

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 程序设计和嵌入式系统,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。本书配套光盘中介绍了 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〈 〉)

# 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的说明，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的角度出发，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

第 1 章 概论 .....	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
第 2 章 MCS-51 微控制器的结构原理 .....	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
第 3 章 MCS-51 微控制器的指令系统 .....	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
第 4 章	微控制器应用系统与外设交换数据的方法	93
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
第 5 章	MCS-51 微控制器内部定时器/计数器及其应用	111
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
第 6 章	汇编语言程序设计	132
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
第 7 章	并行 I/O 口	157
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



第 8 章	微控制器应用系统的组成	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
第 9 章	微控制器应用系统的开发	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
第 10 章	80C51 系列 80C552 单片微控制器	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
第 11 章	微控制器应用系统的可靠性与抗干扰	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
第 12 章	MCS-51 的串行通信	307
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
第 13 章	MCS-96 微控制器的基本结构和工作原理	334
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
第 14 章	80C196KB/KC 微控制器	446
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
第 15 章	C51 程序设计 .....	473
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
第 16 章	嵌入式系统简介 .....	560
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
	总习题和部分习题答案 .....	587
	参考文献 .....	593
附录	MCS-51、MCS-96 指令表 .....	595

# 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 CMOS 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。

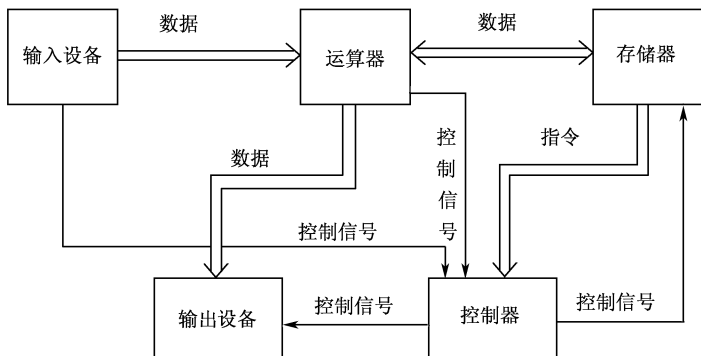


图 1.1 计算机结构框图

### (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UP1452、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。



表 1.2 16 位微控制器性能表

公司	Thomson	Intel	NS	NEC
型号	68200	8096	HPC16040	783XX
ROM	4B	8B	4B	8B
RAM	256B	232B	256B	156B
中断源	15	8	8	15
串行口	异/同步	异步	异步	异步
A/D	无	8×10	无	4×8
PWM 输出借用通用计数器		有	有	有
Watchdog 借用通用计数器		有	有	有
高速 I/O	无	HSIO	有	有
计数器	3×16	2×16	8×16	2×16
DMA	无	无	无	8 个宏通道
I/O 引脚	48	68	52	48

32 位微控制器首推英国 Inmos 公司的 IMST414 微控制器。

## 1.4 微控制器的应用领域和应用模式

微控制器具有如下特点：

1) 小巧、低功耗、低成本、控制功能强、易于产品化，因而能方便地组装成各种智能式控制设备和仪器，做到机、电、仪一体化。

2) 面向控制，能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务，从而获得最佳的性能价格比。

3) 抗干扰能力强，适应温度范围宽，在各种恶劣环境下都能可靠地工作。

4) 可以方便地实现多机和分布式控制，从而使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

由于微控制器具有上述这些特点，所以其应用模式多、应用范围广。

微控制器的应用可分为单机应用和多机应用。单机应用是指在一个应用系统中只使用一片微控制器。

### (1) 智能产品

微控制器与传统的机械产品结合，使传统机械产品结构简化，控制智能化，产品升级换代，构成了新一代机电一体化产品。如在电传打字机的设计中，就由于采用了微控制器而减少了近千个机械部件。智能产品不只局限于家用电器、办公设备，还包括纺织机械及其他工业设备。

## (2) 智能仪表

它改造原有的测量、控制仪表，能促使仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化及柔性化方向发展，并使长期以来测量仪表中的误差修正和线性化处理等难题迎刃而解。由微控制器构成的智能仪表，集测量、处理、控制功能于一体，从而面貌一新。

## (3) 测控系统

用微控制器可构成各种工业控制系统、自适应控制系统及数据采集系统。

## (4) 数控控制机

采用微控制器作机床数控系统的控制机，可提高机床数控系统的可靠性，增强功能，降低控制机成本。

## (5) 智能接口

在计算机系统，特别是在较大型的工业测控系统中，除通用外部设备（如打印机、键盘、磁盘驱动器、CRT 显示器）外，还有许多外部通信采集、多路分配管理以及驱动控制等接口。这些外部设备与接口，若完全由主机进行管理，势必会使主机负担过重，降低系统的运行速度。若用微控制器进行接口的控制与管理，微控制器与主机便可并行工作，使系统的运行速度大大提高。另一方面，由于微控制器可对接口信息进行加工处理，也可大量减少接口界面的通信密度，极大地提高接口的管理水平。

