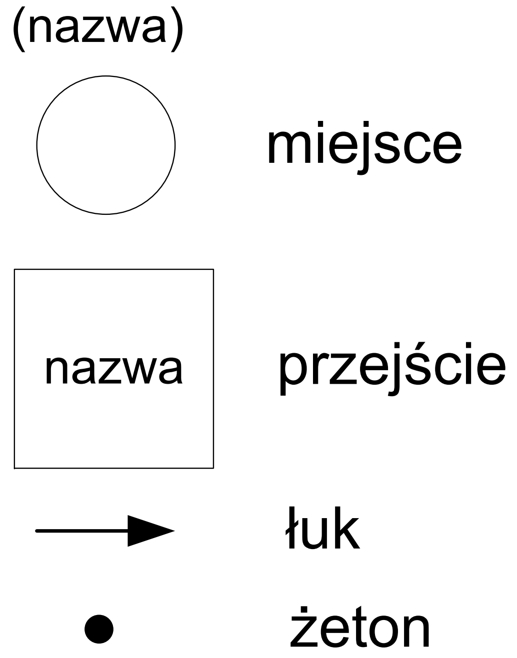
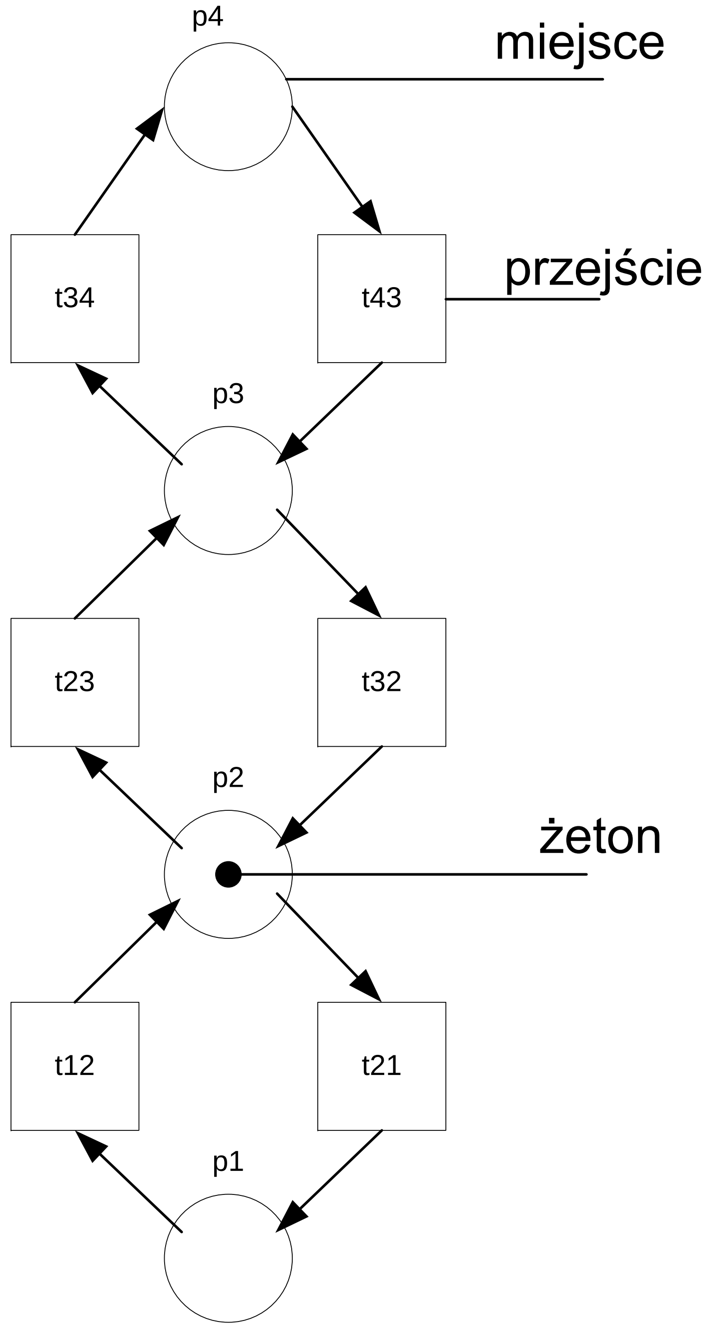
Sieci Petriego

Sieć Petriego

- Formalny model procesów umożliwiający ich weryfikację
  - Główne konstruktory: **miejsca**, **przejścia, łuki i żetony**
  - Opis graficzny i matematyczny
  - Formalna semantyka umożliwia pogłębioną analizę
- Historia
  - Carl Adam Petri (1962, PhD thesis)
  - W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych skoncentrowana głownie na teorii
  - Od lat osiemdziesiątych różne implementacje
  - Ukryta w wielu technikach i narzędziach programowych

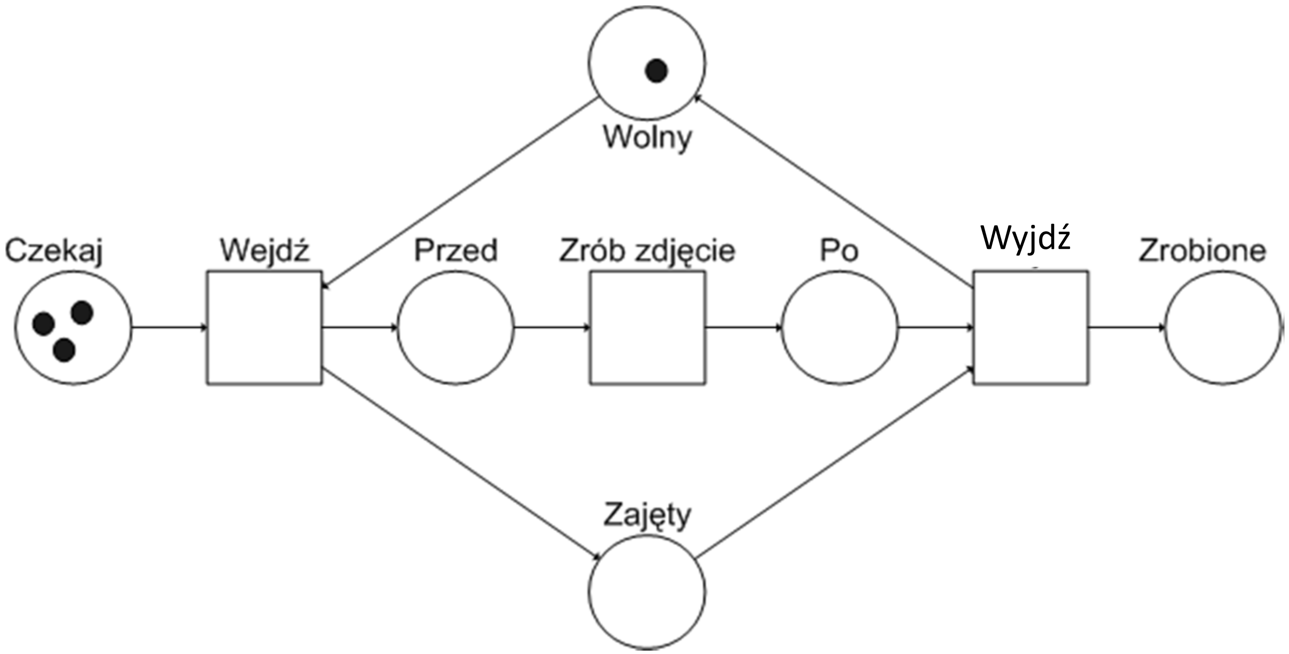
Konstruktory sieci Petriego





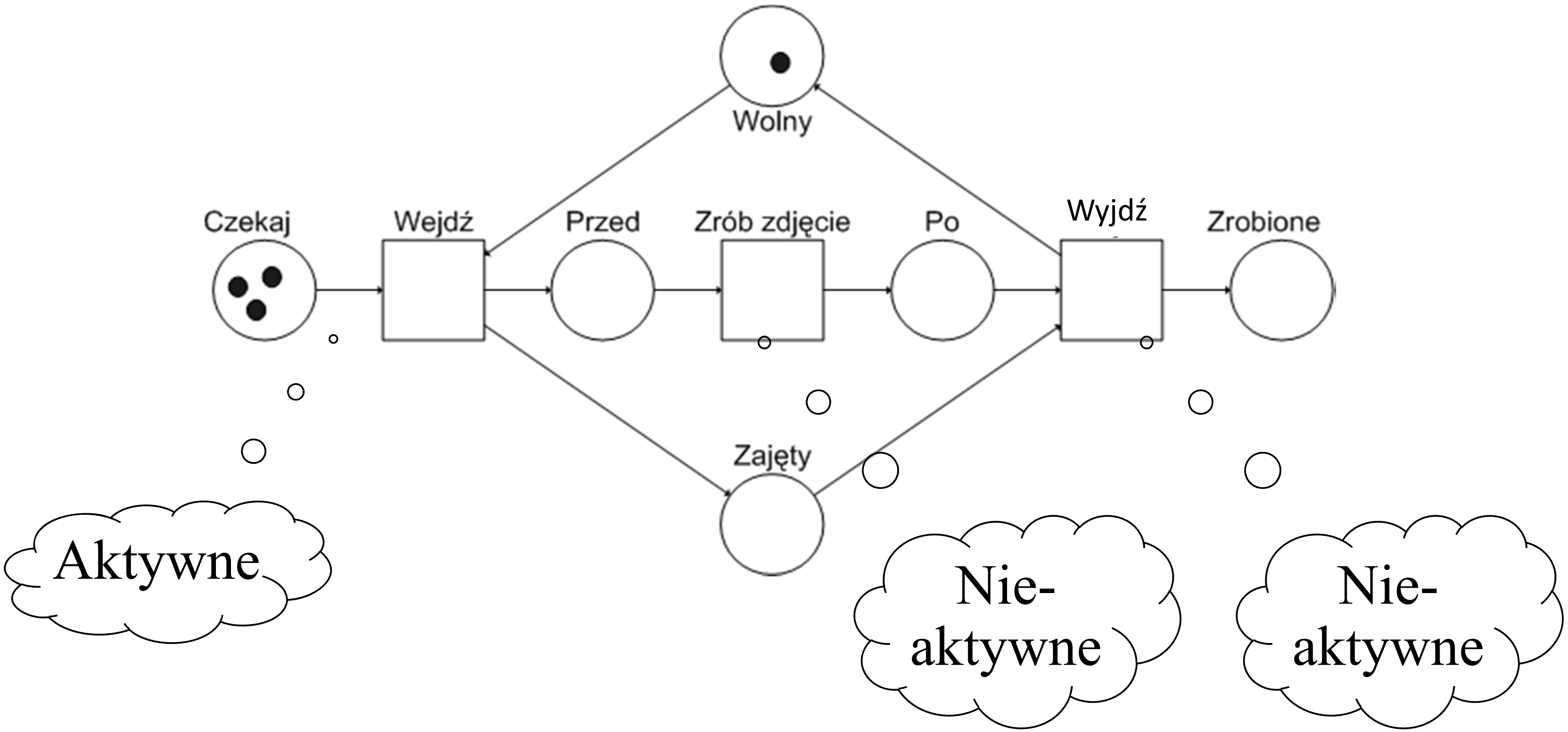
Miejsca, przejścia i łuki służą do modelowania statycznej struktury procesów, a żetony pozwalają na modelowanie ich dynamiki.

Działanie sieci Petriego



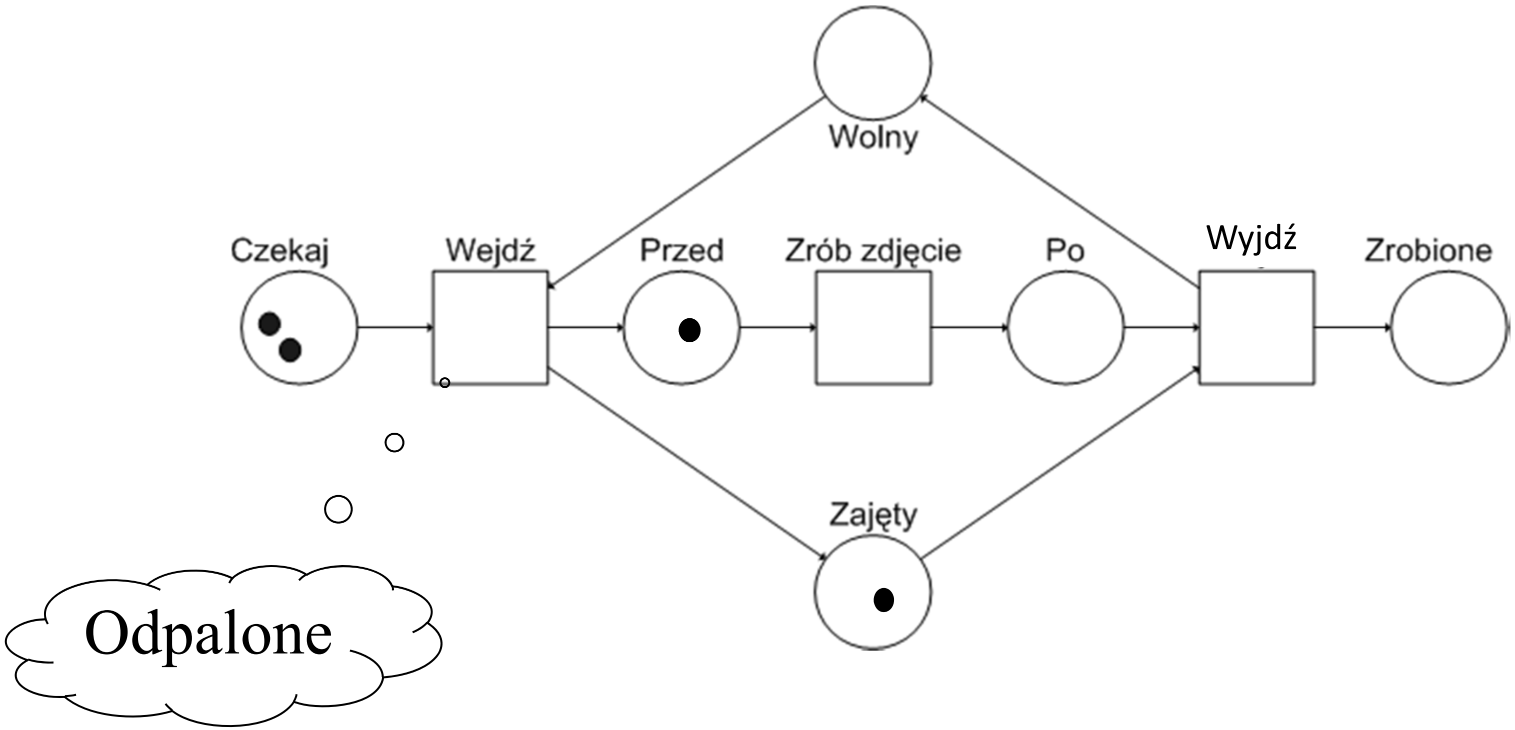
- Pojawienie się żetonów na wszystkich wejściach określonego przejścia, aktywuje to przejście
- Aktywne przejścia mogą być odpalone
- Odpalenie wiąże się z pobraniem żetonów ze wszystkich miejsc wejściowych i wysłaniem żetonów do wszystkich miejsc wyjściowych danego przejścia

