

单片微型计算机

SMC

单片微型计算机

古天祥 汪亚南 编著

成都电讯工程学院出版社

· 1989 ·

内 容 提 要

本书在介绍单片机的特点、发展和应用概况的基础上,详细介绍了MCS-48系列单片微型计算机的原理、结构、指令、接口。并以较大的篇幅叙述了单片机的逻辑功能和运算功能,其中包括以软件代替硬件的原理、测量及控制中的若干基本算法和实用程序,最后列举了一些应用实例。

本书可作为大专院校从事测量与控制、微机应用等的有关专业的教学参考书,也适宜从事单片机应用与开发的工程技术人员阅读。

单 片 微 型 计 算 机

古天祥 汪亚南 编著

成都电讯工程学院出版社出版

四川省青神县印刷厂印刷

四川省新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 19.50 字数 444千字

版次 1989年1月第一版 印次 1989年1月第一次印刷

印数, 1—8000册

中国标准书号 ISBN 7-310-0059-1/TP·6

(15452·43)

定价: 5.85元

前 言

单片微型计算机自问世以来,由于它具有集成度高、体积小、功能强、通用性好、可靠性高、价格低廉、使用方便等特点,应用十分广泛,已成为当前微型计算机的一个重要机种。

单片机是在一块芯片上构成了一台计算机,包含有中央处理器、数据存储器、程序存储器、定时器/计数器、时钟电路以及输入/输出接口电路等,有的还配有通用异步接口(UART)、模/数转换器。单片机的设计充分考虑到控制上的需要,它独特的硬件结构、高效的指令系统和多种I/O能力,提供了许多十分有效的控制功能,故单片机又称为微控制器。它既有逻辑操作和位处理功能,又有二进制及BCD码运算能力,因而既是一种高效能的过程控制机、又是有效的数据处理机。它很容易使各种机电产品智能化、过程控制自动化,在不显著增加产品体积、耗电和成本的情况下,大大增加了产品的功能,提高了产品的性能,收到极为显著的效益。

短短的十年中,单片机已经历了四位机、八位机到十六位机的发展历程。它的品种愈来愈多,性能愈来愈完善。各种系列、各种档次的单片机,可供用户随心所欲地选用。随着性能的提高和功能的增强,单片机的应用领域已不限于简单廉价的小系统,它不仅广泛用于家用电器、机电产品、智能仪器、办公自动化装置和工业控制设备,而且在智能终端、家用计算机、智能机器人、局部网络接口等领域,也获得愈来愈广泛的应用,单片机的应用受到人们的极大关注,广大工程技术人员迫切需要掌握单片机的原理,以便把它有效地应用到自己从事的技术领域中。

本书全面系统地介绍单片机的基本原理、硬软件设计及应用特点,以便于帮助读者尽快地了解单片机,促进单片机的推广应用。

本书共分七章。第一章介绍单片机的发展和应用概况,使读者对单片机有一个较全面的了解。在此基础上,再深入了解一种类型的单片机。编者选择了目前国内广为流行的一种简单且有代表性的八位单片机系列——MCS-48系列单片机,进行详细的讨论。第二、三、四章详尽地介绍了MCS-48系列单片机的工作原理、硬件结构和指令系统,阐述中力求突出单片机的特点,紧密结合实例。根据编者的体会,编写了第五、六章内容,专门介绍单片机的逻辑与运算功能,集中讨论了以软件代替硬件的原理和实现各种逻辑部件功能的编程。读者从这些章节的学习中,可以比较清楚地了解单片机在过程控制中的作用及基本应用技巧。最后一章介绍了几个单片机的应用实例,目的在于帮助读者了解单片机的应用潜力,从实例中得到有益的启发。本书在编写上力求做到概念清楚、深入浅出、适于自学、便于应用。

继本书之后,编者准备再写一本介绍高档八位和十六位单片机原理及应用方面的书,作为本书的续篇。

本书的第一、二、三、四、五章由古天祥同志编写,第六、七章由汪亚南同志编写。全书由郭成生教授审阅。

由于编者水平有限,书中内容难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 单片微型计算机概论

§ 1-1 单片微型计算机的发展

概况..... (1)

- 一、单片微型计算机的组成..... (1)
- 二、单片机的发展历史..... (1)
- 三、单片机的分类..... (3)

§ 1-2 四位单片机简介..... (8)

- 一、四位单片机的特点..... (8)
- 二、典型四位单片机系列的简介..... (10)

§ 1-3 八位单片机简介..... (13)

- 一、MCS-48、MCS-51系列八位单片机..... (13)
- 二、Z8 系列八位单片机..... (15)
- 三、MC6801、MC6805系列八位单片机..... (16)

§ 1-4 十六位单片机简介..... (19)

- 一、MCS-96系列十六位单片机..... (19)
- 二、高档单片机特性..... (23)

§ 1-5 专用型单片机简介..... (24)

- 一、INTEL2920 单片信号处理机..... (24)
- 二、TMS320系列通用信号处理机..... (29)

§ 1-6 单片机的应用..... (32)

- 一、应用范围..... (32)
- 二、应用要点..... (33)
- 三、应用实例..... (34)

第二章 MCS-48单片机的硬件结构

§ 2-1 MCS-48系列单片机的

概况..... (35)

- 一、MCS-48系列单片机的结构框图..... (35)
- 二、MCS-48系列单片机的特性..... (35)
- 三、MCS-48系列单片机的型谱..... (37)

