

【高校电工电子实验系列教材】

电子技术 ■ 实验教程

王春兴 主编

DIANZIJISHU
SHIYAN
JIAOCHENG

电子技术实验教程

王春兴 主编

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验教程/王春兴主编. — 济南:山东大学出版社,2005. 11
ISBN 7-5607-3123-6

- I. 电...
- II. 王...
- III. 电子技术-实验-教材
- IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 132988 号

山东大学出版社出版发行
(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)
山东省新华书店经销
山东旅科印务有限公司印刷
787×1092 毫米 1/16 12.75 印张 295 千字
2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷
定价:18.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会

主任委员 马庆水

副主任委员 宋承祥 陈国前 周新利

委 员 (以姓氏笔画为序)

王正林	王 波	朱德中	刘传宝	刘智军
杜守旭	李明弟	张奎平	郑兆聚	杨玉强
徐京明	赵景胜	柳中海	郭仲聚	顾灵光
梁立刚	綦明正	魏鲁真		

电工电子系列实验教材编委会

主 任 綦明正

副主任 徐淑华

委 员 (按姓氏笔画排序)

王汝霖	王春兴	王祖强	王 涛
公茂发	李纲民	张 民	

电子技术实验教材编委会

主 编 王春兴

副主编 黄发忠 陈大庆 杨少卿 沈春华

黄连杰 满宝元 曲梅丽 臧宏文

赵桂青 张 民 王祖强

总 序

为了进一步加强我省高等学校实验教学和实验教学条件建设,更好地为深化高等教育改革和全面实施素质教育服务,根据教育部《新世纪高等教育教学改革工程》(教高[2001]1号),山东省教育厅于2004年颁布了《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》。这是进一步优化高等学校资源配置、提高办学效益、深化实验室管理体制改革的,培养学生动手操作能力、实践能力和创新能力的重要举措,对于促进高等学校教学资源共享、强化办学特色、加快学校发展,具有重要作用。

实验教材建设是基础课实验教学示范中心建设的关键任务之一。为了切实把这项工作做好,山东省教育厅成立了“山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会”,对新体系、立体化实验教材的编写思路、编写方式进行了认真研究。在此基础上,山东省教育厅组织有关高校长期从事实验教学的教师、专家,组成了物理、化学、生物、电工电子、机械、力学等六个门类新体系立体化实验教材编写组。各编写组根据《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》和“厚基础、宽口径、大综合”的要求,按照系列文本教材、配套教学课件、网络课程等三大部分的编写框架,群策群力,集思广益,开展了卓有成效的工作。

新体系立体化实验教材,是我省首次统编实验教材,对于基础课实验教学示范中心建设具有开创性意义。通过在全省高校统一实验教材,力求突破传统的实验教学模式,建立以基础型实验、综合设计型实验、创新型实验为主,形成开放、自主、探究性学习的实验教学新模式和分层次、一体化的实验教学新体系。

本套新体系立体化实验教材的编写力求突出时代性、先进性、适用性和通用性,力求做到科学规范。但是,由于水平所限,难免有疏漏和不足之处,请各高校在使用过程中提出修改意见,不断提高我省统编实验教材的质量和水平,为促进高等教育改革和素质教育的实施作出更大的贡献。

山东省高等学校基础课实验教材
编写指导委员会

编写说明

电工电子系列课程是高等学校理、工、医、师类各专业很重要的专业基础课,是实践性很强的课程。该系列课程涉及到电工电子学科的各个领域,是学习专业知识的重要基础。

培养具有厚基础、宽口径、强能力、高素质的创造型人才,培养大学生的实际工程能力,在很大程度上是通过实验课程来实现的。在高等教育改革和培养人才的整个过程中,“实践”占据极为重要的地位。经过几年的努力,电工电子系列课程理论课教学改革的教材建设有了很大的进展,但因受到诸多因素的制约,实验改革和实验教材的建设相对滞后。大部分学校没有比较系统的、完整的实验教材,提供给学生的仅是一本很简单的实验讲义或实验指导书。学生只要按照讲义规定的步骤去做,不需要多动脑子,便可完成实验,因此收效较少,在一定程度上抑制了广大学生的创造性和个性的发挥。之所以长期维持这种状况,是因为存在错觉和误区,即认为离开实验室现有的具体仪器和实验板无法编写实验教材,而各实验室的仪器和实验板又不尽相同,即使写出来也无法通用。在教育部《新世纪高等教育教学改革工程》和山东省教育厅《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》颁布的推动下,我们以极大的热情尝试着编写这套实验教材,希望该教材的出版有助于实验教学的改革和进步。