Aktywacja przejść



- Przejście jest aktywowane jeżeli każde z jego wejściowych miejsc zawiera co najmniej jeden żeton

Odpalanie przejść



- Aktywne przejście może być odpalone
- Odpalane przejście pobiera jeden żeton z każdego miejsca wejściowego i produkuje po jednym żetonie dla każdego miejsca wyjściowego.

Własności sieci Petriego

Topologia sieci Petriego jest spójnym, dwudzielnym (miejsca i przejścia) grafem skierowanym o następujących cechach statycznych i dynamicznych:

- Struktura sieci jest statyczna
- Jedno miejsce i jedno przejście mogą być połączone więcej niż jedną krawędzią (krawędzie mogą mieć przypisane wagi)
- Stan sieci jest reprezentowany przez rozłożenie żetonów
- Miejsca mogą składować zero lub więcej żetonów
- Odpalanie przejść jest atomowe
- Może być aktywnych wiele przejść, ale odpalić może tylko jedno - niedeterminizm
- Sumaryczna liczba żetonów może się zmieniać w czasie (np. dla różnej liczby wejść i wyjść)

Formalna definicja sieci Petriego

Struktura klasycznej **sieci Petriego** jest zdefiniowana przez uporządkowaną czwórkę (P, T, I, O) gdzie:

- P jest skończonym zbiorem miejsc,
- T jest skończonym zbiorem przejść,
- I : P x T -> **N** jest funkcją wejść, N jest liczbą krawędzi między p i t,
- O : T x P -> **N** jest funkcją wyjść, N jest liczbą krawędzi między t i p.

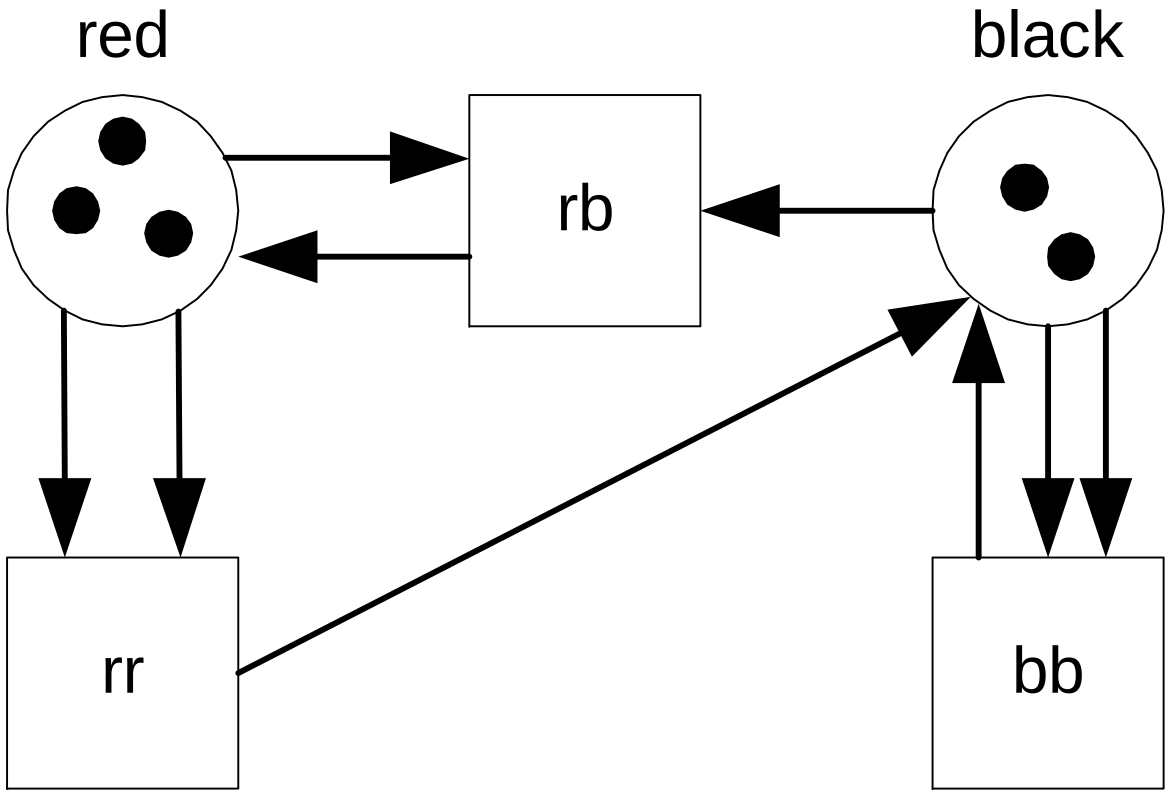
Dowolny diagram może być odwzorowany w taką czwórkę i na odwrót.

Stan (znakowanie) sieci Petriego: (P, T, I, O) jest zdefiniowany następująco:

S: P-> **N**, jest to funkcja odwzorowująca zbiór miejsc w zbiór liczb naturalnych reprezentujących liczbę żetonów w danym miejscu.

Przykład

Odwzoruj poniższy diagram w (P, T, I, O) and s



Przykład

Narysuj diagram reprezentujący zdefiniowaną poniżej sieć Petriego

Sieć Petriego (P, T, I, O):

- P = {a,b,c,d}
- T = {e,f}
- I(a,e)=1, I(b,e)=2.
- O(e,c)=1, O(f,b)=2, O(f,d)=3.

