

计算思维和计算机发展

学习目标

- 了解计算思维的概念和内涵。
- 了解计算思维的应用。
- 了解计算机的产生和发展过程。
- 了解计算机的分类和特点。
- 了解计算机专业领域的主要人物。

随着计算机技术不断发展,计算机已经越来越多地融入我们的日常生活。现在,无论是生活中购物、乘车、缴费还是工作中做表格、画图纸,都可通过电脑或者手机完成。可以说,计算机已经成为人类社会的重要基础设施,计算机技术的发展水平也成为衡量一个国家综合国力的重要指标。

计算机是可以进行数值计算、逻辑计算且具备存储记忆功能的一种高速计算设备。通过编写计算机程序,人们可以使用计算机自动、高速地进行数据处理工作。在 21 世纪的今天,掌握如何使用计算机是每个人必备的技能。

1.1 计算思维

在人类的不断探索中,计算机变得越来越强大,我们不断惊讶于它的发展速度和智慧,是什么让计算机具有这样神奇的能力呢?归根结底,计算机做的每件事都是人参与设计的,现在的计算机虽然看起来具备了智能,但没有人类的指挥,它们什么也做不了。计算机具备的智能,其实是人类的思维,推动人类科技发展的主要是科学思维。

1.1.1 科学思维

我们从小就学习各种知识,事实上,无论学习哪个学科,都是在对我们进行思维的训练。不同的学科进行思维训练的方式和内容都不相同,思维也包括多种类型,其中科学思维不仅是一切科学研究和技术发展的起点,而且始终贯穿科学研究和技术发展的全过程,是创新的灵魂。

科学思维是指理性认识的过程,即通过感性阶段获得大量材料,通过整理和改造,形成概念、

判断和推理,以反映事物的本质规律。在科学认识活动中,科学思维必须遵守三个基本原则:一是在逻辑上要求严密的逻辑性,达到归纳和演绎的统一;二是在方法上要求辩证地分析和综合两种思维方法;三是在体系上实现逻辑与历史的一致,达到理论与实践的具体的历史的统一。科学思维主要分为理论思维、实验思维和计算思维(computational thinking)三大类。

1. 理论思维

理论思维是指以科学的原理和概念为基础来解决问题的思维活动。正如数学一样,定义是理论思维的灵魂,定理和证明则是它的精髓。公理化方法是最重要的理论思维方法,科学界一般认为公理化方法是推动世界科学技术革命的源头。以理论为基础的学科主要是指数学,数学是所有学科的基础。理论思维包括逻辑思维、虚拟思维、辩证思维三个基本层次。

逻辑思维是主体认识客体,获得认识的基本思维方式。获得认识的途径应是:是什么(what)、为什么(why)、怎么做(how)、谁来做(who)这样程式,达成求真务实。它在理论思维中位于基础层次。虚拟思维是人对现实的观念超越现实的思维形式,广泛存在于宗教神话、文化艺术等领域的活动中,想象是虚拟思维的基本要素。辩证思维是理论思维的核心层次,其本质要素是辩证矛盾,体现在主体与客体、主观与客观、连续与间断、全面与片面、系统与非系统等关系中。

2. 实验思维

与理论思维不同,实验思维往往需要借助某些特定的设备(科学工具),并使用它们来获取数据以供分析。意大利著名的物理学家、天文学家和数学家伽利略,他开创了以实验为基础、具有严密逻辑理论体系的近代科学,被人们誉为“近代科学之父”。爱因斯坦为之评论说:“伽利略的发现以及他所用的科学推理方法,是人类思想史上最伟大的成就之一,而且标志着物理学的真正开端。”以实验为基础的学科以物理为代表。

3. 计算思维

2006年,美国卡内基·梅隆大学华裔教授周以真(Jeannette M. Wing)教授在美国计算机权威期刊 *Communications of the ACM* 上提出了计算思维的概念,并给出定义:计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。

计算思维是把一个看起来复杂的问题通过对问题分析后进行分解、联想的方法。计算思维以计算机科学为代表。

1.1.2 理解计算思维

1. 从计算到计算思维

你理解的计算是什么呢?可能很多人认为计算就是我们看到的一个个算式,如“ $1+2=3$ ”是简单的算式,当然 $y=x^2+2x+1$ 也是用于计算的算式,或者这个算式还可以更复杂一些,但这些都属于一种计算,即数值计算。事实上,我们还学过集合运算,如 $C=A\cap B$,表示 C 是两个集合 A 和 B 相交的部分,显然,在这个集合运算中并没有具体的数值,而是用代表集合的字母进行运算。再如,代数中还有逻辑运算,如 $C=1\wedge 0$,这里的 \wedge 表示“与运算”,这个运算里虽然有数值 0 和 1 ,但意义和数值运算中的 0 和 1 完全不同,这里的“ 1 ”代表的是逻辑值“真”,“ 0 ”代表的是逻辑

值“假”，符号“ \wedge ”表示逻辑运算中的“与”运算。可以看出，无论数值计算、集合运算还是逻辑运算，都可以是用特定的符号代表一定的含义，如“+”“ \cap ”和“ \wedge ”都是运算符，它代表了某种运算规则。如果把计算对象用特定的数值或符号串表示，计算的实质就是将已知的特定的符号串，按照给定的规则，最终得到一个满足预定条件的结果的过程。

从上面的例子可以看出，很多非数值的、看似复杂的问题都是可以计算的，这就意味着，我们的工作和生活中的很多问题其实都可以用特定的方式来描述，只要我们用特定的语言把具体的问题表示出来，并按照规则给出具体的处理过程，就可以用计算化的方法来求解这个问题，这就是计算的普适性，而用计算的方式解决问题的思想就是计算思维。

2. 计算思维的内涵

计算机所做的一切工作来源于计算机程序，而掌握计算思维是学会编写程序的重要前提。众所周知，计算机会忠实地接受指令，即使指令本身是错误的，计算机也会照做不误，因此如果不向计算机提供准确而详细的说明，那么计算机将无所适从，甚至得到非常糟糕的结果。

周以真提出，抽象(abstraction)和自动化(automation)是计算思维的本质，也是计算思维的两大核心特征。谷歌(Google)在其计算思维课程中提出，计算思维是一种解决问题的思维过程，该过程分为四个基本要素：

- (1) 分解：将复杂的问题分解为更小、更易于管理的部分。
- (2) 模式识别：观察问题的模式、趋势和规律，建立数学模型。
- (3) 抽象：关注问题的重要信息，忽略非本质的细节。
- (4) 算法设计：建立解决问题的流程或规则，同时能解决其他类似问题。

在解决问题的过程中，抽象是方法和手段，贯穿整个过程的每个环节。自动化是最终目标，让计算机去做计算的工作，将人脑解放出来。我们来举个例子：

假设现在一家公司需要举办年会，应该怎么做？这个问题就应用到了计算思维：

(1) 问题分解——首先分析年会的举办流程，包括确定邀请哪些人参加、要在哪儿举办、要举行哪些活动以及活动需要哪些道具和奖品。然后可以把这些工作分工给相应的小组，每个小组可以再进一步细化给某个人，如在活动举办方面，小王负责活动策划，小张去联系活动场地，小李去采购物品，这样既提高了效率，又使一个复杂的任务变得简单。

(2) 模式识别——每组明确要做的事以后，要把这些问题具体地描述出来，如具体要请哪些嘉宾、活动如何策划、设置哪些奖品等，针对这些问题，将相关的内容表示为数据模型。

(3) 问题抽象化——对于具体的某项工作，要思考解决这个问题的主要方面，忽略一些不是很重要的细节，如在统计嘉宾名单时，需要关注嘉宾的姓名、性别、单位、职位、联系方式等主要信息，对于其他诸如身高、体重、家庭住址等次要信息可以暂时忽略，以提高工作效率。

(4) 算法开发和执行——列出解决整个问题的具体做法并予以实施，如接待嘉宾包括联系嘉宾、安排嘉宾行程、住宿和会议座位等细节，活动策划方案包括开场白、领导致辞、演出节目和闭幕词等流程，这些都必须妥善安排，按预先设计执行方案，才能保证整个会议正常进行。

到此为止，公司年会的举办问题就应用计算思维解决了。

我们的日常生活中还有很多应用计算思维的例子，例如，当你出去旅行时，你会把一些可能用到的生活用品放进旅行箱以备不时之需，这就是“预置和缓存”；当回家的时候发现自己身上丢

了东西,你会沿着走过的路去寻找,这就是“回推”;在对自己租房还是买房做出决策时,这就是“在线算法”;在超市买东西排队时,决定排在哪个队伍后面,这就是“多服务器系统”的性能模型;很多企业在遭遇停电时会使用自己的备用发电机,这就是“失败无关性”和“设计冗余性”。可见,计算思维和人们的工作与生活密切相关,计算思维应当成为人类不可或缺的一种生存能力。

在不同层面和视角下,人们对计算思维有不同的认知,归纳起来包括以下三点:

(1) 计算思维强调用抽象和分解来处理庞大复杂的任务或者设计巨大的系统。计算思维要求人们学会对问题进行抽象化,并采用分解的方式处理复杂的问题。抽象是指面对纷繁复杂的数据,要学会提取主要的特征而忽略非本质的细节。例如,中国地图的绘制就是抽象的范例,在中国地图中我们只能看到我国主要的山川、河流、铁路等,不可能在地图中包含居住的楼房、门口的街道,这就是抽象的结果。计算思维还特别注重对问题的分解,在面对一个复杂的问题时,要学会把问题通过分解来实现简单化、模块化,这样就使问题的解决变得简单和容易操作。

(2) 计算思维是通过冗余、纠错的方式,在最坏情况下进行预防、保护和恢复的一种思维。计算思维要求我们在解决问题时要全面地思考问题,注意问题可能出现的各种情况。例如,为了防止数据丢失,必须定期进行数据备份,这是冗余;为了保证数据传输的正确性,计算机要进行数据校验,这是纠错。

(3) 计算思维是利用启发式推理来寻求解答。计算思维就是在不确定情况下的规划、学习和调度。计算思维是利用海量的数据来加快计算。计算思维就是在时间和空间之间、在处理能力和存储容量之间的权衡。

总的来说,计算思维具有的特性有以下几点:

(1) 计算思维是概念化,不是程序化。计算思维要求我们像计算机科学家那样思考问题,能够将问题在抽象的多个层次上进行思考,但是计算机科学不等于计算机编程,学习计算思维不是仅仅学习如何编写程序,掌握计算机科学也不能仅关注计算机本身,如同学习音乐不能只关注唱歌一样。

(2) 计算思维是根本技能,不是刻板技能。计算思维是一种根本技能,是每个人为了在现代社会中发挥职能所必须掌握的。刻板的技能意味着简单的机械重复,这样的技能显然无法满足社会发展的需要。

(3) 计算思维是人的思维,不是计算机的思维。计算思维是人类求解问题的一条途径,但绝非要使人类像计算机那样思考。计算机枯燥且沉闷,人聪颖而富有想象力,是人类赋予计算机激情,赋予了计算机强大的计算力,使计算机能够解决以前无法想象的问题。

(4) 计算思维是数学和工程思维的互补与融合。计算机科学在本质上源自数学思维,因为像所有的科学一样,其形式化基础建筑于数学之上;计算机科学又从本质上源自工程思维,因为我们建造的是能够与实际世界互动的系统。因此,计算机科学家必须计算性地思考,不能只是数学性地思考。

(5) 计算思维是思想,不是人造物。不只是软硬件等人造物将以物理形式到处呈现并时时刻刻触及我们的生活,更重要的是计算思维,这种思维被人们用于求解问题、管理日常生活、与他人交流和互动。

(6) 计算思维面向所有人、所有地方。当计算思维真正融入人类活动的整体时,它作为一个解决问题的有效工具,处处都可能会被使用。

1.1.3 计算思维的应用

计算思维正在或已经渗透到各学科、各领域,并潜移默化地影响和推动着各领域的发展,成为一种发展趋势。

在生物学领域,生物学家正在使用深度学习算法对细胞图像进行分类、建立基因组联系、推进药物发现,从基因组学、成像到电子病历均有深度学习的应用。通过人工智能与生物学的有机结合,人工智能为生物数据的测量和分类提供了强有力的帮助,深度学习可以检测到人类无法看到的数据特征,算法模型现以较高精准度识别图像标签。

在天文学领域,大规模天文巡天已成为天文学家研究宇宙的主要形式和有效手段,也是未来天文学家解决科学问题的基本途径。破解宇宙的结构和演化是一个环环相扣的工程,海量天文数据的分析则是最基础的一环。面对爆炸式增长的天文数据,亟须与之相应的大数据分析能力。现代计算机的超高计算性能和超大存储容量为天文数据的处理提供了物质基础,而大数据、人工智能等技术为其奠定了理论基石。

在数学领域,安德鲁·布克(Andrew Booker)教授在超级计算机的帮助下找到了三立方数和问题中 33 的一组整数解,随后,在地球计算网格 Charity Engine 的帮助下,利用 50 多万台家用 PC 的闲置算力,该问题中的最后一个数 42 的解也被找到。三立方数和问题是指丢番图方程 $x^3 + y^3 + z^3 = k$ (k 为 100 以内的正整数)是否存在整数解的问题。该问题始于 1954 年,多年来,除了 33 和 42,其他数都证明或证否了。

在金融领域,通过数据挖掘技术能够实现对客户价值和客户行为的分析,掌握相关规律,为金融领域降低经营风险。客户价值是寻求潜在客户和重点客户的过程,客户价值是对客户行为进行深入研究和分析的环节。对数据库中的客户信息利用不同的挖掘标准展开数据分析,通过分析客户对金融产品的使用频率等指标来了解客户的忠诚度即价值,从而保证金融领域客户开发的定向性和工作效率。

在医疗领域,在放疗中计算剂量分布和制订放疗计划时,以往用手工计算,由于计算过程复杂,所以要花费许多时间。因而,在手工计算的情况下,通常只能选择几个代表点来计算剂量值。利用计算机则只要花很短的时间,且误差不超过 5%,这样,对同一个病人在不同的条件下进行几次计算,从中选择一个最佳的放射治疗计划就成为可能。

在环境学领域,在水污染的治理中,相关的计算机数据库系统可以进行实时的监测和控制,通过现场的硬件以及相应的软件操作来进行实际的划分。同时,针对相关的网络控制系统装置设备、电气装置设备以及远程的监测和控制管理设备等,来进行合理的分析。

在影视制作领域,受到时间、空间、人力、物力和财力因素的影响,电影中很多场景仅仅依靠现场特效是远远不够的,例如,电影《异形》中陌生神秘的外星星球和邪恶的异形造型,《无极》中野牛冲入马蹄谷的浩大场面,《盗梦空间》中整个城市和街区的弯曲折叠等。这些镜头如果要通过现实场景去构建,操作难度往往很大,就此,CG(Computer Graphics)技术的应用,就能起到画龙点睛的功效。采用 CG 技术,能够创造出观众身临其境的观景体验,形成在观影体验上的共

鸣。例如,迪士尼公司不惜重金将数码技术应用到现实背景的组合加工上,将世界各地采集的场景进行重组,制造出令人叹为观止的史前时代气氛,使观影的民众切实体验充满紧张气氛的恐龙时代,其所制作出来的惊心动魄且具有震撼力的场景远超同类非 CG 影片。

在心理学领域,计算机测验已成为心理测验的一种重要方式。这种测验的形成是事先预测过的,得到各个测验项目的区分度、难度、猜测度等参数,并把这些项目和它们的参数一起存进计算机,这些测验的实施过程都可以让测试者通过键盘来输入答案,然后再由计算机程序进行分析和计分,极大地节约了时间,促进了心理测验学科的发展。

在教育领域,多媒体教学软件逐渐被广泛应用在教学过程中,教师使用多媒体技术可以更生动物形象地呈现教学内容,从而更好地调动学生学习的积极性;学生通过计算机可以更好地开展自主学习,并采用计算机进行在线学习交流、在线教学测试等。采用计算机技术,教学过程中可以更加充分地发挥交流互动、独立思考、强化训练等方面的优势,是传统教学过程无法比拟的。

在军事领域,在现代化战争中,谁掌握了高新技术,谁就掌握了战争的主动权。以计算机技术为基础的信息化战争,已经成为各国关注的焦点和必争的高地。信息化战争简称信息战,简单地说,它是敌我双方在信息领域中争夺信息控制权的战争。其作战对象主要不是人,而是对方的各种信息系统以及与之有关的各项设施;其任务是获取、管理、使用和控制各种信息,同时防止对方获取和有效地使用各种信息。无论是在信息获取、信息传递、信息处理和利用这三个基本环节中,还是在侦察反侦察、干扰反干扰、破坏反破坏、摧毁反摧毁、控制反控制这五种基本手段中,计算机技术都发挥了不可替代的作用。

1.2 计算机的发展

1.2.1 计算机的产生、发展与未来

1. 计算机的产生

计算的发展历史过程中产生了许多不同的工具,如中国古代的算盘、雅卡尔织布机(1805年)和查尔斯·巴贝奇的分析机(1834年)等。计算的发展过程不仅包括了设备的更新,还包括机械、模拟和数字计算体系结构的讨论,如在使用电子计算设备时,有很多关于模拟和数字计算机的优缺点的争论。最后,数字计算设备被证明具有处理大规模计算所需的能力、经济和可伸缩性。现在,数字计算机在从手持式计算器到超级计算机的各个领域都占据着统治地位,并且在整个社会中无处不在。

数字计算机经历了几代人的发展,每一代的特点是在用于制造计算机的技术、计算机系统的内部组织和编程语言方面都比上一代有显著的改进。

1) 机械计算时代(1623—1945年)

使用机器自动解决数学问题的想法至少可以追溯到17世纪早期。设计并实现能够进行加、减、乘、除运算的算器的数学家包括 Wilhelm Schickhard、Blaise Pascal 和 Gottfried Leibnitz。1812年,20岁的巴贝奇从法国人杰卡德发明的提花编织机上获得了灵感,他设计的差分机闪出了程序控制的灵光——它能够按照设计者的意图,自动处理不同函数的计算过程。巴贝奇耗费

了整整 10 年光阴,于 1822 年完成了第一台差分机,如图 1-1 所示,它可以处理 3 个不同的 5 位数,计算精度达到 6 位小数,而且演算出好几种函数表。1834 年,巴贝奇又提出了一项新的更大胆的设计。他最终希望实现的目标是一种通用的数学计算机,巴贝奇把这种新的设计称为分析机,如图 1-2 所示。分析机能够自动计算有 100 个变量的复杂算题,每个数可达 25 位,速度达到每秒运算一次。



图 1-1 差分机

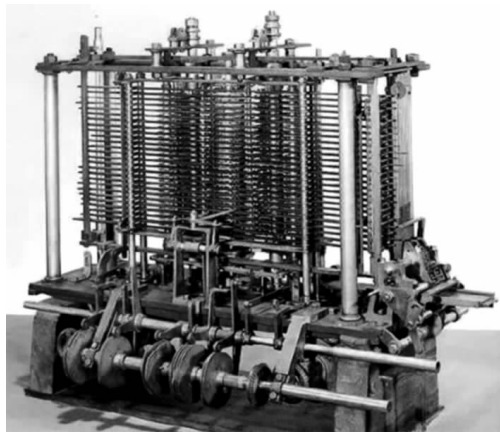


图 1-2 分析机

巴贝奇的确是一个走在时代前沿的人,但分析机没能造出来,巴贝奇和他的伙伴阿达(阿达·洛芙莱斯,英国数学家,计算机程序创始人)最终失败了。巴贝奇和阿达的失败是因为他们看得太远,分析机的设想超出了他们所处的时代至少一个世纪!社会发展的需求和科学技术发展的可能使得他们注定要成为悲剧人物。尽管如此,巴贝奇和阿达也为计算机科学留下了一份极其珍贵的精神遗产,包括 30 种不同设计方案,近 2 000 张组装图和 50 000 张零件图,以及几种重要的编程技术,包括条件分支、迭代循环和索引变量,更重要的是他们留给世人的那种在逆境中自强不息,为追求理想奋不顾身的拼搏精神。

1833 年,乔治·舒兹(George Scheutz)读到了差分机,他和他的儿子爱德华·舒兹(Edvard Scheutz)开始研究一种更小的差分机。直到 1853 年,他们制造出一台可以处理 15 位数字并计算四阶差分的机器。他们的机器在 1855 年的巴黎展览会上赢得了一枚金牌,后来他们把它卖给了纽约奥尔巴尼的达德利天文台,该天文台用它来计算火星的轨道。美国人口普查局(US Census Bureau)是最早将机械计算机用于商业用途的机构之一,该机构使用赫尔曼·霍尔瑞斯(Herman Hollerith)设计的穿孔卡设备,为 1890 年的人口普查制作数据表格。1911 年,霍尔瑞斯公司与竞争对手合并,成立了国际商业机器公司,这就是现在著名的 IBM 公司。

2) 电子计算机时代(1937 年至现在)

(1) 第一代电子计算机(1937—1953 年)。1937 年,爱荷华州立大学物理学和数学教授阿塔纳索夫(J. V. Atanasoff)首次尝试制造电子计算机,以帮助他的研究生解决偏微分方程组。直到 1941 年,他和研究生克利福德·贝里(Clifford Berry)成功地制造了一种机器,可以求解带有 29 个未知数的 29 个联立方程。但是,该机器不是可编程的,更多的是电子计算器。

第一台通用可编程电子计算机是宾夕法尼亚大学的埃克特(J. Presper Eckert)和莫奇利(John V. Mauchly)建造的电子数字积分器和计算机 ENIAC,如图 1-3 所示。ENIAC 的开发工

作始于 1943 年,由美国陆军军械部资助,它需要一种在第二次世界大战期间计算弹道的方法。ENIAC 共使用了 18 000 个电子管,另加 1 500 个继电器以及其他器件,其总体积约 90 立方米,重达 30 吨,占地 170 平方米,需要用一间 30 多米长的大房间才能存放。这台耗电量为 140 千瓦的计算机,运算速度为每秒 5 000 次加法,或者 400 次乘法,比机械式的继电器计算机快 1 000 倍。该机器直到 1945 年才完成,随后被应用于氢弹设计的相关计算工作。到 1955 年退役时,它已用于风洞设计、随机数发生器和天气预报的研究。



图 1-3 世界上第一台计算机 ENIAC

埃克特和莫奇利和 ENIAC 项目的顾问冯·诺伊曼(John von Neumann)在 ENIAC 完成之前就开始研究新的计算机项目,他们随后研发的 EDVAC(离散变量自动电子计算机)的主要贡献是“存储程序”的概念。如图 1-4 所示,EDVAC 通过使用足够大的存储器来容纳指令和数据,并使用存储在存储器中的程序来控制算术运算的顺序,EDVAC 的运行速度比 ENIAC 快几个数量级。通过将指令存储在与数据相同的介质中,设计人员可以集中精力改善机器的内部结构,而不必担心将其与外部控制的速度匹配。

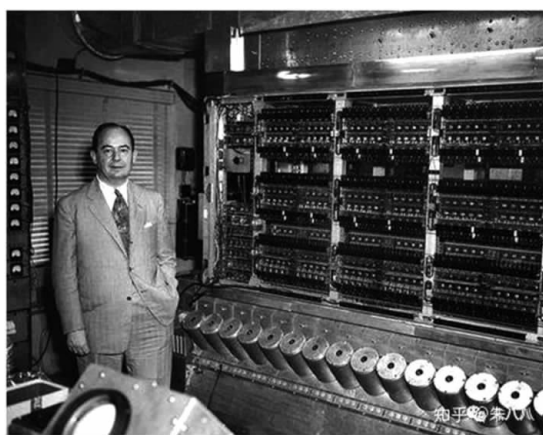


图 1-4 冯·诺伊曼和 EDVAC

EDVAC 项目对计算机的发展具有重要意义,其体系结构被现代计算机沿用至今,它同时也是多学科联合研发的成功范例。冯·诺伊曼的逻辑背景,再加上埃克特和莫奇利的电子工程技能,组成了一支非常强大的跨学科团队,造就了具有历史意义的产品。

在此期间,软件技术仍然非常原始。第一个程序是用机器代码写的,即程序员直接写下他们要存储在内存中的指令相对应的数字。到 20 世纪 50 年代,程序员使用的是一种符号表示法,即

汇编语言,然后将其手动转换为机器代码,后来开始通过汇编程序来执行这种转换任务。最初的电子计算机主要应用在科学和工程项目中,ENIAC解决的第一个问题是氢弹设计中使用的数值模拟,它只用了20秒就完成了使用机械计算器需要40个小时才能完成的计算。后来,埃克特和莫奇利研发了第一台商业上成功的计算机 UNIVAC。

(2) 第二代电子计算机(1954—1962年)。第二代电子计算机见证了计算机系统设计各个层次的重要发展,从用于构建基本电路的技术到用于编写科学应用程序的编程语言。

这个时代的计算机采用的主要元器件是晶体管,用这种元器件制造的第一批机器包括1954年贝尔实验室的 TRADIC 和麻省理工学院林肯实验室的 TX-0。存储技术是基于磁芯的,容量一般达到几十 KB。世界上第一台晶体管计算机如图 1-5 所示。

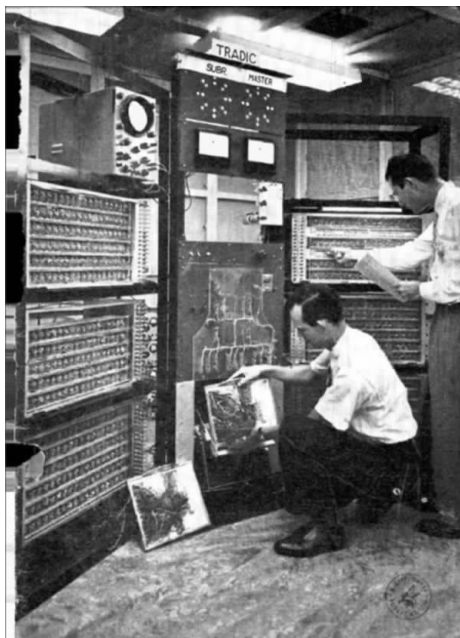


图 1-5 世界上第一台晶体管计算机

计算机体系结构的重要创新包括控制循环的索引寄存器和基于实数的浮点计算单元。在此之前,访问数组中连续的元素是相当烦琐的,而且常常涉及编写和修改代码。

在此期间出现了许多高级编程语言,包括 FORTRAN、ALGOL 和 COBOL。这个时代重要的商用机器包括 IBM 704 及其后续产品 709 和 7094,后者引入了 I/O 处理器,以便在 I/O 设备和主内存之间提高吞吐量。

这个时代还出现了最初的两台超级计算机,它们是专门为科学应用中的数字处理而设计的。超级计算机通常是指比同时代其他机器强大一个数量级的机器,利弗莫尔原子研究计算机(LARC)和 IBM 7030 (aka Stretch)是早期的超级计算机,它们将内存操作与处理器操作重叠,并具有原始的并行处理形式。

(3) 第三代电子计算机(1963—1971年)。第三代电子计算机在计算能力方面有了巨大的进步。这个时代的创新包括开始使用集成电路,半导体记忆开始代替磁芯,内存容量达到数 MB。微程序设计技术对于有效地设计复杂的处理器,流水线时代的到来和其他形式的并行处理具有很大作用,并引入操作系统和分时的概念。

第一个集成电路是小型集成电路(SSI),每个电路(或芯片)大约有 10 个设备,随后发展到使用中型集成电路(MSI),每个芯片最多有 100 个设备,随后,集成度越来越高,计算机的体积越来越小。1964 年,Seymour Cray 开发了 CDC 6600(见图 1-6),这是第一个使用功能并行的架构。通过使用 10 个可以同时运行的独立功能单元和 32 个独立的内存库,CDC 6600 能够达到每秒 100 万次浮点运算(1 MFLOPS)的计算速度。



图 1-6 第一台成功的超级计算机 CDC 6600

在第三代早期,剑桥和伦敦大学合作开发了 CPL(联合编程语言,1963 年)。然而,CPL 过于复杂,有许多难以学习的特性。为了进一步简化,剑桥大学的马丁·理查兹开发了 CPL 的一个子集,称为 BCPL (basic computer programming language, 1967)。1970 年,贝尔实验室的肯·汤普森开发了另一种简化的 CPL,简称为 B 语言,并用 B 语言完成了第一个 UNIX 操作系统的开发。1972 年,丹尼斯·里奇为了满足 CPL 的设计目标并推广 Thompson 的 B 语言,开发了 C 语言。然后,汤普森和里奇用 C 语言为 DEC PDP-11 编写了一个 UNIX 版本。这种基于 C 语言的 UNIX 很快就被移植到许多不同的计算机上,使用户不必在每次更换计算机硬件时都要学习新的操作系统。UNIX 或 UNIX 的衍生系统现在已经成为很多计算机系统的事实标准。

(4) 第四代电子计算机(1972 年至现在)。第四代计算机系统使用大规模和超大规模集成电路来构建计算单元。在这种规模下,整个处理器可以装在一个芯片上,对于简单的系统,整个计算机(处理器、主存储器 and I/O 控制器)可以装在一个芯片上。现代计算机如图 1-7 所示。



图 1-7 现代计算机

在这一代计算机的大多数系统中,半导体存储器取代了核心存储器成为主存储器,而在此之前,半导体存储器在大多数系统中的使用仅限于寄存器和缓存。在此期间,很多机器开始拥有大量容量的主存,同时出现了各种并行架构。微型计算机和 workstation 逐渐开始大规模应用,并被广泛用

