

高等院校教材

# 微控制器系统原理与应用

林克明 陈羽 郭从良 编著



科学出版社  
www.sciencep.com

高等院校教材

# 微控制器系统原理与应用

林克明 陈羽 郭从良 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书全面论述了微控制器系统的原理和应用,介绍了 80C51 程序设计 and 嵌入式系统,并结合实例对微控制器系统设计、开发、实际应用和嵌入式系统进行了专门讨论。每章后附有一定数量的习题。本书配套光盘介绍了 55 个微控制器系统应用实例,供读者学习和应用时参考。

本书既可作为大学本科生微控制器系统原理课程的教材,也可供广大科技人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

微控制器系统原理与应用/林克明,陈羽,郭从良编著. —北京:科学出版社, 2007

(高等院校教材)

ISBN 7-03-015818-0

I. 微… II. ①林…②陈…③郭… III. 微控制器-高等学校-教材  
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 071091 号

责任编辑:巴建芬 潘继敏/责任校对:钟 洋

责任印制:张克忠/封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007 年 1 月第一次印刷 印张: 38 1/2

印数: 1—3 000 字数: 759 000

定价: 55.00 元 (含光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

# 序

20年前，当微控制器还停留在 Intel 286 的阶段，能够写一些与微控制器有关的文字还是很荣耀的事情。而今天，当计算机 CPU 已经在使用 P4/2.4GHz，微控制器系统已经进化到嵌入式系统，微控制器已经应用在初级的玩具上，有关微控制器的知识几个月就有更新内容时，有关微控制器的文字的地位似乎已经不是很高了。但实际情况并非如此。

时至今日，有关微控制器的知识已不仅仅是科研人员的研究内容，而成了每一位受过高等教育的公民或多或少必须了解的东西。随着计算机知识与应用的迅速普及，从各个角度了解微控制器将变得更加迫切。

《微控制器系统原理与应用》一书的作者（中国科学技术大学的林克明教授、郭从良教授，深圳大学的陈羽高级工程师）在科研、教学第一线工作过多年，在理论与实践方面均有较深造诣。通过该书系统的知识与实例来分享他们的经验，无疑是初、中级学习者迅速掌握有关知识的一条捷径。

近 30 年来，随着量子电子学理论的不断发展和集成电路工艺技术的不断成熟，微控制器从早期的 4 位处理器迅速地发展到今天的 64 位，其技术已不仅仅是提高集成度、提高工作频率等的“量变”，而且出现了功能整合、多级管线、内嵌多媒体处理、高级电源管理、内嵌的调试诊断工具、智能产权、SoC 系统（片上系统）、抗干扰性能、功能固件、IP 内核（智能产权内核）、嵌入式实时操作系统等一系列新的技术发展。这些技术的进展对今天从事电子工程的学习者与工作者提出了新的学习内容与挑战，也为我们提供了新的发展机遇。

尽管微控制器的技术已经发展到了 64 位，但在应用层面，50% 以上的微控制器仍然是 8 位的，16 位以下的微控制器占有的市场份额达 80% 以上。因此在微控制器的应用上，熟悉和掌握各种类型的 8/16 位微控制器的性能似乎更为重要。

8/16 位微控制器的应用领域十分宽广，从一般的家电产品、玩具、仪器仪表到大的系统中的节点设备都可以看到其身影。正是由于微控制器在应用领域中的重要地位，已有很多介绍其应用实例的技术书籍。该书用较大的篇幅介绍的很多应用实例，有助于读者在学习了系统的知识后，能够领悟灵活应用知识的技巧与技术，尽快进入实用阶段。

由于微控制器的迅速发展，使用传统的定制器件必然面临一些新的问题，包括熟悉各种各样器件的硬件结构和它们特有的语言指令系统，以及提高开发技术的可重用性与可移植性。因此，高级语言编程技术与 IP 内核的使用就成为当今微控制器应用的重要研究内容。目前，软件技术已经从进程式的汇编语言编程，发展到嵌入式实时操作系统下的高级语言编程；硬件系统也由用户直接使用厂家

定制的器件，发展到用户可以自己设计系统并选择内部包含的功能固件，而后交给厂家生产的阶段；而 IP（智能产权）内核的应用，更是以一种全新的方式影响着微控制器以及大规模集成器件的产品开发。有关这些方面的情况，该书都有相当的篇幅论及，以使读者有所了解。

该书作者综合性地介绍了微控制器的很多概念，提供了如何提高系统抗干扰性的方法与技术，并通过对 8 位微控制器中影响最大的 MCS-51 系列微控制器（Intel 公司产品）的全面介绍，详细地展示了硬件系统结构及其工作细节、软件指令系统与设计方案、外围接口电路及外围系统的构成、应用系统实例等各个应用层面，基本上达到了一书在手便可解决相关问题的目的。对 16 位微控制器、C 语言程序设计方法、C51 编程环境、C 语言程序设计技术、嵌入式系统概念、片上系统（SoC）、嵌入式系统微控制器、嵌入式系统中的新技术等较高阶段的知识，也有较大的篇幅介绍。尤其重要的是，作者没有仅仅停留在产品说明书式的介绍上，而是从系统的构成方面提供了大量的实例，阐明概念，提供了很多需要长期实践才能领悟的经验。这对渴望迅速学到微控制器知识并提高应用水平的读者来说无疑将是一个福音。

该书具有以下几个特点：

1. 知识结构全面。从微控制器本身到其与周边电路构成的系统都有详细的讨论。只要学习和阅读过该书，就可以全面掌握 MCS-51 系列 8 位微控制器的知识，并进入应用阶段。

2. 知识系统全面。从微控制器的基本概念到最新的嵌入式系统都有介绍。对高级语言编程的环境、方法和技术，嵌入式系统硬件的最新技术、性能，嵌入式实时操作系统的基本概念等，都有很大的篇幅介绍。

3. 适合于初、中级学习者。初级学习者可以系统地学习有关的知识，并达到实际应用的阶段；中级学习者可以学到很多应用的经验与新知识。

4. 更多的概念说明。以往不少书籍注重产品性能の説明，对概念的阐述不是很详细，这使很多初学者不得不经历一个较长的摸索阶段。而该书在这方面下了很多功夫。

5. 面向实际应用。该书不但有系统的知识介绍，还有大量的实际应用例子与很多应用技术和方法的介绍。这会使以应用为目的的学习者获益匪浅。

该书适合于大学生、研究生在学习微控制器及其系统构成方面的知识时使用，对有关的工程技术人员在实际应用时也有助益。

龚惠兴

中国工程院院士

2006 年 5 月 20 日

# 前 言

当今世界，微控制器的应用范围几乎已覆盖了人类生活各个方面。从宇宙飞船到儿童玩具，从汽车控制到家用电器，各行各业的产品中都能看到微控制器的身影。目前世界上微控制器的产量已达到数亿片之多，且品种和产量还在与日俱增，可见其应用规模的巨大。

微控制器在国内有个通俗的名字——单片机。

这一词源于英文 single-chip microcomputer，译为单片微型计算机。众所周知，计算机由三大部件组成：中央处理器（central processing unit, CPU）；存储器，包括随机存储器（random access memory, RAM）和只读存储器（read only memory, ROM）；输入/输出接口。单片机是把这三个部分做到一块芯片上。单片机一词最早出现在 20 世纪 70 年代，现在国际上逐渐由微控制器（microcontroller 或 MCU）代替。微控制器一词比单片机更精确地刻画了事物的本质，故单片机一词在国际上用得很少。但在汉语中，单片机的叫法比较通俗，以前一些学术机构，如单片机学会，也采用单片机的叫法，所以一时不宜更改。为同国际接轨，本书中称它为微控制器。

近年来新研制的通信系统、控制设备和测试仪器（特别是进口的仪器设备），如集群通信系统、数字通信系统、多媒体通信接口、电话设备、工业控制机、铁路调度集中设备、区间信号设备等，都是以微控制器为基础的，可以说现代化离不开微控制器，人民生活也离不开微控制器。

微控制器的研制属于高精技术，而微控制器的应用是普通技术。微控制器的种类和型号多种多样，制造商在世界上已是星罗棋布。而对于使用者来说，微控制器不过是一种可开发性好、功能极强的超大规模集成电路芯片。微控制器的使用者的任务是通过掌握有关技术资料，通过编制软件实现对微控制器的使用。使用者只需要了解微控制器的基本结构（如功能电路、管脚数目、排列顺序等）和技术特性（如电器特性、管脚输入输出特性、芯片开发特性）即可。

