



高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专电子信息类系列教材

电子测量技术与实训 简明教程

王成安 李福军 主 编



科学出版社

www.sciencep.com

高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专电子信息类系列教材

电子测量技术与实训简明教程

王成安 李福军 主 编

王 超 龙立钦 贾厚林 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介 “五一十” 育 建 业 职 等 高

本书以测量对象为中心,介绍使用各种测量仪器的操作方法,内容先进实用,可操作性强。书中介绍了现代电子测量仪器的特点与应用,重点阐述了电子测量技术的最新成果和仪器。内容包括电子测量技术的基础知识、测量用信号发生器、电压和电流的测量技术、频率和时间的测量技术、电子元件参数的测量技术、电路频率特性的测量技术、数据信号的测量技术、虚拟测试技术、智能化测量仪器与自动测量系统。书中还选择了九个实训课题,使用各种仪器对各种被测对象进行测量训练。

本书可作为高职高专电子信息工程和应用电子技术专业的教材,对于具体从事电子测量技术工作的人员也有指导价值。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量技术与实训简明教程/王成安,李福军主编. —北京:科学出版社, 2007

(高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专电子信息类系列教材)
ISBN 978-7-03-019063-5

I. 电… II. ①王…②李… III. 电子测量-高等学校:技术学校-教材
IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 082769 号

责任编辑:赵卫江/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 7 月第一次印刷 印张:16 1/4

印数:1—3 000 字数:370 000

定价:23.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138017 (VI01)

出版说明

进入 21 世纪, 国际竞争日趋激烈, 竞争的焦点是人才的竞争, 是全民素质的竞争。人力资源在增强国家综合国力方面发挥着越来越重要的作用, 而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

温家宝总理在主持召开教育工作座谈会时提出, 职业教育是面向人人的教育, 要把发展职业教育放在更加重要、更加突出的位置来抓。国家大力发展职业教育, 使得职业教育进入了蓬勃发展时期, 驶入了高速发展的快车道。

高等职业教育要面向地区经济建设和社会发展, 适应就业市场的实际需要, 培养生产、建设、服务、管理第一线需要的实用人才, 真正办出特色。因此, 不能以本科压缩和变形的形式组织高等职业教育, 必须按照高等职业教育的自身规律组织教学体系。

为此, 我社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风, 集中电子信息大类相关专业的专家、各职业院校“双师型”教师, 编写了高职高专层次系列教材。这些教材以普通高等教育“十一五”国家级规划教材和中国科学院获奖教材为主体, 包括如下两个部分:

- 高职高专计算机类系列教材, 又分
 - 计算机专业基础系列教材
 - 计算机应用技术系列教材
 - 网络工程系列教材
 - 软件工程系列教材
- 高职高专电子信息类系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据, 以方便教师授课为标准, 以应用型就业岗位需求为中心, 以素质教育、创新教育为基础, 以学生能力培养为本位, 力求突出以下特色。

1. 理念创新: 秉承“教学改革与学科创新引路, 科技进步与教材创新同步”的理念, 根据新时代对高等职业教育人才的需求, 出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系列配套的高职高专教材。

2. 方法创新: 摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法, 专门开发符合高职特点的“对口教材”。

3. 特色创新: 加大实训教材的开发力度, 填补空白, 突出热点。保证所有教材都配有“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学资源, 以方便教师教学与学生学习。对于部分专业, 组织编写“双证”教材, 注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

4. 内容创新: 在教材的编写过程中, 力求反映知识更新和科技发展的最新动态, 将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中, 体现了高职教育专业紧密联系生产、建设、服务、管理第一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在使用本系列教材后提出宝贵意见, 以便我们进一步做好修订工作, 出版更多的精品教材。

科学出版社

2007 年 1 月

前 言

《电子测量技术与实训简明教程》是按照教育部制定的高职高专电子信息类专业的教学要求进行编写的,目的是使学生掌握现代电子测量技术,掌握新型电子测量仪器的基本操作方法,在实际工作中具有制定先进、合理的测试方案,正确选用测量仪器,正确处理测试数据,以获得最佳测试结果的能力。

《电子测量技术与实训简明教程》以先进性和实用性为宗旨,打破了以往介绍电子测量技术的教材以测量仪器为中心的编写方法,改为以测量对象为中心,讲解使用各种仪器的具体测量方法。尽管各学校的教学条件和实验室的测量仪器有所不同,但都能从本书学习到对被测对象的具体测量方法。按照这种体系编写的教材,对于在生产岗位上进行具体操作的测量人员,也是一本有实际意义的操作指导书。

《电子测量技术与实训简明教程》力求内容实用、叙述精炼,具有实际操作的指导性,努力反映现代电子测量技术的新方法、新产品、新技术和新动态,以适应日益发展的社会需求。通过学习,可以使明确关于电子测量的基本概念,了解测量误差理论和对数据的处理方法,掌握基本电参量的测量方法及结果分析方法,掌握通用电子测量仪器的整机组成和具体操作,了解现代测量技术及测量仪器的最新动向。

本书共分 10 章。第 1 章“电子测量技术的基础知识”,介绍电子测量的内容、分类和方法,简介电子测量的误差理论及处理方法。第 2 章“测量用信号发生器”,介绍各种测量用信号发生器的种类、技术指标和选择方法。第 3 章“电压和电流的测量技术”,以电压和电流为测量对象,介绍使用各种仪器的测量方法。第 4 章“频率和时间的测量技术”,以频率、时间和相位差为测量对象,介绍使用各种仪器的测量方法。第 5 章“电子元件参数的测量技术”,以常用电子元件为测量对象,介绍使用各种仪器的测量方法。第 6 章“电路频率特性的测量技术”,以电路频率特性为测量对象,介绍使用各种仪器的测量方法。第 7 章“数据信号的测量技术”,以数据信号为测量对象,介绍使用各种仪器的测量方法。第 8 章“虚拟测试技术”,介绍了最新的 Multisim 软件及使用方法,并安排了电路仿真的测试实例。第 9 章“智能化测量仪器与自动测量系统”,介绍了电子测量技术的最新成果和实际仪器。第 10 章“电子测量技术实训”,选择了九个实训课题,介绍使用各种仪器对各种被测对象进行测量训练,各学校可根据自己的实际情况,选择合适的项目对学生进行实训。为方便学生学习,每章都有章首引言和本章小结,章后配以深浅适度的习题。

本书由辽宁省 2003 年高等教育专业精品课主讲人、辽宁机电职业技术学院王成安教授和李福军副教授任主编。王成安制定了编写大纲,撰写了前言、第 9 章和第 10 章。李福军编写了第 2 章和第 8 章,并对全书进行统稿。贵州电子信息职业技术学院龙立钦实验师编写了第 3 章和第 6 章,王超编写了第 1 章和第 5 章。无锡职业技术学院贾厚林副教授编写了第 4 章和第 7 章。在此对为本书的出版做出贡献的同志表示深深的感谢。

尽管我们在电子测量技术与实训教材的建设方面做了许多努力,但由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请兄弟院校的师生给予批评和指正。请您把对本书的建议告诉我们,以便修订时改进。所有意见和建议请寄往: E-mail: wang-ca420@sohu.com。

编者 2007年3月

本书是在《电子测量技术》课程的教学过程中,根据《国家职业技能鉴定大纲》的要求,结合编者多年的教学经验和实训经验编写而成的。本书可作为高职高专院校电子测量技术课程的教学用书,也可供从事电子测量技术工作的工程技术人员参考。

本书共分4章。第1章为绪论,主要介绍电子测量的基本概念、电子测量的发展概况、电子测量的分类、电子测量的特点、电子测量的应用等。第2章为电子测量的误差理论,主要介绍误差的概念、误差的分类、误差的表示方法、误差的合成与分解、误差的传递等。第3章为电子测量的仪器与设备,主要介绍电子测量的常用仪器、电子测量的常用设备、电子测量的常用工具等。第4章为电子测量的实训,主要介绍电子测量的基本操作、电子测量的基本方法、电子测量的基本步骤等。

本书在编写过程中,参考了有关文献资料,并得到了有关领导和同事的支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

第1章 电子测量技术的基础知识	1
1.1 电子测量的内容	1
1.1.1 电子测量的意义	1
1.1.2 电子测量的特点	2
1.2 电子测量的方法	3
1.2.1 按测量手段分类	3
1.2.2 按被测量性质分类	4
1.3 电子测量仪器	4
1.3.1 电子测量仪器的分类	4
1.3.2 电子测量仪器的主要技术指标	6
1.4 电子测量的误差和处理方法	6
1.4.1 测量误差的表示方法	6
1.4.2 测量误差的来源与分类	9
1.4.3 测量误差的估计和处理	10
本章小结	15
习题1	16
第2章 测量用信号发生器	17
2.1 信号发生器的种类和技术指标	17
2.1.1 信号发生器的用途	17
2.1.2 信号发生器的分类	17
2.1.3 信号发生器的一般组成	18
2.1.4 信号发生器的主要技术指标	19
2.2 低频信号发生器	21
2.2.1 低频信号发生器的组成与技术指标	21
2.2.2 低频信号发生器的操作使用实例	23
2.2.3 低频信号发生器的典型应用	27
2.3 高频信号发生器	27
2.3.1 高频信号发生器的组成与原理	28
2.3.2 高频信号发生器的主要性能指标	29
2.3.3 高频信号发生器使用步骤与技巧	29
2.3.4 调幅高频信号发生器的典型应用	32
2.4 函数信号发生器	34
2.4.1 函数信号发生器的组成与原理	34
2.4.2 正弦波形成电路	35
2.4.3 函数信号发生器的性能指标	36

2.5 合成信号发生器	37
2.5.1 直接合成法	37
2.5.2 间接合成法	39
本章小结	42
习题2	43
第3章 电压和电流的测量技术	46
3.1 电压和电流测量的基本要求与方法	46
3.1.1 电压和电流测量的基本要求	46
3.1.2 直流电流的测量	47
3.1.3 交流电流的测量	48
3.1.4 直流电压的测量	49
3.1.5 交流电压的测量	49
3.1.6 交流电压的基本参数	50
3.1.7 电压和电流测量的注意事项	52
3.2 使用电子电压表测量电压的操作方法	52
3.2.1 电子电压表的分类	52
3.2.2 均值电压表	53
3.2.3 有效值电压表	54
3.2.4 峰值电压表	56
3.2.5 模拟式电压表的刻度特性	57
3.2.6 模拟式电压表的使用方法	58
3.3 使用数字电压表测量电压的操作方法	60
3.3.1 DVM的主要性能指标及测量误差	60
3.3.2 数字电压表使用方法	61
3.3.3 数字万用表使用方法	63
3.3.4 使用示波器测量电压的操作方法	70
本章小结	73
习题3	74
第4章 频率和时间的测量技术	76
4.1 频率和时间测量的基本要求和方法	76
4.1.1 频率的测量	77
4.1.2 时间测量	79
4.2 使用示波器测量频率的操作方法	79
4.2.1 示波器的工作原理及主要技术性能	79
4.2.2 正确使用示波器测量信号频率	84
4.2.3 使用示波器测量频率的操作方法	86
4.3 使用电子计数器测量频率的操作方法	88
4.3.1 电子计数器的分类	88
4.3.2 电子计数器的主要技术指标	89
4.3.3 电子计数器的组成和测量功能	89

4.3.4 用电子计数器进行频率的测量	91
4.3.5 电子计数器测量频率的操作方法	92
4.4 使用数字频率计测量频率的操作方法	95
4.4.1 数字频率计的测量原理	95
4.4.2 SP1500 型数字频率计的面板介绍	95
4.4.3 SP1500 型数字频率计的技术指标及使用说明	96
4.5 时间间隔的测量方法	98
4.5.1 时间间隔测量的原理	99
4.5.2 测量方法	99
4.6 相位差的测量方法	100
4.6.1 示波器测量相位差	100
4.6.2 电子计数器测量相位差	101
本章小结	102
习题 4	102
第 5 章 电子元件参数的测量技术	104
5.1 电子元件参数测量的基本要求和方法	104
5.1.1 电阻器的测量方法和要求	104
5.1.2 电感器的测量方法和要求	106
5.1.3 电容器的测量方法和要求	109
5.2 使用万用电桥测量电阻、电容和电感的操作方法	110
5.2.1 万用电桥结构和工作原理	111
5.2.2 正确操作方法	111
5.3 使用 Q 表测量电容和电感的操作方法	115
5.3.1 Q 表的结构和工作原理	115
5.3.2 Q 表的正确操作方法	116
5.4 使用数字万用表测量电容和二极管的操作方法	118
5.4.1 数字万用表面板图	119
5.4.2 数字万用表的正确操作方法	120
5.5 使用晶体管特性图示仪测量二极管和三极管的操作方法	121
5.5.1 晶体管特性图示仪的组成和工作原理	121
5.5.2 晶体管特性图示仪的正确操作方法	123
本章小结	128
习题 5	129
第 6 章 电路频率特性的测量技术	130
6.1 频率特性的特点	130
6.2 频率特性测试仪的操作使用方法	131
6.2.1 频率特性的测量方法	131
6.2.2 频率特性测试仪工作原理	133
6.2.3 BT-3 型频率特性测试仪介绍	136
6.2.4 扫频仪的使用方法	138

6.3	频谱分析仪的操作使用方法	140
6.3.1	频谱分析的基本知识	140
6.3.2	频谱分析仪的组成及工作原理	141
6.3.3	频谱分析仪的主要技术指标	143
6.3.4	频谱分析仪使用及应用	145
6.3.5	QF-4031 型频谱分析仪简介	146
6.3.6	频谱分析仪应用举例	147
	本章小结	148
	习题 6	149
第 7 章	数据信号的测量技术	150
7.1	数据信号的特点	150
7.1.1	数据信号的测量特点	151
7.1.2	数字系统的特点与数据域测试的故障模型	152
7.1.3	数字测试系统的基本组成及原理	153
7.2	数据特性测试技术及仪器	155
7.2.1	宽带示波器测量	155
7.2.2	简易逻辑测试设备	155
7.2.3	逻辑信号发生器	157
7.2.4	逻辑分析仪	158
7.3	逻辑分析仪的使用方法	158
7.3.1	逻辑分析仪简介	158
7.3.2	逻辑分析仪的特点与基本组成	159
7.3.3	逻辑分析仪的功能	160
7.3.4	逻辑分析仪的工作过程	166
7.3.5	逻辑分析仪的主要技术指标及发展趋势	167
7.3.6	逻辑分析仪的应用	168
	本章小结	170
	习题 7	170
第 8 章	虚拟测试技术	172
8.1	Multisim 2001 软件介绍	172
8.1.1	Multisim 2001 基本界面	172
8.1.2	常用工具条	172
8.1.3	其他功能	176
8.2	Multisim 2001 的操作使用方法	176
8.2.1	电路的创建	176
8.2.2	仿真操作过程举例	179
8.3	Multisim 2001 软件中虚拟仪器的使用方法	181
8.3.1	数字万用表	181
8.3.2	函数信号发生器	182
8.3.3	示波器	183

8.3.4	扫频仪	184
8.3.5	字信号发生器	185
8.3.6	逻辑分析仪	186
8.3.7	逻辑转换仪	189
8.4	Multisim 2001 仿真测试典型实例	191
8.4.1	电路基础仿真实例	191
8.4.2	模拟电路仿真实例	194
8.4.3	数字电路仿真实例	196
8.4.4	自动控制电路仿真实例	199
	本章小结	200
	习题 8	200
第 9 章	智能化测量仪器与自动测量系统	202
9.1	智能仪器	202
9.1.1	智能仪器的组成	202
9.1.2	标准接口总线 (GPIB)	204
9.1.3	智能仪器与传统仪器的比较	207
9.2	智能仪器的独特处理功能	208
9.2.1	硬件故障的自检功能	208
9.2.2	自动测量功能	208
9.3	智能化数字电压表	210
9.3.1	智能化数字电压表的分析	210
9.3.2	典型智能化数字电压表的组成与操作	213
9.4	智能化数字存储示波器	220
9.4.1	数字存储示波器的性能特点和技术指标	220
9.4.2	数字存储示波器的工作原理	221
9.4.3	数字存储示波器的实际应用	223
9.5	自动测试系统与个人仪器	225
9.5.1	自动测试系统的发展与组成	225
9.5.2	个人仪器	226
	本章小结	228
	习题 9	229
第 10 章	电子测量技术实训	230
10.1	数字万用表的使用实训	230
10.2	信号发生器的使用实训	231
10.3	双踪示波器的使用实训	235
10.4	电子电压表的使用实训	237
10.5	电子计数器的使用	239
10.6	扫频仪的使用	241
10.7	晶体管特性图示仪的使用	242



10.8	逻辑分析仪的使用	244
10.9	计算机仿真电路的测量	246
参考文献		248
10.1	MAX1001 数字逻辑分析仪	4.3
10.1.1	MAX1001 数字逻辑分析仪	4.3.1
10.1.2	MAX1001 数字逻辑分析仪	4.3.2
10.1.3	MAX1001 数字逻辑分析仪	4.3.3
10.1.4	MAX1001 数字逻辑分析仪	4.3.4
第 8 章 小结		
第 9 章 智能仪器		
9.1	智能仪器	1.0
9.1.1	智能仪器的组成	1.1.1
9.1.2	智能仪器的接口	1.1.2
9.1.3	智能仪器的应用	1.1.3
9.2	智能仪器的组成	1.2
9.2.1	智能仪器的组成	1.2.1
9.2.2	智能仪器的组成	1.2.2
9.3	智能仪器的应用	1.3
9.3.1	智能仪器的应用	1.3.1
9.3.2	智能仪器的应用	1.3.2
9.4	智能仪器的应用	1.4
9.4.1	智能仪器的应用	1.4.1
9.4.2	智能仪器的应用	1.4.2
9.4.3	智能仪器的应用	1.4.3
9.5	智能仪器的应用	1.5
9.5.1	智能仪器的应用	1.5.1
9.5.2	智能仪器的应用	1.5.2
第 10 章 小结		
第 11 章 电子测量技术		
11.1	电子测量技术	1.1
11.2	电子测量技术	1.2
11.3	电子测量技术	1.3
11.4	电子测量技术	1.4
11.5	电子测量技术	1.5
11.6	电子测量技术	1.6
11.7	电子测量技术	1.7

第 1 章

电子测量技术的基础知识

章首引言

购物时要称质量,做衣服时要量体裁衣,生病时要量体温……这些都是现实生活中测量的例子。那么到底什么是测量?什么是电子测量?电子测量的方法是什么?电子测量的仪器有哪些?测量时会出现什么误差?如何处理?通过对本章的学习,这些问题将迎刃而解。

1.1 电子测量的内容

1.1.1 电子测量的意义

测量是人类对客观事物取得数值的认识过程。在这一过程中借助于专门的设备,通过实验的方法,使人们获得客观事物被测量的量值。在此基础上可以从客观事物中总结出一般规律,形成定理和定律,从而指导人们对其他客观事物的认识和理解。

为了确定被测量的量值,要把它与标准量进行比较。因此,被测量的量值包括数值(大小及符号)和用于比较的标准量的单位名称,如某电阻为 $10\text{k}\Omega$ 、某导线流过电流 -5A 、某段电路电压为 5V 等。

电子测量是测量学的一个重要分支,是测量技术中最先进的技术之一,是测量学和电子学相结合的产物。从广义上来说,凡是以电子技术为手段进行的测量都是电子测量;从狭义上讲,电子测量是指对各种电参量和电性能的测量,它是本课程研究的范畴。本课程中电子测量的主要内容如下。

1. 电能量的测量

电能量的测量包括各种电压、电流、电功率等的测量。

2. 电信号特征的测量

电信号特征的测量包括频率、时间、周期、相位差、失真度等参数的测量。

3. 电子元件参数的测量

电子元件参数的测量包括对电阻、电感、电容、阻抗、品质因数、晶体管等参数的

测量。

4. 设备性能的测量

设备性能的测量包括放大倍数、灵敏度、频带、噪声系数等的测量。

5. 特性曲线显示

特性曲线显示包括电路的频率特性、器件的伏安特性等的显示。

在上述各种待测参数中,频率、时间、电压、相位、阻抗是其他参数测量的基础。在科学研究和生产实践中,常常还需要采用电子设备对各种非电量进行测量。人们通过各种敏感器件和传感装置将压力、流量、温度、速度等非电量转换成电信号,再用电子测量设备进行测量,这种方法方便、快捷、准确,是其他测量方法所不能替代的。随着科学技术的快速发展,电子测量技术被广泛用于农业、工业、医疗、天文、地质、军事等领域,如核反应堆内的温度测量、电子血压计、心电图机、飞船发射过程中的运行参数测量仪、精确制导导弹等。电子测量技术的不断发展,不仅标志着测量技术的进步,而且对整个科学技术的发展和人类社会的进步有积极的推动作用。因此在一定意义上来说,电子测量的水平是衡量一个国家科技水平的重要标志之一。

1.1.2 电子测量的特点

与其他测量相比,电子测量具有以下几个明显的特点。

1. 测量频率范围宽

电子测量不仅需要测量直流,还需要测量交流,频率范围低至 10^{-6} Hz, 高至 10^{12} Hz。随着电子技术的发展,测量的频率范围将继续向高频段发展。在不同的频率范围内,即使要测量同一种物理量,也需要不同的测量方法和测量仪器。例如,在直流、低频、高频范围内,电流和电压的测量需要不同类型的电流表和电压表。

2. 测量的量程宽

量程是测量范围的上限值与下限值之差。由于被测量的数值相差很大,因而电子测量仪器应有足够宽的量程。例如,一台数字万用表,要求测出 $10^{-5} \sim 10^8 \Omega$ 间的电阻值,量程达 13 个数量级。而用于测量频率的电子计数器的量程高达 17 个数量级。

3. 测量准确度高

电子测量的准确度比其他方法要高得多。例如,对频率和时间进行测量时,由于采用原子频标和原子秒作为基准,测量精度高达 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 数量级。

4. 测量速度快

电子测量是通过电子运动和电磁波传播进行工作的,具有其他测量方法无法比拟的高速度。这也是电子测量技术广泛应用于现代科技各个领域的重要原因。例如,人造卫

星、载人飞船等各种航天器发射时,需要电子测量系统快速测出它的运行参数,通过参数的处理确定下一步控制信号,使其正常运行。

5. 易于实现遥测

电子测量可以通过各种类型的传感器实现遥测、遥控。例如,对于距离遥远或环境恶劣,人体不便接触或无法到达的区域(如人造卫星、深海、地下、核反应堆内等),可通过传感器或通过电磁波、光、辐射等方式进行测量。

6. 易于实现测量过程的自动化和测量仪器的微机化

由于大规模集成电路和微型计算机的应用,使电子测量出现了崭新的局面。例如,在测量过程中能够实现程控、遥控、自动转换量程、自动调节、自动校准、自诊断故障和自恢复,对于测量的结果进行自动记录,自动进行数据运算、分析和处理。当前,电子测量仪器的智能化、测量过程的自动化是电子测量研究的主题。

由于电子测量技术的一系列优点,电子测量技术水平不仅标志着测量技术的发展,还标志着科学技术的发展和人类的进步。

1.2 电子测量的方法

为了获得测量结果,采用的各种手段和方式称为测量方法。根据测量中采用的测量方法不同,电子测量有不同的分类方法。下面介绍几种常见的分类方法。

1.2.1 按测量手段分类

1. 直接测量

可直接从电子仪器或仪表上读出测量结果的方法。这种方式的特点是测出的数据就是被测量的值。例如,电压表测量电压,电流表测量电流,用电桥测量电阻,用频率计测量频率等,都可直观且迅速地读出被测量的数值。

2. 间接测量

利用被测量与某中间量之间的函数关系(公式、曲线或表格等),先测出中间量,然后通过计算公式,算出被测量数值的测量方法。例如,用伏安法测量电阻时,先测量出电阻两端的电压和流过电阻的电流,然后由公式 $R=U/I$, 间接求出电阻。

3. 组合测量

如果被测量与几个中间量有关,此时需要通过改变测量时的条件,分别测量这几个中间量,再通过被测量与这几个中间量的函数关系,列出方程组,求解方程组,得到被测量的结果。例如,已知导体电阻 R 与温度 t 的函数关系式为

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2]$$

式中, R_{20} 是 20°C 时的电阻值, α 和 β 为其温度系数。为了测量电阻的温度系数 α 和 β , 可分别测得 t_1 、 t_2 和 20°C 时的电阻值 R_1 、 R_2 和 R_{20} , 然后求解方程组:

$$R_1 = R_{20}[1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2]$$

$$R_2 = R_{20}[1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2]$$

从而求得 α 和 β 的值。

1.2.2 按被测量性质分类

1. 时域测量

时域测量是指以时间为函数的量(如随时间变化的电压、电流等)的测量。这些量的稳态值、有效值多用仪表直接测量, 它们的瞬时值则可通过示波器等仪器显示出其幅值-时间特性, 以便观测其随时间变化的规律。

2. 频域测量

频域测量是指以频率为函数的量(如电路的增益、相位移等)的测量。这些量的测量可通过频率特性和频谱特性等方法进行测量。

3. 数据域测量

数据域测量是指对数字量的测量。数据域测量可以同时观察多条数据通道上的逻辑状态或显示某条数据线上的时序波形, 也可以用计算机分析大规模集成电路芯片的逻辑功能, 如用逻辑分析仪分析微处理器的地址线 and 数据线上的信号。

4. 随机域测量

随机域测量是指对随机信号的测量, 如噪声、干扰信号的测量。这是目前较新的测量技术。

除了上述的分类方法外, 还有很多其他的分类方法。比如有源测量和无源测量, 动态与静态测量, 集中式与分布式多路测量等。

1.3 电子测量仪器

利用电子技术测量各种电量或非电量的测量仪器称为电子测量仪器。电子测量仪器种类繁多。根据测量精度的要求不同, 有高精度、普通和简易三种; 按显示方式不同, 有模拟式和数字式两大类; 根据用途分类有专业用仪器和通用仪器。专业用仪器是指各专业中测量特殊参量的仪器, 如机械行业用的超声波探伤、医疗行业用的心电图仪等; 通用示波器则用于测量电路和电子元件及电路调试和维修。这里主要介绍用于电子和通信类的通用仪器。

1.3.1 电子测量仪器的分类

通用仪器是为了测量电路及元件参量所用的仪器。按其功能可分为以下几类。

1. 信号发生器

信号发生器主要用于提供各种测量用信号,如音频、高频、脉冲、函数、扫频、噪声等。它的功能是作为测试用信号源,能根据需要提供各种频率、各种功率和各种波形的信号。

2. 信号分析仪

信号分析仪主要用来观测、分析和记录各种电量的变化,如各种示波器、波形分析仪、频谱分析仪和逻辑分析仪等。它们能完成包含时域、频域和数据域的分析。

3. 电平测量仪器

电平测量仪器用于测量电能的量,如电压表、电流表、功率表、万用表等。

4. 时间、频率和相位测量仪器

这类仪器用于测量周期性信号的频率、周期和相位,有各种频率计、相位计及各种时间、频率标准等。

5. 网络参数测量仪器

这类仪器有频率特性测试仪(扫频仪)、阻抗测量仪及网络分析仪,主要用于测量电气网络的频率特性、阻抗特性、噪声特性等。

6. 电子元件参数测量仪

这类仪器有Q表、万能电桥、RLC测量仪、晶体管特性图示仪、模拟或数字集成电路测试仪等,用于测量电子元件(如电阻、电容、电感、晶体管等)的电参数、显示特性曲线等。

7. 数据域测试仪器

数据域测试仪器用于分析数字系统中以离散时间或事件为自变量的数据流的仪器。它能完成对数字逻辑电路和系统中的实时数据流或事件的记录和显示,并通过各种控制功能实现对数字系统的软、硬件故障分析和诊断,如逻辑分析仪。

8. 电波特性测试仪

这类仪器有测试接收机、场强计、干扰测试仪等,用于测量电波传播、电场强度、干扰强度等。

9. 虚拟仪器

这是通过应用程序将通用计算机和必要的数据采集硬件结合起来,在计算机平台上创建的一台仪器。用户可自行定义其功能、操作面板,实现数据的采集、分析存储和显