

单片机 及其 应用系统

盛翊智 余治安 编著

湖北科学技术出版社

5
5元

单片机及其应用系统

盛翊智 余治安 编著

湖北科学技术出版社

第九十反

单片机及其应用系统

盛翔智 余治安 编著

*

湖北科学技术出版社出版 新华书店湖北发行所发行

湖北科技出版社黄冈印刷厂印刷

850 × 1168毫米 32开本 8.75印张 212千字

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数：1—6 000册

ISBN 7—5352—0243—8 TP·5

统一书号：15304·169 定价：2.85元

前 言

自1946年第一台电子计算机问世以后,计算机主要是朝着大型和快速的方向迅猛发展。但是,从七十年代以来,由于大规模集成电路技术的发展,微型计算机异军突起,发展极为迅速。如今,用超大规模集成电路技术,在一小块硅片上就能集成一个可独立运行的计算机。在微型计算机中,由多个大规模集成电路芯片所组成的,称为多片机;由多个芯片布置在一块印刷电路板上所组成的,称为单板机;由多个具有各自功能的芯片集成在一块硅片上所组成的,则称为单片机。单片机体积小,重量轻,价格低廉,功能齐全,可靠性高,使用方便,已广泛应用于仪器仪表、家用电器、电子玩具、智能外设等行业之中。

特别是近年来,利用微电子学的最新成就,单片机进一步向高集成度、高性能、高速度、低功耗的方向飞速发展,其应用也逐渐扩大到复杂机器人、宇航设备、过程控制等实时性强、精度要求高的领域。就机器制造业而言,单片机体积微小的特点,便于实现机电一体化。在控制方面,单片机也独树一帜,大有向单板机和其它某些专用微机挑战并取而代之之势。因此,学习和掌握单片机,符合新技术的发展潮流,为各行各业,尤其是电子行业技术人员的当务之急。

阅读本书时,要求读者应具有微机的基础知识,并能阅读用汇编语言编制的程序。若读者已具有使用单板机的经验,那

掌握单片机的结构及指令系统，使用单片机便是轻而易举的事。

本书完成后，由武汉市微电脑协会理事长、华中工学院自动控制系瞿坦教授审稿，提出了宝贵的修改意见；谢自美副教授为本书提供了许多有用的资料，谨表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限，加之收集资料不全面，难免有疏漏谬误之处，敬请广大读者批评指正。

编 著 者

写于华中工学院

1985年10月

目 录

第一章 概 论	(1)
§ 1 · 1 单片机的基本结构单元	(1)
§ 1 · 2 单片机系列产品简介	(3)
§ 1 · 3 单片机的开发装置与开发步骤	(12)
§ 1 · 4 单片机的应用特点	(17)
§ 1 · 5 单片机的应用举例	(19)
第二章 MCS-48 系列单片机的片内结构和功能	(25)
§ 2 · 1 数据处理部件	(26)
§ 2 · 2 ROM 或 EPROM	(27)
§ 2 · 3 RAM	(29)
§ 2 · 4 I/O 接口	(32)
§ 2 · 5 程序计数器(PC)和程序状态字(PSW)	(35)
§ 2 · 6 中断系统	(38)
§ 2 · 7 定时/计数器	(42)
§ 2 · 8 时钟、定时线路	(43)
§ 2 · 9 引脚信号	(45)
第三章 MCS-48 系列单片机的指令分类及 编程举例	(49)
§ 3 · 1 MCS-48 系列单片机的指令分类	(49)
§ 3 · 2 编程举例	(58)

第四章 MCS-51 系列单片机的片内结构和功能 (67)

§ 4 · 1	时钟方式及 CPU 时序	(67)
§ 4 · 2	存储器	(70)
§ 4 · 3	并行 I/O 接口	(75)
§ 4 · 4	定时/计数器	(77)
§ 4 · 5	串行接口	(82)
§ 4 · 6	中断系统	(87)
§ 4 · 7	引脚信号	(91)

第五章 MCS-51 系列单片机的指令分类及

编程技术	(95)
------	------

§ 5 · 1	寻址方式及指令分类	(95)
§ 5 · 2	编程举例	(100)
§ 5 · 3	常用程序简介	(110)

