

计算机科学本科核心课程教材

A Concise and Practical Introduction to
Programming Algorithms in Java



程序设计与算法 (Java语言版)

Frank Nielsen 著

李江晋 等译



清华大学出版社



Springer

A Concise and Practical Introduction to
Programming Algorithms in Java



程序设计与算法
(Java语言版)

Frank Nielsen 著

李江晋 等译



清华大学出版社
北 京



Springer

English reprint edition copyright © 2011 by **Springer-Verlag and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS**.
Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: A Concise and Practical Introduction to Programming Algorithms in Java
by Frank Nielsen © 2011
All Rights Reserved.

This edition has been authorized by Springer-Verlag (Berlin/Heidelberg/New York) for sale in the
People's Republic of China only and not for export therefrom.

本书翻译版由 Springer-Verlag 授权给清华大学出版社出版发行。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,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

程序设计与算法:Java 语言版/(美)尼尔森(Nielsen,F.)著;李江晋等译.--北京:清华大学出版社,2012.1

书名原文:A Concise and Practical Introduction to Programming Algorithms in Java
ISBN 978-7-302-27244-1

I. ①程… II. ①尼… ②李… III. ①JAVA 语言—程序设计 ②算法语言—程序设计
IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 225663 号

责任编辑:龙启铭

责任校对:白 蕾

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

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

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

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:185×230 印 张:16.5

字 数:332 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

献给我的家庭
献给 Audrey 和 Julien

“恐龙”，Julien，2008 年 10 月 4 日（有 5 年历史的油画）

译者序

数据结构与算法是计算机专业的核心课程,是计算机软件开发和应用人员必备的专业基础。本书设计用作本科生的第一门教材,利用 Java 介绍数据结构与算法的相关知识,这是本书的鲜明特点。

本书内容共分 10 章,并分为两个部分。第 1 部分介绍了使用 Java 进行程序设计的基本任务,以及 Java 语言的基础编程知识。第 2 部分重点介绍了数据结构和算法,并且解释了如何使用面向对象风格的方法用 Java 编写它们的程序。

本书包含大量的示例,有助于读者从中举一反三,深入学习数据结构和算法方面的相关知识。在每一章末尾都有练习题以便让学生实践所学的概念,并且最后一部分包含一个综合考试,可以让学生评估他们对本书所介绍的材料消化吸收程度。同时还给出了相应的解答,方便学生学习。

本书内容简明扼要、结构组织合理、示例丰富,非常适合于高等院校计算机专业的学生阅读,对于从事计算机软件开发的人员,本书也会让他们受益匪浅。

参加本书翻译的人员有陈宗斌、易小丽、陈婷、管学岗、王新彦、金惠敏、张海峰、徐晔、戴锋、张德福、张士华、申川、孙玲、李振国、高德杰、蒲书箴、潘曙光、刘瑞东、李军、焦敬俭。

由于时间紧迫,加之译者水平有限,错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

前言

FOREWORD

这本简明的教材主要是为本科生设计的,可以作为程序设计专业的初级教程。本书不需要程序设计或算法的先验知识。它提供了对这些主题的基本介绍。本书内容共分 10 章,分为两个部分:

- 第 1 部分关注的是准备使用现代编程语言 **Java™** 编写用于处理基本任务的程序。首先解释了变量、表达式、赋值以及类型检查的基本概念;并且介绍了条件语句和循环语句,它们允许程序员控制指令的工作流程。然后解释了函数以及按值传递参数和递归的概念,接着介绍了数组和使用对象的数据封装,并且坚持为后者使用引用的概念。
- 第 2 部分重点介绍了数据结构和算法。我们首先描述了基本的顺序和分半查找 (**bisection search**) 技术,并且使用复杂度分析,分析了它们各自的效率。由于有效的分半查找需要有序的数据,因此就解释了基本的迭代和递归排序算法。接着解释了链表,并且描述了对它们执行的普通插入/删除/归并操作。然后介绍了抽象数据结构的概念(利用队列和栈说明它们),并且解释了如何使用面向对象风格的方法用 **Java** 编写它们的程序。本书最后一章介绍了一些更先进的算法任务,用于处理组合式优化问题。

本书有两个目标:也就是说,在第 1 部分,程序员新手使用 **Java** 循序渐进地学习大多数命令式程序设计语言底层的基本概念。然后,第 2 部分向新程序员介绍了思考算法方式的最基本的原则,并且解释了如何使用 **Java** 的程序设计概念把这些算法转变成程序。本书循序渐进地向读者传达了“程序设计”事实上是一项复杂任务的思想,它包括对给定的问题建模、设计算法并有目的地组织用于解决问题的数据、把算法编码成程序,并且最终测试程序。本书每一章末尾都包含一组练习题,可以让学生实践那一章介绍的概

念。本书最后包含一个综合考试, 允许读者评估他们对所学知识的消化吸收程度, 还提供了相应的解答。在书中使用**记号指示了在首次阅读时建议跳过的练习题和小节。

在本书的 Web 页面上提供了一些额外的材料, 包括每一章的所有 Java 源代码, 地址如下:

<http://www.lix.polytechnique.fr/Labo/Frank.Nielsen/JavaProgramming/>

给老师的前言

本书是为 Java 程序设计课程 (名为 INF311) 准备的, 在巴黎综合理工学院 (法国帕莱索) 已经讲授该课程许多年了。每年都有大约 250 名学生报名学习该课程。对于他们中的大多数人来说, 这是他们第一次体验 Java 程序设计语言。其中一些人以前具有使用数学程序包 (如 Maple™) 的程序设计经验, 这些程序包都是解释器。这非常容易让人产生混淆, 不仅从语言语法的角度讲是这样, 而且从使用命令式程序设计语言的概念方面来说也是如此。INF311 课程没有假定读者具有任何以前的编程经验, 并且集中讲述了利用命令式面向对象语言编写程序的基本概念。本书旨在作为第一门程序设计课程的教材, 并且考虑到了两个目标:

- 获得关于使用 Java 的基本特性编写基本算法的第一手经验。
- 介绍计算机科学的一些最基本的概念 (即复杂度分析、可判定性和抽象数据结构等)。

该课程包含 10 篇讲义 (每篇讲义要持续讲解 90 分钟), 分别讨论了以下主题。

讲义 1: 变量、表达式和赋值 (并且简介了计算的科学)。

讲义 2: 条件语句和循环语句。

讲义 3: 静态函数和递归。

讲义 4: 数组。

讲义 5: 对象 (不带对象方法的数据封装)。

讲义 6: 程序设计期中考试演练。

讲义 7: 查找和排序。

讲义 8: 链表。

讲义 9: 数据结构和对象方法。

讲义 10: 组合式优化算法。

作为程序设计专业的第一门课程, 如果没有独立编写程序的亲身实践, 则实在不能令人信服。因此在每篇讲义后面都安排有两小时的程序设计训练课程, 可以让学生熟悉讲义中介绍的概念, 并使他们自己亲身参与处理和校正错误。

为了让学生控制消化和吸收知识的程度, 我们在课程中期组织了一次两小时的程序

设计考试，可以使用脚本和 Java 输入输出重定向进行半自动化的检查。期末考试是一次两小时的书面考试，它更多关注的是检查学生是否理解基本的数据结构和算法。在第 11 章中提供了复习考试以及详细的解答。

教学资源包括了每篇讲义的幻灯片以及在课堂上讲授的讲义的视频文件，在以下 Web 页面上提供了它们：

<http://www.enseignement.polytechnique.fr/informatique/INF311/>

Frank Nielsen, 2008 年 12 月

巴黎综合理工学院（法国帕莱索）

索尼计算机科学实验室公司（日本东京）

致谢

我非常荣幸地感谢我的同事即巴黎综合理工学院(法国)的 François Morain 和 Robert Cori 教授，他们讲授了这门入门课程。他们的教学材料使我获益良多，但是更重要的是他们的反馈和建议更使我受益匪浅。我要对 Philippe Chassignet 和全体助教成员表达最诚挚的谢意，感谢他们分享让学生能够使他们的第一个程序通过编译迸发工作的激情；我还非常感谢 Bogdan Cautis、Guillaume Chapuy、Philippe Chassignet、Etienne Duris、Luca de Féo、Yann Hendel、Andrey Ivanov、Vincent Jost、Marc Kaplan、Gaëtan Laurent、David Monniaux、Giacomo Nannicini、Sylvain Pradalier、Stéphane Redon Maria Naya Plasencia、Andrea Roeck、David Savourey 和 Olivier Serre。

本书之所以能够问世，要感谢索尼计算机科学实验室公司的热情鼓励和支持。我要表达对 Mario Tokoro 博士和 Hiroaki Kitano 博士以及索尼计算机科学实验室公司的所有其他成员的谢意。

我要感谢 Ian Mackie 要求我代表 Springer-Verlag 为计算机科学系列中的本科生主题（Undergraduate Topics）编写这本本科生教材。如果这份致谢名单中有任何（非本意的）遗漏以及其余的错误，我在此表示道歉。

最后，我要把最诚挚的感谢和爱献给我的家庭，感谢他们永恒的支持。

目 录

CONTENTS

第 1 部分 入 门

第 1 章 表达式、变量和赋值	3
1.1 简介	3
1.2 我的第一个 Java 程序	3
1.2.1 一个最简单的程序	3
1.2.2 Hello World	4
1.3 用作计算器的表达式和程序	5
1.3.1 算术运算和优先级次序	6
1.3.2 数学函数	8
1.3.3 声明常量	9
1.4 给 Java 程序加注释	9
1.5 缩进程序	10
1.6 变量、赋值和类型检查	10
1.6.1 用于存储中间值的变量	11
1.6.2 为赋值和强制转换进行类型检查	14
1.6.3 赋值的内部机制	16
1.7 递增/递减变量	17
1.7.1 递增的一般机制	17
1.7.2 前递增与后递增	18
1.7.3 用于求解二次方程的计算程序	19
1.8 Java 输入/输出 (I/O) 基础	19
1.8.1 计算并不意味着显示	20
1.8.2 键盘输入	21
1.8.3 文件重定向	22

1.9	错误和调试的艺术	24
1.10	集成开发环境 (IDE)	26
1.11	习题	27
1.11.1	教师注意事项	27
1.11.2	第一组习题	28
第 2 章	条件结构和循环	30
2.1	指令工作流程	30
2.2	条件结构: 简单选择和多重选择	30
2.2.1	分支条件: if ... else	30
2.2.2	用于分支指令的三元运算符: 谓词? A : B	32
2.2.3	嵌套的条件语句	33
2.2.4	用于比较的关系和逻辑运算符	35
2.2.5	多重选择: switch case	37
2.3	块和变量的作用域	39
2.3.1	指令块	39
2.3.2	嵌套块和变量作用域	40
2.4	循环结构	41
2.4.1	循环语句: while	41
2.4.2	循环语句: do-while	42
2.4.3	循环语句: for	44
2.4.4	布尔算术表达式	45
2.5	展开循环和程序终止	46
2.5.1	展开循环	46
2.5.2	永不终止的程序	46
2.5.3	等价于通用 while 结构的循环	47
2.5.4	随时利用 break 中止循环	47
2.5.5	循环和程序终止	47
2.6	验证程序: 语法、编译和数值错误	48
2.7	从命令行解析程序参数	50
2.8	习题	52
第 3 章	函数和递归函数	55
3.1	编写函数的优点	55
3.2	声明和调用函数	55
3.2.1	原型化函数	55

3.2.2	基本函数的示例	57
3.2.3	一个更精心设计的示例：迭代式阶乘函数	58
3.2.4	带有条件语句的函数	59
3.3	静态（类）变量	60
3.4	函数参数的按值传递	62
3.4.1	基本的参数传递机制	62
3.4.2	局部内存和函数调用栈	63
3.4.3	函数的副作用：改变调用环境	65
3.4.4	函数签名和函数重载	67
3.5	递归	68
3.5.1	再论阶乘函数：一个递归函数	69
3.5.2	斐波纳奇数列	70
3.5.3	对数平均值	71
3.6	终结递归以提高程序效率**	72
3.7	递归和图形**	73
3.8	中止问题：不可判定的任务	76
3.9	习题	77
第 4 章	数组	80
4.1	为什么程序员需要数组	80
4.2	声明和初始化数组	80
4.2.1	声明数组	80
4.2.2	创建和初始化数组	81
4.2.3	获取数组的大小：length	82
4.2.4	数组的索引范围和越界异常	83
4.2.5	释放内存和垃圾收集器	84
4.3	数组引用的基本概念	84
4.4	将数组用作函数参数	87
4.5	多维数组：数组的数组	91
4.5.1	规则的多维数组	91
4.5.2	不规则的多维数组**	93
4.6	字符串数组和 main 函数	95
4.7	数组的基本应用：查找**	97
4.8	习题	99