§ 2-2 MCS-48 单片机的引线

功能..... (39)

- 一、电源线..... (39)
- 二、晶体振荡输入线..... (39)

三、通用输入/输出口线..... (39)

四、控制线..... (40)

§ 2-3 中央处理单元(CPU)..... (41)

- 一、运算器..... (41)
- 二、控制器..... (42)

§ 2-4 存贮器..... (43)

- 一、单片机的存贮空间配置..... (43)
- 二、程序存贮器..... (43)
- 三、数据存贮器..... (44)

§ 2-5 程序计数器(PC)和程序

状态字(PSW)..... (46)

- 一、程序计数器..... (46)
- 二、程序状态字..... (46)

§ 2-6 输入/输出口..... (47)

- 一、准双向口P1和P2..... (47)
- 二、双向总线BUS(P0口)..... (49)
- 三、测试输入线T0、T1和INT..... (50)

§ 2-7 中断..... (50)

- 一、中断逻辑组成框图..... (51)
- 二、外部中断的响应..... (52)
- 三、内部中断的响应..... (52)
- 四、单级中断的特点..... (52)
- 五、对INT信号的要求..... (53)

§ 2-8 定时器/计数器..... (54)

- 一、计数器的基本功能..... (54)
- 二、定时器方式..... (55)
- 三、外部事件计数方式..... (55)
- 四、串行信号的产生..... (55)

§ 2-9 时钟和时序电路..... (56)

- 一、电路的组成..... (56)
- 二、MCS-48单片机的时序..... (57)

§ 2-10 MCS-48 单片机的其它

功能..... (58)

- 一、复位..... (58)
- 二、单步..... (60)

三、掉电保护	(62)
四、外部程序存储器的访问	(63)

第三章 MCS-48指令系统

§ 3-1 概述 (64)

一、指令的一般概念	(64)
二、指令的分类	(64)
三、指令的格式	(65)
四、MCS-48指令系统的特点	(66)

§ 3-2 MCS-48指令系统的寻址

方式 (66)

一、对RAM的寻址方式	(66)
二、对ROM的寻址方式	(67)

§ 3-3 数据传送指令 (69)

一、数据存储器-累加器的传送	(70)
二、立即数传送	(71)
三、定时器、程序状态字-累加器的 传送	(72)
四、程序存储器-累加器传送	(73)
五、数据交换传送	(74)
六、输入输出指令	(75)

§ 3-4 数据处理指令 (77)

一、算术操作指令	(77)
二、逻辑操作指令	(80)

§ 3-5 状态控制指令 (84)

一、中断控制指令	(84)
二、定时器/计数器控制指令	(84)
三、时钟输出控制指令	(85)
四、工作寄存器组控制指令	(86)
五、存储器区控制指令	(86)
六、空操作指令	(86)

§ 3-6 程序转移指令 (87)

一、转移指令	(87)
二、子程序调用与返回	(91)

§ 3-7 新增加的指令 (93)

§ 3-8 MCS-48指令系统小结

(94)

一、指令系统表	(94)
二、MCS-48指令系统的特点	(95)

第四章 MCS-48的系统扩展方法

§ 4-1 系统扩展的概述 (99)

一、扩展的对象	(99)
---------	------

二、MCS-48的扩展能力	(100)
三、常用的扩展方法	(100)

§ 4-2 程序存储器的扩展 (101)

一、扩展的基本考虑	(101)
二、外扩程序存储器的原理	(102)
三、4K×8程序存储器的扩展电路	(103)
四、关于外接程序存储器的寻址问题	(104)

§ 4-3 数据存储器扩展 (106)

一、外接数据存储器的基本方法	(106)
二、访问外接RAM的指令及读/写 时序	(107)
三、容量超过256字节的外接RAM的连 接及寻址	(108)

§ 4-4 用8243的I/O口扩展 (110)

一、8243I/O扩展器简介	(110)
二、单片机与8243的连接	(111)
三、8243的功能	(111)
四、单片机与8243的工作时序	(112)
五、多片8243的扩展方法	(114)
六、使用8243I/O扩展器的几点说明	(115)

§ 4-5 用TTL(或CMOS)电路

扩展I/O口 (115)

一、利用P2口进行扩展	(116)
二、利用BUS口进行扩展	(119)

§ 4-6 用标准MCS-80/85外围

器件的I/O扩展 (124)

一、8755的扩展	(125)
二、8155的扩展	(126)
三、同时扩展8755和8156的MCS-48系 统	(130)
四、8255的扩展	(132)
五、8251的扩展	(133)
六、8253的扩展	(134)

§ 4-7 带外围设备的扩展方法 (134)

一、键盘与单片机的接口电路	(134)
二、LED显示器与单片机的接口电 路	(136)
三、打印机与单片机的接口电路	(138)
四、D/A转换器与单片机的接口电 路	(140)

二、BUS和P2口的特性小结	(155)
三、控制信号小结	(156)
四、存储器体的切换	(157)

第五章 单片机的逻辑功能及其应用

§ 5-1 基本门电路及组合逻辑电路

功能的程序模拟

一、基本门电路	(158)
二、组合逻辑电路	(160)
三、程序逻辑模拟在工业控制中的应用	(162)

§ 5-2 软件译码器、编码器、码

制变换器及其应用

一、软件译码器	(163)
二、译码显示应用实例	(167)

