

DIANZIDIANLU
JICHUSHIYANYUSHIJIAN

21 世纪电工电子实践系列核心教材

电子电路

基础实验与实践

编著 © 顾江 鲁宏

常熟理工学院教材基金资助出版
资助项目号: JX11022-CB2008005



东南大学出版社

主要内容

21世纪电工电子实践系列核心教材

电子电路基础实验与实践

编 著 © 顾 江 鲁 宏

主编(左) 目录 内容 封面

封面一 封面二 封面三 封面四 封面五 封面六

封面七 封面八 封面九 封面十 封面十一

封面十二 封面十三 封面十四 封面十五 封面十六

封面十七 封面十八 封面十九 封面二十 封面二十一

封面二十二 封面二十三 封面二十四 封面二十五 封面二十六

封面二十七 封面二十八 封面二十九 封面三十 封面三十一

封面三十二 封面三十三 封面三十四 封面三十五 封面三十六

封面三十七 封面三十八 封面三十九 封面四十 封面四十一

封面四十二 封面四十三 封面四十四 封面四十五 封面四十六

封面四十七 封面四十八 封面四十九 封面五十 封面五十一

封面五十二 封面五十三 封面五十四 封面五十五 封面五十六

封面五十七 封面五十八 封面五十九 封面六十 封面六十一

封面六十二 封面六十三 封面六十四 封面六十五 封面六十六

封面六十七 封面六十八 封面六十九 封面七十 封面七十一

封面七十二 封面七十三 封面七十四 封面七十五 封面七十六

封面七十七 封面七十八 封面七十九 封面八十 封面八十一

封面八十二 封面八十三 封面八十四 封面八十五 封面八十六

封面八十七 封面八十八 封面八十九 封面九十 封面九十一

封面九十二 封面九十三 封面九十四 封面九十五 封面九十六

封面九十七 封面九十八 封面九十九 封面一百 封面一百零一

• 东南大学出版社 •

• 南京 •

内 容 提 要

本教材是常熟理工学院教材基金建设项目之一,为切合省级实验示范中心的建设,适应当前教学改革的要求,将传统的实验内容整合成基础实验、设计性实验、课程设计及仿真实验这样几个层次,并增加了一些新内容、新知识。为使读者对电子电路实验有一个整体的认识,本书还系统地介绍了实验中涉及的工具及实验仪器的使用、基本的测试方法及元器件的基础知识。书中介绍了电路分析实验、模拟电路实验及数字电子技术实验,每个实验包括目的、要求、原理、参考电路、测试方法等,此外还介绍了几种常见的仿真设计软件的使用,并提供了一定数量的仿真实验。为使读者更好地理解实验内容及实验现象,每个实验中都有一定数量的预习及实验总结方面的思考题。

本书可以作为高等学校电子信息类专业及相近专业的本、专科生教材和课程设计、毕业设计参考书,也可以作为电子技术专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路基础实验与实践/顾江,鲁宏编著. —南京:
东南大学出版社, 2008. 12

ISBN 978-7-5641-1536-4

I. 电… II. ①顾… ②鲁… III. 电子电路-实验
IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 212334 号

电子电路基础实验与实践

出版发行 东南大学出版社

出版人 江 汉

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 江苏省新华书店

印 刷 通州市印刷总厂有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 24.75

字 数 624 千字

书 号 ISBN 978-7-5641-1536-4/TN·22

版 次 2008 年 12 月第 1 版

印 次 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数 0001—5000 册

定 价 42.00 元

(凡因印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话:025—83792328)

序

电子技术是电类专业的一门重要的技术基础课,课程的显著特点之一是它的实践性。要想很好地掌握电子技术,尤其是模拟电子技术,除了掌握基本器件的原理、电子电路的基本组成及分析方法外,还要掌握电子器件及基本电路的应用技术,因而实验教学成为电子技术教学中的重要环节,是将理论知识付诸于实践的重要手段。

随着科学技术的飞速发展,社会对人才的要求也越来越高,不仅要求人才具有丰富的知识,还要求其具有更强的对知识的运用能力及创造能力,以适应新形势的要求。以往的实验教学中,主要偏重验证性的内容,这种教学模式很难满足现代社会的要求。为适应面向 21 世纪教育的根本要求,为提高学生对知识的综合运用能力及创新能力,实验课内容应有相应的改变,因此本教材的基本思想是:将传统的实验教学内容划分为基础验证实验、设计性实验、课程设计性实验、仿真实验这样几个层次。

本教材在结合我院电子电路实验教学改革经验的基础上,切合省级实验示范中心的建设,与以往传统的讲义教材相比在以下几个方面有了较大的提高:

1. 更加注重提高学生对电子电路课程工程性和技术性的认识,引导学生自觉地体会电子电路工程性和技术性的特点。

2. 提高了对学生独立完成实验的要求,不再采用以往过细指导的做法,实验任务和目标详细明确,强调学生在整个实验过程中自己发现问题和解决问题,以便培养学生独立解决问题的能力。

3. 按照基础性实验、提高性实验和研究性实验设置了实验的难度梯度,在实验时允许学生自己选择实验课题,以便做到因材施教,发挥每个学生的主观能动性。

4. 适当引入了大规模可编程器件及其开发软件应用和通用电路分析软件应用方面的内容,以便使学生初步了解当前先进的电子设计自动化技术。

5. 在使用本教材时,实验教学的组织、实验设备的管理和器材的发放等管理措施也做了必要的改革,要求在保证完成基本教学内容的基础上开放实验室。

由于电子电路实验课的课堂教学学时较少,本教材在讲述有关电路的设计方法原理时,叙述尽量详细,以便学生自学。本教材提供了大量的设计实例,这些例子不但提供了参考电路和设计方法,同时使学生从例子中可以体会出一些新颖的设计思想、灵活处理电路问题的思路,这对于培养学生的创新能力是十分有利的。

本教材第 1、2、3、7、8 章由鲁宏编写;第 4、5、6 章由顾江编写并负责本教材的统稿。

作者水平有限,书中错误、缺点在所难免,恳切希望读者批评指正。

编者

2008 年 12 月

目 录

1	电子电路实验的基础知识	1
1.1	电子电路实验课的意义、目的及要求	1
1.1.1	电子电路实验课的意义	1
1.1.2	电子电路实验课的特点及学习方法	2
1.1.3	电子电路实验课的目的	3
1.1.4	电子电路实验的一般要求	4
1.2	实验室安全操作规程	6
1.2.1	人身安全	6
1.2.2	仪器及器件安全	6
1.3	实验室常用工具和材料的使用	6
1.3.1	主要工具	7
1.3.2	主要材料	7
1.3.3	辅助工具	8
1.4	电子测量中的误差分析	9
1.4.1	测量误差产生的原因及其分类	9
1.4.2	误差的各种表示方法	10
1.4.3	削弱和消除系统误差的主要措施	11
1.5	实验数据的处理方法	12
1.5.1	数据运算规则	12
1.5.2	等精度测量结果的处理	12
2	电子电路实验中常用的测试方法	14
2.1	电子测量概述	14
2.1.1	电子测量	14
2.1.2	计量的概念	14
2.1.3	测量方法的分类	14
2.2	模拟电子电路基本参数的测试方法	15
2.2.1	电压的测量方法	15
2.2.2	阻抗的测量方法	17
2.2.3	幅频特性与通频带的测量方法	18
2.2.4	调幅系数的测量方法	19
2.2.5	失真系数的测量方法	20
2.3	数字电路中常用的测试方法	20
2.3.1	数字集成电路器件的功能测试	21

2.3.2	数字电路几种基本电路的测试方法	21
3	常用电子仪器仪表的使用	22
3.1	低频信号发生器	22
3.2	交流毫伏表	24
3.3	示波器	25
3.4	实验箱简介	29
3.4.1	电路分析实验箱系统概述	29
3.4.2	模拟电路实验箱介绍	31
3.4.3	数字电路实验箱简介	35
4	电路分析实验	40
实验一	常用电工仪表的使用及减小仪表测量误差的方法	40
实验二	常用电路元件的简易测试	44
实验三	电路元件伏安特性的测定	47
实验四	电路基本测量	52
实验五	基尔霍夫定律的验证	55
实验六	叠加原理	57
实验七	互易定理	58
实验八	戴维南定理与诺顿定理	61
实验九	电压源与电流源等效变换及最大功率传输定理	65
实验十	受控源特性研究	69
实验十一	典型电信号的观察与测量	74
实验十二	RC一阶电路的响应及其应用	77
实验十三	R、L、C元件阻抗特性的测定	80
实验十四	二阶动态电路的响应及其测试	83
实验十五	RC电路的频率响应及选频网络特性测试	88
实验十六	RLC串联谐振电路	93
实验十七	双口网络研究	96
实验十八	负阻抗变换器的研究	101
实验十九	回转器及其应用	107
5	模拟电子电路实验	113
5.1	实验要求	113
5.2	万用表测定二极管和三极管的方法	114
5.2.1	万用表粗测晶体管	114
5.2.2	晶体管的主要参数及其测试	115
5.3	放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	116
5.4	模拟电子电路实验	117
实验一	函数信号发生器的调试	117
实验二	晶体管共射极单管放大器	120

实验三	晶体管两级放大器	124
实验四	场效应管放大器	126
实验五	负反馈放大器	130
实验六	射极跟随器	132
实验七	差动放大器	135
实验八	RC 正弦波振荡器	139
实验九	LC 正弦波振荡器	140
实验十	集成运算放大器指标测试	141
实验十一	集成运算放大器的基本应用——模拟运算电路	145
实验十二	集成运算放大器的基本应用——波形发生器	149
实验十三	集成运算放大器的基本应用信号处理——有源滤波器	152
实验十四	集成运算放大器的基本应用——电压比较器	155
实验十五	电压—频率转换电路	158
实验十六	D/A、A/D 转换器	159
实验十七	低频功率放大器——OTL 功率放大器	165
实验十八	低频功率放大器——集成功率放大器	169
实验十九	直流稳压电源——晶体管稳压电源	170
实验二十	直流稳压电源——集成稳压器	174
实验二十一	晶闸管可控整流电路	175
实验二十二	综合应用实验——控温电路研究	178
实验二十三	综合应用实验——波形变换电路	180
5.5	在系统可编程模拟电路	181
5.5.1	ispPAC 简介	181
5.5.2	在系统可编程模拟电路的结构	182
5.5.3	PAC 的接口电路	186
5.5.4	PAC-Designer 软件及开发实例	187
5.5.5	参考实验	195
实验一	ispPAC 10 增益放大与衰减	196
实验二	ispPAC 10 在 Single-Ended 中的应用	200
实验三	ispPAC 10 二阶滤波器的实现	203
实验四	使用 ispPAC 20 完成电压监控	205
实验五	使用 ispPAC 80 低通可编程的低通滤波器	207
6	数字电子技术实验	209
6.1	数字逻辑电路实验基本知识	209
6.2	逻辑门电路实验	211
实验一	晶体管开关特性及其应用实验	211
6.3	门电路实验	213
6.3.1	TTL 门电路实验	213
实验二	TTL 门电路参数测试	213

实验三	TTL 门电路的逻辑功能测试	217
实验四	TTL 集电极开路门和三态输出门测试	218
6.3.2	CMOS 门电路实验	222
实验五	CMOS 门电路参数测试	222
实验六	CMOS 门电路的逻辑功能测试	223
实验七	集成逻辑电路的连接和驱动	224
6.4	组合逻辑电路实验	227
实验八	编码器及其应用	227
实验九	译码器及其应用	231
实验十	数码管显示实验	234
实验十一	数据选择器及其应用	237
实验十二	加法器与数值比较器	240
实验十三	组合逻辑电路的设计与测试	243
6.5	集成触发器实验	245
实验十四	触发器及其应用	245
6.6	时序逻辑电路实验	249
实验十五	移位寄存器及其应用	249
实验十六	计数器及其应用	252
实验十七	脉冲分配器及其应用	258
6.7	脉冲信号的产生与整形实验	259
实验十八	单稳态触发器与施密特触发器	259
实验十九	多谐振荡器	265
实验二十	555 定时器及其应用	268
6.8	大规模集成电路实验	273
实验二十一	E^2 PROM 只读存储器的应用	273
实验二十二	随机存取存储器(RAM)及其应用	277
6.9	A/D 与 D/A 转换实验	281
实验二十三	D/A 转换实验	281
实验二十四	A/D 转换实验	287
6.10	数字电路的分析、设计与实现	291
实验二十五	多功能数字钟的设计	291
实验二十六	多路智力竞赛抢答器	296
实验二十七	可控定时器实验	300
6.11	可编程逻辑器件实验	304
实验二十八	基本门电路及软件使用实验	304
实验二十九	竞争冒险实验	316
实验三十	组合逻辑电路实验	319
实验三十一	触发器功能实验	322
实验三十二	计数器实验	324

实验三十三 交通灯实验	329
6.12 部分集成电路引脚排列图	336
7 电子工艺实训	344
7.1 DT830B 数字万用表实训指导	344
7.1.1 实训材料简介	344
7.1.2 安装工艺	344
7.1.3 调试与总装	349
7.2 AM 收音机装配工艺	351
8 实验中常用的电子器件	362
8.1 部分电气图形符号	362
8.1.1 电阻器、电容器、电感器和变压器	362
8.1.2 半导体管	362
8.1.3 其他电气图形符号	363
8.2 常用电子元器件型号命名法及主要技术参数	363
8.2.1 电阻器和电位器	363
8.2.2 电容器	368
8.2.3 电感器	370
8.2.4 半导体分立器件	371
8.2.5 模拟集成电路	382
参考文献	385

电子电路实验的基础知识

1.1 电子电路实验课的意义、目的及要求

1.1.1 电子电路实验课的意义

电子技术是电类专业的一门重要技术基础课,课程的显著特征之一是它的实践性。要想很好地掌握电子技术,除了要掌握基本器件的原理、电子电路的基本组成及分析方法外,还要掌握电子器件及基本电路的应用技术,因而实验课已成为电子技术教学中的重要环节。通过实验可使学生掌握器件的性能、参数及电子电路的内在规律、各功能电路间的相互影响,从而验证理论并发现理论知识的局限性。通过实验教学,可使学生进一步掌握基础知识、基本实验方法及基本实验技能。电子电路的基本实验技能如下:

- (1) 电子电路实验技术,包括电路参数测量、调整技术和电子电路系统结构实验分析技术;
- (2) 电路参数测量与调整技术,包括测量方法与仪器设备选择技术(测量系统设计技术)、仿真研究技术、误差分析技术等;
- (3) 电子电路系统结构实验分析技术,包括传递函数综合分析技术、频率特性实验分析技术等。

由于科学技术的飞速发展,社会对人才的要求越来越高,不仅要求具有丰富的知识,还要求具有更强的对知识的运用能力及创新能力,以适应新形势。以往的实验教学中,主要偏重验证性的内容,这种教学模式很难满足现代社会的要求。为适应面向 21 世纪教育的基本要求,提高学生对知识的综合运用能力及创新能力,在本课程体系中,将传统的实验教学内容划分为基础验证性实验、设计性实验、综合性实验、仿其实验这样几个层次。

通过基础实验教学,可使学生掌握器件的性能、电子电路基本原理及基本的实验方法,从而验证理论并发现理论知识在实际应用中的局限性,培养学生从枯燥的实验数据中总结规律、发现问题的能力。另外,实验要求分成必做和选做两部分,同时配备了大量的思考题,可使学习优秀的学生有发挥的余地。

通过设计性实验教学,可提高学生对基础知识、基本实验技能的运用能力,掌握参数及电子电路的内在规律,真正理解模拟电路参数“量”的差别和工作“状态”的关系。

通过综合性实验教学,可提高学生对单元功能电路理解,了解各功能电路间的相互影响,掌握各功能电路之间参数的衔接和匹配关系以及模拟电路和数字电路之间的结合,可提高学生综合运用知识的能力。

通过仿真实验教学,可使学生掌握各种仿真软件的应用以及它们的功能、特点,学会电子电路现代化设计方法的应用。在实验中,软件的使用以自学为主,配合具体的题目,培养学生对新知识的掌握和应用能力。

1.1.2 电子电路实验课的特点及学习方法

1) 电子电路实验课的特点

电子电路实验课具有以下一些特点:

(1) 电子器件(如半导体管、集成电路等)品种繁多,特性各异。在进行实验时,首先面临如何正确、合理地选择电子器件的问题。如果选用不当,则将难以获得满意的实验结果,甚至造成电子器件的损坏。因此,必须对所用电子器件的性能有所了解。

(2) 电子器件(特别是模拟电子器件)的特性参数离散性大,电子元件(如电阻、电容等)的元件值也有较大的偏差,这就使得实际电路性能与设计要求有一定的差异,实验时需要进行调试。调试电路所花费的精力有时甚至会超过制作电路所花费的精力。对于调试好的电路,若更换了某个元器件,也需要重新调试。因此,掌握调试方法、积累调试经验,是很重要的。

(3) 一方面,模拟电子器件的特性大多数都是非线性的,因此,在使用模拟电子器件时,就需要考虑如何合理地选择与调整工作点以及如何使工作点稳定。而工作点是由偏置电路确定的,因此偏置电路的设计与调整在模拟电子电路中占有极其重要的地位。另一方面,模拟电子器件的非线性特性使得模拟电子电路的设计难以精确,因此通过实验进行调试是必不可少的。

(4) 模拟电子电路的输入输出关系具有连续性、多样性与复杂性,这就决定了模拟电子电路测试手段的多样性与复杂性。针对不同的问题采用不同的测试方法是模拟电子电路实验的特点之一。数字电子电路的输出输入关系比较简单,但各测试点电平之间的逻辑关系(时序关系)应非常清楚。

(5) 测试仪器的非理想特性(如信号源具有一定的内阻、示波器和毫伏表的输入阻抗不是无穷大等)会对被测电路的工作状态有影响。了解这种影响,选择合适的测试仪器和分析由此引起的测试误差是模拟电子电路实验中的一个不可忽视的问题。

(6) 电子电路中的寄生参数(如分布电容、寄生电感等)和外界的电磁干扰,在一定条件下可能对电路的特性有重大影响,甚至产生自激使电路不能工作,这种情况在工作频率高时尤易发生。因此,元件的合理布局 and 合理连接方式、接地点的合理选择和地线的合理安排、必要的去耦和屏蔽措施等在模拟电子电路实验中是相当重要的。

(7) 电子电路(特别是模拟电子电路)各单元电路相互连接时,经常会遇到匹配问题。若未能做到很好地匹配,则尽管各单元电路都能正常工作,相互连接后的总体电路也可能不能正常工作。为了做到匹配,除了在设计时就要考虑到这一问题,选择合适的元件参数或采取某些特殊的措施外,在实验时也要注意这一问题。

电子电路实验的上述特点决定了电子电路实验的复杂性,也决定了实验能力和实际经验的重要性。了解这些特点,对掌握电子电路的实验技术,分析实验中出现的问题和提高实验能力是很有益的。

2) 电子电路实验课的学习方法

为了学好电子电路实验课,在学习时应注意以下几点:

(1) 掌握实验课的学习规律。实验课是以实验为主的课程,每个实验都要经历预习、实验和总结三个阶段,每个阶段都有明确的任务与要求。

① 预习——预习的任务是弄清实验的目的、内容、要求、方法及实验中应注意的问题,并拟

定出实验步骤,画出记录表格。此外,还要对实验结果做出估计,以便在实验时及时检验实验结果的正确性。预习的是否充分,将决定实验能否顺利完成和收获的大小。

②实验——实验的任务是按照预定的方案进行实验。实验的过程既是完成实验任务的过程,又是锻炼实验能力和培养实验作风的过程。在实验过程中,既要动手,又要动脑;要养成良好的实验作风,做好原始数据的记录,分析与解决实验中遇到的各种问题。

③总结——总结的任务是在实验完成后,整理实验数据,分析实验结果,总结实验收获和写出实验报告,是培养总结归纳能力和编写实验报告能力的主要阶段。一次实验收获的大小,除决定于预习和实验外,总结也具有重要的作用。

(2) 应用已学的理论知识指导实验的进行。首先要从理论上研究实验电路的工作原理与特性,然后制订实验方案。在调试电路时,也要用理论来分析实验现象,从而确定调试措施。盲目调试是错误的,虽然有时也能获得正确的结果,但对调试电路能力的提高不会有什么帮助。实验结果的正确与否及与理论的差异也应从理论的高度进行分析。

(3) 注意实际知识与经验的积累。实际知识和经验需要靠长期积累才能丰富起来。在实验过程中,对所用的仪器与元器件,要记住它们的型号、规格和使用方法;对实验中出现的各种现象与故障,要记住它们的特征;对实验中的经验教训,要进行总结。为此,可准备一本“实验知识与经验记录本”,及时记录与总结,这不仅对当前有用,而且可供以后查阅。

(4) 增强自觉提高实际工作能力的意识。要将实际工作能力的培养从被动变为主动,在学习过程中,有意识地、主动地培养自己的实际工作能力。不应依赖教师的指导,而应力求自己解决实验中的各种问题。要不怕困难与失败,从一定意义上来说,困难与失败正是提高自己实际工作能力的良机。

1.1.3 电子电路实验课的目的

电子电路实验课的目的是加强学生对电子技术基础知识的掌握,使学生通过实验过程掌握电子电路基本的实验技能。要求学生达到的目标可概括为以下几个方面:

(1) 使学生学习一定的元器件使用技术。学会识别元器件的类型、型号、规格,并能根据设计的具体要求选择元器件。元器件是组成电子电路的基本单元,通过导线把不同的元器件连接在一起就组成了电子电路,所以,电子电路实验中的一个核心问题就是元器件的正确使用。元器件的正确使用包括器件电气特性的了解和正确使用、器件机械特性的了解和正确操作、器件管脚的正确识别与使用等。电子电路实验中的许多故障往往都是因为不能正确使用元器件造成的。因此,正确使用电子元器件是电子电路实验的基本教学内容。

(2) 使学生得到一定的基本技能训练,如焊接、组装等。要实现一个电子电路,必须对电路中各种不同的元器件实现正确的电路连接。电路连接技术虽然不像元器件使用技术那样复杂,但判断不同的电子元器件应当采用什么样的连接方法、什么样的连接是正确的,也不是一件容易的事,需要在电子电路实验课程中不断地认识、实践,只有经过反复地操作练习才能掌握正确的电路连接技术。此外,电路连接技术将直接影响电路的基本特性和安全性。因此电路连接技术是电子电路实验的基本教学内容之一,也是必须掌握的一项基本技术。

(3) 使学生学到一定的仪器使用技术。电子电路实验的一个重要内容就是各种类型电子仪器(如万用表、示波器、信号源、稳压电源等)的使用和操作技术。电子仪器的使用包括两个方面的含义:一个是仪器本身技术特性的应用,另一个是被测电路的基本技术特性。只有使仪

器本身的技术特性与被测电路的技术特性相对应,才能取得良好的测量结果。对于电类学科的学生来说,正确操作电子仪器是基本学科技术素质和工程素质之一。在电子电路实验课程中,必须十分注意学习并掌握各种仪器设备的正确使用和操作方法。

(4) 使学生学到一定的测量系统设计技术。在进行电子电路设计和调试时,需要使用各种不同的仪器设备对电路进行测量,以确定电路的状态、判断电路是否按设计要求工作并达到了设计指标。为了保证测量对电路没有影响,在电子电路设计和实验中必须对测量系统进行设计,以决定采用什么样的测量系统和如何进行测量。测量系统设计的基本依据是电子电路的电路参数特性,例如电路的最高电压、最高频率、输入和输出电阻、电路的频率特性等。测量系统设计技术不仅涉及测量仪器的知识,还直接与电子电路系统结构有关,因此,测量系统设计技术是一个综合技术,是电子电路实验的基本学习内容之一。只有合理的设计测量系统,才能保证测量结果的正确。

(5) 使学生学到一定的仿真分析技术。仿真分析是一项以计算机和电子技术理论为基础的电子电路实验技术。对于现代电子工程技术人员来说,计算机仿真技术是必不可少的,因为它不仅可以节省电路设计和调试的时间,更可以节约大量的硬件费用。电子系统的计算机仿真技术已经成为现代电子技术中的一个重要组成部分,也成为现代电子工程技术人员的基本技术和工程素质之一。因此,电子电路实验课程的一个重要内容就是学习、使用有关的电子电路设计和仿真软件。在一个电路进入实际制作和调试之前,用计算机仿真软件使电路设计合理,并对电路进行测试,是电子电路实验课程的一个基本内容。

(6) 使学生学到一定的测量结果分析技术。电子电路的一个特点是,电路的功能可以直接从调试过程中得到证实,而有关的技术指标和一些技术特性则需要通过对测量结果的数据进行分析处理才能得到。所以,如何处理实验中的测量结果,是电子电路实验的一项基本技术。

(7) 使学生能够利用实验的方法完成具体任务。如根据具体的实验任务拟定实验方案(测试电路、仪器、测试方法等),独立地完成实验,对实验现象进行理论分析,并通过对实验数据的分析得到相应的实验结果,撰写规范的实验报告等。

(8) 培养学生独立解决问题的能力。如独立地完成某一设计任务的元器件选择、安装调试,从而使学生具备一定的科学研究能力。

(9) 培养学生实事求是的科学态度和踏实细致的工作作风。

1.1.4 电子电路实验的一般要求

为了使实验能够达到预期效果,确保实验的顺利完成,培养学生良好的工作作风,充分发挥学生的主观能动作用,提出如下基本要求:

1) 实验前的要求

(1) 实验前要充分预习,包括认真阅读理论教材及实验教材,深入了解本次实验的目的,弄清实验电路的基本原理,掌握主要参数的测试方法。

(2) 阅读实验教材中关于仪器使用的章节,熟悉所用仪器的主要性能和使用方法。

(3) 估算测试数据、实验结果,并写出预习报告。

2) 实验中的要求

(1) 按时进入实验室并在规定时间内完成实验任务,遵守实验室的规章制度,实验后整理

好实验台。

(2) 严格按照科学的操作方法进行实验,要求接线正确、布线整齐合理。

(3) 按照仪器的操作规程正确使用仪器,不得野蛮操作。

(4) 实验中出现故障时,应利用所学知识冷静分析原因,并能在教师的指导下独立解决。对实验中的现象和实验结果要能进行正确的解释。

3) 实验后的要求

撰写实验报告是整个实验教学中的重要环节,是对工程技术人员的一项基本训练。一份完美的实验报告是一项成功实验的最好答卷,因此实验报告的撰写要按照以下要求进行:

(1) 对于普通的验证性实验的报告要求

① 实验报告用规定的实验报告纸书写,上交时应装订整齐。

② 实验报告中所有的图都用同一颜色的笔画在坐标纸上。

③ 实验报告要书写工整,布局合理、美观,不应有涂改。

④ 实验报告内容要齐全,应包括实验任务、实验原理、实验电路、元器件型号规格、测试条件、测试数据、实验结果、结论分析及教师签字的原始记录等。

(2) 对于设计性实验的报告要求

设计性实验是比验证性实验高一层次的实验,因此实验报告的撰写也有特殊的要求和步骤。

① 标题。包括实验名称,实验者的班级、姓名、实验日期等。

② 已知条件。包括主要技术指标、实验用仪器(名称、型号、数量)。

③ 电路原理。如果所设计的电路由几个单元电路组成,则阐述电路原理时,最好先用总体框图说明,然后结合框图逐一介绍各单元电路的工作原理。

④ 单元电路的设计与调试步骤:

a. 选择电路形式;

b. 电路设计(对所选电路中的各元件值进行定量计算或工程估算);

c. 电路的装调。

⑤ 整机联合调试与测试。当各单元电路调试正确后,按以下步骤进行整机联调:

a. 测量主要技术指标。报告中要说明各项技术指标的测量方法,画出测试原理图,记录并整理实验数据,正确选取有效数字的位数。根据实验数据,进行必要的计算,列出表格,在方格纸上绘制出光滑的波形或曲线。

b. 故障分析及说明。说明在单元电路和整机调试中出现的主要故障及解决办法。波形失真的要分析原因。

c. 绘制出完整的电路原理图,并标明调试后的各元件参数。

⑥ 测量结果的误差分析。用理论计算值代替真值,求得测量结果的相对误差,并分析误差产生的原因。

⑦ 思考题解答与其他实验研究。

⑧ 电路改进意见及本次实验中的收获体会。

实验电路的设计方案、元器件参数及测试方法等都不可能尽善尽美。实验结束后可进一步修改。如改善电路性能;降低成本;进行实验方案的修正、实验内容的增删、实验步骤的改进等。

每完成一项实验都会有不少收获体会。既有成功的经验,也有失败的教训,应及时总结,不断提高。

每份实验报告除了要包含上述内容外,还应做到文理通顺、字迹端正、图形美观、页面整洁。

1.2 实验室安全操作规程

为了保证人身与仪器设备安全及实验顺利进行,进入实验室后要遵守实验室的规章制度和实验室安全规则。

1.2.1 人身安全

实验室中常见的、危及人身安全的事故是触电,它是人体有电流通过时产生的强烈的生理反应,轻者使身体局部产生不适,严重的将产生永久性伤害,甚至危及生命。为避免事故的发生,进入实验室后应遵循以下规则。

- (1) 实验时不允许赤脚,各种仪器设备应有良好的接地线。
- (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) 在进行强电或具有一定危险性的实验时,应有两人以上合作。测量高压时,通常单手操作并站在绝缘垫上,或穿上厚底胶鞋。在接通交流 220 V 电源前,应通知实验合作者。
- (4) 万一发生触电事故,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。

1.2.2 仪器及器件安全

- (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) 使用仪器时,应按照要求正确接线。
- (3) 实验中要有目的地操作仪器面板上的开关(或旋钮),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”响声、感到设备过热及出现保险丝熔断等异常现象时,应立即切断电源,在故障未排除前不得再次开机。
- (5) 搬动仪器设备时,必须轻拿轻放。未经允许不得随意调换仪器,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,如将万用表功能开关旋至“OFF”位置等。
- (7) 为保证器件及仪器安全,在连接实验电路时,应该在电路连接完成并检查完毕后,再接电源及信号源。

1.3 实验室常用工具和材料的使用

要快速而准确地安装、调试电子电路,除需要电路的理论知识、实验技能外,检修工具和材料也是必不可少的。本节介绍电子电路制作中所需要的基本工具、材料以及它们的使用方法、技巧和经验。

1.3.1 主要工具

1) 螺丝刀

螺丝刀是拆卸和装配螺丝必不可少的工具,有以下几种规格的螺丝刀:

- ①扁平螺丝刀;
- ②十字头螺丝刀;
- ③修表小螺丝刀。

螺丝刀在使用中应注意以下几点:

(1) 根据螺丝口的大小选择合适的螺丝刀,螺丝刀刀口太小会拧毛螺丝口,从而导致螺丝无法拆装。

(2) 在拆卸螺丝时,若螺丝很紧,不要硬去拆卸,应先按顺时针方向拧紧该螺丝,以便让螺丝松动,再按逆时针方向拧下螺丝。

(3) 将螺丝刀刀口在扬声器背面的磁钢上擦几下,使刀口带些磁性,这样在装螺丝时能够吸住它,防止螺丝落到机壳底部。不过,专门用于调整录音机磁头的螺丝刀不要这样处理,否则会使磁头带磁,影响磁头的工作性能。

