

新编电气与电子信息类本科规划教材

智能仪器

设计基础

史健芳 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

新编电气与电子信息类本科规划教材

智能仪器设计基础

史健芳 钟秉翔 廖述剑 杨 静 韩应征 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以培养“厚基础、宽口径、会设计、可操作、能发展”，具有创新精神和实践能力的人才为目的，以提高学生的分析和解决实际问题的能力为出发点，较全面、系统地介绍了单片机为核心的智能仪器的基本组成、结构和设计方法。注重理论联系实际，反映智能仪器的发展方向，引入智能仪器设计的新技术。

全书共分 10 章，内容包括：智能仪器的分类、组成、特点，智能仪器的输入通道及接口技术，模拟量输出通道，人机对话接口，典型数据处理功能，系统总线和数据通信接口，自动校准和自诊断技术，可靠性与抗干扰技术，智能仪器的设计开发步骤和实例，以及智能仪器的发展方向与新技术。

本书可作为高等学校测控技术与仪器、电子信息、自动控制、机电一体化等专业的高年级本科生和低年级研究生的教材，也可供相关专业工程技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器设计基础/史健芳等编著. —北京:电子工业出版社,2007.9

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 978-7-121-04403-8

I. 智… II. 史… III. 智能仪器—设计—高等学校—教材 IV. TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 131857 号

策划编辑: 凌 毅

责任编辑: 张 濮

文字编辑: 宋兆武

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.25 字数: 512 千字

印 次: 2007 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

信息与电子学科百本精品教材工程

《新编电气与电子信息类本科规划教材》
电气信息类专业教材编委会

主任委员：王宏华（河海大学）

副主任委员：戴文进（南昌大学）

赵英凯（南京工业大学）

胡先福（电子工业出版社）

委员：孔峰 任庆昌 唐志平 王云亮

谢克明 徐科军 薛士龙 凌毅

《新编电气与电子信息类本科规划教材》参编院校

(按拼音排序)

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ▶ 安徽大学 | ▶ 华北电力大学 | ▶ 山东理工大学 |
| ▶ 北京联合大学 | ▶ 淮海工学院 | ▶ 山东科技大学 |
| ▶ 北华大学 | ▶ 桂林电子工业学院 | ▶ 青岛大学 |
| ▶ 常州工学院 | ▶ 桂林工学院 | ▶ 上海第二工业学院 |
| ▶ 成都理工大学 | ▶ 广西工学院 | ▶ 上海海运学院 |
| ▶ 哈尔滨工程大学 | ▶ 济南大学 | ▶ 太原理工大学 |
| ▶ 杭州电子科技大学 | ▶ 南京邮电学院 | ▶ 太原重型机械学院 |
| ▶ 合肥工业大学 | ▶ 南京工业大学 | ▶ 天津理工大学 |
| ▶ 合肥电子工程学院 | ▶ 南昌大学 | ▶ 厦门大学 |
| ▶ 湖北工业大学 | ▶ 南华大学 | ▶ 西南科技大学 |
| ▶ 湖南科技大学 | ▶ 南通大学 | ▶ 西安建筑科技大学 |
| ▶ 河海大学 | ▶ 内蒙古科技大学 | ▶ 武汉工业学院 |
| ▶ 河北工业大学 | ▶ 山东大学 | ▶ 云南大学 |

前 言

本书以“厚基础、宽口径、会设计、可操作、能发展”为方向,以培养具有创新精神和实践能力的人才为目的,以提高学生的分析、解决实际问题的能力为出发点,较全面、系统地介绍了单片机为核心的智能仪器的基本组成、结构和设计方法。

本书叙述力求简明扼要、通俗易懂。在内容编排上注重智能仪器基本原理和基本设计方法,同时注意理论联系实际,引入设计实例,提高学生分析、解决实际问题的能力,为以后的学习、工作和科学研究打下扎实的理论 and 实践基础;注重反映智能仪器的发展方向,引入新器件、新技术,便于学生了解智能仪器的发展趋势,拓宽知识面;为便于学生参阅同类国外原版教材及相关资料,了解国内外智能仪器设计的新技术,增强学习的主动性与求知欲望,书中对第一次出现的术语标有相应的英文。

本书共分 10 章:第 1 章,智能仪器的基本组成、功能特点、发展及设计步骤;第 2 章,模拟量和开关量输入/输出通道的组成、结构、常用器件及接口技术;第 3 章,电压类、电流类、频率、时间型、电阻型、电容型等常见模拟量信号的检测方法;第 4 章,键盘、显示器、触摸屏、打印机等人机交互接口技术;第 5 章,数字滤波、系统误差、粗大误差、传感器的非线性校正、测量数据的标度变换等智能仪器的典型数据处理技术;第 6 章,智能仪器的自动校准、触发电平自动调节、量程自动转换和硬件故障自检等技术;第 7 章,影响智能仪器可靠性和产生干扰的主要因素,以及为提高仪器的可靠性采取的软件、硬件措施;第 8 章,智能仪器较常用的标准总线和数据通信技术,主要有 I²C 总线、通用接口总线(GPIB)、RS-232C 串行总线、RS-422/485 串行总线、通用串行总线(USB)、CAN 总线等;第 9 章,智能仪器设计实例;第 10 章,智能仪器的发展方向及新技术,包括个人仪器、VXI 总线仪器、虚拟仪器、网络化仪器、智能仪器中的数据融合技术等内容。为配合教学,每一章都有适量的习题。

本书适用于高等学校测控技术与仪器、电子信息、自动控制、机电一体化等专业的高年级本科生及低年级研究生,也可供相关专业工程技术人员参考。

本书由史健芳任主编,钟秉翔、廖述剑、杨静、韩应征任副主编,由史健芳进行策划、内容安排和统稿。第 1 章由韩应征编写;第 2 章和第 8 章 1~4 节由史健芳编写;第 4 章~第 6 章和第 9 章第 2 节由钟秉翔编写,李家庆、李芳老师参与了第 9 章第 2 节的编写,并进行了软、硬件调试和验证;第 3 章、第 7 章、第 8 章第 5~8 节和第 9 章第 1 节由廖述剑编写;第 10 章由杨静编写。本书在编写过程中参阅了许多教材、著作和论文,得到了电子工业出版社凌毅、张濮等编辑的支持。在此,我们谨向书后所列参考文献的各位作者以及给与我们支持和帮助的编辑、领导和同事表示诚挚的谢意。

由于知识变化日新月异,再加上作者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正!

本书为任课教师免费提供电子课件,请在华信教育资源网(<http://www.huaxin.edu.cn>)注册下载。

作 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 智能仪器的发展概况	1
1.2 智能仪器的发展趋势	3
1.3 智能仪器的分类、组成和特点	3
1.3.1 智能仪器的分类	3
1.3.2 智能仪器的组成	4
1.3.3 智能仪器的特点	4
1.4 智能仪器的设计要求、原则及步骤	5
1.4.1 智能仪器的设计要求	5
1.4.2 智能仪器的设计原则	6
1.4.3 智能仪器的设计步骤	6
习题 1	9
第 2 章 智能仪器输入/输出通道及接口技术	10
2.1 模拟量输入通道概述	10
2.2 传感器	11
2.2.1 传感器的分类	11
2.2.2 传感器的选用原则	12
2.3 放大器	13
2.3.1 程控放大器	13
2.3.2 仪用放大器	17
2.3.3 隔离放大器	19
2.4 模拟多路开关	24
2.4.1 模拟多路开关的性能指标	24
2.4.2 集成模拟多路开关	25
2.4.3 模拟开关的通道扩展	27
2.5 采样/保持器	28
2.5.1 采样/保持器的原理	28
2.5.2 集成采样/保持器	29
2.5.3 采样/保持器的主要性能指标	30
2.6 A/D 转换器	31
2.6.1 并联比较型 A/D 转换器	31
2.6.2 逐次逼近型 A/D 转换器	32
2.6.3 双积分型 A/D 转换器	33
2.6.4 Σ - Δ 调制型 A/D 转换器	34