Stan s:

- s(a)=1, s(b)=2.

Formalizacja zachowania sieci

Przejście ***t*** jest aktywne w stanie ***s*** wtedy i tylko wtedy, gdy:

$$\forall p \in P : \boldsymbol{s}(p) \geq I(p,\boldsymbol{t})$$

Jeżeli przejście **t** jest aktywne w stanie $\boldsymbol{s}_i$, może być odpalone i wynikiem będzie zmiana stanu sieci na stan $\boldsymbol{s}_j$:

$$\forall p \in P : \boldsymbol{s}_j(p) = \boldsymbol{s}_i(p) - I(p,\boldsymbol{t}) + O(\boldsymbol{t},p)$$

Ścisła reguła odpalania

Specyfikacja sieci Petriego może obejmować dodatkowo informację o pojemności każdego miejsca

- K(p) jest maksymalną liczbą żetonów, które może zmieścić miejsce p
- Odpalenie przejścia t jest ścisłe jeżeli pojemność K(p) żadnego z miejsc wyjściowych p nie została przekroczona

$$\forall p \in P : \boldsymbol{s}\,(p) \geq I(p,\boldsymbol{t}) \text{ and } s\,(p) \geq O(p,\boldsymbol{t})$$

Interpretacja elementów sieci Petriego

Interpretacja elementów sieci Petriego jest zależna od dziedziny zastosowania:

Miejsca wejściowe	Przejścia	Miejsca wyjściowe
Warunki początkowe	Zdarzenia	Warunki końcowe
Dane wejściowe	Obliczenia	Dane wyjściowe
Sygnały wejściowe	Procesor sygnałów	Sygnały wyjściowe
Niezbędne zasoby	Zadanie	Zwolnione zasoby
Warunki	Wyrażenie logiczne	Konkluzje
Bufor	Procesor	Bufor

Modelowanie procesów

- Miejsca: elementy pasywne procesów
- Przejścia: elementy aktywne procesów
- Łuki: związki przyczynowo-skutkowe
- Żetony: stany i dane

Stan procesu jest modelowany przez rozkład żetonów w sieci

Znaczenia żetonów

Żetony mogą odgrywać następujące role:

- **informacja** – dane, dokumenty, komunikaty, sygnały, raporty;
- **obiekt fizyczny** - na przykład produkt, towar, osoba;
- lub **zbiór obiektów** - na przykład ciężarówka z produktami, hurtownia z towarami;
- **wskaźnik stanu**, w którym znajduje się proces lub fragment procesu;
- **wskaźnik warunku -** obecność żetonu w danym miejscu oznacza spełnienie pewnych warunków.

Znaczenia miejsc

- **stany** lub **warunki** – miejsca umożliwiają określenie stanów wątków procesu, lub warunków wymaganych do dalszego przebiegu wątków.
- **bufory** – fizyczne miejsca przechowywania przedmiotów, informacji lub ludzi, np. magazyn, kolejka, skrzynka pocztowa;
- **lokalizacja geograficzna** – miejsce w magazynie, w biurze;
- **typ medium komunikacyjnego -** linia telefoniczna, sieć komputerowa, doręczyciel, pośrednik, goniec;

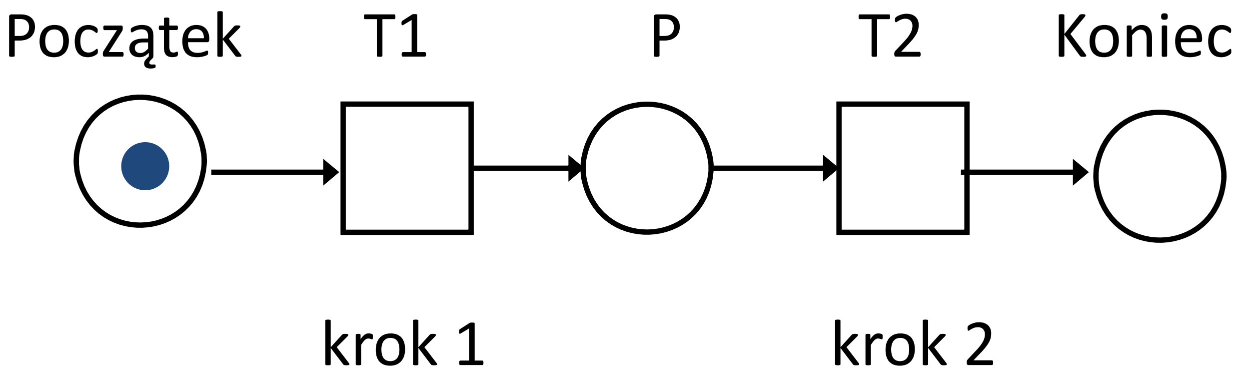
Znaczenia przejść

- **działanie** – cała praca wykonywana w ramach procesów jest modelowana za pomocą przejść:
  - **przetwarzanie danych lub produktów** – zmiana dokumentu, modyfikacja danej w bazie danych;
  - **wyprodukowanie danych lub produktów** – utworzenie dokumentu, danej;
  - **transport danych lub produktów** - na przykład, przetransportowanie towarów, wysłanie komunikatu.
- **zdarzenie** – na przykład, sprzedaż towaru, przyjęcie pacjenta, zmiana sezonu, przyjęcie zamówienia;

