



“教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会”组织

电工电子实验系列教材

电路 实验教程

浙江大学电工电子基础教学中心 编

姚纓英 主编



高等教育出版社

“教育部电子信息科学与电气信息类基础课程
教学指导分委员会”组织
电工电子实验系列教材

电路实验教程

浙江大学电工电子基础教学中心 编
姚纓英 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是由“教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程教学指导分委员会”与高等教育出版社共同策划、组织的电工电子实验系列教材。

本书分为上、下两篇,共八章。上篇——电路实验技术基础由五章组成。第1章讲述实验基础知识;第2章介绍常用元器件的基本知识、电子仪器和测量仪表的基本原理和使用方法;第3章讨论电路基本电量的测量方法;第4章介绍实验中测量误差的表示和估计方法以及测量数据的处理和描述;第5章介绍两个仿真软件 Multisim 和 MATLAB 在虚拟电路实验中的应用。下篇——电路实验内容包括三章,第6章为基本实验,强调实际操作;第7章为仿真实验,学习使用仿真软件和电路实验的设计;第8章为综合实验专题,涉及理论研究和电路设计以及综合利用各种分析测试手段解决问题。附录介绍常用仪器、仪表的技术性能和参数。本书作为电路实验的指导教材,其宗旨是将电路实验由单一的验证原理和掌握实验操作技术拓展为综合技能训练的实践。

本书可作为本科电子信息、电气信息类专业电路实验和课程设计的教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路实验教程/姚纛英主编;浙江大学电工电子基础
教学中心编. —北京:高等教育出版社,2006. 8
ISBN 7-04-019640-9

I. 电... II. ①姚...②浙... III. 电路-实验-
高等学校-教材 IV. TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 073737 号

策划编辑 刘激扬 责任编辑 许海平 封面设计 李卫青
责任绘图 朱 静 版式设计 陆瑞红 责任校对 刘 莉
责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 16.25
字 数 290 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006年8月第1版
印 次 2006年8月第1次印刷
定 价 19.00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 19640-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

总 序

如何通过实践环节来培养工科大学生的创新意识以及如何更好地开展实验教学等问题已成为当前高等院校工科专业教学改革的热点与难点问题。“教育部关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知”(教高[2003]1号文件)中明确指出:“理论教学与实践教学并重。要高度重视实验、实习等实践性教学环节,通过实践培养和提高学生的创新能力。要大力改革实验教学的形式和内容,鼓励开设综合性、创新性实验和研究型课程。”但是,目前实验教材的现状却不乐观,正式出版的实验教材品种很少;多数院校的实验教材都是校内讲义,验证性实验内容偏多,综合性、设计性实验内容很少,不利于学生能力培养;优秀实验教材不多,与理论教材相比尤其明显。这样,众多学校很难选到合适的优秀实验教材。

鉴于上述情况,“教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程教学指导分委员会”与高等教育出版社共同策划组织了示范性电工电子实验系列课程教材的建设项目,该项目以国家电工电子教学基地院校为基础,发挥这些院校在理论教学和实践教学方面的示范作用,组织编写电工电子实验系列教材。

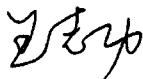
2003年12月在云南大学召开了“电工电子实验系列课程教学与教材建设研讨会”,成立了“电工电子实验系列教材编审委员会”(见附件)。30余所院校的参会代表围绕电工电子实践教学所涉及的知识点了进行了充分研讨,确定了电工电子实践教学基本要求,为实验教材的编写提供参考依据。通过研讨达成了以下共识:(1)实验教学是非常重要的教学环节,是学生学习科技知识的重要手段。学生应能通过实验获取科学知识、验证相关理论,培养创新能力。(2)从培养学生能力的角度,实验一定要单独设课,而且要有不同于理论课程的实验课程体系。要改变依附于某一理论课程的原有模式。(3)实验能力培养包括实验设计、测试与仪器使用、仿真、简单故障排除、数据分析、实验报告与总结、查阅器件手册等方面的能力。(4)实验教学应按基础性、设计性、综合性等不同层次、循序渐进地提出要求。

2004年4月14日~15日在华中科技大学召开了由全体编审委员会成员参加的教材评审会。本着保证水平、突出特色、宁缺毋滥的原则,编审委员会成员对东南大学、华中科技大学、西安交通大学、哈尔滨工业大学、西安电子科技大学、上海交通大学、浙江大学等15所院校申报的38种实验教学改革成果教材进行了评审。评出首

批入选的教材有:东南大学、西安交通大学的两套实验系列教材,上海交通大学、哈尔滨工业大学和浙江大学的3种电路课程实验教材,华中科技大学、浙江大学和南京航空航天大学3种电子技术课程实验教材,北京交通大学的信号处理课程实验教材,西安电子科技大学的电磁场课程实验教材,上海交通大学、西安交通大学、厦门大学和中国计量学院的4种非电类电工学课程实验教材。

希望这些优秀实验系列教材的出版能推动各高校的实验教学改革,真正达到培养学生创新能力的目的。

教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程
教学指导分委员会主任



2004年6月

“电工电子实验系列教材”
编审委员会成员名单

专 家 组	蔡惟铮	哈尔滨工业大学
	唐 介	大连理工大学
	孙肖子	西安电子科技大学
	谢自美	华中科技大学
	朱承高	上海交通大学
主任委员	王志功	东南大学
副主任委员	孙雨耕	天津大学
	马西奎	西安交通大学
	胡仁杰	东南大学
委 员	陈洪亮	上海交通大学
	陈后金	北京交通大学
	王小海	浙江大学
	王永军	东北大学
	杨 浩	重庆大学
	殷瑞祥	华南理工大学
	段哲民	西北工业大学
	王成华	南京航空航天大学
	罗 杰	华中科技大学
	朱 红	电子科技大学
	林育兹	厦门大学
秘 书	韩 颖	高等教育出版社

前 言

本书是针对电类专业本科生电路实验课程编写的教学用书。

“电路原理”已经建立严谨的理论体系,其分析方法、解题技巧也日趋完备,而且计算机辅助分析(CAD)、电路仿真、计算机自动化设计等近代应用技术也已越来越多地应用于面向工程的电路问题。必须指出,在工程实践中,大量电路分析、设计以及现场调试方面的基本应用,要求学生在掌握理论知识的同时必须建立实际元器件性能的相关概念,掌握基本电工测量仪器、仪表的使用,掌握基本电工测量的方法和知识,掌握基本实验设计技术以及现代电路计算机仿真工具和测试手段,并具备对实验结果分析、处理以及总结的能力。而电路实验课程正是担当这一重任的第一门面向电类工程技术的实验基础课。

随着科学技术的进步,对工程技术人才培养的要求越来越注重其综合处理实际问题的能力。同时,实验室硬件配置的不断更新,软件环境的进一步改善,电源、信号系统和基本测量仪表不仅具有高过载能力和可靠的安全保护,而且还采用了数字化控制,可以实现计算机实时控制和测量,所以充分利用计算机进行辅助分析、数据处理以及虚拟化设计已迫在眉睫。因此,电路实验教学除了帮助学生验证、消化和巩固基本理论,培养学生的基本实验技能外,更重要的是培养学生学习和运用电路理论处理实际问题的能力以及相应的创新精神。具体来说,通过电路实验,使学生了解基本电工测量仪器、仪表的原理及使用,掌握基本电路电量和参量的测量方法,能够独立完成实验基本操作,并进一步提高实验技能;巩固并且利用所学的理论知识,分析实际工程中遇到的问题,培养研究能力和实际工作能力;了解现代电路设计手段和工具,提高应用计算机以及相关软件的能力,例如,利用 Multisim 或 MATLAB 软件进行计算机虚拟电路实验。本书作为电路实验教学的指导教材,除了在初始阶段给出具体的实验项目和内容外,特别注重提供与实验技能和实际工程研究相关的基本知识和训练,注重培养学生进行基本实验设计的能力,学习实验技术指标的选择、简单原理设计及数据和参数的选取、实验结果和误差的分析及处理、实验方法的改进和误差综合及消减的方法。

本书的宗旨是将电路实验由单一的验证原理和掌握实验操作技术拓展为一门综合技能训练的实践,成为学生获得实验技能和科学研究方法基本训练的重要环节。本书作为电类实验技术的入门教材,是一本致力于从理论过渡到实践的指导书。强调理论在实验中的指导作用;侧重于基本技能、基本测量方法的掌握;突出综合技能的培养和实际问题解决能力的训练。

本书分为上、下两篇,共八章。上篇——电路实验技术基础由五章组成。第1章讲述电路实验课开设的意义、内容和基本要求以及实验基础知识;第2章介绍常用元器件的基本知识、电子仪器和测量仪表的基本原理和使用方法;第3章讨论电路基本电量的测量方法以及电路的时域测量和频域测量;第4章介绍实验中测量误差的表示和估计方法以及测量数据的处理和描述;第5章介绍两个仿真软件 Multisim 和 MATLAB 在虚拟电路实验中的应用。下篇——电路实验内容包括三章,第6章为基本实验,强调实际操作;第7章为仿真实验,学习使用仿真软件和电路实验的设计;第8章为综合实验专题,涉及理论研究和电路设计以及综合利用各种分析测试手段解决问题。附录介绍常用仪器、仪表的技术性能和参数。综上所述,编入本书的电路实验除了面向基本电工测量仪器、仪表的原理和使用、基本电路电量和参量的测量、电路理论验证类实验外,还编排了基于电路仿真软件和虚拟电路实验软件的分析设计类实验以及从工程实践中提取出的研究性综合实验专题,并在整个实验教学过程中,采用计算机辅助设计、虚拟实验和数据处理,使学生得到系统的训练以达到培养动手能力、独立工作能力和正确处理工程问题能力的目的。

