Laboratorium XII

Własności sieci Petriego

Dominik Marek

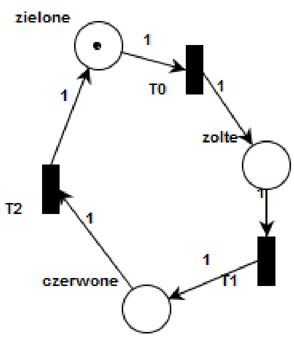
27 grudnia 2024

AGH

Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica
w Krakowie

1.Zadania

- Maszyna stanów. Prosty model maszyny stanów świateł ulicznych przedstawia sieć na rysunku poniżej:

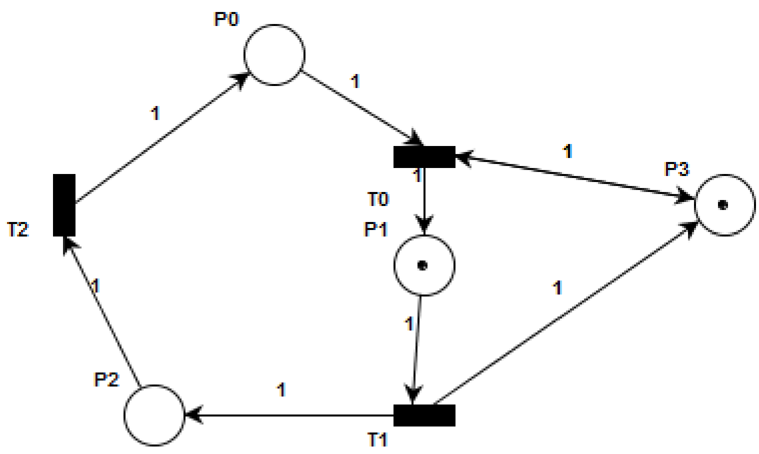


Stanami są miejsca sieci, zaś znacznik pokazuje w jakim stanie aktualnie się znajdujemy.

Ćwiczenia:

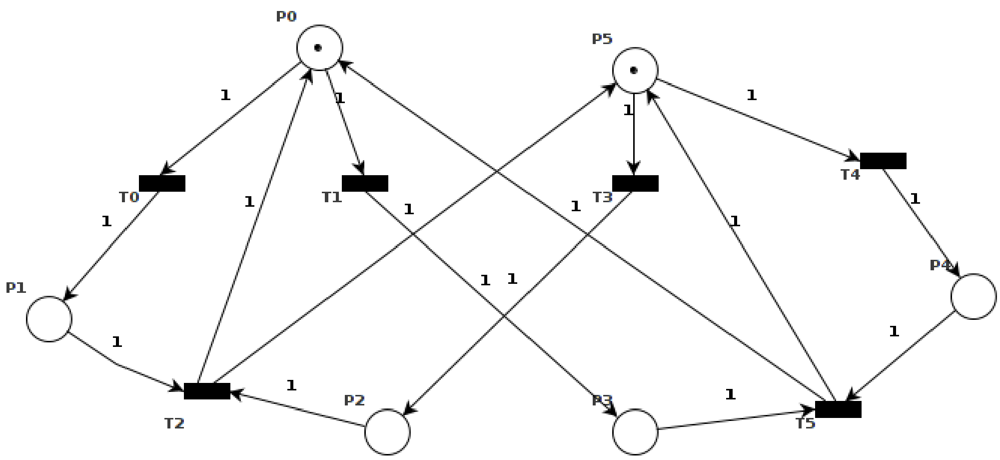
- Narysować przykład w symulatorze.
- Sprawdzić właściwości sieci (ograniczoność, bezpieczeństwo i możliwy deadlock) w symulatorze Pipe w menu "State Space Analysis".
- Wygenerować graf osiągalności "Reachability/Coverability Graph". Zaobserwować:
    - Jakie znakowania są osiągalne ?
    - Ile wynosi maksymalna liczba znaczników w każdym ze znakowań ? Jakie możemy wyciągnąć z tego wnioski n. t. ograniczoności i bezpieczeństwa?
    - Czy każde przejście jest przedstawione jako krawędź w grafie ? Jaki z tego wniosek n. t. żywotności przejść ?
    - Czy wychodząc od dowolnego węzła grafu (znakowania) można wykonać dowolne przejście ? Jaki z tego wniosek n. t. żywotności sieci? Czy są możliwe zakleszczenia ?
- Wykonać analizę niezmienników (wybrać w menu "Inwariant Analysis").
    - wynik analizy niezmienników przejść (T-inwarianty) pokazuje nam, ile razy trzeba odpalić dane przejście (T), aby przekształcić znakowanie początkowego z powrotem do niego samego (wynik nie mówi nic o kolejności odpaleń). Z wyniku możemy m.in. wnioskować o odwracalności sieci.
    - wynik analizy niezmienników miejsc (P-invariants) pokazuje nam zbiory miejsc, w których łączna suma znaczników się nie zmienia. Pozwala to wnioskować n. t. zachowawczości sieci (czyli własności, gdzie suma znaczników pozostaje stalą) oraz o ograniczoności miejsc.

- **Rozwiązania do zadań wraz z dyskusja należy zawrzeć w sprawozdaniu !**
- Zadanie 1 - wymyślić własna maszynę stanów, zasymulować przykład i dokonać analizy grafu osiągalności oraz niezmienników jw..
- Zadanie 2 - zasymulować siec jak poniżej.



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

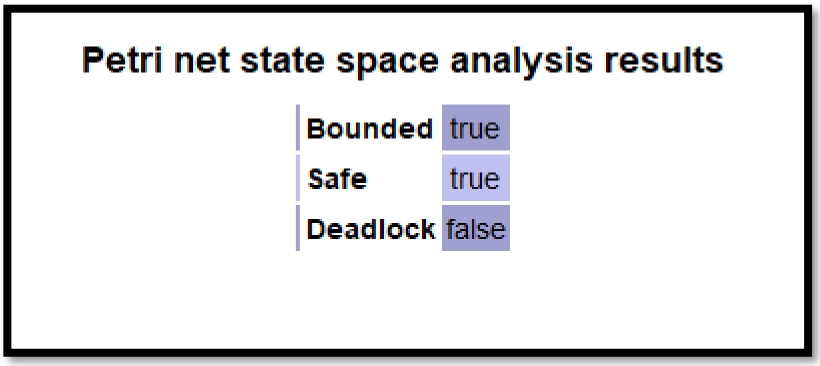
- Zadanie 3 - zasymulować wzajemne wykluczanie dwóch procesów na wspólnym zasobie. Dokonać analizy niezmienników. Wyjaśnij znaczenie równań (P-invariants equations). Które równanie pokazuje działanie ochrony sekcji krytycznej ?
- Zadanie 4 - uruchomić problem producenta i konsumenta z ograniczonym buforem (można posłużyć się przykładem, menu: file, Example). Dokonać analizy niezmienników. Czy siec jest zachowawcza ? Które równanie mówi nam o rozmiarze bufora ?
- Zadanie 5 - stworzyć symulacje problemu producenta i konsumenta z nieograniczonym buforem. Dokonać analizy niezmienników. Zaobserwować brak pełnego pokrycia miejsc.
- Zadanie 6 - zasymulować prosty przykład ilustrujący zakleszczenie. Wygenerować graf osiągalności i zaobserwować znakowania, z których nie można wykonać przejść. Zaobserwować właściwości sieci w "State Space Analysis". Poniżej przykład sieci z mozliwosci zakleszczenia (można wymyślić inny):



2.Rozwiązania

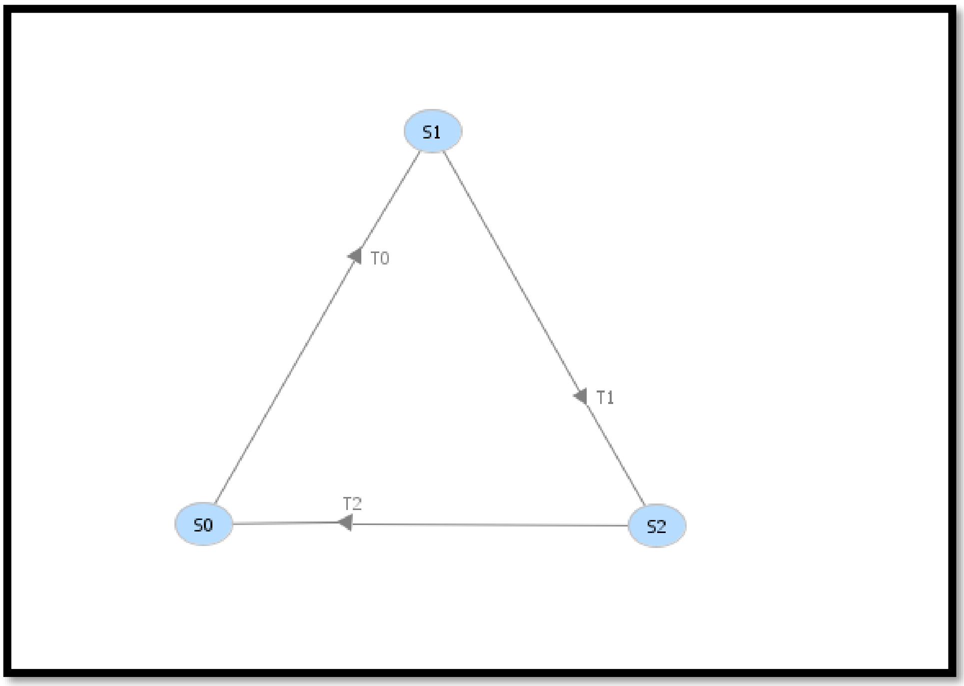
Ćwiczenie

a)


Petri net state space analysis results

Bounded	true
Safe	true
Deadlock	false

b)



Jakie znakowania są osiągalne?

Sieć Petriego składa się z trzech miejsc: zielony, żółty, czerwony oraz trzech przejść: T0, T1, i T2. Osiągalne znakowania, które wynikają z analizy sieci oraz grafu osiągalności to*:*

1. S0=(1,0,0)S0 = (1, 0, 0)S0=(1,0,0) – znacznik w miejscu zielony.
2. S1=(0,1,0)S1 = (0, 1, 0)S1=(0,1,0) – znacznik w miejscu żółty.
3. S2=(0,0,1)S2 = (0, 0, 1)S2=(0,0,1) – znacznik w miejscu czerwony.

Ile wynosi maksymalna liczba znaczników w każdym ze znakowań?

Maksymalna liczba znaczników w każdym miejscu to 1. W żadnym osiągalnym znakowaniu nie występuje więcej niż jeden znacznik w żadnym miejscu.

Jakie możemy wyciągnąć wnioski na temat ograniczoności i bezpieczeństwa?

Ograniczoność: Sieć jest ograniczona, ponieważ w każdym miejscu liczba znaczników jest ograniczona do maksymalnie jednego znacznika.

Bezpieczeństwo: Sieć jest również bezpieczna, ponieważ w żadnym osiągalnym znakowaniu nie ma więcej niż jednego znacznika w żadnym miejscu.

Czy każde przejście jest przedstawione jako krawędź w grafie?

Tak, każde przejście (T0, T1, T2) ma swoje odwzorowanie w grafie osiągalności:

- T0 przechodzi z zielonego do żółtego.
- T1 przechodzi z żółtego do czerwonego.
- T2 przechodzi z czerwonego do zielonego.

Jaki z tego wniosek na temat żywotności przejść?

Wszystkie przejścia są żywe, ponieważ każde z nich może być aktywowane w pewnym momencie cyklu znakowań.

Czy wychodząc od dowolnego węzła grafu (znakowania) można wykonać dowolne przejście?

Tak, ponieważ sieć ma cykliczną strukturę i każde znakowanie prowadzi do innego znakowania poprzez aktywację odpowiedniego przejścia. Sieć jest żywa.

Czy są możliwe zakleszczenia?

Nie, zakleszczenia nie są możliwe. Sieć jest żywa i z każdego znakowania można przejść do innego znakowania, co eliminuje możliwość zakleszczenia.

Podsumowując, sieć jest ograniczona, bezpieczna, żywa, i nie ma zakleszczeń.

c) Analiza niezmienników

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T0	T1	T2
1	1	1

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

P-Invariants

green	yellow	red
1	1	1

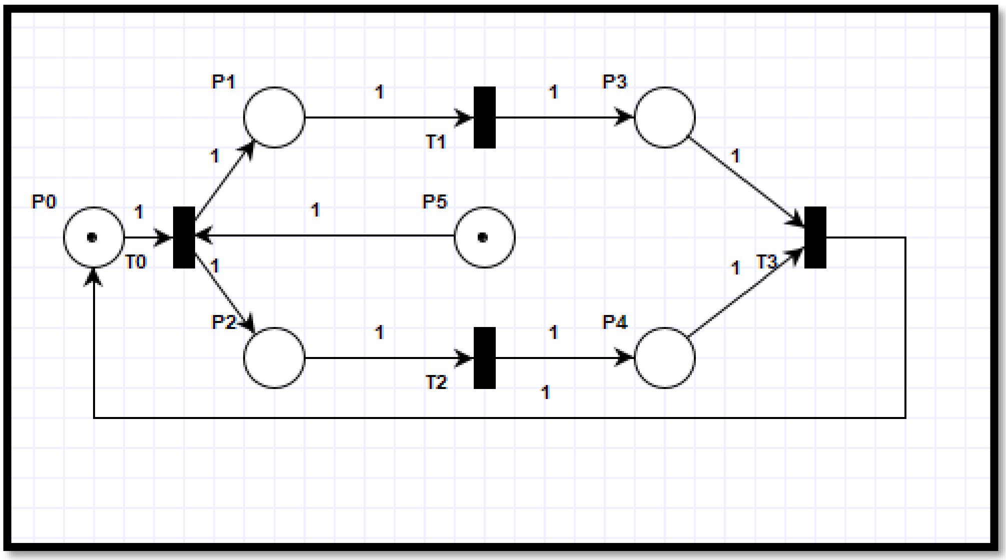
The net is covered by positive P-Invariants, therefore it is bounded.

P-Invariant equations

M(green) + M(yellow) + M(red) = 1

Analysis time: 0.001s

Zadanie 1.



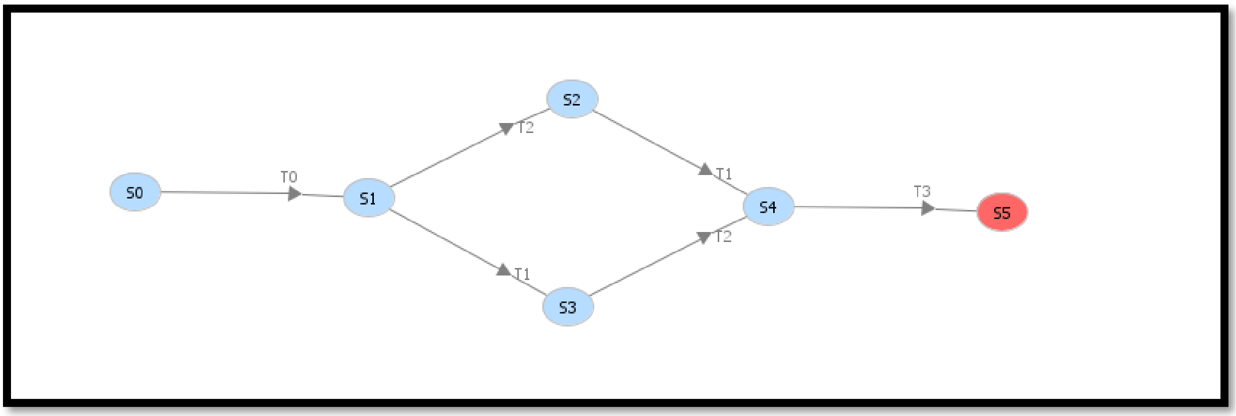
a) Właściwości sieci:

Petri net state space analysis results

Bounded	true
Safe	true
Deadlock	true

Shortest path to deadlock: T0 T1 T2 T3

b) Graf osiągalności



Komentarz:

Z analizy grafu osiągalności widzimy, że każde z oznakowań jest osiągalne. Odnoście ograniczoności i bezpieczeństwa sieci można zauważyć, że sieć jest ograniczona, ponieważ liczba znaczników w każdym miejscu nigdy nie przekracza jednego. Sieć jest bezpieczna, ponieważ każde miejsce w sieci może mieć maksymalnie jeden znacznik w każdym osiągalnym znakowaniu. Każde przejście T0, T1, T2, T3 znajduje swoje odwzorowanie w grafie osiągalności, zatem wszystkie przejścia są żywe, ponieważ każde przejście może być aktywowane w pewnym momencie w trakcie działania sieci. Ponadto, sieć jest żywa, ponieważ można zawsze przejść do kolejnych stanów aż do stanu końcowego S5, i nie ma sytuacji, w której żadne przejście nie byłoby możliwe do wykonania. Natomiast w sieci występuje zakleszczenie i najkrótszą prowadzącą do niego ścieżką jest T0 -> T1 -> T2 -> T3.

c) Analiza niezmienników:

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T1	T2	T3	T0

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	P4	P3	P5
1	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0

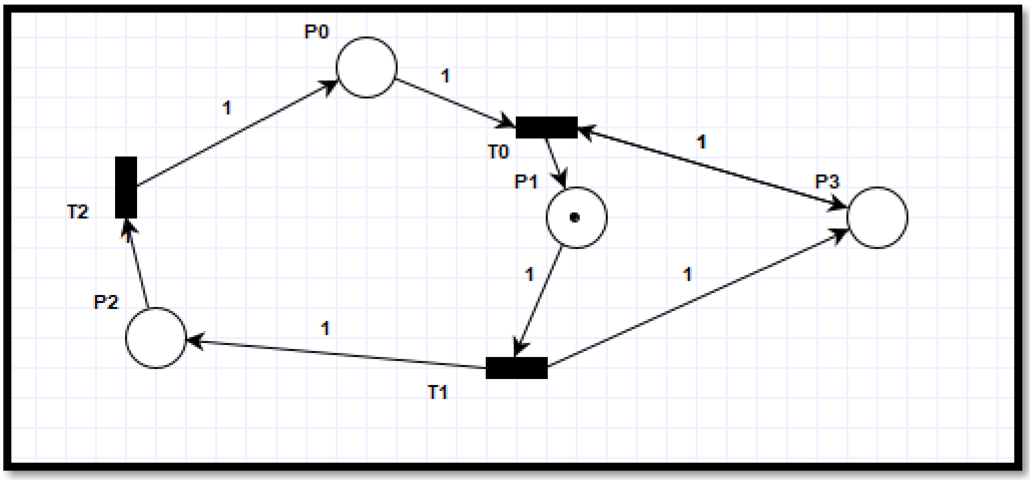
The net is not covered by positive P-Invariants, therefore we do not know if it is bounded.

P-Invariant equations

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

Analysis time: 0.0s

Zadanie 2.

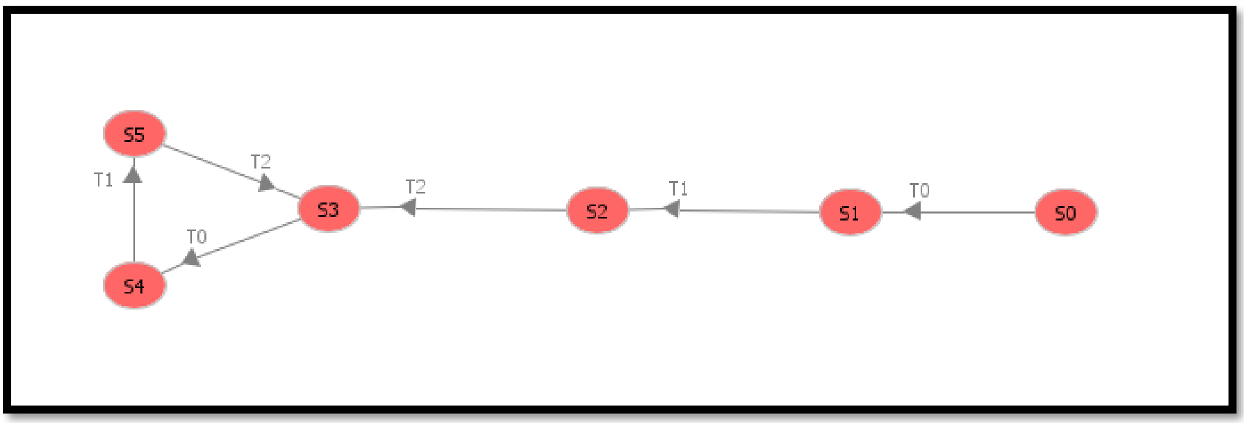


a) Właściwości sieci:

Petri net state space analysis results

Bounded	false
Safe	false
Deadlock	false

b) Graf osiągalności:



Komentarz:

Z analizy grafu osiągalności widzimy, że każde z oznakowań jest osiągalne.   Nie jest to sieć ograniczona, ani żywa. Widać że każde z dostępnych przejść w tej sieci jest przejściem żywym. Jesteśmy również w stanie wykonać dowolne przejście i nie jest możliwe zakleszczenie

c) Analiza niezmienników:

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T2	T0	T1

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

P-Invariants

P0	P2	P3	P1
1	1	0	1

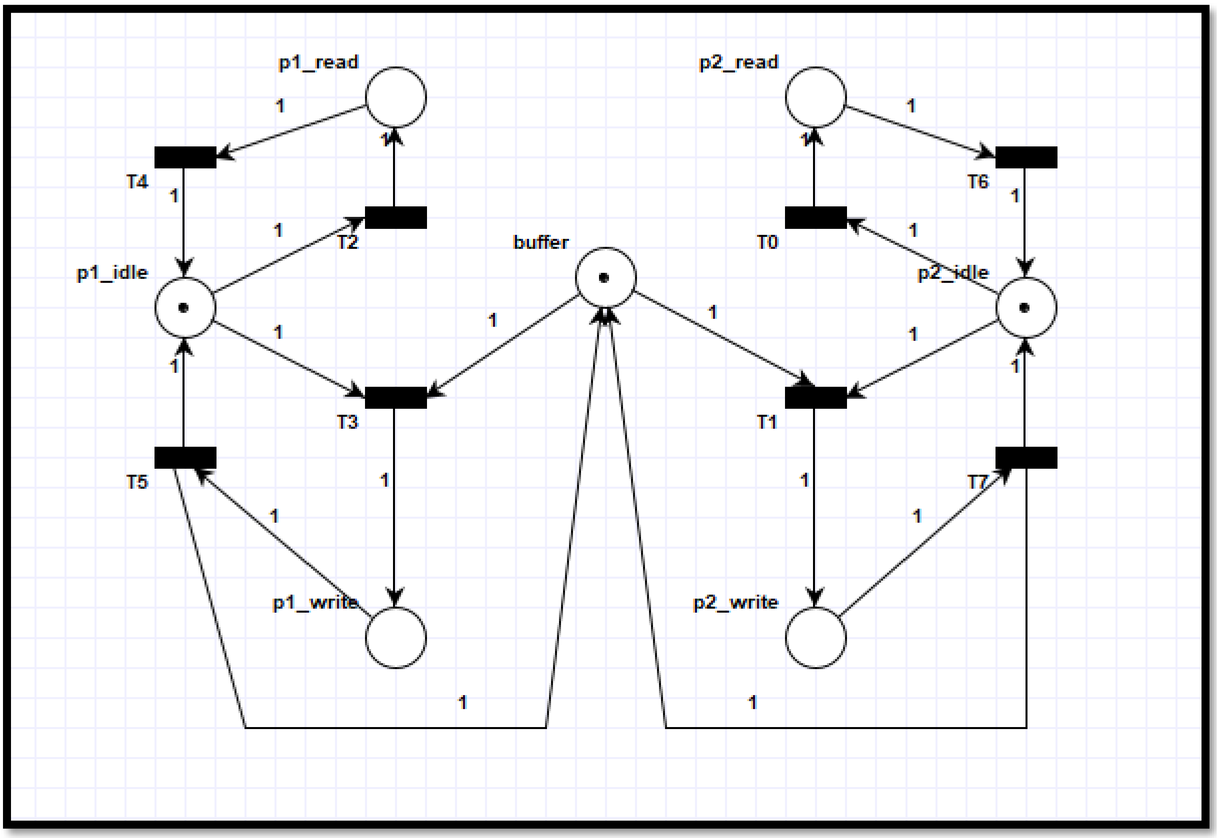
The net is not covered by positive P-Invariants, therefore we do not know if it is bounded.

P-Invariant equations

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

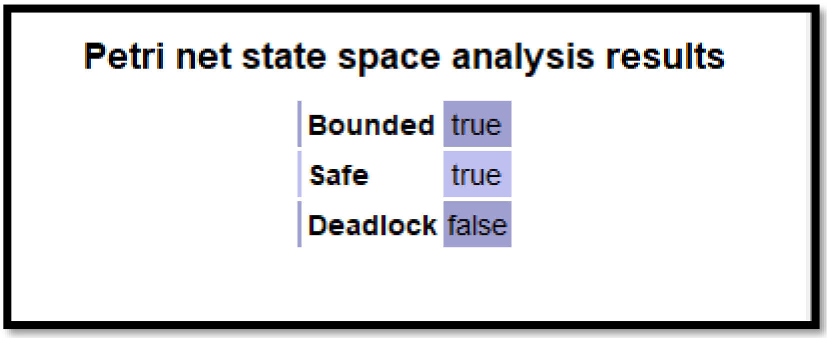
Analysis time: 0.0s

Zadanie 3.



Rysunek1: Sieć Petriego dla wzajemnego wykluczania się dwóch procesów na jednym zasobie

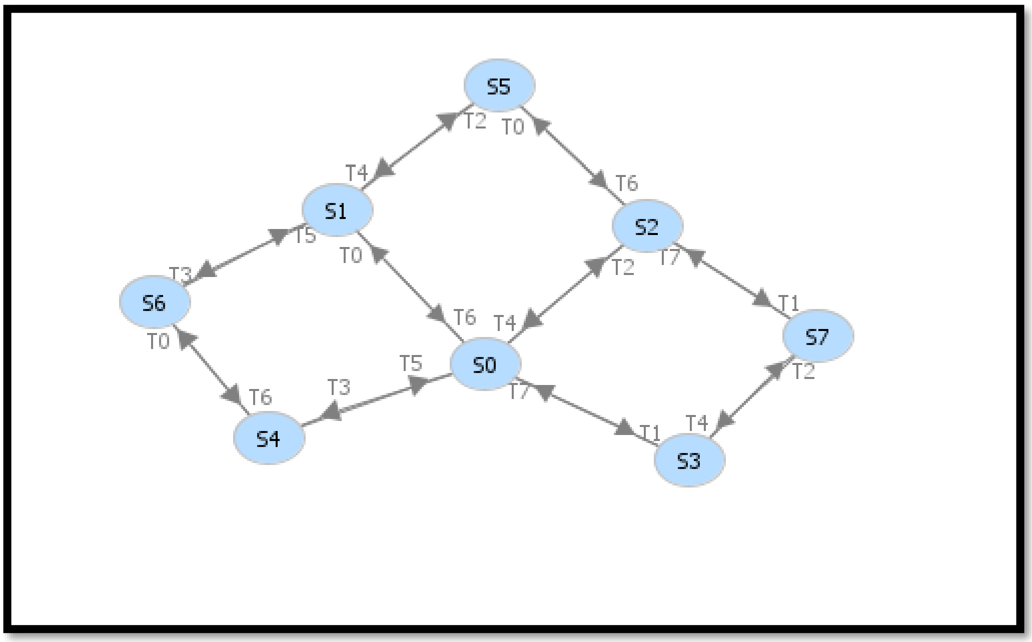
a) Właściwości sieci:



Petri net state space analysis results

Bounded	true
Safe	true
Deadlock	false

b) Graf osiągalności:



c) Analiza niezmienników

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T4	T5	T6	T7	T3	T1	T2	T0
1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0

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

P-Invariants

p1_read	p2_read	p1_idle	p2_idle	p1_write	p2_write	buffer
0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	1

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

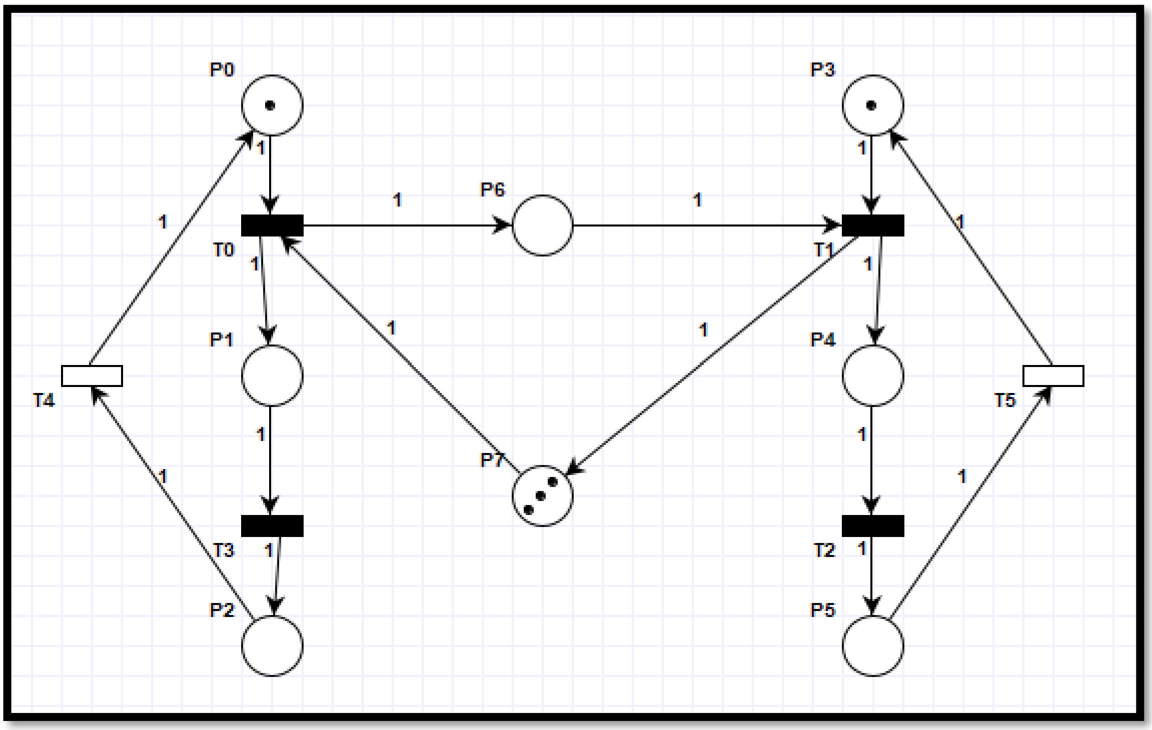
P-Invariant equations

M(p2_read) + M(p2_idle) + M(p2_write) = 1
M(p1_read) + M(p1_idle) + M(p1_write) = 1
M(p1_write) + M(p2_write) + M(buffer) = 1

Analysis time: 0.0s

Sumaryczna liczba tokenów w sytuacjach kiedy proces 1 lub 2 jest procesem czytającym, piszącym, bądź oczekującym, jest stała. To dostarcza nam informacji, że w programie odpowiadającym takiej sieci Petriego proces może być tylko w jednym z trzech stanów. Równanie, które pokazuje ochronę sekcji krytycznej to równanie numer trzy. Widzimy na nim, że tylko jeden z obu procesów może mieć dostęp do bufora, czyli być w stanie krytycznym.

Zadanie 4.

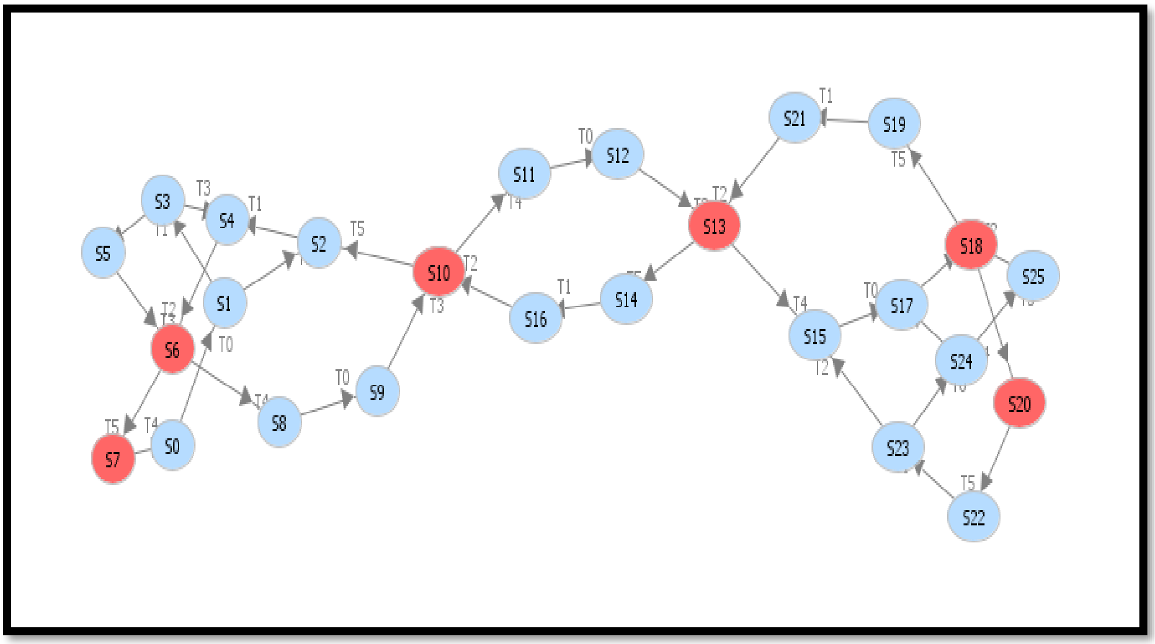


a) Właściwości sieci

Petri net state space analysis results

Bounded	true
Safe	false
Deadlock	false

b) Graf osiągalności



c) Analiza niezmienników

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.

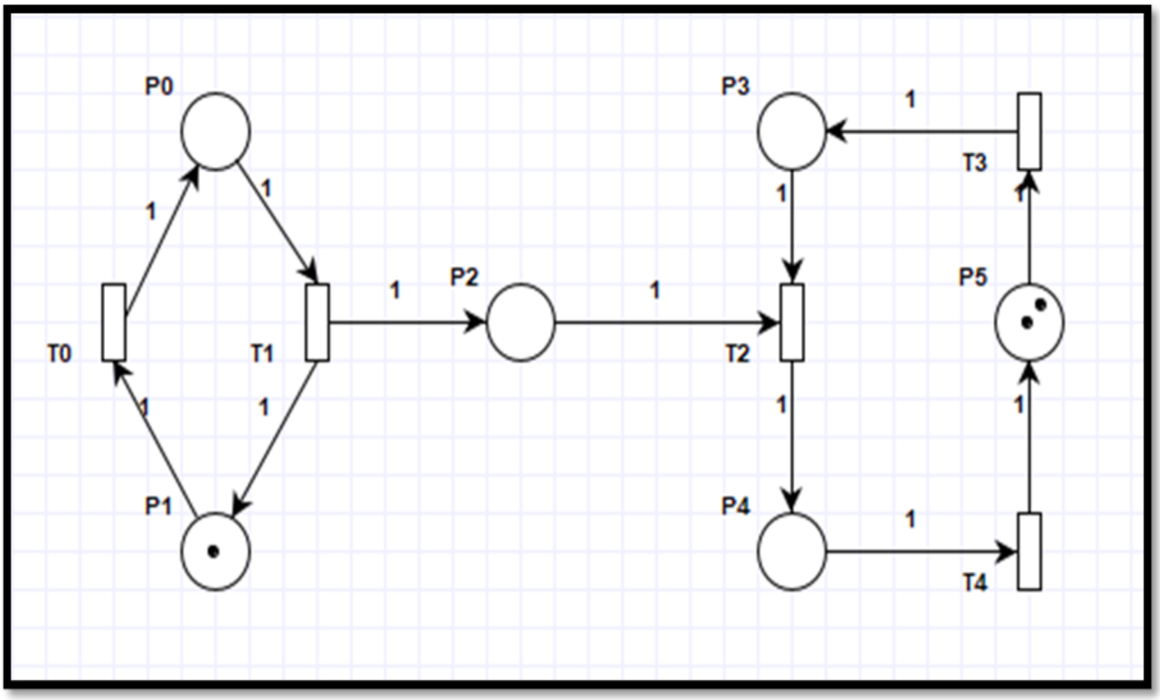
P-Invariant equations

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

Analysis time: 0.001s

Podobnie jak w poprzednim przykładzie widać jakie znaczenie mają równania *P-invariant* equations. Równanie numer trzy pokazuje nam rozmiar bufora.

Zadanie 5.

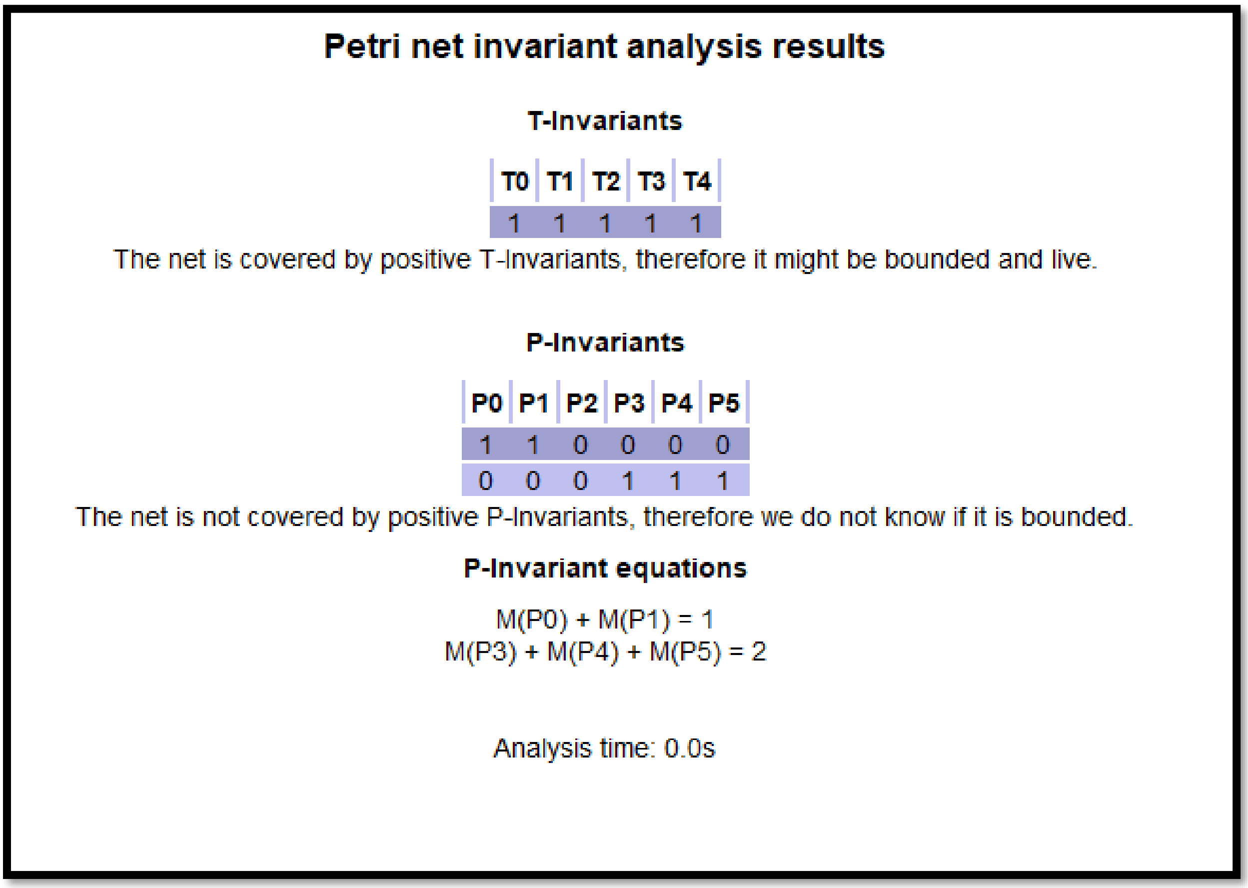


a)

Petri net state space analysis results

Bounded	false
Safe	false
Deadlock	false

c)



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	P5
1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	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) + M(P5) = 2

Analysis time: 0.0s

Bardzo łatwo na podstawie analizy niezmienników zauważyć sytuację opisaną w treści zadania. Nie wszystkie miejsca są w tej sieci Petriego pokryte, co uniemożliwia jednoznaczną analizę tej sieci

Zadanie 6

Przypadek sieci Petriego , w które występuję zakleszczenie i jej własności , został już przeanalizowanym wraz z jej grafem zależności i odpowiednimi komentarzami w zadaniu 1.

Obserwacje:

1. **Struktura sieci:** Sieci wykazują różne właściwości, takie jak ograniczoność i bezpieczeństwo, zależne od ich konstrukcji i konfiguracji.
2. **Żywotność i cykliczność:** Żywotność przejść wynika z cyklicznej struktury sieci, gdzie każde przejście jest aktywne i może być uruchomione w odpowiednim momencie.
3. **Grafy osiągalności:** Analiza grafów osiągalności potwierdza zdolność sieci do przechodzenia pomiędzy znakowaniami, co eliminuje ryzyko zakleszczenia i zatrzymania działania.

4. **Wzajemne wykluczanie:** W sieci realizującej wzajemne wykluczanie obserwuje się, że procesy są skutecznie kontrolowane, a równania P-invariant potwierdzają, że tylko jeden proces może być w stanie krytycznym w danym momencie.
5. **Zakleszczenie:** Przykłady zakleszczenia pokazują, że odpowiednie modelowanie sieci jest kluczowe, aby unikać sytuacji, w których żadne przejście nie jest możliwe do wykonania.

Wnioski:

1. **Ograniczoność i bezpieczeństwo:** W niektórych zadaniach sieci były ograniczone i bezpieczne, co oznaczało, że liczba znaczników w każdym miejscu była ograniczona, a żadne miejsce nie miało więcej niż jednego znacznika. Jednak w innych przypadkach sieci nie były ograniczone, co prowadziło do sytuacji, gdzie znacznik mógł przemieszczać się bez żadnych ograniczeń, a nawet dochodziło do sytuacji braku bezpieczeństwa, gdzie w jednym miejscu mogło znajdować się więcej niż jeden znacznik.
2. **Zakleszczenia:** W kilku przypadkach zakleszczenia były możliwe, szczególnie gdy sieć nie była odpowiednio zaprojektowana, co prowadziło do sytuacji, w których żadne przejście nie mogło zostać wykonane. Natomiast w innych sieciach, dzięki odpowiedniej strukturze, zakleszczenia nie występowały.
3. **Żywotność przejść:** Żywotność przejść różniła się w zależności od zadania. Niektóre sieci miały żywe przejścia, które mogły być aktywowane w dowolnym momencie, podczas gdy w innych sieciach pewne przejścia były martwe lub mogły być aktywowane jedynie w specyficznych sytuacjach.
4. **Odwracalność i zachowawczość:** Analiza niezmienników wykazała, że niektóre sieci były odwracalne, co oznaczało, że można było powrócić do pierwotnego znakowania, podczas gdy inne nie były odwracalne. Zachowawczość sieci, czyli stała suma znaczników, była obserwowana w niektórych przypadkach, ale nie we wszystkich.

3.Bibliografia

- https://en.wikipedia.org/wiki/Petri_net
- https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/petri-net
- https://pipe2.sourceforge.net/
- http://jedrzej.ulasiewicz.staff.iiar.pwr.wroc.pl/ProgramowanieWspolbiezne/wyklad/Sieci-Petriego15.pdf