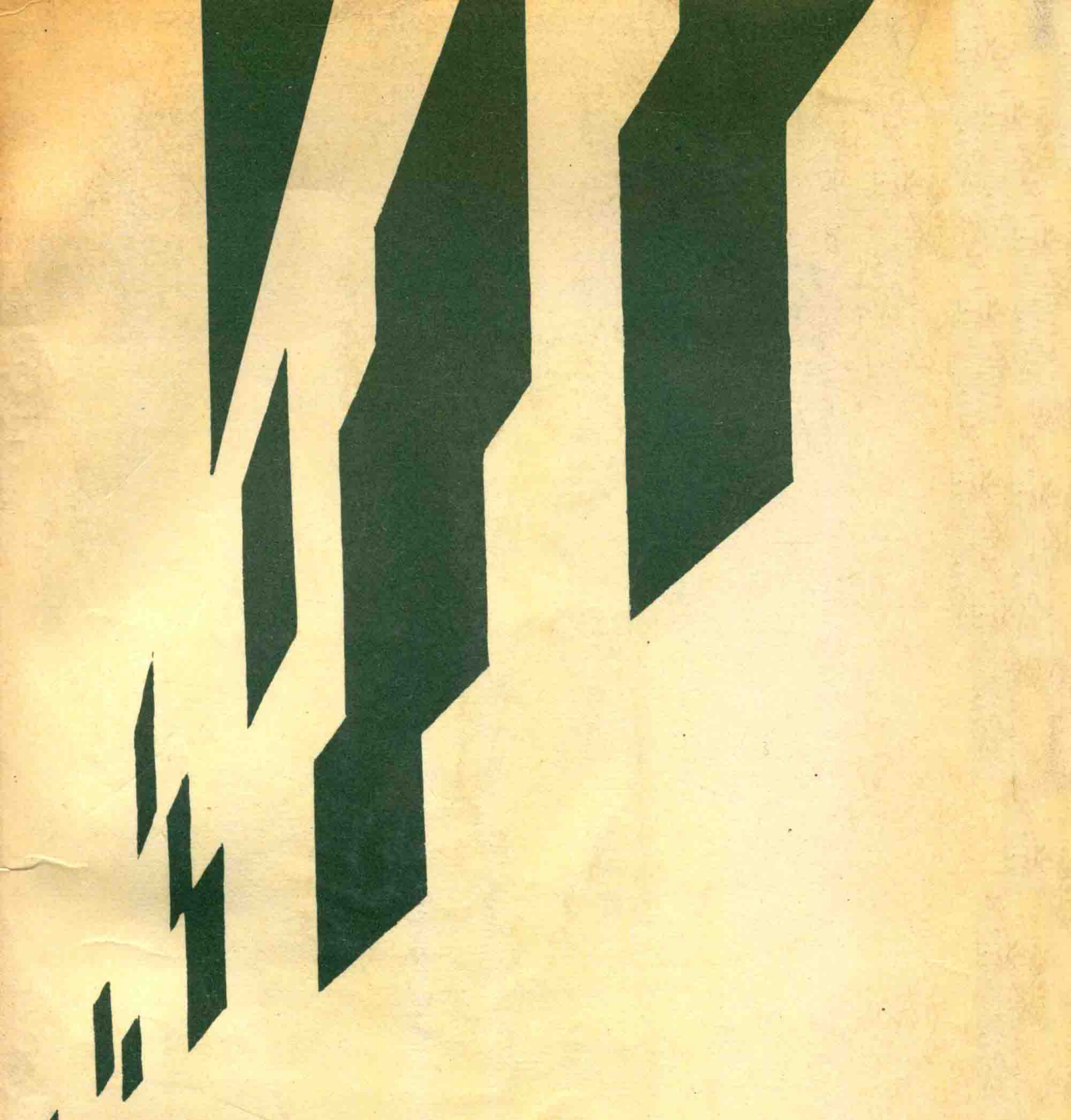




微型计算机原理及其应用

(十六位微型机)

陆一倩 编

哈尔滨工业大学出版社

微型计算机原理及其应用 (十六位微型机)

陆一倩 编

哈尔滨工业大学出版社

(内部发行)

