

ЭФФЕКТИВНЫЙ С

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЕ

РОБЕРТ С. СИКОРД



EFFECTIVE C

An Introduction to Professional C Programming

by Robert C. Seacord



**no starch
press**

San Francisco

ЭФФЕКТИВНЫЙ С

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЕ

РОБЕРТ С. СИКОРД



Санкт-Петербург • Москва • Минск

2022

ББК 32.973.2-018.1
УДК 004.43
С35

Сикорд Роберт С.

С35 Эффективный С. Профессиональное программирование. — СПб.: Питер, 2022. — 304 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста»).
ISBN 978-5-4461-1851-9

Мир работает на коде, написанном на С, но в большинстве учебных заведений программированию учат на Python или Java. Книга «Эффективный С. Профессиональное программирование» восполняет этот пробел и предлагает современный взгляд на С. Здесь рассмотрен С17, а также потенциальные возможности С2х. Издание неизбежно станет классикой, с его помощью вы научитесь писать профессиональные и надежные программы на С, которые лягут в основу устойчивых систем и решат реальные задачи.

16+ (В соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2010 г. № 436-ФЗ.)

ББК 32.973.2-018.1
УДК 004.43

Права на издание получены по соглашению с No Starch Press. Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги. Издательство не несет ответственности за доступность материалов, ссылки на которые вы можете найти в этой книге. На момент подготовки книги к изданию все ссылки на интернет-ресурсы были действующими.

ISBN 978-1718501041 англ.

© 2020 by Robert C. Seacord.
Effective C: An Introduction to Professional C Programming
ISBN 978-1-71850-104-1, published by No Starch Press.
© Перевод на русский язык ООО Издательство «Питер», 2022
© Издание на русском языке, оформление ООО Издательство «Питер», 2022
© Серия «Библиотека программиста», 2022
© Павлов А., перевод с английского языка, 2021

ISBN 978-5-4461-1851-9

Краткое содержание

Предисловие Паскаля Куока	14
Предисловие Олли Уайтхауса	15
Благодарности	16
Введение	17
Глава 1. Знакомство с C	24
Глава 2. Объекты, функции и типы	38
Глава 3. Арифметические типы	65
Глава 4. Выражения и операции.....	92
Глава 5. Управляющая логика	122
Глава 6. Динамически выделяемая память	142
Глава 7. Символы и строки.....	168
Глава 8. Ввод/вывод.....	204
Глава 9. Препроцессор (в соавторстве с Аароном Баллманом)	233
Глава 10. Структура программы (в соавторстве с Аароном Баллманом)....	250
Глава 11. Отладка, тестирование и анализ.....	269
Список литературы	299
Об авторе.....	302
О соавторе	302
О научном редакторе.....	303

Оглавление

Предисловие Паскаля Куока	14
Предисловие Олли Уайтхауса	15
Благодарности	16
Введение	17
Краткая история С	18
Стандарт С	19
Стандарт программирования CERT С	20
Для кого эта книга	20
Структура книги	21
От издательства	23
Глава 1. Знакомство с С	24
Разработка вашей первой программы на С	24
Компиляция и запуск вашей программы	25
Директивы препроцессора	26
Функция main	26
Проверка возвращаемого значения функции	28
Форматированный вывод	29
Редакторы и интегрированные среды разработки	30
Компиляторы	32
GNU Compiler Collection	32
Clang	33
Microsoft Visual Studio	33
Переносимость	34
Поведение, определяемое реализацией	35
Неуточненное поведение	35
Неопределенное поведение	35
Поведение, зависящее от региональных параметров, и распространенные расширения	37
Резюме	37

Глава 2. Объекты, функции и типы	38
Объекты, функции, типы и указатели	38
Объявление переменных	39
Перестановка значений местами (первая попытка).....	40
Перестановка значений местами (вторая попытка).....	42
Область видимости	44
Срок хранения	45
Выравнивание	47
Объектные типы	49
Логические типы.....	49
Символьные типы	49
Численные типы	50
Тип void	52
Функциональные типы	52
Производные типы.....	54
Указатели	54
Массивы	55
Структуры.....	57
Объединения	58
Теги.....	59
Квалификаторы типов	61
Квалификатор const.....	62
Квалификатор volatile	62
Квалификатор restrict.....	63
Упражнения.....	64
Резюме	64
Глава 3. Арифметические типы	65
Целые числа	65
Заполнение и точность	66
Заголовочный файл <limits.h>	66
Объявление целочисленных переменных.....	67
Беззнаковые целые.....	67
Знаковые целые.....	71
Целочисленные константы.....	76

Числа с плавающей запятой	77
Типы с плавающей запятой	78
Арифметические операции с плавающей запятой	80
Значения с плавающей запятой	80
Константы с плавающей запятой	82
Арифметическое преобразование	83
Ранг преобразования целочисленных типов.....	84
Повышение разрядности целочисленных значений.....	85
Обычные арифметические преобразования	86
Пример автоматического приведения типов	88
Безопасное приведение типов	89
Резюме	91
Глава 4. Выражения и операции.....	92
Простое присваивание.....	92
Оценивание	94
Вызов функции	95
Операции инкремента и декремента.....	96
Приоритет и ассоциативность операций	97
Порядок вычисления	100
Непоследовательные и неопределенно	
последовательные вычисления	101
Точки следования	102
Операция sizeof	103
Арифметические операции	104
Унарные операции + и –.....	104
Логическая операция отрицания.....	105
Мультипликативные операции	105
Аддитивные операции.....	107
Битовые операции	107
Операция дополнения	107
Операции сдвига.....	108
Битовое И	110
Битовое исключающее ИЛИ	111
Битовое включающее ИЛИ.....	112

Логические операции	112
Операции приведения типов.....	114
Условная операция	115
Операция _Alignof.....	116
Операции сравнения.....	117
Операции составного присваивания	118
Операция «запятая»	118
Арифметические операции с указателями.....	119
Резюме	121
Глава 5. Управляющая логика	122
Операторы-выражения	122
Составные операторы	123
Операторы выбора	124
Оператор if	124
Оператор switch.....	128
Операторы итерирования	131
Оператор while	131
Оператор do...while	133
Оператор for	134
Операторы перехода	136
Оператор goto	136
Оператор continue.....	138
Оператор break.....	139
Оператор return	140
Упражнения.....	141
Резюме	141
Глава 6. Динамически выделяемая память	142
Срок хранения	142
Куча и диспетчеры памяти.....	143
Когда следует использовать динамически выделяемую память.....	144
Функции для управления памятью.....	145
Функция malloc	145
Функция aligned_alloc.....	148

Функция <code>calloc</code>	149
Функция <code>realloc</code>	149
Функция <code>reallocarray</code>	152
Функция <code>free</code>	152
Состояния памяти	154
Структуры с массивами произвольной длины	155
Другие виды динамически выделяемой памяти	157
Функция <code>alloca</code>	157
Массивы переменной длины	159
Отладка проблем, связанных с выделением памяти	163
Библиотека <code>dmalloc</code>	163
Системы с повышенными требованиями к безопасности	166
Упражнения	166
Резюме	167
Глава 7. Символы и строки	168
Символы	168
ASCII	169
Unicode	169
Исходная и исполняемая кодировки	171
Типы данных	172
Символьные константы	175
Управляющие последовательности	176
Linux	177
Windows	178
Преобразование символов	180
Строки	184
Строковые литералы	186
Функции для работы со строками	188
Заголовочные файлы <code><string.h></code> и <code><wchar.h></code>	189
Интерфейсы с проверкой ограничений из приложения К	197
POSIX	200
Microsoft	202
Резюме	203

Глава 8. Ввод/вывод.....	204
Стандартные потоки ввода/вывода	204
Буферизация потоков	205
Потоки из стандартной библиотеки	206
Ориентация потоков	208
Текстовые и двоичные потоки	208
Открытие и создание файлов.....	209
Функция <code>open</code>	209
Функция <code>open</code> из стандарта POSIX	212
Закрытие файлов.....	214
Функция <code>fclose</code>	214
Функция <code>close</code> из стандарта POSIX	215
Чтение и запись символов и строк	216
Сброс потока на диск.....	218
Установка позиции в файле	219
Удаление и переименование файлов	222
Использование временных файлов	223
Чтение потоков форматированного текста.....	224
Чтение из двоичных потоков и запись в них	228
Резюме	232
 Глава 9. Препроцессор (в соавторстве с Аароном Баллманом)	233
Процесс компиляции.....	233
Подключение файлов	235
Строки подключения с кавычками и угловыми скобками.....	236
Условная компиляция	237
Генерация ошибок	238
Использование стражей включения	239
Определение макросов	241
Макроподстановка	244
Макросы с обобщенными типами	246
Предустановленные макросы	248
Резюме	249

Глава 10. Структура программы (в соавторстве с Аароном Баллманом)....	250
Принципы компонентного представления	250
Связанность и сложенность	251
Повторное использование кода.....	252
Абстракция данных.....	253
Непрозрачные типы	254
Исполняемые файлы.....	256
Компоновка	258
Структурирование простой программы	260
Сборка кода.....	265
Резюме	268
Глава 11. Отладка, тестирование и анализ.....	269
Утверждения	269
Статические утверждения.....	269
Утверждения времени выполнения	272
Параметры и флаги компиляторов.....	274
GCC и Clang	275
Visual C++	279
Отладка	281
Модульное тестирование	285
Статический анализ.....	289
Динамический анализ	292
AddressSanitizer.....	293
Упражнения.....	298
Резюме	298
Список литературы.....	299
Об авторе	302
О соавторе	302
О научном редакторе.....	303

*Посвящается моим внучкам, Оливии и Изабелле,
а также другим молодым женщинам, которые станут
учеными и инженерами, когда вырастут.*

Предисловие Паскаля Куока

Впервые о Роберте Сикорде я услышал в 2008 году. В то время он уже был широко известен среди программистов на С своей работой над *стандартом программирования CERT C* и приложением К к стандарту С. Однако на тот момент прошло лишь пара лет с тех пор, как я, молодой и глупый, присоединился к проекту Frama-C, призванному гарантировать отсутствие нежелательного поведения в программах на С. Однажды мой интерес привлекла заметка об уязвимостях от CERT, согласно которой в кое-каких компиляторах С (в частности, в GCC) были убраны определенные проверки переполнения операций с плавающей запятой. Это решение имело причину: проверки были слишком примитивными и в случае переполнения приводили к неопределенному поведению.

Кроме того, компиляторы не были обязаны сообщать программисту о том, в чем состояла его ошибка, даже при максимальном уровне предупреждений. Неопределенное поведение в С может иметь серьезные последствия. Я решил исправить эту конкретную проблему. Одним из авторов той заметки был Роберт.

Эта книга научит вас программировать на С в современных условиях. Она поможет выработать хорошие привычки, которые не позволят вам сознательно или по небрежности использовать нежелательное поведение. Читатель должен понимать, что в объемных программах на языке С такое поведение может быть вызвано произвольным вводом, поэтому устранения обычных ошибок программистов может быть недостаточно!

В этой книге делается беспрецедентный упор на аспекты программирования на С, связанные с безопасностью. Я рекомендую к использованию все представленные в ней инструменты — они помогут вам избежать неопределенного поведения в ваших программах.

Паскаль Куок, главный научный сотрудник, TrustInSoft

Предисловие Олли Уайтхауса

Начав заниматься кибербезопасностью больше 25 лет назад, я изучал свое ремесло в основном путем поиска и использования небезопасного кода для работы с памятью в программах на С. Даже тогда этому классу уязвимостей было больше 20 лет. Работая в BlackBerry и перебирая горы отчетов о разборе кода, я мог воочию убедиться в том, насколько опасным может быть язык С для непосвященных. Теперь, уже в качестве технического директора транснациональной компании, предоставляющей профессиональные услуги по обеспечению кибербезопасности, я каждый день вижу, чем чреват плохо написанный код на С для нашего общества в цифровую эпоху.

Написание безопасного и профессионального кода на С до сих пор вызывает множество трудностей. Это может свести (и регулярно сводит) на нет многочисленные инновации в средствах защиты компиляторов и операционных систем. И хотя мы наблюдаем существенный прогресс в других современных языках, спрос на С по-прежнему растет, особенно в IoT и прочих средах с крайне ограниченными ресурсами.

Мнение Роберта о том, как профессионально и безопасно программировать на С, пользуется большим уважением. Уже больше десяти лет я советую его материал как клиентам, так и разработчикам внутри компании. Никто лучше него не научит вас писать код на С профессионально и среди прочего безопасно.

На сегодня профессиональный код на С должен быть производительным, безопасным и защищенным. Те, кто в состоянии выполнять эти требования, смогут приносить пользу обществу, не создавая дополнительных технических проблем, которые придется решать в будущем.

Эта книга поможет читателям с минимальным опытом использования С (или вообще без такового) быстро обрести знания и навыки, которые позволят им стать профессиональными программистами на этом языке и сформируют прочный фундамент для разработки высокопроизводительных, защищенных и безопасных систем.

Олли Уайтхаус, технический директор, NCC Group

Благодарности

Хочу отметить всех тех, кто помогал в создании этой книги. Начну с Билла Поллока из No Starch Press, который неустанно убеждал меня написать книгу о C.

Благодарю Олли Уайтхауса и Паскаля Куока за отличные предисловия.

Аарон Баллман был прекрасным партнером в этом начинании. Помимо двух написанных им глав, он вычитывал весь текст (часто по несколько раз) и помогал мне решать как сложные, так и тривиальные проблемы.

Дуглас Гвин, заслуженный сотрудник научно-исследовательской лаборатории сухопутных войск США и почетный член комитета во главе стандарта C, помог вычитать все главы. Когда мои писательские навыки не соответствовали его ожиданиям, он подталкивал меня в правильном направлении.

Официальным научным редактором этой книги был мой хороший друг, Мартин Себор, поэтому за любые неточности, которые вы найдете, винить нужно именно его.

Помимо Аарона, Дага и Мартина отдельные главы вычитывали и другие уважаемые члены комитетов во главе стандартов C и C++, включая Джима Томаса, Томаса Кёппе, Нилла Дугласа, Тома Хонерманна и Жана Хейда Менеида. В число научных редакторов вошли мои коллеги из NCC Group: Ник Данн, Джонатан Линдси, Томаш Крамковски, Алекс Донисторп, Джошуа Доу, Каталин Висинеску, Аарон Адамс и Саймон Харраги. Техническими редакторами, не имеющими отношения к этим организациям, были Дэвид Леблан, Николас Уинтер, Джон Макфарлейн и Скотт Алоизио.

Кроме того, я хотел бы поблагодарить следующих профессионалов из No Starch, которые обеспечили выпуск качественного продукта: Элизабет Чедвик, Фрэнсис Со, Зака Лебовски, Энни Чой, Барбару Йен, Катрину Тейлор, Натали Глисон, Дерека Йи, Лорен Чун, Джину Редман, Шерон Уилки, Эмили Баттаглия и Дапиндера Досанжа.