

高等学校电工电子类系列教材



电子技术实验与实训教程

ELECTRONIC TECHNOLOGY EXPERIMENT & TRAINING COURSE

主编 / 王德杰

中国石化大学出版社

高等学校电工电子类系列

电子技术实验 与实训教程

主 编 王德杰

副主编 谭志强 刁修睦

中国石油大学出版社

内容提要

本书主要内容包括:电子技术基础知识、电子技术基本技能、电子线路设计方法、电子线路组装与调试技术、电子线路 EDA 技术、电子技术实验与实训实例等。书中给出了大量的实验与实训参考课题,供教师选择使用。

本书引入了 EDA 技术,并与部分电子技术实验与实训实例相结合,给出了大量实用性的仿真电路图。将实训课题与 EDA 技术结合,尝试一体化的教学法,在方便教师教学的同时,提高了学生对电子技术学习与应用的兴趣。全书在实践环节的安排上既考虑了与理论教学相衔接,又考虑了培养学生能力的循序渐进的过程,按照单元电路的验证到设计再到综合性设计、制作与调试的实训顺序安排内容。

本书可作为高等院校理工科电工电子类专业本、专科及高职学生的电子技术课程的实践环节教材,用于模拟和数字电子技术的实验、电子实习及电子课程设计等方面的教学指导,也可作为相关专业和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与实训教程/王德杰主编. —东营:中国
石油大学出版社,2010.3
ISBN 978-7-5636-3032-5

I. 电… II. 王… III. 电子技术—高等学校—教材
IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 013371 号

电子技术实验与实训教程

主 编:王德杰
责任编辑:刘 静

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)
网 址: <http://www.uppbook.com.cn>
电子信箱: cbs2006@163.com
印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司
发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8391810)
开 本: 185×260 印张:14 字数:340 千字
版 次: 2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
定 价: 23.80 元

版权专有,翻印必究。举报电话:0546—8391810

本书封面覆有带中国石油大学出版社标志的激光防伪膜。

本书封面贴有带中国石油大学出版社标志的电码防伪标签,无标签者不得销售。

编审委员会

BIANSHEN WEIYUANHUI

高等学校电工电子类系列教材 ◀◀

主 任 王志功 (东南大学)

副 主 任 马家辰 (哈尔滨工业大学(威海))

曹茂永 (山东科技大学)

编委会成员 (以姓氏笔画为序)

于海生 (青岛大学)

王宝兴 (聊城大学)

刘法胜 (山东科技大学)

李贻斌 (山东大学)

张 勇 (济南大学)

周绍磊 (海军航空工程学院)

武玉强 (曲阜师范大学)

侯加林 (山东农业大学)

韩 力 (北京理工大学)

谭博学 (山东理工大学)

王培进 (烟台大学)

卢 燕 (青岛理工大学)

刘庆华 (中国石油大学出版社)

李 明 (中国矿业大学)

郑永果 (山东科技大学)

周应兵 (山东交通学院)

孟祥忠 (青岛科技大学)

唐述宏 (潍坊学院)

褚东升 (中国海洋大学)

蔡星光 (山东轻工业学院)

编委会秘书 刘 静 (中国石油大学出版社)

出版说明

电工电子技术作为当前信息技术的基础,在国民经济和社会发展中起着越来越直接和越来越重要的作用。在高校中,由于广阔的技术应用和良好的就业前景,使电工电子类专业成为近年来发展势头最强劲的专业之一。在学生人数激增、学科应用拓展、学科发展加速的现实背景下,要使高校的专业教学跟上发展的步伐,适应社会的需求,则必须进行课程体系和课程内容的改革。这是摆在我们电工电子类专业从教者面前的一项重要而紧迫的任务。