对应用性极强的电工电子系列课程,实验体系的改革尤为重要。但多年来在我国传统的电工电子系列课程的实验教学中,多以验证性实验为主,且实验学时与理论教学的学时比例很低。当前,随着教育改革的深入,“高等教育需要从以单纯的知识传授为中心,转向以创新能力培养为中心”,为此,在彻底转变教育培养观念的同时,对电工电子系列实验课程的教学体系、教学内容和教学模式的改革也势在必行。山东省高等学校电工电子实验新体系立体化系列教材的陆续出版发行就是为适应这种教学改革而编写的。电工电子实验新体系立体化系列教材由《电工电子技术实验教程》、《电工电子工艺实习实验教程》、《电路基础实验教程》、《电子技术实验教程》、《电子设计自动化实验教程》、《电子综合设计实验教程》、《微机技术实验教程》、《虚拟仪器实验教程》八

个分册组成,由系列文本教材以及与之配套的教学课件、网络教程三大部分构成。它是在山东省高等学校基础课新体系立体化系列实验教材编写指导委员会的指导下,由青岛大学、山东大学、中国海洋大学、山东师范大学、山东科技大学、烟台大学、山东建筑工程学院、青岛理工大学和聊城大学等高校多年从事电工电子课程实验教学的教师,结合各高校多年积累的教学经验,参考国内外电工电子实验教材及相关论著共同编写而成。

系列文本教材是根据“高等学校基础课实验教学示范中心建设标准”和“厚基础、宽专业、大综合”教育理念的要求编写而成的。突破传统的实验教学体系,建立以基础实验、综合设计实验、提高创新实验和开放自主性学习、研究性学习模式、分层次一体化的实验课程新体系;突出时代性、先进性、适用性和通用性;更加科学化和规范化。

山东省高等学校电工电子实验新体系立体化系列教材编写委员会

前 言

《电子技术实验教程》主要是为高等学校电气、信息类和其他相近专业的学生而编写的实验教材。在编写过程中我们参照了教育部颁发的“电子技术基础课程教学基本要求”和《高等学校基础课实验教学示范中心的建设标准》，在总结多年实验教学经验和工程技术经验的基础上，编写了《电子技术实验教程》教材。本教材在加强基础训练的同时，突出了综合应用能力、创新能力的培养。其中，包含的主要内容有：基础实验（含模拟和数字基础实验）、电路设计与综合设计性实验、EWB 仿真实验。

在编写过程中，根据相关专业教学计划和教学内容的要求，注重方法，深入浅出，循序渐进，侧重启发学生多向思维和培养学生的综合设计能力。基础实验基本上按照电子技术基础的内容顺序编排，每个实验给出了实验参考电路、实验仪器与器件及实验方法步骤，各环节叙述较为详细。电路设计与综合设计性实验注重培养学生分析问题、解决问题的能力，培养学生工程意识，发挥学生个体的主观能动性，激发学生的学习欲望，强调启发性，培养学生的创新能力和开拓精神。在选题上根据实用性、常规性、实现的难易程度等原则确定，尽可能为不同学校提供更多的选择性。每个实验提出实验要求，让学生自己设计方案，独立完成实验。本书将 EWB 仿真实验引入到实验教学，可与基础实验和相关综合设计性实验同时进行。本书在编写过程中力求做到题量和难易程度尽可能涵盖不同学校不同层次的实验教学要求。

本书主编为王春兴，副主编有：黄发忠、陈大庆、杨少卿、沈春华、黄连杰、满宝元、曲梅丽、臧宏文、赵桂青、张民、王祖强。

在编写过程中，山东师范大学的蓝若明、李秀琴参编和参加了实验电路的验证工作。徐淑华老师对本书提出了许多宝贵的意见和建议，王公堂、杨济民老师在百忙中审阅书稿，在此对他们深表谢意。

另外，本书得到了青岛大学慕明正、徐淑华，山东师范大学朱俊孔老师以及各参编学校领导和同行的关心和帮助，在此谨致衷心的感谢。

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者与同行批评指正。

编 者

2005 年 5 月于济南

目 录

第一部分 电子技术实验基础知识

第1章 电子技术实验的基本知识和要求	(1)
1.1 电子技术实验的目的和意义	(1)
1.2 电子技术基础实验的一般要求	(2)
第2章 基本测量技术	(3)
2.1 电压的测量	(3)
2.2 电压测量的数字化方法	(8)
2.3 阻抗测量	(9)
2.4 增益及幅频特性测量	(10)
2.5 电子示波器在电压、时间和频率测量中的应用	(11)
2.6 常用电子元器件的检测	(15)

