

骆光武
陈世福
杨献春
编 著

微型计算机丛书



中国计算机用户协会
《计算机应用通讯》编辑部

十六位微型 计算机原理

~~H3995/585~~ TP36/36

十六位微型计算机原理

骆光武 陈世福 杨献春 编著

中国计算机用户协会总会
《计算机应用通讯》编辑部

封面设计 王林通

***** 《型微计算机丛书》编委会 *****
主任编委：徐洁磐
常务编委：周锡卫
编 委：王启祥、徐永嘉、汪日康

十六位微型计算机原理

中国计算机用户协会 总会 出版
《计算机应用通讯》 编辑部

(北京市北环西路甲1号)

开本：16开本 1985年1月第一版
字数：510千字 1985年1月第一次印刷

(内部交流)

《微型计算机丛书》编委会

主任编委：徐洁磐

常务编委：周锡卫

编委：王启祥、徐永嘉、汪日康

· 内容简介 ·

全书共分十一章，其主要内容包括：8086/8088微处理器结构及其指令系统、外围集成电路和系统组成；8086汇编语言及其程序设计；存储器结构；输入输出通道及其接口电路；IBM—PC微型机；16位操作系统。除去上述以8086族微处理器为背景阐述内容外，还介绍二种十六位微处理器：MC—68000和Z—8000。书末，附有书中所涉及的几种机型的指令系统。

本书从硬件和系统软件的角度出发，既在介绍8086族主要集成电路功能的基础上，较详尽地描述了IBM—PC机的工作原理，又从实用角度介绍了汇编语言和操作系统。

本书内容充实，图文并茂，力求做到通俗易懂。

本书可供从事16位微型机设计和使用的科技人员及大专院校师生阅读和参考，也可作自学微型机的一本入门参考书。

前 言

自从1971年4位微处理器问世以来，微处理器已经历了十几年的发展历程。在这十几年中，微处理器本身在不断更新换代，促进了微型机的发展；并且它在社会的各个领域中得到广泛的应用，表现了它的强大生命力。1978年Intel公司推出了十六位微处理器8086，随后Zilog公司、MOTOROLA公司又相继推出了十六位微处理器Z-8000、MC-68000，使微处理器进入一个新阶段。它们使微型机与小型机的差别日趋缩小，并有取代小型机的趋势。

1978年IBM公司推出了IBM-PC微型机，目前已成为国际上最流行的十六位微型机之一。我国在研制开发和使用8位微型机的基础上，也十分重视十六位微型机的研制开发和使用。据此，编者编写了十六位微型机原理一书。本书试图以8086族微处理器和IBM-PC微型机为背景，将硬件和系统软件结合起来，并把重点放在微型机的结构、汇编语言程序设计、输入输出接口技术以及16位操作系统等方面。此外还介绍了其它两种主要的十六位微处理器Z-8000和MC-68000。

由于编者的水平有限，再加上时间仓促，一定有不少差错存在，谨请读者批评指正，编者将不胜感激。

1984年8月

序

随着国际下“第三次浪潮”的兴起和“第四次工业革命”的到来，人类社会开始进入到一个利用信息资源和开发信息资源的信息社会。由此，计算机这一信息处理和开发的工具更加引起人们的重视，特别是微型计算机正以新技术尖兵的面目，进入了厂矿企业、机关、商店及其中、小学课堂和家庭，它与其它一些新技术相结合，形成了强大的生产力，对于科学计算、数据处理、自动控制及智能化等发挥着越来越大的作用，正在改变着各行各业的面貌。

在我国由于微型计算机不断应用和普及，出现了一大批从事研究开发，操作使用方面的人材，还有更多的初学者，他们迫切需要了解有关微型计算机的各种知识；各种学习班，短训班等也苦于教材问题无法解决而发愁，因而筹备出版一套有关微型机方面的丛书已成为目前一项急待完成的任务。为此，中国计算机用户协会和《计算机应用通讯》编辑部决定出版发行一套成系统的《微型计算机丛书》，该丛书一套十本，每本书内容均相对独立，并从各个侧面较为全面地介绍有关微型计算机的原理和应用等方面的基本知识。

本丛书以实用技术为主，编委会希望读者阅读此丛书后，能将微型计算机有效地应用于各个领域。本丛书力争做到概念清楚、简明扼要，便于应用，并适于读者自学，使具有高中文化水平的读者能够读懂和掌握丛书的内容。

由于时间仓促，经验本丛书从取材编辑等方面必定存在不少缺点、错误，望读者批评指正。

《微型计算机丛书》编委会

1984年5月

目 录

第一章 微型机概述

1.1 微型机的发展史	(1)
1.2 微型机的组成与分类	(2)
1.2.1 微处理器的定义	(2)
1.2.2 微型机的组成	(3)
1.2.3 微型机的分类	(3)
1.3 数据格式	(3)
1.3.1 二进制数	(3)
1.3.2 十进制数	(4)
1.3.3 实数	(4)
1.4 三种主要的十六位微型机的比较	(4)
1.4.1 系统调用	(4)
1.4.2 字节处理能力	(5)
1.4.3 数值运算能力	(5)
1.4.4 结构特点	(6)
1.4.5 存储器的寻址范围	(6)

第二章 8086/8088微处理器结构

2.1 概 述	(9)
2.2 存储器结构	(10)
2.2.1 通用寄存器	(10)
2.2.2 标志寄存器 F	(11)
2.2.3 段寄存器和指令指示器 IP	(12)
2.3 用段和位移量来指定地址	(12)
2.3.1 用段和位移量来指定地址	(12)
2.3.2 段寄存器的内容变更	(13)
2.3.3 段变更	(14)
2.3.4 存储器专用和备用单元的分配	(14)
2.4 8086/8088的管腿说明	(15)
2.5 8086与8088的比较	(18)
2.5.1 内部结构的不同有三点	(18)
2.5.2 外部总线中不同	(18)
2.6 总线结构	(19)
2.6.1 MN 方式的总线周期时序	(19)
2.6.2 地址总线 and 数据总线的分离	(21)
2.7 中断结构	(21)
2.7.1 中断类型	(22)
2.7.2 CPU 的硬件的中断响应序列	(23)
2.7.3 中断类型的优先级	(24)

第三章 8086/8088的指令系统

3.1 指令格式	(25)
----------	--------

3.2	寻址方式	(29)
3.2.1	寄存器操作数和立即操作数	(29)
3.2.2	存储器的寻址方法	(30)
3.2.3	I/O 端口寻址	(31)
3.2.4	分枝指令的寻址方式	(31)
3.3	指令集合	(32)
3.3.1	传送指令组	(32)
3.3.2	算术运算指令组	(35)
3.3.3	逻辑运算和移位指令组	(39)
3.3.4	字符串指令	(40)
3.3.5	控制转移类指令	(43)
3.3.6	处理器控制类等指令	(46)

第四章 8086/8088的外围集成电路

4.1	时钟发生器8284A	(47)
4.2	8282/8283八位锁存器	(49)
4.3	8286/8287八位双向总线收发器	(50)
4.4	8288总线控制器	(51)
4.5	8289总线仲裁器	(54)
4.6	8259A可编程中断控制器	(61)

第五章 8086/8088的系统组成

5.1	MN 方式的系统组成	(70)
5.1.1	MN 方式的总线定时	(70)
5.1.2	MN 方式的系统组成	(73)
5.1.3	HOLO/HLDA 的定时	(75)
5.2	MX 方式的系统组成	(76)
5.2.1	MN 方式的总线定时	(76)
5.2.2	MX 方式的系统结构	(78)
5.3	INTEL 多总线接口	(81)
5.3.1	多总线接口信号	(81)
5.3.2	总线的操作特性	(85)
5.3.3	多总线直流特性	(89)
5.3.4	从板的设计例	(89)

