

Дорогой читатель!

Две идеи, на которых основана эта книга, пришли мне в голову в середине 1970-х годов, когда я еще жил в Москве. Первая идея состояла в том, чтобы разбивать программы на небольшие (5–15 строк) алгоритмические части, каждая из которых сама по себе могла бы использоваться в других программах. Вторая идея состояла в том, что каждый такой алгоритм должен работать на любых типах данных, к которым он применим. Я называю их *обобщенными алгоритмами*. Мне казалось, что эти две идеи самоочевидны. К моему удивлению, мне много лет не удавалось изложить их удовлетворительно для самого себя. Несколько лет назад Пол Мак-Джонс уговорил меня вспомнить мою математическую молодость, и мы вместе написали *Начала программирования*.

Эта книга не учит программировать, не объясняет новую программную технологию, не пропагандирует новый язык программирования. Некоторым читателям может показаться, что она содержит случайный набор алгоритмов. Это не так. Надеюсь, что у читателя будет достаточно интереса, чтобы разобратся в структуре книги, ибо цель книги именно в том, чтобы показать глубокую взаимосвязь отдельных алгоритмов.

Надеюсь, что русский перевод нашей книги позволит мне хотя бы в малой мере воздать за то, что я получил от русской науки. Посвящаю это издание всем замечательным российским математикам, меня учившим.

Александр Александрович Степанов

Предисловие

В настоящей книге применяется дедуктивный подход к программированию, основанный на объединении программ с абстрактными математическими теориями, которые обеспечивают их работу. Представлены вместе описания этих теорий, алгоритмы, записанные в терминах этих теорий, а также теоремы и леммы, описывающие их свойства. Реализация алгоритмов на реальном языке программирования является центральной темой книги. Теоретические описания адресованы людям, поэтому в них научная строгость должна сочетаться с некоторой неформальностью; код предназначен для компьютера, поэтому должен быть абсолютно точным, даже если он имеет общее назначение.

Как и в других областях науки, в программировании наиболее подходящей основой является дедуктивный метод. Он обеспечивает декомпозицию сложных систем на компоненты с математически обоснованным поведением. Создание таких компонентов, в свою очередь, служит необходимой предпосылкой разработки эффективного, надежного, безопасного и экономически эффективного программного обеспечения.

Эта книга предназначена для тех, кто стремится глубже понять суть программирования, будь то профессиональные программисты или ученые и инженеры, для которых программирование составляет важную часть их профессиональной деятельности.

Книга предназначена для чтения от начала и до конца. Читатели смогут достичь понимания материала, только изучая код, доказывая леммы и выполняя упражнения. Кроме того, мы предлагаем несколько проектов, причем решения нам не известны. Изложение в книге является кратким, но внимательный читатель в конечном итоге сумеет обнаружить связь между ее частями и понять, чем мы руководствовались при выборе материала. Читатель должен поставить перед собой цель — раскрыть принципы построения книги.

Мы предполагаем наличие способности выполнять элементарные алгебраические манипуляции¹. Мы также предполагаем, что читатель знаком с основ-

¹Для проведения переподготовки по элементарной алгебре рекомендуем книгу [Chrystal, 1904].

ной терминологией логики и теории множеств на уровне базовых университетских курсов по дискретной математике; в приложении А приведены сводные данные об используемой нами системе обозначений. Мы приводим определения некоторых понятий абстрактной алгебры, необходимых для формулировки алгоритмов. Предполагаем также наличие развитых навыков программирования и понимания архитектуры ЭВМ² и знакомство с элементарными алгоритмами и структурами данных³.

Мы выбрали язык C++, поскольку в нем механизмы абстракции сочетаются с точным представлением существующей машины⁴. Мы используем небольшое подмножество языка и записываем требования как структурированные комментарии. Мы надеемся, что следовать за изложением в книге смогут и читатели, не знакомые с языком C++. Подмножество языка, используемое в книге, определено в приложении В⁵. Везде, где имеется различие между математической системой обозначений и языком C++, типографский шрифт и контекст определяют, приведено ли описание математического обоснования или кода C++. У многих концепций и программ из этой книги есть параллели в STL (Standard Template Library — стандартная библиотека шаблонов C++), но некоторые решения, принятые в книге, отличаются от таковых в STL. В книге также игнорируются проблемы, которые должны быть решены в реальной библиотеке, такой как STL: пространства имен, видимость, встроенные директивы и т. д.

В главе 1 приведено описание значений, объектов, типов, процедур и концепций. Главы 2–5 посвящены алгоритмам на алгебраических структурах, таких как полугруппы и полностью упорядоченные множества. В главах 6–11 описываются алгоритмы на абстрактных представлениях памяти. В главе 12 рассматриваются объекты, содержащие другие объекты. В послесловии представлены наши размышления о подходе, изложенном в книге.

Благодарности

Мы благодарны компании Adobe Systems и ее руководителям за поддержку курса “Foundations of Programming” и этой книги, которая выросла из него. В частности, Грег Гилли (Greg Gilley) был инициатором проведения курса и предложил написать книгу; Дэйв Стори (Dave Story), а затем Билл

²Рекомендуем книгу [Patterson and Hennessy, 2007].

³См. [Tarjan, 1983].

⁴Стандартным справочником является [Stroustrup, 2000].

⁵Код из книги компилируется и выполняется в версиях Microsoft Visual C++ 9 и g++ 4. Этот код может быть загружен с сайта www.elementsofprogramming.com вместе с несколькими простейшими макросами, которые обеспечивают его компиляцию, а также тестовыми модулями.

Хенслер (Bill Hensler) обеспечивали неуклонную поддержку. Наконец, книга не была бы возможна без грамотного руководства Шона Пэрента (Sean Parent) и непрерывного контроля качества кода и текста. Идеи, изложенные в книге, стали итогом нашего тесного, почти тридцатилетнего сотрудничества с Дэйвом Массером (Dave Musser). Бьярне Страуструп (Bjarne Stroustrup) специально доработал язык С++ для поддержки этих идей. И Дэйв и Бьярне были достаточно любезны, чтобы прибыть в Сан-Хосе и тщательно рассмотреть предварительный проект книги. Шон Пэрент и Бьярне Страуструп написали приложение, определяющее подмножество С++, которое используется в книге. Джон Брандт (Jon Brandt) просмотрел несколько черновых вариантов книги. Джон Уилкинсон (John Wilkinson) тщательно прочитал окончательную версию рукописи, предоставив неисчислимое количество ценных предложений.

Книга существенно выиграла благодаря усилиям редактора Питера Гордона (Peter Gordon), редактора проекта Элизабет Райан (Elizabeth Ryan), литературного редактора Эвелин Пайл (Evelyn Pyle) и редакционных рецензентов: Мэтта Аустерна (Matt Austern), Эндрю Кёнига (Andrew Koenig), Дэвида Массера (David Musser), Арчи Робисона (Arch Robison), Джерри Шварца (Jerry Schwarz), Джереми Сика (Jeremy Siek) и Джона Уилкинсона (John Wilkinson).

Мы благодарим всех студентов — участников курса, который проводился в компании Adobe, а также проводившегося ранее курса в компании SGI, за их предложения. Мы надеемся, что нам удалось связать материал этих курсов в единое целое. Мы благодарны за комментарии Дэйву Абрахамсу (Dave Abrahams), Андрею Александреску (Andrei Alexandrescu), Константину Аркудасу (Konstantine Arkoudas), Джону Бэннингу (John Banning), Гансу Боему (Hans Boehm), Анджело Борсотти (Angelo Borsotti), Джиму Денерту (Jim Dehnert), Джону Детревиллу (John DeTreville), Борису Фомичеву (Boris Fomitchev), Кевлину Хенни (Kevlin Henney), Юсси Кетонену (Jussi Ketonen), Карлу Мальбрэну (Karl Malbrain), Мэту Маркусу (Mat Marcus), Ларри Мэзинтеру (Larry Masinter), Дэйву Пэренту (Dave Parent), Дмитрию Полухину (Dmitry Polukhin), Джону Риду (Jon Reid), Марку Рузону (Mark Ruzon), Джеффу Скотту (Geoff Scott), Дэвиду Симонсу (David Simons), Анне Степановой (Anna Stepanov), Тони Ван Ирду (Tony Van Eerd), Уолтеру Ваннини (Walter Vannini), Тиму Винклеру (Tim Winkler) и Олегу Заблуде (Oleg Zablude). Благодарим Джона Баннинга (John Banning), Боба Инглиша (Bob English), Стивена Граттона (Steven Gratton), Макса Гальперина (Max Nailperin), Евгения Кирпичова (Eugene Kirpichov), Алексея Некрасова (Alexei Nekrassov), Марка Рузона (Mark Ruzon) и Хао Сонга (Hao Song) за то, что выявили ошибки в первой редакции книги. Благодарим Фостера Бреттона (Foster Brereton), Габриэль Дос Реис (Gabriel Dos Reis), Райана Эрнста (Ryan Ernst), Абрахама Себастьяна (Abraham Sebastian), Майка Спертуса (Mike Spertus), Хеннинга Тилеманна (Henning Thielemann) и Карлу Вилло-

рию Бургацци (Carla Villoria Burgazzi) за то, что выявили ошибки во второй редакции книги. Благодарим Синдзи Досака (Shinji Dosaka), Райана Эрнста (Ryan Ernst) и Стивена Граттона (Steven Gratton) за то, что выявили ошибки во третьей редакции книги.⁶

Наконец, мы благодарны всем людям, которые учили нас посредством своих опубликованных работ или лично, а также университетам и компаниям, которые позволили нам углубить наше понимание программирования.

⁶С последними по времени замечаниями и исправлениями можно ознакомиться на сайте www.elementsofprogramming.com. (См. раздел “Errata”).