P/T Petriho sítě

Struktura P/T Petriho sítí

- V této prezentaci se budeme zabývat podrobněji P/T Petriho sítěmi a jejich vlastnostmi.
- Budeme uvažovat i inhibiční hrany.
- U míst nebudeme uvažovat jejich kapacitu, resp. všechna místa budou mít neomezenou kapacitu.

Struktura P/T Petriho sítí

- **Struktura Petriho sítě** (PN-struktura) je pětice <P, T, I, O, H>, kde:
  - P je konečná **množina míst**.
  - T je konečná **množina přechodů**, přičemž platí, že $P \cap T = \{\ \}$.
  - I, O a H jsou zobrazení typu T → P_{MS}, po řadě tzv. **vstupní funkce**, **výstupní funkce** a **vstupní inhibiční funkce**. Zápisem P_{MS} označujeme množinu všech multimnožin nad množinou P.

Struktura P/T Petriho sítí

- PN-strukturu zakreslujeme graficky – místa kružnicemi, přechody obdélníky, vstupní funkce pomocí hran orientovaných z míst do přechodů, výstupní funkce pomocí hran orientovaných z přechodů do míst, vstupní inhibiční funkce pomocí hran orientovaných z přechodů do míst, kde místo zakončení šipkou kreslíme kolečko.

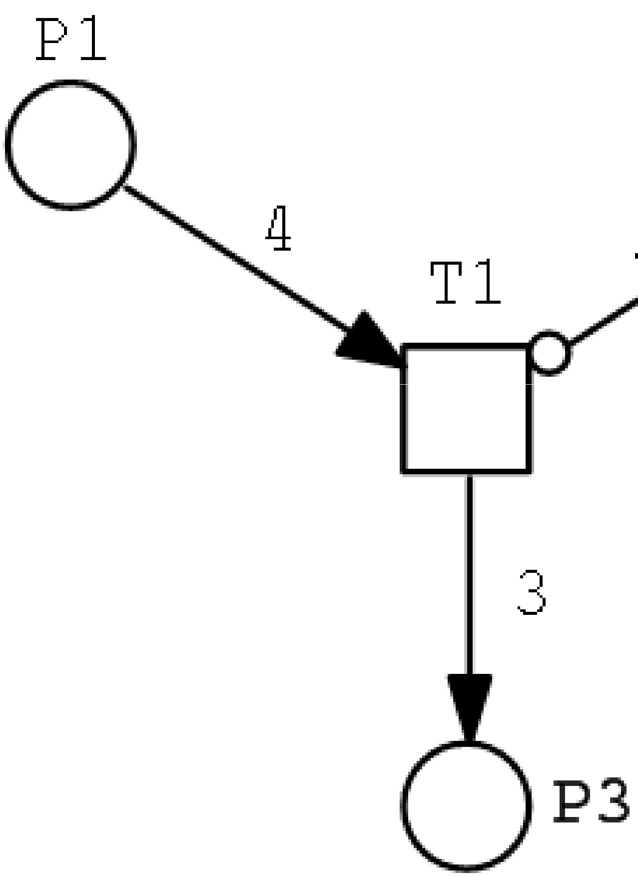
Struktura P/T Petriho sítí

- **Př. 1:** Je dána následující PN-struktura:

$$P = \{P1; P2; P3\},$$
$$T = \{T1\},$$
$$I = \{T1 \mapsto \{P1; P1; P1; P1\}\},$$
$$O = \{T1 \mapsto \{P3; P3; P3\}\},$$
$$H = \{T1 \mapsto \{P2; P2\}\}.$$

Zakreslete tuto PN-strukturu graficky.

Struktura P/T Petriho sítí

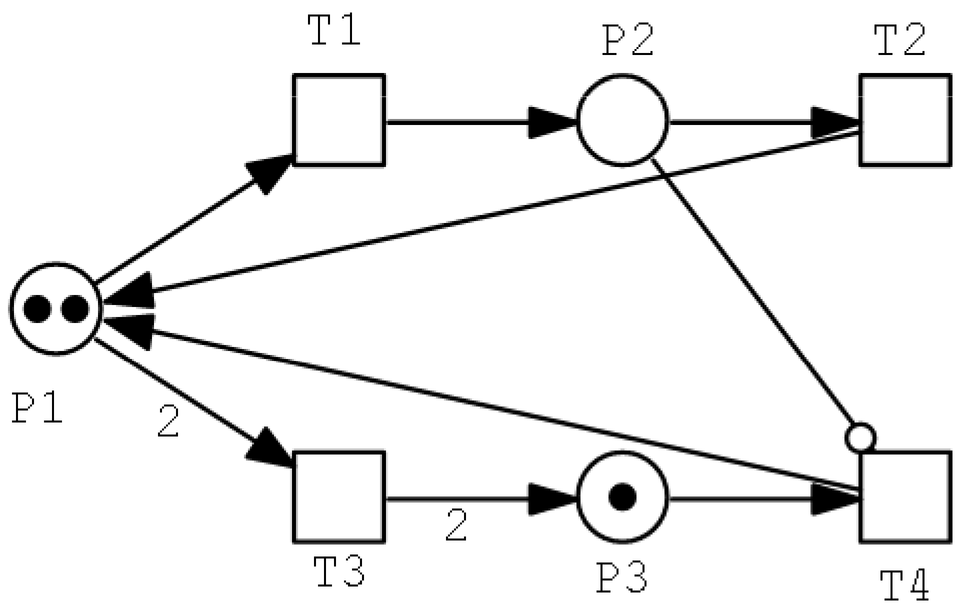


Struktura P/T Petriho sítí

- **Systémem Petriho sítě** (PN-systémem) rozumíme šestici <P, T, I, O, H, M_0>, kde:
  - <P, T, I, O, H> je struktura Petriho sítě.
  - M_0 je zobrazení typu P $\rightarrow \mathrm{Z}_0^+$ – tzv. **počáteční značení**.
- Zápis $M_0(p)$ vyjadřuje počáteční značení místa p, zápis M(p) vyjadřuje značení místa p při značení M.

Struktura P/T Petriho sítí

- **Př. 2:** Je zadán systém Petriho sítě. Nalezněte vstupní, výstupní a vstupní inhibiční funkci.



Struktura P/T Petriho sítí

I	P1	P2	P3
T1	1	0	0
T2	0	1	0
T3	2	0	0
T4	0	0	1

Vstupní funkce

O	P1	P2	P3
T1	0	1	0
T2	1	0	0
T3	0	0	2
T4	1	0	0

Výstupní funkce

H	P1	P2	P3
T1	0	0	0
T2	0	0	0
T3	0	0	0
T4	0	1	0

Vstupní inhibiční funkce

Struktura P/T Petriho sítí

- Zaveďme následující značení:
  - I(t) – multimnožina vstupních míst přechodu t.
  - O(t) – multimnožina výstupních míst přechodu t.
  - H(t) – multimnožina inhibičních míst přechodu t.
  - I(t,p) – násobnost prvku p v multimnožině I(t) (tedy násobnost hrany [p;t]).
  - O(t,p) – násobnost prvku p v multimnožině O(t) (tedy násobnost hrany [t;p]).

Struktura P/T Petriho sítí

- H(t,p) – násobnost prvku p v multimnožině H(t) (tedy násobnost inhibiční hrany [p;t]).
- ${}^{\bullet}t = \{p \in P : I(t,p) > 0\}$ – množina vstupních míst přechodu t.
- $t^{\bullet} = \{p \in P : O(t,p) > 0\}$ – množina výstupních míst přechodu t.
- ${}^{\circ}t = \{p \in P : H(t,p) > 0\}$ – množina inhibičních míst přechodu t.

Struktura P/T Petriho sítí

- $^{\bullet}p = \{t \in T : O(t, p) > 0\}$ – množina vstupních přechodů místa p.
- $p^{\bullet} = \{t \in T : I(t, p) > 0\}$ – množina výstupních přechodů místa p.

Dynamika P/T Petriho sítí

- Dynamika Petriho sítí je popsána dvěma pravidly:
  - Pravidlo stanovující podmínky proveditelnosti přechodu (enabling rule).
  - Pravidlo popisující změnu stavu sítě po provedení přechodu (firing rule).

Dynamika P/T Petriho sítí

- Přechod t je proveditelný při značení M, jestliže platí:

$$(\forall p \in {}^{\bullet}t)[M(p) \geq I(t,p)] \wedge (\forall p \in {}^{\circ}t)[M(p) < H(t,p)].$$

- Množinu všech přechodů proveditelných při značení M označujeme E(M). Značení, ve kterém není žádný přechod proveditelný, nazýváme **uzamčení** (deadlock).

Dynamika P/T Petriho sítí

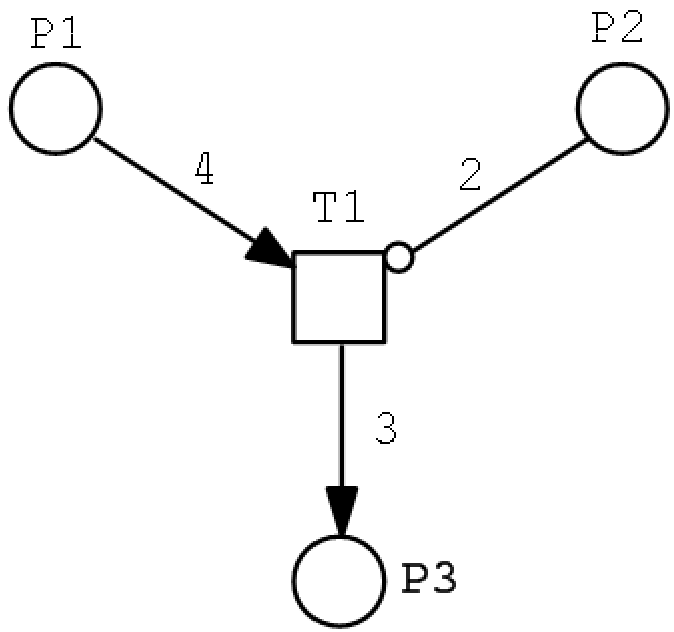
- Provedení přechodu t proveditelného při značení M vede ke změně značení M na značení M’ takovému, že platí:

$$\left(\forall p \in P\right)\left[M'\left(p\right) = M\left(p\right) + O\left(t, p\right) - I\left(t, p\right)\right],$$

tedy každému místu je přidán příslušný počet tokenů daný násobností hrany [t;p] a současně odebrán příslušný počet tokenů daný násobností hrany [p;t].

Dynamika P/T Petriho sítí

- **Př. 3:** Je dána Petriho síť. Stanovte, zda je při daném značení přechod T1 proveditelný a jak bude v případě provedení přechodu T1 vypadat značení M' sítě.



Dynamika P/T Petriho sítí

M			M’		
M(P1)	M(P2)	M(P3)	M’(P1)	M’(P2)	M’(P3)
5	1	3	1	1	6
4	1	2	0	1	5
4	2	1	-	-	-

- Při prvních dvou značeních je přechod T1 proveditelný, značení M’ jsou uvedena v tabulce.
- Při posledním značení přechod T1 proveditelný není (hrana [P2;T1] je inhibitor), síť je při tomto značení uzamčena.

Dynamika P/T Petriho sítí

- Skutečnost, že provedení proveditelného přechodu t vede od značení M ke značení M’ budeme zapisovat:

  $$M \xrightarrow{t} M',$$

  značení M’ je **bezprostředně dosažitelné** ze značení M.

Dynamika P/T Petriho sítí

- Zobecněním pojmu provedení přechodu je pojem provedení posloupnosti přechodů. Mějme posloupnost přechodů $\sigma = t_1, t_2, \ldots, t_k$. Tato posloupnost přechodů může začínat ze značení M právě tehdy, existuje-li posloupnost značení $M = M_1; M_2, \ldots, M_{k+1} = M'$ taková, že pro $i = 1, 2, \ldots, k$ platí:

$$M_i \xrightarrow{t_i} M_{i+1}.$$

Dynamika P/T Petriho sítí

- Potom říkáme, že značení M’ je **dosažitelné** ze značení M, což můžeme zapsat:

$$M \xrightarrow{\sigma} M'.$$

Dynamika P/T Petriho sítí

- **Množina dosažitelnosti** (reachability set) PN-systému <P, T, I, O, H, M_0> je množina $RS(M_0)$ definovaná:

$$- M_0 \in RS(M_0),$$

$$- M \in RS(M_0) \wedge (\exists t \in T)\left(M \xrightarrow{t} M' \right) \Rightarrow M' \in RS(M_0).$$

- Je-li M_0 pevně dáno, potom budeme množinu dosažitelnosti značit pouze RS.

Dynamika P/T Petriho sítí

- Algoritmus konstrukce množiny dosažitelných značení lze vyjádřit následujícími kroky:
  1) Položíme $X = \{M_0\}$.
  2) Přidáme k množině X všechna značení, která jsou bezprostředně dosažitelná ze značení, která jsou již v X obsažena.
  3) Zvětšila-li se množina X v kroku 2), pak se krok 2) opakuje. V opačném případě $RS(M_0) = X$.

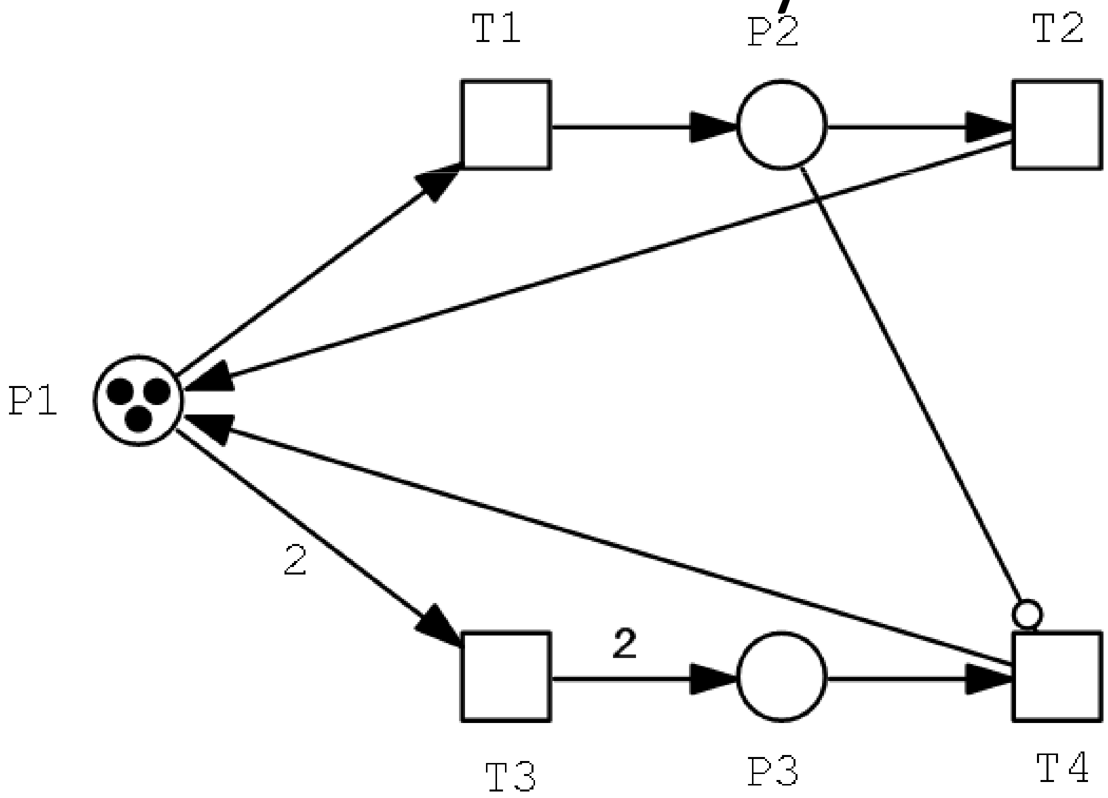
Dynamika P/T Petriho sítí

- **Graf dosažitelnosti** (reachability graph) PN-systému s množinou dosažitelnosti RS(M_0) je hranově ohodnocený orientovaný graf RG(M_0) s následujícími vlastnostmi:
  - RS(M_0) je množina vrcholů grafu.
  - Množina hran H grafu je definována takto:
    - $A \subseteq RS \times RS \times T$,
    - $\langle M_i, M_j, t \rangle \in A \Leftrightarrow M_i \xrightarrow{t} M_j$,

    M_0 je počáteční vrchol grafu.

Dynamika P/T Petriho sítí

- **Př. 4:** Je dána PN-systém. Nalezněte množinu dosažitelných značení a nakreslete graf dosažitelnosti tohoto PN-systému.

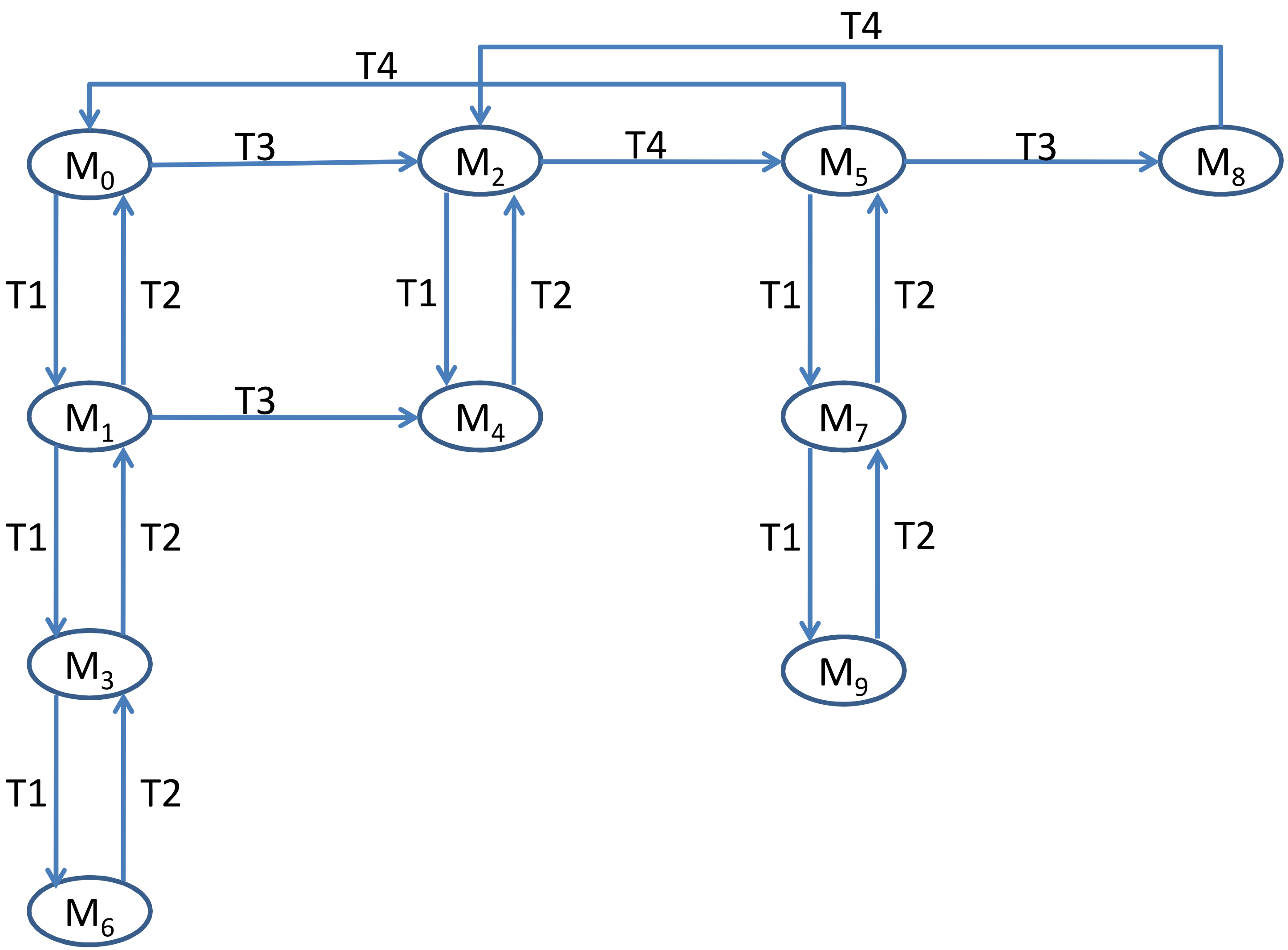


Dynamika P/T Petriho sítí

	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9
P1	3	2	1	1	0	2	0	1	0	0
P2	0	1	0	2	1	0	3	1	0	2
P3	0	0	2	0	2	1	0	1	3	1
$t \rightarrow M$	$T1 \rightarrow M_1$ $T3 \rightarrow M_2$	$T1 \rightarrow M_3$ $T2 \rightarrow M_0$ $T3 \rightarrow M_4$	$T1 \rightarrow M_4$ $T4 \rightarrow M_5$	$T1 \rightarrow M_6$ $T2 \rightarrow M_1$	$T2 \rightarrow M_2$	$T1 \rightarrow M_7$ $T2 \rightarrow M_8$ $T4 \rightarrow M_0$	$T2 \rightarrow M_3$	$T1 \rightarrow M_9$ $T2 \rightarrow M_5$	$T4 \rightarrow M_2$	$T2 \rightarrow M_7$

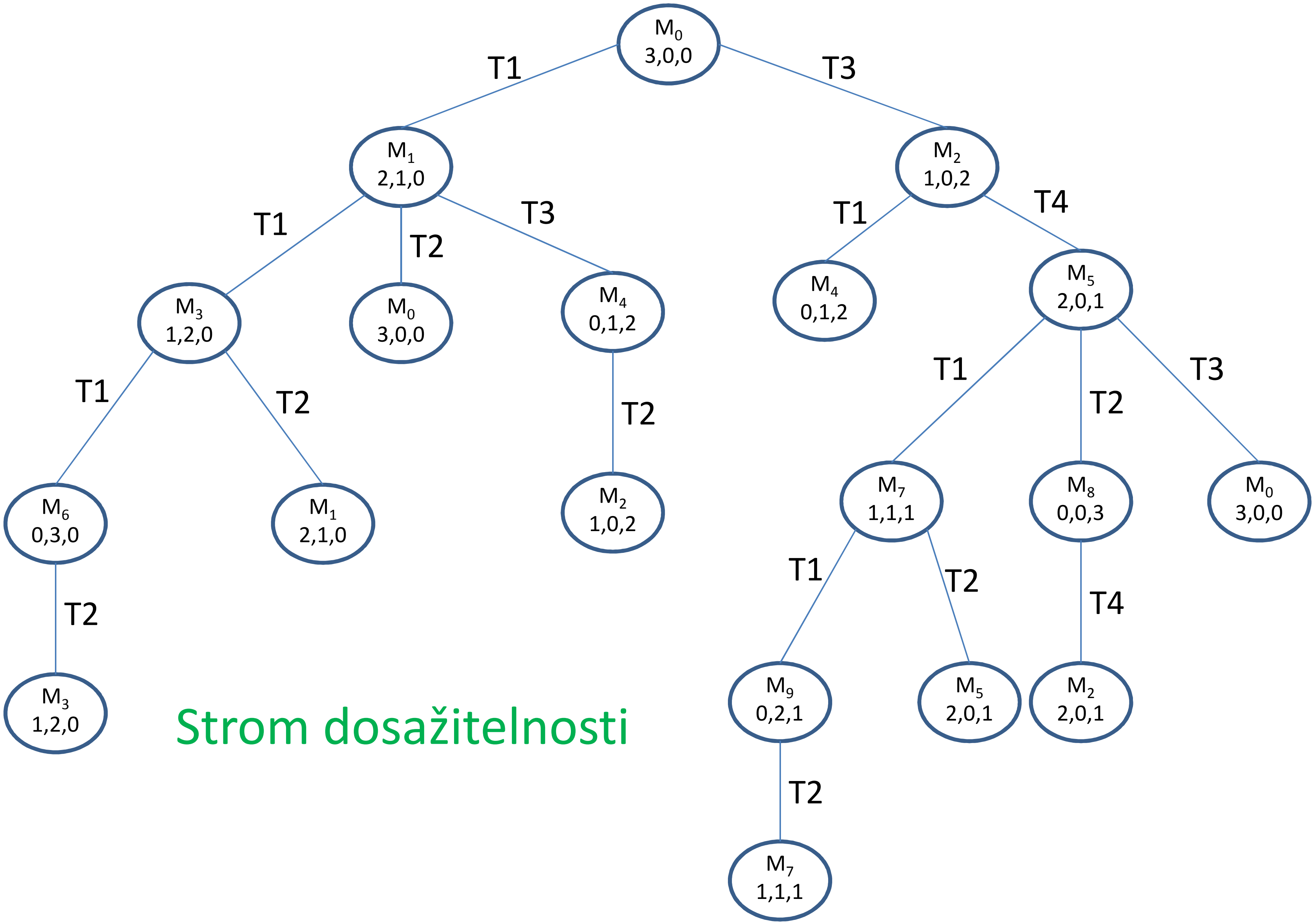
- V tabulce je znázorněna množina dosažitelných značení. Tabulka se vyplňuje po sloupcích zleva doprava, v posledním řádku jsou uvedeny přechody, které jsou v daném značení proveditelné.

Dynamika P/T Petriho sítí



Dynamika P/T Petriho sítí

- Ekvivalentním zakreslením grafu dosažitelnosti je **strom dosažitelnosti** (reachability tree), jehož konstrukce probíhá podle definice množiny dosažitelnosti. Počáteční značení M_0 tvoří kořen stromu. Konstrukce každé větve stromu je ukončena, jakmile má koncový vrchol větve značení shodné se značením některého dříve ustanoveného vrcholu. Graf dosažitelnosti vznikne ze stromu dosažitelnosti odstraněním koncových zdvojených uzlů a jejich náhradou zpětnými hranami jejich dvojníkům.



Strom dosažitelnosti

Dynamika P/T Petriho sítí

- V mnoha případech je strom dosažitelnosti (tedy i množina dosažitelnosti a graf dosažitelnosti) nekonečný (v případech, kdy může některé místo neomezeně zvětšovat počet tokenů, které se v něm nacházejí). V tomto případě se strom dosažitelnosti nahrazuje **stromem pokrytí** (coverability tree).

Dynamika P/T Petriho sítí

- Nechť je dáno značení PN-systému M = (m_1, m_2,…,$m_{|P|}$), kde |P| je počet prvků množiny M. Značení M **pokrývá** značení pokrývá značení N = (n_1, n_2,…,$n_{|P|}$), pokud:

$$\left(\forall i \in \{1,2,\ldots,|P|\} m_i \geq n_i\right) \wedge \left(\exists i \in \{1,2,\ldots,|P|\} m_i > n_i\right)$$

- Může-li počet tokenů v místě p nabývat libovolně velkých hodnot (tedy růst do nekonečna), potom zapisujeme $m_i = \omega$.

Dynamika P/T Petriho sítí

- Algoritmus konstrukce stromu pokrytí PN-systému:
  1) Kořenem stromu pokrytí je počáteční značení M_0.
  2) Pro každé nově ustanovené značení M platí:
     - Je-li E(M) = { }, pak je M terminálním vrcholem stromu.
     - Není-li E(M) = { }, pak nalezni všechna bezprostředně dosažitelná značení M' reprezentující vrcholy grafu podle těchto pravidel:

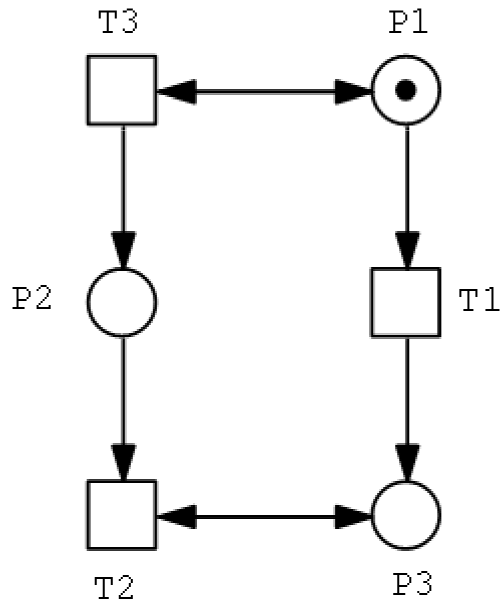
Dynamika P/T Petriho sítí

- Je-li $m_i = \omega$ pro některé $i \in \{1,2,\ldots|P|\}$, pak taky $m'_i = \omega$.
- Jestliže v dosud vytvořeném stromě na cestě od kořene M_0 do vrcholu M' existuje vrchol N, jehož značení je pokryto značením vrcholu M', potom polož $m'_i = \omega$ pro všechna $i \in \{1,2,\ldots|P|\}$ taková, že $m'_i > n_i$.
- V ostatních případech se značení vrcholu M' vypočte podle pravidla pro provedení přechodu.

3) Rozšiřování stromu je ukončeno, jakmile jsou všechny koncové vrcholy buď uzamčením (tedy E(M) = { }) nebo se na své větvi stromu vyskytují již po druhé (duplikované vrcholy).

Dynamika P/T Petriho sítí

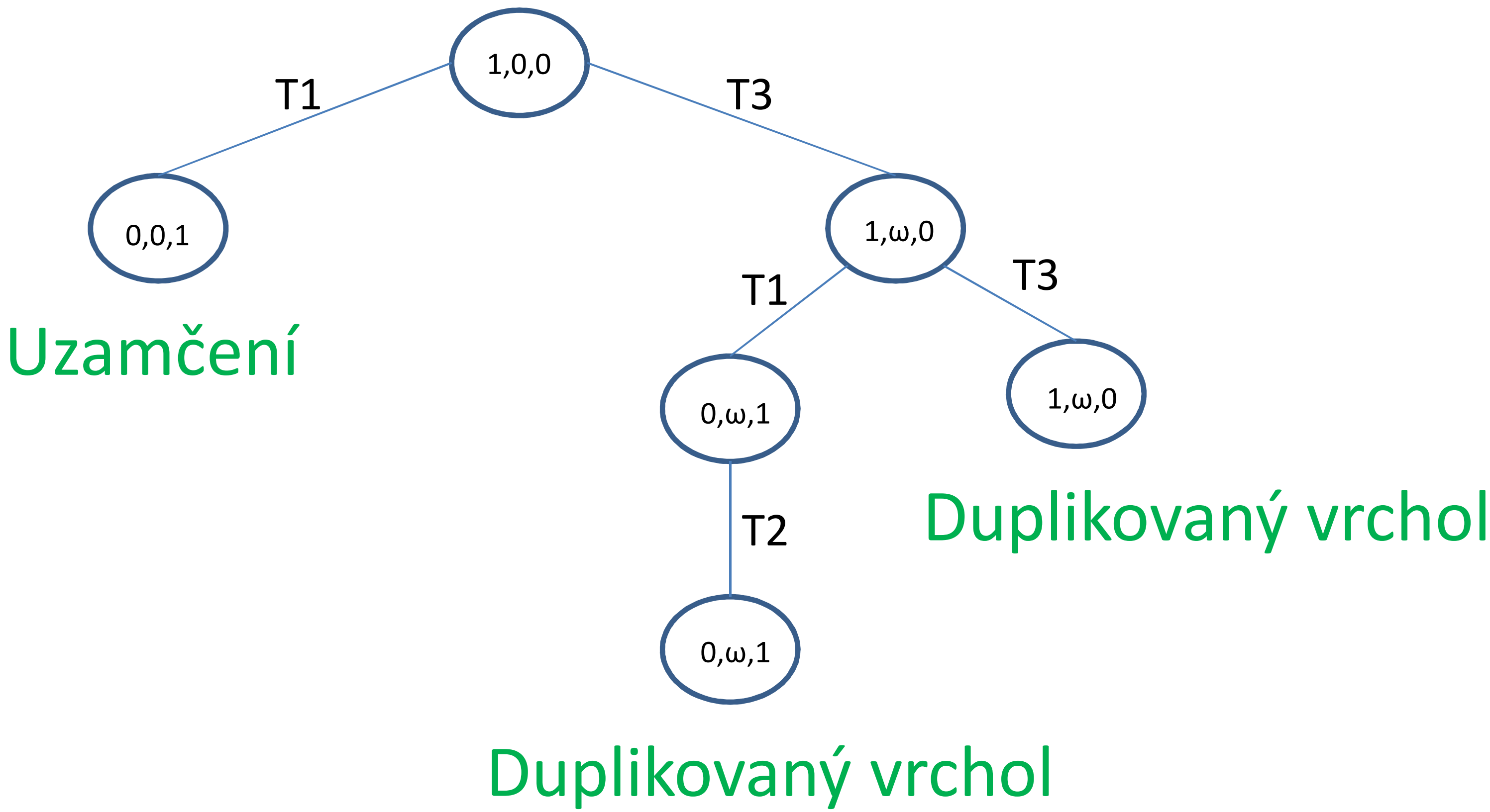
- Je dán následující PN-systém. Nalezněte jeho strom pokrytí.



Dynamika P/T Petriho sítí

- Je zřejmé, že prováděním přechodu T3 roste značení místa P2 neomezeně. Provedením přechodu T1 přestane být přechod T3 proveditelný a opakovaným prováděním přechodu T2 klesá značení místa P2 až do značení (0,0,0), jež je uzamčením.
- Strom dosažitelnosti je v tomto případě nekonečný, proto ho nahradíme stromem pokrytí.

Strom pokrytí



Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- **Stupeň proveditelnosti** (enabling degree) ED(t,M) přechodu t při značení M je celé nezáporné číslo *k* udávající, kolikrát je přechod t proveditelný při značení M.
- Přechod t_i je v **efektivním konfliktu** (effective conflict) s přechodem t_k při značení M, pokud:

$$M \xrightarrow{t_i} M' \wedge \left[ED(t_k, M') < ED(t_k, M) \right].$$

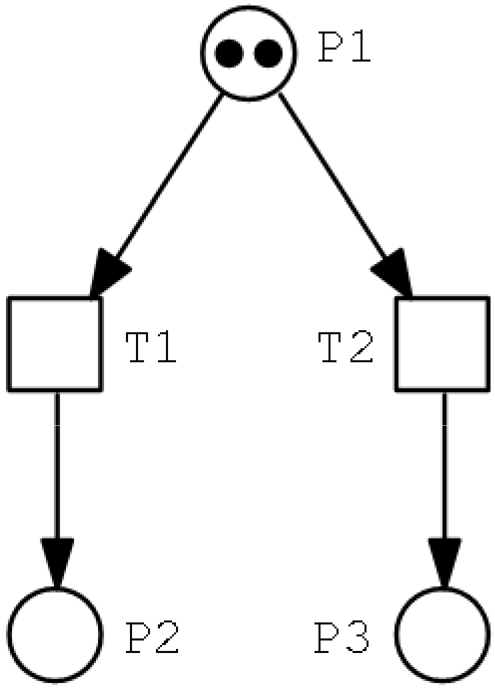
Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Konfliktem tedy rozumíme situaci, při které provedení jednoho přechodu snižuje stupeň proveditelnosti druhého přechodu. Tuto skutečnost značíme zápisem t_i EC(M) t_k.
- Proveditelný přechod při značení M je přechod se stupněm proveditelnosti alespoň 1, neproveditelný přechod má stupeň proveditelnosti 0.

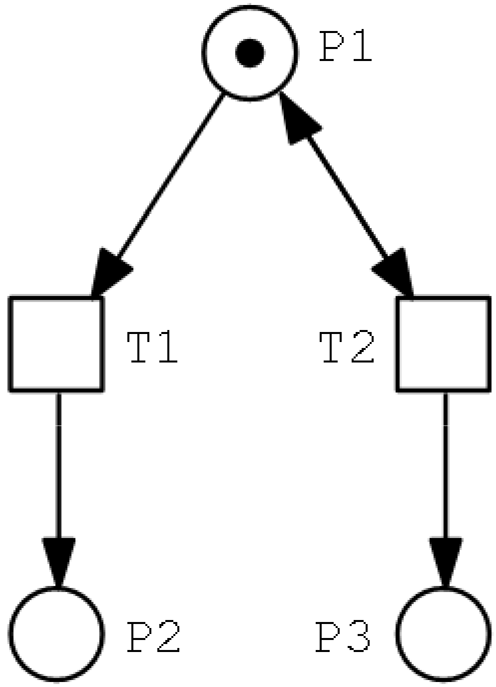
Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Přechody t_i a t_k jsou ve **strukturním konfliktu** (structural conflict), jestliže mají společné vstupní místo.
- Konflikt je **symetrický**, jestliže provedení kteréhokoliv ze dvou přechodů snižuje stupeň proveditelnosti druhého přechodu.
- Konflikt je **asymetrický**, jestliže provedení jednoho přechodu snižuje stupeň proveditelnosti druhého přechodu, ale ne naopak.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



ED(T1,M) = 2, ED(T2,M) = 2
T1 EC(M) T2 a zároveň T2 EC(M) T1
symetrický konflikt



ED(T1,M) = 1, ED(T2,M) = ∞
T1 EC(M) T2, nikoliv T2 EC(M) T1
asymetrický konflikt

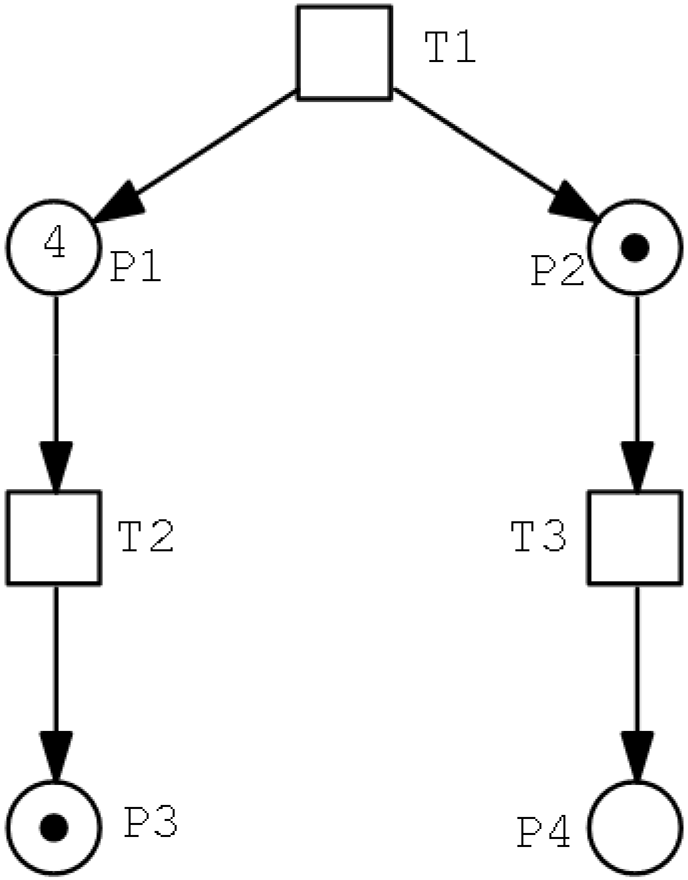
Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Přechody t_i a t_k nazýváme **souběžné** (concurent) při značení M, pokud:

$$t_i, t_k \in E(M) \wedge \neg[t_i\ EC(M)\, t_k] \wedge \neg[t_k\ EC(M)\, t_i].$$

- Souběžné přechody při značení M jsou tedy takové přechody, které jsou při značení M proveditelné a přitom nejsou navzájem v konfliktu.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



Přechody T2 a T3 jsou souběžné, protože oba dva jsou při aktuálním značení M proveditelné a zároveň nejsou v konfliktu.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Dva **přechody** t_i a t_k se **vzájemně vylučují**, jestliže neexistuje značení M dosažitelné z počátečního značení M_0, při kterém by oba přechody byly současně proveditelné. Musí tedy platit:

$$\neg\{[\exists M \in RS(M_0)][t_i \in E(M) \wedge t_k \in E(M)]\}.$$

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Dvě **místa** p_i a p_k se **vzájemně vylučují**, jestliže neexistuje značení dosažitelné z počátečního značení M_0, při kterém by obě místa měla současně nenulové značení, tedy:

$$\neg\{[\exists M \in RS(M_0)][M(p_i) > 0 \wedge M(p_k) > 0]\}.$$

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Značení M' je **dosažitelné** (reachable) ze značení M, jestliže existuje posloupnost přechodů σ_M, která je proveditelná ve značení M a která převádí Petriho síť ze značení M do značení M', tedy:

$$\exists \sigma_M \left(M \xrightarrow{\sigma_M} M' \right),$$

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Značení M se nazývá **vždy dosažitelné**, jestliže je dosažitelné z každého dosažitelného značení, tedy:

  $$[\forall M' \in RS(M_0)][M \in RS(M')],$$

  kde zápisem RS(M') rozumíme množinu všech značení dosažitelných ze značení M'.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- PN-systém se nazývá **reversibilní** (reversible), jestliže je počáteční značení vždy dosažitelné, tedy:

  $$[\forall M \in RS(M_0)][M_0 \in RS(M)].$$

- V reversibilním systému je libovolné dosažitelné značení dosažitelné z libovolného dosažitelného značení.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- PN-systém <P, T, I, O, H, M_0> se nazývá systémem **bez uzamčení** (deadlock-free), jestliže z počátečního značení M_0 není dosažitelné žádné značení, ve kterém by nebyl žádný přechod proveditelný, tedy:

$$\neg\{[\exists M \in RS(M_0)][(E(M)=\emptyset)]\}.$$

Zápisem E(M) označujeme množinu všech přechodů proveditelných při značení M.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Přechod t je **mrtvý při značení M**, jestliže přechod není proveditelný v žádném značení dosažitelném ze značení M, tedy:
  $$[\forall M' \in RS(M)][t \notin E(M')].$$
- Přechod t je **živý při značení M**, jestliže není mrtvý v žádném značení dosažitelném ze značení M, tedy:
  $$[\forall M' \in RS(M)][\exists M'' \in RS(M')][t \in E(M'')].$$

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- **Přechod t je v daném PN-systému mrtvý**, je-li mrtvý při počátečním značení, tedy:

$$[\forall M \in RS(M_0)][t \notin E(M)].$$

- **Přechod t je v daném PN-systému živý**, je-li živý při počátečním značení

$$[\forall M \in RS(M_0)][\exists M' \in RS(M)][t \in E(M')].$$

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- **PN-systém je mrtvý**, jsou-li všechny jeho přechody mrtvé, tedy:

$$(\forall t \in T)[\forall M \in RS(M_0)][t \notin E(M)].$$

- **PN-systém je živý**, jsou-li všechny jeho přechody živé, tedy:

$$\forall t \in T\,[\forall M \in RS(M_0)][\exists M' \in RS(M)][t \in E(M')].$$

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Živý PN-systém je tedy takový, kdy žádný přechod nikdy neztrácí možnost, že bude někdy znovu proveden.
- Pro každou PN-strukturu lze definovat odpovídající PN-systém, který není živý (např. volbou nulového počátečního značení pro všechna místa).
- Obsahuje-li PN-systém aspoň jeden živý přechod, pak neobsahuje uzamčení. Neexistence uzamčení však nezaručuje živost PN-systému.

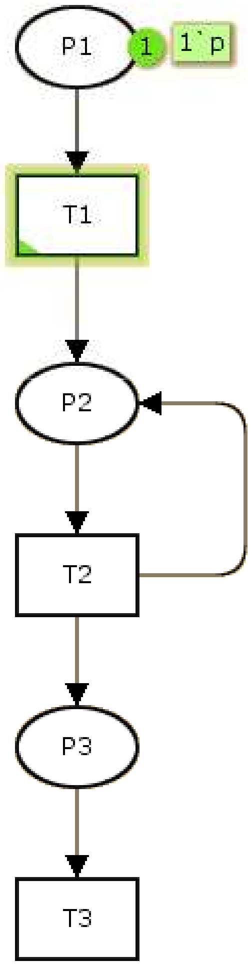
Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Místo p PN-systému se nazývá ***k*-omezené** (*k*-bounded), pokud pro každé dosažitelné značení počet tokenů v tomto místě nepřesáhne *k*, tedy:
  $[\forall M \in RS(M_0)][M(p) \leq k].$
- PN-systém se nazývá ***k*-omezený**, jestliže všechna místa jsou *k*-omezená, tedy:
  $(\forall p \in P)[\forall M \in RS(M_0)][M(p) \leq k].$

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

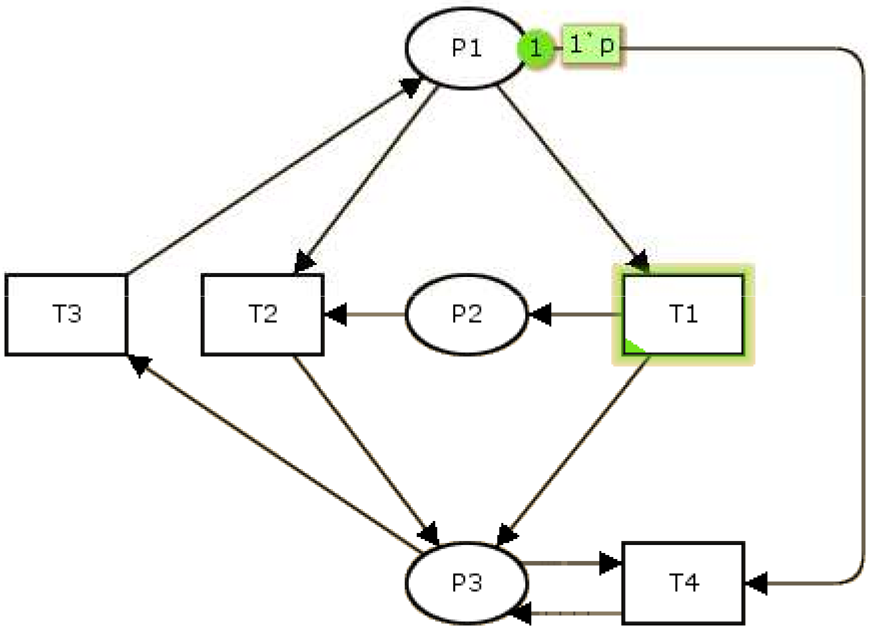
- PN-systém se nazývá **bezpečným** (safe), pokud je 1-omezený.
- **Př. 5:** Na následujících obrázcích jsou znázorněny různé PN-systémy. Rozhodněte o tom, zda jsou omezené, živé a reversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



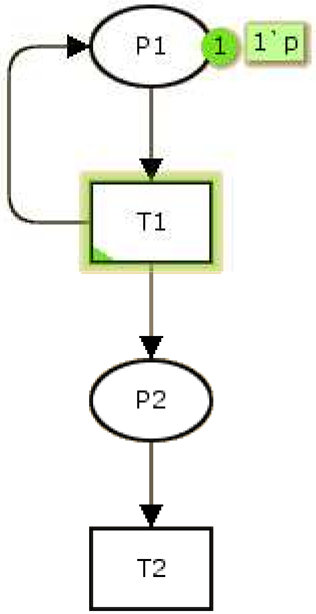
- Po provedení přechodu T1 se přechod T0 stane mrtvým.
- Po provedení přechodu T1 je M(P2) = 1, M(P3) prováděním přechodu T2 roste neomezeně.
- Systém je tedy neomezený, neživý a nereversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



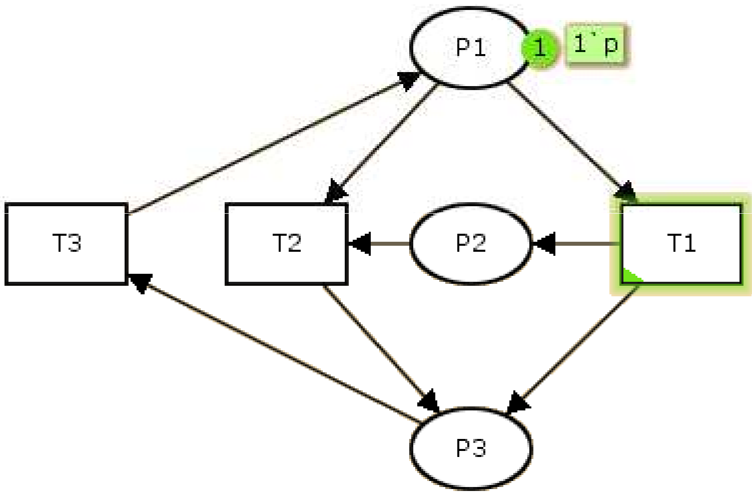
- Přechod T4 je mrtvý.
- M(P1) + M(P3) = 1.
- Prováděním posloupnosti přechodů T1 a T3 roste M(P2) neomezeně.
- Systém je neomezený, neživý a reversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