多机应用是微控制器在高科技领域中应用的主要模式。微控制器的高可靠性、高控制功能及高运行速度的“三高”技术，必将使得未来的高科技工程系统采用微控制器多机系统成为主要的发展趋势。

## (1) 多功能弥散系统

多功能弥散系统是为了满足工作系统各种外围功能要求而设置的多机系统。如一个加工中心的计算机系统，除了完成机床加工运行控制外，还要控制对刀系统、坐标指示、刀库管理、状态监视、伺服驱动等功能。当只有一个控制主机时，主机要分时地去完成这些任务，就必然使各个功能处于很低智能水平。若每种功能都由独立的微控制器来完成，而让主机只负责协调和调度，就能使每一功能都达到高级智能水平。功能弥散，就是指工作系统中可在任意环节上设置微控制器功能子系统，它体现了多机系统的功能分布。机器人（robot）的计算机多机控制系统是一个典型的功能弥散型系统。机器人的感觉系统、姿态控制系统、遥控接/发系统、行走控制

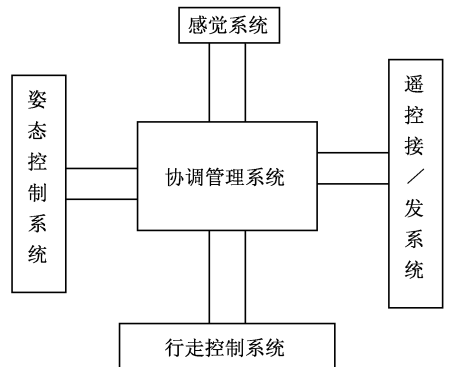


图 1.2 机器人的功能弥散系统

系统，都要分别由一个微控制器应用系统来承担，它们之间的协调处理也通过一个微控制器应用系统来完成。图 1.2 所示为机器人功能弥散系统。

### (2) 并行多机系统

并行多机系统主要是为了满足工程系统的快速性要求，以便构成大型的实时工程系统而设置的。典型的并行多机系统有快速并行的数据采集、处理系统和实时图像处理系统等。如大型工作结构的动态应力分布测量，当测量点过多时，即使采用高速巡回检测系统，也不可避免地会出现较大的非同一性状态误差。若在每一个或每一组采集通道中都采用一个微控制器构成一个独立的采集、处理单元，则在主机管理下，不仅可实现多点快速采集，还可分别对所采集的数据进行预处理。并行多机系统的快速性来自多机的并行工作。图 1.3 所示为并行多机数据采集系统。

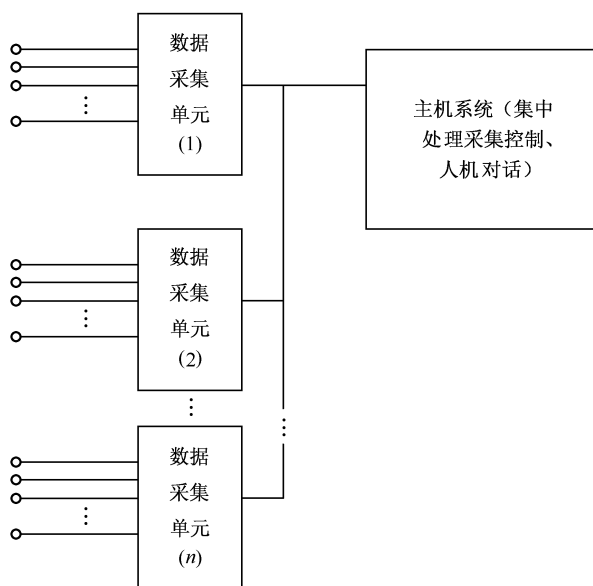


图 1.3 并行多机数据采集系统

### (3) 局部网络系统

微控制器网络系统的出现，使微控制器的应用水平提高到一个新的高度。目前由微控制器构成的网络系统主要是分布式测控系统。在这种系统中，微控制器主要用于通信控制以及构成各种测控用子站系统。

典型的分布式测控系统有两种类型：树状网络系统与位总线 (Bit Bus) 网络系统。树状网络系统如图 1.4 所示。在系统中，用来构成通信控制总站与功能子站系统。