2.6.5	A/D转换器的主要技术指标	37
2.7	A/D转换器与微处理器的接口	38
2.7.1	并行输出ADC与微处理器的接口	39
2.7.2	串行输出ADC与微处理器的接口	44
2.8	开关量输入通道	51
2.9	模拟量输出通道	52
2.9.1	D/A转换原理	53
2.9.2	D/A转换器的主要技术指标	55
2.9.3	D/A转换器与微处理器的接口	56
2.9.4	DAC的应用	62
2.10	开关量输出通道	67
2.10.1	小功率驱动接口电路	67
2.10.2	中功率驱动接口电路	67
2.10.3	固态继电器输出接口电路	68
	习题2	70
第3章	常见模拟量信号的检测方法	71
3.1	概述	71
3.2	电压类信号的检测	71
3.2.1	对电压测量的基本要求	72
3.2.2	交流电压的测量	72
3.3	电流类信号的检测	73
3.3.1	手动分挡测量法	73
3.3.2	自动分挡测量法	73
3.4	相位型信号的检测	74
3.4.1	软件分析法	74
3.4.2	过零比较器法	74
3.5	时间型信号的检测	75
3.6	频率及周期型信号的检测	77
3.6.1	频率及周期型信号的特点	77
3.6.2	频率测量基本电路	78
3.6.3	周期测量基本电路	79
3.6.4	通用频率计(计数器)的基本电路	80
3.7	电阻型信号的检测	80
3.7.1	恒流法测电阻	80
3.7.2	恒压法测电阻	81
3.7.3	恒阻法测电阻	81
3.7.4	积分法测电阻	82
3.8	电容型信号的检测	82
3.8.1	积分法测电容	82
3.8.2	相位法测电容	82

3.8.3	频率法测电容	83
	习题3	84
第4章	智能仪器人机交互接口	85
4.1	键盘与接口	85
4.1.1	键盘概述	85
4.1.2	键盘工作原理与接口电路	87
4.1.3	键值分析程序	91
4.2	LED显示与接口	96
4.2.1	段码式LED显示原理与接口	96
4.2.2	点阵式LED显示原理与接口	99
4.3	键盘/显示器接口设计	101
4.3.1	ZLG7290芯片介绍	101
4.3.2	ZLG7290接口芯片的连接方法和程序设计	104
4.4	LCD显示及接口	108
4.4.1	LCD显示器的结构和工作原理	108
4.4.2	笔段式LCD显示器	108
4.5	CRT显示及控制	117
4.5.1	CRT显示器概述	117
4.5.2	字符显示原理	119
4.5.3	图形及汉字显示原理	121
4.6	触摸屏	122
4.6.1	触摸屏简介	123
4.6.2	触摸屏的分类	124
4.6.3	触摸屏的控制	127
4.7	打印记录技术	132
4.7.1	RD系列热敏微型打印机的接口信号	132
4.7.2	RD系列热敏微型打印机的打印命令	133
4.7.3	汉字打印技术	135
4.7.4	RD系列打印机与单片机接口及编程	136
	习题4	138
第5章	智能仪器的典型数据处理功能	139
5.1	概述	139
5.2	测量结果的非数值处理	140
5.2.1	查表	140
5.2.2	排序	142
5.3	测量结果的数值处理	144
5.3.1	随机误差处理与数字滤波	144
5.3.2	系统误差的处理和传感器的非线性校正	150
5.3.3	粗大误差的处理算法	160
5.4	测量数据的标度变换	162

5.4.1	线性标度变换	162
5.4.2	非线性参数的标度变换	163
习题 5	164
第 6 章	智能仪器自动测量和自检技术	165
6.1	概述	165
6.2	仪器的自动校准	166
6.2.1	内部自动校准	166
6.2.2	外部自动校准	168
6.3	仪器的自动测量	168
6.3.1	触发电平自动调节	168
6.3.2	量程自动转换	169
6.4	硬件故障自检	171
6.4.1	RAM 的自检	171
6.4.2	ROM 的自检	172
6.4.3	键盘与显示器的自检	173
6.4.4	输入通道的自检	174
6.4.5	输出通道的自检	175
6.4.6	总线的自检	176
习题 6	177
第 7 章	智能仪器可靠性与抗干扰技术	178
7.1	可靠性概述	178
7.1.1	可靠性的基本概念	178
7.1.2	可靠性的总体考虑	179
7.2	可靠性设计	180
7.2.1	硬件可靠性设计	180
7.2.2	软件可靠性设计	181
7.3	智能仪器抗干扰技术	186
7.3.1	干扰的产生与分类	186
7.3.2	干扰的耦合方式	188
7.3.3	抑制干扰的主要技术及措施	189
7.3.4	抗干扰的其他措施	198
习题 7	202
第 8 章	总线和数据通信技术	203
8.1	概述	203
8.2	内总线	203
8.2.1	I ² C 总线概述	204
8.2.2	I ² C 总线的术语	204
8.2.3	器件与 I ² C 总线的连接	205
8.2.4	数据的传送	205
8.3	通用接口总线	209

8.3.1	协议中用到的术语	209
8.3.2	仪器功能与接口功能	210
8.3.3	GPIB 接口系统结构	211
8.3.4	GPIB 接口工作过程	212
8.3.5	GPIB 接口芯片	213
8.4	串行通信接口	213
8.4.1	RS-232C 串行总线标准	215
8.4.2	RS-422 标准	220
8.4.3	RS-485 通信接口标准	221
8.4.4	通用串行总线(USB)	223
8.5	现场总线	228
8.5.1	现场总线的特点与优点	229
8.5.2	CAN 总线的发展与特点	231
8.5.3	CAN 的分层结构	232
8.6	蓝牙技术	238
8.6.1	蓝牙技术的产生与概况	239
8.6.2	蓝牙技术的原理	242
8.7	工业以太网	250
8.8	电力线载波通信	253
	习题 8	254
第 9 章	智能仪器设计实例	256
9.1	数据采集系统设计	256
9.1.1	数据采集系统的组成与结构	256
9.1.2	数据采集系统设计考虑的因素	257
9.1.3	心电数据采集系统设计	258
9.2	简单单回路温度控制器	266
9.2.1	功能需求和总体思路	266
9.2.2	温度测控电路设计	267
9.2.3	PID 控制算法的实现	269
9.2.4	控制器和 PC 之间的数据通信	269
9.2.5	温度控制器软件流程与参考程序	270
9.3	简单单回路温度控制器电路图	277
	习题 9	278
第 10 章	智能仪器新发展	279
10.1	个人仪器及系统	279
10.1.1	个人仪器概述	279
10.1.2	个人仪器的结构和特点	279
10.2	VXI 总线仪器	281
10.2.1	VXI 总线仪器系统概述	282
10.2.2	VXI 总线仪器系统的组建	287

10.3 虚拟仪器	288
10.3.1 虚拟仪器的特点与构成	289
10.3.2 虚拟仪器的硬件结构	291
10.3.3 虚拟仪器的软件结构	293
10.3.4 虚拟仪器的软件开发平台	294
10.3.5 虚拟仪器的发展与应用	296
10.4 网络化仪器	298
10.4.1 网络化仪器概述	298
10.4.2 基于 Web 的虚拟仪器	300
10.4.3 嵌入式 Internet 的网络化智能传感器	301
10.4.4 IEEE 1451 网络化智能传感器标准	303
10.5 多传感器数据融合技术	305
10.5.1 概述	305
10.5.2 数据融合的原理和结构	306
10.5.3 数据融合的基本方法	308
10.5.4 数据融合技术在智能仪器中的应用	308
习题 10	309
参考文献	310

第 1 章 绪 论

随着仪器仪表和信息管理的高度自动化,以计算机为核心的信息处理与过程控制相结合的智能仪器系统应运而生。智能仪器是计算机技术与测试技术相结合的产物,是含有微计算机或微处理器的测量仪器。由于它拥有对数据的存储、运算、逻辑判断和自动化操作等功能,具有一定的智能作用,因而被称为智能仪器。

近年来,智能仪器已开始从数据处理向知识处理发展,并具有模糊判断、故障判断、容错技术、传感器融合、机件寿命预测等功能,使智能仪器向更高的层次发展。本章叙述了智能仪器的发展概况、发展趋势、分类、组成、特点、设计要求、设计原则和步骤。

1.1 智能仪器的发展概况

20 世纪 50 年代以前,仪器的功能用硬件实现,几乎没有软件的介入,完全由生产厂商在产品出厂前定义好,测量结果用指针显示,称为模拟式(指针式)仪器。仪器体积庞大、功能单一、价格昂贵、开放性差、响应速度慢、精度低。这类仪器包括万用表、电子示波器、信号发生器等磁电式和电子式模拟仪器仪表。

20 世纪 60 年代,随着集成电路的出现,产生了以集成电路芯片为基础的数字式仪器,其基本工作原理是在测量过程中将模拟信号转换为数字信号,测量结果以数字形式显示和输出。读数清晰、响应速度快、精度高,如数字电压表、数字功率计、数字频率计等。

20 世纪 70 年代以后,随着微处理器的出现和广泛应用,以微处理器为核心,产生了将计算机技术与测量仪器相结合的仪器,不仅具有对数据采集、存储、运算、逻辑判断等能力,还可以根据被测参数的变化自动选择合适的量程、自动校准、自动补偿、自动判断故障、优化控制等,将这种具有一定人类智能作用的仪器称为独立式智能仪器(以下简称智能仪器)。智能仪器测量范围宽、精度高、稳定性好。智能仪器一般均配有 GPIB(或 RS-232C、RS-485)等通信接口,可与另外的智能仪器组成智能仪器系统,完成复杂的测试任务。

20 世纪 80 年代初期,随着个人计算机(PC)的应用,将仪器中的测量部分配以相应的接口电路组成各种仪器卡,插入到 PC 的插槽或扩展槽内。这种以个人计算机为基础组成的智能仪器称为个人仪器(PC 仪器)。它将传统的独立式智能仪器与计算机的软、硬件资源结合起来,利用仪器卡完成数据采集,利用 PC 的硬件和软件资源完成数据分析和显示,具有较高的性价比。不同功能的个人仪器有机结合可构成个人仪器系统。个人仪器系统的总线由各生产厂家自行定义,无统一标准,用户在组建系统时难以选择。因此,1987 年由惠普(HP)等 5 家仪器公司联合推出 VXI 接口总线标准。VXI 是一个开放式结构,允许不同生产厂家的仪器卡在同一机箱中工作。采用 VXI 总线标准的个人仪器系统称为 VXI 总线系统。一般由计算机、VXI 仪器模块和 VXI 总线机箱构成。可充分发挥计算机的效能,灵活方便、标准化程度高、扩展性好。

随着微处理器的速度越来越快,价格越来越低,它已被广泛用于智能仪器仪表中,使得一

些实时性要求很高,原本由硬件完成的功能,可以通过软件来完成,甚至许多原来用硬件电路难以解决或根本无法解决的问题,也可以采用软件技术很好地解决。一些新的测试理论、测试方法、测试领域和仪器结构不断涌现并发展成熟,逐渐突破了仪器系统的功能主要依赖于改变硬件电路的观念,硬件的作用逐渐被软件所代替。例如,个人计算机仪器 PCI 通过给个人计算机配上不同的模拟通道,使之符合测量仪器的要求,利用计算机已有的磁盘、打印机、绘图仪及软件平台,将仪器面板及操作按钮的图形生成在显示器上,得到软面板,仪器的操作通过点击鼠标完成。

