

高等院校教材

电子技术基础实验

李玲远 范绿蓉 陈小宇 编著

 科学出版社
www.sciencep.com

高等院校教材

电子技术基础实验

李玲远 范绿蓉 陈小宇 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书力求使学生能熟练掌握常用电子测量仪器的使用及基本测量方法。通过每个实验中的“预习思考及要求”,使学生带着问题有目的地完成各个实验,培养学生独立思考问题,独立解决实际问题的能力。

本书内容包括:电子技术基础实验基础知识、电子技术实验中的常用测量方法、常用实验测量仪器、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、高频电路实验、电子电路仿真及EDA实验。

本书适用于电子信息、通信工程、计算机科学、电子技术应用等专业的本科学生、专科学生作实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验/李玲远,范绿蓉,陈小宇编著. —北京:科学出版社, 2005

(高等院校教材)

ISBN 7-03-016176-9

I. 电… II. ①李…②范…③陈… III. 电子技术-实验-高等学校-教材 IV. TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第095910号

责任编辑:朱海磊 马长芳 段博原 / 责任校对:鲁 素

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽 源 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年8月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—4 000 字数:300 000

定价:21.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

前 言

“电子技术基础实验”是电类专业一门重要的、实践性很强的专业基础实验课程,它包括模拟电子技术实验、数字电子技术实验和高频电路实验三个部分的内容。

教材不仅是知识的载体,也是思维方法和认知过程的载体。作者结合多年教学改革与实践成果,收集和参阅了国内相关最新教材,按照巩固基础、培养能力、激励创新、优化素质的原则,对教材体系和内容进行了科学的组织。通过模拟、数字、高频三个方面的基础、设计、综合及仿真四个层次的系列实验,学生能够理论联系实际,熟悉典型器件主要参数、性能及典型应用电路;学会正确使用常用电子仪器,掌握电子技术的基本测量方法和基本实验技能;掌握正确记录数据、处理数据、绘制曲线与结果分析的方法,锻炼撰写合格实验报告的文字表达能力;体会从实验现象和结果中归纳、分析和创新,从而提高科学素质。

实验教材在实验课程的教学起着重要的作用,是学生预习实验、完成实验的依据,是引导学生思考问题的重要工具。作者根据多年的实验教学经验和实验教学需要,认真研究了三个部分的每个实验内容,在每个实验中编写了“预习思考及要求”栏目及“实验研究与思考”栏目,通过实验教材的引导,营造一个良好的实验教学环境,学生能够在积极思考问题的状态中完成实验,并带着问题有目的地完成各个实验。本教材力求由浅入深、循序渐进地引导学生运用基本概念和基本原理分析实际问题,使学生在分析实际问题、解决实际问题的过程中,潜移默化地提高实际解决问题的能力。

本书第1、2、4章及第3章部分内容 by 李玲远执笔,第5章及第7章7.1节 by 范绿蓉执笔,第6章、第7章7.2节及第3章部分内容 by 陈小宇执笔。

限于水平,书中错误及不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2005年6月

目 录

前言

第 1 章 电子技术基础实验基础知识	1
1.1 电子技术基础实验的目的、意义和要求.....	1
1.1.1 电子技术基础实验的目的和意义	1
1.1.2 电子技术基础实验的基本要求	1
1.2 测量误差分析	2
1.2.1 测量误差的定义	2
1.2.2 测量误差分类	3
1.3 实验测量数据处理	6
1.3.1 实验数据的数字处理	6
1.3.2 曲线处理	7
第 2 章 电子技术实验中的常用测量方法	8
2.1 电子测量的基本概念	8
2.1.1 电子测量	8
2.1.2 测量方法分类	8
2.2 电压测量	9
2.2.1 直接测量法	9
2.2.2 比较测量法	9
2.3 阻抗测量.....	10
2.3.1 输入电阻的测量	10
2.3.2 输出电阻的测量	11
2.4 幅频特性的测量.....	12
2.4.1 逐点法	12
2.4.2 扫频法	12
2.5 时间、频率和相位的测量	13
2.5.1 时间的测量	13
2.5.2 频率的测量	14
2.5.3 相位的测量	14
第 3 章 常用实验测量仪器	16
3.1 电子示波器.....	16
3.1.1 电子示波器的主要性能指标	16

3.1.2	电子示波器显示波形原理	18
3.1.3	通用示波器的组成及工作原理	21
3.1.4	示波器的使用方法	24
3.2	信号发生器	27
3.2.1	低频信号发生器的主要性能指标	28
3.2.2	低频信号发生器组成框图	28
3.2.3	电路原理	29
3.3	电子电压表	30
3.3.1	电压表的主要性能指标	31
3.3.2	交流电压的表示方法	31
3.3.3	模拟式电子电压表的基本原理	31
3.4	数字式频率计	34
3.4.1	数字频率计的主要性能指标	34
3.4.2	计数器的的工作原理	35
3.4.3	数字式频率计的组成	37
3.4.4	数字式频率计测频范围的扩展	39
3.4.5	频率计数器的使用方法	39
3.5	频率特性测试仪	40
3.5.1	频率特性测试仪的主要性能指标	40
3.5.2	频率特性测试仪的组成及工作原理	40
3.5.3	频率特性测试仪的使用	41
第4章	模拟电子技术实验	43
4.1	模拟电子技术基础实验	43
实验 4.1.1	电信号参数测量及常用电子仪器使用	43
实验 4.1.2	单级共射极放大电路	44
实验 4.1.3	两级负反馈放大电路	51
实验 4.1.4	信号运算电路	53
实验 4.1.5	电压比较器	56
实验 4.1.6	三角波-方波发生器	58
实验 4.1.7	RC 有源滤波器	61
实验 4.1.8	集成功率放大电路	66
实验 4.1.9	直流稳压电源	69
实验 4.1.10	光耦隔离信号传送实验	70
4.2	模拟电子技术设计实验	72
实验 4.2.1	具有恒流源偏置的差分放大器的设计	72
实验 4.2.2	方波-三角波-正弦波信号发生器的设计	77

实验 4.2.3	音响放大器设计	80
第 5 章	数字电子技术实验	90
5.1	数字电子技术基础实验	90
实验 5.1.1	门电路的电压传输特性实验	90
实验 5.1.2	OC 门、TS 门的功能测试和应用	92
实验 5.1.3	SSI 组合逻辑电路的设计	95
实验 5.1.4	竞争与冒险	98
实验 5.1.5	常用 MSI 组合逻辑电路的应用	99
实验 5.1.6	基本触发器功能测试及应用	103
实验 5.1.7	SSI 时序逻辑电路的应用和设计	107
实验 5.1.8	常用 MSI 时序电路的应用	111
实验 5.1.9	单稳态触发器	114
实验 5.1.10	555 集成定时器及其应用	117
实验 5.1.11	计数、译码和显示	119
实验 5.1.12	A/D、D/A 转换器实验	122
5.2	数字电子技术设计实验	125
实验 5.2.1	简易彩灯循环控制器	125
实验 5.2.2	8 人智能抢答器的设计	128
实验 5.2.3	交通灯控制电路	133
实验 5.2.4	多功能数字钟电路设计	138
实验 5.2.5	数字频率计	146
第 6 章	高频电路实验	154
6.1	高频电路基础实验	154
实验 6.1.1	正弦波振荡器	154
实验 6.1.2	振幅调制器	158
实验 6.1.3	高频功率放大器	162
实验 6.1.4	混频器	165
实验 6.1.5	高频小信号谐振放大器	167
实验 6.1.6	调幅波的解调	170
实验 6.1.7	调频器	171
实验 6.1.8	鉴频器	173
实验 6.1.9	调幅系统联调实验	175
实验 6.1.10	调频系统联调实验	177
6.2	高频电路设计实验	178
实验 6.2.1	同步检波器设计	178

实验 6.2.2 锁相环 CD4046 应用电路设计	180
实验 6.2.3 单片集成调频发射、接收系统设计	183
第 7 章 电子电路仿真及 EDA 实验	187
7.1 EWB 软件的使用和仿真实验	187
7.1.1 EWB 软件简介	187
7.1.2 EWB 的特点	188
7.1.3 EWB 的界面	188
7.1.4 EWB 的基本操作	193
7.1.5 EWB 的基本分析方法	202
7.1.6 仿真实例	207
7.1.7 基于 EWB 平台上的仿真实验	211
7.2 Quartus II 平台上的数字电路设计及仿真	215
7.2.1 应用 FPGA/CPLD 的 EDA 设计流程	216
7.2.2 Quartus II 的设计方法	217
7.2.3 Quartus II 平台上的数字电路实验	230
参考文献	238

第 1 章 电子技术基础实验基础知识

1.1 电子技术基础实验的目的、意义和要求

1.1.1 电子技术基础实验的目的和意义

“电子技术基础实验”是电类专业一门重要的、实践性很强的专业基础实验课程,它包括模拟电子技术实验、数字电子技术实验和高频电子技术实验三个部分的内容。

为适应面向 21 世纪高等教育的基本要求,提高学生对知识的综合运用能力及创新能力,“电子技术基础实验”课程的实验内容分为基础实验、设计实验、综合实验及仿真实验四个层次。

通过模拟、数字、高频三个方面,上述四个层次实验的系列教学,学生能够理论联系实际,熟悉典型器件主要参数、性能及典型应用电路;学会正确使用常用电子仪器,掌握电子技术的基本测量方法和基本实验技能;掌握正确记录数据、处理数据、绘制曲线与结果分析的方法,锻炼撰写合格实验报告的文字表达能力;体会从实验现象和结果中归纳、分析和创新;从而提高科学素质,包括养成严谨的工作作风,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、团结协作和爱护公物的优良品质。

1.1.2 电子技术基础实验的基本要求

为了使实验达到满意的结果,培养学生良好的学风和良好的实验室工作作风,充分发挥学生的主观能动作用,对电子技术实验的实验前准备阶段、完成实验阶段和实验报告提出如下基本要求:

① 实验前准备阶段。参加实验者在做实验前应对实验内容进行预习,明确实验的要求和实验内容,掌握实验的基本原理,查阅有关资料,拟出实验方法和步骤,给出实验仪器设备接线图,设计实验表格,对思考题作出解答,初步计算(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 完成实验阶段。参加实验者要自觉遵守实验室的规章制度。实验过程中,若发生事故,应立即切断电源,及时报告指导老师或实验室管理人员。做实验时,要认真记录实验条件和所测数据、波形,并分析数据、波形是否正确。对实验中发生的故障应独立思考,耐心排除。

③ 实验报告。完成实验后,要撰写实验报告,认真整理和处理实验测试得到的数据,对测试结果进行理论分析和误差分析,提出减少实验误差的措施。

1.2 测量误差分析

在电子技术实验中,被测量有一个真实值,简称为真值,它由理论计算求得。在实际测量中,由于受测量仪器精度、测量方法、环境条件或测量者能力等因素的限制,测量值与真值之间存在差异,这种差异被称为测量误差。测量误差的存在具有必然性和普遍性,但我们可以学习测量误差和测量数据处理知识,认真对待测量误差,研究误差产生的主要原因、误差的性质,合理地选择测量仪器和测量方法,力求减小测量误差,并获得符合误差要求的测量结果。

1.2.1 测量误差的定义

1. 绝对误差

测量值 x 与被测量的真值 x_0 间的偏差称为绝对误差(Δx),即

$$\Delta x = x - x_0 \quad (1-1)$$

2. 相对误差

测量的绝对误差 Δx 与真值 x_0 的比值称为相对误差(γ),常用百分数表示,即

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

3. 满度相对误差

测量的绝对误差 Δx 与测量仪表的满度值 x_n 的比值称为满度相对误差(γ_n),常用百分数表示,即

$$\gamma_n = \frac{\Delta x}{x_n} \times 100\% \quad (1-3)$$

测量中的满度相对误差 γ_n 不能超过测量仪表的准确度等级 S 的百分值 $S\%$ (S 分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 等 7 级),即

$$\gamma_n = \frac{\Delta x}{x_n} \times 100\% \leq S\% \quad (1-4)$$

如果仪表的等级为 S ,满度值为 x_n ,被测量的真值为 x_0 ,则测量的相对误差为

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \leq \frac{x_n S\%}{x_0} \quad (1-5)$$

上式表明,当仪表的等级 S 选定后, x_n 越接近 x_0 ,测量的相对误差就越小。使用这类仪表时,要尽可能使仪表的满量程接近被测量的真值。或者说,测量时仪表

的指针落在满量程的 2/3 以上区间内,测量误差较小。

4. 分贝误差

电压增益或功率增益的相对误差用分贝表示时称为分贝误差,即

$$\gamma_{dB} = 20 \lg \left(1 + \frac{\Delta A}{A_0} \right) \text{dB} \quad (1-6)$$

$$\gamma_{dB} = 10 \lg \left(1 + \frac{\Delta P}{P_0} \right) \text{dB} \quad (1-7)$$

式中, $\Delta A/A_0$ 为电压增益的相对误差, $\Delta P/P_0$ 为功率增益的相对误差。分贝误差与相对误差的直接关系为

$$\gamma_{dB} = 8.69 \frac{\Delta A}{A_0} \text{dB} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta A}{A_0} \approx 0.115 \gamma_{dB} \quad (1-8)$$

1.2.2 测量误差分类

根据测量误差的性质、特点及产生原因,可将其分为系统误差、随机误差及粗大误差。

1. 系统误差

在相同条件下,多次测量同一量时,误差的大小和方向保持不变,或在条件变化时按照某种确定规律变化的误差称为系统误差(简称系差)。较常见的系差有恒值系差、累进性变化系差、周期性变化系差等。

(1) 累进性系差判据

将 n 次等精度测量的残差 v 按测量条件 θ 的变化顺序(如按时间的先后顺序)排列为 $v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_n$, 然后把 n 个残差分成两部分并求其差值 Δ 。当 n 为偶数时,

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n/2} v_i - \sum_{i=(n/2)+1}^n v_i \quad (1-9)$$

当 n 为奇数时,

$$\Delta = \sum_{i=1}^{(n-1)/2} v_i - \sum_{i=(n+3)/2}^n v_i \quad (1-10)$$

式中, v_i 为残差, $v_i = x_i - \bar{x}$ (其中, $\bar{x}$ 为测量值的算数平均值, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$)。

若测量中含有累进性系差,则前后两部分的 v_i 值的和明显不同,因而 Δ 值明显不为零,通常 $|\Delta| \geq |v_{\max}|$ 。

(2) 周期性系差判据

按照一定顺序把残差两两相乘,然后取乘积项的和的绝对值,若满足关系式(1-11),则可认为测量中存在周期性系差。

$$\left| \sum_{i=1}^{n-1} v_i \cdot v_{i+1} \right| > \sqrt{n-1} \hat{\sigma}^2(x) \quad (1-11)$$

式中, $\hat{\sigma}^2(x)$ 为测量数据的方差的估计值。其计算式见式(1-13)。

引起系统误差的因素很多,常见的有测量仪器不准确、测量方法不完善、测量条件变化及测量人员不正确的操作等。系统误差是可以根据产生的原因,采取一定措施减小消除的。

2. 随机误差

在相同条件下,多次测量同一量时,误差的大小和方向均发生变化且无确定的变化规律,这种误差称为随机误差。

一次测量的随机误差没有规律,但是,对于大量的测量结果,从统计观点来看,随机误差的分布接近正态分布,只有少数服从均匀分布或其他分布。因此,可以采用数理统计的方法来分析随机误差,可以用有限个测量数据来估计总体的数字特征。

(1) 数学期望的估计值

在实际测量中,将有限次测量数据的算术平均值 $\bar{x}$ 作为被测量真值 x_0 的估计值,或作为测量值的数学期望 $M(x)$ 的估计值 $\hat{M}(x)$,即

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \hat{M}(x) \quad (1-12)$$

(2) 均方差的估计值——贝赛尔(Bessel)公式

在实际测量中,常用有限次测量数据的均方差作为测量精度的估计值或作为测量值均方差 $\hat{\sigma}(x)$,即

$$\hat{\sigma}(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \quad \text{或} \quad \hat{\sigma}^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1} \quad (1-13)$$

$$\hat{\sigma}(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1}} \quad \text{或} \quad \hat{\sigma}^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1} \quad (1-14)$$

$\hat{\sigma}(x)$ 值越小,说明测量精度越高。

对于单次测量的均方差可按下式估算:

$$\hat{\sigma}(x) = \frac{\Delta_{\min}}{\sqrt{3}} \quad (1-15)$$

式中, $\Delta_{\min}$ 为测量仪器的最小分度。

(3) 估计被测量真值所处的区间

若测量中只存在随机误差(或系统误差可忽略),则可以用有限次测量数据来估计被测量真值 x_0 (x_0 满足关系式(1-16)),称 $[\bar{x} - t_s \hat{\sigma}(\bar{x}), \bar{x} + t_s \hat{\sigma}(\bar{x})]$ 为 x_0 所处的

区间。

$$x_0 = \bar{x} \pm t_\alpha \hat{\sigma}(\bar{x}) \quad (1-16)$$

式中, $\hat{\sigma}(x)$ 为平均值的均方差的估计值, 即 $\hat{\sigma}(x) = \hat{\sigma}(x) / \sqrt{n}$; t_α 为有限次测量的 t 分布系数, 与测量次数 n 及指定的置信概率 P 有关。

随机误差主要是由那些对测量值影响微小, 又互不相关的多种因素共同造成的, 如热骚动、电磁场的微变、各种无规律的微小干扰等。用增加测量次数、取平均值的办法可减小随机误差对测量结果的影响。

3. 粗大误差与可疑数据

粗大误差通常是由测量人员的不正确操作或疏忽等原因引起的。粗大误差明显地超过正常条件下的系统误差和随机误差。凡被确认含有粗大误差的测量数据均称为坏值, 应该剔除不用。

可疑数据是指那些误差的绝对值超过给定范围的测量值 (x_k), 即

$$|x_k - \bar{x}| > ch \hat{\sigma}(x) \quad (1-17)$$

式中, ch 为给定的系数, 与测量次数 n 有关, 如表 1-1 所示。

剔除可疑数据的步骤如下:

- ① 计算算术平均值 $\bar{x}$, 均方差的估计值 $\hat{\sigma}(x)$ 及残差 $v_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ 。
- ② 判断有无可疑数据。先由表 1-1 查出测量次数 n 对应的系数 ch , 然后用式 (1-17) 判断可疑数据。若存在可疑数据, 则应指出其对应的测量值 x_k 和序号 k 。
- ③ 剔除 x_k , 不改变原测量的顺序, 令 $n=n-1$ (设剔除了一个可疑数据), 重复步骤①、②、③直到无可疑数据为止。

表 1-1 肖维纳准则表

n	ch	n	ch	n	ch	n	ch
5	1.65	11	2.00	17	2.18	23	2.30
6	1.73	12	2.04	18	2.20	24	2.32
7	1.79	13	2.07	19	2.22	25	2.33
8	1.86	14	2.10	20	2.24	26	2.34
9	1.92	15	2.13	21	2.26		
10	1.96	16	2.16	22	2.28		

应注意, 可疑数据是否一定要剔除不用, 应慎重考虑。对那些因仪器不正常或测量人员的疏忽造成的可疑数据 (又称为坏值) 应剔除不用; 但对那些由某种特殊原因 (如电路工作不稳定) 导致的可疑数据不能轻易剔除, 需要进一步测量分析。

1.3 实验测量数据处理

1.3.1 实验数据的数字处理

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 24.8V,这是个近似数,24 是可靠数字,而末尾 8 为欠准数字,即 24.8 为三位有效数字。

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 0.0157MHz,它是由 1、5、7 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,也可以写成 1.57×10^{-2} MHz,也可写成 15.7kHz,而不能写成 15700Hz。

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 12.352V,其结果写作 12.35V。

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,在各数字中(采用同一个计量单位),以小数点后的位数最少的那一个数(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,应与各数中小数点最少者的位数相同。

② 进行乘法运算时,以有效数值位数最小的那一个数为准,其余各数及乘(或商)均舍入至比该因子多一位,而与小数点位置有关。

③ 将数平方或开方后,结果可比原数多保留一位。

④ 数据进行对数运算时,几位有效数字的数应该用几位对数表。

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。

1.3.2 曲线处理

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

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 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的曲线。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——分组平均法来均匀曲线。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 1-2 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。

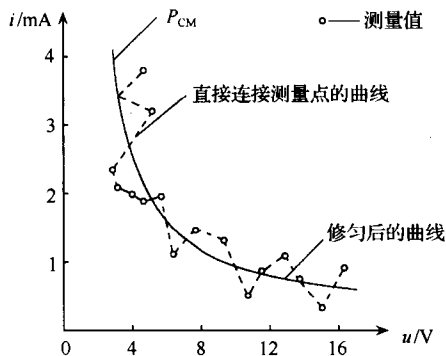


图 1-1 直接连接测量点时曲线的波动情况

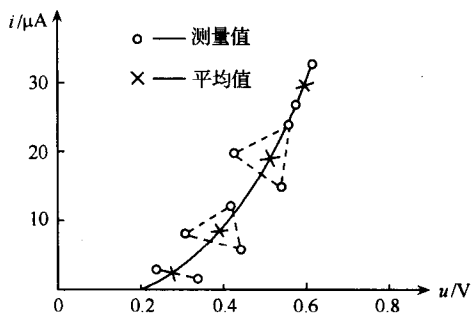


图 1-2 分组平均法修匀的曲线

对电子技术实验误差分析与数据处理应注意几点:

- 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 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的关系应该是测量值=示值+误差。因此测量前对测量仪器的误差及检定、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 正确估计方法误差的影响。电子技术中采用的理论公式常常是近似公式,这将带来方法误差;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,因此要考虑理论计算值的误差范围。
- ⑤ 应注意剔除粗差。

第2章 电子技术实验中的常用测量方法

2.1 电子测量的基本概念

2.1.1 电子测量

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。电子测量是指以电子技术为基本手段的一种测量技术。电子测量除具体运用电子科学的原理、方法和设备对各种电量、电信号及电路元器件的特性和参数进行测量外,还可以通过各种传感器件对非电量进行测量。

2.1.2 测量方法分类

一个物理量的测量,可以通过不同的方法实现。测量方法的选择正确与否,直接关系到测量结果的可信赖程度,也关系到测量工作的经济性和可行性。不当和错误的测量方法,除了得不到正确的测量结果外,甚至会损坏测量仪器和被测量设备。有了先进精密的测量仪器设备,并不等于就一定能获得准确的测量结果。必须根据不同的测量对象、测量要求和测量条件,选择正确的测量方法、合适的测量仪器,构成实验的测量系统,进行细心的操作,才能得到理想的测量结果。

测量方法可分为下列几种。

1. 按测量方法分类

① 直接测量。直接测量是直接从测量的实测数据中得到被测量结果的方法。如用电压表测量放大电路的直流工作电压,欧姆表测量电阻等。

② 间接测量。间接测量是指利用测量的量与被测量之间的函数关系(公式、曲线、表格等),间接得到被测量量值的测量方法。如测量电阻上的功率 $P=UI=U^2/R$, 可以通过测量电阻上的电压和电阻,计算其电阻上的功率。又如测量放大电路的电压放大倍数 $A_u=U_o/U_i$, 分别测量输出电压和输入电压,计算其电压放大倍数。

2. 按被测量性质分类

① 时域测量。时域测量也称作瞬态测量,主要测量被测量随时间变化的规律,被测量是时间的函数。如电压信号,可以用示波器观察其波形、测量瞬态量、测量其幅值;可用毫伏表测量其稳态量、测量其有效值。

② 频域测量。频域测量也称作稳态测量,主要测量被测量的幅频特性和相频特性,被测量是频率的函数。如用频率特性测试仪测量放大电路的幅频特性、相频特性。

③ 数据域测量。数据域测量也称作逻辑量测量,是指用逻辑分析仪等设备测量数字量或电路的逻辑状态。

④ 随机测量。随机测量又称为统计测量,主要对各类噪声信号进行动态测量和统计分析。

2.2 电压测量

电压是一个基本物理量,是电路中表征电信号能量的三个基本参数(电压、电流、功率)之一。许多电参数,如增益、频率特性、电流、功率等都要通过测量电路的电压而获得。在电子电路中,电路的工作状态,如放大、饱和、截止、谐振以及电路的动态范围等,都需要通过测量电路的电压后进行判断。最重要的是,电压测量直接、方便,将电压表并接在被测电路上,只要电压表输入阻抗足够大,就可以在对原电路工作状态没有影响的前提下获得满意的测量结果。而电流测量是将电流表串接在电路中进行测量,这样测量既不方便,又不准确。所以电压测量是电子测量的基础,在电子电路的测量和调试中,电压测量是不可缺少的基本测量。

在电压测量中,要根据被测电压的性质(直流或交流)、工作频率、波形、被测电路阻抗、测量精度等来选择测量仪器(如仪器的测量对象、功能、量程、阻抗、频率、准确等级)。

交、直流电压的测量方法有直接测量法和间接测量法。

2.2.1 直接测量法

用万用表可直接测量直流电压。测量时尽可能使电压表的量程与被测的电压接近,以提高数据的有效位数。用万用表也可直接测量 50Hz 交流电压。

用毫伏表可直接测量信号电压的有效值。测量时应尽量选择适合的量程使被测电压的指示值超过满刻度的三分之二,以便减小测量误差。

2.2.2 比较测量法

比较测量法是用已知电压值(一般为峰-峰值)的信号波形与被测信号电压波形比较,并计算出电压值。

1. 示波器测直流电压

将示波器“AC-GND-DC”开关置“GND”,并将时基线与荧光屏幕的某水平刻度重合作为参考零电压基准,然后将开关置于“DC”。这时,时基线上移或下移,根