§ 5-3 触发器的程序模拟

一、单片机对外部状态的检测	(171)
二、R-S触发器	(175)
三、计数触发器	(176)
四、T触发器	(178)
五、D触发器	(182)
六、J-K触发器	(184)
七、单稳态触发器	(187)

§ 5-4 软件计数器及其应用

一、软件计数器	(189)
二、电子计数器测频功能的软件模拟	(193)

§ 5-5 逻辑模拟在控制与测量中

的应用

一、装箱的自动控制	(197)
二、城市交通红绿灯的控制	(199)
三、软件控制比较式A/D转换过程	(202)
四、软件控制双斜式A/D转换过程	(205)
五、软件产生多波形和复杂图形	(208)

第六章 单片微型计算机的运算功能及基本算法

§ 6-1 二进制数概述

一、无符号数与带符号数	(215)
二、定点数与浮点数	(220)

§ 6-2 二进制数的四则运算

一、二进制加法运算	(224)
-----------	-------

二、二进制减法运算	(224)
三、二进制乘法运算	(224)
四、二进制除法运算	(227)

§ 6-3 定点数算术运算的程序

设计

一、定点数的加减法运算	(230)
二、定点数的乘除法运算	(237)
三、定点数四则运算的数据修正	(242)

§ 6-4 浮点数运算的程序设计

.....

一、浮点数的规格化处理	(243)
二、规格化处理程序流程图	(243)
三、浮点数运算规则	(244)

§ 6-5 二进制编码的十进制数

运算

一、二—十进制码(BCD码)表示法	(247)
二、二—十进制数加法运算	(248)
三、二—十进制数减法运算	(249)
四、编程举例	(250)

§ 6-6 常用基本算法

一、幂级数展开法	(255)
二、牛顿迭代法	(257)
三、线性插值法	(258)
四、抛物线插值法	(260)

§ 6-7 基本函数运算

一、平方根运算	(262)
二、指数函数运算	(264)
三、对数函数运算	(266)

§ 6-8 运算功能在智能仪器中

的应用

一、随机误差的处理	(267)
二、系统误差的处理	(268)

第七章 单片微型计算机的应用

§ 7-1 单片机应用概述

§ 7-2 智能计时器

一、硬件组成	(275)
二、软件设计	(276)

五、A/D转换器与单片机的接口电 路.....	(147)
§ 4-8 系统扩展小结.....	(154)
一、MCS-48系统扩展概要图.....	(154)
§ 7-3 丝锭转速自动巡回检测装 置.....	(277)
一、系统组成.....	(277)
二、工作原理.....	(277)
§ 7-4 单片机实现仪器——计算 机接口.....	(278)
一、接口功能.....	(278)
二、接口的硬件设计.....	(278)
三、接口的软件设计.....	(281)
§ 7-5 智能数字式RLC测量仪	(282)
一、测量原理.....	(283)
二、智能RLC测量仪的特点.....	(284)

三、硬件结构.....	(285)
四、误差估计.....	(278)
五、软件设计.....	(287)
§ 7-6 远距离数据采集及控制系 统.....	(288)
一、未使用单片机的数据采集系统.....	(288)
二、RAMDACS系统.....	(289)
三、系统结构框图.....	(289)
§ 7-7 微型点阵式打印机.....	(290)
一、T ₈₀₀ 微型打印机的特性.....	(290)
二、T ₈₀₀ 打印机的硬件原理.....	(291)
三、单片机的子程序.....	(293)
四、打印机与计算机的接口电路.....	(294)
五、T ₈₀₀ 的控制程序.....	(294)
附录.....	(296)
参考文献.....	(304)

第一章 概 论

§ 1-1 单片微型计算机的发展概况

一、单片微型计算机的组成

一个最基本的微型计算机由下面几个部分组成:

- (1) 中央处理单元 (CPU), 包括运算器、控制器和寄存器;
- (2) 存贮器, 包括程序存贮器 (ROM) 和数据存贮器 (RAM);
- (3) 输入/输出 (I/O) 接口, 分并行 I/O 接口和串行 I/O 接口两种方式。

随着大规模集成电路技术的发展和计算机微型化的需要, 把上述的基本功能部件, 全部集成在一块半导体芯片上, 这种集成电路芯片被称为单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer 或 One-Chip Microcomputer), 简称单片机。这样一来, 一块集成电路芯片就是一台微型计算机, 它包括了一般的微型计算机所具备的基本功能。除此以外, 为了增强实时控制能力, 绝大多数单片机的芯片上还集成有定时器/计数器, 部分单片机还集成有 A/D 转换器等功能部件。由于单片机内部具有如此之多的功能部件, 从某种程度上讲, 一块单片机就具有相当于一台单板机的功能, 只要配合适当的外部设备, 就可以构成一个实用的系统, 满足各种应用领域的需要。

由于单片机的集成度高、功能强、通用性好, 且具有体积小、功耗低、价格便宜、可靠性高、抗干扰能力强和使用方便等独特优点, 它很容易使各种机电产品智能化、过程控制自动化, 从而在不显著增加产品的体积、耗电和成本的情况下, 大大增加产品的功能, 提高了产品的性能, 收到极为显著的效益。

