Введение в язык Haskell

Михаил Беляев

20 сентября 2019 г.

Haskell

- **Тьюринг-полный** язык программирования
- Основан на идеях диалектов LISP и ML
- Чисто функциональный язык программирования
- Ленивая стратегия выполнения
- Мощный компилятор и вывод типов
- Развитые механизмы полиморфизма

Тьюринг-полнота

Что такое полнота по Тьюрингу?

Как её доказать?

Тьюринг-полнота

Неформальный способ определения

Работа с бесконечной памятью + в бесконечном времени

Тьюринг-полнота

Неформальный способ определения

Работа с бесконечной памятью + в бесконечном времени

Примеры тьюринг-полных концепций?

Тьюринг-полнота

Тьюринг-полная концепция

Любой известный вам язык программирования — C, C++, Java, etc.

- *Память бесконечная?*
- *Время бесконечное?*

Тьюринг-полнота

Не тьюринг-полная концепция

Конечный автомат (автомат разбора, автомат Мура, автомат Мили)

- *Память бесконечная?*
- *Время бесконечное?*

Haskell

- Тьюринг-полный язык программирования
- **Основан на идеях диалектов LISP и ML**
- Чисто функциональный язык программирования
- Ленивая стратегия выполнения
- Мощный компилятор и вывод типов
- Развитые механизмы полиморфизма

История

См. первую лекцию

Haskell

- Тьюринг-полный язык программирования
- Основан на идеях диалектов LISP и ML
- **Чисто функциональный язык программирования**
- Ленивая стратегия выполнения
- Мощный компилятор и вывод типов
- Развитые механизмы полиморфизма

Чистая функция

- Функция и в программном, и в математическом смысле
- Отсутствие побочных эффектов
  - Вывод в файл или консоль
  - Сетевое соединение
  - Системный вызов
  - etc.

Чистая функция

- Функция и в программном, и в математическом смысле
- Отсутствие побочных эффектов
  - Вывод в файл или консоль
  - Сетевое соединение
  - Системный вызов
  - etc.

А имеет ли вообще смысл программа без побочных эффектов?

Последствия

Изменение состояния (глобальных) данных — это тоже побочный эффект.

$\Rightarrow$ *Нет глобальных переменных*

Последствия

Изменение состояния (глобальных) данных — это тоже побочный эффект.

$\Rightarrow$ *Нет глобальных переменных*

Фактически, нет и локальных переменных.

Последствия

Изменение состояния (глобальных) данных — это тоже побочный эффект.

$\Rightarrow$ *Нет глобальных переменных*

Фактически, нет и локальных переменных.

Переменных вообще нет.

Можно ли программировать без переменных?

Последствия

Более обще

Нет изменяемого состояния (mutable state).

Последствия

Более обще

Нет изменяемого состояния (mutable state).

Можно ли программировать без изменяемого состояния?

Функциональный подход

- Функции являются объектами первого порядка
- Функции могут принимать и возвращать функции

Функциональный подход

- Функции являются объектами первого порядка
- Функции могут принимать и возвращать функции

Что из этого доступно в языках, которые вы знаете?

Анонимные функции (лямбда-выражения)

- Похожи на выражения в лямбда-исчислении
- Имеются во многих языках, в том числе Python, C++11, C#4, Java8
- Вместо имени функции ставится λ

Анонимные функции (лямбда-выражения)

- Похожи на выражения в лямбда-исчислении
- Имеются во многих языках, в том числе Python, C++11, C#4, Java8
- Вместо имени функции ставится λ

```
\ x -> x + 1
```

Каррирование (currying)

- Изобретение приписывается Хаскеллу Карри (Haskell Curry)
- Выражение функций от n параметров как функций от одного параметра

```
foo a b c = a + b * c
foo a = \ b -> \ c -> a + b * c
```

Haskell

- Тьюринг-полный язык программирования
- Основан на идеях диалектов LISP и ML
- Чисто функциональный язык программирования
- **Ленивая стратегия выполнения**
- Мощный компилятор и вывод типов
- Развитые механизмы полиморфизма

Ленивая стратегия выполнения

`f(g(),h())`

Strict (eager) evaluation:

1. Вычисляем `_1 = g()`
2. Вычисляем `_2 = h()`
3. Вычисляем `f(_1, _2)`

Lazy evaluation:

Вычисляем `f(_1, _2)`, если где-то внутри используются значения `_1` или `_2`, вычисляем их

Ленивая стратегия выполнения: пример

C++: язык со строгим выполнением

```
int f(int p1, int p2) {
    return -p1;
}
int g() {
    return 2;
}
int h() {
    throw SomeNastyError(":-P");
}

f(g(),h()); // throws exception
```

Ленивая стратегия выполнения: пример

Haskell: язык с ленивым выполнением

```
f :: Int -> Int -> Int
f p1 p2 = -p1
g :: Int
g = 2
h :: Int
h = error ":-P"

f g h ==> -2
```

Ленивая стратегия выполнения: новая ли это концепция?

В C++ и Java достаточно примеров ленивого выполнения:

- `if` ленивый по определению
  - Если бы это было не так, необходимо было бы:
    - Вычислить ветвь для `true`
    - Вычислить ветвь для `false`
    - Выбрать из двух **результатов** нужный...

Ленивая стратегия выполнения: новая ли это концепция?

В C++ и Java достаточно примеров ленивого выполнения:

- Логические операции `&&` и `||`

```
if(a != null
   && a.length > 1
   && a[1] == 40) {
// everything is ok
}
if(a == null
   || a.length <= 1
   || a[1] == 40) {
// everything is bad as hell
}
```

Стратегии выполнения: более формально

https://en.wikipedia.org/wiki/Evaluation_strategy

- Eager evaluation:
  - Call-by-value
    Вычисляем аргумент до вызова функции и передаём туда его значение
  - Call-by-reference
    Вычисляем аргумент до вызова функции и передаём в функцию ссылку на него
  - etc.

Стратегии выполнения: более формально

https://en.wikipedia.org/wiki/Evaluation_strategy

- Lazy evaluation:
  - Call-by-name
    Вычисляем аргумент по мере надобности каждый раз, когда он нужен
  - Call-by-need
    Вычисляем аргумент в какой-то момент времени до того, как он понадобится, и запоминаем его

Haskell

- Тьюринг-полный язык программирования
- Основан на идеях диалектов LISP и ML
- Чисто функциональный язык программирования
- Ленивая стратегия выполнения
- Мощный **компилятор** и **вывод типов**
- Развитые механизмы полиморфизма

Средства разработки для языка Haskell

- Компилятор GHC, текущая версия — 8.8.1
  - Поддержка большинства существующих расширений
  - Входит в т.н. Haskell Platform, http://www.haskell.org
- Система пакетов
  - Единая база пакетов — Hackage
  - Управление (установка и обновление) пакетов утилитой Cabal
- IDE: IntelliJ for Haskell, EclipseFP, Leksah

Haskell Stack

- Альтернативная утилита сборки `stack`
- Может поставить всё, что угодно, даже компилятор
- Stackage (Stable Hackage)
  - Система snapshot'ов (снимков) над Hackage
  - Более старые версии пакетов, зато всё собирается

Запуск в режиме интерпретатора: GHCi

```
[root@vpupkin ~]$ ghci
GHCi, version 8.4.3: http://www.haskell.org/ghc/  :? for help
Prelude> 2 + 2
4
Prelude> 2 ** 2
4.0
Prelude>
```

Вывод типов

- Позволяет не писать тип выражения
- Работает в обе стороны!
- Иногда типы функций могут быть очень сложными, в этом случае может помочь интерпретатор:

```
Prelude> s a b c = (a c) (b c)
Prelude> :t s
s :: (t1 -> t2 -> t3) -> (t1 -> t2) -> t1 -> t3
Prelude>
```

Каррирование в интерпретаторе

```
Prelude> foo x y = x + y
Prelude> :t foo
foo :: Num a => a -> a -> a
Prelude> bar = \ x -> \ y -> x + y
Prelude> :t bar
bar :: Num a => a -> a -> a
Prelude> foo 2 3
5
Prelude> bar 2 3
5
```

Hello world!

- Ввод-вывод в Haskell связан с побочными эффектами
- Побочные эффекты «спрятаны» под монадой `IO`
- Монады мы будем изучать сильно позже

Hello world!

- Ввод-вывод в Haskell связан с побочными эффектами
- Побочные эффекты «спрятаны» под монадой `IO`
- Монады мы будем изучать сильно позже

- На данный момент можно обойтись функцией `interact`:

```haskell
program :: String -> String
program input = "Hello world"

main = interact program
```

`if` в Haskell

Поскольку нет последовательности высказываний, `if` — это тоже выражение, имеющее значение

Синтаксис: `if x then y else z`

Факториал в Haskell

```haskell
fact i = if i <= 1 then 1 else i * fact (i - 1)
```

Строгая типизация

В языке Haskell *строгая статическая* система типов:

- У всего есть тип, известный в процессе компиляции
- Нет неявных приведений типов

```
double foo(double x);


int y = 52;
foo(y);
```

Строгая типизация

```
Prelude> let foo :: Double -> Double; foo x = x + 3.14
Prelude> let y :: Integer; y = 42
Prelude> foo y

<interactive>:4:5:
    Couldn't match expected type ‘Double’ with actual type ‘Integer’
    In the first argument of ‘foo’, namely ‘y’
    In the expression: foo y
```

Haskell

- Тьюринг-полный язык программирования
- Основан на идеях диалектов LISP и ML
- Чисто функциональный язык программирования
- Ленивая стратегия выполнения
- Мощный компилятор и вывод типов
- **Развитые механизмы полиморфизма**

Полиморфизм

Что такое полиморфизм в программировании?

Полиморфизм

Что такое полиморфизм в программировании?

Способность кода работать с разными типами данных

Виды полиморфизма

Alert: субъективная классификация

- Полиморфизм наследования (привет, ООП!)
  - Виртуальные методы, вот это вот всё
- Параметрический полиморфизм
  - Один код, разные данные
- Ad-hoc полиморфизм
  - Разный код, разные данные, один способ вызова

Полиморфизм ~~наследования~~выбора

- Он же динамический полиморфизм
- Вообще говоря, не только виртуальные методы
  - Указатели на функции
  - Сами функции
  - Прототипирование
  - etc.

Параметрический полиморфизм

Любимые всеми generic’и

Где **не** встречается: C, Go

В Haskell/OCaml/F#/etc. по умолчанию всё полиморфное

Обобщённые типы

Квантор общности — $\forall$

Пример — функция `id`, имеющая тип `forall a. a -> a`, сокращённо просто `a -> a`

Обобщённые типы

Квантор общности — $\forall$

Пример — функция `id`, имеющая тип `forall a. a -> a`, сокращённо просто `a -> a`

```
Prelude> iden a = a
```

Обобщённые типы

Квантор общности — $\forall$

Пример — функция `id`, имеющая тип `forall a. a -> a`, сокращённо просто `a -> a`

```
Prelude> iden a = a
```

```
Prelude> iden a = a
Prelude> :t iden
iden :: t -> t
Prelude> a = 2*2
Prelude> :t iden a
iden a :: Integer
```

Ad-hoc полиморфизм

В большинстве языков представлен перегрузками функций:

```
int f(int);
double f(double);
```

Ad-hoc полиморфизм

В большинстве языков представлен перегрузками функций:

```
int f(int);
double f(double);

f(x); // f depends on x
```

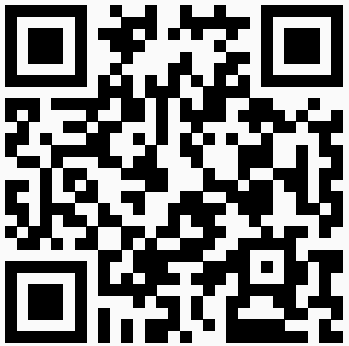
В haskell **перегрузок нет**!

А что есть?

Более общий механизм, называемый **классами типов**

В других функциональных языках

- Ad-hoc полиморфизма нет вовсе
- Есть его замены:
  - Через динамический полиморфизм (LISP)
  - Через параметризуемые модули/импорты (OCaml)



http://kspt.icc.spbstu.ru/course/lang

belyaev@kspt.icc.spbstu.ru

КСПТ | КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И ПРОГРАММНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СПбПУ

ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого