

单片微型计算机 及其应用

徐爱卿 孙涵芳 编著
盛焕鸣 张继志

编著

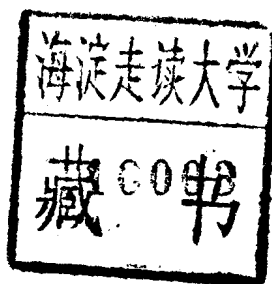
65432

北京航空學院出版社

TP368.1
XAR/2

单片微型计算机及其应用

徐爱卿 孙涵芳 编著
盛焕鸣 张继志



北京航空学院出版社

内 容 简 介

本书详细介绍了 MCS-48 系列单片微型计算机的硬件结构、工作原理、指令系统及系统的扩展方法。并以较大的篇幅叙述了关于单片机应用方面的问题,其中包括实用的程序、在测试和控制方面的应用实例。

书中关于智能仪表的阐述,特别是算法方面的介绍,具有普遍应用的价值。

本书还介绍了单片机系统的开发方法及开发工具——SCE-48 单片机开发装置。

本书适宜于从事测试与控制方面的工程技术人员阅读,也可作为大中专院校有关专业的教学参考书。

单片微型计算机及其应用

徐爱卿 孙涵芳 编著

戚焕鸣 张继志

责任编辑 张永湛 杨昌竹

北京航空学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京航空学院印刷厂排版

北京市昌平县振兴胶印厂

850×1168 1/32 印张:10 字数:251千字

1986年4月第一版 1987年4月第二次印刷 印数:9001-29000册

统一书号:15432·017 定价:2.45元

前 言

本书是作者在近年来从事单片微型计算机教学和科研工作的基础上编写的，目的在于较全面地介绍单片机的软硬件和它的应用。希望此书能成为从事微机应用，特别是单片机应用的科技工作者和大中专院校师生的一本有实用价值的参考书。

本书除了详细地介绍MCS-48系列单片机的硬件、指令系统和单片机系统中程序存储器、数据存储器 and 输入输出接口的扩展方法之外，还专辟一章介绍实用程序及程序的编写方法，这些程序大多经过运行，读者可以方便地引用。

智能仪表是单片机的一个重要应用领域，它的设计资料和专著所见至少。本书第五章则以较大篇幅阐述了微机化智能仪表的基本概念及算法问题。读者在读完这一章后，将得到有益的启发。第六章提供了单片机应用的部分实例，通过实例向读者展示出单片机在控制、测试和智能仪表等方面应用的潜力。第七章除对单片机化产品的开发方法和各种开发工具作了一些介绍外，专门叙述了北京航空学院研制的SCE-48单片机开发装置的功能和特点，它比Intel公司的PROMPT-48显然要强的多。

本书由徐爱卿主编并执笔编写了第一、二章。第三章由盛焕鸣执笔，第四、五章由孙涵芳执笔，第六章由徐、盛、孙合写，第七章由张继志执笔。刘绍瑜为本书编写了部分附录。

水平所限，缺点错误难免，恳请读者批评指正。

编 著 者

一九八五年七月 于北京航空学院

目 录

概 论

第一章 MCS-48单片机的硬件结构和工作原理

1.1	MCS-48 单片机的性能及结构特点	(4)
1.2	内部总体结构	(5)
1.3	MCS-48的引脚信号	(7)
1.4	运算部件	(12)
1.4.1	算术逻辑部件ALU	(13)
1.4.2	累加器、暂存寄存器和标志寄存器	(14)
1.4.3	十进制调整单元	(15)
1.5	程序计数器	(17)
1.6	程序状态字与堆栈	(18)
1.7	控制部件	(20)
1.8	存储器空间及存储器	(21)
1.8.1	程序存储器	(22)
1.8.2	数据存储器	(23)
1.9	输入/输出	(24)
1.9.1	准双向口P1	(24)
1.9.2	多用途准双向口P2	(26)
1.9.3	地址/数据分时复用的双向总线 BUS	(27)
1.9.4	测试输入线	(27)
1.10	中断	(28)
1.11	时钟和时序电路	(32)

1.11.1	电路的組成	(32)
1.11.2	指令周期和时序	(34)
1.12	定时器/計数器	(36)
1.12.1	三种工作方式	(37)
1.12.2	串行信号的生成方法	(37)
1.13	寻址方式	(39)
1.13.1	寄存器寻址	(39)
1.13.2	寄存器間接寻址	(40)
1.13.3	頁內直接寻址	(41)
1.13.4	指定区內的直接寻址	(41)
1.13.5	指定頁內間接寻址	(41)
1.13.6	立即寻址	(42)
1.14	工作方式	(43)
1.14.1	內部和外部存貯器执行方式	(43)
1.14.2	診斷方式	(44)
1.14.3	单步工作方式	(44)
1.14.4	掉电保护方式	(47)
1.14.5	待机方式	(48)
1.14.6	复位方式	(49)

第二章 MCS-48的指令系统及程序设计方法

2.1	MCS-48指令系统的特点和分类	(51)
2.2	指令系统和汇编語言的一般說明	(53)
2.3	数据传送指令	(57)
2.3.1	寄存器——累加器传送	(57)
2.3.2	数据存貯器——累加器传送	(58)
2.3.3	立即数传送	(59)
2.3.4	累加器——程序状态字传送	(60)

2.3.5	定时器——累加器传送.....	(61)
2.3.6	程序存储器——累加器传送.....	(61)
2.3.7	数据交换传送.....	(63)
2.4	输入输出指令.....	(65)
2.5	数据操作指令.....	(68)
2.5.1	算术操作指令.....	(68)
2.5.2	逻辑操作指令.....	(72)
2.6	控制指令.....	(80)
2.6.1	中断控制指令.....	(80)
2.6.2	定时器/计数器控制指令.....	(81)
2.6.3	时钟输出控制指令.....	(83)
2.6.4	工作寄存器区控制指令.....	(83)
2.6.5	存储器区控制指令.....	(84)
2.6.6	标志控制指令.....	(85)
2.6.7	空操作指令.....	(86)
2.7	程序转移指令.....	(87)
2.7.1	条件转移指令.....	(87)
2.7.2	无条件转移指令.....	(92)
2.7.3	子程序调用和返回指令.....	(94)
2.8	新增的指令.....	(97)
2.8.1	程序计数器低位送累加器.....	(97)
2.8.2	清累加器高位.....	(97)
2.8.3	内部数据寄存器减1.....	(98)
2.8.4	内部数据寄存器减1不为零转移.....	(98)
2.8.5	无条件页内转移.....	(98)
2.8.6	标志F0为零转移.....	(98)
2.8.7	标志F1为零转移.....	(99)
2.8.8	定时器标志TF为零转移.....	(99)

第三章 MCS-48系列单片机的系统扩展方法

3.1	系统扩展的一般说明	(100)
3.1.1	扩展的主要任务	(100)
3.1.2	扩展的主要途径	(100)
3.1.3	单片机的扩展能力	(102)
3.2	程序存储器的扩展	(102)
3.2.1	怎样外接程序存储器	(103)
3.2.2	常用的外接程序存储器芯片	(104)
3.2.3	单片机外接程序存储器的电路	(104)
3.3	数据存储器的扩展	(108)
3.3.1	怎样外接数据存储器	(108)
3.3.2	常用的数据存储器芯片	(109)
3.3.3	单片机数据存储器的扩展电路	(110)
3.4	输入输出接口的扩展	(112)
3.4.1	用8243扩展的输入输出接口	(113)
3.4.2	用总线扩展的输入输出接口	(115)
3.4.3	带联络信号的输入输出接口的 扩展	(119)
3.4.4	LED显示器与单片机的接口电路	(121)
3.4.5	键盘与单片机的接口电路	(123)
3.4.6	打印机与单片机的接口电路	(125)
3.4.7	A/D和D/A变换器与单片机的接口 电路	(127)

第四章 单片机的实用程序

4.1	单字节减法子程序SUB	(132)
4.2	双字节加法子程序DADD	(133)

4.3	双字节减法子程序DSUB.....	(134)
4.4	双字节加载子程序DLD	(134)
4.5	双字节存贮子程序DSTE.....	(135)
4.6	双字节交换子程序DEX.....	(136)
4.7	双字节逻辑左移子程序DLLSH.....	(136)
4.8	双字节逻辑右移子程序DRLSH.....	(137)
4.9	双字节算术右移子程序DRASH	(138)
4.10	单精度乘法子程序MULT	(139)
4.11	双精度乘法子程序DMUL	(141)
4.12	单精度除法子程序DIV.....	(142)
4.13	二进制/BDC 转换子程序 BTOD	(144)
4.14	BCD/二进制转换子程序 DTOB.....	(148)
4.15	3 $\frac{1}{2}$ 位A/D转换器输入子程序ADCIN.....	(151)
4.16	硬件译码的七段显示子程序HDISP.....	(153)
4.17	软件译码的七段显示子程序SDISP.....	(155)

第五章 智能仪表及其基本算法

5.1	智能仪表的基本功能.....	(158)
5.2	智能仪表中的函数运算.....	(159)
5.2.1	线性插值与抛物线插值.....	(160)
5.2.2	线性插值基点选取法.....	(164)
5.3	智能仪表静态误差修正法.....	(171)
5.3.1	传感器非线性误差的修正.....	(171)
5.3.2	传感器温度误差的修正.....	(173)
5.3.3	二元分段插值法修正非线性和温度 误差.....	(174)
5.3.4	曲面拟合法修正非线性和温度误差.....	(178)
5.3.5	零位补偿的基本原理.....	(179)

5.4	智能仪表中的实时计算方法	(180)
5.5	智能仪表中的显示单位变换	(184)
5.6	智能仪表的自动量程切换	(186)
5.7	智能仪表的自检与故障监控	(189)

第六章 单片机的应用实例

6.1	单片机控制的汽车加油站	(193)
6.1.1	系统的结构	(193)
6.1.2	系统的工作原理	(195)
6.2	单片机在软磁盘驱动器中的应用	(197)
6.2.1	磁头定位系统的组成	(197)
6.2.2	磁头定位系统的工作原理	(198)
6.3	声音电压表	(199)
6.3.1	系统的组成及工作原理	(199)
6.3.2	工作过程	(201)
6.3.3	程序流程	(202)
6.4	倒数定时器	(204)
6.5	智能压力计	(206)

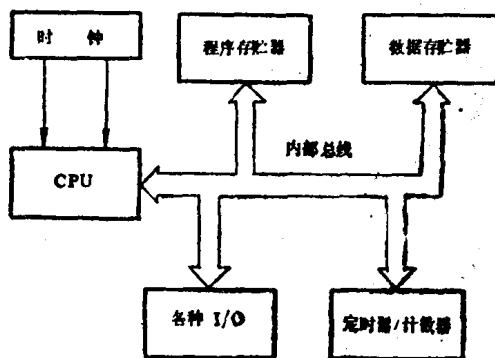
第七章 单片机的开发与开发工具

7.1	微机应用系统的一般开发过程	(210)
7.1.1	系统(产品)的总体方案论证	(210)
7.1.2	系统设计	(212)
7.1.3	硬件与软件开发	(213)
7.1.4	目标样机的调试	(215)
7.1.5	产品开发中的主要问题	(215)
7.2	微计算机开发工具	(217)
7.2.1	微型机开发系统(MDS)	(217)

7.2.2	主要的软件开发工具.....	(218)
7.2.3	在线仿真器 (ICE)	(220)
7.2.4	MDS的种类.....	(222)
7.3	单片机的开发.....	(223)
7.3.1	单片机开发的特点.....	(223)
7.3.2	单步控制电路.....	(224)
7.3.3	片内程序存储器的编程与校验.....	(226)
7.4	单片机开发工具.....	(231)
7.4.1	概述.....	(231)
7.4.2	PROMPT48 简介	(232)
7.4.3	SCE48单片机开发装置.....	(235)
附录 1	MCS-48 指令系统集.....	(245)
	按功能排列的指令表.....	(245)
	按字母顺序排列的指令表.....	(247)
	MCS-48 系列单片机指令矩阵表.....	(252)
附录 2	部分外国公司的单片机性能表.....	(254)
附录 3	A/D转换器.....	(255)
附录 4	单片机系统常用集成电路的引脚及功能图.....	(270)
附录 5	MCS-48 系列单片机专用扩展芯片.....	(285)
附录 6	十六进制-十进制整数转换表.....	(296)
附录 7	ASCII (美国信息交换标准码) 字符表.....	(308)
参考书目		(309)

概 论

单片机的全称为单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer) 或微型控制器 (Micro-Controller)。它在一块芯片上集成了中央处理单元 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、定时/计数器和多种输入/输出 (I/O)，如并行 I/O、串行 I/O 和 A/D 转换器等。就其组成而言一块单片机就是一台计算机。典型的结构如图所示。由于它具有许多适用于控制的指令和硬件支持而广泛用于工业控制、外设控制及顺序控制器中，所以又称为微型控制器。



典型的单片机结构图

单片机自问世以来，应用日趋广泛，性能不断提高和完善，能在很多使用场合取代现有的多片微处理机系统，而其性能价格比更为优越，体积、重量大为减小。它的中低档产品（如 MCS-48 系列）尤为智能仪表和控制器中的理想部件。单片机的潜在能力

