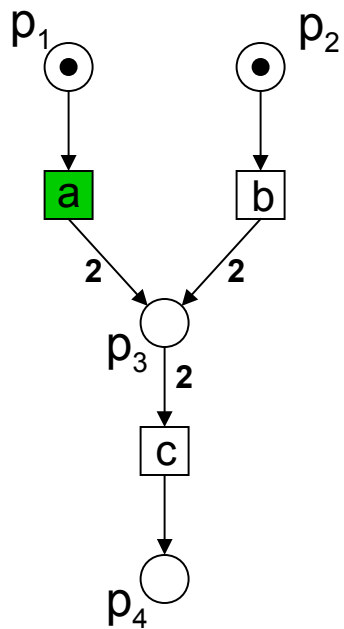


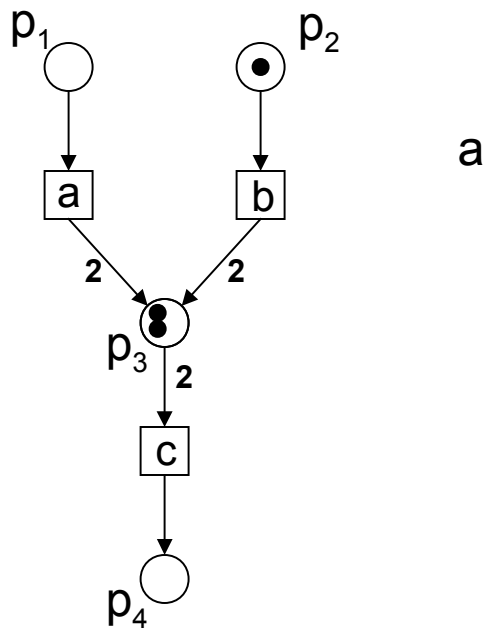
Petriho siete a ich aplikácie

Gabriel Juhás

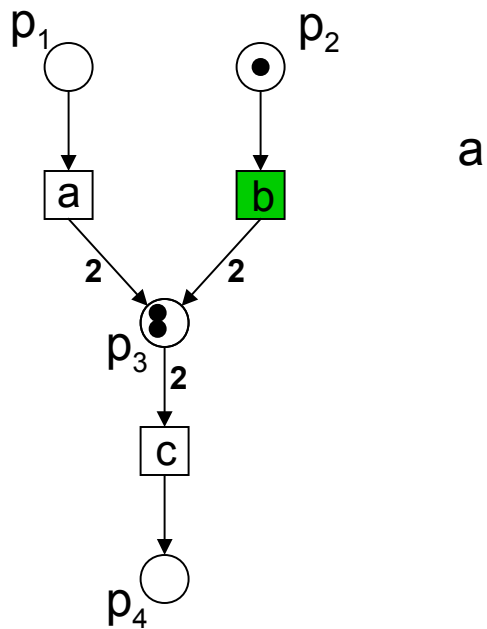
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



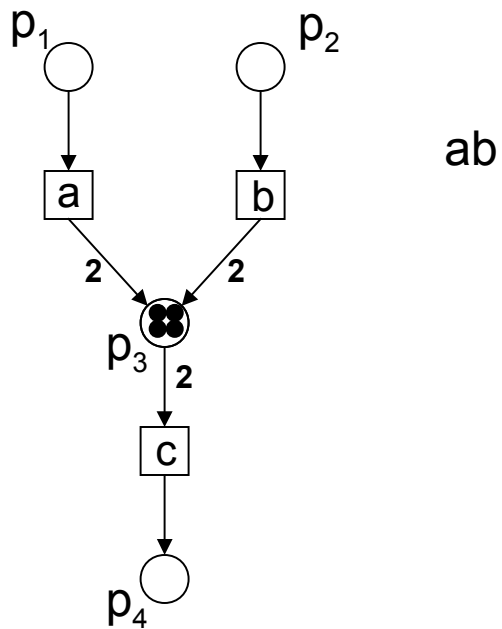
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



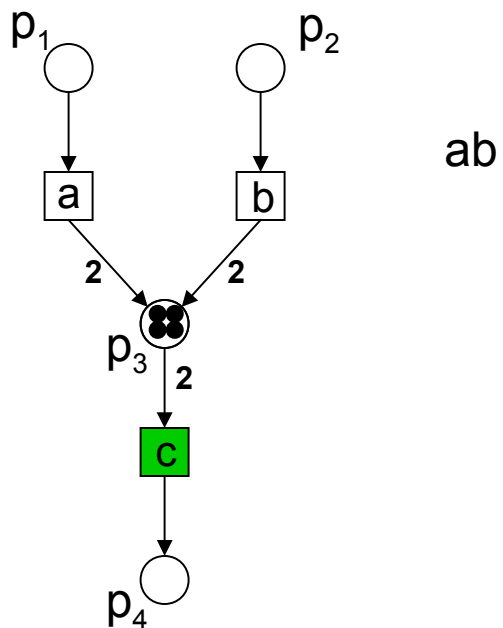
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



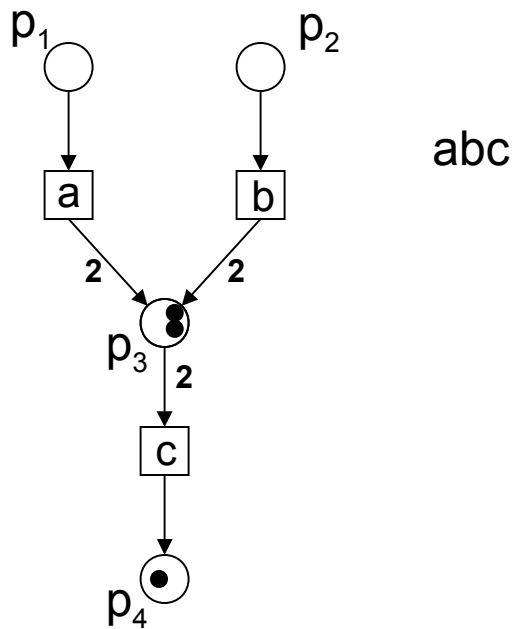
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



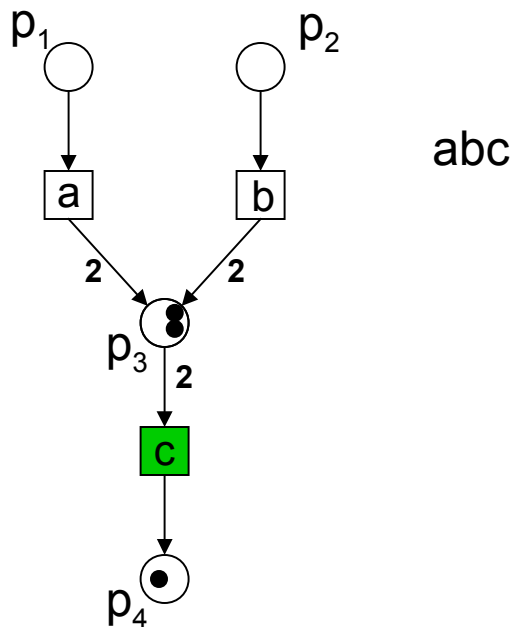
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



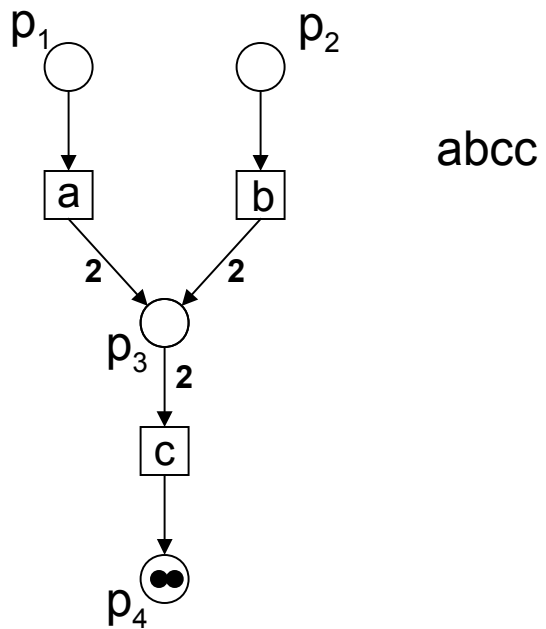
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



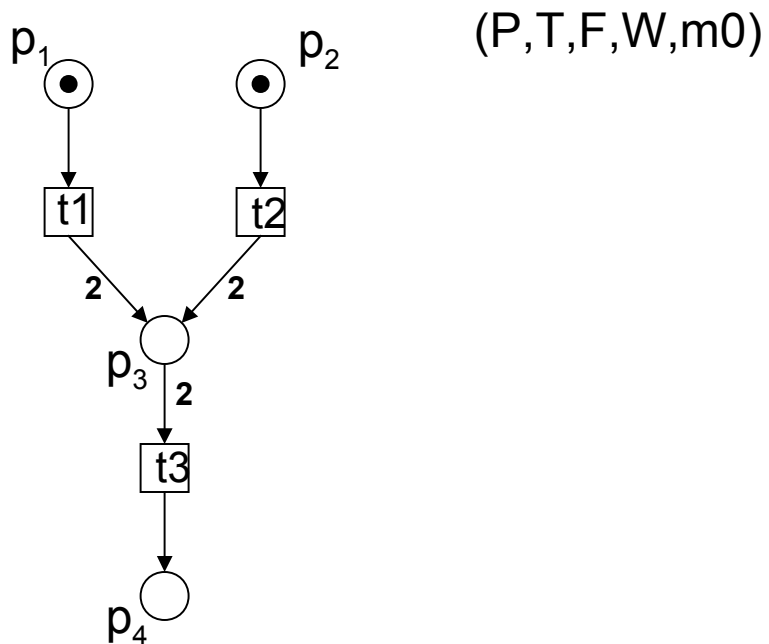
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



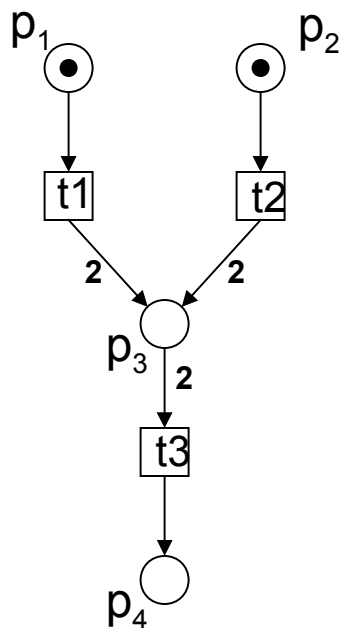
Sekvenčná sémantika Petriho sietí



Petriho sieť - definícia



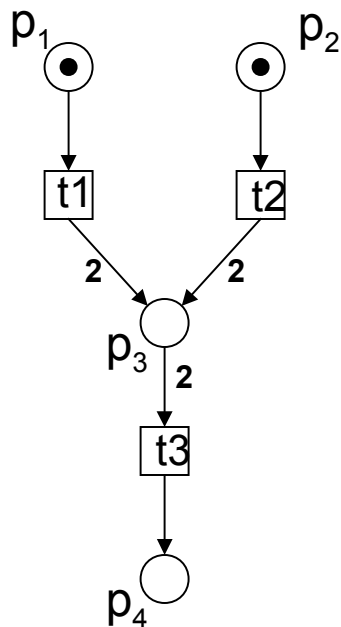
Petriho sieť - definícia



(P, T, F, W, m_0)

P je konečná množina miest

Petriho sieť - definícia

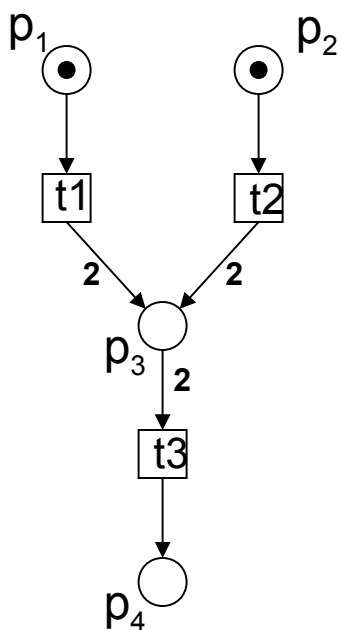


(P, T, F, W, m_0)

