



MODELOWANIE PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

ŁUKASZ PAŚKO | 2025/2026

LABORATORIUM 2

ODPOWIEDZI DO ZADAŃ

Zadanie nr 1 (do samodzielnego studiowania)

Utwórz model gniazda produkcyjnego stosując sieć Petriego. Gniazdo produkcyjne składa się z trzech obrabiarek M1, M2, M3, dwóch transporterów TR1 i TR2 (w TR1 znajduje się 10 przedmiotów, a TR2 jest pusty), dwóch robotów R1 i R2 oraz bufora międzystanowiskowego BM o pojemności 5 szt. Robot R1 pobiera przedmiot z transportera TR1 i umieszcza go na obrabiarkę M1. Po zamocowaniu przedmiotu obrabiarka rozpoczyna pracę. Gdy obróbka dobiegnie końca, robot R1 pobiera obrobiony przedmiot i przenosi go do buforu BM. Z kolei praca robota R2 polega na pobieraniu przedmiotu z BM i umieszczeniu go na obrabiarce M2 lub M3 (w zależności od tego, która jest wolna w danej chwili). Po zamocowaniu przedmiotu obrabiarka rozpoczyna pracę. Gdy obróbka dobiegnie końca, robot R2 pobiera obrobiony przedmiot i przenosi go na transporter TR2. Przyjmij, że roboty R1 i R2 mogą przenosić w danej chwili po jednym przedmiocie, a każda z obrabiarek może obrabiać w danej chwili również tylko jeden przedmiot. Wykonaj analizę poprawności modelu stosując graf znakowań osiągalnych.



Transporter TR1
(przedmioty
przed obróbką)



Robot R1



Obrabiarka M1



Magazyn BM
(międzystanowiskowy)



Obrabiarka M2



Robot R2

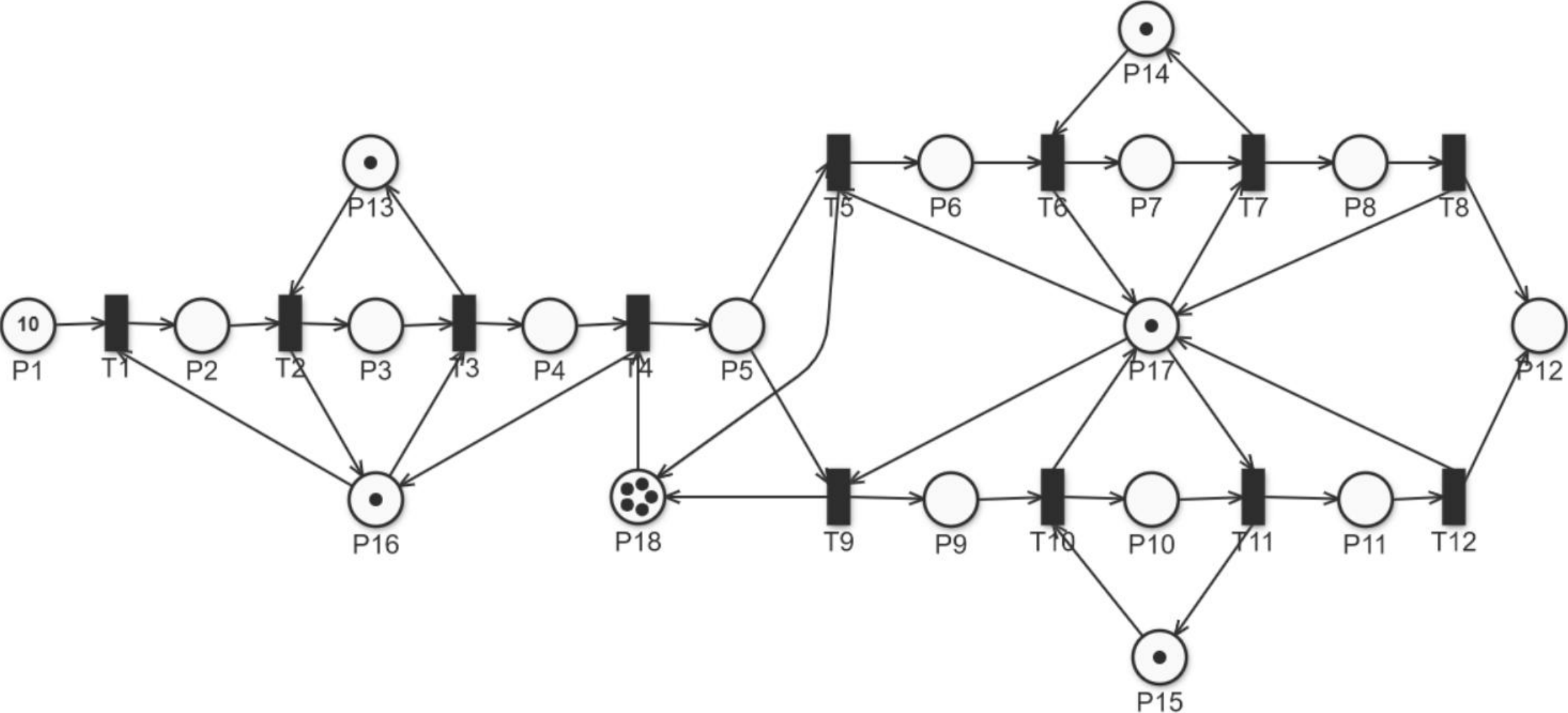


Transporter TR2
(odbiór obrobionych
przedmiotów)



Obrabiarka M3

Wstępna sieć Petriego do zadania nr 1



Lista miejsc i przejść do zadania nr 1

P1 – stan transportera TR1 (liczba oczekujących przedmiotów i gotowych do obróbki)

P2 – stan przedmiotu w trakcie transportu z TR1 do obrabiarki M1

P3 – stan przedmiotu w trakcie obróbki na obrabiarce M1

P4 – stan przedmiotu w trakcie transportu z M1 do bufora BM

P5 – stan buforu BM (liczba przedmiotów w buforze)

P6 – stan przedmiotu w trakcie transportu z BM do obrabiarki M2

P7 – stan przedmiotu w trakcie obróbki na obrabiarce M2

P8 – stan przedmiotu w trakcie transportu z M2 do TR2

P9 – stan przedmiotu w trakcie transportu z BM do obrabiarki M3

P10 – stan przedmiotu w trakcie obróbki na obrabiarce M3

P11 – stan przedmiotu w trakcie transportu z M3 do TR2

P12 – stan transportera TR2 (liczba przedmiotów po obróbce)

P13 – stan obrabiarki M1 (obrabiarka jest wolna, jeśli jest znacznik)

P14 – stan obrabiarki M2 (obrabiarka jest wolna, jeśli jest znacznik)

P15 – stan obrabiarki M3 (obrabiarka jest wolna, jeśli jest znacznik)

P16 – stan robota R1 (robot w stanie gotowości do podjęcia czynności transportowych)

P17 – stan robota R2 (robot w stanie gotowości do podjęcia czynności transportowych)

P18 – liczba wolnych miejsc w buforze BM

T1 – robot R1 rozpoczyna transport przedmiotu z TR1 na obrabiarkę M1

T2 – zakończenie transportu na obrabiarkę M1 i początek pracy M1

T3 – zakończenie pracy obrabiarki M1 i robot R1

rozpoczyna transport przedmiotu na BM

T4 – zakończenie transportu z M1 na BM (robot R1 umieszcza przedmiot w BM)

T5 – robot R2 rozpoczyna transport przedmiotu z BM na obrabiarkę M2

T6 – zakończenie transportu na obrabiarkę M2 i początek pracy M2

T7 – zakończenie pracy obrabiarki M2 i robot R2 rozpoczyna transport przedmiotu na TR2

T8 – zakończenie transportu z M2 na TR2 (robot R2 umieszcza przedmiot w TR2)

T9 – robot R2 rozpoczyna transport przedmiotu z BM na obrabiarkę M3

T10 – zakończenie transportu na obrabiarkę M3 i początek pracy M3

T11 – zakończenie pracy obrabiarki M3 i robot R2 rozpoczyna transport przedmiotu na TR2

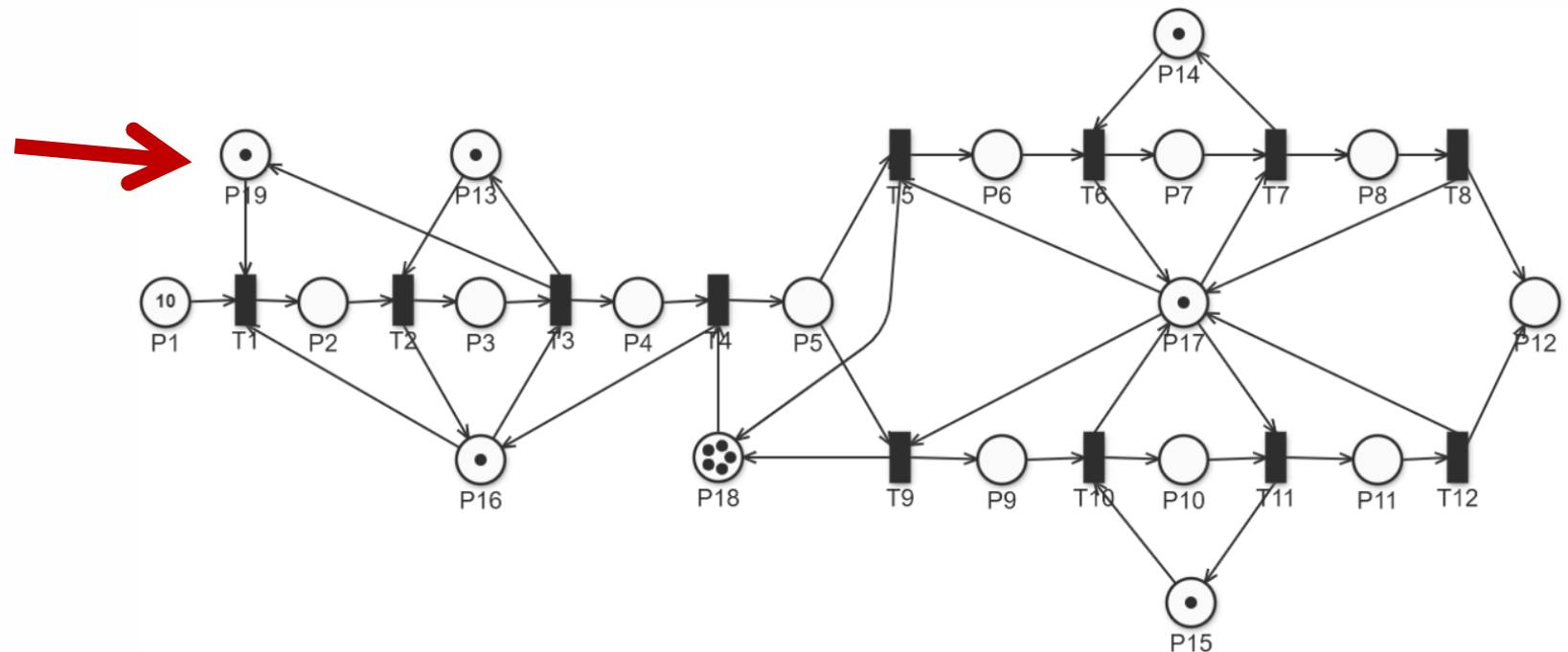
T12 – zakończenie transportu z M3 na TR2 (robot R2 umieszcza przedmiot w TR2)

Uzupełnienie sieci Petriego o łuki wzbraniające

Analiza lewej krawędzi grafu

- Wyznaczenie kolejnych znakowań osiągalnych wykazało, że istnieje jeden ciąg przejść opisujący prawidłową pracę robota R1: [T1, T2, T3, T4].
- Znakowanie martwe osiągnięte po odpaleniu sekwencji [T1, T2, T1] powoduje zablokowanie się robota R1. Programując pracę urządzeń w gnieździe produkcyjnym trzeba zwrócić uwagę na to, aby robot R1 nie mógł wziąć przedmiotu z transportera TR1, jeśli na obrabiarce M1 jest obrabiany przedmiot.

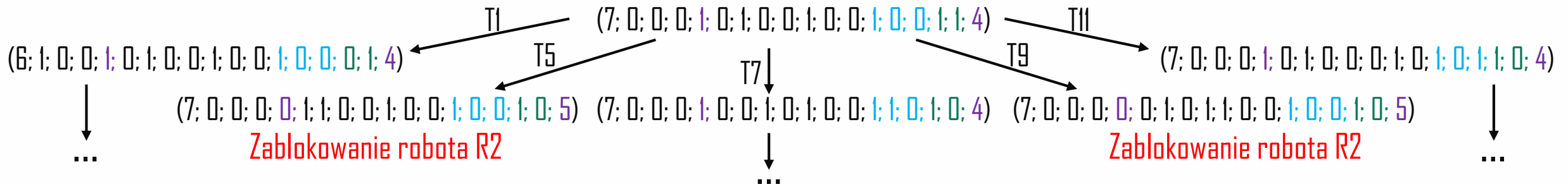
P19 nie pozwoli na odpalenie T1 dopóki w P3 jest token (dopóki na obrabiarce M1 jest przedmiot)



Uzupełnienie sieci Petriego o łuki wzbraniające

Analiza pozostałych krawędzi grafu

- Załóżmy, że robot R1 wykonał 3 pełne cykle pracy, a robot R2 umieścił jeden przedmiot na M2 i jeden przedmiot na M3. Ten stan odwzorowuje trzykrotne odpalenie tranzycji T1, T2, T3, T4 oraz jednokrotne odpalenie tranzycji T5, T6, T9, T10.



- Przedstawione tutaj znakowania wskazują na możliwość zablokowania się robota R2. Programując pracę urządzeń w gnieździe produkcyjnym trzeba zwrócić uwagę na to, aby robot R2 nie mógł przenosić przedmiotu z bufora BM na M2, jeśli na M2 jest już przedmiot oraz aby R2 nie mógł przenosić przedmiotu z bufora BM na M3, jeśli na M3 jest już przedmiot.

Zadanie nr 2 (do samodzielnego studiowania)

Utwórz model zrobotyzowanego gniazda produkcyjnego stosując sieć Petriego. Gniazdo produkcyjne składa się z dwóch robotów przemysłowych R1 i R2, dwóch obrabiarek M1 i M2, oraz dwóch transporterów TR1 i TR2 (w TR1 znajduje się 5 przedmiotów, a TR2 jest pusty). Robot R1 pobiera przedmiot z transportera TR1 i umieszcza go na obrabiarkę M1 lub M2, w zależności od tego, która z nich jest wolna w danej chwili. Po zamocowaniu przedmiotu obrabiarka rozpoczyna pracę. Gdy obróbka dobiegnie końca, robot R2 pobiera obrobiony przedmiot i przenosi go na transporter TR2. Przyjmij, że roboty R1 i R2 mogą przenosić w danej chwili po jednym przedmiocie, a każda z obrabiarek może obrabiać w danej chwili również tylko jeden przedmiot. Wykonaj analizę poprawności modelu stosując graf znakowań osiągalnych.



Transporter TR1
(przedmioty
przed obróbką)



Robot R1



Obrabiarka M1



Obrabiarka M2

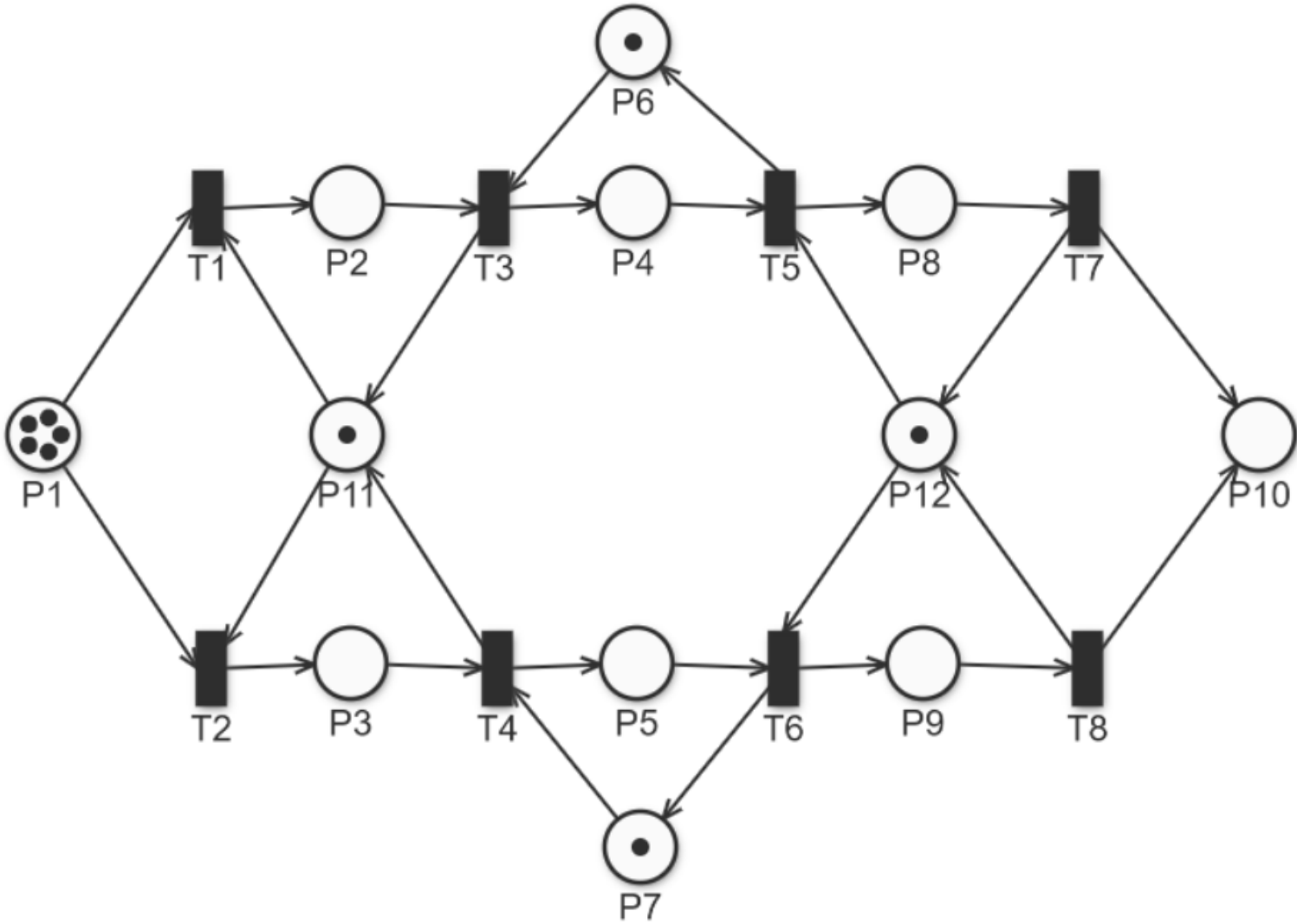


Robot R2



Transporter TR2
(odbiór obrobionych
przedmiotów)

Sieć Petriego do zadania nr 2



Opis miejsc i przejść do zadania nr 2

P1 – stan transportera TR1 (liczba oczekujących przedmiotów i gotowych do obróbki)

P2 – stan przedmiotu w trakcie transportu z TR1 do obrabiarki M1

P3 – stan przedmiotu w trakcie transportu z TR1 do obrabiarki M2

P4 – stan przedmiotu w trakcie obróbki na obrabiarce M1

P5 – stan przedmiotu w trakcie obróbki na obrabiarce M2

P6 – stan obrabiarki M1 (obrabiarka jest wolna, jeśli jest znacznik)

P7 – stan obrabiarki M2 (obrabiarka jest wolna, jeśli jest znacznik)

P8 – stan przedmiotu w trakcie transportu z M1 do TR2

P9 – stan przedmiotu w trakcie transportu z M2 do TR2

P10 – stan transportera TR2 (liczba przedmiotów po obróbce)

P11 – stan robota R1 (robot w stanie gotowości do podjęcia

czynności transportowych)

P12 – stan robota R2 (robot w stanie gotowości do podjęcia

czynności transportowych)

T1 – robot R1 rozpoczyna transport przedmiotu z TR1 na obrabiarkę M1

T2 – robot R1 rozpoczyna transport przedmiotu z TR1 na obrabiarkę M2

T3 – zakończenie transportu na obrabiarkę M1 i początek pracy M1

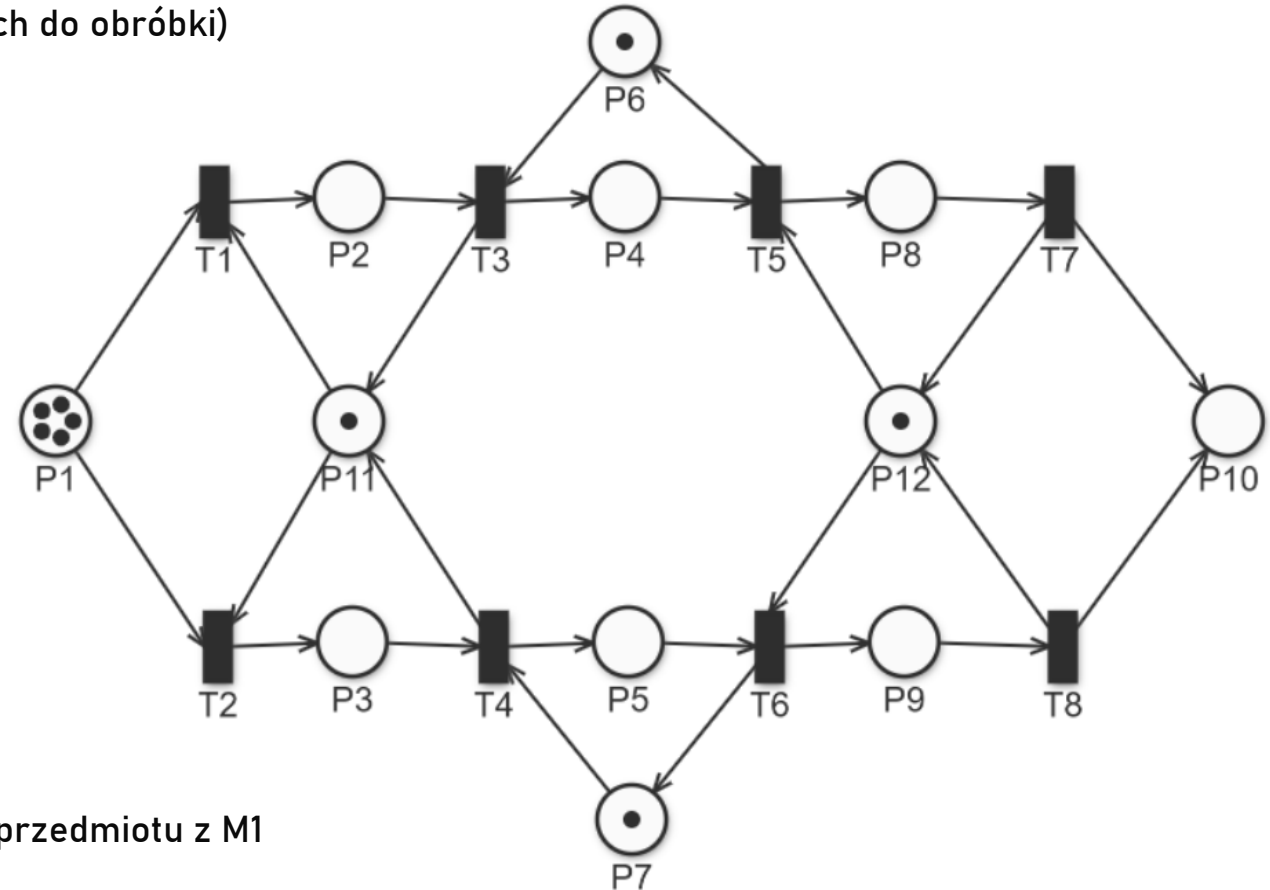
T4 – zakończenie transportu na obrabiarkę M2 i początek pracy M2

