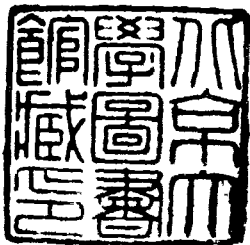


过程装备与控制工程丛书

微控制器原理与实例

邹久朋 编著



化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

微控制器原理与实例/邹久朋编著. —北京: 化学工业出版社,
2003. 12

(过程装备与控制工程丛书)

ISBN 7-5025-5099-2

I. 微… II. 邹… III. 微控制器, 80C51 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 123110 号

过程装备与控制工程丛书

微控制器原理与实例

邹久朋 编著

责任编辑: 程树珍

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 吴桂萍

封面设计: 蒋艳君

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 352 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5099-2/G·1359

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

按照国际标准化组织（ISO）的认定，社会经济过程中的全部产品通常分为四类，即硬件产品（hardware）、软件产品（software）和流程性材料产品（processed material）以及服务产品（service）。在 21 世纪初，我国和世界上各主要发达国家都已经把“先进制造技术”列为自己国家优先发展的战略性高技术之一。通常，先进制造技术主要是指硬件产品的先进制造技术和流程性材料产品的先进制造技术。所谓“流程性材料”则是指以流体（气、液、粉粒体等）形态为主的材料。

过程工业是加工制造流程性材料产品的现代国民经济的支柱产业之一。成套过程装置则是组成过程工业的工作母机群，它通常是由一系列的过程机器和过程设备，按一定的流程方式用管道、阀门等连接起来的一个独立的密闭连续系统，再配以必要的控制仪表和设备，即能平稳连续地把以流体为主的各种流程性材料，让其在装置内部经历必要的物理化学过程，制造出人们需要的新的流程性材料产品。单元过程设备（如塔、换热器、反应器与贮罐等）与单元过程机器（如压缩机、泵与分离机等）二者的统称为过程装备。为此，有关涉及流程性材料产品先进制造技术的主要研究发展领域应该包括以下几个方面：①过程原理与技术的创新；②成套装置流程技术的创新；③过程设备与过程机器——过程装备技术的创新；④过程控制技术的创新。持续推进这些技术的创新，就有可能把过程工业需要实现的最佳技术经济指标，即高效、节能、清洁和安全不断推向新的技术水平，以确保该产业在国际上的竞争实力。

过程装备技术的创新，其关键首先应着重于装备内件技术的创新，而其内件技术的创新又与过程原理和技术的创新以及成套装置工艺流程技术的创新密不可分，它们互为依托，相辅相成。这一切也是流程性产品先进制造技术与一般硬件产品的先进制造技术的重大区别所在。另外，这两类不同的先进制造技术的理论基础也有着重大的区别，前者的理论基础主要是化学、固体力学、流体力学、热力学、机械学、化学工程与工艺学、电工电子学和信息技术科学等，而后者则主要侧重于固体力学、材料与加工学、机械机构学、电工电子学和信息技术科学等。

“过程装备与控制工程”本科专业在新世纪的根本任务是为国民经济培养大批优秀的能够掌握流程性材料产品先进制造技术的高级专业人才。

四年多来，教学指导委员会以邓小平同志提出的“教育要面向现代化，要向世界，面向未来”的思想为指针，在广泛调研的基础上，分析了国内外化工类与机械类高等教育的现状、存在问题和未来的发展，向教育部提出了把原“化工设备与机械”本科专业改造建设为“过程装备与控制工程”本科专业的总体设想和专业发展规划建议书，于 1998 年 3 月获得教育部的正式批准，建立了“过程装备与控制工程”本科专业。以此为契机，教学指导委员会制订了“高等教育面向 21 世纪‘过程装备与控制工程’本科专业建设与人才培养的总体思路”，要求各院校从转变传统教育思想出发，拓宽专业范围，以培养学生素质、知识与能力为目标，以发展先进制造技术作为本专业改革发展的出发点，重组课程体系，在加强通用基础理论与实践环节教学的同时，强化专业技术基础理论的教学，削减专业课程的分量，

淡化专业技术教学，从而较大幅度地减少总的授课时数，以加强学生自学、自由探讨和发展的空间，并有利于逐步树立本科学生勇于思考与创新的精神。

高质量的教材是培养高素质人才的重要基础，因此组织编写面向 21 世纪的迫切需要的核心课程教材，是专业建设的重要内容。同时，为了进一步拓宽高年级本科学生和研究生专业知识面，进一步加强理论与实际的联系，进而增强解决工程实际问题能力，我们又组织编写了这套“过程装备与控制工程”的专业丛书，以帮助学生能有机会更深入地了解专业技术领域的理论研究与技术发展的现状和趋势，力求使高校的课堂教学与社会工程实践能够更好地衔接起来。

