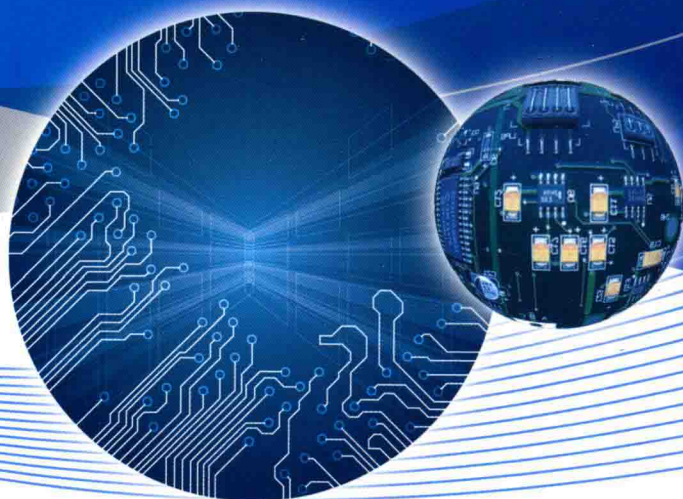




普通高等教育“十二五”规划教材

电子技术 实验教程

主编 袁 静 秦玉龙



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

电子技术实验教程

主 编 袁 静 秦玉龙

副主编 陆 超 查根龙

东南大学出版社

· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验教程 / 袁静, 秦玉龙主编. —南京 :
东南大学出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-5641-5902-3

I. ①电… II. ①袁… ②秦… 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(2015)第 283959 号

电子技术实验教程

电子技术实验教程

出版发行: 东南大学出版社

社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096

出 版 人: 江建中

网 址: <http://www.seupress.com>

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 江苏圣师印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 19.75

字 数: 465 千字

版 次: 2015 年 12 月第 1 版

印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1—3000 册

书 号: ISBN 978-7-5641-5902-3

定 价: 39.00 元

前言

PREFACE

“电子技术实验”是以“模拟电子技术”和“数字电子技术”课程为基础的实验教程,其目的是培养学生理论联系实际的能力、动手实践能力、创新性思维能力,以及掌握有关电子技术测量的基本技能与知识,激发学生对电子技术的学习兴趣等。本书具有以下几个特点:

1. 注重能力培养

实践教学是培养学生能力最好、最直接的环节。本书通过增加设计型实验的分量,增设课程设计,以及设置预习思考题,明确实验目的和撰写实验报告等多种途径,全面培养、提高学生能力。

2. 实用型和层次性强

本书不仅面向电子类学生,还面向非电子类学生,因此本书在内容安排上由浅入深,循序渐进,区别对待。对某些重点内容,安排了2到3个不同层次的实验;特别对学有余地的学生提供了进一步开拓知识面的综合设计型和课程设计型实验。这样,既符合教学规律又给不同专业、不同层次的学生提供了充分的选择余地。

3. 具有科学性和先进性

本书既保留了传统的基础知识,又反映了当代电工电子技术的发展趋势以及现代电工电子技术的设计思想和设计方法。本书将生活中的实际电路编入教材,真正做到了理论与实际相结合,同时还将先进的EDA技术引入课程实践教学中,使非电子类的学生接触到现代化的电子技术设计手段,跟上现代电工电子技术的发展步伐。

4. 具有科学性和先进性

对一些已学过的理论知识,其内容、原理叙述从简,通过预习思考题等,给学生留有充分的余地,让学生主动思考,提高其分析问题、解决问题的能力。对一些课堂上延伸和扩展的内容,本书做了较为详细的分析说明,使教师易教,学生易学。

本书分为两个部分。第一部分为模拟电子技术部分,共四个章节内容,分别为概述部分、电子技术实验基础、模拟电子技术基础实验(十六个)、模拟电子技术综合设计性实验(九个)。第二部分为数字电子技术部分,共两个章节内容,分别为数字电子技术基础实验(二十个)、数字电子技术综合设计性实验(十个)。

