

电工电子实践

电工技术实践

任维政 高英 编



科学出版社
www.sciencep.com

TM/153

2008

电工电子实践

电工技术实践

任维政 高 英 编

第2版 (CIP) 目次

电工技术实践 (第2版) 任维政、高英编 北京: 科学出版社, 2008

(电工技术实践)

ISBN 978-7-03-023004-5

1. 电... Ⅱ. 任... 高... Ⅲ. 电工技术-基本知识 Ⅳ. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第040875号

责任编辑: 李亚东 封面设计: 李亚东

责任印制: 李亚东 封面设计: 李亚东

科学出版社 北京

<http://www.sciencep.com>

科学出版社

北京

100071

<http://www.sciencep.com>

科学出版社

定价: 29.00元

北京 (CIP) 数据

内 容 简 介

本书是“电工电子实践”丛书之一。全书共分9章,包括电工基础实践知识,常用电子元器件,常用电子测量仪器的原理与应用,直流电路研究与实践,动态电路的特性研究和交流电路研究与实践,常用的电路仿真工具软件,电工基础制作工艺,集成数字万用表装配调试等内容。书后还提供了4个附录,分别介绍信号发生器、数字毫伏表、可跟踪直流稳定电源及示波器的使用指南。本书遵循认知规律,以实践训练为主,将理论知识与实践内容有机结合,突出电工电子技术的实用性。内容由浅入深,循序渐进,图文并茂,体系完整。

本书可供高等院校电工电子类相关专业师生阅读。同时,也可作为从事电子产品开发、设计、生产的技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术实践/任维政,高英编. —北京:科学出版社,2008
(电工电子实践)

ISBN 978-7-03-022004-2

I. 电… II. ①任…②高… III. 电工技术-基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 070875 号

责任编辑:岳亚东 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年6月第一版 开本:B5(720×1000)

2008年6月第一次印刷 印张:18 1/2

印数:1—5000 字数:301 000

定 价:29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前言

电子技术已成为当今科学技术领域中最活跃、影响最广泛的学科之一。电子技术在促进国防建设、科学技术研究、工农业生产、第三产业发展以及提高生活质量等方面发挥了不可替代的作用。由于电子技术自身的飞速发展,电子技术与我们的生产生活越来越密切相关,几乎渗透到生产生活的各个领域。同时,电子技术自身的飞速发展对不同层次的技术人员的需求迅猛增加,创造了非常广阔的就业机会。电工实践知识与技能是学习电子技术相关专业的必备基础,为了满足不同领域、不同层次电工电子技术人才学习的要求,特编写了此书。

本书在内容安排上,力求具有很强的通用性和选择性,适用于高校电工电子类相关专业及非电类专业根据教学大纲的需要选用。同时,也适用于从事电子产品开发、设计、生产的科技人员使用的参考。

本书遵循认识规律,以实践训练为主,将理论知识与实践内容有机结合,突出电工电子技术的实用性。内容由浅入深,循序渐进,图文并茂,体系完整。在满足对电工电子基本实践知识和技能学习的基础上,引入先进的设计方法和 EDA 工具,力争紧跟技术发展前沿,适应人才市场需求。

本书以理论与实践结合、知识与能力并重为编写原则,在内容安排上,从电工基础实践知识、常用电子元器件和常用电子测量仪器入手,逐步引入了电工电子技术所涉及的基本实践知识与技能。在掌握一定的电工基本知识和技能的基础上,依次介绍了直流电路研究与实践,动态电路的特性研究和交流电路研究与实践等相关实践内容。然后,介绍了常用的电路仿真工具软件和电工基础制作工艺。最后给出了集成数字万用表装配调试综合实践实例,使读者能完整系统地了解工程实践流程和方法,并能够举一反三掌握基本技能。本书旨在起到抛砖引玉的作用。

本书的出版,得益于北京邮电大学电子信息实验教学中心的实验教师们长期实验教学经验和成果的积累,没有他们的宝贵经验和丰富的实验教学资源,也就没有本书的顺利出版。在此,对给予我们帮助的所有老师表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,本书难免有许多不妥之处,恳请读者给予批评指正。

编者

2008年3月于北京邮电大学

目 录

第 1 章 电工基础实践基本知识	1
1.1 电子测量基本概念	2
1.2 误差的基本知识与数据处理	2
1.2.1 电子测量中产生误差的原因	3
1.2.2 误差的分类	3
1.2.3 误差的表示方法	4
1.2.4 测量数据的处理	5
1.2.5 图解分析数据	7
1.3 常见故障及排除方法	8
1.3.1 常见故障原因	8
1.3.2 常见故障诊断方法	8
1.4 常用电工工具	10
1.5 用电安全常识	13
1.5.1 用电人身安全	13
1.5.2 设备安全与保护	17
第 2 章 常用电子元器件	21
2.1 电阻器	22
2.1.1 电阻器的分类及型号命名	22
2.1.2 电阻器的技术指标	24
2.1.3 电阻器的标识方法	26
2.1.4 电阻器的选用与测量	27
2.2 电容器	29
2.2.1 电容器的分类及型号命名	29
2.2.2 电容器的技术指标	31
2.2.3 电容器的标识方法	32

2.2.4	电容器的选用与检测	32
2.3	电感器	34
2.3.1	电感器的分类及技术指标	34
2.3.2	电感器的标识方法	35
2.3.3	电感器的检测	36
第3章	常用电子测量仪器的原理与应用	39
3.1	万用表的原理与应用	40
3.1.1	模拟式万用表的组成	40
3.1.2	直流电压的测量	42
3.1.3	直流电流的测量	44
3.1.4	电阻的测量	47
3.1.5	交流电压的测量	50
3.2	直流稳压电源的原理与使用	51
3.3	信号发生器的原理与使用	53
3.3.1	低频信号发生器的原理与使用	53
3.3.2	函数信号发生器的原理与使用	55
3.4	电子示波器的原理与应用	57
3.4.1	示波器的基本原理	57
3.4.2	示波器的正确使用与调整	66
3.4.3	电压的测量	68
3.4.4	周期与频率的测量	69
3.4.5	相位差的测量	71
3.5	毫伏表的原理与使用	72
第4章	直流电路研究与实践	75
4.1	欧姆定律的研究	76
4.1.1	电阻为定值,改变电压的实验	77
4.1.2	电压为定律,改变电阻的实验	78
4.2	串并联电路的研究	79
4.2.1	串联电路的特性实验	81
4.2.2	并联电路的特性实验	81
4.2.3	混联电路的特性实验	82
4.3	基尔霍夫定律和叠加定理的研究	84
4.3.1	基尔霍夫定律实验	85

4.3.2	叠加定理实验	86
4.4	戴维南定理的研究	88
4.4.1	测量有源二端网络开路电压的实验	90
4.4.2	测量有源二端网络等效内阻的实验	91
4.4.3	戴维南定理的验证实验	93
第5章 动态电路的特性研究		95
5.1	RC一阶电路响应的研究	96
5.1.1	微分电路实验	100
5.1.2	积分电路实验	101
5.2	RC二阶电路过渡过程的研究	102
5.2.1	方波响应测试实验	107
5.2.2	状态轨迹的测定实验	108
第6章 交流电路研究与实践		111
6.1	R、L、C的交流特性	112
6.1.1	电阻元件的特性实验	114
6.1.2	电感元件的特性实验	116
6.1.3	电容元件的特性实验	117
6.2	RL串联电路的交流特性	118
6.2.1	电压、电流、相位的测定实验	119
6.2.2	RL串联电路的频率特性实验	120
6.3	RC串联电路的交流特性	122
6.3.1	电压、电流、相位的测定实验	123
6.3.2	RC串联电路的频率特性实验	124
6.4	谐振电路的研究	125
6.4.1	串联谐振电路特性实验	129
6.4.2	并联谐振电路特性实验	130
第7章 常用电路仿真工具		133
7.1	PSpice 8.0 软件及应用	134
7.1.1	PSpice 8.0 简介	134
7.1.2	电路图编辑	138
7.1.3	分析类型设置	143
7.1.4	执行仿真分析	146

7.1.5	查看分析结果	147
7.1.6	PSpice 8.0 的应用	149
7.2	Multisim7 软件及应用	154
7.2.1	Multisim7 简介	154
7.2.2	电路图的绘制	157
7.2.3	使用虚拟仪器	160
7.2.4	基本分析功能	165
7.2.5	Multisim7 的应用	171
第 8 章 电工基础制作工艺		179
8.1	焊接工艺	180
8.1.1	焊接的基础知识	180
8.1.2	手工焊接	183
8.1.3	工业生产中的焊接技术	188
8.2	印制电路板	190
8.2.1	印制电路板简介	190
8.2.2	Protel DXP 原理图的设计	192
8.2.3	Protel DXP 电路板的设计	201
8.2.4	PCB 板设计常识	210
8.3	电子产品装配与调试	213
8.3.1	电子产品装配	214
8.3.2	电子产品的调试	215
第 9 章 集成数字万用表装配调试		217
9.1	数字万用表工作原理	218
9.2	主要技术指标	225
9.3	DT830D 型数字万用表装配	226
9.4	测试、校准及故障维修	232
9.5	使用方法	236
附录 1 TFG2000 系列信号发生器使用指南		239
1.1	检查整机与附件	240
1.2	接通仪器电源	240
1.3	前面板总揽	240
1.4	后面板总揽	241

1.5	用户界面	242
1.5.1	显示说明	242
1.5.2	键盘说明	244
1.5.3	常用操作	244
1.5.4	初始化状态:开机或复位后仪器的工作状态	246

附录2 SM1020 数字毫伏表使用指南 247

2.1	SM1020 前面板总揽	248
2.2	SM1030 前面板总揽	248
2.3	按键和插座	249
2.4	指示灯	249
2.5	液晶显示屏	250
2.5.1	开机时显示厂标和型号	250
2.5.2	显示工作状态和测量结果	250
2.6	后面板总揽	250
2.7	测量方法	251
2.7.1	测量方法	251
2.7.2	预热 30min	251
2.7.3	输入信号	251
2.7.4	手动测量	251
2.7.5	自动量程的使用	251
2.7.6	电平单位的选择	251
2.7.7	关机后再开机,间隔时间应大于 10s	252
2.8	RS232 接口	252
2.8.1	接口性能	252
2.8.2	进入程控	252
2.8.3	地址信息	253
2.8.4	接口参数选择	253
2.8.5	程控命令	253

附录3 SS 系列可跟踪直流稳定电源使用指南 255

3.1	前面板总揽	256
3.2	操作说明	257
3.2.1	独立输出操作模式	257
3.2.2	串联跟踪输出模式	258

3.2.3	并联跟踪输出模式	260
3.2.4	CH3 输出操作(适用于 SS3323、SS3325、SS4323、SS4325)	261
3.2.5	CH4 输出操作(适用于 SS4323、4325)	261
3.2.6	稳压/稳流的特性	261
3.3	调整	262
3.3.1	独立模式的调整	262
3.3.2	串联追踪调整	263
3.3.3	并联追踪模式	263
3.3.4	CH3、CH4 输出的调整(适用于 SS3323、SS3325、SS4323、SS4325)	263
3.4	通用指标	264
附录 4 GOS-6051/50/31/30 示波器使用指南		265
4.1	产品介绍	266
4.2	使用前的注意事项	266
4.2.1	包装的拆卸	266
4.2.2	检查电源电压	266
4.3	面板介绍	267
4.3.1	前面板	267
4.3.2	后面板	274
4.4	操作方法	275
4.4.1	读出显示器	275
4.4.2	输入信号的连接	275
4.4.3	调整 and 检查	276
4.4.4	功能检查	278
4.4.5	基本操作	279

第 1 章

电工基础实践基本知识

本章重点

掌握误差的基本知识与实验数据处理基本方法;了解电子测量常见故障,理解和掌握常用电子测量故障的诊断和排除方法。

本章目的

1. 了解电子测量基本概念;掌握误差的基本知识与实验数据处理基本方法。
2. 了解电子测量常见故障,理解和掌握常用电子测量故障的诊断和排除方法。
3. 了解常用电工工具的种类及基本用途。

1.1 电子测量基本概念

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。电子测量是测量学的一个重要分支。从广义上,凡是利用电子技术进行的测量都可以说是电子测量;从狭义上来说,电子测量是指在电子学中测量有关电的量值。它包括的内容主要有电能量测量、电路参数测量以及电信号的特性及所受干扰的测量等。

电能量的测量主要指测量电流、电压、电功率、电场强度等。电路参数测量主要包括频率响应、通频带、阻抗、品质因数、相移量、延时、增益和衰减等。电信号的特性及所受干扰的测量包括信号的频率、相位、失真、频谱及噪声、干扰等的测量。

与其他测量相比,电子测量具有以下几个明显特点:

- (1) 测量频率范围宽。
- (2) 测量精确度高。
- (3) 测量的量程很广。
- (4) 测量速度快灵活性高。
- (5) 易于实现遥测和长期不间断的测量。
- (6) 易于实现测量过程的自动化和测量仪器的微机化。

【讨论与思考】

1. 通过实例说明电子测量的特点。
2. 你认为电子测量的主要发展趋势是什么?

1.2 误差的基本知识与数据处理

在电子测量的过程中,由于测量方法、测量仪器及测量人等各方面的因素,使得测量结果与客观实际值之间存在差异,这种差异称为测量误差。测量误差是不可避免的,但是可以通过合理选择测量仪表和测量方法减小误差,以获得符合要求的测量结果。为此,必须了解有关测量误差和数据处理的相关知识。

1.2.1 电子测量中产生误差的原因

分析电子测量中的误差产生的原因,有助于测量人员采取适当措施,减小测量误差。影响误差的因素可以从以下几方面考虑。

(1) 仪表的因素。仪器仪表本身及附件电气和机械性能的不完善,例如仪表选择不当、仪表安装摆放不当、仪表零位偏移、刻度的不准确等原因都会引起测量误差。

(2) 环境的因素。外界环境如温度、湿度、光照、电磁场、机械振动、放射性等因素的影响,会给电子测量带来误差。

(3) 测量方法的因素。由于测量方法选择不当或依据的理论不严格,计算过程使用近似公式、近似值都会引起测量误差。测量过程中不按照技术规范操作也会使测量误差增大。

(4) 实验者人为因素。测量过程中测量者本身的原因,如分辨能力、工作习惯、疲劳程度及责任心等也是引起误差的重要因素。

1.2.2 误差的分类

根据误差的性质和来源,可以将测量中的误差分为系统误差、随机(偶然)误差和粗大(过失)误差。

1. 系统误差

由于测量仪器或工具本身的局限、测量原理或测量方法的缺陷、实验操作及实验人员的心理生理条件的制约带来的测量误差,称为系统误差。

系统误差的特点是在相同测量条件下、重复测量,所得测量结果总是偏大或总是偏小,且误差数值一定或按一定规律变化。

减小系统误差通常可以通过改变测量工具或测量方法,也可以对测量结果考虑修正值。

2. 随机(偶然)误差

由于偶然的或不确定的因素所造成的每一次测量值的无规则变化(涨落),叫做偶然误差或随机误差。产生偶然误差的原因很多,例如,观测时机不对,读数不准确,周围环境的偶然变化或电源电压的波动等因素的影响等,使观察值不按方向性和系统性而随机地变化。随机误差服从正态分布,可以用多次测量结果取算术平均值的方法减小随机误差。

3. 粗大(过失)误差

指在一定的测量条件下,测量值明显偏离真实值形成的误差。粗大

误差产生的原因可能是读错刻度、记错数字、计算错误及方法错误等,可以通过提高测量者的测量技术和责任心加以避免。

1.2.3 误差的表示方法

在介绍误差的表示方法之前,为表述的方便,首先了解两个术语。

真值:指被测量的客观实际值。在不同的时间空间等客观环境下,真值也往往是不同的,但在确定的时空条件下,真值是客观存在的。

约定真值:计量学上的真值是不能得到的,但可以用高级或数级的标准仪器或计量器具所测得的数值,或者理论值来代替真值,称为约定真值,简称真值。

常用的误差表示方法有绝对误差、相对误差和容许误差。

1. 绝对误差

在测量过程中得到的被测参数的测量值 X 与其真值 A_0 之间的差称为绝对误差,用 ΔX 表示:

$$\Delta X = X - A_0$$

真值在实际测量中是无法获得的,一般用约定真值 A 代表真值,这时绝对误差为

$$\Delta X = X - A$$

ΔX 是一个具有大小、符号和单位的值,反应的是测量结果与真值的偏差程度,但不能反映测量的准确程度。

2. 相对误差

相对误差是绝对误差与真值的比值,取百分数形式,用 γ 表示:

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

用绝对误差无法比较不同测量结果的可靠程度,但用相对误差可以评价这种可靠程度,例如,用欧姆表测量两个阻值分别是 $10\text{k}\Omega$ 和 100Ω 的电阻,两次测量的绝对误差都是 2Ω ,从绝对误差来看,对两次测量的评价是相同的,但是,前者的相对误差为 0.2% ,后者则为 2% ,后者的相对误差是前者的一百倍。

3. 容许误差(最大误差)

一般测量仪表准确度常用容许误差表示。它是根据技术条件规定某一类仪器的误差不应超过的最大范围。通常仪器(包括量具)技术说明书所标明的误差,都是指容许误差。在指针式仪表中,容许误差就是满刻度相对误差,我国电工仪表的准确度用等级表示,分别为 0.1 、 0.2 、 0.5 、

1.0、1.5、2.5 和 5 共七级。一只满度为 10V、准确度为 1.5 级的电压表,测量时的最大绝对误差为

$$10\text{V} \times (\pm 1.5\%) = \pm 0.15\text{V}$$

若表头示值为 6V,则被测电压的真值在 $6\text{V} \pm 0.15\text{V} = 5.85 \sim 6.15\text{V}$ 范围内;若表头示值为 2V,则被测电压的真值在 $2\text{V} \pm 0.15\text{V} = 1.85 \sim 2.15\text{V}$ 范围内。

在元器件参数里也常用容许误差表示元器件标称值与实际值间的误差,例如,电阻标称值为 $10\text{k}\Omega$ 容许误差为 5% 的电阻器,它的最大绝对误差为 $10\text{k}\Omega \times (\pm 5\%) = \pm 0.5\text{k}\Omega$,它的实际阻值应在 $10\text{k}\Omega \pm 0.5\text{k}\Omega = 9.5 \sim 10.5\text{k}\Omega$ 范围内。

1.2.4 测量数据的处理

1. 有效数字的概念

在对测量数据进行记录以及利用测量数据进行计算的过程中,涉及如何用合理的近似数恰当表达测量结果的问题,即有效数字的问题。

有效数字是从数据的左边第一个不为零的数字算起,直到右边最后一位数字为止的所有各位数字,这些数字的个数即为有效数字的位数。例如 0.100V、330k Ω 、1.05mA 都是三位有效数字。

2. 有效数字与测量误差的关系

测量过程中,数据的有效数字位数的保留方法有两种情况。

(1) 和误差保持一致,误差不超过有效数字末位单位数字的一半。

例如,一只满度为 10V、准确度为 0.5 级的电压表,测量时的最大绝对误差为

$$10\text{V} \times (\pm 0.5\%) = \pm 0.05\text{V}$$

如果指示值为 5.33V,则实际值范围为 5.28~5.38V,根据误差不超过有效数字末位单位数字一半的原则,可以记录为 5.3V。但人们习惯上使数据的末位与绝对误差对齐,因此一般还是记录为 5.33V。

(2) 直接测量值的有效数字取决于读数时能读到哪一位。

如量程为 50V 的电压表,它的最小刻度是 1V,因读数只能读到小数点后第 1 位,如 30.3V 时,有效数字是三位。若测量时指针正好位于 12V 刻度上,则数据应记为 12.0V,仍然是三位有效数字(不能记为 12V)。所记录的有效数字中,必须有一位而且只能是最后一位是在一个最小刻度范围内估计读出的,而其余的几位数是从刻度上准确读出的。

由此可知,在记录直接测量值时,所记录的数字应该是有效数字,其中应保留且只能保留一位是估计读出的数字。

3. 有关有效数字的注意事项

(1) 单位变换时数据的有效位数不能改变。

例如,被测电压记为 1000mV 时,是 4 位有效数字,表示精确到 mV 级,进行单位变换时不能写成 1V,因为 1V 的写法只有一位有效数字,并且只能表示精确到 V 级。所以,1000mV 应该写为 1.000V,不改变有效数字位数,也不改变精确度。

(2) 用“10”的方幂来表示数据时,符号“ $\times$ ”前面的数字都是有效数字。

例如 $3.50 \times 10^2 \text{ V}$ 、 $0.521 \times 10^4 \text{ mW}$ 都是三位有效数字。

4. 数据的舍入规则

当只需要 N 位有效数字时,对第 $N+1$ 位及其后面的各位数字就要根据舍入规则进行处理,而通常所说的“四舍五入”规则有一定的不合理性,因为“5”是 1~9 的中间数字,只入不舍显然不合理,应该有舍有入。现在普遍采用的舍入规则是“四舍六入”,具体规则是:

(1) 第 $N+1$ 位为小于 5 的数时,舍掉第 $N+1$ 位及其后面的所有数字;若第 $N+1$ 位为大于 5 的数时,舍掉第 $N+1$ 位及其后面的所有数字的同时,在第 N 位加 1。

(2) 当第 $N+1$ 位恰为“5”时,若“5”之后有非零数字,则在舍 5 的同时,在第 N 位加 1;若“5”之后无数字或为 0 时,则由“5”之前的数的奇偶性来决定舍入,如果“5”之前为奇数则舍“5”且第 N 为加 1,如果“5”之前为偶数则舍“5”,第 N 位不变。

5. 有效数字的运算

当需要对多个测量结果进行运算时,有效数字的保留原则上取决于误差最大即小数点后有效数字位数最少的那一项。

(1) 加、减运算。先将各数据小数点后的位数处理成与小数点后有效数字位数最少的数据相同后再进行计算。要尽量避免两个相近数的相减,以免对计算结果产生很大的影响,非减不可时,应多取几位有效数字。

(2) 乘、除运算。先将各数据处理成与有效数字位数最少的数据相同或多一位后再进行计算,运算结果的有效数字位数也应处理成与有效数字位数最少的数据相同。注意:在乘、除运算中,有效数字的取舍与小数点无关。

(3) 乘方与开方运算。运算结果应比原数据多保留一位有效数字。