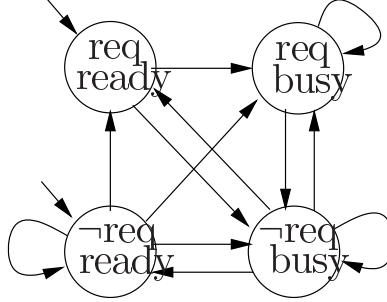


Verificação Formal de Software - Exercícios

Lógica Temporal Linear (LTL)

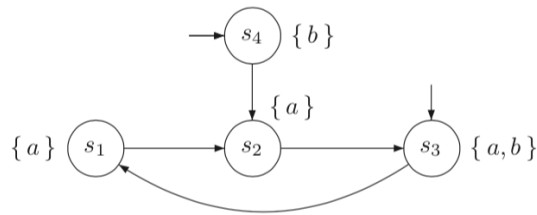
1. Considera o seguinte sistema de transições T



- (a) Verifica que $T \models G(req \rightarrow Fbusy)$.
- (b) É verdade que $\neg(reqU\neg busy)$ se verifica em todos os estados do sistema?
2. Considera o sistema $\mathcal{M} = (S = \{q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{q_1 \rightarrow q_2, q_2 \rightarrow q_3, q_3 \rightarrow q_1, q_3 \rightarrow q_2, q_3 \rightarrow q_4, q_4 \rightarrow q_3\}, L(q_1) = \{\}, L(q_2) = \{b\}, L(q_3) = \{a\}, L(q_4) = \{a, b\})$.

Para cada uma das fórmulas seguintes:

- a) Ga ;
- b) aUb ;
- c) $aUX(a \wedge \neg b)$;
- d) $X\neg b \wedge G(\neg a \vee \neg b)$;
- e) $X(a \wedge b) \wedge F(\neg a \wedge \neg b)$;
- (a) encontra um caminho a partir do estado q_3 que satisfaz φ ;
- (b) determina se $q_3 \models \varphi$.
3. Considera o sistema de transições abaixo com $AP = \{a, b\}$.

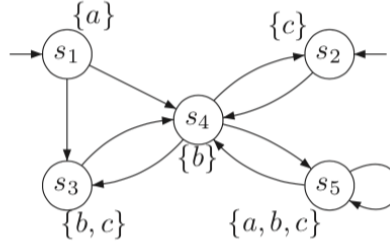


Indica para cada fórmula abaixo quais os estados em que elas são satisfeitas:

- a) Xa
- b) $XXXa$
- c) Gb

- d) GFa
- e) $G(bUa)$
- f) $F(aUb)$

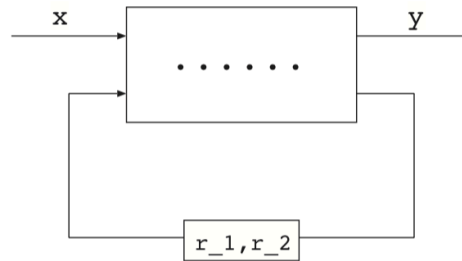
4. Considera o sistema de transições abaixo com $AP = \{a, b, c\}$.



Decide para cada fórmula LTL φ_i se $T \models \varphi_i$, justificando a tua resposta.

- $\varphi_1 = FGc$
- $\varphi_2 = GFc$
- $\varphi_3 = X\neg c \rightarrow XXc$
- $\varphi_4 = aUG(a \vee c)$
- $\varphi_5 = XXbU(b \vee c)$

5. Considera o circuito sequencial com uma entrada de 1 bit x com dois registos de um bit (r_1, r_2) e uma saída de um bit y , e $AP = \{x, y, r_1, r_2\}$.



Escreve fórmulas LTL para cada uma das seguintes propriedades.

- a) É impossível que o circuito tenha como saída dois 1's consecutivos
- b) Sempre que o bit de entrada é 1, no máximo em dois passos o bit de saída é 1.
- c) Sempre que o bit entrada é 1, os registos não são alterados no passo seguinte
- d) O registo r_1 tem um n.i.d.v o valor 1.

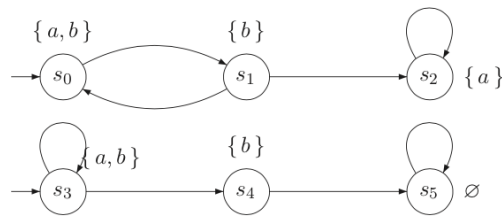
6. Mostra que

$$\begin{aligned}
\neg(\varphi U \psi) &\equiv \neg\varphi R \neg\psi \\
\neg(\varphi R \psi) &\equiv \neg\varphi U \neg\psi \\
X(\varphi U \psi) &\equiv (X\varphi)U(X\psi) \\
\varphi U \psi &\equiv \varphi W \psi \wedge F\psi \\
\varphi W \psi &\equiv \varphi U \psi \vee G\varphi \\
\varphi W \psi &\equiv \psi R(\varphi \vee \psi) \\
\varphi R \psi &\equiv \psi W(\varphi \wedge \psi) \\
\varphi U \psi &\equiv \psi \vee (\varphi \wedge X(\varphi U \psi)) \\
F\varphi &\equiv \varphi \vee XF\varphi \\
G\varphi &\equiv \varphi \wedge XG\varphi
\end{aligned}$$

7. Mostre que os seguintes conjuntos de connectivas temporais são completos par a LTL: $\{U, X\}$, $\{R, X\}$ e $\{W, X\}$.
8. Para as equivalências seguintes indica as que são verdadeiras (provando) e as que são falsas (indicando um contra-exemplo).

$$\begin{aligned}
G\varphi \rightarrow F\psi &\equiv \varphi U(\psi \vee \neg\varphi) \\
FG\varphi \rightarrow GF\psi &\equiv G(\varphi U(\psi \vee \neg\varphi)) \\
GG(\varphi \vee \neg\psi) &\equiv \neg F(\neg\varphi \wedge \psi) \\
F\varphi \wedge XG\varphi &\equiv F\varphi \\
G\varphi \wedge XF\varphi &\equiv G\varphi
\end{aligned}$$

9. Considera o sistema de transições T seguinte, com $AP = \{a, b, c\}$.



Considera a assunção de justeza (*fairness*):

$$fair = (GF(a \wedge b) \rightarrow GF\neg c) \wedge (FG \rightarrow GF\neg b)$$

- (a) Determina os caminhos justos em T i.e. os caminhos iniciais infinito que verifica, a fórmula *fair*

- (b) Para cada uma das fórmulas LTL seguintes indica se $T \models_{fair} \varphi_i$. No caso $T \not\models_{fair} \varphi_i$, indica um caminho $\pi \in Paths(T)$ tal que $\pi \not\models \varphi_i$.

$$\varphi_1 = FGa$$

$$\varphi_2 = X\neg a \rightarrow FGa$$

$$\varphi_3 = Xa$$

$$\varphi_4 = bUG\neg b$$

10. Seja $\varphi = (a \rightarrow X\neg b)W(a \wedge b)$ e $P = Words(\varphi)$ onde $AP = \{a, b\}$.

- (a) Mostra que P é uma propriedade de segurança.
(b) Define um NFA A tal que $L(A) = BadPref(P)$.