



高等学校应用型特色规划教材

电子技术实验教程

DIANZIJIISHU
SHIYANJIAOCHENG



朱卫东 主 编
范晓勇 副主编
杨洪涛
周长林
邓承志 贾晓静

赠 送
电子教案

- 创新的体系结构——融硬件原理和软件管理于一体
- 新颖的教材内容——基础理论知识与实训指导完美融合
- 丰富的教学资源——免费提供电子课件、习题库及其参考答案

清华大学出版社

高等学校应用型特色规划教材

电子技术实验教程

朱卫东 主 编

杨洪涛 范晓勇 副主编

邓承志 周长林 贾晓静

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者根据解放军信息工程大学的电子技术实验课程标准,结合长期从事电子技术实验的教学实践编写而成。在编写过程中参考了一些高校的电子技术实验教材和讲义,既吸取了多部电子技术实验教材的优点,又具有自身独特的风格。

本书按照基础课实验的教学体系安排架构,遵从实践教学和学生技能培养的基本规律,注重教学内容的基础性、系统性和完整性,系统地介绍了电路分析基础、现代电子线路(上)、数字电路技术基础等几门基础课的实验内容,以及实验的基本知识、仪器使用和EDA应用技术,便于科学系统地培养学生的工程实践能力和实验技巧。

本书可作为高等院校电子类、电气类、计算机等相关专业本科生的电子技术基础实验教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

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

电子技术实验教程/朱卫东主编;杨洪涛,范晓勇,邓承志,周长林,贾晓静副主编. —北京:清华大学出版社,2009.11

(高等学校应用型特色规划教材)

ISBN 978-7-302-21264-5

I. 电… II. ①朱… ②杨… ③范… ④邓… ⑤周… ⑥贾… III. 电子技术—实验—高等学校—教材
IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 180416 号

责任编辑:章忆文 孙兴芳

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

印 刷 者:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15.75 字 数:383 千字

版 次:2009 年 11 月第 1 版 印 次:2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:26.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:033127-01

丛 书 序

21 世纪人类已迈入“知识经济”时代,科学技术正发生着深刻的变革,社会对德才兼备的高素质应用型人才的需求更加迫切。如何培养出符合时代要求的优秀人才,是全社会尤其是高等院校面临的一项急迫而现实的任务。

为了培养高素质应用型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在教育部有关精神的指导下,我们组织全国高校计算机专业的专家教授组成《高等学校应用型特色规划教材》系列学术编审委员会,全面研讨计算机和信息技术专业的应用型人才培养方案,并结合我国当前的实际情况,编审了这套《高等学校应用型特色规划教材》丛书。

编写目的

配合教育部提出要有相当一部分高校致力于培养应用型人才的要求,以及市场对应用型人才需求量的不断增加,本套丛书以“理论与能力并重,应用与应试兼顾”为原则,注重理论的严谨性、完整性,案例丰富,实用性强。我们努力建设一套全新的、有实用价值的应用型人才培养系列教材,并希望能够通过这套教材的出版和使用,促进应用型人才培养的发展,为我国建立新的人才培养模式作出贡献。

丛书书目

本丛书陆续推出,滚动更新。将陆续推出以下图书:

- Visual Basic 程序设计与应用开发
- Visual FoxPro 程序设计与应用开发
- 中文 Visual FoxPro 应用系统开发教程(第二版)
- 中文 Visual FoxPro 应用系统开发上机实验指导(第二版)
- Linux 基础教程
- Delphi 程序设计与应用开发
- 局域网组建、管理与维护
- Access 2003 数据库教程
- 计算机组装与维护
- 多媒体技术及应用
- 软件技术基础——数据结构与算法·程序设计·软件工程·数据库
- 计算机网络技术
- Java 程序设计与应用开发
- Visual C++程序设计与应用开发
- Visual C# .NET 程序设计与应用开发
- C 语言程序设计与应用开发
- 计算机应用基础(等级考试版)



