Prova scritta di Linguaggi - 15.02.2016

Si consideri il linguaggio *Lang*:

$$\begin{array}{rcl} E \in Lang & ::= & x \;\mid\; l \;\mid\; \mathsf{true} \;\mid\; \mathsf{false} \;\mid\; \{lab_1 = E_1, \ldots lab_k = E_k\} \;\mid \\ & & \mathsf{ref}\, E \;\mid\; E_1 \;\mathsf{or}\; E_2 \;\mid\; \neg E \;\mid \\ & & \#lab\, E \;\mid\; !E \;\mid\; \mathtt{let}\; x : T = E_1 \;\mathtt{in}\; E_2 \;\mid \\ & & E_1 := E_2 \;\mid\; E_1 ; E_2 \;\mid\; \mathsf{skip} \;\mid \\ & & \mathsf{fun}(x : T) \Rightarrow E \;\mid\; E_1\, E_2 \;\mid\; \mathsf{fix}.E \end{array}$$

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

$$\begin{array}{l} \mathbf{let}\; x : T_1 \;=\; \mathsf{fun}(z : T_2) \Rightarrow \mathsf{fun}(y : T_3) \Rightarrow \{a = \neg y, b = y\} \;\mathbf{in} \\ \quad \mathbf{let}\; w : T_4 \;=\; \mathsf{ref}\,((\mathsf{fix}.x)\mathsf{true}) \;\mathbf{in} \\ \qquad (\text{fn } z : \mathsf{ref}\{a : \mathsf{bool}\} \Rightarrow \{a = \#a\, !z \,,\, b = \neg\#a\, !z\})\, w \end{array}$$

   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:

$$\begin{array}{rcl} E \in Lang & ::= & x \;\mid\; l \;\mid\; \mathsf{true} \;\mid\; \mathsf{false} \;\mid \\ & & E_1 \;\mathsf{or}\; E_2 \;\mid\; \neg E \;\mid\; !l \;\mid \\ & & \mathtt{let}\; x : T = E_1 \;\mathtt{in}\; E_2 \;\mid\; l := E \;\mid\; E_1 ; E_2 \;\mid\; \mathsf{skip} \;\mid \\ & & \mathsf{fun}(x : T) \Rightarrow E \;\mid\; E_1\, E_2 \;\mid\; \mathsf{fix}.E \\ & & E_1 \,||\, E_2 \;\mid\; E_1 \oplus E_2 \;\mid\; \text{await } E_1 \text{ protect } E_2 \text{ end} \end{array}$$

   dove l'operatore $\oplus$ denota la scelta non deterministica. Si fornisca type system e semantica operazionale in CBN per i soli costrutti concorrenti. Provare *formalmente* se le seguenti leggi algebriche sono vere o false. Se le leggi non sono valide fornire un controesempio, e mostrare formalmente se vale una simulazione in uno o più dei due sensi.

   (a) $E_1 \oplus E_2 \approx_\Gamma$ await true protect $E_1 \oplus E_2$ end $||$ await false protect E_1 end

   (b) $\alpha; (\mathsf{skip}; E_1 \oplus \mathsf{skip}; E_2) \approx_\Gamma \alpha; (\mathsf{skip}; E_1 \oplus E_2)$,
   dove α è un assegnamento arbitrario

   (c) $\alpha; (E_1 \oplus \mathsf{skip}; E_2) \approx_\Gamma \alpha; (\mathsf{skip}; (E_1 \oplus \mathsf{skip}; E_2)) \oplus (\alpha; E_2)$,
   dove α è un assegnamento arbitrario.

4. (6 punti) Si consideri il seguente linguaggio:

$$E \in Lang \quad ::= \quad x \;\mid\; n \;\mid\; E_1 + E_2 \;\mid\; \mathsf{fun}(x : T) \Rightarrow E \;\mid\; E_1\, E_2$$

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