

21世纪大学计算机基础教学
“1+X”改革系列教材

大学 计算机基础

DAXUE JISUANJI JICHU

卫春芳 曹芝兰 主编



科学出版社

www.sciencep.com

· 21 世纪大学计算机基础教学“1+X”改革系列教材 ·

大学计算机基础

卫春芳 曹芝兰 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为大学计算机的基础教材。全书共分为8章：计算机基础知识、硬件基础、操作系统基础、软件基础、多媒体基础、计算机网络与Internet基础、信息系统安全、数据库基础。本书以全新的视角提出了大学计算机入门的教学要求和教学设计，深入浅出，既注重基础理论又突出实用性，使学生较全面地掌握计算机的基本概念、原理、技术与方法。

本书配有实验教材，供高等院校非计算机专业本、专科学生使用，也可作为成教学院、网络学院和计算机培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

大学计算机基础/卫春芳, 曹芝兰主编. —北京: 科学出版社, 2006
(21世纪大学计算机基础教学“1+X”改革系列教材)
ISBN 7-03-017880-7

I. 大… II. ①卫…②曹… III. 电子计算机—高等学校—教材
IV. TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第098806号

责任编辑: 江 兰 / 责任校对: 王望容
责任印制: 高 嵘 / 封面设计: 曹 刚

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

湖北新华印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2006年8月第一次印刷 印张: 18 1/4

印数: 1~8 000 字数: 450 000

定价: 26.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

随着计算机技术的飞速发展和普及应用,高等院校对计算机教育的改革也在不断发展,新的教育教学体系和思想正在探索中。根据教育部对高等院校计算机基础教育教学的改革要求,《大学计算机基础》课程的教学内容应从计算机技术发展的趋势和教学改革与对人才培养的需求出发,改革课程体系、教学内容,提高教学水平。

本套教材通过对教学内容的基础性、科学性和前瞻性的研究,提炼学科内涵,体现以基本理论为主体,构建支持学生终身学习的知识基础和能力基础,反映计算机学科领域的最新科技成果,使学生通过对本课程的学习,较全面系统地掌握计算机软硬件技术与网络技术的基本概念,了解软件设计与信息处理的基本过程,掌握典型软、硬件系统的基本工作原理,具备熟练掌握和应用计算机基本技能和信息处理的能力,具有较强的信息系统安全与社会责任意识。《大学计算机基础》课程学习的最终目的是拓展学生的视野与能力,能够认识并处理计算机应用中可能出现的问题,期望他们能在一个较高的层次上利用计算机,并具备一定的解决专业实际问题的能力。

本套教材以全新的视角提出了大学生计算机入门教学要求和教学设计,立意新颖、讲述深入浅出、组织结构合理、实践性强,既注重基础理论又突出实用性,使学生较全面地掌握计算机的基本概念、基本原理、技术与方法。本套教材内容的编排也力求满足《2006—2020年国家信息化发展战略》中所提出的提升高等教育的信息化水平、优化课程设置、丰富教学内容等要求。

全书共分8章,主要内容包括计算机基础知识、硬件基础、操作系统基础、软件基础、多媒体基础、计算机网络与Internet基础、信息系统安全、数据库基础等。

本书由卫春芳、曹芝兰主编,高东发、朱晓钢任副主编。其中,第1,2章由高东发编写,第3,8章由卫春芳编写,第4,5章由曹芝兰编写,第6,7章由朱晓钢编写,最后由卫春芳统稿、定稿。

本书配有相应的实验指导书,以便于在教学中达到理论与实践的完美结合,强化学生的动手能力,以便更好地培养学生的技能。本书为高等学校非计算机专业大学计算机基础课程教材,也可供其他读者学习使用。

由于新教材涵盖的知识面较广,又要将众多的知识很好地贯穿起来,有一定的难度,加上作者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请各位读者和专家批评指正,便于以后教材的修订。

编 者

2006年6月

目 录

第 1 章 计算机基础知识	1
1.1 计算机的发展与展望	1
1.1.1 电子计算机的诞生	1
1.1.2 计算机的发展阶段	2
1.1.3 计算机的发展趋势	3
1.1.4 新一代计算机将采用的技术	5
1.2 数制及其运算	10
1.2.1 常用的数制	10
1.2.2 数制转换	12
1.2.3 二进制数的算术运算	13
1.2.4 二进制数的逻辑运算——布尔代数	14
1.3 信息在计算机内的表示	16
1.3.1 数值在计算机内的表示	16
1.3.2 字符信息在计算机内的表示	18
1.3.3 数据校验码	22
习题	23
第 2 章 硬件基础	24
2.1 计算机系统的基本组成	24
2.1.1 计算机硬件系统的基本组成	24
2.1.2 PC 机的配置	26
2.1.3 微机系统的主要性能指标	28
2.2 中央处理器	29
2.2.1 中央处理器的组成	29
2.2.2 运算器	32
2.2.3 控制器	42
2.3 存储器	46
2.3.1 存储器的分类	46
2.3.2 存储器的分级结构	48
2.3.3 半导体存储器	48
2.3.4 高速缓冲存储器	51
2.3.5 外存储器	52
2.4 总线	55
2.4.1 总线的基本概念	55
2.4.2 系统总线的连接方式	57
2.4.3 总线的数据传送方式	59

2.5 I/O 设备.....	59
2.5.1 I/O 设备概述.....	59
2.5.2 输入设备.....	61
2.5.3 输出设备.....	63
习题.....	66
第 3 章 操作系统基础	67
3.1 操作系统概述.....	67
3.1.1 操作系统的概念.....	67
3.1.2 操作系统的功能.....	69
3.1.3 操作系统的类型.....	71
3.2 操作系统提供的服务和用户界面.....	73
3.2.1 操作系统提供的基本服务.....	73
3.2.2 操作系统提供的用户界面.....	73
3.2.3 系统调用与程序接口.....	74
3.2.4 常用的用户界面.....	75
3.3 处理机管理.....	77
3.3.1 进程和作业.....	77
3.3.2 处理器调度.....	82
3.3.3 进程控制.....	84
3.3.4 进程调度.....	85
3.3.5 进程通信.....	86
3.4 存储器管理.....	88
3.4.1 存储器管理概述.....	88
3.4.2 存储管理方法.....	91
3.4.3 虚拟存储器.....	94
3.5 文件管理.....	96
3.5.1 文件和文件系统概述.....	96
3.5.2 文件存储空间的管理.....	98
3.5.3 文件目录管理.....	101
3.5.4 文件操作和控制.....	102
3.6 设备管理.....	105
3.6.1 设备管理概述.....	105
3.6.2 输入/输出控制方式.....	107
3.6.3 设备分配.....	109
3.7 典型操作系统简介.....	111
3.7.1 DOS 操作系统.....	111
3.7.2 Windows 操作系统.....	112
3.7.3 Unix 操作系统.....	114
3.7.4 Linux 操作系统.....	115
3.7.5 其他流行操作系统.....	116

习题	117
第 4 章 软件基础	119
4.1 软件开发基础	119
4.1.1 软件工程概述	120
4.1.2 软件开发方法	121
4.1.3 软件开发工具	128
4.1.4 软件复用技术	129
4.2 算法与数据结构	130
4.2.1 算法的基本概念	130
4.2.2 算法的评价	133
4.2.3 数据结构基础	135
4.2.4 常见的几种数据结构	136
4.2.5 排序与查找的基本策略	145
4.2.6 办公软件包	148
4.2.7 图形和图像处理软件	149
4.2.8 数据库软件	150
4.2.9 Internet 服务软件	150
习题	150
第 5 章 多媒体基础	151
5.1 多媒体技术的基本概念	151
5.1.1 多媒体的概念	151
5.1.2 多媒体计算机系统	152
5.2 图形和图像基础	153
5.2.1 图形	153
5.2.2 图像的数字化	153
5.2.3 图像的色彩模型	155
5.2.4 图像的处理	157
5.3 图像的压缩编码技术	159
5.3.1 数据压缩技术基础	160
5.3.2 常见的数字图像文件	165
5.4 音频信息基础	166
5.4.1 声音信号的数字化	167
5.4.2 常见的数字音频文件	170
5.4.3 乐器数字接口——MIDI	171
5.4.4 声卡	171
5.5 数字视频信息	173
5.5.1 模拟视频——电视信号	173
5.5.2 视频的数字化	174
5.5.3 数字视频的标准与文件格式	175
习题	177

