

第1章 认识计算机和计算机科学

计算机问世仅仅五十多年,给人类社会带来翻天覆地的变化。如果说,蒸汽机和电的发明带来了工业革命,极大地影响了人类的生活方式。那么,计算机引起了人类社会新一轮革命,我们称之为“信息革命”。以计算机为核心的信息处理系统以空前的广度和深度渗透到社会的每一个领域。今天,生产制造业、商业、银行金融业、交通运输业、通信业、科研、教育、医疗卫生……乃至娱乐休闲都离不开计算机。众多国计民生不可或缺的事务对计算机的依赖,达到了一旦计算机系统发生故障,业务就被迫停顿的地步。

计算机在当代社会里“无所不在、无所不能”的印象使外行人对计算机产生一种神秘感。科幻小说、科幻电影里的机器人和虚拟世界更容易使普通人想入非非。其实计算机的功能是单一的,从本质的角度来看,计算机只能做一件事,就是**数据处理**,也可以称为**信息处理**。计算机只是一种数据处理机器。当然,和历史上出现过的其他数据处理机器相比,计算机的功能要全面得多、强大得多。

所以,对计算机和计算机科学的认识要从什么是数据、什么是数据处理、什么是数据处理机开始。

1.1 计算机是数据处理机

1.1.1 数据

平时遇到“数据”(data)这个字眼的时候,容易使我们联想到“数”,如实验数据、财务数据、经济数据等。计算机科学赋予数据这个术语更本质的含义。应用中,计算机要面对客观世界形形色色的事物,一个人、一台设备、一份合同、一部动画、一门课程……,不管看得见看不见,它们都是客观存在的东西。计算机科学用数据这个概念来表示客观事物。

1. 数据的定义

数据是客观事物属性的记录表示。

计算机科学用一种简单而有效的方法来表示客观事物,就是把事物等同于由事物一组特征所组成的集合。比如用

{学号,姓名,系,专业,年级,年龄,性别,血型,口音,脸形,……}

这么一组学生的特征来表示“学生”这种客观事物。用

{课程代码,课程名,学分,规定学时,先导课程,……}

来表示“课程”这种客观事物。

一般说来,一种事物几乎会有无限个各种各样的特征,表示了事物不同方面的性质。我们从业务处理的需要出发,从事物的特征中选取出有限个**数据属性(attribute)**,把这组数据属性的集合称为**数据实体(entity)**。这样,抽象的数据实体概念就可以表示具体的事物了。
即

事物 { 特征 } $\Rightarrow$ (数据) 实体 { (数据) 属性 }

这种抽象过程不是简单地替换了术语名称,而是体现了专业人员对客观事物进行分析、分类、拆分、重组、选取等一系列的思维动作,这样才能使用数据的概念来表示客观世界的事物。

2. 数据的名和值

要从“名”(name)和“值”(occurrence)两个不同角度来认识数据概念。

我们总是选择有恰当语义的名称来描述数据实体和数据属性。比如

学生 { 学号, 姓名, 系, 专业, 年级 }

可见,数据名刻画的是一类事物的特征构成。

而一组数据值:

(07001, 张三, 计算机系, 软件开发, 一年级)

表示特定的一个学生。可见,数据值刻画的是一类事物中的个体。

通常,一个数据名会和一组数据值相对应。学生名字可以是张三、李四、王五……。

同一类数据值的集合叫做**数据集**(data set)。

3. 数据的形式

既然数据是事物属性的记录表示,就必须有一定的表示形式(forms)。最常见的几种数据形式是:**数、文字**(字符/汉字串)、**图像、图形、视频和声音**。

18 这个数,表示了某个学生“年龄”的数据值;“张三”、“Mary”这些字符串,表示了“姓名”的数据值;一张照片是幅图像,表示了某人的外貌特征,当然是数据的一种表示形式。图形和声音亦如此。

现代的计算机可以用数、文字、图像、声音等各种数据表示形式来输入、输出、存储、加工各种数据。大家已习惯用“多媒体”这个字眼来形容计算机处理多种形式数据的能力。其实更准确地说,媒体是不同形式数据的驻留介质。

4. 数据的驻留介质

显然,一切形式的数据必须记录在某种介质(media,又称媒体)上。最天然的数据驻留介质是人的大脑皮层。最广泛使用的传统数据介质之一是纸。在计算机里,最常见的数据存储介质是磁盘、光盘、磁带、内存储器、纸质的穿孔带、穿孔卡等。它们采用电磁材料、光电材料、半导体电子电路等来制造。

1.1.2 信息

今天,“信息”(information)已经成为广泛使用的大众词语。但是在计算机科学里,信息是有严格的定义的。

1. 信息的定义

信息是客观事物给出的知识。

和数据一样,信息也和客观世界的事物密切相关。但是,信息不是事物本身的刻画表示,而是指由事物传递出来的知识。信息之所以能够产生,有三个不可或缺的元素。了解这三个元素有助于理解信息概念的含义。

2. 信息产生三要素

信息成立必须依赖三个元素的存在:(信息)源、理解规则、接收者。

先看一个例子：傍晚的天空中出现一片红霞，有人看到了，凭着他掌握的气象知识或者经验，会想到“明天天晴”。

这个例子里，“晚霞”是客观事物，看到的晚霞（形式）就是一种数据，是信息的产生源头；“看见晚霞的人”是接收者；“气象知识”就是一种理解规则，产生的信息就是“明天天晴”。缺少了上述任何一种要素，信息都无法产生。乌云满天，如何想到天晴？晚霞灿烂，就是没有人注意，或者看见晚霞的人是个3岁小孩子，只会觉得云彩像猫、像狗，不会由此产生“明天天晴”这个信息。

就是说，信息的接收者要依据某种理解规则，从数据中提取出所包含的信息。信息就是这样产生的。

3. 信息和数据

现在可以区分数据和信息这两个最基本的概念了。我们说：信息是数据的内涵，数据是信息的外表形式。

从数据中提取信息必须依靠某种理解规则。这些规则可能是非常专业的，更多的规则会是社会和文化所约定俗成的。比如，碰到“张石头”这个字眼，我们一定会认为这是某位中国人的名字，不可能认为它包含了“某块石头姓张”这样一个信息。

就是说，引用不同的理解规则必然会在同一个数据源里得到不同的信息。尽管如此，大多数时候数据里所包含的信息，内容是明确的，提取信息的理解规则是隐含的、约定俗成的。因此，即使在计算机科学的专业范畴里，往往也会不加区分地使用数据和信息这两个术语。尽管它们的定义是有根本区别的。

1.1.3 数据处理

1. 数据处理的含义

数据处理(data processing)是个过程，指的是：把收集到的源数据经过加工得到含有特定信息的结果数据。就是说，数据处理加工的对象是数据，得到的结果也是数据，特定的处理过程所产生的数据含有人们希望使用的信息。因此，数据处理也往往称为信息处理(information processing)。

