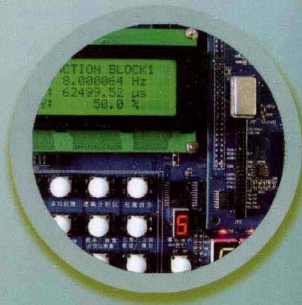
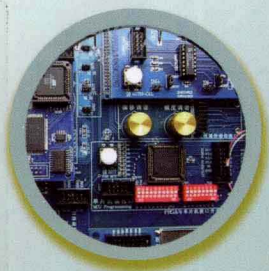
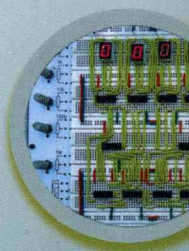
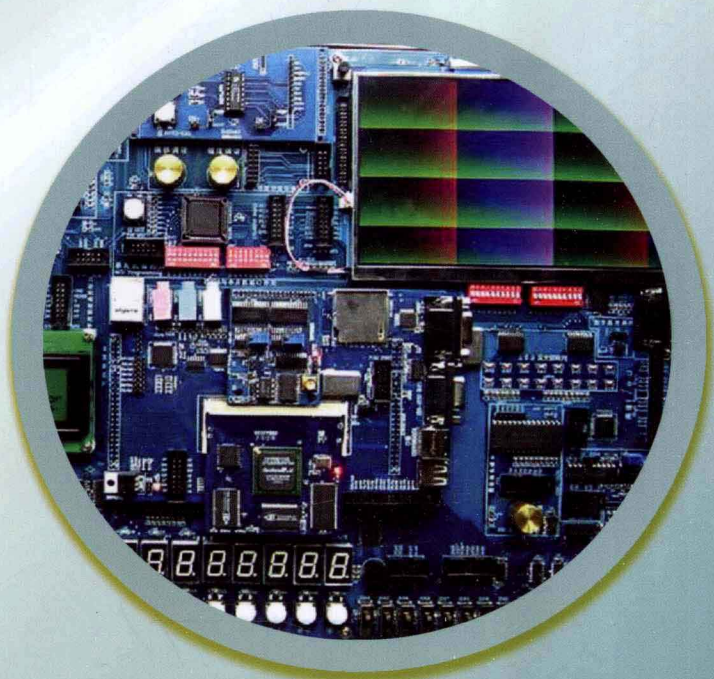


高等院校培养应用型人才电子技术类课程系列规划教材

电工电子基础实验指导

张静秋 主编



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

高等院校培养应用型人才
电子技术类课程系列规划教材

电工电子基础实验指导

主 编 张静秋
副主编 刘子建 谢平凡



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

电工电子基础实验指导/张静秋主编. —长沙:中南大学出版社,
2012. 9

ISBN 978-7-5487-0660-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 212205 号

电工电子基础实验指导

主编 张静秋

责任编辑 邓立荣

责任印制 文桂武

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙市华中印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16 印张 15 字数 366 千字

版 次 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-0660-1

定 价 25.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

总 序

随着我国科学技术不断地发展、完善，以及教育体系不断地更新，社会用人单位对高校人才培养模式提出了更高更新的要求，复合型、创新型、实用型人才日益受到用人单位的青睐。这种发展趋势必将会使高校的人才培养模式面临着新的挑战，这就意味着如何提高高等学校毕业生的实际工作能力显得尤为重要。诚然，除了努力加强实践教学之外，还应着力加强和推进理论教学及其教材的建设与更新，显然，它是提高高等学校教学质量的一个必不可少的重要环节。根据教育部、财政部《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》的文件精神，启动“万种新教材建设项目，加强新教材和立体化教材建设”工程，积极组织好教师编写新教材。

鉴于此，中南大学出版社特邀请湖南省及外省部分高等学校从事电工电子技术教学、实验和应用研究的教授、专家和教学第一线的骨干教师、高级实验师组成教材编委会，编写了电工电子技术等系列教材。

本系列教材的主要特点为：

1. 充分吸取了教学改革、课程设置与教材建设等方面的经验成果，在内容的选材上(如例题和习题)力求理论紧密联系实际、注重实用技术的讲解和实用技能的训练。同时也能较好地反映出电子

