

## Prova scritta di Linguaggi - 19.02.2019

Si consideri il linguaggio *Lang*:

$$\begin{aligned}
 E \in \text{Lang} ::= & x \mid n \mid b \mid \{lab_1 = E, \dots, lab_k = E\} \mid \\
 & \neg E \mid E + E \mid \#lab E \mid E \leq E \mid \\
 & \text{let } x : T = E_1 \text{ in } E_2 \mid \text{skip} \mid \\
 & \text{fun}(x : T) \Rightarrow E \mid E E \mid \text{fix}.E
 \end{aligned}$$

- (3 punti) Formalizzare la *statica* del linguaggio *Lang* fornendo: i) una grammatica dei tipi ammessi nel linguaggio; ii) un sistema per il tipaggio; iii) un sistema per il sottotipaggio.
- (12 punti) Dire, giustificando *formalmente* la risposta, se il termine

$$\begin{aligned}
 & \text{let } x : T_1 = \text{fun}(z : T_2) \Rightarrow \text{fun}(y : T_3) \Rightarrow \{a = (\#b(zy) \leq 0), b = 5\} \text{ in} \\
 & \text{let } w : T_4 = (\text{fix}.x)7 \text{ in} \\
 & (\text{fn } z : \{a : \text{bool}\} \Rightarrow \{c = \#a z, d = \#a z\})w
 \end{aligned}$$

è ben tipato o meno, al variare dei tipi  $T_1, T_2, T_3, T_4$ .

Infine, si dica (senza esibire alcun albero) cosa succederebbe se l'ultima riga di codice fosse sostituita con:

$$(\text{fn } z : \{a : \text{bool}, b : \text{bool}\} \Rightarrow \{c = \#a z, d = \#b z\})w$$

Cambierebbe qualcosa?

- (12 punti) Si consideri un linguaggio concorrente arbitrario in cui con  $\alpha$  rappresenta un assegnamento elementare arbitrario. Provare **formalmente** se le seguenti leggi algebriche sono vere o false. Se le leggi non sono valide fornire un controesempio, e mostrare formalmente se valgono le simulazioni nei due sensi.
  - $E \parallel E \approx_{\Gamma} E$
  - $\text{await true protect } (\text{skip}; E_1 \oplus \text{skip}; E_2) \text{ end} \approx_{\Gamma}$   
 $(\text{await true protect } \text{skip}; E_1 \oplus E_2 \text{ end}) \oplus (\text{await true protect } E_1 \oplus \text{skip}; E_2 \text{ end})$   
 dove  $\alpha$  è un assegnamento elementare arbitrario.
  - $\alpha; (\alpha; E_1 \oplus E_2) \approx_{\Gamma} \alpha; (\text{skip}; (\text{skip}; E_1 \oplus E_2)) \oplus (\alpha; E_1)$   
 dove  $\alpha$  è un assegnamento elementare arbitrario.
- (4 punti) Si consideri il seguente linguaggio:

$$E \in \text{Lang} ::= x \mid n \mid E + E \mid \text{let } x : T = E \text{ in } E$$

Se ne dia un sistema di tipi e una semantica operativa in stile CBV. Dopodiché si provi formalmente il teorema di *type preservation* per il linguaggio in questione.