



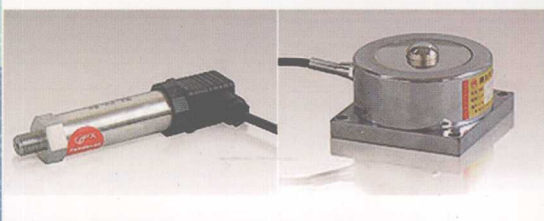
电子·教育

全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

智能仪器基础

朱一纶 主编
吴彪 副主编 江光灵 主审

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



全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

智能仪器基础

朱一纶 主 编

吴 彪 副主编

江光灵 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是面向高职高专学生编写的教材。本书按照智能仪器的构成进行介绍,内容包括:智能仪器中的微机系统,信号的输入与处理,信号的输出与处理,智能仪器的人机界面,智能测量技术,智能通信技术及智能仪器的设计与实例。教材设计了填空题、选择题和简答题,帮助学生复习和掌握主要的内容。

本书的主要特点是难度较低,力求从基本概念上加强学生对智能仪器的工作原理、基本构成、使用及维护方法的理解,并结合实际的智能仪器,简要介绍了智能仪器的初步设计方法。为了帮助学生理解,本书尽可能采用图文并茂的方法进行说明。本书的另一个特点是尽可能介绍各种新器件和新技术,以拓宽学生的知识面。

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

智能仪器基础/朱一纶主编. —北京:电子工业出版社, 2007.5

(全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材)

ISBN 978-7-121-04376-5

I. 智… II. 朱… III. ①智能仪器—高等学校:技术学校—教材 IV. TP216

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第066689号

责任编辑:程超群 特约编辑:王银彪

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

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: 11 字数: 282千字

印 次: 2007年6月第1次印刷

印 数: 5000册 定价: 16.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

出版说明

党的十六大提出,走我国新型工业化发展的道路,必须坚持“以信息化带动工业化、以工业化促进信息化”,而且要达到“科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势”等5个具体目标。这表明我国要基本实现工业化,不仅要采用机械化和电气化,而且要充分利用自动化和信息化。因此,以自动化技术为代表的先进生产技术,将在我国产业结构调整、推动传统产业现代化、实现经济及社会持续协调发展,发挥极其重要的作用。

目前,作为我国高等教育一翼的高等职业教育,已经在招生规模方面取得了巨大的突破,但在教学改革方面与西方发达的职业教育相比,还相对落后。高职教育的培养目标是培养企业真正需要的具有实践动手能力的技术工人,这是当前高职教育改革的重点,也是一线教师所真正关心的话题。而工业自动化技术是高职教育中的一个重要领域,承担着为工业生产领域培养一线技术工人的重要作用,而且,无论是社会用人需求还是就业前景,这一领域目前都被广泛看好。

与此相适应,电子工业出版社在广泛调查研究的基础上,于2006年3月组织全国数十所高等职业院校的一线教师和企业技术专家,在上海召开了“全国高等职业教育工业生产自动化技术规划教材研讨会”,就相关的课程教学和高职培养目标进行了深入的探讨,确定了相关的主干教材10余种。与会代表多是所在学校的领导和业务骨干,具有丰富的教学经验、实践经验和编写教材的经验。

本套教材体现了高等职业教育改革的方向,以培养岗位技术人员的综合能力为中心,淡化理论、强化应用,突出职业教育的教育特色,并且根据教育部制定的“高职高专教育课程教学基本要求”,将传统课程重新组合,缩短教学课时,力求突出应用性、针对性、岗位性和专业性等特点。

本套教材在内容编排上以能力为单位模块,强调实用原则;书中实例完整,注重原理和方法的应用,以提高对高职学生技能的培养。本套教材将学历课程与资格应试结合,满足目前大多数高等职业院校学生毕业时对毕业证与资格证或上岗证的要求。本套教材力求内容新颖性,紧跟国内外工业生产自动化技术的最新进展,同时兼顾国内高职院校相关专业的最新教学内容。本套教材均配套教学参考资料,为高职师生的教与学提供方便和帮助。

本套教材的出版对于高等职业教育的改革和高等职业专门人才的培养将起到积极的推动作用。对于教材中所存在的一些不尽如人意之处,将通过今后的教学实践不断修订、完善和充实,以便我们更好地服务于高等职业教育。

本套教材适用于生产过程自动化技术、计算机控制技术、工业网络技术、液压与气动技术、检测技术及应用等专业,也适用于机电类专业。

电子工业出版社
高职高专教育教材事业部
2006年7月

前 言

本教材是为高职高专的学生所编写，力求从基本概念上加强学生对智能仪器的工作原理、基本构成、使用及维护方法的理解，并结合实际的智能仪器，简要介绍了智能仪器的初步设计方法。为了帮助学生理解，本教材尽可能采用图文并茂的方法进行说明。

本教材的建议学时为 48 学时。考虑到目前 MCS-51 系列单片机在我国的应用还比较广，且目前很多高校所开设单片机原理及应用的课程中采用 MCS-51 系列单片机作为教学选用的微处理器，本教材在应用举例时选用了基于 MCS-51 系列单片机开发的应用实例。为了拓宽学生的思路，还对各种新器件、新技术做了简单的介绍。

本书每一章都配有多种形式的习题，主要目的是配合教材，加强学生对基本概念的了解，可供教师选用。

本书的主要特点是：

1. 难度较低，尽可能用通俗易懂的方法去说明各种概念，让学生对智能仪器有一个全面的了解。
2. 知识面比较广，对各种新器件、新技术做简单介绍，为学生掌握智能仪器打开一道门。

本教材由南京金陵科技学院的朱一纶担任主编，吴彪担任副主编，吴彪编写了第 1 章、第 3 章和第 4 章，其余各章由朱一纶编写。全书由朱一纶统稿，由南京化工职业技术学院江光灵主审。

由于与智能仪器相关的技术发展迅速，加之编者专业知识所限，书中疏误之处，敬请读者批评指正。

编者联系信箱：zhuyilun2002@yahoo.com.cn

编 者

2006 年 11 月

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 传统仪器、仪表与智能仪器	(1)
1.1.1 传统仪器、仪表	(1)
1.1.2 智能仪器	(4)
1.2 智能仪器的分类与特点	(5)
1.2.1 智能仪器的分类	(5)
1.2.2 智能仪器的特点	(7)
1.3 智能仪器的发展概况	(7)
小结	(9)
习题	(10)
第 2 章 智能仪器中的微机系统	(12)
2.1 MCS-51 系列单片机	(12)
2.1.1 MCS-51 系列单片机的结构与特点	(12)
2.1.2 MCS-51 的引脚及功能	(14)
2.1.3 CHMOS 增强型单片机 8XC51FA 的主要特点	(16)
2.1.4 MCS-51 系列单片机的指令系统	(18)
2.1.5 应用举例	(20)
2.2 MC9S12 系列单片机	(24)
2.2.1 MC9S12DP256 单片机的结构与特点	(25)
2.2.2 MC9S12 单片机的最小系统	(26)
2.2.3 MC9S12 单片机的指令系统	(27)
2.2.4 MC9S12DP256 单片机的开发	(28)
2.3 其他嵌入式单片机简介	(29)
小结	(32)
习题	(32)
第 3 章 信号的输入与处理	(35)
3.1 数字信号的输入与处理	(35)
3.1.1 开关量的预处理电路	(35)
3.1.2 脉冲信号的输入与处理	(36)
3.2 模拟信号的输入与处理	(38)
3.2.1 模拟信号的检测	(39)
3.2.2 信号滤波及检测	(41)
3.2.3 多路模拟开关 (MUX)	(42)
3.3 信号的放大	(43)
3.3.1 微弱信号的放大电路	(43)
3.3.2 集成放大器	(45)

3.4	A/D 转换	(48)
3.4.1	A/D 转换器的性能指标	(48)
3.4.2	A/D 转换器与 CPU 的接口技术	(51)
3.4.3	A/D 转换器与 CPU 接口应用举例	(51)
3.4.4	采样/保持	(54)
3.5	数据采集系统	(55)
	小结	(56)
	习题	(57)
第 4 章	信号的输出与处理	(60)
4.1	数字信号的输出与处理	(60)
4.1.1	开关量的驱动接口	(60)
4.1.2	继电器简介	(62)
4.2	脉冲宽度调制技术 (PWM)	(63)
4.3	数/模转换器	(65)
4.3.1	数/模转换器的工作原理与性能指标	(65)
4.3.2	数/模转换器的接口技术	(67)
4.4	DAC0832 与单片机的接口	(68)
4.4.1	DAC0832 的结构及引脚功能	(68)
4.4.2	DAC0832 单缓冲方式接口及应用	(69)
4.4.3	DAC0832 双缓冲方式及其与 8051 的接口	(70)
4.5	DAC708 系列接口电路	(72)
	小结	(74)
	习题	(75)
第 5 章	智能仪器的人机界面	(78)
5.1	键盘	(78)
5.1.1	识键	(78)
5.1.2	译键、键义分析	(80)
5.2	LED 显示器	(81)
5.2.1	七段 LED 数码显示器	(81)
5.2.2	点阵 LED 显示器	(85)
5.3	LCD 显示器	(86)
5.3.1	LCD 工作原理简述	(86)
5.3.2	LCD 应用举例	(87)
5.4	其他外设	(89)
5.4.1	微型打印机	(89)
5.4.2	语音提示	(91)
5.4.3	触摸屏	(94)
	小结	(96)
	习题	(97)

第 6 章 智能测控技术	(99)
6.1 测量误差简述	(99)
6.1.1 误差分类	(99)
6.1.2 误差的性质和原因	(100)
6.2 系统误差的自动校正	(101)
6.2.1 自校零技术	(101)
6.2.2 变化系统误差的校正	(103)
6.3 随机误差的自动校正	(104)
6.4 粗大误差的自动校正	(105)
6.5 标度转换	(106)
6.6 非线性校正	(108)
6.7 量程自动转换	(111)
6.8 PID 控制	(113)
6.9 多传感器信息融合技术简介	(116)
小结	(117)
习题	(118)
第 7 章 智能仪器中的通信技术	(120)
7.1 串行通信接口	(121)
7.1.1 RS-232 标准及应用	(121)
7.1.2 RS-422/RS-485 标准	(124)
7.1.3 USB 通用串行总线	(126)
7.2 并行通信标准 IEEE-488	(130)
7.3 现场总线技术简介	(131)
7.3.1 集散控制系统 (DCS)	(131)
7.3.2 现场总线控制系统	(133)
7.3.3 常用现场总线	(134)
7.3.4 现场总线智能仪器	(137)
小结	(138)
习题	(139)
第 8 章 智能仪器设计与实例	(141)
8.1 智能仪器的设计	(141)
8.1.1 智能仪器的设计步骤	(141)
8.1.2 硬件设计与调试	(141)
8.1.3 软件设计及调试	(142)
8.2 智能仪器的自诊断	(143)
8.2.1 智能仪器自诊断方式	(143)
8.2.2 智能仪器的自诊断项目	(144)
8.3 实例 1 智能化真有效值数字电压表	(146)
8.3.1 系统硬件的构成	(146)
8.3.2 系统监控程序	(151)

8.3.3	扩展讨论	(154)
8.4	实例 2 智能电子计数器	(154)
8.4.1	硬件构成	(154)
8.4.2	软件构成	(158)
	小结	(159)
	习题	(160)
附录 A MCS-51 指令表		(162)
0.1	指令表	
0.2	指令表	
0.3	指令表	
0.4	指令表	
0.5	指令表	
0.6	指令表	
0.7	指令表	
0.8	指令表	
0.9	指令表	
1.0	指令表	
1.1	指令表	
1.2	指令表	
1.3	指令表	
1.4	指令表	
1.5	指令表	
1.6	指令表	
1.7	指令表	
1.8	指令表	
1.9	指令表	
2.0	指令表	
2.1	指令表	
2.2	指令表	
2.3	指令表	
2.4	指令表	
2.5	指令表	
2.6	指令表	
2.7	指令表	
2.8	指令表	
2.9	指令表	
3.0	指令表	
3.1	指令表	
3.2	指令表	
3.3	指令表	
3.4	指令表	
3.5	指令表	
3.6	指令表	
3.7	指令表	
3.8	指令表	
3.9	指令表	
4.0	指令表	
4.1	指令表	
4.2	指令表	
4.3	指令表	
4.4	指令表	
4.5	指令表	
4.6	指令表	
4.7	指令表	
4.8	指令表	
4.9	指令表	
5.0	指令表	
5.1	指令表	
5.2	指令表	
5.3	指令表	
5.4	指令表	
5.5	指令表	
5.6	指令表	
5.7	指令表	
5.8	指令表	
5.9	指令表	
6.0	指令表	
6.1	指令表	
6.2	指令表	
6.3	指令表	
6.4	指令表	
6.5	指令表	
6.6	指令表	
6.7	指令表	
6.8	指令表	
6.9	指令表	
7.0	指令表	
7.1	指令表	
7.2	指令表	
7.3	指令表	
7.4	指令表	
7.5	指令表	
7.6	指令表	
7.7	指令表	
7.8	指令表	
7.9	指令表	
8.0	指令表	
8.1	指令表	
8.2	指令表	
8.3	指令表	
8.4	指令表	
8.5	指令表	
8.6	指令表	
8.7	指令表	
8.8	指令表	
8.9	指令表	
9.0	指令表	
9.1	指令表	
9.2	指令表	
9.3	指令表	
9.4	指令表	
9.5	指令表	
9.6	指令表	
9.7	指令表	
9.8	指令表	
9.9	指令表	
10.0	指令表	

第1章

概 述

随着电子技术、半导体技术和计算机技术的不断发展和成熟，尤其是嵌入式处理器（单片机）的应用，使测试过程中的每一个环节都可能用到各种现代化的新技术，使仪器科学与技术领域出现了完全突破传统概念的新一代仪器——智能仪器，从而开创了仪器、仪表的一个崭新的时代。

1.1 传统仪器、仪表与智能仪器

在工业系统中经常可以听到仪表、仪器、传感器、智能仪表、智能仪器、智能传感器这些名称。这些名称有所区别，但也有互相包含的部分，因此比较容易混淆，在这里先做简单的讨论。

1.1.1 传统仪器、仪表

1. 仪表

仪表（meter）名称使用比较久，其设计目的为测量时间、距离、速度、强度等实现显示、记录或控制数量和流量，如控制气体流量或电流。仪表的功能一般比较单一，通常是测量某一个信号并将它显示出来或传送给其他设备，或经过变换传送给执行器。在化工、热工及自动化生产过程中经常用到各种仪表，在日常生活中也有如水表、电表，汽车上的速度表等。

最简单的仪表是直接把测量信号转换成所需要的指示值，这类指针式仪表的原理及结构最简单，价格便宜，因此应用比较广泛。

如图 1.1 所示为各种常见仪表的外形。

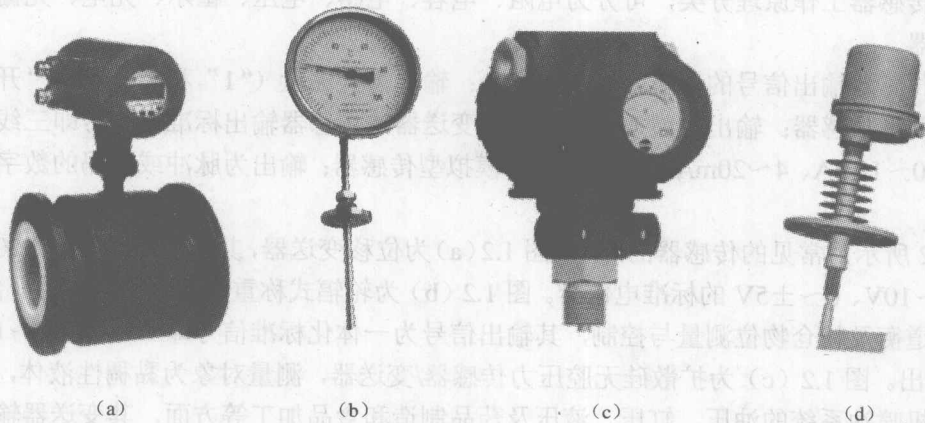


图 1.1 常见的仪表外形

如图 1.1 (a) 所示为电磁流量计, 是测量封闭管道中导电液体和浆液的体积流量仪表, 适用于化工、电力、矿冶、给排水、造纸、医药、食品等行业, 有直通法兰式及直通夹持式两种类型。

如图 1.1 (b) 所示为双金属温度计, 是测量中、低温的现场检测仪表, 可以用来直接测量气体和液体的温度。它与玻璃水银温度计相比, 具有无汞害、可以读数、牢固耐用等优点。

当仪表需要输出控制量来控制其他设备时, 通常被称为控制仪表, 在自动控制系统中广泛使用的控制仪表有调节器、变送器、运算器、执行器等。

如图 1.1 (c) 所示是 1151 型压力变送器, 选用美国扩散硅力敏元件。它可以测量气体、液体或蒸气压力。它把压力信号转换成 $4\sim 20\text{mA}$ 的标准电流信号, 可实现生产过程自动化控制。

如图 1.1 (d) 所示为 UL 型阻移式物位计, 它能对开口料仓与密闭料仓中的粉状、颗粒状、块状物料进行检测、报警及自动控制。它可以在钢铁、耐火、水泥、橡胶、化纤、电力等工业长期运行, 效果比较理想。

根据控制能源, 工业上把自动化控制仪表分为气动、液动和电动。气动和液动的仪表应用比较早, 其特点是结构比较简单、性能稳定、可靠性高, 且在本质上是安全与防爆的, 在化工等行业中特别适用。电动控制仪表的出现比较晚, 但由于其信号传输、放大、变换处理比气动、液动仪表容易, 又便于实现远距离的监视与操作, 所以应用越来越广泛。

2. 传感器

近年来, 传感器 (transducer/sensor) 也常被提到, 国家标准 GB7665—87 对传感器的定义为: “能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置, 通常由敏感元件和转换元件组成。”

传感器是一种检测装置, 能感受到被测量的信息, 并能将检测感受到的信息按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出, 以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。传感器也可称为变换器、探测器或检测器等。与仪表相比较, 传感器的种类更广泛一些, 它基于各种物理的、化学的和生物的效应, 并受相应的定律和法则所支配, 进行能量和信息的转换。

目前对传感器尚无一个统一的分类方法, 但比较常用的有如下三种:

(1) 按传感器的物理量分类, 可分为位移、力、速度、温度、流量、气体成分等传感器。

(2) 按传感器工作原理分类, 可分为电阻、电容、电感、电压、霍尔、光电、光栅、热电偶等传感器。

(3) 按传感器输出信号的性质分类, 可分为: 输出为开关量 (“1” 和 “0”, 或 “开” 和 “关”) 的开关型传感器; 输出为模拟量 (通常带变送器的传感器输出标准化信号即三线制, 输出信号为 $0\sim 10\text{mA}$ 、 $4\sim 20\text{mA}$ 或 $0\sim 5\text{V}$) 的模拟型传感器; 输出为脉冲或代码的数字型传感器。

如图 1.2 所示为常见的传感器的外形。图 1.2 (a) 为位移变送器, 其输出信号为 $4\sim 20\text{mA}$ 、 $0\sim 5\text{V}$ 或 $0\sim 10\text{V}$ 、 $0\sim \pm 5\text{V}$ 的标准电信号。图 1.2 (b) 为轮辐式称重传感器, 适用于平台秤、汽车衡、轨道衡及料仓物位测量与控制, 其输出信号为一体化标准信号即三线制, $0\sim 10\text{mA}$ 或 $0\sim 5\text{V}$ 输出。图 1.2 (c) 为扩散硅无腔压力传感器/变送器, 测量对象为黏稠性液体, 适用于测量发动机喷油系统的油压、缸压、液压及药品制造和食品加工等方面, 其变送器输出为 $4\sim 20\text{mA}$ 或 $0\sim 5\text{V}$, 二线或三线制。