通信控制总站设有标准总线和串行总线与主机相连，故可用通用计算机系统

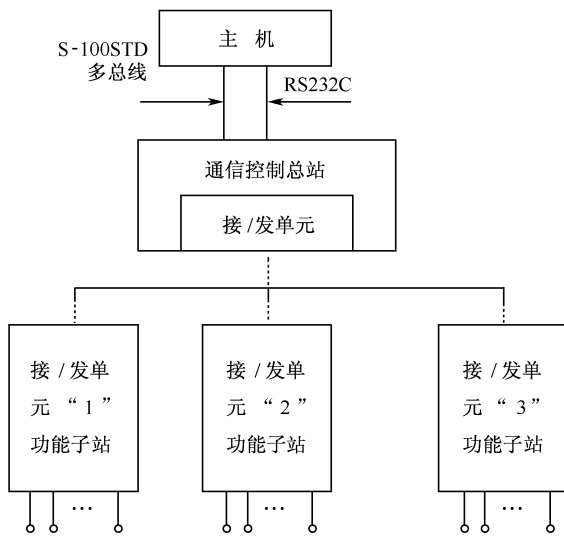


图 1.4 树状网络分布式测控系统

作为主机。它享用分布式测控系统中所有的信息资源，并对其进行调度和指挥。通信控制总站是一个微控制器应用系统，它除了完成主机对各功能子站的通信控制外，还协助主机对各功能子站的协调和调度，从而大大减轻了主机的通信工作量，实现了主机的间歇工作方式。通信控制总站通过串行总线与各个安放在现场的、具有特殊测控功能的子站系统相连，形成主从控制模式。通信总站到功能子站的通信介质可以形式多样，既可以是无线的，也可以是有线的。有线的介质可以是双绞线、同轴电缆、光导纤维，也可借助于电话线路进行通信。

测控功能子站分布在现场，按功能要求设置，可以是模拟量数据采集系统、数字（脉冲频率）量采集或开关量监测系统，也可以是开关量输出控制或伺服控制系统。

位总线分布式测控系统，是 Intel 公司于 1984 年推出的一个典型的通用分布式微计算机控制系统。构成该系统的核心芯片是 Intel 公司的 80PI-44 系列微控制器 8044/8744/8344。它是个双微控制器结构，其中一个为 8051/8751，另一个构成 SDLC/HDLC 串行口部件（SIU）。片内程序存储器中装有加电诊断、任务管理、数据传送和对用户透明的并行、串行通信服务程序。

目前，Intel 公司为位总线分布式测控系统提供了用 8044 构成三个模块 iSBX344 网络接口板、iRCB44/10 和 iRCB44/20 网络工作站板。用这些模板很容易构成位总线分布测控系统，且易接入 Intel 的各种微机系统。

图 1.5 是用位总线构成的一个结构分层形式的分布式测控系统。它的某子站均可作为下一级位总线的主站而形成一个新的子层网络。

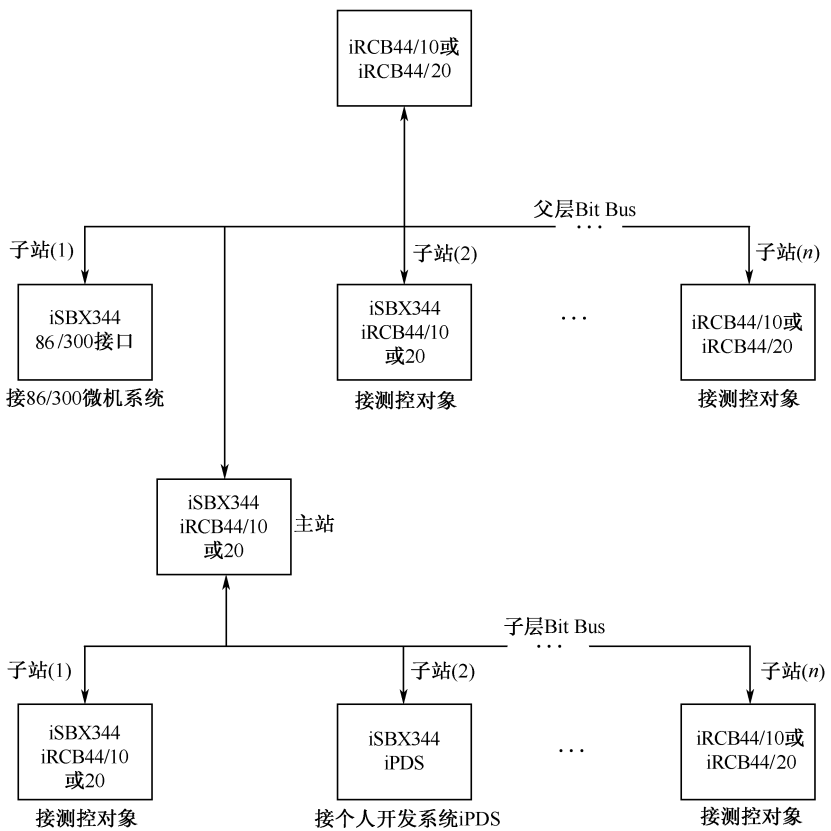


图 1.5 结构分层的位总线分布式测控系统

iSBX 344 网络接口板为位总线系统的各工作站提供高性能的串行总站接口。通过并行总线，iSBX 可插接在各种智能化主板（包括系统机）上。iRCB44/10 和 iRCB44/20 为位总线系统的工作站，也可作重复器使用。可单独入网，也可在 iSBX 344 后连入网中。

