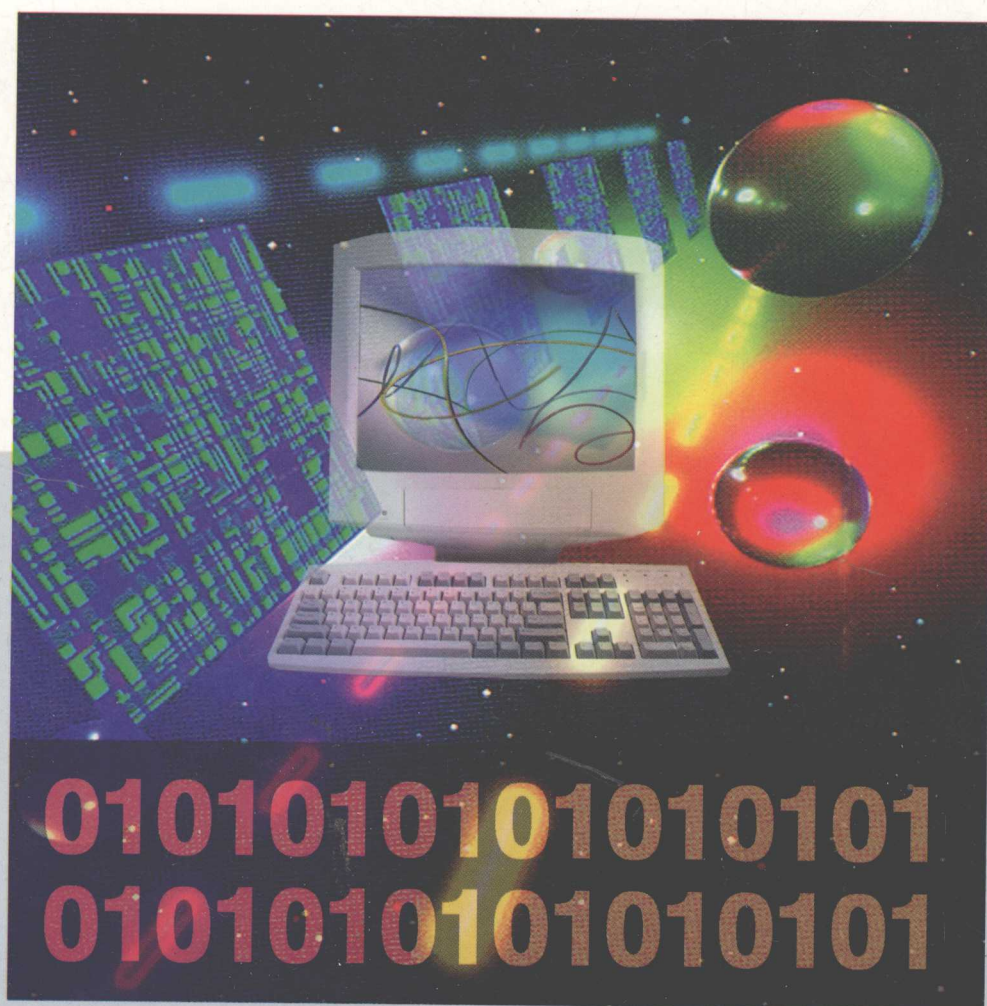


新世纪高等学校计算机系列教材

计算机组成原理

莫正坤 邵平凡 编



高等教育出版社
中山大学出版社

策划：湖北省计算机学会·高联教科文中心

新世纪高等学校计算机系列教材

计算机组成原理

莫正坤 邵平凡 编

TP301

M3.2

高等教育出版社·北京

中山大学出版社·广州

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/莫正坤,邵平凡编. —北京:高等教育出版社. —广州:中山大学出版社,2005.1
(新世纪高等学校计算机系列教材/湖北省计算机学会·高联教科文中心 策划)
ISBN 7-306-02418-3

I. 计… II. ①莫… ②邵… III. 计算机—原理—高等学校—教材 IV. TP301

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第123558号

内 容 简 介

本书较详细地介绍了计算机单机系统中各大部件的结构、工作原理、设计方法及组成整机的有关技术。主要内容有:计算机系统概论,计算机中数据信息的表示、存储、处理和信息流的控制,运算器、中央处理器、存储器的结构、工作原理与设计方法,输入/输出设备的组织结构和原理,计算机与外部设备间的信息交换技术,等等。此外,为便于教学和自学,在第10章中给出了9个具体的实验供选用,在附录中给出了本书全部习题的解答提示或参考答案供参考。

本书适合各类高等学校计算机专业作为本科教材使用,经适当取舍后也适合作为专科(含高职高专)教材使用。同时,本书也可供各类高校其他相关专业师生、工程技术人员等学习、使用或参考。

(注:凡需要本书或其电子原稿备课者,可与执行编委唐元瑜老师联系(027—82554561,13907198295))

版权所有 盗印必究

计算机组成原理

©莫正坤 邵平凡 编

责任编辑:里 引 唐 源

封面设计:袁 作

责任校对:高 联

责任技编:潘 隆

出版发行:高等教育出版社
中山大学出版社

(地址:北京市西城区德外大街4号
(地址:广州市新港西路135号)

邮编:100009
邮编:510275)

经 销:广东新华发行集团公司

武汉高联科教信息有限公司 (电话:027—87554561,87550331(带传真))

邮编:430074)

印 刷:安陆市鼎鑫印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:20.625

字数:510千字

版次:2005年1月第1版

印次:2005年1月第1次印刷

印数:5000册

定价:28.00元

《新世纪高等学校计算机系列教材》 编审指导委员会

主 任：卢正鼎（华中科技大学教授、博士生导师）

副 主 任：何炎祥（武汉大学教授、博士生导师）

编 委：（以姓氏笔画排序）

王元珍（华中科技大学教授、博士生导师）

叶俊民（华中师范大学副教授、博士）

李 兵（湖北大学副教授、博士）

李鸣山（武汉大学教授）

陈 珉（武汉大学教授、博士）

陈传波（华中科技大学教授、博士生导师）

陈建勋（武汉科技大学教授、博士）

陆际光（中南民族大学教授）

汪厚祥（海军工程大学教授、博士）

程元斌（江汉大学副教授）

程学先（湖北工业大学教授）

谭连生（华中师范大学教授、博士）

熊家军（空军雷达学院教授、博士）

戴光明（中国地质大学教授、博士）

执行编委：唐元瑜（华中科技大学副编审）

《新世纪高等学校计算机系列教材》

总 序

21 世纪人类已跨入了信息时代,以计算机为核心的信息技术正在迅猛发展,并不断改变着人类社会的工作方式、生产方式、生活方式和学习方式。当今,各行各业的现代化都离不开计算机,各行各业的人们都在学习和使用计算机,而计算机科学技术及其教育本身也在日新月异地发展变化。为了顺应时代的潮流,满足新世纪高等学校计算机教育事业发展、教学改革和人才培养对高质量特色教材的需求,湖北省计算机学会及其教育与培训专业委员会和武汉高联教科文中心等共同策划、组织并约请华中科技大学、武汉大学、华中师范大学、中国地质大学、中南民族大学、武汉科技大学、海军工程大学、空军雷达学院、湖北大学、湖北工业大学、江汉大学及其他高校等长期奋斗在教学、科研第一线,且具有丰富教学实践经验的部分优秀骨干教师共同编写了这套计算机系列教材。

这套系列教材共 40 余种,主要是根据中国计算机学会教育委员会、全国高等学校计算机教育研究会等联合推出的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(简称《CCC2002 教程》)中的课程体系与课程大纲的要求,进行规划和组织编写的,并主要供高等学校计算机及其相关专业本科或研究生教学使用。

当今,计算机科学技术突飞猛进地向前发展,计算机新技术和新产品不断涌现,高等教育事业和教学改革不断深化,国内教育逐步与国际教育接轨,社会对计算机专业人才的要求越来越高,等等。面对这些新形势,这套系列教材以培养学生具有较扎实的专业基础理论知识、实践能力、创新能力和较高的综合素质能力为目的,既注重知识的更新与结构的合理,又注意学习和汲取国内外优秀教材的优点与精华,并尽力反映国内外最新的教学科研成果及作者们宝贵的实践经验。

我相信,通过作者的共同努力,定能将这套系列教材打造成为一套既具有时代特色,又非常适用的、高质量的系列教材,为我国高等教育事业的发展和高素质专业人才的培养作出应有的贡献。

湖北省计算机学会理事长
《新世纪高等学校计算机系列教材》
编审指导委员会主任

卢正鼎

2003 年 7 月

前 言

“计算机组成原理”是各类高等学校计算机科学与技术学科下属各专业的一门主干必修专业基础课程,也是工科类其他相关专业的必修专业基础课之一。

本书根据美国ACM与IEEE推出的《计算机学科教学计划2001》和中国计算机学会等推出的《中国计算机科学与技术学科教程2002》中“计算机组成原理课程大纲”的基本要求,较全面地介绍了计算机单机系统中各大部件的结构、工作原理、设计方法及组成整机的有关技术。在具体写法上,本书以层次结构的观点来叙述计算机各主要功能部件及组成原理;以数据信息和控制信息的表示、处理为主线来组织全书的内容,且具体内容按横向方式组织,即不是自始至终介绍某一特定计算机的组成和工作原理,而是从一般原理出发,结合实例加以说明。希望通过本书的学习,读者能初步建立计算机的整机概念。