P je konečná množina miest

T je konečná množina prechodov

Petriho sieť - definícia



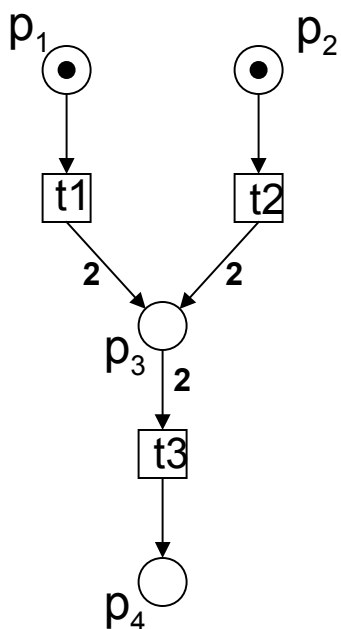
(P, T, F, W, m_0)

P je konečná množina miest

T je konečná množina prechodov

$P \cap T = \emptyset$ (prienik P a T je prázdna množina)

Petriho sieť - definícia



(P, T, F, W, m_0)

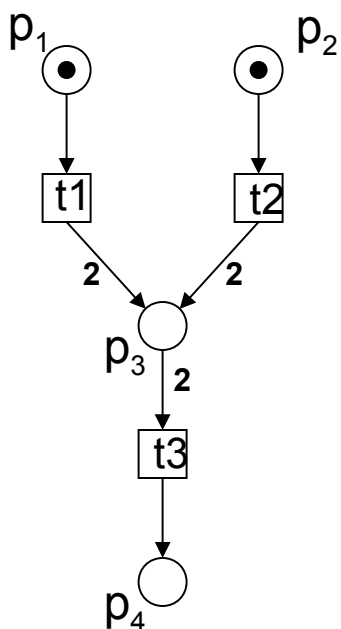
P je konečná množina miest

T je konečná množina prechodov

$P \cap T = \emptyset$ (priemik P a T je prázdna množina)

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ je množina hrán

Petriho sieť - definícia



(P, T, F, W, m_0)

P je konečná množina miest

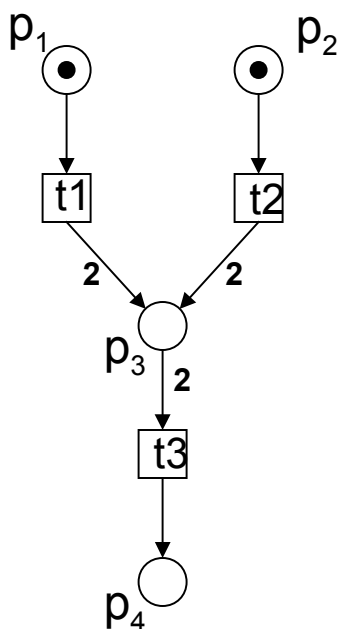
T je konečná množina prechodov

$P \cap T = \emptyset$ (prienik P a T je prázdna množina)

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ je množina hrán

$W: F \rightarrow \mathbb{Z}^+$ prirad'uje hranám násobnosť (\mathbb{Z}^+ označuje kladné celé čísla)

Petriho sieť - definícia



$$PN = (P, T, F, W, m_0)$$

P je konečná množina miest

T je konečná množina prechodov

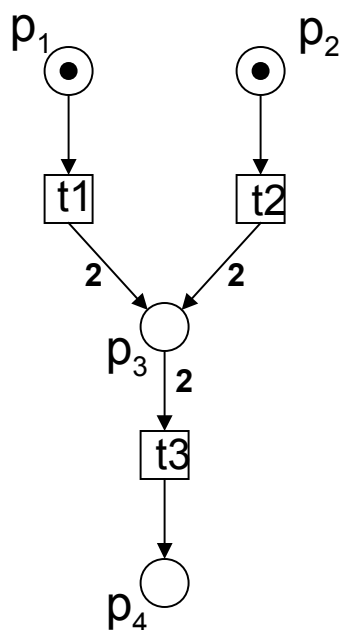
$P \cap T = \emptyset$ (prienik P a T je prázdna množina)

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ je množina hrán

$W: F \rightarrow \mathbb{Z}^+$ prirad'uje hranám násobnosť (\mathbb{Z}^+ označuje kladné celé čísla)

$m_0: P \rightarrow \mathbb{N}$ je počiatočné značkovanie (\mathbb{N} označuje nezáporné celé čísla)

Petriho sieť – preset, postset



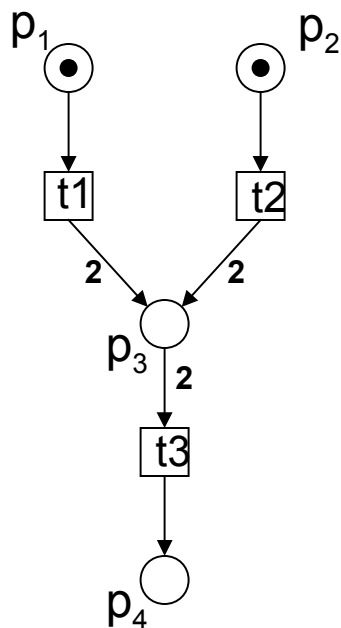
Nech $t \in T$ je prechod

potom

$\bullet t = \{p \in P \mid (p, t) \in F\}$ označuje množinu miest, z ktorých vedie hrana do prechodu t

$t \bullet = \{p \in P \mid (t, p) \in F\}$ označuje množinu miest, do ktorých vedie hrana z prechodu t

Petriho sieť – spustiteľnosť prechodu

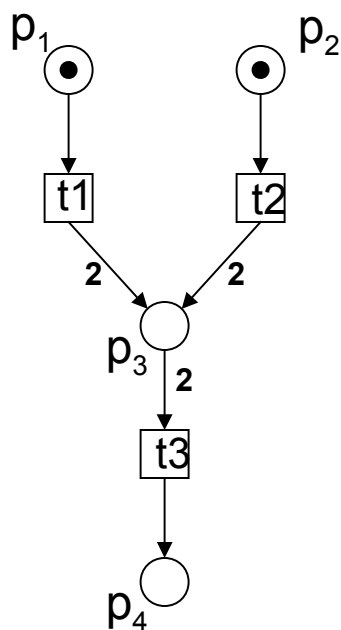


Prechod $t \in T$ je spustiteľný v značkovaní $m: P \rightarrow N$ práve vtedy keď platí

$$\forall p \in \bullet t: m(p) \geq W((p, t))$$

(ak z p do t vedie hrana, potom počet značiek v p je väčší alebo rovný ako násobnosť hrany z p do t)

Petriho sieť – spustenie prechodu



Ak prechod $t \in T$ je spustiteľný v značkovaní $m: P \rightarrow N$ potom pustenie prechodu t v značkovaní m vedie k novému značkovaniu $m': P \rightarrow N$ takému že $\forall p \in P$:

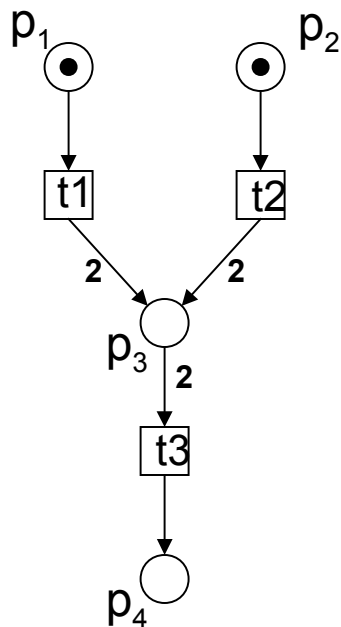
$$p \in \bullet t \cap t \bullet \Rightarrow m'(p) = m(p) - W((p,t)) + W((t,p))$$

$$(p \in \bullet t \wedge p \notin t \bullet) \Rightarrow m'(p) = m(p) - W((p,t))$$

$$(p \notin \bullet t \wedge p \in t \bullet) \Rightarrow m'(p) = m(p) + W((t,p))$$

$$(p \notin \bullet t \wedge p \notin t \bullet) \Rightarrow m'(p) = m(p)$$

Petriho sieť – vstupná a výstupná funkcia



Vstupná funkcia (vstupná matica)

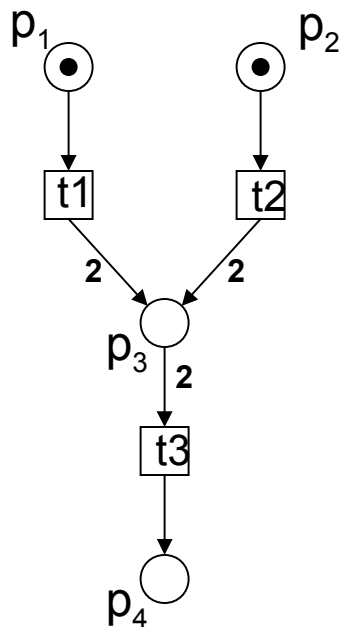
$I: P \times T \rightarrow N$ priradzuje každému miestu p a každému prechodu t koľko značiek skonzumuje z miesta p spustenie prechodu t

$\forall p \in P \forall t \in T:$

$p \in \bullet t \Rightarrow I((p,t)) = W((p,t))$

$p \notin \bullet t \Rightarrow I((p,t)) = 0$

Petriho sieť – vstupná a výstupná funkcia



Vstupná funkcia (vstupná matica)

$I: P \times T \rightarrow N$ priradzuje každému miestu p a každému prechodu t koľko značiek skonzumuje z miesta p spustenie prechodu t

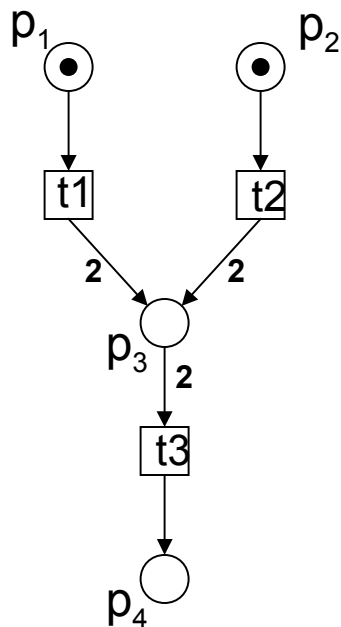
$\forall p \in P \forall t \in T:$

$p \in \bullet t \Rightarrow I((p,t)) = W((p,t))$

$p \notin \bullet t \Rightarrow I((p,t)) = 0$

	t1	t2	t3
p1	1	0	0
p2	0	1	0
p3	0	0	2
p4	0	0	0

Petriho sieť – vstupná a výstupná funkcia



Výstupná funkcia (výstupná matica)

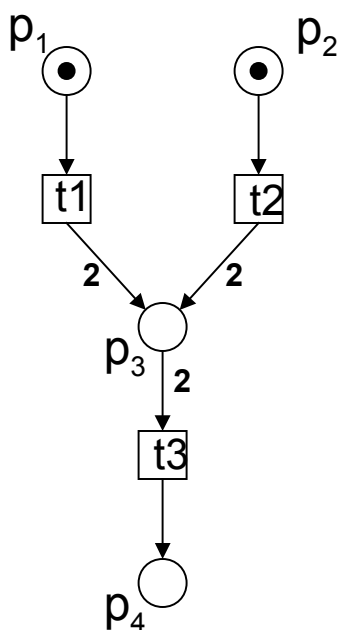
$O: P \times T \rightarrow N$ priradzuje každému miestu p a každému prechodu t koľko značiek sa vyprodukuje v mieste p spustením prechodu t

$\forall p \in P \forall t \in T:$

$p \in t \bullet \Rightarrow O((p,t)) = W((t,p))$

$p \notin t \bullet \Rightarrow O((p,t)) = 0$

Petriho sieť – vstupná a výstupná funkcia



Výstupná funkcia (výstupná matica)

$O: P \times T \rightarrow N$ priradzuje každému miestu p a každému prechodu t koľko značiek sa vyprodukuje v mieste p spustením prechodu t

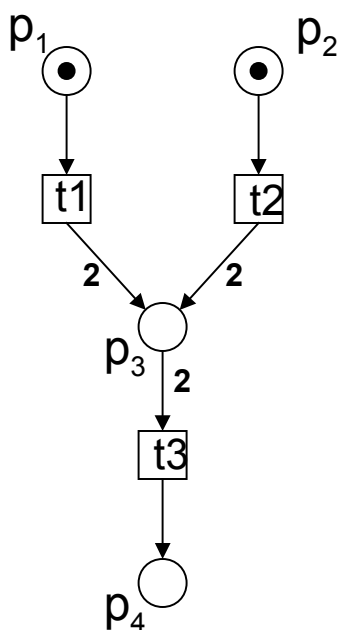
$\forall p \in P \forall t \in T:$

$p \in t \bullet \Rightarrow O((p,t)) = W((t,p))$

$p \notin t \bullet \Rightarrow O((p,t)) = 0$

	t1	t2	t3
p1	0	0	0
p2	0	0	0
p3	2	2	0
p4	0	0	1

Petriho sieť – incidenčná funkcia



Incidenčná funkcia (incidenčná matica)

