



电子技术 实训教程

• 杨碧石 主编 束 慧 陈兵飞 副主编

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

应用电子教育系列

电子技术实训教程

杨碧石 主编
束 慧 陈兵飞 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书提供了电子技术实验和电子技术课程设计等实验教学的基本知识和基本技能训练。全书以电子技术的基础实验和设计实验为主要内容,介绍了数字电子技术实验、模拟电子技术实验、电子设计自动化(EDA)实验的设计方法,还包含了多个电子技术课程设计的课题内容,此外,书中还阐明了一些常用电子仪器的工作原理、性能指标、使用方法及注意事项,并附有常用的电子元器件型号、特性参数、集成电路引脚图。

本书可作为高等院校电子、电气信息类及相关专业的本专科实验教材,还可供从事电子技术研究和开发的工程技术人员参考。

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

电子技术实训教程/杨碧石主编. —北京:电子工业出版社,2005.3

(应用电子教育系列)

ISBN 7-121-00984-6

I. 电... II. 杨... III. 电子技术—高等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 014612 号

责任编辑:刘海艳 特约编辑:杨晓红

印 刷:北京天宇星印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:403.2 千字

印 次:2005 年 3 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:22.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

丛书编委会名单

主 编：庄燕滨

副主编：常明华 华容茂 邵晓根 陈 雁

顾元刚 杨萃南

委 员：(以姓氏笔画为序)

邓 凯 朱宇光 刘红玲 李志球 华容茂

庄燕滨 许秀林 束 慧 吴国经 宋依青

张永常 张强华 张家超 陈兵飞 陈志荣

陈 雁 邵晓根 杨碧石 杨萃南 林全新

郑成增 徐煜明 周维武 顾元刚 高 波

常明华 常晋义 谢志荣 薄继康

前 言

电子技术是高等工科院校实践性很强的技术基础课程。为了培养高素质的专业技术人才,在理论教学的同时,必须十分重视和加强实验教学环节。如何在实验教学过程中,培养学生的实践能力、独立分析问题和解决问题的能力、创新思维能力和理论联系实际的能力及书面表达能力,是高等院校着力探索与实践的重大课题。

本书是根据“电子技术课程教学大纲及教学基本要求”,为适应当前教学改革的需要,在总结了近几年来实验教学改革的经验后而编写的。全书在实验的安排上既考虑了与理论教学保持同步,又考虑了培养学生能力的循序渐进的过程,实现了从验证到设计再到综合型设计的教学模式,有利于在培养学生基本实践能力的基础上,培养他们的创新意识和创新能力。它不仅是与“电子技术基础”、“数字电子技术基础”、“模拟电子技术基础”、“电子设计自动化(EDA)”等技术基础课程相配套的实验指导教程,而且可以作为电子技术爱好者进行电子技术实践活动的参考资料和指导教材。

全书主要内容分为5大部分:第一部分概述了电子技术实验基础知识和基本技能;第二部分提供了16个数字电子技术基础实验和6个设计性实验;第三部分提供了16个模拟电子技术基础实验和6个设计性实验;数字电子和模拟电子实验的实验内容分基础型和设计型两个层次,可根据教学的不同要求选择,以培养和提高学生的实践技能;第四部分提供了8个电子设计自动化(EDA)基础实验和4个设计性实验,介绍了目前使用的两种电子设计自动化(EDA)软件,通过设计实例介绍这些EDA软件的使用方法;第五部分系统介绍了电子技术课程的基础知识和10个课程设计题目;附录收集了电子技术实验相关的电子元器件型号、特性参数、引脚排列等,以备必要时查阅。附录还收集了最近两届全国大学生电子设计竞赛题。本书由杨碧石、束慧、陈兵飞、严飞合作编写,杨碧石担任主编,负责全书的总体策划。第1、3、4、5、6、7、10、11章由杨碧石编写,第2章和附录A、B、C、D由束慧编写;第8、9章由陈兵飞编写。严飞承担了本书部分插图的绘制及全国大学生电子设计竞赛题的收集工作。

