Язык программирования Kotlin

(обзор)

Рассказчик:
Михаил В. Шохирев

Клуб программистов
2022-2025

О чём пойдёт речь?

- ***Язык:***
  - **История** создании языка Kotlin. *Когда?*
  - Его **преимущества** и причины популярности. *Зачем?*
  - **Сравнение** языка Kotlin с *Java* и другими языками. *Почему?*
  - Установка. REPL. Скрипты. IDEA IDE. *Как?*
- ***Синтаксис:***
  - Данные. Операции. Конструкции. Похожести и особенности. Идиомы.
- ***Парадигмы:***
  - Функциональное программирование (**FP**).
  - Реализация **ООП** в Kotlin.
  - **Параллелизм**: сопрограммы, каналы, последовательности.
- ***Применение:***
  - Kotlin **Multiplatform**. Compose Multiplatform.
    - Kotlin / JVM @ server & desktop.
    - Kotlin / JS @ server & browser, Kotlin / Wasm @ browser.
    - Kotlin / **Native** @ mobile devices & IoT (Raspberry Pi).
  - Kotlin для **Android**. KMM.

Зачем учить **Kotlin**?

- **Java** широко применяется, а **Kotlin** – лучшая и полная замена ***Java***.
- Программы на **Kotlin** можно совмещать с ***Java*** в одном проекте.
- Программировать на **Kotlin** проще, быстрее и эффективнее, чем на ***Java***.
- Можно постепенно переводить кодовую базу с ***Java*** на **Kotlin**.

- Программы на **Kotlin** компилируются в исполняемый код (Kotlin/Native).
- **Kotlin** – многоплатформенный: Windows, MacOS, Linux, Raspberry Pi OS, ...
- На **Kotlin** разрабатываются мобильные приложения для Android и iOS.
- **Kotlin** применяется для "full-stack" разработки web-приложений.
- Для **Kotlin** есть первоклассная бесплатная IDE – IntelliJ IDEA.
- Программировать на **Kotlin** удобно, приятно и эффективно.
- Знаете другой популярный язык, разработанный в России, кроме **Kotlin**?

Kotlin – современное мощное средство разработки.

Язык программирования

Kotlin — современный перспективный статически типизированный, объектно-ориентированный язык программирования. Исходники на **Kotlin** компилируются в JVM byte code, а также в JavaScript (Kotlin/JS) и в исполняемый код (Kotlin/Native) разных платформ и ОС через инфраструктуру LLVM.

*Язык разрабатывается компанией **JetBrains** и назван в честь острова Котлин в Финском заливе, на котором расположен город Кронштадт.*

У разработчиков **Kotlin**, которые создавали язык для себя, было 2 главных цели: (1) сделать язык более лаконичный и безопасный, чем Java, с более выразительным и удобным современным синтаксисом; и (2) обеспечить полную совместимость с огромной кодовой базой на Java.

Kotlin испытал влияние языков: Groovy, C#, Gosu, Java, Ruby, JavaScript, Scala, Python, ML, Pascal, G, C++, Rust, D.

Преимущества

Kotlin разрабатывался как прагматичный язык для эффективного и удобного решения реальных задач с учётом современных требований.

Kotlin поддерживает разные *парадигмы* программирования: императивное, объектно-ориентированное, обобщённое, функциональное и другие.

Kotlin полностью совместим с ***Java***: разработчики могут постепенно и безболезненно переходить к его использованию.

Kotlin адаптирован для разработки под ***Android***: можно дорабатывать существующие приложения уже на Kotlin (без их переписывания) и создавать новые приложения.

Сравнение

Kotlin лучше языка ***Java***: у него компактный современный синтаксис, он удобнее и надёжнее, на нём быстрее и приятнее писать программы.

Kotlin — чисто объектно-ориентированный язык: в нём всё является объектами. В этом он логичнее гибридных языков типа ***C++*** или ***Free Pascal***.

В **Kotlin** реализованы мощные средства функционального программирования: в этом он похож на языки ***Scala***, ***Scheme***, ***Clojure***, ***Lisp***.

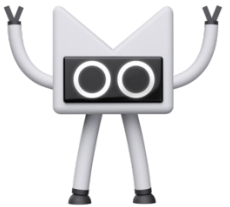
Kotlin — строго типизированный язык, поэтому он надёжнее динамических языков наподобие ***Perl***, ***Ruby*** или ***Python***.

Программы на **Kotlin** могут компилироваться в «родной» двоичный исполняемый код для Intel / AMD или ARM-архитектур, поэтому он быстрее языков, основанных на байт-коде, вроде ***C#***, ***Erlang***, ***Lua***.

В **Kotlin** эффективно реализованы сопрограммы, в ***Java*** они только разрабатываются, но поддерживаются в ***Ruby***, ***Go***, ***Rust*** (1.39+), ***Haskell***, ***C#*** (2.0+), ***Python*** (3.5+), ***PHP*** (5.5+) и других.

История

2010 – начало разработки языка под руководством *Андрея Бреслава*.
2011.07 – язык Kotlin представлен общественности.
2012.02 – открыт исходный код реализации языка (Apache 2.0 Licence).
2012.02 – выпущен milestone 1 с плагином для IDEA.
2012.06 – milestone 2 с поддержкой Android.
2012.12 – milestone 4 с поддержкой Java 7.
2016.02.15 – вышел официальный релиз **1.0**.
2017.03.01 – вышел релиз 1.1.
2017.05 – Google включила поддержку Kotlin в Android Studio 3.0.
2017.11.28 – Kotlin 1.2 с поддержкой Kotlin/JS.
2018.10.29 – Kotlin 1.3 с поддержкой coroutines, asynchronous programming.
2019 – на Google I/O Kotlin объявлен приоритетным в разработке под Android.
2020.08 – Kotlin 1.4 с поддержкой платформ Apple (Objective-C / Swift interop).
2020.11 – А. Бреслав уходит из JetBrains, разработку возглавил *Роман Елизаров*.
2021.05 – Kotlin 1.5: JVM records support, stable JVM IR backend, Kotlin/JS IR backend.
2021.11 – Kotlin 1.6: Kotlin/JS: IR compiler & Kotlin/Native performance improvements.
2022.06 – Kotlin 1.7 с поддержкой alpha-версии нового компилятора K2.
2022.12.28 – в Kotlin **1.8** улучшена совместимость с Objective-C / Swift.
2023.07.06 Kotlin 1.9: улучшения для Kotlin Multiplatform и Kotlin/Native; K2 в beta.
2024.05.21 – Kotlin **2.0.0**.
2024.11.27 – Kotlin 2.1.0.



Почему популярен **Kotlin**?

- Создатель **Kotlin**, компания ***JetBrains***, имеет международную репутацию разработчика первоклассных программных продуктов.
- **Kotlin** – это современный, более удобный, эффективный и надёжный язык на замену языка ***Java***, на 100% совместимый с ним по байт-коду.
- *Google* сделала **Kotlin** приоритетным средством разработки для ***Android***, интегрировала его в свои продукты (Android Studio, SDK, KTX).
- **Kotlin** предоставляет средства кроссплатформенной разработки Kotlin Multiplatform [Mobile] и Kotlin/Native.
- **Kotlin** — современный язык, в котором применены достижения из ранее разработанных языков и сегодняшние требования к разработке.

Kotlin: установка, компиляция

0. Установить JDK, если не ставить IDE.

1. Установить **Kotlin** одним из способов:
   - Установить IDE **IntelliJ IDEA** CE.
   - Установить IDE **Android Studio**.
   - Установить **SDKman** (можно под WSL или CygWin):
     curl -s "https://get.sdkman.io" | bash
     и выполнить:
     `sdk install kotlin`
   - Под GNU / Linux выполнить:
     `sudo snap install --classic kotlin`
   - На macOS выполнить:
     `brew install kotlin`

2. Сохранить исходную программу в файле, например: *hello.kt*.
3. Скомпилировать в байт-код: **kotlinc** *hello.kt* -include-runtime -d *hello.jar*
4. Выполнить: **kotlin** *hello.jar* Миру мир
   или: **java -jar** *hello.jar* Миру мир

Kotlin: REPL

```
t4503@PC973:~/D/_Learn/languages $ kotlinc
Welcome to Kotlin version 1.8.0 (JRE 11.0.16+8-post-Debian-1deb10u1)
Type :help for help, :quit for quit
>>> val s = "Строка"
>>> s.toUpperCase()
res1: kotlin.String = СТРОКА
>>> s.length
res2: kotlin.Int = 6
>>> :quit
t4503@PC973:~/D/_Learn/languages $
```

Можно изучать **Kotlin** с помощью интерактивной среды (по типу REPL = Read-Eval-Print Loop), которая построчно исполняет команды, вводимые с консоли (в терминале / командном окне). Для этого запустить компилятор без параметров:

kotlinc

(Совсем как у таких скриптовых языков, как Ruby или Python.)

https://play.kotlinlang.org/ — online interactive Kotlin playground!

Kotlin: скрипты

Kotlin можно использовать как скриптовый язык.

Для этого в файл с суффиксом **.kts** записывается упрощённая исходная программа на языке Kotlin, в которой даже нет функции `main()`, например, 1 строка:

```
println("Миру — мир!")
```

Имя файла с исходником скрипта передаётся компилятору после параметра `-script` на компиляцию и немедленное выполнение:

```
kotlinc -script script_name.kts
```

hello.kt

```
const val LANGUAGE = "Kotlin" // константа глобальная
/* подпрограмма */
fun prepare(head: String,
            tail: String = LANGUAGE): String {
  return "$head, $tail!"
}
/** Doc comment:
 * главная программа
 * @param args – аргументы из командной строки
 */
fun main(args: Array<String>) {
  val greeting = "Привет"       // неизменяемая переменная
  var message: String =         // изменяемая переменная
    if (args.size == 2) {       // условное выражение
      prepare(args[0], args[1])
    } else {
      prepare(greeting, LANGUAGE)
    }
  println(message)
}
```

Синтаксис **Kotlin** – выразительный, ясный и понятный, легко осваивается любым, кто знает такие языки, как C, C#, Java, Objective-C, Swift, Ruby, Python или другой ОО-язык.

Kotlin vs Java

```kotlin
const val LANGUAGE = "Kotlin"

fun prepare(head: String = "Привет",
            tail: String = LANGUAGE): String {
  return "$head, $tail!"
}

fun main(args: Array<String>) {
  val message: String =
    if (args.size == 2) {
      prepare(args[0], args[1])
    } else {
      prepare()
    }
  println(message)
}
```

```java
public final class HelloKt {

  public static final String LANGUAGE = "Kotlin";

  public static final String prepare(String head, String tail) {
    return head + ", " + tail + '!';
  }

  public static final void main(String[] args) {
    String greeting = "Привет";
    String message = null;
    if (args.length == 2) {
      message = prepare(args[0], args[1]);
    } else {
      message = prepare(greeting, LANGUAGE);
    }
    System.out.println(message);
  }
}
```

Короче (на ~40%), проще, нагляднее:
легче писать, только необходимое.
Встроенные проверки на null.

Многословнее, тяжелее, хуже читается:
надо больше писать, чаще можно ошибиться.
Потребуются дополнительные проверки на null.

Синтаксис: именование

```
// принятые в Kotlin соглашения об именах:

// классы
val truth: Boolean = true                // с заглавной буквы

// литералы числовые
+1.23E-4, 42UL                           // + - 0-9 . _ b B x X f F u U UL e E

// константы
const val LANGUAGE = "Kotlin"           // заглавными буквами и "_"

// переменные
var languageAuthor = "Андрей Бреслав" // CamelCase

// функции
fun yearOfCreation(): Int { return 2010 } // CamelCase
```

Данные: литералы

```
Boolean: true, false
                                        // целые со знаком
Byte: -1, 0b0101, 0x0A1.toByte()
Int: 0, -25, 42, 12345, 0b1111_1111_1111_1111_1111_1111
Short: 0, -32768, 4_2, 1_000_000
Long: 1_000_000L, 1_000_000_000_000_000
                                        // беззнаковые целые
UByte: 0b0, 0xF1, 5u
UShort: 0b0, 65535, 0xFFFF, 25U
UInt: 0, 4_294_967_295, 1000000u
ULong: 18_446_744_073_709_551_615, 42UL
                                  // восьмеричных литералов нет
Float: 0.0001F, -0.25F, 4.2f
Double: 1000.0123456789, 42.0, 23e-3

Char: 'R', '#', 'Ш', '0', '\t', '\n', '\r', '\'', '\"', '\\'

String: "Хочу выучить Kotlin", "42", "R", "今日は!", """Много "\n" строк"""
```

Литералы объявляются практически так же, как во многих других языках, начиная с Perl или даже C.

Данные: типы данных

```
val identifier [: Type] = initialization // ссылка на объект неизменна
var identifier: Type [= initialization]  // ссылка на объект изменяема

const val LANGUAGE = "Kotlin"       // константа с «авто-типом»
val truth: Boolean = true           // «неизменяемая» переменная с типом
var lie = false                     // «изменяемая» переменная
var statement: Boolean?             // Nullable Boolean: true|false|null

val character: Char = 'R'           // 2 bytes = 16 bits, UTF-16 как в Java

val string = "JetBrains"            // вывод типа = type inference
var text: String                    // объявление типа без значения

var variable: Any = "Kotlin"        // ≈ Object @ Java
variable = 2010

if (obj is ClassName) { /* проверка типа = принадлежность к классу */ }
if (obj !is ClassName) { /* не принадлежит к классу? */ }
```

Данные: числа

```
                          // Signed integer numbers
val byte: Byte = -5                     //  8 bits = 1 byte: -128..127
val short: Short = 25                   // 16 bits = 2 bytes: -32768..32767
var integer: Int = 42                   // 32 bits = 4 bytes: -2^31..2^31-1
val long: Long = 32_768L                // 64 bits = 8 bytes: -2^63..2^63-1

                         // Unsigned integer numbers
val unsigned08: UByte = 32U             //  8 bits = 1 byte: 0..255
val unsigned16: UShort = 128U           // 16 bits = 2 bytes: 0..65535
var unsigned32: UInt = 256U             // 32 bits = 4 bytes: 0..2^32-1
val unsigned64: ULong = 32_768U         // 64 bits = 8 bytes: 0..2^64-1 байт

                    // Floating point fractional numbers
val pi: Float = 3.1415926F              // 4 байта: -3.4*10^38..3.4*10^38
val height: Double = -23e3              // 8 байт: ±5.0*10-^324..±1.7*10^308
var one = 0.0f; repeat(10) { one += 0.1f } // 1.0000001
```

Данные: символы

```
val character: Char = 'R'                       // 2 bytes = 16 bits (UTF-16)
val at = '\u0040'                               // '@'
val backslash = '\\'                            // '\'
val a = 97.toChar()                             // 'a'
var ch = a + 2                                  // 'c'
val b = ch - 1                                  // 'a'
    ch -= 24                                    // 'K'
    println(++ch)                               // 'L'
    println('a' < 'c')                          // true
'\n'.isWhitespace()                             // true
Character.isWhitespace(ch)                      // false
'k'.uppercaseChar(); 'k'.uppercase()            // 'K', "K"

val ch: Char = "Kotlin".first()                 // 'K'
println("Kotlin"[2])                            // 't'
println(""+'a'+'b'+'c')                         // "abc"
```

Данные: строки

```
var string = "Java"                                  // strings are immutable
string = "Kotlin"                                    // ссылка на новую строку

val character = string[0]                            // 'K' – 0-я буква в строке
string.forEach { char -> print(char) }               // итератор по символам
for (char in string) { print(char) }                 // цикл по символам

string +" – язык программирования № "+ 1 + '!'      // операция '+' (сцепление)
"$string разработан в ${2*1000+10} году"             // подстановка выражения

string.length; string.lastIndex;                     // свойства строк
"Kotlin".substring(0, 3)                             // "Kot"
"true".toBoolean()                                   // методы строк
"3.14".toDouble(); "42".toInt(); "25000".toLong();
string.uppercase()
string.substring(3)                                  // "lin"
string.replace("Kotlin", "Java", true)               // true = ignore case
string.isEmpty()                                     // false
"*".repeat(6)                                        // "******"
```

Данные: <обобщения>

Обобщения (Generics) — вариантность на уровне объявления (модификаторы):

- **in** — параметризованный тип *контравариантен* (contravariant): он может только потребляться, но не может производиться (Consumer in);
- **out** — параметризованный тип *ковариантен* (covariant): он только возвращается (производится) и никогда не потребляется (Producer out);
- **where** — в <> может быть указана только одна верхняя граница, для указания нескольких верхних границ нужно использовать отдельное условие where. Переданный тип должен одновременно удовлетворять всем условиям where. В приведённом примере тип T должен реализовывать и CharSequence, и Comparable.

```
fun <T> copyWhenGreater(list: List<T>, threshold: T): List<String>
    where T : CharSequence, T : Comparable<T> {
    return list.filter { it > threshold }.map { it.toString() }
}
```

Синтаксис: особенности

```
var `Это такое длинное имя переменной с пробелами на русском языке`: String

fun sideEffect(): Unit {}                          // ≈ void, точнее: некий

fun doNothingForever(): Nothing {                  // ничего не возвращает и
    while(true) { }                                // никогда не завершается
}                                                  // void @ Java

fun maxOf(a: Int, b: Int) = if (a > b) a else b // тело функции - выражение

var value: Int? = null                             // Nullable-тип

val string: String? = "Не пусто" as? String    // "Не пусто" || null

var (a, b) = listOf(1, 2)                          // параллельное присваивание
a = b.also { b = a }                               // обмен значений переменных

fun String.spaceToCamelCase() { /* … */ }      // функции-расширения для классов:
"Convert this to camelcase".spaceToCamelCase()
```

Синтаксис: операции

Оператор присваивания '=' в Kotlin – *инструкция*, а в Java – выражение.

Арифметические:

```
+ - * / % ++ -- += -= *= /= %=
```

Поразрядные:

```
and or xor inv shl shr ushr
```

Отношения:

```
== != < > >= <= === !==
```

Логические:

```
&& || xor ! not() and or  in !in
```

Строковые:

```
var message = "Привет, " + "Kotlin"                    // конкатенация
message += '!'
"1/3 равно ${1.0 / 3.0} в виде десятичной дроби."      // подстановка
```

Операции практически такие же, как в других языках программирования.

Синтаксис: operator overloading

Оператор	Метод
+a	a.unaryPlus()
-a	a.unaryMinus()
!a	a.not()
a + b	a.plus(b)
a - b	a.minus(b)
a * b	a.times(b)
a / b	a.div(b)
a % b	a.rem(b)
a += b	a.plusAssign(b)
a -= b	a.minusAssign(b)
a *= b	a.timesAssign(b)
a /= b	a.divAssign(b)
a %= b	a.remAssign(b)
a..b	a.rangeTo(b)
a in b	b.contains(a)
a !in b	!b.contains(a)

Оператор	Метод
a == b	a?.equals(b) ?: (b === null)
a != b	!(a?.equals(b) ?: (b===null))
a > b	a.compareTo(b) > 0
a < b	a.compareTo(b) < 0
a >= b	a.compareTo(b) >= 0
a <= b	a.compareTo(b) <= 0
++a	a.inc()
--a	a.dec()
a[i]	a.get(i)
a[i, j]	a.get(i, j)
a[i_1, …, i_n]	a.get(i_1, …, i_n)
a[i] = b	a.set(i, b)
a[i, j]=b	a.set(i, j, b)
a[i_1, …, i_n]=b	a.set(i_1, …, i_n, b)
a()	a.invoke()
a(i_1, ..., i_n)	a.invoke(i_1, …, i_n)

Синтаксис: ветвление

```
val y = if (x == 1) {                          // if-else возвращает результат
    "one"
} else if (x == 2) {
    "two"
} else {
    "other"
}

fun describe(obj: Any): String =               // when возвращает результат
    when (obj) {
        1          -> "Один"
        "Hello"    -> "Приветствие"
        is Long    -> "тип Long"
        !is String -> "Не строка"
        else       -> "UNKNOWN"
    }
```

Синтаксис: циклы

```
val list = listOf("яблоко", "банан", "киви", "фига", "авокадо")

for (item in list) { print(item) }
for (i in list.indices) { print(list[i]) }

var i = 0
while (i < list.size) {
    print(list[i]); i++
    if (i % 2 == 0) { continue }
    if (i == 2) { break }
}

for (i in 1..n step 2) { print(i) }
for (i in n downTo 0 step 3) { print(i) }

repeat(n) { print(message) }
```

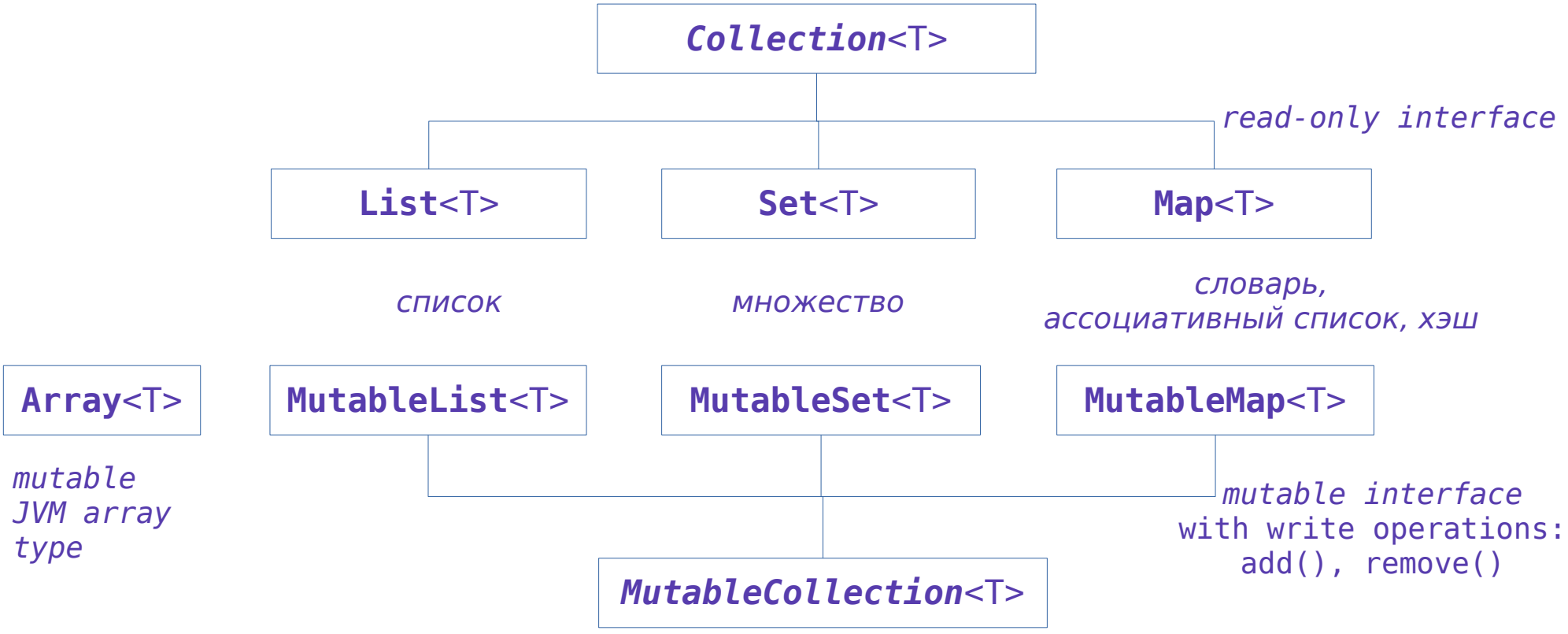
```
var i: Int = 0
do {
    print(list[i])
    i++
} while (i < list.size)
// post-test loop
```

```
print(message.repeat(n))
```

Синтаксис: диапазоны

```
val range = m..n                                    // >=m, <=n
if (x in range) { print("$x – в диапазоне от $m до $n") }

println("hello" in "he".."hi")                      // true
if (character in 'a'..'z') { print("Маленькая латинская буква") }

for (i in 1..n+1) { print(i) }                      // i >= 1 && i <= n+1

for (i in list.indices) { print(list[i]) }

for (i in 1..100) { print(i) }                      // закрытый диапазон: <= 100
for (i in 1 until 100) { print(i) }                 // полуоткрытый диапазон < 100
for (i in 2..10 step 2) { print(i) }
for (i in 10 downTo 1) { print(i) }

(1..10).forEach { print(message) }                  // итератор по диапазону
```

Синтаксис: коллекции



Синтаксис: списки (методы)

```
val list = listOf("яблоко", "банан", "киви", "фига")           // List<String>

list.subList(1, 3)                                             // [банан, киви]
list.slice(from_index..to_index)
list.filter { x -> x.length == 4 }                             // методы
list.map { it.length >= 4 }
val i = list.indexOf("яблоко")
if (i in list.indices) { print("$i в диапазоне") }             // свойства
if (i !in 0..list.lastIndex) { print("$i вне диапазона") }
if ("фига" !in list) { print("Нифига не осталось!") }          // !
list.contains("фига")

for (item in list) { print(item) }                             // цикл по списку
for (i in list.indices) { print("$i ${list[i]}") }
for (i in 0..list.size-1) { print(list[i]) }                   // list.get(i))
for (i in 0 until list.size) { print(list[i]) }
for (i in list.lastIndex downTo 0) { print(list[i]) }
repeat(list.size) { print(list[it]) }
list.forEach { print(it) }                                     // итератор по списку
```

Синтаксис: изменяемые списки

```
var mutableList = mutableListOf("日", "月")
mutableList += "星"                                          // mutableList.add("星")
mutableList -= "月"                                          //
mutableList.removeAt(1)
print(mutableList[1])
mutableList.addAll(anotherMutableList)                        // join
val newMutableList = mutableList + anotherMutableList         // concatenate
val mutableListCopy = mutableList.toMutableList()             // copy

val numbers = mutableListOf<Int>(1, 2, 3, 4, 5)
numbers.removeAt(0)                                           // == numbers.remove(1)
numbers.add(25)                                               // append
numbers.add(0, 11)                                            // prepend
println(numbers.shuffle().joinToString(";"))                  // 2; 25; 3; 4; 5; 11
numbers.last() == numbers[numbers.size-1] == numbers[numbers.lastIndex]
numbers.clear()
```

Синтаксис: многомерные списки

```
// multi-dimensional list == list of lists

val mutableList2D = mutableListOf(              // 2D list == matrix columns ==
                                                // таблица из 3 строк по N колонок
    mutableListOf<Int>(2),                      // [0][0]
    mutableListOf<Char>('B', 'O'),              // [1][0],[1][1]
    mutableListOf<String>("not", "to", "be")    // [2][0],[2][1],[2][2]
)
print(mutableList2D[2].joinToString())          // список → строка

manyDimensionalList[latitude][longitude][height][temperature][humidity][pressure]
```

Синтаксис: словари

```
// Map<K, V>                                          // ассоциативный массив, словарь, хэш
var map = mapOf("Kotlin" to 2016, "Java" to 1995, "Ruby" to 1995)
    map = mapOf(Pair("Kotlin", 2016), Pair("Java", 1995), Pair("Ruby", 1995))
map["Kotlin"]          // == map.get("Kotlin")
map -= "Java"

map.entries                                                 // свойства: список пар
map.keys                                                    //           список ключей
map.values                                                  //           список значений
map.size                                                    //         размер
map.count { it.value == 1995 }                              // методы: подсчёт
map.containsKey("Ruby")                                     //         поиск ключа
map.containsValue(1995)                                     //         поиск значения
map.toSortedMap()                                           //      сортировка по ключам
map.filter{ it.key == "Kotlin" || it.value == 1995}         //         фильтр

for ((k, v) in map) { print("$k => $v") }                    // цикл по Map
map.forEach { k, v -> print("$k => $v") }                    // итератор по Map
```

Синтаксис: изменяемые словари

```
// MutableMap<K, V>
// var map: MutableMap<Any, Any> = mutableMapOf()
var mutableMap = mutableMapOf("Kotlin" to 2016, "Java" to 1995, "Ruby" to 1995)

mutableMap.put("Python", 1991)
mutableMap["Perl"] = 1987
mutableMap += Pair("JavaScript", 1995)
mutableMap += "Go" to 2009

mutableMap.remove("Java")
mutableMap -= "Python"
```

По умолчанию MutableMap реализован как **LinkedHashMap**, который сохраняет порядок добавления элементов.
Другая реализация, **HashMap**, не сохраняет порядок добавления элементов.

Синтаксис: множества

```
// Set<T>

                                                    // дубликат не попадёт в набор
val set = setOf("一", "二", "三", "一")             // "一", "二", "三"
set.first()                                         // "一"
set.last()                                          // "三"
set.elementAt(1)                                    // "二"
setOf(1,2,3) union setOf(4,5)                       // слияние: [1,2,3,4,5]
setOf(1,2,3) intersect setOf(2,1)                   // пересечение: [1,2]
setOf(1,2,3) subtract setOf(4,3)                    // вычитание:  [1,2]

val listWithDuplicates = listOf("四", "五", "六", "七", "五")
val setWithoutDuplicates = list.toSet()             // "四", "五", "六", "七"

// MutableSet<T>
var mutableSet = mutableSetOf("Red")
mutableSet += "Yellow"
mutableSet.add("Blue")
mutableSet -= "Red"
```

I/O: стандартный

```
val line = readln()                                  // STDIN
                                                     // readLine()!! before Kotlin 1.6

                                                     // STDOUT
print(line)                                          // без \n
println(line)                                        // с \n
println()                                            // только \n

                                                     // STDERR
System.err.println(error_message)                    // вывод для JVM
```

Kotlin: functional programming

- Глобальные функции: вне классов.
- Вложенные функции *(local functions)*.
- Функции-расширения.
- Тип данных: функция.
- Лямбды *(Lambda)*.
- Функции высшего порядка (*higher order function*).
- Функции среды (*scope functions*).
- Удобный синтаксис:
  - функции-выражения *(expression body)*;
  - аргументы по умолчанию *(default arguments)*;
  - именованные аргументы *(named arguments)*;
  - инфиксная нотация функций *(infix functions)*;
  - приём произвольного количества аргументов (*vararg*);
  - передача одного аргумента lambda без ().

Синтаксис: функции

```
fun functionName(p1: Type1, p2: Type2, ...): ReturnType {
    // body
    return result
}

fun sum(a: Int, b: Int): Int {                          // block body
    return a + b
}
fun difference(a: Int, b: Int) = a - b                  // expression body

fun printSum(a: Int, b: Int): Unit {                   // не возвращает значения ≈ void
    print("$a + $b == ${sum(a, b)}")
}

fun printDifference(a: Int = 0, b: Int = 0) {       // значения аргументов по умолчанию
    print("$a - $b == ${difference(a, b)}")
}

fun `login with correct login and password`() {         // имена функций для тестов
    //given //when //then
}
```

Функции: аргументы

```
// аргументы по умолчанию (default arguments)
fun square(length: Int = 1, width: Int = length) = length*width
result = square(10, 20)                          // 10*20 == 200
result = square(10)                              // 10*10 == 100
result = square()                                // 1*1   == 1

// именованные аргументы (named arguments)
fun volume(length: Int, width: Int, height: Int=1) = length*width*height

result = volume(300, 20, 1)                      // positional arguments
result = volume(length = 300, 20, 1)             // Kotlin version >= 1.4
result = volume(width = 20, length = 300, 1)
result = volume(height = 1, length = 300, width = 20)

result = volume(300, 20)                         // height=1 по умолчанию
result = volume(width = 20, length = 300)
```

Функции-расширения

```
// Можно расширять существующие классы,
// добавляя в них новые методы и свойства!

package strings
fun String.lastCharacter(): Char = this.get(this.length-1) // метод
var StringBuilder.lastChar: Char                           // свойство
    get() = get(length-1)
    set(value: Char) { this.setCharAt(length-1, value) }

import strings.*
print("Kotlin".lastCharacter())
val string = StringBuilder("Kotlin?")
string.lastChar = '!'
print(string.lastChar)
```

Данные: функции

```
// Тип данных — функция:
                (arg1: Type1, arg2: Type2, ...) -> ReturnType

val lambda = { print("Это лямбда ") }    // сохранить функцию в переменной
lambda()                                 // тип: () -> Unit

val runAndLog: (() -> Unit) -> String = { // -> String = { func ->
    it()
    "... завершила работу"
}

println(runAndLog(lambda))               // "Это лямбда ... завершила работу"
```

Функции: лямбды

```
// lambda-выражения для фильтрации и модификации коллекции в цепочке

val list = listOf("яблоко", "апельсин", "киви", "фига", "авокадо")
list.sortedBy { it }                                  // отсортировать
    .filter { it.startsWith("a") }                    // выбрать
    .map { it.uppercase() }                           // озаглавить
    .forEach { println(it) }                          // => АВОКАДО АПЕЛЬСИН

// lambda – параметр функции
people.maxBy({ p: Person -> p.age })    // lambda как аргумент функции maxBy
people.maxBy() { p: Person -> p.age }   // lambda можно вынести за скобки
people.maxBy { p: Person -> p.age }     // тип параметра указан явно
people.maxBy { p -> p.age }          // тип параметра выводится из контекста
people.maxBy { it.age }  // it – автоматически сгенерированное имя параметра
```

Kotlin: object-oriented programming

Классы. Классы данных. Перечисления. Sealed class.
Class members:
- Конструкторы. Инициализирующие блоки.
- Функции (методы)
- Свойства. Accessors. Делегирование свойств.
- Вложенные классы.
- Вспомогательные объекты.

Наследование. Открытые классы. Абстрактные классы.
Интерфейсы. Функциональные интерфейсы (SAM interfaces).
Объекты. Анонимные объекты (object expressions).

ООП: класс данных

```
// DTO = POJO = POCO
// структура для данных с описанием
data class Book(
    var title: String, // свойств
    var author: Author // (class fields)
)
```

Создаёт класс *Book* с такими возможностями:

- геттеры (и сеттеры в случае var) для всех свойств,
- метод equals(),
- метод hashCode(),
- метод toString(),
- метод copy(),
- методы component1(), …, componentN() для всех свойств:

```
val (title, author) = book
```

```
/* Java*/
class Book
  private String title;
  private Author author;

  public String getTitle() {
    return title;
  }
  public void setTitle(String title){
    this.title = title;
  }

  public Author getAuthor() {
    return author;
  }
  public void setAuthor(Author author){
    this.author = author;
  }
)
```

ООП: класс

```
class Person constructor (                          // параметры конструктора
    val givenName: String,                          // свойства (R)
    val familyName: String,                         //          (R)
    var birthday: LocalDate) {                      //          (RW)
                                                    // блок инициализации #1
    init { println("Initializer block") }
                                                    // member function
    fun fullName(): String {
        return "$givenName $familyName"
    }                                               // метод
                                                    // блок инициализации #N
    init { println(fullName()) }
}
                                                    // вызов конструктора
val son = Person("Lev", "Shock", LocalDate.of(1988, 6, 24))
```

ООП: конструкторы

```
// constructor signature: количество, типы, порядок параметров
class Size(                                          // primary constructor
    var width: Double = 1.0,
    var height: Double = 1.0) {
    var area: Double = width * height                // secondary constructors
    constructor(h: Int): this(height = h.toDouble()){  }
                                                     // constructor delegation
    constructor(w: Int, h: Int): this(w.toDouble(), h.toDouble()) { }
    constructor(w: Int, h: Double): this(w.toDouble(), h) {  }
    constructor(h: Double, w: Int): this(w.toDouble(), h)
    constructor(s: Size): this(s.width, s.height)
}

val size1 = Size(7)                                  // 1st constructor
val size2 = Size(1, 7)                               // 2nd constructor
val size3 = Size(1, 7.0)                             // 3rd constructor
val size4 = Size(7.0, 1)                             // 4th constructor
val size5 = Size(size4)                              // 5th constructor
```

Класс: accessors

```
class Someone(name: String) {     // не свойство, а параметр конструктора!
    var name: String = name                                    // явные:
    get() = field                                              // getter
    set(value) {                                               // setter
      previousName = field                  // backing field of a property
      field = value
    }
    var previousName = "Unknown"

    var grammyAwards: Int = 0
    get() { field++; return field }         // свойство (вычисляемое)
}

    val musician = Someone("David Robert Jones")
    musician.name = "David Bowie"
    println(musician.previousName)
    println(musician.name)
    repeat(5) { print("${musician.grammyAwards} ") }
```

Класс: свойства

```
class Rectangle(
    var height: Double = 1.0,                   // свойство из конструктора
    var width: Double = 1.0) {                  // свойство из конструктора
    val color: Int = 0xFFFFFF                   // class property
    var perimeter = (height + width) * 2        // свойство (вычисляемое)
}

// Инициализация свойств объекта с помощью функции apply
val myRectangle = Rectangle().apply {
    height = 2.0
    width = 5.0
    color = 0xFAFAFA
} // Полезно для конфигурации свойств, которых нет в конструкторе объектов
```

Класс: методы

```
class Turtle {
    fun penDown()                   // member functions
    fun penUp()
    fun turn(degrees: Double)
    fun forward(pixels: Double)
}

val myTurtle = Turtle()             // default constructor
myTurtle.turn(360.0)

with(myTurtle) {                    // вызов нескольких методов объекта (with)
    penDown()
    for (i in 1..4) {               // нарисует квадрат размером 100x100 px
        forward(100.0)
        turn(90.0)
    }
    penUp()
}
```

Класс: модификаторы доступа

4 модификатора доступа: private, protected, internal и public (по умолчанию):

- **public** — любой клиент, который видит объявленный класс, видит его public-члены.
- **private** означает видимость только внутри этого класса (включая его члены);
- **protected** — то же самое, что и private + видимость в подклассах;
- **internal** — любой клиент внутри модуля, который видит объявленный класс, видит и его internal-члены;

Если protected- или internal-член переопределен и явно не указана его видимость, то переопределенный элемент будет иметь тот же модификатор, что и исходный.

ООП: наследование

```
open class Shape {
    open fun draw() { /*...*/ }
    fun fill() { /*...*/ }
}                                   // пустой открытый класс

class Rectangle(var height:Double=1.0, var width:Double=1.0): Shape() {
    var perimeter = (height + width) * 2          // свойство (вычисляемое)
    override fun draw() { /*...*/ }
}

val rectangle = Rectangle(5.0, 2.0)               // конструктор

println("Периметр: ${rectangle.perimeter}")
```

ООП: объекты

```
object Singleton {          // named object is a singleton & cannot be local
    var name: String = "Это объект «одиночка»"
    fun printName() {
        println(name)
    }
}
print(Singleton.name)
Singleton.printName()

val helloWorld = object {                                  // anonymous object
    val hello = "Hello"
    val world = "World"
    // тип анонимных объектов Any, поэтому необходим override в toString()
        override fun toString() = "$hello, $world!"
    }
helloWorld.toString()
```

ООП: перечисления

```
enum class Rainbow0 {                          // контейнер для набора констант
    RED, ORANGE, YELLOW, GREEN, BLUE, INDIGO, VIOLET
}

//  инициализация элементов через передачу значений конструктору:
enum class Rainbow(val color: String, val rgb: String) {
    RED("Красный", "#FF0000"),
    ORANGE("Оранжевый", "#FF7F00"),
    YELLOW("Жёлтый", "#FFFF00"),
    GREEN("Зелёный", "#00FF00"),
    BLUE("Синий", "#0000FF"),
    INDIGO("Индиго", "#4B0082"),
    VIOLET("Фиолетовый", "#8B00FF");                  // ; здесь обязательна!
    fun printFullInfo() { println("Color - $name, rgb - $rgb") }
}
```

Типы многопоточности

В различных языках реализованы разные подходы к многопоточному программированию и параллельному выполнению:

- основанные на **callback** (JavaScript);
- основанные на **future / promise** (Java, JavaScript), deferred (Kotlin);
- основанные на **async / await** (C#, Kotlin);
- сопрограммы на **state machines** (Kotlin);
- сопрограммы на **fibers** (Ruby);
- goroutines на **CSP** (Go);
- **actor model** — форма cooperative multitasking;

Все они могут быть реализованы при помощи *сопрограмм*, так как не навязывают стиль программирования. С их помощью может быть реализован любой стиль многопоточного программирования, а некоторые уже реализованы в библиотеках Kotlin.

Сопрограммы

Сопрограммы (coroutines) – это приостанавливаемые вычисления в виде легковесных потоков. Это реализация *кооперативной многозадачности* (cooperative multitasking), в которой мы сами управляем потоками (в отличие от вытесняющей многозадачности (preemptive multitasking) с потоками (Threads) ОС или JVM).

Сопрограммы в **Kotlin** оформляются как простой последовательный код, лёгкий для понимания, а вся сложность прячется внутри библиотек. Они предоставляют возможность запускать асинхронный код без блокировок. Вместо блокировки потоков вычисления становятся прерываемыми.

Сопрограммы работают как **конечные автоматы**, которые переходят из одного промежуточного состояния в другое, пока не достигнут конечного состояния.

Сопрограммы: suspend

Сопрограммы оформляются в виде функций с модификатором **suspend** (т. н. «окраска функций»).

Компилятор добавляет в такие функции дополнительный параметр типа `kotlin.coroutines.Continuation`, а тип возвращаемого результата меняет на `kotlin.Any?`, т. к. suspend-функция может либо приостанавливаться (возвращать маркер состояния), либо возвращать результат.

Сопрограммы: scope

Несколько сопрограмм из одного метода выполняются в «логической сфере» (scope), привязанной к жизненному циклу метода. При завершении метода все его сопрограммы отменяются, чтобы избежать утечки памяти. Нет возможности выйти из scope, пока все сопрограммы в нём не закончатся.

В **Kotlin** предусмотрен общий **GlobalScope**, а у каждой из suspend-функции — **coroutineScope**.

Если сопрограмма запущена в GlobalScope, то программа не будет ждать её завершения.
Родительская программа предоставляет scope для своих дочерних сопрограмм.

Сопрограммы: builder

Сопрограмма запускается с помощью одного «построителей» (coroutine builder):

- **`launch`** — запускает сопрограмму на независимое параллельное выполнение в виде легковесного процесса (через диспетчер потоков).

- **`async`** — похож на `launch`, но возвращает через lambda-выражение значение в виде объекта типа Deferred<T>, где T — это тип возвращаемого значения. У объекта Deferred есть метод `await()`, который возвращает это значение, когда оно готово (при окончании работы сопрограммы).

- **`runBlocking`** — блокирует поток, из которого была запущена сопрограмма, когда сопрограмма приостанавливается: например, чтобы `main()` не закончилась раньше сопрограммы.

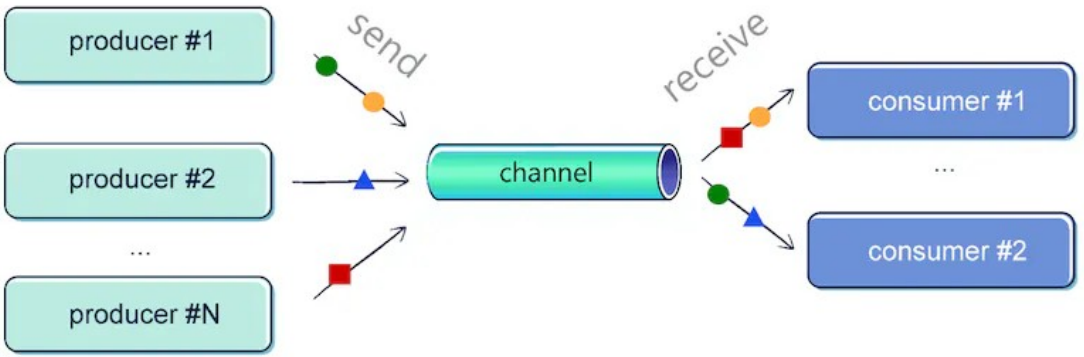
Сопрограммы: async

```
// асинхронное (параллельное) выполнение

import kotlin.system.measureTimeMillis
import kotlin.coroutines.*
import kotlinx.coroutines.*

fun doSomething(message: String): String {
  println("$message started")
  Thread.sleep(1000L) // задержка 1 сек.
  println("$message finished")
  return message
}

suspend fun main() {
  val time = measureTimeMillis {
    GlobalScope.async { doSomething("One") }
    GlobalScope.async { doSomething("Two") }
  }
  println("Elapsed: $time ms.")
}

// Elapsed: 36 ms.
// One started
// Two started
```

```
// async – это coroutine builder
// async() возвращает Deferred Job
// await() ожидает завершения сопрограммы

suspend fun main() {
  val time = measureTimeMillis {
    val j1 = GlobalScope.async { doSomething("One") }
    val j2 = GlobalScope.async { doSomething("Two") }
    j1.await() + j2.await()
  }
  println("Elapsed: $time ms.")
}
// One started
// Two started
// One finished
// Two finished
// Elapsed: 1035 ms.
```

Сопрограммы: каналы

Канал (channel) подобен очереди (queue). У канала есть suspend-функции send и receive. Поэтому несколько сопрограмм-поставщиков (producer) могут записывать в канал, и несколько сопрограмм-потребителей (consumer) могут читать из этого канала, то есть использовать каналы, чтобы передавать данные друг другу без блокировки.



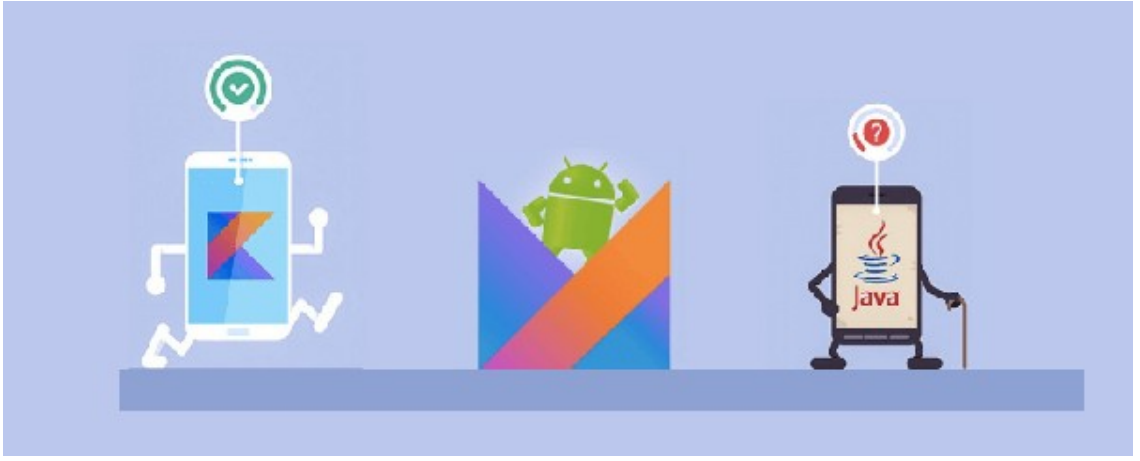
Виды каналов:

- **Rendezvous** — канал по умолчанию с ёмкостью Channel.RENDEZVOUS (==0): обмен данными может произойти только, если отправитель и получатель «состыковались» (producer всегда ждёт consumer-а).
- **Conflated** — канал с ёмкостью Channel.CONFLATED (==1): каждый новый элемент заменяет предыдущий.
- **Buffered** — канал с определённой ёмкостью Channel.BUFFERED (==64 по умолчанию, изменяется в системном свойстве kotlinx.coroutines.channels.defaultBuffer в JVM).
- **Unlimited** — канал с ёмкостью Channel.UNLIMITED, то есть с неограниченным буфером, при этом функция send никогда не приостанавливается.

Kotlin: применение

Kotlin применяется для всех видов приложений:

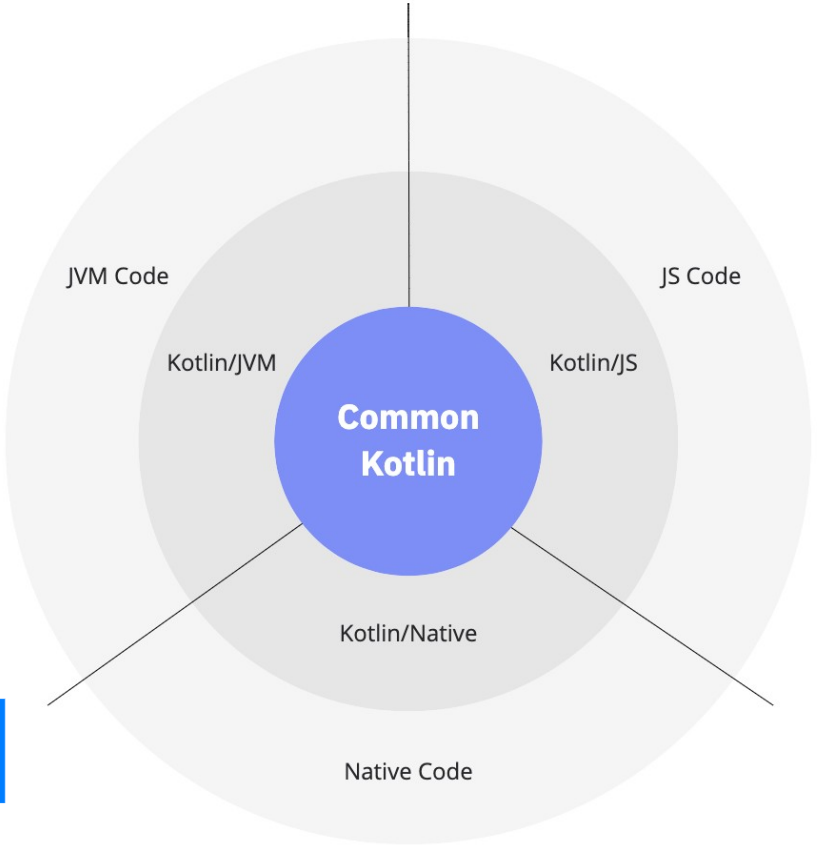
- мобильных (mobile: Android ← JVM; iOS, iPadOS ← native code)
- браузерных (client-side web: → JavaScript / WebAssembly)
- серверных (server-side: JVM или native?)
- настольных (desktop: MS Windows, GNU/Linux, Apple macOS)
- встраиваемых (embedded / IoT: Raspberry Pi OS @ ARM, ...)



Kotlin Multiplatform

Kotlin – для кросс-платформенной разработки:

- **JVM**: server-side, desktop
- **KMM** (Kotlin Multiplatform Mobile): Android, iOS, iPadOS
- **JS**: client-side web applications
- **Native**: Windows, Linux, iOS, iPadOS, macOS, Raspberry Pi OS (ARM)



JVM

Android

Browser

Native

Compose Multiplatform

Google **Jetpack Compose** для Android — современное средство для декларативного (без XML и шаблонов) создания UI на языке Kotlin: библиотеки @Composable-функций, с помощью которых представляются части визуального интерфейса.

Compose Multiplatform — фреймворк на Kotlin для кросс-платформенной разработки UI на основе Jetpack Compose, позволяющий использовать общие исходники:

- ***Compose for Desktop*** обеспечивает декларативный и реактивный подход к разработке пользовательских интерфейсов; нацелен на JVM, использует мощную графическую библиотеку Skia для поддержки высокопроизводительного аппаратно ускоренного рендеринга UI на основных платформах (macOS, Windows, Linux); позволяет создавать дистрибутивы native-приложений «в один клик».
- ***Compose for Web*** (+ **Kotlin/JS**) позволяет создавать реактивные пользовательские интерфейсы для веб-приложений на Kotlin. Предлагает разные способы объявления UI. Позволяет полностью контролировать вёрстку сайта с помощью декларативного DOM API, Multiplatform Widgets.

Kotlin/JVM

Kotlin на 100% совместим с ***Java*** по byte-code для JVM.
Поэтому его применяют для разработки новой функциональности и переработки существующей в проектах на языке ***Java***.

А также для разработки на **Kotlin** новых проектов, в которых:

- требуется совместимость с кодовой базой на ***Java***;
- участвуют программисты с опытом разработки на ***Java***.

Kotlin/JS

Kotlin/JS предоставляет возможность переноса кода Kotlin, стандартной библиотеки Kotlin и любых совместимых зависимостей в JavaScript. Текущая реализация Kotlin/JS ориентирована на ES5 (Standard ECMA-262 ECMAScript® v.5.1).

Применение Kotlin/JS:

- Front-end в веб-приложениях: код на Kotlin для управления DOM.
- Серверные и приложения: возможность использования Node.js, предоставляемая Kotlin/JS.
- Сервисы в бессерверной инфраструктуре: типобезопасный доступ к Node.js API из кода на Kotlin.
- Мультиплатформенные проекты (использование одного кода на Kotlin в full-stack веб-приложениях): одна реализация бизнес-логики в back-end, веб-интерфейсе и мобильном приложении.
- Библиотеки для использования с JavaScript и TypeScript: преобразовывать библиотеки из кода на Kotlin.

Kotlin/JS

```
fun main() {
    println("Hello, world!!!")
}
```

Kotlin code

to

JavaScript code

```
kotlin.kotlin.io.output.flush();

if (typeof kotlin === 'undefined') {
  throw new Error(
    "Error loading module 'moduleId'. Its dependency 'kotlin' was not found.
     Please, check whether 'kotlin' is loaded prior to 'moduleId'.");
}
var moduleId = function (_, Kotlin) {
  'use strict';
  var println = Kotlin.kotlin.io.println_s8jyv4$;
  function main() {
    println('Hello, world!!!');
  }
  _.main = main;
  main();
  Kotlin.defineModule('moduleId', _);
  return _;
}
(typeof moduleId === 'undefined' ? {} : moduleId, kotlin);

kotlin.kotlin.io.output.buffer;
```

Kotlin/Native

Kotlin/Native – средство кроссплатформенной разработки программ с компиляцией в «родной» исполняемый код (с помощью LLVM) для целевой операционной системы и аппаратной платформы.

Компилятор **Kotlin/Native** разработан для macOS, Linux и MS Windows. Он доступен как средство командной строки и поставляется в составе стандартного дистрибутива Kotlin, или его можно загрузить из раздела JetBrains на GitHub.

В **Kotlin/Native** поддерживаются разные целевые системы, включая **iOS** (arm32, arm64, simulator x86_64), tvOS (arm64, x64), watchOS (arm32/64, x32/64), **MS Windows** (mingw32, x86_64), **GNU/Linux** (x86_64, MIPS32, MIPSel32, linux_x64), **macOS** (x86_64, arm64), **Android** NDK (arm32/64, x32/64), **Raspberry Pi OS** (arm32_hfp, arm64), STM32, **WASM**.

Kotlin/wasm

WebAssembly (wasm) — язык программирования низкого уровня для стековой виртуальной машины, спроектированный как кросс-платформенный целевой язык компиляции с высокоуровневых языков.

Реализация WebAssembly есть во всех основных браузерах (кроме Internet Explorer) с конца 2017 г. По состоянию на июль 2021 год 94 % установленных браузеров поддерживают WebAssembly. Для устаревших браузеров существует полифил asm.js.

Компилятор **Kotlin/Native** (K2) использует технологию LLVM, которая также применяется для WebAssembly.

В режиме **Kotlin/Wasm** исходник на Kotlin компилируется в код на wasm, который можно запускать в браузере.

Kotlin for **Android**

На конференции «Google I/O 2017», компания Google объявила полноценную (first-class) поддержку языка **Kotlin** на Android. Год спустя уже 35% разработчиков применяли Kotlin.

На конференции «Google I/O 2019», она объявила, что язык программирования **Kotlin** теперь стал предпочтительным языком (preferred language) для разработчиков приложений на Android.

В 2021 году 1.2 миллиона приложений в Google Play Store используют **Kotlin**.

Google оценивает, что 80% из 1000 лучших приложений в Play Store написаны на **Kotlin**. Также на нём сделаны Maps, Play, Drive.

После установки Android Studio при создании проекта один из первых «советов дня»: «Вы можете легко преобразовать любую программу на Java в программу на Kotlin».

IDE для Kotlin

IntelliJ IDEA – IDE для разработки на Kotlin и Java,
а также на других инструментах:
Groovy, Scala, *Ruby & JRuby*, Rust, *Go*, Dart,
Python & Jython & *Cython*, *PHP*, *SQL*,
JavaScript & *TypeScript*,
HTML & XML & JSON & YAML, XSL & Xpath, Markdown,
CSS & *Sass* & *SCSS* & *Less*, *Haml* & *Slim* & *Liquid*.
Она также поддерживает много каркасов (frameworks)
для разработчиков backend и frontend.

Варианты:

- IC = IDEA Community Edition.
- IE = IDEA for Education: Community Edition for learners and educators.
- IU = IDEA Ultimate Edition *(commercial, free 30-day trial)*.

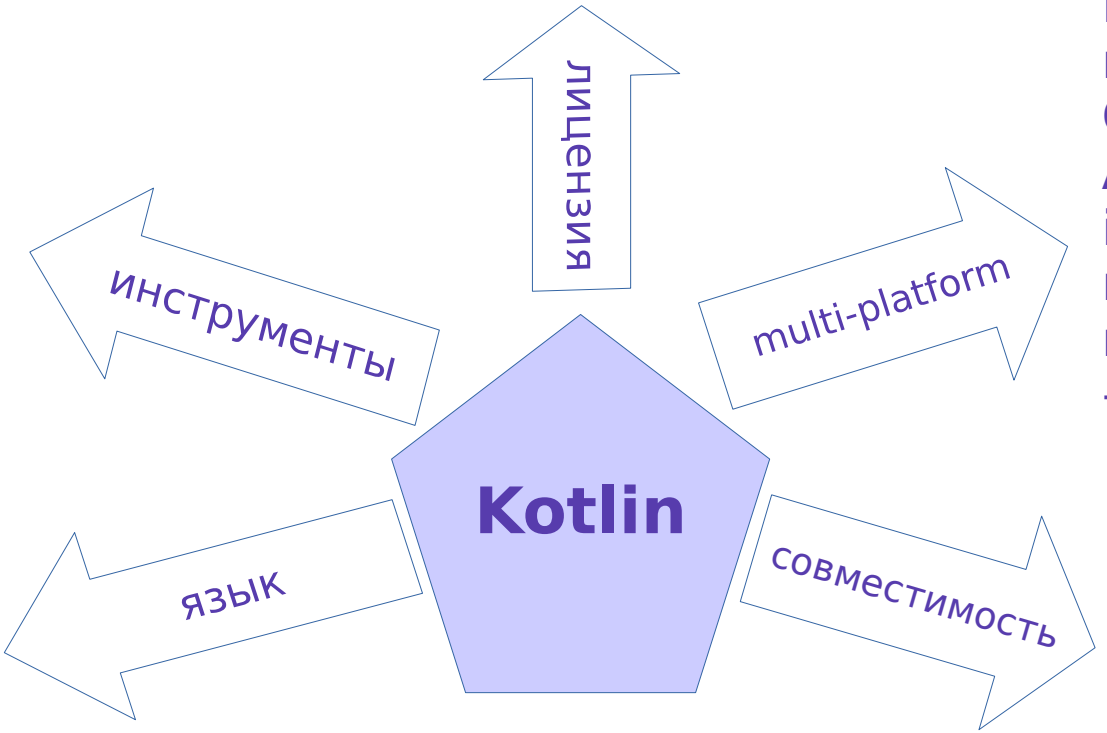
Android Studio — это специальная версия IDEA.

Kotlin: достоинства

open-source

IntelliJ IDEA,
Android Studio,
компиляторы,
Gradle,
библиотеки,

современный,
удобный,
мощный,
практичный,
краткий,
надёжный



MS Windows,
macOS,
GNU/Linux,
Android,
iOS, iPadOS,
native@x32/64,
native@arm32/64,
→ JS | WASM

где *Java*,
вместе с *Java*,
вместо *Java*

Kotlin стоит применять

Kotlin отлично подходит для обучения: особенно объектно-ориентированному и функциональному стилям программирования.

Kotlin очень хорош для разработки: лёгкий современный синтаксис, мощные конструкции, строгая типизация, удобные инструменты, интеграция с другими средствами разработки, море библиотек, в т. ч. из языка Java.

Kotlin весьма удобен для сопровождения и поддержки: короткие, ясные для понимания программы, отличная документация.

Kotlin эффективен в эксплуатации: многоплатформенный, программы быстро выполняются, хорошо реализована многопоточность, защита от NPE.

Книги: много, и на русском тоже

Ссылки: обучение

- https://kotlinlang.org/ # Официальный сайт
- https://kotlinlang.ru/ # ... на русском
- https://github.com/JetBrains/kotlin # @ GitHub
- https://play.kotlinlang.org/ # Kotlin online playgrond
- https://www.jetbrains.com/idea/download/ # IntelliJ Idea IDE

- 14 бесплатных курсов по языку программирования Kotlin
- Kotlin Basics # JetBrains Academy free course
- Введение в Kotlin JVM # @ stepik.org (курс не закончен)
- Kotlin for Java Developers # курс JetBrains @ Coursera
- Разработка Android-приложений на Kotlin # СПбГЭТУ «ЛЭТИ» + JetBrains
- Андроид-разработка для начинающих. Практика # @ GeekBrains

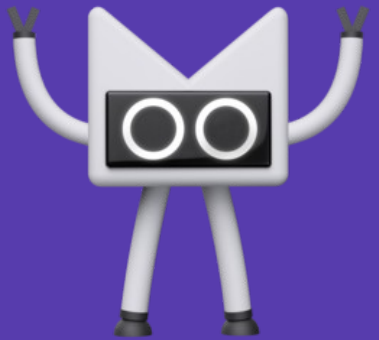
- https://www.w3schools.com/kotlin/
- https://skillbox.ru/media/code/yazyk-programmirovaniya-kotlin/ # применение языка
- https://proglib.io/p/top-10-knig-dlya-izucheniya-yazyka-programmirovaniya-kotlin

Ссылки: дополнительно

- https://ru.education-wiki.com/2741401-kotlin-functions # Функции в Котлине
- https://www.youtube.com/watch?v=aR1LluibAD0 # Введение в Kotlin Coroutines
- https://kt.academy/article/cc-channel # Каналы между сопрограммами
- https://github.com/Kotlin/dokka # API documentation engine for Kotlin
- https://superkotlin.com/kotlin-and-webassembly/ # Kotlin and WebAssembly
- https://blog.jdriven.com/2021/04/running-kotlin-in-the-browser-with-wasm/
- https://metanit.com/kotlin/jetpack/ # Руководство созданию приложений под Android с помощью Kotlin и Jetpack Compose

Готов ответить на ваши

? ? ?



Посвящается нашему сыну Лёве.