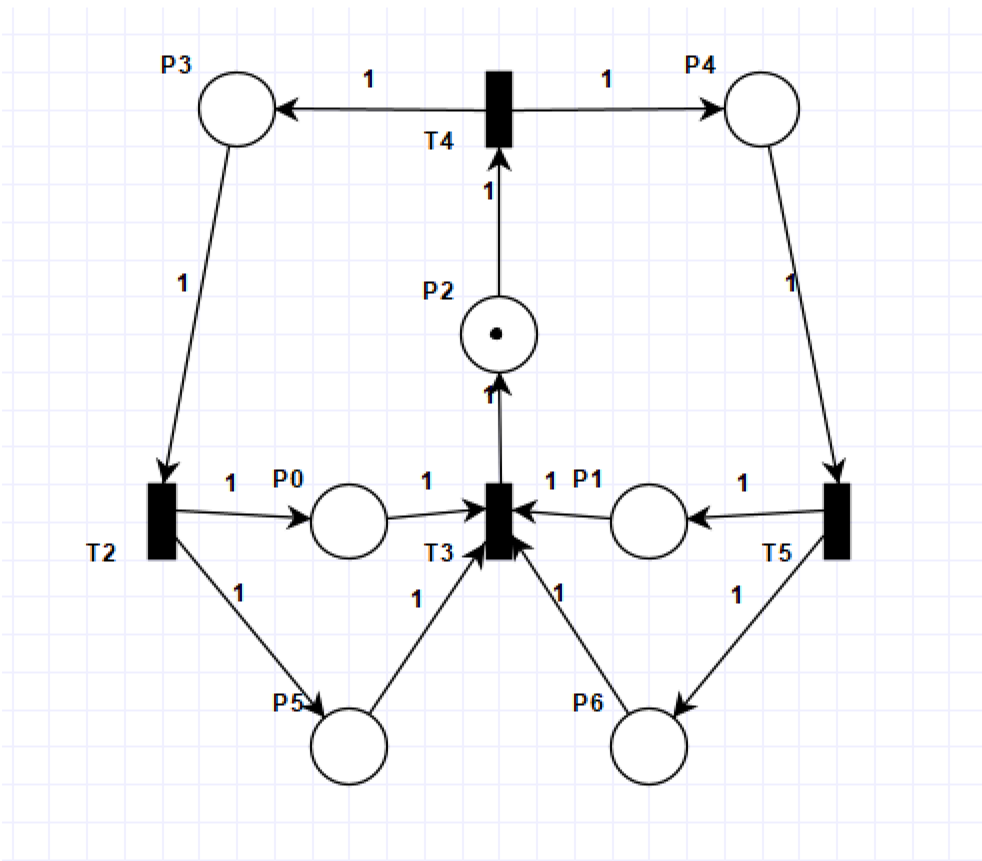
Zadanie 1

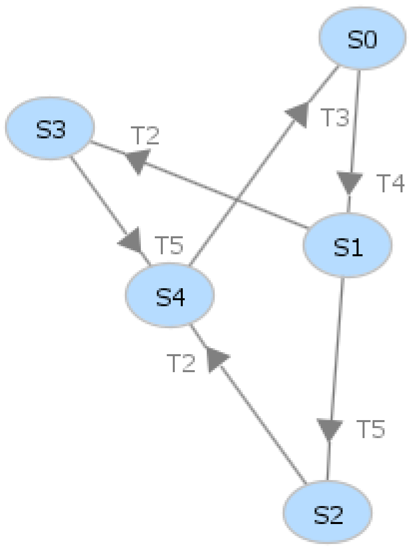
Wymyślić własną maszynę stanów, zasymulować przykład i dokonać analizy grafu osiągalności oraz niezmienników.

Zamodelowana Sieć



Sieć ta została zaprojektowana w celu modelowania systemu współbieżnego, w którym Centralny Kontroler $P2$ i $T3$ inicjuje dwa niezależne, równoległe zadania $T2$ i $T5$. Jej główną funkcją jest testowanie mechanizmu wzajemnego wykluczania i wymuszonej synchronizacji $T4$ dla poprawnego zakończenia cyklu pracy.

Analiza Grafu Osiągalności



Analiza Grafu Osiągalności dowiodła, że sieć jest **żywa**, co oznacza, iż każda tranzycja może zostać odpalona z każdego osiągalnego stanu, eliminując ryzyko deadlocku. Sieć jest również **ograniczona**, ponieważ nie występują stany z nieskończoną liczbą tokenów, co gwarantuje stabilność systemu.

