

# 项目一 计算基础

理解计算及计算思维的概念和意义，理解如何将自然/社会现象表达为符号，然后进行符号计算，进一步将符号表达为0和1（二进制数），用计算机予以实现；0和1可将各种计算统一为逻辑运算，0和1是连接计算机软件和硬件的纽带，0和1是各种计算自动化的基础。在此基础上，理解检错和纠错、信息压缩、程序设计、算法、排序、递归与迭代、网络路由与死锁等经典的计算思维。

## 任务1 计算及计算思维

### 任务目标

- 掌握计算的概念。
- 理解自动计算，了解人类追求自动计算的历程。
- 了解计算系统的组成及发展历程。
- 掌握计算机科学与计算科学的概念。
- 掌握计算思维的概念、意义、特性和内容。

### 情境描述

王海是成都农业科技职业学院的新生，面对同学和朋友的讨论迷茫了：什么是计算？什么是计算机？计算机只是工具吗？推动人类文明进步和科学发展的三大科学思维理论包括计算思维吗？针对这些问题，王海废寝忘食，上下求索，终于明白：计算思维是每个人的基本技能；计算方法和模型使人类敢于去处理那些原本无法由任何个人独自完成的问题求解和系统设计。

### 学习内容

#### 1. 计算的概念

计算是指“数据”在“运算符”的操作下，按“规则”进行的数据变换。

简单的例子：从幼儿开始学习和训练的算术运算，如“ $1+2=3$ ”、“ $10\times 8=80$ ”等。

较复杂的例子：对  $ax^2+bx+c=0$  方程式求解，可直接使用公式  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  进行计算。

在高中及大学阶段，我们不断地学习各种函数及其计算规则（对数、指数、微分和积分等）并应用这些规则来求解各种问题，得到正确的计算结果。

但是，对于方程式  $a_1x_1^{b_1} + a_2x_2^{b_2} + \dots + a_nx_n^{b_n} = c$  判断是否有整数解，怎样求解？

这说明，“规则”是可以学习和掌握的，但是应用“规则”进行计算则有可能超出了人的

计算能力。也就是说,人们知道规则却没有办法得到计算结果。要解决这个难题,可以有两种选择:一种是数学中研究的复杂计算的各种简化的等效计算方法;另一种是让机器代替人执照“规则”自动计算,即机器重复执行人设计的简单规则完成计算。

如上面的方程式求解,可从 $-n$ 到 $n$ 产生 $x$ 的每一个整数值,将其依次代入到方程中,如果方程式成立,则为其解。

#### ※课堂讨论与训练

对于 $ax^2+bx+c=0$ 方程式,如果使用计算机来求解,采取怎样的方法?请用非程序设计语言进行设计,并演练计算过程。

## 2. 自动计算

根据前面的讨论,一般地,计算与自动计算需要解决以下4个问题:

- “数据”的表示。
- “计算规则”的表示。
- 数据和计算规则的存储及“自动存储”。
- 计算规则的“自动执行”。

按照这个规律,人类在长期的实践中对自动计算进行了不懈的探索。表1-1-1总结了人类对自动计算的探索历程。

表 1-1-1 人类对自动计算的探索历程

计算工具	功能	方法和效果	备注
算盘	四则运算	算珠表示和存储“数”;口诀为“计算规则”;由人的大脑和手共同完成操作	辅助计算工具
机械计算机	四则运算	齿轮表示和存储“数”;机械运动为固定的“计算规则”;机器自动完成操作	自动计算工具
差分机	函数运算	齿轮表示和存储“数”;设计的可变机械运动程序构成可变的“计算规则”;机器程序自动完成操作	自动计算工具
电子计算机	数学计算、逻辑推理、图形图像变换、数理统计、人工智能和问题求解等任意形式的复杂计算	电子管、晶体管、集成电路可自动控制0和1的变化;ROM、RAM、磁鼓、磁带、磁盘、光盘、闪存等存储“数据”及程序;由输入设备、运算器、控制器、存储设备、输出设备和程序系统构成计算系统;由程序设定“计算规则”;机器系统理解并自动执行程序,完成操作	自动计算工具

## 3. 计算系统

自动计算要解决数据的自动存取以及随规则自动变化的问题。找到能够满足这种特性的元器件是研究者不断追求的目标。很容易知道,存储我们日常习惯的十进制数需要有能够进行十种状态变化的元器件,而存储二进制数则仅需要能够进行两种状态变化的元器件,且二进制计算机规则简单并与逻辑运算相一致(本书后面还将论及)。因此,电子计算机的探索就是由寻找二进制的元器件开始的。表1-1-2是基于二进制的电子计算的探索历程。

有了基本的计算元器件(计算元器件又称为运算器),还需要其他一些设备构成计算系统才能实现自动计算,这些设备包括控制器、存储设备、输入设备和输出设备。运算器和控制器是

系统的核心，称为中央处理单元（CPU）。将运算器、控制器和高速缓存集成在一块芯片上所形成的元器件被称为微处理器。计算系统也处在不断的发展中，其过程可从表 1-1-3 窥见一斑。

表 1-1-2 基于二进制的电子计算的探索历程

时间	计算元器件	特性	应用	备注
1895~1946	电子管	单向导电,通/断两种状态可表达、存储、控制二进制数	1946年,美国宾夕法尼亚大学研制成功世界上第一台电子计算机ENIAC	电子计算发展的方向是:芯片体积越来越小,整体可靠性越来越好,电路规模越来越大,运行速度越来越快,计算功能越来越强大,并同时向巨型化、微型化、网络化、智能化发展
1947~1957	晶体管	单向导电,通/断两种状态可表达、存储、控制二进制数,廉价、省电	1954年,美国贝尔实验室研制成功第一台使用晶体管线路的计算机,取名“催迪克”(TRADIC)	
1958年至今	集成电路	成千上万个晶体管、二极管、电阻、电容集成在小块硅片上,功能更强、价格更低、可靠性更高,可自动实现一定的变换	1964年7月,美国IBM公司采用双极型集成电路研制成功IBM-360系列计算机,从此各种类型的计算机应用在各个领域,1975年1月,个人计算机诞生	
未来	生物体元件与芯片(蛋白质、基因芯片等)	解决复杂计算时能力更强,计算模式与人类一样	更加广泛的应用	