Typowe wzorce przepływu sterowania

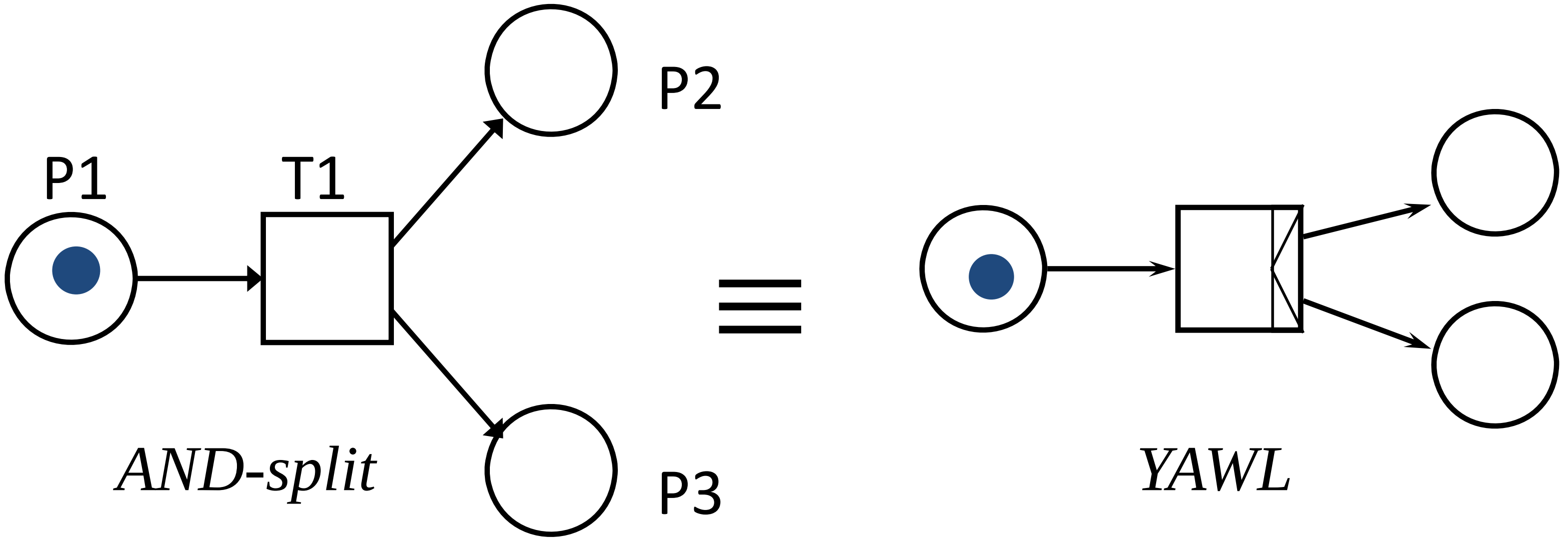
- Sekwencja
- Współbieżność (AND-split - AND-join)
- Wybór (XOR-split – XOR-join)
- Iteracja (XOR-join - XOR-split)
- Pętla zwrotna
- Wzajemne wykluczanie
- Naprzemienność

Sekwencja



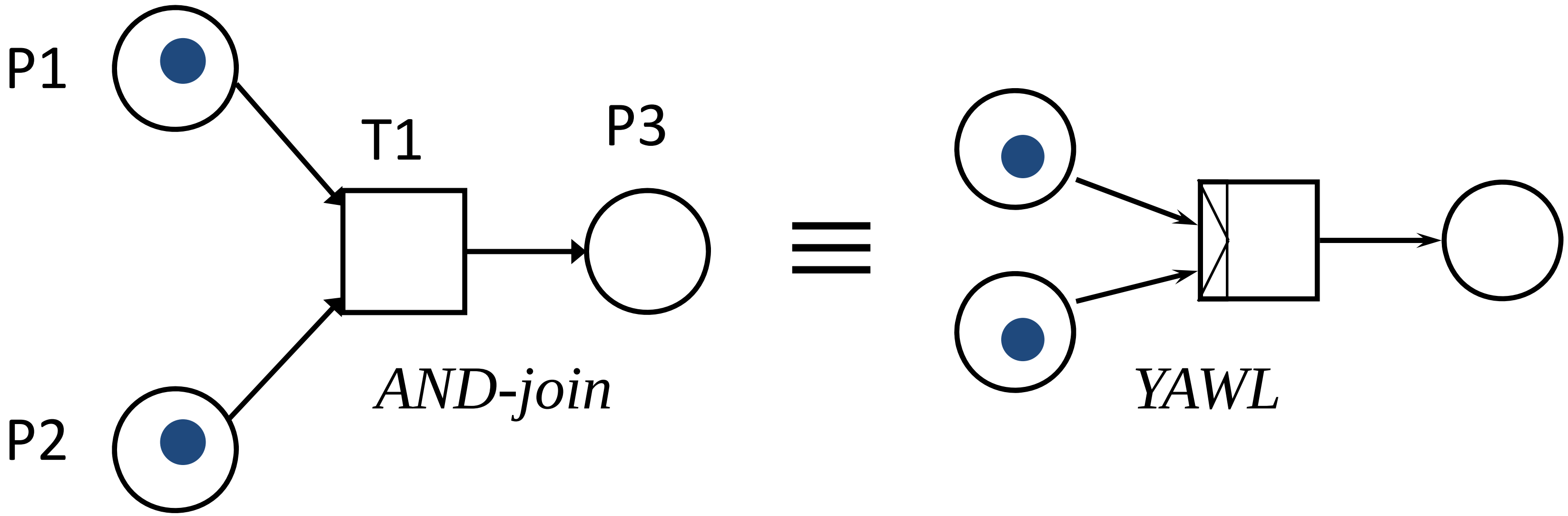
Przejścia T1 i T2 są po kolei aktywowane i odpalane, dzięki czemu działania modelowane przez przejścia są realizowane sekwencyjnie. Przesuwany między kolejnymi miejscami żeton reprezentuje kolejne stany sekwencyjnego przepływu pracy.

Współbieżność: AND-split



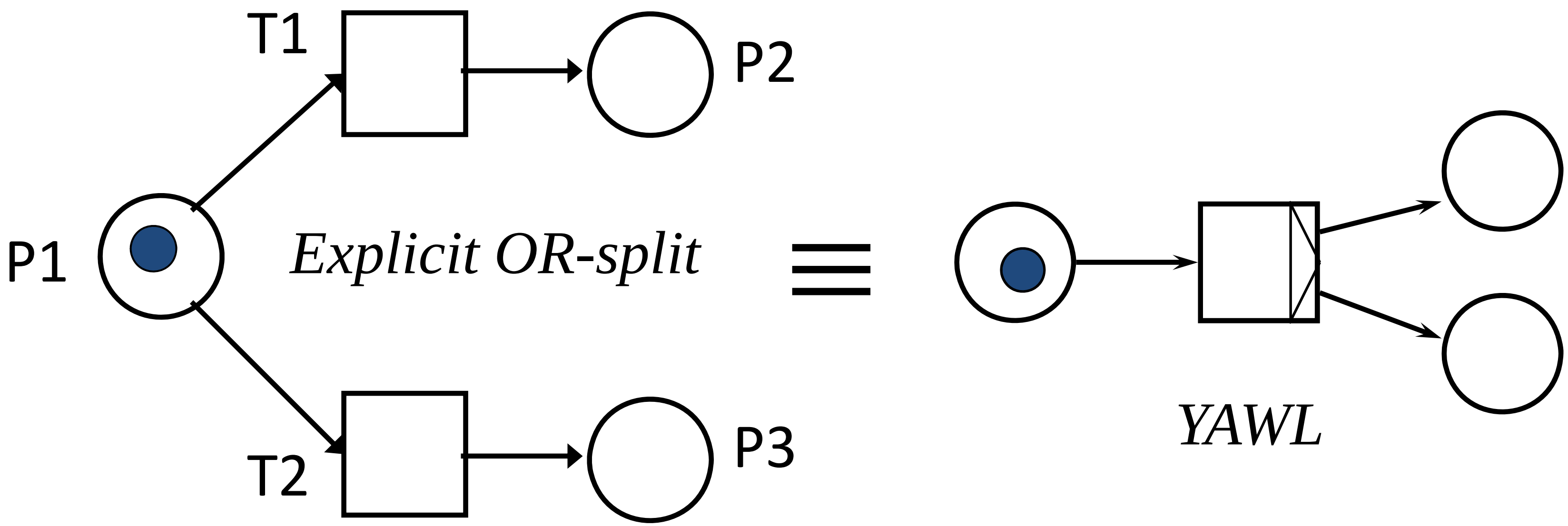
Przejście *T1,* z jednego żetonu w miejscu wejściowym P1, produkuje dwa żetony w miejscach wyjściowych P2 i P3. Utworzenie dwóch żetonów reprezentuje współbieżną realizację procesu.