Analiza Niezmienników

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

T3	T4	T2	T5
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
1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	1

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

P-Invariant equations

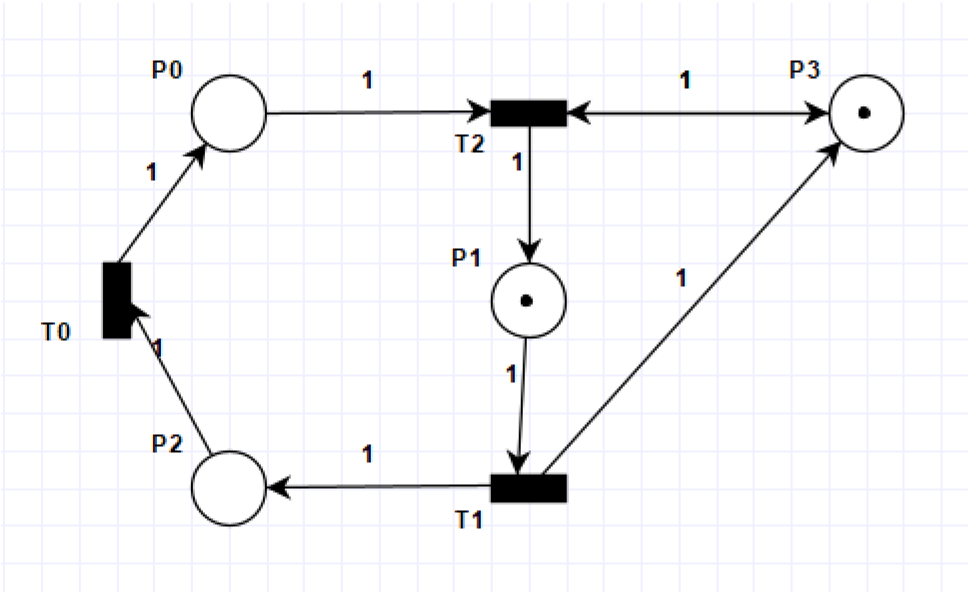
M(P0) + M(P2) + M(P3) = 1
M(P1) + M(P2) + M(P4) = 1
M(P2) + M(P3) + M(P5) = 1
M(P2) + M(P4) + M(P6) = 1

$T - Niezmiennik$ potwierdza cykliczność i regularność pracy systemu (każda operacja musi wykonać się raz na cykl)

$P - Niezmienniki$ dowodzą bezpieczeństwa sieci, gwarantując stałą sumę tokenów w kluczowych miejscach. Oznacza to, że system skutecznie realizuje wzajemne wykluczanie i jest ograniczony, zapobiegając utracie tokenów lub ich niekontrolowanemu namnażaniu się.

Zadanie 2

Zasymulować siec jak poniżej:



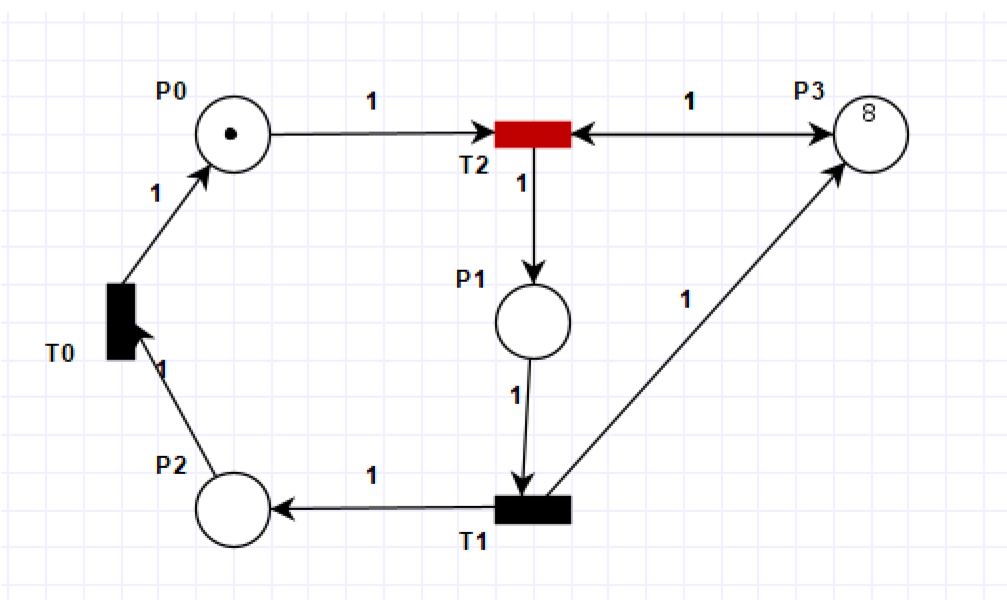
Dokonać analizy niezmienników przejść.Jaki wniosek można wyciągnąć o odwracalności sieci? Wygenerować graf osiągalności.

- Proszę wywnioskować z grafu, czy siec jest żywa.
- Proszę wywnioskować czy jest ograniczona.

Przykładowa symulacja (20 kroków)

```
Initial Marking
T1
T0
T2
T1
T0
T2
T1
T0
T2
T1
T0
T2
T1
T0
T2
T1
T0
T2
T1
T0
```

Sieć na końcu symulacji:



Po zakończeniu symulacji możemy zobaczyć, żę w P3 znajduje się 8 znaczników.

