

Lihtne imperatiivne keel — Block

- Laiendab keelt While plokkstruktuuridega lokaalsete muutujate defineerimiseks
- Süntaktilised kategooriad

$n \in \mathbf{Num}$	arvud
$x \in \mathbf{Var}$	muutujad
$a \in \mathbf{AExp}$	aritmeetilised avaldised
$b \in \mathbf{BExp}$	tõeväärtusavaldised
$S \in \mathbf{Stm}$	laused
$D \in \mathbf{Dec}$	muutujate deklaratsioonid

Lihtne imperatiivne keel — Block

- Abstraktne süntaks

$$\begin{aligned} S &::= x := a \mid \text{skip} \mid S_1; S_2 \\ &\quad \mid \text{if } b \text{ then } S_1 \text{ else } S_2 \mid \text{while } b \text{ do } S \\ &\quad \mid \text{begin } D \text{ } S \text{ end} \\ D &::= \text{var } x := a; D \mid \varepsilon \end{aligned}$$

- Näide:

```
begin  var y := 1;
      (x := 1;
       begin var x := 2; y := x + 1 end;
       x := y + x)
end
```

Lihtne imperatiivne keel — Block

- Plokkstruktuuri loomulik semantika

$$\frac{\langle D, s \rangle \rightarrow_D s' \quad \langle S, s' \rangle \rightarrow s''}{\langle \text{begin } D \ S \ \text{end}, s \rangle \rightarrow s''[\text{DV}(D) \mapsto s]}$$

kus $\text{DV}(\text{var } x := a; D) = \{x\} \cup \text{DV}(D)$

$$\text{DV}(\varepsilon) = \emptyset$$

ja

$$(s'[X \mapsto s]) \ x = \begin{cases} s \ x & \text{if } x \in X \\ s' \ x & \text{if } x \notin X \end{cases}$$

- Deklaratsioonide loomulik semantika

$$\frac{\langle D, s[x \mapsto \mathcal{A}[[a]]s] \rangle \rightarrow_D s'}{\langle \text{var } x := a; D, s \rangle \rightarrow_D s'}$$

$$\langle \varepsilon, s \rangle \rightarrow_D s$$

Lihtne imperatiivne keel — Proc

- Laiendab keelt Block protseduuridefinitatsioonide ja väljakutsetega
- Süntaktilised kategooriad

$n \in \mathbf{Num}$	arvud
$x \in \mathbf{Var}$	muutujad
$a \in \mathbf{AExp}$	aritmeetilised avaldised
$b \in \mathbf{BExp}$	tõeväärtusavaldised
$S \in \mathbf{Stm}$	laused
$D \in \mathbf{Dec}$	muutujate deklaratsioonid
$p \in \mathbf{PName}$	protseduuride nimed
$P \in \mathbf{Proc}$	protseduuride definitioonid

Lihtne imperatiivne keel — Proc

- Abstraktne süntaks

$$\begin{aligned} S &::= x := a \mid \text{skip} \mid S_1; S_2 \\ &\quad \mid \text{if } b \text{ then } S_1 \text{ else } S_2 \mid \text{while } b \text{ do } S \\ &\quad \mid \text{begin } D \text{ } P \text{ } S \text{ end} \mid \text{call } p \\ D &::= \text{var } x := a; D \mid \varepsilon \\ P &::= \text{proc } p \text{ is } S; P \mid \varepsilon \end{aligned}$$

Lihtne imperatiivne keel — Proc

- Näide:

```
begin  var x := 0;
      proc p is x := x * 2;
      proc q is call p;
      begin  var x := 5;
            proc p is x := x + 1;
            call q;
            y := x
          end
      end
end
```

Keele Proc loomulik semantika

- Protseduuride keskond — dünaamiline skoopimine

$$\text{Env}_P = \text{PName} \hookrightarrow \text{Stm}$$

- Protseduuride keskond — staatiline skoopimine

$$\text{Env}_P = \text{PName} \hookrightarrow \text{Stm} \times \text{Env}_P$$

- Üleminekud on kujul

$$env \vdash \langle S, s \rangle \rightarrow s'$$

Keele Proc loomulik semantika

- Tühilause

$$env \vdash \langle \text{skip}, s \rangle \rightarrow s$$

- Omistamine

$$env \vdash \langle x := a, s \rangle \rightarrow s[x \mapsto \mathcal{A}[[a]]s]$$

- Kompositsioon

$$\frac{env \vdash \langle S_1, s \rangle \rightarrow s' \quad env \vdash \langle S_2, s' \rangle \rightarrow s''}{env \vdash \langle S_1; S_2, s \rangle \rightarrow s''}$$

Keele Proc loomulik semantika

- Tingimislause

$$\frac{env \vdash \langle S_1, s \rangle \rightarrow s'}{env \vdash \langle \text{if } b \text{ then } S_1 \text{ else } S_2, s \rangle \rightarrow s'} \quad \text{if } \mathcal{B}[[b]]s = \text{tt}$$

$$\frac{env \vdash \langle S_2, s \rangle \rightarrow s'}{env \vdash \langle \text{if } b \text{ then } S_1 \text{ else } S_2, s \rangle \rightarrow s'} \quad \text{if } \mathcal{B}[[b]]s = \text{ff}$$

- While-tsükkel

$$\frac{env \vdash \langle S, s \rangle \rightarrow s' \quad env \vdash \langle \text{while } b \text{ do } S, s' \rangle \rightarrow s''}{env \vdash \langle \text{while } b \text{ do } S, s \rangle \rightarrow s''} \quad \text{if } \mathcal{B}[[b]]s = \text{tt}$$

$$env \vdash \langle \text{while } b \text{ do } S, s \rangle \rightarrow s \quad \text{if } \mathcal{B}[[b]]s = \text{ff}$$

Keele Proc loomulik semantika

- Plokkstruktuur

$$\frac{\langle D, s \rangle \rightarrow_D s' \quad \text{upd}(P, env) \vdash \langle S, s' \rangle \rightarrow s''}{env \vdash \langle \text{begin } D \ P \ S \ \text{end}, s \rangle \rightarrow s''[\text{DV}(D) \mapsto s]}$$

- Protseduuri keskkonna muutmine

- Dünaamiline skoopimine

$$\begin{aligned} \text{upd}(\text{proc } p \text{ is } S; P, env) &= \text{upd}(P, env[p \mapsto S]) \\ \text{upd}(\varepsilon, env) &= env \end{aligned}$$

- Staatileine skoopimine

$$\begin{aligned} \text{upd}(\text{proc } p \text{ is } S; P, env) &= \text{upd}(P, env[p \mapsto (S, env)]) \\ \text{upd}(\varepsilon, env) &= env \end{aligned}$$

Keele Proc loomulik semantika

- Protseduuride väljakutsumine — dünaamiline skoopimine

$$\frac{env \vdash \langle S, s \rangle \rightarrow s'}{env \vdash \langle \text{call } p, s \rangle \rightarrow s'} \quad \text{where } env \, p = S$$

- Protseduuride väljakutsumine — staatiline skoopimine

$$\frac{env' \vdash \langle S, s \rangle \rightarrow s'}{env \vdash \langle \text{call } p, s \rangle \rightarrow s'} \quad \text{where } env \, p = (S, env')$$

- Rekursiivsete protseduuride väljakutsumine — staatiline skoopimine

$$\frac{env'[p \mapsto (S, env')] \vdash \langle S, s \rangle \rightarrow s'}{env \vdash \langle \text{call } p, s \rangle \rightarrow s'} \quad \text{where } env \, p = (S, env')$$