

普通高等教育“十三五”规划教材

微机原理与应用

主 编 张 伏
副主编 王甲甲 付三玲
赵彦如
参 编 邬立岩 郑莉敏
王亚飞 赵凯旋



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材

微机原理与应用

主 编 张 伏

副主编 王甲甲 付三玲

赵彦如

参 编 邬立岩 郑莉敏

王亚飞 赵凯旋



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书主要介绍以 8086/8088CPU 为核心的 16 位微机系统及其应用技术, 主要介绍微型计算机基础、8086/8088 微处理器、8086/8088 寻址方式和指令系统、汇编语言程序设计、介绍存储器系统、中断系统、可编程接口芯片、模/数 (A/D) 和数/模 (D/A) 转换等内容。本书编写目的是使学生从理论和实践上掌握微机的基本组成、工作原理以及汇编语言程序设计方法, 建立微机系统的整体概念, 使学生具有微机系统软硬件开发的初步能力。

本书可作为农业电气化、农业机械化及其自动化、电气化及其自动化、机械电子工程等非计算机专业的本科教学和卓越 (农林) 人才专业本科教学, 同时也可以作为计算机科学与技术、自动化、电子、通信等本科专业的教材或教学参考书。

图书在版编目 (C I P) 数据

微机原理与应用 / 张伏主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2017.9
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5170-5888-5

I. ①微… II. ①张… III. ①微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第231714号

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材 微机原理与应用 WEIJI YUANLI YU YINGYONG
作 者	主 编 张 伏 副主编 王甲甲 付三玲 赵彦如
出版发行	参 编 邬立岩 郑莉敏 王亚飞 赵凯旋 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京密东印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13.25印张 314千字
版 次	2017年9月第1版 2017年9月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本教材主要介绍以 8086/8088 CPU 为核心的 16 位微机系统及其应用技术, 其 8086/8088 CPU 作为主流微型计算机的基础, 能够系统、全面地反映微型计算机系统的工作原理, 采用 8086/8088 CPU 介绍微型计算机技术具有典型性。

本教材第 1 章介绍微型计算机基础, 第 2 章介绍 8086/8088 微处理器, 第 3 章介绍 8086/8088 寻址方式和指令系统, 第 4 章介绍汇编语言程序设计, 第 5 章介绍存储器系统, 第 6 章介绍中断系统, 第 7 章介绍可编程接口芯片, 第 8 章介绍模/数 (A/D) 和数/模 (D/A) 转换。

本教材编写目的是使学生从理论和实践上掌握微机的基本组成、工作原理以及汇编语言程序设计方法, 建立微机系统的整体概念, 使学生具有微机系统软硬件开发的初步能力。本教材注重理论分析与技术相结合, 既有原理描述, 又有实际应用分析; 全书结构组织合理, 内容衔接自然, 文字通俗流畅, 易于理解和学习。本教材可作为农业机械化及其自动化、农业电气化、机械电子工程等非计算机专业的本科教学和卓越农林人才专业本科教学, 同时也可以作为计算机科学与技术、自动化、电子、通信等本科专业的教材或教学参考书。

本教材由河南科技大学张伏任主编, 河南科技大学王甲甲、付三玲和河南理工大学赵彦如任副主编, 沈阳农业大学邬立岩、河南科技大学郑莉敏、王亚飞、赵凯旋等参编。第 1 章和第 6 章由王甲甲负责编写, 第 2 章由邬立岩负责编写, 第 3 章和第 4 章由赵彦如负责编写, 第 4 章和第 5 章由张伏编写, 第 7 章和第 8 章由付三玲负责编写, 郑莉敏、王亚飞、赵凯旋负责全书校对工作, 张伏负责全书的组织和统稿。感谢河南科技大学教材出版基金和教育教学改革项目的资助。

本教材力求做到深入浅出, 文辞精炼, 内容完整和系统性强。由于编者水平有限, 书中不当之处在所难免, 恳请读者批评指正。

编者

2017 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 微型计算机基础	1
1.1 微型计算机发展概况	1
1.2 微型计算机基本结构	5
1.3 微型计算机系统	6
1.4 微型计算机数据类型	10
1.5 微型计算机的应用	15
习题	17
第 2 章 8086/8088 微处理器	18
2.1 微处理器结构	18
2.2 引脚功能和工作模式	21
2.3 系统组成	26
2.4 存储器组织结构	28
2.5 总线操作和时序	30
2.6 高性能微处理器	35
习题	41
第 3 章 8086/8088 寻址方式和指令系统	43
3.1 寻址方式	43
3.2 8086/8088 指令系统	47
习题	74
第 4 章 汇编语言程序设计	76
4.1 汇编语言程序格式	76
4.2 伪指令	81
4.3 汇编语言程序设计	89
习题	95
第 5 章 存储器系统	98
5.1 存储器概述	98
5.2 随机存储器	103
5.3 只读存储器	112
5.4 存储器扩展	120