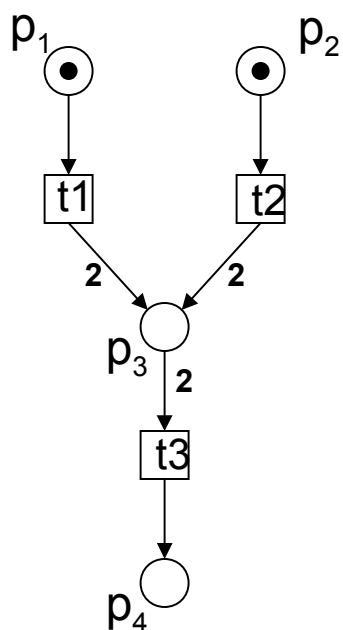
$C: P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ priraduje každému miestu p a každému prechodu t o koľko značiek sa zmení značkovanie v mieste p spustením prechodu t

$\forall p \in P \forall t \in T:$

$$C((p,t)) = O((p,t)) - I((p,t))$$

	t1	t2	t3
p1	-1	0	0
p2	0	-1	0
p3	2	2	-2
p4	0	0	1

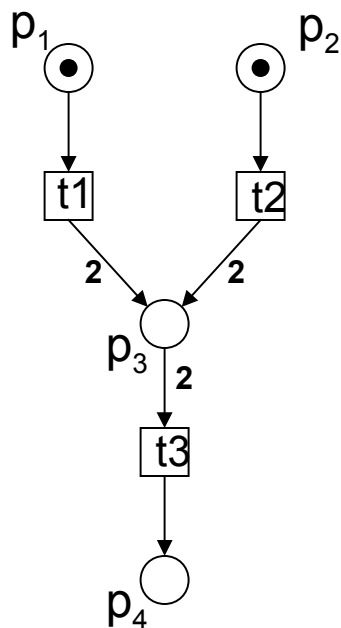
Petriho sieť – spustiteľnosť prechodu



Prechod $t \in T$ je spustiteľný v značkovaní $m: P \rightarrow \mathbb{N}$ práve vtedy keď platí

$$\forall p \in P: m(p) \geq l((p,t))$$

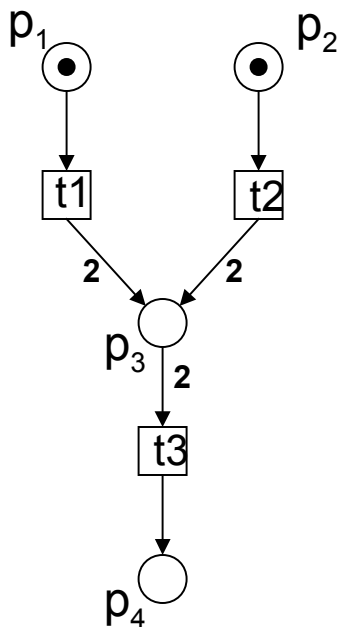
Petriho sieť – spustenie prechodu



Ak prechod $t \in T$ je spustiteľný v značkovaní m :
 $P \rightarrow N$ potom pustenie prechodu t v značkovaní m
vedie k novému značkovaniu m' : $P \rightarrow N$ takému že
 $\forall p \in P$:

$$m'(p) = m(p) + C((p,t))$$

Petriho sieť – dosiahnuteľnosť

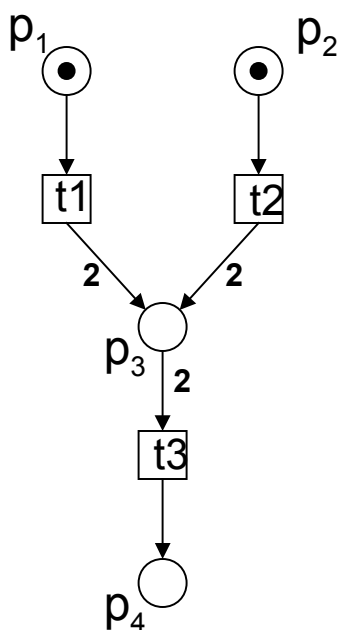


Nech $[P \rightarrow \mathbb{N}]$ označuje množinu všetkých funkcií priradujúcich miestam počet značiek (množina všetkých multimnožín nad množinou P)

Nech $R \subseteq [P \rightarrow \mathbb{N}] \times [P \rightarrow \mathbb{N}]$ je binárna relácia taká že $\forall (m, m') \in [P \rightarrow \mathbb{N}] \times [P \rightarrow \mathbb{N}]$ platí:

$(m, m') \in R$ práve vtedy, keď existuje $t \in T$ také, že t je spustiteľné v m a jeho spustenie v m vedie k značkovaniu m' .

Petriho sieť – dosiahnuteľnosť



Nech R^* je reflexívny tranzitívny uzáver relácie R t.j. najmenšia relácia taká, že

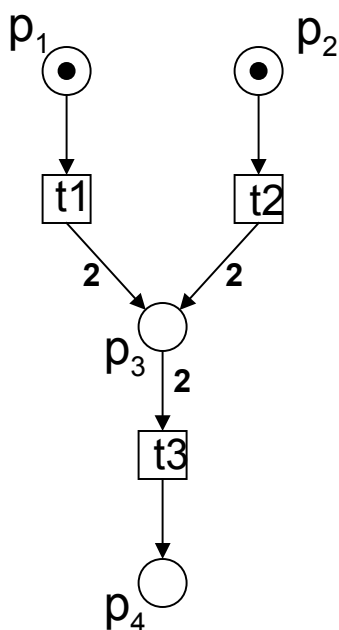
$$R \subseteq R^*$$

$$\forall m \in [P \rightarrow N] : (m, m) \in R^* \text{ (reflexívna)}$$

$$\forall m, m', m'' \in [P \rightarrow N] :$$

$$((m, m') \in R^* \wedge (m', m'') \in R^*) \Rightarrow (m, m'') \in R^* \text{ (tranzitívna)}$$

Petriho sieť – dosiahnuteľnosť



Nech R^* je reflexívny tranzitívny uzáver relácie R t.j. najmenšia relácia taká, že

$$R \subseteq R^*$$

$\forall m \in [P \rightarrow N] : (m, m) \in R^*$ (reflexívna)

$\forall m, m', m'' \in [P \rightarrow N] :$

$((m, m') \in R^* \wedge (m', m'') \in R^*) \Rightarrow (m, m'') \in R^*$
(tranzitívna)

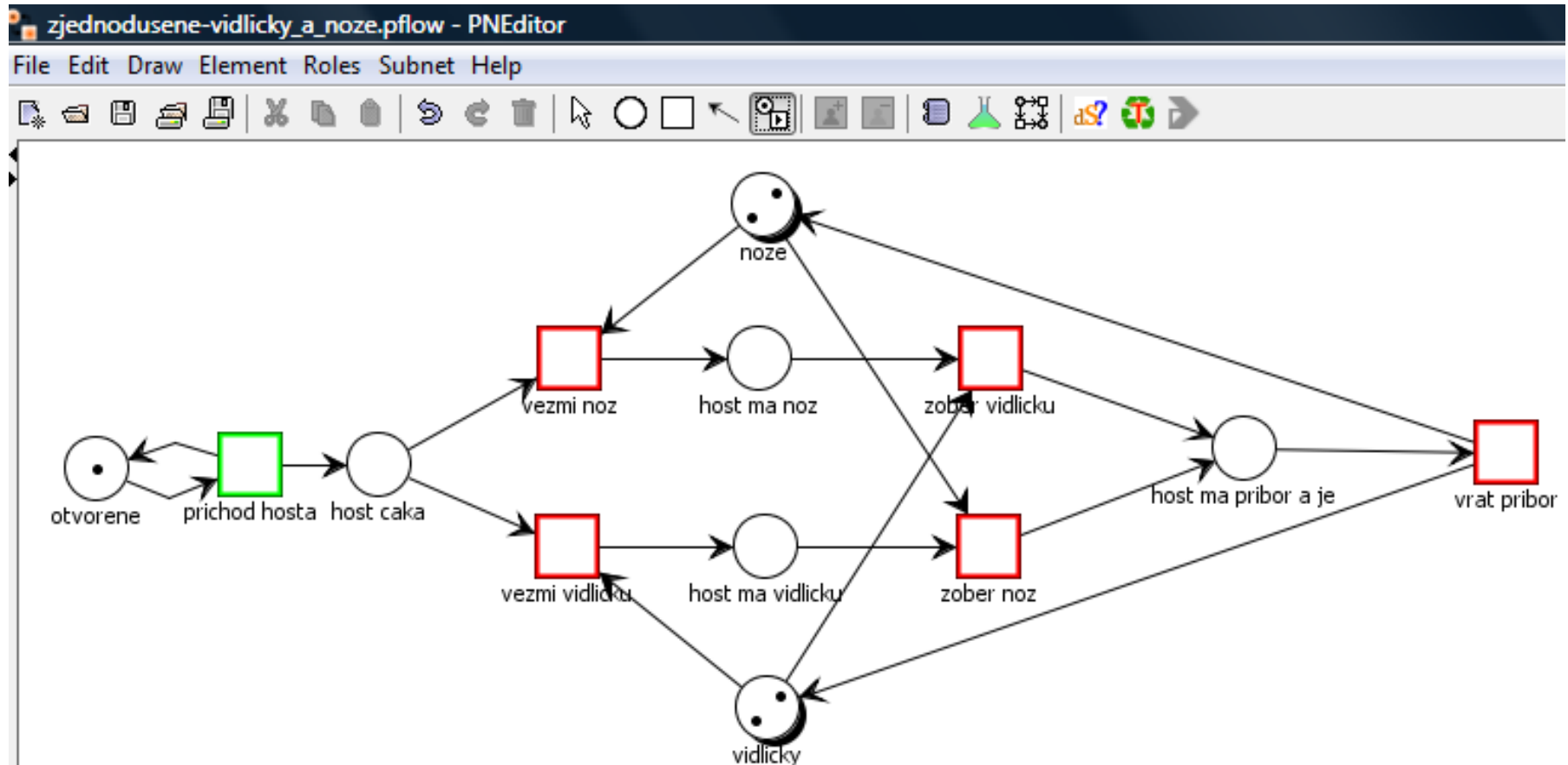
Nech $m, m' \in [P \rightarrow N] : m'$ je dosiahnuteľné zo značkovania m vtedy a len vtedy keď $(m, m') \in R^*$

Petriho siete – úvodný príklad

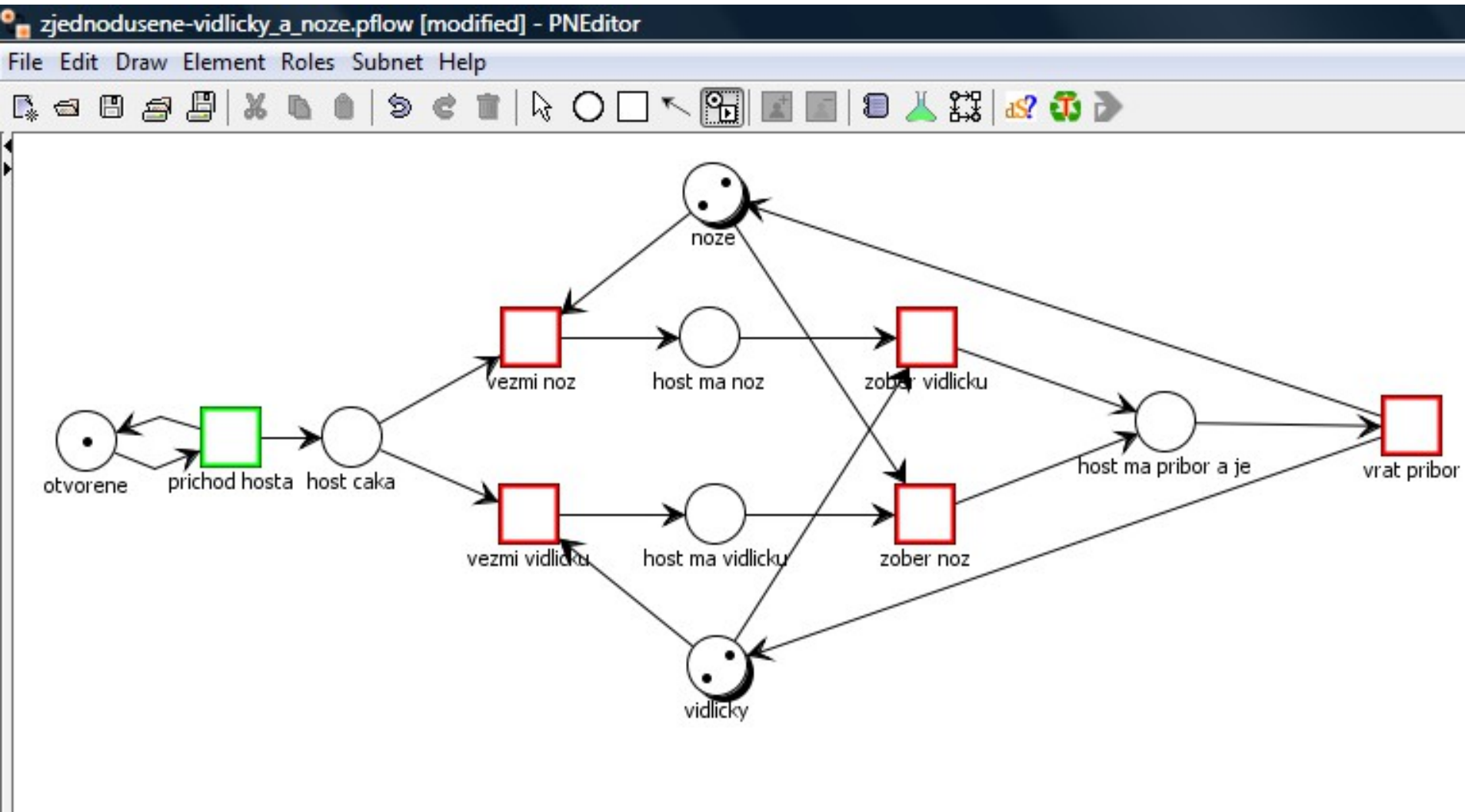
Správanie sa host'a v jedálni:

Keď host príde, vezmi si nôž a potom si zoberie vidličku, alebo si vezme vidličku a potom si zoberie nôž. Keď má príbor (vidličku aj nôž), naje sa a potom obloží príbor.

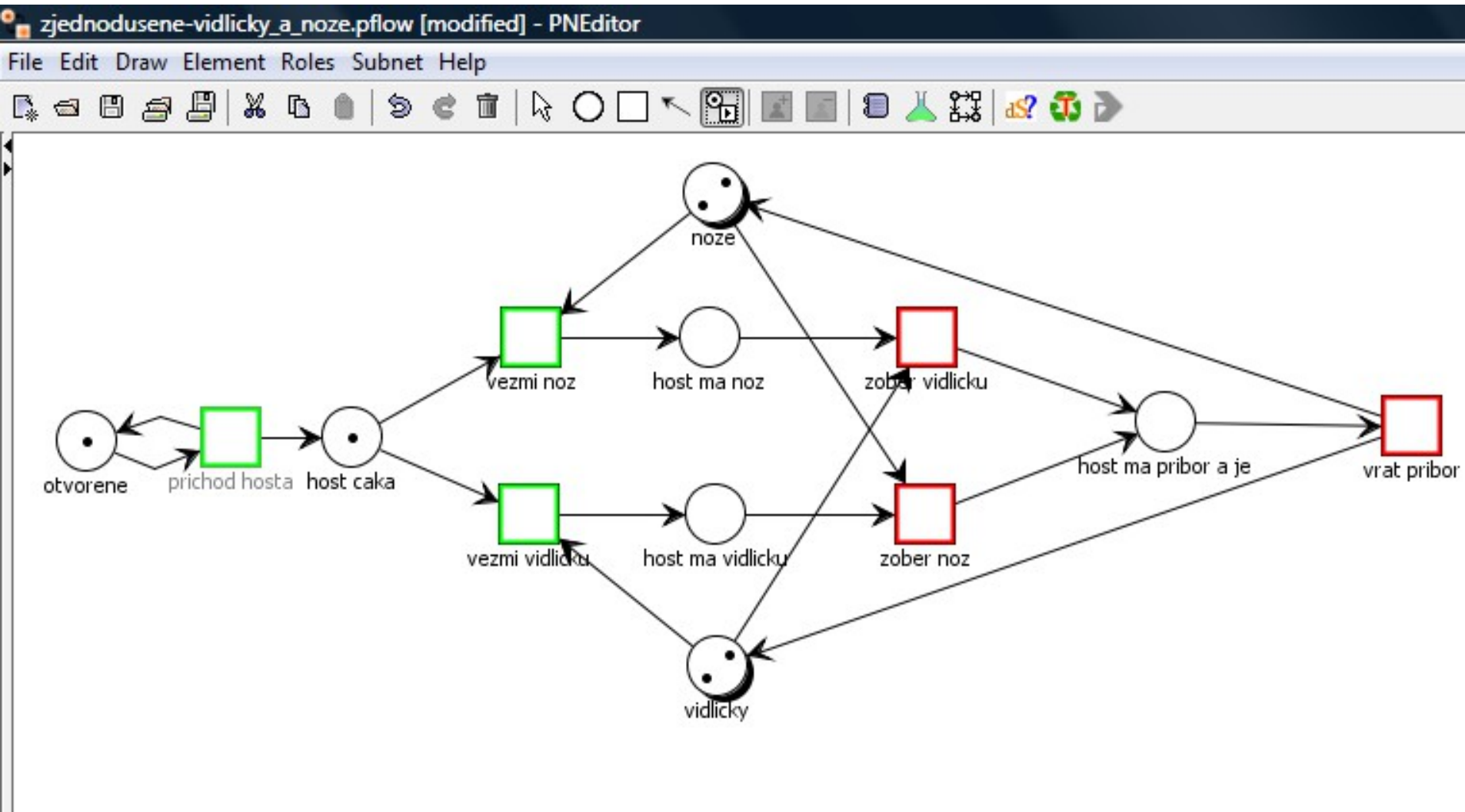
Model (program) jedálne:



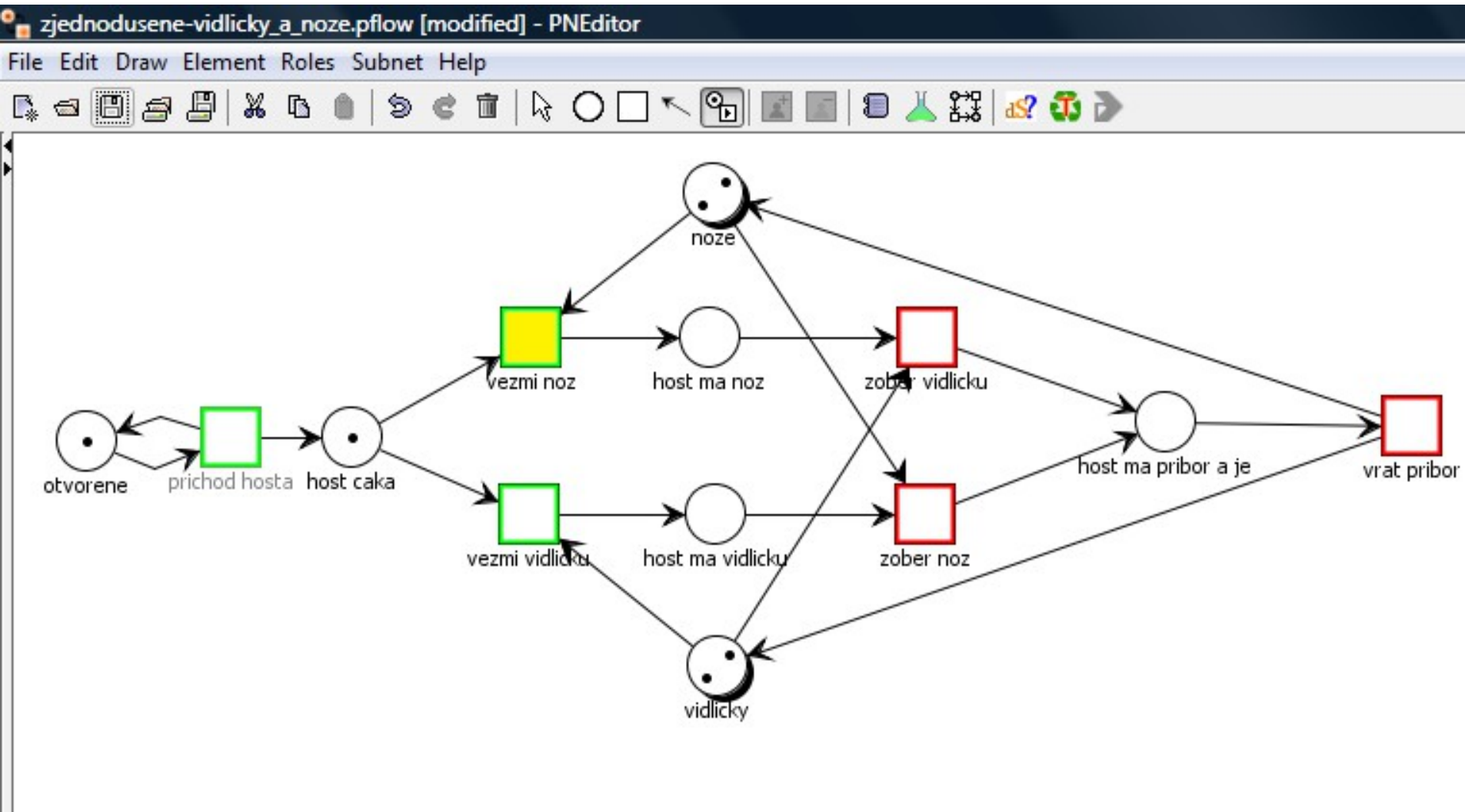
Petriho siete – úvodný príklad



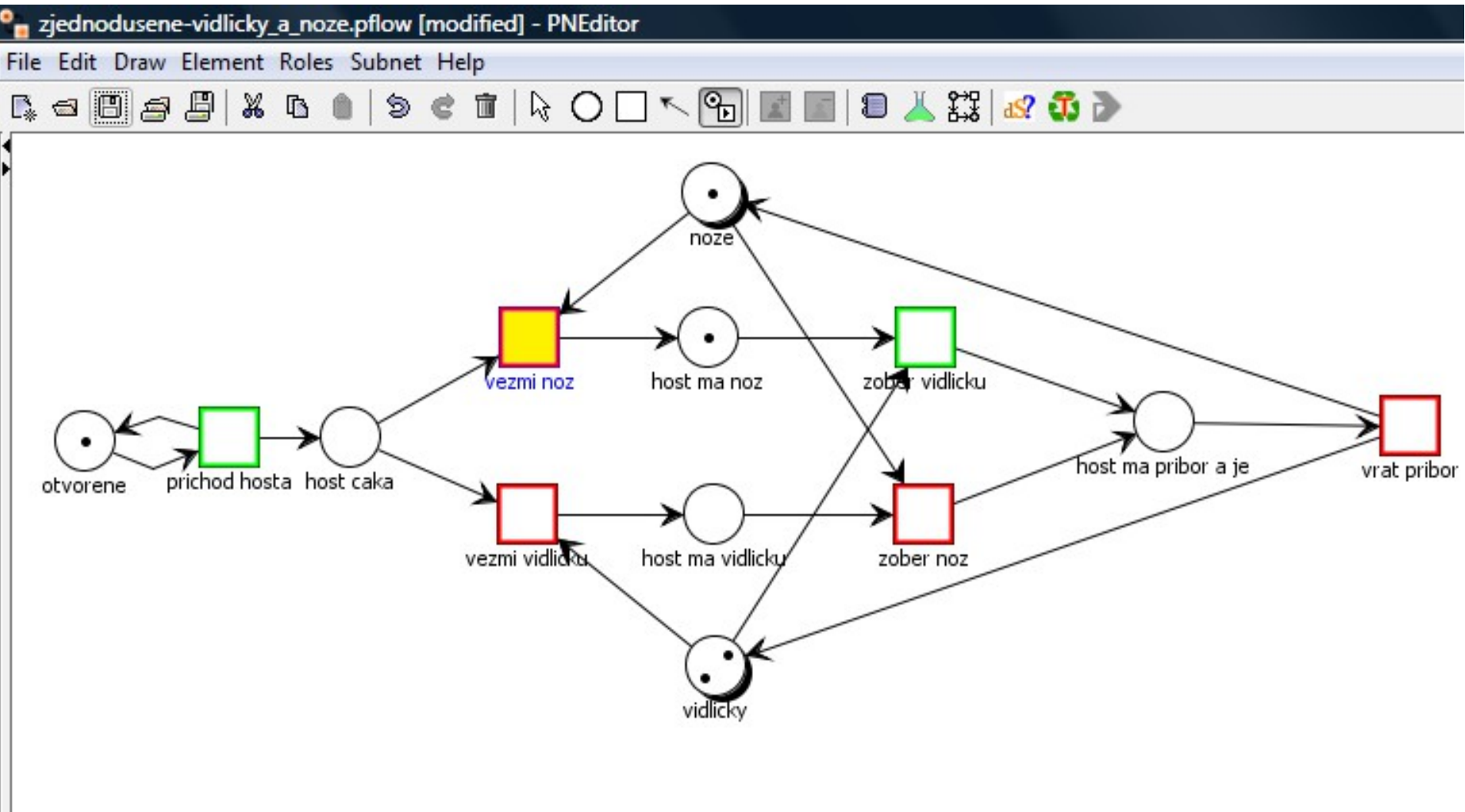
Petriho siete – úvodný príklad



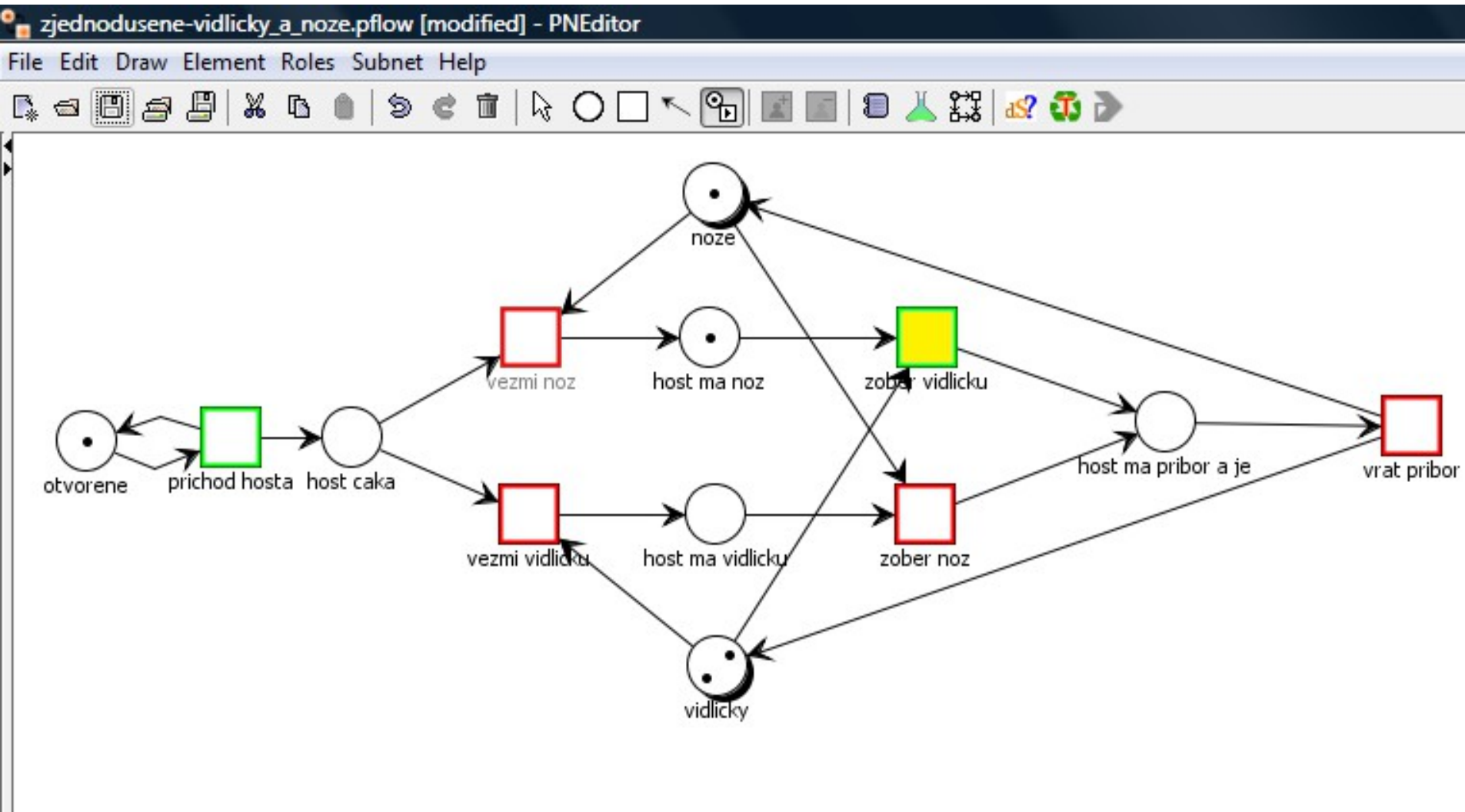
Petriho siete – úvodný príklad



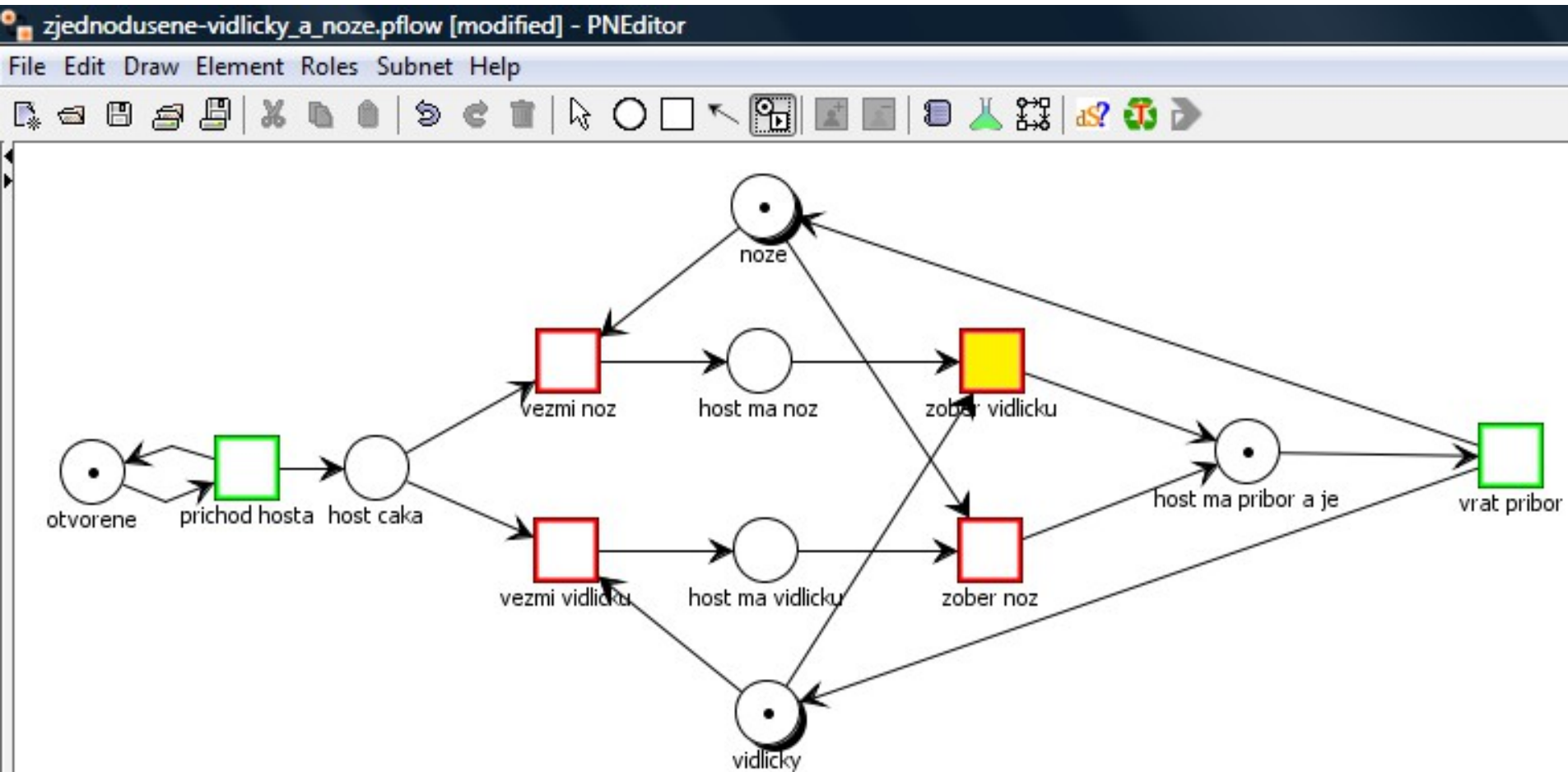
Petriho siete – úvodný príklad



