

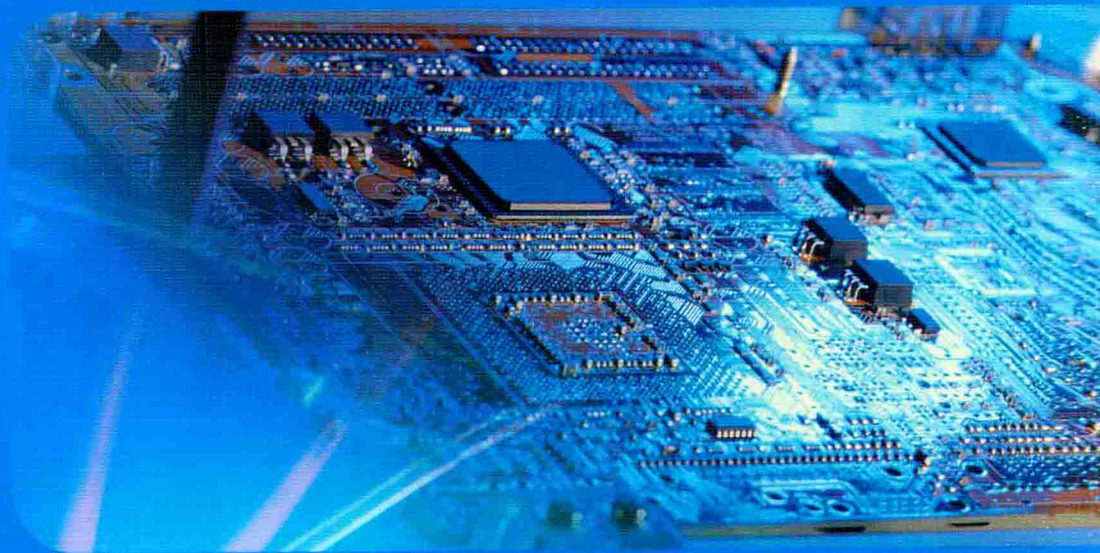


普通高等教育“十二五”规划教材
(电工电子课程群改革创新系列)

非电类专业适用

电工与电子技术基础实验指导书 (第二版)

主 编 李翠英 石 岩
主 审 苑尚尊 许弟建



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教

电工与电子技术基础 实验指导书 (第二版)

主 编 李翠英 石 岩

主 审 苑尚尊 许弟建



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《电工与电子技术实验指导书》的第二版,根据“电工与电子技术基础”课程教学的基本要求,基于智能网络化电工电子实验平台而编写,能满足普通工科院校非电类专业学生对“电工与电子技术”课程实验的要求。

本书的实验数据和实验波形全部通过数字式仪器仪表进行采集,保证学生实验数据的真实性,主要内容有:直流电路实验、日光灯线路安装及测试、三相交流电路、三相异步电动机、低频单管电压放大器、运算放大器的线性应用、直流稳压电源、组合逻辑电路的设计、计数器的应用、555 时基电路的应用等共 20 个实验。根据要求又将部分验证性实验进行了一些改革,更新成综合、设计性实验四个。附录主要介绍实验装置和部分常用电子仪器的使用。

本实验教材可作为高等院校非电类专业电工学、电工与电子技术课程的配套实验指导书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础实验指导书 / 李翠英, 石岩主
编. — 2版. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-2094-3

I. ①电… II. ①李… ②石… III. ①电工技术—实
验—高等学校—教学参考资料②电子技术—实验—高等学
校—教学参考资料 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第117971号

策划编辑: 寇文杰 责任编辑: 张玉玲 加工编辑: 鲁林林 封面设计: 李 佳

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 电工与电子技术基础实验指导书(第二版)
作 者	主 编 李翠英 石 岩 主 审 苑尚尊 许弟建
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010) 68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	170mm×227mm 16开本 7.5印张 138千字
版 次	2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷 2014年8月第2版 2014年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	14.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

本实验教材是《电工与电子技术实验指导书》的第二版,《电工与电子技术实验指导书》第一版得到了许多老师和同学的支持,在这里表示诚挚的感谢。

本次修订是在总结过去教学经验的基础上,结合现今人才培养的需求,以及实验设备更新的现状,按照模块化、网络化这一新的教学理念和教学体系,对实验内容作了认真的修改。

本书的基本内容依然是根据教育部《关于加强高等学校本科教育工作提高教学质量的若干意见》文件精神 and 《高等学校国家级实验教学示范中心建设标准》的要求而编写的。精选了初版内容,保留最基本、使用最普遍的实验内容。对这类经典的实验,根据几年来的教学经验和新的实验设备作了部分修改,如常用电子仪器仪表的使用等,使实验方法更加明确,思路更加清晰。对于新调整的实验,删除了重复性的应用实验,如关于 555 定时器应用的两个设计性实验,增加了内容更广泛、更贴近实际的综合性实验,如智力竞赛抢答装置、电子秒表等实验,这类实验提供的内容仅是举例,让学生有更多的思考,可以根据所学的基础知识自己查阅资料、设计实验方案和步骤,内容可随时添加更新,从而转化成设计性实验,完成实验后写出实验报告,为开展个性化教学提供了方便。

本书共 20 个实验,分为两个层次,验证性实验和综合、设计性实验,在教学实施中可根据教学大纲的要求安排相应内容。

本书由李翠英、石岩任主编,对全书内容进行统稿、修改;由苑尚尊、许弟建教授任主审,对全书的体例框架及内容的编写提出了许多宝贵意见和建议。参加本书编写工作的老师有:张俊林、朱光平(实验一至实验五),张锐、胡敏(实验六、实验七、实验十四),李翠英、刘金晟(绪论、实验八、实验九、实验十五、附录一和附录三),罗彦玲、刘兴华(实验十、附录二),吴培刚、吴云君(实验十一至实验十三),聂玲、张海燕(实验十六至实验十八),石岩、蔡绍(实验十九、实验二十)。同时,本书还得到了实验教学中心其他老师的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

编者在编写本书的过程中,参考了许多资料,从中得到了许多启发,对教材中所列的有关资料的作者,一并在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中错漏和不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2014 年 8 月

第一版前言

本指导书是根据教育部《关于加强高等学校本科教育工作提高教学质量的若干意见》文件精神 and 《高等学校国家级实验教学示范中心建设标准》，并考虑到精品课建设要求而编写的一套适应 21 世纪教学改革要求的实验教材。

电工与电子技术实验是配合相关理论课程教学的一个非常重要的环节，通过实验能够巩固学生的电工与电子技术基础理论知识，培养学生的实践技能、动手能力和分析问题及解决问题的能力，启发学生的创新意识并发挥创新思维潜力。

本实验教材作为本科学校非电类工科专业电工与电子技术基础课程的实验教材，是按照模块化、网络化这一新的教学理念和教学体系而编写的。具有如下特点：

(1) 引进新技术，教学灵活多样。紧密配合课程体系改革和实验教学改革的需要，引入计算机虚拟实验和网络化管理技术，将计算机虚拟实验与传统的实际工程实验有机地结合，提供学生先进的实验技术和发挥想象力、创造力的空间。在教材编写中体现出：将过去的单纯验证性实验转变为基础强化实验；将过去的小规模综合性实验转变为中规模应用性实验；将过去在实验室进行的单一化实验转变为不受时间、地点、内容限制的多元化实验。

(2) 内容充实，实验项目层次化。本实验教材针对课程特点，根据教学大纲要求，对每个实验的实验目的、实验原理、实验内容及步骤、设计方法、注意事项等部分进行了详细阐述，有些实验单元安排了必做、选做和提高（书中用*号表示）等不同层次的实验项目，以适应不同专业学生的实验要求。

(3) 通用性强。能与学校的电工电子实验中心的实验设备配套使用，满足教学大纲要求，适应性强。

本实验教材由重庆科技学院电子信息工程学院电工电子实验教学中心统一组织编写。参加本书编写的老师有：张俊林（实验一至实验五）、张锐（实验六、实验七、实验十四）、刘金晟（实验八、实验九）、李翠英（绪论、实验十、附录）、吴培刚（实验十一至实验十三）、许弟建（实验十五）、聂玲（实验十六至实验十八）、蔡绍（实验十九和实验二十）。

全书由李翠英统稿，由苑尚尊副教授主审并提出宝贵意见和建议，同时也得到了电工电子实验教学中心其他实验老师的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在许多不足，敬请读者提出批评和改进意见。

编者

2008 年 4 月

目 录

第二版前言

第一版前言

实验一 直流电路实验	1
实验二 戴维南定理的验证	5
实验三 R 、 L 、 C 串联电路	10
实验四 日光灯线路安装及测试	13
实验五 三相交流电路	16
实验六 单相变压器	20
实验七 三相异步电动机	24
实验八 三相异步电动机的起动控制	30
实验九 三相异步电动机的正反转控制	34
实验十 常用电子仪器仪表的使用	38
实验十一 低频单管电压放大器	46
实验十二 射极跟随器	52
实验十三 运算放大器的线性应用	57
实验十四 直流稳压电源	63
实验十五 组合逻辑电路的设计	69
实验十六 触发器的应用	71
实验十七 计数器的应用	78
实验十八 555 时基电路的应用	84
实验十九 智力竞赛抢答装置	92
实验二十 电子秒表	94
附录一 TKDG-2 型电工电子实验装置简介	97
附录二 TFG1900B 系列型全数字合成函数波形发生器	104
附录三 DS5000 数字存储示波器	108
主要参考文献	112

实验一 直流电路实验

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) 验证电路中电位的相对性、电压的绝对性。

二、实验原理

1. 基尔霍夫定律

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 $\sum U=0$ 。

运用上述定律时必须注意各支路电流或闭合回路的正方向，此方向可预先任意设定。

2. 电位测量

在一个闭合电路中，各点电位的高低视所选电位参考点的不同而变，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、四两象限内的折线图。其纵坐标为电位值，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 1-1 所示的电路为例，如图中的 $A\sim F$ ，并在坐标横轴上按顺序、均匀间隔标上 $A、B、C、D、E、F、A$ 。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该两点之间的电压值。

在电路中电位参考点可任意选定。对于不同的参考点，所绘出的电位图形是不同的，但其各点电位变化的规律却是一样的。

三、实验设备

- (1) 可调直流稳压电源，型号与规格 $0\sim 30\text{V}$ 、双路。
- (2) 万用表，1 块。
- (3) 直流数字电压表， $0\sim 200\text{V}$ ，1 块。

(4) 电位、电压测定实验电路挂箱，TKDG-03，1件。

四、实验内容与步骤

选用 TKDG-03 挂箱的“基尔霍夫定律/叠加原理”电路。实验线路如图 1-1 所示，电路上的 K_1 和 K_2 应拨向两边电源侧， K_3 应拨向 330Ω 侧，三个故障按键均不得按下。

先将两路直流稳压电源输出电压值分别调至 $U_1=6V$ ， $U_2=12V$ ，再接入实验线路中。

1. 基尔霍夫电流定律 (KCL) 的验证

(1) 实验前任意设定三条支路电流正方向。如图 1-1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 的方向已设定。

(2) 熟悉电流插头的结构，将电流插头的两端接至数字毫安表的+、-两端。

(3) 利用电流插头分别测量三条支路的三个电流，并记录电流值于表 1-1 中。

(4) 根据基尔霍夫电流定律 (KCL) 计算 ΣI 值，填入表 1-1 中。

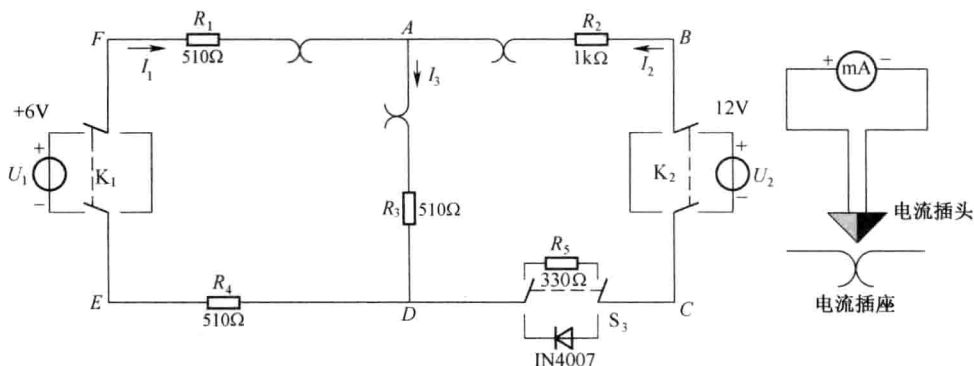


图 1-1 验证基尔霍夫定律和电位测量电路

表 1-1 验证 KCL 数据

I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	ΣI

2. 基尔霍夫电压定律 (KVL) 的验证

(1) 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，记录于表 1-2 中。

闭合回路的正方向可任意设定。

(2) 根据基尔霍夫电压定律 (KVL) 计算 ΣU 值, 填入表 1-2 中。

表 1-2 验证 KVL 数据

回路 ABCD	U_{AB} (V)	U_{BC} (V)	U_{CD} (V)	U_{DA} (V)	ΣU
回路 ADEF	U_{AD} (V)	U_{DE} (V)	U_{EF} (V)	U_{FA} (V)	ΣU

3. 电位的测量

(1) 以 A 点作为电位的参考点, 分别测量 B 、 C 、 D 、 E 、 F 各点的电位, 并用测量值计算任意两点之间的电压, 如 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CD} 、 U_{DE} 、 U_{EF} 及 U_{FA} , 填入表 1-3 中。

(2) 以 D 点作为参考点, 重复步骤 (1) 的测量, 并记录于表 1-3 中。

(3) 比较表 1-3 中的两组数据有何异同, 再与表 1-2 中的部分数据比较, 是否相同?

表 1-3 不同参考点电位与电压数据

电位 参考点	测量值						用测量值计算					
	U_A	U_B	U_C	U_D	U_E	U_F	U_{AB}	U_{BC}	U_{CD}	U_{DE}	U_{EF}	U_{FA}
A												
D												

五、预习要求

- (1) 写出基尔霍夫定律的基本内容。
- (2) 写出电位、电压测量的基本方法。
- (3) 根据图 1-1 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, 记入表中, 以便实验测量时, 可正确地选定毫安表和电压表的量程。
- (4) 了解电位图的画法和作用。

六、注意事项

(1) 本实验电路箱是多个实验通用, 基尔霍夫定律实验中需要使用电流插头, 电位测量实验不使用电流插头。

(2) 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 也需进行测量, 不能直接读取电源本身的显示值。

(3) 防止稳压电源两个输出端碰线短路。

(4) 用数字电压表或电流表测量，则可直接读出电压或电流值。但应注意：所读得的电压或电流值的正、负号应根据设定的电流参考方向来判断。

(5) 用数字电压表测量电位时，用负表笔（黑色）接参考电位点，用正表笔（红色）接被测各点，直接读取显示值。

七、思考题

(1) 实验中，若用指针式万用表测电流和电压时，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？若用直流表进行测量时，则会有什么显示呢？

(2) 若以 F 点为参考电位点，实验测得各点的电位值；若令 E 点作为参考电位点，试问此时各点的电位值应有何变化？

八、实验报告要求

(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) 完成电位测量数据表格中的计算。

(4) 总结电位相对性和电压绝对性的结论。

实验二 戴维南定理的验证

一、实验目的

- (1) 验证戴维南定理的正确性，加深对该定理的理解。
- (2) 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) 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（或称为含源二端口网络）。

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。 U_{OC} 和 R_0 称为有源二端网络的等效参数。

(2) 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 2-1 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan\varphi$ ，则内阻为

$$R_0 = \tan\varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{OC}}{I_{SC}}$$

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

$$R_0 = \tan\varphi = \frac{U_{OC} - U_N}{I_N}$$

3) 半电压法测 R_0 。

如图 2-2 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。

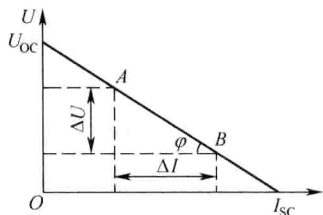
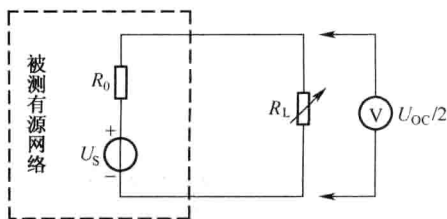
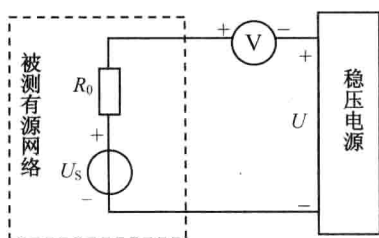


图 2-1 有源二端网络的外特性曲线

图 2-2 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 2-3 所示。

图 2-3 零示法测 U_{OC}

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。

三、实验设备

- (1) 可调直流稳压电源，0~30V，1路。
- (2) 可调直流恒流源，0~500mA，1路。
- (3) 直流数字电压表，0~200V，1块。
- (4) 直流数字毫安表，0~2000mA，1块。
- (5) 万用表 1块。

(6) 戴维南定理实验电路板挂箱, TKDG-03, 1 件。

四、实验内容

选用 TKDG-03 挂箱的“戴维南定理/诺顿定理”电路板。有源二端网络如图 2-4 (a) 所示。

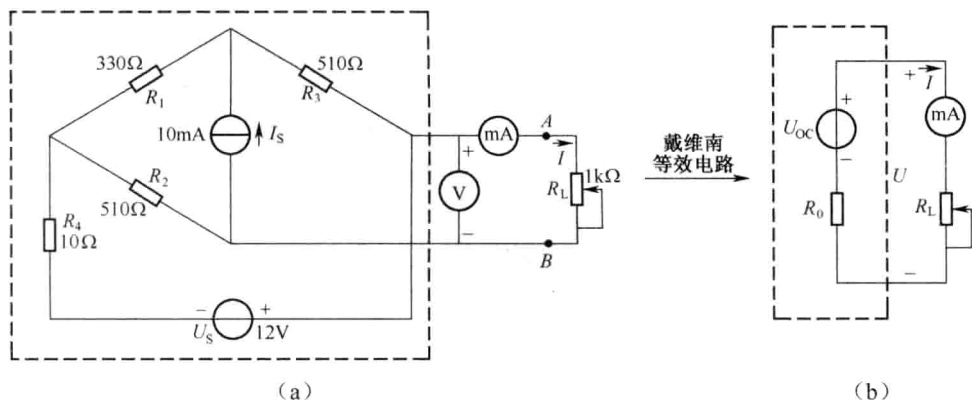


图 2-4 被测有源二端网络

(1) 用开路电压、短路电流法测定戴维南等效电路的 U_{OC} 、 R_0 。

按图 2-4 (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} 记录于表 2-1 中, 并计算出 R_0 。

表 2-1 戴维南等效参数数据

U_{OC} (V)	I_{SC} (mA)	$R_0=U_{OC}/I_{SC}$ (Ω)

(2) 负载实验。

按图 2-4 (a) 接入 R_L 。改变 R_L 的阻值, 读取电压表和电流表的相应数值, 填入表 2-2 中。

表 2-2 有源二端网络的外特性数据

U (V)					
I (mA)					

(3) 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 的值, 然后令其与直流稳压电源 (调到步骤 (1) 所测得的开路电压 U_{OC} 的值) 相串联,

如图 2-4 (b) 所示, 仿照步骤 (2) 测其外特性, 对戴维南定理进行验证, 数据记录于表 2-3 中。

表 2-3 等效网络的外特性数据

U (V)					
I (mA)					

(4) 有源二端网络等效电阻 (又称入端电阻) 的直接测量法。电路连接如图 2-4 (a) 所示。将被测有源网络内的所有独立源置零 (将电流源 I_S 断开, 去掉电压源 U_S , 并在原电压源的位置用一根短路导线代替), 然后用伏安法或者直接用万用表的欧姆挡去测定负载 R_L 开路时 A、B 两点间的电阻, 此即为被测网络的等效内阻 R_0 , 或称网络的入端电阻 R_i 。

(5) 用半电压法和零示法测量被测网络的等效内阻 R_0 及其开路电压 U_{OC} 。线路及数据表格自拟。

五、预习要求

- (1) 根据图 2-4 (a) 计算出开路电压 U_{OC} 、等效内阻 R_0 。
- (2) 写出有源二端网络等效参数的测量方法。

六、注意事项

- (1) 测量时应注意电流表量程的更换。
- (2) 步骤 (4) 中, 电压源置零时不可将稳压源短接。
- (3) 用万用表直接测 R_0 时, 网络内的独立源必须先置零, 以免损坏万用表。其次欧姆挡必须经调零后再进行测量。
- (4) 用零示法测量 U_{OC} 时, 应先将稳压电源的输出调至接近于 U_{OC} , 再按图 2-3 测量。
- (5) 改接线路时, 要关掉电源。

七、思考题

(1) 在测量等效参数时, 作短路实验, 测 I_{SC} 的条件是什么? 在本实验中可否直接作负载短路实验? 请实验前对线路图 2-4 (a) 预先作好计算, 以便调整实验线路及测量时可准确地选取电表的量程。

(2) 说明测有源二端网络开路电压及等效内阻的几种方法, 并比较其优缺点。

八、实验报告要求

(1) 根据步骤 (2)、(3)，分别绘出曲线，验证戴维南定理的正确性，并分析产生误差的原因。

(2) 根据步骤 (1)、(4)、(5) 的几种方法测得的 U_{OC} 与 R_0 与预习时电路计算的结果作比较，你能得出什么结论？

(3) 归纳、总结实验结果。

实验三 R 、 L 、 C 串联电路

一、实验目的

- (1) 验证电阻、感抗、容抗与频率的关系，测定 $R \sim f$ 、 $X_L \sim f$ 及 $X_C \sim f$ 特性曲线。
- (2) 加深理解 R 、 L 、 C 元件端电压与电流间的相位关系。

二、实验原理

- (1) 在正弦交变信号作用下， R 、 L 、 C 电路元件在电路中的抗流作用与信号的频率有关，它们的阻抗频率特性 $R \sim f$ 、 $X_L \sim f$ 、 $X_C \sim f$ 曲线如图 3-1 所示。
- (2) 单一参数 R 、 L 、 C 阻抗频率特性的测量电路如图 3-2 所示。

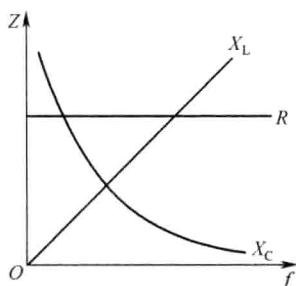


图 3-1 R 、 L 、 C 的阻抗频率特性

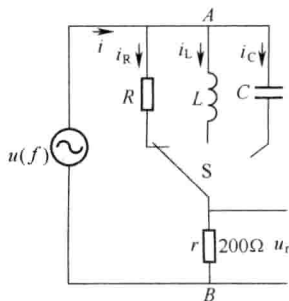


图 3-2 频率特性的测量电路

图中 R 、 L 、 C 为被测元件， r 为电流取样电阻。改变信号源频率，测量 R 、 L 、 C 元件两端电压 U_R 、 U_L 、 U_C ，流过被测元件的电流则可由 r 两端电压除以 r 的阻值得到。

(3) 元件的阻抗角（即相位差 φ ）随输入信号的频率变化而改变，将各个不同频率下的相位差画在以频率 f 为横坐标、阻抗角 φ 为纵坐标的坐标纸上，并用光滑的曲线连接这些点，即得到阻抗角的频率特性曲线。

用双踪示波器测量阻抗角的方法如图 3-3 所示。从荧光屏上数得一个周期占 n 格，相位差占 m 格，则实际的相位差 φ （阻抗角）为

$$\varphi = m \times \frac{360^\circ}{n}$$

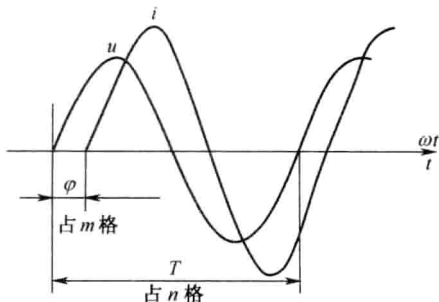


图 3-3 测量阻抗角的方法

三、实验设备

- (1) 函数信号发生器, 1 台。
- (2) 交流毫伏表, 1 块。
- (3) 双踪示波器, 1 台。
- (4) 实验线路元件 $R=1\text{k}\Omega$, $r=200\Omega$, $C=1\mu\text{F}$, L 约 10mH ; TKDG-05 挂箱, 1 件。

四、实验内容与步骤

- (1) 测量 R 、 L 、 C 元件的阻抗频率特性。

通过电缆线将函数信号发生器输出的正弦信号接至如图 3-2 所示的电路, 作为激励源 u , 并用交流毫伏表测量, 使激励电压的有效值为 $U=3\text{V}$, 并在实验过程中保持不变。

使信号源的输出频率从 200Hz 逐渐增至 5kHz 左右, 并使开关 S 分别接通 R 、 L 、 C 三个元件, 用交流毫伏表分别测量 U_R 、 U_r ; U_L 、 U_r ; U_C 、 U_r , 并通过计算得到各频率点时的 R 、 X_L 与 X_C 值, 记入表 3-1 中。

注意: 在接通 C 测试时, 信号源的频率应控制在 $200\sim 2500\text{Hz}$ 之间。

表 3-1 R 、 L 、 C 元件的阻抗频率特性的测量数据

频率 $f(\text{Hz})$		200Hz	1kHz	1.5kHz	2kHz	2.5kHz
R	U_R (V)					
	U_r (V)					
	$I_R=U_r/r$ (mA)					
	$R=U_R/I_R$ (k Ω)					