Analiza Niezmienników

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

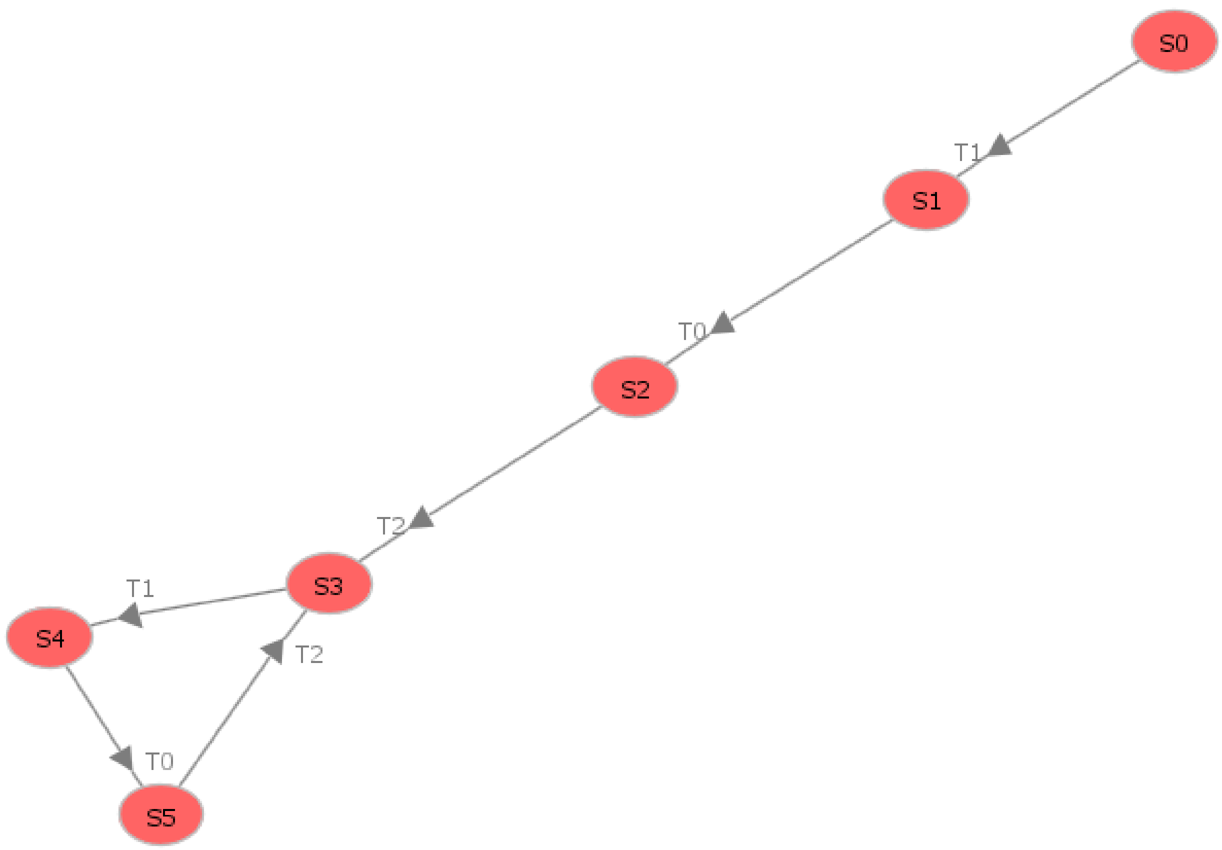
M(P0) + M(P1) + M(P2) = 1

Analysis time: 0.0s

Brak $T - Niezmienników$ świadczy o tym, że sieć nie jest odwracalna i nie jest w stanie powrócić do stanu początkowego.

$P - Niezmienniki$, w których $P3$ ma wartość zero, potwierdzają, że miejsce to jest **nieograniczone**, ponieważ jego oznakowanie stale rośnie i nie jest kontrolowane przez żadną stałą sumę tokenów.

Graf Osiągalności



Graf Osiągalności jest nieskończony, ponieważ żaden stan się nie powtarza z uwagi na funkcję sieci jako licznika. Ciągły wzrost tokenów w miejscu $P3$ uniemożliwia powrót do wcześniejszego oznakowania.

> Graf na rysunku jest uproszczony, ponieważ program `PIPE` nie rysuje nieskończonych grafów

Czy sieć jest ograniczona?

