EXAMEN DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SOFTWARE. 14/1/2022.

APELLIDOS Y NOMBRE: ....

1) **(70 pts)** En cada ciclo, un proceso X puede estar en la cola de preparados (p) o en entrada/salida (s). Además, la CPU puede estar ocupada (c) por algún proceso o vacía ($\neg c$). Formula los siguientes enunciados en LTL

   - Si la CPU está vacía y el proceso X no está preparado, entonces X está en entrada/salida
   - Si el proceso X está preparado, la CPU debe estar ocupada en el siguiente ciclo.
   - El proceso X no sufre inanición: si está en la cola, en algún momento sale de ella
   - El proceso X nunca se bloquea permanentemente en entrada/salida
   - Entre dos períodos distintos de entrada/salida el proceso X pasa siempre por la cola de preparados

2) **(20 pts)** Explica cuál es la principal diferencia formal entre los contraejemplos para una propiedad de *safety* y los contraejemplos para una propiedad de *liveness*. Indica si la primera de las fórmulas que has obtenido para el ejercicio anterior es una condición de *safety* o de *liveness*.

3) **(50 pts)**Dadas las fórmulas:

$$\alpha \stackrel{def}{=} \Box(p \, \mathcal{U} \, q) \qquad\qquad \beta \stackrel{def}{=} \Box(p \wedge \Diamond q)$$

   demostrar cada dirección de la equivalencia o, si no se cumple, presentar un contraejemplo
   $\models \alpha \to \beta$ ¿se cumple? [ ]-Sí [ ]-No
   Explicación:

   $\models \beta \to \alpha$ ¿se cumple? [ ]-Sí [ ]-No
   Explicación:

Satisfaction of a temporal formula
Let $M = s_0, s_1, \ldots$ with $i \geq 0$. We say that $M, i \models \alpha$ when:

- $M, i \models p$ if $p \in s_i$ (for $p \in \Sigma$)
- $M, i \models \Box\alpha$ if $M, j \models \alpha$ for all $j \geq i$
- $M, i \models \Diamond\alpha$ if $M, j \models \alpha$ for some $j \geq i$
- $M, i \models \bigcirc\alpha$ if $M, i+1 \models \alpha$
- $M, i \models \alpha \, \mathcal{U} \, \beta$ if there exists $n \geq i$, $M, n \models \beta$ and $M, j \models \alpha$ for all $i \leq j < n$.
- $M, i \models \alpha \; \mathcal{W} \; \beta$ if $M, i \models \Box\alpha$ or $M, i \models \alpha \, \mathcal{U} \; \beta$

Kamp's translation
Temporal formula α at time point i becomes $MFO(<)$ formula $\alpha(i)$

$$
\begin{aligned}
(p)(i) &\stackrel{def}{=} p(i) \\
(\neg\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \neg\alpha(i) \\
(\alpha \vee \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \alpha(i) \vee \beta(i) \\
(\alpha \wedge \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \alpha(i) \wedge \beta(i) \\
(\bigcirc\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \alpha(i+1) \\
(\Diamond\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \exists j \geq i : \alpha(j) \\
(\Box\alpha)(i) &\stackrel{def}{=} \forall j \geq i : \alpha(j) \\
(\alpha \, \mathcal{U} \; \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \exists j \geq i : (\beta(j) \wedge (\forall k \in i..j-1 : \alpha(k))) \\
(\alpha \; \mathcal{V} \; \beta)(i) &\stackrel{def}{=} \forall j \geq i : (\beta(j) \vee (\exists k \in i..j-1 : \alpha(k)))
\end{aligned}
$$