第 2 部分 数据结构与算法

第 5 章 对象和字符串	105
5.1 为什么程序员需要对象	105
5.2 声明类和创建对象	106
5.2.1 构造函数和对象创建	107
5.2.2 公共的 null 对象	109
5.2.3 将对象用作参数的静态 (类) 函数	109
5.3 对象和引用	111
5.3.1 复制对象: 克隆	112
5.3.2 测试对象相等性	112
5.4 对象的数组	114
5.5 带有数组成员的对象	115
5.6 标准化的 String 对象	116
5.6.1 声明 String 变量并赋值	116
5.6.2 字符串的长度: length()	117
5.6.3 字符串的相等性测试: equals(String str)	117
5.6.4 比较字符串: 字典序	118
5.7 再论基本的程序骨架	121
5.8 习题	122
第 6 章 查找和排序	126
6.1 概述	126
6.2 查找信息	126
6.3 顺序查找	128
6.3.1 顺序查找的复杂度	130
6.3.2 动态添加对象	130
6.3.3 二分/分半查找	132
6.4 对数组进行排序	134
6.4.1 通过选择进行排序: SelectionSort	134
6.4.2 把选择排序扩展到对象	136
6.4.3 选择排序的复杂度	138
6.5 快速排序: 递归排序	139
6.5.1 快速排序的复杂度分析	140
6.6 通过散列查找	140

6.7 习题	143
第 7 章 链表	144
7.1 简介	144
7.2 单元和链表	144
7.2.1 说明单元和链表的概念	144
7.2.2 将链表作为一种抽象数据结构	145
7.2.3 在 Java 中编写链表的程序	145
7.2.4 遍历链表	146
7.2.5 存储 String 元素的链表	147
7.2.6 链表的长度	148
7.2.7 动态插入: 向链表中添加元素	149
7.2.8 用于链表的优美打印程序	150
7.2.9 从链表中删除元素	151
7.2.10 编写链表的程序时常见的错误	152
7.3 链表上的递归	152
7.4 复制链表	154
7.5 通过数组创建链表	155
7.6 存储链表	156
7.6.1 合并有序的链表	156
7.6.2 链表的递归排序	158
7.7 关于链表的总结	160
7.8 链表的应用: 散列	160
7.8.1 开放地址散列	162
7.8.2 利用链表解决冲突	164
7.9 几种核心数据结构的比较	165
7.10 习题	165
第 8 章 面向对象的数据结构	168
8.1 简介	168
8.2 队列: 先进先出 (FIFO)	168
8.2.1 队列作为抽象数据结构: 接口	168
8.2.2 基本的队列实现: 静态函数	169
8.2.3 队列的应用: 集合枚举	171
8.3 优先级队列和堆	173
8.3.1 检索最大的元素	174

8.3.2	添加元素	174
8.3.3	删除最上面的元素	176
8.4	面向对象的数据结构: 方法	177
8.5	再论面向对象风格的数据结构	182
8.5.1	面向对象的优先级队列	182
8.5.2	面向对象的链表	183
8.6	栈: 后进先出 (LIFO) 的抽象数据结构	186
8.6.1	栈接口和数组实现	186
8.6.2	利用链表实现泛型栈	188
8.7	习题	190
第 9 章	优化问题的范型	191
9.1	简介	191
9.2	穷尽搜索	192
9.2.1	填充背包	192
9.2.2	图解回溯法: 八皇后问题	198
9.3	贪心算法: 用于获得有保证的近似解的试探法	202
9.3.1	0-1 背包问题的近似解	202
9.3.2	用于求解集合覆盖问题的贪心算法	207
9.4	动态规划: 0-1 背包问题的最优解	213
9.5	优化范型: 复杂度分析概述	216
9.6	习题	217
第 10 章	计算的科学	220
10.1	数字世界	220
10.2	计算的本性	222
10.3	数字方程	222
10.4	算法的起源和计算机	223
10.5	21 世纪的计算机科学	223
第 3 部分 考 试 复 习		
第 11 章	考试与解答	227
参考文献		247



第1部分

人 门

第 1 章

表达式、变量和赋值

1.1 简介

本章将介绍每个 Java 程序的最核心的基础知识。也就是说，我们将介绍构成所有程序的公共骨架的最简程序，并将解释编写、编译、编辑和执行代码的编程风格。我们将概述类型化语言的关键概念，并将描述 Java 的基本类型。最后介绍算术运算符的语法并且详细解释基本的输入输出操作，以便编写我们的第一个程序。

1.2 我的第一个 Java 程序

1.2.1 一个最简单的程序

在学习任何新的程序设计语言时，传统的做法是首先查看程序员所说的任何程序的基本骨架。这个骨架可以让他们获得对语言语法的一些理解，并且展示了必要的包装代码。第一个程序通常看起来很神秘（如果不是很怪异的话），因为它们同时揭示了编程语言的一些关键的语法成分。采用其最简单的形式，考虑下面“最短的”Java 程序：

程序 1.1 我的第一个 Java 程序——最简单的方法

```
class MyFirstProgram{  
    public static void main ( String [] args )  
    {  
    }  
}
```