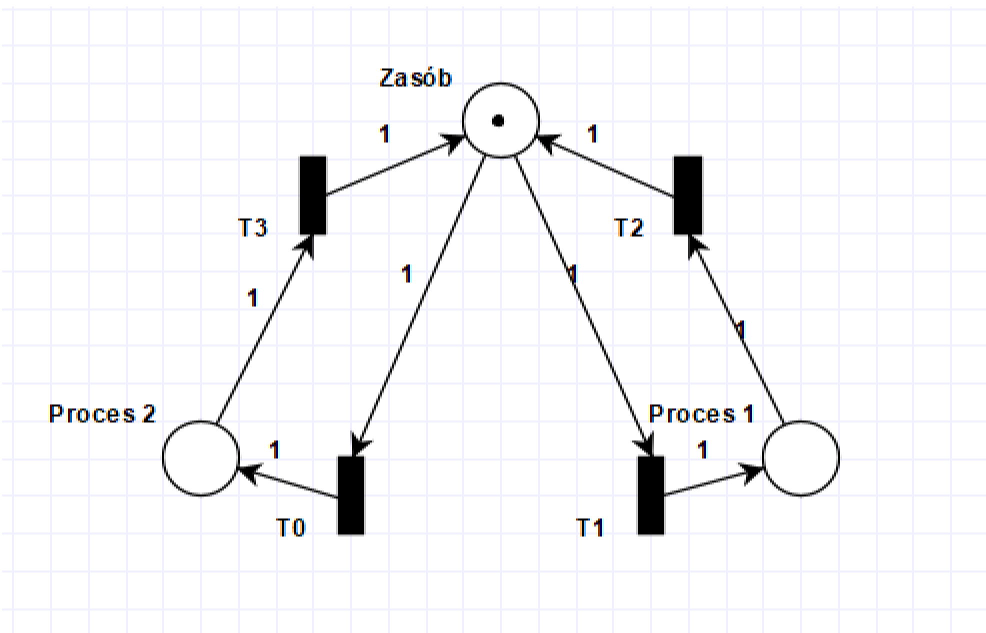
Nie. Sieć nie jest ograniczona ponieważ w $P3$ znaczniki rosną w nieskończoność.

Zadanie 3

- Zasymulować wzajemne wykluczanie dwóch procesów na wspólnym zasobie.

- Dokonać analizy niezmienników miejsc oraz wyjaśnić znaczenie równań(P-invariant equations).
- Które równanie pokazuje działanie ochrony sekcji krytycznej?

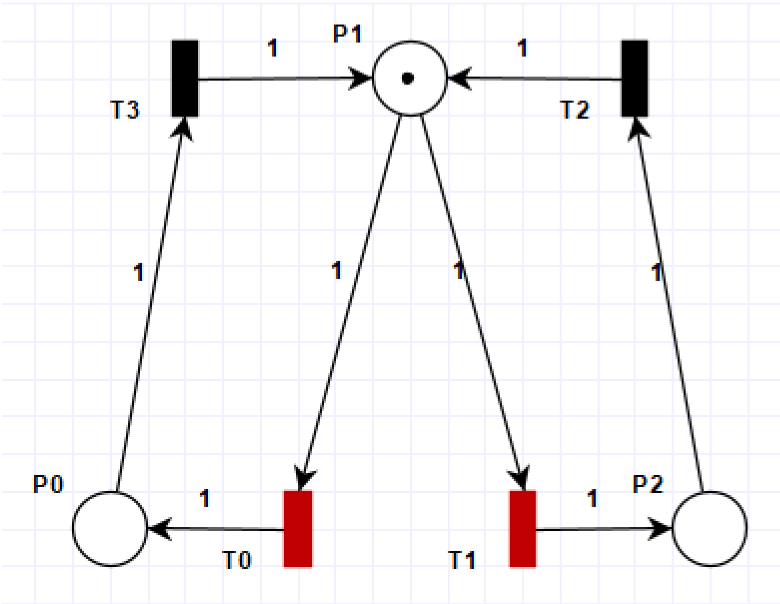
Zamodelowana Sieć



Przykładowa Symulacja (10 kroków)

```
Initial Marking
T1
T2
T1
T2
T1
T2
T1
T2
T0
T3
```

Sieć na końcu symulacji:



Analiza P-Niemzienników

Petri net invariant analysis results

T-Invariants

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

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

P-Invariants

Zasób	Proces 2	Proces 1
1	1	1

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

P-Invariant equations

M(Zasób) + M(Proces 2) + M(Proces 1) = 1

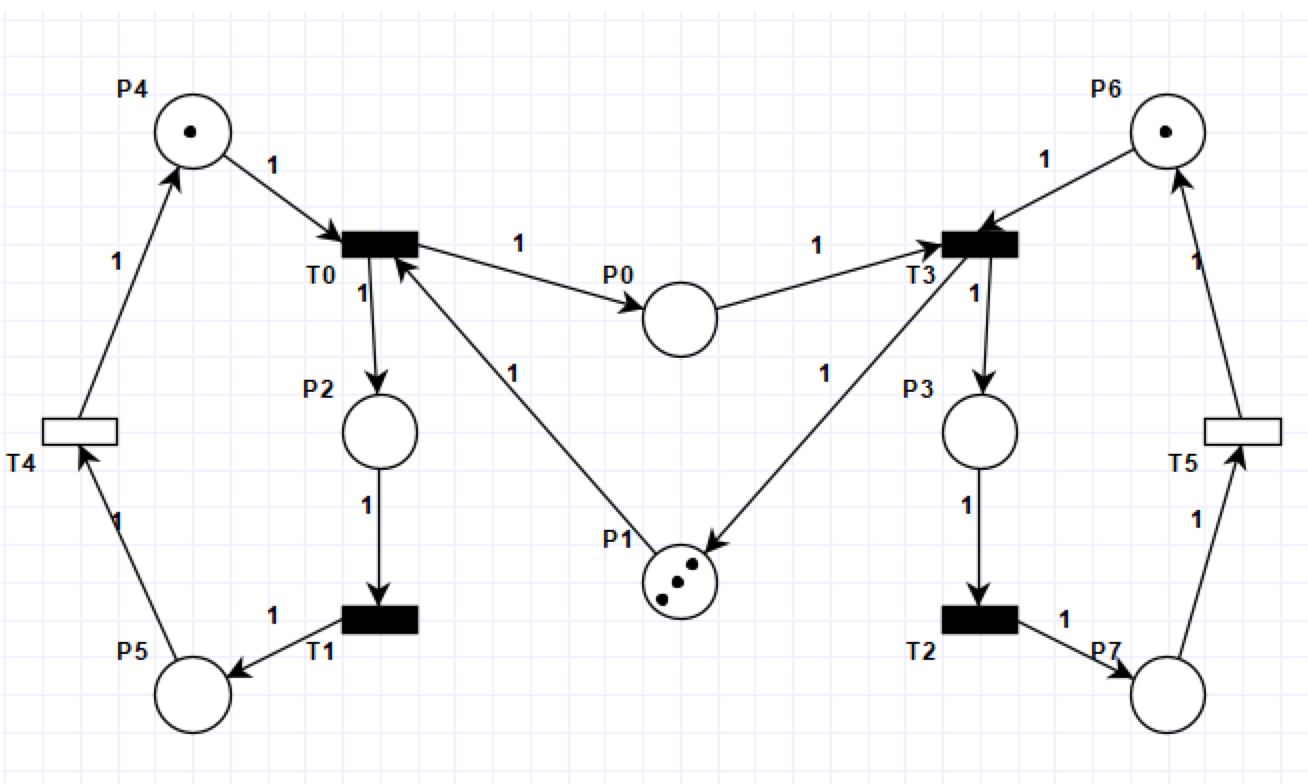
Analysis time: 0.0s

Istnienie równania dla całego układu gdzie łączna suma znaczników jest równa 1 dowodzi, że nie ma możliwości nadprodukowania zasobu. Co więcej zasób nie może być zajęty przez oba procesy na raz (a na tym polega polega ochrona sekcji krytycznej)

Zadanie 4

- Uruchomić problem producenta i konsumenta z ograniczonym buforem
- Dokonać analizy niezmienników.
- Czy siec jest zachowawcza?
- Które równanie mówi nam orozmiarze bufora?

Zamodelowana Sieć



Niezmienniki

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	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	1	1

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

P-Invariant equations

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

Analysis time: 0.001s

Sieć modeluje bezpieczny i żywy system Producenta-Konsumenta z buforem o pojemności 3. Niezmienniki dowodzą, że zarówno operacje są cykliczne, jak i alokacja zasobów (zarówno bufora, jak i kontroli nad procesami) jest ściśle kontrolowana i ograniczona.

Czy sieć jest zachowawcza?

Tak, sieć jest zachowawcza, ponieważ z `P-Ivariant Equations` wiemy, że ilość tokenów w maszynie jest znana i nie zmienna (nigdzie nie tworzymy ani nie usuwamy tokenów)

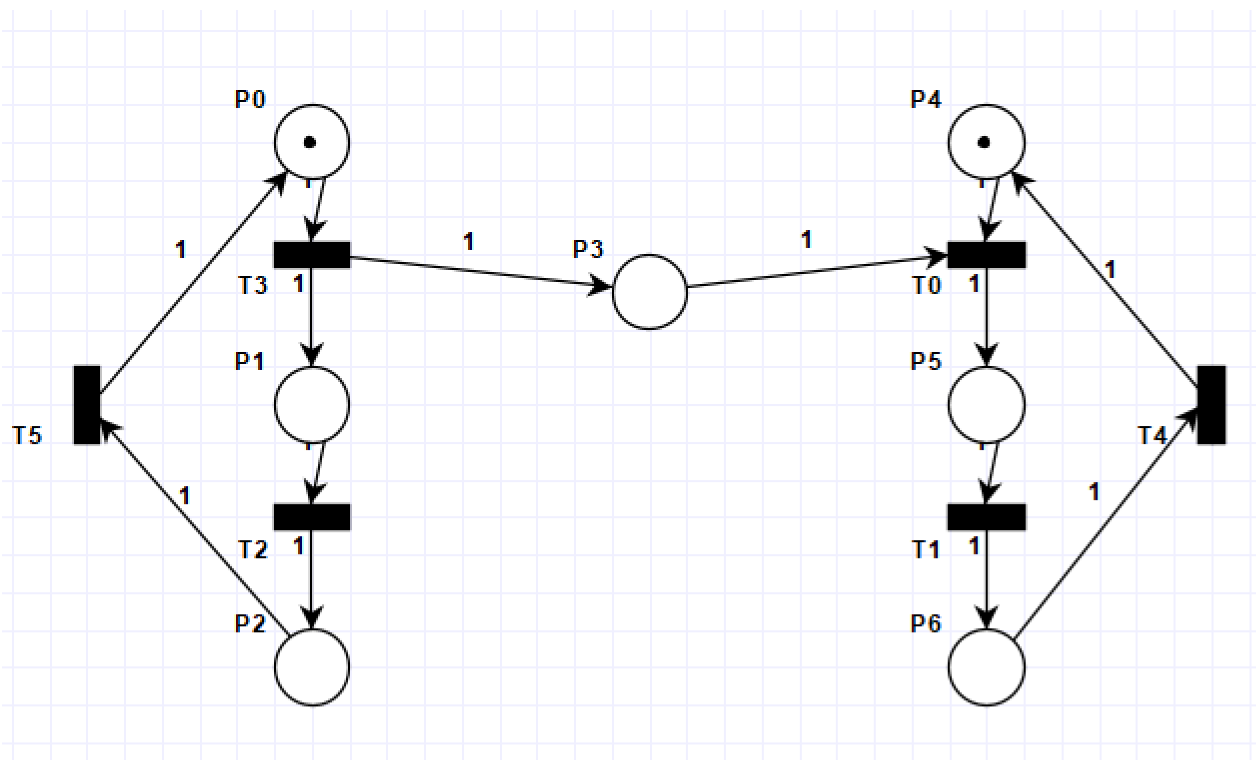
Które równanie mówi nam o rozmiarze bufora?

```
M(P0) + M(P1) = 3
```

Zadanie 5

- Stworzyć symulacje problemu producenta i konsumenta z nieograniczonym buforem.
- Dokonać analizy niezmienników.
- Zaobserwować brak pełnego pokrycia miejsc.

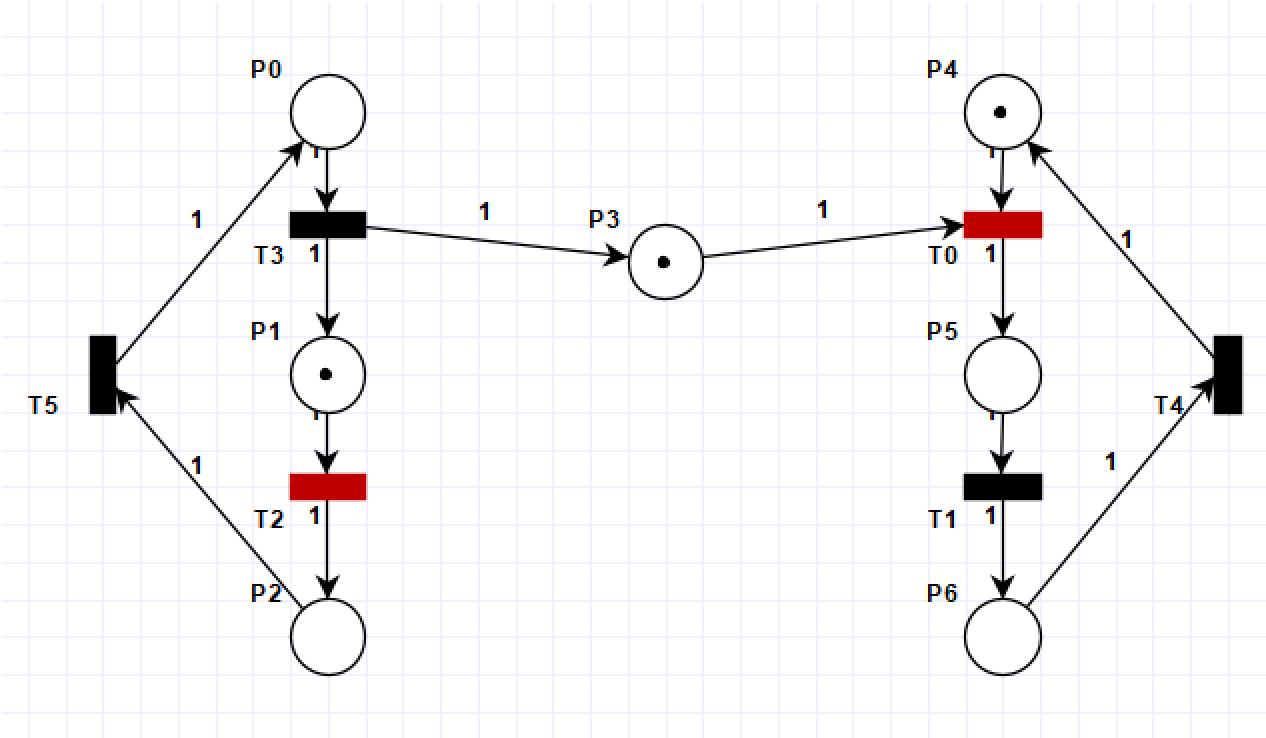
Zamodelowana Sieć



Przykładowa Symulacja (25 kroków)

```
Initial Marking
T3
T2
T5
T0
T3
T1
T2
T4
T0
T1
T4
T5
T3
T0
T1
T4
T2
T5
T3
T0
T1
T4
T2
T5
T3
```

