

Techniki Kompilacji - Projekt Wstępny

Bartosz Nowak, 325201

1. Opis zakładanej funkcjonalności, przykłady obrazujące dopuszczalne konstrukcje językowe oraz ich semantykę

1.1 Typy danych i Operatory

1.1.1 Typy Danych

Zaimplementowane zostaną następujące typy danych:

1. Integer:

- `int`

2. Float

- `flt`

3. `string`

4. `bool`

- `true`

- `false`

1.1.2 Operatory

Zdefiniowana została następująca kolejność operatorów:

priorytet	operatory
0.	dekorator: <code>@</code>
1.	bind-front: <code>->></code>
2.	wywołanie, ciąg wywołań: <code>-></code> , nawiasy
3.	unarne: <code>!</code> , <code>-</code> , <code>+</code>
4.	mnożenie, dzielenie: <code>*</code> , <code>/</code>
5.	dodawanie, odejmowanie: <code>+</code> , <code>-</code>
6.	porównywanie: <code>></code> , <code><</code> , <code>>=</code> , <code><=</code> , <code>!=</code> , <code>==</code>
7.	logiczne AND, OR: <code>&&</code> , <code> </code>
8.	przypisanie: <code>=></code>

1.1.3 Konwersja typów

- `int -> flt`
 - Konwersja typu całkowitego na zmiennoprzecinkowy. (`12 -> 12.0`)

- `flt -> int`
 - Zaokrąglenie w dół. (`12.5 -> 12`)
- `int -> string` , `flt -> string`
 - Zamiana liczby na postać tekstową. (`123 -> "123"`)
- `int -> bool` , `flt -> bool`
 - Jeśli wartość jest różna od 0 - zamiana na `true` (`1 -> true` , `-1 -> true`)
 - Jeśli wartość jest równa 0 - zamiana na `false` (`0 -> false` , `0.0 -> false`)
- `bool -> int` , `bool -> flt`
 - `true -> 1` , `false -> 0`
- `string -> bool`
 - Zamienia na `true` jeśli string nie jest pusty, w przeciwnym wypadku `false`
- `bool -> string`
 - `true -> "true"` , `false -> "false"`
- `string -> int` , `string -> flt`
 - zakończy się błędem

Tabela konwersji typów dla operacji arytmetycznych:

L\R Oznacza pozycję względem operatora

- Operator `+`

L\R (+)	int	flt	string	bool
int	int	flt	string	int
flt	flt	flt	string	flt
string	string	string	string	string
bool	int	flt	string	bool

- Operator `-`

L\R (-)	int	flt	string	bool
int	int	flt	-	int
flt	flt	flt	-	flt
string	-	-	-	-
bool	int	flt	-	int

- Operator `*`

L\R (*)	int	flt	string	bool
int	int	flt	string	int
flt	flt	flt	-	flt

L\R (*)	int	flt	string	bool
string	string	-	string	string
bool	int	flt	string	bool

- Operator /

L\R (/)	int	flt	string	bool
int	int	flt	-	-
flt	flt	flt	-	-
string	-	-	-	-
bool	-	-	-	-

- Dla operatorów równości (`==` , `!=`) oraz logicznego AND i OR zawsze nastąpi konwersja obu stron do typu `bool`
- Dla operatorów porównania: (`<` , `>` , `<=` , `>=`) oba czynniki zostaną rzutowane na następujący typ:

	int	flt	string	bool
int	int	flt	-	int
flt	flt	flt	-	flt
string	-	-	-	-
bool	int	flt	-	int

1.2 Definiowanie zmiennych

Definicja zmiennych odbędzie się przy użyciu operatora `=>` w następujący sposób:

```
5 => int b; // odpowiednik int b = 5
```

Po lewej stronie operatora mogą być obecne bardziej złożone wyrażenia

```
5 + 10 * 2 => int c;
```

Język będzie **słabo typowany**, zatem w następującej sytuacji:

```
5.5 * 2 + 2 => int a;
```

Zostaną wykonane następujące operacje:

1. Zrzutowanie literału 2 -> 2.0
2. Wykonanie operacji mnożenia
3. Zrzutowanie literału 2 -> 2.0

4. Wykonanie dodawania

Operatory `-` oraz `/` nie mogą działać z typem danych `string` (po żadnej ze stron, patrz tabelka w punkcie 1.1.3)

1.2.1 Czas życia zmiennych

Czas życia zmiennych określony jest przez blok kodu, w którym zostały zdefiniowane i jest ograniczony za pomocą znaków `{}`.

