
О Haskell
По-человечески
Д. Шевченко

О Haskell по-человечески

издание 2.0

Денис Шевченко

www.ohaskell.guide
2016

Оглавление

Глава 1

Приветствую!

Перед вами — книга о Haskell, удивительном и прекрасном языке программирования.

Почему эта книга появилась

Потому что меня откровенно достало. Почти все книги о Haskell начинаются с примера реализации быстрой сортировки и — куда ж без него! — факториала. Эта книга не такая: минимум академизма, максимум практичности.

Цель

Функциональное программирование — своеобразное гетто посреди мегаполиса нашей индустрии. Доля функциональных языков

пока ещё очень мала, и многие разработчики побаиваются знакомства с этими языками, и с Haskell в особенности. Моя цель — разрушить этот страх. Вероятно, вы слышали, что Haskell — это нечто сугубо научное и непригодное для реальной жизни? Читайте дальше, и вскоре вы убедитесь в обратном.

О себе

Обыкновенный программист-самоучка. Разрабатываю с 2006 года. В 2012 году впервые услышал про Haskell, ужаснулся и поспешил о нём забыть. В 2013 вспомнил опять, в 2014 увлёкся всерьёз, а в 2015, после 8 лет жизни с C++, окончательно перешёл в Haskell-мир. Также я положил начало русскоязычному сообществу Haskell-разработчиков. И да, я действительно использую этот язык в своей каждодневной работе.

О вас

Знаете что такое компилятор? Не боитесь командной строки? Слышали слово «функция»? Если да — смело продолжайте читать, никаких дополнительных навыков от вас не ожидается. И математической подготовки — тоже.

Обещание

Возможно, вы по уши влюбитесь в Haskell. Возможно, он вызовет у вас отвращение. Обещаю одно — скучно не будет. Начнём.

Глава 2

Первые вопросы

Мне задавали их множество раз. Отвечаю.

«Что такое этот ваш Haskell?»

Haskell — чисто функциональный язык программирования общего назначения, может быть использован для решения самого широкого круга задач. Компилируемый, но может вести себя и как скриптовый. Кроссплатформенный. Ленивый, со строгой статической типизацией. И он не похож на другие языки. Совсем.

«Это что, какой-то новый язык?»

Вовсе нет. История Haskell началась ещё в 1987 году. Этот язык был рождён в математических кругах, когда группа людей решила создать лучший функциональный язык программирования. В 1990

году вышла первая версия языка, названного в честь известного американского математика Хаскела Карри. В 1998 году язык был стандартизован, а начиная с 2000-х началось его медленное вхождение в мир практического программирования. За эти годы язык совершенствовался, и вот в 2010 мир увидел его обновлённый стандарт. Так что мы имеем дело с языком, который старше Java.

«И кто его сделал?»

Haskell создавался многими людьми. Наиболее известная реализация языка нашла своё воплощение в компиляторе GHC (The Glasgow Haskell Compiler), родившегося в 1989 году в Университете Глазго. У компилятора было несколько главных разработчиков, из которых наиболее известны двое, Simon Peyton Jones и Simon Marlow. Впоследствии весомый вклад в разработку GHC внесли ещё несколько сотен человек. Исходный код компилятора GHC открыт. Кстати, сам компилятор на 82% написан на Haskell.

«А библиотеки для Haskell имеются?»

О да! В процессе чтения вы познакомитесь со многими из них.

«И что, его уже можно в production?»

Можно, и уже давно. С момента выхода первого стандарта язык улучшался, развивалась его экосистема, появлялись новые библиотеки, выходили в свет книги. Сегодня, в 2016, можно уверенно

заявить, что Haskell полностью готов к серьёзному коммерческому использованию, о чём убедительно свидетельствуют истории успешного внедрения Haskell в бизнесе, в том числе крупном.

«А порог вхождения в Haskell высокий?»

И да и нет. Сложным освоение Haskell делает его непохожесть на остальные языки, поэтому людям, имеющим опыт работы с другими языками, мозги поломать придётся. Именно поломать, а не просто пошевелить ими: Haskell заставляет иначе взглянуть даже на привычные вещи. С другой стороны, Haskell проще многих известных языков, но на слово мне не верьте, вскоре вы и сами в этом убедитесь. И знайте: многие люди, узнав вкус Haskell, категорически не желают возвращаться к другим языкам. Я вас предупредил.

«А если сравнить его с C++/Python/Scala...»

Сравнение Haskell с другими языками выходит за рамки этой книги. Несколько раз вы встретите здесь кусочки кода на других языках, но я привожу их исключительно для того, чтобы подчеркнуть различие с Haskell, а вовсе не для сравнения в контексте «лучше/хуже».

Глава 3

Об этой книге

В последние годы заметно возросло число книг, посвящённых Haskell, и это радует. Каждая из них преследует свою цель, поэтому трудно сказать, какая из них лучше. Цель этой книги двоякая.

Во-первых, я научу вас главному в Haskell. Основам, без усвоения которых двигаться дальше не получится.

Во-вторых, я разрушу страх. Уже много лет вокруг Haskell витает дух страха: многие программисты боятся знакомиться с этим языком, и я сам был в их числе. В действительности Haskell совсем нестрашный, в нём нет чёрной магии, и чтобы программировать на нём, вам не нужна учёная степень. Более того, вы удивитесь, насколько просто в Haskell делать многие вещи, но эта простота откроется вам лишь после того, как вы близко познакомитесь с Тремя Китами Haskell, а также с госпожой Черепахой, поддерживающей оных. Имена этих Китов и Черепахи вы узнаете уже в следующей главе.

Эта книга не возведёт вас на вершины Haskell, но она откроет вам

путь к этим вершинам.

Чего здесь нет

Трёх вещей вы не найдёте на страницах этой книги:

1. Справочника по Haskell. Дублировать официальное описание стандарта Haskell 2010 я не стану.
2. Набора готовых рецептов. За рецептами пожалуйте на Stackoverflow.
3. Введения в математическую теорию. Несмотря на то, что Haskell корнями своими уходит в математику, в этой книге нет погружения в теорию категорий и в иные теории. Извините, если разочаровал.

О первом и втором издании

На обложке вы видели метку «издание 2.0». Перед вами второе издание, полностью переработанное и переосмысленное. Вот две причины, побудившие меня переписать книгу.

Первая — мои ошибки. Я убеждён, что обучать языку программирования могут лишь те, кто использует этот язык в своей каждодневной работе. На момент написания первой версии я ещё не работал с Haskell, а потому многого не знал и не понимал. В результате часть информации из первого издания была откровенно бедна, а несколько глав вообще вводили читателя в заблуждение.

Вторая причина — изменившаяся цель книги. Я намеренно сузил круг рассматриваемых здесь тем. Теперь книга всецело посвящена основам языка, поэтому не ждите от неё рассмотрения специ-

фических тем. Я не очень-то верю в идею book-all-in-one, книга для новичков должна быть книгой для новичков. Вы не встретите здесь ни примеров реализации 3D-движка, ни рассказа о работе с PostgreSQL, ни повествования о проектировании игры для Android. Всё это можно делать с Haskell, но подобным темам посвящены другие публикации, которые несомненно будут вам по плечу после прочтения моей книги.

Читайте последовательно

И это важно. В процессе чтения вы заметите, что я периодически поднимаю вопросы и как бы оставляю их без ответа. Это делается вполне осознанно: ответы обязательно будут даны, но в последующих главах, там, где это будет более уместно. Поэтому перепрыгивание с главы на главу может вас запутать.

О пояснениях

Во многих примерах исходного кода вы увидите пояснения вот такого вида:

```
type  String  =      [Char]

тип   этот    равен  тому
```

Такие пояснение следует читать слева направо и сверху вниз, и вы сразу поймёте что к чему. Каждая часть пояснения расположена строго под тем кусочком кода, к которому это пояснение относится.

Вот ещё один пример:

```
let (host, alias) = ("173.194.71.106", "www.google.com")

                    данное значение
     это
     хост
                                        а вот это
                                        значение
          это
          имя
```

Здесь я говорю вам: «Данное значение — это хост, а вот это значение — это имя». В ряде случаев я использую также различного вида подчёркивание:

```
(host, alias) = ("173.194.71.106", "www.google.com")


 ____            ________________

       =====                       ================
```

Здесь я провожу параллель: «Значение `host` ассоциировано со строкой `173.194.71.106`, а значение `alias` — со строкой `www.google.com`».

Благодарность

Эта книга — плод не только моих усилий. Многие члены наше сообщества помогли мне советами, замечаниями и исправлениями. Большое спасибо вам, друзья!

А ещё я благодарю всех разработчиков, неустанно совершенствующих мир Haskell. Вашими усилиями наша профессия становится ещё более прекрасной!

Слово к читавшим первое издание

Если вы не читали его — переходите к следующей главе.

Как уже было сказано, цель книги поменялась. Я убеждён, что новичку следует дать фундамент, освоив который, он сможет уже самостоятельно изучать то, что нужно именно ему. Я больше не хочу давать читателям рыбу, я хочу дать им удочку. Поэтому здесь нет повествований обо всех имеющихся монадных трансформерах, или обо всех контейнерах, или о Кметтовских линзах, и ни о чём таком.

Я сделаю упор на теории, но уже глубже. Так, в прошлом издании я откровенно ступил с определением монады, прогнал какую-то пургу с ФВП, ни словом не обмолвился о функторных и иных законах, мало рассказал о паттерн матчинге и использовал совсем немного примеров реального кода. В этом издании я постараюсь исправить все эти ошибки.

И я по-прежнему открыт для вашей критики.

Глава 4

Приготовимся

Мы не можем начать изучение языка без испытательного полигона. Установим Haskell.

Сделать это можно несколькими способами, мы выберем самый удобный. Называется он The Haskell Tool Stack. Эта утилита — всё, что вам понадобится для работы с Haskell.

Haskell — кроссплатформенный язык, работающий и в OS X, и в Linux, и даже в Windows. Однако в 2008 году я навсегда покинул мир Windows, поэтому все последующие примеры взаимодействия с командной строкой подразумевают Unix-way. Вся конфигурация и примеры кода опробованы мною на OX S Yosemite.

Устанавливаем

Идём сюда и скачиваем архив для нужной нам ОС. Распаковываем архив — и перед нами утилита под названием `stack`. Для удобства

располагаем её в каком-нибудь каталоге, доступном в `PATH`. Рекомендованный путь — `~/.local/bin/`.

Если же вы живёте в мире Mac и пользуетесь Homebrew — вам ещё проще. Делаете:

```
$ brew update
$ brew install haskell-stack
```

Всё.

На момент написания книги я использовал `stack` версии 1.0.2. Если у вас более старая версия — непременно обновитесь. Если же более новая — у вас теоретически что-нибудь может работать не совсем так, как описано ниже, поскольку `stack` активно разивается, добавляются новые возможности, может быть где и поломают обратную совместимость.

Главное (но не единственное), что умеет делать `stack`, это:

1. Разворачивать инфраструктуру.
2. Собирать проекты.
3. Устанавливать библиотеки.

Haskell-инфраструктура — экосистема, краеугольным камнем которой является компилятор GHC (Glasgow Haskell Compiler). Как было сказано ранее, Haskell — это компилируемый язык: приложение представляет собой обыкновенный исполняемый файл.

Haskell-проект — среда для создания приложений и библиотек.

Haskell-библиотеки — готовые решения, спасающие нас от изобретения велосипедов.

Разворачиваем инфраструктуру

Делаем:

```
$ stack setup
```

В результате на ваш компьютер будет установлена инфраструктура последней стабильной версии. Жить всё это хозяйство будет в только что созданном каталоге `~/.stack/`. Именно поэтому устанавливать инфраструктуру для последующих Haskell-проектов вам уже не придётся: единожды развернули, используем всегда. Пока вам не нужно знать об устройстве этой инфраструктуры, воспринимайте её как данность: теперь на вашем компьютере живёт Haskell.

Hi World

Создадим наш первый Haskell-проект:

```
$ stack new real
```

Здесь `real` — название проекта. В результате будет создан каталог `real`, внутри которого мы увидим это:

```
.
├── LICENSE
├── Setup.hs
├── app
│   └── Main.hs <- Главный модуль
├── real.cabal  <- Сборочный файл
├── src
│   └── Lib.hs  <- Вспомогательный модуль
├── stack.yaml
```

```
└── test
    └── Spec.hs
```

О содержимом проекта вам пока знать не нужно, просто соберём его командой:

```
$ stack install
```

Запомните эту команду, мы будем использовать её постоянно. В результате её выполнения появится файл `real-exe`. А поскольку скопирован он будет в упомянутый выше каталог `~/.local/bin/`, мы сможем сразу запустить программу:

```
$ real-exe
someFunc
```

Вот мы и создали Haskell-проект и запустили нашу первую программу, выведшую строку `"someFunc"`. Но как же это работает? Пришла пора познакомится с фундаментальной единицей проекта — модулем.

Модули: первый взгляд

Настоящие проекты никогда не состоят из одного-единственного файла. Файлы, содержащие Haskell-код — это и есть модули. Один файл — один модуль. В Haskell нет заголовочных файлов: каждый из модулей рассматривается как самостоятельная единица проекта, содержащая в себе разные полезные вещи. А чтобы воспользоваться этими вещами, необходимо один модуль импортировать в другой.

Откроем модуль `src/Lib.hs`:

```
module Lib      -- Имя модуля
    ( someFunc
```

```
    ) where

someFunc :: IO ()
someFunc = putStrLn "someFunc"
```

В первой строке объявлено, что имя этого модуля — `Lib`. Далее, в круглых скобках упомянуто содержимое данного модуля, а именно имя функции `someFunc`. Затем, после ключевого слова `where`, мы видим определение функции `someFunc`. Пока вам не нужно знать о синтаксисе данной конструкции, в следующих главах мы разберём его тщательнейшим образом. Расширение `.hs` — стандартное расширения для модулей.

Теперь откроем модуль `app/Main.hs`:

```
module Main where

import Lib      -- Импортируем модуль Lib...

main :: IO ()
main = someFunc -- Используем его содержимое...
```

Это модуль `Main`, главный модуль нашего приложения, ведь именно здесь определена функция `main`. С помощью директивы `import` мы включаем сюда модуль `Lib` и можем работать с содержимым этого модуля.

Запомните модуль `Main`, с ним мы будем работать чаще всего. Все примеры исходного кода, которые вы увидите на страницах этой книги, живут именно в модуле `Main`, если не оговорено обратное.

Все модули в наших проектах можно разделить на две части: те, которые мы берём из библиотек и те, которые мы создали сами. Библиотеки — это уже кем-то созданные решения, в последующих главах мы познакомимся со многими из них. Среди библиотек сле-

дует выделить одну, так называемую стандартную библиотеку. Модули из стандартной библиотеки мы начнём использовать уже в ближайших главах. А одна из глав будет полностью посвящена рассказу о библиотеках: из неё мы подробно узнаем, откуда берутся библиотеки и как их использовать.

Глава 5

Киты и Черепаха

Итак, проект создали, теперь мы готовы начать наше путешествие.

Haskell стоит на Трёх Китах, имена которым: **Функция**, **Тип** и **Класс типов**. Они же, в свою очередь, покоятся на огромной Черепахе, имя которой — **Выражение**.

Черепаха

Haskell-программа представляет собой совокупность выражений (англ. expression). Взгляните:

```
1 + 2
```

Это — основной кирпич Haskell-программы, будь то Hello World или часть инфраструктуры международного банка. Конечно, помимо сложения единицы с двойкой существуют и другие выражения, но суть у них у всех одна:

> Выражение — это то, что может дать нам некий полезный результат.

Все выражения можно разделить на две группы: те, которые (всё ещё) можно вычислить и те, которые (уже) нельзя. Вычисление (англ. evaluation) — это фундаментальное действие по отношению к выражению, ведь именно вычисление даёт нам тот самый полезный результат. Так, выражение:

```
1 + 2
```

может дать нам полезный результат, а именно сумму двух чисел. Вычислив это выражение, мы получаем результат:

```
3
```

Причём это не просто число `3`, это тоже выражение. Подобное выражение уже нельзя вычислить, оно вычислено окончательно, до самого дна, и мы можем лишь использовать его как есть.

В результате вычисления выражение всегда уменьшается (англ. reduce). В русскоязычной литературе иногда так и пишут: «редукция выражения». Уменьшать выражение можно до тех пор, пока оно не достигнет своей нередуцируемой формы. Упомянутое выше выражение `1 + 2` ещё можно редуцировать, а вот выражение `3` — уже нельзя.

Таким образом, выражения, составляющие программу, вычисляются/редуцируются до тех пор, пока не останется некое окончательное, корневое выражение. А запуск Haskell-программы на выполнение (англ. execution) — это запуск всей этой цепочки вычислений, причём с корнем этой цепочки мы уже познакомились ранее. Помните функцию `main`, определённую в модуле `app/Main.hs`? Вот эта функция и является главной точкой нашей программы, её Альфой и Омегой.

Первый Кит

Вернёмся к выражению `1 + 2`. Полезный результат мы получим лишь после того, как вычислим это выражение, то есть осуществим сложение. Но как можно «осуществить сложение» в рамках Haskell-программы? С помощью функции. Именно функция делает выражение вычислимым, именно она оживляет нашу программу, потому я и назвал Функцию Первым Китом Haskell. Но дабы избежать недоразумений, определимся с понятиями.

Вспомним математическое определение функции. Не пугайтесь, математики будет совсем немного:

> Функция — это закон, описывающий зависимость одного значения от другого.

Рассмотрим функцию возведения целого числа в квадрат:

```
square v = v * v
```

Функция `square` определяет простую зависимость: числу `2` соответствует число `4`, числу `3` — `9` и так далее. Схематично это можно записать так:

```
2 -> 4
3 -> 9
4 -> 16
5 -> 25
...
```

Входное значение функции называют аргументом. И так как функция определяет однозначную зависимость выходного значения от аргумента, её, функцию, называют ещё *отображением*: она отображает/проецирует входное значение на выходное. Получается как бы труба: кинули в неё `2` — с другой стороны вылетело `4`, кинули `5` — ничего кроме `25` не вылетит.

Сама по себе функция абсолютно бесполезна. Чтобы заставить её сделать полезную работу, её необходимо применить (англ. apply) к аргументу. Ведь если на вход ничего не кинули, то и на выходе ничего не получим. Вот пример:

```
square 2
```

Мы применили функцию `square` к аргументу `2`. Синтаксис предельно прост: имя функции и через пробел аргумент. Если аргументов более одного — просто дописываем их так же через пробел. Например, функция `sum`, вычисляющая сумму двух своих целочисленных аргументов, применяется так:

```
sum 10 20
```

Так вот выражение `1 + 2` есть ни что иное, как применение функции! И чтобы яснее это увидеть, перепишем выражение:

```
(+) 1 2
```

Это применение функции `(+)` к двум аргументам, `1` и `2`. Не удивляйтесь, что имя функции заключено в скобки, вскоре я расскажу об этом подробнее. А пока запомните главное главное:

> вычислить выражение — это значит применить какие-то функции (одну или более) к каким-то аргументам (одному или более).

И ещё. Возможно, вы слышали о «вызове» функции. В Haskell функции не вызывают. Понятие «вызов» функции пришло к нам из почтенного языка C. Там функции действительно вызывают (англ. call), потому что в C, в отличие от Haskell, понятие «функция» не имеет никакого отношения к математике. Там это подпрограмма, обособленный кусочек программы, доступный по некоторому адресу в памяти. Если у вас есть опыт разработки на C-подобных языках — забудьте о подпрограмме. В Haskell функция — это функция в математическом смысле слова, поэтому её не вызывают, а

применяют к чему-то.

Второй Кит

Итак, любое редуцируемое выражение — это применение функции к некоторому аргументу (а по сути, тоже выражению):

```
square   2
функция  аргумент
```

Аргумент представляет собой некоторое значение, его ещё называют «данное» (англ. data). Данные в Haskell — это сущности, обладающие двумя главными характеристиками: типом и конкретным значением/содержимым.

Тип — это Второй Кит в Haskell. Тип отражает конкретное содержимое данных, а потому все данные в программе обязательно имеют некий тип. Когда мы видим данное типа `Double`, мы точно знаем, что перед нами число с плавающей точкой, а когда видим данные типа `String` — можем ручаться, что перед нами обыкновенные строки.

Отношение к типам в Haskell очень серьёзное, и работа с типами характеризуется тремя важными чертами:

1. статическая проверка,
2. сила,
3. выведение.

