

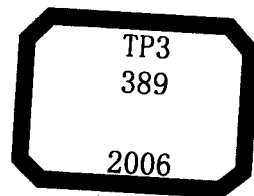
● 21世纪高等学校教材

大学计算机基础教程

● 闫洪亮 范刚龙 主编 ●



● 上海交通大学出版社 ●



21 世纪高等学校教材

大学计算机基础教程

主编 闫洪亮 范刚龙

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书根据教育部计算机基础课程教学指导分委员会 2004 年提出的《大学计算机基础教学大纲》编写而成。本书共分 11 章, 主要内容有: 计算机基础知识、计算机的组成原理、系统软件及常用操作系统、常用应用软件的使用、常用办公软件、计算机网络基础、Internet 知识、数据库基础、多媒体技术基础、程序设计基础、计算机安全知识。本书内容丰富、层次清晰、通俗易懂、图文并茂。

本书可作为高等院校大学计算机基础课程的教材, 也可供其他读者参考。

本书另配有多媒体教学光盘, 同时开发了基于 Windows、适用于局域网的“大学计算机基础考试系统”, 实现了理论知识和实际操作技能的全部自动化考核。联系邮箱为: baiwen_sjtu@126.com

图书在版编目 (CIP) 数据

大学计算机基础教程 / 闫洪亮 范刚龙主编. — 上海: 上海交通大学出版社, 2006
ISBN 7-313-04512-3

I. 大... II. ①闫...②范... 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 102582 号

大学计算机基础教程

闫洪亮 范刚龙 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

常熟市文化印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 18.75 字数: 458 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-313-04512-3/TP·653 定价: 30.00 元

版权所有 侵权必究

21 世纪高等学校教材

编审委员会

顾 问： 韩正之

执行主任： 百 文

副 主 任：	闫洪亮	高 景	靳全勤	张华隆	蒋凤瑛
	冯 颖	普杰信	程全洲	潘群娜	杨裕根
	徐祖茂	张红梅	宓一鸣	姜献峰	李 敏
	李湘梅	胡敬群	陈树平	包奇金宝	刘克成
	白丽媛	戴 兵	张占山	曹天守	

前 言

《大学计算机基础》课程是新生入校的第一门计算机课程，也是高等院校各学科专业学生必修的公共基础课程。它是为改革《计算机文化基础》课程而产生的一门新课。近年来，根据“基础、实用、新型、能力”的原则，很多高校对课程内容体系结构做了几次重大改革。本书根据教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会提出的最新大学计算机基础教学大纲，并结合这几年我们的教学实践而编写。

本书编写过程中，努力贯彻以下编写原则：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，将课程体系、教学内容和教学水平与国际接轨，从而实现教学与科研成果的有效结合。通过对教学内容的基础性、科学性和前瞻性的研究，体现以有效知识为主体，构建支持学生终身学习的知识基础和能力基础。强调工具性：计算机技术应当成为教育的工具，而不是教育的目标。所以，在内容体系的编排上，强调较全面系统地掌握计算机软、硬件技术与网络技术的基本知识和基本概念，了解软件设计与信息处理的基本方法和基本过程，掌握典型软、硬件系统的基本工作原理，具备安装、设置与操作现代典型计算环境的能力，具有较强的信息系统安全与社会责任意识。强调基础、注重能力：本课程的教学目的应该是拓展学生的视野，为后续计算机课程学习做好必要的知识准备，使他们在各自的专业中能够有意识地借鉴、引入计算机科学中的一些理念、技术和方法，期望他们能在一个较高的层次上利用计算机、认识并处理计算机应用中可能出现的问题。

本书共 11 章。内容包括：计算机基础知识；计算机的组成原理；系统软件及常用操作系统；常用应用软件；常用办公软件；计算机网络基础知识；Internet 知识；数据库基础知识；多媒体技术基础；程序设计基础；计算机安全知识。每章最后配有练习题和上机操作题。

本书适合作为高等院校大学计算机基础课程的教材，也可作为计算机培训教材。

本书由闫洪亮、范刚龙担任主编，邵国金、张俊峰担任副主编，由闫洪亮策划及负责修改和统稿。参加编写的人员为：闫洪亮、范刚龙、邵国金、张俊峰、魏新红、张星、郝伟、张凯、姚远、陈秋红、王斌斌。