到了 20 世纪 80 年代后期,随着个人计算机的广泛应用及软件在仪器中的重要性的提高,美国国家仪器(NI)公司提出了“虚拟仪器”(virtual instrument)的概念。虚拟仪器是以通用计算机为基础,加上特定的硬件接口设备和为实现特定功能而编制的软件形成的一种新型仪器。通常由计算机、仪器模块和软件模块三部分组成。计算机通常是个人计算机,也可以是任何通用电子计算机。仪器模块是各种传感器、信号调理器、模拟/数字转换器(ADC)、数字/模拟转换器(DAC)、数据采集器(DAQ)等。计算机和仪器模块组成了虚拟仪器硬件测试平台,完成被测输入信号的采集、放大、模数转换及输出信号的数模转换等。当硬件确定后,用户可以通过不同测试功能的软件模块(如数据分析、过程通信及图形用户界面等)的组合实现不同的功能。即同一个硬件系统,软件不同,就可得到功能完全不同的测量仪器。而且用户可自己设计、定义仪器功能,这改变了用户只能使用制造商提供的仪器功能的传统观念,使仪器从以硬件为主的测量系统转变到以软件为中心的测量系统,同一台虚拟仪器可应用于多种场合。可见,软件是虚拟仪器的核心。因此,从某种意义上可以说“软件就是仪器”。目前,较流行的虚拟仪器软件环境大致可以分为两类:一种是文本式的编程语言,如 C、LabWindows/CVI、Visual Basic、Visual C++等;另一种是图形化编程语言,如 LabVIEW、HPVEE 等。虚拟仪器具有测量精度高、速度快、可重复性好、开关电缆少、系统组建时间短、测量功能易于扩展等优点,有最终取代大量的传统仪器而成为仪器领域主流产品的趋势。

随着因特网(Internet)的出现、网络互连设备成本的降低与技术上的进步,Internet在各领域得以综合利用。在测量测试领域,将仪器、昂贵的外围设备、测试对象和数据库等资源纳入网络,实现测量远地化、网络化和测量结果信息资源共享化,使一台仪器被更多的用户使用,降低了测试系统的成本,实现了资源共享,共同完成测试任务。这种借助于网络通信技术与虚拟仪器技术共享软、硬件的结合体称为网络化仪器。例如,对于环境恶劣的数据采集工作可实行远程采集,将采集的数据放在服务器中供用户使用,重要数据实行多机备份,提高系统的可靠性。网络可以使测试人员不受时间和空间的限制,随时随地获取所需信息,同时还可以实现测试设备的远距离测试与诊断,提高测试效率,减少测试人员的工作量,方便修改和扩展。

国内外一些大型电子仪器公司已经在积极研制和开发新型的网络化仪器,如安捷伦科技有限公司(Agilent)研制出具有网络功能的 16700B 型逻辑分析仪,可实现任意时间、任何地点对系统的远程访问,实时获得仪器的工作状态;通过友好的用户界面,对远程仪器的功能和状态进行控制和检测;将远程仪器测得的数据经网络迅速传递给本地计算机。

网络化仪器是一种涉及多门学科、涵盖范围更广、应用领域更广的仪器,可以做到从任何地点、在任意时间获取所需要的测量信息。仪器正朝着数字化、网络化和多媒体化方向发展。

智能仪器是计算机科学、电子学、数字信号处理、人工智能、VLSI 等新兴技术与传统仪器仪表技术相结合的产物。随着专用集成电路、个人仪器、网络技术等相关技术的发展,智能仪器将会得到更加广泛的应用。作为智能仪器核心部件的单片机技术是推动智能仪器向微型

化、多功能化和更加灵活的方向发展的动力。可以预见,各种功能的智能仪器将会广泛地应用在各个领域。

1.2 智能仪器的发展趋势

随着微电子技术、网络技术的发展,智能仪器将向着微型化、多功能化、人工智能化、网络化等方向发展。

1. 微型化

随着微电子、微机械等技术的不断发展,具有传统智能仪器功能的微型智能仪器技术不断成熟,在自动化技术、航天、军事、生物技术、医疗等领域具有独特的作用。随着其价格的不断降低,应用领域将不断扩大。

2. 多功能化

多功能是智能仪器的一个重要特点。例如,为了设计速度较快和结构较复杂的数字系统,仪器生产厂家制造了具有脉冲发生器、频率合成器和任意波形发生器等功能的函数发生器。这种多功能的综合型产品不但在性能上比专用脉冲发生器和频率合成器高,而且在各种测试功能上也提供了较好的解决方案。

3. 人工智能化

人工智能是利用计算机模拟人的智能,使智能仪器在视觉(图形及色彩)、听觉(语音识别及语言领悟)、思维(推理、判断、学习与联想)等方面代替一部分人的脑力劳动,具有一定的人工智能作用,无须人的干预就可自主地完成检测或控制任务,解决用传统方法很难解决或根本无法解决的问题。

4. 网络化

计算机网络技术的日益成熟提供了将测控、计算机和通信技术相结合的可能。利用网络技术将各个分散的测量仪器设备连在一起,各仪器设备之间通过网络交换数据和信息,实现各种数据和信息跨地域、跨时间的传输与交换,使测量不再是单个仪器设备相互独立操作的简单组合,而是一个统一的、高效的整体,实现了各仪器资源的共享和测量功能的优化。这是国防、通信、铁路、航空、航天、气象和制造等领域的发展趋势。

1.3 智能仪器的分类、组成和特点

1.3.1 智能仪器的分类

从发展应用的角度看,智能仪器系统分为微机内嵌(内藏)式和微机扩展式两大类。微机内嵌式将微机作为核心部件嵌入到智能仪器中,仪器包含一个或多个微机,属于嵌入式系统(embedded system)。利用微机强大的功能完成信号调理、A/D转换、数字处理、数据存储、显示、打印、通信等各项任务。例如,高级汽车的燃料喷射系统、空调系统、音响系统、ABS系统、

卫星定位系统、安全气囊系统等多处都含有微机。微机扩展式是将检测功能扩展到微机中,给使用者的感觉首先是一个微机系统,由特定的硬件模块完成被测输入信号的采集、放大,以及输出信号的数模转换等功能,并利用微机的硬件和软件资源完成数据分析和显示。前面介绍的个人仪器、VXI 总线仪器、虚拟仪器等属于微机扩展式仪器。微机内嵌式智能仪器是智能仪器设计的基础,本书将着重介绍。

1.3.2 智能仪器的组成

智能仪器由硬件和软件两大部分组成。硬件包括微处理器、存储器、输入通道、输出通道、人机接口电路、通信接口电路等部分。微机内嵌式智能仪器的基本结构如图 1.1 所示。微处理器是仪器的核心;存储器包括程序存储器和数据存储器,用来存储程序和数据;输入通道主要包括传感器、信号调理电路和 A/D 转换器等,完成信号的滤波、放大、模数转换等;输出通道主要包括 D/A 转换器、放大驱动电路和模拟执行器等,将微处理器处理后的数字信号转换为模拟信号;人机接口电路主要包括键盘和显示器,是操作者和仪器的通信桥梁,操作者可通过键盘向仪器发出控制命令,仪器可通过显示器将处理结果显示出来;通信接口电路可实现仪器与计算机或其他仪器的通信。