单片机的设计是充分考虑了控制上的需要, 它独有的硬件结构、指令系统和多种 I/O 能力, 提供了很有效的控制功能, 故又称为微控制器 (Microcontroller)。同时, 它与通用微处理器一样, 具有很强的运算功能 (不少单片机有乘、除指令法), 因而它不但是一种高效能的过程控制机, 同时也是有效的数据处理机。随着单片机性能的提高和功能的增强, 使单片机的应用打破了原来认为只能用于简单的小系统的概念。现在, 单片机不仅广泛用于家用电器、机电产品、智能仪器、办公自动化产品、工业控制设备, 而且在智能终端、家用计算机、机器人、局部网络接口等均获得愈来愈广泛的应用。总之, 上至航天飞机, 下至儿童玩具, 均是单片机的应用领域。在计算机的应用中, 单片机将起着愈来愈重要的作用。

二、单片机的发展历史

单片机问世以来, 由于其突出的优点, 已在各种应用领域中显示出强大的生命力。个 小威力大, 应用潜力无穷, 发展极为迅速, 它已经历了四位机、低中档 八位机、高档 八位机和十六位机四个发展阶段。

1971 年美国英特尔 (INTEL) 公司应日本一家台式计算机厂商的要求, 专门设计了 4004 四位处理器, 这就是世界上的第一个微处理机。第二年该公司又为 DTC 公司设计一个 CRT 终端控制器, 从而推出了第一个 8 位微处理机 8008。1973 年 INTEL 公司对 8008 进

行了改进,又研制成8位微处理机8080。由于设计的灵活性而导致了极大的通用性,使微处理机在其它领域中的应用也获得巨大的成功,受到各方面的广泛重视,从此开始了微型计算机技术飞速发展的历程。

初期微型机的主流,是以8080、M6800、Z80等著名机种为代表的通用8位机。这些芯片仅包含CPU的功能,要构成一个最基本的微型计算机,还须配备其它电路芯片,即为一个多片机系统。这种多片微型机,体积小,价格低,构成应用系统时功能的裁剪与扩充十分方便,对各种应用领域的适应性很强,因此在短短几年内几乎已渗透到每一个领域。

大规模集成电路工艺进一步发展导致计算机进一步微型化。微处理机问世仅四、五年的光景,微机技术的发展就出现了一个新的引人注目的动向,即微型机的完全单片化。集成度的提高,使单个芯片不仅能包含全部CPU的功能,还可以容纳必要的存贮器及I/O接口电路。1975年美国德克萨斯(TEXAS INSTRUMENTS)公司首先发表了TMS-1000型四位单片机,这是世界上第一个完全单片化的微型计算机。随后各厂商竞相仿制和开发,各种四位单片机应运而生,如日本的富士通、日立、东芝、夏普、松下电子、日本电气、三菱电机,美国的洛克威尔(ROCKWELL)、国家半导体(NATIONAL SEMICONDUCTOR)等公司,都生产了四位单片机系列产品。

在八位微型机方面,1975年美国仙童(FAIRCHILD)公司推出F8(即3850)微处理器,它在一块芯片上,除含有一个完整的8位CPU外,还包含64字节RAM和2个并行I/O口,但它还不是一个真正的单片机,因为要组成一台基本的微型计算机,还需加一块3851芯片(内含1K字节ROM、一个定时器/计数器和二个并行I/O口),即为双片机系统。1977年莫托洛拉(MOTOROLA)公司也生产类似的双片式微型计算机,它们是由6802(含CPU、128RAM和时钟)和6846(含1KROM、2个并行I/O口和一个定时器)两块芯片组成的。

1976年9月INTEL公司推出了MCS-48系列八位单片机,在一块芯片上包含了8位CPU、1K字节ROM、64字节RAM、27根I/O接口引线、1个8位的定时器/计数器、2个中断源,这是第一台完全的8位单片机。随后,1977年MOSTEK和FAIRCHILD两个公司共同生产了3870系列(由3850和3851组成)的单片机,1978年MOTOROLA公司推出6801系列(由6802和6846组成)的单片机。各种八位单片机也纷纷应运而生。

1978年以前,国外各厂家生产的八位单片机,由于受集成度(几千只管/片)的限制,从性能看,属于低中档产品。存贮器寻址范围较小(一般不超过4K字节),片内存贮器容量也较小(内部ROM小于2K字节、内部RAM小于128字节),只有并行I/O口。典型机种有MCS-48(1976年,INTEL)、3870(1977年,MOSTEK和FAIRCHILD)、PIC1650(1977年,GI)等。

随着集成电路工艺水平的提高,单片机的性能也不断提高。1978年到1983年期间,电路集成度提高到几万只管/片,因而一些高性能的八位单片机相继问世。这类单片机的寻址范围增加到64K~128K字节,片内ROM达4K~8K字节,片内RAM达128~256字节。片内除有并行I/O口外,还有串行I/O口,甚至带A/D转换器等。指令功能进一步加强、指令效率进一步提高,有的单片机设置了乘、除运算指令,有的甚至在内部ROM中固化了BASIC等高级语言。单片机功能大大增强,可用于智能终端、局部网络接口等较复杂的系统中。典型的高档八位单片机有MC6801(1978年,MOTOROLA)、Z8

(1978年, ZILOG)、7811(1979年, NEC)、MCS-51(1980年, INTEL), 其集成度为52000管/片(MC6801)到60000管/片(MCS-51)之间。

