

单片微型计算机 原理、应用及接口技术

国防科学技术大学 张迎新 编著



国防工业出版社

单片微型计算机 原理、应用及接口技术

国防科学技术大学
张迎新 编著

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理、应用及接口技术/张迎新编著

北京:国防工业出版社,1993

ISBN 7-118-01235-1

I. 单…

II. 张…

III. ①微型计算机-理论 ②微型计算机-计算机应用 ③计算机应用-微型计算机 ④接口设备-微型计算机

IV. TP368.1

单片微型计算机原理、应用及接口技术

国防科学技术大学 张迎新 编著

责任编辑 阎瑞琪

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 毫米 开本 16 印张 22 1/2 520 千字

1993 年 12 月第一版 1993 年 12 月第一次印刷 印数: 0 001—5 000 册

ISBN 7-118-01235-1/TP·163

定价: 21.20 元

前 言

单片微型计算机的诞生是计算机发展史上一个新的里程碑,近年来,随着单片机档次的不断提高,功能的不断完善,使其应用日趋成熟、应用领域日趋扩大,特别是工业测控、尖端武器、日用家电等领域更是因为有了单片机而生辉增色,不少设备、仪器已把单片机作为核心部分。单片机应用技术已成为一项新的工程应用技术。单片机已在各个领域逐渐取代了昔日在测控等领域应用较广的 6800、Z80 等单板微型计算机。显然,在对微机的学习上,用单片微型计算机的内容替代 Z80 等单板机的内容已是大势所趋。

为适应“微机原理及应用”课教学内容变化,为使初学者能尽快进入单片机领域,为促使单片机的应用更为普及和深入,作者力求做一点微薄的贡献。

正是在上述情况下,国防科学技术大学各级领导和长沙科理高技术开发部领导促成和支持作者完成了本书的编写任务,在此谨向他们致以深切的谢意。

作者在编写过程中不仅参考了大量有关单片机方面的专业书籍和教材,也参阅了以 Z80 单板机为典型例子所编写的“微型计算机原理与应用”方面的教材,博采众长,获益匪浅。在编写过程中,力求吸取各书精华,同时也溶进了作者积 20 年教学、科研实践所获取的经验及实例。期望本书能在这些参考书的基础上有所提高。

由于 MCS-51、MCS-96 系列单片机是最有代表性的主流机型,它所拥有的用户数在单片机领域首屈一指。正是基于这种情况,本书在介绍单片机时,是以 MCS-51、MCS-96 系列为例进行讲述的。

在编排顺序上,与以往多数单片机教材不同之处是:在介绍指令系统之后,接着安排“汇编语言程序设计”。这样,对指令系统的学习可以起到趁热打铁的作用。同时,又为后面章节的学习与掌握打下坚实的软件基础。例如对定时器、串行口等内容学习,在介绍了其结构、原理之后,安排有一定难度的用汇编语言编写的应用实例。这样更有利于读者对所学内容的理解和应用。

本书在介绍指令系统时,为符合目前多数机型指令系统指令符号的注释习惯,为有利于读者今后对其它指令系统的自学,在原指令注释的基础上,适当作了一些修改,请读者注意符号的说明。

本书对 MCS-96 的介绍是建立在已掌握 MCS-51 的基础上,因而对于与 MCS-51 相似的内容几笔带过,对于不同处和重点内容则详细介绍并配以实例。这样,既压缩了篇幅,又足以使读者掌握 MCS-96 的要领,并且对读者深入了解和实际应用 MCS-96 提供了必要的依据和方法。

本书由国防科学技术大学教务长温熙森教授担任主审。计算机科学与工程系杨遂来副教授、系统工程与数学系雷道振高级工程师仔细审阅了全部内容,机械电子工程与仪器系教授李圣怡、计算机科学与工程系副主任窦文华教授、机械电子工程与仪器系副教授潘培元、副教授万福君、自动控制系副教授黄新生、长沙科理高技术开发部田腴工程师均审

2008/08

阅了部分章节。以上专家、教授对本书提出了很好的修改意见。翟桂英同志帮助画了全部图稿。在此一并表示诚挚的谢意。

由于作者学识水平有限,加上时间仓促,书中的错误与不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者
于国防科技大学

