

Principi programskih jezikov

Programski jeziki :

- kako so sestavljeni
- programske koncepte
 - (objekti, zanke, lokalna spremenljivka, polimorfizem, kontinuacija, algebraični tip,)

Anatomija programskega jezika :

- sintaksa : pravila, kako pišemo veljavno kodo
- staticna semantika (pomen) :
prevajalnik preveri type : objekt + ? \rightsquigarrow napaka
- dinamična semantika : kako se program izvaja
- analiza :
 - dokazujemo pravilnost
 - optimiziramo
 - analiziramo računsko tačnost

Aritmetični izrati

cela števila, spremenljivke (read-only), + in *

$$3 * (x + 7)$$

Konkretna sintaksa

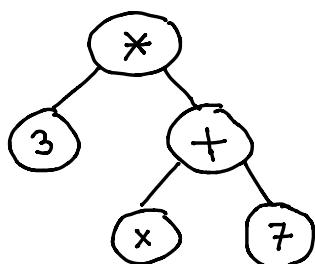
Izvorna koda (aritmetični izrat) kot niz znakov (string):

"3 * (x + 7)"

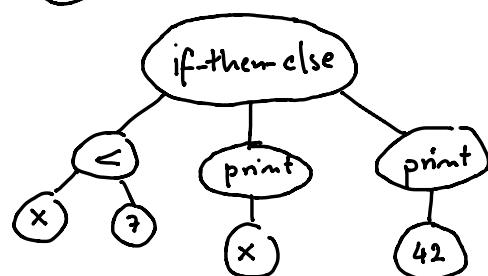
" 3 * (x + 7) "

Abstraktna sintaksa

Sintaktično drevo



```
if (x < 7) {  
    print(x);  
}  
else {  
    print(42);  
}
```





Gramatika (slownica pravila):

→ end of file (end of input)

$\langle \text{izraz} \rangle ::= \langle \text{aditivni-izraz} \rangle \text{ EOF}$ → ali

$\langle \text{aditivni-izraz} \rangle ::= \langle \text{multiplikativni-izraz} \rangle \mid \langle \text{aditivni-izraz} \rangle + \langle \text{multiplikativni-izraz} \rangle$

$\langle \text{multiplikativni-izraz} \rangle ::= \langle \text{osnovni-izraz} \rangle \mid \langle \text{multiplikativni-izraz} \rangle * \langle \text{osnovni-izraz} \rangle$

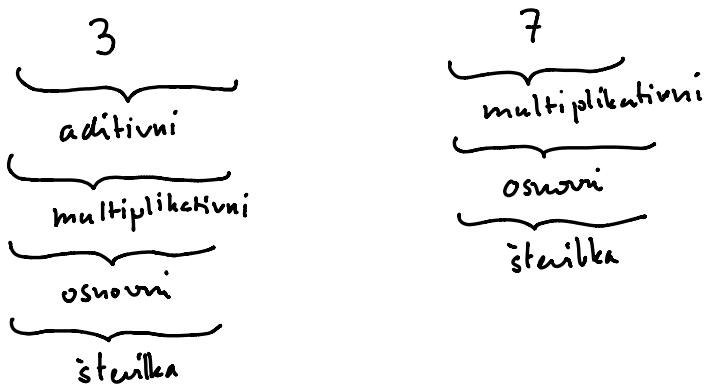
$\langle \text{osnovni izraz} \rangle ::= \langle \text{spremenljivka} \rangle \mid \langle \text{stevinka} \rangle \mid (\langle \text{aditivni-izraz} \rangle)$

$\langle \text{spremenljivka} \rangle ::= [a-z]^+$
↳ regularni izraz

$\langle \text{stevinka} \rangle ::= [0-9]^+$

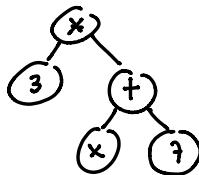
3 + 7 EOF
 ↓ ↓ ↓
 izraz

3 + 7
 ↓ ↓
 aditivni-izraz



| z konkretno v abstraktno sintaksu
(razčlenjevanje ali "parsing")

" $3 * (x + 7)$ "



1. Leksična analiza:
niz razčlenimo na osnovne gradnike (tokens)

" $3 __ * (x __ + 7)$ "

ŠTEVILKA(3), KRAT, OKLEPAJ, SPREMENLJIVKA(x), PLUS,
ŠTEVILKA(7), ZAKLEPAJ, EOF

2. Razčlenjevanje:

niz gradnikov predela v drevo

(lahko javi sintaktično napako, npr. "manjka zaklepaj")

$$3 * (x + 7)$$

$x + 2 * y + \text{tempvmariboru}$

Okolje (runtime environment) :

- preslika imena spremenljivk v njihove vrednosti

- primer:

$$\eta := [x \mapsto 7, y \mapsto 12, z \mapsto 4] \quad \begin{matrix} \eta \\ \alpha \beta \gamma \delta \varepsilon \xi \theta \pi \lambda \end{matrix} \quad \text{eta}$$

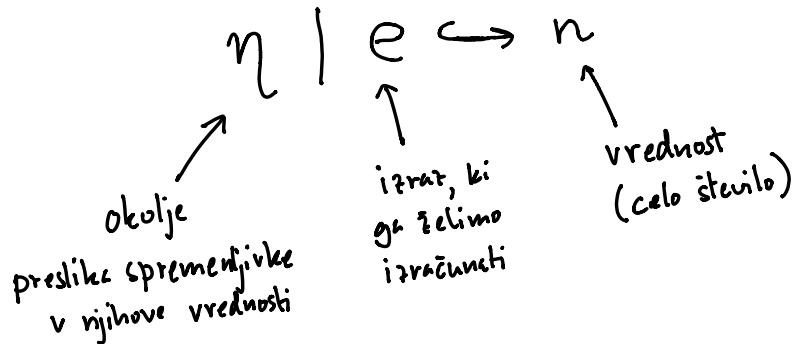
V okolju $[x \mapsto 3, y \mapsto 6]$ je vrednost izraza

$$3 * (x + 7) \quad \text{enaka } 30$$

V okolju $[x \mapsto 11]$ je vrednost $3 * (x + 7)$ enaka 54.

V okolju $[y \mapsto 1, z \mapsto 10]$ je vrednost $3 * (x + 7)$ nedefinirana.

Semantika velikih korakov



Pravilo:

$$\frac{\text{predpostava}_1, \dots, \text{predpostava}_n}{\text{sklep}}$$

$$\frac{\text{podnalogu}_1, \dots, \text{podnalogu}_n}{\text{nalogu}}$$

Primer:

• logika

$$\frac{A \quad B}{A \wedge B}$$

"A in B dohajemo falso, da
dohajemo A in dohajemo B."

$$\frac{A}{A \vee B}$$

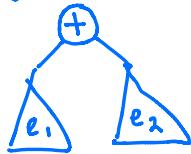
$$\frac{B}{A \vee B}$$

$$\frac{A \Rightarrow B \quad A}{B}$$

Pravila za $\eta \mid e \hookrightarrow n$:

$$\frac{\eta \mid e_1 \hookrightarrow n_1 \quad \eta \mid e_2 \hookrightarrow n_2}{\eta \mid e_1 + e_2 \hookrightarrow n_1 + n_2}$$

mišljeno kot izraz,



mišljeno kot matematična operacija
seštevanja

n_1 celo število
 n_2 celo število
+ sešteva

+ je znak

plus(e_1, e_2)

ADD

$$\frac{\eta \mid e_1 \hookrightarrow n_1 \quad \eta \mid e_2 \hookrightarrow n_2}{\eta \mid e_1 * e_2 \hookrightarrow n_1 * n_2}$$

symbol

znamenji števili

$$\frac{\eta(x) = n}{\eta \mid x \hookrightarrow n}$$

$\eta(x) = n$ v okolji η ima
 x vrednost n

$$\frac{}{\eta \mid n \hookrightarrow n}$$

↑ ↗
 številka število
 "423" \hookrightarrow 423

Primer: Okojuje $\eta = [x \mapsto 1, y \mapsto 1, z \mapsto 3]$

$$\frac{\eta(x) = 1}{\eta \mid x \hookrightarrow 1} \quad \frac{\eta(z) = 3}{\eta \mid z \hookrightarrow 3}$$

$$\frac{\eta \mid x + z \hookrightarrow 8}{\eta \mid 3 * (x + z) \hookrightarrow 24}$$

Druž način za isto zadavo: 2 rekurzivne funkcije

$$\text{eval}(\eta, e_1 + e_2) = \text{eval}(e_1) + \text{eval}(e_2)$$

$$\text{eval}(\eta, e_1 \underset{(+)}{\underset{e_2}{\textcircled{+}}}) = \text{eval}(e_1) + \text{eval}(e_2)$$

$$\text{eval}(\eta, e_1 * e_2) = \text{eval}(e_1) \cdot \text{eval}(e_2)$$

$$\text{eval}(\eta, x) = \eta(x)$$

$$\text{eval}(\eta, n) = n$$

vstavi
 η !

Semantika malih korakov

$$\eta := [x \mapsto 1, y \mapsto 3]$$

$$\begin{array}{lcl} \eta \mid 3 * (x + 7) & \xrightarrow{\text{en korak}} & (3+7) \cdot (8-4) = \\ & & 10 \cdot (8-4) = \\ \eta \mid 3 * (1 + 7) & \xrightarrow{} & \underline{10} \cdot \underline{4} = \\ \eta \mid 3 * 8 & \xrightarrow{} & 40 \\ \eta \mid 24 & & \end{array}$$

Pravila: pišemo n, n_1, n_2 števke
 e_1, e_2, \dots splošne izrate

$$\frac{\eta \mid e_1 \mapsto e'_1}{\eta \mid e_1 + e_2 \mapsto e'_1 + e_2}$$

pravila za *

so zelo podobna

$$\frac{\eta \mid e_2 \mapsto e'_2}{\eta \mid n_1 + e_2 \mapsto n_1 + e'_2}$$

$$\frac{}{\eta \mid n_1 + n_2 \mapsto n_1 + n_2}$$

↑
znam

↑
sestoj

$$\frac{\eta(x) = n}{\eta \mid x \mapsto n}$$

$$\frac{}{\eta \mid n \mapsto n}$$

↑
številka

↑
število