

Statycznie typowany funkcyjny język programowania

Jakub Grobelny

Kurs języka Prolog (Q1) – projekt końcowy

1 Struktura leksykalna i składnia

Klasyfikacja znaków:

- *biały znak* — znaki ASCII: HT, LF, CR, LF, SPACE
- *cyfra* — znaki ASCII: 0-9
- *mała litera* — znaki Unicode będące małymi literami ¹
- *wielka litera* — znaki Unicode będące wielkimi literami ²

1.1 Struktura leksykalna

Komentarz to ciąg znaków rozpoczynających się znakiem #, zakończony znakiem nowej linii.

Token to najdłuższy ciąg znaków niezawierający *komentarzy* ani *białych znaków*, taki, że opisuje go poniższa gramatyka:

$$\langle \textit{litera\!-\!całkowitoliczbowy} \rangle ::= \textit{cyfra} \\ | \textit{cyfra} \langle \textit{litera\!-\!całkowitoliczbowy} \rangle$$

¹Wszystkie takie znaki **X**, że spełniony jest predykat `char_type(X,lower)` w SWI Prologu.

²Analogicznie jak wyżej, tylko `char_type(X, upper)`.

$\langle \text{litera\!l-znakowy} \rangle ::= \text{''}$
 $\quad \quad \quad | \quad \text{' } \langle \text{znak} \rangle \text{'}$

$\langle \text{litera\!l-napisowy} \rangle ::= \text{""}$
 $\quad \quad \quad | \quad \text{`` } \langle \text{ciag-znakow} \rangle \text{ ``}$

$\langle \text{litera\!l-zmiennopozycyjny} \rangle ::= \langle \text{u\!lamek} \rangle$
 $\quad \quad \quad | \quad \langle \text{u\!lamek} \rangle \langle \text{wyk\!ladnik} \rangle$

$\langle \text{litera\!l-boolowski} \rangle ::= \text{true} | \text{false}$

$\langle \text{s\!lowo-kluczowe} \rangle ::= \text{let} | \text{and} | \text{in} | \text{if} | \text{then}$
 $\quad \quad \quad | \quad \text{match} | \text{else} | \text{with} | \text{type} | \text{of} | \text{where}$
 $\quad \quad \quad | \quad \text{import} | \text{fun} | \text{define}$

$\langle \text{operator} \rangle ::= \langle \text{znak-specjalny} \rangle | \langle \text{operator} \rangle \langle \text{znak-specjalny} \rangle$

$\langle \text{identyfikator} \rangle ::= \text{ma\!la litera } \langle \text{alfanum} \rangle, \text{ taki, \!ze nie jest } \langle \text{s\!lowo-kluczowe} \rangle$
 $\quad \quad \quad | \quad \text{ma\!la litera}$

$\langle \text{nazwa-typu} \rangle ::= \text{wielka litera } \langle \text{alfanum} \rangle$
 $\quad \quad \quad | \quad \text{wielka litera}$

gdzie

$\langle \text{znak-specjalny} \rangle ::= + | - | * | / | = | : | >$
 $\quad \quad \quad | \quad < | \& | ! | | | \$ | @ | \% | ^ | \sim$

$\langle \text{znak} \rangle ::= \text{dowolny znak Unicode oprócz } \backslash, ", '$
 $\quad \quad \quad | \quad \backslash \mathbf{n} | \backslash \mathbf{b} | \backslash \mathbf{f} | \backslash \mathbf{a} | \backslash \mathbf{r} | \backslash \mathbf{t} | \backslash 0 | \backslash \mathbf{v} | \backslash \backslash | \backslash ' | \backslash "$

$\langle \text{ciag-znakow} \rangle ::= \langle \text{znak} \rangle$
 $\quad \quad \quad | \quad \langle \text{ciag-znakow} \rangle \langle \text{znak} \rangle$

$\langle \text{litera} \rangle ::= \text{ma\!la litera}$
 $\quad \quad \quad | \quad \text{wielka litera}$

$\langle \text{alfanum} \rangle ::= \langle \text{litera} \rangle$
 $\quad \quad \quad | \quad \langle \text{cyfra} \rangle$

$$\begin{array}{l}
| \langle \textit{alfanum} \rangle \langle \textit{litera} \rangle \\
| \langle \textit{alfanum} \rangle \langle \textit{cyfra} \rangle \\
\langle \textit{ułamek} \rangle ::= \langle \textit{literał-całkowitoliczbowy} \rangle \cdot \langle \textit{literał-całkowitoliczbowy} \rangle \\
| \langle \textit{literał-całkowitoliczbowy} \rangle \\
\langle \textit>wykładnik \rangle ::= \mathbf{e} - \langle \textit{literał-całkowitoliczbowy} \rangle \\
| \mathbf{e} \langle \textit{literał-całkowitoliczbowy} \rangle
\end{array}$$

1.2 Składnia

$$\begin{array}{l}
\langle \textit{program} \rangle ::= \langle \textit>wyrażenie-lub-definicja \rangle \\
| \langle \textit>wyrażenie-lub-definicja \rangle \langle \textit{program} \rangle \\
\langle \textit>wyrażenie-lub-definicja} \rangle ::= \langle \textit>wyrażenie} \rangle \\
| \langle \textit>define-definicja} \rangle \\
| \langle \textit>defun-definicja} \rangle \\
| \langle \textit>type-definicja} \rangle \\
| \langle \textit>import} \rangle \\
\langle \textit{literał-funkcyjny} \rangle ::= \{ \mid \langle \textit>lista-parametrów} \rangle \mid \langle \textit>wyrażenie} \rangle \} \\
\langle \textit>lista-parametrów} \rangle ::= \langle \textit>identyfikator} \rangle \\
| \overline{\quad} \langle \textit>lista-parametrów} \rangle \\
| \overline{\langle \textit>identyfikator} \rangle} \langle \textit>lista-parametrów} \rangle \\
\langle \textit>stała} \rangle ::= \langle \textit{literał-całkowitoliczbowy} \rangle \\
| \langle \textit{literał-zmiennopozycyjny} \rangle \\
| \langle \textit{literał-napisowy} \rangle \\
| \langle \textit{literał-znakowy} \rangle \\
| \langle \textit{literał-funkcyjny} \rangle \\
| () \\
\langle \textit>wyrażenie-atomowe} \rangle ::= (\langle \textit>wyrażenie} \rangle) (\langle \textit>operator} \rangle) \\
| \langle \textit>identyfikator} \rangle \\
| \langle \textit>nazwa-typu} \rangle \\
| \langle \textit>stała} \rangle
\end{array}$$

$\langle \text{wyrażenie-warunkowe} \rangle ::= \text{if } \langle \text{wyrażenie} \rangle \text{ then } \langle \text{wyrażenie} \rangle \text{ else } \langle \text{wyrażenie} \rangle$
 $\langle \text{dopasowanie-do-wzorca} \rangle ::= \text{match } \langle \text{wyrażenie} \rangle \{ \langle \text{lista-wzorców} \rangle \}$
 $\langle \text{lista-wzorców} \rangle ::= \epsilon$
 $\quad | \quad \text{case } \langle \text{wzorzec} \rangle \Rightarrow \langle \text{wyrażenie} \rangle \langle \text{lista-wzorców} \rangle$
 $\langle \text{wzorzec} \rangle ::= \langle \text{wzorzec-atomowy} \rangle$
 $\quad | \quad \langle \text{aplikacja-konstruktor} \rangle$
 $\langle \text{aplikacja-konstruktor} \rangle ::= \langle \text{nazwa-typu} \rangle \langle \text{wzorzec-atomowy} \rangle$
 $\quad | \quad \langle \text{nazwa-typu} \rangle$
 $\langle \text{wzorzec-atomowy} \rangle ::= \langle \text{stała} \rangle$
 $\quad | \quad \langle \text{identyfikator} \rangle$
 $\quad | \quad (\langle \text{krotka-wzorców} \rangle)$
 $\quad | \quad \langle \text{wzorzec-listowy} \rangle$
 $\langle \text{krotka-wzorców} \rangle ::= \langle \text{wzorzec} \rangle$
 $\quad | \quad \langle \text{wzorzec} \rangle , \langle \text{krotka-wzorców} \rangle$
 $\langle \text{wzorzec-listowy} \rangle ::= []$
 $\quad | \quad [\langle \text{krotka-wzorców} \rangle]$
 $\quad | \quad [\langle \text{krotka-wzorców} \rangle \mid \langle \text{identyfikator} \rangle]$
 $\langle \text{deklaracja-operatora} \rangle ::= \text{defop } \{ \langle \text{operator} \rangle \langle \text{priorytet} \rangle \langle \text{łączność} \rangle \}$
 $\langle \text{priorytet} \rangle ::= 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5$
 $\langle \text{łączność} \rangle ::= \text{left}$
 $\quad | \quad \text{right}$
 $\quad | \quad \text{none}$
 $\quad | \quad \text{left_unary}$
 $\quad | \quad \text{right_unary}$
 $\langle \text{import} \rangle ::= \text{import } \{ \langle \text{pliki-do-importowania} \rangle \}$
 $\langle \text{pliki-do-importowania} \rangle ::= \langle \text{nazwa-pliku} \rangle$
 $\quad | \quad \langle \text{nazwa-pliku} \rangle \langle \text{pliki-do-importowania} \rangle$

$$\begin{aligned}
\langle \textit{nazwa-pliku} \rangle &::= \langle \textit{litera\l-napisowy} \rangle \\
&| \langle \textit{nazwa-typu} \rangle \\
\langle \textit{lista} \rangle &::= [] \\
&| [\langle \textit{krotka} \rangle] \\
&| [\langle \textit{krotka} \rangle \mid \langle \textit>wyra\lzenie \rangle] \\
\langle \textit{let-definicja} \rangle &::= \mathbf{let} \langle \textit{sygnatura} \rangle \langle \textit>wyra\lzenie \rangle \langle \textit{and-definicje} \rangle \mathbf{in} \{ \langle \textit>wyra\lzenie \rangle \} \\
\langle \textit{sygnatura} \rangle &::= \langle \textit{identyfikator} \rangle : \langle \textit{typ} \rangle = \\
\langle \textit{define-definicja} \rangle &::= \mathbf{define} \langle \textit{sygnatura} \rangle \{ \langle \textit>wyra\lzenie \rangle \} \\
\langle \textit{defun-definicja} \rangle &::= \mathbf{defun} \langle \textit{nazwa-funkcji} \rangle \langle \textit{lista-parametrów} \rangle : \langle \textit{typ} \rangle = \{ \langle \textit>wyra\lzenie \rangle \} \\
\langle \textit{nazwa-funkcji} \rangle &::= \langle \textit{identyfikator} \rangle \\
&| (\langle \textit{operator} \rangle) \\
\langle \textit{type-definicja} \rangle &::= \mathbf{type} \langle \textit{nazwa-typu} \rangle : \langle \textit{lista-parametrów} \rangle \langle \textit{cia\l-typu} \rangle \\
&| \mathbf{type} \langle \textit{nazwa-typu} \rangle \langle \textit{cia\l-typu} \rangle \\
\langle \textit{cia\l-typu} \rangle &::= \{ \langle \textit{lista-konstruktorów} \rangle \} \\
\langle \textit{lista-konstruktorów} \rangle &::= \epsilon \\
&| \langle \textit{lista-konstruktorów} \rangle \langle \textit{konstruktor} \rangle \\
\langle \textit{konstruktor} \rangle &::= \langle \textit{nazwa-typu} \rangle \\
&| \langle \textit{nazwa-typu} \rangle : \{ \langle \textit{typ} \rangle \} \\
\langle \textit{typ} \rangle &::= \langle \textit{funkcja} \rangle \\
&| \langle \textit{funkcja} \rangle , \langle \textit{typ} \rangle \\
\langle \textit{funkcja} \rangle &::= \langle \textit{typ-algebraiczny} \rangle \\
&| \langle \textit{typ-algebraiczny} \rangle \rightarrow \langle \textit{funkcja} \rangle \\
\langle \textit{typ-algebraiczny} \rangle &::= \langle \textit{typ-atomowy} \rangle \\
&| \langle \textit{nazwa-typu} \rangle \langle \textit{lista-typów-atomowych} \rangle
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\langle \textit{lista-typów-atomowych} \rangle &::= \langle \textit{typ-atomowy} \rangle \\
&| \langle \textit{typ-atomowy} \rangle \langle \textit{lista-typów-atomowych} \rangle \\
\\
\langle \textit{typ-atomowy} \rangle &::= \langle \textit{identyfikator} \rangle \\
&| \langle \textit{nazwa-typu} \rangle \\
&| (\langle \textit{typ} \rangle) \\
&| [\langle \textit{typ} \rangle] \\
\\
\langle \textit{and-definicje} \rangle &::= \epsilon \\
&| \mathbf{and} \langle \textit{sygnatura} \rangle \langle \textit{wyrażenie} \rangle \langle \textit{and-definicje} \rangle \\
\\
\langle \textit{wyrażenie} \rangle &::= \langle \textit{sekwencja-wyrażeń} \rangle \\
&| \langle \textit{dopasowanie-do-wzorca} \rangle \\
&| \langle \textit{let-definicja} \rangle \\
&| \langle \textit{wyrażenie-warunkowe} \rangle \\
\\
\langle \textit{sekwencja-wyrażeń} \rangle &::= \langle \textit{krotka} \rangle \\
&| \langle \textit{krotka} \rangle ; \langle \textit{sekwencja-wyrażeń} \rangle \\
\\
\langle \textit{krotka} \rangle &::= \langle \textit{wn} \rangle \\
&| \langle \textit{wn} \rangle , \langle \textit{krotka} \rangle \\
\\
\langle \textit{w0n} \rangle &::= \langle \textit{w0r} \rangle \\
&| \langle \textit{w0r} \rangle \langle \textit{w0n_op} \rangle \langle \textit{w0r} \rangle \\
\\
\langle \textit{w0r} \rangle &::= \langle \textit{w0l} \rangle \\
&| \langle \textit{w0l} \rangle \langle \textit{w0r_op} \rangle \langle \textit{w0r} \rangle \\
\\
\langle \textit{w0l} \rangle &::= \langle \textit{w0ul} \rangle \\
&| \langle \textit{w0l} \rangle \langle \textit{w0l_op} \rangle \langle \textit{w0ur} \rangle \\
\\
\langle \textit{w0ur} \rangle &::= \langle \textit{w0ul} \rangle \\
&| \langle \textit{w0ul} \rangle \langle \textit{w0ur_op} \rangle \\
\\
\langle \textit{w0ul} \rangle &::= \langle \textit{w1n} \rangle \\
&| \langle \textit{w1ul_op} \rangle \langle \textit{w1n} \rangle \\
\\
\langle \textit{w1n} \rangle &::= \langle \textit{w1r} \rangle \\
&| \langle \textit{w1r} \rangle \langle \textit{w1n_op} \rangle \langle \textit{w1r} \rangle
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\langle w1r \rangle &::= \langle w1l \rangle \\
&| \langle w1l \rangle \langle w1r_op \rangle \langle w1r \rangle \\
\langle w1l \rangle &::= \langle w1ul \rangle \\
&| \langle w1l \rangle \langle w1l_op \rangle \langle w1ur \rangle \\
\langle w1ur \rangle &::= \langle w1ul \rangle \\
&| \langle w1ul \rangle \langle w1ur_op \rangle \\
\langle w1ul \rangle &::= \langle w2n \rangle \\
&| \langle w1ul_op \rangle \langle w2n \rangle \\
\langle w2n \rangle &::= \langle w2r \rangle \\
&| \langle w2r \rangle \langle w2n_op \rangle \langle w2r \rangle \\
\langle w2r \rangle &::= \langle w2l \rangle \\
&| \langle w2l \rangle \langle w2r_op \rangle \langle w2r \rangle \\
\langle w2l \rangle &::= \langle w2ul \rangle \\
&| \langle w2l \rangle \langle w2l_op \rangle \langle w2ur \rangle \\
\langle w2ur \rangle &::= \langle w2ul \rangle \\
&| \langle w2ul \rangle \langle w2ur_op \rangle \\
\langle w2ul \rangle &::= \langle w3n \rangle \\
&| \langle w2ul_op \rangle \langle w3n \rangle \\
\langle w3n \rangle &::= \langle w3r \rangle \\
&| \langle w3r \rangle \langle w3n_op \rangle \langle w3r \rangle \\
\langle w3r \rangle &::= \langle w3l \rangle \\
&| \langle w3l \rangle \langle w3r_op \rangle \langle w3r \rangle \\
\langle w3l \rangle &::= \langle w3ul \rangle \\
&| \langle w3l \rangle \langle w3l_op \rangle \langle w3ur \rangle \\
\langle w3ur \rangle &::= \langle w3ul \rangle \\
&| \langle w3ul \rangle \langle w3ur_op \rangle
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\langle w3ul \rangle &::= \langle w4n \rangle \\
&| \langle w3ul_op \rangle \langle w4n \rangle \\
\langle w4n \rangle &::= \langle w4r \rangle \\
&| \langle w4r \rangle \langle w4n_op \rangle \langle w4r \rangle \\
\langle w4r \rangle &::= \langle w4l \rangle \\
&| \langle w4l \rangle \langle w4r_op \rangle \langle w4r \rangle \\
\langle w4l \rangle &::= \langle w4ul \rangle \\
&| \langle w4l \rangle \langle w4l_op \rangle \langle w4ur \rangle \\
\langle w4ur \rangle &::= \langle w4ul \rangle \\
&| \langle w4ul \rangle \langle w4ur_op \rangle \\
\langle w4ul \rangle &::= \langle w5n \rangle \\
&| \langle w4ul_op \rangle \langle w5n \rangle \\
\langle w5n \rangle &::= \langle w5r \rangle \\
&| \langle w5r \rangle \langle w5n_op \rangle \langle w5r \rangle \\
\langle w5r \rangle &::= \langle w5l \rangle \\
&| \langle w5l \rangle \langle w5r_op \rangle \langle w5r \rangle \\
\langle w5l \rangle &::= \langle w5ul \rangle \\
&| \langle w5l \rangle \langle w5l_op \rangle \langle w5ur \rangle \\
\langle w5ur \rangle &::= \langle w5ul \rangle \\
&| \langle w5ul \rangle \langle w5ur_op \rangle \\
\langle w5ul \rangle &::= \langle aplikacja \rangle \\
&| \langle w5ul_op \rangle \langle aplikacja \rangle \\
\langle aplikacja \rangle &::= \langle aplikacja \rangle \langle wyrażenie-atomowe \rangle \\
&| \langle wyrażenie-atomowe \rangle \\
\langle ._op \rangle &::= \langle operator \rangle^3
\end{aligned}$$

³Operatory i ich priorytety oraz łączność są definiowane wewnątrz programów i nie istnieje dla nich gramatyka bezkontekstowa.

2 Semantyka

3 System typów