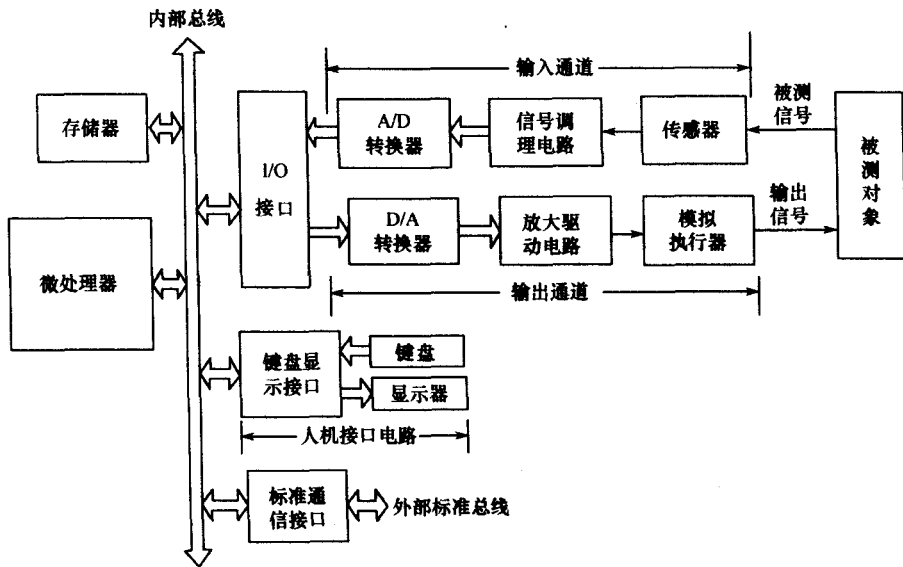


图 1.1 微机内嵌式智能仪器的基本结构

1.3.3 智能仪器的特点

智能仪器内部带有处理能力很强的智能软件,具有类似人类智能的特性或功能,具有以下特点。

(1) 操作自动化。仪器的整个测量过程,如键盘扫描、量程选择、开关闭合、数据采集、传输与处理、显示打印等功能用微控制器控制,实现了测量过程的自动化。

(2) 具有自测功能。包括自动调零、自动故障与状态检验、自动校准、自诊断及量程自动转换、触发电平自动调整、自补偿、自适应等,能适应外界的变化。例如,能自动补偿环境温度、压力等对被测量的影响,能补偿输入的非线性,并根据外部负载的变化自动输出与其匹配的信号等。自动校准通过自校准(校准零点、增益等)来保证自身的准确度。自诊断能检测出故障

的部位,甚至故障的原因。自测试功能可以在仪器启动时运行,也可在仪器工作中运行,极大地方便了仪器的维护。

(3) 具有数据分析和处理功能。智能仪器采用了单片机或微控制器,这使得许多原来用硬件逻辑电路难以解决或根本无法解决的问题,可以用软件非常灵活地解决。例如,传统的数字万用表只能测量电阻、交直流电压、电流等,而智能型的数字万用表不仅能进行上述测量,而且还具有对测量结果进行诸如零点平移、取平均值、求极值、统计分析等复杂的数据处理功能,使用户从繁重的数据处理中解放出来,而且有效地提高了仪器的测量精度。

(4) 具有友好的人机对话功能。智能仪器使用键盘代替传统仪器中的切换开关,操作人员通过键盘输入命令,用对话方式选择测量功能和设置参数。同时,智能仪器能输出多种形式的数,如通过显示屏将仪器的运行情况、工作状态和处理结果以数字或图形的形式输出。

(5) 具有可编程操作能力。一般智能仪器都配有 GPIB、RS-232C、RS-485、USB 等标准的通信接口,可以接收计算机的命令,具有可编程操作的功能。这些特性方便与 PC 和其他仪器一起组成用户所需要的多种功能的自动测量系统,完成更复杂的测试任务。

除此之外,智能仪器还能通过自学学会处理更多、更复杂的程序。但不是所有的智能仪器都必须具备上述所有功能,在设计具体的智能仪器时应根据实际需要确定其功能。

1.4 智能仪器的设计要求、原则及步骤

智能仪器的研制开发是一个较为复杂的过程。为完成仪器的功能,实现仪器的指标,提高研制效率,并取得一定的研制效益,应遵循正确的设计原则,按照科学的设计步骤开发智能仪器。

1.4.1 智能仪器的设计要求

无论智能仪器的规模大小,基本设计要求大体相同,主要考虑以下几个方面。

1. 功能及技术指标要求

智能仪器应具备的功能包括输出形式、人机对话、通信、报警提示、仪器状态的自动调整等。智能仪器的主要技术指标包括精度、测量范围、工作环境条件、稳定性等。

2. 可靠性要求

仪器的故障将造成整个生产过程混乱,甚至引起严重后果,所以仪器能否正常可靠地工作,将直接影响测量结果,也将影响工作效率和仪器的信誉。为保证仪器能长时间稳定可靠地工作,应采取各种措施提高仪器的可靠性。

在硬件方面,应合理选择元器件,即在设计时对元器件的负载、速度、功耗、工作环境等技术参数留有一定的余量,并对元器件进行老化和筛选。另外,在极限情况下进行试验,即在研制过程中,让样机承受低温、高温、冲击、振动、干扰、烟雾等试验,以保证其对环境的适应性。在软件方面,采用模块化设计方法,并对软件进行全面测试,以降低软件故障率,提高软件的可靠性。

3. 便于操作和维护

在仪器设计过程中,应考虑操作的方便性,控制开关或按钮不要太多、太复杂,尽量降低对