

普通高等教育计算机规划教材

计算机

组成原理

杨光煜 等编著

提供电子教案



下载网址 <http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育计算机规划教材

计算机组成原理

杨光煜 等编著

机械工业出版社

本书可分为基础知识和部件原理两部分。第1~3章为基础知识部分，主要内容包括计算机中数据的表示、运算方法及常用逻辑器件；第4~8章为部件原理部分，主要内容包括运算器、存储器、控制器及输入输出系统的组成和工作原理。

为了便于理解，本书除在内容上进行必要的精练外，还在构思上尽可能地采取宏观原理的叙述，避开微观原理的展开，力求达到概念清晰、深入浅出。本书还对必要的电子电路和逻辑电路知识作了简要介绍。这样既可以降低学习难度，又有一定的理论高度，在建立整机概念的基础上，为学生更好地掌握与硬件休戚相关的各种程序设计语言、有关网络的基本知识、层出不穷的应用软件等打下良好的基础。

本书可作为计算机专业、信息管理与信息系统及其相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理 / 杨光煜等编著. —北京: 机械工业出版社, 2009.3
(普通高等教育计算机规划教材)

ISBN 978-7-111-26394-4

I. 计… II. 杨… 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(2009)第025012号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 张宝珠

责任编辑: 张宝珠 罗子超

责任印制: 杨曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2009年4月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·14.25印张·353千字

0001—3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-26394-4

定价: 24.00元

凡购本书, 如有缺页, 倒页, 脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294 68993821

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

出版说明

信息技术是当今世界发展最快、渗透性最强、应用最广的关键技术，是推动经济增长和知识传播的重要引擎。在我国，随着国家信息化发展战略的贯彻实施，信息化建设已进入了全方位、多层次推进应用的新阶段。现在，掌握计算机技术已成为 21 世纪人才应具备的基础素质之一。

为了进一步推动计算机技术的发展，满足计算机学科教育的需求，机械工业出版社聘请了全国多所高等院校的一线教师，进行了充分的调研和讨论，针对计算机相关课程的特点，总结教学中的实践经验，组织出版了这套“普通高等教育计算机规划教材”。

本套教材具有以下特点：

- (1) 反映计算机技术领域的新发展和新应用。
- (2) 注重立体化教材的建设，多数教材配有电子教案、习题与上机指导或多媒体光盘等。
- (3) 针对多数学生的学习特点，采用通俗易懂的方法讲解知识，逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂，使学生可以快速掌握，学以致用。
- (4) 符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置，注重培养学生的应用能力，强调知识、能力与素质的综合训练。
- (5) 适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学，也可作为各类培训班和自学用书。

机械工业出版社

前 言

如何让非计算机专业，特别是信息管理与信息系统专业的学生、广大计算机课程的自学者，以及文科院校研修计算机原理课程的学生在不开设任何前导课的前提下，掌握好计算机的工作原理，并为他们更好地掌握与计算机硬件休戚相关的各种程序设计语言、有关网络的基本知识、层出不穷的应用软件等打下良好的基础，是本书最基本的出发点。

本书立足于现代计算机结构的高度，从部件级着眼，讲清楚计算机的组织。本书分两大部分来建立一个计算机系统的概念：第一部分基础知识为第1~3章和第4.1~4.3节，包括计算机中数据的表示方法、运算方法及常用逻辑部件；第二部分各子系统为第4.4和4.5节、第5~8章，包括运算器、存储器、控制器、输入/输出系统的组成、工作原理及它们之间的相互联系。

本书大约需要72学时。通过本书的学习，学生能在宏观上从部件的角度轻松地、深入浅出地掌握计算机硬件系统的组成及工作原理，以及计算机结构的基本概貌。学生在学完本课程后，能在建立起整机概念的基础上，为更好地把握其他相关课程打下良好的基础，进而能独立地完成计算机信息系统的分析与设计。

本书最大的特点是能充分激发学生的主观能动性，引导他们积极地去思索。在原理的阐述中，不是墨守成规地先把计算机的组成展示给学生，而是尽量启发学生思考着去追寻专家的思路，去理解要让计算机相关功能部件工作需要什么样的组合、为什么要如此安排；而不提倡学生在现有的结构上去刻板地死记硬背计算机的组成。本书力争在计算机的组成部件展现出来之后，使学生有这样的感觉——计算机在我们的思考下得以组成；于是达到“理解了，也就记住了”的学习境界。

本书第1~2章由杨光煜编写，第3章由孙志伟编写，第4章由韩瀛和莒亮编写，第5章由庄坤和张敏编写，第6章由庄坤编写，第7章由莒亮编写，第8章由高虎明编写。

由于编者经验有限，书中错误和问题在所难免。书中不妥之处，还望广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明	1.0
前言	1.0
第 1 章 概述	1
1.1 计算机发展概况	1
1.1.1 计算机发展简史	1
1.1.2 现代计算机的特点	4
1.1.3 计算机的发展趋势	6
1.2 计算机的组成及解题过程	8
1.2.1 计算机的组成和大致工作过程	8
1.2.2 计算机的五大组成部分及硬件结构	9
1.2.3 计算机系统	12
1.2.4 计算机的解题过程	21
1.3 计算机系统的技术指标	22
1.3.1 主频	22
1.3.2 字长	22
1.3.3 容量	22
1.3.4 存取周期	23
1.3.5 运算速度	23
1.4 计算机的分类及应用	24
1.4.1 计算机的分类	24
1.4.2 微型计算机的分类	24
1.4.3 计算机的应用	25
1.5 小结	29
1.6 习题	29
1.7 参考答案	30
第 2 章 计算机中数据的表示	32
2.1 数值数据	32
2.1.1 进位计数制	33
2.1.2 进制间的相互转换	36
2.1.3 定点数与浮点数	41
2.1.4 数的符号表示——原码、补码、反码及阶的移码	44
2.2 非数值数据	55
2.2.1 逻辑数据	55
2.2.2 字符数据	55
2.2.3 多媒体数据	58
2.2.4 十进制数的编码	60
2.2.5 数据校验码	61

2.3	小结	62
2.4	习题	62
2.5	参考答案	64
第3章	计算机中的逻辑电路	66
3.1	逻辑代数	67
3.1.1	基本逻辑运算与逻辑函数	67
3.1.2	复合逻辑运算与复合逻辑函数	68
3.1.3	基本定律	69
3.1.4	逻辑表达式与真值表之间的相互转化	71
3.1.5	逻辑函数的标准形式	72
3.1.6	逻辑表达式的化简	76
3.2	门电路	80
3.2.1	3种基本门	80
3.2.2	门电路的真值表	81
3.2.3	门电路的波形图	81
3.2.4	常用的组合门电路	82
3.3	逻辑电路的分析与设计	83
3.3.1	分析逻辑电路	83
3.3.2	设计逻辑电路	85
3.4	触发器及寄存器	86
3.4.1	触发器	86
3.4.2	寄存器	90
3.4.3	计数器	92
3.5	小结	94
3.6	习题	94
3.7	参考答案	95
第4章	运算方法和运算器	99
4.1	定点加减法运算	99
4.1.1	补码加、减法运算	99
4.1.2	反码加、减法运算	102
4.1.3	定点加、减法中的溢出问题	104
4.1.4	加法器	105
4.2	定点乘法运算	107
4.2.1	原码乘法运算及原码乘法器	107
4.2.2	补码乘法运算及补码乘法器	111
4.3	定点除法运算	116
4.3.1	恢复余数法	116
4.3.2	不恢复余数法	117
4.4	浮点运算的基本思想	118

4.4.1	浮点数加减法的运算规则	119
4.4.2	浮点数乘除法的运算规则	122
4.5	运算器的基本结构及分类	124
4.5.1	运算器的基本组成	124
4.5.2	运算器的分类	124
4.6	浮点运算器的基本思路	125
4.7	小结	126
4.8	习题	127
4.9	参考答案	128
第5章	存储器	132
5.1	存储器概况	132
5.1.1	存储器的基础知识	132
5.1.2	存储器的分类	132
5.1.3	存储系统	134
5.1.4	存储器的主要技术指标	135
5.2	主存储器的基本结构和工作过程	136
5.2.1	随机存取存储器	136
5.2.2	只读存储器	140
5.2.3	PLA、PAL 技术简介	140
5.3	主存系统存在的问题及解决方案	141
5.3.1	高速缓冲存储器	142
5.3.2	交叉存取方式	144
5.3.3	虚拟存储技术	145
5.4	动态 RAM 的刷新	147
5.5	小结	149
5.6	习题	149
5.7	参考答案	150
第6章	指令系统	153
6.1	指令的分类	153
6.1.1	数据传送类指令	153
6.1.2	算术逻辑运算类指令	154
6.1.3	字符串处理指令	155
6.1.4	输入输出指令	156
6.1.5	特权指令和陷阱指令	156
6.1.6	转移指令	156
6.1.7	子程序调用指令	157
6.1.8	处理器控制指令	158
6.2	指令格式	158
6.2.1	指令信息	158

111	6.2.2 指令格式	160
135	6.3 寻址方式	162
134	6.3.1 指令的寻址	162
134	6.3.2 操作数的寻址	163
134	6.4 指令的执行	168
135	6.4.1 指令的执行过程	168
136	6.4.2 指令的执行方式	170
137	6.5 小结	172
138	6.6 习题	172
135	6.7 参考答案	174
135	第7章 控制器	175
135	7.1 控制器的组成及工作过程	175
135	7.1.1 控制器的基本功能	175
134	7.1.2 控制器的组成	176
134	7.1.3 控制器的工作过程	178
136	7.2 控制器的控制方式	178
136	7.3 总线	180
140	7.3.1 CPU 内部总线	180
140	7.3.2 系统总线	182
141	7.3.3 微处理器的总线结构	183
145	7.4 中断系统	184
144	7.4.1 问题的提出	184
145	7.4.2 中断系统的功能	185
147	7.4.3 中断系统的结构及工作过程	186
149	7.5 控制器的常规逻辑设计法	188
149	7.6 微程序设计思想	189
150	7.7 小结	195
153	7.8 习题	195
153	7.9 参考答案	197
153	第8章 输入/输出子系统	200
154	8.1 直接程序控制方式	200
152	8.2 程序中断控制方式	202
156	8.3 直接存储器存储方式	207
159	8.4 通道控制方式	212
159	8.5 外围处理机方式	213
157	8.6 小结	214
158	8.7 习题	215
158	8.8 参考答案	216
158	参考文献	219

第1章 概述

早在原始社会就有结绳和垒石计数之说。随着生产力水平的不断提高，计数和计算在推动人类社会发展的同时，自身也得到了发展和完善。公元10世纪，我国劳动人民在早期的运筹、珠算的基础上，发明了至今仍流传于世界的计算工具——算盘，并为之配备了“口诀”。算盘的发明推动了数字式计算机工具的发展。与电子计算机相比，算盘犹如硬件，而口诀就像计算机的程序与算法。

自从17世纪出现了计算尺之后，各种机械的、电的模拟计算机以及数字式计算机不断出现。法国的巴斯卡尔（Blaise Pascal）发明了机械式十进制系统台式计算机，英国的巴贝治（Charles Babbage）发明了差分机，美国人斯蒂比茨（George Stibics）和艾肯（Howard Aiken）发明了机电式自动计算机，德国的楚泽（Konrad Zaye）也研制了类似的机器。

电子计算机的诞生、发展和应用的普及，是人类历史上最伟大的发明之一，是20世纪科学技术的卓越成就，是新的技术革命的基础。在信息时代，计算机的应用必将加速信息革命的进程。计算机不仅可以解脱人类的繁重体力劳动，而且可替代人类的脑力劳动。随着科学技术的发展及计算机应用的广泛普及，它对国民经济的发展和社会的进步将起到越来越巨大的推动作用。

要想更有利地发挥计算机的效用，我们必须了解计算机的组织结构、掌握计算机的工作原理。

本章介绍计算机的组成及其一些基本概念，对其工作有一个大致了解；重点掌握人对计算机如何操作，如何与计算机产生联系。

1.1 计算机发展概况

在当今社会，人们经常接触计算机。那么，究竟什么是计算机呢？不同的专家可能会从不同的角度去定义计算机。比如，物理学家可能很注意计算机的电子特性，而社会学家可能更侧重于计算机的逻辑特性。为了研究计算机组成原理，我们从比较综合的角度，将电子计算机定义为能自动、高速、精确地进行大量数据处理的电子设备。

计算机始创于1946年，历经四代发展，现在正处在第五代的研制与展望之中。

1.1.1 计算机发展简史

1. 第一台计算机

20世纪40年代，科技战线的两大成果成了人们瞩目的对象：一个是标志着“物理能量大释放”的原子弹；另一个是“人类智慧的大释放”——计算机。

1946年在美国宾夕法尼亚大学由物理学家莫克利（J.W.Mauchly）博士和艾克特（J.P.Eckert）博士研制出世界上第一台计算机——ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Computer，电子数字积分和计算机）。它是由电子管作为元件组装起来的一台电子数字计算机，

为计算机和信息产业的发展奠定了基础。但该计算机不具备存储功能，采用十进制，并要靠连接线路的方法编程，并不是一台具有存储程序功能的电子计算机。

世界上第一台设计具有存储程序功能的计算机是 EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer, 译作“埃德瓦克”), 由曾担任 ENIAC 小组顾问的著名美籍匈牙利数学家冯·诺依曼 (Von Neumann) 博士领导设计。EDVAC 从 1946 年开始设计, 于 1950 年研制成功。其采用了电子计算机中存储程序的概念, 使用二进制并实现了程序存储, 把包括数据和程序的指令以二进制代码的形式存放到计算机的存储器中, 保证了计算机能够按照事先存入的程序自动进行运算。冯·诺依曼提出的存储程序和程序控制的理论, 及他首先确立的计算机硬件由输入部件、输出部件、运算器、存储器、控制器五个基本部件组成的基本结构和组成的思想, 奠定了现代计算机的理论基础。计算机发展至今, 整个四代计算机统称为冯·诺依曼结构计算机。世人也称冯·诺依曼为“计算机鼻祖”。

但是, 世界上第一台投入运行的存储程序式的电子计算机是 EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator, 译作“埃德沙克”)。它是由英国剑桥大学的维尔克斯 (M. V. Withes) 教授在接受了冯·诺依曼的存储程序计算机思想后, 于 1947 年开始领导设计的。该机于 1949 年 5 月研制并投入运行, 比 EDVAC 早一年多。

1971 年, 世界上第一台微型计算机 MCS-4 由在美国研制出的第一个微处理器 Intel 4004 组装而成。微处理器的出现与发展, 一方面给自动控制注入了新的活力, 使办公设备、家用电器迅速地实现电脑化; 另一方面, 以微处理器为核心部件的个人计算机 (Personal Computer, PC) 得到了广泛的应用和普及, 成为人们生产和生活必不可少的现代化工具。

我国的计算机事业起步于 1956 年。1958 年, 中国科学院计算技术研究所研制出我国第一台计算机, 命名为 DJS-1, 通称 103。当时这台计算机在中关村计算所大楼内为军事科学、气象预报、石油勘探等方面的研究起到了相当大的作用。此后, 我国在计算机发展与应用的各个阶段都有不少成果。尤其是汉字在计算机中的应用, 为信息处理现代化开辟了广阔的道路。

2. 计算机的更新换代

第一台计算机诞生之后的发展速度异常迅猛。大约每 5~8 年, 计算机就要更新换代一次。更新换代的结果是计算机体积的日益减小、速度的不断加快、功能的日趋增强、价格的逐渐下降、可靠性的不断提高及应用领域日益扩大。

从构成计算机的物理元件角度, 可以把计算机归分为 4 个阶段。

从第一台电子计算机诞生的 60 多年来, 计算机技术得到了迅速的发展, 走过了从电子管、晶体管、中小规模集成电路到大规模、超大规模集成电路计算机的发展道路。

第一代电子管计算机时代 (1946—1958): 组成计算机的物理元件为电子管, 用光屏管或汞延时电路做存储器; 输入输出主要采用穿孔纸带或卡片; 运行计算机使用机器语言或汇编语言; 计算机的应用主要面向科学计算; 代表产品有 UNIVAC-I、IBM 701、IBM 650 和 ENIAC (唯一不是按存储控制原理设计的)。这一代计算机的缺点是体积笨重、功耗大、运算速度低、存储容量小、可靠性差、维护困难、价格昂贵。

第二代晶体管计算机时代 (1959—1964): 组成计算机的物理元件为晶体管, 使用磁芯和磁鼓做存储器, 引进了通道技术和中断系统; 开始采用 FORTRAN、COBOL、ALGOL60、PL/I 等高级程序设计语言和批处理操作系统; 计算机的应用不仅面向科学计算, 还能进行

数据处理和过程控制；代表产品有 IBM 公司的 IBM 7090 和 IBM 7094、Burroughs 公司的 B5500。此代计算机各方面的性能都有了很大的提高，软件和硬件日臻完善。

第三代为中小规模集成电路计算机时代（1965—1970）：组成计算机的物理元件为集成电路，每个芯片集成 1~1000 个元件；运行计算机广泛地采用高级语言，有了标准化的程序设计语言和人机会话式的 BASIC 语言，操作系统更加完善和普及，实时系统和计算机通信网络得以发展；计算机的结构趋于标准化；计算机的应用趋于通用化。它不仅可以进行科学计算、数据过理，还可以进行实时控制；代表产品有 IBM 公司的 IBM 360（中型机）和 IBM 370（大型机）、DEC 公司的 PDP-11（小型机）。此代的计算机体积小、功耗低、可靠性高。

第四代为大规模超大规模集成电路计算机时代（1971 至今）：组成计算机的物理元件为大规模（每个芯片集成 1000~10 万个元件）、超大规模集成电路（每个芯片集成 10 万~100 万个元件），采用半导体存储器作内存存储器，发展了并行技术和多机系统，出现了精简指令计算机 RISC；运行计算机有了丰富的软、硬件环境，软件系统实现了工程化、理论化和程序设计自动化；计算机体积更小巧，性能更高。此代计算机尤其是计算机网络与多媒体技术的实现，使得计算机成为现代化的计算工具。它能够对数字、文字、语音、图形、图像等多种信息接收及处理，能够对数据实施管理、传递和加工，对工业过程进行自动化控制，从而使其成为实施办公自动化和信息交流的工具。

也可按用户所使用的主流计算机属于哪一类型计算机来划分为 4 个时期。

大型机时期（1946~20 世纪 70 年代初）：IBM 公司生产的大型机占据主要市场。

小型机时期（20 世纪 70 年代初~80 年代初）：DEC 公司的 PDP-11 和 VAX11 小型机占领市场。

PC 时期（20 世纪 80 年代初~90 年代初）：Microsoft 和 Intel 公司领导 PC 发展潮流。

Internet 时期（20 世纪 90 年代初至今）：各大实力派竞相争霸。

3. 微型计算机的发展

属于第四代计算机的微型计算机是以微处理器为核心的计算机。

计算机的运算器和控制器合称为中央处理器（Central Processing Unit），简称为 CPU。CPU 被大规模超大规模集成电路技术微缩制作在一个芯片上后，就成了微处理器（Microprocessor）。

微型计算机的发展也历经了 4 个阶段。

第一代微型计算机是以 4 位微处理器为核心的微型计算机。1971 年由 Intel 公司用 PMOS 工艺制成。典型的微处理器产品有 Intel 4004、4040 和早期的 8 位微处理器，如 Intel 8008。

第二代微处理器的产品始于 1973 年 12 月研制成功的 Intel 8080；其他型号的微处理器产品是 Intel 公司的 Intel 8085，Motorola 公司的 M6800，以及 Zilog 公司的 Z-80，它们都是 8 位微处理器。另一类代表产品是位片（Bit-Slice）式微处理器，典型产品是 Intel 公司的 3000，AMD 微器件公司的 AMD 2901 和 Motorola 公司的 M 10800。

第三代微处理器的代表产品是 1978 年由 Intel 公司推出的 Intel 8086；接着又推出了 Intel 8088。相继，Zilog 公司也推出了 Z-8000，Motorola 公司推出 M 68000。它们都是准 16 位微处理器，都采用 H-MOS 高密度集成半导体工艺技术，运算速度更快。这些公司在技术上互相竞争，很快又推出了全 16 位的微处理器 Intel 80286、M 68020 和 Z-80000。Intel 80286

微处理器芯片的问世，导致了 20 世纪 80 年代后期 286 微型计算机风靡全球。

第四代微处理器的起始是 1985 年 10 月，由 Intel 公司推出了 32 位字长的微处理器 Intel 80386。Intel 80386 微处理器芯片的面世，使得 20 世纪 80 年代末在全球出现了 386 微型机轰动一时的微型机“第一浪潮”。1989 年 4 月，Intel 公司又研制成功了性能更为优越的 Intel 80486 微处理器，是一种全 32 位的微处理器芯片。Intel 80486 微处理器一面世，使得在 20 世纪 90 年代初 486 微型机走红全球，出现了微型机的“第二浪潮”。Motorola 公司也在 1986 年后相继推出了 M 68030 和 M 68040。1993 年 3 月 22 日，Intel 公司在全球同时宣布，他推出了更新的微处理器芯片 P5 (Pentium)，这次不以 Intel 80586 命名，而赋予一个新的名字 Pentium，主要是为了与其他生产 80586 微处理器芯片生产厂家区别。Pentium 是 CISC (复杂指令集计算机) 和 RISC (精简指令集计算机) 两种体系结构有机结合后的产物。它吸收了 RISC 的优点，采用了超级标量或双路流水线结构；有各自独立的数据 Cache 和 Cache，减少了 CPU 访问内存的冲突；还精心设计了片内的浮点运算部件，使得运算速度大大提高。这种微处理器芯片的时钟频率高达 66MHz，在一个时钟周期内可平均执行两条指令，即达到 100Mi/s。

微处理器是大规模超大规模集成电路的产物，Intel 80496 微处理器芯片内集成了大约 120 万个晶体管，而 Pentium 微处理器芯片内集成了约 310 万个晶体管，集成度越来越高。后来推出的含有 MMX (多媒体扩展指令集) 功能的 Pentium 处理器 P55C 和 Pentium Pro 处理器 Klamnth，俗称为 P II。1999 年 2 月又推出了含有更多多媒体指令的微处理器芯片 P III，P III 内集成的晶体管数量达到 800 万个；时钟频率从 450MHz 起步。P II 和 P III 都是 64 位的微处理器。

4. 发展小结

计算机虽然经历了 4 次更新换代，但是到目前为止，从基本工作原理上说仍然属于冯·诺依曼型的。所谓冯·诺依曼型的计算机是指用户使用计算机时，首先要将计算机所从事的工作编写成程序存储在计算中，然后启动该程序，计算机自动完成使用者所要完成的工作。因此，冯·诺依曼型的计算机也可以简单地说是存储程序和程序控制型的计算机，或者说成是程序式的计算机。

从世界上第一台计算机的诞生到现在，虽然只有半个世纪多，但是计算机的发展速度及其对人类带来的影响是任何一项科学技术都无法比拟的。从工业革命的角度，人们把计算机的广泛应用与电的发明、蒸汽机的出现相提并论为“第三次浪潮”；从信息革命的角度，人们又把计算机的应用称做“第四次信息革命”。微型计算机的发展，又给人类带来了网络时代，信息革命时代。

在未来的时空里，计算机对人类的生存与发展所带来的影响是难以预测的。但有一点是可以肯定的，那就是——信息化、网络化的计算机技术对人类生活的影响必将是巨大的。

1.1.2 现代计算机的特点

1. 现代数字计算机的特点

现代计算机的特点可从快速性、准确性、记忆性、逻辑性、可靠性和通用性几方面来体现。

快速性：计算机的处理速度（或称运算速度）可简单地用每秒钟可执行多少百万条指令

(Mi/s) 来衡量。现代计算机每秒钟可运行几百万条指令, 数据处理的速度相当快, 巨型机的运算速度可达数百个 Mi/s。计算机这么高的数据处理(运算)速度是其他任何处理(计算)工具无法比拟的, 使得许多过去需要几年甚至几十年才能完成的复杂运算, 现在只要几天、几小时, 甚至更短的时间就可以完成。这是计算机广泛使用的主要原因之一。

准确性: 数据在计算机中都是用二进制数编码的, 数的精度主要由表示这个数的二进制码的位数决定, 即主要由该计算机的字长所决定。计算机的字长越长, 计算精度就越高。现代计算机的字长一般都在 32 位以上, 高档微机都达到 64 位, 大型机达到 128 位。计算精度相当高, 能满足复杂计算对计算精度的要求。当所处理的数据的精度要求特别高时, 可在计算机内配置浮点运算部件——数学协处理器。

记忆性: 计算机的存储器类似于人的大脑, 可以“记忆”(存储)大量的数据和计算机程序。这为人们提供了极大的方便, 今天没有做完的工作(如计算一道科学计算题, 或设计一张工程设计图), 可以放到计算机的存储器中“记忆”, 明天再拿出来继续做。早期计算机存储器的容量较小, 存储器往往成为限制计算机应用“瓶颈”。今天, 一台普通的 P4 微机, 内存容量配到 1GB 以上, 小型机以上的机器, 其内存容量则更大。

逻辑性: 具有可靠的逻辑判断能力是计算机的一个重要特点, 是计算机能实现信息处理自动化的重要原因。冯·诺依曼结构计算机的基本思想, 就是将程序预先存储在计算机内, 在程序执行过程中, 计算机会根据上一步的执行结果, 运用逻辑判断方法自动确定下一步该做什么, 应该执行哪一条指令。能进行逻辑判断, 使计算机不仅能对数值数据进行计算, 也能对非数值数据进行处理, 使得计算机能广泛地应用于非数值数据处理领域, 如信息检索、图形识别及各种多媒体应用等。

可靠性: 由于采用了大规模和超大规模集成电路, 元器件数目大为减少, 印制电路板上的焊接点数和接插件的数目比中小规模集成电路计算机减少了很多, 因而功耗小, 发热量低, 从而使整机的可靠性大大提高, 使得计算机具有非常高的可靠性。

通用性: 现代计算机不仅可以用来进行科学计算, 也可用于数据处理、工业实时控制、辅助设计和辅助制造、办公自动化等。通用性非常强。

2. 微型计算机的特点

微型计算机是目前使用最广泛、最普及的一类计算机。它除了具有计算机的一般特点外, 还具有下面一些特点。

体积小, 重量轻: 微型计算机的核心部件是微处理器。由超大规模集成电路制成的微处理器体积小、重量轻, 组装成的一台台式微型计算机, 包括主机、键盘、显示器、软盘驱动器和硬盘驱动器, 总共只有一二十公斤的重量, 可以放在桌子上使用。由于微型计算机往往为个人所使用, 因此习惯上又称它为个人计算机(Personal Computer, PC)。其型式除传统的桌上型台式 PC 外, 近几年, 又发展了便携式 PC、笔记本式 PC, 以及手掌式电脑。笔记本式 PC 的体积更小, 重量也轻, 只有文件夹大小, 二三公斤的重量, 有的只有一公斤左右; 手掌式电脑只有半公斤重。这些都采用 LCD, 由可抽换式镍氢电池供电。正由于微型计算机的这个特性, 增大了其使用上的方便性。

价格便宜, 成本低: 随着大规模集成电路技术工艺的进步, 制作大规模集成电路的成本越来越低, 微型计算机系统的制造成本大幅度下降。其价格由二十多年前的几万元一台变成了当今的几千元一台, 且配置上也有了相当大幅度的提高。

使用方便，运行可靠：微型计算机的结构如同搭积木一般，可以根据不同的实际需要进行组合，从而可灵活方便地组成各种规模的微机系统。由于采用大规模集成电路，很多功能电路都已集成在一个芯片上，因此元器件数目大为减少，印制电路板上的焊接点数和接插件的数目比中小规模集成电路计算机减少了1~2个数量级。MOS大规模集成电路的功耗小，发热量低，从而使整机的可靠性大大提高。又由于它体积小、重量轻，搬动容易，这就给使用者带来了很大的方便。特别是便携式PC和笔记本式PC，可以在出差、旅行时带在身边随时使用。

对工作环境无特殊要求：微型计算机对工作环境没有特殊要求，可以放在办公室或家里使用，不像以前的大中小型机对安装机房的温度、湿度和空气洁净度有较高的要求，这大大有利于微型计算机应用的普及。但是，提供一个良好的工作环境，能使微型机更好地工作。微型机工作环境的基本要求是：室温为15~35℃，房间相对湿度为20%~80%，室内经常保持清洁，电源电压稳定，附近避免磁场干扰。若室温低于15℃，则软盘驱动器对软盘的读写容易出错；若高于35℃，则由于机器散热不好，会影响机器内各部件的正常工作。房间相对湿度低于20%，会由于过分干燥而产生静电干扰，引起计算机的误动作；若相对湿度超过80%，会由于结露使机内的元器件受潮变质，甚至会发生短路而损坏机器。若室内灰尘过多，灰尘附落在磁盘磁头上，不仅会造成对磁头的读写错误，也会缩短计算机的使用寿命。

1.1.3 计算机的发展趋势

进入20世纪90年代以来，世界计算机技术的发展更加突飞猛进，产品在不断升级换代。那么，计算机将如何发展呢？有的专家把未来计算机的朝向总结为“巨”（巨型化）、“微”（微型化）、“网”（网络化）、“多”（多媒体技术）、“智”（智能化，即让计算机模拟人的认识和思维）；也有的专家倾向于把计算机技术的发展趋势归纳为“高”（高性能硬件平台、高性能操作系统的开发和缩小化）、“开”（开放式系统，旨在建立标准协议以确保不同制造商的不同计算机软硬件可以相互连接，运行公共软件，并保证良好的互操作性）、“多”、“智”、“网”。

在这里，我们分别从研制和应用的角度来看看计算机的发展趋势。

1. 从研制的角度看

从研制计算机的角度看，计算机将不断往大型、巨型和小型、微型以及高性能硬件平台方向发展，也将不断把新技术应用于计算机领域。

大型、巨型：从功能的角度看，计算机将向高速的、大存储量和强功能的巨型计算机发展。巨型计算机主要应用于天文、气象、地质、核反应、航天飞机、卫星轨道计算等尖端科学技术领域，研制巨型计算机的技术水平是衡量一个国家科学技术和工业发展水平的重要标志。因此，工业发达国家都十分重视巨型计算机的研制。目前运算速度为每秒几百亿次的巨型计算机已经投入运行，每秒上千亿次的巨型计算机也正在研制中。

小型、微型：从体积上看，将利用微电子技术和超大规模集成电路技术，把计算机的体积进一步缩小，价格也要进一步降低。计算机的微小化已成为计算机发展的重要方向。各种便携式计算机、笔记本式计算机和手掌式计算机的大量面世和使用，是计算机微小化的一个标志。

高性能硬件平台：无论大型机、小型机还是微型机，都将追求高性能的硬件平台。

多媒体技术：多媒体技术是当前计算机领域中最引人注目的高新技术之一。多媒体计算机就是利用计算机技术、通信技术和大众传播技术，综合处理声音、图像、文字、色彩多种媒体信息并实时输入输出的计算机。多媒体技术使多种信息建立了有机的联系，集成为一个系统，并具有交互性。多媒体计算机将真正改善人机界面，使计算机朝着人类接受和处理信息的最自然的方式发展。以往，CPU 是为处理数值计算设计的。自多媒体出现后，为了处理语音、图像通信以及压缩解压等方面的问题，需要附加 DSP 芯片；每增加一种功能，就需要加上相应的接口卡和专用 DSP 芯片。今天可以直接做音频处理、图像压缩、解压播放、快速显示等工作的 CPU 芯片 MMX (Multi Media Extensions) 已经问世。这必将把多媒体技术及其应用推向一个新的水平。

新技术的应用：
量子技术：量子计算机的概念始于 20 世纪 80 年代初期。它是利用电子的波动性来制造出集成度很高的芯片。目前日本日立公司已经制造出一种实验型量子芯片，运算速度可达 1 万亿次/s。

光学技术：首先在速度方面，电子的速度只能达到 593km/s，而光子的速度是 3×10^5 km/s；其次是超并行性、抗干扰性和容错方面，光路间可以交叉，也可以与电子信号交叉，而不产生干扰。目前世界上第一台光脑已经由欧共体的 70 多名科学家和工程师合作研究成功，但最主要的困难在于没有与之匹配的存储器件。

超导器件：硅半导体在工艺上已经成熟，是最经济的器件，也是当前的主流；但这并不排除去挖潜超导器件。

生物技术：早在 10 年以前，科学家就制造出了蛋白质分子电路；1994 年 11 月，美国的《科学》杂志最早公布 DNA 计算机的南加利福尼亚大学的纳德·阿德拉曼博士在试管中成功地完成了计算过程。DNA 计算机可以像人脑一样进行模糊计算，它有相当、大的储存容量，但速度不是很快。

2. 从应用的角度看

从应用计算机的角度看，计算机将不断往高性能软件平台方向、智能化方向和开放系统方向发展，也将不断地智能化、网络化。

高性能软件平台：体现在高性能操作系统的开发。

开放系统：建立起某些协议以保证不同商家制造的不同计算机软硬件可以相互连接，运行公共应用软件，同时保证良好的互操作性。

智能化：是指使计算机具有模拟人的感觉和思维过程的能力，即使计算机成为智能。这是目前正在研制的新一代计算机要实现的目标。智能化的研究包括模拟识别、物形分析、自然语言的生成和理解、博弈、定理自动证明、自动程序设计、专家系统、学习系统和智能机器人等。目前，已研制出多种具有人的部分智能的“机器人”，可以代替人在一些危险的工作岗位上工作。

网络化：从单机走向联网，是计算机应用发展的必然结果。所谓计算机网络化是指用现代通信技术和计算机技术把分布在不同地点的计算机互联起来，组成一个规模大、功能强的可以互相传输信息的网络结构。网络化的目的是使网络中的软、硬件和数据等资源，能被网络上的用户共享。今天，计算机网络可以通过卫星将远隔千山万水的计算机联入国际网络，如 Internet 网。当前发展很快的微机局域网正在现代企事业管理中发挥越来越重要的作用。

计算机网络是信息社会的重要技术基础。

1.2 计算机的组成及解题过程

1.2.1 计算机的组成和大致工作过程

1. 计算机的组成部分

我们都清楚，计算机中是用 0、1 来表示信息的。从这个角度看，计算机又可称为对数字式信息进行加工的机器。这里的数字式信息即指用 0、1 表示的数据。

我们可以把计算机的工作描述成：要加工的数字、符号、信号被送入计算机，经计算机处理后，又以新的数字、符号、信号的形式输出出来。如此，我们可以把计算机初步表示为如图 1-1 所示的结构。

我们把要处理的数据（数字、符号、信号等）输入（IN）给计算机（Computer），计算机按照我们发给它的指令（通知计算机进行各种操作的手段为指令；按顺序安排好的计算机的指令的集合称为程序）对数据（又成为操作数）进行加工（又称为操作），再把结果（以数字、符号、信号的形式）输出（OUT）出来。

为了让计算机自动、快速工作，有必要把程序和数据预先保存在计算机内，然后让计算机自动地一条条地执行指令。这就需要为计算机安排记忆装置。

图 1-2 中 MEM（Memory）为存储器，是计算机内的记忆装置，用于存储程序和数据；CPU（Central Processing Unit）为中央处理单元，是分析并控制指令执行的部件。

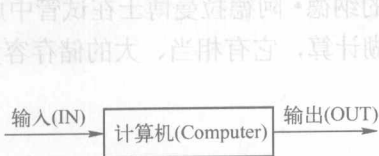


图 1-1 最简计算机描述图

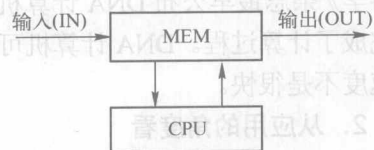


图 1-2 带记忆装置的计算机简图

程序和数据被保存在存储器里后，CPU 自动把指令一条条从存储器中取出，并进行分析，然后根据指令的要求完成相应的加工处理。

这里，有必要提一下有关存储程序的概念。存储程序的概念是当今计算机都遵从的一种理念。它是指将安排好的程序和数据送入技术的主存储器中，然后启动计算机工作；计算机在不需要人工干预的情况下，自动取出并执行指令。

由于指令是预先保存在计算机里而不是由人一条条当场输入的，取出指令、分析指令和执行指令都是计算机自动完成的，这就大大加快了计算机处理速度。

我们再把 CPU 加细，分成“分析并控制指令执行”的部件和“具体进行加工”的部件。就可把计算机表示成如图 1-3 所示的由存储器、运算器和控制器组成的三部件计算机结构。

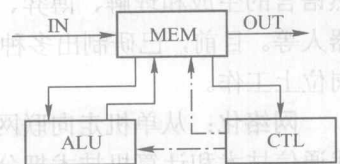


图 1-3 三部件计算机结构图