



计算机系统与信息处理

● 童 频 著
● 科学出版社

计算机系统与信息处理

童 颖 著

科 学 出 版 社

1985

内 容 简 介

本书系统地介绍了作为自动信息处理系统的电子计算机的功能及组成原理。着重阐述了有关计算机系统的基本概念、计算机如何在存储程序的自动控制下实现信息处理的全过程及其有关的基本知识。

本书的主要特点是把计算机视为硬件与软件统一的信息处理系统,既介绍了计算机的硬件结构,也介绍了软件的组成原理,使读者能建立一个比较完整的计算机系统的概念。

本书可供具有中等文化程度以上的学生、教师、计算机爱好者及非计算机专业的工程技术人员阅读、参考。

计算机系统与信息处理

董 颖 著

责任编辑 陈永清 曾美玉

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1985 年 10 月第一次印刷 印张: 5 7/8

印数: 0001—13,500 字数: 129,000

统一书号: 15031·676

本社书号: 4015·15—8

定 价: 1.10 元

前 言

人类社会的活动，无时无刻不在产生着大量的信息，而且需要对这些信息进行准确而迅速的处理。越是现代化的社会，对信息处理的要求就越高。电子计算机已经成为当代最重要的信息处理工具。因为电子计算机不仅能计算，而且更为重要的是还能从事非数值信息的处理。

当今电子计算机的应用，已经遍及人类社会活动的各个方面，大至对宇宙的探索，小至对个人日常琐事的安排等。现已越来越多的人希望了解计算机，以便把它应用到自己的专业领域中来，为实现祖国的现代化多作贡献。本书的编写，力求以不多的篇幅，向广大非计算机专业的从业人员较为系统地介绍计算机的各组成部分及其工作原理。

作为一个计算机系统，有所谓硬件和软件之分。本书则是从一定的算法对数据进行加工这一观点出发，把计算机视为一个硬件与软件互相交融的、统一的处理系统来介绍的。

作者假定本书的读者具备相当于高中以上文化水平，而且具备一定的数学、物理、电工或电子技术方面的基础知识。写作时，力求深入浅出，既便于自学，也有助于专业科普性质的短训班、职工业余教育或中等科技教育等用作教学参考。

本书在写作过程中，受到许多同志的鼓励和支持；金兰教授对初稿进行了仔细的审阅，提供了可贵的修改意见；毕树校同志还为本书绘制了插图；陈忠、石履超等同志都给予了可贵的帮助。作者由衷地感谢他们。同时也欢迎广大读者对此书提出宝贵意见。

作 者

引 言

自从1946年第一台电子计算机问世以来，只不过几十年时间。然而在这短短的几十年中，它已经历了几“代”的变革，它的应用已经遍及各行各业。可以毫不夸张地说，一个国家的计算机科学技术水平和应用计算机的深、广程度，是衡量这个国家现代化水平的重要标志。

如果说蒸汽机的发明，引起了第一次工业革命，促进了人类体力劳动的机械化，大大提高了工作效能的话，那么，可以说电子计算机的发明已经引起了或正在经历着一场新的科学技术革命。不但已把生产劳动的自动化程度提高到了一个新的水平，而且极大地提高和扩展了人类脑力劳动的效能。

说到这里，可能有人会感到疑惑，同时也可能会认为，所谓计算机，它无非是一种计算工具而已。然而大家所熟知的算盘、计算尺、手摇计算机、电动计算机、乃至现在市场上随处可见的电子计算器等等，也是一种计算工具，但是为什么它们并不见得有什么惊人的本领，而唯独电子计算机却如此神通广大？有许多似乎和“计算”毫不相干的领域，例如情报检索、语言或图象处理、文字翻译等等，为什么电子计算机也能发挥作用呢？电子计算机究竟是怎样工作的呢？

的确，电子计算机的应用，已经大大超出了单纯“计算”的范围。“计算机”这个名称和它所能起的作用早已不相适应了。应该说，把它叫做信息处理机更为恰当。不过“计算机”这个名称已经被人们叫惯了。如果改换一个名称反而感到不便。正如现代的电气机车已经不再烧火，但是我们还是

