

21
11
【英】 Andrew J. T. Colin

计算机科学基础

北京科学技术出版社

计算机科学基础

〔英〕安德鲁J·T·科林

黄铁生、龙守谏、计晓云 译

王友彭 校

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书主要叙述计算机系统的原理、结构和应用,包括数制和二进制运算、硬件组件、软件、外围设备以及小型和微型计算机等。叙述中采用统一的整体方法,着重硬件和软件的相互依赖关系,并介绍了一种假想机的整个设计过程。内容简明扼要,深入浅出。适于作大专院校低年级计算机科学基础课程的教科书,也可作为非计算机专业的工程技术人员、管理人员等学习计算机的入门书。读者认真学习本书以后,即可建立起计算机原理和应用知识的骨架,为进一步学习计算机知识打下良好的基础。

书后附有较多的习题和答案,可供学习时参考,能帮助读者进一步理解书中的基本原理和概念。

Fundamentals of Computer Science

Andrew J.T. Colin

JSS20/03

First published 1980 by
THE MACMILLAN PRESS LTD

计算机科学基础

(英) 安德鲁J·T·科林 著
黄铁生 龙守谏 计晓云 译
王友彰 校
北京科学技术出版社

(北京西外大街140号)
北京市科学技术印刷厂印刷
北京市新华书店发行
各地新华书店经售

开本: 850×1168毫米1/32 印张: 9 1/2, 字数: 247千字
1984年7月第一版 1984年7月第一次印刷
印数: 9,000 定价: 1.50元
统一书号: 15274·007
本社书号: 026

前 言

计算机科学知识可分为两大类：一是程序设计；二是计算机系统的原理、结构与应用。本书的中心内容是介绍第二类知识，即主要不是讲程序设计，假设读者同时也在学习程序设计方面的课程。

了解计算机系统需要广泛的知识，包括普通物理学、电子学、信息论、逻辑设计、计算机体系结构、微程序设计、机器码程序设计、编译程序、解释程序、操作系统以及若干种典型的计算机应用知识等。然而，最重要的是要有一种全面的观点，以揭示所有这些不同的领域是如何协调地工作来构成一个完整的系统的。

传统的计算机科学课程在选择课题时，往往使各个课题显得互相孤立。学生们可能是由一位教师来教基本逻辑设计，由另外一位来教汇编程序设计，再由第三位来教高级语言，而这些领域之间的联系则根本没有说明。学生对课程的印象是，犹如几个轮廓清晰的小岛处在广大无边的具有奇异魔法的海洋之中。

本书的目的就是为这门课程提供一个连续的、逻辑上互相联系的概述，以驱散这个魔法。例如，介绍逻辑设计部分没有简单地停留在二进制加法之类的基本组合功能上，而是进一步介绍了多路转换器、时序电路和总线。这样，讲述计算机总体设计这一章就不必依赖与前面讲过的内容没有明显联系的抽象概念，而是可以利用学生们已经熟悉的概念。

在学习一年级的课程中，不花一定的代价，要掌握这种处理上的连续性是达不到的。首先，课程进度很快，不能经常停下来探讨那些对主题来讲非本质的细节；其次，本书所描绘的仅是贯穿这一课题的一条线索，其目的仅仅在于说明计算机系统一种可能

的实现方法，可选的途径是多种多样的，但在叙述的每个阶段，简单地忽略了其它可选择的途径。

每位讲授计算机科学的教师都可以提出一些题目只做简单论述，或者甚至不讲。尽管如此，凡读过本书并理解了它的基本内容的学生将至少知道一种可运行的计算机系统的实现方法。他的知识在概念上将是连贯的，他将有一个统一的知识骨架，还可以用将来学到的新概念来充实这个骨架。

计算机系统是现有的最复杂的人造系统之一。理解这种系统的唯一办法就是采用“整体法”。整体(Holistic)这个词是Koestler最先使用的。它描述一个分级系统，在这种系统中，每个部件本身又是由更为基本的元件构成的系统。在计算机科学中，“整体”原则出现在每一个部分，不论对于硬件或软件都是如此。在本书中，整体原则也有相当多的应用。有时在描述硬件时，研究方法是“自底向上”，某些功能单元（如全加器或多路转换器）完全是通过它的基本部件来说明的，然后假想将它封入一个具有适当数目端子的方框中，再把它当作更为复杂的结构，如并行加法器和运算器的“基本”元件来使用。

在软件方面，比较常用“自顶向下”的设计方法。本书推荐使用一种流程图，其中在某些阶段尚未理解清楚的部分可画成“云状图形”，然后扩展和详述这些云状图形。这样一级一级地做下去，直到能够用基本的术语来表达整个的算法。

利用结构来描述复杂系统，可以说是本书处理问题最重要的思想方法之一。希望本书所采用的完整研究方法将帮助读者熟悉它，并将它用到日常工作及研究工作中去。

本书末尾有十组练习题，每组都是按一章或两章的内容提出的，同时给出了标准答案。

关于机器编码的三组练习，假定对抽象计算机“SNARK”使用了一个简单的模拟程序。在附录B中，有一个BASIC程序，

• II •

它适用于 8 K 的 Commodore PET 2001* 机器。这个程序不涉及图形或该计算机的任何其它特点，可以很容易地在其它系统上运行。

在此，我要感谢使本书能够出版的很多人：Strathclyde 大学的学生和同事们读了手稿，提出了意见并查出了错误；Frank Sumner 和 Simon Lavington 不断地鼓励我并做了详尽的建设性评论；Agnes Wisley 小姐将本书打印出来（有些部分打了很多遍）；更要感谢我的妻子和家庭，当他们完全有理由要求我拿出时间来关心他们时，他们却不来打搅我。

安德鲁·科林

1980 年 1 月于格拉斯哥

-
- 这个程序的盒式磁带能从 Commodore Ltd, 360 Euston Road, London, NW1 买到。

缩写词 (Abbreviations)

ACC	Accumulator (累加器)
ARPA	Advanced Research Project Agency ((美国国防部的) 高级研究计划局)
ASCII	American Standard Code for Information Interchange (美国信息交换标准码)
BASIC	Beginners' All-purpose Symbolic Information Code (初学者通用符号指令码)
BNF	Backus—Naur Form (巴科斯—诺尔形式)
CIR	Current Instruction Register (当前指令寄存器)
COBOL	Common Business-oriented Language (面向商业的通用语言)
DEC	Digital Equipment Corporation (数字设备公司)
EBCDIC	Extended Binary Coded Decimal Interchange Code (扩充的二-十进制交换码)
EMI	Electrical and Musical Industries Ltd (电气与音乐工业有限公司)
GPO	General Post Office (邮政总局)
IBM	International Business Machines Ltd (国际商业机器有限公司)
ICL	International Computers Ltd (国际计算机有限公司 (英国))
JDL ^①	Job Description Language (作业说明语言)
MAR	Memory Address Register (存储地址寄存器)
PET	Personal Electronic Transactor (个人电子代理商)

① 原文缩写词为JCL, 则注释应为, Job Control Language (作业控制语言)。——译者注

目 录

前 言.....	(I)
第 1 章 信息.....	(1)
1.1 四次信息革命	(1)
1.2 信息的若干性质	(2)
1.3 编码	(10)
第 2 章 计算机内的信息.....	(14)
2.1 字符的表示	(15)
2.2 数的表示	(16)
2.3 二进制数的外部表示	(25)
第 3 章 计算机的基本结构.....	(27)
3.1 概述	(27)
3.2 逻辑网络	(28)
3.3 液压模拟	(29)
3.4 电子电路	(32)
3.5 真值表	(33)
3.6 真值表与逻辑网络之间的转换	(35)
3.7 传播时间	(41)
第 4 章 二进制运算的实现.....	(42)
4.1 计算机字的串行和并行转换	(42)
4.2 数的加法	(43)
4.3 数的减法	(46)
4.4 多路转换器	(48)
4.5 二进制数的移位	(50)
4.6 运算器	(51)
第 5 章 顺序网络.....	(53)
5.1 存储元件	(53)
5.2 寄存器	(58)
5.3 总线结构	(60)

5.4 寄存器传送表示法	(63)
第6章 快速存取存储器	(64)
6.1 随机存取存储器	(64)
6.2 只读存储器	(68)
6.3 定时	(69)
第7章 SNARK导论	(70)
7.1 SNARK计算机	(70)
7.2 SNARK的基本结构	(71)
7.3 指令	(72)
7.4 地址方式	(74)
7.5 输入和输出	(76)
第8章 SNARK的转移指令	(78)
8.1 条件转移	(79)
8.2 流程图	(81)
8.3 可控循环	(83)
第9章 SNARK的数组处理	(88)
9.1 SNARK指令的内部格式	(88)
9.2 变址	(91)
9.3 查表	(92)
9.4 存取整个表	(93)
9.5 表检索	(94)
第10章 计算机总体设计	(99)
10.1 操作顺序	(99)
10.2 可变的顺序	(105)
10.3 SNARK的设计	(112)
第11章 后备存储器	(138)
11.1 串行存储器	(138)
11.2 循环存储器	(142)
11.3 分级存储器系统	(147)
第12章 外围设备	(148)
12.1 人-机通信外围设备	(148)
12.2 穿孔纸	(155)

12.3	与机器系统的连接	(156)
12.4	通信	(157)
第13章	软件	(159)
13.1	符号汇编程序	(160)
13.2	高级语言	(162)
13.3	操作系统	(166)
13.4	程序库	(167)
第14章	翻译程序	(168)
14.1	语言定义	(169)
14.2	词法分析	(173)
14.3	语法分析	(179)
14.4	代码生成	(183)
14.5	编译程序和解释程序	(194)
第15章	计算机的历史	(196)
15.1	计算机的一种分类法	(201)
第16章	主体计算机	(204)
16.1	文件维护	(205)
16.2	物理及工程问题	(208)
16.3	操作系统	(209)
第17章	小型计算机	(217)
17.1	一般应用	(217)
17.2	生产控制	(217)
17.3	X射线层析摄影法	(221)
17.4	包交换	(224)
第18章	微处理器	(228)
18.1	玩具与游戏	(229)
18.2	文字处理	(229)
18.3	微型计算机	(232)
18.4	结论	(234)
附录A:	SNARK——抽象教学机	(235)
附录B:	SNARK模拟器程序	(242)

作业.....	(255)
标准答案.....	(284)
参考书.....	(304)

第1章 信 息

计算机是一种用来存储和处理信息的机器。本书开始这一章就叙述这个陌生事物的若干性质。

1.1 四次信息革命

现今，为数众多并且越来越多的人们把精力用于收集、分配和产生信息上。“信息职业”包括：作家、广播员、教师、邮递员、电话工程师、信号员、代码专家等等。有时候在报纸上有这样的说法：人类文明寓于“信息革命”之中，信息革命对我们生活各方面都有重要影响。事实确实如此。因为以前至少已经有了三次信息革命，所以把目前的信息革命称为“第四次信息革命”更为正确。

第一次（或许是意义最深远的一次）信息革命是语言的发展。当我们的祖先学会说话的时候，他们就获得了一种比只是做手势及发简单声音远为高明得多的表达思想及概念的手段。他们所学到的一切就可以传给他们的孩子们，从而使人类知识的积累一代代地增长起来。语言是人类智力成就的根源，而且是人类不同于其它动物的标志。

第二次信息革命是书写的发展。书面文件远比人的记忆更精确和持久，而且容易复制和传递。书写可使信息可靠地保存很长的时间，而且能使两个从来没见过面的人互相交换信息。很难想象，一种文明不需要依赖书写就能保持完整。

第三次信息革命是中世纪末期印刷术的发明带来的。在此以

前，信息是难以广泛传播的，虽然已经有了书，但每册副本都是手抄的，因此书就成了宝贵而稀有之物。大部分人既不能读也不能写，他们唯一能看到的书就是拴在教堂读经台上的圣经。

印刷术完全改变了这种状况。书籍、杂志及报纸成批地生产出来，很多国家有文化的人的比例已经很大。印刷品到处被用来传递信息、给人以娱乐以及用来影响和支配人。

这三次信息革命中的每一次，最终都导致日常生活的重大变化。虽然这种影响要花千百年才能全面显露出来。

目前的革命是由于计算机的引入而发展起来的。这种机器出现才三十多年，然而它已经使得整个工业显得面貌陈旧，而且在其它方面也带来根本的变革，几乎每一个人都被波及到了。

把计算机与说话、书写及印刷技术加以对照，便最好地说明了计算机的作用。说、写和印刷是人们分享精神财富的基本方法，其目的就是要使听者及读者最终得到与说话人及写字的人相同的概念或印象。若做不到这一点，就被看作交流中出现故障而失败。说、写和印刷的过程都被认为对所传递的信息不做任何改变。

另一方面，计算机是一种信息处理机。计算机通常通过键盘接收周围的信息，这点很象印刷机。但是，计算机并不是简单地传递信息，它能够储存、紧缩信息，把信息转换为不同的格式，使用信息进行逻辑推理，还能检查某一信息与其它信息项目的一致性，或用信息直接做出重要决策。计算机使通常的思维过程实现机械化，犹如在十九世纪时，蒸汽机代替了人类的体力劳动一样。

直到1975年，计算机一直是昂贵的，但近来发展的叫做“微处理机”的廉价计算机，将肯定会使我们日常生活的变化加快速度。

1.2 信息的若干性质

信息与任何物质实体根本不同，本质上是抽象的，既无重量

又无大小。信息本身不能独立存在，而需要一种物理的“运载工具”或介质，如人类大脑细胞网络、空气中的声波、纸张上的图形或穿孔卡片上的孔。然而，它通常是有价值的，而且可以交易和伪造。信息尤其容易被偷走，因为不必毁坏原版就可以得到复制件。某些信息是如此的重要和机密，以致必须采取很多防范措施来确保其安全。

象大多数具体事物一样，信息也会讹误和衰减。一组信息就象一张姓名及住址清单，一开始是完全正确的，但随着时间流逝，一些人迁移了，一些人结婚改变了姓名，一些人死去，这清单的质量就逐渐变得越来越差，直到若干年后，变得完全不能用了。

为了搞清信息的若干性质，我们必须在人为的条件下研究它，这很象物理学家用从高处落下的物体研究有引力一样。开始时，我们要下一些定义，和所有定义一样，这些定义是抽象的，但应充分地概括绝大部分实际情况。

设想一个简单的信息系统，具有源、介质和目标三个部分，如图1.1所示。

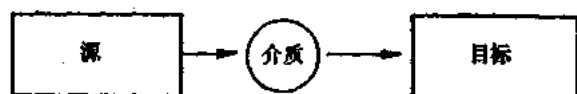


图1.1

在此系统中，假设信息源要传送消息到目标去。信息源先在有限的一组可能消息中选择一个，用一套规则或代码将其传至介质。一段时间后，介质就把消息传到目标，目标再使用同样的代码译出它的意义。

这样的描述有些单调，但却适用于很多实际情况，其中若干实例示于表1.1中。

有几点值得注意。首先，我们断言，信息源可用的消息的数目是有限的，就是说，正好这么多，不会更多了。这与我们讲话

的灵活性以及愿意谈什么就能谈什么是难以一致的。实际上，我们所谈或所写的每件事，都由符号序列组成——这就是说出的话或写出的字母。

表 1.1

源	介 质	目 标	代 码
说话的人	空气	听话的人	任何人类语言
写字的人	纸和墨水	读字的人	字母，拼写规则等
发信号的潜水员	绳子	水面上的维修人员	‘拉一下——给更多的气’ ‘拉二下——我很好’ ‘拉三下——拉我上来！’
发送气象资料的卫星	无线电波	监控计算机	电视图象约定

假若我们认为，每一个符号都是一个有效的消息，那数目确实是有限的。英语约有30 000个词，其字母表有26个字母。如果你发明了新的词或字母，将不会被理解，因此信息不能传到指定目标。

其次，每个消息必须作为过程的组成部分来编码。一个代码就是一种约定，这个约定要事先为源和目标所知。在某些条件下，要选择特殊的代码以达到或压缩、或保密、或适于沿着路径传输的目的。但在一般谈话中，编码过程是如此的自动化，除非我们遇到一个说不同语言的人，否则就觉不出它的存在。代码的重要性质有两个：第一，每一个可能的消息应有其唯一的表达方式；第二，在消息传送前，这个代码应是已知的，并得到认可。

再者，在介质收到消息的瞬时和消息被传送到目标的瞬时之间总会存在时间间隔。这个时间间隔取决于介质的物理性质。一些典型的时间间隔列于表1.2中。

一些信息系统要求传递得越快越好，而另一些系统则正好是利用时间的延迟来储存传输的信息。

在消息由介质向目标传送时，必须不被破坏。这样，可以发送一个消息到多个目标，而到达目标的时间可能是不同的。

这个抽象的信息系统模型概括了大多数通信系统。然而有一个领域，这个模型只能笨拙地模仿——这就是人们的谈话。模型无法表达我们用面部表情或语调传递给另一个人的微妙含意，它也完全不能表达小孩最初学习语言的过程。好在本章仅考虑机械系统，对此，模型还是适宜的。

表 1.2

地 点	时 间
计算机内部	10^{-8} 秒 (大约)
无线电信号 (300公里)	10^{-3} 秒
到火星的无线电信号	20分 (大约)
电 报	2 小时
信 件	2 天
科学论文	1 年
罗塞达 (Rosetta) 碑*	4000年

- * 1799年在埃及尼罗河口的罗塞达城郊发现的埃及古碑，上刻埃及象形文、俗体文和希腊文三种文字。该碑的发现为解释古埃及象形文字提供了钥匙。

——译注

在模型中，信息由源流向目标。测量信息的流速（正如测量河水的流速一样）很有用，为此我们首先要建立一个适当的测量单位。

使用概率的概念来测量信息。我们来论证，若一个消息是出乎意料之外的，那么它将携带比我们一直期待着的消息多得多的信息。看一个具体的例子：假设你买了一张中彩率为1/10000的彩

票，并委托一个朋友去查询中彩号码，将结果用电话告诉你。除去不重要的细节外，只有两种可能的消息：“赢”或“输”。作为一个现实主义者，你总是考虑“输”，因此“输”的信息几乎什么也没有告诉你。另一方面，“赢”则是一条重要的消息，能在相当长的时间内影响你的行动。

概率的数学概念能够应用于任何可能的结果为一固定数的事件，但实际的结果在任何情况下都是无法预料的。概率的概念首先是与赌博相联系而发展起来的。此时，“事件”是指打一张牌、掷一次骰子、或转一次赌博的轮盘。现今，这个理论已经得到广泛的应用。一些典型的“事件”列在表1·3中。

如果我们收集很多不同事件的数字资料，我们就能计算每一结果实际发生的次数。这个数目对于全部事件数目的比率称为这一结果的概率。

表 1·3

事 件	可 能 的 结 果
抛一个硬币	正/反/侧边立住
向镖牌上的靶投镖	命中内靶/ 命中外靶/ 命中镖牌的其它部分/ 完全脱镖牌
进行一次乘飞机旅行	到达目的地/ 出发前取消飞行/ 飞行转向另一地方/ 飞机失事（坠毁）

举例来说，假设公布的100万次飞行有如下的结果：

到达目的地 950 000次；