1983年以后, 由于集成工艺水平提高(在一块芯片上可以集成十几万个管子), 十六位单片机逐渐问世。虽然在此之前, TI公司早已推出16位的TMS9900系列, 但还称不上真正的十六位单片机。1983年INTEL公司研制出十六位MCS-96系列(8096、8396)单片机, 集成度为12万只管/片, 有48条引脚的双列直插式和68条引脚的扁平式两种封装, 内含16位的CPU、8 K字节ROM、232字节RAM、5个8位并行I/O口、4个全双工串行口、4个16位的定时器/计数器、8个通道的10位A/D转换器(48脚封装的只有4个通道)、8级中断处理系统。8096的硬件设置使它具有多种I/O功能和高速I/O响应能力。在软件方面, 它有8位或16位带符号和不带符号的算术运算指令(包括乘、除指令), 指令可实现位、字节(8位)、字(16位)和双字长(32位)的操作。采用频率12MHz的时钟, 它完成16位的加法运算只需1 μ s, 完成16位 $\times$ 16位或32位/16位的乘除运算只需6.5 μ s。8096还可配置面向控制的高级语言, 如PL/M、FORTH和C语言。

1984年美国莫斯特克(MOSTEK)公司在MC68000的基础上开发了16位单片机MK68200。芯片基本保留了原16位CPU的特点(8个16位数据寄存器、6个16位地址寄存器、1个16位程序计数器、16位栈指针寄存器和状态寄存器), 增加了2 K $\times$ 16的ROM和128 $\times$ 16的RAM(另可扩展至64K外存空间), 两个16位口和一个8位口, 一个全双工串行口、(USART)和三个16位定时器。软件方面, 它能实现8位与16位的带符号和不带符号的二进制运算, 其中16位 $\times$ 16位的乘法指令只需3.5 μ s, 32位/16位的除法指令只需4 μ s, 还有BCD运算以及其它各种指令。

此外, 美国TI公司后来生产了TMS9940和9995型号的16位单片机, 日本三菱电子公司最近也研制出第一台16位的CMOS单片机, 一块单片机的功能可以和一台多片机系统媲美。

国外单片机的发展概况如图1-1所示。

三、单片机的分类

单片机的应用领域日益广泛, 产品也愈来愈多, 目前已形成一个多系列、多品种的局面。对品种繁多的单片机产品, 可按下列方法分类。

(一) 按位数分 可分为4位、8位、16位的单片机

单片机的开发是从四位机开始的, 单片机的应用是由四位机打开局面的。由于四位单片机的字长为四位, 一次并行处理(运算或传送)四位二进制数据, 因此CPU部分电路较少, 结构简单, 从而最早问世。自1975年以来, 所有的四位微型计算机全是单片结构了。四位单片机不仅结构简单, 而且功能灵活, 既有相当的数据处理能力, 又具备较强的控制能力, 因而广泛应用于家用电器、民用电子装置、工业控制设备和各种仪器仪表中。由于四位单片机具有较高的性能价格比, 至今仍在蓬勃发展, 表1-1所示为前几年国外四位单片机的主要系列数和品种数。四位单片机的销售量占世界微机销售总量的70%, 销售金额占全部微机销售额的50%。

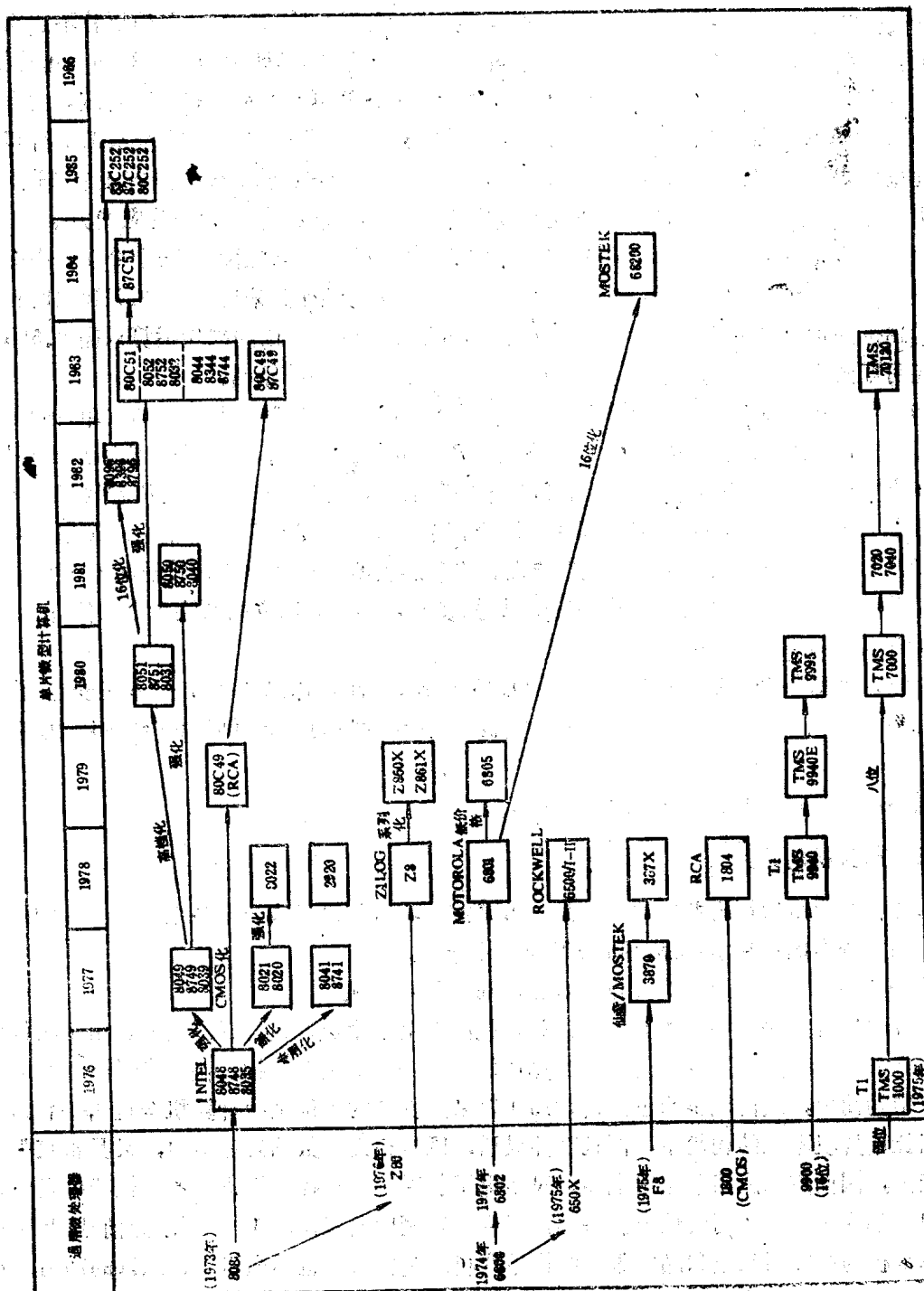


图1-1 国外单片机的发展概况

表1-1 四位单片机的品种数量

年 限 四 位 机	1979年	1981年	1982年	1983年
四位机系列数	15	26	44	53
四位机品种数	113	172	249	305

随着大规模集成电路技术的发展,近几年来八位单片机得到极迅速的发展。芯片集成度的提高,使八位单片机的功能更强(特别是多种I/O功能)、片内ROM和RAM容量进一步增大,品种和系列急剧增加,而且价格愈来愈接近四位机。近几年来出现了用八位机取代四位机的趋势,四位机的广阔市场将被八位机所占领。如美国TI公司近几年研制的八位单片机TMS7000系列,用以取代原有的四位单片机TMS1000系列;NEC公司也用八位的 μ COM-87(μ PD7800)系列去取代四位的 μ COM42(μ PD7500)系列。

十六位单片机功能更强、性能更好。一般在以控制为主的应用系统中,采用八位机已完全满足要求;而一些更复杂的应用系统中,则需用十六位机。十六位机自1983年问世以来,已开发出几个品种,但目前仍处于起步阶段,要获得真正广泛应用,还需一段时间。

(二)按工艺分 有PMOS、NMOS(包括HMOS)、和CMOS(包括CHMOS)等三种。

单片机中使用的大规模集成电路工艺,早期为PMOS。它具有制造工艺简单、集成度高的优点,但因其速度较慢、阈值电压较高,后来逐渐被速度较快的NMOS工艺取代。近几年又广泛采用HMOS(高密度的NMOS)工艺。NMOS的缺点是耗电大,故近几年又大力发展速度较快、功耗很低的CMOS(特别是集成度高的改进型CMOS)工艺,把原来许多用NMOS工艺制造的单片机产品逐渐地CMOS化。今后的发展趋势是由NMOS工艺向CMOS工艺过渡。

三种工艺的特点如表1-2所示。

表1-2 几种MOS工艺的特点

工 艺 项 目	PMOS	NMOS	CMOS
速 度	10~20 μ s	1~10 μ s	6~60 μ s
电 源 电 压	-9V以上 (-9~-15V)	5V	3~6V
耗 电	30~300mW	100~1000mW	1~10mW(工作时)
输 出 方 式	大电压方式,可直接 驱动萤光数码管	大电流方式,可直接 驱动发光二极管	

表1-3列出了一些美、日厂家生产的各种系列单片机的工艺。

表1-3 美国、日本主要单片机生产厂家的产品一览表

字长	工 艺	生 产 厂	型 号
四位 单 片 机	PMOS	TEXAS (TI)	TMS 1000, 1018, 1022, 1100, 1117, 1121, 1200, 1330, 1400, 1600
		国家半导体(NS) 日本电气(NEC) 松下电子 夏普(SHARP) 日立 三菱电机	MM 57140, 57152, 5781, 5782, 5799 μ COM42, μ COM46 MN1430, 1432, 1435 SM1~SM3 HMCS42~HMCS45 M58840
	NMOS	ROCKWELL 日本电气(NEC) 松下电子 东芝(TOSHIBA) 富士通 NS	PPS4 μ COM43, μ COM47 MN 1440, 1498 TLCS-43; TMP 4310P, 4315AP, 4320P, 4300C MB 8841~8844, 8849 COP400; 420, 440, 2440 (双处理器)
八 位 单 片 机	CMOS	TEXAS(TI) 日本电气(NEC) 夏普(SHARP) 东芝(TOSHIBA) 冲电气(OKI) MOTOROLA NS	TMS 1000C, 1200C μ COM44, μ COM45 SM4, SM5 TCP 4620P, 4630P MSM 5840, 5841, 5845 MC141000, 141200, 141099 COP400; 424C, 444C
	NMOS (或 HMOS)	INTEL	MCS-48; 8048, 8748, 8035, 8049, 8749, 8039; 8050, 8750, 8040; 8021, 8022 UPI-48; 8041, 8741; UPI-452; 2920 MCS-51; 8051, 8751, 8031, 8052, 8752, 8032, 8044, 8344, 8744 MC6801; 6801, 68701, 6803, 6801U4, 68701U4, 6803U4, 68120, 68121, 68122 MC6805; 6805, 68705; 6804; 6811 Z8; Z8601, Z8602, Z8603, Z8671, Z8611, Z8612, Z8613, Z8681, Z8682; Super 8 MK3870; 3870/10, f2, 20, 22, 30, 32, 40, 42 (F8) 3872 3873/10, 12, 20, 22 3875/22, 42
		日本电气(NEC) NS TEXAS	μ COM-83 μ COM-87; 7800, 7801, 7802, 78006, 7811 NS 8070 TMS7000; 7000, 7001, 7020, 7040, 7041, 70120