第一版

哈尔滨工业大学出版社

计算机系 编

1981年12月出版

16开 85页 32开 160页

1981年12月出版

1981年12月出版

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书以8086 16位微处理机为典型,系统地阐述了计算机的基础知识和微型计算机的工作原理及其应用。全书分13章,包括:计算机基础知识;8位模型计算机的结构原理;8086的体系结构及其工作原理;半导体存储器及其与8位、16位机CPU的连接;8086的寻址方式、指令系统、基本程序设计及操作时序;微型计算机的中断系统、输入/输出和可编程的串、并行接口电路及应用实例;微型机的输入/输出设备及其接口技术;最后,对MC68000 16位微处理机作了简单介绍。

本书内容深入浅出,系统性强,概念清晰,重点难点处都有实例加以说明。每章后附有复习题,以供复习、练习和思考。

本书是为中等专业学校计算机专业学生编写的教材,也可供工程技术人员自学及专科学校短期培训班使用参考。

微型计算机原理及其应用 (十六位微型机)

陆一倩 编

*

哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店首都发行所发行
黑龙江省绥棱县印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张27.75 字数641 000

1991年8月第1版 1991年8月第2次印刷

印数 3001—13 000

ISBN 7-5603-0318-8/TP·30 定价: 9.50 元

再 版 前 言

《微型计算机原理及其应用》(十六位微型机)一书出版已经两年了。本书初版后,不少大、中专学校和多个微型计算机原理培训班选取了它作为教材,使用中得到了大家的好评。在本书再版时,对初版中的一些印刷错误作了勘正,并根据读者的要求,在初版的基础上,对某些内容作了修改和补充,如第八章增补了汇编语言伪指令和汇编语言源程序实例;对其它个别章节也进行了修改。希望能对读者有所帮助。

由于编者水平有限,欢迎读者继续对本书提出改进意见。

编 者

1990年12月

1991年 5 月

前 言

本书是经航天工业部教材编审委员会审定的供中等专业学校计算机专业“微型计算机原理”课程使用的教材，也可供专科学校（大专）及工程技术人员自学、短期培训班使用参考。

本书是在作者讲授“微型计算机原理”课程原稿的基础上，征求多方意见，并吸收了实际使用该型机同志的意见，几经修改而成的。

考虑到近年以 16 位微处理器为 CPU 的微机系统（如长城 0520、南天 0530、IBM PC）已大量在我国工厂、机关和学校中使用，而相应的有关教材较少的现实，本书内容决定以 16 位微机为基础，重点介绍了以 8086 为 CPU 的微型机的原理及应用。编写时力求循序渐进，由浅入深，从概念、原理讲起，再以实例说明。内容力求全面系统地阐述微型计算机的基本概念和原理，并密切联系实际。硬件部分着重介绍电路的功能及应用；程序部分，在介绍基本程序设计的同时，注意编程的方法与技巧。

本书承蒙中国计算机技术服务公司总工程师周明德主审，提出了许多宝贵的意见和建议。航天工业部二院副院长王文超同志审阅了本书第一章至第四章；航天工业部二院第二设计部科技委主任何午山及北京航空学院微机教研室副主任田子钧对本书也提出了许多宝贵的意见和建议，在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促、水平有限，疏漏及不当之处难免，切望读者批评指正。

编 者

1987年 5 月

目 录

第一章 概论

§1-1 电子计算机的发展概况	(1)
§1-2 微型计算机的发展	(2)
§1-3 我国电子计算机的发展	(4)
§1-4 微型计算机的特点及其应用	(5)
一、微型计算机的特点	(5)
二、微型计算机的应用	(6)
复习题	(6)

第二章 计算机的运算基础

§2-1 进位计数制	(7)
一、十进制数制	(7)
二、二进制数制	(7)
三、八进制数制	(8)
四、十六进制数制	(9)
五、二进制数的特点	(10)
§2-2 不同数制之间的转换	(11)
一、二进制数与十进制数之间的转换	(11)
二、八进制数与十进制数之间的转换	(14)
三、十六进制数与十进制数之间的转换	(15)
§2-3 二进制编码	(15)
一、二进制编码的十进制数	(15)
二、字符的编码	(17)
§2-4 计算机中的二进制数运算	(19)
一、二进制数的运算	(19)
二、原码、补码和反码	(22)
三、补码运算	(26)
§2-5 逻辑运算	(29)
一、与运算	(29)
二、或运算	(29)
三、非运算	(30)
四、异或运算	(30)
本章小结	(31)
复习题	(31)

