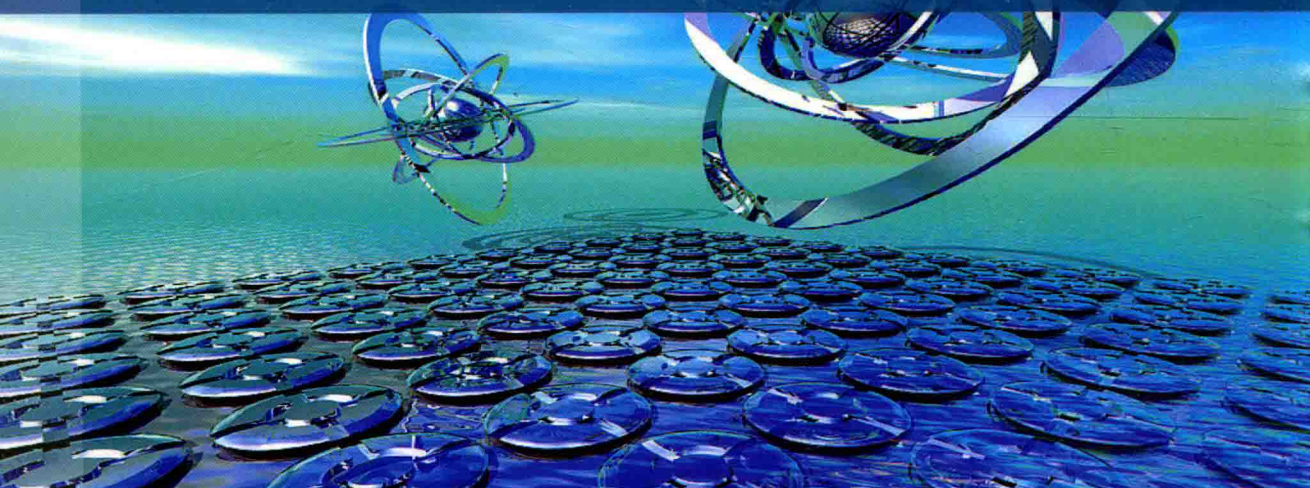


电子技术基础 实验与实训

Basic Electronic Technology
Experiment & Training

主编 李文秀 副主编 梁斌



國防工業出版社
National Defense Industry Press

青海大学教材基金项目支持

电子技术基础实验与实训

(电类专业适用)

主 编	李文秀				
副主编	梁 斌				
参 编	张海峰	司 杨	梁 斌		
	张爱军	沈媛萍	唐 岩		
主 审	李钊年				

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书分为4篇,第1篇为电子技术基础实验和电子工艺实习基础,主要介绍了电子技术基础实验的量测技术,常用电子仪器的使用方法,常用电子器件的识别与正确选用,电子工艺基础知识及课程设计的基础知识;第2篇为模拟电子技术基础实验和综合实验;第3篇为数字电子技术基础实验和综合实验;第4篇为电子技术基础课程设计。

书中安排了较多的实验题目,且每个实验题目包括多个实验项目,其内容和难易程度基本上能满足不同层次的教学要求,任课教师可以根据需要进行选用。书中的每个实验都附有实验原理、参考电路图、框图和实验思考题,以适合不同类型实验的需要。

本书可作为本科学生模拟和数字电子技术的实验教材,也可作为电子工艺实习和电子技术基础课程设计的参考教材,同时也可为本科生参加一些竞赛、毕业设计和电子制作等提供有用的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验与实训 / 李文秀主编.

—北京:国防工业出版社, 2015. 9

ISBN 978 - 7 - 118 - 10393 - 9

I. ①电… II. ①李… III. ①电子技术—
高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 215096 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 17 字数 406 千字

2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

《电子技术基础实验与实训》是根据工科高等学校本科电子技术基础实验及实训的教学要求,针对电气类、电子类和自动控制类等工科专业的不同需求,在总结以往教学经验的基础上,汲取其他教材的优点,编写出适合工科院校电类专业独立设课的实验教程。

通过本书涉及的基础实验,可掌握基本的实验方法和实验技能,并具有观察能力和实验现象的分析能力,同时为综合设计、课程设计实验奠定基础;综合设计型实验是在基础实验的基础上进行综合训练,其重点为综合应用理论知识设计制作较为复杂的电路,本书安排的综合设计型实验是给出实验任务和实验要求,根据给出的参考元件和设计提示设计、搭接并进行调试电路、指标测试,撰写实验报告等;课程设计和基本的电子工艺基础也是有效的实践训练环节。实践证明,该环节能使学生综合运用所学的理论知识,拓宽知识面,系统地进行电子电路的工程实践训练,为后续的课程学习、各类电子设计竞赛、毕业设计以及将来的工作打下良好的基础。