本书可作为本科、专科院校电子、信息类专业模拟电子技术和数字电子技术课程的实验指导书。

本书由袁静、秦玉龙担任主编,陆超、查根龙担任副主编。本书在编写过程中得到了宿迁学院三系领导的大力支持和帮助,郭永贞教授、唐友亮副教授、汪勇老师、刘海洋老师也对本书提出了宝贵的意见,陈林副教授、沈薇薇老师也为本书的编写做了大量的工作,在此一并向他们致以最诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有很多疏漏和不妥之处,敬请使用本书的教员、学生及其他读者批评指正。

编者

2015年5月

目 录

CONTENTS

第一部分 模拟电子技术

第一章 概 述	2
一、模拟电子技术基础实验的分类	2
二、模拟电子技术基础实验的方法	2
三、学习模拟电子技术基础实验应达到的要求	3
四、实验成绩考核及管理办法	3
第二章 电子技术实验基础	5
一、电压和电流的测量	5
二、时间和频率的测算	7
三、电阻、电感和电容的测量	9
四、测量误差	11
五、测量结果的处理	15
六、电子电路测量技术	18
七、常用电子元器件的检测	27
第三章 模拟电子技术基础实验	33
实验一 晶体管单管放大电路	33
实验二 场效应管放大电路	40

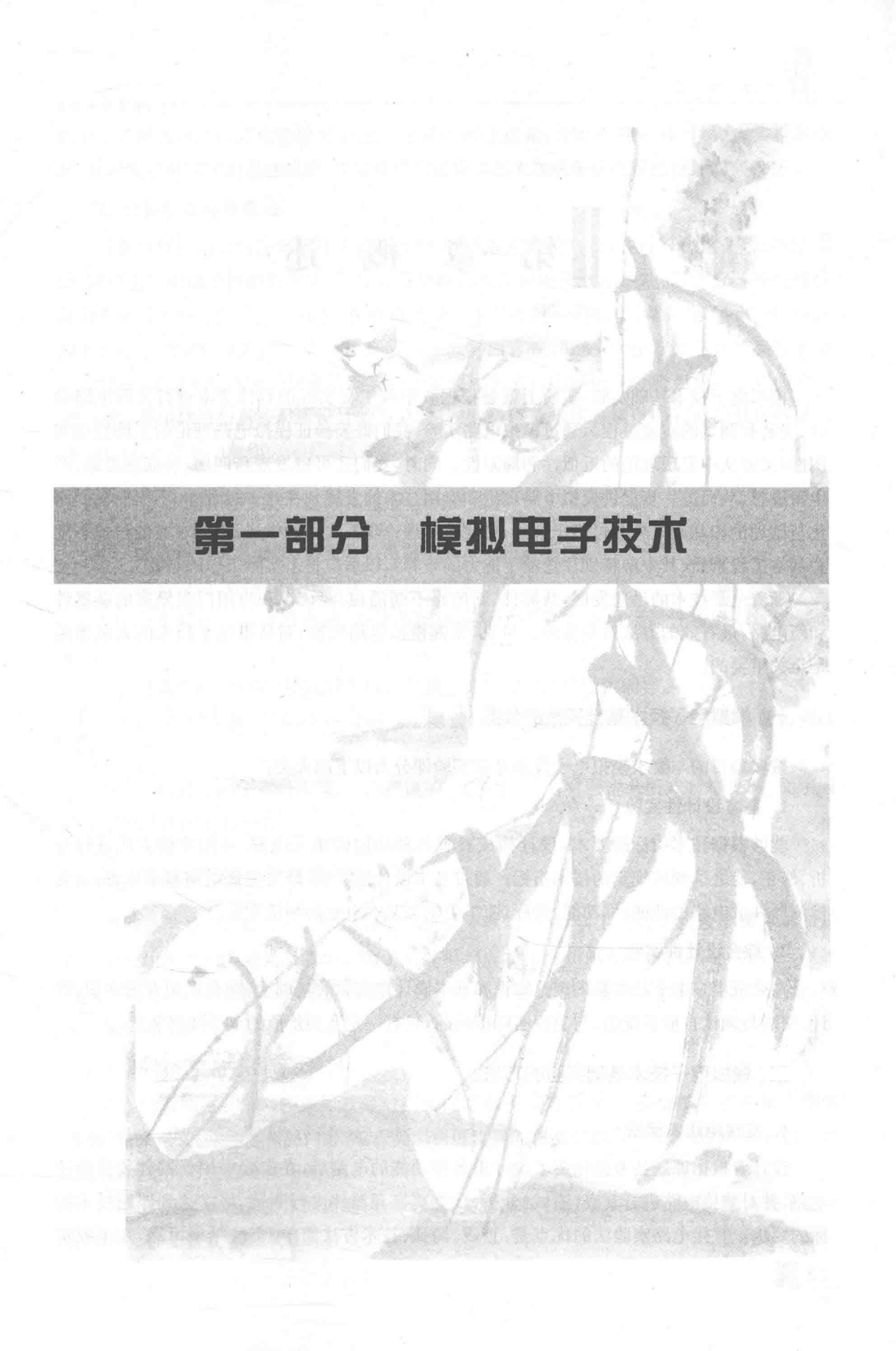
实验三	晶体管多级放大电路	45
实验四	多级放大负反馈电路、射极跟随电路	49
实验五	差动放大电路	53
实验六	集成运算放大的参数测试	59
实验七	集成运算放大的基本运算电路	64
实验八	集成运算放大的波形运算电路	70
实验九	集成定时器	75
实验十	OTL、OCL 功率放大器	82
实验十一	串联型晶体管稳压电源	88
实验十二	集成稳压电路	93
实验十三	音调控制集成功放电路	101
实验十四	有源滤波电路	112
实验十五	RC、LC 振荡电路	123
实验十六	晶闸管可控整流电路	128

