ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение ... 12
Аудитория ... 14
О третьем издании ... 15
Другие ресурсы ... 16
Некоторые типографские соглашения ... 17
Запуск примеров ... 17
Благодарности ... 18

ЧАСТЬ I
Язык ... 19

Глава 1. Начинаем ... 20
1.1. Блоки ... 20
1.2. Некоторые лексические соглашения ... 22
1.3. Глобальные переменные ... 24
1.4. Отдельный интерпретатор ... 24
Упражнения ... 26

Глава 2. Типы и значения ... 27
2.1. Nil ... 28
2.2. Boolean (логические значения) ... 28
2.3. Числа ... 28
2.4. Строки ... 30
Литералы ... 30
Длинные строки ... 32
Приведения типов ... 33
2.5. Таблицы ... 34
2.6. Функции ... 38
2.7. userdata и нити ... 38
Упражнения ... 39

Глава 3. Выражения ... 40
3.1. Арифметические операторы ... 40
3.2. Операторы сравнения ... 41
3.3. Логические операторы ... 42

3.4. Конкатенация 43
3.5. Оператор длины 43
3.6. Приоритеты операторов 45
3.7. Конструкторы таблиц 46
Упражнения 48

Глава 4. Операторы 49
4.1. Операторы присваивания 49
4.2. Локальные переменные и блоки 50
4.3. Управляющие конструкции 52
if then else 53
while 53
repeat 54
Числовой оператор for 54
Оператор for общего вида 55
4.4. break, return и goto 57
Упражнения 60

Глава 5. Функции 62
5.1. Множественные результаты 64
5.2. Функции с переменным числом аргументов 68
5.3. Именованные аргументы 70
Упражнения 72

Глава 6. Еще о функциях 73
6.1. Замыкания 75
6.2. Неглобальные функции 79
6.3. Оптимизация хвостовых вызовов 82
Упражнения 83

Глава 7. Итераторы и обобщенный for 85
7.1. Итераторы и замыкания 85
7.2. Семантика обобщенного for 87
7.3. Итераторы без состояния 89
7.4. Итераторы со сложным состоянием 91
7.5. Подлинные итераторы (true iterarators) 93
Упражнения 94

Глава 8. Компиляция, выполнение и ошибки 96
8.1. Компиляция 96
8.2. Предкомпилированный код 100
8.3. Код на С 102
8.4. Ошибки 103
8.5. Обработка ошибок и исключений 105

8.6. Сообщения об ошибках и стек вызовов 106
Упражнения 108

Глава 9. Сопрограммы 110
9.1. Основы сопрограмм 110
9.2. Каналы и фильтры 113
9.3. Сопрограммы как итераторы 117
9.4. Невытесняющая многонитевость 119
Упражнения 124

Глава 10. Законченные примеры 125
10.1. Задача о восьми королевах 125
10.2. Самые часто встречающиеся слова 127
10.3. Цепь Маркова 129
Упражнения 131

ЧАСТЬ II
Таблицы и объекты 133

Глава 11. Структуры данных 134
11.1. Массивы 134
11.2. Матрицы и многомерные массивы 135
11.3. Связанные списки 137
11.4. Очереди и двойные очереди 138
11.5. Множества и наборы 139
11.6. Строчные буферы 141
11.7. Графы 142
Упражнения 144

Глава 12. Файлы данных и персистентность 146
12.1. Файлы с данными 146
12.2. Сериализация 148
Сохранение таблиц без циклов 151
Сохранение таблиц с циклами 152
Упражнения 155

Глава 13. Метатаблицы и метаметоды 156
13.1. Арифметические метаметоды 157
13.2. Метаметоды сравнения 160
13.3. Библиотечные метаметоды 161
13.4. Метаметоды для доступа к таблице 162
Метаметод __index 163
Метаметод __newindex 164
Таблицы со значениями по умолчанию 165

Отслеживание доступа к таблице ... 166
Таблицы, доступные только для чтения ... 168
Упражнения ... 169

Глава 14. Окружение ... 170
14.1. Глобальные переменные с динамическими именами ... 170
14.2. Описания глобальных переменных ... 172
14.3. Неглобальные окружения ... 174
14.4. Использование _ENV ... 176
14.5. _ENV и load ... 179
Упражнения ... 181

Глава 15. Модули и пакеты ... 182
15.1. Функция require ... 184
Переименовывание модуля ... 185
Поиск по пути ... 186
Искатели файлов ... 187
15.2. Стандартный подход для написания модулей на Lua ... 188
15.3. Использование окружений ... 190
15.4. Подмодули и пакеты ... 192
Упражнения ... 193

Глава 16. Объектно-ориентированное программирование ... 195
16.1. Классы ... 197
16.2. Наследование ... 199
16.3. Множественное наследование ... 201
16.4. Скрытие ... 203
16.5. Подход с единственным методом ... 205
Упражнения ... 206

Глава 17. Слабые таблицы и финализаторы ... 208
17.1. Слабые таблицы ... 208
17.2. Функции с кэшированием ... 210
17.3. Атрибуты объекта ... 212
17.4. Опять таблицы со значениями по умолчанию ... 213
17.5. Эфемерные таблицы ... 215
17.6. Финализаторы ... 216
Упражнения ... 220

ЧАСТЬ III
Стандартные библиотеки ... 221

Глава 18. Математическая библиотека ... 222

Упражнения 223

Глава 19. Библиотека для побитовых операций ... 224

Упражнения 227

Глава 20. Библиотека для работы с таблицами 228

20.1. Функции insert и remove 228
20.2. Сортировка 229
20.3. Конкатенация 230
Упражнения 231

Глава 21. Библиотека для работы со строками..... 232

21.1. Основные функции для работы со строками 232
21.2. Функции для работы с шаблонами 235
Функция string.find 235
Функция string.match 236
Функция string.gsub 236
Функция string.gmatch 237
21.3. Шаблоны 238
21.4. Захваты 242
21.5. Замены 245
Кодировка URL 246
Замена табов 248
21.6. Хитрые приемы 249
21.7. Юникод 252
Упражнения 255

Глава 22. Библиотека ввода/вывода 256

22.1. Простая модель ввода/вывода 256
22.2. Полная модель ввода/вывода 260
Небольшой прием для увеличения быстродействия 261
Бинарные файлы 262
22.3. Другие операции над файлами 264
Упражнения 266

Глава 23. Библиотека функций операционной системы 267

23.1. Дата и время 267
23.2. Другие вызовы системы 270
Упражнения 271

Глава 24. Отладочная библиотека 272

24.1. Возможности по доступу (интроспекции) 272
Доступ к локальным переменным 275
Доступ к нелокальным переменным 276

Доступ к другим сопрограммам ... 277
24.2. Ловушки (hooks) ... 278
24.3. Профилирование ... 279
Упражнения ... 282

ЧАСТЬ IV
С API ... 283

Глава 25. Обзор С API ... 284
25.1. Первый пример ... 286
25.2. Стек ... 288
Помещение элементов на стек ... 290
Обращение к элементам ... 291
Другие операции со стеком ... 294
25.3. Обработка ошибок в С API ... 295
Обработка ошибок в коде приложения ... 296
Обработка ошибок в коде библиотек ... 296
Упражнения ... 297

Глава 26. Расширение вашего приложения ... 298
26.1. Основы ... 298
26.2. Работа с таблицами ... 300
26.3. Вызовы функций на Lua ... 305
26.4. Обобщенный вызов функции ... 307
Упражнения ... 309

Глава 27. Вызываем С из Lua ... 310
27.1. Функции на С ... 310
27.2. Продолжения ... 313
27.3. Модули на С ... 316
Упражнения ... 318

Глава 28. Приемы написания функций на С ... 320
28.1. Работа с массивами ... 320
28.2. Работа со строками ... 322
28.3. Сохранение состояния в функциях на С ... 326
Реестр ... 326
Значения, связанные с функцией ... 329
Значения, связанные с функцией, используемые несколькими функциями ... 332
Упражнения ... 333

Глава 29. Задаваемые пользователем типы в С ... 334
29.1. Пользовательские данные (userdata) ... 335
29.2. Метатаблицы ... 337

29.3. Объектно-ориентированный доступ ... 340
29.4. Доступ как к обычному массиву ... 342
29.5. Легкие объекты типа userdata (light userdata) ... 344
Упражнения ... 345

Глава 30. Управление ресурсами ... 346
30.1. Итератор по каталогу ... 346
30.2. Парсер XML ... 349
Упражнения ... 358

Глава 31. Нити и состояния ... 360
31.1. Многочисленные нити ... 360
31.2. Состояния Lua ... 365
Упражнения ... 373

Глава 32. Управление памятью ... 374
32.1. Функция для выделения памяти ... 374
32.2. Сборщик мусора ... 377
API сборщика мусора ... 378
Упражнения ... 380

Когда Вальдемар, Луис и я начали разработку Lua в 1993 году, мы с трудом могли себе представить, что Lua так распространится. Начавшись как домашний язык для двух специфичных проектов, сейчас Lua широко используется во всех областях, которые могут получить выигрыш от простого, расширяемого, переносимого и эффективного скриптового языка, таких как встроенные системы, мобильные устройства и, конечно, игры.

Мы разработали Lua с самого начала для интегрирования с программным обеспечением, написанным на C/C++ и других распространенных языках. Эта интеграция несет с собой много преимуществ. Lua – это крошечный и простой язык, частично из-за того, что он не пытается делать то, в чем уже хорош C, например быстродействие, низкоуровневые операции и взаимодействие с программами третьих сторон. Для этих задач Lua полагается на C. Lua предлагает то, для чего C недостаточно хорош: достаточная удаленность от аппаратного обеспечения, динамические структуры, отсутствие избыточности и легкость тестирования и отладки. Для этих целей Lua располагает безопасным окружением, автоматическим управлением памятью и хорошими возможностями для работы со строками и другими типами данных с изменяемым размером.

Часть силы Lua идет от его библиотек. И это не случайно. В конце концов, одной из главных сил Lua является расширяемость. Многие особенности языка вносят в это свой вклад. Динамическая типизация предоставляет большую степень полиморфизма. Автоматическое управление памятью упрощает интерфейсы, поскольку нет необходимости решать, кто отвечает за выделение и освобождение памяти или как обрабатывать переполнения. Функции высших порядков и анонимные функции позволяют высокую степень параметризации, делая функции более универсальными.

В большей степени, чем расширяемым языком, Lua является *«склеивающим» (glue) языком*. Lua поддерживает компонентный подход к разработке программного обеспечения, когда мы создаем приложе-

ние, склеивая вместе существующие высокоуровневые компоненты. Эти компоненты написаны на компилируемом языке со статической типизацией, таком как C/C++; Lua является «клеем», который мы используем для компоновки и соединения этих компонентов. Обычно компоненты (или объекты) представляют более конкретные низкоуровневые сущности (такие как виджеты и структуры данных), которые почти не меняются во время разработки программы и которые занимают основную часть времени выполнения итоговой программы. Lua придает итоговую форму приложению, которая, скорее всего, сильно меняется во время жизни данного программного продукта. Однако, в отличие от других «склеивающих» технологий, Lua является полноценным языком программирования. Поэтому мы можем использовать Lua не только для «склеивания» компонентов, но и для адаптации и настройки этих компонентов, а также для создания полностью новых компонентов.

Конечно, Lua не единственный скриптовый язык. Существуют другие языки, которые вы можете использовать примерно для тех же целей. Тем не менее Lua предоставляет целый набор возможностей, которые делают его лучшим выбором для многих задач и дает ему свой уникальный профиль:

- *Расширяемость*. Расширяемость Lua настолько велика, что многие рассматривают Lua не как язык, а как набор для построения DSL (domain-specific language, язык, созданный для определенной области, применения). Мы разрабатывали Lua с самого начала, чтобы он был расширяемым как через код на Lua, так и через код на C. Как доказательство Lua реализует большую часть своей базовой функциональности через внешние библиотеки. Взаимодействие с C/C++ действительно просто, и Lua был успешно интегрирован со многими другими языками, такими как Fortran, Java, Smalltalk, Ada, C#, и даже со скриптовыми языками, такими как Perl и Python.
- *Простота*. Lua – это простой и маленький язык. Он основан на небольшом числе понятий. Эта простота облегчает изучение. Lua вносит свой вклад в то, что его размер очень мал. Полный дистрибутив (исходный код, руководство, бинарные файлы для некоторых платформ) спокойно размещается на одном флоппи-диске.
- *Эффективность*. Lua обладает весьма эффективной реализацией. Независимые тесты показывают, что Lua – один из самых быстрых языков среди скриптовых языков.

- *Портируемость*. Когда мы говорим о портируемости, мы говорим о запуске Lua на всех платформах, о которых вы только слышали: все версии Unix и Windows, PlayStation, Xbox, Mac OS X и iOS, Android, Kindle Fire, NOOK, Haiku, QUALCOMM Brew, большие серверы от IBM, RISC OS, Symbian OS, процессоры Rabbit, Raspberry Pi, Arduino и многое другое. Исходный код для каждой из этих платформ практически одинаков. Lua не использует условную компиляцию для адаптации своего кода под различные машины, вместо этого он придерживается стандартного ANSI (ISO) C. Таким образом, вам обычно не нужно адаптировать его под новую среду: если у вас есть компилятор с ANSI C, то вам просто нужно откомпилировать Lua.

Аудитория

Пользователи Lua обычно относятся к одной из трех широких групп: те, кто используют Lua, уже встроенный в приложение, те, кто используют Lua отдельно от какого-либо приложения (standalone), и те, кто используют Lua и C вместе.

Многие используют Lua, встроенный в какое-либо приложение, например в Adobe Lightroom, Nmap или World of Warcraft. Эти приложения используют Lua-C API для регистрации новых функций, создания новых типов и изменения поведения некоторых операций языка, конфигурируя Lua для своей области. Часто пользователи такого приложения даже не знают, что Lua – это независимый язык, адаптированный под данную область. Например, многие разработчики плагинов для Lightroom не знают о других использованиях этого языка; пользователи Nmap обычно рассматривают Lua как скриптовый язык Nmap; игроки в World of Warcraft могут рассматривать Lua как язык исключительно для данной игры.

Lua также полезен и как просто независимый язык, не только для обработки текста и одноразовых маленьких программ, но также и для различных проектов от среднего до большого размера. Для подобного использования основная функциональность Lua идет от ее библиотек. Стандартные библиотеки, например, предоставляют базовую функциональность по работе с шаблонами и другие функции для работы со строками. По мере того как Lua улучшает свою поддержку библиотек, появилось большое количество внешних пакетов. Lua Rocks, система для сборки и управления модулями для Lua, сейчас насчитывает более 150 пакетов.

Наконец, есть программисты, которые используют Lua как библиотеку для C. Такие люди больше пишут на C, чем на Lua, хотя им требуется хорошее понимание Lua для создания интерфейсов, которые являются простыми, легкими для использования и хорошо интегрированными с языком.

Эта книга может оказаться полезной всем этим людям. Первая часть покрывает сам язык, показывая, как можно использовать весь его потенциал. Мы фокусируемся на различных конструкциях языка и используем многочисленные примеры и упражнения, чтобы показать, как их использовать для практических задач. Некоторые главы этой части покрывают базовые понятия, такие как управляющие структуры, в то время как остальные главы покрывают более продвинутые темы, такие как итераторы и сопрограммы.

Вторая часть полностью посвящена таблицам, единственной структуре данных в Lua. Главы этой части обсуждают структуры данных, их сохранение (persistence), пакеты и объектно-ориентированное программирование. Именно там мы покажем всю силу языка.

Третья часть представляет стандартные библиотеки. Эта часть особенно полезна для тех, кто использует Lua как самостоятельный язык, хотя многие приложения включают частично или полностью стандартные библиотеки. В этой части каждой библиотеке посвящена отдельная глава: математической библиотеке, побитовой библиотеке, библиотеке по работе с таблицами, библиотеке по работе со строками, библиотеке ввода/вывода, библиотеке операционной системы и отладочной библиотеке.

Наконец, последняя часть книги покрывает API между Lua и C. Эта часть заметно отличается от всей остальной книги. В этой части мы будем программировать на C, а не на Lua. Для кого-то эта часть может оказаться неинтересной, а для кого-то – наоборот, самой полезной частью книги.

О третьем издании

Эта книга является обновленной и расширенной версией второго издания «Programming in Lua» (также известной как PiL 2). Хотя структура книги практически та же самая, это издание включает в себя полностью новый материал.

Во-первых, я обновил всю книгу на Lua 5.2. Глава об окружениях (environments) была практически полностью переписана. Я также переписал несколько примеров для того, чтобы показать преимущества

использования новых возможностей, предоставляемых Lua 5.2. Однако я четко обозначил отличия от Lua 5.1, поэтому вы можете использовать книгу для работы с этой версией языка.

Во-вторых, и более важно, я добавил упражнения во все главы книги. Сложность этих упражнений варьируется от простых вопросов до полноценных небольших проектов. Некоторые примеры иллюстрируют важные аспекты программирования на Lua и так же, как и примеры, расширят ваш набор полезных приемов.

Так же, как мы поступили с первым и вторым изданиями «Programming in Lua», мы сами опубликовали третье издание. Несмотря на маркетинговые ограничения, этот подход обладает рядом преимуществ: мы сохраняем полный контроль над содержимым книги; мы сохраняем все права для предложения книги в других формах; мы обладаем свободой для выбора, когда выпустить следующее издание; мы можем быть уверены, что книга всегда будет доступна.

Другие ресурсы

Краткое руководство необходимо всем, кто хочет освоить язык. Эта книга не заменяет краткое руководство. Напротив, они дополняют друг друга. Руководство только описывает Lua. Оно не показывает ни примеров, ни объяснений для конструкций языка. С другой стороны, оно полностью описывает язык: эта книга опускает некоторые, редко используемые, «темные углы» Lua. Более того, руководство описывает язык. Там, где эта книга расходится с руководством, доверяйте руководству. Чтобы получить руководство и дополнительную информацию по Lua, посетите веб-сайт `http://www.lua.org`.

Вы также можете найти полезную информацию на сайте пользователей Lua, поддерживаемом сообществом пользователей Lua, `http://lua-users.org`. Помимо других ресурсов, он предлагает также обучающий курс (tutorial), список сторонних пакетов и документации, архив официальной рассылки по Lua.

Эта книга описывает Lua 5.2, хотя большая часть содержимого также применима к Lua 5.1 и Lua 5.0. Некоторые отличия Lua 5.2 от предыдущих версий Lua 5 четко обозначены в книге. Если вы используете более свежую версию (выпущенную после этой книги), обратитесь к руководству по поводу отличий между версиями. Если вы используете версию старее, чем 5.2, то, может, пора подумать о переходе на более новую версию.

Некоторые типографские соглашения

В этой книге строки символов (`“literal string”`) заключены в двойные кавычки, а одиночные символы, например `'a'`, заключены в одиночные кавычки. Строки, которые являются шаблонами, также заключены в одиночные кавычки, например `'[%w_]*'`. В книге моноширинный шрифт используется для `фрагментов кода` и `идентификаторов`. Для **зарезервированных слов** используется жирный шрифт. Большие фрагменты кода показаны с применением следующего стиля:

```
-- program “Hello World”
print(“Hello World”) --> Hello World
```

Обозначение `-->` показывает результат выполнения оператора или результат выражения:

```
print(10) --> 10
13 + 3    --> 16
```

Поскольку двойной знак минус (`--`) начинает комментарий в Lua, ничего не будет если вы включите такой результат вывода (вместе с `-->`) в свою программу. Наконец, в книге используется обозначение `<-->` для обозначения того, что что-то эквивалентно чему-то другому:

```
this <--> that
```

Запуск примеров

Вам понадобится интерпретатор Lua для запуска примеров из этой книги. В идеале вам следует использовать Lua 5.2, однако большинство примеров без каких-либо изменений будет работать и на Lua 5.1.

Сайт Lua (`http://www.lua.org`) хранит весь исходный код для интерпретатора. Если у вас есть компилятор с C и знание того, как скомпилировать C код на вашем компьютере, то вам лучше попробовать поставить Lua из исходного кода; это действительно легко. Сайт *Lua Binaries* (поищите luabinaries) предлагает уже откомпилированные интерпретаторы для всех основных платформ. Если вы используете Linux или другую UNIX-подобную систему, вы можете проверить репозиторий вашего дистрибутива; многие дистрибутивы уже предлагают готовые пакеты с Lua. Для Windows хорошим выбором является *Lua for Windows* (поищите luaforwindows), являющийся

удобным набором для работы с Lua.Он включает в себя интерпретатор, интегрированный редактор и много библиотек.

Если вы используете Lua, встроенный в приложение, как WoW или Nmap, то вам может понадобиться руководство по данному приложению (или помощь «местного гуру»), для того чтобы разобраться, как запускать ваши программы. Тем не менее Lua остается все тем же языком; большинство примеров, которые мы рассмотрим в этой книге, применимы, несмотря на то, как вы используете Lua. Однако я рекомендую начать изучение Lua с интерпретатора для запуска ваших примеров.

Благодарности

Прошло уже почти десять лет с тех пор, как я опубликовал первое издание этой книги. Многие друзья и различные организации помогли мне в этом пути.

Как всегда, Луиг Хенрик де Фигуредо и Вальдемар Селес, соавторы Lua, предлагали все варианты помощи. Андре Карригал, Аско Кауппи, Бретт Капилик, Диего Нехаб, Эдвин Морагас, Фернандо Джефферсон, Гэвин Врес, Джон Д. Рамсделл и Норман Ремси предложили неоценимые замечания и полезные взгляды для различных изданий этой книги.

Луиза Новаэс, глава отдела искусства и дизайна в PUC-Rio, смогла найти время в своем занятом графике, чтобы создать идеальную обложку для данного издания.

Lightning Source, Inc. предложило надежный и эффективный вариант для печати и распространения данной книги. Без них самим издать эту книгу не получилось бы.

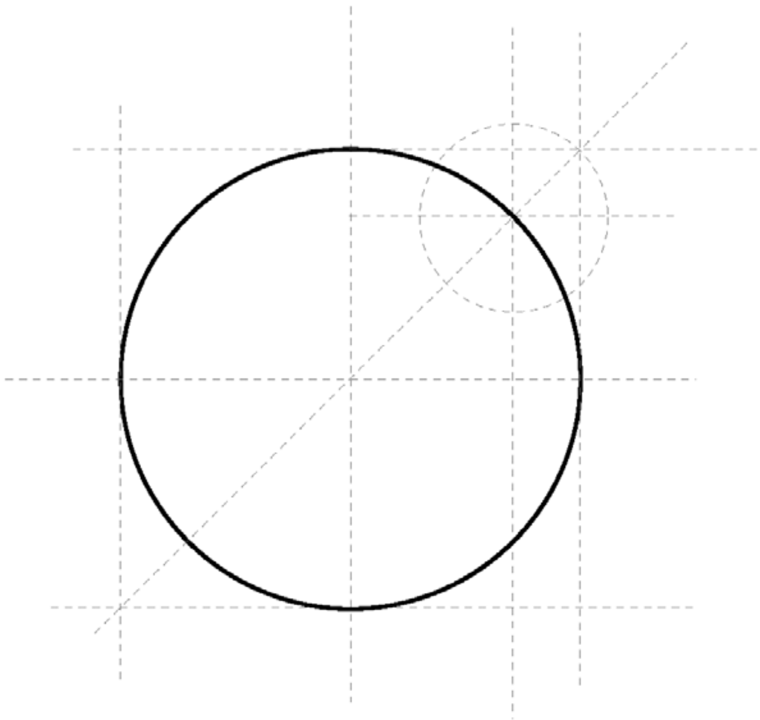
Центр латино-американских исследований в Стендфордском университете предоставил мне крайне необходимый перерыв от регулярной работы в очень стимулирующем окружении, во время которого я и сделал большую часть работы над третьим изданием.

Я также хотел бы поблагодарить Pontifical Catholic University Рио де Жанейро (PUC-Rio) и Бразильский национальный исследовательский совет (CNPq) за их продолжающуюся поддержку моей работы.

Наконец, я должен выразить мою глубокую благодарность Ноэми Родригес за все виды помощи (технической, и не только) и за освещение моей жизни.

Часть I

Язык



ГЛАВА 1
Начинаем

Продолжая традицию, наша первая программа на Lua просто печатает `“Hello World”`:

```
print(“Hello World”)
```

Если вы используете отдельный интерпретатор Lua, то все, что вам надо для запуска вашей первой программы, – это запустить интерпретатор – обычно он называется `lua` или `lua5.2` – с именем текстового файла, содержащего вашу программу. Если вы сохранили приведенную выше программу в файле `hello.lua`, то вам следует выполнить следующую команду:

```
% lua hello.lua
```

Как более сложный пример наша следующая программа определяет функцию для вычисления факториала заданного числа, спрашивает у пользователя число и печатает его факториал:

```
-- defines a factorial function
function fact (n)
  if n == 0 then
    return 1
  else
    return n * fact(n-1)
  end
end

print(“enter a number:”)
a = io.read(“*n”) -- reads a number
print(fact(a))
```

1.1. Блоки

Каждый кусок кода, который Lua выполняет, такой как файл или отдельная строка в интерактивном режиме, называется *блоком* (chunk). Блок – это просто последовательность команд (или операторов).

Lua не нужен разделитель между подряд идущими операторами, но вы можете использовать точку с запятой, если хотите. Я лично использую точку с запятой только для разделения операторов, записанных в одной строке. Разбиение на строки не играет никакой роли в синтаксисе Lua; так, следующие четыре блока допустимы и эквивалентны:

```
a = 1
b = a*2
a = 1;
b = a*2;
a = 1; b = a*2
a = 1 b = a*2 -- ugly, but valid
```

Блок может состоять всего из одного оператора, как в примере «Hello World», или состоять из набора операторов и определений функций (которые на самом деле являются просто присваиваниями, как мы увидим позже), как в примере с факториалом. Блок может быть так велик, как вы хотите. Поскольку Lua используется также как язык для описания данных, блоки в несколько мегабайт не являются редкостью. Интерпретатор Lua не имеет каких-либо проблем при работе с большими блоками.

Вместо того чтобы записывать ваши программы в файл, вы можете запустить интерпретатор в интерактивном режиме. Если вы запустите `lua` без аргументов , то вы увидите его приглашения для ввода:

```
% lua
Lua 5.2 Copyright (C) 1994-2012 Lua.org, PUC-Rio
>
```

Соответственно, каждая команда, которую вы вводите (как, например, `print "Hello World"`), выполняется немедленно, после того как вы ее введете. Для выходя из интерпретатора, просто наберите символ конца файла (`ctrl-D` в UNI, `ctrl-Z` в Windows) или позовите функцию `exit` из библиотеки операционной системы – вам нужно набрать `os.exit()`.

В интерактивном режиме Lua обычно интерпретирует каждую строку, которую вы вводите, как отдельный блок. Однако если он обнаруживает, что строка не является законченным блоком, то он ждет продолжения ввода до тех пор, пока не получится законченный блок. Таким образом вы можете вводить многострочные определения, такие как функция `factiorial`, прямо в интерактивном режиме. Однако обычно более удобным является помещать подобные определения в файл и затем вызывать Lua для выполнения этого файла.

Вы можете использовать опцию `-i` для того, чтобы заставить Lua перейти в интерактивный режим после выполнения заданного блока:

```
% lua -i prog
```

Команда вроде этой выполнит блок в файле `prog` и затем перейдет в интерактивный режим. Это особенно полезно для отладки и ручного тестирования. В конце данной главы мы рассмотрим другие опции командной строки для интерпретатора Lua.

Другим способом запускать блоки является функция `dofile`, которая немедленно выполняет файл. Например, допустим, что у вас есть файл `lib1.lua` со следующим кодом:

```
function norm (x, y)
  return (x^2 + y^2)^0.5
end

function twice (x)
  return 2*x
end
```

Тогда в интерактивном режиме вы можете набрать

```
> dofile("lib1.lua") -- load your library
> n = norm(3.4, 1.0)
> print(twice(n)) --> 7.0880180586677
```

Функция `dofile` также полезна, когда вы тестируете фрагмент кода. Вы можете работать с двумя окнами: в одном находится текстовый редактор с вашей программой (например, в файле `prog.lua`), и в другом находится консоль с запущенным интерпретатором Lua в интерактивном режиме. После того как вы сохранили изменения в вашей программе, вы выполняете `dofile("prog.lua")` в консоли для загрузки нового кода; затем вы можете начать использование нового кода, вызывая функции и печатая результаты.

1.2. Некоторые лексические соглашения

Идентификаторы (или имена) в Lua являются строками из латинских букв, цифр и знака подчеркивания, не начинающимися с цифры; например:

```
i      j      i10       _ij
aSomewhatLongName    _INPUT
```

Вам лучше избегать идентификаторов, состоящих из подчеркивания, за которым следуют заглавные латинские буквы (например, `_VERSION`); они зарезервированы для специальных целей в Lua. Обычно я использую идентификатор _ (одиночное подчеркивание) для пустых (dummy) переменных.

В старых версиях Lua понятие того, что является буквой, зависело от локали. Однако подобные буквы делают вашу программу неподходящей для запуска на системах, которые не поддерживают данную локаль. Поэтому Lua 5.2 рассматривает в качестве букв только буквы из следующих диапазонов: `A-Z` и `a-z`.

Следующие слова зарезервированы, вы не можете использовать их в качестве идентификаторов:

```
and      break    do       else     elseif
end      false    goto     for      function
if       in       local    nil      not
or       repeat   return   then     true
until    while
```

Lua учитывает регистр букв: **and** – это зарезервированное слово, однако `And` и `AND` – это два разных идентификатора.

Комментарий начинается с двух знаков минуса (`--`) и продолжается до конца строки. Lua также поддерживает блочный комментарий, который начинается с `-[[` и идет до следующего `]]`[1]. Стандартный способ закомментировать фрагмент кода – это поместить его между `-[[` и `--]]`, как показано ниже:

```
--[[
print(10) -- no action (commented out)
--]]
```

Для того чтобы снова сделать этот код активным, просто добавьте один минус к первой строке:

```
---[[
print(10) --> 10
--]]
```

В первом примере `--[[` в первой строке начинает блочный комментарий, и двойной минус в последней строке также находится в этом комментарии. Во втором примере `---[` начинает начинает обыч-

[1] Блочные комментарии могут быть более сложными, как мы увидим в разделе 2.4.

ный однострочный комментарий, поэтому первая и последняя строки становятся обычными независимыми комментариями. В этом случае `print` находится вне комментариев.

1.3. Глобальные переменные

Глобальным переменным не нужны описания; вы их просто используете. Не является ошибкой обратиться к неинициализированной переменной; вы просто получите значение `nil` в качестве результата:

```
print(b) --> nil
b = 10
print(b) --> 10
```

Если вы присвоите `nil` глобальной переменной, то Lua поведет себя, как будто эта переменная никогда не была использована:

```
b = nil
print(b) --> nil
```

После этого присваивания Lua может со временем вернуть себе память, занимаемую данной переменной.

1.4. Отдельный интерпретатор

Отдельный (stand-alone) интерпретатор (также называемый `lua.c` в связи с названием его исходного файла или просто `lua` по имени выполнимого файла) – это небольшая программа, которая позволяет непосредственное использование Lua. В этой секции представлены ее основные опции.

Когда интерпретатор загружает файл, то он пропускает первую строку, если она начинается с символа `'#'`. Это позволяет использовать Lua как скриптовый интерпретатор в UNIX-системах. Если вы начнете ваш скрипт с чего-нибудь вроде

```
#!/usr/local/bin/lua
```

(предполагая, что интерпретатор находится в `/usr/local/bin`) или

```
#!/usr/bin/env lua,
```

то вы можете непосредственно запускать ваш скрипт без явного запуска интерпретатора Lua.

Интерпретатор вызывается следующим образом:

```
lua [options] [script [args]]
```

Все параметры необязательны. Как мы уже видели, когда мы запускаем `lua` без аргументов, то он переходит в интерактивный режим.

Опция `-e` позволяет непосредственно задать код прямо в командной строке, как показано ниже:

```
% lua -e "print(math.sin(12))" --> -0.53657291800043
```

(UNIX требует двойных кавычек, чтобы командный интерпретатор (shell) не разбирал скобки).

Опция `-l` загружает библиотеку. Как мы уже видели ранее, `-i` переводит интерпретатор в интерактивный режим после обработки остальных аргументов. Таким образом, следующий вызов загрузит библиотеку `lib`, затем выполнит присваивание `x=10` и наконец перейдет в интерактивный режим.

```
% lua -i -llib -e "x = 10"
```

В интерактивном режиме вы можете напечатать значение выражения, просто набрав строку, начинающуюся со знака равенства, за которым следует выражение:

```
> = math.sin(3) --> 0.14112000805987
> a = 30
> = a --> 30
```

Эта особенность позволяет использовать Lua как калькулятор.

Перед выполнением своих аргументов интерпретатор ищет переменную окружения с именем `LUA_INIT_5_2` или, если такой переменной нет, `LUA_INIT`. Если одна из этих переменных присутствует и ее значение имеет вид *@имяфайла*, то интерпретатор запускает данный файл. Если `LUA_INIT_5_2` (или `LUA_INIT`) определена, но не начинается с символа `'@'`, то интерпретатор предполагает, что она содержит выполнимый код на Lua и выполняет его. `LUA_INIT` дает огромные возможности по конфигурированию интерпретатора, поскольку при конфигурировании нам доступна вся мощь Lua. Мы можем загрузить пакеты, изменить текущий путь, определить свои собственные функции, переименовать или уничтожить функции и т. п.

Скрипт может получить свои аргументы в глобальной переменной `arg`. Если у нас есть вызов вида `%lua script a b c`, то интерпретатор создает таблицу `arg` со всеми аргументами командной строки перед

выполнением скрипта. Имя скрипта расположено по индексу 0, первый аргумент (в примере это "a") расположен по индексу 1 и т. д. Предшествующие опции расположены по негативным индексам, поскольку они расположены перед именем скрипта. Например, рассмотрим следующий вызов:

```
% lua -e "sin=math.sin" script a b
```

Интерпретатор собирает аргументы следующим образом:

```
arg[-3] = "lua"
arg[-2] = "-e"
arg[-1] = "sin=math.sin"
arg[0] = "script"
arg[1] = "a"
arg[2] = "b"
```

Чаще всего скрипт использует только положительные индексы (в примере это `arg [1]` и `arg [2]`).

Начиная с Lua 5.1 скрипт также может получить свои аргументы при помощи выражения ... (три точки). В главной части скрипта это выражение дает все аргументы скрипта (мы обсудим подобные выражения в разделе 5.2).

Упражнения

Упражнение 1.1. Запустите пример с факториалом. Что случится с вашей программой, если вы введете отрицательное число? Измените пример, чтобы избежать этой проблемы.

Упражнение 1.2. Запустите пример `twice`, один раз загружая файл при помощи опции `-l`, а другой раз через `dofile`. Что быстрее?

Упражнение 1.3. Можете ли вы назвать другой язык, использующий (–) для комментариев?

Упражнение 1.4. Какие из следующих строк являются допустимыми идентификаторами?

```
___ _end End end until? nil NULL
```

Упражнение 1.5. Напишите простой скрипт, который печатает свое имя, не зная его заранее.

ГЛАВА 2
Типы и значения

Lua – язык с динамической типизацией. В языке нет определений типов, каждое значение несет свой собственный тип.

В Lua существует восемь базовых типов: *nil*, *boolean*, *number*, *string*, *userdata*, *function*, *thread* и *table*. Функция `type` возвращает тип для любого переданного значения:

```
print(type("Hello world"))        --> string
print(type(10.4*3))               --> number
print(type(print))                --> function
print(type(type))                 --> function
print(type(true))                 --> boolean
print(type(nil))                  --> nil
print(type(type(X)))              --> string
```

Последняя строка всегда вернет **`string`** вне зависимости от значения `X`, поскольку результат функции `type` всегда является строкой.

У переменных нет предопределенных типов; любая переменная может содержать значения любого типа:

```
print(type(a))      --> nil ('a' еще не определена)
a = 10
print(type(a))      --> number
a = "a string!!"
print(type(a))      --> string
a = print           -- да, это возможно!
a(type(a))          --> function
```

Обратите внимание на последние две строки: функции являются значения первого класса в Lua; ими можно манипулировать, как и любыми другими значениями. (Больше об этом будет рассказано в главе 6.)

Обычно когда вы используете одну и ту же переменную для значений разных типов, вы получаете отвратительный код. Однако иногда разумное использование этой возможности оказывается полезным, например использование **`nil`** для того, чтобы отличать нормальное возвращаемое значение от какой-либо ошибки.

2.1. Nil

Nil – это тип, состоящий из всего одного значения, **nil**, основной задачей которого является отличаться от всех остальных значений. Lua использует nil для обозначения отсутствующего значения. Как мы уже видели, глобальные переменные по умолчанию имеют значение nil до своего первого присваивания, вы также можете присвоить nil глобальной переменной, чтобы удалить ее.

2.2. Boolean (логические значения)

Тип boolean имеет два значения, ***true*** и ***false***, которые служат для представления традиционных логических значений. Однако эти значения не монополизируют все условные значения: в Lua любое значение может представлять условие (condition). Соответствующие проверки (проверки условия в различных управляющих структурах) трактуют оба значения **nil** и **false** как ложные и все остальные значения как истинные. В частности, Lua трактует ноль и пустую строку как истину в логических условиях.

Во всей книге под ложным значением будет подразумеваться **nil** и **false**. В случае когда речь идет именно о булевых значениях, будет явно использовано значение **false**.

2.3. Числа

Тип number представляет значения с плавающей точкой, заданные с двойной точностью. В Lua нет встроенного целочисленного типа.

Некоторые опасаются, что даже такие простые операции, как увеличение на единицу (инкремент) и сравнение, могут некорректно работать с числами с плавающей точкой. Однако на самом деле это не так. Практически все платформы сейчас поддерживают стандарт IEEE 754 для представления чисел с плавающей точкой. Согласно этому стандарту, единственным возможным источником ошибок является случай, когда число не может быть точно представлено. Операция округляет свой результат, только если результат не может быть точно представлен в виде соответствующего значения с плавающей точкой. Любая операция, результат которой может быть точно представлен, будет иметь точное значение.

На самом деле любое целое число вплоть до 2^{53} (приблизительно 10^{16}) имеет точное представление в виде числа с плавающей точкой с двойной точностью (double). Когда вы используете значение с плавающей точкой с двойной точностью для представления целых чисел, нет никаких ошибок округления, за исключением случая, когда значение по модулю превосходит 2^{53}. В частности, Lua способен представлять любые 32-битовые целые значения без проблем с округлениями.

Конечно, дробные числа будут иметь проблемы с округлением. Эта ситуация не отличается от случая, когда у вас есть бумага и ручка. Если мы хотим записать `1/7` в десятичном виде, то мы где-то должны остановиться. Если мы используем десять цифр для представления числа, то `1/7` станет `0.142857142`. Если мы вычислим 1/7*7 с десятью цифрами, то мы получим `0.999999994`, что отличается от 1. Более того, числа, которые имеют конечное представление в виде десятичных дробей, могут иметь бесконечное представление в виде двоичных дробей. Так, `12.7-20+7.3` не равно нулю, поскольку оба числа 12.7 и 7.3 не имеют точного двоичного представления (см. упражнение 2.3).

Прежде чем мы продолжим, запомните, целые числа имеют точное представление и поэтому не имеют ошибок с округлением.

Большинство современных CPU выполняет операции с плавающей точкой так же быстро (или даже быстрее), чем с целыми числами. Тем не менее легко скомпилировать Lua так, чтобы для числовых значений использовался другой тип, например длинные целочисленные значения или числа с плавающей точкой с одинарной точностью. Это особенно полезно для платформ без аппаратной поддержки чисел с плавающей точкой, таких как, например, встроенные системы. За деталями обратитесь к файлу `luaconf.h` в исходных файлах Lua.

Мы можем записывать числа, при необходимости указывая дробную часть и десятичную степень. Примерами допустимых числовых констант являются:

```
4     0.4     4.57e-3     0.3e12     5E+20
```

Более того, мы можем также использовать шестнадцатеричные константы, начиная их с `0x`. Начиная с Lua 5.2 шестнадцатеричные константы также могут иметь дробную часть и двоичную степень (перед степенью ставится `'p'` или `'P'`), как в следующих примерах:

```
0xff (255)     0x1A3 (419)     0x0.2 (0.125)     0x1p-1 (0.5)
0xa.bp2 (42.75)
```

(Для каждой константы мы добавили ее десятичное представление.)

2.4. Строки

Строки в Lua имеют обычное значение: последовательность символов. Lua поддерживает все 8-битовые символы, и строки могут содержать символы с любыми кодами, включая нули. Это значит, что вы можете хранить любые бинарные данные в виде строк. Вы также можете хранить юникодные строки в любом представлении (UTF-8, UTF-16 и т. д.). Стандартная библиотека, которая идет вместе с Lua, не содержит встроенной поддержки для этих представлений. Тем не менее вы вполне можете работать с UTF-8 строками, что мы рассмотрим в разделе 21.7.

Строки в Lua являются неизменяемыми значениями. Вы не можете поменять символ внутри строки, как вы это можете в C; вместо этого вы создаете новую строку с желаемыми изменениями, как показано в следующем примере:

```
a = "one string"
b = string.gsub(a, "one", "another") -- изменим часть строки
print(a) --> one string
print(b) --> another string
```

Строки в Lua подвержены автоматическому управлению памятью, так же как и другие объекты Lua (таблицы, функции и т. д.). Это значит, что вам не надо беспокоиться о выделении и освобождении строк; этим за вас займется Lua. Строка может состоять из одного символа или целой книги. Программы, работающие со строками в 100K или 10M символов, – не редкость в Lua.

Вы можете получить длину строки, используя в качестве префикса оператор `'#'` (называемый оператором длины):

```
a = "hello"
print(#a) --> 5
print(#"good\0bye") --> 8
```

Литералы

Мы можем помещать строки внутри одиночных или двойных кавычек:

```
a = "a line"
b = 'another line'
```

Эти виды записи эквиваленты; единственным отличием является то, что внутри строки, ограниченной одним типов кавычек, вы можете непосредственно вставлять кавычки другого типа.

Обычно большинство программистов использует кавычки одного типа для одного и того же типа строк. Например, библиотека, которая работает с XML, может использовать одиночные кавычки для строк, содержащих фрагменты XML, поскольку эти фрагменты часто содержат двойные кавычки.

Строки в Lua могут содержать следующие escape-последовательности:

`\a`	звонок (bell)
`\b`	back space
`\f`	перевод страницы (form feed)
`\n`	новая строка (newline)
`\r`	возврат каретки (carriage return)
`\t`	таб (horizontal tab)
`\v`	вертикальный таб (vertical tab)
`\\`	backslash
`\"`	двойная кавычка (double quote)
`\'`	одинарная кавычка (single quote)

Следующий пример иллюстрирует их использование:

```
> print("one line\nnext line\n\"in quotes\", 'in quotes'")
one line
next line
"in quotes", 'in quotes'
> print('a backslash inside quotes: \'\\\'')
a backslash inside quotes: '\'
> print("a simpler way: '\\'")
a simpler way: '\'
```

Мы можем задать символ в строке при помощи его числового значения, используя конструкции вида *\ddd* и `\x`*\hh*, где *ddd* – это последовательность не более чем из трех десятичных цифр, а *hh* – последовательность ровно из двух шестнадцатеричных цифр. В качестве сложного примера две строки `"alo\n123\""` и `'\97lo\10\04923"'` обладают одним и тем же значением в системе, использующей ASCII: 97 – это ASCII-код для `'a'`, 10 – это код для символа перевода строки, и 49 – это код для цифры `'1'` (в этом примере мы должны записать значение 49 при помощи трех десятичных цифр `\049`, поскольку за ним следует другая цифра; иначе Lua трактовал это как код 492). Мы можем также записать ту же самую строку как `'\x61\x6c\x6f\x0a\x31\x32\x33\x22'`, представляя каждый символ его шестнадцатеричным значением.

Длинные строки

Мы можем ограничивать символьные строки при помощи двойных квадратных скобок, как мы делали это с комментариями. Строка в этой форме может занимать много строк, и управляющие последовательности в этих строках не будут интерпретироваться. Более того, эта форма игнорирует первый символ строки, если это символ перехода на следующую строку. Эта форма особенно удобна для написания строк, содержащих большие фрагменты кода, как показано ниже:

```
page = [[
<html>
<head>
  <title>An HTML Page</title>
</head>
<body>
  <a href="http://www.lua.org">Lua</a>
</body>
</html>
]]
write(page)
```

Иногда вы можете захотеть поместить в строку что-то вроде `a=b[c[i]]` (обратите внимание на `]]` в этом коде) или вы можете захотеть поместить в строку часть кода, где какой-то фрагмент уже закомментарен. Для работы с подобными случаями вы можете поместить любое количество знаков равенства между двумя открывающими квадратными скобками, например `[===[`. После этого строка завершится только на паре закрывающих квадратных скобок с тем же самым количеством знаков равенства (`]===]` для нашего примера). Сканер будет игнорировать пары скобок с другим количеством знаков равенства. Путем выбора подходящего количества знаков равенства вы можете заключить в строку любой фрагмент.

То же самое верно и для комментариев. Например, если вы начинаете длинный комментарий с `--[=[`, то он будет продолжаться вплоть до `]=]`. Эта возможность позволяет закомментировать любой фрагмент кода, содержащий уже закомментированные фрагменты.

Длинные строки очень удобны для включения текста в ваш код, но вам не следует использовать их для нетекстовых строк. Хотя строки в Lua могут содержать любые символы, это не очень хорошая идея – использовать эти символы в своем коде: вы можете столкнуться с проблемами с вашим текстовым редактором; более того, строки вида `"\r\n"` могут превратиться в `"\n"`. Поэтому для представления про-

извольных бинарных данных лучше использовать управляющие последовательности, начинающиеся с символа "\", такие как "\x13\x01\xA1\xBB".Однако это представляет проблему для длинных строк из-за получающейся длины.

Для подобных ситуаций Lua 5.2 предлагает управляющую последовательность \z: она пропускает все символы в строке до первого непробельного символа. Следующий пример иллюстрирует его использование:

```
data = "\x00\x01\x02\x03\x04\x05\x06\x07\z
        \x08\x09\x0A\x0B\x0C\x0D\x0E\x0F"
```

Находящийся в конце первой строки \z пропускает последующий конец строки и индентацию следующей строки так, что за байтом \x07 сразу же следует байт \x08 в получающейся строке.

Приведения типов

Lua предоставляет автоматическое преобразование значений между строками и числами на этапе выполнения. Любая числовая операция, примененная к строке, пытается преобразовать строку в число:

```
print("10" + 1)          --> 11
print("10 + 1")          --> 10 + 1
print("-5.3e-10"*"2")    --> -1.06e-09
print("hello" + 1)       -- ERROR (cannot convert "hello")
```

Lua применяет подобные преобразования не только в арифметических операторах, но также и в других местах, где ожидается число, например для аргумента math.sin.

Аналогично, когда Lua ожидает получить строку, а получает число, он преобразует число в строку:

```
print(10 .. 20) --> 1020
```

(Оператор .. служит в Lua для конкатенации строк. Когда вы его записываете сразу после числа, то вы должны отделить их друг от друга при помощи пробела; иначе Lua решит, что первая точка – это десятичная точка числа.)

Сегодня мы не уверены, что эти автоматические преобразования типов были хорошей идеей в дизайне Lua. Как правило, лучше на них не рассчитывать. Они удобны в некоторых местах; но добавляют сложности как языку, так и программам, которые их используют.

В конце концов, строки и числа – это разные типы, несмотря на все эти преобразования. Сравнение вроде `10="10"` дает ложное значение, поскольку `10` – это число, а `"10"` – это строка.

Если вам нужно явно преобразовать строку в число, то вы можете использовать функцию `tonumber`, которая возвращает **nil**, если строка не содержит число:

```
line = io.read()            -- прочесть строку
n = tonumber(line)          -- попробовать перевести ее в число
if n == nil then
  error(line .. " is not a valid number")
else
  print(n*2)
end
```

Для преобразования числа в строку вы можете использовать функцию `tostring` или конкатенировать число с пустой строкой:

```
print(tostring(10) == "10")       --> true
print(10 .. "" == "10")           --> true
```

Эти преобразования всегда работают.

2.5. Таблицы

Тип таблицы соответствует ассоциативному массиву. Ассоциативный массив – это массив, который можно индексировать не только числами, но и строками или любым другим значением из языка, кроме **nil**.

Таблицы являются главным (на самом деле единственным) механизмом структурирования данных в Lua, притом очень мощным. Мы используем таблицы для представления обычных массивов, множеств, записей и других структур данных простым, однородным и эффективным способом. Также Lua использует таблицы для представления пакетов и объектов. Когда мы пишем `io.read`, мы думаем о «функции `read` из модуля `io`». Для Lua это выражение означает «возьми из таблицы `io` значение по ключу `read`».

Таблицы в Lua не являются ни значениями, ни переменными; они *объекты*. Если вы знакомы с массивами в Java или Scheme, то вы понимаете, что я имею в виду. Вы можете рассматривать таблицу как динамически выделяемый объект; ваша программа работает только со ссылкой (указателем) на него. Lua никогда не прибегает к скрытому копированию или созданию новых таблиц. Более того, вам даже