



“十二五”国家重点图书出版规划项目

DESIGN OF INTELLIGENT INSTRUMENT

智能仪器设计

● 主编 王 祁 ● 副主编 赵永平 魏 国



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



“十二五”国家重点图书出版规划项目

DESIGN OF INTELLIGENT INSTRUMENT

智能仪器设计

● 主编 王 祁 ● 副主编 赵永平 魏 国



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

本书在讲述智能仪器工作原理的基础上,介绍了智能仪器的设计方法,主要包括智能仪器的输入输出通道、外设及其控制技术、通信接口等。为提高学生设计能力,本书还介绍了智能仪器总体设计、电路设计及实现、软件设计、抗干扰措施及减少测量误差的设计方法等,以及智能仪器的一些新技术。本书理论联系实际,实用性强。考虑到智能仪器程序设计的实际需要,本书的程序全部用 C51 语言编写。

本书可作为测控技术与仪器、自动化等相关专业的本科生教材,也可供测控技术、自动化、电子、电力、机器人、计算机应用等领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器设计/王祁主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2016. 1

ISBN 978-7-5603-5535-1

I. ①智… II. ①王… III. ①智能仪器-设计
IV. ①TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 179286 号

策划编辑 王桂芝

责任编辑 刘 瑶

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 17.75 字数 431 千字

版 次 2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-5535-1

定 价 36.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

在当前信息化、智能化的社会中,作为获取信息的智能仪器越来越重要,智能化是仪器仪表的发展方向。智能仪器是一种新型仪器,它是测量技术、传感器、计算机、微电子、信息处理、人工智能等多种技术相结合的产物。智能仪器的功能强,性能指标高,具有自校准、自诊断等功能,目前广泛应用于工业、国防军事、科学研究等部门。

智能仪器是测控技术与仪器等相关专业的主要专业课之一,本书讲述智能仪器的原理及其设计方法,重视基础理论,强调理论联系实际,特别注重先进性和实用性,培养学生分析问题和解决问题的能力。考虑到本科教学计划和课程设置,本书主要介绍以单片机为主的智能仪器设计理论和方法。书中对 DSP 和 ARM 进行简单介绍,学生只要掌握智能仪器的设计方法,在熟悉 DSP 和 ARM 的基础上,完全可以设计基于 DSP 和 ARM 的智能仪器。另外考虑到程序设计的需要,书中的程序全部采用 C51 语言编制,这也是本书和目前流行的各种同类教材的最大区别。通过本书的学习,学生可以掌握利用微处理器和电子元器件设计测量仪器和系统的方法。

全书共分 9 章:第 1 章绪论,简要介绍智能仪器的结构、特点和发展,以及智能仪器中常用的微处理器;第 2 章数据采集技术,介绍测量放大器、模拟多路开关、采样保持器、常用的 A/D 转换器及其接口电路;第 3 章模拟量与开关量信号输出系统,介绍 D/A 转换器及其接口电路、光电耦合器和继电器输出与接口电路;第 4 章智能仪器外设处理技术,介绍智能仪器外设,包括键盘、LED、LCD 和触摸屏及其处理技术;第 5 章智能仪器中的通信接口技术,介绍通信接口,包括 RS-232C、RS-485 标准串行接口、GP-IB (IEEE-488) 总线、USB、以太网、CAN 和蓝牙接口技术;第 6 章数据处理及程序设计,介绍查表、排序等非数值处理方法和系统误差及随机误差的处理方法,并介绍智能仪器系统软件设计,包括监控主程序、键盘管理、中断管理及处理和子程序模块;第 7 章介绍智能仪器的自检、自校准和自动测量技术;第 8 章智能仪器的抗干扰技术,在分析智能仪器干扰源的基础上,介绍硬件抗干扰技术和软件抗干扰技术;第 9 章智能仪器设计,介绍智能仪器的设计方法,以智能工频电参数测量仪和谐波测试仪的设计等仪器为例,讲述智能仪器的设计过程。

本书是作者及哈尔滨工业大学电测教研室教师多年从事智能仪器教学和科研工作的总结。1990 年赵新民教授主编了《智能仪器原理及设计》,是国内较早出版的智能仪器的教材。1999 年对原书进行修改,出版了《智能仪器设计基础》(原机械工业部九五重点教材)。2010 年出版的《智能仪器设计基础》是教育部高等学校仪器仪表学科教学指导委员会选定的“十一五”国家级规划教材。现在为满足教学的需要,并根据科学技术的发展对原书再次修订,由王祁任主编,赵永平和魏国任副主编,参加编写的还有逮仁贵、王启松、宋凯和国添

栋。作者编写分工如下:第1章由王祁编写,第2,3章由赵永平编写,第4章由魏国编写,第5章由逯仁贵编写,第6章由王启松编写,第7,8章由宋凯编写,第9章由国添栋编写。全书由王祁、赵永平和魏国统稿。

由于作者的水平有限,书中疏漏和不足之处在所难免。另外,该科技领域发展日新月异,编写中可能挂一漏万,殷切希望各位老师和广大读者批评指正。

编 者
2015年8月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 智能仪器的结构及特点	1
1.1.1 智能仪器概述	1
1.1.2 智能仪器的结构	1
1.1.3 智能仪器的特点	3
1.2 智能测试技术的发展	4
1.2.1 智能仪器的发展趋势	4
1.2.2 虚拟仪器	5
1.2.3 网络化仪器	6
1.2.4 仪器总线技术	6
1.2.5 基于智能理论的高级智能仪器	7
1.3 智能仪器常用微处理器	8
1.3.1 智能仪器中的微处理器	8
1.3.2 MCS-51 系列单片机	9
1.3.3 PIC 系列单片机	10
1.3.4 Motorola 公司 68 系列单片机	11
1.3.5 MSP-430 系列单片机	11
1.3.6 基于 ARM 内核的单片机	12
1.3.7 ARM 单片机的选择	13
1.3.8 AVR 系列单片机	14
1.3.9 数字信号处理器	14
思考题与习题	16
第2章 数据采集技术	17
2.1 概述	17
2.2 测量放大器	19
2.2.1 基本要求	19
2.2.2 通用测量放大器	19
2.2.3 可编程测量放大器	21
2.2.4 隔离放大器	23
2.2.5 运用前置放大器的依据	24
2.3 模拟多路开关(MUX)	26

2.3.1	模拟多路开关的功能	26
2.3.2	模拟多路开关的配置	27
2.3.3	常用的半导体多路开关芯片	28
2.3.4	多路测量通道的串音问题	29
2.4	采样保持电路	30
2.4.1	采样保持器设置原则	30
2.4.2	采样保持器工作原理	31
2.4.3	常用采样保持器芯片	33
2.4.4	保持电容器的选择	34
2.5	A/D 转换器及其接口设计	35
2.5.1	A/D 转换器的主要技术指标	36
2.5.2	A/D 的类型及比较	37
2.5.3	ADC 与单片机接口	39
2.5.4	A/D 的选择	39
2.5.5	抑制系统误差的方法	41
2.6	逐次逼近型 A/D 转换器及其接口	42
2.6.1	逐次逼近型 A/D 转换器的原理简介	42
2.6.2	TLC2543 简介	43
2.7	双积分 A/D 转换器及其接口	48
2.7.1	双积分 A/D 的原理	48
2.7.2	ICL7135 介绍	50
2.7.3	ICL7135 与 MCS-51 单片机 I/O 直接连接接口	52
2.8	$\Sigma - \Delta$ 型 A/D 转换器及其接口	54
2.8.1	$\Sigma - \Delta$ 型 A/D 转换器的工作原理	55
2.8.2	$\Sigma - \Delta$ 型 AD7703 简介	58
2.8.3	AD7703 与单片机的接口	61
2.9	数据采集系统设计	63
2.9.1	数据采集系统的特性	63
2.9.2	数据采集系统误差分析	64
2.9.3	数据采集系统的误差分配举例	66
	思考题与习题	70
第 3 章	模拟量与开关量信号输出系统	71
3.1	概述	71
3.1.1	输出通道的结构	71
3.1.2	输出通道的特点	72
3.2	模拟量输出与接口	72

3.3 集成 DAC 及其应用	74
3.3.1 DAC 的分类	74
3.3.2 单片集成 DAC 举例	75
3.3.3 DAC 的应用	80
3.4 数字量输出与接口	82
3.4.1 光电耦合器及其接口	82
3.4.2 继电器及其接口	86
3.5 脉冲宽度调制输出	89
思考题与习题	92
第4章 智能仪器外设处理技术	94
4.1 键盘处理技术	94
4.1.1 按键类型	94
4.1.2 键抖动、键连击及串键的处理	94
4.1.3 键盘处理步骤	96
4.1.4 键盘的组织形式和工作方式	96
4.1.5 非编码键盘的处理	96
4.1.6 编码键盘的处理	101
4.2 LED 显示处理技术	102
4.2.1 LED 数码显示器的结构与原理	102
4.2.2 硬件译码与软件译码	103
4.2.3 静态显示与动态显示	104
4.3 通用键盘/显示器接口芯片 HD7279A	106
4.3.1 引脚功能、串行接口及其电特性	107
4.3.2 HD7279A 的时序	108
4.3.3 HD7279A 的控制指令	110
4.3.4 HD7279A 的应用	115
4.3.5 HD7279A 的接口程序设计实例	116
4.4 LCD 显示处理技术	120
4.4.1 LCD 显示器的结构及其原理	120
4.4.2 LCD 显示器驱动方式	121
4.4.3 段码式 LCD 显示器的静态和动态驱动接口	122
4.4.4 字符点阵式 LCD 显示器接口	124
4.5 触摸屏处理技术	136
4.5.1 触摸屏的结构及特点	136
4.5.2 电阻触摸屏控制器 ADS7843	142
4.5.3 电容触摸屏控制器 ST1332	146
思考题与习题	155

第5章 智能仪器中的通信接口技术	156
5.1 串行通信接口	156
5.1.1 串行通信的基本概念	156
5.1.2 RS-232C 标准串行接口	157
5.1.3 RS-422A 与 RS-423A 标准串行接口	160
5.1.4 RS-485 标准串行接口	161
5.1.5 智能仪器间串行通信实例	163
5.2 通用串行总线 USB	166
5.2.1 USB 的特点	166
5.2.2 USB 的系统描述	167
5.2.3 USB 总线协议	168
5.2.4 USB 数据流	168
5.2.5 USB 的容错性能	169
5.2.6 USB 设备	169
5.2.7 USB 系统设置	170
5.2.8 USB 系统中的主机	170
5.2.9 基于 USB 总线的数据采集设备的设计实例	170
5.3 GP-IB 总线	172
5.3.1 GP-IB 总线结构	173
5.3.2 GP-IB 接口评价	174
5.4 以太网接口技术	174
5.4.1 TCP/IP 协议概述	174
5.4.2 协议与标准	174
5.4.3 以太网接口模块	175
5.5 其他通信接口技术	178
5.5.1 现场总线 CAN	178
5.5.2 蓝牙接口技术	178
思考题与习题	179
第6章 数据处理及程序设计	180
6.1 测量数据的非数值处理	180
6.1.1 线性表查表技术	180
6.1.2 链表的插入、删除和查找	181
6.1.3 排序	185
6.2 系统误差的数据处理	186
6.2.1 系统误差模型的建立	187
6.2.2 系统误差的标准数据校正法	191
6.2.3 非线性校正	192

6.2.4	温度误差的补偿	195
6.3	随机信号的处理与分析	196
6.3.1	限幅滤波	196
6.3.2	中位值滤波	197
6.3.3	算术平均滤波	198
6.3.4	滑动平均值滤波	198
6.3.5	低通数字滤波	199
6.4	标度变换	200
6.4.1	线性参数标度变换	201
6.4.2	非线性参数标度变换	201
6.5	智能仪器系统软件的组成与设计	202
6.5.1	监控主程序	202
6.5.2	键盘管理	203
6.5.3	中断管理及处理	208
6.5.4	子程序模块	210
	思考题与习题	211
第7章	智能仪器的自检、自校准和自动测量技术	212
7.1	智能仪器的自检技术	212
7.1.1	自检内容	212
7.1.2	自检方式	212
7.1.3	自检实例	213
7.2	智能仪器的自校准技术	215
7.2.1	仪器的系统误差及其校准	215
7.2.2	仪器内部自动校准	217
7.2.3	仪器外部自动校准	218
7.3	智能仪器的自动测量技术	219
7.3.1	基本要求	219
7.3.2	量程自动转换电路举例	220
7.3.3	量程自动转换电路的控制	221
	思考题与习题	222
第8章	智能仪器的抗干扰技术	224
8.1	常见干扰源分析	224
8.1.1	干扰的来源	224
8.1.2	串模干扰与共模干扰	224
8.1.3	电源干扰	226
8.1.4	数字电路的干扰	226
8.2	智能仪器硬件抗干扰技术	228

8.2.1	串模干扰的抑制	228
8.2.2	共模干扰的抑制	230
8.2.3	输入/输出通道干扰的抑制	231
8.2.4	总线的抗干扰设计	233
8.2.5	电源系统干扰的抑制	235
8.2.6	地线干扰的抑制	237
8.3	智能仪器软件抗干扰技术	239
8.3.1	CPU 抗干扰技术	240
8.3.2	输入/输出的抗干扰技术	242
8.3.3	系统的恢复与复位	242
	思考题与习题	244
第9章	智能仪器设计	245
9.1	智能仪器设计原则及方法	245
9.1.1	智能仪器设计的基本要求	245
9.1.2	智能仪器的设计思想	245
9.1.3	智能仪器的研制过程	247
9.2	智能工频电参数测量仪的设计	248
9.2.1	总体设计及系统工作原理	248
9.2.2	输入电路设计及误差分析	252
9.2.3	CPU 的选择及采样保持、A/D 转换电路设计	254
9.2.4	自动量程转换电路设计	257
9.2.5	锁相倍频电路	259
9.2.6	RS-485 串行通信接口电路设计及通信协议	262
9.2.7	电磁兼容设计	262
9.3	谐波测试仪的设计	264
9.3.1	总体设计及工作原理	264
9.3.2	硬件与软件设计	266
	思考题与习题	267
	参考文献	268
	名词索引	269

第 1 章 绪 论

1.1 智能仪器的结构及特点

1.1.1 智能仪器概述

仪器仪表是人类认识世界的重要工具,是信息采集、信息测量与处理的重要手段和设备。仪器仪表广泛地应用在经济建设、科学研究和国防军工等多个部门。科学技术是第一生产力,而仪器仪表是推动科技进步和国民经济发展的关键技术之一。

智能仪器是一类新型的电子仪器,它由传统电子仪器发展而来,但又同传统电子仪器有很大区别。特别是微处理器的应用,使电子仪器发生了重大的变革。

回顾电子仪器的发展过程,从使用的元器件来看,它经历了真空管时代、晶体管时代和集成电路时代 3 个阶段。从电子仪器的工作原理来看,电子仪器的发展过程也经历了 3 代。

第 1 代是模拟式电子仪器。它基于电磁测量原理,采用电磁式结构,利用指针来显示最终的测量结果。传统的指针式电压表、电流表、功率表等,均是典型的模拟式仪器。模拟式电子仪器的功能简单,精度低,响应速度慢。

第 2 代是数字式电子仪器。它的基本原理是利用 A/D 转换器将待测的模拟信号转换为数字信号,测量结果以数字形式输出显示。它的精度高,速度快,读数清晰、直观,测量结果可打印输出,也容易与计算机技术相结合。因为数字信号便于远距离传输,所以数字式电子仪器适用于遥测和遥控。

第 3 代是智能仪器。它是计算机技术与电测技术相结合的产物。它是在数字化的基础上利用微处理器进行测量过程管理和数据处理,使仪器具有运算、逻辑判断、数据存储等能力,并能根据被测参数的变化自选量程,可自动校正、自动补偿、自寻故障等,即具备了一定的智能,因此被称为智能仪器。本书讨论的智能仪器是指含有微处理器的电子测量仪器。

1.1.2 智能仪器的结构

智能仪器按其结构可分为两种类型,即微处理器内嵌式和微处理器扩展式。微处理器内嵌式是将单个或多个微处理器安装在仪器内部,并与其他电子元器件有机地结合在一起。微处理器是仪器的核心,起着测量过程控制和数据处理的作用。这种仪器的外形和传统仪器没有区别,其主要特点是体积小,也可做成便携式或手持式结构,使用方便。由于在设计中充分考虑到电磁兼容,因此能适应恶劣环境。另外,它带有各种接口,可以与计算机或网络连接。目前,微处理器内嵌式智能仪器在工业生产、科学研究、国防军事等部门应用广泛,其基本结构如图 1.1 所示。

图 1.1 中微处理器内嵌式智能仪器以单片机或 DSP 等微处理器为核心,通过总线及接

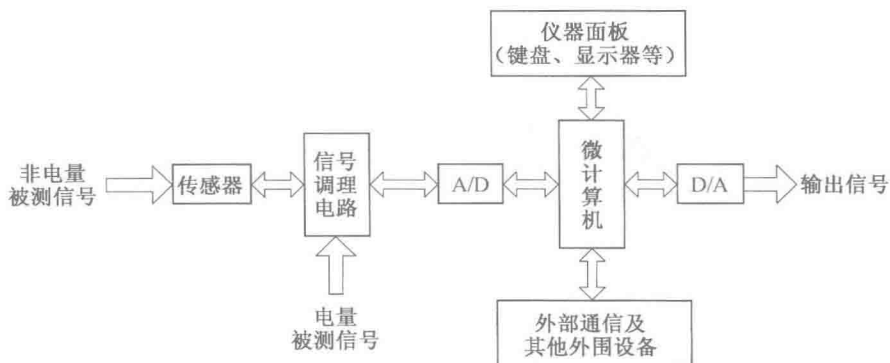


图 1.1 微处理器内嵌式智能仪器的基本结构

口电路与被测量输入通道、信号输出通道、仪器面板及外围设备相连。

微处理器扩展式智能仪器是以个人计算机(PC机)为核心的测量仪器。由于PC机的应用已十分普遍,其价格也不断下降,因此从20世纪80年代起就开始有人给PC机配上不同的模拟通道,使之符合测量仪器的要求,并称其为个人计算机仪器(PCI)或微机卡式仪器。PCI的优点是使用灵活,可以利用PC机已有的硬件和软件资源。更重要的是,PC机的数据处理能力及内存容量远大于微处理器内嵌式仪器,因此PCI可以用于更复杂的、更高层次的信息处理,从而使仪器的功能更强大。此外,PCI还可以利用PC机本身已有的软件包进行数据处理。如果将仪器的面板及各种操作按钮以图形的形式显示在CRT显示器上,就可得到软面板,构成虚拟仪器。图1.2所示为个人计算机式智能仪器的基本结构。

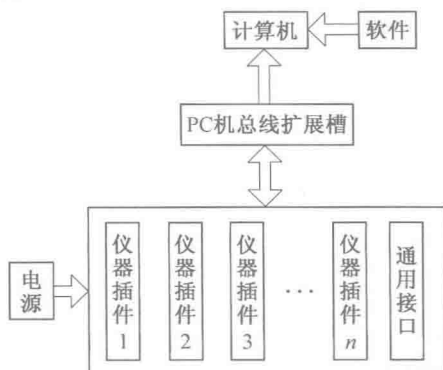


图 1.2 个人计算机式智能仪器的基本结构

与PCI相配的模拟通道有两种类型:一种是插卡式,即将所配用的模拟量输入通道以印刷板的插板形式,直接插入PC机机箱内的空槽中;另一种是插件箱式,即将各种功能插件集中在一个专用的机箱中,机箱备有专用电源,必要时也可以有自己的计算机控制器,这种结构适用于多通道、高速数据采集或一些有特殊要求的仪器。现在VXI,PXI总线机箱和计算机相连,构成智能仪器系统。

个人计算机是大批量生产的成熟产品,功能强大且价格便宜;个人仪器插件是个人计算机的扩展部件,设计相对简单,并有各种标准化插件供选用。因此,在许多场合,采用个人仪器结构的智能仪器比采用内嵌式智能仪器具有更高的性价比,且研发周期短,研发成本低。

