

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)**

**Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта**

РАЗРАБОТКА ТРАНСЛЯТОРА, ПЕРЕВОДЯЩЕГО ПОДМНОЖЕСТВО ЯЗЫКА KOTLIN В ЭКВИВАЛЕНТНОЕ ПОДМНОЖЕСТВО ЯЗЫКА C#

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине «Теория языков программирования и компиляторы»

по образовательной программе подготовки бакалавров по направлению 09.03.04 Программная инженерия

Выполнили студенты

гр. Б9120-09.03.04прогин

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Воронова Д.В.,

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Мельникова Е.А.

Руководитель:

Глазырин Матвей Александрович

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

г. Владивосток

2024 г

**Оглавление**

[Введение 3](#_Toc129079426)

[1 Неформальная постановка задачи 4](#_Toc129079427)

[2 Синтаксис входного языка 5](#_Toc129079428)

[3 Контекстные условия языка X\_LANG 13](#_Toc129079429)

[4 Контекстные условия языка Y\_LANG 13](#_Toc129079430)

[5 Таблица соответствия языков 17](#_Toc129079431)

[6 Проект лексического анализатора 23](#_Toc129079432)

[6.1 Модель данных 23](#_Toc129079433)

[6.2 Таблица ключевых слов 23](#_Toc129079434)

[6.3 Таблица зарезервированных имен 24](#_Toc129079435)

[6.4 Типы лексем 25](#_Toc129079436)

[6.5 Типы ошибок 26](#_Toc129079437)

[6.6 Конечный автомат лексического анализатора 26](#_Toc129079438)

[7 Проект семантического анализатора 28](#_Toc129079439)

[7.1 Модель данных 28](#_Toc129079440)

[7.2 Описание алгоритма X семантического анализа 28](#_Toc129079441)

[7.3 Пример дерева разбора 28](#_Toc129079442)

[7.4 Типы ошибок 28](#_Toc129079443)

[8 Проект семантического анализатора 29](#_Toc129079444)

[8.1 Модель данных (если есть) 29](#_Toc129079445)

[8.2 Методы проверки нарушений контекстных условия 29](#_Toc129079446)

[8.3 Типы ошибок 29](#_Toc129079447)

[9 Проект генератора кода 30](#_Toc129079448)

[9.1 Модель данных (если есть) 30](#_Toc129079449)

[9.2 Метод кодогенерации 30](#_Toc129079450)

[9.3 Примеры кодогенерации 30](#_Toc129079451)

[10 Тестирование 31](#_Toc129079452)

[10.1 Лексический анализатор 31](#_Toc129079453)

[10.2 Синтаксический анализатор 31](#_Toc129079454)

[10.3 Семантический анализатор 31](#_Toc129079455)

[10.4 Генератор кода 31](#_Toc129079456)

[Заключение 34](#_Toc129079457)

# Введение

**Транслятор** — программа или техническое средство, преобразовывающее программу, представленную на одном из языков программирования, в программу, написанную на другом языке.

Язык программирования — это формальная знаковая система, на которой пишут компьютерную программу.

В данном курсовом проекте в качестве входного языка был выбран язык Kotlin, в качестве выходного – C#.

**Цель курсового проекта:** разработать проект транслятора, который преобразует программу, содержащую подмножество языка X\_LANG, в программу, содержащую подмножество языка Y\_LANG генерируя эквивалентный исходный код.

**Задачи:**

1. описать грамматику подмножества входного языка;
2. описать контекстные условия входного и выходного языков;
3. описать соответствие конструкций входного и выходного языков;
4. разработать проект лексического анализатора;
5. разработать проект синтаксического анализатора;
6. разработать проект семантического анализатора;
7. разработать проект генератора кода выходного языка;
8. реализовать транслятор входного языка в выходной;
9. выполнить тестирование разработанного транслятора.

# 1 Неформальная постановка задачи

В ходе данного курсового проекта необходимо разработать транслятор, который будет переводить подмножество языка Kotlin в подмножество языка C#. Для этого нужно проанализировать и описать входной и выходной язык, разработать лексический, синтаксический и семантический анализаторы, а также генератор кода выходного языка. На основе этих шагов нужно реализовать и протестировать транслятор.

Все переменные в языке Kotlin являются объектами в том смысле, что можно вызывать функции-члены и свойства любых переменных.

Некоторые типы могут иметь специальное внутреннее представление – например, числа, символы и логические значения могут быть представлены как примитивные значения во время выполнения, – но для пользователя они выглядят как обычные классы.

Таким образом, рассматриваемое подмножество языка Kotlin включает в себя такие типы данных, как Integer, Float, Double, Boolean, character, string, array. Integer включает в себя Byte, Short, Int, Long. Чтобы объявить переменную, тип данных которой не будет меняться, нужно использовать оператор val, и var в противном случае.

Массивы в языке создаются с помощью функции arrayOf() или синонимов этой функции. Узнать длину массива можно при помощи свойства size, а входящие в массив индексы при помощи indices. Перебор можно сделать с использованием цикла for или forEach.

Списки объявляются с помощью функции listOf(). С помощью функций add() и remove() в них можно добавлять или удалять элементы. Доступ к отдельному элементу списка можно получить по номеру индекса через квадратные скобки. Также можно использовать метод get() с указанием номера индекса.

В подмножестве языка Kotlin содержатся логические операции дизъюнкции, конъюнкции, отрицания и стандартные арифметические операции сложения, вычитания, умножения, деления и деления по модулю. Из унарных операций включается логическое отрицание.

В подмножестве Kotlin есть такие виды циклов, как for, while. Язык поддерживает традиционные операторы break и continue для выхода из них.

В подмножестве языка Kotlin есть два оператора ветвления: if для одиночного ветвления и when – для множественного. Оба ветвления могут иметь как блочную, так и строчную структуру.

Функции в Kotlin объявляются ключевым словом fun. Стандартными функциями являются различные математические функции, например abs(), ceil(), floor(), max(), min(), round(), sqrt(), cbrt(), exp(). log(), pow(), sign() и тригонометрические функции. Также к стандартным относятся функции для работы с вводом и выводом, то есть print(), println(), readLine().

# 2 Синтаксис входного языка

**Аксиома:**

program

**Правила:**

**program** ::=statement EOL EOF | statement EOL program

**statement** ::= declaration | assigning | function-call | function-construction | if-construction| while-construction | return-statement | switch-statement | for-statement | array-statement

**declaration** ::= simple-declaration | simple-declaration EQUALS expression | simple-declaration EQUALS term

**simple-declaration** ::= VAL ID | VAR ID

**value** ::= STR | CHAR | NUM | TRUE | FALSE | MINUS NUM

**expression** ::= expression-inside | LBR expression-inside RBR | LBR logical-expression RBR | logical-expression| LBR expression-inside RBR expression-inside’ | LBR logical-expression RBR logical-expression’ | logical-expression logical-expression’

**expression-inside** ::= LBR expression-inside RBR | term sign expression-inside | term sign term | LBR expression-inside RBR expression-inside’ | term sign expression-inside expression-inside’ | term sign term expression-inside’

**expression-inside’** ::= sign expression | sign term | sign expression expression-inside’ | sign term expression-inside’

**logical-expression** ::= LBR logical-expression RBR | NOT term | NOT logical-expression | term logical-sign logical-expression | term logical-sign term | ID IS type LBR logical-expression RBR logical-expression’ | NOT term logical-expression’ | NOT logical-expression logical-expression’ | expression-inside logical-expression’

**logical-expression’** ::= logical-sign term | logical-sign logical-expression | logical-sign term logical-expression’ | logical-sign logical-expression logical-expression’

**term** ::= value | ID | function-call | ID LSQBR NUM RSQBR| MINUS ID | MINUS ID LSQBR NUM RSQBR | MINUS function-call

**logical-sign** ::= MORE | LESS | MOREOREQUAL | LESSOREQUAL | AND | OR | ISEQUAL | ISNOTEQUAL

**sign** ::= PLUS | MINUS | MUL | MOD | DIV

**function-call** ::= ID LBR actual-params RBR | ID LBR RBR

**actual-params** ::= actual-param COMMA actual-params | actual-param

**actual-param** ::= expression | term

**assigning** ::= ID EQUALS expression | ID EQUALS term

**function-construction** ::= FUNCTION ID LBR params RBR LCBR function-block RCBR | FUNCTION ID LBR RBR LCBR function-block RCBR | FUNCTION ID LBR params RBR LCBR RCBR | FUNCTION ID LBR RBR LCBR RCBR | FUNCTION ID LBR RBR COLON type LCBR RCBR | FUNCTION ID LBR params RBR COLON type LCBR function-block RCBR | FUNCTION ID LBR RBR COLON type LCBR function-block RCBR

**params** ::= param COMMA params | param

**param** ::= ID COLON type

**type** ::= BYTE | SHORT | INT | LONG | FLOAT | DOUBLE | BOOL | CHARTYPE | STRING

**function-block** ::= EOL | EOL function-block | function-command function-block | function-command

**function-command** ::= declaration | assigning | function-call | if-construction| while-construction | switch-statement | return-statement| for-statement| array-statement

**if-construction** ::= IF LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR ELSE LCBR function-block RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR RCBR ELSE LCBR function-block RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR ELSE LCBR RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR RCBR ELSE LCBR RCBR

**if-condition** ::= logical-expression | term

**while-construction** ::= WHILE LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR | WHILE LBR if-condition RBR EOL LCBR function-block RCBR | WHILE LBR if-condition RBR LCBR EOL function-block RCBR

**return-statement** ::= RETURN term | RETURN expression

**switch-statement** ::= WHEN LBR ID RBR LCBR switch-block RCBR

**switch-block** ::= switch-command | switch-command EOL | switch-command EOL switch-block |EOL switch-command

**switch-command** ::= value CASE LCBR function-block RCBR | value CASE LCBR RCBR | ELSE CASE LCBR function-block RCBR | ELSE CASE LCBR RCBR | value CASE function-command | ELSE CASE function-command

**for-statement** ::= FOR LBR ID IN ID RBR LCBR for-block RCBR | FOR LBR ID IN ID RBR LCBR RCBR | FOR LBR ID IN NUM TO NUM RBR LCBR for-block RCBR | FOR LBR ID IN NUM TO NUM RBR LCBR RCBR | FOR LBR ID IN ID RBR for-statement | FOR LBR ID IN NUM TO NUM RBR for-statement

**for-block** ::= EOL | EOL for-block | for-command for-block | for-command

**for-command** ::= declaration | assigning | function-call | if-construction| while-construction | switch-statement | return-statement | CONTINUE | BREAK

**array-statement** ::= ID POINT ADD LBR value RBR | ID POINT REMOVE LBR NUM RBR

**Обозначения**

Для подмножества языка Kotlin введены следующие обозначения:

*RAWSTRING* – значение типа Raw strings,

*TO* – оператор "..",

*COMMENT* – комментарий "/\*\*/",

*COMMA* – запятая ",",

*LBR* – левая круглая скобка "(",

*RBR* – правая круглая скобка ")",

*BREAK* – ключевое слово"break",

*ABS* – математическая функция "abs()",

*CEIL* – математическая функция "ceil()",

*FLOOR* – математическая функция "floor()",

*MAX* – математическая функция "max()",

*MIN* – математическая функция "min()",

*ROUND* – математическая функция "round()",

*SQRT* – математическая функция "sqrt()",

*CBRT* – математическая функция "cbrt()",

*EXP* – математическая функция "exp()",

*LOG* – математическая функция "log()",

*POW* – математическая функция "pow()",

*SIGN* – математическая функция "sign()",

*CONTINUE* – ключевое слово"continue",

*SIN* – математическая функция "sin()",

*COS* – математическая функция "cos()",

*TAN* – математическая функция "tan()",

*LCBR* – левая фигурная скобка "{",

*RCBR* – правая фигурная скобка "}",

*LSQBR* – левая квадратная скобка "[",

*RSQBR* – правая квадратная скобка "]",

*COLON* – двоеточие ":",

*NOT* – логический оператор "!",

*AND* – логический оператор "&&",

*OR* – логический оператор "||",

*NUM* – численное значение, может быть целым или дробным,

*IN* – ключевое слово"in",

*PLUS* – арифметическая операция "+",

*CASE* – оператор "->",

*MINUS* – арифметическая операция "-",

*MUL* – арифметическая операция "\*",

*MOD* – арифметическая операция "%",

*DIV* – арифметическая операция "/",

*VAR* – ключевое слово"var",

*VAL* – ключевое слово"val",

*ISEQUAL* – логический оператор "==",

*ISNOTEQUAL* – логический оператор "!==",

*EQUALS* – оператор присваивания "=",

*IF* – ключевое слово"if",

*ELSE* – ключевое слово "else",

*WHEN* – ключевое слово"when",

WHILE – ключевое слово"while",

*FOR* – ключевое слово"for",

*MOREOREQUAL* – логический оператор ">=",

*LESSOREQUAL* – логический оператор "<=",

*MORE* – логический оператор ">",

*LESS*– логический оператор "<",

*READLINE* – стандартная функция "readLine()",

*IS* – ключевое слово"is"),

*FUNCTION* – ключевое слово"fun",

*RETURN* – ключевое слово"return",

*BYTE* – обозначение типа "Byte",

*SHORT* – обозначение типа "Short",

*INT* – обозначение типа "Int",

*LONG* – обозначение типа "Long",

*FLOAT* – обозначение типа "Float",

*DOUBLE* – обозначение типа "Double",

*BOOL* – обозначение типа "Boolean",

*CHARTYPE* – обозначение типа "Char",

*STRING* – обозначение типа "String",

*TRUE* – значение "true" типа Boolean,

*FALSE* – значение "false" типа Boolean,

*CHAR* – значение типа Char,

*ARRAYOF* – стандартная функция "arrayOf()",

*LISTOF* – стандартная функция "listOf()",

*POINT* – точка ".",

*ADD* – стандартный метод для массива "add()",

*REMOVE* – стандартный метод для массива "remove()",

*STR* – значение типа String,

*PRINTLN* – стандартная функция "println()",

*PRINT* – стандартная функция "print()",

*ID* – идентификатор,

*EOL* – символ окончания строки "®",

*EOF* – символ окончания файла.

**Описание грамматики языка**

Аксиома:

*program*

Правила:

*program* ::= statement EOL EOF | statement EOL program

*statement* ::= declaration | assigning | function-call | function-construction | if-construction| while-construction | return-statement | switch-statement | for-statement | array-statement

*declaration* ::= simple-declaration | simple-declaration EQUALS expression | simple-declaration EQUALS term

*simple-declaration* ::= VAL ID | VAR ID

*value* ::= STR | CHAR | NUM | TRUE | FALSE | MINUS NUM

*expression* ::= expression-inside | LBR expression-inside RBR | LBR logical-expression RBR | logical-expression| LBR expression-inside RBR expression-inside’ | LBR logical-expression RBR logical-expression’ | logical-expression logical-expression’

*expression-inside* ::= LBR expression-inside RBR | term sign expression-inside | term sign term | LBR expression-inside RBR expression-inside’ | term sign expression-inside expression-inside’ | term sign term expression-inside’

*expression-inside’* ::= sign expression | sign term | sign expression expression-inside’ | sign term expression-inside’

*logical-expression* ::= LBR logical-expression RBR | NOT term | NOT logical-expression | term logical-sign logical-expression | term logical-sign term | ID IS type LBR logical-expression RBR logical-expression’ | NOT term logical-expression’ | NOT logical-expression logical-expression’ | expression-inside logical-expression’

*logical-expression’* ::= logical-sign term | logical-sign logical-expression | logical-sign term logical-expression’ | logical-sign logical-expression logical-expression’

*term* ::= value | ID | function-call | ID LSQBR NUM RSQBR| MINUS ID | MINUS ID LSQBR NUM RSQBR | MINUS function-call

*logical-sign* ::= MORE | LESS | MOREOREQUAL | LESSOREQUAL | AND | OR | ISEQUAL | ISNOTEQUAL

*sign* ::= PLUS | MINUS | MUL | MOD | DIV

*function-call* ::= ID LBR actual-params RBR | ID LBR RBR

*actual-params* ::= actual-param COMMA actual-params | actual-param

*actual-param* ::= expression | term

*assigning* ::= ID EQUALS expression | ID EQUALS term

*function-construction* ::= FUNCTION ID LBR params RBR LCBR function-block RCBR | FUNCTION ID LBR RBR LCBR function-block RCBR | FUNCTION ID LBR params RBR LCBR RCBR | FUNCTION ID LBR RBR LCBR RCBR | FUNCTION ID LBR RBR COLON type LCBR RCBR | FUNCTION ID LBR params RBR COLON type LCBR function-block RCBR | FUNCTION ID LBR RBR COLON type LCBR function-block RCBR

*params* ::= param COMMA params | param

*param* ::= ID COLON type

*type* ::= BYTE | SHORT | INT | LONG | FLOAT | DOUBLE | BOOL | CHARTYPE | STRING

*function-block* ::= EOL | EOL function-block | function-command function-block | function-command

*function-command* ::= declaration | assigning | function-call | if-construction| while-construction | switch-statement | return-statement| for-statement| array-statement

*if-construction* ::= IF LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR ELSE LCBR function-block RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR RCBR ELSE LCBR function-block RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR ELSE LCBR RCBR | IF LBR if-condition RBR LCBR RCBR ELSE LCBR RCBR

*if-condition* ::= logical-expression | term

*while-construction* ::= WHILE LBR if-condition RBR LCBR function-block RCBR | WHILE LBR if-condition RBR EOL LCBR function-block RCBR | WHILE LBR if-condition RBR LCBR EOL function-block RCBR

*return-statement* ::= RETURN term | RETURN expression

*switch-statement* ::= WHEN LBR ID RBR LCBR switch-block RCBR

*switch-block* ::= switch-command | switch-command EOL | switch-command EOL switch-block |EOL switch-command

*switch-command* ::= value CASE LCBR function-block RCBR | value CASE LCBR RCBR | ELSE CASE LCBR function-block RCBR | ELSE CASE LCBR RCBR | value CASE function-command | ELSE CASE function-command

*for-statement* ::= FOR LBR ID IN ID RBR LCBR for-block RCBR | FOR LBR ID IN ID RBR LCBR RCBR | FOR LBR ID IN NUM TO NUM RBR LCBR for-block RCBR | FOR LBR ID IN NUM TO NUM RBR LCBR RCBR | FOR LBR ID IN ID RBR for-statement | FOR LBR ID IN NUM TO NUM RBR for-statement

*for-block* ::= EOL | EOL for-block | for-command for-block | for-command

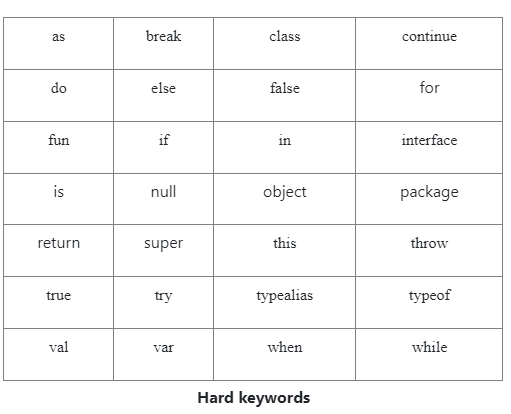
*for-command* ::= declaration | assigning | function-call | if-construction| while-construction | switch-statement | return-statement | CONTINUE | BREAK

*array-statement* ::= IDPOINT ADD LBR value RBR | ID POINT REMOVE LBR NUM RBR

# 3 Контекстные условия подмножества языка Kotlin

**Контекстные условия о правилах описания идентификаторов:**

* Длина идентификаторов не ограничена.
* Идентификатор может состоять из букв, цифр и знака нижнего подчеркивания, но начинаться может только с буквы или нижнего подчеркивания.
* Пробелы в названии идентификаторов недопустимы.
* Название идентификатора не может состоять только из знака нижнего подчеркивания или из нескольких таких знаков.
* Два идентификатора являются одинаковыми только в том случае, если они состоят из одних и тех же символов Юникода для каждого символа, соответственно, названия идентификаторов чувствительны к регистру.
* Идентификаторы не могут иметь такое же имя, как у зарезервированных слов, представленных на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Зарезервированные слова в Kotlin*

**Условия соответствия между определяющими и использующими вхождениями идентификаторов:**

* Все используемые в программе идентификаторы должны быть инициализированы до их использования в программе.
* Идентификаторы могут быть объявлены без инициализации.
* Каждый из идентификаторов, используемых в формальном описании функции, должен быть описан только один раз.
* Идентификаторы типа val не могут быть инициализированы повторно.
* Каждый из идентификаторов, используемых в функции, должен быть описан только один раз.
* Каждый из идентификаторов, используемых в подпрограмме, должен быть описан только один раз.
* Каждый из идентификаторов, используемых в программе, должен быть описан один раз.
* Каждый из идентификаторов, используемых в блоке программе, должен быть описан один раз.
* Области видимости одинаковых идентификаторов не должны пересекаться.

**Условия соответствия видов значений:**

* Типы фактических и формальных параметров функций должны совпадать.
* Количество формальных и фактических параметров функции должно совпадать.

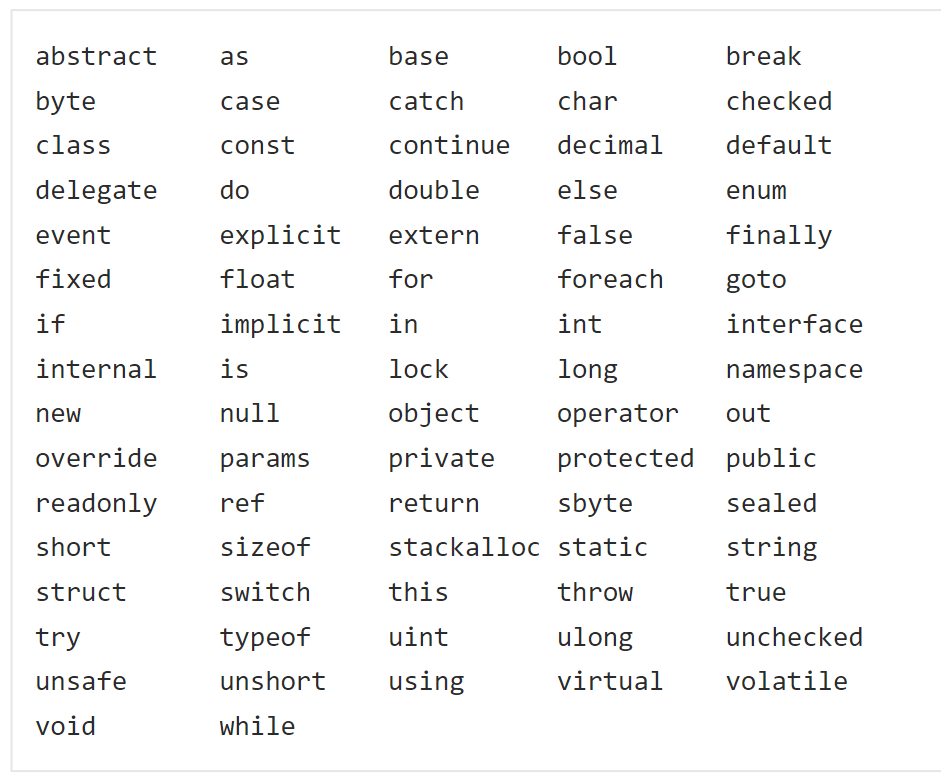
**Условия, определяющие количественные ограничения:**

* Количество формальных параметров функций не ограничено.
* Глубина вложенности блоков не ограничена.

**4 Контекстные условия языка С#**

**Контекстные условия о правилах описания идентификаторов:**

* Длина идентификаторов не ограничена.
* Идентификатор может состоять из букв, цифр и знака нижнего подчеркивания, но начинаться может только с буквы или нижнего подчеркивания.
* Пробелы в названии идентификаторов недопустимы.
* Название идентификатора не может состоять только из знака нижнего подчеркивания или из нескольких таких знаков.
* Два идентификатора являются одинаковыми только в том случае, если они состоят из одних и тех же символов Юникода для каждого символа, соответственно, названия идентификаторов чувствительны к регистру.
* Идентификаторы не могут иметь такое же имя, как у зарезервированных слов, представленных на рисунке 2.

****

*Рисунок 2 – Зарезервированные слова С#*

**Условия соответствия между определяющими и использующими вхождениями идентификаторов:**

* Все используемые в программе идентификаторы должны быть инициализированы до их использования в программе, должен быть указан их тип.
* Идентификаторы могут быть объявлены без инициализации с указанием типа.
* Каждый из идентификаторов, используемых в формальном описании функции, должен быть описан только один раз.
* Идентификаторы типа const не могут быть инициализированы повторно.
* Каждый из идентификаторов, используемых в функции, должен быть описан только один раз.
* Каждый из идентификаторов, используемых в подпрограмме, должен быть описан только один раз.
* Каждый из идентификаторов, используемых в программе, должен быть описан один раз.
* Каждый из идентификаторов, используемых в блоке программе, должен быть описан один раз.
* Области видимости одинаковых идентификаторов не должны пересекаться.

**Условия соответствия видов значений:**

* Типы фактических и формальных параметров функций должны совпадать.
* Количество формальных и фактических параметров функции должно совпадать.

**Условия, определяющие количественные ограничения:**

* Количество формальных параметров функций не ограничено.
* Глубина вложенности блоков не ограничена.

# 5 Таблица соответствия языков

Соответствие языков программирования Kotlin и C# представлено в таблице 1.

Таблица 1 Соответствие языков Kotlin и C#

|  |  |
| --- | --- |
| Kotlin | C# |
| Структура программ | |
| Структура программ аналогична и представляет из себя набор выражений. | |
| Переменные | |
| Переменные объявляются с помощью ключевого слова var без указания типа.  <объявление переменной>:= val <название переменной> | val <название переменной> = <значение переменной>  Примеры:   * val n = 5; * val n. | Переменные объявляются без ключевого слова с указанием типа.  <объявление переменной>:= <тип переменной> <название переменной> | <тип переменной> <название переменной> = <значение переменной>  Примеры:   * int n/auto n; * int n = 5/auto n = 5. |
| Константы | |
| Константы объявляются с помощью ключевого слова val без указания типа.  <объявление константы>:= val  <имя константы> = <значение константы>  Пример:   * val n = 5. | Константы объявляются с помощью ключевого слова const c указанием типа.  <объявление константы>:= const <имя константы> = <значение константы>  Пример:   * const int n = 5. |
| Условия | |
| Условия оформляются с помощью ключевых слов if и else с применением фигурных скобок или без них.  <условие>:= if (<условие>) {<блок>} | if (<условие>) {<блок>} else {<блок>}  Пример:   * if (a < 5) {   foo(a)  println(a)  } else  foo(a) | Условия оформляются с помощью ключевых слов if и else с применением фигурных скобок или без них.  <условие>:= if (<условие>) {<блок>} | if (<условие>) {<блок>} else {<блок>}  Пример:   * if (a < 5) {   Foo(a);  Console.WriteLine(a);  } else  Foo(a); |
| Циклы | |
| Цикл for | |
| Цикл for объявляется с помощью ключевого слова for, фигурных скобок для тела цикла и круглых скобок для условия. При этом для параметра цикла не нужно указывать тип данных.  <цикл for>:= for (<параметр цикла> in <коллекция>)  {<блок>} |  for (<параметр цикла> in  <начальное значение> ..  <конечное значение>)  {<блок>}  Примеры:   * for (item in items) {   println(item)  }   * for (i in 0..9) {   println(i)  } | Цикл for объявляется с помощью ключевого слова for, фигурных скобок для тела цикла и круглых скобок для условия. При этом для параметра цикла необходимо указывать тип данных.  <цикл for>:= for (<тип параметра> <параметр цикла> in <коллекция>) {<блок>} | for (<тип параметра> <параметр цикла> = <начальное значение>); <параметр цикла> < <конечное значение>; <параметр цикла>++) {<блок>}  Примеры:   * for (int item in items) {   Console.WriteLine(item);  }   * for (int i = 0; i < 9; i++){   System.out.println(i);  } |
| Цикл while | |
| Цикл while оформляется с помощью ключевого слова while, фигурных скобок для тела цикла и круглых скобок для его условия.  <цикл while>:= while (<условие цикла>) {<блок>}  Пример:   * while (i > 0)   {  println(i)  i--  } | Цикл while оформляется с помощью ключевого слова while, фигурных скобок для тела цикла и круглых скобок для его условия.  <цикл while>:= while (<условие цикла>) {<блок>}  Пример:   * while (i > 0)   {  Console.WriteLine(i);  i--;  } |
| Функции | |
| Функции объявляются с помощью ключевого слова fun, фигурных скобок для оформления тела цикла, а также круглых скобок для оформления параметров  функции.  <объявление функции>:= fun <название функции>  (<параметры функции> )  {<блок>}  Пример:   * fun sum(a, b) {   return a + b  } | Функции объявляются с помощью типа возвращаемого значения, фигурных скобок для оформления тела цикла, а также круглых скобок для оформления параметров функции.  <объявление функции>:= <тип возвращаемого значения><название функции> (<параметры функции> ) {<блок>}  Пример:   * int sum(a, b) {   return a+b;  } |
| Процедуры | |
| Процедуры объявляются с помощью ключевого слова fun, фигурных скобок для оформления тела цикла, а также круглых скобок для оформления параметров процедуры.  Пример:   * fun sum(a, b) {   println(a+b)  } | Процедуры объявляются с помощью ключевого слова void, фигурных скобок для оформления тела цикла, а также круглых скобок для оформления параметров процедуры.  Пример:   * void sum(a, b) {   Console.WriteLine(a+b);  } |
| Работа с массивами | |
| Создание массива | |
| Массив создается с помощью функции arrayOf, в которую передаются элементы массива.  <объявление массива>:= val <название массива> = arrayOf (<элементы массива>)  Пример:   * val simpleArray =   arrayOf(1, 2, 3) | Массив создается с указанием типа элементов, которые в нем хранятся и фигурных скобок.  <объявление массива>:= <тип элементов> [] <название массива> := {<элементы массива>}  Пример:   * int[3] simpleArray =   {1, 2, 3} |
| Обращение к массиву | |
| Обращение к массиву создается с помощью квадратных скобок с номером элемента.  <обращение к массиву>:= <название массива> [<номер элемента>] | |
| Работа со списками | |
| Создание списка | |
| Список создается с помощью функции listOf.  <объявление списка>:= val <название списка> = listOf (<элементы массива>)  Пример:   * val simpleList =   listOf(1, 2, 3) | Список создается с помощью конструктора List.  <объявление списка>:= List <тип элементов> <название списка> = new List <тип элементов> ();  Пример:   * List<int> simpleList = new List<int>() {1, 2, 3}; |
| Обращение к списку | |
| Обращение к листу реализуется с помощью квадратных скобок.  <обращение к листу>:= <название списка>[<индекс элемента>] | |
| Добавление в список | |
| Добавление в лист осуществляется с помощью метода add.  <список>.add(<элемент>)  Пример:  simpleArray.add(5) | Добавление в лист осуществляется с помощью метода Add.  <список>.Add(<элемент>)  Пример:  simpleArray.Add(5) |
| Удаление из листа | |
| Удаление из листа осуществляется с помощью метода removeAt().  <список>.removeAt(<позиция>)  Пример:  simpleArray.removeAt(5) | Удаление из листа осуществляется с помощью метода RemoveAt().  <список>.RemoveAt(<позиция>)  Пример:  simpleArray.RemoveAt(5) |

# 6 Проект лексического анализатора

Лексер – часть транслятора, распознающая токены. Лексер преобразует последовательность символов программы в последовательность токенов.

Лексический анализ – это преобразование текста в значимые лексические лексемы, принадлежащие к категориям, определенным программой.

## 6.1 Модель данных

Для создания лексера был использован класс Lexer.

Для лексера целесообразно использовать отдельный класс по нескольким причинам. Использование отдельного класса для лексера повышает структурированность и модульность кода, что в итоге делает разработку, поддержку и тестирование программы более удобными и эффективными.

Для лексемы был создан класс Lexem. Для токена был создан класс Token. Использование отдельных классов было необходимо для корректной работы.

Диаграмма классов лексера представлена на рисунке 3.

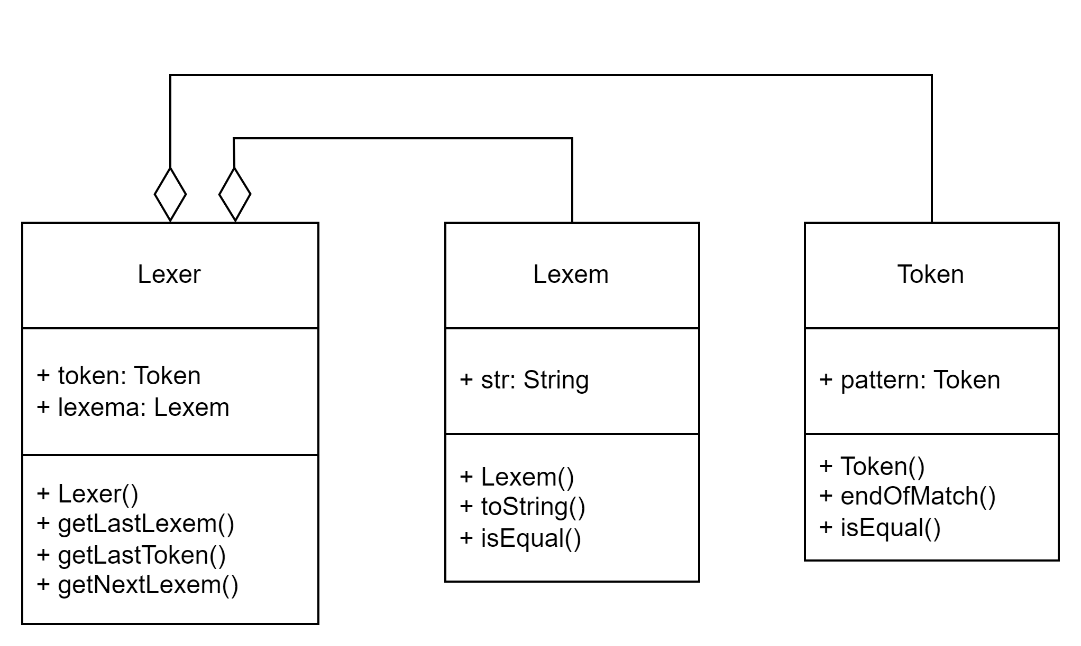


Рисунок 3 – Диаграмма классов лексера

## 6.2 Таблица ключевых слов

Ключевые слова обладают особым семантическим значением в контексте языка программирования. Они представляют собой зарезервированные слова, которые используются для определения ключевых конструкций языка, таких как условные операторы, циклы, определение функций.

Ключевые слова представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Ключевые слова

|  |  |
| --- | --- |
| Ключевые слова | Ключ |
| var | VAR |
| val | VAL |
| fun | FUNCTION |
| while | WHILE |
| for | FOR |
| if | IF |
| when | WHEN |
| case | CASE |
| else | ELSE |
| break | BREAK |

## 6.3 Таблица зарезервированных имен

Зарезервированные имена не являются ключевыми словами или лексемами.

Зарезервированные имена являются именами, которые зарезервированы в языке программирования и не могут использоваться для определения пользовательских переменных, функций или классов. Они могут быть зарезервированы для специальных целей, таких как ключевые слова или стандартные библиотечные функции.

Отличие зарезервированных имен от лексем заключается в том, что лексемы – это отдельные элементы языка программирования, такие как идентификаторы, операторы, константы и знаки препинания, в то время как зарезервированные имена являются специальными словами, которые имеют определенное значение для компилятора или интерпретатора.

При создании лексера, программист должен учитывать зарезервированные имена и их использование в языке программирования, чтобы исключить их из возможных лексем и обеспечить корректный анализ исходного кода.

Зарезервированные имена представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зарезервированные имена

|  |  |
| --- | --- |
| Зарезервированное имя | Значение |
| listOf | R1 |
| arrayOf | R2 |
| readLine | R3 |
| print | R4 |
| println | R5 |
| abs | R6 |
| ceil | R7 |
| floor | R8 |
| max | R9 |
| min | R10 |
| round | R11 |
| sqrt | R12 |
| cbrt | R13 |
| exp | R14 |
| log | R15 |
| pow | R16 |
| sign | R17 |

## 6.4 Типы лексем

## Тип лексемы – это категория, к которой относится определенный символьный или строковый элемент исходного программного кода. В контексте лексического анализа типы лексем определяются для различных элементов языка программирования, например идентификаторы, ключевые слова, операторы, числовые и строковые литералы.

Типы лексем играют важную роль в обработке и анализе исходного кода, обеспечивая корректное выделение и классификацию лексем для последующего анализа и выполнения программы.

Типы лексем представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Типы лексем

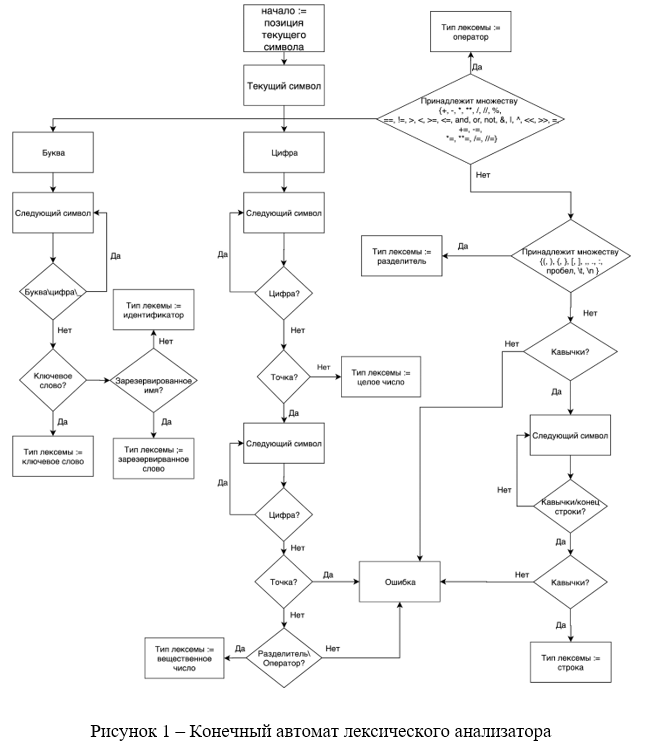
|  |  |
| --- | --- |
| Идентификатор | 1. Ключевое слово;  2. Зарезервированное имя;  3. var (VAR); |
| Оператор | 1. \* (MUL);  2. / ( DIV);  3. – (MINUS);  4. + (PLUS);  5. % (MOD);  6. = (EQUALS); |
| Комментарии | 1. Многострочный (RAWSTRING)  2. Обычный (COMMENT) |
| Разделители | 1. , (COMMA);  2. ( (LBR);  3. ) (RBR);  4. { (LCBR);  5. } (RCBR);  6. [ (LSQBR);  7. ] (RSQBR);  8. : (COLON); |
| Логические операторы | 1. ! (NOT);  2. && (AND);  3. || (OR);  4. == (ISEQUAL);  5. !== (ISNOTEQUAL);  6. >= (MOREOREQUAL);  7. <= (LESSOREQUAL);  8. > (MORE);  9. < (LESS); |
| Константы | 1. Константа (VAL); |
| Числа | 1. Число (NUM); |
| Строки | 1. Строка (STR); |
| Символы | 1. Символ (CHAR); |
| Операторы циклов | 1. While (WHILE);  2. For (FOR);  3. Break (BREAK);  2. in (IN); |
| Операторы условий | 1. If (IF);  2. Else (ELSE);  3. Switch (CASE);  4. Case (WHEN); |

## 6.5 Типы ошибок

Все ошибки, которые может выдать лексер с примерами кода и сообщениями об ошибке

## 6.6 Конечный автомат лексического анализатора

Аналогично что зачем и диаграмму автомата, можно в виде блок-схемы как ниже, лучше в виде диаграммы конечного автомата – она будет короче. Еще нужно привести пример его работы на примере какой-нибудь (демонстрирующей возможности языка) программы на входном языке. Можно привести пример вывода своего лексера.

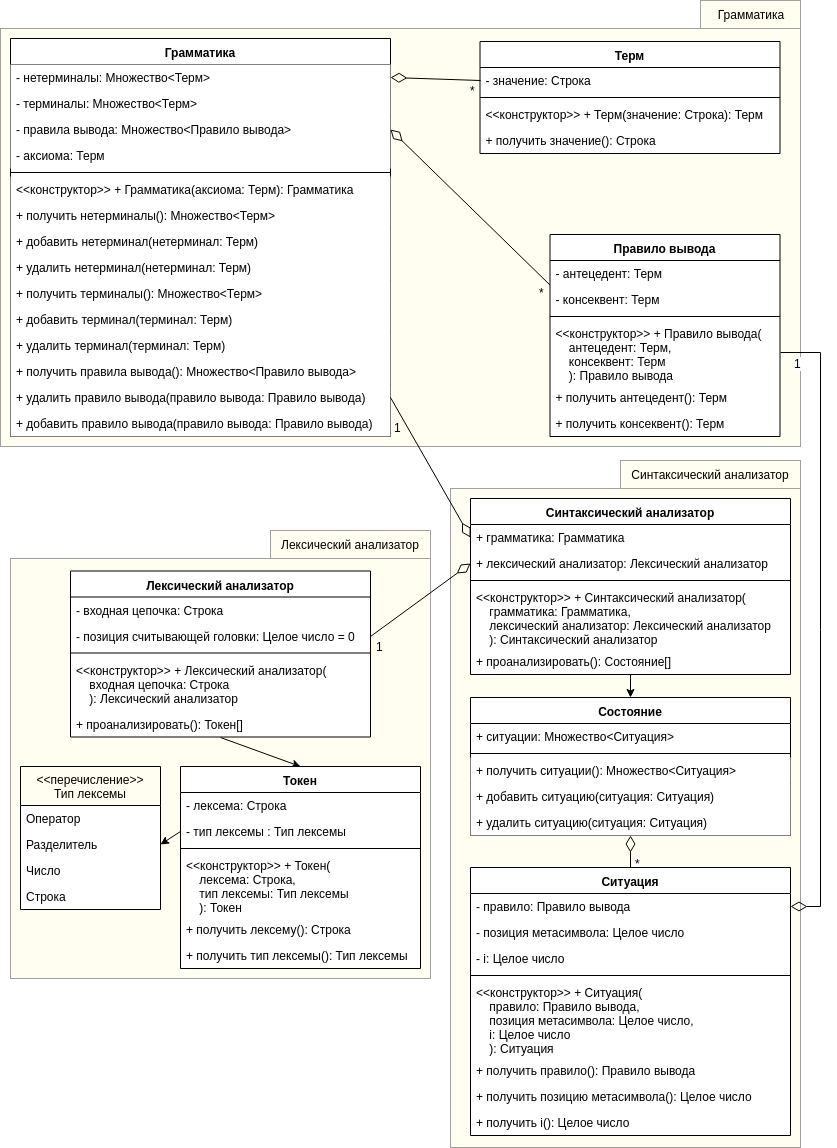


# 7 Проект семантического анализатора

Что зачем. Какой алгоритм синтаксического анализа выбран

## 7.1 Модель данных

Средствами чего реализовывали, какой язык для этого выбрали (для написания синтаксического анализатора), привести диаграммы моделей данных. Показать как моделируется дерево разбора. Ниже пример диаграммы.



## 7.2 Описание алгоритма X семантического анализа

Тут понятно. Просто распишите как в лекциях

## 7.3 Пример дерева разбора

Тут постройте по алгоритму дерево разбора – можете вставить вывод вашего парсера (семантического анализатора)

## 7.4 Типы ошибок

Аналогично разделу 6

# 8 Проект семантического анализатора

Аналогично 6

## 8.1 Модель данных (если есть)

Аналогично 6

## 8.2 Методы проверки нарушений контекстных условия

Как проверяются ошибки типов и тд (контекстных условий)

## 8.3 Типы ошибок

Аналогично 6

# 9 Проект генератора кода

## 9.1 Модель данных (если есть)

## 9.2 Метод кодогенерации

## 9.3 Примеры кодогенерации

# 10 Тестирование

## 10.1 Лексический анализатор

## 10.2 Синтаксический анализатор

## 10.3 Семантический анализатор

## 10.4 Генератор кода

someFn()

someFn(a, b)

someFn(a)

someFn(1+3)

someFn(x\*1)

someFn(a || b)

someFn(!a)

someFn(!a, a||b, c&&d)

someFn(!a, -a)

a=b

a = b&&c

a = b && c ||d

a = -d

a = b+7

a = (x/a)\*1 - 1

a = !b

a = (a || b)

if (a<b){

a=b

b=a

func()} else{}

if (a<b){}

if (a<b){} else{}

var p = myVar && myVar

var p = myVar || myVar

var p = myVar && !myVar

var p = !myVar && myVar

var x = !!b

var x = a && !!b

var x = a && !(a > 5)

var x = !!!b

var y = (a < 7) && b

var y = (a && b)

var y = !true && false

var y = true || (false && false) && my

var y = true || false || my

var y = true || false || !my

var y = (5 - 4) > 1

when(a) {

1 -> {}}

when(a) {1 -> {}

2 -> {}

}

when(a) {1 -> {}

2 -> {a=b}

}

when(a) {1 -> {}

2 -> {a=b}

3 -> {

a = a+b

}

}

for(a in b) {}

a = 1+2

a = 1+2-3-6-4-2

a = (b+c - 0)

a = 1+(2+3)

for(a in 1..2){

if (a < b) {a = a+b}

a = 7+1

a = 3+1+2

}

for(a in b){

if (a < b) {a = a+b}

a = 7+1

a = 3+1+2

continue

break

}

for(a in 1..2){

if (a < b) {

a = a+b

}

continue

if (a < b) {

a = a+b

}

}

public int double (int x) {

return 2\*x;

}

if (a < b) {

a=b

} else {}

if (a < b) { a=b}

a=b

var a = 1

b = a ||b

b = a&&(!b || (c && !d))

b = 4.3

while (a <99) {

a = a+1

}

while (a <99)

{

a = a+1

}

return x+44

return x

return (a || b)

# Заключение

Даже эмбрион знает, как писать заключение :)

Список литературы

<https://kotlinlang.org/docs/basic-types.html>

https://translated.turbopages.org/proxy\_u/en-ru.ru.1629bc8b-64525281-b29c5175-74722d776562/https/kotlinlang.org/api/latest/jvm/stdlib/kotlin/