

电工电子实验

Diangong Dianzi Shiyan

编 著 © 钱培怡 邵 蓉



中国人民大学出版社

电工电子实验

编 著 钱培怡 邵 蓉
参 编 穆 克 刘玉山 张 贺 谢 悦

中国人民大学出版社

• 北京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实验/钱培怡, 邵蓉编著. —北京: 中国人民大学出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-300-15998-0

I. ①电… II. ①钱… ②邵… III. ①电工技术-实验-高等学校-教材②电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142247 号

电工电子实验

编 著 钱培怡 邵 蓉

参 编 穆 克 刘玉山 张 贺 谢 悦

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

电 话 010-62511242 (总编室)

010-82501766 (邮购部)

010-62515195 (发行公司)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com>(人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 北京市媛明印刷厂

规 格 185 mm×260 mm 16 开本

印 张 9.25

字 数 201 000

邮政编码 100080

010-62511398 (质管部)

010-62514148 (门市部)

010-62515275 (盗版举报)

版 次 2012 年 7 月第 1 版

印 次 2012 年 7 月第 1 次印刷

定 价 18.00 元

版权所有 侵权必究

印装差错 负责调换

前 言

本教材是为普通高等院校实验课程改革而编写的。编写过程参照教育部颁布的《高等工业学校电工电子技术基础课程教学基本要求》和普通高等教育“十一五”国家级规划教材的立项要求。编写本书遵循的原则是适应当前对人才的需要，强化工程实践训练，培养创新意识和提高学生的综合素质。本书强调的重点是实践，突出基础训练和设计型综合应用能力、创新能力的培养，在选编的实验中，强调工程实用性，着眼于培养和提高学生的工程设计、实验调试及综合分析能力，有利于提高不同层次、不同专业学生的综合素质，为后续课程的学习，各类电子设计竞赛，毕业设计，乃至毕业后的工作打下良好基础。

随着当前信息社会新产品新技术的不断更新，新材料新器件的不断出现，本书对以往所用教材的体系结构进行了调整。并根据新版理论教材的内容、图形符号，将电路、电工学、模拟电子技术和数字电子技术等多门专业基础课程的实验和实践教学内容整合，合编成一本书。这样有助于相关知识的互补，增强了教材的适应性。全书所列实验项目涵盖电类和非电类专业所要求的实验内容，同一实验对不同专业、不同对象，实验内容的深浅有侧重和取舍，由任课教师确定。为适应各院校不同教学条件，尽可能做到不局限于某一种特定实验设备，大部分实验不给出元器件参数或只给出参考值，由学生在实验预习时去实验室自行调研，以提高学习的主动性。学时分配上要适当考虑给设计性、综合性实验增加学时。在实验方法的要求上力图做到软硬件结合。

参加本书编写工作的有辽宁石油化工大学信息与控制工程学院钱培怡、穆克；辽宁石油化工大学顺华能源学院邵蓉、张贺、刘玉山、谢悦。其中第一章由邵蓉、张贺编写；第二章由穆克、刘玉山编写；第三章和第四章由钱培怡、谢悦编写。在编写过程中得到了辽宁石油化工大学顺华能源学院教务处以及信息与控制工程学院电工电子实验教学中心许多老师的大力帮助，在此表示诚挚的谢意。

编者

2012.4

目 录

第一章 电路及电工学实验	1
实验一 电路元件基本电参数测绘	1
实验二 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	4
实验三 基尔霍夫定律和叠加原理	6
实验四 电压源与电流源的等效变换	8
实验五 戴维南定理及最大功率传输条件	12
实验六 受控源的实验研究	15
实验七 典型电信号的示波器测量法	20
实验八 一阶电路的特性研究	23
实验九 用三表法测量电路等效参数	26
实验十 日光灯电路及功率因数的提高	29
实验十一 RLC 串联电路的频率特性	32
实验十二 三相交流电路的研究	35
实验十三 三相鼠笼式异步电动机正反转控制	38
第二章 模拟电子技术实验	42
实验一 电子技术实验常用仪器仪表的使用	42
实验二 单管放大器	47
实验三 负反馈放大器	54
实验四 射极跟随器	58
实验五 差动放大器	62
实验六 低频功率放大器——OTL 功率放大器	66
实验七 运算放大器的基本运算电路	70
实验八 RC 正弦波振荡器	74
实验九 集成稳压器	78
第三章 数字电子技术实验	83
实验一 集成逻辑门的功能测试及应用	83
实验二 组合逻辑电路设计	88
实验三 中规模集成电路应用 (1) ——全加器、译码器及数码显示电路	91
实验四 中规模集成电路应用 (2) ——数据选择器及其应用	98

