



电气与信息学科精品课程系列教材

电工电子实验技术

DIANGONG DIANZI SHIYAN JISHU

宋玉阶 / 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

内 容 简 介

本书为工科非电类专业用电工技术(电工学上)、电子技术(电工学下)课程配套使用的实验教材。第1章介绍了电工电子实验的基本知识。第2章介绍了常用电子器件。第3章介绍了常用仪器仪表的原理与使用。第4章介绍了电工技术的实验设计及实验方法。第5章介绍了模拟电子技术的实验设计及实验方法。第6章介绍了数字电子技术的实验设计及实验方法。

本教材的主要读者是学习电工技术(电工学上)、电子技术(电工学下)课程的工科非电类专业学生,另外学习电路、模拟电子技术和数字电子技术课程的电气类专业学生也可使用,亦可作为高职高专及成教相关专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验技术/宋玉阶 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5609-6336-5

I. 电… II. 宋… III. ①电工技术-实验-高等学校-教材 ②电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TM-33 ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 113478 号

电工电子实验技术

宋玉阶 主编

策划编辑:谢燕群

责任编辑:田 密

封面设计:刘 卉

责任校对:李 琴

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:9.5

字 数:222千字

版 次:2010年8月第1版第1次印刷

定 价:16.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

电气与信息学科精品课程系列教材

编审委员会

主 任 尹项根

副主任 秦实宏

委 员 (按姓氏笔画排列)

毛 哲 吴文辉 宋玉阶 李忠明 李德俊

殷小贡 容太平 唐永奇 梅秋燕 谭文群

前 言

电工技术(电工学上)、电子技术(电工学下)课程是高校理工科非电类专业必修的重要技术基础课程。通过实验使学生巩固和加深对电工电子技术基础理论的理解,掌握常用的电工电子仪表、仪器、电机、电器的使用方法,学会电工、电子电路的实验操作和分析测试方法,学会正确进行科学实验的方法,培养学生分析、解决实际问题的能力。

本书是根据电工学课程教学指导委员会教学基本要求,按照培养具有一定创新能力应用型人才培养目标的要求及编者多年教学、科研和工程实践经验,在电工技术与电子技术实验指导书的基础上编写而成的,以适应面向新世纪教育、教学改革和科技发展的需求。

本书主要包括验证性实验、设计性实验、研究性实验和综合性实验。验证性实验主要介绍了实验的原理、内容、操作步骤,以及仪表仪器的使用与测试方法,设计性、研究性和综合性实验主要提出了电路的设计方法与思路,请读者自行设计实施。本书内容丰富,具有很强的实用性和综合性,突出了工程实践能力的培养。

本书第1章介绍了电工电子实验的基本知识,第2章介绍了常用电子器件,第3章介绍了常用仪器仪表的原理与使用。第4章电工技术实验包括基尔霍夫定律及电位的测定、叠加原理及戴维南定理、RC串联电路的暂态过程、感性电路功率因数的改善、三相电路、RLC串联电路频率特性的研究、常用低压电器的认识及电动机的起停控制、异步电动机的正反转控制、异步电动机的顺序控制9个实验。第5章模拟电子技术实验包括单管交流放大电路实验、多级放大电路实验、场效应管放大电路实验、差动放大电路实验、集成运算放大电路的应用研究、OTL互补对称功率放大电路的研究、直流稳压电路的研究7个实验。第6章数字电子技术实验模块包含集成门电路实验、加法器的设计、双稳态触发器实验、译码器和编码器实验、计数器的研究、555定时器、数字电子秒表7个实验。

本书第1章、第2章和第4章由宋玉阶编写,第3章由李建新编写,第5章由吴建国编写,第6章由张彦编写。全书由宋玉阶统稿。本书的编写工作得到了武汉科技大学教务处、湖北省电工电子示范实验教学中心有关领导和老师的大力支持,同时也得到了兄弟院校老师的支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间比较仓促,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正,以便改进。

编 者

2010年6月

目 录

第 1 章 电工电子实验的基本知识	(1)
1.1 实验的目的、意义和要求	(1)
1.1.1 实验的目的和意义	(1)
1.1.2 实验课程的要求	(1)
1.1.3 实验室的安全操作规则	(2)
1.2 误差分析	(3)
1.2.1 测量误差	(3)
1.2.2 误差分析与测量结果的处理	(4)
1.3 测量方案的设计	(5)
1.3.1 设计测量方案的几点考虑	(5)
1.3.2 测量过程	(6)
1.4 实验电路故障与排除	(7)
1.4.1 常见的故障现象	(7)
1.4.2 故障排除	(8)
第 2 章 常用电子器件	(9)
2.1 电阻器和电位器	(9)
2.1.1 电阻器和电位器的型号及命名方法	(9)
2.1.2 电阻器和电位器的类型与图形符号	(9)
2.1.3 电阻器和电位器的主要性能参数	(10)
2.1.4 电阻器和电位器的识别	(11)
2.2 电容器	(12)
2.2.1 电容器的型号及命名方法	(12)
2.2.2 电容器的类型及符号	(13)
2.2.3 电容器的主要性能参数	(13)
2.2.4 电容器的识别	(14)
2.3 电感器	(14)
2.3.1 电感器的分类	(14)
2.3.2 电感器的类型及符号	(15)
2.3.3 电感器的主要性能参数	(16)
2.3.4 电感器的选择与测试	(16)
2.4 半导体器件	(17)
2.4.1 半导体器件的外形	(17)
2.4.2 国标半导体器件型号命名法	(17)

2.4.3	半导体二极管	(19)
2.4.4	晶体管	(22)
2.4.5	场效应晶体管	(25)
2.4.6	晶闸管	(26)
2.4.7	硅整流桥	(27)
2.5	集成电路器件	(28)
2.5.1	常用集成电路	(28)
2.5.2	线性集成运算放大器	(30)
2.5.3	集成三端稳压器	(31)
2.5.4	TTL、CMOS 系列数字集成电路	(31)
2.5.5	A/D 转换器和 D/A 转换器	(33)
2.5.6	集成定时器	(33)
第 3 章	常用仪器仪表的原理与使用	(35)
3.1	万用表	(35)
3.1.1	数字式万用表基本原理	(35)
3.1.2	VC9805 系列数字万用表的使用	(37)
3.2	信号发生器	(40)
3.2.1	信号发生器的原理	(40)
3.2.2	信号发生器的使用	(43)
3.3	晶体管毫伏表	(43)
3.3.1	晶体管毫伏表的工作原理	(43)
3.3.2	面板显示	(44)
3.3.3	晶体管毫伏表组成	(44)
3.3.4	使用方法	(45)
3.4	示波器	(46)
3.4.1	模拟示波器的工作原理	(46)
3.4.2	SS-7802 型模拟示波器性能与使用	(51)
3.4.3	数字存储示波器的原理	(57)
3.4.4	数字存储示波器 DS1022C 的功能与使用	(60)
3.4.5	数字存储示波器 DS1022C 的基本使用	(65)
第 4 章	电工技术实验	(68)
4.1	基尔霍夫定律及电位的测定	(68)
4.2	叠加原理及戴维南定理	(70)
4.3	RC 串联电路的暂态过程	(73)
4.4	感性电路功率因数的改善	(77)
4.5	三相电路	(81)
4.6	RLC 串联电路频率特性的研究	(84)
4.7	常用低压电器的认识及电动机的起停控制	(86)

4.8	异步电动机的正反转控制	(89)
4.9	异步电动机的顺序控制	(92)
第5章	模拟电子技术实验	(95)
5.1	单管交流放大电路实验	(95)
5.2	多级放大电路实验	(98)
5.3	场效应管放大电路实验	(102)
5.4	差动放大电路实验	(106)
5.5	集成运算放大电路的应用研究	(109)
5.6	OTL 互补对称功率放大电路的研究	(112)
5.7	直流稳压电路的研究	(114)
第6章	数字电子技术实验	(119)
6.1	集成门电路实验	(119)
6.2	加法器的设计	(122)
6.3	双稳态触发器实验	(124)
6.4	译码器和编码器实验	(128)
6.5	计数器的研究	(132)
6.6	555 定时器	(135)
6.7	数字电子秒表	(137)
参考文献		(139)

第 1 章 电工电子实验的基本知识

1.1 实验的目的、意义和要求

1.1.1 实验的目的和意义

电工与电子技术是重要的技术基础课,而实验是这门课程的重要组成部分。通过实验学生不仅可以巩固和深化所学的基本概念和基础理论,而且可以在理论和实践相结合的基础上,进一步掌握电路、电子线路的设计、安装、调试和测量技术。实验既可以验证理论的正确性和实用性,又可以找出理论的近似性和局限性,发现新问题,启发新思路,产生新设想,在学习和实践中,有所锻炼和提高,有所创新和发展,这就是实验的目的。

电工与电子技术又是实践性很强的课程,具有工程特点,加强实践,进行严格的工程训练和技能培训是培养学生工程素质、提高学生创新能力必不可少的教学环节。在学校里,这种实践和训练主要是通过实验课程来完成的。通过实验,不仅使学生树立理论联系实际的良好学风和严谨求实的科学态度,而且培养了学生勤于动手、勇于创新 and 探索的实践精神,以适应新技术的发展和未来服务于社会的需要。因此,实验教学在人才培养中具有十分重要的作用。

1.1.2 实验课程的要求

为培养良好的学风,充分发挥学生的主观能动作用,促使其独立思考、独立完成课堂教学内容并有所创造,学生应该在实验前、实验中和实验后按照课程的基本要求,根据教师的课堂指导完成实验任务,因此实验课程要求学生完成好实验预习、实验操作和实验报告 3 个环节。

1. 实验预习

必须重视实验前的准备和预习,实验能否顺利进行并达到预期目的,在很大程度上取决于实验前的准备工作是否充分。实验前要仔细阅读相关的理论和实验教材,明确实验的目的和任务,掌握实验的理论和方法,了解实验的内容和设备的使用方法,还要掌握有关思考题,并在此基础上写出实验预习报告。实验预习报告应拟定详细的实验步骤,包括实验电路的调试步骤、测试内容与方法,尤其需要设计相应的数据记录表格。

2. 实验操作

(1) 自觉遵守实验室规则。遵守纪律,按编号有序入座,一般应自始至终固定实验台组,不得随意调换设备和座位。保证室内安静,不得大声喧哗和随意走动。

(2) 实验前应认真检查所配发的实验用元器件,核对型号、规格和数量是否符合要求,

并检查所用仪器仪表设备状态是否完好,如发现问题应及时报告。做完实验应再次清点元器件和仪器设备,并请老师当面检查验收。

(3) 认真听课,尤其应重视指导教师提出的须注意的问题,根据实验内容合理布置实验现场,按实验方案连接实验电路和测试电路。

(4) 实验中应持严谨认真的科学态度,切实按照拟订的步骤进行,认真记录所得数据和相关波形。测量时不要盲目凑数据和急于求成,对于实验结果的大概趋向要基本上心中有数,所观察的数据和波形要符合理论结果,即具有合理性,尤其是一些验证性的实验,要实事求是,不得抄袭和弄虚作假,以培养良好的科学素养。

(5) 如果实验中出现事故,应立即切断电源并报告指导教师,等待处理。

(6) 实验结束时,数据和结果要送交指导教师审阅签字,确认正确无误后方可拆除电路,清理现场,整理好实验台。

3. 实验报告

实验结束后,必须及时认真撰写实验报告。实验报告是实验结果的总结和反映。一个实验的价值,很大程度上取决于实验报告质量的高低。

撰写实验报告要求具有实事求是的科学态度。实验数据与实验结果是对电路进行分析研究的依据,因此,实验取得的资料,如数据、图形等应真实地反映到实验报告中去,不允许更改、抄袭或主观臆断。如因操作错误使数据违背规律,则应当重做实验,重新取得数据。

报告形式应规范,实验报告应文字流畅,词语准确,书写清楚、整齐,数据完整,图表规范,分析合理,结论有据。

实验报告的主要内容如下。

- (1) 写清实验名称,实验日期,实验者班级、姓名及学号,实验组别,同组人姓名。
- (2) 写清实验目的、实验仪器与设备,并简述实验原理、内容和步骤等。
- (3) 规范地画出实验电路图或测试电路图,标明元器件和参量或仪器仪表设备名称等。
- (4) 把实验记录整理成数据表格,按实验目的和要求对测试结果进行理论分析和计算,通过分析,得出结论。如需绘制曲线,应采用坐标纸完成。
- (5) 完成相关思考题,写出实验的心得体会、收获及对实验的改进和建议。

1.1.3 实验室的安全操作规则

在实验中,为了防止仪器仪表设备损坏,保证人身安全,实验者必须严格遵守以下安全操作规则。

- (1) 熟悉实验室的直流电源、交流电源,了解其电压、电流额定值和控制方式,区分直流电源的正、负极和交流电源的相线、中性线。
- (2) 知道仪器仪表的规格、型号、使用方法,特别要注意额定值和量程。
- (3) 通电前应通知全组人员,有准备后再接通电源。
- (4) 实验中不得用手触摸电路中带电的裸露导体。改、拆接电路应在断开电源的情况下进行(包括安全电压和安全电流的情况,安全电压为 36 V 以下,安全电流为 100 mA 以下),电容应先用导线短接放电。
- (5) 发现异常现象,如仪表指针猛打(剧烈偏转),有焦味、冒烟、闪弧及有人触电等,应

立即切断电源,报告指导教师,查找原因,排除故障。

(6) 实验要规范有序,不要忙乱。应按操作步骤进行实验,与本次实验无关的仪器仪表不要乱动。实验完毕后,仪器仪表开关旋钮等要恢复正常位置,并切断电源。

1.2 误差分析

1.2.1 测量误差

1. 一些基本概念

(1) 量值:量值为数值与计量单位的乘积,表示量的大小,如 6 mV、8 A 等。

(2) 被测量:被测量为被测量的量,它可以是待测量的量,也可以是已测量的量。

(3) 干扰量:干扰量不是被测量,而是会影响被测量的量值或计量器具示值的量,如环境温度、被测信号的频率、电磁干扰等。

(4) 量的真值:量的真值可理解为没有误差的量值,它是一个理想的值,实际上是不可确切可知的,但随着科学技术的发展和测量水平的提高,其测量值会越来越逼近真值。在国家(国际)保存的基准,按定义规定,在特定条件下的值可视为真值。鉴于量的真值是一个理想的概念,已不再使用它,而用“量的值”或“被测量的值”。

(5) 约定真值:约定真值是约为约定目的而取的可以代替真值的量值。一般来说,约定真值与真值的差值可以忽略不计,故在实际测量中,约定真值可以代替真值。

(6) 准值:准值为一个明确规定的值,以它为基准定义准值误差。例如,该值可以是被测值、测量范围上限、仪器刻度盘范围、某一预调值及其他明确规定的值。

(7) 示值:对于测量仪器,示值为指示值或记录值;对于标准器具,示值是标称值或名义值;对于供给量仪器,示值是设置值或标称值。

(8) 额定值:额定值是由制造者为设备或仪器在规定工作条件下指定的量值。

(9) 读数:读数是在仪器刻度盘或显示器上直接读到的数字。例如,以 100 分度表示 50 mA 的电流表,当指针指在 25 处时,读数是 25,而示值为 12.5 mA。有时为了避免差错和便于查对,在记录测量的示值时应同时记下读数。

(10) 实际值:实际值是满足规定精度用来代替真值的量值。实际值可以理解为由实验获得的在一定程度上接近真值的量值。在计量检定中,通常将上一级计量标准所复现的量值称为下一级计量器具的实际值。

另外,还有测量值,测量值为测量得出的量值。它可能是从计量器具直接得出的量值,也可能是通过必要的换算(如系数换算、借助于相应的图表或曲线等)所得出的量值。

2. 误差的来源

在测量过程中,由于受到各种因素的影响,测量值与真实值之间总存在一定的差值,即测量误差。如何减少误差,使测量结果更接近于真实值,是我们应该研究的。

(1) 仪器误差:由于仪器本身设计的不完善所造成的误差,如校准不好,刻度不准等。

(2) 使用误差:仪器使用过程中,由于安装、调节、放置或使用不当引起的误差。

(3) 人为误差:由操作者本人引起的误差,如由于操作者本人读错刻度、视觉疲劳、责任心不强等引起的误差。

(4) 环境误差:温度、大气压、机械振动、电磁场等引起的误差。

(5) 方法误差:由于测量时所依据的理论不严密,或对测量方法不适当地简化及使用近似公式等所引起的误差。

3. 测量误差的分类

(1) 系统误差:在同一条件下,对同一物理量进行重复测量时,其误差值保持恒定或按一定规律变化的误差。系统误差具有一定的规律性,采取一定的技术措施,可以减小或消除它。

(2) 随机误差:在同一条件下,对同一物理量进行重复测量时,其误差值是无规律变化的误差。随机误差不能用实验的方法消除,但可通过多次测量取平均值的方法来减小它。

(3) 粗大误差:在一定条件下,测量值明显偏离实际值的误差。粗大误差主要是操作者粗心而引起的操作失误或读数错误产生的。对此异常值(通称坏值)应剔除不用。

1.2.2 误差分析与测量结果的处理

1. 测量误差的表示方法

测量误差有两种表示方法,即绝对误差和相对误差。

1) 绝对误差

设被测量值的真值为 A_0 ,测量仪器的示值为 X ,则绝对误差为

$$\Delta X = X - A_0$$

由于真值客观存在,但一般无法得到,只能尽量接近它,故通常使用高一级标准仪器的测量示值 A 代替 A_0 ,则

$$\Delta X = X - A$$

通常在测量前,测量仪器应由高一级标准的仪器进行校正,校正量用修正值 C 表示。那么该仪器所测得的实际值为

$$A = X + C$$

2) 相对误差

绝对误差往往不能说明测量的准确程度,因此常常使用相对误差来表示测量准确性。

相对误差分为实际相对误差、示值相对误差和引用(满度)相对误差三类。

实际相对误差表示为

$$\gamma_A = \frac{\Delta X}{A} \times 100\%$$

示值相对误差表示为

$$\gamma_X = \frac{\Delta X}{X} \times 100\%$$

引用(满度)相对误差表示为

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

式中, X_m 为仪器的满刻度值。

电工仪表的准确度等级是由 γ_m 决定的,例如,1.0 级的电表表示 $\gamma_m \leq \pm 1.0\%$ 。我国电工仪表 γ_m 值共分 7 级:0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。表 1.2.1 所示为仪表准确度等级。

表 1.2.1 仪表准确度等级

仪表的准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差/(%)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

2. 测量结果的处理

1) 数据处理

(1) 有效数字:从左边第一个非零数字开始,直至右边最后一个数字为止的所有的数字。例如,0.025 kV 的电压,它的有效数字有两个,2 和 5。因此,0.025 kV 的电压不能表示为 25 000 mV,但可以表示为 2.5×10^4 mV。

(2) 数字的舍入规则:如果给出的数字位数超出有效数字的保留位数,则应该删减掉。现在广泛采用下面的原则来删除多余的数字,即“大于 5 入;小于 5 舍;等于 5 时,分两种情况,5 前为偶或零舍,5 前为奇入”。如“2.36 $\rightarrow$ 2.4,2.34 $\rightarrow$ 2.3,2.25 $\rightarrow$ 2.2,2.75 $\rightarrow$ 2.8”等。

2) 曲线处理

(1) 一般采用直角坐标系,坐标的比例可根据需要选择,且纵坐标、横坐标的比例可以不同。

(2) 由于测量误差的存在,将各测量值连接起来不一定恰好是一条光滑的曲线。因此,在连接各数据点作曲线时,要进行曲线修匀工作。一般要进行多组数据的测量来减小误差。

1.3 测量方案的设计

1.3.1 设计测量方案的几点考虑

1. 了解被测量的特点,明确测量目的

如果被测量是直流量,则应当预先估计其内阻的大小;如果被测量是交流量,那么根据它是低频量还是高频量,是正弦量还是非正弦量,是线性变化量还是非线性变化量,是测量有效值、平均值还是峰值等,需做周密考虑。

例如,高频量或脉冲量应选择宽频带示波器;非正弦电压测量要进行波形换算;非线性变化量(如二极管的内阻、具有气隙的铁芯电感等)的测量要注意实际工作状态。

2. 确定测量原理,制订初步方案

根据被测对象的性质,估计误差范围,分析主要影响因素,初步拟订可选的几个方案,再行优选。对于复杂的测量任务,可采用间接测量方法,预先绘制测量框图,搭接测量电路,制订计算步骤及计算公式等。在拟定测量步骤时,要注意以下几点。

(1) 被测电路系统及测试仪器等均应处于正常状态。

(2) 应满足测量原理中所要求的测量条件。

(3) 尽量减小系统误差,设法消除随机误差的影响,合理选择测量次数及组数。

3. 明确准确度要求,合理选择仪器类型

计量室或科研实验室多采用精密测量方法,要严格进行误差分析。对于工程性质的问题多采用技术测量方法,对于测量误差,虽然要求不是很严格,但也应注意采用正确的测量方法,合理地选择仪器仪表。

根据被测量的性质及环境条件,选择仪器的类型及技术性能,并配合合适的标准元器件;根据被测量的大小和频率范围,选择仪器、仪表的量程,以满足测量的准确度要求。

4. 环境条件要符合测量要求

测量现场的温度、电磁干扰、仪器设备的安放位置、安全设施等,均应符合测量任务的要求。必要时应采用空调、屏蔽和减振等措施。

1.3.2 测量过程

测量过程分为准备阶段、测量阶段和数据处理阶段三个阶段。

1. 准备阶段

在准备阶段,主要是选择测量方法及仪器仪表,具体如何选择测量仪器可参见表 1.3.1。

表 1.3.1 选择测量仪器参考表

被 测 量	仪 器 种 类													
	宽 带 示 波 器	双 踪 示 波 器	双 扫 描 示 波 器	超 低 频 示 波 器	存 储 示 波 器	逻 辑 分 析 仪	扫 描 仪	图 示 仪	频 谱 仪	失 真 仪	电 子 式 电 压 表	数 字 电 压 表	数 字 频 率 计	信 号 源
高频正弦、脉冲	✓										✓		✓	✓
时间(周期)、相位	✓	✓											✓	
频率、频率比	✓	✓											✓	✓
局部波形变化	✓		✓											
低频信号记忆				✓	✓									
逻辑状态、时序						✓								
幅频特性	✓						✓				✓		✓	✓
器件特性曲线	✓							✓						
器件参数	✓										✓	✓		✓
信号分析	✓								✓	✓			✓	
网络特性	✓						✓				✓		✓	
交、直流电压	✓										✓	✓		✓
噪声电压	✓										✓			✓
阻抗	✓										✓	✓	✓	✓
非电量	✓	✓									✓	✓	✓	✓

2. 测量阶段

在测量阶段,应注意测量的准确度、精确度、测量速度及正确记录等。

3. 数据处理阶段

在数据处理阶段,主要是将测量数据进行整理,给出正确的测量结果,绘制表格、曲线,做出分析和结论。例如,要求鉴定或验收一台测量仪器,应明确下列各项。

(1) 对实验室或科研室的检验仪器,除了要做出合格与否的结论外,还应当给出仪器的精确度等级及其修正值,并且要注意检验的可靠性。

(2) 明确仪器各项技术指标的意义及各项误差所对应的工作条件(如环境温度等)。

(3) 对于标准仪器应有严格的要求。首先需要确定标准仪器的极限误差。当标准仪器与受检仪器同时含有系统误差和随机误差时,标准仪器的误差可以忽略的条件是标准仪器的容许误差极限应小于受检仪器容许误差极限的 $1/3 \sim 1/10$ 。例如,预鉴定准确度为 1.0 级的仪表,应选择经过校准的 0.2 级仪表为标准表。如果标准装置是一套比较复杂的设备,则还应当考虑对标准装置中各部件进行误差分配,并做综合误差的校正核准等。

(4) 检验方式有两种:一种是利用比较原理直接检验受检仪器的总误差;另一种是先检验各分项误差,然后再进行合成(称间接检验)。至于采用何种检验方式合适,应视各种仪器的具体情况决定。

1.4 实验电路故障与排除

在电子电路的设计、安装与调试过程中,不可避免地会出现各种各样的故障现象,因此检查和排除故障是电子技术工程人员必备的技能。

一般的故障诊断的过程是,从故障现象出发,通过反复测试,做出分析判断,逐步找出故障原因。

1.4.1 常见的故障现象

常见的故障现象如下。

- (1) 放大电路没有输入信号,而有输出波形。
- (2) 信号源有输出电压 U_0 ,放大电路没有输入信号 U_i ,或 $U_i > U_0$ 。
- (3) 放大电路有输入信号,但没有输出电压,或输出电压很小。
- (4) 放大电路有输入信号,但没有输出波形,或输出波形严重失真。
- (5) 串联稳压电源无电压输出,或输出电压过高、过低,并且不能调,或输出稳压性能变坏,输出电压不稳定等。
- (6) 振荡电路不产生振荡,或振荡波形异常。
- (7) 计数器输出波形不稳定,或不能正确计数。
- (8) 收音机中出现“嗡嗡”的交流声或汽船声等。
- (9) 定型产品使用一段时间后出现故障,严重影响电子设备的正常运行。
- (10) 发射机输出频率不稳,或输出功率小甚至无输出,或反射大、作用距离小等。

(11) 仪器使用不正确引起的故障,共地问题处理不当而引入的干扰等。

(12) 各种干扰引起的故障。

1.4.2 故障排除

查找故障的顺序可以从输入到输出,也可以从输出到输入。查找故障的一般方法如下。

(1) 直接观察法:不用任何仪器,利用人的视、听、嗅、触等手段来发现问题,寻找和分析故障。直接观察又包括通电前检查和通电后观察两个方面。

① 通电前主要检查仪器的选用和使用是否正确,元器件引脚有无错接、反接、短路,电子元器件和布线是否合理等。

② 通电后主要观察直流稳压电源上的电流指示值是否超出电路正常值,元器件有无发烫、冒烟,变压器有无焦味等。

这种方法比较简单,也比较有效,故可作为对电路初步检查的主要手段。

(2) 测试电压法:用万用表检查电路各级的静态工作点。

(3) 信号寻迹法:用示波器由前级到后级(或者相反),逐级观察波形及幅值的变化情况,进而分析故障原因,判断故障点。

(4) 部件替换法:用正常的元器件、插件板等替换有故障的部件,便于缩小故障范围,进一步查找故障。

(5) 旁路法:当电路有寄生振荡时,可用适当容量的电容器,跨接在检查点与接地点之间,检查振荡产生在哪一级电路中。

(6) 短路法:是采取临时性短接一部分电路来寻找故障的方法。

(7) 断路法:对检查短路故障最有效,也是一种逐步缩小故障范围的方法,若断开某一支路后电路恢复正常,则说明故障就发生在该支路上。

在实际调试中,检查和排除故障的方法是多种多样的,上面仅列举了几种常用的方法。这些方法的使用可根据设备条件、故障情况灵活掌握。对于简单的故障或许用一种方法即可查找出故障点,但对于较复杂的故障则需采用多种方法,并互相补充、互相配合,最后才能找出故障点。

第 2 章 常用电子器件

2.1 电阻器和电位器

2.1.1 电阻器和电位器的型号及命名方法

电阻器和电位器的命名一般由 4 部分组成,其表示方法和含义如表 2.1.1 所示。

表 2.1.1 电阻器和电位器的型号组成部分的含义及符号

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	含义	符号	含义	符号	含义	
R	电阻器	T	碳膜	1,2	普通	包括额定功率、阻值、允许误差、精度等级。 对于主称、材料特征相同,仅尺寸、性能指标略有差别,但基本上不影响互换的产品给同一序号;若尺寸、性能指标的差别已明显影响互换,则在产品后面用大写字母作为区别代号
		P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		H	合成膜	5	高温	
		I	玻璃釉膜	7	精密	
		J	金属膜(箔)	8	电阻器——高压 电位器——特殊函数	
		Y	氧化膜			
		C	沉积膜	9	特殊	
		S	有机实芯	G	高功率	
		N	无机实芯	T	可调	
W	电位器	X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

2.1.2 电阻器和电位器的类型与图形符号

1. 电阻器和电位器的类型

常用电阻器和电位器有碳膜、金属膜、线绕等类型,电阻器又有热敏、光敏、压敏等特殊种类。电位器是一种电阻值连续可调的电器元件,又可分为 X 式电位器(线性电位器)、Z 式电位器(指数电位器)、D 式电位器(对数电位器)。X 式电位器的允许偏差分为 $\pm 0.06\%$ 、 $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 0.3\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 共 5 个等级。

字母符号 X、Z、D 一般都在电位器上标出,使用时应根据具体的电路要求选择不同的型号。

图 2.1.1 所示分别是碳膜电阻器、实芯碳质电阻器、金属膜电阻器、热敏电阻器、半可调电阻器、碳膜电位器的外形图。

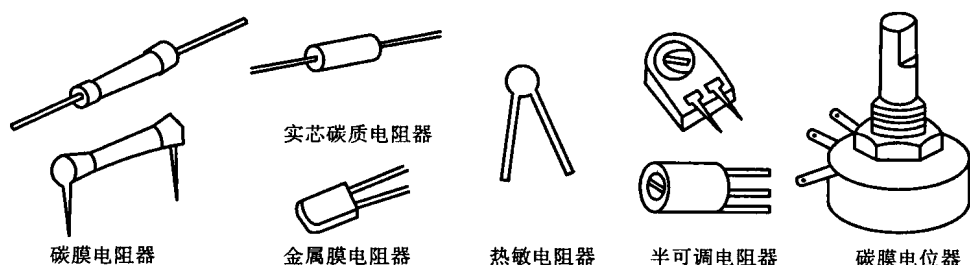


图 2.1.1 电阻器及电位器的外形图

2. 电阻器和电位器的图形符号

绘图时常用的电阻器符号如图 2.1.2 所示,其中图 2.1.2(a) 是中国和美国标准画法;图 2.1.1(b) 是欧洲标准画法。 R_1 和 R_2 为电阻器符号, W_{1a} 和 W_{2a} 为可调电阻器符号, W_{1b} 和 W_{2b} 为电位器符号, RP_1 和 RP_2 为排电阻器符号。

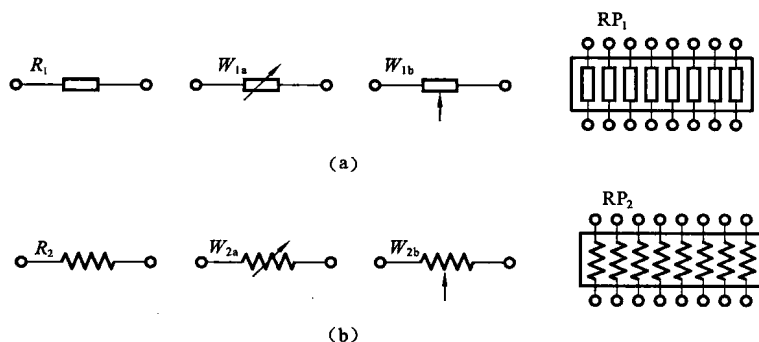


图 2.1.2 常用的电阻器符号

2.1.3 电阻器和电位器的主要性能参数

1. 标称阻值

标准化了的电阻器和电位器值称为标称阻值,标称阻值组成的系列为标称系列。

表 2.1.2 为常用固定电阻器的标称系列表,表 2.1.3 为常用电位器的标称系列表。任何固定电阻器或电位器的标称阻值均应符合表 2.1.2 中的数值或某系列数值乘以 10^n ,其中 n 为正整数或负整数。

表 2.1.2 常用固定电阻器的标称系列

允许偏差	系列代号	系 列 值
±5%	E24	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0
		3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1
±10%	E12	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2
±20%	E6	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8