



普通高等教育“十二五”规划教材

智能化仪器仪表原理及应用 (基于Proteus及C51程序设计语言)

贾振国 许琳 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

智能化仪器仪表原理及应用 (基于Proteus及C51程序设计语言)

贾振国 许琳 编著

内 容 提 要

本书基于 MCS-51 单片机及 C51 程序设计语言, 通过大量课内外实训项目介绍了智能化仪器仪表的基本结构, 结合 Proteus 仿真详细讲解了输入输出、中断、定时计数器、显示与键盘、AD 与 DA 转换、串行通信等功能单元的基本工作原理和设计方法。

本书是作者多年从事智能化仪器仪表教学与科研工作的总结, 在写法上以实训项目贯穿各个章节, 各章内容相对独立又互相渗透。在每一章的基础理论讲解后, 辅以基于 Proteus 仿真的课内实训内容, 各实训项目内容都有详尽的硬件电路、软件流程和程序代码, 努力使读者达到边学边做、边做边学、学中做、做中学的目标, 既有启发性也会激发读者的兴趣。全书理论与实践紧密结合, 可以帮助读者巩固所学知识并达到举一反三的目的。

本书适合于工科院校相关专业“智能化仪表原理及应用”和“单片机原理及接口技术”的教学用书, 也可作为工程技术人员和单片机爱好者的自学用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

智能化仪器仪表原理及应用: 基于 Proteus 及 C51 程序设计语言 / 贾振国, 许琳编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.1
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8082-4

I. ①智… II. ①贾… ②许… III. ①智能仪器—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 008209 号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 智能化仪器仪表原理及应用(基于 Proteus 及 C51 程序设计语言)
作 者	贾振国 许琳 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 19.5 印张 462 千字
版 次	2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	36.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

随着电子技术与计算机应用技术的不断发展,在工业测量和控制领域内智能化仪器仪表的应用越来越广泛。仪器仪表的智能化不仅可以增强仪器仪表的测量功能,提高测量精确度,还可以实现测量的自动化和无人值守。可以说,智能化是现代仪器仪表的发展趋势。

本书旨在从工科类本科、专科培养目标和学生的特点出发,以激发学生兴趣为着眼点,认真组织内容,精心设计实训项目,力求浅显易懂,以达到理论与实践相结合。书中引入 Proteus 与 Keil μ Version 仿真与开发环境作为教学平台,强调在应用中学习和在学习中应用,将抽象的理论与所见即所得的实践过程相结合,引领读者学中做、做中学、边学边做、边做边学。

本书以智能化仪器仪表设计理论和方法为基础,依托 MCS-51 微处理器和 C51 程序设计语言,将经典的智能化仪器仪表设计理论与前沿的嵌入式系统应用相结合,以项目驱动教学方法贯穿教材始终,由浅入深地将智能化仪器仪表的设计理念与实际应用系统地、全面地展示给读者。

全书共分 16 章,第 1 章概述了智能化仪器仪表的概念、发展趋势等内容;第 2 章和第 3 章主要介绍 Proteus 和 Keil μ Version 仿真与开发平台的使用方法;第 4 章到第 6 章对智能化仪器仪表的核心——MCS-51 微处理器基础知识进行了介绍,涉及微处理器的选型、存储器组织和复位电路等;第 7 章到第 8 章介绍了简单输入输出接口的设计方法;第 9 章到第 10 章着重结合实例分析讲解中断和定时计数器的基本概念和使用方法;第 11 章介绍并行扩展的基础知识;第 12 章和第 13 章通过实例讲解键盘与显示接口的设计方法;第 14 章介绍模拟量的处理方法;第 15 章介绍了串行通信基础知识和智能化仪器仪表中常用的 ModBus 总线、ZigBee 无线通信等内容;第 16 章介绍了智能化仪器仪表的可靠性、电磁兼容性基本概念和常用抗干扰方法。

