



MCU

智能仪器仪表设计

MCU ZHINENG YIQI YIBIAO SHEJI

姜 涛 刘 一 蔡 肯 编著
吴效明 邵忠良 劳 丽



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



MCU

智能仪器仪表设计

MCU ZHINENG YIQI YIBIAO SHEJI

姜 涛 刘 一 蔡 肯 编著
吴效明 邵忠良 劳 丽



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书将智能仪器仪表设计理论与微处理器设计技术结合,依托 MCS-51 系列单片机,通过系统的基础知识和设计实践学习,使读者完整地掌握 MCU 智能仪器仪表设计中涉及的各种理论、工具和技术,以及 MCU 智能仪器仪表的设计方法和步骤。

本书首先介绍了智能仪器仪表设计的基本概念, MCS-51 系列单片机原理、硬件结构、指令系统和汇编语言程序设计等基础知识;其次结合 Proteus 仿真实践,详细地讲解了智能仪器仪表设计中涉及的存储器、数字量 I/O 接口、模拟量 I/O 接口、中断、串行通信等功能单元的工作原理和设计技术;最后通过设计实例,分析了 MCU 智能仪器仪表完整设计方法和过程。

本书可作为高等院校自动化、机电一体化、仪器仪表、生物医学工程等专业“MCU 智能化仪表设计”和“单片机原理及接口技术”的教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

MCU 智能仪器仪表设计/姜涛等编著. —广州:华南理工大学出版社,2013.8
ISBN 978-7-5623-3997-7

I. ①M… II. ①姜… III. ①智能仪器—设计 IV. ①TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 166168 号

MCU 智能仪器仪表设计

姜涛 刘一 蔡肯 吴效明 邵忠良 劳丽 编著

出 版 人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail:scute13@scut.edu.cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 吴翠微

技术编辑: 杨小丽

印 刷 者: 广东省农垦总局印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18 字数: 461 千

版 次: 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~2000 册

定 价: 36.00 元



版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前 言

智能仪器仪表是含有微型计算机或者单片机 MCU 的测量仪器，拥有对数据的存储、运算、逻辑判断及自动化操作等能力，能模仿人类的思维活动，代替人的部分脑力劳动等。单片机的应用使得仪器仪表的结构、性能以及应用领域发生了巨大的变革，使得智能仪器仪表在各个领域得到了广泛的应用。

当前，智能仪器仪表凭借其体积小、功能强、功耗低和价格便宜等独特优势，迅速地在工业、农业、国防、科学研究、日常生活等领域中得到了广泛的应用，深刻地改变着整个人类社会的生活面貌，具有广阔的应用前景和社会需求。为了适应智能仪器仪表应用的社会需求和工科院校开设智能仪器仪表设计课程的需要，作者结合自身的教学和科研实践编著了本书，奉献给广大读者。

本书将智能仪器仪表设计理论与单片机硬软件设计技术结合，依托 MCS-51 系列单片机，系统、完整地论述了 MCU 智能仪器仪表设计中涉及的基础知识、开发工具以及设计技术和方法。本书共分 11 章：第 1 章介绍智能仪器仪表、MCS-51 单片机的结构与原理等基础知识；第 2~4 章为 MCS-51 单片机硬件结构和软件指令系统、汇编语言程序设计等基础知识；第 5 章介绍 Proteus 仿真设计软件等基础知识；第 6~10 章详细地讲解智能仪器仪表设计中涉及的半导体存储器、数字量并行 I/O 接口、模拟量并行 I/O 接口、中断系统、串行通信等部分的工作原理和设计技术；第 11 章为 MCU 智能仪器仪表的设计方法和实例。

本书第 1~4 章由姜涛编写，第 5~6 章由刘一编写，第 7~8 章由邵忠良编写，第 9~10 章由蔡肯编写，第 11 章由姜涛、劳丽与吴效明编写。姜涛担任主编，负责全书内容的组织、修改和定稿。吴效明参与了本书的审核工作。以上作者均长期从事本科或研究生的“MCU 智能化仪表设计”和“单片机原理及接口技术”专业课教学，并具有 MCU 智能化仪表设计开发的丰富实践经验和成果。

在本书的编写过程中，罗治伟、张式富、黄灿添、符琼琳、陈愿君、匡翠立、王小红、池敏越、吕瑞雪、高群霞、冯晓明等参与了整理工作。对上述同志和其他参与本书出版工作的人员，以及参考书作者，在此表示诚挚的谢意。

由于时间和水平有限，书中错误和不妥之处，恳请读者批评、指正。

作 者
2013 年 3 月

目 录

第1章 MCU 智能仪器仪表设计概况	1
1.1 智能仪器仪表概述	1
1.1.1 智能仪器仪表的发展概况	2
1.1.2 智能仪器仪表的基本结构	4
1.1.3 智能仪器仪表的工作原理	5
1.2 单片微型计算机概述	5
1.2.1 电子计算机概述	5
1.2.2 单片机的发展概况	7
1.2.3 MCS-51 单片机的基本结构	10
1.2.4 MCS-51 单片机的工作原理	11
1.2.5 MCS-51 单片机应用系统的设计开发	11
习题与思考题	14
第2章 MCS-51 单片机硬件结构	15
2.1 MCS-51 单片机内部结构	15
2.1.1 微处理器	16
2.1.2 存储器	18
2.1.3 I/O 端口	23
2.1.4 中断系统	24
2.1.5 定时器/计数器	25
2.2 MCS-51 单片机引脚	25
2.2.1 MCS-51 单片机引脚及其功能	25
2.2.2 MCS-51 单片机的时钟电路	27
2.2.3 MCS-51 单片机的复位电路	28
2.3 MCS-51 单片机时序	29
2.3.1 机器周期和指令周期	29
2.3.2 MCS-51 指令的取指/执行时序	30
习题与思考题	31
第3章 MCS-51 单片机指令系统	33
3.1 指令系统概述	33

3.1.1 指令格式	33
3.1.2 指令的表示形式	33
3.1.3 指令系统及其分类	34
3.2 寻址方式	35
3.2.1 寄存器寻址	36
3.2.2 直接寻址	37
3.2.3 立即寻址	37
3.2.4 寄存器间址	38
3.2.5 变址寻址	38
3.2.6 相对寻址	39
3.2.7 位寻址	40
3.3 数据传送指令	41
3.3.1 内部数据传送指令 (15 条)	41
3.3.2 外部数据传送指令 (7 条)	43
3.3.3 堆栈操作指令 (2 条)	45
3.3.4 数据交换指令 (4 条)	46
3.4 数据运算指令	47
3.4.1 算术运算指令 (24 条)	47
3.4.2 逻辑运算指令 (20 条)	52
3.4.3 移位指令 (5 条)	54
3.5 控制转移指令	56
3.5.1 无条件转移指令	56
3.5.2 条件转移指令	59
3.5.3 子程序调用和返回指令	62
3.5.4 空操作指令	64
3.6 位操作指令 (17 条)	64
3.6.1 位传送指令	65
3.6.2 位置位和位清零指令	65
3.6.3 位运算指令	65
3.6.4 位控制转移指令	66
习题与思考题	68
第 4 章 汇编语言程序设计	70
4.1 汇编语言的构成	70
4.1.1 程序设计语言	70

4.1.2	汇编语言语句格式	71
4.1.3	汇编语言程序构成	72
4.2	汇编语言源程序的设计方法	76
4.2.1	汇编语言源程序的设计步骤	76
4.2.2	汇编语言源程序流程图绘制方法	77
4.2.3	汇编语言源程序的汇编方法	78
4.3	基本汇编语言程序结构	80
4.3.1	顺序程序设计	80
4.3.2	分支程序设计	82
4.3.3	循环程序设计	84
4.3.4	查表程序设计	87
4.3.5	子程序设计	89
4.3.6	运算程序设计	92
	习题与思考题	95
第5章	Proteus 仿真设计软件	96
5.1	Proteus 简介	96
5.2	Proteus 电路设计仿真基本操作	97
5.2.1	Proteus 设计与仿真流程	97
5.2.2	Proteus 电路设计 SCH	98
5.2.3	源程序设计	106
5.2.4	生成目标代码文件	107
5.2.5	加载目标代码文件、设置时钟频率	109
5.2.6	单片机系统的 Proteus 交互仿真	109
5.3	单片机系统的 Proteus 源代码调试仿真	109
5.3.1	调试菜单及调试窗口	109
5.3.2	存储器窗口	111
5.3.3	鼠标操作断点	113
5.3.4	调试中各窗口个性化设置	114
5.4	单片机电路设计与仿真实例	115
5.4.1	实验目的	115
5.4.2	Proteus 电路设计	116
5.4.3	源程序设计、生成目标代码文件	116
5.4.4	Proteus 仿真	118
	习题与思考题	120

