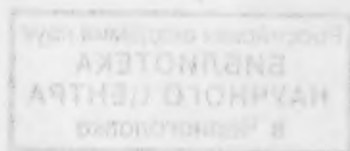


C++ для инженерных и научных расчетов

Питер Готтшлинг



Москва · Санкт-Петербург
2020

ББК 32.973.26-018.2.75

Г74

УДК 681.3.07

ООО "Диалектика"

Зав. редакцией С.Н. Тригуб

Перевод с английского и редакция канд. техн. наук И.В. Красикова

По общим вопросам обращайтесь в издательство "Диалектика" по адресу:
info@dialektika.com, http://www.dialektika.com

Готтшлинг, Питер.

Г74 С++ для инженерных и научных расчетов. : Пер. с англ. — СПб. : ООО "Диалектика", 2020. — 512 с. : ил. — Парал. тит. англ.

ISBN 978-5-907203-30-3 (рус.)

ББК 32.973.26-018.2.75

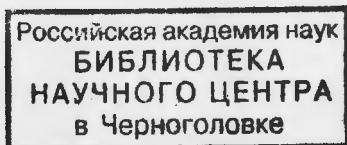
Все названия программных продуктов являются зарегистрированными торговыми марками соответствующих фирм.

Никакая часть настоящего издания ни в каких целях не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, если на это нет письменного разрешения издательства Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Copyright © 2016.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Б/инв.



Научно-популярное издание

Питер Готтшлинг

С++ для инженерных и научных расчетов

ООО "Диалектика", 195027, Санкт-Петербург, Манниногогорская ул., д. 30, лит. А, пом. 848

ISBN 978-5-907203-30-3 (рус.)

ISBN 978-0-13-438358-3 (англ.)

© ООО "Диалектика", 2020

© Pearson Education, Inc., 2016

Оглавление

Предисловие	15
Благодарности	21
Об авторе	23
Глава 1. Основы C++	25
Глава 2. Классы	101
Глава 3. Обобщенное программирование	149
Глава 4. Библиотеки	215
Глава 5. Метапрограммирование	279
Глава 6. Объектно-ориентированное программирование	353
Глава 7. Научные проекты	393
Приложение А. Скучные детали	423
Приложение Б. Инструментарий для программирования	487
Приложение В. Определения языка	499
Библиография	506
Предметный указатель	509

Содержание

Предисловие	15
Причины для изучения C++	15
Причины для чтения данной книги	16
Красавица и чудовище	16
Языки в науке и технике	18
Соглашения об оформлении	19
Благодарности	21
Об авторе	23
Ждем ваших отзывов!	24
Глава 1. Основы C++	25
1.1. Наша первая программа	25
1.2. Переменные	28
1.2.1. Константы	30
1.2.2. Литералы	31
1.2.3. Не сужающая инициализация в C++11	33
1.2.4. Области видимости	34
1.3. Операторы	36
1.3.1. Арифметические операторы	37
1.3.2. Булевы операторы	40
1.3.3. Побитовые операторы	41
1.3.4. Присваивание	42
1.3.5. Поток выполнения	42
1.3.6. Работа с памятью	43
1.3.7. Операторы доступа	43
1.3.8. Работа с типами	44
1.3.9. Обработка ошибок	44
1.3.10. Перегрузка	44
1.3.11. Приоритеты операторов	45
1.3.12. Избегайте побочных эффектов!	46
1.4. Выражения и инструкции	48
1.4.1. Выражения	48
1.4.2. Инструкции	48
1.4.3. Ветвление	49
1.4.4. Циклы	52
1.4.5. goto	55
1.5. Функции	56
1.5.1. Аргументы	56
1.5.2. Возврат результатов	58
1.5.3. Встраивание	59
1.5.4. Перегрузка	60
1.5.5. Функция main	62

1.6. Обработка ошибок	63
1.6.1. Утверждения	63
1.6.2. Исключения	65
1.6.3. Статические утверждения	70
1.7. Ввод-вывод	70
1.7.1. Стандартный вывод	70
1.7.2. Стандартный ввод	71
1.7.3. Ввод-вывод в файлы	71
1.7.4. Обобщенная концепция потоков	72
1.7.5. Форматирование	73
1.7.6. Обработка ошибок ввода-вывода	75
1.8. Массивы, указатели и ссылки	78
1.8.1. Массивы	78
1.8.2. Указатели	80
1.8.3. Интеллектуальные указатели	84
1.8.3.1. <code>unique_ptr</code>	84
1.8.4. Ссылки	88
1.8.5. Сравнение указателей и ссылок	88
1.8.6. Не ссылайтесь на устаревшие данные!	89
1.8.7. Контейнеры в качестве массивов	90
1.9. Структурирование программных проектов	92
1.9.1. Комментарии	92
1.9.2. Директивы препроцессора	94
1.10. Упражнения	98
1.10.1. Возраст	98
1.10.2. Массивы и указатели	98
1.10.3. Чтение заголовка файла Matrix Market	99
Глава 2. Классы	101
2.1. Программируйте универсальный смысл, а не технические детали	101
2.2. Члены	103
2.2.1. Переменные-члены	104
2.2.2. Доступность	104
2.2.3. Операторы доступа	107
2.2.4. Декларатор <code>static</code> в классах	108
2.2.5. Функции-члены	108
2.3. Установка значений. Конструкторы и присваивания	110
2.3.1. Конструкторы	110
2.3.2. Присваивание	120
2.3.3. Список инициализаторов	121
2.3.5. Семантика перемещения	125
2.4. Деструкторы	129
2.4.1. Правила реализации	130
2.4.2. Корректная работа с ресурсами	130
2.5. Резюме генерации методов	137
2.6. Доступ к переменным-членам	137

2.6.1. Функции доступа	137
2.6.2. Оператор индекса	139
2.6.3. Константные функции-члены	140
2.6.4. Ссылочная квалификация членов	141
2.7. Проектирование перегрузки операторов	143
2.7.1. Будьте последовательны	143
2.7.2. Вопросы приоритетов	144
2.7.3. Члены или свободные функции	145
2.8. Упражнения	147
2.8.1. Полиномы	147
2.8.2. Перемещающее присваивание	148
2.8.3. Список инициализаторов	148
2.8.4. Спасение ресурса	148
Глава 3. Обобщенное программирование	149
3.1. Шаблоны функций	149
3.1.1. Инстанцирование	150
3.1.2. Вывод типа параметров	152
3.1.3. Работа с ошибками в шаблонах	156
3.1.4. Смещение типов	157
3.1.5. Унифицированная инициализация	158
3.1.6. Автоматический возвращаемый тип	159
3.2. Пространства имен и поиск функций	159
3.2.1. Пространства имен	159
3.2.2. Поиск, зависящий от аргумента	162
3.2.3. Квалификация пространств имен или ADL	166
3.3. Шаблоны классов	168
3.3.1. Пример контейнера	168
3.3.2. Проектирование унифицированных интерфейсов классов и функций	170
3.4. Вывод и определение типа	177
3.4.1. Автоматический тип переменных	177
3.4.2. Тип выражения	178
3.4.3. decltype(auto)	179
3.4.4. Определение типов	180
3.5. Немного теории шаблонов: концепции	182
3.6. Специализация шаблонов	183
3.6.1. Специализация класса для одного типа	183
3.6.2. Специализация и перегрузка функций	186
3.6.3. Частичная специализация	187
3.6.4. Частично специализированные функции	189
3.7. Параметры шаблонов, не являющиеся типами	191
3.8. Функторы	194
3.8.1. Функциональные параметры	196
3.8.2. Составные функторы	197
3.8.3. Рекурсия	199
3.8.4. Обобщенное суммирование	202

3.9. Лямбда-выражения	203
3.9.1. Захват	204
3.9.2. Захват по значению	205
3.9.3. Захват по ссылке	206
3.9.4. Обобщенный захват	207
3.9.5. Обобщенные лямбда-выражения	208
3.10. Вариативные шаблоны	209
3.11. Упражнения	211
3.11.1. Строковое представление	211
3.11.2. Строковое представление кортежей	211
3.11.3. Обобщенный стек	212
3.11.4. Итератор вектора	212
3.11.5. Нечетный итератор	212
3.11.6. Нечетный диапазон	213
3.11.7. Стек <code>bool</code>	213
3.11.8. Стек с пользовательским размером	213
3.11.9. Вывод аргументов шаблона, не являющихся типами	213
3.11.10. Метод трапеций	213
3.11.11. Функтор	214
3.11.12. Лямбда-выражения	214
3.11.13. Реализация <code>make_unique</code>	214
Глава 4. Библиотеки	215
4.1. Стандартная библиотека шаблонов	216
4.1.1. Вводный пример	216
4.1.2. Итераторы	217
4.1.3. Контейнеры	223
4.1.4. Алгоритмы	232
4.1.5. За итераторами	239
4.2. Числовые алгоритмы	240
4.2.1. Комплексные числа	241
4.2.2. Генераторы случайных чисел	244
4.3. Метапрограммирование	256
4.3.1. Пределы	256
4.3.2. Свойства типов	258
4.4. Утилиты	260
4.4.1. <code>tuple</code>	260
4.4.2. <code>function</code>	264
4.4.3. Оболочка для ссылок	266
4.5. Время — сейчас!	267
4.6. Параллельность	270
4.7. Научные библиотеки за пределами стандарта	273
4.7.1. Иная арифметика	273
4.7.2. Арифметика интервалов	274
4.7.3. Линейная алгебра	274
4.7.4. Обычные дифференциальные уравнения	275

4.7.5. Дифференциальные уравнения в частных производных	275
4.7.6. Алгоритмы на графах	275
4.8. Упражнения	276
4.8.1. Сортировка по абсолютной величине	276
4.8.2. Контейнер STL	276
4.8.3. Комплексные числа	276
Глава 5. Метапрограммирование	279
5.1. Пусть считает компилятор	279
5.1.1. Функции времени компиляции	280
5.1.2. Расширенные функции времени компиляции	282
5.1.3. Простота	283
5.1.4. Насколько константны наши константы	285
5.2. Предоставление и использование информации о типах	287
5.2.1. Свойства типов	287
5.2.2. Условная обработка исключений	290
5.2.3. Пример применения константности	291
5.2.4. Стандартные свойства типов	299
5.2.5. Свойства типов, специфичные для предметной области	300
5.2.6. <code>enable_if</code>	301
5.2.7. Еще о вариативных шаблонах	305
5.2.7.1. Вариативный шаблон класса	305
5.3. Шаблоны выражений	308
5.3.1. Реализация простого оператора	309
5.3.2. Класс шаблона выражения	313
5.3.3. Обобщенные шаблоны выражений	315
5.4. Метанастройка: написание собственной оптимизации	317
5.4.1. Классическое развертывание фиксированного размера	319
5.4.2. Вложенное развертывание	322
5.4.3. Динамическое развертывание: разминка	328
5.4.4. Развертывание векторных выражений	330
5.4.5. Настройка шаблона выражения	332
5.4.6. Настройки операций сверток	335
5.4.7. Настройка вложенных циклов	343
5.4.8. Резюме	349
5.5. Упражнения	350
5.5.1. Свойства типов	350
5.5.2. Последовательность Фибоначчи	351
5.5.3. Метапрограммирование НОД	351
5.5.4. Шаблон векторного выражения	351
5.5.5. Метасписок	352
Глава 6. Объектно-ориентированное программирование	353
6.1. Фундаментальные принципы	354
6.1.1. Базовые и производные классы	354
6.1.2. Наследование конструкторов	358

6.1.3. Виртуальные функции и полиморфные классы	359
6.1.4. Функторы и наследование	365
6.2. Устранение избыточности	367
6.3. Множественное наследование	368
6.3.1. Множественные родители	368
6.3.2. Общие прародители	369
6.4. Динамический выбор с использованием подтипов	375
6.5. Преобразования	378
6.5.1. Преобразование между базовыми и производными классами	379
6.5.2. <code>const_cast</code>	383
6.5.3. <code>reinterpret_cast</code>	384
6.5.4. Преобразования в стиле функций	384
6.5.5. Неявные преобразования	386
6.6. CRTP	387
6.6.1. Простой пример	387
6.6.2. Повторно используемый оператор доступа	389
6.7. Упражнения	391
6.7.1. Ромбовидное наследование без избыточности	391
6.7.2. Наследование класса вектора	392
6.7.3. Функция клонирования	392
Глава 7. Научные проекты	393
7.1. Реализация решателей ОДУ	393
7.1.1. Обыкновенные дифференциальные уравнения	394
7.1.2. Алгоритмы Рунге–Кутты	396
7.1.3. Обобщенная реализация	398
7.1.4. Дальнейшее развитие	405
7.2. Создание проектов	406
7.2.1. Процесс построения	406
7.2.2. Инструменты для построения приложений	411
7.2.3. Раздельная компиляция	415
7.3. Несколько заключительных слов	421
Приложение А. Скучные детали	423
А.1. О хорошем и плохом научном программном обеспечении	423
А.2. Детали основ	430
А.2.1. О квалифицирующих литералах	430
А.2.2. Статические переменные	431
А.2.3. Еще немного об <code>if</code>	432
А.2.4. Метод Даффа	434
А.2.5. Еще немного о функции <code>main</code>	434
А.2.6. Утверждения или исключения?	435
А.2.7. Бинарный ввод-вывод	437
А.2.8. Ввод-вывод в стиле C	438
А.2.9. Сборка мусора	439
А.2.10. Проблемы с макросами	440

A.3. Реальный пример: обращение матриц	442
A.4. Больше о классах	453
A.4.1. Указатель на член	453
A.4.2. Примеры инициализации	453
A.4.3. Обращение к многомерным массивам	454
A.5. Генерация методов	457
A.5.1. Управление генерацией	459
A.5.2. Правила генерации	460
A.5.3. Ловушки и советы по проектированию	465
A.6. Подробнее о шаблонах	469
A.6.1. Унифицированная инициализация	469
A.6.2. Какая функция вызвана?	470
A.6.3. Специализация для определенного аппаратного обеспечения	473
A.6.4. Бинарный ввод-вывод с переменным числом аргументов	474
A.7. Использование <code>std::vector</code> в C++03	475
A.8. Динамический выбор в старом стиле	476
A.9. Подробности метапрограммирования	476
A.9.1. Первая метапрограмма в истории	476
A.9.2. Метафункции	478
A.9.3. Обратно совместимые статические утверждения	480
A.9.4. Анонимные параметры типа	481
A.9.5. Проверка производительности динамического развертывания	484
A.9.6. Производительность умножения матриц	485
Приложение Б. Инструментарий для программирования	487
B.1. <code>gcc</code>	487
B.2. Отладка	488
B.2.1. Текстовая отладка	489
B.2.2. Отладка с графическим интерфейсом: DDD	491
B.3. Анализ памяти	493
B.4. <code>gnuplot</code>	494
B.5. Unix, Linux и Mac OS	496
Приложение В. Определения языка	499
V.1. Категории значений	499
V.2. Обзор операторов	499
V.3. Правила преобразования	502
V.3.1. Повышение	503
V.3.2. Другие преобразования	503
V.3.3. Обычные арифметические преобразования	504
V.3.4. Сужение	505
Библиография	506
Предметный указатель	509