实验五	触发器、锁存器的应用	102
实验六	集成移位寄存器及其应用	107
实验七	集成计数器及其应用	111
实验八	综合实验模拟霓虹灯和电机运转规律控制电路	115
实验九	555 定时电路及其应用	119
第四章	电子技术课程设计	125
第一节	电子电路的设计方法	125
第二节	电子电路的组装	127
第三节	电子技术课程设计任务书	127
参考文献		138

第一章 电路及电工学实验

实验一 电路元件基本电参数测绘

一、实验目的

1. 掌握识别常用电路元件的方法。
2. 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的测绘。
3. 掌握实验台上直流电工仪表和设备的使用方法。

二、实验原理

任何一个二端元件的特性可用该元件的端电压 U 与通过该元件的电流 I 之间的函数 $I=f(U)$ 来表示,即用 $I-U$ 平面上的一条曲线来表示,这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

(1) 线性电阻器的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,如图 1—1—1 中直线 a 所示,该直线的斜率等于该电阻器的电阻值。

(2) 白炽灯在工作时灯丝处于高温状态,灯丝电阻随着温度的升高而增大,通过白炽灯的电流越大,则温度越高,阻值也越大。一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍,所以它的伏安特性如图 1—1—1 中曲线 b 所示。

(3) 半导体二极管是一个非线性电阻元件,伏安特性如图 1—1—1 中曲线 c 所示。正向压降很小(锗管为 $0.2\sim 0.3\text{V}$,硅管为 $0.5\sim 0.7\text{V}$),正向电流随正向电压的升高而急剧上升,而反向电压从零开始增加到几十伏时,其反向电流增加很小,可粗略地视为零。可见,二极管具有单向导电性,但反向电压加得过高,超过二极管的极限值,则会导致二极管击穿损坏。

(4) 稳压二极管是一种特殊的半导体

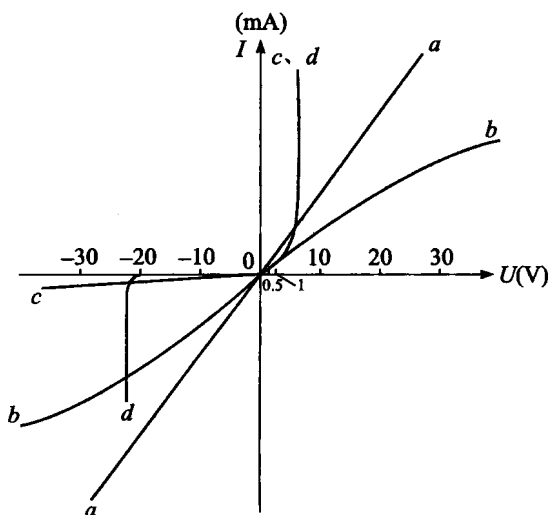


图 1—1—1 电路元件的伏安特性

二极管，正向特性与普通二极管类似，但其反向特性较特别，如图 1—1—1 中 *d* 所示。在反向电压开始增加时，其反向电流几乎为零，但当电压增加到某一数值时（称为二极管的稳压值，有各种不同稳压值的稳压管），电流将突然增加，此后它的端电压将基本维持恒定，当外加的反向电压继续升高时，端电压仅有少量增加。

注意：流过二极管或稳压二极管的电流不能超过其极限值，否则二极管会被烧坏。

三、实验设备

本次实验所需设备如表 1—1—1 所示。

表 1—1—1		实验设备列表		
序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0~30V	1	
2	万用表	FM-47 或其他	1	自备
3	直流数字毫安表	0~200mA	1	
4	直流数字电压表	0~200V	1	
5	二极管	1N4007	1	DGJ-05
6	稳压管	2CW51	1	DGJ-05
7	白炽灯	12V, 0.1A	1	DGJ-05
8	线性电阻器	200Ω, 1kΩ/8W	1	DGJ-05

