

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

计算机组成原理

刘中原 主编 刘敏 贺海晖 杨洁 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

计算机组成原理

刘中原 主编

刘 敏 贺海晖 杨 洁 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是高职高专院校计算机及其相关专业学习计算机原理的教材。本书系统地介绍了计算机的基本组成和工作原理。全书共分为9章,内容包括:计算机系统概论、计算机中数据的表示方法、运算方法与运算部件、存储系统、指令系统、中央处理器、系统总线、计算机外围设备和输入输出系统。

本书内容全面、概念清楚、重点突出,内容组织循序渐进、深入浅出、系统性强;为了方便学生理解掌握所学的知识,本书列举了大量的实例加以说明。在编写过程中,注重基础知识、基本原理和基本技能的讲解。本书既是高职高专院校计算机及其相关专业学习计算机原理的教材,也可供从事计算机事业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/刘中原主编;刘敏,贺海晖,杨洁编著. —北京:中国铁道出版社,2005.2
(高职高专计算机系列教材) (2006.12 重印)

ISBN 7-113-06397-7

I. 计… II. ①刘… ②刘… ③贺… ④杨… III. 计算机体系结构-高等学校:技术学校-教材
IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第016128号

书 名: 计算机组成原理

作 者: 刘中原 刘 敏 贺海晖 杨 洁

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 戴 薇

责任编辑: 苏 茜 张雁芳 王占清

封面设计: 袁 野

印 刷: 三河市国英印务有限公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17.25 字数: 411千

版 本: 2005年3月第1版 2006年12月第2次印刷

印 数: 5001~8000册

书 号: ISBN 7-113-06397-7/TP·1429

定 价: 25.00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。

高职高专计算机系列教材

编 委 会

主 任：汪燮华

副主任：陶 霖 陆 虹

编 委：（以姓氏拼音排序）

常桂兰 陈志毅 崔俊杰 韩田君

矫桂娥 李 斌 刘鸿基 刘 敏

刘 燕 刘中原 陆惠茜 聂青林

秦 川 王淑英 吴慧萍 熊发涯

徐方勤 赵俊兰 周天亮 周知圆

前 言

本书是一本面向高等职业教育、高等专科教育和成人高等教育的计算机原理教材，也可作为计算机工程技术人员的参考书。

“计算机组成原理”是计算机及有关信息技术专业的一门核心基础课程。学生在学习了“计算机导论”、“程序设计基础”等课程之后，对计算机的应用有了基本的掌握，于是便迫切需要了解计算机的基本组成和工作原理；此外，对于后继课程，如“操作系统”等的学习，也需要在掌握计算机的基本工作原理的基础上来进行。因此，从课程的地位来说，“计算机组成原理”在整个课程体系中起着承上启下的作用，是计算机及相关专业的主干课程之一。

本书在编写过程中注重从传授知识和培养能力的目标出发，并结合本课程的教学特点，注意从应用中提出问题，再进一步给出解决问题的思路和方法，循序渐进，深入浅出。在内容组织方面，注重基础知识、基本原理和基本技能的培养，并根据高职高专学生的特点，力求重点突出，要点讲明，难点讲透，通俗易懂。因此，本书也比较适合学生自学。

本书共分为9章。第1章主要介绍了计算机的基本特性、基本组成和相关的基本概念；第2章讲述了各种数据在计算机中的表示方法，包括带符号数的表示方法，小数点的表示方法、字符和汉字的编码以及常用的数据校验码，还介绍了语音、图像等信息的表示方法；第3章讲述了定点数和浮点数的运算方法和常用的运算部件，包括加、减、乘、除基本算术运算和与、或、非、异或等基本逻辑运算的原理和方法，讲述了运算部件的基本原理，并介绍了SN74181芯片逻辑功能；第4章讲述了计算机的存储系统，介绍了存储系统的层次结构，从最基本的存储单元电路出发，讲述RAM、ROM的工作原理，以及高速缓存和虚拟存储器的基本概念和基本原理；第5章介绍了指令系统及寻址方式，并对Pentium CPU的指令系统进行了分析；第6章讲述了中央处理器的组成、各种控制方法的原理；第7章讲述了总线系统，并对在微型机中常用的PCI总线作了介绍；第8章介绍了常用的输入输出设备及各种外部存储器的特点和基本原理；第9章介绍了计算机的输入输出系统，包括I/O的控制方式、接口技术等，重点讲述了中断技术和DMA技术。本书的教学学时数约为90学时，在讲授本课程时，可根据不同的专业需要对各章内容进行适当取舍。

本书由上海第二工业大学刘中原主编，参加编写工作的还有刘敏、贺海晖和杨洁老师。在本书的编写过程中，陶霖教授和魏淑桃教授对本书的内容组织提出许多指导性的建议，陆虹副教授为本书的编写给予了极大的帮助和支持，在此对他们表示衷心的感谢。此外，周晓云、李斌、施庆平、陈志毅和刘丽丽老师对本书的编写也给予了极大的帮助，对此也表示感谢。尤其谈进、石林祥、谢加华、高琪和刘大禹，他们为本书的文字录入和插图的绘制做了许多工作，非常感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，错误之处在所难免，希望读者批评、指正。我们也会在适当时间进行修订与补充，并发布在天勤网站：<http://www.tqbooks.net>“图书修订”栏目中。

编 者

2005年1月于上海

目 录

第 1 章 计算机系统概论	1
1-1 计算机的发展与应用	1
1-1-1 计算机的发展简史	1
1-1-2 计算机的发展趋势	2
1-1-3 计算机的分类	3
1-1-4 计算机的应用	4
1-2 计算机的硬件系统	6
1-2-1 计算机硬件的基本组成	6
1-2-2 计算机的总线结构	7
1-3 计算机的软件系统	7
1-3-1 计算机软件的基本概念	7
1-3-2 计算机软件的分类	8
1-3-3 操作系统的基本功能	9
1-3-4 计算机的语言	10
1-4 计算机系统的层次结构	13
1-4-1 硬件与软件的关系	13
1-4-2 计算机系统的层次结构	13
1-5 计算机的性能指标	14
本章小结	15
练习 1	15
第 2 章 计算机中数据的表示方法	16
2-1 计数制及其相互转换	16
2-1-1 二进制数及其特点	16
2-1-2 计算机中采用二进制数的原因	17
2-1-3 八进制数和十六进制数	18
2-1-4 计数制的相互转换	19
2-2 数值型数据的表示方法	23
2-2-1 机器数和真值	23
2-2-2 带符号数的表示方法	23
2-2-3 定点数和浮点数及其表示方法	28
2-3 计算机中的编码	32
2-3-1 字符的编码	32
2-3-2 十进制数字的编码	34
2-3-3 汉字的编码	35
2-4 其他信息的表示方法	37
2-4-1 语音的计算机表示方法	37

2-4-2	图像的计算机表示方法.....	37
2-4-3	图形的计算机表示方法.....	38
2-5	数据校验码.....	38
2-5-1	奇偶校验码.....	39
2-5-2	交叉校验码.....	40
2-5-3	循环冗余校验码.....	40
2-5-4	海明校验码.....	41
	本章小结.....	43
	练习 2.....	43
第 3 章	运算方法和运算部件.....	45
3-1	算术逻辑运算基础.....	45
3-1-1	定点数的加减法运算.....	45
3-1-2	溢出及其判别方法.....	49
3-1-3	移位.....	51
3-1-4	十进制数的运算.....	52
3-1-5	逻辑运算.....	53
3-2	算术逻辑运算单元 (ALU).....	55
3-2-1	加法单元电路.....	55
3-2-2	串行加法器和并行加法器.....	56
3-2-3	并行加法器的进位链.....	57
3-2-4	ALU 举例.....	61
3-3	定点数乘法运算.....	64
3-3-1	无符号数一位乘法.....	64
3-3-2	带符号数一位乘法.....	65
3-4	定点除法运算.....	70
3-4-1	无符号数一位除法.....	70
3-4-2	带符号数一位除法.....	73
3-5	浮点数运算.....	74
3-5-1	浮点数的加减法运算.....	74
3-5-2	浮点数的乘除法运算.....	76
3-5-3	浮点数运算器.....	77
	本章小结.....	77
	练习 3.....	78
第 4 章	存储系统.....	79
4-1	存储系统的组织.....	79
4-1-1	存储系统的层次结构.....	79
4-1-2	存储器的分类.....	80
4-2	随机读写存储器.....	81

4-2-1 静态存储器 (SRAM)	81
4-2-2 动态存储器 (DRAM)	87
4-2-3 主存储器的组织	91
4-2-4 高性能主存储器	100
4-3 只读存储器和闪速存储器	103
4-3-1 只读存储器	103
4-3-2 闪速存储器	106
4-4 堆栈	110
4-4-1 串联堆栈	111
4-4-2 存储器堆栈	113
4-5 高速缓冲存储器 (Cache)	114
4-5-1 Cache 存储器的基本原理	114
4-5-2 主存与 Cache 的地址映射	116
4-5-3 替换算法	120
4-5-4 Cache 存储器的读/写过程	121
4-5-5 多层次 Cache 存储器	121
4-5-6 奔腾 PC 的 Cache	122
4-6 虚拟存储器	124
4-6-1 虚拟存储器的基本概念	124
4-6-2 页式虚拟存储器	126
4-6-3 段式虚拟存储器	127
4-6-4 段页式虚拟存储器	128
4-6-5 虚拟存储器工作的全过程	129
4-6-6 虚拟存储器举例 (Pentium 机的虚拟存储器)	130
4-7 存储保护	131
4-7-1 存储区域保护	131
4-7-2 访问方式保护	132
本章小结	133
练习 4	133
第 5 章 指令系统	135
5-1 指令系统的发展与性能要求	135
5-1-1 指令系统的发展	135
5-1-2 指令系统的性能要求	135
5-1-3 指令与计算机语言的关系	136
5-2 指令格式	136
5-2-1 指令包含的信息及格式	136
5-2-2 指令操作码的扩展技术	138
5-2-3 指令长度与字长的关系	140
5-3 寻址方式	140

5-3-1 操作数的寻址方式	140
5-3-2 寻址方式举例 (Pentium CPU 的寻址方式)	144
5-4 指令类型	146
5-5 CISC 和 RISC	149
5-5-1 CISC	149
5-5-2 RISC 的产生与发展	150
5-5-3 RISC 的特点	150
5-6 指令系统举例 (Pentium CPU 的指令系统)	151
本章小结	153
练习 5	154
第 6 章 中央处理器	156
6-1 CPU 的功能及组成	156
6-1-1 CPU 的功能	156
6-1-2 CPU 的组成	156
6-1-3 CPU 中的主要寄存器	158
6-1-4 操作控制器	159
6-2 指令的执行过程	159
6-2-1 指令周期	160
6-2-2 不需访问主存指令的指令周期	161
6-2-3 直接访问主存指令的指令周期	164
6-2-4 间接访问主存指令的指令周期	166
6-2-5 程序控制指令的指令周期	167
6-2-6 指令周期流程图	168
6-3 时序部件	169
6-3-1 节拍电位与节拍脉冲	169
6-3-2 脉冲源	170
*6-3-3 节拍信号发生器	170
6-4 微操作控制器	172
6-4-1 微程序控制器	172
*6-4-2 硬布线控制器	179
6-5 流水 CPU	181
6-5-1 基本概念	181
6-5-2 流水线分类	182
*6-6 多媒体 CPU	182
6-7 CPU 结构举例	184
6-7-1 8086 CPU	184
6-7-2 80386 CPU	185
*6-7-3 Pentium 微处理器	186

本章小结	188
练习 6	188
第 7 章 总线系统	190
7-1 总线与总线结构	190
7-1-1 总线的基本概念	190
7-1-2 总线的连接方式	191
7-1-3 总线的内部结构	193
7-1-4 总线结构对计算机系统性能的影响	194
7-2 总线接口	194
7-2-1 总线接口的基本概念	194
7-2-2 总线的控制与通信	195
7-2-3 总线的信息传送模式	199
7-3 PCI 总线	200
7-3-1 PCI 总线的信号	200
7-3-2 PCI 总线的操作时序	203
本章小结	204
练习 7	205
第 8 章 计算机的外围设备	206
8-1 计算机外围设备概述	206
8-1-1 外围设备的分类	206
8-1-2 外围设备的一般功能	207
8-2 输入设备	208
8-2-1 键盘	208
8-2-2 鼠标	209
8-2-3 图像输入设备	210
8-2-4 触摸屏	211
8-3 输出设备——显示器	212
8-3-1 显示设备的分类与相关概念	212
8-3-2 字符显示器	213
8-3-3 图形和图像显示	216
8-4 输出设备——打印机	216
8-4-1 点阵式打印机	217
8-4-2 喷墨打印机	218
8-4-3 激光打印机	219
8-4-4 打印机的发展趋势	220
8-5 磁记录的基本原理与记录方式	220
8-5-1 磁记录的基本原理	220
8-5-2 磁记录介质与磁头	221

8-5-3 磁记录方式	223
8-6 硬磁盘存储设备	224
8-6-1 硬磁盘存储器的结构与分类	225
8-6-2 硬磁盘驱动器及硬磁盘控制器	226
8-6-3 硬磁盘存储器的技术指标	227
8-7 软磁盘存储器	228
8-7-1 软磁盘片及记录格式	228
8-7-2 软磁盘驱动器和控制器	231
8-8 磁带存储设备	232
8-8-1 磁带机的结构	232
8-8-2 磁带的记录格式	234
8-9 光盘存储设备	235
8-9-1 光盘存储器的种类	236
8-9-2 光盘的读写原理	237
8-9-3 光盘存储器的组成	238
本章小结	238
练习 8	239
第 9 章 输入输出系统	241
9-1 输入输出 (I/O) 系统概论	241
9-1-1 输入输出设备的编址	241
9-1-2 I/O 接口 (设备控制器) 的功能与分类	242
9-1-3 I/O 数据传送控制方式	243
9-2 直接程序控制方式	246
9-3 程序中断输入输出方式	247
9-3-1 中断及其应用	247
9-3-2 中断的产生和响应	249
9-3-3 中断响应和中断处理	250
9-3-4 程序中断设备接口的组成和工作原理	254
9-4 DMA 输入输出方式	255
9-4-1 DMA 三种工作方式	256
9-4-2 DMA 控制器组成	257
9-4-3 DMA 传送过程	258
9-5 通道控制方式和外围处理机方式	260
9-5-1 I/O 通道的基本概念	260
9-5-2 I/O 通道的种类	260
9-5-3 通道型 I/O 处理机 (IOP) 和外围处理机	262
本章小结	262
练习 9	262

第 1 章 计算机系统概论

本章讲述了计算机的发展历程及其广泛的应用领域，同时介绍了计算机硬件系统和计算机软件系统的基本组成及其功能。

1-1 计算机的发展与应用

1-1-1 计算机的发展简史

1946 年，由宾夕法尼亚大学研制出世界上第一台电子数字计算机，这台计算机的名字称为 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)，即电子数值积分和计算机。它采用了 18 000 个电子管，重 30 吨，占地 170 平方米，投资超过 48 万美元。该机的字长为 10 位十进制，计算速度每秒 5 000 次，每次最多只能存储 20 个字长为 10 位的十进制数。计算程序是通过“外接”的线路实现的，没有采用“程序存储”方式。这台 ENIAC 是一个专用机，因为它是最早诞生的一台电子计算机，因此我们认为它是现代计算机的始祖。

在 ENIAC 研究的同时，冯·诺依曼与莫尔学院合作提出了一个全新的存储程序的通用电子计算机方案，这就是 EDVAC (Electronics Discrete Variable Automatic Computer)，即离散变量自动电子计算机。它首先提出了计算机采用“二进制”代码表示数据和指令，并提出了“程序存储”的概念，为现代电子计算机奠定了基础。这台被认为是现代计算机原型的通用计算机 EDVAC 是从 1941 年开始设计，到 50 年代初才研制成功。在它未研制成功之前，冯·诺依曼的设计思想启发了另外两台机器的设计。一台是在威尔克斯 (Wilkes) 指导下于 1949 年在英国剑桥大学研制成功的 EDSAC，它用了 3 000 个电子管，能存储 512 个 34 位的二进制数。另一台是图灵 (Alan Turing) 指导下于 1950 年在英国剑桥大学研制成功的 ACE，字长 32 位，存储容量也是 512 个单元。加减运算需要 32 μ s，乘法运算需要 1ms，仅使用了大约 1 000 个电子管。

自 1946 年第一台电子计算机问世以来，以计算机硬件的逻辑元器件为标志，大致经历了从电子管、晶体管、中小规模集成电路到超大规模集成电路等 4 个发展阶段。

1. 第一代计算机

从 1946 年~1956 年是电子管数字计算机。计算机的逻辑元件采用电子管。存储器采用磁芯、磁鼓，外存采用磁带；程序设计主要采用机器语言和汇编语言；应用以科学计算为主。

主要特点是体积大、功耗大、运算速度每秒只有几千次至几万次、价格昂贵、可靠性差。但是，它奠定了以后计算机高速发展的科学基础。在此期间，计算机体系结构形成，确定了程序设计的基本方法，“数据处理机”开始应用。

2. 第二代计算机

从 1957 年~1964 年是晶体管数字计算机。计算机的逻辑元件采用晶体管；主存采用磁芯，外存储器采用先进的磁盘；软件有了很大的发展，出现了多种用途的操作系统，以

及各种各样的高级语言及其编译语言,如 FORTRAN、COBOL 等高级语言。应用以各种数据处理、事务处理为主,并开始用于工业控制。

主要特点是体积小、重量轻、耗电少、运算速度每秒达十万次以上、可靠性好。在此期间,“工业控制机”开始得到应用。

3. 第三代计算机

从 1965 年~1970 年是集成电路计算机。计算机的逻辑元件采用中、小规模集成电路;用半导体存储器件代替磁芯存储器,采用流水线、多道程序和并行处理技术;软件逐渐完善,分时操作系统、会话式语言等多种高级语言、提出模块化与结构化程序设计。在发展大型机的同时,“小型计算机”开始出现;计算机品种开始向多样化、系列化发展,应用领域不断扩大。

主要特点是体积更小、速度快、精度高、功能强、计算机成本进一步下降;软件向系列化、多样化发展。

4. 第四代计算机

从 1971 年以后是超大规模集成电路计算机。计算机的逻辑元件以大、超大规模集成电路为主要功能器件。硬件和软件的技术日益完善,计算速度每秒千万次/亿次以上,计算机结构也开始以分布式处理来组织系统。同时,大型机、中型机、超小型机、计算机网络、智能模拟、软件工程等都有了新的发展。应用开始进入尖端科学、军事工程、空间技术和大型事务处理等社会科学和社会生活的各个领域。

随着大规模集成电路的发展,20 世纪 70 年代计算机开始向微型化方向发展。1971 年末在美国旧金山南部的硅谷诞生了第一个微处理器和微型计算机,开创了微型计算机的新时代。

主要特点是速度更快、集成度更高、软件丰富、有通讯功能、软硬密切配合。在此期间“微型计算机”出现了。

20 世纪 80 年代以来,一些西方国家开始了第五代计算机系统的研究,如英国的“阿尔维”计划及法国的“尤利卡”计划等。这将是超大规模集成电路和人工智能为主要特征的完全崭新的一代计算机。

1-1-2 计算机的发展趋势

当代计算机的发展趋势的主要特点可以归纳为巨型化、微型化、网络化和智能化 4 个方面。

1. 巨型化

将来计算机比现代的巨型机具有更高的速度,更大的存储容量,用它来研究现在无法进行的研究问题,这种计算具有像人脑那样的学习能力和推理功能。

超高速的运算能力已成为巨型机的主要指标,而单纯提高电子器件的速度用传统的体系结构是无法实现上亿次的运算的。为此,必须从计算机的体系结构上进行改进,这就出现了巨型机特有的并行处理的结构形式。例如曙光 I 巨型计算机设计有全对称的共享存储并行结构。

2. 微型化

微电子学的迅速发展,使得集成电路芯片的元器件集成度以每 18 个月翻一番的速度增长,现在每个芯片上可集成 5000 万到 1 亿个晶体管,运算速度达 2000 MIPS (每秒执行

20 亿条指令)。在大规模集成电路和超大规模集成电路技术的支持下,微型计算机得到飞速的发展。

目前市场上已出现的笔记本电脑、掌上电脑等开始向携带式发展,不需要笨重昂贵的UPS(不间断电源),消除了荧光屏辐射对人体的影响,便于应用在各种场合。

随着信息技术的发展,20世纪90年代以来,微机软硬件向网络化和多媒体化发展。20世纪70年代,计算机用作文字编辑、数据处理、图形处理工具,人机并重;20世纪90年代以来,由于解决了图像压缩和解压技术(MPEG、JPEG),计算机进入了多媒体时代,可以同时处理和重现文字、数据、图形、图像、声音、动画等多种媒体。

微型化是VLSI带来的最直接、最重要的结果。今天微机业已席卷全球,大大加快了社会信息化步伐。另一方面,功能比大型机更强的巨型机或超级计算机,也在这一时期稳步取得了进展。巨、大、中、小、微型机各有自己的适用领域,共同形成了一个多极化的计算机家族。而其中处在这两个家族两极的巨型机和微型机,吸引了人们更多的关注。

3. 网络化

用通讯线路把多个分布在不同地点的计算机联成网络系统,目的是实现单机间和网上资源的共享。用户可以在不同的地点,分时地使用同一个计算机网络。在信息社会里,计算机网络是不可缺少的社会环境。1993年原美国副总统戈尔提出的“信息高速公路”(Information Super High-way)的设想,其正式的名字是“美国信息基础设施(NII)”,很快在全世界得到共鸣和响应。

目前,各类局域网(LAN)、城域网(MAN)和广域网(WAN)普遍得到应用。近年来形成的国际互联网(Internet)已经连接了包括我国在内的150多个国家和地区。Internet使得人们能够获取范围更广泛的信息。随着数据传输、光纤通讯、视频会议、激光技术的发展,计算机网络将会有更大的发展。

4. 智能化

计算机智能化是新一代计算机追求的目标。这是研究如何用人工的方法和技术来模仿、延伸和扩展人的智能,以实现某些“机器思维”或脑力劳动自动化的一门学科。简化计算机的使用,使计算机能模拟人的感觉和思维过程,能识别图像和语音、并具有学习和控制的能力。尽管才处于研究阶段,但我们相信智能化一定能突破“计算”这一初级含义,从本质上扩充计算机的能力,使它能越来越多地代替人的某些工作。

1-1-3 计算机的分类

数字计算机按用途可以分为专用计算机和通用计算机。专用计算机是为解决某一应用问题而专门设计的,这是最经济、最快速的计算机,但是它的适应性很差。通用计算机适应性很强,应用面很广,但是其运行效率、速度和经济性,比起专用计算机来说就逊色得多。

通用计算机按其处理问题的规模、速度和功能等又可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机、工作站和单片机等。这些类型之间的基本区别通常在于机器体积的大小、结构的复杂程度、功率的消耗、性能指标、数据存储容量、指令系统和设备、软件配置等不同。

1. 巨型主机

巨型主机又称超级计算机。一般地讲,巨型计算机的运算速度每秒钟接近或超过1亿次,要求采用高速器件并采用并行处理的体系结构。例如美国克雷公司生产的Cray系列巨型机,采用流水功能部件和存储器分体的并行处理结构,运算速度每秒钟达到20亿到40亿次,号称当时功能最强的超级计算机。

我国在1983年研制成功的银河II型机的运算速度每秒钟为10亿次,2001年研制的曙光3000运算速度每秒钟为4032亿次,2003年研制的曙光4000L运算速度每秒钟为4.2万亿次,都属于这种大规模并行处理机。

2. 大型主机

大型主机包括通常所说的大型机和中型机,其运算速度每秒100万次以上。这种大型机主要以美国IBM公司生产的IBM360、IBM370、IBM4300、IBM3090以及IBM9000系列为代表,其中IBM3090系列的高档机可扩充为巨型机,能达到每秒钟运行1亿次浮点运算的水平。

3. 小型计算机

小型计算机又称小型电脑,它规模小、结构简单、操作简便,容易推广。如美国DEC公司的VAX系列机,包括VAX780、VAX750、VAX2000、VAX3000,还有IBM公司的AS400系列。

我国先后生产过的与NOVA兼容的DJS100系列、与PDP11兼容的DJS180系列、与VAX兼容的太极2200系列机,都属于小型计算机。

4. 微型计算机

微型机简称PC,或称微型电脑。这种电脑是面向个人或家庭的。微型机结构简单,价格便宜,操作容易,使用方便。微型计算机种类繁多,其中最大的系列是IBM-PC及其兼容机,其次是Apple-Macintosh系列和PS/2系列机。

我国生产的联想、方正、神舟电脑、TCL等品牌的计算机都属于PC系列的微型计算机。

5. 工作站

工作站就是建立在RISC/UNIX平台上的计算机。工作站分为初级工作站、工程工作站和超级工作站等。典型的机器有HP-Apollo工作站和SUN工作站。

随着超大规模集成电路的迅速发展,微型机、小型机和中型机彼此之间的概念也在变化,因为今天的中型机可能是明天的小型机,今天的小型机可能是明天的微型机。

1-1-4 计算机的应用

计算机能迅速发展,其主要原因是它的应用广泛性。而电脑化已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。计算机的应用范围主要有以下几个方面。

1. 数值计算

数值计算是计算机最早应用于科学计算和工程技术方面的领域。这种计算的特点是输入的数据,输出的也是数据。例如大范围的地区气象预报,如果用人工计算需要几天时间完成,这样就不是预报了;用解气象方程式的方法预测气象的变化,准确性较高,但计算

工作量大；而用电动计算机计算一般需要几个星期，所以只有在高速电子计算机出现之后，这种方法才有实用的意义。

计算机学科所提供的工具和技术不但加速了科学研究的进程，而且促进了许多新学科分支的建立，如计算化学、计算光学、计算天文学等。

总之，计算机在科学计算和工程计算中应用，不仅减轻了大量繁琐的计算工作量，更重要的是，一些以往无法解决、无法及时解决或无法精确解决的问题得到了圆满的解决。

2. 信息处理

信息处理的范围相当广泛，概括起来就是对原始数据进行收集、存储、分类、检索、制表等，把众多的数据按要求整理出一种新的记录形式。信息处理应用十分广泛，如事务处理、企业管理、情报检索、飞机订票、办公自动化等。近些年，使用计算机管理的各种应用所占的比重越来越大，带来的各种效益也十分明显。

此外，信息处理工作也从它的传统范围扩大到其他方面。例如医学方面用计算机来处理病例并用于病情的诊断。用X光机进行扫描，用计算机处理获得的数据，可以显示出立体剖面图。

3. 过程控制

计算机具有的高速计算能力和逻辑判断能力，借助传感器、数/模、模/数转换器和执行机构，能应用于生产过程和卫星、导弹、火炮等发射过程的实时控制。用于控制的计算机，它的输入量可以是温度、压力、角度、位置、电压等模拟量，这些必须被转换成数字量，经计算机计算和加工处理后；又需经过转换成模拟量后才能用于被控制对象。被控制的对象可以是一台或一组机床，一台或一组发射武器，一个生产工段，一个车间或整个工厂。这样不仅可以大大提高自动化水平，减轻劳动强度，而且可以提高控制系统的准确性，提高产品的质量。

4. 辅助教学

计算机辅助教学（CAI）已有较多的应用。利用计算机的存储量大、具有人机对话、能处理各种信息的功能设计制作的辅助教学软件，可以模拟各学科的课堂教学过程，可以突破某些利用传统手段难以实现的知识难点。在因材施教、自学、练习、考试、阅卷等方面，计算机更具有优势。

5. 辅助设计

由于计算机有快速的数值计算，较强的数据处理以及模拟的能力，目前在飞机、船舶、半导体集成电路、大型的自动系统等设计中，辅助设计/辅助制造（CAD/CAM）占据着越来越重要的地位。采用CAD/CAM技术，要求计算机辅助设计系统配置有图形显示、绘图仪等设备以及图形语言、图形软件等。设计人员可借助这些专用软件和输入输出设备把设计要求或方案输入计算机，再通过相应的应用程序进行计算处理后把结果显示出来，设计人员可用鼠标或光笔进行修改或选择，重复进行直到满意为止。

6. 人工智能

用计算机模仿人脑的高级思维活动，诸如证明数学定理、进行常识性推理、理解自然语言、诊断疾病、下棋游戏、破译密码等，所以人工智能又被称为“智能模拟”。

计算机专家系统就是将专家的知识、经验存入计算机并编制计算机程序,按照专家的演绎推理的思维过程,对原始数据进行逻辑的或可能的演绎推理,做出判断和决策。目前,专家系统广泛地应用于经济、生物、医学、心理等领域。

7. 机器人

用计算机技术研制的机器人除了能在高温、辐射等危险和恶劣环境下工作以外,还能根据识别的控制对象和周围的环境,来做出判断和决策变化的行动,完成预定的任务。例如搬运、潜海、喷漆等机器人在生产线上,出色地替代了人的工作。

1-2 计算机的硬件系统

1-2-1 计算机硬件的基本组成

自 1946 年冯·诺依曼提出计算机的设计思想以来,虽然计算机的结构类型、配置规模、功能等各方面都存在很大的差异。但是,计算机基本原理并没有发生变化,系统的硬件结构还是以五大部分组成,包括运算器、存储器、控制器、输入和输出设备。其中主机包括运算器、控制器和存储器;而运算器和控制器合在一起称为中央处理器,简称 CPU (Central Processing Unit);输入、输出设备及外存储设备,称外部设备;外部设备与主机之间的信息交换是通过外部设备接口实现的,不同的外部设备有各自的 I/O 接口。计算机的五大功能部件的基本功能介绍如下。

1. 运算器

运算器就好像是一个用电子线路构成的算盘。它的主要功能是执行算术运算和逻辑运算,记作 ALU (Arithmetical Logical Unit)。算术运算是加、减、乘、除和它们的复合运算。逻辑运算是非算术运算,如比较、转移、逻辑加、逻辑乘、逻辑反及异或操作等。

运算器由算术逻辑部件和累加器、寄存器部件两部分构成,算术逻辑部件是运算器的核心,它主要由加法器和有关数据通路组成;累加器、寄存器部件用来提供参与运算的操作数,并存放运算结果。在连续运算中,累加器还用于存放计算的中间结果和最后结果。

2. 控制器

控制器是计算机的指挥中心,主要负责对程序规定的控制信息进行分析、控制和协调,使计算机各部件能够有条不紊地进行输入输出操作或内存访问。运行程序是计算机主要工作方式,程序包含着为完成某任务而编制的特定指令序列。

计算机的基本操作可归纳为取指令、分析指令和执行指令 3 个阶段。为此,控制器设计有存放程序指令地址的程序计数器 (PC)、指令寄存器 (IR)、指令译码器 (ID) 和时序电路。计算机中流动的是控制信息 (操作命令) 和数据信息。控制信息分散地流到各个部件;而数据信息则受控制信息的控制,在从一个部件流向另一个部件的同时被加工处理。控制信息来源于控制器。

3. 存储器

存储器的功能是存放程序和数据。程序是计算机操作的依据,数据是操作的对象。程序和数据在存储器中都是以二进制的形式表示,统称为信息。这个设备通常称为主存储器,