

MCS-51

系列单片微型计算机 及其应用

● 孙育才 编

● 南京工学院出版社



MCS-51 系列
单片微型计算机及其应用

孙育才 编

南京工学院出版社

内 容 简 介

本书系在原有讲义基础上改编而成。全书共分七章，系统介绍 MCS-51 系列单片机的硬件结构、功能特点、指令系统、外部功能扩展、编程技术及应用举例。内容通俗易懂、重点突出。

本书适合广大科技人员阅读，亦可作为大专院校单片机应用选修课程教材或培训班教材。

责任编辑：张 克

MCS-51 系列 单片微型计算机及其应用 孙育才 编

南京工学院出版社出版

江苏省南京市四牌楼 2 号

南京工学院印刷厂印刷 江苏省新华书店发行

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 $9\frac{9}{16}$ 字数 220 千字

1987 年 5 月第 1 版 1987 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 7-81023-006-(9)/TN·6

统一书号：15409·019 定价：1.70 元

前 言

随着微电子、超大规模集成技术的发展,微型计算机也随之沿着两个主攻方向前进:一是以高性能的 32 位微型计算机系列,向中、大型计算机挑战;二是在一块芯片上集成多种功能部件,构成一台完整的具有一定功能的单片微型计算机,以其体积特小、价格特廉、小而全、面向控制等独特优点,广泛应用于各种工业控制、仪器仪表、设备、产品的自动化、智能化,构成工业技术改造的最理想机种。

MCS-51是 Intel 公司继MCS-48系列之后新近推出的功能更强、速度更快的 8 位高档单片微型计算机系列,更适用于各种复杂的控制系统、智能化系统。它的出现在各个应用领域引起了极大反响。为适应我国工业技术改造,自动化智能化的迫切需要,特编本书,奉献给广大科技读者学习、参考。

本书是在《MCS-48单片微型计算机 及其应用》一书(高等教育出版社出版)的基础上以应用为重点,系统地集中阐述 MCS-51 系列的硬件结构、功能特点、指令系统、外部功能扩展、程序设计举例以及应用实例,为实际应用提供必需的基本原理和设计方法。本书可供各类专业的广大科技读者学习、参考,亦可供大专院校以及单片机应用学习班选用教材。

本书由南京工学院计算机系叶建勋副教授审阅。

限于本人学识水平,加上时间仓促,错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1986.11.

目 录

第一章 绪 论	(1)
§1-1 单片微型计算机	(1)
§1-2 Intel MCS 单片机系列及其功能.....	(4)
1-2-1 MCS-48 系列单片机.....	(4)
1-2-2 MCS-51 系列单片机.....	(4)
1-2-3 MCS-96 系列单片机.....	(6)
§1-3 单片机工业级产品(IGP)概念.....	(8)
思考题与习题.....	(10)
第二章 MCS-51 单片机内部结构	(11)
§2-1 MCS-51 单片机引脚功能说明.....	(12)
§2-2 中央处理器 CPU	(15)
2-2-1 算术/逻辑运算部件 ALU.....	(15)
2-2-2 专用寄存器.....	(16)
2-2-3 振荡器、时钟电路及时序.....	(19)
§2-3 并行 I/O 口结构及操作	(21)
2-3-1 并行 I/O 口的内部结构	(22)
2-3-2 读—修改—写操作.....	(25)
2-3-3 并行 I/O 口的写操作	(26)
2-3-4 并行 I/O 口的负载能力	(27)
2-3-5 总 线.....	(28)