T5 – zakończenie pracy obrabiarki M1 i robot R2 rozpoczyna transport przedmiotu z M1 na TR2

T6 – zakończenie pracy obrabiarki M2 i robot R2 rozpoczyna transport przedmiotu z M2 na TR2

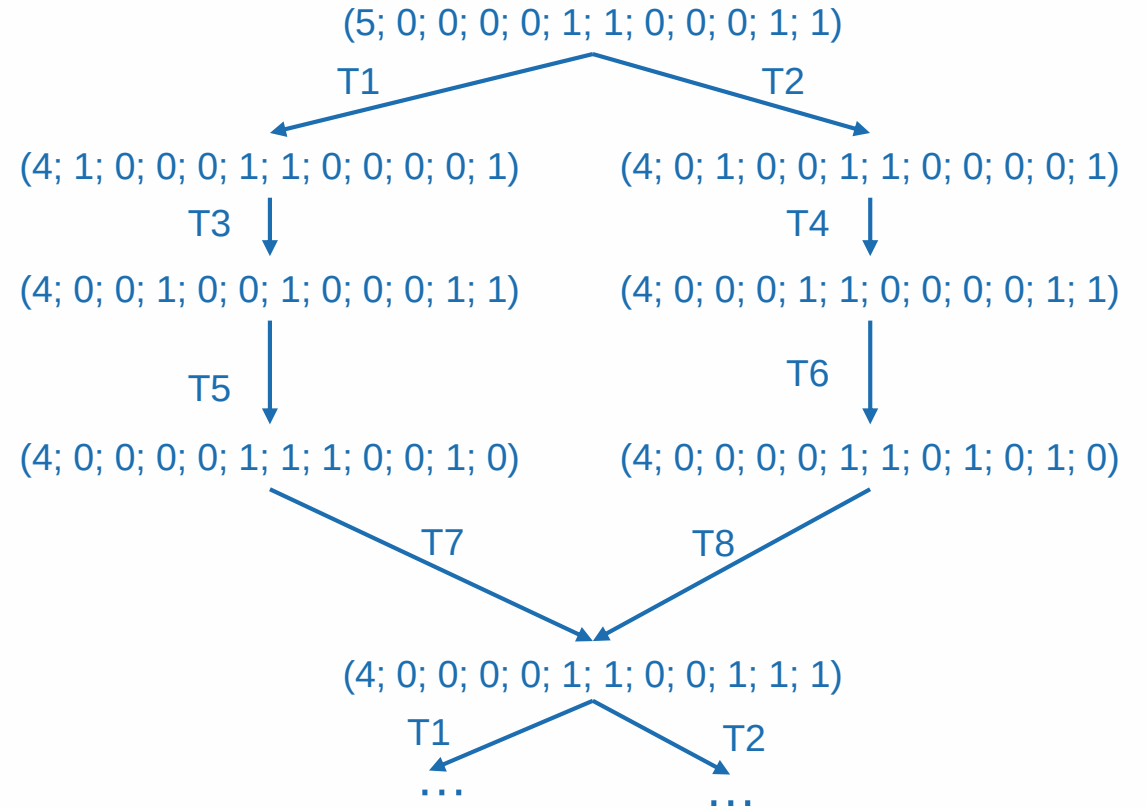
T7 – zakończenie transportu z obrabiarki M1 na TR2 (robot R2 umieszcza przedmiot w TR2)

T8 – zakończenie transportu z obrabiarki M2 na TR2 (robot R2 umieszcza przedmiot w TR2)

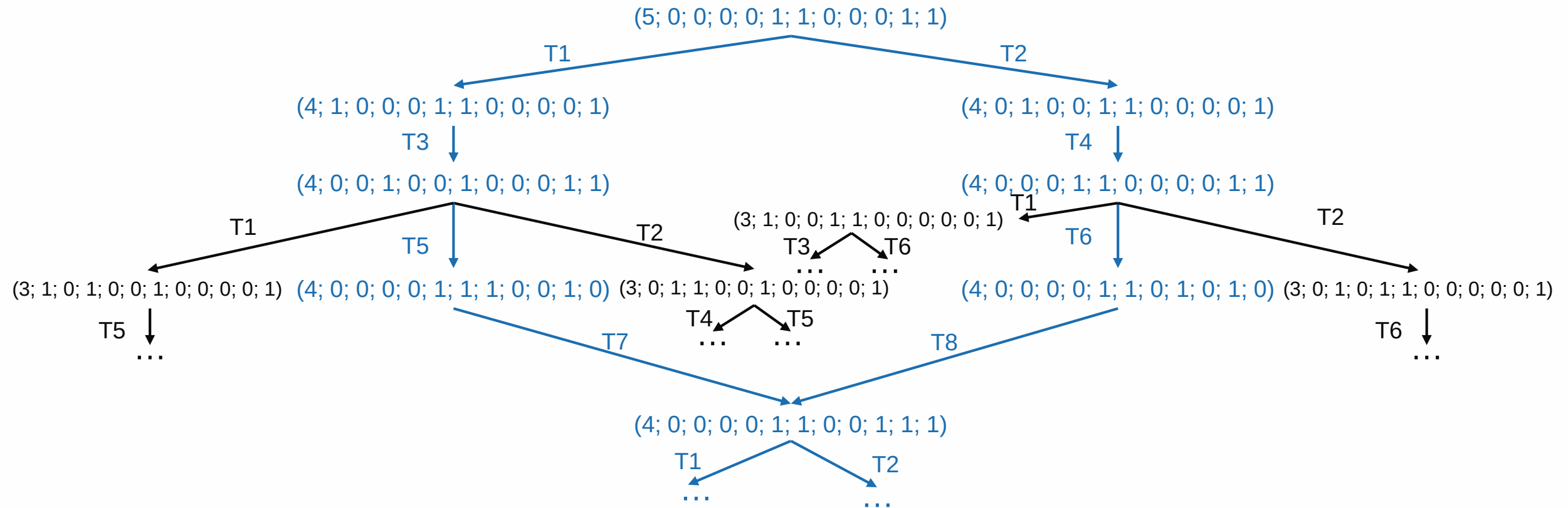


Graf znakowań osiągalnych (fragment)

Wystarczy wykonać graf, który pokaże pierwszy cykl pracy obrabiarek M1 i M2, aby zobaczyć, że sieć nie ma znakowań martwych (z wyjątkiem ostatniego znakowania oznaczającego przejście wszystkich pięciu przedmiotów przez gniazdo produkcyjne).



Analiza grafu znakowań osiągalnych



Analiza fragmentu grafu:

- Obróbka na maszynie M1 odwzorowana jest na lewej gałęzi grafu. Odpowiada jej sekwencja [T1, T3, T5, T7]
- Obróbka na maszynie M2 odwzorowana jest na prawej gałęzi grafu. Odpowiada jej sekwencja [T2, T4, T6, T8]
- Żadne z rozgałęzień odchodzących od dwóch wymienionych sekwencji odpaleń nie prowadzi do znakowania martwego (z wyjątkiem ostatniego znakowania czyli (0; 0; 0; 0; 0; 1; 1; 0; 0; 5; 1; 1)).
- Możliwa jest naprzemienna praca obrabiarek M1 i M2, a roboty nie blokują się.