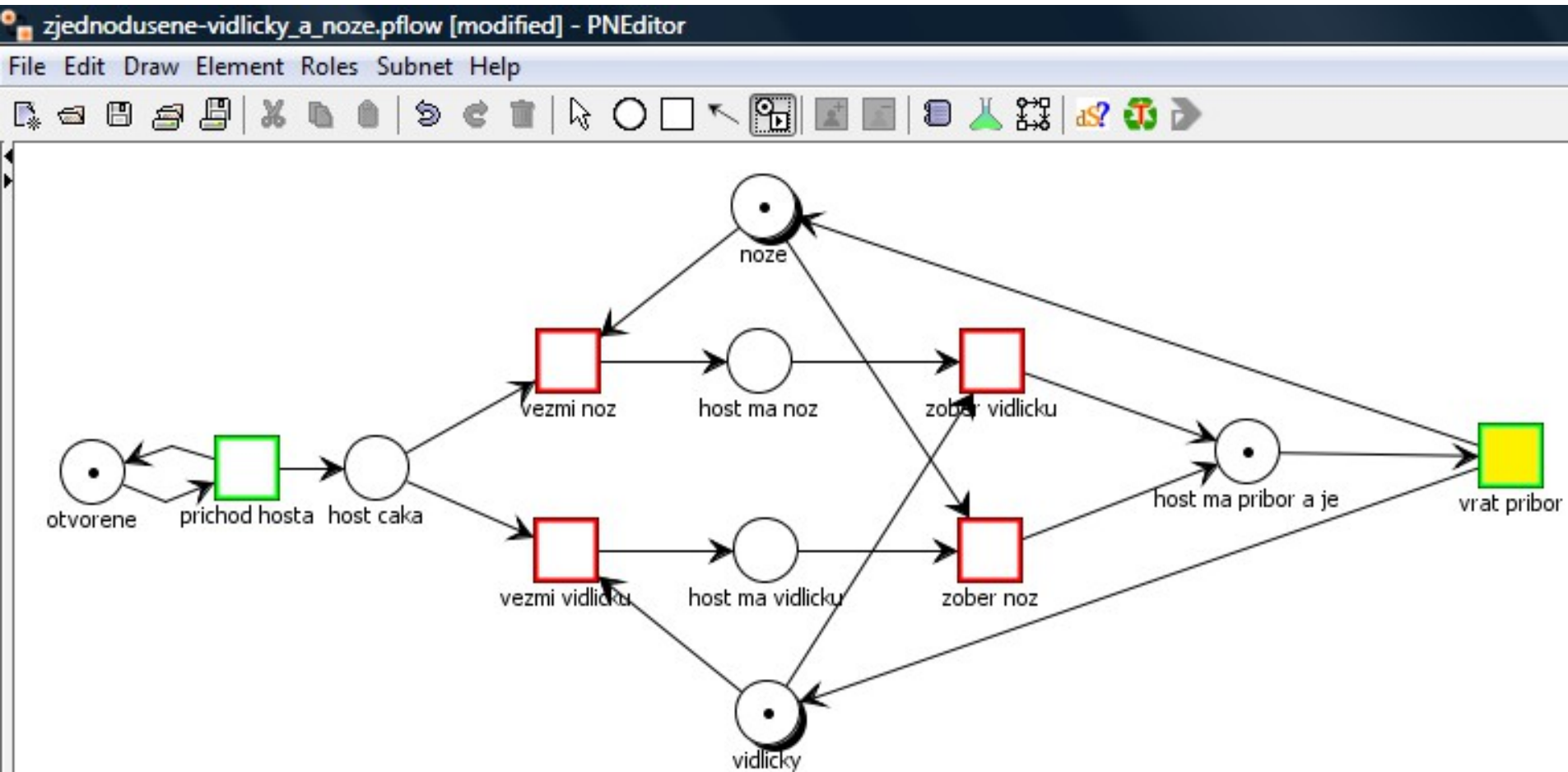
Petriho siete – úvodný príklad



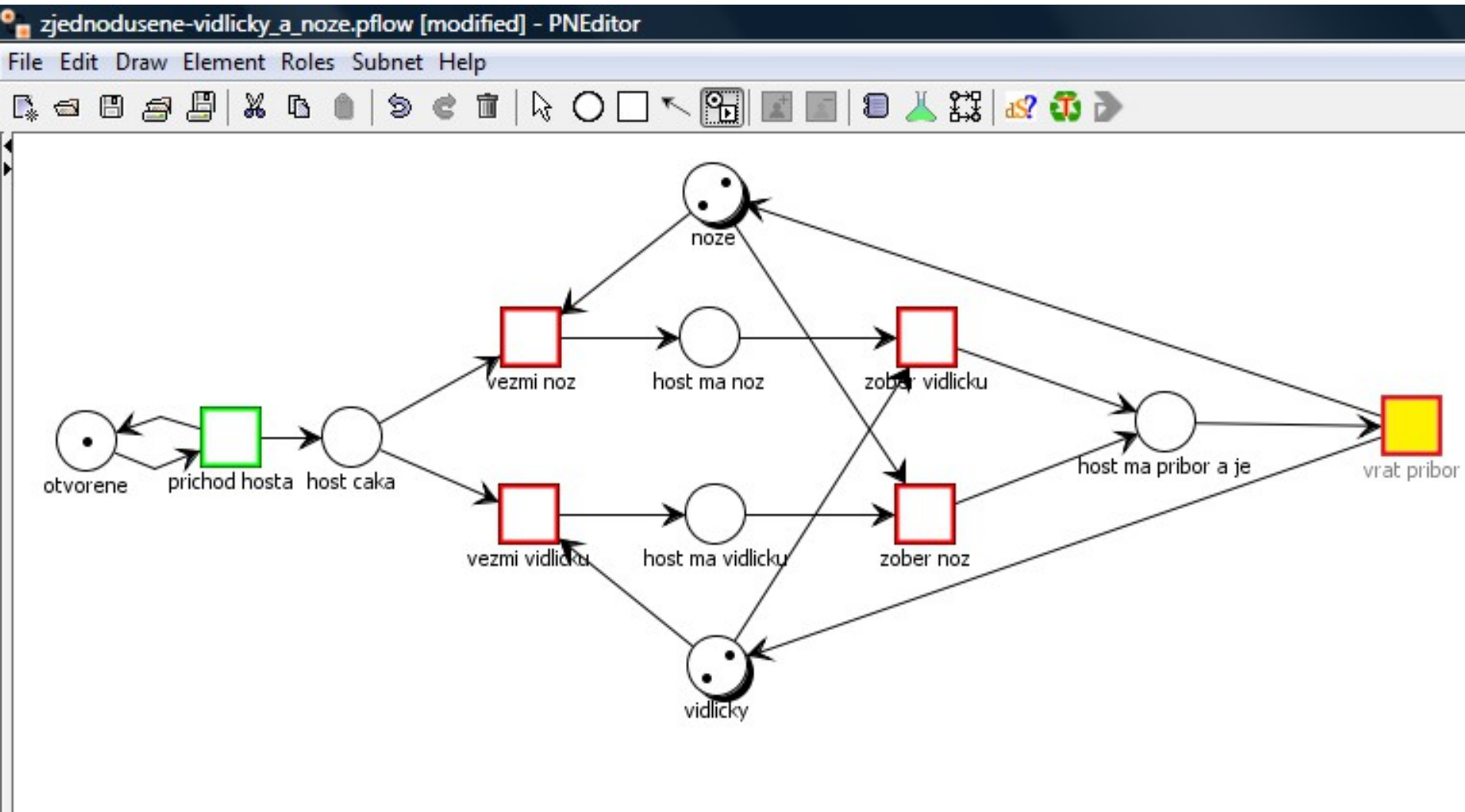
Petriho siete – úvodný príklad



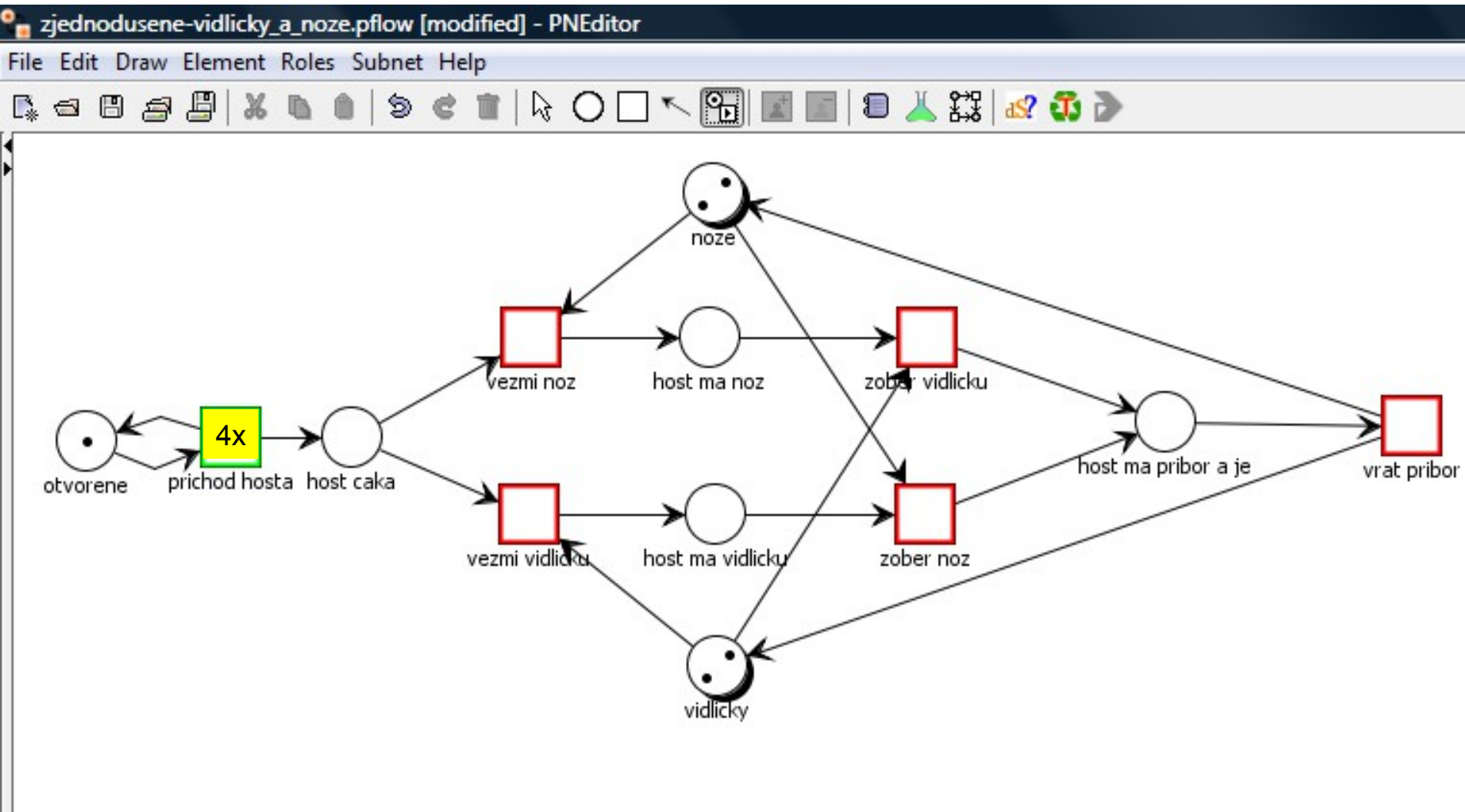
Petriho siete – úvodný príklad



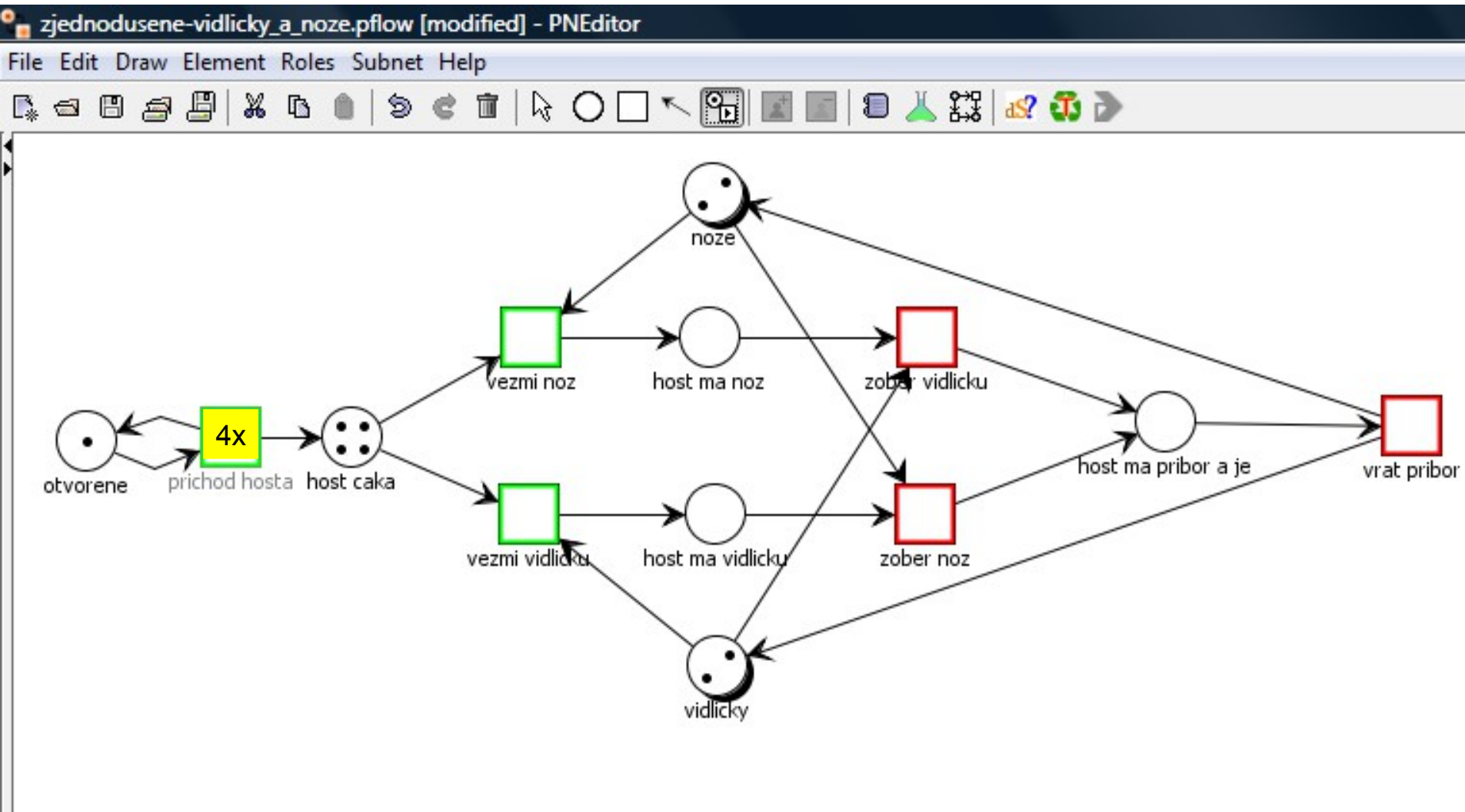
Petriho siete – úvodný príklad



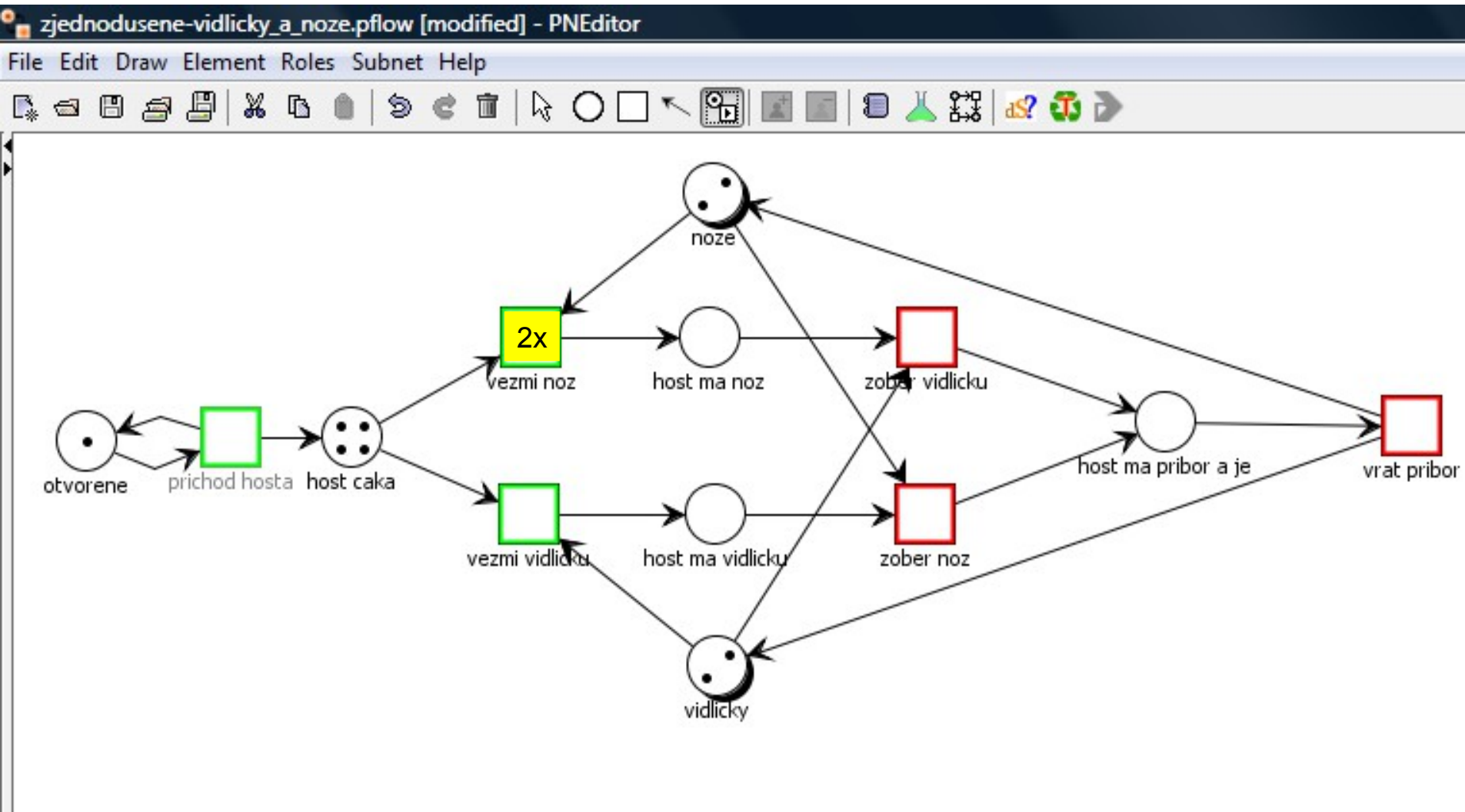
