

Nome: Ana Sofia Martins

1. Considera o sistema de transições  $T = (S = \{s_0, s_1, s_2, s_3\}, \{s_0 \rightarrow s_2, s_0 \rightarrow s_1, s_1 \rightarrow s_1, s_1 \rightarrow s_2, s_1 \rightarrow s_3, s_2 \rightarrow s_0, s_2 \rightarrow s_1, s_2 \rightarrow s_2, s_3 \rightarrow s_0, s_3 \rightarrow s_3\}, L(s_0) = \{x_1, x_2\}, L(s_1) = \{x_1\}, L(s_2) = \{\}, L(s_3) = \{x_2\})$ .
  - (a) Desenha o sistema de transições  $T$ .
  - (b) Usando o algoritmo de etiquetagem diz se  $T \models \text{AG}(x_1 \vee x_2)$ .
  - (c) Utilizando a ordem  $[x_1, x_2]$ , determina OBDD's para representar o conjuntos de estados  $\{s_0, s_1\}$ .
  - (d) Determina a tabela de verdade para a relação de transição utilizando a ordem  $[x_1, x'_1, x_2, x'_2]$ .
  - (e) Desenha o OBDD para a relação de transição (utilizando a ordem da alínea anterior).
  - (f) Aplica o algoritmo de etiquetagem (adaptado à representação por OBDD's e utilizando a ordem  $[x_1, x_2]$ ) ao modelo  $T$ , para determinar os conjuntos de estados onde se verifica a fórmula  $\text{AG}(x_1 \vee x_2)$ .
2. Usando a função  $F(X) = \text{Sat}(\varphi) \cap \text{pre}_\forall(X)$  demonstra que  $\text{Sat}(\text{AG}\varphi)$  é o ponto fixo máximo de  $F$ .
3. (Semáforos de transito)

Considera dois semáforos com três luzes (vermelho, verde e amarelo) (podendo também estar desligados). A sequencia de cores deve ser a habitual: vermelho, verde, amarelo.

- (a) Escreve um programa para o Spin que implemente os dois semáforos e que inicialmente estejam os dois com luzes diferentes.
- (b) Testa o funcionamento executando o comando `spin -u<numero> <nome>.pml` (onde número é o numero de passos) ou
 

```
% spin -a <nome>.pml
% gcc -o pan pan.c
% ./pan
```

 No comando `pan` podes quer usar as opções `-a` ou `-d`, p.e. No spin a opção `-t` permite ver um caminho em que tenha ocorrido um erro: `spin -t -p <ficheiroerro>`
- (c) Escreve fórmulas do LTL que correspondam às seguintes propriedades:
  - i. Os semáforos nunca estão com uma luz da mesma cor simultaneamente.
  - ii. O semáforo 1 está um número infinito de vezes com a cor verde.
- (d) Para testar as fórmulas podes escrevê-las num ficheiro ou na linha de comando considerando que:

```
F → < >
G → []
X → X
U → U
∧ → &&
∨ → ||
¬ → !
→ → - >
```

Por exemplo  $\text{GF}p$  corresponde a `[]<>p`. Na linha de comando do "spin" usar a opção `-f` p.e.: `spin -a -f '[]<>p' nome.pml`. Ou seja:

```
% spin -a -f <formula> <nome>.pml
% gcc -o pan pan.c
% ./pan -a -f
```

Se escreveres a fórmula num ficheiro (p.e `forl1tl.prl`):

```
% spin -a -F forl1.prl <nome>.prl
% gcc -o pan pan.c
% ./pan -a -f
ou
% spin -a -F forl1.prl > forl1.prl
% spin -a -N forl1.prl <nome>.prl
% gcc -o pan pan.c
% ./pan -a -f
```

Neste último caso, a fórmula foi transformada num programa Promela `forl1.prl` com a instrução `never`.