叫它“火车”一样。

本书将从分析人类社会活动中的各类信息处理问题入手，找出它们的共性，得出信息处理系统的基本工作模式。然后论述电子计算机怎样取代本来属于人类脑力劳动范畴的信息处理功能，并介绍在一个计算机系统中各个基本组成部分的作用和工作原理。希望通过本书的扼要介绍，使原来并不十分了解电子计算机的人能够大体上了解电子计算机是怎样工作，怎样组成一个计算机系统，组成计算机系统的所谓硬件和软件究竟是怎么回事。并一般了解现代电子计算机之所能与之所不能，从而打破对电子计算机的神秘感。同时，为开拓对计算机的应用提供必要的基础知识。

目 录

引言	(v)
一、人类社会活动与信息处理——信息处理的基本模式	(1)
(一) 科学计算	(2)
(二) 过程控制	(5)
(三) 企事业管理数据处理	(7)
(四) 情报检索	(11)
(五) 实验或生产中的测试与分析	(14)
二、电子计算机系统组成原理	(23)
(一) 信息的表达方式	(23)
1. 二进制编码	(23)
2. 数、字符和指令的表示	(26)
3. 表现和保存二进制码位的基本电路	(29)
4. 基本逻辑线路——各种门电路	(33)
5. 寄存器	(35)
(二) 计算机怎样记忆?	(37)
1. 存储程序概念	(38)
2. 存储器	(38)
(三) 计算机怎样处理信息?	(58)
1. 二进制数的运算法则	(58)
2. 计算机如何实现加法运算?	(61)
3. 算术逻辑部件(ALU)的组成	(68)
(四) 计算机怎样控制信息处理过程——指令系统、程序	

设计、控制器的组成	(70)
1. 一台模型计算机的指令系统	(71)
2. 程序设计	(83)
3. 计算机如何执行程序?	(89)
(五) 计算机怎样和外界交换信息?	(99)
1. 外围接口	(100)
2. I/O控制方式	(102)
(六) 计算机的中断处理功能	(105)
(七) 早期电子计算机使用中发生的矛盾及其解决途径—— · 软件的形成和发展	(111)
1. 问题的提出	(111)
2. 汇编语言及汇编程序	(112)
3. 算法语言及编译过程	(127)
4. 操作系统	(152)
5. 系统软件	(158)
(八) 现代计算机系统的组成	(160)
三、电子计算机的发展概况	(166)
(一) 历史的回顾	(166)
(二) 谈谈几个发展方向	(167)
1. 微型化	(167)
2. 计算机网络	(172)
3. 多机系统和并行处理	(172)
4. 人工智能及其应用	(173)
5. 软件工程	(174)
结束语	(177)

一、人类社会活动与信息处理

——信息处理的基本模式

人区别于动物的首要之处是人会创造和使用劳动工具。劳动有体力劳动和脑力劳动两方面，既互相区别又互相密切联系。比如原始人要做一把石斧，首先，他们从大量的劳动实践中，概括出“具有锐利边缘的楔形石块能够有效地切割和砍伐”这样一个认识，然后他们着手去制造石斧。制造石斧的劳动本身是一种体力劳动；按照什么模样和步骤去制造这样一把石斧的构思，却是一种脑力劳动。同时，人类的群居和共同劳动，需要对来自自然界和人类社会的各种现象进行分析判断，作出相应的反应，并且互相交换思想。这样就产生了信息（也可以说是情报。在英文中，信息或情报实际上是同一个字 *information*）的交换、传递和处理问题。要对“信息”这个概念下一个严格的科学定义是困难的。我们也不准备在这里探讨这个问题。我们可以这样认为，信息是客观事物的存在方式和运动状态的反映，这种反映通常总是通过一定的物质或能量的形式表现出来，而直接或间接地能为人们的感官所感觉。例如：温度计的指示、飞机的飞行速度、一句话、一封信、一份密码电报、火车时刻表、数学公式、统计图表、来自遥远星体的光线和其它电磁辐射等等，它们的表现形式各不相同，但都包含着某种信息。

随着人类社会的发展，人类社会实践活动所产生的信息量和信息表达形式的复杂程度都有增无已。为了能够快速而

准确地对大量各种信息进行加工处理，使人类从大量重复而烦琐的脑力劳动中解放出来，人们早就梦寐以求地想要发明一种能够进行信息处理的自动机器。早在一百多年以前，有个叫查理·巴贝奇 (Charles Babbage, 1791—1871) 的英国数学家，几乎以毕生的精力从事机械自动计算机的研制。虽然限于当时的工业技术水平，最后未能制成，但是巴贝奇的自动计算机的设计思想，却孕育着现代电子计算机的雏形。直到1946年，世界上第一台电子管计算机ENIAC(*Electronic Numerical Integrator And Computer*)问世，终于在相当程度上实现了数学计算的自动化，并为进一步实现各种类型信息处理自动化开拓了广阔的前景。

为了更好地理解，电子计算机为什么能用来解决人类社会活动各方面的信息处理问题，让我们先从几个典型的人类实践活动的例子谈起。

(一) 科学计算

所谓科学计算，包括从简单的四则运算到求解极其复杂的偏微分方程组；从各种不同学科领域的工程设计计算到尖端科学技术和基础学科研究所要求解决的各种计算问题，涉及范围极为广阔。下面仅以求自然数列中第1到第N个元素之和为例，说明人工求解过程。最自然的，然而也是最笨的一种办法是，先取第一个数1，然后取第二个数2和它相加，记下中间结果3；然后取第三个数3和上一次中间结果相加；……如此反复相加和记下中间结果，直到加完最后一个数N，运算完毕。这个过程可以用所谓流程图的形式加以描述，如图1所示。图1(a)完全是按照死板的步骤一步不少地描述的。从图中可以看出，“取一个数”、“求

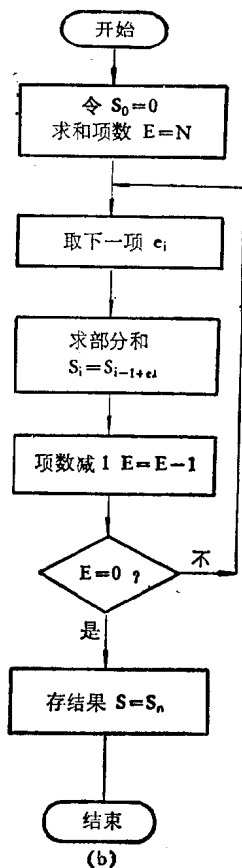
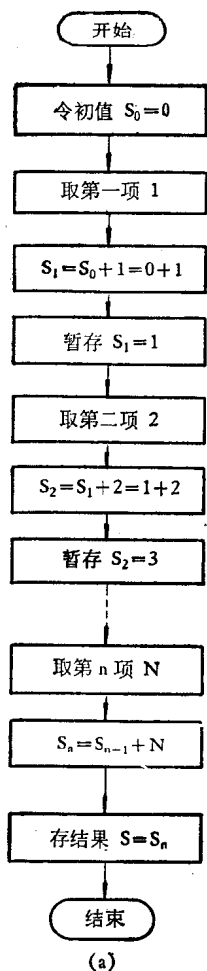


图 1 计算 $S=1+2+\cdots+N$ 的流程图

部分和”。 “暂存部分和”三个步骤重复了 N 次。只是每次重复使用的数不同。因此，我们可以利用所谓“循环”的

技巧，得出另一个较为简明的流程图 1 (b)。图中求和项数 E 实质上是一个控制循环次数的计数值。在本例中，它应当赋与初始值 N。以后每执行一次求部分和的运算后，令这个计数值减 1；如果它不等于零，表示需要加入的项尚未加完；反之，若等于零，表示全部应加的项都已加完，只要把结果存起来就可以了。

以上这种求和的方法，当 N 很大时是非常累赘的。大家知道，高斯首先提出了一个简便的计算式：

$$\text{和} = \frac{(\text{首项} + \text{末项}) \times \text{项数}}{2}$$

在我们这个特例中，这个计算式可表述为：

$$S = \frac{(1 + N) \times N}{2}$$

如果我们按照这个式子求解，就可以用图 2 所示流程图来表示整个求解过程。显然，这个计算过程比前述按死板的方法



图 2 按高斯公式计算 $S = 1 + 2 + \dots + N$ 的流程图

进行计算的过程要简便得多。尤其是当 N 很大时，更能显示出后者的优越性。

从上面这个例子可以看出，解决同一个问题，存在着几种不同的计算方法；对于同一种计算方法，具体实施步骤也可以有所不同（例如图1(a)所示顺序结构和图1(b)所示循环结构）。

(二) 过程控制

在人类生产活动中，有许多过程控制问题。例如：操纵机床；驾驶汽车、轮船、飞机；工业生产流程的调节与控制；操纵大炮射击等等。这些过程虽然形形色色，各不相同，但是如果我们从信息处理的角度，考察它们的控制过程，却能发现它们之间还是存在某些共同的东西。

例如，假设有如图3所示那样一个热水供应装置，要求

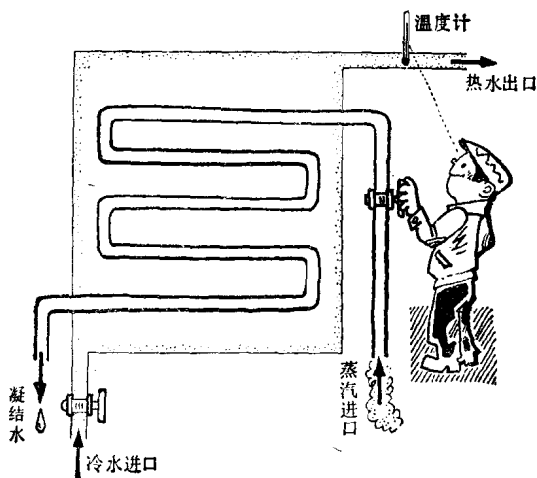


图3 热水供应装置示意图

热水温度维持在 $+40^{\circ}\text{C}$ 左右。人将怎样进行调节（控制）呢？首先，他要在头脑里记住 $+40^{\circ}\text{C}$ 左右这样一个给定值。然后他不断地监视热水出口的温度计读数，把所读到的温度计指示度数 T 和头脑里记住的给定值 $+40^{\circ}\text{C}$ 进行比较：如果 $T > 40^{\circ}\text{C}$ ，则需要把进汽阀门关小一点；反之，如果 $T < 40^{\circ}\text{C}$ ，则需要把进汽阀门开大一点。这样一个过程可以用一种

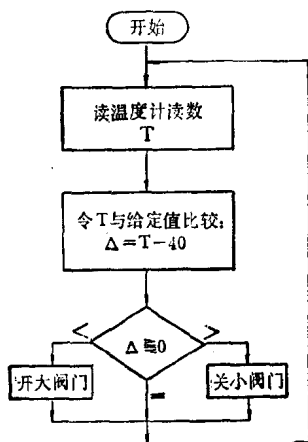


图 4 热水供应装置流程图

如图 4 所示的流程图来描述。在这个过程中，也有一个确定的算法，这就是把温度计的读数 T 和给定值 $+40^{\circ}\text{C}$ 进行比较，实际上是进行减法运算，求出其偏差 Δ 。但这里不以求出偏差 Δ 为满足，而还要依据 Δ 是否等于或大于或小于零而执行相应的操作。

再如驾驶飞机的过程，为简化起见，我们不考虑起飞和降落过程。那么，驾驶飞机的任务可归结为保持飞机在一定的高度上，以一定的速度沿着预定的航线飞行这样一个过程。可以用图 5 所示的流程图来描述。比较一下图 5 和图 4 这两个反映不同控制过程的控制流程图，可以看出，它们是非常相似的。

其它过程不必一一列举。从这两个例子已经可以看出，对于一个过程控制来说，相应的信息处理过程至少包含以下三个基本步骤：

- ① 运行参数的检测（或称数据采集）；

②把实测值与给定值相比较，

③根据比较结果，给出相应的动作控制信号。

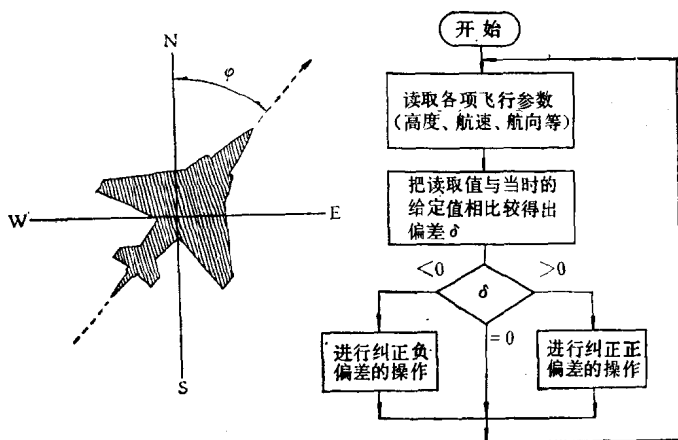


图 5 飞机驾驶控制过程示意图

(三) 企事业管理数据处理

在工业生产管理工作中，在经济活动领域内，存在着大量的数据处理问题。例如，职工档案材料管理，工资计算，财会业务，仓库管理，计划调度，产品成本核算，现场数据的采集与分析，指挥生产的决策等等。可以说随时随地都有大量以现场记录、统计报表、财务账目、档案材料、技术文件等形式表达的数据需要进行处理。所谓处理，不外乎就是检索、修改、增补、删除、分类、汇总，以及进行必要的统计、运算等操作。

例如，在某个工厂里，工人到材料库房领料的过程，不妨也用一个带简要说明的框图来描述，如图 6 所示。图中当

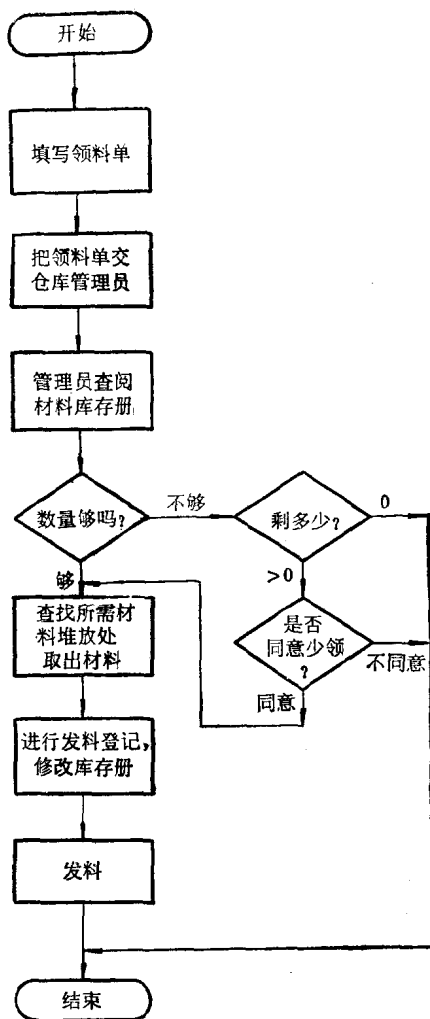


图 6 到库房领料过程示意图

库房管理员收到领料单后查阅材料库存清册时，可能出现两种情况，即库存量足足有余，可以按领料单所开数量如数发

给；或者库存量不足。这就是说，在处理过程中，按照库存量的多少，将出现两种不同的选择。我们说，这个处理过程出现了“分支”。在库存量不足的情况下，又有两种不同的情况：库存量等于零，即材料已全部发完；或者尚有一定量的剩余。在后一情况下，又有两种不同的情况：一种情况是领料人同意领取不足量的材料；另一种情况是领料人愿意等待库房进货后再来领料。上述不同情况的判断和决择，正如在图 1(b)、图 4 和图 5 中一样，用一个或若干个菱形框来表示。

又如，人们到银行取款



图 7 去银行取款或存款的流程图

或存款，这是大家都已习以为常的一种过程。图 7 不过是用框图的形式加以描述，无需多加解释。