作为工作站板，iRCB44/10 具有 24 根可编程 I/O 口线，其中 16 根可作为输入/输出线，3 根只能作输入用；iRCB44/20 具有 A/D、D/A 接口，可提供 16 路单端，8 路差分 A/D 输入和 2 路 D/A 输出，精度 12 位。放大器为增益可编程控制。

位总线系统主站对整个分布式测控系统进行调度管理，每个工作站也有各自的独立控制功能，既可并行处理多个外部事件，还可与 Intel 的各种操作系统通信。在 iSBX 344、iRCB44/10 和 iRCB44/20 板上的并行数据通信是通过 iSBX 接口完成的。

目前国内外各种家用电器已普遍采用微控制器代替传统的控制电路。例如，

洗衣机、电冰箱、空调、微波炉、电饭煲、收音机、音响、电风扇及许多高级电子玩具上都有微控制器，提高了自动化程度，增加了功能，简化了结构。当前家电领域的主要发展趋势是模糊控制，产生了众多的模糊控制家电产品，而微控制器正是这类产品的最佳选择。嵌入式系统使人类生活更加方便舒适，丰富多彩。

## 1.5 如何选用微控制器

由于应用课题的性质、规模、投资大小千差万别，而微控制器的种类名目繁多，故很难有选用微控制器的固定规范。下面列举几条原则作为选用微控制器时的参考。

### (1) 了解不同微控制器的性能特点

对于各种不同型号的微控制器，了解得越多越好。不同微控制器之间差别很大，应根据应用系统的要求进行比较，以便选择。

### (2) 对程序存储器类型的选择

微控制器中程序存储器是专门用来存放程序和常数的，一般有三种形式：

1) 微控制器片内程序存储器为 ROM (如 8048、8051、8052、Z8601、Z8611、M C68HC11A0、M C68HC11A8)。这种形式硬件最省，应用系统较简单，但用户必须把应用程序代码交给半导体制造厂家，在生产相应的微控制器时，固化到芯片中去。这种芯片一旦生产出来，程序就无法改变。这种类型的微控制器适用于大批量生产的产品，目前我国较少采用这种形式。

2) 微控制器片内程序存储器为 EPROM (如 8748、8751、68701 等)。用户程序可由用户在一定的条件下自行写入，需要时还可改写，这种芯片用起来比较方便，但成本较高。

3) 微控制器片内无程序存储器 (如 8035、8039、8031、Z8681、Z8682 等)，需在微控制器之外添加程序存储器 (大多采用 EPROM)，片外程序存储器。这样做增加了硬件接线和成本，但用起来灵活，改写方便。

### (3) 存储容量的选择

微控制器的程序存储器与数据存储器是严格分开的，不同微控制器的存储容量很不一致。设计系统时，要分别估计出程序的大小和随机数据的多少。在选择微控制器时，要充分利用片内存储空间；万一不够，可更换其他机种。

如 8051/8751/8031 与 MCS-48 系列相比，不仅片内存储容量加大，RAM 和 ROM 的扩展空间都增至 64KB。

### (4) 接口能力的选择

任何应用系统，接口能力是至关重要的。不同微控制器接口能力差别很大。下面以 8048 与 8051 为例，见表 1.3。

表 1.3 8048 与 8051 接口能力比较

	并 行	串 行	定时/计数器	中 断 源
8048/8748/8035	3×8 位	1	1×8 位	2
8051/8751/8031	4×8 位	1	2×16 位	5

若系统涉及机间通信，最好选用 8051。大量使用中断技术，也要用 8051。

#### (5) 软件设计的考虑

不同微控制器指令系统的复杂程度也不一样。如 8048 微控制器指令系统简单，容易学，容易记，适合于一些不太复杂的控制。但该指令系统不仅没有除法指令，连减法指令都没有。若应用程序有较多的数字运算，就不宜用 8048 芯片。

8051 指令集比 8048 有较大的改进，增进了乘法指令，尤其是位指令增多，逻辑功能加强，应用范围更广。其他厂家的微控制器如美国 Motorola 的 8 位增强型微控制器 M68HC11。Motorola 的 8 位微控制器有 6 个系列 M6801、M6804、M146805、M6805、M68HC05 和 M68HC11，其中前三者已逐步被淘汰，后两者是该公司目前大力发展的系列，可优先选用。M68HC11 系列是目前 8 位微控制器中功能最强的一种，有单片和扩展两种基本工作模式。单片模式有正常单片模式和特殊自引导 bootstrap 模式。在这两种模式中，MCU 不能对外提供地址线，只提供 I/O 功能。

M68HC11 系列微控制器中的可编程定时器电路，包括 1 个 16 位的自由运行计数器、定时中断请示电路、3 个控制信号输入端、4~5 个控制信号输出端。它可完成以下四种主要功能：

1) 定时器输出：在定时器产生溢出时（即从 FFFF 再加 1 变为 0000 时），可产生定时器溢出中断，它可用做周期定时信号。

2) 输出比较功能：定时器系统中有 1 个 16 位的输出比较寄存器。当它允许后，硬件将随时把它的内容与自由运行计数器的内容相比较，一旦发现两者相同，即从指定的引脚输出一个信号（置 1 或清 0），并可产生中断。该功能可用于输出各种脉冲和控制信号，如产生标准方信号、控制步进电机和可控硅等；也可产生定时中断，构成一个软件定时时钟控制。

3) 捕捉功能：定时器系统有一个 16 位的输入捕捉寄存器。当它允许后，外部引脚上发生指定的跳变（上跳变或下跳变）时，将把这时自由运行计数器的值存放到输入捕捉寄存器中。该功能可用于测量输入脉冲宽度或周期。

4) 实时中断：M68HC11 等系列微控制器的定时器还可产生定时中断，即 RTI 中断，并可用软件控制 RTI 的速率。

总之，Motorola 公司的微控制器有其自己的特色，其他高性能微控制器还有 ZIL0G 公司的 Z8 系列。故要了解各种不同型号的微控制器，知道得越多越便于选择。

新型的 8052AH-BASIC 控制器在微控制器芯片里固化了 BASIC 解释程序软件包，能处理逻辑操作（AND、OR、XOR、NOT），能作浮点运算。具有这种软件能力，给用户编程带来了极大的方便。

#### (6) 关于功耗

微控制器的功耗并不高，但有些场合，尤其是野外或市电无保证的地方，对功耗和供电方式就有特别要求。好在目前已有许多 CMOS 或 CHMOS 微控制器芯片，功耗明显下降。例如，80C48/80C35/80C39 就是低功耗微控制器，可用电池供电，有三种电源选择：

正常运行 15mA；

空载方式为 500 $\mu$ A；

掉电时仅仅需要 2.0~10 $\mu$ A。

#### (7) 要注意有没有配套的开发系统

微控制器应用系统一般比较紧凑小巧，不像其他微机系统有较多的外设（如 CRT 显示器、ASCII 键盘、软盘等），软件也很简单，多数不具备调试功能。故在自选设计组装时，必然碰到如下问题：

1) 自行设计的程序怎样写到程序存储器中？

2) 即使组装好系统，怎样调试？如何修改？

显然，微控制器自身系统无法解决这些问题，必须利用一种专门工具来实现微控制器的开发应用，这种工具叫微型机开发系统（microcomputer development system, MDS）。MDS 与通用微机系统相比，有明显的不同。在软件上除了通用程序外，还有针对所要开发的微控制器指令系统的汇编程序、编辑程序和调试程序，能自动把符号语言转换成微控制器的目标代码。

在硬件上增加了“EPROM 编程器”和“微控制器仿真器”，给用户提供“相同”的环境，以便进行软硬件调试。

微控制器尽管有许多优点，但开发起来确有困难。可以说，没有开发系统，就无法开展微控制器的应用工作。有的微控制器性能好，可找不到相应的开发系统就无法应用。

#### (8) 综合思考

设计一个微机应用系统有多种方案，既可用硬件又可用软件解决。若是属于批量大的产品化的应用系统，应优选微控制器。

## 1.6 微控制器的选型原则

### 1. 微控制器的系统适应性

微控制器的系统适应性是指能否用单片完成对应用系统的控制任务，或增加一些附加的集成电路完成控制任务。这类系统适应性主要应考虑下列问题：



(1) 控制器是否会有所需的 I/O 端口数目

若所选用微控制器的 I/O 端口数太少了, 满足不了系统的功能要求, 那么再去扩展就比较麻烦, 成本提高; 若微控制器 I/O 端口太多, 势必造成资源浪费, 这样相对来说即选择了价格过高的微控制器。

(2) 控制器是否会有所需的中断源和定时器

高效率的程序, 往往以中断方式来实现对突发事件的处理。若中断源不够, 用扩展的办法解决, 往往需要占用 I/O 端口, 这就需额外的电路开支, 增加成本; 在一个应用系统中总是要用到定时器, 定时器资源是否满足需要, 也是选择微控制器时应注意的问题。应用系统中, 凡涉及通信、波形发生、实时时钟、脉宽测量等场合均要用到定时器。

(3) 控制器是否会有所需的外围端口部件

一个应用系统的外围部件是多种多样的, 若在微控制器 I/O 端口中包含这些外围端口部件, 即可简化电路设计, 降低成本, 提高可靠性。常用的外围端口部件如下:

- 1) 串行通信终端 (如 RS-232-C 终端、SPI 终端、I<sup>2</sup>C 终端)。
- 2) 按钮开关, 继电器, 键盘。
- 3) 传感器, 如检测温度、压力、光线、电压等的传感器。
- 4) A/D 或 D/A 转换器。
- 5) 显示器, 包括 LED、LCD、荧光屏等。
- 6) 红外发射与接收。
- 7) DTMF 发生与接收。
- 8) 步进马达 (电机) 驱动。
- 9) 声音报警器。
- 10) 其他器件或功能部件。

若应用系统板含有上述部件或 I/O 方式, 那么, 需考虑微控制器内是否有满足这些 I/O 方式或外部器件的接口电路部件。如用 LCD 显示的系统, 可优先选择带有 LCD 驱动器的微控制器。

若微控制器中不含有所需的电器部件或不满足所需的 I/O 方式, 那就无法满足系统需要, 就须外扩这些器件或 I/O 接口。

(4) 微控制器的 CPU 是否有合适的吞吐量

此问题主要涉及微控制器的计算功能。针对应用系统的需要, 需认真考虑微控制器对系统执行控制时的处理能力。若微控制器的处理能力过强, 则浪费了微控制器的资源; 如若微控制器处理能力不足, 就无法满足系统正常工作的需要。微控制器的处理能力主要表现在 CPU 的位数, 运行速度、指令的功能、指令周期的长短、中断能力、堆栈大小等指标上。

### (5) 微控制器的极限性能是否能满足要求

一个应用系统必定有其特定的应用环境，即对环境温度、功耗和电压状态等有特定的要求。一般来说微控制器的极限性能包括最高使用温度，最低使用温度、端口最大输出、输入电压，端口最大输出电流，最高焊接温度，最长焊接时间等。

表 1.4 对一个微控制器给出了极限参数，很显然，需考虑应用系统的使用温度是否在微控制器最大温度范围内，使用电压、电流和功耗是否在微控制器极限指标之内。若不在极限指标之内，那么微控制器便不能满足应用系统的需要。这时，就应选择满足应用系统需要的某一种型号的微控制器。

表 1.4 微控制器极限参数

参 数	符 号	引 脚	数 值	单 位
电源电压	$V_{DD}$		$-0.3\sim 7$	V
输入电压	$V_N$		$-0.3\sim V_{DD}+0.3$	V
输出电压	$V_{OUT1}$	引脚除 sinkopendiain	$-0.3\sim V_{DD}+0.3$	V
	$V_{OUT2}$	引脚 sinkopendiain	$-0.3\sim 10$	V
输出电流 (每一引脚)	$I_{OUT1}$	P1、P2 端口	15	V
	$I_{OUT2}$	R4~R9 端口	3.2	m A
输出电流总额	$\sum I_{OUT1}$	P1、P2 端口	60	m A
电源功耗	$P_0$		600	m W
工作温度=70℃			2	
焊接温度 (时间)	$T_{sh}$		260 (10s)	℃
储存温度	$T_{stg}$		$-55\sim 125$	℃
工作温度	$T_{opr}$		$-40\sim 70$	℃

## 2. 微控制器的可购买性

在微控制器能适合应用系统的前提下，还应考虑这种型号控制器的可购买性。

### (1) 微控制器购买途径的顺畅性

是否直接从微控制器生产厂家或从代理商处买到。因为如果从一般的电子市场上购买，则质量、售后服务均不能得到保证。

### (2) 微控制器供应量是否足够

微控制器一般均用在一个控制场合或民用产品中，作为产品，势必有数量的要求，这就要求所选用的微控制器也应有数量的保证，只有这样，才能满足批量产品生产的需要。

### (3) 微控制器是否改型和仍然在生产中

有些型号的微控制器由于性能价格比已不适当当前市场的需要，厂家已停产

或改型，已停产的微控制器也许市场上能购买，但很明显它已无后续供货能力，直接影响到产品的继续生产和生命力；准备推出新版本或有新版本的微控制器，在其应用系统或产品应用中有较强的后劲。

### 3. 微控制器的可开发性

微控制器的可开发性是选择微控制器的一个十分重要的因素。若所选择的微控制器没有足够的开发手段，那么微控制器应用系统在开发时将很难顺利进行，该微控制器也很难应用于被控对象中。故有无足够的开发手段，是选择微控制器的一个重要的依据。这些开发手段归纳起来可包括：

#### (1) 开发环境

1) 汇编程序（若有高级语言支持更好，如支持 MCS-51 的 PLM 语言、C 语言、BASIC 语言等）；

2) 编译、连接程序。

#### (2) 调试工具

1) 评价模块 EVM (evaluation module)；

2) 在线仿真器；

3) 逻辑分析工具；

4) 调试监视程序；

5) 源码级调试监视程序。

#### (3) 服务 BBS (bulletin board service)，在线示范板服务

1) 实时执行；

2) 应用例子；

3) 缺陷故障报告；

4) 实用软件，包括自由汇编程序；

5) 样本源码。

#### (4) 应用支持

1) 考虑是否存在专职的应用支持机构；

2) 考虑是否存在应用工程师、应用技术人员或应用销售人员的支持；

3) 考虑支持人员的学识水平，以及他们是否真正对解决有关开发感兴趣；

4) 考虑支持人员和机构是否有便利的通信工具，能否及时得到支持。

### 4. 微控制器制造商的历史

选择微控制器时，对微控制器制造商也应有一定了解。将制造商的一些情况加以综合分析，也可看出这类微控制器的发展趋势。

对微控制器制造商一般可从如下几点加以分析印证：

1) 胜任微控制器设计的实证；

- 2) 生产的优点和可靠性保障体系；
- 3) 按时供货、保证质量、信守承诺情况；
- 4) 最近几年的营销业绩；
- 5) 最近三年的财经报告。

遵循上述五个原则对微控制器进行选择，一般来说可选择出最能适用于具体应用系统的微控制器，从而保证应用系统有最高的可靠性、最优的性能价格比、最长的使用寿命和最好的升级换代性。

也应看到，选择微控制器是一个涉及面广考虑因素极多的过程，有时从综合指标方面思考，有时对单独指标有兴趣，在实际应用中往往影响因素较多，这时一定要根据实际情况抓住主要因素，以求得最满意或相对满意的效果。

微控制器的一般技术特性包括如下几个方面：

### (1) 芯片制造工艺

不同制造技术生产的芯片，价格、使用条件（使用温度）和外部特性（如引脚逻辑电平、工作速度、负载能力、芯片功耗等）是不同的，这些都将对整个微控制器应用系统的性能和技术指标产生相当大的作用，例如，不同工作速度的微控制器芯片对印刷电路板的布线会提出不同的要求，若不能满足这些特殊要求，整个系统的抗干扰能力、电磁兼容性以及可靠性都会受到严重影响。

了解芯片制造工艺的另一目的是为了微控制器应用系统的设计人员能正确地对全系统的逻辑电平进行匹配，确保系统数字部分正常工作。例如，某系统选用的微控制器是 HC 工艺芯片，而系统其他配套逻辑电路选用的 TTL 芯片，这样的系统是不能可靠工作的，因为 TTL 的输出高电平的下限低于 HC 电路要求输入高电平的下限，这容易引起电路混乱。故微控制器的制造工艺是应用系统可靠性设计的基本依据之一。

表 1.5 列出了不同工艺生产的数字电路的逻辑电平。

表 1.5 不同工艺生产数字电路的逻辑电平

逻辑电平	TTL	CMOS	NMOS/PMOS	HCMOS	单 位
输入高	>2.0	>1.9	>2.0	>3.5	V
输入低	<0.8	<0.9	<0.8	<1.0	V
输出高	>2.7	>4.5	>2.4	>4.9	V
输入低	<0.5	<0.45	<0.45	<0.1	V

注：芯片电源电压为 5V。

设计者在选择微控制器型号时，应十分注意工艺标志。不同公司的工艺标志是不同的，如 Motorola 的 MC68HC05P1 中的 HC 表示该芯片是高速 CMOS 电路，Intel 公司的 80C31 表示该芯片为 CMOS 工艺产品。读者应注意芯片技术数

据中工艺的说明。

## (2) 电气特性

微控制器芯片的电气特性包括电源电压范围、输入输出能力、动作电平范围、芯片功耗、引脚电容及工作频率、信号上升(下降)沿宽度、信号有效期宽度等。微控制器的电气特性指标会直接影响整个系统的性能。这种影响范围包括外围电路的配置和外围芯片选择、系统功能的实现、系统运行的可靠性及维护特性等。

微控制器的电气特性一般有两项：

1) 绝对最大范围。绝对最大范围表示了保证微控制器正常工作(各个功能均正常)的一些基本条件,目的是将微控制器的基本使用条件(环境条件、电源条件)告诉用户。微控制器应用系统的设计开发人员不仅在设计时须严格遵守绝对最大范围各项指标要求,就在系统调试时也必须充分考虑绝对最大范围的影响。如 MCS-51 的绝对最大范围如下：

Ambient Temperature Under Bias (使用温度范围)  $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$