电气信息领域的最新研究成果，体现了电子电气应用领域的新知识、新技术、新工艺与新方法。

2. 根据专业特点，对传统教材的内容进行了精选、整合、优化，以满足理论教学与实验教学的需求。同时，注意到与相关课程内容之间的衔接，从而保证了教学的系统性，有利于理论教学。

3. 编写与电子技术类课程设计相配套的指导性教材，有利于实践性教学。

4. 该系列教材中，基本概念的阐述较清晰，层次分明，语言表述做到了通俗易懂，有利于学生自学。

目前，我国高等教育的模式还有赖于日趋完善，教材体系尚未完全建立，教材编写还处于不断探索的阶段，仍需要我国高等学校的广大教师持之以恒、不懈地努力、辛勤地耕耘，编写出更多更好的能满足新形势下教学需要的实用教材。

我相信并殷切地期望该系列教材的出版，它不仅会受到广大教师的欢迎，满足教学的需要，而且还将会对我国高等学校的教材建设起到积极的促进作用。最后，预祝《高等院校培养应用型人才电子技术类课程系列规划教材》出版项目取得成功，为我国高等教育事业和信息产业的蓬勃发展与繁荣昌盛培土施肥。同时，也恳切地希望广大读者、同仁对该系列教材的不足之处提出中肯的意见和有益的建议，以便再版时更正。

谨识

教育部中南地区高等学校电子电气基础课教学研究会理事长
武汉大学电子信息学院 教授/博士生导师

前 言

电路、模拟和数字电子电路是电类专业的重要基础课程，其显著特点是实践性很强并且比较难学。要想比较轻松地入门并很好地掌握这些课程，除了深入学习常用电子元器件和基本电路的特点、基本原理、分析方法之外，更重要的是掌握其应用技术。因而实验教学是电路与电子技术教学中的重要环节，是将理论知识转化为应用技术、学会用理论指导实践的重要手段。

本教材的主要特色是：以“够用”为原则安排内容和篇幅；在“实验原理”部分架起一座理论指导实践、实践诠释理论的桥梁；在“实验内容与要求”部分明确做什么、怎么做；在“实验注意事项与常见故障处理”部分，针对本次实验可能出现的问题和故障，给出提示和具体的解决方案；在“附录”部分集中介绍实验中需要用到的仪器、仪表、实验箱以及常用电子器件。其目的是期望提升学生对知识的综合运用能力、推陈出新的能力以及在实验方面的自学能力，使大多数学生在不需要教师讲解的情况下，能够根据实验指导书的内容顺利完成实验。

本教材是与电类专业本科生的电路理论、模拟电子技术和数字电子技术三门理论课程配套的实验教材，内容包括 10 个电路实验、9 个模拟电路实验和 9 个数字电路实验。编者均为中南大学具有丰富实验指导经验的教师。教材涵盖的实验项目与实验内容历经多年教学调整与完善。

使用本教材应注意：在实验之前应仔细阅读实验内容、注意事项、预习要求和常见故障处理；充分了解实验原理、实验方法、实验所用仪器仪表的使用方法。做到胸有成竹，再进行相关的实验。

本教材中的实验 1~9 由刘子建编写；实验 10~18、27、28 由张静秋编写；实验 19~26 由谢平凡编写。

本教材在编写过程中得到中南大学电工电子教学实验中心全体实验老师的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

本教材主要面向大专以上院校电类、机电类的师生。不足之处在所难免，欢迎同行及专家批评和指导。

张静秋
2012 年 7 月

目 录

实验 1	直流电路的基本概念	(1)
实验 2	线性有源二端网络等效参数测定	(8)
实验 3	基于三表法测量交流电路的参数	(13)
实验 4	RLC 正弦交流电路的研究	(19)
实验 5	阻抗的并联与功率因数的提高	(24)
实验 6	串联谐振电路的研究	(29)
实验 7	三相交流负载电路的研究	(34)
实验 8	一阶 RC 电路过渡过程的研究	(39)
实验 9	单相变压器特性的测试	(45)
实验 10	基于 Multisim 的滤波电路分析与设计	(51)
实验 11	单管放大电路的研究	(63)
实验 12	功率放大电路的研究	(70)
实验 13	负反馈放大电路的研究	(75)
实验 14	运算电路的分析与设计	(80)
实验 15	电压比较器的分析与设计	(84)
实验 16	有源滤波电路的分析与设计	(88)
实验 17	基于 Multisim 的三点式振荡电路研究	(92)
实验 18	波形发生与转换电路的分析与设计	(99)
实验 19	整流、滤波和稳压电路的研究	(102)
实验 20	门电路功能测试及应用	(106)
实验 21	特殊门逻辑功能测试及应用	(111)
实验 22	常用集成组合电路功能测试及应用	(116)
实验 23	组合逻辑电路设计	(124)
实验 24	触发器逻辑功能测试及应用	(130)
实验 25	常用集成时序逻辑电路的应用	(136)
实验 26	555 定时器的应用	(142)
实验 27	EEPROM 只读存储器的应用	(145)
实验 28	基于 CPLD 的七段显示译码器设计	(151)

附录 A	常用仪器仪表介绍	(163)
A1	模拟万用表	(163)
A2	数字万用表	(165)
A3	交流毫伏表	(167)
A4	直流稳定电源	(170)
A5	TFG2006G DDS 函数信号发生器	(173)
A6	EE1410 型合成函数信号发生器	(175)
A7	数字存储示波器	(178)
A8	模拟示波器	(184)
附录 B	数字和模拟实验箱介绍	(190)
B1	数字电路实验箱	(190)
B2	模拟电路实验箱	(194)
附录 C	实验常用电子器件	(196)
C1	半导体分立器件	(196)
C2	半导体集成电路	(212)
附录 D	部分常用芯片功能管脚分布图	(222)
参考文献		(229)

实验1 直流电路的基本概念

1.1 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) 理解电路中电位的相对性和电压的绝对性, 学会用模拟万用表测量电压。
- (3) 加深对参考方向的理解, 掌握仪表测量值正、负号的确定方法。
- (4) 学会可调式直流稳压电源的使用方法。
- (5) 学会运用电路理论查找电路故障。

1.2 实验原理

1. 基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)

KCL 和 KVL 是电路理论中最重要的基本定律, 适用于线性或非线性电路、时变或非时变电路的分析计算。KCL 和 KVL 是对于电路中各支路的电流或电压的一种约束关系, 是一种“电路结构”或“拓扑”的约束, 与具体元件无关。

KCL: 在集中参数电路中, 任一瞬间, 流入任一节点的电流的代数和恒为零, 亦即 $\sum i = 0$ 。

KVL: 在集中参数电路中, 任一瞬间, 沿任一闭合回路的电压降的代数和恒为零, 亦即 $\sum u = 0$ 。

运用上述定律时必须注意电压、电流的方向。

2. 电路中电位的相对性和电压的绝对性

在电路中任意选定一个参考点(只能一个), 令参考点电位为零, 则某一点的电位就是该点与参考点之间的电压。一旦参考点选定以后, 各点的电位就具有唯一的、确定的值, 若参考点的选择不同, 则各点的电位也就不同, 这就是电位的相对性。而电路中任意两点之间的电压不会因参考点选择的不同而改变, 这就是电压的绝对性。

3. 参考方向

KCL 和 KVL 表达式中的电流和电压都是代数量。它们除具有大小之外, 还有方向, 其方向是以量值的正负表示的。为研究方便, 人们通常在电路中假定一个方向作为参考, 称为参考方向。当电路中电流(电压)的实际方向与参考方向相同时取正值, 其实际方向与参考方向相反时取负值。

1.3 实验内容

本实验在 KHDL 电路实验箱上进行。实验原理图如图 1-1 所示, 电流的参考方向已标注。

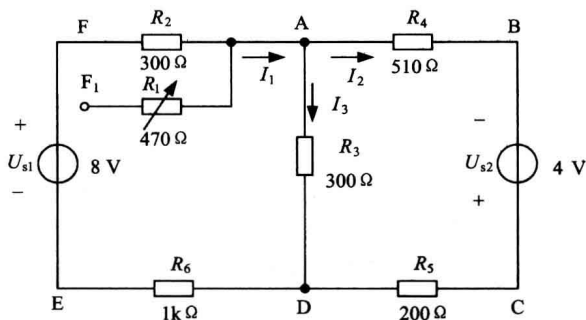


图 1-1 验证基尔霍夫定律电路

1. 测量电位和支路电压

(1) 参看图 1-2, 将电路实验箱上的 G、H 两点用导线连接, 将 3 对用来测量电流的端子用导线连接(即不连接毫安表)。

(2) 将两路直流稳压电源分别调至 8 V 和 4 V(即 $U_{s1} = 8 \text{ V}$, $U_{s2} = 4 \text{ V}$)。尽管直流稳压电源上有读数, 但要以万用表的测量值为准。

(3) 将上述两路直流稳压电源接入电路, 如图 1-2 所示。

(4) 以图 1-2 中的 A 点为电位参考点, 分别测量 B、C、D、E、F 各点的电位及相邻两点之间的电压值 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CD} 、 U_{DE} 、 U_{EF} 、 U_{FA} 、 U_{DA} , 将测得的数据填入表 1-1 中。

(5) 以 D 点为参考点, 重复步骤 4, 将测得的数据填入表 1-1 中。

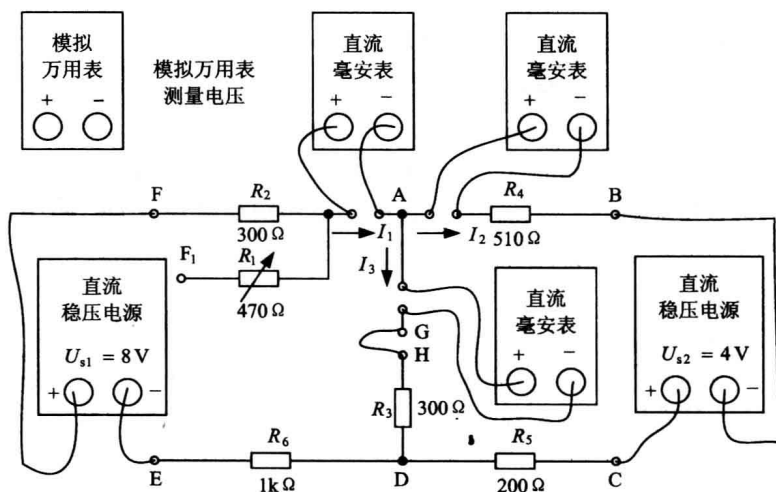


图 1-2 电位、电压和电流测量实验线路

表 1-1 电位与电压测定实验数据

电位参考点	电位 V_x/V 电压 U/V	V_A	V_B	V_C	V_D	V_E	V_F	U_{AB}	U_{BC}	U_{CD}	U_{DE}	U_{EF}	U_{FA}	U_{DA}
A	计算值													
	测量值													
	相对误差													
D	计算值													
	测量值													
	相对误差													

2. 验证基尔霍夫电压定律

采用 A 点为参考点测得的数据, 验证基尔霍夫电压定律, 将数据记录在表 1-2 中。

表 1-2 KVL 的验证

电压/V	验证回路 ADEFA 的 $\sum U = 0?$	验证回路 ABCDA 的 $\sum U = 0?$
计算值		
测量值		

3. 测量支路电流

1) 测量支路电流 I_1

关断 2 路直流稳压电源; 断开接在测量电流 I_1 的 2 个端子上的导线; 在测量电流 I_1 的 2 个端子上串入直流毫安表。打开 2 路直流稳压电源; 测量电流 I_1 ; 将测量值填入表 1-3 中。断开直流毫安表, 将测量电流 I_1 的 2 个端子用导线连接, 为后续实验做准备。

2) 测量支路电流 I_2

关断 2 路直流稳压电源; 断开接在测量电流 I_2 的 2 个端子上的导线; 在测量电流 I_2 的 2 个端子上串入直流毫安表。打开 2 路直流稳压电源, 测量电流 I_2 , 将测量值填入表 1-3 中。断开直流毫安表; 将测量电流 I_2 的 2 个端子用导线连接, 为后续实验做准备。

表 1-3 电流的测量数据

电流 I/mA	I_1	I_2	I_3
计算值			
测量值			
相对误差			

3) 测量支路电流 I_3

关断 2 路直流稳压电源; 断开接在测量电流 I_3 的 2 个端子上的导线; 在测量电流 I_3 的 2

个端子上串入直流毫安表。打开 2 路直流稳压电源；测量电流 I_3 ；将测量值填入表 1-3 中。

注意：测量支路电流时要保持 $U_{s1} = 8\text{ V}$ 、 $U_{s2} = 4\text{ V}$ 。

4. 验证基尔霍夫电流定律

根据表 1-3 中的数据，验证基尔霍夫电流定律，将数据记录在表 1-4 中。

表 1-4 KCL 的验证

电流 I/mA	验证流入节点 A 的电流代数和 $\sum I = 0?$
计算值	
测量值	

1.4 实验注意事项与常见故障处理

1. 注意事项

(1) 测量电位时，万用表的黑色表笔接参考点，红色表笔接被测各点。

(2) 所有需要测量的电压值，均以万用表测量的读数为准。 U_{s1} 和 U_{s2} 也要测量，不应取电源本身的显示值。

(3) 防止直流稳压电源两个输出端碰线短路。

2. 常见故障处理

实验中由于各种原因会造成电路故障。准确快速地排除故障既需要一定的理论基础，也需要熟练的实验技能和一定的实践经验。排除故障是培养分析问题、解决问题能力和实际工作能力的一个重要方面，应注意在实验中不断地积累经验。

1) 电路中常见故障

电路故障分为破坏性和非破坏性两种。

破坏性故障通常会有打火、冒烟、发声、发热等现象，会造成电源短路，仪器、仪表及器件损坏。非破坏性故障只会影响实验结果的正确性，会出现无电压、电流等异常现象。导致电路发生故障的原因大致如下：

- ① 电路连接错误，导致原电路结构发生变化。
- ② 电路连接点接触不良，导致内部断路。
- ③ 元器件或导线间短路。
- ④ 元器件参数异常。
- ⑤ 实验装置、元器件使用条件不符合其要求。
- ⑥ 仪器、设备或元器件损坏。

2) 查找电路故障步骤

对于破坏性故障必须采用断电的方法，通过看、摸和万用表测量，找出电路的故障点；对于非破坏性故障则应在电路通电的情况下用万用表进行检查。查找非破坏性故障的具体步骤如下：

- ① 计算所查电路各支路电流和电路各点电位。

②用电流表检查各支路电流是否正常,用万用表检查各点的电位是否正确,判断故障的常用依据为等电位点之间压降是否为零。

③在查找故障的同时要记录相应的电压、电流值。

④根据相关理论分析记录的各数据,判断出故障点。

3) 查找故障举例

电路如图 1-2 所示,设电路中 G、H 间断路。

故障现象:接通电源后, $I_1 = I_2$, $I_3 = 0$ 。

分析:根据 I_1 、 I_2 和 I_3 的值得出支路 AGHD 有断点。

用万用表测量电压来查找故障点:将万用表接电路中 A、D 两端,万用表有读数,再把万用表的黑色表笔固定在 D 点,移动红色表笔从 A 点依次去测量 G、H 点的电压,当测量至 G 点时仍有电压,但当移动到 H 点时发现万用表的示数为零,说明 $V_G \neq V_H$,而 GH 为一导线,正常时 $V_G = V_H$,由此可以确定导线 GH 断。

1.5 仪器设备及其使用方法

1. 仪器设备

- | | |
|-------------|-----|
| (1) 直流稳压电源 | 2 路 |
| (2) 模拟万用表 | 1 块 |
| (3) 直流数字毫安表 | 1 块 |
| (4) 电路实验箱 | 1 个 |

2. 直流稳压电源使用方法

KHDL 电路实验箱内有两路相同的可调直流稳压电源,该电源的示意图如图 1-3 所示。这两路电源均可输出 0~30 V 的直流电压。每个电源都有电源开关、电源指示灯、粗调旋钮、微调旋钮、正极接线插孔和负极接线插孔。使用直流稳压电源的步骤如下:



图 1-3 直流稳压电源

1) 从正极接线插孔和负极接线插孔引出两根电源线。

2) 打开电源开关。

3) 旋转粗调旋钮到合适的挡位。

4) 旋转微调旋钮得到所需的电压值。

3. 直流电压的测量

万用表有模拟万用表和数字万用表之分,它们都可以测量电压、电流和电阻。万用表的型号很多,它们的外观、面板和功能会有所差别。模拟万用表面板上接表笔的插孔一般有 3~5 个,插孔的标记符号有“+”、“ Ω ”、“*”等。做实验时,要根据被测物理量,如电压、电流、电阻,将红、黑表笔插入对应的插孔。

图 1-4 为某电路中的一条支路 ab,待测支路电压 U_{ab} 。用模拟万用表测量直流电压的步骤如下:

(1) 将万用表调零。

(2) 若模拟万用表的型号为 MF10,则将黑色表笔插入“*”插孔,红色表笔插入“+”插孔。若为其他型号的万用表,插孔的标记符号可能不同。

(3) 将功能开关置于直流电压量程(面板上常用“V”、“DCV”标记)范围,且从高量程档位逐渐调低至合理档位。

(4) 将红色表笔、黑色表笔分别接入 a、b 两端。若万用表的指针顺时针偏转,则说明所选参考方向与实际方向一致,电压 U_{ab} 记正值;若万用表的指针逆时针偏转,说明所选参考方向与实际方向不一致,应迅速移开表笔,调换万用表的极性后再重新测量,但电压 U_{ab} 记负值。调换万用表的极性,就是将红色表笔、黑色表笔分别接入 b、a 两端。

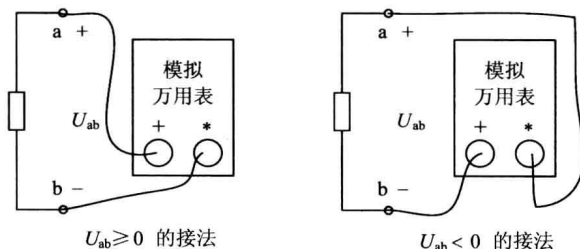


图 1-4 测量电压的接线图

采用数字万用表测量直流电压比模拟万用表更加简单方便,数字万用表能直接显示被测电压的大小和方向(方向用数据的正、负来区别)。

4. 直流电流的测量

KHDL 电路实验箱内有直流数字毫安表,测量电流时按标注的电流参考方向将毫安表串入被测支路,即按标注的电流参考方向假设电流是从毫安表的正极流入,而从毫安表的负极流出。用直流数字毫安表测量电流的接线图如图 1-5 所示。若毫安表显示为正数,说明电流的参考方向与实际方向相同,电流记正值;若毫安表显示为负数,说明电流的参考方向与实际方向相反,电流记负值。测量过程中要及时更换电流表的量程(KHDL 电路实验箱内的直流数字毫安表有 0~2 mA、0~20 mA、0~200 mA 共三个档位)。

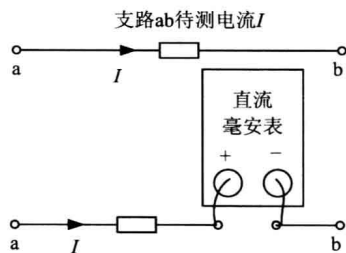


图 1-5 测量电流的接线图

如果采用指针式直流毫安表测量直流电流,一定要保证指针顺时针偏转。如果利用电流插座和电流插头来测量直流电流,则一定要注意电流插座的安装方向。

1.6 预习要求

在预习报告中,按图 1-2 所示的实验电路和参数,理论计算出各支路电压和电流,并填入表 1-1、表 1-2、表 1-3 和表 1-4 中。在预习报告中应有完整的计算过程。理论计算结果不仅为选择电压表和电流表的量程提供了依据,而且为查找电路故障提供了理论数据。

1.7 实验报告要求

- (1) 根据实验结果得出相应结论。
- (2) 分析实验中产生误差的原因。
- (3) 如果实验结果和理论计算值相差较大, 说明电路中存在故障, 请指出故障点并进行理论分析。

实验 2 线性有源二端网络等效参数测定

2.1 实验目的

- (1) 掌握线性有源二端网络等效电路参数的测量方法。
- (2) 理解等效电路的概念。

2.2 实验原理

1. 戴维南定理

一个线性有源二端网络, 参看图 2-1(a), 对外电路来说, 可以用一个电压源和电阻串联的等效电路来代替, 如图 2-1(b) 所示。此电压源的电压等于二端网络的开路电压 U_{oc} , 电阻等于二端网络的全部独立源置零后的等效电阻 R_{eq} 。这就是戴维南定理。

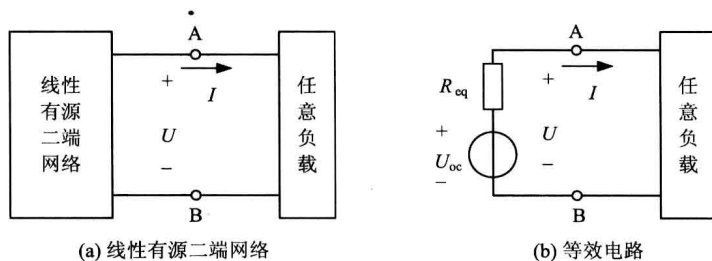


图 2-1 戴维南定理示意图

2. 开路电压 U_{oc} 的测量方法

当线性有源二端网络的等效电阻 R_{eq} 远小于电压表内阻 R_v 时, 可直接用电压表测量有源二端网络的开路电压 U_{oc} 。一般电压表的内阻并不是特别大, 最好选用数字电压表进行测量。数字电压表的突出特点是灵敏度高、输入电阻大。通常其输入电阻在 $10\text{ M}\Omega$ 以上, 有的高达数百兆欧, 对被测电路影响很小, 从工程角度来说, 用其测得的电压即可认为是有源二端网络的开路电压。

3. 等效电阻 R_{eq} 的测量方法

由戴维南定理可知, 若测量出线性有源二端网络的开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} , 则等效电阻 R_{eq} 为

$$R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

根据开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} 求等效电阻 R_{eq} , 称为开短路法。实验原理图如图 2-2 所示。若线性有源二端网络的等效电阻很小, 则不宜测其短路电流。

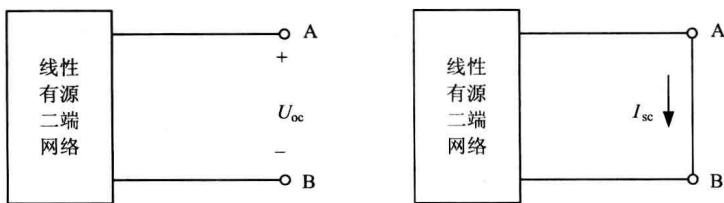


图 2-2 开短路法测等效电阻

2.3 实验内容

本实验在 KHDL 实验箱上进行。实验原理图如图 2-3 所示。

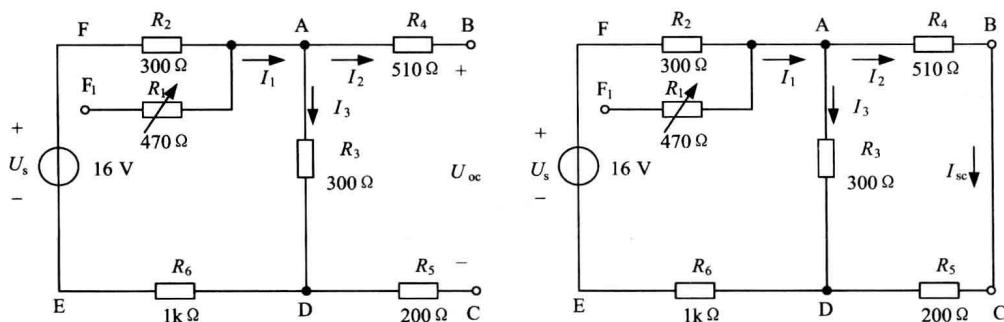


图 2-3 戴维南定理实验原理图

1. 计算二端网络的开路电压、短路电流和等效电阻

(1) 根据图 2-3 计算开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} , 将计算值填入表 2-1 中。

(2) 根据步骤 1 求出的开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} , 计算等效电阻 R_{eq} , 将计算值填入表 2-1 中。

表 2-1 实验数据表(计算值)

U_{oc}/V	I_{sc}/mA	R_{eq}/Ω

2. 测量二端网络的开路电压和短路电流

按图 2-4 所示实验线路正确接线, 采用开短路法测量二端网络的开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} , 计算等效电阻 R_{eq} , 并将结果填入表 2-2 中。