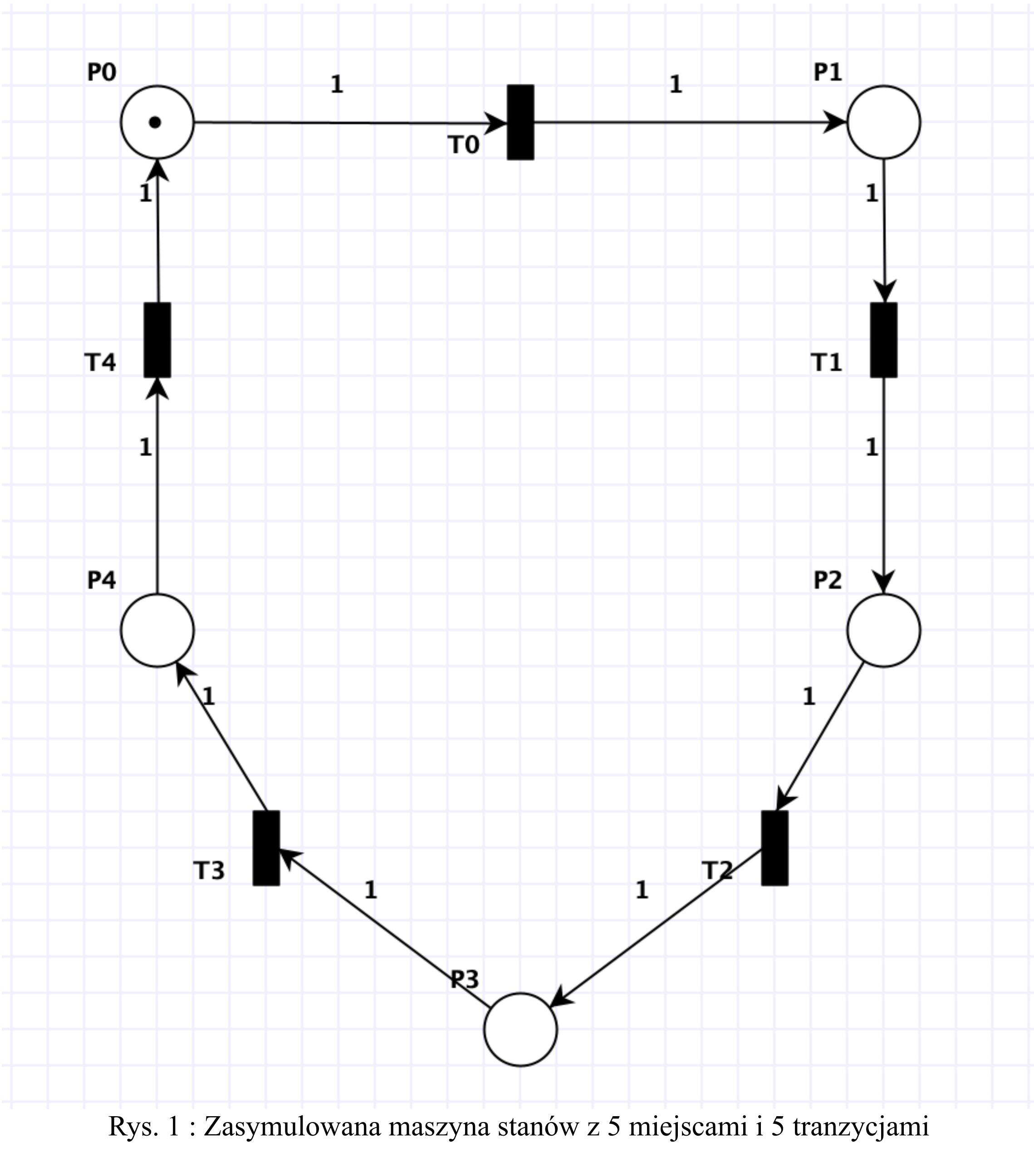
Teoria Współbieżności 2023
Sieci Petriego
Julia Smerdel

Zadanie 1

Wymyslić własną maszynę stanów (maszyna stanów jest modelowana przez sieć Petri, w której każda tranzycja ma dokładnie jedno miejsce wejściowe i jedno miejsce wyjściowe), zasymulować przykład i dokonać analizy grafu osiągalności oraz niezmienników.

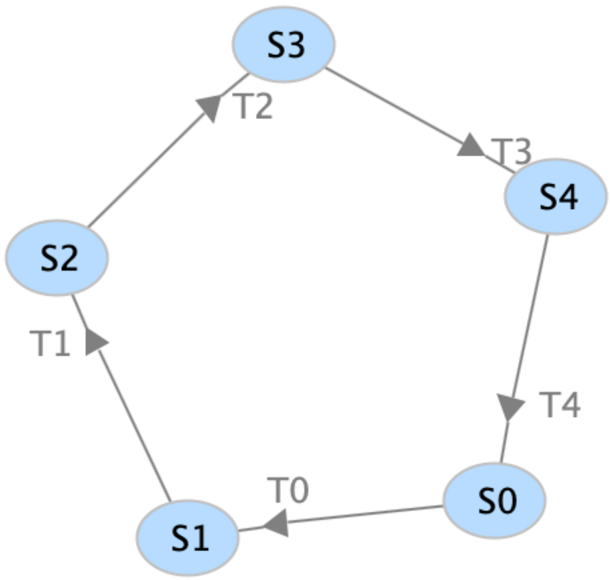


Rys. 1 : Zasymulowana maszyna stanów z 5 miejscami i 5 tranzycjami

Petri net state space analysis results

Bounded	true
Safe	true
Deadlock	false

Rys. 2: State Space Analysis maszyny stanów



Rys. 3: Graf osiągalności maszyny stanów

Analiza:

1. **Jakie znakowania są osiagalne ?**

   {0, 0, 0, 0, 1}
   {0, 0, 0, 1, 0}
   {0, 0, 1, 0, 0}
   {0, 1, 0, 0, 0}
   {1, 0, 0, 0, 0}

2. **Ile wynosi maksymalna liczba znaczników w każdym ze znakowań ? Jakie możemy wyciągnąć z tego wnioski n.t. ograniczoności i bezpieczeństwa?**

   Maksymalna liczba znaczników wynosi 1.
   Z tego wynika, że sieć jest **1-ograniczona** i **bezpieczna**.

   ograniczoność – każde miejsce w sieci ma określone ograniczenie co do liczby znaczników, jakie może przechowywać.
   bezpieczeństwo – w każdym miejscu w sieci nie może być więcej niż jednego znacznika w dowolnym momencie.

3. **Czy każde przejście jest przedstawione jako krawędź w grafie? Jaki z tego wniosek n.t. żywotnosci przejść?**

   Tak, każde przejście jest przedstawione jako krawędź w grafie.
   Z tego wynika, że wszystkie przejścia są **żywe**.

   żywe przejścia – przejścia, które będą aktywowane podczas ewolucji systemu.

4. **Czy wychodząc od dowolnego węzła grafu (znakowania) można wykonać dowolne przejście ? Jaki z tego wniosek n.t. żywotnosci sieci? Czy są możliwe zakleszczenia ?**

   -Tak, wchodząc do dowolnego węzła grafu można wykonać dowolne przejście.
   -Sieć jest żywa.
   -Zakleszczenia nie są możliwe (co zgadza się ze State Space Analysis)

Analiza niezmienników:

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T0	T1	T2	T3	T4
1	1	1	1	1

The net is covered by positive T-Invariants, therefore it might be bounded and live.

P-Invariants

P0	P1	P2	P3	P4
1	1	1	1	1

The net is covered by positive P-Invariants, therefore it is bounded.

P-Invariant equations

M(P0) + M(P1) + M(P2) + M(P3) + M(P4) = 1

Analysis time: 0.001s

1. **Analiza niezmienników przejść**
   (pokazuje nam, ile razy trzeba odpalic dane przejscie (T), aby przeksztalcic znakowanie poczatkowege z powrotem do niego samego)

   Aby z jednego przejścia przejść do niego samego, należy przejść przez każde przejście dokładnie raz.

   $0 \rightarrow 1$
   $1 \rightarrow 2$
   $2 \rightarrow 3$
   $3 \rightarrow 4$
   $4 \rightarrow 0$

   Wniosek: **sieć jest odwracalna**.

   odwracalność – zdolność przywrócenia poprzedniego stanu po wykonaniu pewnych akcji.

2. Analiza niezmienników miejsc

(pokazuje nam zbiory miejsc, w ktorych łączna suma znaczników się nie zmienia)

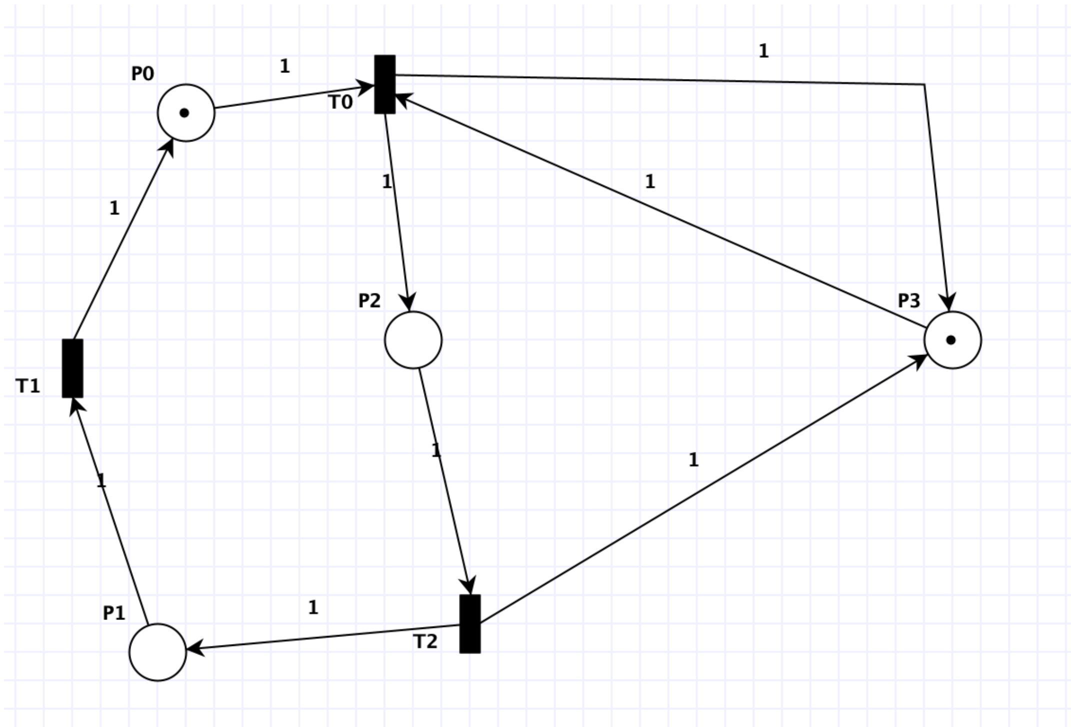
Liczba znaczników w sieci jest stała, równa 1.

Wniosek: **sieć jest zachowawcza** i **1-ograniczona.**

zachowawczość - wlasność, gdzie suma znaczników pozostaje stała.
ograniczoność – każde miejsce w sieci ma określone ograniczenie co do liczby znaczników, jakie może przechowywać.

Zadanie 2

Dokonać analizy niezmienników przejść na wykonanej sieci. Jaki wniosek można wyciągnąć o odwracalności sieci ? Wygenerować graf osiągalności. Proszę wywnioskować z grafu, czy sieć jest żywa. Proszę wywnioskować, czy jest ograniczona. Objaśnić wniosek.



Rys. 4: zasymulowana sieć

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T0	T1	T2

The net is not covered by positive T-Invariants, therefore we do not know if it is bounded and live.

P-Invariants

P0	P1	P2	P3
1	1	1	0

The net is not covered by positive P-Invariants, therefore we do not know if it is bounded.

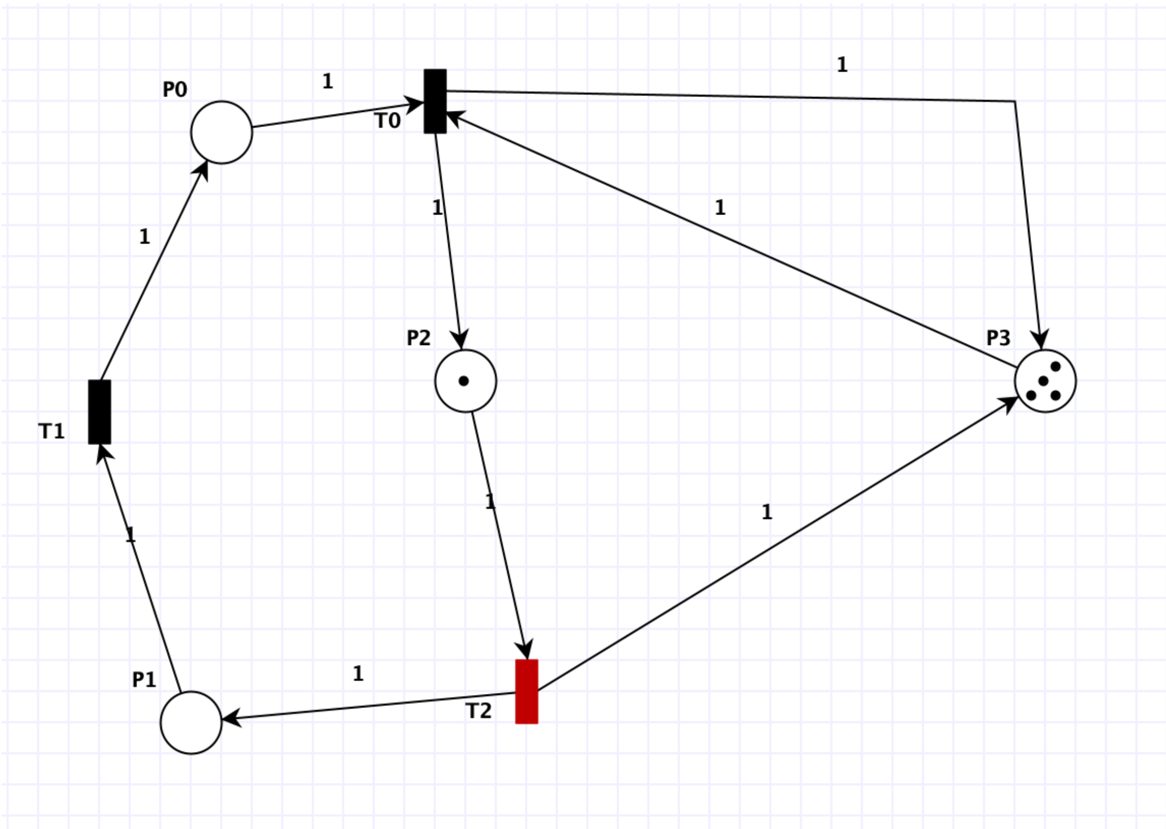
P-Invariant equations

M(P0) + M(P1) + M(P2) = 1

Analysis time: 0.001s

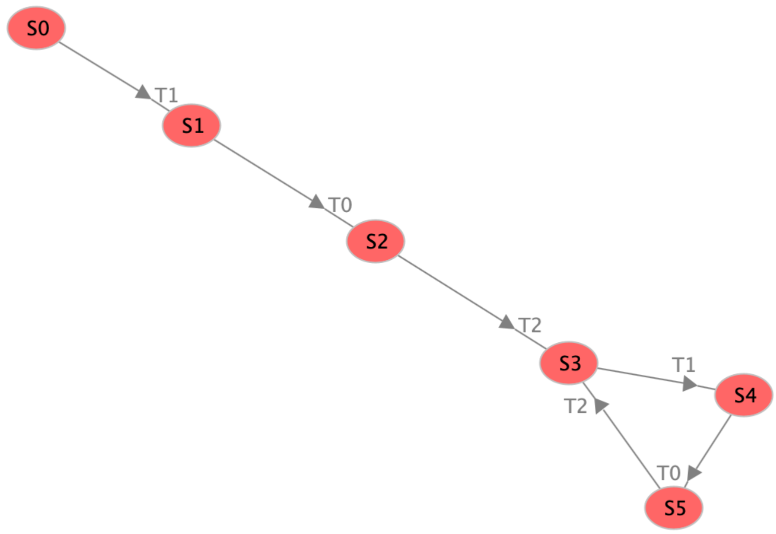
Rys. 5: Niezmienniki

Analiza:



Rys. 6: Sieć w trakcie symulacji

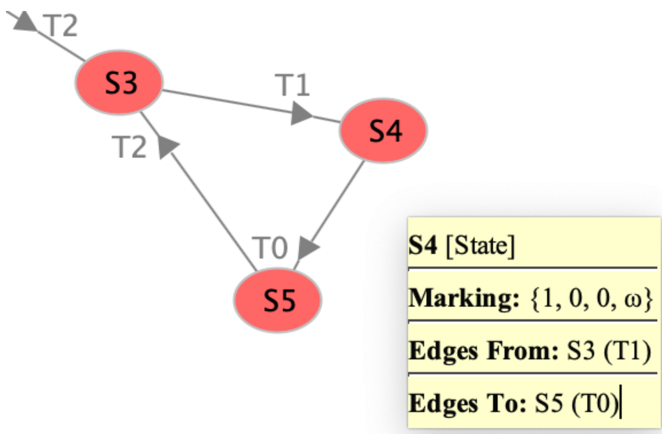
1. Na podstawie własnej analizy można stwierdzić, że sieć **nie jest odwracalna**. Podczas symulacji można zauważyć, że tranzycja T2 będzie mnożyć znaczniki w P3. Zatem nie można wrócić do wywołania początkowego.



Rys. 7: Graf rozdzielności

2. Na podstawie grafu rozdzielności można wywnioskować, że **sieć jest żywa**. Każde przejście będzie aktywowane.

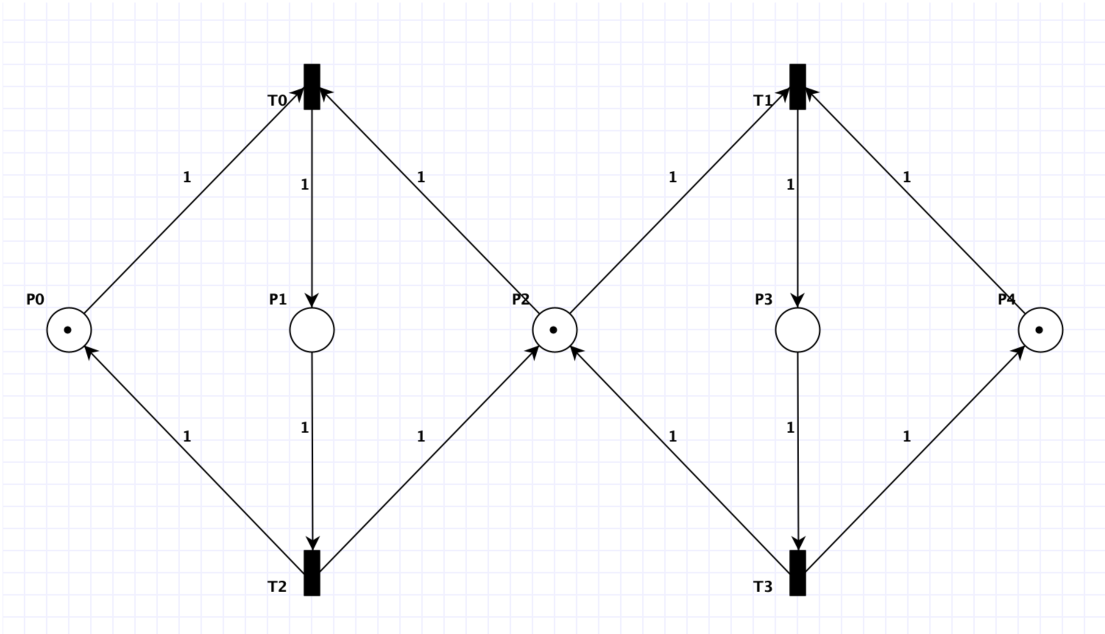
Miejsca P0, P1 i P2 będą w jednym momencie posiadać maksymalnie 1 token. Miejsce P3 może ich przyjąć nieskończenie wiele, nie ma ustalonego limitu.
Zatem **sieć nie jest ograniczona, nie jest również bezpieczna** (w miejscu P3 może być nieskończenie wiele znaczników)



Rys. 8: Dowód ☺

Zadanie 3

Zasymulować wzajemne wykluczanie się dwóch procesów na wspólnym zasobie.



Rys. 9: Przykładowa sieć z wykluczaniem
przykład znaleziony na
https://www.researchgate.net/figure/A-rst-Petri-net-of-the-mutual-exclusion_fig1_2673848

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T0	T1	T2	T3
1	0	1	0
0	1	0	1

The net is covered by positive T-Invariants, therefore it might be bounded and live.

P-Invariants

P0	P1	P2	P3	P4
1	1	0	0	0
0	1	1	1	0
0	0	0	1	1

The net is covered by positive P-Invariants, therefore it is bounded.

P-Invariant equations

M(P0) + M(P1) = 1
M(P1) + M(P2) + M(P3) = 1
M(P3) + M(P4) = 1

Rys. 10 Niezmienniki

Analiza

1. Analiza niezmienników miejsc:

W parach miejsc (P0, P1) oraz (P3, P4) zawsze będzie jeden znacznik. Pokazują to równania:

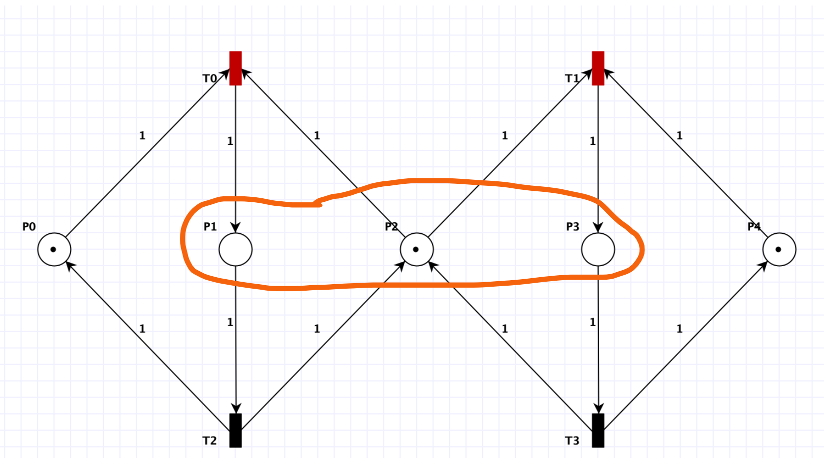
$$M(P0) + M(P1) = 1$$
oraz
$$M(P3) + M(P4) = 1$$

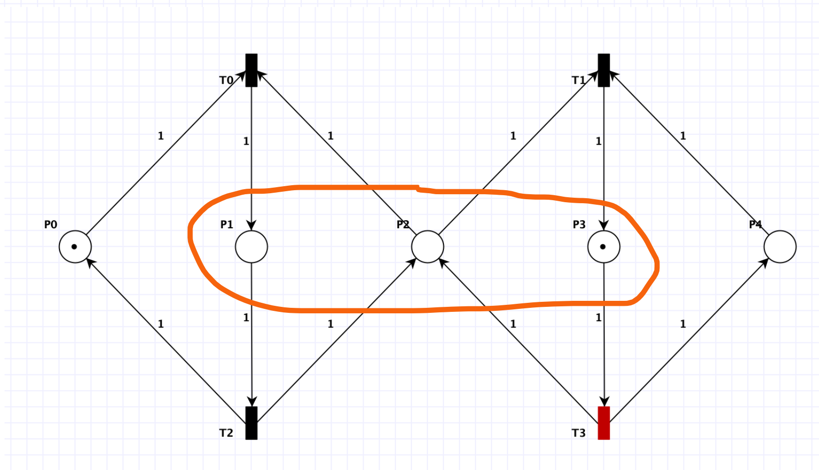
Pozostałe równanie

$$M(P1) + M(P2) + M(P3) = 1$$

Informuje, że w sekcji krytycznej będzie maksymalnie tylko jeden proces.

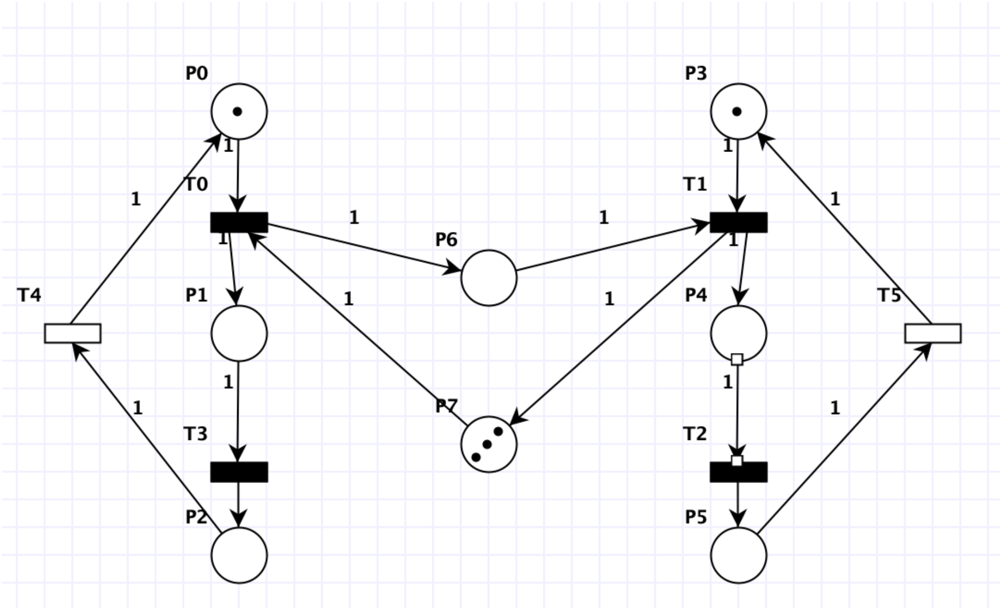
Na samym początku możemy rozpocząć od tranzycji T0 **lub** T1**, nigdy obu równocześnie.** Potem będzie aktywna albo tranzycja T2, albo T3, co widać na poniższych rysunkach.





Zadanie 4

Problem producenta i konsumenta z ograniczonym buforem.



Rys. 11: Sieć problemu producenta i konsumenta z ograniczonym buforem
P0 – konsument, P3 – producent, P7 – bufor, P6 – zabrane z bufora

Analiza

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T0	T1	T2	T3	T4	T5
1	1	1	1	1	1

The net is covered by positive T-Invariants, therefore it might be bounded and live.

P-Invariants

P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1

The net is covered by positive P-Invariants, therefore it is bounded.

P-Invariant equations

M(P0) + M(P1) + M(P2) = 1
M(P3) + M(P4) + M(P5) = 1
M(P6) + M(P7) = 3

Rys. 12: Niezmienniki

1. Analiza niezmienników przejść

Aby z jednego przejścia przejść do niego samego, należy przejść przez każde przejście dokładnie raz.

2. Analiza niezmienników miejsc

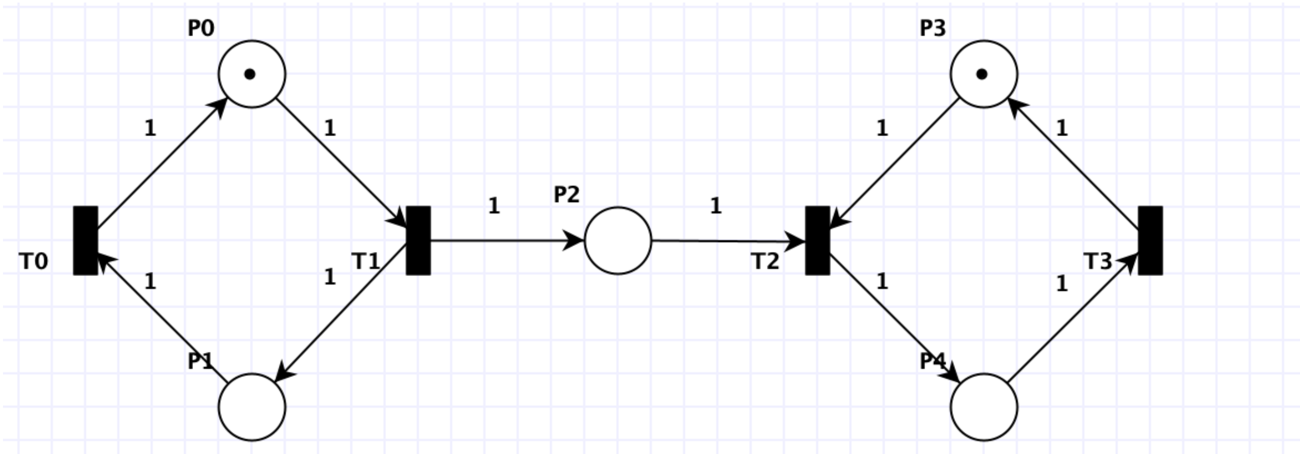
O rozmiarze bufora mówi równanie

$$M(P6) + M(P7) = 3$$

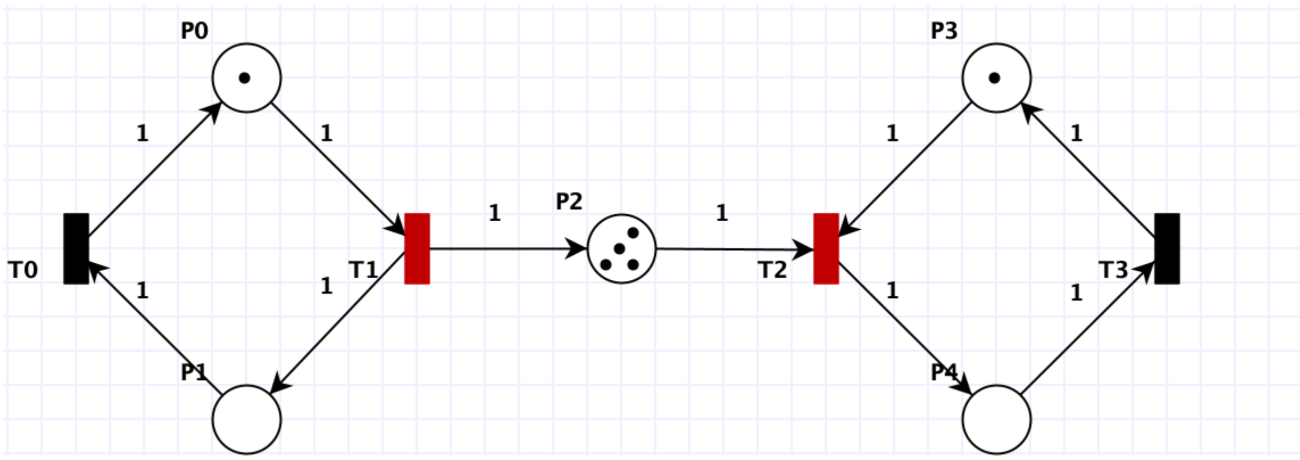
Sieć **jest zachowawcza**, bo suma znaczników będzie wciąż taka sama.

Zadanie 5

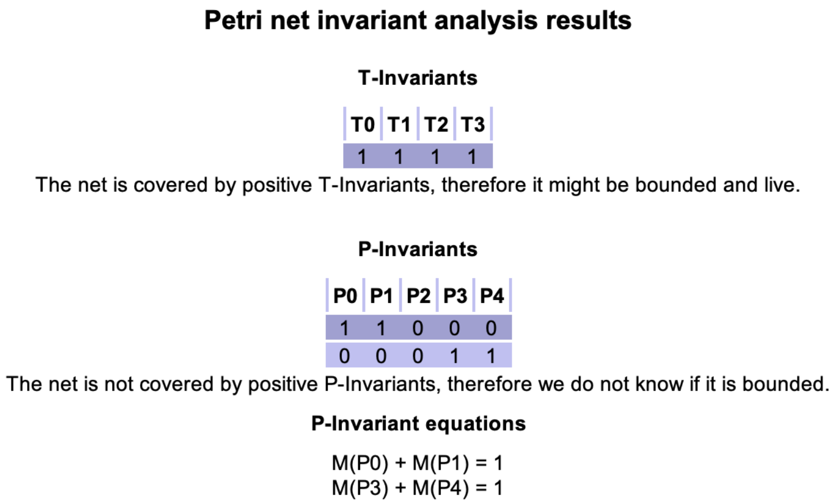
Problem producenta i konsumenta z nieograniczonym buforem.



Rys. 13: Sieć problemu producenta i konsumenta z nieograniczonym buforem
P0-producent, P3- konsument, P2 - bufor



Rys. 14: Przykładowa symulacja po 100 krokach



Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T0	T1	T2	T3
1	1	1	1

The net is covered by positive T-Invariants, therefore it might be bounded and live.

P-Invariants

P0	P1	P2	P3	P4
1	1	0	0	0
0	0	0	1	1

The net is not covered by positive P-Invariants, therefore we do not know if it is bounded.

P-Invariant equations

M(P0) + M(P1) = 1
M(P3) + M(P4) = 1

Rys. 15: Niezmienniki

Analiza

1. Analiza niezmienników miejsc

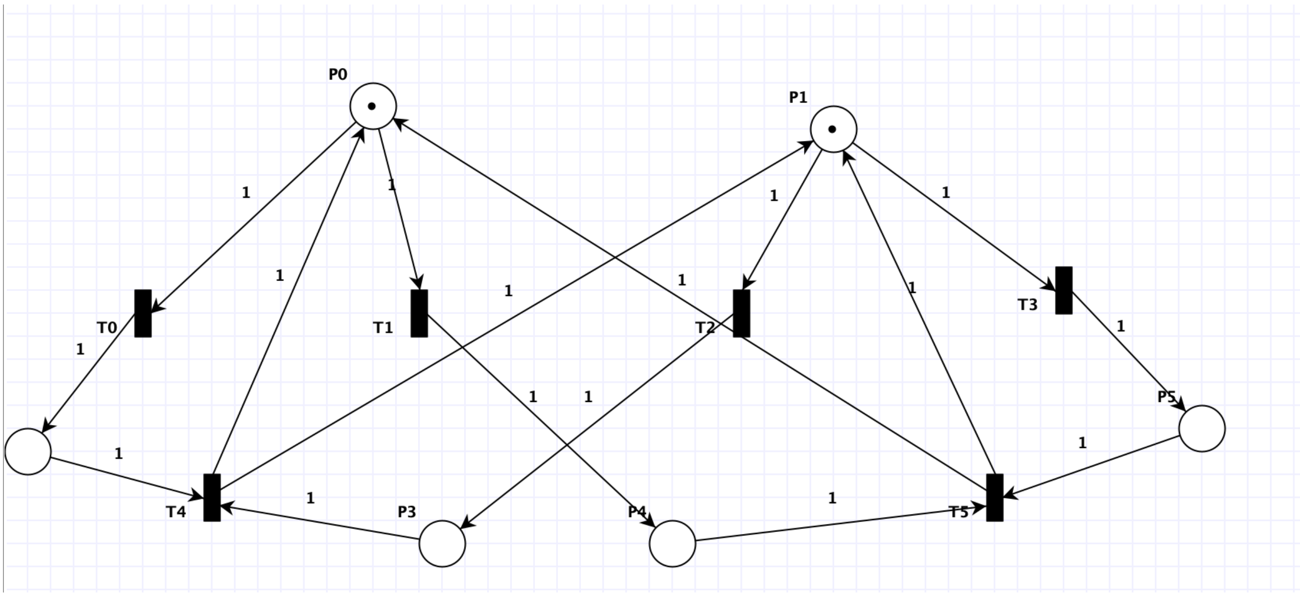
Równania

$$M(P0) + M(P1) = 1$$
$$M(P3) + M(P4) = 1$$

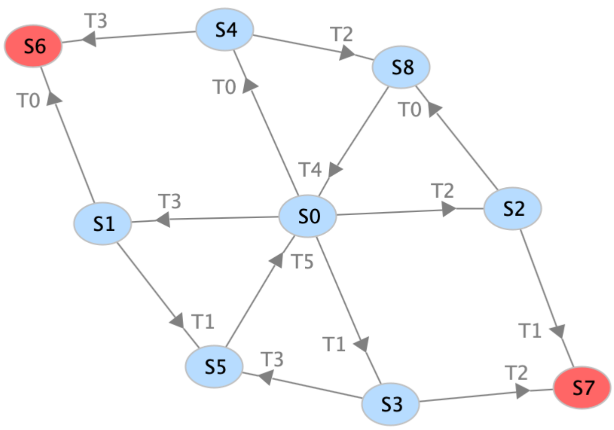
Informują, że w parach (P0, P1) oraz (P3, P4) będzie zawsze tylko po jednym znaczniku.
Sieć **nie jest ograniczona**, bo tranzycja T1 rozmnaża znaczniki (w miejscu P2 nie będzie stałej liczby znaczników). **Nie** będzie również **bezpieczna**.

Zadanie 6

Sieć z możliwością zakleszczenia.



Rys. 16: Sieć z możliwością zakleszczenia

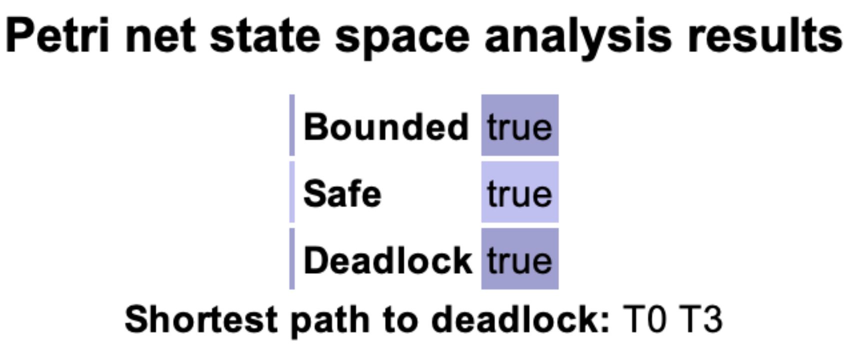


Rys. 17: Graf osiągalności

Analiza

1. Analiza grafu osiągalności

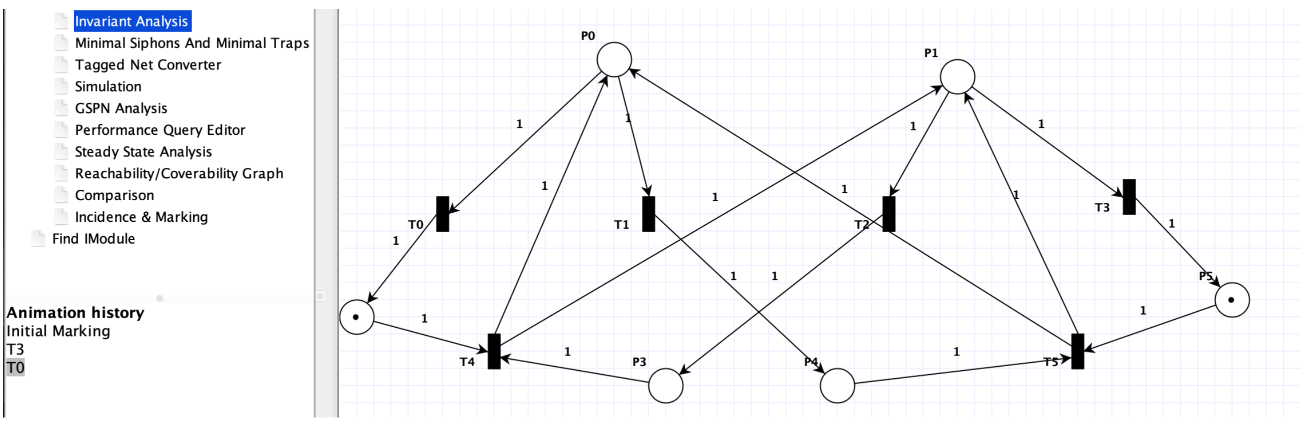
Jak widać, gdy dojdziemy do stanu **S6 lub S7**, nie będziemy mogli z niego wyjść. Jest to równoznaczne z **zakleszczenie**m.



Rys. 18: State space analysis

2. Analiza State Space Analysis

Jak widać, analiza potwierdza istnienie zakleszczenia. Dodatkowo, sieć jest **bezpieczna** i **ograniczona**.



Rys. 19: Zakleszczenie