[续表]

字长	工 艺	生 产 厂	型 号
八 位 单 片 机	NMOS (或 HMOS)	ROCKWELL GI 三菱电机	R6500/I, 6500/1, R65F11, R65F12 PIC 1650, 1650, 1664, 1670 M50740, M50734SP
	CMOS	INTEL MOTOROLA TEXAS RCA NS MOSTEK	MCS-48, 80C48 MCS-51, 80C51, 80C52, 87C51, 80C252, 83C252, 87C252, 83C152 MC6301V1, 6301M1, 63L05, 68HC11, 146805 TMS7000, 70C00, 70C20, 70C40 CPD1800, CPD 1804A, CPD6805E2 NS8070, 87(PC×49) MK3870, 38C70
十六 位 单 片 机	HMOS	INTEL MOSTEK TEXAS NS NEC	MCS-96, 8096, 8396 MK68200, 68200, 68E200 TMS 9940, 9995 HPC 16040 783 × ×

(三) 按用途分 有通用型和专用型两类

通用型单片机, 即通常所说的各种系列的单片机, 它把可开发的资源(如ROM、I/O口等)全部提供给用户, 用户可根据自己应用上的需要来设计接口和编制程序, 因此通用型单片机能适用于各种应用领域, 作为系统的微控制器。

专用型单片机, 或称专用微控制器, 它是专门为着某一应用领域或某一特定产品而开发的一类单片机。为了满足某一领域应用的特殊需要而开发的单片机, 其内部系统结构或指令系统都是特殊设计的(甚至内部已固化好程序)。

属于专用型单片机的产品有INTEL公司的通用外设接口片(Universal Periphery Interface)UPI-41系列(8041、8741), 它是专门作为各种外设接口的芯片, 内部结构基本类同8048(或8748), 只是对外的应答方式不同(它采用8255、8251的应答方式)。根据某种外设接口功能的要求, 把编制好的控制程序固化在ROM中, 则这种单片机成为一个智能接口芯片。它主要用于打印机、光电输入机、录音机、频率合成器等电子设备中, 如日本的DP822型打印机中, 用一片8041作打印机控制器, 控制打印头工作和完成与主处理机接口, 大大简化了打印机的控制线路。INTEL的MDS-230开发系统中的I/O板, 也是用一块8041来实现打印和输入的接口。INTEL公司生产的IEEE-488接口芯片8292, 实际上就是一块编了程的8041。

ZILOG公司在Z8系列的单片机中生产了类似的通用外设控制器UPC(Universal Perpheral Controller)Z8090系列。MOTOROLA公司在6801系列单片机中也生产了智能外设控制器IPC(Intelligent Peripheral Controller)68120系列。

1978年INTEL公司生产的2920单片信号处理机和1983年TI公司生产的TMS320系列通用信号处理机, 是一类专门用于信号处理的单片机。信号处理是对电信号进行滤波、变

换、频谱分析、相关等处理，它因在各个学科、各个技术领域有着广泛应用，而获得迅速发展。过去信号处理主要是由模拟系统来实现的，现在则由数字电路及计算机来实现，即数字信号处理（DSP）。数字信号处理是先将模拟信号转换成数字信号，再用某种数学计算方法，如卷积、FFT、数字滤波、相关等进行处理。数字信号处理使得高效地处理模拟信号成为可能。数字信号处理的特点是实时性，要求计算机对信号进行高速、高精度的实时处理。一般的通用微机（如八位机），其处理速度和精度往往不能满足要求，因而在信号处理中的应用受到很大限制。为此许多厂家均投入巨资进行专用的高速信号处理单片机的研究，并推出了一批产品，如INTEL公司的2920、BELL实验室的DSP、AMI公司的S2811、NEC公司的 μ PD772、TI公司的TMS320系列等。在这些产品中，TI公司的TMS320系列目前占据了突出的地位。TMS32010信号处理机采用NMOS工艺，字长16位，它将数字计算机的通用编程能力与专用的数字信号处理功能有效地结合起来，并在内部结构上采取了一些特殊措施，大大加快了处理速度。TMS32010比16位微处理器8086快100倍，完成一次 16×16 位的乘法运算（它是信号处理的一种最基本的运算）只需200ns，完成乘法并累加的运算为400ns。用TMS32010完成64个复数点的FFT运算只需要1ms，完成10阶线性预测分析与合成也只用10ms。它能十分有效地解决数字滤波、相关、希尔伯特变换、开窗、FFT、自适应滤波、语音处理与频谱分析等方面的问题，成为数字信号处理的有力工具。