Petriho siete – úvodný príklad



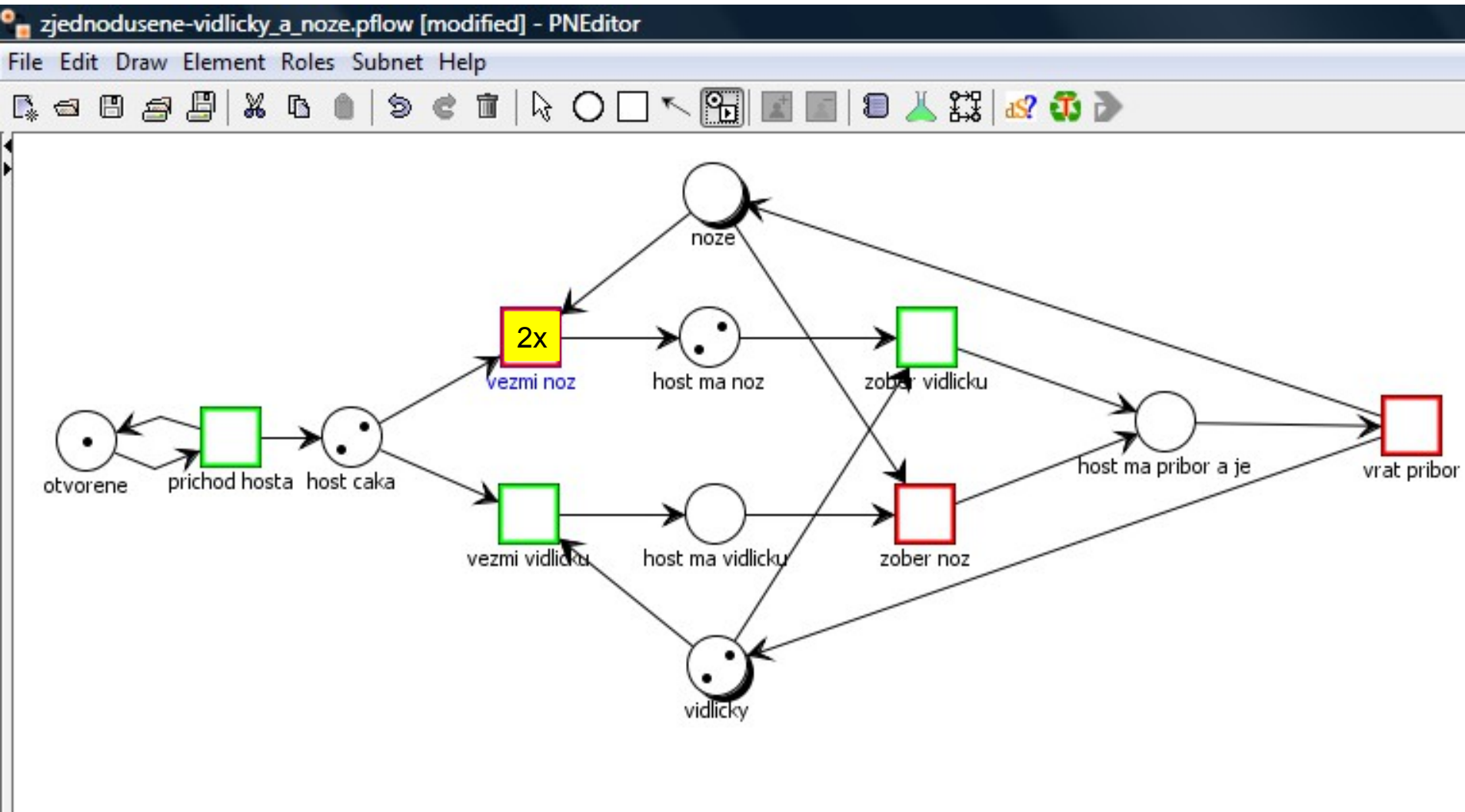
Petriho siete – úvodný príklad



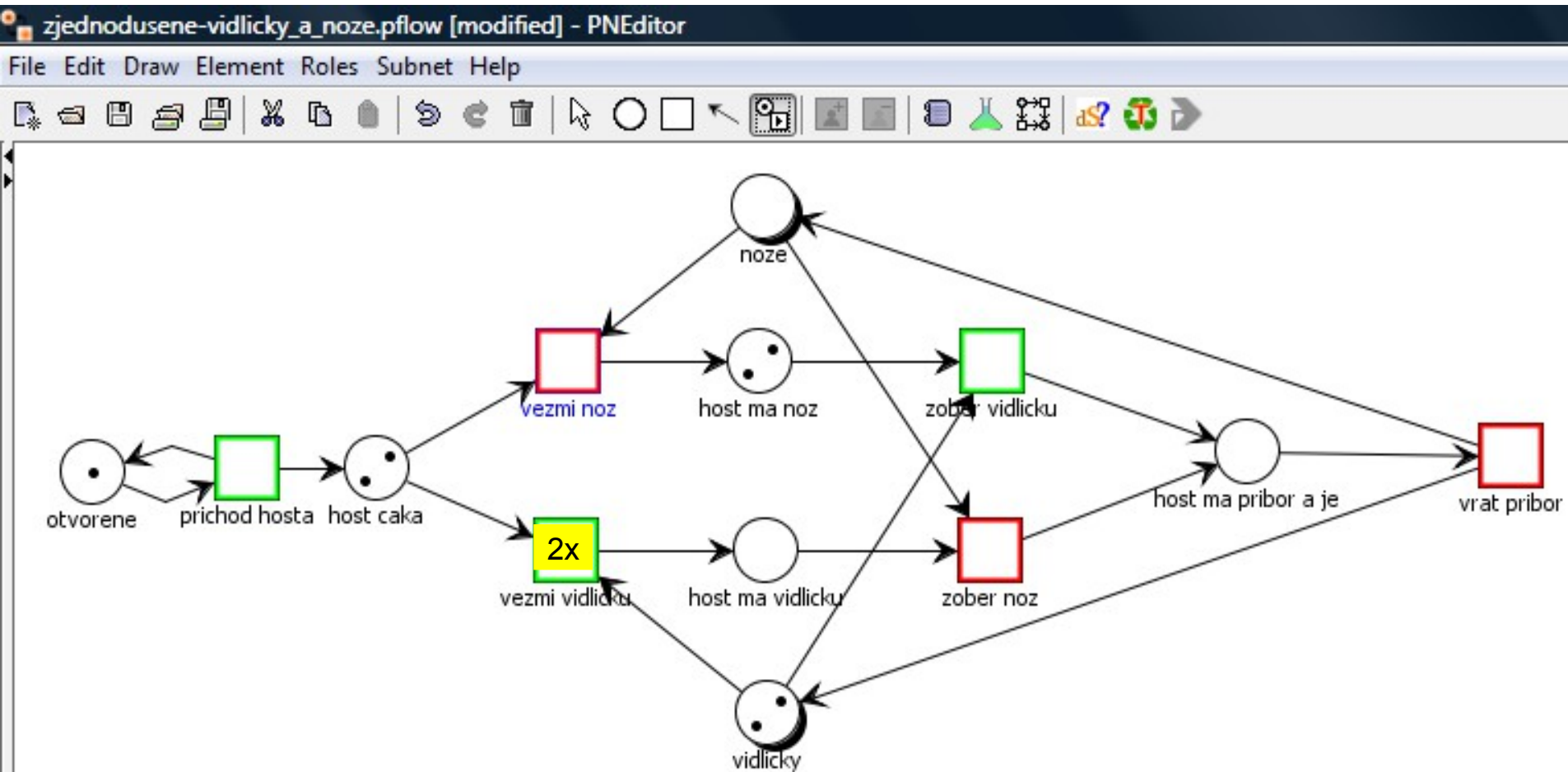
Petriho siete – úvodný príklad



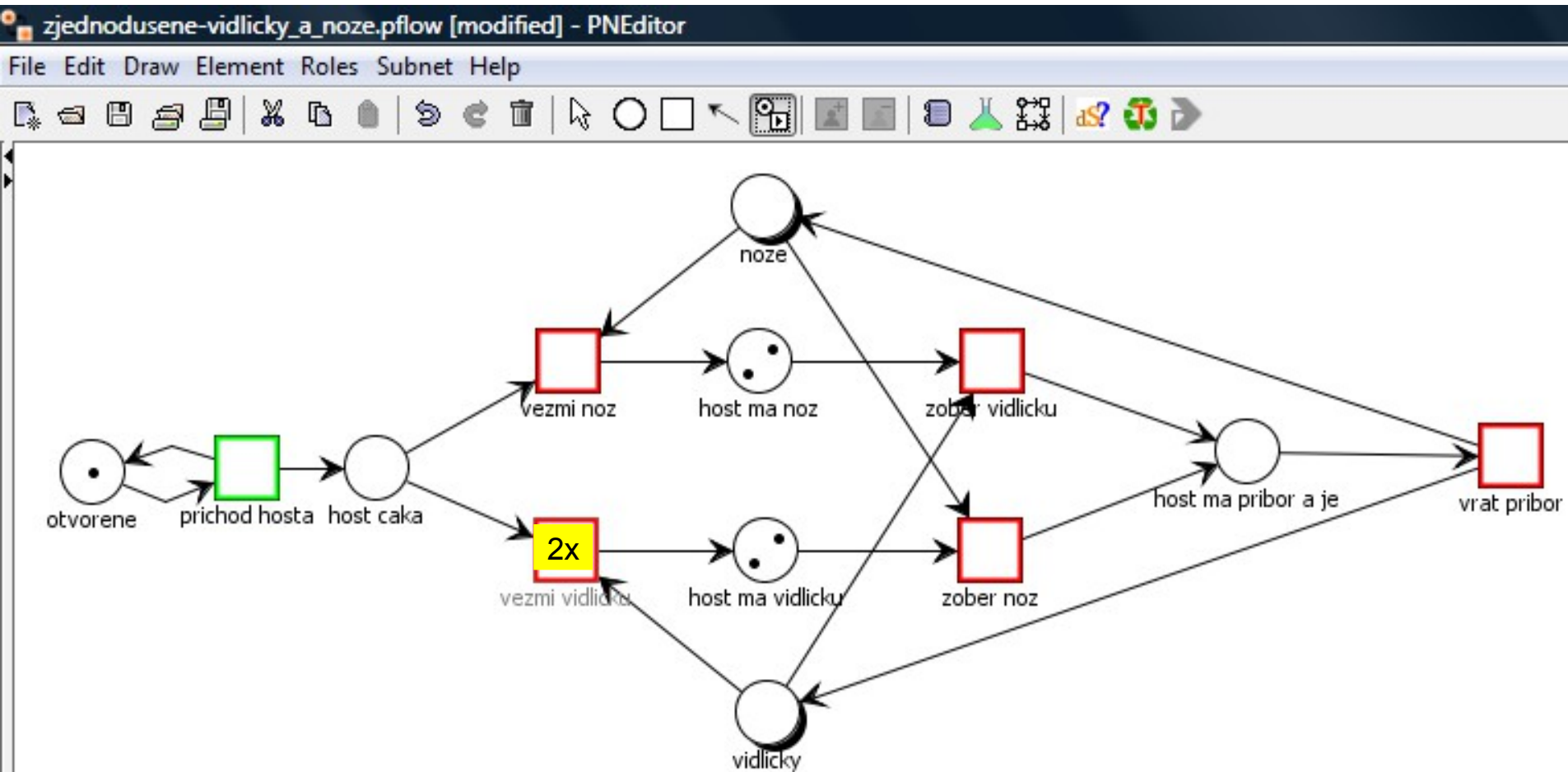
Petriho siete – úvodný príklad



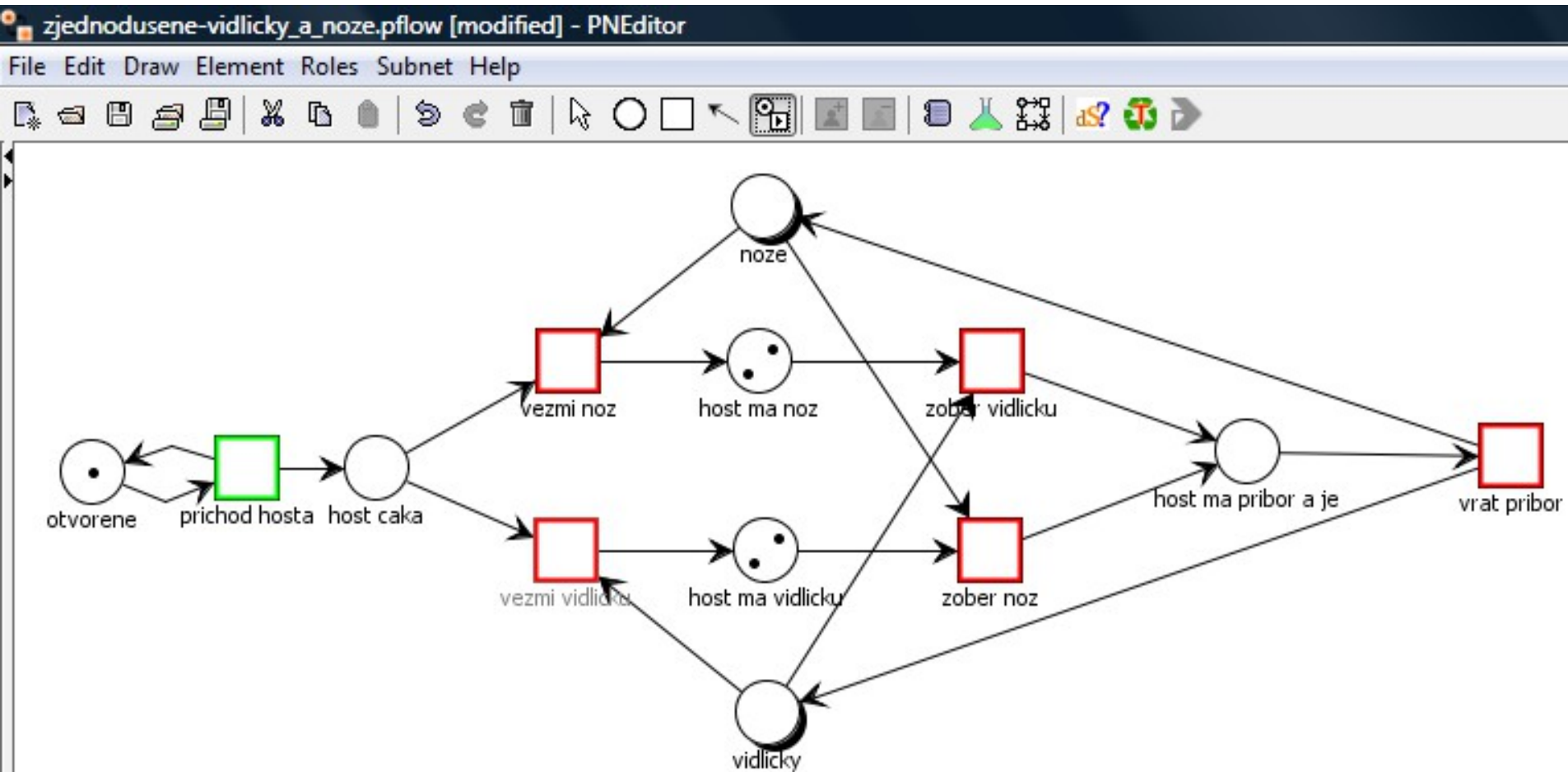
