

Prova scritta di Linguaggi - 07.07.2017

Si consideri il linguaggio $Lang$:

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

1. (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** (dare *solo* le regole che userete nel prossimo esercizio).
2. (10 punti) Dire, giustificando *formalmente* la risposta, se, in presenza di sottotipaggio, il termine

$$\begin{aligned}
 & \text{let } f : T_1 = \text{ref fun}(x : T_2) \Rightarrow \{a = \text{true}, b = \text{false}, c = \text{true}, d = \text{true}\} \text{ in} \\
 & \left((\text{let } g : \{a : \text{bool}, b : \text{bool}\} = !f(\{a = 5, b = 6\}) \text{ in } \#bg) \right. \\
 & \quad \wedge \\
 & \left. (\text{let } g : \{a : \text{bool}, c : \text{bool}\} = !f(\{a = 7, c = 8\}) \text{ in } \#ag \wedge \#cg) \right)
 \end{aligned}$$

è ben tipato o meno, al variare dei tipi T_1 e T_2 . Usare *esclusivamente* le regole di sottotipaggio viste a lezione.

3. (12 punti) Si consideri il seguente linguaggio concorrente:

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

dove l'operatore \oplus denota la scelta non deterministica. Supponendo di aver definito type system e semantica operativa anche per i costrutti concorrenti. Provare **formalmente** se le seguenti leggi algebriche sono vere o false per E_1 e E_2 arbitrari. Se le leggi non dovessero valere, si fornisca un controesempio, e si mostri formalmente se la simulazione è verificata in uno o entrambi i sensi.

- (a) $\alpha; (\beta; E_1 \parallel \beta; E_2) \approx_{\Gamma} \text{skip}; \alpha; \beta; (E_1 \parallel E_2)$
dove α e β sono assegnamenti arbitrari "semplici" ($l := 5$, $l := \text{true}$ ma non $l := E$, con E espressione arbitraria) su locazioni diverse associate;
- (b) $\left((\text{await true protect } E_1 \text{ end}); (\text{await true protect } E_2 \text{ end}) \right. \\ \oplus \\ \left. (\text{await true protect } E_2 \text{ end}); (\text{await true protect } E_1 \text{ end}) \right) \\ \approx_{\Gamma} \\ (\text{await true protect } E_1 \text{ end}) \parallel (\text{await true protect } E_2 \text{ end})$

(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 semplice.

4. (6 punti) Si consideri il linguaggio del punto precedente privato del costrutto di `await` e di scelta non deterministica \oplus . 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).