- 计算机网络技术与应用
- 微机原理与接口技术
- 微机与操作系统贯通教程
- Windows XP+Office 2003 实用教程
- C++程序设计与应用开发
- ASP.NET 程序设计与应用开发
- Windows Vista+Office 2007+Internet 应用教程
- 计算机应用基础(Windows Vista 版)
- Visual FoxPro 程序设计(等级考试版)
- 计算机应用基础(等级考试版·Windows XP 平台)
- Java 程序设计与应用开发(第2版)
- Internet 实用简明教程

丛书特色

- 理论严谨, 知识完整。本丛书内容翔实、系统性强, 对基本理论进行了全面、准确的剖析, 便于读者形成完备的知识体系。
- 入门快速, 易教易学。突出“上手快、易教学”的特点, 用任务来驱动, 以教与学的实际需要取材谋篇。
- 学以致用, 注重能力。将实际开发经验融入基本理论之中, 力求使读者在掌握基本理论的同时, 获得实际开发的基本思想方法, 并得到一定程度的项目开发实训, 以培养学生独立开发较为复杂的系统的能力。
- 示例丰富, 实用性强。以实际案例和部分考试真题为示例, 兼顾应用与应试。
- 深入浅出, 螺旋上升。内容和示例的安排难点分散、前后连贯, 并采用循序渐进的编写风格, 层次清晰、步骤详细, 便于学生理解和实现。
- 提供教案, 保障教学。本丛书绝大部分教材提供电子教案, 便于教师教学使用, 并提供源代码下载, 便于学生上机调试。

读者定位

本系列教材主要面向普通高等院校和高等职业技术学院, 适合本科和高职高专教学需要; 同时也非常适合编程开发人员培训、自学使用。

关于作者

丛书编委特聘请执教多年且有较高学术造诣和实践经验丰富的名师参与各册的编写。他们长期从事有关的教学和开发研究工作, 积累了丰富的经验, 对相应课程有较深的体会与独到的见解, 本丛书凝聚了他们多年的教学经验和心血。

互动交流

本丛书贯穿了清华大学出版社一贯严谨、科学的图书风格, 但由于我国计算机应用技术教育正在蓬勃发展, 要编写出满足新形势下教学需求的教材, 还需要我们不断地努力实

践。因此，我们非常欢迎全国更多的高校老师积极加入到《高等学校应用型特色规划教材》学术编审委员会中来，推荐并参与编写有特色、有创新的应用型教材。同时，我们真诚希望使用本丛书的教师、学生和读者朋友提出宝贵意见或建议，使之更臻成熟。联系信箱：Book21Press@126.com。

《高等学校应用型特色规划教材》编审委员会

E-mail: Book21Press@126.com; hgm@263.net

前 言

电路与电子技术作为现代电子信息技术的基础,其理论和技术均发生了巨大变化,这种发展状况和趋势对电子技术基础课程提出了更高的要求。电子技术实验作为电子技术基础课程的重要组成部分,在人才培养过程中具有不可替代的重要作用。本书作为基础电子实验教材,主要任务是培养学生的基本实验技能、电路的设计与综合应用能力以及使用计算机工具的基本能力,以全面提高学生的实践能力和素质,为后续课程的学习、各类电子设计竞赛、毕业设计,乃至毕业后的工作打下良好的基础。

本书参照高等学校电子、电气信息类专业电子技术实验的教学基本要求,按照解放军信息工程大学电路分析基础实验、现代电子线路(上)实验、数字技术基础实验课程标准编写,全书共分6章和4个附录。第1章介绍了电子技术实验基础知识,包括电子技术实验须知(目的与要求),测量误差及实验数据处理,电路安装、调试与故障检测技术,常用电子元器件。第2章为常用实验仪器的使用说明,主要介绍了常用电子测试仪器的基本功能、性能指标、操作使用。第3章为电路基础实验。第4章为现代电子线路(上)基础实验。第5章为数字电路基础实验。第6章为电子设计仿真软件EWB的使用简介。附录部分主要为常用电子元器件主要性能参数及数据手册。本书将仪器设备的使用、EDA技术的应用、实验技能的训练贯穿始终,理论教学和实验实践密切结合、重视理论知识转化为实际应用技能的培训,使学生在科学作风、工程素质和创新意识等方面得到全面训练。