第二部分 电子技术基础实验

第3章 模拟电子技术基础实验	(18)
实验1 常用电子仪器的使用	(18)
实验2 晶体管单级共射放大电路	(22)
实验3 射极跟随器	(28)
实验4 结型场效应管共源放大电路	(32)
实验5 集成运算放大器的参数测试	(35)
实验6 集成运算放大电路的基本应用	(40)
实验7 负反馈放大电路(一)	(48)
实验8 负反馈放大电路(二)	(51)
实验9 有源滤波电路	(56)
实验10 波形产生电路	(59)
实验11 差分放大电路	(63)
实验12 功率放大电路	(66)
实验13 直流稳压电源(集成稳压器)	(70)

第4章 数字电子技术基础实验	(75)
实验1 TTL与CMOS门电路参数的测试	(75)
实验2 OC门和三态门的应用	(80)
实验3 组合逻辑电路的设计(一)	(85)
实验4 组合逻辑电路的设计(二)	(89)
实验5 集成触发器	(94)
实验6 移位寄存器及其应用	(97)
实验7 时序逻辑电路设计	(102)
实验8 计数器及其应用	(104)
实验9 传输门的使用	(109)
实验10 单稳态触发器和多谐振荡器	(113)
实验11 集成555时基电路及其应用	(116)
实验12 数/模(D/A)及模/数(A/D)转换	(120)

第三部分 电路设计与设计性综合实验

第5章 概 述	(128)
5.1 电路设计与设计性综合实验的重要性和教学目的	(128)
5.2 电子电路设计性实验的具体内容	(128)
第6章 电路设计与设计性综合实验	(130)
实验1 方波—三角波产生电路	(130)
实验2 压控振荡电路	(133)
实验3 语音放大电路	(137)
实验4 全自动家电保护器设计	(139)
实验5 燃气灶熄火(燃气泄漏)声光报警电路	(141)
实验6 声控闪光电路	(143)
实验7 并行加法运算器	(144)
实验8 简易数字钟	(145)
实验9 串行数字密码锁	(147)
实验10 8位数字频率计	(149)
实验11 篮球30秒定时控制电路	(151)
实验12 交通灯控制电路	(152)

第四部分 基于EWB的仿真实验

第7章 基于EWB的仿真实验	(154)
实验1 两级阻容耦合放大电路的研究	(154)
实验2 有源滤波器	(158)

实验 3 推挽功率放大电路	(161)
实验 4 串联型直流稳压电源的设计	(165)
实验 5 组合逻辑电路的分析与设计	(167)
实验 6 D/A 转换电路	(172)
实验 7 A/D 转换电路	(177)
实验 8 数字电路综合实验	(180)

附 录

附录 A 电阻器、电位器、电容器和电感器的识别及性能参数	(183)
附录 B 常用集成电路的使用规则	(189)
参考文献	(192)

第一部分 电子技术实验基础知识

第 1 章 电子技术实验的基本知识和要求

1.1 电子技术实验的目的和意义

实践证明,科学技术的发展离不开实验,反过来,实验又是促进科学技术发展的重要手段。电子技术基础是一门实践性很强的课程,它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。因此,对于电子技术基础这样一门具有工程特点和实践性很强的课程,加强技能的培养,强化电子技术基础教学过程中各种形式的实践训练尤为重要。

在实际工作中,电子技术人员需要分析器件、电路的工作原理;验证器件、电路的功能;对电路进行调试、分析、排除故障;测试器件、电路的性能指标;设计各种功能电路,等等,所有这些都离不开实验。

电子技术实验,按性质可分为验证性和训练性实验、综合性实验、设计性实验三大类。

验证性和训练性实验主要涉及的是电子技术领域中理论验证和实际技能的培养,这类实验除了巩固一些重要的理论外,还帮助学生认识现象,掌握基本实验知识、基本实验方法以及基本实验技能。

综合性实验主要侧重于理论知识的综合应用,其目的是培养学生综合运用所学理论的能力和解决较复杂的实际问题的能力。

设计性实验既有综合性又有探索性,它侧重于理论知识及实验方法的灵活运用。这类实验要求学生在教师指导下独立完成查阅资料、设计方案和组织实验等工作,并写出实验报告。它有益于提高学生的整体素质和科学实验能力。

自 20 世纪以来,电子技术发展呈现出系统集成化、设计自动化、测试智能化的态势,为了适应电子信息时代发展特点的要求,我们认为除了完成常规的硬件实验外,还应在电子技术实验教学中引入电子电路计算机辅助分析与设计的内容。其中包括仿真模拟实验和通过计算机完成设计的小实验。

