

主编 ◎ 卓郑安

DIANLU YU DIANZI JISHU
SHIYAN JIAOCHENG

电路与电子技术 实验教程

上海科学技术出版社

TM13-33/33

2008

电路与电子技术实验教程

主 编 卓郑安

副主编 袁之亦

审 阅 缪行外

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术实验教程/卓郑安等编著. —上海:上海科学技术出版社, 2008. 3

ISBN 978-7-5323-9286-5

I. 电... II. 卓... III. ①电路—实验—教材②电子技术—实验—教材 IV. TM13-33 TN01-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 011603 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9

字数 189 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—3 250

定价:22.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书是配合《电路》、《模拟电子技术》及《数字电子技术》等技术类平台课程而编写的基础实验教材。在介绍了常用电子仪器的使用方法和电路与电子测量知识的基础上,深入浅出地介绍了电路实验、模拟电子技术实验和数字电子技术实验。从满足电气信息类实验的基本教学要求出发,既具有较宽的使用面;又增加了设计性、研究性的实验。读者能在有限的课时中对电学基础理论与概念进行全面分析与论证,也能充分满足教学评估对实验教材的要求。

本书可作为高等院校理工科电气信息类电路与电子技术实验课程的教材或参考书,也可供非电类专业学生或有关工程技术人员及社会读者阅读。

前 言

《电路与电子技术实验教程》是配合《电路》、《模拟电子技术》、《数字电子技术》等技术类平台课程教学而编写的基础实验教材。教材编写的立足点,是在有限的课时里对相关理论课程涉及的理论与概念进行分析与验证,使绝大多数学生能够充分理解和掌握理论基础概念;培养对电子信息类课程学习的兴趣;提高分析与解决问题的能力;达到电子信息类课程的教学目的。

本书有三个特点。首先,它是基于2004年修订的“高等学校各类基础课程教学基本要求”而编写的,为本科生培养计划中不要求进行电机及控制等强电教学内容的专业提供电学基础实验教材。如电子信息科学与技术、机械仪器仪表、化工、材料、生物工程、生命科学、理化、光学、数学专业等,更适用于实验教学时数较少的电气信息类专业使用。随着近年来电学在其他学科中的迅速渗透和广泛应用,教材中电学测量基本知识、常用电子仪器的使用、安全用电、基尔霍夫定律、电位的测量、叠加定理等,也适用于各科学生及不同专业的要求。各大专院校均可以方便地选用,有利于非电专业学生的个性发展和优秀学生的深造。体现出具有较宽使用面的第一个特点。

其次,本教材共四章内容中,除电路电子实验基础外,其余三章是电路实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验,共有30余个实验项目,能够较好地覆盖电气信息类实验的教学内容。在实验预习部分,对电路电子理论中某些基础知识的理解要求较深;在电子技术的部分实验中,对一些设计性实验的要求也较灵活。由于在验证性实验的基础上,增加了设计性、研究性的实验内容,能充分满足教学评估对实验教材的要求。与电工学实验相比,除不包括电机及其控制部分的内容外,其他部分略显深广。体现出在弱电基础上加深加宽的第二个特点。

另外,教材中同一个实验,对不同专业、不同对象而言,教学内容的深浅可有不同侧重点和取舍,完全由任课教师方便地选用和确定。按照实验教学的一般做法,不管是独立设置的实验课程还是包含在理论课时内的实验,只有相关的理论部分授完后才进行实际操作。本教材的实验理论知识深入浅出,读者易于自学和理解。由于充分顾及了各院校不同的教学条件,适应性较强,在使用时具有较大的灵活性和拓展空间,任课教师能够在自拟的教学时段安排实验。体现出既有利于科学合理地安排课程实施,又有利于实验室及实验设备的充分使用和适时维护的第三个特点。

本书主编卓郑安,副主编袁之亦,审阅缪行外。由于编者水平有限和时间紧迫,教材的不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2008年1月

学生实验守则

(1) 实验前应认真预习,按要求做好预习报告,并在实验前一天交预习报告,实验开始前由教师发还。

(2) 提前到达实验室,不得迟到。迟到者暂缓进行实验。

(3) 实验中应集中思想,接线完毕后须经教师检查或学生互查,得到允许后才能通电进行实验。

(4) 要认真如实地按要求记录各种实验数据,不得马虎、抄袭、涂改,记录实验数据的报告经教师签字后连同实验报告一并交上。

(5) 实验中必须保持安静,禁止谈笑、随意走动和动用与本实验无关的仪器设备。各组使用的仪器等不准调换、移动。

(6) 遇到故障应立即切断电源,保持实验现场并向教师报告。

(7) 实验完成后应该把实验设备恢复到初始状态,经检查后才能离开。

(8) 按要求做实验报告,不符合要求者退回重做。

实验须知

一、实验安全

(1) 千万不可用手触及带电器件的裸露部分。实验过程中操作者均应站在绝缘垫上进行操作。

(2) 接线、改接或拆线,必须切断电源后进行,即使在电压较低时也应如此,养成良好的习惯。接线时应最后接电源线,拆线时应先拆电源线。

(3) 严格按照实验线路及仪器设备的规定接线,例如调压变压器的输入、输出端不能接错;直流电表的极性不能接错;电流表不能与电源并联等。

(4) 接线前先校核实验所用仪器设备及型号规格是否合适,通电实验后应随时注意各仪表的指针不得超过量限。

(5) 实验中有旋转设备时,应注意衣服、发辫等勿被卷入。

(6) 不要移动或搬弄与己无关的仪器设备,发现不正常现象或事故时,应立即切断电源。

二、实验预习

(1) 实验前仔细阅读实验指导书,并根据要求阅读有关说明,明确试验目的和要求,了解实验原理和方法步骤,进行必要的计算。

(2) 用实验报告专用纸编写好实验预习报告。

(3) 在进行实验前,将预习报告交给指导老师审核,签字通过后方准进行实验。

三、实验操作

1. 仪器设备的配套与检查

实验室已将每组实验所需的仪器设备配齐,在实验开始时仍应核对一遍,将型号、规格、量限等记在记录纸上;有些仪表还应检查指针是否在0点位置。

2. 按实验要求接线

仪器设备的一般放置顺序是:电源、调节设备、测量仪表、负载等。应做到层次分明,一目了然,便于实验时调节和读数。

接线时先接串联电路,当遇到较复杂的电路时,可把电路分成几个较简单的组成部分依次连接,最后连接成总电路。对于电流较大的电路,连接时应选用较粗的导线。

3. 观察和记录数据

通电后不要急于记录数据,应先将电路的电压或电流从零调到所要求的数值,观察仪器设备的工作是否正常,再按规定的步骤进行实验。

当实验中用到多个仪表时,应尽量做到同时读数。读数时,目光应正对指针(对有反射镜的仪表,要求指针与影像重合)。一般数据可取三位有效数字,末位数字由估算得到。

数据要记录在预习时准备好的表格中,并随时校核数据的合理性。当实验数据偏离预习估计值时,应重新测量。

四、编写报告

实验报告在预习时已编写了一部分,在操作时已测得各项数据,在此基础上对实验结果进行整理计算和分析讨论,总结归纳实验体会。

(1) 报告内容精简扼要,字迹图表整齐清楚,若列举一组数据的详细计算结果,则其余可直接列入表中。

(2) 应把曲线绘制在方格纸上,坐标轴的交点不一定是(0,0)点,坐标轴上应注明所代表的物理量符号及单位。多种不同数据在同一坐标轴上应用“O”、“X”、“ Δ ”等符号点出以便区别,要光滑连接曲线,可以使数据点大致分布在曲线两侧。

(3) 按实验内容、方法和步骤的顺序,编写实验报告。内容一般有:

- 1) 实验线路。
- 2) 简明扼要的操作步骤。
- 3) 预习计算与预习思考题。
- 4) 记录数据的表格。
- 5) 思考题的回答。
- 6) 使用仪器的名称、编号。

实验报告格式供参考。

目 录

第一章 电路电子实验基础	1
1.1 实验基础知识	1
1.1.1 电子仪器的选择及使用注意事项	1
1.1.2 电压测量的基本方法	2
1.1.3 测量误差及其处理方法	3
1.1.4 安全用电	5
1.1.5 测量系统的“接地”与“共地”	5
1.1.6 电子电路的安装和调试	6
1.1.7 常用电子元件简介	8
1.2 常用测量仪器的使用	21
1.2.1 万用表	21
1.2.2 晶体管毫伏表	23
1.2.3 示波器	25
1.2.4 信号发生器	31
1.2.5 直流稳压电源	32
1.2.6 常用电子仪器使用	33
第二章 电路实验	38
2.1 电路基础实验	38
2.1.1 基尔霍夫定律和电路中电位的测量	38
2.1.2 叠加定理和戴维宁定理	41
2.2 动态电路实验	43
2.2.1 一阶电路暂态响应的研究	43
2.2.2 二阶电路暂态响应的研究	46
2.3 正弦稳态电路实验	47
2.3.1 交流电路元件参数的测量	47
2.3.2 感性负载功率因数的提高	51
2.3.3 RLC 谐振电路实验	53
2.4 三相交流电路实验	55
2.4.1 三相交流电路中电压和电流的测量	55
2.4.2 三相电路中有功功率和无功功率的测量	57
2.5 二端口网络实验	60
2.5.1 二端口网络 A 参数测量	60

2.5.2 受控源特性测量	62
2.5.3 负阻抗变换器实验	67
2.5.4 回转器实验	68
第三章 模拟电子技术实验	71
3.1 基本放大电路实验	71
3.1.1 晶体管单管放大电路	71
3.1.2 场效应管放大电路	74
3.2 两级放大电路实验	76
3.2.1 两级阻容耦合放大电路	76
3.2.2 两级放大电路中的负反馈	79
3.2.3 差分放大电路	81
3.3 集成运算放大电路	84
3.3.1 集成运算放大电路的参数测定	84
3.3.2 集成运算放大电路应用之一(模拟运算电路)	86
3.3.3 集成运算放大电路应用之二(波形运算电路)	90
3.4 功率放大电路实验	92
3.4.1 OTL 功率放大电路	92
3.4.2 集成功率放大电路	94
3.5 集成稳压电路实验	95
第四章 数字电子技术实验	97
4.1 集成逻辑门电路及组合逻辑电路实验	97
4.1.1 基本逻辑门电路功能测试	97
4.1.2 集电极开路与非门(OC 门)及三态输出与非门的应用	101
4.1.3 编码器和译码器	104
4.1.4 半加器、全加器和数据选择器	108
4.2 触发器及时序逻辑电路实验	112
4.2.1 触发器电路及功能转换	112
4.2.2 寄存器及移位寄存器	116
4.2.3 计数、译码和显示	119
4.3 脉冲波形的产生和整形电路实验	123
4.3.1 集成逻辑门构成的脉冲电路	123
4.3.2 集成施密特触发器	125
4.3.3 集成单稳态触发器	126
4.3.4 555 集成定时器的应用	128
4.3.5 码制变换电路的设计实验	132
4.3.6 任意函数发生器的设计实验	132
参考文献	134

第一章 电路电子实验基础

1.1 实验基础知识

1.1.1 电子仪器的选择及使用注意事项

电路电子实验中,在测试相关的电参数及分析电路电子的静态和动态工作时,常用的电子仪器有:直流稳压电源、示波器、信号发生器、晶体管毫伏表、数字式或指针式万用表等。它们分别用于电路各个参数的测量,如图 1-1 所示。

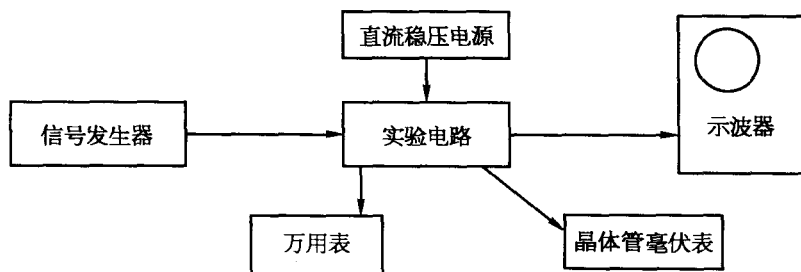


图 1-1 常用测量仪器

(1) 直流稳压电源:是把交流电源转换成直流电源的装置,可为电路电子的实验电路提供工作电源。

(2) 示波器:用来观察电路中各测试点的波形,监测电路的工作情况,也可用于测量小信号的周期、幅度、相位差及观察电路的特性曲线等。

(3) 信号发生器:为电路提供各种不同频率、幅度及波形的输入信号。

(4) 晶体管毫伏表:用于测量电路中输入、输出正弦交流信号的有效值及各测试点电压的有效值。

(5) 数字式或指针式万用表:一般用于测量电路的静态工作点参数和各测试点的直流信号。

(6) 频率仪:用于测量电路信号的频率。

一、合理选择电子测量仪器

合理选择电子测量仪器是保证实验测量结果正确的重要前提和环节,所以在选择时应

注意以下几个方面:

(1) 充分了解电子仪器的性能。选择时应全面了解和掌握各种仪器的功能、技术性能、基本原理及其使用方法,以使测量顺利进行并保证测量结果的正确。

(2) 环境对仪器的影响。任何仪器在使用过程中,对环境条件都有一定的要求。大部分电子仪器,特别是灵敏度和精确度较高的仪器,受环境温度、湿度及电磁场的影响很大。根据被测信号的特点及测量的要求,创造良好的测试环境,以免影响测试结果。

(3) 根据测试要求选择测试仪器。能够完成同一参数测试的仪器类型有多种(如测量交流电压可以选用晶体管毫伏表、万用表、示波器等),不同的仪器,其测量精度和方法均不同,应以简洁、方便正确地满足测试要求为标准进行选择。

二、电子测量仪器使用注意事项

使用电子测量仪器时,应严格按照仪器的操作方法、步骤及注意事项来进行。非法使用和操作仪器,都有可能导致测量误差增大或使被测电路、元器件及电子测量仪器损坏。其中,应注意的事项有如下几方面:

(1) 接通电源前,应仔细检查仪器的开关、旋钮、接线插头等是否连接好,以防止短路、开路或接触不良等人为故障。为了确保人身和仪器的安全,仪器的电源插头连接线等绝缘层应完好无损,接地要良好。

(2) 接通电源后,不能敲打仪器机壳,不能用力拖动仪器。如要移动仪器设备,应首先切断电源,然后轻轻移动。测试结束后,应先关断电源,确保安全后再拆除电路的连线。

(3) 使用仪器时,应注意仪器适用的电压范围与电网电压是否吻合,同时应注意电网电压的波动情况。否则会导致仪器不能正常工作或损坏。

(4) 在将仪器和电路连接成测试系统时,要注意系统的“共地”问题,同一系统中的所有仪器和电路的接地端要可靠地连接在一起。否则,会引起外界干扰,导致测量误差增大。有时甚至会损坏仪器或电路,造成不必要的损失。

1.1.2 电压测量的基本方法

采用电子技术的测量方法对电子学领域中的各种物理量进行测量,称作电子测量。电子测量所使用的仪器、仪表设备称电子测量仪器。电子测量以电子技术理论为依据,电子测量仪器为工具,进行元器件和电路参数的测量、信号特性的测量、功率的测量等。

其中电压测量的方法一般分为直接测量法和间接测量法两种。直接测量法在测量过程中,能从仪器、仪表上直接读出被测参量的波形或数值;间接测量是先对各间接参量进行直接测量,再将测得的数值代入公式,通过计算得到待测参量。

电压测量获得的数据,因测量仪器、测量方法、测量环境、人为因素等影响,测量结果往往偏离真实数值,产生测量误差。

测量电压可以使用电压表、示波器、交流毫伏表等测量仪器。电压表可以用来测量直流电压、低频交流电压,其测量方法简便,精度较高,是测量电压的基本方法;示波器测量法可以测量所有的电压信号;交流毫伏表是用于对交流信号大小的测量。

电子电路中的电压与电工电路中的电压有所不同,相比较而言,电子电路中的电压具有如下特点:

(1) 频率范围宽。电路电子中电压的频率可以从直流到几百兆赫甚至更高的频率范围内变化。要测量如此大的频率变化范围的电压信号,一般的电工仪表是无法胜任的。

(2) 电压波形各异。电子电路中的电压有直流、正弦波形、三角波形、锯齿波形、脉冲波形等多种波形,而一般的电压表是以正弦波电压有效值的大小来标示刻度的。因此,从测量仪表直接获得的非正弦电压值,一般误差较大,需加以校正。

(3) 电路阻抗高。电子电路通常为高阻抗电路,所以,为了避免测量仪表对被测电路产生影响,仪表应具有较高的输入阻抗。对于高频信号的测量,还要求测量仪表具有较小的输入电容。

(4) 电压幅度宽。电子电路中的电压值范围较宽,从微伏级到几百伏甚至几千伏,测量时需要有合适量程的仪器与之相适应。

根据电子电路中电压信号的特点,测量时一定要做到灵活、正确地选用仪器仪表,正确地进行电压参数的测量。

测量得到的结果往往都是近似值。例如,用电压表测电压时,指针的位置如图 1-2 所示,此时电压读数可读成 27.5V。很明显,2、7 两个数字是准确的,称为准确数字;而未位的数字 5 则是根据指针在标尺的最小分格中的位置估计出来的,是不准确数字,称为欠准数字。准确数字和欠准数字在测量结果中都是不可缺少的,统称为有效数字。即从左边第一个非零的数字到右边最后一个非零数字所包含的数字。有效数字不但包含了被测参量的大小,也确定了测量的精度。

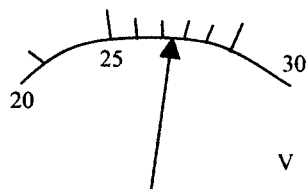


图 1-2 有效数字读取示意图

在测试中,记录数据时读数应保留一位欠准数字,超过一位欠准数字的估计数字是没有意义的。例如,如果将图 1-2 所示的电压读数读为 27.51V,则末位数 1 是毫无意义的。保留有效数字位数多少与小数点无关。如 27.5 和 275 都是三位有效数字。0 在数字之间或数字之末算作有效数字,而在数字之前不算作有效数字。如 5.80 和 5.8,两种写法表示的是同一个数值,但前者是三位有效数字,后者只有两位有效数字,反映了不同的测量精确度。另外,大的数值与小数值要用幂的乘积形式表示,如 35000V 应记作 $3.5 \times 10^4 \text{V}$ 。在表示误差时,一般只取一位有效数字,最多取两位有效数字。对于测量读数,在规定的精度范围以外的数字,一般应按照“四舍五入”的规则进行取舍。如精度要求取 n 位有效数字,那么第 $n+1$ 位及其以后的各位数字都应舍去。

加减运算时,各数所保留小数点后的位数,一般应与各数中小数点后位数最少的相同。乘除运算时各因子及积或商的保留位数,通常以有效数字位数最少的一项为准。

1.1.3 测量误差及其处理方法

一、测量误差的表示方法

一般来说,仪器的测量准确度用容许误差来表示,根据技术条件的要求,规定某一类仪器的误差最大范围。容许误差可用相对误差表示,也可用相对误差与绝对误差相结合的形式表示。

1. 绝对误差

测量仪表的指示值 X 与被测参量真实值 A 之间的差值,称为绝对误差,用 ΔX 表示,即:
 $\Delta X = X - A$ 。

真实值 A_0 是一个理想的概念。在实际测量时,测量真实值一般采用两种方法:一是以高一级标准仪表的指示值 A 来代替 A_0 ,称为实际值;二是采用多次测量法然后取结果的平均值(A)代替真实值。此时的绝对误差为: $\Delta X = X - A_0$ 。

绝对误差是有单位、有符号的值,其单位与被测参数的单位相同,它并不能说明测量的准确性。

一般情况下,把与 ΔX 大小相等、符号相反的值称为修正值,用 C 表示,即: $C = -\Delta X = A - X$ 。

利用修正值可求出测量仪表所表示的实际值,即: $A = |C - X|$ 。仪器仪表的修正值通常由生产厂家随仪器仪表以数据表或曲线的形式给出,用于对仪器仪表读数值的修正。

2. 示值相对误差

示值相对误差 rx (又叫相对真值误差)是绝对误差 ΔX 与仪表指示值 X 的比值,一般用百分比表示,即: $rx = (\Delta X/X) \times 100\%$ 。

相对误差只有大小,没有单位。

在比较测量结果的精确程度时,仅有绝对误差是不够的。实际测量中,一般用相对误差来表示误差的大小。为了减小相对误差,在测量电压和电流时,指针式仪表量程的选择应尽可能使指针接近满偏转(或满刻度的 $2/3$ 以上)。另外,用万用表测量电阻的阻值时,所选的量程应尽可能地使指针指到电阻档标尺中心位置附近,此时读数误差最小。

3. 满度相对误差。

仪器的测量误差除采用上述绝对误差和相对误差表示外,通常还用满度相对误差表示。满度相对误差是绝对误差 ΔX 与仪表满度值 X_m 的百分比,用 rm 表示,即: $rm = (\Delta X/X_m) \times 100\%$ 。

因为 rm 是用绝对误差 ΔX 与一个常数 X_m 的比值来表示的,所以,实际上给出的是绝对误差的大小。若 rm 已知,则在同一量程内绝对误差基本上是一个常数,因而可以较好地反映仪表的基本误差。

二、测量误差的产生和抑制

从误差的来源和性质入手去认识误差并削弱、消除误差,是抑制测量误差最根本的途径和有效的措施。误差的产生主要有以下几方面的原因:

1. 仪器误差

是指仪器本身电气性能或机械性能不良造成的,如仪器校正不好、刻度不准确等。消除的方法是预先对仪器进行校准,配备性能优良的仪器并定期计量或校准。

2. 使用误差

也称操作误差,是指在使用过程中,仪器和其他设备的安装、调节、布置不正确或使用不当所造成的误差。如将规定水平放置的仪器垂直放置,系统共地不好,没有考虑阻抗匹配的问题,未按规定对仪器进行调整、校准等。减小这种误差的方法是测量前详细了解和掌握仪器的使用方法,严格按操作规程使用仪器,提高实践技巧和分析能力。

3. 方法误差

是由于测试方法不够完善,依据的理论不够严格,或测量定义不明确,过度地简化或近

似等导致的误差。减小这种误差的方法是根据被测的对象选择合理的测试方法,还要选择合适的仪器仪表,进行科学的分析和计算。

4. 人为误差

是由于操作者测试习惯不良而在测试过程中所引起的。例如,读刻度盘时视角不垂直表盘,读数时有偏大或偏小的习惯等。减小这种误差的方法是提高操作和测试技能,并改正不正确的测试习惯和方法。

1.1.4 安全用电

低电压和低电流也可能对人体造成伤害,因此,实际操作时要遵循安全的操作程序。

(1) 测量 20V 以上的电压和大于 10mA 的电流时,带电感和电容负载的交流电力线要特别小心。有时需采取放电措施。测量电压超过仪表的使用电压极限有可能损坏仪表和危及操作人员的安全,在不能确定被测电压的大小范围时,将量程开关置于最大位置。插入电流插座的表棒切勿测量任何电压。切勿测量超过地电位 500V 的交、直流电压。

(2) 进行电气测量时,身体切勿直接接触大地,也不要接触可能存在地电势的裸露金属端子、输出口、引线夹等。使用干燥的衣服、胶鞋、胶垫以及其他绝缘材料,保持实验者与大地绝缘。在有爆发性气体(如易燃易爆气体)、水蒸气或灰尘等的场合不操作使用仪表。

(3) 要使用经指定或认可的熔断器来更换仪器内部的熔断器,只能换上同样型号的或相同电气规格的熔断器。为避免电击,在更换熔断器之前必须关闭交流电源开关,电源线拔离电源插座,测试线不能接入任何被测试电路或输入信号。

(4) 不要使用未经指定或认可的电池来更换仪器内部的供电电池,需要更换时,只能换上同样型号的或相同电气规格的电池。为避免电击,在更换电池之前必须关闭交流电源开关,电源线拔离电源插座,测试线不能接入任何被测试电路或输入信号。

1.1.5 测量系统的“接地”与“共地”

电子测量系统中良好的“接地”与“共地”是抑制干扰、确保人身和设备的安全、使系统参数测试正常进行的重要技术措施。“地”是电位基准,电子测量系统往往以地球的电位为基准零电位,在电路图中以符号“ $\perp$ ”表示。电子系统中的“地”也可以系统中电路的某一点电位为基准,设该点为相对零电位“ $\perp$ ”,这种“地”电位不一定与大地等电位。电子测试系统中各仪器应该“接地”又“共地”。

1. 接地

指电子仪器相对零电位点(如外壳)接大地。防止因仪器设备漏电或雷击而可能造成的设备损坏和人身危险,每台仪器或电子测量系统都必须具有良好的接地,仪器设备的外壳接地电阻一般小于 4Ω 。测量过程中,应该使用电子电压表、示波器等高灵敏度、高输入阻抗仪器。若仪器外壳未接大地或接地效果差,人触及仪器时有麻手的感觉,严重时会导致触电。当人触及仪器或电路的输入端时,就会有一部分漏电流经人体耦合而输入到仪器或电路中去,由于系统的输入阻抗很高而压降很大,必然产生过负荷现象,造成系统工作不正常,甚至损坏仪器或电路。外壳接地良好时,漏电流就经接地线流入大地形成回路,不会影响系

统正常工作。

2. 共地

各仪器及被测电路装置的“地”端,按照信号输入、输出的顺序可靠地连接在一起。电子测量和电工测量有所不同,从测量输入端与地的关系来看,电工测量仪表的两个输入端均与大地无关,即所谓“浮地”测量,称为“平衡输入”式仪表。例如用万用表测量 50Hz 交流电压时,两个测试表笔可以互换测量点而测量结果相同。在电子测量中,由于被测电路工作效率高、线路阻抗大及信号弱,所以抗干扰能力差。为了排除干扰提高测量精度,大部分电子测量仪器中采用单端输入/输出方式,即仪器的两个输入端中,总有一个与相对零电位点(如机壳)相连,两测试输入端不能互换测量,称为“不平衡输入”。测试系统中,该仪器的各接地端(⊥)必须相连,否则因引入外界干扰而导致测量误差。特别是当各测试仪器的外壳通过电源插头接大地时,若不接“共地”,会造成被测信号短路或损坏被测电路中的器件。

3. 模拟地和数字地

模拟电路和数字电路组成模-数混合电子系统时,为了避免不同电路之间的干扰,通常要将“模拟地”和“数字地”分别隔离出来,确保整个系统正常工作。这在模拟和数字混合电路的设计和制作中,是特别值得注意的问题。

1.1.6 电子电路的安装和调试

一、电路板基本焊接技术

电路板焊接,就是用烙铁等工具在印刷电路板上将元器件按要求连接在一起的过程。在大规模电子产品生产过程中,一般采用自动化流水线波峰焊接技术;对于小型电子电路或产品的生产,则部分采用手工焊接,其质量取决于四个方面:焊接工具、焊料、焊剂和焊接技术。

(1) 焊接工具:电烙铁是手工焊接的主要工具,选择合适的电烙铁对保证焊接质量非常重要。在焊接过程中,要根据不同的焊接对象选择相应功率的电烙铁。焊接集成电路一般应选用 25W 的电烙铁;焊接其他小功率元器件或焊盘面积较小时,可选用 35W 或 45W 电烙铁;焊接 CMOS 集成电路选用 20W 电烙铁;焊接大功率元器件或面积很大的电路应选用大功率(如 75W 以上)电烙铁。电烙铁分内热式和外热式两种。内热式电烙铁轻便、小巧、预热快,功率一般在 45W 以下,外热式电烙铁则较大较重且预热慢。烙铁头的种类和形状也有多种,普通型烙铁头用实心紫铜制成,永久型烙铁头则在表面涂覆一层特殊物质材料,经久耐用。烙铁头形状可以根据不同的焊接对象来选择,也可根据自己的喜好,用锉刀加工成其他形状(永久型不宜)。烙铁头越短则焊接温度越高。

(2) 焊料:常用的是焊锡,它是一种锡铅合金,熔点只有 190℃ 左右,非常便于焊接。市面上出售的焊锡丝有两种:一种是将焊锡做成管状,管内填有松香,称为松香焊锡丝,使用时可以不加辅助剂;另一种是无松香的焊锡丝,焊接时要加辅助剂。

(3) 焊剂:常用的有松香和松香酒精溶液。后者是用 1 份松香粉末和 3 份酒精配制而成的,焊接效果比前者好。另一种是焊油膏,在电子电路的焊接中,一般不使用它,因为它是酸性焊剂,对金属有腐蚀作用。

(4) 焊接技术:首先要求焊接牢固无虚焊;其次考虑焊点的大小、形状及表面光洁度等。焊接一般分三步:首先净化金属灰面;其次将被焊的金属表面加热到焊锡熔化的温度;

最后把焊料填充到被焊的金属表面而形成焊点。初学焊接应注意:焊锡不能太多;焊接时必须扶稳焊件,焊锡冷却过程中不能晃动焊件造成虚焊;焊接管子时用镊子夹住管子的接线端,避免温度过高损坏管子;同一印制电路板上的元器件尽可能为同一高度,且安装方向应便于观察极性、型号和数值。

二、接插板插接电路

接插板常用的结构有两种形式。一种上面小孔空心距离与集成电路接线端的距离相同,如双列直插式集成电路的接线端插接时,应分别插在中间槽的两边,由于各生产厂家和产品的型号不同,需用万用表测量后方可进行插接。最外边的插孔一般用作公共信号线、地线或电源线等。另一种在两边各有两条 11×5 的插孔,每一条相通,使用时不必加短接线。使用接插板做实验比使用焊接方法方便,修改电路或更换元器件更容易。

布线工具主要有剪刀、镊子、扁嘴钳、集成块拔子等。插接分立元器件时,应便于看到其极性和标志。裸露的引线要防止短路,必要时加套套管,一般情况下不要剪短元器件接线端,以便重复使用。

多次使用的集成电路,每次插接前,必须将接线端修理整齐,不能有弯曲,插接时接线端与插孔应接触良好。元器件在电路板上的排列位置要适当,相互之间要留有一定的间隔,以方便走线。为便于查找,所有集成电路的插入方向应尽量保证一致。按照信号的流向,采取边插接安装、边调试的方法。连接导线用 0.6mm 粗的独股导线,为查找方便一般使用多色导线。如连接正电源一般采用红色导线,连接负电源用蓝色导线,连接地线用黑色导线,信号线用黄色导线等。导线要紧贴接插板,走线尽量做到横平竖直,不能交叉、重叠。不允许将导线跨越集成电路,而应从四周的空隙处走线。插、拔导线应用镊子夹住导线头垂直插入接插板,避免将导线插弯。

三、电子电路的调试及注意事项

调试是利用符合指标要求的各种电子测量仪器,对安装好的电路或电子装置进行调整和测量,以保证其能正常工作。

1. 不通电检查

检查连线的方法通常有两种:一种是按照设计电路接线图检查;另一种是按实际线路,对照电路原理图按两个元件接线端之间的连线去向检查。在检查中都要对已检查过的连线做标记。

2. 直观检查

直观检查电源、地线、信号线、元器件接线端之间有无短路,连线处有无接触不良,二极管、三极管、电解电容等有极性的元器件引线端有无错接、反接等,集成块是否安插准确。

3. 通电观察

把经过准确测量的电源电压加入电路,但暂不接入信号源信号。首先要观察有无异常现象,有无冒烟、有无异常气味,触摸元件是否有发烫现象、电源是否短路等。如果出现异常应立即切断电源,排除故障方可重新通电。

4. 分块调试

分块调试是把电路按功能分成不同部分,每个部分看成一个模块来进行调试。比较理想的调试程序是按信号的流向进行,把前面调试过的输出信号作为后一级的输入信号,这样可为最后的联调创造条件。分块调试包括测试和调整两个方面:测试是在安装后对电路的

参数及工作状态进行测量;调整则是在测试的基础上对电路的结构或参数进行修正,使之满足设计要求。测试时在设计的电路图上标出各点的电位、相应的波形以及其他参考数值。

分块调试还包括静态调试和动态调试。静态调试一般在没有外加信号的条件下测试电路各点的电位。如测试模拟电路的静态工作点,数字电路的各输入、输出电平及逻辑关系等,将测试获得的数据与设计值进行比较,若超出指标范围,应分析原因并进行处理。动态调试可以把前级的输出信号作为后级的输入信号,也可利用自身的信号检查功能块和各种指标是否满足设计要求,包括信号幅值、波形的形状、相位关系、频率、放大倍数、输出动态范围等。模拟电路比较复杂,对于数字电路来说,由于集成度比较高,调试工作量不太大,一般是测试电平的转换和工作速度等。

5. 整体联调

对于较复杂的电路系统(由多块电路板构成),在分块调试的过程中,由于是逐步扩大调试范围,实际上已完成了某些局部联调工作。只要做好各功能块之间接口电路的调试工作,再把全部电路接通,就可以实现整体联调。此时只需要观察动态结果,即把各种测量仪器及系统本身显示部分提供的信息与设计指标逐一比较,找出问题,然后进一步修改电路参数,直到完全符合设计要求为止。系统精度是设计电路很重要的一个指标。测量电路的精度校准元件,应该由高于测量电路精度的仪器仪表进行测试后,才能作为标准元器件接入电路校准精度。

调试注意事项如下:

- (1) 测试仪器和被测电路应具有良好的“共地”,测试结果才能准确。
- (2) 调试过程中,发现器件或接线有问题需要更换或修改时,应关断电源,待更换并认真检查后方可重新通电。
- (3) 调试过程中要认真观察、测量和记录。记录观察的现象、测量的数据、波形及相位关系,必要时应附加说明。依据记录数据才能把观察到的现象和理论预计的结果加以定量比较,发现问题加以改进,最终完善设计方案。

1.1.7 常用电子元器件简介

一、电阻器

电阻器是最常见的电子元器件之一。以结构形式分,有固定电阻器、电位器、可调电阻器和热敏电位器等,其图形符号如图 1-3 所示。通常还用字母和数字符号表示电阻的类别。

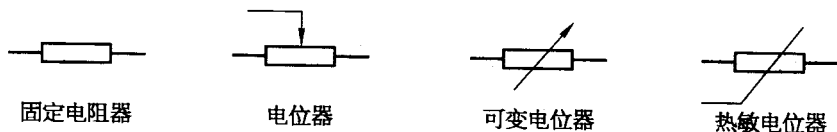


图 1-3 电阻器的图形符号

1. 固定电阻器

常见固定电阻器外形结构见图 1-4。按其制作材料不同分为合金类、薄膜类、合成三大类;按用途不同可分为碳膜电阻器、碳质电阻器、金属膜电阻器及线绕电阻器四种