第四章 模拟电子技术综合设计性实验 134

课题一	函数发生器	134
课题二	集成直流稳压电源	137
课题三	RC 有源滤波器	140
课题四	实用低频功率放大器	143
课题五	超外差式调幅收音机	147
课题六	程控增益放大器	151
课题七	水温控制系统	154
课题八	楼道路灯开关电路	157
课题九	音乐控制彩色变幻灯	159

第五章 数字电子技术基础实验	162
实验一 CMOS 集成逻辑门的测试	162
实验二 门电路逻辑功能测试	165
实验三 加法器及其应用实验	167
实验四 七人表决电路及血型检测电路	171
实验五 数据选择器及其应用	174
实验六 编码器及其应用	178
实验七 译码器及其应用	181
实验八 触发器及其应用	184
实验九 单稳态触发器与施密特触发器	189
实验十 计数器及其应用	196
实验十一 移位寄存器及其应用	200
实验十二 555 时基电路及其应用	206
实验十三 同步时序电路设计	211
实验十四 四路优先判决电路	214
实验十五 脉冲分配器及其应用	216
实验十六 使用门电路产生脉冲信号	220
实验十七 模数、数模转换电路实验	224
实验十八 多路模拟开关及其应用	232
实验十九 随机存取存储器 2114A 及其应用	235
实验二十 电压变换器	245

第六章 数字电子技术综合设计性实验	247
课题一 汽车尾灯控制电路设计	247
课题二 多路智力竞赛抢答器设计	251
课题三 直流数字电压表	257
课题四 电子秒表	266
课题五 数字频率计	271
课题六 拔河游戏机	277
课题七 数字电子钟设计	281
课题八 篮球竞赛 30s 计时器	288
课题九 交通信号灯控制逻辑电路设计	291
课题十 摩尔斯电码数码发报器	297
参考文献	305

The background of the page is a traditional Chinese ink wash painting. It features several bamboo stalks with long, slender leaves, some of which are curved and drooping. In the upper left portion of the painting, a small fish is visible, swimming towards the right. The overall style is minimalist and elegant, with varying shades of gray and black ink on a light background.

第一部分 模拟电子技术

第一章 概述

模拟电子技术基础实验,实质上就是根据教学或工程实际的具体要求进行实际电路设计、安装和调试的实验过程。通过模拟电路实验,我们既要验证模拟电路理论的正确性和实用性,又要从中发现理论的近似性和局限性。同时,我们还可以发现新问题,形成新思路,产生新设想,从而进一步促进模拟电路理论和应用技术的发展。在这一过程中,不仅要巩固深化基础理论和基础概念并付诸于实践,更要培养理论联系实际的学风,严谨求实的科学态度和基本工程素质(其中应特别注意动手能力的培养),以适应将来实际工作的需要。

随着电子技术的迅速发展,新器件、新电路不断涌现,要认识和应用门类繁多的新器件和新电路,最有效的方法就是实验。可见,掌握模拟电路实验,对从事电子技术的人员来说是至关重要的。

一、模拟电子技术基础实验的分类

按实验目的与要求模拟电子技术基础实验课分为以下两大类。

1. 基本设计性实验

能够根据技术指标的要求,设计构成具有各种功能的单元电路,并用实验方法进行分析、修正,使之达到所规定的技术指标。通过基本设计性实验,既要验证电路基本原理,又要检测器件或电路的性能(即功能)指标,使学生学会基本电量的测量方法。

2. 综合设计性实验

在完成模拟电子技术基础理论知识和基本设计性实验的基础上,综合运用有关知识,设计、安装与调试自成系统的,与工程实际接轨的,具有一定实用价值的电子线路装置。

二、模拟电子技术基础实验的方法

1. 直接电路实验法

设计者根据课题技术指标要求设计出各种功能的电路后,在实验中用元器件装接设计电路,并对装接电路进行观察、测试、分析,反复更换元器件进行测试,最终达到课题技术指标的要求。直接电路实验法的优点是:直观、简捷、技术方法简单、实验结果可靠,在工程实



实践中是一种普遍采用的实验研究方法。它存在的缺点是:元器件和材料消耗大、实验周期长、难以模拟电路中的某些故障、难以胜任大规模和超大规模集成电路的设计性实验任务。

2. 计算机软件仿真法

计算机软件仿真法是利用计算机速度快、存储容量大的特点,在计算机这一现代化“实验装置”上采用数学模拟的方法,运用各种软件直接模拟电子线路的功能,完成各种电路性能分析和技术指标的测量。目前,在模拟电子技术基础这一范畴里,常采用 Multisim 软件或 Pspice 软件完成电路的仿真。由于 Multisim 界面直观、形象,操作方法与真实实验环境较为接近,所以在模拟电子技术基础实验中主要用来进行电路仿真分析与测试。我们建议先利用计算机软件仿真法对所设计的电路进行仿真,然后采用直接电路实验法装接调试电路,完成电子产品的制作。

三、学习模拟电子技术基础实验应达到的要求

- (1) 能读懂基本电路图,具备分析电路功能或作用的能力。
- (2) 具备设计、安装和调试具有一定功能电路的能力。
- (3) 会查阅和利用技术资料,并具备根据实际情况合理运用元器件构成系统电路的能力。
- (4) 具备分析和排除故障的能力,以及独立分析和解决问题的能力。
- (5) 能够独立组织实验,掌握常用电子测量仪器的选择与使用方法和基本电量的测试方法。
- (6) 能够独立拟定实验步骤,写出严谨的、实事求是的,有理论分析或独特见解、文字通顺及字迹端正的实验报告。

四、实验成绩考核及管理办法

实践教学是理工科院校教学过程中一个重要教学环节,学生通过实验教学培养对知识的综合应用能力和实践创新能力。为了更好地培养学生分析问题和解决问题的能力,以达到基本技能训练和提高综合素质的要求,进一步完善实验教学管理,提高实践教学质量,特制定实验课成绩考核及管理办法。

