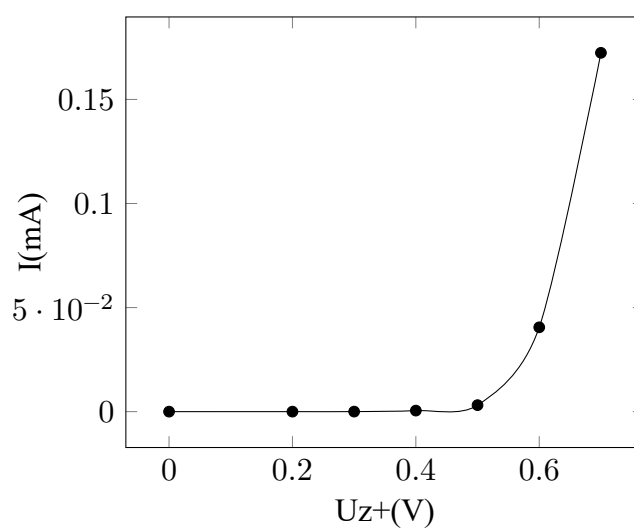


二极管反向伏安特性曲线

## 3. 测量稳压二极管的伏安特性

表 1-4: 稳压管正向特性的测量

$U_{Z+}$ (V)	0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$I$ (mA)	0	0.000001	0.000002	0.00005	0.00312	0.04052	0.1724

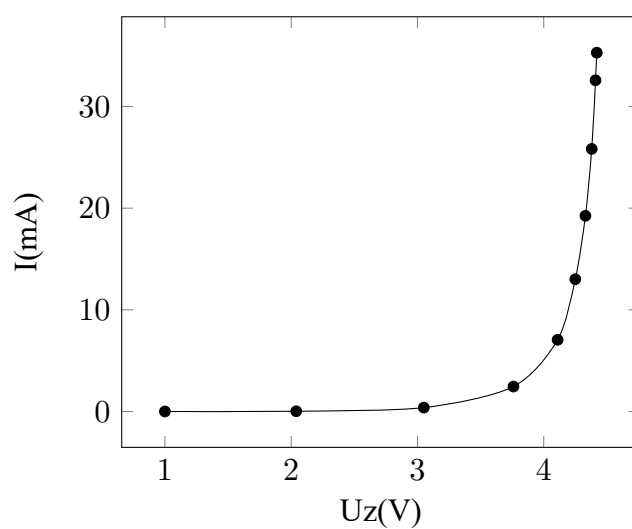


稳压管正向伏安特性曲线



表 1-5: 稳压管负向特性的测量

U(V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_z(V)$	1	2.04	3.05	3.76	4.11	4.25	4.33	4.38	4.41	4.42
I(mA)	0.000112	0.01895	0.38	2.45	7.05	13.01	19.25	25.83	32.58	35.3



稳压管反向伏安特性曲线

## 实验 2 基尔霍夫定律的验证

### 一、实验目的

1. 加深对基尔霍夫定律的理解；
2. 学会使用万用表测量直流电压和直流电流的方法，验证基尔霍夫定律；
3. 学会用电流表测量各支路电流。

### 二、实验器材

名称	型号	数量
实验箱		1
线性电路研究模块		1
电压源 U1	9V	1
电压源 U2	5V	1
电阻 R1	600Ω	1
电阻 R2	300Ω	1
电阻 R3	150Ω	2
电阻 R4	100Ω	1
导线		10

### 三、实验原理及线路

#### 实验原理

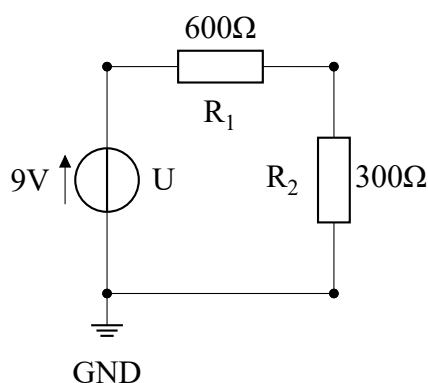
基尔霍夫电流定律 (KCI): 其尔霜去由流定律是电流的基太定律。即任何时刻, 在集总电路中, 对任一节点 (闭合面) 而言, 所右吉路的由流代数和恒等于零, 即  $\sum I = 0$ 。如流入该节点 (闭合面) 的电流为正, 则流出访节点 (闭合面) 的电流为负 (也可以反过来规定)。

