



普通高等教育“十三五”规划教材
电子信息科学与工程类专业 规划教材

电路、电子技术 实验与实训

◆ 党宏社 主编

Electronic Information
Science and Engineering



 中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十三五”规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

电路、电子技术实验与实训

党宏社 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据教育部关于“电路”、“数字电子技术”、“模拟电子技术”、“电工电子技术”和“电工电路”等课程的基本要求编写的实验和实训教材。全书共 11 章,涵盖了电类专业基础实验与实践性教学环节的主要方面,包括电工与电路实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、电子实训等内容,同时在附录中给出了相关参考资料,为进行实验和设计提供了方便。

本书可作为高等工院校电类专业“电路”、“数字电子技术”、“模拟电子技术”课程及非电类专业“电工电子技术”和“电工电路”课程的配套实验与实训教材,也可作为独立设课的电类实验与电子实训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路、电子技术实验与实训/党宏社主编. —北京:电子工业出版社,2017.3

电子信息科学与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-121-30904-5

I. ①电… II. ①党… III. ①电子电路—实验—高等学校—教材 IV. ①TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 022110 号

策划编辑:赵玉山

责任编辑:赵玉山

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:13.75 字数:352 千字

版 次:2017 年 3 月第 1 版

印 次:2017 年 3 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254556, zhaoy@phei.com.cn。

前 言

创新精神和实践能力是对新时期高素质人才的基本要求，为适应社会对人才培养的要求，对学生创新能力的培养已成为大学教育的重中之重，编写高质量教材是保证教学过程稳定发展的基本建设，也是创新实践的开始和创新精神的启蒙。为满足电类基础教学和电子实训的要求，适应时代发展的需要，培养和提高学生电子技术的基本技能，我们在已经应用了近 10 年的《电路、电子技术实验与电子实训》（电子工业出版社）的基础上，重新编写了这本教材。

本书将“电工电路”、“模拟电子技术”和“数字电子技术”三大电类基础课实验与电子技术训练内容融合，既可以完成基本的实验教学与训练任务，又能综合三门课之间的内容，便于学生对整个电类基础课的了解，而不是仅仅局限于某门课程的内容；本书以着力培养学生的实验操作技能，动手实践能力，提高学生分析问题、解决问题的能力，培养实事求是、严谨细致的科学作风为主线，在内容的处理上，按照由浅入深的思路引导学生在弄懂实验原理的基础上完成实验，以提高学生的思维能力、工程实践能力和自主创新能力。每个实验项目都由“实验目的、实验原理、实验内容、实验要点（设计提示）、实验扩展”等组成，既让学生掌握本实验的内容，又能加深联想，举一反三，从系统的角度去理解和掌握所学知识；综合设计部分仅提出设计要求，给出简单提示，以锻炼学生分析和解决具体问题的能力。

全书分为 11 章，由两部分组成，第一部分为基础实验篇，共 6 章，主要介绍了实验的基本知识、电路实验、模拟电子技术实验与数字电子技术实验；第二部分是实习实训篇，共 5 章，介绍了安全用电常识、焊接工艺与焊接技术、元器件认知与测量、电路板制版方法、电路调试方法及电路仿真软件的使用等。

本教材具有以下特点：

1. 将实验与实训内容相结合，通过电路验证、电路设计、电路制作与调试完整的过程介绍，提高学生分析问题与解决问题的能力；
2. 按基础实验、基础设计、综合设计的顺序组织内容，循序渐进，有利于学生的掌握与应用；
3. 通过“实验扩展”、“设计扩展”和“设计思考”等环节，注重学生创新能力和应用能力的培养。

本书第 1 章由党宏社编写，第 2 章由李强华编写，第 3 章和第 4 章由田毅韬编写，第 5 章和第 6 章由张震强编写，第 7 至 12 章由任喜伟编写，全书由党宏社统稿。

电子工业出版社的赵玉山编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动，编者在此表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中参考了有关文献的相关内容，在此对相关文献的作者表示衷心的感谢！由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和疏漏，恳请读者批评指正。

编者

二〇一六年十月七日于西安

目 录

第 1 章 绪论	(1)	4.4 三角波、方波产生电路设计	(61)
1.1 实验目的与要求	(1)	第 5 章 数字电路基础实验	(63)
1.1.1 课程的性质	(1)	5.1 逻辑门电路及其应用	(63)
1.1.2 课程的目的	(1)	5.2 编码器与译码器	(68)
1.1.3 一般要求	(1)	5.3 数据选择器与分配器	(75)
1.2 实验要求与规范	(2)	5.4 触发器与寄存器	(79)
1.2.1 实验要求	(2)	5.5 集成计数器	(84)
1.2.2 实验规则	(3)	5.6 555 电路及其应用	(87)
1.2.3 学生实验手则	(3)	5.7 D/A 与 A/D 转换器	(91)
1.2.4 安全用电规则	(3)	第 6 章 数字电路设计实验	(97)
1.3 实验步骤与报告	(4)	6.1 蓄水池水位控制电路	(97)
1.3.1 实验步骤	(4)	6.2 8 路程序控制器	(98)
1.3.2 实验报告	(5)	6.3 三人抢答器电路	(100)
第 2 章 电路实验	(7)	6.4 简易数控电压源	(101)
2.1 基尔霍夫定律	(7)	第 7 章 安全用电知识	(104)
2.2 叠加定理和齐次定理	(9)	7.1 人体触电	(104)
2.3 戴维南定理和诺顿定理	(11)	7.1.1 触电种类	(104)
2.4 一阶 RC 电路的响应	(15)	7.1.2 触电因素	(104)
2.5 R、L、C 元件的阻抗特性	(19)	7.1.3 触电方式	(105)
2.6 交流电路等效参数	(21)	7.2 触电预防	(107)
2.7 RLC 串联谐振电路	(24)	7.2.1 安全意识	(107)
2.8 三相交流电路的电压与电流	(27)	7.2.2 安全措施	(107)
2.9 三相交流电路的功率	(29)	7.2.3 其他预防	(108)
2.10 受控源	(33)	7.3 触电急救	(109)
2.11 功率因数	(37)	7.3.1 触电解救	(109)
第 3 章 模拟电路基础实验	(40)	7.3.2 触电救护	(109)
3.1 三极管单级低频放大电路	(40)	7.4 电气消防	(110)
3.2 两级负反馈放大电路	(45)	7.4.1 电气火灾原因	(110)
3.3 差分放大电路	(48)	7.4.2 电气火灾预防	(110)
3.4 OTL 功率放大器	(50)	7.4.3 电气火灾处理	(110)
3.5 集成运算放大器的应用	(52)	7.5 实习安全要求	(111)
3.6 文氏电桥振荡器	(56)	第 8 章 锡焊工艺	(112)
第 4 章 模拟电路设计实验	(59)	8.1 锡焊机理	(112)
4.1 RC 有源滤波器设计	(59)	8.2 锡焊工具	(112)
4.2 串联型三极管稳压电源的设计	(59)	8.2.1 电烙铁	(112)
4.3 音频小信号功率放大电路设计	(61)	8.2.2 常用工具	(114)

8.3	锡焊材料	(115)	第 10 章	印制电路板制作	(141)
8.3.1	焊料	(115)	10.1	印制电路板基础	(141)
8.3.2	助焊剂	(116)	10.1.1	分类	(141)
8.3.3	阻焊剂	(116)	10.1.2	板材	(142)
8.4	手工锡焊技术	(116)	10.1.3	连接	(142)
8.4.1	锡焊要求	(116)	10.2	印制电路板设计	(143)
8.4.2	锡焊质量检查	(117)	10.2.1	设计要求	(143)
8.4.3	锡焊缺陷	(118)	10.2.2	设计原则	(143)
8.4.4	锡焊操作	(119)	10.2.3	元器件装配	(145)
8.4.5	拆焊操作	(122)	10.3	手工制板	(147)
8.5	工业生产锡焊技术	(123)	10.3.1	基本工序	(147)
8.6	表面安装技术简介	(124)	10.3.2	制作过程	(148)
第 9 章	常用电子元器件认知与测试	(125)	第 11 章	Protel 应用	(152)
9.1	电阻器	(125)	11.1	Protel 99SE 系统简介	(152)
9.1.1	电阻种类	(125)	11.1.1	Protel 99SE 特点	(152)
9.1.2	电阻主要参数	(126)	11.1.2	Protel 99SE 界面	(152)
9.1.3	电阻表示方法	(126)	11.2	Protel 应用	(155)
9.1.4	电阻简易测量	(128)	11.2.1	整体设计步骤	(155)
9.2	电位器	(128)	11.2.2	原理图设计步骤	(156)
9.2.1	电位器结构	(128)	11.2.3	PCB 图设计步骤	(160)
9.2.2	电位器种类	(129)	11.3	设计实例	(163)
9.2.3	电位器简易测量	(129)	第 12 章	电子电路调试	(169)
9.3	电容器	(130)	12.1	电子电路调试方法	(169)
9.3.1	电容种类	(130)	12.1.1	电子电路调试概述	(169)
9.3.2	电容主要参数	(130)	12.1.2	常用调试仪器	(169)
9.3.3	电容容量标识方法	(131)	12.1.3	调试方法	(169)
9.3.4	电容简易测量	(131)	12.1.4	调试步骤	(170)
9.4	电感器	(132)	12.1.5	故障排除	(171)
9.4.1	电感分类	(132)	12.2	HX108-2 AM 收音机安装与调试	(172)
9.4.2	电感的标识	(133)	12.2.1	无线电广播概述	(172)
9.4.3	电感主要参数	(133)	12.2.2	收音机概述	(175)
9.4.4	电感简易测量	(134)	12.2.3	实习目的和要求	(176)
9.5	二极管	(134)	12.2.4	工作原理	(176)
9.5.1	二极管分类	(134)	12.2.5	装配	(181)
9.5.2	二极管主要参数	(135)	12.2.6	调试	(184)
9.5.3	二极管简易测试	(136)	12.2.7	故障与检修	(186)
9.6	三极管	(136)	12.3	S-2000 直流电源/充电器	
9.6.1	三极管分类	(136)	安装与调试	(188)	
9.6.2	三极管主要参数	(137)	12.3.1	实习目的和要求	(188)
9.6.3	三极管简易测量	(138)	12.3.2	工作原理	(188)
9.7	集成电路	(139)	12.3.3	装配	(190)

12.3.4 调试	(191)	B.1 74 系列集成电路索引	(202)
12.3.5 故障与检修	(192)	B.2 部分 CMOS 4000 系列索引	(208)
附录 A 模拟电路常用器件索引	(194)	附录 C 常用逻辑门电路逻辑符号对照表	(210)
附录 B 部分数字集成电路索引	(202)	参考文献	(211)

第1章 绪 论

本章简要介绍了实验与实训课程的目的与要求，实验要求与实验规范，实验的步骤与实验报告的撰写要求等，使读者能够对这门课程的地位和作用有一个整体的认识。

1.1 实验目的与要求

1.1.1 课程的性质

“电路电子技术实验与实训”包括电工电路实验（电工实验、电路实验）、模拟电子技术实验、数字电子技术实验和电子实训两大类四大部分，是电类基础课程重要的实践性教学环节，主要任务是配合理论课程的教学，着重培养学生掌握电工电子技术实验基本技能以及应用电工基础理论分析实际问题能力。

1.1.2 课程的目的

实验是电类基础课程重要的实践性教学环节，通过学习电类实验的技术和方法，巩固和加深理解所学的知识，提高动手操作能力，树立严谨的科学作风。实验的主要目的是：

1. 培养学生的基本实验技能，熟悉基本元器件，掌握常用电子仪器的正确使用方法，具备基本电路的设计、分析与制作方法，具有设计简单功能电路的能力；
2. 培养理论联系实际，分析和解决实际问题的能力，巩固和加深所学到的基础理论知识，逐步培养敏锐的观察力，能够在实验中学会发现问题、分析问题并学习解决问题；
3. 培养独立工作的能力，能够自行阅读与钻研实验教材和文献资料，掌握实验原理及方法，做好实验前的准备；
4. 培养科学的思维方法，严谨的科学作风和实事求是的治学态度；
5. 培养书写表达的能力，掌握科学与工程实践中的数据处理与分析方法，建立误差与不确定度的概念，正确记录和处理实验数据，绘制曲线，分析说明实验结果，撰写合格的实验报告，逐步培养科学技术报告和科学论文的写作能力；
6. 养成安全用电、爱护公物的良好习惯，团结互助的优良品德。

