

何熙文 编

d

MCS-48 MCS-51

p

单片
微型计算机
原理
与
应用

大连理工大学出版社

单片微型计算机 原理与应用

何熙文 编著

大连理工大学出版社

MCS-48 MCS-51

单片微型计算机原理与应用

Danpian Weixing Jisuanji Yuanli yu Yingyong

何熙文 编著

大连理工大学出版社出版发行 (大连市凌水河)

大连水面舰艇学院印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $15 \frac{1}{4}$ 字数: 325千字

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数: 0001—2000册

责任编辑: 子 溢

封面设计: 姜严军

责任校对: 里 木

ISBN7-5611-0165-1/TP·14

定价: 3.14元

内 容 简 介

本书详细介绍了 MCS-48 及 MCS-51 系列单片微型计算机的工作原理、硬件结构、指令系统及编程和系统扩展的方法。针对单片机应用方面的实际问题，书中列举了许多应用实例及实用程序，这些例子与程序对开发利用 MCS 系列单片机有普遍的参考价值。

全书共分九章，前六章介绍 MCS-48 系列单片机硬件软件及应用方面的知识。后三章介绍 MCS-51 系列单片机方面的知识。

本书适合于从事单片机应用工作的工程技术人员阅读，也可作为大专院校有关专业的教材或用作培训班教材。

序 言

单片微型计算机的英语名称是Single-chip Microcomputer。众所周知,组成微型计算机离不开三要素:即中央处理单元(CPU)、内存贮器(M)和输入、输出接口(I/O口)。这三者之间由三条总线,即地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB)联系起来。而这三者本身都是相互独立成电路芯片。单片机则不同,它把这三者集中做在一块芯片上,即在同一块芯片上集成了中央处理单元(CPU)、随机存取存贮器(RAM)、只读存贮器(ROM)、各种输入和输出接口(PIO、SIO、CTC、ADC)等。可见,一片单片机的功能就相当于一台微型计算机的功能了。

回顾1974年单片机问世以来的历史:首先是美国Texas Instrument公司的4位单片机TMS1000面世。紧接着的是1976年美国Intel公司的8位单片机MCS-48系列研制出来。此后,1978年Motorola公司推出8位单片机MC6801;Zilog公司推出8位单片机Z8;Intel公司又推出8位单片机MCS-51系列。1983年以后,16位单片机也开始问世,如Intel公司的MCS-96系列、Mostek公司的MK68200等。除美国外,日本和西欧一些国家也生产一些单片机,这里就不一一列举。

单片机问世后的十余年来,以它的集成度高、小巧玲珑、使用方便、控制能力强、价格便宜等优点赢得了越来越

多的用户，应用领域日趋广泛。比如一些工业设备、机床、纺织机械、办公设备、家用电器等使用单片机构成智能产品；用单片机改造原有的测量、控制类仪器仪表，使之形成集测量、处理、控制功能于一体的智能仪表；用单片机构成各种工业过程控制系统、自适应控制系统、数据采集系统等；还可以用单片机在较大型的计算机系统中管理各种外部设备，减轻主机负担，形成各种智能接口。此外，目前也开始将单片机应用于计算机网络系统中，构成各种测、控子站系统。

单片机在诸多微型计算机品种中可谓最为物美价廉，因而大力推广单片机的使用非常适合我国国情。事实上，近年来许多高等院校和科研院所，在开发和研制单片机化的智能产品、智能仪表、过程控制系统、智能接口等方面成果颇多。各种电子技术方面的刊物，各种微型机应用交流、学术会议，对单片机的应用成果都时有介绍。这些成果的共同特点是：使用较少的研究经费，换来较高的经济、社会效益。这个特点有时甚至是其它多片微型机系统所不可比拟的。

在我国，目前使用最广泛、数量最大的单片机要算MCS-48系列。这个系列虽然有内存容量小等缺点，但其性能价格比仍优于其他品种，因而受到普遍欢迎。本书各章拟以介绍MCS-48系列为主，主要考虑到实用性强这一因素。此外使用的比较多的单片机还有MCS-51系列，它是MCS-48系列的增强型。其内存寻址空间可扩展到64K，指令功能更强，甚至有乘法和除法指令。只是目前价格高一些，使用受到一定的限制。本书也以一定的篇幅对MCS-51系列机做了介绍。16位的单片机象Intel公司的MCS-96系列也已引入

我国，它是目前世界上第一流的单片机品种，集成度最高（12万只管子/片），其中囊括了16位CPU、8KROM、232字节RAM（可扩展到64K）、高速I/O口、定时/计数器、全双工串行口、8路10位A/D转换和1路D/A转换、可编程的八级中断等。它的运算速度极高，在使用12MHz时钟工作时，65 μ s内能完成16位乘16位的乘法运算或32位除16位的除法运算。它的功能更强些。由于有了内部A/D和D/A转换器，可直接输入、输出模拟信号，可直接组成高精度的工业控制系统、高级智能仪器仪表。

单片机在今后的微型机应用中，无疑是举足轻重的，不可等闲视之。编写本书的目的就在于根据作者近年来从事教学和单片机科研的一些经验，尽量为读者提供些有参考价值的内容，以期更多的人掌握单片机的知识，出现更多单片机方面的科研成果。

在本书编写过程中，曾得到高铭学教授、谢昌田教授的支持和帮助，徐嘉琪、魏蕴慈也为本书做了一些有益的工作，在此表示衷心的感谢。由于作者水平所限，书中缺点、错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 著 者

1989年1月于大连理工大学

目 录

序言

第一章 MCS-48 系列单片机的硬件知识	1
1.1 MCS-48 系列单片机的性能	1
1.2 MCS-48 系列单片机的结构特点	2
1.3 内部结构框图	3
1.4 运算器	4
1.5 控制器	7
1.6 存贮器	10
1.7 程序计数器 PC、程序状态字 PSW 和堆栈	16
1.8 输入/输出接口	19
1.9 定时/计数器	24
1.10 中断逻辑	32
1.11 时钟	36
1.12 MCS-48 系列单片机的引脚功能	38
1.13 基本操作及定时	43
第二章 MCS-48 的指令系统	57
2.1 MCS-48 指令系统的分类和特点	57
2.2 指令系统的一些约定	60
2.3 指令系统说明	62
第三章 硬件的实用设计	114
3.1 单片机频率参考电路的设计	115

3.2	单独使用单片机的设计	117
3.3	外接程序存储器设计	121
3.4	外接数据存储器设计	130
3.5	输入/输出接口的扩展	135
3.6	显示器设计	152
3.7	键盘设计	158
3.8	打印机接口设计	163
第四章	汇编语言程序设计	167
4.1	汇编语言及程序格式	167
4.2	汇编语言伪指令	170
4.3	源程序汇编方法	172
4.4	基本程序的结构和设计	181
第五章	A/D与D/A转换器及其实用设计	218
5.1	A/D与D/A转换器的特性参数	219
5.2	A/D转换器及其实用设计	230
5.3	D/A转换器及其实用设计	250
第六章	单片机的应用设计实例	267
6.1	概述	267
6.2	硬件设计	271
6.3	系统软件编制及说明	279
6.4	程序清单	298
第七章	MCS-51 系列单片机的硬件知识	347
7.1	MCS-51 单片机的性能和特点	347
7.2	内部结构框图	350
7.3	内部结构分析	351

第八章 MCS-51 的指令系统	383
8.1 数据传送类指令组 (28条)	384
8.2 数据运算类指令组 (44条)	393
8.3 循环移位类指令组 (5 条)	397
8.4 位操作类指令组 (12条)	398
8.5 程序转移类指令组 (21条)	400
第九章 MCS-51 的实用设计	407
9.1 机内 CTC 的编程和应用设计	407
9.2 串行口的编程和应用设计	412
9.3 键盘、显示器接口设计	421
9.4 外接存储贮器设计	425
9.5 ADC 与 DAC 接口设计	431
附 录	434
附录 1 ASCII (美国标准信息交换码) 表	434
附录 2 MCS-48 指令的机器码表 MOT	436
附录 3 MCS-48 指令功能表	441
附录 4 8048H/8049H 指令定时 表 (20条指令)	454
附录 5 十六进制与十进制换算表	456
附录 6 单片机系统常用集成电路的引脚 及功能图	457
附录 7 MCS-51指令的机器码表	470
参考文献	476

第一章 MCS-48 系列单片机的硬件知识

本章将主要介绍MCS-48单片机的内部结构特点、各部分的组成及工作原理、外部引脚的定义及功能、定时关系等。对于已经具有 Intel 8080或 Z 80等 8 位微型计算机知识的读者，特别要注意了解 MCS-48 在硬件设计上的一些特点，以便为单片机的应用打下良好的硬件基础。

1.1 MCS-48系列单片机的性能

MCS-48 系列单片机的分类依据主要是片内 ROM 和 RAM 的容量不同。一类是片内无ROM型（使用时外接），另一类是片内只带掩膜 ROM 型（出厂前一次性固化），第三类是片内带EPROM型。ROM和RAM容量的大小也分三类如表1-1所示。

表 1-1

系 例	外接ROM型	ROM型	EPROM型	ROM容量	RAM容量
MCS-48	8035	8048	8748	1K	64 字节
	8039	8049	8749	2K	128字节
	8040	8051	8750	4K	256字节

表1-1中列出了从8035到8750九种MCS-48 系列单片机

型号，它们之间除了内存容量不同外，其它性能均相同。这些性能是：

1. 内部具有一个 8 位的 CPU 和单一内部总线；
2. 27 根 I/O 口线，其中有两个 8 位并行 I/O 准双向口；
3. 一个 8 位的定时/计数器；
4. 单级中断系统、两个中断源；
5. 内部时钟电路、外接 4~11 MHz 晶振；
6. 单一 +5 V 电源；
7. 统一的 96 条指令。

1.2 MCS-48 系列单片机的结构特点

性能是由结构决定的。在研究 MCS-48 系列单片机的内部结构之前，有必要先了解一下结构上的一些特点，这对于搞硬件设计是非常重要的。概括起来有如下五个方面：

1. I/O 接口在单片机内部。当单片机用作控制时，只需在其 I/O 管脚外增加驱动器即可。这样，既简化了用户的接口设计工作，又提高了处理速度。

2. 由于片内采用了准静态 RAM 作为数据存贮器，将 CPU 的寄存器组与随机存取存贮器合为一体，提高了访问速度。

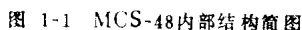
3. MCS-48 系列单片机的不同版本具有完全相同的封装，管脚信号全部兼容。用户更改单片机版本时，对印制版无需作任何变动和修改。

4. 程序存贮器采用体选方式。对数据存贮器地址分配

5. I/O 接口线一线多功能。这给用户设计带来灵活性。但由于这些功能往往互相排斥,具体使用时,要么选择定义,要么实行分时使用,需要特别加以注意。

MCS-48 的内部结构框图如图 1-1 所示。由图可见分七大部分。

1. 运算器。包括运算单元 ALU、累加器 A、标志寄存器 F、暂存器 T 和十进制调整单元等。
2. 程序存储器 (ROM 或 EPROM)。



3. 数据存储器 (RAM)。
4. 控制器。包括指令寄存及译码器、控制及定时逻辑等。
5. I/O接口。包括BUS口、并行 I/O 口 P1、P2 及定时/计数器。
6. 程序计数器PC。
7. 程序状态字PSW。

1.4 运 算 器

把运算器从MCS-48总框图分离出来，如图 1-2 所示。它的核心部件是算逻单元 ALU。围绕着它的有累加器 A、累加器锁存器、暂存器 T、标志寄存器 F、十进制调整单元。下面分述各部件的作用。

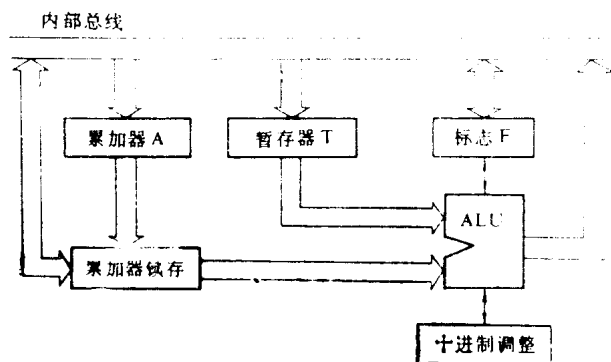


图 1-2 运算器框图

1.4.1 算逻单元ALU

它的核心是一个 8 位全加器。两个输入信号，一个来自

累加器A，另一个来自暂寄存器T。必要时由标志寄存器F的进位位CY送入进位信号。运算结果从ALU输出送到内部总线，进而送回累加器A或送入工作寄存器。单片机内的工作寄存器即是片内的数据存储器的一部分。

在控制器的操纵下，MCS-48单片机的ALU能执行如下一些操作：两数相加、加1、减1，10进制数调整、与、或、非、异或、清零、左移、右移等。

1.4.2 累加器A

累加器其实是一个8位寄存器，因为它常常存放相加结果，故称其为累加器。

学习后面指令系统时会加深累加器A重要性的理解。指令系统共有96条指令，其中半数以上涉及累加器A。所有数据传递、转移、交换都离不开累加器A；算术与逻辑运算的结果几乎都回送到累加器A；数据的移位与循环移位均是在累加器A中进行的；操作前必须将数据送至A；操作结果仍回送到A；与I/O接口打交道的输入、输出类指令的操作均是在累加器A与I/O接口之间进行的。输入指令的操作结果是将接口的数据输入到A累加器。单片机向接口输出数据时，必须经过累加器A才能输出。由此可见，累加器A是诸多寄存器中最繁忙的一个寄存器，也是最重要的一个寄存器。

1.4.3 暂寄存器T

它也是一个8位寄存器。其作用是暂存输入到ALU中去的信息，把ALU的输入数据与内部总线隔离开来。它对程序员是不可见的。

1.4.4 标志寄存器 F

它由数个触发器组成，用来存放 ALU 操作以后的一些状态，如是否为 0、符号、奇偶、进位、辅助进位、溢出等。往往根据这些状态作为程序设计时条件转移的判据。

单片机的标志寄存器不同于 Z-80 等微机系列，它对程序员是不可见的。为此在单片机中特别设计了可见的程序状态字 PSW。ALU 操作结果的某些状态会从标志寄存器转送到程序状态字中，程序可以从那里进行条件判转。标志寄存器中只剩下一个零标志，用来判断累加器是否为零。从而进行条件判转。

1.4.5 十进制调整单元

它只用于 BCD 码运算。当两个 BCD 码进入 ALU 进行加法运算时，ALU 只能按二进制相加。比如 $94 + 27$ ，本应等于 121，但 ALU 这样运算：

$$\begin{array}{r} 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ +\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1 \\ \hline 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1 \end{array}$$

ALU 运算结果为 BBH，这就不是 BCD 码了。因此要对 ALU 运算结果进行十进制调整。调整的步骤如下：

1. 先对累加器的低 4 位调整，当它大于 9 或辅助进位标志 $AC = 1$ 时，累加器内容加 6，即

$$\begin{array}{r} 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1 \\ +\ \quad\quad\quad 1\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1 \\ \quad\quad\quad AC \end{array}$$

2. 然后对累加器的高 4 位内容进行调整，当其内容大

于 9 或进位标志为 1 时，则对高四位加 6。

$$\begin{array}{r}
 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1 \\
 +\ 0\ 1\ 1\ 0 \\
 \hline
 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1 \\
 \text{CY}
 \end{array}$$

这样调整之后，A 累加器内容为 21，进位位 CY = 1，得到了正确的结果 121。

1.5 控 制 器

从总框图中拆出控制器部分，如图 1-3 所示。它包括指令寄存器、指令译码器、定时控制逻辑和条件分支转移逻辑。

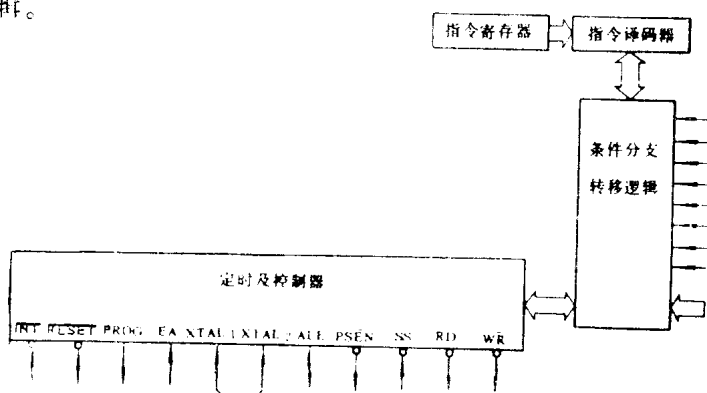


图 1-3 控制器框图

1. 指令寄存器

指令从程序存储器中取出后，经内部总线先送到此寄存