



21世纪高校计算机应用技术系列规划教材

谭浩强 主编

计算机组成原理

宋红 李庆义 郭静 编著

★突出授课内容的系统性与完整性，
在简明讲解计算机组成一般性原理知识的基础上，
特别强调计算机基本组成的实际知识。

★较新的素材，
体现了最近几年出现的新知识、
新技术和新工艺。

★重点突出，语言简洁，
图文并茂，深入浅出，
通俗易懂，内容全面系统，可读性强。

★每章小结和习题有助于对知识的回顾和掌握。
适合于大学应用型本科、
高职高专计算机专业的学生。



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



谭浩强 主编

21 世纪高校计算机应用技术系列规划教材

计算机组成原理

宋 红 李庆义 郭 静 编著

中国铁道出版社

2006 • 北京

内 容 简 介

《计算机组成原理》在计算机专业基础课中占有重要的地位。它主要讲述了计算机系统中各个部件的功能以及它们是如何协调工作的。全书内容包括计算机的发展概况；计算机的系统结构；计算机中数据的表示方法及其主要部件；计算机内部的指令系统，包括指令格式、指令类型、寻址方式；中央处理器（CPU）的逻辑组成和工作过程；计算机内部存储系统，各类存储介质的存储原理以及今后的发展方向；常用输入输出设备的结构和工作原理；输入输出系统的组成；CPU与外设间传送数据的控制方式；新一代计算机的发展方向和控制机制等主要内容。

本书重点突出，语言简洁，图文并茂，深入浅出，内容系统而全面，适合于大学应用型本科和高职高专计算机及相关专业的学生以及计算机系统工程技术人员。

图书在版编目（CIP）数据

计算机组成原理/宋红、李庆义、郭静编著. —北京：中国铁道出版社，2003.11 (2006.1 重印)

（21 世纪高校计算机应用技术系列规划教材）

ISBN 7-113-05345-9

I. 计… II. ①宋…②李…③郭… III. 计算机体系结构-高等学校-教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 102128 号

书 名：计算机组成原理

作 者：宋 红 李庆义 郭 静

出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市宣武区右安门西街8号）

策划编辑：严晓舟 魏 春 秦绪好

责任编辑：苏 茜 夏华香 王占清

封面设计：孙天昭

印 刷：北京鑫正大印刷有限公司

开 本：787×1092 1/16 **印张：**14 **字数：**331 千

版 本：2004 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 2 次印刷

印 数：5001~8000 册

书 号：ISBN 7-113-05345-9/TP·981

定 价：20.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书，如有缺页、倒页、脱页者，请与本社计算机图书批销部调换。

21 世纪高校计算机应用技术系列规划教材

编委会名单

主 任： 谭浩强

副主任： 陈维兴 严晓舟

委 员： （以下排名按姓氏字母的先后顺序为序）

安淑芝 安志远 侯冬梅 李雁翎 吕凤翥

秦建中 宋 红 宋金珂 孙中胜 魏 春

魏善沛 熊伟建 薛淑斌 赵乃真 訾秀玲

丛书序言

21 世纪是信息技术高度发展并且得到广泛应用的时代,信息技术深刻地改变了人类的生活、工作和思维方式。每一个人都应当学习信息技术、应用信息技术。人们平常习惯说的计算机教育其内涵实际上已经发展为信息技术教育,内容主要包括计算机和网络的基本知识和应用。

对大多数人来说,学习计算机的目的是为了利用计算机这个现代化工具去处理工作和面临的各种问题,使自己能够跟上时代前进的步伐,同时要在学习的过程中努力培养自己的信息素养,使自己具有信息时代所要求的科学素质,站在信息技术发展和应用的前列,推动我国信息技术的发展。

学习计算机课程,有两种不同的方法,一是从理论入手;一是从实际应用入手。不同的人有不同的学习内容和学习方法。大学生中的多数人将来是各行各业中的计算机应用人才。对他们来说,不仅需要解决**知道什么**,更重要的是**会做什么**。因此要以应用为目的,注重培养应用能力,大力加强实践环节,激励创新意识。

根据实际教学的需要,我们组织编写这套“**21 世纪高校计算机应用技术系列规划教材**”。顾名思义,这套丛书的特点是突出应用技术,面向实际应用。在选材上,根据实际应用的需要决定内容的取舍,坚决舍弃那些现在用不到、将来也用不到的内容。在叙述方法上,采取“**提出问题——介绍解决问题的方法——归纳结论和概念**”的三部曲,这种从实际到理论、从具体到抽象、从个别到一般的方法,符合人们的认识规律,实践证明已取得了很好的效果。

本丛书采取模块化的结构,根据需要确定一批书目,也就是提供一个课程菜单供各校选用,以后根据信息技术的发展和教学的需要,不断地补充和调整。只要教学有需要,我们就组织编写新的教材,不受任何框框的限制。我们的指导思想是面向实际,面向应用,面向对象。这样比较灵活,能满足不同学校、不同专业的需要。希望各校的老师把你们的要求反映给我们,我们将会尽最大努力满足大家的要求。

本丛书可以作为大学计算机应用技术课程教材以及高职高专、成人高校和面向社会的培训班的教材,也可作为学习计算机的自学教材。

参加本丛书策划和编写工作的专家和老师有:谭浩强、陈维兴、严晓舟、薛淑斌、秦建中、安淑芝、安志远、赵乃真、吕凤翥、李雁翎、宋红、周永恒、熊伟建、宋金珂、陈元春、冯继生、姚怡、沈洪、沈添、李尊朝、王晓敏、侯冬梅、訾秀玲、魏善沛、孙中胜、王丙义、程爱民、史秀璋、李振银、刘涛、李宁等。此外参加本丛书编辑和其他工作的还有:魏春、秦绪好、张艳芳、戴薇、郭晓溪、马建、姜淑静、姜天鹏、杨东晓、于静、穆蓉等。对于他们的智慧、奉献和劳动表示深切的谢意。中国铁道出版社以很高的热情和效率组织了丛书的出版工作。在组织编写出版的过程中,得到全国高等院校计算机基础教育研究会和各高等院校老师的热情鼓励和支持,对此谨表衷心的感谢。

本丛书如有不足之处,请各位专家、老师和广大读者不吝指正。

谭浩强谨识

2003 年 2 月于清华园

前 言

《计算机组成原理》是讲述单处理系统计算机的组成和工作原理的一本教材。它是计算机专业的一门专业基础必修课程，对学好计算机专业的后续课程起着很重要的作用。同时它又是信息管理与信息系统专业的必修的核心课程。

从信息技术的角度来看，信息管理与信息系统专业属于亚计算机类专业。信息管理与信息系统专业与计算机专业不同，它还要开设管理类课程，没有时间开设很多的硬件课程。但是，让学生熟悉信息系统中硬件系统的结构，掌握其参数的选择技术是很有必要的。

全书共分 8 章。第 1 章简要介绍计算机的发展概况，以及计算机的分类和应用、计算机的系统结构；第 2 章主要介绍计算机中数据的表示方法及其主要部件；第 3 章主要介绍计算机内部的指令系统，包括指令格式、指令类型、寻址方式；第 4 章详细地介绍了计算机内部的存储系统，各类存储介质的存储原理以及今后的发展方向；第 5 章介绍了 CPU 的逻辑组成和工作过程；第 6 章介绍了常用输入输出设备的结构和工作原理；第 7 章介绍了输入输出系统的组成，CPU 与外设间传送数据的控制方式；第 8 章介绍了新一代计算机的发展方向和控制机制原理。

本书既可以作为高职高专、成人高校和应用型本科计算机专业和相近专业的教材，也适合于信息管理与信息系统、管理工程、技术经济、系统工程、工业自动化以及其他非计算机专业的师生，也适合于社会上开发应用计算机系统的工程技术人员。

本书重点突出，语言简洁，图文并茂，深入浅出，通俗易懂，内容全面系统，可读性强，对学好计算机组成原理会有所帮助。这本教材的突出特点还体现在以下两个方面：

一是本书突出授课内容的系统性与完整性，在简明讲解计算机组成一般性原理知识的基础上，特别强调计算机基本组成的实际知识。此外，书中素材较新，体现了最近几年出现的新知识、新技术、新工艺。

二是在知识组织中有比较好的层次结构，符合学生的认识规律。

本书由宋红担任主编，李庆义、郭静参加编写。李庆义老师编写了第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章，郭静老师编写了第 6 章、第 7 章、第 8 章，宋红老师负责全书的审核、统稿。陈兰芳、崔仙翠、程瑞芬等同志参与了本书的编排工作，在此表示感谢！

由于作者水平有限，书中难免会有错误或不妥之处，欢迎各位读者批评指正。同时，我们也会在适当的时间对本书的内容进行修订和补充，并发布在天勤网站：<http://www.tqbooks.net> “图书修订”栏目中。您也可以直接向作者发邮件，E-mail: sxyqsh@163.com。

作 者

2003 年 11 月

目 录

第 1 章 计算机系统概论	1
1-1 计算机的发展简史	2
1-2 计算机的分类和应用	6
1-2-1 计算机的分类	6
1-2-2 计算机的应用	6
1-3 计算机的硬件和软件	9
1-3-1 计算机的硬件	9
1-3-2 计算机的软件	11
1-4 计算机系统的层次结构	13
1-5 本章小结	16
习题	16
第 2 章 数据表示方法及其部件	17
2-1 数据表示方法和运算器	18
2-1-1 计算机中数据的表示方法	18
2-1-2 计算机中算术运算和逻辑运算	28
2-2 逻辑部件	32
2-2-1 寄存器	32
2-2-2 计数器	34
2-2-3 译码器	36
2-3 控制部件	36
2-3-1 控制器的基本功能	37
2-3-2 控制器的实现（硬布线逻辑 / 微程序控制）	39
2-4 本章小结	42
习题	42
第 3 章 指令系统	43
3-1 指令系统的发展与要求	44
3-2 指令格式	45
3-2-1 操作码	45
3-2-2 地址码	46
3-2-3 指令助记符	47



3-2-4 指令长度	47
3-3 寻址方式	48
3-3-1 操作数寻址	48
3-3-2 指令寻址	53
3-3-3 堆栈寻址	54
3-4 指令类型	56
3-4-1 指令的分类	56
3-4-2 指令系统举例	58
3-5 精简指令系统 (RISC)	60
3-5-1 RISC 的产生和发展	60
3-5-2 RISC 的指令系统	61
3-5-3 RISC 和 CISC 比较	62
3-6 本章小结	64
习题	64
第 4 章 存储系统	65
4-1 存储系统概论	66
4-1-1 存储器分类	66
4-1-2 存储器的层次结构	66
4-1-3 存储器的技术指标	68
4-2 RAM (随机读写存储器)	68
4-2-1 SRAM	68
4-2-2 DRAM	76
4-3 ROM (只读存储器)	83
4-3-1 ROM 的分类	83
4-3-2 可擦除可编程只读存储器 (EPROM)	83
4-3-3 闪速存储器	84
4-4 高速缓冲存储器 (Cache)	85
4-4-1 高速缓冲存储器的结构	85
4-4-2 高速缓冲存储器与主存之间的地址变换	85
4-4-3 替换方法	88
4-5 虚拟存储器	89
4-5-1 虚拟存储器的定义	89
4-5-2 页式虚拟存储器	91
4-5-3 段式虚拟存储器	91
4-5-4 段页式虚拟存储器	92
4-6 存储保护	94
4-6-1 存储区域保护	94
4-6-2 访问方式保护	96

4-7 本章小结	97
习题	97
第 5 章 中央处理器	99
5-1 CPU 的基本组成和功能	100
5-1-1 CPU 的组成	100
5-1-2 CPU 的功能	101
5-1-3 CPU 中的主要寄存器	101
5-1-4 操作控制器与时序产生器	103
5-2 CPU 的指令周期	104
5-2-1 指令周期的定义	104
5-2-2 CLA 指令的指令周期	105
5-2-3 ADD 指令的指令周期	106
5-2-4 STA 指令的指令周期	108
5-2-5 NOP 指令和 JMP 指令的指令周期	109
5-3 微程序控制器	110
5-3-1 微命令和微操作	110
5-3-2 微指令和微程序	111
5-3-3 微程序控制器原理框图	112
5-4 时序产生器和控制方式	113
5-4-1 时序信号	113
5-4-2 时序信号产生器	114
5-4-3 控制方式	115
5-5 早期的 CPU	116
5-5-1 M6800 CPU	116
5-5-2 Intel 8088 CPU	117
5-5-3 IBM 370 系列 CPU	119
5-5-4 Intel 80486 CPU	120
5-6 流水线方式的 CPU	122
5-6-1 并行处理技术	122
5-6-2 流水线 CPU 的结构	122
5-6-3 流水线中的主要问题	125
5-6-4 奔腾 (Pentium) CPU	127
5-7 RISC CPU	130
5-7-1 RISC 机器的特点	130
5-7-2 RISC 的硬件组织	130
5-8 多媒体 CPU	132
5-8-1 多媒体技术的主要问题	132
5-8-2 MMX 技术	133



5-8-3 动态执行技术	134
5-9 本章小结	135
习题	136
第 6 章 外部设备	137
6-1 外部设备概述	138
6-1-1 外设的重要性	138
6-1-2 外设的分类	138
6-2 输入设备	139
6-2-1 常用输入设备	139
6-2-2 其他输入设备	143
6-3 输出设备	146
6-3-1 显示器	146
6-3-2 字符/图形显示器	150
6-3-3 打印机	153
6-4 外存储器	159
6-4-1 磁盘存储器	159
6-4-2 光盘存储器	165
6-5 本章小结	167
习题	167
第 7 章 输入输出系统	169
7-1 输入输出系统概述	170
7-1-1 输入输出系统功能与组成	170
7-1-2 接口的功能与类型	170
7-1-3 外设的寻址方式	172
7-1-4 输入输出指令	173
7-1-5 主机与外设的信息传送	173
7-2 程序控制方式及其接口	174
7-2-1 无条件传送方式	175
7-2-2 程序查询传送方式	175
7-3 程序中断方式及其接口	176
7-3-1 中断的基本概念	177
7-3-2 中断屏蔽与中断优先权	178
7-3-3 中断响应与中断处理	179
7-3-4 中断控制器 8259A	181
7-4 直接存取 DMA 方式	183
7-4-1 DMA 系统组成及其工作过程	183
7-4-2 DMA 控制器 DMAC	184

7-4-3	DMA 使用内存的方式	185
7-4-4	Intel 8237A 可编程 DMA 控制器	186
7-5	通道和 I/O 处理机方式	188
7-5-1	通道方式及其特点	188
7-5-2	通道的类型	189
7-5-3	通道的基本功能	190
7-5-4	通道的工作过程	191
7-6	总线系统	191
7-6-1	总线的基本知识	191
7-6-2	总线的管理	193
7-6-3	总线的类型和标准总线	194
7-7	本章小结	196
	习题	196
第 8 章	计算机系统结构	197
8-1	流水线技术	198
8-1-1	先行控制技术	198
8-1-2	流水线	200
8-1-3	超标量处理机与超流水线处理机	204
8-2	向量处理机	205
8-2-1	向量流水的基本概念	205
8-2-2	向量处理机的结构与性能	206
8-3	多处理机	206
8-3-1	多处理机系统	207
8-3-2	多处理机结构	208
8-4	新型计算机系统结构	208
8-4-1	计算机系统结构的新概念	208
8-4-2	新概念系统结构计算机	209
8-5	本章小结	211
	习题	211
	参考文献	212

1

计算机系统概论

本章导读

计算机系统不同于一般的电子设备，它是由硬件、软件组成的复杂的系统。本章先介绍计算机的发展简史，然后说明计算机的分类和应用，最后简略地介绍硬件、软件的概念和组成，以便于建立一个整体的概念。





1-1 计算机的发展简史

电子计算机是一个统称，实际上它被明确地分成两大类：“电子模拟计算机”和“电子数字计算机”。前者的输入输出均是连续变化的物理量，使用连续变化的物理量（例如电流、电压等）来表示数值的大小并参加机内运算，其运算结果自然也是连续变化的物理量；后者的输入输出均是不连续的数字量，它接受数字化的输入信息，按照存放在其存储器中的程序对该信息数码进行运算，其运算结果和输出也是离散的数字信息；它运算速度快、运算精度高。人们所说的“电子计算机”或“计算机”，都是指“电子数字计算机”，也是本书讨论的对象。

电子计算机的发展，如果从第一台计算机的问世算起，到现在半个多世纪，发展速度非常快。在人类科技史上还没有一种科技的发展速度可以与电子计算机的发展速度相提并论。

20 世纪 40 年代，无线电技术和无线电工业的发展为电子计算机的研制准备了物质基础。1943 年～1946 年美国宾夕法尼亚大学研制的电子数字积分和计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 是世界上第一台电子计算机。ENIAC 计算机共用 18 000 多个电子管，1 500 个继电器，重达 30t (吨)，占地 170m² (平方米)，耗电 140kw (千瓦)，每秒钟能计算 5 000 次加法，研制人是埃克特 (J.P.Eckert) 和莫克利 (J.W.Mauchly)。ENIAC 计算机存在两个主要缺点：一是存储容量太小，只能存 20 个字长为 10 位的十进制数；二是用线路连接的方法来编排程序，因此每次解题都要依靠人工改接连线，准备时间大大超过实际计算时间。

在 ENIAC 计算机研制的同时，冯·诺依曼 (Von Neumann) 与莫克利、埃克特小组合作研制 EDVAC 计算机，在这台计算机中确立了全新的存储程序计算机的方案：这个方案规定了计算机有 5 个基本部件：输入器、输出器、运算器、存储器、控制器，为了充分发挥电子元件的高速度而采用了二进制，程序和数据存放在存储器中，确立了存储程序的原则。存储程序不仅解决了速度匹配问题，它还带来了在机器内部用同样的速度进行程序的逻辑选择的可能性，从而使全部运算成为真正的自动过程。这些原则在现代的计算机中仍然有效，所以现代的一般计算机均被称作冯·诺依曼结构计算机。

50 多年来，根据电子计算机所采用的物理器件的发展，一般把电子计算机的发展分成 5 个阶段。

第一代：电子管计算机时代 (从 1946 年第一台计算机研制成功到 20 世纪 50 年代后期)，将电子管、继电器和存储器用绝缘导线互连在一起，由单个 CPU 构成，CPU 用程序计数器和累加器顺序完成定点运算，采用机器语言或汇编语言，用 CPU 程序控制 I/O。其主要特点是采用电子管作为基本器件。代表性系统有由 John von Neumann、Anhur Burks 和 Herman Goldstine 于 1946 年在普林斯顿大学研制成功的 IAS 计算机、由宾夕法尼亚大学莫尔学院于 1950 年制造的 ENIAC、由 IBM 于 1953 年制造的 IBM701 计算机。

第二代：晶体管计算机时代 (1955 年～1964 年)，采用分立式晶体三极管、二极管和铁氧体的磁芯，用印刷电路将它们互连起来。采用了变址寄存器、浮点运算、多路存储器和 I/O 处理机。采用有编译程序的高级语言、子程序库、批处理监控程序。这时期计算机的主要器件逐步由电子管改为晶体管，因而缩小了体积，降低了功耗，提高了速度和可靠性。而且价格不断下降。后来又采用了磁心存储器，使速度得到进一步提高。在这一时期开始重视

计算机产品的继承性，形成了适应一定应用范围的计算机“族”，这是系列化思想的萌芽。从而缩短了新机器的研制周期，降低了生产成本，实现了程序兼容，方便了新机器的使用。代表性系统有 1951 年制造的 Univac I、60 年代的 CDC 1604 和 1962 年制成的 IBM 7030。1969 年 1 月制成的超大型计算机 CDC 7600，速度达到每秒千万次浮点运算，是这一时期设计最成功的产品。

第三代：集成电路计算机时代（1965 年～1974 年），采用小规模或中规模集成电路和多层印刷电路。微程序控制在这一代开始普及。采用了流水线、高速缓存和并行处理机。软件方面采用多道程序设计和分时操作系统。这时期的计算机采用集成电路作为基本器件，因此功耗、体积、价格等进一步下降，而速度及可靠性相应地提高，这就促使了计算机的应用范围进一步扩大。正是由于集成电路成本的迅速下降，产生了成本低而功能不是太强的小型计算机供应市场，占领了许多数据处理的应用领域。代表性系统有 IBM/360～IBM/370 系列、CDC6600/7600 系列、Texas 仪表公司的 ASC 和 Digital Equipment 公司的 PDP-8 系列。IBM360 系统是最早采用集成电路的通用计算机，也是影响最大的第三代计算机。在 1964 年宣布 IBM360 系统时就有大、中、小等 6 个计算机型号，平均运算速度从每秒几千次到一百万次，它的主要特点是通用化、系列化和标准化。

（1）通用化：指令系统丰富，兼顾科学计算、数据处理、实时控制三个方面。

（2）系列化：IBM360 各档机器采用相同的系统结构，即在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、控制方式、输入/输出操作方式等方面保持统一，从而保证了程序的兼容性，当用户更新机器时，原来在低档机上编写的程序可以不作修改就使用在高档机上。IBM360 系统后来陆续增加的几种型号仍保持与前面的产品兼容。后来，西欧与日本的一些通用计算机也保持与 IBM360 系统兼容。前苏联和东欧国家联合制造的“统一系统”也是与 IBM360 系统兼容的。

（3）标准化：采用标准的输入/输出接口，因而各个机型的外部设备是通用的。采用积木式结构设计，除了各个型号的 CPU 独立设计以外，存储器、外部设备等都采用标准部件组装。

第四代：大规模集成电路计算机时代（1974 年～1991 年），采用大规模或超大规模集成电路和半导体存储器，出现了用共享存储器、分布存储器或向量硬件选择的不同结构的并行计算机，开发了用于并行处理的多处理操作系统、专用语言和编译器，同时产生了用于并行处理或分布处理的软件工具和环境。20 世纪 70 年代初，半导体存储器问世，迅速取代了磁心存储器，并不断向大容量、高速度发展，此后，大体上集成度每三年翻两番（1971 年每片 1K 位，到 1984 年达到每片 256K 位），价格平均每年下降 30%。逻辑电路也得到相应的发展。

随着大规模集成电路的迅速发展，计算机进入大发展时期，通用机、巨型机、小型机、微型机都得到了发展。

1. 通用机

通用机是计算机工业中价值比重最大的产品，其中以 IBM 370 系统影响最大，它在与 IBM360 系统兼容的前提下进行了改进。IBM 公司为开发 IBM360 系统的软件耗费了巨大的人力和财力，据估算，IBM 用户在应用程序、培训等方面耗费了 2 000 亿美元，是硬件投资的 3～5 倍，如此丰富的软件不能抛弃、只能继承，这已成为用户与计算机厂家共同遵守的原则，但



也成了计算机发展的制约因素。继 IBM370 以后, IBM303X 大型机系列仍与 IBM370 系统兼容, 但具有更强的科学计算处理能力, IBM4300 系列取代了 IBM370 系统的低档机, 但仍与 IBM370 兼容。1982 年宣布的 IBM 3084K 大型通用机速度达到每秒 2 500 万次, 主存容量为 64MB。其他计算机厂家在发展新机种时也遵循兼容的原则。某些计算机厂家走上与 IBM 计算机兼容的道路, 称之为 PCM (Plug Compatible Mainframe, 插接兼容主机) 或 Program Compatible Mainframe (程序兼容主机), 制造与 IBM 兼容的计算机, 它们按 IBM 系列机的系统结构制造主机, 并直接引用 IBM 计算机的软件, 因而使产品的性能价格比优于 IBM 原装机, 以争夺市场。

2. 巨型机

现代科学技术, 尤其是国防技术的发展, 需要有很快运算速度、很大存储容量的计算机, 一般的大型通用计算机不能满足要求。集成电路的发展, 为制造巨型机提供了条件。从 20 世纪 60 年代到 20 世纪 70 年代相继完成了一些巨型机, 其中取得最高成就的要推 Cray-1 计算机。针对天气预报、飞行器的设计和核物理研究中存在大量向量运算的特点, Cray-1 计算机的向量运算速度达每秒 8 000 万次, 并兼顾了一般的标量运算。1983 年研制成功的 CrayX-MP 机向量运算速度达每秒 4 亿次。与此同时, CDC 公司的 Cyber 203 和 Cyber 205 先后完成, Cyber205 每秒可进行 4 亿次浮点运算。这些是 20 世纪 80 年代初期水平最高的巨型机。但是这些成就还不能满足一些复杂问题的需要, 所以不少单位开展了性能更高的巨型机的研究工作。近年来微处理器的发展为阵列结构巨型机的发展带来了希望, 例如古德伊尔公司为美国宇航局(NASA)研制了一台处理卫星图像的巨型计算机系统 MPP, 该机由 16 384 个微处理器组成 128×128 方阵。并行处理、多处理器系统是巨型机发展的一个重要方面。日本、英国、前苏联和法国也先后开始研制巨型机。

3. 小型机

小型机规模小, 结构简单, 所以设计研制周期短, 便于及时采用先进工艺, 生产量大, 硬件成本低, 同时由于软件比大型机简单, 所以软件成本也低。再加上易于操作和维护及可靠性高等特点, 使得管理机器和编制程序都比较简单, 因而得以迅速推广, 掀起一个计算机普及应用的浪潮。DEC 公司的 PDP-II 系列是 16 位小型机的代表, 到 20 世纪 70 年代中期, 32 位高档小型机开始兴起, DEC 公司的 VAX II/780 于 1978 年开始生产, 应用极为广泛。VAX II 系列与 PDP-II 系列是兼容的。小型机的出现打开了在控制领域应用计算机的局面, 许多大型分析仪器、测量仪器、医疗仪器使用小型机进行数据采集、整理、分析、计算等。应用于工业生产上的计算机除了进行上述工作外, 还可以进行自动控制。

4. 微型机

微型机的出现与发展, 掀起计算机大普及的浪潮。利用 4 位微处理器 Intel 4004 组成的 MCS-4 是世界上第一台微型机, 于 1971 年问世。Intel 8086 是最早开发成功的 16 位微处理器(1978 年), Intel80286、Intel80386 与 Intel8086 兼容。1981 年以后, 32 位微处理器相继问世, 比较著名的 32 位微处理器有 Intel 80386 和 Motorola 的 68020 等。32 位微处理器采用过去大中型计算机中所采用的技术, 因此用它构成的微型机系统的性能可以达到 70 年代大中

型计算机的水平。70 年代后期,兴起个人计算机(一种独立微型机系统)热潮,最早出现的是 Apple 公司的 Apple II 微型机(1977 年),此后各种型号的个人计算机纷纷出现。1981 年一向以生产大中型通用机为主的 IBM 公司推出了 IBM PC 机,后来又推出扩充了性能的 IBM PC/XT、IBM PC/AT 机,由于具有设计先进、软件丰富、功能齐全、价格便宜等特点,很快成为微型机市场的主流。国内外不少厂家相继生产了与 IBM PC 兼容的个人计算机。低档的个人计算机可供家庭娱乐和业余爱好者使用,高档的用于经营管理、科学计算以及教育等方面。

第五代:(1991 年~现在)采用超大规模集成电路(VLSI)工艺更加完善的高密度、高速度处理机和存储器芯片。它的最重要特点是进行大规模并行处理,采用可扩展和允许时延的系统结构。第五代计算机具有下列功能:(1)智能接口功能:能识别自然语言(文字、语音)、图形、图像;(2)解题和推理功能:根据自身存储的知识进行推理,求解问题。(3)知识库管理功能:计算机内存储大量知识,可供检索。代表性系统有 Fujitsu 的 VPP500、Cray Research 的 MPP、Thinking Machines 公司的 CM-5、Intel 超级计算机系统 Paragon、SGI 的 Origin 2000 和 Sun 公司的 Enterprise10000 服务器。

由于计算机技术和通信技术的迅速发展,为适应高度社会化生产和科技发展的需要,出现了由单个计算中心通过通信线路和若干个远程终端连接起来的联机系统(或称为面向终端的网络),例如库存管理系统、生产管理系统、银行业务系统,飞机订票系统、情报检索系统、气象观测系统等,使分散在各处的信息通过终端能很快集中于计算机中,同时各处的工作人员可通过终端进行查询、获取资料。在 20 世纪 70 年代,能实现计算机之间的通信、资源共享的计算机网迅速发展。著名的美国 ARPA 网诞生于 20 世纪 60 年代末,在 20 世纪 70 年代不断扩充网上节点,到 1975 年已连接 60 个以上的节点,一百多台主机。地理范围遍布全美并扩展到欧洲。与此同时,其他网络相继建成。由于这些网络跨越的地理范围比较宽阔,因而称为广域计算机网。一些主要计算机厂家为解决本公司生产的各种计算机和终端设备的联网问题,向用户提供相应的硬件(如通信接口板)和网络软件。随着计算机的广泛应用,特别是小型机和微型机的普及,一个单位在一幢大楼或一个建筑群内安装多台计算机的情况日益普遍,将这些计算机联接在一起的网络称为局域网。计算机网的蓬勃发展,加速了社会信息化的进程。

随同计算机硬件发展的还有软件,应该指出,发挥计算机的作用,推广计算机的应用,改进计算机的设计以及简化计算机的操作,使它从只供专家使用转为面向大众,软件工作者起了决定性的作用。系统软件不断完善、升级,操作系统自动地管理计算机系统中各个设备以及多个程序的高效运行,是第三代计算机时期的重大成就。

广泛应用计算机的结果,高级程序设计语言在第二代计算机时期趋向成熟并迅速普及,在科学计算、数据处理、商业经营、经济管理、工业控制、工程设计等领域中分别开发出各自的程序,称为应用软件。计算机厂家向用户提供软件(系统软件和应用软件)时与硬件分别计价,并产生了专门从事软件研制、生产、销售工作的软件公司。但是软件的发展跟不上需要,软件费用急剧增长,这是因为硬件是工业化生产,价格不断下降,而软件为人工劳动,生产率低,可靠性不高。一些科学家提出了软件工程的概念,对软件开发实行工程化管理,以期得到廉价、可靠、有效的软件。软件还具有容易拷贝的特点,软件成果容易被别人占有,因此影响了软件开发者进行软件开发及将软件投入市场的积极性,发达国家对软件采取法律保护手段,以维护软件开发者的正当利益。



1-2 计算机的分类和应用

1-2-1 计算机的分类

计算机可分为专用计算机和通用计算机。专用和通用是根据计算机的效率、速度、价格、运行的经济性和适应性来划分的。专用机是最有效、最经济和最快速的计算机，但是它的适应性很差。通用计算机适应范围很大，但是牺牲了效率、速度和经济性。

通用计算机又可分巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机和单片机共 6 类，它们的区别在于指令系统规模、性能指标、数据存储容量、体积、简易性、功率损耗和机器价格，如图 1-1 所示。

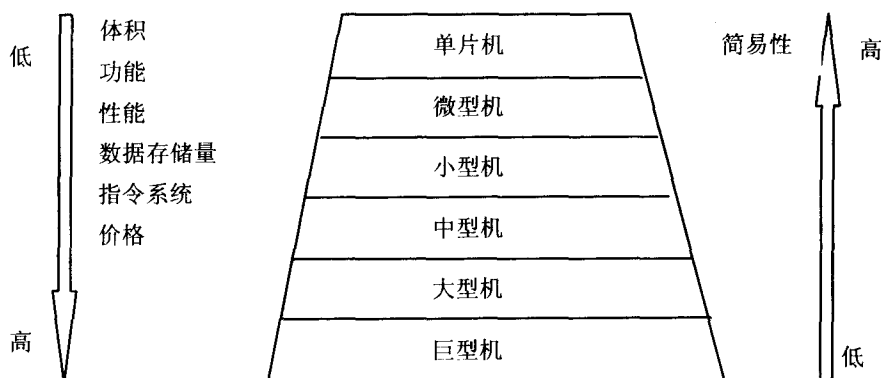


图 1-1 各种机型的区别

1-2-2 计算机的应用

随着计算机技术的迅猛发展，计算机的应用范围在不断地扩大，从国民经济各部门到个人家庭生活，从军事部门到民用部门，从科学教育到文化艺术，从生产领域到消费娱乐，小到电子手表、儿童玩具，大到卫星、导弹的发射，应该说，计算机已经渗透到国民经济的各个领域和部门，是否使用计算机已经成为各单位或部门应用技术水平高低的重要标志。下面从几个主要方面简述计算机的应用领域。

1. 科学计算

科学研究和工程技术计算领域是计算机应用最早的领域，也是应用得较广泛的领域。例如数学、化学、原子能物理学、天文学、地球物理学、生物学等基础科学的研究，以及航天飞行、飞机设计、桥梁设计、水力发电、地质找矿等方面的大量计算都要用到计算机。利用计算机进行数值计算，可以节省大量时间、人力和物力。人们曾遇到这样一类问题，即计算这些问题的方法并不是很复杂，但计算的工作量实在太太大，以至于根本无法进行计算。例如 19 世纪中叶，数学上提出了地图着色的“四色定理”问题。意思是说，画一张地图要使相邻的两国不使用同一种颜色，只要用 4 种颜色就够了。但这一定理在数学上长期得不到精确的证明，成为一大难