

教育部大学计算机课程改革规划教材

大学计算机基础

DAXUE JISUANJI JICHU

曾 一 〇主编

郭松涛 王兴玲 〇副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

教育部大学计算机课程改革规划教材

大学计算机基础

主 编 曾 一

副主编 郭松涛 王兴玲

主 编 曾 一
副主编 郭松涛 王兴玲
编 委 郭松涛 王兴玲
编 委 郭松涛 王兴玲
编 委 郭松涛 王兴玲
编 委 郭松涛 王兴玲
编 委 郭松涛 王兴玲
编 委 郭松涛 王兴玲
编 委 郭松涛 王兴玲

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是按照教育部大学计算机课程改革精神,以培养学生计算思维能力为导向的计算机基础教材。教材主要以问题驱动的方式,展现利用计算机解决问题的计算过程,表达计算思维的思想和逻辑。

本书由重庆大学和中国海洋大学共同讨论并在教学实践的基础上编写而成。全书分为计算与计算思维、计算机原理及系统、操作系统基础、算法与程序设计、数据库与数据仓库技术基础、计算机网络基础、多媒体技术基础、信息安全及其法律和道德规范 8 章内容。这 8 章内容紧紧围绕“计算的问题—计算的环境—计算的方法—计算的技术—计算的实现”的思路进行组织和介绍。

本书取材丰富,实用性强,适合作为大学非计算机专业的计算机基础入门教材,也可作为社会各类计算机培训教材和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

大学计算机基础 / 曾一主编. —北京:中国铁道出版社, 2015.9

教育部大学计算机课程改革规划教材

ISBN 978-7-113-19934-0

I. ①大… II. ①曾… III. ①电子计算机—高等学校—教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 190247 号

书 名: 大学计算机基础

作 者: 曾 一 主编

策 划: 周 欣

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 周海燕 鲍 闻

封面设计: 一克米工作室

封面制作: 白 雪

责任校对: 汤淑梅

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京市昌平开拓印刷厂

版 次: 2015 年 9 月第 1 版

2015 年 9 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.25 字数: 377 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-19934-0

定 价: 36.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659



前言

目前,大学计算机基础教学已经成为高等学校人才培养过程中不可或缺的重要环节。随着教育部高等学校计算机基础课程教学改革步伐的进一步推进,以计算思维为导向的大学计算机基础课程的新一轮教学改革,开启了以提升学生信息素养和应用能力为目标的教育改革。我国高等学校计算机基础教育的改革呈现出令人激动的新局面。这种新的改革思路和发展方向,对于促进传统的知识型、技能型教学向思维型教学的转变,加深计算机技术与本专业技术的融合以满足社会对复合型人才的需求,进一步提升学生的计算思维能力和计算机应用能力等具有积极的意义。本书就是在深入开展以计算思维为导向的计算机基础课程教学的研究、改革和实践的基础上编写的。

本书的编写目的,就是为大学非计算机专业计算机基础教学提供一本基础性、实用性的教材,使其有利于学生计算思维能力的培养,有利于学生利用计算机解决问题的能力提升。

那么,教材如何组织才能体现计算思维的本质和特点呢?我们认为,计算思维就是如何利用计算机解决问题的过程。这个过程大致可以分为:对于问题的分析—是否可以利用计算机解决该问题—解决问题的思路 and 方案—解决问题的基本计算环境—解决问题的具体计算方法和工具—具体计算的实现—计算的执行和最后计算结果和评价。

基于以上目的和认识,本书在内容的组织过程中,考虑了社会发展需求、个人学习需求

和信息技术的发展与进步,以计算思维为切入点,选择了计算与计算思维、计算机原理及系统、操作系统基础、算法与程序设计、数据库与数据仓库技术基础、计算机网络基础、多媒体技术基础、信息安全及其法律和道德规范 8 章内容。其中,计算机原理及系统、操作系统基础、计算机网络基础 3 章内容是构成解决问题的必要的计算环境部分,这部分强调计算的基础设施、系统层次和工作原理;算法与程序设计、数据库与数据仓库技术基础、多媒体技术基础 3 章内容是在计算环境的基础上,介绍如何针对不同类型的具体问题,采用什么计算方法和计算技术(语言与工具),以及具体如何实现相关计算,展现利用计算机解决问题的计算过程,表达计算思维思想和逻辑,这 3 章的内容相对独立,但它们是计算机面向广泛应用的重要基础,每部分内容都是在计算思维的引导下展开具体介绍的;而计算与计算思维、网络安全 2 章内容,是掌握现代计算技术所必须了解的计算思维的思想、安全意识、法律与道德观念。各章主要以问题驱动的方式,通过逐步回答问题和解决问题,循序渐进,介绍基本技术、方法和解决问题的基本过程。我们认为,这些内容是非计算机专业与计算机技术相融合的重要基础。