本书融合电路分析基础、现代电子线路(上)、数字技术基础的实验内容,符合电子技术基础实验单独设课和实验室开放教学的要求。全书根据循序渐进的教学思想编排实验内容,各章节既相互独立,又相互联系,有利于电子技术实验教学的组织和学生工程实践能力的培养,老师可根据不同层次、不同学时的教学需要,灵活选用或组合实验内容。每个实验都附有实验原理、参考电路,学生通过自学实验原理内容,即可自主实践完成实验。本书可作为电子信息类及相关专业本科学生的电子技术实验指导书。

参加本书编写工作的有朱卫东(第1章的1.1节、1.2节),周长林、朱卫东(第1章的1.3节),杨洪涛(第1章的1.4节、第2章),邓承志、张少波(第3章),周长林、范晓勇(第4章、附录A、附录B、附录C、附录D),贾晓静(第5章),周长林(第6章)等同志。其中,朱卫东同志为主编,负责全书的编写组织和定稿工作。同时,解放军信息工程大学电子实验中心的高飞、张国定、高辉、李爱琴、刘金锦、潘向峰等同志也做了大量的辅助工作。

本书编写以解放军信息工程大学理学院电子实验中心多年来的电子技术基础实验教学内容为基础,融入了全体教员的教学经验和成果。在编写过程中还参考了一些高校的实验教材和讲义,同时也得到解放军信息工程大学理学院训练部以及电子系领导和同志们的支持与帮助,谨向他们致以最诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在很多不足和错误,敬请使用本书的教员和学生及各位读者给予指正。

目 录

第 1 章 电子技术实验基础	1	第 3 章 电路基础实验	59
1.1 电子技术实验须知	1	实验一 基本参数测量	59
1.1.1 电子技术实验的目的和意义	1	一、实验目的	59
1.1.2 电子技术实验的内容	2	二、实验设备	59
1.1.3 电子技术实验的基本学习方法	2	三、实验原理	59
1.1.4 电子技术实验的程序	2	四、实验内容	59
1.1.5 电子技术实验室的规则	3	五、注意事项	60
1.2 测量误差及实验数据处理	3	六、实验报告	61
1.2.1 测量误差概述	3	实验二 伏安特性的测试	61
1.2.2 测量误差的表示方法	4	一、实验目的	61
1.2.3 实验数据读取及分析处理	5	二、实验设备	61
1.3 实验电路安装与调试	11	三、实验原理	61
1.3.1 实验电路安装	11	四、实验内容	62
1.3.2 布线的一般原则	13	五、注意事项	64
1.3.3 电路板的焊接	13	六、实验报告	65
1.3.4 电路调试和故障排除	15	实验三 基尔霍夫定律和叠加原理	65
1.4 常用电子元器件	17	一、实验目的	65
1.4.1 电阻器	17	二、实验设备	65
1.4.2 电容器	21	三、实验原理	65
1.4.3 电感器	24	四、实验内容	66
1.4.4 半导体器件	26	五、注意事项	67
第 2 章 实验仪器使用说明	31	六、实验报告	68
2.1 直流稳压电源 DF1731SB	31	实验四 戴维南定理及最大功率传输定理	68
2.2 数字万用表	34	一、实验目的	68
2.3 交流毫伏表	40	二、实验设备	68
2.3.1 AS2294D 交流毫伏表	40	三、实验原理	68
2.3.2 DF2170B 交流毫伏表	42	四、实验内容	69
2.4 DF1642C 函数信号发生器	44	五、注意事项	70
2.5 双踪示波器	47	六、实验报告	70
2.5.1 CS-4125A 双踪示波器	47	实验五 一阶电路时域响应的研究	70
2.5.2 CS-4135 双踪示波器	53	一、实验目的	70



二、实验设备.....	70	四、实验内容.....	90
三、实验原理.....	70	五、注意事项.....	92
四、实验内容.....	72	六、实验报告.....	92
五、注意事项.....	72	第4章 现代电子线路(上)基础实验.....	93
六、实验报告.....	73	实验一 晶体管共发射极放大电路.....	93
实验六 无源网络频率特性的测试.....	73	一、实验目的.....	93
一、实验目的.....	73	二、预习要求.....	93
二、实验设备.....	73	三、实验设备.....	93
三、实验原理.....	73	四、实验原理.....	93
四、实验内容.....	75	五、实验内容.....	97
五、注意事项.....	76	六、实验报告.....	99
六、实验报告.....	76	实验二 场效应管放大电路研究.....	99
实验七 RLC 串联电路的谐振.....	77	一、实验目的.....	99
一、实验目的.....	77	二、预习要求.....	99
二、实验设备.....	77	三、实验设备.....	99
三、实验原理.....	77	四、实验原理.....	99
四、实验内容.....	79	五、实验内容.....	102
五、注意事项.....	79	六、实验报告.....	103
六、实验报告.....	80	实验三 差动放大电路性能测试.....	103
实验八 信号的抽样与恢复.....	80	一、实验目的.....	103
一、实验目的.....	80	二、预习要求.....	103
二、实验设备.....	80	三、实验设备.....	103
三、实验原理.....	80	四、实验原理.....	103
四、实验内容.....	83	五、实验内容.....	105
五、注意事项.....	84	六、实验总结.....	106
六、实验报告.....	85	实验四 负反馈放大器的研究.....	106
实验九 RLC 串联电路的阶跃响应.....	85	一、实验目的.....	106
一、实验目的.....	85	二、预习要求.....	106
二、实验设备.....	85	三、实验设备.....	107
三、实验原理.....	85	四、实验原理.....	107
四、实验内容.....	87	五、实验内容.....	108
五、注意事项.....	88	六、实验报告.....	110
六、实验报告.....	88	实验五 集成运算放大器的参数测试.....	110
实验十 双口网络的特性研究.....	88	一、实验目的.....	110
一、实验目的.....	88	二、预习要求.....	110
二、实验设备.....	88	三、实验设备.....	110
三、实验原理.....	88		



三、实验设备.....	153	二、实验预习.....	168
四、实验原理.....	153	三、实验设备.....	168
五、实验内容.....	154	四、实验原理.....	168
六、实验报告.....	154	五、实验内容.....	170
实验五 集成触发器的测试与研究.....	154	六、实验报告.....	172
一、实验目的.....	154	实验十 电子秒表设计.....	172
二、预习要求.....	155	一、实验目的.....	172
三、实验设备.....	155	二、预习要求.....	172
四、实验原理.....	155	三、实验设备.....	172
五、实验内容.....	158	四、实验原理.....	173
六、实验报告.....	160	五、实验内容.....	174
实验六 集成时序部件的功能测试及		六、实验报告.....	175
研究(一)——移位寄存器及		实验十一 3-8 线译码逻辑设计	
其应用.....	160	(图形法).....	175
一、实验目的.....	160	一、实验目的.....	175
二、预习要求.....	160	二、实验步骤.....	175
三、实验设备.....	161	实验十二 频率计的设计.....	181
四、实验原理.....	161	一、实验任务及要求.....	181
五、实验内容.....	162	二、设计说明与提示.....	181
六、实验报告.....	163	三、实验报告.....	182
实验七 集成时序部件的功能测试		第6章 电子设计仿真软件 EWB 应用.....	183
及研究(二)——计数译码显示.....	163	6.1 EWB 概述.....	183
一、实验目的.....	163	6.2 EWB 的基本界面.....	184
二、预习要求.....	164	6.2.1 EWB 的主窗口.....	184
三、实验设备.....	164	6.2.2 EWB 的工具条.....	184
四、实验原理.....	164	6.2.3 EWB 的元器件库区.....	185
五、实验内容.....	165	6.2.4 元器件的创建和删除.....	189
六、实验报告.....	166	6.2.5 EWB 的菜单栏.....	190
实验八 555 时基电路及应用.....	166	6.3 EWB 的基本操作.....	196
一、实验目的.....	166	6.3.1 电路的创建与运行.....	196
二、预习要求.....	166	6.3.2 模拟仪表的使用.....	197
三、实验设备.....	166	6.3.3 数字仪器的使用.....	199
四、实验原理.....	166	6.4 EWB 仿真应用实例.....	202
五、实验内容.....	167	6.4.1 直流稳压电源设计.....	202
六、实验报告.....	167	6.4.2 放大电路设计与分析.....	202
实验九 D/A、A/D 转换.....	167	6.4.3 信号产生电路分析.....	203
一、实验目的.....	167		

