Портирование **Android-приложений** в экосистему **HarmonyOS NEXT** с использованием формальных спецификаций

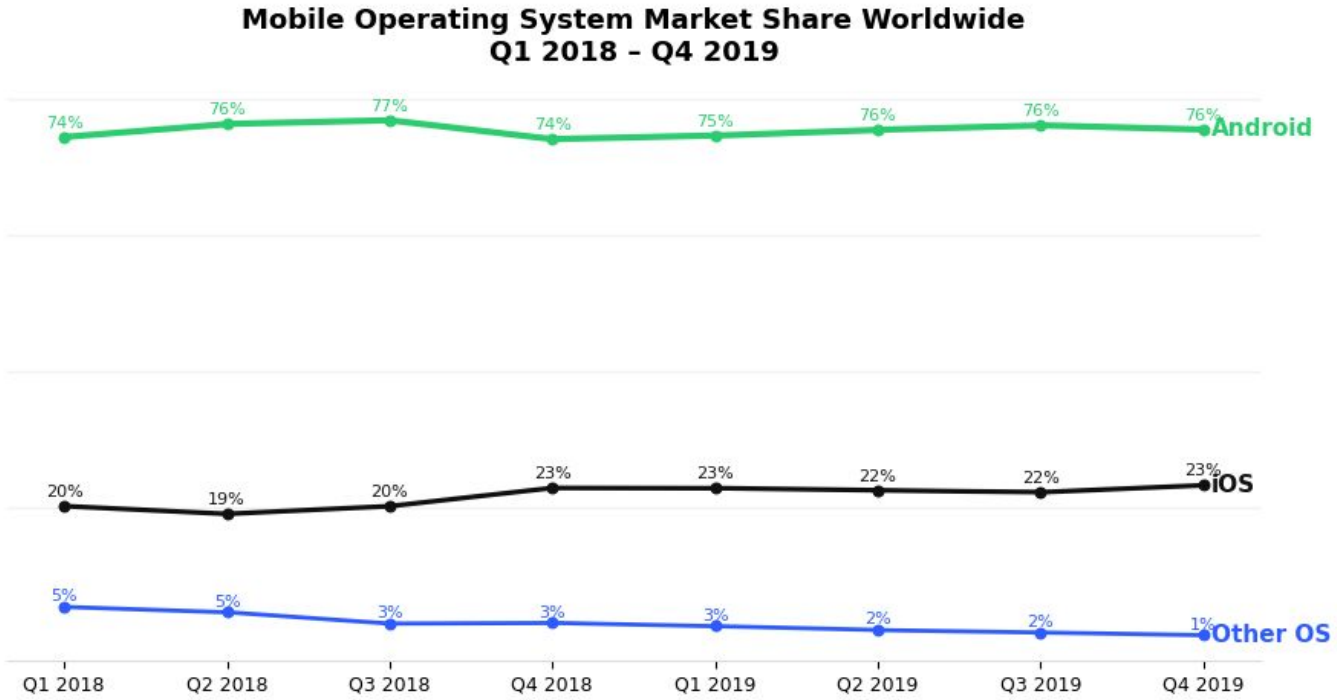
Миленин Иван | Мобильный разработчик

липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Оглавление

Мобильные ОС (2018-2019)



HarmonyOS 1.0 (First Gen.)

- Первый публичный релиз в 2019 году
- Использовалась лишь для TV и IoT
- Базировалась на **LiteOS**

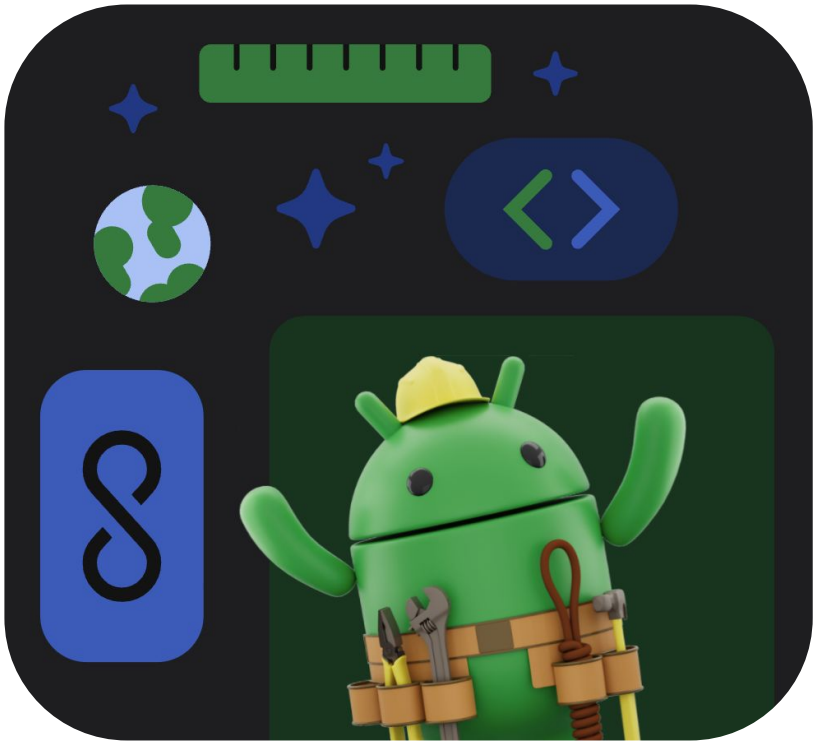
Name	OS version	API version	Initial stable release date	Latest security patch version (release date)[5]	AOSP version
HarmonyOS 1.0	1.0.0	5	August 9, 2019	1.0.1.66 SP3 (October 20, 2020)	Android 9 "Pie" (TV)
Legend: Unsupported	Supported	**Latest version**	Preview version		

HarmonyOS 2/3/4 (Second Gen.)

- Первый публичный релиз в 2021 году
- ОС были доступно для использование на смартфонах
- Базировалась на **AOSP**
- Общее число доступных приложений - **3 500 000+**

AOSP

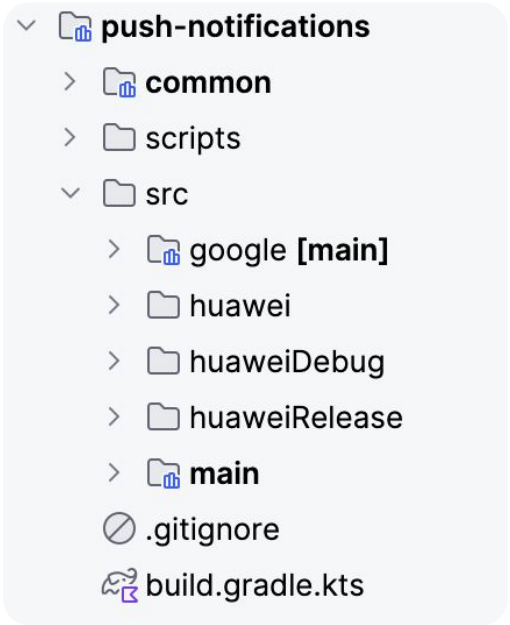
AOSP (Android Open Source Project) — открытая версия Android **без фирменных сервисов Google**.



HMS Core

HMS (Huawei Mobile Services) — альтернатива GMS (Google Mobile Services), включающая в себя:

- Huawei ID
- Push Kit
- Analytics Kit
- Map Kit
- и т.д



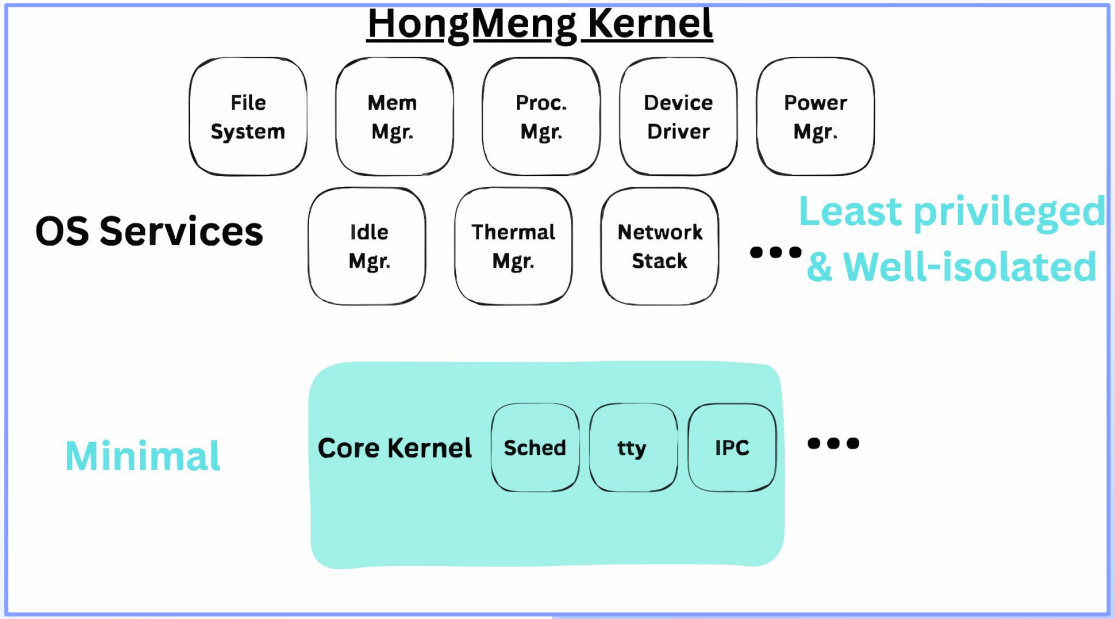
HongMeng Kernel

1

HongMeng Kernel — микроядерная архитектура, разработанная с целью заменить **AOSP** и **Linux-ядро**

2

Представлено в августе **2023** года



Новые языки и фреймворки

1

ArkTS — язык программирований, основанный на синтаксисе TypeScript

2

3

ArkTS

Новые языки и фреймворки

1. **ArkTS** — язык программирований, основанный на синтаксисе TypeScript
2. **ArkUI** — декларативный UI фреймворк
3.

ArkTS

ArkUI

Новые языки и фреймворки

1

ArkTS — язык программирований, основанный на синтаксисе TypeScript

2

ArkUI — декларативный UI фреймворк

3

DevEco — IDE для разработки прложений под HarmonyOS.

IntelliJ IDEA's fork

ArkTS

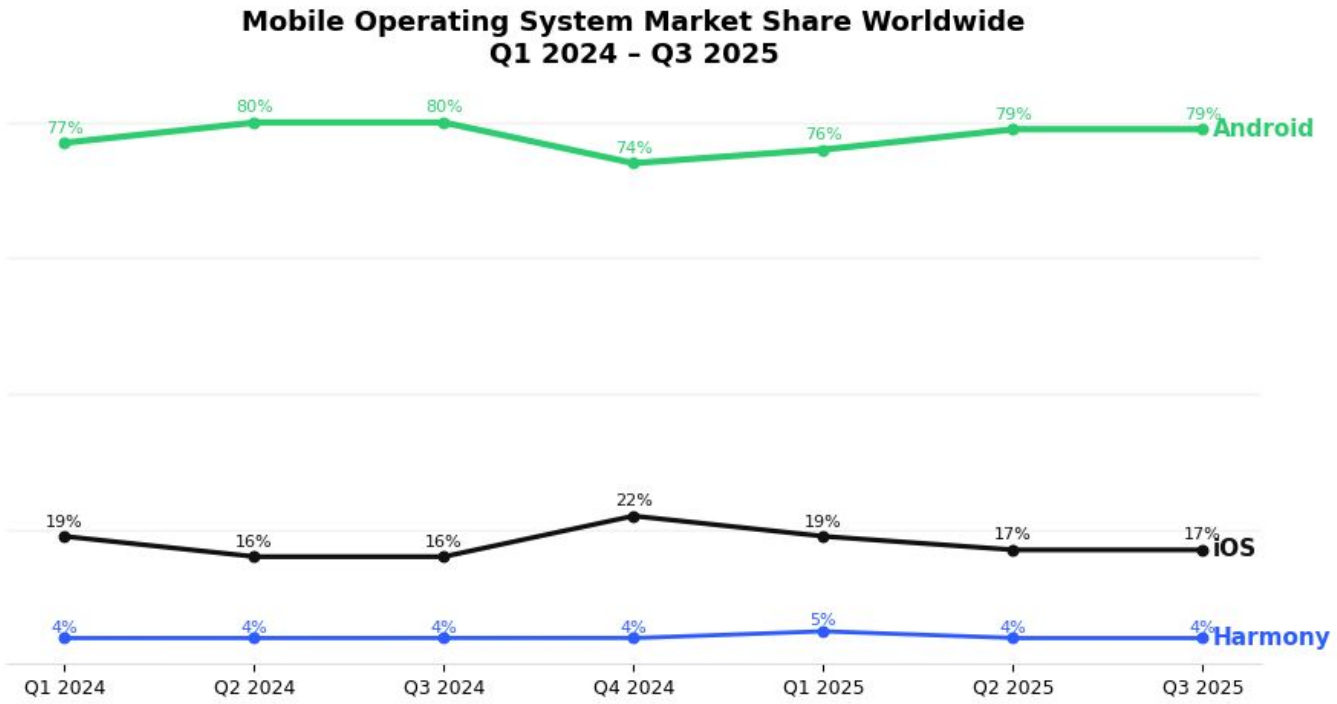
ArkUI

DevEco

HarmonyOS 5/6 (Third Gen.)

- Первый публичный релиз в 2024 году
- Базировалась на **HongMeng Kernel**
- Использует новые фреймворки и языки (**ArkTS**, **ArkUI**, **Canjie**)
- Общее число доступных приложений - **20 000+**

Мобильные ОС (2024-2025)

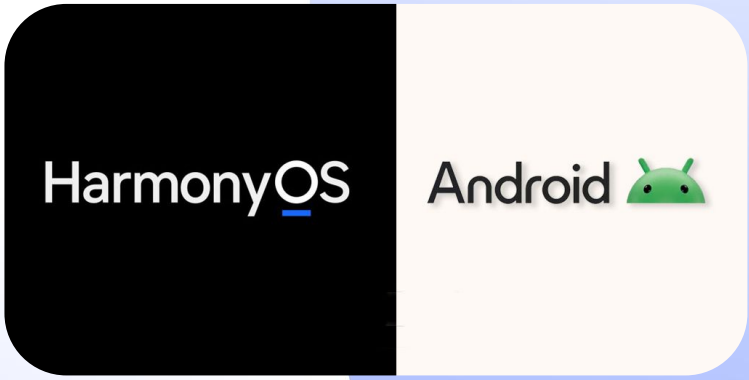


Актуальность

1. Приложений мало

2. Китайских туристов все больше и больше

Ключевая задача - **наполнение платформы HarmonyOS NEXT пользовательскими приложениями**



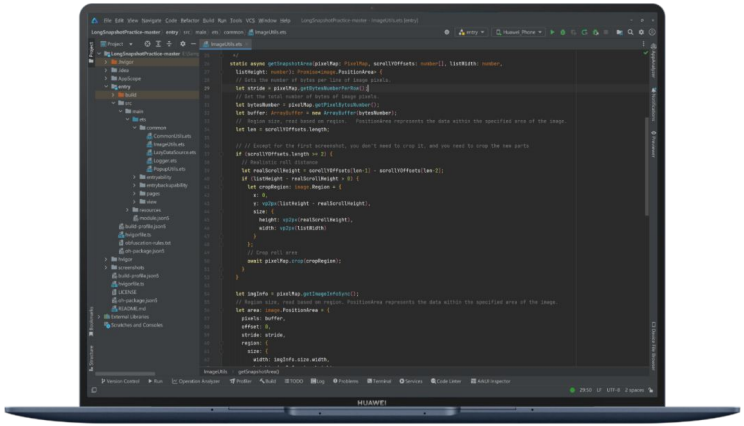
Оглавление

Существующие подходы портирования

1. Разработка с нуля
2. Кроссплатформа
3. Виртуальное окружение
4. ML/LLM
5. Автоматическая трансляция кода

Существующие подходы портирования

Разработка с нуля



— “Полный контроль” при написании кода

— Существуют официальные инструменты

— Долго

— Нужны команда разработчиков под ArkTS

Существующие подходы портирования

Кроссплатформа

— 1 код - несколько платформ

— Есть официальная поддержка **ArkUI-X**

— Нет официальной поддержки популярных инструментов

Существующие подходы портирования

Виртуальное окружение

— Затраты на адаптацию кода сведены к минимуму

卓易通

— Проблемы с производительностью

— Сложнее использовать нативное API

Существующие подходы портирования

ML/LLM

Прямой транспиляции Kotlin → ArkTS **не существует**, а ML-подходы дают лишь приблизительные результаты без гарантий корректности.

- *Gong, L., Wang, C., Cui, D., Huang, Y., Wei, M. (2024). UITrans: Seamless UI Translation from Android to HarmonyOS. Proceedings of the 16th International Conference on Internetware.*

- *Liu, R., Lin, Y., Hu, Y., Zhang, Z., Gao, X. (2024). LLM-Based Java Concurrent Program to ArkTS Converter. 2024 39th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE), 2403-2406.*

Существующие подходы портирования

Автоматическая трансляция кода

— Сохранение семантики исходного кода

— “Проверяемость” результата портирования

— Отсутствие автоматизированного инструментария

Оглавление

В начале был Android...

Kotlin

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

Android

липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

В начале был Android...

Kotlin

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

Jetpack Compose

```kotlin
@Composable
fun HelloWorld() {
    Text(text = "Hello, world!")
}
```

липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

А потом появился HarmonyOS...

ArkTS

```
export function main(): void {
    console.log("Hello, world!")
}
```

HarmonyOS NEXT

липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

А потом появился HarmonyOS...

ArkTS

```
export function main(): void {
    console.log("Hello, world!")
}
```

ArkUI

```
@ComponentV2
struct HelloWorld {
    build() {
        Text("Hello, world!")
    }
}
```

HarmonyOS NEXT

липтсофт

ИТМО ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Сравнительный анализ архитектур

Kotlin	ArkTS
`val counter: Int? = 0`	`let counter: number | null = 0;`

Сравнительный анализ архитектур

Kotlin	ArkTS
`val counter: Int? = 0`	`let counter: number | null = 0;`

`fun increment(x: Int): Int {`
`  return x + 1`
`}`
	`export function increment(x: number): number {`
	`  return x + 1;`
	`}`

Сравнительный анализ архитектур

Kotlin	ArkTS
`val counter: Int? = 0`	`let counter: number | null = 0;`

`fun increment(x: Int): Int {`
`  return x + 1`
`}`
	`export function increment(x: number): number {`
	`  return x + 1;`
	`}`

`if (x == "LIPT") {`
`  println("Cool!")`
`} else if (x == "IPKN") {`
`  println("Wow!")`
`} else {`
`  println("Awesome :)")`
`}`
	`if (x == "LIPT") {`
	`  console.log("Cool!")`
	`} else if (x == "IPKN") {`
	`  console.log("Wow!")`
	`} else {`
	`  console.log("Awesome :)")`
	`}`

Сравнительный анализ архитектур

Kotlin	ArkTS
`val counter: Int? = 0`	`let counter: number | null = 0;`

`fun increment(x: Int): Int {`
`  return x + 1`
`}`
	`export function increment(x: number): number {`
	`  return x + 1;`
	`}`

`if (x == "LIPT") {`
`  println("Cool!")`
`} else if (x == "IPKN") {`
`  println("Wow!")`
`} else {`
`  println("Awesome :)")`
`}`
	`if (x == "LIPT") {`
	`  console.log("Cool!")`
	`} else if (x == "IPKN") {`
	`  console.log("Wow!")`
	`} else {`
	`  console.log("Awesome :)")`
	`}`

Трансляция базовых конструкций

Сравнительный анализ архитектур

Kotlin	ArkTS
`val counter: Int? = 0`	`let counter: number | null = 0;`

`fun increment(x: Int): Int {`
`  return x + 1`
`}`
	`export function increment(x: number): number {`
	`  return x + 1;`
	`}`

`if (x == "LIPT") {`
`  println("Cool!")`
`} else if (x == "IPKN") {`
`  println("Wow!")`
`} else {`
`  println("Awesome :)")`
`}`
	`if (x == "LIPT") {`
	`  console.log("Cool!")`
	`} else if (x == "IPKN") {`
	`  console.log("Wow!")`
	`} else {`
	`  console.log("Awesome :)")`
	`}`

Трансляция базовых конструкций

Трансляция вызовов библиотек

Сравнительный анализ архитектур

Jetpack Compose	ArkUI

`@Composable`
`fun AnyComponent() {`
`  ...`
`}`
	`@ComponentV2`
	`struct AnyComponent {`
	`  build() {`
	`  ...`
	`  }`
	`}`

Сравнительный анализ архитектур

Jetpack Compose	ArkUI

`@Composable`
`fun AnyComponent() {`
`  ...`
`}`
	`@ComponentV2`
	`struct AnyComponent {`
	`  build() {`
	`  ...`
	`  }`
	`}`

`Button(onClick = { counter++ }) {`
`  Text("Add")`
`}`
	`Button("Add")`
	`.onClick(() => { this.counter++; });`

Сравнительный анализ архитектур

Jetpack Compose	ArkUI

`@Composable`
`fun AnyComponent() {`
`  ...`
`}`
	`@ComponentV2`
	`struct AnyComponent {`
	`  build() {`
	`  ...`
	`  }`
	`}`

`Button(onClick = { counter++ }) {`
`  Text("Add")`
`}`
	`Button("Add")`
	`.onClick(() => { this.counter++; });`

`var counter by remember { mutableStateOf(0) }`	`@State counter: number = 0;`

Сравнительный анализ архитектур

Jetpack Compose	ArkUI

`@Composable`
`fun AnyComponent() {`
`  ...`
`}`
	`@ComponentV2`
	`struct AnyComponent {`
	`  build() {`
	`  ...`
	`  }`
	`}`

`Button(onClick = { counter++ }) {`
`  Text("Add")`
`}`
	`Button("Add")`
	`.onClick(() => { this.counter++; });`

`var counter by remember { mutableStateOf(0) }`	`@State counter: number = 0;`

Трансляция UI

Предлагаемый подход

1

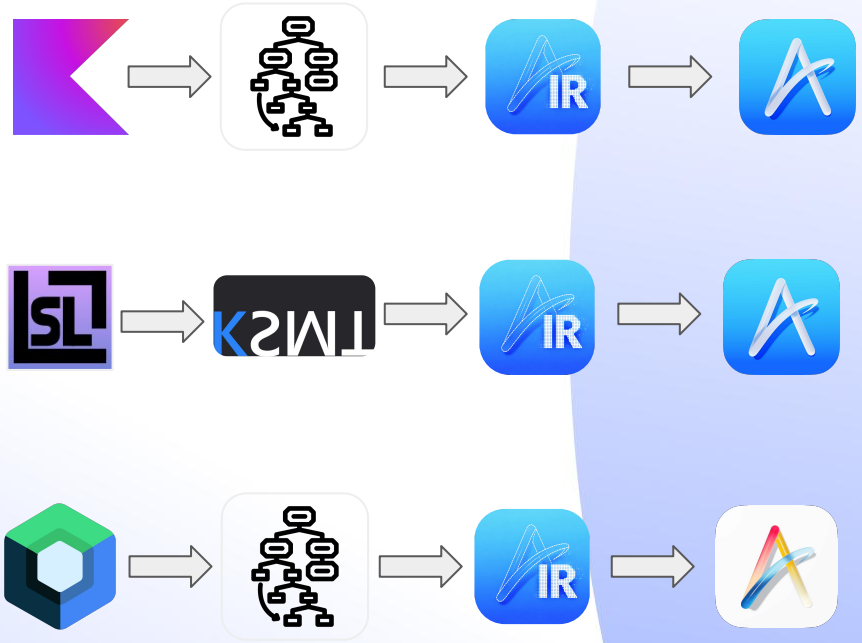
Трансляция базовых конструкций (Kotlin → ArkTS)

2

Трансляция вызовов библиотек

3

Трансляция UI

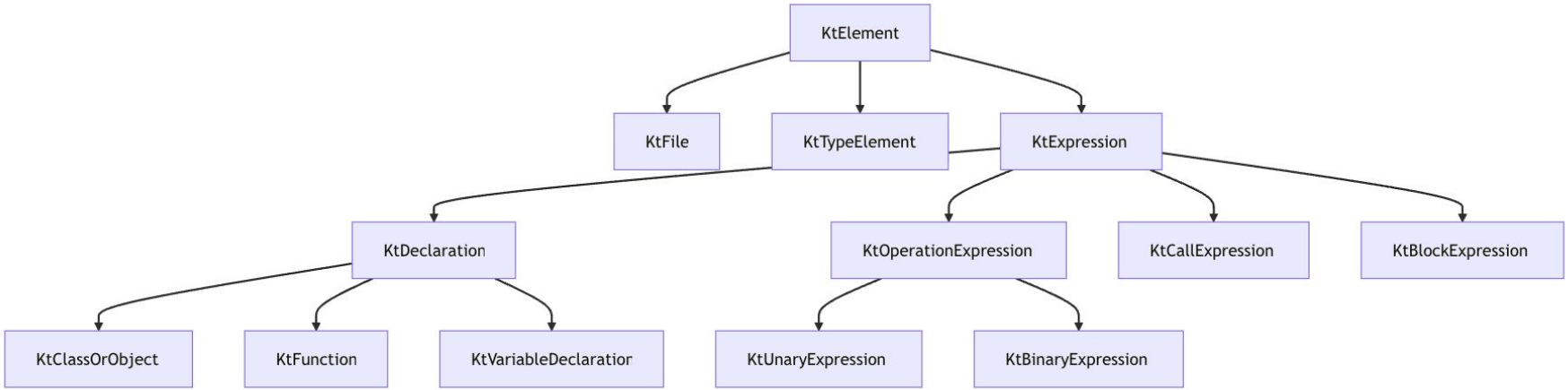


Оглавление

Kotlin PSI

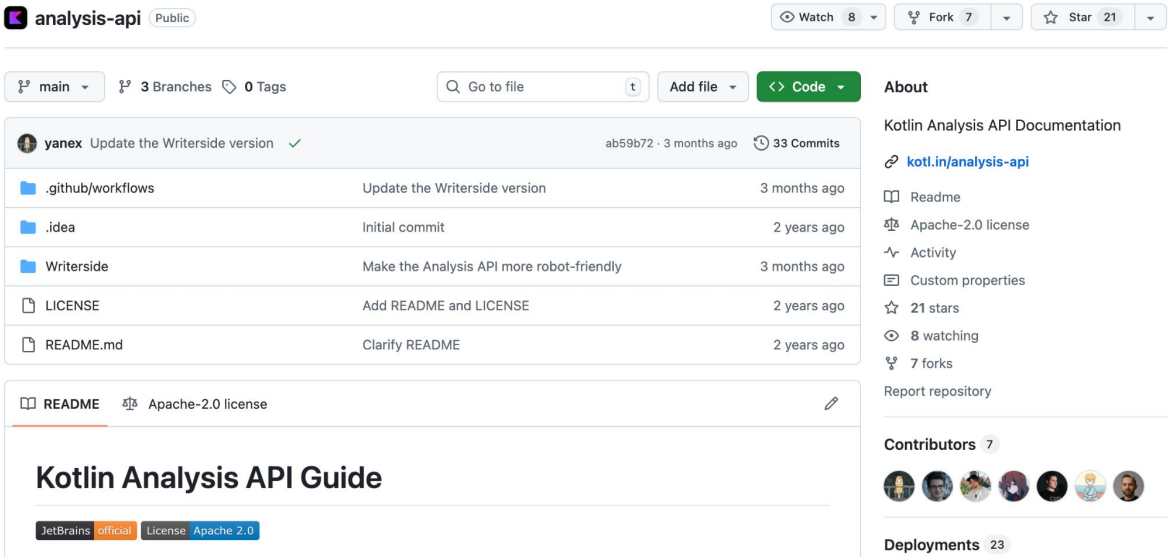
Program Structure Interface (PSI) *— это слой, отвечающий за анализ файлов и создание синтаксической и семантической модели кода, которая обеспечивает многие функции платформы.*

Простыми словами: *“Синтаксическое дерево, где* ***каждому элементу кода*** *соответствует* ***вершина графа****”*



Трансляция исходного кода. Kotlin → PSI

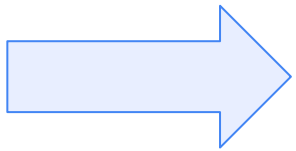
Для анализа исходного кода используется **PSI (Program Structure Interface)**, формируемый через **Kotlin Analysis API**.



Трансляция исходного кода. Kotlin → PSI

Обход PSI выполняется от корневого узла **KtFile**, далее обрабатываются классы, функции, выражения и декларации.

```
fun main() {
    val x = 10
    println(x)
}
```

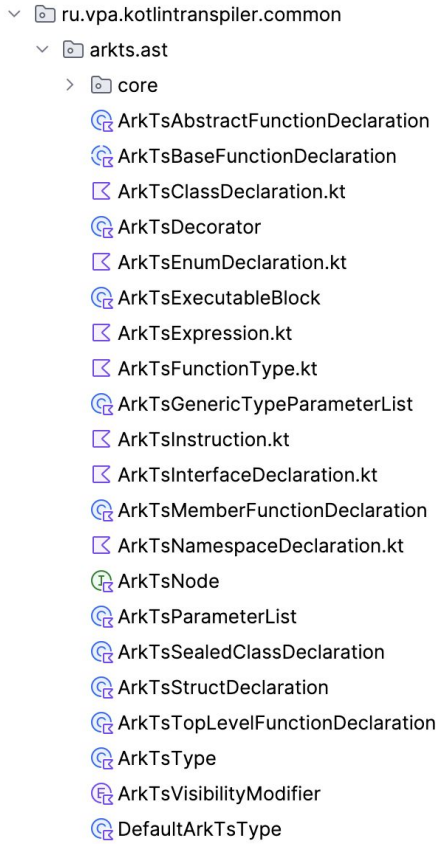


```
PSI Tree

KtFile
  KtNamedFunction (fun main() {...})
    KtModifierList
    KtIdentifier (main)
    KtParameterList (())
    KtBlockExpression ({...})
      KtProperty (val x = 10)
        KtModifierList
        KtIdentifier (x)
        KtTypeReference (null)
        KtEquals (=)
        KtConstantExpression (10)
      KtCallExpression (println(x))
```

Трансляция исходного кода. PSI → ArkTS IR

На основе PSI формируется ArkTS IR — внутреннее представление, отражающее структуру будущей ArkTS-программы.

```kotlin
/**
 * Base contract for every ArkTS AST element.
 * Each node should be able to render itself back to ArkTS source code.
 */
interface ArkTsNode {

    /**
     * Converts this AST node back to ArkTS code representation.
     */
    fun render(): String
}
```



Трансляция исходного кода. PSI → ArkTS IR

ArkTS IR **не копирует** синтаксис Kotlin, а моделирует программу в терминах **конструкций ArkTS** с учётом различий языков.

```kotlin
/**
 * Represents an identifier usage.
 *
 * Example: val a = b + 1;
 *          b - IdentifierExpression
 */
data class ArkTsIdentifierExpression(
    val name: String,
) : ArkTsExpression {

    override fun render(): String = name
}
```

```kotlin
/**
 * Represents an ArkTS expression wrapped in parentheses.
 *
 * Example: (1+2), where are all this expression is Parenthesized
 */
data class ArkTsParenthesizedExpression(
    val expression: ArkTsExpression,
) : ArkTsExpression {

    override fun render(): String {
        return buildString {
            append(ArkTsTokens.LEFT_BRACKET)
            append(expression.render())
            append(ArkTsTokens.RIGHT_BRACKET)
        }
    }
}
```

Трансляция исходного кода. PSI → ArkTS IR

ArkTS IR служит основой для генерации итогового ArkTS-кода.

```
ArkTsFile
  ArkTsTopLevelFunctionDeclaration
    name: main
    visibility: export
    returnType: ArkTsType(void)
    ArkTsParameterList
      (no parameters)
    ArkTsExecutableBlock
      ArkTsVariableDeclarationInstruction
        name: x
        isMutable: false
        initializer:
          ArkTsLiteralExpression
            value: "10"
      ArkTsExpressionInstruction
        ArkTsCallExpression
          callee:
            ArkTsIdentifierExpression
              name: println
          arguments:
            ArkTsIdentifierExpression
              name: x
```

Трансляция исходного кода. Data-классы

Kotlin

```kotlin
data class Foo(
    val a: Int,
    val b: String,
)
```

ArkTS

```typescript
export class Foo {
  public readonly a: number;

  public readonly b: string;

  constructor(a: number, b: string) {
    this.a = a
    this.b = b
  }

  public equals(other: object | null): boolean {
    return other === this || other instanceof Foo && this.a === other.a && this.b === other.b
  }

  public toString(): string {
    return "Foo(" + "a=" + this.a + ", " + "b=" + this.b + ")"
  }

  public copy(a: number = this.a, b: string = this.b): Foo {
    return new Foo(a, b)
  }
}
```

Трансляция исходного кода. Data-классы

Kotlin (.class)

```java
public final class Foo {
   private final int a;
   @NotNull
   private final String b;

   public Foo(int a, @NotNull String b) {
      Intrinsics.checkNotNullParameter(b, "b");
      super();
      this.a = a;
      this.b = b;
   }

   public final int getA() { return this.a; }

   @NotNull
   public final String getB() { return this.b; }

   public final int component1() { return this.a; }

   @NotNull
   public final String component2() { return this.b; }
```

ArkTS

```typescript
export class Foo {
  public readonly a: number;

  public readonly b: string;

  constructor(a: number, b: string) {
    this.a = a
    this.b = b
  }
```

Трансляция исходного кода. Data-классы

Kotlin (.class)

```
public boolean equals(@Nullable Object other) {
   if (this == other) {
      return true;
   } else if (!(other instanceof Foo)) {
      return false;
   } else {
      Foo var2 = (Foo)other;
      if (this.a != var2.a) {
         return false;
      } else {
         return Intrinsics.areEqual(this.b, var2.b);
      }
   }
}
```

ArkTS

```
public equals(other: object | null): boolean {
  return other === this
    || other instanceof Foo
      && this.a === other.a
      && this.b === other.b
}
```

Трансляция исходного кода. Data-классы

Kotlin (.class)

```
@NotNull
public String toString() {
   return "Foo(a=" + this.a + ", b=" + this.b + ")";
}
```

ArkTS

```
public toString(): string {
  return "Foo(" + "a=" + this.a + ", " + "b=" + this.b + ")"
}
```

Трансляция исходного кода. Data-классы

Kotlin (.class)

```java
@NotNull
public final Foo copy(int a, @NotNull String b) {
   Intrinsics.checkNotNullParameter(b, "b");
   return new Foo(a, b);
}

// $FF: synthetic method
public static Foo copy$default(Foo var0, int var1, String var2, int var3, Object var4) {
   if ((var3 & 1) != 0) {
      var1 = var0.a;
   }

   if ((var3 & 2) != 0) {
      var2 = var0.b;
   }

   return var0.copy(var1, var2);
}
```

ArkTS

```
public copy(a: number = this.a, b: string = this.b): Foo {
  return new Foo(a, b)
}
```

Трансляция исходного кода. Sealed-классы

Kotlin

```kotlin
sealed class Result {

    data class Success(
        val data: String
    ): Result()

    object Failure : Result()

}
```

ArkTS

```arkts
export abstract class Result {
}
export namespace Result {
  export class Success extends Result {
    public readonly data: string;

    constructor(data: string) {
      super()
      this.data = data
    }
  }

  export class FailureClass extends Result {
    constructor() {
      super()
    }
  }

  export const Failure: Result = new FailureClass();
}
```

Трансляция исходного кода. Лямбды

Kotlin

```kotlin
fun createLambda(): ((String) -> String) -> ((Int) -> Int) -> (Int) -> String {
    return { stringTransformer ->
        { intTransformer ->
            { value: Int ->

                val transformedInt = intTransformer(value)
                val base = "value=$value, transformed=$transformedInt"
                stringTransformer(base)

            }
        }
    }
}
```

ArkTS

```typescript
export function createLambda(): (p0: (p0: string) => string) => (p0: (p0: number) => number) => (p0: number) => string {
  return (stringTransformer) => {
    return (intTransformer) => {
      return (value) => {
        const transformedInt = intTransformer(value);
        const base = `value=${value}, transformed=${transformedInt}`;
        return stringTransformer(base)
      }
    }
  }
}
```

Трансляция исходного кода. Форматированные строки

Kotlin

```kotlin
val base = "value=$value, transformed=$transformedInt"
```

ArkTS

```
const base = `value=${value}, transformed=${transformedInt}`;
```

Оглавление

липтсофт

ИТМО ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Трансляция вызовов библиотек

Kotlin

```kotlin
fun maskCardNumber(number: String): String {
    return number.dropLast(4) + "****"
}
```

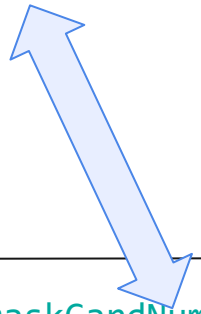
ArkTS

```typescript
export function maskCardNumber(number: string): string {
 return number.substring(0, number.length - 4) + "****"
}
```

Трансляция вызовов библиотек

Kotlin

```kotlin
fun maskCardNumber(number: String): String {
    return number.dropLast(4) + "****"
}
```



ArkTS

```arkts
export function maskCardNumber(number: string): string {
 return number.substring(0, number.length - 4) + "****"
}
```

Трансляция вызовов библиотек

Kotlin

```kotlin
fun maskCardNumber(number: String): String {
    return number.dropLast(4) + "****"
}
```

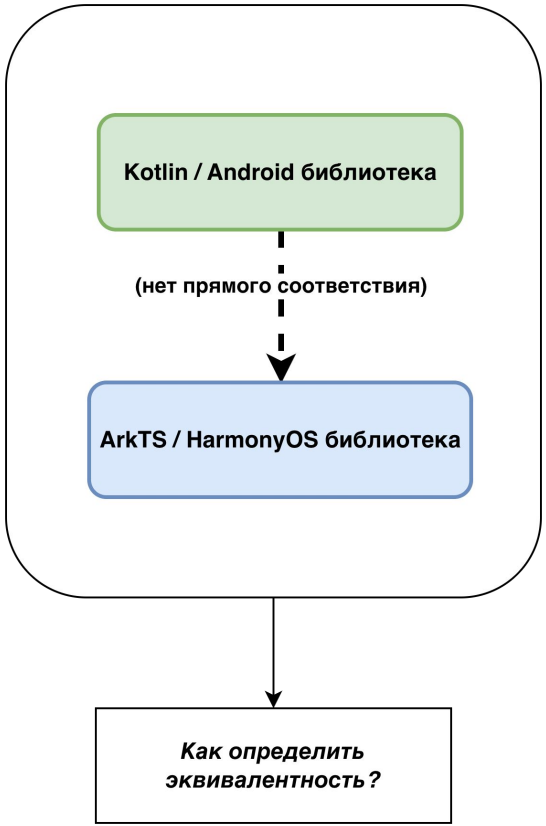
ArkTS

```
export function maskCardNumber(number: string): string {
 return number.dropLast(4) + "****"
}
```

Трансляция вызовов библиотек

- В коде Android-приложений вызываются функции и классы из **стандартных библиотек Kotlin** и Android SDK, **которые не имеют прямых аналогов** в HarmonyOS NEXT.

- **Невозможно выполнить** простую **синтаксическую замену** вызовов — требуется определить соответствие функций двух платформ.



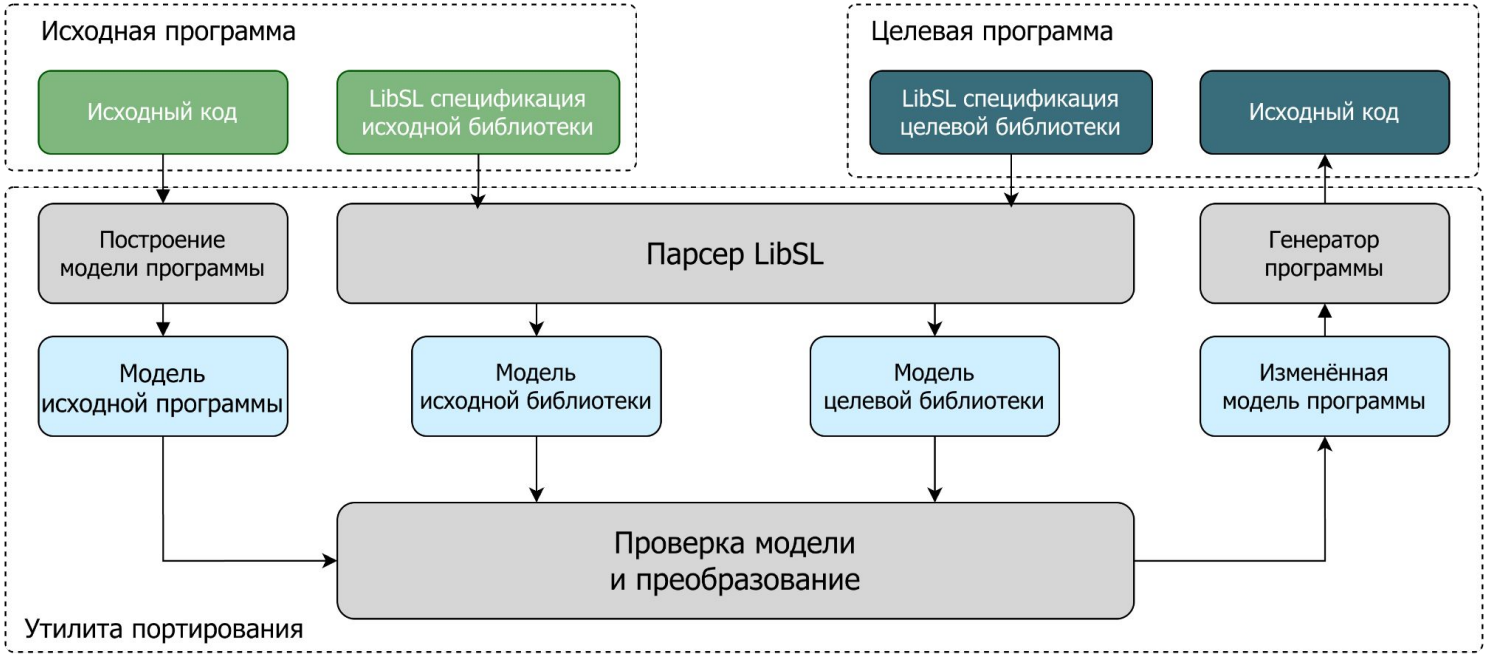
Формальные спецификации библиотек. LibSL

Спецификация видимого поведения функции является частичной спецификацией поведения функции и отражает основное предназначение функции, видимое извне.

LibSL (Library Specification Language) — используется для декларативного **описания поведения** библиотек

```
libsl "1.0.0";
library `KotlinText`
    version "1.0.0";

typealias bool = bool;
typealias string = string;
typealias int = int32;
typealias double = float64;

define action STRING_LENGTH(value: string): int;
define action STRING_SUBSTRING(value: string, start: int, end: int): string;

type kotlin.text { }

automaton kotlin.text: kotlin.text {

    fun dropLast(receiver: string, n: int): string {
        var length: int = action STRING_LENGTH(receiver);
        var end: int = length - n;
        result = action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, end);
    }
}
```

Идея подхода



Идея подхода

```
fun dropLast(receiver: string, n: int): string {
    var length: int = action STRING_LENGTH(receiver);
    var end: int = length - n;
    result = action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, end);
}
```

Нужно привести **`dropLast`** к удобному формату и выразить через **`String.length`** и **`String.substring`**

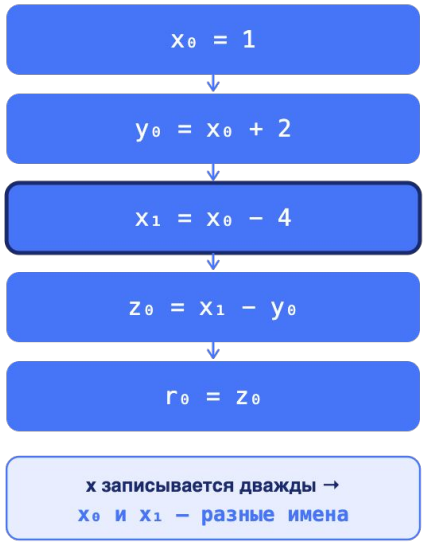
```
@Extension
automaton String.substring: String {

    fun call(receiver: string, start: int, end: int): string {
        result = action STRING_SUBSTRING(receiver, start, end);
    }
}

@Extension
@Property
automaton String.length: String {

    fun get(receiver: string): int {
        result = action STRING_LENGTH(receiver);
    }
}
```

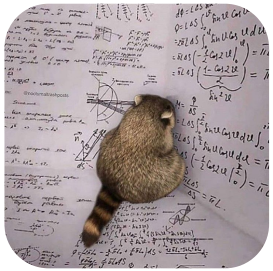
SSA form

SSA form (Static Single Assignment form) — это представление программы, где **каждая переменная присваивается ровно один раз**.

```
fun foo(): Int {
  x = 1
  y = x + 2
  x = x - 4
  z = x - y
  return z
}
```

SSA →

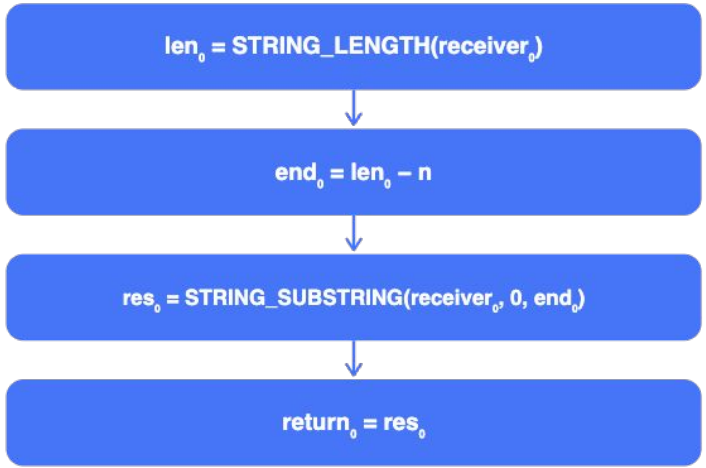




SSA form


```
1  fun dropLast(receiver: string, n: int): string {
2    var length: int = action STRING_LENGTH(receiver);
3    var end: int = length - n;
4    result = action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, end);
5  }
6
```

SSA



Трасса исполнения

Трасса – *это упорядоченная последовательность шагов исполнения функции, зависящая от выполнения условных операторов.*

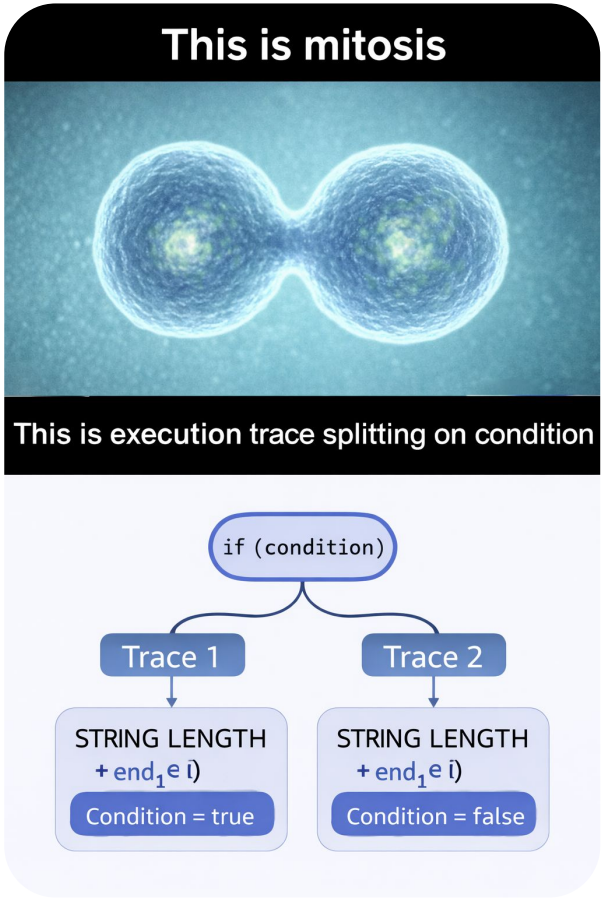
Последовательность Действий (**Action**), Условий (**Condition**) и Результатов (**Result**)

```
data class Trace(
    val function: LibFunction,
    val args: List<DeclStat>,
    val body: List<Step>
)

sealed class Step
data class Action(val step: ActionCallStat) : Step()
data class Result(val step: ResultStat) : Step()
data class Condition(val step: LExpr) : Step()
```

Структуры данных для описания трассы в коде

Трасса исполнения

Если есть условие (**if**) — трасса **раздваивается**. В одну трассу добавляется текущее её условие, в другую – его отрицание.



Пример получения трассы исполнения

Код

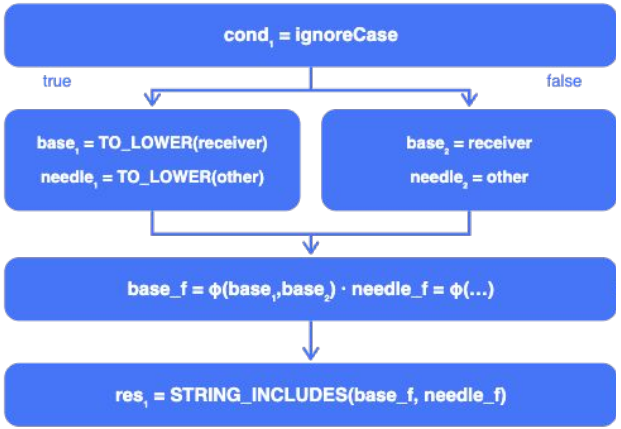
```
fun contains(receiver: string, other: string,
       ignoreCase: bool): bool {
  if (ignoreCase) {
    base = action STRING_TO_LOWER(receiver);
    needle = action STRING_TO_LOWER(other);
  } else {
    base = receiver;
    needle = other;
  }
  result = action STRING_INCLUDES(base, needle);
}
```

Пример получения трассы исполнения

Код

```
fun contains(receiver: string, other: string,
       ignoreCase: bool): bool {
   if (ignoreCase) {
      base = action STRING_TO_LOWER(receiver);
      needle = action STRING_TO_LOWER(other);
   } else {
      base = receiver;
      needle = other;
   }
   result = action STRING_INCLUDES(base, needle);
}
```

SSA

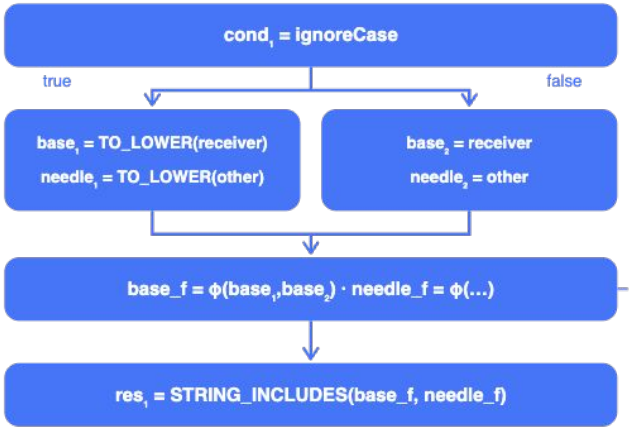


Пример получения трассы исполнения

Код

```
fun contains(receiver: string, other: string,
       ignoreCase: bool): bool {
   if (ignoreCase) {
      base = action STRING_TO_LOWER(receiver);
      needle = action STRING_TO_LOWER(other);
   } else {
      base = receiver;
      needle = other;
   }
   result = action STRING_INCLUDES(base, needle);
}
```

SSA



Трассы

Trace 1 · ignoreCase

```
Action: TO_LOWER(receiver)
Action: TO_LOWER(other)
Condition: ignoreCase
Action: INCLUDES(base,needle)
Result: res₁
```

Trace 2 · !ignoreCase

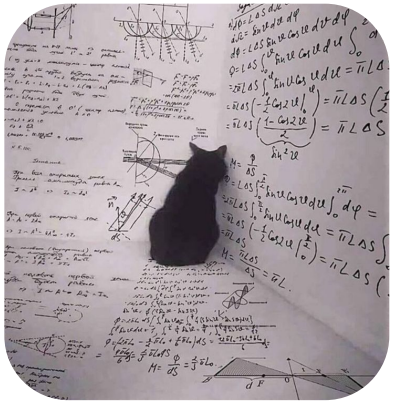
```
Condition: !ignoreCase
Action: INCLUDES(receiver, other)
Result: res₁
```

SAT

SAT *(Boolean Satisfiability Problem) — задача булевой выполнимости: нужно определить, существует ли набор значений True/False для переменных, при котором логическая формула (в булевой логике) становится истинной.*

$$(x \lor y) \land (\neg x \lor z)$$

Есть ли такой набор значений **x**, **y** и **z**, при котором логическое выражение верно (**true**)



SAT

$$F = (x \vee y) \wedge (\neg x \vee z)$$

Итерация	x	y	z	(x ∨ y)	(¬x ∨ z)	F	Комментарий
0	?	?	?	?	?	?	Начальное состояние
1	**false**	?	?	?	**true**	**?**	Предположение: x = false
2	**false**	**false**	?	**true**	**true**	**false**	Предположение: y = false => **F = false**
3	**false**	**true**	?	**true**	**true**	**true**	Unit-propagation: y = true
4	**false**	**true**	**false**	**true**	**true**	**true**	Устанавливаем z, **SAT – решение найдено**

SAT

$$F = (x \vee y) \wedge (\neg x \vee z)$$

Итерация	x	y	z	(x ∨ y)	(¬x ∨ z)	F	Комментарий
0	?	?	?	?	?	?	Начальное состояние
1	**false**	?	?	?	**true**	**?**	Предположение: x = false
2	**false**	**false**	?	**true**	**true**	**false**	Предположение: y = false => **F = false**
3	**false**	**true**	?	**true**	**true**	**true**	Unit-propagation: y = true
4	**false**	**true**	**false**	**true**	**true**	**true**	Устанавливаем z, **SAT – решение найдено**

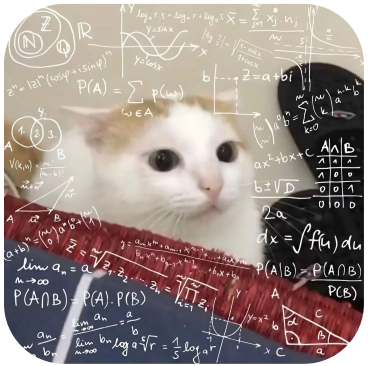
SAT -> SMT

SMT *(Satisfiability Modulo Theories) — проверка выполнимости логической формулы с учётом “теорий” (арифметика, массивы, строки, bit-vectors и т. д.).*

~~$(x \vee y) \wedge (\neg x \vee z)$~~

$$(x > 0) \wedge (x + y = 10) \wedge (y \geq 3)$$

Есть ли такой набор значений **x**, **y** и **z**, при котором логическое выражение верно (**true**)



SMT

$$F = (x > 0) \land (x + y = 10) \land (y \geq 3)$$

№	x	y	x > 0	x + y = 10	y ≥ 3	F	Комментарий
0	?	?	?	?	?	?	Начальное состояние
1	-9999	?	**false**	?	?	**false**	Предположение: x = -9999 → **F = false**
2	9999	-9989	**true**	**true**	**false**	**false**	Предположение: x = 9999 → y = 10 − x = 10 - 9999 = -9989 → y ≥ 3 нарушено
3	?	3	?	?	**true**	?	Предположение: y = 3
4	7	3	**true**	**true**	**true**	**true**	x = 10 − y = 10 - 3 = 7 → **SAT — решение найдено**

SMT

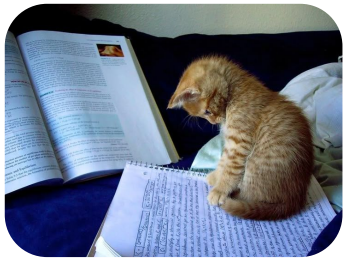
$$F = (x > 0) \land (x + y = 10) \land (y \geq 3)$$

№	x	y	x > 0	x + y = 10	y ≥ 3	F	Комментарий
0	?	?	?	?	?	?	Начальное состояние
1	-9999	?	**false**	?	?	**false**	Предположение: x = -9999 → **F = false**
2	9999	-9989	**true**	**true**	**false**	**false**	Предположение: x = 9999 → y = 10 − x = 10 - 9999 = -9989 → y ≥ 3 нарушено
3	?	3	?	?	**true**	?	Предположение: y = 3
4	7	3	**true**	**true**	**true**	**true**	x = 10 − y = 10 - 3 = 7 → **SAT — решение найдено**

KSMT

$$F = (x > 0) \land (x + y = 10) \land (y \geq 3)$$


```
(declare-fun x_0 () Int)
(declare-fun y_0 () Int)


(assert
  (and
    (> x_0 0)
    (= (+ x_0 y_0) 10)
    (>= y_0 3)
  )
)
```

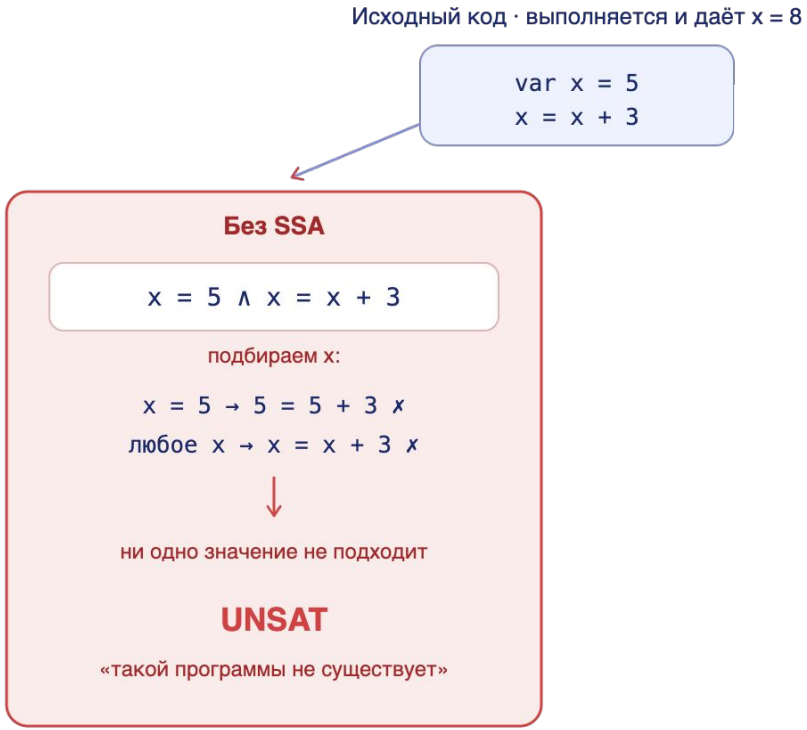


Зачем нам SSA?

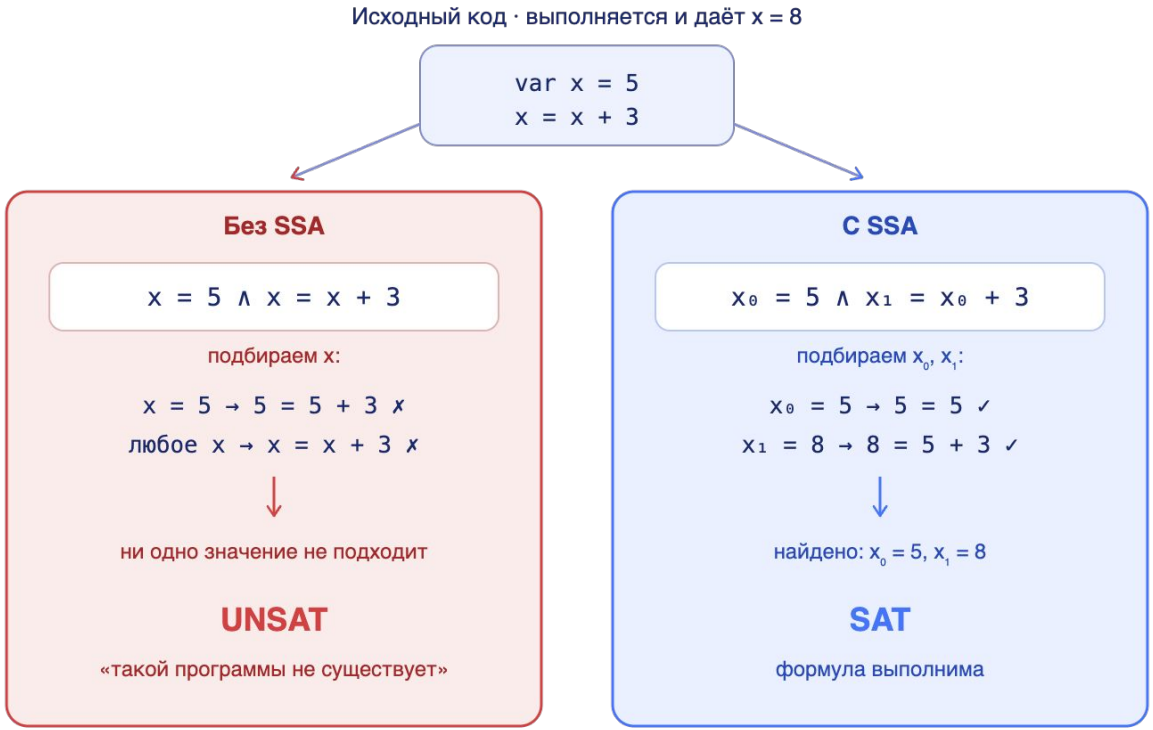
Исходный код · выполняется и даёт x = 8

```
var x = 5
x = x + 3
```

Зачем нам SSA?



Зачем нам SSA?

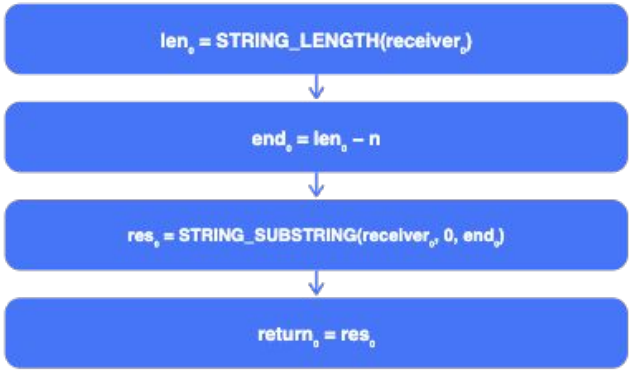


SSA -> Traces -> SMT Formula

Код

```
1  fun dropLast(receiver: string, n: int): string {
2    var length: int = action STRING_LENGTH(receiver);
3    var end: int = length - n;
4    result = action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, end);
5  }
6
```

SSA



Трассы

Trace 1

Action: LENGTH(receiver)

Action: SUBSTRING(receiver,0,end₀)

Result: res₀

SSA -> Traces -> SMT Formula

Код

```
1  fun dropLast(receiver: string, n: int): string {
2    var length: int = action STRING_LENGTH(receiver);
3    var end: int = length - n;
4    result = action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, end);
5  }
6
```

SSA

$len_0 = STRING\_LENGTH(receiver_0)$

$end_0 = len_0 - n$

$res_0 = STRING\_SUBSTRING(receiver_0, 0, end_0)$

$return_0 = res_0$

Трассы

Trace 1

Action: LENGTH(receiver)

Action: SUBSTRING(receiver,0,end₀)

Result: res₀

Что-то, что сравнивает SMT-решатель:

$$(len_0 = STRING\_LENGTH(receiver_0)) \wedge (end_0 = len_0 - n) \wedge (res_0 = STRING\_SUBSTRING(receiver_0, 0, end_0)) \wedge (return_0 = res_0)$$

липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

SSA -> Traces -> SMT Formula

Код

```
@Extension
automaton String.substring: String {

   fun call(receiver: string, start: int, end: int): string {
      result = action STRING_SUBSTRING(receiver, start, end);
   }
}
```

SSA

$result_1$ = STRING_SUBSTRING(receiver, start, end)

↓

$return_1 = result_1$

Трассы

Trace 1

Action: SUBSTRING(receiver,start,end)

Result: $result_1$

Что-то, что сравнивает SMT-решатель:

$(result_0 = \text{STRING\_SUBSTRING}(receiver_0, start, end)) \wedge (return_0 = result_0)$

Код

```
@Extension
@Property
automaton String.length: String {

   fun get(receiver: string): int {
      result = action STRING_LENGTH(receiver);
   }
}
```

SSA

$result_1$ = STRING_LENGTH(receiver)

↓

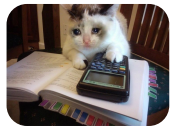
$return_1 = result_1$

Трассы

Trace 1

Action: LENGTH(receiver)

Result: $result_1$

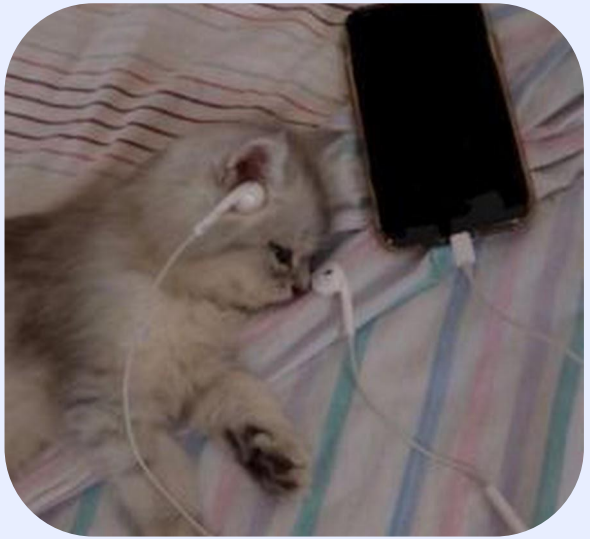


Что-то, что сравнивает SMT-решатель:

$(result_0 = \text{STRING\_LENGTH}(receiver_0)) \wedge (return_0 = result_0)$

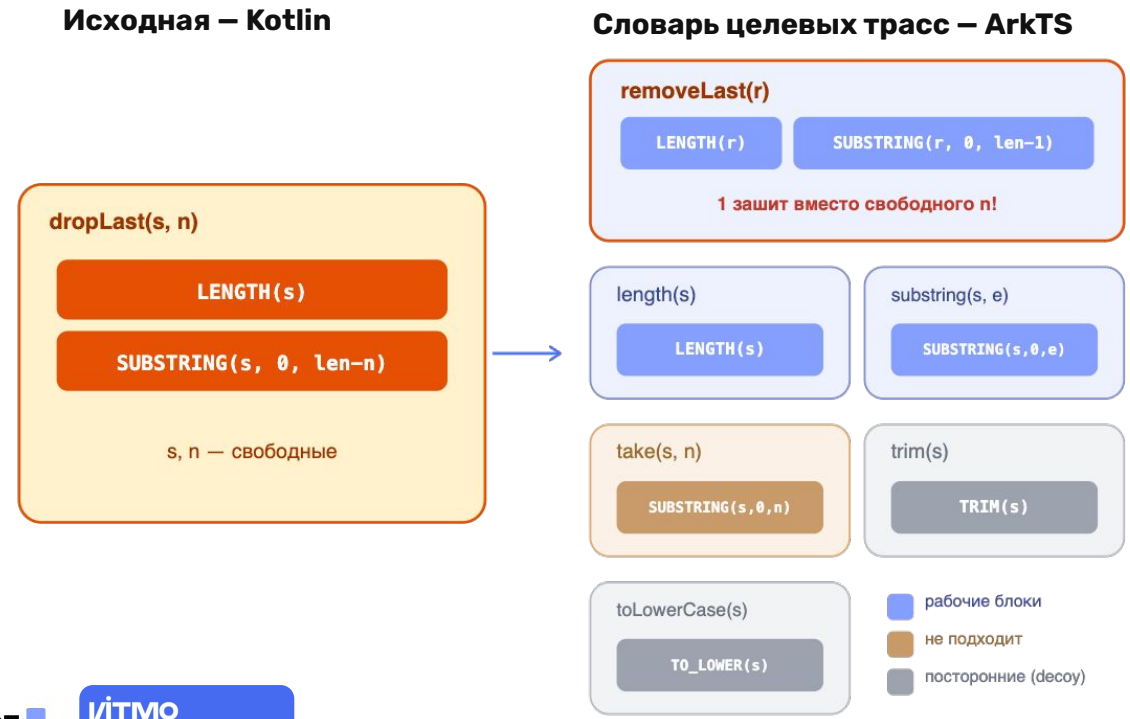
Как сравнить поведение двух функций?

продолжаем...



Я, пытающийся избавиться от математики в докладе...

Задача: собрать исходную трассу из целевых



Два вопроса

SMT #1 — какие функции и в каком порядке? Проверяет:

- Сумма длин выбранных трасс = длина исходной (полное покрытие)
- Действия по позициям совпадают: 

SMT #2 — с какими аргументами? Проверяет:

- Аргументы каждого действия совпадают
- `CREATE_FILE(path)` = `CREATE_FILE("/tmp")`? **Нет!** Путь зашит.

Для ответа используем **SMT-решатель** — дважды.

Почему не перебором?

200 функций, цепочка до 5 → **млрд** комбинаций.

Перебор не работает → используем **SMT-решатель**.

SMT = программа, которая ищет значения переменных по ограничениям:

Мы формулируем задачу как набор ограничений — решатель находит ответ за **миллисекунды**.

SMT #1: ищем цепочку по названиям

Каждому действию — число: LENGTH =1 SUBSTRING =2 TRIM =3 TO_LOWER =4 INDEX_OF =5

Исходная трасса dropLast: 1 2 m = 2

т	функция	действия	числа	длина
$т_1$	length	LENGTH	[1]	1
$т_2$	substring(start, end)	SUBSTRING	[2]	1
$т_3$	removeLast()	LENGTH SUBSTRING	[1, 2]	2
$т_4$	indexOf(sub)	INDEX_OF	[5]	1
$т_5$	trim()	TRIM	[3]	1
$т_6$	toLowerCase()	TO_LOWER	[4]	1

SMT #1, N=1: перебираем все трассы

Нужно покрыть **1** **2** (m=2) **одной** трассой. Проверяем каждую:

т	кандидат	действия	длина = 2?	числа = [1,2]?
$т_1$	length()	1	1 ≠ 2 ✗	—
$т_2$	substring()	2	1 ≠ 2 ✗	—
$т_3$	indexOf()	5	1 ≠ 2 ✗	—
$т_4$	trim()	3	1 ≠ 2 ✗	—
$т_5$	toLowerCase()	4	1 ≠ 2 ✗	—
$т_6$	removeLast()	1 2	2 = 2 ✓	[1, 2] ✓

→ **SAT!** Решение при N=1: removeLast(). Аргументы проверим позже (SMT #2).

SMT #1, N=1: перебираем все трассы

Нужно покрыть **1** **2** (m=2) **одной** трассой. Проверяем каждую:

т	кандидат	действия	длина = 2?	числа = [1,2]?
$т_1$	length()	1	1 ≠ 2 ✗	—
$т_2$	substring()	2	1 ≠ 2 ✗	—
$т_3$	indexOf()	5	1 ≠ 2 ✗	—
$т_4$	trim()	3	1 ≠ 2 ✗	—
$т_5$	toLowerCase()	4	1 ≠ 2 ✗	—
$т_6$	removeLast()	1 2	2 = 2 ✓	[1, 2] ✓

→ **SAT!** Решение при N=1: removeLast(). Аргументы проверим позже (SMT #2).

SMT #1, N=2: перебираем все пары

Нужно покрыть **1** **2** (m=2) **двумя** трассами. 6 трасс × 6 = 36 пар. Проверяем

шаг 1		шаг 2		длины	числа
length	1	length	1	1+1=2 ✓	[1,1] ≠ [1,2] ✗
substring	2	length	1	1+1=2 ✓	[2,1] ≠ [1,2] ✗

SMT #1, N=2: перебираем все пары

Нужно покрыть **1** **2** (m=2) **двумя** трассами. 6 трасс × 6 = 36 пар. Проверяем

шаг 1		шаг 2		длины	числа
length	1	length	1	1+1=2 ✓	[1,1] ≠ [1,2] ✗
substring	2	length	1	1+1=2 ✓	[2,1] ≠ [1,2] ✗
length	1	removeLast	1 2	1+2=3 ✗	длина ≠ 2
removeLast	1 2	substring	2	2+1=3 ✗	длина ≠ 2

SMT #1, N=2: перебираем все пары

Нужно покрыть [1] [2] (m=2) **двумя** трассами. 6 трасс × 6 = 36 пар. Проверяем

шаг 1		шаг 2		длины	числа
length	1	length	1	1+1=2 ✓	[1,1] ≠ [1,2] ✗
substring	2	length	1	1+1=2 ✓	[2,1] ≠ [1,2] ✗
length	1	removeLast	1 2	1+2=3 ✗	длина ≠ 2
removeLast	1 2	substring	2	2+1=3 ✗	длина ≠ 2
length	1	trim	3	1+1=2 ✓	[1,3] ≠ [1,2] ✗
substring	2	toLowerCase	4	1+1=2 ✓	[2,4] ≠ [1,2] ✗

SMT #1, N=2: перебираем все пары

Нужно покрыть **1** **2** (m=2) **двумя** трассами. 6 трасс × 6 = 36 пар. Проверяем

шаг 1		шаг 2		длины	числа
length	1	length	1	1+1=2 ✓	[1,1] ≠ [1,2] ✗
substring	2	length	1	1+1=2 ✓	[2,1] ≠ [1,2] ✗
length	1	removeLast	1 2	1+2=3 ✗	длина ≠ 2
removeLast	1 2	substring	2	2+1=3 ✗	длина ≠ 2
length	1	trim	3	1+1=2 ✓	[1,3] ≠ [1,2] ✗
substring	2	toLowerCase	4	1+1=2 ✓	[2,4] ≠ [1,2] ✗
…		…		…	*всего 36 пар*

SMT #1, N=2: перебираем все пары

Нужно покрыть [1] [2] (m=2) **двумя** трассами. 6 трасс × 6 = 36 пар. Проверяем

шаг 1		шаг 2		длины	числа
length	1	length	1	1+1=2 ✓	[1,1] ≠ [1,2] ✗
substring	2	length	1	1+1=2 ✓	[2,1] ≠ [1,2] ✗
length	1	removeLast	1 2	1+2=3 ✗	длина ≠ 2
removeLast	1 2	substring	2	2+1=3 ✗	длина ≠ 2
length	1	trim	3	1+1=2 ✓	[1,3] ≠ [1,2] ✗
substring	2	toLowerCase	4	1+1=2 ✓	[2,4] ≠ [1,2] ✗
…		…		…	*всего 36 пар*
length	1	substring	2	1+1=2 ✓	[1,2] = [1,2] ✓

SMT #1, N=2: нашли!

1 length + 2 substring = 1 2 → SAT!

Итого SMT #1 нашёл два решения:

N	цепочка	как собрана
1	removeLast()	1 2 — одна функция
2	length() + substring()	1 + 2 — две функции

По числам оба подходят. Но подходят ли по аргументам?

Это проверит SMT #2.

AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA

То, что решатель делал на предыдущем слайде, записывается так:

$$\Phi_N = \bigwedge_{s=1}^{N} \Big(x_s \in \{1..k\} \ \wedge \ c_s = n_{x_s} \ \wedge \ \bigwedge_j \varphi(\sigma[p_s + j]) = \varphi(\tau_{x_s}[j]) \Big)$$

$$\wedge \quad \sum_{s=1}^{N} c_s = m$$

	Что означает
x_s	какую трассу взять на шаге s
$c_s = n_{x_s}$	длина выбранной трассы
$\varphi(\sigma[\dots]) = \varphi(\tau[\dots])$	числа действий совпадают
$\sum c_s = m$	сумма длин = длина исходной

SMT #1 нашёл цепочки. Но этого мало.

SMT #1 подобрал **какие** функции вызвать. Но мы пока не проверили **аргументы**.

Вспомним, что внутри спецификации у каждого действия есть аргументы:

```
fun dropLast(receiver, n):
  action STRING_LENGTH(receiver)
  action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, len - n)

  n — свободный параметр
```

```
fun removeLast(receiver):
  action STRING_LENGTH(receiver)
  action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, len - 1)

  1 — зашитая константа
```

SMT #1 нашёл цепочки. Но этого мало.

SMT #1 подобрал **какие** функции вызвать. Но мы пока не проверили **аргументы**.

Вспомним, что внутри спецификации у каждого действия есть аргументы:

```
fun dropLast(receiver, n):
  action STRING_LENGTH(receiver)
  action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, len - n)

  n — свободный параметр
```

```
fun removeLast(receiver):
  action STRING_LENGTH(receiver)
  action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, len - 1)

  1 — зашитая константа
```

Действия одинаковые: LENGTH SUBSTRING = LENGTH SUBSTRING

Но **len – n** и **len – 1** — это разные вещи! Нужна вторая проверка → **SMT #2**: можно ли выразить параметры целевой через параметры исходной?

SMT #2: что проверяем?

Идея: параметры **целевой** функции выразить через параметры **исходной** так, чтобы трассы совпадали при любых значениях источника.

```
dropLast(s, n) ⇒ length() + removeLast(?)
вместо «?» решатель подставит s, n или их комбинацию
```

Аргументы попозиционно приравниваем — получаем систему уравнений. Решатель находит:

- **SAT** + **подстановку** — что именно поставить вместо «?»
- **UNSAT** + **контрпример** — конкретный вызов, который заменить нельзя

переменная — свободна, **константа** — зашита в спеку.

SMT #2: проверяем removeLast()

	dropLast(s, n)	removeLast(s)	должно совпасть
LENGTH	`LENGTH(s)`	`LENGTH(s)`	`s = s` ✓
SUBSTRING	`SUBSTRING(s, 0, len−n)`	`SUBSTRING(s, 0, len−1)`	`n = 1` ?

Условие: $n = 1$. Но n — это **аргумент вызова** dropLast, он может быть любым. При $n \neq 1$ замена не работает.

SMT #2: проверяем removeLast()

	dropLast(s, n)	removeLast(s)	должно совпасть
LENGTH	`LENGTH(s)`	`LENGTH(s)`	$s = s$ ✓
SUBSTRING	`SUBSTRING(s, 0, len-n)`	`SUBSTRING(s, 0, len-1)`	$n = 1$?

Условие: $n = 1$. Но n — это **аргумент вызова** dropLast,
он может быть любым. При $n \neq 1$ замена не работает.

> **Контрпример от решателя:** $n := 2$
>
> требуется $2 = 1$ — ложь ⇒ **UNSAT**

Вывод: вызов `dropLast(s, 2)` **нельзя** заменить на `removeLast(s)`.

Спецификации второго решения

```
fun length():
  action STRING_LENGTH(receiver)
```

```
fun substring(start, end):
  action STRING_SUBSTRING(receiver, start, end)
```

Все параметры — **свободные**: `start` и `end` можно подставить как угодно.

Спецификации второго решения

```
fun length():
  action STRING_LENGTH(receiver)
```

```
fun substring(start, end):
  action STRING_SUBSTRING(receiver, start, end)
```

Все параметры — **свободные**: `start` и `end` можно подставить как угодно.

Сравним с исходной:

```
fun dropLast(receiver, n):
  action STRING_LENGTH(receiver)                ← длина строки
  action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, len-n)
```

Похоже, можно подставить `start` = `0`, `end` = `len-n`. Проверим!

SMT #2: проверяем .length + .substring(...)

	dropLast(s, n)	length / substring	должно совпасть
LENGTH	`LENGTH(s)`	`LENGTH(s)`	`s = s` ✓
SUBSTRING	`SUBSTRING(s,0,len-n)`	`SUBSTRING(s, start, end)`	`start=0, end=len-n` ✓

В отличие от `removeLast`, справа нигде нет зашитой **1** —
везде свободные параметры, решатель волен подобрать их под любое ***n***.

SMT #2: проверяем .length + .substring(...)

	dropLast(s, n)	length / substring	должно совпасть
LENGTH	LENGTH(*s*)	LENGTH(*s*)	*s* = *s* ✓
SUBSTRING	SUBSTRING(*s*,0,len−*n*)	SUBSTRING(*s*, *start*, *end*)	*start*=0, *end*=len−*n* ✓

В отличие от `removeLast`, справа нигде нет зашитой **1** —
везде свободные параметры, решатель волен подобрать их под любое ***n***.

> **Подстановка от решателя:** ***start*** := 0, ***end*** := len−***n***
>
> работает при **любом** ***n*** ⇒ **SAT**

```
dropLast(s, n) → length() + substring(0, len−n)
```

Ещё пример: строковые функции

Посмотрим ту же логику на строках. Спецификации:

```
fun take(s, n):                          fun substring(s_t, start, end):
  action STRING_SUBSTRING(s, 0, n)         action STRING_SUBSTRING(s_t, start, end)
                                  ↑ 0 зашит!
```

SMT #1 нашёл: оба дают `STR_SUBSTR` → числа совпали.

SMT #2 ставит аргументы друг напротив друга и решает **по шагам**.

SMT #2 пошагово: take → substring

```
Исходная:  STRING_SUBSTRING( s,    0,      n   )
Целевая:   STRING_SUBSTRING( s_t,  start,  end )
```

Решатель приравнивает аргументы попозиционно и решает по шагам:

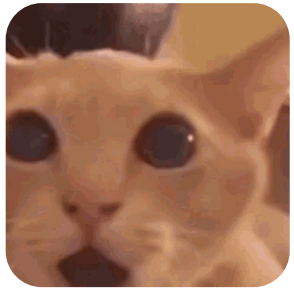
Шаг 1. *s* = *s_t* → *s_t* := *s* ✓

Шаг 2. `0` = *start* → *start* := `0` ✓ (константа присваивается переменной)

Шаг 3. *n* = *end* → *end* := *n* ✓

SMT #2 пошагово: take → substring

```
Исходная:  STRING_SUBSTRING( s,    0,      n   )
Целевая:   STRING_SUBSTRING( s_t,  start,  end )
```



Решатель приравнивает аргументы попозиционно и решает по шагам:

Шаг 1. $s = s\_t \rightarrow s\_t := s$ ✓

Шаг 2. `0` $= start \rightarrow start :=$ `0` ✓ (константа присваивается переменной)

Шаг 3. $n = end \rightarrow end := n$ ✓

> **Подстановка от решателя:** $s\_t := s$, $start :=$ `0`, $end := n \Rightarrow$ SAT

`take(s, n)` → `substring(s, 0, n)`

SMT #2 пошагово: substring → take (обратно)

```
Исходная:  STRING_SUBSTRING( s,      start,  end )
Целевая:   STRING_SUBSTRING( s_t,    0,      n   )
                                      ↑ зашит в спеку take!
```

Решатель приравнивает аргументы попозиционно и решает по шагам:

SMT #2 пошагово: substring → take (обратно)

```
Исходная:  STRING_SUBSTRING( s,      start,  end )
Целевая:   STRING_SUBSTRING( s_t,    0,      n   )
                                      ↑ зашит в спеку take!
```

Решатель приравнивает аргументы попозиционно и решает по шагам:

Шаг 1. *s* = *s_t* → *s_t* := *s* ✓

Шаг 2. *start* = `0`

start — параметр substring (дан вызовом, **любой**)

`0` — константа из спеки take (зашит, **изменить нельзя**)

→ требуется: *start* = `0` **всегда**. Но start произвольный!

SMT #2 пошагово: substring → take (обратно)

```
Исходная:  STRING_SUBSTRING( s,      start,  end )
Целевая:   STRING_SUBSTRING( s_t,    0,      n   )
                                      ↑ зашит в спеку take!
```

Решатель приравнивает аргументы попозиционно и решает по шагам:

Шаг 1. *s* = *s_t* → *s_t* := *s* ✓

Шаг 2. *start* = `0`

start — параметр substring (дан вызовом, **любой**)

`0` — константа из спеки take (зашит, **изменить нельзя**)

→ требуется: *start* = `0` **всегда**. Но start произвольный!

Шаг 3. Не проверяем — уже UNSAT на шаге 2.

SMT #2 пошагово: substring → take (обратно)

```
Исходная:  STRING_SUBSTRING( s,      start,  end )
Целевая:   STRING_SUBSTRING( s_t,    0,      n   )
                                      ↑ зашит в спеку take!
```

Решатель приравнивает аргументы попозиционно и решает по шагам:

Контрпример от решателя: *start* := `2` ⇒ `2` ≠ `0` ⇒ UNSAT

Шаг 2. *start* = `0`

start — параметр substring (дан вызовом, **любой**)

`0` — константа из спеки take (зашит, **изменить нельзя**)

→ требуется: *start* = `0` **всегда**. Но start произвольный!

Шаг 3. Не проверяем — уже UNSAT на шаге 2.

AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA pt. 2

То, что решатель проверял в каждом примере SMT #2, записывается так:

$$\Psi = \bigwedge_{j=1}^{m} \bigwedge_{k=1}^{\mathrm{arity}(\alpha_j)} \mathrm{arg}_{\text{исх}}(\alpha_j, k) = \mathrm{arg}_{\text{цел}}(\beta_j, k)$$

	Что означает
α_j, β_j	j-е действие в исходной трассе и в целевой цепочке
$\mathrm{arg}_{\text{исх}}(\alpha_j, k)$	k-й аргумент действия α_j из исходной спеки
$\mathrm{arg}_{\text{цел}}(\beta_j, k)$	то же из целевой спеки
$\bigwedge_{j,k}$	конъюнкция всех попозиционных равенств — это и есть Ψ

Что если SMT #2 отверг?

SMT #1 нашёл цепочку. SMT #2 отверг аргументы. Что дальше?

Добавляем **запрет** к формуле Φ — «эту цепочку больше не предлагай»:

```
Попытка 1:  Φ                    → цепочка A → SMT #2 отверг
Попытка 2:  Φ ∧ ¬(A)             → цепочка B → SMT #2 отверг
Попытка 3:  Φ ∧ ¬(A) ∧ ¬(B)     → цепочка C → SMT #2: SAT!
Всё исчерпано:                   → увеличиваем N
```

Формула **растёт** — решатель перебирает варианты, пока не найдёт подходящий.

Полный алгоритм

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:              // пробуем длину цепочки
    Ф = построить_Ф_N()                  // формула SMT #1
```

Полный алгоритм

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:              // пробуем длину цепочки
    Φ = построить_Φ_N()                  // формула SMT #1

    while true:                          // перебираем варианты
        result = solver.checkTraces(Φ)
```

Полный алгоритм

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:            // пробуем длину цепочки
    Φ = построить_Φ_N()                // формула SMT #1

    while true:                        // перебираем варианты
        result = solver.checkTraces(Φ)
        if UNSAT: break                // все варианты длины N исчерпаны
```

Полный алгоритм

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:            // пробуем длину цепочки
    Ф = построить_Ф_N()                // формула SMT #1

    while true:                        // перебираем варианты
        result = solver.checkTraces(Ф)
        if UNSAT: break                // все варианты длины N исчерпаны

        actions = extract_traces(Ф)       // SMT #1 нашёл цепочку
```

Полный алгоритм

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:           // пробуем длину цепочки
    Φ = построить_Φ_N()               // формула SMT #1

    while true:                       // перебираем варианты
        result = solver.checkTraces(Φ)
        if UNSAT: break               // все варианты длины N исчерпаны

        actions = extract_traces(Φ)       // SMT #1 нашёл цепочку
        if solver.checkActions(actions):        // SMT #2 проверил аргументы
            return actions              // оба SAT → готово!
```

Полный алгоритм

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:            // пробуем длину цепочки
    Φ = построить_Φ_N()                // формула SMT #1

    while true:                        // перебираем варианты
        result = solver.checkTraces(Φ)
        if UNSAT: break                // все варианты длины N исчерпаны

        actions = extract_traces(Φ)       // SMT #1 нашёл цепочку
        if solver.checkActions(actions):        // SMT #2 проверил аргументы
            return actions                // оба SAT → готово!

        Φ = Φ ∧ ¬(actions)                // запрещаем, пробуем другую
```

Полный алгоритм

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:            // пробуем длину цепочки
    Φ = построить_Φ_N()                // формула SMT #1

    while true:                        // перебираем варианты
        result = solver.checkTraces(Φ)
        if UNSAT: break                // все варианты длины N исчерпаны

        actions = extract_traces(Φ)       // SMT #1 нашёл цепочку
        if solver.checkActions(actions):        // SMT #2 проверил аргументы
            return actions                // оба SAT → готово!

        Φ = Φ ∧ ¬(actions)             // запрещаем, пробуем другую

return INCOMPATIBLE                    // функции несовместимы
```

Оно равнозначно

```
for N = 1, 2, 3, ... , 50:
    Φ = построить_Φ_N()

    while true:
        result = solver.checkTraces(Φ)
        if UNSAT: break

        actions = extract_traces(Φ)
        if solver.checkActions(actions):
            return actions

        Φ = Φ ⋀ ¬(actions)

return INCOMPATIBLE
```

$$\Phi_N = \bigwedge_{s=1}^{N} \Big(x_s \in \{1..k\} \ \wedge \ c_s = n_{x_s} \ \wedge \ \bigwedge_j \varphi(\sigma[p_s+j]) = \varphi(\tau_{x_s}[j]) \Big)$$

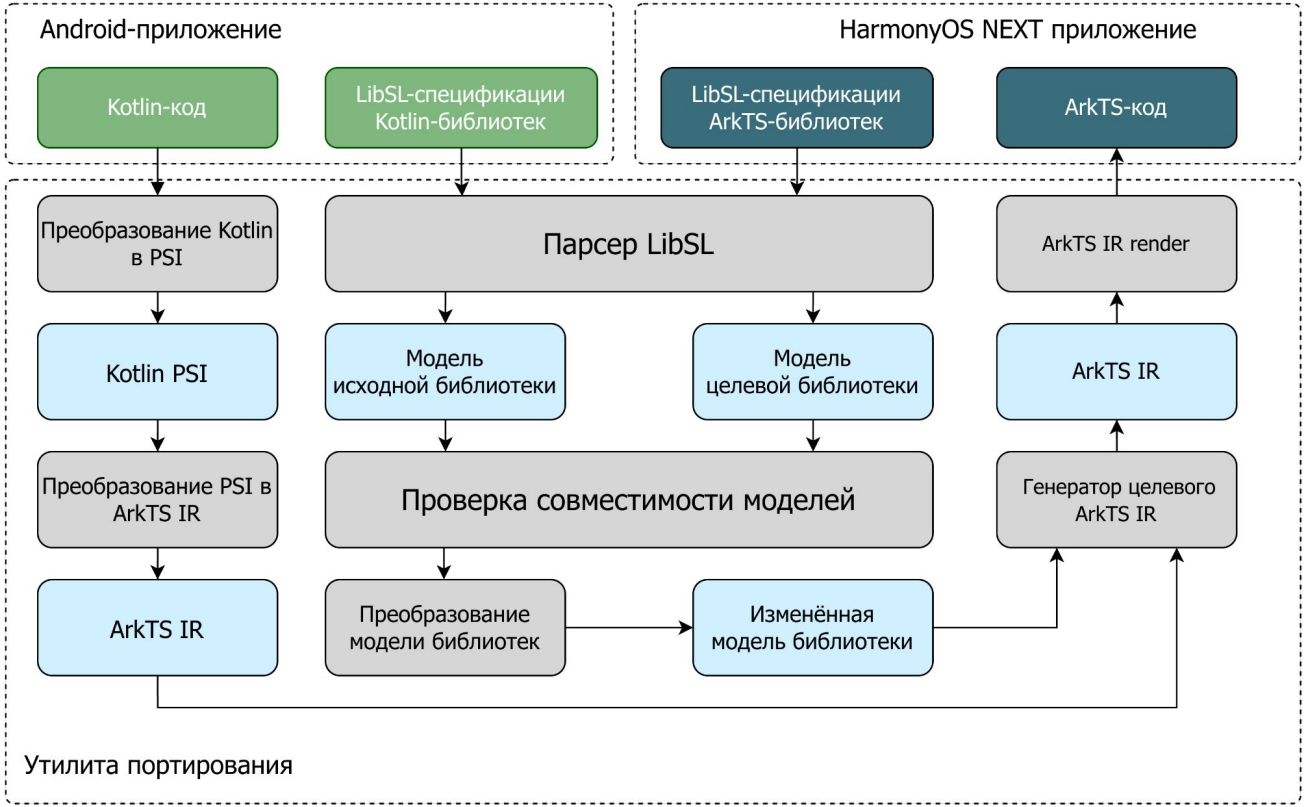
$$\wedge \quad \sum_{s=1}^{N} c_s = m$$

$$\Psi = \bigwedge_{j=1}^{m} \ \bigwedge_{k=1}^{\mathrm{arity}(\alpha_j)} \mathrm{arg}_{\text{исх}}(\alpha_j, k) \ = \ \mathrm{arg}_{\text{цел}}(\beta_j, k)$$

липтсофт

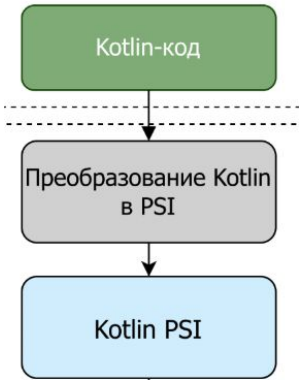
ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Используемый подход



Используемый подход

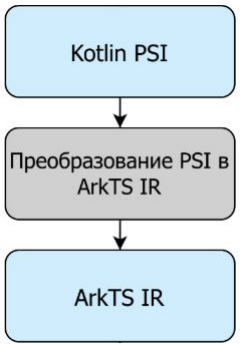
```
fun maskCardNumber(number: String): String {
    return number.dropLast(4) + "****"
}
```




```
• KtFile
  └── KtNamedFunction: "maskCardNumber"
      ├── KtParameter: "number"
      │   └── KtTypeReference: "String"
      ├── KtTypeReference: "String"
      └── KtBlockExpression
          └── KtReturnExpression
              └── KtBinaryExpression: "+"
                  ├── KtDotQualifiedExpression
                  │   ├── KtNameReferenceExpression:
"number"
                  │   └── KtCallExpression: "dropLast"
                  │       └── KtValueArgument
                  │           └── KtConstantExpression: 4
                  └── KtStringTemplateExpression: "****"
```

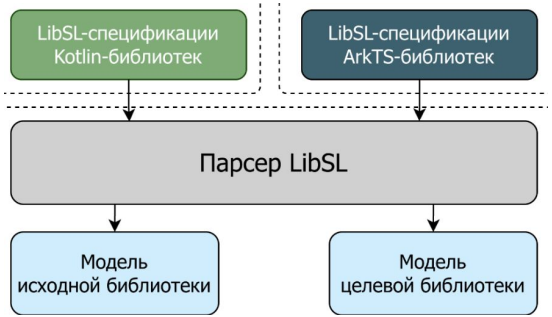
Используемый подход

- KtFile
  - KtNamedFunction: "maskCardNumber"
    - KtParameter: "number"
      - KtTypeReference: "String"
    - KtTypeReference: "String"
    - KtBlockExpression
      - KtReturnExpression
        - KtBinaryExpression: "+"
          - KtDotQualifiedExpression
            - KtNameReferenceExpression: "number"
            - KtCallExpression: "dropLast"
              - KtValueArgument
                - KtConstantExpression: 4
          - KtStringTemplateExpression: "****"



- ArkTsFile
  - FunctionDeclaration: "maskCardNumber" (export)
    - Parameter: "number"
      - TypeReference: "string"
    - TypeReference: "string"
    - BlockStatement
      - ReturnStatement
        - BinaryExpression: "+"
          - CallExpression: "???"
            - Identifier: "???"
            - NumericLiteral: ???
          - StringLiteral: "****"

Используемый подход



липтсофт

ИТМО ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

```
fun dropLast(receiver: string, n: int): string {
    var length: int = action STRING_LENGTH(receiver);
    var end: int = length - n;
    result = action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, end);
}
```

```
@Extension
automaton String.substring: String {

    fun call(receiver: string, start: int, end: int): string {
        result = action STRING_SUBSTRING(receiver, start, end);
    }
}

@Extension
@Property
automaton String.length: String {

    fun get(receiver: string): int {
        result = action STRING_LENGTH(receiver);
    }
}
```

Используемый подход

Код

```
1  fun dropLast(receiver: string, n: int): string {
2    var length: int = action STRING_LENGTH(receiver);
3    var end: int = length - n;
4    result = action STRING_SUBSTRING(receiver, 0, end);
5  }
6
```

SSA

$len_0 = STRING\_LENGTH(receiver_0)$

↓

$end_0 = len_0 - n$

↓

$res_0 = STRING\_SUBSTRING(receiver_0, 0, end_0)$

↓

$return_0 = res_0$

Трассы

Trace 1

Action: LENGTH(receiver)

Action: SUBSTRING(receiver,0,end₀)

Result: res₀

↓

SAT!

Проверка совместимости моделей

↓

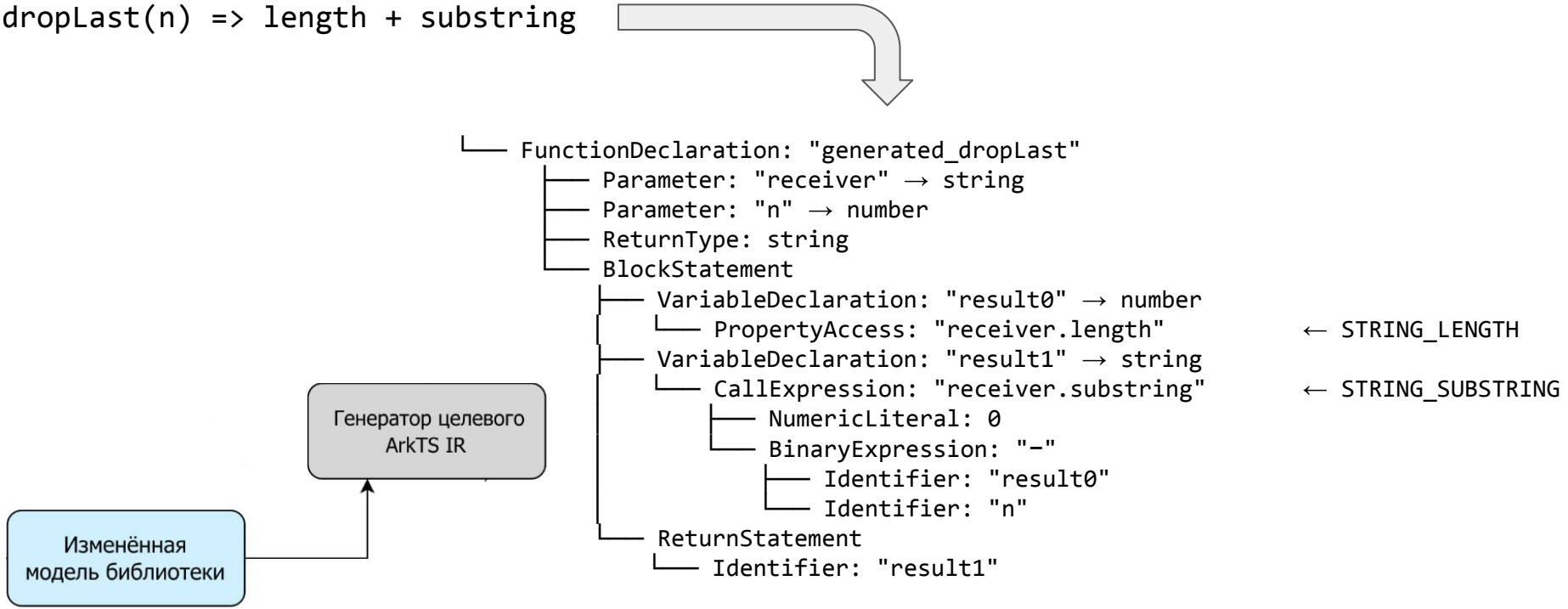
Преобразование модели библиотек → Изменённая модель библиотеки

липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

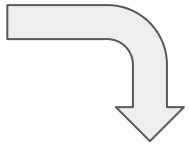
Используемый подход

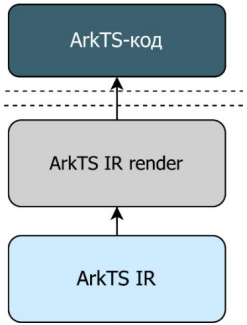
```
dropLast(n) => length + substring
```



Используемый подход

```
ArkTsFile
├── FunctionDeclaration: "maskCardNumber" (export)
│   ├── Parameter: "number" → string
│   ├── ReturnType: string
│   └── ReturnStatement
│       └── BinaryExpression: "+"
│           ├── CallExpression: "generated_dropLast"
│           │   ├── Identifier: "number"
│           │   └── NumericLiteral: 4
│           └── StringLiteral: "****"
└── FunctionDeclaration: "generated_dropLast"
    ├── Parameter: "receiver" → string
    ├── Parameter: "n" → number
    ├── ReturnType: string
    └── BlockStatement
        ├── VariableDeclaration: "result0" → number
        │   └── PropertyAccess: "receiver.length"
        ├── VariableDeclaration: "result1" → string
        │   └── CallExpression: "receiver.substring"
        │       ├── NumericLiteral: 0
        │       └── BinaryExpression: "-"
        │           ├── Identifier: "result0"
        │           └── Identifier: "n"
        └── ReturnStatement
            └── Identifier: "result1"
```

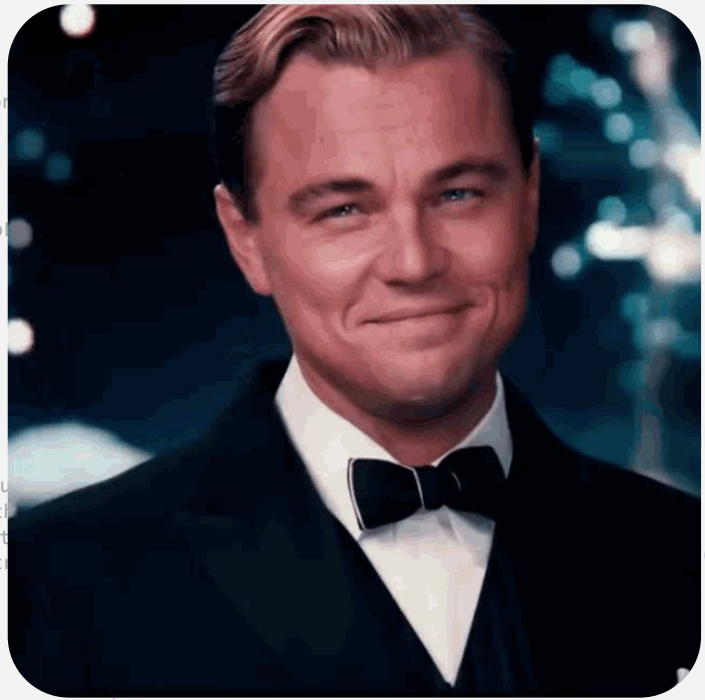


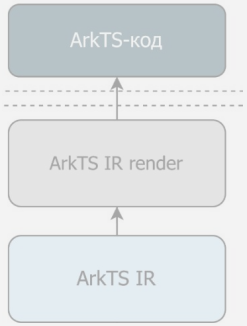



```typescript
export function maskCardNumber(number: string): string {
    return generated_dropLast(number, 4) + "****"
}

function generated_dropLast(receiver: string, n: number): string {
    const result0: number = receiver.length;
    const result1: string = receiver.substring(0, result0 - n);
    return result1
}
```

Используемый подход

```
ArkTsFile
├── FunctionDeclaration: "maskCardNumber" (expor
│   ├── Parameter: "number" → string
│   ├── ReturnType: string
│   └── ReturnStatement
│       └── BinaryExpression: "+"
│           ├── CallExpression: "generated_drop
│           │   ├── Identifier: "number"
│           │   └── NumericLiteral: 4
│           └── StringLiteral: "****"
└── FunctionDeclaration: "generated_dropLast"
    ├── Parameter: "receiver" → string
    ├── Parameter: "n" → number
    ├── ReturnType: string
    └── BlockStatement
        ├── VariableDeclaration: "result0" → nu
        │   └── PropertyAccess: "receiver.length
        ├── VariableDeclaration: "result1" → st
        │   └── CallExpression: "receiver.substr
        │       ├── NumericLiteral: 0
        │       └── BinaryExpression: "-"
        │           ├── Identifier: "result0"
        │           └── Identifier: "n"
        └── ReturnStatement
            └── Identifier: "result1"
```



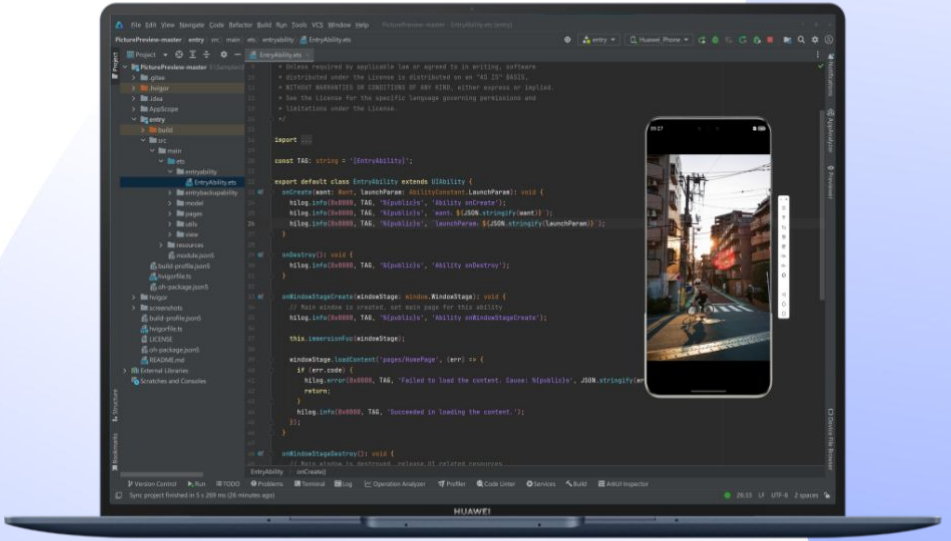



```
ber: string): string {
r, 4) + "****"

er: string, n: number): string {
r.length;
r.substring(0, result0 - n);
}
```

Оглавление

ArkUI

1. Декларативный UI фреймворк
2. Re-rendering mechanism
3. Разделение “логики” и UI



Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Наименование компонента

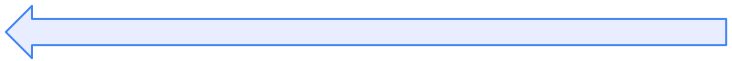
Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Передаваемые параметры

Разбор @Composable компонента

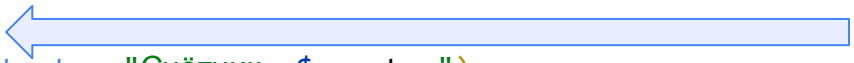
```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```



Локальный параметр

Разбор @Composable компонента

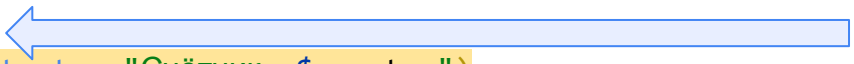
```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```



Вызов дочернего компонента

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```



Content-лямбда

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Наименование вызываемого компонента

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Аргументы вызываемого компонента

Создание ArkUI компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Наименование компонента

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    build() {
    }
}
```

Создание ArkUI компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Передаваемые параметры

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    @Param
    @Require
    baseText: string;

    build() {
    }
}
```

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Локальный параметр

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    @Param
    @Require
    baseText: string;

    @Local
    counter: number = 0

    build() {
    }
}
```

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Вызов дочернего компонента

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    @Param
    @Require
    baseText: string;

    @Local
    counter: number = 0

    build() {
        Column()
    }
}
```

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Content-лямбда

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    @Param
    @Require
    baseText: string;

    @Local
    counter: number = 0

    build() {
        Column() {
        }
    }
}
```

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Вызов дочернего компонента (1)

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    @Param
    @Require
    baseText: string;

    @Local
    counter: number = 0

    build() {
        Column() {
            Text("Счётчик: " + this.counter)
        }
    }
}
```

Разбор @Composable компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Счётчик: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

Вызов дочернего компонента (2)

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    @Param
    @Require
    baseText: string;

    @Local
    counter: number = 0

    build() {
        Column() {
            Text("Счётчик: " + this.counter)
            Button() {
              Text(this.baseText + ": " + this.counter)
              }.onClick(() => {
                 this.counter++
              })
        }
    }
}
```

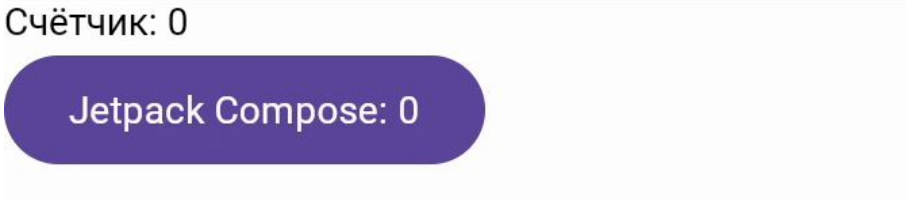
Итог портирования компонента

```
@Composable
fun CounterButton(
    baseText: String
) {
    var counter = 0

    Column {
        Text(text = "Counter: $counter")
        Button(
            onClick = { counter++ }
        ) {
            Text(text = "$baseText: $counter")
        }
    }
}
```

```
@ComponentV2
struct CounterButton {

    @Param
    @Require
    baseText: string;

    @Local
    counter: number = 0

    build() {
        Column() {
            Text("Counter: " + this.counter)
            Button() {
              Text(`${this.baseText}: ${this.counter)}`)
              .onClick(() => {
                 this.counter++
              })
        }
    }
}
```

Итог портирования компонента

Jetpack Compose



ArkUI

Сопоставление компонентов

Params: `modifier` - The modifier to be applied to the Column.
`verticalArrangement` - The vertical arrangement of the layout's children.
`horizontalAlignment` - The horizontal alignment of the layout's children.
`content` - The content of the Column

See Also: `Row`, `androidx.compose.foundation.lazy.LazyColumn`

Samples: `androidx.compose.foundation.layout.samples.SimpleColumn`

```
// Unresolved
```

```
@Composable
inline fun Column(
    modifier: Modifier = Modifier,
    verticalArrangement: Arrangement.Vertical = Arrangement.Top,
    horizontalAlignment: Alignment.Horizontal = Alignment.Start,
    content: @Composable ColumnScope.() -> Unit,
) {...}
```

Jetpack Compose

Column

Supported devices: Phone | PC/2in1 | Tablet | TV | Wearable

Column(options?: ColumnOptions)

Creates a vertical linear layout container. You can set the spacing between child components, which can be of type number or string.

Widget capability: This API can be used in ArkTS widgets since API version 9.

Atomic service API: This API can be used in atomic services since API version 11.

System capability: SystemCapability.ArkUI.ArkUI.Full

Parameters

Name	Type	Mandatory	Description
options	ColumnOptions[18+]	No	Vertical spacing between two adjacent child components.

ArkUI

Сопоставление компонентов

Params: `modifier` - The modifier to be applied to the Column.
`verticalArrangement` - The vertical arrangement of the layout's children.
`horizontalAlignment` - The horizontal alignment of the layout's children.
`content` - The content of the Column

See Also: `Row`, `androidx.compose.foundation.lazy.LazyColumn`

Samples: `androidx.compose.foundation.layout.samples.SimpleColumn`

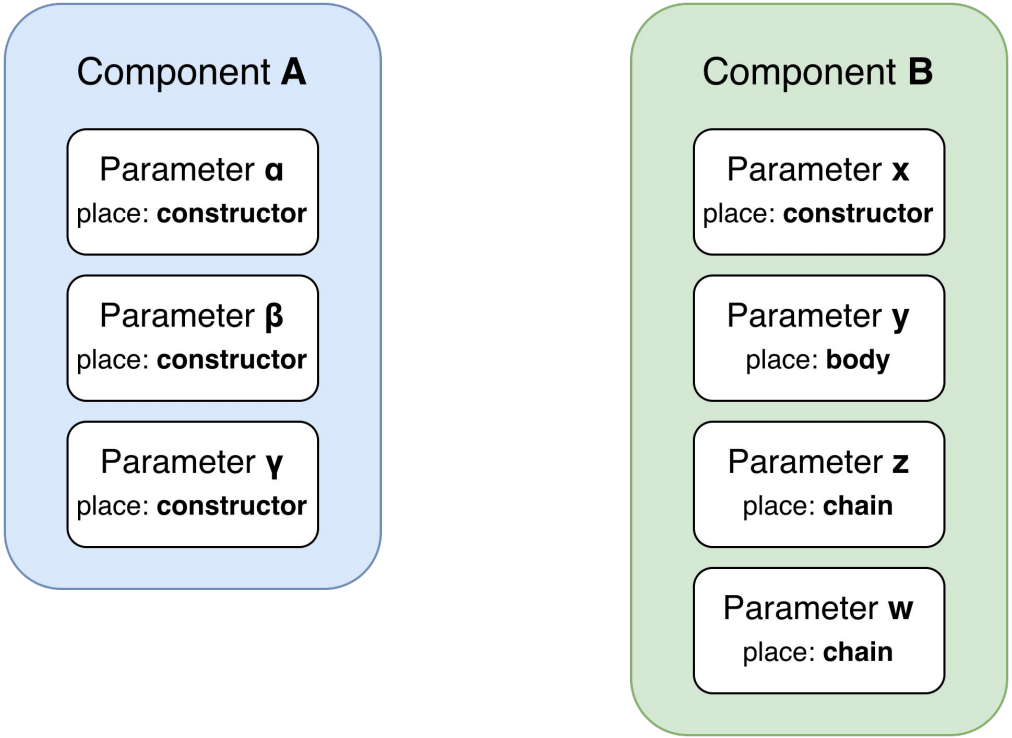
```
// Unresolved
```

```
@Composable
inline fun Column(
    modifier: Modifier = Modifier,
    verticalArrangement: Arrangement.Vertical = Arrangement.Top,
    horizontalAlignment: Alignment.Horizontal = Alignment.Start,
    content: @Composable ColumnScope.() -> Unit,
) {...}
```

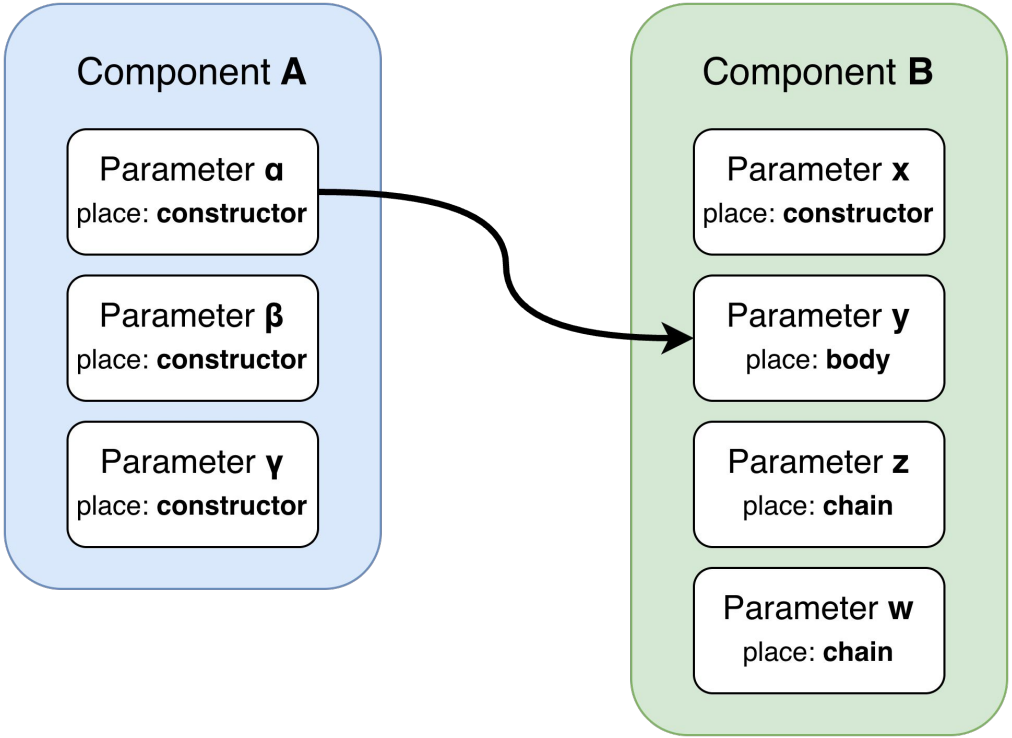
```
Column(
  /** { space: 20 } **/
) {
  /** content **/
}.justifyContent(FlexAlign.Start)
.alignItems(HorizontalAlign.Start)
```

Jetpack Compose **ArkUI**

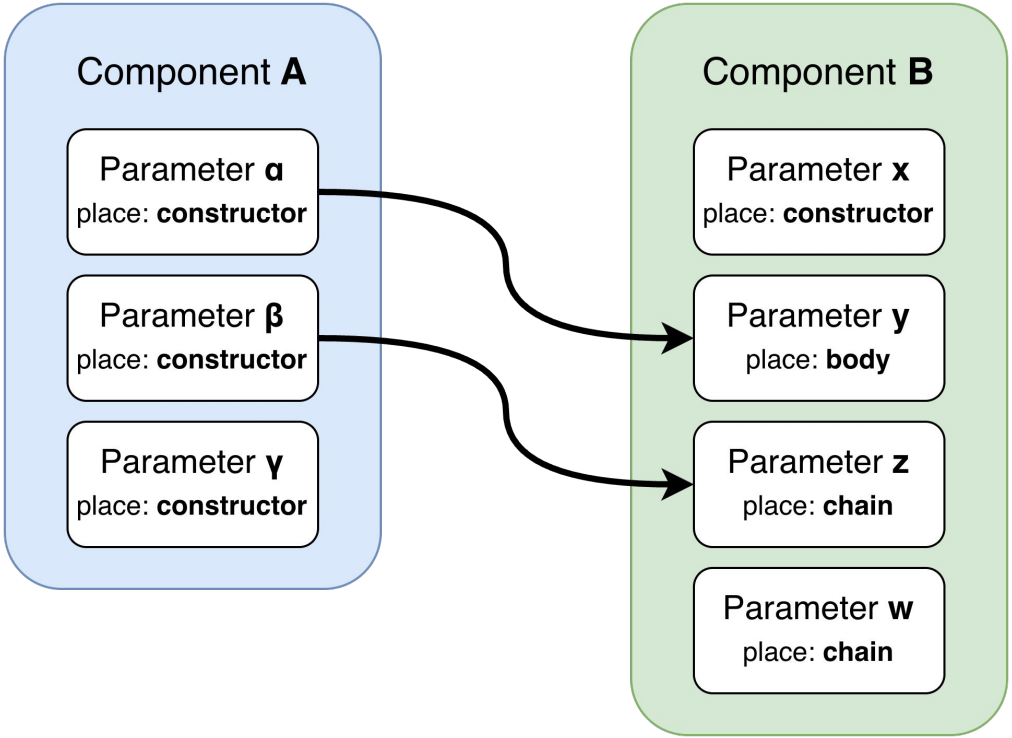
Подход сопоставления компонентов



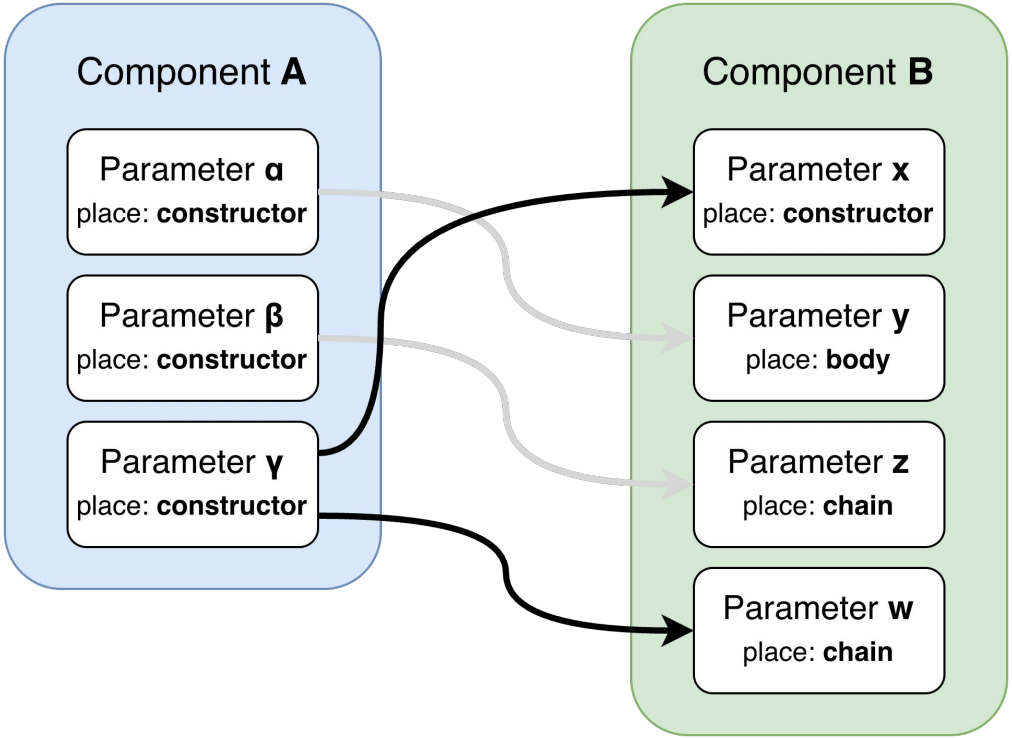
Подход сопоставления компонентов



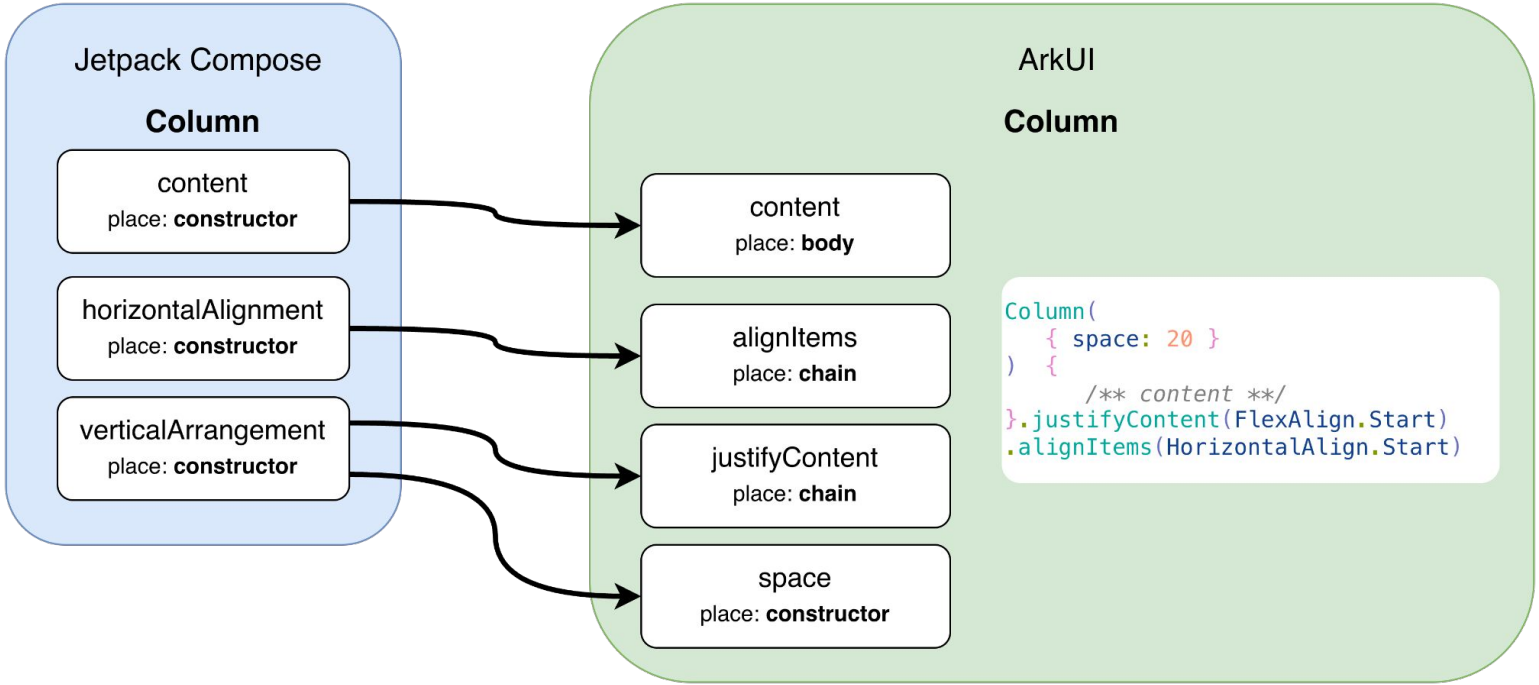
Подход сопоставления компонентов



Подход сопоставления компонентов



Подход сопоставления компонентов



Шаги добавления новых компонентов

1

Указываем наименование компонента

```
internal object TextComponentRules : ComponentRuleSetProvider {

    override val ruleSets: List<ComponentRuleSet> = listOf(
        createTextRuleSet( sourceFqName = "androidx.compose.material.Text"),
    )
```

Шаги добавления новых компонентов

2

Перечисляем все его параметры

```
private fun createTextRuleSet(sourceFqName: String): ComponentRuleSet {
    return ComponentRuleSet(
        sourceFqName = sourceFqName,
        parameterRules = listOf(
            ParameterRule(
                parameterName = "text",
                case = …,
            ),
            ParameterRule(
                parameterName = "modifier",
                case = …,
            ),
            ParameterRule(
                parameterName = "color",
                case = …,
            ),
…
```

Шаги добавления новых компонентов

3

Для каждого параметра указываем преобразование его **PSI** элемента в **ArkTS IR**

```
private fun createTextRuleSet(sourceFqName: String): ComponentRuleSet {
    return ComponentRuleSet(
        sourceFqName = sourceFqName,
        parameterRules = listOf(
            ParameterRule(
                parameterName = "text",
                case = ParameterRuleCase(
                    mutate = { input -> RuleMutationResult.single(input.mappedExpression) },
                    writes = …,
                ),
            ),
            ParameterRule(
                parameterName = "modifier",
                case = ignoredCase(),
            ),
            ParameterRule(
                parameterName = "color",
                case = ParameterRuleCase(
                    mutate = { input -> RuleMutationResult.single(input.mappedExpression) },
                    writes = …,
                ),
            ),
…
```

Шаги добавления новых компонентов

4

Указываем **стратегию** преобразования

```
parameterRules = listOf(
    ParameterRule(
        parameterName = "text",
        case = ParameterRuleCase(
            mutate = { input -> RuleMutationResult.single(input.mappedExpression) },
            writes = listOf(
                ParameterWrite(channel = TargetWriteChannel.ConstructorArgument(index = 0)),
            ),
        ),
    ),
    ParameterRule(
        parameterName = "modifier",
        case = ignoredCase(),
    ),
    ParameterRule(
        parameterName = "color",
        case = ParameterRuleCase(
            mutate = { input -> RuleMutationResult.single(input.mappedExpression) },
            writes = listOf(
                ParameterWrite(channel = TargetWriteChannel.ChainCall(methodName = CHAIN_FONT_COLOR)),
            ),
        ),
    ),
```

Пример портирования Text

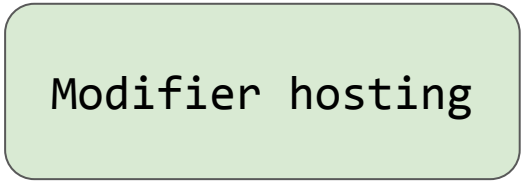
```kotlin
@Composable
private fun Root() {
    Text(
        text = "Hello",
        color = Color.Red,
        fontSize = 18.sp,
        fontStyle = FontStyle.Italic,
        fontWeight = FontWeight.W600,
        letterSpacing = 1.5.sp,
        textAlign = TextAlign.Center,
        lineHeight = 22.sp,
        overflow = TextOverflow.Visible,
        maxLines = 3,
    )
}
```

Jetpack Compose

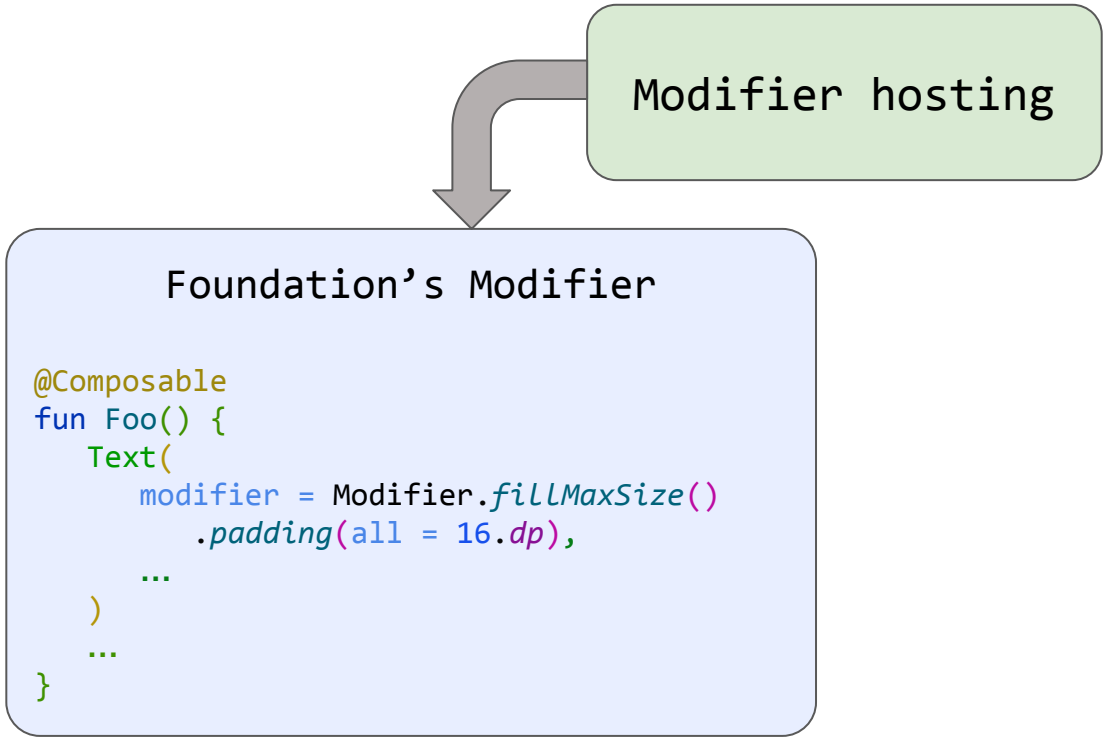
```kotlin
@ComponentV2
struct Root {
  build() {
    Text("Hello")
      .fontColor(Color.Red)
      .fontSize(18)
      .fontStyle(FontStyle.Italic)
      .fontWeight(600)
      .letterSpacing(1.5)
      .textAlign(TextAlign.Center)
      .lineHeight(22)
      .textOverflow({ overflow: TextOverflow.None })
      .maxLines(3)
  }
}
```

ArkUI

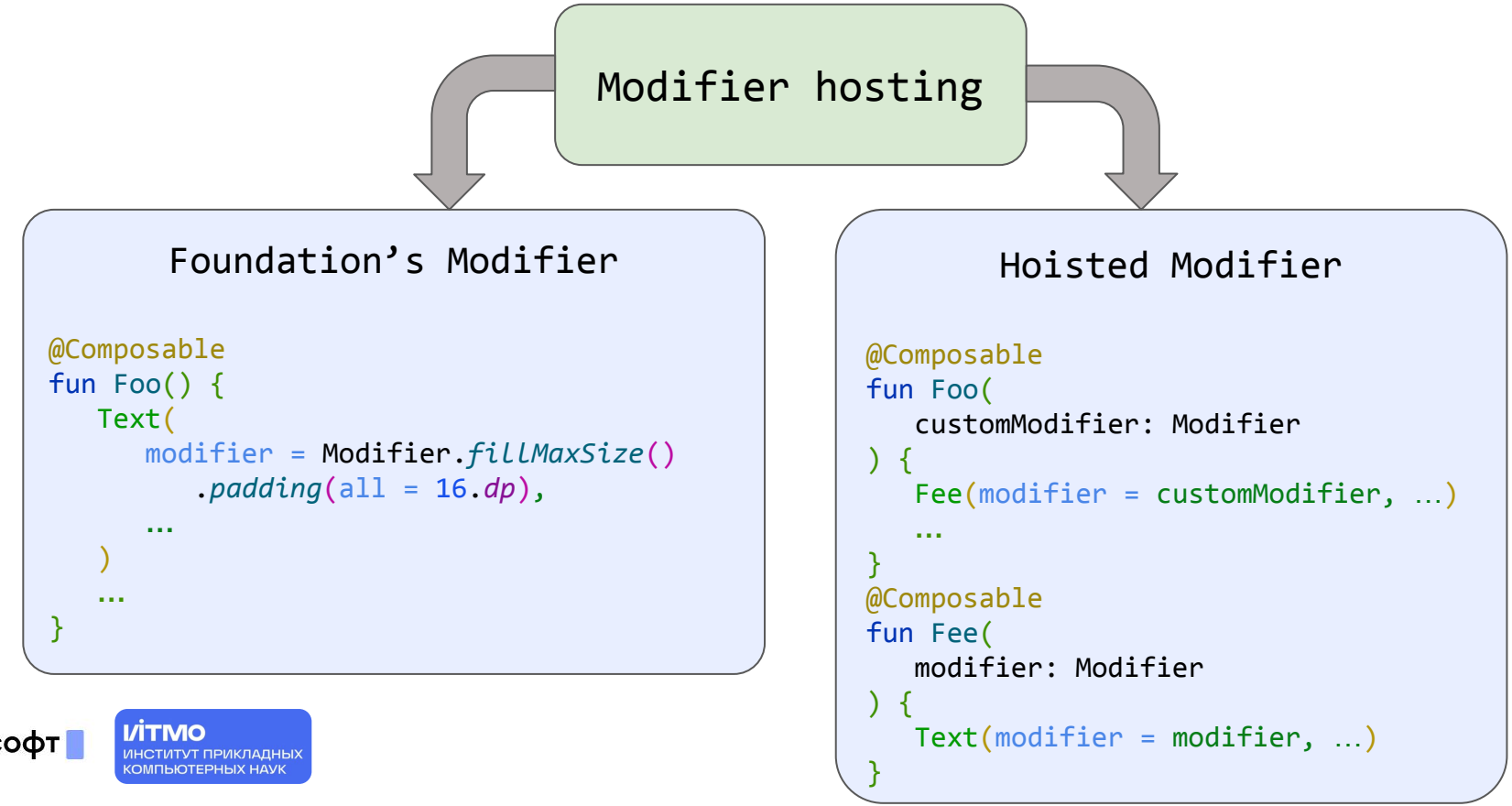
А что по Modifier?



А что по Modifier?



А что по Modifier?



Foundation’s Modifier hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Text(
        text = "Hello",
        modifier = Modifier
            .fillMaxSize()
            .background(Color.Red)
            .padding(16.dp)
    )
}
```

Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Foo {
  build() {
    Text("Hello")
      .width("100%")
      .height("100%")
      .backgroundColor(Color.Red)
      .padding(16)
  }
}
```

ArkUI

Foundation’s Modifier hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Text(
        text = "Hello",
        modifier = Modifier
            .fillMaxSize()
            .background(Color.Red)
            .padding(16.dp)
    )
}
```

Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Foo {
    build() {
        Text("Hello")
            .width("100%")
            .height("100%")
            .backgroundColor(Color.Red)
            .padding(16)
    }
}
```

ArkUI

Foundation’s Modifier hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Text(
        text = "Hello",
        modifier = Modifier
            .fillMaxSize()
            .background(Color.Red)
            .padding(16.dp)
    )
}
```

Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Foo {
    build() {
        Text("Hello")
            .width("100%")
            .height("100%")
            .backgroundColor(Color.Red)
            .padding(16)
    }
}
```

ArkUI

Foundation’s Modifier hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Text(
        text = "Hello",
        modifier = Modifier
            .fillMaxSize()
            .background(Color.Red)
            .padding(16.dp)
    )
}
```

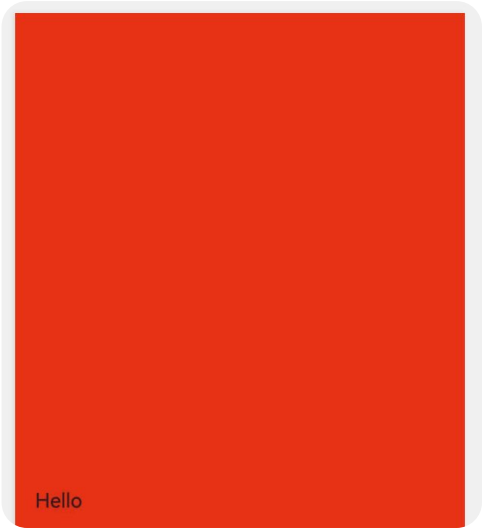
Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Foo {
  build() {
    Text("Hello")
      .width("100%")
      .height("100%")
      .backgroundColor(Color.Red)
      .padding(16)
  }
}
```

ArkUI

Foundation’s Modifier hosting

Jetpack Compose



ArkUI

Foundation's Modifier hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Text(
        text = "Hello",
        modifier = Modifier
            .fillMaxSize()
            .background(Color.Red)
            .padding(16.dp)
    )
}
```

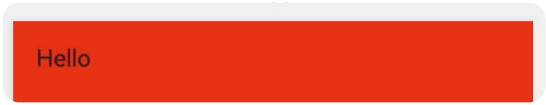
Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Foo {
  build() {
    Text("Hello")
      .width("100%")
      .height("100%")
      .backgroundColor(Color.Red)
      .padding(16)
      .align(Alignment.TopStart)
  }
}
```

ArkUI

Foundation’s Modifier hosting

Jetpack Compose



ArkUI

Hoisted Modifier’s hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```

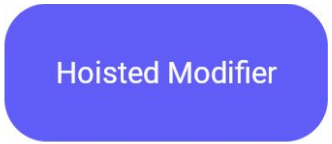
Hoisted Modifier’s hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```

```
@Composable
fun Fee(
    customModifier: Modifier
) {
    Box(
        modifier = customModifier
            .padding(24.dp),
        contentAlignment = Alignment.Center
    ) {
        Text(
            text = "Hoisted Modifier",
            color = Color.White
        )
    }
}
```

Hoisted Modifier’s hosting

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```




```
@Composable
fun Fee(
    customModifier: Modifier
) {
    Box(
        modifier = customModifier
            .padding(24.dp),
        contentAlignment = Alignment.Center
    ) {
        Text(
            text = "Hoisted Modifier",
            color = Color.White
        )
    }
}
```

AttributeModifier (ArkUI)

```ts
/**
 * Defines the attribute modifier.
 *
 * @interface AttributeModifier<T>
 * @syscap SystemCapability.ArkUI.ArkUI.Full
 * @crossplatform
 * @atomicservice
 * @since 12
 */
declare interface AttributeModifier<T> {

  /**
   * Defines the normal update attribute function.
   *
   * @param { T } instance
   * @syscap SystemCapability.ArkUI.ArkUI.Full
   * @crossplatform
   * @atomicservice
   * @since 12
   */
  applyNormalAttribute?(instance: T): void;
}
```

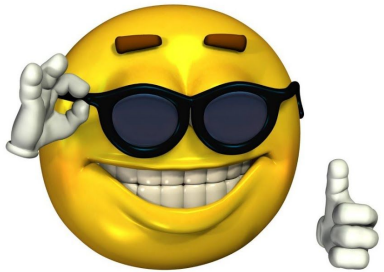
AttributeModifier (ArkUI)

```
// demo.ets
import { MyButtonModifier } from './button_modifier'

@Entry
@Component
struct attributeDemo {
  // The modifier is decorated with @State, with behavior consistent with that of a regular object.
  @State modifier: MyButtonModifier = new MyButtonModifier(true);

  build() {
    Row() {
      Column() {
        Button("Button")
          .attributeModifier(this.modifier)
          .onClick(() => {
            // When the level-1 attribute of the modifier is changed, a UI update is triggered, causing
applyNormalAttribute to be executed again.
            this.modifier.isDark = !this.modifier.isDark
          })
      }
      .width('100%')
    }
    .height('100%')
  }
}
```

```
// button_modifier.ets
export class MyButtonModifier implements AttributeModifier<ButtonAttribute> {
  isDark: boolean = false

  constructor(dark?: boolean) {
    this.isDark = dark ?? false
  }

  applyNormalAttribute(instance: ButtonAttribute): void {
    if (this.isDark) {
      instance.backgroundColor('#707070')
    } else {
      instance.backgroundColor('#17A98D')
        .borderColor('#707070')
        .borderWidth(2)
    }
  }
}
```

CommonModifier

```ts
/**
 * Defines Common Modifier
 *
 * @extends CommonAttribute
 * @implements AttributeModifier<CommonAttribute>
 * @syscap SystemCapability.ArkUI.ArkUI.Full
 * @atomicservice
 * @since 12
*/
export declare class CommonModifier extends CommonAttribute implements AttributeModifier<CommonAttribute> {
    /**
     * Defines the normal update attribute function.
     *
     * @param { CommonAttribute } instance
     * @syscap SystemCapability.ArkUI.ArkUI.Full
     * @crossplatform
     * @atomicservice
     * @since 12
     */
    applyNormalAttribute?(instance: CommonAttribute): void;
}
```



Hoisted Modifier’s hosting

Pt. 1

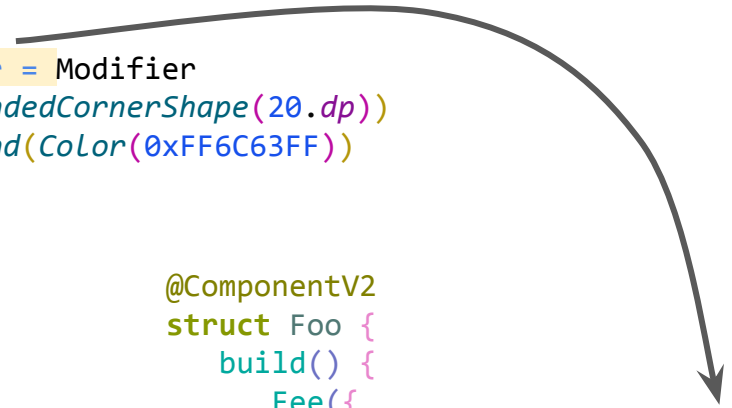
```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```

```
@ComponentV2
struct Foo {
    build() {
        Fee({ ... })
    }
}
```

Hoisted Modifier's hosting

Pt. 2

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```



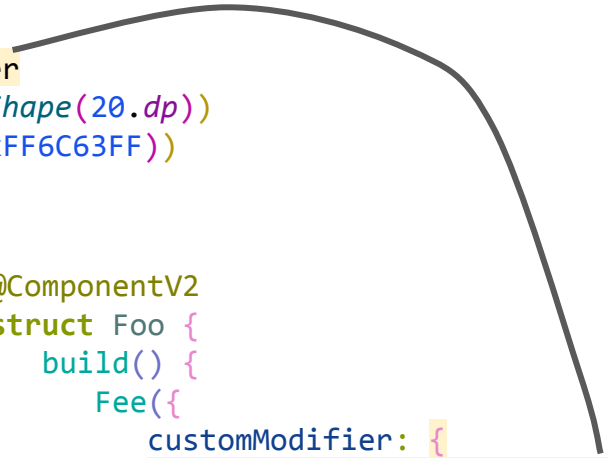
```
@ComponentV2
struct Foo {
    build() {
        Fee({
            customModifier: { ... }
        })
    }
}
```

Hoisted Modifier's hosting

Pt. 3

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```

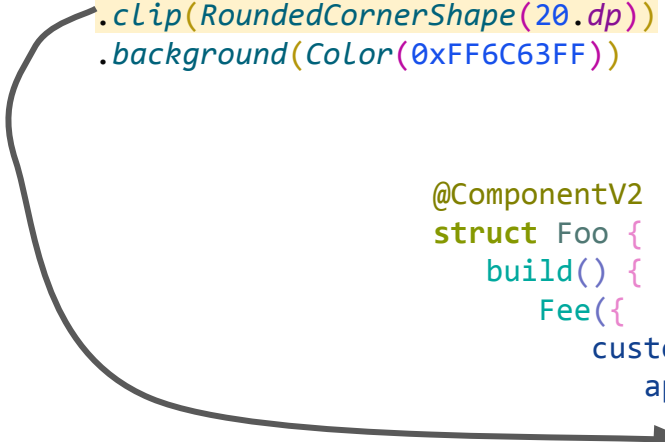
```
@ComponentV2
struct Foo {
    build() {
        Fee({
            customModifier: {
                applyNormalAttribute: (instance: CommonAttribute) => {
                    ...
                }
            } as CommonModifier
        })
    }
}
```



Hoisted Modifier's hosting

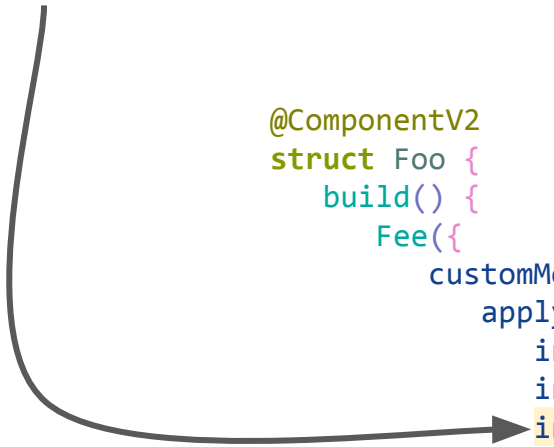

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```

```
@ComponentV2
struct Foo {
  build() {
    Fee({
      customModifier: {
        applyNormalAttribute: (instance: CommonAttribute) => {
          instance.borderRadius(20)
          instance.clip(true)
        }
      } as CommonModifier
    })
  }
}
```



Hoisted Modifier's hosting


```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```



```
@ComponentV2
struct Foo {
  build() {
    Fee({
      customModifier: {
        applyNormalAttribute: (instance: CommonAttribute) => {
          instance.borderRadius(20)
          instance.clip(true)
          instance.backgroundColor(0xFF6C63FF)
        }
      } as CommonModifier
    })
  }
}
```

Hoisted Modifier’s hosting

“Foo()” final

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier
            .clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}
```

```
@ComponentV2
struct Foo {
  build() {
    Fee({
      customModifier: {
        applyNormalAttribute: (instance: CommonAttribute) => {
          instance.borderRadius(20)
          instance.clip(true)
          instance.backgroundColor(0xFF6C63FF)
        }
      } as CommonModifier
    })
  }
}
```

Hoisted Modifier's hosting


```kotlin
@Composable
fun Fee(
    customModifier: Modifier
) {
    Box(
        modifier = customModifier
            .padding(24.dp),
        contentAlignment = Alignment.Center
    ) {
        Text(
            text = "Hoisted Modifier",
            color = Color.White
        )
    }
}
```

Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Fee {

    build() {
        Stack({ alignContent: Alignment.Center }) {
            Text("Hoisted Modifier")
                .fontColor(Color.White)
        }
        .padding(24)
    }
}
```

ArkUI

Hoisted Modifier's hosting


```
@Composable
fun Fee(
    customModifier: Modifier
) {
    Box(
        modifier = customModifier
            .padding(24.dp),
        contentAlignment = Alignment.Center
    ) {
        Text(
            text = "Hoisted Modifier",
            color = Color.White
        )
    }
}
```

Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Fee {
    @Param
    @Require
    customModifier: CommonModifier;

    build() {
        Stack({ alignContent: Alignment.Center }) {
            Text("Hoisted Modifier")
                .fontColor(Color.White)
        }
        .padding(24)
    }
}
```

ArkUI

Hoisted Modifier's hosting


```
@Composable
fun Fee(
    customModifier: Modifier
) {
    Box(
        modifier = customModifier
            .padding(24.dp),
        contentAlignment = Alignment.Center
    ) {
        Text(
            text = "Hoisted Modifier",
            color = Color.White
        )
    }
}
```

Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Fee {
    @Param
    @Require
    customModifier: CommonModifier;

    build() {
        Stack({ alignContent: Alignment.Center }) {
            Text("Hoisted Modifier")
                .fontColor(Color.White)
        }
        .attributeModifier(this.customModifier)
        .padding(24)
    }
}
```

ArkUI

Hoisted Modifier’s hosting


```
@Composable
fun Fee(
    customModifier: Modifier
) {
    Box(
        modifier = customModifier
            .padding(24.dp),
        contentAlignment = Alignment.Center
    ) {
        Text(
            text = "Hoisted Modifier",
            color = Color.White
        )
    }
}
```

Jetpack Compose

```
@ComponentV2
struct Fee {
    @Param
    @Require
    customModifier: CommonModifier;

    build() {
        Stack({ alignContent: Alignment.Center }) {
            Text("Hoisted Modifier")
                .fontColor(Color.White)
        }
        .attributeModifier(this.customModifier)
        .padding(24)
    }
}
```

ArkUI

Hoisted Modifier's hosting

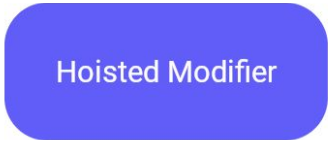
Jetpack Compose

```
@Composable
fun Foo() {
    Fee(
        customModifier = Modifier

.clip(RoundedCornerShape(20.dp))
            .background(Color(0xFF6C63FF))
    )
}

@Composable
fun Fee(
    customModifier: Modifier
) {
    Box(
        modifier = customModifier
            .padding(24.dp),
        contentAlignment = Alignment.Center
    ) {
        Text(
            text = "Hoisted Modifier",
            color = Color.White
        )
    }
}
```

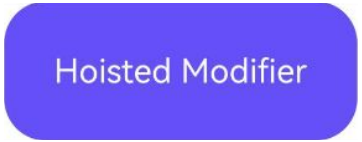
ArkUI

```
@ComponentV2
struct Foo {
  build() {
    Fee({
      customModifier: {
        applyNormalAttribute: (instance: CommonAttribute) => {
          instance.borderRadius(20)
          instance.clip(true)
          instance.backgroundColor(0xFF6C63FF)
        }
      } as CommonModifier
    })
  }
}

@ComponentV2
struct Fee {
  @Param
  @Require
  customModifier: CommonModifier;

  build() {
    Stack({ alignContent: Alignment.Center }) {
      Text("Hoisted Modifier")
        .fontColor(Color.White)
    }
    .attributeModifier(this.customModifier)
    .padding(24)
  }
}
```

Hoisted Modifier’s hosting

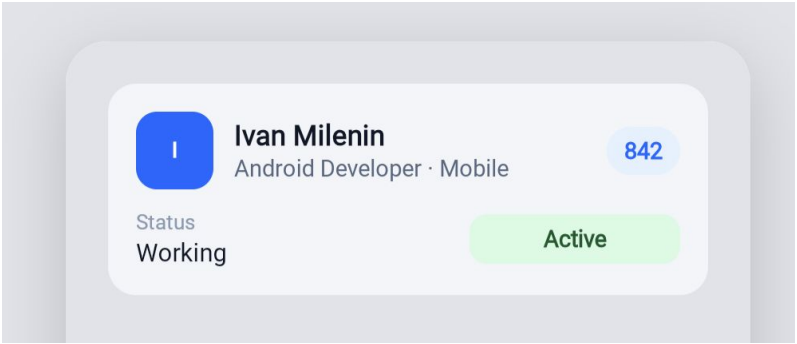


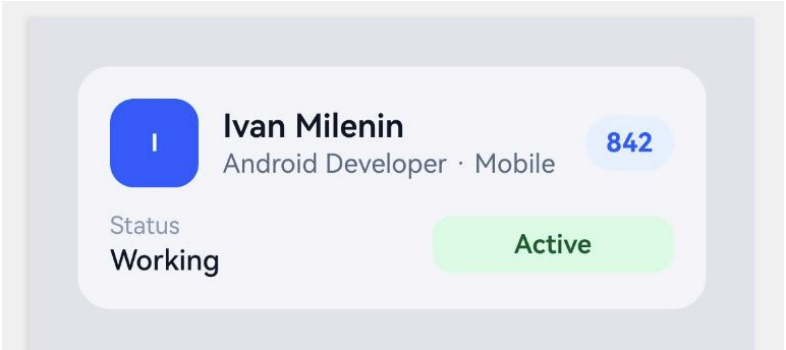
Jetpack Compose



ArkUI

Пример реального использования. Employee card

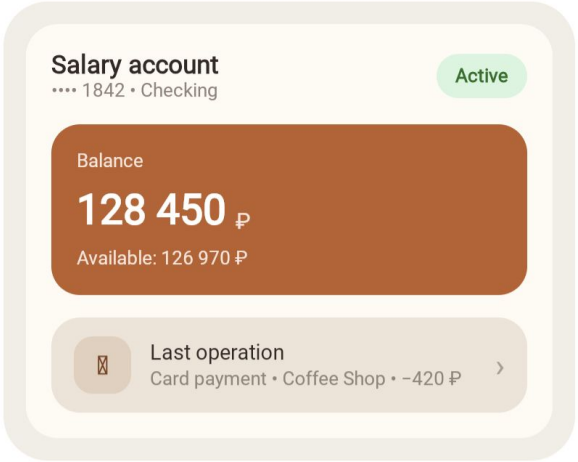




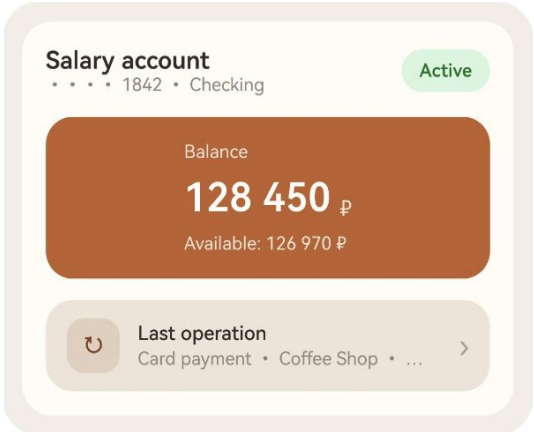
Jetpack Compose

ArkUI

Пример реального использования. Bank profile header

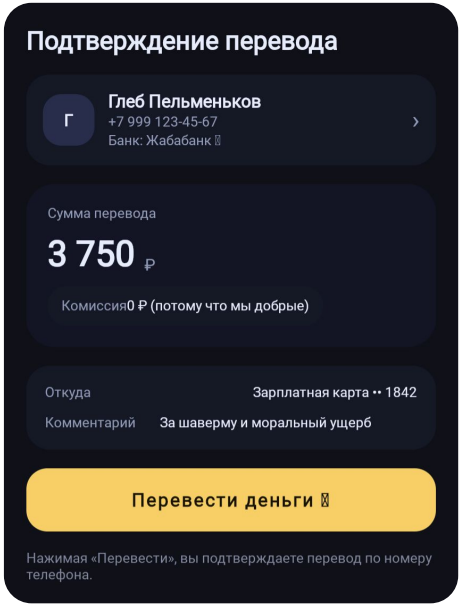


Jetpack Compose

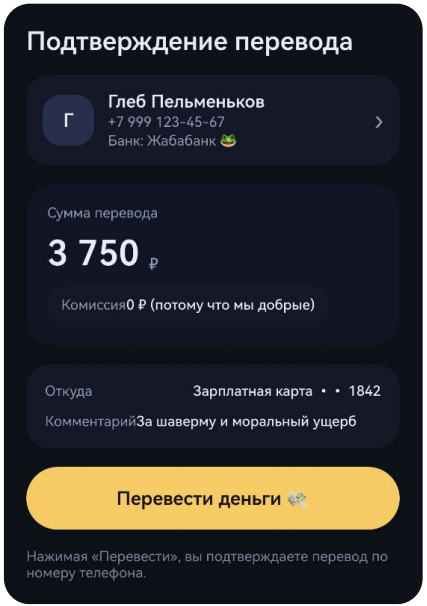


ArkUI

Пример реального использования. Подтверждение перевода

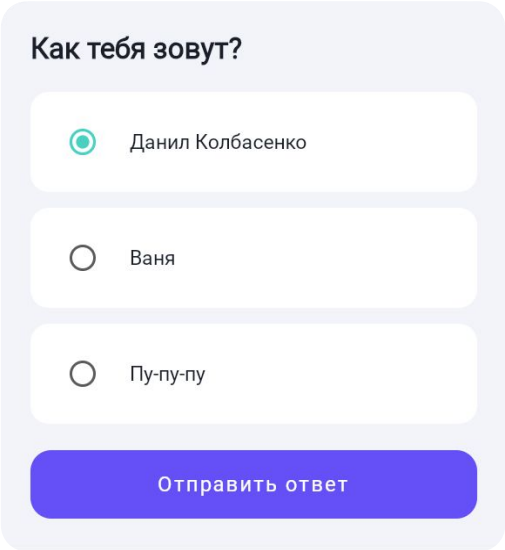


Jetpack Compose

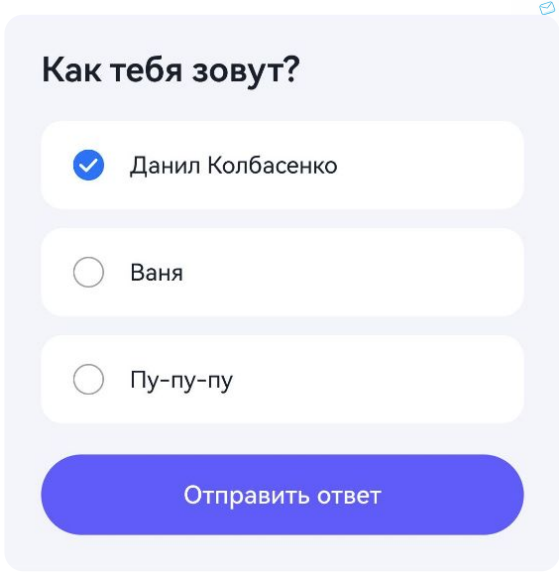


ArkUI

Пример реального использования. Опросник



Jetpack Compose



ArkUI

⚡⚡⚡ UI —

ВСЁ

Оглавление

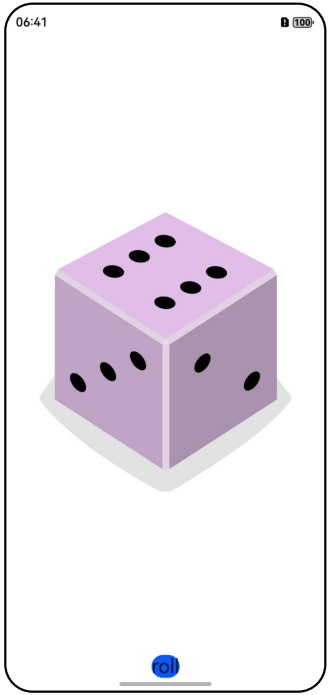
Что получилось сделать

Апробировано приложений	9 (5 — Google Android Basics, 1 — GitHub, 3 — синтезированные)
Транспилировано деклараций	53 из 67 (79%)
Входной код (Kotlin)	2587 строк, 41 файл
Выходной код (ArkTS)	1989 строк, 41 файл

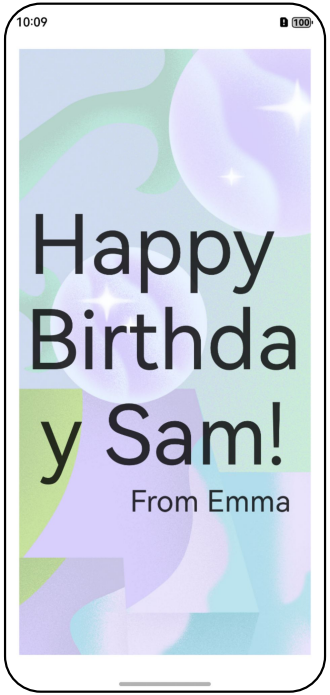
липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

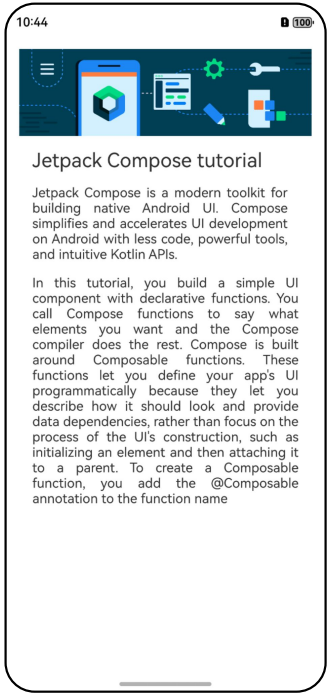
Примеры приложения



dice-roller

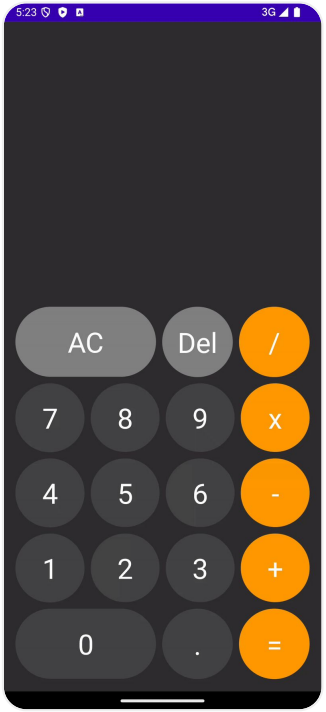


birthday card

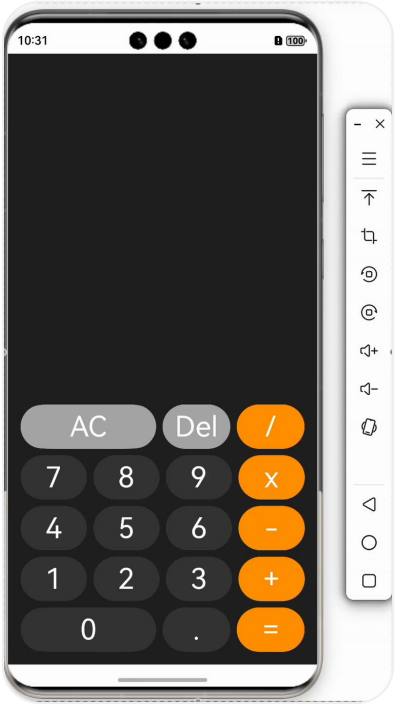


article

Портирование простого приложения



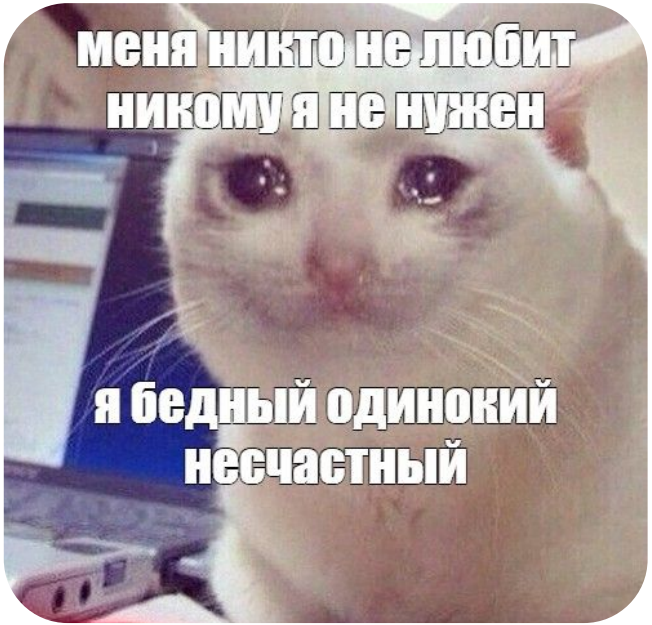
Android



HarmonyOS NEXT

Ограничения портированных приложений

Они одностраничные и без навигации



Почему не 100%?

Апробировано приложений	9 (5 — Google Android Basics, 1 — GitHub, 3 — синтезированные)
Транспилировано деклараций	**53 из 67 (79%)**
Входной код (Kotlin)	2587 строк, 41 файл
Выходной код (ArkTS)	

```
// File: MainActivity.kt

// TODO: failed to transpile 'MainActivity': Unknown operator type: SUPER_EXPRESSION | text: super
// class MainActivity : ComponentActivity() {
//     override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
//         super.onCreate(savedInstanceState)
//         setContent {
//             ComposeArticleTheme {
//                 // A surface container using the 'background' color from the theme
//                 Surface(
//                     modifier = Modifier.fillMaxSize(),
//                     color = MaterialTheme.colorScheme.background
//                 ) {
//                     ComposeArticleApp()
//                 }
//             }
//         }
//     }
// }
```

Оглавление

Что там по нейроночкам?

arXiv:2412.13693v3 [cs.SE] 12 Jan 2025

UITrans: Seamless UI Translation from Android to HarmonyOS

Lina Gong

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing China
gonglina@nuaa.edu.cn
0000-0002-5272-6706

Chen Wang

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing China
wangchen712@nuaa.edu.cn

Yujun Huang

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing China
yujunhuang@nuaa.edu.cn

Di Cui

Xidian University Xi'an China
cuidi@xidian.edu.cn

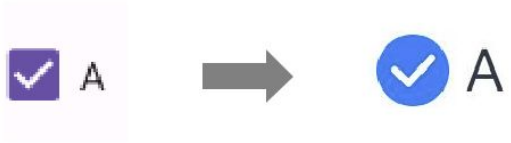
XML -> ArkUI

Example: Differences between Android XML and ArkUI

Layout
Component
Attribute

Android XML:

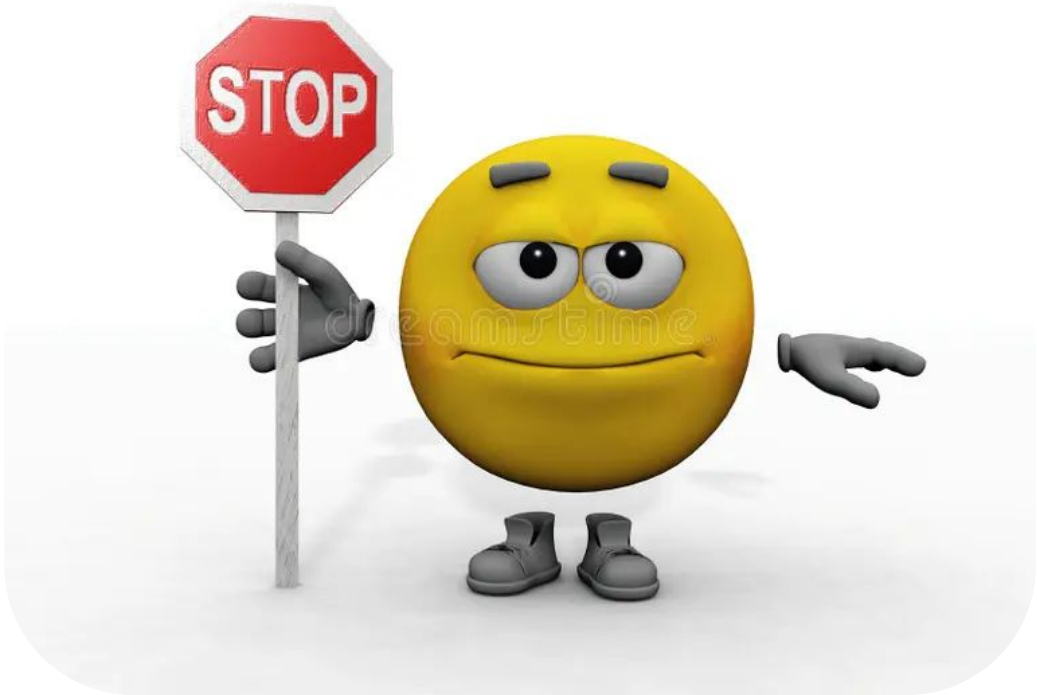
```
<RelativeLayout
<androidx.appcompat.widget.AppCompatCheckBox
      android:id="@+id/myCheckBox"
      ...
      android:text="A" />
</RelativeLayout>
```



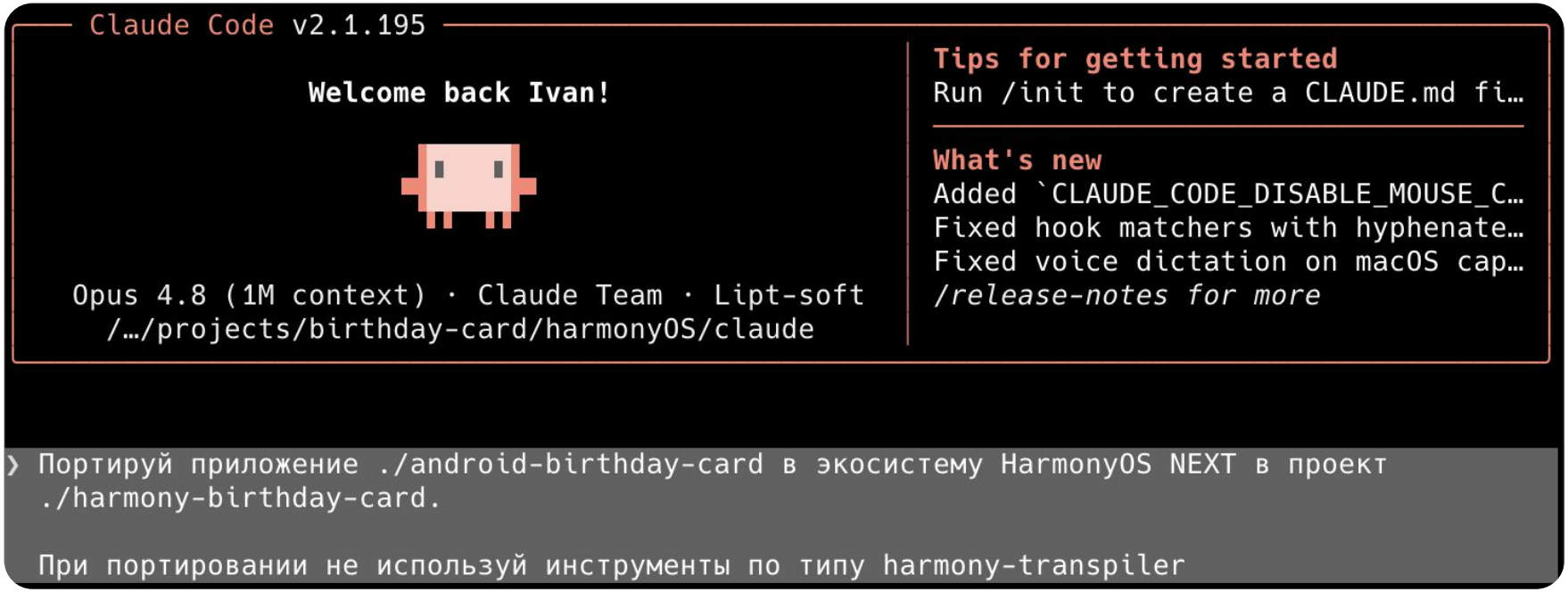
ArkUI:

```
Flex() {
    Row() {
        Checkbox()
        Text('A')
        ...
        }
        .id('myCheckBox')
}
```

Дисклеймер



Попытка №1


Claude Code v2.1.195
Welcome back Ivan!
Opus 4.8 (1M context) · Claude Team · Lipt-soft
/…/projects/birthday-card/harmonyOS/claude
Tips for getting started
Run /init to create a CLAUDE.md fi…
What's new
Added `CLAUDE_CODE_DISABLE_MOUSE_C…
Fixed hook matchers with hyphenate…
Fixed voice dictation on macOS cap…
/release-notes for more
› Портируй приложение ./android-birthday-card в экосистему HarmonyOS NEXT в проект ./harmony-birthday-card.
При портировании не используй инструменты по типу harmony-transpiler

Попытка №1

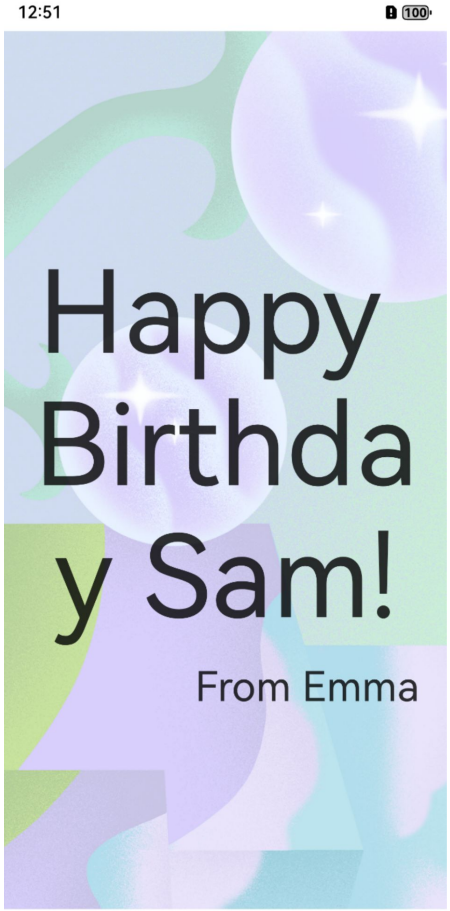
Что сделано

Портировал Android-приложение «Happy Birthday» в HarmonyOS NEXT-проект harmony-birthday-card вручную (без harmony-transpiler), заменив сломанные стаб-файлы транспайлера на корректный ArkTS/ArkUI.

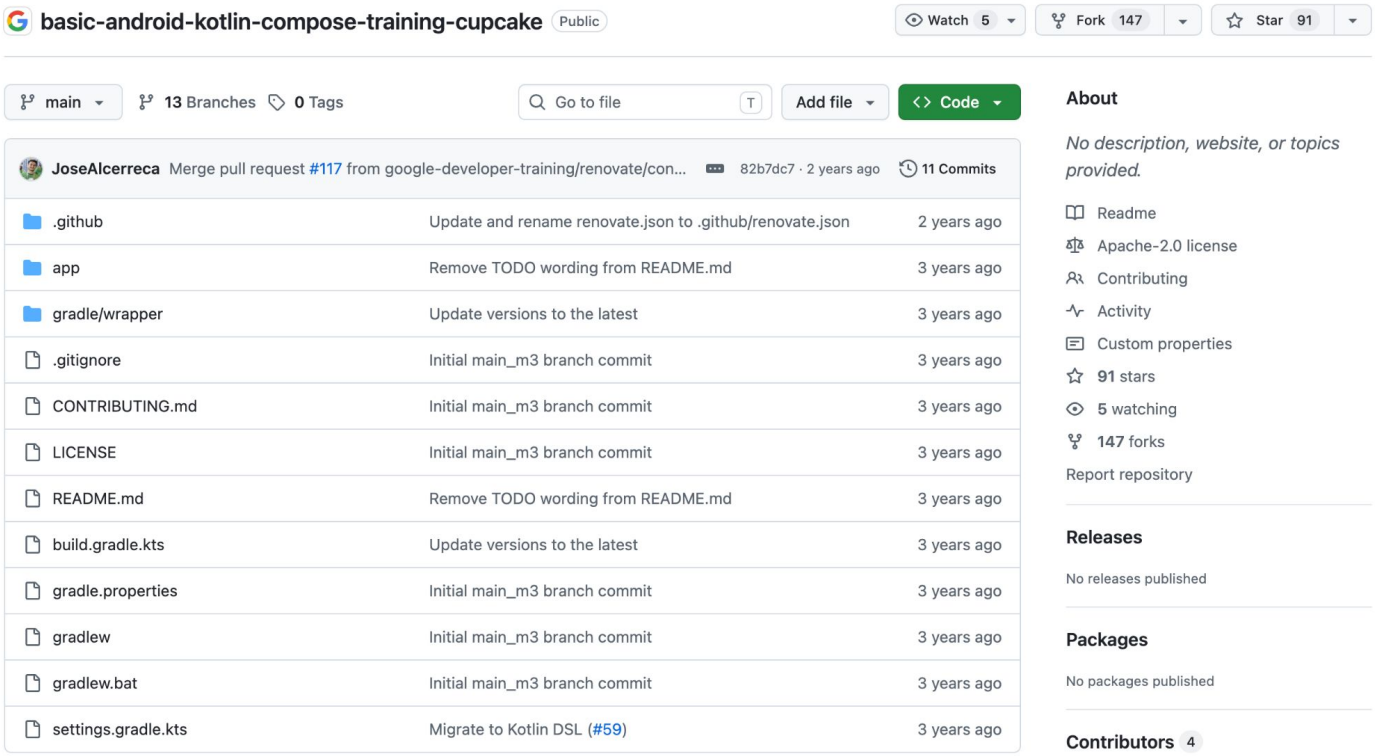
entry/src/main/ets/pages/Index.ets — основной экран. Соответствие Compose → ArkUI:
- GreetingImage (Box с наложением) → Stack
- GreetingText (Column) → @Builder GreetingText с Column
- Image(painterResource(androidparty), ContentScale.Crop, alpha=0.5f) → Image($r('app.media.androidparty')).objectFit(ImageFit.Cover).opacity(0.5)
- Два Text с fontSize 100/116 lineHeight, TextAlign.Center, и 36 с выравниванием Alignment.End → .alignSelf(ItemAlign.End); отступы padding→margin
- Arrangement.Center → .justifyContent(FlexAlign.Center)

Строковые ресурсы (entry/.../base/element/string.json) — добавил happy_birthday_text («Happy Birthday Sam!») и signature_text («From Emma»), на которые ссылается UI через $r('app.string.…').

Тема — заменил TODO-стабы на валидный ArkTS:
- Color.ets — константы цветов (Color(0xAARRGGBB) → ARGB hex-строки)
- Type.ets — Typography/TextStyle как ArkTS-интерфейсы
- Theme.ets — ColorScheme + happyBirthdayColorScheme(darkTheme) вместо MaterialTheme. Динамический цвет Android (dynamicLight/DarkColorScheme) — то, на чём споткнулся транспайлер — не имеет аналога в HarmonyOS и осознанно убран (помечено комментарием).



Попытка №2



basic-android-kotlin-compose-training-cupcake Public

Watch 5 | Fork 147 | Star 91

main | 13 Branches | 0 Tags | Go to file T | Add file | Code

JoseAlcerreca Merge pull request #117 from google-developer-training/renovate/con... 82b7dc7 · 2 years ago | 11 Commits

.github	Update and rename renovate.json to .github/renovate.json	2 years ago
app	Remove TODO wording from README.md	3 years ago
gradle/wrapper	Update versions to the latest	3 years ago
.gitignore	Initial main_m3 branch commit	3 years ago
CONTRIBUTING.md	Initial main_m3 branch commit	3 years ago
LICENSE	Initial main_m3 branch commit	3 years ago
README.md	Remove TODO wording from README.md	3 years ago
build.gradle.kts	Update versions to the latest	3 years ago
gradle.properties	Initial main_m3 branch commit	3 years ago
gradlew	Initial main_m3 branch commit	3 years ago
gradlew.bat	Initial main_m3 branch commit	3 years ago
settings.gradle.kts	Migrate to Kotlin DSL (#59)	3 years ago

About

No description, website, or topics provided.

Readme
Apache-2.0 license
Contributing
Activity
Custom properties
91 stars
5 watching
147 forks
Report repository

Releases

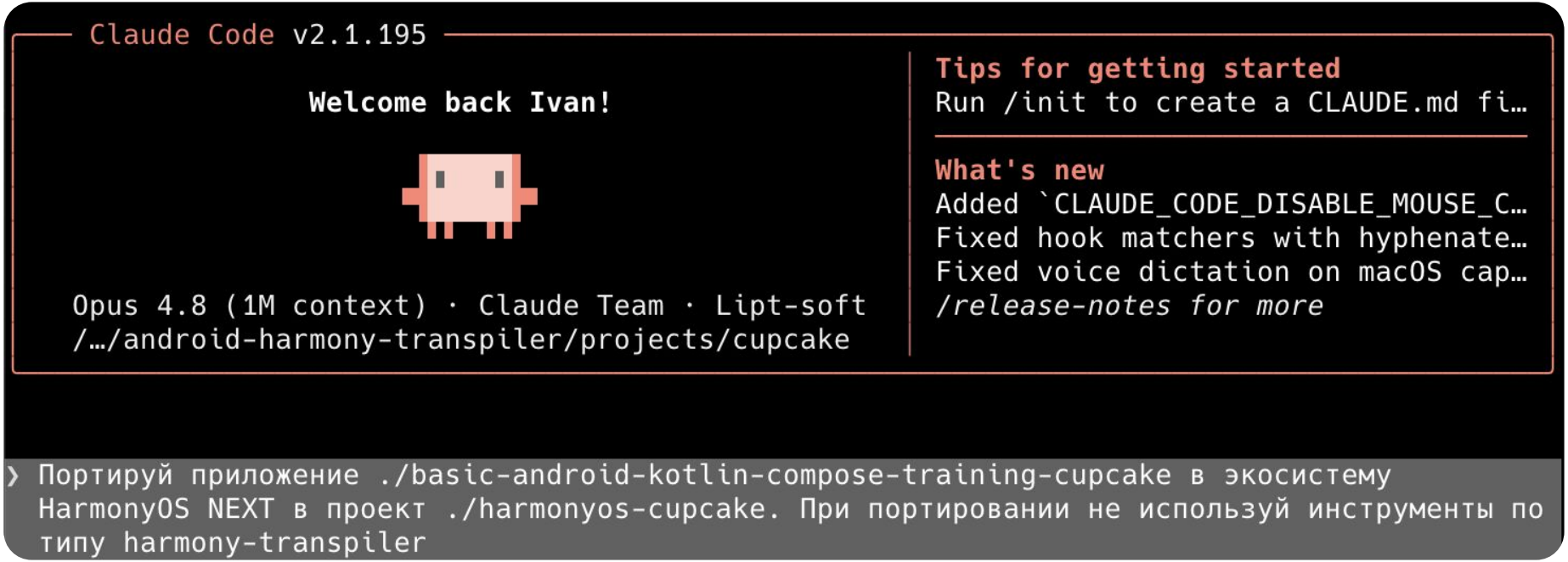
No releases published

Packages

No packages published

Contributors 4

Попытка №2


Claude Code v2.1.195
Welcome back Ivan!
Opus 4.8 (1M context) · Claude Team · Lipt-soft
/…/android-harmony-transpiler/projects/cupcake
Tips for getting started
Run /init to create a CLAUDE.md fi…
What's new
Added `CLAUDE_CODE_DISABLE_MOUSE_C…
Fixed hook matchers with hyphenate…
Fixed voice dictation on macOS cap…
/release-notes for more
❯ Портируй приложение ./basic-android-kotlin-compose-training-cupcake в экосистему HarmonyOS NEXT в проект ./harmonyos-cupcake. При портировании не используй инструменты по типу harmony-transpiler

Попытка №2

Я вручную портировал приложение **Cupcake** из Android (Kotlin/Jetpack Compose) в **HarmonyOS NEXT** (ArkTS/ArkUI, Stage model) — без использования harmony-transpiler. Код написан идиоматично под ArkUI.

Что сделано

Структура (harmonyos-cupcake/entry/src/main/ets/):
- pages/Index.ets — навигационный хост (Navigation + NavPathStack + @Builder navDestination) и связывание экранов — аналог CupcakeScreen.kt и MainActivity
- viewmodel/OrderViewModel.ets — состояние заказа, расчёт цены и генерация дат
- model/DataSource.ets, model/OrderUiState.ets — вкусы, варианты количества, форма состояния
- view/StartOrderScreen.ets, SelectOptionScreen.ets (общий для Flavor и Pickup), SummaryScreen.ets
- components/CommonUi.ets — FormattedPriceLabel
- util/OrderShare.ets — системный шаринг через @kit.ShareKit

```
Портируй приложение ./basic-android-kotlin-compose-training-cupcake в экосистему …
16 files changed +919 -29
```

Попытка №2

Я вручную портировал приложение **Cupcake** из Android (Kotlin/Jetpack Compose) в **HarmonyOS NEXT** (ArkTS/Ar
идиоматично п

Что сделано

Структура (ha
- pages/Index
navDestinatio
- viewmodel/C
- model/DataS
состояния
- view/StartC
SummaryScreen
- components/
- util/OrderS

```
> hvigor ERROR: Failed :entry:default@CompileArkTS...
> hvigor ERROR: ArkTS Compiler Error
1 ERROR: ArkTS:ERROR File: /Users/m.milenin/Android-Apps/work/CLAUDE/kmp-bspb-demo-claude/claude
 -workspace/android-harmony-transpiler/projects/cupcake/harmonyos-cupcake/entry/src/main/ets/view
 /SelectOptionScreen.ets:60:24
 Argument of type 'Resource' is not assignable to parameter of type 'string | number'.


2 ERROR: ArkTS:ERROR File: /Users/m.milenin/Android-Apps/work/CLAUDE/kmp-bspb-demo-claude/claude
 -workspace/android-harmony-transpiler/projects/cupcake/harmonyos-cupcake/entry/src/main/ets/view
 /SummaryScreen.ets:77:26
 Argument of type 'Resource' is not assignable to parameter of type 'string | number'.


COMPILE RESULT:FAIL {ERROR:3}
> hvigor ERROR: BUILD FAILED in 1 s 637 ms

Process finished with exit code -1
```

Портируй
16 files

экосистему …

Попытка №2.5

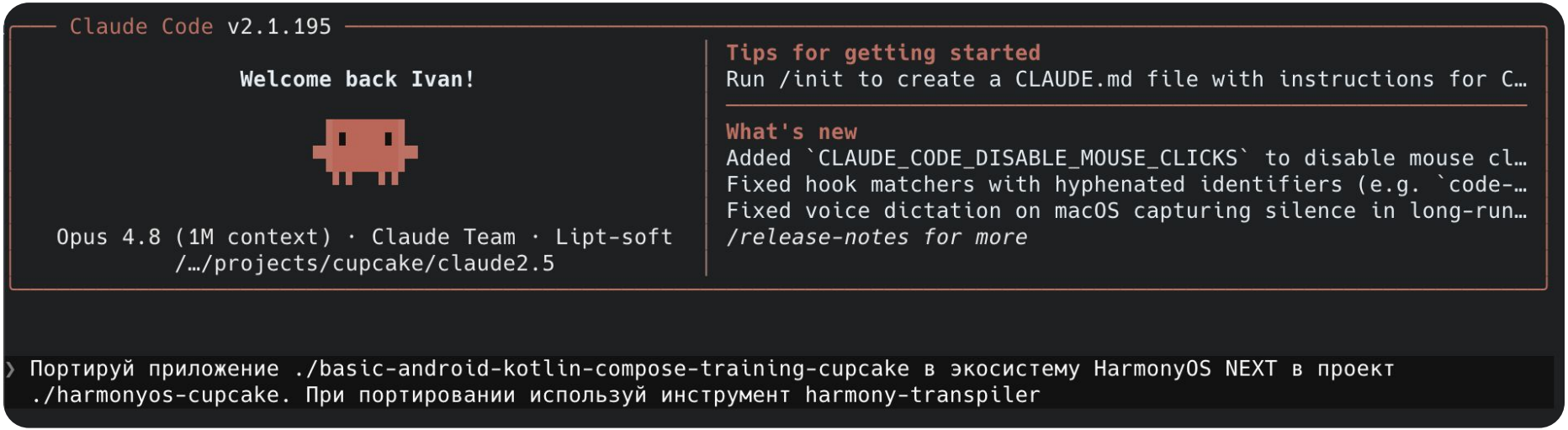
LLM — это не «чёрный ящик», который генерирует код из головы. Это агент, который **вызывает реальные утилиты** и собирает из них результат.

Описанный транспайлер — **часть подхода**, а не замена ему

Попытка №2.5. Скилл

```
---
name: transpile
description: "Transpile Kotlin/Compose source files to HarmonyOS NEXT ArkTS. Use when user wants to convert
Android/Kotlin code to HarmonyOS, port Compose UI to ArkUI, or transpile Kotlin snippets to ArkTS."
arguments: [input]
allowed-tools: Bash(*) Read Write Glob Grep
---

# Transpile Kotlin/Compose to HarmonyOS NEXT ArkTS

You are a transpilation assistant. Your job is to run harmony-transpiler on user-provided
Kotlin/Compose code and deliver the resulting ArkTS output.

## Prerequisites
- JDK 21 on PATH

## Setup
The transpiler binary lives at
`${CLAUDE_SKILL_DIR}/../../../app/build/install/harmony-transpiler/bin/harmony-transpiler`.
...
TRANSPILER="$(cd "${CLAUDE_SKILL_DIR}/../../.." && pwd)/app/build/install/harmony-transpiler/bin/harmony-transpiler"

## CLI modes
1. Inline:  "$TRANSPILER" --code 'fun foo() {}'
2. Stdin:   echo 'fun foo() {}' | "$TRANSPILER" --stdin
3. Files:   "$TRANSPILER" <input-path>... [--output-dir <dir>] [--android-res <res-dir>]
...
```

Попытка №2.5


Claude Code v2.1.195
Welcome back Ivan!
Opus 4.8 (1M context) · Claude Team · Lipt-soft
/…/projects/cupcake/claude2.5
Tips for getting started
Run /init to create a CLAUDE.md file with instructions for C…
What's new
Added `CLAUDE_CODE_DISABLE_MOUSE_CLICKS` to disable mouse cl…
Fixed hook matchers with hyphenated identifiers (e.g. `code-…
Fixed voice dictation on macOS capturing silence in long-run…
/release-notes for more
› Портируй приложение ./basic-android-kotlin-compose-training-cupcake в экосистему HarmonyOS NEXT в проект ./harmonyos-cupcake. При портировании используй инструмент harmony-transpiler

Попытка №2.5

How it went

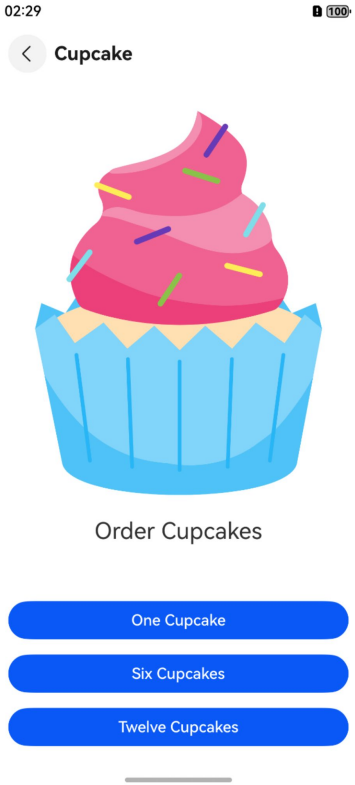
I ran harmony-transpiler over all 12 Kotlin files (--android-res wired up so R.* references resolved). The transpiler handled the **leaf pieces** cleanly — the OrderUiState data class, DataSource, and the simple components (CupcakeAppBar, SelectQuantityButton, FormattedPriceLabel) — but emitted [warn] blocks for the bulk of the app, where it hit constructs it doesn't yet support:

- enum class CupcakeScreen(...) — enums with constructors unsupported
- CupcakeApp / cancelOrderAndNavigateToStart — Navigation Compose (navigateUp, popBackStack)
- OrderViewModel — pickupOptions()[0] array-access + StateFlow
- shareOrder — Android Intent
- the three screens — dimensionResource/padding and getQuantityString
- CupcakeTheme — dynamic color scheme

The emitted output also targeted a Compose-shim runtime (TopAppBar, MaterialTheme, CommonModifier, stringResource) that doesn't exist in HarmonyOS. So per the skill's step 5, I finished the port by hand into **idiomatic ArkUI/ArkTS**, using the transpiler structure as the guide.

What I built in harmonyos-cupcake

ArkTS sources (entry/src/main/ets/):
- viewmodel/OrderViewModel.ets — @ObservedV2 + @Trace fields (the ArkUI analog of StateFlow); price calc, same-day surcharge, and 4-date pickup generation
- model/DataSource.ets — flavors + quantity options as resources
- view/StartOrderScreen.ets, SelectOptionScreen.ets (reused for flavor + pickup), SummaryScreen.ets, FormattedPriceLabel.ets
- pages/Index.ets — the CupcakeApp/MainActivity equivalent: a Navigation + NavPathStack host where each route's NavDestination supplies its own title bar and back button (replacing CupcakeAppBar), plus order-reset/cancel and share wiring



Попытка №2.5

How it went

I ran harmony-transpiler over all 12 Kotlin files (--android-res wired up so R.* references resolved). The transpiler handled the **leaf pieces** cleanly — the OrderUiState data class, DataSource, and the simple components (CupcakeAppBar, SelectQuantityButton, FormattedPriceLabel) — but emitted [warn] blocks for the bulk of the app, where it hit constructs it doesn't yet support:

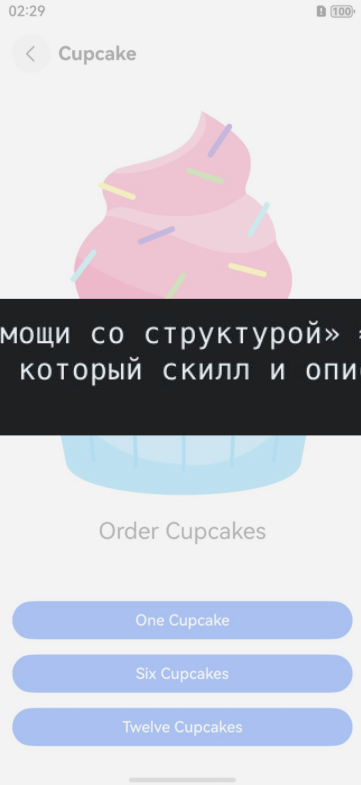
- enum class CupcakeScreen(...) — enums with constructors unsupported
- CupcakeApp / cancelOrderAndNavigateToStart — Navigation Compose (navigateUp, popBackStack)
- OrderViewModel — pickupOptions()[0] array-access + StateFlow
- shareOrder — Android Intent
-
-

Итого: по строкам в сборке ≈ **0% транспайлера / 100% ручками**; по «помощи со структурой» ≈ **15-20% транспайлер / 80-85% ручная доводка**. Это ровно тот сценарий, который скилл и описывает: «transpiler gets structure right but leaves gaps».

guide.

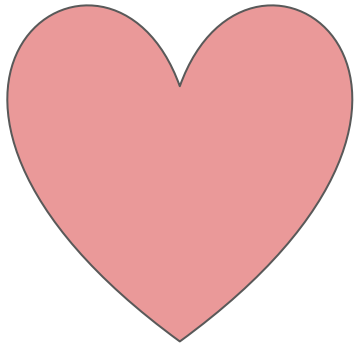
What I built in harmonyos-cupcake

ArkTS sources (entry/src/main/ets/):
- viewmodel/OrderViewModel.ets — @ObservedV2 + @Trace fields (the ArkUI analog of StateFlow); price calc, same-day surcharge, and 4-date pickup generation
- model/DataSource.ets — flavors + quantity options as resources
- view/StartOrderScreen.ets, SelectOptionScreen.ets (reused for flavor + pickup), SummaryScreen.ets, FormattedPriceLabel.ets
- pages/Index.ets — the CupcakeApp/MainActivity equivalent: a Navigation + NavPathStack host where each route's NavDestination supplies its own title bar and back button (replacing CupcakeAppBar), plus order-reset/cancel and share wiring



Итог подхода

AI + LibSL =



О чем вообще было выступление?

1

Есть не только ИИ

О чем вообще было выступление?

1

Есть не только ИИ

2

Будущее – в связке, а не в выборе.

О чем вообще было выступление?

1

Есть не только ИИ

2

Будущее — в связке, а не в выборе.

3

Перенос ПО может быть доказуемо корректным

О чем вообще было выступление?

1

Есть не только ИИ

2

Будущее — в связке, а не в выборе.

3

Перенос ПО может быть доказуемо корректным

4

Иногда и математика полезна

SMT

1. **Портирование библиотек.**
2. **Миграция между версиями API**
3. **Тестирование**

Итоги разработки

Что сделали

- Портирование базовых конструкций **Kotlin** в **ArkTS**
- Портирование множества компонентов **Jetpack Compose** в **ArkUI**
- Портирование вызовов библиотек при помощи формальных спецификаций

Что планируем сделать

- Портирование навигации
- Портирование архитектуры проекта (многомодульность, директории и прочее)
- Портирование системных вызовов

липтсофт

ИТМО
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Время вопросов


@MILKAsuper


svakun@gmail.com


github.com/MILKA-TOP