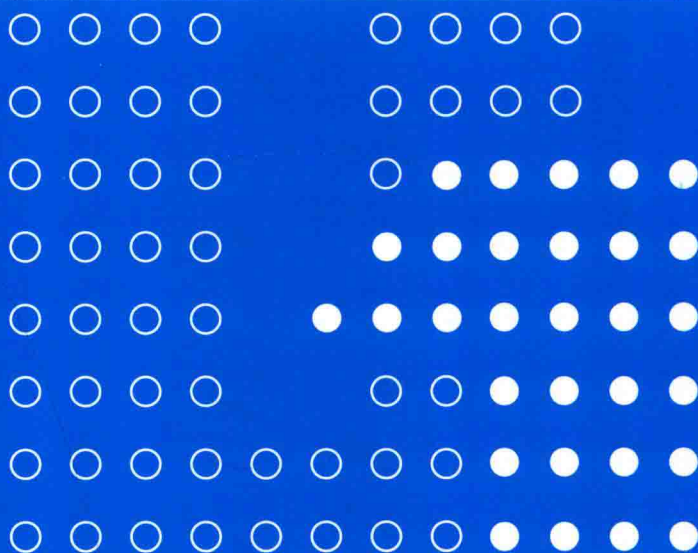
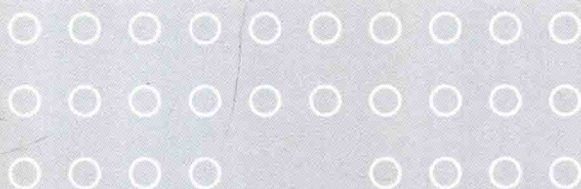


计算机系列教材

程序基本算法 习题解析



元哲 刘伟 邓万字 编著

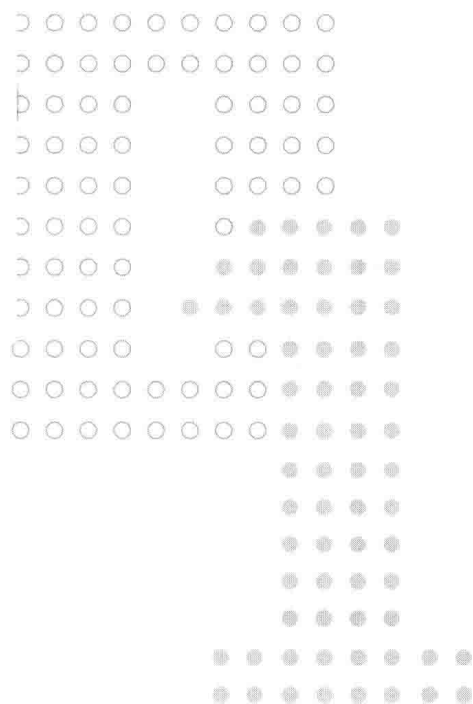


清华大学出版社

计算机系列教材

周元哲 刘 伟 邓万宇 编著

程序基本算法 习题解析



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书与《程序基本算法教程》(周元哲、刘伟、邓万宇编著)相配套,分为两部分。第1部分为主教材各章重点和课后习题答案,主要针对主教材各章(程序与算法、程序设计语言、数据结构、查找与排序、穷举法、递归法、分治法、动态规划法、贪心法、回溯法)的内容,介绍每章要求和知识重点,给出课后习题答案。第2部分为各类算法的习题解析,内容包括查找、穷举法、分治、动态规划、贪心法、回溯法和深度优先与广度优先,题目来自 ACM-ICPC。附录给出 ACM 算法竞赛简介、相关技术简介和 3 个软件算法竞赛简介。

本书适合作为高等院校计算机软件及相关专业的教材或教学参考书,也可以供从事计算机应用开发的各类技术人员应用参考,或作为全国计算机等级考试、软件技术资格与水平考试和各类软件算法竞赛的培训资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

程序基本算法习题解析/周元哲,刘伟,邓万宇编著. —北京:清华大学出版社,2018

(计算机系列教材)

ISBN 978-7-302-49196-5

I. ①程… II. ①周… ②刘… ③邓… III. ①程序设计—高等学校—教学参考资料 ②算法设计—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP311.1 ②TP301.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 327961 号

责任编辑:张 民 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15.75

字 数:361 千字

版 次:2018 年 5 月第 1 版

印 次:2018 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:39.50 元

产品编号:075099-01

本书与《程序基本算法教程》(周元哲、刘伟、邓万字编著)相配套,分为两部分,第1部分共10章,为主教材各重点和课后习题答案。第2部分共7章,给出了查找、穷举法、分治、动态规划、贪心法、回溯法和深度优先与广度优先算法的习题解析,题目来自 ACM-ICPC(ACM International Collegiate Programming Contest, ACM 国际大学生程序设计竞赛),读者可注册网站 <https://cn.vjudge.net/> 进行训练。附录给出 ACM 算法竞赛、相关技术和3个软件算法竞赛的简介。

西安邮电大学计算机学院刘伟、邓万字编写相关章节的课后习题答案。西安邮电大学计算机学院计科14级的张浩然、袁子涵、干财进在第40届 ACM 国际大学生程序设计大赛东亚大陆赛区总决赛 EC-Final 中获得铜奖,他们编写了第2部分。其余章节由周元哲编写,全书由周元哲负责大纲拟定与统稿工作。

学习程序基本算法的最好方法是实践,对于已经成型多年的经典算法,以习题为主,将抽象的理论知识应用于编码实践,才能扎实地掌握,深刻地理解这些算法。本书所有程序都在 Visual C 6.0 下调试运行通过,建议读者上机编写、运行和调试本书所给的例程。

西安邮电大学计算机学院的李晓戈、孟伟君、陈琳、舒新峰等审阅了某些章节。西安邮电大学 ACM 集训队的楚东方、刘敏、赵伟奇、郝希烜等同学调试了相关代码。清华大学出版社张民对本教材的写作大纲、写作风格等提出了很多宝贵的意见。衷心感谢上述各位的支持和帮助。在本书的写作过程中参阅了大量中外文的专著、教材、论文、报告及网络资料,在此向有关作者表示敬意和感谢。

本书可作为高等院校各专业学生学习程序设计和备战软件竞赛的辅导教材,也可作为程序员和社会读者的自学辅助用书。

由于作者水平有限,时间紧迫,本书难免有不足之处,我们诚恳期待读者的批评指正,以使本书日臻完善。我们的电子信箱是 zhouyuanzhe@163.com。

作 者

2018年3月

第1部分 各章重点和课后习题答案

第1章 程序与算法 /3

- 1.1 本章要求 /3
- 1.2 本章知识重点 /3
 - 1.2.1 程序 /3
 - 1.2.2 算法 /3
 - 1.2.3 算法的“2、3、5” /4
 - 1.2.4 算法复杂度 /5
 - 1.2.5 算法学习步骤 /6
- 1.3 课后习题答案 /6

第2章 程序设计语言 /12

- 2.1 本章要求 /12
- 2.2 本章知识重点 /12
 - 2.2.1 结构化程序设计 /12
 - 2.2.2 程序执行流程 /12
 - 2.2.3 3种基本结构 /12
 - 2.2.4 3种调试工具 /15
- 2.3 课后习题答案 /15

第3章 数据结构 /17

- 3.1 本章要求 /17
- 3.2 本章知识重点 /17
 - 3.2.1 概述 /17
 - 3.2.2 数据结构研究对象 /17
 - 3.2.3 线性表 /18
 - 3.2.4 栈和队列 /18
 - 3.2.5 二叉树 /19
 - 3.2.6 图的遍历 /21

- 3.2.7 最短路径 /23
- 3.3 课后习题答案 /26

第4章 查找与排序 /30

- 4.1 本章要求 /30
- 4.2 本章知识重点 /30
 - 4.2.1 查找 /30
 - 4.2.2 排序 /32
 - 4.2.3 排序法总结 /33
- 4.3 课后习题答案 /34

第5章 穷举法 /40

- 5.1 本章要求 /40
- 5.2 本章知识重点 /40
 - 5.2.1 概述 /40
 - 5.2.2 穷举法分类 /40
- 5.3 课后习题答案 /40

第6章 递归法 /46

- 6.1 本章要求 /46
- 6.2 本章知识重点 /46
 - 6.2.1 递归概念 /46
 - 6.2.2 栈和堆 /46
 - 6.2.3 基本递归 /47
 - 6.2.4 尾递归 /47
 - 6.2.5 相似术语解析 /48
- 6.3 课后习题答案 /48

第7章 分治法 /52

- 7.1 本章要求 /52
- 7.2 本章知识重点 /52
 - 7.2.1 分治法概念 /52

7.2.2	分治法适用的情况	/52
7.2.3	分治法的基本步骤	/53
7.3	课后习题答案	/53
第8章	动态规划法	/62
8.1	本章要求	/62
8.2	本章知识重点	/62
8.2.1	动态规划特性	/62
8.2.2	动态规划分类	/62
8.2.3	动态规划求解步骤	/63
8.3	课后习题答案	/64
第9章	贪心法	/70
9.1	本章要求	/70
9.2	本章知识重点	/70
9.2.1	贪心算法概念	/70
9.2.2	贪心算法的两个性质	/70
9.2.3	贪心算法解题步骤	/71
9.2.4	贪心算法和动态规划的关系	/71
9.3	课后习题答案	/72
第10章	回溯法	/79
10.1	本章要求	/79
10.2	本章知识重点	/79
10.2.1	回溯概念	/79
10.2.2	回溯求解步骤	/79
10.3	课后习题答案	/85
第2部分 各类算法习题解析		
第11章	查找	/95
11.1	寻找字符串	/95

11.2	最小的因子对差	/96
11.3	能否获胜	/97
11.4	能解决多少任务	/99
11.5	最高等级	/100
11.6	执行任务	/102
11.7	变化字符串的数目	/104
11.8	两个人的比赛	/106
11.9	选择购物券	/109
11.10	分蛋糕	/111
11.11	求先序排列	/113
11.12	字符串匹配	/114

第 12 章 穷举 /116

12.1	证明错误假设	/116
12.2	平行四边形第 4 个顶点	/117
12.3	能否组成 n	/118
12.4	更改时间	/119
12.5	捉住小偷	/122
12.6	Jam 的计数法	/124
12.7	线段	/126
12.8	求合数和	/127
12.9	数字挑战	/128
12.10	子字符串	/130

第 13 章 分治 /133

13.1	排列	/133
13.2	组合	/135
13.3	线性时间选择	/137
13.4	一维最接近点对问题	/140
13.5	循环赛日程表	/145

第 14 章	动态规划	/148
14.1	线段覆盖	/148
14.2	过河卒	/149
14.3	装箱问题	/151
14.4	乘积最大	/153
14.5	数的划分	/154
14.6	统计单词个数	/156
14.7	给树上色	/159
14.8	写作业	/161
14.9	炸弹	/164
14.10	拦截导弹	/166
14.11	入学考试	/168
第 15 章	贪心法解析	/170
15.1	均分纸牌	/170
15.2	胸有成竹	/171
15.3	今年暑假不 AC	/173
15.4	手机控	/175
15.5	握手	/176
15.6	万圣节	/178
15.7	逆序对数	/179
15.8	操作字符串	/181
15.9	吃货	/183
15.10	二进制	/184
15.11	奶牛飞车	/185
15.12	多处最优服务	/187
15.13	删除问题	/189
15.14	小船过河问题	/190
第 16 章	回溯法解析	/193
16.1	八数码	/193
16.2	素数环	/194

- 16.3 素数环的排列 /196
- 16.4 符号三角形问题 /198
- 16.5 迷宫问题 /200

第 17 章 深度优先与广度优先 /204

- 17.1 油田计数 /204
- 17.2 伪二进制 /206
- 17.3 越过山丘 /207
- 17.4 翻转道路 /210
- 17.5 单词接龙 /212
- 17.6 最少步数 /214
- 17.7 相邻数之和为素数 /216

附录 A ACM 算法竞赛简介 /221

- A.1 在线判题系统 /221
 - A.1.1 OJ 介绍 /221
 - A.1.2 VJ 介绍 /221
- A.2 ACM 训练环境 /221
 - A.2.1 注册身份 /221
 - A.2.2 训练过程 /222
 - A.2.3 评测状态详解 /224
- A.3 ACM 的算法知识点 /225
 - A.3.1 初级 /225
 - A.3.2 中级 /227
 - A.3.3 高级 /228

