

921132

电 工 学 实 验

Experiment of Electrical Engineering



成都科技大学电工技术教研室

成都科技大学出版社

电 工 学 实 验

成都科技大学电工技术教研室

成 都 科 技 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书主要内容包括实验和附录两部分。实验部分有：电路实验、电机及控制实验、模拟电子电路实验、数字电子电路实验、整流滤波稳压电路实验共26个。其中特别编有部分反映综合应用能力的“综合电路实验”。该书实验内容丰富，步骤简洁，操作方便，能为不同学时、不同专业层次需要选用。附录部分为常用电工、电子仪器仪表的使用，可供教师参考和学生查用。

本书为《电工技术》和《电子技术》实验课程的试用教材，可供高等院校非电专业本科和专科的电工学实验教学用书，亦可作为非电专业电视大学、职工大学和业余大学的电工学实验教学用书。

电 工 学 实 验

编 著 者：成都科技大学电工技术教研室

成都科技大学出版社出版、发行

成都科技大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9.25

1987年12月第一版，1987年12月第一次印刷

印数 1—6000 字数213千字

ISBN 7-5616-0229-4/TM·7

统一书号：15475·54 定价：2.20元

前 言

为非电类专业学生开设的电类实验，是加强《电工技术》和《电子技术》等课程理论学习的重要实践环节。学生通过电路、电机和控制、模拟电路和数字电路等基本部分的接线和测量操作，可巩固和扩大理论知识，培养分析问题、解决问题及独立科学实验的能力。

根据教学基本要求，实验内容分为六个方面：一、电路实验六个；二、电机及控制实验五个；三、模拟电路实验六个；四、数字电路实验五个；五、整流、稳压电路实验二个；六、常用仪器仪表使用练习一个。常用仪器仪表的基本原理及使用方法设在附录中，可供参考。作为一种尝试，书中安排了较复杂的“综合实验”。每个实验为2学时。各校可根据要求和具体条件，选做有关实验。

本书根据中国电工学会和国家教委电工学指导小组关于《“电工技术”课程教学基本要求》和《“电子技术”课程教学基本要求》，结合多年实验实践，由蒲焕先编写电工学实验须知、电工学实验报告书写要点，瞿德隆编写实验一至五及附录 I 至 V，熊祥键编写实验六至实验十一及附录 VI，朱国昌编写实验十二至十六，二十五、二十六及附录 VII，郭畅编写实验十七至二十及附录 VIII，龙太昌编写实验二十一至二十四及附录 IX、X。全书由蒲焕先修改定稿。

本书的电路、电机和控制部分经范新光副教授校阅，电子技术部分经董宝文同志校阅，教研室的同志也给予热情帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促和实验条件的限制，书中缺点和错误在所难免，恳请读者指正。

编 者

一九八七年五月

电 工 学 实 验 须 知

电工学实验的目的是使学生了解一些电气设备和元器件,理解一定的电工及电子线路,学会使用常用的电工仪器仪表,掌握基本的电路测量方法和掌握一般的安全用电知识,要求学生通过实际操作,培养独立思考、独立分析和独立实验的能力。为使实验正确、顺利地进行和保证设备、仪器仪表和人身的安全,在做电工学实验时,须知:

一、实验预习

实验前必须认真进行预习,弄清每次实验的目的、内容、线路、设备和仪器仪表、测量和记录项目等等,做到心中有数,减少盲目性,提高实验效率。

二、电源

1. 实验桌上设有三相交流电源开关和直流电源开关,由实验室统一供电,实验前应弄清各输出端点间的电压数值。
2. 实验桌上配有直流稳压电源,在接入线路之前应调节好输出电压数值,使符合实验线路要求。特别是在电子线路中,严禁将超过规定电压数值的电源接入线路运行。
3. 在进行线路的接线、改线或拆线以前,必须断开电源开关,严禁带电操作,避免在接线或拆线过程中,造成电源设备或部分线路短路而损坏设备或线路元器件。

三、实验线路

1. 认真熟悉实验线路原理图,能识图并能按图接好实验线路。
2. 实验线路接线要准确、可靠和有条理,接线柱要拧紧,插头与线路中的插孔的结合要插准插紧,以免接触不良引起部分线路断开。
3. 线路中不要结活动裸接头,线头过长的铜丝应剪去,以免操作不慎或偶然原因触电,或使线路造成意想不到的后果。
4. 线路接好后,应先由同组同学相互检查,然后请实验指导教师检查同意后,才能接通电源开关,进行实验。

四、仪器仪表

1. 认真掌握每次实验所用仪器仪表的使用方法、放置方式(水平或垂直),以及弄清仪表的型号规格和精度等级等。

2. 仪器仪表与实验线路板(或设备)的位置配合应合理布置,使实验操作和测量方便。

3. 仪器仪表上的旋钮有起止位置,旋转时用力要适度,到头时严禁强制用力旋转,以免损坏旋钮内部的轴及其联接部分,影响实验进行。

4. 测试前应根据估算的物理量数值先选择好仪表的量限,然后将仪表接入线路测试点。对于指示仪表,应弄清所选量限的刻度数值,被测量值通常应处在仪表上量限的一半以上,顺指针方向读数,以减少读数误差。

5. 实验用仪表一般应在实验线路稳定运行后接入线路测试,并同时观察指针偏转情况,如超过量限应立即取出。特别指出,对于电流表应严禁先接入线路后合电源开关,以避免合开关瞬时的冲激电流使指针打弯或打断。

6. 选用仪表的内阻与被测元件或电路的电阻的配合要恰当,测试方法要合适,以减少测试误差。

五、对实验中异常现象的处理

在实验过程中,如发现异常火花、异声、异味、冒烟、过热等现象,应立刻断开电源开关断电,保持现场,请指导教师一起检查原因。

六、实验结束整理

1. 实验完成后,应将实验记录交指导教师检查认可后,方可拆线。
2. 实验结束应先断开电源开关,然后才能拆线。
3. 实验桌上的仪器仪表和实验线路板应摆放整齐。连接导线应收拾干净放入实验桌抽屉内。

电工学实验报告书写要点

实验报告是实验的总结,它应用理论分析实验数据、实验波形和实验现象,从中得出有价值的结论。每个学生都应在实验完成后及时写出分析中肯、结论简捷、字迹工整的实验报告。这不仅能深化理论学习的内容,而且更能培养正确总结实验工作和进行科学实验的能力。电工学实验报告书写要点如下:

1. 题目、系别、班号、实验人、同组人、日期。
2. 实验目的。
3. 实验线路。
4. 实验内容及其做法简述。
5. 实验分析:
 - (1) 整理原始记录为便于分析的形式:数据换算、表格、曲线等等。
 - (2) 使用实验数据、实验波形和实验现象分析实验线路或元器件的物理特性、实现

功能、技术指标或分析电路的性质、定理、规律或分析实验中的新发现，指出它的趋势和研究的方向等等。

(3) 书中每个实验中的实验报告分析提示，仅供学生实验分析时的参考，应不拘泥于所提出的项目。

6. 实验结论：

对实验分析的概括或指出实验题目的研究方向。

7. 附：

原始记录及其测量仪器仪表的名称、型号规格、精度等级、量限。使用设备型号规格和主要参数。

以上3至5项应相互融会贯通，分析问题脉络清楚，做到有理有据，避免脱离实验的教条。

目 录

电工学实验须知	(I)
电工学实验报告书写要点	(II)
实验一 元件伏安特性的测定	(1)
实验二 叠加原理、代文宁定理	(5)
实验三 单相交流电路	(9)
实验四 RLC串联谐振电路	(12)
实验五 一阶RC串联电路	(15)
实验六 三相交流电路	(18)
实验七 单相变压器	(24)
实验八 三相异步电动机	(28)
实验九 直流它励电动机	(32)
实验十 异步电动机的正反转控制	(35)
实验十一 电机控制综合实验	(39)
实验十二 万用表及常用电子仪器的使用	(42)
实验十三 单管电压放大电路	(44)
实验十四 两级阻容耦合放大电路	(47)
实验十五 功率放大电路	(51)
实验十六 差动放大电路	(55)
实验十七 集成运算放大器	(59)
实验十八 模拟电路综合应用实验	(66)
实验十九 集成TTL与非门电路	(69)
实验二十 组合逻辑电路	(74)
实验二十一 集成触发器	(79)
实验二十二 多谐振荡器及单稳态触发器	(84)
实验二十三 计数、译码和显示电路	(88)
实验二十四 数字电路综合应用实验	(94)
实验二十五 整流、滤波和稳压电路	(96)
实验二十六 单相全波可控整流电路	(100)
附录 I 磁电式仪表 电磁式仪表及万用表的使用方法	(104)
附录 II 数字式万用表的使用	(113)
附录 III 日光灯工作原理	(115)
附录 IV 电动式功率表的使用	(116)

附录 V	E 7-1 型石英液晶电子秒表	(118)
附录 VI	转速表和钳形电流表	(118)
附录 VII	电子技术实验中的常用仪器仪表	(119)
附录 VIII	XC 16 A 型脉冲发生器的使用	(126)
附录 IX	数字电路综合实验板	(129)
附录 X	部分数字集成电路器件	(133)

实验一 元件伏安特性的测定

一、实验目的

1. 掌握线性电阻元件、非线性电阻元件（白炽灯和半导体二极管）以及电压源、电流源伏安特性的测试技能。
2. 加深对线性电阻元件、非线性电阻元件及电压源、电流源伏安特性的理解。
3. 学习直读式仪表和晶体管稳压电源等设备的使用方法。

二、实验仪器

- | | |
|---|----|
| 1. 晶体管直流稳压电源（使用方法参看附录Ⅶ） | 一台 |
| 2. 稳流源（在元件实验板上） | 一台 |
| 3. 直流毫安表1.5/3/7.5/15/30/75/150/300mA（使用方法参看附录Ⅰ） | 一只 |
| 4. 万用表 MF30型（代直流电压表和微安表，使用方法参看附录Ⅰ） | 一只 |
| 5. 数字万用表 ME—501B 或 DT—890（使用方法参看附录Ⅰ） | 一只 |

三、实验线路板

实验线路板如图1—1所示，板上装有下列互不联接的二端元件：

1. 线性电阻元件

470 Ω (1W)、200 Ω (1W)、1000 Ω (1W)电阻各一只，1000 Ω (2W)电位器一只。

2. 非线性电阻元件

2AP15二极管一只，6.3V、0.3A小灯泡一只。

3. 稳流源

由晶体管线路构成，应外接19V直流电源供电才能工作，输出恒定电流10mA。

四、实验内容

实验提供的均是实际的二端物理元件，其两端的电压与通过其中的电流成一定的函数关系，称之为伏安特性，绘制在直角坐标平面上的图形则称为伏安特性曲线。本实验为直流电路部分，各元件的伏安特性均用直流电压表和直流电流表或万用表测定。在一定

范围内，这些实际元件的伏安特性与理想元件的伏安特性一致。

二端元件的伏安特性如下：

线性电阻元件 $U=RI$ R 为一常数

非线性电阻元件 $U=f(I)$ 或 $I=g(U)$

电压源 $U=E$ 与电流 I 无关

电流源 $I=I_s$ 与电压 U 无关

式中 U 为端电压， I 为流入或流出端点的电流， E 为电源的电动势， I_s 为电流源的电流值，非线性电阻元件的 $U=f(I)$ 表示电压是电流的单值函数，而 $I=g(U)$ 则表示电流是电压的单值函数。各理想二端元件的伏安特性曲线如图1—2所示。

1. 电阻伏安特性的测定

(1) 选 R 标称值为 1000Ω 的电阻元件

先用数字万用表电阻档(2K 档)测 R 的实际电阻值，然后按图1—3接线。开启直流稳压电源，依次调节直流稳压电源的输出电压为表 1—1 中所列数值，然后将相应的电流值记录在表 1—1中(电流表选用直流毫安表)，并计算各项 R 值。

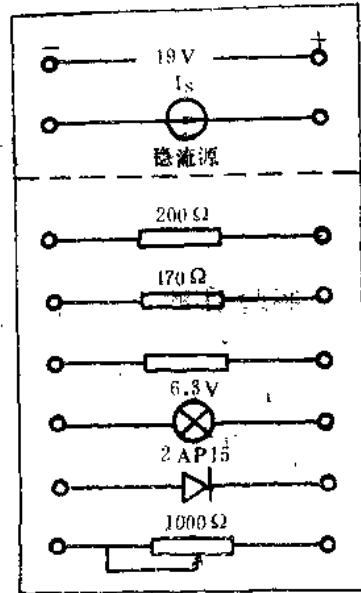


图1—1

注：图中缺字的电阻为 1000Ω

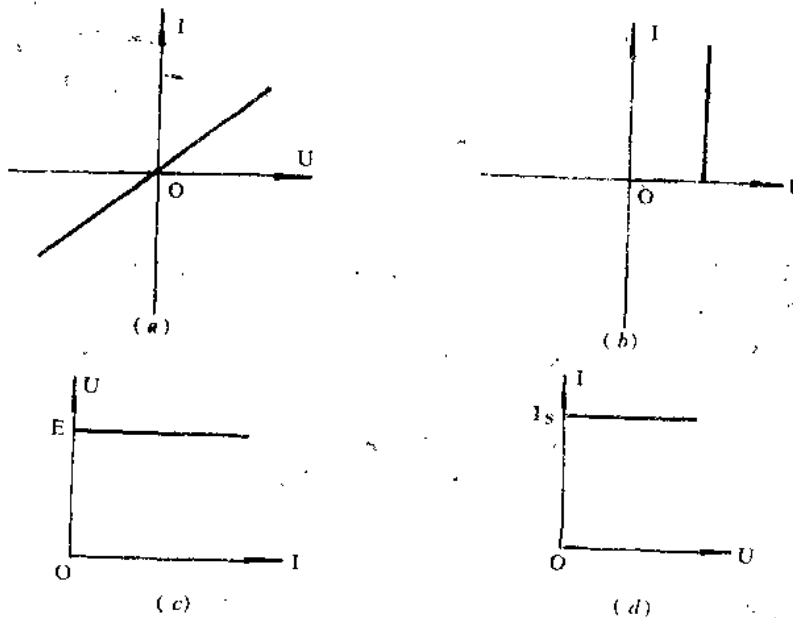


图1—2 (a) 线性电阻 (b) 理想二极管 (c) 电压源 (d) 电流源

(2) 选 R 为 $6.3V$ 、 $0.3A$ 的小灯泡

按图1—4接线，用上述测电阻伏安特性的方法，按表1—2要求测试、读数、记录。测量电流用直流毫安表 $300mA$ 档。

注意：调节稳压电源时，其输出电压不得超过6.3V，否则将烧坏小灯泡。

表1-1

1008-52

U(V)	0	2	4	6	8	10
I(mA)	0	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
R(Ω)						

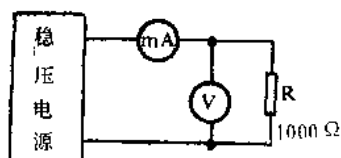


图1-3

表1-2

U(V)	0	1	2	3	4	5	6
I(mA)	0	37.5	53.1	66.5	78.1	88.2	97.6

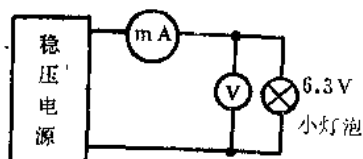


图1-4

(3) 选R为半导体二极管

伏安特性分正向特性和反向特性测量。

1) 正向特性 二极管正向电压一般很小(硅管0.7V左右, 锗管0.2V左右), 为避免二极管烧坏, 在电路中需串联一个限流电阻(此地选 $R=470\Omega$), 接线如图1-5所示, 按表1-3测试。

表1-3

I(mA)	0	2	5	10	15	20	25
U(V)	0	0.30	0.36	0.42	0.46	0.49	0.52

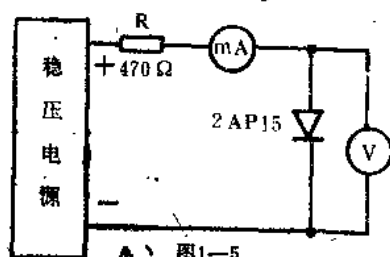


图1-5

2) 反向特性 二极管的反向电阻大, 反向电流很小。按图1-6接线, 电流表选用万用表 $50\mu\text{A}$ 档, 按表1-4测试。注意 μA 表的接法。

表1-4

U(V)	0	2	4	6	8	10
I(μA)	0	1	1.2	1.3	1.5	1.7

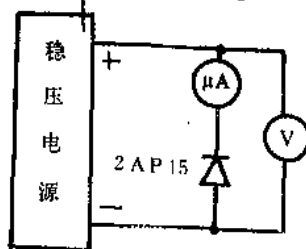


图1-6

2. 电源伏安特性的测定

稳压电源与理想电压源和稳流源与理想电流源非常接近, 当外接负载电阻改变时, 稳压电源的输出电流和稳流源的输出电压必将随之改变。电压源设备未接负载(称为开路)时输出电流为零; 而当负载电阻很小或为零(称为短路)时, 这时输出电流很大, 会超过设备额定值许多倍, 此种情况应当绝对避免。同样对于电流源设备, 接短路负载时, 输出电流为额定值; 开路时输出电压很高亦应避免。

(1) 直流稳压电源——电压源伏安特性的测试

按图1—7接线。用 1000Ω 的电位器，作调节负载大小用。 R_1 为 200Ω ，作电压源负载 R_2 短路时的限流电阻。首先使稳压电源开路（即 $I=0$ ），调节输出电压为 $10V$ ，然后接上负载。调节电位器 R_2 ，按表1—5测试。

表1—5

$I(mA)$	0	10	20	30	40	50
$U(V)$	10	10	10	10	10	10

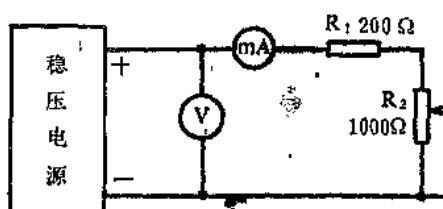


图1—7

(2) 直流稳流电源——电流源伏安特性的测试

按图1—8接线。调节负载电阻 $R_2=0$ ，再调节稳压电源输出电压等于 $19V$ 左右，使稳流源输出电流等于 $10mA$ ，然后调节 R_2 ，使 R_2 两端电压依次为表1—6所列数据，同时测试、记录对应的电流值。

表1—6
0.0p

$U(V)$	0	2	4	6	8	10
$I(mA)$	10	10	10	10	10	10

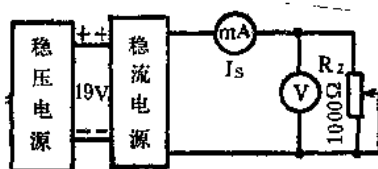


图1—8

五、实验报告分析提示

1. 根据实验数据，在坐标纸上绘出二端元件的伏安特性曲线（二极管正反向特性曲线绘在同一坐标内），并分析各元件的性质及特点。
2. 总结测试二极管正反向特性时电压表和电流表接入线路的特点和对测试精度的影响。



C63832

实验二 叠加原理、代文宁定理

一、实验目的

1. 验证叠加原理和代文宁定理。
2. 学会有源二端网络或实际电源的内阻、开路电压的测试方法。
3. 加深对电流、电压参考方向及等效概念的理解。

二、实验仪器

1. 二路输出晶体管直流稳压电源
2. 数字式万用表（使用方法参看附录 I）
3. 直流毫安表 1.5/3/7.5/15/30/75mA

一台
一只
一只

三、实验线路板

实验线路板如图 2-1 所示。

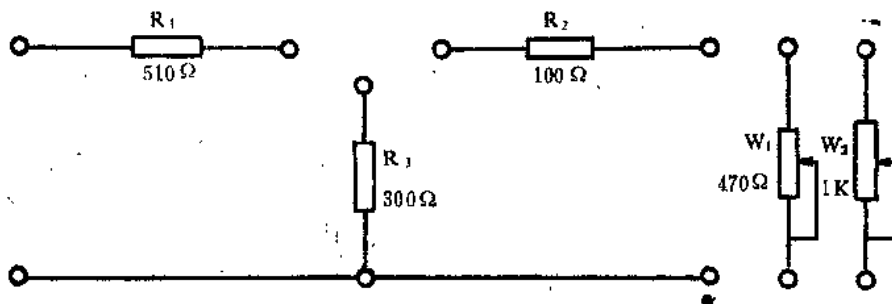


图 2-1

为了用一个电流表测试线路中多条支路的电流值，在线路中引入电流插盒，参见图 2-2a。在需要测量电流的支路中，串入一个电流插盒，电流表接上电流插头（图 2-2b）与之配合使用。插盒未插入插头时，插盒为短路导通状态；插入插头后，电流表即被串入该处电路中。此时，插盒的红色接线端通过插头的红线与电流表的“+”极性端联通，而插盒的黑色接线端通过插头的绿线与电流表的“-”极性端联通。这样，实际电流流入插盒的红色接线端时，电流表指针就会正偏，指示出读数；反之，电流表指针会反偏，不能指示读数。为了用一个电压表测试多处电压值，用电压测针接在电压表上（图 2-2c），电压测针与被测电路部分的两端点接触，即把电压表并入。

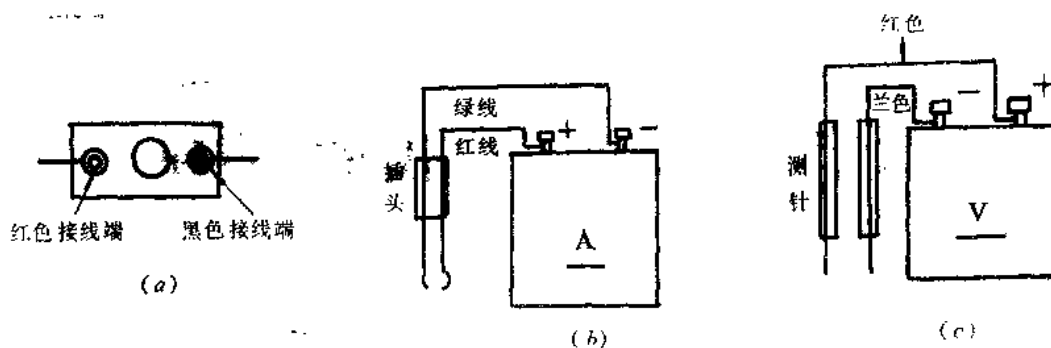


图 2-2

(a) 电流插盒符号 (b) 电流插头与电流表接线 (c) 电压测针与电压表接线

四、实验内容

1. 叠加原理

根据叠加原理，将含有 N 个独立电源的电路分解成 N 个含一个独立电源的分电路，然后对各分电路的各支路电流或电压进行测试，则该电路各支路的电流或电压，就是各分电路对应支路电流或电压的代数和。构成分电路的原则是，对未进入分电路的电压源用短路线代替，电流源用开路代替，实际电源的内阻仍然保留。电流或电压的代数和是对应其参考方向而言。因此在进行测试时，应在电路中先标明电流或电压的参考方向，电表的极性按与参考方向一致接入，当电表指针正偏，读数说明实际方向与参考方向一致，记为正号；当指针反偏时，应改变电表极性接入，读数说明实际方向与参考方向相反，取负号。

(1) 总电路的测试

按图 2-3 接线。图中电流参考方向可视电流插盒极性而定，电源电压 $U_1 = 12V$ ， $U_2 = 8V$ 。按表 2-1 测试读数记录。

表 2-1

	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)
U_1, U_2 共同作用	10.54	-13.10	23.72
U_1 单独作用	20.78	15.30	5.45
U_2 单独作用	-10.20	-28.28	18.28

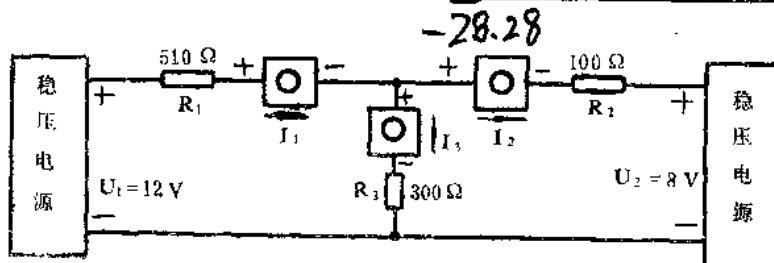
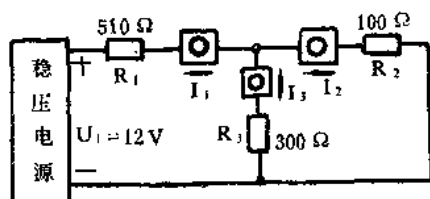


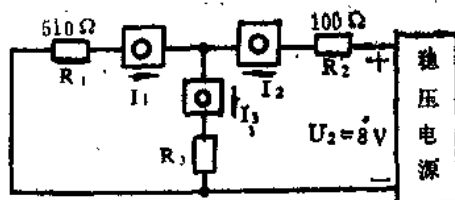
图 2-3 总电路

(2) 分电路测试

按图 2-4a, b 接线, 按表 2-1 要求测试。



(a)



(b)

图 2-4 分电路

(a) U_1 单独作用 (b) U_2 单独作用 (图中 $R_3 = 300\Omega$)

2. 代文宁定理

根据代文宁定理, 一个有源二端网络, 可用一个电压源和一个电阻相串联的等效电路替换。等效电压源的电压等于所测试的有源二端网络的开路电压, 等效电阻则等于所测试的对应的无源二端网络的入端电阻 (网络中的电源处理原则与叠加原理中的原则相同)。(其等效原则是, 对外电路而言, 原有源二端网络和等效电路的伏安特性一一对应相等)

(1) 有源二端网络伏安特性的测试

有源二端网络接线图如图 2-5 中虚线框内所示, 独立电压源用稳压电源, 调到 16V, W_2 为负载电阻, 调节 W_2 可调节有源二端网络输出电流的大小。当 W_2 未接入时, 有源二端网络为开路状态, 所测电压为二端网络的开路电压 U_{oc} 。当 W_2 调到短路时 (即 W_2 的电阻为 0), 有源二端网络为短路状态, 所测电流为短路电流 I_{sc} 。调节 W_2 分别使 W_2 两端电压为表 2-2 中的电压, 读出相应的电流值记录于表 2-2 中。用数字式万用表直流电压档测电压, 用直流毫安表测电流。

表 2-2

U (A)	$U_{oc} = 5.73$	4	3	1.5	0
I (mA)	0	6.10	9.69	15.10	$I_{sc} = 20.40$

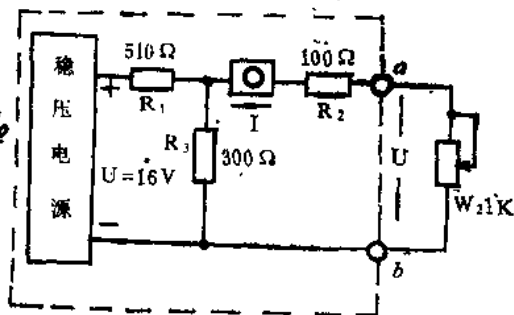


图 2-5 有源二端网络测试电路

(2) 有源二端网络内阻 R_o 的测试

图 2-5 有源二端网络对应的无源二端网络接线图如图 2-6 所示。用数字式万用表电阻 2K 档测 a, b 端的入端电阻即得 R_o 。各支路的电阻也用万用表分别测试, 以供计算比较之用。各测量读数记录于表 2-3 中。

R_o 也可通过测量所得的 U_{oc} 和 I_{sc} 计算得出

$$R_o = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

表 2-3

R_0	R_1	R_2	R_3
284	509	104	286

(3) 代文宁等效电路伏安特性的测定

代文宁等效电路接线如图 2-7 所示, 图中内阻 R_s 选用电位器 W_1 , 调节 W_1 , 用数字式万用表电阻档测量, 使 W_1 的阻值等于 (2) 项中测得的 R_0 。

电压源选用稳压电源, 稳压电源的电压 U_s 调到 (1) 项中 U_{oc} 的数值。 W_2 为可调负载电阻, 调节 W_2 使 W_2 两端电压分别为表 2-4 中给定的电压值, 测量出对应的电流记录于表 2-4 中。

表 2-4

R_s	U_s	U (V)	5.73	4	3	1.5	0
284	5.73	I' (mA)	0	6.02	9.60	15.00	20.40

五、实验报告分析提示

1. 用实验数据验证叠加原理和代文宁定理的正确性, 并说明其适用条件。

2. 总结叠加原理和代文宁定理分析和测试过程中对电源处理的原则和应注意的问题。

3. 总结对电路中参考方向 (或正方向) 的概念和等效概念的认识。

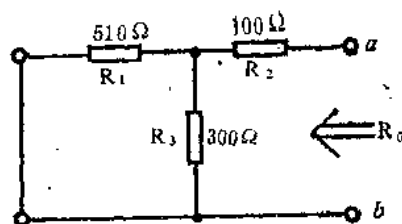
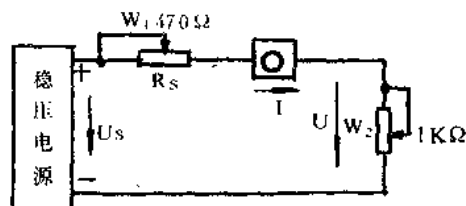
图 2-6 R_0 的测量

图 2-7 代文宁等效电路