本书共分10章。其中:第1章为计算机系统概论,它对计算机的发展、应用和特性等作了适当的概述,并简单介绍了计算机系统的两大部分——硬件系统和软件系统;第2章为数据信息的表示,主要介绍了数值数据和非数值数据的表示方法及信息的校验;第3章为数据信息的处理,主要介绍了定点数和浮点数的四则运算、逻辑运算及运算器的组成和工作原理;第4章为信息的存储,主要介绍存储系统中主存储器和辅助存储器的组织结构和原理;第5章讲述控制信息的表示方式,即计算机的指令系统;第6章介绍中央处理器的组成,它具体叙述了组合逻辑控制器和微程序控制器的设计原理和设计方法;第7章介绍总线的基本概念和常见微机总线;第8章简单介绍了键盘、打印机和CRT显示器等几种常用输入/输出设备;第9章主要介绍计算机系统中主机与外部设备之间的信息交换方式;第10章为便于实践教学,给出了9个可在“TDN-CM++计算机组成原理实验系统”环境下直接进行的实验供选用(对于不使用该系统做实验的学校,可另配实验指导书)。此外,为便于读者自学,在附录中给出了本书中全部习题的解答提示或参考答案供参考。

为了适应当前计算机科学技术迅速发展的形势,满足广大读者对新知识的渴求,书中在清晰阐述基本概念和基本原理的基础上,还介绍了一些目前较新的技术发展情况。

本书是编者在总结多年从事计算机组成原理等课程教学及研究等实践经验体会的基础上,并参考了国内外有关优秀教材及最新资料后写成的。本书适合各类高等学校计算机类专业作为本科教材使用,经任课教师适当取舍后也适合作专科(含高职高专)教材使用。同时,本书也适合工科类其他相关专业师生、工程技术人员等学习、使用与参考。

本书第1~4章由华中科技大学莫正坤编写,第5~10章由武汉科技大学邵平凡编写,附录由二人合写。全书由莫正坤主编并修改定稿。在本书的编写过程中,得到了湖北省计算机学会及其教育与培训专业委员会、华中科技大学、武汉科技大学,以及《新世纪高等学校计算机系列教材》编审指导委员会等有关领导及专家的大力支持与帮助,在此一并表示感谢。

书中不足之处,敬请各位专家和广大读者批评、指正。

编 者

2004年8

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 计算机的发展概况	(1)
1.1.2 摩尔定律	(3)
1.1.3 计算机的发展趋势	(4)
1.1.4 计算机的应用	(5)
1.2 计算机的特性	(7)
1.3 计算机系统的组成	(8)
1.3.1 计算机的硬件系统	(8)
1.3.2 计算机的软件系统	(12)
1.4 计算机系统的层次结构	(13)
本章小结	(14)
习题一	(15)
 第2章 数据信息的表示法	(16)
2.1 数值数据的表示法	(16)
2.1.1 数的机器码表示法	(16)
2.1.2 数的定点表示法与浮点表示法	(20)
2.1.3 十进制数的二进制编码与运算	(23)
2.2 非数值数据的表示法	(24)
2.3 数据信息的单位和长度	(26)
2.3.1 数据的单位	(26)
2.3.2 机器字长	(27)
2.4 数据信息的校验	(27)
2.4.1 奇偶校验	(27)
2.4.2 海明校验	(29)
2.4.3 循环冗余校验(CRC)	(32)
本章小结	(35)
习题二	(36)
 第3章 运算方法及其实现	(40)
3.1 定点补码加、减法运算	(40)
3.1.1 补码加、减法运算方法	(40)
3.1.2 溢出判断	(43)
3.1.3 补码加、减法的逻辑实现	(44)

3.2	定点乘法运算	(45)
3.2.1	原码一位乘法	(45)
3.2.2	补码一位乘法	(48)
3.2.3	阵列乘法器	(51)
3.3	定点除法运算	(51)
3.3.1	原码一位除法	(52)
3.3.2	补码一位除法	(55)
3.3.3	阵列除法器	(58)
3.4	浮点运算	(59)
3.4.1	浮点数的加、减运算	(59)
3.4.2	浮点乘法运算	(61)
3.4.3	浮点除法运算	(61)
3.5	逻辑运算	(62)
3.5.1	逻辑非	(62)
3.5.2	逻辑乘	(63)
3.5.3	逻辑加	(63)
3.5.4	逻辑异	(63)
3.6	运算器及其数据通路	(64)
3.6.1	运算器的基本结构	(64)
3.6.2	加法器及其进位系统	(66)
3.6.3	集成ALU	(70)
	本章小结	(75)
	习题三	(77)
第4章	存储系统	(79)
4.1	存储器概述	(79)
4.1.1	基本概念	(79)
4.1.2	存储器分类	(80)
4.1.3	主存的基本结构和工作过程	(82)
4.2	内部存储器	(83)
4.2.1	静态MOS存储器(SRAM)	(83)
4.2.2	动态MOS存储器(DRAM)	(87)
4.2.3	双极型存储器	(91)
4.2.4	只读存储器	(92)
4.2.5	新型存储器	(94)
4.2.6	交叉存储器	(96)
4.2.7	高速缓冲存储器(Cache)	(98)
4.2.8	虚拟存储器	(105)
4.3	辅助存储器	(107)
4.3.1	磁表面存储器及其工作原理	(107)

4.3.2 磁盘存储器	(108)
4.3.3 磁带存储器	(112)
4.3.4 光盘存储器	(114)
4.3.5 DVD 简介	(118)
4.3.6 磁盘阵列	(118)
本章小结	(123)
习题四	(124)
第5章 指令系统	(127)
5.1 指令系统的发展	(127)
5.2 指令的格式	(128)
5.2.1 操作码	(128)
5.2.2 地址码	(128)
5.3 指令格式举例	(130)
5.3.1 MCS-51 系列单片机指令格式	(130)
5.3.2 8088/8086 指令格式	(131)
5.3.3 Pentium I 指令格式	(133)
5.4 指令和操作数的寻址方式	(134)
5.4.1 指令的寻址方式	(134)
5.4.2 操作数寻址方式	(134)
5.5 指令系统	(138)
5.5.1 几点说明	(138)
5.5.2 8086 CPU 指令系统中的典型指令	(139)
5.6 指令系统的设计与编码	(141)
5.6.1 一台模型计算机的指令系统及编码设计	(141)
5.6.2 对指令系统的设计要求	(144)
5.6.3 定长指令中不定长操作码的扩展方法	(145)
5.7 RISC 简介	(146)
5.7.1 复杂指令系统计算机(CISC)	(146)
5.7.2 精简指令系统计算机(RISC)	(146)
本章小结	(152)
习题五	(152)
第6章 中央处理器	(154)
6.1 中央处理器的功能、组成与操作	(154)
6.1.1 中央处理器的功能与组成	(154)
6.1.2 中央处理器的操作	(157)
6.2 指令的执行	(158)
6.2.1 关于指令周期的概念	(158)
6.2.2 指令的执行	(160)

6.3	时序与控制	(164)
6.3.1	中央处理器的时序	(164)
6.3.2	控制方式	(167)
6.4	硬布线控制器	(169)
6.5	微程序控制器	(171)
6.5.1	微程序控制的基本概念	(171)
6.5.2	微程序控制器的组成原理	(172)
6.5.3	微指令及其编码方法	(174)
6.5.4	微程序设计举例	(177)
6.5.5	微指令的执行方式	(179)
6.6	中央处理器举例	(180)
	本章小结	(184)
	习题六	(184)
第7章	系统总线	(186)
7.1	总线结构	(186)
7.1.1	总线的特性	(186)
7.1.2	总线的连接方式	(186)
7.2	总线的控制与通信	(189)
7.2.1	总线的控制方式	(189)
7.2.2	总线的通信方式	(191)
7.3	总线的信息传送	(193)
7.3.1	信息的传送方式	(193)
7.3.2	传送宽度、总线周期与总线带宽	(194)
7.3.3	数据传送模式	(195)
7.4	常见微机总线与接口	(195)
7.4.1	常用微机总线	(196)
7.4.2	常用总线接口	(200)
	本章小结	(201)
	习题七	(202)
第8章	输入/输出设备	(203)
8.1	输入/输出设备简介	(203)
8.1.1	输入/输出设备的特点	(203)
8.1.2	输入/输出设备的类型	(204)
8.2	键盘输入设备	(205)
8.2.1	键开关和键盘布局	(205)
8.2.2	键盘编码原理及结构	(206)
8.3	鼠标器	(209)
8.4	打印输出设备	(210)

8.4.1	打印输出设备的分类	(211)
8.4.2	点阵式串行打印机	(211)
8.4.3	激光印字机	(214)
8.5	显示输出设备	(216)
8.5.1	CRT 字符显示器的组成	(216)
8.5.2	字符点阵形成原理	(218)
8.5.3	CRT 字符显示器工作原理	(219)
8.5.4	CRT 图形显示器	(222)
8.5.5	平板显示器	(223)
	本章小结	(225)
	习题八	(225)
第9章	输入/输出系统	(227)
9.1	输入/输出(I/O)系统概述	(227)
9.1.1	输入/输出设备的选择	(227)
9.1.2	输入/输出的特性	(228)
9.1.3	输入/输出的控制方式	(228)
9.2	输入/输出接口	(230)
9.2.1	接口的功能	(230)
9.2.2	接口的组织	(231)
9.2.3	输入/输出的连接方式	(231)
9.2.4	串行接口	(232)
9.2.5	并行接口	(233)
9.3	程序查询控制方式	(234)
9.3.1	基本原理	(234)
9.3.2	程序查询控制方式的接口	(235)
9.3.3	设备状态字	(235)
9.3.4	输入/输出管理程序举例	(236)
9.4	程序中断控制方式	(236)
9.4.1	中断概述	(236)
9.4.2	中断请求的发送与屏蔽	(238)
9.4.3	中断优先级	(238)
9.4.4	单级中断处理和多重中断处理	(239)
9.4.5	使用屏蔽码改变优先等级	(240)
9.4.6	中断的处理过程	(241)
9.4.7	中断响应	(242)
9.4.8	中断识别	(243)
9.4.9	中断服务和中断返回	(246)
9.4.10	程序中断方式接口	(247)
9.4.11	程序中断I/O方式和程序查询I/O方式的比较	(248)

9.5 DMA 方式	(248)
9.5.1 DMA 传送	(248)
9.5.2 DMA 主要操作过程	(249)
9.5.3 基本的DMA 控制器	(250)
9.5.4 选择型和多路型DMA 控制器	(251)
9.5.5 DMA 与程序中断的区别	(252)
9.6 通道方式	(252)
9.6.1 通道的概念	(252)
9.6.2 通道的类型	(253)
9.6.3 通道方式与DMA 方式的比较	(254)
9.6.4 通道结构的发展	(255)
本章小结	(255)
习题九	(255)
第10章 实验	(258)
实验一 运算器——算术逻辑运算器实验	(258)
实验二 运算器——进位控制实验	(261)
实验三 运算器——移位运算实验	(263)
实验四 存储器——静态随机存储器实验	(265)
实验五 微程序控制器实验	(267)
实验六 总线控制器实验	(274)
实验七 基本模型机的设计与实现	(276)
实验八 带移位运算的模型机的设计与实现	(280)
实验九 一台复杂模型机的设计与实现	(285)
附件一 常用集成电路芯片的引脚及功能	(292)
附件二 TDN—CM++系统集成操作软件的使用	(296)
附 录 习题参考答案	(301)
参考文献	(318)



计算机系统概论

现代科学技术的发展及信息在社会中的重要地位,导致了计算工具的创新。半个世纪以来,最重要、最有影响力的计算工具非电子计算机莫属。

计算机原意为能代替人们进行计算的机器。它包括机械计算机、电子模拟计算机和电子数字计算机。由于科学技术的发展,人们现在见到的基本上都是电子数字计算机,并将它简称为计算机(或电脑)。

本章对计算机的发展、应用和特性作一概述,并简要地介绍计算机系统的两大组成部分,即硬件系统和软件系统。最后,讨论计算机系统的层次结构模型,使读者能从整体看局部,从系统看部件,为以后各章的学习建立一个总体概念。

1.1 计算机的发展与应用

1.1.1 计算机的发展概况

第一台机械计算机是1642年由法国科学家Blaise Pascal设计制造的。从机械计算机到电子计算机,经历了300多年。1946年2月世界上第一台电子数字计算机“埃尼阿克”(ENIAC)在美国宾夕法尼亚大学诞生,它标志着科学技术的发展进入了新的时代——电子计算机时代。从第一台电子计算机的诞生到现在,短短的50多年,计算机的发展已经历了4个时代。

1946~1958年为电子计算机发展的第1代。它的主要特征是:以电子管为基本电子器件;使用机器语言和汇编语言;应用领域主要局限于科学计算。这一代计算机的运算速度每秒只有几千次至几万次。由于体积大、功耗大、价格昂贵且可靠性差,因此,很快被新一代计算机所替代。然而,第一代计算机奠定了计算机发展的科学基础。

1958~1964年为电子计算机发展的第2代。它的主要特征是:晶体管取代了电子管;软件技术上出现了算法语言和操作系统;应用领域从科学计算扩展到数据处理。第二代计算机的运算速度已达到每秒几万次至几十万次。此外,体积缩小,功耗降低,可靠性有所提高。

1964~1971年为电子计算机发展的第3代。它的主要特征是:普遍采用了集成电路,使体积、功耗均显著减小,可靠性大大提高;运算速度已达每秒几十万次至几百万次;在此期间,出现了向大型和小型化两极发展的趋势,计算机品种多样化和系列化;同时,软件技术与计算机外围设备发展迅速,应用领域不断扩大。

自1971年开始,电子计算机进入了第4代。它的主要特征是:中、大及超大规模集成电路(VLSI)成为计算机的主要器件;运算速度从MIPS(每秒10⁶条指令)级提高到GIPS(每秒10⁹条指令)级乃至TIPS(每秒10¹²条指令)水平。大规模和超大规模集成电路技术的发展,进一步

缩小了计算机的体积和功耗,增强了计算机的功能;多机并行处理与网络化是第四代计算机的又一重要特征,大规模并行处理系统、分布式系统、计算机网络的研究和实施进展迅速;系统软件的发展不仅实现了计算机运行的自动化,而且正在向工程化和智能化迈进。

我国电子计算机的研究是从1953年开始的,1958年研制出第一台计算机,即103型通用数字电子计算机,它属于第1代电子管计算机。50多年来,我国已相继研制出第2代、第3代计算机。从1982年开始,我国的计算机事业进入了新的发展时期,研制出每秒1亿次的巨型机——银河I型机,中型机,32位超级小型系列机,微型计算机、超级微型计算机、服务器都实现了批量生产。现在已形成了自己的计算机工业体系,并具备相当的计算机硬件、软件和外部设备的生产能力。1995年5月,由中科院计算技术研究所国家智能计算机研究开发中心研制的“曙光1000”大规模并行处理机宣布诞生。该机的峰值速度可达每秒25亿次单精度浮点运算,或每秒20亿次双精度浮点运算,内存容量为1000MB。结点机间总通信容量为每秒4800MB。该机的研制成功,标志着我国已掌握了大规模并行处理尖端技术,进入了这一高技术领域的世界先进行列。为了加快我国经济信息化的进程,国家组织实施了一系列重大信息工程并已经取得了可喜的成果。目前,电子商务、电子政务的实施正方兴未艾;计算机网络的应用已从机关、企业、学校普及到了寻常百姓家,我国网民的数量已跃居世界前列。计算机的应用已渗透到我国的各行各业和千家万户。

表1.1列出了国际计算机发展史上最有影响力的一些计算机。表1.2列出了我国计算机发展史上最有影响力的一些计算机。

表 1.1 数字计算机发展史上的典型计算机

年 份	机器名称	制 造 者	说 明
1946	ENIACI	Eckert/Mauchley	现代计算机历史从此开始
1949	EDSAC	Wilkes	第一台存储程序的计算机
1951	Whirlwind 1	M. I. T.	第一台实时计算机
1952	IAS	Von Neumann	大多数现代计算机还沿用他的设计思想
1960	PDP-1	DEC	第一台小型机(销售50台)
1961	1401	IBM	非常流行的小型商用机
1962	7094	IBM	20世纪60年代早期的主流科学计算用机
1963	B5000	Burroughs	面向高级语言的第一台计算机
1964	360	IBM	系列机的第一个产品
1964	6600	CDC	第一台用于科学计算的超级计算机
1965	PDP-8	DEC	第一台占领市场的小型机(销售50 000台)
1970	PDP-11	DEC	20世纪70年代的主导小型机
1974	8080	Intd	第一台8位CPU的计算机
1974	CRAY-1	Cray	第一台向量超级计算机
1978	VAX	DEC	第一台32位超级小型计算机
1981	IBM PC	IBM	开创现代个人计算机新纪元
1985	MIPS	MIPS	第一台商用RISC机
1987	SPARC	Sun	第一台基于SPARC的RISC工作站
1990	RS6000	IBM	第一台超标量体系结构计算机

表 1.2 我国计算机发展史上的典型计算机

年 代	机器名称	制 造 者	说 明
1958	103	北京 738 厂	我国第一台数字机
1959	104	中科院计算所	
1964	441B		
1962	109 乙	中科院计算所	第一台大型晶体管计算机
1973	150	北京大学	第一台百万次集成电路计算机
1974	DJS-130/140 等		集成电路小型计算机
1975	DJS-183/184 等		
1977	DJS-050		第一台微型机
1983	银河 I	国防科技大学	第一台亿次巨型机
1987	长城 286		第一台国产 286 机
1988	长城 386		第一台国产 386 机
1993	银河 II	国防科技大学	第一台十亿次巨型机
1995	曙光 1000	中科院计算所	第一台大规模并行处理机
1997	银河 III	国防科技大学	
1999	银河 IV	国防科技大学	
2000	曙光 2000	中科院计算所	1100 亿次/秒超级服务器
2001	曙光 3000	中科院计算所	4032 亿次/秒超级服务器

1.1.2 摩尔定律

早在 1965 年,英特尔公司创始人之一——戈登·摩尔(Gordon Moore)在一篇论文里断言:每 18 个月,集成电路的性能将提高 1 倍,而其价格将降低一半。这就是著名的摩尔定律。作为迄今为止半导体发展史上意义最深远的定律,摩尔定律被集成电路近 40 年的发展历史准确无误地验证着。1971 年 Intel 4004 CPU 芯片上集成了 2300 个晶体管,至 2001 年 Intel Pentium IV 芯片上已集成了 4200 万个晶体管,增长了 1800 多倍。具体情况可参见表 1.3 和图 1.1。

表 1.3 Intel CPU 与集成晶体管数

年份	型号	管数(个)	年份	型号	管数(个)
1971	4004	2300	1995	P-Pro	550 万
1972	8008	3500	1997	P-MMX	450 万
1974	8080	6000	1997	P- I	750 万
1978	8086	29000	1998	Celeron	750 万
1982	80286	13 万	1999	P- II	950 万~2810 万
1985	80386DX	27.5 万	2001	P- IV	4200 万
1989	80486DX	120 万			
1993	Pentium	310 万			

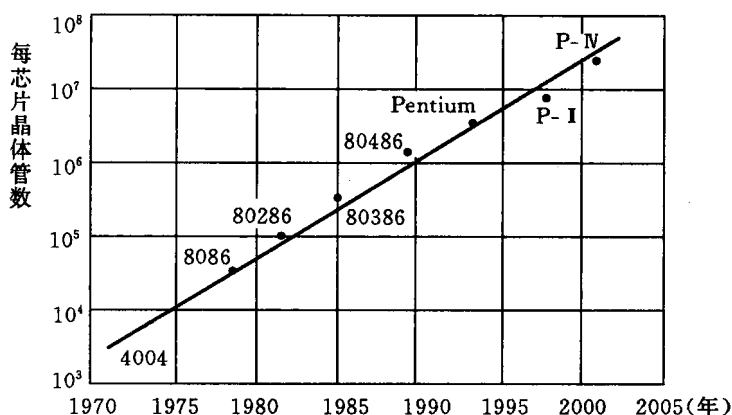


图 1.1 CPU 集成度的提高

摩尔 1929 年出生在美国加州的旧金山。曾获得加州大学伯克利分校的化学学士学位, 并且在加州理工大学(CIT)获得物理和化学两个博士学位。上世纪 50 年代中期他和集成电路的发明者罗伯特·诺伊斯(Robert Noyce)一起, 在威廉·肖克利半导体公司工作。后来, 诺伊斯和摩尔等 8 人集体辞职创办了半导体工业史上有名的仙童半导体公司(Fairchild Semiconductor)。仙童成为现在的 Intel 和 AMD 之父。

1968 年, 摩尔和诺伊斯一起退出仙童公司, 创办了 Intel。Intel 致力于开发当时计算机工业尚未开发的数据存储领域, 公司生产的第一个重要产品 Intel 1103 存储芯片于 20 世纪 70 年代初上市。1972 年, Intel 销售额就达 2340 万美元。从 1982 年起的 10 年间, 微电子技术共有 22 项重大突破, 其中由 Intel 公司开发的就有 16 项之多。

戈登·摩尔从 1968 年 Intel 诞生之日起就是这家传奇性公司的高级领导之一, 1974 年在诺伊斯卸任之后, 时任副总裁的摩尔正式登上了总裁和首席执行官的宝座, 开始驾驶 Intel 巨轮。在摩尔主导 Intel 的十几年时间里(1974~1987 年), 以 PC 为代表的个人计算机工业萌芽并获得了飞速的发展。摩尔以其敏锐的眼光, 准确地预测到了 PC 的成功。他果断地做出决定, Intel 进行战略转移, 专攻微型计算机的“心脏”部件——CPU。随着 PC 在全球范围获得的巨大成功, 提供 PC 核心部件的 Intel 从一个存储器制造商成长为一个更加辉煌的 Intel。戈登·摩尔正是这场变革和进步的最大推动者和胜利者。

目前, 微处理器的制造工艺已从微米级进化到纳米级, 戈登·摩尔的预言仍然正确。摩尔定律从物理角度来说终归要结束。然而, 摩尔定律的影响是非常深远的。它表现在:

- (1) 单个芯片集成度提高后, 其成本变化不大。这意味着逻辑电路和存储电路的成本明显下降;
- (2) 高集成度的芯片中, 电路间的距离更近, 其连线更短, 故工作速度可以更高;
- (3) 增加了芯片内部的连线, 从而减少了外部连线, 所以可靠性得以提高;
- (4) 计算机可以变得更小, 减少了电能的消耗, 更容易置于各种要求较高的环境中。

1.1.3 计算机的发展趋势

计算机工业是当今世界发展最快的工业之一, 特别是超大规模集成电路、新型高速器件不断涌现, 使得计算机产品的生命周期大大缩短。因此, 当今计算机科学技术及其产品的发展真

可谓日新月异,这主要表现在以下几个方面。

- 在硬件方面,20世纪90年代,微型计算机已迈入64位的新时代;精简指令系统计算机(RISC)这种新型处理器结构的出现和逐步成熟;随机存取存储器、光盘、磁盘阵列和高速缓冲存储(Cache)、网络存储等信息存储技术正以惊人的速度发展着;多媒体计算机技术正在国际范围内推广使用;大规模并行处理系统(MPP)的处理速度已达到TFLOPS(每秒 10^{12} 条浮点指令)级;超立方体计算机、神经网络计算机等高性能计算机正在加紧研究、试制之中。随着电子器件速度极限的逼近,人们又开始了光计算机、生物计算机和量子计算机的研究,这些计算机的诞生将会使计算机的发展进入一个全新时代。

- 在软件方面,20世纪40年代是手编程序时代,50年代是高级语言时代,60年代是操作系统时代,70年代是软件工程和数据库时代,80年代是软件开发环境时代。而今,具有良好的图形用户界面的32位操作系统和各种网络操作系统得到广泛使用,版本不断更新。计算机辅助工程(CAS)、第4代数据库管理语言,面向对象的技术,形形色色的诊断、测试、调试和开发工具如雨后春笋般地涌现,窗口软件、集成操作环境已相当成熟。软件在计算机系统中所占的比重越来越大,专门生产软件的公司越来越多,软件产业已形成相对独立的专门产业。可以预料,只需要人们给出设计思想和解题步骤,由计算机自动编程的时代已为期不远。

- 计算机外部设备与计算机主机和软件配套,其发展也异常迅速,它在计算机硬件系统中所占比重越来越大。垂直磁记录技术、磁盘阵列技术、激光存储技术、激光印字机、高分辨率显示器、平面显示技术的研究和开发不断取得新成果。字符、图形、声音和图像输入、输出设备相继推出。能代替人的五官,并在速度、精度等方面超过人的五官的外部设备也将会不断涌现。

可以预料,21世纪将实现全球信息化。人们将通过信息高速公路查阅各国的报刊、资料,点播各国的电视节目,召开电视会议,进行家庭购物,开展无校舍教学和遥控医疗,在家中办公和娱乐,等等。

1.1.4 计算机的应用

计算机的应用几乎涉及到人类社会的所有领域;从军事部门到民用部门,从尖端科技到消费娱乐,从厂矿企业到个人家庭,无处不出现计算机的踪迹。计算机的主要应用表现在:

1) 科学技术计算

在科学技术及工程设计应用中,所遇到的各种数学问题的计算,统称为科学技术计算。计算机的应用,最早就是从这一领域开始的。电子计算机在科学计算和工程设计中大有作为,它不仅能减轻繁杂的计算工作量,而且解决了过去无法解决或不能及时解决的问题。例如,宇宙飞船运动轨迹和气动干扰问题的计算;人造卫星和洲际导弹发射后,正确制导入轨计算;高能物理中热核反应控制条件及能量计算;天文测量和天气预报的计算等。现代工程中,电站、桥梁、水坝、隧道等最佳设计方案的选择,往往需要详细计算几十个甚至几百个方案,只有借助电子计算机,才可能使上述的计算成为现实。

2) 数据信息处理

所谓信息是指由数据、信号等构成的消息中所包含的内容。数据通常是指由描述事物的数字、字母、符号等组成的序列。数据处理是指对数据进行一系列的操作。例如,对数据进行加工、分析、传送、存储及检测等。任何部门都离不开数据处理。例如,财政部门每时每刻都要对金融数字进行统计、核算;用计算机管理出纳和会计账务已十分普遍;图书馆、档案资料管理部门利用计算机进行文献、资料、书刊及档案的保存、查阅、整理;工商部门要利用计算机进行成本、利率的核算,及仓库管