本书参照高等学校电子、电气信息类专业电路实验的教学基本要求,在浙江大学电路实验教学改革的基础上编写而成,内容不仅包含电路实验的基础知识和基本技术、基本测量方法和仪器使用,而且引进了计算机辅助分析和设计,并按照基础实验、仿真实验和综合设计实验循序渐进地展开。全书由姚缨英、于于、王旂、童梅、孙盾编写,其中第1章、第4章、第7章中仿真实验1、第8章综合实验专题1、2、3、4及6由姚缨英编写;第2章、第3章以及附录由于于编写;第5章第1节由于于、姚缨英编写;第6章由王旂、于于编写;第5章第2节、第7章中仿真实验2、3由童梅编写;仿真实验4由童梅、孙盾编写;第8章中综合实验专题5由孙盾编写。全书由姚缨英任主编,负责统稿。

本书由上海交通大学陈洪亮教授审阅。在本书交付出版前,陈教授仔细审阅了全稿,提出了许多宝贵意见和建议。本书在编写过程中,得到钱克猷老师和电路原理及实验教学众多老师的悉心帮助,并吸取了浙江大学电路实验教学的宝贵经验。另外还得到国内有关高校电路原理和实验教学老师们的关心与帮助,并为本书提出了不少宝贵的意见。对以上老师们的帮助与支持,作者一并深

表谢意。

由于我们水平所限,书中错误及不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2006年3月于浙江大学

目 录

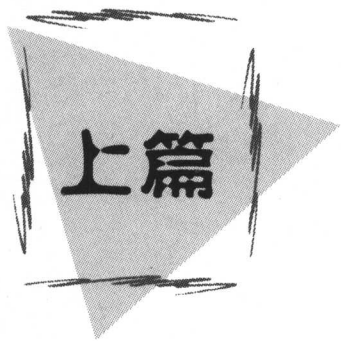
上篇 电路实验技术基础

第 1 章 电路实验综述	3
1.1 电路实验概况	3
1.2 电路实验基本知识	5
第 2 章 电路实验基本元器件及仪表的一般知识	11
2.1 常用电路元器件	11
2.2 常用电子仪器的一般知识	24
2.3 电工测量仪表的一般知识	37
第 3 章 电路基本测量方法	40
3.1 测量的基本概念	40
3.2 基本元器件的测量	43
3.3 电路基本参数的测量	48
第 4 章 实验中的误差及数据处理	54
4.1 测量误差的基本知识	54
4.2 误差的分析、综合及实验结果的评定	61
4.3 测量数据处理	72
第 5 章 计算机虚拟电路实验	78
5.1 Multisim 7.0 概貌	79
5.2 MATLAB 与计算机辅助电路分析	96

下篇 电路实验内容

第 6 章 基本实验	117
实验 1 电阻、电容、电压和电流的测量	117
实验 2 电压源、电流源及其等效转换	120
实验 3 仪表内阻对测量的影响	123
实验 4 受控源特性的测试	125
实验 5 叠加定理的验证	127
实验 6 直流电路的戴维宁等效和诺顿等效	129
实验 7 交流电路中基本参数电阻、电感和电容的测量	131
实验 8 非线性元件特性曲线的测定及曲线绘制	133
实验 9 交流无源一端口网络等效参数的测定	136
实验 10 功率测量及功率因数的提高	139
实验 11 单相变压器特性的测试	142
实验 12 互感的测量	144
实验 13 三相电路的相序、电压、电流及功率测量	148
第 7 章 仿真实验	152
仿真实验 1 一阶 RC 电路的瞬态响应	152
仿真实验 2 实验曲线的拟合	159
仿真实验 3 二阶 RLC 串联电路的瞬态响应	163
仿真实验 4 网络函数频率特性与滤波电路的研究	171
第 8 章 综合实验专题	183
综合实验专题 1 调谐电路的设计	183
提示 1: RLC 串联谐振电路的操作	185
提示 2: 双调谐电路的软件仿真研究	188
综合实验专题 2 供电电路及最大功率传输	190
提示 1: 阻抗匹配与最大功率传输的软件仿真以及阻抗变换电路 的设计方法	193
提示 2: 三相电路的软件仿真研究中构造三相电源的方法	193
提示 3: 参考实验 10、实验 11、实验 13	194
综合实验专题 3 运算放大器与有源器件	194

