



应用型本科规划教材

MONI DIANZI JISHU SHIYAN ZHIDAO

模拟电子技术实验指导

◆ 主 编 陈庭勋

副主编 俞红杰 冯燕尔



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

模拟电子技术实验指导

主 编 陈庭勋

副主编 俞红杰 冯燕尔



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

内容简介

本书针对电子技术的模拟电路部分实验教学编写,共二十三个实验项目,包括基础类实验十二个、设计性实验八个、综合性实验三个,所涉及的器件种类较广,适合当今实验教学的发展方向。本书所采用的电路经过多次试用、筛选、改进,所编内容都有较好的实验效果。教师可根据教学计划的学时数要求及课程教学大纲的要求,适当选择其中的项目进行实验。

本书重点在于技能训练、电路操作、仪器使用、实验方法分析与设计,可作为高等学校计算机类、电子类、电气类、自动化类、物理教学类专业的本科、高职、高专的实验教材,也可作为业余电子制作的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术实验指导 / 陈庭勋主编. —杭州:浙江大学出版社, 2009. 8

应用型本科规划教材

ISBN 978-7-308-06949-6

I. 模… II. 陈… III. 模拟电路—电子技术—实验—高等学校—教学参考资料 IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 148740 号

模拟电子技术实验指导

主 编 陈庭勋

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 8.25

字 数 200 千

版 印 次 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-06949-6

定 价 20.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88925591

前言

本实验指导书是电类专业的电子技术模拟部分的实验。电子技术这样一门具有工程特点和实践性很强的课程,加强实践技能的训练,对于培养工程人员的素质和能力具有十分重要的作用。为了适应目前大力加强实践教育的形势,模拟电子技术实验与理论教学课程相分离,独立开设,课时约为 32 学时。这些实验是电类专业的基础性实验,其掌握程度将影响到其他专业课实验的顺利进行。

开设实验课的意义在于:学生通过实验,可以加深对理论知识的理解深度,使得所学知识实际化、形象化,增加感性认识。例如:单纯的理论知识的学习,学生对放大电路的静态工作点的建立往往不够重视,通过实验,必定会明确合理建立放大电路的静态工作点的必要性。实际动手做实验的经验不仅有利于对课程内容本身的理解,更有助于实际工作能力的提高。特别是理论联系实际的能力,可以有很大程度的提高。

开设实验课的目的不在于使学生做几个固定内容的实验,而在于给学生一个动手的机会,通过实验使学生掌握一些基本的电子线路测量的知识和技能,连接电路的技能。使学生正确地使用一些最基本的电子测量仪器和元器件;使学生能将理论的分析方法和实际的测量手段结合起来,学会正确地选用测量仪器及方法。学生参考有关的书籍和资料,自己设计一个合理的试验电路是要求较高、有一定难度的项目。有必要让学生在这方面的能力有所培养和提高。总之,要将实验教学成为连接理论与实践的桥梁。

本指导书在实验内容的选择中,以实验方法和应用能力训练的需要为立足点,既考虑基本元器件基础应用的需要,又考虑目前集成电路的迅速发展,很大程度上取代分立元件的情况,及场效应器件应用越来越广的趋势,在有限时间内,尽量减少有关分立元件电路的实验内容,加入有关集成电路的应用及场效应管应用电路。与以前指导教材相比较,除了增加若干设计性实验项目之外,还增添了实验中所出现的常见问题解答,以便于同学们自学、对照,自行排除故障。基础性和综合性实验的内容较多,一般应安排三个学时。对于设计性实验,要求学生在实验之前将实验电路、实验方案和实验步骤等设计完整,在实验室里操作的时间相对较少,可以安排两个学时左右。书中所列的实验项目较多,不可能全部采用,可根据不同专业学生的实际需要,在所列的实验项目中选择其中的十个实验项目进行教学。对于标有“*”号的内容为选做内容,根据实验条件和时间选择。

本指导书在编排形式上将内容分作四个部分:基础类实验项目、设计性实验项目、综合性实验项目、常见问题解答。在基础类实验项目中,已经明确了实验内容和实验步骤,目的

是引导学生开展实验,为学生实验形式提供一个样板。设计性实验是在给定的实验方向和实验要求上,由学生自己确定实验内容和步骤,完成实验项目。综合性实验项目提供了详细的技术说明。基础实验和设计性实验是针对于单一知识点进行的,综合性实验涉及的知识点较多,是课程知识的综合应用。在基础类实验中,为了防止学生拘泥于具体的步骤而忽视实验目标,显得非常被动以至于象机械化式操作的情况出现,在按照常规实验顺序罗列实验步骤的同时,用灰底文本框特别标明相关步骤所对应的目标或核心点。这样更有利于学生在实验过程中明确核心目标和要点,面向目标而进行操作,激发学生的主动思维,灵活处理实际问题,提高实验效率。

验证性实验是所有实验、实践的基础,有一定必要性但不宜作为重点,重点应放在基本技能的训练和实验思维的训练上。为了正确使用常用的电子仪器,专门安排有一个实验,应切实把握实验质量,它将影响到后续实验的顺利进行与否。在实验过程中的故障现象是很多的,指导教师应抓住实验中的典型故障,由教师或学生向全班现场讲解相应的消除方法,引导学生思考,以提高学生分析问题、解决问题的能力。为了保证实验的效果,务必要求学生做好预习工作,实验中学生必须清楚自己正在执行的工作。书后附有部分仪器使用说明,为学生实验预习提供帮助。

本指导书经过多年使用,多次修订,力尽完善,若有不当之处敬请指正。书中有些项目选用了国标图号,有些项目考虑与实验设备中的图号相一致,采用了通用符号,如运算放大器的符号等,实验中请同学们自行对照。实验原理图中只画了主要线路,有些基本的连线往往未画,如运算放大器的电源连线、某些地线等,但实验中必须连接,请同学们在实际接线时不要疏忽。

符号说明

A	放大器增益	Q	静态工作点
A_f	反馈放大器增益	R, r	电阻
A_v	电压增益	R_b	基极电阻
A_i	电流增益	R_c	集电极电阻
A_{vd}	差模电压增益	R_e	发射极电阻
A_{vc}	共模电压增益	R_L	负载电阻
B, b	电纳	R_s	信号源内阻
BW	频率带宽	r_{be}	三极管 BE 极间电阻
BX	保险丝管	r_i	输入电阻
C	电容	r_o	输出电阻
c	晶体三极管的集电极	S_V	电压调整率
D	晶体二极管	s	稳压系数
DZ	稳压二极管	T	晶体三极管
e	晶体三极管的发射电极	V, v	电压, 电位
E_c	电源电压	V_a	a 点电位
F, f	频率, 反馈深度	V_{ab}	a、b 点间电压
f_L	下限截止频率	V_{CC}	正电源电压
f_H	上限截止频率	V_{SS}	负电源电压
f_0	中心频率		三极管基极开路时, 集电极与发射
	或特征频率	$V_{(BR)CEO}$	极之间最高耐压
G, g	电导	v_s, v_s	信号源电压瞬时值
I, i	电流	v_i	输入交流信号电压瞬时值
i_i	输入电流	v_o	输出交流信号电压瞬时值
I_L	负载电流	V_Q	静态工作点电压
i_o	输出电流	X, x	电抗
I_s	信号源电流	Y, y	导纳
IC	集成器件	Z, z	阻抗
k_f	反馈系数	L	电感
K_{CMR}	共模抑制比	η	效率
P, p	功率	β	晶体三极管电流放大倍数
P_O	输出功率	$\bar{\beta}$	晶体三极管电流平均放大倍数
P_C	集电极耗散功率	ω	角频率
P_L	输出负载功率	Ω	电阻单位或角频率
P_E	电源功率		

目 录

模拟电子技术实验须知	1
第一部分 基础类实验	7
实验一 电路电流电压参数的测量	7
实验二 常用电子仪器的使用	11
实验三 运算放大器的应用	14
实验四 晶体管特性鉴别和测试	18
实验五 基本放大电路	26
实验六 负反馈放大电路	30
实验七 差动放大电路	35
实验八 OTL 功率放大电路	39
实验九 集成运算放大器及其主要参数的测试	44
实验十 RC 正弦波振荡电路	51
实验十一 三角波—方波振荡电路	53
实验十二 串联型直流稳压电路	57
第二部分 设计性实验	61
实验十三 晶体三极管放大电路	61
实验十四 场效应管放大电路	63
实验十五 正弦信号—方波信号转换电路	64
实验十六 有源滤波器	65
实验十七 RC 压控振荡电路	68
实验十八 最简型方波振荡电路	69
实验十九 集成功率放大器的应用	70
实验二十 直流稳压源电路	72
第三部分 综合性实验	73
实验二十一 小功率扩音器	73
实验二十二 使用光电隔离的耦合放大器	77
实验二十三 电池充电器的制作、调整	82

第四部分 常见问题解答	86
附录一 电子元器件的焊接技术	93
附录二 TDA1521 功放电路的主要参考指标	96
附录三 常用集成电路选编	97
附录四 半导体器件型号命名及常用三极管	101
附录五 常用仪器说明	104
附录 5-1 GOS-6021 型二踪示波器	104
附录 5-2 DF2173B 交流电压表(晶体管毫伏表)	109
附录 5-3 DF1642B 型信号发生器	111
附录 5-4 QT-2 晶体管特性图示仪	114
附录 5-5 DF1731SC 直流稳压电源	119
附录六 实验箱面板布局图	121
MES-1 型模拟电子电路实验箱面板布局图	121
YL-1A 型模拟电子电路实验箱	122
YL-1B 型实验板(集成运放)布局图	122
YL-1C 型模拟电子电路实验箱	123
众友模电实验箱布局图	123
参考文献	124

模拟电子技术实验须知

一、模拟电子技术实验的一般要求

为了培养良好的学风,充分发挥学生的主动精神,促使其独立思考、独立完成实验并有所发现,对模拟电子技术实验的准备阶段、进行阶段、完成阶段和实验报告分别提出下列基本要求。

1. 实验前准备

为避免盲目性,参加实验者应对实验内容进行预习。要明确实验目的要求,掌握有关电路的基本原理,查出有关资料,列出实验方法和步骤,设计实验数据记录表格,对思考题作出解答,初步估算(或分析)实验结果(包括参数和波形),最后做出预习报告。

实验前,教师要检查预习情况,并对学生进行提问,预习不合格者不准进行实验。

2. 实验进行

(1) 参加实验者要自觉遵守实验室规则。

(2) 根据实验内容合理布置实验现场,仪器设备和实验装置安放要适当。

(3) 要认真记录实验条件和所测得的数据、波形,并及时分析判断相关数据、波形的正确性,出现故障应独立思考,耐心分析、排除,并记下排除故障的过程和方法。

(4) 发生事故应立即切断电源,并报告指导教师和实验室有关人员,等候处理。

3. 实验完成

实验完成后,将记录送指导教师审阅签字。经教师同意后才能拆除线路,关闭所有仪器电源,清理台面。

4. 实验报告

作为一个工程技术人员必须具有撰写实验报告这种技术文件的能力。另一方面,撰写实验报告也自己是从思维上对实验过程、成效的一个整理和总结。只有经过这样的整理,才会使得自己掌握其中的实质内容,真正起到实验在知识学习中的重要作用。

(1) 实验报告内容

① 列出实验条件,包括何时何日与何人共同完成什么实验,当时的环境条件,使用仪器名称及型号等。

② 认真整理和处理测试的数据和用坐标纸描绘的波形,并列出表格或用坐标纸画出曲线。

③ 对测试结果进行理论分析,作出简明扼要的结论。找出产生误差的原因,提出减小误差的措施。

④ 记录产生故障的情况,说明排除故障的过程和方法。

⑤ 对本次实验略作小结,必要时提出改进实验的建议。

(2) 实验报告要求

文理通顺,书写简洁;符号标准,图表齐全;讨论深入,结论简明。

二、误差分析概要

测量是为了获得真实的数值。但在测量过程中,由于各种原因,测量的结果与待测量的客观真实值之间总存在一定的差别,即测量误差。分析测量误差产生的原因,如何采取措施减小误差,使测量结果更加准确等,对实验人员及科技工作者是应该了解和掌握的。

(一) 量误差的来源

测量误差的来源主要有以下几种:

1. 仪器误差

此误差是由于仪器在设计制造中的电气或机械性能不完善所产生的误差,根据其误差的大小分为若干个等级。

2. 人为误差

指在测量过程中,由于人的感觉器官和运动器官的限制所造成的误差。

3. 使用误差

使用误差又称操作误差。它是指在仪器使用过程中,因安装、调节、布置、使用不当引起的误差。如 500 型万用表应该卧放测量,若将其竖立放置进行测量,会引入额外的误差。又如将数字万用表放置在电磁干扰强的仪器上,其误差会远远超出所规定的误差值。

4. 影响误差

影响误差又称环境误差。它是指由于受到温度、湿度、大气压、电磁场、机械振动、声音、光照、放射性等影响所造成折误差。

5. 方法误差

方法误差又称理论误差。它是指由于使用的测量方法不完善、理论依据不严密、对某些经典测量方法作了不适当的修改简化所造成的,即凡是在测量结果的表达式中没有得到反映的因素,而实际上这些因素又起作用所引起的误差。例如,电压表放大电路中三极管发射结电压时,若直接以电压表示值作测量结果,而不计及电表本身内阻造成的分流影响,就会引起误差。又如,测量并联谐振的振荡频率时,常用的计算公式为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

若考虑 L 、 C 的实际串联损耗电阻 r_L 、 r_C 时,实际的谐振频率为

$$f_0' = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \sqrt{\frac{1-r_L^2(C/L)}{1-r_C^2(C/L)}}$$

必定存在 $\Delta f = f_0' - f_0$

上述用近似公式计算带来的误差称方法误差。

(二) 测量误差的分类

按误差性质和特点可分为系统误差、随机误差、疏失误差三类。

1. 系统误差

系统误差的特征:在相同条件(人员、仪器及环境条件)下重复测量同一量时,误差的大小和符号保持不变,或按照一定的规律变化。系统误差一般可以通过实验或分析的方法,查

明其变化规律及产生原因,因此这种误差是可以预测的,也是可以减少或消除的(例如仪器的零点没有调整好,可以采取调整零点措施加以消除)。

2. 随机误差(偶然误差)

随机误差的特征:在相同条件(人员、仪器及环境条件)下重复测量同一量时,误差时大时小,时正时负,其大小和符号无规律变化。随机误差不能用实验的方法消除,但在多次重复测量时,其总体服从统计规律,从随机误差的统计规律中可以了解它的分布特性,并能对其大小及测量结果的可靠性作出估计,或通过多次重复测量,然后取算术平均值来达到目的。

3. 疏失误差

这是一种过失误差。这种误差是由于测量者对仪器不了解、粗心,导致读数不准确而引起的,测量条件的突然变化也会引起粗大误差。含有粗差的测量值称为坏值或异常值。必须根据统计检验方法的某些准则去判断哪个测量值是坏值,然后除去。

(三) 误差表示法

按误差表示方法可以分为绝对误差和相对误差。

1. 绝对误差

设被测量的真值为 A_0 , 测量仪器上的示值为 X , 则绝对差值为

$$\Delta X = X - A_0$$

在一定的条件下,被测量的真值虽然是客观存在的,但一般无法测得,只能尽量逼近它。故常用高一级仪表测量的示值 A 代替真值 A_0 。

2. 相对误差

绝对误差的大小往往不能确切地反映被测量的准确程度。例如,测量 100V 电压时,绝对误差 $\Delta X_1 = +2V$, 在测量 10V 电压时,绝对误差 $\Delta X_2 = +0.5V$, 虽然 $\Delta X_1 > \Delta X_2$, 但实际 ΔX_1 只占被测量的 2%, 而 ΔX_2 却占被测量的 5%。显然, 后者的测量误差对测量结果的相对影响更大。因此, 工程上常采用相对误差来反映测量结果的准确程度。