1. 实验成绩考核内容及办法

(1) 实验预习:课前,按指导教师对实验内容和要求进行预习,提前填写实验报告中的实验目的、意义、原理等相关内容,编程类课程可以提前在实验报告中书写程序代码,预习也可以以活页的形式提交预习笔记。

(2) 实验仪器设备操作的正确、熟练程度:实验过程中,由指导教师检查、确认每个学生的操作流程是否正确以及熟练程度。



(3) 出勤及课堂纪律:课前由指导教师点名,记录出勤情况(迟到 10 分钟以上者,不得做实验),并随堂考查每个学生的课堂纪律情况。

(4) 实验数据记录整理、计算及回答问题:根据实验数据的记录、整理、计算结果及回答问题的正确与否,评定成绩。

(5) 实验报告:实验指导教师根据实验报告书写格式、整洁程度、作图质量、字迹工整等情况评定该实验报告是否符合要求。

(6) 实验成绩由实验预习(20%)、实验操作(40%)、实验数据及实验报告(30%)、出勤及课堂纪律(10%)等部分组成。

2. 几项规定

(1) 每项实验评定一个实验成绩,本门课程的全部实验结束后进行实验抽考(实验学时/总学时 >0.2 时需要实验考试),课程实验成绩由平时实验成绩(50%)和实验考试成绩(50%)两部分组成,并按实验学时占课程总学时的比例计入该门课程总成绩。

(2) 缺一项及以上实验的学生,必须申请补做;无故缺席未参加实验者,申请补做同时要提交书面检讨书,其补做实验成绩最高为及格;补做实验由学生向实验指导教师申请,课程结束前由实验室统一安排实验补做(涉及强电等有一定危险系数的实验需实验指导教师在场指导)。

(3) 不参加全部实验或课程实验成绩不及格者,不能参加本门课程考试(已考试科目按零分计,由任课教师负责管理)。

第二章 电子技术实验基础

一、电压和电流的测量

(一) 电压的测量

电压的测量方法主要是电压表测量法和示波器测量法两种。

1. 电压表测量法

(1) 直接测量法

将电压表并联于被测电路两端直接读数的方法称为电压表的直接测量法。这种方法简便、直观,是电压测量的最基本的方法。

用电压表测量时,首先是电压表的选择问题。通常是根据被测电压的特点(如频率的高低、幅度的大小等)和被测电路的状态(如内阻的数值等)来考虑。一般以电压表的使用频率范围、测量电压范围和输入阻抗的高低作为选择电压表的依据。对电压表的基本要求是:

①输入阻抗高。在测量电压时,电压表并联在被测电路两端,故对被测电路有影响。被测电路的阻抗与电压表的输入阻抗可以相比时,就会造成较大的测量误差。为了减小测量仪表对被测电路的影响,要求电压表的输入阻抗尽可能高些。一般指针式万用表的输入阻抗较小,数字式万用表的输入阻抗高,可达 $10\text{ M}\Omega$ 以上。

②测量交流电压时,要有一定的使用频率范围,这个频率范围应与所测电压的频率相适应。一般交流电表,如万用表的交流挡只适宜几十赫兹到几千赫兹的交流电压,毫伏表能测 $1\text{ Hz}\sim 2\text{ MHz}$ 的交流电压。

③有较高的精度。指针式仪表的精度按满度相对误差分成 0.05、0.1、0.2、0.5、1.5、2.5、5.0 等几个等级。例如,2.5 级精度的满度相对误差为 2.5%。在电压测量中,直流电压的测量精度一般比交流电压的测量精度高。通常在较高精度的电压测量中,采用数字式电压表。一般直流式电压表的测量精度在 $10^{-8}\sim 10^{-4}$ 数量级,交流数字式电压表的测量精度在 $10^{-4}\sim 10^{-2}$ 数量级。

(2) 补偿法

用这种方法测量电压时,可以消除电压表内阻对测量结果的影响。补偿法测量线路如图 2-1 所示。图中 R 两端的电压是待测的。电压表 V 的内阻不够高时,会给电压的测量带



来误差。如图 2-1 接入内阻很低的稳压电源,尽管电压表的内阻不够高,但用它来测量稳压电源的输出电压 U_w 是不会有问题的。

为了确定 R 两端的电压,先调 U_w 使之与 U_R 接近,然后再在 a, b 间接入灵敏度高的电压表 V' 。调 U_w 使 V' 的指示为零,这时 $U_w = U_R$,电压表 V 的读数就是 U_R 。

由以上分析可见,当电压表 V' 的指示为零时,测量电路不从被测电路中吸取电流,所以对被测电路无影响。

(3) 微差法

用这种方法可以测量出叠加在大电压上的微小变化电压。例如,某稳压电源的输出电压为 U ,由于负载变化或电网电压波动,使输出电压变为 $U + \Delta U$,通常 ΔU 是很小的。若直接将电压表接于稳压电源输出端进行测量,由于电压表的量程大于 U ,故变化量 ΔU 只能使电压表指针产生极小的偏转,可能难以察觉。

采用微差法容易测量 ΔU ,其测量线路与图 2-1 类似,如图 2-2 所示。若图中被测电路的输出电压原来为 U ,现外接另一辅助稳压电源,将其输出电压也调为 U 则两个电压互相抵消,使电压表 V 的读数为零。若被测电路的电压由于某种原因发生变化,变为 $U + \Delta U$,那么在测量回路中,作用在电压表 V 上的电压就是 ΔU 。用这种方法测量电压的微小变化时,电压表的量程不必太大,与电压变化量 ΔU 相一致即可。这种测量方法不仅易于读出变化量,而且测量误差也大为减少。

在测量过程中,被测电路和辅助稳压电源任何一方的输出电压都应可靠地作用在电路中,否则,失去任何一方的电压,都将使加到电压表 V 上的电压远远超过电压表的量程,从而损坏电压表。

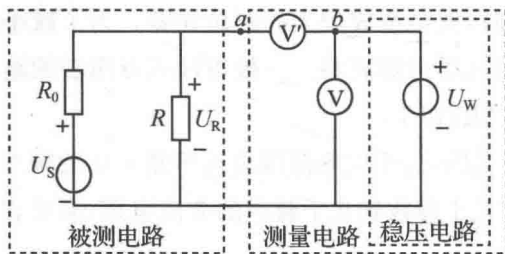


图 2-1 补偿法测量线路

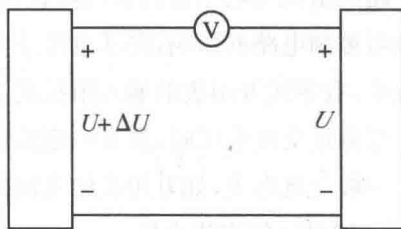


图 2-2 微差法测量线路

2. 示波器测量法

用示波器测量电压最主要的特点是能够正确地测定波峰的峰值及波形的各部分的大小,因此,在需要测量某些非正弦波形的峰值或波形某部分的大小时,用示波器进行测量便成了必要的方法。

双踪示波器的 Y 轴灵敏度已标出 $5 \text{ mV/div} \sim 5 \text{ V/div}$,使用前,要用标准信号校准各挡灵敏度。然后,将被测信号加于示波器 Y 输入端,从荧光屏上直接读出被测电压波形的高度 (div 数),则被测电压幅值 = 灵敏度 (V/div 或 mV/div) $\times$ 高度 (div)。



该测量方法会因 Y 轴放大器增益的不稳定性而产生测量误差。另外,数字示波器能直接给出电压的测量值。

(二) 电流的测量

测量直流电流通常采用万能表的电流挡。测量时,电流表串接在被测电路中,为了减小对被测电路工作状态的影响,要求电流表的内阻越小越好,否则将产生较大的测量误差。

测量交流电流通常采用电磁系电流表,由于交流电流的分流与各支路的阻抗有关,而且阻抗分流很难做到精确,所以通常使用电流互感器来扩大交流电流表的量程。钳形电流表就是用互感器扩大电流表量程的实例。钳形电流表使用非常方便,但准确度不高。

实际操作中要特别注意,电流表(钳形电流表除外)是串联在电路中的,绝不能和被测电路并联。否则,会由于其内阻很小,有很大的电流流经电流表而烧毁电流表。

用示波器可以测量电流的波形。这时,在被测电流支路中串入一个小电阻(电流取样电阻),被测电路在该电阻上产生电压,用示波器测量这个电压(如图 2-3 所示)便得到电流的波形。

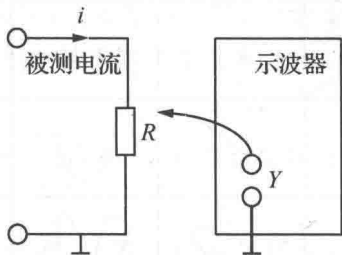


图 2-3 测电流波形示意图

图中串联电阻 R 的选择应考虑以下两点: R 的值应足够小,当它串入被测电路中时应对被测电路无影响; R 的值也不能过小,否则会因被测电流 i 在其上产生的电压太小而使示波器的光点偏转太小,影响用示波器测量电流的准确度。

二、时间和频率的测算

(一) 时间的测量

时间的测量指的是对信号的时间参数进行测量,如周期性信号的周期,脉冲信号的宽度、时间间隔、上升时间、下降时间等。下面介绍用示波器测量时间的方法。

示波器的时基电压是线性变化的锯齿波,这时示波器屏幕上的 X 轴代表时间轴。许多示波器时基系统都是经定量校准的,可以直接用来测量时间。具体方法是:将示波器的扫描开关 t/div 的微调按钮置于“校准”位置时,屏幕上波形的时间可用下式计算:

$$T = t/\text{div} \times D(\text{div})$$

式中, D 为波形被测两点在屏幕上的距离; T 为相应的时间间隔。

用 HP 示波器可用光标测量法测出任意两点间的时间差,并直接读数。



(二) 频率的测量

1. 通过测量周期来测量频率

周期可通过前面所讲测量时间的方法来确定,而频率则为周期的倒数。在用示波器调试电路时常用此方法测出频率。用这种方法测出的频率不太准确,其准确度与用示波器测量时间时所达到的准确度相同。

2. 用李萨如图形测频率

将示波器内部的扫描电路断开不用,除了被测频率的正弦信号除外,还需要一个频率可调且已知的正弦信号源。这个信号源所产生的正弦信号的频率应该比较准确,它决定着所测信号频率的准确度。将被测频率的正弦信号和来自标准信号源的正弦信号分别加示波器的Y轴输入和X轴输入,当两个电压的频率、相位和振幅各不相同,在示波器屏幕上所显示的图形是不规律、不稳定的。当被测频率 f_Y 与标准信号的 f_X 之间成整倍数关系时,出现在屏幕上的图形是静止的,并具有一定的形状。图2-4给出 f_Y 与 f_X 不同比值和不同相位时出现在屏幕上的图形,这些图形称为李萨如图形。

$f_Y:f_X$ 相位差	1:1	2:1	3:1
0°			
45°			
90°			

图 2-4 李萨如图形

用李萨如图形测频率的步骤归纳如下:

(1) 将被测信号和标准信号分别加到示波器的Y轴和X轴输入端,将示波器的扫描方式定在X/Y方式。

(2) 取标准信号的频率与被测信号的频率于相同的数量级,这时由于两者的频率不完全成比例,屏幕上的图形是不稳定的,可能会不停地转动。频率差得远时转得快,频率接近倍数关系时转得慢。

(3) 调节标准信号的频率可使用屏幕上的图形完全静止下来,这时可读取标准信号的频率。

(4) 从屏幕上的图形确定被测信号频率 f_Y 与标准信号的频 f_X 的比值。具体做法为:在屏幕的图形上作一条水平线,使此线与图形有最多的交点;在图形上再作一条垂直线,使它与图形也有最多的交点。那么,这两组交点数之比,就是 f_Y 与 f_X 之比,即