

普通高等院校工程训练系列规划教材

电工电子技术实验

曹泰斌 主编

清华大学出版社

普通高等院校工程训练系列规划教材

电工电子技术实验

曹泰斌 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据电路原理、模拟电子电路、数字电子电路和电工学课程实验教学的基本要求而编写的实验指导书,能满足工科电类及非电类专业学生对前述四门课程实验教学的要求。内容主要包括 18 个电路原理验证性实验、5 个电路原理综合性设计性实验、10 个模拟电子电路基础实验、4 个模拟电子电路综合性设计性实验、10 个数字电子电路基础实验和 4 个数字电子电路综合性设计性实验。另外,附录中介绍了常用电工仪表、电子仪器的使用,以及常用电子元器件等。

本书可作为高等院校电路原理、模拟电子电路、数字电子电路和电工学课程的配套实验指导书,也可供工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验 / 曹泰斌主编. —北京:清华大学出版社,2012.7

(普通高等院校工程训练系列规划教材)

ISBN 978-7-302-28795-7

I. ①电… II. ①曹… 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-33 ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 097937 号

责任编辑:庄红权 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.5

字 数:346 千字

版 次:2012 年 7 月第 1 版

印 次:2012 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

产品编号:047725-01



改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的“普通高等院校工程训练系列规划教材”,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要环节,依靠作者们根据当前的科技水平和社会发展需求所精心策划和编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职高专都设有各种各样的实验室。其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且能更好地掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴涵的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适应。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,步入工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近10年来,国家和高校对工程实践教育给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰富的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成形、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和工程技术人员的创造性劳动,转化和衍生出我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发挥其应

有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制定的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术,是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融会实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内容,严格遵循国家技术标准。

(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园



《电工电子技术实验》是为电路原理、模拟电子电路、数字电子电路等课程(统称为电类基础课)实验教学编写的指导书,可供电子信息工程、自动化、电气工程及其自动化等电类专业的基础课程实验教学使用。此外,为方便非电类专业电工学课程实验教学使用,书中编入了电工学课程实验的电机及控制部分内容。

电类基础课在电类专业人才培养过程中起着重要作用,其教学质量高低决定着后续专业课程的学习质量和学生未来的专业发展。电类基础课程实验在教学中占有重要地位,是培养创新型、应用型人才的重要途径,通过实验可以深入理解理论知识、发现探索未知世界和训练实际的动手能力。本书在总结电工电子技术实验教学改革成果和多年实验教学经验的基础上,力求突出基础性、先进性、实用性。编写体系和内容注重了培养创新型、应用型人才对电工电子基础课程实验教学的要求,增加了每个实验项目的实验内容和要求,可作为本科院校特别是应用型本科院校的实验教学教材。实验项目数量足以满足电类各专业电工电子基础课实验教学的需要,且一册在手可用于3门课程的实验指导。

本实验指导书的内容分为三篇和附录。第1篇为电路原理(包含电工学的电机及控制)实验指导,第2篇为模拟电子电路实验指导,第3篇为数字电子电路实验指导。每篇分为基础实验和综合性设计性实验两部分,基础实验安排10~18个实验项目,综合性设计性实验安排4~5个实验。附录部分主要是常用实验仪器如示波器、信号发生器等的使用,常用电子元器件、集成芯片介绍等。

本书由曹泰斌、侯锐、海瑛、肖林荣、吴伟雄、沈慧娟、熊小青编写。其中曹泰斌为主编,负责制定编写内容和体例的确定,并完成全书的整理和统稿。侯锐、吴伟雄负责第1篇的编写,海瑛负责第2篇的编写,肖林荣负责第3篇的编写,沈慧娟、熊小青负责附录的编写并承担了大量的文字校对工作。本书编写人员多年从事电类专业基础课的教学工作,并且在课程体系、教学内容、教学方法改革方面积极探索,积累了一定的经验,为本书的编写奠定了基础。

嘉兴学院机电工程实验中心作为浙江省实验教学示范中心建设单位,为该书的编写提供了多方面的支持;浙江求是科教设备有限公司、浙江天煌科技实业有限公司等单位提供了实验设备和资料,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正,在此预致谢忱。

编者于嘉兴学院

2012年3月



第 1 篇 电路原理实验指导

1 电路原理基础实验	3
实验一 基本电工仪表的使用与测量误差的计算	3
实验二 基尔霍夫定律和叠加原理的验证	7
实验三 戴维南定理和诺顿定理的验证	12
实验四 受控源的实验研究	15
实验五 RC 一阶电路暂态过程的研究	20
实验六 单相正弦交流电路的分析	23
实验七 RLC 串联谐振电路	26
实验八 单相电度表的校验	29
实验九 互感线圈电路的研究	32
实验十 三相交流电路电压、电流的测量	35
实验十一 三相电路功率的测量	37
实验十二 功率因数表的使用及相序测量	41
实验十三 二端口网络测试	44
实验十四 回转器特性测试	47
实验十五 三相鼠笼式异步电动机的认识	50
实验十六 三相鼠笼式异步电动机点动与长动控制	55
实验十七 三相鼠笼式异步电动机正、反转控制	58
实验十八 三相鼠笼式异步电动机 $Y-\Delta$ 降压起动控制	61
2 电路原理综合性设计性实验	65
实验一 三相电路参数测量	65
实验二 仿真软件应用——万用表的设计	66
实验三 最大功率传输条件的研究	68
实验四 RC 网络频率特性和选频特性的研究	70
实验五 三相鼠笼式异步电动机顺序控制	73

第 2 篇 模拟电子电路实验指导

1 模拟电子电路基础实验	77
实验一 常用电子仪器仪表的使用及元器件的识别和测试	77
实验二 集成运算放大电路线性应用——模拟运算电路	82
实验三 晶体管共射极单管放大器	86
实验四 射极跟随器	92
实验五 场效应管放大器	95
实验六 差动放大器	99
实验七 负反馈放大电路	103
实验八 低频功率放大器——OTL 功率放大器	107
实验九 有源滤波器	111
实验十 波形发生器	116
2 模拟电子电路综合性设计性实验	121
实验一 集成运算放大器指标测试	121
实验二 电压比较器	126
实验三 直流稳压电源	130
实验四 音响系统放大器设计	134

第 3 篇 数字电子电路实验指导

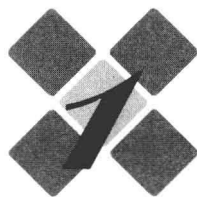
1 数字电子电路基础实验	139
实验一 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	139
实验二 CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	144
实验三 集成逻辑电路的连接和驱动	147
实验四 译码器及其应用	151
实验五 数据选择器及其应用	156
实验六 触发器及其应用	160
实验七 计数器及其应用	164
实验八 移位寄存器及其应用	169
实验九 555 时基电路及其应用	175
实验十 D/A 和 A/D 转换器	180
2 数字电子电路综合性设计性实验	186
实验一 组合逻辑电路的设计与测试	186
实验二 智力竞赛抢答装置	188
实验三 电子秒表	190
实验四 数字频率计的设计	194

附录	200
附录 I 电工技术实验台	200
附录 II DZX-1 型电子学综合实验装置	201
附录 III 示波器使用说明	203
附录 IV 函数信号发生器的使用	207
附录 V SP1931 型交流毫伏表	210
附录 VI 部分常用数字集成电路引脚排列	214
参考文献	222



电路原理实验指导

电路原理基础实验



实验一 基本电工仪表的使用与测量误差的计算

一、实验目的

1. 熟悉实验台、挂箱、连接导线等的结构及使用方法。
2. 熟悉直流恒压源、恒流源、模拟式电压表、电流表的使用。
3. 掌握电压表、电流表内阻的测量方法。
4. 掌握电工仪表测量误差的计算方法。

二、实验原理

通常用电压表和电流表测量电路中的电压和电流,而电压表和电流表都具有一定的内阻,分别用 R_V 和 R_A 表示。如图 1.1.1-1 所示,测量电阻 R_2 两端电压 U_2 时,电压表与 R_2 并联,只有当电压表内阻 R_V 无穷大时,才不会改变电路原来的状态。如果测量电路的电流 I ,电流表要串入电路,要想不改变电路原来的状态,电流表的内阻 R_A 必须等于零。但实际使用的电压表和电流表一般都不能满足上述要求,即它们的内阻不可能为无穷大或者为零,因此,当仪表接入电路

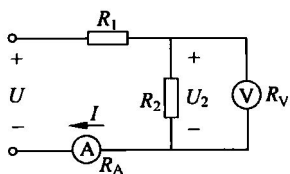


图 1.1.1-1 电压表、电流表测量电压电流的电路原理图

时都会使电路原来的状态产生变化,使被测的读数值与电路原来的实际值之间产生误差,这种由于仪表内阻引入的测量误差,称为方法误差。显然,方法误差值的大小与仪表本身内阻值的大小密切相关,我们总是希望电压表的内阻越接近无穷大越好,而电流表的内阻越接近零越好。可见,仪表的内阻是一个很重要的参数。

通常用下列方法测量仪表的内阻。

1. 用“分流法”测量电流表的内阻

设被测电流表的内阻为 R_A , 满量程电流为 I_m , 测试电路如图 1.1.1-2 所示。首先断开开关 S, 调节恒流源的输出电流 I , 使电流表指针达到满偏转, 即 $I = I_A = I_m$ 。然后合上

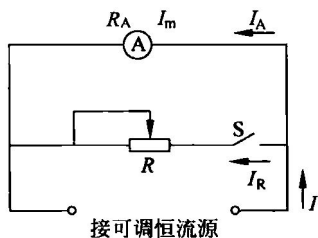


图 1.1.1-2 分流法测量电流表内阻电路原理图

开关 S, 并保持 I 值不变, 调节电阻箱 R 的阻值, 使电流表的指针指在 $1/2$ 满量程位置, 即

$$I_A = I_R = \frac{I_m}{2}$$

则电流表的内阻 $R_A = R$ 。

2. 用“分压法”测量电压表的内阻

设被测电压表的内阻为 R_V , 满量程电压为 U_m , 测试电路如图 1.1.1-3 所示。首先闭合开关 S, 调节恒压源的输出电压 U , 使电压表指针达到满偏转, 即 $U = U_V = U_m$ 。然后断开开关 S, 并保持 U 值不变, 调节电阻箱 R 的阻值, 使电压表的指针指在 $1/2$ 满量程位置, 即

$$U_V = U_R = \frac{U_m}{2}$$

则电压表的内阻 $R_V = R$ 。

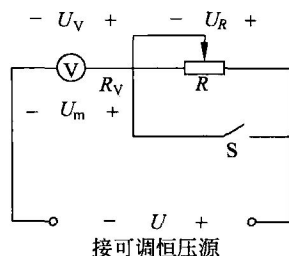


图 1.1.1-3 分压法测量电压表内阻电路原理图

3. 测量方法误差计算

图 1.1.1-1 所示电路中, 由于电压表的内阻 R_V 不为无穷大, 在测量电压时引入的方法误差计算如下:

R_2 上电压的真实值为 $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$, 若 $R_1 = R_2$, 则 $U_2 = U/2$ 。现用一内阻为 R_V 的电压表来测 U_2 值, 当 R_V 与 R_2 并联后, $R'_2 = \frac{R_V R_2}{R_V + R_2}$, 以此来代替上式的 R_2 , 则得

$$U'_2 = \frac{\frac{R_V R_2}{R_V + R_2}}{R_1 + \frac{R_V R_2}{R_V + R_2}} U$$

绝对误差为

$$\begin{aligned} \Delta U &= U_2 - U'_2 = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{\frac{R_V R_2}{R_V + R_2}}{R_1 + \frac{R_V R_2}{R_V + R_2}} \right] \cdot U \\ &= \frac{R_1 R_2^2}{(R_1 + R_2)(R_1 R_2 + R_2 R_V + R_V R_1)} U \end{aligned}$$