第六章 8086的汇编语言

6.1	有属性的符号	(91)
6.2	段的指定和段控制	(94)
6.2.1	CP/M 汇编语言中段的指定	(95)
6.2.2	MDS 汇编语言中段的指定	(96)
6.2.3	段控制	(96)
6.3	伪指令和运算符	(98)
6.3.1	伪指令	(98)
6.3.2	运算符	(101)
6.4	地址的指定和字符串处理指令和 XLAT 指令的描述方法	(103)
6.4.1	地址的指定	(103)
6.4.2	字符串处理指令和 XLAT 指令的描述方法	(105)
6.5	汇编语言写的程序实例	(106)

6.5.1	单步中断的程序实例	(106)
6.5.2	打印机I/O调用程序实例	(110)
第七章 存储器结构		
7.1	存储器的概念	(112)
7.2	随机存储器	(113)
7.2.1	RAM的基本结构及组成	(113)
7.2.2	动态RAM的刷新	(114)
7.3	只读存储器	(115)
7.4	存储器接口	(115)
7.5	IBM—PC存储器的结构和使用	(116)
7.6	IBM—PC栈的组成和使用	(119)
7.7	IBM—PC存储器接口	(120)
7.7.1	ROM和EPROM的接口	(120)
7.7.2	静态RAM的接口	(120)
7.8	磁盘存储器	(121)
7.8.1	软磁盘存储器	(121)
7.8.2	硬磁盘存储器	(125)
第八章 输入/输出和8089微处理器		
8.1	输入/输出的工作方式	(131)
8.1.1	I/O总线控制结构	(131)
8.1.2	输入输出指令方式	(132)
8.1.3	三种输入/输出控制方式	(134)
8.2	输入输出接口芯片	(137)
8.2.1	可编程序串行接口8251A	(137)
8.2.2	以编程序并行接口8255A	(143)
8.3	可编程序DMA控制器Intel8237	(149)
8.4	8086/8088的输入/输出接口	(157)
8.4.1	8086/8088的输入/输出方式	(157)
8.4.2	8086/8088输入/输出设备的兼容性	(158)
8.4.3	8086/8088输入/输出例子	(160)
8.5	8089I/O微处理器	(163)
8.5.1	8089I/O处理器概述	(163)
8.5.2	8089I/O处理器的结构	(164)
8.5.3	8089的指令系统	(165)
第九章 IBM—PC 微型机系统		
9.1	IBM—PC 微机系统的硬件组成	(173)
9.1.1	CPU	(175)
9.1.2	存储器结构	(176)
9.1.3	I/O通道结构和系统主机板的I/O设备	(176)
9.1.4	显示器接口	(184)
9.1.5	IBM80CPS点阵打印机接口	(199)
9.1.6	软盘驱动器及其控制器	(204)
9.2	IBM—PC的可选配的插件卡	(211)
9.2.1	异步通讯控制器	(211)
9.2.2	存储器扩充插件板	(217)

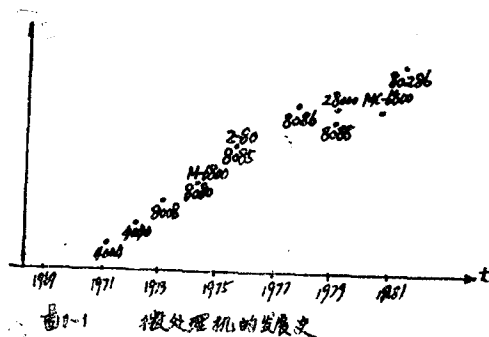
9.2.3 其它的选配插件卡.....	(217)
9.3 键盘操作.....	(220)
第九章 附录	(223)
附录一: IBM—PC的显示字符编码表.....	(223)
附录二: 打印机打印的字符编码之一.....	(224)
附录三: 打印机的打印字符编码之二.....	(224)
第十章 MC—68000和Z—8000微处理器	(225)
10.1 MC—68000 微处理器.....	(225)
10.1.1 MC—68000的主要特点.....	(225)
10.1.2 MC—68000 的系统结构.....	(225)
10.1.3 MC—68000 数据结构和寻址能力.....	(229)
10.1.4 MC—68000指令系统.....	(236)
10.2 Z—8000微处理器.....	(242)
10.2.1 Z—8000的特点.....	(242)
10.2.2 Z—8000的系统结构.....	(243)
10.2.3 Z—8000寻址方式和指令系统.....	(246)
第十一章 16位通用操作系统	
11.1 引言.....	(249)
11.2 CP/M—80的继承者——CP/M86.....	(253)
11.2.1 CP/M—86系统概述.....	(253)
11.2.2 CP/M—86 下命令的建立和执行.....	(255)
11.2.3 基本磁盘操作系统 (BDOS) 函数.....	(263)
11.2.4 基本 I/O 系统 (BIOS) 组织.....	(275)
11.3 CP/M—86的同宗兄弟MS—DOS/1.25.....	(281)
11.3.1 概述.....	(281)
11.3.2 MS—DOS/1.25下命令的执行.....	(283)
11.3.3 磁盘管理及文件组织.....	(286)
11.3.4 MS—DOS1.25 系统函数调用的特点.....	(291)
11.3.5 DOS中断向量.....	(295)
11.4 MS—DOS的改进版本 2.0.....	(298)
11.4.1 MS—DOS 2.0的新特点.....	(298)
11.4.2 可安装的设备驱动程序.....	(299)
11.4.3 与XENIX的兼容性.....	(306)
11.4.4 新增加和改进的命令.....	(309)
附录部分	
附录一: 高速运算处理器 8087 简介.....	(312)
附录二: 8086/8088指令系统.....	(317)
附录三: 8089 指令系统.....	(345)
附录四: MC—68000 指令系统表.....	(349)
附录五: Z—8000指令系统.....	(356)
附录六: 主要微型机生产厂及产品.....	(371)

第一章 微机概述

1.1 微型机的发展史

自从微处理机问世以来，新产品一直不断地推出，不但种类繁多，功能逐渐增强，而且得到企事业部门的广泛应用，甚至迈向家庭之中。十几年的微处理机的兴旺发达史，对计算机行业产生了变革性的影响，在计算机领域中占有越来越重要的地位。因此，很有必要回顾一下微型机的发展简史。

1951年美国宾夕法尼亚大学成功地研制了第一台电子管计算机 ENIAC(Electronic Numerical Intergrator AND Calculator),开始了计算机生产史。1948年的晶体管发明，促进计算机的发展，计算机的性能和结构得到改进和提高。集成电路和微程序设计技术奠定了微处理机发展的基础。图1—1示出了微处理机的发展史。



1971年11月，Intel公司的M·E·霍夫发明了微型机Intel4004以来，微处理机的发展以经经历如下五个阶段。各阶段的微型机主要特点如表1—1所示。

表1—1 微型机各阶段的主要特点

特 点 \ 阶 段	(一) 1971~1975	(二) 1973~1973	(三) 1975~1977	(四) 1978~1980	(五) 1981~
典型微处理机	Intel 4004 8008	Intel 8080 (DEC LSI-11 MC 6800	Intel 8085 (LSI-11/2) MC 6809 Z-80	Intel 8086 LSI-11/23.24 Z-800 MC-6800	Intel iAPX432 IBM 320 Bell MAC32 HP32
字长(bit)	4~8	8(16)	8(16)	16/32	32
半导体工艺	P-MOS	N-MOS	E/D MOS	N/H MOS	HMOS
集成度(晶体管片)	2000	5000	10000	2~6万	10万以上
芯片引出线	16~24	40	40	40—64	64~
时钟频率(MHZ)	1	2	2.5~5	4~10	10
平均指令周期(μS)	20	2	1	0.5~0.1	0.1
数据总线(bit)	4	8(16)	8(16)	16	16/32
地址总线(bit)	4~8	8(16)	8(16)	20~24	24~32

1. 第一阶段是微型机萌芽阶段。4004微处理器原应用计算器上，但意外地取得非计算器之用途，即可作为生产控制之类微处理器用，并取得了极大的成功。由于其功能太低，Intel公司对它作了改进，从而生产了4位4040型微处理器和8位8008型微处理器，速度、功能比4004微处理器有所提高。

2. 第二阶段是微型机设计和生产技术进入成熟时期。Intel公司在改进了8008的结构后，于1973年抛出了8080微处理器，它十倍于8008的速度，而且在硬件及软件上作了重大的改进，被称为微型机工业的大跃进。它适用于数据处理、控制和通信等领域，其计算能力和外设控制能力引人注目，使微型机进入社会生活的各个领域。1976年，波士顿电子大展中，被认为是微处理器的标准产品。与此同时，MotoRola的6800、National的IMP、Rockwell的PPS、Fairchild的F8、RCA的COSMAC以及其他产品相继出现，相互竞争，使价格迅速下降。这个阶段的特点是：微处理器的设计和生产技术成熟，并且系统配件也越来越全，便于构成功能较强的微型机系统。

3. 第三阶段是8位机的改进阶段，它以集成度更高和性能更强的Z-80和Intel8085等微处理器为代表。此时，一些单片微计算机也生产出来，它们使中央处理器（CPU）、存储器和输入输出电路制作在一块芯片上。

4. 第四阶段是16位机的发展阶段。这个阶段是由小型机微型化和微型机16位机化两个途径发展起来的。前者继承了小型机丰富的软件资源，有着小型机的功能和微型机的价格的特点。例如LSI-11/23、24（PDP-11/34的微型化）、M601（NOVA的微型化）等。后者是半导体厂家的8位机过渡而来，如8086、Z-8000和MC-68000等，它们侵入了小型机市场。

5. 第五阶段是16位机向32位微型机发展的时期。1981年开始，由于VLSI技术发展，促进了32位微型机的研制，其中Intel公司的iAPX432最引人注目。iAPX432是从提高软件的生产效率出发，采用全新的的系统结构面目出现的。它含有一个I/O接口处理机，以控制I/O子系统与432机间数据交换。iAPX432具有2~200位可变的指令格式，由于每条指令采用多种字段结构形式，因此需要从指令位列中选取所要的字段。该机的微指令采用流水线作业执行，可处理8、16、32、64或80位字长的数据。该机可对所有的目标区进行统一的管理和保护，有 2^{24} 字节的物理空间、 2^{32} 个字节的逻辑空间和 2^{40} 个字节的虚拟空间，因此，需要把40位的虚拟地址转换成24位的实际地址（机内设有联想存储器）。用5台iAPX432构成的多处理机系统具有每秒处理200万条指令的能力，其性能超过了VAX-11/80，并接近IBM370/158。这个时期的微型机将冲击中型机市场，朝中、大型机方向发展。

从发展的历史看，Intel公司引导了微型机的新潮流，而MotoRoLa公司、Zilog公司在每个阶段都吸收了前者的优点，改进不足之处，出现了你追我赶的新局面，这种竞争的局面将促进微型机的迅速发展，进入一个计算机发展的新时期。

1.2 微型机的组成与分类

1.2.1 微处理器的定义

微处理器本身不是一个计算机，而是普通计算机中控制和处理两部分组成，它包含有三个基本部分：

1. 算术逻辑部件 (ALU)。它既能执行算术运算操作, 又能执行逻辑操作。
2. 寄存器堆。它用来存放操作数、中间结果和标志机器的工作状态信息。
3. 控制部件。它用以产生微型机的定时时钟脉冲序列和接口界面等其它控制操作的时序信号。通过接口电路与外部相连, 以构造微型机。

1.2.2 微型计算机组成

微型机是由微处理器、存储器和 I/O 控制电路及其外围设备组成。如图 1—2 所示。

微型机仅是微型机系统的硬件部分, 且微型机系统还必要包含系统软件、应用软件及所需的更多的外围设备。

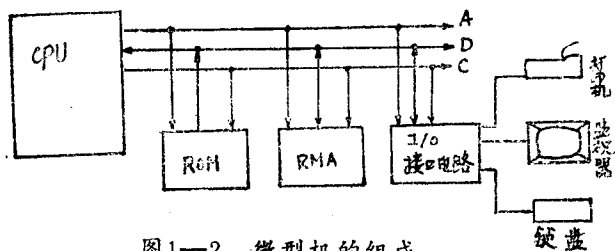


图 1—2 微型机的组成

1.2.3. 微型机的分类

微型机通常是按照内部数据总线来分类:

1. 4 位微型机

4 位微型机包含 CPU、RAM、ROM、I/O 控制接口的单片机。诸如 Intel 4040、Intel 4040、日立的 HMOS—4 和 PPS—4/1 系列等, 常用于过程控制, 构成各种袖珍式, 台式计算机, 面向商用和家庭用电器的控制。

2. 8 位微型机

典型的 8 位机有 8080A、8085A、M6800 和 Z—80 为芯片组成的微型机, 国内的例子是 DJS—050 系列和 DJS—060 系列。具有较好的可扩展性, 主要面向工业应用, 用于事务处理、过程控制或构成智能终端等。

3. 16 位微型机

16 位微型机比 8 位微型机具有更高的速度、更大的存储容量和更高的时钟频率, 比 8 位机具有更高的优越性。本书主要介绍了 Intel 8080 家族、Z—8000 和 MC—68000 为芯片的微型机, 其功能比 8 位机提高了一个数量级, 它们不同程度吸收了 IBM 370 和 PDP—11 系列的优点, 可与 PDP—11/45, 70 及 IBM 370/145 相媲美。目前比较流行的 IBM—PC 微型机便是这类计算机中之一。

4. 32 位微型机

32 位微型机是向中、大型计算机设计思想为目标而产生的, 目前推出的有 iAPX432 微型机系统等。

1.3 数据格式

在微型机中, 数据以字节为单位。在 8086/8088 系统中, 共有四种数据类型: 不带符号的二进数、带符号的二进整数, 不带符号的压缩十进数和非压缩的十进数。

1.3.1. 二进制数

二进制数的长度有 8 位、16 位等多种

1. 不带符号的二进制数

在8086/8088系统有二种，一种是8位数，其数值范围为0~255之间。另一种是16位数，其数值范围为0~65536之间。

2. 带符号二进制数

在8086/8088系统有二种：一种8位整数，另一种是16位整数。它们的最高位用作符号位（0正1负），数据值采用二补码表示。于是，带符号的8位数在-128~+127之间；带符号的16位数在-32768~+32767之间。

8087中使用带符号整数有三种：字整数（16位）、短整数（32位）和长整数，其数值范围分别是-32768~+32767、 $-2^{31} \sim (2^{31})$ 和 $-2^{63} \sim (2^{63}-1)$ 。

1.3.2 十进制数

十进制数分两种：压缩的十进制数和非压缩的十进制数。压缩的十进制数以每个字节存放二位十进制数，低位十进制数存放低四位中，高位十进制数存放在高四位中，有效数值是0~99之间，因此，压缩十进制数的范围为0~99之间。非压缩的十进制数以一个字节表示一位十进制数，其数值用0~9的ASCII码表示，其数值由低半字节决定。

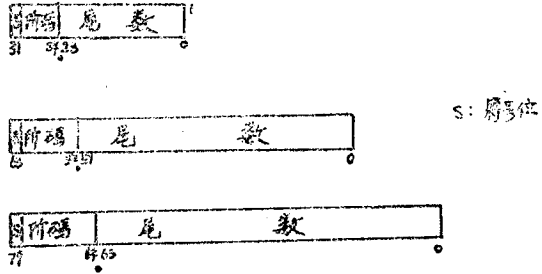


图1-3 8087的实数数据格式

在8087中，还具有一个80位二进制数表示的压缩十进制数，其79位表示符号、78~72位不用，71~0能表示一个十八位的十进制数值。

1.3.3 实数

在8087中，还可以表示实数，其数据形式如图1-3所示。

1.4 三种主要的16位微型机的比较

8086、Z-8000和MC-68000是当前国际上相互激烈竞争的16位机，它们各有自己的长处和弱点，国外文献(1)对这三种微型机从系统调用、字节处理、数值运算、结构特点和存储器的寻址范围五个方面作了深入的比较，有助于对它们的评价。

1.4.1 系统调用

8086、Z-8000和MC-68000都有系统调用的功能，但它们实现系统调用的方法是不同的。系统调用为16位微型机操作系统的存储管理、多任务和多用户功能提供了有力支持。它是实现用户程序和系统程序隔离的基础，并为它们之间的相互连接提供了简捷的途径。

8086的系统调用是用INT指令实现的，它的第二字节可以指向一张256个矢量表，可实现256个系统调用。由于为了实现与8080兼容，用去了五个系统调用，所以只剩下251个了。

Z-8000利用“SC”指令实现系统调用，把SC指令的第二个字节压入堆栈。实现系统调用时，把压入堆栈的那个字节作为矢量，根据矢量转而去执行调用的子程序。SC指令可以把Z-8000转入系统状态，允许它执行特权指令（所有的I/O命令，HALT等）。这种把某些指令隔离在系统状态下的优点可以防止用户程序对当前执行的程序产生不良影响。

MC-68000利用TRAP(陷阱)指令来实现系统调用，它利用该指令的低4位，指向16个

间接地址之一。陷井指令自动把MC—68000转入管理状态。利用为管理状态准备的一个专用堆栈指针，使系统从用户程序中分离出来。在管理状态下可以执行STOP、RESET等特权指令，使系统程序得到保护。

由上比较，可列表1—2所示。

表1—2

对比项目	8086	Z-8000	MC-68000
自动矢量	✓		✓
矢量数量	251	256	16
系统/用户方式		✓	✓
单独的系统堆栈		✓	✓
特权指令		✓	✓

从表1—2看出：8086在系统调用方面是比较方便的，但在存储保护方面不如其它两种机型。Z—8000虽有256种调用，但软件开销比较大，MC—68000有较好的存储保护能力，但系统调用矢量太少是它的一个不足之处。

1.4.2 字节处理能力

字节处理能力是衡量微型机指令系统功能的一种检验标准。由于微型机中许多外围设备都涉及到字节，因此一个微型机须具有较强的字符处理能力。在这三种类型的微型机中，由于8086、Z—8000都保持与旧的8位机指令系统兼容，所以具有较强的字节处理能力，其中8088尤为突出。字节处理能力比较如表1—3所示。

表1—3 字节处理能力比较

对比项目	8086	Z-8000	MC-68000
成组传送	✓	✓	
成组I/O	✓	✓	
转换	✓	✓	
字符串比较	✓	✓	
字节压入/弹出			✓

1.4.3 数值运算能力

16位微型机要对8位、16位、32位或更长的数据进行处理，因而数据处理能力是检验16位微型机的指令系统功能另一项标准。它们的数值运算能力如表1—4所示。

对于8位算术运算能力，8086是最强的，并且具有紧凑的寻址方式，消除了边界定位，它允许字的数据处于奇数单元，而其它两种微型机则无此功能。8086是它们中唯一具有8位乘指令的微型机。Z—8000保持了Z—80的字节操作能力，但要求边界定位，没有提供捕捉错误的机构，使诊断较困难。MC—68000中设有正交指令，字节操作的只有I/O指令，要求边界定位并没有字边界定位的陷井。

对于16位算术运算能力，三种机都具有较强的能力，而MC—68000和Z—8000有32位数值运算的能力，而8086没有，但如果在8086基础上加上8087数值处理器，就可进行32/64位的运算能力。

表1—4 数值运算能力比较

对比项目	8 bit DATA			16 dit DATA			32 bit DATA		
	8086	Z-8000	MC-68000	8086	Z-8000	MC-68000	8086	Z-8000	MC-68000
加、减法	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
乘法(无符号)	✓			✓		✓			
乘、除法(有符号)	✓			✓	✓	✓		✓	
带调整的BCD加减	✓	✓	✓						
带调整的BCD乘除	✓								
拆开的ASCII调整	✓								
带进位的加减法	✓			✓	✓	✓			
带余除法	✓			✓	✓	✓			
比较	✓			✓	✓	✓		✓	✓
位移								✓	✓

1.4.4 结构特点

硬件设计对软件效率影响很大。8086以特殊的I/O指令管理着特殊I/O空间，它提供了字节和字的I/O，保持与8080的外围芯片兼容，它的LOCK前缀指令与其它硬件特性，允许建立多机系统。它的ESC指令为外部处理机与它相互联系、并为处理机的存储器接收数据提供方便。

Z—8000反映了Z—80的结构特征，它能使用Z—80和8080外围芯片。它提供了支持多处理机的几条指令和硬件特征。

MC—68000反映MC—6800的结构特征，提供了与MC—6800全兼容的I/O配置，能为复杂系统提供硬件支持。它有7级矢量中断结构、硬件指令跟踪以及一组广泛的中断和陷阱，可以方便地提供各种先进功能，采用一种完全独立的异步总线，为用DMA和其它技术较快地传送数据。

从硬件的设计看，MC—68000较为先进。

1.4.5 存储器的寻址范围

在三种微型机中，寻址范围最小的是8086。8086有四个段寄存器，可以直接寻址64KB，它分段寻址方案均其它二种微型机的寻址具有某些优点：如代码段寄存器便于编写浮动地址的程序模块；将数据段和代码段分开，对编写固化程序较为有利。在代码段寄存器中能得到ROM地址，在数据段寄存器中得到RAM地址。8086的堆栈段寄存器与专用堆栈指针寄存器相结合，因此它在某一时刻只有一个堆栈。8086的寻址范围为1MB。

Z8001有48MB的存储空间，它的寻址是靠16位的地址和指令中的7位段编号组成，可构成8MB的寻址空间。进一步扩展寻址范围是靠芯片的输出状态（共六种）实现48MB寻址范围。为了管理48MB寻址空间，Zilog公司专门设计一器件Z8010（存储管理部件）。

任一个Z8000的16位寄存器可作一个堆栈指针，它可有多个堆栈。MMU提供了多级存储保护。如执行一个程序不会影响数据空间，用户程序也不会影响系统空间。

MC—68000存储空间为16MB，它不用分段存储，而用线性编址方法，因此，它的分段

是有限制的。它有多重堆栈，存储保护能力很强。

表1—5列出了它们地址空间的比较。表1—6列出三种典型16位微型机的性能比较。

表1—5 地址空间对比

对比项目	8086	Z-8000	MC-68000
寻址范围(字节)	1MB	8/48MB	16MB
直接寻址范围	64KB	64KB	16MB
自动增量/减量寻址	(特殊)	(特殊)	✓
多个堆栈		✓	✓
分段存储	4	128	无限制
字节寻址寄存器	✓	✓	
两地址传送			✓

表1—6 三种典型16位微型机性能比较

项目	性能	型 机		
		Intel 8086	Zilog Z-8000	Motorola 68000
发表年代		1978	1979	1980
半导体工艺		HMOS	NMOS	HMOS
芯片引脚		40	48	64
晶体管个数/片		2.9万	1.75万	6.8万
时钟频率(MHZ)		5-10	6-10	8-10
指令执行最短时间(us)		0.4	0.75	0.5
指令执行最长时间(us)		37.8	90	
存储器访问时间(ns)		460(标准)295(优)	250	
基本指令条数		133	116	56
指令字长度(字节)		1~6	2.4.6.8.10	2.4.6.8.10
地址总线(位)		20	23	24
数据总线(位)		16	16	16
寻址空间		1MB	8/48MB	16MB
寄存器		3 × 4	16	16(32位)
寻址方式数		6	8	14
工作方式		用户态	用户/系统	用户/系统/跟踪
特权指令		/	有	有
微程序设计		是	组合逻辑	是
专用I/O控制引线		/	/	6
产品销售量(1981)		60万台	15万台	20万台