正是在这种共同认识的驱动下,我们 20 多所高校——一些平时在教学改革方面颇多交流、在学科建设方面颇多借鉴的院校,走到了一起。我们这些院校各有所长,在一起切磋、比较、学习,搭建了一个很好的学习和交流的平台,共同推动了教育教学改革,促进了各自的发展。经验告诉我们,教改的核心是课程体系和课程内容的改革,但课程体系和课程内容改革的成果呈现在学生面前的最主要资源便是构架完备系统的教材。因此,课程改革与教材建设同步,编写出一套适合当前教学改革要求、结构体系完备、体现教学改革思路的好教材,成了我们共同的追求。

教材指导教学,教材体现教改。根据我们现实的教学需求和进一步的发展规划,我们把这套教材的建设构架为三个方面,也可以说是三个模块:

第一个方面是电工电子的基础理论与技术教材,主要针对工科类学生的通识课或者基础课,包括信号与系统、电路分析、电子线路、模拟电子技术、数字电子技术、单片机原理及应用、微机原理及应用、电气控制及 PLC 技术、计算机控制技术、电机与电气控制技术、传感器与检测技术、电机与拖动等,涵盖电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术等专业的基础知识。为确保教材的权威性、科学性,各书主编及主要撰写者,均由具有多年教学经验的教授和专家担任。教材的覆盖面广、知识面宽,以高校的精品课建设为基础,着重基本概念和基本物理过程的论述,注重教学内容的内拓和精选,突出先进性、针对性和实用性。

第二个方面是实验与实训类教材。实验教学是培养学生基本工程素质、提高工程实践能力的重要手段,是高校工科教育教学改革的核心课题。为此,我们这些高校都极其重视实验教学改革与教材建设,不断更新实训教育理念,注重学生创新能力和动手能力的综合发展。国家级实验教学示范中心是高等学校实验教学研究 and 改革的基地,引领全国高等学校实验教学改革的方向。我们的整套实训教材以山东科技大学和青岛大学“国家级电工电子实验教学示范中心”为依托,将任务驱动与项目引领相结合,融基础实验与综合技能训练、系

统设计与综合应用、工程训练和创新能力培养为一体,体系完整、内容丰富、工程实践性强,以期达到加强学生的系统综合设计能力和训练学生工程思维的目的。这一类教材主要包括电路实训教程、模拟电子技术实验教程、数字电路逻辑设计与实训教程、电子工艺与实训教程、PLC应用实训教程、电子工程实训教程、电气工程实训教程等。相信这部分教材对加强、规范和引导相关高校的实验教学会有有一定的借鉴作用。

第三个方面则是我们独具特色的电工电子类专业的双语教学教材。我们本着自编和引进并重的原则,打造适合我国高等教育发展的电工电子类双语教材体系。我们拥有具有东西方不同教学体系下丰富教学经验的外国专家和教授,他们以纯正的英语语言直接面向我们的大学生编写教材,这在国内恐属首创。比如这套教材中的双语教材之一《Introductory Microcontroller Theory and Applications》就是由英籍专家 Michael Collier 主编完成的英文版双语教材。该教材已在试用中得到了教师和学生的很高评价。在编写原创双语教材的同时,为了提供更丰富的双语教材资源,弥补原创双语教材在数量上的不足,各校将在共同讨论的基础上,引进相对适应性广泛的原版教材。另外,电工电子类双语教学网站也在同步建设中,为师生提供双语教学资源,打造师生互动平台。

诸事万物,见仁见智。对一套好教材的追求是我们的愿望。但当我们倾力追求教材对于我们学校现实的适用性时,我们真的惧怕它们或许已离另一些学校更远。站在不同的起点或角度进行教材构架时,这种差异有时会影响人们对教材的评判。这就时刻提醒我们参与教材编写的院校,在追求教材对于自身的适用性的同时,需要努力与其他院校做更多的沟通和了解,以使自身更好地融入全国教改的主流,同时使这套教材具有更好的普适性,有更广泛的代表意义和借鉴作用。

教材是教学之本。我们希望这套教材:不仅能符合专业培养要求,而且能顺应专业培养方向;不仅能符合教育教学规律,而且能符合学生的接受能力和知识水平;不仅能蕴含和体现丰富的教学经验和思想,而且能为学生呈现良好的学习方法,能指导学生学会自主学习,能调动学生的创造力和学习热情……我们将为此继续努力!

编委会

2009年12月

前言

电子技术是电类专业的一门重要的技术基础课,它以应用性与技术实践性为鲜明特点,其实践环节是整个教学过程的重要组成部分。按照电类专业学生的培养目标,为了强化学生的实践能力和创新意识,反映现代教育的思想、方法和手段,我们力求使本教材适合电子技术的实践教学。本教材集新颖性、实用性和通用性于一体,定位准确,内容丰富,结构合理。

全书以电子技术的基础知识、基本技能实训、单元电路实验和综合性实训为主要内容。基础知识部分包括常用电子仪器,常用电子元器件,电子线路的设计、仿真、制作与调试等相关内容。在介绍了电子技术的基础知识、基本技能的基础上,给出了基本技能、模拟电子技术、数字电子技术和电子技术综合实训的一些有针对性的实验与实训实例。部分综合性实训可以作为电子实习或电子技术课程设计的课题。本书针对不同的实训项目,分析了电路原理,给出了实验与实训操作的内容、步骤和技术要求,同时引入了 EDA 技术,并与电子技术实训实例相结合,给出了主要实验与实训课题的仿真电路。教师可以参照相关仿真电路,利用电子线路仿真平台演示实训课题的操作内容和电路的搭建过程,讲解仪器仪表的连接和操作注意事项。全书在实践环节的安排上既考虑了与理论教学相衔接,又考虑了培养学生能力的循序渐进的过程,按照单元电路的验证到设计再到综合性设计、制作与调试的顺序安排内容,有利于在培养学生实践能力的基础上,培养他们的创新意识和创新能力。

本书分为 6 章。第 1 章为绪论;第 2 章介绍常用电子元器件的检测与应用;第 3 章介绍电子线路的设计方法;第 4 章介绍电子产品的装配与调试;第 5 章介绍电子线路 EDA 技术;第 6 章介绍电子技术实验与实训实例,主要包括基本技能实训、模拟电子技术实验、数字电子技术实验和电子技术综合实训的实例。本书附录部分包括半导体器件型号与符号的意义;常用半导体器件的主要参数;常用晶体管外形及封装;集成电路的型号命名方法和常用集成电路的引脚排列图。

本书由多年从事电子技术理论和实践教学的老师共同编写。全书由潍坊学院王德杰担任主编并统稿。第 1、2、3 章由王德杰编写,第 4 章由苑倩倩编写,第 5 章由李秀珍编写,第 6 章由谭志强、王德杰和刁修睦共同编写完成。在各位老师的积极配合和共同努力下,完成了本书的编写和统稿工作,在此对大家的辛勤工作致以衷心的感谢。在本书的编写过程中,参考了大量书籍、资料和网站,在此对相关作者表示感谢。

本书可作为高等院校的电子信息工程、应用电子技术、自动化、计算机应用、通信技术等专业模拟与数字电子技术实验、电子实习和电子技术课程设计等实践环节的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。教师可以根据各个专业的不同需要和课时安排,在使用时适当选择部分有关章节。

由于编者水平有限,书中疏漏和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2010 年 4 月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 电子技术实验与实训的目的与要求	(1)
1.2 电子技术实验与实训的一般教学过程	(2)
第2章 常用电子元器件的检测与应用	(4)
2.1 电 阻 器	(4)
2.1.1 电阻器的分类	(4)
2.1.2 电阻器的命名方法	(5)
2.1.3 电阻器的主要技术参数	(5)
2.1.4 电阻器的标识	(6)
2.1.5 电阻器的检测与代换	(8)
2.2 电 容 器	(9)
2.2.1 电容器的分类	(9)
2.2.2 电容器的命名方法	(10)
2.2.3 电容器的主要技术参数	(11)
2.2.4 电容器的标识	(12)
2.2.5 电容器的质量检测与选择	(13)
2.3 电 感 器	(14)
2.3.1 电感器的分类与应用	(14)
2.3.2 电感器的命名方法	(15)
2.3.3 电感器的主要技术参数	(15)
2.3.4 电感器的标识	(16)
2.3.5 电感器的检测	(16)
2.4 半导体分立器件	(16)
2.4.1 半导体器件的命名方法	(16)
2.4.2 二极管	(18)
2.4.3 三极管	(19)
2.5 集 成 电 路	(21)
2.5.1 集成电路的分类	(21)
2.5.2 集成电路的命名方法	(22)
2.5.3 集成电路的封装形式	(23)

2.5.4 集成电路的使用注意事项	(24)
2.6 其他常用半导体器件	(25)
2.6.1 场效应管	(25)
2.6.2 可控硅	(25)
2.6.3 光电器件	(26)
2.6.4 变压器	(27)
2.6.5 继电器	(28)
2.7 电子元器件的检验和筛选	(30)
2.7.1 外观质量检验	(30)
2.7.2 元器件的筛选	(30)
第3章 电子线路的设计方法	(31)
3.1 电子线路设计的一般步骤	(31)
3.1.1 总体方案的设计	(31)
3.1.2 单元电路的设计	(32)
3.1.3 元器件的选择与参数的计算	(32)
3.1.4 电路实验与仿真测试	(33)
3.1.5 绘制总体电路图	(34)
3.2 模拟电路的设计	(35)
3.2.1 半导体分立器件的选择	(35)
3.2.2 电阻器的选择	(35)
3.2.3 电容器的选择	(36)
3.2.4 模拟集成电路的选择	(36)
3.3 数字电路的设计	(36)
3.3.1 数字电路系统的组成	(36)
3.3.2 数字电路系统的设计步骤	(37)
3.4 印制电路板的设计与制作	(38)
3.4.1 印制电路板的组成	(39)
3.4.2 印制电路板的作用	(39)
3.4.3 印制电路板的设计	(40)
3.4.4 印制电路板的制作	(42)
第4章 电子产品的装配与调试	(44)
4.1 元器件插接技术	(44)
4.1.1 元器件引线加工	(44)
4.1.2 导线加工	(44)
4.1.3 元器件的安装工艺	(45)
4.2 元器件的焊接技术	(45)
4.2.1 焊接工具	(45)
4.2.2 焊接材料	(46)

4.2.3 焊接方法与工艺	(47)
4.2.4 特殊元器件的焊接	(50)
4.2.5 焊点的质量检验	(51)
4.2.6 拆焊	(52)
4.3 印制电路板的装配	(52)
4.3.1 印制电路板的装配要求	(52)
4.3.2 印制电路板装配的工艺流程	(53)
4.4 面包板及其插接技术	(53)
4.4.1 面包板的结构	(54)
4.4.2 布线工具	(54)
4.4.3 面包板的使用方法	(54)
4.5 电子线路的调试与故障处理	(55)
4.5.1 电子线路调试的方法与步骤	(56)
4.5.2 电子线路的故障分析与处理	(58)
第5章 电子线路 EDA 技术	(60)
5.1 概 述	(60)
5.2 Multisim 9.0 电路仿真分析应用	(61)
5.2.1 概述	(61)
5.2.2 Multisim 9.0 的基本操作	(62)
5.2.3 Multisim 9.0 的元器件库	(66)
5.2.4 Multisim 9.0 的虚拟仪器	(67)
5.2.5 Multisim 9.0 仿真应用实例	(70)
5.3 Protel DXP 电子线路设计应用	(79)
5.3.1 概述	(79)
5.3.2 Protel DXP 的基本操作	(80)
5.3.3 Protel DXP 的元件库	(82)
5.3.4 Protel DXP 原理图绘制	(84)
5.3.5 Protel DXP 电路仿真	(87)
5.3.6 Protel DXP 的 PCB 图设计	(90)
第6章 电子技术实验与实训实例	(95)
6.1 电子技术基本技能实训	(95)
实训1 常用电子元器件的识别与检测	(95)
实训2 常用电子仪器的使用与操作	(99)
实训3 电子元器件的焊接与装配	(101)
6.2 模拟电子技术实验	(104)
实验1 基本放大电路的性能测试	(104)
实验2 负反馈放大电路的性能测试	(107)
实验3 RC 桥式振荡器的性能测试	(110)

实验 4 差动放大电路的性能测试	(112)
实验 5 集成运算放大器的基本应用	(116)
实验 6 有源滤波电路的性能测试	(118)
实验 7 功率放大电路的性能测试	(122)
实验 8 直流稳压电源的设计与调试	(125)
6.3 数字电子技术实验	(127)
实验 1 集成门电路逻辑功能的综合测试	(127)
实验 2 集成门电路基本参数的综合测试	(132)
实验 3 组合逻辑电路的功能测试与设计	(135)
实验 4 编码器和译码器的功能测试及应用	(138)
实验 5 集成触发器综合功能测试	(141)
实验 6 计数器逻辑功能的测试及应用	(145)
实验 7 集成计数器、译码器与显示器的综合应用	(148)
实验 8 脉冲波形产生与整形电路的基本应用	(153)
6.4 电子技术综合实训	(157)
实训 1 声光控延时照明电路的制作与调试	(157)
实训 2 连续可调的集成稳压电源的制作与调试	(160)
实训 3 键控式调光台灯的制作与调试	(162)
实训 4 电子仿声器的制作与调试	(164)
实训 5 燃气泄漏报警器的制作与调试	(166)
实训 6 物品遗留提醒报警器的制作与调试	(168)
实训 7 多功能音乐门铃的制作与调试	(171)
实训 8 LED 显示水位计的制作与调试	(174)
实训 9 十路彩灯控制器的设计制作与调试	(176)
实训 10 智力竞赛抢答器的设计制作与调试	(179)
实训 11 简易数显频率计的设计制作与调试	(183)
实训 12 多功能数字钟的设计制作与调试	(187)
附 录	(195)
附录 A 半导体器件型号与符号的意义	(195)
附录 B 常用半导体器件的主要参数	(199)
附录 C 常用晶体管的外形及封装	(203)
附录 D 集成电路的型号命名方法	(204)
附录 E 常用集成电路引脚排列图	(208)
参考文献	(212)

第1章 绪论

1.1 电子技术实验与实训的目的与要求

实验与实训是在学生基本学习完相关课程之后,针对课程教学要求对学生进行的实践教学环节,是培养学生实践能力不可缺少的环节之一。电子技术的实践环节主要包括模拟电子技术、数字电子技术与电子技术等方面的实验与实训,以及电子实习和课程设计等。电子实践教学,不仅能使學生掌握电子线路的基础知识和电子线路的测试、安装调试、焊接、印刷电路板的制作等技能,还能培养学生由单元电路到电子系统,由实现基本电路功能到完成预定目标的电子系统设计的能力。所以,电子线路实训对培养学生的电子线路综合应用能力和创新思维具有十分重要的意义。

电子技术实验是根据理论教学进程设置的,与教学内容相关的验证性或综合性实践环节,其主要目的是验证课程中某一单元的基本理论,加深理解和巩固课堂教学中的理论知识,使学生在动手操作中进一步理解理论知识,提高技能,培养兴趣;培养学生正确的科学实验方法,树立理论联系实际的观点和严谨的科学作风。电子技术实验主要包括:掌握基本单元电路的功能原理及应用,正确使用常用电子仪器,会查阅电子元器件手册并能合理选用元件,具备测试常用电子电路功能及排除故障的能力。

电子技术实训是根据理论教学进程,在完成教学相关的验证性实验的基础上进行的,其主要目的是培养学生综合利用电子线路的理论知识,联系实际应用要求进行电子线路的设计、连接、安装和调试实验的工作能力,提高学生的应用能力和解决实际问题能力;培养学生运用 EDA 工具实现电子线路的设计、仿真验证和制作等方面的能力;使学生掌握电子线路的一般设计方法、步骤和调试方法,电子电路故障的一般排除方法,提高学生的实践能力和理论知识的实际应用能力;使学生具有初步的从事电子产品生产与开发的技能,为学生进一步学习专业知识和技能奠定必要的基础。

通过这些实践教学环节,学生应达到以下基本要求:

- (1) 能够综合利用电子技术的理论知识,独立操作完成实训项目,提高在实训中分析问题和解决问题的能力。
- (2) 熟悉常用电子元器件的类型、特性和主要技术参数,会查阅电子元器件手册并能合理选用元件。
- (3) 掌握基本单元电路的功能原理及应用,能正确阅读、分析电路原理图,并能根据原理图进行电子电路的线路连接、安装、测量和调试单元电子电路与简单的整机电路,能够处理电子电路的典型故障。
- (4) 能够正确使用常用电子仪表或仪器完成电子电路结果和功能的测试,正确读取实

验结果或数据。

(5) 能够运用常用的 EDA 工具实现对设计电路的仿真测试,完善理论设计,必要时绘制印刷电路板图。

(6) 能够独立分析实验或实训中得到的结果或数据,会绘制有关信号的波形或曲线,并掌握根据实验或实训过程和结果撰写实训报告的方法。

1.2 电子技术实验与实训的一般教学过程

电子技术实验过程中,一般由教师给出实验电路和实验内容及要求,让学生独立完成实验步骤及测试方法的拟定、实验仪器的选择等,或者让学生完成元器件的选择与检测、实验电路的搭建、电路的调试、故障排除和性能指标的测试,并根据实验过程、实验结果或数据,撰写实验报告,绘制有关信号的波形或曲线。由于目前大部分实验室的仪器和元器件可选择余地较小,实验过程中也可以根据实验内容使用 Multisim 等仿真软件,在仿真系统下完成元器件选择、电路搭建、仪器选用和电路参数的测试等。

电子技术实训是在完成与教学内容相关实验的基础上进行的,为电子技术的综合性实践环节。一般包括电子技术基本技能实训、有关电子电路的仿真与测试实训和电子小产品的设计与制作方面的综合性实训等内容,循序渐进地提高学生的实践能力。

基本技能实训的内容主要包括常用电子仪器的使用、常用电子元器件的检测和电子电路的焊接与装配等。

综合实训的教学过程,一般是教师提出实训题目、任务、内容与要求,让学生拟定实验步骤和测试方法,独立完成电路设计、元器件选择、电路的安装和调试等,通常是电子小产品的设计、制作与调试方面的内容。

综合性实训一般包括以下几个环节。

1. 实训准备

教师在实训前要充分做好实训准备工作,精心安排实训过程中每一个环节的任务,并根据学生的具体情况提出具体要求,同时要提前通知学生。指导教师布置实训任务,讲授相关设计的内容和思路,如任务要求,工作原理或原理图设计、仿真、布线与调试装配注意事项或基本方法,同时学生要消化吸收有关知识,查阅相关资料。综合实训时,学生需要设计原理图,画布线图,提出操作步骤,写出预设计报告,由指导教师初步审查并提出修改意见。电子线路的设计方法见后续章节。在学校的实验室中,有时往往受到客观条件的限制,一般由指导教师给出基本的电路或某些功能性模块及部分元器件供学生选择,学生则要根据基本条件完成实训任务。

2. 方案设计与确定

学生根据指导教师的审查修改意见,确定本次实训方案,包括实训电路、调试方法、使用仪器及操作步骤等。

如果是设计性综合实训,则确定设计方案的步骤为:选择确定方案;设计单元电路;元器件参数计算与选择;电路仿真及修改;确定实际设计电路。

3. 实际电路的安装与测试

根据设计的电路原理图(或指导教师给出的电路原理图),列出元器件清单,领取元器件、材料和仪器,完成电路的安装与测试。安装与测试的一般步骤如下:

(1) 领取元器件和材料,确定型号参数并检查是否有损坏。

(2) 根据领取的实验装置(实验板、实验箱、面包板、万能实验电路板或印刷电路板),初步设计总体安装布局。一般采取和电路原理图尽量一致的顺序排列,从左到右、从输入到输出,电源在上方,参考地在下方。

(3) 分别对各单元电路进行安装与调试。在调试过程中要仔细观察出现的各种现象,判断是否正常。若出现异常现象,要及时查找故障原因并及时排除,同时记录测试结果,如各点的测试波形、数据等。各部分测试成功后,再将各单元电路连接起来调试。

(4) 测试时一定要遵守安全操作规程。安装或更换元器件时要关断电源,发现打火、冒烟、有异味等异常时要及时关断电源并查找原因。使用电子仪器要注意安全操作,电源、信号源一定不要短路。使用仪器要选择合适的挡位与量程,以免损坏仪器。

(5) 测试成功后,要请指导教师验收。确认合格后,将领取的元器件或仪器等整理归顺并交还实验室。

4. 指导教师总结

实训完毕,指导教师要认真总结分析每一次实训的结果或数据,分析实训中出现的各种问题,解答学生提出的各种疑问,以全面了解学生的实践能力。

5. 撰写实训报告

在这一阶段,学生应根据实训的项目和内容,完成实训总结报告(即完成实训报告或设计报告)。实训报告应包括实训项目,实训目的,实训设备,实训具体步骤,元器件参数的计算,测试结果(或仿真结果)和数据的记录,测试中出现的问题的分析及解决措施,实训结果的分析、心得与体会等。

综合实训报告的内容还应该包括:

- (1) 课题名称、设计任务与要求;
- (2) 设计方案的选择与论证;
- (3) 总体方案的框图及其说明;
- (4) 单元电路的设计、计算与说明;
- (5) 总体电路原理图(必要时提供布线图)及简要说明。

6. 成绩评定

实训的成绩主要根据以下几个方面评定。

- (1) 工作态度:出勤情况、实习认真程度;
- (2) 设计能力:预设计中所提问题的难易程度,是否独立设计,预设计内容的错误多少,是否有创新,EDA工具的应用能力;
- (3) 调试能力:仪器仪表正确使用的情况,用仪器仪表测试电路指标的情况,元器件损坏多少,调试制作的速度,故障独立排除的情况,电路修改的情况;
- (4) 布线工艺:是否按工艺要求布线,布线是否美观;
- (5) 设计报告:设计报告内容是否完整,内容错误多少,电路设计是否有创新、是否与众不同,原理图是否规范,语言文字是否流畅,收获如何。

第2章 常用电子元器件的检测与应用

2.1 电阻器

在电子线路中,具有电阻性能的实体元件称为电阻器,简称电阻。它广泛应用于电子产品的各个领域,是一种常用的电子元件。电阻器一般可用来降低电压、分配电压、稳定和调节电流、限流、分配电流、滤波、阻抗匹配及为其他器件提供必要的工作条件。

2.1.1 电阻器的分类

电阻器主要包括固定电阻、可变电阻和敏感型电阻三大类。其中,可变电阻又称为电位器,它是一种阻值可调的电阻。敏感型电阻随着环境温度、压力或某些气体成分的变化,其电阻值也会产生相应的变化。常用电阻器的符号和外形如图 2-1 所示。

