

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

微型计算机 原理及应用

Foundation and Application of MicroComputer

高洪志 主编 王文仲 主审

- 从实际需求出发，理论与应用并重
- 注重知识的系统性与应用性相统一
- 重点培养实践应用与系统设计能力



高校系列

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

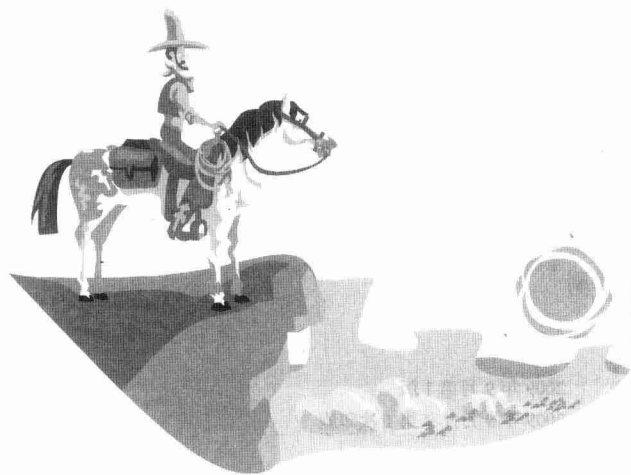
21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

微型计算机 原理及应用

Foundation and Application of MicroComputer

高洪志 主编 王文仲 主审



高校系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

微型计算机原理及应用 / 高洪志主编. —北京: 人民邮电出版社, 2009.9
21世纪高等学校计算机规划教材
ISBN 978-7-115-21109-5

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

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第123108号

内 容 提 要

本书从微型计算机应用需求出发, 以 Intel 8086 微处理器为基础, 介绍了 16 位微型计算机的基本知识、基本组成、体系结构、存储器、微处理器的内部结构、指令系统及汇编语言程序设计方法, 以及有关 I/O 信息传送的控制方法、中断系统、输入/输出与总线技术、可编程接口芯片及接口技术、微型计算机在控制系统中的应用等。

全书注重理论联系实际, 突出实践技术。在软硬件结构中既讲述基本原理, 又专门介绍使用方法, 并附有大量例题及适当习题。

本书可作为高等院校相关专业微型计算机原理课程的教材, 也可作为从事微型计算机系统设计与开发的工程技术人员的参考书。

21 世纪高等学校计算机规划教材

微型计算机原理及应用

-
- ◆ 主 编 高洪志
主 审 王文仲
责任编辑 滑 玉
执行编辑 武恩玉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19.25
字数: 502 千字 2009 年 9 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2009 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21109-5

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

出版者的话

现今社会对人才的基本要求之一就是应用计算机的能力。在高等学校,培养学生应用计算机的能力,主要是通过计算机课程的体制改革,即计算机教学分层、分类规划与实施;密切联系实际,恰当体现与各专业其他课程配合;教学必须以市场需求为导向,目的是培养高素质创新型人才。

人民邮电出版社经过对教学改革新形势充分的调查研究,依据目前比较成熟的教学大纲,组织国内优秀的有丰富教学经验的教师编写一套体现教学改革最新形势的“高校系列计算机教材”。在本套教材的出版过程中,我社多次召开教材研讨会,广泛听取了一线教师的意见,也邀请众多专家对大纲和书稿做了认真的审读与研讨。本套教材具有以下特点。

1. 覆盖面广,突出教改特色

本套教材主要面向普通高等学校(包括计算机专业和非计算机专业),是在经过大量充分的调研基础上开发的计算机系列教材,涉及计算机教育领域中的所有课程(包括专业核心骨干课程与选修课程),适应了目前经济、社会对计算机教育的新要求、新动向,尤其适合于各专业计算机教学改革的特点特色。

2. 注重整体性、系统性

针对各专业的特点,同一门课程规划了组织结构与内容不同的几本教材,以适应不同教学需求,即分别满足不同层次计算机专业与非计算机专业(如工、理、管、文等)的课程安排。同时本套教材注重整体性的策划,在教材内容的选择上避免重叠与交叉,内容系统完善。学校可根据教学计划从中选择教材的各种组合,使其适合本校的教学特点。

3. 掌握基础知识,侧重培养应用能力

目前社会对人才的需要更侧重于其应用能力。培养应用能力,须具备计算机基础理论、良好的综合素质和实践能力。理论知识作为基础必须掌握,本套教材通过实践教学与实例教学培养解决实际问题的能力和知识综合运用的能力。

4. 教学经验丰富的作者队伍

高等学校在计算机教学和教材改革上已经做了大量的工作,很多教师在计算机教育与科研方面积累了相当多的宝贵经验。本套教材均由有丰富教学经验的教师编写,并将这些宝贵经验渗透到教材中,使教材独具特色。

5. 配套资源完善

所有教材均配有 PPT 电子教案,部分教材配有实践教程、题库、教师手册、学习指南、习题解答、程序源代码、演示软件、素材、图书出版后要更新的内容等,以方便教与学。

我社致力于优秀教材的出版,恳请大家在使用的过程中,将发现的问题与提出的意见反馈给我们,以便再版时修改。

人民邮电出版社

前 言

目前高等院校开设的微型计算机等硬件课程偏重原理，而对应用性和实践性关注较少。本书结合编者多年的教学实践及工程开发经验，以“理论知识管用、够用，应用知识实用为原则”，注重知识的系统性与应用性。通过大量应用实例的学习，使读者具有初步开发、设计系统的能力。

本书仍然按照传统的学习方式组织内容，遵循由浅入深、循序渐进的规律，首先介绍硬件，再介绍软件编程，然后对先进技术应用进行阐述，最后介绍微型计算机的应用。介绍每一种结构时，首先介绍此结构的功能、执行该命令的方式，然后介绍命令执行过程，最后举例说明如何使用。

全书共 8 章。第 1 章微型计算机系统概述。首先，从总体上说明微型计算机的系统组成，软硬件基础；其次，介绍微型计算机接口的基本知识以及微型计算机硬件系统结构。第 2 章介绍微型计算机的原理及结构特点。着重介绍 Intel 8086/8088 微处理器的结构特点；微处理器与存储器的读/写操作过程；通过具体例子说明微型计算机的运行机理与工作过程。第 3 章介绍 8086/8088 MPU 的指令系统，指令的寻址方式与指令的使用。第 4 章介绍 8086/8088 汇编语言程序设计的基本方法。在内容上从应用角度出发，给出相应的编程实例。第 5 章介绍微型计算机的存储器，详细介绍半导体存储器及其存储的设计方法、地址空间计算方法。第 6 章介绍输入/输出接口的基本概念、CPU 与外部设备的数据传送方式、中断传送方式及相关的技术，以总线引脚功能及总线时序的特点和规律为要点，增加了其系统性、概念性及可读性。第 7 章阐明了 8086/8088 的中断系统及其中断处理的基本概念与 8259 芯片的使用方法。第 8 章介绍微型计算机接口技术与应用，详细介绍了并行接口、串行接口、定时器/计数器等可编程接口芯片的工作原理及其应用技术，并对微型计算机系统常用的通用可编程接口电路给出应用实例分析，最后通过示例介绍微型计算机接口系统的软硬件开发方法和实现技术。

本书具有基础性强、适用面广，原理、技术与应用并重；内容全面，实例丰富，注重软硬件分析与设计；结构清晰、重点突出，便于课堂讲授和自学的特点。重点学习第 2~7 章，第 8 章内容可根据学时数和需要增删。本书提供电子教案，读者可在人民邮电出版社教学服务与资源网 (<http://www.ptpedu.com.cn>) 免费下载。

本书可作为高等院校相关专业微型计算机原理课程的教材，也可作为从事微型计算机系统设计、应用与开发的工程技术人员的参考书。

本书由高洪志、孙平、孟祥莲、刘洋、王振力、路媛媛、朱国晗、钱鑫等编写。全书由高洪志主编并统稿，王文仲审阅。此外，在本书编写过程中参阅了一些相关教材和文献，在此向其编著者表示谢意。

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1	习题	49
1.1 微型计算机概述	2	第 3 章 8086/8088 MPU 的 指令系统	51
1.1.1 微型计算机的发展	2	3.1 指令与指令系统	51
1.1.2 微型计算机的特点	5	3.1.1 指令的组成	51
1.1.3 微型计算机的新技术	6	3.1.2 指令的分类	52
1.1.4 微型计算机的应用	7	3.1.3 指令系统	52
1.2 微型计算机系统的组成	9	3.2 寻址方式	53
1.2.1 硬件系统	10	3.2.1 立即数寻址方式	53
1.2.2 软件系统	12	3.2.2 寄存器寻址方式	53
1.2.3 主要性能指标	14	3.2.3 RAM 寻址方式	54
1.3 机器数的概念	14	3.3 8086 指令系统	57
1.3.1 二进制数	15	3.3.1 数据传送指令	57
1.3.2 十进制数	16	3.3.2 地址传送指令	61
1.3.3 十进制数与二进制数的相互转换	18	3.3.3 标志寄存器传送指令	61
1.3.4 有符号数在计算机中的表示方法	18	3.3.4 算术运算指令	62
习题	21	3.3.5 逻辑运算指令	65
第 2 章 微型计算机原理及结构 特点	22	3.3.6 移位指令	66
2.1 微型计算机的组成原理	22	3.3.7 控制转移指令	67
2.1.1 主存储器	22	3.3.8 字符串操作指令	70
2.1.2 中央处理器	25	3.3.9 处理器控制指令	73
2.1.3 微型计算机的工作过程	28	3.4 中断及中断返回	73
2.1.4 微型计算机的工作过程举例	29	习题	74
2.2 8086 MPU 的结构特点	33	第 4 章 汇编语言	76
2.2.1 流水线结构	34	4.1 汇编语言程序	76
2.2.2 编程结构	36	4.1.1 汇编语言的基本概念	76
2.2.3 存储分段结构——存储器的管理	38	4.1.2 汇编语言源程序的格式	77
2.2.4 总线周期	42	4.2 汇编语言的语句	78
2.2.5 8086 引脚功能及其工作模式	43	4.2.1 指令语句	78
2.2.6 外部设备	48	4.2.2 伪指令语句	79

4.2.3 宏指令语句.....	85	习题.....	131
4.3 汇编语言程序的上机过程及调试.....	87	第 6 章 输入/输出系统	132
4.3.1 编辑源程序.....	87	6.1 输入/输出系统概述.....	132
4.3.2 汇编源程序.....	87	6.1.1 外部设备的分类和特征.....	132
4.3.3 连接程序.....	88	6.1.2 I/O 接口的构成及功能.....	133
4.3.4 运行程序.....	89	6.2 I/O 端口编址.....	134
4.4 汇编语言程序设计.....	89	6.2.1 I/O 端口的编址方式.....	135
4.4.1 程序设计的基本方法.....	89	6.2.2 I/O 端口地址分配.....	137
4.4.2 顺序结构程序设计.....	90	6.2.3 I/O 端口地址译码.....	139
4.4.3 分支结构程序设计.....	94	6.3 I/O 端口数据传送的控制方式.....	143
4.4.4 循环结构程序设计.....	96	6.3.1 程序传送控制方式.....	144
4.4.5 子程序的调用.....	101	6.3.2 中断传送控制方式.....	148
4.4.6 DOS 功能调用与输入/输出.....	103	6.3.3 DMA 控制方式.....	148
4.5 汇编编程举例.....	105	6.3.4 I/O 处理机方式.....	149
习题.....	109	6.4 DMA 控制器.....	150
第 5 章 存储器	111	6.4.1 DMA 系统概述.....	150
5.1 半导体存储器.....	111	6.4.2 8237 内部结构及引脚.....	151
5.1.1 概述.....	111	6.4.3 DMA 控制器在系统中的使用.....	161
5.1.2 半导体存储器的分类.....	113	6.4.4 DMA 控制器 8237A 的初始化编程.....	164
5.1.3 半导体存储器的主要技术指标.....	114	6.4.5 DMA 控制器的应用举例.....	166
5.2 随机存储器.....	114	6.5 微型计算机中常用的总线.....	168
5.2.1 RAM 芯片的内部结构.....	114	6.5.1 总线的概念与特性.....	169
5.2.2 RAM 存储元件.....	116	6.5.2 总线的分类.....	171
5.2.3 RAM 操作的时序.....	117	6.5.3 总线的结构.....	171
5.2.4 集成 RAM 芯片介绍.....	117	6.5.4 总线的工作过程.....	174
5.3 只读存储器.....	119	6.5.5 总线的通信方式.....	174
5.3.1 ROM 芯片的内部结构.....	119	6.5.6 微型计算机系列总线.....	178
5.3.2 集成 ROM 芯片介绍.....	119	6.5.7 串行总线 USB.....	186
5.4 存储器的设计方法.....	121	习题.....	189
5.4.1 存储器芯片的选择.....	121	第 7 章 中断	191
5.4.2 存储器容量的扩展.....	121	7.1 中断原理.....	191
5.4.3 存储器与 CPU 的连接.....	123	7.1.1 中断的定义与作用.....	191
5.4.4 存储器地址空间的分配方法.....	123		
5.4.5 存储器设计举例.....	126		

7.1.2 中断源·····	192	概述·····	228
7.1.3 中断优先权与中断嵌套·····	192	8.2.5 8255A 的初始化编程·····	231
7.1.4 中断过程·····	195	8.2.6 8255A 的工作方式·····	232
7.2 8086/8088 CPU 中断系统·····	196	8.2.7 8255A 的应用举例·····	244
7.2.1 8086/8088 的中断类型·····	196	8.3 串行通信接口·····	246
7.2.2 8086/8088 的中断向量及中断 向量表·····	198	8.3.1 串行通信概述·····	246
7.2.3 DOS 下中断服务程序的编写·····	200	8.3.2 串行传送总线接口·····	249
7.3 可编程中断控制器 8259A·····	202	8.3.3 可编程串行接口芯片 8251A·····	253
7.3.1 8259A 的引脚及内部结构·····	203	8.3.4 8251A 的编程·····	256
7.3.2 8259A 的工作方式·····	205	8.3.5 8251A 的应用举例·····	259
7.3.3 8259A 的级联·····	208	8.4 计数与定时技术·····	262
7.3.4 8259A 的命令字·····	208	8.4.1 计数与定时概述·····	263
7.4 8259A 的应用举例·····	212	8.4.2 定时/计数器 8253·····	263
习题·····	215	8.4.3 8253 的初始化及编程·····	266
第 8 章 微型计算机接口技术与 应用 ·····	217	8.4.4 工作方式及特点·····	268
8.1 接口概述·····	217	8.4.5 8253 的应用举例·····	276
8.1.1 接口及相关概念·····	217	习题·····	280
8.1.2 接口的 I/O 端口与系统的连接·····	218	附录 A 8086/8088 汇编语言 指令表 ·····	282
8.2 并行 I/O 接口·····	219	附录 B ASCII 码字符与编码对照表 及各种控制字符 ·····	291
8.2.1 并行接口的功能与特点·····	220	附录 C DOS 功能调用 ·····	293
8.2.2 并行接口的分类·····	220	参考文献 ·····	298
8.2.3 非编程并行接口·····	221		
8.2.4 可编程并行接口芯片 8255A			

第 1 章

绪论

电子计算机 (Electronic Computer) 是一种能够自动、高速、精确地进行信息处理的现代化电子设备。它能够按照程序引导的确定步骤, 对输入数据进行加工处理、存储或者传输, 以便获得所期望的输出结果。

计算机作为一种信息处理的工具, 具有运算速度快、计算精度高、存储容量大、逻辑判断能力强、自动化程度高的特点。

1. 计算机的分类

现今应用的计算机有很多种, 大多从以下几方面进行分类。

(1) 根据所处理的信息是数字量还是模拟量, 计算机分为数字计算机、模拟计算机和二者功能皆有的混合计算机。数字计算机是一种以数字形式进行运算的计算机。习惯上把电子数字计算机 (Electronic Digital Computer) 简称为电子计算机或者计算机 (如无特别说明, 本书中指的都是电子数字计算机)。模拟计算机是一种对连续变化的物理量直接进行运算的计算机, 专用于过程控制和模拟。将数字技术和模拟技术相结合的计算机称为电子模拟、数字混合计算机。

(2) 根据功能和用途, 计算机分为通用计算机和专用计算机。

通用计算机是为解决诸如科学计算、数据处理、自动控制、辅助设计等多方面问题而设计的。其功能多、用途广、结构复杂, 因而价格偏高。通用计算机大多采用的是数字计算机, 如微型计算机、服务器等。

专用计算机是指为解决专门问题而设计的计算机, 其功能专一、结构简单、价格较低。当前, 用于弹道控制、地震监测等方面的计算机多为专用计算机。专用计算机因对象不同而需要采用数字计算机或模拟计算机, 如单片机或工控机等。

(3) 根据计算机硬件和软件的配套规模及功能大小等指标可划分为以下几种。

① 巨型计算机 (Supercomputer), 又称为超级计算机或超级电脑, 简称巨型机。通常把最大、最快、最贵的主机称为巨型机。世界上只有少数几个公司能生产巨型机。

② 小巨型计算机 (Minisupercomputer), 又称为小型超级电脑或桌上型超级电脑。

③ 大型主机 (Mainframe), 或称大型电脑, 即通常所说的大型机和中型机。

④ 小型计算机 (Minicomputer), 又称小型电脑或小型机。

⑤ 工作站 (Workstation), 就是建立在 RISC/UNIX 平台上的计算机。工作站又分为初级工作站、工程工作站、超级工作站以及超级绘图工作站等。

⑥ 微型计算机 (Microcomputer), 又称为 PC 或微型机。

2. 计算机的发展

1946 年 2 月 14 日, 世界上第一台通用电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And

Computer) 诞生。第一台电子计算机 ENIAC 是由美国宾夕法尼亚大学的物理学家莫克利 (J.W.Mauchley) 和工程师埃克特 (J.P.Eckert) 领导的科研小组研制成功的。它使用了约 18800 只电子管和 1500 个继电器, 几十万枚电阻和电容, 体积为 460m^3 , 自重 30t, 功耗为 140kW, 占地面积约 170m^2 。计算速度只有大约 5000 次加减运算/秒。

从第一台电子计算机的诞生算起, 电子计算机的发展已经历了 4 代, 从电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机直至大规模和超大规模集成电路计算机。目前正在向第 5 代人工智能计算机发展。

随着计算机技术的迅速发展, 尤其是第 4 代计算机的另外一个重要分支微处理器 (Microprocessor) 与微型计算机 (Microcomputer) 的出现, 计算机应用技术迅速普及, 同时使计算机向巨型化和微型化两个方向发展。

1.1 微型计算机概述

自从 1971 年 Intel 4004 微处理器芯片和微型计算机出现以后, 有力地推动了计算机技术的发展, 并逐渐在各个领域中得到了广泛的应用。微型计算机由于结构简单、通用性强、维护方便、性能价格比良好, 已成为现代计算机领域中的一个极为重要的分支。

微处理器 (Microprocessor) 是指由一片或几片大规模集成电路组成的具有运算器和控制器功能的芯片, 称为微处理器 (Microprocessing Unit, MPU)。因为微处理器在微型计算机中是核心部件, 所以习惯称之为中央处理器 (Central Processing Unit, CPU)。在大中小型计算机中 CPU 由多片 MPU 组成, 而在微型计算机中 CPU 通常是由一片 MPU 构成的, 所以有时为了区别于大中小型计算机的中央处理器 (CPU), 将微型计算机中的 CPU 称为 MPU。

微型计算机 (Microcomputer, MC) 是以微处理器为核心, 配上由大规模集成电路制作的存储器、输入/输出接口电路及系统总线所组成的计算机, 简称微机。在有的微机上, 把 CPU、存储器和输入/输出接口电路等集成在一块芯片上, 称为单片微型计算机。

微型计算机系统 (Microcomputer System, MCS) 是指以微型计算机为核心, 并配以相应的外部设备、电源、辅助电路 (统称硬件) 以及控制微型计算机进行工作的系统软件所构成的计算机系统。

1.1.1 微型计算机的发展

随着大规模集成电路技术和计算机技术的飞跃发展, 美国 Intel 公司的霍夫在 1971 年研制出了世界上第一个微处理器 Intel 4004 芯片。同时, Intel 公司还开发出另外 3 款芯片: 4001、4002、4003, 分别是随机存储器 (Random Access Memory, RAM)、只读存储器 (Read Only Memory, ROM) 和寄存器 (Register)。这 4 颗芯片组合起来就可以构成一台微型计算机。开创了一个微型计算机的新时代。至今, 微处理器和微型计算机的发展也经历了 4 代, 现已发展到了第 5 代, 即 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机直至 64 位机。目前, 微处理器已经进入多核处理器 (Multicore Processor) 时代。

由于微处理器采用的是大规模集成电路技术, 因此微型计算机属于第 4 代计算机。

(1) 第 1 代 (1971—1973 年): 4 位或 8 位低档的微处理器和微型计算机。

Intel 公司研制了 4004 芯片及以它为 CPU 而组成的微型计算机 MCS-4。之后又研制了 8008

微处理器及由它组成的 MCS-8 微型计算机。第一代的微型计算机就采用了 PMOS 工艺,基本指令执行时间约为 $10\sim 20\mu\text{s}$,字长 4 位或 8 位,指令系统比较简单,运算功能较差,速度较慢,软件主要采用机器语言或简单的汇编语言,能够进行十进制的算术运算。

(2) 第 2 代 (1974—1978 年): 8 位的微处理器和微型计算机。

1972 年 4 月, Intel 公司推出了第一个 8 位微处理器 8008,它含有 3500 个晶体管,时钟频率为 108kHz,寻址空间为 16 千字节 (Kilo-Byte, KB)。1974 年 Intel 8080 问世,时钟频率为 2MHz,寻址空间为 64KB。同年摩托罗拉 (Motorola) 公司推出了 M6800。之后,各公司又分别推出了性能更高的 Intel 8085、M6809 和 Z-80。第 2 代微处理器中, Intel 公司的 8080 与 8085、Motorola 公司的 M6800 和 Zilog 公司的 Z-80 构成三足鼎立之势,垄断了市场。

第 2 代微处理器的特点是指令系统比较完善,具有典型的计算机体系结构以及中断、直接内存访问等控制功能。软件也相对丰富,除了汇编程序外,通常还配有 BASIC、FORTRAN 及 PL/M 等高级语言的解释程序和编译程序。后期,面向微型计算机的操作系统也被开发出来。

(3) 第 3 代 (1978—1983 年): 16 位的微处理器和微型计算机。

1978 年 6 月, Intel 公司发布了第一个 16 位微处理器 8086,它含有 29000 个晶体管,时钟频率为 4MHz,数据总线为 16 位,地址总线为 20 位。1979 年,8086 的变型产品 8088 问世,8088 与 8086 的不同主要体现在数据总线降为 8 位。同年 Motorola 公司推出了 M68000。Zilog 公司也相继推出了 Z-8000。Intel 8086/8088、M68000 和 Z-8000 都是早期 16 位的微处理器的典型代表,它们的主频为 $4\sim 8\text{ MHz}$,平均指令执行时间为 $0.5\mu\text{s}$ 。

20 世纪 80 年代以后, Intel 公司又推出了性能更高的 16 位微处理器 80286, Motorola 公司推出了 M68010。后期的 16 位微处理器主频超过 10MHz,平均指令执行时间为 $0.2\mu\text{s}$,集成度超过 100 000 晶体管/片。

这一时期,面向微型计算机的操作系统、数据库系统日趋完善,各种高级语言的解释程序和编译程序也相继开发出来,微处理器还被用来构成多处理器系统。凭借价格低廉、实时性能优异等特点,微处理器还被广泛应用于实时数据处理和工业控制等领域。

(4) 第 4 代 (1984—1991 年): 32 位的微处理器和微型计算机。

1984 年, Motorola 公司率先推出了首个 32 位微处理器 M68020。1985 年 Intel 公司发布了它的第一个 32 位微处理器 80386。这一时期微处理器的时钟频率一般在 $20\sim 40\text{ MHz}$,平均指令执行时间为 $0.1\mu\text{s}$ 。

32 位微处理器的特点是数据总线和地址总线都是 32 位,数据寄存器和地址寄存器也是 32 位,指令系统完全支持 32 位的数据格式。在机器寻址方式中,所用的变址和地址偏移量具有 32 位的格式。

(5) 第 5 代 (1992 年以后): 64 位的微处理器和微型计算机。

1992 年,美国的数据设备公司 (Data Equipment Company, DEC) 率先推出了首个 64 位的微处理器 Alpha 21064。其后,美国的 MIPS 公司也推出了一款 64 位的微处理器 MIPS R4000。

Intel 公司推出的 Pentium 微处理器使微处理器的技术发展到了一个崭新的阶段,标志着微处理器完成从复杂指令运算集 (Complex Instruction Set Computing, CISC) 时代向精简指令集计算机 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) 时代的过渡,也标志着微处理器对工作站和超级小型机冲击的开始。

Pentium (中文译名为奔腾) 采用亚微米 ($0.8\mu\text{m}$) CMOS 工艺技术和 5V 电源驱动,集成度

为 330 万个晶体管/片, 其内部采用 4 级超标量结构, 64 位数据线, 36 位地址线。工作频率为 60/66MHz, 处理速度达 110MIPS。CPU 内部采用超标量流水线设计, 有 U、V 两条流水线并行工作, 使其在单个时钟内可执行两条整数指令, Pentium 片内采用双 Cache 结构 (即程序 Cache 和数据 Cache), 每个 Cache 容量为 8KB, 数据宽度为 32 位, 将程序 Cache 和数据 Cache 分开, 以减少等待及移动数据的次数和时间, 大大节省了处理时间; 最重要的是采用了超标量流水线结构, 允许多条指令同时执行以提高效率。不足之处是芯片尺寸较大, 成本过高, 其功耗达 15W, 使系统散热成为问题。1994 年 3 月, Intel 推出了第二代 Pentium, 它采用 0.6 μ m 工艺和 3.3V 电源, 功耗仅为 4W, 而且可在不需要时自动关闭浮点单元, 散热问题基本得以解决, 主时钟频率有 100MHz 和 90MHz 两种。

1995 年, Intel 公司正式公布的 Pentium Pro (又称 P6, 俗称高能奔腾) 也是一种 64 位 CPU。该处理器采用 0.35 μ m 工艺, 集成度是 550 万个晶体管/片, 地址线为 36 位, 寻址范围为 64GB, 其主频提高到 133MHz 以上, 具有两倍 Pentium 的性能。

1999 年 2 月, Intel 公司再次推出 64 位 Pentium III, 主频 500MHz 以上, 具有 32KB 的一级 Cache 和 512KB 二级 Cache, 针对网络功能进行了优化, 并且新增了 70 条 SSE (Streaming SIMD Extensions, 指令多数据流扩展) 指令, 以提高 CPU 处理连续数据流的效率, 加快浮点运算速度和多媒体功能。

2000 年, Pentium 4 系列进入市场, 其 CPU 集成度达 4200 万个晶体管/片, 工作频率 1.5GB 以上, 二级 Cache 为 1~2MB, 它是第一个基于 Intel NetBurst 微结构的处理器。

Intel 公司于 2002 年推出了具有超线程 (Hyper-Threading, HT) 技术的 CPU, HT 技术允许单个物理处理器用共享的执行资源并发地执行两个或多个独立的线程。

在近几年里, Intel 公司陆续发布了 Pentium 4 处理器至尊版系列、Pentium D 处理器系列、Pentium 双核处理器系列和 Pentium 处理器至尊版系列。

① Pentium 4 处理器至尊版系列采用 130/90nm 工艺, 时钟频率为 3.20~3.46GHz/3.73 GHz, 采用的技术有 Intel 病毒防护技术、Intel 64 扩展存储器技术。

② Pentium D 系列采用 90/65nm 工艺, 二级 Cache 为 2 \times 2MB, 时钟频率为 2.66~3.60 GHz, 采用的技术有双核、Intel 虚拟化技术、增强型 Intel SpeedStep 动态节能技术、Intel 64 位 Pentium 和病毒防护技术。

③ Pentium 双核系列微处理器采用 65nm 工艺, 二级 Cache 为 1MB, 时钟频率为 1.6~2.4GB, 采用的技术有双核、增强型 Intel SpeedStep 动态节能技术、Intel 64 位 Pentium 和病毒防护技术。

④ Pentium 处理器至尊版系列采用 90/65nm 工艺, 二级 Cache 为 2 \times 1/2 \times 2MB, 时钟频率为 3.20~3.73GHz, 采用的技术有超线程技术、Intel 病毒防护技术、Intel 64 双核和 Intel 虚拟化技术。

在这些系列处理器中, 引入的新技术有 Intel 64 扩展存储器技术 (Intel Extended Memory 64 Technology, Intel EM64T)、Intel 病毒防护技术 (Execute Disable Bit)、双核技术 (Dual-Core)、Intel 虚拟化技术 (Intel Virtualization Technology, Intel VT)、Intel 64 位 Pentium 等。Intel 64 扩展存储器技术为支持 32 位和 64 位计算的将来应用提供了出色的灵活性。Intel 病毒防护技术与支持的操作系统结合使用, 能够增强对“缓冲区溢出”恶意攻击的防御能力。双核与单核处理器相比, 双物理核处理器支持更出色的系统响应能力和多任务处理能力。各代微处理器特征如表 1-1 所示。

表 1-1

各代微处理器特征

技术 指标	年代 划分	第 1 代	第 2 代	第 3 代	第 4 代	第 5 代
		1971—1973 年	1974—1978 年	1978—1983 年	1984—1991 年	1992 年至今
字长		4 位、8 位	8 位中档	16 位	32 位	64 位
代表产品 及集成度		4004 8008 (2200 个晶体 管/片)	8080 (4900 个晶 体管/片) 8085 (9000 个晶 体管/片)	8086 (29 万个晶 体管/片) MC6800 80286 (6.8 万个晶 体管/片) (10 万个晶 体管/片)	80386 80486 (120 万个晶体管/ 片)	80586 (310 万个晶 体管/片) Pentium 4 (4200 万个晶 体管/片)
制造工艺		PMOS	NMOS	HMOS	CMOS	0.8~0.13 μm CMOS
基本指令 执行时间		10~20 μs	1~2 μs	0.5 μs	0.1 μs	
工作主频		1MHz	2MHz	5—8~16MHz	25~66MHz	66~3.0GHz
指令及软件		机器语言或简单的汇编语言,能够进行十进制的算术运算	汇编程序 BASIC、FORTRAN 等高级语言的解释程序和编译程序	操作系统、数据库系统日趋完善,微处理器还被用来构成多处理器系统	指令系统支持 32 位数据格式。高级语言相继出现并应用	出现了面向对象的高级语言,实现了多用户、多任务管理
基本特点		指令系统简单,运算功能差,速度慢	指令系统完善具有典型的计算机体系结构以及中断、DMA 等控制功能	价格低廉、实时性能优异,广泛应用于实时数据处理和工业控制等领域	数据总线和地址总线都是 32 位	数据总线 64 位、地址总线 36 位

相信随着微电子技术的发展,功能更强的 CPU 还会不断问世,并被不断用于提高微型计算机的性能,进一步提高计算机技术对人类的生产和生活的影响。

1.1.2 微型计算机的特点

微型计算机在应用过程中有以下特点。

(1) 能在程序的控制下自动连续地工作。目前,计算机采用的都是“冯·诺伊曼”体系结构,其核心的特征就是“存储程序”,即控制计算机工作的指令实现编制好并按执行顺序排列形成的所谓“程序(Program)”,程序被存储在计算机控制单元能够直接访问的存储器中。

(2) 具有很强的“记忆”功能。计算机系统通常都设置有容量很大的存储器系统,能够长期保存用户的程序和数据,在需要时,计算机可以迅速地读出使用或对其存储的内容进行更改。

(3) 运算速度快、计算精度高。计算机采用电子器件作为处理单元,所以运算速度极快。随着器件技术的不断发展,计算机的处理速度从每秒几千次,发展到每秒几万次、每秒几百万次、每秒几亿次。目前计算机的计算速度正向着每秒 1000 万亿次发展。计算机的计算精度主要取决于机器的字长。只要增加字长,提高计算精度在理论上几乎没有限制。

(4) 具有逻辑判断能力。由于电子计算机的工作原理是基于数字逻辑的, 因此它还具有逻辑判断能力。例如, 电子计算机能够判断一个数是正数还是负数, 能够判断一个数是大于、等于还是小于另外一个数。

(5) 通用性强。现代的电子计算机都是数字式的, 用数字逻辑部件来处理数字信号, 即处理功能逻辑化, 使电子计算机具有统一的逻辑基础。

1.1.3 微型计算机的新技术

随着微电子技术和计算机技术的发展, 一些新思想和新技术被陆续应用于微型计算机领域。其中, 有些是以前大中型计算机所采用的技术, 有些是专门针对微型计算机所采用的技术。

1. 流水线技术

为了提高微型计算机的工作速度, 采用将某些功能部件分离, 把一些大的顺序操作分解为由不同功能部件分别完成、在时间上可以重叠的子操作, 这种技术被称为流水线技术。例如, 微处理器 Intel 8086/8088 对“取指”和“指令译码和执行”这两个顺序操作进行了分离, 分别由总线接口单元 BIU 和执行单元 EU 来完成, 使它们在时间上可以重叠。即当一条指令正在 EU 内执行时, BIU 可能已在取另一条指令了。因此, 从总体上看加快了指令流速度, 缩短了程序执行时间。

为了进一步满足普通流水线设计所不能适应的更高时钟速率的要求, 高档微处理器中流水线的级数(或深度)在逐代增多。当流水线深度在 5~6 级以上时, 通常称之为超流水线结构。显然, 流水线级数越多, 每级所花的时间越短, 时钟周期就可以设计得越短, 指令流速度也就越快, 指令平均执行时间也就越短。

2. 高速缓冲存储器技术

在 CPU 的所有操作中, 内存访问是最频繁的操作。由于一般微型计算机中的主存储器主要由 MOS 型动态 RAM 构成, 其工作速度比 CPU 低一个数量级, 加上 CPU 的所有访问都要通过总线这个瓶颈, 因此缩短存储器的访问时间是提高计算机速度的关键。采用在 CPU 和内存之间加入高速缓冲存储器(Cache)的办法可以较好地解决这一问题。

一般有两种情况: 一是采用静态 RAM 芯片构成外部 Cache, 安排在系统的主板上; 二是将 Cache 集成在 CPU 芯片内。当前, 有的 CPU 甚至在芯片内安排了两级 Cache。

3. 虚拟存储技术

虚拟存储是一种存储管理技术, 其目的是扩大面向用户的内存容量。在一般情况下, 系统除配备一定的主存储器(半导体存储器)外, 还配备了较大容量的辅助存储器(磁盘存储器), 两者相比, 前者速度快但容量小, 后者速度慢但容量大。所以, 大量的程序和数据平时是存放在辅助存储器中, 待用到时方才调入内存。当程序规模较大而内存数量相对不足时, 编程者就需要做出安排, 分批将程序调入内存, 也就是说, 需要不断用新的程序段来覆盖内存中暂时不用的老程序段。所谓虚拟存储技术, 就是采用硬件、软件(操作系统)相结合的方法, 由系统自动进行这项调度。对于用户来说, 这意味着他们可放心使用更大的虚拟内存, 而不必过问实际内存的大小, 并可得到与实际内存相似的工作速度。

4. 微程序控制技术

所谓微程序控制技术, 就是将原来由硬件电路控制的指令操作步骤改用微程序来控制。其基本特点是综合运用程序设计技术和只读存储技术, 将每条指令的微操作序列转化为一个控制码点的微程序存于 PROM、EPROM 或 E²PROM 等可编程只读存储器中。当执行指令时, 就从 ROM 中读出与该指令对应的微程序, 并转化为微操作控制序列。显然, 微程序是许多微指令的有序集

合，每条微指令又由若干微操作命令组成。可见，执行一条机器指令，就是执行一段微程序或一个微指令序列。

5. 乱序执行技术

为了进一步提高处理速度，Pentium Pro 和 Power PC 等新推出的高档微处理器采用了一种乱序执行技术来支持其超流水线设计。所谓乱序执行技术，就是允许指令按照不同于程序中指定的顺序发送给执行部件，从而加速程序执行过程的一种最新技术。它本质上是按数据流驱动原理工作（传统的计算机都是按指令流驱动原理工作的），根据操作数是否准备好来决定一条指令是否立即执行。不能立即执行的指令先搁置一边，而把能立即执行的后续指令提前执行。

6. RISC 技术

RISC（精简指令集计算）的着眼点是增加内部寄存器的数量、简化指令和指令系统。它选用那些最常使用的简单指令，使指令数目减少，从而使指令长度和指令周期进一步缩短。这样，以前由硬件和复杂指令实现的工作，现在由用户通过简单指令来实现，这就降低了硬件的设计难度，有利于进一步提高芯片集成度和工作速度，也为将来采用性能更好但加工难度较大的半导体材料带来希望。

7. 多媒体技术

所谓多媒体技术，是指用计算机来存储、管理和处理多种信息和信息媒体（载体），如数字、文字、声音、图像、动画、视频图像等。需要强调的是，这里所说的信息都是数字化的，通过计算机来完成它们的存储、加工和还原。

1.1.4 微型计算机的应用

计算机用途广泛，归纳起来有以下几方面。

1. 科学计算（或数值计算）

科学计算是指利用电子计算机来完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算，如卫星运行轨迹、水坝应力、气象预报、油田布局、潮汐规律等，这是计算机最早的也是最重要的应用领域。在科学技术和工程设计中，存在着大量的类型各异的数学问题，利用电子计算机计算速度快、计算精度高、具有大存储容量以及能够连续运算的特点，可以大大提高人们解决数学问题的效率，甚至可以解决原先靠人工无法解决的科学计算问题。

随着计算机性能的不断提高，计算模拟已成为继理论分析、实验验证之后的第三者科学研究手段。

2. 数据处理（或信息处理）

数据处理是指利用电子计算机来对在生产组织、企业管理、市场分析、情报检索等过程中存在的大量数据进行收集、存储、归纳、分类、整理、检索、统计、分析、列表、图形化输出等的加工过程。信息处理是计算机应用的一个重要方面，涉及的范围和内容十分广泛。这些处理的特点是算法比较简单，需要的主要是简单的算术运算和逻辑运算，但是数据量极大。由人工完成极易出错。

用电子计算机来进行数据处理，不仅速度快，而且质量高。随着科学技术的发展，电子计算机在数据处理方面的应用还将继续扩大和深入。例如，新兴的“生物信息学”更是对电子计算机数据处理能力提出了挑战。

数据处理从简单到复杂已经历了3个发展阶段。

第1阶段：电子数据处理（Electronic Data Processing, EDP）。它是以文件为对象，实现文件内部的单一数据类型的简单数据处理。

第2阶段：管理信息系统（Management Information System, MIS）。它是以数据库为对象，实现一个部门的多种数据类型的综合数据处理。

第3阶段：决策支持系统（Decision Support System, DSS）。它是以数据库、模型库和方法库为基础，实现多种数据类型、多种数据来源的高层次数据处理，帮助管理者、决策者制定正确、有效的企业运营策略。

3. 过程控制

过程控制是指利用电子计算机及时采集、检测工业生产过程中的状态参数，按照相应的标准或最优化的目标，按最佳值迅速对控制对象进行自动调节或进行控制，也称为计算机控制。工业中引入计算机控制，既可提高自动化水平，保证产品质量，也可降低成本，减轻劳动强度。提高控制的及时性和精确性。目前，计算机过程控制已广泛地应用在机械、冶金、石油、化工、纺织、电站、航天、航空、船舶等领域。

例如，在汽车工业中，利用计算机来控制机床，控制整个装配流水线，不仅可以实现精度要求高、形状复杂的零件加工自动化，还可以使整个车间或工厂实现自动化。

过程控制中一类重要的应用是实时控制。所谓实时控制，是指对响应速度要求极快的一类过程控制。例如，一些关键设备的临界故障处理，高速机构的运动控制等。

4. 辅助技术（或计算机辅助设计与制造）

在汽车、飞机、船舶、建筑设计，大规模集成电路设计，新型药物设计等领域，既存在追求设计目标优化，又存在缩短设计周期的要求，还存在减轻设计者劳动强度的问题。随着计算机技术的发展与普及，一个新的学科方向——计算机辅助设计（Computer Aided Design, CAD）应运而生。波音公司设计的B-777就全部是在计算机上完成的，号称“无纸设计”。

在CAD技术的发展过程中，一些新的技术分支不断派生出来，如计算机辅助制造（Computer Aided Manufacture, CAM）、计算机辅助测试（Computer Aided Test, CAT）等。这些新的技术分支大大提高了企业的生产效率和自动化水平，降低了劳动强度。计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS）是当前计算机在制造业应用的最高层次。它是以计算机及计算机网络为平台，借助大型数据库系统的支持，在产品的设计、管理决策、加工制造、原料采购、产品销售、产品质量控制等企业生产的全过程，实现信息的集成与共享，使企业资源得以最合理的应用，达到提高产品的市场占有率和企业市场竞争力的目的。

计算机辅助技术还可以应用在教育活动中，比如让计算机来演示教学内容、协助教师组卷与判卷、代替教师回答学生提问等。这就是计算机辅助教学（Computer Aided Instruction, CAI），它可以帮助教师和学生来改善教学效果，提高教学效率。

5. 智能模拟

智能模拟是用计算机软硬件系统来模拟人类的某些智能行为，如感知、思维、推理、学习、理解和问题求解等，它是在计算机科学、控制论、仿生学和心理学等学科的基础上发展起来的一门交叉学科。它的核心是人工智能（Artificial Intelligence, AI）理论与技术，包括专家系统、模式识别、问题求解、定理证明、机器翻译、人工生命、自然语言理解等。人工智能始终是计算机科学与技术领域的一个重要的研究方向。

人工智能的一个重要成果就是机器人（Robot），机器人的视觉、听觉、触觉、决策等都需要人工智能理论与技术的支持。目前，具有一定“学习、推理和联想”能力的机器人不断出现，国际上已研发出大量的工业机器人、家用机器人、会下棋的机器人、会踢足球的机器人、会跳舞的机器人等，这正是智能模拟研究工作取得进展的标志。智能计算机作为人类智能的辅助工具，将

被越来越多地用到人类社会的各个领域。随着人工智能理论与技术的不断发展,未来的机器人将在我们的生产和生活中发挥越来越大的作用。

6. 网络通信

计算机技术与现代通信技术相结合构成了计算机网络。计算机网络的发展与普及,不仅解决了一个单位、一个城市、一个国家乃至全世界的计算机之间的相互通信、软硬件资源共享等问题,还大大改变了人们的工作习惯和思维习惯,改变着人类的文化。计算机网络的飞速发展还催生了一些新的应用领域,如电子商务、电子政务、数字图书馆、网络存储、因特网上的海量信息检索等。

7. 多媒体技术

多媒体技术是指计算机系统通过多种媒体(如声、图、文等)来实现与人们交互的计算机技术。

借助多媒体技术,计算机可以应用在电影及电视的特技制作、计算机动画、教学软件、商业广告、电子游戏、虚拟现实、Flash、MP3/MP4等,其中虚拟现实(Virtual Reality, VR)是利用计算机系统来生成一个极具真实感的模拟环境。通过虚拟现实,人们可以进行训练、娱乐、学习等活动。现在开发的虚拟现实系统已被应用来培训驾驶员、宇航员、技术工人,还有人研究基于虚拟现实的旅游。虚拟现实的发展及应用必将深刻地影响人们的思维方式和生活方式。

随着电子计算机性能的不断提高、应用的日益普及,新的应用领域还将会不断地涌现出来。

1.2 微型计算机系统的组成

计算机系统是由硬件系统和软件系统两大部分组成的。硬件是计算机的躯体,软件是计算机的灵魂,两者缺一不可。硬件系统是指所有构成计算机的物理实体,包括计算机系统中一切电子、机械、光电等设备。软件系统是指计算机运行时所需的各种程序、数据及其有关资料。微型计算机又称个人计算机(或PC),其系统的主要组成如图1-1所示。

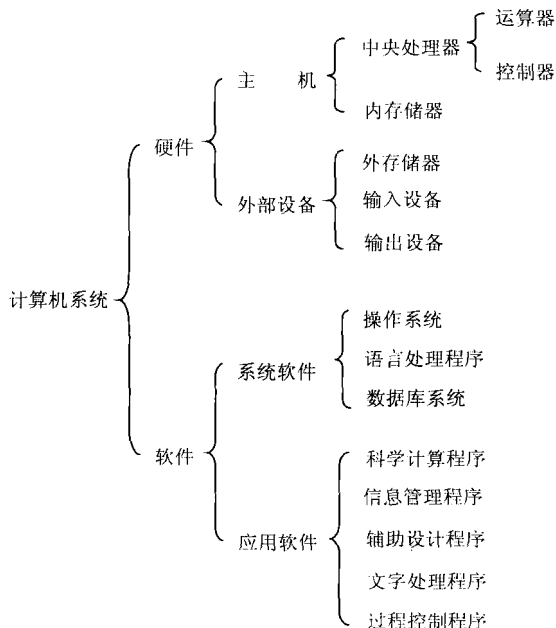


图 1-1 计算机系统的主要组成