

中等职业教育电子信息类专业
“双证课程”培养方案配套教材

国家信息化
计算机教育认证

CEAC

指定教材

电子测量仪器

主编 李明生
指导 中国职业技术教育学会
审定 CEAC 信息化培训认证管理办公室



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

中等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材

电子测量仪器

主 编 李明生
指 导 中国职业技术教育学会
审 定 CEAC 信息化培训认证管理办公室

高等教育出版社

内容简介

本书是 CEAC 认证教材,由高等教育出版社和信息产业部 CEAC 信息化培训认证管理办公室联合推出。本书参照了全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”成果之一——中等职业教育电子信息类“双证课程”培养方案,及教育部颁布的电子技术应用专业教学指导方案编写,同时参考了相关行业职业资格标准或行业职业技能鉴定标准。

本书主要内容有:电子测量和仪器的基本知识,常用电子测量仪器(电子电压表、信号发生器、电子示波器、电子计数器、频率特性测试仪、频谱分析、仪晶体管特性图示仪、万用电桥、Q 表等)的基本组成、工作原理、基本操作和基本应用;本书还对逻辑分析仪、数字存储示波器和智能仪器作了一定的介绍。

本书为适应目前中等职业学校教学改革的需要,注意扩宽知识面,理论知识不求全面、系统,以够用为原则,加强实践环节的要求,注意介绍新型的电子测量仪器产品,注重培养学生的综合职业能力。

本书可作为参加 CEAC 认证考试人员的复习考试用书,也可作为中等职业学校电子信息类专业教材及相关岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量仪器/李明生主编. —北京:高等教育出版社,2006.7

ISBN 7-04-019751-0

I.电... II.李... III.电子测量设备-资格考核-教材 IV.TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 059573 号

策划编辑 王卫民 责任编辑 王卫民 封面设计 于涛
版式设计 王艳红 责任校对 朱惠芳 责任印制 毛斯璐

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 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 唐山市润丰印务有限公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 11.25
字 数 270 000

版 次 2006 年 7 月第 1 版
印 次 2006 年 7 月第 1 次印刷
定 价 16.90 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 19751-00

中等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材

编审委员会

顾 问	黄 尧	陈 伟	刘来泉	李怀康	马叔平	余祖光
	王军伟	姜大源	高 林	刘 杰	周 明	王文瑾
	吕忠民	邹德林	张 方			
	和 枫	鲍 涌				
主 任	程 周	贾长云	赵佩华	谭建伟		
	洪京一	许 远				
	马 旭	曹洪波	杨春慧			
	张百章	杨元挺	李明生	王廷才	戎 磊	钟名湖
课程审定	陈振源	曹德跃	林理明	耿德普	章 夔	史新人
	谢文和	谭建伟	虞 勤	田文雅	谢 川	吴 伟
	赵佩华	韩希义	张凌杰	王协瑞	郑 宇	成宏超
	陈海斌	耿 骞	江林升	贾长云	张荣胜	
行业审定						
秘书长						
编 委						

出版说明

中等职业教育肩负着为社会主义建设培养数以亿计的高素质劳动者的历史任务。要完成这个历史重任,职业教育应增强服务于社会经济发展的意识,要从学科本位向就业与职业技能为本位转变。职业学校要坚持以服务为宗旨,以就业为导向,面向社会、面向市场办学,深化办学模式和人才培养模式改革,努力提高职业教育的质量和效益。

在职业教育中,国家提倡学历证书、培训证书或职业资格证书并举的双证书制度。双证书制度作为沟通职业教育与行业用人需求,联系职业教育与劳动就业制度的桥梁,起到越来越重要的作用,是促进职业学校学生就业的重要举措之一。

《中华人民共和国职业教育法》中明确规定了“在我国实行学历证书、培训证书和职业资格证书制度”。“证书标准”有助于推动职业学校人才培养模式的转变,起到促进就业作用,职业教育工作者、行业企业专家、相关政府部门或行业组织需要共同努力,科学、理智地选择各类职业认证及培训教学资源。

全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”课题组在中国职业技术教育学会、信息产业部信息化培训认证管理办公室的指导下,在教育行政部门、劳动和社会保障行政部门有关领导和学者的支持下,研发成功了中等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案,该方案于2005年通过中国职业技术教育学会、信息产业部信息化培训认证管理办公室组织的专家鉴定。根据该方案,我们共同组织编写了中等职业教育电子信息类专业“双证课程”的唯一配套教材,并列入劳动和社会保障部全国职业培训与技能鉴定教材。

本套教材贯彻了课题改革的成果,突出行业需求、符合教学管理要求,力图体现当前中等职业教育教学改革与创新思想。主要特点有:

(1) 依据行业企业需求开发。配套教材根据信息产业发展对复合型高技能人才需求的特点,结合信息产业部最新推出的“CEAC——院校IT职业认证证书”标准要求,通过认证表明了持证人具备了相应认证的技术水平和应用能力,可以作为相关岗位选聘人员、技术水平鉴定的参考依据。将其引入学历教育,可以使中职学生在不延长学制的情况下,同时获得职业证书,提高就业的竞争力。

(2) 依据最新专业目录开发。配套教材以教育部最新制定的《中等职业教育专业目录》中的电子信息类专业设置情况为依据,进行专业课程建设。根据行业的职业认证的要求,每个专业的培养方案中,有3~5门课程与相应的职业认证要求直接对应。

通过对电子信息行业的职业分析,我们重点开发了一系列职业专项能力教材。因为职业专项能力采用循序渐进的方式进行培养,反映了某项职业专门技术从易到难的训练过程,也是理论学习从简到难的过程,故又称为“链式课程”(Chain Curriculum)教材。同时将努力配套立体化教学资源,以保证这些课程的授课质量。

本套教材包括“电子与信息技术专业”(电子测量技术方向、电子电路CAD/CAM方向、电子

声像设备方向、电子产品营销方向)和“通信技术专业”(无线电通信设备方向、通信用户终端维护技术方向)的 13 门认证课程教材。

教材根据教育部“技能型紧缺人才培养方案”和中等职业教育电子信息类“企业技能型人才培养方案”编写,运用以就业为导向的职业能力系统化的开发方法开发而成。教材注重对学生职业技能的培养,使认证考试和中职学校日常教学紧密结合。教材出版的同时,将为教师提供可供教学使用的电子演示文稿和考试复习题,以帮助学生顺利取得“国家信息化计算机教育认证——院校 IT 职业认证证书”。

由于时间仓促,本套教材还不可避免地存在这样那样的不足,甚至由于学识水平所限,虽竭智尽力,仍难免谬误,希望专家、同行、学者给予批评指正。

高等教育出版社
CEAC 信息化培训认证管理办公室
2006 年 4 月

序

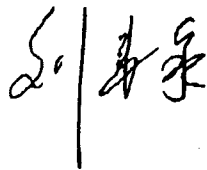
我很高兴看到,根据全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”成果之一的“中等职业教育‘双证课程’培养方案”,编制出了“中等职业教育电子信息类专业‘双证课程’培养方案”。该培养方案的系列配套教材,将由高等教育出版社出版。

中等职业教育肩负着为社会主义建设培养数以亿计的高素质劳动者的历史任务。全面建设小康社会,走新型工业化道路,提高产业竞争力,推进城镇化,解决“三农”问题,促进就业和再就业,对提高劳动者素质、加快技能型人才培养提出了迫切要求。

为适应经济社会迅速变革的需要,职业教育应坚持以学生为中心、以能力为本位的原则,增强服务经济社会发展和人的发展的能力。以服务为宗旨,以就业为导向,面向社会和市场办学,深化办学模式和人才培养模式改革,提高教育教学质量,是职业教育一项长期的任务。中等职业教育要根据行业企业需求,设置专业、开发课程,推进精品课程和精品教材建设。紧跟当今世界行业企业生产和技术进步的要求,不断更新教材和教学内容,增强职业教育的适应性和针对性。实行产教结合,加强校企合作,积极开展“订单式”培养。优化课堂教学和实训环节,强化就业技能和综合职业能力培养,大力推行学历证书和职业资格证书教育。

“中等职业教育电子信息类专业‘双证课程’培养方案”及其系列配套教材,是国家信息化培训认证管理办公室和中国职业技术教育学会合作的结果,是进行电子信息类专业建设和课程改革的有益探索。这种由电子信息领域教育专家和信息产业行业部门合作,在对信息产业人才需求进行分析的基础上,有针对性地设计出符合产业发展需求的技能型人才培养方案,编写出配套教材并由行业部门颁发相应的职业资格证书,将有利于提高学生的职业能力,有利于职业学校人才培养“供需对路”,有利于教育更好地为行业企业服务。在国内还少有成套方案、成熟经验的情况下,能在较短的时间内编写出系列教材及相应的数字化教学资源,实属难能可贵。

希望这套教材的出版,对中等职业教育电子信息类专业建设有所裨益和推动,并再接再厉,在不断借鉴国内外经验的基础上,在教育教学中不断改革和实践,以期该套教材日臻完善。



2006年4月10日

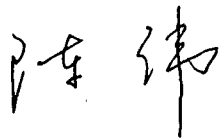
序

党的十六大、十六届五中全会和《2006—2020 年国家信息化发展战略》对推进信息化建设提出了更新、更高的要求。要完成好信息化推进的各项任务,人才是关键。培养大批既有专业技术,又能熟练运用电子信息技术的人才,已成为加快经济社会发展的迫切任务之一。

马叔平同志牵头研究的全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”取得了一系列成果,其中之一“中等职业教育电子信息类专业‘双证课程’培养方案”已通过评审。本课题以信息产业和信息化的需求为导向,研究如何培养急需的信息化人才和信息产业一线技术工人,我感到非常及时。

我非常欣慰地看到,该课题在研究中很好地体现了“坚持以就业为导向,增强职业教育主动服务经济社会发展的能力”的原则。在对信息产业行业的人才需求进行调查分析的基础上,结合国家有关的职业标准、行业认证标准,制定符合信息产业发展和信息化建设需要的“人才培养”方案,既有利于培养符合需求、供需对路的人才,促进信息产业和信息化的发展,同时也有利于教育部门深化教育改革,提高办学质量和效益,实在是值得肯定的。

信息化推进司作为信息产业部负责推进信息化工作的职能部门,肩负着推动信息化人才培养的职责。该方案符合推进信息化建设、促进信息化人才培训的工作目标。期待该方案在推动信息产业人才培养方面能够发挥积极作用,为我国信息化建设做出应有的贡献。



2006 年 4 月 6 日

前 言

本书是根据教育部颁发的中等职业教育电子技术应用专业《电子测量仪器教学基本要求》编写的教材，并参考了有关行业标准。本书为 CEAC 认证指定教材。

本书在编写中力图体现以下特色：

(1) 采用模块化结构，适应弹性学制的要求。整个教材分基本模块和选用模块。不同地区、不同学制、不同类型的学校和不同的专业都可根据自身条件选择教学内容，要保证达到教学基本要求。

(2) 不强调理论系统性，注意降低理论难度，以必要和够用为原则。全书基本上不涉及电子测量仪器内部线路的分析、讨论，只以组成框图讲清仪器的工作原理，有些仪器的工作原理以工作过程代替。仪器本身的讨论只保证学生能正确操作和使用即可。

(3) 拓宽知识面。教材编写中注重常用电子测量仪器（如电子电压表、电子示波器、电子计数器等）的讨论，保证学生掌握必备的基本知识和基本技能。

(4) 引进新产品、新测量技术。为了培养学生的综合职业能力，以适应新形势的要求，本书编写中注意介绍电子测量仪器的新产品，如数字存储示波器、逻辑分析仪、智能仪器等方面的知识。

(5) 加强实践能力的培养。编写中在适当降低理论难度的同时，着重强调电子测量仪器的正确使用及其在各个领域的广泛应用，培养学生的实践能力。

书中打 * 号的章节是供选用的内容，属于教学基本要求中的选用模块，其余内容是教学基本要求规定必修的基础模块。

本书基础模块教学为 68 学时。学时分配方案建议如下表，供参考。

68 学时教学方案（含基础模块和实践性教学模块）

序号	课 程 内 容	学 时 数			
		合计	讲授	实验与实训	机动
1	电子测量和仪器的基本知识	4	4		
2	电子电压表	10	8	2	
3	信号源	6	6		
4	电子示波器	14	10	4	
5	电子计数器	8	6	2	
6	频域测量仪器	8	6	2	
7	电子元件参数测量仪器	10	8	2	
8	智能仪器	4	4		
	机 动	4			4
	总 计	68	52	12	4

本书基础模块加选用模块教学为 80 学时。学时分配方案建议如下表，供参考。

80 学时教学方案（含基础模块和实践性教学模块）

序号	课 程 内 容	学 时 数			
		合计	讲授	实验与实训	机动
1	电子测量与仪器的基本知识	4	4		
2	电子电压表	10	8	2	
3	信号源	6	6		
4	电子示波器	18	14	4	
5	电子计数器	8	6	2	
6	频域测量仪器	8	6	2	
7	电子元件参数测量仪器	10	8	2	
8	逻辑分析仪	6	6		
9	智能仪器	4	4		
机 动		6			6
总 计		80	62	12	6

本书由淮安信息职业技术学院李明生主编，苏州高级工业学校袁培德和山东电子工业学校王莉参编。其中，袁培德编写第 5、7 章，李明生编写第 1、4、6、8 章，与王莉合编第 2 章，王莉编写第 3、9 章。全书由李明生统稿。本书由刘蕴陶教授主审，陈步峥、廖文国审稿，另外湖南铁道职业技术学院赵承荻教授也审阅了此稿，提出许多宝贵的修改意见，为提高本书的质量起到很好的作用，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中还参考了扬中市光电仪器厂，HAMEG GmbH，上海沪光科学仪器厂，Tektronix 公司以及南京涌新电子有限公司相关产品技术说明书，在此也表示感谢。

由于编者学识和水平有限，不当和错误之处在所难免，敬请批评指正。

编者

2006.4

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给予严厉打击。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) 58581897/58581896/58581879

传 真: (010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址: 北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编: 100011

购书请拨打电话: (010)58581118

目 录

第 1 章 电子测量和仪器的基本知识	1
1.1 测量及其意义	1
1.2 电子测量的意义和特点	1
1.3 测量方法的分类	3
1.4 测量误差的基本概念	4
1.5 测量结果的表示及有效数字	8
1.6 电子测量仪器的基本知识	8
习题	11
第 2 章 电子电压表	12
2.1 概述	12
2.2 模拟式交流电压表	16
2.3 数字电压表	24
2.4 数字多用表	30
2.5 电压表的选择和使用	34
习题	34
第 3 章 信号源	36
3.1 概述	36
3.2 正弦信号源	36
3.3 函数发生器	46
习题	50
第 4 章 电子示波器	51
4.1 概述	51
4.2 示波测试的基本原理	51
4.3 通用示波器	55
* 4.4 数字存储示波器	69
4.5 示波器的选择和使用	76
4.6 示波器的基本测量方法	79
习题	90
第 5 章 电子计数器	92
5.1 概述	92
5.2 通用电子计数器的基本组成	93
5.3 通用电子计数器的测量原理	94

5.4 电子计数器的测量误差	98
5.5 E312A 型通用电子计数器	100
习题	105
第 6 章 频域测量仪器	106
6.1 概述	106
6.2 频率特性测试仪	106
6.3 频谱分析仪	115
习题	121
第 7 章 电子元器件参数测量仪器	122
7.1 电子器件特性及参数测量仪器	122
7.2 集总参数元件测量仪器	132
习题	143
* 第 8 章 逻辑分析仪	145
8.1 数据域分析的基本知识	145
8.2 逻辑分析仪	147
习题	156
* 第 9 章 智能仪器	157
9.1 概述	157
9.2 智能仪器	157
9.3 自动测试系统	161
参考文献	166

第 1 章 电子测量和仪器的基本知识

1.1 测量及其意义

测量是人类对客观事物取得数量概念的认识过程。在这种认识过程中，人们借助于专门的设备，依据一定的理论，通过实验的方法，求出以所用的测量单位来表示的被测量的量值或确定一些量值的依从关系。

通常，测量结果的量值由两部分组成：数值（大小及符号）和相应的单位名称。

一般地说，测量是一种比较过程，把被测的量与同种类的作为单位的量，通过一定的测量方法进行比较，以确定被测的量是该单位的若干倍。测量同一物理量所选单位越大，则测出的数值越小。

在科学技术发展过程中，测量结果不仅用于验证理论，而且是发现新问题、提出新理论的依据。历史事实证明：科学的进步、生产的发展与测量理论技术手段的发展和进步是相互依赖、相互促进的。测量手段的现代化，已被公认是科学技术和生产现代化的重要条件和明显标志。

1.2 电子测量的意义和特点

1.2.1 电子测量的意义

随着测量学的发展和无线电电子学的应用，诞生了以电子技术为手段的测量，即电子测量。

电子测量涉及到极宽频率范围内所有电量、磁量以及各种非电量的测量。目前，电子测量不仅因为其应用广泛而成为现代科学技术中不可缺少的手段，同时也是一门发展迅速、对现代科学技术的发展起着重大推动作用的独立学科。从某种意义上说，近代科学技术的水平是由电子测量的水平来保证和体现的；电子测量的水平，是衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

1.2.2 电子测量的内容

本课程中电子测量的内容是指对电子学领域内电参量的测量，主要有：

- (1) 电能量的测量 如电流、电压、功率等的测量。
- (2) 电路、元器件参数的测量 如电阻、电感、电容、阻抗的品质因数、电子器件参数等的测量。

(3) 电信号特性的测量 如频率、波形、周期、时间、相位、谐波失真度、调幅度及逻辑状态等的测量。

(4) 电路性能的测量 如放大倍数、衰减量、灵敏度、通频带、噪声指数等的测量。

(5) 特性曲线的显示 如幅频特性、器件特性等的显示。

上述各种待测参数中, 频率、电压、时间、阻抗等是基本电参数, 对它们的测量是其他许多派生参数测量的基础。

另外, 通过传感器, 可将很多非电量如温度、压力、流量、位移等转换成电信号后进行测量, 但这不属于本书讨论的范围。

1.2.3 电子测量的特点

同其他的测量相比, 电子测量具有以下几个突出的特点:

1. 测量频率范围宽

电子测量除测量直流电量外, 还可以测量交流电量, 其频率范围可低至 10^{-4}Hz , 高至 10^{12}Hz 左右。但应注意, 在不同的频率范围内, 即使测量同一种电量, 所需要采用的测量方法和使用的测量仪器也往往不同。

2. 仪器测量范围广

量程是仪器所能测量各种参数的范围。电子测量仪器具有相当宽广的量程。例如, 一台数字电压表, 可以测出从纳伏 (nV) 级至千伏 (kV) 级的电压, 其量程达九个数量级; 一台用于测量频率的电子计数器, 其量程可达 17 个数量级。

3. 测量准确度高

电子测量的准确度比其他测量方法高得多, 特别是对频率和时间的测量, 误差可减小到 10^{-13} 数量级, 是目前人类在测量准确度方面达到的最高指标。电子测量的准确度高, 是它在现代科学技术领域得到广泛应用的重要原因之一。

4. 测量速度快

由于电子测量是通过电磁波的传播和电子运动来进行的, 因而可以实现测量过程的高速度, 这是其他测量所不能比拟的。只有测量的高速度, 才能测出快速变化的物理量。这对于现代科学技术的发展, 具有特别重要的意义。例如, 原子核的裂变过程、导弹的发射速度、人造卫星的运行参数等的测量, 都需要高速度的电子测量。

5. 易于实现遥测

电子测量的一个突出优点是可以通过各种类型的传感器实现遥测。例如, 对于遥远距离或环境恶劣的、人体不便于接触或无法达到的区域 (如深海、地下、核反应堆内、人造卫星等), 可通过传感器或通过电磁波、光、辐射等方式进行测量。

6. 易于实现测量自动化和测量仪器微机化

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, 例如在测量中能够实现程控、自动量程转换、自动校准、自动诊断故障和自动修复, 对于测量结果可以自动记录、自动进行数据运算、分析和处理。目前已出现了类型众多的带微处理器的自动化示波器、数字频率计、数字式电压表以及受计算机控制的自动化集成电路测试仪、自动网络分析仪和其他自动测试系统。

电子测量的一系列特点,使它获得极其广泛的应用。今天,几乎找不到哪一个科学技术领域没有应用电子测量技术。大到天文观测、宇宙航天,小到物质结构、基本粒子,从复杂的生命、遗传问题到日常的工农业生产、科技、国防、运输、商业、生活等各领域,都越来越多地采用了电子测量技术与设备。

1.3 测量方法的分类

一个物理量的测量可以通过不同的方法来实现。测量方法的分类形式有多种,这里仅就电子测量中最常用的分类方法作简要介绍。

1.3.1 按测量方式分类

1. 直接测量

用预先按已知标准量定度好的测量仪器,对某一未知量直接进行测量,从而得到被测量值的方式称为直接测量。例如,用通用电子计数器测量频率,用电压表测量电路中的电压,都属于直接测量。

2. 间接测量

对一个与被测物理量有确定函数关系的物理量进行直接测量,然后通过代表该函数关系的公式、曲线或表格,求出被测量值的方式,称为间接测量。例如,要测量已知电阻 R 上消耗的功率,先测量加在 R 两端的电压 U ,然后再根据公式 $P = \frac{U^2}{R}$ 求出功率 P 之值。

3. 组合测量

在某些测量中,被测量与几个未知量有关,测量一次无法得出完整的结果,则可改变测量条件进行多次测量,然后按被测量与未知量之间的函数关系组成联立方程求解,得出有关未知量。此种方法称为组合测量,它是一种兼用直接测量与间接测量的方法。

上面介绍的三种方法中,直接测量的优点是测量过程简单迅速,在工程技术中采用得比较广泛。间接测量法多用于科学实验,在生产及工程技术中应用较少,只有当被测量不便于直接测量时才采用。至于组合测量,是一种特殊的精密测量方法,适用于科学实验及一些特殊的场合。

1.3.2 按被测信号的性质分类

1. 时域测量

时域测量是测量被测对象在不同时间的特性,这时把被测信号看成是一个时间的函数。例如,使用示波器显示被测信号的瞬时波形,测量它的幅度、宽度、上升沿和下降沿等参数。时域测量还包括一些周期性信号的稳态参量的测量,如正弦交流电压,虽然它的瞬时值会随时间变化,但是交流电压的振幅和有效值是稳态值,可用指针式仪表测量。

2. 频域测量

频域测量是测量被测对象在不同频率时的特性。这时把被测对象看成是一个频率的函数。信号通过非线性电路会产生新的频率分量,能用频谱分析仪进行分析。放大器的幅频特性,可

用频率特性图示仪予以显示。放大器对不同频率的信号会产生不同的相移,可使用相位计测量放大器的相频特性。

3. 数据域测量

对数字系统逻辑特性进行的测量。利用逻辑分析仪能够分析离散信号组成的数据流,可以观察多个输入通道的并行数据,也可以观察一个通道的串行数据。

电子测量技术还有许多分类方法,如动态与静态测量技术、模拟和数字测量技术、实时与非实时测量技术、有源与无源测量技术等。

1.4 测量误差的基本概念

测量的目的就是希望获得被测量的实际大小即真值。所谓真值,就是在一定的时间和环境的条件下,被测量本身所具有的真实数值。实际上,由于测量设备、测量方法、测量环境和测量人员的素质等条件的限制,测量所得到的结果与被测量的真值之间会有差异,这个差异就称为测量误差。测量误差过大,可能会使得测量结果变得毫无意义,甚至会带来坏处。我们研究误差的目的,就是要了解产生误差的原因和发生的规律,寻求减小测量误差的方法,使测量结果精确可靠。

1.4.1 测量误差的表示方法

测量误差有两种表示方法:绝对误差和相对误差。

1. 绝对误差

(1) 定义 由测量所得到的被测量值 x 与其真值 A_0 之差,称为绝对误差,即

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1.1)$$

式中 Δx ——绝对误差。

由于测量结果 x 总含有误差, x 可能比 A_0 大,亦可能比 A_0 小,因此 Δx 既有大小,又有正负符号。其量纲和测量值相同。

要注意,这里说的被测量值,是指仪器的示值。一般情况下,示值和仪器的读数有区别。读数是指从仪器刻度盘、显示器等读数装置上直接读到的数字,示值是该读数表示的被测量的量值,常常需要加以换算。

式 1.1 中, A_0 表示真值。真值是一个理想的概念,一般来说,是无法精确得到的。因此,实际应用中通常用实际值 A 来代替真值 A_0 。

实际值又称为约定真值,它是根据测量误差的要求,用高级或几级的标准仪器或计量器具测量所得之值,这时绝对误差可按下式计算:

$$\Delta x = x - A \quad (1.2)$$

(2) 修正值 与绝对误差的绝对值大小相等,但符号相反的量值,称为修正值,用 c 表示。

$$c = -\Delta x = A - x \quad (1.3)$$

对测量仪器进行定期检定时,用标准仪器与受检仪器相比对,以表格、曲线或公式的形式给出受检仪器的修正值。在日常测量中,使用该受检仪器测量所得到的结果应加上修正值,以