四、实验内容

1. 测定线性电阻器的伏安特性

按图 1—1—2 接线，调节稳压电源的输出电压 U ，从 0V 开始缓慢地增加到 10V，记下相应的电压表和电流表的读数 U_R 、 I ，填入表 1—1—2 中。

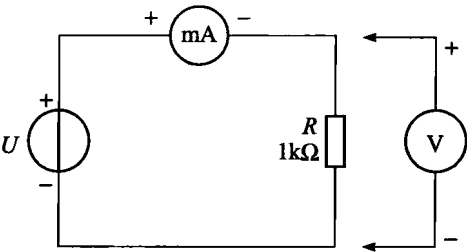


图 1—1—2 电阻伏安特性测试电路

表 1—1—2		U_R/I 数值表				
U_R (V)	0	2	4	6	8	10
I (mA)						

2. 测定白炽灯泡的伏安特性

将图 1—1—2 中的 R 换成一只 12V、0.1A 的灯泡，重复实验内容 1。 U_L 为灯泡的端电压，将 U_L 与 I 的数值填入表 1—1—3 中。

表 1—1—3

U_L/I 数值表

U_L (V)	0.1	0.5	1	2	3	4	5
I (mA)							

3. 测定半导体二极管的伏安特性

按图 1—1—3 接线，R 为限流电阻器。测二极管的正向特性时，其正向电流不得超过 35mA，二极管 D 的正向施压 U_{D+} 可在 0~0.75V 之间取值，可在 0.5~0.75V 之间多取几个测量点。测反向特性时，只需将图 1—1—3 中的二极管 D 反接，其反向施压 U_{D-} 可达 30V。正向特性实验数据填入表 1—1—4 中。

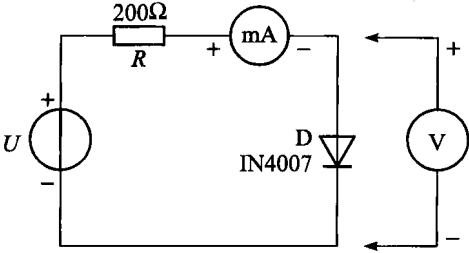


图 1—1—3 二极管伏安特性测试电路

表 1—1—4

正向特性实验数据

U_{D+} (V)	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
I (mA)								

反向特性实验数据填入表 1—1—5 中。

表 1—1—5

反向特性实验数据

U_{D-} (V)	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
I (mA)							

4. 测定稳压二极管的伏安特性

正向特性实验。将图 1—1—3 中的二极管换成稳压二极管 2CW51，重复实验内容 3 中的正向测量。 U_{Z+} 为 2CW51 的正向施压，将 U_{Z+} 与 I 的数值填入表 1—1—6 中。

表 1—1—6

正向特性实验数据 U_{Z+} 与 I 的关系

U_{Z+} (V)	
I (mA)	

5. 实验注意事项

(1) 测二极管正向特性时，稳压电源输出应逐渐增加，并时刻注意电流表读数不得超过 35mA。

(2) 进行不同实验时，应先估算电压和电流值，合理选择仪表的量程，勿使仪表超量程测量，仪表的极性亦不可接错。

五、实验报告

1. 根据实验数据，分别在方格纸上绘制出平滑的伏安特性曲线（其中，二极管和稳压管的正、反向特性要求画在同一张图中，正、反向电压可取不同的比例尺）。
2. 根据实验结果，总结、归纳被测元件的特性。
3. 做出必要的误差分析。

六、思考题

1. 线性电阻与非线性电阻的概念是什么？电阻器与二极管的伏安特性有何区别？
2. 设某器件伏安特性曲线的函数式为 $I=f(U)$ ，试问在逐点绘制曲线时，坐标变量应如何放置？
3. 稳压二极管与普通二极管有何区别？用途如何？