6.4.4 555 定时器应用电路设计	204	附录 C 常用数字集成电路	218
6.4.5 A/D 与 D/A 转换器应用 电路	204	C.1 常用数字集成电路推荐工作条件	218
6.4.6 数字时钟设计	205	C.2 常用数字集成电路外引线排列图	220
附录 A 常用半导体器件数据手册	207	附录 D 部分其他集成电路	229
A.1 常用二极管主要参数	207	D.1 时基集成电路	229
A.2 常用三极管主要参数	212	D.2 LF198 取样保持器	229
附录 B 常用模拟集成电路	216	D.3 模/数、数/模转换电路	230
B.1 集成运算放大器	216	D.4 常用可编程逻辑器件引脚图	231
B.2 三端集成稳压器	217	D.5 其他	234
		参考文献	235

第 1 章 电子技术实验基础

1.1 电子技术实验须知

1.1.1 电子技术实验的目的和意义

众所周知,科学技术的发展离不开实验,实验是促进科学技术发展的重要手段。我国著名科学家张文裕在为《著名物理学实验及其在物理学发展中的作用》一书所写的序言中精辟地论述了科学实验的重要地位。他说:“科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,也是工程技术的基础。”又说“基础研究、应用研究、开发研究和生产四个方面如果结合得好,经济建设和国防建设势必会兴旺发达。要把上述四个环节紧密贯穿在一起,必须有一条红线,这条红线就是科学实验。”

对于电子技术这样一门具有工程特点且实践性很强的课程,加强工程训练,特别是技能的培养,对于培养工程人员的素质和能力具有十分重要的作用。

在电子技术飞速发展、广泛应用的今天,实验显得更加重要。在实际工作中,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、排除电路故障,测试器件、电路的性能指标,设计、制作各种实用电路的样机,所有这些都离不开实验。此外,实验教学还有一个重要任务,就是培养我们严肃认真、理论联系实际的作风以及科学求是的精神。

电子技术实验按性质可分为三大类:验证性和训练性实验、综合性实验、设计性实验。

- 验证性和训练性实验主要是针对电子技术本门学科范围内的理论验证和实际技能的培养,着重奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外,主要在于帮助学生认识现象,掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。
- 综合性实验属于应用性实验,实验内容侧重于某些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。
- 设计性实验对于学生来说既有综合性又有探索性,它主要侧重于某些理论知识的灵活运用。例如,完成特定功能电子电路的设计、安装和调试等。要求学生在教师指导下能够独立进行查阅资料、设计方案与组织实验等工作,并写出报告。这类实验对于提高学生的综合素质和科学实验能力非常有益。

自 1990 年以来,电子技术发展呈现出系统集成化、设计自动化、用户专用化和测试智能化的态势,为了培养 21 世纪电子技术人才以及适应电子信息时代的要求,我们认为除了完成常规的硬件实验外,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(其中包括若干仿真实验以及通过计算机来完成设计的小系统)是非常必要的,也是很有益的。

总之,电子技术实验应当突出基本技能、设计性综合应用能力、创新意识和计算机应



能力的培养,以适应经济社会的发展对人才的要求。

1.1.2 电子技术实验的内容

电子技术实验主要由基础知识、电路分析基础实验、现代电子线路(上)实验、数字技术基础实验、EDA 仿真实验、设计性实验等几大部分组成。要求学生掌握设计电子产品所涉及的各种实用技术,如电子元器件测试与鉴别,仪器使用,电路的组装、测量、调试,数据的采集与处理等。通过实验,还要求学生掌握基本的电路分析与设计方法以及常用的电路分析软件。

1.1.3 电子技术实验的基本学习方法

电子技术实验有以下几种基本学习方法。

- (1) 认真进行实验预习,温习相关理论知识,理解实验原理,掌握实验方法,拟定实验步骤,了解操作注意事项。
- (2) 理论联系实际,实验过程中注意用理论指导实践操作,加强理论与实践的相互渗透。
- (3) 在实验过程中,多观察、多思考、多探讨,认真分析实验现象;做好记录,培养严谨的学习作风和实事求是的科学精神。
- (4) 认真处理实验数据,及时按要求完成实验报告。
- (5) 结合专业学习培养兴趣,适当订阅、涉猎一些电工电子方面的书籍杂志,如《电子报》及《无线电》等;尝试组装、维修一些较简易的小电器,自己动手设计并制作小电器等。

1.1.4 电子技术实验的程序

进行电子技术实验的程序如下。

- (1) 预习:实验课前要认真预习,阅读实验内容与要求,温习相关的理论知识,进行实验方案设计,写出实验步骤,画出必要的实验原理图,完成预习报告。

实验前,教员要检查学生预习情况,并对学生进行提问,没有预习报告不准进行实验。

- (2) 实验操作:进行实验操作时,根据设计要求组装电路并检查,构筑测试系统;粗测电路是否正常;测试电路的各种指标并与理论值进行比较。进行大型设计性实验时,应注意分级调试,再进行系统集成,然后再对系统进行测试。

- (3) 实验总结,写出实验报告:做完实验后,做出实验总结并写出实验报告。主要包括:原始实验数据的整理、误差计算、对实验中故障的处理和实验现象的分析,最后完成实验报告。

- (4) 实验报告的要求如下。

- ① 标题齐全(实验名称、周次、星期、专业班代号、姓名、学号、区号及桌号等)。
- ② 实验内容完整。

实验报告的基本格式如下。

实验名称

- 一、实验目的
- 二、实验设备(名称与型号)
- 三、实验内容
 - 1.……(电路图、表格、波形图)
 - 2.
 - ⋮
- 四、实验总结
 - 思考题、误差分析等

- ③ 实验图表应用直尺画,并根据要求选用合适的坐标纸(直角、对数)画波形图。
- ④ 电路图中应标出信号源、元器件的符号及参数。
- ⑤ 表格中应标注参数的单位。

1.1.5 电子技术实验室的规则

在电子技术实验室进行实验应遵循以下规则。

- (1) 按时上课,未完成实验不得早退,因事、因病不能上课应请假,由学员队负责人向教员交请假单。
- (2) 上课带齐所需用品(书、报告纸、坐标纸、尺子等)。
- (3) 进实验室穿鞋套,按指定桌号就位。
- (4) 就位后检查实验台仪器设备是否完好无缺。
- (5) 遵守课堂纪律,保持实验室肃静、整洁,严禁大声喧哗、打闹、调位、串位、吃东西、丢弃杂物等。
- (6) 严格遵守仪器操作规程。
- (7) 实验中发现问题应及时报告教员,不得自行处理,不得挪用其他桌上的仪器设备。
- (8) 实验完毕,将仪器设备、凳子摆放整齐,方可离开。
- (9) 实验报告应按要求及时提交。

1.2 测量误差及实验数据处理

1.2.1 测量误差概述

测量是通过实验获得对客观事物定量表征的过程,测量结果是验证理论的客观标准。通过测量可以揭示自然界的奥秘,可以发现理论中存在的问题以及理论的近似性和局限



性, 从而促进科学理论的进一步发展。一般的, 可将测量分为以下三大类。

- 直接测量。它是直接从实验中获得的测量结果。例如, 用数字万用表测量电流或电阻。
- 间接测量。被测量的物理量和其他几个物理量之间有一定的函数关系, 在实验中先测量其他几个物理量, 通过计算, 求得被测量的物理量的方法称为间接测量。例如, 用伏安法测量电阻器的电阻等。
- 组合测量。它是一种采用直接测量和间接测量相结合的方法获得一组实验数据的方法。例如, 用数字万用表测量晶体管放大器的静态工作点。

无论采用哪种测量方法, 测量的结果都不是完全精确的, 总是存在一定的误差。

1.2.2 测量误差的表示方法

被测量物理量有一个真实值, 称为真值, 它可以由理论给定值或标准计量仪器测定值来代表。在实际测量过程中, 由于测量仪器的精确度有限、测量方法的不完善、测量者的能力和生理限制以及测量环境等多种因素的影响, 测量值与真值之间总是存在一定的差异, 这种差异称为测量误差。测量者应该能够对测量误差做出估计, 并尽量减少测量误差。为此, 需要了解误差的定义、产生的原因和计算方法等。