第六章 MCS-96 系列单片机的片内结构和功能 (118)

§ 6 · 1	CPU 及基本时序	(119)
§ 6 · 2	存储器	(121)
§ 6 · 3	中断结构	(125)
§ 6 · 4	定时/计数器与高速 I/O	(129)
§ 6 · 5	并、串行 I/O 接口	(136)
§ 6 · 6	A/D 转换与脉宽调制(PWM) 输出	(141)
§ 6 · 7	复位和监视跟踪定时器(WDT)	(144)
§ 6 · 8	引脚信号	(147)

第七章 MCS-96 系列单片机的寻址方式及

程序设计	(153)
------	-------

§ 7 · 1	寻址方式	(153)
§ 7 · 2	中断程序设计	(159)
§ 7 · 3	输入/输出的程序设计	(162)
§ 7 · 4	程序设计举例	(165)

第八章 单片机常用芯片及功能扩展	(176)
§ 8 · 1 程序存储器扩展	(176)
§ 8 · 2 数据存储器扩展	(187)
§ 8 · 3 I/O 芯片—8243扩展	(196)
§ 8 · 4 A/D转换芯片及其扩展	(203)
§ 8 · 5 D/A转换芯片及其扩展	(209)
第九章 单片机的应用系统	(214)
§ 9 · 1 一片单片机组成的系统	(214)
§ 9 · 2 单片机组成的主 - 从式系统	(215)
§ 9 · 3 串行连接的双单片机系统	(219)
§ 9 · 4 多片单片机组成的多机系统	(228)
附 录	(237)
附录A MCS-48系列单片机指令及目的码	(237)
附录B MCS-51系列单片机指令及目的码	(247)
附录C MCS-96系列单片机指令系统	(258)
参考文献	(270)

第 1 章

概 论

所谓单片机,是指把计算机的组成单元,包括中央处理单元(CPU)、存贮器(RAM, ROM 或 EPROM)、输入/输出(I/O)接口、定时/计数器、时钟电路等,集成在一小块硅片上而组成的微型计算机。近年来生产的单片机,除数字量并行I/O接口外,还增添了串行I/O接口、模/数(A/D)转换接口等。可以说,单片机是超大规模集成电路工艺技术的结晶,它的出现使电子产品智能化水平有了大幅度的提高。

但是,单片机既无显示器,又无键盘输入,各种功能也有一定限度,要使之能随意应用,还必须进行应用系统的开发。只有使单片机的软、硬件与所应用的环境适应,单片机的功能才能得到充分的发挥。

§ 1.1 单片机的基本结构单元

一、中央处理单元(CPU)

与所有计算机一样,单片机的CPU由算术逻辑运算单元

(ALU) 和控制部件组成, 完成算术、逻辑运算, 控制协调各基本单元的操作和运转, 其结构因种类不同而异。与多片机比较, 单片机(MCU)的特点是, 专用寄存器较少, 没有明显分为地址总线 and 数据总线, 以及大量使用RAM中的固定单元作为特殊功能寄存器。

二、数据存储器 (RAM)

一般单片机片内RAM数量较少, 仅供CPU临时存放数据用。单片机RAM存放的数据在掉电时会全部丢失, 但因其易于存取, 故仍常用作存储可变数据。单片机RAM中留有一些单元作为工作寄存器, 还留有一定空间作为堆栈, 以存储供子程序调用的返回地址和中断时的机器状态。

三、程序存储器 (ROM或EPROM)

单片机的程序存储器与多片机的不同, 是一种只读存储器。多片机系统中的程序和数据可以一起分区存放于同一种存储器件中, 而绝大多数单片机中的程序和数据分成两部分独立地存放在器件 (ROM和RAM) 中; 单片机不能通过存储器访问指令来更改ROM中的内容。

根据单片机型号的不同, 有的单片机不带ROM或EPROM, 由用户在片外另加; 有的带有掩模编程的ROM, 或者带有可为紫外线擦除的EPROM; 还有的用背驮式封装的方法, 在芯片背面带EPROM插座, 供外插EPROM之用。