第三章 微型计算机的基本结构

§3-1 微处理器、微型计算机、微型计算机系统和微型计算机开发系统	(34)
-----------------------------------	------

一、微型计算机中常用的术语	(34)
二、微处理机	(35)
三、微型计算机	(35)
四、微型计算机系统	(36)
五、微型计算机开发系统	(36)
§3-2 模型计算机的结构	(36)
一、中央处理机——CPU	(37)
二、存储器	(39)
三、总线	(41)
§3-3 程序的编制和执行	(43)
一、取指令—执行指令的序列	(43)
二、编制一段程序	(44)
三、程序的执行过程	(46)
§3-4 堆栈	(53)
一、堆栈的基本概念	(53)
二、级联堆栈	(54)
三、存储器堆栈	(56)
本章小结	(58)
复习题	(58)
第四章 8086微处理机	
§4-1 概述	(60)
§4-2 8086 CPU的体系结构和工作原理	(60)
一、体系结构的根本变革	(60)
二、执行单元 EU 和总线接口单元 BIU	(63)
三、8086的寄存器结构	(64)
§4-3 8086 CPU的引脚功能	(72)
一、8086的总线周期	(72)
二、8086 CPU的引脚功能	(74)
§4-4 8086的总线结构	(81)
一、分时复用多路的地址/数据总线	(81)
二、地址的锁存	(81)
三、数据总线	(83)
§4-5 8086的最小模式和最大模式	(86)
一、8086的最小模式	(86)
二、8086的最大模式	(88)
§4-6 8086系列简介	(90)
一、8088微处理机	(90)
二、8087数值数据处理机	(91)

三、8089输入/输出处理机	(93)
本章小结	(94)
复习题	(94)
第五章 微型计算机的存储器	
§5-1 半导体存储器的分类	(97)
一、随机存取存储器 RAM	(97)
二、只读存储器ROM	(99)
§5-2 随机存取存储器RAM	(99)
一、基本存储电路	(99)
二、静态 RAM的组成	(101)
§5-3 RAM 与 CPU 的连接	(109)
一、存储器的连接方法	(109)
二、RAM与字长为8位的CPU 的连接	(112)
三、RAM与字长为16位的CPU 的连接	(113)
§5-4 只读存储器	(115)
一、掩膜式固定只读存储器 ROM	(115)
二、可擦除可编程的只读存储器EPROM	(116)
§5-5 8086的存储器	(119)
一、8086存储器的结构	(119)
二、外部存储器寻址	(121)
三、存储器的段	(124)
四、实际地址的产生	(125)
五、堆栈和堆栈操作	(128)
六、系统专用和保留的存储单元	(130)
本章小结	(130)
复习题	(131)
第六章 8086的机器指令编码和寻址方式	
§6-1 8086的机器指令编码	(133)
一、机器指令格式	(133)
二、指令第二字节的编码	(135)
三、指令的其它字节的选择	(137)
四、8086机器指令编码举例	(138)
§6-2 指令的操作数	(140)
一、源操作数和目的操作数	(140)
二、立即操作数	(141)
三、寄存器操作数	(141)
四、存储器操作数	(141)
五、I/O 端口操作数	(141)

六、单操作数	(141)
七、双操作数	(142)
§6-3 寻址方式	(142)
一、概述	(142)
二、固有寻址	(142)
三、立即寻址	(143)
四、寄存器寻址	(143)
五、存储器寻址	(144)
六、相对寻址	(151)
七、当前段以外的寻址	(157)
八、关于8086寻址方式的说明	(158)
本章小结	(159)
复习题	(159)
第七章 8086指令系统	
§7-1 概述	(162)
一、指令系统的兼容性	(162)
二、指令格式的灵活性	(162)
三、寻址方式及存取数据能力增强	(162)
四、对多种类型的数据进行处理	(162)
五、构成多处理机系统	(162)
7-2 数据传送指令	(163)
一、通用数据传送指令	(163)
二、目的地址传送指令	(170)
三、状态标志位传送指令	(173)
§7-3 算术运算指令	(174)
一、8086处理算术数据的类型	(174)
二、加法运算指令	(177)
三、减法运算指令	(180)
四、乘法运算指令	(184)
五、除法运算指令	(187)
六、十进制和 ASCII 调整指令	(189)
§7-4 逻辑运算指令	(198)
一、逻辑运算指令	(198)
二、移位指令	(202)
三、循环移位指令	(205)
§7-5 字符串操作指令	(208)
一、变址寄存器、计数器和标志位的设置	(209)
二、REP 指令	(210)

三、MOVS指令	(211)
四、CMPS指令	(213)
五、SCAS指令	(215)
六、LODS指令	(215)
七、STOS指令	(216)
§7-6 程序转移指令	(217)
一、无条件转移指令	(217)
二、调用指令和返回指令	(220)
三、条件转移指令	(224)
四、迭代控制指令	(227)
§7-7 处理机控制指令	(230)
一、状态标志位操作指令	(230)
二、外同步指令	(232)
三、NOP指令	(233)
本章小结	(233)
复习题	(234)
第八章 基本程序设计	
§8-1 机器语言、汇编语言和高级语言	(237)
§8-2 汇编语言源程序的格式	(239)
一、指令语句	(239)
二、伪指令	(243)
三、汇编语言源程序实例	(252)
四、程序设计的基本方法	(254)
§8-3 基本运算程序	(256)
一、多字节的加减法运算	(256)
二、BCD数的加减法运算	(258)
三、BCD数与二进制数之间的转换	(260)
四、压缩的BCD数与ASCII码之间的转换	(266)
§8-4 数据处理程序	(268)
一、一组数求和	(268)
二、求一组数的平均值	(269)
三、求两组数的积	(270)
四、一个表的复制	(271)
五、求一组数的最大值和最小值	(273)
六、查表	(273)
§8-5 子程序	(275)
一、子程序与主程序	(275)
二、子程序嵌套	(276)

三、子程序举例.....	(277)
本章小结.....	(279)
复习题.....	(279)
第九章 8086的操作时序	
§9-1 概述.....	(282)
一、学习时序的目的.....	(282)
二、指令周期、总线周期和时钟周期.....	(282)
§9-2 8086指令系统的定时.....	(282)
一、定时.....	(282)
二、8086机器指令执行时间的计算.....	(284)
§9-3 8086的总线操作和时序.....	(288)
一、8086的读周期时序和写周期时序.....	(288)
二、等待状态时序.....	(290)
§9-4 8086的指令时序.....	(291)
一、执行一段程序.....	(291)
二、指令时序分析.....	(292)
本章小结.....	(297)
复习题.....	(297)
第十章 微型计算机的中断系统	
§10-1 中断的概念.....	(299)
一、问题的提出.....	(299)
二、中断、中断系统和中断源的概念.....	(299)
三、中断的用途.....	(300)
§10-2 中断的一般处理过程.....	(300)
一、中断请求.....	(300)
二、中断优先权.....	(300)
三、CPU响应中断的条件.....	(301)
四、CPU对中断的响应.....	(301)
§10-3 8086的中断系统.....	(303)
一、8086的中断源.....	(303)
二、中断向量表.....	(303)
三、外部中断.....	(304)
四、内部中断.....	(307)
五、8086的中断优先权.....	(312)
六、8086的中断处理顺序.....	(312)
七、多重中断和多重中断处理.....	(316)
本章小结.....	(318)
复习题.....	(318)

第十一章 微型计算机的输入/输出和接口电路

§11-1 概述	(320)
§11-2 输入/输出的寻址方式	(321)
一、I/O 端口寻址方式	(321)
二、存储器编址的I/O 寻址方式	(322)
三、8086对 I/O设备的访问	(323)
§11-3 8086的输入/输出指令	(323)
一、直接端口寻址的 I/O指令	(324)
二、间接端口寻址的 I/O指令	(324)
§11-4 输入输出的传送方式	(325)
一、CPU与I/O之间的接口信号	(325)
二、输入输出的操作过程	(326)
三、I/O 传送方式	(326)
四、程序传送方式	(327)
五、中断传送方式	(330)
六、直接存储器存取 (DMA) 方式	(330)
§11-5 8 位通用I/O接口电路——8212	(333)
一、8212的内部结构与功能	(334)
二、8212应用举例	(336)
§11-6 可编程并行 I/O 接口电路——8255A	(338)
一、8255A的组成和功能	(338)
二、8255A的方式选择	(341)
三、8255A各种工作方式的功能	(343)
四、8255A工作方式小结	(347)
五、8086与8255A接口电路	(348)
六、8255A应用实例	(351)
§11-7 可编程串行 I/O 接口电路——8251A	(354)
一、概述	(354)
二、串行通讯的基本方式	(354)
三、串行通讯中的基本技术	(356)
四、8251A的组成和功能	(357)
五、8251A 的编程	(363)
六、应用实例	(367)
本章小结	(368)
复习题	(369)

第十二章 微型计算机的输入/输出设备及其接口技术

§12-1 七段显示器与 CPU 接口	(371)
一、常用七段显示器的类型	(371)

二、以硬件为主的七段显示器接口方法	(372)
三、以软件为主的七段显示器接口方法	(372)
§12-2 键盘及其与CPU的接口	(374)
一、键盘开关及其接口中的一些基本问题	(374)
二、非编码键盘	(375)
三、编码键盘	(379)
§12-3 软磁盘	(381)
一、磁表面存储的工作原理	(381)
二、软磁盘	(384)
三、软磁盘驱动器的结构和工作原理	(385)
本章小结	(386)
复习题	(386)

第十三章 MC68000微处理机简介

§13-1 概述	(388)
§13-2 MC 68000 CPU	(389)
一、寄存器结构	(389)
二、MC68000的引脚功能	(389)
§13-3 数据结构和寻址方式	(393)
一、数据类型	(393)
二、寄存器中的数据结构	(393)
三、存储器中的数据结构	(394)
四、寻址方式	(395)
§13-4 MC 68000 指令系统及其特点	(396)
本章小结	(398)
复习题	(399)

附录

附录一 符号说明	(400)
附录二 指令对状态标志位的影响	(402)
附录三 8086指令编码表	(403)
附录四 8086机器指令编码表	(410)

参考资料	(429)
------	-------

第一章 概 论

§ 1-1 电子计算机的发展概况

电子计算机是由各种电子器件组成的能够自动、高速、精确地进行逻辑控制和信息处理的现代化设备。它最初是作为一种现代化的计算工具而问世的。这是人类在长期的生产和科学实践过程中,为减轻繁重的劳动和加快计算速度而努力奋斗的结果。电子计算机的诞生,是 20 世纪科学技术的卓越成就,是人类历史上最伟大的发明创造之一,是当前新的技术革命的基础。

在电子计算机出现之前,人类曾发明创造了各种各样的计算工具。在唐朝末年,我国劳动人民发明创造了算盘。这是世界上最早的计算工具。算盘至今还在使用。后来,在国外也相继出现了各种计算工具。1642年,法国制成了世界上第一台机械计算机,19 世纪末叶,制成了手摇计算机,本世纪初,又出现了电动计算机。

到了 20 世纪 40 年代,一方面,由于飞机、导弹、原子物理、气象预报等现代科学技术的发展,特别是第二次世界大战中迅速发展起来的军事技术,提出了大量而复杂的计算问题,上述计算工具因计算速度慢和精度低而不能适应形势要求;另一方面,电子学和自动控制技术的迅速发展,为研制电子计算机提供了物质技术条件。

1946年世界上第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculatot) 在美国问世,它是为解决复杂的导弹计算问题而研制的。ENIAC 电子计算机用了 18 000 多只电子管,1 500 多个继电器,占地面积 150m²,重量约 30t,耗电量 150kW,字长 12 位,计算速度为 5 000 次/s。其特点是体积大、功耗大、速度慢,但它为以后电子计算机的发展奠定了基础。从 1946 年到现在的 40 年时间里,电子计算机得到了迅速发展,它已经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模集成电路四代的变化,并开始研制第五代计算机。如表 1-1 所示。

电子计算机经历了四代演变之后,无论从硬件或软件方面来看,技术都日臻完善。15 000 万次/s 的 ILLIAC-IV 巨型机已经投入运行。同时,大型机、超小型机、计算机网络、智能模拟、软件工程等都有新的进展。随着大规模集成电路技术的迅速发展,70 年代后,计算机除了向巨型机方向发展外,还朝着微型机方向飞跃前进。1971 年,世界上第一台微处理机和微型计算机在美国问世,从而开创了微型计算机的新时代。目前,对微处理机和微型计算机的研制与使用,正方兴未艾。

现在,美国、日本等许多国家正在加紧研制第五代计算机。可以预见,这将是超大规模集成电路 (VLSI) 和人工智能为主要特征的完全崭新的一代计算机。

表 1-1

各代电子计算机的主要特点

项 目	特 点	第 一 代 1946~1957	第 二 代 1958~1964	第 三 代 1965~1970	第 四 代 1971年以后	第 五 代 1982年以后
逻 辑 元 件		电 子 管	晶 体 管	中小规模 集成电路	大、超大规 模集成电路	超大规模 集成电路
存 储 器		延迟线 磁鼓 磁芯	磁 芯 磁 盘	磁 芯 磁 盘	半 导 体 存 储 器	半导体存储器、 磁泡存储器、磁 盘、光盘
典 型 机 器		IBM-701 (1953.4) IBM-650 (1954.11)	IBM-7090 (1959.11) IBM-7094 (1962.9)	IBM-370 (大) (1971) IBM-360 (中) (1964) PDP-11 (小)	ILLIAC-IV (巨 型机) (1973) IBM-3033 (大型 机) VAX-11(小型机) 微型机 Intel 8080,8085 MC6800,Z-80 Intel 8086, Z- 8000 MC68000 Intel 80386 NS 16032	正在研制 中
软 件		机器语言 汇编语言	管理程序 FORTRAN 程序 语言 COBOL程序语言 ALGOL,PL/I等 程序语言	分时操作系统 会话式语言 结构程序设计	数据库 软件工程 程序设计自 动化	智识库 自然语言处理 软件工程
应 用 范 围		科学计算	1.科学计算 2.数据处理 3.工业控制	1.大型科学 计算 2.系统模拟 3.系统设计 4.分时操作	1. 大型科学计算 2. 大型事务处理 3. 计算机网络 4. 智能模拟 5. 广泛应用于各 个技术领域, 普及 到社会生活的各个 方面	1. 人工智能 2. 计算机专家 系统 3. 计算机网络

§ 1-2 微型计算机的发展

微型计算机 (Microcomputer) 属于第四代计算机。自从1971年美国 Intel 公司的 M·E·霍夫发明了第一台微处理器 (Microprocessor) Intel 4004以来, 微处理器已经历了十多年的时间, 也发展了四代产品。如表1-2所示。

表 1-2

各代微型计算机的特点

项目 \ 特点 \ 代	第 一 代 1971~1973	第 二 代 1974~1977	第 三 代 1978~1980	第 四 代 1981年以后
典型的微型计算机	Intel 4004 Intel 8008	Intel 8080, 8085 M 6800, 6809 Z 80	Intel 8086, 8088 MC 68000 Z 8000	Intel 80386 MC 68020 Bell MAC 32 HP μ P 32
字 长	4/8位	8位	16位	32位
芯片集成度	1200~2000 晶体管/片	5000~9000 管/片	20000~70000 管/片	10万管/片以上
芯片引出线	16~24条	40条	40~64条	64条
时钟频率	0.5~0.8MHz	1~2.5MHz	5~10MHz	10MHz以上
基本指令执行时间 (μ s)	10~15	1~2	0.4~0.75	<0.125
数据总线	4/8条	8条	8/16条	32条
地址总线	4~8条	16条	20~24条	24~32条
软 件	机器语言 简单的汇编语言	汇编语言 交叉驻留汇编程序 高级语言 FORTRAN、 BASIC、PL/M等 操作系统	汇编语言 高级语言 操作系统	操作系统 高级语言软件 硬化

第一代(1971年~1973年)是低档的四位微处理机Intel 4004以及由它组成的微型计算机MCS-4。4004采用了PMOS工艺,一个芯片上集成了1200个晶体管,它能进行串行的十进制运算,使用机器语言和简单的汇编语言,基本指令执行时间为10~15 μ s。虽然第一代微型计算机在结构性能上还很不完善,但它获得了价格上的优势。微处理机和微型计算机的出现,标志着计算机进入了一个崭新的发展阶段。

第二代(1974年~1977年)是八位微处理机和微型计算机。初期产品有Intel公司的8080和Motorola公司的M6800。它们采用NMOS工艺,每片集成了5000个晶体管左右。基本指令执行时间约2 μ s。虽然8080在性能上不是最佳产品,但由于它投放市场早,Intel公司又为它生产了种类齐全的外围支持设备,配置了大量的软件,因此竞争力很强。

1976年以后问世的性能较高的八位微处理机,是Zilog公司的Z-80,Intel公司的

8085, Motorola公司的6809。芯片集成度提高到 9000 管/片左右,基本指令执行时间为 $1\sim 1.3\mu\text{s}$ 。总之,第二代微型计算机集成度较高,执行速度较快,指令系统比较完善,已具有典型的计算机体系结构,以及中断、DMA 等控制功能。软件除采用汇编语言外,还配有 BASIC、FORTRAN、PL/M 等高级语言及其相应的解释程序和编译程序,并在后期配上了操作系统。由于 8 位微型计算机有速度较慢、字长较短的不足之处,所以它的应用范围受到一定程度的限制。

在1978年,Intel 公司推出了新型的16位微处理机8086。不久, Motorola 公司的 MC68000和 Zilog公司的 Z-8000又相继问世,它们成为微处理机的第三代代表产品,也是目前国际市场上最流行的三种16位微处理机。8086在一个芯片上集成了 29000 个晶体管; Z-8000集成了17500个晶体管;而68000集成了68000个晶体管。这些微处理机的运算速度很快,指令的最短执行时间为400ns,比典型的 8 位微处理机快 2~5 倍。它们的速度也都赶上和超过了小型计算机。在软件方面,这些微型计算机可以使用多种高级语言,有常驻的汇编程序、完善的操作系统、大型的数据库,并且可以构成多微处理机系统。16位微型计算机的出现,形成了与小型计算机相竞争的局面。它的迅速发展,将弥补现在 8 位微型计算机由于字长和速度的局限性而造成的缺陷,从而为微型计算机在实时数据处理和实时控制领域中的广泛应用开辟了广阔的前景。

第四代(1981年以后)是32位微处理机和微型计算机。这种类型的微处理机具有下列特点:

1. 数据总线和地址总线是全 32 位的,数据寄存器和地址寄存器也都是 32 位。
2. 指令系统完全支持 32 位数据型。
3. 在机器寻址方式中,所用的变址和其它地址修正量具有 32 位的表达式。

其代表产品有Motorola公司的68020, Intel公司的80386, Bell 研究所的 MAC-32, HP公司的 $\mu\text{P}32$ 等。

HP公司的32位微处理机芯片集成了45万个晶体管,时钟频率为 18MHz, Bell 的 MAC 32 集成了15万个晶体管。由于集成度的提高,因此系统的速度和性能大为提高,可靠性增加,成本降低。现在 32 位微型计算机的功能已足以同高档的小型计算机相匹敌,大有取代中、小型计算机之势。

目前,各种类型的微型计算机已在各个领域得到广泛应用,对计算机科学和其它学科产生了变革性的影响,并在整个技术领域占有越来越重要的地位。

§ 1-3 我国电子计算机的发展

1956年,我国开始研制电子计算机,1958年第一台电子管数字计算机M3 (103型)研制成功,它填补了我国电子计算机的空白。1961年~1965年我国研制和生产了第二代晶体管计算机,并投入运行。从 1971 年开始,研制第三代(集成电路)电子计算机。1972年,100万次的大型计算机试制成功。DJS-100系列小型多功能机于1976年投入批量生产。1977年研制成功 200 万次大型集成电路电子计算机和DJS-183 小型多功能计算机。1979年 DJS-200 系列也相继问世。1983年我国研制成功 100M次/s 以上的“银