Współbieżność: AND-join



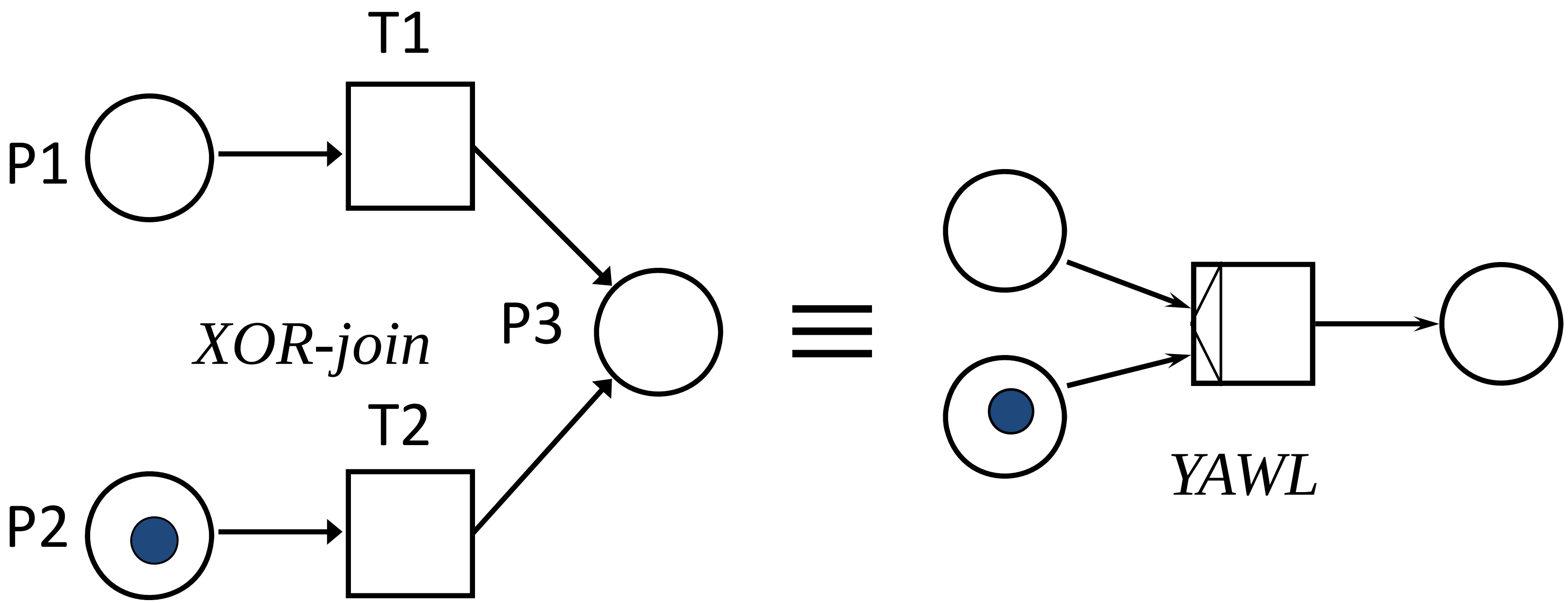
Przejście T1 konsumuje po jednym żetonie z dwóch miejsc wejściowych i produkuje jeden żeton do miejsca wyjściowego.

Alternatywa: XOR-split



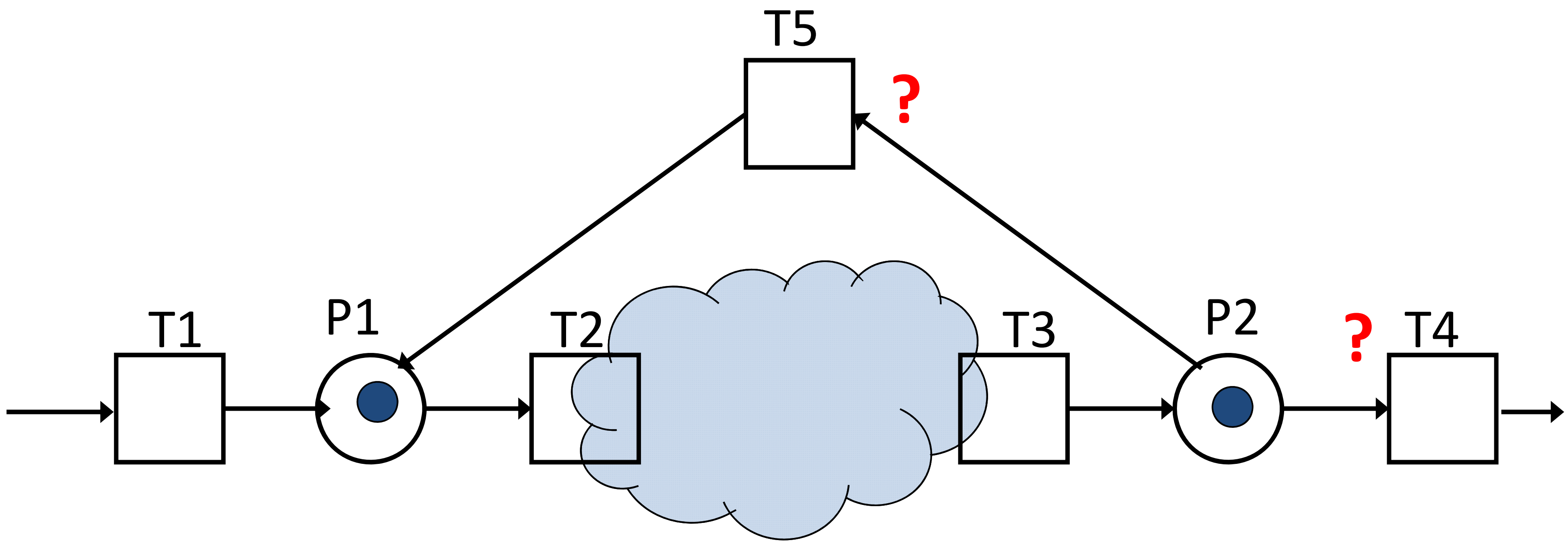
Żeton z miejsca wejściowego P1 jest konsumowany przez dokładnie jedno z przejść T1 i T2. Następnie generowany jest pojedynczy żeton do miejsca wyjściowego odpalonego przejścia.

Alternatywa: XOR-join



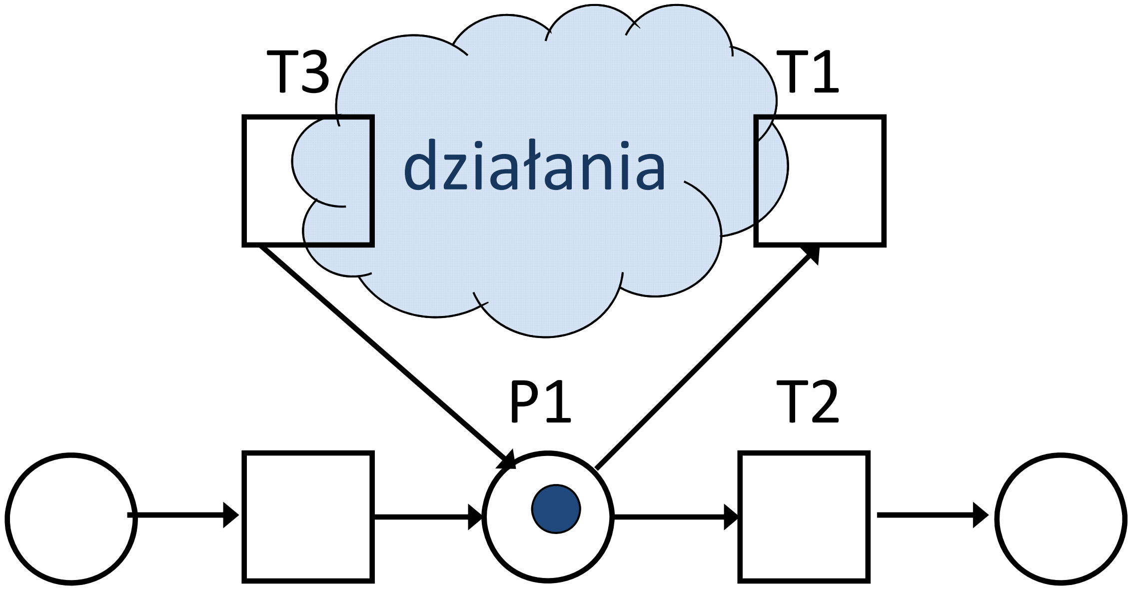
Pojawienie się żetonu w jednym z miejsc wejściowych przejść T1 lub T2 spowoduje odpalenie dokładnie jednego przejście i przeniesienie żetonu do miejsca wyjściowego P3.

Iteracja: 1 lub więcej razy



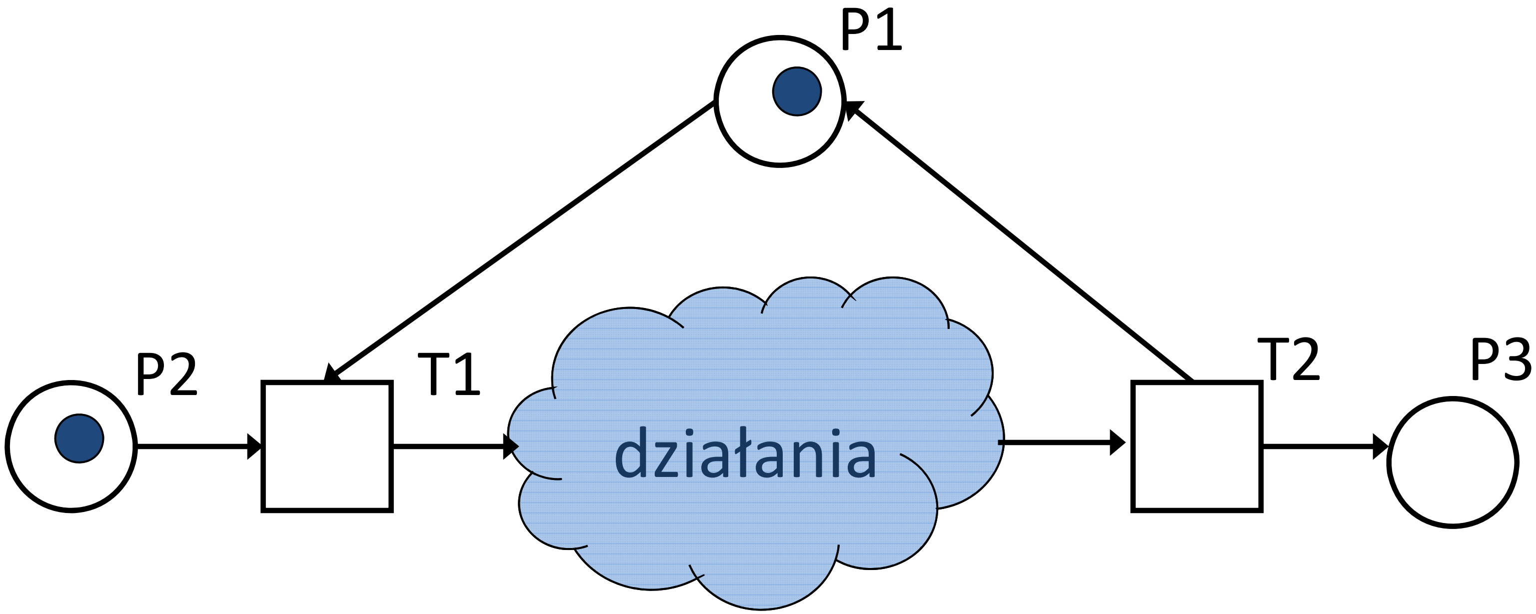
W zależności od tego, czy odpali przejście T4, czy T5 proces zapętli się, tj. żeton wróci to miejsca P1, lub będzie kontynuowany dalej (poza slajdem). Liczba iteracji jest niedeterministyczna.

