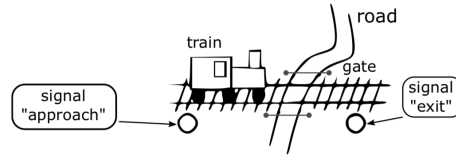


Parte A: resolve numa folha separada. Justifica as tuas respostas.

1. Modela uma passagem de nível com 3 componentes: o comboio, a cancela e um controlador (como sugerido na figura). Considera que:

- As acções do comboio caracterizam a sua localização em relação à passagem: aproxima-se (*approach*), entra (*in*) e sai (*exit*).
- A cancela pode estar baixada (*down*) ou levantada (*up*).
- O comboio e a cancela não comunicam directamente, apenas o controlador comunica com eles. O controlador deve garantir que quando o comboio entra a cancela está em baixo.



- (a) Descreve em CCS cada componente: comboio, cancela e controlador.
(b) Escreve o processo do sistema que corresponda à execução paralela das várias componentes, indicando as acções em que devem sincronizar.
(c) Usa as regras de inferência do CCS (indicando em cada passo a regra usada) para obter um LTS para esse processo.

2. Seja

$$\Gamma = \{(P, a.P_1), (P_1, b.P_2), (P_2, a.P + b.P_2), (Q, , a.Q_1), (Q_1, b.Q_1 + b.Q_2), (Q_2, a.Q), (T, a.T_1), (T_1, b.T_3), (T_3, a.T + b.T_2), (T_2, a.T + b.T_2)\}$$

- (a) Usando o sistema de inferência $\longrightarrow_{\Gamma}$, desenha os LTSs (sistemas de transição) $\llbracket P \rrbracket_{\Gamma}$, $\llbracket Q \rrbracket_{\Gamma}$ e $\llbracket T \rrbracket_{\Gamma}$. (Não é necessário indicar as regras usadas.)
(b) Define relação de bissimulação forte sobre o conjunto de estados de um LTS. Indica o que significa dois estados s and s' serem bissimilares, i.e., $s \sim s'$.
(c) Determina, justificando, se
i. $P \sim Q$
ii. $P \sim T$

3. Considera as seguintes definições que pretendem resolver o problema da exclusão mútua com um semáforo (unário).

$$\begin{aligned} \text{Mutex}_2 &:= ((User|Sem)|User) \setminus \{p, v\} \\ User &:= p?.enter.exit.v?.User \\ Sem &:= p!.v!.Sem \\ Spec &:= enter.exit.Spec \end{aligned}$$

- (a) Usa as regras de inferência do CCS para obter um fragmento atingível de $\llbracket \text{Mutex}_2 \rrbracket_{\Gamma}$ e $\llbracket Spec \rrbracket_{\Gamma}$.

(b) Determina, justificando, se $Mutex_2 \approx Spec$.

(c) Seja ainda

$$\begin{aligned} FMutex &:= ((User|Sem)|FUser) \setminus \{p, v\} \\ FUser &:= p?.enter.(exit.v?.FUser + exit.v?.0) \end{aligned}$$

Dá um argumento para que $Mutex_2 \not\approx FMutex$ (possivelmente usando $Spec$).

Regras de inferência do CCS ($\longrightarrow$ Γ)

$$\begin{array}{c}
\text{Prefixo} \frac{}{\alpha.P \xrightarrow{\alpha} P} \\
\\
\text{EscolhaE} \frac{P \xrightarrow{\alpha} P'}{P + Q \xrightarrow{\alpha} P'} \\
\\
\text{EscolhaD} \frac{Q \xrightarrow{\alpha} Q'}{P + Q \xrightarrow{\alpha} Q'} \\
\\
\text{Rec} \frac{P \xrightarrow{\alpha} P' \quad \Gamma(X) = P}{X \xrightarrow{\alpha} P'} \\
\\
\text{Sync} \frac{P \xrightarrow{a} P' \quad Q \xrightarrow{\bar{a}} Q'}{P|Q \xrightarrow{\tau} P'|Q'} \\
\\
\text{ParE} \frac{P \xrightarrow{\alpha} P'}{P|Q \xrightarrow{\alpha} P'|Q} \\
\\
\text{ParD} \frac{Q \xrightarrow{\alpha} Q'}{P|Q \xrightarrow{\alpha} P|Q'} \\
\\
\text{Res} \frac{P \xrightarrow{\alpha} P' \quad \alpha \notin H}{P \setminus H \xrightarrow{\alpha} P' \setminus H}
\end{array}$$

Regras de inferência do $CCS_{vp}^{\mathbb{Z}}$

$$\begin{array}{c}
\text{Pref} \frac{\alpha \in Act}{\alpha.P \xrightarrow{\alpha} P} \\
\\
\text{Input} \frac{v \in \mathbb{V}}{a?x.P \xrightarrow{a?v} P\{v/x\}} \\
\\
\text{Rec} \frac{P\{v_1/r_1, \dots, v_n/r_n\} \xrightarrow{\alpha} P' \quad \Gamma(X[r_1, \dots, r_n]) = P}{X[v_1, \dots, v_n] \xrightarrow{\alpha} P'} \\
\\
\text{Output} \frac{e \Downarrow z}{a!e.P \xrightarrow{a!z} P} \\
\\
\text{Valor} \frac{e \Downarrow z}{a?e.P \xrightarrow{a?z} P} \\
\\
\text{cond} \frac{P \xrightarrow{\alpha} P' \quad b \Downarrow True}{when(b)P \xrightarrow{\alpha} P'}
\end{array}$$