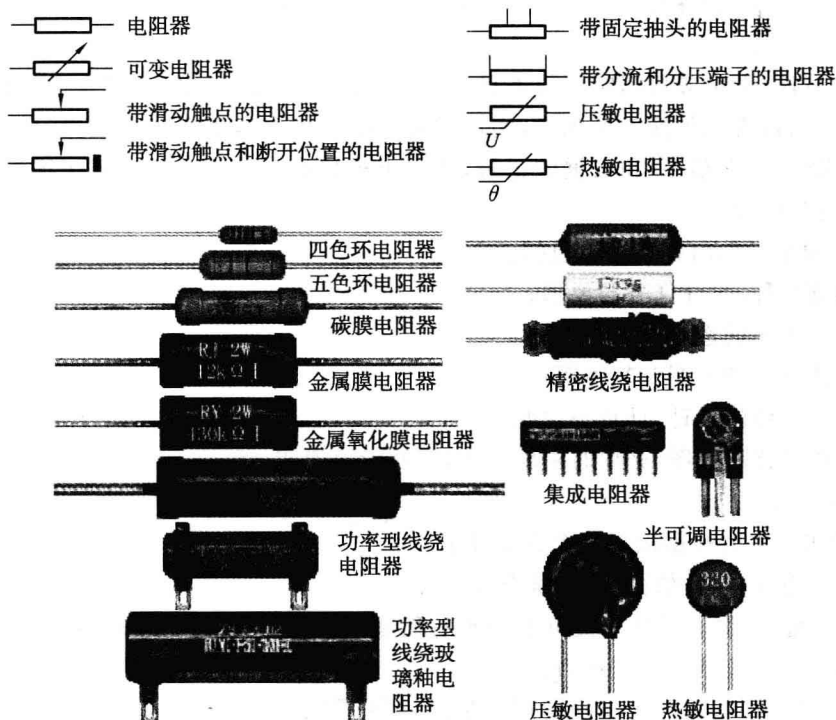


图 2-1 常用电阻器的符号和外形

电阻器按构成材料的不同分为合金型电阻器、薄膜型电阻器、合成型电阻器等多种类型;按用途分为普通型、精密型、高频型、高压型、高阻型、熔断型和集成电阻器等类型。其中,普通型的允许误差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$;精密型的允许误差为 $\pm 2\% \sim \pm 0.001\%$;高

频型亦称无感电阻器,功率可达 100 W;高压型的额定电压可达 35 kV;高阻型的阻值为 10~100 M Ω ;熔断型亦称保险丝电阻器。

2.1.2 电阻器的命名方法

电阻器的型号很多,根据国家标准(GB2470-81),国产电阻器的型号由四部分组成。

第一部分用字母表示产品名称,如用 R 表示电阻,用 W 表示电位器。

第二部分用字母表示产品的制作材料,如用 T 表示碳膜,用 J 表示金属膜,用 X 表示线绕等,如表 2.1 所示。

表 2.1 电阻器材料与字母对照表

符号	H	I	J	N	S	T	X	Y
材料	合成膜	玻璃釉膜	金属膜	无机实心	有机实心	碳膜	线绕	氧化膜

第三部分用数字或字母表示产品分类,如表 2.2 和表 2.3 所示。

第四部分用数字表示产品序列号,例如,RJ-71 为精密金属膜电阻,RXT-2 为可调线绕电阻。

表 2.2 电阻产品分类与数字对照表

数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9
产品分类	普通	普通	超高频	高阻	高阻	—	精密	高压	特殊

表 2.3 电阻产品分类与字母对照表

字母	G	T	W	D
产品分类	高功率	可调	—	—

示例: R T X -0.5W -2K - $\pm 0.5\%$ R J 7 1 -0.125 -5.1K -I

电阻 碳膜 小型 额定功率 标称电阻值 允许误差 电阻 精密 金属膜 序号 额定功率 标称电阻 误差等级

2.1.3 电阻器的主要技术参数

1. 允许误差

实际阻值与标称阻值的相对误差称为电阻器的允许误差(有时也称为精度)。普通电阻器的允许误差可分为 $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$,对应的精度等级分为 I、II、III 级;精密电阻器的允许误差可分为 $\pm 2\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0.5\%$, $\dots$, $\pm 0.001\%$ 等十多种系列。在电子产品设计中,可根据电路的不同要求选用不同允许误差的电阻器。电阻器的允许误差如表 2.4 所示。

表 2.4 电阻器的允许误差

$\pm \%$	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1
符号	E	X	Y	H	U	W	B
$\pm \%$	0.2	0.5	1	2	5	10	20
符号	C	D	F	G	J	K	M