需要指出的是，作为微控制器应用系统的设计者，仅掌握微控制器的基本应用特性是不够的，要想设计出满足工程、市场需要的微控制器应用系统，还得牢固树立系统的概念。在微控制器应用系统中，微控制器是系统的核心部件，系统中还会含有其他一些电路（如各种外围电路和专用电路，不过随着微电子技术的发展，这些电路正在逐步地集成于微控制器中）。所以关于微控制器的特性、型号、开发手段，了解得越多越迅速越好。

微控制器在软件的控制下，通过与其他电路的紧密配合来实现各种预定的系

统功能。系统是否可靠工作，能否充分发挥微控制器的功能，与这些电路的使用有极大的关系。这就要求微控制器应用系统设计人员必须掌握其他一些基本的电子电路系统的设计、调试技术，这些技术包括微控制器选型、开发技术、高频电路设计与调试技术、可靠性设计技术、电磁兼容技术等。

本书从应用系统设计角度出发，着重说明微控制器的芯片特性（如功能、管脚结构、指令系统、电器特性等），其目的就是使初学者和一般的系统设计人员能脱离“计算机”或微机的概念，把微控制器看成基本集成电路芯片，尽快掌握微控制器的结构、特点及应用开发技术。每章后面都附有习题，以满足不同层次读者的需要。本书配套光盘中含有 55 个介绍微控制器系统应用实例的 PPT 课件，并附有作者在国际会议上发表的文章，供读者参考。

本书内容包括以下四方面：

- 1) 什么是微控制器？
- 2) 微控制器能做什么？
- 3) 如何选用、使用微控制器？
- 4) 如何组成微控制器应用系统？

本书微控制器部分（第 1~14 章）由中国科学技术大学林克明教授编写，C 语言与嵌入式系统部分（第 15、16 章）由深圳大学陈羽高级工程师编写，应用实例部分（见光盘中的 PPT 课件）由中国科学技术大学郭从良教授编写制作。

在本书编写过程中，研究生孙金军、钟伟等同学付出了辛勤的劳动，在此表示感谢。

由于时间仓促，微控制器技术日新月异，书中一定存在一些错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

2006 年 3 月 11 日

于中国科学技术大学

# 目 录

序

前言

<b>第1章 概论</b> .....	1
1.1 微控制器的结构特点 .....	1
1.2 微控制器的软硬件系统 .....	2
1.3 为什么要采用微控制器开发平台 .....	5
1.4 微控制器的应用领域和应用模式 .....	6
1.5 如何选用微控制器 .....	11
1.6 微控制器的选型原则 .....	13
1.7 微控制器如何选型 .....	19
1.8 微控制器的技术特性 .....	22
1.9 微控制器在我国的发展 .....	27
1.10 国际主流微控制器的发展趋势 .....	31
习题 .....	32
<b>第2章 MCS-51 微控制器的结构原理</b> .....	33
2.1 MCS-51 微控制器的基本组成 .....	33
2.2 MCS-51 微控制器的指令时序 .....	36
2.3 片内存储器 .....	39
2.4 MCS-51 微控制器的引脚及其片外总线结构 .....	40
2.5 寄存器区 .....	41
2.6 MCS-51 微控制器工作方式 .....	41
习题 .....	47
<b>第3章 MCS-51 微控制器的指令系统</b> .....	48
3.1 指令格式 .....	48
3.2 微控制器执行指令的过程 .....	49
3.3 MCS-51 微控制器指令系统 .....	51
3.4 特殊的地址空间与寻址方式 .....	52
3.5 传输指令与数据传输 .....	57
3.6 堆栈及堆栈指示器 .....	60
3.7 算术运算和移位指令 .....	62
3.8 控制转移指令 .....	73