本教程实验内容详细、完整,能够与大多数学校的实验设备配套;并引入计算机仿真技术,将传统的实际工程实验和仿真有机结合,为学生提供了先进的实验技术和发挥想象力、创造力的空间。

全书共有4篇,第1篇为电子技术基础实验和电子工艺实习基础,介绍常用电子测量仪器的使用方法、常用的电路元器件的识别及主要性能参数,并讲述了电子技术中的基本测量技术、电子工艺基础知识;第2篇安排了模拟电路的基本实验和综合实验;第3篇安排了数字电路的基本实验和综合设计型实验;第4篇安排了课程设计实验。本书在编写时注重实验的基础性、应用性、综合性和研究性相结合,每个实验都设有预习和实验后的思考题,使学生在完成实验后,具备了分析问题和解决问题的能力,提高了学生的实验技能。

根据电类工科专业对电子技术基础不同需求,本教材可作为刘春艳同志编写的《电子技术基础》的配套教材使用,实验及课程设计和电子工艺实习参考学时为(16~32)学时+一周课程设计+两周的电子工艺实习。

本教材由李文秀主编,并编写第1~3章和第4章部分内容;第4章中光伏器件由唐岩编写;第5章由沈媛萍编写;第6章中的实验6.1~6.8由张爱军编写,实验6.9由张海峰编写;第7章由梁斌编写;第8~10章由司杨、张海峰共同编写。

本书由李钊年主审,并提出了宝贵的修改意见,谨致以衷心的感谢。编写本书时,参考了众多的文献资料,得到很多启发,在此向参考文献的作者们表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见,以便修改。

编 者
2015年9月

目 录

第 1 篇 电子技术基础实验和电子工艺实习基础

第 1 章 绪论	1
1.1 电子技术实验在培养人才中的作用	1
1.2 电子技术实验的过程和要求	1
1.3 实验测量误差	2
1.3.1 测量误差产生的原因与分类	2
1.3.2 误差的消除方法	3
1.4 实验数据的处理	3
1.4.1 实验数据的处理方法	3
1.4.2 测量得出的数字处理	4
1.5 课程设计的基础知识	5
1.5.1 电子电路的设计方法及基本步骤	5
1.5.2 电子电路的组装	5
1.5.3 电子电路调试	6
1.5.4 电子电路故障检查的一般方法	6
1.5.5 课程设计报告要求	7
1.5.6 电子电路干扰的抑制	8
1.5.7 接地	8
第 2 章 电子基本测量技术	10
2.1 电压的测量	10
2.2 阻抗的测量	10
2.3 电压增益和幅频特性测量	11
第 3 章 常用电子技术实验测量仪器	13
3.1 常用示波器及其使用	13
3.1.1 示波器的组成	13
3.1.2 示波器的使用	14
3.1.3 DS-5000 型示波器简介	16
3.1.4 GOS-6021 双踪示波器简介及使用方法	20
3.2 YB1731A/C 5A 双路直流稳压电源	22
3.2.1 概述	22
3.2.2 电源的性能指标	23
3.2.3 YB1731A/C 电源面板各部分的作用与使用方法	23

3.3	函数信号发生器	24
3.3.1	GFG-8015G 函数信号发生器使用简介	24
3.3.2	GFG-8015 函数信号发生器的使用说明	25
3.3.3	GFG-8016H 函数信号发生器使用简介	26
3.4	交流毫伏表	27
3.5	数字万用表	28
3.6	计数器	29
3.7	电子测量仪器的选择	30
第4章	常用电路元件的识别与主要性能参数	31
4.1	电阻的简单识别与型号命名方法	31
4.1.1	电阻的分类	31
4.1.2	电阻的型号命名方法	31
4.1.3	电阻器的主要性能指标	32
4.1.4	电位器	33
4.1.5	电位器和电阻的电路符号	33
4.1.6	选用电阻常识	33
4.2	电容的简单识别与型号命名方法	34
4.2.1	电容的分类	34
4.2.2	电容器型号的命名方法	34
4.2.3	电容器的主要性能技术指标	35
4.2.4	电容器的标注方法	36
4.2.5	电容器的电路符号	36
4.2.6	选用电容器的注意事项	37
4.3	电感器的简单识别与型号命名方法	37
4.3.1	电感器的分类	37
4.3.2	电感器的主要性能指标	38
4.3.3	电感器选用常识	38
4.4	常用半导体器件的型号及命名方法	38
4.4.1	二极管的识别与测试	39
4.4.2	三极管的识别与简单测试	41
4.5	集成电路型号命名法	42
4.5.1	集成电路的型号命名法	42
4.5.2	集成电路的分类	43
4.5.3	集成电路外引线的识别	44
4.6	几种常用模拟集成电路简介	44
4.7	常用数字集成电路简介	50
4.7.1	几类常用数字集成电路的典型参数	50
4.7.2	555 定时器电路	51
4.7.3	常用 TTL 数字集成电路功能及引脚排列	52
4.7.4	常用 CMOS 数字集成电路引脚排列	58

4.8	A/D 与 D/A 变换电路	61
4.8.1	A/D 变换器 ADC0804	61
4.8.2	D/A 转换器 DAC0832	62
4.9	常用显示器件	63
4.9.1	发光二极管	63
4.9.2	数码管	63
4.10	太阳能光伏器件	64
4.10.1	太阳能电池的结构和分类	64
4.10.2	太阳能电池的工作原理	66
4.10.3	太阳能电池的参数	67
4.10.4	太阳能电池等效电路	70
第5章	电子工艺基础	72
5.1	电子元器件的基础	72
5.1.1	电子元器件的学习方法	72
5.1.2	电子元器件的主要参数	73
5.2	元器件种类	75
5.2.1	电子开关和插接件	75
5.2.2	照明行灯变压器	77
5.2.3	控制变压器	77
5.2.4	中周变压器	77
5.2.5	各种电子技术应用变压器	78
5.2.6	激光器	78
5.2.7	固态继电器	79
5.2.8	耳机	81
5.2.9	压电蜂鸣器	82
5.2.10	液晶显示器	82
5.2.11	全桥整流组件	83
5.2.12	单结晶体管	83
5.2.13	扬声器	84
5.2.14	传声器	85
5.2.15	磁继电器	87
5.3	元器件特性	88
5.3.1	变压器的特性	88
5.3.2	中周(中频)变压器的特性	88
5.3.3	液晶显示器的特性	89
5.3.4	光耦合器的特性	89
5.3.5	光电池的特性	90
5.3.6	彩色传感器的特性	91
5.3.7	开关的特性	92
5.3.8	电位器的特性	92

5.4	元器件选择	93
5.4.1	选择电子元器件的方法	93
5.4.2	电阻器的选择	94
5.4.3	热敏电阻器的选择	94
5.4.4	压敏电阻器的选择	94
5.4.5	湿敏电阻器的选择	95
5.4.6	光敏电阻器的选择	95
5.4.7	电容器的选择	95
5.4.8	电感器的选择	96
5.4.9	变压器的选择	97
5.4.10	扬声器的选择	97
5.4.11	传声器的选择	98
5.4.12	耳机的选择	98
5.4.13	晶体二极管的选择	98
5.4.14	晶体管的选择	99
5.4.15	集成电路的选择	99
5.4.16	集成功率放大器的选择	100
5.4.17	光耦合器的选择	101
5.4.18	熔断器的选择	102
5.4.19	热继电器的选择	102
5.4.20	时间继电器的选择	103
5.4.21	稳压二极管的选择	103
5.4.22	固态继电器的选择	103
5.4.23	蜂鸣器的选择	104
5.4.24	555 时基组件的选择	104
5.4.25	电位器的选择	104
5.4.26	开关的选择	105
5.4.27	电磁铁的选择	105
5.4.28	转换开关的选择	105
5.4.29	元器件的选购	105
5.5	元器件测量	106
5.5.1	光耦合器的测量	106
5.5.2	扬声器的测量	107
5.5.3	开关和插接件的测量	107
5.5.4	压电陶瓷片的测量	107
5.5.5	全桥整流组件的测量	109
5.5.6	稳压二极管的测量	109
5.5.7	固态继电器的测量	110
5.5.8	耳机的测量	110
5.5.9	传声器的测量	111