个人仪器可选用厂家开发的专用软件(这种软件往往比用户自己开发的软件更完善),即使自动开发软件,由于基于 PC 平台,有操作系统支持,因此开发环境良好,开发也十分方便。另外,个人仪器可通过其 CRT 显示器向用户提供功能菜单,用户可通过键盘等进行功能、量程选择;个人仪器还可以通过 CRT 显示器显示数据,通过打印机打印测试结果(显示和打印的驱动程序也由厂家开发完成),因此用户使用十分方便。但这种仪器的电磁兼容性不如内嵌式智能仪器好,很难获得高性能指标。个人仪器能充分运用个人计算机的软硬件资源,发挥个人计算机的巨大潜力,可获得较高的性价比。内嵌式智能仪器大多是各种专用仪器,体积小,性能指标高。用户可以根据需要选择这两种结构的仪器。

1.1.3 智能仪器的特点

计算机技术与测量仪器相结合产生了智能仪器,由于使用了计算机,仪器的功能得以扩展,使指标大大提高,而且呈现出某些智能特点,具有很大的发展潜力。智能仪器具有以下几方面特点。

1. 智能仪器汇集各种高新技术

俄国著名化学家门捷列夫曾说过:“没有测量就没有科学。”人们为了准确、深刻、全面地认识世界,必须利用一切先进的科学原理和技术手段来研制、开发各种新型的仪器,通过先进的仪器发现并认识新的现象、规律和原理。智能仪器就是随着各种新技术的发展而发展的,是与电子技术、计算机、传感技术、信号处理、网络等领域的新技术相融合的产物。智能仪器汇集各种高新技术,如新原理、新设计概念、新器件、新材料和工艺技术都在智能仪器中得到了应用。

2. 测量过程的软件控制

智能仪器中的微处理器可以对测量过程进行控制,实现测量自动化。例如,可实现自稳零放大、自动极性判断、自动量程切换、自动报警、过载保护、多点巡回检测等。测量过程用软件控制之后,简化了原有数字化仪器的硬件结构,缩小了体积及功耗,提高了可靠性,增加了灵活性,使仪器的自动化程度更高。智能仪器在软件的控制下,可以方便地实现人机对话、自检、自诊、自校准以及 CRT 显示、输出打印和制图等功能。这就是人们常说的“以软件(件)代硬(件)”的效果。

软件在智能仪器中占有举足轻重的作用,它给智能仪器的设计带来了很大方便。当需要改变功能时,只改变程序即可,并不需要改变硬件结构,因此,灵活性非常强,但软件的工作速度相对硬件逻辑较慢,这是软件控制的特点。现在高档单片机的运行速度较快,一般都能满足智能仪器实时控制的要求。

3. 强大的数据处理功能

对测量数据进行存储及运算的数据处理功能是智能仪器最突出的特点,它主要表现在改善测量的精确度及对测量结果的再加工两个方面。

在提高测量精确度方面,大量的工作是对随机误差及系统误差进行处理。过去传统的方法是用手工的方法对测量结果进行事后处理,不仅工作量大,工作效率低,而且往往会受到一些主观因素的影响,使处理结果不理想。在智能仪器中利用软件对测量结果进行实时

的、可靠的处理可收到很好的效果,不仅方便、快速,而且可以避免主观因素的影响,使测量的精确度及处理结果的质量都大为提高。软件可以实现各种算法,不仅可实现各种误差的计算及补偿,而且使在线测量仪器常遇到的诸如非线性校准等问题也变得易于解决。

对测量结果进行再加工,可使智能仪器提供更多高质量的信息量。例如,一些信号分析仪器在计算机的控制下,不仅可以实时采集信号的实际波形,在 CRT 显示器上复现,并可在时间轴上进行展开或压缩,还可对所采集的样本进行数字滤波,将淹没于干扰中的信号提取出来;也可对样本进行时域(如相关分析、卷积、反卷积、传递函数等)分析或领域(如幅值谱、相位谱、功率谱等)分析。这样就可以从原有的测量结果中提取更多的信息量。这类智能仪器在生物医疗、语音分析、模式识别和故障诊断等方面都有广泛的应用。

4. 多功能化

传统电子仪器的功能仅取决于硬件,仪器的结构、电路按照特定目标设计,仪器的功能比较单一。智能仪器中的微处理器可以进行测量过程控制及数据处理,因此容易实现多功能化,这是智能仪器的主要特点之一。例如,智能化电度表测量出电流、电压、相位后,通过计算很容易求出有功功率、无功功率、视在功率、电能及功率因数等,还可进行分时计费,预置用电量需求,具有自动记录、打印、报警及控制等功能。这样多的功能如果不用计算机控制,是不可能实现的。

5. 操作自动化

智能仪器的自动化程度高,通常都能自动选择量程、自检、自校准,有的还具有很强的自测试和自诊断功能,它能测试自身的功能是否正常,如果不正常,还能判断故障所在的部位,并给出提示,大大提高了仪器的可靠性,给使用和维修带来了很大的方便。

6. 对外开放性及网络化

智能仪器通常都具有扩展接口,方便扩展和对外通信,在自动测试系统中能很方便地接受遥控,实现自动测试。

随着网络技术的发展,智能仪器迅速地朝着网络化方向发展。分布在不同地点的不同仪器仪表通过网络联系在一起,进行数据和信息传输,实现信息和资源共享,进行网络化测量。

1.2 智能测试技术的发展

1.2.1 智能仪器的发展趋势

智能仪器总体的发展趋势是朝着小型化、微型化、集成化、数字化、多功能化、智能化、网络化、自动化的方向发展。仪器的性能、精度、灵敏度、稳定性、可靠性等指标将不断提高。当前仪器的微型化、智能化和网络化尤其受到人们的关注。

1. 技术指标不断提高

提高仪器仪表的技术指标是测量技术永恒的追求,其技术指标的高低标志着一个国家测量技术的水平。现在仪器仪表的测量范围不断扩大,测量值朝着极大、极小的方向发展。

如电压从纳伏到 100 万伏;电阻从超导到 $10^{14}\Omega$;谐波测量到 51 次;加速度从 $10^{-14}g \sim 100g$;频率测量至 10^{12}Hz ;压力测量至 10^8Pa 等;温度测量从接近绝对 0°C 至 10^8°C 等;测量的准确度、灵敏度、响应速度不断提高。智能化技术发展有助于仪器仪表功能的扩展和技术指标的提高。

2. 小型化、微型化

随着微电子技术的迅速发展,大规模和超大规模集成电路的集成度越来越高,体积越来越小。嵌入式微处理器和计算机的功能日趋强大,而体积也不断缩小,为智能仪器的小型化、微型化提供了条件。智能仪器的小型化、微型化对航空航天、医疗等有重要意义。

仪器仪表的小型化,也使得各种便携式、手持式仪器走进千家万户。特别是随着社会发展和生活水平的提高,人们对自己的生活质量和健康水平日益关注,为了食品安全和保健,检测食品质量的便携式仪器仪表以及健康状况和疾病警示仪器仪表将有较好发展。

3. 智能化

现在的智能仪器能自动地对测量过程进行控制,自动对测量数据进行处理、分析和判断,能实现自校准、自诊断,被认为具有一定的智能。但这类智能仅仅是低级的智能,与人类的智能行为还相距甚远。人们一直在研究如何利用计算机实现人类的智能行为,使机器像人那样思维、分析、推理、判断和学习。这正是人工智能研究的内容和追求的目标。随着人工智能的发展,智能仪器的智能水平也在不断提高,未来将具有更高层次的智能。

4. 系统化

随着科学技术的发展和生产自动化程度的提高,系统中需要被测的物理量越来越多,被测量的分布空间不断扩大。例如,一个大型水电站的测控系统,仅检测大坝安全性的传感器就达数千个,而且分布在整個大坝的不同位置上。又如,为了保证飞船、卫星正常运行,安装了大量传感器进行实时监测,各种测控装置构成了一个完整的自动测试系统。对于复杂的测量任务,几台仪器是无法完成的,而是需要多台仪器和大量传感器组成测试系统。测量技术正向着系统化的方向发展。

5. 网络化

随着计算机和网络技术的发展,测量技术也向着网络化的方向发展。智能仪器安装网络接口,可以通过网络方便地将分布在不同地域的仪器连接起来,组成分布式测量系统。特别是 Internet 的出现,促进了网络化仪器的发展。网络化仪器可以实现数据和资源共享,使一台仪器为更多的用户所使用,降低了测量成本,扩大了被测量的空间分布范围,可以实现跨地域测量,高效地完成各种复杂艰巨的测量控制任务。对于远程的、有危险的、环境恶劣的被测对象,可以通过网络中的仪器进行测量,并将测量数据通过网络传给用户。

1.2.2 虚拟仪器

虚拟仪器的概念是美国国家仪器公司于 1976 年提出的,在 20 世纪 90 年代得到了迅猛发展。虚拟仪器是在以通用计算机为核心的硬件平台上,由用户设计定义虚拟面板,通过软件控制相应的硬件来实现各种测试功能。虚拟仪器充分利用计算机的软硬件资源,利用 PC 机显示器的显示功能来模拟传统仪器的控制面板,利用计算机强大的软件功能进行测量过

程的控制、数据运算、信号分析和处理,利用 I/O 接口完成信号的采集、测量与调理,测量结果可以以多种形式输出,并能通过各种通信接口进行传输。

虚拟仪器的硬件平台由计算机和 I/O 接口设备两部分组成。计算机一般为 PC 机或工控机,它是硬件平台的核心。I/O 接口设备主要包括信号采集、调理、放大、模数转换、传感器等模块。

软件是虚拟仪器的核心,在虚拟仪器设计中尽可能地用软件代替硬件。虚拟仪器的软件由应用程序和驱动程序构成。应用程序包括实现虚拟面板功能的前面板程序和定义测试功能的流程图软件程序。驱动程序是一套可被用户调用的子程序或动态链接库。用户只需调用相应的一些函数就可以完成对仪器各种功能的操作。

开发虚拟仪器需要利用开发工具。常用的虚拟仪器软件开发工具有如下两类:一种是文本式编程语言,如 Visual C++, Visual Basic, Lab Windows/CVI 等;另一类是图形化编程语言,如 LabVIEW, HP VEE 等。

由于虚拟仪器具有开放式结构,软件和硬件模块标准化,易于开发,因此虚拟仪器的应用日益广泛。利用虚拟仪器技术可以方便地设计各种专用测试系统,在工业自动化领域有广阔的应用前景。

1.2.3 网络化仪器

网络化仪器是测量技术与计算机、网络技术、信息处理技术相结合的产物。由于 Internet 的出现,各种仪器可以通过互联网连接起来,实现测量数据和测试设备资源共享,并可以通过网络协议共同完成测试任务。这种借助网络通信技术和智能仪器技术共享系统中的软硬件资源的仪器称为网络化仪器。网络化仪器可以通过网络突破时空和地域的障碍,将仪器、外围设备、测试对象及数据库等连接起来,使昂贵的仪器设备为更多的用户使用,提高设备的使用率,降低测试成本。例如,远程数据采集、远程设备故障诊断、远程医疗、高档测量仪器设备资源的远程调用等,都可以通过连接在网络上的多个网络化仪器实现。

另外,分布在不同地点的网络化仪器,可以在统一的参照信息(同一时间参照信息、同一空间参照信息等)下,协同一致地对某一目标进行测试。协同测试不仅是简单地将多个仪器进行简单的组合,还需要严格的测试流程、测试节拍以及参考基准。同时,还要求各个仪器或仪器模块之间具有某种协调功能。传统仪器大多数还是一个封闭系统,一般不具有协同测试能力。

现在国内外一些电子仪器公司积极地研制开发网络化仪器,如安捷伦公司已研制出具有网络功能的 16700B 型网络化逻辑分析仪,可以实现远程控制、访问和检测,并通过网络将测得的数据传送给本地计算机。网络化是智能仪器的一个重要发展方向。

1.2.4 仪器总线技术

仪器总线是一组互联信号线的集合,是在模块、仪器、设备之间传输信息的公用信号线,通常包括数据总线、地址总线和控制总线。具有总线结构的模块、仪器或系统可以方便地连接在总线上,组成自动测试系统,通过总线传输各种信息,在控制器的作用下自动完成各种测试任务。仪器总线系统具有互换性、可扩展性和可维修性等特点。