附录 B 相关技术简介 /231

- B.1 STL /231
 - B.1.1 简介 /231
 - B.1.2 容器 /231
 - B.1.3 算法 /232
- B.2 头文件 /232

附录 C 3 个软件算法竞赛简介 /233

C.1 竞考网 /233

C.2 团体程序设计天梯赛 /234

C.2.1 历史背景 /234

C.2.2 参赛队组成 /234

C.2.3 竞赛规则 /235

C.2.4 命题与竞赛评分 /235

C.2.5 竞赛环境和竞赛语言 /237

C.2.6 获奖比例 /237

C.2.7 报名方法 /238

C.3 中国软件杯 /239

参考文献 /240

第 1 部分 各章重点和课后习题答案

第 1 章 程序与算法

1.1 本章要求

- 了解计算机基础知识。
- 掌握程序设计的过程。
- 了解算法。
- 了解算法复杂性。
- 掌握算法表示方式。

1.2 本章知识重点

1.2.1 程序

程序是为实现特定目标或解决特定问题而用计算机语言编写的命令序列的集合。简单地理解,程序就是为使计算机执行一个或多个操作或完成某一任务而设计的计算机指令的集合。

程序=数据结构+算法。其中,算法解决“如何操作数据”的问题。数据结构指定数据的类型和数据的组织形式,解决“如何描述数据”的问题。程序设计的一般过程如图 1.1 所示。

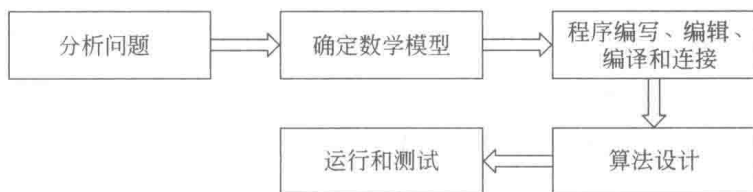


图 1.1 程序设计的一般过程

1.2.2 算法

用计算机解题时,任何答案的获取都是按指定顺序执行一系列指令的结果。因此,用计算机解题之前,需要将解题方法转换成一系列具体的、在计算机上可执行的步骤,这些步骤能清楚地反映解题方法一步步怎么做的过程,这个过程就是算法。

1. 算法的表示

算法的描述方式主要有自然语言、流程图和伪代码等。

1) 自然语言

自然语言描述的算法通俗易懂,不需要专门的训练。但是,自然语言有如下不足:

- (1) 由于自然语言具有歧义性,容易导致算法执行的不确定性。
- (2) 自然语言的语句一般较长,导致描述的算法太长。
- (3) 当一个算法中循环和分支较多时,很难清晰地表示。
- (4) 自然语言表示的算法不便于翻译成计算机程序设计语言。

2) 流程图

流程图描述的算法清晰简洁,容易表达选择结构,不依赖于程序设计语言,有利于不同环境下的程序设计。但是,流程图不易绘制,修改起来比较费事,往往需要借助专用的流程图制作软件来绘制和修改。

3) 伪代码

伪代码回避了程序设计语言的严格、烦琐的书写格式,书写方便,同时具备格式紧凑、易于理解、易于向程序设计语言过渡等特点。但是,由于伪代码的种类繁多,语句不容易规范,有时会产生误读。

2. 算法的分类

算法可以分为以下两类:

- (1) 数值计算算法。用于科学计算,其特点是少量的输入输出和复杂的运算。
- (2) 非数值计算算法。对数据进行管理,其特点是大量的输入输出、简单的算术运算和大量的逻辑运算。

1.2.3 算法的“2、3、5”

1. 2 个要素

- (1) 数据对象运算和操作: 算术运算、关系运算、逻辑运算、数据传送。
- (2) 控制结构: 顺序结构、选择结构、循环结构。

2. 3 个层次

高级程序设计语言(如 VB、C、Python、Java 等)的学习大致包括如下两个内容:

- (1) 程序设计语言的语法以及编程环境的学习和掌握。
- (2) 算法的学习。

算法是程序设计的核心内容,算法的学习大致分为 3 个层次,如表 1.1 所示。

表 1.1 算法学习的 3 个层次

层 次	内 容
第一层次	涉及一些基本的算法,如排序、查找、递归法等
第二层次	涉及算法的时间复杂度和空间复杂度,如分治法、贪心法、动态规划法等
第三层次	涉及智能优化算法的学习,如遗传算法、蚁群算法、聚类算法等

第一层次是算法基础学习阶段,学习基本的算法和程序设计方法,如排序、查找、递归程序设计等。典型的课程是“数据结构”。

第二层次是算法提高学习阶段,学习一些重要的算法设计方法,如分治法、贪心法、动态规划法等,理解算法的时间和空间复杂度以及复杂度分析等重要概念。典型的课程是“算法设计与分析”。

第三层次是算法高级学习阶段,学习工程应用中与数据智能处理相关的一些重要算法和模型,如遗传算法、蚁群算法、聚类算法等。典型的课程是“工程最优化方法”“模式识别”“人工智能”等。

3. 5 个特性

算法是通过对一定的输入进行处理,在有限时间内获得所要求的输出的整个过程,算法与具体的程序语言无关,一般具备以下 5 个特性:

- (1) 确定性。算法的每个步骤都应确切无误,没有歧义性。
- (2) 可行性。算法的每个步骤都必须满足计算机语言能够有效执行、可以实现的要求,并可得到确定的结果。
- (3) 有穷性。算法包含的步骤必须是有限的,并在一个合理的时间限度内可以执行完毕,不能无休止地执行下去。例如计算圆周率,只能精确到某一位。
- (4) 输入性。由于算法的操作对象是数据,因此应在执行操作前提供数据,执行算法时可以有多个输入,也可以没有输入。
- (5) 输出性。算法的目的是用于解决问题,则必然存在输出。

1.2.4 算法复杂度

一个算法的优劣主要从算法的执行时间和占用的存储空间两个方面衡量,即用空间复杂度和时间复杂度来衡量程序的效率。

下面介绍算法的空间复杂度和时间复杂度。

1. 空间复杂度

空间复杂度是对一个算法在运行过程中临时占用存储空间大小的量度,记作 $S(n) = O(f(n))$ 。一个算法在计算机存储器上所占用的存储空间包括算法的输入输出数据所占用的存储空间、算法本身所占用的存储空间和算法在运行过程中临时占用的存储空间。

(1) 算法的输入输出数据是通过参数表由调用函数传递而来的,它所占用的存储空间由要解决的问题决定,不随算法的不同而改变。

(2) 算法本身所占用的存储空间与算法的长短成正比,要压缩这方面的存储空间,就必须编写出较短的算法。

(3) 算法在运行过程中临时占用的存储空间随算法的不同而异。

一个算法所占用的存储空间要从各方面综合考虑。例如,递归算法一般都比较简短,

算法本身所占用的存储空间较少,但运行时需要一个附加堆栈,占用较多的临时工作单元。非递归算法一般较长,因此存储算法本身所需的空间较多,但运行时需要较少的存储单元。

2. 时间复杂度

计算机科学中,算法的时间复杂度是一个函数,通常用大 O 符号表示,用于定量描述算法的运行时间。算法中模块 n 的基本操作的重复执行次数计为函数 $f(n)$,算法的时间复杂度为 $T(n)=O(f(n))$ 。时间复杂度的增长率和 $f(n)$ 的增长率成正比, $f(n)$ 越小,时间复杂度越低,算法的效率越高。

常见的时间复杂度有常数阶 $O(1)$ 、对数阶 $O(\log_2 n)$ 、线性阶 $O(n)$ 、线性对数阶 $O(n \log_2 n)$ 、平方阶 $O(n^2)$ 、立方阶 $O(n^3)$ …… k 次方阶 $O(n^k)$ 、指数阶 $O(2^n)$ 。

1.2.5 算法学习步骤

按照算法的 3 个层次进行递进式学习。

步骤 1: 学习一门语言,如 C、C++、Python、Java 等。

步骤 2: 熟悉基本的算法,如查找、排序等。

步骤 3: 掌握数据结构,特别是树和图论。

步骤 4: 学习附录 A 的内容,在各种刷题网站上进行实践练习,具体网址如下。

<http://vjudge.net/contest>

<http://codeforces.com/contests>

<http://acm.hdu.edu.cn/>

<http://bestcoder.hdu.edu.cn/>

1.3 课后习题答案

1. 冯·诺依曼理论是什么?

【解答】 冯·诺依曼理论有以下两个要点:

(1) 计算机硬件设备由存储器、运算器、控制器、输入设备和输出设备 5 个部分组成。其中,运算器和控制器组成中央处理器单元(Central Processing Unit, CPU)。中央处理单元用于执行指令,如算术操作、从别的设备写入或读出数据。存储器分为内存和外存。CPU 从内存中读取所需要的数据,进行处理。内存中存储的数据是临时的,当程序退出或者计算机关机时,数据将会丢失。如果需要永久地存储数据,需要用到外存,如硬盘、闪存等设备。键盘、鼠标等输入设备用于接收用户输入的数据和指令,显示器通常作为输出设备。

(2) 存储程序思想。把计算过程描述为由许多命令按一定顺序组成的程序,然后把程序和数据一起输入计算机,计算机对已存入的程序和数据进行处理后输出结果。