(4) 在装配螺丝时,不要装一个就拧紧一个,应在全部螺丝装上后,再把对角方向的螺丝均匀拧紧。

2) 电烙铁

电烙铁是用来焊接的。为了获得高质量的焊点,除需要掌握焊接技能、选用合适的助焊剂外,还要根据焊接对象、环境温度,合理选用电烙铁。如电子电路均采用晶体管元器件,则焊接温度不宜太高,否则,容易烫坏元器件,所以电烙铁主要选择下列几种:

(1) 20 W 内热式电烙铁,主要用来焊接晶体管、集成电路、电阻器和电容器等元器件。内热式电烙铁具有预热时间快、体积小、效率高、重量轻、使用寿命长等优点。

(2) 60 W 左右的电烙铁,可用外热式的,用来焊接一些引脚较粗的元器件,例如变压器、插座引脚等。

另外需要以下辅助设备。

吸锡器,主要用于拆卸集成电路等多引脚元器件。

电烙铁支架,防止电烙铁头碰到工作面上。支架底板要木质的,以绝热;底板中间开一个凹坑,放助焊剂——松香。

买来的电烙铁电源引线一般是橡胶线,当烙铁头碰到引线时就会烫坏皮线,为了安全起见,应换成防火的花线。在更换电源线之后,还要进行安全检查,主要是引线头不能碰到电烙铁的外壳。

1.3.2 主要材料

1) 焊锡丝

最好使用低熔点的、细的焊锡丝,因为细焊锡丝管内的助焊剂量正好与焊锡用去量一致,而粗焊锡丝焊锡的量较多。在焊接过程中,若发现焊点成豆腐渣状态,很可能是由于焊锡质量不好,或是由于使用了高熔点的焊锡丝,或是由于电烙铁的温度不够,这种焊点是不可靠的。

2) 助焊剂

用助焊剂来辅助焊接可以提高焊接的质量和速度,是焊接中必不可少的材料。在焊锡丝的管芯中有助焊剂,当烙铁头熔解焊锡丝时,管芯内的助焊剂便与熔解的焊锡熔合在一起。但在焊接电路板时,只用焊锡丝中的助焊剂一般是不够的,需要有专门的助焊剂。助焊剂主要有以下两种:

(1) 成品助焊剂。是酸性的,对线路板有一定的腐蚀作用,用量不要太多,焊完焊点后最好擦去多余的助焊剂。

(2) 松香。松香对线路板没有腐蚀作用,但使用松香后的焊点有斑点,不美观,可以用酒精棉球擦净。

1.3.3 辅助工具

1) 钢针

钢针用来穿孔。调试时拆下元器件后,线路板上的引脚孔会被焊锡堵住,此时用钢针在电烙铁的配合下穿通引脚孔。钢针可以自制:取一根自行车辐条,一端弯成一个圆圈,另一端挫成细针尖状,使之能够穿过线路板上的元器件引脚孔。

2) 刀片

刀片主要用来切断线路板上的铜箔线路。在电路调试中,时常要对某个元器件进行脱开电路的检查,此时用刀片切断与该元器件有关引脚相连的铜箔,可省去拆下该元器件的不便。刀片可以用钢锯条自己制作,也可以用刮胡刀片,要求刀刃锋利,这样切割时不会损伤线路板上的铜箔线路。

3) 镊子

镊子是焊接时不可缺少的辅助工具,可以用来拉引线、送管脚,以方便焊接。另外,当镊子夹住元器件引脚后,烙铁焊接时的热量就会通过镊子传递散发,防止元器件承受更多的热量,减少了元器件烫坏的可能性。镊子的钳口要平整,弹性适中。

4) 剪刀

剪刀可用来修剪引线等软的材料,例如剥去导线外层的绝缘层。剥引线皮的方法是:用剪刀口轻轻夹住引线头,手抓紧引线,将剪刀向外拨动;也可以先在引线头外轻轻剪一圈,割断引线外皮,再剥引线皮。剪刀刀口要锋利,剪刀夹紧引线头时既不能太紧也不能太松:太紧会剪断或损伤内部的引线,太松又剥不下外皮。

5) 钳子

钳子可用来剪硬的材料或作为紧固用的工具。要准备一把尖嘴钳和一把偏口钳,尖嘴钳可以用来安装、加固一些小的零件;偏口钳可以用来剪元器件的引脚,还可以用来拆卸和紧固某些特殊插脚的螺母。

另外,实验室中还常用剥线钳,这是专门的剥引线皮的工具:将待剥表皮的导线插入剥线钳中,夹紧钳柄,拉出导线,则线皮即被剥掉。剥线钳上根据导线粗细规格的不同有不同规格的空挡,使用时应选择合适的空挡。