作分时主机的替代品。

这一阶段软件得到快速发展,如函数式编程和声明式编程。这些语言倾向于使用声明式编程风格,而不是 Pascal、C、FORTRAN 等的命令式编程风格。在声明式编程中,程序员给出应该计算内容的数学规范,而将如何计算的许多细节留给编译器和运行系统。虽然此时这些语言还没有被广泛使用,但是作为将在大规模并行计算机上运行的程序语言,它们已经展现出巨大的潜力。

2. 计算机的未来

现代计算机已经具备了非常高的计算性能和非常强的存储能力,但计算机的形态在未来还将不断发展,以硅芯片技术为代表的计算机越来越接近其发展的物理极限,因而,世界各国对新一代计算机的研究也在不断加速。量子计算机、DNA 计算机、超导计算机、纳米计算机等以新技术为代表的计算机或许在不远的将来会再次改变我们的世界。

(1) 量子计算机。量子计算机是直接利用独特的量子力学现象(如叠加和纠缠)对数据执行运算的任何计算设备。在经典计算机中,信息存储单位是位;在量子计算机中,它以 qubit(量子位)的形式存储。量子计算的基本原理是:可以使用量子特性来表示和构造数据,并且可以设计和构建量子机制以对这些数据执行操作。如果可以建造大规模量子计算机,它们将以比当前的任何计算机快指数倍的速度解决问题,这种能力将使量子计算机能够破解目前使用的许多密码系统。

(2) DNA 计算机。DNA 计算机是使用 DNA 存储信息并执行复杂计算的纳米计算机。DNA 计算是计算的一个分支,它使用 DNA、生物化学和分子生物学硬件来代替传统的基于硅的计算机技术,该领域的研究与开发涉及 DNA 计算的理论、实验和应用。DNA 计算的概念于 1994 年首次引入,它处理由 DNA 制成的生物芯片,通过将自身数量相乘,可以一次执行数十亿次计算。在最近的发展中,曼彻斯特大学的研究人员表明,这种概念计算机的创建在现实生活中是可能的。

(3) 超导计算机。超导计算机是利用超导技术生产的计算机及其部件,运算速度比现在的电子计算机快,电能消耗量少。超导计算机对人类文明的发展能够起到极大的作用。目前制成的超导开关器件的开关速度,已达到几微微秒(0.000000000001 s)的高水平,这是当今所有电子、半导体、光电器件都无法比拟的,比集成电路要快几百倍。超导计算机运算速度比现在的电子计算机快 100 倍,而电能消耗仅是电子计算机的千分之一,如果目前有一台大中型计算机,每小时耗电 10 千瓦,那么,同样功能的一台超导计算机只需一节干电池就可以工作了。我国已经开发出世界上运算速度最快的计算机,来自中日欧的竞争促使美国努力开发下一代超导超级计算机,其运算能力可达百亿亿次级。

(4) 纳米计算机。当前计算机所使用的芯片大多是有硅芯片,有硅芯片对体积有一定的要求,当体积缩小到一定程度时,再将其面积缩小,其电量损耗就会加大,而通过结合纳米技术和计算机技术,能够实现薄膜晶体管取代传统晶体管,就能有效解决当前集成电路计算机中的弊端,加之纳米计算机的预计生产成本也比较低,因此纳米计算机具有广阔的应用前景。

1.2.2 现代计算机的分类

不同类型的计算机按大小可分为六大类,每个类别都擅长于特定的功能,分别是超级计算

机、大型计算机、小型计算机、服务器、个人计算机和嵌入式系统。通常，计算机的大小决定了处理能力。大型计算机具有更高的处理速度，而小型计算机为个人计算提供更好的体验。

1. 超级计算机

超级计算机是性能最好的系统。超级计算机是与通用计算机相比具有高性能水平的计算机。超级计算机的实际性能是用 FLOPS(每秒浮点运算次数)而不是 MIPS(每秒钟执行的百万指令数)来衡量的。世界上最快的 500 台超级计算机都运行在基于 Linux 的操作系统上。中国、美国、欧盟和日本正在进行更多的研究,以建立更快、更高效、技术更先进的超级计算机。超级计算机实际上在计算领域中扮演着重要的角色,并被用于各种领域的密集计算任务,包括量子力学、天气预报、气候研究、石油和天然气勘探、分子建模和物理模拟。在整个历史上,超级计算机在密码分析领域一直是必不可少的。

由于超级计算机具有卓越的计算性能,它们并不适合我们的日常任务,而是更适合处理复杂详尽且需要实时处理的科学应用程序。在科学领域,研究人员使用这些机器来计算和建模蛋白质和人体血液等生物化合物的特性。它们还用于解释新疾病和新品系,并预测疾病的行为和治疗。

军方使用超级计算机来测试新飞机、坦克等大量武器,并使用它们来了解新型武器将对士兵和战争产生的影响。超级计算机还用于帮助加密和解密敏感数据。在娱乐中,超级计算机用于帮助实现完美的在线游戏体验,像“魔兽世界”这样的游戏需要密集的处理,当全球成千上万的游戏玩家在玩时,超级计算机有助于稳定游戏性能。超级计算机还可以用于预测地震、模拟和测试核武器爆炸的影响。气象学家使用超级计算机来模拟天气行为。好莱坞使用超级计算机来创建逼真的动画。著名的超级计算机“深蓝”和 Watson 分别击败了国际象棋大师 Gary Kasparov 和测验专家 Ken Jennings。目前,我国在超级计算机制造领域处于世界领先地位,在 2020 年 11 月 TOP500 组织发布的最新一期世界超级计算机 500 强榜单中,我国的神威·太湖之光超级计算机依旧保持第四的名次。整体来看,此届排行榜中国共计有 217 台超级计算机上榜。

2. 大型计算机

在某些方面,大型计算机比超级计算机更强大,因为它们支持更多的并发程序,但是超级计算机可以比大型计算机更快地执行单个程序。大型计算机是用来处理大容量数据的机器,其性能也非常强大,它们就像大型文件服务器,使来自附近和远程位置的多个用户可以同时访问资源,而且稳定性非常出色,能够连续运行 10 年以上不会出现故障。

用户通常使用终端或个人计算机访问大型计算机。大型计算机用于大型组织,其中数千个客户端必须同时访问数据。事实上,我们每个人都曾经使用过大型计算机。如果你曾经使用 ATM 机存款或者取款,如果你在 12306 订过火车票,如果你购买过股票等等,这些行为都访问了大型计算机。全球 200 多个国家的银行都使用大型计算机处理交易业务,其每秒可以完成约 15 万次的事物处理。

3. 小型计算机

小型计算机是通用设备,没有与大型系统相关的巨额费用,它们的处理能力低于大型机系统,但高于个人计算机的能力。小型计算机用途广泛,可以安装在任何需要的地方。小型计算机

通常存储容量很大,可以支持多达 120 个终端,并且小型计算机的操作系统具有多任务处理和网络功能,使它们可以为多个用户提供服务。小型计算机通常用于制造过程控制,其具有两个主要功能——数据获取和反馈,如工厂使用小型计算机监视制造过程,如果该过程的某个要素变慢、停止或加速,计算机将识别出更改并对该系统进行必要的调整。

4. 微型计算机

微型计算机是最小、最便宜和使用最多的计算机。与超级计算机和大型计算机相比,微型计算机具有较小的内存、较低的处理能力、更小的物理尺寸和更少的外围设备,它们通常被称为个人计算机,简称 PC。PC 最初用于指代 IBM 兼容计算机。

从 20 世纪 70 年代末开始,微处理器芯片问世并逐渐流行。这些芯片的发展使生产供个人使用的计算机成为可能。PC 的出现意味着可以使用更便宜的产品来替代昂贵和集中化的大型系统。它们在办公室使用时更便宜,并且创建了更便宜的网络环境。20 世纪 90 年代中期,PC 实际上已成为办公室和家庭的首选计算机。在过去的 20 年中,更小的计算机系统也在不断发展,这标志着移动时代的开始,并最终催生了可穿戴计算机等更小的设备。

1.2.3 现代计算机的特点

计算机之所以能够得到广泛使用,并深刻地改变我们的工作和生活方式,与其自身的特点是分不开的。现代计算机的特点主要包括以下几个方面:

(1) 运算速度快。运算速度快是计算机的一个突出特点。计算机的运算速度已由早期的每秒几千次(如 ENIAC 机每秒仅可完成 5 000 次定点加法)发展到现在的最高可达每秒几千亿次乃至万亿次,计算机的高速运算能力也极大地提高了人们的工作效率,帮助人们以极高的速度和准确度完成了很多传统机械性的计算工作。以往用人工旷日持久才能完成的计算,计算机可以在瞬间完成;一些因计算量太大而穷尽数学家一生也无法解决的数学问题,在使用计算机后,被轻松地解决了。可以说,计算机以其惊人的计算速度极大推进了科技的发展和社会的进步。

(2) 计算精度高。在科学研究和工程设计中,对计算的结果精度有很高的要求。一般的计算工具只能达到几位有效数字(如过去常用的四位数学用表、八位数学用表等),而计算机对数据的结果精度可达到十几位、几十位有效数字,根据需要甚至可达到任意精度,计算机的高精度使很多以往不可想象的研究和设计成为可能。

(3) 存储容量大。计算机的存储器可以存储大量数据,这使计算机具有了超强的“记忆”能力。计算机的“记忆”能力,是其与传统计算工具的一个重要区别。目前计算机的存储容量越来越大,不仅能够保存文本信息,还可以保存大量的图像、声音和视频等信息,并对这些信息进行处理、分析和整合,人们开始能够从海量的数据中发现其潜在的价值。

(4) 具有逻辑判断功能。计算机的运算器除了能够完成基本的算术运算外,还具有进行比较、判断等逻辑运算的功能,这种能力是计算机处理逻辑推理问题的前提。利用计算机的逻辑判断能力,计算机逐渐可以在一定程度上代替人脑,进行生产、管理甚至决策等。人工智能的发展将使计算机具有越来越强大的思维能力。

(5) 自动化程度高。计算机的工作方式是将程序和数据先存放在机内,工作时按程序规定的操作,一步一步地自动完成,一般无须人工干预,因而自动化程度高。这一特点是一般计算工

具所不具备的。

(6) 通用性强。计算机可以采用二进制数来表示各种数值数据和非数值数据(如文本、图像、声音、视频等),通常凡是能将信息用数字化形式表示,就能采用算术运算或逻辑运算予以解决,因此,计算机既可以用于数值计算,还可以进行数据处理、自动控制、辅助设计、逻辑判断与人工智能等非数值计算。计算机具有极强的通用性,使其能够被广泛应用于科学技术的各个领域,并渗透到人们工作和生活的各个方面。

1.2.4 计算机的应用

随着计算机技术的快速发展,计算机的功能日益强大,其应用范围也变得越来越广泛。目前,计算机已经深刻融入了我们日常工作、生活的各个领域。归纳起来,计算机的应用主要有以下几个方面。

1. 科学计算

计算机诞生之初主要被用来做科学计算工作。科学计算也称数值计算,是指应用计算机处理科学研究和工程技术中所遇到的数学计算问题。在现代众多的科学和工程技术研究中,都需要大量复杂的数学计算,使用传统的计算工具往往效率很低,而计算机处理起来却非常容易。随着计算机的计算能力越来越强大,使得很多复杂计算问题的解决成为可能,因而产生了巨大的经济效益,这也同时大大推动了科学技术的快速发展。目前,科学计算仍是计算机应用的重要领域之一。

2. 数据处理

数据处理是指对数据进行采集、存储、检索、加工、变换和传输,从而推导出对于某些特定的应用来说有价值、有意义的数据。如企业物资管理、财务管理、人事管理、信息检索等都是典型的数据处理应用。我们日常使用的很多软件和移动应用都属于数据处理的范畴,如文档编辑、股票分析、列车网上购票等。可以说,数据处理是当前计算机应用最广泛的领域。随着数据量的不断增大,大数据分析和处理技术开始被广泛研究并逐渐发展成熟,使用大数据分析,我们可以从数据中发现很多潜在的、有价值的信息,从而使数据更有效地指导我们的科学研究、生产和生活。

3. 过程控制

过程控制是指利用计算机对工业生产过程中的某些信号进行自动检测,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。现代工业的快速发展得益于过程控制系统的大规模应用。计算机过程控制系统本质上是一个实时系统,对可靠性和实时响应要求都很高。利用计算机过程控制,可以极大地提高工业自动化控制水平,改善工作条件,提高工作质量,有助于企业节约能源、降低成本。计算机过程控制将工业自动化推向了一个更高的水平。

4. 计算机辅助系统

计算机辅助系统是指用计算机辅助进行工业设计、产品制造、性能测试、教育教学等工作的系统。计算机辅助设计(computer aided design, CAD)帮助设计人员用计算机完成工程设计;计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)帮助制造人员使用计算机进行生产设备的管理、控制和操作;计算机辅助测试(computer aided testing, CAT)帮助测试人员使用计算机进行产品检测;计算机辅助教学(computer aided instruction, CAI)帮助教师使用计算机将教学内容

开发成软件供学生使用,开展形式多样的教学活动。未来,计算机还将在更多领域辅助人们更高效、更便捷地开展各项工作。

5. 计算机网络

计算机网络是多个计算机相互连接以共享信息和资源的系统。目前,计算机网络已经遍布全世界,Internet 是全球最大的计算机网络系统,通过使用它,我们可以在任何地方与世界各地的人们进行连接和沟通。可以说,计算机网络的出现深刻地改变了人类行为的生活方式、思维方式和模式。

6. 人工智能

人工智能(artificial intelligence, AI)使机器可以从经验中学习,适应新的输入并执行类似人类行为的任务。近年来,人工智能得到了迅速发展,并产生很多令人惊讶的成果,如打败围棋世界冠军的 AlphaGo、能够自动驾驶的汽车等。人工智能的发展很大程度上依赖于机器学习、深度学习和自然语言处理等技术的快速发展。使用这些技术,可以训练计算机通过处理大量数据和识别数据中的模式来完成特定任务。

1.3 计算机专业领域的著名人物

1. 艾伦·麦席森·图灵(Alan Mathison Turing, 1912—1954)

艾伦·麦席森·图灵是英国数学家、计算机科学家、逻辑学家、密码分析家、哲学家和理论生物学家,被称为“计算机科学之父”“人工智能之父”(见图 1-8)。图灵少年时就表现出独特的直觉创造能力和对数学的爱好。1927 年,15 岁的图灵为了帮助母亲理解相对论,撰写了爱因斯坦一部著作的内容提要。1931 年,图灵考入剑桥大学国王学院,由于成绩优异而获得数学奖学金,他杰出的数学能力在剑桥得到充分发展。1936 年 5 月,图灵在伦敦权威的数学杂志发表题为《论数字计算在决断难题中的应用》的论文。该论文在《伦敦数学会文集》上发表后,立即引起广泛的注意。在论文中他提出了著名的“图灵机”概念,图灵机第一次在纯数学的符号逻辑和实体世界之间建立了联系。现在被我们广泛使用的计算机以及正在快速发展中的人工智能都基于图灵机的思想。



图 1-8 艾伦·麦席森·图灵

在第二次世界大战期间,图灵来到英国布莱奇利公园,他负责德国海军密码分析的工作。图灵在破解德国 Enigma 密码方面发挥了关键作用,使盟军能够在包括大西洋之战在内的许多关键活动中击败纳粹,并以此赢得了战争。历史学家认为,图灵的破译工作让第二次世界大战提前结束了 2 年,至少拯救了 1 400 万人的生命。

1950 年,图灵发表论文,提出了著名的图灵测试,该测试提供了一种实用且非常有趣的方法

来确定计算机是否达到了人类的智能水平,即如果一台计算机(通过纯文本聊天)可以说服一个人认为它是真实的人,那么它就可以通过测试,图灵称其为“模仿游戏”。这一年,图灵发表意义非凡的论文《机器能思考吗》,该论文使图灵赢得了“人工智能之父”的称号。

2014年6月7日,在图灵逝世60周年之际,在英国皇家学会举行的“2014图灵测试”大会上,俄罗斯人创立的人工智能聊天软件“尤金·古斯特曼”超级计算机第一次通过了图灵测试。2019年,在英国BBC新闻网发起的“20世纪最伟大科学家”评选中,图灵击败爱因斯坦、居里夫人等著名科学家,位列第一位。

2. 约翰·冯·诺伊曼(John von Neumann, 1903—1957)

约翰·冯·诺伊曼是美籍匈牙利裔科学家、数学家,被誉为“电子计算机之父”(见图1-9)。约翰·冯·诺伊曼凭借冯·诺伊曼架构进入了计算机历史。冯·诺伊曼架构是当今使用的几乎所有计算机的逻辑结构。

1903年,冯·诺伊曼是布达佩斯的一位犹太银行家的儿子,他杰出的数学才能使他从小就脱颖而出。在20世纪20年代,他在柏林和苏黎世学习化学,同时在布达佩斯攻读数学博士学位。1930年至1933年在美国逗留期间,他任普林斯顿大学数学和物理学的客座教授。1933年,他永久移居美国,并成为普林斯顿高等研究院(IAS)的教授。冯·诺伊曼被认为是20世纪最伟大的数学家之一,其工作成果包括量子力学、逻辑、数学经济学理论和弹道学的数学基础。



图1-9 约翰·冯·诺伊曼

从1943年起,冯·诺伊曼从事罗伯特·奥本海默(Robert Oppenheimer)领导的原子弹项目。除了解决掉落在长崎的炸弹中的雷管开发过程中的数学问题外,他还进行了计算以确定必须引爆的最佳高度。在寻找合适的工具来处理海量数据时,他于1944年加入ENIAC团队。在从事ENIAC的工作过程中,他们已经在计划研发后续模型EDVAC。1945年,冯·诺伊曼首先提出了存储程序的概念和二进制原理,后来人们把利用这种概念和原理设计的电子计算机系统统称为冯·诺伊曼型结构计算机。冯·诺伊曼在EDVAC的报告中描述了冯·诺伊曼型结构的计算机体系结构,包括五个特定部分:计算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。战后,冯·诺伊曼返回普林斯顿高等研究院,致力于研发用于科学目的的电子计算机。基于他的架构的IAS真空管计算机于1952年投入使用。除了在计算机上的工作外,他还成为一名重要的军事顾问,其影响力和认可度扩展到美国政府和武装部队的最高层。

3. 高德纳(Donald Ervin Knuth, 1938—)

高德纳是美国斯坦福大学计算机科学家、数学家和名誉教授(见图1-10)。他是1974年ACM图灵奖的获得者,图灵奖被非正式地认为是计算机界的诺贝尔奖,高德纳是迄今为止最年轻的图灵奖得主。

高德纳是多卷著作《计算机编程的艺术》的作者,该书对计算机领域产生了深远的影响。《美国科学家》杂志曾将该书与爱因斯坦的《相对论》、狄拉克的《量子力学》、理查·费曼的《量子电动力学》等书并列为20世纪最重要的12本物理科学类专论书之一。

1968年,高德纳拒绝了美国国家安全局的工作邀请,受聘成为斯坦福大学计算机系教授,直到退休。1972—1973年在奥斯陆大学当客座教授期间,高德纳和他的一个学生开发了KMP(Knuth-Morris-Pratt)算法,该算法极大提高了字符串匹配的效率。高德纳为严格计算算法的复杂性和系统化形式数学技术的发展做出了贡献。在此过程中,他还推广了渐近符号。除了在理论计算机科学的多个分支中做出的基本贡献外,高德纳还创建了TeX计算机排版系统,相关的METAFONT字体定义语言和渲染系统以及Computer Modern系列字体。



图 1-10 高德纳

高德纳还创建了旨在鼓励和促进识字编程的WEB和CWEB计算机编程系统,并设计了MIX/MMIX指令集体系结构。

4. 伯纳斯-李(Tim Berners-Lee, 1955—)

伯纳斯-李是英国工程师和计算机科学家,被称为“万维网之父”“互联网之父”(见图1-11)。1989年,34岁的伯纳斯-李向上司递交了一份优化单位信息系统的提案,这份提案提出了一个以提高单位员工沟通效率为目标的模型。根据伯纳斯-李的构想,这个模型将对接起Web客户端



图 1-11 伯纳斯-李

和Web服务器,承载起相互链接的超文本信息所组成的系统。在这个系统下,文档和其他形式的资源组成了网页,网页又组成了网站。每个网站都有一个独特的地址,便于保存与访问,这个地址就是我们现在说的URL(当时称为URI)。这个模型为信息在互联网上传播提供了第一个结构清晰的框架,改变了人类和互联网沟通的方式,具有革命性意义。这个模型就是万维网,也称“Web”。

1991年8月6日,由伯纳斯-李建立的全世界第一个万维网网站info.cern.ch上线。这个现在看上去异常简单的作品,是后来所有充满设计感的网站的鼻祖。

伯纳斯-李认为,互联网最具价值的地方在于赋予人们平等获取信息的权利。他希望万维网能够帮助人类整理他们现有的知识,提供他们所不知道的东西。因为这个原因,他拒绝一切把万维网精英化的做法,拒绝为它竖立屏障,更加拒绝从万维网本身获得金钱收益。因此,他并没有为“WWW”申请专利或限制它的使用,而是无偿地向全世界开放。伯纳斯-李本来可以在金钱上与盖茨一较高低,但他的这一举措却为互联网的全球化普及翻开了里程碑式的篇章,让所有人都有机会接触到互联网,也成就了一大批成功的互联网企业,并由此改变了我们每个人的工作和生活方式。即便如此,伯纳斯-李仍然十分谦虚,总是以一种平静的口气回应:“我想,我没有发明互联网,我只是找到了一种更好的方法。”

2017年,伯纳斯-李因发明万维网、第一个浏览器和使万维网得以扩展的基本协议和算法而获得2016年度的图灵奖。

5. 丹尼斯·里奇(Dennis Ritchie, 1941—2011)

丹尼斯·里奇出生于美国纽约,是著名的美国计算机科学家、C 语言之父、Unix 操作系统之父、计算机及网络技术的奠基者(见图 1-12)。



图 1-12 丹尼斯·里奇

里奇在哈佛大学学习应用数学毕业后,于 1967 年进入贝尔实验室,随后成为朗讯技术公司系统软件研究部门的领导人。他在贝尔实验室的第一个任务是参与大项目 Multics 的研发,Multics 是一个前所未有的、可以多人使用的、同时运行多个程序的操作系统。但是由于设计过于复杂,1969 年贝尔实验室宣布退出。

Multics 的开发虽然失败了,但其设计思路和工作成果却为 UNIX 的开发奠定了基础。随后,丹尼斯·里奇和他的同事肯·汤普森一起投入 UNIX 的开发。1969 年底,UNIX 已经初具雏形。

吸取了 Multics 设计复杂而导致失败的教训,丹尼斯·里奇将 UNIX 的设计原则定为“保持简单和直接”(keep it simple stupid),也就是后来著名的 KISS 原则。为了做到这一点,UNIX 由许多小程序组成,每个小程序只能完成一个功能,任何复杂的操作都必须分解成一些基本步骤,由这些小程序逐一完成,再组合起来得到最终结果。

表面上看,这样的设计很低效,为了取得结果,必须运行一连串小程序,但是事实证明,小程序之间可以像积木一样自由组合,非常灵活,能够轻易完成大量意想不到的任务。而且,计算机硬件的升级速度非常快,所以性能也不是问题。另一方面,开发单一目的的小程序,要比开发大型程序容易得多,所以 UNIX 才有可能在短短几个月内问世。

UNIX 迅速在程序员中流传,到了 20 世纪 80 年代,它已经成为主流操作系统,演变成整个软件工业的基础,当代最主要的操作系统 Windows、MacOS 和 Linux 都与 UNIX 有关。

丹尼斯·里奇对世界的贡献还不止于此。UNIX 最早是用不通用的机器语言编写的,如果换一个型号的计算机,就必须重新编写一遍。为了提高通用性和开发效率,丹尼斯·里奇发明一种新的计算机语言——C 语言。C 语言也贯彻了“保持简单”的原则,语法非常简洁,对使用者的限制很少。丹尼斯·里奇编写的教材《C 编程语言》总共只有 100 多页,薄得难以置信。很多人都被它的简洁性吸引,学习并使用 C 语言。可以说,C 语言的诞生是现代程序语言革命的起点,是程序设计语言发展史中的一个里程碑。自 C 语言出现后,以 C 语言为根基的 C++、Java 和 C# 等面向对象语言相继诞生,并在各自领域大获成功。但如今 C 语言依旧在系统编程、嵌入式编程等领域占据着统治地位。

1983 年,丹尼斯·里奇与肯·汤普森一起获得了图灵奖,理由是他们研究发展了通用的操作系统理论,尤其是实现了 UNIX 操作系统。1999 年两人为发展 C 语言和 UNIX 操作系统一起获得了美国国家技术奖章。

6. 林纳斯·托瓦兹(Linus Torvalds, 1969—)

林纳斯·托瓦兹(见图 1-13)生于芬兰赫尔辛基市,拥有美国国籍,他是 Linux 之父、Git 之父。林纳斯是 Linux 内核的首要架构师与项目协调者,是当今世界最著名的电脑程序员。现受

聘于开放源代码开发实验室(OSDL: Open Source Development Labs, Inc),全力开发 Linux 内核。他从小展现出对技术的极度热爱。10岁时,林纳斯开始在他的外祖父的 Commodore Vic 20 上用 BASIC 编写程序。1991年初,由于对 MS-DOS 和 MINIX 不满意,林纳斯想购买一个 UNIX 系统,但他没有足够的钱,因此他决定自己创建一个类 UNIX 系统,同年9月, Linux 正式开发完成。Linux 发布后,林纳斯选择使用“大众公有版权”(GPL)的方式来发行这个系统,也就是说, Linux 实际上是免费的,使用者在网络上就可以免费下载 Linux 的源代码,并可以修改 Linux,因此,越来越多的企业和个人投入到开发、改良 Linux 的工作中,使得 Linux 的功能不断拓展。此外,由于 Linux 系统架构继承了 UNIX 稳定高效的特点,同时具有高度类似 UNIX 系统的界面和操作方式,而且又能够在普通的 PC 上免费使用,使得 Linux 迅速成为广受欢迎的操作系统。如今, Linux 系统已经被部署在超级计算机和大部分服务器上,手机上广泛使用的 Android 系统也是基于 Linux 开发的, Linux 王国的领土几乎扩展到了整个网络系统,如百度、淘宝、微信、QQ 等全球数十亿人离不开的服务,都运行在 Linux 之上。即使是长期将 Linux 视为竞争对手的微软,也开发了自己的 Linux 服务器版本,用于其 Azure 云平台。



图 1-13 林纳斯·托瓦兹

2005年,因为 Linux 团队与当时著名的版本管理系统 BitKeeper 在使用授权上产生分歧,林纳斯决定开发自己的版本控制系统,仅 10 天后,著名的开源版本控制系统 Git 诞生了。经过林纳斯和 Linux 社区的共同努力, Git 目前已经成为世界上最先进、使用人数最多的分布式版本控制系统,基于 Git 的私有软件项目的托管平台 GitHub 已经成为世界上最大的社交编程及代码托管网站,在 GitHub 中能获得全球的软件开发者们分享的众多技术成果。

为表扬林纳斯的突出贡献,1996年,一颗小行星以他的名字命名,并且他获得了 2014 年的计算机先驱奖。

习题 1

一、单项选择题

- 科学思维主要包括理论思维、实验思维和()。
 - 哲学思维
 - 逻辑思维
 - 计算思维
 - 抽象思维
- 计算思维的主要本质是抽象和()。
 - 逻辑
 - 计算
 - 建模
 - 自动化
- 计算思维解决问题的思维过程包括四个基本要素,分别是()。
 - 分解、模式识别、抽象、算法设计
 - 建模、模式识别、抽象、程序设计
 - 分解、建模、自动化、程序设计
 - 建模、抽象、自动化、算法设计

4. 世界上第一台计算机 ENIAC 诞生于()年。
A. 1945 B. 1946 C. 1947 D. 1948
5. 第二代电子计算机采用的电子元件是()。
A. 电子管 B. 晶体管
C. 集成电路 D. 超大规模集成电路
6. 目前主流的计算机仍然采用存储程序的思想,提出该思想的是()。
A. 图灵 B. 冯·诺伊曼 C. 香农 D. 高德纳
7. 日常生活中,使用支付宝购买商品属于计算机应用中的()。
A. 科学计算 B. 数据处理 C. 实时控制 D. 过程控制
8. 以下计算机系统性能最好的是()。
A. 大型机 B. 小型机 C. 工作站 D. 超级计算机
9. 以下不属于现代计算机特点的是()。
A. 运算速度快 B. 计算精度高 C. 通用性强 D. 拥有独立思维
10. 目前已经被部署在超级计算机和大部分服务器上的操作系统是()。
A. Windows B. Linux C. UNIX D. Android

二、填空题

1. 以数学学科为代表的思维是_____;以物理学学科为代表的思维是_____;以计算机科学学科为代表的思维是_____。
2. 世界上实现第一台存储程序思想的计算机是_____。
3. CPU 的中文名称是_____。
4. UNIX 系统的第一个版本是用_____语言编写的。
5. 教师在教学过程中使用多媒体课件教学属于计算机应用中的_____。

三、简答题

1. 什么是计算思维?
2. 简述计算思维的特征。
3. 简述冯·诺伊曼的存储程序思想。
4. 简述现代计算机的分类和特点。

信息的表示

学习目标

- 了解进位计数制以及计算机与二进制的关系。
- 理解二进制的概念及其算数运算。
- 掌握常见计数制及其相互间的转换。
- 理解字符信息的表示与编码。
- 了解多媒体信息的表示和数据的压缩原理。

信息的表示是计算机科学的基础理论。在计算机科学中,字符、数字、图像和声音等各种丰富多彩的外部信息都可以在计算机中进行表示。计算机中处理的数据分为数值型数据和非数值型数据两大类。计算机以数字“0”和“1”表示各种数据,并以此为基础处理计算机中的一切信息,包括文本、图形、图像、声音、动画、影像数据等。能够进行算术运算得到明确数值概念的数字数据称为数值型数据,而数字化的文本、声音、图像等数据称为非数值型数据。

2.1 计算机与二进制

数据是指能够输入计算机并被计算机处理的数字、字母和符号的集合,可以说,只要计算机能够接受的信息都可称为数据。我们平时所看到的景象和听到的声音都可以用数据来描述。经过收集、整理和组织起来的数据成为有用的信息,现在可以把这些信息都输入计算机中,由计算机来保存和处理。

所有类型的数据在计算机中都是用二进制(binary)形式表示和存储的,二进制能够表示出各种信息。二进制数据是最简单的数字系统,只有两个数字符号 0 和 1。要想寻求更简单的数字系统,就只剩下 0 或 1 一个数字符号了,而只有一个数字符号的数字系统没有意义。

计算机采用二进制存储数据,在二进制数据表示体系中,数据的常用单位有位(bit)、字节(byte)和字(word)。

(1) 位。计算机中最小的数据单位是二进制的—个数位,简称位,位的符号是小写英文字母 b。一个二进制位可以表示两种状态(0 或 1),两个二进制位可以表示 4 种状态(00、01、10、11)。显然,位越多,所表示的状态就越多。

(2) 字节。字节是计算机中用来表示存储空间大小最基本的单位,字节的符号是大写英文

字母 B。一个字节由 8 个二进制位组成,因此 1 字节=8 位。例如,计算机内存的存储容量、磁盘的存储容量等都是以字节为单位进行表示的。通常,1 个英文字符占内存中的 1 个字节,也就是 1 B;1 个汉字为 2 个字符,也就是 2 B(字符实际占用的字节数取决于采用的编码)。

除了以字节为单位表示存储容量外,还可以用千字节(KB)、兆字节(MB)以及十亿字节(GB)等表示存储容量。它们之间存在下列换算关系:

$$\begin{aligned} 1 \text{ B} &= 8 \text{ b} \\ 1 \text{ KB} &= 1\,024 \text{ B} = 2^{10} \text{ B} \\ 1 \text{ MB} &= 1\,024 \text{ KB} = 2^{20} \text{ B} \\ 1 \text{ GB} &= 1\,024 \text{ MB} = 2^{30} \text{ B} \\ 1 \text{ TB} &= 1\,024 \text{ GB} = 2^{40} \text{ B} \end{aligned}$$

(3) 字。字和计算机中字长的概念有关。字长是指计算机在进行处理时一次作为一个整体进行处理的二进制数的位数,具有这一长度的二进制数则被称为该计算机中的一个字。字通常取字节的整数倍,是计算机进行数据存储和处理的运算单位。

计算机按照字长进行分类,可以分为 8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机等。字长越长,计算机能够一次处理的数据位就越多,处理能力越强,运算精度也就越高。在不同字长的计算机中,字的长度也不相同。例如,在 8 位机中,一个字含有 8 个二进制位,而在 64 位机中,一个字则含有 64 个二进制位。

注意字和字长的区别。在计算机中,一串数码作为一个整体来处理或运算的,称为一个计算机字,简称字,字通常分为若干个字节(每个字节一般是 8 位)。计算机的每个字所包含的位数称为字长。根据计算机的不同,字长有固定的和可变的两种。字长是衡量计算机性能的一个重要因素。

2.1.1 进位计数制

人类用文字、图表、数字表达和记录着世界上各种各样的信息,便于人们交流和处理,人们可以把这些信息输入计算机中,由计算机来保存和处理。我们所使用的计算机都为冯·诺伊曼型计算机,所以,计算机内部都使用二进制来表示数据,这就涉及进位计数制。

1. 定义

数制是计数的规则,进位计数制是利用固定的数字符号和统一的规则来计数的方法。在人们使用最多的进位计数制中,表示数的符号在不同的位置上时所代表的数值是不同的。按进位的方法进行计数的规则称为进位计数制,在日常生活和计算机中均采用进位计数制。人们平时最常用的是十进位计数制,即按照“逢十进一”的原则进行计数。

2. 要素

一种进位计数制包含一组数码符号和基数、数位、位权 3 个基本因素。

(1) 数码:数制中表示基本数值大小的不同数字符号。例如,十进制的数码是 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9,二进制的数码是 0、1。

(2) 基数:某数制可以使用的数码个数。例如,十进制的基数是 10,二进制的基数是 2,八进制的基数是 8,十六进制的基数是 16。

(3) 数位:数码在一个数中所处的位置。

(4) 位权:位权是基数的幂,表示数码在不同位置上的数值。

例如,十进制数 123,1 的位权是 10^2 ,2 的位权是 10^1 ,3 的位权是 10^0 。因此 $(123)_{10} = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0$ 。二进制数 1011,第一个 1 的位权是 2^3 ,0 的位权是 2^2 ,第二个 1 的位权是 2^1 ,第三个 1 的位权是 2^0 。因此 $(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ 。

2.1.2 二进制的算数运算

二进制是计算技术中广泛采用的一种数制。二进制数据是用 0 和 1 两个数码来表示的数,它的基数为 2,进位规则是“逢 2 进 1”,借位规则是“借 1 当 2”,其数制符号是 B 或下角标 2。当前的计算机系统使用的基本上是二进制系统。二进制数据采用位置计数法,其位权是以 2 为底的幂。例如,二进制数据 110.11,其位权的大小顺序为 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 。

计算机内部采用二进制的原因有以下几点:

(1) 技术实现简单。计算机是由逻辑电路组成的,逻辑电路通常只有两个状态:开关的接通与断开,这两种状态正好可以用 1 和 0 表示。例如,晶体管导通为 1,截止为 0;高电压为 1,低电压为 0;灯亮为 1,灯灭为 0。计算机采用具有两种不同稳定状态的电子或磁性器件表示 0 和 1。二进制状态简单,比十进制容易实现,数据传送不易出错,工作可靠。

(2) 简化运算规则。两个二进制数和、积运算组合各有 3 种,运算规则简单,有利于简化计算机内部结构,提高运算速度。二进制数的和与积的运算法则为:

加法运算法则: $0+0=0$ $0+1=1$ $1+1=10$

乘法运算法则: $0 \times 0=0$ $0 \times 1=0$ $1 \times 1=1$

这种运算法则大大简化了计算机中实现运算的线路。实际上,在计算机中的减法可用加法电路来实现,乘法及除法都可以分解为加法和移位运算来完成。

(3) 适合逻辑运算。逻辑代数是逻辑运算的理论依据,二进制只有两个数码,正好与逻辑代数中的“真”和“假”相对应。因此,采用二进制可以进行逻辑运算,使逻辑代数和逻辑电路成为计算机电路设计的数学基础。

(4) 易于进行转换。二进制与十进制数易于相互转换。

(5) 用二进制表示数据具有抗干扰能力强、可靠性高等优点。因为每位数据只有高低两个状态,在受到一定程度的干扰时,仍能可靠地分辨出它是高还是低。

直接使用自然数或度量衡单位进行计量的具体的数值,如收入 300 元、年龄 2 岁、考试分数 100 分、质量 3 千克等,可直接用算术方法进行汇总和分析,而对其他类型的数据则需特殊方法来处理。数值型数据由数字组成,表示数量,用于算术操作中。下面讨论计算机中数字信息的表示方法。

1. 机器数与真值

通常,机器数是把符号数字化的数,是数字在计算机中的二进制表示形式。根据小数点位置固定与否,机器数可以分为定点数和浮点数。通常,使用定点数表示整数,而用浮点数表示实数。

(1) 整数。整数没有小数部分,小数点固定在数的最右边。整数可以分为无符号整数和有符号整数两类。无符号整数的所有二进制位全部用来表示数值的大小;有符号整数用最高位表示数的正负号,而其他位表示数值的大小。例如,十进制整数 -65 的计算机内表示可以是 11000001。

(2) 实数。实数的浮点数表示方法是把一个实数的范围和精度分别用阶码和尾数来表示。在计算机中,为了提高数据表示精度,必须唯一地表示小数点的位置,因此规定浮点数必须写成规范化的形式,即当尾数不为 0 时,其绝对值大于或者等于 0.5 且小于 1(因为是二进制数,要求尾数的第 1 位必须是 1)。例如,设机器字长为 16 位,尾数为 8 位,阶码为 6 位,则二进制实数 -1101.010 的机内表示为 0000100111010100。

(3) 机器数与真值。不带符号的数是数的绝对值,在绝对值前加上表示正负的符号就成了符号数。直接用正号(+)和负号(-)来表示其正负的二进制数称为符号数的真值。在计算机中不仅用 0 和 1 编码的形式表示一个数的数值部分,正、负号亦同样用 0 和 1 编码表示。把符号数数字化以后,就能将它用于机器中。把一个数在机器内的表示形式称为机器数,而这个数本身就是该机器数的真值。01101 和 11101 是两个机器数,而它们的真值分别为 +1101 和 -1101。

2. 定点数和浮点数的概念

在计算机中,数值型的数据有两种表示方法:一种称为定点数,另一种称为浮点数。

所谓定点数,就是在计算机中所有数的小数点位置固定不变。定点数有两种:定点小数和定点整数。定点小数将小数点固定在最高数据位的左边,因此,它只能表示小于 1 的纯小数。定点整数将小数点固定在最低数据位的右边,因此定点整数表示的也只是纯整数。由此可见,定点数表示数的范围较小。

为了扩大计算机中数值数据的表示范围,将 12.34 表示为 1.234×10^1 ,其中 1.234 称为尾数,10 称为基数,可以在计算机内固定下来, 10^1 中的 1 称为阶码,若阶码的大小发生变化,则意味着实际数据小数点的移动,把这种数据称为浮点数。由于基数在计算机中固定不变,因此,可以用两个定点数分别表示尾数和阶码,从而表示这个浮点数。其中,尾数用定点小数表示,阶码用定点整数表示。

在计算机中,无论是定点数还是浮点数,都有正负之分。在表示数据时,专门有 1 位或 2 位表示符号,对单符号位来讲,通常用 1 表示负号,用 0 表示正号。对双符号位而言,则用 11 表示负号,00 表示正号。通常情况下,符号位都处于阶码和尾数的最高位。

3. 定点数的表示方法

一个定点数,在计算机中可用不同的码制来表示,常用的码制有原码、反码和补码 3 种。不论用什么码制来表示,数据本身的值(即真值)并不发生变化。以下为这 3 种码制的表示方法。

(1) 原码。原码的表示方法为:如果真值是正数,则最高位为 0,其他位保持不变;如果真值是负数,则最高位为 1,其他位保持不变。

例如,写出 13 和 -13 的原码(取 8 位码长)。

解:因为 $(13)_{10} = (1101)_2$,所以 13 的原码是 00001101, -13 的原码是 10001101。

采用原码的优点是转换非常简单,只要根据正负号将最高位置设置为 0 或 1 即可。但原码表示在进行加减运算时很不方便,符号位不能参与运算,并且 0 的原码有两种表示方法: +0 的原码是 00000000, -0 的原码是 10000000。

(2) 反码。反码的表示方法为:如果真值是正数,则最高位为 0,其他位保持不变;如果真值是负数,则最高位为 1,其他位按位求反。

例如,写出 13 和 -13 的反码(取 8 位码长)。

解:因为 $(13)_{10} = (1101)_2$,所以13的反码是00001101,-13的反码是11110010。

反码跟原码相比较,符号位虽然可以作为数值参与运算,但计算完后,仍需要根据符号位进行调整。另外,0的反码同样也有两种表示方法: +0的反码是00000000,-0的反码是11111111。

为了克服原码和反码的上述缺点,人们又引进了补码表示法。补码的作用在于能把减法运算化成加法运算,现代计算机中一般采用补码来表示定点数。

(3) 补码。补码的表示方法为:若真值是正数,则最高位为0,其他位保持不变;若真值是负数,则最高位为1,其他位按位求反后再加1。

例如,写出13和-13的补码(取8位码长)。

解:因为 $(13)_{10} = (1101)_2$,所以13的补码是00001101,-13的补码是11110011。

补码的符号可以作为数值参与运算,且计算完后不需要根据符号位进行调整。另外,0的补码表示方法也是唯一的,即00000000。

4. 浮点数的表示方法

浮点数是指小数点在数据中的位置可以左右移动的数据。它通常被表示成

$$N = M \times R^E$$

这里的M被称为浮点数的尾数,R被称为阶码的基数,E被称为阶码。计算机中一般规定R为2、8或16,是一个确定的常数,不需要在浮点数中明确表示出来。因此,要表示浮点数,一是要给出尾数M的值,通常用定点小数形式表示,它决定了浮点数的表示精度,即可以给出的有效数字的位数。二是要给出阶码E,通常用整数形式表示,它指出的是小数点在数据中的位置,决定了浮点数的表示范围。浮点数也要有符号位。在计算机中,浮点数通常被表示成如下格式:

$$\begin{array}{ccc} M_s & E & M \\ 1 \text{ 位} & m \text{ 位} & n \text{ 位} \end{array}$$

M_s 是尾数的符号位,即浮点数的符号位,安排在最高一位。

E是阶码,紧跟在符号位之后,占用 m 位,含阶码的一位符号。

M是尾数,在低位部分,占用 n 位。

合理地选择 m 和 n 的值是十分重要的,以便在总长度为 $1 + m + n$ 个二进制表示的浮点数中,既保证有足够大的数值范围,又保证有所要求的数值精度。

若不对浮点数的表示格式做出明确规定,同一个浮点数的表示就不是唯一的。例如,0.5也可以表示为 0.05×10^1 、 50×10^{-2} 等。为了提高数据的表示精度,也为了便于浮点数之间的运算与比较,规定计算机内浮点数的尾数部分用纯小数形式给出,而且当尾数的值不为0时,其绝对值应大于或等于0.5,这称为浮点数的规格化表示。对不符合这一规定的浮点数,要通过修改阶码并同时左右移尾数的办法使其变成满足这一要求的表示形式,这种操作被称为浮点数的规格化处理,对浮点数的运算结果经常需要进行规格化处理。

当一个浮点数的尾数为0,不论其阶码为何值,该浮点数的值都为0。当阶码的值为它能表示的最小一个值或更小的值时,不管其尾数为何值,计算机都把该浮点数看成0值,通常称其为机器零,此时该浮点数的所有位(包括阶码位和尾数位)都清为0。

按国际电子电气工程师协会的IEEE标准规定,常用的浮点数的格式如表2-1所示。

表 2-1 常用的浮点数的格式

类 型	符 号 位	阶 码	尾 数	总 位 数
短浮点数	1	8	23	32
长浮点数	1	11	52	64
临时浮点数	1	15	64	80

对于短浮点数和长浮点数,当其尾数不为 0 值时,其最高一个必定为 1,在将这样的浮点数写入内存或磁盘时,不必给出该位,可左移一位去掉它,这种处理技术称为隐藏位技术,目的是用同样多位的尾数能多保存一个二进制位。在将浮点数取回运算器执行运算时,再恢复该隐藏位的值。对临时浮点数,不使用隐藏位技术。

可以看到,浮点数比定点小数和定点整数使用起来更方便。例如,可以用浮点数直接表示电子的质量 9×10^{-28} g,太阳的质量 2×10^{33} g,圆周率 3.1416 等,上述值都无法直接用定点小数或定点整数表示,要受数值范围和表示格式各方面的限制。

2.1.3 常用计数制及其相互间的转换

进位计数制是一种计数的方法。在日常生活中,人们使用各种进位计数制,如六十进制(1 小时=60 分,1 分=60 秒)、十二进制(1 英尺=12 英寸,1 年=12 月)等。但人们最熟悉和最常用的是十进制(decimal)。除了在计算机中要使用二进制外,为了便于人们阅读及书写,也常常用到八进制(octal)和十六进制(hexadecimal)。

1. 八进制

八进制采用 0、1、2、3、4、5、6、7 共 8 个数码,逢 8 进 1,基数为 8,位权是以 8 为底的幂。八进制数较二进制数书写方便,常应用在电子计算机的计算中。例如,十进制的 32 表示成八进制就是 40,八进制的 32 表示成十进制就是 26。八进制表示法在早期的计算机系统中很常见。八进制适用于 12 位和 36 位计算机系统(或者其他位数为 3 的倍数的计算机系统)。但是,对于位数为 2 的幂(8 位、16 位、32 位与 64 位)的计算机系统来说,八进制就不算方便了。因此,在过去几十年里,八进制渐渐淡出了计算机系统。不过,有一些程序设计语言还是提供了使用八进制符号来表示数字的能力。八进制数制符号是 O 或 Q 或下角标 8。

2. 十进制

我国是最早使用十进制记数法,且认识到进位制的国家。我们的口语或文字表达的数字也遵守这一原则,比如一百二十七,同时我们对 0 的认识最早。

十进制是中国人民的一项杰出创造,在世界数学史上有重要意义。著名的英国科学史学家李约瑟教授曾对中国商代记数法予以很高的评价:如果没有这种十进制,就几乎不可能出现我们现在这个统一化的世界了。李约瑟说:“总的说来,商代的数字系统比同一时代的古巴比伦和古埃及更为先进更为科学。”

十进制是人们日常生活中最熟悉的进位计数制。在十进制中,采用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 共 10 个数码,计数规则是逢 10 进 1,基数是 10,位权是以 10 为底的幂。数制符号是 D 或下角标 10 或省略。

3. 十六进制

十六进制是计算机中数据的一种表示方法,是人们在计算机指令代码和数据的书写中经常

使用的数制。在十六进制中,采用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 和 A、E、C、D、E、F(或 a、b、c、d、e、f)共 16 个符号来描述。计数规则是逢 16 进 1,基数是 16,位权是以 16 为底的幂。十六进制与十进制的对应关系是:0~9 对应 0~9, A~F 对应 10~15。十六进制数制符号是 H 或下角标 16。

4. 数制间的转换

虽然计算机能极快地进行运算,但其内部并不像人类在实际生活中一样使用十进制,而是使用只包含 0 和 1 两个数值的二进制。人们输入计算机的十进制被转换成二进制进行计算,计算后的结果又由二进制转换成十进制,这都由操作系统自动完成,并不需要人们手工去做。学习汇编语言,就必须了解二进制以及与其密切相关的八进制和十六进制。通常采用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制,学会不同数制之间的相互转换是十分必要的。

人们对十进制数很熟悉,而对其他进制数比较陌生。例如,二进制数 11111111,这么长一串数字,用十进制表示只有 511。在不同的场合可能会用到不同进制的数据,但为了便于人们的理解,也需要在不同进制之间进行数据转换。将数由一种数制转换成另一种数制称为数制间的转换,包括十进制与非十进制之间的相互转换,以及非十进制间的相互转换。

1) 十进制数转换成二进制数、八进制数及十六进制数

十进制数转换为非十进制数时,需要将整数部分与小数部分分别转换,然后再组合到一起。把十进制数转换成 N 进制的数有一个共同的规则:整数部分采用“除 N 取余法”,即将十进制数除以 N,把除得的商再除以 N,如此反复,直到商为 0,然后将每次相除所得的余数倒序排列;第一个余数为最低位,这样得到的数就是转换之后的 N 进制数。小数部分采用“乘 N 取整法”,即将十进制数的小数部分乘以 N,得到一个整数部分和一个小数部分;再用 N 乘以小数部分,又得到一个小数部分和一个整数部分,继续这个过程,直到余下的小数部分为 0 或满足精度要求为止。最后将每次得到的整数部分从左到右排列即得到所对应的 N 进制小数。

(1) 十进制数转换为二进制数。其转换规则为:整数部分除以 2 取余,一次次相除,直到商为零,最后一次得到的余数为最高位。小数部分乘 2 取整,然后把所得的小数部分再次乘以 2,取其乘积的整数部分,如此反复,直到最后小数部分为 0 或满足精度要求,将每次乘得的整数部分按从左到右顺序排列。

例如,将十进制数 231.25 转换为二进制数的过程如下:

整数部分转换:

2	231	1	↑ 自下而上
2	115	1	
2	57	1	
2	28	0	
2	14	0	
2	7	1	
2	3	1	
2	1	1	
	0		

把所得的余数倒序排列(自下而上)为 11100111,就是十进制数 231 所对应的二进制数。因

此,整数部分 231 转换为二进制数为 11100111。

小数部分转换:

	整数部分
$0.125 \times 2 = 0.250$	0
$0.250 \times 2 = 0.500$	0
$0.500 \times 2 = 1.000$	1
0.000	转换结束

把转换后的整数部分顺序排列(从上到下)为 001,就是十进制数 0.125 转换后的二进制数,即十进制数小数部分 0.125 转换为二进制数为 001。因此,十进制数 231.25 转换为二进制数为 11100111.001。

再如,十进制数 157 经转换后的二进制数为 10011101,十进制数 0.8125 经转换后的二进制数为 0.1101,大家可自己练习转换。

(2) 十进制数转换为八进制数。转换规则与十进制数转换为二进制数相似。整数部分除以 8 取余,辗转相除,直到商为零,倒序排列余数;小数部分乘 8 取整,然后把所得的小数部分再次乘 8,取其乘积的整数部分,如此反复,直到最后小数部分为 0 或满足精度要求,将每次乘得的整数部分顺序排列。

例如,十进制数 273 转换为八进制数,把所得的余数倒序排列为 421,这就是十进制数 273 所对应的八进制数。

转换小数方法与把十进制数转换为二进制数的方法一样。

(3) 十进制数转换为十六进制数。转换规则为:整数部分除以 16 取余,辗转相除,直到商为零,倒序排列余数;小数部分乘 16 取整,然后把所得的小数部分再次乘 16 取其乘积的整数部分,如此反复,直到最后小数部分为 0 或满足精度要求,将每次乘得的整数部分顺序排列。

具体转换情况请参考十进制数转换为二进制数或八进制数的情况,此处不再举例。

2) 二进制数、八进制数、十六进制数转换成十进制数

非十进制数转换为十进制数非常简单,只需要将其按权展开,把各位数字与权相乘,其积相加的和即为十进制数。

例如,把二进制、八进制和十六进制分别转换为十进制的计算过程如下:

二进制数 101.01 转化为十进制数:

$$\begin{aligned} (101.01)_2 &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 4 + 1 + 0.25 \\ &= (5.25)_{10} \end{aligned}$$

八进制数 23.1 转化为十进制数:

$$\begin{aligned} (23.1)_8 &= 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} \\ &= 16 + 3 + 0.125 \\ &= (19.125)_{10} \end{aligned}$$

十六进制数 5E.2 转换为十进制数:

$$\begin{aligned} (5E.2)_{16} &= 5 \times 16^1 + 14 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} \\ &= 80 + 14 + 0.125 \\ &= (94.125)_{10} \end{aligned}$$

由此可以看出,对于二进制数的转换,只需把数位是1的权值相加,其和就是等效的十进制数。二进制与十进制之间的转换是最简便,也是最常用的一种。

在进行数制转换时,权位上的幂以小数点为分界线,整数部分是从右到左,其权依次是0、1、2、3、……;而小数部分是从左到右,其权依次为-1、-2、-3、……。

3) 二进制、八进制、十六进制之间的转换

这3种进制数之间的转换,是根据其权之间内在的联系(即 $2^3 = 8, 2^4 = 16$)来进行转换的,即可以将3位二进制数表示为1位八进制数,将4位二进制数表示为1位十六进制数。在转换时,位组划分以小数点为中心,将整数与小数部分向左或右延伸,即整数部分由小数点向左延伸,小数部分向右延伸,每3位(八进制)或4位(十六进制)为一组,不足3位或4位时补0。

在具体转换时,可以参照表2-2进行。

表 2-2 二、八、十、十六进制的对照关系

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0	12	1100	14	C
1	1	1	1	13	1101	15	D
2	10	2	2	14	1110	16	E
3	11	3	3	15	1111	17	F
4	100	4	4	16	10000	20	10
5	101	5	5	17	10001	21	11
6	110	6	6	18	10010	22	12
7	111	7	7	19	10011	23	13
8	1000	10	8	20	10100	24	14
9	1001	11	9	32	100000	40	20
10	1010	12	A	100	1100100	144	64
11	1011	13	B	1000	1111101000	1750	3E8

例如,将二进制数100110100111011.11011分别转换为八进制和十六进制。

二进制数100110100111011.11011转换为八进制,每3位为一组:

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{100110100111011.110110} & & & & & & \\ 4 & 6 & 4 & 7 & 3 & 6 & 6 \end{array}$$

则 $(100110100111011.11011)_2 = (46473.66)_8$

二进制数100110100111011.11011转换为十六进制,每4位为一组:

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{0100110100111011.11011000} & & & & & & \\ 4 & D & 3 & B & D & 8 & \end{array}$$

则 $(100110100111011.11011)_2 = (4D3B.D8)_{16}$

2.2 字符信息的表示与编码

计算机中的信息包括数据信息和控制信息,数据信息又可分为数值信息和非数值信息。非数值信息和控制信息包括字母、各种控制符号和图形符号等,它们都以二进制编码方式存入计算

机并得以处理,这种对字母、数字和符号进行编码的二进制代码称为字符代码(character code)。人们使用计算机的基本手段是通过键盘与计算机交流,从键盘上输入的命令和数据实际上表现为一个个英文字母、标点符号和数字,都是非数值数据。然而计算机只能存储二进制,这就需要用二进制的0和1对各种字符进行编码。例如,在键盘上输入英文字母A,存入计算机的是A的编码01000001,它已不再代表数值量,而是一个文字信息。

计算机中的数据是用二进制表示的,而人们习惯用十进制数,那么在输入输出时就要对数据进行十进制和二进制之间的转换处理,因此,必须采用一种编码的方法,由计算机来承担这种识别和转换工作。

字符编码(character encoding)也称字集码,是把字符集中的字符编码为指定集合中某一对象(如比特模式、自然数序列、8位组或者电脉冲),以便文本在计算机中存储和通过通信网络传递。常见的例子包括将拉丁字母表编码成摩斯电码和ASCII(American Standard Code for Information Interchange)码。其中,ASCII码将字母、数字和其他符号编号,并用7位二进制来表示这个整数,通常会额外使用一个扩充的位,以便于以1个字节的方式存储。

在计算机技术发展的早期,如ASCII(1963年)和EBCDIC(1964年)这样的字符集逐渐成为标准,但这些字符集的局限很快就变得明显,于是人们开发了许多方法来扩展它们。对于支持包括东亚CJK字符家族在内的写作系统要求能支持更大量的字符,并且需要一种系统而不是临时的方法实现这些字符的编码。

2.2.1 英文字符编码

1. ASCII 码

计算机在处理非数值的文字和其他符号时,要对文字和符号进行数字化处理,即用二进制编码来表示文字和符号。在计算机系统中有两种重要的字符编码方式:EBCDIC码和ASCII码。EBCDIC主要用于IBM的大型主机,ASCII码用于微型机与小型机。

ASCII码即美国信息交换标准代码,是目前计算机普遍采用的一种编码。ASCII码是基于拉丁字母的一套计算机编码系统,它主要用于显示现代英语和其他西欧语言,是现今最通用的单字节编码系统,并等同于国际标准ISO/IEC 646。ASCII码使用指定的7位或8位二进制数组合来表示128种或256种可能的字符。标准ASCII码也称为基础ASCII码,使用7位二进制数来表示所有的大写和小写字母、数字0~9、标点符号以及在美式英语中使用的特殊控制字符。其中:

0~31及127(共33个)是控制符或通信专用符。控制符有LF(换行)、CR(回车)、FF(换页)、DEL(删除)、BS(退格)和EEL(响铃)等;通信专用符有SOH(文头)、EOT(文尾)和ACK(确认)等。ASCII码值为8、9、10和13分别转换为退格、制表、换行和回车符,它们并没有特定的图形显示,但会依不同的应用程序而对文本显示有不同的影响。

32~126(共95个)是可显示字符(32是空格),其中48~57为0~9共10个阿拉伯数字,65~90为26个大写英文字母,97~122为26个小写英文字母,其余为一些标点符号和运算符号等。

在计算机中实际用8位表示一个字符,最高位为0。例如,数字0的ASCII码为48,大写英文字母A的ASCII码为65,空格的ASCII码为32等。有的计算机教材中的ASCII码用十六进

制数表示,这样,数字 0 的 ASCII 码为 30H,字母 A 的 ASCII 为 41H 等。ASCII 码如表 2-3 所示。

表 2-3 ASCII 码

ASCII 值	控制字符	ASCII 值	控制字符	ASCII 值	控制字符	ASCII 值	控制字符
0	NUT	32	(space)	64	@	96	'
1	SOH	33	!	65	A	97	a
2	STX	34	“	66	B	98	b
3	ETX	35	#	67	C	99	c
4	EOT	36	MYM	68	D	100	d
5	ENQ	37	%	69	E	101	e
6	ACK	38	&	70	F	102	f
7	BEL	39	'	71	G	103	g
8	BS	40	(	72	H	104	h
9	HT	41	)	73	I	105	i
10	LF	42	*	74	J	106	j
11	VT	43	+	75	K	107	k
12	FF	44	,	76	L	108	l
13	CR	45	—	77	M	109	m
14	SO	46	.	78	N	110	n
15	SI	47	/	79	0	111	o
16	DLE	48	0	80	P	112	p
17	DC1	49	1	81	Q	113	q
18	DC2	50	2	82	R	114	r
19	DC3	51	3	83	S	115	s
20	DC4	52	4	84	T	116	t
21	NAK	53	5	85	U	117	u
22	SYN	54	6	86	V	118	v
23	TB	55	7	87	W	119	w
24	CAN	56	8	88	X	120	x
25	EM	57	9	89	Y	121	y
26	SUB	58	:	90	Z	122	z
27	ESC	59	;	91	[	123	{
28	FS	60	<	92	/	124	|
29	GS	61	=	93	]	125	}
30	RS	62	>	94	^	126	?
31	US	63	?	95	_	127	DEL

ASCII 码具有以下特点:

- (1) 表中前 32 个字符和最后一个字符为控制符,在通信中起控制作用。
- (2) 10 个数字字符和 26 个英文字母由小到大排列,且数字在前,大写字母次之,小写字母在最后,这一特点可用于字符数据的大小比较。
- (3) 数字 0~9 由小到大排列,ASCII 码分别为 48~57,ASCII 码与数值相差 48。
- (4) 在英文字母中,A 的 ASCII 码值为 65,a 的 ASCII 码值为 97,且由小到大依次排列。因此,只要记得 A 和 a 的 ASCII 码,就能推算其他字母的 ASCII 码。

2. MBCS 码

为了扩充 ASCII 编码,以用于显示本国的语言,不同的国家和地区制定了不同的标准,由此产生了 GB2312、BIG5、JIS 等各自的编码标准。这些使用 2 个字节来代表一个字符的各种汉字延伸编码方式,称为 ANSI 编码,又称为 MBCS(Multi-Bytes Character Set,多字节字符集)。在简体中文系统下,ANSI 编码代表 GB2312 编码,在日文操作系统下,ANSI 编码代表 JIS 编码,所以在中文 Windows 下要转码成 GB2312,GBK 只需要把文本保存为 ANSI 编码即可。但是不同 ANSI 编码之间互不兼容,当信息在国际间交流时,无法将属于两种语言的文字存储在同一段 ANSI 编码的文本中。同一个编码值,在不同的编码体系里代表着不同的字,很容易造成混乱,这导致了 Unicode 码的诞生。

3. Unicode 码

Unicode(统一码、万国码、单一码)是计算机科学领域里的一项业界标准,包括字符集、编码方案等。Unicode 是为了解决传统的字符编码方案的局限而产生的,它为每种语言中的每个字符设定了统一并且唯一的二进制编码,以满足跨语言、跨平台进行文本转换、处理的要求。Unicode 码于 1990 年开始研发,1994 年正式公布。Unicode 编码系统可分为编码方式和实现方式两个层次。

Unicode 编码共有三种具体实现,分别为 utf-8、utf-16 和 utf-32,其中 utf-8 占用一到四个字节,utf-16 占用二或四个字节,utf-32 占用四个字节,比较常用的是 utf-8。

2.2.2 汉字字符编码

汉字编码(Chinese character encoding)是为汉字设计的一种便于输入计算机的代码。由于电子计算机现有的输入键盘与英文打字机键盘完全兼容,因而如何输入非拉丁字母的文字(包括汉字)便成了多年来人们研究的课题。汉字信息处理系统一般包括编码、输入、存储、编辑、输出和传输,其中编码是关键,不解决这个问题,汉字就不能进入计算机。

汉字也是字符,与西文字符比较,汉字数量大、字形复杂、同音字多,这就给汉字在计算机内部的存储、传输、交换、输入和输出等带来了一系列的问题。

汉字进入计算机有许多困难,其原因主要有以下三点:

- (1) 数量庞大:一般认为,汉字总数已超过 6 万个,其中包括简化字。虽有研究者主张规定 3000 多或 4000 字作为当代通用汉字,但仍比处理由二三十个字母组成的拼音文字要困难得多。

- (2) 字形复杂:有古体今体、繁体简体、正体异体,而且笔画相差悬殊,少的一笔,多的达 36 笔,简化后平均为 9.8 笔。

(3) 存在大量一音多字和一字多音的现象:汉语音节 416 个,分声调后为 1 295 个(根据《现代汉语词典》统计,轻声 39 个未计)。以 1 万个汉字计算,每个不带调的音节平均超过 24 个汉字,每个带调音节平均超过 7.7 个汉字,有的同音同调字多达 66 个。一字多音现象也很普遍。

为了能直接使用西文标准键盘输入汉字,必须为汉字设计相应的编码,以适应计算机处理汉字的需要。汉字进入计算机的 3 种途径如下:

(1) 机器自动识别汉字。计算机通过“视觉”装置,用光电扫描等方法识别汉字。

(2) 通过语音识别输入。计算机利用人们给它配备的“听觉器官”,自动辨别汉语语音要素,从不同的音节中找出不同的汉字,或从相同音节中判断出不同汉字。

(3) 通过汉字编码输入。根据一定的编码方法,由人借助输入设备将汉字输入计算机。

1. 外码

外码也称为输入码,是用来将汉字输入计算机中的一组键盘符号。常用的输入码有拼音码、五笔字型码、自然码、表形码、认知码、区位码和电报码等,一种好的编码应有编码规则简单、易学好记、操作方便、重码率低、输入速度快等优点,每个人可根据自己的需要进行选择。目前较常用的中文输入法是搜狗拼音输入法。

2. 国标码

为了满足国内在计算机中使用汉字的需要,中国国家标准总局发布了一系列的汉字字符集国家标准编码,统称为 GB 码,或国标码。其中最有影响的是于 1980 年发布的《信息交换用汉字编码字符集 基本集》,标准号为 GB 2312—1980,因其使用非常普遍,也被通称为国标码。GB2312 编码通行于我国内地,新加坡等地也采用此编码。几乎所有的中文系统和国际化的软件都支持 GB2312。

GB2312 是一个简体中文字符集,在国标码的字符集中共收录了 6 763 个常用汉字和 682 个非汉字字符(图形、符号)。汉字根据使用的频率分为两级,其中一级汉字 3 755 个,以汉语拼音为序排列,二级汉字 3 008 个,以偏旁部首进行排列。

由于字符数量比较大,GB2312 采用了二维矩阵编码法对所有字符进行编码。GB 2312—1980 规定,所有的国标汉字与符号组成一个 94×94 的矩阵,在此方阵中,每一行称为一个“区”(区号为 01~94),每一列称为一个“位”(位号为 01~94),该方阵实际组成了一个有 94 个区且每个区内有 94 个位的汉字字符集,每一个汉字或符号在码表中都有一个唯一的位置编码,这个位置可以用区号、位号合成表示,称为该字符的区位码。如第一个汉字“啊”出现在第 16 区的第 1 位上,其区位码为 1601。因为区位码同字符的位置是完全对应的,因此区位码同字符之间也是一一对应的,这样所有的字符都可通过其区位码转换为数字编码信息。

使用区位码方法输入汉字时,必须先表中查找汉字并找出对应的代码,才能输入。区位码输入汉字的优点是无重码,而且输入码与内部编码的转换方便。

3. 机内码

汉字的机内码是计算机系统内部对汉字进行存储、处理和传输时统一使用的代码,又称为汉字内码。由于汉字数量多,一般用两个字节来存放汉字的内码。在计算机内汉字字符必须与英文字符区别开,以免造成混乱。英文字符的机内码是用一个字节来存放 ASCII 码,一个 ASCII

码占一个字节的低 7 位,最高位为 0,为了区分,汉字机内码中两个字节的最高位均置 1。例如,汉字“中”的国标码为 5650H (0101011001010000)₂,机内码为 D6D0H(1101011011010000)₂。

4. 汉字的字形码

字形码是汉字的输出码,输出汉字时都采用图形方式,无论汉字的笔画多少,每个汉字都可以写在同样大小的方块中,通常用 16×16 点阵来显示汉字。

每一个汉字的字形都必须预先存放在计算机内,例如,GB2312 字符集的所有字符的形状描述信息集合在一起,称为字形信息库,简称字库。通常分为点阵字库和矢量字库。目前汉字字形的产生方式大多是用点阵,即用点阵表示汉字的字形。根据汉字输出精度的要求,有不同密度点阵。汉字字形点阵有 16×16 点阵、24×24 点阵、32×32 点阵等。汉字字形点阵中每个点的信息用一位二进制码来表示,1 表示对应位置处是黑点,0 表示对应位置处是空白。字形点阵的信息量很大,所占存储空间也很大,例如 16×16 点阵,每个汉字就要占 32 B(16×16/8 = 32);24×24 点阵的字形码需要用 72 B(24×24 / 8 = 72),因此字形点阵只能用来构成字库,而不能用来替代机内码用于机内存储。字库中存储了每个汉字的字形点阵代码,不同的字体(如宋体、仿宋、楷体、黑体等)对应着不同的字库。在输出汉字时,计算机要先到字库中去找到它的字形描述信息,然后再输出字形。

下面讨论输入码、区位码、国标码与机内码的联系与区别。键盘是当前计算机的主要输入设备,输入码就是使用英文键盘输入汉字时的编码。按输入码编码的主要依据,大体可分为顺序码、音码、形码和音形码 4 类,如“保”字,用全拼,输入码为“bao”,用区位码则输入码为“1703”,用五笔字型则为“wks”。计算机只识别由 0 和 1 组成的代码,ASCII 码是英文信息处理的标准编码,汉字信息处理也必须有一个统一的标准编码。GB 2312—1980 共对 6 763 个汉字和 682 个图形字符进行了编码,其编码原则为:汉字用两个字节表示,每个字节用七位码(高位为 0),国家标准将汉字和图形符号排列在一个 94 行 94 列的二维代码表中,每两个字节分别用两位十进制编码,前字节的编码称为区码,后字节的编码称为位码,此即区位码,如“保”字在二维代码表中处于 17 区第 3 位,区位码即为 1703。

国标码并不等于区位码,它是由区位码稍做转换得到的,其转换方法为:先将十进制的区码和位码转换为十六进制的区码和位码,这样就得到一个与国标码有相对位置差的代码,再将这个代码的第一个字节和第二个字节分别加上 20H,就得到国标码。例如,“保”字的国标码为 3123H,它是经过下面的转换得到的:

$$1703D = 1103H$$

$$1103H + 2020H = 3123H$$

国标码是汉字信息交换的标准编码,但因其前后字节的最高位为 0,与 ASCII 码发生冲突,如“保”字,国标码为 31H 和 23H,而西文字符 1 和 # 的 ASCII 码也为 31H 和 23H,现假如内存中有两个字节为 31H 和 23H,这到底是一个汉字“保”,还是两个西文字符 1 和 #,就出现了二义性。显然,国标码是不可能计算机内部直接采用的,于是,汉字的机内码采用变形国标码,其变换方法为:将国标码的每个字节都加上 128,即将两个字节的最高位由 0 改为 1,其余 7 位不变。例如,“保”字的国标码为 3123H,前字节为 00110001B,后字节为 00100011B,高位改 1,分别为 10110001B 和 10100011B,即 B1A3H,因此,“保”字的机内码就是 B1A3H。显然,汉字机内码的每个字节都大于 128,这就解决了与西文字符的 ASCII 码冲突的问题。

5. 汉字编码类型

据粗略统计,现有 400 多种编码方案,其中上机通过试验的和已被采用作为输入方式的有数十种之多。归纳起来,有 5 种类型:

(1) 整字输入法。整字输入法一般是将三四千个常用汉字排列在一个具有三四百个键位的大键盘上,大多是将这些汉字按 XY 坐标排列在一张字表上,通常叫字表法或笔触字表法。例如,X25 行和 Y90 列交叉的字为“国”,当电笔点到字表上的“国”字时,机器自动将该字的代码 2590 输入。键盘上或字表中字按部首、按音序或按字义联想而排列,不常用的字作为盘外字或表外字,另行编码处理。

(2) 字形分解法。字形分解法将汉字的形体分解成笔画或部件,按一定顺序输入机器。笔画一般分成横、竖、撇、点、折、弯、叉、方共 8 种,部件一般归纳出一二百个。由于一般键盘上只有 42 个键(包括数字和标点),容纳不下这么多部件,因而有人设计中键盘,也有人利用部件形体上的相似点或出现概率的不同,而把 100 多个部件分布在 26 个字母键上。

(3) 字形为主、字音为辅的编码法。这种编码法与字形分解法的不同在于还要利用某些字音信息。例如,有的方案为了简化编码规则,缩短码长,在字形码上附加字音码;有的方案为了采用标准英文电传机,将分解归纳出来的字素通过关系字的读音转化为拉丁字母。

(4) 全拼音输入法。绝大多数全拼音输入法是以现行的汉语拼音方案为基础进行设计,其中的关键问题是区分同音字,因而有的方案提出“以词定字”的方法,还有的方案提出“拼音—汉字转换法”,即“汉语拼音输入—机内软件变换(实为查机器词表)—汉字输出”系统。

(5) 拼音为主、字形为辅的编码法。这种编码法一般在拼音码前面或后面再添加一些字形码。拼音码有用现行汉语拼音方案或稍加简化的,还有的为了缩短码长而把声母和韵母都用单字母或单字键表示的“双拼方案”或“双打方案”。如 F 键既表声母 F,又表韵母 ang,连击两下,便是 Fang“方”字。区分同音字的字形码也多种多样,除了大部分采用偏旁部首的信息外,还有采用起末笔或采用语义类别的。

上述各种编码法,各有短长。例如,字表法的特点是一字一格(键),无重码,直观性好,操作简单;缺点是需特制键盘,速度较慢。字形分解法的好处是按形取码,不涉及字音,因而不认识的字(包括生僻字、古字)也同样可以编码输入;但汉字形体结构非常复杂,写法也有许多差异,分解标准不易统一,因而不少方案规则较多。拼音输入法(包括拼音—汉字转换法)的优点是操作简捷,可以盲打,不受汉字简化、字形改变的影响,符合拼音化方向,并且还便于做进一步信息处理;缺点是不认识的字无法输入;另外,如果不加字形码或不用以词定字法或显式选择法,同音字较难处理。

2.3 多媒体信息的表示

2.3.1 多媒体概述

1. 多媒体的定义

媒体(media)就是人与人之间实现信息交流的中介,简单地说,就是信息的载体,也称为媒介。多媒体就是多重媒体的意思,可以理解为直接作用于人感官的文字、图形、图像、动画、声音

和视频等各种媒体的统称,即多种信息载体的表现形式和传递方式。

多媒体(multimedia)是指在计算机系统中组合两种或两种以上媒体的一种人机交互式信息交流和传播的媒体,使用的媒体包括文字、图片、照片、声音(包含音乐、语音旁白和特殊音效)、动画和影片,以及程序所提供的互动功能。

多媒体是超媒体(hypermedia)系统中的一个子集,而超媒体系统是使用超链接(hyperlink)构成的全球信息系统,全球信息系统是互联网上使用 TCP/IP 和 UDP/IP 的应用系统。二维的多媒体网页使用 HTML、XML 等语言编写,三维的多媒体网页使用 VRML 等语言编写。许多多媒体作品使用光盘发行,以后将更多地使用网络发行。

2. 媒体分类

媒体分为感觉媒体、表示媒体(representation medium)、表现媒体、存储媒体和传输媒体。

1) 感觉媒体

感觉媒体是指能直接作用于人的感觉器官,使人能直接产生感觉的一类媒体。感觉媒体包括人类的各种语言、文字、音乐、自然界的其他声音、静止的或活动的图像、图形和动画等信息。常见的感觉媒体分为文本、图形、图像、动画、音频和视频等。

(1) 文本是指输入的字符和汉字,具有字体、字号、颜色等属性。在计算机中,表示文本信息的方式主要有两种:点阵文本和矢量文本。

(2) 图形是指由计算机绘制的各种几何图形。

(3) 图像是指由数码照相机、数码摄像机或图形扫描仪等输入设备获取的照片、图片等。图像可以看成是由许许多多的点组成的,单个的点称为像素(pixel),它是表示图像的最小单位。

(4) 动画是指借助计算机生成的一系列可供动态实时演播的连续图像。动画是依靠人的视觉暂留功能来实现的,将一系列变化微小的画面按照一定的时间间隔显示在屏幕上,就可以得到物体运动的效果。

(5) 音频是指数字化的声音,它可以是解说、音乐、自然界的各种声音和人工合成声音等。

(6) 视频是指由摄像机等输入设备获取的活动画面。由摄像机得到的视频图像是一种模拟视频图像,模拟视频图像输入计算机需经过模数(A/D)转换后才能进行编辑和存储。

2) 表示媒体

表示媒体是一种信息的表示方法,它是指传输感觉媒体的中介媒体,即用于数据交换的编码。表示媒体就是信息的表示方法。信息本身是无形的,如果要使信息能被人理解和接受,必须将信息通过一定的方法表示出来。

国际电话电报咨询委员会(Consultative Committee on International Telephone and Telegraph, CCITT, 国际电信联盟 ITU 的一个分会)把媒体分成 5 类,表示媒体是其中之一,它指传输感觉媒体的中介媒体,即用于数据交换的编码,包括图像编码(JPEG、MPEG 等)、文本编码(ASCII 码、GB2312 等)和声音编码等。在计算机中使用不同的格式来表示媒体信息。

表示媒体包括视觉媒体、听觉媒体、触觉媒体 3 种。视觉媒体包括位图图像、矢量图形、动画、视频和文本等,它们通过视觉传递信息。听觉媒体包括波形声音、语音和音乐等,它们通过听觉传递信息。触觉媒体就是环境媒体,包括温度、压力、湿度及人对环境的感受,它们通过触觉传递信息。

3) 表现媒体

表现媒体又称为显示媒体,是计算机用于输入输出信息的媒体,如键盘、鼠标、光笔、显示器、扫描仪、打印机和数字化仪等。

4) 存储媒体

存储媒体又称为存储介质,是指存储二进制信息的物理载体,这种载体具有表现两种相反物理状态的能力,存储器的存取速度就取决于这两种物理状态的改变速度。存储媒体就是用于储存表示媒体的物理介质,如纸张、磁带、磁盘、光盘和胶卷等。

使用的存储介质主要有半导体器件、磁性材料和光学材料。

(1) 用半导体器件做成的存储器称为半导体存储器。从制造工艺的角度又把半导体存储器分为双极型和 MOS 型等。

(2) 用磁性材料做成的存储器称为磁表面存储器,如磁盘存储器和磁带存储器。

(3) 用光学材料做成的存储器称为光表面存储器,如光盘存储器。

为避免存储介质损坏、存储的信息丢失或信息被窃取等情况对网络系统造成损失,必须对存储介质实施安全措施。对存储介质的保护措施主要包括以下几种:

(1) 建立专用存储介质库,访问人员限于管理员。

(2) 旧存储介质进行销毁前应清除数据。

(3) 存储介质不用时均在存储介质库存放,并注意防尘、防潮,远离高温和强磁场。

(4) 避免使存储介质受到强烈震动,如从高处坠落、重力敲打等,以防介质中存储的数据丢失。

(5) 应对介质库中保存的介质定期检查,以防信息丢失。

(6) 明确存储介质的保质期,并在保质期内转存需长期保存的数据。

计算机系统的大量信息都存储在某种媒体上,如磁盘、磁带、半导体、光盘、打印纸等。为了防止对信息的破坏、篡改、盗窃等事件的发生,就必须对存储媒体进行保护和管理,严格其访问控制。

5) 传输媒体

传输媒体是指用于传输表示媒体的介质,也就是将表示媒体从一台计算机传送到另一台计算机的通信载体,如同轴电缆、双绞线、电缆、光纤和电话线等。计算机网络中采用的传输媒体可分为有线传输媒体(引导性传输媒体)和无线传输(非引导性传输媒体)媒体两大类。有线媒体是指电磁波沿着一个固态媒体传播,如金属导体、玻璃和塑料;无线媒体提供了传输电磁信号的手段,但不加以引导,如大气层和外层空间。有线传输媒介主要有同轴电缆、双绞线及光缆;无线传输媒介主要有微波、无线电、激光和红外线等。卫星通信、无线通信、红外通信、激光通信以及微波通信的信息载体都属于无线传输媒体。传输媒体的特性对网络数据通信质量有很大影响,其特性有以下几个:

(1) 物理特性。物理特性说明传输媒体的特征。

(2) 传输特性。传输特性包括使用模拟信号发送还是数字信号发送、调制技术、传输量及传输的频率范围。

(3) 连通性。连通性是指点到点或多点连接。

(4) 地理范围。地理范围是指网上各点间的最大距离,能用在建筑物内、建筑物之间或扩展到整个城市。

(5) 抗干扰性。抗干扰性是指防止噪声、干扰对数据传输影响的能力。

(6) 相对价格。相对价格以元件、安装和维护的价格为基础。

3. 多媒体技术

1) 多媒体技术的概念

多媒体技术(multimedia technology)是利用计算机对文本、图形、图像、声音、动画和视频等多种信息进行综合处理,建立逻辑关系和人机交互作用的技术。多媒体技术以数字化为基础,能够对多种媒体信息进行采集、加工处理、存储和传递,并能使各种媒体信息之间建立起有机的逻辑联系,集成为一个具有良好交互性的系统。真正的多媒体技术所涉及的对象是计算机技术的产物,而其他的单纯事物,如电影、电视和音响等,均不属于多媒体技术的范畴。多媒体技术有以下主要特点:

(1) 集成性。多媒体技术能够对信息进行多通道统一获取、存储、组织与合成,它采用了数字信号,可以综合处理文字、声音、图形、动画、图像和视频等多种信息,并将这些不同类型的信息有机地结合在一起。

(2) 控制性。多媒体技术以计算机为中心,综合处理和控制在多媒体信息,并按人的要求以多种媒体形式表现出来,同时作用于人的多种感官。

(3) 交互性。交互性是多媒体应用有别于传统信息交流媒体的主要特点之一。传统信息交流媒体只能单向地、被动地传播信息,而多媒体技术则可以实现人对信息的主动选择和控制。信息以超媒体结构进行组织,可以方便地实现人机交互。换言之,人可以按照自己的思维习惯和意愿主动地选择和接受信息,拟定观看内容的路径。

(4) 非线性。多媒体技术的非线性特点将改变人们传统循序性的读写模式。以往人们的读写方式大都采用章、节、页的框架,循序渐进地获取知识,而多媒体技术借助超文本链接的方法,将内容以一种更灵活、更具变化的方式呈现给读者。

(5) 实时性。当用户给出操作命令时,相应的多媒体信息都能够得到实时控制。

(6) 互动性。多媒体技术可以形成人与机器、人与人及机器间的互动,互相交流的操作环境及身临其境的场景,人们根据需要进行控制。人机相互交流是多媒体最大的特点。

(7) 信息使用的方便性。用户可以按照自己的需要、兴趣、任务要求、偏爱和认知特点来使用信息,任意选取图、文、声等信息表现形式。

(8) 信息结构的动态性。用户可以按照自己的目的和认知特征重新组织信息,增加、删除或修改节点,重新建立链接。

2) 多媒体技术涉及的内容

多媒体技术涉及以下几个方面内容:

(1) 多媒体数据压缩:包括多模态转换、压缩编码。

(2) 多媒体处理:包括音频信息处理,如音乐合成、语音识别、文字与语音相互转换,图像处理和虚拟现实。

(3) 多媒体数据存储:指多媒体数据库。

- (4) 多媒体数据检索:包括基于内容的图像检索和视频检索。
- (5) 多媒体著作工具:包括多媒体同步、超媒体和超文本。
- (6) 多媒体通信与分布式多媒体:包括 CSCW、会议系统、VOD 和系统设计。
- (7) 多媒体专用设备技术:包括多媒体专用芯片技术和多媒体专用输入输出技术。
- (8) 多媒体应用技术:包括 CAI 与远程教学, GIS 与数字地球以及多媒体远程监控等。

3) 多媒体技术的基本类型

多媒体技术分为文本、图像、动画、声音和视频影像等基本类型。

(1) 文本。文本是以文字和各种专用符号表达的信息形式,它是现实生活中使用最多的一种信息存储和传递方式。用文本表达信息给人充分的想象空间,它主要用于对知识的描述性表示,如阐述概念、定义、原理和问题以及显示标题、菜单等内容。

(2) 图像。图像是多媒体软件中最重要的信息表现形式之一,它是决定一个多媒体软件视觉效果的关键因素。

(3) 动画。动画利用人的视觉暂留特性,快速播放一系列连续运动变化的图形图像,也包括画面的缩放、旋转、变换和淡入淡出等特殊效果。通过动画可以把抽象的内容形象化,使许多难以理解的教学内容变得生动有趣,合理使用动画可以达到事半功倍的效果。

(4) 声音。声音是人们用来传递信息、交流感情最方便、最熟悉的方式之一。在多媒体课件中,按其表达形式可将声音分为讲解、音乐和效果 3 类。

(5) 视频影像。视频影像具有时序性与丰富的信息内涵,常用于交代事物的发展过程。视频非常类似于电影和电视,有声有色,在多媒体中充当重要的角色。

4) 多媒体技术的应用

近年来,多媒体技术得到迅速发展,多媒体系统的应用更以极强的渗透力进入人类生活的各个领域,如游戏、教育、档案、图书、娱乐、艺术、股票债券、金融交易、建筑设计、家庭和通信等。其中,运用最多、最广泛也最早的就是电子游戏,千万人为之着迷,可见多媒体的魅力。多媒体技术的主要应用可以概括如下几方面:

(1) 教育(形象教学、模拟展示)。教育方面包括电子教案、形象教学、模拟交互过程、网络多媒体教学和仿真工艺过程等。

(2) 商业广告(特技合成、大型演示)。商业广告包括影视商业广告、公共招贴广告、大型显示屏广告和平面印刷广告等。

(3) 影视娱乐业(电影特技、变形效果)。影视娱乐业方面包括电视/电影/卡通混编特技、演艺界 MTV 特技制作、三维成像模拟特技、仿真游戏和赌博游戏等。

(4) 医疗(远程诊断、远程手术)。医疗方面包括网络多媒体技术、网络远程诊断和网络远程操作等。

(5) 旅游(景点介绍)。旅游方面包括风光重现、风土人情介绍、服务项目等。

(6) 人工智能模拟(生物、人类智能模拟)。人工智能模拟包括生物形态模拟、生物职能模拟和人类行为智能模拟等。

2.3.2 图像的编码

在计算机科学中,图形和图像这两个概念是有区别的。图形一般指用计算机绘制的画面,如

直线、圆弧、任意曲线和图表等,图像则是指由输入设备捕捉的实际场景画面或以数字化形式存储的任意画面。

具有多媒体功能的计算机除了可以处理数值和字符信息外,还可以处理图像和声音信息。在计算机中,图像和声音的使用能够增强信息的表现能力。图像有多种含义,其中最常见的含义是指各种图形和影像的总称。由于数码相机拍下的图像文件很大,储存容量却有限,因此图像通常都会经过压缩后再存储。计算机中的图像从处理方式上分为位图和矢量图。

位图(bitmap)也称为点阵图像或绘制图像,是由称为像素的单个点组成的。这些点可以进行不同的排列和染色以构成图样。当放大位图时,可以看见构成整个图像的无数单个方块。扩大位图尺寸的效果是增大单个像素,从而使线条和形状显得模糊不清;然而,如果从稍远的位置观看它,位图的颜色和形状又显得是连续的。一般情况下,位图是工具拍摄后得到的。处理位图时要着重考虑分辨率,输出图像的质量取决于处理过程开始时设置的分辨率高低。

矢量图是根据几何特性来绘制图形,矢量可以是一个点或一条线,矢量图只能靠软件生成,文件占用存储空间较小,因为这种类型的图像文件包含独立的分离图像,可以自由地、无限制地重新组合。它的特点是放大后图像不会失真,和分辨率无关,适用于图形设计、文字设计和一些标志设计、版式设计等。矢量图与位图最大的区别是矢量图不受分辨率的影响。位图与矢量图的比较如表 2-4 所示。

表 2-4 位图与矢量图的比较

图像类型	组成	优点	缺点	常用制作工具
位图(点阵图像)	像素	只要有足够多的不同色彩的像素,就可以制作出色彩丰富的图像,逼真地表现自然界的景象	缩放和旋转容易失真,同时文件容量较大	Photoshop、画图等
矢量图像	数学向量	文件容量较小,在进行放大、缩小或旋转等操作时图像不会失真	不易制作色彩变化太多的图像	Flash、CorelDRAW 等

矢量图与位图的效果有天壤之别,矢量图无限放大也不模糊,大部分位图都是由矢量导出来的,也可以说矢量图就是位图的源码,源码是可以编辑的。

由于图形只保存算法和相关控制点即可,因此图形文件所占用的存储空间一般较小,但在进行屏幕显示时,由于需要扫描转换的计算过程,因此显示速度相对于图像来说显得慢一些,但输出质量较好。

常用的图形文件存储格式包括以下几种:

- (1) CDR 格式:是 CorelDRAW 软件专用的一种图形文件存储格式。
- (2) AI 格式:是 Illustrator 软件专用的一种图形文件存储格式。
- (3) DXF 格式:是 AutoCAD 软件的图形文件格式,该格式以 ASCII 方式存储图形,可以被 CorelDRAW、3ds Max 等软件调用和编辑。
- (4) EPS 格式:是一种通用格式,可用于矢量图形、像素图像以及文本的编码,即在一个文件中同时记录图形、图像与文字。