四、输入/输出接口

单片机都带有数量不等的I/O接口, 包括并行接口和串行接口。在并行I/O接口线中, 有可编程的双向I/O接口线, 也有单向I/O接口线。前者可用软件规定它是作输入还是输出, 后者则

仅作输入或输出。有的单片机，带有串行接口，可串行接收或发送数据。还有的单片机，带有模/数(A/D)或数/模(D/A)转换器。与多片机一样，单片机的每一个I/O接口中，可能有多个功能各异的端口(port)。

此外，单片机中还有完整的中断、时钟电路以及定时/计数器等。单片机基本结构如图1.1所示。

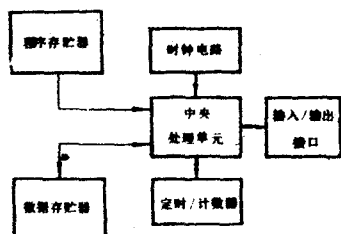


图 1.1 单片机基本结构

§ 1.2 单片机系列产品简介

一、F8 (3870) 系列单片机

问世最早的8位单片机，是仙童(Fairchild)公司1974年11月推出的F8单片机。它仅由CPU、64字节RAM和两个并行I/O接口组成。严格说来F8尚不是一个完整的单片机。后来，Mostek公司和仙童公司共同在F8的基础上，增加一块3851(1k ROM、一个定时/计数器和两个并行端口)所生产的3870才是真正的单片机。由于3870仍执行F8的指令，这个系列的单片机就称为F8(3870)。其性能见表1.1。

表 1.1 F8 (3870) 系列单片机

性能 型 号	存 贮 器 (片 内)			定时/ 计数器	输入/输出		外中断	注
	ROM	EPROM	RAM		并 行	串 行		
3870	1k~4k	无	64	1	4×8位	无	1	CMOS
38E70	无	2k	64	1	4×8位	无	1	
38P70	无	无	128	1	4×8位	无	1	
38C70	2k	无	64	1	4×8位	无	1	

表 1 · 1

F 8 (3870) 系列单片机

续上表

性 能 型 号	存 贮 器 (片 内)			定时 / 计数器	输入 / 输出		外中断	注
	ROM	EPROM	RAM		并 行	串 行		
3872/42	4k	无	128	1	4×8位	无	1	扩充I/O 半双工
3871	无	无	无	1	2×8位	无	1	
3873	1k~2k	无	64	1	3×8位 1×5位	1	1	
3875/42	2k~4k	无	128	1	4×8位 2×8位	无	1	

下面以F 8 (3870) 中的3870为例, 说明该系列单片机的内部结构和特点。

1. RAM 和 ROM

在3870单片机上, 有一个64字节的RAM和一个2k字节的ROM。RAM和ROM用完全不同的指令来寻址。在RAM中, 前12个单元可直接寻址, 故可作第二累加器用, 而其余的RAM存储单元则通过间址寄存器ISAR间接寻址。为了对ROM进行寻址, 设有四个寄存器, 即: 程序计数器PC, 指向将要执行的下一条指令地址; 堆栈寄存器P, 在中断处理或调用子程序时, 用以存放程序计数器的内容; 另两个是数据计数器DC和DC₁, 作为ROM存储器的间接寻址寄存器, 且具有自动加1操作功能, 便于处理数据表。

2. I/O 接口

3870单片机的并行I/O接口有P₀、P₁、P₄、P₅等四个8位双向端口, 共32条线。其中, P₀、P₁端口为标准TTL输出型, P₄、P₅端口可任意选定为标准TTL型、驱动器型或开路门型。如需扩充外部接口, 可用多路开关选通端口P₅进行扩充。这样, 3870为用户提供了很强的输入、输出能力。

3. 定时/计数器

3870单片机有一个8位二进制定时/计数器, 可工作于三种方

式。(1) 内部定时方式: 时钟信号由分频器送往定时/计数器。这时, 可通过编制程序控制定时/计数器的启动与停止, 也可通过控制分频器的分频比, 来改变定时/计数器的速率。(2) 脉冲宽度测量方式: 定时/计数器用来测量外部脉冲波形的时间宽度, 也可以通过编制程序, 控制分频器的分频比, 来改变其速率。

