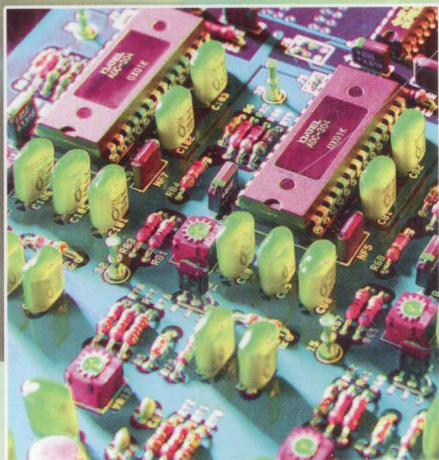


● 高等学校教材

电工学实验教程

主编 刘凤春 王 林



 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

● 高 等 学 校 教 材

电 工 学 实 验 教 程

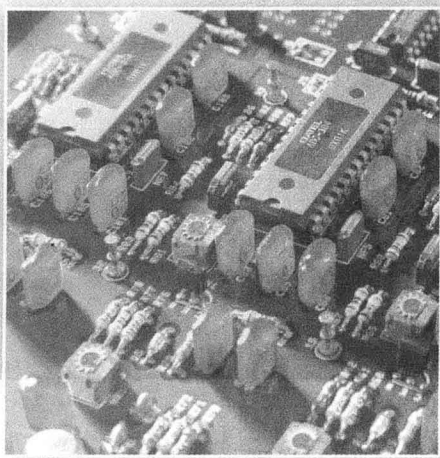
Diangongxue Shiyān Jiāochéng

主编 刘凤春 王 林

参编 周晓丹 王振江 牟宪民 姜艳红

章 艳 李冠林 王丹宁

主审 唐庆玉



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

电工学实验是与电工学课程相配套的实验课程,一般分为电工技术实验和电子技术实验两大模块。本教材的教学章节按照先电工技术实验、后电子技术实验的顺序编排。每一模块的教学内容均分为基础理论实验、设计性实验和综合性实验三种类型。其中,第1章介绍了电工学实验的目的、意义、基本要求、测试方法以及元器件的基本常识。第2、3、4章分别是电工技术的基础理论实验、设计性实验和综合性实验。涉及电路理论、三相电路、变压器、电动机和电气自动控制以及可编程控制器等方面的教学内容。第5、6、7章分别是电子技术的基础理论实验、设计性实验和综合性实验。涉及模拟电子技术、数字电路和A/D、D/A转换等方面的教学内容。第8章介绍了在电工电子实验中常用的测量仪器和仪表。第9章介绍了仿真软件Multisim11的基本使用方法和一些基础实验的仿真实验方法。

本教材的实验内容贴近实际工程应用,在实验方法的设计上,充分采用启发性的引导方式,力求做到能够启迪学生的思维、开阔学生的视野以及培养学生的知识应用能力和工程实践能力。同时提供了多种元器件的型号和参数,方便学生设计电路时查阅。

本教材可以作为高等学校工科非电类专业的电工学实验课程、电工技术实验课程和电子技术实验课程的教材,亦可供电类专业的学生和相关领域的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验教程 / 刘凤春, 王林主编. -- 北京 :
高等教育出版社, 2013. 8
ISBN 978 - 7 - 04 - 038063 - 7

I. ①电… II. ①刘… ②王… III. ①电工实验 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 163543 号

策划编辑 金春英 责任编辑 许海平 封面设计 于文燕 版式设计 马敬茹
插图绘制 尹 莉 责任校对 陈 杨 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400 - 810 - 0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	三河市骏杰印刷厂	网上订购	http://www.landrac.com
开 本	787 mm × 1 092 mm 1/16		http://www.landrac.com.cn
印 张	24.75	版 次	2013 年 8 月第 1 版
字 数	600 千字	印 次	2013 年 8 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	38.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 38063 - 00

前 言

从 16 世纪中叶开始,迄今人类社会已经经历了三次科学革命与技术革命,现在正处于第四次科学革命与技术革命时期。历史已经证明,科学理论体系的建立是技术革命的基石和先导,只有当科学理论转换为技术和生产力才能真正推动人类社会的发展,使物质文明迈向更高层次。特别值得说明的是,在 19 世纪第二次科学革命期间建立的电磁理论等科学理论体系,掀起了一场以电工技术为主导技术的第二次技术革命,由此产生的电气工业使人类社会的物质文明进程迈上了空前发展的轨道,也奠定了 20 世纪电子技术飞速发展的基础,促成了计算机技术、控制技术和信息技术的形成和发展,引领人类社会进入到信息化时代。

高等学校课程体系的设立,依据了科学与技术的关系,依据了一个时代科学与技术发展的需要。如今人类正处在一个科学与技术相互渗透、相互促进的时代,学科领域之间的交叉融合构成了当前科技的特征,特别是电工技术与电子技术渗透到了各个学科领域,使电工技术与电子技术的知识成为高级工程师知识结构中不可或缺的知识。因此,电工技术与电子技术作为工科学生课程体系中的必修课程已经由来已久。

传统上,电工技术与电子技术包含在电工学一门综合性的课程中。在 20 世纪 90 年代,为了适应工科不同专业对电工技术与电子技术两门技术的不同需求,而逐渐将其分成了两门子课程,不过,多数教材的编写以及名称基本上沿用了传统。显然,电工学是研究电工技术与电子技术的理论及其在工程领域中的应用的一门技术基础课程,具有实践性很强的特点,必须配置相当学时的实验才能达到培养目标的要求。但在相当长的历史时期,实验课附属于理论课程之后,学时配置亦较少。为了使能够真正学以致用,将理论知识转化为技术知识,国内大多数高等学校都单独设置了电工学实验课程。

目前,高等教育强调工程教育的特质,要培养造就具有创新能力、适应社会需求的工程技术人才。由此对电工学实验课程提出了更高的要求。全国许多高等学校都将这门工科非电类专业量大面广的技术基础课程作为核心课程来建设,使其在对各专业学生工程应用能力、创新能力的培养过程中扮演更加重要的角色。电工学实验作为与电工学课程相配套的实验课程,应该建立自己的课程体系,而不应满足于做理论课程的附庸。实验课程体系中的理论部分须与理论课程有机结合而又不重复,实验教学内容既要紧密配合理论教学内容,更要有结合工程实际、综合应用理论知识的实验,使之成为理论教学的有效补充。基于上述思想与教学改革的经验,作者编著了本教材。

电工学课程一般分为电工技术和电子技术两门课程。因此,电工学实验也分为电工技术实验和电子技术实验两大模块。本教材的教学章节按照先电工技术实验、后电子技术实验的顺序编排。而电工技术实验和电子技术实验的教学内容均分为基础理论实验、设计性实验和综合创新性实验三种类型。在实验内容和实验方法的设计上,力求做到能够启迪学生的思维、开阔学

生的视野以及培养学生的知识应用能力和工程实践能力。

基础理论实验的实验内容紧密结合了理论课程的教学内容,将基本概念和基本原理渗透到实验的具体内容以及操作步骤上。通过对理论知识的验证,来掌握实验的操作规程和各种仪器设备的使用方法,学会分析、总结实验数据和撰写实验报告。实验方法以引导为主。通过此类实验的训练,要达到巩固理论知识、掌握基本实验技能的教学目的。

设计性实验是在基础理论实验的基础上提升层次的教学内容。实验内容以特定章节的理论为依据,给定要求和实验条件,设计电路方案并实验验证。实验方法强调学生的自主性,即自主设计实验方案和选择电路参数,自主设计实验步骤和方法。通过此类实验,学习各种实用电路设计的基本方法、元器件的选择原则,掌握实验步骤的拟定方法,使学生对理论知识和基本实验技能的应用能力得到提高。设计性实验具有很大的启发性,以此培养学生触类旁通、举一反三的能力,同时为实施综合创新性实验奠定良好的基础。

综合创新性实验是培养学生知识的综合应用能力的较大型实验。实验内容需要综合应用多个章节的知识、使用多种功能电路相互配合才能达到设计要求。通过此类实验的训练,学生将更加明确各种功能电路的应用方法,组成小型系统时需要考虑的因素,以锻炼对全课程知识的融会贯通能力。本教材在实验项目的设计上,还注重了教学内容的工程实用价值和趣味性,以有效激发学生的学习热情。

本教材还设置了仿真软件 Multisim 11 的教学内容。仿真软件 Multisim11 是当前 EDA 技术中流行的、特别适合电路和电子技术教学的一款 EDA 软件。该软件提供了众多与工程实际完全对应的元器件和虚拟仪器,这种虚拟实验环境的硬件条件比实际的实验室更完善,可以使学生的任意实验方案得以实施,很好地弥补了实验室硬件条件的不足。实验前的预习阶段,通过仿真实验学生便可熟悉常用仪器、仪表的使用与测量方法,仿真环境也为学生实际动手连接电路和测试电路提供了很好的“练习场所”,这就为学生进入实验室实施真实实验奠定了很好的基础。而且,其交互式的仿真方法与分析功能,为学生深入理解理论提供了极大的帮助,也使学生受到最新科学研究方法的培养和训练。

本教材共有九章和一个综合性附录。其中,第1章介绍了电工学实验的目的、意义、基本要求、测试方法以及元器件的基本常识;第2、3、4章分别是电工技术的基础理论实验、设计性实验和综合创新性实验;第5、6、7章分别是电子技术的基础理论实验、设计性实验和综合创新性实验;第8章介绍了在电工电子实验中常用的测量仪器和仪表;第9章介绍了仿真软件 Multisim11 和电工技术与电子技术的基础实验电路的仿真实验方法。建议使用者在实验前,阅读第1章的基本内容,自学掌握第8章所介绍的各种常用测量仪器和仪表。有能力选做设计性实验和综合创新性实验的学生,建议自学掌握第9章仿真软件 Multisim11 的基本使用方法。

附录中包括各种常用元器件的性能参数、常用集成芯片的目录。显然,附录是作为参考资料给出的,为设计性实验和综合创新性实验提供必要的元器件参考。这将为预习实验节省大量时间,当然,也建议学有余力的学生自己到图书馆查阅相关资料。

本教材所提供的所有实验项目,均通过了仿真验证和实际调试。

本教材具有较强的通用性,这主要体现在以下两个方面。第一,本教材的实验内容没有针对具体设备厂家的实验台,在元器件和参数的设置上,一般都给出了多种型号,给予学生较大的选择余地和更多的自主性。第二,实验内容丰富、实验项目数量众多。给予不同学时的实验

课程在选择实验项目方面带来很大的灵活性。

本教材的另一个特点是, 每一个实验项目的要求具体、内容饱满, 为客观、公平地考评学生奠定了基础。首先, 在预习部分给出了较多的思考题和预习要求, 这为教师检查学生的实验预习情况提供了较大的帮助。其次, 具体的实验内容中要求的子项目较多, 但不一定要求每一位学生都必须全部完成。但在规定的时间内, 可以根据学生完成的质与量, 评定成绩。

使用本教材时, 可以按照学生的实际水平选择实验内容。例如, 对于基础较差的学生, 80%的实验可以选择第2章和第5章的基础理论实验, 20%的实验可以在第3章和第6章的设计性实验中选择, 而综合创新性实验项目可以不做要求。对于中等水平的学生, 三大类实验项目可以按照60%、30%和10%的比例选择。对于高水平的学生, 三大类实验项目可以按照40%、30%和30%的比例选择。对于不同类别的实验项目, 应当根据其难易程度打分或乘以加权系数。

仿真软件 Multisim 11 的教学内容以自学为主。引导学生掌握独立的学习方法, 并为实验预习、设计方案的验证找到了切实可行的方法和训练工具, 进而培养学生的自主实验的能力。

在弹性安排实验项目的情况下, 本教材通用于任意学时的电工学实验。

本教材由大连理工大学刘凤春、王林主编, 各章节的执笔分别是: 刘凤春(1.1, 1.3, 5.4~5.8, 6.3~6.7, 第7章, 9.1, 9.3, 9.4, 附录)、王林(1.2, 1.5, 第2章, 3.3~3.6, 第4章)、周晓丹(1.4, 8.6~8.9)、王振江(8.1~8.5, 9.2)、姜艳红(3.1, 3.2)、章艳(5.1, 6.1)、李冠林(5.2, 6.2)、牟宪民(5.3, 5.9, 5.10)、王丹宁完成了教材第5章实验电路的仿真验证。全书由刘凤春统稿。

本教材承蒙清华大学唐庆玉教授主审, 他对全书进行了仔细审阅, 提出了许多极其宝贵的建议和意见, 均被作者采纳。在此, 谨向唐庆玉教授表示衷心的感谢! 本教材在编写中参考了许多国内外有关的著作和文献, 在此对这些著作和文献的作者一并表示诚挚的谢意! 同时, 还要感谢硕士研究生姜洋为电工技术部分实验(第2章~第4章)绘制电路图所做的工作! 感谢硕士研究生段征宇、冯帆和刘丽伟为电子技术实验部分(第5章~第7章)的仿真和收集资料所做的工作! 衷心感谢所有关心、支持和帮助过本教材的编写、修改和出版的朋友们!

关于本教材的编写, 我们在主观上倾注了极大精力, 力求呈现给读者先进的教学理念和满足卓越工程师培养的丰富实验项目, 但限于学识与经验, 疏漏与不当之处, 仍恐难免, 恳请广大同行和读者不吝赐教。意见和要求请发送至: lfc5e001@dlut.edu.cn。

编者

2013年04月于大连

目 录

第 1 章 电工学实验的基础知识	1	2.1.7 实验报告及问题讨论	29
1.1 电工学实验的目的和意义	1	2.2 一阶 RC 电路瞬态实验	30
1.2 电工学实验的一般要求	1	2.2.1 实验目的及设备	30
1.2.1 实验的基本步骤	1	2.2.2 预习要求	30
1.2.2 实验的操作规程	2	2.2.3 微分与积分电路的实现原理	31
1.2.3 实验报告的撰写方法	4	2.2.4 RC 电路时间常数的测量	33
1.3 常用电工电子元器件	4	2.2.5 微分与积分电路测量	34
1.3.1 电阻器	4	2.2.6 实验报告及问题讨论	34
1.3.2 电容器	7	2.3 交流电路实验	34
1.3.3 电感器	8	2.3.1 实验目的及设备	34
1.3.4 二极管	9	2.3.2 预习要求	35
1.3.5 晶体管	11	2.3.3 交流电路测量原理	36
1.3.6 晶闸管	12	2.3.4 元件参数的测量	37
1.4 测量与调试技术	15	2.3.5 荧光灯电路	38
1.4.1 测量方法	15	2.3.6 实验报告及问题讨论	39
1.4.2 误差分析	16	2.4 三相电路实验	40
1.4.3 调试方法	18	2.4.1 实验目的及设备	40
1.4.4 实验常见故障的分析与处理	19	2.4.2 预习要求	40
1.5 安全用电常识	20	2.4.3 三相功率的测量方法	41
1.5.1 触电事故	20	2.4.4 三相电路的测量	42
1.5.2 人身安全的保障措施	21	2.4.5 实验报告及问题讨论	44
1.5.3 安全操作规程	21	2.5 单相变压器实验	45
第 2 章 电工技术基础理论实验	23	2.5.1 实验目的及设备	45
2.1 直流电路基础实验	23	2.5.2 预习要求	45
2.1.1 实验目的及设备	23	2.5.3 绕组极性的判别方法	45
2.1.2 预习要求	24	2.5.4 变压器绕组极性的判别	46
2.1.3 直流电路测量原理	24	2.5.5 单相变压器的特性测试	46
2.1.4 基尔霍夫定律与叠加定理的 验证	26	2.5.6 实验报告及问题讨论	48
2.1.5 电源外特性与实际电源两种模型 的等效变换	28	2.6 三相异步电动机实验	48
2.1.6 戴维宁定理的验证	28	2.6.1 实验目的及设备	48
		2.6.2 预习要求	48

2.6.3 电动机测量的基本问题	49	3.2.5 实验报告要求	84
2.6.4 三相异步电动机的基本使用	50	3.3 三相异步电动机的时间控制	
2.6.5 三相异步电动机的机械特性		电路设计实验	85
测试	51	3.3.1 实验目的、设备及预习要求	85
2.6.6 实验报告及问题讨论	52	3.3.2 时间继电器简介	86
2.7 常用继电器-接触器控制电路		3.3.3 继电器控制电路的安装与检查	
实验	53	方法	86
2.7.1 实验目的及设备	53	3.3.4 三相异步电动机的星形-三角形	
2.7.2 预习要求	53	起动控制	87
2.7.3 常用低压电器	54	3.3.5 三相异步电动机的顺序控制	88
2.7.4 三相异步电动机的正反转控制	54	3.3.6 实验报告要求	89
2.7.5 三相异步电动机的顺序控制	56	3.4 三相异步电动机的行程控制设计	
2.7.6 实验报告及问题讨论	57	实验	90
2.8 可编程序控制器认识实验	58	3.4.1 实验目的、设备及预习要求	90
2.8.1 实验目的及设备	58	3.4.2 行程开关原理与应用	90
2.8.2 预习要求	58	3.4.3 工作台自动往返的控制	91
2.8.3 S7-200 PLC 简介	59	3.4.4 运料小车自动往返控制电路的	
2.8.4 基本指令练习实验	66	设计	93
2.8.5 实验报告及问题讨论	70	3.4.5 实验报告要求	94
2.9 变频器认识实验	70	3.5 典型机床的电气控制电路实验	94
2.9.1 实验目的及设备	71	3.5.1 实验目的、设备及预习要求	94
2.9.2 预习要求	71	3.5.2 典型机床电气控制原理简述	95
2.9.3 FR-E500 变频器简介	71	3.5.3 简易机床基本控制电路的调试	
2.9.4 变频器基本模式操作训练	74	步骤与要求	96
2.9.5 变频器多段速控制实验	77	3.5.4 卧式普通车床控制电路实验	97
2.9.6 实验报告及问题讨论	77	3.5.5 电动葫芦电气控制电路实验	99
第3章 电工技术自主设计实验	78	3.5.6 实验报告要求	99
3.1 万用表的设计实验	78	3.6 可编程序控制器基础指令应用	
3.1.1 实验目的、设备及预习要求	78	实验	100
3.1.2 模拟式万用表实验原理	79	3.6.1 实验目的、设备及预习要求	100
3.1.3 模拟式万用表的校验	80	3.6.2 可编程序控制器扩展逻辑指令与	
3.1.4 万用表设计	81	比较指令	100
3.1.5 实验报告要求	81	3.6.3 可编程序控制器基本指令应用	
3.2 移相网络的设计实验	81	实验	102
3.2.1 实验目的、设备及预习要求	82	3.6.4 实验报告要求	108
3.2.2 移相网络基础知识	82	第4章 电工技术综合实验	109
3.2.3 移相网络特性的测试	83	4.1 可编程序控制器功能指令应用	
3.2.4 移相网络的设计	84	实验	109

4.1.1 实验目的、设备及预习要求	109	5.1.2 预习要求	139
4.1.2 可编程序控制器功能指令简介	109	5.1.3 直流稳压电源工作原理	139
4.1.3 喷泉的模拟控制实验	112	5.1.4 二极管的特性测试	143
4.1.4 数码显示的模拟控制实验	113	5.1.5 整流电路实验	143
4.1.5 机械手的模拟控制实验	113	5.1.6 滤波电路实验	144
4.1.6 实验报告要求	116	5.1.7 稳压电路实验	145
4.2 可编程序控制器综合应用实验	121	5.1.8 实验报告及问题讨论	146
4.2.1 实验目的、设备及预习要求	121	5.2 放大电路实验	147
4.2.2 可编程序控制器控制系统设计 步骤	121	5.2.1 实验目的及设备	147
4.2.3 可编程序控制器控制三层电梯 实验	122	5.2.2 预习要求	147
4.2.4 PLC 在车床控制电路改造中的 应用实验	124	5.2.3 放大电路的测量基础	148
4.2.5 可编程序控制器在自动剪板机 系统中的应用实验	125	5.2.4 晶体管的测试	151
4.2.6 可编程序控制器自拟题目实验	128	5.2.5 单级低频放大电路	151
4.2.7 实验报告要求	128	5.2.6 实验报告及问题讨论	154
4.3 可编程序控制器与变频器控制三 相异步电动机的实验	128	5.3 集成运算放大器实验	154
4.3.1 实验目的、设备及预习要求	128	5.3.1 实验目的及设备	154
4.3.2 PLC 与变频器对电动机变速的 控制简介	128	5.3.2 预习要求	155
4.3.3 PLC 与变频器对小车正反转和 变速的控制实验	129	5.3.3 常用集成运算放大器芯片	156
4.3.4 PLC 与变频器控制三相异步电动 机多段速运行实验	131	5.3.4 基本运算电路	157
4.3.5 实验报告要求	133	5.3.5 电压比较器	162
4.4 可编程序控制器与变频器 控制洗衣机实验	133	5.3.6 实验报告及问题讨论	163
4.4.1 实验目的及设备	133	5.4 基本逻辑门电路实验	163
4.4.2 全自动洗衣机工作原理	134	5.4.1 实验目的及设备	164
4.4.3 全自动洗衣机的控制实验	134	5.4.2 预习要求	164
4.4.4 自拟综合题目实验	136	5.4.3 数字集成电路的基本知识	165
4.4.5 实验报告要求	137	5.4.4 常用集成门电路	166
第5章 电子技术基础理论实验	138	5.4.5 门电路的特性测试	166
5.1 直流稳压电源实验	138	5.4.6 门电路的基本应用	168
5.1.1 实验目的及设备	138	5.4.7 实验报告及问题讨论	170
5.1.2 预习要求	139	5.5 组合逻辑功能器件实验	171
5.1.3 直流稳压电源工作原理	139	5.5.1 实验目的及设备	171
5.1.4 二极管的特性测试	143	5.5.2 预习要求	172
5.1.5 整流电路实验	143	5.5.3 常用组合逻辑功能器件	172
5.1.6 滤波电路实验	144	5.5.4 编码器逻辑功能测试	175
5.1.7 稳压电路实验	145	5.5.5 译码器与显示器逻辑功能测试	177
5.1.8 实验报告及问题讨论	146	5.5.6 数据选择器逻辑功能测试	178
5.2 放大电路实验	147	5.5.7 全加器逻辑功能测试	178
5.2.1 实验目的及设备	147	5.5.8 实验报告及问题讨论	180
5.2.2 预习要求	147		
5.2.3 放大电路的测量基础	148		
5.2.4 晶体管的测试	151		
5.2.5 单级低频放大电路	151		
5.2.6 实验报告及问题讨论	154		
5.3 集成运算放大器实验	154		
5.3.1 实验目的及设备	154		
5.3.2 预习要求	155		
5.3.3 常用集成运算放大器芯片	156		
5.3.4 基本运算电路	157		
5.3.5 电压比较器	162		
5.3.6 实验报告及问题讨论	163		
5.4 基本逻辑门电路实验	163		
5.4.1 实验目的及设备	164		
5.4.2 预习要求	164		
5.4.3 数字集成电路的基本知识	165		
5.4.4 常用集成门电路	166		
5.4.5 门电路的特性测试	166		
5.4.6 门电路的基本应用	168		
5.4.7 实验报告及问题讨论	170		
5.5 组合逻辑功能器件实验	171		
5.5.1 实验目的及设备	171		
5.5.2 预习要求	172		
5.5.3 常用组合逻辑功能器件	172		
5.5.4 编码器逻辑功能测试	175		
5.5.5 译码器与显示器逻辑功能测试	177		
5.5.6 数据选择器逻辑功能测试	178		
5.5.7 全加器逻辑功能测试	178		
5.5.8 实验报告及问题讨论	180		

5.6 双稳态触发器实验	180	5.10.5 ADC0809 芯片的基本应用 电路	220
5.6.1 实验目的及设备	180	5.10.6 实验报告及问题讨论	221
5.6.2 预习要求	181	第6章 电子技术应用课题设计	223
5.6.3 常用触发器芯片	181	6.1 直流稳压电源设计	223
5.6.4 触发器逻辑功能的测试	182	6.1.1 实验目的、设备及预习要求	223
5.6.5 触发器的基本应用电路	185	6.1.2 设计原理	223
5.6.6 实验报告及问题讨论	186	6.1.3 设计项目	228
5.7 寄存器和计数器实验	188	6.1.4 实验报告及问题讨论	229
5.7.1 实验目的及设备	188	6.2 音频功率放大器设计	230
5.7.2 预习要求	188	6.2.1 实验目的、设备及预习要求	230
5.7.3 常用集成寄存器和计数器	189	6.2.2 设计要求	230
5.7.4 寄存器实验	191	6.2.3 设计方案分析	230
5.7.5 计数器实验	194	6.2.4 音频放大电路设计范例	232
5.7.6 实验报告及问题讨论	198	6.2.5 实验设计与调试	234
5.8 集成定时器基本应用电路实验 ..	199	6.2.6 实验报告及问题讨论	236
5.8.1 实验目的及设备	199	6.3 温度检测与控制电路设计	236
5.8.2 预习要求	199	6.3.1 实验目的、设备及预习要求	236
5.8.3 555 集成定时器的功能及其性能 参数	200	6.3.2 集成运放电路设计的相关知识 ..	237
5.8.4 555 集成定时器基本功能测试	202	6.3.3 温度传感器与温度测量电路	238
5.8.5 单稳态触发器及其应用	202	6.3.4 LM3914 模拟量显示驱动器	240
5.8.6 多谐振荡器及其应用	203	6.3.5 温度控制电路	242
5.8.7 斯密特触发器的应用	205	6.3.6 实验报告及问题讨论	243
5.8.8 实验报告及问题讨论	206	6.4 多种波形发生器设计	243
5.9 晶闸管及其应用电路实验	206	6.4.1 实验目的、设备及预习要求	244
5.9.1 实验目的及设备	206	6.4.2 正弦波振荡器	244
5.9.2 预习要求	207	6.4.3 方波与三角波信号发生器	246
5.9.3 晶闸管的触发电路	207	6.4.4 锯齿波信号发生器	247
5.9.4 晶闸管的基础测试	210	6.4.5 实验报告及问题讨论	248
5.9.5 单相桥式可控整流电路	212	6.5 实用组合逻辑电路设计	248
5.9.6 交流调压电路	213	6.5.1 实验目的、设备及预习要求	248
5.9.7 实验报告及问题讨论	214	6.5.2 密码锁电路设计	249
5.10 数模与模数转换器实验	214	6.5.3 数字钟的报时电路设计	250
5.10.1 实验目的及设备	214	6.5.4 数值比较器电路设计	251
5.10.2 预习要求	215	6.5.5 数字显示电路设计	251
5.10.3 数模与模数转换芯片	215	6.5.6 实验报告及问题讨论	253
5.10.4 DAC0832 芯片的基本应用 电路	219	6.6 计数器及其应用电路设计	253
		6.6.1 实验目的、设备及预习要求	253

6.6.2 计数器与分频器设计	254	7.5.4 实验报告及问题讨论	298
6.6.3 顺序脉冲发生器设计	256	第8章 常用电工电子测量仪表和	
6.6.4 趣味彩灯控制电路设计	258	仪器	300
6.6.5 实验报告及问题讨论	261	8.1 万用表	300
6.7 实用集成定时器电路设计	262	8.1.1 万用表的工作原理	300
6.7.1 实验目的、设备及预习要求	262	8.1.2 万用表的性能及使用方法	302
6.7.2 单稳态电路的应用设计	262	8.2 电压表	305
6.7.3 多谐振荡器的应用设计	264	8.2.1 模拟式电压表的工作原理	305
6.7.4 555 集成定时器构成 RS 触发器的		8.2.2 电压表的性能及使用方法	305
应用设计	267	8.3 电流表	306
6.7.5 实验报告及问题讨论	269	8.3.1 模拟式电流表的工作原理	306
第7章 电子技术综合实验	271	8.3.2 电流表的性能及使用方法	307
7.1 电子密码锁电路	271	8.3.3 钳形电流表的工作原理及使用	
7.1.1 实验目的、设备及预习要求	271	方法	308
7.1.2 电子密码锁的特点与基本功能	272	8.4 功率表	309
7.1.3 具有报警功能的电子密码锁	272	8.4.1 模拟式功率表的工作原理	309
7.1.4 大功率电子密码锁	274	8.4.2 功率表的性能及使用方法	310
7.1.5 实验报告及问题讨论	276	8.5 绝缘电阻表	311
7.2 洗衣机定时控制电路	276	8.5.1 绝缘电阻表的工作原理	311
7.2.1 实验目的、设备及预习要求	277	8.5.2 绝缘电阻表的性能及使用方法	312
7.2.2 定时电路工作流程	277	8.6 直流稳压电源	313
7.2.3 定时电路设计范例	277	8.6.1 主要性能指标	313
7.2.4 自主方案设计	278	8.6.2 使用方法	314
7.2.5 实验报告及问题讨论	279	8.7 低频信号发生器	316
7.3 多路抢答器	280	8.7.1 低频信号发生器的工作原理	316
7.3.1 实验目的、设备及预习要求	280	8.7.2 SG1026 型双低频信号发生器	316
7.3.2 抢答器的基本功能和工作过程	280	8.8 双踪示波器	318
7.3.3 单元电路的设计与调试	281	8.8.1 模拟示波器的工作原理	318
7.3.4 实验报告及问题讨论	286	8.8.2 YB4320G 型双踪示波器	319
7.4 数字钟	286	8.8.3 TDS1002B 型数字存储示波器	323
7.4.1 实验目的、设备及预习要求	286	8.9 交流毫伏表	328
7.4.2 数字钟的工作原理	287	8.9.1 交流毫伏表的工作原理	328
7.4.3 单元电路的设计与调试	288	8.9.2 DA-16 型交流毫伏表	329
7.4.4 实验报告及问题讨论	291	第9章 Multisim 11 仿真软件与仿真	
7.5 交通信号灯控制电路	292	实验	331
7.5.1 实验目的、设备及预习要求	292	9.1 Multisim 11 仿真软件基础知识	331
7.5.2 控制系统的工作原理	292	9.1.1 Multisim 11 仿真软件操作环境	331
7.5.3 单元电路的设计与调试	294	9.1.2 Multisim 11 仿真软件的基本	

功能	334	9.4.5 555 集成定时器的仿真实验	369
9.1.3 Multisim 11 仿真软件操作入门	335	附录 常用元器件及集成芯片参考	372
9.2 电路仿真实验	339	附录 A 常用元器件参数	372
9.2.1 叠加定理仿真实验	339	附录 A-1 电阻电容标称值	372
9.2.2 RLC 串联交流电路仿真实验	342	附录 A-2 常用整流二极管	373
9.2.3 三相交流电路仿真实验	345	附录 A-3 常用稳压二极管	373
9.3 模拟电路仿真实验	347	附录 A-4 常用晶体管	374
9.3.1 二极管及其应用电路的仿真 实验	347	附录 A-5 常用单结晶体管	374
9.3.2 晶体管分压式偏置放大电路的 仿真实验	351	附录 A-6 常用晶闸管	375
9.3.3 基本运算电路的仿真实验	355	附录 A-7 常用双向晶闸管	375
9.3.4 电压比较器的仿真实验	359	附录 A-8 NTC 热敏电阻技术参数	375
9.4 数字电路仿真实验	362	附录 A-9 蜂鸣器技术参数	376
9.4.1 数字仪器	362	附录 B 数字单元电路图形符号	376
9.4.2 编码器的仿真实验	366	附录 B-1 门电路图形符号	376
9.4.3 译码器与显示器的仿真实验	367	附录 B-2 触发器逻辑符号	377
9.4.4 计数器的仿真实验	368	附录 C 常用集成芯片型号	378
		参考文献	381

电工学实验的基础知识

在电工学实验中,是使用真实的元器件和仪器、直接采用 380/220 V 的交流电源供电,因此,如果对实验内容和操作方法没有充分的掌握,实验过程中一旦出现接线错误或不当操作,将产生危及人身安全、烧毁设备的严重后果。故参加实验者务必认真阅读本章内容,掌握电工学实验的一般要求、基本的测试技术以及安全操作规程。

除了基础性实验外,设计性实验和综合性实验都需要实验者在实验的预习阶段完成一定的设计任务,而设计电路或方案,需要元器件的工程应用知识。为了实验者能高效完成预习任务,本章提供了电工、电子设计中所需要的常用元器件的种类、特性和标称值等工程知识。

1.1 电工学实验的目的和意义

电工学实验是与电工学课程相配套的实验课程,一般分为电工技术实验和电子技术实验两大模块。由于电工学是研究电工技术和电子技术的理论及其在工程领域中应用的一门学科,因此,本课程是一门实践性很强的课程,学习电工学课程的学生,必须通过实验课程的训练才能真正理解与掌握电工电子理论的应用方法,培养分析与解决问题的实际能力,为在自身的专业领域中应用电工电子知识、促进非电类学科的发展打下坚实的基础。

另一方面,通过电工电子实验课程,学生将受到操作技能、自主学习、实践能力以及综合应用知识的能力的多重专门培养,这对于造就未来工程师的综合素质和工程实践能力至关重要。因此,电工学实验这门课程,在对各专业学生工程应用能力、创新能力的培养过程中扮演着非常重要的角色。

1.2 电工学实验的一般要求

1.2.1 实验的基本步骤

培养认真、良好的实验态度和习惯是养成严谨的科学态度的良好开端。为了达到电工学实验课程的教学目的,要求学生认真完成课前预习、课中实验操作、课后总结三大环节的每一个步骤。

1. 课前预习(实验课前计划阶段)

实验课前预习是学生进入实验室之前的准备工作。每一个实验都有预习要求,预习要求中

一般包括三个方面的内容：复习相关理论课程的知识；学习本节实验的预备知识；回答理论与实验操作的相关问题。对于设计性实验和综合性实验，预习中还要求完成必要的电路设计和实验方案设计。实验者必须严格按照预习要求，撰写实验预习报告。

总之，预习必须达到以下目的：

- 1) 明确实验目的，熟悉实验内容和步骤。
- 2) 熟悉实验中所要使用的设备，初步掌握仪器和仪表的基本使用方法和注意事项。
- 3) 对实验电路进行必要的理论分析和计算，并补充部分实验中没有提供的实验数据表格。

如果实验者能带着问题和疑惑、带着自己的实验方案进入实验室，实验将达到事半功倍的效果。

2. 课中实验(实验进行阶段)

在撰写完成了合格的实验预习报告后，方可进入实验室进行实验。一般主讲教师要对本次实验作简要的介绍，强调安全操作规程，学生必须认真听讲，领会实验过程的所有要求。

实验课程需提前十分钟到场，以熟悉实验环境，对照实验教程清点和熟悉实验用设备，对照检查实验设备与教材上所列出的设备是否一致。对于设计性和综合性实验，应抄录设备型号或规格。然后根据实验内容合理安排实验仪器设备的位置，以方便操作和观测。

(1) 连接实验线路

连接实验线路前，要确认实验台的电源是断开的。

认识各类元器件和连接导线，合理布局实验线路，一般按先串联后并联的原则，接线要牢固可靠。接线完毕要仔细核查，确认无误后经实验指导教师批准后方可通电操作。

(2) 实验操作与观测

按实验计划进行操作，观测实验现象，合理选取数据测试点；正确选择仪表的量程及连接方法，准确地读取数据；认真记录实验数据和波形，理论联系实际，判定实验结果是否合理，如果数据不合理，应独立分析原因并及时加以纠正，记录实验过程。

实验操作中必须时刻注意人身安全和设备的安全使用规则。如发现异常现象应该立即断电，报告实验指导教师，并与教师共同查找原因，排除故障。

(3) 实验小结

实验数据测试完毕，马上做初步的整理，检查错误与遗漏。然后经指导教师评阅签字确认后，实验初步完成。此时，要首先切断电源，方可拆线，并将仪器设备、实验用导线归位，清理实验环境后方可离开。

3. 实验总结(实验报告撰写阶段)

实验课后，需分析、整理实验数据，完成实验报告。具体的撰写方法与要求详见 1.2.3 小节。

1.2.2 实验的操作规程

学生是实验课的主体，教师作为组织者，负责提供完整的实验设备，在实验过程中给学生必要的指导，并根据实验内容的难易程度、实验方案设计的合理性、操作与数据的正确性给予客观、公平的成绩评定。

电工技术实验是强电实验,电源直接来自市电,采用三相四线制 380 V 交流电源、经过三相自耦调压器为实验电路供电。通电时,需合上电源开关,检查总电源三相电压是否平衡,并将电压调到实验所需的数值;实验完毕,应将电源开关断开,并将自耦调压器的输出电压调至 0 V 位置。

电子技术实验是弱电实验,实验电路的电源一般来自直流稳压电源的输出。只要实验者不直接操作交流电源,正确使用直流稳压电源,实验过程中是比较安全的。但仍然要注意这样一个事实,即所有仪器都是依靠 220 V 的交流电源工作的。

学生进入实验室按编号就位,实验中不许随意更换实验台,严禁操作实验以外的电气设备(如电源总开关等),出现异常及时关闭电源,报告指导教师。

电工学实验分为基础理论实验、设计性实验和综合性实验。每章节有若干个实验项目,每次实验课可以根据教学大纲要求按 2 学时、3 学时、4 学时选取其中的实验内容,每个实验单元可以安排必做实验和选做实验,完成基础实验可获得基本成绩,若在计划学时内继续完成选做的实验内容,可以获得选作加分。

1. 基础理论实验及其要求

基础理论实验是在侧重理论指导下的实验技能训练。要求具备基本理论知识,通过实验,认识常用元器件及其检测方法,掌握基本仪器和测量仪表的使用方法,掌握基本的测量与调试技能,掌握实验的一般步骤和安全用电常识,能够准确测试实验数据,初步具备分析一般常见问题和解决实验故障的能力,并具备对实验数据、结果进行分析总结的能力。

通过基础理论实验不仅能加深对理论知识和相关概念的理解,也是后续进行设计性和综合性实验的基础,是学习科学研究方法的入门训练。基础理论实验通常按下面规程完成:

- 1) 复习理论知识并写出预习报告。
- 2) 进入实验室听取教师讲解。
- 3) 熟悉实验仪器设备。
- 4) 连接实验电路并仔细核查。
- 5) 通电操作,测量数据,观测波形,观察实验现象。
- 6) 检查实验数据的完整性。
- 7) 分析、讨论实验数据并完成实验报告。

2. 设计性与综合性实验及其要求

设计性与综合性实验是在掌握基本实验技能基础上对知识应用能力的综合提升训练。要求实验者熟练运用理论知识,具备设计实验方案和实验步骤的能力,能够分析并解决实验中出现的是一般问题。

设计性实验一般是应用理论课程某一章的理论知识,设计一个具有工程应用价值的实用电路。此类实验一般要给出设计所需要的基础知识、设计思路以及电路的参考方案,要求实验者完成具体实验电路的设计。这不仅包括方案确定、电路原理图和电路参数的设计,往往还需要设计实验步骤和自拟实验数据表格。

综合性实验一般是综合应用理论课程多章的理论知识,设计一个具有工程应用价值的实用电路。此类实验一般要给出设计思路和电路的参考方案或给出部分电路,要求实验者完成具体实验电路的设计。实验者需要根据实验项目要求,自己查阅文献,在多种参考方案中综合设计

出满足实验要求的电路和参数。

综合性实验亦可作为电工学实验的扩展,作为课余创新活动,组织课题组共同探讨。设计与综合性实验通常按下面规程完成。

- 1) 明确实验目的与设计要求。
- 2) 查阅相关资料,设计电路和实验方案并写出设计报告,提交所需设备、元器件清单。
- 3) 经教师确认设计方案后,方可进行实验操作。
- 4) 通电操作,测量数据,观测波形,观察实验现象。
- 5) 修改实验参数,排除实验故障。
- 6) 检查实验数据的完整性。
- 7) 分析、讨论实验数据并撰写实验报告。

1.2.3 实验报告的撰写方法

实验报告是对实验目的、实验原理、实验方法、实验现象和数据的综合总结报告。

课后书写实验报告是实验的总结阶段,实验报告是一份综合的工作报告,是实验课程的一个重要环节,其目的是培养学生对实验结果分析、处理、总结的文字表达能力与严谨的科学态度。实验报告是对实验的任务、原理、实验方法和过程以及实验数据和现象做系统的分析、总结。该报告要力求做到层次清楚、思路清晰、语言流畅,电路、图符与图表规范,分析有理有据,字迹工整。如果还能进一步总结出实验者的心得体会以及疑惑,即表明实验者的理论水平与实验水平均达到了较高的层次。实验报告一般应包括以下内容:

- 1) 列写实验目的、实验用仪器仪表与元器件,说明仪器仪表的用途。
- 2) 简述实验原理与主要实验内容。
- 3) 按照实验具体的测试内容,逐一画出所测试的电路,列写出相应的实验数据,并对实验数据进行分析与总结。
- 4) 简述实验过程中出现的故障及其处理方法,总结实验的心得体会与建议。

1.3 常用电工电子元器件

1.3.1 电阻器

电阻器(resistor)是在电路中限制电流或将电能转变为热能等其他能量的电器^①,电阻 R 是表征其阻碍电流通过的能力的电路参数,通常将电阻器简称为电阻。电阻的用途非常广泛,在电路中主要用来调节和稳定电流与电压,可构成分流器和分压器,也可用作电路的匹配负载。在电子电路中,电阻是应用数量最多的元件。另外,在电路分析中,只要存在电能到其他形式能量的不可逆转换,都可用电阻来表示。例如,电能到声能转换的扬声器、电能到光能转换的白炽灯等,在电路中都是直接用电阻来模拟的;电动机由电能转换得到的总机械能,在其等效电路中也是使用电阻来描述的。

^① 该定义由全国科学技术名词审定委员会审定公布。

电阻的种类很多。普通电阻一般有如下两种分类方式：

- 1) 电阻按照其电阻值能否改变，分为固定电阻和可变电阻。
- 2) 电阻按制造材料分类，可分为线绕电阻、碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻以及由半导体制成的各种敏感电阻(例如,热敏电阻、光敏电阻和压敏电阻)等。

图 1.3.1 所示是一些常用电阻的实物图片。图 1.3.2 给出了电阻的三种图形符号(参照 GB/T 4728.4—2008 电气简图用图形符号第 4 部分基本无源元件)。

电阻的主要参数有标称阻值、允许误差、额定功率、温度系数以及负荷特性等。

标称阻值是电阻的设计阻值。为了适应各种应用的要求，各种电阻通常按阻值和功率形成不同标称系列，供电路设计者选用。电阻阻值的标称系列参见附录 A-1。标称值由国家标准制定，生产者不能制造任意阻值的电阻器。

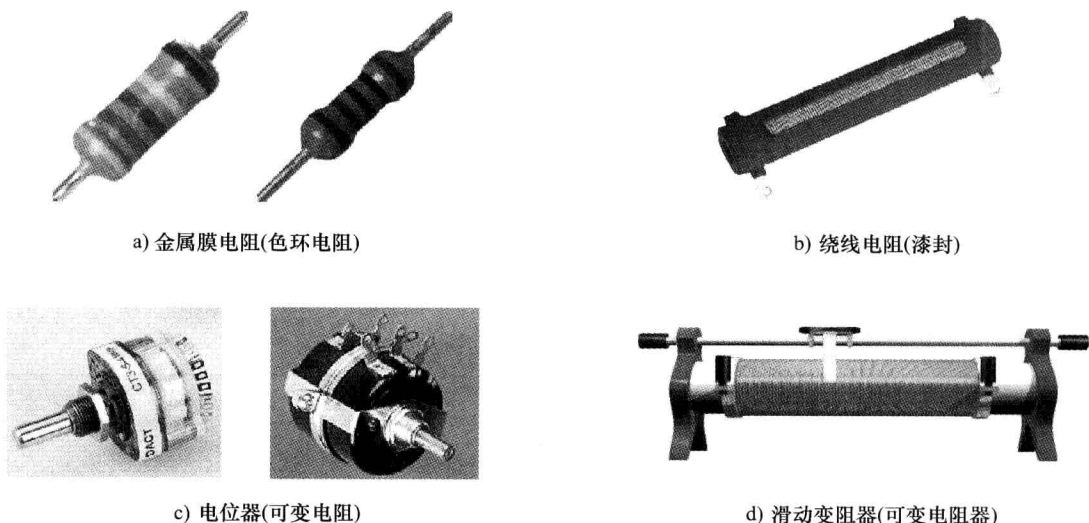


图 1.3.1 实际电阻器示例

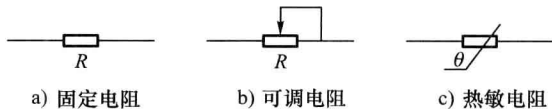


图 1.3.2 电阻的图形符号

由于制造材料和工艺的原因，电阻器的实际阻值与标称值不是完全相等，存在误差。电阻器的实际阻值相对标称值的最大允许偏差范围称为允许误差。按照允许误差的大小，电阻器分成了多个标称系列。常用电阻的允许误差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，精密电阻的允许误差小于 $\pm 1\%$ ，高精密度电阻的允许误差可达 0.001% 。一般，碳膜电阻的允许误差为 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ ，金属膜电阻的允许误差在 2% 以下。

电阻的阻值和允许误差的标示方法有直标法、文字符号法、数码法和色标法等四种方法。对于小功率电阻，色标法用得较多。色标法就是用不同颜色的环带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差。各种颜色所表达的含义参见表 1.3.1 和表 1.3.2。当电阻的色环为四环时，前两环代表有效数字，第三环为倍乘数，第四环为允许误差(最后一环必为金色或银色)。当电阻的色环为五环时，最后一环与前面四环距离较大。前三环代表有效数字，第四环为倍乘