第 6 章 半导体存储器原理与设计技术	121
6.1 半导体存储器基础	121
6.1.1 半导体存储器的分类和作用	121
6.1.2 半导体存储器的技术指标	122
6.1.3 半导体存储器的基本结构	123
6.2 只读存储器 (ROM)	125
6.2.1 掩模 ROM 原理	125
6.2.2 EPROM 原理	126
6.2.3 ROM 举例	127
6.2.4 MCS-51 对外部 ROM 的连接设计	131
6.3 随机存取存储器 (RAM)	135
6.3.1 静态 RAM 原理	135
6.3.2 动态 RAM 原理	136
6.3.3 RAM 举例	137
6.3.4 MCS-51 对外部 RAM 的连接设计	141
6.4 设计实践	144
习题与思考题	145
第 7 章 数字量并行 I/O 接口原理与设计技术	147
7.1 MCS-51 内部并行 I/O 端口及其应用	147
7.1.1 MCS-51 内部并行 I/O 端口	147
7.1.2 MCS-51 内部并行 I/O 端口的应用	149
7.2 MCS-51 外部并行 I/O 接口的扩展技术	150
7.2.1 Intel 8255A	150
7.2.2 Intel 8155	157
7.2.3 MCS-51 并行 I/O 端口的扩展	163
7.2.4 设计实践	166
7.3 MCS-51 对显示器/键盘的接口设计	167
7.3.1 MCS-51 对 LED 的接口设计	168
7.3.2 MCS-51 对非编码键盘的接口设计	172
7.3.3 键盘和显示器接口设计实践	177
习题与思考题	179
第 8 章 模拟量并行 I/O 接口原理与设计技术	181
8.1 MCS-51 对 D/A 转换器的接口设计	181

8.1.1 D/A 转换器的原理	181
8.1.2 D/A 转换器的性能指标	182
8.1.3 DAC0832	183
8.1.4 MCS-51 对 DAC0832 的接口设计	184
8.1.5 设计实践——信号发生器	186
8.2 MCS-51 对 A/D 转换器的接口设计	193
8.2.1 逐次逼近式 A/D 转换原理	193
8.2.2 A/D 转换器的性能指标	193
8.2.3 ADC0809	194
8.2.4 MCS-51 对 ADC0809 的接口设计	195
8.2.5 设计实践——数字电压表	198
习题与思考题	202
第9章 MCS-51 中断系统原理与设计技术	203
9.1 MCS-51 的中断系统	203
9.1.1 MCS-51 中断系统的结构	203
9.1.2 MCS-51 的中断源	203
9.1.3 MCS-51 中断的控制	205
9.2 MCS-51 的中断处理过程	207
9.2.1 中断响应条件和时间	207
9.2.2 中断响应过程	208
9.2.3 中断返回	208
9.2.4 外部中断程序设计实践	209
9.3 MCS-51 内部定时器/计数器	210
9.3.1 定时器/计数器的结构和工作原理	210
9.3.2 定时器/计数器的控制	211
9.3.3 定时器/计数器工作方式	212
9.3.4 定时器/计数器的初始化	214
9.3.5 定时器/计数器设计实践	215
习题与思考题	217
第10章 MCS-51 的串行通信原理与设计技术	218
10.1 串行通信基础	218
10.1.1 串行通信的基本概念	218
10.1.2 串行通信接口标准	219

10.2 MCS-51 的串行接口	221
10.2.1 串行口的结构	221
10.2.2 MCS-51 串行口的控制寄存器	222
10.2.3 MCS-51 串行口的工作方式	223
10.3 单片机串行口设计	225
10.3.1 点对点的通信	225
10.3.2 多机通信	228
10.3.3 MCS-51 与 PC 机的串行口通信设计实践	234
习题与思考题	235
第 11 章 MCU 智能仪器仪表的设计方法和设计实例	237
11.1 MCU 智能仪器仪表的设计方法	237
11.1.1 系统设计的步骤	237
11.1.2 系统设计的基本要求	239
11.2 MCU 仪器仪表设计实例——等离子体渗氮温度模糊控制系统的设计	239
11.2.1 确定任务与系统功能	239
11.2.2 系统方案设计	240
11.2.3 硬件设计	243
11.2.4 软件设计	246
习题与思考题	269
附录 A ASCII 码表	270
附录 B MCS-51 系列单片机指令表	271
参考文献	278