这套丛书，既可作为选修课教材，也可作为毕业设计环节的教学参考书，还可供广大工程技术人员作为工程设计理论分析与实践的有力助手。

“过程装备与控制工程”本科专业的建设将是一项长期的任务，以上所列工作只是一个开端。尽管我们在这套丛书中，力求在内容和体系上能够体现创新，注重拓宽基础，强调能力培养。但是，由于我们目前对于教学改革的研究深度和认识水平都有限，在这套丛书中必然会有许多不妥之处。为此，恳请广大读者予以批评和指正。

全国高等学校化工类及相关专业教学指导委员会

副主任委员兼化工装备教学指导组组长

大连理工大学 博士生导师

丁信伟 教授

2001 年 10 月于大连

前 言

电子计算机的发明与大量应用已经给人类的生产和生活带来了巨大的变革，并已成为当代高科技发展的标志和主导。在各行各业，计算机信息技术和智能管理控制技术，都已发挥出空前强大的威力，极大地推动着生产力和人类自身的发展。

当今，计算机在控制领域中的应用也是日新月异。对于过程控制来说，特别是石油化工领域中的大型控制系统，可能要面对被控参数的多元高维、强耦合、大时滞、恶劣环境等复杂不利的情况，可能需要较高配置的工控计算机和大型组态软件作为中央主控。但除此之外，附属外围和现场都越来越多地应用了具有各种特定功能的嵌入式控制系统和各种各样的控制仪表，组成集散式现场总线网络控制系统（FCS），大大增加了控制系统的可靠性，同时减轻了主控计算机的负担。

检测控制仪表和调节装置的数字化、智能化已成趋势，各种嵌入式系统从数量上已占控制系统总数的90%左右。这其中的绝大多数是以微控制器（俗称单片机）作为核心的，配以少量的元器件，就能组成一个经济可靠的智能控制单元，既能独立运行，也能联网通信。

实际上，微控制器本身就是一个芯片级的计算机（单片机），它与通用计算机的微处理器相比主要有两点不同：一是小而全，在一芯片上几乎集成了所需的全部功能单元，如各类存储器、定时器、中断管理器、I/O口、通信接口等，甚至还有A/D转换器、看门狗WDT、电源监控以及脉宽调制器等；二是突出控制功能，具有灵活的以软件指令选择和控制各功能单元的多种工作方式和强大的位操作能力。较之通用计算机CPU的天文数字的晶体管单元与超标量结构、主板芯片等复杂硬件，单片机所组成的系统一般很少有硬件的冗余和能力的过剩，因而可以获得极高的性能价格比、更高的系统稳定性与可靠性。在工控系统中，现场的测控、报警、切断等重要操作一般是由它来完成的，并且还可以存储数据，通过现场总线与上位计算机通信，传送数据和接受主机的命令。

1976年第一片微控制器的问世，开创了计算机应用划时代的里程碑。其后20多年的发展，已经带来了一场深刻的产业革命，并极大地推动了社会的进步。除了工控领域之外，当今的各种电气设备、仪器仪表、汽车、通信、付款机、家用电器、智能化住宅甚至玩具之中，都大量地应用着各类微控制器芯片。

微控制器的应用使从前难以想象的事情轻而易举地实现。比如温度的测量与控制，调节器仪表的体积可做成香烟盒大小，毫瓦级的能耗，却能够实现配接二十几种传感器，双重PID控制，调节参数的自整定，输出形式可选，量程与给定值任意设定和与计算机通信等功能。甚至还具有学习功能：只要测量标定几点，就能自动拟合出数学模型并记忆。有些以微控制器为核心的测量仪器，不需要人的干预，可以进行量程的自动切换、数据的自动存储、线路和元器件噪声的软件滤除等。其他方面的例子也不胜枚举，总之已经大大超出了人们对于传统电子电器的观念与认识。

计算机和微控制器应用技术突飞猛进的发展势头，必然对传统产业带来巨大的冲击和推动。今后在生产和生活的各个领域，都将会无所不在，在给人们带来极大方便和效益的同时，也要求各行各业的技术人员具有现代的知识结构和更高的综合素质，特别是需要一

批复合型的应用人才。因为从应用来看，软硬件的功能必须与实际对象符合，会使不少规划、选型甚至程序设计等工作由非专业人员来承担。退一步讲，至少也要与专业人士有共同的语言，能实现沟通，才能更好地普及应用新技术、新产品，胜任数字化信息时代的要求。

除了高可靠性，单片机嵌入式系统也是最经济实用且具有先进性的。对于初涉计算机控制领域的人来说，由此突破也会相对简单一些，也容易见到大量的应用实例。

鉴于此，本书从内容选材、组织结构和撰写风格等方面都作了较多的考虑，内容力求精炼、主次分明、重点突出；滚动扩展，力求尽早牵动读者的学习情趣，避免学完之后才能有所领悟，途中却混沌不清；阐述方法则力求深入浅出，辅以作者当初的感悟，为形象生动而用了一些比喻，可能略有降低其严密性和专业性，但对帮助读者理解有益。

编著本书的目的是适应过程装备与控制工程专业教学体系改革对教材的需求。为适应相应读者群的知识结构，书中还加入了不少与微控制器及其所组成嵌入式系统密切相关的元器件和基本知识的介绍，因而其内容包络也与通常的单片机书籍不太相同。

计算机和数字化信息技术、智能化控制技术的发展日新月异，各种功能的芯片和产品不断推出，具体应用还需要有许多综合的知识，本书只能是管窥一斑，加之作者的水平有限，在选材、组织和阐述等方面都难免会有缺陷和不足，诚望专家、读者和同学指出，以便及时改进。

编著者
于大连理工大学
2003年10月

目 录

1 概述	1
1.1 微处理器、微机和微控制器的概念	1
1.2 嵌入式系统与微控制器的基本特点	1
1.3 单片机的种类及发展	2
1.4 单片机的主要应用领域	4
思考题与习题	5
2 80C51 系列单片机硬件基本结构	6
2.1 80C51 系列单片机的基础结构	6
2.1.1 80C51 单片机基核的基础结构	6
2.1.2 80C51 单片机的引脚及功能	6
2.2 CPU 系统	8
2.2.1 CPU 的结构及特点	8
2.2.2 时钟系统	11
2.2.3 总线控制逻辑	12
2.3 程序存储器和数据存储器	14
2.3.1 程序存储器	14
2.3.2 数据存储器	14
2.3.3 特殊功能寄存器 SFR	16
2.4 基本功能单元	17
2.5 多功能端口	18
思考题与习题	19
3 80C51 系列单片机的指令系统	21
3.1 指令码与高级语言的关系	21
3.2 汇编语言的指令格式与符号约定	22
3.3 80C51 单片机的寻址方式和寻址空间	24
3.4 80C51 单片机指令介绍	28
3.4.1 数据传送类指令	29
3.4.2 算术运算类指令	31
3.4.3 逻辑运算类指令	33
3.4.4 控制转移类指令	34
3.4.5 布尔（位）操作类指令	36
思考题与习题	38
4 功能单元及操作	41
4.1 并行 I/O 接口	41
4.1.1 P1 口	41

4.1.2	P3 口	44
4.1.3	P2 口	45
4.1.4	P0 口	46
4.2	80C51 的中断系统	48
4.2.1	中断的概念与其重要性	48
4.2.2	中断源及中断优先级	49
4.2.3	中断的控制和操作	50
4.2.4	中断的响应过程和中断矢量地址	54
4.2.5	外部中断的应用简例	55
4.3	定时器/计数器	57
4.3.1	概述	57
4.3.2	定时器/计数器的控制	58
4.3.3	定时器/计数器的工作方式	59
4.3.4	定时器/计数器的编程应用简例	61
4.4	串行接口	65
4.4.1	串行通信的基本概念	65
4.4.2	80C51 单片机串行接口的结构及设置	66
4.4.3	串行口的工作方式及多机通信方式	68
4.4.4	串行口的波特率发生器	70
4.4.5	串行口应用编程举例	71
	思考题与习题	74
5	汇编语言程序设计	76
5.1	单片机的编程环境	76
5.2	80C51 汇编语言程序要素	76
5.2.1	80C51 汇编程序的伪指令	77
5.2.2	80C51 汇编语言程序的基本结构	78
5.3	80C51 汇编语言编程	85
5.3.1	结构化程序设计	85
5.3.2	顺序结构程序	86
5.3.3	分支结构程序	89
5.3.4	循环结构程序	92
5.3.5	子程序设计	96
5.3.6	中断服务程序设计	98
	思考题与习题	102
6	单片机应用系统常用元器件	104
6.1	数字电路的应用	104
6.1.1	逻辑门电路	104
6.1.2	移位寄存器	105
6.1.3	译码器	105
6.1.4	锁存器、缓冲驱动器	106

6.1.5	多路数据选择器和多路模拟开关	106
6.2	集成运算放大器	107
6.2.1	集成运放的典型应用电路	108
6.2.2	运算放大器的选用及型号	110
6.3	集成电压比较器和施密特触发器	111
6.3.1	集成电压比较器	111
6.3.2	施密特触发器	111
6.4	光电耦合器和固态继电器	112
6.4.1	光电耦合器	112
6.4.2	固态继电器	114
6.5	集成稳压器和高精度稳压器	117
6.5.1	集成固定三端稳压器 78/79 系列	117
6.5.2	三端可调稳压器	119
6.5.3	高精度稳压器	120
6.6	A/D 转换器	121
6.6.1	A/D 转换器的分类	121
6.6.2	A/D 转换器工作原理	122
6.6.3	A/D 转换器的性能指标	125
6.7	D/A 转换器和数控电位器	126
6.7.1	D/A 转换器的种类	126
6.7.2	D/A 转换器工作原理	127
6.7.3	D/A 转换器的性能指标	128
6.7.4	数控电位器	129
6.8	存储器及串行通信收发器	130
6.8.1	存储器的选用	130
6.8.2	串行通信收发器	132
	思考题与习题	135
7	单片机应用系统的配置	137
7.1	概述	137
7.2	单片机的电平及脉冲输入	137
7.2.1	单一电平及脉冲的输入方法	138
7.2.2	工作方式选择信号的输入方法	138
7.2.3	单片机的按键和键盘输入	139
7.3	单片机系统的模拟信号输入	144
7.3.1	电压比较器输入方法	144
7.3.2	并行 A/D 转换的输入	145
7.3.3	串行 A/D 转换的输入	148
7.4	单片机及系统的输出	151
7.4.1	单条口线的输出控制	151
7.4.2	输出的 D/A 转换接口	152

7.4.3	输出驱动 LED 或 LCD 显示	154
7.5	单片机的存储器扩展技术	159
7.5.1	并行读写的存储器与单片机的接口	159
7.5.2	串行读写的存储器与单片机的接口	161
	思考题与习题	169
8	单片机实验及应用实例	171
8.1	概述	171
8.2	单片机时序控制模拟实验	171
8.2.1	时序控制的应用背景	171
8.2.2	控制 LED 模拟彩灯的硬件电路	171
8.2.3	控制彩灯的软件程序	172
8.3	输出脉冲宽度调制及改变脉冲频率实验	176
8.3.1	脉宽调制的应用背景	176
8.3.2	脉宽调制实验的硬件电路	176
8.3.3	脉宽调制实验的软件程序	177
8.4	单片机定时控制器实验	181
8.4.1	定时控制的应用背景和实现方式	181
8.4.2	单片机倒计时钟和定时打铃器硬件电路	181
8.4.3	单片机倒计时钟软件程序	182
8.5	RS-485 串行总线通信实验	188
8.5.1	RS-485 串行通信的应用背景	188
8.5.2	自动发送远程报警器硬件电路	189
8.5.3	自动发送远程报警器的软件程序	190
8.5.4	远程接收报警器的硬件电路	194
8.5.5	远程接收报警器的软件程序	195
8.6	多功能测量控制仪表	198
	思考题与习题	200
9	可靠性设计与抗干扰技术	202
9.1	可靠性与抗干扰的关系	202
9.2	系统的可靠性设计	202
9.2.1	提高元器件的可靠性措施	202
9.2.2	部件及系统的可靠性设计	203
9.3	硬件系统的抗干扰措施	204
9.3.1	滤波技术	205
9.3.2	去耦电路	205
9.3.3	屏蔽技术	206
9.3.4	隔离技术	207
9.3.5	接地技术	208
9.3.6	各部分独立供电	209
9.3.7	布线的抗干扰措施	209

9.4 软件的抗干扰措施	209
9.4.1 指令冗余技术	210
9.4.2 软件陷阱技术	210
9.4.3 软、硬件结合的看门狗技术	212
9.4.4 故障自动恢复技术	213
9.4.5 数字滤波技术	214
9.4.6 干扰避开技术	215
思考题与习题	215
附录 80C51 指令一览表	217
主要参考文献	220

1 概 述

1.1 微处理器、微机和微控制器的概念

微处理器（芯片）本身不是计算机，而是小型或微型计算机的控制和处理部分。

微机是具有完整运算和处理功能的计算机，除了微处理器 CPU（Central Processing Unit）之外，还包括有存储器、接口适配器以及一些输入输出（I/O）设备等。这些一般都放在微机主板上或者在机箱的内部。

如果把微处理器、一定容量的存储器以及 I/O 接口、定时器/计数器等电路都集成在一片半导体芯片上，就构成了单片微控制器 MCU（Microcontroller Unit）[目前中国普遍还是沿用其最初的名称——单片机（Single Chip Microcomputer）]。

自从 1971 年微机问世以来，其发展方向就出现了两个分支：一是向高速、高性能的高档次发展，形成了通用计算机系统；另一是向稳定可靠、实用价廉的单片机方向发展，形成了可以灵活组构的嵌入式计算机系统（Embedded System）。

计算机两大分支的产生，极大地促进了现代计算机技术的飞速发展。通用计算机系统以海量高速计算和数据处理为己任，不必兼顾控制功能，在数据处理、图像处理、多媒体和网络通信等方面日新月异；而单片机则以面向对象的实时控制为己任，正在迅速而广泛地取代经典的电子电器和硬件数字电路系统。

1.2 嵌入式系统与微控制器的基本特点

嵌入式系统是嵌入到应用对象体系中的计算机系统的总称。与通用计算机系统相比，除了形态的不同，其最显著的特点就是面对工控领域的测控对象。这一特点决定了它和通用计算机在技术发展道路上的本质差别。测量对象大都是一些物理参量，如力、热、位移、速度、加速度等，控制对象大都是一些机械参量（包括对电器的调控在内）。其对嵌入式计算机系统的采集、处理、控制速度（实时性）的要求是有限的，而对控制方式和控制能力的要求却是无限的。这就同对通用计算机海量处理速度的无限而控制功能有限的要求正好相反。从 1976 年 8 位单片机诞生以来，单片机领域一直是以 8 位机为主流机型，而与之相对应的通用计算机却迅速地从 8 位发展到 16 位、32 位，且向 64 位挺进。

嵌入式系统通常包括工控计算机、通用 CPU 模块、嵌入式微处理器（Embedded Processor）和嵌入式微控制器（Embedded Microcontrollers）。前两者是基于通用 CPU 的计算机系统；后两者则是基于芯片形态的计算机系统。嵌入式微控制器是在嵌入式系统概念广泛使用之后，给传统单片机定位的称呼。

在上述四种嵌入式系统之中，惟有单片机专门为嵌入式应用而设计了特殊的体系结构（如程序与数据存储器分开的哈佛存储器结构、自我管理中断体系、定时/计数及通信功能等）和指令系统（具有多条位操作指令），因此它最能满足嵌入式应用的要求，也最广泛地应用于中、小型工控领域和日常生活的各个领域，是电子电器智能化最重要的器件。

单片机能够最好的满足面向控制对象、应用系统的灵活嵌入、现场的可靠运行以及非凡

的控制品质要求。它是发展最快、品种最多、应用数量最大的嵌入式系统。有统计资料表明，在所有的微机测控系统当中，单片机应用系统约占 90%。

在单片机的专用体系结构和指令系统的基础上，可以开发出能满足不同种应用要求的专用系统和兼容系统。大多数单片机的片内带有程序（代码）存储器，开发者在编程（烧写）时可加密使程序不能被读出，可以防止千辛万苦编制调试成功的程序软件被非法拷贝，有效地保护知识产权。

由于单片机的片内资源有限，一般不具备自开发能力，一般都要借助于微机来编程。但几乎所有单片机的指令系统（指令代码集）与常用的 PC 机（Intel 80i86 兼容系统）都不相同，单片机的程序代码在微机上无法运行调试，需要软件仿真或硬件仿真器与微机连接，配以专用软件来进行调试；或者将指令代码写入单片机中，插进实际嵌入式系统中运行，根据出现的问题分析软件错误，在微机上修改之后再重新烧写。一般非 OTP（One Time Programmable）的单片机可反复写入（编程）千次之多，写入的数据（程序代码）可以保持 10 年。目前，已经出现了可以在系统和远程编程的单片机嵌入式系统，使开发更为方便。

1.3 单片机的种类及发展

1976 年 9 月 Intel 公司推出了第一片 8 位单片微控制器 MCS-48，开创了在一片微小晶片上生成一台完整计算机的先河。后于 1980 年又推出了性能更高的 MCS-51 系列（8031、8051 和 8751），很快占领了市场。后来，Intel 公司专注致力于 80i86 微处理器芯片的开发与竞争，因此将 51 系列微控制器的内核技术以专利转让或互换形式交给了 PHILIPS 等多家 IT 厂商，由他们不断发展出功能更加全面和性能更加优异的兼容产品——80C51 系列，实现了单片机技术的第一次飞跃。

如今，全球有百余家厂商生产 80C51 系列单片机，产品型号众多，可满足用户的不同需要。其中，PHILIPS 公司的 8xC552，片内增添了 8 路 10 位 A/D 转换器、2 路 8 位的脉宽调制器和看门狗定时器 WDT（Watchdog Timer），8 位 I/O 口增加到 5 组，中断向量增加到 15 个，可满足复杂控制（如自建模、在线优化等）的要求。ATMEL 公司的 AT89C5x、AT89C2051，以片内闪速程序存储器（FLASH ROM）技术实现了单片机技术的第二次飞跃。以其可反复编程、保密性好、使用方便、系统配置简化等优点而被广泛使用。Winbond（华邦）公司的 W78E5x，工作频率可达 40MHz，片内程序存储器最多的已达 64KB，不用接片外程序存储器就能满足复杂系统较大型控制软件的存储要求，其程序的加密性也更好。LG（现已并入 HYUNDAI）公司的 GMS97C5x、GMS97C2051 和 GMS97C1051，以及低电压省电型的 GMS97L5x，程序存储器为 OTP 型，成本低，适于在批量产品中应用。近来，PHILIPS 又推出了 P87LPC76x 非总线型低档系列，ATMEL 推出的 AT89S8252，其片内又多集成了许多常用的外围功能部件，功能更强，且 P87LPC76x 为双倍速运行。

由于历史原因，Intel 的 51 系列最早进入中国，其相关的开发工具、资料和软件齐全，市场环境优越，是初涉单片机领域最适宜的机型。且由于多家 IC 厂商的支持和竞争，保证了其产品的低价格和先进性。例如 ATMEL 在 1997 年 ATMEL 挪威设计中心的 A 先生与 V 先生共同研发了 RISC（Reduced Instruction Set CPU）系列单片机，简称 AVR。特别是 Cygnal 公司最新推出的 C8051F，实现了 MCU 向 SoC（片上系统）的过渡。其 CPU 实现了流水线作业，单周期指令运行速度提高 12 倍，实现了内核化 SoC 的第三次飞跃。同类产品还有 ADI 的 AD μ C8xx 系列、ST 最新推出的 μ PSD3000 系列等。因此，本书也是以 80C51

系列单片机为学习对象的。

MOTOROLA 公司 20 世纪 70 年代末起也相继推出了 MC6801、MC6805 和 MC68300 系列微控制器。与 51 系列相比，最突出的优点是采用锁相环技术，在同样运行速度下的外频低，辐射干扰小和抗干扰能力强，特别适合于工控领域，在通信领域（如移动电话等）也有较强的优势。MOTOROLA 在 16 位和 32 位微控制器（MC68000 和 MC68332 系列）方面独领风骚，用于袖珍办公、游艺产品和机器人的控制。据称在国际市场占有 1/3 的份额，其 8 位机世界销量第一。

Microchip 公司的 PIC16/17 系列单片机，以其品种多样化、常用的 A/D 转换器和具有重要运行监视功能的 WDT 等外围部件均集成进片内、适用的精简指令集（RISC）能提高运行速度 5 倍和节省一半程序存储器等突出优点而风靡全球，在控制、计量计费、家电、玩具、工具及电器用品等领域得到了广泛的应用，占有愈来愈多的市场份额。由于集成了 A/D 转换器，特别适用于组成智能化的测量仪表。

ST Microelectronics 公司的 ST6/7/9 系列单片机，以其卓越的抗干扰性能，在汽车电子应用方面独具特色。其中的 ST62 系列微控制器，是专为中低档嵌入式控制而设计的，特别适用于要求高度抗干扰的场合，适应于各种恶劣的环境。

TI（德州仪器）公司推出的新型 MSP430 系列微控制器，集成了只有 125ns 指令周期的 16 位 RISC 内核、8 外部通道 200kHz 高速 12 位 A/D 转换器、硬件乘法器以及诸多高性能的外围器件（有的型号甚至还带有液晶驱动器），可以串行在线编程，低电压供电、耗电量仅有其他快闪微控制器的 1/5，待机时极低的功耗小于电池的自然放电，为测控和便携式智能系统提供了一个完整的解决方案。

除此之外，RISC 单片机主要的还有 Zilog 的 Z86 系列、中国台湾义隆的 EM78 系列等。许多厂商（如日本三菱、OKI 等）也生产一些专用的微控制器和 4 位的微控制器，用于家电遥控、时序控制、视听及娱乐游艺产品等。它们大多在制造时就把程序固化（掩模）在芯片上，成本很低。

近来，单片微控制器技术同微处理器一样，也不断地向前发展。材料和工艺的 CMOS 化使其耗电量大幅度降低，低电压型产品在待机（睡眠）状态下的耗电以微瓦计，为以电池供电的便携式产品的大量开发应用创造了条件。

RISC（Reduced Instruction Set Computer）结构体系微控制器的出现，使大部分指令能在一个机器周期内完成，且多条指令可实现并行流水线操作，大大提高了运行的速度，或在一定速度下，大大降低时钟频率，获得良好的电磁兼容性和可靠性。

ISP（In System Programmable，在线可编程）技术的发展可实现微机通过串行电缆对目标系统的仿真调试，有望通过网络对单片机系统进行远程调试、诊断和软件的更新升级。

大力发展专用型单片机也是今后的方向。如此可最大限度地简化系统结构，降低成本，增强可靠性。各种“傻瓜型”模块产品的大量应用，将会把人类全面带入一个智能化无所不在的新天地中，不但是对生产和生活，就是对人类自身的结构和功能，也可能产生难以预料的变化。

值得指出的是，单片机虽然也像 PC 那样升级换代，但却并不像 PC 市场那样快速淘汰老产品，4 位、8 位、16 位和 32 位机同时并存，都有各自的市场。8 位机在诞生 20 多年之后，依然是单片机市场的主流。这给单片机的学习和使用带来了方便，也给应用单片机开发电子产品带来了更大的市场空间。

1.4 单片机的主要应用领域

单片机的应用日益广泛，几乎是无所不在，归纳起来，主要有如下几方面。

(1) 机电一体化设备的控制核心

机电一体化是机械设备的方向发展。用单片机替代常规的逻辑顺序控制、差补控制，大大提高了控制性能。如数控机床、自动寻位焊机、线切割机、加工生产线等。可编程控制器也是一个典型的机电控制器，其核心通常就是由一个单片机构成的。还有机器人、机械手等，每个关节或动作部位都由单片机控制。

(2) 数据采集系统的现场采集单元

大的数据采集系统，要求数据采集的同步性和实时性要好，即使使用快速计算机顺序采集，也会存在不能同时采集、实时性不好的缺点，会造成数据计算、数据处理上的误差以及分析统计的困难。使用单片机作为系统的前端采集单元，由主控计算机同时发出采集命令，当采集完成后，将采集到的数据再逐一送到主计算机中进行处理。还有定时采集，如记录桥梁、水坝的受力情况，水和空气的污染程度，气象记录等。

(3) 分布式控制系统的前端控制器

随着单片机技术的飞速发展和其性能的提高，以其作为直接控制级（DDS），在计算机分布式控制系统（DCS，现在已逐步向 FCS——现场总线网络控制系统过渡）中越来越发挥出重要的作用。在过程控制中，根据物料流程，多个加工工序的每一个工序都要根据总的流程进行加工或操作，单片机可以作为工序操作的控制器，进行数据采集、反馈计算、控制输出，并在上级机的指挥下协调工作。如造纸机的拖动控制，每个拖动电机都要有速度和电流双闭环调节，多个部分需要协调控制。

(4) 智能化仪表的机芯

自动化仪表的智能化程度越来越高。单片机的应用使这种性能如虎添翼，如自动计费电表、燃气表、热能表等。许多工业仪表中的智能流量计、气体分析仪、成分分析仪等也采用了这项技术。在许多自动化测量仪表中，单片机的应用更加广泛，如多功能信号发生器、智能电压电流测试仪等，还有许多保健治疗仪中也采用了单片机控制。

采用单片机的智能化仪表可以具有自整定、自校正、自适应和自动补偿等功能，数字 PID 调节，软件消除电流热噪声等，比较容易地解决了传统仪表所不能解决的难题。特别是在现代控制的主流 FCS 中，本着危险分散的原则，把控制任务彻底下放到现场，还需要有某仪表出故障时其他仪表能自动接替的功能，即对新一代智能化控制仪表的要求也越来越高了。

(5) 消费类电子产品

在家电领域，如洗衣机、空调器、微波炉、电磁炉、电冰箱、电视机、录像机、VCD 和 DVD 视盘机、音响设备等，已越来越多地使用专用微电脑（单片机）控制。高档汽车的电子装置也使用了相当多的单片机。社区的保安系统、远传计费表，购货计量收费、刷卡机，IC 卡电话、手机、各种用途的手掌机等。这些设备中使用了单片机后，其功能大大提高，实现了智能化、最优化控制。

(6) 终端及外部设备控制

计算机网络终端设备如银行终端、商业 POS（自动收款机）、GPS 电子地图、复印机等，以及计算机外部设备，如打印机、绘图仪、传真机、键盘和通信终端、智能化 UPS 等。

在这些设备中使用了单片机，便会具有计算、存储、显示、输入输出等功能，具有和计算机连接的接口，使计算机的能力及作用范围大大提高和拓宽，更好地发挥了计算机的性能。

思考题与习题

- 1-1. 何谓微控制器？单片机属于微控制器还是微处理器？单片机与一般的微处理器相比，有哪些特点？
- 1-2. 何谓嵌入式系统？有哪些类型？为何说单片机是典型的嵌入式系统？
- 1-3. 通用计算机系统与嵌入式计算机系统的用途和技术发展方向都有哪些不同？
- 1-4. 单片机的种类主要有哪些？80C51 系列单片机的由来及发展是怎样的？
- 1-5. 单片机发展的最新成果、最新技术都有哪些？
- 1-6. 单片机主要应用在哪些领域？

2 80C51 系列单片机硬件基本结构

单片机之所以具有强大的控制功能，当然是以其硬件结构作为基础的。与通用计算机的微处理器相比，尽管工作原理相同，但单片机的最大特点是小而全，除了 CPU，一般都还集成了作为计算机系统所必需的许多功能单元。CPU 可以通过指令随时调用和关闭这些单元，某些单元可以与 CPU 并行工作。这种多单元和灵活操作的机制使得单片机在位数和存储量很有限的情况下，能够发挥出最大的功能和效率。但也正是因为如此，会给使用和编程带来一定的约束，要有与通用微处理器不同的使用思路。因此，首先了解和掌握单片机的结构，对于学习使用单片机，是相当重要的。

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 MCS-48 系列基础上，于 20 世纪 80 年代初推出的 8 位高档新产品，其型号有 8031、8032、8051、8052 和 8751。803x 内部没有程序存储器，8051 有 4KB（8052 有 8KB）掩模 ROM，8751 则有 4KB 的可擦写的 EPROM。8xx1 和 8xx2 的区别还有：后者片内 RAM 单元的数量为前者的 2 倍（256Byte），并多了一个（共 3 个）定时器/计数器。

80C51 系列单片机则是指包括 Intel 在内的众多厂家在 MCS-51 基础上发展的新一代产品，和以 80C51 为核心的大量各具特色、指令与 MCS-51 兼容的单片机。它们是在 MCS-51 的 HMOS 基础上发展起来的，具有 CHMOS 结构。

2.1 80C51 系列单片机的基础结构

2.1.1 80C51 系列单片机基础结构的概述

8051（CMOS 器件为 80C51）是 51 系列中最基础的型号，以后所有的衍生型号都保持了其基核结构，并实现指令集不变，总线不变，引脚不变。保证系列中的各个型号都具有最佳的兼容性。

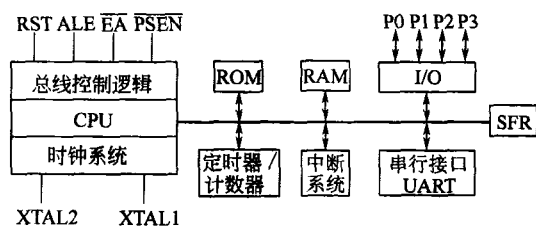


图 2-1 80C51 基核的基础结构

80C51 基核的基础结构如图 2-1 所示。其中包括专门设计的 CPU 系统，程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM，基本功能单元和归一化的多功能 I/O 端口等。

2.1.2 80C51 系列单片机的引脚功能

80C51 有 40 引脚双列直插 DIP（Dual In-Line Package）、44 引脚 LCC（Leaded Chip Carrier）和 QFP（Quad Flat Package）封装形式。其中 DIP 形式最为常用，特点是插装和拔出方便，非常适合于初学者或开发研制新产品时使用。缺点是占面积稍大。

DIP 封装的 80C51 系列单片机的引脚排列如图 2-2 所示。各个引脚的功能叙述如下。

(1) 电源引脚 V_{cc} 和 V_{ss}