

计算机系统导论与应用

张海藩 张丽萍 编著

北京科海培训中心

计算机系统导论与应用

张海藩 张丽萍 编著

北京科海培训中心

前 言

计算机是社会现代化和重要手段，可以说，没有计算机的广泛应用就没有四个现代化。在各行各业推广应用计算机的热潮中，我们编写了这本小册子。

本书前三章系统讲述计算机硬件和软件和基本知识，介绍应用计算机系统时应采用的科学方法。后三章讲述使用 IBM PC 及其兼容机的基本工具——8086 / 8088 宏汇编语言，以及程序设计的基本知识。本书包含的内容既是应用计算机解决实际问题必须具备的基本知识，又是进一步学习计算机类各门专业课的基础。

本书的特点是，不仅讲述一些具体的概念，而且力图讲清这些概念彼此间的关系，以帮助读者全面地认识计算机系统；不仅介绍应用计算机的一些具体的技术方法，而且力图深入浅出地介绍应用计算机解决实际问题时应使用的正确方法论。

目 录

前言	(1)
第一章 计算机及其应用	(1)
1.1 现代社会需要计算机	(1)
1.1.1 数值计算	(2)
1.1.2 实时控制	(2)
1.1.3 数据处理	(3)
1.1.4 信息检索	(3)
1.1.5 辅助设计	(4)
1.1.6 专家系统	(4)
1.2 使用计算机解决实际问题	(5)
1.2.1 人和计算机通信	(5)
1.2.2 思考解题方法	(6)
1.2.3 使用计算机系统	(8)
1.3 计算机系统的组成与发展	(14)
1.3.1 计算机硬件	(14)
1.3.2 计算机软件	(20)
1.4 计算机算法简介	(25)
1.4.1 计算机算法的基本性质	(25)
1.4.2 算法表示	(25)
1.4.3 算法分析	(27)
第二章 计算机中的数据表示	(30)
2.1 进位计数制	(30)
2.1.1 为什么采用二进制	(30)
2.1.2 二进制数的四则运算	(31)
2.1.3 二、十进制数之间的转换	(33)
2.1.4 二进制数的缺点	(35)
2.2 计算机中数据的表示方法	(37)
2.2.1 定点和浮点	(37)
2.2.2 原码、补码、反码和移码	(38)
2.2.3 字符和字符串的表示方法	(41)
第三章 逻辑代数和数字逻辑	(44)

3.1	逻辑代数	(44)
3.1.1	逻辑代数简介	(44)
3.1.2	逻辑代数的基本公式	(46)
3.2	门电路和触发器	(47)
3.2.1	门电路	(47)
3.2.2	触发器	(51)
3.3	基本逻辑部件	(56)
3.3.1	寄存器	(56)
3.3.2	计数器	(57)
3.3.3	译码器	(60)
3.3.4	节拍发生器和脉冲分配器	(62)
3.4	组合逻辑的分析与设计	(64)
3.4.1	组合逻辑电路的分析和化简	(64)
3.4.2	组合逻辑电路的设计	(72)
3.5	时序逻辑的分析与设计	(72)
3.5.1	时序电路的状态图和状态表	(73)
3.5.2	同步时序电路的分析	(74)
3.5.3	同步时序电路的设计	(77)
第四章	8088 系统结构	(83)
4.1	8088 寄存器结构	(86)
4.1.1	通用寄存器组	(87)
4.1.2	指针和变址寄存器组	(87)
4.1.3	分段寄存器组	(88)
4.1.4	指令指针 IP	(88)
4.1.5	标志寄存器组 FLAG	(88)
4.2	存贮器的结构与分段	(88)
4.3	8088 指令系统	(91)
4.4	8088 指令格式	(93)
4.5	8088 中的数据表示	(95)
4.5.1	二进制定点整数	(96)
4.5.2	字符串数据表示	(96)
4.5.3	十进制数据表示	(96)
第五章	8088 汇编语言	(98)
5.1	汇编语言的引入	(98)
5.2	8088 汇编语言的基本概念	(98)
5.2.1	词汇表	(98)
5.2.2	常数	(99)
5.2.3	标识符	(99)
5.2.4	标号和变量	(100)

5.2.5 表达式	(101)
5.3 8088 汇编语言	(101)
5.3.1 机器指令语句	(102)
5.3.2 伪指令	(116)
5.3.3 汇编源程序的组织、存贮与运行	(128)
第六章 基本程序设计方法	(133)
6.1 BIOS 中断调用	(133)
6.1.1 基本概念	(133)
6.1.2 举例	(135)
6.2 DOS 功能调用	(139)
6.2.1 基本概念	(139)
6.2.2 举例	(139)
6.3 分支程序设计	(143)
6.3.1 基本概念	(143)
6.3.2 转移语句	(146)
6.3.3 举例	(150)
6.4 循环程序设计	(153)
6.4.1 基本概念	(153)
6.4.2 循环语句	(154)
6.4.3 举例	(156)
6.5 过程	(162)
6.5.1 过程的定义与调用	(165)
6.5.2 段内过程	(165)
6.5.3 段间过程	(167)
6.6 宏定义与宏代换	(169)
附录 8088 指令系统	(178)

第一章 计算机及其应用

实现四个现代化，关键在于科学技术现代化，而电子数字计算机（以下简称计算机）的广泛应用，则是科学技术现代化的前提和标志。

计算机科学是边缘学科，与其他学科互相渗透，互相促进。可以说，巨型计算机的研制水平，标志着一个国家科学技术和工业发展的程度，衡量一个国家的实力；中小型和微型计算机的生产数量和应用程度，标志着一个国家现代化的进程。计算机是实现四个现代化的重要手段，没有计算机、没有计算机的广泛应用，就没有四个现代化。

本章介绍计算机的典型应用，使用计算机解决实际问题的基本过程，计算机系统的组成和发展，以及应用计算机时应该知道的关于算法的初步知识。

本章所介绍的有关计算机硬件、软件和应用的一些重要概念，是今后继续学习的基础。其中绝大多数概念在本课程后面章节及其他课程中还要深入详细地讲授。在本章把它们放在一起介绍的目的，是试图讲清它们彼此间的关系。了解它们的相互关系和深入具体地了解每个概念同样重要。要求学员在学习本章时，不仅要基本上学懂每个概念，更要着重理解它们之间的关系。

1.1 现代社会需要计算机

今天，计算机的应用已经渗透到国民经济的各个领域，开始进入千家万户。大至宇宙航行和太空探索，小至个人家庭琐事，都可以由计算机帮忙。现代社会需要计算机，现代社会离不开计算机。

电子数字计算机，顾名思义是一种用于计算的电子工具。确实，它最基本的功能是可以自动、快速而又准确地进行计算，并能够储存大量信息。每台计算机至少都能执行加、减、乘、除四则运算。任何一个数学计算题目，一般都能根据近似计算的数学方法（研究这类方法的学科叫数值分析）转化成一系列的四则运算，所以，计算机能解答各种数学问题。计算机在这方面的应用称为数值计算，也称为科学工程计算，通常涉及复杂的数学问题，主要矛盾是找出好的计算方法。

计算机另一个重要功能是做基本的逻辑判断，例如，判断一个数是否为零、两个数谁大谁小等等，并能根据判断的结果决定下一步做什么动作。计算机的另一类重要应用称为非数值应用，这类应用综合利用计算机的各种能力。这类应用主要有信息处理和过程控制两种。所谓信息处理，通常是指收集有关某个部门或某项工作的大量信息，对这些信息加工处理（例如，信息的传送、存储、分类、组合、转换、查询、排序、造表等等，以及根据信息做出判断、决策或反馈），以便代替或帮助人进行管理。所谓过程控制，是对某个生产过程或科学实验过程的参数进行实时控制（调节），以保证生产或实验过程的稳定性，获得好的结果。非数值应用通常需要分析处理巨量数据，主要矛盾是找出表达和存储大量复杂信息的方法。

但是，数值计算和非数值应用的划分并不是绝对的，实际应用常常是综合性的。例如，信息处理和过程控制过程中都需要解算一些数学问题，而数值计算的结果也往往要用合适的表格或曲线输出出来。

根据国外统计，计算机用于数值计算方面不足百分之二十，而非数值应用已超过百分之八十，而且后一种应用所占比例还在随着时间流逝而不断上升。

下面简略介绍计算机的某些典型应用。

1.1.1 数值计算

数值计算不同于分析数学。分析数学主要研究运算规则和表达方式，数值计算则要利用计算机算出满足实际需要的数值解，它关心的是运算结果的有效数字（精确度）。

计算机的发展使数值计算在现代科学研究中的地位与作用不断提高，它已经成为与现代化的实验具有同等意义的研究方法。在尖端技术领域，数值计算的重要性尤其显著。尖端产品的设计、生产和运行，都要依靠计算机进行大量计算，可以说近代尖端技术的发展是建立在计算机的基础之上的。

数值计算对自然科学，特别是基础科学的发展起着重要的推动作用，可能导致许多科学研究的新突破。马克思曾经指出：一门科学只有当它成功地应用数学时才称得上是一门严格的科学。计算机的应用将促使一系列科学完成这种转变。近年来出现的计算化学、计算物理、计算生物学、计算地质学、计算天文学以及计算机医学等边缘学科，就生动地反映了计算机对科学发展所起的重大推动作用。

数值计算对建设现代化国防同样起着重大作用，研制各种尖端武器都需要进行极大数量的计算，在反导弹系统中计算机更是最重要的“神经中枢”。

天气预报对提高工农业生产，加强国防，人民生活和生命安全都有非常重要的作用。但是，准确地预报较长期的天气形势，不能凭经验，只能靠科学的分析计算。气象学告诉我们，天气变化的规律主要取决于大气运动的规律。根据流体动力学理论，可以建立大气运动方程组，解出这个方程组，便可知道大气运动情况，并进而做出天气预报。然而大气运动方程组非常复杂，求解它需要的计算量很大。人工求解，即使只做未来 24 小时的短期天气预报，工作量也有七万人日左右，形象地说，大约需要动员一万人整整计算一个星期，就算能够计算出来，也完全没有实用价值了。只有使用计算机，才能及时完成天气预报所必须的计算工作。

1.1.2 实时控制

所谓实时控制就是在被控制对象实际运行的过程中，及时地搜集、检测数据（称为取样），通过分析计算及时按最佳值自动控制或自动调节被控制对象的运行过程。它是实现自动化的主要途径。

用计算机进行实时控制，是重要的发展方向。在操作比较复杂的钢铁企业和石油化工部门，产品质量受到很多相关因素的影响，用人工控制生产过程是很困难的，在时间上也来不及。不仅如此，用人工控制还很容易发生事故。采用计算机巡回检测，自动记录数

据，快速分析计算，就能及时发现孕育中的事故，不仅能及时排除事故，还能按最佳方案自动控制生产过程，做到优质高产。

在钢铁和石油化工企业、大型电站和电网、远距离输油输气管道、大规模集成电路生产和测量、空中交通管制系统、导弹发射以及宇宙飞船飞行轨道控制等等大型复杂系统中，应该广泛使用计算机做为控制中心，进行实时控制，实现系统工程自动化。

1.1.3 数据处理

数据处理也应是通常所说的数据综合分析。人类在科学研究、生产实践、经济活动，甚至日常生活中常常获得大量信息（如实验数据、观测数据、统计数据、市场价格信息等），为了从中得出有用的结论，往往需要把这些数据按不同的使用要求进行各种加工处理，有时还要绘制数据分布曲线或印出报表。这些处理工作一般不涉及复杂的数学问题，仅仅需要做些普通的运算。但是，数据量大，时间性强是这类应用的特点。

在工业发达国家，政府、宇宙航行、卫星资源勘察、商业通信卫星、航空、铁路、港口、城市交通、邮电、通讯社、建筑工程、银行、医疗卫生等部门，都普遍地建立了各种类型的数据处理系统。随着数据处理范围的扩大，数据资源的内容越来越丰富，怎样保管和使用极其庞大的数据资源也就成为一个非常重要的问题。既然计算机具有储存大量数据的功能，它自然能在解决这个问题的过程中发挥巨大作用。确实，现在最有效的解决办法就是在计算机中建立数据库，用于存放数据。任何仓库都有管理员，然而，在计算机内建立的数据库不能由人手工管理，必须由计算机自己来管理。负责管理数据进出数据库的各种操作的软件叫数据库管理系统，它是现代计算机系统的一个重要组成成分。有了数据库管理系统以后，人们就能十分方便地建立数据库、保存和使用极大量的数据资源，特别是许多用户可以公用同一批数据，实现了人们向往已久的“资源共享”。

1.1.4 信息检索

信息检索是计算机的另一个重要应用领域，下面以情报检索为例简单介绍这方面的应用。

随着科学技术的发展和生产规模日益扩大，人类积累的情报资料的数量也急剧增加。图书资料记录了现代科学技术的成就，凝聚着人类的知识财富，对生产和科学研究都能起重大的推动作用。据统计，一名科技人员用于查阅文献资料的时间，约占科研工作时间的三分之一。然而随着图书资料数量急剧增加，人工查找所需信息也变得越来越困难了。

在科学发达国家，利用计算机进行情报检索已经形成了一个完整的自动化系统，包括：编目自动化，检索自动化，外借管理自动化，图书资料缩微化，情报中心网络化等方面的内容。据报导，用计算机进行情报检索，一分钟可以检索一千八百篇文献，其效率之高是人工方法不能比拟的。

目前，情报检索工作在很多国家里都是通过计算机网络进行的。所谓计算机网络就是把分布在不同地点的各种计算机，通过有线、无线或卫星通信系统联系起来，从而在任一台计算机上都能使用其他计算机中存储的信息。使用以计算机网络为基础的情报检索系

统，不仅可以查阅本国收藏的文献资料，还可以查阅别国保存的文献资料。用户在不到一刻钟的时间里，就可以从显示屏上看到在另一个国家里保存的他所要查找的文献内容，并且可以命令系统把所需文献复印出来。

1.1.5 辅助设计

工业部门在生产一种新产品或完成一项工程之前，总要花大量时间进行设计，设计结果通常用蓝图或版图的形式表示。一般说来，设计工作总要耗费大量人力，经历漫长时间，特别是有些图形极端复杂，用人工几乎无法完成（例如，超大规模集成电路的版图异常复杂，精密度要求极高，用人工根本无法绘制）。计算机在提高设计工作效率方面是大有作为的，可以用计算机做为辅助工具，帮助工程技术人员完成设计工作。计算机在这方面的应用称为计算机辅助设计，通常简称为 CAD。

大家知道，图形不过是物体在坐标系中的位置的一种表示方法。本质上只有两个因素决定图形：坐标系和点。计算机能储存成千上万个点的数据，所以它能描绘出极其复杂的图形。通过数学方法，可以使计算机显示的图形在三百六十度范围内任意投影，而且只要每秒钟连续投影十次以上，就能在显示屏上看到一个旋转着的图形。

有了计算机辅助设计系统以后，设计师们就可以坐在显示屏前讨论设计方案，观察任一方向上的投影图或立体形象，也可以将图形放大、缩小或转动任意角度。设计师可以随时通过键盘和光笔等输入设备修改设计方案，修改后的图像立即又显示在屏幕上。当设计方案确定以后，可以使用计算机控制下的精密绘图仪把设计图纸或版图印出来。

可以看出，有了计算机辅助设计系统，设计工作将做得既快又好；反之，如果没有计算机辅助设计技术，某些尖端产品可能根本无法设计和制造出来。

1.1.6 专家系统

把计算机快速自动计算的能力和逻辑判断的能力结合起来，就可以模仿人的智力活动，辅助甚至部分代替人的脑力劳动。因此，计算机又称做“电脑”。怎样利用电脑模拟人的智力活动，实现部分脑力劳动自动化呢？这是“人工智能”这一学科的研究领域。人工智能是计算机科学的一个重要分支，它研究如何用计算来完成通常需要用人的智慧才能完成的工作，因此，有时也称为智能模拟或机器智能。

目前在解决复杂的现实世界问题时，人工智能的理论和方法的实际应用形式，主要是专家系统。大量专家系统的出现，正在把计算机应用范围更广泛地扩大到社会生活的各个方面。那么，什么是专家系统呢？粗略地说，专家系统就是在计算机内储存大量专门知识以后构成的系统，这类系统应用人工智能技术，根据一个或多个人类专家提供的特定领域的知识进行推理，模拟人类专家解决问题的过程，解决那些只有专家才能解决的复杂问题，提供具有专家水平的解答。

国外从六十年代中期开始研究专家系统，最近十多年来对专家系统的研究和开发十分活跃，各种各样的专家系统大量涌现，有人预测，到九十年代专家系统将成为计算机应用的主要领域。为什么人们这样重视专家系统呢？主要有以下几个原因：

1、专家系统对实际问题的解答很周密。

2、专家系统可以使人类专家的专长不受时间和空间的限制。一般说来，人类专家总是很稀少的，培养一个专家不仅代价很高，而且要花很长时间。有了专家系统就可以把专家知识拿到任何地方去使用，而且可以永远使用，这就是时间和空间不受限制的含义。

3、使用专家系统可以获得很大经济效益。例如，美国从 82 年到 84 年两年间运用专家系统，等于增加了四百多亿人年的工作量。

4、专家系统是了解与研制“智能”的一个重要途径，前三次工业革命的共同特点，是它们都大大延长了人手的功能，这次新技术革命的一个重要特点却是要扩大人脑的功能，所以了解与研制智能就成为目前三大尖端技术之一了。

大量实际问题都难以建立精确的数学模型，不适于用常规办法求解，往往需要运用专家的独到经验才能解决。对于这类问题，专家系统是大有用武之地的。

专家系统的工作方式可以简单地归结为，运用知识，进行推理。因此，保存知识的知识库与利用知识进行推理的推理机，是一个专家系统的核心部分。

1.2 使用计算机解决实际问题

1.2.1 人和计算机通信

尽管计算机神通广大，既能高速自动进行计算，又能做出逻辑判断，但是它并不能主动思维，只能在人的指挥下按步就班地工作。所谓“自动”，只是指一旦人告诉它解决某个问题的方法和步骤以后，它就能一步接一步地自动做下去，并不需要人在它做完一步工作之后，提示下一步应做的工作。因此，为了能使用计算机解决实际问题，首先必须把人设计好的解题步骤和需要处理的原始数据告诉计算机，也就是说，必须能够给计算机输入信息。

其次，当计算机完成人让它做的工作之后，必须能够把它求出的解答告诉人知道，也就是说，计算机必须能够输出信息。

总之，计算机必须能和人交换信息，它才有实际用途。计算机上用于输入数据和输出数据的设备，分别称为输入设备和输出设备。

1、控制打字机

控制打字机外形类似于普通的电动打字机，有电缆和计算机主机相联。它的键盘部分相当于输入设备，可以打入各种命令和数据，传送到计算机内。它同时又是一种输出设备，在计算机主机送来的电信号的控制下，可以印出各种字符。

2、显示器

常见的显示器有键盘显示器和光笔显示器两种。显示器外形像电视机，有一个显示屏，此外还有一个键盘，如果是光笔显示器则还有一支光笔。显示器不仅可以显示字符，还可以显示图形，是一种非常实用的输出设备。用键盘可以打入字符，用光笔可以绘制图形和修改在显示屏上的图形，因此显示器又是一种非常方便的输入设备。

像控制打字机和显示器这样的既可用于输入又可用于输出的设备，使用起来非常方

便。通常把它们放在远离计算机主机的房间里，通过专用电缆或电话线与主机相连，使用者通过它们在自己方便的地方使用计算机。这样的设备通常又称为终端。

3、行式打印机

行式打印机是常用的快速输出设备。它的输出打印以一行（80 个字符，120 个字符，132 个字符或 160 个字符等）为单位进行，所以称为行式打印机。

4、绘图仪

绘图仪是一种按照计算机输出的数据，自动绘制图形的设备。接收到计算机主机发出的控制信号以后，由控制电路控制 X、Y 两个方向的步进电机的转动和抬、落笔动作，通常可以绘制出由不同粗细、不同线型（例如，实线、虚线、点线等）、以及不同颜色的线条组成的图形。

计算机绘图精度高、速度快，应用很广。现在绘图仪正在向高精度、大幅面的方向发展。用户对绘图仪的要求是精密、高效、经济和简便。

5、其他输入 / 输出方法

随着计算机应用范围迅速扩大，人机交换的信息量也越来越大。为了简化信息的输入输出工作，人们正在用人类通常传递信息的手段来武装计算机，使计算机逐步做到能听，能说，能看。例如：

(1) 文字识别装置

这是使计算机能看懂印刷文字甚至手写文字的装置。汉字识别尤其重要，如果计算机能直接看懂汉字，则将大大推动计算机在我国的应用。

(2) 语音识别与合成

语音识别技术的目标是使计算机能听懂人类语言，从而大大简化信息输入过程。语音合成技术的目标，则是使计算机通过发声装置（例如，喇叭）说出人类的语言，从而能 and 用户“交谈”。

(3) 激光印刷机

激光印刷机利用激光技术印出信息，它是一种非击打式的印刷装置，因此，更快速、更可靠而且没有噪音。

1.2.2 思考解题方法

计算机不能主动思维，为了利用计算机解决实际问题，人必须首先想好解决问题的方法和步骤，然后通过输入设备告诉计算机，让它替我们去完成繁重的计算工作。

那么，我们应该怎样思考解决某个特定问题的方法和步骤呢？下面举一个日常生活中的小例子，希望能从中得到一些启发。

假设你是一名工会干部，要在春假期间组织同志们去春游，怎样完成这个任务呢？可能你会想到，首先应该确定春游地点，然后需要解决来回交通问题，同时还应该考虑春游时搞些什文娱活动。也就是说，你把组织春游活动这个任务分解为三个更小的子任务。这三个子任务既彼此有关又相对独立，完成了这三个子任务，也就完成了组织春游活动的任务。在你决定把组织春游问题分解为上述三个子任务时，你可能并没有具体考虑应该怎样确定春游地点，或应该怎样解决交通问题，事实上，当时也并不需要考虑这些具体问题。

但是，接下来就必须考虑怎样完成每个子任务的问题了。

怎样确定春游地点呢？通常需要考虑假期长短这个因素，如果假期长就有可能去较远的地方，反之，如果假期很短则只能去比较近的地方。更主要的是需要征求大家意见，看看多数人喜欢去什么地方，然后大家一起商量决定。至于如何解决春游的交通问题，显然和春游地点有关。如果要去的通火车，则乘火车可以做为一种方案来考虑；如果要去的地方不太远，骑自行车可以做为一种候选方案；此外，还有乘公共汽车、步行等等可能的方案。最后选择那种方案，需要综合考虑方便、经济、省时……等等因素。往往有这种情况：确定了春游地点之后，去这个地方的交通问题却无论如何也解决不了，最后只好回过头来根据去什么地方交通问题容易解决，重新选择春游地点。

上面这个日常生活中的小例子能够给我们什么启发呢？首先，当有一个复杂的问题需要解决时，人们通常采取的办法不是一上来就考虑解决这个复杂问题的具体方法和步骤，而是把它分解为若干个比较小的、相对来说比较容易解决的问题（不妨把它们称为子问题）。然后再考虑每个子问题的解法，如果某些子问题仍然过于复杂，可以把它们再进一步分解为更小的子问题。这种分解过程一直进行到每个子问题都有比较明显的解决办法时为止。最后可以考虑解决每个子问题的具体方法和步骤。经验告诉我们，采用这种逐步分解问题的策略来解决复杂的问题，是一种行之有效的途径。当我们思考用计算机解决实际问题的方法和步骤时，同样应当采用这个人类解决复杂问题的普遍策略，而且应当更加有意识地采用这种方法和策略，使我们思考问题时思路更清晰更有条理。

其次，当我们依次考虑每个子问题的解法时，有时因为后面一个子问题不易解决而不得不改变前一个子问题的解法。也就是说，由于这些子问题是同一个复杂问题的不同部分，它们之间必然会有联系，必然会互相依赖互相影响，因此，在寻求每个子问题的解法时，有时会出现反复。应当认识到，解决一个复杂问题的过程，本质上是一个反复迭代的过程，不可能完全一帆风顺。

通常把从抽象到具体，通过逐步分解问题而解决问题的方法，叫做自顶向下逐步求精的方法。为了尽量减少反复，简化问题求解过程，在分解问题时应该尽量使各个子问题彼此间相对独立。

当把复杂问题分解为一系列具有比较明显解法的子问题以后，还必须确定解决每个子问题的具体的处理步骤，以便计算机遵照执行。那么，有哪些典型的处理步骤呢？如果能把处理步骤归结为少数几种典型类型，则能够使我们在思考解决每个子问题的具体步骤时更有规律，思路更有条理。

总结日常生活的经验可以看出，“顺序”是最基本处理类型。例如，早晨起来先刷牙，再洗脸，然后吃早饭。刷牙、洗脸、吃早饭等步骤是顺序执行的关系。另一种基本的处理类型是“选择”。在前面举的组织春游活动的例子中曾经说过，确定春游地点时通常需要考虑假期长短这个因素，“如果假期长就有可能去较远的地方，反之，如果假期很短则只能去比较近的地方”。这类处理步骤的特点是根据某个条件成立与否，“选择”应做的事情，这类选择型的处理步骤也称为分支型。选择型处理步骤的典型形式如下：

如果条件成立则做……否则做……

第三种处理类型是“重复”（也称为循环）。例如，“每天刷牙”这句话用“每天”这个表示重复的词，说明“刷牙”这个动作是重复执行的。在日常生活中用“每天刷牙”四个字就表达

了一个人几十年来天天都刷牙这个事实，并不需要重复说“一月一日刷牙，…，十二月三十一日刷牙”。这种表达重复的方式看来简单，人们都习以为常，但是，人在指挥计算机工作时使用这种方式表示重复却是非常重要的。计算机运算速度极高，每秒钟可以进行几百万次甚至几亿次运算，如果每做一个动作都需要人给它发一个命令，那么，人发命令占用的时间就太多了，计算机高速运行的特长根本发挥不出来。事实上，可以给计算机发重复执行命令，这样只要很少几个命令就可以让计算机做大量运算。

有了顺序、选择和重复这三类基本处理步骤，就可以用它们组合成任何复杂的处理过程，解决实际问题。我们在思考一个具体问题的解决办法时，应该有意识地练习运用这三类基本处理步骤组成处理过程，这样做能使我们的思路更有条理，解决实际问题的方案的结构更清晰。

1.2.3 使用计算机系统

利用计算机解决问题之前，人必须首先想好解决问题的方法和步骤，然后通过输入设备告诉计算机，命令它按人设想的方案去工作。但是，人类日常生活中使用的语言（称为自然语言），计算机并不懂得，为了指挥计算机按人的意图工作，必须使用专门为计算机设计的语言。

1、使用机器语言写程序

通常把不经翻译计算机硬件就懂得的命令称为指令。每种型号的计算机都有它自己的一套指令，称为这种计算机的指令系统，也叫做它的机器语言。

一般说来，每条指令都要按照规定的格式给出下列信息：

- (1) 从什么地方取来被运算的数据；
- (2) 对这些数据进行什么运算；
- (3) 算出的结果放在何处。

不同计算机指令格式也不相同，一种容易理解的格式，是由下列四部分信息组成的指令：

<操作码> <运算对象 1> <运算对象 2> <结果>

其中操作码指出做出什么运算，运算对象指出从什么地方取来被运算的两个数，也就是指出参加运算的两个数据的地址，最后一部分指出计算结果存放的地址。这种格式的指令，明显地给出为了完成一次运算而需要的全部信息。

上述指令格式中，后三部分存放运算对象或计算结果的三处地方的地址，所以这种形式的指令称为三地址的指令。实际上，多数计算机在执行完一条指令后，运算结果保存在完成运算动作的部件（运算器）中，下条指令往往用上条指令得出的结果做为运算对象之一，因此，在多数情况下并不需要在指令中明显指明计算结果的地址和第二个运算对象的地址，它们就在运算器中。为了提高指令的效率，多数计算机采用下列的一地址指令：

<操作码> <运算对象>

其中第二部分（运算对象）指明参与运算的第一个运算对象的地址。

知道了所用的计算机的指令系统以后，怎样用指令指挥计算机工作呢？是不是像使用计算器那样一条指令一条指令地向计算机发命令呢？计算器最大的缺点就是要花费很多时

间按按键和记录计算的中间结果。显然，不能用这种方式使用高速的计算机，为了充分发挥计算机高速计算的特长，必须让计算机自动计算，即，做完一个运算后不需人干预就自动做下个运算，并且自动取出要加工的数据，自动记录本次运算的结果。怎样使计算机做到能自动进行计算呢？

前面已经讲过，为了用计算机解决一个特定的问题，必须预先设计好解决这个问题步骤，并且用规定的指令格式写出每个步骤。通常把解决某个问题的一串指令的序列称为程序，把编制程序的过程称为程序设计。使计算机自动进行计算的关键是，把程序通过输入设备送入计算机，并且存储在计算机中。计算机有一个部件称为存储器，专门用来存放程序和数据。存储器有许多存储单元，一个存储单元可以存放一条指令或一个数据。每个存储单元都有一个固定的编号，称为地址。存储单元的地址是固定不变的，然而它里面存放的内容由使用者安排，是随时可以改变的。把程序放在存储器里以后，计算机自动地逐条执行程序中的每一条指令，就自动完成了整个问题的计算工作。

下面通过一个很简单的例子，具体说明程序设计过程和计算机自动执行程序的过程。

例如，计算 $y = b^2 - 4ac$ ，要求对一组 a 、 b 、 c 的值，计算出相应的 y 值。

首先，我们把整个计算工作分解成下述几个计算步骤：

第一步，输入一组 a 、 b 、 c 的值。

第二步，计算 b^2 ，结果记为 p 。

第三步，计算 $4ac$ ，结果记为 q 。

第四步，计算 $p - q$ ，得到结果 y 。

第五步，印出 y 的值。

计算机工作时，初始数据（例如 a 、 b 、 c ）、计算的中间结果（如 p 、 q ）和最终结果都存放在存储器中。每个存储单元放一个数据，每个数据的存放地址可以随意安排，只要不发生冲突即可（不同的数据要放在不同的存储单元中）。假定把计算 $y = b^2 - 4ac$ 需要的数据依次放在从 100 号单元到 106 号单元中，如表 1.1 所示。

表 1.1 数据存放地址表

数据名	a	b	c	4	p	q	y
地 址	100	101	102	103	104	105	106

假设所用计算机的指令是一地址指令，操作码有取数（从存储器取数放入运算器），送数（把数从运算器送入存储器）、加、减、乘、除、输入、输出和停止等九种操作。为了使计算机能“认得”这些操作码，必须用不同的数字代表不同的操作码，这些数字称为操作码的编码。假设上述九种操作的编码如表 1.2 所示。

表 1.2 操作码的编码

操作	取数	送数	加	减	乘	除	输入	输出	停止
编码	1	2	3	4	5	6	7	8	9

用这些指令表达上述计算 $y = b^2 - 4ac$ 的五个步骤，得到表 1.3 中 14 条指令的序列，这就是完成这个计算任务的程序。

表 1.3 计算 $y = b^2 - 4ac$ 的程序

指令地址	操作码	地址	注 解
001	7	100	输入 a 的值
002	7	101	输入 b 的值
003	7	102	输入 c 的值
004	1	101	把数 b 取入运算器
005	5	101	计算 b^2
006	2	104	把 b^2 送入 p
007	1	100	把数 a 取入运算器
008	5	102	计算 $a \times c$
009	5	103	计算 $4ac$
010	2	105	把 $4ac$ 送入 q
011	1	104	把 p(即 b^2)取入运算器
012	4	105	计算 $p - q$, 得 y 值
013	8	000	印出 y 值
014	9	000	停止计算

表 1.3 中最右面一列是注解，它说明每条指令所完成的功能。如查没有注解，程序就是一篇完全由数字组成的“密码”，别人很难看得懂。

程序编好以后，用输入设备把它送入计算机存到存储器中。在这个例子中从存储器的 001 号地址开始存放，每条指令假设存放在一个单元中（事实上，当指令很短时，一个单元可存放两条甚至更多条指令），按照指令在程序中出现的次序顺序存放。表 1.3 中最左面的一列，就是每条指令在存储器中存放的单元的地址。

程序存到存储器中以后，计算机怎样自动执行它呢？为了回答这个问题，需要对计算机的基本组成有初步了解。前面已经讲过，计算机有一个基本部件叫存储器，用于存放数据和程序；第二个基本部件叫运算器，负责对数据进行加工处理，并能暂时保存计算的中间结果。除此之外，计算机还有一个基本部件叫控制器，它根据当前正在执行的指令的操作码，指挥计算机各个部件完成各自应做的工作，并在执行完一条指令之后，自动到存储器取出下条指令来执行。关于计算机的构造以后还要介绍，现在只要知道有这样三个基本部件及它们各自的功能，就可以了解计算机的大致工作过程了。程序输入到计算机中以后，我们命令它从第一条指令开始执行。于是控制器取出 001 号单元的内容，根据指令操作码是 7，控制器知道应从输入设备输入一个数放入指令地址码指定的单元中（即放入 100 号单元）。执行完第一条指令后，控制器自动取出第二条指令进行分析，由于操作码也是 7，于是又输入一个数放到 101 号单元中。接着执行第三条的指令，把第三个数输入到 102 号单元。执行完第三条指令之后，控制器自动执行第四条指令，这条指令的操作码

是 1, 控制器把指令地址码指定的单元的内容从存储器中取出放入运算器, 即把 b 的值放入运算器。接下来控制器执行第五条指令, 命令运算器做乘法, 把取来的 b 值和上条指令放入运算器的 b 值相乘, 得到 b^2 的值。……如此一条接一条地执行下去, 执行到第 13 条指令时, 控制器命令输出设备印出算得的 y 值。最后执行第 14 条指令, 它是停止指令, 计算机暂停工作。

按照上述工作方式, 一旦输入了程序之后, 就可以命令计算机从存储第一条指令的地址开始工作。控制器从存储器中逐条取出指令、分析指令并执行指令规定的操作。控制器在一条接一条地执行指令的过程中, 一般不需要人工干预, 从根本上克服了计算器的缺点, 实现了自动计算。综上所述, 计算机是根据事先存放在存储器中的程序, 在控制器的控制下实现自动计算的, 计算机自动计算的过程就是自动执行程序的过程。

上述例子中假设所用计算机只有取数、送数、加、减、乘、除等九种操作, 这样假设只是为了简化说明, 并不符合事实。如果计算机只有这九种简单指令, 那么我们每让计算机做一个动作就必须写一条指令, 让计算机做一百万次运算就要写一百多万条指令, 人的负担就太重了。在前一小节曾经讲过, 解决一般问题所需要的处理步骤只有顺序、选择和重复三种基本类型。为了实现选择型或重复型的处理, 必须有“条件转移”指令, 即在一定条件成立时不再顺序执行下一条指令, 而是转去执行转移指令所指定的指令。根据什么条件转移呢? 实际使用中可能不同场合需要根据不同条件而转移, 有时需要当运算器中的结果等于零时转移, 有时在运算器中的结果大于等于零时转移, 有时当一个指定的数比另一个给定的数小时转移, ……。一般说来, 每一种转移条件对应一条指令, 实际计算机中都有许多种条件转移指令。此外, 计算机中还需要有各种逻辑运算指令及其他指令, 因此, 一台实际计算机的指令系统通常是很复杂的, 少则包含几十条多则包含几百条指令。

下面再通过一个简单例子, 说明怎样利用条件转移指令实现重复计算。如果在前一个例子中, 希望每输入一组 a 、 b 、 c 的值就计算出一个 y 值, 重复计算直到某次算出的 y 小于零为止, 怎样写程序呢?

首先考虑解决这个问题的步骤。有了前一个例子为基础, 解决这个问题就比较容易了。我们可以先比较概括地描述这个问题的解法: 输入原始数据并计算 y 值, 如果 y 值大于等于零则重复上述过程, 否则停止计算。上述解法可用图 1.1 来描绘。

图 1.1 是流程图, 图中箭头表明执行顺序, 即顺着箭头指出的方向依次执行各个处理框中标明的操作, 菱形框是条件判断, 根据条件成立与否分别有两种不同的执行序列。关于流程图以后还要进一步介绍。

接下来对上述抽象解法加以细化, 得到下列详细处理步骤:

第一步, 输入一组 a 、 b 、 c 的值。

第二步, 计算 $4ac$, 结果记为 q 。

第三步, 计算 b^2 。

第四步, 计算 $b^2 - q$, 得到结果 y 。

第五步, 印出 y 的值。

第六步, 如果 y 值大于等于零则转回第一步, 否则停止计算。