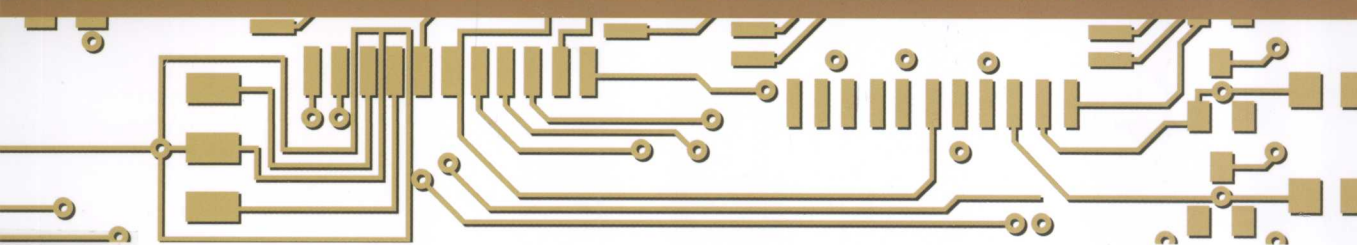




普通高等教育“十三五”规划教材

电工与电子技术 实验及仿真

杨冶杰 等 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材

电工与电子技术实验及仿真

杨冶杰 等 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要介绍电工技术、电子技术课程实验的相关内容,包括电工基础实验、继电接触控制系统实验及可编程控制器实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、仿真实验平台简介等。Multisim 仿真软件的使用不但在书中有详细的介绍,部分实验内容也附加了 Multisim 仿真环节。另外,书后附录给出了电工电子实验要求并对相关实验使用的仪器装置做了详细的介绍。

本书可作为高等学校机械类各专业、化工类各专业及其他非电类理工科专业的学生实验用书,也可供电工电子技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验及仿真 / 杨冶杰编著. —北京:
中国石化出版社, 2015. 12
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5114-3725-9

I. ①电… II. ①杨… 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(2015)第 286826 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 365 千字

2016 年 2 月第 1 版 2016 年 2 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

❖ 前 言 ❖

“电工技术”、“电子技术”、“电工电子学”是理工类各专业重要的基础课，在学科建设和人才培养中占有非常重要的位置。《电工与电子技术实验及仿真》是配合上述课程编写的实验指导书。本书符合教育部对电工电子技术实验的基本要求。通过对本课程的学习，使学生掌握常用电工电子仪器设备的使用方法，提高学生的综合应用能力和设计能力，加强学生的实践能力，培养严谨的科学作风。

本书内容覆盖面较广，包括测量知识、常用实验仪器设备简介、仿真实验平台简介、电工电子实验要求等。其中仿真实验以 Multisim 10 仿真软件作为平台，利用仿真软件工具能够完成从最初的概念建模到最终成品的完整过程，培养学生利用计算机仿真对电路进行分析的能力。具体实验项目包括电工基础实验、继电接触控制系统实验及可编程控制器实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验。实验内容不仅包括基础验证性实验，还增加了设计性、综合性实验，达到提高综合设计能力的目的。实验教师可根据学时多少、内容深浅自由选择，以满足不同专业、不同层次学生的要求，同时为学生进行开放性实验和个性培养创造条件。

本书由辽宁石油化工大学杨冶杰、穆克、林丽君、钱培怡、王宏楠、何愉、许忠仁编写而成，全书由杨冶杰统稿并最后定稿。

由于编者学识有限，书中不妥之处在所难免，恳请使用或参考本书的老师、学生给予批评指正。

编 者

❖ 目 录 ❖

第1章 电工基础实验	(1)
1.1 伏安特性的测量	(1)
1.2 基尔霍夫定律和叠加定理	(5)
1.3 电源等效及戴维南定理验证	(7)
1.4 电子示波器和信号发生器的使用	(12)
1.5 一阶电路暂态过程的研究	(15)
1.6 交流参数的测量——三表法	(18)
1.7 RLC 串联谐振电路的研究	(21)
1.8 设计日光灯电路并提高功率因数	(24)
1.9 三相电路中电压和电流的测量	(26)
1.10 互感电路测量	(28)
第2章 继电接触控制系统及可编程控制器实验	(33)
2.1 三相异步电动机的使用和单向直接启动	(33)
2.2 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	(35)
2.3 三相鼠笼式异步电动机正反转控制	(38)
2.4 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	(41)
2.5 可编程控制器(PLC)认知实验	(45)
2.6 可编程控制器(PLC)典型电动机控制	(48)
2.7 可编程控制器(PLC)直流电机控制	(52)
2.8 可编程控制器(PLC)步进电机控制	(54)
2.9 电动机瞬时停电启动控制	(57)
2.10 可编程控制器(PLC)变频器无级调速	(60)
第3章 电子技术实验	(64)
3.1 常用电子仪器的使用	(64)
3.2 晶体管共射极单管放大器	(69)
3.3 差动放大器	(77)
3.4 负反馈放大器	(81)
3.5 集成运算放大器的应用电路	(85)
3.6 电压比较器	(90)
3.7 波形发生器	(93)
3.8 集成稳压电源	(97)
3.9 光电报警器	(101)

3.10	串联型晶体管稳压电源	(104)
3.11	TTL 集成逻辑门的参数测试	(108)
3.12	基本逻辑门逻辑功能测试及应用	(112)
3.13	集电极开路门电路及三态门电路的研究	(118)
3.14	组合逻辑电路设计	(123)
3.15	全加器、译码器及数码显示电路	(126)
3.16	数据选择器及应用	(132)
3.17	触发器及其应用	(137)
3.18	计数器及其应用	(143)
3.19	集成移位寄存器及其应用	(149)
3.20	脉冲分配器及其应用	(154)
3.21	555 定时电路及其应用	(158)
3.22	单稳态触发器与施密特触发器	(165)
3.23	D/A 和 A/D 转换器	(172)
3.24	并行加减法运算电路	(177)
3.25	模拟电机运转规律控制电路	(180)
第 4 章	基于 Multisim 10 的仿真实验平台简介	(185)
4.1	Multisim 10 的特点	(185)
4.2	Multisim 10 的应用基础	(185)
4.3	Multisim 10 的基本操作方法	(186)
4.4	Multisim 10 元件库及其使用	(190)
4.5	Multisim 10 虚拟仪器的使用	(199)
4.6	Multisim 10 仿真实例	(201)
附录 A	电工电子实验要求	(205)
A.1	电工电子技术实验须知	(205)
A.2	实验步骤	(205)
A.3	实验中的规则	(206)
A.4	实验中要注意的问题	(206)
A.5	常见故障的分析与检查	(206)
A.6	实验报告的编写和要求	(207)
附录 B	常用仪器设备简介	(208)
B.1	DCJ-3 型电工技术实验装置	(208)
B.2	模拟实验室装置	(210)
B.3	数字实验室装置	(212)
B.4	示波器	(213)
参考文献		(226)

第 1 章 电工基础实验

1.1 伏安特性的测量

一、实验目的

- (1) 研究电阻元件和直流电源的伏安特性及其测定方法。
- (2) 学习直流仪表设备的使用方法。

二、实验原理

(1) 独立电源和电阻元件的伏安特性可以用电压表、电流表测定，称为伏安测量法(伏安表法)。伏安表法原理简单、测量方便，同时适用于非线性元件伏安特性测量。

(2) 理想电压源的内部电阻值 R_s 为零，其端电压 $U_s(t)$ 确定的是时间函数，而与流过电源的电流大小无关。如果 $U_s(t)$ 不随时间变化(即为常数)，则该电压源称为直流理想电压源 U_s ，其伏安特性曲线如图 1.1.1 中曲线 a 所示，实际电源的伏安特性曲线如图 1.1.1 中曲线 b 所示，它可以用一个理想电压源 U_s 和电阻 R_s 串联的电路模型来表示，如图 1.1.2 所示。显然 R_s 越大，图 1.1.1 中的 θ 也越大，其正切的绝对值代表实际电源的内阻 R_s 。

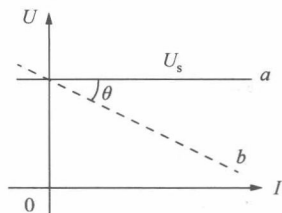


图 1.1.1 电压源的伏安特性曲线

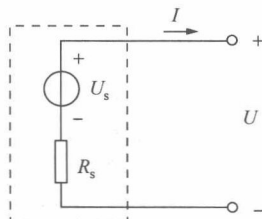


图 1.1.2 实际电压源电路模型

(3) 理想电流源向负载提供的电流 $I_s(t)$ 确定的是函数，与电源的端电压大小无关。如果 $I_s(t)$ 不随时间变化(即为常数)，则该电流源为直流理想电流源 I_s ，其伏安特性曲线如图 1.1.3 中曲线 a 所示。实际电源的伏安特性曲线如图 1.1.3 中曲线 b 所示，它可以用一个理想电流源 I_s 和电导 G_s 并联的电路模型来表示，如图 1.1.4 所示。显然， G_s 越大，图 1.1.3 中的 θ 也越大，其正切的绝对值代表实际电源的电导值 G_s 。

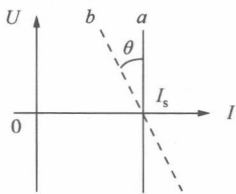


图 1.1.3 电流源的伏安特性曲线

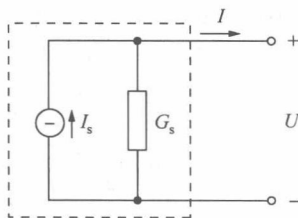


图 1.1.4 实际电流源电路模型

(4) 电阻元件的特性可以用该元件两端的电压 U 与流过该元件的电流 I 的关系来表示。即满足欧姆定律：

$$R = \frac{U}{I}$$

在 U - I 坐标平面上，线性电阻的特性曲线是一条通过原点的直线。

(5) 非线性电阻元件的电压、电流关系，不能用欧姆定律来表示，它的伏安特性一般为一条曲线。图 1.1.5 给出的是一般晶体二极管的伏安特性曲线。

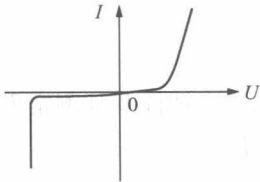


图 1.1.5 非线性电阻元件的伏安特性曲线

三、实验仪器及设备

(1) 电工实验装置：DG012T、DY031、DG05-1。

(2) 万用表。

四、实验内容与步骤

1. 白炽灯(6.3V)的伏安特性

按图 1.1.6 接线，电流表接线时使用电流插孔，图 1.1.6 中 100Ω 为限流电阻。将电源电压调至 0，然后调整电压源 U_i 值，使电压表读数依次为表 1.1.1 中的 U 值，同时记录下对应的电流值并填入表 1.1.1 中。

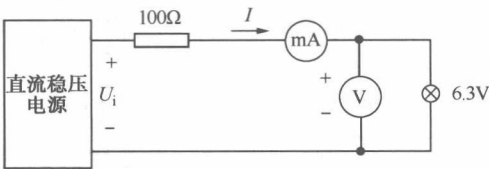


图 1.1.6 白炽灯伏安特性测试电路

表 1.1.1 白炽灯(6.3V)的伏安特性

U/V	0	0.2	0.4	0.6	0.8	2	5	6.3
I/mA								

2. 理想电压源的伏安特性

按图 1.1.7 接线，电流表接线时使用电流插孔，图 1.1.7 中 100Ω 为限流电阻。接线前调稳压电源 $U_s = 10V$ 。按表 1.1.2 改变 R 值(将可调电阻与电路断开后调整 R 值)，记录相应的电压值与电流值填入表 1.1.2 中。

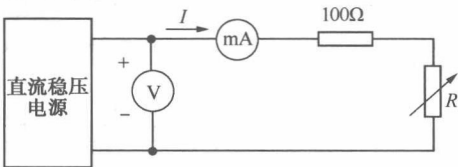


图 1.1.7 理想电压源的伏安特性测试电路

表 1.1.2 理想电压源的伏安特性

$R/\text{k}\Omega$	∞	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1
U/V						
I/mA						

3. 实际电压源的伏安特性

按图 1.1.8 接线，接线前调稳压电源 $U_s = 10\text{V}$ 。按表 1.1.3 改变 R 值(将可调电阻与电路断开后调整)，记录相应的电压值与电流值于表 1.1.3 中。

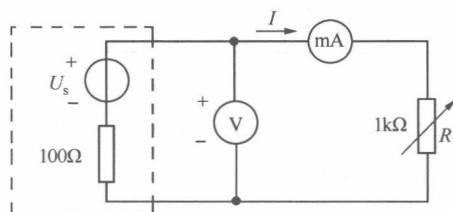


图 1.1.8 实际电压源的伏安特性测试电路

表 1.1.3 实际电压源的伏安特性

$R/\text{k}\Omega$	∞	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1
U/V						
I/mA						

4. 线性电阻的伏安特性

按图 1.1.9 接线，按表 1.1.4 改变直流稳压电源的电压 U_s ，测定相应的电流值和电压值记录于表 1.1.4 中。

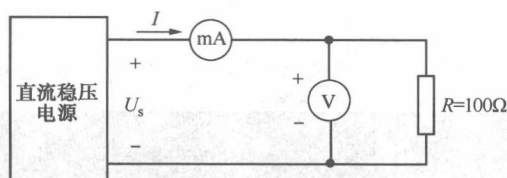


图 1.1.9 线性电阻的伏安特性测试电路

表 1.1.4 线性电阻的伏安特性

U_s/V	0	2	4	6	8	10
U/V						
I/mA						

5. 二极管伏安特性

将直流稳压电源的输出调至 0 后按图 1.1.10 接线，实验中注意正向时二极管端电压在 $0 \sim 0.7\text{V}$ 之间，其中电流不超过 20mA ，图中 200Ω 为限流电阻。调整输入电压使二极管两端电压与表 1.1.5 相符，将电流测试值填入表 1.1.5 中。

作反向实验时，可将二极管反接，调电压 $1 \sim 5\text{V}$ 观察实验现象。

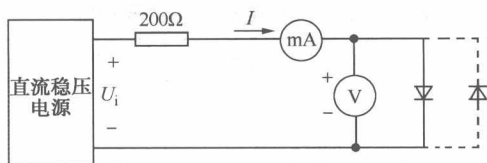


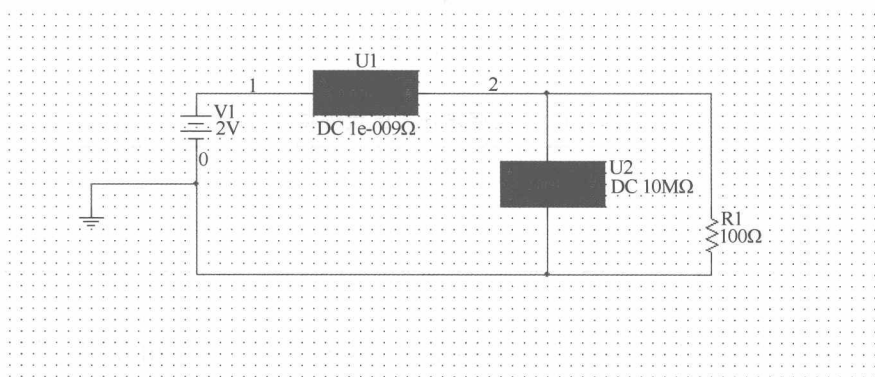
图 1.1.10 二极管伏安特性测试电路

表 1.1.5 二极管伏安特性

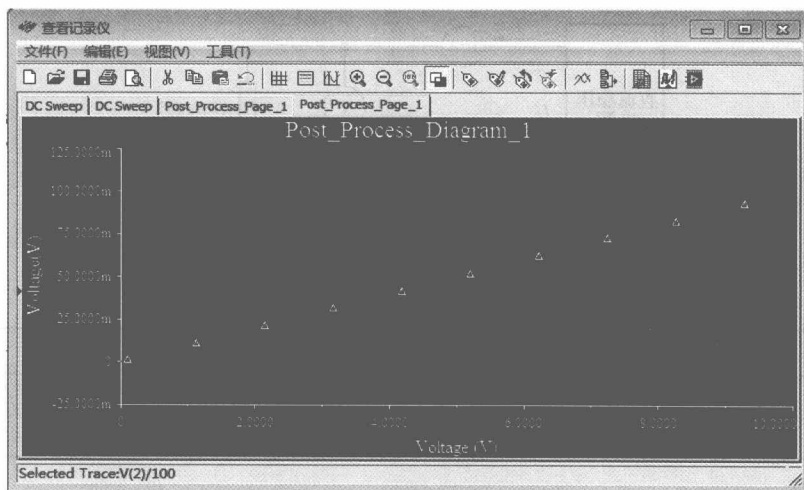
U/V	0	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.72	0.75
I/mA										

五、Multisim 仿真

(1) 在 Multisim 环境下仿真图 1.1.9 所示电路的实验结果，试画出图中 100Ω 线性电阻的伏安特性曲线。结果如图 1.1.11 所示。



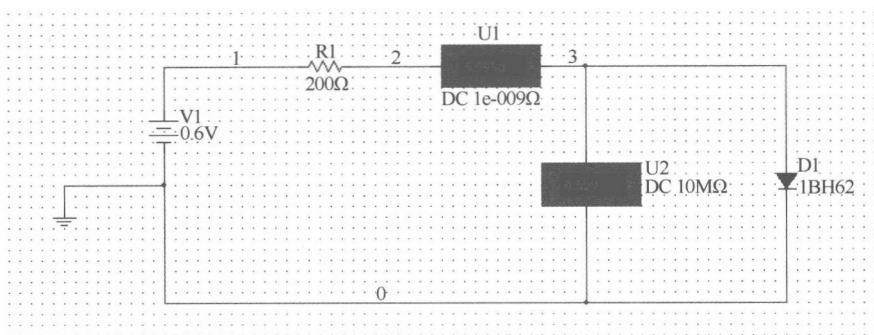
(a) 100Ω 线性电阻的伏安特性仿真电路



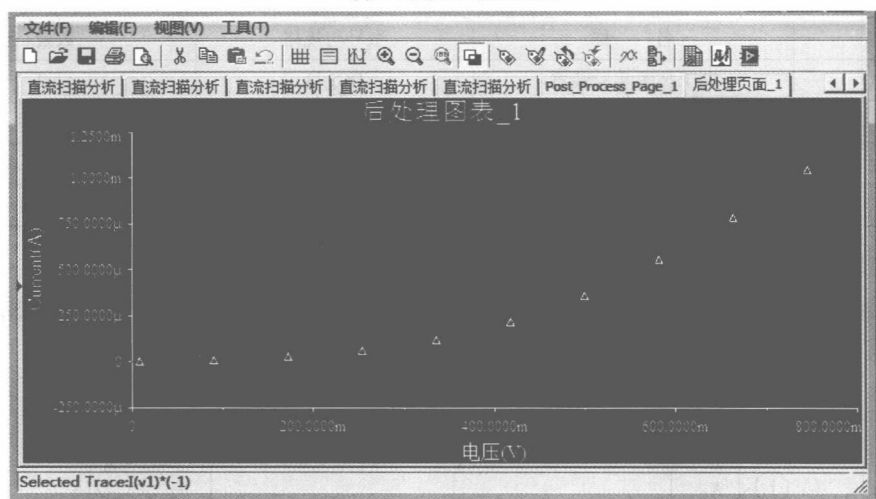
(b) 仿真特性

图 1.1.11 图 1.1.9 的仿真结果

(2) 在 Multisim 环境下仿真图 1.1.10 所示电路中二极管的伏安特性曲线。结果如图 1.1.12 所示。



(a) 二极管正偏仿真电路



(b) 二极管正偏仿真特性

图 1.1.12 图 1.1.10 的仿真结果

六、预习与思考

- (1) 根据实验中所测量白炽灯的伏安特性，说明它与哪种元件的伏安特性相近，为什么？
- (2) 试分析造成实际电压源和理想电压源伏安特性区别的原因。

七、实验报告

根据测量数据，在坐标纸上按比例绘出各伏安特性曲线。

1.2 基尔霍夫定律和叠加定理

一、实验目的

- (1) 验证基尔霍夫定律和叠加定理的正确性，加深对基尔霍夫定律和叠加定理的理解。
- (2) 学会用电流插头、插座测量各支路电流。

二、实验原理

(1) 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)。即对电路中的任一个节点而言，应有 $\sum I = 0$ ；对任何一个闭合回路而言，应有 $\sum U = 0$ 。

(2) 在线性网络中，多个激励同时作用时的总响应等于每个激励单独作用时引起的响应

之和。所谓某一激励单独作用，就是除了该激励外，其余激励为零值。为零值的激励若是电压源，则相应的电压源处用短路替代，若为电流源，则在相应的电流源处用开路替代，而它们的内阻或内电导必须保留在原电路中。

(3) 线性电路的齐次性是指当激励信号(某独立源的值)增加或减小 K 倍时，电路的响应(即在电路其他各电阻元件上所建立的电流和电压值)也将增加或减小 K 倍。

运用上述定律时必须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。

三、实验仪器及设备

DGJ-3 电工技术实验装置(表 1.2.1)

表 1.2.1

序号	名 称	型号与规格	数量/台
1	电工技术实验装置	DGJ-3	1
2	直流稳压电源	+6V, +12V	1
3	直流数字电压表		1
4	直流数字毫安表		1

四、实验内容与步骤

实验线路如图 1.2.1 所示，用 DGJ-3 型电路原理实验箱验证“基尔霍夫定律/叠加原理”。

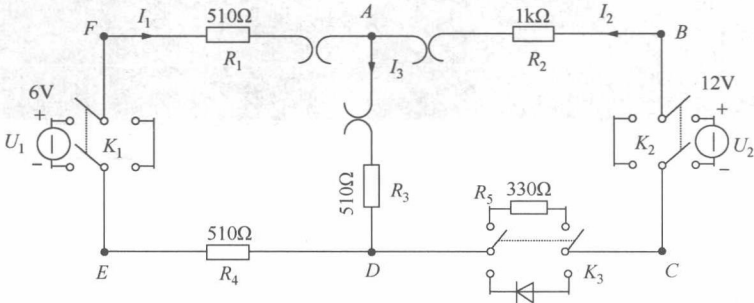


图 1.2.1 验证“基尔霍夫定律/叠加原理”电路

1. 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(参考方向)。图 1.2.1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 的方向已设定。
- (2) 同时将两路直流稳压源接入电路，令 $U_1 = 6V$ ， $U_2 = 12V$ 。
- (3) 熟悉电流表的结构，将电流表插头的两端接至数字毫安表的“+、-”两端。
- (4) 将电流表分别接入三条支路的三个电流测量端，读出并记录电流值。
- (5) 用直流数字电压表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值，填入表 1.2.2 中。

表 1.2.2 数据记录表 1

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. 叠加原理

实验线路如图 1.2.1, 参考方向在图中已设定。

(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 投向 U_1 侧, 开关 K_2 投向短路侧)。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, 数据记入表中。

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

(4) 令 U_1 和 U_2 共同作用(开关 K_1 和 K_2 分别投向 U_1 和 U_2 侧), 重复上述的测量和记录, 数据记入表中。

(5) 将 U_2 的数值调至+12V, 重复步骤(3)的测量并记录, 数据记入表 1.2.3 中。

表 1.2.3 数据记录表 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										
$2U_2$ 单独作用										
$1/2U_2$ 单独作用										

五、Multisim 仿真

在 Multisim 环境仿真图 1.2.1 的实验结果, 并进行静态分析。

六、预习与思考

(1) 叠加原理、戴维南定理在非线性电路中成立吗?

(2) 实验中, 若用指针式万用表直流毫安档测各支路电流, 在什么情况下可能出现指针反偏, 应如何处理? 在记录数据时应注意什么? 若用直流数字毫安表进行测量时, 则会有什么显示呢?

七、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个闭合回路, 验证 KVL 的正确性。

(3) 将支路和闭合回路的电流方向重新设定, 重复(1)、(2)两项验证。

(4) 误差原因分析, 心得体会及其他。

1.3 电源等效及戴维南定理验证

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。

(3) 验证戴维南定理和诺顿定理的正确性, 加深对该定理的理解。

(4) 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

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。故在实用中, 常将它视

为一个理想的电压源, 即其输出电压不随负载电流而变。其外特性曲线, 即其伏安特性曲线 $U=f(I)$ 是一条平行于 I 轴的直线。一个使用中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)不可能不随负载而变, 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)相串联(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, 则可用一个理想的电压源 U_s 与一个电阻 R_0 相串联的组合来表示; 若视为电流源, 则可用一个理想电流源 I_s 与一电导 g_0 相并联的组合来表示。如果这两种电源能向同样大小的负载供出同样大小的电流和端电压, 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

$$I_s = U_s / R_0, \quad g_0 = 1 / R_0 \quad \text{或} \quad U_s = I_s R_0, \quad R_0 = 1 / g_0$$

电压源与电流源的等效变换如图 1.3.1 所示。

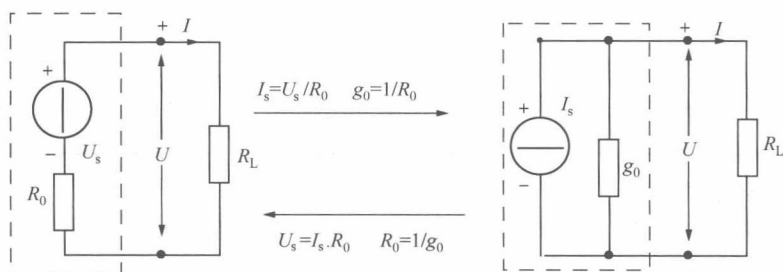


图 1.3.1 电压源与电流源的等效变换

(4) 任何一个线性含源网络, 如果仅研究其中一条支路的电压和电流, 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)。

戴维南定理指出: 任何一个线性有源网络, 总可以用一个电压源与一个电阻的串联来等效代替, 此电压源的电动势 U_s 等于这个有源二端网络的开路电压 U_{oc} , 其等效内阻 R_0 等于该网络中所有独立电源均置零(理想电压源视为短接, 理想电流源视为开路)时的等效电阻。

诺顿定理指出: 任何一个线性有源网络, 总可以用一个电流源与一个电阻的并联组合来等效代替, 此电流源的电流 I_s 等于这个有源二端网络的短路电流 I_{sc} , 其等效内阻 R_0 定义同戴维南定理。 $U_{oc}(U_s)$ 和 R_0 或者 $I_{sc}(I_s)$ 和 R_0 称为有源二端网络的等效参数。

(5) 有源二端网络等效参数的测量方法:

① 开路电压、短路电流法测 R_0 在有源二端网络输出端开路时, 用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{oc} , 然后再将其输出端短路, 用电流表测其短路电流 I_{sc} , 则等效内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

如果二端网络的内阻很小, 若将其输出端口短路则易损坏其内部元件, 因此不宜用此法。

② 伏安法测 R_0 用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性曲线, 如图 1.3.2 所示。

根据外特性曲线求出斜率 $\tan\varphi$ ，则内阻 $R_0 = \tan\varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$ 。

也可以先测量开路电压 U_{oc} ，再测量电流工程为额定值 I_N 时的输出端电压值 U_N ，则内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc} - U_N}{I_N}$$

③ 半电压法测 R_0 如图 1.3.3 所示，当负载电压为被测网络开路电压的一半时，负载电阻(由电阻箱的读数确定)即为被测有源二端网络的等效内阻值。

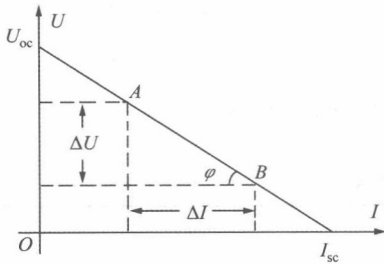


图 1.3.2 有源二端网络的外特性曲线

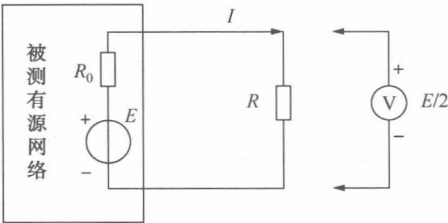


图 1.3.3 半电压法测 R_0

④ 零示法测 U_{oc} 在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时，用电压表直接测量会造成较大的误差。为了消除电压表内阻的影响，往往采用零示测量法，如图 1.3.4 所示。

零示法测量原理是用一低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较，当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时，电压表的读数将为“0”。然后将电路断开，测量此时稳压电源的输出电压，即为被测有源二端网络的开路电压。

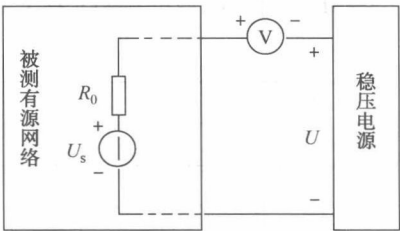


图 1.3.4 零示法测 U_{oc}

三、实验仪器及设备(表 1.3.1)

表 1.3.1 实验设备列表

序号	名称	型号与规格	数量
1	电工技术实验装置	DGJ-3	1 台
2	可调直流稳压电源	0~30V	1 台
3	可调直流恒流源	0~500mA	1 台
4	直流数字电压表	0~200V	1 台
5	直流数字毫安表	0~200mA	1 台
6	数字万用表	MS8215	1 台
7	可调电阻箱	0~99999.9Ω	1 个
8	电位器	1k/2W	1 个

四、实验内容与步骤

(1) 测定直流稳压电源与实际电压源的外特性。

① 按图 1.3.5(a)接线。 U_s 为 +12V 直流稳压电源(将 R_0 短接)。调节 R_2 ，令其阻值由大至小变化，记录两表的读数(表 1.3.2)。

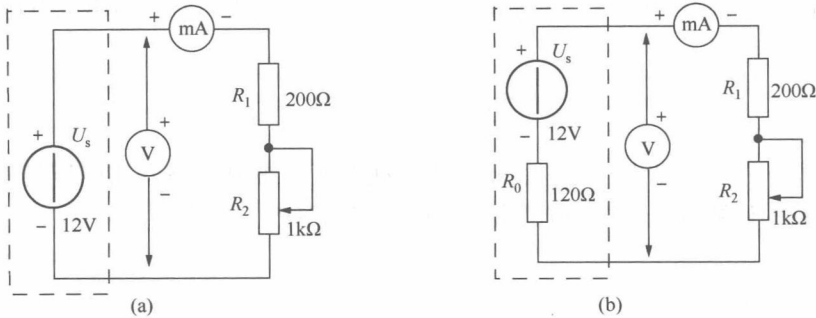


图 1.3.5 测定直流稳压电源与实际电压源的外特性

表 1.3.2 数据记录表 1

U/V							
I/mA							

② 按图 1.3.5(b)接线，虚线框可模拟为一个实际的电压源。调节 R_2 ，令其阻值由大至小变化，记录两表的读数(表 1.3.3)。

表 1.3.3 数据记录表 2

U/V							
I/mA							

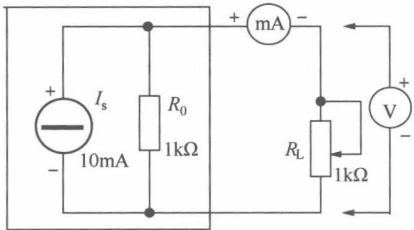


图 1.3.6 测定电流源的外特性

(2) 按图 1.3.6 接线， I_s 为直流恒流源，调节其输出为 10mA，令 R_0 分别为 $1k\Omega$ 或 ∞ (即接入和断开)，调节电位器 R_L (从 $0\sim 1k\Omega$)，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。

(3) 测定电源等效变换的条件先按图 1.3.7(a) 线路接线，记录线路中两表的读数。然后利用图 1.3.7 (a) 中右侧的元件和仪表，按图 1.3.7(b) 接线。调节恒流源的输出电流 I_s ，使两表的读数与 1.3.7(a) 时的数值相等，记录 I_s 的值，验证等效变换条件的正确性。

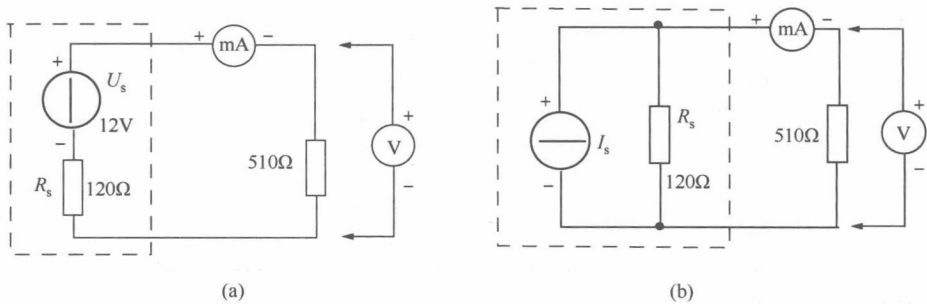


图 1.3.7 测定电源等效变换的条件

被测有源二端网络如图 1.3.8(a) 所示。

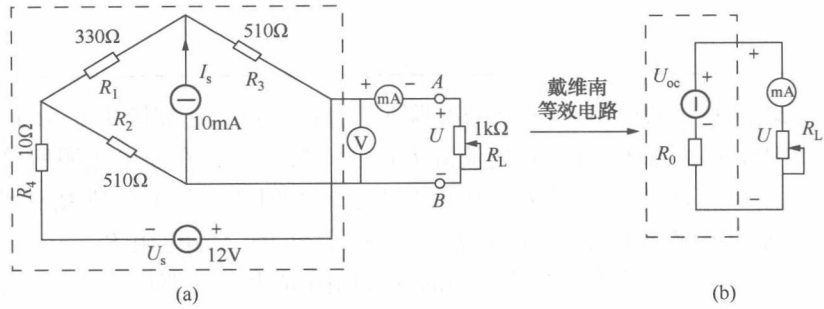


图 1.3.8 有源二端网络

(4) 用开路电压、短路电流法测定戴维南等效电路的 U_{oc} 、 R_0 和诺顿等效电路的 I_{sc} 、 R_0 。按图 1.3.8(a) 接入稳压电源 $U_s = 12V$ 和恒流源 $I_s = 10mA$ ，不接入 R_L 。测出 U_{oc} 和 I_{sc} ，并计算出 R_0 。(测 U_{oc} 时，不接入电流表。)，将数据填入表 1.3.4。

表 1.3.4 数据记录表 3

U_{oc}/V	I_{sc}/mA	$R_0 = (U_{oc}/I_{sc})/\Omega$

(5) 负载实验，按图 1.3.8(a) 接入 R_L 。改变 R_L 阻值，测量有源二端网络的外特性曲线将数据填入表 1.3.5。

表 1.3.5 数据记录表 4

U/V									
I/mA									

(6) 验证戴维南定理：从电阻箱上取得按步骤(1)所得的等效电阻 R_0 值，然后令其与直流稳压电源[调到步骤(1)时所测得的开路电压 U_{oc} 数值]相串联，如图 1.3.8(b) 所示，仿照步骤(2)测其外特性，对戴氏定理进行验证，将数据填入表 1.3.6。

表 1.3.6 数据记录表 5

U/V									
I/mA									

(7) 验证诺顿定理：从电阻箱上取得按步骤(1)所得的等效电阻 R_0 值，然后令其与直流恒流源[调到步骤(1)时所测得的短路电流 I_{sc} 数值]相并联，如图 1.3.9 所示，仿照步骤(2)测其外特性，对诺顿定理进行验证，将数据填入表 1.3.7。

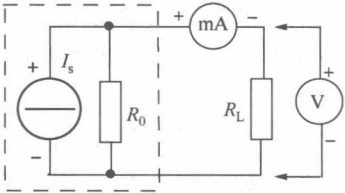


图 1.3.9 验证诺顿定理