



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学信息科学技术学院教材——实验实践系列

电子电路实验

Experiments on Electronic Circuits

高文焕 张尊侨 徐振英 金平 许忠信 编著

Gao Wenhuan Zhang Zunqiao Xu Zhenying Jin Ping Xu Zhongxin

清华大学出版社

Experiments on
Electronic Circuits



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TN710/213

2008

清华大学信息科学技术学院教材——实验实践系列

电子电路实验

Experiments on Electronic Circuits

高文焕 张尊侨 徐振英 金平 许忠信 编著

Gao Wenhuan Zhang Zunqiao Xu Zhenying Jin Ping Xu Zhongxin

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是为适应电子电路实验教学改革的需要,在总结多年实验教学经验的基础上编写而成的实验教材。全书共分为9章,内容是:电子电路实验的基础知识、常用电子仪器的原理与使用、模拟电路基础型实验、数字电路基础型实验、电子电路的计算机辅助分析与设计、电子电路设计型实验、电子电路研究型实验、可编程逻辑器件及其应用、实验用电路元器件等。

本书安排了较多的实验题目,且每个实验题目包括较多的实验项目,其内容和难易程度基本上覆盖了不同层次的教学要求,任课教师可以根据实际情况灵活选用。为了适应不同类型实验课的需求,每个实验都附有实验原理、参考实验电路和思考题。

本书可作为高等学校电类本科和高等学校工程电类专科的电子电路实验的教材,也可作为从事电子技术工作的工程技术人员的参考书。

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

电子电路实验/高文焕等编著. —北京:清华大学出版社,2008.8

(清华大学信息科学技术学院教材——实验实践系列)

ISBN 978-7-302-17353-3

I. 电… II. 高… III. 电子电路—实验—高等学校—教学参考资料 IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 057275 号

责任编辑:陈国新

责任校对:白 蕾

责任印制:王秀菊

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:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:26.25 字 数:583 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版 印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:38.00 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:024243-01

前言

本书是为了适应电子技术的飞跃发展和培养高质量人才的需要,在清华大学出版社2004年出版的《电子技术实验》的基础上,总结多年的教学改革和实践经验编写而成的。考虑到本书是配合电子技术类与电子线路类课程中的模拟电路和数字电路两门理论课程的实验教材,故改名为《电子电路实验》。

电子电路实验的主要任务是培养学生的实践能力、研究与创新能力,因此要突出基本实验技能、科学实验方法的训练,突出电路设计与电路实现能力、使用计算机工具能力的培养,突出研究、探索和创新精神。为此,电子电路实验的课程体系与内容需要不断地改革。

本书在编写过程中,力图建立以培养能力和创新精神为目标的分层次的实验教学新体系,将主要实验教学内容分为基础型实验、设计型实验、研究型实验三个层次。注意将培养创新能力和研究性思维贯穿整个实验教学之中,包括大力开发研究型实验项目,增加研究型实验的比例,在基础型实验和设计型实验中尽可能增加研究的内容。努力做到以学生为本,为学生营造自主学习、自主研究的环境和氛围,使学生有多种选择的空间。同时,尽量以实验任务书来代替实验指导书,许多实验题目和实验项目一般只提出实验要求,由学生自己自主设计实验方案,设计实验电路,选定实验元器件、测试方法等,以便充分调动和发挥学生的积极性和主动性,使学生有独立思考的空间。

本书可作为一般电子电路实验和课程设计的教材。全书共分为9章。

第1章介绍电子电路实验的基础知识,包括电子电路实验的主要内容、过程与要求,实验测量误差,实验数据处理,基本电量和电子电路主要参数的测量方法,以及电子电路的安装、调试与故障排除方法等,为后面的实验打下基础。