(3) 外部事件计数方式: 在软件的控制下, 定时/计数器可对外部事件进行计数。

4. 中断与时钟电路

3870备有外部中断请求线, 可供用户使用。内部中断和外部中断分别有各自的中断向量地址。当内部中断和外部中断同时出现时, 对内部中断优先作出响应。

3870具有一个片内的时钟电路, 只要在片外配以石英晶体(1~4 MHz)或RC、LC振荡电路即可工作。在必要时, 也可由外部输入时钟脉冲信号。

5. 指令系统

3870单片机的指令系统与通常的微机指令系统有很大的不同。它是按照3870独特的硬件及寻址方式设计的。其指令多为单字节, 部分为双字节及三字节, 包括累加器操作、存储器操作、寄存器操作、立即数操作、转移分支、中断操作、输入、输出操作等有关指令70余条。

F8(3870)因为开发早, 容量较大, 所以已广泛用于电子炉、彩色频道自动转换开关和家用洗衣机等领域。

二、TMS系列单片机

Texas仪器公司共有4位、8位、16位三种TMS系列单片机。

1. 4位单片机

Texas仪器公司生产的TMS-1000系列单片机是一个完整的4位单片机系列, 见表1·2。

表 1 · 2 TMS-1000 系列单片机

性能 型号	存储器 (片内)		I/O 线	引 出 脚
	ROM	RAM		
1000	1k	64 × 4 位	23	28
1200	1k	64 × 4 位	25	40
1100	2k	128 × 4 位	23	28
1300	2k	128 × 4 位	28	40
1400	4k	128 × 4 位	23	28
1600	4k	128 × 4 位	23	40
1000C	1k	64 × 4 位	22	28
1200C	1k	64 × 4 位	33	40

该系列单片机算术逻辑单元 (ALU) 为 4 位, 带有 128 × 4 位 RAM 和 2 k 字节 ROM (1k 或 4k), 共计 22~33 条 I/O 线, 并设一级中断和时钟电路等。其特点是: 数据按 4 位并行输入, 按 8 位、11 位、13 位方式并行输出; 能提供多种控制信号, 内部由可编程逻辑阵列 (PLA) 译码, 这既便于保密, 又可代替大量的 ROM, 为响应组合输入信号提供输出信号; 产品系列化, 拥有 TMS-1200、TMS-1200C、TMS-1000C 和双倍存储容量的 TMS-1000、TMS-1300 等产品。

2. 8 位单片机

Texas 仪器公司 1981 年推出其第二代单片机, 即 TMS-7000 系列单片机, 见表 1 · 3。

表 1 · 3 TMS-7000 系列单片机

性能 型号	存储器 (片内)		定时/ 计数器	I/O 接口		中断源	引出 脚数
	ROM	RAM		并行 (线)	串行 (个)		
7000	无	128 × 8	1	32	无	4	40
7001	无	128 × 8	2	32	1	4	40
7020	2k	128 × 8	1	32	无	4	40
7040	4k	128 × 8	1	32	无	4	40
7041	4k	128 × 8	2	32	1	6	40
70120	12k	128 × 8	1	32	无	4	40

TMS-7000 系列单片机的重要特点, 是其微程序可编程特性所具有的灵活性。在应用中, 这种特性既提高了该系列单片机的运算速度和能力, 又使有限的程序存储器得到有效使用。

3. 16位单片机

Texas仪器公司TMS-9940为16位单片机, 内有一个1k字节的ROM和一个64字节的RAM。TMS-9940的一个特点, 是RAM分成四个工作区, 每区均可分配给一项工作任务。在处理多重任务时, 只需用开关从一个工作区转换到另一个工作区, 就能迅速执行另一任务。

TMS-9940 配有32条I/O线, 必要时还可直接扩充到256条, 因而其输入、输出能力较强。

TMS-9940 片内还有一个14位二进制定时/计数器。用于中断的四个固定向量地址, 一个供给定时/计数器, 两个供给外部中断; 还有一个供给可屏蔽的中断机构。

TMS-9940 的指令功能较强, 编址方式也多样化, 但存储器的容量较小, 限制了功能的选择。

三、Z8系列单片机

Zilog公司的Z8系列单片机自1978年10月投入市场以来, 已形成系列产品。根据封装形式、片内存贮容量大小及I/O接口的多少, 可把Z8分为Z860X系列和Z861X系列($x=0, 1, 2, 3$)。表1·4所示为Z8系列单片机的主要性能。