目 录

第一章 概述	1	§ 6-2 定时/计数器的方式寄存器和控制寄存器	117
§ 1-1 绪论	1	§ 6-3 定时/计数器的 4 种工作方式	119
§ 1-2 单片机的特点及发展概况	2	§ 6-4 定时器应用举例	122
§ 1-3 常用单片机系列介绍	6	第七章 串行接口	128
第二章 计算机基础知识	12	§ 7-1 概述	128
§ 2-1 数制	12	§ 7-2 串行口结构与工作原理	130
§ 2-1 码制	14	§ 7-3 波特率设计	132
§ 2-3 微型计算机的基本组成电路	16	§ 7-4 串行通信工作方式	134
§ 2-4 存储器	21	§ 7-5 串行口应用举例	136
第三章 单片机结构及原理	26	第八章 中断系统	143
§ 3-1 MCS-51 单片机结构	26	§ 8-1 概述	143
§ 3-2 MCS-51 的存储器结构	31	§ 8-2 MCS-51 的中断系统	145
§ 3-3 CPU 时序和其它电路	36	§ 8-3 中断处理过程	149
§ 3-4 输入/输出端口结构	42	§ 8-4 扩充外中断源	152
§ 3-5 单片机的工作过程	45	§ 8-5 中断系统的应用	154
第四章 MCS-51 的指令系统	48	第九章 系统扩展	168
§ 4-1 指令系统简介	48	§ 9-1 程序存储器的扩展	168
§ 4-2 寻址方式	49	§ 9-2 数据存储器的扩展	175
§ 4-3 数据传送类指令	54	§ 9-3 I/O 接口的扩展	180
§ 4-4 算术运算类指令	60	第十章 接口技术	192
§ 4-5 逻辑操作类指令	65	§ 10-1 键盘接口	192
§ 4-6 控制转移类指令	68	§ 10-2 显示器接口	199
§ 4-7 位操作类指令	72	§ 10-3 可编程键盘、显示器接口—— INTEL 8279	205
第五章 汇编语言程序设计	78	§ 10-4 打印机接口	217
§ 5-1 概述	78	§ 10-5 数/模转换接口	221
§ 5-2 顺序结构程序	82	§ 10-6 模/数转换接口	230
§ 5-3 分支程序	85	第十一章 单片机应用系统的设计 与开发	246
§ 5-4 循环程序	91	§ 11-1 应用系统研制过程	246
§ 5-5 查表程序	95	§ 11-2 开发工具和开发方法	251
§ 5-6 子程序	99	§ 11-3 应用系统实例	259
§ 5-7 综合编程举例	104	第十二章 MCS-96 系列单片机	270
第六章 定时/计数器	116		
§ 6-1 定时/计数器的结构与工作原理	116		

§ 12-1	MCS-96 系列单片机结构 及原理综述	270	§ 12-10	MCS-96 的系统扩展	326
§ 12-2	MCS-96 的存储器	277	附录一	MCS-51 指令表	332
§ 12-3	MCS-96 指令系统	285	附录二	MCS-51 指令编码表	336
§ 12-4	MCS-96 单片机的中断系统	298	附录三	MCS-96 指令表	340
§ 12-5	定时器	305	附录四	MCS-96 指令操作码与 状态时间表	343
§ 12-6	高速输入 HSI 部件	308	附录五	常用芯片引脚图	347
§ 12-7	高速输出 HSO 部件	311	附录六	二进制逻辑单元图形符号 对照表	350
§ 12-8	A/D 转换器和脉宽调制器 PWM	318	参考文献		350
§ 12-9	串行口	323			

第一章 概 述

§ 1-1 绪 论

近年来,计算机技术的迅猛发展,使得计算机在工业、农业、国防科研及日常生活的各个领域均显示了日益旺盛的生命力。它已成为各国工业发展水平的标志之一,是发展新技术、改造老技术的强有力的武器。计算机的生产、推广和应用已成为我国四个现代化的战略产业。早在 1956 年,敬爱的周总理就对电子计算机的作用和地位作了精辟的论述:“……由于电子学和其它科学的进步而产生的电子自动控制机器(电子计算机)已经可以有条件地代替一部分特定的脑力劳动,就像其它机器代替体力劳动一样,从而大大提高了自动化技术水平,这些最新的成就,使人类面临着一个新的科学技术和工业革命的前夕。这个革命,就它的意义来说,远远超过蒸汽和电的出现而产生的工业革命。……”现在的事实早已验证了总理的论述。

世界上公认的第一台电子计算机是 1946 年由美国宾夕法尼亚大学研制出来的,这台计算机字长为 12 位,运算速度为 5000 次/秒,使用 18800 个电子管,1500 个继电器,占地面积为 150 平方米,重达 30 吨,其造价为 100 多万美元。在今天看来,这个计算机既贵又重,功能也不强,但它却是引起 20 世纪工业革命的先驱。此后的 40 多年,计算机的发展日新月异。目前已经经历了四代的发展,并继续向第五代计算机——人工智能计算机和第六代计算机——神经网络计算机发展。

