Prova scritta di Linguaggi Concorrenti e Mobili 23 Giugno 2003

1. (3 punti)
   - Dare le definizioni formali di nomi liberi (free names) e nomi legati (bound names) in π-calcolo.
   - Dare la definizione di α-conversione e di sostituzione tra nomi.
   - Calcolare il termine
   $$\{^{s}/_{h}\}\{^{h}/_{r}\}((\nu h)\overline{r}.h.\mathbf{0} \mid h.r.\mathbf{0}).$$

2. (3 punti) Dare un esempio di due processi che si simulano a vicenda ma che non sono tra loro bisimili. Dare le simulazioni e mostrare perchè non sono bisimili.

3. (6 punti) Sia
   $$\begin{aligned} O(b,x) &\stackrel{\text{def}}{=} (\nu c)(\overline{b}\langle c\rangle \mid c(y).O\langle x,y\rangle) \\ I(b,x) &\stackrel{\text{def}}{=} b(z).(\nu h)\overline{z}\langle h\rangle.(\overline{a}\langle p\rangle \mid I\langle x,h\rangle) \\ P &\stackrel{\text{def}}{=} (\nu b,x)(O\langle b,x\rangle \mid I\langle b,x\rangle) \end{aligned}$$
   (a) Dare la codifica di $\widehat{\widehat{P}}$ che consenta di sostituire le definizioni ricorsive attraverso la replicazione.
   (b) Fornire un processo (molto semplice) che sia equivalente in senso debole a P.
   (c) Dare uno **schema** di prova di tale equivalenza.

4. (6 punti) Provare formalmente che $!P \mid !P \sim !P$.

5. (6 punti) Ricordiamo la definizione per liste effimere:
   $$\begin{aligned} Nil &\stackrel{\text{def}}{=} (k).k(n,c).\overline{n} \\ Cons(V,L) &\stackrel{\text{def}}{=} (k).(\nu vl)(Node\langle k,v,l\rangle \mid V\langle v\rangle \mid L\langle l\rangle) \\ &\qquad \text{dove } Node\langle k,v,l\rangle \stackrel{\text{def}}{=} k(n,c).\overline{c}\langle v,l\rangle \\ [V_1,\ldots,V_n] &\stackrel{\text{def}}{=} Cons(V_1,Cons(\ldots Cons(V_n,Nil)\ldots)) \end{aligned}$$
   (a) Dare allora la definizione di una PILA persistente, definendo due costruttori *Push* e *Pop* per immettere ed eliminare i valori in testa alla pila.
   (b) Fornire la funzione di sorting rispettata dalla definizione proposta.

6. (6 punti) Definire in π-calcolo gli operatori AND ed OR in modo tale che soddisfino le seguenti proprietà:

- $(\nu b_1, b_2)(AND\langle a, b_1, b_2\rangle \mid B_1\langle b_1\rangle \mid B_2\langle b_2\rangle) \approx B\langle a\rangle$.
  In cui $B = \star TRUE$ se e solo se $B_1 = B_2 = \star TRUE$.
- $(\nu b_1, b_2)(OR\langle a, b_1, b_2\rangle \mid B_1\langle b_1\rangle \mid B_2\langle b_2\rangle) \approx B\langle a\rangle$.
  In cui $B = \star FALSE$ se e solo se $B_1 = B_2 = \star FALSE$.

In entrambi i casi, provare formalmente l'equivalenza richiesta.