1.2.2 Przesłanianie zmiennych

W języku nie jest obecny mechanizm przesłaniania zmiennych, Zdefiniowanie zmiennej w bloku zagnieżdżonym o takiej samej nazwie jak zmienna znajdująca się w bloku nadrzędnym skutkować będzie wystąpieniem błędu.

```
int main::{  
    5 => int a;  
    if (a > 0) {  
        10 => int a; // error, identifier `a` is already defined.  
    }  
}
```

1.2.3 Widoczność zmiennych

Zmienne widoczne są w blokach, w których zostały zdefiniowane oraz w blokach podrzędnych.

1.3 Mutowalność

Zmienne w języku są domyślnie **niemutowalne**, w celu zdefiniowania mutowalnej zmiennej, konieczne będzie dodanie słowa kluczowego `mut` przed definicją typu.

```
5 => mut int a;
```

wartość zmiennej mutowalnej możemy zmienić za pomocą operatora przypisania.

```
10 => a;
```

1.4. Funkcje

1.4.1 Operator ->

Operator *wołania funkcji* jest operatorem używanym w celu wywoływania funkcji i przekazywania ich wyniku do następnych funkcji. Ma on postać `->`.

Zmienne przekazywane są do funkcji przez **referencję**, zatem wyrażenie:

```
(5) -> increment => int a;
```

utworzy tymczasową zmienną niemutowalną z literału 5, a następnie przekaże ją jako referencję do funkcji increment.

Operator `->` może być użyty w celu tworzenia łańcuchów wywołań funkcji:

```
(5)
  -> increment
  -> increment
  -> decrement
=> int b;
```

1.4.2 Argumenty funkcji

Argumenty wywołania funkcji muszą znaleźć się z **lewej** strony operatora przekazania i **muszą** być zamknięte w nawias.

```
(5) -> increment => int a; // a = 6
(5, 6) -> add => int b; // b = 11
() -> no_argument_function => int c;
```

Jeżeli wektor argumentów funkcji zostanie przekazany na końcu łańcucha, będzie on potraktowany jako wyrażenie, przy założeniu, że posiada jedynie **1** argument.

```
(5) -> increment -> (_ + 10) => int c;
```

(Znak `"_"` jest słowem kluczowym `wildcard` i został dokładniej opisany w sekcji 1.7)

1.4.3 Funkcje jako argument

Funkcje mogą zostać przekazywane jako argumenty innych funkcji. W celu dokonania takiego przekazania należy użyć nazwy funkcji.

```
(5, increment) -> apply_function => int a;
```

1.4.4 Typy zmiennych funkcji

Typ funkcji-zmiennych zapisywany jest w formie: `[<ret_type>::<args>]`

```
increment => [int::int] increment_function;
```

1.4.5 Definicja funkcji

Funkcje definiowane są przy użyciu operatora `::`, z którego lewej strony powinna znaleźć się nazwa funkcji poprzedzona typem danych zwracanych przez funkcję. Z prawej strony operatora powinny się znaleźć argumenty wywołania.

```
mut int add :: int a, int b {
  a + b -> ret;
```

```
}
```

Słowo kluczowe `ret` odpowiada za zwrot z funkcji, operator przekazania przekazuje mu wartość, którą zwróci funkcja.

1.4.6 Przekazywanie przez referencję

Zmienne przekazywane są do funkcji poprzez **referencję**, co oznacza, że następująca funkcja:

```
void increment :: mut int a {  
    a + 1 => a;  
    ret;  
}
```

Nie zwróci żadnej wartości, ale w przypadku wywołania jej za pomocą:

```
5 => int foo;  
(foo) -> increment;  
(foo) -> stdout;
```

Zostanie wyświetlona wartość 6, zmienna `foo` zostanie zmodyfikowana wewnątrz funkcji. Ze względu na przekazywanie przez referencję, błędem jest przekazanie literałów do funkcji oczekujących mutowalnych argumentów:

```
(5) -> increment; // ERROR! Expected mutable argument: (int) -> void increment :: mut  
int
```

1.4.7 Przeciążanie funkcji

Przeciążanie funkcji nie jest dozwolone, próba zdefiniowania wielu funkcji o tej samej nazwie zakończy się błędem

1.5 If

If-statement definiowany jest następująco:

```
if (a == b) {  
    5 -> ret;  
} elif (a == c) {  
    6 -> ret;  
} else {  
    1 -> ret;  
}
```

Operatory `==`, `>=`, `<=`, `!=`, `>`, `<` używane są do porównywania, warunki mogą być łączone za pomocą operatorów `&&` (AND) oraz `||` (OR).

1.6 Pętle

Język oferuje dwie konstrukcje pętli - `for` oraz `while`

1.6.1 For

Konstrukcja pętli `for` prezentuje się następująco:

```
for (<mutable variable>; <condition>) {  
    ...  
} -> <update expression>;
```

w praktyce mamy zatem:

```
for (0 => mut int a; a < 10) {  
    ...  
} -> increment;
```

Zmienna, po której będziemy iterować **musi** być zmienną mutowalną, w przeciwnym przypadku otrzymamy błąd:

```
5 => int a;  
for (a; i < 10) { // error: Expected mutable argument: (int) -> for (mut any; condition)  
    ...  
} -> increment;
```

Konieczne jest podanie zmiennej oraz warunku działania pętli, możliwe jest pominięcie wyrażenia wywoływanego po każdej iteracji (w przykładzie: `increment`)

1.6.2 While

Konstrukcja pętli `while` prezentuje się następująco:

```
while (<condition>) {  
    ...  
}  
  
while (a < 10) {  
    ...  
}
```

W pętli `while` mogą zostać użyte zmienne niemutowalne (ale może to spowodować powstanie nieskończonej pętli)

```
10 => mut int a;  
12 => int b;  
while (a < b) {  
    a -> increment;  
}  
  
while (b) {  
    ...  
} // effectively a while (true) loop
```

1.7. "_"

Słowo kluczowe `_` może zostać użyte w celu sprecyzowania dokładnej pozycji w wektorze argumentów funkcji, na którą przekierowane będzie wyjście poprzednio wywołanej funkcji.

```
12 => int a;
10 => int b;
(a, b) -> add -> (a, _) -> add => int c; // otrzymamy a + (a + b) = c
```

Zapis będzie oczywiście równy zapisowi:

```
(a, (a, b) -> add) -> add => int c;
```

Ale w zależności od sytuacji, może okazać się bardziej czytelny.

1.8 Operacje I/O

Funkcja wbudowana `stdout` pozwala na wypisanie ciągu znaków na wyjście standardowe.

```
("wynik to" + 5) -> stdout;
```

```
wynik to 5
```

Z kolei funkcja `stdin` pozwala na wczytanie ciągu znaków z wejścia standardowego.

```
("Podaj liczbę:") -> stdin => string a;
```

1.9 Funkcje wyższego rzędu - dekoratory

Dekoratory "opakowują" funkcje w inne funkcje.

```
[int::int] my_decorator :: [i32::i32] other_function {
    int wrapper :: int a {
        ("hello from decorator before function!\n") -> stdout;
        5 -> other_function => int a;
        ("\nhello from decorator after function!\n") -> stdout;
        ret a;
    }
    ret wrapper;
}
```

Funkcje dekorujące **muszą** przyjmować funkcję opakowywaną jako swój pierwszy i jedyny argument.

Funkcje mogą być dekorowane w następujący sposób:

```
my_function @ my_decorator => [i32::i32] decorated_function;
```



```
(5) -> decorated_function;
```

```
hello from decorator before function!  
6  
hello from decorator after function!
```

Możliwa jest również jednorazowa dekoracja funkcji:

```
(5) -> increment @ log => int a;
```

Ze względu na priorytet operatorów, funkcja zostanie najpierw udekorowana, a następnie wywołana z wartością 5. Jako, że operator przypisania rozpatrywany jest na sam koniec, wartość przypisana do zmiennej `a` będzie wartością zwróconą przez udekorowaną funkcję.

1.10 Funkcje wyższego rzędu - bind front

Dla funkcji N argumentowej możliwe jest przypisanie stałych wartości dla n pierwszych argumentów za pomocą mechanizmu bind front. Przyjmijmy, że mamy funkcję `add` przyjmującą 2 argumenty i zwracającą ich sumę.

```
int add :: int a, int b {  
    ret a + b;  
}
```

Możemy użyć operatora `->>`, aby przypisać zmienne do pierwszych n argumentów funkcji

```
(5) ->> add => [int::int] add5;
```

Możemy do tego również użyć zmiennych mutowalnych

```
5 => mut int a;  
(a) ->> add => [int::int] adda;  
5 -> adda; // 10  
1 => a;  
5 -> adda; // 6
```

Bind front **MUSI** zakończyć się przypisaniem, inaczej zostanie zwrócony błąd kompilacji: `unassigned bind-front`

1.11 Złożone konstrukcje

1. Hello World

```
int main:: {
    ("Hello World") -> stdout;
    ret 1;
}
```

2. quadratic

```
int main:: {
    ("Enter a:") -> stdout;
    stdin => flt a;
    ("Enter b:") -> stdout;
    stdin => flt b;
    ("Enter c:") -> stdout;
    stdin => flt c;

    b * b - 4 * a * c => flt delta;

    if (delta > 0) {

        // ciąg wywołań rozbity na wiele linii
        (delta)
            -> sqrt
            -> (-b + _ / (2 * a)) // wildcard otrzyma wynik pierwiastkowania
        => flt x1; // wynik wyrażenia zostanie przekazany do zmiennej x1

        (delta)
            -> sqrt
            -> (-b - _ / (2 * a))
        => flt x2;

        ("Result: ") -> stdout;
        (x1 + " and " + x2 " \n") -> stdout;

    } elif (delta == 0) {
        -b / 2 * a => flt x1;

        ("Result: ") -> stdout;
        (x1 + "\n") -> stdout

    } else {
        ("no real solution\n") -> stdout;
    }
}
```

3. Recursive sum of n natural numbers

```
int recur_sum::int n {
    if (n <= 1) {
        ret n
    }
    ret (n - 1) -> recur_sum -> (_ + n)
}

int main:: {
    stdin => int n;
```

```

(n)
-> recur_sum
-> ("suma to: " + _)
-> stdout;
}

```

2. Formalna specyfikacja i składnia (EBNF)

```

function_def      = type, identifier, function_sign_op, function_def_params, block
function_def_params = function_param, {"", function_param}
function_param    = type_non_void, identifier

statement         = operation
                  | if_statement
                  | for_loop
                  | while_loop
                  | return_statement
                  | function_def

return_statement  = ret, " ", expression, ";"

while_loop        = while, "(", expression, ")", block
for_loop          = for, for_loop_args, block, call_op, statement, ";"
for_loop_args     = "(", (identifier | assignment), "(", expression, ")"

if_statement      = if, "(", expression, ")", block, {elif_st}, [else_st]
else_st           = else, block,
elif_st           = elif, "(", expression, ")", block

block             = "{", {statement}, "}"

operation         = [function_call], [assignment], ";"
assignment        = assignable, assign_op, [type_non_void_mut], identifier

assignable        = expression

bind_front        = function_args, bindfrt_op, identifier

expression        = logical_expression
logical_expression = comp_expression, [logical_and_or, comp_expression]
comp_expression   = additive_expression, [comp_operator, additive_expression]
additive_expression = term, {add_sub_op, term}
term              = unary_factor, {mult_div_op, unary_factor}
unary_factor      = [unary_operator], factor
factor            = function_call
                  | wildcard
                  | number
                  | identifier
                  | string
                  | "(" expression ")"

function_call     = identifier_arg_call, {call_op, identifier_arg_call}
identifier_arg_call = function_args | bind_front
function_args     = "(", [func_arg_list], ")"
bind_front        = func_arg_list, [bindfrt_op, decorator]

```

```

func_arg_list      = expression, {"", expression}

decorator          = identifier, [decoration_op, identifier]

type_non_void_mut  = type_non_void [mut]
type_mut           = type [mut]
type               = type_non_void | void
type_non_void      = int
                   | float
                   | string
                   | bool
                   | func_type

```

```

func_type          = "[", type_mut, function_sign_op, func_type_args, "]"
func_type_args     = type_non_void_mut, {"", type_non_void_mut}

identifier         = letter, {letter | digit | "_"}

string             = "'", {character | escape} "'"
escape             = escape_op, escape_sequence

character          = letter
                   | digit
                   | special_character

number             = float
                   | integer

float              = integer, ".", {digit}
integer            = zero | non_zero, {digit}

funcn_sign_op      = "::-"
if                 = "if"
elif               = "elif"
else               = "else"
while              = "while"
for                = "for"
ret                = "ret"

assign_op          = "=>"
bindfrt_op         = "->>"
decoration_op      = "@"
call_op            = "->"

int                = "int"
flt                = "flt"
string             = "string"
bool               = "bool"
void               = "void"

mut                = "mut"

bool_type          = "true"
                   | "false"

```

```

wildcard      = "_"

unary_operator = "!"
              | "-"

comp_operator = ">"
              | "<"
              | ">="
              | "<="
              | "!="

logical_and_or = "&&"
              | "||"

mult_div_op    = "*"
              | "/"

add_sub_op     = "-"
              | "+"

escape_op      = "\\"

escape_sequence = "n"
                 | "t"
                 | "r"
                 | "\"
                 | "'"

special_char   = " " | "!" | "#" | "$" | "%" | "&" | "'" | "("
                | ")" | "*" | "+" | "," | "-" | "." | "/" | ":"
                | ";" | "<" | "=" | ">" | "?" | "@" | "[" | "]"
                | "^" | "_" | "`" | "{" | "|" | "}" | "~"

letter         = "A" | "B" | "C" | "D" | "E" | "F" | "G" | "H"
                | "I" | "J" | "K" | "L" | "M" | "N" | "O" | "P"
                | "R" | "S" | "T" | "Q" | "U" | "V" | "W" | "X"
                | "Y" | "Z" | "a" | "b" | "c" | "d" | "e" | "f"
                | "g" | "h" | "i" | "j" | "k" | "l" | "m" | "n"
                | "o" | "p" | "r" | "s" | "t" | "q" | "u" | "v"
                | "w" | "x" | "y" | "z"

digit          = non_zero | zero
non_zero       = "1" | "2" | "3" | "4" | "5" | "6" | "7" | "8" | "9"
zero           = "0"

```

3. Obsługa błędów

Każdy z etapów kompilacji będzie zgłaszał wyjątki, lecz w większości sytuacji nie będzie powodowało to zatrzymania programu, aby możliwe było przeanalizowanie całego pliku źródłowego i jednocześnie zgłoszenie największej możliwej ilości błędów kompilacji

Poniższe przykłady reprezentują jedynie typowe błędy i przykładowe zachowanie w przypadku ich wystąpienia

3.1 Analizator Leksykalny (Przykłady błędów i zachowanie)

1. Niepoprawny identyfikator (*Illegal Identifier*)

Illegal identifier

```
5 => int ab$
      ^^^
```

- Nielegalne znaki identyfikatora zostaną zastąpione znakiem "_"

2. Identyfikator jest słowem kluczowym

Reserved keyword used as identifier

```
5 => int if
```

- Dodany zostanie znak "_" na końcu nazwy identyfikatora

3. Nieznane symbole

Unknown symbol "π"

```
"pi is π" => string pi;
      ^
      Unknown symbol
```

- Nieznany symbol zostanie zastąpiony symbolem "_"

4. Niewłaściwy operator

Unexpected token "%*"

```
(5 %* 1) => int a;
      ^^
      Unexpected Token
```

- Wyrażenie zostanie zastąpione wyrażeniem `0`

3.2 Analizator Składniowy

Expected "{" in <block>, got "ret a + 5;!"

```
int some_fun :: int a ret a + 5;
                  ^^^^^^^^^^^^^
```

- Kompilator założy, że użytkownik zapomniał rozpocząć definicji bloku

```
(@fun * 2) => int a;
^^^^
Expected factor
```

- Kompilator zastąpi niewłaściwy factor wartością 0

3.3 Analizator Semantyczny

```
string type is not compatible with "-" operator

"abc" - 1 => result;
^^^^^^^
```

- Wartość wyrażenia zostanie zastąpiona wartością 0

```
Undeclared variable

5 => a;
   ^
   a is undeclared here
```

- Zostanie zdefiniowana zmienna `a`

```
Undeclared function

(5) -> a;
   ^
   a is not a known function
```

- Wywołanie funkcji zostanie usunięte lub zastąpione wartością 0

```
Function expected n arguments

(5) -> add;
^^^^^^^^^^
Function add [int::int,int] expected 2 arguments. (got 1)

(5) ->> add => [int::int] x;
+++++
Perhaps you wanted to bind-front the value?
```

- kompilator doda wartość "0"

```
(5, 2, 3) -> add;
^^^^^^^^^^^^^^^^
Function add [int::int,int] expected 2 arguments. (got 3)

(5, 2) -> add;
+++++
```

- Dodatkowe argumenty zostaną usunięte

Unreachable code

```
ret 5;
^^^^^
function returns here

5 -> increment;
```

- Nieosiągalne elementy drzewa zostaną pominięte (usunięte z drzewa składniowego)

4. Sposób uruchomienia, I/O

Kompilator przyjmie na wejście plik źródłowy lub tekst z wejścia standardowego.

Sposób uruchamiania dla plików źródłowych będzie następujący:

```
<nazwa programu> <pliki źródłowe> <flagi>
```

Flaga `-o` określi nazwę pliku wyjściowego

Dla strumienia danych wejściowych będzie to:

```
<nazwa programu> -S <flagi>
```

5. Zwięzła analiza wymagań funkcjonalnych i нефunkcjonalnych

Wymagania języka

1. Słabe, Statyczne typowanie
 - Typ zmiennych jest do nich jednorazowo przypisany
 - Nie jest wymagane jawne rzutowanie typów przy operacjach na różnych typach.
2. Domyślnie stałe
 - Zmienne są domyślnie niemutowalne, ich wartość może być do nich jednorazowo przypisana
 - Mutowalne zmienne muszą być jawnie zadeklarowane przy użyciu słowa kluczowego `mut`
3. Przekazywanie przez referencję
 - Zmienne przekazywane są do funkcji poprzez referencję. Możliwe jest zatem zmienienie wartości zmiennej mutowalnej wewnątrz funkcji, do której została przekazana

Analizator Leksykalny

1. Obsługa dwóch źródeł - plik oraz ciąg znaków
 - Analizator leksykalny pobierać będzie nowe znaki ze strumienia, co pozwoli na implementację wielu niezależnych od siebie interfejsów pobierających dane wejściowe i przekazujących je do właściwego analizatora.

2. Leniwa tokenizacja

- Lekser generuje tokeny dynamicznie, na żądanie parsera.

3. Lekser zwracając tokeny ma zwracać liczbę, a nie postać tekstową

4. Ciągi tekstowe muszą obsługiwać *escaping*

- Realizacja za pomocą znaku "
- Znaki będą w razie potrzeby zamieniane na odpowiednie znaki ASCII ("\\n" -> "LF")
- Znaki bez dopasowanego escape sequence będą ignorowane: "" spowoduje że drugi cudzysłów nie zamknie stringa.

5. Parametryzowalne pograniczenia na długość identyfikatorów

- Możliwe za pomocą odpowiedniej flagi przy uruchomieniu

6. Przekazywanie pozycji tokenu w tekście źródłowym

7. Testy jednostkowe dla każdego typu tokenu

- Realizacja z użyciem biblioteki Google Test

8. Testy jednostkowe dla złożonych kodów źródłowych

Analizator składniowy

1. Nazwy funkcji parsujących i struktur danych zgodnie z gramatyką

2. Testy jednostkowe z wykorzystaniem sekwencji tokenów

3. Możliwość zrzucania struktury drzewa na wyjściu konsoli

- Wzorzec wizytatora

Interpreter

1. Funkcje wbudowane traktowane tak samo jak funkcje użytkownika

6. Zwięzły opis sposobu realizacji

6.1 Rozróżniane tokeny

Lekser będzie rozróżniał następujące tokeny, a następnie przekazywał je do parsera:

1. Słowa Kluczowe

- `int` - dla typów całkowitych
- `flt` - dla typów zmiennoprzecinkowych
- `string` - dla łańcuchów znaków
- `void` - typ void - dla funkcji
- `ret` - zwrot z funkcji
- `while` - pętla while
- `for` - pętla for
- `if` - wyrażenie warunkowe
- `elif` - else if wewnątrz wyrażenia if
- `else` - else wewnątrz wyrażenia if

- `mut` - słowo kluczowe czyniące zmienną mutowalną

2. Operatory (Opisane w punkcie 1)

- `->` , `@`
- `->`
- `=>`
- `!` , `-` , `+`
- `*` , `/`
- `+` , `-`
- `&&` , `||`
- `<` , `>` , `>=` , `<=` , `!=`

3. Identyfikatory

- Nazwy zmiennych/funkcji niezacznające się cyfrą składające się ze znaków alfabetu angielskiego oraz cyfr.

4. Literały

- `number` - Liczby stałe oraz zmiennoprzecinkowe
- `string` - Literały tekstowe zamknięte w podwójny cudzysłów

5. Nawiasy

- `(` , `)` - do grupowania wyrażeń i przekazywania argumentów funkcji
- `{` , `}` - do wyznaczania ciała funkcji/wyrażeń
- `[` , `]` - do adnotacji typów funkcji

6. Interpunkcja

- `;` - do kończenia złożonych wyrażeń (statementów)
- `,` - do rozdzielania argumentów funkcji

7. Wildcard

- `_` - znak na który przekierowane zostanie wyjście uprzednio wywołanej funkcji.

8. Komentarze

- znaki `//` . Zawartość między tymi znakami, aż do następnego znaku nowej linii będzie ignorowana przez lekser.

6.2 Realizacja przetwarzania między komponentami

funkcja `main` programu zawierała będzie interfejs użytkownika i odpowiedzialna będzie, w zależności od przekazanych flag, za przekazanie zadanego wejścia (strumień lub plik wejściowy) do interfejsu `InputSource` , który zwróci strumień tekstu, z którego Lekser (`Lexer`) będzie pobierać kolejne znaki i uformuje z nich tokeny.

Lekser będzie rozpoznawał tokeny za pomocą deterministycznych automatów skończonych. Rozpoznane i dopasowane tokeny będą, po uprzedniej konwersji (jeśli wymagana) przekazywane do `Parsera` jako struktura `Token` , zawierająca właściwy token oraz jego pozycję w tekście. Tokeny przekazywane będą w sposób leniwy, tzn. po rozpoznaniu tokenu, a nie po analizie całego pliku.

Parser zbierze tokeny, a następnie utworzy z nich Drzewo składniowe w formie struktury `SyntaxTree` . Struktura `SyntaxTree` zawierać będzie drzewo składniowe wraz z pozycjami w pliku źródłowym każdego elementu. Drzewo to zostanie następnie przekazane do analizatora semantycznego (`SemanticAnalyzer`) w

celu sprawdzenia, czy otrzymane struktury składniowe są właściwe w języku programowania.

Analizator semantyczny doda również operacje rzutowania, ze względu na słabe typowanie języka, zweryfikuje typy argumentów dla operatorów na podstawie struktury `operatorTypes`, która będzie je przechowywać.

Analizator semantyczny przekaże następnie drzewo do interpretera, który wykona instrukcje w nim zawarte.

7. Zwięzły opis sposobu testowania

Na każdym etapie będzie prowadzone testowanie jednostkowe z użyciem frameworku `Google Test`.

Testowane zostaną zarówno przypadki z oczekiwanym pozytywnym rezultatem oraz sytuacje błędne.

- Analizator Leksykalny:
 - Testy dla każdego tokenu
 - Testy dla typowych błędów językowych
- Analizator Składniowy:
 - Testy jednostkowe dla każdej możliwej produkcji
 - Testy dla błędów składniowych
- Interpreter
 - Testy dla kompletnego potoku przetwarzania