§2-4 定时器/计数器	(29)
2-4-1 定时器控制与状态寄存器	(30)
2-4-2 定时方式	(32)
§2-5 串行I/O口	(36)
2-5-1 串行I/O控制与状态寄存器	(36)
2-5-2 串行I/O口的工作方式	(38)
2-5-3 PCON中的波特率选择位	(48)
2-5-4 串行和多处理机通讯	(49)
§2-6 中断系统	(53)
2-6-1 中断优先级	(57)
2-6-2 中断管理	(58)
2-6-3 外部中断	(61)
2-6-4 中断响应时间	(61)
2-6-5 8051的单步操作	(62)
§2-7 RST/V _{PD} 引脚	(63)
2-7-1 复位	(63)
2-7-2 节电运行方式	(65)
§2-8 8751H单片机	(69)
2-8-1 8751片内EPROM编程	(69)
2-8-2 8751内部程序校验	(71)
2-8-3 8751程序存储器保密位	(72)
2-8-4 8751EPROM擦除特性	(73)
§2-9 片内振荡器	(73)
2-9-1 HMOS型MCS-51单片机	(73)
2-9-2 C-HMOS型MCS-51单片机	(75)
思考题与习题	(76)

第三章 MCS-51 存储器和布尔处理器..... (78)

§3-1 存储器结构..... (78)

3-1-1 程序存储器地址空间..... (80)

3-1-2 数据存储器地址空间..... (82)

3-1-3 特殊功能寄存器空间..... (83)

§3-2 寻址方式..... (88)

3-2-1 寄存器寻址方式..... (89)

3-2-2 直接寻址方式..... (90)

3-2-3 寄存器间接寻址方式..... (90)

3-2-4 立即寻址方式..... (91)

3-2-5 变址间接寻址方式..... (92)

3-2-6 相对寻址方式..... (92)

3-2-7 位寻址方式..... (93)

§3-3 外部存储器的存取..... (93)

§3-4 布尔(位)处理器..... (96)

思考题与习题..... (97)

第四章 MCS-51 指令系统..... (98)

§4-1 指令系统概述..... (98)

§4-2 数据传送类指令..... (101)

4-2-1 数据传送操作..... (101)

4-2-2 数据传送指令..... (102)

§4-3 算术运算类指令..... (113)

4-3-1 算术运算操作..... (113)

4-3-2 算术运算类指令..... (113)

§4-4 逻辑运算类指令..... (127)

4-4-1	单操作数类逻辑运算指令	(127)
4-4-2	双操作数类逻辑运算指令	(130)
§4-5	控制转移类指令	(135)
4-5-1	无条件转移类指令	(135)
4-5-2	条件转移类指令	(146)
§4-6	布尔处理类指令	(158)
4-6-1	布尔数据传送类指令	(159)
4-6-2	布尔状态控制类指令	(161)
4-6-3	位逻辑操作类指令	(162)
4-6-4	位条件转移类指令	(166)
	思考题与习题	(169)

第五章 程序设计与接口技术举例 (173)

§5-1	程序设计举例	(173)
5-1-1	数制转换子程序的设计	(173)
5-1-2	多字节数运算	(176)
5-1-3	查表程序	(177)
5-1-4	响应中断时现场保护	(181)
5-1-5	利用堆栈传送参数	(184)
5-1-6	N 路分支程序	(186)
5-1-7	在运行中计算分支目的地址	(189)
5-1-8	直接代码参数传送	(191)
§5-2	外围接口技术	(194)
5-2-1	并行 I/O 端口设置方法之一	(194)
5-2-2	并行 I/O 端口设置方法之二	(197)
5-2-3	采用 8243 扩展并行 I/O 接口	(199)
5-2-4	软件延时	(201)

5-2-5	串行口和定时器的设置	(202)
5-2-6	简单串行I/O 驱动程序	(203)
5-2-7	串行口字符串发送	(204)
5-2-8	特殊字符的识别和处理	(205)
5-2-9	定时溢出的同步	(207)
5-2-10	读出正在计数的定时器 / 计数器	(208)
	思考题与习题	(209)
第六章	外部功能扩展	(211)
§6-1	程序存储器扩展	(211)
§6-2	数据存储器扩展	(215)
§6-3	并行 I/O 口扩展	(221)
§6-4	串行口扩展	(224)
§6-5	A/D、D/A 扩展	(226)
6-5-1	MCS-51外部扩展D/A转换器	(226)
6-5-2	MCS-51外部扩展A/D转换器	(239)
§6-6	外中断源扩展	(245)
	思考题与习题	(246)
第七章	MCS-51 单片机的开发	(247)
§7-1	应用概述	(247)
§7-2	手工编程与汇编	(248)
§7-3	计算机自动汇编	(249)
§7-4	MCS-51 开发装置	(250)
§7-5	MCS-51 系列的开发与应用举例	(254)
附表 1	指令系统中常用符号说明	(273)
附表 2	影响标志位设置的指令	(276)

附表 3	MCS-51 指令表·····	(277)
附表 4	内部RAM中 20H~2FH 的位地址表·····	(283)
附表 5	特殊功能寄存器地址表·····	(284)
附表 6	MCS-51 部分特性表·····	(285)
国内产品简介	·····	(293)
参考文献	·····	(296)

第一章 绪 论

§1-1 单片微型计算机

单片微型计算机，作为微型计算机发展中的一个分支，以其独特的结构和优点，越来越深受各个应用领域的广大用户欢迎和重视。

近几年来，国内已将 MCS-48 系列单片微型计算机应用于工业控制，各类设备，电子仪器仪表，家用电器，军事装置等的智能化，并已取得了可喜的成效，为单片微型计算机的推广应用开拓了良好的前景。为适应我国四化建设的需要，最近又研制出新的功能更完善的 8 位高档 MCS-51 系列单片微型计算机的简易开发装置，为推广应用 MCS-51 系列单片微型计算机提供了方便。MCS-51 系列单片微型计算机是 8 位的高档产品，它具有极强的更完善的功能，因而适用于各类复杂的要求较高的实时控制系统，并可方便地实现复杂的多级控制的多机系统，还可组成廉价的控制局部网络，应用面极广。因此，MCS-51 系列的推广应用，将更进一步促进我国工业技术改造，向自动化、小型化、智能化迈进一大步。

七十年代中期是 8 位微型机的极盛时期，微型计算机的发展形成了两个分支：一是充分利用大规模集成电路技术，不断扩大微处理器的功能，向以赶超小型机、超级小型机的目标发展。当然小型机本身也在不断发展，现在的小型机功能已超过过去的中型甚至大型机；另一个分支就是单片微型机的诞生

和发展。它是为满足低价格、大销售量、适用于各个应用领域的需要而开发的新产品。它打破了典型微型机按逻辑功能划分芯片结构的传统概念,以不求规模大,而力争小而全为宗旨。它在一块芯片上集成了构成一台计算机的基本部件:中央处理器 CPU,存储器 RAM/ROM, I/O 接口以及其它有关器部件。一块芯片就构成一台计算机,故称为单晶片微型计算机,简称单片机。

1976年9月, Intel 公司的 MCS-48 单片机问世,它成为单片微型计算机划时代的里程碑,标志着大规模集成技术的伟大成就——在一块微小的芯片上生成一台计算机。其后,针对不同用户需要又研制成各种产品,形成了 MCS-48 系列单片机。

由于单片机一问世,就受到广大用户欢迎,应用领域广泛,因此各家公司都争相推出自己的单片机。例如: Motorola 公司推出了 6801, 6802 单片机; Zilog 公司推出了 Z-8 系列单片机; Rockwell 公司推出了 6501, 6502 单片机等等。

这阶段单片机的特点是:无串行 I/O 口, RAM, ROM 容量小,寻址范围为 4K 字节,这就限制了它的应用范围。但它是目前世界上用得最为广泛的单片机。

随着 HMOS 技术的发展, Intel 公司在总结了 MCS-48 系列的基础上,于 1980 年推出了 8 位高档 MCS-51 系列单片机。它与 8048 单片机相比,硅片面积为原来的 1.4 倍,内部程序存储器容量为原来的 4 倍,数据存储器容量增加了一倍,工作寄存器组扩大了一倍,有二个 16 位定时器/计数器,并行 I/O 线增至 32 线,新增设全双工串行 I/O 口,指令的执行时间为原来的 2.5~5 倍。由此可见其功能增强了很多。

其它公司相继推出的高档 8 位单片机系列有:

NEC 公司推出的 $\mu\text{COM}-78\times\times$ 系列 8 位高档单片机。7800 与 8080 兼容、7801 与 Z-80 兼容，采用 NMOS 工艺，内部 ROM 为 4~6K 字节、RAM 为 64~128~256 字节，有 12 位定时器/计数器、5 个中断源，有串行 I/O 口、A/D 转换，有硬件乘法、除法器 and 16 位寄存器等等。TI 公司推出的 TMS-7000 系列单片机，采用微程序化指令，用户可部分设计自己所需的指令，更为灵活方便。日立的 HD63L05 单片机，采用 CMOS 技术，只需两节一号电池（3V）即能工作，这对野外作业的设备、仪器仪表的应用提供了方便。

这阶段的产品与前阶段相比，增加了全双工 I/O 口，扩大了 ROM、RAM 容量，寻址范围分别可达 64K 字节，扩大了中断源，增加了乘、除法及布尔（位）处理功能，有的产品增设了 A/D 转换。后继产品还将增加显示接口、网络接口等等。可见功能扩大了很多，一片就是一台初具规模的微型计算机。

1983 年 Intel 公司推出了新的 16 位 MCS-96 系列单片机。它在一块芯片上集成了 13 万以上管子，片内包含 232 字节的 RAM，8K 字节的 ROM，8 路（4 路）10 位的 A/D 转换，一个全双工串行 I/O 口，寻址范围分别为 64K 字节，它的部分指令可支持 32 位多字节处理。

之后，MOSTEK 公司推出了 68200 单片机，适合于网络的应用。TI 公司推出了 TMS-9900 系列 16 位单片机。我国最近引进的 TMS-320 16/32 位数字信息处理单片机，专用于通讯系统中；MCS-96 系列单片机，正在研制开发系统，以便国内推广应用。

由上述可见，仅仅在几年的时间里，单片机作为微型计算机的一个分支而迅猛发展，各家公司均争相进一步扩大单片机

的功能：高集成度、高性能、高速、低功耗，各具特色，以满足更广泛的应用领域的需要。

1983年9月在巴黎召开的第九届世界计算机会议上，很重视单片机的发展。目前世界上用得最多的是8位单片机。今后将以8位以下的单片机为主，向多功能、低功耗、低价格的方向发展，并不断扩大存储器容量，增加并行I/O口的数量，它将有逐步取代模拟控制器的趋势。在整个工业设备、生产工艺等方面，以普及应用微型计算机为特征的技术改造必将出现。

§1-2 Intel MCS 单片机系列及其功能

Intel公司首创8048单片机以来，发展迅速，形成系列，品种齐全。目前我国采用的单片机以Intel公司产品居多，故分别列出各系列品种的主要参数，以便读者选机参考。

1-2-1 MCS-48 系列单片机

MCS-48是Intel公司的早期产品，主要用于一般的控制系统，该系列的产品及主要功能参数如表1.1所示。

目前国内大多采用8035/8039型单片机，8748/8749因价格较贵，采用较少。

1-2-2 MCS-51 系列单片机

MCS-51系列属8位高档单片机，它的出现直接与HMOS工艺的发展有关。在总结MCS-48系列单片机的基础上，MCS-51单片机扩大了片内存储器容量及外部寻址空间，增强了指令寻址功能，扩大了并行I/O口及增设了全双工串行I/O口，增加了中断源，增加了乘、除法等运算功能，克服了