第一代是电子管数字计算机,其发展年代大约为 1946 到 1958 年。此时计算机的逻辑元件采用电子管。主存储器采用磁鼓、磁芯。外存储器已开始采用磁带。软件主要用机器语言编制程序,后期逐步发展了汇编语言。当时计算机主要用于科学计算。

第二代是晶体管计算机,其发展年代大约为 1958 至 1964 年。计算机的逻辑元件为晶体管。主存储器仍用磁芯,外存储器已开始使用磁盘。软件开始有很大发展,出现了各种高级语言及编译程序。此时计算机的应用已发展至各种事务的数据处理,并开始用于工业控制。

第三代是集成电路计算机,其发展年代大约为 1964 至 1971 年。此时的计算机,逻辑元件已开始采用小规模和中规模的集成电路,即所谓 SSI 和 MSI。主存储器仍以磁芯为主。在软件方面已出现了分时操作系统,会话式的高级语言也有相当的发展。计算机的应用范围也日益扩大,小型计算机已开始用于企事业管理与工业控制。

第四代是大规模集成电路计算机,是从 1971 年后发展起来的,所谓大规模集成电路(LSI),是指在单片硅片上可以集成 1 千个以上晶体管的集成电路。目前一般可做到集成 10 万个左右,已有做出 100 万个管子的报道。由于 LSI 和 VLSI 的体积小、耗能小、可靠性

高,因而促使计算机以更快的速度发展。

从计算机的发展历史可以看出,每一次逻辑元件的变更都使计算机的性能得到一次飞跃的进展。40年来,计算机的性能价格比提高了千万倍,这主要体现在速度提高了千万倍,存储器容量提高了千万倍,体积缩小了千万倍,软件性能提高了百万倍,而价格降为万分之几。目前,在世界各行业中,发展速度最快的要首推计算机行业。这和社会对它的需求是分不开的。

正是由于社会的需求和发展,计算机也在不断革新和发展着,它促使每一代又派生出大小不一、花样繁多的各种类型计算机。如果按计算机的规模、性能、用途和价格来分类,又可分为巨、大、中、小、微型计算机。近年来,计算机的发展趋势是:一方面向着高速、智能化的超级巨型机的方向发展;另一方面向着微型机的方向发展。

巨型计算机主要用于大型科学研究和实验及超高速数学计算。它的研制水平标志着一个国家科学技术和工业发展的程度,象征一个国家的实力。

巨型计算机的作用是世所公认的,但在微型计算机问世之前,计算机还只限于少数科技人员用于进行数学计算。微型机的诞生打破了计算机神秘的面纱。微型计算机(Micro Computer)与巨、大、中、小型计算机的区别,主要是其中央处理器(Central Processing Unit 简称 CPU)是集成在一个小硅片上,而巨、大、中、小型计算机的 CPU 则是由相当多的电路组成的。为了与巨、大、中、小型计算机的 CPU 相区别,也可称微型机的 CPU 为微处理器 MPU(Micro processing Unit 或 Micro processor)。除此之外,因为微型机充分利用了大规模和超大规模集成电路工艺,所以其体积小、成本低、容易掌握,加之其适用面广,除了可用于一般的计算、管理之外,还适用于工业控制等领域。因此,自70年代微型计算机诞生之后,就把计算机的应用推向了全社会。微机的普及已渗透到各个角落,它对于社会生产力的发展和人类生活的改变已经、正在、将要起到极大的促进作用。

为适应社会发展的需要,20年来,微型机不断地更新换代,新产品层出不穷。在微机的大家族中,近年来单片微型计算机(以下简称单片机)异军突起,发展极为迅速。从1974年开始至今不到20年的时间里,单片机的数量、功能扶摇直上。据统计,90年代全世界每6人就有一片单片机,美国及西欧国家已达每人4片。预计2000年单片机与人口之比将会达到1:3。目前单片机已成为工控领域、尖端武器、日常生活中最广泛使用的计算机,它正在迅速取代原来被Z80等单板微机占领的市场。因而对广大理工科高等院校的学生和科技人员来说,学习和掌握单片机原理及应用已是刻不容缓的事情了。

§ 1-2 单片机的特点及发展概况

单片机(Single Chip Microcomputer)是属于微型机的一种,因而它首先具有一般微机的基本组成和功能。下面先简要介绍微型机的基本组成和工作过程。