图像文件格式是记录和存储影像信息的格式。对数字图像进行存储、处理和传播,必须采用一定的图像格式,也就是把图像的像素按照一定的方式进行组织和存储,把图像数据存储成文件就得到图像文件。图像文件格式决定了应该在文件中存放何种类型的信息、文件如何与各种应用软件兼容、文件如何与其他文件交换数据等。

图像是由一系列排列有序的像素组成的,在计算机中常用的存储格式有 BMP、TIFF、JPEG、GIF、PSD 和 PDF 等格式。

(1) BMP 格式是 Windows 中的标准图像文件格式,它以独立于设备的方法描述位图,各种常用的图形图像软件都可以对该格式的图像文件进行编辑和处理。

(2) TIFF 格式是常用的位图图像格式, TIFF 位图可具有任何大小的尺寸和分辨率,用于打印、印刷输出的图像建议存储为该格式。

(3) JPEG 格式是一种高效的压缩格式,可对图像进行大幅度的压缩,最大限度地节约网络资源,提高传输速度,因此用于网络传输的图像一般存储为该格式。

(4) GIF 格式可在各种图像处理软件中通用,是经过压缩的文件格式,因此一般占用空间较小,适合于网络传输,常用于存储动画效果图片。

(5) PSD 格式是 Photoshop 软件中使用的一种标准图像文件格式,可以保留图像的图层信息、通道蒙版信息等,便于后续修改和特效制作。一般在 Photoshop 中制作和处理的图像建议存储为该格式,以最大限度地保存数据信息,待制作完成后再转换成其他图像文件格式,进行后续的排版、拼版和输出工作。

(6) PDF 格式又称为可移植(或可携带)文件格式,具有跨平台的特性,包括对专业的制版和印刷生产有效的控制信息,可以作为印前领域通用的文件格式。

目前,网页上较普遍使用的图片格式为 GIF 和 JPG(JPEG)这两种图片压缩格式,因其在网上的装载速度很快,所有较新的图像软件都支持 GIF、JPG 格式。

计算机通过指定每个独立的点(或像素)在屏幕上的位置来存储图像,最简单的图像是单色图像。单色图像包含的颜色仅仅有黑色和白色两种。为了理解计算机怎样对单色图像进行编码,可以考虑把一个网格叠放到图上。网格把图分成许多单元,每个单元相当于计算机屏幕上的一个像素。对于单色图,每个单元(或像素)都标记为黑色或白色。如果图像单元对应的颜色为黑色,则在计算机中用 0 来表示;如果图像单元对应的颜色为白色,则在计算机中用 1 来表示。网格的每一行用一串 0 和 1 来表示。

对于单色图来说,用来表示全屏图像的比特数和屏幕中的像素数正好相等。所以,用来存储图形的字节数等于比特数除以 8;若是彩色图,其表示方法与单色图类似,只不过需要使用更多的二进制位以表示不同的颜色信息。

一幅图像可以看作是由一个个像素点构成的,图像的信息化就是对每个像素用若干个二进制数码进行编码。图像信息数字化后,往往还要进行压缩。

2.3.3 声音的编码

音频格式是指要在计算机内播放或处理音频文件,声音的编码是对声音文件进行数/模转换的过程。音频格式最大带宽是 20 kHz,采样频率在 40 kHz 和 50 kHz 之间,采用线性脉冲编码

调制(PCM),每一量化步长都具有相等的长度。常见的数字音频格式有以下几种:

(1) WAV 格式是微软公司开发的一种声音文件格式,也称为波形声音文件,它是最早的数字音频格式,被 Windows 平台及其应用程序广泛支持。WAV 格式支持许多压缩算法,支持多种音频位数、采样频率和声道,采用 44.1 kHz 的采样频率,16 位量化位数,与 CD 一样。WAV 格式对存储空间需求太大,不便于交流和传播。

(2) MIDI(musical instrument digital interface)又称为乐器数字接口,是数字音乐/电子合成乐器的统一国际标准。它定义了计算机音乐程序、数字合成器及其他电子设备交换音乐信号的方式,规定了不同厂家的电子乐器与计算机连接的电缆和硬件及设备间数据传输的协议,可以模拟多种乐器的声音。MIDI 文件就是 MIDI 格式的文件,在 MIDI 文件中存储的是一些指令,把这些指令发送给声卡,由声卡按照指令将声音合成出来。

(3) CD 格式的扩展名是 CDA,采样频率为 44.1 kHz,16 位量化位数,与 WAV 一样,但 CD 存储采用了音轨的形式,记录的是波形流,是一种近似无损的格式。

(4) MP3(MPEG-1 Audio Layer 3)于 1992 年合并至 MPEG 规范中。MP3 能够以高音质、低采样率对数字音频文件进行压缩。音频文件(主要是大型文件,如 WAV 文件)能够在音质损失很小的情况下(人耳根本无法察觉这种音质损失)把文件压缩到更小的程度。

(5) MP3Pro 是由瑞典 Coding 科技公司开发的,其中包含了两大技术,一是来自 Coding 科技公司所特有的解码技术,二是由 MP3 的专利持有者法国汤姆森多媒体公司和德国 Fraunhofer 集成电路协会共同研究的一项译码技术。MP3Pro 可以在基本不改变文件大小的情况下改善原先的 MP3 音乐音质,它能够在以较低的比特率压缩音频文件的情况下,最大限度地保持压缩前的音质。

(6) WMA(windows media audio)格式是以减少数据流量但保持音质的方法来达到更高压缩率的目的,其压缩率一般可以达到 1:18。此外,WMA 还可以通过 DRM (digital rights management)方案加入防止复制,或者加入限制播放时间和播放次数,甚至是播放机器的限制,可有力地防止盗版。

(7) MP4 采用的是美国电话电报公司(AT&T)所研发的以“知觉编码”为关键技术的 a2b 音乐压缩技术,由美国网络技术公司(GMO)及 RIAA 联合公布的一种新的音乐格式。MP4 在文件中采用了保护版权的编码技术,只有特定的用户才可以播放,有效地保证了音乐版权的合法性。另外,MP4 的压缩比达到了 1:15,体积较 MP3 更小,音质却没有下降。不过因为只有特定的用户才能播放这种文件,因此其流传程度与 MP3 相比差距甚远。

(8) SACD(SA 即 SuperAudio)是由 Sony 公司正式发布的,它的采样频率为 CD 格式的 64 倍,即 2.822 4 MHz。SACD 重放频率带宽达 100 kHz,为 CD 格式的 5 倍,24 位量化位数,远远超过 CD,声音的细节表现更为丰富、清晰。

(9) QuickTime 是苹果公司于 1991 年推出的一种数字流媒体,它面向视频编辑(先用摄影机摄录下预期的影像,再在计算机上用视频编辑软件将影像制作成碟片的编辑过程)、Web 网站创建和媒体技术平台,QuickTime 支持几乎所有主流的个人计算平台,可以通过互联网提供实时的数字化信息流、工作流与文件回放功能。现有版本为 QuickTime 1.0、2.0、3.0、4.0 和 5.0,在 5.0 版本中还融合了支持最高 A/V 播放质量的播放器等多项新技术。

(10) VQF 格式是由 YAMAHA 和 NTT 共同开发的一种音频压缩技术,它的压缩率能够达到 1:18,因此相同情况下压缩后 VQF 的文件体积比 MP3 小 30%~50%,更利于网上传播,同时音质极佳,接近 CD 音质(16 位,44.1 kHz 立体声)。但 VQF 未公开技术标准,至今未能流行开来。

(11) DVD Audio 是新一代的数字音频格式,与 DVD Video 尺寸以及容量相同,为音乐格式的 DVD 光碟,取样频率为 48 kHz/96 kHz/192 kHz 和 44.1 kHz/88.2 kHz/176.4 kHz(可选择),量化位数可以为 16、20 或 24,它们之间可自由地进行组合。低采样率的 192 kHz、176.4 kHz 虽然是 2 声道重播专用,但它最多可收录到 6 声道。而以 2 声道 192 kHz/24b 或 6 声道 96 kHz/24b 收录声音,可容纳 74 min 以上的录音,动态范围达 144 dB,整体效果出类拔萃。

通常,声音是用一种模拟(连续的)波形来表示的,该波形描述了振动波的形状。一个声音信号有 3 个要素,分别是基线、周期和振幅。

声音的表示方法是以一定的时间间隔对音频信号进行采样,并将采样结果进行量化,转化成数字信息的过程。声音的采样是在数字模拟转换时将模拟波形分割成数字信号波形的过程,采样的频率越大,所获得的波形越接近实际波形,保真度越高。

自然界的声音是一种连续变化的模拟信息,可以采用 A/D 转换器对声音信息进行数字化。

2.3.4 视频的编码

视频信息可以看成由连续变换的多幅图像构成,播放视频信息,每秒需传输和处理 25 幅以上的图像。视频信息数字化后的存储量相当大,所以需要进行压缩处理。视频文件后缀名有 avi、mpg 等。

视频是现代计算机多媒体系统中的重要一环。为了适应储存视频的需要,人们设定了不同的视频文件格式来把视频和音频放在一个文件中,以方便同时回放。

视频文件格式有不同的分类,如微软视频(wmv、asf、asx)、Real Player 视频(rm、rmvb)、MPEG 视频(mpg、mpeg、mpe)、手机视频(sgp)、Apple 视频(mov)、Sony 视频(mp4)和其他常见视频(avi、dat、mkv、flv、vob)。

(1) AVI(audio video interactive)格式把视频和音频编码混合在一起储存。AVI 是最长寿的格式,但已显老态。AVI 格式上限制比较多,只能有一个视频轨道和一个音频轨道(现在有非标准插件可加入最多两个音频轨道),还可以有一些附加轨道,如文字等。AVI 格式不提供任何控制功能。

(2) WMV(Windows media video)格式是微软公司开发的一组数位视频编解码格式的通称,ASF(advanced systems format)是其封装格式。ASF 封装的 WMV 文档具有数位版权保护功能。封装格式(也称为容器)就是将已经编码压缩好的视频轨和音频轨按照一定的格式放到一个文件中,就是说封装格式仅仅是一个外壳,也可以把它当成一个放视频轨和音频轨的文件夹。

(3) MPEG(moving picture experts group,运动图像专家组)格式,是一个国际标准组织(ISO)认可的媒体封装形式,受到大部分计算机的支持。其储存方式多样,可以适应不同的应用环境。MPEG-4 文档的档容器格式在 Layer 1(mux)、14(mpg)、15(ave)等中规定。MPEG 的控制功能丰富,可以有多个视频(即角度)、音轨、字幕(位图字幕)等。MPEG 的一个简化版本 3GP 还广泛应用于准 3G 手机上。

(4) MPEG-1 格式是一种 MPEG 多媒体格式,用于压缩和储存音频和视频。用于计算机和游戏,MPEG-1 的分辨率为 352×240 像素,帧速率为每秒 25 帧(PAL)。MPEG-1 可以提供和租赁录像带一样的视频质量。

帧速率(FPS,frames per second,帧/秒)是指每秒刷新的图片的帧数,也可以理解为图形处理器每秒能够刷新几次。对影片内容而言,帧速率指每秒所显示的静止帧格数。要生成平滑连贯的动画效果,帧速率一般不小于 8;而电影的帧速率为 24 fps。捕捉动态视频内容时,此数字越高越好。

根据不同条件下的实时视频传输的要求,可以将视频的服务质量分为 5 个等级,分别是高清晰度会议电视(HDTV)、演播质量数字电视、广播质量电视、VCR 质量电视和电视会议质量。在 IP 网络多媒体通信的应用中,由于考虑 IP 网络的带宽的限定,目前采用的视频服务质量主要是 5 个质量等级中最差的一个等级。

(5) MPEG-2 格式是一种 MPEG 多媒体格式,用于压缩和储存音频及视频,供广播质量的应用程序使用。MPEG-2 定义了支持添加封闭式字幕和各种语言通道功能的协议。

(6) DivX 格式是由 DivX Networks 公司发明的,类似于 MP3 的数字多媒体压缩技术。DivX 基于 MPEG-4,可以把 MPEG-2 格式的多媒体文件压缩至原来的 10%,更可把 VHS 录像带格式的文件压至原来的 1%。通过 DSL 或 Cable Modem 等宽带设备,它可以让用户欣赏全屏的高质量数字电影。同时它还允许在其他设备(如数字电视、蓝光播放器、Pocket PC、数码相框和手机)上观看,对机器的要求不高,这种编码的视频对硬件的要求是:300MHz 以上的 CPU、64 MB 内存和 8 MB 显存的显卡,就可以流畅地播放了。采用 DivX 格式的文件小,图像质量更好,一张 CD-ROM 可容纳 120 min 的、质量接近 DVD 的电影。

(7) DV(数字视频)格式通常用于指用数字格式捕获和储存视频的设备(如便携式摄像机)。有 DV 类型 I 和 DV 类型 II 两种 AVI 文件。

DV 类型 I 数字视频 AVI 文件包含原始的视频和音频信息。DV 类型 I 文件通常小于 DV 类型 II 文件,并且与大多数 A/V 设备兼容,诸如 DV 便携式摄像机和录音机。

DV 类型 II 数字视频 AVI 文件包含原始的视频和音频信息,同时还包含作为 DV 音频副本的单独音轨。DV 类型 II 比 DV 类型 I 兼容的软件更加广泛,因为大多数使用 AVI 文件的程序都希望使用单独的音轨。

(8) MKV 格式(matroska)是一种新的多媒体封装格式,这个封装格式可把多种不同编码的视频及 16 条或以上不同格式的音频和语言不同的字幕封装到一个 Matroska Media 文件内。它也是一种开放源代码的多媒体封装格式。Matroska 同时还可以提供非常好的交互功能,而且比 MPEG 的交互功能更方便、强大。

(9) RM/RMVB 格式(real video 或 real media)文件是由 Real Networks 公司开发的一种文件容器。它通常只能容纳 Real Video 和 Real Audio 编码的媒体。该文件带有一定的交互功能,允许编写脚本以控制播放。RM,尤其是可变比特率的 RMVB 格式,体积很小,受到网络下载者的欢迎。

(10) MOV 格式(QuickTime Movie)是由苹果公司开发的容器,由于苹果电脑在专业图形领域的统治地位,QuickTime 格式基本上成为电影制作行业的通用格式。1998 年 2 月 11 日,国际

标准组织(ISO)认可 QuickTime 文件格式作为 MPEG-4 标准的基础。QuickTime 可储存的内容相当丰富,除了视频和音频以外还支持图片和文字(文本字幕)等。

(11) OGG 格式(oggmedia)是一个完全开放性的多媒体系统计划,OGM (oggmedia file)是其容器格式。OGM 可以支持多视频、音频、字幕(文本字幕)等多种轨道。

(12) MOD 格式是 JVC 公司生产的硬盘摄录机所采用的存储格式名称。

2.3.5 数据的压缩原理

数据压缩技术就是用最少的数码来表示信号的技术。在现今的电子信息技术领域,正发生着一场有长远影响的数字化革命。由于数字化的多媒体信息(尤其是数字视频、音频信号)的数据量特别庞大,如果不对其进行有效的压缩就难以得到实际的应用。因此,数据压缩技术已成为当今数字通信、广播、存储和多媒体娱乐中的一项关键的共性技术。

数据压缩的基本原理是:

(1) 数据中间常存在一些多余成分,即冗余度。如在一份计算机文件中,某些符号会重复出现、某些符号比其他符号出现得更频繁、某些字符总是在各数据块中可预见的位置上出现等,这些冗余部分便可在数据编码中除去或减少。冗余度压缩是一个可逆过程,因此叫作无失真压缩,或称保持型编码。

(2) 数据中间尤其是相邻的数据之间,常存在着相关性。如图片中常常有色彩均匀的背影,电视信号的相邻两帧之间可能只有少量的变化影物是不同的,声音信号有时具有一定的规律性和周期性等。因此,有可能利用某些变换来尽可能地去掉这些相关性。但这种变换有时会带来不可恢复的损失和误差,因此叫作不可逆压缩,或称有失真编码、摘压缩等。

(3) 人们在欣赏音像节目时,由于耳、目对信号的时间变化和幅度变化的感受能力都有一定的极限,如人眼对影视节目有视觉暂留效应,人眼或人耳对低于某一极限的幅度变化无法感知等,故可将信号中这部分感觉不出的分量压缩掉或“掩蔽掉”。这种压缩方法同样是一种不可逆压缩。

利用以上几点,就可以将数据进行压缩,从而减少对存储空间的占用。

习题 2

一、单项选择题

- 在计算机中,所有信息的存放与处理采用()。
 - 二进制
 - 十进制
 - 十六进制
 - ASCII 码
- 用十六进制数给某存储器的各个字节编地址,其地址编号是 0000 至 FFFF,则该存储器的容量是()。
 - 64 KB
 - 256 KB
 - 640 KB
 - 1 MB
- 在计算机内部,数据是以()的形式加工、处理和传送的。
 - 二进制
 - 八进制
 - 十进制
 - 十六进制
- 将十进制数 56.25 转换为二进制数是()。
 - 111001.01
 - 111001.11
 - 111000.01
 - 111000.11

5. 将二进制数 101011001 转换成十六进制数是()。

A. 158 B. 159 C. 15A D. 15B
6. 将十进制数 368 转换成十六进制的是()。

A. 166 B. 168 C. 170 D. 172
7. 下列各种进制的数中最小的数是()。

A. 110111000B B. 335O C. 213D D. 10AH
8. 将十进制的整数化为 N 进制整数的方法是()。

A. 乘 N 取整法 B. 除 N 取整法 C. 乘 N 取余法 D. 除 N 取余法
9. 计算机的机器数有位数的限制,这是由于计算机()的限制。

A. 硬件设备 B. 操作系统 C. 软件 D. 输出设备
10. 已知大写字母 A 的 ASCII 码值为 $(65)_{10}$,则小写字母 a 的 ASCII 码值是()。

A. 21H B. 61H C. 93H D. 2FH
11. 下列关于字符之间大小关系的排列正确的是()。

A. $d > D > \text{空格符}$ B. $D > d > \text{空格符}$ C. $\text{空格符} > d > D$ D. $\text{空格符} > D > d$
12. 原码是用()表示符号的二进制代码。

A. 最高位 B. 最后一位 C. 第 4 位 D. 任意位
13. 用补码表示的、带符号的八位二进制数可表示的整数范围是()。

A. -127 至 +127 B. -128 至 +127 C. -127 至 +128 D. -128 至 +128
14. 根据多媒体的特性,以下属于多媒体范畴的是()。

(1) 交互式视频游戏;(2)有声图书;(3)彩色画报;(4)彩色电视。

A. 仅(1) B. (1),(2) C. (1),(2),(3) D. 全部
15. 位图与矢量图比较,可以看出()。

A. 对于复杂图形,位图比矢量图画对象更快
 B. 对于复杂图形,位图比矢量图画对象更慢
 C. 位图与矢量图占用空间相同
 D. 位图比矢量图占用空间更少

二、填空题

1. 计算机中处理的数据分为_____和_____两大类。
2. 计算机中数据的常用单位有_____、_____和_____;通常以_____为单位表示文件或数据的长度及存储容量的大小。
3. 一种进位计数制包含一组数码符号和_____、_____、_____ 3 个基本因素。
4. $10101111.111B = \underline{\hspace{2cm}} Q = \underline{\hspace{2cm}} H$ 。
5. $873.75D = \underline{\hspace{2cm}} B$ 。
6. 在计算机中,数值型的数据有两种表示方法:一种称为_____;另一种称为_____。
7. 二进制数 -0.1000 的原码、反码、补码分别是_____、_____、_____。
8. 媒体分为感觉媒体、表示媒体、表现媒体、_____和_____。
9. 多媒体技术分为文本、_____、_____、声音和视频影像等基本类型。

10. 数字音频压缩技术标准分为_____、_____和调频广播及 CD 音质的宽带有频压缩 3 种。

三、简答题

1. 简述计算机内部采用二进制的原因。
2. 简述 ASCII 码的特点。
3. 简述汉字编码的类型。
4. 简述多媒体技术的主要特点。
5. 数据能被压缩并能保证数据可用,其主要原因是什么?

计算机硬件系统

学习目标

- 理解计算机体系结构。
- 理解和掌握计算机硬件系统的基本组成。
- 掌握中央处理器的工作原理、组成结构以及主要性能指标等。
- 理解计算机主板功能与结构。
- 掌握存储器的基本类型和各类存储器的工作原理、结构特点与性能指标等。
- 掌握各种输入/输出设备的原理、功能和特点。
- 了解现代计算机的演进情况。

计算机系统包括软件系统和硬件系统两个部分,软件系统与硬件系统的协同,共同完成计算机指定的任务。硬件系统指计算机的实体,是所有固定装置的总称,包括中央处理器(central processing unit,CPU)、主板、硬盘、存储器、鼠标、键盘、显示器等。软件系统是指计算机工作的命令语言,即泛指各类程序和文件,这些程序数据和文档是用来运行、管理、维护计算机的。硬件系统是计算机的物质基础,所有软件都是建立在硬件的基础上,离开了硬件,软件也无用武之处,因此二者相互依存、共同工作。

3.1 计算机体系结构

计算机体系结构在整个计算机系统中占据核心地位,是设计和理解计算机的基础。通过分析计算机的基本组成和结构,我们可以更好地理解计算机的基本工作原理。根据计算机的核心部件中央处理器体系架构的不同,计算机体系结构可以分为冯·诺伊曼结构和哈佛结构(Harvard Architecture,HARC)。

3.1.1 冯·诺伊曼结构

1946年6月,冯·诺伊曼在EDVAC方案中正式提出了以二进制、程序存储和程序控制为核心的思想,对ENIAC的缺陷进行了有效的改进,从而奠定了冯·诺伊曼计算机的结构基础。从EDVAC到当前最先进的计算机都采用的是冯·诺伊曼体系结构,所以冯·诺伊曼是当之无愧

的数字计算机之父。冯·诺伊曼理论的要点是:数字计算机的数制采用二进制,且计算机应该按照程序顺序执行。人们把冯·诺伊曼的这个理论称为冯·诺伊曼体系结构。

1. 冯·诺伊曼体系结构

冯·诺伊曼体系结构也称冯氏结构或普林斯顿结构,如图 3-1 所示,它是一种将数据存储器 and 指令存储器合并在一起的存储器结构,取指令和取操作数都经由同一个总线进行串行传输。由于指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储器的不同物理位置,因此程序指令和数据二者宽度(即位宽)相同。

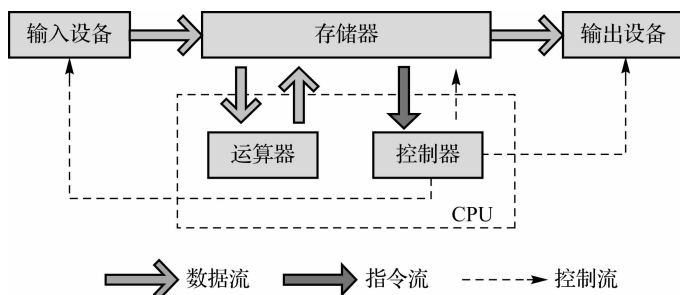


图 3-1 冯·诺伊曼体系结构

2. 结构特点

冯·诺伊曼体系结构一般具有以下几个特点:

(1) 顺序执行程序。计算机在运行过程中,把要处理的数据和要执行的程序首先存入主存储器(内存),当它执行任务时,将自动地按顺序从主存储器中取出指令并逐一执行,这一概念称为顺序执行程序。

(2) 一定有一个控制器,其作用是控制程序的运行。

(3) 一定有一个存储器,其作用是存储指令与数据。

(4) 一定有一个运算器,其作用是完成逻辑运算与算术运算。

(5) 一定有输入/输出设备,其作用是完成人机交互。

在冯·诺伊曼体系结构中,计算机硬件由运算器(arithmetic unit)、控制器(control unit)、存储器(memory)、输入设备(input device)和输出设备(output device)五大部分组成,如图 3-2 所示。

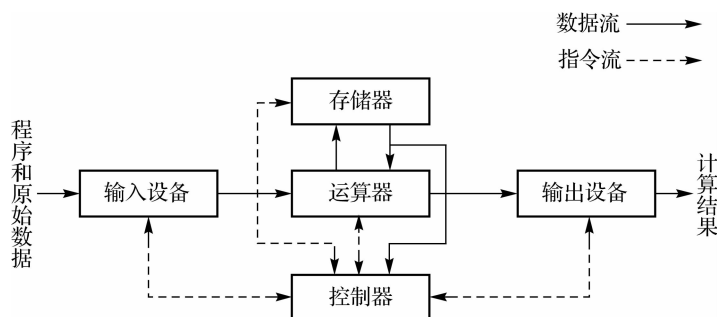


图 3-2 计算机硬件组成

(1) 运算器。运算器由算术逻辑单元(ALU)、累加器、状态寄存器、通用寄存器组等部分组成。算术逻辑运算单元的基本功能为加、减、乘、除四则运算,与、或、非、异或等逻辑操作,以及移位、求补等操作。

当计算机运行时,运算器的操作和操作种类由控制器决定。运算器处理的数据来自存储器,处理后的结果数据通常送回存储器,或暂时寄存在运算器中。

(2) 控制器。控制器是整个计算机系统的控制中心,它指挥计算机各部分协调地工作,保证计算机按照预先规定的目标和步骤有条不紊地进行操作及处理。控制器从存储器中逐条取出指令,分析每条指令规定的操作以及所需数据的存放位置等,然后根据分析的结果向计算机其他部件发出控制信号,统一指挥整个计算机完成指令所规定的操作。计算机自动工作的过程实际上是自动执行程序的过程,而程序中的每条指令都是由控制器来分析执行的,它是计算机实现程序控制的主要设备。

通常把控制器与运算器合称为中央处理器。目前,工业生产中采用最先进的超大规模集成电路技术来制造中央处理器,即 CPU 芯片。它是计算机的核心设备,也是最复杂和至关重要的部分,它的性能对计算机的整体性能有决定性的影响。

(3) 存储器。存储器是计算机系统中的记忆设备,用来存放程序和数据。计算机中的全部信息,包括输入的原始数据、计算机程序、中间运行结果和最终运行结果都保存在存储器中,它根据控制器指定的位置存入和取出信息。有了存储器,计算机才有记忆功能,才能保证正常工作。

存储器按用途可分为主存储器和辅助存储器,也有分为外部存储器和内部存储器的分类方法。外存通常是磁性介质(如机械硬盘)或光学存储介质(如光盘)等,能长期保存信息;内存通常是半导体介质,它是外存与 CPU 进行沟通的桥梁,用来存放当前正在执行的数据和程序,但仅用于暂时存放程序和数据,关闭电源或断电后数据会丢失。

(4) 输入设备。输入设备是人或外部与计算机进行交互的一种装置,用于把原始数据和处理这些数的程序输入计算机。计算机能够接收各种各样的数据,既可以是数值型的数据,也可以是各种非数值型的数据,如图形、图像、声音等都可以通过不同类型的输入设备输入计算机,进行存储、处理和输出。键盘、鼠标、摄像头、扫描仪、光笔、手写输入板、游戏杆、语音输入装置等都属于输入设备。

(5) 输出设备。输出设备是计算机的终端设备,能够接收计算机数据并将其用于显示、打印、声音播放或控制外围设备操作等,换句话说,输出设备主要用来把各种数据或信息以数字、字符、图像、声音等形式表示出来。显示器、打印机、绘图仪、音箱等都属于输出设备。

3. 工作过程

计算机系统工作时严格遵循程序存储及程序控制原理,具体过程如下:

(1) 由输入设备输入数据和程序指令(每一条指令确定地规定计算机从何处取数、如何操作、结果数据送往何处等步骤),由控制器控制,将这些数据和指令送入存储器。

(2) 在控制器的控制下,存储器中的程序指令按原先设定的顺序被逐条送入控制器,经译码分析后将程序指令转换为相应的控制命令(控制运算器及存储器进行各种存数取数和运算)。

(3) 在控制器的控制下,运算器完成设定的运算,并将运算结果送回存储器。

(4) 在控制器的控制下,最终计算结果由存储器送入输出设备。

3.1.2 哈佛结构

哈佛结构是 20 世纪 70 年代由哈佛大学的专家提出的,它是一种将数据存储器 and 程序指令存储器分离的存储器结构,取指令和取操作数都经由不同总线进行并行传输,因此哈佛结构属于一种并行体系结构,如图 3-3 所示。由于指令存储地址和数据存储地址指向不同的存储器,因此程序指令和数据的宽度也不同。

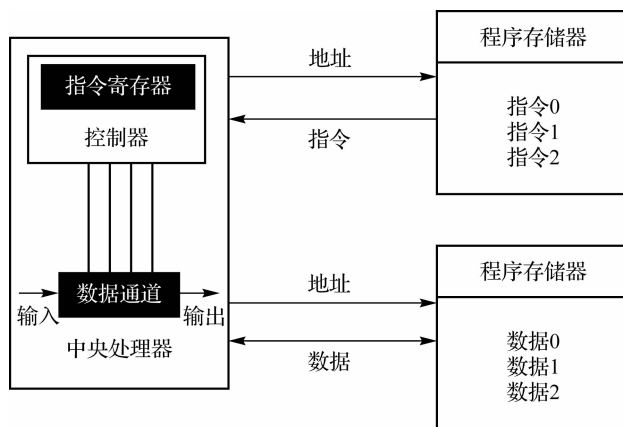


图 3-3 哈佛体系结构

与冯·诺伊曼结构处理器相对比,哈佛结构处理器有两个明显的特点:一是使用两个独立的存储器模块,分别存储指令和数据,每个存储器模块不出现数据与指令并存;二是使用两条独立的总线,分别作为每个存储器与 CPU 之间的专用通信路径,而这两对总线之间并无联系。

哈佛结构使用了程序和数据空间独立的体系结构,目的是为了减轻程序运行时的瓶颈。例如,同时进行取操作数和取指令操作,如果采用冯氏结构,程序和数据共用一条总线访问,取数据和取指令必然会产生冲突,而采用分开存储和传输方式的哈佛结构则能从根本上解决同一时间内取指令与取数据相冲突的问题。

由于读取指令和数据可以同时进行,因此哈佛结构的微处理器通常具有更高的工作效率。但缺点是结构复杂,对外围设备的连接与处理要求高,不适合外围存储器的扩展。

总的来说,冯·诺伊曼结构简单、成本低、易实现,附带的缺点是效率偏低;哈佛结构效率高但复杂。因此,目前绝大部分计算机仍采用冯·诺伊曼结构。

3.2 计算机硬件系统组成

计算机硬件系统是指计算机系统中由机械、电子和光电元件等组成的各种物理装置的总称。这些物理装置按系统结构的要求组建成一个整体,为计算机软件运行提供物质基础。概述地说,计算机硬件系统的功能是输入并存储程序和数据,执行程序,把数据加工成人类可以理解的形式。从外观上来看,微机由主机箱和外部设备组成。主机箱内主要包括 CPU、主板、内存、硬盘驱动器、光盘驱动器、各种扩展卡(如网卡、声卡、显卡等)、电源和连接线等;外部设备包括显示

器、鼠标、键盘、打印机、音视频设备等,这些设备通过接口和连接线与主机相连。

3.2.1 CPU

当计算机解决某个问题的时候,我们首先要编写程序。程序是一个指令序列,这个序列会告诉计算机进行什么样的操作,在什么地方找到用来操作的数据。一旦把程序装入内存储器,就可以由计算部件自动完成取指令和执行指令的任务。专门用来完成此项工作的计算机部件是一种非常重要的半导体芯片,称为中央处理器,也称中央处理机或中央处理单元,通常简称 CPU。CPU 使用了超大规模集成电路的工艺,其主要功能是逻辑运算和算术运算,并控制整个计算机协调地完成各种指令与操作。CPU 虽然只是一块很小的芯片,却是整个计算机的核心部件,CPU 内部结构和外观如图 3-4 所示。

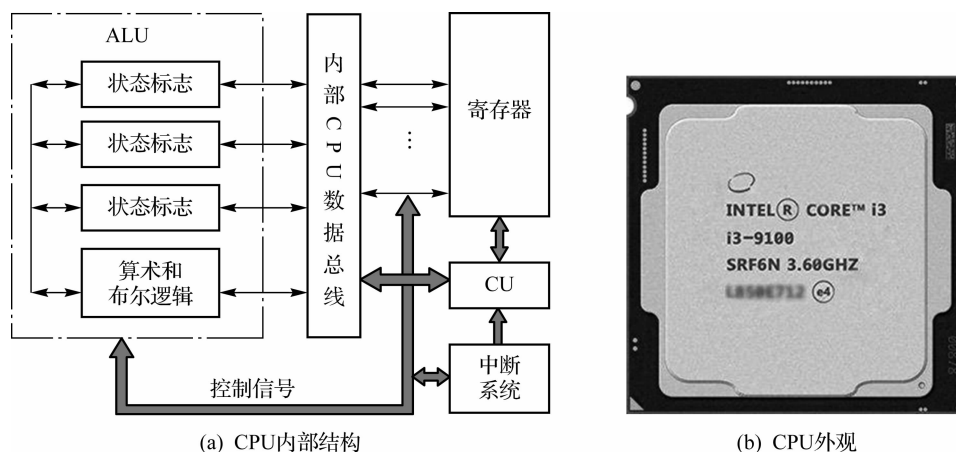


图 3-4 CPU 内部结构和 CPU 外观

1. CPU 的功能

CPU 对整个计算机系统的运行起决定性作用,具体功能如下:

(1) 指令控制:即程序的顺序执行。由于程序是一个指定序列,每个顺序都是严格执行的,不能随意地颠倒或者互换,因此,CPU 的首要任务便是保证计算机按严格的顺序执行程序。

(2) 操作控制:一条指令的功能往往是由若干个操作信号的组合来实现的,由内存取出的每条指令的操作信号归 CPU 产生并管理,随后把各个信号传递到相应的部件,从而达到控制接收信号的部件按指令要求进行下一步动作。

(3) 时间控制:对各种操作进行时间上的规定即为时间控制。一方面,在计算机中各种指令的操作信号均受到时间的严格定时;另一方面,一条指令的整个执行过程也受到时间的严格定时。在这种控制下,计算机才能井井有条地自主工作。

(4) 数据加工:对数据进行算术运算和逻辑运算。由于原始数据只有经过加工处理后才能为交互所用,因此完成数据加工是 CPU 的根本任务。

2. CPU 的工作原理

CPU 的工作原理大致分为 4 个阶段,即提取、解码、执行和写回。CPU 从存储器或高速缓冲存储器中取出指令,放入指令寄存器,并对指令译码,将指令分解后发出各种控制命令,依次执

行,从而完成一条指令的执行。

3. CPU 的组成

CPU 由运算器、控制器、寄存器、高速缓冲存储器及实现它们之间联系的数据、控制及状态的总线构成。下面主要介绍控制器、运算器与寄存器。

1) 控制器

控制器在计算机系统中拥有决策权,负责协调和指挥整个计算机系统的操作。控制器是指按照预定顺序改变主电路或控制电路的接线,以及改变电路中电阻值来控制电动机的启动、调速、制动与反向的主令装置。控制器由指令寄存器、程序状态寄存器 PSR、程序计数器 PC、系统状态寄存器 SSR 等组成。控制器作为决策机构,主要任务就是发布命令,发挥着对整个计算机系统操作的协调与指挥作用。控制器主要包括两种,分别为组合逻辑控制器和微程序控制器,两个部分都有各自的优点与不足。其中组合逻辑控制器结构复杂一些,但运行速度较快;微程序控制器设计的结构简单,但只要修改一条指令,就要重写所有程序,并不方便。控制器主要功能有以下几点:

(1) 从指令高速缓冲存储器中取出一条指令,并指出下一条指令在指令高速缓冲存储器中的位置。

(2) 对指令进行测试或译码,并产生相应的操作控制系统,以便执行设定的动作。

(3) 指挥并控制 CPU/数据高速缓冲存储器和输入/输出设备之间的数据流动。

2) 运算器

运算器是指计算机中进行各种算术和逻辑运算操作的部件,其中算术逻辑单元是中央处理的核心部分,是数据加工处理部件。相对控制器而言,运算器接受控制器的命令而进行动作。运算器有以下两个主要功能:

(1) 执行所有的算术运算,通常一个算术操作产生一个运算结果。

(2) 执行所有的逻辑运算,并进行逻辑测试,通常一个逻辑操作产生一个判决。

运算器包括算术逻辑单元、中间寄存器(IR)、运算累加器(ACC)、描述字寄存器(DR)和 B 寄存器等。

(1) 算术逻辑单元。算术逻辑单元是指能实现算术运算与逻辑运算的组合逻辑电路,是中央处理器的重要组成部分。算术逻辑单元的运算主要是进行二位元算术运算,如加法、减法、乘法。在运算过程中,算术逻辑单元主要是以计算机指令集中执行算术与逻辑运算操作,通常来说,算术逻辑单元能够发挥直接读入读出的作用,具体体现在处理器、控制器、内存及输入/输出设备等方面,输入输出建立在总线的基础上实施。

(2) 中间寄存器。IR 在进栈并取数的指令中发挥重要作用,其长度为 128 位,其通过操作数来决定实际长度。在执行该指令过程中,将 ACC 的内容发送到 IR,之后将操作数取到 ACC,后将 IR 内容进栈。

(3) 运算累加器。在运算器中,累加器是专门存放算术或逻辑运算的操作数和运算结果的寄存器。它能进行加、减、读出、移位、循环移位和求补等操作,是运算器的主要部分。

(4) 描述字寄存器。DR 用于存放与修改描述字,其长度为 64 位。为了简化数据结构处理,使用描述字能够发挥重要作用。

(5) B 寄存器。B 寄存器在指令的修改中发挥重要作用,其长度为 32 位,在修改地址过程中能保存地址修改量,主存地址只能用描述字进行修改。指向数组中的第一个元素就是描述字,因此,访问数组中的其他元素应当需要用修改量。对于数组来说,其是由大小一样的数据或者大小相同的元素组成的,且连续存储,常见的访问方式为向量描述字。因为向量描述字中的地址为字节地址,所以,在进行换算过程中,首先应当进行基本地址的相加。

3) 寄存器

寄存器是用来存放临时数据的高速独立的存储单元。CPU 的运算离不开大量寄存器的使用。

(1) 数据寄存器。在过去,计算机只有几个数据寄存器用来存储输入数据和运算结果。现在,由于越来越多的复杂运算改由硬件设备实现,所以计算机在 CPU 中使用几十个寄存器来提高运算速度,并且需要一些寄存器来保存这些运算的中间结果。

(2) 指令寄存器。计算机存储的不仅有数据,还有相对应的程序。CPU 的主要职责是从内存中逐条地取出指令,并将取出的指令存储在指令寄存器中,解释并执行指令。

(3) 程序计数器。CPU 中的另一个通用寄存器是程序计数器。程序计数器中保存着当前正在执行的指令,当前的指令执行完后,计数器将自动加 1,指向下一条指令的内存地址。

4. CPU 的主要性能指标

CPU 的主要性能指标有主频、外频、总线频率、倍频系数和缓存。计算机的性能在很大程度上由 CPU 的性能所决定,而 CPU 的性能主要体现在其运行程序的速度上。影响运行速度的性能指标包括 CPU 的工作频率、缓存容量、指令系统和逻辑结构等参数。

1) 频率

CPU 的频率是指其工作频率,分为主频、外频和倍频。

(1) 主频。主频表示在 CPU 内数字脉冲信号震荡的速度,即 CPU 内核工作时的时钟频率,单位是兆赫(MHz)或千兆赫(GHz)。CPU 的主频=外频×倍频系数。主频和实际的运算速度存在一定的关系,但并不是简单的线性关系。所以,并不能说 CPU 的主频越高运算能力就一定越强。

(2) 外频。外频是系统总线的工作频率,即 CPU 的基准频率,是 CPU 与主板之间同步运行的速度。外频速度越高,CPU 就可以同时接受更多来自外围设备的数据,从而使整个系统的速度进一步提高。

(3) 倍频。倍频则是指 CPU 外频与主频相差的倍数。

2) CPU 的缓存容量

CPU 缓存(cache)是位于 CPU 与内存之间的临时存储器,它的容量比内存小但交换速度快。在缓存中的数据是内存中的一小部分,但这一小部分是短时间内 CPU 即将访问的,当 CPU 调用大量数据时,就可避开内存直接从缓存中调用,从而加快读取速度。

在 CPU 中加入缓存是一种高效的解决方案,这样整个内存储器(缓存+内存)就变成了既有缓存的高速度,又有内存的大容量的存储系统了。缓存对 CPU 的性能影响很大,主要是因为 CPU 的数据交换顺序和 CPU 与缓存间的带宽引起的。

考虑到制造成本问题,目前的 CPU 通常采用三级缓存机制,一级缓存(L1 Cache)速度最快

但制造成本很高,因此它的容量有限;二级缓存(L2 Cache)的作用是存储那些 CPU 处理时需要用到、一级缓存又无法存储的数据;三级缓存(L3 Cache)和内存可以看作是二级缓存的缓冲器,它们的容量递增,但单位制造成本却递减。CPU 接收到指令后,它会最先向 CPU 中的一级缓存(L1 Cache)去寻找相关的数据,一级缓存是与 CPU 同频运行的,但是由于容量较小,所以不可能每次都命中,这时 CPU 会继续向下一级的二级缓存(L2 Cache)寻找,同样的道理,当所需要的数据在二级缓存中也没有的话,CPU 会继续转向 L3 Cache、内存(主存)和硬盘寻找。

3) CPU 工作电压

CPU 的正常工作电压的范围比较广,在计算机发展的初期,CPU 的核定电压为 5 V 左右,后来随着 CPU 工艺和技术发展,CPU 正常工作所需的电压相较以前而言越来越低,最低可达 1.1 V,即在如此低电压下的环境,CPU 也能正常运行。有时可以通过加强工作电压来提高 CPU 的运转效率,达到超频的目的,但这是一种消耗 CPU 使用寿命的不可取的办法。

4) CPU 的总线方式

一般把 CPU 内部的总线结构分为单线结构、双总线结构、多总线结构三类。单线结构是指由一条总线连接内部所有的部件,其结构简单,性能低下;双总线结构是指连接各部件的总线有两条;多总线结构是指连接 CPU 内各部件的总线有 3 条及以上。

5) CPU 制造工艺

CPU 的制造工艺最早是 0.5 μm 的,随着制造水平的提高,CPU 的制造工艺已经开始用纳米来衡量了,目前主流 CPU 的制造工艺是 7~14 nm。

6) 多核心和多线程

较早的 CPU 只有一个处理核心,当时要提高 CPU 的性能主要通过提高核心工作频率来实现,但由于物理限制,CPU 的核心频率不可能无限提高,所以发展出了双核心或多核心的 CPU,也就是在一枚处理器上集成多个完整的计算引擎(内核),它们共享缓存、内存和寄存器等。多个核心一起工作需要软件的支持,软件将任务合理分配给两个核心,提高了 CPU 的处理性能,现在较新的 CPU 均是多核心的。但需要注意的是,并非核心数越多,性能就一定越强,如果核心太多,而不能合理进行分配,会导致运算速度减慢。

每个正在系统上运行的程序都是一个进程。每个进程包含一个到多个线程,进程也可能是整个程序或者是部分程序的动态执行。线程是一组指令的集合,或者是程序的特殊段,它可以在程序里独立执行,所以线程基本上是轻量级的进程,它负责在单个程序里执行多任务,通常由操作系统负责多个线程的调度和执行。多线程是为了使多个线程并行地工作来完成多项任务,以此提高系统的效率。多线程技术可以为高速的运算核心准备更多的待处理数据,减少运算核心的闲置时间。

3.2.2 主板

主板又称为主机板(mainboard)、系统板(systemboard)或母板(motherboard),它安装在机箱内,是微机最基本也是最重要的部件之一。对于计算机的功能至关重要的许多组件都连接在主板上,包括处理器、内存和扩展插槽等。

主板是微机中各个部件工作的一个平台,它把微机的各个部件紧密连接在一起,各个部件通

过主板进行数据传输。也就是说,微机中重要的“交通枢纽”都在主板上,它工作的稳定性影响着整机工作的稳定性。主板一般为矩形电路板,上面安装了组成计算机的主要电路系统,一般有 BIOS 芯片、I/O 控制芯片、键盘和面板控制开关接口、指示灯插接件、扩充插槽、主板及插卡的直流电源供电接插件等元件。PC 中安装的主板类型对计算机的系统速度和扩展能力有很大的影响。

1. 主板结构

主板采用了开放式结构。主板上大都有 6~15 个扩展插槽,供 PC 外围设备的控制卡(适配器)插接。通过更换这些插卡,可以对微机的相应子系统进行局部升级,使厂家和用户配置机型方面有更大的灵活性。主板在整个微机系统中扮演着举足轻重的角色,可以说,主板的类型和档次决定着整个微机系统的类型和档次,主板的性能影响着整个微机系统的性能。主板结构就是根据主板上各元器件的布局排列方式、尺寸大小、形状以及所使用的电源规格等制定出的通用标准,所有主板厂商都必须遵循。

主板结构分为 AT、Baby-AT、ATX、Micro ATX、LPX、NLX、Flex ATX、EATX、WATX 以及 BTX 等结构。其中,AT 和 Baby-AT 是多年前的主板结构,已经被淘汰;而 LPX、NLX、Flex ATX 则是 ATX 的变种,多见于国外的品牌机,国内尚不多见;EATX 和 WATX 则多用于服务器/工作站主板;ATX 是最常见的主板结构,扩展插槽较多,PCI 插槽数量为 4~6 个,大多数主板都采用此结构;Micro ATX 又称为 Mini ATX,是 ATX 结构的简化版,就是常说的“小板”,扩展插槽较少,PCI 插槽数量为 3 个或 3 个以下,多用于品牌机并配备小型机箱。主板结构如图 3-5 所示。

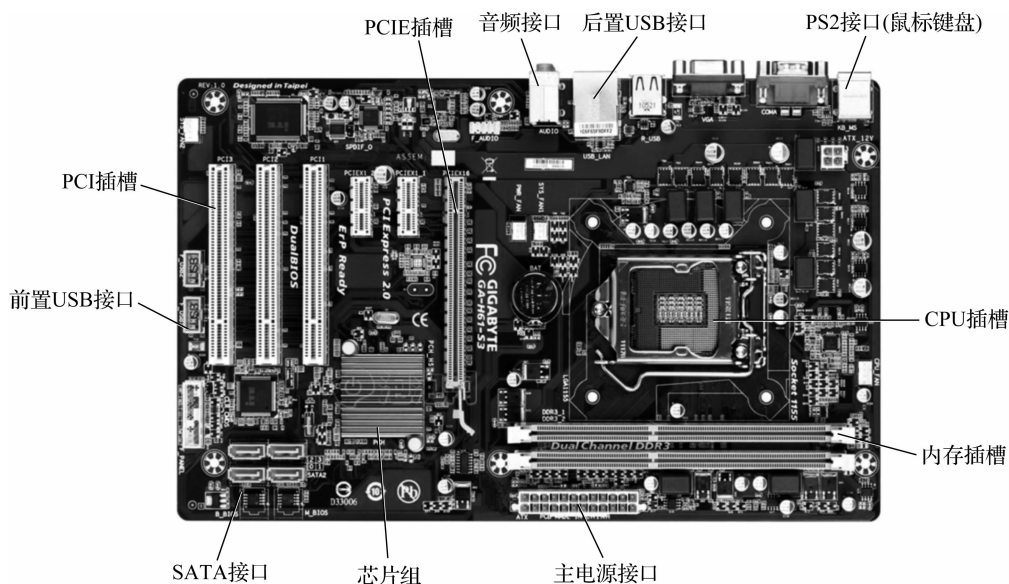


图 3-5 主板结构图

1) 芯片组

芯片组(chipset)位于主板上,是主板的核心组成部分,它控制着 CPU、内存、外存和其他外围设备之间的通信。芯片组几乎决定了这块主板的功能,进而影响整个微机系统性能的发挥。

按照在主板上排列位置的不同,通常分为北桥芯片和南桥芯片。北桥芯片提供对 CPU 的类型和主频、内存的类型和最大容量、ISA/PCI/AGP 插槽、ECC 纠错等的支持。南桥芯片则提供对 KBC(键盘控制器)、RTC(实时时钟控制器)、USB(通用串行总线)、Ultra DMA/33(66)EIDE 数据传输方式和 ACPI(高级能源管理)等的支持。其中北桥芯片起主导性的作用,也称为主桥(hostbridge)。

芯片组主要由 Intel 和 AMD 设计,通常我们使用的是微星、华硕、技嘉等第三方供应商生产的主板。不同的芯片组支持不同的 CPU,因此在购买 CPU 时,必须考虑 CPU 与哪些芯片组相兼容。

2) 扩展插槽

扩展插槽是主板上用于固定扩展卡并将其连接到系统总线上的插槽,也称为扩展槽或扩充插槽。扩展插槽是一种添加或增强微机特性及功能的方法。扩展插槽的种类和数量是影响一块主板好坏的重要指标,有多种类型和足够数量的扩展插槽就意味着今后有足够的可升级性和设备扩展性;反之,则会在今后的升级和设备扩展方面碰到巨大的障碍。

2. 主板的工作原理

电路板下面是 4 层错落有致的电路布线,上面则为分工明确的各个部件,有插槽、芯片、电阻和电容等。主板的工作原理:当主机加电时,电流会在瞬间通过 CPU、南北桥芯片、内存插槽、AGP 插槽、PCI 插槽、IDE 接口以及主板边缘的串口、并口和 PS/2 接口等。随后,主板会根据 BIOS(基本输入输出系统)来识别硬件,并进入操作系统发挥出支撑系统平台工作的功能。

3. 主板的接口

主板的接口包括硬盘接口、COM 接口(串口)、PS/2 接口、USB 接口、LPT1 接口(并口)、MIDI 接口和 SATA 接口等。

(1) 硬盘接口:可分为 IDE 接口和 SATA 接口、mSATA 接口和 M. 2 接口。IDE 接口是较老的一种硬盘接口,目前已经基本淘汰。目前比较常用是 SATA 接口、mSATA 接口和 M. 2 接口。

(2) COM 接口(串口):大多数主板都提供了两个 COM 接口,分别为 COM1 和 COM2,作用是连接串行鼠标和外置 Modem 等设备。

(3) PS/2 接口:功能比较单一,仅能用于连接键盘和鼠标。一般情况下,鼠标的接口为绿色,键盘的接口为紫色。目前比较新的主板已经不再提供 PS/2 接口,越来越多的鼠标和键盘开始采用 USB 接口。

(4) USB 接口:是如今最为流行的接口,最大可以支持 127 个外设,并且可以独立供电,其应用非常广泛。USB 接口可从主板上获得 500 mA 的电流,支持热插拔。一个 USB 接口可同时支持高速和低速 USB 外设的访问,由一条四芯电缆连接,其中两条是正负电源,另外两条是数据传输线。高速外设的传输速率为 12 Mb/s,低速外设的传输速率为 1.5 Mb/s。此外,USB2.0 标准的最高传输速率为 480 Mb/s,USB3.0 的最大传输带宽高达 5.0 Gb/s。目前大多数主板已支持 USB3.0 标准。最新的 USB 规范是 USB 3.1 Gen2,该规范由英特尔等公司发起,其数据传输速度提升至 10 Gb/s,并完全向下兼容现有的 USB 连接器与线缆。

(5) LPT 接口(并口):一般用来连接打印机或扫描仪。使用 LPT 接口的打印机与扫描仪已

经很少了,多为使用 USB 接口的打印机与扫描仪。

(6) MIDI 接口:声卡的 MIDI 接口和游戏杆接口是共用的。

(7) AGP 接口:全称为加速图形接口(accelerated graphics port),是电脑主板上一种高速的点对点传输通道,供显卡使用,主要应用在三维电脑图形的加速上。AGP 是 1997 年由 Intel 提出的,是从 PCI 标准上创建起来的,它是一种显卡专用接口。它的推出原因是为了消除 PCI 在处理 3D 图形时的瓶颈。AGP 通常会被视为计算机总线的一种,但这样的分法严格来说是错误的,因为一组总线可容许多个设备共享,而 AGP 却不是,AGP 不能多个插槽共享一组总线。一些主板设有多条独立的 AGP 插槽,现在 AGP 已基本被 PCI Express 所取代。

(8) PCI-E 接口:PCI-E(PCI Express)简称 PCIe,是计算机总线的一个重要分支,它沿用现有的 PCI 编程概念及信号标准,并且构建了更加高速的串行通信系统标准,当前这一标准由 PCI-SIG 组织制定和维护。PCIe 仅应用于内部互连,它拥有更快的速率,所以几乎取代了以往所有的内部总线(包括 AGP 和 PCI)。现在英特尔和 AMD 已采用单芯片组技术,取代原有的南桥/北桥方案。除此之外,PCIe 设备能够支持热拔插以及热交换特性。PCIe 保证了兼容性,支持 PCI 的操作系统无须进行任何更改即可支持 PCIe 总线,这也给用户的升级带来方便。PCIe 最大的意义在于它的通用性,不仅可以用于南桥和其他设备的连接,也可以延伸到芯片组间的连接,甚至也可以用于连接图形处理器,这样,整个 I/O 系统重新统一起来,将更进一步简化计算机系统,增加计算机的可移植性和模块化。

4. 主板的分类

按主板的结构特点分类还可分为基于 CPU 的主板、基于适配电路的主板、一体化主板等类型。基于 CPU 的一体化的主板是较佳的选择。

(1) 按主板上使用的 CPU 分类:Super 7、Socket 7、SlotA、Slot 1、Socket A、Socket 423、Socket 370 等。

(2) 按主板结构分类:标准主板(大板)、Micro 主板。

(3) 按控制芯片组分类:Intel 有 Socket386、Socket486、Socket586、Socket686、Socket370、Socket478、LGA776、LGA 1156、LGA 1155、LGA 1150 等。AMD 有 Socket AM2\AM2+、AM3\AM3+、AM4、FM1、FM2 等。

(4) 按印制电路板的工艺分类又可分为双层结构板、四层结构板、六层结构板等。以四层结构板的产品为主。

(5) 按元件安装及焊接工艺分类又有表面安装焊接工艺板和 DIP 传统工艺板。

3.2.3 存储器

存储器是计算机组成结构中很重要的一个部分,是用来存储程序和数据的部件。对于计算机来说,有了存储器,才有记忆能力,才能保证正常工作。

1. 存储器的分类

存储器是计算机系统的记忆设备,用来存储数据与程序。构成存储器的存储介质,目前多采用磁性材料和半导体器件。磁性材料或一个双稳态半导体电路或一个 CMOS 晶体管的存储元,都可以存放一位二进制代码。这个二进制代码是存储器中的最小的存储单元,被称为存储位元。

多个存储位元组成一个存储单元,存储器是由许多个这样的存储单元构成。

目前市场存储器种类繁多,从不同的分类标准可以将存储器做不同的分类。

1) 以存储介质分类

作为存储介质,基本要求是需要有两个明显区别的物理状态,分别用来表示二进制中的“1”和“0”。这种物理状态切换的速度也决定了存储器的存取速度。通常的存储介质主要有半导体器件、磁性材料和光盘等。

(1) 半导体存储器。由半导体组成的存储器为半导体存储器。当今半导体存储器采用超大规模集成电路工艺进行制备,具有功耗低、体积小、存取快等优点,其缺点是当切断电源时,所存信息一并丢失,是一种易失性存储器。经过多年的发展,已研发出一种用非挥发性材料制备的半导体存储器,克服了易失性的弊端。

半导体存储器按照其材料的不同,又可分为双极型(TTL)半导体存储器和MOS半导体存储器。虽然TTL半导体存储器据有高速的特点,但MOS半导体存储器具有低成本、工艺简单、功耗小等优点,因此更受欢迎。

(2) 磁表面存储器。磁表面存储器是在金属或塑料基体的表面上涂一层磁性材料作为记录介质,工作时磁层随载磁体高速运转,用磁头在磁层上进行读/写操作,故称为磁表面存储器。按载磁体形状的不同,可分为磁盘、磁带和磁鼓,现代计算机已很少采用磁鼓。由于用具有矩形磁滞回线特性的材料作磁表面物质,按其剩磁状态的不同而区分“0”或“1”,而且剩磁状态不会轻易丢失,故这类存储器具有非易失性的特点。

(3) 磁芯存储器。磁芯是由硬磁材料做成的环状元件,在磁芯中穿有驱动线(通电流)和读出线,这样便可进行读/写操作。磁芯属于磁性材料,因此它也是不易失的永久记忆存储器。不过,磁芯存储器的体积过大、工艺复杂、功耗太大,故20世纪70年代后,它逐渐被半导体存储器取代,目前已几乎不被采用。

(4) 光盘存储器。光盘存储器是应用激光在记录介质(磁光材料)上进行读/写的存储器,具有非易失性的特点。由于光盘记录密度高、耐用性好、可靠性高和可互换性强等特点,光盘存储器被越来越广泛地用于计算机系统。

2) 以存取方式分类

按存取方式可把存储器分为随机存储器(random access memory, RAM)、只读存储器(read only memory, ROM)、顺序存取存储器和直接存取存储器。

(1) 随机存储器。如果存储器中任何存储单元的内容都能被随机存取,且存取时间和存储单元的物理位置无关,这种存储器称为随机存储器。半导体存储器是随机存储器。

(2) 只读存储器。只读存储器是能对其存储的内容读出,而不能对其写入的存储器。这种存储器一旦存入原始信息后,在程序执行过程中,只能将内部信息读出,而不能随意写入新的信息去改变原始信息。因此,通常用它存放固定不变的程序、常数和汉字字库,甚至用于操作系统的固化。它与随机存储器可共同作为主存的一部分,统一构成主存的地址域。早期只读存储器的存储内容根据用户要求,厂家采用掩模工艺,把原始信息记录在芯片中,一旦制成后无法更改,称为掩模型只读存储器(masked ROM, MROM)。

(3) 顺序存储器。如果存储器只能按某种顺序来存取,也就是说存取时间和存储单元的物

理位置有关,这种存储器称为顺序存储器,又称为串行访问存储器,如磁带存储器就是顺序存储器,它的存取周期较长;磁盘存储器是半顺序存储器。

(4) 直接存取存储器。对磁盘进行读/写操作时,首先直接指出该存储器中的某个小区域(磁道),然后再顺序寻访,直至找到位置。故其前段是直接访问,后段是串行访问,称为直接存取存储器。