电子仪器是观察物理现象,测量电子系统或电路性能的工具,了解常用电子仪器的基本原理,正确选择与使用电子仪器,掌握电路与系统的测试方法是进行电路实验和科学研究的基础,也是培养实验能力的重要内容。对于从事电子技术工作的科技人员来说,是必须具有的基本功,电子电路实验课程必须充分重视这一问题。因此,本书第2章专门介绍了常用电子仪器的原理、使用方法和电子网络主要性能指标的测试方法等,并安排专门的实验进行练习,且将此项训练作为基本要求贯穿整个实验教学过程中。

按照基础型实验、设计型实验和研究型实验来安排实验内容。本书的第3、4章分别安

排了模拟电路和数字电路基础型实验。第6、7章分别安排了设计型实验和研究型实验。研究型实验是具有研究性和探索性的大型实验,需要较多的时间和较多的条件,第7章可作为课程设计或大型专题实验的教材或参考资料。

随着电子设计自动化程度的迅速提高和集成电路技术与工艺的迅速进步,电子系统已进入片上系统的阶段。使用计算机辅助分析和设计工具来分析与设计电路,已经成为电类本科生必须掌握的基础知识和必备的基本能力。所以培养学生具有使用工具的习惯和能力是电子电路实验课程的另一项重要任务。本书的第5章,以典型软件 OrCAD PSpice A/D 9 为例,介绍 PSpice 软件的功能、使用方法,并通过电路实例和实验,使学生逐步掌握如何使用 CAD 工具进行电路分析与设计的基本方法,培养学生具有使用 CAD 工具的习惯和能力。

近年来,采用大规模可编程逻辑器件为电路载体,以硬件描述语言表达系统的逻辑关系,以微机和开发软件作为设计工具来设计数字系统已成为一种趋势。因此,本书的第8章简单介绍了大规模可编程逻辑器件(FPGA/CPLD)、硬件描述语言(VHDL)、软件开发工具等基础知识,并安排相应的实验,使学生受到基本训练,为今后使用可编程逻辑器件设计较复杂的数字系统打下较好的基础。

本书第9章为实验常用电路元器件,供查阅。

为了适应不同实验课的类型和不同实验学时的需求,本书安排了较多的实验题目,且每个实验题目包括较多的实验项目,其内容和难易程度基本上覆盖了不同层次的教学要求,为因材施教提供了基本素材,任课教师可以根据实际情况灵活选用。此外,每个实验都附有实验原理和思考题,有的还附有参考实验电路。多数学生可以通过自学或在教师的指导下,自行拟定实验步骤和测试方法,独立完成实验全过程。

参加本书编写工作的有高文焕(第1、2章及附录A)、张尊侨(第3、4、9章)、徐振英(第6、7章)、金平(第5章)、许忠信(第8章及附录B)等同志,高文焕同志为主编,负责全书的组织 and 定稿。

在编写过程中得到清华大学电工电子实验教学中心许多同志的支持。在此,对以上所有给予支持、帮助和指导的同志致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编者 王

2007年12月

于北京清华园

目 录

37	.....	电子电路实验课的意义与要求	1
38	.....	1.1.1 电子电路实验在人才培养中的作用	1
39	.....	1.1.2 电子电路实验的主要内容与基本要求	2
40	.....	1.2 电子电路实验的一般过程和要求	3
41	.....	1.3 实验测量误差	4
42	.....	1.3.1 测量误差的来源与分类	5
43	.....	1.3.2 测量误差的表示方法	6
44	.....	1.3.3 误差的估计	7
45	.....	1.3.4 误差的消除方法	9
46	.....	1.4 实验数据处理	10
47	.....	1.4.1 测量读数的处理	10
48	.....	1.4.2 实验数据的处理方法	12
49	.....	1.5 常用基本电量和电路参数的测量方法	13
50	.....	1.5.1 电压的测量	13
51	.....	1.5.2 输入电阻与输出电阻的测量	14
52	.....	1.5.3 电压增益及频率特性的测量	16
53	.....	1.6 电子电路的安装、调试与故障排除方法	17
54	.....	1.6.1 电子电路的安装	17
55	.....	1.6.2 电子电路的调试	19
56	.....	1.6.3 电子电路的故障排除方法	21
57	.....	第2章 常用电子仪器的原理与使用	23
58	.....	2.1 电子示波器的原理与应用	23
59	.....	2.1.1 示波器的组成及显示波形的基本原理	23
60	.....	.....	.....