一、微型机基本组成和工作过程

微型机是由中央处理器 CPU 和适当容量的存储器、输入/输出接口电路三大基本部件组成,如图 1-1 所示。它通过接口电路再与输入/输出外部设备(以下简称外设)连接。

各部件之间是通过总线(BUS)连接而成的,总线是传输各种信息的通道。

总线包括地址总线、数据总线和控制总线。微机的这种连接方式通常称为三总线结

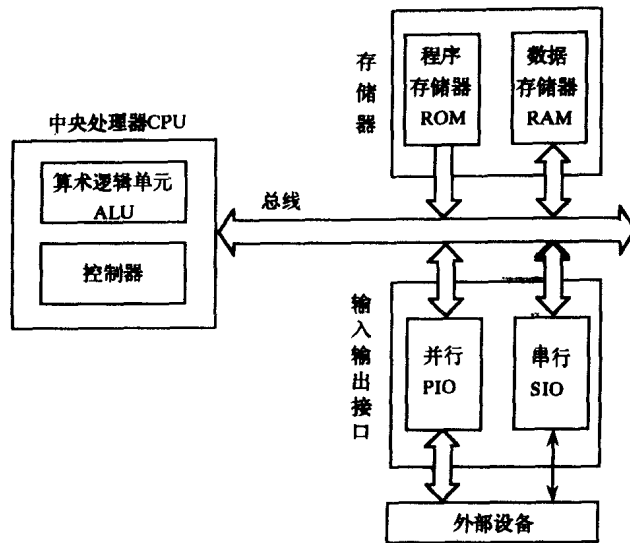


图 1-1 微机基本组成图

构。其中,地址总线的作用是为进行数据交换时提供地址。CPU 通过它们将地址输出到存储器或 I/O 接口,以选择要操作的单元或 I/O 接口;数据总线是用于在 CPU 与存储器或 I/O 接口之间或者存储器与外设之间交换数据的;控制总线包括 CPU 发出的控制信号线或外部送入 CPU 的反馈信号线、应答线等。

以下分述各部件的作用。

1. 中央处理器 CPU

CPU 是整个微机系统的核心,它是由算术逻辑运算单元和控制器组成。它的功能是进行数据处理,并且控制数据和指令在计算机中运行,即控制计算机根据给定的要求而操作。

2. 存储器

存储器是计算机存放程序和数据的部件,它是由许多存储信息的单元组成。存储单元越多,存储器的容量就越大,可存放的信息量也就越多。

在微机内部广泛使用 MOS 工艺制作的半导体存储器,分为只读存储器和随机存储器两大类。通常只读存储器用作程序存储器,随机存储器用作数据存储器或需要更改的程序。有关这一部分的名词术语详见 § 2-4。

3. 输入/输出接口电路(I/O 接口)

接口电路是 CPU 和计算机的外部设备之间不可缺少的连接纽带。人们要控制(或干预)计算机运行,可通过键盘送入命令,也可用开关送入信号,这些都是输入设备;计算机要将运行的结果输出可通过显示器、打印机告诉人们,也可通过接口电路输出电信号操纵各种电气设备进行动作,这些都称为输出设备。

因为外设与 CPU 之间的逻辑电平、速度、时序、驱动能力等有很大差别,所以必须通过 I/O 接口电路解决它们之间的匹配问题。接口电路中要有输入输出数据的锁存器和缓冲器以及端口译码和控制电路等。这样才能保证 CPU 能正确可靠地与外设交换信息。

4. 微机的工作过程

微机在工作前,首先必须在存储器中装入程序。所谓程序,就是为了完成某项工作,将一系列的指令有序地组合,而指令则是要求计算机执行某种操作的命令。装入程序的方法有两种:一种是厂家或用户把已调试好的程序固化在只读存储器中,微机通电后就可以直接运行只读存储器中程序;另一种是通过键盘或磁盘驱动器等外设经接口电路输入程序,此时程序是存放在随机存储器中的。

微机开始工作后,即按指定的地址先从存储器中取出指令,然后把指令译码,以确定该指令执行的是什么操作和操作数的存放地址,再根据这个地址取操作数,接着 CPU 对操作数进行操作,操作结果送入存储器或经接口电路送入显示器、打印机等外设。

二、单片机的特点

单片机是在一块超大规模集成电路芯片上,集成了 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出接口等电路。就其组成而言,一块单片机芯片就是一台计算机。图 1-2 为单片机的典型结构框图。正是由于单片机的这种结构形式,使其具有很多显著的优点和特点,因而能在各个领域都得到迅猛的发展。

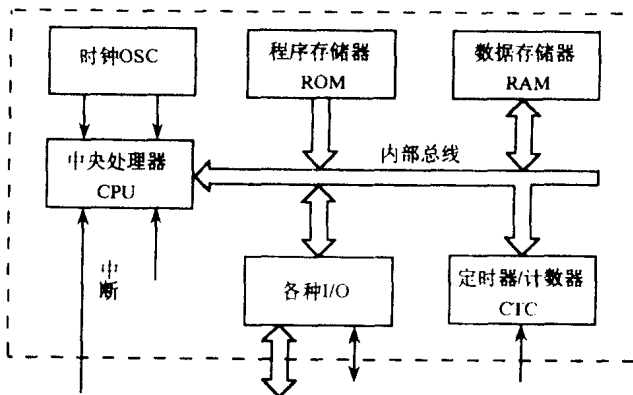


图 1-2 单片机结构框图

单片机主要有如下特点及优点。

(1) 有优异的性能价格比。

(2) 集成度高、体积小、有很高的可靠性。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合于在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强。为了满足工业控制要求,一般单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 单片机的系统扩展、系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

三、单片机的应用

正是由于单片机具有上述显著的优点,它已成为科技领域的有力工具,人类生活的得力助手。

1. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,提高测试的自动化程度和精

度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

2. 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

3. 单片机在实时控制中的应用

单片机也广泛地用于各种实时控制系统中,例如在工业测控系统、航空航天、尖端武器、机器人系统等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。由于单片机的实时数据处理和控制功能可使系统始终保持在最佳工作状态,提高了系统的工作效率和产品质量。

4. 单片机在分布式多机系统中的应用

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的计算机组成,各自完成特定的任务,它们又通过通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中,往往作为一个终端机,安装在系统中的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。由于单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于环境恶劣的前端工作。

5. 单片机在人类生活中的应用

自从单片机诞生以后,它就步入了人类的生活,像洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,提高了自动化程度,增加了功能,倍受人们喜爱。单片机将使人类的生活更加方便舒适、丰富多彩。

综上所述,单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。

四、单片机的发展概况

单片机作为微型机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。如果将 8 位单片机的推出作为起点,那么,单片机的发展历史大致可分为三个阶段。

第一阶段(1976~1978):初级单片机阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。这个系列的单片机在片内集成 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器、RAM 和 ROM 等,无串行 I/O,中断处理较简单,片内 RAM 和 ROM 容量较小,且寻址范围不大于 4K。

第二阶段(1978~):高性能单片机阶段。这一类单片机常有串行 I/O,有多级中断处理,定时/计数器为 16 位,片内的 RAM 和 ROM 相对增大,且寻址范围可达 64K 字节,有的片内还带有 A/D 转换接口。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51, Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。由于这类单片机应用领域较广,其结构和性能还在不断改进和发展着。

第三阶段(1982~):8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。此阶段主要特征是,一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,以满足不同用户的需要;另一方面发展 16 位单片机及专用单片机。16 位单片机除了 CPU 为 16 位外,片内 RAM 和 ROM 的容量进一步增大,片内 RAM 为 232 字节,ROM 为 8K 字节,片内带有高速输入输出部件,多通道 10 位 A/D 转换部件,中断处理为 8 级,其实时处理能力更强。近年,32 位单片机已进入实用阶段,但还未引入国内市场。

单片机的发展趋势将是:向着大容量、高性能化;小容量、低价格化和外围电路内装化

等几个方面发展。

大容量化:片内存储器大容量化。以往单片机内的 ROM 为 1~4K 字节, RAM 为 64~128 字节,因此在需要复杂控制的场合,存储容量不够,不得不外接扩充。为了适应这种领域的要求,运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 一般可达 4~8K 字节, RAM 为 256 字节,有的单片机内 ROM 可达 12K 字节。今后,随着工艺技术的不断发展,片内存储器容量将进一步扩大。

单片机的高性能化:主要是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。现指令速度已达 1 微秒,并加强了位处理功能、中断和定时控制功能;采用流水线结构,指令以队列形式出现在 CPU 中,从而有很高的运算速度。有的单片机基本采用了多流水线结构,这类单片机的运算速度要比标准的单片机高出 10 倍以上。

小容量、低价格化:与上述相反,以 4 位、8 位机为中心的小容量、低价格化也是发展动向之一。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化。

外围电路内装化:这也是单片机发展的主要动向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时/计数器等以外,片内集成的部件还有模/数、数/模转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

增强 I/O 口功能:为了减少外部驱动芯片,进一步增加单片机并行口的驱动能力,现在有的单片机可直接输出大电流和高电压,以便直接驱动显示器。

为进一步加快 I/O 口的传输速度,有的单片机设置了高速 I/O 口,能以最快的速度(2 μ s 以内)触发外部设备,也能以最快的速度读取外部事件。

随着集成工艺的不断发展和单片机集成度的提高,单片机的集成度将更高,体积将更小,功能将更强,现正向 32 位和双 CPU 方向发展。单片机的前景是令人神往的。

§ 1-3 常用单片机系列介绍

自单片机诞生以来的近 20 年中,单片机已有 70 多个系列的近 500 个机种。国际上较有名、影响较大的公司及他们的产品如下所述:

Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列产品;

Motorola 公司的 6801、6802、6803、6805、68HC11 系列产品;

Zilog 公司的 Z8、Super8 系列产品;

仙童(Fairchild)公司和 Mostek 公司的 F8、3870 系列产品;

NEC 公司的 μ COM-87 系列产品;

Rockwell 公司的 6500、6501 系列产品。

上述产品既有很多共性,又各具一定的特色,因而在国际市场上都占有一席之地。根据近年来国外实地考察,Intel 公司的单片机在市场上占有量为 67%,其中 MCS-51 系列产品又占 54%。在我国国内虽然上述各公司的产品均有引进,但由于各种原因,至今在我国所应用的单片机仍然是以 MCS-48、MCS-51、MCS-96 为主流系列。随着这一系列的深入开发,其主流系列的地位会不断巩固下去。因而我们在此主要介绍 Intel 公司的单片机系列。

一、Intel 公司系列单片机的优势及特点

Intel 公司自 1976 推出 8 位单片机之后,至今不过十几年的时间,又相继推出了三个系列的几十个机种。其产品见表 1-1,他们的产品遍及世界各地,销量居各单片机生产公司之首。他们之所以能取得这样的成果,是因为他们始终坚持把 VLSI 工艺技术与用户的

表 1-1 Intel 公司主要单片机系列

系 列	型 号	片内存储器 (字节)		片外存储器直 接寻址范围		I/O 口线		中 断 源	定时/计数 器 (个×位)	晶振 MHz	典型 指令 周期 μs	封 装 DIP	其 它
		ROM/ EPROM	RAM	RAM	EPROM	并 行	串 行						
MCS-48 (8 位机)	8048	1K/	64	256	4K	27		2	1×8	2-8	1.9	40	
	8748	/1K	64	256	4K	27		2	1×8	2-8	1.9	40	
	8035	—	64	256	4K	27		2	1×8	2-8	1.9	40	
	8049	2K/	128	256	4K	27		2	1×8	2-11	1.36	40	
	8749	/2K	128	256	4K	27		2	1×8	2-11	1.36	40	
	8039	—	128	256	4K	27		2	1×8	2-11	1.36	40	
MCS-51 (8 位机)	8051	4K/	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	8751	/4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	8031	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	8052AH	8K/	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	2-12	1	40	
	8752AH	/8K	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	2-12	1	40	
	8032AH	—	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	2-12	1	40	
	80C51BH	4K/	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	80C31BH	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	CHMOS
	87C51BH	/4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2-12	1	40	
	80C252	8K/	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	2-12	1	40	CHMOS,有脉宽 调制输出,
87C252	/8K	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	2-12	1	40	高速输出 片内固化有	
83C252	—	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	2-12	1	40	BASIC 解释程 序	
MCS-96 (16 位机)	8094	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	
	8095	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	4×10 位 A/D
	8096	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	
	8097	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	8×10 位 A/D
	8394	8K/	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	
	8395	8K/	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	4×10 位 A/D
	8396	8K/	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	
	8397	8K/	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	8×10 位 A/D
	8095BH	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	8×10 位 A/D
	8396BH	8K/	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	
8797BH	/8K	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1-2	68	8×10 位 A/D	
准 16 位机	8098	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1-2	48	4×10 位 A/D

要求紧密地结合在一起,也就是随着集成电路工艺的发展,不断革新自己的产品,使其集成度更高、性能更优,同时又根据用户的需要研制各种高性能产品。例如 MCS-51 系列中 8052/8032 是分别把 8051/8031 的片内 RAM 和 ROM 增大 2 倍,同时把 16 位计数器增为 3 个。这些改进型产品一方面是根据当时集成电路工艺的水平,但主要还是采纳用户应用后反馈的信息加以研制的。

Intel 的单片机每一类芯片的 RAM 和 ROM 根据工艺的许可和用户的要求,往往有三种形式,这是 Intel 公司的首创,现已成为单片机的统一规范。

这三种形式是:片内带掩膜式 ROM、片内带 EPROM 和片外接 EPROM 的形式。最近即将推出片内带 EEPROM 的单片机。片内带掩膜式 ROM 适合定型大批量应用产品的生产,片内带 EPROM 适合于研制产品样机,片外接 EPROM 的方式适于研制新产品。在我国由于单片机应用面还不够广,推出片内带掩膜式 ROM 的单片机条件还不具备;而片内带 EPROM 的单片机需要较高的成本;因此目前应用最多的还是片外接 EPROM 方式的单片机。

另外,其单片机的指令具有紧凑格式和快速执行的特性,例如 MCS-48 系列的单片机指令系统 70% 是单字节指令,MCS-51 系列 50% 为单字节指令,同时在时序上能在一个机器周期内二次访问存储器,这样既可节省存储空间,又可加快指令执行速度。MCS-96 系列的单片机一次可取两个字节的指令或数据。另外,它还采用高速的算术逻辑部件和灵活的寻址方式来加速指令的执行。

正由于 Intel 公司的单片机产品具有上述特点及优势,使其能在世界单片机市场上独占鳌头。

在目前单片机的应用中,MCS-51 系列单片机基本上能满足用户的一般应用要求,因而它占据很大市场。另外,MCS-96 系列单片机特别是其中的 8098 单片机应用也日益广泛。因而本节主要简介这两个系列的产品。

二、MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机之所以能占据很大市场,主要因为它有如下优点:

- (1)性能价格比大大超过 Z80 等单板微型机;
- (2)开发用的仿真机研究较早并日趋完善,生产厂家较多;
- (3)支援芯片种类多;
- (4)适合不同应用场合的新機種不断涌现。

MCS-51 系列单片机品种很多,表 1-1 所列只是其中一部分。如果按照其存储器配置状态,则可分为三种,即片内 ROM 型、片内 EPROM 型、外接 EPROM 型,这一点从表上即可看出。

如果按照其功能,则可划分以下一些类型。

1. 基本型

有 8031、8051、8031AH、8051AH、8751H、8751BH 等。8051AH 与 8051 不同点在于采用了 HMOS 工艺制造。

基本型的典型产品是 8051,其基本特性如下:

- (1)具有适于控制的 8 位 CPU 和指令系统;
- (2)128 字节的片内 RAM;

- (3) 21 个特殊功能寄存器;
- (4) 32 线并行 I/O 口;
- (5) 2 个 16 位定时/计数器;
- (6) 一个全双工串行口;
- (7) 5 个中断源、2 个中断优先级的中断结构;
- (8) 4K 字节, 片内 ROM;
- (9) 一个片内时钟振荡器和时钟电路;
- (10) 片外可扩展 64K ROM 和 64KRAM。

由此可见, 它本身就是一个功能相当强的 8 位微型机。

2. 增大内部存储器的基本型

有 8052AH、8032AH、8752BH, 此种单片机的内部 ROM 和 RAM 容量比基本型的增大一倍。

3. 低功耗基本型

有 80C51BH、80C31BH、87C51。这类型号带有“C”字的单片机采用 CHMOS 工艺, 其特点是功耗低。另外, 87C51 还有两级程序存储器保密系统, 可防止非法拷贝程序。

4. 高级语言型

如 8052AH—BASIC 芯片内固化有 MCS BASIC52 解释程序。BASIC52 语言能与汇编语言混用。

5. 可编程计数阵列(PCA)型

如 83C51FA、80C51FA、87C51FA、83C51FB 等。这些产品都是 CHMOS 器件。具有两个特点: 一个是有 5 个比较/捕捉模块, 每个模块可执行 16 位捕捉正跳变触发、16 位捕捉负跳变触发、16 位软件定时器、16 位高速输出以及 8 位脉冲宽度调制等六种功能; 另一个特点是有一个增强的多机通信串行接口。

6. A/D 型

如 83C51GA、80C51GA、87C51GA 等系列单片机具有下述新功能。带有 8 路 8 位 A/D; 半双工同步串行接口; 拥有 16 位监视定时器; 扩展了 A/D 中断和串行口中断, 使中断源达到 7 个; 振荡器失效检测。

7. DMA 型

一类是 DMA、GSC 型, 如 83C152JA、80C152JA、80C152JB 等。这类单片机由新的特殊功能寄存器支持, 具有 DMA 目的地址、DMA 源地址、DMA 字节计数共 58 个特殊功能寄存器。它们除了具有局部串行通道 LSC 外, 还有一个全局串行通道 GSC(多规程、高性能的串行接口)。另一类是 DMA、FIFO 型, 如 83C452、80C452、87C452P。此类单片机新增加的功能是: 128 字节的双向先进先出(FIFO)RAM 阵列, 采用环形指针管理读和写; 有两个相同的 DMA 通道, 允许从一个可写入的存储器到另一个可写入的存储器的高速数据传送; 特殊功能寄存器增至 34 个; 增加先进先出人机接口、DMA0 和 DMA1 三个中断源。

8. 多并行口型

如 83C451、80C451。此类单片机是在 80C51 基础上, 新增加和 P1 口相同的 8 位准双向口 P4 口和 P5 口。还增加一个特殊的内部具有上拉电阻的 8 位双向口 P6 口。它既可以作为标准的输入输出口, 也可以进行先选通方式操作(新增 4 位控制线)。

三、MCS-96 系列单片机

MCS-96 系列单片机是当今世界上性能最高的单片机产品之一。和 MCS-48、MCS-51 系列单片机相比，MCS-96 已经是真正的 16 位机。

1. MCS-96 系列单片机的主要性能特点

(1) 强功能的 16 位 CPU。该 CPU 在结构上的最大特点是没有采用习惯的累加器结构，改用寄存器—寄存器结构，CPU 的操作直接面向 256 字节的寄存器空间，消除了一般结构中存在的累加器的瓶颈效应，提高了操作速度和数据吞吐能力。16 位 CPU 支持位、字节和字操作，在部分指令中还支持 32 位双字操作。

(2) 功能强、效率高的指令系统。它可以对有符号数据进行操作，有 16 位的乘除指令，有符号扩展指令等。它的很多指令既可用双操作数，也可用三操作数，后者包括 2 个源操作数和一个目的操作数，指令执行后，2 个源操作数的值不变，结果存目的操作数，这样就大大提高了编程效率。平均指令执行时间 $1\sim 2\mu\text{s}$ 。

(3) 10 位 A/D 转换器。在 MCS-96 系列的部分产品中，有一个 8 通道或 4 通道的 10 位 A/D 转换器。

(4) 高速输入/输出部件。高速输入部件可以相对于内部定时器产生的实时时钟，记下某个外部事件发生的时间；而高速输出器可以按规定的时刻去触发某一事件。

(5) 5 个 8 位标准输入/输出口。这些口可以用做一般的输入/输出，其中有一部分口是多用途的。

(6) 功能增强的中断系统。有 9 个中断源，可对应 20 多个事件，有 8 个中断优先级。

(7) 16 位监视定时器。产生软、硬件故障时，监视定时器将使系统复位。

(8) 可动态配置的总线。在运行过程中，MCS-96 的总线可以动态地配置成 8 位或 16 位的，以便适应对外部存储器进行字节操作或字操作的不同需求。

(9) 内部 ROM。在带内部 ROM 的芯片中，内部 ROM 的容量为 8K 字节，内部 ROM/EPROM 可以加密，并可在运行中对 EPROM 编程。

(10) 256 字节的寄存器阵列和专用寄存器。其中 232 字节为内部寄存器阵列，它兼有通用寄存器和高速 RAM 的功能，另外 24 字节为专用寄存器。

(11) 定时器。MCS-96 系列单片机具有 2 个 16 位定时器，其中定时器 1 在系统中作实时时钟用，定时器 2 是一个外部事件计数器；另外还有 4 个受高速输出部件控制的软件定时器。

以上概括了 MCS-96 系列单片机主要的软硬件性能特点，由此可见它在性能上的确比 8 位单片机有根本性的突破，因而它具有更广阔的前程，专家预测到 90 年代末期，16 位机销量将超过 8 位机。

2. MCS-96 系列单片机的型号及分类

MCS-96 系列单片机家族成员甚多，型号有几十种，表 1-1 仅是其中一小部分。为方便叙述，以下章节将以“8096”来泛指 MCS-96 系列中的所有产品，但对用户而言，必须分清各型号之间的差别。

按发展年代及功能特点，MCS-96 可分为三个子系列：8X9X、8X98 和 8X9XBH(X 的值为 0~7)。这三个子系列通常也简称为 8096、8098、8096BH。下面分述三个子系列的特点。