表 1-1-3 计算系统发展简表

起止年份	代表机器	硬件			软件	应用领域
		逻辑元件	主存储器	其他		
1946~1957	ENIAC ADVAC UNIVAC-1 IBM-704	电子管	水银延迟线、磁鼓、磁芯	输入输出主要采用穿孔卡片	机器语言、汇编语言	科学计算
1958~1964	IBM-7090 ATLAS	晶体管	普遍采用磁芯	外存开始采用磁带、磁盘,输入输出开始使用键盘、显示器	高级语言、管理程序、监控程序、简单的操作系统	科学计算、数据处理、事务管理
1965~1970	IBM-360 CDC-6000 PDP-11 NOVA	集成电路	磁芯、半导体	外存普遍采用磁带、磁盘,开始使用鼠标等图形输入设备	多种功能较强的操作系统、会话式语言	实现标准化、系列化,应用于各个领域
1971年至今	IBM-4300 VAX-11 IBM-PC	大规模和超大规模集成电路	半导体	各种专用外设,大容量磁盘、光盘普遍使用,出现多种输入输出设备	可视化操作系统、数据库、多媒体、网络软件	广泛应用于所有领域

#### 4. 计算机科学与计算科学

一般而言,计算机科学是研究计算机和可计算系统的理论方面的学科,包括软件、硬件等计算系统的设计和建造,发现并提出新的问题求解策略、新的问题求解算法,在硬件、软件、互联网方面发现并设计使用计算机的新方式和新方法等。简单而言,计算机科学围绕着“构造

各种计算机器”和“应用各种计算机器”进行研究。

计算科学是将计算机科学与各学科结合所形成的以各学科计算问题研究为对象的科学。各学科人员可利用计算手段进行创新研究,可对可感知、可度量的各种事物形成数量庞大的数据或数据群进行计算分析,发现和预测其规律。例如,生物学家利用计算手段研究生命体的特性,化学家利用计算手段研究化学反应的机理,建筑学家利用计算手段研究建筑结构的抗震性,经济学家、社会学家利用计算手段研究社会群体网络的各种特性等。由此,计算手段与各学科结合形成了所谓的计算科学,如计算物理学、计算化学、计算生物学、计算经济学等。

## 5. 计算思维

计算思维提出了面向问题解决的系列观点和方法,这些观点和方法有助于人们更加深刻地理解计算的本质和计算机求解问题的核心思想,特别是有利于解决计算机科学家与领域专家之间的知识鸿沟所带来的困惑。

自然问题和社会问题自身的内部就蕴含着丰富的属于计算的演化规律,这些演化规律伴随着物质的变换、能量的变换和信息的变换。因此正确提取这些信息变换,并通过恰当的方式表达出来,使之成为能够利用计算机处理的形式,这就是基于计算思维概念的解决自然问题和社会问题的基本理论和方法论。计算机不能解决物质变换或者能量变换这样的问题,但是可以借助抽象的符号变换来计算、模拟甚至预测自然系统和社会系统的演化。

### (1) 计算思维的概念。

计算思维是运用计算机科学的基础概念去求解问题、设计系统和理解人类的行为的一系列思维活动的统称。

计算思维建立在计算过程的能力和限制之上,由人或机器执行。因此,理解“计算机”的思维,即理解计算系统是如何工作的,计算系统的功能是如何越来越强大的;理解现实世界的各种事物如何利用计算系统来进行控制和处理;理解计算系统的一些核心概念,培养一些计算思维模式,对于所有学科的人员建立复合型的知识结构,进行各种新型计算手段的研究以及基于新型计算手段的学科创新都有重要的意义。技术与知识是创新的支撑,而思维是创新的源泉。

当我们必须求解一个特定的问题时,首先会问:解决这个问题有多么困难?怎样才是最佳的解决方法?计算机科学根据坚实的理论基础来准确地回答这些问题。表述问题的难度就是工具的基本能力。必须考虑的因素包括机器的指令系统、资源约束和操作环境。

为了有效地求解一个问题,我们可能要进一步问:一个近似解是否就足够了,是否可以利用一下随机化,是否允许误报和漏报?计算思维就是通过约简、嵌入、转化和仿真等方法,把一个看来困难的问题重新阐释成一个我们知道怎样解决的问题。

### (2) 计算思维的意义。

人类在认识世界和改造世界的科学活动过程中离不开思维活动。思维的作用不仅是作为个人产生对于物质世界的理解和洞察,更重要的是思维活动促进了人类之间的交流,从而使人类获得知识交流和传承的能力,这个意义的重要性是不言而喻的。

思维包括科学思维、艺术思维、宗教思维及其他思维方式。科学思维是指在人类的科学活动中所使用的思维方式。它一般包括理论思维(逻辑思维、推理思维)、实验思维(实证思维)和计算思维(构造思维)。理论思维以推理和演绎为特征,以数学学科为代表;实验思维以观察和总结自然规律为特征,以物理学科为代表;计算思维以设计和构造为特征,以计算机

学科为代表。这三种思维模式各有特点，相辅相成，共同组成了人类认识世界和改造世界的基本科学思维内容。

理论思维的研究起源于希腊时期，集大成者是苏格拉底、柏拉图、亚里士多德，他们基本构建了现代逻辑学的体系。以后又经过众多逻辑学家的贡献，如莱布尼茨、希尔伯特等，使得逻辑学成为人类科学思维的模式和工具。理论思维要符合一些原则：第一是有作为推理基础的公理集合；第二是有一个可靠和协调的推演系统（推演规则）。任何结论都要从公理集合出发，经过推演系统的合法推理，得出结论。这些推理的过程必须是可验证的，而且总体上说，验证的复杂程度必须低于获得这个推理过程的复杂程度，甚至在某些领域，例如自然科学所要求的那样，验证的过程应该是可机械化的。理论思维结论的正确性来源于公理的正确性和推理规则的可靠性，因此结论的正确性是相对的，为了保证推理结论的可接受程度，人们往往要求作为推理基础的公理体系应该是可证伪的。

实验思维起源于物理学的研究，集大成者的代表是伽利略、开普勒和牛顿。开普勒是现代科学中第一个有意识地将自然观察总结成规律，并把这种规律表示出来的人。伽利略建立了现代实证主义的科学体系，强调通过观察和实验（实验是把自然现象单纯化，以保证可以仔细研究其中的一个局部）获取自然规律的法则。牛顿把观察、归纳和推理完美地结合起来，形成了现代科学大厦的整体框架。

以现在普遍的观点，实证思维要符合三点原则：第一是可以解释以往的实验现象；第二是逻辑上自洽，即不能自相矛盾；第三是能够预见新的现象。即思维结论必须经得起实验的验证。这三条是比较苛刻的，比如爱因斯坦的狭义相对论和广义相对论发表以后，尽管理论上是十分完美的，而且也能够解释当时物理学中一些困惑的问题，但是由于其预言的现象未能观测到，因此在很长一段时间没有成为一个真正公认的物理学理论。另一方面，量子理论尽管在逻辑上还有一些不够严密的地方（但没有矛盾），但是它的结论经得起实验的检验，并且预言的一些重要现象得到了证实，因此被看做是一种普遍公认的物理学理论。人类在自己的文化发展中采取了谨慎态度，在没有特别必要的时候不去轻易改变知识结构的主体框架。

计算思维是人类科学思维中，以抽象化和自动化，或者说以形式化、程序化和机械化为特征的思维形式。与前两个思维一样，计算思维也是与人类思维活动同步发展的思维模式。计算思维的标志是有限性、确定性和机械性。因此计算思维表达结论的方式必须是一种有限的形式（回想一下，数学中表示一个极限经常用一种潜无限的方式，这种方式在计算思维中是不允许的）；而且语义必须是确定的，在理解上不会出现因人而异、因环境而异的歧义性；同时又必须是一种机械的方式，可以通过机械的步骤来实现。这三种标志是计算思维区别于其他两种思维的关键。计算思维的结论应该是构造性的、可操作的、能行的。大约到了20世纪，关于思维的三个方面才真正形成了相互支撑的科学体系，关于科学研究也明确提出了理论、实验和计算三大手段。另一方面，这三种思维基本涵盖了目前为止科学思维的全部内容，因此尽管计算思维冠以计算两个字，但绝不是只与计算机科学有关的思维，而是人类科学思维的一个远早于计算机的出现的组成部分。只是由于计算机的发展极大地促进了这种思维的研究和应用，并且在计算机科学的研究和工程应用中得到广泛的认同，所以人们习惯地称之为计算思维。这只是一个名称而已，这种名称反映了人类文化发展的痕迹。

计算机的出现，催生了计算机程序的兴起和发展。计算机程序就是对所要解决的问题，用一种计算机可以理解的方式来进行描述。由于计算机是一个机械的执行机构，因此要想把一个计算过程描述清楚，使得计算机可以实现期望的输出结果，就需要对这个过程进行十分清楚

和准确的描述。这个描述不仅对过程本身要表述清晰,还要考虑出现各种意外情况时如何响应和处理。这种人机交流的方式逐步发展和完善起来,而这一点正是人类自身在使用计算思维进行思考、交流和沟通中的特征,这些特征在计算机发展的过程中被强化和凸显出来。人们用于与计算机进行交流的技术和手段也适合于人类自身的交流。作为一种表达思维的方式,计算机程序中采用了各种技术和手段,例如在描述语句方面,采用了递归结构、循环语句、中断和跳出等,在数据组织方面,采用了队列、栈、树等,并且为此发展出一整套形式语言理论、编译理论、检验理论和优化理论。这些理论和技术都是计算思维中的核心概念,原本就是人类交流中已经存在的表达方式,随着计算机程序的研究而逐步得到清晰化和准确化。计算机程序科学中所发展起来的各项技术不仅为编写程序所采用,而且已经广泛应用到其他领域,只要是需要精确描述一种工程组织或者工艺过程,都采取了类似于计算机程序这样的表达方法。这样的例子还可以在计算机科学的其他方面找到。比方说,递归描述、并行处理、类型检查、分治算法、关注分离、冗余设计、容错纠错、度量折衷等。这些内容原来都存在于计算思维之中,但由于计算机科学的发展而得到明确的定义和解释,从而使计算思维本身得到了非常深入的研究和发展。既推进了计算机科学的发展,也促进了人类对这些属于计算思维重要内容的进一步理解。因此说,计算机的出现和发展强化了计算思维的意义和作用。

随着社会的进步和发展,人类对计算思维的运用越来越普及。早期修建一所房子,整个建筑的构思可能就在主持人的脑子里面。但是随着工程规模的不断扩大,这种靠记忆来设计和规划建筑的方式越来越不适应,因此需要有施工图纸,施工图纸就是关于房子的形式化的表达方式,这种方式使得人们可以相互沟通设计的思想,共同组织工程的实施。思维从人的头脑中解放出来,成为一种有形的东西,大家可以共同参与和丰富思维过程,当然这种工程图纸是需要符合计算思维所具有的有限性、确定性和机械性特征的。这就是计算思维给人们带来的益处,也是人们对计算思维的认识不断深化的结果。现在考古工作中,经常苦恼于对古代很多先进的施工工艺不知道是如何进行的,其原因就是古代的施工很少留下有关的工程说明,即便是保留下来的篇幅很少的说明,也由于语焉不详,而不能清晰地表达这些工艺究竟是怎样实现的。也就是说,这些说明不符合计算思维描述结论的原则,因此无法重复这些工艺或者过程,知识的传承在这里出现了断档。这种状况随着历史的进步逐渐得到改善,近代的很多工程,由于留下了丰富的、符合计算思维要求的文档,因此我们(当然也包括后人)可以从工程文件中清晰地了解这些工程的施工方法和工艺。采取计算思维的模式来描述各种工程活动是人类进步的表现,也是人类知识积累和文化遗产的重要方式。即使到了今天,当我们处理诸如问题求解、系统设计以及人类行为理解等方面的问题时,也是要求采用计算思维的模式进行问题描述和规划。小到一件工具的制作,大到一项工程的组织。计算思维已经成为思考、表达和操作各项环节的基本模式,并且发展起来了一套相应的描述格式和规范。人类在这些方面的相互理解甚至超越了语言的界限。计算思维一些概念的应用,使得人类前所未有地拉近了彼此的距离,人类可以毫无障碍地交流各种建设目标、工程设计和施工组织。相比之下,在还未采用计算思维描述问题的领域,例如文化领域、社会科学领域(这些领域不大可能采取计算思维),人类的交流和沟通依然存在诸多的困难和问题,误解和分歧经常出现。