已愈来愈为人们所注意。用 CMOS 工艺制成的各型单片机由于功耗低,使用温度范围大,能满足一些特殊的应用要求。

1976年9月 Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机。此后,1978年10月Zilog 公司推出Z8 型单片机。同期, Motorola 公司推出指令系统与6800微处理机兼容的单片机6801。以上均为8位机,从性能看,属于低中档。1980年Intel公司又推出了高性能的8位单片机 MCS-51 系列,包括8051/8751/8031等芯片。1983年该公司宣布16位的单片机 MCS-96 系列研制成功。可见,单片机的发展年代基本上与通用微处理机的发展相一致。随着集成工艺水平的提高,单片机的性能也不断提高。下面就单片机的发展和现状作一介绍。

到1978年为止世界各公司生产的单片机,受集成度的限制,一般的性能指标为:内存寻址范围小于4KB,只有并行的I/O口,片内的ROM 小于2KB, RAM 小于128字节,指令系统一般是专用的,与原有的微型机系列不兼容,但功能较强,并且指令的效率较高,多半是单字节指令。目前世界各国应用最广泛、产量最大的是这一类单片机。如在工业控制、汽车、智能仪器仪表和计算机外设控制器方面应用都很多。典型的产品有 Intel 公司的 MCS-48, Fairchild公司的F8, Mcstek公司的3870。其性能见附录1。

1978年到1983年期间一些高性能的8位单片微型计算机相继问世。这类单片机的寻址范围加大,可达到64KB~128KB,片内ROM 达到4~8KB,有可能把BASIC语言固化在片内。RAM 达128~256字节,片内除了有并行I/O,还有串行I/O,甚至还有A/D转换器。可见,这类单片机的功能更强,可适用于一些较复杂的系统中,如智能终端、局部网络接口等。典型的产品有 Intel公司的MCS-51、Motorola 公司的6801, Zilog 公司的Z8等。其性能见附录1。

1983年后,16位单片机逐渐问世。由于集成工艺水平的提高

高，有可能在一块芯片上集成十几万个管子，如Intel公司的MCS-96的集成度为12万管子/片。它的寻址范围为64KB，片内ROM 8KB，RAM 232字节，还有5个8位并行I/O口，4个全双工串行口，8级中断处理系统，4个16位可编程定时/计数器。68引脚的8096-A6内部有8个通道的10位A-D转换器。8096的指令系统能处理位、字节、字和双字的操作。采用12MHz主振，16位的加法运算时间为 $1\mu s$ ，16位 $\times$ 16位或32位/16位运算时间仅为 $6.5\mu s$ 。指令平均执行时间为 $1\sim 2\mu s$ 。由此可见，一块单片机的功能可以和一台多片机系统相媲美。

此外，在增强单片机通用I/O功能的同时，目前芯片设计上还致力于把一些专用的I/O功能集成在单片机上，如图形显示接口、Ethernet局部网络接口等。设计上，还采用条片式结构（Strip Chip Architecture），可把控制单元、寄存器、各种功能的I/O口、存储器都作成独立的条式硅片模块，然后根据用户的要求把不同的模块封结在一块芯片内。这种灵活组合的设计思想必将赋予单片机以极强的生命力。

可以说，在当今和未来的微型机应用中，单片机无疑会扮演一个重要角色。目前，在我国，一些采用单片机的智能仪器、银行记录器、微型打印机、粮棉售货机、小型的控制器、智能定时器等相继研制成功或推广应用。相信，不久的将来，会有更多的采用单片机的微机化产品。

本书各章中凡简称单片机者均系指MCS-48系列单片机。

第一章 MCS-48单片机的

硬件结构和工作原理

本章详细介绍MCS-48单片机的硬件结构及各部分的工作原理、各种工作方式、引脚定义、寻址方法等。

1.1 MCS-48 单片机的性能及结构特点

MCS-48单片机包括3个分系列。每个分系列分别有三种类型的芯片：片内带掩模只读存储器的、片内有可擦除可编程只读存储器（EPROM）的和片内没有只读存储器的。3种分系列之间的差别是片内ROM和RAM的容量互不相同。表1-1列出了9种MCS-48系列单片机的存储器配置情况。其它性能都是一样的。

表1-1 MCS-48 单片机存储器的配置

	ROM型	EPROM型	无ROM型	ROM	RAM
48	8048	8748	8035	1KB	64B
49	8049	8749	8039	2KB	128B
50	8050	8750	8040	4KB	256B

MCS-48系列单片机其它性能如下：

8位的CPU，单一的内部总线；

1个8位的定时器/计数器；

27根I/O口线；

单级中断系统、两个中断源；

4~11MHz 外部晶振，内部有时钟电路；

单电源 +5V，功耗为1.5W；

96条指令，其中70%以上为单字节指令，50%以上的指令执行时间为1个机器周期。

由此可知，它集成了一台计算机的基本部件，但是，芯片的外部引线却和普通微处理机芯片 CPU一样多，只有40条。功能多和引脚少的矛盾，在硬件设计上是通过一线多用的方法解决的。40条引脚中相当数量都具有两种或两种以上的用途。因此在设计单片机化的产品时，应灵活巧妙地应用它们，使单片机所提供的硬件资源得以充分合理的应用。

I/O 接口电路的设计充分考虑了在控制方面的应用。例如具有输出锁存的功能；可以按位分别定义8位口线中的每一位为输出或输入；对端口上的数据可以直接进行逻辑操作等。

采用 CMOS 工艺的单片机功耗很小。在 +5V 电源下，正常工作时为 12mA，待机方式时为 5mA。有的型号的单片机还有备用的电源输入线，当发生掉电时，接上备用电源（电池），可使内部RAM的内容不丢失，在这种工作方式下，采用 +2V 电源，消耗电流仅为 2 μ A。

1.2 内部总体结构

MCS-48 的内部总体结构框图如图 1-1 所示。从图中可以看到，ROM、RAM、I/O 接口、定时器/计数器、算术逻辑部件 ALU、指令寄存器 IR、程序计数器 PC 和程序状态字 PSW 等都挂在单一的内部总线上。在控制器和定时逻辑的控制下，各部分协调地按节拍工作。根据所执行的任务，可以把整个结构分为以下

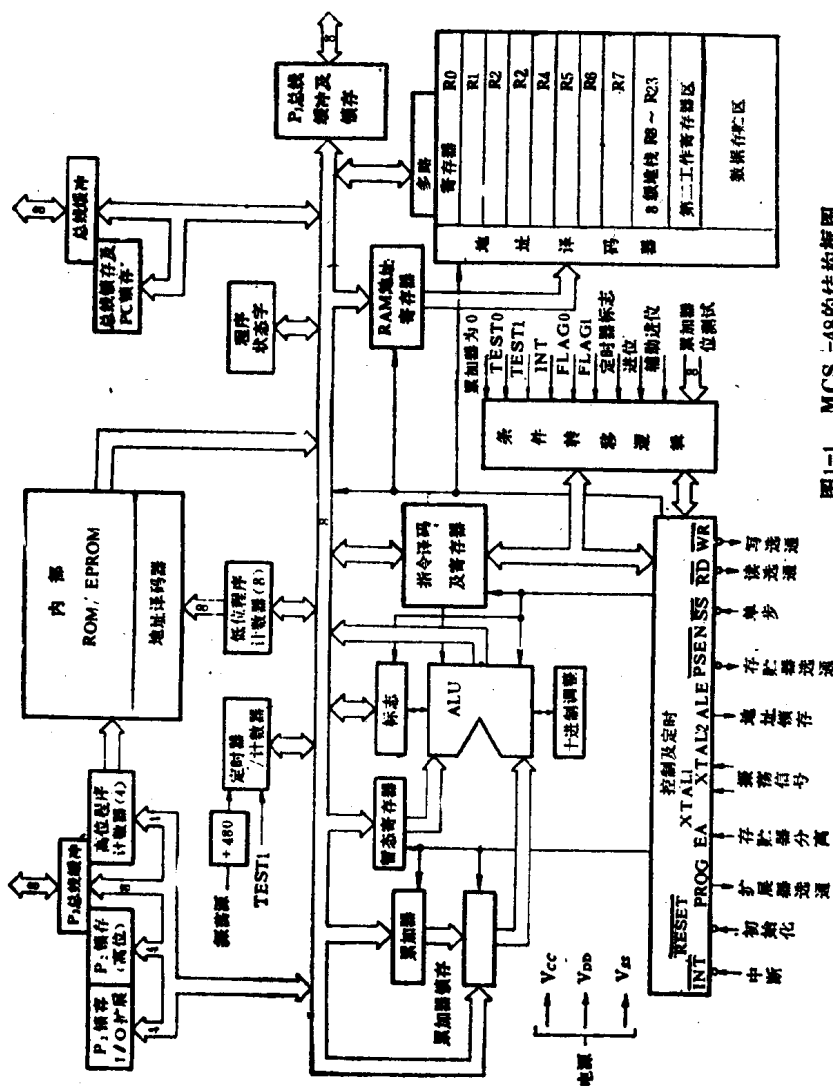


图1-1 MCS-48的结构框图