

计算机系统概述

学 习 要 求

- 了解计算机的产生和发展过程。
- 了解计算机发展的四个阶段及各阶段的特点。
- 了解计算机的应用领域及发展趋势。
- 掌握计算机的工作原理。

计算机是 20 世纪的一项伟大发明,它的出现掀起了一场新的工业革命,使人类社会进入了信息时代。计算机能自动、高速、精确地对信息进行存储、传送和加工处理,它的广泛应用推动了人类社会的发展与进步,深刻地影响了人们的生产、生活的各个领域。

计算机(Computer)俗称电脑,是一种用于高速计算的电子计算机器,它既可以进行数值计算,又可以进行逻辑计算,还具有存储记忆功能,是能够按照程序运行,自动、高速处理海量数据的现代化智能电子设备。它由硬件系统和软件系统组成,没有安装任何软件的计算机称为裸机。计算机可分为超级计算机、工业控制计算机、网络计算机、个人计算机和嵌入式计算机 5 类,较先进的计算机有生物计算机、光子计算机、量子计算机等。

计算机科学的成果应用于工程实践所派生的诸多技术性和经验性成果的总和称为计算机技术。

1.1 计算机的产生与发展

1.1.1 计算机的产生

计算机于 1946 年问世。人们普遍认为计算机产生的根本动力是为了创造更多的物质财富,是为了延伸人的大脑,让人的潜力得到更大的发展。正如汽车的发明延伸了人的双腿一样,计算机的发明事实上是对人脑智力的继承和延伸。近十几年来,计算机的应用日益深入社会的各个领域,如管理、办公自动化等。由于计算机日益向智能化方向发展,

于是人们把微型计算机称为“电脑”。

计算机产生的动力是人们想发明一种能进行科学计算的机器,因此称为计算机。它一诞生就成为先进生产力的代表,揭开自工业革命后的又一场新的科学技术革命的序幕。要追溯计算机的发明,可以由中国古时开始说起,古时人类发明算盘去处理一些数据,利用拨弄算珠的方法,人们无须进行心算,通过固定的口诀就可以将答案计算出来。这种被称为“计算与逻辑运算”的运作概念传入西方后,被美国人发扬光大,直到 16 世纪,他们发明了一部可协助处理乘数等较为复杂数学算式的机械,被称为“棋盘计算器”,但这一时期只属于纯计算的阶段,直到 19 世纪才有快速的发展。

第二次世界大战期间,美国政府寻求开发计算机潜在的战略价值,这促进了计算机的研究与发展。1944 年,霍华德·艾肯(1900—1973 年)研制出全电子计算器,为美国海军绘制弹道图。这台简称 Mark I 的机器有半个足球场大,内含 500 英里(mile, 1mile $\approx$ 1.6km)的电线,使用电磁信号来移动机械部件,速度很慢(3~5s 一次计算),并且适应性很差,只能用于专门领域,但是它既可以执行基本算术运算,也可以运算复杂的等式。

1946 年 2 月,标志着现代计算机诞生的 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)在美国费城公之于世。ENIAC 代表了计算机发展史上的里程碑,它通过不同部分之间的重新接线编程,拥有并行计算能力。ENIAC 由美国政府和宾夕法尼亚大学合作开发,使用了 18 000 多个电子管、70 000 多个电阻器,有 500 万个焊接点,耗电约 160kW,其运算速度比 Mark I 快 1000 多倍,ENIAC 是第一台普通用途计算机。

第一台计算机的特点为操作指令是为特定任务而编制的,每种机器有各自不同的机器语言,功能受到限制,速度也慢,使用真空电子管和磁鼓存储数据。虽然它还比不上今天最普通的一台微型计算机,但在当时它已是运算速度的绝对冠军,并且其运算的精确度和准确度也是史无前例的,如图 1-1 所示。

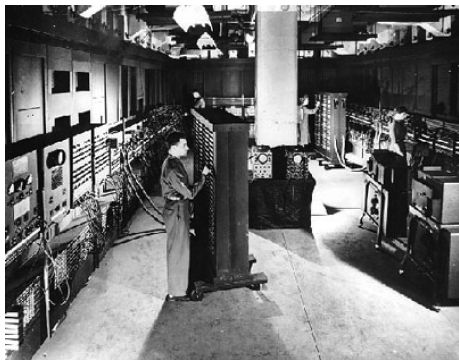


图 1-1 世界上第一台电子计算机 ENIAC

以圆周率(π)计算为例,中国古代科学家祖冲之利用算筹耗费 15 年心血,才把圆周率计算到小数点后 7 位数。1000 多年后,英国人谢克斯以毕生精力计算圆周率,才计算到小数点后 707 位,而使用 ENIAC 进行计算,仅用了 40s 就达到了这个纪录,还发现谢克斯的计算中第 528 位是错误的。

ENIAC 奠定了计算机的发展基础,在计算机发展史上具有划时代的意义,它的问世

标志着计算机时代的到来。ENIAC 诞生后,科学家冯·诺依曼提出了两点重大的改进理论:一是计算机应该以二进制为运算基础;二是计算机应该采用“存储程序”方式工作,并且进一步明确指出了整个计算机的结构应由 5 个部分组成,即运算器、控制器、存储器、输入装置和输出装置,冯·诺依曼这些理论的提出对后来计算机的发展起到了决定性的作用,至今绝大部分的计算机还是采用冯·诺依曼方式工作。

1.1.2 计算机的发展

计算机在短短的 50 多年里经过了电子管、晶体管、集成电路(IC)和超大规模集成电路(VLSI)4 个阶段的发展,计算机的体积越来越小,功能越来越强,价格越来越低,应用越来越广泛,目前正朝着智能化(第五代)计算机方向发展。

1. 第一代计算机

第一代计算机是从第一台计算机 ENIAC 诞生(即 1946 年)至 1958 年。它们体积较大,运算速度较低,存储容量不大,而且价格昂贵。使用也不方便,为了解决一个问题,所编制程序的复杂程度难以表述。这一代计算机主要用于科学计算,主要在重要部门或科学研究部门使用。

2. 第二代计算机

第二代计算机是从 1959 年到 1965 年,它们全部采用晶体管作为电子元器件,其运算速度比第一代计算机的速度提高了近百倍,体积为原来的几十分之一。在软件方面开始使用计算机算法语言。这一代计算机不仅用于科学计算,还用于数据处理和事务处理及工业控制。

3. 第三代计算机

第三代计算机是从 1966 年到 1970 年。这一时期的主要特征是以中、小规模集成电路为电子元器件,并且出现操作系统,计算机的功能越来越强,应用范围越来越广。它们不仅用于科学计算,还用于文字处理、企业管理、自动控制等领域,出现了计算机技术与通信技术相结合的信息管理系统,可用于生产管理、交通管理、情报检索等领域。

4. 第四代计算机

由于集成技术的发展,半导体芯片的集成度更高,每块芯片可容纳数万个乃至数百万个晶体管,并且可以把运算器和控制器都集中在一个芯片上,从而出现了微处理器,可以用微处理器和大规模、超大规模集成电路组装成微型计算机,就是常说的微电脑或 PC。微型计算机体积小,价格便宜,使用方便,功能和运算速度已经达到甚至超过了以往的大型计算机。

另外,利用大规模、超大规模集成电路制造的各种逻辑芯片,已经制成了体积并不很大,但运算速度可达 1 亿次甚至几十亿次的巨型计算机。我国继 1983 年研制成功每秒运算 1 亿次的银河 I 型巨型机以后,又于 1993 年研制成功每秒运算 10 亿次的银河 II 型通用并行巨型计算机。这一时期还产生了新一代的程序设计语言以及数据库管理系统和网络软件等。

随着物理元器件的变化,不仅计算机主机经历了更新换代,它的外部设备也在不断地

变革。比如外存储器由最初的阴极射线显示管发展到磁芯、磁鼓,以后又发展为通用的磁盘,后又出现了体积更小、容量更大、速度更快的光盘存储器等。

第四代计算机是指从 1970 年以后采用大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)为主要电子元器件制成的计算机。例如,Intel 公司的 80386 微处理器,在面积约为 $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ 的单个芯片上可以集成约 32 万个晶体管。

第四代计算机的另一个重要分支是以大规模、超大规模集成电路为基础发展起来的微处理器和微型计算机。

微型计算机大致经历了以下 4 个阶段。

第一阶段是 1971—1973 年,微处理器有 4004、4040、8008。1971 年,Intel 公司研制出 MCS4 微型计算机(CPU 为 4040,4 位机)。后来又推出以 8008 为核心的 MCS-8 型。

第二阶段是 1974—1977 年,微型计算机的发展和改进阶段,微处理器有 8080、8085、M6800、Z80。初期产品有 Intel 公司的 MCS-80 型(CPU 为 8080,8 位机);后期有 TRS-80 型(CPU 为 Z80)和 Apple-II 型(CPU 为 6502),在 20 世纪 80 年代初期曾一度风靡世界。

第三阶段是 1978—1983 年,16 位微型计算机的发展阶段,微处理器有 8086、8088、80186、80286、M68000、Z8000。微型计算机代表产品是 IBM-PC(CPU 为 8086)。本阶段的顶峰产品是 Apple 公司的 Macintosh(1984 年)和 IBM 公司的 PC/AT286(1986 年)微型计算机。

第四阶段便是从 1983 年开始为 32 位微型计算机的发展阶段,微处理器相继推出 80386、80486。386、486 微型计算机是初期产品。1993 年,Intel 公司推出了 Pentium 或称 P5(中文译名为“奔腾”)的微处理器,它具有 64 位的内部数据通道。现在 Pentium III(也有人称为 P7)微处理器已成为主流产品,Pentium IV 在 2000 年 10 月推出。

由此可见,微型计算机的性能主要取决于它的核心器件——微处理器(CPU)的性能。

5. 第五代计算机

第五代计算机是指具有人工智能的新一代计算机,它具有推理、联想、判断、决策、学习等功能。它将把信息采集、存储、处理、通信和人工智能结合在一起,具有形式推理、联想、学习和解释能力。它的系统结构将突破传统的冯·诺依曼机器的概念,实现高度的并行处理。

IBM 曾发表声明称,已经研制出一款能够模拟人脑神经元、突触功能以及其他脑功能的微芯片,从而完成计算功能,这是模拟人脑芯片领域所取得的又一大进展。IBM 表示,这款微芯片擅长完成模式识别和物体分类等繁琐任务,而且功耗还远低于传统硬件。

值得注意的是,它并非想用新的芯片取代原有的计算机芯片。IBM 在其网站上介绍,传统计算机关注语言和分析思考,而神经突触核心能够解决感知和形状识别的问题,它们分别像人类的左脑和右脑一样;而 IBM 接下来想要做的就是让“左脑”和“右脑”连接起来合作,形成一种新的“整体计算智能”。从这个说法上来看,传统的芯片擅长大量符号运算和数字处理,而神经突触核心的优势在于多感官和实时传感器数据处理。比如,Modha 曾经表示,团队正在开发一种头戴设备,能够帮助盲人感知外部环境;而这一次

IBM 称,经过实验测试,这种芯片可以在录像片段中检测人、汽车、卡车和公共汽车,并识别出它们。这其实就是依靠神经突触核心来完成的。

有一点可以肯定,在当今智能社会中,计算机、网络、通信技术会三位一体化。21 世纪的计算机将把人从重复、枯燥的信息处理中解脱出来,从而改变人们的工作、生活和学习方式,给人类和社会拓展了更大的生存空间和发展空间。

过去人们常说计算机的发展经历了电子管、晶体管、集成电路和大规模集成电路 4 个阶段,也把以这些方式构造起来的计算机分别称为第一、二、三、四代计算机,见表 1-1。今天回头再看,这种说法已经没有太大的意义了。制造计算机的器件变化并不是根本性的(虽然其意义不可低估,如在降低成本、减小体积方面),这个变化过程不过是人们寻求合适方式制造计算机的一个短暂的摸索阶段,在大约 20 年的时间里就已经完成了。从那以后,计算机的基本制造工艺再没有大的变化。而在另一方面,计算机发展史中其他的事件则更重要得多,如计算机的小型化和个人计算机的出现、计算机网络的出现和发展、计算机使用形式和出现形式的变化等(这些都是在大规模集成电路的前提下完成的)。

表 1-1 计算机发展四代代表机型

时 期	时 间	典型计算机	描 述
第一代计算机 (电子管)	1946 年	ENIAC	美国宾夕法尼亚大学研制的人类历史上真正意义的第一台电子计算机,占地 170m ² ,耗电 160kW,造价 48 万美元,每秒可执行 5000 次加法或 400 次乘法运算。共使用了 18 000 多个电子管
	1950 年	EDVAC	第一台并行计算机,实现了计算机之父“冯·诺依曼”的两个设想:采用二进制和存储程序
第二代计算机 (晶体管)	1954 年	TRADIC	IBM 公司制造的第一台使用晶体管的计算机,增加了浮点运算,计算能力有了很大提高
	1958 年	IBM 1401	这是第二代计算机中的代表,用户可以租用
第三代计算机 (小规模集成电路)	1964 年	IBM 360 系统	美国 IBM 公司研制成功第一个采用集成电路的通用电子计算机系列
第四代计算机 (大规模和超大规模集成电路)	1970 年	IBM S/370	这是 IBM 的更新换代的重要产品,采用了大规模集成电路代替磁芯存储,小规模集成电路作为逻辑元件,并使用虚拟存储器技术,将硬件和软件分离开来,从而明确了软件的价值
	1975 年 4 月	Altair 8800	由 MITS 制造,带有 1KB 存储器。这是世界上第一台微型计算机
	1977 年 4 月	Apple II	NMOS6500,1MHz CPU,4KB RAM,16KB ROM,这是计算机史上第一个带有彩色图形的个人计算机
	1981 年 8 月	IBM PC	采用了主频为 4.77MHz 的 Intel 8088 CPU,内存 64KB,160KB 软驱,操作系统是 Microsoft 提供的 MS-DOS
	1983 年 1 月	Apple LISA	第一台使用了鼠标的计算机,第一台使用了图形用户界面的计算机

续表

时 期	时 间	典型计算机	描 述
第四代计算机 (大规模和超大 规模集成电路)	1983 年 3 月	IBM PC/XT	采用 Intel 8088,4. 77MHz 的 CPU,256KB RAM 和 40KB ROM,10MB 的硬盘,两部 360KB 软驱
	1984 年 8 月	IBM PC/AT	采用 Intel 80286,6MHz CPU, 512KB 内存,20MB 硬盘和 1. 2MB 软驱
	1986 年 9 月	Compaq Desk top PC	采用 Intel 80386,16MHz CPU,640KB 内存,20MB 硬盘,1. 2MB 软驱,是计算机史上第一台 386 计算机
	1989 年 4 月	Dell 80486	采用 Intel 80486,DX CPU,640KB 内存, 20MB 硬盘,1. 2MB 软驱

今天,人们还一直在研究真正新型的计算机,作为与普通计算机具有根本性差异的另类信息处理工具,人们能够发明出来吗? 将在什么时候出现? 能够具有今天计算机这样的性价比吗? 通用性与专用性能完美统一吗? 能够取代目前流行的这类电子数字计算机吗? 我们正拭目以待。

1.2 计算机的特点

1. 记忆能力强

在计算机中有容量很大的存储装置,它不仅可以长久性地存储大量的文字、图形、图像、声音等信息资料,还可以存储指挥计算机工作的程序。

2. 计算精度高与逻辑判断准确

它能执行人类无能为力的高精度控制或高速操作任务,也具有可靠的判断能力,以实现计算机工作的自动化,从而保证计算机控制的判断可靠、反应迅速、控制灵敏。

3. 处理速度快

它具有神奇的运算速度,其速度可达到每秒亿亿次。例如,为了将圆周率 π 的近似值计算到 707 位,一位数学家曾为此花十几年的时间,而用现代计算机可瞬间完成计算,同时可精确到小数点后 200 万位。

4. 操作自动化

计算机是由内部程序控制和操作的,只要将事先编写好的应用程序输入计算机,它就能自动按照程序规定的步骤完成预定的处理任务。

1.3 计算机的应用领域和发展方向

1.3.1 计算机的应用领域

1. 科学计算(数值计算)

科学计算是指利用计算机来完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。早

期的计算机主要用于科学计算。目前,科学计算仍然是计算机应用的一个重要领域。在现代科学技术工作中,科学计算问题规模很大、很复杂,利用计算机的高速计算、大存储容量和连续运算的能力,可以解决人工无法解决的各种科学计算问题,如高能物理、工程设计、地震预测、气象预报、航天技术等。由于计算机具有较高的运算速度和精度以及较强的逻辑判断能力,计算力学、计算物理、计算化学、生物控制论等新兴学科应运而生。

例如,建筑设计中为了确定构件尺寸,通过弹性力学导出一系列复杂方程,长期以来由于计算方法跟不上而一直无法求解。而计算机不仅能求解这类方程,还引发了弹性力学理论上的突破,出现了有限单元法。

2. 数据处理(信息管理)

数据处理是指对各种数据进行收集、存储、整理、分类、统计、加工、利用、传播等一系列活动的统称。据统计,80%以上的计算机主要用于数据处理,这类数据处理工作量大且面宽,决定了计算机应用的主导方向,是目前计算机应用最广泛的一个领域。利用计算机可以加工、管理与操作任何形式的数据资料,如企业管理、物资管理、报表统计、账目计算、信息情报检索等。近年来,国内许多机构纷纷建立自己的管理信息系统(MIS);生产企业也开始采用制造资源规划软件(MRP),商业流通领域则逐步使用电子信息交换系统(EDI),即无纸贸易。

数据处理从简单到复杂经历了以下3个发展阶段。

(1) 电子数据处理(Electronic Data Processing, EDP),它以文件系统为手段,实现一个部门内的单项管理。

(2) 管理信息系统(Management Information System, MIS),它以数据库技术为工具,实现一个部门的全面管理,以提高工作效率。

(3) 决策支持系统(Decision Support System, DSS),它以数据库、模型库和方法库为基础,帮助管理决策者提高决策水平,改善运营策略的正确性与有效性。

目前,数据处理已广泛地应用于办公自动化、企事业计算机辅助管理与决策、情报检索、图书管理、电影电视动画设计、会计电算化等各行各业。信息正在形成独立的产业,多媒体技术使信息展现在人们面前的不仅是数字和文字,也有声情并茂的声音和图像信息。

3. 辅助技术(计算机辅助设计与制造)

计算机辅助技术包括CAD、CAM和CAI等。

1) 计算机辅助设计

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是设计人员利用计算机系统进行工程或产品设计,以实现最佳设计效果的一种技术。它已广泛地应用于飞机、汽车、机械、电子、建筑和轻工业等领域。利用计算机来帮助设计人员进行工程设计,以提高设计工作的自动化程度,节省人力和物力。目前,此技术已经在电路、机械、土木建筑、服装等设计中得到了广泛的应用。

例如,在计算机的设计过程中,利用CAD技术进行体系结构模拟、逻辑模拟、插件划分、自动布线等,从而大大提高了设计工作的自动化程度。又如,在建筑设计过程中,可以利用CAD技术进行力学计算、结构计算、绘制建筑图纸等,这样不但提高了设计速度,而

且大大提高了设计质量。

2) 计算机辅助制造

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing,CAM)是利用计算机系统进行生产设备的管理、控制和操作的过程,从而提高产品质量,降低生产成本,缩短生产周期,并且大大改善了制造人员的工作条件。

例如,在产品的制造过程中,用计算机控制机器的运行,处理生产过程中所需的数据,控制和处理材料的流动以及对产品进行检测等。使用CAM技术可以提高产品质量,降低生产成本,缩短生产周期,提高生产率和改善劳动条件。

将CAD和CAM技术集成,实现设计生产自动化,这种技术被称为计算机集成制造系统(CIMS),它的实现将真正做到无人化工厂(或车间)。

3) 计算机辅助教学

计算机辅助教学(Computer Aided Instruction,CAI)是利用计算机系统使用课件进行教学,利用计算机帮助教师讲授和帮助学生学习的自动化系统。课件可以用制作工具或高级语言来开发制作,它能引导学生循序渐进地学习,使学生轻松自如地从课件中学到所需要的知识。CAI的主要特色是交互教育、个别指导和因材施教。

4. 过程控制(实时控制)

过程控制是利用计算机及时采集检测数据,按最优值迅速地对控制对象进行自动调节或自动控制。利用计算机对工业生产过程中的某些信号自动进行检测,并把检测到的数据存入计算机,再根据需要对这些数据进行处理,这样的系统称为计算机检测系统。特别是仪器仪表引进计算机技术后所构成的智能化仪器仪表,将工业自动化推向了一个更高的水平。采用计算机进行过程控制,不仅可以大大提高控制的自动化水平,而且可以提高控制的及时性和准确性,从而改善劳动条件、提高产品质量及合格率。因此,计算机过程控制已在机械、冶金、石油、化工、纺织、水电、航天等部门得到广泛的应用。

例如,在汽车工业方面,利用计算机控制机床、控制整个装配流水线,不仅可以实现精度要求高、形状复杂的零件加工自动化,而且可以使整个车间或工厂实现自动化。

5. 人工智能(智能模拟)

人工智能(Artificial Intelligence,AI)是计算机模拟人类的智能活动,如感知、判断、理解、学习、问题求解和图像识别等。现在人工智能的研究已取得不少成果,有些已开始走向实用阶段。例如,能模拟高水平医学专家进行疾病诊疗的专家系统,具有一定思维能力的智能机器人等。

6. 网络应用

计算机技术与现代通信技术的结合构成了计算机网络。计算机网络的建立不仅解决了一个单位、一个地区、一个国家中计算机与计算机之间的通信,各种软硬件资源的共享,也大大促进了国际间文字、图像、视频和声音等各类数据的传输与处理。

1.3.2 计算机的发展方向

未来的计算机将以超大规模集成电路为基础,向多级化、网络化、多媒体与智能化的

方向发展。

1. 多极化

由于计算机应用的不断深入,对巨型机、大型机的需求也稳步增长,巨型机、大型机、小型机、微型机各有自己的应用领域,形成了一种多极化的形势。例如,巨型计算机主要应用于天文、气象、地质、核反应、航天飞机和卫星轨道计算等尖端科学技术领域和国防事业领域,它标志着一个国家计算机技术的发展水平。

目前,运算速度为每秒十亿亿次的巨型计算机已经投入运行,并正在研制更高速的巨型机。微型计算机已进入仪器、仪表、家用电器等小型仪器设备中,同时也作为工业控制过程的“心脏”,使仪器设备实现“智能化”。随着微电子技术的进一步发展,笔记本型、掌上型等微型计算机必将以更优的性价比受到人们的欢迎。

2. 网络化

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、可以互相通信的网络结构。网络化的目的是使网络中的软件、硬件和数据等资源能被网络上的用户共享。目前,大到世界范围的通信网,小到实验室内部的局域网,互联网(Internet)已经连接包括我国在内的 150 多个国家和地区。由于计算机网络实现了多种资源的共享和处理,提高了资源的使用效率,因而深受广大用户的欢迎,得到了越来越广泛的应用。

3. 多媒体

多媒体计算机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,来综合处理多种媒体信息的计算机。这些信息包括文本、视频图像、图形、声音、文字等。多媒体技术使多种信息建立了有机联系,并集成为一个具有人机交互性的系统。多媒体计算机将真正改善人机界面,使计算机朝着人类接收和处理信息的最自然的方向发展。

4. 智能化

计算机人工智能的研究建立在现代科学基础之上。智能化使计算机具有模拟人的感觉和思维过程的能力,使计算机成为智能计算机。这也是目前正在研制的新一代计算机要实现的目标。智能化是计算机发展的一个重要方向,新一代计算机将可以模拟人的感觉行为和思维过程的机理,进行“看”“听”“说”“想”“做”,具有逻辑推理、学习与证明的能力。

智能化的研究包括模式识别、图像识别、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。

1.4 未来的计算机

随着计算机技术的发展,PC 将成为人们工作的助手,生活中的控制中心。计算机的未来充满变数,性能的大幅度提高是毋庸置疑的,实现性能的飞跃途径却有很多。未来的

计算机不仅只是考虑到性能的大幅度提升,更要变得越来越环保,越来越人性化,更加适应未来社会人们生产生活的需求。

基于集成电路的计算机短期内还不会退出历史舞台,但是一些新型的计算机正在不断地出现,如超导计算机、纳米计算机、光子计算机、DNA 计算机和量子计算机等。

1.4.1 超导计算机

芯片的集成度越高,计算机的体积越小,这样才不至于因信号传输而降低整机速度。但是这样就很难避免由于过热而严重影响计算机的运算速度和性能。所以解决的办法就是研制超导计算机。电流在超导体中流过时,电阻为 0,介子不会发热。1962 年,英国物理学家约瑟夫逊提出了“超导隧道效应”,即由超导体-绝缘体-超导体组成的器件(约瑟夫逊器件),当对其两端加电压时,电子就会像通过隧道一样无阻挡地从绝缘介子中穿过,形成微小电流,而该器件两端的电压降几乎为 0。与传统的半导体计算机相比,使用约瑟夫逊器件的超导计算机的耗电量仅为其几千分之一,而执行一条指令所需要的时间却要快 100 倍。

可是,超导现象发现以后,超导研究进展一直不快,因为它可望而不可即。实现超导的温度太低,要制造出这种低温,消耗的电能远远超过超导节省的电能。在 20 世纪 80 年代后期,情况发生了逆转,研究超导热突然席卷全世界。科学家发现了一种陶瓷合金在零下 238℃ 时出现了超导现象。我国物理学家找到一种材料,在零下 141℃ 出现超导现象。目前,科学家还在为此奋斗,试图寻找出一种“高温”超导材料,甚至一种室温超导材料。一旦找到这些材料,人们可以利用它制成超导开关器件和超导存储器,再利用这些器件制成超导计算机。实验表明,有很多这种超导材料,如铝系、铌系等,可以利用溅射技术或蒸发技术在非常薄的绝缘体上形成薄膜,并制成药瑟夫逊器件。这种器件是制作超级计算机不可缺少的组件。它将使计算机的体积大幅度缩小,能耗大大下降,并且计算速度大大提高。将超导数据处理与外存储芯片组装成药瑟夫逊式计算机,能获得高速处理能力,速度相当于大型计算机的 15 倍。

1.4.2 纳米计算机

在纳米尺度下,由于有量子效应,硅微电子芯片便不能工作。其原因就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的电子运动所表现出来的量子效应,可能就能克服上述困难。用各种不同的原理实现纳米级计算,目前已提出了 4 种工作机制:电子式纳米计算技术;基于生物化学物质与 DNA 的纳米计算机;机械式纳米计算机;量子波相干计算机。它们有可能发展成为未来纳米计算机技术的基础。

1.4.3 光子计算机

与传统的硅芯片计算机不同,光子计算机用光束代替电子进行计算和存储,它以不同波长的光代表不同的数据,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。研制光子计算机的设想早在 20 世纪 50 年代后期就已经提出。1986 年,贝尔实验