若 $R_1 = R_2 = R_V$, 则得

$$\Delta U = \frac{U}{6}$$

相对误差为

$$\Delta U \% = \frac{U_2 - U'_2}{U_2} \times 100 \% = \frac{\frac{U}{6}}{\frac{U}{2}} \times 100 \% = 33.3 \%$$

同理, 可以导出由于电流表内阻 R_A 不为零, 在测量时引入的方法误差 (绝对误差和相

对误差)的计算式。

本实验使用的电压表和电流表采用 EEL-56 组件的表头(1mA、160 Ω)及由该表头串、并电阻所形成的电压表(1V、10V)和电流表(1mA、10mA)。

三、实验设备与元器件

1. 直流数字电压表、直流数字电流表(EEL 系列主控制屏上)。
2. 恒压源(在主控制屏上,配置 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 、 $0\sim 30\text{V}$ 可调电压源三组恒压源)。
3. 恒流源(在主控制屏上,配置 $0\sim 500\text{mA}$ 可调电流源)。
4. EEL-51 组件、EEL-56 组件。

四、实验内容

1. 根据“分流法”原理测定直流电流表 1mA 和 10mA 量程的内阻

实验电路如图 1.1.1-2 所示,其中 R 用电阻箱,用 $\times 1\text{k}\Omega$ 、 $\times 100\Omega$ 、 $\times 10\Omega$ 、 $\times 1\Omega$ 四组串联实现 $1\Omega\sim 10\text{k}\Omega$,分辨率 1Ω 的可调电阻。1mA 电流表直接采用 EEL-56 组件中的磁电式表头,10mA 电流表由 1mA 电流表与分流电阻并联而成。由实验台主控屏上可调恒流源供电,调节可调恒流源的输出电流使表头指针指向满量程,保持恒流源输出不变,改变电阻箱的阻值,使表头指针指向中间位置,记录电阻箱此时的值。具体实验测试内容见表 1.1.1-1,将实验数据记入表中。

表 1.1.1-1 电流表内阻测量数据

被测表量程/mA	S 断开,调节恒流源,使 $I = I_A = I_m$	S 闭合,调节电阻 R ,使 $I_R = I_A = I_m/2$	R/Ω	计算内阻 R_A/Ω
1				
10				

2. 根据“分压法”原理测定直流电压表 1V 和 10V 量程的内阻

实验电路如图 1.1.1-3 所示,其中 R 用电阻箱,用 $\times 1\text{k}\Omega$ 、 $\times 100\Omega$ 、 $\times 10\Omega$ 、 $\times 1\Omega$ 四组串联实现 $1\Omega\sim 10\text{k}\Omega$,分辨率 1Ω 的可调电阻,1V、10V 电压表分别用磁电式表头和电阻串联组成。由实验台主控屏上可调恒压源供电,调节可调恒压源的输出电压使表头指针指向满量程,保持恒压源的输出不变,改变电阻箱的阻值,使表头指针指向中间位置,记录电阻箱此时的值。具体实验测试内容见表 1.1.1-2,并将实验数据记入表中。

表 1.1.1-2 电压表内阻测量数据

被测表量程/V	S 闭合,调节恒压源,使 $U = U_V = U_m$	S 断开,调节电阻 R ,使 $U_R = U_V = U_m/2$	R/Ω	计算 R_V/Ω
1				
10				

3. 方法误差的测量与计算

实验电路如图 1.1.1-1 所示,其中 $U=10\text{V}$, $R_1=R_2=300\Omega$,用实验内容 1 所用的 10mA 量程电流表测量电流 I 之值,计算测量的绝对误差和相对误差,实验和计算数据记入表 1.1.1-3 中,其中电流表的内阻取实验内容 1 测量所得结果。用实验内容 2 所用的 10V 量程电压表测量电压 U_2 之值,计算测量的绝对误差和相对误差,实验和计算数据记入表 1.1.1-4 中,其中电压表的内阻取实验内容 2 测量所得结果。

表 1.1.1-3 电流测量方法误差计算

电流表内阻 R_A/Ω	电流计算值 I/mA	电流实测值 I'/mA	绝对误差 $\Delta I = I - I'/\text{mA}$	相对误差 $\Delta I/I \times 100\%$

表 1.1.1-4 电压测量方法误差计算

电压表内阻 R_V/V	电压计算值 U_2/V	电压实测值 U'_2/V	绝对误差 $\Delta U = U_2 - U'_2/\text{V}$	相对误差 $\Delta U/U_2 \times 100\%$

五、实验注意事项

1. 实验台上的恒压源、恒流源均可通过粗调(分段调)分挡开关和细调(连续调)旋钮调节其输出量,并由该组件上数字电压表、数字毫安表显示其输出量的大小。在起这两个电源时,先应使其输出电压调节或电流调节旋钮置零位,待实验时慢慢增大。
2. 理论上恒压源输出不允许短路,恒流源输出不允许开路(观察实际现象,解释实际和理论不同的原因)。
3. 电压表并联测量,电流表串联测量,并且要注意极性与量程的合理选择。

六、预习与思考题

1. 根据已知表头的参数(1mA 、 160Ω),计算出组成 1V 、 10V 电压表的倍压电阻和 1mA 、 10mA 的分流电阻。
2. 若根据图 1.1.1-2 和图 1.1.1-3 已测量出电流表 1mA 挡和电压表 1V 挡的内阻,可否直接计算出 10mA 挡和 10V 挡的内阻?
3. 若用量程为 10A 的电流表测实际值为 8A 电流时,仪表读数为 8.1A ,求测量的绝对误差和相对误差。
4. 如图 1.1.1-4(a)、(b)所示为伏安法测量电阻的两种电路,被测电阻的实际值为 R ,电压表的内阻为 R_V ,电流表的内阻为 R_A ,求两种电路测电阻 R 的相对误差。

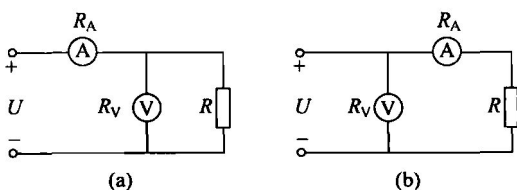


图 1.1.1-4 伏安法测量电阻的两种电路原理图

七、实验报告要求

1. 根据表 1.1.1-1 和表 1.1.1-2 的数据,计算各被测仪表的内阻值,并与实际的内阻值相比较。
2. 根据表 1.1.1-3 和表 1.1.1-4 的数据,计算测量的绝对误差与相对误差。
3. 回答思考题。

实验二 基尔霍夫定律和叠加原理的验证

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律和叠加原理,加深对基尔霍夫定律和叠加原理的理解。
2. 理解线性电路的叠加性和齐次性。
3. 掌握数字式直流电流表、电压表的使用以及学会用电流插头、插座测量各支路电流的方法。
4. 学习检查、分析电路简单故障的方法。

二、实验原理

1. 基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)是电路的基本定律,它们分别用来描述节点电流和回路电压,即对电路中的任一节点而言,在设定电流的参考方向下,应有 $\sum I=0$,一般流出节点的电流取正号,流入节点的电流取负号;对任何一个闭合回路而言,在设定电压的参考方向下,绕行一周,应有 $\sum U=0$,一般电压方向与绕行方向一致的电压取正号,电压方向与绕行方向相反的电压取负号。

2. 叠加原理

在有几个电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电源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。具体方法是: