

Prova scritta di Linguaggi - 05.02.2015

Si consideri il linguaggio *Lang*:

$$E \in \text{Lang} ::= x \mid n \mid \text{true} \mid \text{false} \mid E_1 + E_2 \mid E_1 \text{ or } E_2 \mid \\ \neg E \mid l := E \mid !l \mid E_1; E_2 \mid \text{skip} \\ \text{let } x = E_1 \text{ in } E_2 \mid \text{fun}(x : T) \Rightarrow E \mid E_1 E_2 \mid \text{fix}.E$$

- (5 punti) Formalizzare la *statica* del linguaggio *Lang* fornendo un sistema di tipi. I tipi da usare sono definiti dalla seguente grammatica:

$$T ::= \text{int} \mid \text{bool} \mid \text{unit} \mid T \rightarrow T \\ T_{\text{loc}} ::= \text{intref}$$

La regola di tipaggio del punto fisso è la seguente:

$$(\text{T-Fix}) \frac{\Gamma \vdash E : (T_1 \rightarrow T_2) \rightarrow (T_1 \rightarrow T_2)}{\Gamma \vdash \text{fix}.E : (T_1 \rightarrow T_2)}$$

- (8 punti) Una volta definito il sistema di tipi, dire, giustificando *formalmente* la risposta, se il termine

$$\text{Term} = (\text{fun}(f : T_1) \Rightarrow f \text{ skip}) (\text{fun}(g : T_2) \Rightarrow (\text{fun}(h : T_3) \Rightarrow \neg(\text{fix}.(h \text{ true}))g))$$

è ben tipato o meno, al variare dei tipi T_1 , T_2 e T_3 .

- (6 punti) Formalizzare la *dinamica* del linguaggio tipato *Lang* attraverso una semantica small-step in stile *call-by-name*. Definire, per differenza, una semantica small-step in stile *call-by-value*. Si ricorda che regole semantiche per l'operatore di punto fisso sono le seguenti:

$$(\text{Fix-CBN}) \frac{-}{\text{fix}.E \rightarrow E(\text{fix}.E)} \quad (\text{Fix-CBV}) \frac{\Gamma \vdash E : (T_1 \rightarrow T_2) \rightarrow (T_1 \rightarrow T_2)}{\text{fix}.E \rightarrow E(\text{fn } x : T_1 \Rightarrow (\text{fix}.E)x)}$$

- (5 punti) Si estenda il linguaggio come indicato, in modo da introdurre la concorrenza:

$$E ::= \dots \mid E_1 \parallel E_2 \mid \text{await } E_1 \text{ protect } E_2 \text{ end} \\ T ::= \dots \mid \text{proc}$$

Estendere di conseguenza il sistema di tipi e la semantica operativa. E scrivere formalmente le proprietà di “Progress” e “Type preservation” per il linguaggio esteso.

5. (9 punti) Si considerino i seguenti programmi da valutare nello store $s = \{l \mapsto 2, m \mapsto 1\}$ con una semantica CBN:

$$A \stackrel{\text{def}}{=} \text{let } F : T_F = (\text{fn } f:T \Rightarrow (\text{fn } x:\text{unit} \Rightarrow x \parallel (fx))) \\ \text{in } (\text{fix}.F)(m := !l - 1; l := !m + 1)$$

$$B \stackrel{\text{def}}{=} \text{let } F : T_F = (\text{fn } f:T \Rightarrow (\text{fn } x:\text{unit} \Rightarrow x; (fx))) \\ \text{in } (\text{fix}.F)(m := !l - 1; l := !m + 1)$$

$$C \stackrel{\text{def}}{=} \text{let } F : T_F = (\text{fn } f:T \Rightarrow (\text{fn } x:\text{unit} \Rightarrow (\text{await true protect } x \text{ end}) \parallel (fx))) \\ \text{in } (\text{fix}.F)(m := !l - 1; l := !m + 1)$$

- (a) Si dica per quali valori di T_F e T i programmi sono ben tipati.
- (b) Si considerino le possibili coppie di programmi: (A, B) , (A, C) e (B, C) . Per ciascuna coppia si dica (con un'argomentazione semi formale) se i programmi in questione sono legati da una relazione di simulazione (in un verso o nell'altro) e/o di bisimulazione.