总之,电子技术实验应当注重对学生基本技能、设计性综合应用能力,创新能力和计算机应用能力的培养,以适应当今社会对人才的需求。

1.2 电子技术基础实验的一般要求

为了培养学生良好的学习习惯,充分发挥学生创造性思维,使学生养成独立思考、独立完成实验的习惯,我们对电子技术实验的具体环节作如下要求:

1.2.1 实验前的准备

学生做实验前必须对相关实验内容进行预习。明确实验目的;掌握相关实验的基本原理;设计出实验表格;对思考题作出解答;初步估算实验结果,最后写出实验预习报告。

实验前,教师检查实验预习报告,不合格者不允许进行实验。

1.2.2 实验操作

(1)实验者要遵守实验室的有关规定。

(2)仪器设备、装置安放适当,合理布置实验现场。

(3)认真连接电路,记录实验条件和实验数据、波形,并对所得数据、波形进行分析,判断其正确性。

(4)出现故障或结果异常情况,应独立思考,耐心分析原因,查找问题所在,并作相应的记录,直到实验结果合理。

(5)出现意外应立即切断电源,并及时报告实验教师或实验室工作人员。

1.2.3 实验过程结束

实验完成后,将记录送指导教师审阅签字,经指导教师同意后方可拆除线路,离开实验室。

1.2.4 实验报告

(1)报告内容

①列出实验条件:何日何时与何人共同完成实验、当时的环境条件、仪器名称及编号、实验目的等。

②整理和处理实验中记录的数据、波形,列出表格或用坐标纸画出曲线。

③对结果作出理论分析,并写出结论。找出产生误差的原因及提出减少误差的措施。

④记录产生故障的情况,说明排除故障的过程和方法。

⑤写出对本次实验的体会,以及改进实验的建议。

(2)实验报告要求

要求结构完整,语句通顺;书写规范,图表齐全;讨论深入,结论简明。

第2章 基本测量技术

一个物理量的测量可以通过不同的方法来实现,而电子测量技术是一门发展非常迅速的学科,它涉及电量及各种非电量的测量,本节只简要介绍基本电量测量技术中的共性问题。

2.1 电压的测量

在电子测量领域中,电压是基本参数之一。许多电参数,例如,增益、频率特性、电流、功率等都可视为电压的派生量。各种电路工作状态,如饱和、截止等,通常都以电压的形式反映出来。不少测量仪器也都用电压来表示。因此,电压的测量是许多电参数测量的基础。电压的测量对调试电子电路可以说是必不可少的。

电子电路中电压测量的特点是:

(1) 频率范围宽

电子电路中电压的频率可以从直流到数百兆赫兹范围内变化,对于甚低频或高频范围的电压测量,一般万用表是不能胜任的。

(2) 电压范围广

在电子电路中,电压范围由微伏级到千伏以上高压,对于不同的电压挡级必须采用不同的电压测量仪表。例如,用数字电压表,可测出 10^{-9} 伏数量级的电压。

(3) 存在非正弦量电压

被测信号除了正弦电压外,还有大量的非正弦电压。如用普通仪表测量非正弦电压,将造成测量误差。

(4) 交、直流电压并存

被测的电压中常常是交流与直流并存,甚至还夹杂有噪声干扰等成分。

(5) 要求测量仪器有高输入阻抗

由于电子电路一般是高阻抗电路,为了使仪器对被测电路的影响减至足够小,要求测量仪器有高输入电阻。

此外,在测量电压时,还应考虑输入电容等离散参数的影响。

上述情况,如果测量精度要求不高,常常可以用示波器解决。如果测量精度要求较高,则要全面考虑,选择合适的测量方法及测量仪器。

2.1.1 高内阻回路直流电压的测量

一般来说,如果要想提高测量精度,就必须选用内阻比被测电路等效电阻高得多的仪表。任何一个被测电路都可以等效成一个电源电压 V_0 和一个阻抗 Z_0 相串联。例如,由 V_s, Z_1, Z_2 组成的图 2.1(a) 所示电路,当接入电压表时,相当于将仪表的输入阻抗 Z_i 并联在被测电路上。对于图 2.1(a) 所示被测电路,可以用 V_0 和 Z_0 组成的串联电路来等效,式中:

$$Z_0 = Z_1 // Z_2, V_0 = Z_2 / (Z_1 + Z_2) \cdot V_s.$$

设电路参数和电压表输入阻抗 Z_i 如图 2.1(a) 所示,则考虑电压表输入阻抗(即仪表内阻)的等效电路如图 2.1(b) 所示。由图可见,电压表的指示值 V_x 等于仪表内阻 $R_v (= Z_i)$ 与电路阻抗 $Z_0 = R_0$ 对等效电源电压的分压,即