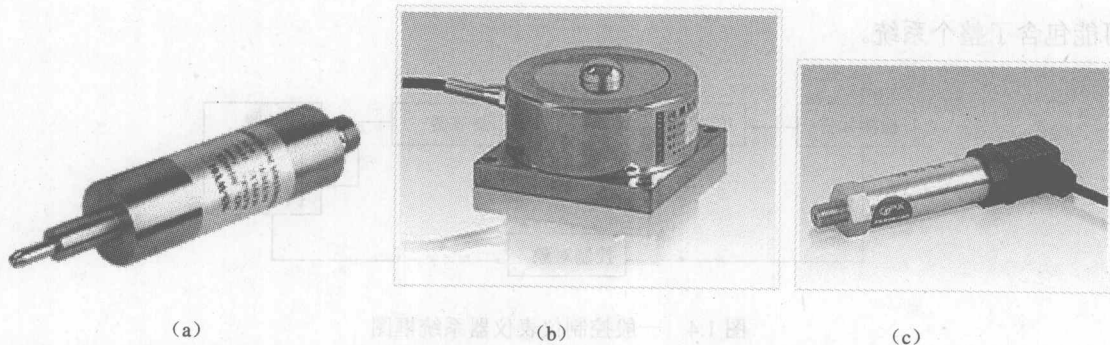


图 1.2 常见传感器

3. 仪器

仪器 (instrument) 通常是指用于记录、测量、显示或控制的独立装置 (设备)。与仪表相比较, 仪器的结构比较复杂, 测量功能比较多。在实验室中我们就可以看到各种仪器, 如示波器、低频信号发生器、直流稳压电源等。

如图 1.3 所示为常见仪器的外形, 其中图 1.3 (a) 为双踪示波器, 图 1.3 (b) 为高频信号源 (300MHz 标准信号源)。

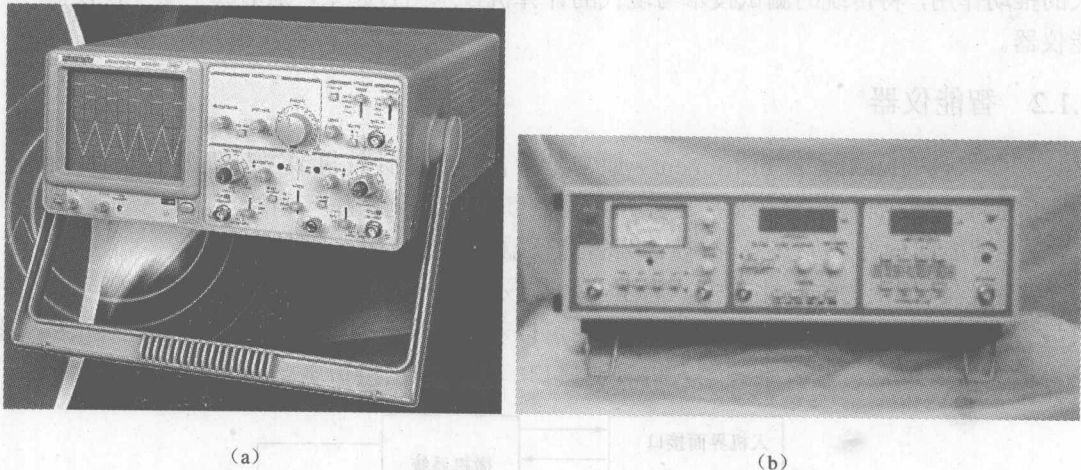


图 1.3 常见仪器的外形

从上述讨论中可知, 仪表、传感器、仪器均是用于测量输入信号的装置。只是传感器一般仅用于把输入信号转换成标准的输出电信号, 供给其他设备进行处理。仪表的输出信号并不仅是电信号, 且仪表、仪器通常还有指示输出。仪表与仪器相比, 仪表的功能比较单一, 体积也相对比较小, 而仪器的测试功能比较强, 且往往有多种功能可以选择。

如图 1.4 所示为传统仪器、仪表系统的一般功能方框图。控制对象送出的是被控量, 如压力、流量、温度等变量, 检测元件把它们转换成易于传递或显示的变量, 变送器则把它们转换成相应的电信号 (或其他信号), 该信号被送到调节器中, 与给定值 (零点、控制要求值等) 进行比较, 输出调节量 (或显示值), 控制执行器的动作。有些仪表可能只有部分功能, 例如, 显示仪表可能由检测元件、变送器和显示器构成; 传感器一般仅由检测元件与变送器组成; 较为复杂的系统自动化控制过程中变送器、调节器、执行器均为独立仪表, 而仪器则

可能包含了整个系统。

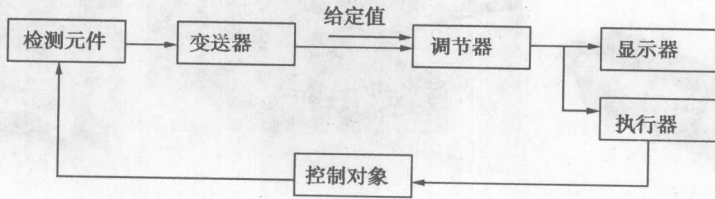


图 1.4 一般控制仪表仪器系统框图

从结构上来看，这种传统的仪表、仪器系统的各部分均由硬件组成。从测量原理上来看，传统的仪表、仪器测量输入信号的准确与否完全取决于仪表、仪器内部各功能部件的精密性和稳定性水平。传统的仪器、仪表及其测试手段只适用于测量静态或慢速变化的各种物理量和化学量。随着科学技术的迅速发展，需要测量的信号种类不断增加，要求测量处理的速度不断提高，传统仪表面临很多新的挑战。

长期以来，人们为了提高传统仪表的准确度、可靠性和稳定性，在硬件方面做了不少的努力，如利用新材料研制检测元件，采用外部电路补偿方法来改善测量的线性度和零点漂移等，但都没有根本性的突破。20 世纪 70 年代计算机的出现，对仪器、仪表的发展也起到了巨大的推动作用，将传统的测试技术与现代的计算机技术结合起来，则形成了新一代仪器——智能仪器。

1.1.2 智能仪器

智能仪器 (Intelligent Instrument) 通常是指含有微型计算机或微处理器的测量控制仪器。由于它拥有对信号数据的存储、运算、逻辑判断及自动化操作等功能，具有一定的智能作用 (表现为智能的延伸或加强)，故被称为智能仪器。

智能仪器系统的结构比较多，为了与传统仪器、仪表做一对照，如图 1.5 所示给出了单机型智能仪器系统的简单框图。从图 1.5 中可以看到，单机型智能仪器由检测元件 (传感器)、信号输入接口电路、微机系统、人机界面接口、信号输出接口电路 5 个模块组成。

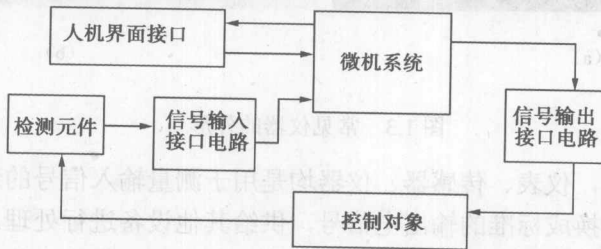


图 1.5 单机型智能仪器系统的简单框图

通常微机系统只能处理数字 (电) 信号，如果检测的是非电量信号时，一般都要通过信号处理电路将检测元件检测到的信号转换成微机能处理的数字 (电) 信号。检测元件往往由传感器 (包含了检测及变送功能) 组成，它输出标准的 (模拟) 电信号，通过信号处理接口电路进行处理后送给微机系统，微机系统对数据进行处理，可以按要求存储、校正、调节、显示或输出控制信号，通过输出接口电路控制被控设备，而人机界面接口则使操作员可以输

入、修正控制要求, 查看测控结果等。

由于智能仪器中加入了微处理器系统, 因此在测量过程中能自动处理测量结果的数据, 并可实现多路信号测量。到了 20 世纪 90 年代, 高准确度、高性能、多功能的测量仪器中一般都采用微型计算机技术, 即便在日常生活中, 电视机、空调、冰箱、洗衣机、手机等也都含有微处理器, 具有一定的智能控制功能。可以说智能仪器已经是无处不在了。

1.2 智能仪器的分类与特点

如前所述, 智能仪器一般可看成是由传感器、输入信号处理接口、人机界面接口、微机系统、输出接口电路构成的, 其中微机系统是智能仪器的核心。随着集成电路技术的飞速发展, 具有各种处理功能的集成电路体积越来越小, 功能越来越强, 包含了微机系统的智能仪器、仪表的体积也可以做得很小。智能仪表, 甚至智能传感器也可以有很强的数据处理功能。在此我们不再加以区分, 统一称为智能仪器、仪表, 或简称为智能仪器。

1.2.1 智能仪器的分类

智能仪器分类的方法有多种, 可以按微处理器(智能)进行分类, 可以按其结构进行分类, 还可以按其主要用途、测量精度等级进行分类等。这里简单讨论一下按智能程度分类和按结构分类。

1. 智能仪器按智能程度分类

因为微处理器的种类很多, 其处理信息的能力等差别很大, 因此智能仪器存在智能程度或级别, 它主要由智能仪器系统的以下特征所决定:

- (1) 系统大脑(微处理器)的计算能力, 从早期的只能同时处理 8 位数据的嵌入式微处理器, 到近期能同时处理 32 位数据的嵌入式微处理器, 其计算能力差别很大。
- (2) 系统用于感知处理、环境建模、行为生成、判值和全局通信的算法(软件)复杂性。
- (3) 系统在内部存储器内存储信息的能力, 包括存储量、存储速度等。
- (4) 系统作用过程的复杂性, 包括多信息的融合等。

涉及自动化生产工业时, 把智能定义成自动化生产过程中一种闭环控制的仪器结合输入信号及存储的记忆而出现的判断控制能力, 相应地就把智能仪器分类成:

- (1) 聪明类, 电子、传感、测量。
- (2) 初级智能, 计算机, 信号与处理。
- (3) 模型化, 系统辨识, 模式识别。
- (4) 高级智能, 人工智能。

2. 智能仪器按结构分类

智能仪器的种类很多, 但从其结构上来看, 主要可分成三大类:

- (1) 单机型智能仪器。单机型智能仪器的结构框图如图 1.5 所示。这类智能仪器通常为某种测量目的而设计, 硬件与软件都是根据待测量、测控要求、性能指标来设计, 针对性比较强, 其人机界面比较简单, 输入按键比较少, 输出采用数码管显示器或液晶显示器, 体积

小，测试精度高，可靠性高，一般还有符合某些协议的通信接口，应用十分广泛。智能仪器狭义上通常就是指这种单机型智能仪器，这也是本教材要着重分析的智能仪器。

(2) 个人计算机仪器。广义上，任何一台个人计算机附加上测量控制的外部设备都可以看成是一台智能仪器，可称为微机卡式仪器 PCI (Personal Computer Instrument, 亦称个人计算机仪器)。外部设备与个人计算机的连接也有多种方法，例如，插卡式，将所配用的模拟量输入通道以印制电路板的插板方式直接插入 PC 箱内的空槽中；插件箱式，将各种功能插件集中在一个专用的机箱中，机箱备有专用的电源；外接式，通过串、并行口或 USB 接口与外部设备相连接。

这类智能仪器的结构如图 1.6 所示，虚线框中为标准的个人计算机结构，如果把打印机与扫描仪也视做个人计算机的标准配置的话，则个人计算机仪器只是比个人计算机多了测量控制设备。

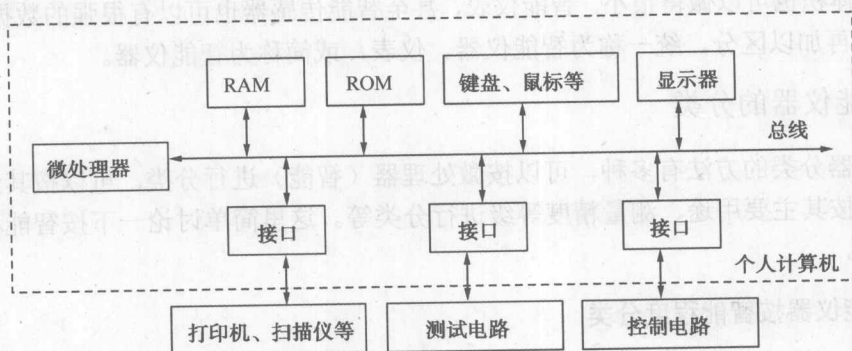


图 1.6 个人计算机仪器结构框图

这类智能仪器通常采用现成的操作系统，可以在一些通用平台上进行二次设计开发，因此具有较强的软件功能和较好的人机界面。且个人计算机仪器充分利用 PC 机的软件和硬件资源，相对于传统仪器，大幅度地降低了系统成本，缩短了研制周期。个人计算机仪器的测量精度等主要由外接的测试电路决定，但可以利用软件及数据处理技术进行修正和补偿。缺点是普通的微机可能对工作环境有一定的要求，此外，PC 总线也不是专为仪器系统设计的，不能实现仪器间的直接通信及触发、同步、模拟信号传输等功能。因此，这种个人计算机仪器的性能不是很高。

(3) 智能仪器测控系统（又称为网络仪表）。在自动化工业过程中，往往对整个生产过程都要进行监控。在对机电产品测试中，也往往要对多种变量进行测试，综合分析测试结果。因此，用大量智能仪器、仪表（传感器）构成智能仪器系统也已经在很多场合得到了应用。

这种智能仪器系统可以利用已有的单机型智能仪器、个人计算机仪器组成，也可以根据工业自动化过程或自动化测试的具体要求进行特殊设计，目前应用比较广泛的有集散控制系统 (DCS) 和现场总线控制系统 (FCS)。这种智能仪表控制系统总体功能强，是未来智能仪器的发展方向。对这种智能仪器系统而言，单机型智能仪器可以看成是其中的一个部分，或者说一个单元，很多这样的测控单元通过现场总线通信系统组合而成。关于这种智能仪器测控系统，本书将在后面进行介绍。

1.2.2 智能仪器的特点

微机系统的引入,使智能仪器具有很多明显的特点(优点),主要包括:

(1) 微处理器的引入使许多原来用硬件电路难以解决或根本无法解决的问题,由于利用软件而获得较好的解决。例如,传统的数字万用表(DMM)只能测量交/直流电流、电压及电阻等,但采用微处理器的智能数字万用表还能测量百分率偏移、比例、极值、平均值、方差、均方差、均方根值等,甚至在加上传感器后还能测量温度、压力等非电量。

(2) 智能仪器可以通过数据处理进行自动校正非线性补偿、数字滤波等,修正和克服由各种传感器、变换器、放大器等引进的误差和干扰,从而提高仪器的精度和其他性能。

(3) 智能仪器一般都具有很高的自动化水平。微处理器能控制仪器的整个测量过程,如键盘扫描,量程选择,数据采集、传输、处理及显示记录输出等,实现了测量过程的自动化。例如,加了微机系统构成的智能数字万用表,除可测量传统的直流电压、直流电流及电阻外,还可测量任意波形的交流电压及交流电流的有效值。测频率时,范围可扩展到10Hz~1MHz。测温度时,范围可扩展到-60~200℃。可进行电平(分贝值)测量和实现自动量程切换,有极性显示及输入过载保护等自动化功能,可对测量结果做简单的误差计算。有的智能数字万用表还可在数字显示器下面外接光条显示器,以提高对被测信号波动变化倾向的判断能力,甚至有的智能数字万用表可以显示波形曲线及相关性能,具有示波器的功能。

(4) 微机系统都具有通信的功能。通过相关的协议,使智能仪器很容易与其他计算机系统通信,也可以用很多智能仪器构成自动测控系统。

(5) 智能仪器采用微处理器,从而可以用软件代替许多硬件电路的工作。这样,仪器可以简化结构、减小体积、降低成本和提高可靠性。

(6) 智能仪器通常都具有自测试和自诊断功能。它能自行测试功能是否正常,自行诊断是否存在故障及报告故障的部位,提高了仪器的可靠性,简化和加快了仪器的维修工作。

1.3 智能仪器的发展概况

智能仪器是计算机技术与测试技术相结合的产物,因此智能仪器的发展也是由计算机技术、测试技术的发展速度决定的。

1. 信号测试与处理方面

从测试技术的角度来看,随着半导体技术、集成电路技术及传感器技术的发展,各种新颖的传感器不断诞生,从原来只是把外部信息转换为模拟电信号的聋哑传感器(Dumb Sensor)到集成了部分数据处理功能、能自我检测校正的智能传感器(Smart Sensor)以及在智能传感器的基础上集成了网络通信功能,以便实现与计算机网络通信的网络传感器(Networked Sensor)。

从测量信号的处理能力上,这些年的发展主要有如下几个方向:智能仪器中所采用的嵌入式微处理器从早先的8位机(如Intel公司的MCS-51系列)到16位、32位的微处理器,处理信息数据的能力及速度迅速提高,从而推动了智能仪器总体性能的提高;针对大量信息数据的实时处理,高速专用的单片集成数字信号处理芯片DSP(Digital Signal Processor)的出现大大简化了具有此类数字信号处理功能的智能仪器的结构并提高其相应的性能,进而推

动了数字信号处理技术在智能仪器中的广泛应用，极大地增强了智能仪器的信号处理能力。

从软件技术的发展上来看，近年来，智能仪器已从较为成熟的数据处理向知识处理发展。它体现为模糊判断、故障诊断、容错技术、传感器信息融合、机件寿命预测等，使智能仪器的功能向更高的层次发展。

智能仪器很早就受到国内外的关注。我国电磁测量信息处理仪器学会于 1984 年正式成立“自动测试与智能仪器专业学科”。1989 年，在我国武汉召开了第 1 届测试技术与智能仪器国际学术讨论会并成立了国际测控技术与智能仪器学会，到 2003 年已召开了 6 次国际学术年会。在国内外的其他学术会议上，以智能仪器为内容的研讨也常常是很重要的主题。

2. 组成自动测试系统方面

智能仪器在自动测试系统的构成方面经历了以下过程：

早期的智能仪器设计主要把目标定位在用于工作量大的重复测试、用于高可靠性的测试、用于由于种种原因测试人员难以进入的环境及实时进行的一些简单自动测控。由于在这类智能仪器的研制过程中，接口设计、仪器/设备选择等方面的工作都是由研制者各自单独进行的，因此并没有充分考虑所选仪器/设备的通用性及互换性。智能仪器的设计者自行解决系统中仪器与仪器、仪器与计算机之间的通信。这种智能仪器的主要缺点在接口及标准化方面，不利于组成自动测控系统。我们可把这种智能仪器归类为专用型智能仪器。

第二代的智能仪器则在设计过程中考虑了与其他仪器的配合，一般都配有符合接口标准的接口电路。组成自动测试系统时，用标准的接口总线把系统中的各台仪器连在一起构成系统。这种系统组建方便，一般不需要用户自己设计接口电路，系统中的通用仪器（如数字万用表、信号发生器等）既可以作为自动测试系统中的设备来用，也可以作为独立的仪器使用。通常用的接口总线为通用接口总线 GPIB（General Purpose Interface Bus）或称为 IEEE488。采用 GPIB 总线组建的自动测控系统特别适用于科学研究或各种试验测试。这种系统在工业、交通、通信、航空航天等领域都有广泛的应用。

基于 GPIB 总线的自动测试系统的主要缺点是总线的传输速率不够高（最大传输速率为 1MBps），且由于采用分立仪器组建，整个自动测试系统的体积大，有很多部件（如机箱、面板、开关、电源等）都是重复设置。

目前正在应用开发的集成自动测试系统则是基于 VXI、PXI 等仪表总线，主要是由模块化的仪器/设备组成的自动测试系统。VXI 总线具有高达 40MBps 的数据传输速率，PXI 总线是 PCI 总线向仪器/测量领域的扩展，其数据传输速率约为 132~264MBps。以这两种总线为基础，可组建高速、数据吞吐量大的自动测试系统。在 VXI（或 PXI）总线机箱中，仪器的显示面板及操作，统一用计算机显示屏实现，从而避免了系统中各仪器、设备在机箱、电源、面板、开关等方面的重复配置，大大地减小了整个系统的体积、质量，并能在一定程度上节约成本。

3. 工业生产自动化方面

仪器、仪表及智能仪器在工业生产自动化过程中发挥着极其重要的作用。工业控制仪器、仪表体系的发展经历了这样的过程：基地式气动仪表控制系统，电动单元组合式模拟仪表控制系统，集中式数字仪器、仪表控制系统，集散控制系统（DCS），现场总线控制系统（FCS）。

智能仪器除了在传统仪器的改进方面取得了巨大的成就外，还开辟了许多新的应用领