2.1.2	示波器电路的组成及工作原理	27
2.1.3	电子示波器的主要技术指标和正确使用方法	36
2.1.4	使用示波器测量电压、相位、时间与频率	37
2.2	SS7804/7810 型示波器的主要技术指标和使用方法	40
2.2.1	SS7804 型示波器的主要性能指标	40
2.2.2	SS7804 型示波器前面板各部件的作用及使用方法	41
2.2.3	SS7810 型示波器简介	45
2.2.4	SS7804/7810 型示波器的屏幕字符显示	46
2.2.5	SS7804/7810 型示波器的校准方法	48
2.2.6	使用 SS7804/7810 型示波器测量电压、相位、时间和频率	48
2.3	EE1642B1 型函数信号发生器的原理与应用	50
2.3.1	EE1642B1 型函数信号发生器的组成及工作原理	50
2.3.2	EE1642B1 型函数信号发生器主要技术指标	50
2.3.3	EE1642B1 型函数信号发生器使用说明	52
2.3.4	AFG310 型任意函数波形发生器简介	54
2.4	DH1718 E-4 型双路直流稳压电源简介	57
2.4.1	概述	57
2.4.2	电源的主要性能指标	57
2.4.3	电源面板各部件的作用与使用方法	58
2.5	GH4821 型晶体管特性图示仪简介	59
2.5.1	晶体管图示仪的基本原理	59
2.5.2	GH4821 型晶体管特性图示仪的主要技术指标	60
2.5.3	GH4821 型晶体管特性图示仪的面板各部件的作用与使用方法	61
2.6	SA1030 型数字频率特性测试仪的原理与应用	65
2.6.1	概述	65
2.6.2	SA1030 型数字频率特性测试仪的组成及工作原理	65
2.6.3	SA1030 型数字频率特性测试仪的主要技术指标	66
2.6.4	SA1030 型数字频率特性测试仪的前面板简介	67
2.6.5	SA1030 型数字频率特性测试仪的菜单操作	68
2.6.6	SA1030 型数字频率特性测试仪的使用方法	72
2.7	实验 常用电子仪器的使用与二端口网路参数的测量方法	73
第 3 章	模拟电路基础型实验	77
3.1	实验 1 单管放大电路	77
3.2	实验 2 多级放大电路	81

3.3	实验 3 由集成运算放大器构成的负反馈放大电路	84
3.4	实验 4 增益自动切换的电压放大电路	88
3.5	实验 5 波形产生电路	91
3.6	实验 6 RC 有源滤波电路	95
3.7	实验 7 函数信号发生器电路	99
3.8	实验 8 集成功率放大电路	104
3.9	实验 9 555 定时器的应用	109
第 4 章 数字电路基础型实验		115
4.1	实验 1 与非门电路的测试	115
4.2	实验 2 简单组合逻辑电路的设计	121
4.3	实验 3 键盘输入电路的设计	125
4.4	实验 4 计数器电路实验	127
4.5	实验 5 定时控制电路的设计	131
4.6	实验 6 交通指挥灯电路的设计	135
4.7	实验 7 扫描显示电路的设计	139
4.8	实验 8 误码测试仪电路的设计	144
第 5 章 电子电路的计算机辅助分析与设计		148
5.1	概述	148
5.1.1	电路 CAD 技术及工具	148
5.1.2	电子电路 CAD 工具 PSpice 软件简介	149
5.2	OrCAD PSpice 软件功能介绍	151
5.2.1	电路基本特性的分析功能	151
5.2.2	电路复杂特性的分析功能	152
5.3	OrCAD PSpice 的元器件及其模型参数	153
5.3.1	OrCAD PSpice 程序常用电路元器件	153
5.3.2	OrCAD PSpice 程序中常用半导体器件的模型参数	154
5.4	使用 OrCAD Capture 软件绘制电路图	157
5.4.1	运行 Capture 软件	158
5.4.2	绘制电路原理图	164
5.5	OrCAD PSpice 仿真分析	174
5.5.1	OrCAD PSpice 仿真分析的基本步骤	174
5.5.2	OrCAD PSpice 仿真分析的操作方法	182
5.6	数字电路的仿真分析	198

18	5.6.1	数字电路仿真分析的基本概念	198
88	5.6.2	数字电路仿真实例	199
10	5.7	数模混合电路的仿真分析	204
30	5.8	电子电路的仿真实验	206
30	5.8.1	教学目的与要求	206
101	5.8.2	实验1 单管共发射极放大电路	207
103	5.8.3	实验2 有源负载差动放大电路	207
112	5.8.4	实验3 多级放大电路	208
112	5.8.5	实验4 由集成运放组成的多谐振荡电路	209
121	5.8.6	实验5 直流稳压电源	209
121	5.8.7	实验6 两位全减器电路	210
122	5.8.8	实验7 十字路口交通信号灯控制电路	210
123	5.8.9	实验8 序列码产生电路	211
131	5.8.10	实验9 十六进制加法计数器	211
131	第6章	电子电路设计型实验	212
141	6.1	概述	212
141	6.1.1	电子电路设计型实验的意义和教学目的	212
141	6.1.2	设计型实验的主要教学环节	213
141	6.1.3	电子电路设计中应注意的几个问题	213
141	6.2	设计型实验的设计举例	214
140	6.2.1	实验任务与要求	215
121	6.2.2	设计分析与电路设计	215
131	6.2.3	思考题	220
123	6.3	实验1 负反馈放大电路	220
123	6.4	实验2 产品分档电路的设计	226
123	6.5	实验3 压控波形发生器	228
124	6.6	实验4 密码锁电路	229
123	6.7	实验5 抢答电路的设计	233
128	6.8	实验6 彩灯电路的设计	234
141	6.9	实验7 流水线产品统计电路设计	236
174	6.10	实验8 A/D和D/A转换器应用电路设计	238
174	6.11	实验9 超声波遥控电路的设计	241

第 7 章 电子电路研究型实验	243
7.1 概述	243
7.1.1 电子电路研究型实验的意义和教学目的	243
7.1.2 电子系统电路的设计与实现	244
7.1.3 实验的总结与交流答辩	248
7.2 研究型实验的分析设计举例	249
7.2.1 实验任务和要求	249
7.2.2 方案研究与电路设计分析	250
7.2.3 电路实际运行现象研究和电路改进	252
7.3 实验 1 超声波测距系统的设计	253
7.4 实验 2 超声波测速系统的设计	255
7.5 实验 3 数字温度计的设计	256
7.6 实验 4 量程自动切换的数字电压表的设计	258
7.7 实验 5 简易频率特性测试电路的设计	258
7.8 实验 6 半导体器件参数测量电路的设计	260
7.9 实验 7 汽车踏板压力测量仪电路的设计	262
7.10 实验 8 瓶装液体灌装机控制电路的设计	263
7.11 实验 9 简易失真度测量电路的设计	265
7.12 实验 10 简易低频频谱分析仪电路的设计	268
第 8 章 可编程逻辑器件及其应用	270
8.1 可编程逻辑器件 FPGA/CPLD 简介	270
8.1.1 FPGA/CPLD 的基本结构	270
8.1.2 FPGA/CPLD 器件	272
8.1.3 FPGA/CPLD 的开发工具	272
8.2 VHDL 基础	272
8.2.1 VHDL 的基本结构	273
8.2.2 VHDL 语言要素	275
8.2.3 VHDL 常用语句	281
8.2.4 层次化设计	284
8.2.5 结构体的三种描述方法	285
8.2.6 VHDL 设计范例	287
8.3 可编程逻辑器件的开发工具 QuartusII	292
8.3.1 QuartusII 基本设计流程	293