相对误差又分为实际相对误差、示值相对误差和引用相对误差(满度相对误差)。

实际相对误差,是用绝对误差 ΔX 与被测量的实际值 A 的比值的百分数来表示的相对误差,即

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

示值相对误差,是用绝对误差 ΔX 与仪器给出值 X 的百分数来表示的相对误差,即

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

引用相对误差,是用绝对误差 ΔX 与仪器的满刻度值 X_m 之比的百分数来表示的相对误差,即

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

电工仪表的准确度等级就是由 γ_m 决定的。如 1.5 级的电表,表明 $\gamma_m \leq \pm 1.5\%$ 。我国电工仪表按 γ_m 值共分七级:0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。若某仪表的等级是 S 级,它的满刻度值为 X_m , 则测量的绝对误差为

$$\Delta X \leq X_m S\%$$

其示值相对误差为

$$\gamma_x = \frac{X_m S\%}{X}$$

在上式中,总是满足 $X \leq X_m$ 的,可见当仪表等级 S 选定后, X 越接近 X_m 时, γ_x 的上限值越小,测量越准确。因此,当我们使用这类计分表进行测量时,一般应使被测量的值尽可能在仪表满刻度的 $1/2$ 以上。

例如,测量一个 $2.5V$ 的信号电压,现用 2.5 级表,可选 $3V$ 或 $10V$ 的量程。用量程 $10V$ 时,测量产生的绝对误差为

$$\Delta V = V_m S\% = 10 \times (\pm 2.5\%) = \pm 0.25V$$

而改用量程 $3V$ 时,测量产生的绝对误差为

$$\Delta V = V_m S\% = 3 \times (\pm 2.5\%) = \pm 0.075V$$

显然,用小量程测量时,绝对误差要小得多。

数字式仪表的误差并不以准确度等级表示,而是以被测量 X 的百分数加上计数误差“几个字”组成的绝对误差表示。例如: $\pm(0.02V_x) \pm 2$ 个字,对于相应的四位数字表,处于 $1000V$ 量程时,误差为 $\pm(0.02 \times 1000V) \pm 2V = \pm 22V$ 。

(四) 测量数据的获取

在电子电路的测量中,常用数字式、指针式、图形显示式三类仪表。

数字式仪表可以从显示的数字中直接读取被测量的值。此类仪表的分辨力就是最后一位数字所对应的示值,常用仪表显示的数字位数表示,如四位数字万用表。

指针式、图形显示式仪表一般都配以刻度,读取测量值时,应按指示出的最小刻度所对应数值再低一位读取,即读取的测量值中最后一位是估读数字(欠准数字)。若指针如图 1 所示位置,在 $10V$ 量程时,应该读作 $5.56V$ (或 $5.57V$),最后一位的“6”(或“7”)是估读数。

此类仪表的分辨力是最小刻度所对应的示值的一半,即在图 1 中为 $0.05V$ 。

(五) 测量结果的处理

测量结果通常用数字或曲线表示。

1. 测量结果的数据处理

(1) 有效数字

由于存在误差,所以测量数据总是近似值,它通常由可靠数字和欠准数字两部分组成。例如,由电流表测得电流为 $12.6mA$,这是个近似数,其中 12 是可靠数字,而末位 6 为欠准数字,即为 12.6 三位有效数字。

对有效数字的正确表示,应注意以下几点:

① 有效数字是指从左边第一个非零的数字开始,直到右边最后一个数字为止的所有数字。例如,测得的频率为 $0.0325MHz$,它是由 $3、2、5$ 三个有效数字组成的频率值,而左边的两个零不是有效数字,因而它可以通过单位变换写成 $32.5kHz$,这时有效数字仍为三位,最末位的 5 是欠准数字不变。但不能将 $0.0325MHz$ 写成 $32500Hz$,因为后者的有效数字变为 5 位,最右边的“ 0 ”为欠准数字,两者的意义完全不同。若一定要用 Hz 作为单位,可以将