基尔霍夫电压定律 (KVL): 对任何一个闭合回路而言, 所有支路的电压降代数和恒

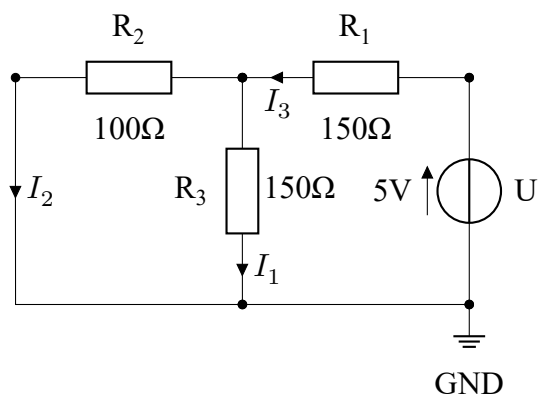
等于零，即  $\sum U = 0$ 。通常，凡支路或是元件电压的参考方向与回路绕行方向一致者为正，反之为负。

基尔霍夫定律的形式对各种不同的元件所组成的电路都适用，对线性和非线性都适用。运用上述定律时必须要注意各支路或闭合回路中电流的正方向，此方向可预先任意设定。

### 实验线路



(a) 验证基尔霍夫电压定律电路



(b) 验证基尔霍夫电流定律电路

图 2-1: 验证基尔霍夫定律电路

## 四、 实验结果及分析

表 2-1: 验证基尔霍夫电压定律

	U(V)	U <sub>1</sub> (V)	U <sub>2</sub> (V)	I(mA)	$\sum U$
理论值	9	6.00	3.00	10.00	0
实测值	9	6.26	3.04	10.18	0.30

### 误差分析:

- 1、测量误差;
- 2、电源内阻影响;
- 3、电源波动影响;

4、连接线路的电阻和结点的接触电阻。

表 2-2: 验证基尔霍夫电流定律

	U(V)	$I_1$ (mA)	$I_2$ (mA)	$I_3$ (mA)	$\sum I_A$
理论值	5	23.81	14.29	9.52	0
实测值	5	24.64	14.76	9.89	0.84

**误差分析:**

- 1、测量误差;
- 2、电源内阻影响;
- 3、电源波动影响;
- 4、连接线路的电阻和结点的接触电阻。

## 实验3 线性电路特性的研究

### 一、实验目的

1. 加深对线性电路主要特性（齐次性、叠加性、置换性、互易性）的理解。
2. 学习线性电路主要特性的研究方法。

### 二、实验器材

名称	型号	数量
实验箱		1
线性电路研究模块		1
电压源 U1	6V	1
电压源 U2	10V	1
电流表 A		1
电阻 R1	600Ω	1
电阻 R2	300Ω	2
导线		8

### 三、实验原理及线路

#### 实验原理

1. **齐次性**：在含一个独立源的线性电路中，每一个响应（电压或电流）与该独立源的数值成线性关系，即当某一独立源增加或减小  $k$  倍时，由其在各元件上产生的电压或电流也增加或减小  $k$  倍。称为线性电路的齐次性 (或比例性)。

2. **叠加性**：由多个独立源组成的线性电路中，每一个响应（电压或电流）可以看成是由每一个独立源  $U_s = U$  单独作用所产生响应的代数和，这一特性称为叠加性（或叠加定理）。

3. **置换性**：在具有唯一解的线性或非线性电路中，若已知某一支路的电压为  $U$ , 电

流为  $I$ , 那么该支路可以用 “ $U_s = U$ ” 的电压源替代, 或者用 “ $I_s = I$ ” 的电流源替代。替代后电路其它各处的电压、电流均保持原来的值。

定理, 所说的某支路可以是无源的, 也可以是有独立源的, 或是一个二端电路 (又称广义支路)。但是, 被替代的支路与原电路的其它部分间不应有耦合。

4. **互易性:** 在不含受控源的无源线性两端对网络中, 不论哪一端对作为激励端, 哪一端对作为响应端, 其电流响应对其电压激励的比值是一样的, 或其电压响应对其电流激励的比值是一样的。形象地说就是个电压源 (或一个电流源) 和一个电流表 (或一个电压表) 可以互相调换位置, 而电流表 (或电压表) 的读数不变。这一特性称为互易性 (或互易原理)。

### 实验线路

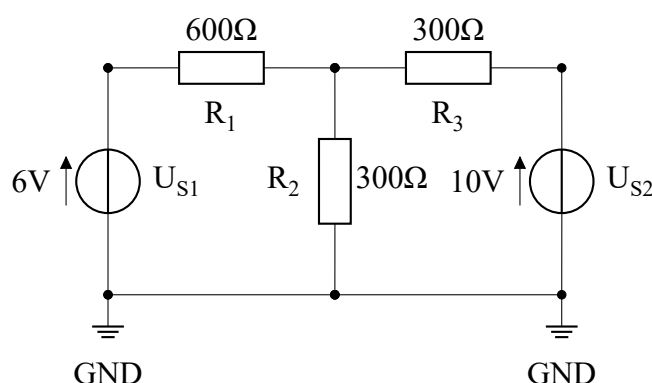


图 3-1: 叠加定理研究实验电路

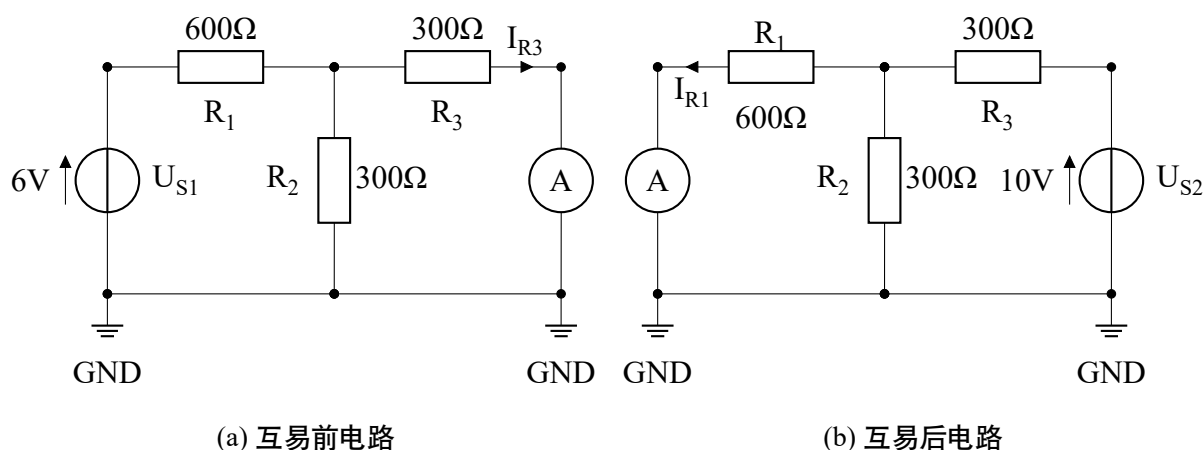


图 3-2: 互易定理的研究

## 四、实验结果及分析

表 3-1: 叠加定理的研究

		$U_{S1}(V)$	$U_{S2}(V)$	$U_{R1}(V)$	$U_{R2}(V)$	$U_{R3}(V)$
$U_{S1}(V)$ 、 $U_{S2}(V)$	理论值	6.0	10.0	0.8	5.2	4.8
	同时作用 实测值	6.0	10.0	0.82	5.42	5.01
$U_{S1}(V)$	理论值	6.0	/	4.8	1.2	1.2
	单独作用 实测值	6.0	/	5.05	1.21	1.22
$U_{S2}(V)$	理论值	/	10.0	4.0	4.0	6.0
	单独作用 实测值	/	10.0	4.22	4.20	6.22
叠加结果		/	/	0.83	5.41	5.00

		$P_{R1}(W)$	$P_{R2}(W)$	$P_{R3}(W)$	$P_{US1}(W)$	$P_{US2}(W)$
$U_{S1}(V)$ 、 $U_{S2}(V)$	理论值	0.0011	0.0901	0.0768	0.048	0.2
	同时作用 实测值	0.0011	0.0979	0.0837	0.048	0.2
$U_{S1}(V)$	理论值	0.0384	0.0048	0.0048	0.048	0
	单独作用 实测值	0.0425	0.0049	0.0050	0.048	0
$U_{S2}(V)$	理论值	0.026	0.053	0.120	0	0.2
	单独作用 实测值	0.029	0.058	0.129	0	0.2
叠加结果		0.0135	0.0629	0.1240	0.048	0.2

### 问题回答:

- 1、电路中任一支路中电压（或电流）与电源之间符合叠加定理。
- 2、 $U_{S1}$ 、 $U_{S2}$  同时作用时任一电阻元件上消耗的功率与  $U_{S1}$ 、 $U_{S2}$  单独作用时该电阻元件上消耗的功率之和不符合叠加定理。因为  $P = UI$ ，使得功率  $P$  成平方关系。
- 3、电源  $U_{S1}$ 、 $U_{S2}$  同时作用电路消耗的总功率与  $U_{S1}$ 、 $U_{S2}$  单独作用时提供的功率之和符合叠加定理。

表 3-2: 电路齐次性的研究

电压电源	$U_{R1}(V)$		$U_{R2}(V)$		$U_{R3}(V)$		$I_{R2}(mA)$	
	理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值
$U_{S2}(V) = 5V$	2.0	2.09	2.0	2.09	3.0	3.10	6.6	8.33
$U_{S2}(V) = 8V$	3.2	3.35	3.2	3.35	4.8	4.97	10.6	11.22
$U_{S2}(V) = 10V$	4.0	4.21	4.0	4.21	6.0	6.22	13.3	14.04

表 3-3: 互易定理的研究

	原电路	互易电路
理论值	$I_{R3} = 6.50mA$	$I_{R1} = 6.60mA$
实测值	$I_{R3} = 6.83mA$	$I_{R1} = 6.82mA$



## 实验 4 线性有源二端网络等效电路的研究

### 一、实验目的

1. 学习测量线性有源二端网络等效电源参数和电路的外特性的方法。
2. 加深对等效电源定理的理解，验证最大功率传输条件。
3. 巩固万用电表的使用方法，加深对万用电表内阻的理解。

### 二、实验器材

名称	型号	数量
实验箱		1
线性电路研究模块		1
电压源 U	12V	1
电压表 V		1
电流表 A		1
欧姆表 $\Omega$		1
电阻 R1	600 $\Omega$	1
电阻 R2	300 $\Omega$	2
电阻 R3	500 $\Omega$	1
可调电阻器 $R_L$	20k $\Omega$	1
导线		8

### 三、实验原理及线路

#### 实验原理

1. 任何一个线性网络，如果只研究其中一条支路的电压或电流，则可将电路的其余部分看作是一个有源二端网络，或称为含源一端口网络。
2. 等效电源定理包括电压源等效和电流源等效两个定理，也称为戴维南定理和诺顿定理：

**戴维南定理：**任意一个线性有源二端网络，就其对外电路的作用而言，总可以等效为一个电压源和电阻组成的串联电路。该电压源的电压  $U_{OC}$  等于二端网络在端口处的开路电压；电阻  $r_0$  等于二端网络内所有独立源置于零的条件下，从端口处看进去的等效电阻。

**诺顿定理：**任意一个线性有源二端网络，就其对外电路的作用而言，总可以等效为一个电流源和电导组成的并联电路。该电流源的电流  $I_{SC}$  等于二端网络在端口处的短路电流；电导  $g_0$  等于该二端网络内所有独立源置于零的条件下，从端口处看进去的等效电导， $g_0 = 1/r_0$ 。

通常我们称开路电压  $U_{OC}$  短路电流  $I_{SC}$  以及等效内阻  $r_0$  为有源二端网络的等效电源参数。

3. 线性有源二端网络与等效电路的外特性应该是一致的，在平面坐标中绘制的伏安关系曲线应该重合。

#### 4. 最大功率传输定理

一个线性有源二端网络，不管其内部具体电路如何，都可以等效为一个理想电压源和电阻组成的串联电路。当负载为  $R_L$  时，获得功率：

$$P = I^2 R_L = \frac{U_{OC}^2 R_L}{(r_0 + R_L)^2}$$

对上式求导并令其为零，得到负载  $R_L$  上获得最大功率时的条件  $R_L = r_0$ ，此时最大功率为：

$$P_{\max} = \frac{U_{OC}^2}{4r_0}$$

## 实验线路

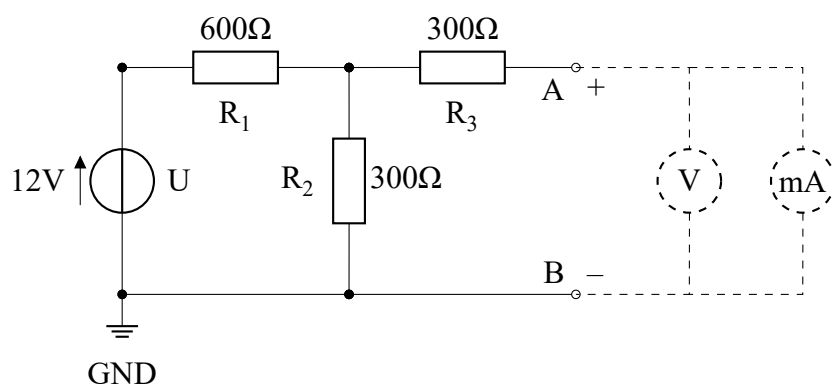
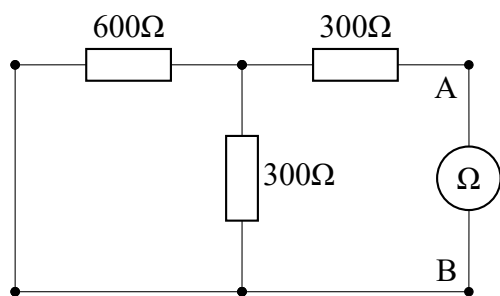
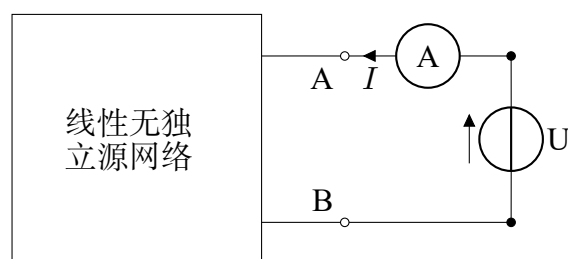
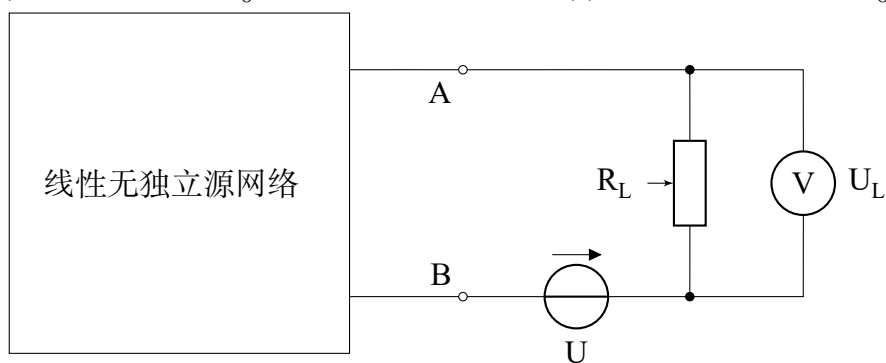


图 4-1: 测定 AB 端等效电源参数电路

(a) 直接测量法测量  $r_0$  电路(b) 外接已知电源法测量  $r_0$  电路(c) 半值法测量  $r_0$  电路图 4-2: 测量等效内阻  $r_0$

## 四、实验结果及分析

表 4-1: 测定等效电源参数  $U_{OC}, I_{SC}$ 

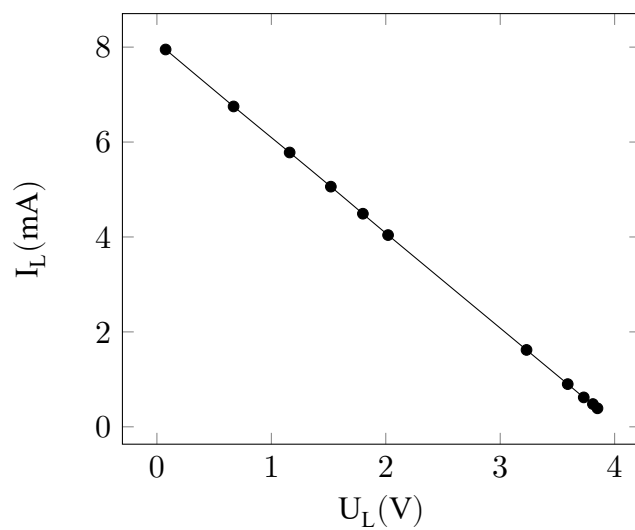
测量项目	$U_{OC}(V)$	$I_{SC}(mA)$
理论值	4.00	8.00
测量值	4.06	8.11

表 4-2: 测量  $r_0$ 

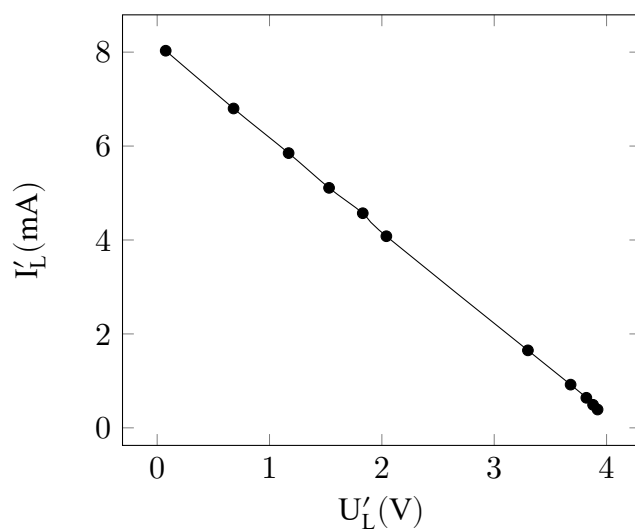
$r_0$	实验方法	中间测量数据	结果 $r_0(\Omega)$
$r_{01}$	直接测量法	500.92 $\Omega$	500.92 $\Omega$
$r_{02}$	外接已知电源法	$U = 12V$ $I = 24.77mA$	484.46 $\Omega$
$r_{03}$	半值法	467.72 $\Omega$	467.72 $\Omega$
理论值 $r_0 = 500\Omega$		综合分析后 $r_0 = \frac{r_{01} + r_{02} + r_{03}}{3} = 484.37\Omega$	