Три эти свойства системы типов Haskell — наши добрые друзья, ведь они делают нашу программистскую жизнь счастливее. Познакомимся с ними.

Статическая проверка

Статическая проверка типов (англ. static type checking) — это проверка типов всех данных в программе на этапе компиляции. Haskell-компилятор упрям: когда ему что-либо не нравится в типах, он громко ругается. Поэтому если функция работает с целыми числами, применить её к строкам никак не получится. Таким образом, когда компиляция завершилась успешно, мы точно знаем, что с типами у нас всё в порядке.

Преимущества статической проверки невозможно переоценить, ведь она гарантирует отсутствие в наших программах целого ряда ошибок. Мы уже не сможем спутать числа со строками или вычесть метры из рублей.

Конечно, у этой медали есть и обратная сторона — время компиляции. Вам придётся свыкнуться с этой мыслью: внесли изменения в проект — будьте добры скомпилировать. Однако утешением вам пусть послужит тот факт, что преимущества статической проверки в реальном проекте куда ценнее времени, потраченного на компиляцию.

Сила

Сильная (англ. strong) система типов — это бескомпромиссный контроль соответствия ожидаемого действительному. Сила делает работу с типами ещё более строгой. Вот вам пример из мира C:

```
double coeff(double base) {
    return base * 4.9856;
}
```

```
int main() {
    int value = coeff(122.04);
    ...
}
```

Это канонический пример проблемы, обусловленной слабой (англ. weak) системой типов. Функция `coeff` возвращает значение типа `double`, однако вызывающая сторона ожидает почему-то целое число. Ну вот ошиблись мы, криво скопировали. В этом случае произойдёт жульничество, называемое скрытым приведением типов (англ. type casting): число с плавающей точкой, возвращённое функцией `coeff`, будет грубо сломано путём приведения его к типу `int`, в результате чего дробная часть будет отброшена и мы получим не `608.4426`, а `608`. Подобная ошибка, кстати, приводила к серьёзным последствиям, таким как уничтожение космических аппаратов.

В Haskell подобный код не имеет ни малейших шансов пройти компиляцию. Мы всегда получаем то, что ожидаем, и если должно быть число с плавающей точкой — расшибись, но предоставь именно его. Компилятор скрупулёзно отслеживает соответствие между ожидаемым типом и фактическим, поэтому когда компиляция завершается успешно, мы абсолютно уверены в гармонии между типами всех наших данных.

Выведение

Выведение (англ. inference) типов — это способность определить тип данных автоматически, по конкретному выражению. В том же языке C тип данных следует указывать явно:

```
double value = 122.04;
}
```

однако в Haskell мы напишем просто:

```
value = 122.04
```

В этом случае компилятор автоматически выведет тип `value` как `Double`.

Выведение типов делает наш код лаконичнее и проще в сопровождении. Впрочем, мы можем указать тип значения и явно, а иногда даже должны это сделать. В последующих главах я покажу это.

Да, кстати, вот простейшие стандартные типы, они нам в любом случае понадобятся:

```
123         Int
23.5798     Double
'a'         Char
"Hello!"    String
True        Bool, истина
False       Bool, ложь
```

С типами `Int` и `Double` вы уже знакомы. Тип `Char` — это Unicode-символ. Тип `String` — обыкновенная строка. Тип `Bool` — логический тип, истина или ложь. В последующих главах мы встретимся ещё с несколькими стандартными типами, но пока хватить и этих.

Третий Кит

А вот о ТретьемКите, о **Классе типов**, я пока умолчу, потому что знакомиться с ним следует лишь после того, как мы поближе подружимся с первыми двумя.

Уверен, после прочтения этой главы у вас появилось множество вопросов. Однако я пока не стану отвечать на них. Более того, следующая глава несомненно удивит вас. Вперёд.

Глава 6

Неизменность и чистота

В предыдущей главе мы познакомились с функциями и выражениями, увидев близкую связь этих понятий. В этой главе мы познакомимся с функциями поближе, а также узнаем, что значит «чисто функциональный» язык и почему в нём нет места оператору присваивания.

Объявляем и определяем

Применение функции нам уже знакомо, осталось узнать про объявление и определение, без них использовать функцию не получится. Помните функцию `square`, возводящую свой единственный аргумент в квадрат? Вот как выглядит её объявление и определение:

```
square :: Int -> Int
square v = v * v
```

Первая строка — объявление, вторая — определение. Объявление

(англ. declaration) — это весть всему миру о том, что такая функция существует, вот её имя и вот типы, с которыми она работает. Определение (англ. declaration) — это «тело» функции, её конкретное содержимое.

Рассмотрим объявление:

```
square :: Int -> Int
```

Оно разделено двойным двоеточием на две части: слева указано имя функции, справа — типы, с которыми эта функция работает, а именно типы аргументов и тип вычисленного, итогового значения. Как вы узнали из предыдущей главы, все данные в Haskell-программе имеют конкретный тип, а поскольку функция работает с данными, её объявление содержит типы этих данных. Типы разделены стрелками. Схематично это выглядит так:

```
square :: Int      -> Int
имя       тип        тип
функции   аргумента  вычисленного
                     значения
```

Такое объявление сообщает нам о том, что функция `square` принимает единственный аргумент типа `Int` и возвращает значение того же типа `Int`. Если же аргументов более одного, объявление просто вытягивается. Например, объявление функции `product`, возвращающей произведение двух целочисленных аргументов, могло бы выглядеть так:

```
product :: Int      -> Int      -> Int
имя        тип         тип         тип
функции    первого     второго     вычисленного
           аргумента   аргумента   значения
```

Идею вы поняли: ищем крайнюю правую стрелку, и всё что левее от неё — то типы аргументов, а всё что правее — то тип вычисленного значения.

Мы не можем работать с функцией, которая ничего не вычисляет. То есть аналога C-функции `void f(int i)` в Haskell быть не может, так как это противоречит математической природе. Однако мы можем работать с функцией, которая ничего не принимает, то есть с аналогом `int f(void)`. С такими функциями мы познакомимся в следующих главах.

Теперь рассмотрим определение функции `square`:

```
square v = v * v
```

Схема определения такова:

```
square   v          =    v * v
имя      имя        это  выражение
функции  аргумента
```

А функция `product` определена так:

```
product  x          y          =    x * y
имя      имя        имя        это  выражение
функции  первого    второго
         аргумента  аргумента
```

Определение тоже разделено на две части: слева от знака равенства — имя функции и имена аргументов (уже имена, а не типы), разделённые пробелами, а справа — выражение, составляющее суть функции, её содержимое. В C-подобных языках закрепилось понятие «тело функции» (англ. function body), однако в Haskell чаще говорят о выражении.

Обратите внимание, речь здесь идёт именно о знаке равенства, а никак не об операторе присваивания. Мы ничего не присваиваем, мы лишь декларируем равенство левой и правой частей. Когда мы пишем:

```
product x y = x * y
```

мы объявляем следующее: «Отныне выражение `product 2 5` равно выражению `2 * 5`». Мы можем безопасно заменить выражение `product 2 5` выражением `2 * 5`, а выражение `product 120 500` — выражением `120 * 500`, и при всём при этом работа программы гарантированно останется неизменной.

Но откуда у меня такая уверенность? А вот откуда.

Чисто функциональный

Haskell — чисто функциональный (англ. purely functional) язык. Чисто функциональным называется такой язык, в котором центральное место уделено чистой функции (англ. pure function). А чистой она называется потому, что предельно честна с нами: её выходное значение всецело определяется её аргументами и более ничем. А ведь это и есть математическая функция, вспомним ту же `product`: когда на входе числа `10` и `20` — на выходе будет всегда `200`, и ничто не способно помешать этому. Функция `product` является чистой, а потому характеризуется отсутствием побочных эффектов (англ. side effects): она не способна сделать ничего, кроме как вернуть нам произведение двух своих аргументов. Именно поэтому чистая функция предельно надёжна и не может преподнести нам никаких сюрпризов.

Скажу больше: чистая функция не видит окружающий мир. Вообще. Причём в данном случае под «окружающим миром» я подразумеваю не только внешний по отношению ко всей программе мир (например, файловая система или сеть), но и все остальные функции. Чистую функцию можно сравнить с чёрным ящиком: она знает только свои аргументы и вычисляемое ею значение. Это даёт нам второе преимущество чистых функций — компонуемость. Раз функции полностью изолированы друг от друга, их очень просто

комбинировать, строя из более простых более сложные.

И раз уж я упомянул об этом вскользь, подчеркну: чистые функции не способны взаимодействовать с внешним по отношению к программе миром. Они не могут вывести текст на консоль, их нельзя заставить обработать HTTP-запрос, они не умеют дружить с базой данных. Они суть вещь в себе.

И чтобы удивить вас ещё больше, открою очередной секрет Haskell.

«Присваивание? Не, не слышал...»

В мире Haskell нет места оператору присваивания. Впрочем, этот факт удивителен лишь на первый взгляд. Задумаемся: раз уж каждая функция в конечном итоге представляет собою выражение, вычисляемое посредством применения каких-то других функций к каким-то другим аргументам, тогда нам просто не нужно ничего ничему присваивать.

Вспомним, что присваивание (англ. assignment) пришло к нам из императивных языков. Императивное программирование (англ. imperative programming) — это направление в разработке, объединяющее несколько парадигм программирования, одной из которых является объектно-ориентированная парадигма. В рамках этого направления программа воспринимается как набор инструкций, выполнение которых неразрывно связано с изменением состояния (англ. state) этой программы. Вот почему в императивных языках обязательно присутствует понятие «переменная» (англ. variable). А раз есть переменные — должен быть и оператор присваивания. Когда мы пишем:

```
coeff = 0.569;
```

мы тем самым приказываем: «Возьми значение `0.569` и перезапиши им то значение, которое уже содержалось в переменной `coeff` до этого». И перезаписывать это значение мы можем множество раз, а следовательно, мы вынуждены внимательно отслеживать текущее состояние переменной `coeff`, равно как и состояния всех остальных переменных в нашем коде.

Однако существует принципиально иной подход к разработке, а именно декларативное программирование (англ. declarative programming). Данное направление также включает в себя несколько парадигм, одной из которых является функциональная парадигма, Haskell воплотил в себе именно её. При этом подходе программа воспринимается уже не как набор инструкций, а как набор выражений. А поскольку выражения вычисляются путём применения функций к аргументам (то есть, по сути, к другим выражениям), там нет места ни переменным, ни оператору присваивания. Все данные в Haskell-программе, будучи созданными единожды, уже не могут быть изменены. Поэтому когда в Haskell-коде мы пишем:

```
coeff = 0.569;
```

мы просто объявляем: «Отныне значение `coeff` равно `0.569`, и так оно будет всегда». Вот почему в Haskell-коде символ `=` — это знак равенства в математическом смысле, и с присваиванием он не имеет ничего общего.

Удивлены?

Полагаю, да. Как же можно написать реальную программу на языке, в котором нельзя изменять данные? Какой прок от этих чистых функций, если они не способны ни файл прочесть, ни запрос по сети отправить? Оказывается, прок есть, и на Haskell можно напи-

сать очень даже реальную программу. За примером далеко ходить не буду: сама эта книга построена с помощью Haskell, о чём я подробнее расскажу в следующих главах.

А теперь, дабы не мучить вас вопросами без ответов, мы начнём ближе знакомится с Китами Haskell, и детали большой головоломки постепенно сложатся в красивую картину.

Глава 7

Выбираем и возвращаемся

В этой главе мы встретимся с условными конструкциями, выглянем в терминал, а также узнаем, почему из Haskell-функций не возвращаются.

Выглянем во внешний мир

Мы начинаем писать настоящий код. А для этого нам понадобится окно во внешний мир. Откроем модуль `app/Main.hs`, найдём функцию `main` и напишем в ней следующее:

```
main :: IO ()
main = putStrLn "Hi, real world!"
```

Стандартная функция `putStrLn` выводит строку на консоль. А если говорить строже, функция `putStrLn` применяется к значению типа `String` и делает так, чтобы мы увидели это значение в нашем терминале.

Да, я уже слышу вопрос внимательного читателя. Как же так, спросите вы, разве мы не говорили о чистых функциях в прошлой главе, неспособных взаимодействовать с внешним миром?! Придётся признаться: функция `putStrLn` относится к особым функциям, которые могут-таки вылезти во внешний мир. Но об этом в следующих главах. Это прелюбопытнейшая тема.

И ещё нам следует познакомиться с Haskell-комментариями, они нам понадобятся:

```
{-
   Я - сложный многострочный
   комментарий, содержащий
   нечто
   важное!
-}
main :: IO ()
main =
  -- А я - скромный однострочный комментарий.
  putStrLn "Hi, real world!"
```

На всякий случай напоминаю команду сборки, запускаемую из корня проекта:

```
$ stack install
```

После чего запускаем:

```
$ real-exe
Hi, real world!
```

Выбор и выход

Существует несколько способов задания условной конструкции. Вот базовый вариант:

```
if CONDITION then EXPRESSION1 else EXPRESSION2
```

где `CONDITION` — логическое выражение, дающее ложь или истину, `EXPRESSION1` — выражение, используемое в случае `True`, `EXPRESSION2` — выражение, используемое в случае `False`. Пример:

```
checkLocalhost :: String -> String
checkLocalhost ip =
  if ip == "127.0.0.1" || ip == "0.0.0.0"
    then "It's a localhost!"
    else "No, it's not a localhost."
```

Функция `checkLocalhost` применяется к единственному аргументу типа `String` и возвращает другое значение типа `String`. В качестве аргумента выступает строка, содержащая IP-адрес, а функция проверяет, не лежит ли в ней localhost. Оператор `||` — стандартый оператор логического «ИЛИ», а оператор `==` — стандартный оператор проверки на равенство. Итак, если строка `ip` равна `127.0.0.1` или `0.0.0.0`, значит в ней localhost, и мы возвращаем строку `It's a localhost!`, в противном случае возвращаем строку `No, it's not a localhost.`.

А кстати, что значит «возвращаем»? Ведь, как мы узнали, функции в Haskell не вызывают (англ. call), а значит, из них и не возвращаются (англ. return). И это действительно так. Если напишем так:

```
main :: IO ()
main = putStrLn (checkLocalhost "127.0.0.1")
```

при запуске увидим это:

```
It's a localhost!
```

а если так:

```
main :: IO ()
main = putStrLn (checkLocalhost "173.194.22.100")
```

тогда увидим это:

```
No, it's not a localhost.
```

Круглые скобки включают выражение типа `String` по схеме:

```
main :: IO ()
main = putStrLn (checkLocalhost "173.194.22.100")
                |--- выражение типа String ---|
```

То есть функция `putStrLn` видит в конечном итоге лишь результат применения функции `checkLocalhost`. Если бы мы опустили скобки и написали так:

```
main :: IO ()
main = putStrLn checkLocalhost "173.194.22.100"
```

произошла бы ошибка компиляции, это вполне ожидаемо: функция `putStrLn` применяется к одному аргументу, а тут их получается два:

```
main = putStrLn     checkLocalhost  "173.194.22.100"
       функция      к этому
       применяется  аргументу??
                                    или к этому??
```

Не знаю как вы, а я не очень люблю круглые скобки, при всём уважении к Lisp-программистам. К счастью, в Haskell существует способ написать такой код без скобок, и он будет работать как ожидается. Об этом способе — в одной из последующих глав.

Вернёмся к возвращению из функции. Вспомним о равенстве в определении:

```
checkLocalhost ip =
  if ip == "127.0.0.1" || ip == "0.0.0.0"
    then "It's a localhost!"
    else "No, it's not a localhost."
```

Применение функции `checkLocalhost` к строке объявлено равным условной конструкции. А если так, то эти два кода эквивалентны:

```
main :: IO ()
main = putStrLn (checkLocalhost "173.194.22.100")
```

```
main :: IO ()
main =
  putStrLn (if "173.194.22.100" == "127.0.0.1" ||
                "173.194.22.100" == "0.0.0.0"
              then "It's a localhost!"
              else "No, it's not a localhost.")
```

Мы просто заменили аргумент `ip` конкретным значением `173.194.22.100`. В итоге, в зависимости от истинности или ложности проверок на равенство, эта условная конструкция будет также заменена одним из двух выражений. В этом и заключается идея: возвращаемое функцией значение — это её последнее, итоговое выражение. То есть если выражение:

```
"173.194.22.100" == "127.0.0.1" ||
"173.194.22.100" == "0.0.0.0"
```

даст нам результат `True`, то мы работаем с выражением из логической ветки `then`. Если же оно даст нам `False` — мы работаем с выражением из логической ветки `else`. Это даёт нам право утверждать, что условная конструкция вида:

```
if True
  then "It's a localhost!"
  else "No, it's not a localhost."
```

может быть заменена на нередуцируемое выражение `It's a localhost!`, а условную конструкцию вида:

```
if False
  then "It's a localhost!"
  else "No, it's not a localhost."
```

можно спокойно заменить нередуцируемым выражением `No, it's not a localhost.`. Поэтому код:

```
main :: IO ()
main = putStrLn (checkLocalhost "0.0.0.0")
```

эквивалентен коду:

```
main :: IO ()
main = putStrLn "It's a localhost!"
```

Аналогично, код:

```
main :: IO ()
main = putStrLn (checkLocalhost "173.194.22.100")
```

есть ни что иное, как:

```
main :: IO ()
main = putStrLn "No, it's not a localhost."
```

Каким бы сложным ни было логическое ветвление внутри функции `checkLocalhost`, в конечном итоге оно вернёт/вычислит какое-то одно итоговое выражение. Вот почему функции в Haskell так просто компоновать друг с другом, и позже мы будем встречать всё больше таких примеров.

Глава 8

Выбор и образцы

Эта глава откроет нам другие способы выбора, а также познакомит нас с образцами. Уверяю, вы влюбитесь в них!

Не только из двух

Часто мы хотим выбирать не только из двух возможных вариантов. Вот как это можно сделать:

```
analizeGold :: Int -> String
analizeGold standard =
  if standard == 999
    then "Wow! 999 standard!"
    else if standard == 750
           then "Great! 750 standard."
           else if standard == 585
                  then "Not bad! 585 standard."
                  else "I don't know such a standard..."
```

```
main :: IO ()
main = putStrLn (analizeGold 999)
```

Уверен, вы уже стираете плевок с экрана. Вложенная `if-then-else` конструкция не может понравится никому, ведь она крайне неудобна в обращении. А уж если бы анализируемых проб золота было штук пять или семь, эта лестница стала бы поистине ужасной. К счастью, в Haskell можно написать по-другому:

```
analizeGold :: Int -> String
analizeGold standard =
  if | standard == 999 -> "Wow! 999 standard!"
     | standard == 750 -> "Great! 750 standard."
     | standard == 585 -> "Not bad! 585 standard."
     | otherwise -> "I don't know such a standard..."
```

Не правда ли, так красивее? Это — множественный `if`. Работает он по схеме:

```
if | CONDITION1 -> EXPRESSION1
   | CONDITION2 -> EXPRESSION2
   | ...
   | CONDITIONn -> EXPRESSIONn
   | otherwise  -> COMMON_EXPRESSION
```

где `CONDITION1..n` — выражения, дающие ложь или истину, а `EXPRESSION1..n` — соответствующие им результирующие выражения. Слово `otherwise` соответствует общему случаю, когда ни одно из логических выражений не дало `True`, и в этой ситуации результатом условной конструкции послужит выражение `COMMON_EXPRESSION`.

Не пренебрегайте словом `otherwise`! Если вы его не укажете и при этом примените функцию `analizeGold` к значению, отличному от проверяемых:

```
analizeGold :: Int -> String
```

```
analizeGold standard =
  if | standard == 999 -> "Wow! 999 standard!"
     | standard == 750 -> "Great! 750 standard."
     | standard == 585 -> "Not bad! 585 standard."

main :: IO ()
main = putStrLn (analizeGold 583)  -- Ой...
```

компиляция завершится успешно, однако в момент запуска программы вас ожидает неприятный сюрприз в виде сообщения:

```
Non-exhaustive guards in multi-way if
```

Проверка получилась неполной, вот и получите ошибку.

Видите слово `guards` в сообщении об ошибке? Вертикальные черты перед логическими выражениями — это и есть охранники (англ. guard), неусыпно охраняющие наши условия. А чтобы читать их было легче, воспринимайте их как аналог слова «ИЛИ».

А сейчас стоп. Вы ведь попробовали скомпилировать этот код, не так ли? А почему вы не ругаетесь? Ведь такой код не скомпилируется, так как не хватает одной важной детали. Вот как должен выглядеть модуль `Main`:

```
{-# LANGUAGE MultiWayIf #-}  -- ???

module Main where

analizeGold :: Int -> String
analizeGold standard =
  if | standard == 999 -> "Wow! 999 standard!"
     | standard == 750 -> "Great! 750 standard."
     | standard == 585 -> "Not bad! 585 standard."
     | otherwise -> "I don't know such a standard..."
```

```
main :: IO ()
main = putStrLn (analizeGold 999)
```

Вот теперь всё в порядке. Но что это за странный комментарий в первой строке модуля? Вроде бы оформлен как многострочный комментарий, но выглядит необычно. Перед нами — указание расширения языка Haskell.

Стандарт Haskell 2010 — это официальный стержень языка. Однако компилятор GHC, давно ставший стандартном де-факто при разработке на Haskell, обладает рядом особых возможностей. По умолчанию многие из этих возможностей выключены, а прагма `LANGUAGE` как раз для того и предназначена, чтобы их включать/активизировать. В данном случае мы включили расширение `MultiWayIf`. Именно это расширение позволяет нам использовать множественный `if`. Такого рода расширений существует весьма много, и мы будем часто их использовать.

Расширение, включённое с помощью прагмы `LANGUAGE`, действует лишь в рамках текущего модуля. И если я прописал его только в модуле `app/Main.hs`, то на модуль `src/Lib.hs` механизм `MultiWayIf` не распространяется.

Без Если

Множественный `if` весьма удобен, но есть способ более красивый. Взгляните:

```
analizeGold :: Int -> String
analizeGold standard
  | standard == 999 = "Wow! 999 standard!"
  | standard == 750 = "Great! 750 standard."
  | standard == 585 = "Not bad! 585 standard."
```

```
  | otherwise       = "I don't know such a standard..."
```

Ключевое слово `if` исчезло за ненадобностью. Схема здесь такая:

```
function arg  -- <<< Нет знака равенства
  | CONDITION1 = EXPRESSION1
  | CONDITION2 = EXPRESSION2
  | ...
  | CONDITIONn = EXPRESSIONn
  | otherwise  = COMMON_EXPRESSION
```

Устройство почти такое же, только помимо исчезновения ключевого слова `if` мы используем знаки равенства вместо стрелок. Именно поэтому исчез знакомый нам знак равенства после имени аргумента `arg`. В действительности он, конечно, никуда не исчез, он лишь перешёл в выражения. А чтобы это было легче прочесть, напишем выражения в строчку:

```
function arg |    CONDITION1 = EXPRESSION1  |     ...
эта          либо             равна этому
функция                       выражению
                 в случае
                 истинности
                 этого
                 выражения
                                          либо  и т.д.
```

То есть перед нами уже не одно определение функции, а цепочка определений, потому нам и не нужно ключевое слово `if`. А ведь в ряде случаев эту цепочку можно сделать ещё более простой.

Сравнение с образцом

Убрав слово `if`, мы и с нашими виртуальными «ИЛИ» можем расстаться. В этом случае останется лишь это:

```
analizeGold :: Int -> String
analizeGold 999 = "Wow! 999 standard!"
analizeGold 750 = "Great! 750 standard."
analizeGold 585 = "Not bad! 585 standard."
analizeGold _   = "I don't know such a standard..."
```

Мы просто перечислили определения функции `analizeGold` одно за другим. На первый взгляд, возможность множества определений одной и той же функции удивляет, но если вспомнить, что применение функции суть выражение, тогда ничего удивительного. Вот как это читается:

```
      analizeGold  999          =      "Wow! 999 standard!"
если  эта функция  применяется  тогда  этому выражению
                   вот к этому  она
                   аргументу    равна

      analizeGold  750          =      "Wow! 999 standard!"
если  эта функция  применяется  тогда  другому выражению
                   к другому    она
                   аргументу    равна
...
           analizeGold _  =       "I don't know such a standard..."
в
противном  эта функция    просто  общему выражению
случае                    равна
```

Таким образом, когда функция `analizeGold` применяется к конкретному аргументу, этот аргумент последовательно сравнивается с образцом (англ. pattern matching). Образца здесь три: `999`, `750` и `585`. И

если раньше мы сравнивали аргумент с этими числовыми значениями явно, посредством функции ==, теперь это происходит скрыто. Идея сравнения с образцом очень проста: что-то (в данном случае реальный аргумент функции `analizeGold`) сопоставляется с образцом (или образцами) на предмет «подходит/не подходит». Если подходит — то есть сравнение с образцом даёт результат `True` — готово, используем соответствующее выражение. Если же не подходит — переходим к следующему образцу.

Сравнение с образцом используется в Haskell чрезвычайно широко. В русскоязычной литературе перевод словосочетания «pattern matching» не особо закрепился, вместо этого так и говорят «патерн матчинг». Я поступлю так же.

Да, а что это за символ подчёркивания такой, в последнем варианте определения? Вот этот:

```
analizeGold _ = "I don't know such a standard..."
            ^
```

С формальной точки зрения, это — универсальный образец, сравнение с которым всегда истинно. А с неформальной — это символ, который можно прочесть как «мне всё равно». Мы как бы говорим: «В данном конкретном случае нас не интересует конкретное содержимое аргумента, нам всё равно, мы тупо возвращаем строку `I don't know such a standard...`».

Важно отметить, что сравнение аргумента с образцами происходит последовательно, в данном случае сверху вниз. Поэтому если мы напишем так:

```
analizeGold :: Int -> String
analizeGold _   = "I don't know such a standard..."
analizeGold 999 = "Wow! 999 standard!"
analizeGold 750 = "Great! 750 standard."
analizeGold 585 = "Not bad! 585 standard."
```

наша функция будет всегда возвращать выражение `I don't know such a standard...`, и это вполне ожидаемо: первая же проверка гарантированно даст `True`, ведь с образцом `_` совпадает (или, как иногда говорят, матчится) всё что угодно. Таким образом, общий образец следует располагать в самом конце, чтобы мы попали на него лишь после того, как не сработали все остальные образцы.

case

Существует ещё один вид паттерн матчинга, с помощью `case-of`:

```
analizeGold standard =
  case standard of
    999       -> "Wow! 999 standard!"
    750       -> "Great! 750 standard."
    585       -> "Not bad! 585 standard."
    otherwise -> "I don't know such a standard..."
```

Запомните конструкцию `case-of`, мы встретимся с нею не раз. Работает она по модели:

```
case EXPRESSION of
  PATTERN1  -> EXPRESSION1
  PATTERN2  -> EXPRESSION2
  ...
  PATTERNn  -> EXPRESSIONn
  otherwise -> COMMON_EXPRESSION
```

где `EXPRESSION` — анализируемое выражение, последовательно сравниваемое с образцами `PATTERN1..n`. Если ни одно ни сработало — как обычно, упираемся в `otherwise` и выдаём `COMMON_EXPRESSION`.

В последующих главах мы встретимся с другими видами паттерн матчинга.

Глава 9

Пусть будет там, Где…

В этой главе мы узнаем, как сделать наши функции более удобными и читабельными.

Пусть

Рассмотрим следующую функцию:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  if | timeInS <  40 -> timeInS + 120
     | timeInS >= 40 -> timeInS + 8 + 120
```

Мы считаем время некоторого события, и если исходное время меньше `40` секунд — результирующее время увеличено на `120` секунд, в противном случае ещё на `8` секунд сверх того. К сожалению, перед нами классический пример «магических чисел» (англ. magic numbers), когда смысл конкретных значений скрыт за семью печатями. Что за `40`, и что за `8`? Во избежание этой проблемы

можно ввести временные выражения, и тогда код станет совсем другим:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  let threshold  = 40
      correction = 120
      delta      = 8
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold -> timeInS + delta + correction
```

Вот, совсем другое дело! Мы избавились от «магических чисел», введя поясняющие выражения `threshold`, `correction` и `delta`, и код функции стал куда понятнее.

Конструкция `let-in` вводит поясняющие выражения по схеме:

```
let DECLARATIONS in EXPRESSION
```

где `DECLARATIONS` — выражения, декларируемые нами, а `EXPRESSION` — выражение, в котором используется выражения из `DECLARATION`. Так, когда мы написали:

```
let threshold = 40
```

мы объявили: «Отныне выражение `threshold` равно выражению `40`». Выглядит как присваивание, но мы-то уже знаем, что в Haskell его нет. Теперь выражение `threshold` может заменить собою число `40` внутри последующей `if`-конструкции:

```
  let threshold = 40
      ...
  in if | timeInS <  threshold -> ...
        | timeInS >= threshold -> ...
```

Эта конструкция легко читается:

```
let    threshold  =      40       ... in  ...
```

```
пусть  это        будет  этому       в   том
       выражение  равно  выражению       выражении
```

С помощью ключевого слова `let` можно ввести сколько угодно пояснительных/промежуточных выражений, что делает наш код, во-первых, понятнее, а во-вторых, короче. Да, в этом конкретном случае код стал чуть длиннее, но в последующих главах мы увидим ситуации, когда промежуточные значения сокращают код в разы.

Важно помнить, что введённое конструкцией `let-in` выражение существует лишь в рамках выражения, следующего за словом `in`. Изменим функцию:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  let threshold  = 40
      correction = 120
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold ->
          let delta = 8 in timeInS + delta + correction
```

В этом случае мы сократили область видимости промежуточного выражения `delta`, сделав его видимым лишь в выражении `timeInS + delta + correction`.

При желании `let`-выражения можно записывать и в строчку:

```
  ...
  let threshold = 40; correction = 120  -- Через ;
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold ->
          let delta = 8 in timeInS + delta + correction
```

В этом случае мы перечисляем их через точку с запятой. Лично мне такой стиль не нравится, но выбирать вам.

Где

Существует иной способ введения промежуточных выражений:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
     | timeInS >= threshold -> timeInS + delta + correction
  where
    threshold  = 40
    correction = 120
    delta      = 8
```

Ключевое слово `where` делает примерно то же, что и `let`, но промежуточные выражения задаются в конце функции. Такая конструкция читается подобно научной формуле:

```
  S = V * t,          -- Выражение
где
  S = расстояние,     -- Всё то, что
  V = скорость,       -- используется
  t = время.          -- в выражении.
```

В отличие от `let`, которое можеть быть использовано для введения супер-локального выражение (как в последнем примере с `delta`), все `where`-выражения доступны в любой части выражения, предшествующего ключевому слову `where`.

Вместе

Мы можем использовать `let-in` и `where` совместно, в рамках одной функции:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  let threshold = 40
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold -> timeInS + delta + correction
  where
    correction = 120
    delta      = 8
```

Часть промежуточных значений вверху, а часть — внизу. Общая рекомендация: не смешивайте `let-in` и `where` без особой надобности, такой код читается тяжело, избыточно.

Отмечу, что в качестве промежуточных могут выступать и более сложные выражения. Например:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  let threshold = 40
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold -> timeInS + delta + correction
  where
    correction = timeInS * 2
    delta      = correction - 4
```

Выражение `correction` равно `timeInS * 2`, то есть теперь оно зависит от значения аргумента функции. А выражение `delta` зависит в свою очередь от `correction`. Причём мы можем менять порядок задания выражений:

```
  ...
  let threshold = 40
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold -> timeInS + delta + correction
  where
    delta      = correction - 4
```

```
    correction = timeInS * 2
```

Выражение `delta` теперь задано первым по счёту, но это не имеет никакого значения. Ведь мы всего лишь объявляем равенства, и результат этих объявлений не влияет на конечный результат.

Запомните упоминание о неважности порядка введения выражений! К этой теме мы вернёмся в одной из следующих глав, которая откроет нам очередную тайну Haskell.

Конечно, порядок введения не важен и для `let`-выражений:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  let delta     = correction - 4
      threshold = 40
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold -> timeInS + delta + correction
  where
    correction = timeInS * 2
```

Мало того, что мы задали `let`-выражения в другом порядке, так мы ещё и использовали в одном из них выражение `correction`! То есть в `let`-выражении использовалось `where`-выражение. А вот проделать обратное, увы, не получится:

```
calculateTime :: Int -> Int
calculateTime timeInS =
  let delta     = correction - 4
      threshold = 40
  in if | timeInS <  threshold -> timeInS + correction
        | timeInS >= threshold -> timeInS + delta + correction
  where
    correction = timeInS * 2 * threshold  -- Из let??
```

При попытке скомпилировать такой код мы получим ошибку:

```
Not in scope: ‘threshold’
```

Таково ограничение: использовать `let`-выражения внутри `where`-выражений невозможно.

Ну что ж, пора двигаться дальше, ведь внутренности наших функций не ограничены условными конструкциями.

Глава 10

Мир операторов

Оператор (англ. operator) — частный случай функции. В предыдущих главах мы уже познакомились с ними, осталось лишь объяснить подробнее.

Вспомним наше самое первое выражение:

```
1 + 2
```

Функция `+` записана в инфиксной (англ. infix) форме, то есть между своими аргументами. Такая запись выглядит естественнее, нежели обычная:

```
(+) 1 2
```

Видите круглые скобки? Они говорят о том, что данная функция предназначена для инфиксной записи. Авторы этой функции изначально рассчитывали на инфиксную форму `1 + 2`, а не на `(+) 1 2`, поэтому в определении имя функции заключено в круглые скобки:

```
(+) :: ...
```

Если же имя функции не заключено в круглые скобки, подразумевается, что мы рассчитываем на обычную форму её применения. Однако и в этом случае можно применять её инфиксно, но имя должно заключаться в обратные одинарные кавычки (англ. backtick).

Определим функцию `isEqualTo`, являющуюся аналогом оператора проверки на равенство для двух целочисленных значений:

```
isEqualTo :: Int -> Int -> Bool
isEqualTo x y = x == y
```

При обычной форме её применение выглядело бы так:

```
  ...
  if isEqualTo code1 code2 then ... else ...
  where code1 = 123
        code2 = 124
  ...
```

Но давайте перепишем в инфиксной форме:

```
  ...
  if code1 `isEqualTo` code2 then ... else ...
  where code1 = 123
        code2 = 124
  ...
```

Гораздо лучше, ведь теперь код читается как обычный английский текст:

```
  ...
  if code1 `isEqualTo` code2 ...
  if code1 is equal to code2 ...
  ...
```

Строго говоря, название «оператор» весьма условно, мы можем его

и не использовать. Говорить о функции сложения столь же корректно, как и об операторе сложения.

Зачем это нужно?

Почти все ASCII-символы (а также их всевозможные комбинации) можно использовать в качестве операторов в Haskell. Это даёт нам широкие возможности для реализации различных EDSL (англ. Embedded Domain Specific Language), своего рода «языков в языке». Вот пример:

```
div ! class_ "nav-wrapper" $
  a ! class_ "brand-logo sans" ! href "/" $ "#ohaskell"
```

Любой, кто знаком с веб-разработкой, мгновенно узнает в этом коде HTML. Это кусочек кода, строящего HTML-шаблон для веб-варианта данной книги. То что вы видите — это совершенно легальный Haskell-код, в процессе работы которого генерируется реальный HTML: тег `<div>` с классом `nav-wrapper`, внутри которого лежит `<a>`-ссылка с двумя классами, корневым адресом и внутренним текстом.

Идентификаторы `div`, `class_` и `href` — это имена функций, а символы `!` и `$` — это операторы, записанные в своей обычной, инфиксной форме. Самое главное, что нам абсолютно необязательно знать, как они определены и как работают, чтобы понять этот «Haskell-based HTML». А в дальнейших главах мы не только встретимся с другими EDSL, но и заглянем во внутренности некоторых из них.

Вы спросите, а откуда взялись все эти `div` и `!`? Отвечаю: они взялись из конкретной Haskell-библиотеки. С библиотеками мы вскоре познакомимся.

Глава 11

Список: знакомство

Помните, в одной из предыдущих глав я говорил, что познакомлю вас ещё с несколькими стандартными типами данных в Haskell? Пришло время узнать о списках.

Список (англ. list) — это особый тип, он характеризует уже не просто данные, но структуру данных. Эта структура представляет собой набор данных одного типа, и едва ли хоть одна реальная Haskell-программа может обойтись без списков.

Структуры, содержащие данные одного типа, называют ещё гомогенными (в переводе с греческого: «одного рода»).

Вот список из трёх целых чисел:

```
[1, 2, 3]
```

Квадратные скобки и значения, разделённые запятыми. Вот так выглядит список из двух значений типа `Double`:

```
[1.3, 45.7899]
```

а вот и список из одного-единственного символа:

```
['H']
```

или вот из четырёх строк, отражающих имена четырёх протоколов транспортного уровня OSI-модели:

```
["TCP", "UDP", "DCCP", "SCTP"]
```

Если у вас есть опыт разработки на языке C, вы можете подумать, что список похож на массив. Однако, хотя сходства имеются, я намеренно избегаю слова «массив», потому что в Haskell существуют массивы (англ. array), это несколько иная структура данных.

Список — это тоже выражение, поэтому можно легко создать список списков произвольной вложенности. Вот так будет выглядеть список из некоторых протоколов трёх уровней OSI-модели:

```
[ ["DHCP", "FTP", "HTTP"]
, ["TCP", "UDP", "DCCP", "SCTP"]
, ["ARP", "NDP", "OSPF"]
]
```

Это список списков строк. Форматирование в отношении квадратных скобок весьма вольное, при желании можно и так написать:

```
[["DHCP", "FTP", "HTTP"        ],
 ["TCP",  "UDP", "DCCP", "SCTP"],
 ["ARP",  "NDP", "OSPF"        ]]
```

Список может быть и пустым:

```
[]
```

Тип списка

Раз список представляет собой структуру, содержащую данные некоторого типа, возникает вопрос: как указать тип списка? Вот так:

```
[Int]     -- Список целых чисел
[Char]    -- Список символов
[String]  -- Список строк
```

То есть тип списка так и указывается, в квадратных скобках. Упомянутый ранее список списков строк имеет такой тип:

```
[[String]]  -- Список списков строк
```

Модель очень проста:

```
[   [String]    ]
    | Тип  |
    |данных|


|     Тип       |
|    списка     |
|  этих данных  |
```

Хранить в списке данные разных типов невозможно. Однако вскоре мы познакомимся с другой стандартной структурой данных, которая позволяет это.

Действия над списками

Если списки создаются — значит это кому-нибудь нужно. Со списком можно делать очень много всего. В стандартной Haskell-библиотеке существует отдельный модуль `Data.List`, включающий

широкий набор функций, работающих со списком. Откроем модуль `Main` и импортируем в него модуль `Data.List`:

```
module Main where

import Data.List

main :: IO ()
main = putStrLn (head ["Vim", "Emacs", "Atom"])
```

Функция `head` возвращает голову списка, то есть его первый элемент. При запуске этой программы на выходе получим:

```
Vim
```

Модель такая:

```
["Vim",     "Emacs", "Atom"]
 |голова|   |    хвост    |
```

Как гусеница получается: первый элемент — голова, а всё остальное — хвост. Функция `tail` возвращает хвост:

```
main :: IO ()
main = print (tail ["Vim", "Emacs", "Atom"])
```

вот результат:

```
["Emacs", "Atom"]
```

Функция `tail` формирует другой список, представляющий собою всё от первоначального списка, кроме головы. Обратите внимание на новую функцию `print`. В данном случае мы не могли бы использовать нашу знакомую `putStrLn`, ведь она применяется к значению типа `String`, в то время как функция `tail` вернёт нам значение типа `[String]`. Мы ведь помним про строгость компилятора: что ожидаем, то и получить должны. Функция `print` предназначена для «стрингификации» значения: она берёт значение некоторого типа

и выводит это значение на консоль уже в виде строки.

Но как же, спросите вы, функция `print` узнаёт, как именно отобразить значение в виде строки? О, это интереснейшая тема, но она относится к Третьему Киту Haskell, до знакомства с которым нам ещё далеко.

Можно получить длину списка:

```
handleTableRow :: String -> String
handleTableRow row
  | length row == 2 = composeTwoOptionsFrom row
  | length row == 3 = composeThreeOptionsFrom row
  | otherwise       = invalidRow row
```

Это чуток видоизменённый кусочек одной моей программы, функция `handleTableRow` обрабатывает строку таблицы. Стандартная функция `length` даём нам длину списка (число элементов в нём). В данном случае мы узнаём число элементов в строке таблицы `row`, и в зависимости от длины применяем к этой строке функции `composeTwoOptionsFrom` или `composeThreeOptionsFrom`.

Но постойте, а где же тут список? Функция `handleTableRow` применяется к строке и вычисляет строку. А дело в том, что строка есть ни что иное, как список элементов. То есть тип `String` эквивалентен типу `[Char]`. Скажу более: `String` — это не более чем псевдоним для типа `[Char]`, и вот как он задан:

```
type String = [Char]
```

Ключевое слово `type` вводит псевдоним для уже существующего типа. Читается это так:

```
type  String  =     [Char]
тип   этот    равен  тому
```

Таким образом, объявление функии `handleTableRow` можно было бы переписать так:

```
handleTableRow :: [Char] -> [Char]
```

При работе со списками мы можем использовать промежуточные выражения, например:

```
handleTableRow :: String -> String
handleTableRow row
  | size == 2 = composeTwoOptionsFrom row
  | size == 3 = composeThreeOptionsFrom row
  | otherwise = invalidRow row
  where size = length row
```

А можно и так:

```
handleTableRow :: String -> String
handleTableRow row
  | twoOptions   = composeTwoOptionsFrom row
  | threeOptions = composeThreeOptionsFrom row
  | otherwise    = invalidRow row
  where size         = length row  -- Узнаём длину
        twoOptions   = size == 2   -- ... сравниваем
        threeOptions = size == 3   -- ... и ещё раз
```

Здесь выражения `twoOptions` и `threeOptions` имеют уже знакомый нам тип `Bool`, ведь они равны результату сравнения значения `size` с числом.

Неизменность списка

Как вы уже знаете, все данные в Haskell неизменны, как Египетские пирамиды. Списки — не исключение: мы не можем изменить существующий список, мы можем лишь создать на его основе новый список. Например:

```
addTo :: String -> [String] -> [String]
addTo newHost hosts = newHost : hosts

main :: IO ()
main = print ("124.67.54.90" `addTo` hosts)
  where hosts = ["45.67.78.89", "123.45.65.54"]
```

Результат этой программы таков:

```
["124.67.54.90","45.67.78.89","123.45.65.54"]
```

Рассмотрим определение функции `addTo`:

```
addTo newHost hosts = newHost : hosts
```

Стандартный оператор `:` добавляет значение, являющееся левым операндом, в начало списка, являющегося правым операндом. Читается это так:

```
newHost   :         hosts
беру      и         в начало
это       добавляю  этого
значение  его       списка
```

С концептуальной точки зрения функция `addTo` добавила новый IP-адрес в начало списка `hosts`. В действительности же никакого добавления не произошло, ибо списки неизменны. Оператор `:` взял значение `newHost` и список `hosts` и создал на их основе новый список, содержащий уже три IP-адреса вместо двух.

Теперь, после знакомства со списком, мы будем использовать их постоянно. И в Haskell эта простая структура данных куда мощнее, чем может показаться на первый взгляд.

Глава 12

Кортеж

В этой главе мы познакомимся с кортежем и ещё ближе подружимся с паттерн матчингом.

Кортеж (англ. tuple) — ещё одна стандартная структура данных, с которой нам следует познакомиться. В отличие от списка, кортеж может содержать данные как одного типа, так и разных.

Структуры, способные содержать данные разных типов, называют ещё гетерогенными (в переводе с греческого: «разного рода»).

Вот как он выглядит:

```
("Haskell", 2010)
```

Круглые скоби, в отличие от списка. Этот кортеж содержит два элемента типа `String` и `Int` соответственно. Можно написать и так:

```
("Haskell", "2010", "Standard")
```

То есть ничто не мешает нам хранить в кортеже данные одного типа.

Тип кортежа

Тип списка строк, как вы помните, `[String]`. И не важно, сколько строк мы запихнули в список — его тип останется неизменным. С кортежем же дело обстоит абсолютно иначе.

Тип кортежа зависит от количества его элементов. Вот тип кортежа, содержащего две строки:

```
(String, String)
```

Вот ещё пример:

```
(Double, Double, Int)
```

И ещё:

```
(Bool, Double, Int, String)
```

То есть тип кортежа явно отражает его содержимое. Поэтому если функция применяется к кортежу из двух строк, применить её к кортежу из трёх не получится, потому что типы таких кортежей различаются:

```
-- Несовместимые типы
(String, String)
(String, String, String)
```

Действия над кортежами

Со списками можно делать много всего, а вот с кортежами — не очень. Самое частое действие в отношении уже созданного кортежа — извлечение хранящихся в нём данных. Например:

```
makeAlias :: String -> String -> (String, String)
makeAlias host alias = (host, alias)
```

Пожалуй, ничего проще придумать нельзя: на входе два аргумента, на выходе — двуэлементный кортеж с этими аргументами.

Двуэлементный кортеж называют ещё парой (англ. pair). И хотя кортеж может содержать сколько угодно элементов, на практике пары встречаются чаще всего.

Обратите внимание, насколько легко создаётся кортеж. Причина тому — уже знакомый нам паттерн матчинг:

```
makeAlias host alias = (host,    alias)

          это           к этому

               а это             к тому
```

Мы просто пишем прямое соответствие между левой и правой сторонами определения. Ничего удобнее и проще и придумать нельзя. И если бы мы хотели получить кортеж из трёх элементов с дубляжом хоста (ну вдруг), это выглядело бы так:

```
makeAlias :: String -> String -> (String, String, String)
makeAlias host alias = (host,    host,      alias)

          это           к этому  и к этому

               а вот                        к тому
               это
```

Таким же образом, через паттерн матчинг, мы извлекаем элементы из кортежа. Например:

```
main :: IO ()
main =
```

```
  let (host, alias) = makeAlias "173.194.71.106"
                                "www.google.com"
  in print (host ++ ", " ++ alias)
```

Функция `makeAlias` даёт нам пару из хоста и имени. Но что это за странная запись возле уже знакомого нам слова `let`? Это промежуточное выражение, но выражение хитрое, образованное через паттерн матчинг. Чтобы было понятнее, сначала перепишем функцию без него:

```
main :: IO ()
main =
  let pair  = makeAlias "173.194.71.106"
                        "www.google.com"
      host  = fst pair
      alias = snd pair
  in print (host ++ ", " ++ alias)
```

При запуске этой программы мы получим:

```
"173.194.71.106, www.google.com"
```

Оператор `++` — это оператор конкатенации, склеивающий две строки в одну. Строго говоря, он склеивает два списка, но мы-то уже знаем, что `String` есть ни что иное, как `[Char]`. Таким образом, `"google" ++ ".com"` даёт `"google.com"`.

Стандратные функции `fst` и `snd` возвращают первый и второй элемент кортежа соответственно. Выражение `pair` соответствует паре, выражение `host` — значению хоста, а `alias` — значению имени. Но не кажется ли вам такой способ несколько избыточным? Мы в Haskell любим изящные решения, поэтому предпочитаем паттерн матчинг. Вот как получается вышеприведённый способ:

```
let (host, alias) = makeAlias "173.194.71.106" "www.google.com"
let (host, alias) = ("173.194.71.106", "www.google.com")
                     данное значение
```

```
     это
     хост
                                        а вот это значение
          это
          имя
```

Вот такая простая магия. Функция `makeAlias` даём там пару, и мы достоверно знаем это! А если знаем, нам не нужно вводить промежуточные выражения вроде `pair`. Мы сразу говорим:

```
let (host, alias) = makeAlias "173.194.71.106" "www.google.com"
                    то, что ты в конечном итоге вычислишь
     это вот
     такая пара
```

Это «зеркальная» модель: через паттерн матчинг формируем:

```
-- Формируем правую сторону
-- на основе левой...
host alias = (host, alias)

____          ____
     _____          _____
```

и через него же извлекаем:

```
-- Формируем левую сторону
-- на основе правой...
(host, alias) = ("173.194.71.106", "www.google.com")

 ____           ________________
      _____                      ________________
```

Вот ещё один пример работы с кортежем через паттерн матчинг:

```
chessMove :: String -> (String, String) -> (String, (String, String))
chessMove color (from, to) = (color, (from, to))
```

```
main :: IO ()
main = print (color ++ ": " ++ from ++ "-" ++ to)
  where
    (color, (from, to)) = chessMove "white" ("e2", "e4")
```

И на выходе получаем:

```
"white: e2-e4"
```

Функция `chessMove` даёт нам кортеж с кортежем, а раз мы точно знаем вид ожидаемого кортежа, то сразу указываем `where`-выражение в виде образца:

```
(color, (from, to)) = chessMove "white" ("e2", "e4")
 _____                          _______
        ____                             ____
              __                                 ____
```

Кстати, я об этом не упомянул, но теоретически кортеж может состоять из одного-единственного элемента:

```
useless :: String -> (String)
useless s = (s)

main :: IO ()
main = putStrLn s
  where (s) = useless "some"
```

Хотя, учитывая гетерогенность кортежа, мне трудно представить ситуацию, в которой одноэлементный кортеж был бы реально полезен.

Не всё

Мы можем вытаскивать по образцу лишь часть нужной нам информации. Помните универсальный образец _? Взгляните:

```
-- Поясняющие псевдонимы
type UUID     = String
type FullName = String
type Email    = String
type Age      = Int
type Patient = (UUID, FullName, Email, Age)

patientEmail :: Patient -> Email
patientEmail (_, _, email, _) = email

main :: IO ()
main =
  putStrLn (patientEmail ( "63ab89d"
                         , "John Smith"
                         , "johnsm@gmail.com"
                         , 59
                         ))
```

Функция `patientEmail` даёт нам почту пациента. Тип `Patient` — это псевдоним для кортежа из четырёх элементов: уникальный идентификатор, полное имя, адрес почты и возраст. Дополнительные псевдонимы делают наш код яснее: одно дело видеть безликую `String` и совсем другое — вполне понятный `Email`.

Рассмотрим внутренность функции `patientEmail`:

```
patientEmail (_, _, email, _) = email
```

Функция говорит нам: «Да, я знаю, что мой аргумент — это четырёхэлементный кортеж, но меня в нём интересует исключительно

третий по счёту элемент, соответствующий адресу почты, его я и верну». Универсальный образец _ делает наш код лаконичнее и понятнее, ведь он помогает нам игнорировать то, что нам неинтересно. Строго говоря, мы не обязаны использовать _, но с ним будет куда лучше.

А если ошиблись?

При использовании паттерн матчинга в отношении пары следует быть внимательным. Представим себе, что вышеупомянутый тип `Patient` был расширен:

```
type UUID      = String
type FullName  = String
type Email     = String
type Age       = Int
type DiseaseId = Int
type Patient = (UUID, FullName, Email, Age, DiseaseId)
```

Был добавлен идентификатор заболевания. И всё бы хорошо, но внести изменения в функцию `patientEmail` мы забыли:

```
-- А где пятый элемент?
patientEmail :: Patient -> Email
patientEmail (_, _, email, _) = email
```

К счастью, в этом случае компилятор строго обратит наше внимание на ошибку:

```
    Couldn't match type ‘(t0, t1, String, t2)’
                        with ‘(UUID, FullName, Email, Age, DiseaseId)’
    Expected type: Patient
      Actual type: (t0, t1, String, t2)
    In the pattern: (_, _, email, _)
```

Оно и понятно: функция `patientEmail` использует образец, который уже невалиден. Вот почему при использовани паттерн матчинга следует быть внимательным.

На этом наше знакомство с кортежем считаю завершённым. Далее мы будем использовать их периодически, а в одной из следующих глав мы узнаем ещё об одном действии в отношении кортежа.

Глава 13

Лямбда-функция

Теперь мы должны познакомится с важной концепцией — с лямбда-функцией. Потому что именно с неё всё и началось. Приготовьтесь: в этой главе нас ждут новые открытия.

Истоки

В далёких 1930-х молодой американский математик Алонзо Чёрч задался вопросом о том, что значит «вычислить» что-то. Плодом его размышлений явилась система для формализации понятия «вычисление», и назвал он её «лямбда-исчислением» (англ. lambda calculus, по имени греческой буквы λ).

В основе этой системы лежит лямбда-функция, которую можно считать «матерью функционального программирования» в целом и Haskell в частности. Далее буду называть её ЛФ.

В отношении ЛФ можно смело сказать: «Всё гениальное просто». Идея ЛФ столь полезна именно потому, что она предельно проста.

ЛФ — это анонимная функция. Вот как она выглядит в Haskell:

```
\x -> x * x
```

Обратный слэш в начале — признак ЛФ. Сравните с математической формой записи:

```
λx . x * x
```

Похоже, не правда ли? Воспринимайте обратный слэш в определении ЛФ как спинку буквы λ.

ЛФ представляет собой простейший вид функции, эдакая функция, раздетая догола. У неё забрали не только объявление, но и имя, оставив лишь необходимый минимум в виде имён аргументов и внутреннего выражения. Алонзо Чёрч понял: чтобы применить функцию, вовсе необязательно её именовать. И если у обычной функции сначала идёт объявление/определение, а затем (где-то) применение с использованием имени, то у ЛФ всё куда проще: мы её определяем и тут же применяем, на месте. Вот так:

```
(\x -> x * x) 5
```

Помните функцию `square`? Вот это её лямбда-аналог:

```
(\x -> x * x)     5

лямбда-выражение  аргумент
```

Лямбда-выражение порождает временную функцию, которую мы сразу же применяем к аргументу `5`.

ЛФ с одним аргументом ещё называют «ЛФ от одного аргумента» или «ЛФ одного аргумента».

Строение

Строение ЛФ предельно простое:

```
\         x           ->  x * x
признак   имя             выражение
ЛФ        аргумента
```

Соответственно, если ЛФ применяется к двум аргументам — пишем так:

```
\         x           y           ->  x * y
признак   имя 1       имя 2           выражение
ЛФ        аргумента   аргумента
```

И когда мы применяем такую функцию:

```
(\x y -> x * y) 10 4
```

то просто подставляем `10` на место `x`, а `4` — на место `y`, и получаем выражение `10 * 4`:

```
(\x y -> x * y) 10 4 = 10 * 4 = 40
```

В общем, всё как с обычной функцией, даже проще.

Мы можем ввести промежуточное значение для ЛФ:

```
main :: IO ()
main = print (mul 10 4)
  where mul = \x y -> x * y
```

Здесь выражение `mul` объявляется равным ЛФ, и теперь мы применяем `mul` так же, как если бы это было само лямбда-выражение:

```
mul 10 4 = (\x y -> x * y) 10 4 = 10 * 4
```

И здесь мы приблизились к одному важному открытию.

Тип функции

Мы знаем, что у всех данных в Haskell-программе обязательно есть какой-то тип, проверяемый на этапе компиляции. Вопрос: какой тип у `mul` из предыдущего примера?

```
where mul = \x y -> x * y  -- Тип?
```

Ответ прост: тип `mul` такой же, как и у этой ЛФ. Из этого мы делаем важный вывод: ЛФ имеет тип, как и обычные данные. Но если ЛФ тоже является функцией (просто предельно лаконичной) — значит и у обыкновенной функции тоже есть тип!

В императивных языках между функциями и данными проведена чёткая граница: вот это функции, а вон то — данные. Однако в Haskell между данными и функциями разницы нет, ведь и то и другое порождается неким выражением. И вот каков тип функции `mul`:

```
mul :: a -> a -> a
```

Погодите, скажете вы, но ведь это же объявление функции! Совершенно верно: объявление функции — это и есть указание её типа. Помните, когда мы впервые познакомились с функцией, я уточнил, что её объявление разделено двойным двоеточием? Так вот это двойное двоеточие и представляет собой указание типа:

```
mul  ::     a -> a -> a


вот  имеет  |вот такой|
это  тип
```

Точно так же мы можем указать тип любых других данных:

```
let coeff = 12 :: Double
```

Хотя мы знаем, что в Haskell типы выводятся автоматически, ино-

гда мы хотим взять эту заботу на себя. В данном случае мы явно говорим: «Пусть выражение `coeff` будет равно `12`, но тип пусть имеет `Double`, а не `Int`». Так же и с функцией: когда мы объявляем её — мы тем самым указываем её тип.

Но вы спросите, можем ли мы не указывать тип функции явно? Можем:

```
square x = x * x
```

Это наша старая знакомая, функция `square`. Когда она будет применена к значению типа `Int`, тип аргумента будет выведен автоматически как `Int`.

И раз функция характеризуется типом как и все другие данные, мы делаем ещё одно важное открытие: функциями можно оперировать как данными. И запомните эту важную и простую мысль!

Например, можно создать список функций:

```
main :: IO ()
main = putStrLn ((head functions) "Hi")
  where
    functions = [ \x -> x ++ " val1"
                , \x -> x ++ " val2"
                ]
```

Выражение `functions` — это список из двух функций. Два лямбда-выражения порождают эти две функции, но до момента применения они ничего не делают, они безжизненны и бесполезны. Но когда мы применяем функцию `head` к этому списку, мы получаем первый элемент списка, то есть первую функцию. И получив, тут же применяем эту функцию к строке `"Hi"`:

```
putStrLn ((head functions)  "Hi")

          |    первая    | её
```

```
          |    функция    |  аргумент
          |   из списка   |
```

Это равносильно коду:

```
putStrLn ((\x -> x ++ " val1") "Hi")
```

Поэтому при запуске программы мы получим:

```
Hi val1
```

Кстати, а каков тип списка `functions`? Его тип, в данном случае тип `[String -> String]`. То есть список функций с одним аргументом типа `String`, возвращающих значение типа `String`.

Локальные функции

Раз уж между ЛФ и простыми функциями фактически нет различий, а функции есть частный случай данных, мы можем создавать функции локально для других функций:

```
import Data.List

validComEmail :: String -> Bool
validComEmail email =
    containsAtSign email && endsWithCom email
  where
    containsAtSign e = "@" `isInfixOf` e
    endsWithCom e = ".com" `isSuffixOf` e

main :: IO ()
main = putStrLn (if validComEmail my
                  then "It's ok!"
                  else "Non-com email!")
```

```
  where
    my = "haskeller@gmail.com"
```

Несколько наивная функция `validComEmail` проверяет `.com`-почтовый адрес. Её выражение образовано оператором `&&` и двумя выражениями типа `Bool`. Вот как образованы эти выражения:

```
containsAtSign e = "@" `isInfixOf` e
endsWithCom e = ".com" `isSuffixOf` e
```

Это — две функции, которые мы определили прямо в `where`-секции, поэтому они существуют только для основного выражения функции `validComEmail`. С простыми функциями так поступают очень часто: где она нужна, там и определена. Мы могли бы написать и более явно:

```
validComEmail :: String -> Bool
validComEmail email =
    containsAtSign email && endsWithCom email
  where
    containsAtSign :: String -> Bool
    containsAtSign e = "@" `isInfixOf` e

    endsWithCom :: String -> Bool
    endsWithCom e = ".com" `isSuffixOf` e
```

Вот, теперь уже сомнений не возникает. Указывать тип примитивных функций, как правило, необязательно.

А вот как этот код выглядит с ЛФ:

```
validComEmail :: String -> Bool
validComEmail email =
    containsAtSign email && endsWithCom email
  where
    containsAtSign = \e -> "@" `isInfixOf` e
    endsWithCom = \e -> ".com" `isSuffixOf` e
```

Теперь выражения `containsAtSign` и `endsWithCom` приравнены ЛФ от одного аргумента. В этом случае мы конечно же не указываем тип этих выражений. Впрочем, если очень хочется, можете и указать:

```
containsAtSign = (\e -> "@" `isInfixOf` e) :: String -> Bool
endsWithCom = (\e -> ".com" `isSuffixOf` e) :: String -> Bool
```

Лямбда-выражение взято в скобки, чтобы указание типа относилось к выражени в целом, а не только к аргументу `e`. Впрочем, на практике указание типа ЛФ встречается нечасто, ибо незачем.

Вот мы и познакомились с «матерью Haskell». Теперь мы будем использовать ЛФ периодически.

И напоследок, вопрос. Помните тип функции `mul` в начале главы?

```
mul :: a -> a -> a
```

Что это за буква `a`? Во-первых, мы не встречали такой тип ранее, а во-вторых, разве имя типа в Haskell не должно начинаться с большой буквы? Должно. А всё дело в том, что буква `a` в данном случае — это не имя типа. А вот что это такое, мы узнаем в одной из ближайших глав.

Глава 14

Композиция функций

Эта глава рассказывает о том, как объединять функции в цепочки, а также о том, как избавиться от круглых скобок.

Скобкам — бой!

При всём уважении к Lisp-программистам, я не люблю круглые скобки. Они делают код визуально избыточным, к тому же нужно следить за симметрией скобок открывающих и закрывающих. Вспомним пример из главы про кортежи:

```
main :: IO ()
main =
  putStrLn (patientEmail ( "63ab89d"
           ^             , "John Smith"
                         , "johnsm@gmail.com"
                         , 59
                         ))
                          ^
```

Со скобками кортежа мы ничего не можем сделать, ведь они являются частью кортежа. А вот скобки вокруг применения функции `patientEmail` мне абсолютно не нравятся. К счастью, мы можем избавиться от них. Но прежде чем искоренять скобки, задумаемся вот о чём.

Если применение функции представляет собой выражение, не можем ли мы как-нибудь компоновать их друг с другом? Конечно можем, мы уже делали это много раз, вспомните:

```
main :: IO ()
main = putStrLn (checkLocalhost "173.194.22.100")
```

Здесь компонуются две функции, `putStrLn` и `checkLocalhost`, потому что тип выражения на выходе функции `checkLocalhost`, совпадает с типом выражения на входе функции `putStrLn`. Схематично это можно изобразить так:

```
         +----------------+            +----------+
String ->| checkLocalhost |-> String ->| putStrLn |-> ...
         +----------------+            +----------+
```

Получается эдакий конвейер: на входе строка с IP-адресом, на выходе — сообщение в нашем терминале. Существует более лаконичный способ соединения двух функций воедино.

Композиция и применение

Взгляните:

```
main :: IO ()
main = putStrLn . checkLocalhost $ "173.194.22.100"
```

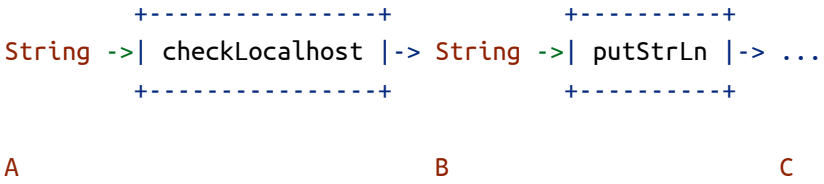
Необычно? Перед нами два новых стандартных оператора, избавляющие нас от лишних скобок и делающие наш код проще.

Оператор `.` — это оператор композиции функций (англ. function composition), а оператор `$` — это оператор применения (англ. application operator). Эти операторы часто используют совместно друг с другом.

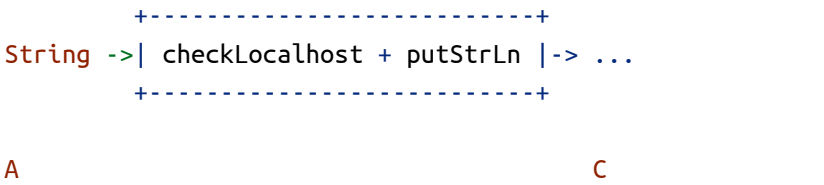
Оператор композиции объединяет две функции воедино (или компонует их, англ. compose). Когда мы пишем:

```
putStrLn . checkLocalhost
```

происходит маленькая «магия»: две функции объединяются в новую функцию. Вспомним наш конвейер:



Раз нам нужно попасть из точки `A` в точку `C`, нельзя ли сделать это сразу? Можно, и в этом заключается суть композиции: мы берём две функции и объединяем их в третью функцию. Раз `checkLocalhost` приводит нас из точки `A` в `B`, а `putStrLn` — из точки `B` в `C`, то композиция этих двух функций будет представлять собой функцию, приводящую нас сразу из `A` в `C`:



В данном случае знак `+` не относится к конкретному оператору, я лишь показываю факт «объединения» двух функций в третью. Разумеется, промежуточная точка `B` никуда не исчезла, просто она теперь скрыта от наших глаз.

И теперь нам стало понятнее, почему в типе функции, в качестве разделителя, используется стрелка:

```
checkLocalhost :: String -> String

в нашем примере это:

checkLocalhost :: A      -> B
```

Она показывает наше движение, из точки `A` в точку `B`. Поэтому часто говорят о «функции из `A` в `B`». Так, о функции `checkLocalhost` можно сказать как о «функции из `String` в `String`».

А оператор применения работает ещё проще. Без него код был бы таким:

```
main :: IO ()
main =
  (putStrLn . checkLocalhost)  "173.194.22.100"

  объединённая функция         аргумент
```

Но мы ведь хотели избавиться от круглых скобок, а тут они опять. Вот для этого и нужен оператор применения:

```
main :: IO ()
main =
  putStrLn . checkLocalhost  $              "173.194.22.100"

  объединённая функция       применяется к  аргументу
```

Теперь получился настоящий конвейер: справа в него «заезжает» строка и едет «сквозь» функции, а слева «выезжает» результат:

```
main = putStrLn . checkLocalhost $  "173.194.22.100"
```

```
      <-       <-              <- аргумент
```

Чтобы было легче читать композицию, вместо оператора . мысленно подставляем фразу «применяется после»:

```
putStrLn  .           checkLocalhost

эта       применяется этой
функция   после       функции
```

То есть композиция правоассоциативна: сначала применяется функция справа, а затем — слева. Красота композиции в том, что компоновать мы можем сколько угодно функций:

```
logWarn :: String -> String
logWarn rawMessage =
  warning . correctSpaces . asciiOnly $ rawMessage

main :: IO ()
main = putStrLn $ logWarn "Province   'Gia Vi□n' isn't on the map! "
```

Функция `logWarn` готовит переданную ей строку для записи в журнал. Функция `asciiOnly` готовит строку к выводу в нелокализованном терминале, функция `correctSpaces` убирает дублирующиеся пробелы, а функция `warning` делает строку предупреждением (например, добавляет строку “WARNING:” в начало сообщения). Таким образом, при запуске этой программы мы увидим:

```
WARNING: Province 'Gia Vi?n' isn't on the map!
```

Здесь мы объединили в «функциональный конвейер» уже три функции, безо всяких скобок. Более того, определение функции `logWarn` можно сделать ещё более простым:

```
logWarn :: String -> String
logWarn = warning . correctSpaces . asciiOnly
```

Погодите, но где же имя аргумента? Его больше нет, оно нам не

нужно. Вспомните, что применение функции может быть легко заменено внутренним выражением функции. А раз так, выражение `logWarn` может быть заменено на выражение `warning . correctSpaces . asciiOnly`. Сделаем же это:

```
logWarn "Province   'Gia Vi□n' isn't on the map! " =
(warning
 . correctSpaces
 . asciiOnly) "Province   'Gia Vi□n' isn't on the map! " =
warning
. correctSpaces
. asciiOnly $ "Province   'Gia Vi□n' isn't on the map! "
```

И всё работает! В мире Haskell принято именно так: если что-то может быть упрощено — мы это упрощаем.

Как работает композиция

Если вдруг вы подумали, что оператор композиции уникален и встроен в Haskell — спешу вас разочаровать. Никакой магии, всё предельно просто. Этот оператор определён так же, как любая другая функция. Вот его определение:

```
(.) f g = \x -> f (g x)
```

Опа! Да тут и вправду нет ничего особенного. Оператор композиции применяется к двум функциям. Стоп, скажете вы, как это? Применяется к функциям?? Да, именно так. Ведь мы уже выяснили, что функциями можно оперировать как данными. А раз так, что нам мешает передать функцию в качестве аргумента другой функции? Что нам мешает вернуть функцию из другой функции? Ничего.

Оператор композиции получает на вход две функции, а потом всего лишь даёт нам ЛФ, внутри которой происходит обыкновенный последовательный вызов этих двух функций через скобки. И никакой магии:

```
(.)    f        g        =  \x -> f (g x)

берём  эту      и эту       и возвращаем
       функцию  функцию     ЛФ, внутри
                            которой
                            вызываем их
```

Подставим наши функции:

```
(.) putStrLn checkLocalhost = \x -> putStrLn (checkLocalhost x)
```

Вот так и происходит «объединение» функций: мы просто возвращаем ЛФ от одного аргумента, внутри которой правоассоциативно вызываем обе функции. А аргументом и является та самая строка с IP-адресом:

```
(\x -> putStrLn (checkLocalhost x)) "173.194.22.100" =
putStrLn (checkLocalhost "173.194.22.100"))
```

Теперь мы видим, что в композиции функций нет ничего сверхъестественного. Эту мысль я подчёркиваю на протяжении всей книги: в Haskell нет никакой магии, он логичен и последователен.

Глава 15

ФВП

ФВП, или Функции Высшего Порядка (англ. HOF, Higher Order Functions) — важная концепция в Haskell. Однако, как ни странно, мы с ней уже познакомились. Как мы узнали из предыдущих глав, функциями можно оперировать как значениями, в частности, использовать их в качестве аргументов функций и возвращать как результат функции. Так вот функции, оперирующие другими функциями как аргументами и/или как результирующим выражением, носят название функций высшего порядка.

Так, оператор композиции функций является ФВП, потому что он, во-первых, принимает функции в качестве аргументов, а во-вторых, возвращает другую функцию (в виде ЛФ) как результат своего применения. Более того, использование функций в качестве аргументов — чрезвычайно распространённая практика в Haskell.

Отображение

Рассмотрим функцию `map`. Эта стандартная функция используется для отображения (англ. mapping) функции на элементы списка. Вот её объявление:

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
```

Вот опять эти маленькие буквы! Помните, я обещал рассказать о них? Рассказываю: малой буквой принято именовать полиморфный (англ. polymorphic) тип. Полиморфизм — это многообразность, многоформенность. В данном случае речь идёт не об указании конкретного типа, а о «типовой заглушке». Мы говорим: «Функция `map` применяется к функции из какого-то типа `a` в какой-то тип `b` и к списку типа `[a]`, а результат её работы — это другой список типа `[b]`». На место типовых заглушек могут встать любые конкретные типы, в зависимости от того, к чему мы применим функцию `map`. Это делает данную функцию очень гибкой.

Например:

```
import Data.Char

toUpperCase :: String -> String
toUpperCase str = map toUpper str

main :: IO ()
main = putStrLn . toUpperCase $ "haskell.org"
```

Результатом работы этой программы будет строка:

```
HASKELL.ORG
```

Функция `map` применяется к двум аргументам: к функции `toUpper` и к строке `str`. Функция `toUpper` из стандартного модуля `Data.Char` переводит символ типа `Char` в верхний регистр:

```
toUpper 'a' = 'A'
```

Вот её объявление:

```
toUpper :: Char -> Char
```

Функция из `Char` в `Char` выступает первым аргументом функции `map`, подставим сигнатуру:

```
map :: (a    -> b)    -> [a] -> [b]
       (Char -> Char)
```

Ага, уже теплее! Мы сделали два новых открытия: во-первых, полиморфные заглушки `a` и `b` могут быть заняты одним и тем же конкретным типом, а во-вторых, сигнатура позволяет нам тут же понять остальные типы. Подставим остальные типы:

```
map :: (a    -> b)    -> [a]    -> [b]
       (Char -> Char)    [Char]    [Char]


        ____              ____
                ____                ____
```

А теперь вспомним о природе типа `String`:

```
map :: (a    -> b)    -> [a]    -> [b]
       (Char -> Char)    String    String
```

Всё встало на свои места. Функция `map` в данном случае берёт функцию `toUpper` и бежит по списку, последовательно применяя эту функцию к его элементам:

```
map toUpper ['h','a','s','k','e','l','l','.','o','r','g']
```

Так, на первом шаге функция `toUpper` будет применена к элементу `'h'`, на втором — к элементу `'a'`, и так далее до последнего элемента `'g'`. Когда функция `map` бежит по этому списку, результат применения функции `toUpper` к его элементам служит элементами для второго списка, который будет в конечном итоге возвращён. Так,

результом первого шага будет элемент `'H'`, результатом второго — элемент `'A'`, а результатом последнего — элемент `'G'`. Вот и получается:

```
map toUpper "haskell.org" = "HASKELL.ORG"
```

Работа функции `map` выглядит как изменение списка, однако, в виду неизменности последнего, в действительности формируется новый список. Что самое интересное, функция `toUpper` пребывает в полном неведении о том, что ею изменяют регистр целой строки, она знает лишь об отдельных символах этой строки. То есть функция, являющаяся аргументом функции `map`, ничего не знает о функции `map`, и это очень хорошо! Чем меньше функции знают друг о друге, тем проще и надёжнее использовать их вместе.

Рассмотрим другой пример, когда типовые заглушки `a` и `b` замещаются разными типами:

```
toStr :: [Double] -> [String]
toStr numbers = map show numbers


main :: IO ()
main = print . toStr $ [1.2, 1,4, 1.6]
```

Функция `toStr` работает уже со списками разных типов: на входе список чисел с плавающей точкой, на выходе список строк. При запуске этой программы мы увидим следующее:

```
["1.2","1.0","4.0","1.6"]
```

Уже знакомая нам стандартная функция `show` переводит свой единственный аргумент в строковый вид:

```
show 1.2 = "1.2"
```

В данном случае, раз уж мы работаем с числами типа `Double`, тип функции `show` такой:

```
show :: Double -> String
```

Подставим в сигнатуру функции `map`:

```
map :: (a      -> b)      -> [a]      -> [b]
       (Double -> String)    [Double]    [String]


        ______                ______
               ______                ______
```

Именно так, как у нас и есть:

```
map show [1.2, 1,4, 1.6] = ["1.2","1.0","4.0","1.6"]
```

Разумеется, в качестве аргумента функции `map` мы можем использовать и наши собственные функции:

```
ten :: [Double] -> [Double]
ten = map (\n -> n * 10)

main :: IO ()
main = print . ten $ [1.2, 1,4, 1.6]
```

Результат работы:

```
[12.0,10.0,40.0,16.0]
```

Мы передали функции `map` нашу собственную ЛФ, умножающую свой единственный аргумент на `10`. Обратите внимание, мы вновь использовали краткую форму определение, опустив имя аргумента функции `ten`.

Композиция для отображения

Если мы можем передать функции `map` некую функцию для работы с элементами списка, значит мы можем передать ей и композицию

функций. Вот как это может выглядеть:

```
import Data.Char

pretty :: [String] -> [String]
pretty = map (stars . big)
  where
    big = map toUpper
    stars = \s -> "* " ++ s ++ " *"

main :: IO ()
main = print . pretty $ ["haskell", "lisp", "coq"]
```

Мы хотим украсить имена трёх языков программирования. Для этого мы пробегаемся по списку композицией двух функций, `big` и `stars`. Функция `big` переводит сроки в верхний регистр, а функция `stars` украшает имя двумя звёздочками в начале и в конце. В результате имеем:

```
["* HASKELL *","* LISP *","* COQ *"]
```

Пройтись по списку композицией этих функций равносильно тому, как если бы мы прошлись сначала функцией `big`, а затем функцией `stars`. При этом, как мы уже знаем, обе эти функции ничего не знают ни о том, что их скомпоновали, ни о том, что эту композицию передали функции `map`.

Ну что ж, теперь мы знаем о функции `map`, и последующих главах мы увидим множество других ФВП. Отныне они будут нашими постоянными спутниками.

Глава 16

Hackage и библиотеки

Ранее я уже упоминал о библиотеках, пришло время познакомиться с ними поближе, ведь в последующих главах мы будем использовать их постоянно.

Библиотеки большие и маленькие

За годы существования Haskell разработчики со всего мира создали множество библиотек. Библиотеки избавляют нас от необходимости вновь и вновь писать то, что уже написано до нас.

Для любого живого языка программирования написано множество библиотек. В мире Haskell их, конечно, не такая туча, как для той же Java, но порядочно: стабильных есть не менее двух тысяч, многие из которых очень качественные и уже многократно испытаны в серьёзных проектах.

С модулями — файлами, содержащими Haskell-код, — мы уже знакомы, они являются основным кирпичом Haskell-проекта. Библио-

тека, также являясь Haskell-проектом, тоже состоит из модулей (не важно, из одного или из сотен). Поэтому использование библиотеки сводится к использованию входящих в неё модулей. И мы уже неоднократно делали это в предыдущих главах.

Вспомним пример из главы про ФВП:

```
import Data.Char

toUpperCase :: String -> String
toUpperCase str = map toUpper str

main :: IO ()
main = putStrLn . toUpperCase $ "haskell.org"
```

Функция `toUpper` определена в модуле `Data.Char`, который, в свою очередь, живёт в стандартной библиотеке. Библиотек есть множество, но стандартная лишь одна. Она содержит самые базовые, наиболее широко используемые инструменты. А прежде чем продолжить, зададимся важным вопросом: «Где живут все эти библиотеки?» Они живут в разных местах, но главное из них — Hackage.

Hackage

Hackage — это центральный репозиторий Haskell-библиотек, или, как принято у нас называть, пакетов (англ. package). Название репозитория происходит от слияния слов `Haskell` и `package`. Hackage существует с 2008 года и живёт здесь. Ранее упомянутая стандартная библиотека тоже живёт в Hackage и называется она `base`. Каждой библиотеке выделена своя страница.

Каждый из Hackage-пакетов живёт по адресу, сформированному по неизменной схеме: `http://hackage.haskell.org/package/ИМЯПАКЕТА`. Так, дом стандартной библиотеки — `http://hackage.haskell.org/package/base`. Hackage — открытый репозиторий: любой разработчик может добавить туда свои пакеты.

Стандартная библиотека включает в себя более сотни модулей, но есть среди них самый известный, носящий имя `Prelude`. Этот модуль по умолчанию всегда с нами: всё его содержимое автоматически импортируется во все модули нашего проекта. Например, уже известные нам `map` или операторы конкатенации списков живут в модуле `Prelude`, поэтому доступны нам всегда. Помимо них (и многих-многих десятков других функций) в `Prelude` располагаются функции для работы с вводом-выводом, такие как наши знакомые `putStrLn` и `print`.

Hackage весьма большой, поэтому искать пакеты можно двумя способами. Первый — на единой странице всех пакетов. Здесь перечислены все пакеты, а для нашего удобства они расположены по тематическим категориям.

Второй способ — через специальный поисковик, коих существует два:

1. Hoogle
2. Hayoo!

Эти поисковики скрупулёзно просматривают внутренности Hackage, и вы будете часто ими пользоваться. Лично я предпочитаю Hayoo!. Пользуемся оным как обычным поисковиком: например, знаем мы имя функции, а в каком пакете/модуле она живёт — забыли. Вбиваем в поиск — получаем результаты.

Чтобы воспользоваться пакетом в нашем проекте, нужно для начала включить его в наш проект. Для примера рассмотрим пакет `text`, предназначенный для работы с текстом. Он нам в любом слу-

чае понадобится, поэтому включим его в наш проект незамедлительно.

Открываем сборочный файл проекта `real.cabal`, находим секцию `executable real-exe` и в поле `build-depends` через запятую дописываем имя пакета:

```
  build-depends:   base  -- Уже здесь!
                 , real
                 , text  -- А это новый пакет.
```

Файл с расширением `.cabal` — это обязательный сборочный файл Haskell-проекта. Он содержит главные инструкции, касающиеся сборки проекта. С синтаксисом сборочного файла мы будем постепенно знакомиться в следующих главах.

Как видите, пакет `base` уже тут. Включив пакет `text` в секцию `build-depends`, мы объявили тем самым, что наш проект отныне зависит от этого пакета. Теперь, находясь в корне проекта, выполняем уже знакомую нам команду:

```
$ stack install
```

Помните, когда мы впервые настраивали проект, я упомянул, что утилита `stack` умеет ещё и библиотеки устанавливать? Она увидит новую зависимость нашего проекта и установит как сам пакет `text`, так и все те пакеты, от которых, в свою очередь, зависит пакет `text`. После сборки мы можем импортировать модули из этого пакета в наши модули. И теперь пришла пора узнать, как это можно делать.

Иерархия в имени

Когда мы пишем:

```
import Data.Char
```

в имени модуля отражена иерархия пакета. `Data.Char` означает, что внутри пакета `base` есть каталог `Data`, внутри которого живёт файл `Char.hs`, открыв который, мы увидим:

```
module Data.Char
...
```

Таким образом, точка в имени модуля отражает файловую иерархию внутри данного пакета. Можете воспринимать эту точку как слэш в Unix-пути. Есть пакеты со значительно более длинными именами, например:

```
module GHC.IO.Encoding.UTF8
```

Соответственно, имена наших собственных модулей тоже отражают место, в котором они живут. Так, один из модулей в моём рабочем проекте носит название `Common.Performers.Click`. Это означает, что живёт этот модуль здесь: `src/Common/Performers/Click.hs`.

Лицо

Вернёмся к нашему примеру:

```
import Data.Char
```

Импорт модуля `Data.Char` делает доступным для нас всё то, что включено в интерфейс этого модуля. Откроем наш собственный модуль `Lib`:

```
module Lib
    ( someFunc
    ) where
```

```
someFunc :: IO ()
someFunc = putStrLn "someFunc"
```

Имя функции `someFunc` упомянуто в интерфейсе модуля, а именно между круглыми скобками, следующими за именем модуля. Чуток переформатируем скобки:

```
module Lib (
    someFunc
) where
```

В настоящий момент только функция `someFunc` доступна всем импортёрам данного модуля. Если же мы определим в этом модуле другую функцию `anotherFunc`:

```
module Lib (
    someFunc
) where

someFunc :: IO ()
someFunc = putStrLn "someFunc"

anotherFunc :: String -> String
anotherFunc s = s ++ "!"
```

она останется невидимой для внешнего мира, потому что её имя не упомянуто в интерфейсе модуля. И если в модуле `Main` мы напишем так:

```
module Main

import Lib

main :: IO ()
main = putStrLn . anotherFunc $ "Hi"
```

компилятор справедливо ругнётся, мол, не знаю функцию

`anotherFunc`. Если же мы добавим её в интерфейс модуля `Lib`:

```
module Lib (
    someFunc,
    anotherFunc
) where
```

тогда функция `anotherFunc` тоже станет видимой всему миру. Интерфейс позволяет нам показывать окружающим лишь то, что мы хотим им показать, оставляя служебные внутренности нашего модуля тайной за семью печатями.

Импортируем по-разному

В реальных проектах мы импортируем множество модулей из различных пакетов. Иногда это является причиной конфликтов, с которыми приходится иметь дело.

Вспомним функцию `putStrLn`: она существует не только в незримом модуле `Prelude`, но и в модуле `Data.Text.IO` из пакета `text`:

```
-- Здесь тоже есть функция по имени putStrLn.
import Data.Text.IO

main :: IO ()
main = putStrLn ...  -- И откуда эта функция?
```

При попытке скомпилировать такой код мы упрёмся в ошибку:

```
Ambiguous occurrence ‘putStrLn’
It could refer to either ‘Prelude.putStrLn’,
                         imported from ‘Prelude’ ...
```

```
                or ‘Data.Text.IO.putStrLn’,
                   imported from ‘Data.Text.IO’ ...
```

Нам необходимо как-то указать, какую из функций `putStrLn` мы имеем в виду. Это можно сделать несколькими способами.

Можно указать принадлежность функции конкретному модулю. Из сообщения об ошибке уже видно, как это можно сделать:

```
-- Здесь тоже есть функция по имени putStrLn.
import Data.Text.IO

main :: IO ()
main = Data.Text.IO.putStrLn ...  -- Сомнений нет!
```

Теперь уже сомнений не осталось: используемая нами `putStrLn` принадлежит модулю `Data.Text.IO`, поэтому коллизий нет.

Впрочем, не кажется ли вам подобная форма слишком длинной? В упомянутом ранее стандартном модуле `GHC.IO.Encoding.UTF8` есть функция `mkUTF8`, и представьте себе:

```
import GHC.IO.Encoding.UTF8

main :: IO ()
main =
  let enc = GHC.IO.Encoding.UTF8.mkUTF8 ...
```

Слишком длинно, нужно укоротить. Импортируем модуля под коротким именем:

```
import    Data.Text.IO  as   TIO

включить  этот модуль   как  это

main :: IO ()
main = TIO.putStrLn ...
```

Вот, так значительно лучше. Короткое имя может состоять даже из одной буквы, но как и полное имя модуля, оно обязательно должно начинаться с большой буквы, поэтому:

```
import Data.Text.IO as tIO  -- Ошибка
import Data.Text.IO as i    -- Тоже ошибка
import Data.Text.IO as I    -- Порядок!
```

Иногда, для большего порядка, используют qualified-импорт:

```
import qualified Data.Text.IO as TIO
```

Ключевое слово `qualified` используется для «строгого» включения модуля: в этом случае мы обязаны указывать принадлежность к нему. Например:

```
import qualified Data.Text as T

main :: IO ()
main = T.justifyLeft ...
```

Даже несмотря на то, что функция `justifyLeft` есть только в модуле `Data.Text` и никаких коллизий с `Prelude` нет, мы обязаны указать, что эта функция именно из `Data.Text`. В больших модулях qualified-импорт бывает полезен: с одной стороны, гарантированно не будет никаких конфликтов, с другой, мы сразу видим, откуда родом та или иная функция.

Впрочем, некоторым Haskell-программистам любое указание принадлежности к модулю кажется избыточным. Поэтому они идут по другому пути: выборочное включение/выключение. Например:

```
import Data.Char
import Data.Text (pack)  -- Только её!

main :: IO ()
```

```
main = putStrLn $ map toUpper "haskell.org"
```

Мы подразумеваем стандартную функцию `map`, однако в модуле `Data.Text` тоже содержится функция по имени `map`. К счастью, никакой коллизии не будет, ведь мы импортировали не всё содержимое модуля `Data.Text`, а лишь одну его функцию `pack`:

```
import       Data.Text  (pack)

импортируем  отсюда      только
                         это
```

Если же мы хотим импортировать две или более функции, перечисляем их через запятую:

```
import Data.Text (pack, unpack)
```

Существует и прямо противоположный путь: вместо выборочного включения — выборочное выключение. Избежать коллизии между функциями `putStrLn` можно было бы и так:

```
import Data.Text.IO hiding (putStrLn)

main :: IO ()
main = putStrLn ...  -- Сомнений нет: из Prelude.
```

Слово `hiding` позволяет скрывать кое-что из импортируемого модуля:

```
import       Data.Text.IO  hiding (putStrLn)

импортируем  всё отсюда    кроме   этого
```

Можно и несколько функций скрыть:

```
import Data.Text.IO hiding ( readFile
                           , writeFile
                           , appendFile
```

```
                                )
```

При желании можно скрыть и из `Prelude`:

```
import Prelude hiding (putStrLn)
import Data.Text.IO

main :: IO ()
main = putStrLn ...  -- Она точно из Data.Text.IO.
```

Оформление

Общая рекомендация такова — оформляйте так, чтобы было легче читать. В реальном проекте в каждый из ваших модулей будет импортироваться довольно много всего. Вот кусочек из одного моего рабочего модуля:

```
import qualified Test.WebDriver.Commands    as WDC
import           Test.WebDriver.Exceptions
import qualified Data.Text                  as T
import           Data.Maybe                 (fromJust)
import           Control.Monad.IO.Class
import           Control.Monad.Catch
import           Control.Monad              (void)
```

Как полные, так и краткие имена модулей выровнены, такой код проще читать и изменять. Не все программисты согласятся с таким стилем, но попробуем убрать выравнивание:

```
import qualified Test.WebDriver.Commands as WDC
import Test.WebDriver.Exceptions
import qualified Data.Text as T
import Data.Maybe (fromJust)
import Control.Monad.IO.Class
```

```
import Control.Monad.Catch
import Control.Monad (void)
```

Теперь код выглядит скомканным, его труднее воспринимать. Впрочем, выбор за вами.

Глава 17

Лень

В языке Haskell по умолчанию используются ленивые вычисления. Ленивым называется такое вычисление, которое откладывается до тех пор, пока кому-нибудь не понадобится результат этого вычисления. Соответственно, если он не понадобился никому, то и вычисляться ничего не будет.

Начнём с C++

Допустим, нам нужен список из некоторого числа одинаковых IP-адресов. Да, в реальной жизни нам такое едва ли понадобится, но этот пример хорошо покажет суть ленивых вычислений.

Функция, возвращающая список адресов, на C++ может выглядеть так:

```
typedef std::vector<std::string> IPAddresses;

IPAddresses generate_addresses( size_t how_many,
```

```
                                const std::string& address ) {
    const IPAddresses addresses( how_many, address );
    return addresses;
}
```

Теперь нам понадобилась функция, получающая заданное количество адресов из этого списка и выводящая их на экран. Например:

```
void take_and_print( size_t how_many,
                     const IPAddresses& addresses ) {
    for( size_t i = 0; i < how_many; ++i ) {
        std::cout << addresses[i] << std::endl;
    }
}

int main() {
    take_and_print( 2, generate_addresses( 100, "127.0.0.1" ) );
}
```

Функция `take_and_print` получает список, возвращённый функцией `generate_addresses`, а потом печатает первые два адреса из этого списка. Вывод будет таким:

```
127.0.0.1
127.0.0.1
```

И всё бы хорошо, но из 100 созданных строк фактически потребовались лишь первые две. Оставшиеся 98 строк были созданы абсолютно напрасно. Было затрачено время, была затрачена память - и всё впустую.

Это - следствие строгости вычислений, присущей языку C++. Функция `generate_addresses` прямолинейна и сразу рвётся в бой. Сказали ей создать 100 адресов - получите 100. Скажут создать миллион - пожалуйста, вот вам миллион. Скажут миллиард - ну что ж, потер-

пите чуток, но будет вам и миллиард.

Тем временем функция `take_and_print` столь же прямолинейна, и ей абсолютно наплевать на усилия трудолюбивой функции `generate_addresses`. Если ей сказали отобразить лишь первые два элемента полученного контейнера, именно это она и сделает. И ей без разницы, сколько там ещё осталось элементов, десять или полмиллиарда.

Результатом строгости вычислений является лишняя работа. Но функции в Haskell, в отличие от своих трудолюбивых коллег из C++, терпеть не могут лишней работы.

Вот как в Haskell

Откроем файл `Main.hs` и перепишем его:

```
main = print (take 2 (replicate 100 "127.0.0.1"))
```

Функция `replicate` создаёт список из 100 адресов вида `127.0.0.1`, а функция `take` берёт 2 первых адреса из этого списка (о чём свидетельствует число 2, переданное ей в качестве первого аргумента). Функция `print` выводит результат на экран. Не обращайте внимания на синтаксические непонятности этого кода. В последующих главах они будут подробно разъяснены.

Весь фокус в том, что функция `replicate` создаст список вовсе не из ста адресов, а всего из двух. Почему? Потому что именно столько понадобилось функции `take`.

Функция `replicate` - лентяйка. Несмотря на то, что мы попросили её создать список из 100 строк, она смотрит по сторонам и думает: “Так-с, кому тут нужны мои строки? Ага, функции `take` нужны. И сколько же ей нужно? А-а, всего две. Ну так а чего я, глупая что ли,

создавать сто строк, когда требуется всего две?! Вот тебе две строки и будь счастлива!”

Да, трудолюбие - это хорошо, а лень - это плохо, однако в данном случае мне более симпатична функция-лентяйка. Она, как хороший рационализатор, делает не столько, сколько её попросили, а столько, сколько реально понадобилось. В этом и заключается суть ленивых вычислений в Haskell.

Разумеется, если аппетиты функции `take` возрастут и она попросит первые пятьдесят элементов вместо первых двух, то функция `replicate` создаст список уже из пятидесяти строк. Столько, сколько нужно, и ни капли больше.

Да, но откуда мы можем знать, что функция `replicate` создаёт лишь столько IP-адресов, сколько потребовалось? А вдруг я вас обманываю? Давайте проверим.

Ленивость языка Haskell позволяет нам оперировать бесконечно большими списками. Нет, не просто очень большими, но именно бесконечными. Перепишем наш пример:

```
main = print (take 2 (repeat "127.0.0.1"))
```

Функция `repeat` создаст бесконечно большой список IP-адресов, элементами которого будет переданный ей адрес `127.0.0.1`. Да-да, бесконечно много одинаковых адресов. И вот если бы наша трудолюбивая функция `generate_addresses` из C++ захотела стать похожей на свою ленивую коллегу из Haskell, ей пришлось бы стать примерно такой:

```
IPAddresses generate_addresses( size_t how_many,
                                const std::string& address ) {
    IPAddresses addresses;
    for(;;) {
        addresses.push_back( address );
    }
```

```
    return addresses;
}
```

И всё бы хорошо, но это намертво зависнет. И причиной тому служит уже известное нам трудолюбие функции `generate_addresses`. Сказали ей создать бесконечно большой список - будет создавать до последнего вздоха, ведь цикл `for` в данном случае не имеет выхода.

Однако если мы соберём наш Haskell-проект и запустим его, то не будет никакого зависания, и на экран вновь выведутся уже знакомые нам два адреса. А всё потому, что функция `repeat` столь же ленива и рациональна, как и её коллега `replicate`. Да, мы попросили её создать бесконечно большой список, однако на деле она создаст список вовсе не бесконечный, а такой, который реально нужен. И если в данном случае нужен список только из двух строк - получите список из двух строк. Конечно, если бы потребовался список из миллиона строк - извольте, будет вам миллион.

Аргументы

Ленивые вычисления распространяются и на работу с аргументами функции. И это очень полезное свойство Haskell.

Вернёмся к C++. Пусть у нас есть функция, принимающая два аргумента. И в качестве этих двух аргументов используются уже известные нам списки IP-адресов:

```
void take_and_print_two_lists( const IPAddresses& first_list,
                               const IPAddresses& second_list ) {
    for( auto ip_address : first_list ) {
        std::cout << ip_address << std::endl;
```

```
    }

    for( auto ip_address : second_list ) {
        std::cout << ip_address << std::endl;
    }
}

int main() {
    take_and_print_two_lists( generate_addresses( 1000, "127.0.0.1" ),
                              generate_addresses( 2000, "22.34.47.65" ) );
}
```

Итак, мы дважды вызываем функцию `generate_addresses`, в итоге в качестве первого аргумента функция `take_and_print_two_lists` принимает список из 1000 адресов, а в качестве второго - список из 2000 адресов. В итоге адреса из обоих списков будут выведены на экран.

А теперь представим себе, что печатать адреса из второго списка нам больше не нужно:

```
void take_and_print_two_lists( const IPAddresses& first_list,
                               const IPAddresses& second_list ) {
    for( auto ip_address : first_list ) {
        std::cout << ip_address << std::endl;
    }
}
```

Второй аргумент уже не используется. Вопрос: будет ли вызвана функция `generate_addresses`, создающая 2000 адресов? Ответ: конечно да! Ведь, как мы выяснили ранее, эта функция прямолинейна и трудолюбива. Сказали создать 2000 адресов - получите. Что же мы имеем в этом случае? Опять-таки лишнюю работу: целых 2000 адресов были созданы, а в итоге это оказалось никому не нужным. А если бы их было 10 миллионов?..

В языках, похожих на C++, все аргументы вычисляются *до* их передачи в тело функции, независимо от того, используются ли значения этих аргументов или нет. В Haskell же аргументы вычисляются только в том случае, если они реально нужны в теле функции. Поэтому в Haskell функция `generate_addresses`, создающая 2000 адресов, не будет вызвана, ведь результат её работы никому не понадобился. Да здравствуют рационализм и оптимизация!

А, кстати, вдруг я пошутил? Откуда мы знаем, что аргумент не будет вычислен в случае его неиспользуемости? А это очень легко проверить.

В Haskell, как и в любом языке программирования, нельзя делить на 0. Воспользуемся же этим опасным трюком. Откроем файл `Main.hs` и напишем в нём следующее:

```
f x y = x + y

main = print (f (2 `div` 1) (3 `div` 0))
```

Функция `f` принимает два аргумента и возвращает их сумму. И вот мы передаём ей в качестве первого аргумента результат деления 2 на 1, а в качестве второго - результат деления 3 на 0. Эта программа скомпилируется, но если вы её запустите, получите ожидаемую ошибку выполнения:

```
$ ./dist/build/Real/Real
Real: divide by zero
```

Функция `f` использует оба свои аргумента, а значит, оба выражения, результат которых будет передан в качестве этих аргументов, будут вычислены, и мы поймаем ошибку деления на 0. А теперь давайте чуток перепишем функцию `f`:

```
f x y = x
```

Теперь эта функция просто возвращает значение своего первого

аргумента, абсолютно игнорируя второй. Эта программа тоже скомпилируется, но при запуске мы увидим:

```
$ ./dist/build/Real/Real
2
```

Всё верно, перед нами первый аргумент функции `f`. Но вы спросите, куда же делась ошибка деления на 0? А никакого деления на 0 не было. Ведь второй аргумент функции `f` не используется, а следовательно, результат выражения:

```
(3 `div` 0)
```

никому не понадобился. Ну а раз он никому не понадобился, то и вычислено это выражение не будет.

Строгость

Как было упомянуто выше, ленивость вычислений - это *умолчальное* поведение в Haskell. Однако иногда нам нужна строгость. Поэтому существуют способы избежать ленивого рационализма и действовать напролом. Но об этом будет рассказано в одной из следующих глав.

Глава 18

Рекурсия

Глава 19

Генераторы списков

Со списками мы уже знакомы, а в этой главе мы узнаем о более продвинутых техниках работы с ними. Они пригодятся нам в дальнейшем.

Полнота и красота

Понятие «list comprehension» в русскоязычной литературе переводят по-разному, один из переводов — «полнота, всеохватность». Мне нравится такой перевод, он неплохо отражает суть конструкции, которую мы сейчас рассмотрим. Сразу пример:

```
import Data.Char

main :: IO ()
main = print [toUpper c | c <- "haskell.org"]
```

Не удивляйте

Понятие “list comprehension” в русскоязычной документации чаще всего переводится как “генератор списка”. Строго говоря, это не лучший перевод, но я не смог подобрать ничего лучшего.

Речь пойдёт об одной хитрой конструкции, предназначенной для прохода по элементам списка(ов) и применения к ним некоторых действий, в результате чего будет создан (сгенерирован) новый список. Да-да, это похоже на уже известные нам функции `map` и `filter`, однако есть некоторые дополнительные вкусности.

Хитрый список

Вот как это выглядит:

```
import Data.Char

main = print [toUpper c | c <- "http"]
```

На выходе получим:

```
"HTTP"
```

Рассмотрим поближе:

```
[toUpper c | c <- "http"]
```

Мы видим квадратные скобки... То есть перед нами список? Ну почти. Перед нами - генератор списка. Скелет такой конструкции можно представить так:

```
[OPERATION ELEM | ELEM <- LIST]
```

где `LIST` - список, `ELEM` - элемент этого списка, а `OPERATION` - функция, применяемая к каждому элементу. Мы говорим: “Возьми список `LIST`, последовательно пройдись по всем его элементам и при-

мени к каждому из них функцию `OPERATION`". В результате значения, возвращаемые функцией `OPERATION`, породят новый список.

В данном случае мы пройдём по всем символам строки `http` и применим к каждому из её символов функцию `toUpper`, которая в свою очередь переведёт этот символ в верхний регистр. В результате мы получим новую строку `"HTTP"`.

Добавляем предикат

Мы можем добавить предикат в эту конструкцию. Тогда её скелет станет таким:

```
[OPERATION ELEM | ELEM <- LIST, PREDICATE]
```

В этом случае мы говорим: "Возьми список `LIST`, последовательно пройдись по всем его элементам и примени функцию `OPERATION` только к тем элементам, которые удовлетворят предикату `PREDICATE`".

Например:

```
import Data.Char

main = print [toUpper c | c <- "http", c == 't']
```

На выходе будет:

```
"TT"
```

Мы прошлись по всем четырём символам строки `http`, но функция `toUpper` была применена только к тем символам, которые удовлетворили предикату `c == 't'`. Именно поэтому на выходе мы получили строку лишь из этих двух символов.

Предикатов, кстати, может быть несколько. Например, так:

```
import Data.Char

main = print [toUpper c | c <- "http", c /= 'h', c /= 'p']
```

Вывод в этом случае будет таким же:

```
"TT"
```

Здесь два предиката, `c /= 'h'` и `c /= 'p'`. Они соединяются в единый предикат через логическое “И”, поэтому мы можем написать и так:

```
[toUpper c | c <- "http", c /= 'h' && c /= 'p']
```

Результат будет таким же.

Обратите внимание на комбинацию символов `/=`. Это функция проверки на неравенство, аналог оператора `!=` в языке C. Кстати, он тоже носит математический окрас. Сравните:

```
/=    -- Haskell-форма
≠     -- математическая форма
```

Симпатично, не правда ли? Прямое сходство, мы лишь передвинули перечеркивающую косую палочку.

Больше списков

Мы можем использовать генератор для совместной работы с несколькими списками. Скелет в этом случае будет таким:

```
[OPERATION_with_ELEMs | ELEM1 <- LIST1, ..., ELEMN <- LISTN ]
```

Здесь мы работаем сразу с `N` списками, а `OPERATION_with_ELEMs` представляет собой функцию, в которую передаются все элементы наших списков. Например:

```
main =
    print [prefix ++ name | name <- names, prefix <- namePrefix]
    where names = ["James", "Victor", "Denis", "Michael"]
          namePrefix = ["Mr. "]
```

На выходе получим:

```
["Mr. James","Mr. Victor","Mr. Denis","Mr. Michael"]
```

Мы последовательно прошлись по всем элементам списков `names` и `namePrefix`. Обратите внимание, в списке `namePrefix` лишь один префикс. Вот что будет, если префиксов два:

```
main =
    print [prefix ++ name | name <- names, prefix <- namePrefix]
    where names = ["James", "Victor", "Denis", "Michael"]
          namePrefix = ["Mr. ", "sir "] -- Теперь префиксов два
```

В этом случае на выходе будет:

```
["Mr. James","sir James","Mr. Victor","sir Victor","Mr. Denis","sir Denis"
```

В этом случае мы последовательно использовали *каждый* элемент из списка `names` и *каждый* элемент из списка `namePrefix`.

Добавляем условие

Предикат не всегда применим к элементам списка. В ряде случаев нам нужно условие. Добавим его:

```
main =
    print [if car == "Bentley" then "Wow!" else "Good!" | car <- cars]
    where cars = ["Mercedes",
                  "BMW",
                  "Bentley",
```

```
                "Audi",
                "Bentley"]
```

Результат:

```
["Good!","Good!","Wow!","Good!","Wow!"]
```

Мы прошлись по списку марок автомобилей и применили к каждой из них условие, которое вернуло строку `"Wow!"` или строку `"Good!"`.

Добавляем локальное выражение

Мы можем добавить сюда и локальное выражение с помощью уже известного нам `let`. Например так:

```
import Data.Char

main = print [toUpper c | c <- "http",
                          let hletter = 'h' in c /= hletter]
```

Промежуточное значение может быть использовано во избежание дубляжа при наличии нескольких предикатов.

Пример

Разберём более практичный пример:

```
import Data.List

checkGooglerBy :: String -> String
checkGooglerBy email =
```

```
    if "gmail.com" `isSuffixOf` email
    then nameFrom email ++ " is a Googler!"
    else email
    where nameFrom fullEmail = takeWhile (/= '@') fullEmail

main = print [checkGooglerBy email | email <- ["adam@gmail.com",
                                               "bob@yahoo.com",
                                               "richard@gmail.com",
                                               "elena@yandex.ru",
                                               "denis@gmail.com"]]
```

Результат:

```
["adam is a Googler!","bob@yahoo.com","richard is a Googler!","elena@yande
```

Мы проанализировали список email-адресов, и заменили все gmail-адреса фразой, начинающейся с имени пользователя.

Рассмотрим эту строку:

```
takeWhile (/= '@') fullEmail
```

Скелет стандартной функции `takeWhile` можно отобразить так:

```
takeWhile PREDICATE LIST
```

Здесь мы говорим: “Последовательно забирай (take) элементы из списка `LIST` до тех пор (While), пока `PREDICATE`, применённый к этим элементам, возвращает `True`. Если наткнёшься на элемент, не соответствующий этому предикату, немедленно прекращай работу и возвращай список из ранее полученных элементов”. Нам нужно извлечь имя пользователя из его email-адреса, а значит, мы бежим по email до тех пор, пока символы не равны `'@'`, что и отражается предикатом `(/= '@')`. Как только натыкаемся на собачку - возвращаем всё, находящееся перед ней.

В сухом остатке

1. Генератор списка - это конструкция, порождающая новый список из одного или нескольких имеющихся списов.
2. Новый список порождается в результате применения различных функций к элементам имеющегося списка/списков.

Глава 20

Диапазоны

Диапазон - это конструкция, автоматически создающая список по заданному признаку.

Суть

Если нам нужно создать список целых чисел от 1 до 10, мы можем написать так:

```
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
```

а можем просто задать диапазон:

```
[1..10]
```

Готово. Разумеется, такой фокус можно проделать не только с числами. Например, вот так мы получим список всех букв английского алфавита в нижнем регистре:

```
main = print ['a'..'z']
```

На выходе получим красивый список символов (то есть обыкновенную строку):

```
"abcdefghijklmnopqrstuvwxyz"
```

Умные диапазоны

Диапазоны можно задавать весьма гибко. Например, так мы можем получить список всех чётных чисел от 2 до 30:

```
main = print [2,4..30]
```

Мы задали шаг между значениями элементов, а остальные значения были созданы уже автоматически.

Конечно, этот фокус работает не только с целыми числами, мы вполне можем написать и так:

```
main = print [1.1, 1.2..2.9]
```

В результате получим список чисел с шагом в 0.1.

Можно, кстати, и в порядке убывания:

```
main = print [120,110..10]
```

На выходе получим список с десятками:

```
[120,110,100,90,80,70,60,50,40,30,20,10]
```

А вот чего компилятор не потерпит, так это излишних указаний с вашей стороны. Поэтому не пишите так:

```
main = print [2,4,6..30]
```

и так тоже не пишите:

```
main = print [2,4..28,30]
```

Такого рода уточнения компилятору не нужны.

Без конца

Как вы помните, ленивость языка Haskell позволяет нам оперировать бесконечными списками. И мы можем создать такой список через диапазон.

Например, вот такой диапазон:

```
[1..]
```

создаст бесконечный список целых чисел, начиная с 1. Но, как вы уже знаете, в действительности созданный этим диапазоном список будет вовсе не бесконечным, а лишь *достаточно* большим:

```
main = print $ take 5 [1..]
```

Вывод:

```
[1,2,3,4,5]
```

Мы можем задать и шаг:

```
main = print $ take 5 [2,4..]
```

В этом случае вывод будет таким:

```
[2,4,6,8,10]
```

В сухом остатке

1. Диапазон служит для автоматического создания списка по заданным критериям.
2. Учитывая ленивую природу Haskell, мы можем оперировать диапазонами, создающими бесконечные списки.

Глава 21

Наши типы

Вот мы и добрались до Второго Кита Haskell — до **Типов**. Конечно, мы работали с типами почти с самого начала, но вам уже порядком надоели все эти `Int` и `String`, не правда ли? Пришла пора познакомиться с типами куда ближе.

Знакомство

Удивительно, но в Haskell очень мало встроенных типов, то есть таких, о которых компилятор знает с самого начала. Есть `Int`, есть `Double`, `Char`, ну и ещё несколько. Все же остальные типы, даже носящие статут стандартных, не являются встроенными в язык. Вместо этого они определены в стандартной или иных библиотеках, причём определены точно так же, как мы будем определять и наши собственные типы. А поскольку без своих типов написать сколь-нибудь серьёзное приложение у нас не получится, тема эта достойна самого пристального взгляда.

Определим тип `Transport` для двух известных протоколов транспортного уровня модели OSI:

```
data Transport = TCP | UDP
```

Перед нами — очень простой, но уже наш собственный тип. Рассмотрим его внимательнее.

Ключевое слово `data` — это начало определение типа. Далее следует название типа, в данном случае `Transport`. Имя любого типа обязано начинаться с большой буквы. Затем идёт знак равенства, после которого начинается фактическое описание типа, его «тело». В данном случае оно состоит из двух простейших конструкторов. Конструктор значения (англ. data constructor) — это то, что строит значение данного типа. Здесь у нас два конструктора, `TCP` и `UDP`, каждый из которых строит значение типа `Transport`. Имя конструктора тоже обязано начинаться с большой буквы.

Такое определение легко читается:

```
data  Transport  =    TCP  |    UDP


тип   Transport  это  TCP  или  UDP
```

Теперь мы можем использовать тип `Transport`, то есть создавать значения этого типа и что-то с ними делать. Например, в `let`-выражении:

```
  let protocol = TCP
```

Мы создали значение `protocol` типа `Transport`, использовав конструктор `TCP`. А можно и так:

```
  let protocol = UDP
```

Хотя мы использовали разные конструкторы, тип значения `protocol` в обоих случаях один и тот же — `Transport`.

Расширить подобный тип предельно просто. Добавим новый протокол SCTP (Stream Control Transmission Protocol):

```
data Transport = TCP | UDP | SCTP
```

Третий конструктор значения дал нам третий способ создать значение типа `Transport`.

Значение-пустышка

Задумаемся: говоря о значении типа `Transport` — о чём в действительности идёт речь? Казалось бы, значения-то фактического нет: ни числа никакого, ни строки, просто три конструктора. Так вот они и есть значения. Когда мы пишем:

```
  let protocol = SCTP
```

мы создаём значение типа `Transport` с конкретным содержимым в виде `SCTP`. Конструктор — это и есть содержимое. Данный вид конструктора называется нульарным (англ. nullary). Тип `Transport` имеет три нульарных конструктора. И даже столь простой тип уже может быть полезен нам:

```
checkProtocol :: Transport -> String
checkProtocol transport = case transport of
  TCP  -> "That's TCP protocol."
  UDP  -> "That's UDP protocol."
  SCTP -> "That's SCTP protocol."

main :: IO ()
main = putStrLn . checkProtocol $ TCP
```

В результате увидим:

```
That's TCP protocol.
```

Функция `checkProtocol` объявлена как принимающая аргумент типа `Transport`, а применяется она к значению, порождённому конструктором `TCP`. В данном случае конструкция `case-of` сравнивает аргумент с конструкторами. Именно поэтому нам не нужна функция `otherwise`, ведь никаким иным способом, кроме как с помощью трёх конструкторов, значение типа `Transport` создать невозможно, а значит, один из конструкторов гарантированно совпадёт.

Тип, состоящий только из нульарных конструкторов, называют ещё перечислением (англ. enumeration). Конструкторов может быть сколько угодно, в том числе один-единственный (хотя польза от подобного типа была бы невелика). Вот ещё один известный пример:

```
data Day = Sunday
         | Monday
         | Tuesday
         | Wednesday
         | Thursday
         | Friday
         | Saturday
```

Обратите внимание на форматирование, когда ментальные «ИЛИ» выровнены строго под знаком равенства. Такой стиль вы встретите во многих реальных Haskell-проектах.

Значение типа `Day` отражено одним из семи конструкторов. Сделаем же с ними что-нибудь:

```
data WorkMode = FiveDays | SixDays

workingDays :: WorkMode -> [Day]
workingDays FiveDays = [ Monday
                       , Tuesday
                       , Wednesday
                       , Thursday
```

```
                       , Friday
                       ]
workingDays SixDays = [ Monday
                      , Tuesday
                      , Wednesday
                      , Thursday
                      , Friday
                      , Saturday
                      ]
```

Функция `workingDays` возвращает список типа `[Day]`, и в случае пятидневной рабочей недели, отражённой конструктором `FiveDays`, этот список сформирован пятью конструкторами, а в случае шестидневной — шестью конструкторами.

Польза от типов, сформированных нульарными конструкторами, не очень велика, хотя встречаться с такими типами вы будете часто.

Новый тип можно определить не только с помощью ключевого слова `data`, но об этом узнаем в одной из следующих глав.

А теперь мы можем познакомиться с типами куда более полезными.

Глава 22

АТД

АТД, или Алгебраические Типы Данных (англ. ADT, Algebraic Data Type), занимают почётное место в мире типов Haskell. Абсолютно подавляющее большинство ваших собственных типов будут алгебраическими, и то же можно сказать о типах из множества Haskell-пакетов. Алгебраическим типом данных называют такой тип, которые составлены из других типов. Мы берём простые типы и строим из них, как из кирпичей, типы сложные, а из них — ещё более сложные. Это даёт нам невероятный простор для творчества.

Оставим сетевые протоколы и дни недели, рассмотрим такой пример:

```
data IPAddress = IPAddress String
```

Тип `IPAddress` использует один-единственный конструктор значения, но кое-что изменилось. Во-первых, имена типа и конструктора совпадают. Это вполне легально, вы встретите такое не раз. Во-вторых, конструктор уже не нульарный, а унарный (англ. unary), потому что теперь он связан с одним значением типа `String`. И вот как создаются значения типа `IPAddress`:

```
let ip = IPAddress "127.0.0.1"
```

Значение `ip` типа `IPAddress` образовано конструктором и конкретным значением некоего типа:

```
let ip = IPAddress       "127.0.0.1"

         конструктор     значение
         значения        типа
         типа IPAddress  String

         | значение типа IPAddress |
```

Значение внутри нашего типа называют ещё полем (англ. field):

```
data IPAddress = IPAddress    String

     тип         конструктор  поле
```

Расширим тип `IPAddress`, сделав его более современным:

```
data IPAddress = IPv4 String | IPv6 String
```

Теперь у нас два конструктора, соответствующие разным IP-версиям. Это позволит нам создавать значение типа `IPAddress` так:

```
let ip = IPv4 "127.0.0.1"
```

или так:

```
let ip = IPv6 "2001:0db8:0000:0042:0000:8a2e:0370:7334"
```

Сделаем тип ещё более удобным. Так, при работе с IP-адресом нам часто требуется `localhost`. И чтобы явно не писать `"127.0.0.1"` и `"0:0:0:0:0:0:0:1"`, введём ещё два конструктора:

```
data IPAddress = IPv4 String
```

```
          | IPv4Localhost
          | IPv6 String
          | IPv6Localhost
```

Поскольку значения `localhost` нам заведомо известны, нет нужды указывать их явно. Вместо этого, когда нам понадобится `IPv4-localhost`, пишем так:

```
    let ip = IPv4Localhost
```

Извлекаем значение

Допустим, мы создали значение `google`:

```
  let google = IPv4 "173.194.122.194"
```

Как же нам потом извлечь конкретное строковое значение из `google`? С помощью нашего старого друга, паттерн матчинга:

```
checkIP :: IPAddress -> String
checkIP (IPv4 address) = "IP is '" ++ address ++ "'."

main :: IO ()
main = putStrLn . checkIP $ IPv4 "173.194.122.194"
```

Результат:

```
IP is '173.194.122.194'.
```

Взглянем на определение:

```
checkIP (IPv4 address) = "IP is '" ++ address ++ "'."
```

Здесь мы говорим: «Мы знаем, что значение типа `IPAddress` сформировано с конструктором и строкой». Однако внимательный компилятор сделает нам замечание:

```
Pattern match(es) are non-exhaustive
In an equation for ‘checkIP’:
    Patterns not matched:
        IPv4Localhost
        IPv6 _
        IPv6Localhost
```

В самом деле, откуда мы знаем, что значение, к которому применили функцию `checkIP`, было сформировано именно с помощью конструктора `IPv4`? У нас же есть ещё три конструктора, и нам следует проверить их все:

```
checkIP :: IPAddress -> String
checkIP (IPv4 address) = "IPv4 is '" ++ address ++ "'."
checkIP IPv4Localhost  = "IPv4, localhost."
checkIP (IPv6 address) = "IPv6 is '" ++ address ++ "'."
checkIP IPv6Localhost  = "IPv6, localhost."
```

С каким конструктором совпало — с таким и было создано значение. Можно, конечно, и так проверить:

```
checkIP :: IPAddress -> String
checkIP addr = case addr of
    IPv4 address  -> "IPv4 is '" ++ address ++ "'."
    IPv4Localhost -> "IPv4, localhost."
    IPv6 address  -> "IPv6 is '" ++ address ++ "'."
    IPv6Localhost -> "IPv6, localhost."
```

Строим

Определим тип для сетевой точки:

```
data EndPoint = EndPoint String Int
```

Конструктор `EndPoint` — бинарный, ведь здесь уже два значения. Создаём обычным образом:

```
  let googlePoint = EndPoint "173.194.122.194" 80
```

Конкретные значения извлекаем опять-таки через паттерн матчинг:

```
main :: IO ()
main = putStrLn $ "The host is: " ++ host
  where
    EndPoint host _ = EndPoint "173.194.122.194" 80

    |-- образец --|   |-------- значение ---------|
```

Обратите внимание, что второе поле, соответствующее порту, отражено универсальным образцом _, потому что в данном случае нас интересует только значение хоста, а порт просто игнорируется.

И всё бы хорошо, но тип `EndPoint` мне не очень нравится. Есть в нём что-то некрасивое. Первым полем выступает строка, содержащая IP-адрес, но зачем нам строка? У нас же есть прекрасный тип `IPAddress`, он куда лучше безликой строки. Это общее правило для Haskell-разработчика: чем больше информации несёт в себе тип, тем он лучше. Давайте заменим определение:

```
data EndPoint = EndPoint IPAddress Int
```

Тип стал понятнее, и вот как мы теперь будем создавать значения:

```
  let google = EndPoint (IPv4 "173.194.122.194") 80
```

Красиво. Извлекать конкретные значения будем так:

```
main :: IO ()
main = putStrLn $ "The host is: " ++ ip
```

```
  where
    EndPoint (IPv4 ip) _ = EndPoint (IPv4 "173.194.122.194") 80
             ____                    ____

                  ==                      ================
```

Здесь мы опять-таки игнорируем порт, но значение IP-адреса извлекаем уже на основе образца с конструктором `IPv4`.

Это простой пример того, как из простых типов строятся более сложные. Но сложный тип вовсе не означает сложную работу с ним, паттерн матчинг элегантен как всегда. А вскоре мы узнаем о другом способе работы с полями типов, без паттерн матчинга.

Любопытно, что конструкторы типов тоже можно компоновать, взгляните:

```
main :: IO ()
main = putStrLn $ "The host is: " ++ ip
  where
    EndPoint (IPv4 ip) _ = (EndPoint . IPv4 $ "173.194.122.194") 80
```

Это похоже на маленькое волшебство, но конструкторы типов можно компоновать знакомым нам оператором композиции функций:

```
(EndPoint . IPv4 $ "173.194.122.194") 80

           |     значение типа    |
           |_____ IPAddress _____|
```

Вам это ничего не напоминает? Это же в точности так, как мы работали с функциями! Из этого мы делаем вывод: конструктор значения можно рассматривать как особую функцию. В самом деле:

```
EndPoint   (IPv4 "173.194.122.194")  80
```

```
"функция"  |        первый        |  второй
           |_____ аргумент _____|  аргумент
```

Мы как бы применяем конструктор к конкретным значениям как к аргументам, в результате чего получаем значение нашего типа. А раз так, мы можем компоновать конструкторы так же, как и обычные функции, лишь бы их типы были комбинируемыми. В данном случае всё в порядке: тип значения, возвращаемого конструктором `IPv4`, совпадает с типом первого аргумента конструктора `EndPoint`.

Вот мы и познакомились с настоящими типами. Пришло время узнать о более удобной работе с полями типов.

Глава 23

АТД: поля с метками

Многие типы в реальных проектах довольно велики. Взгляните:

```
data Arguments = Arguments Port
                           Endpoint
                           RedirectData
                           FilePath
                           FilePath
                           Bool
                           FilePath
```

Значение типа `Arguments` хранит в своих полях некоторые значения, извлечённые из параметров командной строки, с которыми запущена одна из моих программ. И всё бы хорошо, но работать с таким типом абсолютно неудобно. Он содержит семь полей, и паттерн матчинг был бы слишком громоздким, представьте себе:

```
...
  where
    Arguments _ _ _ redirectLib _ _ xpi = arguments
```

Более того, когда мы смотрим на определение типа, назначение его полей остаётся тайной за семью печатями. Видите предпоследнее поле? Оно имеет тип `Bool` и, понятное дело, отражает какой-то флаг. Но что это за флаг, читатель не представляет. К счастью, существует способ, спасающих нас от обеих этих проблем.

Метки

Мы можем снабдить наши поля метками (англ. label). Вот как это выглядит:

```
data Arguments = Arguments { runWDServer    :: Port
                           , withWDServer   :: Endpoint
                           , redirect       :: RedirectData
                           , redirectLib    :: FilePath
                           , screenshotsDir :: FilePath
                           , noScreenshots  :: Bool
                           , harWithXPI     :: FilePath
                           }
```

Теперь назначение меток куда понятнее. Схема определения такова:

```
data Arguments = Arguments   { runWDServer :: Port }

тип  такой-то    конструктор   метка поля     тип
                                              поля
```

Теперь поле имеет не только тип, но и название, что и делает наше определение значительно более читабельным. Поля в этом случае разделены запятыми и заключены в фигурные скобки.

Если подряд идут два или более поля одного типа, его можно указать лишь для последней из меток. Так, если у нас есть вот такой

тип:

```
data Patient = Patient { firstName :: String
                       , lastName  :: String
                       , email     :: String
                       }
```

его определение можно чуток упростить и написать так:

```
data Patient = Patient { firstName
                       , lastName
                       , email     :: String
                       }
```

Раз тип всех трёх полей одинаков, мы указываем его лишь для последней из меток. Ещё пример полной формы:

```
data Patient = Patient { firstName    :: String
                       , lastName     :: String
                       , email        :: String
                       , age          :: Int
                       , diseaseId    :: Int
                       , isIndoor     :: Bool
                       , hasInsurance :: Bool
                       }
```

и тут же упрощаем:

```
data Patient = Patient { firstName
                       , lastName
                       , email        :: String
                       , age
                       , diseaseId    :: Int
                       , isIndoor
                       , hasInsurance :: Bool
                       }
```

Поля `firstName`, `lastName` и `email` имеют тип `String`, поля `age` и `diseaseId` — тип `Int`, и оставшиеся два поля — тип `Bool`.

Getter и Setter?

Что же представляют собой метки? Фактически, это особые функции, сгенерированные автоматически. Эти функции имеют три предназначения: создавать, извлекать и изменять. Да, я не оговорился, изменять. Но об этом чуть позже, путь будет маленькая интрига.

Вот как мы создаём значение типа `Patient`

```
main :: IO ()
main = print $ diseaseId patient
  where
    patient = Patient {
        firstName    = "John"
      , lastName     = "Doe"
      , email        = "john.doe@gmail.com"
      , age          = 24
      , diseaseId    = 431
      , isIndoor     = True
      , hasInsurance = True
    }
```

Метки полей используются как своего рода setter (от англ. set, «устанавливать»):

```
patient = Patient { firstName    =      "John"
в этом    типа      поле с
значении  Patient   этой меткой  равно  этой строке
```

Кроме того, метку можно использовать и как getter (от англ. get, «получать»):

```
main = print $ diseaseId  patient

               метка как  аргумент
               функция
```

Мы применяем метку к значению типа `Patient` и получаем значение соответствующего данной метке поля. Поэтому для получения значений полей нам уже не нужен паттерн матчинг.

Но что же за интригу я приготовил под конец? Выше я упомянул, что метки используются не только для задания значений полей и для их извлечения, но и для изменения. Вот что я имел в виду:

```
main :: IO ()
main = print $ email patientWithChangedEmail
  where
    patientWithChangedEmail = patient {
      email = "j.d@gmail.com"   -- Изменяем???
    }

    patient = Patient {
        firstName    = "John"
      , lastName     = "Doe"
      , email        = "john.doe@gmail.com"
      , age          = 24
      , diseaseId    = 431
      , isIndoor     = True
      , hasInsurance = True
    }
```

При запуске программы получим:

```
j.d@gmail.com
```

Но постойте, что же тут произошло? Ведь в Haskell, как мы знаем, нет оператора присваивания, однако значение поля с меткой `email` поменялось. Помню, когда я впервые увидел подобный пример, то очень удивился, мол, уж не ввели ли меня в заблуждение по поводу неизменности значений в Haskell?!

Нет, не ввели. Подобная запись:

```
patientWithChangedEmail = patient {
  email = "j.d@gmail.com"
}
```

действительно похожа на изменение поля через присваивание ему нового значения, но в действительности никакого изменения не произошло. Когда я назвал метку setter-ом, я немного слукавил, ведь классический setter из мира ООП был бы невозможен в Haskell. Посмотрим ещё раз внимательнее:

```
...
  where
    patientWithChangedEmail = patient {
      email = "j.d@gmail.com"  -- Изменяем???
    }

    patient = Patient {
        firstName    = "John"
      , lastName     = "Doe"
      , email        = "john.doe@gmail.com"
      , age          = 24
      , diseaseId    = 431
      , isIndoor     = True
      , hasInsurance = True
    }
```

Взгляните, ведь у нас теперь два значения типа `Patient`, `patient` и `patientWithChangedEmail`. Эти значения не имеют друг ко другу ни ма-

лейшего отношения. Вспомните, как я говорил, что в Haskell нельзя изменить имеющееся значение, а можно лишь создать на основе имеющегося новое значение. Это именно то, что здесь произошло: мы взяли имеющееся значение `patient` и на его основе создали уже новое значение `patientWithChangedEmail`, значение поля `email` в котором теперь другое. Понятно, что поле `email` в значении `patient` осталось неизменным.

Будьте внимательны при инициализации значения с полями: вы обязаны предоставить значения для всех полей. Если вы напишете так:

```
main :: IO ()
main = print $ email patientWithChangedEmail
  where
    patientWithChangedEmail = patient {
      email = "j.d@gmail.com"  -- Изменяем???
    }

    patient = Patient {
        firstName    = "John"
      , lastName     = "Doe"
      , email        = "john.doe@gmail.com"
      , age          = 24
      , diseaseId    = 431
      , isIndoor     = True
    }

    -- Поле hasInsurance забыли!
```

код скомпилируется, но внимательный компилятор предупредит вас о проблеме:

```
Fields of ‘Patient’ not initialised: hasInsurance
```

Пожалуйста, не пренебрегайте подобным предупреждением, ведь

если вы проигнорируете его и затем попытаетесь обратиться к неинициализированному полю:

```
main = print $ hasInsurance patient
  ...
```

ваша программа аварийно завершится на этапе выполнения с ожидаемой ошибкой:

```
Missing field in record construction hasInsurance
```

Не забывайте: компилятор — ваш добрый друг.

Без меток

Помните, что метки полей — это синтаксический сахар (англ. syntactic sugar), и мы можем обойтись без него. Даже если тип был определён с метками, как наш `Patient`, мы можем работать с ним по-старинке:

```
data Patient = Patient { firstName    :: String
                       , lastName     :: String
                       , email        :: String
                       , age          :: Int
                       , diseaseId    :: Int
                       , isIndoor     :: Bool
                       , hasInsurance :: Bool
                       }

main :: IO ()
main = print $ hasInsurance patient
  where
    -- Создаём по-старинке...
    patient = Patient "John"
```

```
                    "Doe"
                    "john.doe@gmail.com"
                    24
                    431
                    True
                    True
```

Соответственно, извлекать значения полей тоже можно по-старинке, через паттерн матчинг:

```
main :: IO ()
main = print insurance
  where
    -- Жутко неудобно, но если желаете...
    Patient _ _ _ _ _ _ insurance = patient
    patient = Patient "John"
                      "Doe"
                      "john.doe@gmail.com"
                      24
                      431
                      True
                      True
```

С понятием «синтаксический сахар» мы встретимся ещё не раз, на куда более продвинутых примерах.

Глава 24

Конструктор типа

В предыдущих двух главах мы познакомились с АТД, которые, согласитесь, уже очень полезны. И всё-таки есть в них одно ограничение: они напрочь лишены гибкости. Все поля чётко заданы: вот тебе имя, а вот тип. К счастью, есть способ наделить наши типы большей красотой.

Допустим:

```
data Date = Date { year  :: Int
                 , month :: Int
                 , day   :: Int
                 }
```

Предельно простой тип: дата задаётся значениями года, месяца и дня. И всё бы хорошо, если бы не одно но: с чего мы взяли, что задавать значения года или месяца следует целыми числами? А если строкой? Или типом из готовой библиотеки? Или вообще нашим собственным типом?

Глава 25

Новый тип

Помимо ключевого ключевого `data` существует ещё одно слово, предназначенное для определения нового типа. Оно так и называется - `newtype`. И между этими двумя словами есть несколько важных отличий.

Один конструктор значения

Тип, определяемый с помощью слова `newtype`, может иметь один и только один конструктор значения. Мы можем написать так:

```
newtype IPAddress = IP String
                  deriving Show
```

а вот такой код будет категорически отвергнут компилятором:

```
newtype IPAddress = IP String | Host String
                  deriving Show
```

Одно поле

Следующее ограничение: одно и только одно поле. Мы можем написать так:

```
newtype IPAddress = IP String
                  deriving Show
```

или так:

```
newtype IPAddress = IP { value :: String }
                  deriving Show
```

А вот такой код не будет принят компилятором:

```
newtype IPAddress = IP String Int
                  deriving Show
```

Тип с нульарным конструктором тоже не пройдёт компиляцию:

```
newtype Color = Red
```

Для чего он нужен

Вы спросите, зачем же нужно слово `newtype`, если с ним связаны такие ограничения? И чем вообще обусловлены эти ограничения?

Фундаментальное назначение `newtype`, строго говоря, не в том, чтобы создавать новый тип, а в том, чтобы оборачивать один, уже существующий тип. Именно поэтому оно требует унарного конструктора значения и никакого иного. Грубо говоря, слово `newtype` может рассматриваться как нечто среднее между словами `data` и `type`. И

это даёт нам одно преимущество, а именно эффективность времени выполнения.

Если мы определили вот такой тип:

```
data IPAddress = IP String
```

то с точки зрения программиста мы всего лишь обернули строковое значение в именную обёртку. Однако с точки зрения компилятора мы создали совершенно новый тип, хранящий в себе значение стандартного типа `String`. Поэтому работа с такой именной обёрткой связана с дополнительными накладными расходами на стадии выполнения (обусловленными “оборачиванием” и “разворачиванием” той самой внутренней строки). Да, эти расходы крошечны, но всё же…

Если же мы написали так:

```
newtype IPAddress = IP String
```

мы сказали компилятору: “`IPAddress` - это всего лишь именная обёртка вокруг строки. Именно так её и воспринимай, и никаких лишних телодвижений не делай”. Поэтому работа с таким типом будет чуток более эффективной.

В сухом остатке

1. Ключевое слово `newtype` создаёт тип-обёртку вокруг некоторого уже существующего типа.
2. Эта тип-обёртка должна иметь только одно поле и только один конструктор значения.
3. Работа с типом, созданным с помощью `newtype`, эффективнее, нежели с созданным с помощью `data`.

Глава 26

Stackage

В предыдущей главе мы познакомились с Hackage, репозиторием Haskell-пакетов. Теперь же настало время познакомится со “стабильным Hackage”.

Проблема

В станодавние времена существовала в мире Haskell большая проблема, связанная с пакетами, и называлась она “dependency hell”. Вот в чём её суть.

Как вы уже поняли, каждый из Haskell-пакетов тоже имеет ряд зависимостей от неких других пакетов, и эти зависимости перечислены в его `.cabal`-файле. Зависимость может быть указана “версионной вилкой”, например:

```
http-client  >= 0.3 && < 0.5
```

Это означает, что данный пакет зависит от пакета `http-client` любой версии, входящей в промежуток от `0.3` включительно до `0.5`. Однако

зависимость может быть указана точно:

```
  http-client  == 0.3.6.1
```

В этом случае нам нужна версия `0.3.6.1` и никакая другая. Вот тут-то нас и поджидает ад.

Допустим, наш проект зависит от двух пакетов, `A` и `B`, каждый из которых в свою очередь зависит от третьего пакета `C`. Но к сожалению, звёзды оказались неблагосклонны к нашему проекту, и выяснилось, что пакет `A` зависит от пакета `C` версии `1.8.1`, в то время как пакет `B` - от пакета `C` версии `2.0.0`... Эту проблему пытались решить несколькими способами, но самым удобным оказался способ под названием `Stackage`.

Что это такое?

Название Stackage происходит от слияния слов “Stable” и “Hackage”. Идея в том, чтобы предоставить разработчику надёжный набор пакетов, на который гарантированно можно положиться.

В основе этой идеи лежит LTS Haskell snapshot, или LTS-снимок (от Long-Term Support). LTS-снимок представляет собой большой список пакетов жёстко заданных версий. И подобраны эти версии таким образом, чтобы все пакеты были версионно совместимы друг с другом. Гарантированно и железобетонно. То есть, возвращаясь к нашему примеру, если в LTS-снимке перечислены пакеты `A` и `B`, то их версии подобраны так, чтобы они зависели от одной и той же версии пакета `C`. В этом случае у нас никогда не возникнет никаких версионных коллизий.

Откроем файл `stack.yaml` в корне нашего проекта и найдём там строчку вида:

```
resolver: lts-5.2
```

В этой строке мы задаём номер LTS-снимка, используемого в данном проекте. Да, у каждого снимка есть собственный номер, или, если хотите, версия. В данном случае мы объявляем, что наш проект “живёт” в рамках LTS-снимка под номером `5.2`. Это означает, что если наш проект зависит от пакета `text`, то не от абы какой версии `text`, но именно от версии `1.2.2.0`, ведь именно эта версия упомянута в данном LTS-снимке.

Кстати, содержимое снимка `5.2` можно посмотреть здесь. В конце адреса меняем номер - и видим содержимое другого снимка.

Неизменность

LTS-снимки хороши и тем, что неизменны. В упомянутом снимке `5.2` перечислены 1766 пакетов конкретных версий, и так оно будет всегда. Следовательно, если члены команды Haskell-разработчиков, работающие на одним и тем же проектом, используют один и тот же снимок - у всех у них всё будет компилироваться. Сегодня, завтра и через пять лет. Создатели Stackage провозгласили это одним из девизов данной идеи: “То, что работает сегодня, должно работать и завтра”.

Утилита stack?

Да, совершенно верно: уже знакомая нам утилита `stack` является частью проекта Stackage, оттого и схожесть в названии. Поэтому, используя `stack`, вы уже используете какой-то LTS-снимок.

А если не из репозитория?

В самом деле, представим себе такую ситуацию. Некий разработчик сделал полезную Haskell-библиотеку, но не стал включать её в единый репозиторий, а вместо этого поселил её в своём GitHub-профиле. А нам эта библиотека очень уж приглянулась. Как же включить её в проект? Открываем `stack.yaml` и пишем:

```
- location:
    git: https://github.com/user/project.git
    commit: 018919f43854b1d6f30d4270f5471db807ac1a41
```

Думаю, тут всё понятно без комментариев: пакет будет вытянут из данного репозитория (с использованием указанного коммита), собран и включён в наш проект. И не забудьте включить имя данного пакета в списке зависимостей в `.cabal`-файле.

Ещё почитать

Я написал небольшую обзорную статью, посвящённую `stack` и работе с LTS-снимками.

Глава 27

О форматировании

Haskell-код является форматно-зависимым, поэтому мы не можем расставлять отступы там, где нам заблагорассудится. Необходимо придерживаться определённых правил.

Функция

Если мы напишем так:

```
main :: IO ()
main =
putStrLn "Hi Haskeller!"
```

компилятор выскажет своё несогласие:

```
parse error (possibly incorrect indentation or mismatched brackets)
```

Следующий пример:

```
 main :: IO ()
 main =
```

```
 putStrLn "Hi Haskeller!"
```

Здесь мы поставили один пробел перед каждой из трёх строк, однако и в этом случае компилятор закапризничает:

```
parse error on input `main'
```

Или вот так:

```
main :: IO ()
 main =
 putStrLn "Hi Haskeller!"
```

В этом случае мы получим ещё более странную ошибку:

```
Illegal type signature: `IO () main'
```

Из-за пробела перед именем функции компилятор принял это имя за часть сигнатуры.

Когда в теле функции несколько строк, появляются дополнительные ограничения. Если напишем так:

```
main :: IO ()
main = do
    putStrLn "Hi Haskeller!"
     putStrLn "Hi again!"
```

получим вот это:

```
Couldn't match expected type `(String -> IO ()) -> [Char] -> IO ()'
                with actual type `IO ()'
    The function `putStrLn' is applied to three arguments,
    but its type `String -> IO ()' has only one
```

Из-за сдвига второй функции по отношению к первой компилятор подумал, что первая по счёту `putStrLn` применяется к трём аргументам. Если же напишем так:

```
main :: IO ()
main = do
     putStrLn "Hi Haskeller!"
    putStrLn "Hi again!"
```

получим уже знакомую нам ошибку:

```
parse error on input `putStrLn'
```

Здесь компилятор ругнулся уже на вторую по счёту `putStrLn`.

В общем, экспериментальным путём я выяснил, что форматирование кода функции должно соответствовать следующим правилам:

1. Объявление и определение функции, должны начинаться с первого (самого левого) символа строки.
2. Если тело функции начинается со следующей строки после имени, перед этим телом должен присутствовать отступ от первого символа строки, хотя бы в один пробел.
3. Если тело функции состоит из нескольких выражений, стоящих на отдельной строке каждая, эти выражения должны быть вертикально выровнены по левому краю.

Поэтому придерживайтесь приблизительно такого шаблона:

```
main :: IO ()
main = do
    putStrLn "Hi Haskeller!"
    putStrLn "Hi again!"
```

и компилятор будет просто счастлив.

Тип

На код, связанный с типами, также наложены некоторые форматные ограничения.

```
 data IPAddress = IP String
```

Перед словом `data` стоит лишний пробел, и компилятор вновь вспоминает нас недобрым словом:

```
parse error on input `data'
```

Вот такой код тоже не пройдёт компиляцию:

```
data
IPAddress = IP String
```

равно как и такой:

```
data IPAddress =
IP String
```

и даже такой:

```
data IPAddress
= IP String
```

В ходе экспериментов было выяснено, что правила для кода определения типа схожи с вышеупомянутыми правилами для кода функции:

1. Ключевое слово `data` начинается с самого левого символа строки.
2. Если объявление переходит на следующую строку, то перед ним должен быть хотя бы один пробел.

Поэтому пишите приблизительно так:

```
data IPAddress = IP String
                 deriving Show
```

и компилятор будет вам благодарен.

Класс типов

С классами типов - та же история. Если напишем так:

```
class Note n where
write :: n -> Bool
```

получим экзотическую ошибку:

```
The type signature for `write' lacks an accompanying binding
```

Если вздумаем написать так:

```
class Note n where
  write :: n -> Bool
 read :: n -> String
```

снова получим по башке:

```
parse error on input `read'
```

И если так напишем:

```
class Note n where
    write :: n -> Bool
    read
    :: n -> String
```

и даже если так:

```
  class Note n where
    write :: n -> Bool
```

```
    read :: n -> String
```

компилятор будет принципиален до крайности и не пропустит такой код.

В общем, тут правила точно такие же:

1. Начинаем с самого левого символа строки.
2. Перед методами - хотя бы однопробельный отступ.
3. Методы должны быть вертикально выровнены по левому краю.

Следовательно, ублажаем компилятор и пишем примерно так:

```
class Note n where
    write :: n -> Bool
    read :: n -> String
```

Константа

Для отдельной константы правила точно такие же, как и для функции. Поэтому пишем:

```
coefficient :: Double
coefficient = 0.0036
```

и всё будет хорошо.

Условие

Тут я выявил лишь одно ограничение - край ключевого слова `if` должен быть самым левым по отношению ко всем остальным ча-

стям выражения. То есть можно написать так:

```
main :: IO ()
main = do
    if 2 /= 2
      then
        putStrLn "Impossible"
      else
        putStrLn "I believe"
```

и так:

```
main :: IO ()
main = do
    if 2 /= 2
        then
      putStrLn "Impossible"
        else
      putStrLn "I believe"
```

и даже так:

```
main :: IO ()
main = do
    if 2 /= 2

     then
     putStrLn "Impossible"
     else
          putStrLn "I believe"
```

Но вот такого компилятор не потерпит:

```
main :: IO ()
main = do
    if 2 /= 2
   then
```

```
      putStrLn "Impossible"
   else
      putStrLn "I believe"
```

равно как и такого:

```
main :: IO ()
main = do
    if 2 /= 2
    then
    putStrLn "Impossible"
    else
    putStrLn "I believe"
```

Локальные выражения

Эти друзья менее прихотливы. В отношении выражения `where` я нашёл только одно ограничение:

```
prepare :: String -> String
prepare str =
    str ++ helper
where
    helper = "dear. "
```

В этом случае получим ошибку:

```
parse error on input `where'
```

Такого же рода ограничение действует и на `let`:

```
prepare :: String -> String
prepare str =
let helper = "dear. "
```

```
    in
    str ++ helper
```

Однако ошибка будет другой:

```
parse error (possibly incorrect indentation or mismatched brackets)
```

Суть вы уловили: пусть `where` и `let` гармонируют с остальным кодом тела функции.

Вывод

Пишите аккуратно, придерживаясь единого стиля без лишних изысков.