各章主要内容如下:

第 1 章:计算与计算思维。主要从问题计算的角度出发,介绍了计算、计算的方法、计算的过程,引入了计算思维的基本概念,介绍了开展计算所必备的计算环境的构建,以及目前流行的计算模式等。

第 2 章:计算机原理及系统。在图灵机的基础上引入了冯·诺依曼计算机,重点介绍了冯·诺依曼体系结构的计算机的基本构成和特点,从计算环境的两个方面,介绍了计算机系统中硬件系统和软件系统的基本概念,结合一个具体的计算任务和计算过程,介绍了计算机系统的基本工作原理,讲解了二进制及其转换、编码的作用、算术运算和逻辑运算、计算机的发展等内容。

第 3 章:操作系统基础。该章从计算机系统的角度引入操作系统的基本概念,强调了操作系统在计算机系统中核心地位及其重要作用,介绍了操作系统的基本功能、分类和发展,并以 Windows 操作系统为例,从深入了解操作系统的基本功能的角度,介绍了 Windows 操作系统是如何对文件、设备、进程进行管理的。

第 4 章:算法与程序设计。该章是体现计算思维思想和逻辑的重要章节,是面向应用解决实际问题的核心基础。主要从解决问题的角度出发,介绍了如何运用计算思维思想和逻辑解决问题的基本过程;运用案例的方式,详细介绍了如何针对具体问题,进行模型建立、算法设计、程序编写的具体过程;重点对算法及算法的复杂性进行了介绍,为对这部分内容加深理解,本章还选择了一些有趣的算法进行了简要介绍。

第 5 章:数据库与数据仓库技术基础。本章从数据处理的角度引入数据库的基本概念,由于关系数据库在许多行业有着广泛的应用和深远的影响,因此本章着重介绍关系数据库的基本概念、数据库设计过程、数据库管理系统、数据库查询语言 SQL 等主要技术内容,在此基础上,简要介绍与之相关的数据仓库、数据挖掘等基本概念和基本过程。本章采用问题递进、逐步深入的方式,结合案例,介绍相关概念、技术和问题解决方法。

第 6 章:计算机网络基础。计算机网络是从计算机单机计算环境向网络计算环境延伸的必要支撑基础。本章从人类工作、学习、生活、娱乐等诸多应用需求出发,导入了计算机网

络的基本概念,介绍了网络的分类及其发展、网络的结构、网络的协议、局域网组网、互联网使用、网络信息检索,从网络计算的概念出发,进一步介绍了云计算和云存储、物联网技术、电子商务应用及实例等内容。

第7章:多媒体技术基础。数字媒体是信息化时代的重要特征。本章从信息化时代广泛应用的需求出发,以问题引导的方式,着重介绍了媒体与媒体数字化、多媒体类型及特点、多媒体特征及种类、多媒体数据压缩技术与标准、多媒体系统硬件和软件等内容,通过案例的方式,讲解了解决问题的方案和具体步骤。

第8章:信息安全及其法律和道德规范。本章从信息社会发展的角度出发,简要介绍计算机系统的安全(包括计算机病毒、防火墙、网络黑客及网络攻击防范等)、信息安全的主要技术(包括数据的加密解密、数字签名和数字证书等技术),以及信息安全法律法规和道德规范。

本书由重庆大学和中国海洋大学共同讨论并在教学实践的基础上编写而成,由曾一担任主编,郭松涛和王兴玲担任副主编。其中,第1章由李杰编写,第2和第4章由刘慧君编写,第3、6、7章由郭松涛编写,第5章由曾一编写,第8章由王兴玲和郭松涛共同编写。本书由曾一完成统稿工作。

感谢高林教授、袁枚教授对整部教材的审阅,他们提出了许多建设性的修改意见。感谢教育部教改项目(以计算思维能力培养为核心的理工类专业大学计算机课程改革研究)组专家、教授们给予的热情鼓励和支持。感谢重庆大学、中国海洋大学的领导和同事的支持。本书在编写过程中参考了许多书刊和文献资料,教材的出版得到了中国铁道出版社的大力支持,在此表示感谢。

本书适合作为大学非计算机专业的计算机基础入门教材,也可作为社会各类计算机培训教材和参考资料。本书还配有实验指导书《大学计算机基础实验指导》,该指导书由王兴玲担任主编、郭松涛担任副主编,已经于2014年8月由中国铁道出版社出版。

由于编者水平有限,难免存在疏漏或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015年7月



目 录

第 1 章 计算与计算思维	1
1.1 计算	1
1.1.1 计算的概念	1
1.1.2 计算的分类	2
1.1.3 计算的需要及其局限性	3
1.1.4 计算的方法和过程	6
1.2 计算思维	8
1.2.1 计算思维的提出	8
1.2.2 计算思维的概念性定义	9
1.2.3 计算思维的特性	10
1.2.4 计算思维的内容	11
1.3 计算环境	12
1.3.1 计算环境的构成	12
1.3.2 程序设计	14
1.3.3 机器语言与高级语言	15
1.3.4 编译器与解释器	16

1.4 计算模式	17
1.4.1 分布式计算	18
1.4.2 并行计算	19
1.4.3 云计算	20
1.4.4 移动计算	21
1.4.5 普适计算	22
1.4.6 可信计算	24
1.4.7 容错计算	26
习题	26
第2章 计算机原理及系统	28
2.1 图灵机和冯·诺依曼计算机	28
2.1.1 图灵机	29
2.1.2 冯·诺依曼计算机	30
2.2 计算机系统的组成和工作原理	32
2.2.1 计算机硬件系统	33
2.2.2 计算机软件系统	36
2.2.3 计算机基本工作原理	37
2.3 信息的表示及运算	39
2.3.1 数制与运算	40
2.3.2 数值数据的表示	44
2.3.3 信息的编码	46
2.4 计算机的发展、分类和应用	50
2.4.1 计算机的发展	50
2.4.2 计算机的分类	51
2.4.3 计算机的应用	52
习题	53
第3章 操作系统基础	54
3.1 操作系统概述	54
3.1.1 操作系统的基本概念	55
3.1.2 操作系统的分类和发展	56
3.1.3 Linux 操作系统简介	59
3.1.4 Android 移动系统简介	64
3.2 操作系统的主要功能模块	65
3.2.1 处理机管理	66
3.2.2 存储管理	68
3.2.3 文件管理	70
3.2.4 设备管理	73

3.2.5	作业管理.....	75
3.3	Windows 操作系统.....	76
3.3.1	Windows 8 系统简介.....	76
3.3.2	文件系统及管理.....	77
3.3.3	设备驱动及管理.....	80
3.3.4	软件安装及使用.....	81
3.3.5	CPU 及进程管理.....	83
3.3.6	命令行使用.....	84
	习题.....	85
第 4 章	算法与程序设计.....	86
4.1	问题与求解.....	86
4.1.1	问题的定义.....	86
4.1.2	问题的求解过程.....	87
4.2	算法.....	90
4.2.1	算法的概念及要素.....	90
4.2.2	算法的描述.....	92
4.2.3	算法的复杂性.....	95
4.3	典型算法.....	96
4.3.1	枚举法.....	96
4.3.2	迭代(递推)法.....	98
4.3.3	递归法.....	99
4.3.4	贪心算法.....	99
4.3.5	动态规划.....	100
4.4	程序设计初步.....	100
4.4.1	标识符.....	100
4.4.2	常量、变量和数据类型.....	101
4.4.3	运算符和表达式.....	101
4.4.4	函数.....	102
4.4.5	C 程序中的控制结构.....	103
4.5	典型算法程序实现.....	106
	习题.....	108
第 5 章	数据库与数据仓库技术基础.....	110
5.1	数据与数据库.....	110
5.1.1	数据与数据处理方式.....	111
5.1.2	数据库与数据库系统.....	113
5.1.3	数据库技术的发展.....	116
5.2	关系数据库的设计.....	118

5.2.1	数据库设计的基本过程	118
5.2.2	E-R 模型	121
5.2.3	关系与关系模型	122
5.2.4	E-R 模型到关系模型的转化	126
5.2.5	关系的规范化	127
5.3	SQL 语言	130
5.3.1	SQL 语言概述	131
5.3.2	SQL 数据定义	131
5.3.3	SQL 数据查询	134
5.3.4	SQL 数据操纵	135
5.3.5	SQL 数据控制	137
5.4	数据仓库与数据挖掘	138
5.4.1	数据仓库概念	138
5.4.2	数据仓库系统的组成	140
5.4.3	数据仓库系统的开发过程	144
5.4.4	数据挖掘	146
	习题	150
第 6 章	计算机网络基础	152
6.1	网络结构	152
6.1.1	网络概述及分类	153
6.1.2	网络基本组成	157
6.1.3	网络拓扑结构	158
6.2	网络通信协议	159
6.2.1	网络体系结构	159
6.2.2	常用网络协议	160
6.3	局域网组网	163
6.3.1	局域网概述	163
6.3.2	常用网络设备	164
6.3.3	以太网的组网	167
6.3.4	网络操作系统	169
6.3.5	Windows 网络模式	172
6.4	互联网使用	174
6.4.1	局域网接入互联网的方法	175
6.4.2	Internet 管理机构	175
6.4.3	Internet 域名系统	176
6.4.4	Internet 信息服务	177
6.5	网络信息检索	179

6.5.1	网络信息检索概念	179
6.5.2	网络信息检索工具	180
6.5.3	网络信息检索方法	181
6.5.4	常用数字化资源	184
6.6	网络计算与应用	185
6.6.1	网络计算概念	185
6.6.2	云计算与云存储	186
6.6.3	物联网技术	188
6.6.4	电子商务应用	189
6.4.5	电子商务应用实例	192
	习题	192
第7章	多媒体技术基础	194
7.1	媒体与媒体数字化	194
7.1.1	媒体概念及多媒体	195
7.1.2	多媒体类型及特点	196
7.1.3	流媒体特征及种类	197
7.2	多媒体数据压缩技术与标准	198
7.2.1	数字音频压缩技术与标准	199
7.2.2	静止图像压缩技术与标准	201
7.2.3	动态图像压缩技术与标准	202
7.3	多媒体系统的硬件	204
7.3.1	多媒体硬件常见设备	204
7.3.2	数据存储介质及使用	208
7.3.3	移动类多媒体设备	210
7.4	多媒体系统的软件	210
7.4.1	声音软件环境及应用	210
7.4.2	图像软件环境及应用	214
7.4.3	视频软件环境及应用	219
7.4.4	多媒体软件应用实例	222
7.5	多媒体应用系统的开发	224
7.5.1	多媒体应用开发工具分类	224
7.5.2	多媒体应用开发过程	225
7.5.3	常用多媒体应用开发工具	225
	习题	226
第8章	信息安全及其法律和道德规范	227
8.1	系统安全	227
8.1.1	计算机病毒	228

6

第1章 计算与计算思维

自从人类具备了认识世界的能力，计算就已经存在了。计算是整个自然科学的工具，也是人类基本生存技能之一。现代学科门类繁多，涉及面广，各行各业都需要进行大量的计算。而自进入 21 世纪以来，随着信息技术的迅猛发展，计算机的应用已经渗透到了社会的各个领域，改变着人们的工作、学习和生活方式。本章将通过计算的定义，计算的方法、计算过程的实现等问题，介绍计算思维的特性和内容、计算环境的基本构成以及常见的几种计算模式。

1.1 计 算

1.1.1 计算的概念

在漫长的人类进化和文明发展的过程中，人类的大脑逐渐能把直观的形象变成抽象的数字，进行抽象思维活动。正是由于能够在“象”和“数”之间互相转换，人类才真正具备了认识世界的能力。

在数的概念出现之后,就开始有了数的计算。在人类社会发展的初期,就常常遇到各种各样的计算问题,如计算捕捉到的猎物的数量、计算天数等。据历史学家考证,早在旧石器时代,人们就在骨器和石器上刻上花纹,以便于计算。人类用的最原始的计算工具是人的双手,如用掰手指的方法进行计算,后来发展到结绳计数等身外的工具。随着社会的进步、生产力的发展,原始的计算方法和计算工具已不能满足日趋复杂的计算,于是数学应运而生。可以说,计数是最原始的数学,数学的源头就是计算,计算自古以来就是数学的一个重要组成部分。当然,数学并不仅仅是计算,但推动数学产生和发展的最直接原因之一就是计算。

计算是一种将单一或复数之输入值转换为单一或复数之结果的一种思考过程。

计算的定义有许多种方式,有相当精确的定义,例如使用各种算法进行的“算术”,也有较为抽象的定义,例如在一场竞争中“策略的计算”或是“计算”两人之间关系的成功概率。

7乘以8(7×8)就是一种简单的算术。数学中的计算有加、减、乘、除、乘方、开方等。其中加、减、乘、除被称为四则运算。

从投票意向计算评估出的选举结果(民意调查)也包含了某种算术,但是提供的结果是“各种可能性的范围”而不是单一的正确答案。

决定如何在人与人之间建立关系的方式也是一种计算的结果,但是这种计算难以精确、不可预测,甚至无法清楚定义。这种可能性无限的计算定义,和以上提到的数学算术大不相同。

计算科学是伴随着电子计算机的出现而迅速发展并获得广泛应用的新兴交叉学科,对其他学科也是必不可少的。计算理论及实验一起已成为当今世界科学活动的主要方式。许多重大的科学技术问题无法求得理论解,也难以应用实验手段,但可以进行计算。计算大大增强了人们从事科学研究的能力,加速了把科技转化为生产力的进程,深刻地改变着人类认识世界和改造世界的方法和途径。在科学和工程的许多领域,计算可被用来获得重大的研究成果或完成高度复杂的工程设计。科学计算为科学研究与技术创新提供了新的重要手段和理论基础,正在并将继续推动当代科学和高新技术的发展。

计算理论就是对计算的本质的理解和探索。广义的计算就是对信息的加工处理。

计算的本质是什么?应该说人类对其已经有了一个基本的、清晰的认识,这就是递归论或可计算性理论中所揭示的一个基本内容:计算就是依据一定的法则对有关符号串的变换过程。根据图灵的论点,一切可计算的函数都是递归函数。抽象地说,计算的本质就是递归。直观的描述就是:计算就是从已知符号开始,一步一步地改变符号串,经过有限步骤后,最终得到一个满足预定条件的符号串的过程。这样一种有限的符号串的变换过程与递归过程是等价的、一致的。

1.1.2 计算的分类

计算可简单分为数值计算、数据处理、自动控制、信息处理和人工智能、计算机辅助工程等。

数值计算主要是用计算机来处理科学研究和工程技术中所提出的数学问题,如天气预报、石油探测、导弹发射等都用到大量复杂的数值计算。数值计算的特点是计算方法比较复杂、种类繁多,如数值微分、积分、常/偏微分方程、线性代数方程、有限元等。数值计算所关心的焦点是计算精度,即误差对问题的影响。

数据处理中的数据包括数字、文字、图形、图像、声音等,处理是指对数据的查询、分类、排序、统计、制表等。数据处理又称为计算机的非数值计算,其特点是数据量大,需要反复处理。在图书情报检索、企事业管理、民航订票等许多场合得到应用。

自动控制是用计算机获取数据,并寻求最优方案实施对控制对象的自动控制。其特点是计算要求精度高、速度快、可靠性强,并具有较强的交互能力。在机械设备控制、生产过程控制、航空航天等多种领域得到应用。

信息是反映客观情况的资料,可理解为消息、情报、资料、指令、信号、数据等知识,其表达形式则不局限于数字、文字、图形、图像和声音。信息处理是用计算机对信息进行综合加工分析,其特点是:数据量大,数据源越来越多样化;人工智能是用计算机模拟人类的某些智能活动,其特点是根据符号化的知识和规则进行推论。信息处理和人工智能都是从原始信息中产生新的信息的过程,其应用如银行、保险、医疗、教育、中文信息检索、图像分析、语音识别、专家系统、决策支持系统、智能机器人等。

计算机辅助工程,是指用计算机来帮助各类人员进行设计,广泛应用在飞机设计、船舶设计、建筑设计、机械设计、汽车设计、大规模集成电路设计等领域。

1.1.3 计算的需要及其局限性

几乎在整个历史进程中,人类都主要是依靠大脑来进行计算的。分析一下采用纸和笔进行手工计算的过程,如图 1.1 所示。纸相当于存储部件,其基本目的是信息存储。在纸上的信息,可以包括进行计算时应当遵循的一系列指令(即算法和程序),以及所用的数据,计算过程的中间结果和最终结果都记录在纸上,必要的计算过程在大脑中进行,大脑可以被称为处理器,完成两种主要功能:控制功能(即解释指令并保证以正确的顺序执行)和执行功能(即进行诸如加法、减法、乘法和除法等具体的计算)。但是,随着计算的规模和复杂程度的不断增长,这种计算存在着严重的不足:计算速度有限,计算容易出错。因此,人类借助于计算机来完成更快、更精确、更复杂的计算,其计算过程如图 1.2 所示。这里,存储部件(M)相当于手工计算所用的纸,用来存放指令和数据;中央处理部件(CPU)由程序控制部件(PCU)和算术逻辑部件(ALU)构成,相当于人的大脑,程序控制部件解释指令并按顺序排好,算术逻辑部件执行指令。比较手工计算和借助计算机计算的过程,人们不难发现,其最显著的差别是信息的表示方式不同。人类使用的是有着大量符号的正常语言,通常又以十进制的形式表示数。而在计算机中,信息的存储和处理均以二进制形式进行,只用 0 和 1 两个符号表示。为了在机器和用户之间提供通信,就需要在计算机语言与人类语言之间提供信息转换的手段,这就是图 1.2 中输入/输出(I/O)设备的主要功能。

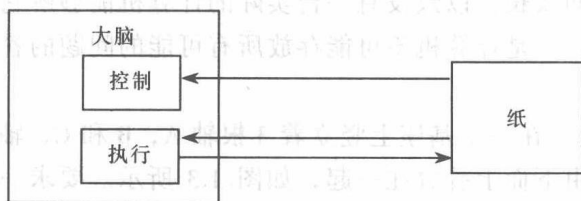


图 1.1 人工计算过程

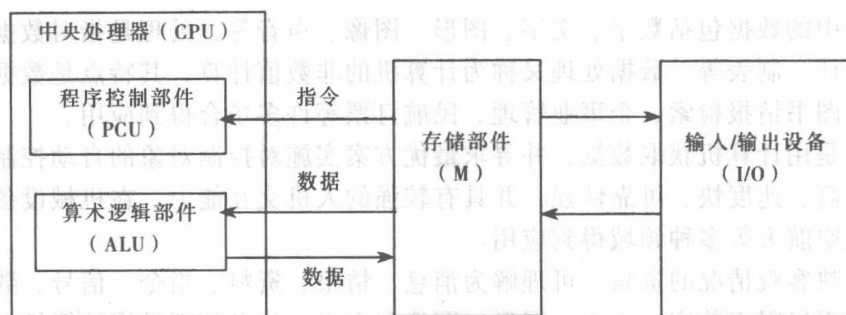


图 1.2 计算机计算过程

通过上述分析，可以把计算理解为求某个函数 $f(x)$ 的值，这里 x 是给予的输入数据， $z = f(x)$ 是要求输出的数据。 x, z, f 均可给予广泛的解释， x, z 可以代表数、词句、信息文件等等， f 可以是数值计算、定理证明、文件更新规程等等。为了用一特定计算机求 $f(x)$ ，必须能将 f 表达成一串函数 $f_1, f_2, \dots, f_n$ ，这些函数可以由计算机指令系统来确定。指令系统就是计算机能够执行基本功能的集合。 $f_1, f_2, \dots, f_n$ 就可以理解为对 $f(x)$ 求值的程序。基本操作的序列：

$$\begin{aligned} y_1 &= f_2(x) \\ y_2 &= f_3(x) \\ &\vdots \\ y_{n-2} &= f_{n-1}(x) \\ z &= f_n(y_{n-1}) \end{aligned}$$

可以作为计算的一个形式定义。

那么，所有的问题是否都可以计算呢？

1936 年，英国数学家图灵提出了计算机抽象模型——Turing 机。人们在对 Turing 机研究的基础上，得到了如下的概念和认识：

① 任何给定的 x ，如果 $f(x)$ 可以由 Turing 机在有限步内完成计算，则称函数是有效的或可计算的。实际上，很多计算机应用问题都是可计算的。

② 存在不可计算的函数。例如，没有经验的程序员可能会编出一个在一定输入条件下无法停止的程序。又如，编写一个能测定任何程序是否停止的调试程序，这几乎是不可能的，因为只有当这个程序应用到全部可能的程序类时，这个说法才成立。这两个问题都属于不可解问题或不可计算的。

③ 即使问题是可解的，但也有难处理的或不现实的。例如，计算机不能实现任意大的二进制数的乘法计算。有大量的“困难”问题在实际中很重要，但在计算过程中其需要的存储空间太大以及计算时间太长，以致没有一台实际的计算机能够解它们。这样的结论，实际上是基于下面两个理由：一是计算机不可能存放所有可能的问题的答案；二是计算机处理信息的速度是有限的。

例如，Hanoi 塔问题。在一个基座上竖立着 3 根轴 A、B 和 C，轴 A 上套着 $n(n=64)$ 个圆盘，按直径的递减顺序由下而上叠放在一起，如图 1.3 所示。要求一次一个地把这些圆盘从 A 移到 B，但在任何情况下都不允许把大的圆盘叠放在小的圆盘上面，在移动过程中可以借助 C 轴来暂时存放圆盘。

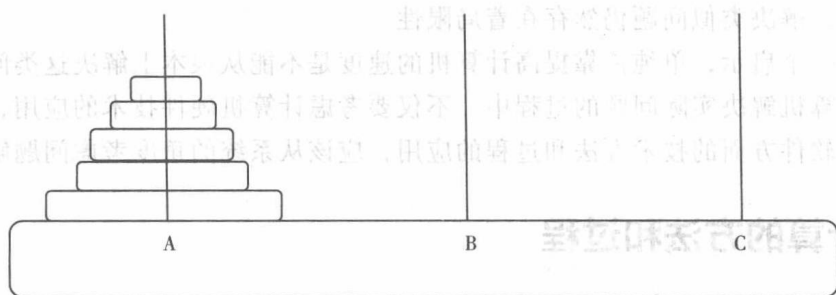


图 1.3 Hanoi 塔

这个移动过程是一个规模为 n 个圆盘的移动，可以进一步分解为规模为两次 $n-1$ 的移动和一次规模为 1 个圆盘的移动，而每个规模为 $n-1$ 的移动规则与规模为 n 的移动规则相同。移动过程可以描述为如下算法：

```

Hanoi ( n, A, B, C)          /*过程把 A 顶上的 n 个圆盘借助 C 移到 B*/
{
    如果 n=1 则
        把它从 A 轴移到 B 轴;    /*如果盘数 n=1, 即只有一个圆盘*/
    否则{
        Hanoi(n-1, A, C, B);    /*先把 A 顶上的 n-1 个圆盘借助 B 移到 C*/
        把 A 剩下的最大的圆盘一次移到 B;
        Hanoi(n-1, C, B, A)     /*同样把 C 中的 n-1 个圆盘借助 A 移到 B*/
    }
}

```

这个过程实际上是一个递归算法，用数学归纳法不难证明这个算法的正确性。但这里关心的是计算机是否能够解决一个任意大小的 n 的 Hanoi 塔问题。为了回答这个问题，不妨把上面的移动过程中的移动次数表示为如下的递归方程：

$$T(n) = \begin{cases} 1 & \text{当 } n=1 \\ 2T(n-1)+1 & \text{当 } n>1 \end{cases}$$

然后解这个递归方程，可以得到移动次数为：

$$\begin{aligned}
 T(n) &= 2 \times T(n-1) + 1 \\
 &= 2 \times (2 \times T(n-2) + 1) + 1 \\
 &= 2^2 \times (2 \times T(n-3) + 1) + 2^1 + 2^0 \\
 &= 2^3 \times T(n-3) + 2^2 + 2^1 + 2^0 \\
 &\dots \\
 &= 2^{n-1} + 2^{n-2} + \dots + 2^2 + 2^1 + 2^0 \\
 &= 2^n - 1
 \end{aligned}$$

通过计算可得，64 个盘的移动次数为： $2^{64}-1=18\ 446\ 744\ 073\ 709\ 551\ 615$ 次。假设一台计算机 $1\mu\text{s}$ 可移动一次圆盘，那么把这个算法转换成计算机程序来完成移动 64 个圆盘所需的时间将近 60 万年。

显然 Hanoi 塔问题虽然有解决算法，但是属于难解问题，即使计算机的速度由于技术的