Лекция 1: введение и основы синтаксиса

Функциональное программирование на Haskell

Алексей Романов

14 февраля 2018

МИЭТ

Организация курса

- 8 лекций
- 4 лабораторных
- Итоговый проект

Парадигмы программирования

- Что такое парадигма?

Парадигмы программирования

- Что такое парадигма?

  «Совокупность идей и понятий, определяющих стиль написания компьютерных программ.» (Wikipedia)

Парадигмы программирования

- Что такое парадигма?

  «Совокупность идей и понятий, определяющих стиль написания компьютерных программ.» (Wikipedia)

- Основные парадигмы:

Парадигмы программирования

- Что такое парадигма?

  «Совокупность идей и понятий, определяющих стиль написания компьютерных программ.» (Wikipedia)

- Основные парадигмы:
  - Структурное программирование
  - Процедурное программирование
  - **Функциональное программирование**
  - Логическое программирование
  - Объектно-ориентированное программирование

Парадигмы программирования

- Что такое парадигма?

  «Совокупность идей и понятий, определяющих стиль написания компьютерных программ.» (Wikipedia)

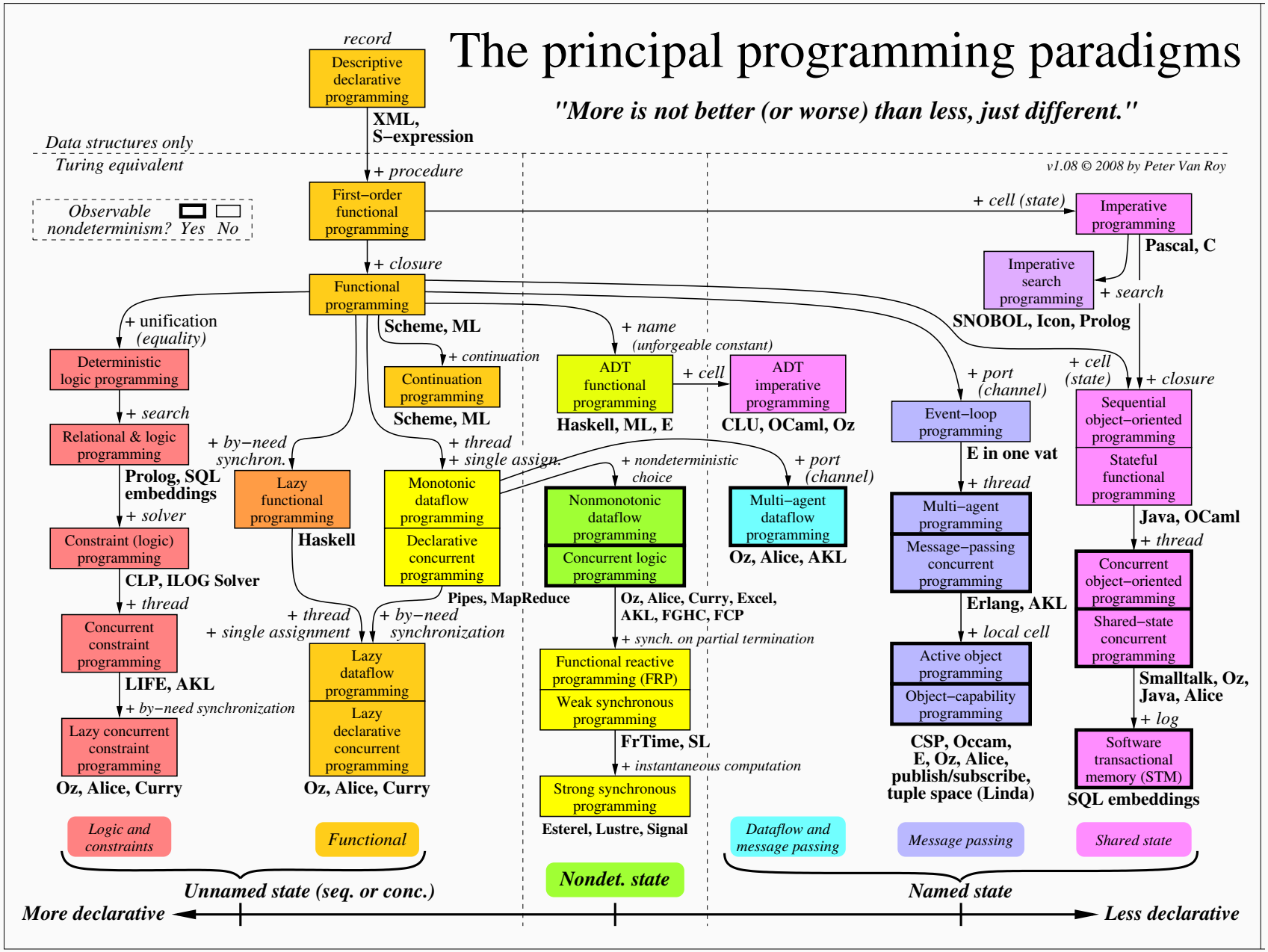
- Основные парадигмы:
  - Структурное программирование
  - Процедурное программирование
  - **Функциональное программирование**
  - Логическое программирование
  - Объектно-ориентированное программирование
- В парадигме важно не только то, что используется, но то, использование чего не допускается или минимизируется.

Парадигмы программирования

- Что такое парадигма?

  «Совокупность идей и понятий, определяющих стиль написания компьютерных программ.» (Wikipedia)

- Основные парадигмы:
  - Структурное программирование
  - Процедурное программирование
  - **Функциональное программирование**
  - Логическое программирование
  - Объектно-ориентированное программирование
- В парадигме важно не только то, что используется, но то, использование чего не допускается или минимизируется.
- Например, `goto` в структурном программировании, глобальные переменные в ООП.



Peter Van Roy, "Programming Paradigms for Dummies: What Every Programmer Should Know", 2009

Функциональное программирование

- Значения лучше переменных.
  - Переменная даёт имя значению или функции, а не адресу в памяти.
  - Переменные неизменяемы.
  - Типы данных неизменяемы.
- Выражения лучше инструкций.
  - Аналоги `if`, `try-catch` и т.д. — выражения.
- Функции как в математике (следующий слайд)

Функциональное программирование

- Функции как в математике

Функциональное программирование

- Функции как в математике
  - Чистые функции: аргументу соответствует результат, а всё прочее от лукавого.
    - Нет побочных эффектов (ввода-вывода, обращения к внешней памяти, не связанной с аргументом, и т.д.)
    - При одинаковых аргументах результаты такой функции одинаковы
  - Функции являются значениями (функции первого класса)
  - Функции часто принимают и возвращают функции (функции высших порядков)

Функциональное программирование

- Функции как в математике
  - Чистые функции: аргументу соответствует результат, а всё прочее от лукавого.
    - Нет побочных эффектов (ввода-вывода, обращения к внешней памяти, не связанной с аргументом, и т.д.)
    - При одинаковых аргументах результаты такой функции одинаковы
  - Функции являются значениями (функции первого класса)
  - Функции часто принимают и возвращают функции (функции высших порядков)
- Опора на математические теории: лямбда-исчисление, теория типов, теория категорий

Языки ФП

- семейство Lisp: первый ФП-язык и один из первых языков высокого уровня вообще
- Erlang и Elixir: упор на многозадачность (модель акторов), надёжность
- Scala, Kotlin, F#: гибриды с ООП для JVM и для CLR
- Purescript, Elm, Ur/Web: для веба
- Семейство ML: OCaml, SML, F#

Языки ФП

- семейство Lisp: первый ФП-язык и один из первых языков высокого уровня вообще
- Erlang и Elixir: упор на многозадачность (модель акторов), надёжность
- Scala, Kotlin, F#: гибриды с ООП для JVM и для CLR
- Purescript, Elm, Ur/Web: для веба
- Семейство ML: OCaml, SML, F#
- **Haskell:**
  - Чисто функциональный

Языки ФП

- семейство Lisp: первый ФП-язык и один из первых языков высокого уровня вообще
- Erlang и Elixir: упор на многозадачность (модель акторов), надёжность
- Scala, Kotlin, F#: гибриды с ООП для JVM и для CLR
- Purescript, Elm, Ur/Web: для веба
- Семейство ML: OCaml, SML, F#
- **Haskell:**
  - Чисто функциональный
  - Строго статически типизированный (с очень мощной и выразительной системой типов)

Языки ФП

- семейство Lisp: первый ФП-язык и один из первых языков высокого уровня вообще
- Erlang и Elixir: упор на многозадачность (модель акторов), надёжность
- Scala, Kotlin, F#: гибриды с ООП для JVM и для CLR
- Purescript, Elm, Ur/Web: для веба
- Семейство ML: OCaml, SML, F#
- **Haskell:**
  - Чисто функциональный
  - Строго статически типизированный (с очень мощной и выразительной системой типов)
  - Ленивый

Язык Haskell: начало

- Установите Haskell Platform (https://www.haskell.org/platform/)
- Запустите WinGHCi (или просто GHCi)
- Это оболочка или REPL (Read-Eval-Print loop)
  - Read: Вы вводите выражения Haskell (и команды GHCi)
  - Eval: GHCi вычисляет результат
  - Print: и выводит его на экран
- Пример:

```
GHCi, version 8.2.2:
    http://www.haskell.org/ghc/  :? for help
Prelude> 2 + 2
4
Prelude> :t True -- команда GHCi
True :: Bool
```

Язык Haskell: начало

- `2 + 2`, `True` — выражения
- `4`, `True` — значения
- `Bool` — тип

Язык Haskell: начало

- `2 + 2`, `True` — выражения
- `4`, `True` — значения
- `Bool` — тип
- Значение — «вычисленное до конца» выражение.
- Тип (статический) — множество значений и выражений, построенное по таким правилам, что компилятор может определить типы и проверить отсутствие ошибок в них без запуска программы.
- От типа зависит то, какие операции допустимы:

```
Prelude> True + False

<interactive>:12:1: error:
No instance for (Num Bool) arising from a use of '+'
In the expression: True + False
In an equation for 'it': it = True + False
```

- Это ошибка компиляции, а не выполнения.

Вызов функций

- Вызов (применение) функции пишется без скобок: `f x`, `foo x y`.
- Скобки используются, когда аргументы — сложные выражения: `f (g x)`
- И внутри сложных выражений вообще.
- Бинарные операторы (как +) это просто функции с именем из символов вместо букв и цифр.
  - Можно писать их префиксно, заключив в скобки: `(+) 2 2`.
  - А любую функцию двух аргументов с алфавитным именем можно писать инфиксно между обратными апострофами: `4 `div` 2`.
  - Единственный небинарный оператор — унарный `-`.
- Названия переменных и функций начинаются со строчной буквы (кроме операторов).

Определение функций и переменных

- Определение функции выглядит так же как вызов:

```
название параметр1 параметр2 = значение
название = значение -- переменная
```

- Тело функции это не блок, а одно выражение (но сколь угодно сложное).
- В GHCi перед определением нужен `let`, в отличие от кода в модулях:

```
Prelude> let x = sin pi
Prelude> x
```

Определение функций и переменных

- Определение функции выглядит так же как вызов:

```
название параметр1 параметр2 = значение
название = значение -- переменная
```

- Тело функции это не блок, а одно выражение (но сколь угодно сложное).
- В GHCi перед определением нужен `let`, в отличие от кода в модулях:

```
Prelude> let x = sin pi
Prelude> x
1.2246063538223773e-16
Prelude> let square x = x * x
Prelude> square 2
4
```

Базовые типы

- Названия типов всегда с заглавной буквы.
- `Bool`: логические значения `True` и `False`.
- Целые числа:
  - `Integer`: неограниченные (кроме размера памяти);
  - `Int`: машинные[1], `Word`: машинные без знака;
  - `Data.{Int.Int/Word.Word}{8/16/32/64}`: фиксированного размера в битах, со знаком и без.
- `Float` и `Double`: 32- и 64-битные числа с плавающей точкой, по стандарту IEEE-754.
- `Character`: символы Unicode.
- `()`: «Единичный тип» (unit) с единственным значением `()`.

[1] по стандарту минимум 30 бит, но в GHC именно 32 или 64 бита

Тип функций и сигнатуры

- Типы функций записываются через `->`. Например, `Int -> Char` это тип функции из `Int` в `Char`.
- Для нескольких аргументов это выглядит как

Тип функций и сигнатуры

- Типы функций записываются через `->`. Например, `Int -> Char` это тип функции из `Int` в `Char`.
- Для нескольких аргументов это выглядит как `Bool -> Bool -> Bool`.
- `::` читается как «имеет тип».
- Запись выражение `:: тип` — «сигнатура типа».
- При объявлении экспортируемой функции или переменной сигнатура обычно указывается явно:

```
foo :: Int -> Char
foo x = ...
```

- Компилятор обычно может вывести типы сам, но это защищает от *непреднамеренного* изменения.

Арифметика

- Это упрощённая версия.
- Полное объяснение требует понятия, которое будет введено позже.
- Например, команды `:type 1` или `:type (+)` дадут тип, который понимать пока не требуется.
- То же относится к ошибкам вроде
  `No instance for (Num Bool)...`
  на более раннем слайде.
- Пока достаточно понимать, что есть несколько числовых типов.
- Они делятся на целочисленные (`Int`, `Integer`) и дробные (`Float`, `Double`).

Числовые литералы

- Числовые литералы выглядят, как в других языках: `0`, `1.5`, `1.2E-1`, `0xDEADBEEF`.
- Целочисленные литералы могут иметь любой числовой тип, а дробные любой дробный.
- Но это относится *только* к литералам.
- Неявного приведения (например, `Int` в `Double`) в Haskell *нет*.

Приведение числовых типов

- Используйте `fromIntegral` для приведения из любого целочисленного типа в любой числовой. Тип-цель можно указать явно:

```
Prelude> let {x :: Integer; x = 2}
Prelude> x :: Double
<interactive>:22:1: error:
Couldn't match expected type 'Double' with
   actual type 'Integer' ...
Prelude> fromIntegral x :: Double
2.0
```

- А может выводиться из контекста:

```
Prelude> :t fromIntegral 2 / (4 :: Double)
fromIntegral 2 / (4 :: Double) :: Double
```

Приведение числовых типов

- `toInteger` переводит любой целочисленный тип в `Integer`.
- `fromInteger` — наоборот. Если аргумент слишком велик, возвращает значение по модулю:

```
Prelude> fromInteger (2^64) :: Int
0
```

- `toRational` и `fromRational` — аналогично для `Rational` и дробных типов.
- `ceiling`, `floor`, `truncate` и `round` — из дробных типов в целочисленные.

Арифметические операции

- Операции `+`, `-`, `*` — как обычно (унарного `+` нет).
- `/` — деление *дробных* чисел.
  - Использование `/` для целых чисел даст ошибку `No instance... arising from a use of '/'`. Нужно сначала использовать `fromIntegral`.
- `div` — деление нацело
- `mod` — остаток
- `quot` и `rem` тоже, но отличаются от них поведением на отрицательных числах.
- `^` — возведение любого числа в неотрицательную целую степень.
- `^^` — дробного в любую целую.
- `**` — дробного в степень того же типа.

Операции сравнения и логические операции

- Большинство операций сравнения выглядят как обычно: `==`, `>`, `<`, `>=`, `<=`.
- Но $\neq$ обозначается как `/=`.
- Функция `compare` возвращает `Ordering`: тип с тремя значениями `LT`, `EQ` и `GT`.
- Есть функции `min` и `max`.

- «и» это `&&`, а «или» — `||`, как обычно.
- «не» — `not`.