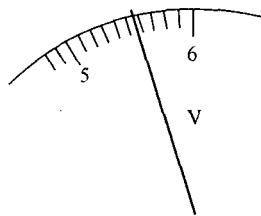


图 1 被测量值的指示

0.0325MHz 写成 $3.25 \times 10^4 \text{ Hz}$ 。

② 如已知误差,则有效数字的位数应于误差相一致。例如,仪表的误差为 $\pm 0.01 \text{ V}$,测得的电压为 9.3735 V ,其结果应写作 9.37 V 。超出仪表的误差值无意义。

③ 当给出误差有单位时,测量数据的单位写法应与其一致。

(2) 数据舍入规则

为使正、负舍入误差出现的机会在致相等,现已广泛采用“小于 5 舍,大于 5 入,等于 5 时取偶数”的舍入规则。即

① 若保留 n 位有效数,当后面的数值小于第 n 位的 0.5 单位就舍去。如测量得到的示值是 9.374 V ,若保留三位有效数,则最后应写作 9.37 V 。

② 若保留 n 位有效数,当后面的数值大于第 n 位的 0.5 单位就在第 n 位数字上增加 1。如测量得到的示值是 9.376 V ,若保留三位有效数,则最后应写作 9.38 V 。

③ 若保留 n 位有效数,当后面的数值恰为第 n 位的 0.5 单位,则当第 n 位数字为偶数(0,2,4,6,8)时应舍去后面的数字(即末位数值不变),当第 n 位数字为奇数(1,3,5,7,9)时,第 n 位数字应加 1(即将末位凑成偶数)。这样,由于舍与入概率相同,当舍入次数足够多时,舍入的误差就会抵消。同时这种舍入规则,使有效数字的尾数为偶数的机会增多,能被除尽的机会比奇数多,有利于准确计算。如测量得到的示值是 9.375 V ,保留三位有效数,则最后应写作 9.38 V 。若测量得到的示值是 9.385 V ,保留三位有效数,则最后仍写作 9.38 V 。

(3) 有效数字的运算规则

当测量结果需要进行中间运算时,有效数字的取与舍,原则上取决于参与运算的各数中精度最差的那一项。一般应遵循以下规则:

① 当几个近似值进行加、减运算时,在各数中,以小数点后位数最少的那一个数(如无小数点,则为有效位数最少者)为准,其余各数均舍入至比该数多一位,而计算结果所保留的小数点后的位数,应与各数中小数点后位数最少的位数相同。