综合实验专题 4 非正弦周期信号与选频、滤波电路的研究	198
提示 1:滤波器电路的软件仿真研究	204
提示 2:有源滤波器的操作实验	206
综合实验专题 5 裂相电路——由单相电压转变为三相电压的电路 设计	207
综合实验专题 6 波形产生和波形变换器	210
附录 A DG - X 现代电工电子综合实验系统装置	220
附录 B MS8200G 数字多用表	224
附录 C TDS1002 数字存储示波器使用说明	232
参考文献	242



电路实验技术基础

第1章

电路实验综述

1.1 电路实验概况

1.1.1 电路实验课开设的意义和目的

电路实验是电子、电气信息类学生进入技术基础课学习的第一门实验课程。该课程以应用理论为基础、专业技术为指导,并侧重于理论指导下操作技能的培训及综合能力的提高,旨在将所学理论过渡到应用,为后续技术基础课、专业课及其实验课的学习以及今后的工作打下良好的基础。

进入 21 世纪,社会对人才的需求更加注重综合能力和创新能力。电路实验已经由单一的验证原理和掌握实验操作技术拓展为一门综合技能训练的实践,成为获得实验技能和科学研究方法基本训练的重要环节。通过电路实验,使学生进一步建立实际元器件性能的相关概念,掌握基本电工测量仪器、仪表的原理及使用方法,掌握基本电路电量和参量的测量方法,掌握基本实验设计技术以及现代电路计算机仿真技术,独立完成实验基本操作,具备对实验结果分析、处理的能力,并且能够运用所掌握的知识研究和解决工程实际问题。这些对于电子、电气信息类学生学习、理解并应用电基本理论来说是极其重要的。

1.1.2 电路实验的内容和基本要求

电路实验除了验证、消化和巩固基本理论,学习基本实验技能外,还注重培养学生进行基本实验设计的能力,学习实验技术指标选择、简单原理设计及数据和参数的选取、实验结果和误差的分析及处理、实验方法的改进和误差综合及消减的方法,并进一步培养学生学习和运用电路理论处理实际问题的能力和创新精神。为了达到上述目的,电路实验将从以下几方面加强对学生的训练:

1. 基本实验技能

了解基本仪器、仪表结构、误差来源及使用方法。正确使用各种常见的电工

仪器、仪表,如交直流电压表、电流表、示波器、信号发生器、数字万用表、功率表等。掌握实验结果的误差分析及处理、实验方法的选择和改进。

2. 测试技术

掌握基本元器件、基本电磁量以及端口特性曲线的测量方法。培养分析、查找和排除电路故障的能力。

3. 研究性暨创造性能力

学习实验技术指标选择、简单原理设计及数据和参数的选取。培养提出问题和独立解决问题的能力。

4. 实验数据处理和分析

掌握基本的实验数据处理和误差分析方法,并利用计算机处理实验数据和绘制曲线。

5. 计算机虚拟电路实验

利用 Multisim 和 MATLAB 软件对电路进行仿真分析和设计。

6. 综合实验专题

从实际工程问题中提炼出若干实验,综合训练学生解决问题的能力。

7. 实验报告撰写能力

作为工科学生,撰写论文和技术报告是基本的技能之一,如何独立写出严谨的、有理论分析的、实事求是的、条理清晰的、有说服力的实验报告也是电路实验课的基本目的之一。

实验内容按照从基础到综合、从易到难的思路安排,并充分体现该课程的要求。例如,通过基本测量实验和原理验证类实验来完成基本实验技能和测试技术方面的训练;逐渐减少提供具体的实验步骤和指导,要求学生根据实验任务自己组织和安排实验,从而达到培养学生的研究和创造能力的目的;综合实验则要求结合工程实际,综合使用不同的工具,分析、设计、制作电路,并进行相关测试,撰写研究报告。

为确保实验教学质量,在实验内容的安排上应注意下列问题:

① 通过基本实验加强学生对实际元器件以及实验仪器、仪表的认识,培养基本实验技能

每一项实验有较详细的实验步骤和指导性参数,通过实验过程中的有关现象,了解实际元器件与理想元器件的区别,例如,通过“电阻、电流和电压的测量”与“直流电源外特性的测量”实验理解一切实际元件均有过载可能性;稳压源和稳流源是非理想的,有一定的工作范围;基本电量的测量与测量仪表的精度、内阻以及量程选择有关。掌握测量结果的误差分析方法和误差来源分析,例如,通过“仪表内阻对测量的影响”实验初步认识系统误差及其修正方法;通过“交流无源一端口网络等效参数的测定”实验了解电路变量和参数的选择在提