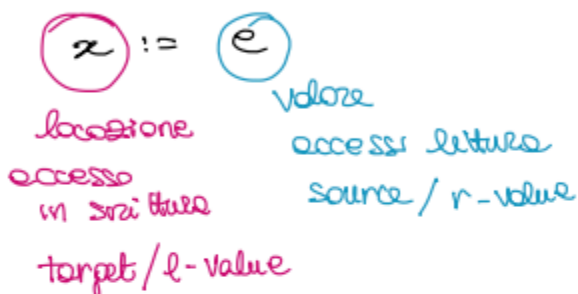


COMANDI

Com: $C \rightarrow \underline{\text{skip}} \mid \underline{x := e} \mid C; C \mid$
 $\text{while } b \text{ do } C \mid$
 $\text{if } b \text{ then } C \text{ else } C$



Semantica statica: per i comandi **verifica** che il comando sia **ben formato** (contiene solo costrutti che rispettano i vincoli del PL)

$$\frac{e : \tau}{d : \Delta} c$$

$FI : \text{Com} \rightarrow \mathcal{P}(\text{Id})$ $DI : \text{Com} \rightarrow \mathcal{P}(\text{Id})$

$$FI(x := e) = \{x\} \cup FI(e) \quad DI(x := e) = \emptyset$$

← tutti gli id devono trovare significato nell'ambiente (localizzazione / valore) di esecuzione

Assegnamento ben formato $\Delta \vdash C$

$$\frac{\Delta \vdash e : \tau}{\Delta \vdash x := e}, \Delta(x) = \tau \text{loc}$$

COMANDI

Com: $C \rightarrow \underline{\text{skip}} \mid \underline{x := e} \mid C; C \mid$
 $\text{while } b \text{ do } C \mid$
 $\text{if } b \text{ then } C \text{ else } C$

$\textcircled{x} := \textcircled{e}$

location
accesso in scrittura
target / l-value

valore
accesso lettura
source / r-value

Semantica statica: per i comandi verifica che il comando sia ben formato (contiene solo costrutti che rispettano i vincoli del PL)

$\frac{e : \tau}{d : \Delta}$
 C

$FI : \text{Com} \rightarrow \mathcal{P}(\text{Id}) \quad DI : \text{Com} \rightarrow \mathcal{P}(\text{Id})$

$FI(x := e) = \{x\} \cup FI(e) \quad DI(x := e) = \emptyset$

← tutti gli id devono trovare significato nell'ambiente (locazione / valore) di esecuzione

Assegnamento ben formato $\Delta \vdash C$

$\frac{\Delta \vdash e : \tau}{\Delta \vdash x := e}, \Delta(x) = \tau \text{ loc}$

Semantica dinamica: L'assegnamento è l'unico comando che genera trasformazioni della memoria

$\Gamma = (\mathbb{C} \times \text{Mem}) \cup \text{Mem}$ $T = \text{Mem}$
 configurazioni config. terminali

$\rho \vdash \langle c, \sigma \rangle \rightarrow \langle c', \sigma' \rangle$ *composizione while if*
 oppure $\rho \vdash \langle c, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'$ *skip assegnamento* (non c'è più nulla da eseguire)

$$\frac{\rho \vdash \langle e, \sigma \rangle \rightarrow^* \langle k, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle x := e, \sigma \rangle \rightarrow \sigma[l \mapsto k]}$$

$\rho(x) = l$
 l è la locazione associata a x da ρ
 e in l metto k

Esempio

$x := x * y \rightarrow$ dobbiamo considerare un ambiente e una memoria

$\Delta = [x \mapsto \text{intloc}, y \mapsto \text{int}]$
 $\rho = [x \mapsto l_x, y \mapsto 2]$
 $\sigma = [l_x \mapsto 3]$

Semantica statica: $\frac{\Delta \vdash x * y : \text{int} ?}{\Delta \vdash x := x * y}$ $\Delta(x) = \text{intloc}$ *ok*

$\frac{\Delta \vdash x : \text{int} ? \quad \Delta \vdash y : \text{int} ?}{\Delta \vdash x * y : \text{int}}$

$\Delta(x) = \text{intloc}$
 $\Delta \vdash x : \text{int}$ *ok*

$\Delta(y) = \text{int}$
 $\Delta \vdash y : \text{int}$ *ok*

$\Rightarrow \Delta \vdash x := x * y$ e' derivabile e quindi
 $x := x * y$ e' ben formato

Semantica dinamica: $\rho \vdash \langle x := x * y, \sigma \rangle \rightarrow ?$

$$\frac{\rho \vdash \langle x * y, \sigma \rangle \rightarrow^* \langle k, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle x := x * y, \sigma \rangle \rightarrow ?}$$

$$\frac{\rho \vdash \langle x, \sigma \rangle \rightarrow \langle 3, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle x * y, \sigma \rangle \rightarrow \langle 3 * y, \sigma \rangle} \quad \rho(x) = lx, \sigma(lx) = 3$$

$$\frac{\rho \vdash \langle y, \sigma \rangle \rightarrow \langle 2, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle 3 * y, \sigma \rangle \rightarrow \langle 3 * 2, \sigma \rangle} \quad \rho(y) = 2$$

$$\rho \vdash \langle 3 * 2, \sigma \rangle \rightarrow \langle \underset{k}{6}, \sigma \rangle, \quad 3 * 2 = 6$$

Quindi torniamo all'esecuzione dell'assegnamento ②

$$\frac{\rho \vdash \langle x * y, \sigma \rangle \rightarrow^* \langle 6, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle x := x * y, \sigma \rangle \rightarrow \sigma[lx \mapsto 6]} \quad \rho(x) = lx$$

$$\rightarrow \underline{\underline{[lx \mapsto 3][lx \mapsto 6]}} = \underline{\underline{[lx \mapsto 6]}} = \sigma'$$

STRUTTURE DI CONTROLLO → decide come continuare l'esecuzione, ovvero sul flusso di controllo

Comandi di Selezione

Comandi di Iterazione

- selettore a due vie (if-then-else)
- selettore a più vie (switch, case...)

Selettore a due vie → if annidati

```
if (sum == 0)
  if (count == 0)
    result 0; fi
  else result = 1
```

Selettore a più vie switch - case

switch (espressione) {

case const_expr : ---
case ...

{ default : ... }

Semantica del if-then-else

Semantica statica:

$$FI(\text{if e then } c_1 \text{ else } c_2) = FI(e) \cup FI(c_1) \cup FI(c_2)$$

$$DI(\text{if e then } c_1 \text{ else } c_2) = DI(c_1) \cup DI(c_2)$$

$$\frac{\Delta \vdash e: \text{bool} \quad \Delta \vdash C_1 \quad \Delta \vdash C_2}{\Delta \vdash \text{if } e \text{ then } C_1 \text{ else } C_2}$$

Semantica dinamica:

$$\frac{\rho \vdash \langle e, \sigma \rangle \rightarrow^* \langle t, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle \text{if } e \text{ then } C_1 \text{ else } C_2, \sigma \rangle \rightarrow \langle \text{if } t \text{ then } C_1 \text{ else } C_2, \sigma \rangle}$$

$$\rho \vdash \langle \text{if true then } C_1 \text{ else } C_2, \sigma \rangle \rightarrow \langle C_1, \sigma \rangle$$

$$\rho \vdash \langle \text{if false then } C_1 \text{ else } C_2, \sigma \rangle \rightarrow \langle C_2, \sigma \rangle$$

Esempio

if $x=y$ then $x:=5$ else $x:=6$

$\Delta = [x \mapsto \text{intloc}, y \mapsto \text{int}]$

$\rho = [x \mapsto 4, y \mapsto 2]$

$\sigma_1 = [lx \mapsto 3] \quad \sigma_2 = [lx \mapsto 2]$

$$\frac{\Delta \vdash x=y: \text{bool} \quad \Delta \vdash x:=5 \quad \Delta \vdash x:=6}{\Delta \vdash \text{if } x=y \text{ then } x:=5 \text{ else } x:=6}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\Delta \vdash 5: \text{int}}{\Delta \vdash x:=5} \quad \Delta(x) = \text{intloc} \quad \checkmark$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{\Delta \vdash 6: \text{int}}{\Delta \vdash x:=6} \quad \Delta(x) = \text{intloc} \quad \checkmark$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{\Delta \vdash x: \tau \quad \Delta \vdash y: \tau}{\Delta \vdash x=y: \text{bool}} \quad \checkmark$$

$$\Delta \vdash x: \text{int}, \Delta(x) = \text{intloc} \\ \Delta \vdash y: \text{int}, \Delta(y) = \text{int}$$

\Rightarrow if comando e' ben formato

Dobbiamo esquire $\rho \vdash \langle \text{if } x=y \dots, \sigma_1 \rangle \rightarrow ?$

$$\textcircled{1} \quad \frac{\rho \vdash \langle x=y, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle \text{true}, \sigma_1 \rangle}{\rho \vdash \langle \text{if } x=y \text{ then } \dots \text{ else } \dots, \sigma_1 \rangle \rightarrow ?} \quad \textcircled{\times}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\rho \vdash \langle x, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle 3, \sigma_1 \rangle}{\rho \vdash \langle x=y, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle 3=y, \sigma_1 \rangle} \quad \rho(x) = 3, \sigma_1(x) = 3 \\ \frac{\rho \vdash \langle y, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle 2, \sigma_1 \rangle}{\rho \vdash \langle 3=y, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle 3=2, \sigma_1 \rangle} \quad \rho(y) = 2 \\ \rho \vdash \langle 3=2, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle \text{false}, \sigma_1 \rangle \end{array} \right.$$

$$\textcircled{\times} \quad \frac{\rho \vdash \langle x=y, \sigma_1 \rangle \rightarrow^* \langle \text{false}, \sigma_1 \rangle}{\rho \vdash \langle \text{if } \dots, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle \text{if false then } \dots \text{ else } \dots, \sigma_1 \rangle}$$

$$\rho \vdash \langle \text{if false then } x:=5 \text{ else } x:=6, \sigma_1 \rangle \rightarrow \langle x:=6, \sigma_2 \rangle$$

$$\rho \vdash \langle x:=6, \sigma_1 \rangle \rightarrow \sigma_2 [x \mapsto 6]$$

Prove on σ_2

Semantica del ;
(e di skip)

$$FI(skip) = DI(skip) = \emptyset$$

Statica:

$$FI(C_1; C_2) = FI(C_1) \cup FI(C_2)$$

$$DI(C_1; C_2) = DI(C_1) \cup DI(C_2)$$

$$\frac{\Delta \vdash C_1 \quad \Delta \vdash C_2}{\Delta \vdash C_1; C_2} \quad \Delta \vdash skip$$

Dinamica

$$\frac{\rho \vdash \langle C_1, \sigma \rangle \rightarrow \langle C_1', \sigma' \rangle}{\rho \vdash \langle C_1; C_2, \sigma \rangle \rightarrow \langle C_1'; C_2, \sigma' \rangle}$$

$$\frac{\rho \vdash \langle C_1, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'}{\rho \vdash \langle C_1; C_2, \sigma \rangle \rightarrow \langle C_2, \sigma' \rangle}$$

$$\rho \vdash \langle skip, \sigma \rangle \rightarrow \sigma$$

Comando iterativo

Iterazione
determinata

È noto a priori
quante volte eseguire
il corpo

$i=0 \rightarrow n$
for e ...

Iterazione
non determinata

il controllo
dell'esecuzione
è mediante
guardie logiche

for indice := inizio to fine by passo do corpo

for (expr₁; expr₂; expr₃) corpo

Semantics

$$FI(\text{while } b \text{ do } c) = FI(b) \cup FI(c)$$

$$DI(\text{while } b \text{ do } c) = DI(c)$$

$$\frac{\Delta \vdash b: \text{bool} \quad \Delta \vdash c}{\Delta \vdash \text{while } b \text{ do } c}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{\rho \vdash \langle b, \sigma \rangle \rightarrow^* \langle t, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle \text{while } b \text{ do } c, \sigma \rangle \rightarrow \langle \text{while } t \text{ do } c, \sigma \rangle}$$

$$\rho \vdash \langle \text{while false do } c, \sigma \rangle \rightarrow \sigma$$

$$\textcircled{2} \quad \rho \vdash \langle \text{while true do } c, \sigma \rangle \rightarrow \langle c; \text{while } b \text{ do } c, \sigma \rangle$$

$$1 + 2 \equiv \frac{\rho \vdash \langle b, \sigma \rangle \rightarrow^* \langle \text{true}, \sigma \rangle}{\rho \vdash \langle \text{while } b \text{ do } c, \sigma \rangle \rightarrow \langle c; \text{while } b \text{ do } c, \sigma \rangle}$$