数据代表万物，对数据的加工也是含义广泛的。粗略地说，可以把各种加工动作分为两大类：数值性加工和非数值性加工。前者可以理解为通常意义的数学运算，后者用来指各种非数学意义的数据变换操作。因此，把两个数加加减减，得到和差是一种数据加工；从一堆数据中查找出特定的一个数据，或者按指定的升降准则把数据排好次序是数据加工；修改、删除数据的值也是一种数据加工。可见，各个领域都存在数不胜数数据处理要求。

2. 数据处理的基本环节

人类活动和社会事务中充满形形色色的数据处理过程。小学生计算 $2+3=?$ 是个数据处理过程。先把被加数和加数写在纸上，再输入大脑“心算”，最后指挥手拿好笔，把结果5写出来。人过马路也是一个数据处理过程。人在过马路前先站在马路边左右张望，这是用眼睛收集数据。看到一辆车飞驰而来，此信息马上输入大脑，大脑开始紧张的运算加工：先检索出一条存储过的知识，人让车碰到可不得了；然后赶快估计车的速度、方向、相会时间，决定是站住不动，还是快步走过；最后发出神经信号指挥肌肉执行。

分析各种过程，可以发现数据处理都包含下述几个基本环节：收集、录制和输入、加工、

输出、存储、传输。处理过程的数据流如图 1-1 所示。

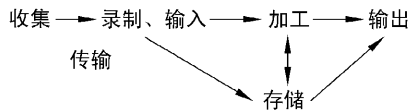


图 1-1 数据处理的基本环节

1.1.4 数据处理机

任何数据处理过程都必须在某种物理实体上进行,称之为数据处理机(data processor)或数据处理系统。人是一种天然的数据处理机体系。但是,人类从远古时代起就发现自身数据处理能力的缺陷。“容易忘记事情”,意味容易丢失已经存储在大脑里的数据;“计算不够快、不够准”,意味着计算能力的低下。“距离远一点,就看不见、听不清楚”意味数据传送能力的局限。于是人们就致力于发明各种器械来改进和提高数据处理的能力。

长期以来,针对数据处理的单个环节不断做出改善。老祖宗想出“结绳记事”的方法来提高记忆能力,效果当然并不理想。看到绳结,提醒自己有件事了,什么事呢?还是没记住。于是改进再继续,发明文字和记数的方法以记录数据,发明纸作为数据的长期存储介质,发明笔用作书写工具以完成数据输出,发明算盘、计算尺、机械式计算机以加快计数速度和提高准确度,发明照相机、录音机以记录图像形式和声音形式的数据……。努力一直持续了几千年,直到 20 世纪 50 年代电子计算机问世,人类才获得了高效率地完成数据处理全过程所有环节的手段。

1. 人作为数据处理机

人是一个数据处理系统,处理任务的各个基本环节由相应的人体器官完成。

(1) 五官负责数据输入。眼睛看到的是影像、文字、数等形式的数据,耳朵听到的是声音形式的数据,口尝到的味道、鼻嗅到的气味、皮肤触摸到的物体表面状况都是事物的各种特征,即数据属性。

(2) 大脑是最重要的数据处理器官。大脑负责存储数据、加工数据,还要负责控制和协调人体系统数据处理的全过程。大脑出了毛病,人还能活,但是就失去了数据处理的基本能力。

(3) 嘴、手、身体都是数据输出器官。说的话、写的字、做出的表情和动作都包含信息,都是数据。

(4) 而数据传输这个环节是由神经系统来完成的。

2. 计算机作为数据处理机

“计算”不是“计数”的同义词,计算机也不只是数学意义的计算设备。计算机(computer)是一种数据处理机,能够以前所未有的性能完成数据处理所有环节的任务。日常生活里专注数学计算的电子设备叫 calculator(计算器),并不等同于计算机。

1) 输入设备

计算机可以配备各种不同的输入设备(input device)来输入不同形式的数据。如使用键盘输入字符或者汉字形式的数据,用扫描仪输入图像形式的数据,用读卡机输入有特别表示形式的数据等。

2) 输出设备

计算机可以配备各种不同的输出设备(output device)来输出不同形式的数据。比如用显示器来输出字符或图像形式的数据,用打印机把数据输出到纸上等。

3) 存储器

任何数据处理系统都必须有数据存储设备。计算机的存储器(memory)是以二进制数的形式来存储各种数据的。通常,计算机有一个内存储器(也可称主存储器)来存放工作时候要用到的数据。还会使用若干种外存储器存放需要长期保存的数据,如磁盘、光盘、磁带、U 盘等。

4) 中央处理器

中央处理器(central processing unit,CPU)包括:运算器、寄存器、控制器等主要部件。CPU 依靠人给定的指令来完成所有数据处理动作,控制和协调操作执行的顺序。可见,CPU 是计算机的核心。

5) 总线

总线(bus)是传送信息的一组信号线,是 CPU 内部各功能部件之间、CPU 和存储器及输入输出设备之间的连接通道。按传送的信息内容,可分为数据总线、地址总线和控制总线等几部分。

如上所述,计算机和人一样都是一种数据处理系统。组成计算机的各种部件和设备负责完成数据处理各个环节的工作任务。既然大脑是人体数据处理体系的核心器官,因此把计算机称为“电脑”还是颇为贴切的。

习题

1. 举例说明数据名和数据值两个概念的差别。
2. 说明作为数据属性的“系”,和作为数据实体的“系”的差别。
3. 从数据表示类型的角度说明数 123 和数字串“123”的区别。
4. 讨论:“暖冬”包含着传达给人类的什么信息?
5. 举例说明数据和信息的联系和区别。
6. 举例说明为什么离开理解规则,信息就不能产生?
7. 举例说明依据不同的理解规则有可能从同一件事情的描述中抽取出不同的信息。
8. 以“足球赛罚点球”为背景,分析守门员大脑中的数据处理过程。
9. 分析“到银行柜台取钱”过程中包含的数据处理基本环节。
10. 列举完成“银行取钱”数据处理过程所需要的计算机系统的典型设备。
11. 列举你知道的所有能够完成“数据加工”任务的工具。
12. 你觉得计算机和计算器有哪些主要差别?

1.2 计算机科学

计算机的发明导致人类一个新的学科门类的诞生,这就是计算机科学。数学、物理学、文学、哲学……是千百年来人类知识分门别类的积累,而计算机科学则是最近几十年以来围绕计算机的制造和应用而迅猛发展着的学科。社会的强烈需求是计算机科学快速发展的

外部诱因,而数学(特别是**离散数学**)、逻辑学(特别是**数理逻辑**)、电子学、光学等传统学科奠定了计算机科学坚实的基础。

1.2.1 理解计算机科学

可以认为:计算机科学是研制并利用计算机完成数据处理任务所涉及的理论、方法和技术的学科。完成这个学科任务,要研究基本理论、揭示基本规律,也要解决能够在计算机上实现的技术方法。理论支持技术、技术体现理论,两者相辅相成、互相融合是计算机科学的特点。因此,计算机科学的特征是科学性和工程性并重,理论性和实践性相结合。在短短几十年里,计算机科学就发展成为有众多分支领域、内容非常丰富、应用极其广泛的学科。

从学习的角度出发,必须依据理解纲领才能在比较短的时间里概要地认识计算机科学的主要内容。对于计算机科学与技术类专业学生在三四年内要学习的数十门专业课程而言,可以用“一个核心,三条纲领”来统帅之。

计算机的本质功能是数据处理。为了完成这个任务,计算机科学要解决三个方面的问题:

1. 数据的分层次表示方法学

要完成数据处理任务,首先要解决数据的表示问题。计算机科学面临的是:数据代表了现实世界的客观事物,形式多变而复杂;而计算机内部用来表示数据的符号又极其简单,就是两个二进制数字,一个0、一个1。显然无法用“平面”的方法来解决数据的表示问题。为此,计算机科学区分出数据的不同表示层次,在每个层次上定义相对独立的数据表示概念和方法,提出相邻层次数据表示手段的映射关系。这样就可以把问题“化繁为简、各个击破”了。实际上这是一种“先抽象、再具体”的思想方法。先在全局的抽象层次提出问题的解法,再在较为具体的层次上逐步求精,直到在计算机的底层得到问题的解为止。

可以把数据的表示划分为下列几个表示层次:

- (1) 现实世界层次上的数据对象;
- (2) 数据结构和信息结构层;
- (3) 程序设计语言层;
- (4) 机器层;
- (5) 物理层。

本书第5章叙述了各层次上数据表示的核心概念。而更加详细的学习就要依靠后续专业课程的展开了。

2. 数据加工的分层次表示方法学

数据的表示是为了对它们进行预定的加工,以得到人们所希望的信息。计算机绝对不是“自动机”,一切数据加工过程必须由人预先设定,交付计算机处理,最终机械地执行。计算机不过是台机器,它能执行的操作种类不单有限而且极其简单。不单如此,表示这百种极其简单操作的最终符号仍然只能是二进制数字0和1,否则就无法在计算机内部实现。计算机科学还是使用分层次的方法学来解决问题,使用两个简单记号表示出千千万万种极为复杂的数据加工过程。

可以把数据加工的表示划分为下列几个表示层次:

- (1) 数据处理问题；
- (2) 解题模型；
- (3) 算法层；
- (4) 程序设计层；
- (5) 机器程序层；
- (6) 物理层。

本书第 6 章叙述了各层次上数据加工表示的核心概念。更加详细的学习同样要依靠后续专业课程的展开。

3. 计算机系统

数据和数据加工表示最终要在计算机上实现。计算机科学必须研究设计、制造计算机的方法和技术。计算机必须包含众多互相关联的功能部分才能完成输入、输出、存储、加工、传送等数据处理环节的任务，因此往往被称为**计算机系统**(computer system)。计算机系统通常会被分成两大部分：**硬件**(hardware)和**软件**(software)。

计算机硬件的概念主要在本书的第 2 章里介绍。第 3 章介绍计算机软件的概念。第 4 章介绍现代计算机系统一种应用日益广泛的形式：**计算机网络系统**(computer network)。

4. 关于“抽象”方法

在计算机科学数据和数据加工表示的层次方法学中，抽象是个核心概念。这个术语是指：把谈及对象的外部特征与其内部构成细节加以区分。对于一个复杂的任务也好、一个庞大的系统也好，为了刻画、分析或者建造它们，先在一个抽象层次上提出解法，就是把它看成是由若干个抽象对象所组成的体系。我们暂时忽略这些对象的内部构成细节，只关心同一层次上对象和对象之间的关联，如何通过它们组成问题的解。抽象层次不会是单一的，要进一步考虑每个对象的解，也就是用下一个抽象层次上的各种对象来组成上一层的对象。这种分解不断地进行下去，直到可以用终极手段来表示对象的内部构成为止。

这是计算机科学采用的一种核心思想方法。例如，一个大型的计算机软件通常由一系列**模块**(model)组成，模块里包含数据和对数据的操作过程。但是，模块里的操作不一定是计算机能够执行的最基本操作，这种抽象操作必须由下层模块具体化，直到底层模块只包含基本操作为止。人们喜欢用“自顶向下，逐步求精”这句话来描述这种抽象过程。也就是说，专业人员可以在把握全局的基础上，有次序地把精力集中在一个复杂过程各个特定的局部。没有这种思想方法，直接以计算机底层的细节来表示数据和对数据的加工，只能使人茫然不知所措。

其实，抽象方法也充斥在社会每一种生活方式当中。人们只需要关心如何按自己喜欢的方式享用吃的、穿的、用的各种东西，完全没有必要了解它们究竟是如何生产出来的。因此物品可以看成是抽象对象，人们只需要掌握物品的使用方法，在某种生活方式里如何搭配物品。至于物品生产的细节，则交由另外的专业人员负责。各种物品的生产过程通常也是分层次的。有人做零件，有人做部件，有人做最终产品。汽车厂主要负责组装汽车，而各种零部件通常由更加专业的厂商提供。通过这样的社会分工，才能够“化繁为简，各个击破”，极大地增强全社会的发展能力。

1.2.2 算法

1. 算法的定义

算法(algorithms)是完成一类(不是特定的一个!)任务的规定步骤,表现为操作的序列和执行时的操作过程。

拿日常事例来说,一份食谱是某个菜式的烹调算法,一份乐谱是某首乐曲的演奏算法,一份说明书是使用洗衣机洗衣服的算法。执行它们就是烹调、演奏、洗衣服的操作过程。

早些时候,算法的研究是数学的重要内容。一个著名例子是由欧几里德提出的求两个任意无符号整数最大公约数的算法。在当代,算法的研究是计算机科学的核心。计算机不是一台能够自动操作的机器。要计算机完成任何一项数据处理任务,人们必须首先找到完成任务的算法,然后依据算法设计一个程序(program),计算机接受并执行程序规定的操作过程就是数据处理任务的完成过程。

可见,没有算法和程序计算机就一事无成。研究算法的发现、分析、表示、执行、通信和限制是计算机科学的核心。找不到算法的数据处理任务是无法在计算机上完成的。因此,甚至有人认为计算机科学是定位于算法的科学。

2. 算法示例

【例 1-1】 欧几里德提出过一个算法。只要按照算法中规定的步骤机械地进行操作,就可以求出任意两个无符号整数的最大公约数来。这个算法步骤可以使用下面的描写形式来表示。

- ① 输入: 任意两个正整数 m 和 n (设 $m \geq n$);
- ② 求余数: $r = m \bmod n$ (r 是 m 除以 n 的余数);
- ③ 判断: 若 $r = 0$, 则 n 的当前值就是所求的最大公约数, 执行步骤⑥,
否则, 执行步骤④;
- ④ 更新: 把 n 的值赋给 m , 把 r 的值赋给 n ;
- ⑤ 转移: 执行步骤②(长除求余数);
- ⑥ 输出: n 的当前值。