1.1.3 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，要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。能够根据技术要求设计功能电路、小系统，从而培养学生分析和解决实际问题的能力。其具体要求如下。

1. 熟悉常用电子元器件

电子元器件品种繁多且不断更新，要求学生根据自己的需要选择合适的元件并测试元件

的好坏，并会用其他元器件替换。只有熟悉电子元器件的性能、用途、技术参数、使用方法、更换方法及典型应用，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，因此电类专业的学生必须学会如何查阅器件手册。通过各种器件手册，可以不断了解新的器件，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. 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。对于电类学科的学生来说，正确调整和采用合理的测量方法使用电子仪器，是电类实验和科学研究的基础，也是培养学生实验能力的重要内容之一。常用电子仪器有示波器、信号发生器、万用表、稳压电源、频谱仪、失真度分析仪等。电子技术实验主要完成电压或电流的波形、频率、周期、相位、有效值、峰值、脉冲波形参数、失真度、频谱以及电子电路主要技术指标的测量。

3. 具备一定的电路组装与调试技能

电路的组装技术是电子电路实验的基本教学内容和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。

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，并不是件无益的事情，在排除故障的过程中可以提高分析问题、解决问题的能力，找到改进实验的途径，并提高实验的兴趣。

4. 了解仿真工具的使用

掌握常用电子电路计算机辅助设计软件的使用方法，利用仿真软件能够根据技术要求设计功能电路、小系统。电子系统的计算机仿真已经成为电子工程技术人员的基本技术和工程素质之一。通过仿真实验教学，使学生掌握各种仿真软件的应用、具有的功能特点，学会电子电路现代化的设计方法。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。

5. 养成独立实验的习惯

通过实验，逐步培养学生独立解决问题的能力，独立完成相应的设计任务（查问资料、方案确定、元器件选择、仿真验证、安装调试），提高解决实际问题的能力。

6. 撰写实验报告

能够独立撰写出严谨、有理论分析、实事求是、文理通顺、字迹端正的实验报告，具有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。通过撰写实验报告，可为学生将来从事科学研究以及工程技术开发的论文撰写打好基础。

1.2 实验要求与规范

1.2.1 实验要求

1. 实验前认真预习，完成预习报告，预习报告应包括实验设计和实验步骤，未完成预习

报告的同学不能参加实验；

2. 实验中应按照正确的操作规程使用仪器和设备，记录观测的数据和现象，完成实验后应经指导教师验收结果；

3. 实验后应认真完成实验报告，并将实验报告与预习报告和实验中记录的数据一起及时交给指导教师；

4. 指导教师将根据学生实验前的预习情况，实验课上的表现，以及实验报告的完成情况来评定成绩。

1.2.2 实验规则

1. 按时到达实验室上课，因故不能参加需事先请假，并申请调整实验时间；

2. 进入实验室必须穿戴整齐，不允许穿拖鞋等进入实验室；

3. 实验前检查实验台上的各类工具是否齐全，仪器是否工作正常等。如有异常，应立即向实验室管理老师报告；

4. 严禁带电接线、拆线或改接线路；

5. 接线完毕后，要认真复查，确信无误后，经教师检查同意，方可接通电源进行实验；

6. 实验过程中如果发生事故，应立即切断电源，保持现场，报告老师；

7. 实验完毕后，先由本人检查实验数据是否符合要求，然后再请教师检查，经教师认可后拆线，收拢仪器和工具，待老师检查后才能离开；

8. 室内仪器设备不准随意搬动调换，非本次实验所用的仪器设备，未经教师允许不得动用。在弄懂仪表、仪器及设备的使用方法前，不得贸然使用。若损坏仪器设备，必须立即报告老师，作书面检查，责任事故要酌情赔偿；

9. 实验过程中要严肃认真，保持安静、整洁的学习环境；

10. 保持实验室的环境清洁。

1.2.3 学生实验手则

1. 实验前认真预习，仔细阅读实验指导，复习有关理论，明确实验的目的、原理、方法、步骤和预期结果。

2. 保持实验室安静，实验时应按实验指导和老师的要求操作，认真观察，仔细测试，如实记录，联系理论思考分析，不得抄袭他组的实验结果。

3. 正确使用仪器设备，不准动用与本实验无关的仪器设备，未经老师同意，不得动用其他实验小组的器材。

4. 使用计算机时不得使用与教学程序无关的软件，不得自行删除或添加程序及密码，否则后果由该实验小组负责。实验文件保存在“我的文档”中，实验结束后把保存的文件删除。

5. 实验后整理实验记录，独立书写实验报告。

1.2.4 安全用电规则

安全用电是实验中必须高度重视的问题，为了在实验过程中，确保人身和设备安全，在做电类实验时，必须严格遵守下列安全用电规则：

1. 接线、改接、拆线都必须在切断电源的情况下进行，即先接线后通电，先断电再拆线；

2. 在电路通电情况下，人体严禁接触电路中不绝缘的金属导线或连接点等带电部位。万

一遇到触电事故，应立即切断电源，进行必要的处理；

3. 实验中，特别是设备刚投入运行时，要随时注意仪器设备的运行情况，如发现有超量程、过热、异味、异响、冒烟、火花等，应立即断电，并请老师检查；

4. 实验时应精神集中，同组同学必须密切配合，接通电源前须通知同组同学以防止触电事故；

5. 了解有关电器设备的规格、性能及使用方法，严格按额定值使用。注意仪表的种类、量程和连接使用方法，例如不得用电流表或万用表的电阻、电流挡测电压，功率表的电流线圈不能并联在电路中等；

6. 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，应注意按规定的容量调换熔断器，切勿随意代用；

7. 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；

8. 实验结束后应有条理地关闭各种仪器的电源，清理桌面，拔掉烙铁电源插头及各仪器面板上的控制旋钮放到正确的“准备”位置上。特别是万用表量程应置于空挡，如无空挡则应置于交流电压量程的最高挡，不应该置于电阻挡，更不应该置于电流挡。

1.3 实验步骤与报告

1.3.1 实验步骤

1. 预习

实验前要认真阅读实验指导书，明确实验目的，了解实验原理、线路、方法和步骤，看懂（或自行拟定）实验电路图，搞清仪器设备的使用，对实验中要观察哪些现象、记录哪些数据做到心中有数，并备好记录表格。

验证型实验：首先，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，要重点掌握实验思路、实验原理、步骤。弄清各元器件的作用，查阅有关资料，对实验所用的元器件，根据器件手册查出所用器件的外部引脚排列、主要参数、功能等；对实验所用的仪器设备要了解清楚其功能、使用方法、注意事项和测试条件（需要输入的信号种类、频率、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，为电路进一步调试打下基础。

设计型实验：要先进行电路设计，并写出设计思路、有关电路参数计算、选择具体步骤（包括实验电路的调试步骤和测试步骤），画出的电路图中的元器件符号要标准，参数要符合系列化标准值。在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，验证正确后方可搭建电路。

2. 实施实验

1) 准备工作

到实验室后，应先认真听取指导教师对本次实验的说明，然后到指定的台位做好下列准备工作：

- 清点仪表设备是否齐全完好，并了解它们的使用方法；
- 做好本组同学之间的接线、操作、记录、监护等项工作的分工。

2) 连接实验线路

在断开电源的情况下按实验电路接线。接线是很重要的一步，往往短路事故、仪表反偏、设备损坏，都是由这一步造成的。

一般先接主要的串联电路，然后再连接分支电路。连结要牢靠，所有仪表设备的布局及布线，要尽量做到安全、方便、整齐和减少相互影响。接线完成后，同组同学进行互检，确认无误后，报告指导教师复检。严禁未检查就接通电源！

3) 接通实验电源

接通电源时要眼观全局，注意观察仪表设备有无异常，若有异常，立即切断电源，查出原因，排除故障，方可进行实验。

4) 操作、观察、读取数据

- 操作前要做到心中有数、目的明确、胆大心细，并认真观察实验现象。应正确、完整、清楚地做好数据记录，这是实验的原始数据；
- 测试时，手不得接触测试笔或探头金属部位，以免影响测试结果；
- 对综合、设计型实验，先进行单元分级调试，再进行级联，最后进行整个系统的调试；
- 认真测量数据并观察现象，实事求是。交流测量时应注意所用仪器的频率范围是否符合要求；合理地选择测量仪器的量程，认真记录，将实验测得的数据和波形记录在实验者自己设计的表格之内，作为原始实验数据；
- 实验内容完成后，应立即分析实验数据，及时与理论分析结果加以比较，查看误差是否在 10% 以内，如发现有较大差异，找出误差原因后，决定是否重新实验，或请指导教师共同查找原因，一般要先从电源电压值及连接是否正确开始，逐项检查各仪表、设备、元器件的位置、极性及连线是否正确，系统中所有仪表、设备、元器件的接地是否“共地”，从实验方法、数据读测的方法和正确性以及各种外界干扰等方面寻找原因，出错原因排除后重新测量；
- 实验中测量的原始数据应交指导教师检查，数据如果有误，需重新测量；教师检查数据正确并签字后，方可改接电路继续实验或最终拆除线路。

5) 实验结束

- 实验结束后，先关掉仪器设备电源，拔线时手要捏住导线的底部，以防导线断开；
- 把仪器放置整齐，连接线归拢好，清点仪器设备，整理好实验台，并将实验元器件交给指导教师后，方可离开实验室；
- 当发生仪器设备损坏事故时，应及时报告指导教师，按有关实验管理规定处理；
- 安排值日生打扫卫生。

1.3.2 实验报告

实验完成后，实验者必须撰写实验报告。撰写实验报告的过程是对实验进行总结和提高的过程。通过这个过程可以加深对实验现象和内容的理解，更好地将理论和实际结合起来，这也是提高表达能力的重要环节，同时，撰写技术文件是工程技术人员应有的素质和能力。

1. 实验报告是考查学生学习态度和实验表现的重要依据，也是学生进行理论和实验知识复习的材料。电类基础课程实验，均要求每位学生独立完成实验报告。实验报告首页应正确填

写班级、实验小组和姓名。实验报告应认真书写，字迹整洁；

2. 实验报告中包括实验目的、实验结果和分析、实验结论、思考题等项目。要求结论简明且正确、分析合理、讨论深入、文理通顺、符号标准、字迹端正、图表清晰；

3. 实事求是地对实验数据进行计算、绘图和误差分析。将实验结果与理论值或标称值进行比较，求出相对误差，要分析产生误差的原因并提出减少实验误差的措施。切忌不要为了接近理论数据，而有意修改原始记录；

4. 针对实验中遇到的问题、出现的故障现象等，根据实验结果和实验方案进行分析，找出其中的原因，写出解决的过程、方法及其效果，总结实验的收获和体会；

5. 认真书写实验报告，不得抄袭，不得借用其他小组的实验结果；

6. 实验思考题相互讨论后独立完成；

7. 实验报告送交指导老师评阅和点评。

第2章 电路实验

本章简要介绍了电路基本原理，通过设计具体电路进行测试分析，加深对电路定律、电路定理、电路原理的理解和应用。本章共包含 11 个实验项目，其中前 9 项为基础实验内容，后 2 项为设计性实验。可根据专业要求和课程教学要求因材施教，选择相关实验项目。

2.1 基尔霍夫定律

2.1.1 实验目的

1. 加深对参考方向的理解和应用。
2. 验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解和应用。

2.1.2 实验原理

1. 基尔霍夫定律是电路理论中最基本，也是最重要的定律之一，它概括了电路电压、电流分别遵循的基本规律。

1) 电路中任意时刻，流进和流出任意节点的电流的代数和等于零，即 $\sum I = 0$ (KCL)。KCL 规定了汇集于节点上各支路电流之间的约束关系，而与支路上元件的性质无关，不论元件是线性的或非线性的，含源的或无源的，时变的或时不变的等都适用。

2) 电路中任意时刻，沿任一闭合回路电压降的代数和等于零，即 $\sum U = 0$ (KVL)。KVL 表明了任一闭合回路中各支路电压降必须遵守的约束关系。它是电压与路径无关的反应，它与 KCL 一样，只与电路的结构有关，而与支路中元件的性质无关。不论这些元件是线性的或非线性的，含源的或无源的，时变的或时不变的等都适用。

因此电路中各支路电流及各元件端电压，应分别满足基尔霍夫电流定律 (KCL) 和电压定律 (KVL)。

2. 图 2.1.1 为某含源网路中的一条支路 AB，在不知道该支路电压极性的情况下，电压表的正极和负极是分别接在 A 端和 B 端，还是相反？

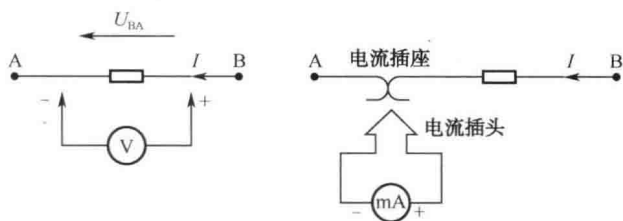


图 2.1.1 依据参考方向测量电压及电流示意图

因此，在测量之前应首先假定一个电压降的参考方向。设其方向由 B 指向 A，这就是电压参考方向。于是，根据设定的电压参考方向，如测量支路电压 U_{BA} 时，直流数字电压表的正极和负极应分别与 B 端和 A 端相连。

测量支路电流时，支路电流与支路电压取关联参考方向，并应将电流表串联接入该支路进行测量。

2.1.3 实验要点

任意时刻，同一回路内各部分电压之和为零；同一节点，电流之和为零。

2.1.4 实验内容

实验电路如图 2.1.2 所示。支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 的参考方向已设定，各回路绕行参考方向为：ADEF、BADCB、FBCEF。将两路直流稳压电源对应接入电路，调节两路的输出值，设定 $U_1 = 12V$ 、 $U_2 = 6V$ ，并使两路电源共同作用。

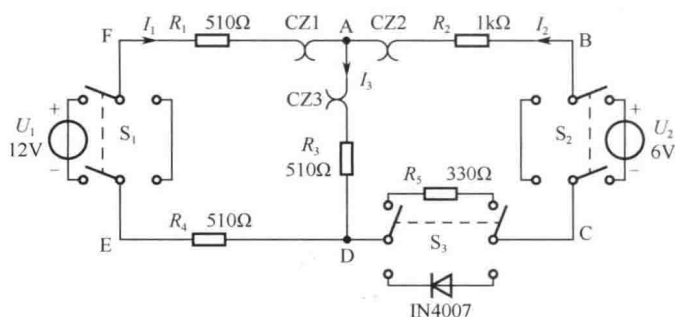


图 2.1.2 验证基尔霍夫定律实验电路

1. 将开关 S_3 投向电阻 R_5 (330Ω) 一侧，组成一个线性电路。正确接入数字式直流电压表和直流电流表，用电压表和毫安表测量各支路电压值和电流值，将数据记入表 2.1.1 中。

表 2.1.1 验证线性电路基尔霍夫定律数据记录表

被测量	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_{EA} (V)	U_{AC} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
测量值										
计算值										
相对误差										

2. 将图 2.1.2 中的电阻 R_5 (330Ω) 切换到二极管 IN4007 (即将开关 S_3 投向二极管一侧)，在非线性电路的情况下，再次验证基尔霍夫定律是否依然成立，数据记入表 2.1.2 中。

表 2.1.2 验证非线性电路基尔霍夫定律数据记录表

被测量	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_{EA} (V)	U_{AC} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
测量值										
计算值										

3. 将开关 S_3 投向电阻 R_5 (330Ω) 一侧，组成线性电路；然后分别依次按下电路下方的三个故障设置按钮，进行相应必要的测量，测量数据记入表 2.1.3 中。

表 2.1.3 线性电路故障数据记录表

被测量	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_{EA} (V)	U_{AC} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
故障 1										
故障 2										
故障 3										

4. 课后分析与思考

1) 根据表 2.1.1 中所测的实验数据, 选择节点 A, 验证线性电路中 KCL 的正确性; 任意选取两个闭合回路, 选取正方向, 验证线性电路中 KVL 的正确性。画出相应的电路图, 进行计算分析, 并得出结论。

2) 根据表 2.1.2 中所测的实验数据, 选择节点 A, 验证非线性电路中 KCL 的正确性; 任意选取两个闭合回路, 选取正方向, 验证非线性电路中 KVL 的正确性。画出相应的电路图, 进行计算分析, 并得出结论。

