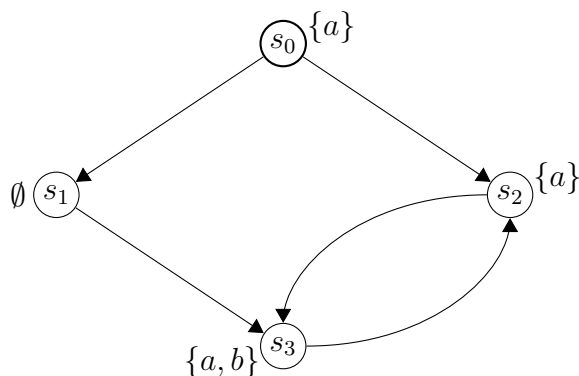


## Zadania – zestaw 3

1. Dany jest system tranzycyjny o podanym niżej grafie stanów.



Sprawdź (bez użycia NuSMV) które z poniższych własności są spełnione dla tej maszyny stanów:

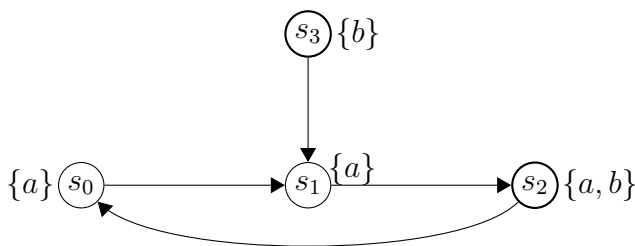
- $GFa$
- $(\neg a \wedge \neg b) \Rightarrow XGa$
- $FXGa$
- $b \Rightarrow (Ga \wedge GFb)$
- $F(Gb \vee Ga)$

Zdefiniuj maszynę stanów w języku SMV dla rozważanego systemu tranzycyjnego. W maszynie stanów zdefiniuj zmienne  $a$  i  $b$  jako zmienne typu `boolean`. Sprawdź spełnialność powyższych własności. Sformułuj i sprawdź prawdziwość co najmniej 5 innych własności wyrażonych w logice LTL.

2. Niech dany będzie zbiór formuł atomowych  $AP = \{a, b\}$ . Zapisz poniższe własności za pomocą formuł logiki LTL.

- $a$  nigdy nie występuje;
- $a$  powinno wystąpić dokładnie raz;
- $a$  i  $b$  występują łącznie nieskończenie wiele razy;
- Po  $a$  powinno ewentualnie wystąpić  $b$ .

3. Dany jest system tranzycyjny o podanym niżej grafie stanów. **Uwaga:**  $I = \{s_2, s_3\}$ .

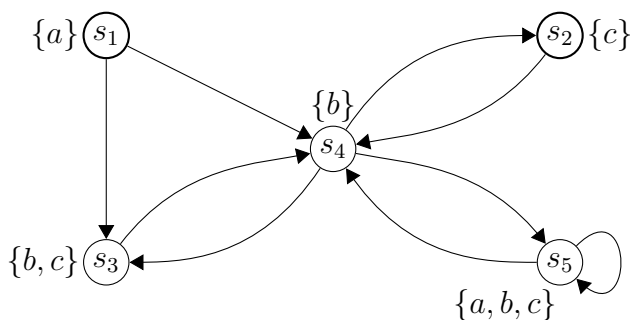


Sprawdź (bez użycia NuSMV) które z poniższych własności są spełnione dla tej maszyny stanów:

- $Xa$
- $XXXa$
- $Gb$
- $GFa$
- $G(b \cup a)$
- $F(a \cup b)$

Zdefiniuj maszynę stanów w języku SMV dla rozważanego systemu tranzycyjnego. W maszynie stanów zdefiniuj zmienne  $a$  i  $b$  jako zmienne typu `boolean`. Sprawdź spełnialność powyższych własności. Sformułuj i sprawdź prawdziwość co najmniej 5 innych własności wyrażonych w logice LTL.

4. Dany jest system tranzycyjny o podanym niżej grafie stanów. **Uwaga:**  $I = \{s_1, s_2\}$ .

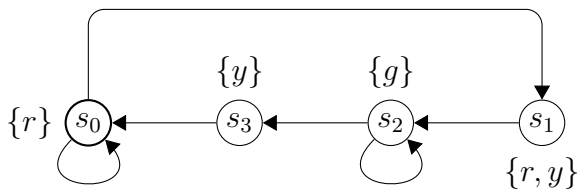


Sprawdź (bez użycia NuSMV) które z poniższych własności są spełnione dla tej maszyny stanów:

- $FGc$
- $GFc$
- $X\neg c \Rightarrow XXc$
- $Ga$
- $a \text{ U } G(b \vee c)$
- $(XXb) \text{ U } (b \vee c)$
- $FG(a \vee c)$
- $(a \Rightarrow X(b \wedge ((b \vee c) \text{ U } a)))$
- $(a \vee c) \wedge XG(b \vee c)$
- $XG(\neg b \vee ((b \vee c) \text{ U } a))$

Zdefiniuj maszynę stanów w języku SMV dla rozważanego systemu tranzycyjnego. W maszynie stanów zdefiniuj zmienne  $a$  i  $b$  jako zmienne typu `boolean`.

5. System z rysunku opisuje działanie świateł drogowych.  $AP = \{r, y, g\}$  (red, yellow, green). Zdefiniuj w logice LTL podane poniżej własności. Które z nich są prawdziwe dla podanego systemu. Odpowiedź uzasadnij.



- Nigdy po sygnale zielonym nie jest od razu włączany sygnał czerwony.
- Zawsze, gdy wyświetlany jest sygnał czerwony, to jest on wyświetlany tak długo, aż pojawi się sygnał zielony.
- Jeżeli w pewnym (dowolnym) stanie wyświetlany jest jednocześnie sygnał czerwony i żółty, to: kiedyś w przyszłości wyświetlone będą jednocześnie sygnały zielony i żółty lub od następnego stanu począwszy zawsze wyświetlany będzie tylko sygnał żółty.
- Możliwe jest, że od pewnego stanu począwszy nigdy nie będą wyświetlone żadne dwa sygnały jednocześnie.

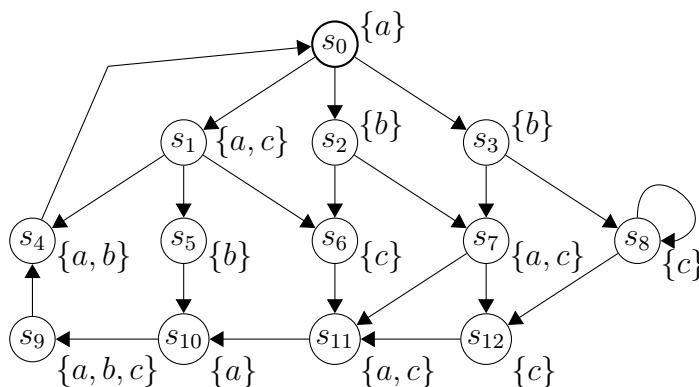
Podaj formalne definicje tych operatorów wykorzystując operatory logiki LTL zdefiniowane na wykładzie.

6. Sprawdź, które równoważności są prawdziwe. W przypadku, gdy równoważność nie zachodzi, podaj kontrprzykład.

- $Ga \Rightarrow Fb \equiv a \text{ U } (b \vee \neg a)$
- $FGa \Rightarrow GFb \equiv G(a \text{ U } (b \vee \neg a))$
- $GG(a \vee \neg b) \equiv \neg F(\neg a \wedge b)$
- $F(a \wedge b) \equiv Fa \wedge Fb$
- $Ga \wedge XFb \equiv Gb$

- f)  $Fa \wedge XGb \equiv Fb$
- g)  $GFa \Rightarrow GFb \equiv G(a \Rightarrow Fb)$
- h)  $\neg(a U b) \equiv \neg b W (\neg a \wedge \neg b)$
- i)  $XFa \equiv FXb$
- j)  $(FGa) \wedge (FGb) \equiv F(Ga \wedge Gb)$
- k)  $(a U b) U b \equiv a U b$

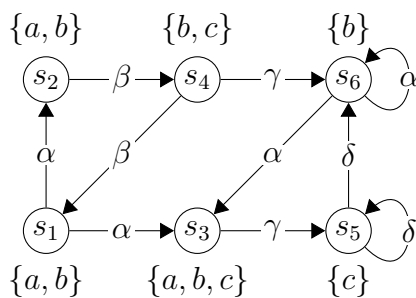
7. Dany jest system tranzycyjny o podanym niżej grafie stanów. **Uwaga:**  $I = \{s_0\}$ .



Sprawdź, które z poniższych własności LTL są spełnione dla tego systemu tranzycyjnego. Podaj uzasadnienie spełnialności lub kontrprzykład.

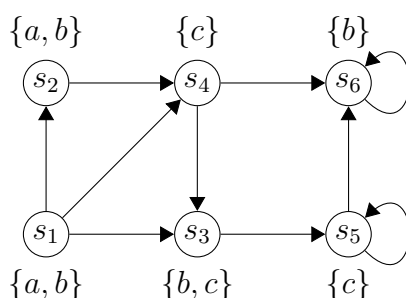
- a)  $GF((b \vee c) \wedge \neg a)$
- b)  $X(\neg a U (a \wedge c)) \vee G(\neg a \vee \neg c)$
- c)  $FXc$
- d)  $X(\neg a U (a \wedge c))$

8. Przyjmując, że dla podanego systemu tranzycyjnego  $I = \{s_1\}$  sprawdź, które z poniższych formuł są spełnione, a które nie. Odpowiedzi uzasadnij.



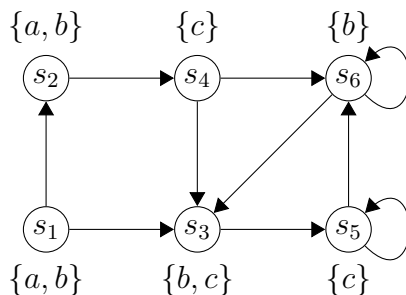
- a) (2 pkt.)  $XX(c \wedge G(\neg a))$
- b) (2 pkt.)  $G(a U c)$
- c) (2 pkt.)  $(GFb) \vee (FGc)$
- d) (2 pkt.)  $a \Rightarrow X((b U c) \vee Gb)$

9. Dany jest system tranzycyjny o podanym niżej grafie stanów. Wyznacz zbiory stanów, dla których spełnione są formuły LTL:



- a)  $XG\neg a$
- b)  $bWc$
- c)  $FXa \vee FGc$
- d)  $cRb$

10. Przyjmując, że dla systemu tranzycyjnego z rys. 1  $I = \{s_1, s_6\}$  sprawdź, które z poniższych formuł są spełnione, a które nie dla tego systemu. Odpowiedzi uzasadnij.



- a)  $XX((c \vee b) \wedge G(\neg a))$
- b)  $G(a \cup c)$
- c)  $GFG\neg a$
- d)  $F(b \wedge Xb \wedge XXc)$