实验二 电位、电压的测定及电路电位图的绘制

一、实验目的

1. 验证电路中电位的相对性、电压的绝对性。
2. 掌握电路电位图的绘制方法。

二、实验原理

在一个闭合电路中，各点电位的高低根据所选的电位参考点的不同而变化，但任意两点间的电位差（即电压）则是绝对的，它不因参考点的变动而改变。

电位图是一种平面坐标一、四象限内的折线图，纵坐标为电位值，横坐标为各被测点。要制作某一电路的电位图，先以一定的顺序对电路中各被测点编号。以图 1—2—1 所示电路为例，在坐标横轴上按顺序，均匀间隔标上 A、B、C、D、E、F；再根据测得的各点电位值，在各点所在的垂直线上描点，用直线依次连接相邻两个电位点，即得该电路的电位图。在电位图中，任意两个被测点的纵坐标值之差即为两点之间的电压值。在电路中电位参考点可任意选定。对于不同的参考点，所绘出的电位图是不同的，但其各点电位变化的规律是一样的。

三、实验设备

本次实验设备如表 1—2—1 所示。

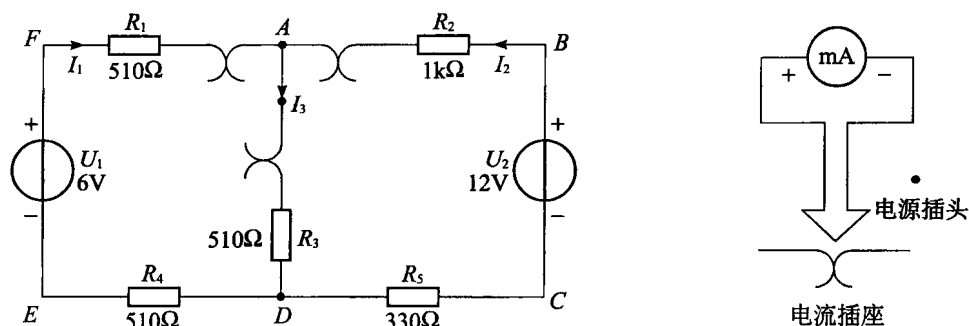


图 1—2—1 实验接线图

表 1—2—1

实验设备列表

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	直流可调稳压电源	0~30V	两路	
2	万用表		1	自备
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	电位、电压测定实验电路板		1	DGJ-03

四、实验内容

利用 DGJ-03 实验挂箱上的“基尔霍夫定律/叠加原理”线路，按图 1—2—1 接线。

(1) 分别将两路直流稳压电源接入电路，令 $U_1=6\text{V}$ 、 $U_2=12\text{V}$ （先调准输出电压值，再接入实验线路中）。

(2) 以图 1—2—1 中的 A 点作为电位的参考点，分别测量 B、C、D、E、F 各点的电位值 ϕ 及相邻两点之间的电压值 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CD} 、 U_{DE} 、 U_{EF} 和 U_{FA} ，数据填入表 1—2—2 中。

(3) 以 D 点作为参考点，重复实验内容 2 的测量，测得数据填入表 1—2—2 中。

表 1—2—2

实验数据列表

电位参考点	ϕ 与 U	ϕ_A	ϕ_B	ϕ_C	ϕ_D	ϕ_E	ϕ_F	U_{AB}	U_{BC}	U_{CD}	U_{DE}	U_{EF}	U_{FA}
A	计算值												
	测量值												
	相对误差												
D	计算值												
	测量值												
	相对误差												

(4) 实验时应注意以下几点：

1) 本实验线路板为多个实验通用，本次实验中不使用电流插头。DGJ-03 上的 K_3 应拨向 330Ω 侧，三个故障按键均不得按下。

2) 测量电位时，用指针式万用表的直流电压挡或用数字直流电压表（简称数显表）测量时，用负表棒（黑色）接参考电位点，用正表棒（红色）接被测各点。若指针正向偏转或数显表显示正值，则表明该点电位为正（即高于参考点电位）；若指针反向偏转或数

显表显示负值，此时应调换万用表的表棒，然后读出数值，此时在电位值之前应加负号（表明该点电位低于参考点电位）。数显表也可不调换表棒，直接读出负值。

五、实验报告

1. 根据实验数据，绘制两个电位图，并对照观察各对应点间的电压情况。两个电位图的参考点不同，但各点的相对顺序应一致，以便对照。
2. 完成数据表格中的计算，对误差做必要的分析。
3. 总结电位相对性和电压绝对性的结论。