$$V_x = \frac{R_v}{R_v + R_0} \cdot V_0$$

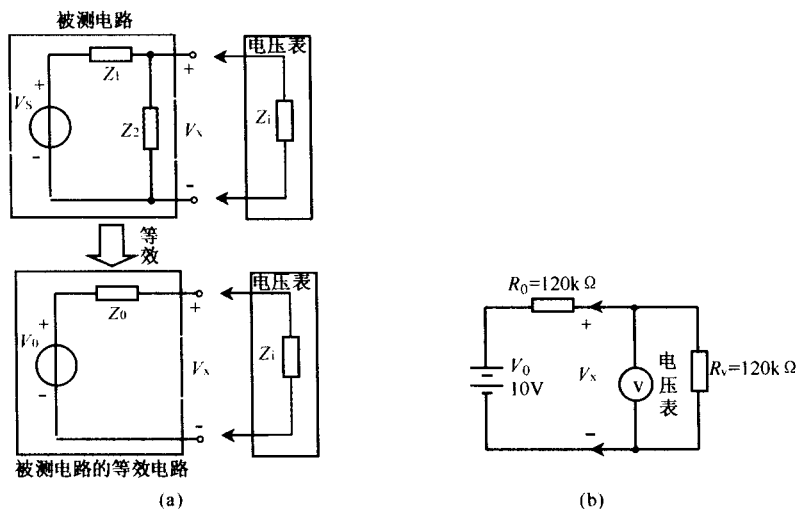


图 2.1 电压表输入阻抗对被测电路的影响

绝对误差:

$$\Delta V = V_x - V_0$$

相对误差:

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{V_x - V_0}{V_0} = \frac{R_v}{R_0 + R_v} - 1 = -\frac{R_0}{R_0 + R_v}$$

因此,可算出图 2.1(b) 所示的相对误差为:

$$\gamma = -\frac{120}{120 + 120} = -50\%$$

显然,要减小误差,就必须使电压表的输入电阻 R_v 远大于 R_0 。

在电子电路中,为了提高仪表输入电阻和有利于弱直流信号电压的测量,常在电压表

中加入集成运算放大器构成集成运放型电压表,如果再加上场效应管电路作输入级,则可构成一种高内阻电压表。

2.1.2 交流电压的测量

2.1.2.1 电子式交流电压表

电子式交流电压表有模拟型和数字型两大类,这里只讨论模拟型。

根据电子电路电压测量的特点,对仪器的输入阻抗、量程范围、频带和被测波形都有一定要求。

电子式交流电压表,一般为有效值刻度,而电表本身多为直流微安表,因此需要进行转换。电子式交流电压表的最基本结构形式有:

(1) 检波放大式电压表

其电路结构如图 2.2 所示。由图可见,它是先将被测电压 v_x 通过检波(整流)变成直流电压,再将直流信号送入直流放大器放大并驱动微安表偏转。由于放大器放大的是直流电压,对放大器的频率响应要求低,测量电压的频率范围主要决定于检波

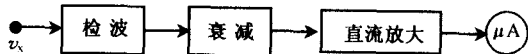


图 2.2 检波放大式电压表的组成

电路的频率响应。如果采用高频探头进行检波,其上限工作频率可达 1GHz,通常所用的高频毫伏表即属于此类。

这种结构的主要缺点是,检波二极管导通时有一定起始电压(死区电压),使刻度呈非线性。此外,还存在输入阻抗低、直流放大器有零点漂移的特点。因此,仪表的灵敏度不高,不适宜于测小信号。

(2) 放大检波式电压表

放大检波式电压表的电路结构如图 2.3 所示。被测交流电压先经放大再检波,由检波后得到的直流电压驱动微安表偏转。

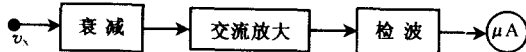


图 2.3 放大检波式电压表的组成

由于结构上采用先放大,就避免了检波电路在小信号时所造成的刻度非线性和直流放大器存在的零点漂移问题,灵敏度较高,输入阻抗也高些。缺点是,测量电压的频率范围受放大器的频带的限制。这种电压表的上限频率约为兆赫级,最小量程为毫伏级。

为了解决灵敏度和频率范围的矛盾,可以采取其他结构进行改进。例如,采用调制式电压表和外差式电压表的结构,可以进一步使电压表上限频率提高、最小量程减小(例如可测微伏级)。

2.1.2.2 三种检波方式及其电压表工作原理

(1) 均值表原理

测量 1MHz 以下的低频电压,多用平均值电压表。电压平均值的定义是: