

DIANZIJIISHU
SHIYAN JIAOCHENG

电子技术实验教程

主 编 胡 泽 张雪平 顾三春

副主编 全 迪 陈松柏 何 勇 曹玉英



高等教育出版社

DIANZIJI SHI
SHIYAN JIAOCHENG

电子技术实验教程

主 编 胡 泽 张雪平 顾三春
副主编 全 迪 陈松柏 何 勇 曹玉英

高等教育出版社·北京

内容简介

本书共分 12 章, 主要内容包括电子技术实验基本知识, 常用电子元件的特性及使用规则, 实验常用测量仪器的使用方法, 模拟电子技术基础实验, 数字电子技术基础实验, 电子电路设计基础知识, 模拟电子电路的设计, 数字电子电路的设计, 电子电路综合设计性实验, Multisim 12 快速入门, 模拟电子电路仿真实验和数字电子电路仿真实验。

全书共有 36 个实验, 每个实验都配有实验原理、参考电路和思考题, 实验项目的设置覆盖了创新型、复合型和应用型人才培养不同层次的教学需求, 任课教师可根据需要灵活选用。

本书可作为高等学校电气信息类、仪器仪表类专业的教材, 也可供其他相关理工科专业选用以及社会读者阅读。

图书在版编目 (C I P) 数据

电子技术实验教程/胡泽, 张雪平, 顾三春主编

· 一北京: 高等教育出版社, 2015. 1

ISBN 978 - 7 - 04 - 041514 - 8

I. ①电… II. ①胡…②张…③顾… 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 265689 号

策划编辑 杨 希
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 杨 希
责任校对 刘娟娟

封面设计 王 鹏
责任印制 韩 刚

版式设计 余 杨

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 河北新华第一印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 17.75
字 数 410 千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2015 年 1 月第 1 版
印 次 2015 年 1 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 41514 - 00

编写委员会

主 编	胡 泽	西南石油大学
	张雪平	宜宾学院
	顾三春	西南石油大学
副主编	仝 迪	西南石油大学
	陈松柏	四川农业大学
	何 勇	成都理工大学工程技术学院
参 编	曹玉英	西南石油大学
	王 琼	西南石油大学
	邹志勇	四川农业大学
	李 逊	四川农业大学
	温 洪	四川农业大学
	李华兵	成都理工大学工程技术学院
	李兰英	成都理工大学工程技术学院
	朱 晋	成都理工大学工程技术学院
	曾菊容	宜宾学院
	陈劲松	宜宾学院

前言

电子技术基础包括模拟电子技术基础和数字电子技术基础,是高等学校电气信息类、仪器仪表类专业的一门理论性和实践性很强的专业基础课,其实验教学是必不可少的重要环节。本实验教程就是与电子技术基础课程配套使用的。

本书本着由浅入深,由简到繁的原则,将实验教学内容划分为基础验证性实验、设计性实验、综合设计性实验和虚拟仿真实验几个不同层次。

全书共四篇。第一篇是电子技术实验基础知识,主要介绍了电子技术实验基本知识、基本程序,常用电子元器件的特性、使用规则以及实验常用测量仪器的使用方法等。本篇所涉及的内容弥补了理论教学的不足,使学生对实验中应注意的问题有所了解,逐步建立系统的、工程的观念。

第二篇是电子技术基础实验,包括模拟电子技术基础和数字电子技术基础验证性实验。学生通过学习,掌握电子电路基本原理及基本的实验方法,从而培养学生从实验数据中总结规律、发现问题的能力。

第三篇是电子电路设计,内容包括电子电路设计基础知识、模拟电子电路的设计、数字电子电路的设计、电子电路综合设计性实验等。考虑到学生的能力,实验项目都有参考设计,减少盲目性,使学生有章可循。通过电子电路设计性实验教学,可提高学生对于基础知识、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,理解模拟电路参数“量”的差别和工作“状态”的差别,使学生加深对单元功能电路的理解,掌握各功能电路之间参数的衔接和匹配关系,提高学生综合运用知识的能力。

第四篇是电子电路的计算机仿真测试,介绍了计算机虚拟仿真设计与分析方法。学生通过学习,掌握 Multisim 12 仿真软件的应用,初步学会电子电路现代化的设计方法。

通过本书的学习,使学生既具有电子技术基础实验能力,又具有小系统综合设计能力;既能运用传统的设计方法,又能掌握现代电子技术的设计方法。

本书由西南石油大学、宜宾学院、四川农业大学、成都理工大学工程技术学院相关教师合编。第1章和第3章由张雪平编写,第2章、第4章由顾三春编写,第5章由陈松柏编写,第6章由何勇编写,第7~9章由胡泽编写,第10~12章由仝迪编写,附录由曹玉英编写;第1~5章电路图由王琼绘制,第6~9章电路图由邹志勇、李逊、温洪绘制,第10~12章电路图由李华兵、李兰英、朱晋绘制;曾菊容、陈劲松参与了校稿。全书由胡泽统稿并担任主编。本书在编写过程中得到了何道清教授、段忠南高级实验师的指导和帮助,何道清教授审阅了全书,在此向各位一并表示感谢。

本书所提供的每个实验项目及其实验内容都有较大的选择余地,可根据学生具体情况进行操作。由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

编者邮箱: huze@swpu.edu.cn。

编者

2014年6月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第一篇 电子技术实验基础知识

第 1 章 电子技术实验基本知识	1	2.4 电感器与变压器	25
1.1 电子技术实验的目的和意义	2	2.5 二极管和晶体管	28
1.2 电子技术实验的基本程序	2	2.6 集成电路	32
1.3 电子技术实验的操作规程	3	2.7 课堂练习	38
1.4 实验报告的撰写	5	第 3 章 实验常用测量仪器的使用方法	40
1.5 电子测量技术	5	3.1 示波器及其应用	41
1.6 实验调试与故障检测技术	8	3.2 直流稳压电源	44
第 2 章 常用电子元件的特性及使用规则	14	3.3 信号发生器	45
2.1 电阻器	15	3.4 交流毫伏表	46
2.2 电位器	19	3.5 万用表	47
2.3 电容器	21		

第二篇 电子技术基础实验

第 4 章 模拟电子技术基础实验	51	第 5 章 数字电子技术基础实验	86
实验一 常用电子仪器的使用	52	实验八 集成逻辑门及其基本应用	87
实验二 单管交流放大电路的测试	56	实验九 组合逻辑电路	93
实验三 多级放大器及放大器中的 负反馈	60	实验十 触发器	98
实验四 集成运算放大器的应用	64	实验十一 计数器	103
实验五 电压比较器	69	实验十二 555 集成定时器的 应用	109
实验六 功率放大器	73	实验十三 数/模转换器	114
实验七 直流稳压电源	80	实验十四 模/数转换器	119

第三篇 电子电路设计

第 6 章 电子电路设计基础知识	125	第 7 章 模拟电子电路的设计	135
6.1 电子电路设计性实验的教学 目的	126	实验十五 晶体管放大器设计	136
6.2 对电子电路设计性实验的 要求	126	实验十六 有源滤波器的设计	141
6.3 电子电路设计性实验的总结 报告	126	实验十七 多波形发生器设计	146
6.4 电子电路设计的一般方法	127	实验十八 直流稳压电源设计	151
		实验十九 模拟运算电路设计	159
		第 8 章 数字电子电路的设计	168
		实验二十 SSI 组合逻辑电路设计	169

实验二十一 MSI 组合逻辑电路	测量仪	185
设计	172	
实验二十二 SSI 时序逻辑电路	实验二十四 交通灯控制电路	188
设计	176	
第 9 章 电子电路综合设计性实验	实验二十五 脉搏计	193
实验二十三 数字脉冲周期	实验二十六 晶体管输出特性曲线	
	测试电路	199
	实验二十七 峰值检测系统电路	204

第四篇 电子电路的计算机仿真测试

第 10 章 Multisim 12 快速入门	211	仿真测试	238
10.1 电子电路仿真软件 Multisim 12		实验三十一 积分与微分运算电路	
简介	212	仿真实验	240
10.2 Multisim 12 的特点	213	实验三十二 差分放大电路的设计	
10.3 Multisim 12 虚拟仪器介绍	215	与仿真	242
10.4 Multisim 12 的工作界面	221	第 12 章 数字电子电路仿真实验	244
10.5 电路绘制与仿真的基本		实验三十三 竞争冒险现象的产生	
步骤	222	与消除	245
第 11 章 模拟电子电路仿真实验	228	实验三十四 任意进制计数器仿真	
实验二十八 单管交流放大电路的		实验	247
仿真测试	229	实验三十五 A/D 与 D/A 转换电路	
实验二十九 有源滤波器仿真测试		仿真实验	249
.....	235	实验三十六 数字电子钟的设计与	
实验三十 RC 正弦波振荡器电路		仿真	251
附录 常用电子仪器的使用说明	253		
附录 A DF1731SB3A 可调式直流			
稳压、稳流电源	254		
附录 B DF2170A 型交流毫伏表	256		
附录 C SS7802 型双踪示波器	258		
附录 D DF1641B 函数信号发生器	269		
参考文献	273		

第一篇 电子技术实验基础知识

第 1 章

电子技术实验基本知识

1.1 电子技术实验的目的和意义

电子技术基础是电气信息类、仪器仪表类专业的重要专业基础课，是一门实践性很强的课程，它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能，培养学生分析问题和解决问题的能力。实验是学习和研究电子技术学科的重要手段，既是对理论的验证，又是对理论的实施，同时还是对理论的进一步研究与探索。

在电子技术飞速发展、广泛应用的今天，实验显得更加重要。在实际工作中，电子技术人员需要分析器件、电路的工作原理；验证器件、电路的功能；对电路进行调试、分析，排除电路故障；测试器件、电路的性能指标；设计、制作各种实用电路的样机。所有这些都离不开实验。此外，通过实验可以培养我们严谨的工作作风，严肃认真、实事求是的科学态度，刻苦钻研、勇于探索和创新的开拓精神，遵守纪律、团结协作的优良品质。

电子技术实验包括模拟电子技术实验和数字电子技术实验，可以分为4个层次：基础实验、设计性实验、综合性实验、仿真实验。

基础实验主要针对电子技术本门学科范围内理论验证和实践技能的培养，着重奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外，主要在于帮助学生认识现象，掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。

设计性实验可提高学生对本门学科基础知识、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，真正理解模拟电路参数“量”的差别和工作“状态”的差别。

综合性实验可提高学生对本单元功能电路的理解，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。

仿真实验可以使使学生通过掌握一种仿真软件的功能、特点，以及它的应用，学会电子电路现代化的设计方法。在实验中软件的使用以自学为主，配合具体的题目，培养学生对新知识掌握和应用能力。

总之，电子技术实验应当突出基本技能、设计性综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养，以适应电子类学科人才培养的要求。

1.2 电子技术实验的基本程序

电子技术实验的内容广泛，每个实验的目的、步骤也有所不同，但基本过程却是类似的。为了达到实验的预期效果，要求实验者做到以下几点。

1. 实验前的预习

为了避免盲目性，使实验过程有条不紊地进行，每个实验者实验前都要做好以下几个方面的准备。

(1) 阅读实验教材，明确实验目的、任务，了解实验内容。

(2) 复习有关理论知识,认真完成所要求的电路设计任务。

(3) 根据实验内容拟好实验步骤,选择测试方案,掌握实验仪器的使用方法。

(4) 对实验中应记录的原始数据和待观察的波形应先列表待用。

2. 电子实验线路的安装与接线

上好实验课并严格遵守实验操作规程是增强实验效果、保证实验质量的重要前提。实验者需按照电子技术实验的操作规程进行电子实验线路的安装与接线。

3. 电子技术实验的测试

实验者应做好测试前的准备工作并按照电子测量的基本程序和方法进行测试。

(1) 首先检查 220V 交流电源和实验所用的元器件、仪器仪表等是否齐全且符合要求,检查各种仪器面板上的旋钮,使之处于所需的待用位置。例如,直流稳压电源应置于所需的挡位,并将其输出电压调整到所要求的数值。切勿在调整电压前随意与实验电路板接通。

(2) 对照实验电路图,对实验电路板上的元器件和接线仔细进行寻迹检查,检查各引线有无接错,特别是电源与电解电容的极性是否接反,注意防止碰线短路等问题。经过认真仔细检查,确认安装无差错后,方可将实验电路板与电源和测试仪器接通。

(3) 按照电子测量的基本程序和方法进行测试,记录下实验数据并分析实验数据是否合理。

4. 电子技术实验的故障检测与排除

在电子电路安装与调试过程中,不可避免地会出现各种各样的故障现象,因此在电子技术实验中检查和排除故障也是实验的重要环节。实验者应掌握常见故障的检查和排除的基本方法。

1.3 电子技术实验的操作规程

与其他许多实践环节一样,电子技术实验也有它的基本操作规程。工程、科研人员经常要对电子设备进行安装、调试和测量,因此,就要求同学们一开始就注意培养正确、良好的操作习惯,并逐步积累实验经验,不断提高实验水平。

1. 实验仪器的合理布局

实验时,各仪器、仪表和实验对象(如实验板或实验装置)之间应按信号流向,并根据连线简捷、调节顺手、观察与读数方便的原则进行合理布局。

输入信号源置于实验板的左侧,测试用的示波器与电压表置于实验板的右侧,实验用的直流电源放在中间位置。还要认真检查各实验仪器、仪表是否能正常工作。

2. 电子实验箱上的接插、安装与布线

目前,在实验室中常用的各类电子技术实验箱上通常有数块多孔插座板(或称面包板),利用这些多孔插座板可以直接插接、安装和连接实验电路而无需焊接。然而,正确和整齐的布线在这里显得极其重要,这不仅是为了检查、测量的方便,更重要的是可以确保线路稳定可靠的工作,因而这是顺利进行实验的基础。实践证明,草率和杂乱无章的接线往往会使线路出现难以排查的故障,以致最后不得不重新接插和安装全部实验电路,浪费了很多

时间。为此,在多孔插座板上接插安装时应注意做到以下几点。

(1) 首先要搞清楚多孔插座板和实验箱的结构,然后根据实验箱的结构特点来安排元器件的位置和电路的布线。一般应以集成电路或晶体管为中心,并根据输入、输出分离的原则,以适当的间距来安排其他元器件。最好先画出实物布置图和布线图,以免发生差错。

(2) 接插元器件和导线时要非常细心。接插前,必须保持待插元器件和导线的插脚平直。接插时,应小心地用力插入,以保证插脚与插座间接触良好。实验结束时,应轻轻拔下元器件和导线,切不可用力太猛。

(3) 布线的顺序一般是先布电源线与地线,然后按布线图从输入到输出依次连接好各元器件和接线。应尽量做到接线短、接点少,但同时又要考虑到测量的方便。

(4) 在接通电源之前,要仔细检查所有的连接线。特别要注意检查各电源的连线和公共地线是否接得正确。查线时仍以集成电路或晶体管的引脚为出发点,逐一检查与之相连的元器件和连线,在确认正确无误后方可接通电源。

3. 接线规则

(1) 仪器和实验板间的接线要用颜色加以区别,以便于检查,如电源线(正极)常用红色,公共地线(负极)常用黑色。接线头要拧紧或夹牢,以防接触不良或因脱落而引起短路。

(2) 电路的公共接地端和各种仪表的接地端应连接在一起,既作为电路的参考零点(即零电位点),同时又可避免引起干扰。在某些特殊场合,还需将一些仪器的外壳与大地接通,这样可避免外壳带电从而确保人身和设备安全,同时又能起到良好的屏蔽作用。如在焊接和测试 MOS 器件时,电烙铁和测试仪器均要接大地,以防漏电而造成 MOS 器件的击穿。

(3) 信号的传输应采用具有金属外套的屏蔽线,而不能用普通导线,而且屏蔽线外壳一定要接地,否则有可能引进干扰而使测量结果和波形异常。

4. 注意人身和仪器设备的安全

(1) 注意安全操作规程,确保人身安全

① 为了确保人身安全,在调换仪器时必须切断实验台的电源。另外,为防止仪器和器件损坏,通常切断实验电路板上的电源后才能改接线路。

② 仪器设备的外壳应良好接地,防止机壳带电,以保证人身安全。在调试时,要逐步养成用右手进行单手操作的习惯,并注意人体与大地之间有良好的绝缘。

(2) 爱护仪器设备,确保实验仪器和设备的安全

① 在仪器使用过程中,不必经常开关电源,因为多次开关电源往往会引起冲击,使仪器的使用寿命缩短。

② 切忌无目的地随意搬弄仪器面板上的开关和旋钮。实验结束后,通常只要关断仪器电源和实验台的电源,而不必将仪器的电源线拔掉。

③ 为了确保仪器设备的安全,在实验室配电柜、实验台及各仪器中通常都安装有电源熔断器。仪器常用的熔断器有 0.5A、1A、2A、3A、5A 等几种规格,应注意按规定的容量调换熔断器,切勿随意代用。

④ 要注意仪表允许的安全电压或电流，切勿超过。当测量大小无法估计时，应从仪表的最大量程开始测试，然后逐渐减小量程。

1.4 实验报告的撰写

实验报告是实验结果的总结和反映，也是实验课的继续和提高。通过撰写实验报告，使知识条理化，可以培养学生综合分析问题的能力。一个实验的价值在很大程度上取决于报告质量的高低，因此对实验报告的撰写必须予以充分的重视。撰写一份高质量的实验报告必须做到以下几点。

(1) 以实事求是的科学态度认真做好各次实验。在实验过程中，对读测的各种实验原始数据应按实际情况记录下来，不应擅自修改，更不能弄虚作假。

(2) 对测量结果和所记录的实验现象，要会正确分析与判断，不能对测量结果的正确与否一无所知，以致出现因数据错而重做实验的情况。如果发现数据有问题，要认真检查线路并分析原因。数据经初步整理后，请指导教师审阅，然后才可拆线。

(3) 实验报告的主要内容包括以下几个方面。

- 实验目的。
- 实验设备。
- 实验电路。
- 实验步骤和测试方法。
- 实验数据、波形和现象以及对它们的处理结果。
- 实验数据分析。
- 实验结论。
- 实验中问题的处理、讨论和建议，收获和体会。
- 附实验的原始数据记录。

在撰写实验报告时，常常要对实验数据进行科学的处理，才能找出其中的规律，并得出有用的结论。常用的数据处理方法是列表和制图。实验所得的数据可分类记录在表格中，这样便于对数据分析和比较。实验结果也可绘成曲线直观地表示出来。在作图时，应合理选择坐标刻度和起点位置（坐标起点并不一定要从零开始），并要采用方格纸绘图。当标尺范围很宽时，应采用对数坐标纸。另外，在波形图上通常还应标明幅值、周期等参数。

1.5 电子测量技术

1. 电子测量的基本特点及分类

电子测量是以电子技术的理论为依据，以电子测量仪器和设备为手段，以电量或非电量（可转化为电量）为对象的一种测量技术。

(1) 电子测量的基本特点

电子测量与电工测量相比,有以下几个特点。

① 频率范围宽。电子测量可完成对直流量及快速变化电量的测量任务,被测量的频率范围可从零到几百兆赫。如 DF2170A 型交流毫伏表可对频率为 $5\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$ 的信号进行测量,而万用表一般只能测量 1kHz 以下的信号。

② 量程范围大。电子测量的量值范围很宽,例如,普通万用表的测量范围为几伏至几百伏,约两个数量级,而晶体管交流毫伏表的测量范围可从几毫伏至几百伏,达到 5 个数量级,数字电压表可达 7 个数量级。

③ 精度高。电子测量的精度与测量方法、测量技术以及所选用的仪器等因素有关。但就电子仪器的精度而言,目前已达到相当高的水平。由于采用了更为精确的电压、频率基准,电子仪器的测量精度有了飞跃的提高,显示 $6 \sim 8$ 位数字的电压表和频率计被大量应用在电子测量中,而电工仪表能达到 0.1 级精度(即误差为 0.1% 以下)已是很少见的了。

除了以上三个特点以外,电子测量还具有速度快、功能多、使用灵活方便等优点。随着微型计算机的发展,电子测量仪器将朝着智能化的方向发展,它不仅可以进行自动测试和自动记录,而且可以实现数据分析和处理。例如,可以自动消除某些测量误差,使电子测量技术更臻完善。

(2) 电子测量方法的分类

电子测量的方法很多,大致可以分为以下三类。

① 直接测量法。这是一种对被测对象直接进行测量并获得其数据的方法。例如,对各点电压量的测量就是直接测量。

② 间接测量法。不对被测量进行直接测量,而是对一个或几个与被测量值有确切函数关系的物理量进行测量,然后通过计算或推导得出被测量,这种测量方法称为间接测量法。

③ 组合测量法。这是一种将直接测量法和间接测量法联合使用的测量方法。

2. 电子测量的基本程序

电子电路的基本测量项目通常有静态测量和动态测量。测试程序一般是先静态,后动态。在完成基本测试项目的基础上,根据实际需要,有时可进行某些专项测试,如在电源波动的情况下,进行电路稳定性的检查、抗干扰能力的测定等。

(1) 静态测量

所谓静态,是指电路在不加输入信号或仅加固定电压信号时所处的稳定状态(对自激振荡电路来说是指停振状态)。静态测量的对象主要是各结点的直流电位。当测量精度要求不高时,一般可采用普通万用表;而对于一些精度要求较高的电路(如 A/D 转换电路、电压比较电路等),可采用内阻大、精度高的数字电压表。

(2) 动态测量

所谓动态,一般是指电路在外加输入信号下的工作状态(对自激振荡电路来说是指振荡状态)。例如,对放大电路来说,动态测量的主要对象通常有以下几个。

- 信号的幅度和周期(或频率)。
- 电压放大倍数和最大不失真输出电压。
- 输入电阻和输出电阻。

· 频率响应。

· 瞬态响应。

· 共模抑制比。

动态测量通常用示波器进行,如通过观察和测量电路的输入、输出波形,利用直读法和比较法等读被测信号的幅度(峰值或峰-峰值)、周期(或频率),以及正弦信号的相位、脉冲信号的脉宽、上升时间、下降时间等参数,并通过计算求得其他一些性能指标。对于正弦信号的幅度,也可以用交流毫伏表读测其有效值。

动态测量时应选择合适的信号发生器和示波器,以减少测量误差。

3. 电子电路主要特征参数的测量

(1) 电压测量

电压是电子电路中最重要特征参数之一。为了准确测量电压,必须充分了解被测对象的特点,并掌握仪器的基本原理、性能和正确使用方法。在选择仪器和进行测量时,应注意以下几点。

① 考虑频率范围。必须使被测电压的频率处于所选电压表的工作范围之内。

② 考虑量程范围。可以根据被测电压的大约数值选择合适的量程挡级。

③ 考虑电压表输入阻抗。因为电压表并联在被测对象两端,就相当于将表的输入阻抗并联到被测对象的两端,因此,必须选择输入阻抗远大于被测端电阻值的电压表。否则,由于输入阻抗的影响,改变了被测电阻的工作状态,从而引起较大的测量误差。

通常一个正弦交流电压的大小可以用峰值及平均值来表示。

① 峰值。任意一个周期性交变电压 $v(t)$, 在所观察的一个周期内, 其电压所能达到的最大值称为该交流电压的峰值。当不存在直流分量时, 峰值就是振幅值 V_m 。

② 有效值。当交流电压在一个周期内通过某纯电阻负载所产生的热量与一个直流电压在同一时间内、在同一负载上产生的热量相等时, 该直流电压数值称为交流电压的有效值。在数学上, 有效值与均方根值是同义的, 且有

$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

有效值的应用很普遍, 各类交流电压表的指示值几乎都是按正弦波有效值来标定的。

③ 平均值。具有周期性的变化电压, 其平均值定义为

$$\bar{V} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$$

式中, T 是变化电压的周期。当 $v(t)$ 中含有直流分量时, 其平均值 $\bar{V}$ 等于直流分量, 而当 $v(t)$ 中不含直流分量时, 则 $\bar{V} = 0$ 。

以上 3 个参数也适用于其他周期性的电压。但是在不同的场合, 对不同的波形来说, 强调的参数有所侧重。例如, 对正弦交流电压来说, 着重强调有效值; 而对于脉冲波形电压来说, 强调的是幅值, 也就是峰值; 在整流、滤波电路中, 输出电压强调的是平均值 (即输出直流电压) 及峰-峰值 (即输出的纹波电压)。

通常用于测量电压大小的电压表分为两种类型, 一种是交流电压表, 另一种是直流电压

表。前者只能测量单一频率的正弦交流电压的有效值,后者可以测量具有周期性的任意波形电压的平均值。

最后,还有一个值得注意的问题,用电压表测量直流电压时,应注意“+”、“-”极性;测量交流电压时,应注意共地,以避免外界引入的干扰和意外过负荷的危害。

(2) 放大电路电压放大倍数的测量

通过交流毫伏表测出输入电压和输出电压的有效值,即 V_i 和 V_o ,从而可求得放大电路的电压放大倍数 $A_v = V_o/V_i$ 。

若测量仪器为示波器,则可分别测得输入、输出电压的幅值,即 V_{im} 和 V_{om} 。然后同样可求得放大电路的电压放大倍数 $A_v = V_{om}/V_{im}$ 。

若同时要观察输入电压与输出电压之间的相位关系,则可使用双踪示波器。测量过程中,要注意输入信号的大小应适当,以免输出电压波形出现失真。

(3) 放大电路频率特性的测量

频率特性的测量一般采用逐点测量法。通过改变输入信号的频率(保持电压大小不变),并用示波器监视放大电路的输出电压,在输出波形无明显失真的情况下,选择一定数目的频率点,测出相应的输入电压 V_i 和输出电压 V_o ,由此可算出对应各频率点的 $|A_v| = |V_o/V_i|$,或以 dB 为单位,取 $20\lg|A_v|$,然后就可画出对数幅频特性曲线。曲线上相对中频段下降 3dB 所对应的频率分别为上限频率 f_H 和下限频率 f_L 。频带宽度 $f_{BW} = f_H - f_L$ 。

另一种简单的测量方法是,在任何频率下都保持输入电压大小不变,首先测出中频区的输出电压 V_o ,然后分别降低或升高输入信号频率,直至输出电压降至 V_o 的 0.707 倍,此时对应的频率分别为下限频率 f_L 和上限频率 f_H ,频带宽度 $f_{BW} = f_H - f_L$ 。然后再在频带内、外分别测出几个频率点上的输出电压和输入电压,计算出 $|A_v| = |V_o/V_i|$,并取 $20\lg|A_v|$,由此即可画出幅频特性曲线。

1.6 实验调试与故障检测技术

1.6.1 电子实验调试技术

对于一个电子电路,即使完全按照所设计的电路参数进行安装,往往也难以立即实现预期的电路功能,这是因为在设计时对各种客观因素的影响往往难以完全预测。如元器件性能的分散性、电路寄生参数的影响、交流电网的干扰以及在组装电路时由于不慎所带来的错误等,均可能造成预想不到的后果。因此,必须经过实验测试和调试,发现和纠正设计组装中的不足,才能达到预期的设计要求。所以,掌握电子线路的调试技术,对一名将要从事电子技术工作的工科学生来讲尤为重要。

下面就如何进行电子实验调试及有关注意事项作简单介绍。

1. 测试前的直观检查

实验电路安装完毕之后,不要急于通电测试,首先必须做好以下检查工作。

(1) 检查连线情况