六、思考题

若以 F 点为参考电位点，实验测得各点的电位值如何变化？现令 E 点作为参考电位点，试问此时各点的电位值应有何变化？

实验三 基尔霍夫定律和叠加原理

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解。
2. 学会用电流插头、插座测量各支路电流。
3. 验证线性电路叠加原理的正确性，加深对线性电路叠加性的认识和理解。

二、实验原理

基尔霍夫定律是电路的基本定律。测量某电路的各支路电流及每个元件两端的电压，应能分别满足基尔霍夫电流定律（KCL）和电压定律（KVL），即对电路中的任何一个节点而言，应有 $\sum_{k=1}^n I = 0$ ；对任何一个闭合回路而言，应有 $\sum_{k=1}^n U = 0$ 。

叠加原理指出：在有多数独立源共同作用下的线性电路中，通过每一个元件的电流或其两端的电压，可以看成是由每一个独立源单独作用在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

三、实验设备

本次实验设备如表 1—3—1 所示。

表 1—3—1

实验设备列表

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	直流稳压电源	0~30V 可调	两路	
2	直流数字电压表	0~200V	1	
3	直流数字毫安表	0~200mV	1	
4	叠加原理实验电路板		1	DGJ-03

四、实验内容

1. 验证基尔霍夫定律

(1) 实验前先任意设定三条支路和三个闭合回路的电流正方向。图 1—3—1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 的方向已设定。三个闭合回路的电流正方向可设为 ADEFA、BADCB 和 FBCEF。

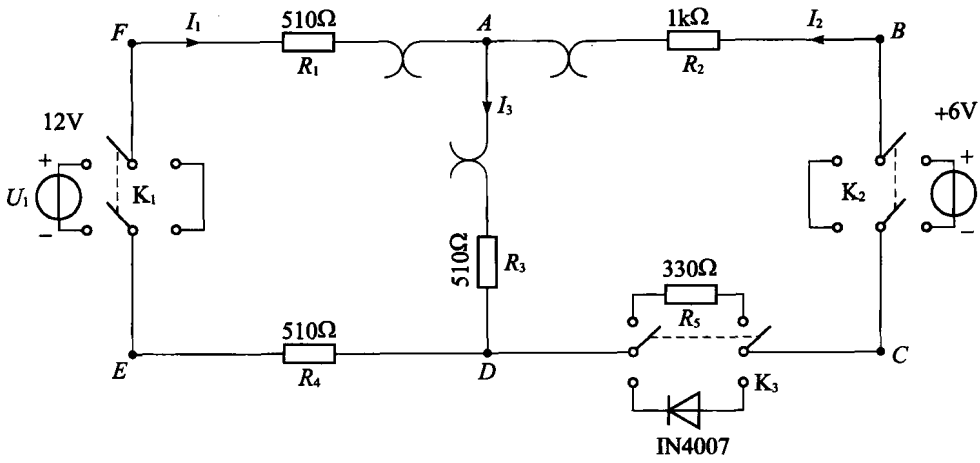


图 1—3—1 实验接线图

(2) 分别将两路直流稳压源接入电路，令 $U_1=12V$ ， $U_2=6V$ 。将实验测量数据填入表 1—3—2 中。

表 1—3—2

实验测量数据表 1

被测量	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_{FA} (V)	U_{AB} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
计算值										
测量值										
相对误差										

2. 验证线性电路叠加原理

(1) 将两路稳压源的输出分别调节为 12V 和 6V，接入 U_1 和 U_2 处。

(2) 令 U_1 电源单独作用（将开关 K_1 拨向 U_1 侧，开关 K_2 拨向短路侧）。用直流数字电压表和毫安表（接电流插头）测量各支路电流及各电阻元件两端的电压，数据记入表 1—3—3 中。

表 1—3—3

实验测量数据表 2

测量项目 实验内容	U_1 (V)	U_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{AB} (V)	U_{CD} (V)	U_{AD} (V)	U_{DE} (V)	U_{FA} (V)
U_1 单独作用										
U_2 单独作用										
U_1 、 U_2 共同作用										

(3) 令 U_2 电源单独作用 (将开关 K_1 拨向短路侧, 开关 K_2 拨向 U_2 侧), 重复实验步骤 2 的测量和记录, 数据记入表 1—3—3 中。

(4) 令 U_1 和 U_2 共同作用 (开关 K_1 和 K_2 分别拨向 U_1 和 U_2 侧), 重复上述测量并记录, 数据记入表 1—3—3 中。

(5) 实验时应注意以下几点:

1) 所有需要测量的电压值, 均以电压表测量的读数为准。 U_1 、 U_2 也需测量, 不应取电源本身的显示值。

2) 用指针式电压表或电流表测量电压或电流时, 如果仪表指针反偏, 则必须调换仪表极性, 重新测量。

五、实验报告

- 1. 根据实验数据, 选定节点 A, 验证 KCL 的正确性。
- 2. 根据实验数据, 选定实验电路中的任一闭合回路, 验证 KVL 的正确性。
- 3. 根据实验数据表格进行分析、比较, 归纳、总结实验结论, 验证线性电路的叠加性与齐次性。
- 4. 分析误差原因。

六、思考题

根据图 1—3—1 中的电路参数, 计算出待测的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 和各电阻上的电压值, 以便实验测量时, 可正确选定毫安表和电压表的量程。

实验四 电压源与电流源的等效变换

一、实验目的

- 1. 掌握电源外特性的测试方法。
- 2. 验证电压源与电流源等效变换的条件。

二、实验原理

(1) 一个直流稳压电源在一定的电流范围内，具有很小的内阻。故在使用中，常将它视为一个理想的电压源，即输出电压不随负载电流而变，其伏安特性曲线 $I=f(U)$ 是一条平行于 I 轴的直线。一个实际的恒流源在一定的电压范围内，可视为一个理想的电流源。

(2) 一个实际的电压源（或电流源），其端电压（或输出电流）会随负载变化，因为它具有一定的内阻值。故在实验中，用一个小阻值的电阻（或大电阻）与稳压源（或恒流源）串联（或并联）来模拟一个实际的电压源（或电流源）。

(3) 一个实际的电源，就其外部特性而言，既可以看成是一个电压源，又可以看成是一个电流源。若视为电压源，可用一个理想的电压源 U_s 与一个电阻 R_o 串联的组合来表示；若视为电流源，则可用一个理想电流源 I_s 与一个电导 G_o 并联的组合来表示。如果这两种电源能向相同阻值的负载供出相同的电流和端电压，则称这两个电源是等效的，即具有相同的外特性。

一个电压源与一个电流源等效变换的条件为： $I_s=U_s/R_o$ ， $G_o=1/R_o$ 或 $U_s=I_sR_o$ ， $R_o=1/G_o$ 。图 1—4—1 所示为等效变换电路。

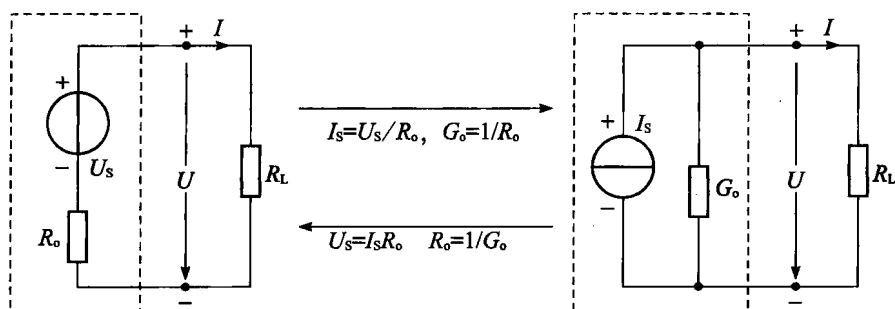


图 1—4—1 等效变换电路

三、实验设备

本次实验设备如表 1—4—1 所示。

表 1—4—1

实验设备列表

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0~30V	1	
2	可调直流恒流源	0~200mA	1	
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	直流数字毫安表	0~200mA	1	
5	万用表		1	
6	电阻器	51Ω, 200Ω, 1kΩ		DGJ-05
7	可调电阻箱	0~99 999.9Ω	1	DGJ-05

四、实验内容

1. 测定直流稳压电源与实际电压源的外特性

(1) 按图 1—4—2 接线。 U_s 为 +6V 直流稳压电源。调节 R_2 ，令其阻值由大至小变化，将两表的读数填入表 1—4—2 中。

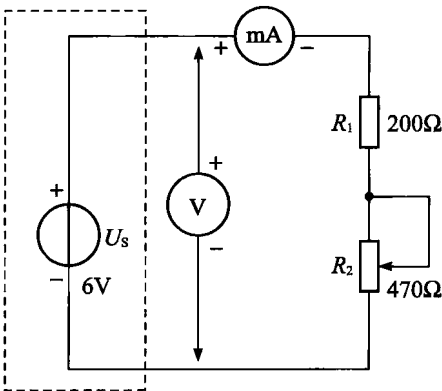


图 1—4—2 实验电路图

表 1—4—2 实验测量数据表 1

U (V)							
I (mA)							

(2) 按图 1—4—3 接线，虚线框可模拟一个实际的电压源。调节 R_2 ，令其阻值由大至小变化，将两表的读数填入表 1—4—3 中。

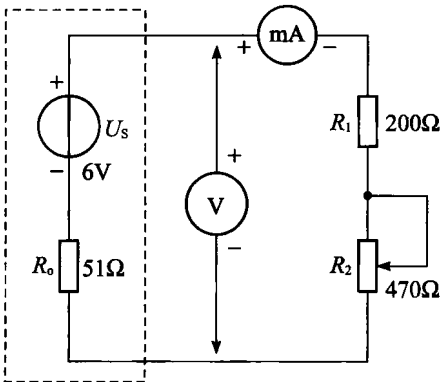


图 1—4—3 实验电路图

表 1—4—3 实验测量数据表 2

U (V)							
I (mA)							

2. 测定电流源的外特性

按图 1—4—4 接线, I_s 为直流恒流源, 调节其输出为 10mA, 令 R_o 分别为 $1k\Omega$ 和 ∞ (即连接和断开), 调节电位器 R_L ($0\sim 470\Omega$), 测出这两种情况下的电压表和电流表的读数。自拟数据表格, 记录实验数据。

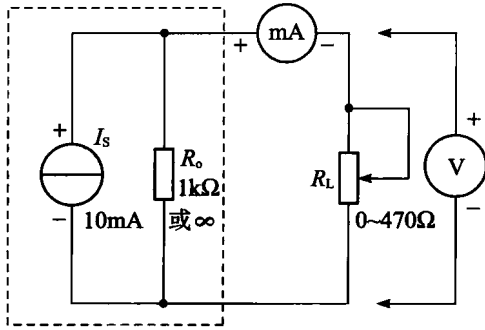


图 1—4—4 实验电路图

3. 验证电源等效变换的条件

先按图 1—4—5 (a) 连接线路, 记录线路中两表的读数, 然后利用图中右侧的元件和仪表, 按图 1—4—5 (b) 接线。调节恒流源的输出电流 I_s , 使两表的读数与按图 1—4—5 (a) 接线时的数值相等, 记录 I_s 的值, 验证等效变换条件的正确性。

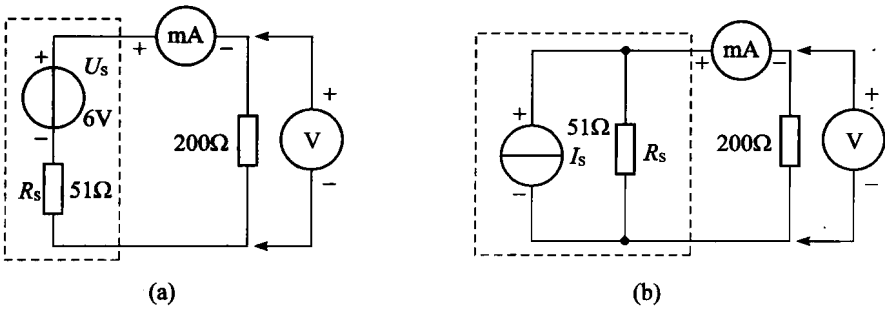


图 1—4—5 实验电路图

4. 实验注意事项

- (1) 在测电压源外特性时, 不要忘记测量空载时的电压值; 测电流源外特性时, 不要忘记测量短路时的电流值; 注意恒流源负载电压不要超过 20V, 负载不要开路。
- (2) 换接线路时, 必须关闭电源开关。
- (3) 直流仪表的接入应注意极性与量程。

五、实验报告

1. 根据实验数据绘出电源的四条外特性曲线, 总结、归纳各类电源的特性。
2. 从实验结果验证电源等效变换的条件。