



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

电
工
电
子
基
础

Circuits and Electronics Experiment Course

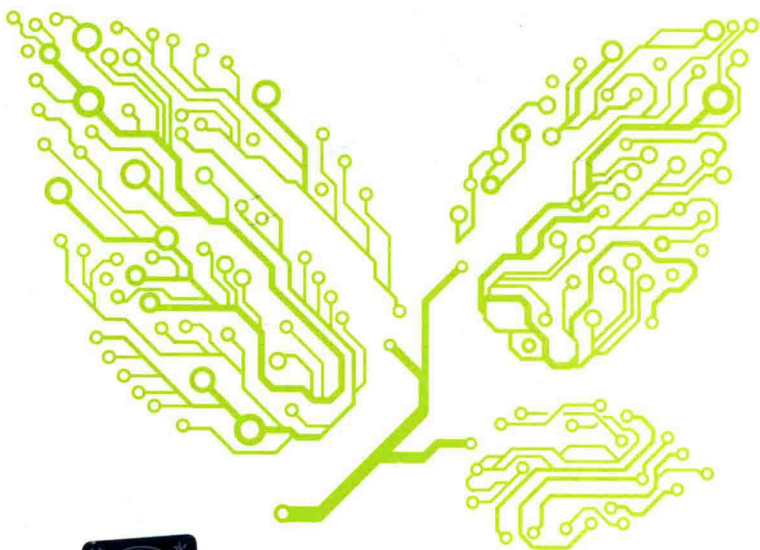
电路与电子学 实验教程

马秋明 孙玉娟 逢珊 编著

Ma Qiuming

Sun Yujuan

Pang Shan



清华大学出版社



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Circuits and Electronics Experiment Course

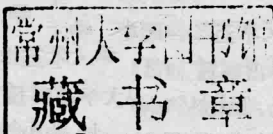
电路与电子学 实验教程

马秋明 孙玉娟 逢珊 编著

Ma Qiuming

Sun Yujuan

Pang Shan



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是为高等工科院校非电子类专业,如计算机科学与技术、软件工程和网络工程等专业开设的“电路与电子学”实验课程而编写的教材。书中精选了14个实验,其中电路实验6个,模拟电子技术实验8个。实验内容分为验证型、设计型和综合型三种,可根据不同的教学要求及实验室条件进行选择。每一个实验都设有仿真实验,详细介绍了仿真实验的测试方法并对仿真结果进行了分析;实验中还列举了有代表性的故障现象,介绍了故障检查及排除方法,通过故障排查增强学生独立思考及分析问题、解决问题的能力。

本书也可供高职高专院校相关专业开设的“电路与电子学”实验课程使用,也可作为电类专业教学及电子工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

电路与电子学实验教程/马秋明,孙玉娟,逢珊编著. —北京:清华大学出版社,2018
(高等学校电子信息类专业系列教材)
ISBN 978-7-302-48557-5

I. ①电… II. ①马… ②孙… ③逢… III. ①电路—实验—高等学校—教材 ②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TM13-33 ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 241108 号

责任编辑:盛东亮
封面设计:李召霞
责任校对:李建庄
责任印制:刘海龙

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:9.5

字 数:230千字

版 次:2018年3月第1版

印 次:2018年3月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:39.00元

产品编号:069233-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科学技术大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢泉	贵州大学	卞树檀	火箭军工程大学
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学
	刘铁根	天津大学	宋峰	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	靳伟	香港理工大学
	苑立波	哈尔滨工程大学		
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

本书是“电路与电子学”实验课程的配套教材,适用于计算机科学与技术、软件工程和网络工程等专业本科学生。电路与电子学实验是电路与电子学课程中的实验环节,通过本实验课,学生可对电路与电子学中的基本理论产生感性认识,加深对电子电路基本概念和基本定理的理解,掌握基本的电工、电子实验技能。本书可以培养学生的工程实践能力和设计简单电路的能力,为后续课程及工程实践打下坚实基础。

本书共分为3章,第1章重点介绍与电路电子学实验相关的基础知识;第2章为电路实验,共有6个实验;第3章为模拟电子技术实验,共有8个实验。实验分为基础实验、综合实验和设计实验三个层次,可根据不同的教学要求及实验室条件进行选择。每一个实验都设置了EDA(Electronics Design Automation)仿真软件NI Multisim 10的实验内容,详细介绍了仿真实验的测试方法且对仿真结果进行了分析,可以帮助学生更好地理解电路原理并掌握测试方法,设计简单的电子电路,学习电子电路现代化的设计方法;每个实验还列举了具有代表性的实验故障现象,介绍了故障检查及排除方法,通过故障排查增强学生独立思考及分析问题、解决问题的能力。

本书建议授课总学时为18学时。任课教师可根据具体情况灵活安排每个实验的学时。

本书第1章和第3章的3.4节由马秋明编写,第2章的2.1节和2.2节由孙玉娟编写,第2章的2.3节由逢珊编写,第2章的2.4节由陈婧编写,第2章的2.5节由王洪刚编写,第2章的2.6节由冯宇编写,第3章的3.1节、3.3节和3.6节由张玉玲编写,第3章的3.2节和3.5节由丁宏编写,第3章的3.7节和3.8节由黎翠凤编写。在编写的过程中参考了其他兄弟院校编写的书籍,同事们也提出了一些宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者学术水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请各位读者批评指正。

编者

2018年1月

目录

CONTENTS

第 1 章 电路与电子学实验的预备知识	1
1.1 电路与电子学实验的性质和意义	1
1.2 电路与电子学实验的一般要求	2
1.3 实验室的安全操作规范	3
1.3.1 人身安全	3
1.3.2 仪器设备及器件安全	4
1.4 电路与电子学实验的测量	4
1.4.1 测量的目的和意义	4
1.4.2 电子电路基本测量方法与内容	4
1.4.3 电子电路测量仪器的选择	5
1.5 电路与电子学实验的基本过程	6
1.5.1 实验前的预习	6
1.5.2 实验过程	6
1.5.3 实验报告的撰写与要求	9
1.5.4 实验故障的检查与排除	10
第 2 章 电路实验	13
2.1 常用仪器仪表的使用	13
2.1.1 实验目的	13
2.1.2 实验原理	14
2.1.3 预习要求	19
2.1.4 实验设备与器件	20
2.1.5 实验内容	20
2.1.6 注意事项	22
2.1.7 常见故障及解决方法	22
2.1.8 思考题	23
2.2 电位、电压的测量与基尔霍夫定律的验证	23
2.2.1 实验目的	23
2.2.2 实验原理	23
2.2.3 预习要求	24
2.2.4 实验设备与器件	24

2.2.5	计算机仿真实验内容	24
2.2.6	实验室操作实验内容	40
2.2.7	注意事项	41
2.2.8	常见故障及解决方法	41
2.2.9	思考题	42
2.3	戴维南定理	42
2.3.1	实验目的	42
2.3.2	实验原理	42
2.3.3	预习要求	46
2.3.4	实验设备与器件	46
2.3.5	计算机仿真实验内容	47
2.3.6	实验室操作实验内容	50
2.3.7	注意事项	52
2.3.8	常见故障及解决方法	52
2.3.9	思考题	52
2.4	一阶 RC 电路的时域响应	53
2.4.1	实验目的	53
2.4.2	实验原理	53
2.4.3	预习要求	55
2.4.4	实验设备与器件	55
2.4.5	计算机仿真实验内容	55
2.4.6	实验室操作实验内容	58
2.4.7	注意事项	59
2.4.8	常见故障及解决方法	59
2.4.9	思考题	59
2.5	RLC 串联谐振电路特性的研究	60
2.5.1	实验目的	60
2.5.2	实验原理	60
2.5.3	预习要求	61
2.5.4	实验设备与器件	61
2.5.5	计算机仿真实验内容	61
2.5.6	实验室操作实验内容	67
2.5.7	注意事项	67
2.5.8	常见故障及解决方法	68
2.5.9	思考题	68
2.6	三相交流电路	68
2.6.1	实验目的	68
2.6.2	实验原理	69
2.6.3	预习要求	69

2.6.4	实验设备与器件	69
2.6.5	计算机仿真实验内容	69
2.6.6	实验室操作实验内容	71
2.6.7	注意事项	72
2.6.8	常见故障及解决方法	73
2.6.9	思考题	73
第3章	模拟电子技术实验	74
3.1	射极偏置放大电路	75
3.1.1	实验目的	75
3.1.2	实验原理	75
3.1.3	预习要求	81
3.1.4	实验设备与器件	81
3.1.5	计算机仿真实验内容	81
3.1.6	实验室操作实验内容	92
3.1.7	注意事项	94
3.1.8	常见故障及解决方法	94
3.1.9	思考题	94
3.2	差分放大器实验	95
3.2.1	实验目的	95
3.2.2	实验原理	95
3.2.3	预习要求	98
3.2.4	实验设备与器件	98
3.2.5	计算机仿真实验内容	98
3.2.6	实验室操作实验内容	107
3.2.7	注意事项	108
3.2.8	常见故障及解决方法	108
3.2.9	思考题	109
3.3	OTL功率放大器实验	109
3.3.1	实验目的	109
3.3.2	实验原理	109
3.3.3	预习要求	111
3.3.4	实验设备与器件	111
3.3.5	计算机仿真实验内容	111
3.3.6	实验室操作实验内容	113
3.3.7	注意事项	115
3.3.8	常见故障及解决方法	115
3.3.9	思考题	115
3.4	集成运算放大器基本运算电路的测试与设计	115
3.4.1	实验目的	115

3.4.2	实验原理	116
3.4.3	预习要求	119
3.4.4	实验设备与器件	119
3.4.5	计算机仿真实验内容	119
3.4.6	实验室操作实验内容	121
3.4.7	注意事项	123
3.4.8	常见故障及解决方法	124
3.4.9	思考题	125
3.5	RC 串并网络(文氏桥)振荡器实验	125
3.5.1	实验目的	125
3.5.2	实验原理	125
3.5.3	预习要求	127
3.5.4	实验设备与器件	127
3.5.5	计算机仿真实验内容	128
3.5.6	实验室操作实验内容	130
3.5.7	注意事项	130
3.5.8	常见故障及解决方法	131
3.5.9	思考题	131
3.6	负反馈放大电路实验	131
3.6.1	实验目的	131
3.6.2	实验原理	131
3.6.3	预习要求	132
3.6.4	实验设备与器件	133
3.6.5	计算机仿真实验内容	133
3.6.6	实验室操作实验内容	134
3.6.7	注意事项	136
3.6.8	常见故障及解决方法	136
3.6.9	思考题	137
3.7	低频功率放大器的设计	137
3.7.1	实验目的	137
3.7.2	设计任务	137
3.8	集成直流稳压电源电路设计	138
3.8.1	实验目的	138
3.8.2	设计任务	138
	参考文献	139

第 1 章

CHAPTER 1

电路与电子学实验的

预备知识

在进行电路与电子学实验之前,应先了解实验的相关要求,深入了解实验室的安全操作规范及实验的基本过程,本章将重点从以下几个方面介绍电路与电子学实验的预备知识。

本章教学要点如表 1-1 所示。

表 1-1 本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识	工程应用方向
电路与电子学实验的性质和要求	了解	选择电子元器件;熟练使用常用仪器;电路的组装、测量、调试;排查故障;软件仿真方法;书写规范的实验报告	电子技术
实验室的安全操作规范	深入了解	人身安全;仪器设备及器件安全	电子技术
电路与电子学实验的测量	掌握	测量的目的、意义、方法与内容;电子电路测量仪器的选择	电子技术
电路与电子学实验的基本过程	深入了解	实验前的预习;一般进行实验的顺序;实验报告的撰写与要求;实验故障的检查与排除	电子技术

1.1 电路与电子学实验的性质和意义

电路与电子学实验(包括电路实验和模拟电子技术实验)是电路与电子学课程的重要组成部分,它的主要任务是培养学生的基本实验技能、电路的综合应用与设计能力以及计算机的应用能力。经过电路与电子学实验严格的工程训练和技能培养,学生的工程素质和创新能力得以提高;在人才培养过程中电路与电子学实验起着不可替代的重要作用,为学生学习后续课程和今后从事与之相关的工作奠定良好的基础。

验证型实验是针对电路与电子学基础理论而设置的,主要以电子元器件的特性、参数和基本单元电路为主,除巩固加深基本原理、基础理论之外,还可以帮助学生认识实验现象,掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能,培养学生安装、调试、分析和寻找故障等基本技能。验证型实验题目一般比较简单,属于已知范围,对于在实验中可能出现的现象和结果,应预先做出分析和估计。

综合型实验要求学生能根据所学知识进行简单的综合应用,了解各个功能电路之间的相互影响,掌握功能电路之间参数的衔接匹配关系,综合运用所学理论解决较复杂的实际问题。

设计型实验对于学生来说既有综合性又有探索性,它主要侧重于理论知识的灵活运用。设计型实验根据给定的课题和特定功能电路的性能指标,要求学生自行设计电路,选择合适的元器件,采用仿真软件对设计方案进行仿真,验证性能指标正确后方可搭建电路,并按设计方案对其进行测试、调整,最终使电路达到设计要求。这种实验要求学生在教师指导下独立查阅资料、设计方案、组织实验并写出报告等。

仿真实验使用计算机辅助分析和设计工具来分析与设计电路,使学生理解电路元件参数如何对电路性能产生影响,从而使学生更好地理解电路原理。仿真实验克服了硬件实验元器件和材料消耗大、实验周期长、消耗人力大和无法胜任大规模和超大规模集成电路的设计型实验任务等缺陷。在实验中软件的使用以自学为主,再结合具体题目,培养学生对新知识的掌握和应用能力。学会使用仿真软件仿真实验电路并设计简单的电子电路,已成为本实验课程学生必须具备的基本能力。

1.2 电路与电子学实验的一般要求

通过实验培养学生的动手能力、独立操作能力和创新能力,要求学生熟悉电子技术应用中常见的典型元器件的应用;学会使用常用的电子仪器,掌握电子电路的分析、组装、调试、故障排除及设计的方法;掌握常用电子电路计算机辅助设计软件的使用方法;能够利用仿真软件根据技术要求设计功能电路和小系统,从而培养学生分析和解决实际问题的能力。具体要求如下。

1. 会选择且正确使用电子元器件

电子元器件品种繁多且不断更新,因此学生应能掌握常用电子元器件的使用知识,即掌握常用电子元器件的性能、用途、技术参数、使用方法、更换方法及典型应用,这样才能设计和制作出合格的电路。电子元器件手册提供了元器件技术参数,通过查阅元器件手册,可以了解许多新的元器件,这有利于设计和制作电路以及维修电路,同时可以扩展知识、提高实践能力。

2. 正确选择并熟练使用常用仪器

只有选择与实验电路特性相应的测试仪器,才可能取得正确的测量结果。采用合理的测量方法并能正确调整使用电子仪器,是电类实验和科学研究的基础,也是培养实验能力的重要内容之一。实验人员应能正确使用常用电子仪器,如示波器、信号发生器、万用表、稳压电源、频谱仪和失真度分析仪等。电子电路实验主要完成电压或电流的波形、频率、周期、相位、有效值和峰值等技术指标的测量。

3. 掌握一定的电路组装、测量、调试等基本技能

电路的组装技术是电子电路实验的基本教学内容,是实验者必须掌握的一项基本技术,它直接影响电路的基本特性和安全性。正确的组装方法和合理的布局,不仅使电路整齐美观,而且能提高电路工作的可靠性,便于检查和排除故障。

4. 熟悉一些常见故障的排除方法

准确地分析、寻找、排除故障而调试好电路,对从事电子技术及其有关领域工作的人员

来说是不可缺少的基本技能。实验中出现故障是正常现象,并不是完全无益的事情,相反,在排除故障的过程中可以提高实验者分析问题和解决问题的能力,从而找到改进实验的途径,提高实验的兴趣。

5. 掌握电子电路计算机辅助设计软件的使用方法

通过仿真实验教学,实验者应学会使用仿真软件仿真实验电路以及设计简单的电子电路。以电子计算机辅助设计为基础的电子设计自动化技术已经渗透到电子系统和专用集成电路设计的各个环节中。

6. 具有独立设计简单电路并写出合格报告的能力

实验者应能独立地完成相应的设计任务(查阅资料、方案确定、器件选择、仿真验证方案正确以及安装调试),提高设计电路的水平,培养实验技能和解决实际问题的能力。实验人员还应能够独立撰写出严谨、有理论分析、实事求是、文理通顺和字迹端正的实验报告,具备一定的处理数据和分析误差的能力。实验报告是实验课学习的重要组成部分,通过书写实验报告,可为学生将来从事科学研究和工程技术开发的论文书写工作打好基础。

1.3 实验室的安全操作规范

实验者必须具备一定的安全常识,进入实验室后要遵守实验室的规章制度和安全规则,以避免发生人身伤害事故,防止损坏实验仪器设备。

1.3.1 人身安全

预防触电是每个实验操作人员乃至工程技术人员应该具备的最基本的自我保护能力。实验操作过程中,要有安全意识,遵守安全操作规则,避免触电,应牢记“安全第一、实验第二”的原则,养成良好的操作习惯和正确的操作方法,确保人身安全。

(1) 实验时不允许赤脚,注意人体与大地之间要有良好的绝缘。要逐步养成用单手进行操作的习惯。

(2) 实验中应避免触摸任何可能带电的金属部分,养成只触摸绝缘部分的习惯。

(3) 实验前应弄清楚电源开关、熔断器和插座的位置,了解正确的操作方法,并检查其是否安全可靠。

(4) 检查仪器设备的电源线、实验电路中有强电通过的连接线等有无良好的绝缘外套,其芯线不得裸露。

(5) 实验时接线要认真,相互仔细检查,收走多余导线,特别注意电路中不应有一段悬空的导线。确定电路无误并通知全组人员后才能接通电源,初学或没有把握时,应由指导教师审查同意后再接通电源。

(6) 实验中应随时注意有无异常现象。如发生故障,需立即断开电源,保留现场,并报告有关人员进行检查处理。

(7) 不允许带电连接或拆除实验电路。大电容用导线放电之后才可进行接拆。

(8) 未经实验指导教师允许,不得擅自用实验室的仪器设备。

(9) 实验台不可以放置水杯等易造成安全事故的物品。实验室应安静整洁,不得做与实验无关的事情。

(10) 在实验过程中如遇到意外的危险情况,要在第一时间切断电路的供电电源。

1.3.2 仪器设备及器件安全

实验操作过程中,应遵守仪器设备操作规则,避免损坏仪器设备及元器件。

(1) 在使用仪器设备前,应认真阅读使用说明书,掌握仪器的使用方法和注意事项。

(2) 实验课上认真听取指导教师的讲解,对关键内容做好记录。

(3) 在无法确定硬件实验电路连接是否正确的情況下,一定要请实验课指导教师帮助查看。这样做既能保障实验者的人身安全,又能保证仪器设备不被损坏。

(4) 当被测值难以估计时,仪表量程应置最大,然后根据指示情况逐渐减小量程,否则会因过压、过流而烧毁仪表。

(5) 仪器设备电源打开后,不要急于测量数据和观察结果,应先进行通电观察,检查有无异常,包括仪器、元器件有无打火、冒烟,是否闻到异常气味或听到异常声音,仪表指示是否超出正常范围;用手摸元器件是否发烫等现象。如发现异常,应立即关断电源,报告有关人员处理,查清原因,排除故障后方可重新通电。

(6) 实验过程中要保持清醒的头脑,清楚自己每一步操作的目的和方法。

(7) 为了确保仪器设备安全,在实验室电柜、实验台及各仪器中通常都安装有电源熔断器。常用的熔断器有 0.5A、1A、2A、3A 和 5A 等几种规格,应注意按规定的容量调换熔断器,绝不允许换上大于规格要求的熔断器。

(8) 实验中不得随意扳动、旋转仪器面板上的旋钮和开关,需要使用时也不要用力过猛地扳动或旋转。

(9) 不得擅自动用与实验无关的仪器设备,不得擅自拆卸实验室内的仪器设备。

(10) 换仪器、插拔器件和改接线路时,必须先切断电源。

(11) 实验结束后,通常只要关断仪器设备电源,不必将仪器设备电源线拔掉。

1.4 电路与电子学实验的测量

1.4.1 测量的目的和意义

测量是通过实验方法对客观事物取得定量信息即数量概念的过程。电子测量是指以电子技术理论为依据,以电子测量仪器为手段,对电量和非电量(通过各种传感器)进行的测量。在实验室工作时,实验结果是否正确、电路工作是否正常、系统是否满足设计要求,以及故障的检查、电路参数的调整等,都需要通过测量来确定,这些是电路与电子学实验中重要的教学内容,也是学生必须要掌握的基本技能。

只有测量方法正确、测量结果真实,才可以使实验者达到预定目标;如果在测量上出问题,可能会将人们引入歧途,前功尽弃,或者得出一个与事实不符的错误结论。因此,在测量这一最基本的环节上,应保持严谨的科学态度,养成认真操作的良好习惯是很重要的。

1.4.2 电子电路基本测量方法与内容

1. 测量方法

对同一元件或电路有多种不同的测量方法。不当和错误的测量方法,除了得不到正确

的测量结果外,还会损坏测量仪器和被测电路。电子测量的方法很多,根据测量值得出方式的不同,可分为直接测量、间接测量和组合测量三种方式。

(1) 直接测量是一种可以直接得到被测值的测量方法。例如用电压表测电压、用电流表测电流、用欧姆表测电阻等。

(2) 间接测量是对与被测量具有某种函数关系的物理量进行直接测量后,通过函数关系计算出被测量数值的测量方法。例如,测量共射极放大电路集电极电流 I_C ,不必断开集电极接入电流表进行测量,可以通过测量集电极电阻 R_C 两端的电压 U_{R_C} 后,根据公式 $I_C = U_{R_C}/R_C$,即可求得被测的集电极电流 I_C 。

(3) 组合测量法是兼用直接测量和间接测量的一种测量方法。例如将被测量和另外几个量组成联立方程,通过直接测量这几个量,最后求解方程,从而得出被测量的大小。

在选择测量方法时,应该首先考虑被测量本身的特性、所处的环境条件、所需要的精确程度以及所具有的测量设备等因素,综合考虑后再正确选择测量方法、测量设备并设计合理的测量顺序,最终得到正确的测量结果。在仪表的功能和精度满足测量要求的前提下,应尽量选择直接测量。在直接测量不方便或误差大的情况下应选择间接测量或组合测量。

2. 测量内容

电路与模拟电子技术所要测量的基本电量包括以下几个方面:

- (1) 电能,如电压、电流和电功率。
- (2) 电信号特性,如信号的波形、频率、相位和幅度等。
- (3) 电路元件参数,如电感量、电阻值、电容量和品质因数等。
- (4) 电路的特性,如电压增益、频率特性、输入和输出电阻等。

1.4.3 电子电路测量仪器的选择

测量仪器的选择正确与否,直接关系到测量的可行性和测量结果的可信度,也关系到测量的经济性。选用仪器仪表从准确度等级、工作频率范围、量程范围和输入阻抗等方面考虑。一般应注意以下几点:

(1) 了解仪器的基本功能和性能,并了解仪器的准确度等级是否满足测量要求。仪器仪表准确度的选择,一般至少要高于要求的测量准确度的一个等级以上。

(2) 电子测量中测量的频率、量程范围一般都比较宽,如电压通常可以从几毫伏到几十伏,甚至几百伏;频率可以从直流到几兆赫兹。因此,要根据被测量选用仪器,即注意仪器的技术指标适用范围(量程、频带)。对于仪器仪表,其量程应选择在被测量值的 $1.1 \sim 1.5$ 倍为宜。量程过大会增加误差,量程过小会损伤仪器。

(3) 测量仪器都有一定的内阻或内阻抗,应根据实验电路或被测对象阻抗的大小来选择仪器仪表。对于电压表来说,其接入电阻一定要远远大于被测两点的电阻,否则会带来较大误差。例如,测量放大电路的静态工作点时,最好选择接入电阻为 $10M\Omega$ 以上的测量仪器,误差会小些。

(4) 当有多种仪器仪表满足测量要求时,应首选操作简单、读数方便的一种,以减小因操作和读数带来的错误。

1.5 电路与电子学实验的基本过程

一般的电子电路实验,不论是基础实验,还是综合、设计型实验,尽管实验的目的和内容不同,但都具有相同或相似的实验过程:实验前的预习、正式实验操作、撰写实验报告。

1.5.1 实验前的预习

为了能在实验中有效地完成实验任务并取得理想的实验结果,避免盲目进行实验,实验者对实验目的、要求、内容以及与实验内容有关的理论知识都要做到心中有数,预先拟定好实验步骤,完成实验预习报告并用仿真软件进行仿真后,才可以说做好了实验前的准备工作。预习报告一般包括以下内容:

(1) 清楚实验名称,明确实验目的,弄清楚本次实验要做什么和怎么做。

(2) 明确电路图的绘制。在电子电路中使用最多的是电路图(或称原理图),它的主要功能是表述电路的功能和原理。在实验或设计中主要使用工程原理图,它不但能反映电路的功能和原理,还能反映所用元器件及其相互间的连接关系。所以在画工程原理图时,要画出元件的符号、型号和参数,也要标明符号各个端子的序号(引脚号码),为装配电路提供依据,提高实验效率。

(3) 对于验证型实验,先将实验内容所涉及的知识进行归类,在教科书上找到相应的部分,熟读,重点掌握实验思路、实验原理、步骤。弄清各元器件的作用,查阅有关资料,对于实验所用的元器件,根据器件手册查出相应的外部引脚排列、主要参数和功能等;要了解清楚实验所用的仪器设备的功能、使用方法、注意事项和测试条件(需要输入的信号种类、频率和幅度等)。要具体计算出电路各项指标的理论值,或估计其输出结果并进行仿真分析,以便实验过程中随时将实验结果与理论值进行对比,为进一步调试电路打下基础。

(4) 对于设计型实验,先进行电路设计,并写出设计思路、有关电路参数计算、选择和具体步骤(包括实验电路的调试步骤和测试步骤),在电路图中画出的元器件符号要标准化,参数要符合系列化标准值。经过检索相关技术资料后,完成初步设计,采用仿真软件对设计方案进行仿真,验证正确后方可搭设电路。

(5) 实验操作的具体步骤可以用流程图表示,务必简明扼要、不可逐字照抄;要自己设计实验数据记录表格等。

(6) 了解实验中应注意的问题,对实验思考题作出回答。

1.5.2 实验过程

做好实验预习准备后,才可进入实验室进行实验。每位实验者都应自觉遵守学校和实验室管理的有关规定。良好的工作方法和操作程序是顺利完成实验的有效保证。一般实验可按下列程序进行。

1. 准备工作

(1) 进入实验室应按照编好的实验小组对号入座,实验中不得随便更换实验台。

(2) 上实验课时首先要认真听老师讲解,明确实验中的有关问题。

(3) 实验开始前应先检查本组的仪器设备。选择测量仪器的带宽必须大于被测电路的