由于编者水平所限,书中一定存在不少错误及疏漏,恳请读者提出批评和指正。

编 者

目 录

第一部分 电子技术实验基础知识与基本技能

第 1 章 电子技术实验基础知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 电子技术实验的意义、目的与要求	1
1.1.2 电子技术实验的类别和特点	2
1.1.3 实验安全	2
1.2 实验程序	3
1.2.1 实验准备	3
1.2.2 实验操作	4
1.2.3 撰写实验报告	4
1.3 测量误差基本知识	6
1.3.1 测量误差的类别	6
1.3.2 误差的表示方法	7
1.3.3 削弱或消除系统误差的主要措施	8
1.3.4 一次测量时的误差估计	9
1.4 数据的一般处理方法	9
1.4.1 有效数字的处理	9
1.4.2 有效数字的图解处理	11
第 2 章 常用电子测量仪器的使用	12
2.1 电子测量仪器的分类和选用	12
2.1.1 分类	12
2.1.2 电子仪器的选用原则	13
2.2 函数信号发生器/计数器	14
2.2.1 EE1641B 型函数信号发生器/计数器	14
2.2.2 CA1640—02 型函数信号发生器/计数器	18
2.3 电压表	19
2.3.1 指针式万用表	19
2.3.2 数字式万用表	24
2.3.3 电子电压表	27
2.4 示波器	29
2.4.1 波形显示原理	29
2.4.2 示波器的基本组成	32
2.4.3 PNGPOS9020 双踪示波器的使用方法	33

2.5 JT—1 型晶体管特性图示仪	37
2.5.1 工作原理简介	37
2.5.2 使用方法	38
2.6 电子仪器“接地”与“共地”问题	40
2.6.1 接地问题	40
2.6.2 共地问题	40
第3章 电子工艺知识与制作	42
3.1 电原理图的画法	42
3.1.1 部分元器件的图形符号和文字符号	42
3.1.2 电原理图的绘制	42
3.2 实验电路安装	43
3.2.1 插件实验电路板的使用方法	43
3.2.2 元器件安装方式	44
3.2.3 布线的一般原则	44
3.2.4 去耦与接地知识简介	45
3.3 印刷电路的设计与制作	45
3.3.1 印刷电路板图设计原则	46
3.3.2 印刷电路板制作	46
3.4 焊接工艺知识与操作	47
3.4.1 手工焊接知识	47
3.4.2 波峰焊接法简介	48

第二部分 数字电子技术实验

第4章 实验技术概要	49
4.1 数字集成电路概述	49
4.1.1 TTL 电路	49
4.1.2 CMOS 电路	50
4.2 测试和故障分析	51
4.2.1 测试	51
4.2.2 故障分析	51
4.3 数字电子技术实验仪	52
第5章 数字电子技术基本实验	53
5.1 基础实验	53
5.1.1 仪器的使用	53
5.1.2 TTL 集成门电路功能测试	55
5.1.3 TTL 集电极开路门与三态输出门的应用	58
5.1.4 组合逻辑电路	60
5.1.5 全加器	62
5.1.6 数据选择器	64

5.1.7 数码比较器	65
5.1.8 译码器	66
5.1.9 触发器	69
5.1.10 时序逻辑电路	71
5.1.11 集成计数器	74
5.1.12 移位寄存器	75
5.1.13 集成定时器	80
5.1.14 D/A 转换器	82
5.1.15 A/D 转换器	84
5.1.16 顺序脉冲发生器	86
5.2 设计性实验	88
5.2.1 数字钟	88
5.2.2 智力竞赛抢答器	88
5.2.3 交通信号灯控制器	89
5.2.4 乒乓球比赛游戏机	90
5.2.5 拔河比赛游戏机	90
5.2.6 数字式电容测试仪	91

第三部分 模拟电子技术实验

第6章 实验技术概要	93
6.1 元器件选用原则	93
6.1.1 半导体三极管选用原则	93
6.1.2 集成运算放大器选用原则	93
6.1.3 阻容元件选用原则	94
6.2 电压放大电路静态调试	94
6.2.1 分立元件放大电路静态调试	94
6.2.2 集成运放电路静态调试	96
6.3 放大电路动态调试	98
6.3.1 消除非线性失真	98
6.3.2 最佳工作点的调整和最大动态范围的测量	98
6.3.3 基本动态参数的测试方法	99
6.4 实验电路故障检查与排除	101
6.4.1 检查电路故障的基本方法	101
6.4.2 排除故障的一般步骤	102
第7章 模拟电子技术基本实验	104
7.1 基础实验	104
7.1.1 常用电子仪器的使用	104
7.1.2 单管放大电路	106
7.1.3 射极跟随器	108

7.1.4 场效应管放大电路	109
7.1.5 差动放大电路	111
7.1.6 反馈放大器	113
7.1.7 集成运放负反馈放大电路	115
7.1.8 基本运算电路	118
7.1.9 正弦振荡器	120
7.1.10 方波和三角波发生器	122
7.1.11 有源滤波器	123
7.1.12 电压比较器	125
7.1.13 功率放大器	127
7.1.14 电压-频率转换电路	128
7.1.15 串联型直流稳压电源	130
7.1.16 集成直流稳压电源	132
7.2 设计性实验	134
7.2.1 方波和三角波发生器	134
7.2.2 函数信号发生器	134
7.2.3 集成直流稳压电源(三端式稳压器)	135
7.2.4 低频功率放大器	136
7.2.5 万用电表	136
7.2.6 V/F 转换器	137

第四部分 EDA 实验

第 8 章 实验平台简介	139
8.1 ispEXPERT 设计环境和基本操作	139
8.1.1 ispEXPERT 设计环境	140
8.1.2 基本命令	141
8.1.3 设计流程	145
8.1.4 设计输入、设计实现、设计仿真及下载	146
8.1.5 ispEXPERT 系统中 VHDL 语言的设计方法	149
8.2 MAX + plus II (10.2 版本)设计环境和基本操作	150
8.2.1 MAX + plus II 概况	150
8.2.2 MAX + plus II 设计流程	150
第 9 章 EDA 基本实验	161
9.1 基础实验	161
9.1.1 原理图输入设计 8 位全加器	161
9.1.2 用 VHDL 描述设计 1 位全加器	162
9.1.3 VHDL 的三种描述风格	163
9.1.4 七段 LED 译码显示电路	163
9.1.5 计数器设计	164

9.1.6 汽车尾灯控制电路	165
9.1.7 交通灯控制电路设计	166
9.1.8 序列检测器设计	167
9.2 设计性实验	168
9.2.1 数字钟设计	168
9.2.2 电梯控制器	169
9.2.3 A/D采样控制器设计	170
9.2.4 智能函数发生器设计	170

第五部分 电子技术课程设计

第10章 课程设计基础知识	172
10.1 电子电路的设计方法	172
10.1.1 明确系统的设计任务要求	172
10.1.2 方案选择	172
10.1.3 单元电路的设计、参数计算和器件选择	172
10.2 电子电路的组装、调试与总结	174
10.2.1 电子电路的组装	174
10.2.2 电子电路的调试	175
10.3 课程设计总结报告	176
第11章 课程设计课题	178
11.1 逻辑信号电平测试器的设计	178
11.1.1 电路组成及其工作原理	178
11.1.2 技术指标	180
11.2 扩音机	181
11.2.1 扩音机组成及工作原理	181
11.2.2 技术指标	181
11.3 多用信号发生器	181
11.3.1 多用信号发生器的基本原理	181
11.3.2 技术指标	183
11.4 稳压电源	183
11.4.1 稳压电源的工作原理	183
11.4.2 器件简介	184
11.4.3 调试要点	184
11.4.4 技术指标	184
11.5 水温控制系统	185
11.5.1 水温控制系统的工作原理	185
11.5.2 技术指标	185
11.6 通用程控计数器	185
11.6.1 通用程控计数器工作原理	185

11.6.2 技术指标	186
11.7 电子秒表	186
11.7.1 电子秒表工作原理	186
11.7.2 技术指标	187
11.8 直流数字电压表	188
11.8.1 直流数字电压表工作原理	188
11.8.2 技术指标	189
11.9 数字温度计	189
11.9.1 数字温度计的工作原理	189
11.9.2 技术指标	189
11.10 数字频率计	190
11.10.1 数字频率计工作原理	190
11.10.2 技术指标	192

第六部分 附 录

附录 A 常用电阻器	193
A.1 电阻器和电位器的型号命名法	193
A.2 电阻种类及几种常用电阻的结构和特点	193
A.3 电阻器的主要性能指标	193
A.4 电路图中电阻器符号及参数标记规则	195
A.5 电阻器的色标	195
附录 B 常用电容器	197
B.1 电容器的型号命名法	197
B.2 电容器种类及几种常用电容的结构和特点	197
B.3 电容器的主要特性指标	198
B.4 电路图中电容器符号及参数标记规则	199
B.5 电容器的色标	200
附录 C 半导体器件	202
C.1 半导体二极管	202
C.2 半导体三极管	205
附录 D 半导体集成电路	209
D.1 半导体集成电路的型号命名方法	209
D.2 常用集成电路引脚排列图及功能表	211
附录 E 全国大学生电子设计竞赛题目	222

第一部分 电子技术实验基础知识与基本技能

第 1 章 电子技术实验基础知识

掌握一般实验程序、测量误差概念及测量数据的一般处理方法,常用电子仪器的基本原理、使用方法及电信号主要参数的测试方法,初步的工艺知识与制作等有关实验的必备知识与技能,有助于提高实验效果和动手能力。

1.1 概述

充分的实验准备工作、正确的实验操作方法和撰写合格的实验报告,是工科学生应掌握的一种基本技能。实验数据必然存在误差,应了解产生系统误差、偶然误差和过失误差的主要原因和掌握尽量减小上述误差的一般方法。实验数据是分析实验结果、反映实验效果的主要依据。应掌握读取、记录和处理实验数据的一般方法。

1.1.1 电子技术实验的意义、目的与要求

1.1.1.1 意义

电子技术实验,就是根据教学、生产和科研的具体要求进行设计、安装与调试电子电路的过程。显然,它是将技术理论转化为实用电路或产品的过程。在上述过程中,既能验证理论的正确性和实用性,又能从中发现理论的近似性和局限性。由于认识的进一步深化,往往可以发现新问题,产生新的设计思想,促使电子电路理论和应用技术进一步向前发展。

目前,电子技术的发展日新月异,新器件、新电路(主要指集成电路)相继诞生并迅速转化为生产力。要认识和应用门类繁多的新器件和新电路,最为有效的途径就是进行实验。通过实验,可以分析器件和电路的工作原理,完成性能指标的检测;可以验证和扩展器件、电路的性能或功能,扩大使用范围;可以设计并制作出各种实用电路和设备。总之,可以断言,不进行实验,就不可能制造出适应“四化”建设需要的各种电子设备。可见,熟练掌握电子电路实验技术,对从事电子技术的人员是至关重要的。

1.1.1.2 目的

就教学而言,电子技术实验,是培养电子、电气类专业应用型人才的基本内容之一和重要手段。所以,“应用”是它直接的、惟一的目的。具体地讲,通过它可以巩固和深化应用技术的

基础理论和基本概念,并付诸于实践。在实验这一过程中,要培养理论联系实际的学风、严谨求实的科学态度和基本工程素质(其中应特别注重动手能力的培养),以适应实际工作的需要。

1.1.1.3 要求

- (1) 能读懂基本电子电路图,有分析电路作用或功能的能力。
- (2) 有设计、组装和调试基本电子电路的能力。
- (3) 会查阅和利用技术资料,有合理选用元器件(含中规模集成电路 MSI)并构成小系统电路的能力。
- (4) 有分析和排除基本电子电路一般故障的能力。
- (5) 掌握常用电子测量仪器的选择与使用方法和各类电路性能(或功能)的基本测试方法。
- (6) 能够独立拟定基本电路的实验步骤,写出严谨、有理论分析、实事求是、文字通顺和字端端正的实验报告。

1.1.2 电子技术实验的类别和特点

按照实验电路传输信号的性质来分,可分为模拟电子技术实验和数字电子技术实验两大类。每大类又可按实验目的与要求分成两种。第一种是验证性和检测性的基础实验,其目的是验证电子电路的基本原理,通过实验探索提高电路性能(或扩展功能)的途径或措施,检测器件或电路的性能(或功能)指标,为分析和应用准备必要的技术数据。第二种是设计性或综合性实验,其目的是综合运用有关知识,设计、安装与调试自成系统的、实用的电子电路。

电子技术实验有如下特点:

(1) 理论性强。主要表现在:没有正确的理论指导,就不可能设计出性能稳定、符合技术要求的实验电路,不可能拟定出正确的实验方法和步骤;另外,实验中一旦发生故障,就会陷入束手无策的境地。因此,要做好实验,首先应学好模拟电子技术和数字电子技术课程。

(2) 工艺性强。主要表现在:有了成熟的实验电路方案,但由于装配工艺不合理,一般不会取得满意的实验结果,甚至实验宣告失败(高频电路实验尤为如此)。因此,需要认真掌握电子工艺技术。

(3) 测试技术要求高。主要表现在:实验电路类型多,不同的电路有不同的功能或性能指标,不同的性能指标有不同的测试方法,采用不同的测试仪器。因此,应熟练掌握基本电子测量技术和各种测量仪器的使用方法。

总之,进行电子技术实验,需要具备本专业多方面的理论知识和实践技能,否则,实验效果将受到不同程度的影响。

1.1.3 实验安全

实验安全包括人身安全和设备安全。

1.1.3.1 人身安全

(1) 实验时不得赤脚,实验室的地面应有绝缘良好的地板(或垫);各种仪器设备应有良好的地线。

(2) 仪器设备、实验装置中通过强电的连接导线应有良好的绝缘外套,芯线不得外露。

(3) 实验电路接好后,检查无误方可接入电源。应养成先接实验电路后接通电源,实验完毕先断开电源后拆实验电路的操作习惯。另外,在接通交流 220V 电源前,应通知实验合作者。

(4) 在进行强电或具有一定危险性的实验时,应由两人以上合作。测量高压时,通常采用单手操作并站在绝缘垫上。

(5) 万一发生触电事故时应迅速切断电源。如距电源开关较远,可用绝缘器具将电源线切断,使触电者立即脱离电源并采取必要的急救措施。

1.1.3.2 仪器安全

(1) 使用仪器前,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) 使用仪器,应按要求正确地接线。

(3) 实验中要有目的地旋动仪器面板上的开关(或旋钮),旋动时切忌用力过猛。

(4) 实验过程中,精神必须集中。当嗅到焦臭味,见到冒烟和火花,听到劈啪声,感觉到设备过烫或出现熔断器熔断等异常现象时,应立即切断电源,在故障未排除前不准再次开机接通电源。

(5) 搬动仪器设备时,必须轻拿轻放。未经允许不准随意调换仪器,更不准擅自拆卸仪器设备。

(6) 仪器使用完毕,应将面板上各旋钮、开关置于合适的位置,如电压表量程开关应旋至最高挡位等。

1.2 实验程序

实验一般可分为三个阶段,即实验准备、实验操作和撰写实验报告。

1.2.1 实验准备

实验能否顺利地进行并取得预期的效果,在很大程度上取决于实验前的准备是否充分。

1.2.1.1 实验准备一

实验前,应按“实验任务书”的要求写出“实验准备报告”(或称“预习报告”)。具体要求是:

(1) 认真阅读教材中与本实验有关的内容和其他参考资料,独立完成“实验准备报告”。

(2) 根据实验的目的与要求,设计或选用实验电路和测试电路。所设计的电路,估算要正确,设计步骤要清楚,画出的电路要规范,电路中图形符号和元器件数值标注要符合现行国家标准。

(3) 列出本次实验所需元器件、仪器设备和器材详细清单,在实验前交实验室。

(4) 拟出详细的实验步骤,包括实验电路的调试步骤与测试方法,设计好实验数据记录表格。

1.2.1.2 实验准备二

在实验前,应主动到开放实验室或相应课程实验室,熟悉测试仪器的使用方法。

1.2.1.3 实验准备三

实验开始,应认真检查所领到的元器件型号、规格和数量,并进行预测量。检查并校准电子仪器状态,若发现故障应及时报告指导教师。

1.2.2 实验操作

正确的操作方法和操作程序是提高实验效果的可靠保障。因此,要求在每一操作步骤之前都要做到心中有数,即目的要明确。操作时,既要迅速又要认真。大体注意事项有:

(1) 应调整好直流电源电压,使其极性和大小满足实验要求;调整好信号源电压,使其大小满足实验要求。

(2) 实验中要眼观全局。先看现象,例如仪表有无超量程和其他不正常现象,然后再读取数据。对于指针式仪表,读数前要认清仪表量程及刻度,读数时,身体姿势要正确——眼、指针和针影应成一线。

(3) 利用无焊接实验电路板(俗称面包板)插接电路时,要求接插迅速、接触良好和电路布局合理(要为调试操作创造方便条件,避免因接入测量探头而造成短路或其他故障)。

(4) 在通电的情况下,不得拔、插(或焊接)半导体器件,应在关闭电源后进行。

(5) 任何电路均应首先调试静态,然后进行动态测试。测试时,手不得接触测试表笔(或探头)的金属部分,最好用高频同轴电缆(或屏蔽导线)作测试线,地线要接触良好且应尽量短些。

1.2.3 撰写实验报告

1.2.3.1 写实验报告的目的

按照一定的格式和要求,表达实验过程和结果的文字材料称为实验报告。它是实验工作的全面总结和系统的概括。

写实验报告的过程,就是对电路的设计方法和实验方法加以总结,对实验数据加以处理,对所观察的现象加以分析并从中找出客观规律和内在联系的过程。如果做了实验而未写出实验报告,就等于有始无终,半途而废。

对工科学生而言,撰写实验报告也是一种基本技能训练。通过写实验报告,能够深化技术基础理论的认识,提高技术基础理论的应用能力,掌握电子测量的基本方法和电子仪器的使用方法,提高记录、处理实验数据和分析、判断实验结果的能力,培养严谨的学风和实事求是的科学态度,锻炼科技文章写作能力等。此外,实验报告也是实验成绩考核的重要依据之一。

总之,撰写报告是实验工作不可缺少的一个重要环节,切不可忽视。

1.2.3.2 实验报告的内容

因实验的性质和内容有别,报告的结构并非千篇一律。就电子技术实验而言,实验报告一

般应由以下几部分组成。

1. 实验名称

每篇报告均应有其名称(或称标题),并应列在报告的最前面,使人一看便知该报告的性质和内容。实验名称应写得简练、鲜明、准确。简练,就是字数要尽量少;鲜明,就是令人一目了然;准确,就是能恰当地反映实验的性质和内容。

2. 实验目的

指明为什么要进行本次实验。要求写得简明扼要,常常是列出几条。在一般情况下,要写出三个层次的内容,即通过本次实验要掌握什么,熟悉什么,了解什么。

应当指出,有时为了突出主要目的,次要内容可以不写入报告。

3. 测试电路及仪器

测试电路除了能够表明被测电路与测试仪器的联结关系以外,还能反映出所采用的测试方法和测试仪器。一般而言,不同的测试方法有不同准确度的测试结果。所以,画出测试电路是必要的,列出实验用仪器的名称和型号,其目的是让人了解实验仪器的精度等级和先进程度,以便对实验结果的可信度作出恰当的评价。

4. 设计任务与方案

按要求写入已知条件和设计要求。

5. 装配与调试步骤

若采用印刷电路板装配时,应画出装配示意图,若用面包板插装,可省略示意图。调试时应写出调试方法、步骤和内容等。

6. 预测量与设计方案修正

写入预测量数据与设计要求是否相符的内容,不符合设计要求又是怎样修正设计方案的内容(即电路元器件参数有哪些变动)。本栏目内容可与第5条结合进行。

7. 数据记录

实验数据是在实验过程中从仪器、仪表上所读取的数值,可称为“原始数据”。要根据仪表的量程和精密度等级确定实验数据的有效数字位数(见本章1.4节)。一般是先记录在准备报告或实验笔记本上,然后加以整理,写入精心设计的表格中。所设计的表格要能反映数据的变化规律及各参量间的相关性。表格的项目栏要注明被测物理量的名称(或文字符号)和量纲,说明栏中,数字小数点要上下对齐,给人以清晰的感觉。在整理实验数据时,如发现异常数据,不得随意舍掉,应进行复测加以验证。

8. 实验结果

将实验数据代入公式,求出计算结果。例如,输入电压为0.01V,测得输出信号电压有效值 $U_o = 0.5V$, 则 $|A_u| = U_o / U_i = 0.5 / 0.01 = 50$ 。有时为了更直观地表达各变量间的相互关系,常采用作图法反映实验结果。实验数据必然存在误差,因此,应进行误差估算。估算的目的:一是对提出误差要求的实验,要验证实验结果是否超差;二是找出影响实验结果准确性的主要因素,对超差或异常现象做出合理的解释,提出改进措施。

9. 讨论

讨论包括回答思考题及对实验方法、实验装置等提出改进建议。

10. 参考资料

参考资料记录实验前、后阅读过的有关资料(作者、资料名称、出版单位及出版日期),为今

后查阅提供方便。

1.2.3.3 写实验报告应注意的几个问题

(1) 要写好实验报告,首先要做好实验。实验做得不成功,在文字上花多大工夫也是补救不了的。

(2) 写实验报告必须有严肃认真、实事求是的科学态度。不经重复实验不得任意修改数据,更不得伪造数据。分析问题和得出结论既要从实际出发,又要有理论依据,没有理论分析的实验报告算不上好报告,但照抄书本也不可取。

(3) 在处理实验数据时,必然遇到实验测量误差和有效数字位数问题,应按照有关章节要求去做。

(4) 图与表是表达实验结果的有效手段,比文字叙述直观、简捷,应充分利用;实验电路的画法应符合规定。

(5) 实验报告是一种说明文体,它不要求艺术性和形象性,而要求用简练和确切的文字、技术术语恰当地表达实验过程和实验结果。实验报告常采用无主语句,如:“按图所示连接实验电路。”因为人们关心的不是哪个人去连接电路,而是怎么连接。

1.3 测量误差基本知识

被测量有一个真实值,简称为真值,它由理论给定或由计量标准规定。在实际测量该被测量时,由于受到测量仪器的精度、测量方法、环境条件和测量者能力等因素的限制,测量值与真值之间不可避免地存在差异,这种差异定义为测量误差。

学习有关测量误差知识的目的,就在于在实验中合理地选用测量仪器和测量方法,以便获得符合误差要求的测量结果。

有关误差分析的书籍很多。因受篇幅限制,本书不作详尽的分析,仅从尽量减小测量误差的角度介绍一些基本概念。

1.3.1 测量误差的类别

根据误差的性质及其产生的原因,测量误差一般分为三类。

1.3.1.1 系统误差

在规定的测量条件下,对同一量进行多次测量时,如果误差的数值保持恒定或按某种确定的规律变化,则称这种误差为系统误差。例如,电表零点不准;温度、湿度、电源电压等因素变化所造成的误差均属于系统误差。

系统误差有一定的规律性,可以通过试验和分析,找出产生的原因,设法予以削弱或消除。

1.3.1.2 偶然误差(又称随机误差)

在规定的测量条件下,对同一量进行多次测量时,如果误差的数值发生不规则的变化,则称这种误差为偶然误差。例如,热骚动、外界干扰和测量人员感觉器官无规律的微小变化等因素所引起的误差,便属于偶然误差。