表 4-3: 测量电路外特性

	$R_L(\Omega)$	10	100	200	300	400	$r_0$	2k	4k	6k	8k	10k
原电路	$U_L(V)$	0.076	0.67	1.16	1.52	1.80	2.02	3.23	3.59	3.73	3.81	3.85
	$I_L(mA)$	7.95	6.75	5.78	5.06	4.49	4.04	1.62	0.90	0.62	0.48	0.39
	$P(mW)$	0.603	4.55	6.71	7.70	8.06	8.16	5.23	3.23	2.32	1.81	1.48
等效电路	$U'_L(V)$	0.076	0.68	1.17	1.53	1.83	2.04	3.30	3.68	3.82	3.88	3.92
	$I'_L(mA)$	8.03	6.80	5.85	5.11	4.57	4.08	1.65	0.92	0.64	0.49	0.39



原电路的伏安特性曲线



等效电路的伏安特性曲线

## 实验 5 运算放大器与受控源特性研究

### 一、实验目的

1. 学习运算放大器的使用方法，形成有源器件的概念；
2. 理解、掌握受控源的外特性；
3. 了解运算放大器组成受控源的基本原理；
4. 测试 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS，加深对受控源受控特性的认识。

### 二、实验器材

名称	型号	数量
实验箱		1
线性电路研究模块		1
运算放大器		1
电压源 U1	1V	1
电压源 U2	2V	1
电阻 R1	2K $\Omega$	1
电阻 R2	2K $\Omega$	1
可调电阻器 R <sub>L</sub>	20k $\Omega$	1
导线		8

### 三、实验原理及线路

#### 实验原理

1. 运算放大器是一种有源三端元件，图 5-1 (a) 为运放的电路符号。

它有两个输入端，一个输出端和一个对输入和输出信号的参考地线端。“+”端称为同相输入端，信号从同相输入端输入时，输出信号与输入信号对参考地线来说极性相同。“-”端称为反相输入端，信号从反相输入端输入时，输出信号与输入信号对参考地

线端来说极性相反。运算放大器的输出端电压  $u_0 = A(u_b - u_a)$ ，其中  $A$  是运算放大器的开环电压放大倍数。在理想情况下， $A$  和输入电阻  $R_{in}$  均为无穷大，因此有

$$u_b = u_a; \quad i_b = \frac{u_b}{R_{in}} = 0; \quad i_a = \frac{u_a}{R_{in}} = 0$$

上述式子说明:

(1) 运算放大器的“+”端与“-”端之间等电位，通常称为“虚短路”。

(2) 运算放大器的输入端电流等于零。称为“虚断路”。

此外，理想运算放大器的输出电阻为零。这些重要性质是简化分析含运算放大器电路的依据。除了两个输入端、一个输出端和一个参考地线端外，运算放大器还有相对地线端的电源正端和电源负端。运算放大器的工作特性是在接有正、负电源(工作电源)的情况下才具有的。

运算放大器的理想电路模型为一受控电源。如图 5-1 (b) 所示。在它的外部接入不同的电路元件可以实现信号的模拟运算或模拟变换，它的应用极其广泛。含有运算放大器的电路是一种有源网络，在电路实验中主要研究它的端口特性以了解其功能。本次实验将要研究由运算放大器组成的几种基本受控源电路。

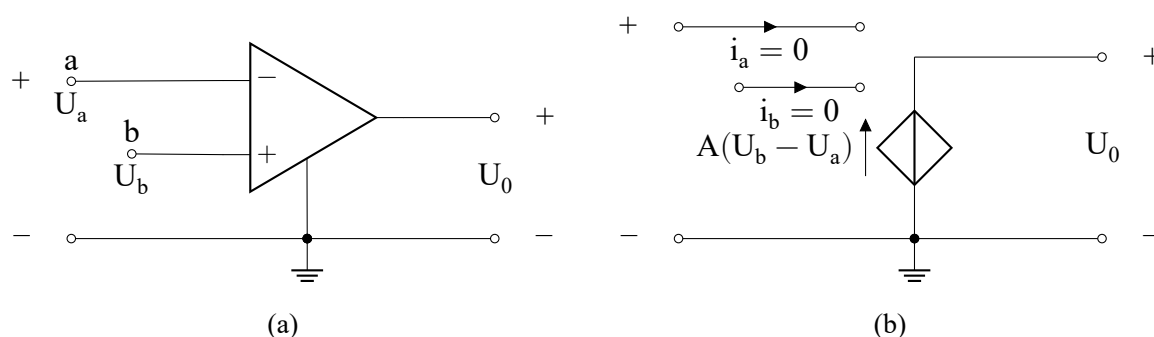


图 5-1: 运算放大器得电路符合及其理想电路模型

根据控制量与受控量电压或电流的不同，受控源可分为四种情况: 电压控制电压源 (VCVS)、电压控制电流源 (VCCS)、电流控制电压源 (CCVS)、电流控制电流源 (CCCS)。

## 2. 电压控制电压源 (VCVS )

图 5-2 所示的电路是一个电压控制型电压源 (VCVS)。由于运算放大器的“+”和“-”端为虚短路。

有

$$u_b = u_a = u_1$$

故

$$i_{R2} = \frac{u_b}{R_2} = \frac{u_1}{R_2}$$

又

$$i_{R1} = i_{R2}$$

所以

$$u_2 = i_{R1}R_1 + i_{R2}R_2 = i_{R2}(R_1 + R_2) = \frac{u_1}{R_2}(R_1 + R_2) = [1 + \frac{R_1}{R_2}]u_1$$

即运算放大器的输出电压  $u_2$  受输入电压  $u_1$  的控制，它的理想电路模型如图 5-3 所示。其电压比  $u = \frac{u_2}{u_1} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$

$u$  无量纲，称为电压放大倍数。该电路是一个同相比例放大器，其输入和输出端均有公共接地点。这种联接方式称为共地联接。

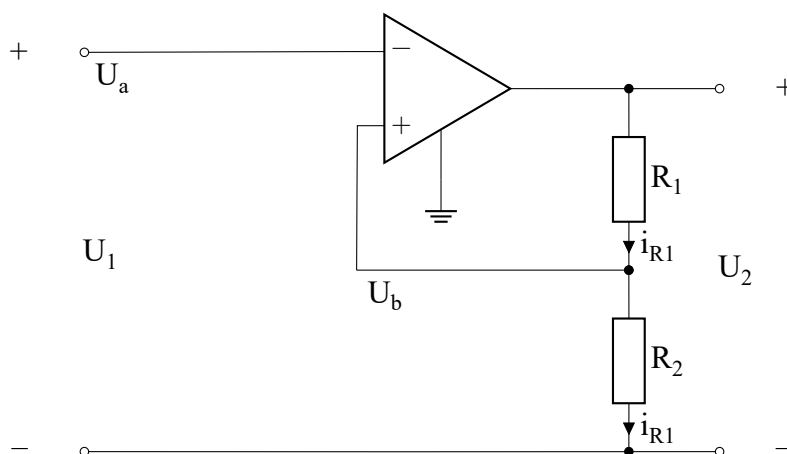


图 5-2: 电压控制电压源电路

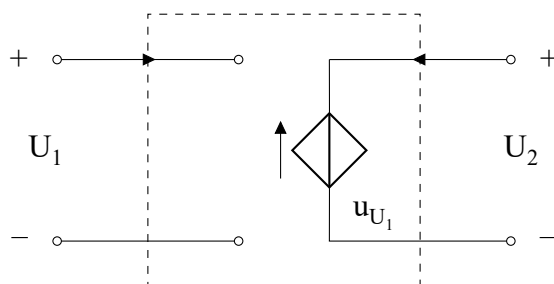


图 5-3: 电压控制电压源模型



### 3. 电压控制电流源 (VCCS)

图 5-2 电路中的  $R_1$  看作一个负载电阻, 这个电路就成为一个电压控制型电流源 (VCCS), 如图 5-4 所示。运算放大器的输出电流  $i_2 = i_R = \frac{u_a}{R_1} = \frac{u_1}{R_1}$ , 即输出电流  $i_2$  只受输入电压  $u_1$  的控制, 与负载电阻  $R_L$  无关。图 5-5 是它的理想电路模型。比例系数为  $g_m = \frac{i_2}{u_1} = \frac{1}{R}$ ,  $g_m$  为具有电导的量纲, 称为转移电导。

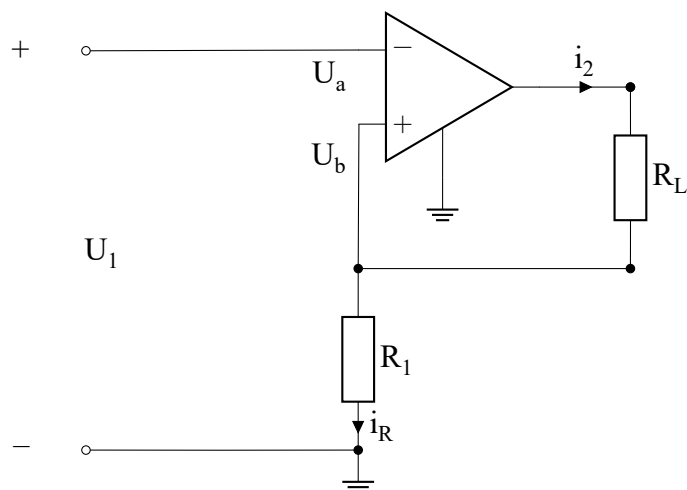


图 5-4: 电压控制电流源电路

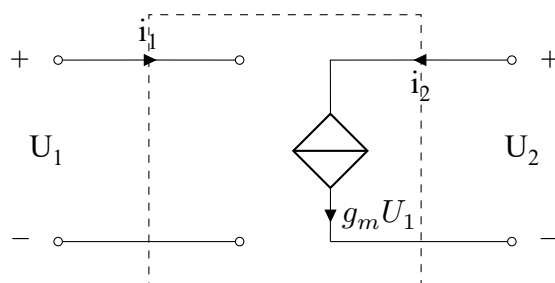


图 5-5: 电压控制电流源模型

实验线路

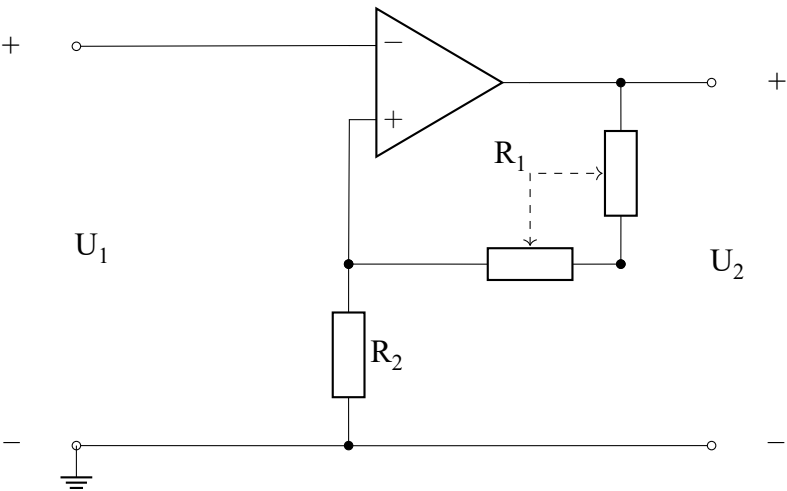


图 5-6: VCVS 实验电路

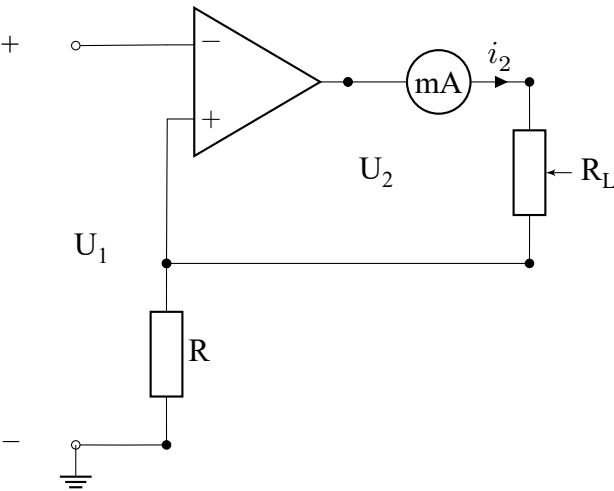


图 5-7: VCCS 实验电路

四、 实验结果及分析

表 5-1: VCVS 实验 1

给定值	$u_1(\text{V})$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	$R_1 = R_2 = 2\text{K}\Omega$
VCVS	测定值 $u_2(\text{V})$	0.02201	1.02	2.06	3.10	4.13	5.14	计算值
	实测值 $\mu = \frac{u_2}{u_1}$		2.04	2.06	2.07	2.07	2.06	$\mu = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 2$

表 5-2: VCVS 实验 2

给定值		$R_1(K\Omega)$	1	2	3	4	5
VCVS	测量值	$\mu = \frac{U_2}{U_1}$	1.55	2.10	2.60	3.11	3.63
	计算值	$\mu = 1 + \frac{R_1}{R_2}$	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50

表 5-3: VCCS 实验 1

给定值		$R_L(K\Omega)$	1	2	3	4	5	$u_1 = 2V, R = 2K\Omega$
VCCS	测定值	$i_2(mA)$	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	计算值
	实测值	$g_m(S) = \frac{i_2}{u_1}$	0.00052	0.00052	0.00052	0.00052	0.00052	$g_m = \frac{1}{R} = 0.0005$

表 5-4: VCCS 实验 2

给定值		$U_1(V)$	1	2	3	4	5
VCCS	测量值	$u_1(V)$	1.02	2.07	3.10	4.16	5.18
	测量值	$i_2(mA)$	0.52	1.04	1.55	1.60	1.60
	计算值	$g_m(S)$	0.51	0.50	0.50	0.38	0.31