如测量得到的一组电压值分别为: 13.5 V 、 0.652 V 、 6.78 V ,计算它们的电压和时,应写为

$$V = 13.5 + 0.65 + 6.78 = 20.9 (\text{V})$$

② 进行乘除运算时,在各数中,以有效数字位数最少的那一个数为准,其余各数及积(或商)均舍入到比该数多一位,而与小数点的位置无关。

如测量得到的某一电阻上的电压值为 13.54 V ,其电阻值为 $0.62 \text{ k}\Omega$,计算电阻上的电流时,应写为

$$I = \frac{13.5}{0.62} = 21.0 (\text{mA})$$

③ 将数平方或开方后,结果比原数多保留一位。

④ 若计算中出现如 e 、 π 、 $\sqrt{3}$ 等常数时,可根据具体情况来决定它们应取的位数。

2. 测量结果的曲线处理

在分析两个(或多个)物理量之间的关系时,尤其当具有非线性关系,用曲线比用数字、公式表示常常更形象、直观。因此,测量结果常要用曲线来表示。

在实际测量过程中,由于各种误差的影响,测量数据将出现离散现象,若将测量点直接连接起来,将不是一条光滑曲线,而是呈波动的折线状,如图 2 的虚线所示。但我们运用有

关的误差理论,可以把各种随机因素引起的曲线波动抹平,使其成为一条光滑均匀的曲线。这个过程称曲线的修匀。

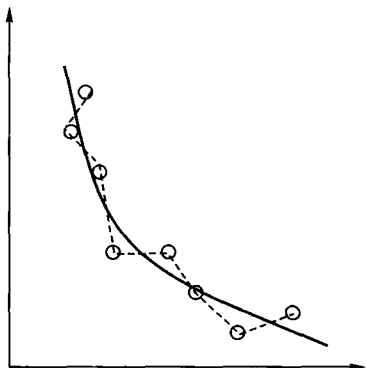


图2 直接连接测量点时曲线的波动情况

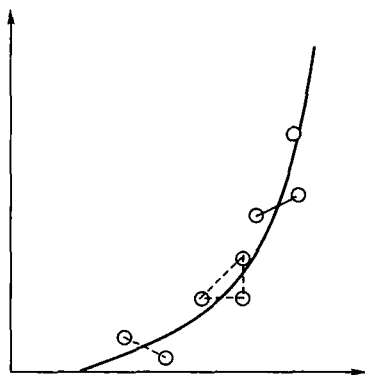


图3 分组平均修匀的曲线

在要求不高的测量中,常采用一种简便、可行的工程方法——分组平均法来修匀曲线。这种方法是将数据分成若干组,每组含2~4个数据点,然后分别估取各组的几何重心,再将这些重心连接起来,如图3所示。经过修匀后的曲线,由于进行了数据平均,在一定程度上减少了偶然误差的影响,使之较为符合实际情况。

第一部分 基础类实验

实验一、电路电流电压参数的测量

一、实验目的

1. 掌握用成用表测量基本电路的电流、电压参数,为以后的实验做好准备。
2. 进一步理解电路的基尔霍夫定律、迭加定理、戴维南定理等。
3. 明确电路参数在实际测量中必然会有一定的误差,学会对产生的误差进行分析、计算。

二、实验原理

1. 基尔霍夫电流定律 KCL 和电压定律 KVL

基尔霍夫定律是电路分析理论中最重要的基本定律,它反映了电路中电流或电压分别应遵循的基本规律。电路中的电流或电压受电路结构的约束,与具体元件无关,因此,它适用于线性电路、非线性电路、时变电路或非时变电路的分析计算。

基尔霍夫电流定律(KCL):在电路中,在任何时刻,流进或流出任何一个节点的电流代数和为零,即:

$$\sum i(t) = 0 \quad \text{或} \quad \sum I = 0 (\text{直流电路})$$

基尔霍夫电压定律(KVL):在电路中,在任何时刻,任何一个回路的电压降的代数和为零,即:

$$\sum u(t) = 0 \quad \text{或} \quad \sum V = 0 (\text{直流电路})$$

参考方向:电流和电压的参考方向可独立地任意确定,一旦确定,即可将实际电流、电压的方向用正负号表示。

2. 迭加定理

在线性电路中,任何一个支路的电流或电压都是电路中每一个电源在单独作用时在该支路所产生的电流或电压的代数和。某独立电源单独作用是指,在电路中将该独立源之外的其他独立电源“去掉”,即独立电压源移走,而代以短路线;独立电流源开路;受控源保持不变。

对于非线性电路,如含二极管电路,迭加定理不适用。

3. 戴维南定理

任何一个线性含源网络,对外电路来说可以用一条有源支路来代替,该有源支路电压源的电压等于有源二端网络的开路电压,其内阻等于该有源二端网络化为无源二端网络后两端的等效电阻。

戴维南定理一般用于将复杂电路等效为一个简单的由独立电源及电阻串联而成的电路。

三、实验内容及步骤

1. 连接电路,用万用表测量电阻值

按图 1-1 所示电路在实验箱中进行连接。实验板上所画的白色线段表示已在板背面接通了相应电路。

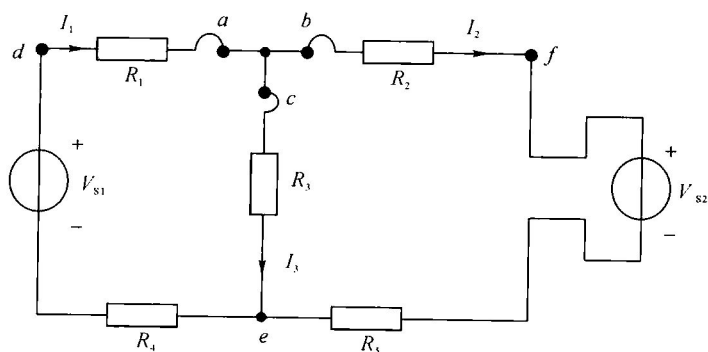


图 1-1 实验一电路结构

电路中元件参考值为: $R_1 = 500\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$, $R_3 = R_4 = 300\Omega$, $R_5 = 200\Omega$, $V_{S1} = 6V$, $V_{S2} = 10V$ 。

先不接入电压源,用万用表的电阻档分别测量线性电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 ,将测得的电阻值填入表 1-1 中。

表 1-1 电阻阻值记录表

电 阻	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
测量值(Ω)					
标称值(Ω)					

注意:用欧姆档测量一个实际电路的电阻值时,应将这个电阻从被测电路中“孤立”出来,否则测出的电阻值会比实际电阻值小。切忌在通电时,用欧姆档去测量电阻!

2. 以验证基尔霍夫电流定律的形式进行测量

分别断开电路中的 a 点、 b 点和 c 点(拨去的短路片),将电流表分别插入相应电路中,分别测出电流 I_1 、 I_2 和 I_3 的数值(或用间接测量方法得到相应电流)将测出的电流数值填入表 1-2 中,并计算其误差。的参考方向见图 1-1,记录时注意各电流的正负号。

测量电阻

?

零值校正

测量电流

?

串接测量

表 1-2 电流值记录表

电 流 值	计 算 值	测 量 值	相 对 误 差 %
I_1 (mA)			
I_2 (mA)			
I_3 (mA)			

3. 以验证基尔霍夫电压定律的形式进行测量

测量电压值 V_{cf} 、 V_{fe} 和 V_{cd} 及 V_{de} 、 V_{ce} ，将计算值填入表 1-3 中，从而验证 KVL 算式，即

$$V_{cf} + V_{fe} = V_{cd} + V_{de} = V_{ce}$$



表 1-3 电压值记录表

电 压	V_{cf} (V)	V_{fe} (V)	V_{cd} (V)	V_{de} (V)	V_{ce} (V)
计算值					
测量值					
误差 %					

4. 以验证迭加定理的形式进行测量

让 V_{S1} 单独作用(将 V_{S2} 拿掉,用导线替代),用间接测量法,测出 I_1' ;再让 V_{S2} 单独作用,测出 I_1'' ,将值填入表 1-4 中,验证迭加定理的成立。

表 1-4 电流值记录表

I_1' (mA)	I_1'' (mA)	$I_1' + I_1''$ (mA)	I_1 原测量值

* 5. 测量所得给出戴维南等效电路

将 V_{S2} 及 R_5 当成外电路,从电路中拿走,形成 f, e 之间开路电路。

(1) 测量 f, e 之间开路电压 $V_{OC} = V_{fe}$, V_{ec} 即为戴维南等效电路中的独立电压源电压。

(2) 测量戴维南等效电路内阻 R_S

简单的方法是:将电路中的独立电源 V_{S1} 的作用“去掉”,然后用万用表从 f, e 两点测出剩余电路的等效电阻 R_S , R_S 值即为戴维南电路的等效内阻。

以上方法只能测量不含受控源的电路。另一种更为实用的测量方法是:不去掉电源,而在开路端接一个已知阻值的电阻 R_L (可取 $200\Omega \sim 1k\Omega$),并测出有载电压 V_L ,则戴维南等效电路的内阻 R_S 为

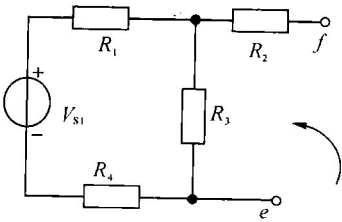


图 1-2 戴南等效电路端口

$$R_S = (\frac{V_{OC}}{V_L} - 1) R_L$$

其中 V_{OC} 为 ef 端输出开路电压。这种方法不仅能测量独立源电路,还可以测量含受控源的电路。