8.3.2	QuartusII 设计示例	298
8.3.3	LPM 宏功能模块应用	308
8.3.4	嵌入式逻辑分析仪 SignalTapII 的使用方法	312
8.4	FPGA 实验	317
8.4.1	FPGA 实验的一般过程与要求	317
8.4.2	实验 1 多路选择器的设计	318
8.4.3	实验 2 1 位十进制加减法运算器的设计	319
8.4.4	实验 3 乘法器的设计	320
8.4.5	实验 4 计数器的设计	321
8.4.6	实验 5 时钟分频电路的设计	322
8.4.7	实验 6 用状态机实现简单计算器	323
8.4.8	实验 7 VGA 显示控制器设计	324
8.4.9	实验 8 PS/2 键盘接口控制器设计	326
第 9 章	实验用电路元器件	330
9.1	常用电阻电容元件	330
9.1.1	电阻器型号命名与识别方法	330
9.1.2	电容器的型号命名与识别方法	333
9.2	常用半导体器件	337
9.2.1	常用半导体器件型号命名的国家标准	337
9.2.2	常用二极管的型号及性能	340
9.2.3	常用三极管的型号及性能	341
9.3	几种常用模拟集成电路简介	344
9.3.1	μ A741 通用集成运算放大器	344
9.3.2	LM318 高速集成运算放大器	345
9.3.3	μ A348 四通用集成运算放大器	347
9.3.4	μ A324 四通用单电源集成运算放大器	348
9.3.5	OP07 集成运算放大器	349
9.3.6	LF347 集成运算放大器	350
9.3.7	电压比较器 LM311	352
9.3.8	音频功率放大器 LM386	352
9.3.9	音频功率放大器 LM388	353
9.3.10	音频功率放大器 LA4102	354
9.3.11	四象限相乘器 MC1496	355
9.3.12	CMOS 模拟开关 4052	358

9.3.13	CMOS 模拟开关 4066	358
9.3.14	555、556 定时器电路	359
9.3.15	集成三端稳压器电路	360
9.4	常用的数字集成电路简介	361
9.4.1	几类常用数字集成电路的典型电参数	361
9.4.2	常用的 TTL 数字集成电路功能及引脚图	362
9.4.3	常用 CMOS 数字集成电路引脚图	372
9.5	常用的显示器件	375
9.5.1	发光二极管	375
9.5.2	字码管	376
9.5.3	发光二极管阵列显示器	377
9.6	A/D 与 D/A 变换电路	378
9.6.1	A/D 转换器 ADC0804	378
9.6.2	D/A 转换器 DAC0832	379
9.7	存储器	379
9.7.1	静态随机存取存储器(RAM)6116 简介	380
9.7.2	静态随机存取存储器(RAM)2114 简介	383
9.8	特殊器件	385
9.8.1	发射/接收型超声波传感器	385
9.8.2	光电耦合器	385
9.8.3	压力传感器——应变式电阻传感器	387
9.8.4	压电陶瓷蜂鸣片	388
附录 A	电子技术实验学习机	389
A.1	概述	389
A.2	学习机的组成	390
附录 B	GW48-PK2 EDA/SOPC 实验开发系统	394
B.1	GW48 实验系统的基本结构	394
B.2	实验电路结构图	396
B.3	GW48 实验系统默认设置	400
参考文献	.....	404

第1章

电子电路实验的基础知识

1.1 电子电路实验课的意义与要求

1.1.1 电子电路实验在人才培养中的作用

电子技术是电类专业一门重要的技术基础课,它的一个显著特点是具有很强的实践性,具有工程特点。所以,加强实践环节,进行严格的工程训练和技能培养是培养学生全面素质,提高创新能力必不可少的教学环节。在学校里,这种实践和训练主要是通过各种实验课程来完成的,因此实验教学在人才培养中具有十分重要的作用。

实验教学和理论教学是相辅相成互相促进的,许多理论概念必须通过实践才能获得更清晰、更深入的理解;在实践中获得的丰富知识和经验有利于主动地学习理论,实验过程会加深对理论教学内容的理解。一般说来,对事物的了解和认识有了理论上的描述和实际观察才是比较全面和深刻的,所以重视实验环节和重视理论学习具有同样的重要意义。

实际的工程问题往往是比较复杂的,涉及器件、电路、工艺、环境等诸多方面的实际因素,使得一些实验现象和结果与书本上写的、课堂上讲的往往存在一定的差别。分析实验中出现的现象,解决实验中出现的现象和问题不但需要有深厚的理论来指导,更需要在实践中积累起来的丰富经验和实验能力。因此只有书本知识,缺乏实际经验和能力往往是不能很好地解决实际问题的。分析解决实验过程中出现的现象和问题可以促使实验者独立思考,学习新的知识,从而扩大知识面,增强理论联系实际的能力,培养创新意识和研究性思维,这也是科学工作者应该具备的能力和素质。

随着大规模集成电路和电子计算机技术的发展,电子系统的理论、技术和电路发生了巨大的变化,其中软件和硬件相结合是发展趋势。软件必须在硬件平台上运行才能完成其功能,没有性能优异的硬件作为基础,再好的软件也发挥不出作用。所以各种电子技术在物理世界中发挥作用必须有硬件作为媒介,可见硬件有其不可替代的重要地位和作用。对从事电子技术工作的科技人员来说,必要的硬件知识和实验能力是必须具有的基本功,也是发挥创新潜力的基础。电子电路实验是学生获得硬件知识,培养实验能力的重要一环,因此要给予足够的重视。

实验教学的另一个重要任务是培养学生严谨、勤奋、求实、创新的进取精神和理论联系

实际的科学作风,立志为科学事业努力奋斗。

如何利用教学实验环节自觉提高自己的实验能力是每个学生必须重视的问题。培养实验能力没有什么捷径,必须通过独立完成实验教学的各个环节,通过自己的实践,点滴积累才能培养出来。提高实验能力与效率的办法就是严谨、认真、实践。

总之,电子电路实验课程的目的是培养学生的实验技能,提高电路设计能力,培养科学作风、创新精神和研究性思维,为以后从事电子技术方面的工作打下良好的基础。

1.1.2 电子电路实验的主要内容与基本要求

1. 电子电路实验的主要内容

一般说来,电子电路实验按其性质和教学目的可分为基础型实验、设计型实验和研究型实验三大类。这三类实验各有不同的教学目的和侧重点。

基础型实验,除了巩固和加深理解本学科的基本理论外,重点是培养学生如何观察和分析实验现象,掌握基本实验方法,培养基本实验技能,为以后进行更复杂的实验打下基础。这类实验往往具有训练和验证的性质,所以实验题目一般比较简单,内容多是基础性和单元性的。

设计型实验是在基础型实验的基础上进行的综合性的实验训练,其重点是电路设计和电路实现。实验内容侧重综合应用所学知识,设计制作较为复杂的功能电路。电子电路实验是配合模拟电路和数字电路两门理论课程开设的实验课,实验教学要与相应理论课教学(内容和进度)相配合,所以,本书选择的绝大多数设计型实验题目与内容具有单科性质,较少涉及数模混合电路。设计型实验是电子电路实验的重要教学环节,它对提高学生的电路设计水平和实验技能,培养学生综合运用所学知识解决实际问题的能力都是非常重要的。

研究型实验是具有研究性和探索性的大型实验,重点是培养学生的探索精神和研究能力。因此,研究型实验不但要重视研究的结果,还要重视研究的过程、研究的方法和探索精神的培养。既然是研究与探索,研究型实验就应允许反复,允许失败,允许重做。研究型实验强调系统性、交融性及研究性,强调学生的自主研究与创新,将学习与研究有机地结合起来。通过在学习中研究,在研究中学习,培养学生的研究性思维和习惯,提高从事科学研究和科学实验的素质和能力。研究型实验的题目往往是从科学研究、生产实践和实验室建设等项目中提炼出来的子课题或子系统,所用到的知识往往会涉及到多个学科或多门课程。实验者通过查阅资料、设计实施方案、设计电路、组织实验、撰写报告和交流答辩等过程,获取新的知识和经验,得到全面组织实验的锻炼。

目前,以电子计算机辅助分析与设计为基础的电子设计自动化技术已渗透到电子系统和专用集成电路设计的各个环节。使用计算机辅助分析和设计工具来分析与设计电路,加深对电路原理、信号流通过程、元器件参数对电路性能影响的了解等,已经成为电类本科生必须掌握的知识和必备的基本能力。培养学生具有使用工具的习惯和能力是电子电路实验课程的另一项重要任务。

上述三个层次的实验各有不同的教学目的和训练重点,通过循序渐进的系统训练,培养学生扎实的实验技能、较强的动手能力、一定的创新意识和研究性的思维与习惯。这些实验大概包括如下的内容:

- (1) 常用电子元器件的识别、选择与应用。
- (2) 常用电子仪器的原理与使用。
- (3) 基本电路的设计、安装、调试和指标测试。
- (4) 电子电路的计算机辅助分析与设计。
- (5) 功能较复杂的电子电路和小型电子系统的设计与制作。

2. 电子电路实验的基本要求

通过电子电路实验教学,学生应该达到如下基本要求:

- (1) 掌握电子电路的基本测量技术与方法。
- (2) 了解常用电子仪器的基本原理,正确选择与使用常用电子仪器完成测试任务。
- (3) 能够正确识别、选择与应用常用电子元器件。
- (4) 熟悉一般电子电路的设计、安装、调试的过程与方法。
- (5) 掌握几种常用的计算机辅助分析与设计工具,培养使用工具进行电子电路分析与设计的习惯和能力。
- (6) 能够设计、制作小型电子系统。
- (7) 能够撰写内容翔实、文理通顺、表达正确的实验总结报告。

1.2 电子电路实验的一般过程和要求

电子电路实验的完整过程一般包括实验选题、电路设计、电路安装、调试与指标测试、撰写报告等。大体上分为实验前的准备(预习)、实验室实验和实验后的总结(撰写实验报告)三个阶段。具体要求如下:

1. 实验前的准备

为了避免盲目性,提高实验效率,实验者应对实验内容进行充分的预习,包括认真阅读实验指导书,了解实验目的与要求,掌握实验的原理,完成电路设计,拟定实验方法和步骤,设计记录表格,了解注意事项,解答思考题等。一般需按要求写出预习报告。

2. 实验室实验

进入实验室首先要熟悉实验室的环境,了解实验室的规则,自觉遵守实验室的各项规章制度,保证实验室有良好的实验秩序、实验环境,要注意人身安全和仪器设备的安全。

按实验方案搭接实验电路,检查无误后通电。要精心操作,认真观察实验现象,准确记录实验现象和实验数据(包括波形)。如果发现有异常现象,要分析原因,排除故障(应记录故障现象和排除故障的方法)。如果发生安全事故应立即切断电源,报告辅导教师或实验室

工作人员处理。

实验做完之后,一般要将实验记录送交辅导教师审阅,得到辅导教师同意后再拆除线路,清理现场。

需要指出,在实验过程中出现一些在预习中没有预料到的故障和问题,是正常现象,不一定是坏事。实验者通过思考和分析,独力地排除故障、解决问题的过程就是积累经验,增长才干的过程,从中可以得到锻炼和提高。

