

Prova scritta di Linguaggi - 19.09.2016

Si consideri il linguaggio *Lang*:

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

1. (6 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.
2. (10 punti) Dire, giustificando *formalmente* la risposta, se il termine

$$\begin{aligned}
 & \text{let } h : T_1 = \text{fun}(z : T_2) \Rightarrow \text{fun}(g : T_3) \Rightarrow \text{ref } \{b = 5, a = \#a(zg)\} \text{ in} \\
 & \text{let } w : T_4 = (\text{fix}.h)10 \text{ in} \\
 & (\text{fn } z : \text{ref}\{a : \text{int}\} \Rightarrow \{c = \#a!z, d = \#a!z\}) w
 \end{aligned}$$

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

3. (9 punti) Si consideri il seguente linguaggio concorrente:

$$\begin{aligned}
 E \in \text{Lang} ::= & l \mid \text{true} \mid \text{false} \mid !l \mid l := E \\
 & E_1 \parallel E_2 \mid E_1 \oplus E_2 \mid \text{await } E_1 \text{ protect } E_2 \text{ end}
 \end{aligned}$$

dove l'operatore \oplus denota la scelta non deterministica. Si fornisca type system e semantica operativa per **i soli costrutti concorrenti**. Provare **formalmente** se le seguenti leggi algebriche sono vere o false. Più precisamente, se una legge non è valida è sufficiente fornire un controesempio con le relative tracce d'esecuzione. Se invece è valida si fornisca la bisimulazione necessaria e si mostri che è una bisimulazione.

- (a) $E \parallel E \approx_{\Gamma} E$
- (b) $\alpha; (\text{skip}; E_1 \oplus \text{skip}; E_2) \approx_{\Gamma} \text{skip}; \alpha; (E_1 \oplus E_2)$
dove α è un assegnamento arbitrario
- (c) $\alpha; (E_1 \oplus \text{skip}; E_2) \approx_{\Gamma} \alpha; (\text{skip}; (E_1 \oplus \text{skip}; E_2)) \oplus (\alpha; E_2)$
dove α è un assegnamento arbitrario.

4. (5 punti) Si consideri il linguaggio del punto precedente. Si riporti formalmente la proprietà di Determinacy (Determinatezza) per il linguaggio e si fornisca una prova formale di tale proprietà (nel caso non dovesse valere se ne dia un controesempio).