3.9	子程序调用和返回指令	80
3.10	位操作指令	83
3.11	MASM51 交叉汇编程序	86
	习题	91
<b>第4章</b>	<b>微控制器应用系统与外设交换数据的方法</b>	<b>93</b>
4.1	关于中断源的定义	94
4.2	程序查询法	94
4.3	中断控制法	96
4.4	MCS-51 微控制器的中断控制	99
4.5	MCS-51 微控制器对外部中断源的扩展	106
4.6	中断系统的应用	107
	习题	109
<b>第5章</b>	<b>MCS-51 微控制器内部定时器/计数器及其应用</b>	<b>111</b>
5.1	定时器/计数器的专用寄存器	111
5.2	定时器/计数器的工作方式	113
5.3	MCS-51 微控制器内部定时器/计数器初始化	115
5.4	如何使用 8051 定时器/计数器	116
5.5	定时器 T2 (在 8052 中)	122
5.6	什么是 WatchDog 系统	128
	习题	130
<b>第6章</b>	<b>汇编语言程序设计</b>	<b>132</b>
6.1	汇编语言的构成	132
6.2	汇编语言源程序的人工汇编 (手工汇编)	139
6.3	机器汇编	141
6.4	MCS-51 微控制器程序设计举例	142
	习题	156
<b>第7章</b>	<b>并行 I/O 口</b>	<b>157</b>
7.1	概述	157
7.2	外部设备的编址	159
7.3	I/O 数据的四种传送方式	160
7.4	MCS-51 微控制器内部并行 I/O 口	163
7.5	I/O 口的基本输入/输出实验	168
7.6	微控制器 LED 显示器接口技术	169
7.7	液晶显示器 (LCD) 接口电路	171
	习题	180

<b>第 8 章 微控制器应用系统的组成</b> .....	181
8.1 组成微控制器应用系统的基本方法 .....	181
8.2 应用举例 .....	181
8.3 显示器、键盘与微控制器的连接 .....	183
8.4 简易键盘与微控制器的连接 .....	187
8.5 键盘、显示器与微控制器连接的其他方案 .....	191
8.6 D/A、A/D 转换器与微控制器的连接 .....	192
8.7 5G14433 与微控制器的硬件接口 .....	203
8.8 接口软件设计举例 .....	204
8.9 步进电机与微控制器的连接 .....	205
8.10 微控制器与步距角的细分方法 .....	211
8.11 微控制器应用系统设计实例 .....	215
习题 .....	220
<b>第 9 章 微控制器应用系统的开发</b> .....	221
9.1 微控制器开发概念 .....	221
9.2 微控制器开发系统的组成 .....	222
9.3 MCS-51 开发系统 .....	223
9.4 MCS-96 开发系统 .....	224
9.5 系统开发技术 .....	227
9.6 开发技术 .....	230
习题 .....	230
<b>第 10 章 80C51 系列 80C552 单片微控制器</b> .....	232
10.1 80C51 微控制器概述 .....	232
10.2 80C552 微控制器硬件结构 .....	235
10.3 存储器组织及专用寄存器 .....	242
10.4 并行 I/O 口 .....	246
10.5 PWM 与 A/D 转换器 .....	249
10.6 定时器 T2 和 T3 .....	253
10.7 中断系统 .....	261
10.8 I <sup>2</sup> C 总线简介 .....	266
习题 .....	280
<b>第 11 章 微控制器应用系统的可靠性与抗干扰</b> .....	282
11.1 应用系统的可靠性 .....	282
11.2 系统可靠性估算 .....	283
11.3 电磁兼容的基本概念 .....	284
11.4 微控制器系统的电磁兼容问题 .....	286

11.5	微控制器应用系统的抗干扰技术	287
11.6	提高可靠性的措施	291
11.7	软件抗干扰	296
11.8	电源	298
11.9	数字滤波	300
	习题	306
<b>第 12 章</b>	<b>MCS-51 的串行通信</b>	<b>307</b>
12.1	串行通信基础	307
12.2	串行通信的分类	307
12.3	串行通信的制式	310
12.4	串行通信中的调制解调器	311
12.5	串行口通信波特率	314
12.6	8051 串行口的特点和专用寄存器	315
12.7	串行口在其他方式下的应用	320
	习题	333
<b>第 13 章</b>	<b>MCS-96 微控制器的基本结构和工作原理</b>	<b>334</b>
13.1	概述	334
13.2	MCS-96 微控制器的基本构成和特点	334
13.3	CPU 及其操作	339
13.4	8096/8098 的存储器空间	345
13.5	I/O 口及 I/O 控制、状态寄存器	350
13.6	芯片配置寄存器 (CCR)	354
13.7	时钟信号	359
13.8	复位	360
13.9	最基本的 8096/8098 微控制器系统的硬件逻辑	363
13.10	MCS-96 源程序编写格式与指令系统	368
13.11	8096/8098 微控制器的中断系统	372
13.12	定时器及其应用	381
13.13	高速输入部件及其应用	392
13.14	高速输出部件及其应用	404
13.15	8096/8098 的 A/D 转换器及应用	413
13.16	PWM 输出 (D/A)	423
13.17	8096/8098 串行口的工作原理	427
	习题	445
<b>第 14 章</b>	<b>80C196KB/KC 微控制器</b>	<b>446</b>
14.1	80C196 芯片的引脚与封装	446

14.2	80C196 微控制器的结构及其主要特色 .....	450
14.3	80C196 的存储器空间 .....	452
14.4	80C196 微控制器增加的指令 .....	457
14.5	80C196 芯片中一些寄存器格式的说明 .....	460
14.6	80C196 的中断系统 .....	461
14.7	80C196 微控制器中的 I/O 功能部件 .....	464
14.8	80C196 的系统连接 .....	470
	习题 .....	472
<b>第 15 章</b>	<b>C51 程序设计</b> .....	<b>473</b>
15.1	C51 简介 .....	474
15.2	C51 与 ANSI C 的差别 .....	476
15.3	集成开发环境 $\mu$ Vision51 .....	483
15.4	C51 编译与链接定位 .....	502
15.5	其他开发工具 .....	512
15.6	C51 程序设计与实例 .....	515
15.7	小结 .....	559
<b>第 16 章</b>	<b>嵌入式系统简介</b> .....	<b>560</b>
16.1	嵌入式系统简述 .....	560
16.2	微处理器、微控制器的发展 .....	562
16.3	嵌入式系统的操作系统 .....	577
	<b>总习题和部分习题答案</b> .....	<b>587</b>
	<b>参考文献</b> .....	<b>593</b>
	<b>附录 MCS-51、MCS-96 指令表</b> .....	<b>595</b>

# 第 1 章 概 论

单片计算机即微控制器 (microcontroller), 其全称为单片微型计算机 (single-chip microcomputer), 就是将 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多种接口电路总线都集成到一块集成电路芯片上的微型计算机。它的特点是体积小、成本低、功能强、功耗低, 是微机应用产品化的最佳机种之一。

目前, 微控制器正朝着高性能和多品种方向发展, 8 位机正成为当前微控制器的主流。微控制器的发展具体体现在以下四个方面:

## (1) CPU 功能增强

CPU 功能增强主要表现在运算速度和精度的提高上。为了提高运算速度和精度, 通常采用布尔处理器并把 CPU 的字长增加到 16 位或 32 位, 如 MCS-96/98 和 HPC6040 等。

## (2) 内部资源增多

所谓内部资源是指它内部集成的存储器容量和常用 I/O 电路种类和数量。目前内部 ROM 容量已达到 32KB, RAM 数量已达 1MB, 并具有掉电保护功能。常用 I/O 电路有串行和并行 I/O 接口、A/D 和 D/A 转换器、定时/计数器、定时输出和信号捕捉输入、系统故障监测和 DMA 通道电路等。故采用这种微控制器构成的控制系统时, 外加硬件电路可减到最少, 从而大大减小了控制系统的体积并提高了工作可靠性。

## (3) 引脚的多功能化

随着芯片内部功能的增强和资源的丰富, 所需引脚数也会相应增加, 这是不可避免的。如一个能寻址 1MB 存储空间的芯片, 需要 20 条地址线和 8 条数据线, 太多的引脚不仅会增加制造时的困难, 而且会使芯片的集成度大为降低。为了减少引脚数, 提高应用灵活性, 普遍采用一脚多用的设计方案。

## (4) 低电压和低功耗

在许多应用场合, 不仅要有很小的体积, 还需要较低的工作电压和极小的功耗。故普遍采用 CHMOS 工艺, 并增加空闲和掉电两种工作方式。如 80C51BH 正常工作电流为 20mA, 空闲方式时为 5mA, 掉电方式时只有 50 $\mu$ A, 故不少情况可采用干电池供电。

## 1.1 微控制器的结构特点

- 1) 在存储器结构上, 严格地将程序存储器 (ROM) 和数据存储器 (RAM)

在空间上分开，使用不同的寻址方式和两个不同的地址指针。ROM 用来存放调试好的程序指令、常数及数据表格，而 RAM 用来存放少量随机数据。这样的存储器结构称为哈佛（Harvard）结构。这主要适用于控制上的特点，即需要较大的程序存储空间和较少的随机数据。

2) 为了解决实际允许的引脚数和需要的引脚数之间的矛盾，微控制器的引出线都设计成多功能的。每条引线在一定时刻起什么作用，由指令和机器状态决定。如数据线和地址线的低 8 位可分时合用 I/O、P0 口，而地址线的高 8 位与其他信号可分时合用 P2 口，故微控制器对外并不存在专用数据总线和地址总线，而是采用分时复用技术来解决片外数据和地址的传送问题。

3) MCS-51 微控制器中，有 21 个颇具特色的特殊功能寄存器，SFR 值得一提。正是由于有了 SFR，才使一个只有 40 管脚封装的微控制器系统的功能获得了很大的扩充，利用 SFR 还可完成对定时/计数器、串行口、中断逻辑的控制。

4) MCS-51 微控制器的另一个特点是其内部有一个全双工的串行口。在程序的控制下，串行口能工作于四种方式，如用户可根据需要将它设定为移位寄存器方式，以扩充 I/O 接口和外接同步输入、输出设备，或用做异步通信接口，实现双机或多机通信，使微控制器能方便地组成分布式控制系统。

5) MCS-51 微控制器内设置有一个能独立进行操作的位处理器，又称布尔处理器，它有自己的累加器、可位寻址的 RAM、特殊功能寄存器和 I/O 口，并设有 17 条位操作指令。利用位操作功能指令，可十分方便地进行组合逻辑设计和用软件模拟组合逻辑，这对工作控制十分有用。

## 1.2 微控制器的软硬件系统

微控制器是微型机的一个类别，从原理和结构上看，微控制器与微型机之间不仅没有很大的判别，且早期微型机的许多技术与特点都由微控制器继承下来。我们先从微型机总体角度出发，简单介绍微控制器的硬件系统和软件系统。

### 1. 硬件系统

当今的微型机在原理和结构上仍和前三代计算机一样，属于经典的计算机结构。一台计算机由运算器、控制器、存储器、总线与输入设备及输出设备共五部分组成。

这种计算机的结构是由计算机的开拓者——John von Neumann（约翰·冯·诺伊曼）最先提出来的。1946 年 6 月 Neumann 等发表了一份《关于电子计算装置逻辑结构初探》的报告。这份报告，提出了以二进制和程序存储控制为核心的通用数字电子计算机体系结构原理，奠定了当代微机体系的结构基础。

下面把组成计算机的五个基本组成部分作一简要说明，计算机结构如图 1.1 所示。

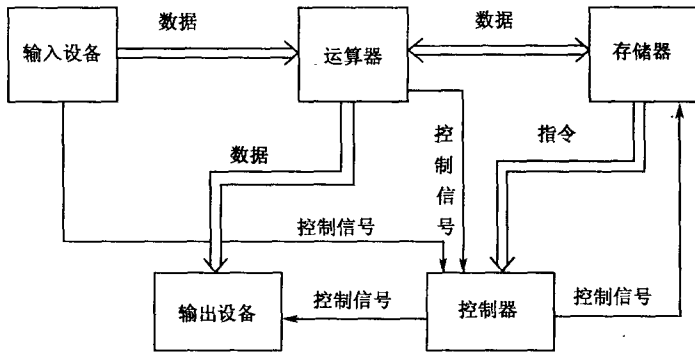


图 1.1 计算机结构框图

### (1) 运算器

运算器是计算机的运算部件，用于实现算术和逻辑运算。计算机的数据运算和处理都在这里进行。

### (2) 控制器

控制器是计算机的指挥控制部件，使计算机各部分能自动协调地工作。运算器和控制器是计算机的核心部分，把它们合在一起称为中央处理器（central processing unit），简称 CPU。

### (3) 存储器

存储器是计算机的记忆部件，用于存放程序和数据。存储器又分为内存储器和外存储器。

### (4) 输入设备

输入设备用于将程序和数据输入到计算机中。

### (5) 输出设备

输出设备用于把计算机数据计算或加工的结果以用户需要的形式显示或保存。

通常把外存储器、输入设备和输出设备合在一起称为计算机的外部设备。

微控制器结构尽管简单，但“麻雀虽小，五脏俱全”，微控制器系统也包括上述这五个基本组成部分。要在一个尺寸有限的芯片上集成运算器电路、控制器电路、一定容量的存储器及输入输出接口电路，而且要求高性能、结构简单灵活、工作稳定可靠，这不是一件容易的事。故微控制器须采用精巧设计，以克服芯片尺寸有限带来的许多制约。

## 2. 软件系统

计算机的软件系统包括系统软件、应用软件和程序设计语言三部分，微控制器的系统软件就是监控程序。

微控制器中通常使用的是汇编语言，但它并没有自己专用的汇编程序，用户的应用程序是在其他微型计算机上通过交叉汇编法得到的二进制的目标码，故在微控制器系统中只有监控程序和目标码的应用程序。这样指令系统及汇编语言程序设计就成为微控制器学习的重要内容。

## 3. MCS-51 微控制器系列

本教材主要讲述 MCS-51 微控制器，包括它的硬件、软件及其应用。

MCS-51 微控制器系列共有十几种芯片，见表 1.1。

表 1.1 MCS-51 系列微控制器与分类表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM							
51 子系列	8031	8051	8751	4KB	128KB	2×64KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4KB	128KB	2×64KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8KB	256KB	2×64KB	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8KB	256KB	2×64KB	3×16	4×8	1	6

在 52 子系列的内部 ROM 中以掩膜方式集成有 8K BASIC 解释程序，这是通常所说的 8052BASIC，该 BASIC 与基本的 BASIC 相比，增加了一些控制语句以满足微控制器作为控制机的需要。

### (1) 微控制器的半导体工艺

MCS-51 系列微控制器采用两种半导体工艺生产，一种是 HMOS 工艺，即高密度短沟道 MOS 工艺；另一种是 CHMOS 工艺，即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。表 1.1 芯片型号中凡带有字母“C”的，为 CHMOS 芯片，其余均为一般的 HMOS 芯片。

CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合，它除保持了 HMOS 高速度和高密度的特点外，还具有 CMOS 低功耗的特点。如 8051 的功耗为 630mW，而 80C51 的功耗只有 120mW。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上，低功耗是很有意义的。

### (2) 片内 ROM 存储器配置形式

MCS-51 微控制器片内程序存储器有三种配置形式，即掩膜 ROM (8051)、EPROM (8751) 和没有 ROM 要外接的芯片 (8031)。这三种配置形式对应着三



种不同的微控制器芯片，它们各有特点和适用的场合，在使用时应根据需要进行选择。

微控制器应用中的环境适应问题，主要是指抗干扰特性和温度特性。由于应用面向现场，故它具有很强的抗干扰能力。微控制器的温度特性与其他集成电路芯片一样，按能适应的环境温度范围，划分为三个等级，即：

- 民用级     0 ~ +70℃
- 工业级    -40 ~ +85℃
- 军用级    -65 ~ +125℃

### 1.3 为什么要采用微控制器开发平台

以往我们要开发一个微控制器应用系统，需要一些基本工具如仿真器、汇编器、编程器，20世纪80年代发展起来的微控制器如MCS-51、MCS-6805系列、MCS-96/98系列，一般是采用3~2.5 $\mu\text{m}$ 半导体工艺，内部资源基本在64KB代码范围内，而大多数应用者一般在十几千字节(KB)程序内实现应用开发工作。进入20世纪90年代，随着超大规模集成电路技术的发展，已实现0.8~0.25 $\mu\text{m}$ 半导体工艺技术，这样在同样面积的硅片上就可制作出更复杂的微控制器。一些世界著名的半导体公司已相继推出面向21世纪的微控制器，如Intel 296、Intel 251/930、Philips P51XA、Motorola 68300系列等。这些芯片普遍采用流水线结构和宽总线(如68300系列为32位内部总线)，可扩展到24条地址总线，寻址能力可达16~32MB，片内ROM/EPROM/Flash ROM可做到128~512KB。为了充分、有效地开发这些微控制器的内部资源，提高应用系统的性能指标，微控制器开发平台应运而生。

什么是微控制器开发平台呢？由实时多任务操作系统(real time operation system, RTOS)、基于嵌入式系统的工程C语言编译器(compiler)、实时在线仿真器(ICE)组成的高性能工具集合体即微控制器开发平台。微控制器开发平台是使开发工作走向标准化、产业化、降低风险、提高效率的有效手段，在后面的章节将有进一步的介绍。

带有串行I/O接口或转换，并可进行64KB以上寻址的微控制器，称为高档8位机，如Intel公司的MCS-51系列、Motorola公司的MC6801、ZiLOG公司的Z8。近来在高档8位机的基础上又出现超8位微控制器，如Intel公司的UPI-452、83152，ZiLOG公司的Super 8，Motorola公司的MC68HC11等，它们不但进一步扩大了片内ROM和RAM的容量，还增加了高级通信、DMA传送和高速I/O功能。

16位微控制器主要是Intel公司的MCS-96微控制器系列，见表1.2。