5.5 高速缓冲存储器	125
习题	136
第 6 章 中断系统	139
6.1 概述	139
6.2 可编程中断控制器 8259A	146
习题	156
第 7 章 可编程接口芯片	158
7.1 可编程定时器/计数器 8253	158
7.2 可编程并行接口芯片 8255A	165
7.3 可编程串行通信接口 8251A	175
习题	188
第 8 章 模/数 (A/D) 和数/模 (D/A) 转换	190
8.1 A/D 转换器及其接口	190
8.2 D/A 转换器及其接口	196
习题	202
参考文献	203

第1章 微型计算机基础

1.1 微型计算机发展概况

1.1.1 微型计算机发展历史

20 世纪人类最伟大的发明之一是电子计算机,其由各种电子器件组成,能自动、高速、精确地进行逻辑控制和信息处理的现代化设备。20 世纪 40 年代,第一台电子计算机问世,计算机以构成某硬件的逻辑部件为标志,经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模及超大规模集成电路计算机 4 个阶段。随着大规模集成电路的发展,计算机朝着两个方向发展,即巨型机、大型机、超小型机和微型机。以微处理器为核心,配上大容量的半导体存储器及功能强大的可编程接口芯片,连上外部设备(包括键盘、显示器、打印机和光驱等)及电源所组成的计算机,称为微型计算机,简称微型机或微机,或称为 PC(Personal Computer)或 MC(MicroComputer)。微机加上系统软件,构成微型计算机系统 MCS(MicroComputer System,微机系统)。微机诞生和发展是伴随着大规模集成电路的发展而发展的。微机在系统结构和工作原理上,与其他计算机(巨型、大型、中小型计算机)并无本质差别,其不同为微机采用了集成度相当高的器件和部件,其核心是微处理器。微处理器(或称微处理机)是指一片或几片大规模集成电路组成的、具有运算器 and 控制器功能的中央处理器(Central Processing Unit, CPU)。

微机随微处理器的发展而发展,其发展通常以字长和功能为主要指标,至今可划分为 6 个时期。

1. 第 1 时期(1971—1973 年): 4 位或 8 位低档微处理器和微机

1971 年, Intel 公司宣布 4004CPU 诞生,其是一种 4 位微处理器,其运算速度为 50kI/s(千指令/秒),指令周期为 $20\mu\text{s}$,时钟频率为 1MHz,集成度约为 2000 管/片,寻址能力为 4KB,有 45 条指令。另一种 4 位微处理器是 4040。同年,出现了 4004 的低档 8 位扩展型产品 8008,其寻址能力为 16KB,有 48 条指令。

这一时期的代表机型是 MCS-4 和 MCSS。

2. 第 2 时期(1973—1977 年): 8 位中高档微处理器和微机

1973 年, Intel 公司发布 8 位中档微处理器 8080,运算速度约 500kI/s。指令周期为 $2\mu\text{s}$,寻址空间为 64KB。同期, Motorola 公司推出的 MC6800 功能与 8080 相当。Zilog 公司的 Z80 和 Intel 公司 1977 年发布的最后一款 8 位微处理器 8085 属于 8 位高档微处理器。8085 的运算速度为 770kI/s,指令周期为 $1.3\mu\text{s}$ 。

在这一时期,出现了以 8080A/8085A、Z80 和 MC6502 为 CPU 组装成的微机。其中,基于 8080 CPU 的第一台个人计算机 Altair 8800 在 1974 年问世。而以 MC6502 为

CPU 的 Apple-II 具有很大的影响。上述个人计算机普遍采用了汇编语言、高级语言（如 Basic、Fortran、PL/I 等），其中 Altair 8800 机的 BASIC 解释程序就是由 Bill Gates 开发的。后期配上了操作系统（如 CP/M、Apple-II、DOS 等），从而使微机开始配上磁盘和各种外部设备。

3. 第3时期（1978—1984年）：16位微处理器和微机

1978年以后，出现了16位微处理器，代表产品如 Intel 公司的 8086（集成度为 29000 管/片）、8088、80286，Motorola 公司的 MC68000（集成度为 68000 管/片）和 Zilog 公司的 Z8000（集成度为 17500 管/片）等。8086/8088 扩大了存储容量并增加了指令功能（如乘法和除法指令）。指令总量从 8085 的 246 条增加到 8086/8088 的 2 万多条，被称作 CISC（Complex Instruction Set Computer）处理器。8086/8088 还增加了内部寄存器，使用 8086/8088 指令集更容易编写高效、复杂的软件。

用 16 位微处理器组装的微机（如 IBM PC、PC/XT、PC/AT、AST286、COMPAQ286）在功能上已超过了低档小型机 PDP-11/45。

4. 第4时期（1985—1992年）：32位微处理器和微机

1986年，Intel 公司推出 80386 CPU，Motorola 同期相继发布 MC68020~68050 四款 32 位微处理器。1989年，Intel 公司又推出 80486 微处理器，其主要性能为 80386 的 2~4 倍。

这一时期的主要微机产品有 IBM-PS II/80、AST386、COMPAQ386 等。

5. 第5时期（1993—1999年）：超级32位 Pentium 微处理器和微机

1993年3月，Intel 公司推出 Pentium 微处理器芯片（俗称 586）。其内部集成了 310 万个晶体管，采用了全新的体系结构，性能大大高于 Intel 系列其他微处理器。Pentium 系列 CPU 的主频从 60MHz 到 100MHz 不等，它支持多用户、多任务，具有硬件保护功能，支持构成多处理器系统。

1996年，Intel 公司推出了高能奔腾（Pentium Pro）微处理器，它集成了 550 万个晶体管，内部时钟频率为 133MHz，采用了独立总线和动态执行技术，处理速度大幅提高。

1996年底，Intel 公司又推出了多能奔腾（Pentium MMX）微处理器，MMX（Multi Media eXtensions）技术是 Intel 公司最新发明的一项多媒体增强指令集技术，它为 CPU 增加了 57 条 MMX 指令，此外，还将 CPU 芯片内的高速缓冲存储器 Cache 由原来的 16KB 增加到 32KB，使处理器在多媒体中的应用能力大大提高。

1997年5月，Intel 公司推出了 Pentium II 微处理器，集成了约 750 万个晶体管，8 个 64 位的 MMX 寄存器，时钟频率达 450MHz，二级高速缓冲存储器 Cache 达到 512KB，它的浮点运算性能、MMX 性能都有了很大的提高。

1999年2月，Intel 公司推出了 Pentium III 微处理器，集成了 950 万个晶体管，时钟频率为 500MHz。随后，又推出了新一代高性能 32 位 Pentium 4 微处理器，采用 Net-Burst 的新式处理器结构，可更好地处理互联网用户的各种需求，在数据加密、视频压缩和对等网络等方面的性能均有较大幅度的提高。

早在 1993 年年底，世界上主要微机生产厂商都有自己的 586 微机系列，其更新产品主要定位于多媒体、网络文件服务器上。当前，高档微机以其较高性价比，向社会各领域

乃至家庭日常生活不断渗透,使人类迈步奔向信息时代。

6. 第 6 时期 (2000 年以后): 新一代 64 位微处理器 Merced 和微机

在不断完善 Pentium 系列处理器的同时, Intel 公司与 HP 公司联手开发了更先进的 64 位微处理器——Merced。Merced 采用全新结构设计,称为 IA-64 (Intel Architecture-64), IA-64 不是原 Intel 32 位 X86 结构的 64 位扩展,也不是 HP 公司的 64 位 PA-RISC 结构的改造。IA-64 是一种采用长指令字 (LIW)、指令预测、分支消除、推理装入和其他一些先进技术,并从程序代码提取更多并行性的全新结构。

1.1.2 微型计算机的发展现状

(1) 低位微型计算机。生产性能更好的如 8 位、16 位的单片微型计算机,主要是面向要求低成本的家电、传统工业改造及普及教育等,其特点是专用化、多功能化、较好的可靠性。

(2) 高位微型计算机。发展 32 位、64 位微型计算机,面向更加复杂的数据处理,OA 和 DA 科学计算等,其特点是大量采用最新技术成果,在 IC 技术、体系结构等方面,向高性能、多功能的方向发展。

目前微处理器技术的发展有以下趋势。

1. 多级流水线结构

在一般微处理器中,在一个总线周期 (或一个机器周期) 未执行完以前,地址总线上的地址是不能更新。在流水线结构情况下,如 80286 以上的总线周期中,当前一个指令周期正执行命令时,下一条指令的地址已被送到地址线,这样从宏观上来看,两条指令执行在时间上是重叠的。这种流水线结构可大大提高微处理器的处理速度。

2. 芯片存储管理技术

芯片存储管理技术是把存储器管理部件与微处理器集成在一个芯片上。目前把数据高速缓存、指令高速缓存与 MMU (存储器管理单元) 结合在一起的趋势已十分明显,这样可减少 CPU 执行时间,减轻总线负担。例如,摩托罗拉的 MC 68030 将 256 个字节的指令高速缓存及 256 个字节的數據高速缓存与 MMU 做在一起构成 Cache/Memory Unit。

3. 虚拟存储管理技术

该技术已成为当前存储器管理中的一个重要技术,它允许用户将外存看成是主存储器的扩充,即模拟一个比实际主存储器大得多的存储系统,且其操作过程完全透明。

4. 并行处理的哈佛 (HarVard) 结构

为克服 CPU 数据总线宽度的限制,尤其是在单处理器情况下,进一步提高微处理器的处理速度,采用高度并行处理技术——哈佛 (HarVard) 结构已成为引人注目的趋势。其基本特性是采用多个内部数据/地址总线;将数据和指令缓存的存取分开;使 MMU 和转换后接缓冲存储器 (TLB) 与 CPU 实现并行操作。该结构是一种非冯·诺依曼结构。

5. RISC 结构

RISC 结构是简化指令集的微处理器结构,其是在微处理器芯片中将那些不常用的由硬件实现的复杂指令改由软件来实现,而硬件只支持常用的简单指令。此法可大大减少硬件的复杂程度,并显著地减少了处理器芯片的逻辑门个数,从而提高了处理器的总性能。

此结构更适合于当前微处理器芯片新半导体材料的开发和应用。

6. 整片集成技术 (Wafer-scale Integration)

目前高档微处理器已基本转向 CMOS VLS 工艺,集成度已突破千万晶体管大关,其发展趋势是新一代的微处理器芯片已将更多的功能部件集成在一起,并做在一个芯片上。目前在一个 CPU 的芯片上已实现了芯片上的存储管理、高速缓存、浮点协处理器部件、通信 I/O 接口、时钟定时器等。同时,单芯片多处理器并行处理技术也已成功研制。

另外,从微型计算机系统角度来看,采用多机系统结构、增强图形处理能力、提高网络通信性能等方面是当前微型计算机系统发展的趋势。

7. 接口技术

微型计算机 CPU 与外部设备及存储器的连接和数据交换都需通过接口设备来实现,前者被称为 I/O 接口,后者被称为存储器接口。存储器通常在 CPU 的同步控制下工作,接口电路比较简单;而 I/O 设备品种繁多,其相应的接口电路也各不相同。

综上所述,目前微型机常用的接口主要有:并行接口(并口)、串行接口(串口)、ISA 总线接口、PIC 总线接口、PCI-X 总线接口、USB 总线接口、IEEE 1394 接口、IDE 接口、SCSI 接口、PCMCIA 接口、CF (Compact Flash) 型无线上网卡接口、Bluetooth (蓝牙) 接口、快速红外传输端口 (FIR)、声音输出/输入接口(耳机、麦克风、话筒)、视频输出接口、AGP 加速图形端口、DCI 显示控制接口、GDI 图形设备接口/API 应用编程接口、M-API 通信应用编辑接口以及 MCI 媒体控制接口等。

对于网络应用的微型机有有线网卡 (Modem、10M 和 10/100M 有线局域网网卡) 和无线网卡 (基于 802.11 系列协议的无线局域网卡、CMDA 1X 和 GPRS 类无线广域网卡) 等。

8. 触控板技术

微型机内置的常见鼠标设备有 4 种:指点杆、触摸屏、触摸板和轨迹球。其中触控板(触摸板)使用最为广泛。除了 IBM 和 Toshiba 笔记本电脑采用 IBM 发明的指点杆 (Track Point) 外,大多是采用触摸板鼠标,特别是中国的笔记本电脑生产商生产的笔记本电脑几乎全部用触摸板。对于第三代的触摸板,已经把功能扩展为手写板。触摸板的优点是反应灵敏、移动快,其缺点是反应过于灵敏,造成定位精度较低,且环境适应性较差,不适合在潮湿、多尘的环境中工作。

9. 软件开发技术

软件是计算机信息处理、制造、通信、防御以及研究和开发等多种用途的基础,是整个系统的灵魂。系统硬件尤其是微处理器日新月异的更新速度牵动了全新运算体系的发展,硬件对相应软件的要求越来越严格,使得微型机软件的开发朝着高效率、低成本、可靠性高、简单化、模块化的方向发展。网络技术和应用的快速发展,也使得软件技术呈现出网络化、服务化与全球化的发展态势。

10. 微型化技术

随着移动计算市场需求的快速增长,计算机微型化的发展趋势日益凸现,所涉及的技术有电子元器件的微型化和模块化、微型长效电池、微电子技术带动的超大规模集成电路和(超)精细加工技术等。

微电子技术的优点是精细或超精细的微加工技术，微型计算机是这门技术的结晶。微电子技术迅速发展，将促进微型机系统的微型化、多功能化、高性能化乃至智能化等技术的不断发展。

微型化、多功能、高频化、高可靠性、防静电和抗电磁干扰的各类片式电子元器件（SMC、SMD）顺应了微型计算机产品便携式、网络化和多媒体化以及更轻、更薄、更短、更小的发展需求，在微型机上得到广泛应用。

模块化设计可以将微型机的各种功能化器件集成到一个小模块中，使得微型机具有安装方便、升级容易、体积小、结构紧凑、运行维护简单和成本低的特点。而微型模块化设计更是符合微型机小巧、便携、功能强、集成度高、智能化的发展趋势。

1.2 微型计算机基本结构

1.2.1 微型计算机结构特点

1946 年美籍匈牙利数学家冯·诺依曼（John Von Neumann）等人在一篇《关于电子计算机仪器逻辑设计的初步探讨》的论文中，首次提出了计算机组成和工作方式的基本思想，其主要思想如下：

（1）计算机应由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 大部分组成。

（2）存储器不但能存放数据，且能存放程序。数据和指令均以二进制数形式存放，计算机具有区分指令和数据的能力。

（3）编好的程序事先存入存储器中，在指令计数器控制下，自动高速运行或执行程序。

以上几点可归纳为“程序存储，程序控制”的构思。

数十年来，虽然计算机已取得惊人进展，相继出现了各种结构形式的计算机，但究其本质，仍属冯·诺依曼结构体系。

微型计算机通常由微处理器（即 CPU）、存储器（ROM，RAM）、I/O 接口电路及系统总线（包括地址总线 AB、数据总线 DB、控制总线 CB）组成，如图 1.1 所示。

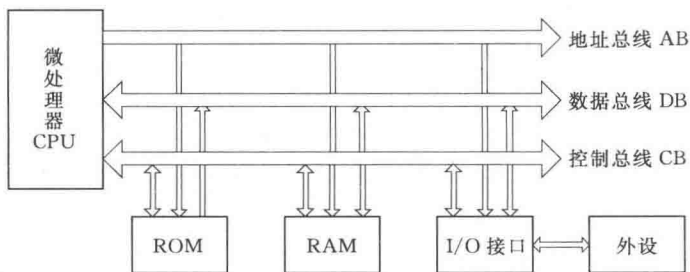


图 1.1 微型计算机的基本结构

1.2.2 微处理器

微处理器就是把运算器和控制器这两部分功能部件集成在一个芯片上的超大规模集成电路，即 CPU。微处理器是微型计算机的核心部件，它的功能是按指令要求进行算术运

算和逻辑运算，暂存数据以及控制和指挥其他部件协调工作。

1.2.3 内存储器

存储器用来存放当前正在使用的或经常使用的程序和数据。存储器按读、写方式分为随机存储器 RAM (Random Access Memory) 和只读存储器 ROM (Read Only Memory)。

RAM 称为读/写存储器，工作过程中 CPU 可根据需要随时对其内容进行读或写操作。ROM 的内容只能读出不能写入，断电后其所存信息仍保留不变，是非易失性存储器。

1.2.4 输入/输出设备和接口

输入/输出接口电路是微型计算机连接外部输入、输出设备及各种控制对象并与外界进行信息交换的逻辑控制电路。

由于外设的结构、工作速度、信号形式和数据格式等各不相同，因此它们不能直接挂接到系统总线上，必须用输入/输出接口电路来做中间转换，才能实现与 CPU 间的信息交换。

1.2.5 总线

总线是计算机系统中各部件之间传送信息的公共通道。它由若干条通信线和驱动器组成，驱动器由起隔离作用的各种三态门器件组成。

微型计算机在结构形式上总是采用总线结构，即构成微机的各功能部件（微处理器、存储器、I/O 接口电路等）之间通过总线相连接，这是微型计算机系统结构上的独特之处。采用总线结构之后，使系统中各功能部件间的相互关系转变为各部件面向总线的单一关系，一个部件（功能板/卡）只要符合总线标准，就可以连接到采用这种总线标准的系统中，从而使系统功能扩充或更新容易、结构简单、可靠性大大提高。

1.3 微型计算机系统

1.3.1 系统组成

众所周知，微机由硬件和软件两大部分组成。硬件是指那些为组成计算机而有机联系电子、电磁、机械或光学的元件、部件或装置的总和，它是有形的物理实体。软件是相对于硬件而言的。从狭义角度看，软件包括计算机运行所需的各种程序；而从广义角度讲，软件还包括手册、说明书和有关资料。

硬件和软件系统本身还可细分为更多的子系统，如图 1.2 所示。

1.3.2 主要性能指标

一台微机性能的优劣，主要是由它的系统结构、硬件组成、系统总线、外部设备以及软件配置等因素来决定的，具体表现在以下几个主要技术指标上。

1. 字长

微机的字长是指微处理器内部一次可并行处理二进制代码的位数。它与微处理器内部寄存器以及 CPU 内部数据总线宽度是一致的，字长越长，所表示的数据精度就越高。在完成同样精度的运算时，字长较长的微处理器比字长较短的微处理器运算速度快。大多数微处理器内部的数据总线与微处理器的外部数据引脚宽度是相同的，但也有少数例外，如 Intel 8088 微处理器内部数据总线为 16 位，而芯片外部数据引脚只有 8 位，

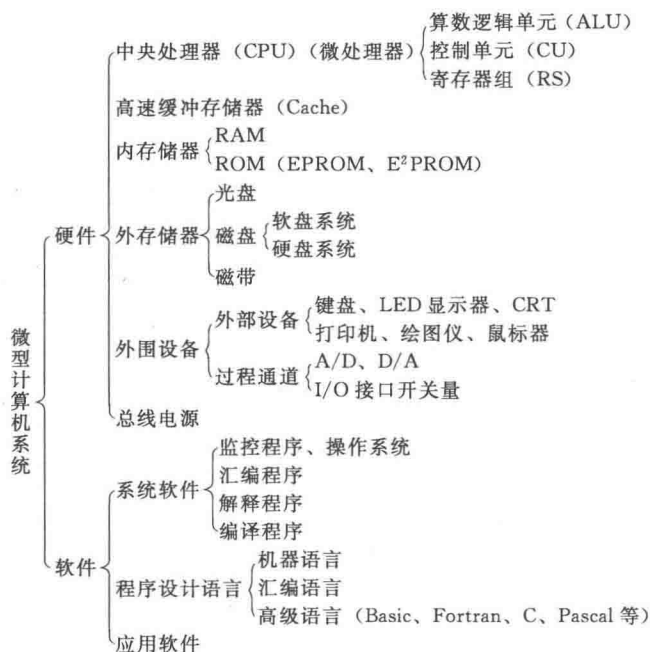


图 1.2 微型计算机系统的组成

Intel 80386 SX 微处理器内部为 32 位数据总线，而外部数据引脚为 16 位。对这类芯片仍然以它们的内部数据总线宽度为字长，但把它们称作“准 XX 位”芯片。例如，8088 被称为“准 16 位”微处理器芯片，80386SX 被称作“准 32 位”微处理器芯片。当前流行的 Pentium 4 处理器具有 32 位内部数据总线和 64 位外部数据总线，因此，仍是 32 位微处理器。

2. 主存容量

主存容量是主存储器所能存储的二进制信息的总量，它反映了微机处理信息时，容纳数据量的能力。主存容量越大，微机工作时主存储器、外存储器间的数据交换次数就越少，处理速度也就越快。

主存容量常以字节（Byte）为单位，并定义 KB、MB、GB、TB 等派生单位，有 $1\text{KB}=1024\text{B}$ 、 $1\text{MB}=1024\text{KB}$ 、 $1\text{GB}=1024\text{MB}$ 、 $1\text{TB}=1024\text{GB}$ 。

80X86 微型机能配置的最大内存容量受 CPU 所支持的物理地址空间范围的限制，一般配置为几百 KB 到几百 MB。

3. 指令执行时间

指令执行时间是指计算机执行一条指令所需的平均时间，其长短反映了计算机执行一条指令运行速度的快慢。它一方面取决于微处理器工作的时钟频率；另一方面又取决于计算机指令系统的设计、CPU 的体系结构等。微处理器工作时钟频率指标可表示为多少兆（或吉）赫兹，即 M (G) Hz ；微处理器指令执行速度指标则表示为每秒运行多少百万条指令（Millions of Instructions Per Second, MIPS）。

4. 系统总线

系统总线是连接微机系统各功能部件的公共数据通道。系统总线所支持的数据传送位

数和时钟频率直接关系到整机的性能。数据传送位数越宽，总线工作时钟频率越高，则系统总线的信息吞吐率就越高，整机的性能就越强。目前，微机系统采用了多种系统总线标准，如 ISA、EISA、VESA、PCI、PCI-Express 等。

5. 外部设备配置

在微机系统中，外部设备占据了重要地位。计算机信息的输入、输出、存储都必须由外设来完成，微机系统一般都配置了显示器、打印机、键盘等外设。微机系统所配置的外设，其速度快慢、容量大小、分辨率高低等技术指标都影响着微机系统的整体性能。

6. 系统软件配置

系统软件也是计算机系统不可或缺的组成部分。微机硬件系统仅是一个裸机，它本身并不能运行。若要运行，必须有基本的系统软件支持，如 DOS、Windows 等操作系统。系统软件配置是否齐全，软件功能的强弱，是否支持多任务、多用户操作等都是微机硬件系统性能能否得到充分发挥的重要因素。

1.3.3 组成结构

典型的微型计算机包括硬件和软件。硬件子系统是由系统总线将 CPU、存储器和输入/输出接口连接起来，使各部分之间可以进行信息传送、协调工作的一个子系统，总体结构图如图 1.3 所示。

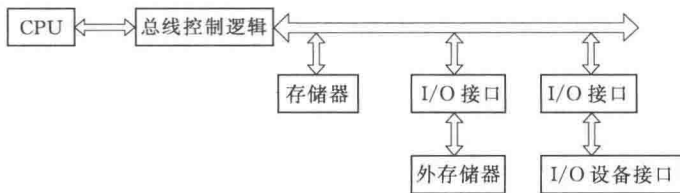


图 1.3 系统硬件结构图

图中各组成模块及其功能分析如下：

CPU 由运算器和控制器组成。运算器是完成算术运算和逻辑运算的部件。控制器负责全机的控制工作，它负责从存储器中逐条取出指令，经译码分析后，向其他各部件发出相应的命令，以保证正确完成程序所要求的功能。

内部存储器（简称内存）是计算机的记忆部件。它是用来存储程序、原始数据、中间结果和最终结果的。有了它，计算机才能有记忆功能，才能把要计算和处理的数据以及程序存入计算机内，使计算机脱离人的直接干预，自动地工作。

输入和输出设备因处于主机之外，所以又称外部设备（简称外设或 I/O 设备）。它是微机 and 用户或者其他通信设备交流信息的桥梁。输入设备用于提供计算所需的数据和计算机执行的程序，如键盘、鼠标等。输出设备用于输出计算机的处理结果，如显示器、打印机等。大容量存储器（又称外存），包括硬盘、软盘、磁带、光盘等，既可用于向主机发送各种信息，又可接收、保存主机传来的信息，是一种输入、输出兼容设备。上面指出的几种外设，已是当前微机系统中必不可少的组成部分。外部设备还有许多，如绘图仪、扫描仪、数码相机、调制解调器（Modem）等，可根据需要选配。

各种外部设备之间、主机与外设之间的性能差异很大，因而，外设一般要通过接口和

各种适配器经系统总线，才能与主机相连接。

系统总线是微机总线的组成之一，它包括数据总线（Data Bus）、地址总线（Address Bus）和控制总线（Control Bus）3类。数据总线传送数据信息；地址总线指出信息的来源和去向；控制总线则控制总线的动作。系统总线的工作由总线控制逻辑，负责指挥。

微机只有硬件还不能工作，还必须要软件。软件是计算机处理的程序、数据、文件的集合。其中，程序的集合构成了计算机中的软件系统。

1. 程序和程序设计语言

程序是计算机实现某一预期目的而编排的一系列步骤，它是由指令或某种语言编写而成的。程序的开发需要借助工具——程序设计语言，它是系统软件的重要组成部分。

早期人们只能使用计算机所固有的指令系统（机器语言）来编写程序。CPU 能直接识别和运行机器语言中的指令代码，因而用机器语言编写程序的突出优点是具有最快运行速度。但机器码不容易记忆，使用不便，目前已很少使用。

汇编语言是一种符号语言，它用助记符代替二进制的机器语言指令，助记符是用英文单词或其缩写构成的字符串，容易理解，编程效率高。汇编语言克服了机器语言的缺点，同时保留了机器语言的优点。用汇编语言编写程序，可以充分发挥机器硬件的功能，并提高程序的编写质量。当前在输入/输出接口程序设计、实时控制系统和需要特殊保密作用的软件开发中，仍处于不可替代的地位。

汇编语言是面向机器的语言，它与计算机 CPU 的类型和指令系统有关，因此汇编语言的使用受到一定的限制。目前，许多系统软件和应用软件都采用高级语言编写。高级语言是面向问题和过程的语句，它与具体机器无关，并接近人的自然语言，因而，高级语言更容易学习、理解和掌握。高级语言有许多种，常见的有 Basic、Pascal、Cobol、C 语言等。

2. 编译和解释程序

用汇编语言和高级语言编写的程序称作源程序，必须由计算机把它翻译成 CPU 能识别的机器语言之后，才能由 CPU 运行。机器语言如同 CPU 的母语，而汇编语言和高级语言则是它的各种外语，要理解外语发出的各种命令，就必须先进行翻译，翻译工作可由计算机自动完成。能把用户汇编语言源程序翻译成机器语言程序的程序，称为汇编程序。常用的汇编程序有 ASM、MASM 和 TASM 等。

将高级语言源程序翻译成机器语言，有两种翻译方式：一种是由机器边翻译边执行的方式，称为解释方式，实现解释功能的翻译程序，称为解释程序，如 Basic 大都采用这种方式；另一种称为编译方式，这是一种先将源程序全部翻译成机器语言，然后再执行的方式，如 Pascal、C 等采用这种方式。实现这种功能的程序称为编译程序，TASM 和 MASM 即是汇编语言的编译程序。每一种高级语言都有相应的解释或编译程序，机器的类型不同，其编译或解释程序也不同。编译程序和解释程序是系统软件的重要分支。

3. 操作系统

操作系统是系统软件中最重要的软件。计算机是由硬件和软件组成的一个复杂系统，可供使用的硬件和软件均称为计算机的资源。要让计算机系统有条不紊地工作，就需要对这些资源进行管理。用于管理计算机软、硬件资源，监控计算机及程序的运行过程的软件系统，称为操作系统（Operation System）。操作系统对计算机是至关重要的，没有它计

算机甚至不能启动。目前广泛使用的微机操作系统有 DOS (Disk Operation System)、Windows、Linux、UNIX 等。DOS 是单用户的操作系统；Windows 是具有图形界面、操作方便的系统；UNIX 是具有多用户、多任务功能的操作系统；Linux 是目前日趋流行的操作系统。

系统软件还包括连接程序、装入程序、诊断程序等。连接程序能把要执行的程序与库文件以及其他已编译的程序模块连在一起，成为机器可以执行的程序；装入程序能把程序从磁盘中取出并装入内存，以便执行；调试程序能够让用户监督和控制程序的执行过程；诊断程序能在机器启动过程中，对机器硬件配置和完好性进行监测和诊断。

4. 应用软件

应用软件（即应用程序）是为了完成某一特定任务而编制的程序，其中有一些是通用的软件，如数据库系统 (Database System, DBS)、办公自动化软件 Office、图形图像处理软件 PhotoShop 等。

微机系统是硬件和软件有机结合的整体。没有软件的计算机称为裸机，裸机如同一架没有思想的躯壳，不能做任何工作。操作系统给裸机以灵魂，使它成为真正可用的工具。一个应用程序在计算机中运行时，受操作系统的管理和监控，在必要的系统软件协助之下，完成用户交给它的任务。可见，裸机是微机系统的物质基础，操作系统为它提供了一个运行环境。系统软件中，各种语言处理程序为应用软件的开发和运行提供方便。用户并不直接和裸机打交道，而是使用各种外部设备，如键盘和显示器等，通过应用软件与计算机进行信息交流。

1.4 微型计算机数据类型

计算机内部的信息分为两大类：控制信息和数据信息。控制信息是一系列的控制命令，用于指挥计算机如何操作；数据信息是计算机操作的对象，一般又可分为数值数据和非数值数据。数值数据用于表示数量的大小，它有确定的数值；非数值数据没有确定的数值，它主要包括字符、汉字、逻辑数据等。

对计算机而言，不论是控制命令还是数据信息，都要用“0”和“1”两个基本符号（即基 2 码）来编码表示，这是因为以下原因：

(1) 基 2 码在物理上最容易实现。例如，用高、低两个电位表示“1”和“0”两种状态，或用脉冲的有无、脉冲的正负极性等进行表示，可靠性都比较高。

(2) 基 2 码用来表示二进制数，其编码、加减运算规则简单。

(3) 基 2 码的两个符号“1”和“0”正好与逻辑数据“真”与“假”相对应，为计算机实现逻辑运算带来了方便。

因此，不论是什么信息，在输入计算机内部时，都必须用基 2 码编码表示，以方便存储、传送和处理。

1.4.1 数制及其转换

1.4.1.1 数与数制

在日常生活中，人们习惯于采用十进制数。在计算机内部一般采用二进制数，有时也

采用八进制数和十六进制数。对于任何一个数，可以用不同的进位制来表示。

1. 十进制数

十进制数有 10 个数字符号，或者说 10 个数码，即 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。任何一个数都可以用这 10 个数码按一定规律并列在一起来表示，由低位向高位的进位规律是“逢十进一”，这就是十进制的特点。

一种进位制所具有的数码个数称为该进位制的基数，该进位制数中，不同位置上数码的单位数值称为该进位制的位权或权。十进制的基数为 10，十进制数中第 i 位上数字的权为 10^i 。基数和权是进位制的两个要素，利用基数和权，可以将任何一个数表示成多项式的形式。例如，十进制的 123.45 可以表示成：

$$(1234.56)_{10} = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

一般地，任何一个十进制数 N 可以表示为

$$(N)_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i$$

式中： n 为整数部分的位数； m 为小数部分的位数；10 为基数； 10^i 为第 i 位的权； K_i 为第 i 位数码。

2. 二进制数

在计算机内部，常用二进制来表示数，并进行运算。其算术运算的规则如下：

(1) 加法规则：0+0=0，0+1=1，1+0=1，1+1=10。

(2) 乘法规则：0×0=0，0×1=0，1×0=0，1×1=1。

任何一个二进制数 N 可以表示为

$$(N)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 2^i$$

利用上式，可以将任何一个二进制数转换为十进制数。例如：

$$(1110.101) = (1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3})_{10} = (14.625)_{10}$$

3. 八进制数和十六进制数

二进制数的缺点是当位数很多时，不便于书写和记忆，容易出错。因此，在计算机的资料中，通常采用二进制的缩写形式：八进制和十六进制。八进制的基数为 8，采用的 8 个数码为 0、1、2、3、4、5、6、7，进位规则为“逢八进一”。任何一个八进制数 N 可以表示为

$$(N)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 8^i$$

利用上式，可以将任何一个八进制数转换为十进制数。例如：

$$(123.4)_8 = (1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1})_{10} = (83.5)_{10}$$

十六进制的基数为 16，采用的 16 个数码为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F，其中字母 A、B、C、D、E、F 分别代表 10、11、12、13、14、15，进位规则为“逢十六进一”。任何一个十六进制数 N 可以表示为

$$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 16^i$$