表1·4 Z8系列单片机

性能 型号	封装形式			存储器(片内)		输入/输出		定时/ 计数器	中断源
	40引脚	64引脚	封装	ROM	RAM	并行	串行		
Z860X	Z8601	Z8602	Z8603	2k	128字节	4×8位	1	2×8位	6
Z861X	Z8611	Z8612	Z8613	4k	128字节	4×8位	1	2×8位	6
Z8681/2				无	124字节	4×8位	1	2×8位	6
Z8671	Z8671			固化 BASIC	124字节	4×8位	1	2×8位	6
Z809X	Z8090	Z8091/2	Z8093/4	2k	256字节	4×8位	无	2×8位	6

1. 片内ROM和RAM

Z8的片内ROM为16k位，故可扩展寻址达64k；前2k（或4k）字节空间为片内ROM区域，最低端的12字节为六级中断向量地址。

Z8片内的144字节RAM，被分为9块，每块16字节。片内RAM是采用专门寄存器指针RP（Register Pointer）和指令进行组合寻址的，RP指出高4位地址（即块号），指令码给出低4位地址（即块内16个寄存器序号）。

2. 串行I/O接口

Z8片内的通用异步接收发送器（UART），具有串行通讯功能。不用CPU干预，传送数据的速率可达62k位/秒。

3. 定时/计数器及中断源

Z8单片机的两个8位定时/计数器，每个都带有6位预计数器。

Z8有六个中断源，其中三个分别用作片内的端口P₃的输入、定时/计数器和串行接口的输入输出，另三个对外开放。

4. 指令特点

Z8有寄存器寻址、寄存器间接寻址、立即寻址、直接寻址、相对寻址、变址和组合寻址等六种寻址方式，连同47种基本指令在内，共引出129条指令。这些指令分成单字节指令、双字节指令和三字节指令三种，大多数指令的执行时间为6~10个时钟周期。

Z8由于功能较强，灵活性高，故可方便地应用在外设控制、智能仪表、工业控制、家用计算机和构成简易的局部网络系统方面。

四、MC系列单片机

Motorola公司的MC6801、MC6805系列单片机都为8位单片机。其中，MC6805属于高性能8位单片机。

1. MC6801 系列单片机

MC6801 系列单片机是 Motorola 公司 1979 年的系列产品, 其种类及性能见表 1 · 5。

表 1 · 5 MC6801 系列单片机

性能 型号	存储器 (片内)			定时/ 计数器	I/O 接口		A/D (通道×位)	引出 脚数
	ROM	EPROM	RAM		并行(线)	串行(个)		
6801	2k	无	128字节	1×3 功能16位	29	1	无	40
68T01	无	2k	128字节	1×3 功能16位	29	1	无	40
6803	无	无	128字节		29	1	无	40
6801V1	4k	无	128字节	1×3 功能16位	29	1	无	40
6801M1	无	无	128字节	1×3 功能16位	29	1	无	40
68HC11	4k	无	256字节		29	2	8×8	40

MC6801集中了 Motorola 公司其它一些芯片的功能, 还与 M6800 微处理器兼容, 并可与任意外围芯片相互配用。这类单片机除使用 M6800 微处理器的 72 条指令外, 另新增加 16 条指令 (包括乘法指令)。

2. MC6805 系列单片机

根据内存容量的大小、I/O 接口的多少以及是否具有附加功能 (如 A/D 转换等), 可把 MC6805 系列单片机分为十一个品种, 其性能如表 1 · 6 所示。

表 1 · 6 MC6805 系列单片机

性能 型号	存储器 (片内)			双 向 输入/输出	非 双 向 输入/输出	模 拟 量 输入(A/D)	引出 脚数	
	ROM	EPROM	(字节) RAM					
6805P2	1.1k	无	64	20	无	无	28	
6805V2	2k	无	64	24	8	无	40	
6805R2	2k	无	64	24	6	4	40	
68705P3	无	1.8k	112	20	无	无	28	
6805R3	3.8k	无	112	24	6	4	40	