

● 高等学校教材

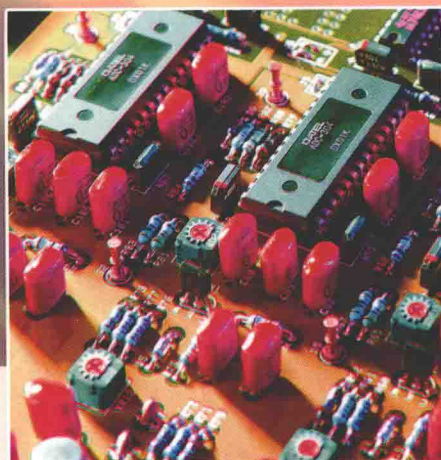
电子技术基础实验与仿真

东北电力大学电气工程学院

主 编 刘晓峰

副主编 杨修宇

主 审 王传新 王义军



高等教育出版社

高 等 学



33
65

电子技术基础实验与仿真

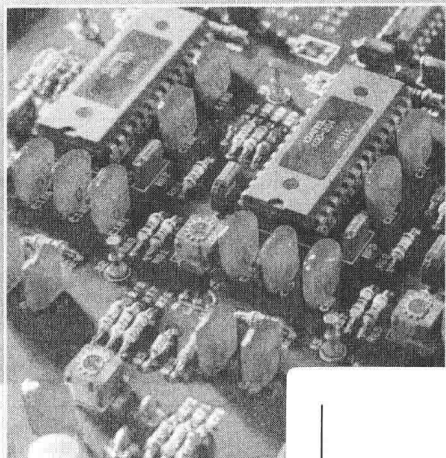
Dianzi Jishu Jichu Shiyān yu Fangzhen

东北电力大学电气工程学院

主 编 刘晓峰

副主编 杨修宇

主 审 王传新 王义军



高等教育出版社·北京

内容提要

本教材是在东北电力大学多年电子技术基础实验讲义与电子工艺实习指导讲义的基础上,根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委会最新修订的“高等学校电子技术基础课程教学基本要求”,结合电子技术实验的教学特点编写而成。本教材共分四篇,第一篇电子技术实验基础,主要包括电子技术实验的性质与任务,电子测量基础;第二篇模拟电子技术基础实验,共 10 个实验;第三篇数字电子技术基础实验,共 10 个实验;第四篇电子技术实验的 Multisim 仿真,利用 Multisim 仿真软件对模拟电子电路、数字电子电路进行仿真分析,此外还对具体实例进行了深入地仿真分析。

本教材突出基础知识的学习和基本技能的培养,内容涵盖了电子测量基础、电子技术基础实验以及 Multisim 在电子技术实验中的应用。

本教材主要作为普通高等院校电气信息类相关专业的教学用书,也可以作为高职、高专教材,同时可供从事电气、电子技术及自动化专业工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验与仿真 / 刘晓峰主编. --北京:高等教育出版社,2016.5

ISBN 978-7-04-045140-5

I. ①电… II. ①刘… 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(2016)第 069984 号

策划编辑 金春英
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 许海平
责任校对 刘 莉

封面设计 于文燕
责任印制 田 甜

版式设计 马 云

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 北京人卫印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 17
字 数 400 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.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>

版 次 2016 年 5 月第 1 版
印 次 2016 年 5 月第 1 次印刷
定 价 26.80 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 45140-00

前 言

电子技术基础实验是电气信息类各专业的一门技术基础实验课,以加强能力培养为宗旨,既重视实验基本技能、基本方法的训练,又适应电子技术发展的需要。通过实验使学生初步具备基本电路的分析和设计能力,了解实验仪器的基本性能,掌握其使用方法,并具备查阅手册的能力。随着电子技术的发展和教学改革的深入,教学内容需要不断地更新,为此我们编写了《电子技术基础实验与仿真》这本教材。本教材旨在培养学生科学实验的基本技能和严谨的工作作风。

根据教学的需要,本教材分为四部分:电子技术实验基础、模拟电子技术基础实验、数字电子技术基础实验以及电子技术实验的 Multisim 仿真。电子技术实验基础包括:电子技术实验的性质与任务、电子测量基础两部分;模拟电子技术基础实验包括:常用电子仪器的使用、基本单元实验和综合实验等;数字电子技术基础实验包括:基本逻辑门电路参数测试、组合逻辑电路的设计、时序逻辑电路设计和中规模集成电路的应用;电子技术实验的 Multisim 仿真,不仅包括数字、模拟电子技术基础实验的仿真,而且还包括了电子综合设计的仿真分析。由于各专业学时不同,要求也不一样,因此使用本教材时,可根据教学需要选做实验项目。

本教材第一篇、第四篇由杨修宇编写,其他篇章及附录由刘晓峰编写并由刘晓峰负责全书的统稿和定稿。

本教材前三篇由王传新教授审阅,第四篇由王义军教授审阅。两位王教授对本教材中的相关内容的结构体系、内容等方面给予悉心指导,提出了许多宝贵意见和修改建议。在此对两位王教授表示由衷的感谢。

作者

2016 年 4 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》，其行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) 58581999 58582371 58582488

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 高等教育出版社法律事务
与版权管理部

邮政编码 100120

目 录

第一篇 电子技术实验基础

第一章 电子技术实验的性质与任务 ... 3	第二章 电子测量基础 9
第一节 电子技术基础实验目的和意义 3	第一节 概述 9
第二节 电子技术实验的基本流程 3	第二节 电压测量 11
第三节 误差分析与测量结果的处理 ... 4	第三节 电阻测量 14
	第四节 增益及幅频特性测量 16

第二篇 模拟电子技术基础实验

实验一 常用电子仪器的使用方法..... 21	实验六 集成运放的线性应用..... 54
实验二 单管电压放大电路..... 31	实验七 正弦波振荡电路..... 60
实验三 差分放大电路..... 36	实验八 直流稳压电源..... 65
实验四 负反馈放大电路..... 42	实验九 场效晶体管放大电路..... 72
实验五 集成运算放大器指标的测试..... 48	实验十 低频功率放大电路..... 78

第三篇 数字电子技术基础实验

实验一 基本逻辑门电路参数测试..... 87	实验六 触发器功能验证及应用 110
实验二 门电路逻辑功能测试与应用..... 91	实验七 集成计数器功能验证及应用 115
实验三 组合逻辑电路的设计..... 96	实验八 寄存器和集成移位寄存器的应用 120
实验四 中规模集成器件及数码显示电路的应用 100	实验九 555 定时电路及其应用 124
实验五 数据选择器及应用 106	实验十 D/A、A/D 转换器..... 130

第四篇 电子技术实验的 Multisim 仿真

第一章 Multisim 电子设计软件简介 139	第二节 差分放大电路 176
第一节 安装与启动 139	第三节 负反馈放大电路 183
第二节 Multisim 11.0 窗口简介 146	第三章 数字电子电路的 Multisim 仿真 189
第三节 元件库简介 151	第一节 常用组合逻辑电路的仿真分析 189
第四节 虚拟仿真仪器 161	第二节 常用时序逻辑电路的仿真分析 196
第二章 模拟电子电路的 Multisim 仿真 171	第三节 触发器的仿真分析 199
第一节 单管共射放大电路 171	

第四节 555 定时电路及应用	202	第三节 多路抢答器的设计	225
第四章 Multisim 仿真实例	207	第四节 交通灯控制系统设计	234
第一节 多功能数字时钟设计	207	第五节 篮球比赛电子计分系统	
第二节 函数信号发生器设计	217	设计	239

附 录

附录 1 模拟电子实验部分元器件		二极管管脚极性辨别方法	253
说明	249	附录 2 数字电子实验部分元器件	
色环电阻阻值的识别方法	249	说明	254
电容容量、极性的识别方法	250	集成电路型号命名法	254
半导体器件型号命名方法	251	74LS 系列芯片引脚图	254
晶体管管脚辨别方法	252	附录 3 本书常用符号	261
参考文献	262		

第 一 篇

电子技术实验基础

第一章 电子技术实验的性质与任务

第一节 电子技术基础实验目的和意义

科学和技术的发展离不开实验。人们在认识客观事物的过程中,需要进行定性、定量的分析,定量分析就需要进行实验测试。通过大量实验数据人们逐步准确地认识各种客观事物,使感性认识上升到理论阶段,建立起各种定理和定律。为了解释一个现象或验证一个理论,也必须通过大量的实验和精确的测量,通过对数和量关系的分析、推断,才能得出科学的结论。科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,也是工程技术的基础。

电子技术基础是一门实践性较强的课程,通过对电子技术基础的学习,学生能够获得电子技术方面的基本理论和基本技能,提高分析问题和解决问题的能力。为此,应加强各种形式的实践环节。对于电子技术基础这样一门具有工程特点和实践性很强的课程,加强工程训练,特别是技能的培养,对于培养工程技术人员的素质和能力具有十分重要的作用。

电子技术实验,按性质可分为验证性实验、训练性实验、综合性实验和设计性实验四大类。验证性和训练性实验主要是在电子技术本门学科范围内为理论论证和实际技能的培养奠定基础。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。综合性实验属于应用性实验,实验内容侧重于某些理论知识的灵活运用,例如完成特定功能电子电路的设计、安装和调试等。设计性实验要求学生在教师指导下独立查阅资料、设计方案与组织实验等,并写出报告。这类实验对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

总之,电子技术实验应突出基础技能、综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养,以适应培养面向 21 世纪人才的要求。

第二节 电子技术实验的基本流程

一、实验课前准备

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,拟出实验方法和步骤,设计实验表格,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。

二、实验课堂要求

(1) 参加实验者要自觉遵守实验室各项规章制度。

(2) 根据实验内容将所需的设备和装置合理摆放在实验现场,按实验方案连接实验电路,完成实验数据的测试。

认真记录实验条件和所得数据、波形。若实验过程中遇到故障,记下排除故障的过程和方法。

(3) 发生故障应立即切断电源,并报告指导老师和实验室工作人员,等待处理。认真总结、分析、查找故障的原因,争取独立解决实验中所遇到的问题,完成实验。

(4) 实验结束时,经教师同意后方可拆除线路,清理现场离开实验室。

三、实验课后要求

(一) 实验报告的内容

(1) 列出实验条件。包括:实验名称、时间、实验人员、仪器名称等。

(2) 认真整理和处理实验数据,列出数据表格,绘制数据曲线。

(3) 对测试结果进行理论分析,作出简明扼要结论。找出产生误差原因,提出减少实验误差的措施。

(4) 复述故障现象,说明排除故障的过程和方法。

(5) 根据实验现象与实验结果,独立完成实验思考题。

(二) 实验报告的要求

文理通顺,书写简洁;符号标准,图标齐全;讨论深入,结论简明。

第三节 误差分析与测量结果的处理

在测量过程中,由于人们对客观事物认识的局限性、实验器具的不准确、测量手段的不完善、实验条件发生变化及实验过程中的疏忽或错误等原因,都会使测量结果与真实值不同,这个差别就是测量误差。因此,分析误差产生的原因,如何采取措施减少误差,使测量结果更加准确等,对实验人员及科学工作者来说是应该了解和掌握的。

一、误差的来源

(一) 仪器误差

此误差是由仪器仪表本身引入的误差。如指针式仪表的零点漂移、刻度误差及非线性误差,数字仪表的量化误差(如5位半电压表比3位半量化误差小)等。

(二) 方法误差

由于测量方法不合理造成的误差称为方法误差。例如,用普通模拟式万用表测量高内阻回路电压,用工频电压表测量高频回路电压等。

(三) 理论误差

测量方法建立在近似公式或不完整的理论基础上,以及用近似值计算测量结果所引起的误差统称为理论误差。例如,用谐振法测量频率时,常用的公式为

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

但实际上,回路电感 L 中总存在损耗电阻 r ,较准确的公式为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{r^2 C}{L}}$$

(四) 影响误差

由于各种环境因素与要求不一致所造成的误差称为影响误差。例如,在使用仪器过程中,因安装、调节、布置、使用不当引起的误差;环境温度、电源电压、内部噪声、电磁干扰等与要求不一致,使仪表产生误差等。

(五) 人身误差

人身误差是由于测试者的分辨能力、疲劳程度、责任心等主观因素,使测量数据不准确所引起的误差。

二、测量误差的分类

误差按性质和特点可分为系统误差、随机误差和粗大误差。

(一) 系统误差

该误差是指在相同条件下重复测量同一个量时,误差的大小和符号保持不变,或按照一定规律变化的误差。系统误差一般可以通过实验及分析方法,查明其变化规律及产生原因。因此,这种误差是可以预测的,也可以减少或消除。

(二) 随机误差(偶然误差)

该误差是指在相同条件下多次重复测量同一个量时,每次测量误差的绝对值和符号以不可预知的方式变化的误差。随机误差不能用实验方法消除,但可通过多次测量,采用统计的方法进行估算。最简单的方法就是取算术平均值。

(三) 粗大误差

这是一种过失误差。这种误差通常是由于测量者对仪器不了解、粗心,导致读数不正确而引起的,有时测量条件的突然变化也会引起粗差。对于这种异常值(或坏值)必须根据统计检验方法和某些准则去判断哪个测量值属坏值,然后去除。

三、误差的表示法

误差的表示方法可分为绝对误差和相对误差。

(一) 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

$$\Delta X = X - A_0$$

在某一个时间或空间条件下,被测量的真值虽然客观存在,但一般无法得到,只能尽量逼近它。故常用高一级标准仪器测量示值 A 代替 A_0 , 则

$$\Delta X = X - A$$

测量前,测量仪器应由高一级标准仪器进行校正,校正量常用修正值 C 表示。

利用修正值便可得该仪器所测得的实际值

$$A = X + C$$

(二) 相对误差

绝对误差值的大小往往不能确切地反映被测量的准确程度。因此,工程上常采用相对误差来比较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(或满度)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,记为

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

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

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

引用(或满度)相对误差简称满度误差。它是用绝对误差 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,则说明该仪表的最大引用误差不超过 $S\%$,它的满刻度值为 X_m ,则测量的绝对误差为

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

其示值相对误差为

$$\gamma_x \leq \frac{X_m \times S\%}{X}$$

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 , γ_x 的上限值越小,测量越准确。因此,当我们使用这类仪表进行测量时,一般总使被测量值尽可能在仪表满刻度值的二分之一以上。

例如,测量一个 12 V、50 Hz 的交流电压,现用 1.5 级的表,可选用 15 V 或 150 V 的量程。如何选择量程?

用量程 150 V 时,测量产生的绝对误差为

$$\Delta U = U_m \times S\% = 150 \text{ V} \times (\pm 1.5\%) = \pm 2.25 \text{ V}$$

而用量程 15 V 时,测量产生的绝对误差为

$$\Delta U = U_m \times S\% = 15 \text{ V} \times (\pm 1.5\%) = \pm 0.225 \text{ V}$$

显然,用 15 V 量程测量 12 V 电压,绝对误差小很多。

四、测量结果的处理

测量结果通常用数字或图形表示。下面分别讨论。

(一) 测量结果的数字处理

1. 有效数字

由于存在误差,所以测量的数据总是近似值,它通常由可靠数字和欠准数字两部分组成。例如,由电压表测得电压 12.5 V,这是个近似数,12 是可靠数字,而末尾 5 为欠准数字。即 12.5 为 3 位有效数字。

对于有效值的正确表示,应注意如下几点:

(1) 有效数字示值为从左边第一个非零数字开始,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 0.031 5 MHz,它是由 3、1、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,它可以写成 3.15×10^{-2} MHz,也可写成 31.5 kHz,而不能写成 31 500 Hz。

(2) 如已知误差,则有效值的位数应与误差相一致。例如,设仪表误差为 ± 0.01 V,测得电压为 21.352 V,其结果应写作 21.35 V。

(3) 当给出误差有单位时,测量数据的写法应与其一致。

2. 数据舍入规则

为使正、负舍入误差的机会大致相等,传统的方法是采用四舍五入的办法,现已广泛采用“小于 5 舍,大于 5 入,等于 5 时取偶数”的办法。

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(采用同一个计量单位)以小数点后的位数最小的那一个数(如无小数点,则以有效值最小者)为准,其余各数均舍入至比该数多一位,而计算的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者的位数相同。

【例 1.3.1】求 $2\,643.0+987.7+4.187+0.235\,4=?$

$$\begin{aligned}\text{解: } 2\,643.0+987.7+4.187+0.235\,4 &\approx 2\,643.0+987.7+4.19+0.24 \\ &= 3\,635.13 \\ &\approx 3\,635.1\end{aligned}$$

(2) 进行乘法运算时,以有效数值位数最小的那一个为准,其余各数及积(或商)均舍入至比该因子多一位,而与小数点位置无关,而最后结果应与有效位数最少的数据位数相同。

【例 1.3.2】求 $15.13\times 4.12=?$

$$\begin{aligned}\text{解: } 15.13\times 4.12 &= 62.335\,6 \\ &\approx 62.3\end{aligned}$$

(3) 将数平方或开方后,结果可比原数多保留一位。

$$\text{例如, } (27.8)^2 \approx 772.8 \quad (115)^2 \approx 1.322\times 10^4$$

$$\sqrt{9.4} \approx 3.07 \quad \sqrt{265} \approx 16.28$$

(4) 在对数进行运算时, n 位有效数字的数应该用 n 位对数表示。

(5) 若计算式中出现如 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。

(二) 曲线的处理

在分析两个或多个物理量之间的关系时,用曲线比用数字、公式表示常常更形象和直观,因此,测量结果常常要用曲线来表示。

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,如将测量点直接连接起来,将不是一条光滑的曲线,而是呈波动的折线状,如图 1.1.1 所示,但我们利用有关的误差理论,可以把各种随机因素引起的曲线波动抹平,使其成为一条光滑的均匀曲线,这个过程称为曲线的修正。

在要求不太高的测量中,常采用一种简便、可行的工程方法——分组平均法来修匀曲线,这种方法是将各数据点分成若干组,每组含 2~4 个数据点,然后分别取各组的几何重心,再将这些重心连接起来。图 1.1.2 就是每组取 2~4 个数据点进行平均后的修匀曲线。这条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。

对电子电路实验误差分析与数据处理应注意以下几点:

(1) 实验前应尽量做到心中有数,以便及时分析测量结果的可行性。

(2) 在时间允许时,每个参数应多测几次,以便搞清实验过程中引入系统误差的因素,尽可能提高测量的准确度。

(3) 应注意测量仪器、元器件的误差范围对测量的影响,通常所读得的示值与测量值之间应该有:

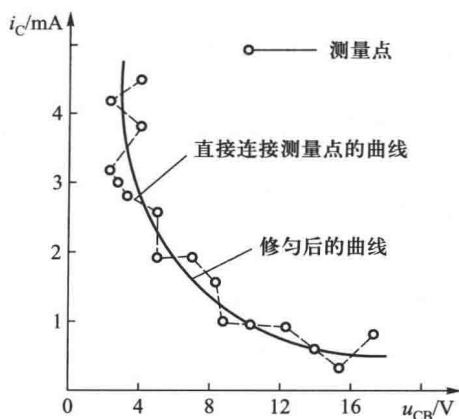


图 1.1.1 直接连接测量点波动曲线

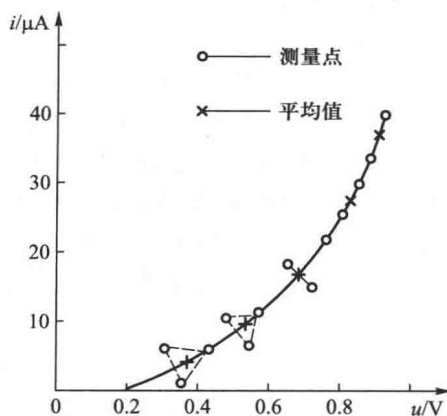


图 1.1.2 分组平均法修匀曲线

测量值 = 示值 + 误差

的关系,因此测量前对测量仪器的误差及鉴定、校准和维护情况应有所了解,在记录测量值时要注明有关误差,或决定测量的有效位数。

(4) 正确估计影响误差和理论误差对测试结果的影响。电子电路中采用的理论公式常常是近似公式,这将带来理论误差,其次计算公式中元件的参数一般都用标称值(而不是真值),这将带来随机性的系统误差,因此应考虑理论计算值的误差范围。

(5) 应注意剔除粗差。

第二章 电子测量基础

第一节 概 述

科学的进步和发展离不开测量,离开了测量就不会有真正的科学。测量是信息的源头技术,没有测量,就很难实现控制。电子测量是泛指以电子科学技术为手段而进行的测量,即以电子科技理论为依据,以电子测量仪器和设备为工具,对电量和非电量进行的测量。这里只简要介绍基本电量测量技术中的共性问题。

一、测量方法的分类

(一) 直接测量与间接测量

1. 直接测量

顾名思义,这是一种可以直接得到被测量值的测量方法。例如用电压表测量稳压电源工作电压等。

2. 间接测量

与直接测量不同,间接测量是利用直接测量的量与被测量之间已知函数关系,得到被测量值的测量方法。例如,测量放大器的电压放大倍数 A_u ,一般是分别测量输出电压 U_o 与输入电压 U_i 后再算出 $A_u = \frac{U_o}{U_i}$ 。这种方法常用于被测量不便于直接测量,或者间接测量的结果比直接测量更为准确的场合。

3. 组合测量

这是一种兼用直接测量和间接测量的方法。将被测量和另外几个量组成联立方程,最后通过求解联立方程来得出被测量的大小。这种方法用计算机求解比较方便。

(二) 直读测量法与比较测量法

1. 直读测量法

它是直接从仪器、仪表的刻度线(或显示)上读出测量结果的方法。例如,用电流表测量电流就是直读法,它具有简单方便等优点。

2. 比较测量法

这是一种在测量过程中,将被测量与标准量直接进行比较而获得测量结果的方法。电桥利用标准电阻(电容、电感)对被测量进行测量就是一个典型例子。应当指出,直读法与直接测量、比较法与间接测量并不相同,二者互有交叉。例如,用电桥测电阻,是比较法,属于直接测量;用电压、电流表法测量功率,是直读法,但属于间接测量等。

(三) 按被测量性质分类

虽然被测量的种类很多,但根据其特点,大致可分为以下几类。

1. 频域测量

频域测量技术又称为正弦测量技术。测量参数多表现为频域的函数,而与时间因素无关。测量时,电路处于稳定工作状态,因此又叫稳定测量。这种测量技术用的信号是正弦信

号。线性电路在正弦信号作用下,所有电压和电流都有相同的频率,仅幅度和相位有差别。利用这个特点,可以实现各种电量的测量,如放大器增益、相位差、输入阻抗和输出阻抗等。此外,还可以观察非线性失真。频域测量的缺点是,不宜用于研究电路的瞬态特性。

2. 时域测量

时域测量技术与频域测量技术不同,它能观察电路的瞬变过程及其特性。如上升时间 t_r 、平顶降落 δ 、重复周期 T 和脉宽 t_w 等。时域测量技术采用的主要仪器是脉冲信号产生器和示波器。

3. 数据域测量

数据域测量是用逻辑分析仪对数字量进行测量的方法。它具有多个输入通道,可以同时观测许多单次并行的数据。例如微处理器地址线、数据线上的信号,可以显示时序波形,也可以用 1、0 显示其逻辑状态。

4. 噪声测量

噪声测量是属于随机测量。在电子电路中,噪声与信号是相对存在的,不与信号大小相联系来讲噪声大小是无意义的。因此工程技术中,常用噪声系数 F_N 来表示电路噪声的大小,即

$$F_N = \frac{\text{输入信噪比}}{\text{输出信噪比}} = \frac{P_{is}/P_{in}}{P_{os}/P_{on}} = \frac{1}{A_p} \cdot \frac{P_{on}}{P_{in}}$$

式中, P_{is} 、 P_{in} 表示电路输入端的信号功率与噪声功率; P_{os} 、 P_{on} 表示电路输出端的信号功率与噪声功率; $A_p = P_{os}/P_{is}$ 表示电路对信号的功率增益。

若 $F_N = 1$, 则说明该电路本身没有产生噪声,一般放大电路的噪声系数都大于 1。放大电路产生的噪声越小, F_N 就越小,放大微弱信号的能力就越强。

测量方法还可以根据测量的方式分为自动测量和非自动测量、原位测量和远距离测量等。

此外,在电子测量中,还经常用到各种变换技术。例如,变频、分频、检波(如测交流电压有效值的原理就是首先利用各种检波器将交流量变成直流量,然后再测量)、斩波、A/D、D/A 变换等。

二、选择测量方法的原则

在选择测量方法时,应首先考虑被测量本身的特性及所需要的精确程度、环境条件及所具有的测量设备等因素,再确定用哪种测量方法和选择哪些测量设备。

一个正确的测量方法,可以得到好的结果,否则,不仅测量结果不可信,而且有可能损坏测量仪器、仪表和被测设备或元器件。下面举例加以说明。

【例 1.2.1】用万用表的 $R \times 1$ 挡测试半导体晶体管的发射结电阻或用图示仪显示输入特性曲线时,由于限流电阻较小,而使基极电流过大,结果可能使晶体管在测试过程中被损坏。

【例 1.2.2】测量图 1.2.1 所示放大电路中场效晶体管 T 的漏极电位时,设在漏极与“地”之间用一只内阻为 $10\text{ M}\Omega$ 的数字电压表来测量,其值为 $U_D = 10\text{ V}$, 而用 $20\text{ k}\Omega/\text{V}$ 的万用表直流电压 6 V 挡测量,其值 $U'_D = 5\text{ V}$ (仪表的准确度影响不计)。为什么相差这么大?

解:由于万用表的内阻

$$R_u = 20 \times 6\text{ k}\Omega = 120\text{ k}\Omega$$