1. 绝对误差

如果用 A_0 表示被测量的真值, 用 x 表示测量值, 用 Δx 表示绝对误差, 则

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1-1)$$

在实际工作中, 经常用高一级标准仪器测量被测量的指示值 A 代替真值, 则有

$$\Delta x = x - A \quad (1-2)$$

测量中还经常用到修正值的概念, 若用 $\mathcal{E}x$ 表示修正值, 则其定义为

$$\mathcal{E}x = -\Delta x = A - x \quad (1-3)$$

可见, 修正值就是绝对误差, 只是符号相反。需要注意的是, 绝对误差不能表明测量的精度。

2. 相对误差

为了表明测量精度, 经常采用相对误差。相对误差用符号 P 表示, 定义为绝对误差 Δx 与被测量真值 A 的比值, 用百分数表示, 即

$$P = \frac{\Delta X}{A} \times 100\% \quad (1-4)$$

一般被测量的真值 A 和测量仪表的指示值 X 相差不大, 当在工程上不能确定真值时, 常用测试仪表的指示值 X 近似代替真值进行计算, 为此定义示值相对误差为

$$P = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (1-5)$$

示值相对误差在实际测量中应用比较广泛。示值相对误差可为正值, 也可为负值。

1.2.3 实验数据读取及分析处理

1. 数据的读取与波形的观察

为获得正确的实验数据和波形,应做到以下几点。

(1) 必须根据不同的测试对象正确选用合适的仪表和量程。例如,在不同的场合,测量不同频率范围和不同电压量级的信号电压时,应注意选用不同灵敏度和内阻、不同频响的电压表。观察不同频率范围的信号波形时,同样要选用不同规格的示波器。另外,所选的量程要合适,否则将造成较大的测量误差。

(2) 所记录的数据必须是原始读数,而不是经换算后的数值,并应标明名称和单位。需绘制曲线时,注意在曲线变化显著的部位要多读取一些数据。对测得的原始数据还需预先做出估计,做到心中有数,以便及时发现并解决问题。另外,还应记录所使用仪表的型号、精度等级;必要时还应记下环境条件(如温度等),以供实验后分析、核对。

2. 误差的来源、分类与表示

在科学实验与生产实践的过程中,为了获取被研究对象特征的定量信息,必须准确地进行测量。而为了准确地测量某个参数的大小,首先要选用合适的仪器设备,并借助一定的实验方法,以获取必要的实验数据;其次是对这些实验数据进行误差分析与数据处理,但人们往往重视前者而忽视后者。

众所周知,在测量过程中,由于各种原因,实测结果和被测真值之间总存在一定差别,即测量误差。因此,分析误差产生的原因,采取措施减少误差,使测量结果更加准确等,是实验人员及科技工作者应该了解和掌握的。

1) 测量误差的来源

测量误差的来源主要有以下几种。

(1) 仪器误差:由于仪器的电气或机械性能不完善所产生的误差,如校准误差、刻度误差等。

(2) 使用误差(又称操作误差):它是指在使用仪器过程中,因安装、调节、布置、使用不当引起的误差。

(3) 人身误差:由于人的感觉器官和运动器官的限制所造成的误差。

(4) 环境误差:由于受到温度、湿度、大气压、电磁场、机械振动、声音、光照、放射性等影响所造成的附加误差。

(5) 方法误差(又称理论误差):由于使用的测量方法不完善、理论依据不严密、对某些经典测量方法作了不适当的修改简化所产生的,即在测量结果的表达式中没有得到反映的因素,而实际上这些因素又起作用所引起的误差。例如,用伏安法测电阻时,若直接以电压表示值与电流表示值之比作为测量结果,而不计电表本身内阻的影响,就会引起误差。

2) 测量误差的分类

根据误差的性质及产生原因,误差可分为系统误差、随机误差和过失误差三大类。

(1) 系统误差:在规定的测量条件下对同一个量进行多次测量时,如果误差的数值保