3) 根据表 2.1.3 的测量结果, 分析判断出各种故障的具体原因及位置 (以列表的形式)。

2.1.5 实验扩展

1. 试将电源 U_1 、 U_2 位置互换, 即 $U_1 = 6V$, $U_2 = 12V$, 重新测量完成数据表 2.1.1、表 2.1.2, 并进行计算、分析。

2. 试将电压源 U_2 改换为电流源 I_2 , 设定 $U_1 = 6V$, $I_2 = 3mA$, 重新测量完成数据表 2.1.1、表 2.1.2, 并进行计算、分析。

2.2 叠加定理和齐次定理

2.2.1 实验目的

1. 验证线性电路中叠加定理和齐次定理的正确性。
2. 加深对线性电路的叠加性和齐次性的认识和理解。

2.2.2 实验原理

1. 在线性电路中, 叠加性是指任意一条支路的电流或电压等于电路中各个独立电源单独作用时, 在该支路所产生的电流或电压的代数和。即: 在有多个独立电源共同作用的线性电路中, 各元件的电流或端电压, 可以看成是由每个独立源单独作用时在该元件上产生的电流或电压的代数和。

2. 在线性电路中, 齐次性是指当激励信号 (独立电源的输出) 增加或减少 K 倍时, 电路中各处的响应 (即各电阻元件上的电流和电压) 也将相应地增加或减少 K 倍。

2.2.3 实验要点

在线性电路中, 多电源所产生的总响应, 等于这些电源单独作用所产生的分响应之和。

2.2.4 实验内容

实验电路如图 2.2.1 所示。支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 的参考方向已设定，各回路绕行方向为：ADEF A、BADCB、FBCEF，将开关 S_3 投向电阻 R_5 (330Ω) 一侧，组成一个线性电路。

1. 将两路直流电源接入电路，调节两路的输出值，使 $U_1 = 12V$ 、 $U_2 = 6V$ 并共同作用。用数字毫安表和数字电压表分别测量各支路电流及各支路电压值，数据记入表 2.2.1 中。

2. 使电源 $U_1 = 12V$ 并单独作用（开关 S_2 投向短路侧），用数字毫安表和数字电压表分别测量各支路电流及各支路电压值，数据记入表 2.2.1 中。

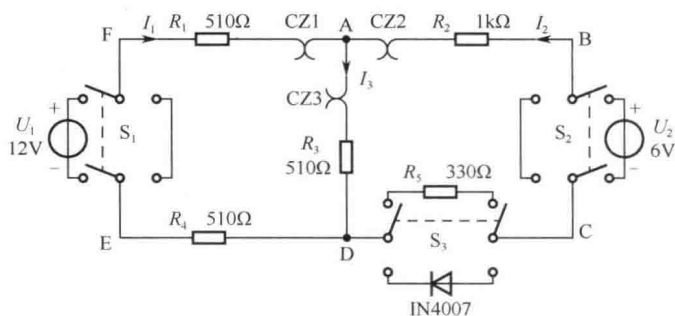


图 2.2.1 验证叠加定理和齐次定理实验电路

3. 设定电源 $U_2 = 6V$ 并单独作用（开关 S_1 投向短路侧）。用数字毫安表和数字电压表分别测量各支路电流及各支路电压值，测量数据记入表 2.2.1 中。

4. 现将电源 U_2 增加成 $2U_2$ （即将电源 U_2 输出值调至 $12V$ ）并单独作用，测量各支路电流及各支路电压值，测量数据记入表 2.2.1 中。

表 2.2.1 验证线性电路叠加性和齐次性数据记录表

被测量	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_{EA} (V)	U_{AC} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
U_1 、 U_2 共同作用										
U_1 单独作用										
U_2 单独作用										
$2U_2$ 单独作用										

5. 将图 2.2.1 中的电阻 R_5 (330Ω) 切换成二极管 IN4007，在非线性电路的情况下，先设定 $U_1 = 12V$ 、 $U_2 = 6V$ ，再次验证叠加性和齐次性是否成立，测量数据记入表 2.2.2 中。

表 2.2.2 非线性电路数据记录表

被测量	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_{EA} (V)	U_{AC} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
U_1 、 U_2 共同作用										
U_1 单独作用										
U_2 单独作用										
$2U_2$ 单独作用										