Storage Temperature (存储温度)  $-65\sim+150^{\circ}\text{C}$

Voltage on EA /  $V_{PP}$  Pin to  $V_{SS}$   $-0.5\sim+21.5\text{V}$

Voltage on Any Other Pin to  $V_{SS}$   $-0.5\sim+7\text{V}$

Power Dissipation (最大耗散功率) 1.5W

片内 EPROM 写入电压输入引脚 EA /  $V_{PP}$  的最大电压为 21.5V,其他引脚的对地电压为  $-0.5\sim+7\text{V}$ ,这说明系统电源电压最大不能超过 7V。

2) 直流特性。表示微控制器运行时的基本直流电气技术指标及获得这些技术指标的测试条件,目的是为用户提供应用系统设计、调试时所需数据。直流特性提供了各引脚逻辑电平的最大值、最小值及在此电平条件下最大输出和输入的电流值。另外,通过直流特性还可了解到某些重要引脚的分布电容、输入电阻及整个芯片运行时所需最大电流,用户在系统设计时应充分了解这些特性及测试条件,保证系统工作正常。

表 1.6 是 MCS-51 系列微控制器中的 80C51BH / 80C31BH 直流特性。表中的“符号”是厂家数据手册中有关参数规定和符号,如  $I_{CC}$  表示电源电流,  $I_{L1}$  表示输入峰值电流等。

直流特性是微控制器使用时的基本设计依据之一,也是微控制器生产厂家提供的基本技术保证。为了使微控制器应用系统正常可靠地工作,用户就须按表中提供的数据进行应用系统设计,从另一面看,只要微控制器应用系统能保证满足特性表要求的测试条件,厂家可保证表中所提供的技术数据均能得到满足。

直流特性表还是用户挑选微控制器的依据之一。用于不同场合、不同环境下的微控制器应用系统,对微控制器的要求所能提供的系统运行条件不一定与直流特性表提供的技术保证完全吻合,这就要求用户根据实际情况和直流特性表提供

的数据选用适当型号的微控制器，以保证系统设计正确、运行正常可靠。

表 1.6 80C51BH /8031BH 直流特性

符号	参 数	最 小 值	平 均 值	最 大 值	单 位	测 试 条 件
$V_{IL}$	输入低电平 (EA 除外)	-0.5		$0.2V_{CC}-0.1$	V	
$V_{IL1}$	$\overline{EA}$ 输入低电平	-0.5		$0.2V_{CC}-0.3$	V	
$V_{IH}$	输入高电平 (XTAL1, RST 除外)	$0.2V_{CC}+0.9$		$V_{CC}+0.5$	V	
$V_{IH1}$	XTAL, RST 输入高电平	$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	V	
$V_{OL}$	输出低电平 (口 1, 2, 3)			0.45	V	$I_{OL}=1.6\text{mA}$
$V_{OL1}$	输出低电平 (口 0, ALE, $\overline{PSEN}$ )			0.45	V	$I_{OL}=3.2\text{mA}$
$V_{OH}$	输出高电平 (口 1, 2, 3, ALE, $\overline{PSEN}$ )	2.4			V	略
		$0.75V_{CC}$			V	
		$0.9V_{CC}$			V	
$V_{OH1}$	输出高电平 (开放式总线模式时的口 0)	2.4			V	
		$0.75V_{CC}$			V	
		$0.9V_{CC}$			V	
$I_{IL}$	逻辑 0 输入电流 (口 1, 2, 3)			-50	$\mu\text{A}$	$V_{IN}=0.45\text{V}$
$I_{TL}$	逻辑 1 到 0 转换时的电流 (口 1, 2, 3)			-650	$\mu\text{A}$	$V_{IN}=2\text{V}$
$I_{LI}$	输入峰值电流 (口 0, $\overline{EA}$ )			$\pm 10$	$\mu\text{A}$	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$
$R_{RST}$	复位下拉电阻	50		150	k $\Omega$	
$C_D$	管脚电容			10	pF	测试频率 1M Hz
$I_{CC}$	电源提供的电流： 正常模式 12M Hz 休眠模式 12M Hz 低功耗模式		11	20	mA	
			1.7	5	mA	
			5	50	$\mu\text{A}$	

## 1.7 微控制器如何选型

微控制器从成本价格上来分，有廉价微控制器、常用微控制器及高档微控制器几种类型，这几类微控制器均根据实际应用的需要推出。价格较昂贵的高档微控制器用于系统较复杂、要求实现功能较多、需要 I/O 端口较多的场合，如一台加工中心的控制系统，普通微控制器用于只具有一般复杂程度、要求实现功能较单一、被控对象少的场合，如家电遥控器等。一般来说，价格及性能不同的微控制器用途不同。在实际应用中，若对明确的对象选择功能过少的微控制器，则可能无法正常实现控制功能和完成任务；若选择功能过强的微控制器，会使性能价格比下降。