5.5.10	驻极体传声器的测量	112
5.6	元器件检修	112
5.6.1	对电气工程技术人员要求	112
5.6.2	元器件修理方法	113
5.6.3	元器件修理寻迹电路	116
5.6.4	元器件常见故障	116
5.6.5	发光二极管的检修	117
5.6.6	扬声器的检修	117
5.6.7	电容器的检修	118
5.6.8	电感器的检修	118
5.6.9	耳机的检修	119
5.6.10	可调电容器的检修	119
5.6.11	熔断器的检修	120
5.6.12	电位器的检修	121
5.6.13	晶体二极管的检修	121
5.6.14	晶体管的检修	122
5.6.15	集成电路的检修	122
5.6.16	蜂鸣器的检修	123
5.7	印制电路板的设计与制作	123
5.7.1	印制电路板概述	123
5.7.2	印制电路板的设计原则	124
5.7.3	Protel 99SE CAD 软件的功能和应用	130
5.7.4	印制电路板的制作	158

第2篇 模拟电子技术基础实验和综合实验

第6章	模拟电子技术基础实验	160
实验6.1	单管放大电路的研究	160
实验6.2	负反馈放大器	166
实验6.3	集成运算放大器的基本应用(模拟运算电路)	169
实验6.4	集成运算放大器的基本应用(有源滤波器)	175
实验6.5	集成运算放大器的基本应用(电压比较器)	180
实验6.6	集成运算放大器的基本应用(波形发生器)	183
实验6.7	直流稳压电源(一)	186
实验6.8	直流稳压电源(二)	188
实验6.9	太阳能电池基本特性的测定	193
第7章	模拟电子技术综合实验	198
实验7.1	变调音频放大器设计	198
实验7.2	简易卡拉OK音频放大器设计	199
实验7.3	简易低频函数发生器的设计	200
实验7.4	电容测量电路的设计	202

实验 7.5	小功率扩音机的设计	203
实验 7.6	语音滤波器的设计	204
实验 7.7	三极管筛选电路设计	206

第 3 篇 数字电子技术基础实验和综合实验

第 8 章	数字电路基础实验	208
实验 8.1	组合逻辑电路	208
实验 8.2	触发器及其应用	210
实验 8.3	计数器及其应用	215
实验 8.4	555 定时器及其应用	218
实验 8.5	D/A、A/D 转换器	221
实验 8.6	TTL 门电路的逻辑变换(数字电路仿真实验)	225
实验 8.7	血型关系检测电路的设计(数字电路仿真实验)	226
实验 8.8	计数、译码和显示电路(数字电路仿真实验)	227
实验 8.9	脉冲边沿检测电路的分析与设计(数字电路仿真实验)	229
实验 8.10	交通控制器的设计(数字电路仿真实验)	231
第 9 章	数字电路电子技术综合实验	234
实验 9.1	方波、三角波发生器设计	234
实验 9.2	数码管动态显示电路设计	235
实验 9.3	秒表电路设计	237
实验 9.4	简易同步数字串行通信电路	238
实验 9.5	4 位流水灯电路	240
实验 9.6	加减法计算器的设计	242

第 4 篇 电子技术课程设计

第 10 章	课程设计实验	244
实验 10.1	伴唱电子琴设计	244
实验 10.2	位数字密码锁	245
实验 10.3	音乐门铃设计	247
实验 10.4	8 通道 3 位并行 AD 转换器设计	248
实验 10.5	简易数字频率计设计	250
实验 10.6	过欠压保护电路设计	251
实验 10.7	三相电源频率测量电路的设计	253
实验 10.8	相位差测量电路	254
实验 10.9	数字电子钟逻辑电路设计	256
实验 10.10	数字定时开关的设计	258
参考文献		260

第1篇 电子技术基础实验和 电子工艺实习基础

第1章 绪 论

1.1 电子技术实验在培养人才中的作用

电子技术基础是电类专业的一门重要的基础课,其任务是使学生获得电子技术方面的基本理论知识和使用技能,为以后从事电子技术方面的工作奠定基础,电子技术基础课程的实践性很强,并且具有工程性特点。所以,加强实践环节,进行工艺训练和技能培养是不能或缺的一个环节,这个环节要通过实验及实训来完成,故其作用非常重要。

目前许多高校在学习模拟电子技术基础和数字电子技术基础的同时,增加了课程设计和电子工艺实习,这对提高学生的综合动手能力和工程设计能力起到重要的作用。

实际的工程问题往往是很复杂的,涉及器件、电路、工艺、环境等许多因素,这使得一些实验现象和结果与书本上和课堂上的内容存在差异,分析实验现象和解决实验中的问题不但要具有扎实的理论知识,还需要在实践过程中积累丰富的实践经验和实验能力。因此,只有理论知识,缺乏实际经验和工程能力是不能很好地解决实际问题。分析并解决实际过程中出现的问题可以促使实验者独立思考、学习新知识,从而扩大知识面,增强理论联系实际的能力,培养创新意识,是科学工作者应具备的能力和素质。

近年来,电子系统的结构发生了很大的变化,其中软件和硬件的结合普遍应用,软件必须在硬件的平台上运行才能实现其功能,没有性能优异的硬件作为基础,再好的软件也不能实现预期的功能,所以,一个从事电子技术工作的科技人员必须具备一定的硬件知识和实际能力,这也是发挥创新能力的基础。电子技术实验和实训是获得硬件知识,培养学生实验能力的重要环节。

1.2 电子技术实验的过程和要求

电子技术基础实验一般分为实验前的准备(预习)、实验室做实验和实验后的报告撰写等3个过程,具体要求如下:

1. 实验前的准备

为了避免盲目,参加实验者应对实验内容进行预习,认真阅读实验指导书,了解实验目的和要求,掌握有关实验电路的基本原理(课程设计要完成设计任务),完成实验设计,制订

实验方法、步骤,设计记录表格,了解注意事项,解答思考题等,初步估算实验结果,写出实验预习报告。

2. 实验室中做实验的要求

首次进入实验室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,一定要注意人身安全和仪器设备的安全。

根据设计的实验方案接线,检查无问题后通电进行实验,在实验过程中要认真观察实验现象,准确记录数据、波形和实验现象。若发现有误,要独立思考分析,耐心地排除故障(记录故障现象和排除故障的方法)。若发生安全事故,立即切断电源,报教教师,等待处理。

实验完成后,请实验教师审阅并同意后,再拆除线路,清理实验现场。在实验过程中出现一些预料不到的故障和问题是正常现象,并不是坏事,实验者通过思考和分析,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. 实验后的要求

实验后学生必须写出实验报告,撰写实验报告的过程是对实验进行总结和提高的过程,通过这个过程可以加深对实验现象和内容的理解,更好地将理论和实际结合起来,这个过程也是提高表达能力的环节,能提高一个工程技术人员撰写科技论文的素质和能力。

实验报告的内容包括以下几部分:

- (1) 实验环境、条件,如日期、同组人、所用仪器名称及编号、元器件及参数等。
- (2) 整理实验数据,描绘测试波形,列出表格并绘出测试曲线。
- (3) 对测试的结果进行分析,作出结论,并进行误差分析。
- (4) 对出现的故障或问题,总结排除故障、解决问题的方法。
- (5) 实验的收获和体会以及改进实验的意见和建议。

实验报告要层次分明,文理通顺,书写整洁,符合标准,简明扼要,图表、曲线要符合规范。

1.3 实验测量误差

在测量过程中,由于各种原因,使得待测量的真值(理论值或标准计量仪器测定值)与实际测量值之间存在一定的差别,这种差别就是测量误差。为了准确地测量某一参数,首先要选择合适的测量仪器,采用正确的测量方法,并对实验数据进行必要的误差分析和数据处理,得出正确的结论。分析误差产生的原因,减小误差的措施和方法,都应该掌握。

1.3.1 测量误差产生的原因与分类

1. 测量误差产生的原因

测量方法分为直接测量和间接测量。

直接测量是直接从实验测量数据中获得测量结果。其测量结果可以从一次实验数据中求得。直接测量产生误差的主要因素是测量仪器基本误差。

间接测量是被测值和其他几个物理量之间有着一定的函数关系,在实验中先测得这些物理量,再通过运算得到被测值。间接测量误差一般较大,分析产生误差的原因,采取措施消除或减小误差,使得实验结果更接近真值,是完成实验不可或缺的一个环节。

2. 实验测量误差的分类

实验误差分为系统误差和随机误差两类。

(1) 系统误差。这种误差遵循一定的规律,在测量过程中保持不变,故称为系统误差。

(2) 随机误差。在相同条件下,对同一物理量进行重复测量,由于各种偶然因素,会出现测量值时而偏大,时而偏小的误差现象,这种类型的误差称为随机误差。

3. 误差的来源

(1) 仪器误差。这是因为仪器的原因产生的误差。

(2) 使用误差。使用误差是在使用仪器过程中,因安装、调试、布置、使用不当等原因引起的误差。

(3) 视觉误差。由于人的感觉器官和运动器官的限制所引起的误差。

(4) 环境误差。由于环境影响引起的误差,如温度、湿度、磁场等因素引起的误差。

(5) 实验方法误差。由于使用者的方法不同引起的误差。

1.3.2 误差的消除方法

在实际测量过程中,有很多原因导致误差的产生。为了减小误差,必须分析误差产生的原因,采取相应的措施,减小或消除误差。具体方法如下:

(1) 选择正确测量仪表的准确度级,对测量仪表进行定期校验,并给出修正值,这样可以减小或消除仪表带来的系统误差。

(2) 选择合理的测量方法,如测量电阻用电桥法比伏安法准确,使用屏蔽措施可消除电磁干扰等。

(3) 对同一值进行多次测量,取其平均值,可以消除偶然误差。

(4) 测量者严格执行操作规范规程,测量过程中要认真观察,仔细记录,按照仪器操作规程进行,仪表的调零、预热等不能忽视。

1.4 实验数据的处理

1.4.1 实验数据的处理方法

实验数据通常用数据列表、方程法及曲线绘制法等表示。

实验数据用列表的形式把一组数据按一定的规律对应地列出来,形成数据表格,从中寻找规律,这种方法是较为常用的。

方程法是由实验数据总结出各量之间的函数关系,并用方程(公式)表示这种关系。这种方程式常常是经验公式。全部测量数据点都基本满足该经验公式。

曲线绘制法是根据测量出的数据将一个物理量与另一个(或几个)物理量直接的关系绘制成曲线,如图 1.1 所示。用曲线表示较为直观、形象,可以显示出数据的大小值及拐点、周期等,并可以从中总结出经验公式。所以曲线绘制法是常

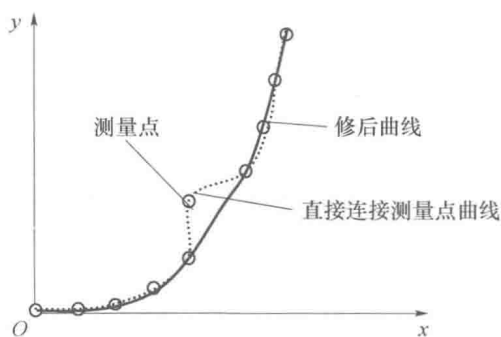


图 1.1 实验曲线的绘制方法

用的一种方法。

下面就曲线的绘制做一个说明。

由于各种误差的影响,测量数据会出现离散现象,如果将各数据点依次连接起来所构成的曲线将是折线状,而不是一条光滑的曲线,如图 1.1 中的虚线所示。由于误差的存在,由多条折线段构成的曲线不能真实反映各物理量之间的准确关系。所以需要从包含各种测量误差的数据中确定较为理想的光滑曲线,如图 1.1 中的实线所示。这个过程称为曲线修正,常用的工程方法是每组含 2~4 个数据点,然后分别取各组的几何中心,再将这些重心连接起来,这样在一定程度上减少了偶然误差的影响,所绘制的曲线基本符合实际情况。

1.4.2 测量得出的数字处理

1. 有效数字

测量是以确定量值为目的的一组操作。由测量所得的赋予被测量的值称为测量结果。由于存在误差,所以测量的数据总是近似值,通常由可靠数字和存疑数字两部分组成。例如,在测得某一电压为 8mV,也可以记为 8.00mV,从数值的角度看是没有区别的,但从测量的意义来看是有区别的,若用 8mV 的值时,就意味着 8 后面的数字没测出来,所以后面的数字是个不定的值,而 8.00mV 的值后面的第一个“0”是个可靠数字,而第二位“0”就是存疑数字。由此可见,对测量结果的数字记录有严格的要求。这就引出了有效数字的概念,即有效数字是指在分析和测量中所能得到的有实际意义的数字。测量结果是由有效数字组成的(前后定位用的“0”除外)。有效数字就是从第一位非零数字起到那位存疑数字的所有各位数字都是有效数字。

对于有效数字的正确表示有以下几点:

(1) 有效数字是指从左边第一个非零的数字开始,直到右边最后一个数字为止的所有数字。例如,测得的频率为 0.0147MHz,它是由 1、4、7 这 3 个有效数字组成的,而左边的两个零不是有效数字,所以它可以写成 1.47×10^{-2} MHz,也可以写成 14.7kHz,但不能写成 14700Hz。

(2) 如已知误差,则有效值的位数应与误差相一致。

2. 数据舍入规则

传统的方法是四舍五入的原则,等于 5 时取偶数。

3. 有效数字的运算规则

有效数字的取舍,原则上是参与运算的各数中精度最差的那一项,其遵循的规则如下:

(1) 当几个近似值之间进行加减运算时,以小数点后的位数最小的那个数为准,其余各数均舍入至该数多一位,而计算结果所保留的小数点后的位数,应与各数中小数点后位数最少者的位数相同。

(2) 当进行乘法运算时,先统一有效数字,以有效数值位数最小的那个数为准,其余各数进行舍入处理,其有效数字位数与最小的位数对齐后再进行运算,最后将积(或商)的有效位数与有效位数最小的对齐。有时为了避免计算造成的附加误差,各因子的有效数字的位数比有效数字位数最小的因子多一位,此时,与小数点位置无关。

(3) 进行数的平方或开方,结果可比原数多保留一位。

1.5 课程设计的基础知识

电子技术基础课程设计由选择课题、电子电路设计、电子电路仿真、组装、调试和编写报告等环节组成。

1.5.1 电子电路的设计方法及基本步骤

对系统的设计任务进行分析,充分了解系统的性能、指标、内容及要求,明确系统需要完成的任务。

1. 方案选择

选择方案的任务是根据掌握的知识和资料,针对设计提出的任务、要求和条件,设计合理、可靠、经济、可行的框架,并对其优、缺点进行分析,使得框架能正确反映设计应完成的任务和各个组成部分的功能,清楚表示设计的基本组成和相互之间的关系,做到心中有数。

2. 根据设计框架进行电路单元设计、参数计算和器件选择

电路整体是由单元电路组成,在进行设计时可以模仿成熟的电路进行改进和创新,只有设计好单元电路才能提高整体设计质量。故每个单元电路都要明确其功能及性能指标,前后级信号之间的相互关系,分析电路的组成形式。接着根据电路工作原理和分析方法,进行参数的估计与计算;器件选择时,元器件的工作电压、频率和功耗等参数应满足电路指标要求,元器件的极限参数必须留有足够的裕量,一般应大于额定值的1.5倍,电阻和电容的参数应选择在与计算值附近的标称值。

3. 电路原理图的绘制

电路原理图可以手绘或通过软件绘制出完整的电路图,包括系统完整的电路图和各个单元电路的连接关系。电路图通常是在系统框图、单元电路设计、参数计算和器件选择的基础上绘制的。

电路原理图是电路组装、焊接、调试和检修的依据,绘制电路图时布局必须合理、排列均匀、清晰、便于看图、有利于读图;有时一个电路由几部分组成,绘图时应尽量把总电路图画在一张图纸上。若电路较为复杂,需画多张图时,将主电路图画在一张图纸上,其他单元图在画时应标注端口,并标出电路连线之间的关系。信号的流向一般从输入端或信号源画起,由左至右或由上至下按信号的流向依次画出,反馈通路的信号流向则与此相反;图形符号要标准,并适当加上标注;连线应为直线,并且交叉和折弯应最少,互相连通的交叉处用圆点表示,地线用接地符号表示。

1.5.2 电子电路的组装

电路组装通常采用印制电路板焊接或在实验箱上搭接方式,焊接组装可以提高学生的焊接技术,但器件的重复利用率低。在实验箱上搭接,元器件便于插拔且电路便于调试,器件可以重复利用。下面介绍在实验箱上插接时的注意事项。

(1) 集成电路插接。辨别集成芯片的方向,认准管脚,不要倒插,所有芯片插入方向应保持一致,管脚不得弯曲,更不能折断。

(2) 元器件的装插。根据电路图的各个功能确定器件在实验箱的插接板上的位置,并按信号流向将元器件依次连接,便于调试。

(3) 导线的选用与连接。选择导线直径应与过孔(或插孔)直径一致;为检查电路方便,要根据不同用途,选择不同颜色的导线,一般习惯是正电源用红线,负电源用蓝线,地线用黑线,信号线用其他颜色的线。连接用的导线要求紧贴插接板上,使得接触良好。连接线不允许跨越芯片或其他器件,尽量做到横平竖直,便于查线和更换器件,高频电路部分的连线应尽量短。

(4) 在电路的输入、输出端和单元连接端等部位应预留测试空间和测试点,以方便测量调试。电路之间要有公共接地端。

(5) 布局合理和组装正确的电路,不仅电路整齐、美观,而且便于检查和排除故障,提高电路工作的可靠性。

1.5.3 电子电路调试

实验和调试常用的仪器有万用表、稳压电源、示波器、信号发生器等。调试的主要步骤如下:

(1) 调试前不加电源的检查。对照电路图和实际线路检查连线是否正确;用万用表电阻挡检查接插是否良好;元器件引脚之间有无短路,连接处有无接触不良,二极管、三极管、集成电路和电解电容的极性是否正确;电源供电包括极性、信号源连线是否正确;电源端对地是否存在短路(用万用表测量电阻)。若电路经过上述检查,确认无误后,可转入静态检测与调试。

(2) 静态检测与调试。断开信号源,把经过准确测量的电源接入电路,用万用表电压挡检测电源电压,观察有无异常现象,如冒烟、异常气味、手摸元器件发烫、电源短路等,如发现异常情况,应立即切断电源,排除故障。若无异常情况,分别测量各关键点直流电压,如静态工作点、数字电路各输入端和输出端的高低电平值及逻辑关系、放大电路输入输出端直流电压等是否在正常工作状态下,如不符则调整电路元器件参数、更换元器件等,使电路最终工作在合适的工作状态。对于放大电路还要用示波器观察是否有自激发生。

(3) 动态检测与调试。动态调试是在静态调试的基础上进行的,调试的方法是在电路的输入端加上所需的信号源,并沿着信号流向逐级检测各有关点的波形、参数和性能指标是否满足设计要求,如必要还要对电路参数做进一步调整。发现问题要设法找出原因,排除故障。

(4) 调试注意事项。

① 正确使用测量仪器的接地端,仪器的接地端与电路的接地端要可靠连接;在信号较弱的输入端,尽可能使用屏蔽线连线,屏蔽线的外屏蔽层要接到公共地线上。

② 在频率较高时要设法隔离连接线分布电容的影响,如用示波器测量时应该使用示波器探头连接以减少分布电容的影响。

③ 测量电压所用仪器的输入阻抗必须远大于被测处的等效阻抗。

④ 测量仪器的带宽必须大于被测量电路的带宽。

⑤ 正确选择测量点测量。

⑥ 认真观察记录实验过程,包括条件、现象、数据、波形、相位等。

⑦ 出现故障时要认真查找原因。

1.5.4 电子电路故障检查的一般方法

1. 电路常见的故障原因

对于新设计组装的电路来说,常见的故障原因有以下几个:

- (1) 实验电路与设计的原理图不符,元件使用不当或损坏。
- (2) 设计的电路本身就存在某些严重缺陷,不能满足技术要求,连线发生短路和开路。
- (3) 焊点虚焊,接插件接触不良,可变电阻器等接触不良。
- (4) 电源电压不符合要求,性能差。
- (5) 仪器使用不当。
- (6) 接地处理不当。
- (7) 相互干扰引起的故障等。

2. 电路故障检查的方法

检查故障的一般方法有直接观察法、静态检查法、信号寻迹法、对比法、部件替换法、旁路法、短路法、断路法、加速暴露法等,下面主要介绍几种常用方法。

(1) 直接观察法和静态检查法。与前面介绍的调试前的直观检查和静态检查相似,只是更有目标及针对性。

(2) 信号寻迹法。在输入端直接输入一定幅值、频率的信号,用示波器由前级到后级逐级观察波形及幅值,如哪一级异常则故障就在该级;对于各种复杂的电路,也可将各单元电路前后级断开,分别在各单元输入端加入适当信号,检查输出端的输出是否满足设计要求。

(3) 对比法。将存在问题的电路参数与工作状态和相同的正常电路中的参数(或理论分析和仿真分析的电流、电压、波形等参数)进行比对,判断故障点,找出原因。

(4) 部件替换法。用同型号的好部件替换可能存在故障的部件。

(5) 加速暴露法。有时故障不明显,或时有时无,或要较长时间才能出现,可采用加速暴露法,如敲击元件或电路板检查接触不良、虚焊等以及用加热的方法检查热稳定性差等。

1.5.5 课程设计报告要求

设计性实验报告主要包括以下几点:

- (1) 课题名称。
 - (2) 内容摘要。
 - (3) 设计内容及要求。
 - (4) 比较和选择的设计方案。
 - (5) 单元电路设计、参数计算和器件选择。
 - (6) 画出完整的电路图,并说明电路的工作原理。
 - (7) 用仿真软件进行仿真并附有仿真结果。
 - (8) 组装调试的内容有使用的主要仪器和仪表、调试电路的方法和技巧、测试的数据和波形并与计算结果进行比较分析、调试中出现的故障、原因及排除方法。
 - (9) 总结设计电路的特点和方案的优、缺点,指出课题的核心及实用价值,提出改进意见。
 - (10) 列出元器件清单。
 - (11) 列出参考文献。
 - (12) 收获、体会。
- 实际撰写时可根据具体情况做适当调整。