第1章 MCU 智能仪器仪表设计概况

智能仪器仪表是含有微型计算机或者单片机 MCU 的测量、控制设备，拥有对数据的存储、运算、逻辑判断及自动化操作等能力，能模仿人类的思维活动，代替人的部分脑力劳动等。智能仪器仪表凭借其体积小、功能强、功耗低等优势，迅速地在家用电器、科研单位和工业企业中得到了广泛的应用，极大地扩充了传统仪器仪表的应用范围。

单片微型计算机简称为单片机，又称为微控制器（Micro Control Unit, MCU），是微型计算机的一个重要分支。它利用半导体集成技术将中央处理单元 CPU、存储器、I/O 接口、定时器/计数器和中断系统等多个功能部件集成在一块芯片上，是一台具有完整计算机功能的大规模集成电路。自 1971 年美国 Intel 公司首先推出 4 位微处理器以来，单片机发展迅速，各类新产品不断涌现，广泛应用于智能仪器仪表设计中，已成为智能仪器仪表的核心部分。

智能仪器仪表设计实质上是一种单片机 MCU 硬件和软件相结合的设计，并充分利用了软件技术的强大功能。通过修改存放在 ROM 中的软件结构就可以很方便地改变仪器的功能。这种结构与功能的灵活性使得智能仪器仪表在各个领域得到了广泛的应用。单片机的应用使得仪器仪表的结构、性能以及应用领域发生了巨大的变革，完成了传统自动化仪器仪表从模拟技术向数字技术的转变。

本章主要介绍智能仪器仪表的功能、结构与工作原理等基础知识，以及单片微型计算机 MCU 的功能、结构与工作原理等基础知识，最后论述单片机应用系统的设计开发方法，以便为读者学习后续章节打下基础。

1.1 智能仪器仪表概述

随着微电子技术的不断发展，微处理器芯片的集成度越来越高，使用的领域也越来越广泛，这些都对传统的电子测量仪器带来了巨大的冲击和影响。尤其是单片微型计算机（以下简称单片机）的出现，引发了仪器仪表结构的根本性变革。单片机自 20 世纪 70 年代初期问世不久，就被引进了电子测量和仪器仪表领域，其作为核心控制部件很快取代了传统仪器仪表的常规电子线路。借助单片机强大的软件功能，可以很容易地将计算机技术与测量控制技术结合在一起，组成新一代的全新的微机化产品，即“智能仪器仪表”，从而开创了仪器仪表的一个崭新的时代。

智能仪器仪表实质上是一种硬件和软件相结合的设计，并且充分利用了软件技术的强大功能。它把仪器的主要功能集中存放在程序存储器 ROM 中，因而，当需要增加功能时，不需要全面改变硬件设计，而只要修改存放在 ROM 中的软件内容就可以很方便地改变仪器的功能。这种结构与功能的灵活性使得智能仪器仪表在各个领域得到了广泛的应用。由此可见微处理器的应用使得仪器仪表的结构、性能以及应用领域发生了巨大的变革。

1.1.1 智能仪器仪表的发展概况

1.1.1.1 智能仪器仪表的历史

智能仪器仪表是一类新型的、内部装有微处理器或单片机的微机化电子仪器，它是由传统的电子仪器发展而来的，但在结构和内涵上已经发生了本质的变化。

回顾电子仪器的发展历程，我们可以发现，从仪器使用的器件来看大致经历了三个阶段，即真空管时代—晶体管时代—集成电路时代。若从仪器的工作原理来看，又可以分为以下几个阶段：

第一代，模拟式电子仪器（又称指针式仪器）。这一代仪器应用和处理的信号均为模拟量，如指针式电压表、电流表、功率表及一些通用的测试仪器，均为典型的模拟式仪器。这一代仪器的特点是：体积大、功能简单、精度低、响应速度慢。

第二代，数字式电子仪器，如数字电压表、数字式测温仪、数字频率计等。它们的基本工作原理是将待测的模拟信号转换成数字信号并进行测量，测量结果以数字形式输出显示。数字式电子仪器与第一代模拟式电子仪器相比，具有精度高、速度快、读数清晰、直观的特点。其结果既能以数字形式输出显示，还可以通过打印机打印输出。此外，由于数字信号便于远距离传输，因此数字式电子仪器适用于遥测遥控。

第三代，智能型仪器。这一代仪器是计算机科学、通信技术、微电子学、数字信号处理、人工智能、超大规模集成电路（Very Large Scale Integration, VLSI）等新兴技术与传统电子仪器相结合的产物。智能型仪器的主要特征是仪器内部含有微处理器（或单片机），它具有数据存储、运算和逻辑判断的能力，能根据被测参数的变化自动选择量程，可实现自动校正、自动补偿、自寻故障，以及远距离传输数据、遥测遥控等功能，可以做一些需要人类的智慧才能完成的工作。也就是说，这种仪器具备了一定的智能，故称为智能仪器仪表。

1.1.1.2 智能仪器仪表的主要功能和特点

随着微电子技术的不断发展，集成了 CPU、存储器、定时器/计数器、并行和串行接口、看门狗、前置放大器甚至 A/D、D/A 转换器等电路在一块芯片上的超大规模集成电路芯片（即单片机）出现了。以单片机为主体，将计算机技术与测量控制技术结合在一起，又组成了所谓的“智能化测量控制系统”，也就是智能仪器。单片机的出现与应用，对科学技术的各个领域都产生了极大的影响，与此同时也导致了一场仪器仪表技术的巨大变革。与传统仪器仪表相比，智能仪器具有以下功能特点：

(1) 操作自动化。仪器的整个测量控制过程如键盘扫描、量程选择、开关启动闭合、数据的采集、传输与处理以及显示打印等都用单片机或微控制器来控制操作，实现测量控制过程的全部自动化。

(2) 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等。智能仪表能自动检测出故障的部位甚至故障的原因。这种自测试可以在仪器启动时运行，同时也可在仪器工作中运行，极大地方便了仪器的维护。

(3) 数据处理功能。智能仪器由于采用了单片机或微控制器，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。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，不仅使用户从繁重的数据处理中解放出来，也有效地提高了仪器的测量精度。

(4) 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，操作人员只需通过键盘输入命令，就能实现某种测量功能。与此同时，智能仪器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诉操作人员，使仪器的操作更加方便直观。

(5) 通讯功能。一般智能仪器都配有 GPIB、RS232C、RS485 等标准的通信接口，可以很方便地与 PC 机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，来完成更复杂的测试任务。

1.1.1.3 智能仪器仪表的发展趋势

随着微电子技术、计算机技术和网络技术的不断发展，为适应实践应用的需要，智能仪器仪表在功能和结构上出现了以下几个方面的发展趋势。

1. 多功能化

在测量控制、简单计算、推理、判断和传输等普通功能的基础上，还具有模式识别、自学习与自组织等功能；智能仪器仪表的进一步发展含有一定的人工智能，可以代替人的一部分脑力劳动；在视觉（图形及色彩辨读）、听觉（语音识别及语言领悟）、思维（推理、判断、学习与联想）等方面具有一定的能力；无须人的干预而自主地完成一些检测或控制功能等。

2. 高性能

智能仪器仪表的测量控制技术性能指标进一步提高。例如：电压测量范围从纳伏到 100 万伏，测量精度达到 0.005%，灵敏度达到原子级别，测量速度达到微秒级，使用寿命可达 25 万小时等。

3. 微型化

将微电子技术、微机械技术、信息技术等综合应用于智能仪器仪表的设计与生产中，从而使智能化仪器体积较小、功能齐全。它能够完成信号采集，线性化处理，数字信号处理，控制信号的输出、放大，与其他仪器接口以及与人机交互等功能。

4. 结构虚拟化

随着计算机应用技术的不断发展，出现了基于 PC 机的虚拟仪器。人们利用 PC 机强大的图形环境和在线帮助功能，建立了图形化的虚拟仪器面板，完成了仪器控制、数据采集、数据分析和数据显示等功能。配合一定的数据采集硬件，就可以与 PC 机组成测量仪器。这种在虚拟仪器中，使用同一个硬件系统，只要使用不同的软件编程，就可以得到功能完全不同的测量仪器，使智能化仪器的部分结构实现软件虚拟。

虚拟仪器强调在通用的计算机技术中吸收仪器技术。作为虚拟仪器核心的软件系统具有通用性、通俗性、可视性、可扩展性和可升级性，减少智能化仪器的开发时间和难度，能为用户带来极大的利益。因此，虚拟仪器具有传统的智能仪器仪表所无法比拟的应用前景和市场。

5. 通信与控制网络化

随着网络技术的飞速发展，互联网（Internet）技术正在逐渐应用于智能仪器仪表设

计, 实现智能仪器仪表系统的 Internet 通信能力, 以及智能仪器仪表系统远程升级、功能重置和系统维护。

在系统编程技术 (In-System Programming, ISP) 是对软件进行修改、组态或重组的一种最新技术。ISP 技术消除了传统技术的某些限制和连接弊病, 有利于在板设计与编程。编程 ISP 器件可以通过 PC 机、嵌入式系统处理器, 甚至 Internet 远程网就可进行编程。

另外, 嵌入式微型因特网互连技术 (Embedded Micro Internet working Technology, E-MIT) 也是一种将单片机等嵌入式设备接入 Internet 的新技术。利用该技术, 能够将 8 位和 16 位单片机系统接入 Internet, 实现基于 Internet 的远程数据采集、智能控制、上传/下载数据文件等功能。

1.1.2 智能仪器仪表的基本结构

智能仪器仪表实质上是采用了微处理器 (或单片机) 的电子仪器, 它主要由硬件和软件两大部分组成。

硬件部分主要包括主机电路、模拟量 (或开关量) 输入输出通道、人-机接口电路、串行或并行数据通信接口等, 其组成结构如图 1-1 所示。

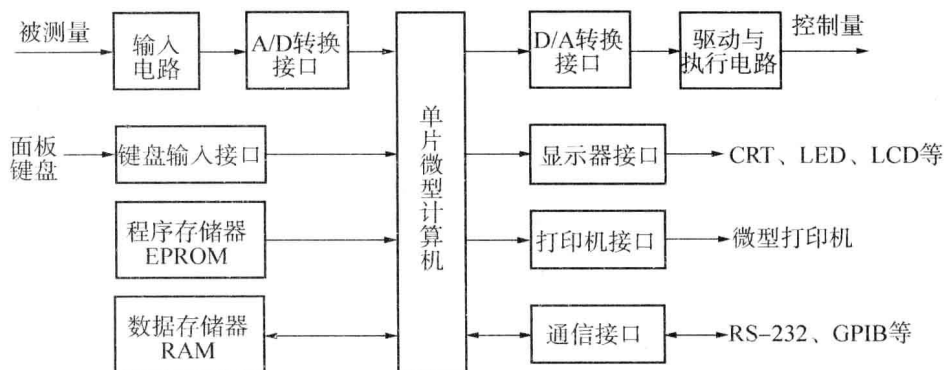


图 1-1 智能仪器仪表硬件组成框图

智能仪器仪表的主体部分是由单片机及其扩展电路 (程序存储器 EPROM、数据存储器 RAM 及输入输出接口等) 组成的。主机电路是智能仪器仪表区别于传统仪器的核心部件, 用于存储程序、数据, 执行程序并进行各种运算、数据处理和实现各种控制功能。输入电路和 A/D 转换接口构成了输入通道; 而 D/A 转换接口及驱动电路则构成了输出通道; 键盘输入接口、显示器接口及打印机接口等用于沟通操作者与智能仪器仪表之间的联系, 属于人-机接口部件; 通信接口则用来实现智能仪器仪表与其他仪器或设备交换数据和信息。

智能仪器仪表的软件包括监控程序、接口管理程序 and 数据处理三部分。其中, 监控程序主要是面向仪器操作面板、键盘和显示器的管理程序。其内容包括: 通过键盘操作输入并存储所设置的功能、操作方式与工作参数。通过控制 I/O 接口电路对数据进行采集; 对仪器进行预定的设置; 对所测试和记录的数据与状态进行各种处理; 以数字、字符、图形等形式显示各种状态信息以及测量数据的处理结果等。接口管理程序主要面向通信接口, 其作用是接收并分析来自通信接口总线的各种有关信息、操作方式与工作参数的程控操作

码，并通过通信接口输出仪器的现行工作状态及测量数据的处理结果来响应计算机的远程控制命令。数据处理程序完成数据运算、分析等。

1.1.3 智能仪器仪表的工作原理

智能仪器仪表的工作原理和过程是：外部的输入信号（被测量）先经过输入电路进行变换、放大、整形和补偿等处理，然后再经模拟量通道的 A/D 转换接口转换成数字量信号，送入单片机。

单片机对输入数据进行加工处理、分析、计算等一系列工作，并将运算结果存入数据存储器 RAM 中。

同时，可通过显示器接口送至显示器显示，或通过打印机接口送至微型打印机打印输出，也可以将输出的数字量经模拟量通道的 D/A 转换接口转换成模拟量信号输出，并经过驱动与执行电路去控制被控对象，还可以通过通信接口（例如 RS-232、GPIB 等）实现与其他智能仪器仪表的数据通信，完成更复杂的测量与控制任务。

以上只是智能仪器仪表的基本组成和简单工作过程，至于智能仪器仪表各组成部分的软、硬件结构及仪器的典型处理功能，将在以后的各章节中详细阐述。

1.2 单片微型计算机概述

电子计算机是一种能对信息进行加工处理的机器，它具有记忆、判断和运算能力，能模仿人的思维活动，代替人的部分脑力劳动，并能对生产过程实施某种控制，等等。电子计算机经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机和超大规模集成电路计算机五个时代。从功能大小上，计算机通常可以分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机五类。从应用形态上，微型计算机可以分成三种类型：多板机（系统机）、单板机和单片机（即单片微型计算机）。单片微型计算机是微型计算机的一个重要分支，内部包含有计算机的基本功能部件：中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、存储器和 I/O 接口电路等，是一种非常活跃且颇具生命力的机种。单片微型计算机特别适用于控制领域，故又称为微控制器（Micro Control Unit, MCU）。

1.2.1 电子计算机概述

1.2.1.1 电子计算机的结构及其原理

1946年2月15日，第一台电子数字计算机 ENIAC（Electronic Numerical Integrator and Computer）问世，标志着计算机时代的到来。它开创了计算机科学技术的新纪元，对人类的生产和生活方式产生了巨大而深远的影响。

在研制 ENIAC 的过程中，美籍匈牙利人数学家冯·诺依曼在方案设计上构建了计算机的经典结构：计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成，如图 1-2 所示。1946年6月，冯·诺依曼又提出了“程序存储”和“二进制运算”的工作原理思想。这种计算机的经典结构框架的工作原理一直沿用至今。

1971年1月，Intel 公司的特德·霍夫与日本商业通信公司合作将台式计算器的十几个芯片压缩成三个集成电路芯片：两个芯片分别用于存储程序和数据，另一个芯片集成了

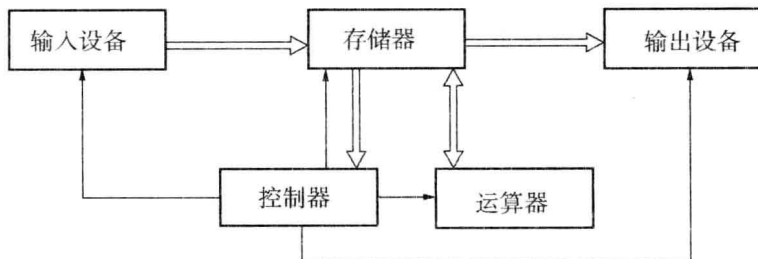


图 1-2 电子计算机的经典结构

运算器和控制器及一些寄存器，称为微处理器（即 Intel 4004）。

微处理器、存储器加上 I/O 接口电路，通过地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）相连，组成微型计算机。如图 1-3 所示。

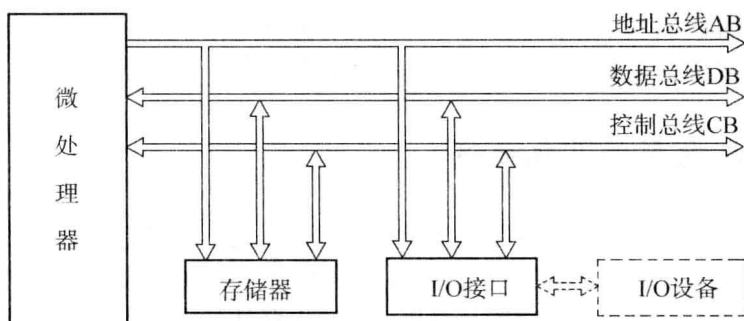


图 1-3 微型计算机的组成

在微型计算机基础上，再配以系统软件 and I/O 设备，便构成了完整的微型计算机系统。

1.2.1.2 微型计算机的应用形态

从应用形态上，微型计算机可以分成三种类型：多板机（系统机）、单板机和单片机。如图 1-4 所示。

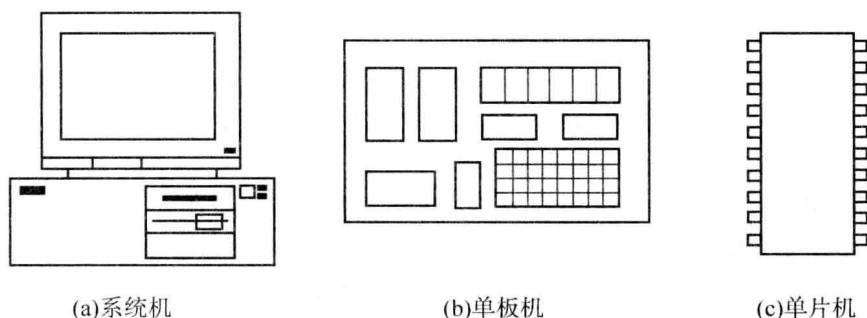


图 1-4 微型计算机的三种应用形态

1. 多板机（系统机）

将微处理器、存储器、I/O 接口电路和总线接口等组装在一块主机板（即微机主板）上，各种适配板卡插在主机板的扩展槽上，通过系统总线连接键盘、显示器、打印机、软/硬盘驱动器及光驱等设备，就构成了一台多板微型计算机，简称多板机。目前人们广泛使用的个人计算机（PC 机）就是典型的多板微型计算机。

若将底板设计成无 CPU 的小底板结构，利用底板的扩展槽插入主机板及各种测控板，就构成了一台工业 PC 机。工业 PC 机常作为工业测控系统的主机。

2. 单板机

将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片和简单的 I/O 设备（小键盘、LED 显示器）等装配在一块印制线路板上，再配上监控程序（固化在 ROM 中），就构成了一台单板微型计算机，简称单板机。典型的产品如 TP801，现在已很少使用。

3. 单片机

将微处理器、存储器、I/O 接口电路集成在一片集成电路芯片上，便构成了单芯片微型计算机，即单片机。

在控制领域中，主要考虑计算机的低成本、小体积、运行的可靠性和控制的灵活性，要求将计算机嵌入到这些设备中。嵌入到控制系统（或设备）中的计算机称为嵌入式计算机。嵌入式计算机可分为嵌入式微处理器（如 386EX）、嵌入式 DSP 处理器（如 TMS320 系列）、嵌入式微控制器（即单片机，如 80C51 系列）及嵌入式片上系统 SOC。

单片机体积小、价格低、可靠性高，已经成为嵌入式电子应用系统设计最为常用的技术手段。

1.2.2 单片机的发展概况

1.2.2.1 单片机的发展历史

1974 年，美国仙童（Fairchild）公司研制出世界上第一台单片微型计算机 F8，从此，单片机开始迅速发展，应用范围也在不断扩大，深受民用电器和仪器仪表领域的欢迎和重视。现已成为微型计算机的重要分支。迄今为止，单片机制造商有很多，主要有美国的 Intel、Motorola、Zilog、NS、Microchip、Atmel 和 TI 公司，日本的 NEC（日电）、Toshiba（东芝）、Fujitsu（富士通）和 Hitachi（日立）公司，荷兰的 Philips 公司，英国的 Inmos 公司，德国的 Siemens（西门子）公司，等等。市售单片机产品已达 60 多个系列，600 多个品种。按照 CPU 对数据处理位数来分，单片机的发展通常可以分为以下四个阶段。

1. 4 位单片机阶段

1976 年，Intel 公司推出了 MCS-48 系列 4 位单片机。4 位单片机的控制功能较弱，CPU 一次只能处理 4 位二进制数。这类单片机常用于计算器、各种形态的智能单元以及作为家用电器中的控制器。其典型产品有美国 NS（National Semiconductor）公司的 COP4 × × 系列、日本 Toshiba 公司的 TMP47 × × × 系列以及 Panasonic 公司的 MN1400 系列等单片机。

2. 8 位单片机阶段

1980 年，Intel 公司推出了 MCS-51 系列 8 位单片机。8 位单片机的控制功能较强，品种最为齐全。和 4 位单片机相比，它不仅具有较大的存储容量和寻址范围，而且中断源、并行 I/O 接口和定时器/计数器个数都有了不同程度的增加，并集成有全双工串行通信接口。在指令系统方面，普遍增设了乘除指令和比较指令，特别是 8 位单片机中的高性