

—高等学校教材—

微型计算机系统与应用

白英彩 编



国防工业出版社

TP36
76

微型计算机系统与应用

白英彩 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书经全国计算机与自动控制教材编审委员会审定并推荐作为全国高等院校计算机专业统编教材。

本书主要叙述了8位微处理机系统与应用,对16位、32位微处理机、多微处理机系统和局部网络以及微型计算机开发系统也都作了适当的介绍。全书包括十三章:微型计算机概论、微处理机的结构、指令系统、汇编语言、汇编语言程序设计、微型计算机的存储器及其接口、微处理机的输入/输出及其接口、中断系统、操作系统、总线、开发系统、应用实例和新一代的微处理机等。

该书特点是:内容较全、取材较新、叙述精练、概念清楚,侧重于应用微型计算机的共性知识而不拘泥于具体应用事例。

本书除适于作全国高等和中等院校计算机专业和其它有关专业的教材外,亦可供从事应用、设计和生产微型计算机的广大科技人员自学。

35455/15

微型计算机系统与应用

白英彩 编

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张15 344千字

1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷 印数:00,001—28,500册

统一书号:15034·2910 定价:2.80元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材 159 种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人材的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础，精选内容，逐步更新，利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构，并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共 217 种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本书经全国计算机与自动控制教材编审委员会审定并推荐作为计算机专业统编教材。

由于微型计算机价格低廉、操作简便、应用面广、性能稳定,适于教学,所以各高等院校广泛地使用微型计算机进行计算机教育。这样做的好处是:使学生有更多的机会去实际接触计算机,有足够充裕的时间上机实践和进行程序设计训练,以及进行计算机系统的设计、组织和应用方面的实践。

从概念上说,微处理机及其配套电路基本上都是《数字逻辑》课程中已学到的MOS和TTL电路的发展。因而,通过学习微型计算机将使学生对所学到的电路知识得到进一步地巩固和提高。

通过微型计算机课程的学习使学生容易了解和掌握计算机的基本结构及其工作原理,让学生利用微处理机及其配套部件组装成一台完整的计算机,用来验证在课堂上所学到的计算机原理和体系结构,并在自己组装的微型计算机上通过程序。

计算机专业及其它有关专业的学生应该在学校里通过微型计算机理论课和实验课的学习掌握微型计算机及其应用方面的知识,以便在走上工作岗位之后,在暂时不能接触大型机器的情况下,可以立即着手开展微型计算机应用方面的工作,从而使学生有更强的适应能力。

《微型计算机系统与应用》课程是计算机专业技术课,也是计算机专业高年级学生必修核心课程之一。通过本课程的学习使学生具备对微型计算机系统初步设计、组织和调试及其应用的能力,进而做到能正确地选用微处理机及其配套电路、设计接口线路和扩展系统功能,以及熟练地运用汇编语言编写应用程序等。

欲达到这个目的,在学习微型计算机课程时应力求做到:

- 硬件和软件密切结合;
- 理论课和实验课密切结合;
- 学习一般原理和典型产品示例密切结合;
- 重点掌握把微型计算机应用于各种领域中的共性知识。

本书是从侧重于微型计算机应用的角度编写的,但它主要的不是叙述微型计算机在各个专业中应用的实例,而是叙述微型计算机用于各专业、各部门的共性知识或基本知识(如接口技术、汇编语言、总线结构和开发系统等)。掌握了这些基础知识,就可以具有解决各种各样实际问题的能力。

根据教材要“相对稳定”的要求,以及考虑到当前微型计算机领域中还是以八位微型计算机占据统治地位的实际情况。因此,本书主要阐述了八位微型计算机的内容,适当地介绍了十六位微型计算机的内容。只有牢牢地掌握了这部分知识之后,才可以顺利地开拓微型计算机领域中其它方面的知识,如位片式微处理机、三十二位微处理机、多微型计算机系统和微计算机局部网络等。

由于篇幅所限，凡属于微处理机系列器件和微机实验技术细节皆未编入本书，请分别参阅《微型计算机常用芯片手册》和《计算机硬件实验教程》。

在本书编写过程中，自始至终得到李华天教授的指导和关切。本书主审人何文兴副教授悉心审阅了全书手稿。刘寿和同志仔细校订了本书文稿和插图。在本书付印之前，汪为农和崔良沂同志也阅读了该书手稿。他们都提出了许多有益的意见和建议，在此谨致谢意。由于编者学识浅陋，水平有限，书中难免有欠妥之处，请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 微处理机概论	1
§ 1-1 概述	1
§ 1-2 微型计算机的特点	3
§ 1-3 微型计算机的类型	4
§ 1-4 大型、小型和微型计算机的比较	5
§ 1-5 微型计算机的应用	8
§ 1-6 微型计算机的发展前景	9
第二章 微处理机的结构	10
§ 2-1 微处理机的一般结构	10
§ 2-2 Z80 的结构	15
§ 2-3 Intel 8080 和 8085 的结构特点	21
§ 2-4 M6800 的内部结构	22
第三章 微处理机的指令系统	24
§ 3-1 微处理机中常用的寻址方式	24
§ 3-2 微处理机的指令类型	26
§ 3-3 状态标志	31
§ 3-4 Z80 的指令系统	32
§ 3-5 Intel 8080/8085 指令系统的特点	43
第四章 微处理机的汇编语言	45
§ 4-1 概述	45
§ 4-2 Z80 汇编语言	46
§ 4-3 宏指令及宏汇编	50
§ 4-4 Intel 8080/8085 汇编语言的特点	52
第五章 汇编语言程序设计	53
§ 5-1 概述	53
§ 5-2 简单程序举例	53
§ 5-3 循环程序	55
§ 5-4 数组处理程序	56
§ 5-5 算术运算程序	58
§ 5-6 字符处理程序	59
§ 5-7 子程序	60
§ 5-8 复杂的算术程序	61
第六章 微型计算机的存储器及其接口	66
§ 6-1 概述	66
§ 6-2 简单的存储器接口	67
§ 6-3 简单存储器的设计以及应考虑的问题	69

§ 6-4	软磁盘驱动器	71
§ 6-5	盒式磁带录音机作为微型计算机的外存	74
第七章	微型计算机的输入/输出及其接口	76
§ 7-1	概述	76
§ 7-2	一般的输入/输出过程	77
§ 7-3	数据传送的程序控制方式	79
§ 7-4	数据传送的 DMA 方式	81
§ 7-5	输入/输出总线的控制结构	83
§ 7-6	模拟量输入/输出通道	87
§ 7-7	数据并行和串行的输入/输出方式	91
第八章	微型计算机的中断系统	114
§ 8-1	概述	114
§ 8-2	中断处理过程	115
§ 8-3	简单的中断系统	119
§ 8-4	Z80 的中断系统	121
§ 8-5	Z80-PIO 的中断系统	124
§ 8-6	Z80-SIO 的中断系统	125
§ 8-7	Z80 中断应用举例	126
第九章	微型计算机操作系统	128
§ 9-1	概述	128
§ 9-2	单板微型计算机的监控程序	129
§ 9-3	微型计算机操作系统的若干特点	130
§ 9-4	微型计算机操作系统的管理功能	131
§ 9-5	CP/M 磁盘操作系统概述	143
§ 9-6	分布式操作系统的特点	145
第十章	微型计算机的总线	147
§ 10-1	概述	147
§ 10-2	片总线结构及其作用	149
§ 10-3	S-100 总线	152
§ 10-4	MULTIBUS (多总线)	159
§ 10-5	IEEE-488 标准接口	160
§ 10-6	RS-232 串行接口	162
第十一章	微型计算机开发系统	165
§ 11-1	概述	165
§ 11-2	开发系统的硬件结构	167
§ 11-3	开发系统的软件	169
§ 11-4	在线仿真器及其使用	170
§ 11-5	开发系统的应用	173
§ 11-6	开发系统的新发展	176
§ 11-7	交叉式开发系统的特点	177
第十二章	微型计算机的应用实例	179
§ 12-1	概述	179

§ 12-2 用单板机构成的温度控制系统	179
§ 12-3 微型计算机用于数据采集系统	189
§ 12-4 微型计算机在数控机床方面的应用	193
§ 12-5 微型计算机用于构成多机系统和局部网络	197
第十三章 新一代的微处理机	214
§ 13-1 概述	214
§ 13-2 Intel8086	214
§ 13-3 Z8000	220
§ 13-4 MC68000	225
§ 13-5 32 位微处理机	229
参考文献	232

第一章 微处理机概论

§ 1-1 概 述

所谓微处理机 (Microprocessor, 简称 μP) 是指一片或多片大规模集成电路组成的中央处理部件 (即通常所指的运算器和控制器), 及其时钟脉冲发生器和系统控制器。

所谓微型计算机 (Microcomputer, 简称 μC) 是指以微处理机为基础, 配以随机存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM) 以及输入/输出 (I/O) 接口电路和其它相应的配套电路而构成的裸机系统。现在已能够把上述各种片子制作在一个芯片上, 即所谓单片微型计算机。

所谓微型计算机系统 (Microcomputer System, 简称 μCS) 是指由微型计算机配以相应外部设备 (如纸带输入机、打印机、CRT 显示器、磁带机和磁盘机等) 及其专用接口电路、电源、面板以及足够的软件而构成的系统, 如图 1-1 所示。

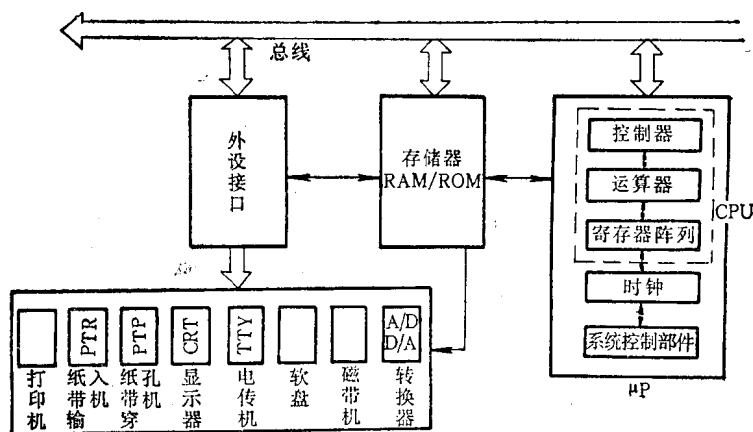


图1-1 微型计算机系统框图

下面简单介绍一下微处理机和微型计算机的发展概况。

由于集成电路工艺和计算技术的发展, 六十年代末和七十年代初, 袖珍计算器获得了普遍应用。作为研制灵活的计算器芯片的成果, 1971 年末美国 INTEL 公司首先发表了 4004 微处理机。它是实现 4 位、并行运算的单片处理机。所有元件都集成在一片 MOS LSI 芯片上。以 4004 为基础, 再配以相应的 RAM、ROM、I/O 接口等芯片, 就构成了相应的 MCS-4 微型计算机。随后, 该公司又发表了 8 位、并行的微处理机 8008 及其相应的 MCS-8 微型计算机。这些都是以 PMOS 工艺为基础制成的, 属于第一代微型计算机。以此为开端, 形成了计算技术的一个新领域——微型计算机领域。这是计算机科学和计算机工业的一个重要里程碑。

1973 年, 该公司又研制成功了功能更强的、8 位 8080 微处理机及相应的 MCS-80

微型计算机, 开创了第二代微型计算机。它主要是采用 NMOS 工艺制成的。与此同时, 美国、日本等国的一些集成电路生产厂商和小型机制造厂商竞相投产微型计算机。因而使微型计算机获得了迅速发展, 其性能和电路集成度几乎每年翻一番, 微型机的产量则每年增长数倍。在 8 位微处理机中, 应用较广、性能优良的机种主要还有 Motorola 公司生产的 M6800 和 Zilog 公司生产的 Z80, 以及 MOS Technology 的 6502 等。

1978 年, INTEL 公司又首先发表了第三代微型计算机产品: Intel 8086 微处理机和相应的 MCS-86 微型计算机。该机比 8080A 的速度快 7~12 倍。它采用 HMOS 工艺构成, 片上的晶体管数达 29000 个。接着, Zilog 公司宣布制成了 Z-8000 系列微处理机。它大致上相当于小型计算机 PDP-11/45, 其性能比前者还好。随后, Motorola 公司宣布制成 MC68000 微处理机。它有 23 位地址总线, 但可执行 32 位算术逻辑操作。MC68000 的运算速度比 Z-8000 和 Intel 8086 还要快 40%, 每秒可执行二百万条指令, 接近于小型计算机的高档机种。这些是第三代微型机产品中具有竞争能力的三个典型机种。八十年代初期又出现了 32 位的第四代的微处理机。从此, 新的机种层出不穷、数量激增, 性能日益提高。

微处理机虽然仅有十多年的历史, 但发展十分迅猛, 经历过三代更新, 现已进入第四代:

- | | |
|-------------|---|
| 1971~1973 年 | 4 位机, 8 位低档机, PMOS 为主的 μP 。 |
| 1973~1978 年 | 8 位中档机, 8080/8085, 6800, Z-80, 以 NMOS 为主的 μP 。 |
| 1978~1981 年 | 16 位高档机, 8086, Z-8000, MC68000。 |
| 1981 年以后 | 32 位更高档机, 如 HP 公司研制的 45 万个元件/片的 μP 。 |

微型计算机“已度过了摇篮期, 正处于旺盛生长的青年期”, 可谓方兴未艾。有人把微型计算机比拟为又一次工业革命。引起第一次工业革命的蒸汽机给人类以“动力”; 而引起这次工业革命的微型计算机则给人类以“智能”。微型计算机的出现, 是电子计算机更广泛地深入到人类生活中去的重大转折点。它已深入到过去计算机无法深入的领域。因而将对整个社会产生重大影响。

促使微型计算机诞生和发展主要有下面几个因素:

1. 半导体集成电路的迅速发展是产生微型计算机的先决条件和物质基础。第一代和第二代微处理机主要是集成电路生产厂搞出来的。

2. 计算技术的发展, 特别是小型计算机 (minicomputer) 的迅速发展和臻于成熟是促成 μP 和 μC 出现和发展的重要因素。因此有人说, 微处理机是迅速发展的 LSI 技术与日益强化的小型机相结合的产物。

3. μP 和 μC 也是为满足计算机市场和社会需要应运而生的产物。最早的 Intel 4004 是为了满足计算器市场的需要, 作为一种灵活的计算器而研制出来的。而 Intel 8008 则是为计算机终端设备而专门设计的一种微处理机。

4. 在军事、宇航、卫星和原子弹等领域, 鉴于使用环境, 需要体积小、可靠性高的计算机; 在工业自动化领域, 常需要把体积甚小的计算机嵌装于工业设备内; 机器人则需要体积小而功能强的计算机作为“电脑”; 在人类难于生存的环境 (剧毒、辐射、缺氧和易爆等场合) 中特别需要计算机“代替”人进行活动。这些特殊需求也都有力地推动了微型计算机的发展。

§ 1-2 微型计算机的特点

如前所述, μC 是在小型计算机的基础上发展起来的, 且移植了小型计算机的先进技术, 甚至借用了小型计算机尚未来得及引用的、大型计算机所采用的先进技术。因而, 微型计算机比小型计算机具有更多的优点:

1. 体积小

与已往各“代”电子计算机相比, 微型计算机的体积最小。甚至在约为几十平方毫米的芯片上就可构成具有相当功能的单片计算机。

2. 价格低

微型计算机要比相应的小型计算机在价格上低 1~2 个数量级。生产批量越大, 价格就越便宜。一般 μP 每只为 2~12 美元, 组成的 μC 大约为数百美元。如 1981 年市售 Z-80 和 8080 μP 的价格均为几美元。

3. 可靠性高

由于集成度大幅度地提高, 每个 μP 芯片相当于数十片或数百片常规的集成电路, 因而构成 μC 时所用的器件数大大减小, 外连线亦相应减少, 使可靠性显著提高。

此外, 微型计算机还具有低功耗、灵活、系列化以及研制周期短、投运简便等特点。

为说明微型计算机具有体积小、重量轻、功耗低、可靠性高等优点, 现将世界上第一台计算机 ENIAC 与功能相当的 8 位微型计算机 F-8 加以比较, 如表 1-1 所示。

表1-1 ENIAC与F-8 比较

项 目		ENIAC	F-8	说 明
1	体积	85m ³	0.0003m ³	相差30万倍
2	功耗	140kW	2.5W	相差5.6万倍
3	ROM	16K (继电器与开关)	16K	
4	RAM	1K (触发器)	8K	F-8 大 7 倍
5	时钟速度	100kHz	2MHz	F-8 快19倍
6	电子管或晶体管	18800个电子管	20000个晶体管	
7	电阻器	70000个	无	
8	电容器	10000个	2个	相差5000倍
9	继电器与开关	7500个	无	
10	加法时间	200 μ s (12位)	150 μ s (8位)	
11	MTBF	1故障/几小时	1故障/几年	相差10000倍
12	重量	30吨	小于453克	相差6.6万倍

当然, 和小型计算机相比, 微型计算机还有一些不足之处:

1. 速度偏低

目前的第一代、第二代 μP 分别采用 PMOS 和 NMOS 工艺, 因而使 μP 的运算速度受到一定限制。但在第三代的 μP 中, 运算速度已有了大幅度提高。例如 Fairchild 公司采用 ECL 工艺所制成的 μC , 其时钟频率高达 20 兆赫。

2. 功能较差

初期的 μP 产品有字长较短、内存容量嫌小、指令条数较少, 寻址方式不太多、中

断级数较少、内部寄存器偏少、输入/输出接口尚感不敷所需等不足之处。但是，近年来的第三代机种已有长足进步。例如 MC68000 具有 16 个 32 位的通用寄存器、14 种寻址方式、共有 1000 种操作码形式的指令、8 级优先权中断、可寻址能力达 16 兆字节。

由此可见，近几年来微型计算机的发展十分迅速，原来与小型计算机相比的不足之处已经从根本改观。这使得微型计算机的生命力更加旺盛。

应当强调的是，由于微型计算机与小型计算机有着很深的渊源，因而，在很大程度上微型计算机继承或沿袭了小型计算机的结构特点。例如在微型计算机中普遍采用了微程序控制技术、直接存取主存（DMA）方式、多级中断系统、堆栈技术、总线结构方式、多通用寄存器结构、位片式结构等。有些新的微型计算机系统还采用了并行和流水线结构、指令先取技术等措施来提高性能。

§ 1-3 微型计算机的类型

可从不同角度对微型计算机加以分类。

根据向用户提供的微型计算机组装形式或其利用形态，可分成下述三种：

1. 单片微型计算机

这是把微处理器 μP 、1~2K 字节 ROM、64~128 字节 RAM、I/O 接口均制作在一个芯片上而成的微型计算机，如 Intel 8048、8049、8748、8749；Mostek 3870；Z-8；TI9940（16 位）。这种单片机主要用于控制，作为一个电路元件安装在仪器和控制设备中。

2. 单板微型计算机

这是把微处理器 μP 、一定容量的 ROM、RAM 和 I/O 电路组装在一块印制板上的微型计算机。例如 iSBC-80、M68-MCB 以及 TP80 等系列均属于单板微型计算机。在印制电路板上配有小型键盘和显示装置，在 ROM 中存放监控程序。单板微机一般要求具有较强的扩充能力以及与外部设备接口的能力。它比单片机的存储容量大，因而功能也更强。单板机具有串行和并行的输入/输出端口（port），可以方便地配上电传打字机、纸带输入机、盒式磁带机等外部设备，它既可作为学习机又可作为开发应用系统的原型机。

3. 微型计算机装置

这是把单板微型计算机、各种 I/O 设备控制器、控制面板、电源等都组装在一个机箱内而成的计算机装置。它配备有高速纸带输入机、CRT 显示器、打印机、软盘或硬盘等多种外部设备，并具有足够的软件系统，实际上已经接近于小型计算机的系统结构。

按微型机 CPU 位数的多少，主要可分成以下几种：

1. 4 位的 μC

这是初期生产的最低档的 μC （如 MCS-4）。这种单片机一般是为专门用途定制的，生产批量大、价格低。近年来新出现的 4 位 μC 均为单片机，约占整个微型机市场的 70%，可用于控制微波炉、冷冻机、洗衣机、缝纫机、电视游戏机、录音录像机、计算器、高级照相机、各种仪表和办公设备等。

2. 8 位的 μC

8 位的 μC 大都是单片或多片式, 作为控制和计算用, 如用于机械手、机器人、仪器仪表、交通控制、工业设备控制、数控机床、公害监视、自动售货机、销售点终端等。它是当前微型计算机的主流。

3. 16位的 μC

作为集中式数据处理, 高档的16位 μC 势必取代低档和中档的小型计算机。Intel 公司的8086和Zilog公司的Z-8000以及Motorola公司的MC68000等产品, 都是高性能的16位微处理机。这表明 μC 正向高速、高集成度的方向发展。预计在八十年代中期可以研制出单片的多微处理机(即每个芯片上制作有3~5个 μP), 以及每个芯片含有上百万个元件的、功能甚强的单片微型机。每片包含45万个元件的 μP 已于八十年代初期进入市场。

4. 位片式微型计算机

一般指采用双极型工艺制成的2位或4位的位片, 再根据需要组成一定字长的微型计算机, 大多采用微程序控制。位片式 μC 的运算速度很高, 如Motorola公司的10800系列, 其最高时钟频率可达20兆赫。由于采用微程序控制, 可以模拟任何流行机种的指令系统, 例如Twopi公司用Am2901位片(4位的)组成32位的大型计算机, 其寻址能力达4兆字节, 而其软件则用微程序完全模拟IBM370系统软件。这样拼成的系统, 其功能可以同IBM370/138大抵相当, 但其体积较小, 价格也便宜得多, 因而有良好前景。

此外, 还可以按照 μC 的制造工艺进行分类。微处理机本身就是数字式大规模集成电路。因此可将其概括为两大类: MOS型和双极型。前者又可细分为PMOS、NMOS、CMOS和HMOS等; 后者又可细分为TTL、ECL和 I^2L 等。不同工艺制造的 μC , 其速度、集成度、功耗、抗干扰度、耐用性、与TTL兼容性和价格也各不相同。可根据应用场合的要求加以选用。

§ 1-4 大型、小型和微型计算机的比较

为了获得关于大型机、小型机和微型机的功能及其各自的应用领域方面的概念, 现分别以IBM370/168、PDP11/45和MCS-80作为大型机、小型机和微型机的代表加以比较, 如表1-2所示。目前有些个人计算机(如IBM PC)的规模和性能比MCS-80更胜一筹。

表 1-2

	IBM370/168	PDP11/45	MCS-80
价格(美元/台)	450万	5万	250
字长(位)	32	8	8
主存容量(字节)	8.4M	256K	64K
加法时间(μs)	0.13	0.9	2.0
数据输入/输出的 最大速率(字节/秒)	16M	4M	0.5M
通用寄存器数	64	16	7
外设	全	多种	PTR, FDD, TTY
软件	全	多种	汇编, 监控, PL/M

1. 价格

大型机主要应用于复杂的科学计算（如全球天气预报、宇航和军事工程等）和大宗的数据处理任务（如银行、保险公司、政府机关、仓库等的数据处理业务），需要专门训练的程序员、操作员和系统分析员，它配有齐全的外围设备和丰富的软件，因此价格昂贵。

由于微型机用途广泛，常用作家用电器、工业生产设备等的控制部件，生产批量大，所以价格便宜。而小型机则介乎大型机与微型机两者之间。

2. 字长

字长较长的计算机执行复杂算术运算比字长短的计算机出色。大型科学计算常有此需求，而控制方面的课题一般不需要很长的字长。

通常，大型机的字长是32~64位，小型机的字长为16~32位，而微型机字长为4~8位（第三、四代微型机的字长分别增加到16位和32位，就其功能而言，已相当于第三代计算机中的小型机）。

3. 存储容量

存储容量决定了计算机所能运行的程序的最大长度和计算数据量。大型机的存储容量很大，能求解大型的科学计算问题或执行多道程序；微型机的容量则一般在几千字节以下，只适用于简单的数据处理或控制场合。通用微型计算机系统的容量要大一些，可达几百千字节。

4. 指令执行时间

一般地说，微型机字长较短，寻址速度较慢，因此平均指令执行时间较长。计算机的指令条数和平均执行时间有很大关系。字长较长时，一个指令字中除了操作码字段占用7、8位以外，还可以留出许多位以供确定数据的地址。在短字长的微处理机中，通常用一个指令字来代表操作码，这时就只好用其它的字来表示操作数的地址了。因此微处理机采用的是多字节指令格式。

5. 数据输入/输出的最大速率

大型机或高档小型机通常具有很高的输入/输出速率，且有功能较强的指令和硬件专门用于处理输入/输出数据。而一般的微型计算机则缺乏这种能力。此外，微型计算机的字长较短，也影响对I/O设备的处理能力。

因此，小型计算机和微型计算机适用于低速应用。在涉及人机对话的场合（如电视游戏机、现金出纳机、销售点终端等）使用微型计算机较为合适。此外，在变化缓慢的物理参量（诸如温度、压力、流量、液面等）的控制应用方面，微型机也是很适用的。

6. 通用寄存器的数目

假如计算机的通用寄存器数目较多，则可以用这些寄存器来保存最频繁使用的数据（如操作数）和中间计算结果，从而可以减少与存储器打交道的次数；通用寄存器数目较多，有利于编程。因此，通用寄存器的数目与计算机的性能有着密切的关系。现代大型计算机常常在CPU内采用几十个乃至数百个通用寄存器。而微处理机内的通用寄存器数目尚有限，这也是微处理机的处理能力和运算速度较低的一个原因。

7. 外围设备

在现代的计算机中，外围设备占据重要地位。在一部计算机系统的硬件中，外围设

备所占的成本是总成本的绝大部分。对于微型计算机来说,这一点更加明显。大型机的外设品种齐全、速度高,要求的可靠性和机房条件也较高。小型机和微型机主要用于简单、低速的场合,所以外围设备的种类少、速度慢,可靠性一般也较低。

8. 软件

软件是否齐全是一个计算机系统的主要技术指标之一。软件的可用性既影响研制过程,又影响设计新程序所需的工作量。良好的系统软件使用户能方便地完成用户程序的研制工作。通常,一部大型计算机有着丰富而齐全的软件,而微型机系统的软件就显得贫乏得多。

由于微型机的应用面广,存储容量小,外围设备数量有限,这常常给微型计算机程序的编制工作带来极大的麻烦。同样,大部分的通用语言都是面向科学计算和商业数据处理的,很少面向控制任务。因此,要有效地进行微处理机的软件研制工作,就需要良好的软件研制工具。

这里只能对微型计算机软件的情况作一个概括的论述。

微型计算机的软件系统主要包括程序设计语言、系统软件、应用软件和软件工具四大部分。

1. 程序设计语言

在低级语言方面,目前的微型计算机系统已普遍地配备了面向机器的符号语言,即汇编语言。

与大型机相比,微型计算机在高级语言方面尚感欠缺。微型计算机常用的高级语言主要有以下几种。

PL/M语言是PL/1语言的“偏子集”。这是Intel公司为8008/8080 μ C研制的高级语言(在MC6800中称为MPL语言),已成为 μ C的一种典型的编译语言。其特点是:采用模块结构,具有多级嵌套能力,可以按信息处理流程来进行程序设计,易学、易编、易调试,编译效率较高。因而近年来它在 μ C中的使用越来越普及。PL/M编译程序对源程序的第一遍扫视是读源程序,实现语法分析和制表,并形成中间语言文本(如有错误输出出错信息);而第二遍扫视是把中间语言文本最后翻译、转换成机器语言。

BASIC语言是一种适用于科学计算的“会话”型语言。它要求系统主机有足够的容量的内存,此外还应有控制打字机、显示器等设备,以实现人机“对话”。

此外,在 μ C系统中近年来常用一种PASCAL语言,它具有简单、规则、易学、可靠和便于表达算法以及实现效率较高等优点,因而很受欢迎。在PASCAL语言中,包括有两种语句结构。一种是简单语句,即赋值语句、过程语句和转向语句等。这些简单语句不以其它语句作为它的组成部分。另一种是结构语句,即复合语句、如果语句、分支语句、重复语句、反复语句和循环语句等。这些语句是由其它语句来构成的。在微型计算机领域中,这种语言有较好的前景。

近几年来,随UNIX操作系统在微型计算机领域中广泛应用,与其密切相关的C语言也获得了广泛的应用。

2. 系统软件

系统软件是指计算机系统中所有供用户使用的软件,对计算过程进行控制所必须的各种管理程序,诸如操作系统、监控程序、编译程序等等。

目前, 单板微型计算机只配备长度为数千字节的监控程序 (Monitor)。较完善的微型计算机系统占有较大内存容量, 并配备了软盘和硬盘等外存, 因而有条件配备操作系统, 用来管理诸如 CPU 时间、内存空间、I/O 设备及其通道等硬件资源以及各种程序文件和数据文件 (即为解决各种问题而编制的程序以及所需处理的数据) 等软件资源。

3. 应用软件

应用软件通常是由 μC 用户自己完成的。用于控制目的的应用软件大多是用汇编语言编写的。

4. 软件工具

软件工具主要包括诊断程序、检查程序和引导程序等各种辅助性程序。

§ 1-5 微型计算机的应用

$\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 的发展史就是其应用史。据称, 迄今为止微型计算机的应用已达 250000 种之多。预计至 2000 年, 全世界将拥有 50~100 亿台 μC , 即每人一台。

$\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 的应用可以概括为以下诸方面。

1. 在仪器仪表中的应用

由于在仪器仪表中广泛地使用 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$, 使得仪器仪表发生了重大的变化:

(1) 简化了仪表面板, 用数字键盘代替了面板开关和旋钮, 外表美观, 操作简便。

(2) 增强了仪器仪表的功能和灵活性, 使之与 I/O 接口更为容易。目前使用 IEEE-488 标准总线接口的仪器已超过 500 多种。

(3) 使仪器仪表能对简单的测量数据进行处理以及实现校正和自动诊断。

(4) 可用软件代替硬件, 实现虚拟检测仪器, 通过更换软件来改变仪器功能。据称, 不久将可以用 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 制造出能与操作员“会话”的仪器仪表。

2. 在计算机领域中的应用

计算机领域应用 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$, 使计算机的功能加强、处理能力提高、计算速度加快, 此外还可获得数据吞吐量大、可靠性好、成本低、可扩展、易调试、设计简便、维修方便等优点。

特别是, $\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 用于家庭个人计算机方面, 可以进行家庭教育和训练 (如教学、测验、辅导、查词、音乐、绘画等)。还可以进行家庭娱乐 (文字游戏、图形显示、魔方表演等)、问题求解和决策、生活管理、家务信息 (食谱、记账和税款计算等)、家用电器控制、监控报警等。

3. 在通信领域方面的应用

由于广泛应用 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$, 使音频通信转变为音频与数字混合通信。还可采用智能化的多路转换器、电报集中器、自动交换器、调制解调器等等, 进而构成全数字化的通信网。

4. 在消费性电子产品中获得广泛应用

在电子玩具、照相机中均广泛地采用了 $\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 。在电视机中用了微处理机, 可控制频道功能, 在屏幕上显示频道、时间等信息; 还可以自动播放, 或者在播映某频道时含有另一频道的图像等等。

5. 在军事和宇航方面获得广泛应用

总之, $\mu\text{P}/\mu\text{C}$ 的出现并应用于各个部门, 对社会有重大影响。据统计, 美国每年应