（四）按兼容性分 有不兼容型和兼容型两种

不兼容型单片机的指令系统，与原有的通用微机系统不兼容，换句话说，它的指令系统是根据控制上的需要重新设计的，使之具有较强的控制能力和较高的控制效率。指令系统中的大多数指令为单字节指令，这是为满足微控制器的需要而设置的。INTEL的MCS-48、MCS-51、MCS-96系列单片机，均为不兼容型的产品。

兼容型单片机的指令系统，与原有微机系统基本兼容。兼容型单片机，是在原来的通用微处理器芯片（CPU）的基础上，再扩展集成ROM、RAM和I/O口等部件而成。如MOTOROLA公司的6801，就是在6800基础上开发的，68HC11是在6809基础上开发的（6805系列则是不兼容的专用指令系统）。又如MOSTEK的3870系列单片机采用F8的指令系统，则与F8兼容。有些兼容型产品对原有的CPU进行一些改进，增加了若干条新指令，增强控制能力。这些单片机与原通用微机是向上兼容的。

通常可按不同的需要选用不同类型的单片机。一般对控制而言，采用不兼容方式较好，这是单片机的主要方式；而对个人计算机而言，可采用兼容方式，以便于充分利用原来开发的软件资源。

§ 1-2 四位单片机简介

一、四位单片机的特点

四位机有其独有的特点，这些特点在相当程度上是因其字长（4位）和应用的要求而产生的。

（1）四位单片机的设计体现了较强的通用性，但实际应用中又带有相当的专用性。

四位机本身是一个计算机的结构体系，它设计成为一个可编程的大规模集成电路芯

片,既有相当很大数据处理能力,又具备较强的控制能力,这就使它具有很强的通用性,能灵活地适应非常广阔范围的应用要求。

由于四位机一次只能处理4位数据,其处理效率不高,因此不适用于需要高速的、大量的数据处理的领域。此外,由于存储器 and I/O口等功能部件都被集成在一块芯片内,其存储容量和I/O功能不可避免地受到了限制,且一般不在外部扩充。本身的结构也决定了它一般不在较大的系统中使用。总之,在处理速度不高、处理数据不大、处理过程不很复杂的场合,都可以使用四位单片机。特别是在以控制为主、数据处理为辅的家用电器设备、民用电子产品、工业控制装置、各种仪器仪表等应用领域,则主要由单片机占领。

上述应用领域,导致了单片机专用化的特点。由于ROM容量较小,为了提高程序效率和实现准确的实时控制,四位单片机的程序一般用汇编语言书写,最终写进片内ROM中的程序,仅仅是某一特定用途的专用程序,此时开发的四位机实际上已成为一片专用芯片,如计算器、洗衣机或电冰箱的控制电路芯片等。

(2)四位单片机中的RAM和ROM处于完全独立的两个空间,其地址线和数据线均互不相关。RAM与ROM的字长(位宽)不同:RAM的字长均为4位,容量32~256之间;ROM的字长8~12位之间(以8位最多),容量512~4K之间;RAM与ROM的容量比为 $1/16 \sim 1/22$ 。

为了提高指令效率,把程序转移指令做成单字节,故ROM往往采取分页寻址,大多把64单元划成一页,即页内地址(PC低位地址)只有6位($2^6=64$);

为了提高数据传送指令的效率和灵活性,RAM也采取分段寻址。根据总容量的大小,可分为二段或三段,其低段一般为16个单元,故低段地址码只需4位($2^4=16$)。

(3)四位单片机的应用系统多数有实时控制的要求,因而片内带有多种I/O功能;

(A)有一个或多个四位并行I/O口;(B)有扫描输出端口(输出键盘和显示器的扫描信号);(C)有PLA(可编程逻辑阵列)译码输出端口;(D)有串行I/O口;(E)有定时器/计数器;(F)有中断功能(内、外中断);(G)有专用控制口(如打印机控制口),对特定外设的控制十分有效;(H)有A/D、D/A、PLL(锁相环)、声音合成等电路。

丰富的I/O功能,大大增强了四位单片机的控制能力,而外设接口电路却极其简单。

不是每种单片机均具备上述所有I/O功能,不同品种、不同档次的单片机,内含I/O功能的种类和数量各不相同。例如串行I/O口、A/D转换器等只是部分单片机才有,而一些特殊功能部件、专用控制口则只有个别单片机才有,用户可根据需要选用。

(4)软件上采用汇编语言编程,汇编语言是建立在机器指令系统基础上的一种程序设计语言。因此根据控制上的需要,为单片机设计一套功能强、效率高的指令系统,具有特别重要的意义。各公司采用独自设计的指令系统,各具特色,彼此互不兼容。多数单片机有35~100条基本指令,指令功能丰富,有数据传送、输入输出、算术逻辑运算、位操作、标志位操作和转移等指令,且大多数为单字节指令。指令的执行时间与芯片制造工艺有关:PMOS为 $10\mu s \sim 20\mu s$ 、NMOS为 $1\mu s \sim 10\mu s$ 、CMOS为 $6\mu s \sim 60\mu s$ 。

(5)多品种、多系列

四位单片机的广泛应用,促进了它往系列化和多品种上发展。例如美国NS(NATIONAL SEMICONDUCTOR)公司生产的四位单片机COP400系列主要有35个品种,日本松下