因此说,随着现代科学的形成和发展,人们对计算思维的作用和意义的认识也越来越提升。在目前的社会,使用计算思维考虑和陈述问题已经成为越来越熟悉和普遍的事实。计算思维成为一个现代人所必须具备的素质。周以真教授认为,计算思维是21世纪中叶每一个人都要用的基本工具,它将会像数学和物理那样成为人类学习知识和应用知识的基本组成和基本技

能。陈国良教授认为，当计算思维真正融入人类活动的整体时，它作为一个问题解决的有效工具，人人都应当掌握，处处都会被使用。徐志伟教授认为，计算思维是无处不在的，提供了理解世界的智力工具，在人类社会中具有永久的价值。这些都肯定了计算思维在人类思维活动中的地位以及在当前科学发展中的重要意义。

### （3）计算思维的特性。

- 概念化，不是程序化。计算机科学不是计算机编程。像计算机科学家那样去思维意味着远不止能为计算机编程，还要求能够在抽象的多个层次上思维。
- 根本的，不是刻板的技能。根本技能是每一个人为了在现代社会中发挥职能所必须掌握的。刻板的技能意味着机械的重复。具有讽刺意味的是，当计算机科学真正解决了人工智能的大挑战——使计算机像人类一样思考之后，思维可就真的变成机械的了。
- 是人的，不是计算机的思维方式。计算思维是人类求解问题的一条途径，但决非要使人类像计算机那样地思考。计算机枯燥且沉闷，人类聪颖且富有想象力，是人类赋予了计算机以激情。配置了计算设备，我们就能用自己的智慧去解决那些在计算时代之前不敢尝试的问题，实现“只有想不到，没有做不到”的境界。
- 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，基本计算设备的限制迫使计算机学家必须计算性地思考，不能只是数学性地思考。构建虚拟世界的自由使我们能够设计超越物理世界的各种系统。
- 是思想，不是人造物。不只是我们生产的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，更重要的是还将有我们用以接近和求解问题、管理日常生活、与他人交流和互动的计算概念。
- 面向所有的人、所有的地方。当计算思维真正融入人类活动的整体以致不再表现为一种显式之哲学的时候，它就将成为一种现实。我们特别需要抓住尚未进入大学之前的听众，包括老师、父母和学生，向他们传送以下两个主要信息：智力上的挑战和引人入胜的科学问题依旧亟待理解和解决，这些问题和解答仅仅受限于我们自己的好奇心和创造力；同时一个人可以主修计算机科学而从事任何行业。一个人可以主修英语或者数学，接着从事各种各样的职业。计算机科学也一样，一个人可以主修计算机科学，接着从事医学、法律、商业、政治，以及任何类型的科学和工程，甚至艺术工作。

我们为大学新生开设这门称为“怎么像计算机科学家一样思维”的课程，面向所有专业的学生，而不仅是计算机科学专业的学生，使学生接触计算的方法和模型，传播计算机科学的快乐、崇高和力量，致力于使计算机思维成为常识。

### ※课堂讨论与训练

1. 如果你的银行卡密码是6位，你用多少时间能够破解？而你的网银密钥是128位，你又用多少时间能破解？怎样理解？

2. 讨论以下问题：

（1）计算和计算机有什么差异？计算科学和计算机科学有什么差异？

（2）你理解了“计算”的含义了吗？计算学科中的计算与小学、中学乃至大学所学的计算有什么差异？

（3）计算思维与另外两大科学思维的关系是什么？

## 任务小结

本任务主要介绍了什么是计算、自动计算的发展、计算机科学与计算科学之间的关系，提出了计算思维的概念，分析了计算思维的意义与特性。

计算思维包括规约、嵌入、转化、仿真、递归、并行、抽象、分解、保护、冗余、容错、纠错、系统恢复、启发式、规划、学习、调度、折衷，优化等广泛的概念和思维方法，在教材的后续任务中将会对主要的内容进行阐述和训练。

## 任务 2 信息的表示与存储

### 任务目标

- 了解我国计算机的发展。
- 了解计算机的发展趋势。
- 掌握计算机的组成结构。
- 掌握计算机中数据的表示、存储与处理。
- 了解计算机软硬件系统的组成及主要技术指标。
- 掌握多媒体技术的概念与应用。
- 了解 ASCII 码。
- 了解汉字编码。

### 情境描述

王海同学观看电影《黑客帝国》，电影的故事背景是未来的 22 世纪，由于地球资源的枯竭以及生存环境的恶劣，这个世界已经不再具备人类生存的条件，统治者为了安抚人心，便编写了一个叫“Matrix”的程序来管理这个世界。绝大多数人并不知道自己的生活在一个虚拟的世界之中，生活在一个程序之中，就像是一群在一个巨大的图形 MUD 游戏里的玩家，其中的统治者就像是传统 MUD 里的“巫师”，具有对玩家生杀予夺的特权，玩家们在这个世界里虽然艰苦奋斗却不知道已经被完全控制。终于有一天，在这些玩家里有人发现了统治者的秘密，于是破坏整个“Matrix”成了他们的目标，这些先知先觉的玩家就是我们平常津津乐道的“黑客”。黑客们联合起来开始发动攻击，要夺回对“Matrix”的管理权……

王海对电影中所谓的“比特”、“程序”、“虚拟世界”、“黑客”等产生了兴趣，那么“比特”、“程序”、“虚拟世界”、“黑客”等究竟是什么呢？

### 学习内容

#### 1. 我国计算机的发展概况

我国从 1956 年开始电子计算机的科研和教学工作；1983 年研制成功 1 亿次/秒运算速度的“银河 I”巨型计算机；1992 年 11 月研制成功 10 亿次/秒；运算速度的“银河 II”巨型计算机；1997 年研制了 130 亿次/秒运算速度的“银河 III”巨型计算机；2000 年我国自行研制成功高性能计算机“神威 I”，其主要技术指标和性能达到国际先进水平，每秒 3480 亿浮点的峰

值运算速度使“神威 I”计算机位列世界高性能计算机的第 48 位。

2004 年我国自主研发成功的曙光 4000A 超级服务器由 2000 多个 CPU 组成，存储容量达到 42TB，峰值运算速度达 11 万亿次/秒。

2010 年 11 月 15 日，国际 TOP500 组织在网站上公布了最新全球超级计算机前 500 强排行榜，中国首台千万亿次超级计算机系统“天河一号”雄居第一。如图 1-2-1 所示，“天河一号”由国防科学技术大学研制，部署在国家超级计算天津中心，其实测运算速度可以达到 2570 万亿次/秒。



图 1-2-1 中国首台千万亿次超级计算机系统“天河一号”

2014 年 6 月 23 日，由国防科技大学研制并落户国家超级计算广州中心的“天河二号”超级计算机再次荣登全球超级计算机 500 强排行榜榜首，获得世界超算“三连冠”。此次夺冠，是天河系列超级计算机第四次问鼎世界超算之巅。

“天河二号”到底有多快？据介绍，“天河二号”运算 1 小时，相当于 13 亿人同时用计算器算 1000 年。

借助“天河二号”的计算神功，国产 C919 大型客机开展了高精度外流场气动计算；中科院上海药物研究所开展了 75 万个小分子化合物的结合亲和力评估，完成了 600 多个各类药物的体内外活性测试评价。“天河二号”适配了广州市电子政务数据管理系统和云盘存储系统等，为智慧城市建设搭建高效可靠的承载平台。

## 2. 计算机的未来发展趋势

随着新技术新发明的不断涌现和科学技术水平的提高，计算机技术也将会继续高速发展下去。从目前计算机科学的现状和趋势上看，它将向着 4 个方向发展：

(1) 巨型化：为了适应尖端科学技术的需要，将会发展出一批高速度、大容量的巨型计算机。巨型机的发展集中体现了国家计算机科学的发展水平，推动了计算机系统结构、硬件和软件理论与技术、计算数学以及计算机应用等方面的发展，也是一个国家综合国力的反映。

(2) 微型化：随着信息化社会的发展，微型计算机已经成为人们生活中不可缺少的工具，所以计算机将会继续向着微型化的趋势发展。从笔记本电脑到掌上型电脑，再到嵌入到各种各样家电中的电脑控制芯片，而进入到人体内部，甚至能嵌入到人脑中的微电脑不久也将会成为现实。

(3) 网络化：计算机的网络化将是计算机发展的另一趋势。随着网络带宽的增大，计算

机与网络一起成为人们生活的一个不可或缺的部分。通过网络,可以下载自己喜欢的电影,可以控制远在万里之外的家电设备,可以去完成一切想要去做的事情。

(4) 智能化:智能化计算机一直是人们关注的对象,其研究领域包括:自然语言的生成与理解、模式识别、自动定理证明、专家系统、机器人等。如随着 Internet 的发展而研究的计算机神经网络和最新出现的量子计算机雏形就是在智能化计算机研究上的重大成果。智能化计算机的发展将会使计算机科学和计算机的应用达到一个崭新的水平。

#### ※课堂讨论与训练

1. 你所了解的巨型机有哪些?
2. 你所了解的计算机微型化有哪些应用?
3. 计算机网络化有哪些应用?
4. 微软创始人比尔·盖茨认为 21 世纪改变世界的将是智能机器人的应用,对于智能机器人你了解的有哪些?

### 3. 计算机硬件系统

计算机系统由硬件 (Hardware) 系统和软件 (Software) 系统两部分组成,先来看一下计算机的硬件部分。按照冯·诺依曼计算机体系结构,计算机硬件包括输入设备、运算器、控制器、存储器、输出设备 5 个部分。冯·诺依曼计算机体系结构如图 1-2-2 所示。

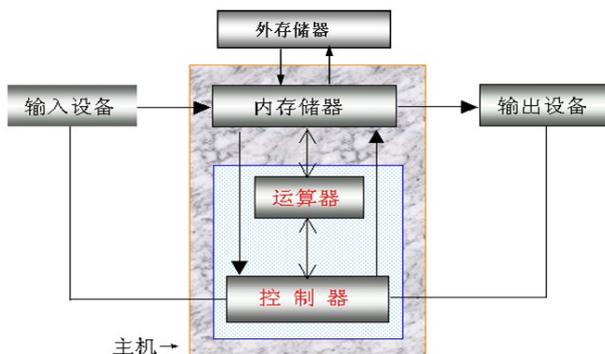


图 1-2-2 冯·诺依曼计算机体系结构

#### (1) 输入设备。

输入设备是指将数据和程序输入到计算机中的设备。在微型计算机系统中,常用的输入设备包括:键盘、鼠标、扫描仪、数字化仪等。

##### 1) 键盘。

键盘是计算机系统中最常用的输入设备,我们所做的文字编辑、表格处理、程序的编辑调试等工作绝大部分都是通过键盘完成的。图 1-2-3 所示是目前最常用的增强型 107 键键盘。整个键盘分为 4 个区:

- 主键盘区:与标准英文打字机键盘的排列基本一样。
- 功能区:共 12 个键 (F1~F12),分别由软件指定它们的功能。
- 编辑区:在文本编辑中常用的几个功能键,如移动插入点、上下翻页、插入删除等。
- 数字小键盘区:是为单手录入数字数据而设计的。

除了以上标准键盘以外,目前在便携式电脑的键盘上还带有鼠标功能的指点杆 (Trace

Point) 或触摸板 (Touch Pad) 等。



图 1-2-3 增强型 107 键键盘

## 2) 鼠标。

鼠标 (如图 1-2-4 所示) 目前已经成为微型机系统的标准配置, 它是一种通过移动光标 (Cursor) 进而实现选择操作的输入设备, 分为机械式鼠标和光电式鼠标两种类型。机械式鼠标是通过移动鼠标, 带动底部的滚动球滚动引发屏幕上鼠标指针的移动。光电式鼠标是利用发光-测量元件来测量鼠标位移, 从而引发屏幕上的鼠标指针移动。

在鼠标上一般有 2~3 个按键, 用于对指向的目标操作。常用的操作有: 单击 (单击, 左键单击)、双击 (左键双击)、右键点击、右键双击、拖动等。

## (2) CPU。

CPU (Central Process Unit, 中央处理器) 是计算机的心脏, 也称为微处理器, 主要由运算器和控制器组成。如图 1-2-5 所示, CPU 采用超大规模集成电路制成, 随着计算机技术的进步, 微处理器的性能飞速提高。目前最具代表性的产品是 Intel 出产的微处理器系列, 从 1985 年起已经陆续推出了 80386、80486、Pentium (奔腾)、Pentium Pro、Pentium II、Celeron (赛扬)、Pentium III 和 Pentium 4。其内部结构也越来越复杂, 如 Pentium 4 就在一个芯片上集成了多达 4200 万个电子元件。CPU 处于微型计算机的核心地位, 人们习惯用 CPU 来概略地表示微型计算机的规格, 如 486 微机、586 微机、Pentium III 微机等。



图 1-2-4 鼠标

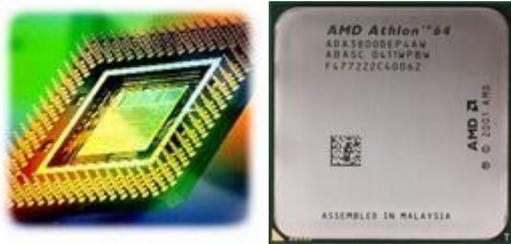


图 1-2-5 典型的 CPU 外形

时钟频率是衡量 CPU 运行速度的重要指标, 是指时钟脉冲发生器输出周期性脉冲的频率。在整个计算机系统中, 时钟频率决定了系统的处理速度。时钟频率从早期机器的 16 MHz 发展到 Pentium III 的 800 MHz, 而 Pentium 4 的时钟频率则高达 2.4 GHz。微处理器的另外一个重要技术指标是字长, 如 16 位微处理器、32 位微处理器、64 位微处理器。字长越长, 处理信息的速度越快。

CPU 的功能就是高速、准确地执行预先安排好的指令, 每一条指令完成一次基本的算术

运算或逻辑判断。CPU 中的控制器部分从内存储器中读取指令，并控制计算机的各部分完成指令所指定的工作。运算器则是在控制器的指挥下，按指令的要求从内存储器中读取数据，完成运算，运算的结果再保存到内存储器中的指定地址。

#### ※课堂讨论与训练

1. 你所了解的 CPU 品牌有哪些？
2. 你了解自己使用的手机、PAD 的 CPU 吗？
3. 衡量 CPU 性能的主要参数有哪些？

#### (3) 主板与总线。

主板 (Main board) 是安装在微型计算机主机箱中的印刷电路板，是连接 CPU、内存储器、外存储器、各种适配卡、外部设备的中心枢纽。主板上安装有系统控制芯片组、BIOS ROM 芯片、二级 Cache 等部件，提供了 CPU 的插槽和内存储器的插槽及硬盘、软驱、打印机、鼠标、键盘等外部设备的接口。接口与插槽都是按标准设计的，可以接入相应类型的部件。在主板上还有多个扩展槽，如 PCI 扩展槽和 AGP 扩展槽，用于插接各种适配卡，如显卡、声卡、调制解调器、网卡等。扩展槽的使用为用户提供了增加可选设备的简易方法。

总线 (Bus) 是连接计算机中 CPU、内存、外存、输入输出设备的一组信号线以及相关的控制电路，它是计算机中用于在各个部件之间传输信息的公共通道。根据同时可以传送的数据位数分为 16 位总线、32 位总线等，位数越多数据传送越快。根据传送的信号不同，总线又分为数据总线 (Data bus，用于数据信号的传送)、地址总线 (Address bus，用于地址信号的传送) 和控制总线 (Control bus，用于控制信号的传送)。在微型计算机中常用的总线标准有 ISA 总线、EISA 总线、PCI 总线、USB 通用总线等。

#### (4) 存储器。

存储器是用来存放数据的设备，又分为内存储器、外存储器、高速缓冲存储器。

##### 1) 内存储器。

内存储器简称内存，也称为主存储器。它通常由半导体电路组成，通过总线与 CPU 相连。它可以保存 CPU 所需要的程序指令和运算所需的数据，也可以保存一些运算中产生的中间结果和最终结果，通过总线快速地与 CPU 交换数据。典型内存储器如图 1-2-6 所示。



图 1-2-6 典型的内存储器

内存储器又分为只读存储器 (ROM, Read Only Memory) 和随机存储器 (RAM, Random Access Memory)。

ROM 用于永久存放特殊的专门数据，如名为 BIOS (Basic Input/Output System) 的程序就放在 ROM 中。只能读出 ROM 中的程序，一般不能向 ROM 中写入程序。断电后 ROM 中的程序不会丢失。ROM 技术在不断发展，如 PROM (可编程只读存储器)、EPROM (可擦写可编程只读存储器)，它们的共同点是都具有 ROM 的特点。

RAM 是可读写的内存储器，计算机运行时大量的程序、数据等信息就保存在 RAM 中。我们一般说的内存是指 RAM，既可以读出 RAM 中的数据和指令，也可以向 RAM 中写入数

据和指令。断电后，RAM 中的数据 and 指令会丢失。RAM 技术在不断发展：RAM→DRAM→SDRAM→DDR SDRAM→DDR2 SDRAM→DDR3 SDRAM，但它们都具有 RAM 的特点。

RAM 和 ROM 都是由大规模集成电路制造，都可以直接与 CPU 打交道，都是容量小、价格高。

内存空间的大小（一般指 RAM 部分）也称为内存的容量，对计算机的性能影响很大，容量越大，能保存的数据就越多，从而减少了与外存储器交换数据的频度，因此效率也越高。目前流行的微型计算机，内存容量一般在 2GB~4GB 范围内。

内存中的数据存取以字节为基本单位，内存中的字节线性排列，因此每一个字节都有其确定的地址。在 CPU 数据存取时，就是以指令中提供的内存地址按照一定的寻址方式实现数据存取。

#### ※课堂讨论与训练

1. 平常所说的内存是指 RAM、ROM 还是硬盘呢？
2. 你知道的内存品牌有哪些？衡量内存性能的主要参数有哪些？
3. 你知道内存的地址吗？
4. 内存容量与地址总线之间有什么关系？

#### 2) 外存储器。

内存的容量虽然已经不小，但对计算机所面临的任务而言，却远远不能存放所有的程序和数据，另外内存中的数据断电后会自动丢失，不能长期保存。因此，需要使用更大容量、数据能长期保存的存储设备，这就是外存储器（Secondary Storage）。目前在微型计算机上使用的外存储器很多，如磁盘、光盘、磁带、U 盘等，下面介绍这几种常用的外存储器。

- 软磁盘（Diskette, Floppy Disk）。这是一张装在护套中的圆形塑料薄片，上面涂有一层磁性材料，通过磁化磁性材料来记录数据。软盘由固定在主机上的软盘驱动器驱动，需要进行数据读写时插入到软盘驱动器中，由驱动器完成数据的读写。微型计算机中常用的软磁盘为 3.5 英寸软盘，双面软磁盘在格式化时被划分为 80 个磁道，最外层是 0 磁道，最里层是 79 磁道，每个磁道又划分 18 个扇区，每个扇区存储 512B 的数据，所以软磁盘总的容量计算公式为  $2 \times 80 \times 18 \times 512B$ ，约为 1.44 MB，数据传输速率为 63KB/s。软磁盘携带方便，但是容量小、存取速度慢，盘片在保存中也容易受损，现在已经很少使用了。
- 硬盘（Hard Disk）。其工作原理与软磁盘一样，硬盘中有一张或多张由硬质材料制成的磁性圆盘，具有很高的精度，连同驱动器一起密闭在外壳之中，固定于微型计算机机箱之内。硬盘的容量很大，目前出售的硬盘容量一般为 300GB~500GB。硬盘的数据传输速率因传输模式不同而不同，通常在 3.3MB/s~40MB/s 之间。计算机的操作系统，常用的各种软件、程序、数据，注册的各种系统信息一般都保存在硬盘上。为了移动数据的方便，人们还经常使用移动硬盘。
- 光盘存储器。光盘存储器简称光盘，是 20 世纪 90 年代中期开始广泛使用的外存储器，由固定在主机上的光盘驱动器驱动。采用与激光唱片相同的技术，将激光束聚焦成约  $1\mu m$  的光斑，在盘面上读写数据。写数据时用激光在盘面上烧蚀出一个个的凹坑来记录数据；读数据时则以激光扫描盘面是否是凹坑来实现。光盘存储器的数据密度很高，容量可达 700 MB。目前使用的大多是只读光盘存储器（Compact Disk Read-Only Memory, CD-ROM），其中的信息已经在制造过程中写入。它体积小、重量轻、数据

存储量大、易于保存。除 CD-ROM 外, 市面上还有可读写的光盘或一次性写入的光盘、可重复写入的光盘等。另外, 数字视盘存储器 (Digital Video Disk Read-Only Memory, DVD-ROM) 也已经成为 PC 的常用配置, DVD-ROM 的尺寸与 CD-ROM 一样, 但是仅单面单层的数据容量就可达 4.7 GB, 双面双层的最高容量可达 17.8GB。

- 闪存。闪存 (Flash Memory) 是一种长寿命的非易失性 (在断电情况下仍能保持所存储的数据信息) 的存储器, 数据删除不是以单个的字节为单位而是以固定的区块为单位, 区块大小一般为 256KB~20MB。闪存是电子可擦除只读存储器 (EEPROM) 的变种, EEPROM 与闪存不同的是, 它能在字节水平上进行删除和重写而不是整个芯片擦写, 这样闪存就比 EEPROM 的更新速度快。由于其断电时仍能保存数据, 闪存通常被用来保存设置信息, 如在计算机的 BIOS (基本输入输出系统)、PDA (个人数字助理)、数码相机中保存资料等。常见的闪存类型有: U 盘、CF 卡、SM 卡、SD/MMC 卡、记忆棒、XD 卡、MS 卡、TF 卡等。如图 1-2-7 所示为闪存芯片。



图 1-2-7 闪存芯片

- U 盘。U 盘也称为优盘, U 盘是采用闪存存储技术的 USB 设备。USB 指“通用串行接口”, 用第一个字母 U 命名, 所以简称“U 盘”, 是一种即插即用的外存储设备。U 盘不容易损坏, 便于长期保存资料。在对 U 盘进行读取写入后, 切勿直接拔除, 因为读写 U 盘时系统会把数据写入缓存, 如果这时候直接拔除可能导致数据丢失。正确的操作应该是先在系统里停止设备的运行 (即清除缓存, 保存数据), 然后再拔除。目前常用 U 盘的容量有 2GB、4GB、8GB 和 16GB, 甚至更高。

### 3) 高速缓冲存储器。

高速缓冲存储器 (Cache) 也称为高速缓存, 是 CPU 与内存之间设立的一种高速缓冲器。由于和高速运行的 CPU 数据处理速度相比, 内存的数据存取速度太慢, 为此在内存和 CPU 之间设置了高速缓存, 其中可以保存下一步将要处理的指令和数据, 以及在 CPU 运行过程中重复访问的数据和指令, 从而减少 CPU 直接到速度较慢的内存中访问。

Cache 一般有两级: 一级 Cache (Primary Cache) 设置在 CPU 芯片内部, 容量较小; 二级 Cache (Secondary Cache) 设置在主板上。

### (5) 输出设备。

输出设备是将计算机的处理结果或处理过程中的有关信息交付给用户的设备。常用的输出设备是显示器和打印机, 其中显示器是计算机系统的基本配置。

#### 1) 显示器。

目前使用最多的显示器 (Display, Monitor) 有两种: 阴极射线管显示器 (Cathode Ray Tube, CRT) 和液晶显示器 (LCD、LED)。

显示器的尺寸以显像管对角线的长度来衡量, 有 14 英寸、15 英寸、17 英寸、19 英寸、22 英寸等。显示器通过显示适配卡 (简称显卡) 与计算机相连接, 标准的 VGA 显卡在一个屏

幕上的分辨率为  $640 \times 480$  像素 (Pixel), 支持 16 色, 简称其分辨率为  $640 \times 480 \times 16$ ; SVGA 显卡的分辨率为  $1024 \times 768 \times 256$ 。如今的显示卡一般都带有 256MB、512MB 甚至 1GB 的显示内存以及图形加速芯片, 用以支持图形加速功能。目前流行的显卡除了支持 VGA、SVGA 以外, 显示分辨率可以支持到  $800 \times 600 \times 16.7\text{MB}$ 、 $1024 \times 768 \times 16.7\text{MB}$  等。能显示 16.7MB 种颜色的显卡为真彩色显卡。

对于显示器本身, 测量分辨率的单位为点距 (Dot pitch), 此值越小, 图像越清晰。常用的显示器点距为 0.31mm、0.28mm、0.25mm 等。

## 2) 打印机。

打印机也是经常使用的输出设备。目前使用的打印机主要有 3 种: 点阵打印机、喷墨打印机和激光打印机。

- 点阵打印机: 现在常用的 24 针打印机, 是由 24 根打印针击打出文字或图形点阵的方式打印的, 其打印速度慢、分辨率低、噪声大; 但是性能价格比高, 可以打印蜡纸, 可以多层打印, 目前仍有广泛的市场。点阵打印机按打印的宽度分为宽行打印机和窄行打印机两种。
- 喷墨打印机: 使用喷墨来代替针打, 它利用振动或热喷管使带电墨水喷出, 在打印纸上绘出文字或图形。喷墨打印机无噪音、重量轻、清晰度高, 可以喷打出逼真的彩色图像, 但是需要定期更换墨盒, 成本较高。目前的喷墨打印机有黑白和彩色两种类型。
- 激光打印机: 激光打印机实际上是复印机、计算机和激光技术的结合。它应用激光技术在一个光敏旋转磁鼓上写出图形及文字, 再经过显影、转印、加热固化等一系列复杂的工艺, 最后把文字及图像印在打印纸上。激光打印机无噪音、速度快、分辨率高。目前的激光打印机有黑白和彩色两种类型。

在计算机的硬件系统中, 还包含机箱、电源、网络设备 (如网卡、调制解调器)、多媒体设备 (如音箱、麦克风) 等, 不再一一介绍。

### ※课堂讨论与训练

讨论 1: 你知道的主流 IT 网站有哪些?

讨论 2: 现阶段市场上 PC 机用的主流 CPU 型号、品牌是什么? 价格区间是怎样的?

讨论 3: 现阶段市场上 PC 机用内存、硬盘、显卡、光驱、机箱、电源的品牌有哪些? 你可以自己到电脑城进行市场调研, 了解情况, 形成高、中、低档的 DIY 攒机方案。

## 4. 信息的表示与存储

最初计算机的设计目的是仅用于数值计算, 后来发展到用于处理文字信息、声音信息、图像信息等。那么信息是怎样在计算机中保存的? 计算机又是怎样处理这些浩如烟海的信息的? 实际上, 计算机中信息的保存和处理方法比我们想象的要简单。

在日常生活中, 我们习惯了十进制的计数方法, 而在计算机中采用十进制的数据表示方式显然是不方便的, 计算机电路很难用十种状态来表示十进制的十个数码。下面介绍数的进制。

### (1) 数制。

数制即表示数值的方法, 有非进位数制和进位数制两种。表示数值的数码与它在数中的位置无关的数制称为非进位数制, 如罗马数字就是典型的非进位数制。按进位的原则进行计算

的数制称为进位数制,简称“进制”。对于任何进位数制,都有以下基本特点:

- 数制的基数确定了所采用的进位计数制。表示一个数时所用的数字符号的个数称为基数。如十进制数制的基数为10,二进制的基数为2。对于N进位数制,有N个数字符号。如十进制有10个数字符号:0~9;二进制有2个符号:0和1;八进制有8个符号:0~7;十六进制有16个符号:0~9、A~F。
- 逢N进1。如十进制中逢10进1,八进制中逢8进1,二进制中逢2进1,十六进制中逢16进1。
- 采用位权表示方法。处在不同位置上的相同数字所代表的值不同,一个数字在某个位置上所表示的实际数值等于该数值与这个位置的因子的乘积,而该位置的因子由所在位置相对于小数点的距离来确定,简称为位权。位权与基数的关系是:位权的值是基数的整数次幂。小数点左边第一位的位权为基数的0次幂,第二位的位权为基数的1次幂,依此类推;小数点右边第一位的位权为基数的-1次幂,第二位的位权为基数的-2次幂,依此类推。因此,任何进制的数都可以写成按位权展开的多项式之和。如表1-2-1所示为不同进制中数的展开式。

表 1-2-1 不同进制的数按位权展开式

进制	原始数	按位权展开	对应的十进制数
十进制	923.45	$9 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$	923.45
二进制	1101.1	$1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1}$	13.5
八进制	572.4	$5 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1}$	378.5
十六进制	3B4.4	$3 \times 16^2 + B \times 16^1 + 4 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1}$	948.25

在数的各种进制中,二进制是最简单的一种计数进制:

- 它的数码只有两个:0和1。在自然界中,具有两种状态的物质俯拾即是,如电灯的“亮”与“灭”、开关的“开”与“关”等。如果用物质的这两种状态分别表示“0”和“1”,按照数位进制的规则,采用一组同类物质可以很容易地表示出一个数据。
- 二进制的运算规则很简单:

$$0+0=0 \quad 0+1=1 \quad 1+1=10$$

这样的运算很容易实现,在电子电路中,只要用一些简单的逻辑运算元件即可完成。因此在计算机中数的表示全部用二进制,并采用二进制的运算规则完成数据间的计算。

#### ※课堂讨论与训练

写出下面各组符号表示的二进制数值。

序号	表示方法	表示数值	二进制数
1	↑=1 ↓=0	↑↓↑↑↓↑	
2	☑=1 ☒=0	☑☑☑☒☒	
3	⊙=1 ⊙=0	⊙⊙⊙⊙⊙	
4	■=1 □=0	■□■■■□	
5	○=1 ●=0	○○●●○	
6	⊕=1 ⊖=0	⊕⊕⊕⊖⊖⊖	