3) 以在计算机系统中的作用分类

按在计算机系统中的作用不同可以分为主存储器、辅助存储器和缓冲存储器。存储器分类如图 3-6 所示。

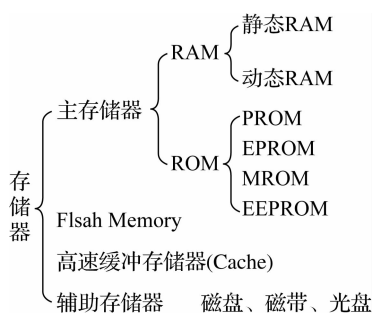


图 3-6 存储器分类

2. 多层次存储器体系

对存储器的要求是容量大、速度快、成本低,但是在一个存储器中要求同时兼顾这 3 个方面是困难的。为了解决这方面的矛盾,在计算机系统中通常采用多级存储器体系结构,即使用主存储器、辅助存储器和高速缓冲存储器(Cache),如图 3-7 所示。CPU 能直接访问的存储器称为内存储器,它包括 Cache 和主存储器。CPU 不能直接访问外存储器,外存储器的信息必须调入内存储器后才能为 CPU 进行处理。

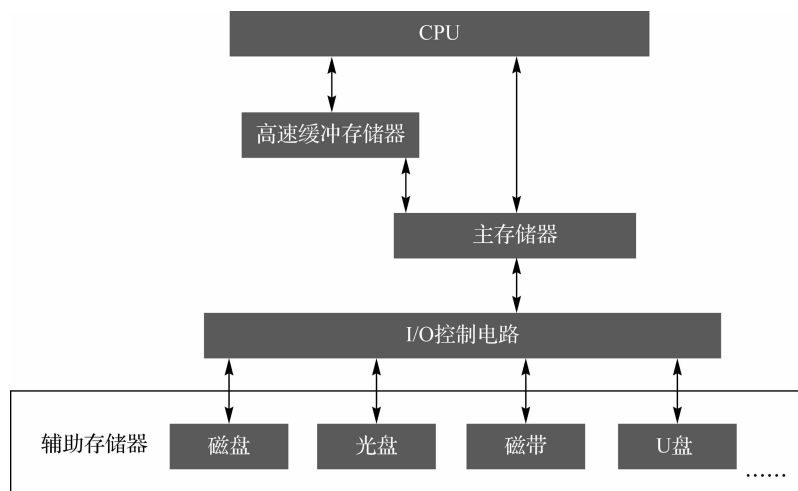


图 3-7 多层次存储器体系

主存储器简称主存,是计算机系统的主要存储器,用来存放计算机运行期间的大量程序和数据,它能和 Cache 交换数据和指令。主存储器由 MOS 半导体存储器组成。

外存储器简称外存,也称辅助存储器,它是大容量辅助存储器。目前主要使用磁盘存储器、磁带存储器和光盘存储器。外存的特点是存储容量大,成本低,通常用来存放系统程序和大型数据文件及数据库。

高速缓冲存储器简称 Cache,它是计算机系统中的一个高速小容量半导体存储器。在计算机中,为了提高计算机的处理速度,利用 Cache 来高速存取指令和数据。和主存储器相比,它的存取速度快,但存储容量小。

上述 3 种类型的存储器形成计算机的多级存储管理,各级存储器承担的职能各不相同。其中 Cache 主要强调快速存取,以便使存取速度和 CPU 的运算速度相匹配;外存储器主要强调大的存储容量,以满足计算机的大容量存储要求;主存储器介于 Cache 与外存之间,要求选取适当的存储容量和存取周期,使它能容纳系统的核心软件和较多的用户程序。CPU 和缓存、主存都能直接交换信息,缓存能直接和 CPU、主存交换信息,主存可以和 CPU、缓存、辅助存储器交换信息。

3. 主存储器

主存储器包括存储体、各种逻辑部件及控制电路等。主存的工作方式就是按存储单元的地址号来实现对存储字各位的存(写入)、取(读出)。这种存取方式称为按地址存取方式,即按地址访问存储器。存储器的这种工作性质对计算机的组成和操作是十分有利的。

现代计算机中多采用半导体存储器。按照信息存取原理的不同,可以将半导体存储器分为只读存储器(ROM)和随机存储器(RAM)两大类,每一大类根据具体制造工艺的不同还可以细分。

1) 只读存储器

只读存储器因工作时只能读取信息而得名。ROM 采用非易失性器件制造,厂家在制造 ROM 的过程中,信息(数据或程序)经特殊方式写入并永久保存。这些信息只能读出,一般不能再写入,而且即使系统停止供电,这些数据也不会丢失。

(1) ROM 芯片举例。ROM 芯片常用于存储系统中不需要改写的的数据。例如,在微机主板上,有一个专门用来存储基本 I/O 系统的 ROM 芯片,称为 BIOS 芯片,一般位于主板的南桥附近。BIOS(basic input output system)因固化了基本输入输出系统而得名,主要保存着有关微机系统最重要的基本输入输出程序、系统信息设置、开机上电自检程序和系统启动程序等,用于在计算机开机过程中完成对硬件系统的加电自检、系统中各种硬件设备的初始化、基本输入输出的驱动程序及引导操作系统。BIOS 提供了许多低层次的服务,如硬盘启动程序、显示器驱动程序、键盘驱动程序、打印机驱动程序以及串行通信接口驱动程序等,使用户不必过多地关心这些具体的物理特性和逻辑结构细节(如端口地址、命令及状态格式等),从而更方便地控制各种输入输出操作。

(2) ROM 细分。按 ROM 的原始定义,一旦写入信息就不能改变,但随着用户的需求,渴望修改 ROM 内原始写入的信息,这便出现了其他类型的 ROM。ROM 按照工作原理的不同又可细分为可编程只读存储器(programmable read only memory, PROM)、可擦除可编程只读存储器(erasable programmable read only memory, EPROM)、电子式可擦除可编程只读存储器(electrically erasable programmable read only memory, EEPROM)、快闪存储器(Flash ROM)

等。目前, BIOS 所用的 ROM 一般都是性能优越的快闪存储器。ROM 家族最显著的特征是记忆性, 即系统停止供电后仍可保存数据, 因此, ROM 又称记忆性元件或非易失性元件。

① 可编程只读存储器是一次性编程只读存储器。在出厂时内部并没有资料(内部所有信息均为“0”或“1”), 用户可以根据自己的需要, 用专门的编程器将资料写入, 但这种机会只有一次, 且一旦写入就无法修改, 系统停止供电后可以保持数据(记忆性)。PROM 成本较高且写入资料的速度比 ROM 的量产速度慢, 一般只适用于少量需求的场合或 ROM 量产前的验证。

② 可擦除可编程只读存储器可以由用户对其所存信息进行多次改写, 其内部为一组浮栅晶体管, 断电后仍能保留数据。EPROM 可实现多次写入数据, 但需在机外利用强紫外线擦除器对整个芯片进行数据删除, 一种特制的低电压编程器来写入数据。其特点是擦除时间较长, 而且不能对个别需要改写的单元进行单独擦除或重写。EPROM 解决了 PROM 芯片只能写入一次数据的弊端, 但使用起来既不方便也不稳定。

③ 电子式可擦除可编程只读存储器直接利用一个特制的低压编程器就可在机内实现擦除和写入数据, 且过程简单, 是一种断电后数据不丢失的存储芯片。其最大的优点是彻底摆脱了紫外线擦除器机外读写的束缚, 可即插即用, 使用非常方便。另外, 它以字节为最小修改单位, 不必像 EPROM 那样只能将资料全部擦除后才能写入, 所以写入速度更快。

④ 快闪存储器也称为快擦型存储器, 是在 EPROM、EEPROM 工艺基础上研发的一种性价比、可靠性更高的可擦写非易失性存储器。它可在计算机内进行快速删除数据和编程, 也是一种断电后不丢失数据的存储芯片, 其数据删除不是以单个字节为单位, 而是以一定大小的“块”为单位。“块”的大小一般为 256 KB 到 20 MB, 这样 Flash ROM 就比 EPROM 的读写速度更快。由于它具有高性能和低成本的双重优势, 因此对于需要实施代码或数据更新的嵌入式应用来说是一种理想的存储器。

在 ROM 家族中, 虽然有些是可编程写入的存储器, 但由于写入的速度较慢, 通常只用于读取, 因此将它们归类为只读存储器范围。

2) 随机存取存储器

随机存取存储器按其存储信息的原理不同, 可分为静态 RAM 和动态 RAM 两大类。

(1) 静态 RAM(Static RAM, SRAM)。SRAM 用触发器作为存储单元存放 1 和 0, 存取速度快。“静态”是指这种存储器只要保持通电, 里面储存的数据就可以恒常保持, 当电力供应停止时, SRAM 储存的数据会消失。一般静态 RAM 的集成度较低, 成本较高。

(2) 动态 RAM(Dynamic RAM, DRAM)。DRAM 是最为常见的系统内存。DRAM 只能将数据保持很短的时间, 为了保持数据, DRAM 使用电容存储, 所以必须隔一段时间刷新一次, 如果存储单元没有被刷新, 存储的信息就会丢失, 并且关机就会丢失数据。目前, 微机上配置的主存储器均采用 DRAM。

① DRAM 发展所经历的主要时代。

a. SDRAM(同步动态随机存储器)时代(1997—2002 年)。这一时代的内存采用 SDRAM 制作而成, 称为 168 线内存条(因有 168 根金角线而得名, 金角线也称金手指)。SDRAM 内存的带宽为 64 bit (对应当时 CPU 的 64 bit 数据总线宽度); 时钟频率为 100 MHz、133 MHz; 常见的存储容量为 128 MB、256 MB 和 512 MB 等。

b. 频率竞赛时代。2000年, Intel公司推出了主频达600 MHz的奔腾III处理器之后, AMD公司又推出了主频突破1 GHz的速龙(Athlon)处理器。在AMD与Intel的激烈竞争中, CPU的主频也在不断地高速提升。为了匹配CPU速度上的高速增长, 必须对内存也进行更新, 两家芯片巨头各自提出了自己的改进意见。Intel提出重新设计内存, 取名为“Rambus”; 而AMD提出在SDRAM的基础上做改良, 取名为“DDR SDRAM(double data rate SDRAM)”, 为双倍速率SDRAM之意。虽然Rambus的性能非常优越, 但因触及硬件厂商的既得利益, 遭到强烈抵制并最终搁浅。

c. DDR时代(2002年至今)。具体情况如下:

- DDR: 数据传输速度为传统SDRAM的两倍。
- DDR2: 采用0.13 μm 生产工艺、更低的运行电压(1.8 V), 从而进一步降低发热量, 以便提高频率, 频率可达800/1 066 MHz。
- DDR3: 生产工艺小于0.1 μm , 工作电压降至1.5 V, 频率可达1 600/2 000 MHz。
- DDR4: 2012年DDR4时代开启, 起步电压降至1.2 V, 而频率提升至2 133 MHz。次年进一步将电压降至1.0 V, 频率则实现2 667 MHz。DDR4内存已于2014年首先用于服务器领域, 目前已经逐渐在家用领域普及。

② 内存的主要性能指标。目前, 衡量内存的性能指标主要包括内存类型、存储容量、内存频率、品牌和价格等。

a. 内存类型。目前, 微机上配置的主存储器均为DDR内存条, 随着CPU性能的不不断提高, 相继出现了DDR2、DDR3和DDR4。DDR4在频率和速度上有更大的优势, 性能更好、更省电, 目前, DDR4内存已在PC上普及。第五代内存DDR5也即将开始生产, DDR5提供了至少两倍于DDR4内存的宽带, 内存频率最低3 200 MHz, 最高可达8 400 MHz。

b. 内存容量。一般来说, 内存容量越大, 数据处理的速度就越快。但是, 在选购内存的时候也要考虑PC软、硬件需求, 以发挥内存的最大价值。例如, Windows XP 32位系统最大支持4G内存, 最新的Windows 10家庭版64位系统最大支持128 GB内存。

c. 工作频率。工作频率越高代表速度越快。例如, DDR4内存的起步频率为2 133 MHz, 甚至可达到3 200 MHz。目前, DDR4 8G/16G(工作频率为2 666 MHz)已成为PC的主流标配。

d. 时序。时序表示内存完成一项工作所需要的时间周期, 时间越长, 则表示执行效率越低。例如, DDR2内存的时序为CL5/CL6, DDR3内存的时序则为CL9/CL11。

e. 工作电压。通常情况下, 工作电压越小, 能耗就越低。例如, DDR2的工作电压是1.8 V, DDR3的工作电压是1.5 V。

3) CPU和主存储器之间的连接

CPU和存储器之间通常由称为总线的3组线路连接在一起, 它们分别是数据总线、地址总线和控制总线。

(1) 数据总线。数据总线是由多根线组成, 每一根线上每次传送1位数据。线的数量取决于计算机的字的大小。例如, 计算机的字是32位, 那么需要有32根线的数据总线, 以便同一时刻能够同时传送32位的字。

(2) 地址总线。地址总线允许访问存储器中的某个字, 地址总线的线数取决于存储空间的

大小。如果存储器容量为 2^n 个字,那么地址总线一次需要传送 n 位的地址数据,因此它需要 n 根线。

(3) 控制总线。控制总线负责在中央处理器和内存之间传送信息,它的线数取决于计算机所需要的控制命令的总数。如果计算机有 2^m 条控制命令,那么控制总线就需要有 m 根,因为 m 位可以定义 2^m 个不同的操作。

4. 高速缓冲存储器

高速缓冲存储器即高速缓存,是位于主存储器与 CPU 之间的高速小容量存储器,其存储内容为最近曾被 CPU 访问过的程序或数据,解决 CPU 与主存储器之间速度不匹配的问题。由于在多数情况下,一段时间内程序的执行总是集中于程序代码的某一较小范围,因此如果将这段代码一次性从内存调入高速缓存,则可以在一段时间内满足 CPU 的需要,从而将 CPU 对内存的访问变为对高速缓存的访问,以提高 CPU 的访问速度和整个系统的性能。目前,微机上配置的高速缓存基本上都采用 SRAM。

Cache 主要由以下三大部分组成:

- (1) Cache 存储体:存放由主存调入的指令与数据块。
- (2) 地址转换部件:建立目录表以实现主存地址到缓存地址的转换。
- (3) 替换部件:在缓存已满时按一定策略进行数据块替换,并修改地址转换部件。

高速缓冲存储器在任何时间都含有主存中一部分内容的副本。当 CPU 要存取主存中的一个字的时候,将按以下步骤进行:

- (1) CPU 首先检查高速缓冲存储器。
- (2) 如果要存取的字存在,CPU 就将它复制;如果不存在,CPU 将从主存中复制一份从需要读取的字开始的数据块,该数据块将覆盖高速缓冲存储器中的内容。
- (3) CPU 读取高速缓冲存储器并复制该字。

这种方式将提高运算的速度。如果字在高速缓冲存储器中,就立即读取它;如果字不在高速缓冲存储器中,字和整个数据块就会被复制到高速缓冲存储器中。因为很有可能 CPU 在下次存取中需要存取上次存取的第一个字的后续字,所以高速缓冲存储器可以大大提高处理的速度。

归因于“80/20 规则”,高速缓冲存储器存储容量小,但效率却很高。据观察,通常计算机花费 80% 的时间来读取 20% 的数据,换句话说,相同的数据往往被存取多次。高速缓冲存储器凭借其高速的特点,可以存储这 20% 的数据而使存取至少快 80%。

高速缓冲存储器最重要的技术指标是它的命中率。CPU 在 Cache 中找到有用的数据被称为命中,当 Cache 中没有 CPU 所需的数据时(这时称为未命中),CPU 才访问内存。

5. 辅助存储器

辅助存储器作为主存的后援设备,与主存一起组成了存储器系统的主存—辅存层次。与主存相比,辅存具有容量大、速度慢、价格低、可脱机保存信息等特点,属非易失性存储器;而主存具有速度快、成本高、容量小等特点,而且大多由半导体芯片构成,所存信息无法永久保存,属易失性存储器。它与主存储器的区别在于,存放在辅助存储器中的数据必须调入主存储器后才能被 CPU 所使用。

目前,广泛用于计算机系统的辅助存储器有硬盘、固态存储器、光盘等。

1) 硬盘

硬盘是电脑、手机等电子产品上不可或缺的部分,它的主要作用是存储数据。硬盘的数据存储在密封于洁净的硬盘驱动器内腔的磁盘片上,这些盘片一般是在片基表面涂上磁性介质所形成的,在磁盘片的每一面上,以转动轴为轴心、以一定的磁密度为间隔的若干个同心圆就被划分成磁道(track),每个磁道又被划分为若干个扇区(sector),数据就按扇区存放在硬盘上。在磁盘的每一面上都相应地有一个读写磁头(head),所以不同磁头的所有相同位置的磁道就构成了所谓的柱面(cylinder)。传统的硬盘读写都是以柱面、磁头、扇区为寻址方式的(CHS寻址)。硬盘在上电后保持高速旋转,位于磁头臂上的磁头悬浮在磁盘表面,可以通过步进电机在不同柱面之间移动,对不同的柱面进行读写。所以在上电时,如果硬盘受到剧烈振荡,磁盘表面就容易被划伤,磁头也容易损坏,这都将给盘上存储的数据带来灾难性的后果。图3-8所示为硬盘的结构示意图。

(1) 磁头:硬盘是通过磁头的移动来传递信号的,存储数据时,它可以对硬盘盘片表面附着的磁性物质的磁极进行改变;读取数据时,则是通过磁头去感应磁阻的变化。磁头扮演着极为重要的角色,它也是硬盘里最昂贵的部件。

(2) 磁道:磁头移动经过的每个同心圆都是磁道。

(3) 扇区:轨道是盘子上的同心圆,每条轨道都被划分成看不见的楔形部分,称为扇区,每个磁道分为多个扇区。

(4) 柱面:所有盘片同一位置的磁道都在同一个柱面。

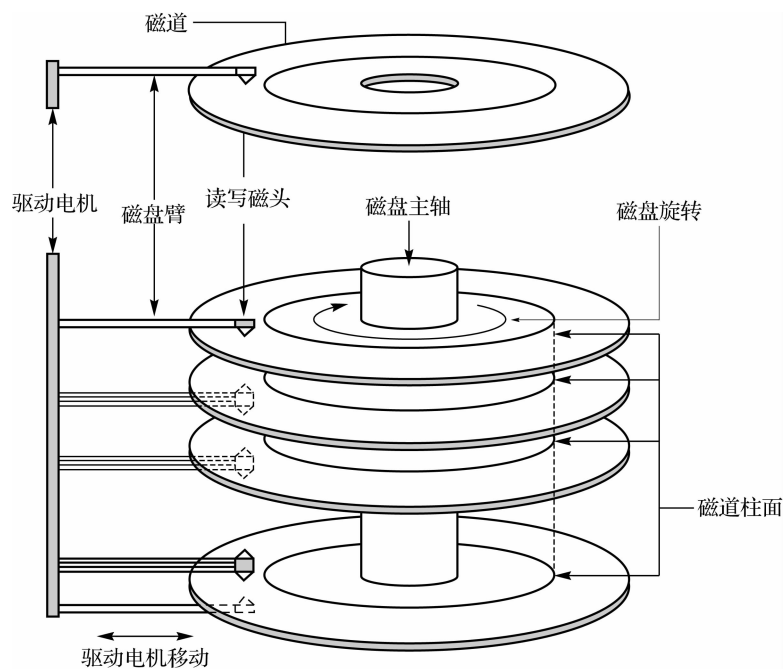
磁盘存储器是以“盘面—磁道—扇区”的方式进行数据组织的。硬盘容量计算公式如下:

$$\text{硬盘的容量} = \text{磁头数} \times \text{柱面数} \times \text{每磁道扇区数} \times \text{扇区字节数}$$

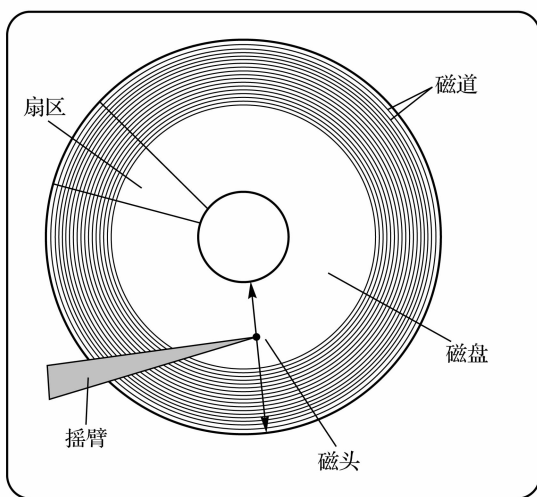
硬盘是敏感的设备。硬盘的读写头被装在非常薄的气垫上,以至于一个烟雾粒子、指纹、灰尘或人的头发都可能导致读写头磨损。当读写磁头与硬盘表面或其表面的粒子接触时,磁头可能会发生毁坏。磁头毁坏对硬盘来说是一场灾难,磁盘表面被划伤,会导致部分或全部数据被破坏。经过技术的不断发展,磁头毁坏的情况很少发生。目前,硬盘有两种基本类型,即内部硬盘和外部硬盘。

(1) 内部硬盘:内部硬盘位于计算机系统内部。这些硬盘能够快速存储和检索大量信息。它们用于存储程序和数据文件。例如,几乎每台个人电脑都使用内部硬盘来存储操作系统和Word、Excel等主要应用程序。为了确保内部硬盘有足够的性能和数据的安全,用户应进行日常维护,并定期备份所有重要文件。

(2) 外置硬盘:虽然内部硬盘提供快速访问,但它们有固定的存储容量,不能轻易地从计算机中移除。外部硬盘提供较慢的访问,通常使用USB等端口连接计算机,且便于外出移动携带。与内部硬盘一样,外部硬盘也有固定的存储空间。但是,由于每个可移动硬盘都可以被另一个可移动硬盘轻松替换,因此计算机的一个端口可以提供无限的存储空间。外部硬盘驱动器使用与内部硬盘相同的基本技术,主要用于补充内部硬盘。因为外部硬盘很容易被删除,所以在保护敏感信息方面特别有用。外部驱动器的其他用途包括备份内部硬盘的内容和提供额外的硬盘容量。



(a) 硬盘结构图



(b) 硬盘盘片结构

图 3-8 硬盘结构示意图

硬盘的基本参数包括容量、平均访问时间、转速、缓存和传输速率等。

(1) 容量。作为计算机系统的存储部件，容量便是硬盘最直观的主要参数。硬盘的容量以 MB、GB 或 TB 为单位，常见的换算式为： $1\text{ TB}=1\ 024\text{ GB}$ ， $1\text{ GB}=1\ 024\text{ MB}$ ， $1\text{ MB}=1\ 024\text{ KB}$ 。较为常见的单位是 GB，而厂商出厂时换算公式为 $1\text{ GB}=1\ 000\text{ MB}$ ，因此用户在格式化硬盘或 BIOS 中时常看到的容量会比其标称值略小。硬盘的容量指标还包括硬盘的单碟容量，单碟容量是指硬盘单片盘片的容量，单碟容量越大，平均访问时间越短。通常市场上硬盘越大，单位字节的平均价格就越便宜，性价比越高，超出主流容量的硬盘除外。

(2) 转速。转速是硬盘内电机主轴的旋转速度，也就是硬盘盘片在 1 分钟内所能完成的最

大转数。转速的大小是判断硬盘性能及档次的重要参数之一,其原因是它是决定硬盘内部传输率的关键因素之一,在较大程度上直接影响硬盘的传输速度。硬盘的转速越快,硬盘查询目标文件的速度也就越快,从而提高硬盘的传输速度。硬盘转速以每分钟多少转来表示,单位为r/min。r/min指每分钟的转速,值越大,内部传输率就越快,访问时间就越短,硬盘的整体性能也就越好。

家用的普通硬盘的转速一般有5 400 r/min和7 200 r/min,高转速硬盘也是台式机用户的首选;而笔记本则大多以4 200 r/min和5 400 r/min为主,10 000 r/min的笔记本硬盘,在市场中还未普及;服务器用户对硬盘性能要求最高,服务器中使用的SCSI硬盘转速几乎全部都采用10 000 r/min以上,其性能超出家用产品很多。较高的转速可缩短硬盘的平均寻道时间和实际读写时间,但随着硬盘转速的不断提高,也带来了温度升高、电机主轴磨损加大、工作噪声增大等负面影响。

(3) 平均访问时间。平均访问时间是指磁头从原始位置到达目标磁道位置,并且从目标磁道上准确找到要读写的数据扇区所需的时间。平均访问时间体现了硬盘的读写速度,它包括硬盘的寻道时间和等待时间,即平均访问时间=平均寻道时间+平均等待时间。硬盘的平均寻道时间是指硬盘的磁头移动到盘面指定磁道所需的时间,所需时间越短越好,一般来说硬盘的平均寻道时间通常为8~12 ms,而SCSI硬盘则小于或等于8 ms。硬盘的等待时间又称为潜伏期(latency),是指磁头已处于要访问的磁道,等待所要访问的扇区旋转至磁头下方的时间。平均等待时间为盘片旋转一周所需时间的一半。

(4) 传输速率。硬盘的数据传输率是指硬盘读写数据的速度,单位为MB/s。硬盘传输速率又包括内部传输速率和外部传输速率。内部传输速率也称为持续传输速率,它反映了硬盘缓冲区未用时的性能。内部传输速率主要依赖于硬盘的旋转速度。外部传输速率也称为突发数据传输速率或接口传输速率,是系统总线与硬盘缓冲区之间的数据传输速率,外部传输速率与硬盘接口类型和硬盘缓存的大小有关。Fast ATA接口硬盘的最大外部传输速率为16.6 MB/s,而Ultra ATA接口的硬盘则达到33.3 MB/s。

(5) 缓存。缓存是硬盘控制器上的一块内存芯片,具有极快的存取速度,它是硬盘内部存储和外界接口之间的缓冲器。由于硬盘的内部传输速度和外部传输速度不同,缓存在其中起到一个缓冲的作用。缓存的大小与速度是直接关系到硬盘传输速度的重要因素,能够大幅度提高硬盘的整体性能。硬盘存取零碎数据时需要不断地在硬盘与内存之间交换数据,有了大缓存,则可以将那些零碎数据暂存在缓存中,减小外系统的负荷,也提高了数据的传输速度。

2) Flash 存储器

Flash存储器也称闪存。闪存是小型固态存储设备,广泛应用于便携式设备。其中一些闪存用于笔记本电脑、智能手机和GPS导航系统等设备。其他的卡提供可移动存储,闪存是用来存储和播放音乐和视频文件的数字媒体播放器。例如,闪存是用来存储数码相机捕获的图像,然后将图像传输到桌面和其他计算机。总的来说,闪存主要用于一些小规模的数据记录和便携式的存储器,如固态硬盘(solidstate disk, SSD)、优盘、光盘等。

(1) 固态硬盘。固态硬盘被设计成在个人电脑系统内部进行连接,就像内部硬盘一样,只不过它包含的是固态内存,而不是用来存储数据的磁盘。在性能上,SSD比硬盘更快、更持久,普通

SATA SSD可以轻松实现 500 MB/s 的读写速度,NVMe SSD 最高读取可超过 3 000 MB/s。固态硬盘更省电,减少了笔记本电脑和移动设备的电池损耗。相对的,SSD 也更昂贵,而且通常比硬盘的容量更小,但是随着 SSD 的不断普及,这种情况正在改变。目前,SSD 已经广泛应用于平板电脑、智能手机和其他移动设备,在 PC 方面也已经逐渐普及开来。

(2) 优盘。优盘的全称为 USB 闪存盘,因使用 USB 接口与主机通信而得名。它是一种新型存储产品,具有轻巧便携、安全稳定、即插即用、支持系统引导、可重复擦写、存储容量大等优点。

3) 光盘存储器

光盘是很常见的存储介质,如图 3-9 所示。无论是 CD 光盘还是 DVD 光盘等光存储介质,采用的存储方式都与软盘、硬盘相同,是以二进制数据的形式来存储信息。要在这些光盘上面储存数据,需要借助激光把电脑转换后的二进制数据用数据模式刻在扁平、具有反射能力的盘片上。为了识别数据,光盘上定义激光刻出的小坑就代表二进制的“0”,而空白处则代表二进制的“1”。可擦写光盘是利用激光在磁性薄膜上产生热磁效应。像硬盘一样,光盘使用磁道和扇区来组织和存储文件。然而,与用于硬盘的同心磁道和楔形扇区不同,光盘通常使用从光盘中心向外旋转的单一磁道。这条单轨被划分为大小相等的扇区。最广泛使用的光盘是 CD、DVD 和蓝光光盘等。



图 3-9 光盘

(1) CD 光盘。CD 是用户可广泛使用的第 1 种光学存储器。通常,CD 有 700 MB 的存储空间,存储音乐大多使用 CD。

(2) DVD 光盘。典型的 DVD 光盘可以存储 4.7 GB 以上的容量,是 CD 容量的 7 倍,存储电影或软件的光盘通常是 DVD。DVD 驱动器和 CD 驱动器看起来非常相似。

(3) 蓝光光盘(BDs)。蓝光光盘是用于存储高清视频的最新形式的光存储,它使用了 HD 720 和 HD 1080 分辨率。蓝光的名字来源于一种特殊的蓝色激光,这种激光用于读取碟片,使碟片的容量达到 50 GB,是 DVD 容量的 10 倍。存储高清视频的光盘和最新的视频游戏通常是蓝光光盘。

根据光盘的使用特性不同,可将其分为只读光盘、一次性写入光盘、可重写光盘三大类。只读光盘是用户无法写入或擦除的光盘。例如,在商店购买的光盘(如音乐 CD、DVD 电影和蓝光

视频游戏)通常是只读的。一次性写入光盘可以一次写入,写入后,光盘可以多次读取,但不能写入或擦除,这些光盘非常适合创建永久档案。可重写光盘类似于一次写入盘,不同之处在于记录数据时盘表面不会永久改变。这些可变的便携式存储选项非常适用于存储和共享音频、视频以及大型多媒体演示文稿。

还有一种光盘,即双面光盘,在光盘的两面都有信息,需要翻过来才能读到另一面的信息,这就有效地增加了光盘的存储容量。例如,双面 DVD 可以存储 9.4 GB 信息,是单面 DVD 的两倍。增加光盘容量的另一种方法是增加多个记录层。这些光盘存储信息在几层夹在一起的一面光盘。例如,一些蓝光光盘有多层,存储容量从 50 GB 增加到 128 GB。

4) 云存储

近几年,许多需要在计算机上安装才能运行的应用程序已经转移到了网页上,这就是所谓的云计算,互联网作为一个“云”的服务器向用户提供应用程序作为服务。此外,这些服务器提供云存储,也称为在线存储。如果您使用过百度网盘或 Onedrive 这类工具来存储数据,那么您已经使用过云计算。服务提供者的服务器运行应用程序,使用者的计算机显示结果,应用程序和数据可以从任何联网设备访问。这意味着,即使是像手机这样的只有很少存储、内存或处理能力的设备,也可以运行与台式电脑同样强大的应用程序。云存储有以下优点:

- (1) 云服务的维护将负责磁盘碎片整理、备份、加密和安全性。
- (2) 硬件升级云服务永远不会耗尽磁盘空间,可以替换故障的硬盘而不会中断使用。
- (3) 文件共享和协作用户可以通过 Internet 连接与任何地方的其他人共享文档、电子表格和文件。

当然,云存储也有以下缺点:

- (1) 访问速度数据传输速度取决于用户的互联网连接速度。
- (2) 用户的文件安全依赖于云服务的安全程序,这可能不如用户自己的安全程序有效。

6. 存储器性能指标

存储器的性能指标通常有存储容量、存取时间、存储周期和存储器带宽等几个方面。

存储容量是指一个存储器中可以容纳的存储单元总数,存储容量越大,能存储的信息就越多。存储容量常用字数或字节数(B)来表示,如 64 KB、512 KB、64 MB。外存中为了表示更大的存储容量,采用 GB、TB 等单位。存储容量这一概念反映了存储空间的大小。

存取时间又称存储器访问时间,是指一次读操作命令发出到该操作完成,将数据读出到数据总线上所经历的时间。通常取写操作时间等于读操作时间,故称为存储器存取时间。

存储周期是指连续启动两次读操作所需间隔的最小时间。通常,存储周期略大于存取时间,其时间单位为纳秒(ns)。

存储器带宽是指单位时间里存储器所存取的信息量,通常以位/秒或字节/秒做度量单位。带宽是衡量数据传输速率的重要技术指标。

3.2.4 输入/输出设备

1. 输入设备

输入计算机使用的任何数据或指令,它们可以直接来自用户,也可以来自其他来源。无论何

时使用系统或应用程序,都要提供输入。例如,在使用字处理程序时,以数字和字母的形式输入数据,并执行保存和打印文档之类的命令;用户还可以输入数据和发出命令,指向项目或使用自己的声音;其他输入来源还包括扫描或拍照图像。输入设备是硬件,用于将人们理解的单词、数字、声音、图像和手势转换成系统单元可以处理的形式。例如,在使用文字处理程序时,通常使用键盘输入文本,使用鼠标发出命令。除了键盘和鼠标,还有各种各样的其他输入设备,包括指向、扫描、图像捕获和音频输入设备。

(1) 键盘。通过键盘输入数据是最常见的方式之一。键盘将数字、字母和人们能理解的特殊字符转换成电信号,这些信号被发送到系统单元,并由系统单元进行处理。大多数键盘使用一组按键,并命名为 QWERTY。这个名称反映了键盘的布局,它采用的是在显示字母的键的最上面一排的前 6 个字母。

键盘有各种各样的键盘设计。它们的范围从全尺寸到微型,甚至可以是虚拟的。键盘有 4 种基本类型:传统键盘、笔记本电脑键盘、虚拟键盘和拇指键盘。传统键盘这些全尺寸键盘广泛用于台式机和大型计算机,它提供功能键、导航键和数字键盘。笔记本键盘比传统键盘小,广泛用于笔记本电脑。虽然不同厂商的键的精确位置和数量可能有所不同,但笔记本电脑键盘的键通常较少,不包括数字键盘。与其他键盘不同,虚拟键盘没有物理键盘,其按键通常显示在屏幕上,并通过触摸它们在屏幕上的图像来选择。虚拟键盘用于智能手机和其他小型移动设备。

(2) 鼠标。鼠标控制在显示器上显示为指针。鼠标指针通常以箭头的形状出现,也可以改变形状,这取决于应用程序。鼠标可以有一个、两个或多个按钮,用于选择命令选项和控制显示器上的鼠标指针。有些鼠标有一个滚轮按钮,可以通过旋转来滚动显示在显示器上的信息。鼠标有多种设计,但光学鼠标使用最广泛,它发出并感知光来检测鼠标的移动,被检测到的鼠标移动通过鼠标线被传送到系统单元。除此之外,无线或无线鼠标使用无线电波或红外线光波与系统单元通信。这些设备没有鼠标线,为操作带来了便利。

(3) 触摸屏。和鼠标一样,触摸屏用于控制鼠标指针并进行选择。然而,与鼠标不同的是,触摸屏是通过移动或在触摸屏表面轻敲手指来操作的。触摸屏允许用户用手指或类似钢笔的设备触摸屏幕来选择操作或命令。多点触控屏幕可以用一个以上的手指触摸,这样可以实现互动,比如通过捏和拉伸手指来放大和缩小屏幕。多点触控屏幕通常用于平板电脑和智能手机,以及一些笔记本电脑和桌面显示器。

(4) 手写笔。手写笔是一种笔状设备,通常用于平板电脑和移动设备。手写笔利用压力在屏幕上画出图像,它通常通过手写识别软件与电脑进行交互,手写识别软件将手写笔记转换成系统单元可以处理的形式。手写笔如图 3-10 所示。

(5) 光学扫描仪。光学扫描仪也称为扫描仪,接受由文本和或图像组成的文档,并将其转换成机器可读的形式。通常,扫描的文档被保存在可以进一步处理、显示、打印或存储的文件中,供以后使用。

(6) RFID(射频识别)阅读器。RFID 是一种微型芯片,几乎可以嵌入任何东西中。RFID 可以在消费品、身份证、护照和其他物品中找到,这些芯片包含电子存储信息,可以使用 RFID 阅读器读取。它们被广泛用于追踪和定位、生产库存、产品说明和零售商品等。



图 3-10 手写笔

2. 输出设备

输出设备是用来提供或创建输出的任何硬件,它们将系统单元处理过的信息转换成用户可以理解的形式。输出的对象是经过处理的数据或信息,且输出通常采用文本、图形、照片、音频或视频的形式。最广泛使用的输出设备是显示器、打印机和音频输出设备等。

1) 显示器

最常用的输出设备是显示器。显示器也被称为显示屏,它显示文本和图形的视觉图像。显示器在大小、形状和成本方面各不相同,然而,这些都有一些基本的区别特征。

显示器最重要的特点是清晰度,清晰度是指所显示图像的质量和清晰度。图像的质量和分辨率、点间距、对比度、大小、纵横比都相关,其中分辨率是最重要的特征之一。图像是由一系列的点或像素在显示器上形成的,分辨率表示为这些点或像素的矩阵。显示器的分辨率越高(像素越多),产生的图像越清晰。大多数新型显示器的点距为 0.30 毫米或更少,点距越低(像素之间的距离越短),产生的图像越清晰。对比度表示显示器显示图像的能力,比较最亮的白色和最暗的黑色的光强度,比率越高,显示器越好。好的显示器的对比度通常在 500 : 1 和 2000 : 1 之间。大小或活动显示区域,是由显示器可视区域的对角线长度来测量的,常见的尺寸有 13、14、15、17 等。长宽比表示显示器的宽度和高度之间的比例关系。目前许多更老、更方形的显示器的长宽比为 4 : 3,而几乎所有的新显示器都采用 16 : 9 的屏幕宽高比来显示宽屏内容。

(1) CRT 显示器。CRT 显示器是一种使用阴极射线管的显示器,如图 3-11 所示。早期的 CRT 显示器只有绿色的一小块,而如今 20 寸以上的 CRT 显示器都司空见惯了。随着技术的发展,尺寸的增加,CRT 显示器的显示效果也逐渐提高。和其他硬件设备一样,CRT 显示器也时常会发生故障,但经市场调查显示,真正由于质量差或自然损坏导致的故障只占 20%左右,大部分的故障是由于环境条件差、操作不当或管理不善导致的,可见环境条件和人为因素是造成显示器故障的主要原因。如今,除了某些特定的场合还在使用 CRT 显示器,在绝大多数场合,它已经被轻薄、低功耗、低成本的液晶显示器所取代。

(2) LCD 显示器。LCD 是由液态晶体组成的显示屏,是目前最好的彩色显示设备之一,也是现在个人电脑的主流显示设备。LCD 显示器不仅具有厚度薄、耗电低、重量轻等特点,同时还

具有 CRT 显示器不具备的低辐射、几乎无颜色失真且无闪烁的特点。



图 3-11 CRT 阴极射线管显示器

(3) LED 显示屏。液晶本身并不发光,需要另外的光源发亮,传统的液晶显示器使用 CCFL (冷阴极荧光灯管)作为背光源,而现在可以用 LED (发光二极管)作为背光源,于是有了 LED 显示器,它用 LED 光源替代了传统的荧光灯管,画面更优质,寿命更长,制作工艺更环保,并且能使液晶显示面板更薄。需要强调的是,目前市面上所说的 LED 显示屏并不是真正意义上的 LED 显示屏,准确地说就是 LED 背光型液晶显示器,液晶面板依然是传统的 LCD 显示屏。严格意义上的 LED 显示器,是指完全采用发光二极管组成的显示器。我们经常见到的 LED 发光广告牌等,就是一种 LED 点阵显示屏,它已经完全摆脱了液晶的存在,是一种全新意义上的自发光显示屏。

(4) OLED 显示屏。OLED 即有机发光二极管,OLED 显示技术与传统的 LCD 显示方式不同,无须背光灯,采用非常薄的有机材料涂层和玻璃基板(或柔性有机基板),当有电流通过时,这些有机材料就会发光。而且 OLED 显示屏幕可以做得更轻更薄,可视角度更大,并且能够显著的节省耗电量。OLED 曲屏显示器如图 3-12 所示。



图 3-12 OLED 曲屏显示器

2) 打印机

打印机是最常用的输出设备之一,用户使用打印机打印文档、照片和网页等。打印机将系统单元处理过的信息转换成纸上的信息。打印机的输出常称为硬拷贝。

打印机有许多不同类型。几乎所有的打印机都有一些基本的区别特征,包括分辨率、颜色能力、速度、内存和双面打印。打印机的分辨率类似于显示器的分辨率,它是衡量图像清晰度的标准。打印机的分辨率是用 dpi(每英寸点数,1 英寸=2.54 厘米)来衡量的,dpi 越高,生成的图像质量越好。色彩功能是由大多数打印机提供的,用户通常可以选择用黑色墨水或彩色墨水打印。最常见的黑墨水选择是灰度,其中图像显示使用多种灰度,色彩更多地用于包含图形和照片的文件。速度是以每分钟打印的页数来衡量的。打印机中的内存用于存储打印指令和等待打印的文档,内存越大,打印大型文档的速度就越快。

(1) 喷墨打印机。喷墨打印机在纸的表面高速喷射油墨,这个过程可以产生各种颜色的高质量图像,非常适合打印照片。喷墨打印机相对便宜、实用且噪声较少,是使用最广泛的打印机。喷墨打印机最昂贵的方面是更换墨盒,由于这个原因,大多数用户为大多数普通文档指定黑色墨水打印,而为图画、照片使用更昂贵的彩色打印。

(2) 激光打印机。激光打印机使用一种类似于复印机的技术,它使用激光光束产生的图像具有良好的字母和图形质量。激光打印机比喷墨打印机更贵,速度更快,用于需要高质量输出的应用。激光打印机有两类,个人激光打印机和共享激光打印机。个人激光打印机比较便宜,而且只有一个用户使用,个人激光打印机通常一分钟能打印 15 到 17 页。而共享激光打印机通常支持更多颜色打印,价格更贵,并且可以被共享,共享激光打印机通常每分钟打印 50 多页。

(3) 3D 打印机(见图 3-13)。3D 打印机是由描述要创建的对象形状的数据控制的,这些数据通常来自 3D 建模程序创建的文件或使用 3D 扫描仪扫描物理模型。然后,专门的程序将这些数据进一步处理,以创建描述数百或数千个水平层的数据,当一个水平层置于另一个水平层之上时,就形成了目标对象的形状。3D 打印机通过添加非常薄的一层又一层的材料来创建三维形状,直到最后的形状完全成型。现在每一层的创建都可以使用不同的工艺和材料,其中最常见的材料是通过类似喷墨打印机的喷嘴喷射液体塑料或类似塑料的物质。



图 3-13 3D 打印机

(4) 其他打印机。打印机还有其他几种类型,包括云打印机、热敏打印机和绘图仪等。

① 云打印机。云打印机是连接到 Internet 的打印机,为 Internet 上的其他人提供打印服务,用户可以通过智能手机或任何其他类型的联网电脑在任何地方访问打印机。例如,用户可以使用智能手机从几乎任何地方发送文件到办公室的打印机上打印。

② 热敏打印机。热敏打印机使用热元件在热敏纸上打印图像,这些打印机广泛用于自动柜员机等地方来打印收据。

③ 绘图仪。绘图仪是一种特殊用途的打印机,用于产生各种各样的特殊输出,如使用图形平板和其他图形输入设备的输出,绘图仪通常被平面设计师、工程师和建筑师用来打印设计、草图和绘图。

3) 虚拟现实(VR)设备

VR 是一种由计算机以 3D 方式创建的人工或模拟的现实。它通过使用包括头盔和手套在内的专门硬件来创造虚拟或身临其境的体验,这种头盔有耳机和三维立体屏幕,手套有传感器,可以收集手部运动的数据,再加上软件,这种交互式的感觉设备让用户沉浸在一个计算机生成的世界。VR 作为未来计算机交互的发展方向,有望在不久的将来更加普及。

3. 输入/输出设备的连接

输入/输出设备不能直接与连接着 CPU 和内存的总线相连,因为输入/输出设备的本质与 CPU 和内存的本质不同,输入/输出设备都是些机电、磁性或光学设备,而 CPU 和内存属于电子设备。与 CPU 和内存相比,输入/输出设备的操作速度要慢得多,因此必须要有中介来处理这种差异,输入/输出设备是通过一种被称为输入/输出控制器或接口的器件连接到总线上的,每一个输入/输出设备都有其特定的控制器。

控制器或接口解决了 CPU 及内存与输入/输出设备在本质上的障碍。控制器可以是串行或并行的设备,串行控制器只有一根数据线连接到设备上,而并行控制器则有数根数据线连接到设备上,一次能同时传送多个位。

(1) RS-232-C 总线。RS-232-C 是 EIA 制定的一种串行物理接口标准。RS-232-C 有 25 条信号线,包括一个主通道和一个辅助通道,大多数情况下使用主通道,对于一般情况下的双工通信,只需要几条信号线即可。由于 RS-232-C 属于单端信号传送,且通信距离受电容负载的局限,因此一般用于 20 米以内通信。

(2) AGP(accelerated graphics port,图像加速端口)总线。AGP 是一种新的总线类型。目前 AGP 总线专门用于加速图像显示,如在 3D 动画中用于传递视频数据。

(3) USB 总线。USB 实际上是一种串行控制器,用以连接需要与计算机相连的一些设备。几乎所有外设装置包括鼠标、键盘、显示屏、打印机等外设可以直接插入标准 USB 接口,多个设备都可以被连接到同一个 USB 控制器上,这个控制器也称为根集线器。控制器与其他集线器的不同之处在于控制器能感知到其他集线器的存在,而其他集线器是被动的设备,它们只是简单地传送数据。USB 接口具有真正的即插即用的优势,用户可以在不需要关闭计算机的情况下很容易地被对外设进行移除或连接。当集线器从系统中被移除时,与此集线器相连的所有设备和其他集线器也被移除。USB 使用 4 芯电缆,2 条用于信号连接,2 条用于电源和接地,可为外设提供 +5V 的直流电源,而高压设备需要被连接到电源上。集线器从总线取得电压,能为低压设备提供电压。其他两根线(缠绕在一起,以减小噪声)用来传送数据、地址和控制信号。USB 通常使用两种不同的连接头: A 和 B。连接头 A(下游连接器)是矩形的,用来连接到 USB 控制器或集线器;连接头 B(上游连接器)是接近正方形的,用来连接到设备。最近两种新型连接器(微型 A 和微型 B)已经被引入,用来连接小设备和笔记本。

USB-2 提供三种传送速率:1.5 Mb/s、12 Mb/s 和 480 Mb/s。低速率可以用于低速设备,如键盘和鼠标;中速率用于打印机;高速率用于大容量的存储设备。通过 USB 的数据是以包的形式传输的,每个包含有地址部分(设备标识)、控制部分、要被传送到其他设备的数据部分。所有设备将接收到相同的包,但只有数据包中所定义的地址的设备将接受它。

USB 3.0 增加了一个新的叫作“Super Speed”(超感)的传输模式,这个模式下数据传输的速率可高达 5 Gb/s,并兼容 USB 2.0 和 USB 1.1 设备。

Type-C 是一种全新的 USB 硬件接口形式,是 USB 标准化组织为了解决长期以来 USB 接口物理接口规范不统一,电能只能单向传输等弊端而制定的全新接口,其外观上最大特点在于其上下端完全一致,支持正反 2 个方向插入,并且它集充电、显示、数据传输等功能于一身。

(4) 高清晰度多媒体接口(HDMI)。HDMI 是现有视频模拟标准的数字化替代品。它可以用来从一个资源向另一个兼容的计算机显示器、数字电视、视频投影仪或数字音像设备传输数字音像数据和视频数据。现有的多种 HDMI 标准电缆可用于传输包括标准、加强、3D 和高清晰的视频。

3.3 计算机系统的性能指标

微型计算机的主要性能指标包括运算速度、主频、机器字长、存储容量、存取周期、I/O 的速度和性价比等。

1. 机器字长

机器字长是指 CPU 一次能处理数据的位数,通常与 CPU 的寄存器位数有关。字长越长,数的表示范围越大,精度也越高。机器的字长也会影响机器的运算速度,倘若 CPU 字长较短,又要运算位数较多的数据,那么需要经过两次或多次的运算才能完成,这种情况很容易影响机器的运算速度。机器字长对硬件的造价也有较大的影响,它将直接影响 ALU、存储字长的位数及数据总线。所以机器字长的确定不能单从精度和数的表示范围来考虑。

2. 存储容量

内存储器的容量。内存储器是 CPU 可以直接访问的存储器,需要执行的程序与需要处理的数据就是存放在内存中的。内存容量的大小反映了计算机即时存储信息的能力,内存容量越大,系统功能就越强大,能处理的数据量就越庞大。

外存储器的容量。外存储器的容量通常是指硬盘容量(包括内置硬盘和移动硬盘)。外存储器容量越大,可存储的信息就越多,可安装的应用软件就越丰富。

3. 主频

CPU 的主频,即 CPU 内核工作的时钟频率。通常描述的某 CPU 为多少兆赫,指的就是 CPU 的主频。微型计算机一般采用主频来描述运算速度,如 Pentium 4 的主频为 1.5 GHz。一般说来,主频越高,运算速度就越快。

4. 运算速度

运算速度是衡量计算机性能的一项重要指标。通常计算机运算速度是指平均运算速度,即

平均每秒所能执行的指令条数。

计算机的运算速度与许多因素有关,如机器的主频、执行的操作、主存本身的速度等。微机一般采用主频来描述运算速度,主频越高,运算速度就越快。早期用普通法衡量,即完成一次加法或乘法所需的时间来衡量运算速度,这是非常不合理的。后来采用吉普森(Gibson)法,它综合考虑每条指令的执行时间以及它们在全部分操作中占的百分比,公式为:

$$T_M = \sum_{i=1}^n f_i t_i$$

其中, T_M 为机器运行速度; f_i 为第*i*种指令占全部操作的百分比; t_i 为第*i*种指令的执行时间。现在机器的运算速度普遍采用单位时间内执行指令的平均条数来衡量,并用MIPS(million instruction per second)作为计量单位,也可以用CPI(cycle per instruction)衡量,即执行一条指令所需的时钟周期个数,或用FLOPS(floating point operation per second)来衡量运算速度。

5. 存取周期

把信息代码存入存储器,称为“写入”;把信息代码从存储器中取出,称为“读取”。存储器进行一次读或写操作所需的时间称为存储器的访问时间(或读写时间),而连续启动两次独立的读或写操作(如连续的两次读操作)所需的最短时间称为存取周期。

6. I/O 的速度

主机 I/O 的速度取决于 I/O 总线的设计,这对于慢速设备(如键盘、打印机)关系不大,但对于高速设备则影响十分明显。

7. 性价比

性价比即性能与价格之比。同样的品质,价格低则性价比高;同样的价格,商品品质好则性价比高。

3.4 现代计算机的演进

1. 硬件性能与材料的发展

计算机硬件所使用的材料对计算机硬件性能的发挥起到至关重要的作用,在今后的研发过程中,相关科研人员要进一步强化对计算机硬件材质的研究,通过对新技术和新材料的使用,使计算机硬件的使用寿命和使用性能得到优化。在计算机的实际运行当中,硬件性能的优化也是计算机技术中亟待解决的一大问题,因此,在未来的研究过程中,研究人员会加大对此问题的关注,并探寻有效解决方案,如研发分子计算机、量子计算机等。

2. 中央处理器的未来发展

计算机的中央处理器是计算机技术发展进步的关键性因素。从1970年到2005年,计算机的CPU为单核,在此期间,唯主频论是CPU最为明显的特征;自2006年至今,计算机的CPU进入了多核时代,从本质上来说,多核设计所具有的优点主要在于以下几个方面:

- (1) 能够为计算机的运行提供更加强大的并行处理能力。
- (2) 能够提供更快的计算速度。

- (3) 能够形成更低的时钟频率。
- (4) 可以在很大程度上降低计算机的散热与功耗。

针对计算机硬件系统的发展来说,双核与多核处理器的出现存在一定的必然性。在未来的市场中,多核将是中央处理器一个重要的发展趋势。

3. 存储器的未来发展

按照存储器的模式,计算机硬件存储器组可分为以下三种模式:DAS 模式、NAS 模式和 SAN 模式。DAS 模式的主要优点是操作简单、成本较低且性能高,但是安全性和扩展性不够。NAS 模式的特点是独立 PC 服务器,扩展性好,但是数据传输速度不高。SAN 模式作为一种存储网络模式,能够运用光纤将全部的存储设备连接起来,并配备交换机,显而易见其优点是数据传输速度快,扩展性强。但是 SAN 模式也有个明显的缺点,即技术相对复杂,成本比较高。存储器的发展趋势是存储空间更大,体积更小,功耗更低,这种趋势尤其在 FlashMemory 表现得尤为突出。这种发展趋势符合科技发展的潮流,也促进了便携产品的发展。

总的来说,计算机的发展趋势是向巨型、微型化、网络化和智能化方向发展。计算机的中央处理器处于不断减小的趋势,使用更小的硬件,可以实现更强大的功能和更全面的信息处理。而现阶段,在长期信息科技与计算机技术发展的过程中,已经有更多的高科技技术被运用到计算机的硬件发展中。因此,计算机的硬件发展与科学技术之间存在着本质的联系。只有确保科学技术的发展与进步,才能更好地实现计算机硬件系统的优化与创新。在绿色、环保理念日益深入人心的背景下,计算机硬件将会更多地融入环保、节能及高效的理念,运行与维护的速度和效率也会不断提高。

习题 3

一、单项选择题

1. 一个完整的计算机系统应包括()。

A. 主机及外部设备	B. 机箱、键盘、显示器及打印设备
C. 硬件系统和软件系统	D. 中央处理器、储存器及外部设备
2. 组成微型计算机主机的两个主要部件是微处理器和()。

A. 硬盘	B. 软盘	C. 光盘	D. 内存储器
-------	-------	-------	---------
3. 计算机中运算器的主要功能是()。

A. 控制计算机的运行	B. 进行算术运算和逻辑运算
C. 分析指令并执行指令	D. 存取存储器中的数据
4. ALU 完成算术运算和()。

A. 二进制运算	B. 逻辑运算	C. 奇偶校验	D. 存储数据
----------	---------	---------	---------
5. 字长为 64 位的计算机是指()。

A. 该计算机的内存容量为 64 MB
B. 该计算机每秒能执行的指令数为 64 MIPS
C. 该计算机能够处理的最大数值不超过 264

- D. 该计算机 CPU 中定点运算器的宽度为 64 位
6. 下列关于 CPU 的叙述, 错误的是()。
- A. CPU 是 PC 机不可缺少的组成部分, 担负着运行系统软件和应用软件的任务
- B. CPU 中包含若干寄存器, 可以用来临时存放数据
- C. 所有 PC 机的 CPU 都具有相同的机器指令
- D. CPU 直接与内存储器连接, 它所执行的指令及处理的数据都来自内存
7. 计算机系统的主存储器是指()。
- A. RAM 存储器 B. ROM 存储器 C. 内存储器 D. 外存储器
8. 微型计算机的 Cache 多是一种()。
- A. 静态只读存储器 B. 静态随机存储器
- C. 动态只读存储器 D. 动态随机存储器
9. 计算机系统配置 Cache 是为了解决()。
- A. CPU 与内存储器之间速度不匹配问题 B. CPU 与辅助存储器之间速度不匹配问题
- C. 主存与辅助存储器之间速度不匹配问题 D. 主机与外设之间速度不匹配问题
10. 下列关于 Cache 的叙述错误的是()。
- A. Cache 和内存一样按地址访问
- B. Cache 中通常保存内存中部分内容的副本
- C. Cache 的存取速度比主存储器的存取速度快
- D. Cache 一般由 SRAM 组成
11. 微机硬件系统中地址总线的宽度(位数)对()影响最大。
- A. 存储器的访问速度 B. CPU 可直接访问的存储器空间的大小
- C. 存储器的字长 D. 存储器的稳定性
12. 下列关于指令系统的叙述, 正确的是()。
- A. CPU 所能执行的全部指令称为该 CPU 的指令系统
- B. 用于解决某一问题的指令序列称为指令系统
- C. 不同公司生产的 CPU 的指令系统完全不兼容
- D. 同一公司生产的 CPU 的指令系统向上兼容
13. CPU 执行指令需要数据时, 数据搜索的顺序是()。
- A. Cache、DRAM、硬盘 B. DRAM、Cache、硬盘
- C. DRAM、硬盘、Cache D. 硬盘、DRAM、Cache
14. 一台计算机中采用多个 CPU 的技术称为并行处理。采用并行处理的目的是为了()。
- A. 提高计算机的处理速度 B. 扩大计算机的存储容量
- C. 降低单个 CPU 的成本 D. 降低单个 CPU 的功耗
15. 若某处理器的地址线数目为 34, 则其可访问的最大内存空间为()。
- A. 8 GB B. 8 MB C. 16 GB D. 16 MB
16. PC 机配有多种类型的 I/O 接口。下列关于串行接口的叙述, 正确的是()。
- A. 慢速设备连接的 I/O 接口就是串行接口

- B. 串行接口一次只传输 1 位数据
 C. 一个串行接口只能连接一个外设
 D. 串行接口的数据传输速率一定低于并行接口
17. 下列关于串行接口的叙述,正确的是()。
 A. 只有慢速设备才使用串行接口 B. 串行接口只能一位一位地顺序传输数据
 C. 串行接口只能连接一个外设 D. 串行接口的数据传输速率一定低于并行接口
18. 地址总线是()在微机各部分之间传送的线路。
 A. 数据信号 B. 控制信号 C. CPU 答应信号 D. 寻址信号
19. PC 机的标准输入设备是(),缺少该设备计算机就难以正常工作。
 A. 键盘 B. 鼠标器 C. 扫描仪 D. 手写板
20. 彩色显示器的彩色是由三基色合成而得到的。某显示器的三基色 R、G、B 分别用 4 位二进制数表示,则它可以表示()种不同的颜色。
 A. 6536 B. 4096 C. 256 D. 12

二、填空题

1. 基于冯·诺伊曼提出的存储程序控制原理的计算机系统,其硬件基本结构包括:_____和_____。
2. 在计算机内部,程序是由指令组成的。大多数情况下,指令由_____和_____两部分组成。
3. 计算机在数据处理过程中,CPU 直接和_____交换信息。
4. 总线上有_____、_____和_____三类信号。
5. 内存储器中的每个存储单元都被赋予一个唯一的序号,称为_____。存储单元的基本单位是_____。
6. 计算机所使用的 I/O 接口分成多种类型。从数据传输方式来看,有_____、_____和_____。
7. 芯片组一般由北桥芯片和南桥芯片组成,北桥芯片是_____控制中心,南桥芯片是_____控制中心。
8. 在存储器的层次结构中,Cache 的速度比主存_____,容量比主存_____。
9. 在目前的 PC 机中,SATA 接口主要用于_____与主机的连接。
10. 磁盘的每面都划分成很多同心圆,称为_____。

三、简答题

1. 构成一台计算机的主要硬件有哪些?
2. 简述计算机硬件系统的组成及功能。
3. 什么是主板? 主板的作用是什么?
4. 简述 CPU 的主要性能指标。
5. 什么是辅助存储器? 目前常用的辅助存储器有哪几种?