表1.1 MCS-48 系列单片微型机

型 号	片内存储器(字节)			晶振 频率 (MHz)	指令周期 (μ S)	I/O接口 (线)	外部 中断	定时 计数器	寻址范围		A/D
	EPROM	ROM	RAM						EPROM	RAM	
[8048AH] 80C48	—	1K	64	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
8748H	1K	—	64	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
[8035AHL] 80C35	—	—	64	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
[8049AH] 80C49	—	2K	128	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
8749H	2K	—	128	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
[8039AHL] 80C39	—	—	128	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
[8050AH] 80C50	—	4K	256	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
[8040AHL] 80C40	—	—	256	6	2.5	27	1个	1×8位	4K	256	无
8741	—	1K	64	6	2.5	27	0	1×8位	不可	不可	无
8041	1K	—	64	6	2.5	27	0	1×8位	不可	不可	无

5

注：标有“C”字的产品为 CHMOS 单片机。标有“L”字的为具有掉电处理的单片机。8021, 8022已不生产，故未列入。

MCS-48 运算功能弱的不足，提高了运算速度等。

HMOS 是高性能的 NMOS 工艺，一般的 8051 系列产品均属之。由于 CMOS 与 HMOS 工艺的结合，产生了 C-HMOS 工艺产品，如 80C51，80C31 等。这类产品既保持了 HMOS 高速和高封装密度的特点，又具有 CMOS 低功耗的特点，二者结合，特别适用于某些应用场合。

C-HMOS 工艺的单片机有掉电保护和冻结二种独特的运行方式：

掉电保护方式下，单片机的功耗降低到最小值。掉电时，单片机由镍镉电池供电，仅保证数据存储器 RAM 的需要，其它部分均停止工作，整个单片机仅吸收电流约 $10\mu\text{A}$ 左右。

冻结运行方式。用软件使单片机进入冻结运行方式。这时 CPU 停止工作，只留定时器和中断部分继续工作，从而降低单片机的功耗。结束冻结来自定时中断或外部中断信号。

MCS-51 系列的各类产品的功能参数见表 1.2。

MCS-51 系列是功能很强的 8 位高档单片机，主要应用于较复杂的控制系统中，且特别适用于逻辑控制系统。

表中 8044 型亦有 8744（片内驻留 4K 字节的 EPROM）和 8344（片内无驻留 ROM）等三种产品，它能实现 HDLC/SDLC 通讯功能，能构成廉价的控制局部网络，最大数据传输速率可达 2.4 Mb/s 。

1-2-3 MCS-96 系列单片机

Intel 公司于 1983 年推出了功能更强的 16 位 MCS-96 系列单片机，它适用于具有较复杂算法的控制与处理的场合。它除了对存储器容量、并行 I/O 口、定时器/计数器、中断源、运算速度等诸功能均有较大扩展外，最主要的特点是具有 8 路（或 4

表1.2 MCS-51 系列各产品性能参数表

型 号 特 性	8051	80C51	8751	8031	80C31	8052	8032	8044
程序存储器 (字节)	4K (ROM)	4K (ROM)	4K (EPROM)	—	—	8K (ROM)	—	4K (ROM)
数据存储器 (字节)	128	128	128	128	128	256	256	192
程序存储器扩展 (片外, 字节)	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K
数据存储器扩展 (片外, 字节)	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K
最高时钟频率 (MHz)	12	12	12	12	12	12	12	12
典型指令执行时间 (μ S)	1	1	1	1	1	1	1	1
16位定时器/计 数器数	2	2	2	2	2	3	3	1
并行I/O口	32	32	32	16	16	32	16	32
串行I/O口	同步方式: 异步方式: 9位或10位可编程						HOLC/ SDLC	
中断线	5	5	5	5	5	6	6	5
电源功耗 (I_{cc} 最大电流, mA)	125	24	185	175	24	160	160	200
可编程电源方式 控电方式 冻结方式	10 —	50 μ A 3.0	20 —	10 —	50 μ A 3.0	10 —	10	30 —