第 6 章 计算机网络与 Internet 基础	178
6.1 计算机网络概述	178
6.1.1 计算机网络的历史与发展	178
6.1.2 计算机网络的协议与体系结构	181
6.1.3 计算机网络的分类及其拓扑结构	183
6.2 数据通信基础	184
6.2.1 数据通信的有关概念	184
6.2.2 传输媒体	185
6.3 局域网	186
6.3.1 局域网络的概述	186
6.3.2 局域网络的组成	186
6.3.3 网络互联	188
6.4 Internet 概述	189
6.4.1 Internet 的概念	189
6.4.2 Internet 的历史	189
6.4.3 Internet 基本概念	190
6.4.4 Internet 在中国	195
6.4.5 Internet 的未来	198
6.4.6 Internet 的接入方式	199
6.5 Internet 基本服务功能	203
6.5.1 WWW	203
6.5.2 文件传输协议	207
6.5.3 电子邮件	208
6.5.4 远程登录和 BBS	211
6.6 Internet 的其他应用	213
6.6.1 门户网站和搜索引擎	213
6.6.2 数字化图书馆	222
6.6.3 流媒体	223
6.6.4 网络寻呼机	224
6.6.5 电子商务	225
6.6.6 IP 电话	228
6.6.7 P2P 技术及其应用	229
6.6.8 Internet 的更多应用	231
6.7 网络中的道德和法律	232
6.7.1 网络中的道德问题	232
6.7.2 互联网相关的法律法规	233
习题	235
第 7 章 信息系统安全	236
7.1 计算机病毒	236
7.1.1 计算机病毒概述	236

7.1.2 计算机病毒的防治	239
7.2 网络黑客	240
7.2.1 黑客的起源	240
7.2.2 黑客的攻击方式	241
7.2.3 黑客的防范	243
7.3 数据加密和数字签名	243
7.3.1 数字加密技术	243
7.3.2 数字签名与数字证书	245
7.4 防火墙技术	247
习题	248
第 8 章 数据库基础	249
8.1 数据库基本知识	249
8.1.1 信息、数据和数据处理	249
8.1.2 数据管理技术的发展	250
8.1.3 数据库、数据库管理系统和数据库系统	252
8.2 数据模型	253
8.2.1 数据模型的概念	253
8.2.2 数据的描述	254
8.2.3 实体联系模型	255
8.2.4 结构数据模型	256
8.3 关系数据库	260
8.3.1 基本概念	260
8.3.2 关系运算	262
8.3.3 关系的设计	266
8.3.4 数据库系统的体系结构	270
8.4 关系数据库标准语言——SQL	271
8.4.1 SQL 概述	271
8.4.2 数据定义	271
8.4.3 数据操纵	272
8.5 数据库应用和发展趋势	277
8.5.1 数据库应用和发展趋势	277
8.5.2 当前常用的数据库管理系统	279
8.5.3 数据库应用程序开发工具	281
习题	282

第1章 计算机基础知识

计算机是20世纪的伟大成就之一,它有力地推动了人类社会的发展,计算机已经成为人们工作和生活不可缺少的部分。了解和掌握计算机基础知识、学习计算机的新技术、使用这些新技术进行工作和开发是现代大学生必备的素质。

1.1 计算机的发展与展望

1.1.1 电子计算机的诞生

在人类社会的发展史中,人们在不断地寻求利用工具解决复杂计算问题的方法。大约在六七百年前,中国人就发明了算盘;1621年,英国人E Gunter发明了模拟计算工具——计算尺;1642年,法国数学家B Pascal发明了机械齿轮式加法器;1673年,德国数学家G W Leibniz发明了能完成加、减、乘、除和开方的机械式计算机;1822年,英国数学家C Babbage设计采用寄存器存储数据的分析机,这种机器是机械式计算机的最高成就。1854年,英国人George Boole创立了“布尔代数”,为数字计算机奠定了理论基础;Ecclers和Jordan用电子管元件组成双稳态触发器,用于表示二进制数“0”和“1”,为数字计算机奠定了物质基础;1936年,英国数学家A M Turing提出了“存储程序”的思想雏形,并发明图灵机(Turing machine),奠定了可计算理论和机器智能的基础,为现代计算机的软件发展做好了理论上的准备。

由于二次世界大战的迫切需要,一个美国科研小组在军方的大力支持下,决定将电子真空管应用到计算器装置上,研制出一种自动高速的新型计算器。J W Mauchly(1907~1980)是最早设计电子计算机方案的人,他当时负责宾夕法尼亚大学电工系和附近的一所美国陆军弹道研究所共同参与一项任务,这项任务要求每天为海军计算数以千计的弹道。弹道计算是一个典型的力学课题,每条弹道以飞行60秒计,用当时的台式计算机,一个熟练的计算员要花20小时,用当时的大型模拟机也需要15分钟;即使雇用200人计算,两个月也不一定能完成一天的任务。

J W Mauchly(时年36岁)为了解决这一困难,于1942年8月作了题为《高速电子管计算装置的使用》的报告。这项报告1943年得到批准,估算投资为15万美元,所造的机器名为“电子数字积分器和计数器”,简称ENIAC(electronic numerical integrator and calculator),于1943年6月开工。J P Eckert(时年24岁)担任研制小组的总工程师。在研制人员的合作和发奋努力下,研制工作进展很顺利,不到两年的时间,世界上第一台电子计算器ENIAC便研制成功了。

ENIAC耗资48万美元,用去18000个电子管、70000个电阻、10000个电容、1500个继电器,占地170平方米,重达30吨,耗电150千瓦·时。1946年2月15日,ENIAC正式投入运行,它能在1秒钟内进行5000次加法运算,比当时最快的电器计算机还快1000多倍。

V Neumann(冯·诺伊曼,匈牙利人),参与了ENIAC的研制,为了改进ENIAC的缺点,

EDVAC 比起 ENIAC 来，对 ENIAC 作了两项重大的改进：一是在计算机内采用二进制，大大简化了计算器的结构和运算过程；二是将程序和数据一起存贮在计算器内，使得计算器的全部运算成为真正的自动过程。尤其是后一项改进，标志着电子计算器时代的真正开始。到目前为止，几乎所有电子计算器都采用了冯·诺伊曼的这一设计思想，冯·诺伊曼也因此被誉为“电子计算机之父”。

Figure 1-1 illustrates the general structure of a computer system. The main components are the Input Device, Main Memory, Output Device, and the CPU (Central Processing Unit). The CPU is further divided into the Arithmetic Logic Unit (ALU) and the Control Unit.

- Input Device:** Receives program data from the user and sends it to Main Memory.
- Main Memory:** Stores data and instructions. It receives data from the Input Device and sends it to the Output Device. It also receives instructions from the Control Unit and sends data to the ALU.
- Output Device:** Receives data from Main Memory and outputs the results of the program.
- CPU:**
 - Control Unit:** Manages the execution of the program. It sends instructions to Main Memory and receives data from the ALU.
 - Arithmetic Logic Unit (ALU):** Performs arithmetic and logical operations. It receives data from Main Memory and sends the results to the Control Unit.

The diagram shows the flow of data and control signals between these components. Data flows from the Input Device to Main Memory, then to the Output Device. Instructions flow from the Control Unit to Main Memory. Data also flows from Main Memory to the ALU, and from the ALU to the Control Unit.

注：——控制信号
——数据信号

1.1.2 计算机的发展阶段

1. 第一代电子计算机(1946~1956 年)

2. 第二代电子计算机(1957~1964 年)

• 2 •

种早期的高级语言(Fortran, Cobol, Basic 等)相继投入使用,操作系统的雏形开始形成。计算机的应用已由科学计算拓展到数据处理、过程控制等领域。

3. 第三代电子计算机(1965~1970 年)

第三代计算机是集成电路计算机,其特征是采用集成电路作为逻辑组件,运算速度已达每秒亿次。这一时期的中、小规模集成电路技术可将数十个、成百个分离的电子组件集中在一块几平方毫米的硅片上。集成电路体积更小,耗电更省,寿命更长,可靠性更高,这使得第三代计算机的总体性能比第二代计算机有了大幅度的跃升。计算机的设计出现了标准化、通用化、系列化的局面。半导体存储器取代了沿用多年的磁芯存储器。软件技术也日趋完善,在程序设计技术方面形成了三个独立的系统:操作系统、编译系统和应用程序,计算机得到了更广泛的应用。

4. 第四代电子计算机(1971 以后)

第四代计算机是大规模、超大规模集成电路计算机,其特征是采用大规模、超大规模集成电路作为逻辑组件,向着微型化和巨型化两个方向发展。主存储器为半导体存储器;辅助存储器为磁盘、光盘和 U 盘等。这一时期计算机软件的配置也空前丰富,操作系统日臻成熟,数据管理系统普遍使用,出现了面向对象的高级语言,是计算机发展最快、技术成果最多、应用空前普及的时期。在运算速度、存储容量、可靠性及性能价格比等诸多方面的性能都是前三代计算机所不能企及的,计算机的发展呈现出多极化、网络化、多媒体、智能化的发展趋势。

从第一代到第四代,计算机的体系结构都是采用冯·诺依曼体系结构。

1.1.3 计算机的发展趋势

计算机技术正在向着巨型化、微型化、网络化、智能化四个方向发展。

1. 巨型化

巨型计算机主要是指计算速度非常高、处理能力非常强的计算机,也称之为高性能计算机。高性能计算机最主要的作用是支持科学计算,其主要用途是核模拟、大气模拟、石油勘探、密码破译以及生物基因组、物理学、天文与化学等的计算。高性能计算机本身的市场潜力与技术向下游产品的辐射也将带来巨大的经济效益。基于高性能计算机的各类应用服务,如个性化的天气预报、基于 Internet 网的信息提供商、虚拟设计与制造等将推动传统以较大公司形态存在的应用服务商向小规模、家庭化的方向转化。高性能计算机在部件与体系结构方面的创新也将影响后 PC(personal computer)时代个人电脑的演化与发展。我国在高性能计算机方面的研究与产业化已有相当的基础,中科院计算所、长沙工学院及江南所已有相当的技术储备与人力资源,曙光公司、联想集团、浪潮集团已建立一定规模的产业化基础,因此,也具备了进行重大技术创新的条件。我国高性能计算机的市场已进入高速发展期。

2. 微型化

微型机的一个重要特点是将中央处理器(CPU)制作在一块电路芯片上,这种芯片习惯上称作微处理器。在元器件发展中有一个很著名的定理,即 Moore 定理。G Moore, Intel 公司

的创办人，他在 1964 年提出一个 Moore 定理。Moore 归纳集成电路发展的历程提出了一个规律：集成电路的集成度每隔 18 个月要翻一番。按照这个规律，每隔 15 年集成度就要提高 2^{10} 倍，即 1024 倍。到目前为止，集成电路的发展就是按照这个规律在进行着。这一发展趋势到 2010 年将趋于成熟，那时芯片最多可包含 1010 个元件，理论上的物理极限是每个芯片可包含 1011 个元件，对于典型的传统逻辑电路，每个芯片可包含的元件较之少 108~109 个，每个芯片的实际元件数可能因经济上的限制而低于物理上的极限值。假如从 1 微米开始，每增加 1 倍，集成电路线宽就要缩小 $1/\sqrt{2}$ ，容量就增加一倍，1 微米以下是 0.7 微米，之后就是 0.5, 0.35, 0.25, 0.18, 0.125, 0.088 微米等，目前在发达国家一般处于 0.35~0.25 微米的水平，到 0.07 微米以后硅电路就达到极限，在 0.35~0.25 微米以下还有 4~5 代。到了 0.07 微米以后，硅电路是否还有发展，现在还很难估计，还有相当长的一个发展过程。硅电路以外的材料如砷化钾发展也很快，但目前主要还是硅电路。

3. 网络化

计算机网络已经成为社会结构的一个基本组成部分，计算机网络已经改变了人们的生活。个人计算机已不再是传统的个人计算机。Metcalfe 定理用于预测网络性能的增长，该定理预测网络性能的增长是连到网上 PC 的能力的平方，这表示网络带宽的增长率是每年 3 倍。不久的将来会出现每秒 1015 位的网络频宽需求。目前，计算机网络的一个研究热点是网格 (grid)，网格是把整个互联网整合成一台巨大的超级计算机，实现计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、知识资源、专家资源的全面共享。未来网络的发展有三种基本的技术趋势：一是朝着低成本微机所带来的分布式计算和智能化方向发展，即 client/server(客户/服务器)结构；二是向适应多媒体通信、移动通信结构发展；三是网络结构适应网络互联，扩大规模以至于建立全球网络。

4. 智能化

计算机智能化是计算机发展的方向，计算机智能化可通俗地描述为计算机能听懂人说的话、能看懂人写的文章、能看懂图片和电影。很多科学家一直从事计算机智能化的研究，探讨人类的思考方式和原理。人工智能是研究计算机智能化的主要学科之一，世界上公认为，A M Turing 是人工智能的奠基人，1950 年，Turing 发表了《计算机与智能》这一重要的论文，在这篇论文中，Turing 首次给出了人工智能的定义。人工智能也称机器智能，它是计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、心理学、语言学等多种学科互相渗透而发展起来的一门综合性学科。从计算机应用系统的角度出发，人工智能是研究如何制造出人造的智能机器或智能系统来模拟人类智能活动的能力，以延伸人们智能的科学。

5. 新一代的计算机

随着科学技术的进步，人们逐渐认识到冯·诺依曼计算机的不足。冯·诺依曼计算机的原理是通过程序驱动计算机，要将人类的思维和人体的功能转换成计算机程序。虽然冯·诺依曼计算机已经具有一定的智能，但它不能进行联想、推论，现有的学习功能也是很有限的，因此其智能是非常低级的。目前，计算机虽然能完成某些非人力所能完成的工作，但它仍不能满足某些科技领域的高速、大量的计算任务的要求。例如，原子反应堆事故和核聚变反应的模拟实验、资源探测卫星发回的图像数据的实时解析、飞行器的风洞实验、天气预报、地

震预测等要求极高的计算速度和精度，都远远超出目前电子计算机的能力极限。因此，在新的理论和技术基础上创造新一代的计算机是计算机发展的必然。

新一代计算机的主要特征是具备人工智能，能像人一样思维，并且运算速度极快，其硬件系统支持高度并行和快速推理，其软件系统能够处理知识信息。

1981年10月，日本首先向世界宣告开始研制新一代计算机，并于1982年4月制订为期10年的“第五代计算机技术开发计划”，总投资为1千亿日元，到目前为止，这项研究工作还极少取得突破性的进展。

新一代计算机的基本结构应该由问题求解与推理、知识库管理和智能化人机接口三个基本子系统组成。

问题求解与推理子系统相当于传统计算机中的中央处理器。与该子系统打交道的程序语言称为核心语言，国际上都以逻辑型语言或函数型语言为基础进行这方面的研究，它是构成新一代计算机系统结构和各种超级软件的基础。

知识库管理子系统相当于传统计算机主存储器、虚拟存储器和文体系统结合。与该子系统打交道的程序语言称为高级查询语言，用于知识的表达、存储、获取和更新等。这个子系统的通用知识库软件是新一代计算机系统基本软件的核心。通用知识库包含有：词法、语法、语言字典、基本常识、定律和定理；用于描述系统本身技术规范的系统知识库；将某一应用领域，如超大规模集成电路设计的技术知识集中在一起的应用知识库。

智能化人机接口子系统是使人能通过说话、文字、图形和图像等与计算机对话，通过概念驱动计算机，用人类习惯的各种可能方式交流信息。自然语言是最高级的用户语言，它使非专业人员操作计算机，并为从中获取所需的知识信息提供可能。

新一代计算机的研究领域主要包括人工智能、系统结构、软件工程和支援设备以及对社会的影响等。

新一代计算机系统结构将突破传统的冯·诺依曼计算机的概念，这方面的研究课题包括逻辑程序设计机、函数机、相关代数机、抽象数据型支援机、数据流机、关系数据库机、分布式数据库系统、分布式信息通信网络等。

新一代计算机的发展必然引起新一代软件工程的发展，极大地提高软件的生产率和可靠性。为改善软件和软件系统的设计环境，将研制各种智能化的支援系统，包括智能程序设计系统、知识库设计系统、智能超大规模集成电路辅助设计系统以及各种智能应用系统和集成专家系统等。

1.1.4 新一代计算机将采用的技术

新一代计算机将采用一系列新技术，新一代计算机除了采用电子器件外，还可采用其他器件来制成计算机，未来将出现光子计算机、生物计算机、量子计算机、神经网络计算机、纳米计算机、超导计算机和模糊计算机等。

1. 光子计算机

光子计算机是一种由光信号进行数字运算、逻辑操作、信息存储和处理的新型计算机。光子计算机的基本组成部件是集成光路。运用集成光路技术，可以将光开关或光存储等器件集积在一块芯片上，制成单一功能的集成光路，也可以将光源、光波导、光开关、光存储等器件集积在一块芯片上，以组成一个完整的光系统。光子计算机的优点在于：

① 运算速度快,可以描述成用光的速度思考。电子计算机的运算速度取决于每个开关、器件改变状态所需的时间。目前使用的开关速度最快的是硅晶体管,其开关时间很难小于 10 亿分之一秒,即电子计算机的工作速度很难超过每秒 10 亿次。现在世界上巨型电脑运算速度几乎都在每秒 10 亿次以下。从理论上计算,光晶体管开关时间在 10^{-12} 秒水平,即这种光开关器件每秒能进行 1 万亿次逻辑运算,与当前运算速度最高的巨型计算机相比要快数百倍。

② 存储容量大。它的存储容量可达 10^{18} 二进制信息位,将是现有电子计算机的几万亿倍。

③ 可以同时处理多路信息。这是因为多束光通过光晶体管时能够相互独立,而多路电流输入晶体管时却会混在一起。

④ 不受磁场影响。电子计算机利用电子传输信息,容易受磁场影响,而光子计算机是利用光传输信息,不会受磁场影响。正因为光子计算机比电子计算机优越,所以世界上许多国家正在努力发展光子计算机。据 1983 年英国皇家学会宣布,英、法、前联邦德国、意大利等西欧国家的科学家集中在英国共同研制世界上第一台光子计算机。1984 年 6 月美国宣布已经制造了第一台光子计算机的设备,不过它只能在接近绝对零度条件下工作。日本对光子计算机研究甚为重视,从 1979 年开始推行“光电子技术开发计划”。目前光子计算机的研究工作仍处于实验室阶段。

2. 生物计算机

生物计算机是利用有机分子作为基本部件制成的计算机。因为有机分子存在于生物体内,所以这种计算机又称为“生物计算机”。电子计算机最基本的构件是开关元件,电子计算机信息用“0”和“1”表示,这两种状态与“开”和“关”相对应。科学家发现,一些半醌类有机化合物存在两种电态,即具备“开”和“关”功能,并进一步发现,蛋白质分子中的氢也有两种电态,一个蛋白质分子就是一个“开”、“关”。因此,从理论上讲,用半醌或蛋白质分子作为元件,就能制造半醌型或蛋白质型的计算机。目前,生物计算机研制工作正沿着两种截然不同的方向进行。第一种是用有机分子取代当代的半导体,研制一种能完成数字计算机逻辑元件和存储元件功能的分子电子器。因此,生物计算机通常也称分子计算机。另一种是模拟活生物体。因为机体的免疫系统内,当大量病菌侵入血液,白血球能识别进入血液的病原菌表面分子结构后,在白细胞内外引起一连串防御性的化学反应。科学家希望类似的反应能在由彼此相互作用的蛋白质和其他复杂分子构成的生物计算机中出现。事实上,生物计算机的运算过程就是蛋白质分子与周围物理化学介质的相互作用过程。计算机的转换开关由酶来充当,程序则在酶合成系统本身和蛋白质的结构中表示出来。由于有机分子构成的生物化学元件的特殊性,生物计算机就具有显著的优点:

① 体积小、功效高。以分子水平的线路为目标的生物化学元件线度可达几百埃,一平方毫米的面积上可容纳数亿个电路,比目前的电子计算机提高了几百倍。

② 可靠性高。因为生物本身具有自我修复的机能,所以即使计算机芯片出了故障也能自我修复。

③ 耗能少。有机分子构成的生物化学元件是利用化学反应工作的,需要能量少,不存在发热问题。目前,生物计算机正在崛起,20 世纪 80 年代初,美国首先燃起了生物计算机的兴趣之火,1983 年 11 月近 40 名不同学科的科学家对制造生物计算机的可能性问题进行讨论。1987 年英国拨款 3000 万英镑用于研制生物计算机。

3. 量子计算机

量子计算机是基于量子效应基础上开发的,它利用一种链状分子聚合物的特性来表示开与关的状态,利用激光脉冲来改变分子的状态,使信息沿着聚合物移动,从而进行运算。量子计算机中的数据用量子位存储,由于量子叠加效应,一个量子位可以是0或1,也可以既存储0又存储1,因此一个量子位可以存储2个数据,同样数量的存储位,量子计算机的存储量比通常计算机大了许多。同时量子计算机能够实行量子并行计算,其运算速度可能比目前个人计算机的 Pentium III 晶片快10亿倍。目前正在开发中的量子计算机有3种类型:核磁共振(NMR)量子计算机、硅基半导体量子计算机、离子阱量子计算机。预计2030年将普及量子计算机。

量子计算机的概念源于对可逆计算机的研究。研究可逆计算机的目的是为了解决计算机中的能耗问题。研究表明,能耗会导致计算机中的芯片发热,极大地影响了芯片的集成度,从而限制了计算机的运行速度。能耗来源于计算过程中的不可逆操作。

在冯·诺依曼计算机中,基本信息单位为比特,运算对象是各种比特序列。在量子计算机中,基本信息单位是量子比特,运算对象是量子比特序列。量子计算对经典计算作了极大的扩充,经典计算是一类特殊的量子计算。量子计算的本质特征为量子的叠加性和相干性。量子计算机对每一个叠加分量实现的变换相当于一种经典计算,所有这些经典计算同时完成,并按一定的概率振幅叠加起来,给出量子计算机的输出结果。无论是量子并行计算还是量子模拟计算,本质上都利用了量子的相干性,而在实际系统中量子的相干性很难保持。

在量子计算机中,量子比特不是一个孤立的系统,它会与外部环境发生相互作用,导致量子相干性的衰减,即消相干。要使量子计算成为现实,一个核心问题就是克服消相干。而量子编码是迄今发现的克服消相干最有效的方法。主要的几种量子编码方案是:量子纠错码、量子避错码和量子防错码。量子纠错码是经典纠错码的类比,是目前研究的最多的一类编码,其优点为适用范围广,缺点是效率不高。

1996年,美国《科学》周刊科技新闻中报道,量子计算机引起了计算机理论领域的革命。同年,量子计算机的先驱之一——Bennett在英国《自然》杂志新闻与评论栏声称,量子计算机将进入工程时代。迄今为止,世界上还没有真正意义上的量子计算机。但是,世界各地的许多实验室正在以巨大的热情追寻着这个梦想。实现量子计算的方案并不少,但在实验上实现对微观量子态的操纵确实太困难了。目前已经提出的方案主要利用了原子和光腔相互作用、冷阱束缚离子、电子或核自旋共振、量子点操纵、超导量子干涉等。现在还很难说哪一种方案更有前景。

研究量子计算机的目的不是要用它来取代现有的计算机。量子计算机使计算的概念焕然一新,这是量子计算机与其他计算机如光子计算机和生物计算机等的不同之处。

4. 神经网络计算机

神经网络计算机是采用硬件实现或用软件模拟的方法,按照人工神经网络的基本原理而研制的计算机系统。目前的自动信息处理都是基于冯·诺依曼机的概念和某种算法之上的,即按照某种算法程序的安排,一步一步地执行。这种算法是对各种求解过程的预设,而不是对客观环境所做出的即时的映射、联想和响应,因此,对于实际应用中所提出的许多信息处理任务已经难以胜任。

20 世纪 50 年代以来,人们一直从事着对动物或人的大脑和神经系统为何能如此有效地进行信息处理的研究,并力图从中得到有关改进自动信息处理系统的启发。在人的脑神经网络中含有 10^{11} 个神经元,神经元是由细胞体、树杈一样的树突及轴突所组成。轴突和树突的交接处称为突触。每个神经元大约有 10^3 个树突,因此,大脑大约形成了 10^{14} 个突触。由于各神经元的极度并行的互联功能,使得人脑具有每秒进行 10^{14} 次互联的潜力。正是利用了这种极度并行的互联能力,一个普通人的神经网络大约只需花 100 个处理步程就完成了用传统的计算机至少需要数十亿次处理步程才能完成的任务。

人们早在 20 世纪 40 年代初就已经开始了对人工神经网络的研究,具有建设性成果的是生物物理学家 J Hopfield 的研究。Hopfield 从 1982 年起,针对感知机的一些缺陷提出了一种新的网络模型,人们称它为霍普菲尔德网络。霍普菲尔德网络不只弥补了感知机的缺陷,也改进了 B-P 网络模型。Hopfield 设想突触联系强度是对称的,当需要将某一信息或知识存储在 Hopfield 网络中时,只要相应调整网络中的某值即可。可以证明, Hopfield 网络的动力学过程是稳定的,系统最后达到某一状态不再运行,它们是非线性动力学系统的吸引子,或者称为能量函数的极小点(或局部极小点)。Hopfield 网络的任何两个节点间都是可以互联的,从原理上模拟了人脑神经元之间的联系。

神经网络计算机的设计和实现途径主要有两种:一种是软件仿真的方法,即按照各种人工神经网络的模型与算法编制高效的模型和算法程序,充分发挥现有的数值计算和符号计算的能力;另一种是按人工神经网络的原理设计专用电路、芯片和处理部件的计算机系统,这实际上是采用物理模拟的途径,用这些专用电路、芯片或处理部件去对应一个、数十个甚至上百成千个神经元的功能。

为了从物理上模拟神经元的功能,就要求这些专用电路或芯片能实现以下的功能:多输入单输出;突触具有兴奋和抑制的功能;具有非线性(如阈值、饱和与时延等)特性;可对权系数作调整。

神经网络计算在模式识别、决策支持、机器学习、自然语言理解、模糊逻辑等领域得到了应用。它的长处在于并行处理、可处理某些不完整的信息、具有一定的自学习和自适应能力,但是,制造出类似人脑功能的神经网络计算机的难度相当大。

5. 纳米计算机

“纳米”是一个计量单位,一纳米等于 10^{-9} 米,大约是氢原子直径的 10 倍。在纳米尺度下,由于有量子效应,硅微电子芯片便不能工作。其原因是这种芯片的工作依据的是固体材料的整体特性,即大量电子参与工作时所呈现的统计平均规律。如果在纳米尺度下,利用有限电子运动所表现出来的量子效应,或许就能克服上述困难。

纳米技术是从 20 世纪 80 年代初迅速发展起来的新的前沿科研领域,最终目标是人类按照自己的意志直接操纵单个原子,制造出具有特定功能的产品。现在纳米技术正从 MEMS(微电子机械系统)起步,将传感器、电动机和各种处理器都放在一个硅芯片上而构成一个系统。应用纳米技术研制的计算机内存芯片,其体积不过数百个原子大小,相当于人的头发丝直径的千分之一。纳米计算机不仅几乎不需要耗费任何能源,而且其性能要比今天的计算机强大许多倍。

人们可以用不同的原理实现纳米级计算,目前已提出了四种工作机制的计算机:电子式纳米计算机、基于生物化学物质与 DNA 的纳米计算机、机械式纳米计算机、量子波相干纳