3. 撰写实验报告

撰写实验报告是对实验进行总结和提高的过程,它可以加深对实验现象和内容的理解,更好地将理论与实际结合起来,同时也是提高表达能力的重要环节。科技工作者或工程技术人员应该具备处理技术文件的素质和能力。

一般实验报告的内容应包括:

- (1) 实验环境和条件。如实验日期、同组人,使用仪器仪表的名称与编号等。
- (2) 整理实验数据,描绘测试波形,列出数据表格或画出测试曲线。
- (3) 对实验结果进行理论分析,作出简要的结论,对实验误差进行简单的分析。
- (4) 分析实验中出现的故障或问题,总结排除故障、解决问题的方法。
- (5) 实验的收获和体会,以及对改进实验的意见与建议。
- (6) 回答思考题。

实验报告要层次分明,文理通顺,书写整洁,简明扼要。图表、曲线要符合规范。

实验的过程即是理论联系实际的过程。实验中,首先要注意应用已学理论知识来指导实验。包括从理论上掌握实验电路的工作原理和基本特性;用理论知识来分析实验现象,指导电路调试;对实验结果和实验数据要进行必要的理论分析与总结等。同时要注意汲取实践知识,积累实践经验。注意观察一些实验现象、实验结果与书本上写的、课堂上讲的理论所存在的差别。分析产生这些差别的主要原因,找出减少或消除这些差别的方法,就能提高分析问题和解决问题的能力。实践知识和经验要靠长期的积累才能丰富起来。

1.3 实验测量误差

测量是通过实验获得对客观事物定量表征的过程,测量的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,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。

待测量的客观真实值,称为真值。它可以由理论给定值或由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各种因素的影响,测量值与真值之间总是存在着一定的差异,这种差异称为测量误差。

为了准确地测量某一个参数,首先要选择合适的测量仪器和正确的测量方法。其次,是对实验数据进行必要的误差分析和数据处理,以得到正确可信的结果。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,需要了解误差的来源,误差的表示方法和误差的计算方法等。

1.3.1 测量误差的来源与分类

1. 测量误差的来源

常用的测量方法有两种。第一种是直接测量,它是直接从实验数据中获得测量结果。例如,用电流表测量电流,用欧姆表测量电阻等。第二种为间接测量。被测量和其他几个物理量有一定的函数关系,在实验中先测量这些物理量,通过运算,便可求得被测量。例如,用伏安法测量电阻器的电阻等。无论用什么测量方法,测量的结果都不是完全精确的,必然会带有一定的误差。分析产生误差的原因,采取措施消除或减少误差,使实验结果更准确可信,是完成实验必不可少的环节。

实验误差的来源主要有以下几种:

(1) 仪器误差

由于仪器的结构、制造工艺等不够完善,以及超过正常使用条件产生的误差均属于仪器误差。例如用电压表测量某一元件上的电压,由于电压表的内阻有限而产生的测量误差就是一个典型的例子。

(2) 测量方法误差

由于测量方法不够完善,或者所依据的理论不够严密等所引起的误差就属于测量方法误差。例如,用伏安法测量电阻,若不考虑仪表本身内阻的影响所产生的误差就是测量方法误差。

(3) 人身误差

人身误差是指受测量者生理条件限制所引起的误差。例如测量者视力的差别造成读数偏高或偏低而引起的误差。

(4) 环境误差

环境误差是指实验环境(如温度、湿度、气压、振动、光照、声音、电磁场、放射性等)所引起的误差。

2. 测量误差的分类

按误差的性质和特点的不同,一般分为系统误差、随机误差和过失误差三类。

(1) 系统误差

系统误差是指在规定的测量条件下,对同一量进行多次测量,误差的数值和符号保持不变,或者按一定规律变化的误差。例如,仪器的零点不准,温度、湿度、电源电压波动等造成的误差便属于系统误差。系统误差是可以预测的,采取合适的措施可以减少或消除系统误差。