



高等学校“十一五”规划教材

电工电子实践系列教程 ——电路测试技术

Diangong Dianzi Shijian Xilie Jiaocheng

Dianlu Ceshi Jishu

主编 阎有运

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国高等院校教材

电工电子实训系列教材

——电路测试技术

主编 刘永清

副主编 肖建

清华大学出版社

北京 清华大学出版社发行部

高等学校“十一五”规划教材

电工电子实践系列教程
——电路测试技术

主 编 阎有运
副主编 李玉东

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了电工测量的基础知识、典型的基础电路实验、综合设计性实验、电子电路设计与仿真软件 Multisim7.0 的使用方法及其设计实例。

本书可作为电子电路实践课的教材,也可作为电路实验参考书,适合于高等学校电类专业、电子电路设计技术人员和电子爱好者使用。

图书在版编目(CIP)数据

电路测试技术/阎有运主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.8

(电工电子实践系列教程)

ISBN 978 - 7- 81107 - 725 - 4

I. 电… II. 阎… III. 电路—测试技术—教材 IV. TN707

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 132345 号

书 名 电路测试技术
主 编 阎有运
责任编辑 何 戈
责任校对 杜锦芝
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 8.75 字数 216 千字
版次印次 2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷
定 价 15.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

实践教学是高等学校教学活动中的重要组成部分,在培养学生实践能力、分析和解决实际问题能力及严谨的科学态度方面,具有其他教学环节无法替代的作用。

电工电子实践系列教程在编写过程中全面贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作提高教学质量的若干意见》文件精神,参照高等学校基础课实验教学示范中心建设标准,更新实验教学内容,增大了设计性、综合性、创新性实验的比例。采用灵活的实验教学方式、方法。为高等学校学生提供系统化、科学化和规范化的开放式实践教学环境。

经过多年的实践证明,电工电子实践环节综合运用所学理论知识,拓宽知识面,系统地进行电工电子工程实践训练,为各类电子设计大赛、毕业设计乃至毕业后的工作打下良好的基础。

电工电子实践系列教程包括以下几个方面:电路测试技术(电工仪表、Multisim7、虚拟实验、电路实验),电工电子工程实践(电工实习、电子实习、工程实践),电子技术实践(模电实验、数电实验、课程设计)、EDA工程实践(EDA+SOPC、Protel、制版系统),微机原理实践(微机原理实验、计算机控制技术实验、课程设计),单片机原理实践(61板、C51编程软件、单片机实验、课程设计),可编程控制器实践(仿真软件、可编程控制器实验、课程设计),控制工程实践(工程基础、传感器、工程实践)。

电工电子实践系列教程的特点为:独立设课,以设计性、综合性、创新性为主,注重学生系统设计能力的培养和工程实践的锻炼。部分课程将理论教学融于实验教学之中,有利于学生自学和开放实验。

在此,对电工电子实践系列教程编者们的辛勤劳动表示由衷的感谢!最后,希望广大师生多提宝贵意见,以利不断提高。

河南理工大学电工电子实验中心

2007年6月

前 言

实验能力和实验操作技能是高等工科院校学生应培养的重要能力之一。本书是一本密切配合电路基础课程教学的实验教材,旨在帮助学生验证、消化和巩固基本理论,运用理论处理实际问题,获得实验技能和科学研究方法。结合我国当前电工实验教学体系、内容、方法上的改革和目前电工实验教学的实际水平,以及工科院校多年实验教学、改革研究的成果,在不削弱传统的工程实验教学的情况下,系统地、科学地培养学生的实际动手能力与创新能力显得尤为重要。本教材在编写上充分考虑了学生的学习特点和 21 世纪人才培养的要求,具有以下特点:

(1) 层次性、实用性强。在内容的安排上由浅入深、循序渐进,在加强基础的同时,侧重实用性,以提高学生的学习兴趣和能力,满足不同专业、不同层次的需要。

(2) 叙述详略得当。对一些理论课上学过的内容、原理叙述从略,主要通过思考题,促使学生主动思考,提高能力。

(3) 注重能力的培养。通过增加综合设计性、虚拟实验的分量,设置思考题等多种途径,全面提高学生分析问题和解决问题的能力。

(4) 注重先进性。将先进的电子电路设计与仿真软件 Multisim7.0 引入实验教学中,使学生接触到现代的电子技术手段,跟上现代电子技术的发展。

本书共分为四章。第一章介绍了电工测量的基础知识,包括基本测量方法、误差分析与消除方法以及常用的测量仪器仪表的基本工作原理、主要技术指标和使用方法。第二章介绍了典型的基础电路实验,供教学选用。第三章介绍了综合设计性实验。第四章介绍了电子电路设计与仿真软件 Multisim7.0 的基本特点和要求,并安排了许多典型的上机实验,以扩大学生的知识面。

本书由河南理工大学阎有运、李玉东、杨晓邦、李端、刘景艳、浮红霞编写,阎有运为主编,李玉东为副主编,全书由阎有运和李玉东统稿。十分感谢国家级电工电子实验教学示范中心余发山主任的支持和对本书编写提出的宝贵意见。感谢纪洪准同学对部分书稿的录入和整理。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 6 月于河南理工大学

目 录

第一章 绪论	1
第一节 实践教学的地位与作用	1
第二节 实验的意义与方法	1
第三节 安全用电	2
第四节 电路实验的基本要求	3
第二章 实验基础	8
第一节 常用电路电子器件的识别与测试	8
第二节 电气测量指示仪表的基本知识	16
第三节 常用电工仪器仪表的使用	24
第三章 基础实验	44
实验一 电工实验装置认识和万用表的使用	44
实验二 示波器和信号源的使用	46
实验三 直流电路中电压与电位的实验研究	48
实验四 基尔霍夫定律	49
实验五 受控源特性的研究	50
实验六 叠加原理实验	53
实验七 戴维南定理和诺顿定理实验	55
实验八 电源的等效变换	57
实验九 一阶电路过渡过程的研究	60
实验十 交流电路参数的测定	62
实验十一 日光灯电路及功率因数的提高	64
实验十二 RLC 串联谐振电路的研究	66
实验十三 互感电路的研究	68
实验十四 RC 选频网络特性测试	71
实验十五 三相交流电路的研究	73
实验十六 三相电路功率的测量	75
实验十七 RLC 二阶串联电路暂态响应	76
实验十八 交流电桥测参数	78
实验十九 回转器的应用	79
实验二十 负阻抗变换器的应用	81

第四章 综合性和设计性实验	84
实验一 电路元件伏安特性的测定	84
实验二 负载最大功率研究	87
实验三 线性含源一端口网络等效参数的测试	88
实验四 电阻、电感和电容等效参数的测定	89
实验五 三相交流电路参数测定	91
实验六 二端口网络参数的测定	93
第五章 虚拟实验	97
实验一 元件伏安特性的测试	97
实验二 基尔霍夫定律	101
实验三 叠加定理	102
实验四 戴维南定理	103
实验五 R 、 L 、 C 元件性能的研究	107
实验六 一阶电路过渡过程的研究	110
实验七 RLC 串联电路的幅频特性和谐振现象	112
附录	115
附录一 GDDS—1C 型电工电子实验装置使用说明	115
附录二 Multisim7.0 使用指南	123
参考文献	132

第一章 绪 论

第一节 实践教学的地位与作用

传统的教学体制以理论教学为主,实验教学一直处于“教辅”地位。20世纪末,尤其是进入21世纪后,随着社会经济体制的转变和社会对人才需求的变化,中共中央和教育部先后颁发了《中国教育改革和发展纲要》、《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》、《面向21世纪教育振兴行动计划》、《关于加强高等学校本科教学工作提高教学质量的若干意见》等文件,政府加大了对教育的投入,实验室建设规模空前扩大。教育界普遍认为,应把实践教学环节提高到同理论教学同等重要的地位,使得承前启后的实践教学真正从“教辅”中解脱出来,与理论教学、科学研究有机地紧密结合在一起,使学生通过实践过程的训练,深化对基础理论的认识,同时加强培养学生的动手操作能力、实践创新能力以及科研创新能力和工程意识,从而培养出适合社会需要的优秀人才。

第二节 实验的意义与方法

在科学技术工作中,为阐明某一现象常需要创造出特定的条件,借以观察它的变化和结果,我们把这一工作的全过程称为实验。历史上许多著名的实验表明,实验工作在科学发展的过程中起着重大的作用,它不仅仅是验证理论的客观标准,还常常是新的发明和发现的线索或依据。1820年,奥斯特在一项实验中观察到放置在通有电流的导线周围的磁针会受力偏转,他由此认识到电流能产生磁场,从此使原来分立的电与磁的研究结合起来,开拓了电磁学这一新领域。1873年,麦克斯韦建立了完整的电磁场方程(即麦克斯韦方程组),预言了电磁波,并提出光的本质也是电磁波的论点。1887年,赫兹做了电磁波产生、传播和接收的实验,这项实验的成功不仅为无线电通信创造了条件,还从电磁波传播规律上确认了它和光波一样具有反射、折射和偏振的特性,终于证实了麦克斯韦的论点。在门捷列夫之前,化学已有相当的发展,从大量实验中对已发现的化学元素如氢、氧、钾、钠等等都有了一定认识,确定了这些元素各自具有的化学性质。但是,这种认识是孤立的,只是肯定了各元素的个性。门捷列夫整理了前人的大量实验结果,研究诸元素之间性质上的联系,终于发现了元素周期律,并据此预言了一些当时尚未发现的元素的存在和它们应有的性质。他的这些预言后来都为实验证实,周期律大大推进了化学理论的进展。最后,我们用天文学上发现海王星的例子进一步说明实验研究导致新的科学发展的过程。在人们对刚刚发现的天王星进行了大量的观测和分析之后产生了一个疑问,为什么它的实际位置与用万有引力定律计算的理论位置并不符合?这导致人们思考,或是引力定律自身存在问题,或是另有一颗未知的行星在起作用。这引起当时才23岁的大学生亚当斯和法国青年勒威耶的兴趣。他们受后一猜想的启发,利用已掌握的天文资料,经过数年努力,先后独立地用数学方法推算出那颗未

知行星的运行轨道,随后又经柏林天文台观测证实,海王星就这样被发现了。

实验在科学技术工作中所具有的重要意义是很明显的,然而,要做好实验工作,还需注意以下几个方面的重要内容:

一般讲,一次完整的实验应包括定性与定量两方面的工作。做实验首先强调观察,集中精力于研究对象,观察它的现象、它对某些影响因素的响应、它的变化规律和性质等等,这些属于定性;对研究对象本身的量值、它响应外部条件而变化的程度等等做数量上的测量和分析属于定量。定性是定量的基础,定量是定性的深化,二者互为补充。

在完成定性观察和定量测量取得实验数据之后,工作并未结束。实验的重要一环是对数据资料进行认真整理和分析,去粗取精,去伪存真,由此及彼,由表及里,以求对实验的现象和结果得出正确的理解和认识。

对实验结果的正确理解十分重要,如果亚当斯和勒威耶企图用观察天王星所得资料去否定引力定律,他们势必走向成功的反面。事实上,后来成为天文学家的勒威耶的经历足以说明问题。他在研究工作中还曾发现距太阳最近的水星轨道也与用引力定律得出的计算值不一致。于是他套用海王星的经验又去寻找新的行星,结果却遭失败。问题出在哪里?半个世纪后,爱因斯坦的相对论问世人们才搞清楚。原来万有引力定律的精确性是有条件的,越靠近太阳误差越大,用它计算水星轨道是需做适当修正才能与实际符合。

那么面对实验数据和结果,怎样才能正确认识和理解它们呢?对于探索性实验,这个问题比较复杂,因为有主观和客观多种因素在起作用。但就主观因素讲,主要依赖于实验者学识水平的高低和研究能力的强弱。所谓学识水平,主要指理论知识的深度和广度以及科学的思想方法。所谓研究能力,是指自学能力、思维能力、分析与综合能力、实验操作能力、运用已有知识解决实际问题能力等的综合。学识与能力的提高,需长期学习和实践积累,非朝夕之功。至于在学校教学计划中安排的实验课题,因其内容是成熟的,目的是明确的,结果是预知的,又有教师的指导,所以任务是不难完成的。但是,为使学生较为系统地获得有关实验的理论和有重点地培养有关实验的基本技能,实验课的设置又是必不可少的。我们的目的不是要学生完成多少个实验,而是希望学生在完成实验的过程中,在知识的增长和能力的培养上有最高的收益。

基于上述目的,本书列出了较多的实验课题,其中有些是基本要求,有些则是较高要求。在每个实验课题的指导书中,编写了实验所需的基本理论知识。在规定的教学时间内不要求学生把所有实验全部做一遍,但希望同学们在接受必需的基本训练之后(或训练之余),能够根据自己的条件和兴趣,选做几个综合性较强的实验。选做的实验内容不一定全是理论课中讲过的,因而可以使实验者从查阅资料、掌握知识开始,经过确定实验方案(确定方法、选择仪器、制定实验步骤)、观察实验现象、测量和分析数据、排除可能出现的故障,直到得出正确的实验结果并写出完整的实验报告为止,在实验研究的全过程上得到较为系统的训练。诚然,这需要实验者有充分的实验准备,要多花一些时间和精力,但这对于实验者知识和能力的提高无疑是有益的。

第三节 安全用电

在电路实践教学过程中,需要使用电源和电气设备。人体是导体,当不慎触及电源或

漏电设备时,电流通过人体使人受到伤害,这就是电击。电击对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、通电时间的长短、电流通过人体的途径、电流的频率以及触电者的健康状况和精神状态等各种因素有关。工频交流电是比较危险的,当人体通过 1 mA 的工频电流时就会有不舒服的感觉,通过 50 mA 的电流时就有可能发生痉挛、心脏麻痹,时间过长还会有生命危险。为了确保人身安全,防止触电事故的发生,要求学生在熟悉安全用电常识的前提下,必须严格遵守以下安全操作规程:

- (1) 不能随意合电闸,尤其是总电闸,未经允许绝对不能私自合闸。
- (2) 严禁带电连线、拆线或改线,即应先接线再通电,先断电再拆线。
- (3) 接线完毕,要认真复查,确保无误后再接通电源进行实验。
- (4) 在实验中,特别是闭合或断开闸刀开关时,要随时监视仪表和机电设备有无异常现象,如指针反转、异响、异味、温度过高等现象,一旦发现应立即断电检查,如情况严重时请教指导老师协助检查。
- (5) 实验时要严肃认真,同组之间密切配合。不得用手触及电路中的裸露部分,特别是强电实验,以防触电。
- (6) 电源接通后要尽量培养单手操作的习惯,以防止双手触及电路中的不安全电压,造成触电事故。
- (7) 接通电源的电路不能有空甩线头的现象,否则易出现电源短路、烧坏仪表或人员触电等情况。线路接好后,多余或暂时不用的导线都要拿开。
- (8) 万一遇到异常情况或触电事故,应立即切断电源,或用绝缘工具迅速将电源线断开并查找原因。
- (9) 在测量电路中,若被测值难以估计,仪表量程应置最大挡,然后根据指示情况逐渐切换到小的量程,防止因过压、过流而烧坏仪表。
- (10) 遵守各项操作规程,培养良好的操作习惯,努力保证人员和仪器的安全。

第四节 电路实验的基本要求

一、实验目的

“电路分析”是一门实践性很强的技术基础课,实验是本课程不可缺少的重要教学环节。要求学生在实验前认真做好预习;实验中要大胆细心进行实验操作,正确连线,读取实验数据,并注意人身和设备的安全;实验后要按要求编写实验报告或总结报告。

通过电路实验课学生应在实验技能方面达到以下要求:

- (1) 会正确使用常用的电工仪表、电子仪器,掌握基本的电工测试技术;
- (2) 能按实验要求独立进行实验操作;
- (3) 能正确读取实验数据,描绘波形曲线,分析实验结果,并按要求编写实验报告或总结报告;
- (4) 掌握电路实验误差分析和数据处理方法;
- (5) 具有初步电路实验线路设计、实验仪器仪表选择和仪表量程选择的能力;
- (6) 有安全用电的基本常识。

二、实验课的要求

(一) 实验前的准备工作

学生在每次实验前,必须认真预习,预习情况要通过教师检查,达不到要求的不准做实验。

- (1) 认真阅读实验指导书,明确实验目的和实验要求,复习有关理论,搞清实验原理;
- (2) 熟悉实验的方法和步骤,设计好实验数据记录表格;
- (3) 理解并记住实验指导书中的注意事项;
- (4) 参看附录有关内容,掌握实验仪表的正确使用方法;
- (5) 完成预习报告。

(二) 实验过程中的工作

(1) 接线前,首先了解各种仪器设备和元器件的额定值、使用方法。
(2) 实验中用到的仪器、仪表、电路元件等连线要可靠、清晰,保证仪器、仪表调节或读数方便,布局合理。

(3) 电路连线可按先串联后并联的原则,先连无源电路,后连有源电路,两者之间应串控制开关。连线时应将所有电源开关断开,并将可调设备的旋钮、手柄置于安全位置。连好线要仔细检查无误后才能接通电源。刚合开关时要注意观察各仪表的偏转是否正常。

(4) 实验进行中要大胆细心,认真观察现象,仔细读取数据,随时分析实验结果是否合理。如发现异常现象,应及时查找原因并进行处理。

(5) 换接电路时要先切断电源,再拆线、连线,不要带电操作,注意安全。

(6) 实验完毕时,先切断电源,分析实验数据,核对结果,确定实验结果无问题,让老师签字后,再进行拆线,整理好连线并将仪器设备归好位后方可离开。

(三) 实验后的整理工作

整理工作主要是编写实验报告或总结报告,这不仅是实验的总结,也是工程技术报告的模拟训练,应按要求认真完成。

基础性实验的实验报告包括预习情况、实验情况两部分。实验结束时,应按要求完成。

提高性实验的实验报告主要包括:

- (1) 实验名称;
- (2) 实验目的;
- (3) 实验原理图;
- (4) 主要实验仪器设备;
- (5) 数据处理:包括实验数据及计算结果的整理、分析,误差原因的估计、分析等;
- (6) 实验中出现的问題、现象及事故的分析,实验的收获及心得体会等,并回答预习思考题。

对综合设计性实验写出实验总结报告,实验总结报告按学术论文格式要求,一般包括题目、摘要、正文、参考文献等几部分。

三、实验设计方法

实验设计是指给定某个实验题目和要求,确定实验方案,组合实验仪器设备进行实验并

解决实验中遇到的各种问题。

(一) 实验方案的确定

根据实验题目、任务、要求,选择可行的实验方案,不仅要考虑可靠的理论依据,还要考虑到有无实现的可能。实验方案能否正确地确定,是实验设计成败的关键。

确定实验方案要做的工作是:

(1) 实验原理的研究。包括与实验题目有关的理论知识的掌握和了解,实验电路、实验方法的选择等。

(2) 元件与仪器设备的选择。包括元件参数的确定、仪器仪表的选择等。

(3) 实验条件的确定。包括信号源电压、频率的选择,测量范围的确定等。

(二) 实验方案的实施

实验方案确定后,通过实验不仅可以检验方案是否正确,而且也是对实验能力的考核。实验时可能出现的情况有:

(1) 得不到预期的实验结果。这时需要检查电路、仪器设备、实验方法、实验条件等,如果这些都没有问题则需要检查实验方案,必要时要对实验方案进行修改或重新制定实验方案。

(2) 出现与理论不一致的情况。这时需要观察实验现象,分析数据并找出原因。

(3) 误差偏大。这时需要分析产生误差的原因,找出减小误差的办法。

(三) 实验结果的分析

实验结果分析主要包括:实验结果的理论分析、实验的误差分析、实验方案的评价与修改、解决实际问题的体会等。

实验设计是对实验能力、独立工作能力的综合锻炼,也是理论与实践结合能力的检验。要较好地完成实验设计,必须要有坚实的理论基础,有一定的实验技能和实践经验,并且要有认真细致的作风和对工作高度负责的精神。

四、注意事项

(一) 注意人身和设备的安全

(1) 不得擅自接通电源;

(2) 不触摸带电体,严格遵守“先接线后通电,先断电后拆线”的操作程序;

(3) 发现异常现象(如声响、发热、焦臭味等)应立即切断电源,保持现场,报告指导教师;

(4) 注意仪器设备的规格、量程和使用方法,做到不了解性能、用法的仪器,不盲目使用;

(5) 搬动仪器设备时,必须轻拿轻放,并保持设备表面的清洁。

(二) 线路连接

在连接线路时应注意以下几个方面:

(1) 在熟悉并掌握各设备的正确使用方法的基础上注意设备的容量、参数要适当,工作电压、电流不能超过额定值,仪表种类、量程、准确度等级要合适。

(2) 合理布局,按照拟定的实验线路,桌面上合理放置仪器设备。布局的原则是全、方便、整齐,避免互相影响。

(3) 正确连线的方法是:

① 先弄清电路图上的结点与实验电路元件的接头的对应关系。

② 根据电路图的结构特点,选择合理的接线步骤,一般是“先串后并”、“先分后合”或“先主后辅”。

③ 养成良好的接线习惯,走线要合理,导线的长短、粗细要适当,防止连线短路。接线片不宜过多地集中在某一点上,每个接线柱原则上不要多于两个接线片,尤其是电表接头尽量不要接两根导线,并且接线的松紧要适当。

④ 调节时要仔细认真,实验时一般需要调节的内容有:电路参数要调到实验所需值,分压器、调压器等可调设备的起始位置要放在最安全处,仪表要调零。

(三) 操作、观察、读取和记录数据

操作、观察、读取和记录数据时要注意:

(1) 操作前应做到心中有数,目的明确;

(2) 操作时应手合电源,眼观全局,先看现象,后读数据;

(3) 读数时要弄清仪表量程及刻度,模拟仪表读数时要求“眼、针、影成一线”,以便得到较准确的读数。

(四) 图表、曲线的描绘

实验报告中的所有图表、曲线均按工程图要求绘制,波形、曲线一律画在坐标纸上,并且比例要适当,坐标轴上应注意物理量的单位和符号,标明比例并注明波形、曲线的名称;作曲线时要用曲线板绘制,以保证曲线平滑。

五、常见故障及查找方法

实验中常会遇到断线、接错线、接触不良、元器件损坏等原因造成故障,使电路不能正常工作,严重时损坏仪器设备,甚至危及人身安全。因此,应及时查找并排除故障。

排除故障是锻炼实际工作能力的一个重要途径,需具备一定的理论知识、熟练的实验技能及丰富的实践经验。

(一) 排除故障的一般原则

(1) 出现故障应立即切断电源,避免故障扩大。

(2) 根据故障现象判断故障性质。实验故障大致可分为两类:一类属破坏性故障,可使仪器、设备、元器件等造成损坏;另一类属非破坏性故障,其现象是无电流、无电压,或者电压、电流值不正常,波形不正常等。

(3) 根据故障的性质确定故障检查方法。对破坏性故障,不能采用通电检查的方法,应先切断电源检查有无短路、断路或阻值不正常等。对非破坏性故障,既可采用断电检查,也可采用通电检查,还可采用两者结合的方法。

(4) 进行检查时,首先应对电路各部分的正常电压、电流、电阻值等心中有数,然后才能用仪表进行检查,逐步缩小故障区域,直到找出故障点。

(二) 实验故障产生的原因

(1) 电路连接点接触不良,导线内部断线;

(2) 元器件、导线裸露部分相碰造成短路;

(3) 电路连线错误;

(4) 测试条件错误;

(5) 元件参数不适当;

(6) 仪器或元件损坏。

(三) 检查故障的常用方法

(1) 欧姆法: 若电路出现严重短路或其他可能损坏设备的故障时, 首先应立即切断电源, 然后用万用表欧姆挡检查不该连通的支路是否连通、元件是否良好。最后找到故障点给予排除。

(2) 电压法: 若电路故障不是上述情况, 可通电用电压表测量可能产生故障的部分的电压, 根据电压的大小和有无判断电路是否正常。

(3) 信号寻迹法: 用示波器观察电路的电压和电流波形中幅值大小变化、波形形状、频率高低及各波形之间的关系, 分析、判断电路中的故障点。

第二章 实验基础

第一节 常用电路电子器件的识别与测试

一、电阻器

电阻器是电气、电子设备中用得最多的基本器件之一,主要用于控制和调节电路中的电流和电压,用来消耗电能,或用作电路中的阻抗匹配、阻容滤波等。

(一) 电阻器的种类

电阻器的种类很多,按结构可分为固定电阻、可变电阻(电位器)和特种电阻;按材料和工艺可分为碳膜电阻、实芯电阻、绕线电阻等。

在电子产品中,固定电阻应用最多。可变电阻器分为滑线式变阻器和电位器,常用于调节电路。特种电阻器有光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻、气敏电阻等。它们均是利用材料的电阻率随物理量变化而变化的特性制成的,多用于控制电路。目前新型的电阻多采用贴片电阻,具有体积小、重量轻、性能优良、温度系数小、阻值稳定、可靠性强等优点,但其功率一般都不大。

(二) 电阻器的主要性能指标

电阻器的主要性能指标有标称阻值、容许误差、额定功率、温度系数、最大工作电压、噪声等。一般在选用电阻器时,仅考虑标称阻值、容许误差及额定功率三项参数,其他各项参数只在有特殊要求的情况下才考虑。

1. 标称阻值

电阻器的标称阻值即电阻器表面所标注的阻值。一般有两种标注方法:直标法和色标法(固定电阻器用)。直标法是用数字直接标注在电阻上,如图 2-1 所示。



图 2-1 直标法电阻器

色标法是用不同颜色的色环来表示电阻的阻值和误差。色标法一般有两种表示法:一种是阻值为三位有效数字,共五个色环;另一种是阻值为两位有效数字,共四个色环。色标法表示的单位为欧姆。各色环颜色所代表的含义如表 2-1 所示。靠近一端有四道色环,第一、二色环表示阻值的第一、二位数,第三色环表示倍率,即在两位有效数字后面乘 10^i (有效数字后零的个数),第四色环表示阻值的允许误差,如图 2-2 所示。例如:某四色环电阻器的第一、二、三、四色环分别为红、棕、橙、金色,则该电阻的阻值和误差分别为: $21 \times 10^3 \Omega$, 误差为 $\pm 5\%$, 即表示该电阻的阻值和误差为 $21 \Omega \pm 5\%$ 。某五色环电阻器的第一、二、三、四、五色环分别为棕、紫、绿、金、橙色,则该电阻的阻值和误差分别为: $175 \times 10^{-1} \Omega$, 误差为 $\pm 1\%$,

即表示该电阻的阻值和误差为 $17.5 \Omega \pm 1\%$ 。

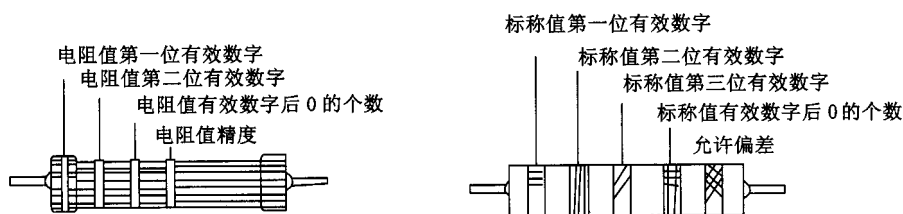


图 2-2 色标法电阻器

表 2-1

色环颜色的含义

颜色 \ 数值	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
代表数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
误差		$\pm 1\%$	$\pm 2\%$			$\pm 0.5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$			$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

另外,电阻阻值标注采用文字符号法和数码法。文字符号法通常表示有小数点的电阻阻值,如 5R1 表示 5.1Ω 、 $\Omega 33$ 表示 0.33Ω 、3K3 表示 $3.3 \text{ k}\Omega$ 等;数码法如 102 表示 $1\,000 \Omega$ 、473 表示 $47\,000 \Omega$ 等。

2. 容许误差

电阻器的容许误差是指电阻器的实际阻值相对于标称值的最大容许误差范围。容许误差越小,电阻器的精度越高。电阻器常见的容许误差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$ 三个等级。

3. 额定功率

电阻器的额定功率是在规定的环境温度和湿度下,假定周围空气不流通,在长期连续负载而不损坏或基本不改变性能的情况下,电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时,电阻器的阻值将发生变化,甚至发热烧毁。一般有两种标志方法:2 W 以上的电阻器,直接用数字印在电阻体上;2 W 以下的电阻器,以自身体积的大小来表示功率。为保证安全实际选用时,一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。表 2-2 中列了电阻器的额定功率系列。

表 2-2

电阻器的额定功率

绕线电阻器的额定功率/W										非绕线电阻器的额定功率/W											
0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	12		0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100	
16	25	40	50	75	100	150	250	500													

(三) 电阻器的选用及测试

选用电阻时,除了考虑它的参数、阻值及功率外,还要考虑电阻器的结构与工艺特点。

测量电阻的方法很多,可用万用表、欧姆表、电阻电桥和数字欧姆表等直接测量,也可根据欧姆定律 $R = U/I$,通过测量流过电阻的电流 I 及电阻上的压降 U 来计算电阻值。

常用电阻器的结构及特点如表 2-3 所示。