由于时间紧、内容涉及面广、操作实例多，加上作者水平有限，书中难免有不足和纰漏之处，敬请各位读者的批评指正。

编 者

2006 年 6 月

目 录

第 1 章 计算机基础知识	1
1.1 计算机的诞生与发展	1
1.2 信息技术概述	10
1.3 数制转换及运算	12
1.4 数据在计算机中的表示	16
习题	20
第 2 章 计算机的组成原理	21
2.1 计算机的工作原理	21
2.2 微型计算机的硬件组成及主要性能指标	23
2.3 计算机的软件系统	33
2.4 计算机系统的层次结构	36
2.5 多媒体计算机	37
习题	41
第 3 章 系统软件及常用操作系统	42
3.1 操作系统	42
3.2 中文 Windows XP	51
3.3 Unix/Linux 操作系统	93
习题	97
第 4 章 常用应用软件	100
4.1 系统工具软件	100
4.2 多媒体工具软件	105
4.3 安全防护的工具瑞星杀毒软件 2006	108
4.4 其它工具软件	112
习题	112
第 5 章 常用办公软件	113
5.1 Word 文字处理软件	113
5.2 Excel 电子表格处理软件	130
5.3 PowerPoint 演示软件	139
习题	145

第6章 计算机网络基础	148
6.1 网络概述	148
6.2 网络的通信介质	153
6.3 数字数据通信技术	155
6.4 网络的体系结构与软件组成	161
6.5 局域网与网络互联	166
习题	172
第7章 Internet 知识	173
7.1 Internet 概述及其发展	173
7.2 Internet 的基本连接方式	176
7.3 Internet 提供的基本服务	182
7.4 Intranet	190
7.5 Web 服务器构建与网页制作软件	192
习题	194
第8章 数据库基础	195
8.1 数据库系统概述	195
8.2 Access 2000 的基本应用	206
习题	216
第9章 多媒体技术基础	218
9.1 多媒体技术基本概念	218
9.2 多媒体计算机系统	219
9.3 多媒体信息的数字化和压缩技术	222
9.4 多媒体素材制作	226
9.5 Flash 动画制作	236
习题	240
第10章 程序设计基础	241
10.1 程序和程序设计语言	241
10.2 算法与数据结构	244
10.3 简单程序设计	249
10.4 结构化程序设计	253
10.5 常用算法	256
10.6 面向对象程序设计	260
习题	266

第 11 章 计算机安全知识	267
11.1 计算机系统安全	267
11.2 计算机病毒	269
11.3 网络安全技术	276
11.4 信息安全技术	284
习题	288
参考文献	290

第 1 章 计算机基础知识

近年来,计算机及其应用技术得到了迅猛的发展,已经渗透到生产、科研、教学、国防、企业管理乃至家庭应用等各个领域。计算机应用技术的高速发展也极大地促进了信息技术革命的到来,使社会发展迅速步入了信息时代。因此,从某种意义上说,懂得信息的获取、分析处理、传递交流和开发应用已是现代人必须具备的基本素养。

1.1 计算机的诞生与发展

计算机的诞生与发展是 20 世纪科学技术的卓越成就之一,它本身作为科学技术和社会生产力发展的必然结果,反过来也大大促进了科学技术和社会生产力的发展。计算机技术已经成为信息技术的基础,改变并影响着人类的生产、生活方式,将人类带入了信息时代。

现代计算机孕育于英国,诞生于美国,成长并遍布于全世界。它的历史可分为近代、现代和当代三个阶段。

1.1.1 近代计算机的发展

在人类历史上,人们在不断地更新着计算工具,计算工具的发明和创造走过了漫长的道路。在原始社会,人们曾使用绳结、垒石或枝条作为计数和计算的工具。我国在春秋战国时期有了筹算法的记载,到了唐朝已经有了至今仍在使用的计算工具——算盘。

近代计算机起源于 20 世纪 40 年代,所谓近代计算机是指用齿轮杠杆为部件并具有完整含义的机械式或机电式计算机。

1642 年,法国制造出了第一台机械计算机(图 1-1),1654 年出现了计算尺,1673 年德国科学家莱布尼兹发明了齿轮式乘除法器。1821 年英国剑桥大学数学教授巴贝奇发明了差分机,1834 年他又发明了分析机,包括输入、处理、存储、控制、输出五部分装置,可惜这部机器限于工艺条件直到他逝世亦未全部完成。1944 年哈佛大学物理教授艾肯在 IBM 公司的支持下,完成了用齿轮和继电器为部件的机电式计算机 Mark,才使巴贝奇梦想变成现实。1887 年研制出了手摇计算机(图 1-2),此后又出现了电动计算机。

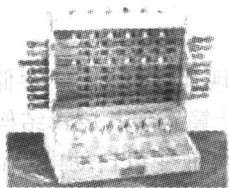


图 1-1 机械计算机

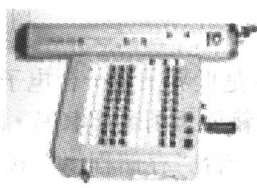


图 1-2 手摇计算机

在 20 世纪 50 年代之前,人工手算一直是主要的计算方法,算盘、对数计算尺、手摇或电动的机械计算机一直是人们使用的主要计算工具。到了 20 世纪 40 年代,一方面由于近代

科学技术的发展,对计算量、计算精度、计算速度的要求不断提高,原有的计算工具已经满足不了应用的需要,另一方面,计算理论、电子学以及自动控制技术的发展,也为现代电子计算机的出现提供了可能,在20世纪40年代中期诞生了第一代电子计算机。人们往往从不同角度对计算机提出不同的见解,有多种描述:“计算机是一种可以自动进行信息处理的工具”;“计算机是一种能快速而高效地自动完成信息处理的电子设备”;“计算机是一种能够高速运算、具有内部存储能力、由程序控制其操作过程的电子装置”等等。然而这些计算机工具的致命弱点是不能自动连续计算,不能自动保存大量的中间结果。因此这些计算机工具都不能适应现代科学技术发展的需要。

1.1.2 现代计算机的发展

现代计算机是指利用先进的电子技术代替机械齿轮技术,继电器依次被电子管、晶体管、集成电路取代而制成的数字电子计算机。

现代计算机的奠基人是英国科学家图灵,他的主要贡献为:一是建立图灵机模型,确立了可计算性理论;二是提出图灵测试,为人工智能研究打下基础。计算机(Computer)一词正是他最先使用的,不过当时主要指组织起来进行数值计算的一组人员。

20世纪40年代中期,美国陆军为了精确测得炮弹的弹道轨迹,委托美国宾夕法尼亚大学开始了世界上第一台电子数字积分计算机 ENIAC(Electronic Numerical Intergrator And Computer)的研制工作,并于1946年2月研制成功。该计算机总共安装了17468个电子管,7200个二极管,70000多个电阻器,10000多个电容器和6000个继电器,电路的焊接点多达50万个。机器被安装在一排2.75m高的金属柜里(图1-3),占地为170m²左右,总质量达到30t,其运算速度达到每秒钟5000次加法,可以在3/1000s时间内做完两个10位数乘法。

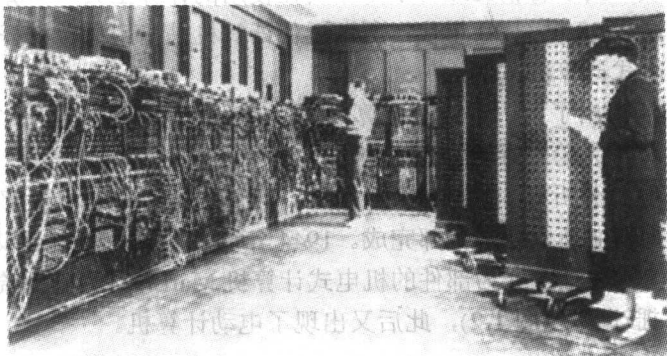


图 1-3 第一台电子计算机

ENIAC 虽然是世界上第一台电子计算机,但它不具备现代计算机的“存储程序”的特点。1946年6月,美籍匈牙利数学家冯·诺依曼发表了“电子计算机装置逻辑结构初探”的论文,并成功地设计了一台“存储程序”式计算机 EDVAC,即离散变量自动电子计算机,该结构的计算机被后人普遍接受,并将此结构的计算机称为冯·诺依曼结构计算机(图1-4)。其工作原理的核心是“存储程序”和“程序控制”,并具有如下3个特点:

- (1) 计算机由5大基本部件组成:运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备;
- (2) 程序和数据均放在存储器中,并能自动依次执行指令;

(3) 所有数据和程序均用二进制的0、1代码表示。

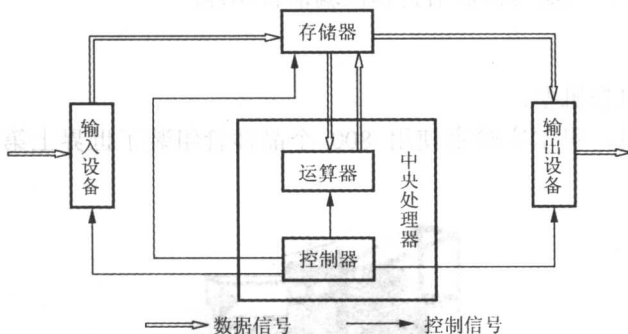


图 1-4 冯·诺依曼体系结构图

随着第一台电子计算机的诞生，人类进入了现代计算机时代。通常人们根据计算机的性能和当时的硬件技术状况，将计算机的发展分成四个时代，每一时代在技术上都是一次新的突破，在性能上都是一次质的飞跃。

1. 电子管时代

(1) 代表事件与典型机型：

① 1946 年 2 月，世界上第一台电子计算机——ENIAC 诞生。

② 1949 年，英国剑桥大学数学实验室的 Wilkes 和他的小组建成了一台存储程序的计算机 EDSAC，输入输出设备仍是纸带。

③ 1952 年 1 月，由冯·诺依曼设计的 IAS 电子计算机 EDVAC 问世。该 IAS 计算机总共用了 2300 个电子管，运算速度却比拥有 17468 个电子管的 ENIAC 提高了 10 倍，冯·诺依曼的设想在这台计算机上得到了圆满的体现。

④ 1953 年 4 月 7 日，IBM 正式对外发布自己的第一台电子计算机 IBM701(图 1-5)。

⑤ 1958 年 11 月，IBM 推出了自己的 IBM709 大型计算机，这是 IBM 公司自 IBM701 以后性能最为优秀的电子管计算机，但同时它也是 IBM 最后一款电子管计算机(图 1-6)。

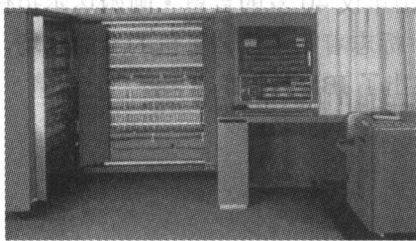


图 1-5 IBM701

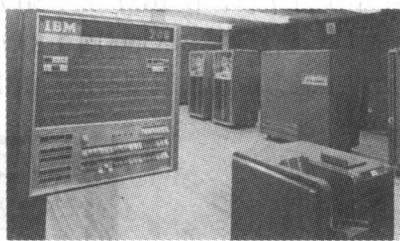


图 1-6 IBM709

(2) 主要特点：

① 采用电子管作为基本逻辑部件，体积大，耗电量大，寿命短，可靠性小，成本高。

② 采用电子射线管作为存储部件，容量很小，后来外存储器使用了磁鼓存储信息，扩充了容量。

③ 输入输出装置落后, 主要使用穿孔卡片, 速度慢, 容易出错, 使用十分不便。

④ 没有系统软件, 只能用机器语言和汇编语言编程。

2. 晶体管时代

(1) 代表事件与典型机型:

① 1954 年 8 月, 贝尔实验室使用 800 个晶体管组装了世界上第一台晶体管计算机 TRADIC(图 1-7)。

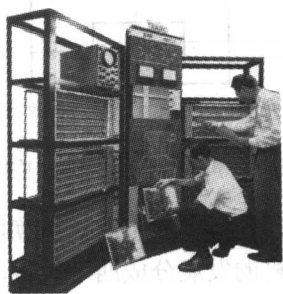


图 1-7 第一台晶体管计算机——TRADIC

② 1963 年 8 月, 控制数据公司(CDC)的西蒙·克雷博士带领自己的研发小组研制成功 CDC6600 巨型机, 共安装了 35 万个晶体管。

③ 其他典型机器有 IBM7090、IBM7040、Burroughs6500 等。

(2) 主要特点:

① 采用晶体管制作基本逻辑部件, 体积减小, 重量减轻, 能耗降低, 成本下降, 计算机的可靠性和运算速度均得到提高。

② 普遍采用磁芯作为储存器, 采用磁盘/磁鼓作为外存储器。

③ 开始有了系统软件(监控程序), 提出了操作系统概念, 出现了高级语言。

3. 集成电路时代

(1) 代表事件与典型机型:

1964 年 4 月 7 日, 在 IBM 成立 50 周年之际, 由年仅 40 岁的吉恩·阿姆达尔担任主设计师, 历时四年研发的 IBM360(图 1-8)计算机问世, 标志着第三代计算机的全面登场, 这也是 IBM 历史上最为成功的机型。随后 IBM 公司又推出了 IBM370 等。

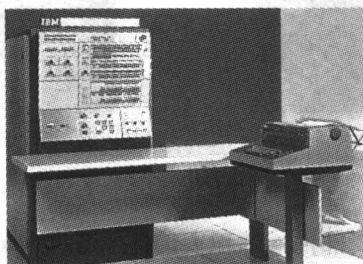


图 1-8 IBM360

(2) 主要特点:

① 采用中、小规模集成电路制作各种逻辑部件,从而使计算机体积更小、重量更轻、耗电更省、寿命更长、成本更低,运算速度也有了更大的提高。

② 采用半导体存储器作为主存,取代了原来的磁芯存储器,使存储器的存取速度有了大幅度的提高,增加了系统的处理能力。

③ 系统软件有了很大发展,出现了分时操作系统,多用户可以共享计算机软硬件资源。

④ 在程序设计方面采用了结构化程序设计,为研制更加复杂的软件提供了技术保证。

4. 大规模、超大规模集成电路计算机

(1) 代表事件与典型机型如表 1-1 所示。

表 1-1 典型机型

机 型	芯 片	字 长	总 线
IBM-PC/XT 机	Intel 8088	准 16 位	PC 单总线
IBM-PC/AT 机	Intel 80286	16 位	AT 总线(ISA 总线)
386 机	Intel 80386	32 位	MCA 总线或 EISA 总线
486 机	Intel 80486	32 位	VESA 总线或 PCI 总线
Pentium(奔腾)机	Pentium	32 位	PCI 总线

(2) 主要特点:

① 基本逻辑部件采用大规模、超大规模集成电路,使计算机体积、质量和成本均大幅度降低,出现了微型机。

② 作为主存的半导体存储器,其集成度越来越高,容量越来越大;外存储器除广泛使用软、硬磁盘外,还引进了光盘。

③ 各种使用方便的输入输出设备相继出现。

④ 软件产业高度发展,各种实用软件层出不穷,极大地方便了用户。

⑤ 计算机技术与通信技术相结合,计算机网络把世界紧密地联系在一起。

⑥ 多媒体技术崛起,计算机集图像、图形、声音、文字处理为一体,在信息处理领域掀起了一场革命,与之对应的信息高速公路正在紧锣密鼓地筹划与实施当中。

1.1.3 当代计算机的发展

进入 20 世纪 90 年代后,计算机的发展进入崭新的阶段。它并不像 80 年代初人们预想的那样会在第四代大型主机的基础上继续出现第五代、第六代乃至第七代计算机。

实际情况是微处理器芯片的功能越来越强大,以“奔腾”为核心的微机性能越来越完善,计算机网络越来越广泛,用许多芯片组成的多处理系统正成为速度最快的新式超级计算机。所有这些新事实使我们感到有必要把当代计算机的发展概括为高速计算与高速网络相结合的时代,多媒体、超大型知识数据库向每个人都提供服务的时代。

1.1.4 我国计算机的发展历史

我国从 1956 年开始了电子计算机的研制和教学工作。

1958 年和 1959 年先后研制成功“103”和“104”型电子计算机,在我国的油田开发、

大型水坝设计以及第一颗原子弹的研制和人工合成胰岛素等生产和科研领域发挥了不可估量的作用。

1965 年每秒运行 12 万次的“109 乙”型晶体管计算机问世。

1971 年“709”型集成电路计算机研制成功,在此以后“DJS100”和“DJS200”系列集成电路计算机也相继研制成功,并形成了批量生产能力。

1983 年 12 月,每秒运算 1 亿次的“银河”巨型计算机在中国国防科技大学问世。

1992 年 11 月,每秒运行 10 亿次的“银河 II”巨型计算机又在中国国防科技大学研制成功,这标志着我国计算机科技水平进入了一个新的领域。

1.1.5 计算机的发展趋势

1. 计算机应用的发展趋势

当前,计算机的发展趋势大致可概括为四“化”,即巨型化、微型化、智能化、网络化。

(1) 巨型化和微型化:巨型化是指要研制运算速度极高、存储容量极大、整体功能极强,以及外设完备的计算机系统(巨型机)。巨型机主要用于尖端科学技术及军事国防系统。微型化是随着大规模集成电路技术的不断发展和微处理器芯片的产生,以及进一步扩大计算机的应用领域而研制的高性能价格比的通用微型计算机,这种微机操作简单,使用方便,所配软件丰富。

(2) 智能化是未来计算机发展的总趋势。智能化就是要求计算机能够模拟人的逻辑思维功能和感官,能够自动识别文本、声音、图形/图像等多媒体信息,具有逻辑推理和判断功能。其中最具代表性的领域是专家系统和智能机器人。

(3) 非冯·诺依曼体系结构是提高现代计算机性能的另一个研究焦点。冯·诺依曼体系结构计算机工作原理的核心是存储程序和程序控制,整个计算机工作都是在程序设计人员的程序控制下工作,计算机不具备智能功能。因此,要想真正实现计算机的智能化,就必须打破目前的冯·诺依曼体系结构,研制新型的非冯·诺依曼体系结构计算机。

(4) 多媒体计算机仍然是计算机研究和开发的热点。多媒体技术是集文字、声音、图形/图像和计算机于一体的综合技术。它以计算机技术为基础,包括数字化信息技术、声音视频技术、图像技术、通信技术、人工智能技术、模式识别技术等,是一门多学科多领域的高新技术。多媒体技术虽然已经取得了很大的发展,但高质量的多媒体设备和相关技术需要进一步研制,主要包括视频数据的压缩、解压缩技术和多媒体数据的通信及各种接口的实现方案等。因此,多媒体计算机仍然是计算机研究和开发的热点。

(5) 网络化是今后计算机应用的主流。计算机网络技术是在计算机技术和通信技术的基础上发展起来的一种新型技术。所谓计算机网络就是用通信介质将分布在不同地点的多台具有独立功能的计算机(或终端设备)相互连接起来,并配以一定的网络软件,在网络通信协议的控制下,以实现资源共享和相互通信为目的的系统。目前世界上最大的计算机网络就是被广大用户所使用的因特网(Internet)。

2. 计算机制造技术的发展趋势

计算机中最重要的核心部件是芯片,芯片制造技术的革新是 50 年来推动计算机技术发展的最根本的驱动力。然而,以硅为基础的芯片制造技术的发展不是无限的,由于存在磁场效

应、热效应、量子效应以及制作上的困难,当线宽低于 0.1mm 以后,就必须开拓新的制造技术。那么,哪些即将到来的技术有可能引发下一次的计算机技术革命呢?这样的技术现在看来至少有 4 种:纳米计算机、光计算机、生物计算机和量子计算机。这些技术从目前来看达到实用的可能性很小,但它们具有引发革命的潜力,因此是值得进行研究的。

(1) 电子计算机。目前的计算机技术主要基于电子计算机芯片的制造技术,这项技术 50 年来已取得了巨大的进展,并极有力地支持了“摩尔定律”的理论。据估计现在全球每天有 2 亿亿个晶体管在使用,平均每人 4000 万个。

目前的芯片主要采用光蚀刻技术制造,即让光线透过刻有线路图的掩膜照射在硅片表面以进行线路蚀刻的技术,主要是用紫外光进行光刻操作。随着紫外光波长的缩短,芯片上的线宽将会继续大幅度缩小,同样大小的芯片上可以容纳更多的晶体管,从而推动半导体工业继续前进。但当紫外光波长缩短到小于 193nm 时(蚀刻线宽 0.18mm),传统的石英透镜组会吸收光线而不是将其折射或弯曲。为此研究人员正在研究下一代光刻技术,包括极紫外光刻(EUV)、离子束投影光刻技术(IPL)、角度限制投影电子束光刻技术(SCALPEL)以及 X 射线光刻技术。

目前所进行的这些改进技术,除技术本身的障碍外,还面临着巨大的经济成本问题。因此在传统的光刻技术被榨出它的全部价值之前,新的平版印刷技术难以在市场上出现。但是可以相信,早晚这些改进技术中的成功部分将会应用于未来计算机的制造,并且将成为 21 世纪初计算机的标志技术。

(2) 光计算机。10 年前,计算机巨擘们曾向世人宣布,计算机革命业已临近,下一件大事就是光计算机。但是,他们的预测没有言中。实践证明,光处理困难重重,研制光计算机的早期热忱已烟消云散。

随着计算机芯片的处理速度愈来愈快,数据的传送速度而非处理速度成为主要问题。目前计算机使用的金属引线已无法满足大量信息传输的需要。因此,未来的计算机可能是混合型的,即把极细的激光束与快速的芯片相结合。那时,计算机将不采用金属引线,而是以大量的透镜、棱镜和反射镜将数据从一个芯片传送到另一个芯片。这种传送方式称为自由空间光学技术。

自由空间光学技术的原理非常简单。首先,将硅片内的电子脉冲转换为极细的闪烁光束,“接通”表示“1”,“断开”表示“0”。然后,将数据流通过反射镜和棱镜网络投射到需要数据的地方。在接收端,透镜将每根光束聚焦到微型光电池上,由光电池将闪光重又转换成一系列电子脉冲。

光计算机有三大优势。光子的传播速度无与伦比,电子在导线中的运行速度与其相比就像蜗牛爬行那样。今天电子计算机的传送速度最高为每秒 109 个字节,而采用硅-光混合技术后,其传送速度就可达到每秒万亿字节。更重要的是光子不像带电的电子那样相互作用,因此经过同样窄小的空间通道可以传送更多数据。尤其值得一提的是光无须物理连接。如能将普通的透镜和激光器做得很小,足以装在微芯片的背面,那么明天的计算机就可以通过稀薄的空气传送信号了。

光计算机发展的关键是要制作出能耗少、体积小、价廉、易于制造的光电子转换器,研究者曾尝试了许多方案,包括发光二极管,其中最佳选择当属多量子阱(MQW)器件——一种电开关快门和一种称为“垂直空腔表面发射激光器”(VCSEL)的微型激光器。这两种器件由

砷化镓等半导体化合物制成。其优点是可像硅芯片那样大量制作在大晶片上。MQW 器件由贝尔实验室首先推出,并已有效解决了 MQW 的激光光源问题。

其次是要研制光计算机的自动定位系统。这个系统中的传感器应监测每个通道,及时发现光束偏离目标的情况,一旦偏离,由微型马达调整反射镜的斜度使之重新恢复到准确位置。

(3) 生物计算机。与光计算机相比,大规模生物计算机技术实现起来更为困难,不过其潜力也更大。生物系统的信息处理过程是基于生物分子的计算和通信过程,因此生物计算又常称为生物分子计算,其主要特点是极大规模并行处理及分布式存储。基于这一认识,Conrad 在 20 世纪 80 年代就提出了自组织的分子器件模型,通过大量生物分子的识别与自组织可以解决宏观的模式识别与判定问题。近两年受人关注的 DNA 计算模型也是基于这一思路。

但是迄今提出的 DNA 计算模型只较适合做组合判定问题,直接进行加减乘除计算还不方便。电子计算机的蓬勃发展基于图灵机的坚实基础,同样,生物计算机作为一种通用计算机,必须先建立与图灵机类似的计算模型。如果能解决计算模型问题,生物计算机将展现出令人难以置信的运算速度和存储容量。

除了 DNA 计算外,生物计算还有另一个发展方向,即在半导体芯片上加入生物分子芯片,将硅基与碳基结合起来的混合技术。例如,硅片上长出排列特殊的神经元的“生物芯片”已被生产出来。尽管这些生物计算实验离实用还很遥远,但鉴于以往我们对集成电路的看法,所以现在生物计算机的前景不容小觑。

(4) 分子计算机。最近分子级电子元件领域取得了进展,该领域的出现有一个前提,即有可能制造出单个的分子,其功能与三极管、二极管及今天的微电路的其他重要部件完全相同或相似。化学家、物理学家和工程师已经在一系列出色的示范试验中显示:单个的分子能传导和转换电流,并存储信息。

1999 年 7 月,媒体广泛报道了这样一个进展——惠普公司和加州大学洛杉矶分校的研究人员宣布,他们已经制造了一种电子开关,由一层达几百万个之多的有机物(轮烷)分子构成。研究人员通过把若干个开关连接起来的方法,制造出初级的“与”门——这是一种执行基本逻辑操作的元件。由于每个分子开关中的分子远远超出了百万数,因此它们的体积比本来要求的大得多,并且这些开关只转换一次就不能操作了。但是,它们组装成逻辑门具有至关重要的意义。在这项成果发表后一个月左右,耶鲁和里斯两所大学又发表了另一类具有可逆性分子开关的成果。继而又成功地研制出一种能够作为存储器用的分子,它可以通过对电子的存储来改变分子的电导率。

虽然有了以上所说的种种进步,前进的道路上仍然是遍地荆棘。制造出单个器件固然是非常重要的一步,但是在制造出完整的可用电路之前,还必须解决一系列的重要问题,例如怎样把上百万甚至上亿个各式各样的分子器件牢固地连接在某种基体的表面上,同时按照电路图所要求的图形把它们准确无误地连接起来。遗憾的是,目前还没有能够满足这种要求的技术。

从现在起的几十年中,如果人们想要极大地扩展电子元件的能力,使之克服摩尔定律的限制,那么很可能需要在目前的计算设计上做根本改变,以全面探索分子计算系统。尽管面临的挑战可能非常棘手,然而解决问题所得的回报也可能是令人瞠目的。

(5) 量子计算机。目前,量子计算机尚处于理论与现实之间。大多数专家认为量子计算机会在今后的几十年间出现。

量子计算机是一种采用基于量子力量的深层次的计算模式的计算机。这一模式只由物质世界中一个原子的行为所决定,而不是像传统的二进制计算机那样将信息分为0和1,用晶体管的开与关来处理这些信息。在量子计算机中最小的信息单元是一个量子比特(quantum bit)。量子比特不只是开、关两种状态,而是以多种状态同时出现。这种数据结构对使用并行结构计算机来处理信息是非常有利的。从理论上讲,量子计算机等价于可逆的图灵机。量子计算机具有一些近乎神奇的性质:信息传输可以不需要时间(超距作用),信息处理所需能量可以接近零。

近年来,基于量子力学效应(如量子相干、量子隧穿、库仑阻塞效应等)的固态纳米电子器件研究也取得很大进展。美国劳伦斯伯克利国家实验室的研究人员日前证实,直径为人头发的1/50 000的中空纯碳纳米管上存在着原子大小的电子器件。纳米管器件理论对此早有预言,但这是首次证实这种器件确实存在。

目前,美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的一个小组正在研究量子计算机的原型机。他们使用了一种“量子阱”激光器。这种激光器是用一层超薄的半导体材料夹在另外两层物质中构成。中间层的电子被圈闭在一个量子平面上,所以只能作二维的运动。贝尔实验室进一步发展了一维的量子导线激光器。科学家们希望进一步从量子导线激光器发展到量子点激光器以获得更好的效果。

量子计算机的另一难点还在于如何连接这些量子器件。印第安纳州圣玛丽大学的研究人员提出了一个设计方案,其基础构件是1个有4个量子点的方块。当加进2个电子时,它们便返回到相反的角落。所以这种方块有两种可能的构形:电子或是在它的左上角和右下角,或是在它的右上角和左下角。这正是一个开关所需要的情况——通过邻近方块上电子的运动可以使它迅速地翻转。这样的方块排列起来可以成为量子计算机内部的“电线”,而且能够实现计算所必须具备的所有逻辑功能。迄今为止,他们只设法制出了几对供测试物理现象的量子点。尽管离应用还很遥远,但初步结果是令人鼓舞的。不管哪种技术最终被证明是制造量子芯片的最好技术,都还要面对多年艰苦的研究工作。不过,科学家们仍然预见终究将有一天,数兆的量子点会叠放在原来是硅片的层面。这个前景意味着有可能实现针尖上的超级计算机。可以肯定,21世纪量子化计算机技术将会给我们的世界带来巨大的变化。

总而言之,超导、光子、生物与量子计算是实现高性能计算的新途径,在21世纪内,这些新技术可能导致一场新的计算机技术革命,但是,这些新技术的成熟还有一个过程。而电子计算机仍有强大的生命力。在近半个世纪内,其他计算技术还不大可能完全取代电子计算机。我们不应强调研制纯而又纯的超导、光学、生物和量子计算机,而应发挥各自的长处,在优势互补、系统集成上多下功夫。事实上,各种混合技术,如光电技术、超导-电子混合技术、光学生物混合技术等都取得了较大进展。

可以预见,21世纪的计算机将是电子、超导、分子、光学、生物与量子计算机相互融合、取长补短的“混合型计算机”,它将具有极快的运算速度和惊人的存储容量,它的进展将在经历一段平缓期后获得巨大的技术飞跃甚至定义新的“摩尔定律”。而且,21世纪计算机的存在形式也会更加多种多样,它可能比针尖还小,甚至存在于人的大脑里,全球网络及数字通信也将因此更加发达。