Sieć na końcu symulacji:


P0
P1
P2
P3
P4
P5
P6
T0
T1
T2
T3
T4
T5
1

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
1	1	1	0	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

$M(P0) + M(P1) + M(P2) = 1$
$M(P4) + M(P5) + M(P6) = 1$

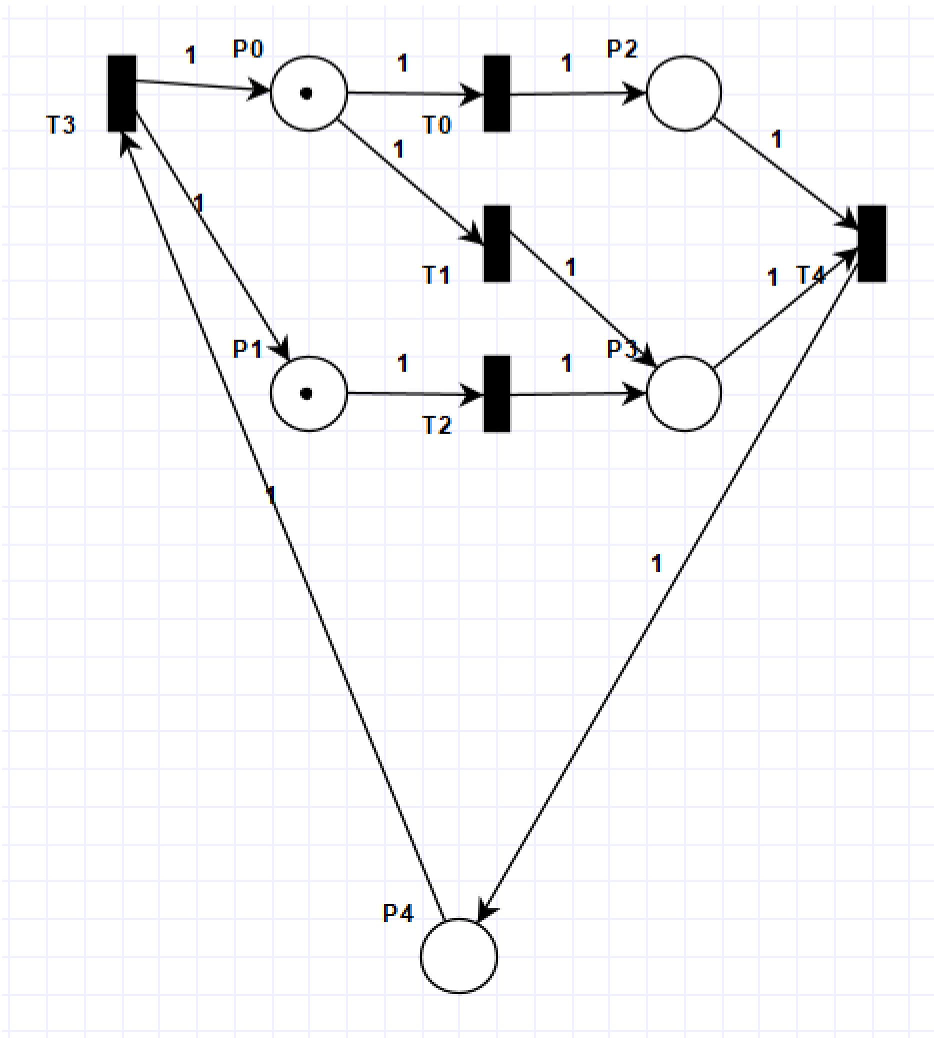
Analysis time: 0.0s

Możemy zsaobserwować brak pełnego pokrycia miejsc wynikający z faktu, że w elemencie P3 nie jesteśmy w stanie określić ilości występujących tam elementów co sprawia że ten element oraz w efekcie cała sieć jest nieograniczona.

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”

Zamodelowana Sieć

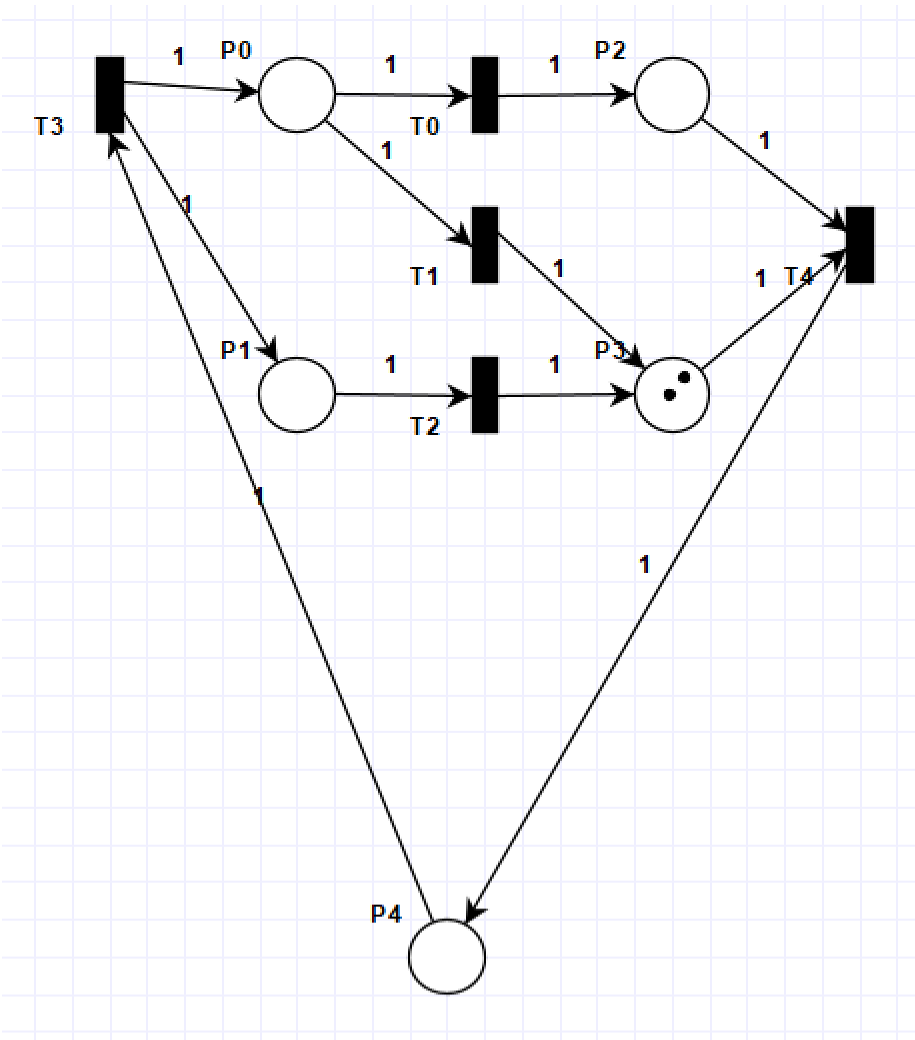


W tym przykładzie oba procesy wymagają zasobu w celu dalszego działanmia. Istnieje jednak możliwość zajęcia obydwu dostępnych zasobów przez jeden proces co blokuje dalsze kroki.

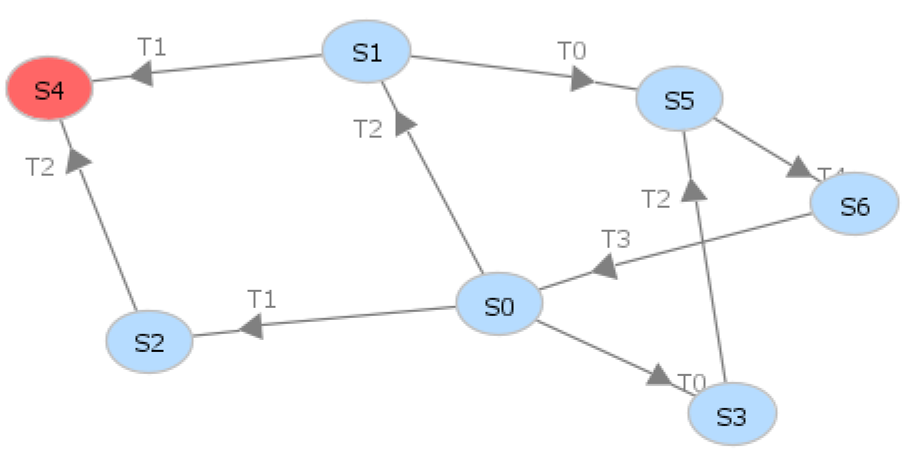
Symulacja przykłądu z Deadlockiem

```
Initial Marking
T0
T2
T4
T3
T1
T2
```

Stan sieci po symulacji:



Graf osiągalności



Wierzchołek grafu oznaczony jako $S4$ to stan w którym następuje zablokowanie. Jeden proces czeka na zasób, którego już nie ma, ponieważ został zajęty.

Analiza przestrzeni stanów

Petri net state space analysis results

Bounded	true
Safe	false
Deadlock	true

Shortest path to deadlock: T1 T2

W przedstawinej sieci możliwe jest uzyskanie dwóch znaczników na raz w punkcie $P3$, w związku z tym sieć nie jest bezpieczna.

Oczywiście zgodnie treścią zadania w stworzonej sieci istnieje możliwość zakleszczenia.