请注意算法的静态表示和算法的动态执行两个概念的区分。从步骤①到步骤⑥构成对欧几里德算法的描述。而执行这个算法的时候,随着不同的 m 和 n 输入值,算法呈现不同的执行路径。步骤①是算法的起点。步骤①、步骤②和步骤③是依次顺序执行的。而步骤③、步骤④、步骤⑥呈现一种分支结构。算法执行到这里时,要按照 r 的值是否等于 0,来选择继续执行步骤④、还是步骤⑥? 步骤②~步骤⑤又构成一种循环执行结构。这几个操作要重复执行若干次,直到余数 r 的值为 0 时,才继续执行步骤⑥,从而到达算法的终点。

现实生活中的事例亦如此。贝多芬的《第五交响乐》只有一份乐谱,但不同的交响乐团、不同的指挥执行这份乐谱的时候,却可以呈现出不同的演奏风格。

3. 算法的特征

算法是操作步骤的序列只是个非正式的说法。严格地说,算法必须具有下列这样一些基本特征:

(1) 算法的操作步骤集合是有序的。这意味着,各个步骤组成确定的序列。就像上面提到的那样,操作执行的结构当然不一定只能是线性有序的,还可以是分支的或是循环的。算法中也不见得只能有一个操作序列。所谓的并行(concurrent)算法中包含的多个操作序列可以同时在不同的处理机上执行。

(2) 算法过程必须在有限步内终止。比如,处理任务“列出所有奇数”是不可能存在算法的,因为存在无限个奇数。就是说,算法定义了一个可终止的操作过程。

(3) 算法包含的每个操作步骤都应该是无歧义的。换句话说,执行操作步骤时,并不需要创造性的思维来思考和判断做法是否正确,只要机械地进行就可以了。

(4) 算法包含的操作步骤必须是能行的。即每个操作步骤都能在有限的时间内、有效地执行完成。

对于算法应该是一个可终止的进程,人们有点争议。事实上,有大量有意义的应用存在不可终止的过程。打开计算机,计算机等待人们输入操作命令,执行完之后继续等待下一个命令的到来。这个过程是没完没了的,除非切断计算机的电源。有人解释这样的应用只是算法的自动重复,算法到达终点后自动地重复执行。有人则反驳,之所以出现这种说法不过是依赖限制过度的形式来进行定义的结果。我们应该认识到,其实计算机科学只希望能够有条界线来判断,究竟问题的解是在算法系统能力之内还是之外?因此只需要区分,存在一个以给出问题答案而告终的过程呢?还是只有一个只能前进而永远不能得到结果的过程?

不管如何,还是要注意算法的可终止性。简单如一个实现除法的算法,整除时固然可以终止,执行1除以3时也应该能够适时终止,这样才是合理的。

4. 算法的表示形式

本质上,算法是个抽象概念,应该有具体的表现形式。下列三种算法表示形式都是计算机科学广泛使用的。

1) 自然语言

可以用传统的自然语言(汉语、英语等)来表示算法,就像例 1-1 中所描述的求两个任意无符号整数最大公约数的算法那样。但是自然语言缺乏精确的定义,使用随意,算法表示的准确性和可理解度很大程度上取决于人为因素,因此不是算法表示的理想手段。

2) 类程序设计语言(伪代码)

经过程序设计(programming)把算法变成相应的程序之后,才可以把程序交付计算机处理执行。程序是用程序设计语言来表示的,有极为严格定义的语法规则和准确的语义。那么,直接用程序设计语言来表示算法好吗?可以,但不必要。算法在人之间交流而不在人和计算机之间交流,因此表示规则不必过于死板。人们喜欢使用类似程序设计语言的形式来描写算法,简练而准确,但形式又有一定的灵活性。这种表示形式也可以叫做伪代码(pseudocode)。

因此,例 1-1 求两个任意无符号整数最大公约数的算法也可以换种形式表示。

【例 1-2】 算法的伪代码形式。

```
begin
    read (m, n) ;           输入两个数
    r :=m mod n;            求余数
```

```
while r ≠ 0 do
```

余数不为零时,反复长除

```
{ m:=n;
```

```
  n:=r;
```

```
  r:=m mod n; };
```

```
write (n);
```

输出结果

```
end.
```

对有专业背景的人来说,很容易接受用类程序设计语言来表达算法。教科书和专业著作广泛采用这种算法表示形式。

3) 图形语言(算法流程图)

算法流程图(flowchart)是广泛使用的另外一种算法表示工具。用规定的图形符号表示操作步骤,用流线表示操作步骤的转移次序,从而描述出算法过程。因为图形符号是各种各样的图线框,所以又习惯把流程图称为“框图”。流程图也用来描写程序的执行过程,有时也叫做程序流程图。

【例 1-3】 用流程图形式表示的求最大公约数的算法,见图 1-2。

对照例 1-1 和例 1-2,应该不难了解图 1-2 中以流程图形式表示的算法。第 6 章里,会更详细地介绍典型的算法流程图结构。

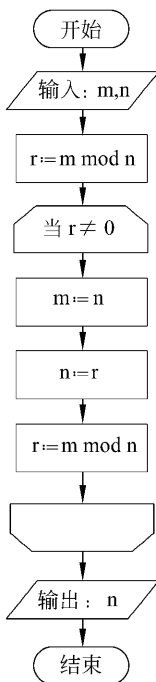


图 1-2 用流程图表示求最大公约数算法

1.2.3 用计算机解决数据处理问题

1. 解题的一般步骤

计算机是用来完成各行各业数据处理任务的一种系统,日益广泛地渗透到人类社会的各个领域。一般来说,利用计算机解决问题通常要遵循以下步骤:

1) 问题分析

分析就是要把面临的问题定义清楚。首先是功能需求分析。需要的输出数据是什么?应该有哪些输入数据?从输入到输出要有什么样的数据转换动作?然后确定计算机解决问题方案的可行性。即从技术、经济、运行、社会等角度分析方案的必要性和可能性。分析有必要使用计算机系统来解决问题吗?使用计算机系统的解决方案能够实现吗?

2) 解题模型

问题确定之后就要提出问题的解法,所谓的解题模型。解题方法往往源自计算机科学以外其他学科的知识。例如,要由受力数据确定一栋大厦的梁柱尺寸和钢筋的配置方案,就要用建筑力学的知识。要确定原料采购的最佳时机和合理数量,要靠管理学的知识。解题模型可以用数学的形式或者非数学的形式来表示。

3) 算法设计

针对问题解法,设计能在计算机上执行的算法。解题模型是个一百几十阶线性方程组,解它的算法是什么呢?一个银行转账业务的算法又如何确定呢?这都是计算机专业人员要回答的问题。

发现问题的算法是解决问题非常基础的步骤,极具挑战性。对专业人员来说,发现算法有两种较为现实的途径。一是学习前人的研究结果。几百年来已经积累了大量各种各样的

算法,有些问题可供选择的算法数以十计。学习是掌握典型算法的最好途径。二是仿照人解决任务时的操作过程来设计算法。要设计银行转账算法就参照银行业务人员的工作程序好了。

4) 程序设计

算法必须转换为程序才能在计算机上处理和执行。可以说,程序是算法的一种表示。这种表示要使用具有严格语法规则的语言形式,称之为**程序设计语言**(programming language)。就像人类的自然语言有很多很多种一样,提出使用过和正在使用的程序设计语言数以百计,按照需要选择某种语言来编写程序的过程叫做**程序设计**,有时也会称为**编码**(coding)。

今天解决问题的一个计算机程序可能会超过几千万行,内部结构非常复杂,非个把人就能够完成编写的。因此和其他的现代工业一样,要用工程化的方法来处理计算机解题过程。经过最近三十多年的研究和实践,有关的理论、方法和技术已经促成一个学科分支的产生,叫**软件工程**(software engineering)。传统意义的程序设计,即编码,仅仅是软件开发涉及的众多软件过程中的一项工作任务,而且是相对次要的任务。所以,软件开发和编写程序并不是等同的概念。

2. 计算机的应用特点

本书谈及的计算机,准确地说应称为**通用电子数字计算机**。通用就是可以应用在一切领域的数据处理事务。相对而言,专用的计算机是指嵌入到其他设备中以增强设备功能的计算机。冰箱、空调、洗衣机里都会有嵌入式的专用计算机。当代计算机主要由电子电路构成,不同于古老的机械式计算机。计算机内一切信息都用离散的二进制数字符号 0 和 1 表示,为**数字式**(digital)。历史上也曾经出现过利用连续的物理量来表示数据的计算机,称之为**模拟式**(analog)的。

所以,计算机能够以极其高的速度准确地完成运算。计算机科学里,“计算”或“运算”的概念是广义的。既指算术和数学意义上的运算,也指判断、比较这样一些逻辑运算,或者说,非数学意义的运算。

除数据计算之外,计算机还可以长期存储海量的数据。今天,花几百元的成本就可以在计算机上存放几百亿个汉字数据。

计算机另外一个重要特点是可以重复执行程序。完成一件数据处理任务,要花费巨大的工作量来完成程序的编写,软件开发工作量以“人年”或者“人月”为单位来计算。那么是否由人直接完成任务更合算呢?不是的。程序一旦完成,就可以存储在计算机内部反复地执行,执行的速度和准确性远远超过人的能力,我们开发软件的投入就得到回报了。

3. 计算机的应用领域

我们一直强调计算机本质的单一功能是数据处理。由于各行各业每个领域都存在形形色色的数据处理任务,计算机就渗透到人类社会的每个角落,成为当代人生活方式不可或缺的一部分了。但传统上仍然习惯从行业的角度来描述计算机的应用。

1) 科学计算

用计算机进行科研和工程领域中复杂的数值计算是计算机应用最早期的目标。设计制造、天气预报、宇宙飞行……各领域中工作量极大的计算任务只能依靠计算机完成。多年来积累的科学计算程序已经汇集为软件包供人选用。MATLAB、MATHEMATICA 就是广为

人知的科学计算软件包,里面包括了各种数学求解工具。

2) (狭义的)数据处理

尽管广义地说计算机做的一切都可以叫数据处理。但是仍然习惯把一些没有复杂数学计算过程、着重数据的收集、输入、输出、存储、分类、检索等动作的业务称为数据处理系统。这是狭义的数据处理,依靠上下文并不难以区分。这是计算机应用最为广泛的一个领域。商业、银行金融业、物流业、法律、税务、海关……以至大小企业的管理和办公都要使用数据处理系统。

3) 自动控制

尽管自动控制的观念问世更早,但是计算机发明之后很快就成为自控系统的核心部件。被控制的模拟物理量如温度、速度、压力等经过传感器(sensor)变成电子数字信号输入计算机,由控制算法产生输出信号操纵执行机构,从而达到自动控制的目的。从由众多设备组成的一条生产线到一台洗衣机,都可以用通用或专用的计算机进行运行控制。

4) 制造业

计算机辅助设计(CAD)是制造业使用的一种技术方法,以对设计制图的支持为核心。AutoCAD 就是较流行的一种 CAD 软件包。**计算机辅助制造(CAM)**是制造业使用的另外一种技术方法。利用计算机对设计文档、工艺流程、生产设备进行管理和控制,支持产品的制造过程。制造业往往使用**信息管理系统(MIS)**辅助企业的信息管理过程,如合同、生产计划、仓储、劳动人事等。新的发展趋势是,研制**计算机集成制造系统(CIMS)**统一地对制造业企业涉及的设计、制造、管理等业务过程提供全方位的支持。可以把 CIMS 看成以前单独使用的 CAD、CAM、MIS 等系统的统一集成体。

5) 通信业

计算机技术和电信技术的结合使人类社会的通信方式产生重大变化。一方面,计算机数据存储、传输和处理的超强能力使其成为公共电信系统的核心设备。另一方面,利用公共通信网构筑的计算机网络,使数据的传送与共享空前方便。最广为人知的网络是**因特网(Internet)**。它由众多计算机网络、计算机系统互联而成,覆盖全世界。基于计算机网络的电子邮件、网站访问、视频节目、网络电话、数据传送、即时交谈等业务日益广泛的推广,令传统通信方式走上下坡路。个别传统的通信业务趋于消亡,如电报业务已很少有人使用了。

6) 办公自动化

计算机逐渐成为办公室设备的主角。计算机对办公信息的统一处理使“无纸办公”成为可能。文字处理软件、电子表格处理软件、文档管理软件、出版软件、图形、图像、语音处理软件极大地提高了办公效率。当然,所谓的**办公自动化系统**是个人-机系统,计算机仍然只是办公室人员的得力助手。

7) 娱乐

计算机作为娱乐工具的应用不能不首先提到电子游戏,不论是单机上安装的简单游戏还是网络游戏都能使人们废寝忘食、难以自拔。极端的例子里,有人还为此赔上性命。这当然不值得效仿,但由此可见电子游戏娱乐性的诱人魔力。人们可以利用所谓乐器音乐数字接口(MIDI)在计算机上制作音乐,然后存储、播放。可以利用专门的软件,比如Photoshop,来输入照片,并且随意编辑加工。也许用不了多久,家庭里的计算机娱乐中心就可以取代电视机、录音机、CD、VCD、DVD 机、音响设备等视听器材了。

8) 人工智能

人工智能(AI)是计算机科学的一个传统研究领域,目的是让计算机拥有智能,即成为真正意义的“自动化”机器,不用人为干预就能够完成任务。为此,计算机要能感知和推理,要像人的视觉、听觉、味觉、嗅觉、触觉那样输入信息,要解决知识的表示、知识的学习、推理的规则和方法等问题。几十年来,人工智能学科从理论到技术实践已经取得了很多成果。今天,计算机的下棋水平堪称一流,可以用计算机证明数学定理,出现了能够模仿因果推理过程的专家系统,有了能用自然语言交谈、能够唱歌跳舞演奏乐器的机器人,甚至有了定期举行的机器人足球世界杯。但是研究越深入,越发使人感到实现人工智能既定目标的困难。要让电脑全面赶超大脑,人类还要走很长的路。

说了这么多,我们还是无法一一列举计算机在当今社会中的所有应用。也许很难找到一个领域是还没有或者不可能使用计算机的。有人用“数字化社会”这个概念形容离不开计算机的现代社会。社会生活充斥着各种各样的物质流、资金流、人员流以及越来越重要的信息流。以计算机为核心的**信息技术(IT)**产业已经成为推动社会进步的主力。短短五十多年,计算机给人类社会带来了革命性的变化。计算机影响之深远,也许是当代人仍然难以估计和想象的。

4. 计算机系统和计算机应用系统

如前所述,计算机包含数据的存储器,加工数据和控制加工过程的 CPU,输入、输出数据的 I/O 设备,传送数据的总线以及体现算法的程序。依靠这些相对独立而又相互关联的组成部分,计算机才能完成数据处理的目标。所以,往往把计算机称为**计算机系统**(computer system)。存储器、CPU、I/O 设备、总线这些有形部件统称为**计算机硬件**(hardware);而程序,包括操作和数据,则称为**计算机软件**(software)。拿人的大脑打比方,脑组织、血管、神经乃至骨头皮肤是硬件,而驻留在大脑里的思想和知识就是软件。可见,硬件是软件驻留的物质基础,没有了硬件,软件岂不成了“飘荡的灵魂”?反过来说,没有了软件,硬件只是一堆废铁,就像没有思想的人只能是“行尸走肉”而已。

在实际事务里使用计算机还需要增加完成特定任务的应用软件和特别的设备,通常会是一些适应业务特点的设备。例如,银行系统就必须包含能够完成存钱、取钱、转账、查询等业务功能的程序,还要配备柜员机等专门设备。可以把这样的系统称为**计算机应用系统**(computer application system)。

1.2.4 计算机系统的发展历程

公认的第一台通用电子计算机叫 ENIAC,出现在 1946 年,用了 18000 只真空管,占地约 180 平方米,重达 30 吨。但 ENIAC 并非现代计算机的雏形。提出现代计算机体系结构的鼻祖是冯·诺依曼。1950 年出现了基于冯氏体系的计算机 EDVAC 和 EDSAC。五十多年以来,按照硬件和软件的改进可以把计算机系统的发展划分为几代。但要强调的是,迄今为止所有能够实际使用的计算机都是按照冯·诺依曼模型的基本原理来构造的。

1) 第一代计算机(20 世纪 50 年代)

基于真空管电路,使用磁带和磁鼓来存储数据,系统软件不多,很多时候要用机器语言来写程序。

2) 第二代计算机(到 20 世纪 60 年代中期)

用晶体管替代了真空管,出现了磁芯存储器和磁盘。计算机体积大大减少,运行变得可靠,硬件效率全面提升。FORTRAN、COBOL 等程序设计高级语言的出现使编程变得容易一些。

3) 第三代计算机(到 20 世纪 60 年代末)

集成电路(IC)的发明进一步显著提升计算机的硬件性能。开始出现的小型机(minicomputer)使更多企业能够应用计算机。以操作系统为核心的系统软件日益丰富,应用计算机越来越方便。

4) 第四代计算机(始于 20 世纪 70 年代)

大规模集成电路(LSIC)和超大规模集成电路(VLSIC)大量在计算机内使用。微型机(microcomputer)的出现使计算机的应用扩展到个人用户,也习惯称为 PC(personal computer)。另一方面,又出现了功能极其强大的大型计算机和巨型计算机。硬件更新换代的速度越来越快。软件方面出现了数据库(data base)、第四代程序设计语言(4GL)、面向对象技术等新发展。计算机网络技术的广泛应用给人类社会的生产方式、生活方式带来巨变。

5) 第五代计算机

从 20 世纪 80 年代中期开始,就有人提出要研制以非冯体系为特征的新一代计算机,但至今还远未到实际应用的程度。

计算机问世的五十多年以来,用日新月异来形容计算机科学理论和技术的发展并不夸张。但是也应该注意到,计算机科学中很多核心成果的生命力是非常持久的。冯·诺依曼体系就“五十年不变”。20 世纪六七十年代提出的一批程序设计语言至今仍在广泛使用。近十年来非常热门的面向对象方法诞生在 1969 年。20 世纪 70 年代提出、80 年代成熟的关系数据库系统目前仍然是数据库技术应用的主流……。类似的例子举不胜举。这种现象说明,计算机科学以往很多研究成果非常有效,以至学术界在几十年后仍然无法逾越它们。大学课程里涉及的很多专业基础内容,奠基于多年之前,并不说明它们必定陈旧。

习题

1. 列举本书建议的认识计算机科学的纲领和层次。
2. 如何认识构成人类大脑的硬件和软件,分析一下它们的关系。
3. 你认为在计算机系统中是硬件更重要,还是软件更重要。
4. 以下面的一个案例为题,讨论一下计算机科学对人类社会的影响:本来企业用现金发工资,后改为转账到银行个人账户,但要扣除账户年费。那么使用计算机是否会引起众多不公正的社会问题?
5. 讨论学习的抽象层次的选取问题:今天的学生是否仍然要学习加减乘除,还是应该学习计算器的使用方法?
6. 就本节提出的数据和数据加工分层次表示方法学,讨论抽象方法的应用。
7. 设计一个从你的宿舍回家的算法,就此讨论算法形式和算法执行的区别。
8. 从算法特征的角度,判断以下操作序列是否构成一个算法:
把数据 D 的值设定为 1;
当 D 不等于 100 时,反复地把 D 的值增加 2。
9. 下面列出的是否一个实现“从宿舍回家”的算法:

打电话租用一架直升飞机；

飞机在宿舍顶层降落；

登机；

飞回家。

10. 列举理由,说明下面 3 个步骤并不构成算法:

通过坐标点(0,0)和(5,5)画一条直线;

通过坐标点(0,2)和(5,7)画一条直线;

以两条直线的交点为圆心画半径为 3 的一个圆。

11. 分别用流程图和伪代码表示下面的算法:

7 点起床;

7 点半吃早饭;

8 点,如果不下雨散步 1 小时否则读报 1 小时;

从 9 点开始,每写 45 分钟书稿就休息 15 分钟,直到 12 点为止。

12. 分析一下不能用算法流程图表示图 1-1“数据处理基本环节”的原因。

13. 列举算法和程序的联系和区别。

14. 尽可能具体地叙述使用计算机求出一个一元二次方程两个根的工作步骤。

15. 说出除了“通用电子计算机”之外,你知道的其他种类的计算机。

16. 除了本节列举的计算机应用之外,说出你知道的其他计算机应用领域。

17. 设法收集一些有关现代计算机体系结构奠基人的资料。

18. 列举五十年来,计算机不同发展阶段的硬件、软件特征。

1.3 机内信息表示基础——二进制数

数据和加工数据的动作在计算机内部最终都是以二进制数(binary number)的形式来表示的。原因是:二进制数只由“0”和“1”两个数字组成,可以把它们看成是两种有区别的、可以相互转换的状态,这就容易使用不同的物理元件来实现。在计算机科学的范畴里,除了二进制数之外,还会使用八进制数、十六进制数和平常用的十进制数作为信息的表示记号。对记数法的理解是认识计算机科学的基础和出发点。注意没有必要分门别类地来学习专业上常用的这几种数制,因为它们的共同本质是位置记数法。

1.3.1 位置记数法

位置记数法指的是用若干个处在不同位置上的数字(digit)来表示一个数(number)的方法。它有以下几个要素:

1) 数的形式

把一个数表示为一个 n 位的数字串,形如 $a_{n-1}\cdots a_1a_0$ (a_i 代表一个数字)。

2) 基数 P

基数 P 是预先指定的一个无符号整数。二进制数的 P 为 2,十进制数的 P 为 10,其余类推。把基数为 P 的数称之为 P 进制数。就记数法而言,选择什么基数并无本质的区别。日常社会里 10 是最常用的基数,12、16、60 也在不同的范围内使用。只要我们愿意,选择 3

为基数、4 为基数也完全没有问题。在计算机科学的应用中,2 是最基本的基数,8、10、16 也经常用到。选择不同的基数时,同一个数有不同的数字串表示形式。

3) 数字 a_i

P 进制数只有 P 个数字,记为: $0, 1, 2, 3, \dots, P-1$ 。每个数字都有自己按常规来理解的一个确定值。

4) 数字位上的权 P^i

对数字串里的每个数字位置都赋予一个有规律的值 P^i , P 是基数, i 是数字位的序号。一个 n 位数,最右位的序号记为 0,最左位记为 $n-1$ 。即 $0 \leq i \leq n-1$ 。

因此,一个二进制数最右位的权是 2^0 ,右起第 2 位的权是 2^1 ,其余类推。而自右到左,十进制数数字位的权值序列是: $10^0, 10^1, 10^2, 10^3, \dots$ 。所以才有个位、十位、百位、千位……的叫法。

5) 数值的表示规则

一个 n 位的数 $a_{n-1}a_{n-2}\dots a_1a_0$,其数值由下面的带权多项式来决定:

$$\sum_{i=n-1}^0 a_i \times P^i$$

即

$$a_{n-1} \times P^{n-1} + a_{n-2} \times P^{n-2} + \dots + a_1 \times P^1 + a_0 \times P^0$$

用这个带权多项式可以确定一个 P 进制数的值。比如,十进制数 101 的值是一百零一。而二进制数 101 的值是 5,八进制数 101 的值是 65,十六进制数 101 的值是 257。

1.3.2 P 进制数

基数选定为 P 的数叫做 P 进制数。两个基本特征是:

- (1) P 进制数只能有 P 个数字: 记为 $0 \sim P-1$;
- (2) 相邻数字位上的权值差 P 倍,所谓的“逢 P 进一”。

看看下面的例子,数的下标表示基数。

【例 1-4】 P 进制数的值。

$$(101)_{10} = 1 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 1 \times 10^0 = 101$$

$$(101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 5$$

$$(101)_8 = 1 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 1 \times 8^0 = 65$$

$$(10)_8 = 1 \times 8^1 + 0 \times 8^0 = 8$$

$$(101)_{16} = 1 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + 1 \times 16^0 = 257$$

因为十六进制数有 16 个数字,前十个记为 $0, 1, \dots, 9$ 。数字(不是数!)“10”到“15”记为 A, B, C, D, E, F。所以

$$(1E)_{16} = 1 \times 16^1 + 14 \times 16^0 = 30$$

1.3.3 数制的转换规则

有时候需要知道同一个数在不同进制里的形式。下面是最常用的几条转换规则。

1. 把 P 进制数转为十进制数

只要计算带权多项式的值,就可以把一个 P 进制数转换为对应的十进制数(见例 1-4)。

2. 把十进制数转为 P 进制数

使用口诀“除 P 取余”，可以把一个十进制数转换为对应的 P 进制数。下面是一些转换例子。

【例 1-5】 把十进制数 35 转换为二进制数。

把 35 除以 2，记下余数；把商 17 再除以 2，又记下余数；……重复这个过程，直到商为 1 为止。显然，每个余数不是 0 就是 1。注意：最先得到的余数是二进制数的最右位，然后得到的是从右到左的各位数字，最后剩下来的 1 是转换得到的二进制数的最左位。即

$$(35)_{10} = (100011)_2$$

2	35	余	1
2	17		1
2	8		0
2	4		0
2	2		0
	1		

【例 1-6】 把十进制数 35 转换为八进制数。

8	35	余	3
	4		

所以

$$(35)_{10} = (43)_8$$

注意，转换得到的八进制数要念成“四三”，不能念成“四十三”。

【例 1-7】 把十进制数 35 转换为十六进制数。

16	35	余	3
	2		

所以

$$(35)_{10} = (23)_{16}$$

3. 八进制数、十六进制数和二进制数的相互转换

因为

$$2^3 = 8^1, \quad 2^4 = 16^1$$

所以，可以把二进制数从右到左每 3 个位和八进制数的 1 位相对应；同理，二进制数每 4 个位和十六进制数的 1 位对应。利用上述规则容易完成八进制数和二进制数、十六进制数和二进制数的双向转换。见下面的例子。

【例 1-8】 把二进制数 1000110 转换为八进制数。

$$(1000110)_2 = (001'000'110)_2 = (106)_8$$

【例 1-9】 把八进制数 317 转换为二进制数。

$$(317)_8 = (011'001'111)_2 = (11001111)_2$$

【例 1-10】 把二进制数 1000110 转换为十六进制数。

$$(1000110)_2 = (0100'0110)_{16} = (46)_{16}$$

【例 1-11】 把十六进制数 E3F 转换为二进制数。

$$(E3F)_{16} = (1110'0011'1111)_2 = (111000111111)_2$$

把十进制数转换为二进制数时,为了减少做除法的次数,一个好办法是:先把十进制数转换为八进制数,再写出对应的二进制数。

【例 1-12】 把十进制数 35 转换成二进制数。

$$(35)_{10} = (43)_8 = (100\ 011)_2$$

把 35 转换为八进制数,除一次就够了。把每个八进制数字写成 3 位的二进制数也是很方便的。

本节只介绍无符号整数的表示和转换。完全没有必要去学习小数部分的表示和转换的人工方法。因为在计算机内表示非整数时,小数点是不会以实体的方式出现的。平常,我们不是也可以把 1.23 写成 123×10^{-2} ,把小数点隐藏起来吗。本书的第 5 章里,会介绍实数的机内表示方法。

习题

1. 指出十进制数 12345.678 和二进制数 11011.111 各个数字位上的权。
2. 何谓 P 进制数,指出 P 进制数中“逢 P 进一”的含义。
3. 分别写出和十进制数 127、256 等价的二进制数、八进制数、十六进制数。
4. 分别写出和二进制数 110110、100011 等价的八进制数、十进制数、十六进制数。
5. 写出和十进制数 123456 等价的二进制数。
6. 写出和十六进制数 12EF、ABCD 等价的十进制数、二进制数、八进制数。
7. 分析用“除 P 取余”口诀能够把一个十进制数转换为对应的 P 进制数的道理。
8. 写出二进制数长度为 16 个位时,能够表示的最小数、最大数和不同数的个数。
9. 如果成绩用 5 级记分法表示为二进制数,写出它需要的位数。
10. 如果用 16 位的二进制数来记住不同的色彩,那么一共可以表示多少种颜色?
11. 二进制数字长 16 位,要用多少个十六进制数字来表示?
12. 解释不能把十六进制数字“A”写成“10”的原因。

本章小结

计算机的根本功能是数据处理。计算机科学是研制并且利用计算机完成数据处理任务的理论、方法和技术的学科。本书按照三个叙述纲领来介绍计算机科学的基本内容,它们是:数据的表示方法学,数据加工的表示方法学,计算机系统的构成。

计算机科学用数据的概念来表示客观世界各种事物。信息是数据的内涵,数据是信息的外在形式。数据处理是把数据加工成含有特定信息的结果数据的过程。通常会包含输入、加工、输出、存储、传送等基本环节。

算法是完成一类数据处理任务的规定步骤,表现为操作序列和执行时的操作过程。要计算机完成任何一项数据处理任务,人们必须先找到完成任务的算法,然后依据算法来设计程序,计算机接受并执行程序规定操作的过程,就是数据处理任务的完成过程。

计算机内部,一切信息都是以二进制数的形式表示的。计算机科学通常会用到的二进制数、八进制数、十进制数、十六进制数都源于位置记数法。

第 2 章 计算机系统的组成

第 1 章提到过,计算机系统由硬件和软件两部分组成。既然计算机是数据处理机器,本章先从数据处理系统必须具备的输入、加工、输出、存储、传送等基本功能入手,认识计算机的硬件设备。然后,再理解计算机软件的概念。

2.1 四大功能部件

从数据处理功能的角度,可以把计算机硬件设备分成四大部分:内存、CPU、输入输出设备、总线(见图 2-1)。

首先,计算机要配备**输入设备**,利用输入设备可以输入源数据和处理程序。计算机接收到之后,把它们存放在一个称为**内存**的部件中,准备随时送往**中央处理器**。中央处理器是计算机的核心,担负的任务是按照内存存放的程序对数据进行加工。处理过程中,中央处理器反复从内存提取程序和数据,把一些中间的处理结果存放回内存,直到数据处理任务结束。最后,计算机用一些**输出设备**把处理结果提供给用户使用。为了在各个部件之间传送程序和数据,计算机内部还要配置一组电子线路,称为**总线**。

计算机工作时,内存和中央处理器是最忙碌的,运算主要依靠这两个部件来完成。所以,会把内存和中央处理器合起来称为**主机**。输入设备和输出设备为计算机与用户之间提供数据交换能力,往往也统称为**外部设备**。

2.1.1 内存

内存是计算机内部用来存储数据的一种存储器,又可以叫做**主存**(main memory)。其他一些容易见得到的数据存储设备(如光盘、硬盘、U 盘)是内存吗? 答案是:不是。那么它们和内存有什么区别呢? 从中央处理器的角度来看,内存中存放的程序和数据是当前工作所必需的。而光盘、磁盘上存放的不一定是处理器当前需要使用的。即使需要,也必须把它们先传送到内存中去,才能继续进行处理。光盘、硬盘等存储器的作用首先是长期保存数据,所以又称为**外存**或者**辅存**。

第 1 章里讲过,计算机中所有的信息都是用 0 和 1 来表示的。那么,内存是怎样存放这些 0 和 1 的呢? 内存中的数据又是怎样被读取和修改的呢?

1. 存储空间

可以把内存比作一座大楼,大楼里有很多房间,每一个房间有同样数目的床位,每个床

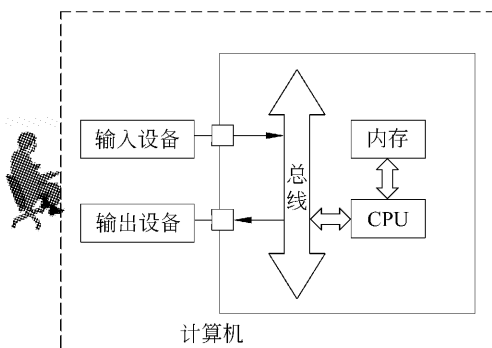


图 2-1 组成计算机硬件的四大功能部件

位只能住一个人,男的是 1,女的是 0。关于内存的几个基本概念可以跟这个比喻对应:
位——床位;内存单元——房间;内存——大楼;内存容量——大楼里的床位总数。

1) 位
在内存中,用一个电路的不同状态来表示一个 0 或 1 的储存。这样的—个数据存储单位称为一个位(bit),是内存的最小单位。

2) 内存单元
若干个位组成一个内存单元(cell),是内存存储器上可以标识的存储单位。一个单元包含的位数一般是 8 的倍数。

3) 字
存储在一个内存单元里的数据内容称为一个字(word)。显然,内存字的形式是个二进制数(见图 2-2)。有时也会不加区分地使用内存单元和字这两个术语。

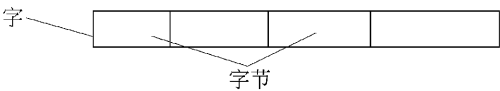


图 2-2 字和字节

4) 字节
每 8 个位称作一个字节(byte),见图 2-3。字节是表示存储器空间的常用计量单位,也用来表示数据的存储空间要求。一个字符通常存放在一个字节里面,而一个汉字需要两个字节的存储空间。

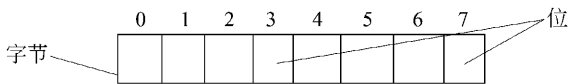


图 2-3 字节和位

5) 字长
每个内存单元包含的位的个数称为字长(word size)。现代计算机的字长是 8 的倍数。也就是说,一个字包含着整数个字节。不同计算机的字长不尽相同。一般规律是,字长越长,计算机的运算功能也越强大。随着技术的发展,计算机字长在不断地增加,从 8 位、16 位发展到今天的 32 位、64 位。

6) 单元地址
数据是以内存单元为单位存放在内存里的。每一个内存单元都要有一个唯一的标识,称为单元地址。和房间的门牌号码相仿,地址用顺序的整数来表示,0 单元、1 单元等。单元地址是访问内存的依据。顺序的单元地址构成了内存上的一个线性地址空间,因此会有“下一个单元”、“前一个单元”的说法。有时也会对字节编地址,称为字节地址。访问字节时,要经过简单转换得到字节所在的单元地址。单元地址是内存单元在硬件层次的唯一标识。

7) 存储容量
存储器的空间大小是用所包含的字节数目或单元数目来表示的,称为存储容量。如果以“个”为单位表示存储容量,数目就太大了。所以,定义了一系列的数量单位,包括:K(kilo,千)、M(mega,兆)、G(giga,吉)、T(tera,太)、P(peta,拍)等。它们之间的换算关系如下: