

设计复杂度大幅增加,正确性验证变得越来越困难。人们开始寻找新的体系结构来适应新的市场和不断变化的应用需要。

从20世纪微处理器的发展来看,几乎每3年处理器的性能就能提高4~5倍,但是计算机中一些其他部件性能的提高速度达不到这个水平。因此,必须不断调整计算机的组成和结构,以弥补不同部件性能的不匹配问题。影响它们之间不匹配的主要因素是处理器与主存之间的接口和处理器与外设之间的接口。

处理器与主存之间的接口是整个计算机最重要的通路,因为它要负责在主存与处理器之间传送指令和数据,如果主存或主存与处理器之间的传送跟不上处理器的要求,就会使处理器处于等待的状态。为此,可加宽数据总线的宽度,在主存和处理器之间设置高速缓冲存储器(Cache)并发展成片内Cache和分级Cache,采用高速总线和分层总线来缓冲和分流数据,从而提高处理器和存储器之间的连接带宽。

处理器和外设之间也存在大量的数据传输要求,可通过各种缓冲机制、加上高速互连总线以及更精致的总线结构来解决它们之间传输速率的不匹配问题。

因此,计算机的设计者们必须不断平衡处理器、主存、I/O设备和互连结构之间的数据吞吐率 and 数据处理的需要,使计算机的性能越来越好。

从21世纪初来看,当前通用微处理器的发展重点将在以下几方面。

① 进一步提高复杂度来提高处理器性能。这种方法沿袭传统的指令级并行方法加速单线程应用,组织更宽的超标量,采用更多的功能部件、多级Cache和激进的数据、控制以及指令轨迹预测,达到使用尽可能多的指令级并行(Instruction-Level Parallelism, ILP)。例如,先进超标量处理器(Advanced Superscalar Processor)、超前瞻处理器(Superspeculative Processor)、多标量处理器(Multiscalar Processor)、数据标量处理器(Datascalar Processor)和踪迹处理器(Trace Processor)等。

② 通过线程/进程级并行性的开发提高处理器的性能,即通过开发线程级并行性(Thread-Level Parallelism, TLP)或进程级并行性(Process-Level Parallelism, PLP)来提高性能,简化硬件设计。例如,多处理器(Multiprocessor)、单芯片处理器CMP(On-chip Multiprocessor)、多线程处理器(Multi-Threaded Processor)以及同时多线程处理器(Simultaneous Multi-Threading Processor)、动态多线程处理器(Dynamic-Multithreaded Processor)和多路径多线程处理器(Threaded Multipath Processor)等。

③ 将存储器集成到处理器芯片内来提高处理器性能。采用ILP、TLP、PLP能大大提高处理器内部指令执行的并行度,而指令和数据的供应是充分发挥这些技术的关键问题。传统上以处理器为中心的设计思想导致处理器把大量的复杂性花在解决访存延迟的问题上。然而处理器和存储器性能的差距仍在以每年50%的速度增大,使得访存速度将成为未来提高处理器性能的主要瓶颈。基于此,PIM(Processor In Memory)技术提出将处理器和存储器集成在同一个芯片上,这样可使访存延时减少5~10倍,存储器带宽可增加50~100倍。大多数情况下,整个应用在运行期间都可放到片上存储器里。将存储器集成到处理器芯片上后,原来用于增加处理器—存储

器带宽的大量存储总线引脚可以被节省下来用于增加 I/O 带宽,这将有利于提高未来大量的网络应用性能,并且能减少对片外存储器的访问,使处理器的功耗大大降低。

④ 发展嵌入式处理器。由于嵌入式应用需求的广泛性,以及大部分应用功能单一、性质确定的特点,决定了嵌入式处理器实现高性能的途径与通用处理器有所不同。目前嵌入式处理器大多是针对专门的应用领域进行专门设计来满足高性能、低成本和低功耗的要求。例如,视频游戏控制需要很高的图形处理能力;手持、掌上、移动和网络 PC 要求具备虚存管理和标准的外围设备;手机和个人移动通信设备要求在具有高性能和数字信号处理能力的同时具有超低功耗;调制解调器、传真机和打印机要求低成本的处理器;机顶盒和 DVD 则要求高度的集成性;数字相机要求既有通用性又有图像处理能力。

目前嵌入式处理器的高性能和低成本技术发展趋势是:体系结构需要在新技术与产品、市场和应用需求之间取得平衡;设计方法趋向于走专用、定制和自动化的道路。

2.1.3 软件技术的兴起和发展

计算机刚刚问世时,还未建立“软件”这一概念,随着计算机的发展及应用范围的扩大,逐渐形成了软件系统。

在早期的计算机中,使用者必须根据机器自身能识别的语言——机器语言(机器指令)按解题要求编写出机器可直接运行的程序。由于机器不同,机器语言也不同,因此人们在不同的机器上编程,就需要熟悉不同机器的机器指令,使用极不方便,写出的程序很难读懂。20 世纪 50 年代后,逐渐形成了符号语言和汇编语言,这种语言虽然可以不用 0/1 代码编程,改善了程序的可读性,但它们仍是面向机器的,即不同的机器各自有不同的汇编语言。为了使这种符号语言转变成机器能识别的语言,人们又创造了汇编程序,用于把汇编语言翻译成机器语言。

为了摆脱对具体机器的依赖,在汇编语言之后又出现了面向问题的高级语言。使用高级语言编程可以不了解机器的结构,高级语言的语句通常是一个或一组英语词汇,词义本身反映出命令的功能,它比较接近人们习惯用的自然语言和数学语言,使程序具有很强的可读性。高级语言的发展经历了几个阶段。第一阶段的代表语言是 1954 年问世的 FORTRAN,它主要面向科学计算和工程计算。第二阶段可视结构化程序设计阶段,其代表是 1968 年问世的 Pascal 语言,它定义了一个真正的标准语言,按严谨的结构化程序编程,具有丰富的数据类型,写出的程序易读懂、易查错。第三阶段是面向对象程序设计阶段,其代表语言是 C++。近年来随着网络技术的不断发展,又出现了更适应网络环境的面向对象的 Java 语言,而且随着 Internet 技术的发展和运用,Java 语言越来越受到人们普遍欢迎。

为了使高级语言描述的算法在机器上执行,同样需要有一个翻译系统,于是产生了编译程序和解释程序,它们能把高级语言翻译成机器语言。

可见,随着各种语言的出现,汇编程序、编译程序、解释程序的产生,逐渐形成了软件系统。

随着计算机应用领域的不断扩大,外部设备的增多,为了使计算机资源让更多用户共享,又

出现了操作系统。操作系统能协调管理计算机中各种软件、硬件及其他信息资源,并能调度用户的作业程序,使多个用户能有效地共用一套计算机系统。操作系统的出现使计算机的使用效率成倍地提高,并且为用户提供了方便的使用手段和令人满意的服务质量。例如,DOS、UNIX 和 Windows 等。

此外,一些服务性程序,如装配程序、调试程序、诊断程序和排错程序等,也逐渐形成。特别是随着计算机在信息处理、情报检索及各种管理系统中应用的发展,要求大量处理某些数据,建立和检索大量的表格。这些数据和表格按一定的规律组织起来,使用户使用更方便,于是出现了数据库。数据库和数据管理软件一起便组成了数据库管理系统。而且随着网络的发展,又产生了网络软件等。

以上所述的各种软件均属于系统软件,而软件发展的另一个主要内容就是应用软件。应用软件种类繁多,它是用户在各自的行业中开发和使用的各种程序。如各种财务软件、办公用的文字处理和排版软件、帮助管理日常业务工作和图文报表的“电子表格”和“数据库”软件、帮助工程设计的 CAD 软件以及各种实用的网络通信软件等。

软件发展有以下几个特点。

(1) 开发周期长

研制一个软件往往因其规模庞大而需较长的开发周期。例如,美国穿梭号宇宙飞船的软件包含 4 000 万行目标代码,倘若一个人一年开发一万行程序,则需集中 4 000 人花一年时间才能完成,而且要做到 4 000 人的默契配合,涉及种种技术问题的协调,如分析方法、设计方法、形式说明方法、版本标准等都得有严格的规范,其难度远远超过自动化程度极高的硬件制造。

(2) 制作成本昂贵

超大规模集成电路技术给硬件制造业带来巨大利益,使硬件的价格不断下降,使一台普通的微型计算机的价格与一台彩色电视机的价格相当,而且还在下降。可是软件的开发完全依赖于人工,致使软件开发成本不断上涨,在美国,软件成本约占计算机系统总成本的 90%,已成为司空见惯的现象。

(3) 检测软件产品质量的特殊性

一种软件在刚开始推出时,主要实现其面向领域所需的核心功能,之后逐步集成大量的附加功能。也就是说,要完善一个软件产品,必须在应用过程中不断加以修改、补充。只有使用了一定时间后,才能对软件产品质量进行确定。

尽管软件技术兴起和发展比硬件晚,而且其发展速度没有硬件快(如微处理器的性能以 Moore 定律所述的几何级数增长),但是仍可以说,如果没有当今的软件技术,计算机系统和应用的发展也不会有今天这样的成就。客观地说,软件的发展不断激励着微处理器和存储器性能的增长。

世界各国当前都十分重视软件人才的培养和软件产业的形成,但实际上它们都很难与当前计算机应用普及的广度和深度相适应。也正因为如此,有些软件开发商瞄准了特定的市场,一旦在性能、质量占到上风时,就会很快积聚财富,成为新的世界级富商。例如,美国微软公司十来年

的发展就超过传统工业(如汽车制造业),同样微软公司的组建者也很快成为现代世界最大富商之一。

在二三十年软件开发的实践中,人们对软件开发也逐渐有了较深刻的认识,逐渐体会到软件不是简单地编写程序,欲开发成一个优良的软件,和开发其他产品一样,必须明确开发要求,然后做可行性分析,确定基本方法,进行需求分析,再深入用户核准需求,取得一致意见后才能进入软件设计阶段。因此,程序只是完成整个软件产品的一个组成部分,软件生存周期的各个阶段都是以文档资料形式存在。正如著名软件工程专家 Boehm 曾经指出:“软件是程序以及开发、使用和维护程序需要的所有文档。”可见软件开发不是某种个体劳动的神秘技巧,它是一个组织良好、管理严密、各类人员协同配合共同完成软件工程的全过程。只有这样才能保证软件工程的顺利完成,并能节省大量开发费用;否则将会陷入事倍功半、长期无法正常运行的困境。

2.2 计算机的应用

自 ENIAC 问世后将近 30 余年的时间里,计算机一直被作为大学和研究机构的娇贵设备。在 20 世纪 70 年代中后期,大规模集成工艺日趋成熟,微芯片上集成的晶体管数一直按每 3 年翻两番的 Moore 定律增长,微处理器的性能也按此几何级数提高,而价格也以同样的几何级数下降,以至于以前需花数百万美元的机器(如 80M FLOPS 的 CRAY)变得价值仅为数千美元(而此类机器的性能可达 200M FLOPS),至于对性能不高的微处理器芯片而言,仅花数美元就可购到。因此,人们终于使计算机走出了实验室而渗透到各个领域,乃至走进普通百姓的家中。当然,除了计算机的价格迅速降低以外,计算机软件技术日趋完善也是计算机获得广泛应用的重要原因。尤其是近年来计算机技术和通信技术相互融合,出现了沟通全球的 Internet,使计算机的应用范围从科学计算、数据处理等传统领域扩展到办公自动化、多媒体、电子商务、虚拟工厂、远程教育等,遍及社会、政治、经济、军事、科技以及个人文化生活和家庭生活的各个角落。

2.2.1 科学计算和数据处理

1. 科学计算

科学计算一直是计算机的重要应用领域之一。其特点是计算量大和数值变化范围大。在天文学、量子化学、空气动力学和核物理学等领域都要依靠计算机进行复杂的运算。例如,人们日常生活难以摆脱的天气预报,要知道第二天的气候变化,采用 1 MIPS 的计算机顷刻间便可获得。倘若想预报一个月乃至一年的气候变化,使各地提前做好防汛、防旱等工作,则 100 MIPS 或更高的计算机才能满足。现代的航空、航天技术,如超音速飞行器的设计、人造卫星和运载火箭轨道的计算,也都离不开高速运算的计算机。

此外,计算机在其他学科和工程设计方面,诸如数学、力学、晶体结构分析、石油勘探、桥梁设

计、建筑、土木工程设计等领域内,都得到了广泛的应用。

2. 数据处理

数据处理也是计算机的重要应用领域之一。早在 20 世纪五六十年代,人们就把大批复杂的事务数据交给了计算机处理,如政府机关公文、报表和档案。大银行、大公司、大企业的财务、人事、物料,包括市场预测、情报检索、经营决策、生产管理等大量的数据信息,都由计算机收集、存储、整理、检索、统计、修改、增删等,并由此获得某种决策数据或趋势,供各级决策指挥者参考。

2.2.2 工业控制和实时控制

通过各种传感器获得的各种物理信号经转换为可测可控的数字信号后,再经计算机运算,根据偏差,驱动执行机构来调整,便可达到控制的目的。这种应用已被广泛用于冶金、机械、纺织、化工、电力、造纸等行业中。

目前的工业控制远比 20 世纪六七十年代先进得多。新型的工业自动控制系统以标准的工业计算机软、硬件平台构成集成系统,取代了传统的封闭式系统,具有更强的适应性,更好的开放性,更易于扩展,更经济、更短的开发周期等显著优点。通常将工控系统分为 3 层:控制层、监控层和管理层。控制层是最下层,它是通过各种传感器来获得各种有效信号的。监控层下连控制层,上连管理层,它不但实现对现场的实时监测与控制,而且常在自动控制系统中完成上传下达,组态开发的重要作用。特别是组态软件的出现,使数据采集、过程控制变得十分简单,它为用户提供良好的开发界面和简捷的使用方法,使用各种软件模块可以非常容易地实现和完成监控层的各种功能。就目前发展趋势而言,工业控制的应用已经向控管一体化方向发展,利用网络技术,通过传感技术和多媒体技术,操作者可以在控制室内通过大屏幕显示,了解各车间、各工位、各部门的生产运行情况,并可直接由控制室发出各种控制命令,指挥全厂正常工作。

在军事上,导弹的发射及飞行轨道的计算控制、先进的防空系统等现代化军事设施,通常也都是由计算机构成的控制系统,其中包括雷达、地面设施、海上装备等。例如,将计算机嵌入导弹的弹头内,利用卫星定位系统,将飞行目标和飞行轨迹事先存储在弹载计算机内,导弹在飞行中对实际飞行轨迹进行不断修正,直接袭击目标,其命中率几乎接近 100%。美国在海湾战争以及后来的军事冲突中,计算机实时控制技术发挥了极为突出的作用。

此外,2003 年和 2005 年我国发射的载人宇宙飞船都属于实时控制的应用范畴。

2.2.3 网络技术的应用

促使计算机网络诞生的最早动机在于实现硬件资源的共享。当时计算机十分昂贵,人们希望能远距离利用计算机,因此在 1954 年第一次实现了将穿孔卡上的数据从电话线发送到远方的计算机来完成运算,这可以说是计算机网络的雏形,可见网络技术的基础是计算机技术与通信技术的结合。

1992年美国提出了“国家信息基础设施计划”,1993年西方七国提出“全球信息基础设施计划”,整个世界随着通信技术和计算机技术的结合,在21世纪到来前,一个崭新的全球性的Internet正在形成,并正以更更新的姿态屹立在世界的顶端。由于全球网络化消除了人们之间因时间、距离和地理界限所形成的障碍,从而使各国人们在技术交流、商品交换、文化传递、感情沟通等方面变得十分迅捷,十分方便。如果再有性能良好的语言翻译机(实际上目前已经有翻译机了),那么原有的隔阂和障碍可能会全部消失。正因如此,Internet的发展规模和速度达到了惊人的程度,人们称之为新 Moore 定律,全球入网量每6个月翻一番。据2007年1月国外网站统计,全世界上网的计算机已超过4.3亿台,上网人数已达11亿。据中国互联网发展状况2007年1月的统计报告,至2006年年底,我国网民人数达1.37亿,比2005年增加2600万,增长率为23.4%,上网计算机达5940万台,比2005年增加990万台,增长率为20%。如果从有Internet开始计算,仅4年的时间网上计算机达5000万台,相比之下,全世界5000万用户拥有电视机却花了13年,拥有收音机经历了38年,拥有电话的时间就更长了。可见网络的发展速度大大超过了电视机、收音机和电话。可以断言,全球网络化不仅改变着商务经济、工业生产、科技发展,还必将影响人们的工作、娱乐和生活,它正在改变着整个世界。

网络应用涉及方方面面,在此仅举几个例子。

1. 电子商务

电子商务的含义是任何一个组织机构可利用Internet来改变他们与客户、供应商、业务伙伴和内部员工的交流,也可以认为是消费者、销售者和结算部门之间利用Internet完成商品采购和支付的过程。例如:某企业可以通过在Internet上的网页向全球发布推出的商品,并向他的各地代理商发出各种指令;当某客户欲购此商品时,他可以通过网上直接与生产企业联络,也可与各地代理商联系,进一步了解该商品的性能,并将其姓名、地址、个人电子账号及送货要求等告诉卖主。企业或经销商通过Internet与银行联络,查询核实该客户的资金状况,并通过协定的支付方式由银行实行电子支付,而商品则由企业经销商直接送到客户手中。这种简捷、可靠的商品销售方式可从根本上改变传统的销售方式。它可以不要传统意义上的店铺,而直接用电子店铺来取代;可以一夜之间将自己的品牌通告全世界;可以实现公平竞争,小企业不必害怕大企业的广告效应,大企业也不必顾虑小企业的快速应变能力,各自都可以通过网上信息进行竞争;可以取消纸币交易的各种弊端,完全实现电子货币交换;可以减少很多中间环节,以最高效率、最省人力、最广泛的市场实现商品的全球交换。目前世界各国都在蓬勃发展电子商务,我国的电子商务也在各种城市陆续展开。

2. 网络教育

传统的老师讲、学生听的课堂授教模式随着全球网络化的发展,将会在“知识爆炸”^①时代逐渐被淘汰或更新。旧教学模式的最大缺点是,作为受知主体的学生在教学过程中自始至终处于

^① 英国技术预测专家詹姆斯·马丁测算结果表明:人类知识到19世纪50年代增加了1倍;20世纪初是每10年增加1倍;20世纪70年代则是每5年增加1倍;近10年大约每3年增加1倍,故称为“知识爆炸”。

受灌输的被动地位,其主动性、积极性难以发挥,学生无法主动探索,主动发现社会上、国际上的信息资源,很难培养具有“信息能力”的劳动者。因此,不利于创新能力的形成和创新型人才的成长。此外,这种模式受场地、空间的限制,投资大,受众有限,不能适应各种学科的终身教育和全面教育。

通过教育网络,学生受教可以不受时间、空间和地域的限制,通过网络伸展到全球的每个角落,建立真正意义上的开放式的虚拟学校,每个学生可以在任意时间、任意地点通过网络自由地学习。不论学生的贫富贵贱都可以“聆听”一流老师的指导,都可以向世界最权威的专家请教,都可以从世界任何角落获取最新的信息和资料。到那时可以说,任何人都享有高等教育和终身教育的可能。这种基于网络的教育模式,不仅美、英、日等发达国家在积极实施,我国在有条件的地区和省市也正在加速启动建设教育网络,实现由传统教育体制、教学模式向全新教育体制、教学模式的转变,实现教育的重大革新,满足 21 世纪人才培养的需求。

3. 敏捷制造

随着全球信息技术的发展,对制造业的制造模式和企业的组成及管理模式也产生了极大影响,新的被称为 21 世纪制造模式的敏捷制造由此而生。敏捷制造由两部分组成:敏捷制造的基础结构和敏捷制造的虚拟企业。前者为形成虚拟企业提供环境和条件,后者对市场不可预期的变化做出迅速响应。

当出现某种市场机遇时,由敏捷制造基础结构所形成的虚拟企业通过网上联络若干个具有核心资格的组织者,他们以各自的资金、技术、厂房、设备等优势,通过国家的法律和彼此的合同,组建成一个虚拟企业。该企业不必有集中的办公场地和固定的组织机构,完全通过网络实现产品的技术设计、制造、网上销售和网上服务,充分发挥各自的优势,以最优化的组合、最低的成本获取最大的利润。这种虚拟企业是在敏捷制造基础结构环境下形成的独立的、实体性的、社会性的团体,同时又是一个动态的联盟,他们可以根据市场的变化和要求,解散原来的虚拟企业,而与新的伙伴组成新的虚拟企业。可见,网络技术的发展对社会原来的固定企业结构形式构成了严峻的挑战。

以上仅就几个方面列举了全球网络化对整个社会经济、文化、教育、工业制造等方面的影响。实际上,由于网络技术的发展,现在已经形成了虚拟图书馆、虚拟医院、虚拟商场、虚拟娱乐场所等。事实上 Internet 早已从对经济的干预发展到对政治的干预。例如,美国前总统克林顿,从他的绯闻到国会弹劾,直至幸免弹劾,都与网民的直接参与分不开。又如非洲尼日利亚总统大选,两名主要的候选人都为选举分别建立了各自的网站。再如在英国戴安娜王妃和英国王室的众多网站上,充满政治性的窃窃私语已司空见惯。可以说全球的网络化必将进一步改变整个世界。

2.2.4 虚拟现实

虚拟现实是利用计算机生成的一种模拟环境,通过多种传感设备使用户“投入”到该环境中,达到用户与环境直接进行交互的目的。这种模拟环境是用计算机构成的具有表面色彩的立

体图形,它可以是某一特定现实世界的真实写照,也可以是纯粹构想出来的世界。这类技术虽然早在 20 世纪 60 年代初就开始研究,但只有在计算机技术迅速发展的今天,各种传感设备以及计算机价格的不断降低,软件系统的日趋完善,如实时三维图形生成及显示、三维声音定位与合成、环境建模等技术的发展,才有可能使虚拟现实技术获得迅速发展和广泛应用。虚拟现实在军事、教育、航天、航空、娱乐、生活中的应用不仅会改变人们的思维方式和生活方式,还必将导致一场重大的技术革命。

下面列举两个例子以示虚拟现实的巨大魅力。

虚拟演播室近年来已成为影视制作的热点,它综合运用现代计算机图形和图像处理、计算机视觉和现代影视技术,将摄像机拍摄的图像实时地与计算机三维虚拟背景或另一地点实拍的背景,按统一的三维透视成像关系进行合成,从而形成一种新的影视节目,其效果是传统影视制作无可比拟的。在虚拟演播室里,演员可以在没有任何道具的舞台上演戏,然后根据剧情需要用计算机制作的画面进行合成。不仅如此,演员也可以是虚拟的,可以根据事先拍好的演员镜头,利用演技数据,用计算机图形学技术制作演员的特定动作,这对于一些特技的制作格外重要。这种在虚拟演播室制作的影视剧大大降低了制作成本,缩短了制作时间,并且可以制作更有魅力的艺术作品。

飞行员与汽车驾驶员的仿真训练系统也都广泛应用了虚拟现实技术。在飞行仿真训练系统中,要形成真实的飞行环境和飞行员的真实感觉。例如,在环境图像生成中,以 50 Hz 的频率生成彩色图像,而且具有纹理,还有亮点、透明、天气效果(如雾、雨、雪、晴、云等)、非线性图像映射、碰撞检测、高山地形、细节模拟等。飞机着陆时跑道灯应按飞机着陆角度不同而变换颜色,并能确认飞机与跑道上其他飞机甚至建筑物的相互距离。又如在虚拟现实仿真中,飞行员必须体验到真实飞行的感觉,犹如在一个真实飞机的机舱里,每个仪表都必须像在真实环境下工作,油表指示必须反映虚拟引擎对油的使用率,并且还必须精确地反映动力和温度。在飞机接触跑道时,还必须有真实的冲击感和震动感。显然对于价值数千万美元的飞机来说,让飞行员在仿真训练系统中训练,既不会危及人的生命安全,又不会损坏飞机,也不会造成公害,而且大大降低了训练成本,所以各类仿真模拟训练器都已被广泛应用。

2.2.5 办公自动化和管理信息系统

顾名思义,办公自动化是利用计算机及自动化的办公设备来替代“笔、墨、纸、砚”及办公人员的部分脑力、体力劳动,从而提高了办公的质量和效率。例如,利用计算机来起草文件;利用计算机来安排日常的各类公务活动,包括会议、会客、外出购票;利用计算机来收集各类信息,将各类信息以电子数字形式存于数据库内,并可随时进行查询、检索及修改。一个完整的办公自动化系统将包括文秘、财务、人事、资料、后勤等各项管理工作。近年来由于 Internet 的应用,将计算机、自动化办公设备与通信技术相结合,使办公自动化向更高层次发展。例如,电子邮件的收发、远距离会议或电视会议、高密度的电子文件、多媒体的信息处理等将会获得普遍应用。

与办公自动化相应的信息管理系统是企业管理信息系统。由于信息技术的飞速发展造就了一个统一的全球市场,导致世界范围市场的激烈竞争。占领并主宰市场的关键在于如何不断开发独占性的产品,不断降低成本,以质优价廉的产品投入市场。实现这个目标离不开信息管理,通过信息的获取、分析,开发独占性产品;通过优化的信息管理,实现质优价廉产品的生产。目前世界各国的企业都充分利用信息技术与现代化管理相结合来产生最优化的生产模式、管理模式、设计技术和制造技术。

在企业建立一个管理信息系统,对内完成 Intranet 的建立,对外实现与 Internet 相连。通过外部可以迅速了解市场需求和展开全球销售活动,对内可以实现物资采购、生产调度、能耗控制、质量监控等,以最少的库存、最低的能源消耗、最快的生产周期、最佳的售后服务来提高企业的竞争力,并合理地组织各类人才,做出科学的决策,实现企业利润的最大化。

2.2.6 CAD/CAM/CIMS

20 世纪 70 年代中期,在现代工业生产领域中,已经开始利用计算机来参与产品辅助设计、产品辅助工艺设计、产品模拟样机、产品辅助制造,直至产品制造系统。到了 20 世纪 80 年代,这类计算机辅助技术(统称为 CAX)有了更高速的发展,目前可以说在机械、电子、航空、船舶、汽车、纺织、服装、化工、建筑等各行各业中,CAX 获得了极其广泛的应用,不仅提高了产品设计生产自动化的程度,而且给传统性的生产发展带来了革命性的变化。

1. CAD

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)按设计任务书的要求,可进行各种设计方案比较,确定产品结构、外形尺寸、材料选择、模拟组装;再对模拟整机进行各种性能测试,包括强度分析、振动分析、运动状态分析等;并任意修正,从性能的先进性、经济的合理性、加工的可行性等方面进行论证,获得最终的设计产品;然后将其分解为零件、分装部件,并给出零件图、分部装配图、总体装配图等。上述全部工作都可以由计算机来完成,大大降低了产品设计的成本,缩短了产品设计的周期,最大限度地降低了产品设计的风险。因此 CAD 技术已被各制造业广泛应用。目前,随着计算机软、硬件技术的发展,已经可以利用计算机实现产品创意设计,设计者可以提出一个朦胧的思想,在计算机上进行概念设计,并进行不断修改与完善,最后确定一种新颖的产品。

2. CAM

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)是以数控机床为主体,利用存有全部加工资料的数据库(如刀具、夹具和各种零件的加工程序,以及在加工过程中的自动换刀及加工数据的控制),实现对产品加工的自动化。目前人们已经将数控、物料流控制及存储、机器人、柔性制造、生产过程仿真等计算机相关控制技术统称为计算机辅助制造。

利用计算机参与人脑的辅助工作非常普遍,而且还在不断开拓新的领域,如计算机辅助工艺规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)、计算机辅助工程(Computer Aided Engineering,

CAE)及计算机辅助教学(Computer Assisted Instruction, CAI)等都得到越来越广泛的应用。

3. CIMS

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)是利用信息技术和现代管理技术改造传统制造业、加强新兴制造业、提高企业市场竞争能力的一种生产模式。具体而言,以企业选定的产品为龙头,在产品设计过程、管理决策过程、加工制造过程、产品质量管理和控制等过程中,采用各种计算机辅助技术和先进的科学管理方法,在计算机网络和数据库的支持下,实现信息集成,进而优化企业运行,达到产品上市快、质量好、成本低、服务好的目的,以此提高产品的市场占有率和企业的市场竞争能力。显然,要形成计算机集成制造系统的企业,必须广泛地采用 CAD/CAE/CAPP/CAM,并且已经建立了企业的管理信息系统(Management Information System, MIS),只有通过生产、经营各个环节的信息集成,支持技术集成,并由技术集成进入技术、经营管理和人员组织的集成,最终达到物流、信息流、资金流的集成并优化运行,才能提高企业的市场竞争能力和应变能力。

2.2.7 多媒体技术

多媒体技术是计算机技术和视频、音频及通信等技术相结合的产物。它是用来实现人和计算机交互地对各种媒体(如文字、图形、影像、音频、视频、动画等)进行采集、传输、转换、编辑、存储、管理,并由计算机综合处理为文字、图形、动画、音响、影像等视听信息而有机合成的新媒体。因此它可以将原来仅能体现或保存一种媒体的设备或手段转换为由计算机集成。例如,传统的音响设备只能录音、放音;档案库只能存档文件;图书馆只能收藏书籍;电视只能提供音频和视频信息;电话只能传递语音等。而今用多媒体技术可以使声、图、文合成后全部集成到计算机中。同时,利用计算机还可以制作、创造新的媒体信息,如合成音乐、电子动画等。它不但使社会显得格外绚丽多彩,生活显得格外富有幻想,而且会对政治、经济、军事、工业、环境等都产生巨大的影响,例如,飞行仿真训练系统、虚拟演播室等都离不开多媒体技术。它的深远意义还会影响未来计算机人工智能技术的发展。因此,有关多媒体技术的研究和应用也是当前计算机技术的热点之一。

2.2.8 人工智能

人工智能是专门研究如何使计算机来模拟人的智能的技术。尽管经过了近半个世纪的努力,被人们称为“电脑”的计算机与人脑相比,仍无法相提并论。例如,集成度达1亿个晶体管的处理器芯片仍然无法与人类的 $10^{11} \sim 10^{12}$ 个神经元相比,因为每个神经元远不是一个晶体管,很可能相当于一台高速运行的处理器。可见“电脑”要真正模拟人脑,特别是要使“电脑”具有人的经验知识以及通过联想、比拟、推断来做出决策的功能,至少从目前来看还有相当距离。

尽管如此,人们还是想尽一切办法,赋予“电脑”一部分人脑的智力,并且还在不断扩大和增

强这种智力。近年来在模式识别、语音识别、专家系统和机器人制作方面都取得了很大的成就。

模式识别是指对某些感兴趣的客体进行定量的或结构的描述,研究一种自动生成技术,由计算机自动地把待识别的模式分配到各自的模式类中。由此技术派生的图像处理技术和图像识别技术已被广泛应用。例如,对人体细胞显微图像分析,可确定内脏是否发生病变;对动、植物细胞显微图像分析,可确定环境是否被污染;对地表植物经遥感图像分析,可判断作物的长势等;还包括公安系统的指纹分辨及身份、证件、凭证鉴别等。

文字/语音识别、语言翻译是人工智能的又一重要应用领域。自计算机问世后,人们就企图让计算机来承担文字、语言的翻译工作,实际上让计算机正确认识文字和语音,正确理解自然语言,实现正确的语言翻译还是十分困难的。虽然经过几十年的努力,目前已有了很大的进展,如手写体的计算机输入系统已被广泛使用,语音录入计算机的软件也开始在市场上问世,当然它的正确识辨率还有待进一步提高。此外,在自然语言理解的基础上研制成的文字/语言翻译机也在陆续问世,但离人们的实用要求还有一定距离,不过这些技术的突破是指日可待的,使计算机会听、会看、会说的时代已经不是很遥远了。

专家系统是人工智能的另一重要应用领域。它是利用计算机构成存储量极大的知识库,把各类专家丰富的知识和经验,以数据形式存储于知识库内,通过专用软件,根据用户输入查询的要求,向用户做出所要求的解答。这种系统早已被广泛应用在医学、工程、军事、法律等领域,尤其是 Internet 的出现,更可以构成远程虚拟医疗、虚拟课堂、虚拟考试等。

机器人的出现也是人工智能领域的一项重要应用。通常人们让机器人做一些重复性的劳动,特别是在一些不适宜人们工作的劳动场所,机器人的应用显得格外重要。例如,海底探测,人在海底的时间是非常有限的,如果让机器人进行海底探测就方便多了。可以让机器人配上摄像机,构成它的眼睛;配上双声道的声音接收器,变成它的耳朵;再配上合适的机械装置,使它可以活动、触摸、承受各种信息并直接送到计算机进行处理,这样它就可以模仿人完成海底探测。现在还有一些更高级的“智能机器人”,具有一定的感知和识别能力,还能简单地说话和回答问题。总之,随着科学技术的不断发展,更高级的机器人将会不断出现。

2.3 计算机的展望

从 1946 年 ENIAC 问世至今,70 多年来计算机技术的进步推动了计算机的发展和广泛的应用,使计算机在人类的全部活动领域里占有极为重要的地位。从超级巨型机到心脏起搏器,从电话网络到汽车的汽化器无处不在,无所不及,几乎能填补甚至取代各类信息处理器,成为人类最得力的助手。

世界上不少科学家预言,到了 2046 年人类社会几乎所有的知识和信息将全部融入于计算机空间,而任何人在任何地方任何时间都可以通过网络,对所有的知识和信息进行在线获取。这个预测是大家所希望的,也是必定会实现的。计算机空间将会为崭新的信息方式、娱乐方式和教育

方式提供基础,并会提供新层次的个人服务和健康保健,最大的受益将是人们可以在远距离与他人进行全感知的交流。这种计算机应该具有类似人脑的一些超级智能,具有类似人脑的自组织、自适应、自联想、自修复的能力。人脑的这种功能要求信息处理的计算机速度至少达每秒 10^{15} , 存储容量至少为 10^{13} 字节,当然还需要相应的软件支持。倘若计算机的计算速度和存储容量达不到这个指标,那么所谓超级智能计算机只能是一种幻想。因此,尽管 20 世纪七八十年代,人工智能的研究曾一度出现高潮,特别是日本投入了大量的资金,做了很大的努力,但超级智能计算机的实现远比想像的要艰难得多。

显然,欲实现上述目标,首当其冲的应该是努力提高处理器的主频。硅芯片微处理器主频与其集成度紧密相关,但是实现起来并非易事。其一,硅芯片的集成度又受其物理极限的制约,集成度不可能无止境地提高,当集成电路的线宽达到仅为单个分子大小的物理极限时,意味着硅芯片的集成度已到了穷途末路的境地。其二,由于硅芯片集成度提高时,其制作成本也在不断提高,即在微电子工艺发展中还遵循另一规律:“每代芯片的成本大约为前一代芯片成本的两倍”。一般来说,建造一个生产 $0.25\text{ }\mu\text{m}$ 工艺芯片的车间大约需 20~25 亿美元,而使用 $0.18\text{ }\mu\text{m}$ 工艺时,费用将跃升到 30~40 亿美元。按几何级数递增的制作成本情况发展,数年内该费用将达 100 亿美元,致使企业无法承受。其三,正如前述,随着集成度的提高,微处理器内部的功耗、散热、线延迟等一系列问题将难以解决。因此 Intel 公司工程师保罗·帕肯在近年来发表了骇人听闻的预测,认为硅芯片技术 10 年后将走到尽头并非偶然。

尽管如此,人类对美好愿望的追求是无止境的,决不会因硅芯片的终结而放弃超级智能计算机的研制。

那么究竟谁能接过传统硅芯片发展的接力棒呢?多年来,科学家们把眼光都凝聚在光计算机、生物计算机和量子计算机上,而量子计算机被寄托了极大的希望。

光计算机利用光子取代电子进行运算和存储,用不同波长的光代表不同数据,可快速完成复杂计算。然而要想制造光计算机,需开发出可用一条光束控制另一条光束变化的光学晶体管。现有的光学晶体管庞大而笨拙,用其制造台式计算机将有一辆汽车那么大。因此,光计算机短期内难以进入实用阶段。

DNA(脱氧核糖核酸)生物计算机是美国南加州大学阿德拉曼博士 1994 年提出的奇思妙想,它通过控制 DNA 分子间的生化反应完成运算。但目前流行的 DNA 计算技术必须将 DNA 溶于试管液体中。这种计算机由一堆装有有机液体的试管组成,虽然看起来很神奇,但很笨拙。这一问题得不到解决,DNA 计算机在可预见的未来将难以取代硅芯片计算机。

与前两者相比,量子计算机的前景尤为光明。量子这种常人难以理解的特性,使得具有 5 000 个量子位的量子计算机能在约 30 s 内解决传统硅芯片超级计算机要在 100 亿年才能解决的大数因子分解问题。

量子计算机是利用原子所具有的量子特性进行信息处理的一种全新概念的计算机。原子会旋转,而且不是向上就是向下,正好与数位科技的“0”与“1”完全吻合。既然原子可以同时向上并向下旋转,如果把一群原子聚在一起,它们不会像现在的计算机进行线性运算,而是可以同时

进行所有可能的运算。只要有40个原子一起计算,就可达到相当于现在一部超级计算机的同等性能。专家们认为,如果有一个包含全球电话号码的资料库,找出一个特定的电话号码,一部量子计算机只要27 min,而同样的工作交付给10台IBM“深蓝”超级计算机同时运作,也至少需要几个月的时间才能完成。量子计算机以处于量子状态的原子作为中央处理器和内存,其运算能力比目前的硅芯片为电路基础的传统计算机要快几亿倍。

当利用高速运行的量子计算机后,再结合现代计算机采用高并行度的体系结构,通过大量高速处理器的高宽带局域网的连接,使它具有类似人脑的高并行性的本质。预计人类级的智能所需的硬件可能在21世纪的前1/4的时间内实现,与20世纪70年代只够得上“昆虫级”智能的计算机硬件能力相比,显然人们对超级智能计算机的研制更充满信心。

超级智能计算机不仅需要硬件支撑,而且还必须有软件支持。模拟大脑功能创建超级智能计算机,除了通过足够的硬件能力和适应计算机学习的软件外,还需有足够的初始体系结构和丰富的感官输入流。当前的技术对后者已经很容易满足,如采用视觉照相机、扬声器和各类触觉传感器,能保证特定的实时世界信息流入计算机。而前者则更难实现,因为大脑并非一开始就是一片空白。它有一个遗传可编码的初始结构,存在着神经皮层可塑性、大脑皮层的相似性及进化的论点。这些问题的解决必须随着神经科学的进一步发展,在对人脑的神经结构和它的学习算法了解得足够多的前提下,在具有很强计算能力的计算机上实现复制。科学家估计大约在今后10多年内,采用当前的设备支持输入输出渠道,对人脑继续研究,发现新的计算机学习方法和对新神经科学的深入研究,超级智能计算机的出现是势不可挡的必然趋势,只是时间问题。

21世纪除了人们继续追求超级智能计算机的问世外,更引起人们注目的是价格低廉、使用方便、体积更小、外形多变、具有人性化的计算机的研究和应用。

虽然计算机强大的功能使它能处理相当多的事务,但至今还存在不尽如人意的缺点。因此,普及面仍未达到应有的程度。其原因主要在于对绝大多数人而言,还不能非常方便地对它进行操作,而且很难适应各种场合的需要。因此,除了继续提高芯片主频外,在输入输出方式上应有更多的性能突破。输入输出方式将更多样化和更人性化。除了手写分辨率和速度进一步提高外,语音输入输出将随时可见,包括汽车、家电、电话、电视、玩具、手表等。而且还可用手势、表情、眼睛瞳孔的位置,甚至利用人体的气味、体温来控制输入。三维图像输出将能实时地合成真实的视频图像,包括完整的戏剧电影,还允许计算机合成的图像和人面对面交谈。平面液晶显示器将可以像眼镜一般戴在脸上,构成可移动的计算机。

计算机的外形及尺寸大小将随着不同的对象和环境而变化,甚至朝着个人化量体定做的方向发展。特别是嵌入式的计算机,可以遍及汽车、房间、车站、机场及各种建筑场,使用者利用随身携带的信息操作器具,无须做任何连接方式,利用红外线传输方式,随时从公共场所服务器主机上接收所需的信息,包括个人的电子邮件等。尤其是个人身上穿戴的计算机连同身上网络,可以随时随地照顾用户健康、安全,并帮助用户在复杂的物理空间环境中工作,如汽车、飞机驾驶等。

在普及型的计算机发展同时,大型系统也将获得巨大发展,将来由低价、通用的多处理机组

成的群机系统来替代单一的大型系统。在这个群机系统中,每个计算机通过快速的系统级网络(SAN)和其他计算机通信。群机系统可以扩展到上千个结点,对于数据库和即时事务处理(OLTP)的应用,群机能像单机一样运转。群机能开发隐含在处理并行多用户中或在处理包含在多个存储设备的大型查询中的并行性。一个具有几十个结点的 PC 群机系统,每天可执行 10 亿多次事务处理,比目前最大的大型机吞吐量还大。科学计算将在高度专用、类似 CRAY 的多向量结构的计算机上运行。

前面提到的网络带宽问题,到 2046 年,每光波长携带几个 GB 的光纤将会很普遍地进入广大家庭用户中,那时带宽将不再是问题。它们将为电话、可视电话、电视、网络访问、安全监控、家庭能源管理以及其他各种设备服务。

虽然不能对未来的计算机预知得那么清晰、那么准确,但是,仅就上述的描述,也就可以想象几十年后,计算机给人类带来的绚丽多彩的生活和人类社会的美好憧憬绝不是幻想。

思考题与习题

- 2.1 通常,计算机的更新换代以什么为依据?
- 2.2 举例说明专用计算机和通用计算机的区别。
- 2.3 什么是摩尔定律?该定律是否永远生效?为什么?
- 2.4 举 3 个实例,说明网络技术的应用。
- 2.5 举例说明人工智能方面的应用有哪些。
- 2.6 举例说明哪些计算机的应用需采用多媒体技术。
- 2.7 设想一下计算机的未来。

第 2 篇 计算机系统的硬件结构

计算机硬件系统由中央处理器、存储器、I/O 系统以及连接它们的系统总线组成。本篇介绍系统总线、存储器和 I/O 系统三部分,中央处理器将在第 3 篇单独讲述。