为了使本书能够适应不同专业、不同层次、不同教学学时数的需要,在内容编排上各章既相互衔接又自成体系,可以根据实际情况选择性使用。

本书由长春工程学院贾振国副教授、许琳副教授编著,其中第 1 章、第 9~16 章由贾振国编写,第 2~8 章由许琳编写。

虽然我们力求编写一本理论与实践能够相辅相成的智能化仪器仪表精品教材，但是限于水平，书中难免存在缺点和错误，诚恳地希望读者提出批评和改进意见。

编 者

2010年10月

于长春工程学院

前言

第 1 章 智能化仪器仪表概述	1
1.1 智能化仪器仪表及嵌入式系统	1
1.2 单片机在智能化仪器仪表中的作用	8
1.3 智能化仪器仪表的设计原则及过程	11
第 2 章 Proteus 仿真软件的使用	14
2.1 Proteus 仿真软件简介	14
2.2 Proteus ISIS 的基本操作	16
2.3 Proteus 仿真实例	22
第 3 章 Keil 软件开发环境及 C51 程序设计基础	27
3.1 Keil μ Version 集成开发环境	27
3.2 Keil μ Version 与 Proteus 的联合调试	36
3.3 初步认识 Keil C51	42
第 4 章 MCS-51 单片机的内部结构及引脚	56
4.1 MCS-51 单片机的内部结构	56
4.2 MCS-51 单片机的信号引脚	60
4.3 MCS-51 单片机的应用选型	65
4.4 实训项目 1: 用三极管驱动的秒闪烁 LED	66
第 5 章 MCS-51 单片机的存储器组织	73
5.1 存储器基础知识	73
5.2 MCS-51 单片机的存储器组织	78
5.3 MCS-51 单片机特殊功能寄存器	83
5.4 在 Keil C51 中使用存储器	86
5.5 实训项目 2: 采用查表方法的流水灯控制器设计	88
第 6 章 MCS-51 单片机的复位电路及节电工作模式	94
6.1 MCS-51 单片机的复位及复位电路	94
6.2 MCS-51 单片机的节电工作模式	100

第 7 章 输出口的简单应用	102
7.1 常用输出器件	102
7.2 霹雳灯控制器设计.....	108
7.3 用 LED 数码管显示数字	111
第 8 章 输入口的简单应用	115
8.1 常用输入器件及其电路连接	115
8.2 简易直流电动机控制器设计	121
8.3 实训项目 3: 键控灯光控制器设计	125
第 9 章 中断及其应用	133
9.1 中断概述	133
9.2 MCS-51 单片机中断系统	135
9.3 中断的 C51 程序设计	140
9.4 实训项目 4: 外部中断源的扩展设计	151
第 10 章 定时/计数器及其应用	157
10.1 定时/计数器的结构及工作原理	157
10.2 定时/计数器的工作方式及应用	161
10.3 定时/计数器应用实训	168
第 11 章 并行扩展技术及其应用	175
11.1 系统扩展概述	175
11.2 并行存储器的扩展	177
11.3 简单并行 I/O 口的扩展	184
11.4 实训项目 7: 电子秒表设计	189
第 12 章 显示接口技术及其应用	196
12.1 常用显示器件	196
12.2 LED 数码管显示器接口设计	201
12.3 LCD 字符显示器接口设计	207
12.4 实训项目 8: 字符液晶显示器应用	216
第 13 章 键盘接口技术及其应用	220
13.1 键盘的类型及接口设计原则	220
13.2 矩阵式键盘接口设计	222
13.3 矩阵式键盘程序设计实例	223
第 14 章 模拟量输入输出接口技术及其应用	232
14.1 模拟量输入接口技术	232
14.2 模拟量输出接口技术	239
14.3 实训项目 9: 四通道数据采集器设计	244

第 15 章 智能化仪器仪表数据通信技术基础	252
15.1 智能化仪器仪表串行数据通信基础	252
15.2 MCS-51 的串行数据通信接口	259
15.3 ModBus 通信技术在智能化仪器仪表中的应用	266
15.4 短距离无线通信技术简介	275
第 16 章 智能化仪器仪表的可靠性和抗干扰设计	287
16.1 智能化仪器仪表的可靠性设计	287
16.2 电磁兼容及抗干扰	291
16.3 智能化仪器仪表的抗干扰措施	295
参考文献	302

第 1 章 智能化仪器仪表概述

1.1 智能化仪器仪表及嵌入式系统

1.1.1 现代仪器仪表在当今社会的重要作用

先进制造业的规模和水平是衡量一个国家综合实力和现代化程度的主要标志。当代经济最发达的国家，几乎都是制造业最发达的国家。美国的强大主要是因为它有发达的制造业。航天器、人造卫星、飞机、舰船等尖端科技的发展，是建立在先进科学技术基础上的制造业制造出来的。面对激烈的国际竞争，要使我国从一个“制造大国”转变成为一个具有自主创新能力的“制造强国”，必须实施信息化带动工业化的战略。没有先进的仪器仪表业的支持，是不可能完成这个任务的。

人类进入 21 世纪，信息技术已经成为推动国民经济和科学技术迅速发展的关键技术。著名科学家钱学森明确指出：“信息技术包括测量技术、计算机技术和通信技术。测量技术是关键和基础。”而现代仪器仪表是对物质世界的信息进行测量与控制的基础手段和设备，可见，现代仪器仪表在当今社会具有极为重要的作用。

在工业生产中，仪器仪表是“倍增器”。美国商务部国家标准局 20 世纪 90 年代中期发布的调查数据表明，美国仪器仪表产业的产值约占工业总产值的 4%，而它拉动的相关经济的产值却达到社会总产值的 66%，仪器仪表发挥出“四两拨千斤”的巨大的“倍增”作用。

在科学研究中，仪器仪表是“先行官”。离开了科学仪器，一切科学研究都无法进行。在重大科技攻关项目中，几乎一半的人力财力都是用于购置、研究和制作测量与控制的仪器设备。诺贝尔奖设立至今，众多获奖者都是借助于先进仪器的诞生才获得重要的科学发现，甚至许多科学家直接因为发明科学仪器而获奖。据统计，近 80 年来，与科学仪器有关的诺贝尔获奖者达 38 人。诺贝尔奖获得者 R. R. Ernst 说过：“现代科学的进步越来越依靠尖端仪器的发展。”基因测量仪器的问世，使世界基因研究计划提前 6 年完成就是最好的证明。要加快科学研究和高技术的发展，仪器仪表必须先行。

在军事上，仪器仪表是“战斗力”。现代战争中，夺取技术优势已经成为军事战略的根本目标。其中最主要目标是全球监视与通信和精确打击固定及瞬变目标。1991 年的海湾战争，美国使用的精密制导炸弹和导弹只占 8%，12 年后伊拉克战争中，美国使用的精密制导炸弹和导弹提高到了 90% 以上，这些先进武器都是靠一系列先进的测量与控制仪器仪表装备来实现其功能的。

现代仪器仪表还是当今社会的“物化法官”。检查产品质量、监测环境污染、查检违



禁药物、侦破刑事案件等，无一不依靠仪器仪表进行“判断”。

在居民生活中，环顾我们的四周，从洗衣机、空调、电视机、电冰箱到电饭锅、电磁炉、微波炉、手机等都属于仪器和仪表的范畴。未来十几年内，智能家居、物联网将成为人们生活的伴侣，可以说仪器仪表将要或者已经遍及“吃穿用、农轻重、海陆空”，无所不在。

现代仪器仪表的发展水平，是国家科技水平和综合国力的重要体现，仪器仪表制造水平反映出国家的文明程度。为此，世界发达国家都高度重视和支持仪器仪表的发展。前面已经反复提到了美国对发展仪器仪表的重视和支持；日本科学技术厅把测量传感器技术列为 21 世纪首位发展的技术；“欧共体”制定第三个科技发展总体规划，将测量和检测技术列为 15 个专项之一。我国政府在国民经济和社会发展规划纲要中明确指出“把发展仪器仪表放到重要位置”，国家发展和改革委员会（以下简称发改委）和科学技术部（以下简称科技部）列专项支持仪器仪表发展并给予了高度的重视。

1.1.2 智能化仪器仪表与嵌入式系统

纵观仪器仪表的发展历程主要经历了三个阶段。

第一阶段是指针式的仪器仪表，如至今还在使用的指针式万用表、电压表、电流表、功率表以及用于居民电能计量的电能表等。这些仪表是基于电磁测量原理并用指针来指示测量值的。

第二阶段是数字式的仪器仪表，这类仪器仪表适应于快速响应和高精度的要求。目前这类仪器仪表已很普及，如数字电压表、数字功率表、电子式电能表等。这类仪表的基本原理是将模拟信号的测量转化为数字信号的测量，并以数字显示或者打印最终结果。

第三阶段是智能化仪器仪表。随着大规模集成电路制造技术的发展、微处理器的问世和 3C 技术（即计算机技术、通信技术和控制技术）的发展，人们开始将微处理器应用于仪器仪表中，使仪器仪表具备了分析、判断、推理和组网等功能。

智能化是指模拟人类大脑的思维过程，进行分析、综合和逻辑推理。信息技术革命是当代工程技术发展的最重要的趋势。信息工业的要素包括信息的获取、存取、传输和利用，而信息的获取正是靠仪器仪表来实现的。如果获取的信息是错误的或不准确的，那么随后的存储、处理、传输都是毫无意义的。仪器仪表作为信息工业的源头，是以电脑和微处理器技术为核心技术，以计算机、网络、系统、通信、图像显示、自动控制理论为共性关键技术基础。这些信息技术应用到仪器仪表中，促成仪器仪表产品升级为智能化仪器仪表，发展成为信息工业领域中一大系列产品群体。

现代智能化仪器仪表的生产和飞速发展是与计算机技术、网络通信技术和测量传感器技术以及集成电路制造技术的飞速发展分不开的。计算机技术、网络通信技术和测量传感器技术的迅速发展，推动着工业自动化仪表和工业自动化控制系统的技术革命。传统的模拟信号传送方式将逐步被双向、串行、多点的数字通信现场总线信号所取代。模拟与数字信号的分散型控制系统、可编程逻辑控制器系统将在更新换代的技术变革中逐步消失。这种变革的成果将导致产生新一代基于现场总线的智能化仪器仪表和现场总线控制系统，也将成为 21 世纪仪器仪表工业的主体。



目前智能化仪器仪表的体现形式主要有两种：一是基于单片机加监控程序的独立式仪器仪表，如在电力系统中普遍采用的多路温度巡检仪、自动准同期装置等；二是基于嵌入式微处理器加嵌入式实时操作系统的形式，如智能型家庭消费电子产品、汽车电子产品、高性能武器控制系统、航空航天电子设备、机器人等。这两种形式的智能化仪器仪表都可以纳入到嵌入式仪器或称嵌入式系统的范畴。

嵌入式系统是指根据生产过程实际需求而量身定做的硬件和软件的可编程的专用电子信息应用系统，并对功能、可靠性、成本、体积、功耗、速度、工作温度范围、电磁兼容性等多方面有不同程度的特定要求。嵌入式系统是计算机应用的一种模式，或者说嵌入式系统是被嵌入到电子设备中的专用计算机系统。

智能化仪器仪表是嵌入式系统应用的一个分支，一般采用单片机（ARM、DSP）等微处理器加监控程序的组成模式。其硬件通常都是利用单片机作为核心部件构成单片机应用系统，软件则以监控程序形式从底层用汇编语言或高级语言（如 C、C++ 语言等）编写，监控程序是由采用循环结构的主程序加上一系列的终端服务程序构成。开发使用的工具包括硬件仿真器或软件模拟器以及编程器等。这种形式的智能化仪器仪表能够满足一般工业控制的应用，在我国目前的智能化仪器仪表应用中仍占有比较大的市场份额。

1.1.3 智能化仪器仪表的基本特征

智能化仪器仪表的核心一般是单片机或者嵌入式微处理器，但是采用了单片机或者嵌入式微处理器还不能称其为完全的智能化仪器仪表。仪器仪表的智能化一般包含两个方面的含义：一是采用“人工智能”的理论、方法和技术；二是具有“拟人智能”的特性或功能，例如自适应、自学习、自校正、自协调、自组织、自诊断、自修复等。这可作为衡量是不是智能化仪器仪表的性能标准。也就是说，利用计算机来代替人的一部分脑力劳动，具有运用知识进行判断、推理、学习、联想和解决问题的能力是智能化仪器仪表的基本特征。

1. 智能化仪器仪表的基本结构形式

由单片机或嵌入式微处理器构成的简单智能化仪器仪表的基本结构如图 1.1 所示。由图 1.1 可见，智能化仪器仪表实际上是一个微型计算机系统。单片机或嵌入式微处理器是其核心部件，智能化的功能也由该核心部件承担；传感器及其调理电路完成被测信号的转换与规范化，通过 I/O 接口和总线送给单片机或嵌入式微处理器；同时，智能化仪器仪表还具有完成人一机联系功能的键盘和显示器；具有存储程序和数据的程序存储器（ROM）和数据存储器（RAM）以及完成通信、设备驱动等功能的相应 I/O 接口电路等。

不同功能的智能化仪器仪表由不同部件组合而成。智能化仪器仪表的监控程序固化在程序存储器（ROM）中，被测参量通过传感器将非电量转换成电量，然后经过信号处理和模/数转换后变为微处理器能直接识别的数字信号。所采集的数据或从键盘上输入的数据以及经过一定的算法运算后的数据均暂存于数据存储器（RAM）中。通过键盘输入各种操作命令和控制信息。智能化仪器仪表的控制部分一般分两种情况：一种是微处理器接收键盘输入的命令后，不需经过数/模转换器，直接由 I/O 接口输出控制信息和数据信息，控制某些执行机构，如打印机、具有与 PC 机通信功能的 RS232C 接口等；另一种是



微处理器经过处理后输出的数字信息通过数/模转换器和驱动电路去驱动模拟执行机构，如控制绘图仪等。

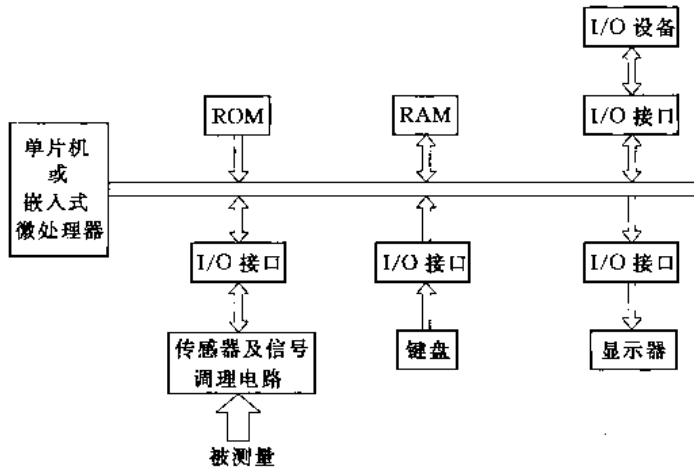


图 1.1 简单智能化仪器仪表结构示意图

2. 智能化仪器仪表的特点

与传统仪器仪表相比，智能化仪器仪表具有以下特点。

(1) 操作自动化。智能化仪器仪表的整个测量过程如键盘扫描、量程选择、数据采集、传输与处理以及显示打印等都由单片机或微处理器来控制操作，实现测量过程的全部自动化。

(2) 具有自校准、自诊断及自维护能力。包括自动调零、自动故障与状态检验、量程自动转换等，极大地方便了仪器的维护。

(3) 具有进行复杂数据处理能力。这是智能化仪器仪表的主要优点之一。由于采用了单片机或微处理器，使得许多原来用硬件逻辑难以解决或根本无法解决的问题，现在可以用软件非常灵活地加以解决，并可以将模糊控制、神经网络技术等先进的控制理论应用于仪器仪表中，提高仪器仪表的智能化和拟人化。

(4) 具有友好的人机交互能力。智能化仪器仪表使用键盘或触摸屏代替传统仪器中的切换开关，操作人员只需通过键盘或触摸屏输入命令，就能实现某种测量功能。与此同时，智能化仪器仪表还通过显示屏将仪器的运行情况、工作状态以及对测量数据的处理结果及时告知操作人员，使仪器的操作更加方便、直观。

(5) 具有丰富的对外接口。一般智能化仪器仪表根据应用场合的不同都配有 GPIB、RS232C、RS485、USB、红外通信、蓝牙通信、电力线载波通信、ZigBee 短距离无线通信等标准通信接口，可以很方便地与 PC 机和其他仪器仪表一起组成用户所需要的多种功能的自动测量系统，来完成更复杂的测试任务。

(6) 性价比高。采用常规技术构成的仪器仪表往往需要大量的硬件电路，占用线路板的面积比较大，使得仪器仪表的体积也相应的比较大，这势必会增加硬件成本。智能化仪器仪表由于采用了单片机或微处理器技术，将原来由硬件电路实现的逻辑关系改为由软件实现，在减少硬件开支的同时还可以由软件实现更多的功能，降低了仪器仪表的总体成



本，提高了性能价格比。

(7) 便于产品的升级换代。新研发的智能化仪器仪表在投放市场的初期，必然会在应用中发现这样或那样的问题，或者由用户提出新的功能要求。由于智能化仪器仪表具有“以软带硬”的技术特点，因此其功能增加或修正完善要远比非智能化的仪器仪表简单得多，所花费的二次研发和升级换代的时间也相对较短，在完善产品系列和占领市场方面具有明显的优势。

1.1.4 智能化仪器仪表的基本功能

随着信息技术的发展，智能化仪器仪表的功能也在不断的补充和完善，其基本功能应该包括以下几方面。

1. 量程的自动选择功能

智能化仪器仪表不同于常规的仪器仪表，它的量程选择是通过软件来完成的。相比之下，具有元件少、可靠性高、转换速度快、灵活方便、能实现更为复杂的控制等优点。

2. 增益自动切换功能

传统的仪器仪表在被测参数变化范围较大时，由于采用了固定增益，可能使信号溢出或使电路过载，降低了测量精度。而智能化仪器仪表中放大的增益可以自动切换和调节，从而保证了系统始终工作在最佳电平区域内。

3. 自校正零点漂移功能

仪器仪表在进行测量时最常见的问题是长期工作时的不稳定性及零点漂移，这主要是由于传感器或者放大器的零点漂移造成的。就零点漂移（以下简称零漂）的误差性质而言，它可能是系统误差或随机误差，通常用以下方法减少零漂。

(1) 选用高质量的元器件组成高稳定性的传感器，或对传感器的零漂采用适当的补偿。

(2) 对放大器的零漂可选用高稳定性的电子元器件和各种校正线路，也可增加各种补偿装置。

(3) 对随机性误差，可采用多次测量求均值的方法予以修正。

4. 测量数据实时处理分析功能

目前应用在智能化仪器仪表上的计算机主要是用来完成对测量过程的控制及对测量数据进行实时处理与分析。由于实现了对测量数据实时的处理与分析，以及对测量误差的修正与补偿，因而极大地克服了仪器本身的局限性，提高了测量精度、测量效率和信噪比，拓宽了仪器的测量范围和功能。

5. 自诊断和容错功能

智能化仪器仪表优于传统仪器仪表的一个很重要的特点在于它的自诊断和容错能力，使其能够及时处理所发生的故障和问题，提高了仪器仪表的稳定性和可靠性。

6. 测量过程的自动化和实时控制功能

测量过程的自动化和实时控制是现代测量的基本要求，它适应了现代化大规模生产高质量、高效率的要求，这也是智能化仪器仪表一个非常重要的研究和发展方向。



7. 人工智能技术的应用

完成上述数据处理和自动控制等的智能化仪器仪表还只是具备了较为低级的智能化。对于诸如问题求解、自然语言理解、对答系统等则是更为高级的智能化要求。目前,智能化仪器仪表所具有的智能还并不高,特别是在视觉(图形及颜色判读)、听觉(语音识别及语音理解)、思维(推理、判断、学习)等方面的能力仍十分有限,所以如何使仪器仪表具有更为高级的智能便成为今后仪器仪表发展中的一个重要的课题。

人工智能还处于发展的初级阶段,随着它的不断进步和发展,及时地把已经取得的成果更多地应用到仪器仪表智能化这一领域是非常必要的,这必将促进仪器仪表的智能化向更高级的阶段发展。

1.1.5 智能化产业及智能化仪器仪表的发展趋势

为适应现代测量、控制、自动化生产与物联网技术的需求,智能化仪器仪表的功能和结构形式也在发生着潜移默化的变化,具体体现在以下几个方面。

(1) 智能化仪器仪表正逐步向多功能化方向发展。具有简单计算、推理、判断的智能化仪器仪表已经不能满足现代生产过程监控的需求。例如要实现水轮发电机组发、供、配电设备的状态检修,要求所配备的仪器仪表除了具有计算、推理、判断、存储与数据传送的功能外,还要求其具备模式识别、自学习与自组织和多联协调等能力,这就要求现代智能化仪器仪表的功能应该具有多元化的性质。

(2) 高精度化。奥林匹克运动的口号是“更高、更快、更强”,智能化仪器仪表在提高检测控制技术指标上也是永远追求高精度。从测量控制的技术范围指标方面来说,如电压从纳伏至100万V、电阻从超导至 $10^{14}\Omega$ 、谐波测量到51次、加速度从 $10^{-4}g$ 至 10^6g 、频率测量至 10^{10}Hz 、压力测量至 10^8Pa 、温度测量从接近绝对零度至 10^{10}℃ 等;从提高测量精度指标方面来说,工业参数测量提高至0.02%以上、航空航天参数测量达到0.005%以上;从提高测量灵敏度方面来说,更是向单个粒子、分子、原子级发展;从提高测量速度(响应速度)方面来说,静态从0.1ms至0.2ms、动态为 $1\mu\text{s}$;从提高可靠性方面来说,一般要求为2万~5万h,高可靠要求可达25万h等。

(3) 跨学科渗透,技术密集化。智能化仪器仪表作为人类认识物质世界、改造物质世界的第一手工具,是人类进行科学研究和工程技术开发的最基本工具。人类很早就懂得“工欲善其事,必先利其器”的道理,新的科学研究成果和发现如信息论、控制论、系统工程理论,微观和宏观世界研究成果及大量高新技术如微弱信号提取技术、计算机软硬件技术、网络技术、激光技术、超导技术、纳米技术等均成为智能化仪器仪表和测量控制科学技术发展的重要动力,现代仪器仪表不仅本身已成为高技术的新产品,而且利用新原理、新概念、新技术、新材料和新工艺等最新科技成果集成的装置和系统层出不穷。

(4) 传感、变送、远传一体化。早期的智能化仪器仪表,传感器、变送器是分离的,这已经不能满足高精度测量的需求。4~20mA的模拟信号传送方式或者简单组网的数字信号传送方式已不能适应远距离跨区域信号传送的需求。因此,集传感器、变送器、远传或网络部件于一体的新型智能化仪器仪表是21世纪智能化仪器仪表发展的必然趋势。

(5) 无线网络化。随着生产规模越来越大,生产过程中需要测量的点位也越来越多,



如以 700MW 水轮发电机组为例，单台机组需要监测的信号量就有几千个，即使采用分层分布式计算机监控系统的结构形式，也要将这上千个信号量通过电缆传送到现地控制单元中，电缆敷设和电缆维护的工作量巨大。随着工业无线通信技术的发展，将各个测控点搭建建成无线网络，形成一个有机的无线测控网络系统，是指日可待的事情。

(6) 微型化与“傻瓜化”。微型智能化仪器仪表是指将微电子技术、微机械技术、信息技术等应用于仪器仪表的生产中，从而使仪器仪表成为体积小、功能全的智能仪器。它能够完成信号的采集、数字信号处理、控制信号的输出、放大、与其他仪器的接口、与人的交互等功能。微型智能化仪器仪表随着微电子机械技术的不断发展，其技术不断成熟，价格不断降低，因此其应用领域也将不断扩大。它不但具有传统仪器仪表的功能，而且能在自动化技术、航天、军事、生物技术、医疗领域起到独特的作用。

物联网技术是未来 20 年具有很大潜力的产业，物联网的构成需要众多的能够嵌入到各类物体中的微型智能化仪器仪表，这类部件往往是集传感、变送、无线网络于一体的，不仅要求其低功耗、长寿命，同时也要求其具备自组织、免维护、操作简单等性能，也就是所谓的微型化与“傻瓜化”。

1.1.6 智能化仪器仪表发展的关键技术及我国的发展现状

1.1.6.1 智能化仪器仪表发展的关键技术

1. 传感技术

传感技术不仅是智能化仪器仪表实现检测的基础，也是智能控制的基础。传感技术必须感知三方面的信息，它们是客观世界的状态和信息、被测控系统的状态和信息以及操作人员需了解的状态信息和操控指示。应注意到，客观世界无穷无尽，测控系统对客观世界的感知主要集中于与目标相关的客观环境，既定目标环境之外的环境信息可通过其他方法采集。被测控系统可以是简单的物或单一的样本，可以是复杂的无人直接操纵的自动系统，可以是有人在内操作的大型自动化系统或社会活动系统，也可以是人体（以人体健康、生理、心理状态为目标的传感技术是医疗诊治仪器的基础和核心）。操作人员可以是单人，但在系统化、网络化的情况下常为不同岗位下的操作人员群体。

2. 系统集成技术

系统集成技术直接影响智能化仪器仪表和测量控制科学技术的应用广度和水平，特别是对大工程、大系统、大型装置的自动化程度和效益有决定性影响，它是系统级层次上的信息融合控制技术，包括系统的需求分析和建模技术、物理层配置技术、系统各部分信息通信转换技术、应用层控制策略实施技术等。

3. 智能控制技术

智能控制技术是人类以接近最佳方式，通过测控系统以接近最佳方式监控智能化工具、装备、系统达到既定目标的技术，是直接涉及测控系统的效益发挥的技术，是从信息技术向知识经济技术发展的关键。智能控制技术可以说是测控系统中最重要和最关键的软件资源。智能控制技术包括仿人的特征提取技术、目标自动辨识技术、知识的自学习技术、环境的自适应技术、最佳决策技术等。

人机界面技术包括显示技术、硬拷贝技术、人机对话技术、故障人工干预技术等。随



着智能化仪器仪表的系统化、网络化发展,识别特定操作人员、防止非操作人员的介入技术也日益受到重视。

4. 可靠性技术

随着仪器仪表和测控系统应用领域的日益扩大,可靠性技术特别是在一些军事、航空航天、电力、核工业设施,大型工程和工业生产中起到提高战斗力和维护正常工作的重要作用。这些部门一旦出现故障,将导致灾难性的后果。因此装置的可靠性、安全性、可维性、特别是包括受测控系统在内的整个系统的可靠性、安全性、可维性显得特别重要。

智能化仪器仪表和测控系统的可靠性技术除了测控装置和测控系统自身的可靠性技术外,同时还要包括受测控装置和系统出现故障时的故障处理技术。测控装置和系统的可靠性包括故障的自诊断、自隔离技术,故障自修复技术,容错技术,可靠性设计技术、可靠性制造技术等。

1.1.6.2 我国智能化仪器仪表发展的现状

经过几十年的发展,特别是近十年来的建设与发展,我国智能化仪器仪表已经初步形成产品门类品种比较齐全,具有一定生产规模和研发能力的产业体系。但是,我们也应当清醒地看到,虽然我国智能化仪器仪表产业有了较大的发展,但还远远不能满足国民经济、科学研究、国防建设以及社会发展等各个方面日益增长的迫切需求。和发达国家相比,我国在智能化仪器仪表产品技术方面的差距主要体现在以下三个方面。

- (1) 产品的可靠性还处于较低水平。
- (2) 产品的性能、功能相对滞后。
- (3) 产品技术更新的周期较长。

由前面的分析可见,智能化仪器仪表是计算机科学、电子学、数字信号处理、人工智能等新兴技术与传统的仪器仪表技术的结合。随着专用集成电路、个人仪器等相关技术的发展,智能化仪器仪表将会得到更加广泛的应用,并且具有无限的生机和商机。

1.2 单片机在智能化仪器仪表中的作用

1.2.1 单片机及其种类

1. 单片机的定义

谈到智能化仪器仪表不能不提起单片机,单片机是早期智能化仪器仪表的核心部件,也正因为仪器仪表中嵌入了单片机才使其具有了智能,成为智能化仪器仪表,那么到底是什么是单片机呢?

单片机是一种集成电路芯片,采用超大规模技术把具有数据处理能力(如算术运算、逻辑运算、数据传送、中断处理)的微处理器(CPU)、随机存取数据存储器(RAM)、只读程序存储器(ROM)、输入输出电路(I/O口),可能还包括定时计数器、串行通信口、显示驱动电路(LCD或LED驱动电路)、脉宽调制电路(PWM)、模拟多路转换器及A/D转换器、USB接口等电路集成到一块芯片上,构成一个最小而完善的计算机系统。这些电路能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。概



括地讲,单片机就是由一块集成电路芯片构成的计算机。它体积小、质量轻、价格便宜,为学习、应用和开发提供了便利条件。图 1.2 是个人计算机示意,图 1.3 是典型单片机芯片。

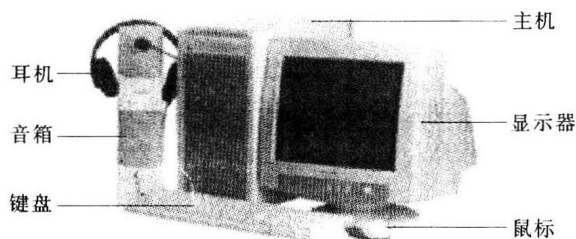


图 1.2 个人计算机

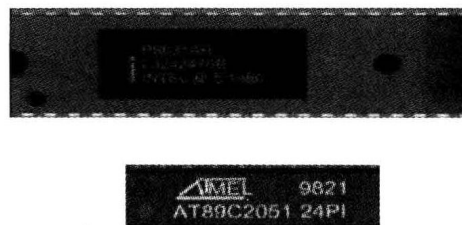


图 1.3 单片机芯片

2. 单片机的种类

目前单片机渗透到我们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、计算机的网络通信与数据传输、工业自动化过程的实时控制和数据处理、广泛使用的各种智能 IC 卡、民用豪华轿车的安全保障系统、录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制以及程控玩具、电子宠物等,这些都离不开单片机。根据应用领域的不同可供选择的单片机的种类和型号也各不相同。这里仅以按厂家分类的形式向读者简要介绍常用的不同类型的单片机及其主要特点。

(1) Atmel 公司单片机。Atmel 公司生产的单片机是增强型 RISC 内载 Flash 的单片机,芯片上的 Flash 存储器可随时进行编程和修改,使用户的产品设计更加容易,更新换代更加方便。其中 AVR 单片机采用增强的 RISC 结构,具有高速处理能力,在一个时钟周期内可执行复杂的指令。AVR 单片机工作电压为 2.7~6.0V,可以实现低功耗运行。AVR 单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、通信设备、家用电器等各个领域的智能化仪器仪表中。

(2) Motorola 单片机。Motorola 是世界上最大的单片机制造厂商,从 M6800 开始,开发了广泛的单片机品种,如 4 位、8 位、16 位和 32 位的单片机产品。其中典型的代表型号有:8 位机 M6805、M68HC05 系列,8 位增强型 M68HC11、M68HC12 系列,16 位机 M68HC16 系列,32 位机 M683××系列等。Motorola 单片机的特点之一是在同样的速度下所用的时钟频率较其他类单片机低得多,可降低高频噪声,提高抗干扰能力,更适用于工控领域及恶劣的环境。

(3) MicroChip 单片机。MicroChip 8 位单片机的主要产品是 PIC 16C 系列和 17C 系列,其 CPU 采用 RISC 结构,采用 Harvard 双总线结构,具有运行速度快、工作电压低、功耗低、直接驱动能力强、价格便宜、体积小等特点,适用于用量大、中低档次、价格敏感的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域都有广泛的应用。

(4) EPSON 单片机。EPSON 单片机以低电压、低功耗和内置 LCD 驱动器特点著称,尤其是 LCD 驱动部分做得很好。EPSON 单片机广泛用于工业控制、医疗设备、家