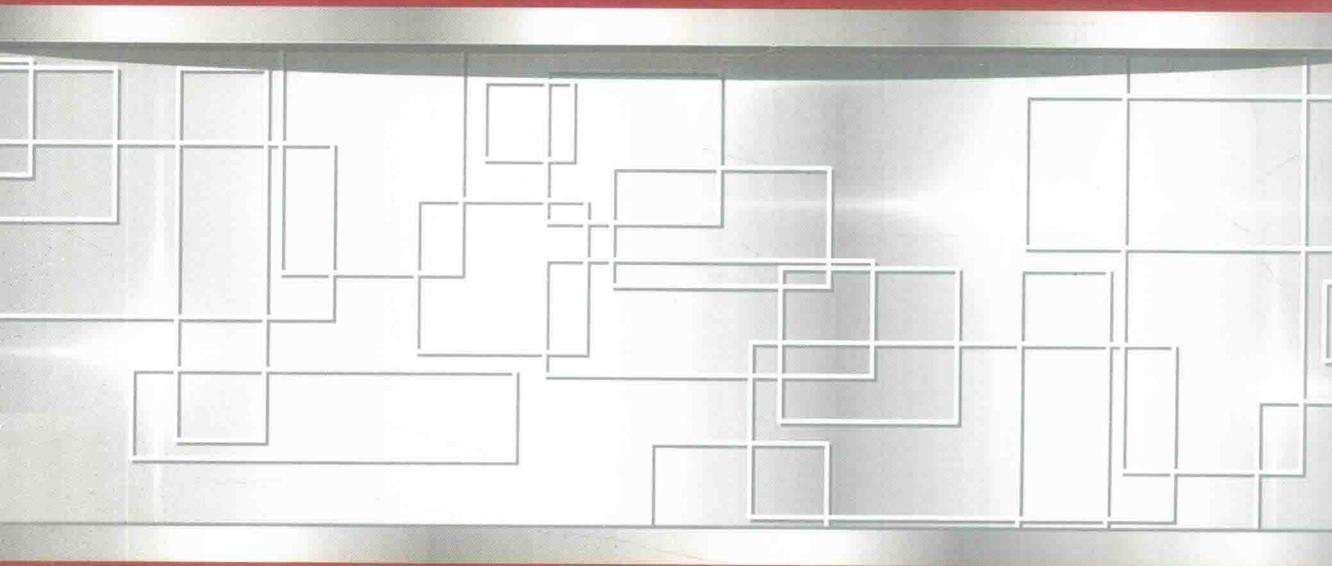




高等学校电子信息系列

电子技术实验教程

主编 禹永植

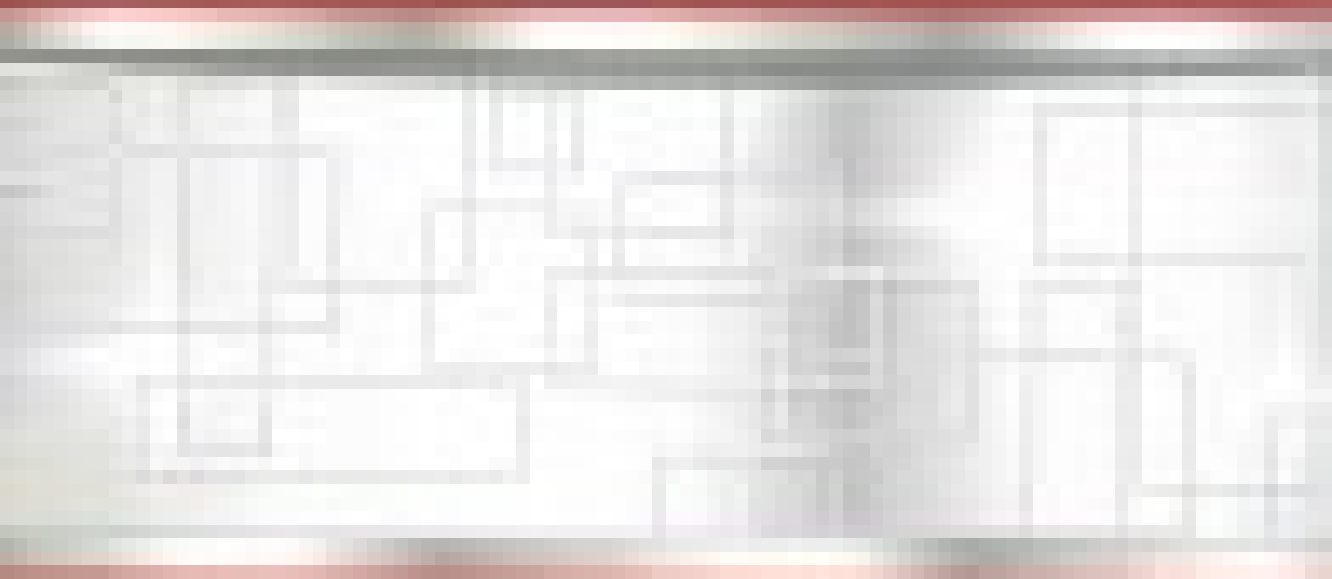


HEUP 哈尔滨工程大学出版社

电子技术实验教程

电子技术实验教程

第2版

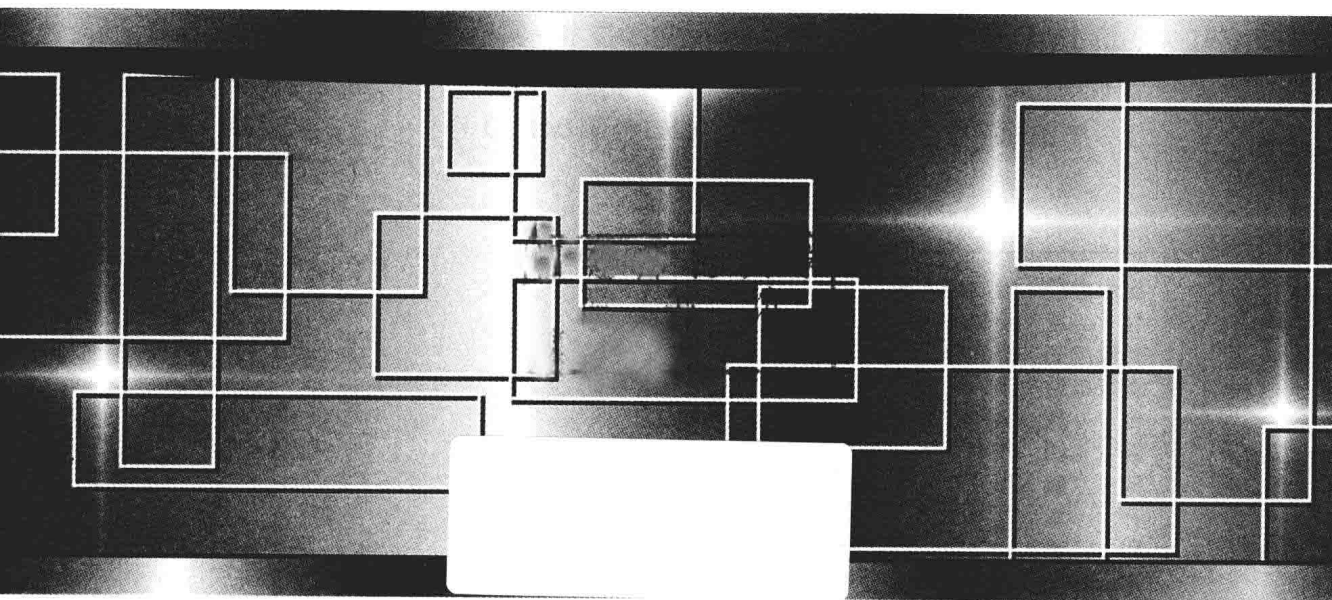


清华大学出版社

高等学校电子信息系列

电子技术实验教程

主 编 禹永植
副主编 张 驰 靳庆贵



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书为了适应近年来电子技术的飞速发展,满足当前教学改革的需要,在以往的实验教材基础上,结合多年的教学成果和教学经验编写而成。全书共7章分为两部分,第一部分为1~4章,介绍电子技术实验的基础知识、常用仪器的操作、Multisim 仿真软件以及 Quartus II 仿真软件的使用;第二部分为5~7章,包含了电子技术基础、综合及创新性的实验内容。

本书与理论教学紧密结合,实验内容包含电子技术的主要理论知识,提供了大量基础实验、综合及创新性实验,不仅使学生易于学习、掌握理论知识,而且能够更快地提高学生对电子电路设计及操作能力。基础实验以验证性实验为主,方便学生自主学习研究;综合性实验帮助学生拓展设计思路。创新性实验激发学生的学习热情,提高工程实践能力。本书借助 Multisim 及 Quartus II 仿真软件进行实验设计,为学生今后的学习、适应技术发展和社会的需要打下良好的基础。

本书可作为高等学校通信、电子信息等专业课程的实验教材,也可供教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验教程/禹永植主编. —哈尔滨:哈尔滨
工程大学出版社,2014.3
ISBN 978-7-5661-0777-0

I. ①电… II. ①禹… III. ①电子技术-实验-高等
学校-教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 049860 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 10
字 数 251 千字
版 次 2014 年 3 月第 1 版
印 次 2014 年 3 月第 1 次印刷
定 价 19.80 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

编审委员会成员名单

主 任：阳昌汉

副主任：刁 鸣 王淑娟 赵旦峰

编 委：(以姓氏笔画为序)

叶树江 白雪冰 付永庆

付家才 杨 方 杨春玲

张朝柱 席志红 谢 红

童子权 谭 峰

再版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》明确提出“提高质量是高等教育发展的核心任务”。要认真贯彻落实教育发展规划纲要,高等学校应根据自身的定位,在培养高素质人才和提高质量上进行教学研究与改革。目前,高等学校的课程改革和建设的总体目标是以适应人才培养的需要,培养专业基础扎实、知识面宽、工程实践能力强、具有创新意识和创新能力的综合型科技人才,实现人才培养过程的总体优化。

哈尔滨工程大学电工电子教学团队将紧紧围绕国家中长期教育改革和发展规划纲要以及我校办高水平研究型大学的中远期目标,依托“信息与通信工程”国家一级学科博士点、“国家电工电子教学基地”、“国家电工电子实验教学示范中心”以及“NC网络与通信实践平台”,通过国家级教学团队的建设,明确了电子电气信息类专业的基础课程的改革和建设的总体目标是培养专业基础扎实、知识面宽、工程实践能力强、具有创新意识和创新能力的综合型科技人才。在课程教学体系和内容上保持自己特色的同时,逐步强调学生的主体性地位、注重工程应用背景、面向未来,紧跟最新技术的发展。通过不断深化教学内容和教学方法的改革,充分开发教学资源,促进教学研讨和经验交流,形成了理论教学、实验教学和课外科技创新实践相融合的教学模式。同时完成了课程的配套教材和实验装置的创新研制。

本系列教材包括电工基础、模拟电子技术、数字电子技术和高频电子线路等课程的理论教材和实验教材。本系列教材的特点是:

(1)本系列教材是根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会在2010年最新制定的“电子电气基础课程教学基本要求”,并考虑到科学技术的飞速发展及新器件、新技术、新方法不断更新的实际情况,结合多年的教学实践,并参考了国内外有关教材,在原有自编教材的基础上改编而成。既注重科学性、学术性,也重视可读性,力求深入浅出,便于学生自学。

(2)实验教材的内容是经过教师多年的教学改革研究形成的,强调设计型、研究型 and 综合应用型,并增加了SPICE分析设计电子电路以及EDA工具软件使用的内容。

(3)与实验教材配套的实验装置是由教师综合十多年的实验实践的利弊,经过反复研究与实践而研制完成。实验装置既含基础内容,也含系统内容;既有基础实验,也有设计性和综合性实验;既有动手自制能力培训,也有测试方法设计与技术指标测试实践。能使学生的实践、思维与创新得到充分发挥。

(4)本系列教材体现了理论与实践相结合的教学理念,强调工程应用能力的培训,加强学生的设计能力和系统论证能力的培训。

本书自出版及修订再版以后,受到了广大读者的欢迎,许多兄弟院校选用本书作教材,有些读者和同仁来信,提出了一些宝贵的意见和建议。为了适应教学改革与发展的需要,经与作者商量,并结合近年的科研教学的经验和成果,以及电子技术的最新发展,决定第三次修订再版,以谢广大读者的信任。

哈尔滨工程大学出版社

2013年1月

前 言

随着电子技术的迅猛发展,与之相关的实验教学也得到了前所未有的重视。本书满足当前教学改革的需要,在以往的实验教材基础上,结合多年的教学成果和教学经验编写而成。本书可作为高等工科院校通信类、电子类及自动控制专业的实验教材。

本书以巩固和加深对理论知识的理解、掌握电子技术方面的基本实践技能、提高学生灵活应用所学理论知识分析和解决问题能力为目的,主要体现实验内容独立化、层次化、实验项目生活化等特色。

1. 为方便学生超前学习,摆脱实验教学过度依赖理论教学、在时间上必须滞后理论教学的观念,使用简洁的语言、浅显的示例取代烦琐的公式推导来讲解实验,使学生只需阅读本教材就能完成基础性实验,而不必拘泥于实验课与理论课的组织顺序,机动灵活。

2. 充分考虑到不同课程、不同教学大纲的实际情况,采用分层次的内容设计,分为基础实验、综合实验、创新实验,可供不同课程、不同专业选择,有利于分层次教学。

3. 密切联系实际生活,结合电子技术课程的应用背景,设置“生活化”的实验项目,如定时插座的设计等,为优秀学生提供发挥空间。

4. 充分利用现代化的 EDA 软件如 Multisim 及 Quartus II 对相关实验内容进行仿真设计,提高了实验效率,拓展了实验的深度和广度,同时也激发了学生的学习兴趣。

本书共分为 7 章。第 1 章介绍电子技术实验的基本理论,包括测量误差及数据的处理等。第 2 章介绍常用的电子仪器的使用,包括示波器、信号发生器、直流稳压电源等。第 3 章通过实例介绍 Multisim 10 软件的主要功能及操作方法。第 4 章通过实例介绍 Quartus II 9.0 软件的主要功能及操作方法。第 5 章为基础实验部分,包括模拟电路及数字电路的验证性实验。第 6 章为综合性实验,先利用 Multisim 或 Quartus II 进行仿真设计,再利用分立元件搭建硬件电路实验。第 7 章为创新性实验,提供一些贴近生活的电路设计题目。

本书的实验由易到难,通过仿真设计及硬件电路实验,使学生逐步学习和掌握电子电路的设计方法和测试方法,着重培养学生的设计能力和实践能力。学生可以根据自己的实际情况选择实验题目进行实验,使得学生能够独立思考、自主学习、研究和创新,充分调动学生的积极性和主动性。

由于编者水平有限,书中难免有错误或不当之处,望广大读者批评指正。

编 者

2013 年 12 月

目 录

第 1 章 电子技术实验基本理论	1
1.1 电子技术实验的目的与要求	1
1.2 测量误差基本知识	3
1.3 测量数据的处理	4
第 2 章 常用电子仪器及使用	7
2.1 DS1102E 数字示波器	7
2.2 TFG3150L DDS 函数信号发生器	17
2.3 HY171-3S 直流稳压电源	22
2.4 SM2030 数字交流毫伏表	23
2.5 万用表	25
第 3 章 Multisim 10 基本功能及操作	28
3.1 Multisim 10 基本界面	28
3.2 Multisim 10 电路创建及分析	31
3.3 Multisim 10 常用虚拟仪器	37
第 4 章 Quartus II 基本功能及操作	42
4.1 Quartus II 基本界面	42
4.2 Quartus II 基本操作	44
第 5 章 电子技术基础实验	60
5.1 共发射级单管放大电路	60
5.2 多级放大电路与负反馈	63
5.3 功率放大电路	66
5.4 集成运算放大器的线性运算	71
5.5 门电路与组合逻辑电路	74
5.6 编码器和译码器	78
5.7 触发器	83

5.8	计数器	88
5.9	555 集成定时器及应用	93
5.10	模数转换	98
第 6 章	电子技术综合性实验	102
6.1	单管交流放大电路的设计与实现	102
6.2	集成直流稳压电源的设计与实现	106
6.3	集成运算放大器的非线性应用	111
6.4	有源滤波器的设计与实现	116
6.5	正弦波振荡电路的设计与实现	122
6.6	组合、时序逻辑电路的设计与实现	125
6.7	红外报警器电路	130
6.8	定时报警电路的设计与实现	131
6.9	AD 转换与温度传感器	134
第 7 章	电子技术设计性实验	141
7.1	心电信号放大器	141
7.2	函数信号发生器	143
7.3	8 路智力竞赛抢答器	145
7.4	多功能数字钟	146
7.5	实用的家用电器定时插座	148
参考文献		150

电子技术实验基本理论

1.1 电子技术实验的目的与要求

1.1.1 电子技术实验的性质、任务与目的

电子技术实验是电子技术课程的一项重要实践环节,对于培养学生理论联系实际学风,增强其实验能力、综合应用能力和创新意识起着十分重要的作用。

通过实验使学生巩固和加深理解所学的理论知识,训练学生的实验技能,熟悉和掌握常用的电子仪器的使用方法,学会正确使用常用电子元器件,提高实验接线、查线、分析故障、解决问题以及编写实验报告的能力。使学生初步具备一定的科学实验能力和基本技能,培养学生的工程设计能力和一定的创新能力,树立工程实践的观点和严谨的科学作风。

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,还要具有更强的对知识的综合运用能力及创新能力,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。为提高学生对知识的综合运用能力及创新能力,本书将传统的教学内容划分为基础实验、综合实验、设计性实验几个层次。基础验证性实验教学,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。综合性实验侧重于某些理论知识的综合应用,可提高学生对单元功能电路的理解,培养学生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。设计性实验是由学生自行设计实验方案并加以实现的实验,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,是学生接受科学研究的基本训练,是教学科研相结合的一种重要形式。另外,本书结合当前重要的电子仿真软件(如 Multisim 10、Quartus II)对电子电路进行仿真、分析和设计,能够克服电路连接复杂、故障难以查找以及实验箱长期使用导致接触不良等缺点,使学生掌握新技术、新的实验手段,从而激发学生的学习兴趣。

1.1.2 电子技术实验要求

1. 实验准备要求

- ①实验前应认真阅读实验指导书,明确实验目的、要求,了解实验内容。
- ②掌握有关电路的基本原理,拟出实验方法和步骤,掌握实验仪器的使用方法。
- ③设计出记录实验数据的表格。
- ④初步估算或分析实验结果(包括参数和波形),写出预习报告。

2. 实验操作规程

(1) 接插元件与合理布线

接插元器件和导线时要非常细心。接插前,应用镊子将元器件和导线的插脚拉平直;接插时,应小心地用力插入,确保插脚与插座间的良好接触;实验结束后,应轻轻拔下元器件和导线。

仪器和实验电路板之间接线要用颜色线加以区别,便于检查。例如,电源线正极常用红色导线,电源线负极常用黑色导线。另外,信号的传输线应具有金属外套的屏蔽线,不能用普通导线,而且屏蔽线的外壳要接地,否则会引入干扰造成测量结果异常。接线时尽量做到接线短、接点少。

(2) 检查实验线路

在连接完实验电路后,不要急于加电,要先仔细检查电路,包括如下内容:

①按照电路图对电路进行检查。这个步骤非常重要,直接影响到实验的成功与否。检查时对照电路图,按照一定的顺序逐一进行检查,查看有没有错线、漏线和多线的问题。

②检查连接导线与原件是否导通。利用万用表的欧姆挡位,按照电路图,逐点检查在电路图中应该连接的点是否都是通的,有电阻的两点之间其电阻是否存在。

③检查电源的正、负极连线及接地是否正确。如果电路复杂,容易将电源正极与地接在一起,造成电源短路,损坏器件。

(3) 通电调试

电路检查完毕可以通电,此时要观察电路是否有异常现象,包括有无冒烟、异常气味、元件发烫等,如果出现异常情况应立即切断电源,排除故障后再通电。遇到比较复杂的电路时,应该先连接一级电路,调试正确后,接着再连接并调试下一级电路。这样做可以节省时间,减少出错。

3. 撰写实验报告要求

实验报告是实验工作的总结,是一种重要的基本技能素质训练。实验报告要简明扼要、字迹工整、图表清晰、数据准确,实验报告采用统一的报告用纸。实验报告内容应包括:

- ①实验项目名称;
- ②实验目的;
- ③主要仪器设备及元器件;
- ④实验内容及步骤;
- ⑤认真整理和处理测试的数据与波形;
- ⑥对测试结果进行理论分析,并做出简明扼要的总结;
- ⑦思考题、讨论题的回答及对实验的改进建议。

1.2 测量误差基本知识

被测量有一个真实值,简称为真值,它由理论给定或由计量标准规定。在实际测量过程中,由于受到测量仪器精度、测量方法、环境条件及测量者能力等因素的限制,测量值与真实值之间不可避免地存在误差,这种误差称为测量误差。

1.2.1 误差的来源

测量误差的来源主要有以下几方面。

1. 观测者

由于观测者感觉器官鉴别能力有一定的局限性,在仪器安置、照准、整平、读数等方面都会产生误差。同时,观测者的技术水平、工作态度及状态对测量结果的质量有着直接影响。

2. 测量仪器

每种仪器都有一定限度的精密程度,因而观测值的精确度也必然受到一定的限度。同时仪器本身在设计、制造、安装、校正等方面也存在一定的误差,如钢尺的刻画误差、度盘的偏心等。

3. 外界条件

观测时所处的外界条件,如温度、湿度、大气折光等因素都会对观测结果产生一定的影响。外界条件发生变化,观测成果将随之变化。

1.2.2 误差的分类

测量误差按其性质可以分为系统误差、随机误差和粗大误差。

1. 系统误差

在规定的测量条件下对同一量进行多次测量时,如果误差的数值保持恒定或按某种确定规律变化,这种误差为系统误差。例如,电压表零点不准,以及温度、湿度、电源电压等变化造成的误差。应根据系统误差的性质和变化规律,通过实验或分析,找出产生的原因,设法消除或削弱误差。

2. 随机误差

随机误差又称偶然误差。在规定的测量条件下对同一量进行多次测量时,如果误差的数值发生不规则变化,这种误差为随机误差。例如,热骚动、外界干扰和测量人员感觉器官无规律的微小变化等引起的误差,均属于随机误差。尽管随机误差是不规则的,但实践证明,如果测量次数足够多,随机误差的平均值的极限就会趋于零。所以,减小随机误差的最直接的办法就是进行多次测量,并将测量结果取算术平均值,从而使其接近于真值。

3. 粗大误差

粗大误差是指因测量人员不正确操作或疏忽大意造成的明显超出预计的测量误差。这种测量数据应当剔除而不应作为测量依据。但是,如果是由于被测电路工作不正常造成

的粗大误差,则应做进一步的测量分析。

1.2.3 测量误差的表示方法

误差常用绝对误差、相对误差和容许误差来表示。

1. 绝对误差

如果用 X_0 表示被测量的真值, X 表示测量仪器的示值(即标称值),绝对误差 ΔX 为

$$\Delta X = X - X_0$$

2. 相对误差

在测量不同大小的被测量值时,不能简单地用绝对误差来判断准确程度。例如,在测 100 V 电压时, $\Delta X_1 = 5$ V; 在测 10 V 电压时, $\Delta X_2 = 1$ V。虽然 $\Delta X_1 > \Delta X_2$, 可实际上 $\Delta X_1 = 5$ V, 只占被测量的 5%; 而 $\Delta X_2 = 1$ V, 却占被测量的 10%。显然在测 10 V 电压时,其绝对误差对测量结果的影响更大。为此,在工程上通常采用相对误差来判断测量结果的准确程度。

相对误差是绝对误差与真值之比值,用百分数来表示,即

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_0} \times 100\%$$

3. 容许误差

容许误差又称满度相对误差、引用误差、最大误差,是用绝对误差与仪器某量程的上限(即满度值) X_m 之比来表示的,记为

$$\gamma_m = \frac{\Delta X}{X_m} \times 100\%$$

我国的电工仪表按容许误差值分为 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 5 共七个等级。由容许误差定义可知,若用一只满刻度为 150 V 的 1.5 等级的电压表测电压,其最大绝对误差为 $150 \times (\pm 1.5\%) = \pm 2.25$ V。

例如,用 1.5 级电压表测量一个 12 V、50 Hz 的交流电压,现分别选用 15 V 和 150 V 两个量程进行测量,结果如下。

用 150 V 量程时,测量产生的最大绝对误差为

$$150 \times (\pm 1.5\%) = \pm 2.25 \text{ V}$$

用 15 V 量程时,测量产生的最大绝对误差为

$$15 \times (\pm 1.5\%) = \pm 0.225 \text{ V}$$

显然,用 15 V 量程测量 12 V 电压,绝对误差小很多。因此,为减小测量误差,提高测量准确度,应使被测量示值出现在接近满刻度区域,至少应在满刻度值的 2/3 以上。

1.3 测量数据的处理

1.3.1 有效数字的处理

1. 有效数字位数的确定

①一个数据从左边第一个非零数字起至右边一位为止,其间的所有数字均为有效数

字。例如,由电压表测得的电压为 20.8 V,末尾 8 通常是在测量中估计出来的,称 8 为欠准确数字,20 是可靠数字,即 20.8 为三位有效数字。在记录和计算测量数据时,要掌握有效数字的正确取舍。不能认为一个数据中小数点后面位数越多这个数据越准确,也不能认为计算测量结果时保留的位数越多准确度就越高。

②有效数字中,只应保留一位欠准确数字。因此在记录测量数据时,只有最后一位有效数字是“欠准确”数字。欠准确数字中,要特别注意“0”的情况。例如,测量某电阻的数值为 136.0 k Ω ,这表明前面三位数 1,3,6 是准确数字,最后一位数 0 是欠准确数字。如果改写成 136 k Ω ,则表明前面两位数 1 和 3 是准确数字,最后一位数 6 是欠准确数字。这两种写法尽管表示同一个数值,但实际上却反映了不同的测量准确度。

③当单位变换时,有效数字位数不能改变。例如,被测电流记为 1 000 mA,是 4 位有效数字,表示精确到 mA 级,这时不能写成 1 A,因为这样只有 1 位有效数字了,但是可以写成 1.000 A,仍为 4 位有效数字。反之,如果测量结果是 1 A,就不能写成 1 000 mA。

④对于计量测定或通过计算所得数据,在所规定的精度范围以外的那些数字,一般都应按“四舍五入”的规则处理。对于“5”的处理是:当被舍的数字等于 5,若 5 后还有数字,则可舍 5 进 1;若 5 之后为 0,只有在 5 之前数字为奇数时,才能舍 5 进 1;若 5 之前为偶数(含零),则舍 5 不进位。

2. 有效数字的运算规则

在进行计算时,有效数字保留过多无意义,会使运算复杂,容易出错,影响实验的测量精度,所以有效数字的运算必须符合一定的规则。

(1) 加减运算规则

应以小数点后位数最少(精度最差)的数作为标准(如果无小数点,则以有效数字最少者为准),其余各数均舍入到比该数多一位,计算结果保留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。例如, $0.402 + 8.6 + 4.567 + 5.765$,应为 $0.40 + 8.6 + 4.57 + 5.76 = 19.33$,再舍到 19.3。

(2) 乘除运算规则

应以小数点后位数最少的数作为标准,其余各数均舍入到比该数多一位,所得的积或商的有效数字位数,应根据舍入原则取至与有效数字位数最少的那个数相同。例如, $0.385 \times 9.712 \times 2.61644$,应为 $0.385 \times 9.712 \times 2.616 = 9.7815$,再舍到 9.78。

1.3.2 测量数据的曲线处理

在电子测量中,有时测量的目的并不只是单纯地要求获得某个或某几个量的值,而是在于求出某几个量间的函数关系或变化规律。此时,用曲线比用数字、公式表示常常更形象、更直观。

1. 画曲线注意事项

①为了避免出差错,首先应将实验数据列表备查。

②选择合适的坐标系。常用的坐标系有直角坐标、极坐标等。

③横、纵坐标的比例不一定一致,也不一定从坐标原点(零值点)开始。坐标比例尺的选择,应以便于读数、分析和使用为原则。

④当自变量变化范围很宽时,一般可以采用对数坐标以压缩图幅。

⑤注意测量点(实验数据)多少的选择。为了便于画曲线,应使各数据点大体沿所作曲线两侧均匀分布;而沿横坐标轴或沿纵坐标轴的分布则不一定是均匀的;另外,在曲线急剧变化的地方,测量点应适当选得密一些,以便能更好地显示出曲线的细节。

2. 曲线的处理

如图 1-1 所示,将各个数据点用折线连接起来得不到一条光滑的曲线,而是一条随机跳动的曲线。如果将靠近的各个数据点连接成一条光滑的曲线,由于每个人估计程度不同如图 1-1 所示,容易形成较大误差。

因此有必要将包含误差的数据绘制成一条尽量符合实际的光滑曲线,这个过程称为曲线的修正。常采用一种简便、可行的工程方法——“分组平均法”。分组平均法是将测量数据点按横坐标分成若干组,每组包含 2~4 个数据点(点数可以相等也可以不相等),求出每组的几何重心的坐标值,再将这坐标点连起来即做出曲线。这条曲线由于进行了数据平均,在一定程度上减少了测量误差的影响,使作图更方便和准确。如图 1-2 所示,将数据点 1,2,3 为一组,4,5 点为一组,5,6,7 点为一组,将每组的重心连接起来,即为所求的曲线,可有效减小绘制曲线的人为误差。

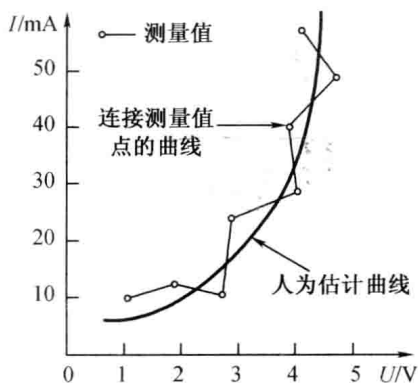


图 1-1 绘制曲线的人为误差

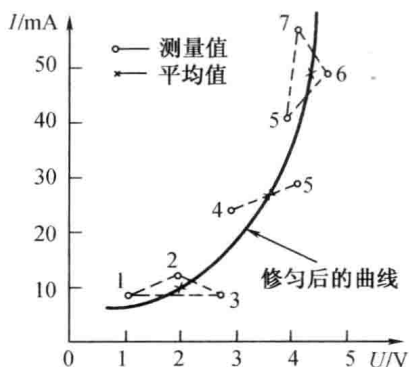


图 1-2 用分组平均法修匀曲线

常用电子仪器及使用

2.1 DS1102E 数字示波器

DS1102E 型示波器提供了简单而功能明晰的前面板,以进行所有的基本操作。用户可直接按 AUTO 键,立即获得适合的波形显现和挡位设置。DS1102E 控制面板如图 2-1 所示。

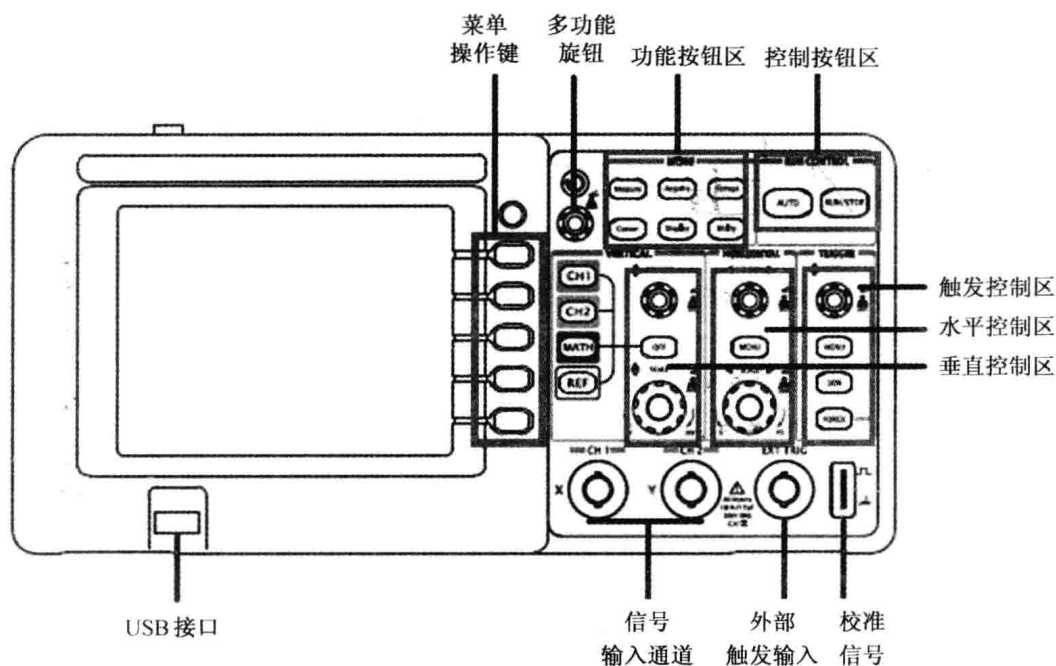


图 2-1 DS1102E 控制面板

由图 2-1 可知,控制面板主要分为以下几个部分:功能按钮区、控制按钮区、垂直控制区、水平控制区、触发控制区、菜单操作键、信号输入通道等。

2.1.1 波形显示的自动设置

DS1102E 型数字示波器具有自动设置的功能。根据输入的信号,可自动调整电压倍

率、时基以及触发方式至最好形态显示。应用自动设置要求被测信号的频率大于或等于 50 Hz, 占空比大于 1%。

使用自动设置:

①将被测信号连接到信号输入通道。

②按下 **AUTO** 按钮。

示波器将自动设置垂直、水平和触发控制。如需要, 可手工调整这些控制使波形显示达到最佳。显示界面如图 2-2、图 2-3 所示。图 2-2 是仅模拟通道打开时的显示界面, 图 2-3 为模拟和数字通道同时打开时的显示界面。

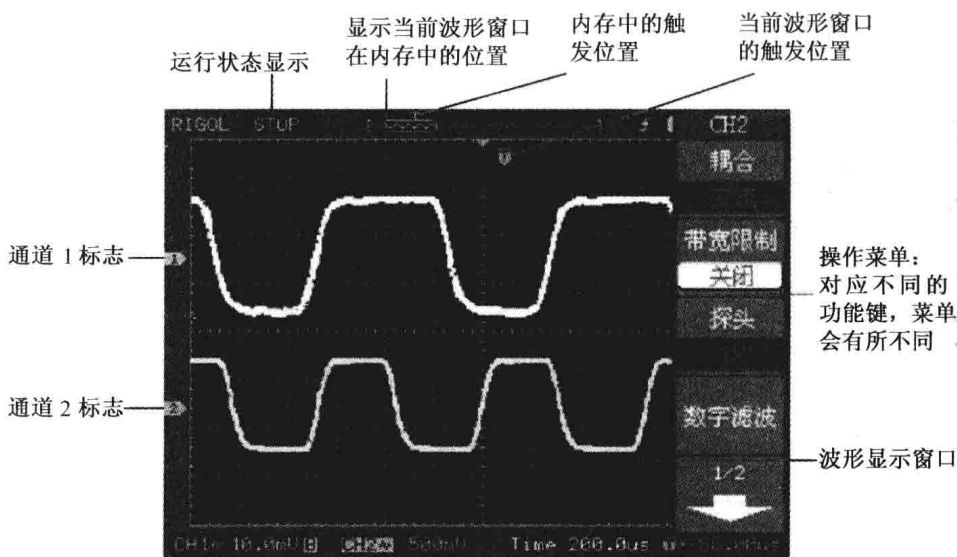


图 2-2 显示界面说明 (仅模拟通道打开)

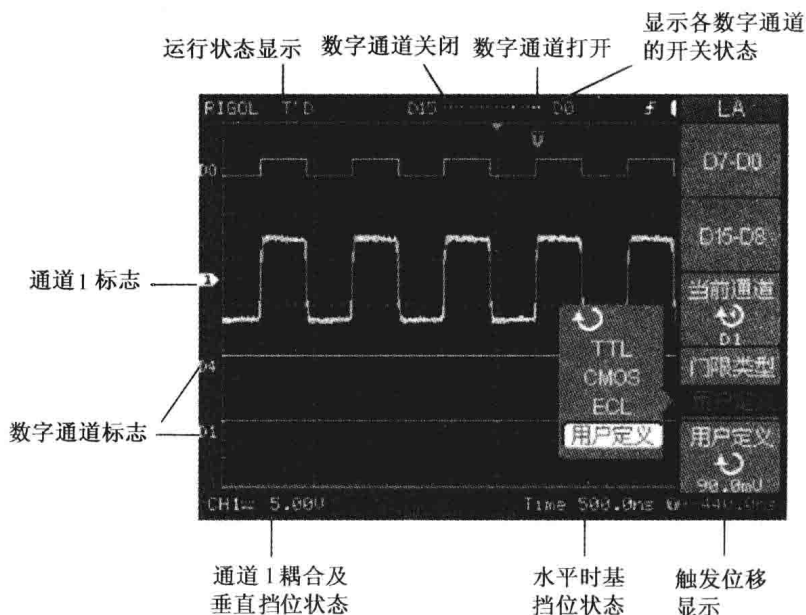


图 2-3 显示界面说明 (模拟和数字通道同时打开)