Iteracja: 0 lub więcej razy



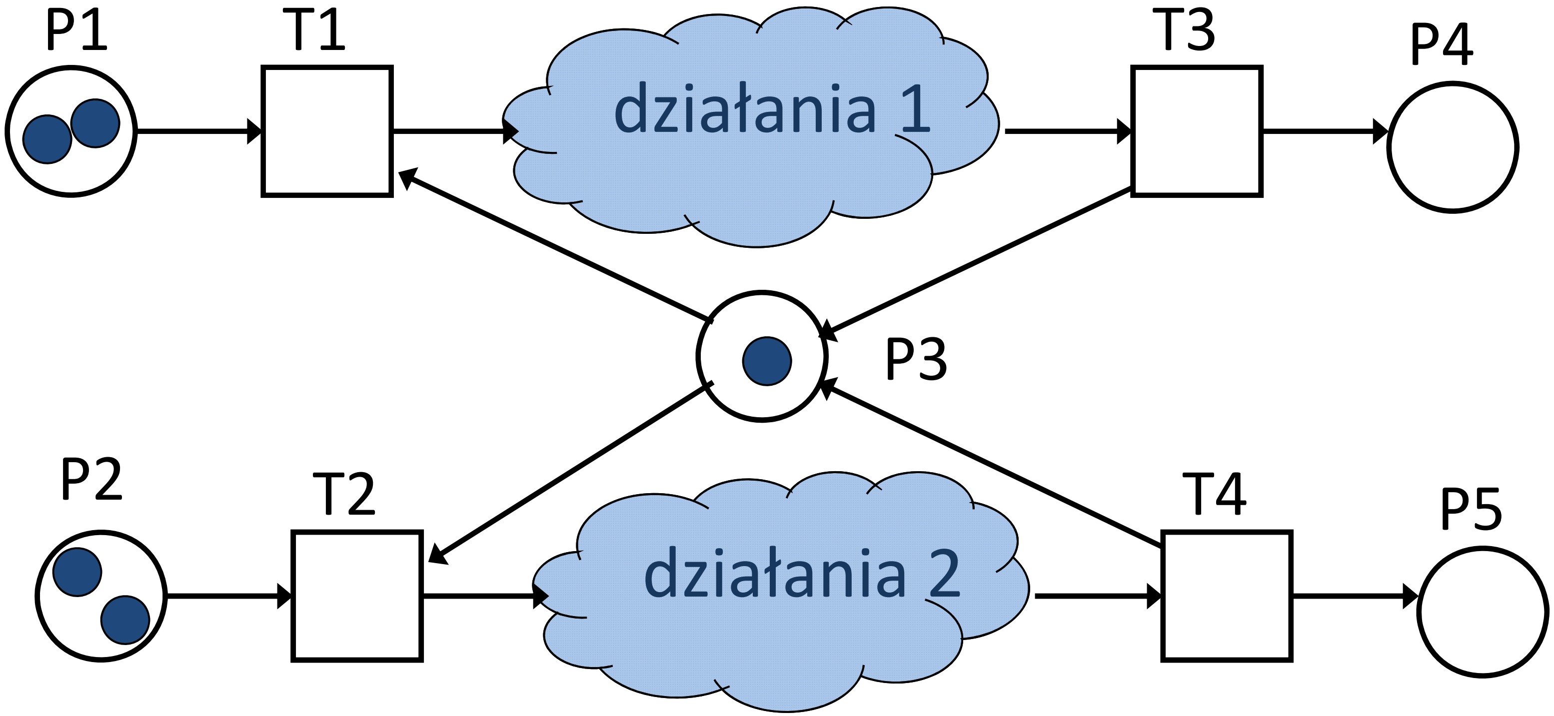
Jeżeli za pierwszym razem, od pojawienia się żetonu w miejscu P1, odpali przejście T1 to zbiór *działań* będzie wykonany. Jeżeli odpali przejście T2 działania te nie zostaną wykonane.

Sprzężenie zwrotne



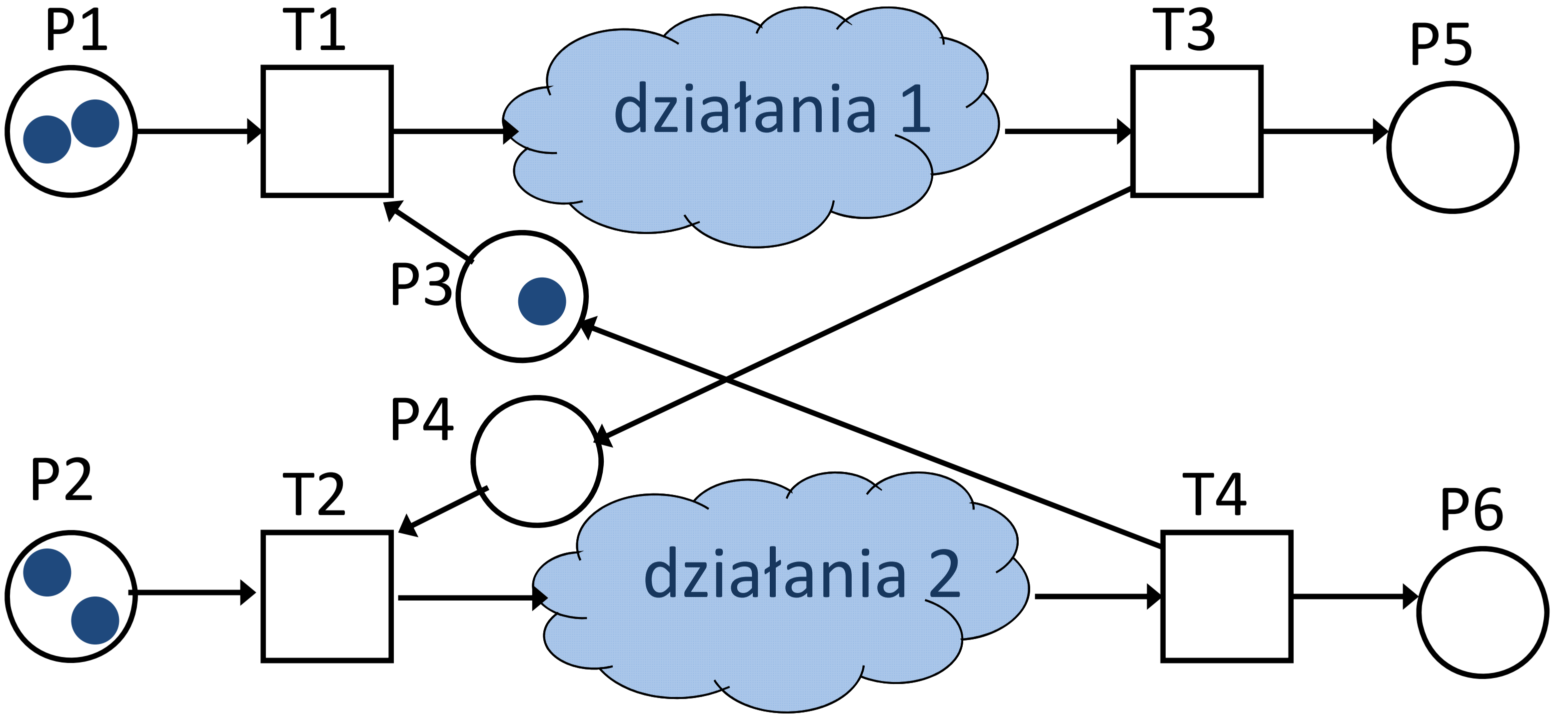
Kolejne wykonywanie *działań* wymaga żetonów w miejscu P1, które są generowane w wyniku wykonania tych *działań* i odpalania przejścia T2.

Wzajemne wykluczanie



Występowanie pojedynczego żetonu w miejscu P3 gwarantuje odpalenie tylko jednego z pary przejść T1 i T2. Dzięki temu tylko jedno z działań będzie wykonane.

Naprzemienność



Występowanie pojedynczego żetonu w miejscu P3 gwarantuje odpalenie tylko jednego z pary przejść T1 i T2. Dzięki temu tylko jedno z działań będzie wykonane.