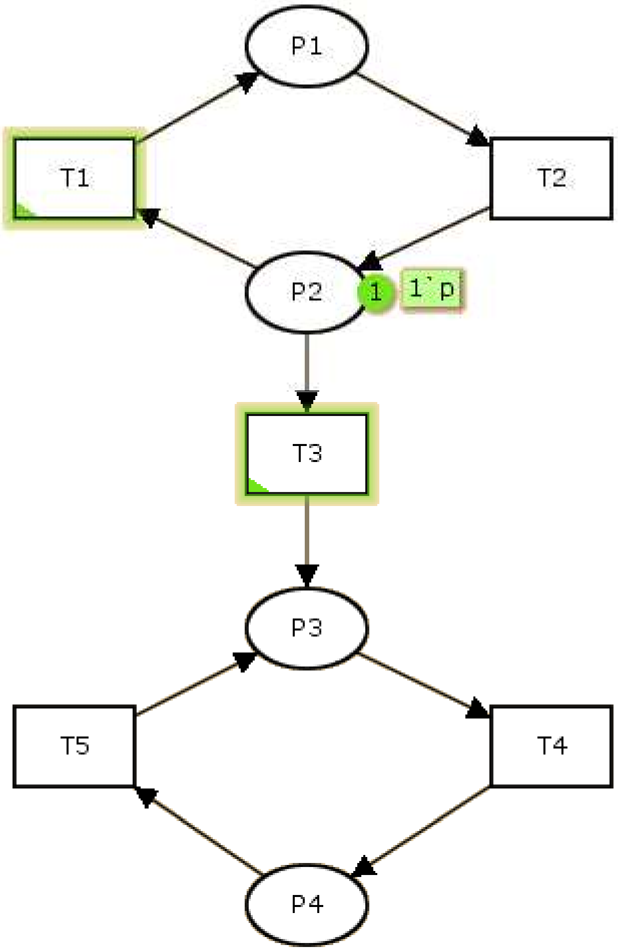
- Prováděním přechodu T1 roste M(P2) neomezeně.
- M(P1) = 1.
- Systém je neomezený, živý a reversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



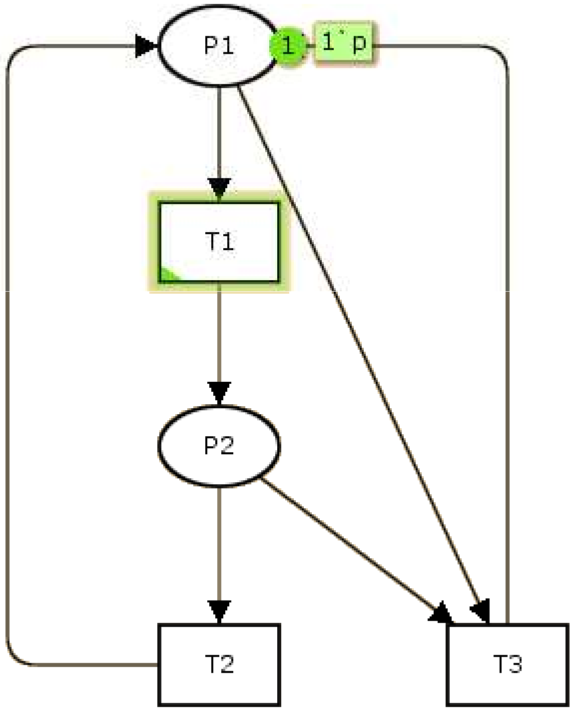
- M(P1) + M(P3) = 1.
- M(P2) prováděním posloupností přechodů T1 a T3 roste neomezeně.
- Systém je tedy neomezený, živý a reversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



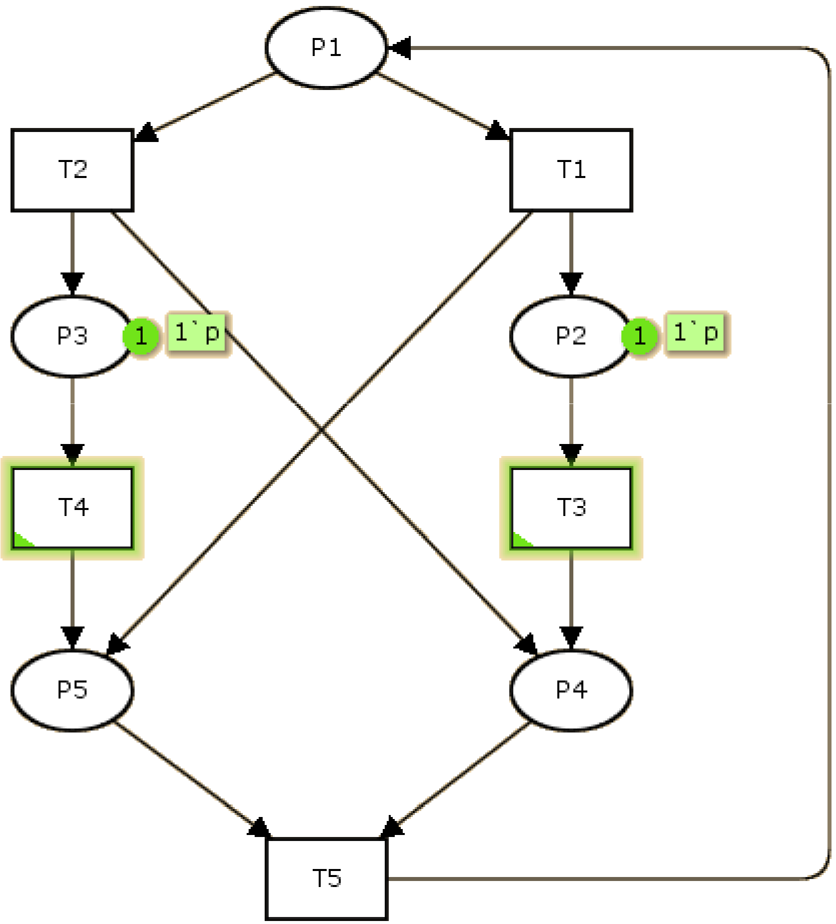
- Po provedení přechodu T3 se přechody T1 a T2 stanou mrtvými.
- Při libovolném dosažitelném značení nepřesáhne značení každého místa 1.
- Systém je tedy 1-omezený, neživý a nereversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



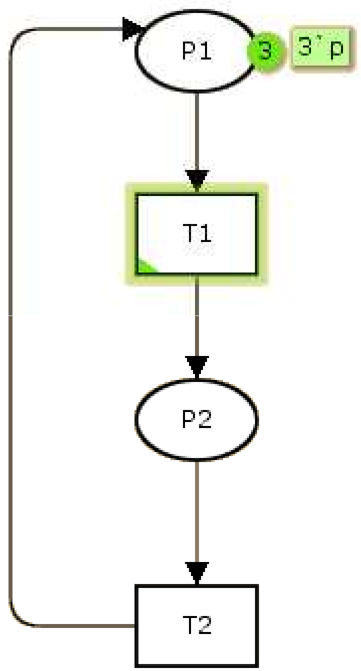
- Přechod T3 je mrtvý.
- Při libovolném dosažitelném značení nepřesáhne značení každého místa 1.
- Systém je tedy 1-omezený, neživý a reversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



- Při libovolném dosažitelném značení nepřesáhne značení každého místa 1.
- Systém je tedy 1-omezený, živý a nereversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



- Při libovolném dosažitelném značení nepřesáhne značení každého místa 3.
- Systém je tedy 3-omezený, živý a reversibilní.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Metoda stavové analýzy PN-systému <P, T, I, O, H, M_0> je založena na konstrukci množiny dosažitelných značení RS(M_0) a grafu dosažitelnosti RG.
- Předpokládejme, že množina dosažitelných značení je konečná a tedy i graf dosažitelnosti je konečný.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Máme-li popsán PN-systém grafem dosažitelnosti, můžeme analýzu PN-systému provést pomocí analýzy grafu dosažitelnosti na základě následujících tvrzení:
  1) Značení M' je v PN-systému dosažitelné ze značení M právě tehdy, když v grafu dosažitelnosti vede orientovaná cesta z uzlu M do uzlu M'.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

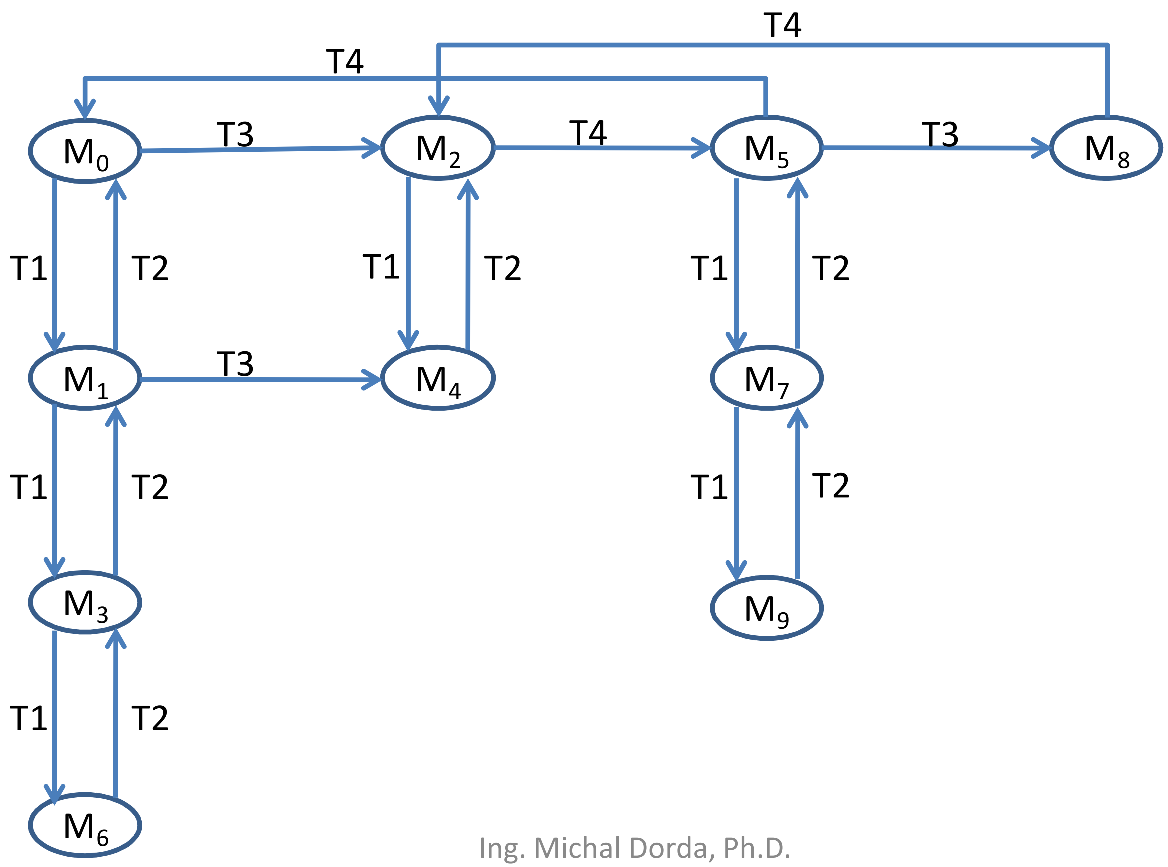
2) Značení M je v PN-systému vždy dosažitelným stavem právě tehdy, když z každého vrcholu grafu dosažitelnosti vede orientovaná cesta do uzlu M.
3) PN-systém je reversibilní právě tehdy, když v grafu dosažitelnosti existuje z každého vrcholu orientovaná cesta do vrcholu M_0.
4) PN-systém neobsahuje uzamčení právě tehdy, když v grafu dosažitelnosti neexistuje vrchol, ze kterého by nevedla žádná hrana.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

5) PN-systém je živý právě tehdy, když pro všechny koncové (finální) silně souvislé komponenty grafu dosažitelnosti platí, že každý přechod ohodnocuje alespoň jednu hranu komponenty.
6) PN-systém je omezený právě tehdy, když je graf dosažitelnosti konečný.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Vraťme se k PN-systému z příkladu 4. Jeho graf dosažitelnosti je zobrazen na obrázku.



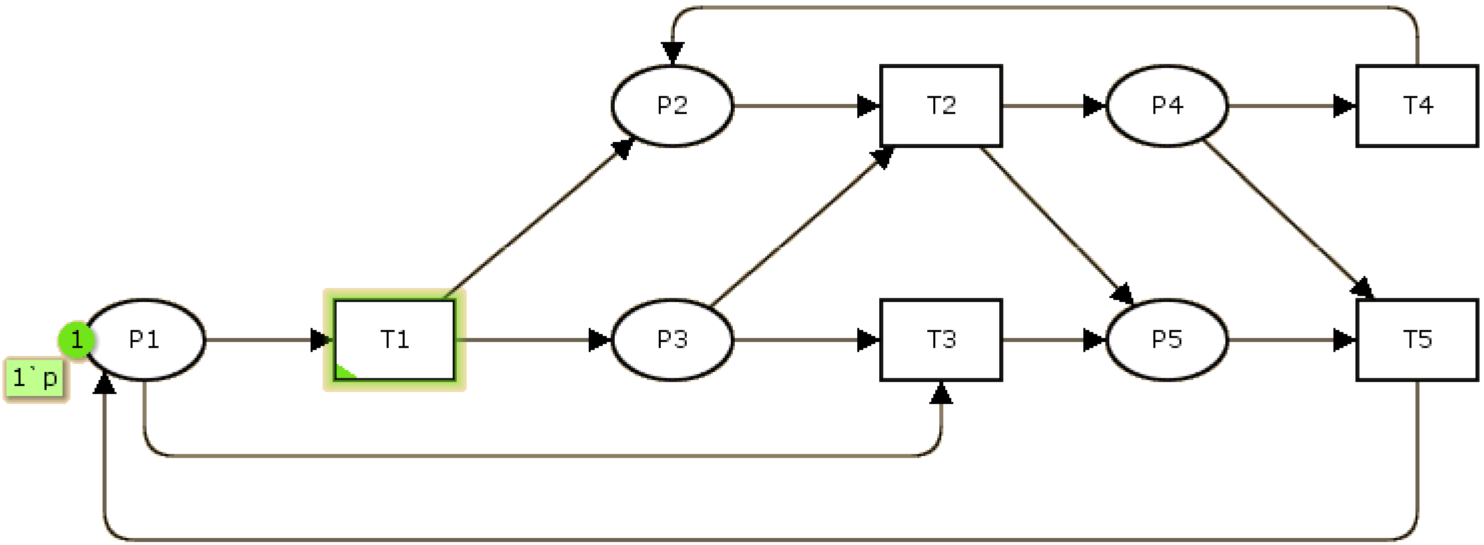
Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- Tento PN-systém je reversibilní, protože z každého vrcholu grafu dosažitelnosti vede orientovaná cesta do uzlu M_0.
- PN-systém je bez uzamčení, protože z každého vrcholu vede alespoň 1 orientovaná hrana.
- PN-systém je živý, protože graf dosažitelnosti je silně souvislý a každý přechod PN-systému je ohodnocením alespoň jedné hrany grafu.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- PN-systém je omezený, protože graf dosažitelnosti je konečný.
- Z množiny dosažitelných značení dále plyne, že PN-systém je 3-omezený.
- **Př. 6:** Je dán PN-systém. Nalezněte jeho množinu dosažitelných značení a graf dosažitelnosti a na základě něj zjistěte vlastnosti tohoto systému.

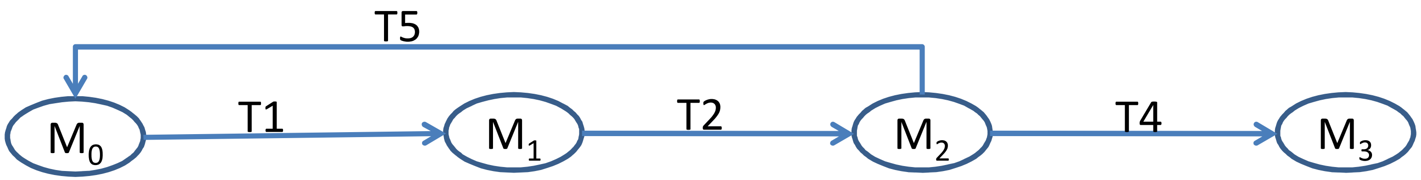
Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

	M_0	M_1	M_2	M_3
M(P1)	1	0	0	0
M(P2)	0	1	0	1
M(P3)	0	1	0	0
M(P4)	0	0	1	0
M(P5)	0	0	1	1
$t \rightarrow M$	$T1 \rightarrow M_1$	$T2 \rightarrow M_2$	$T4 \rightarrow M_3$ $T5 \rightarrow M_0$	-

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí



- PN-systém není reversibilní, neboť ze značení M3 není dosažitelné počáteční značení M0.
- PN-systém obsahuje uzamčení, protože z vrcholu M3 nevystupuje žádná hrana.
- Jelikož systém obsahuje uzamčení, není živý.

Vlastnosti a stavová analýza P/T sítí

- PN-systém je omezený, protože graf dosažitelnosti je konečný.
- Z tabulky znázorňující množinu dosažitelných značení plyne, že systém je 1-omezený, tedy bezpečný.