Petriho siete – úvodný príklad



Petriho siete – úvodný príklad

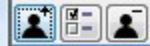


Petriho siete – úvodný príklad

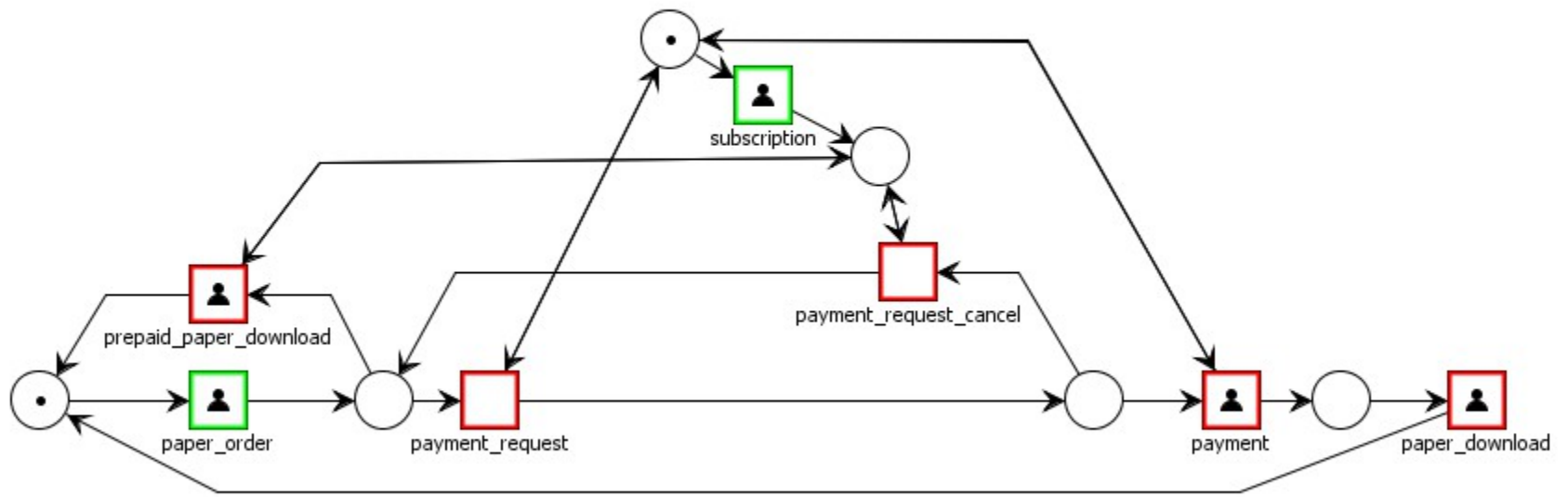




Roles

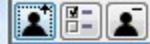


role1 (5)

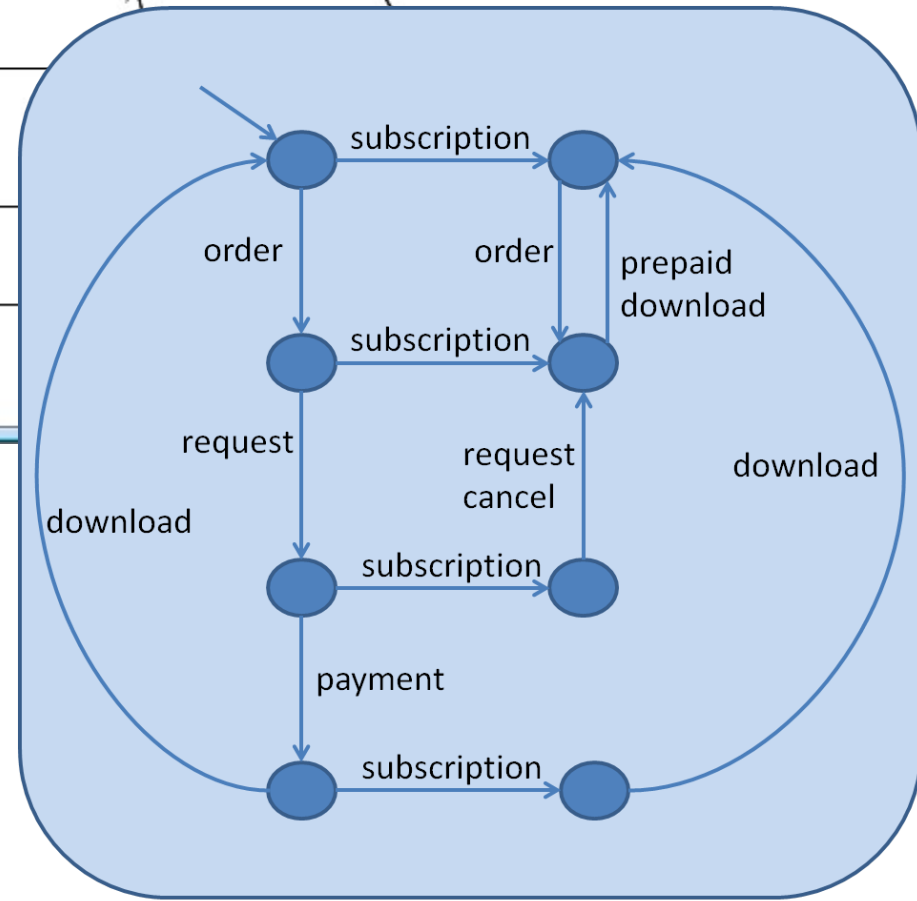
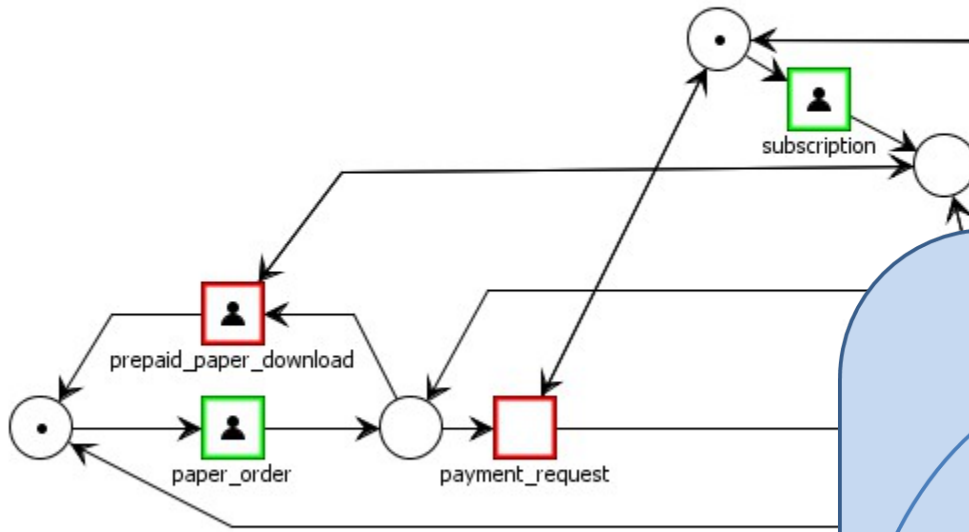


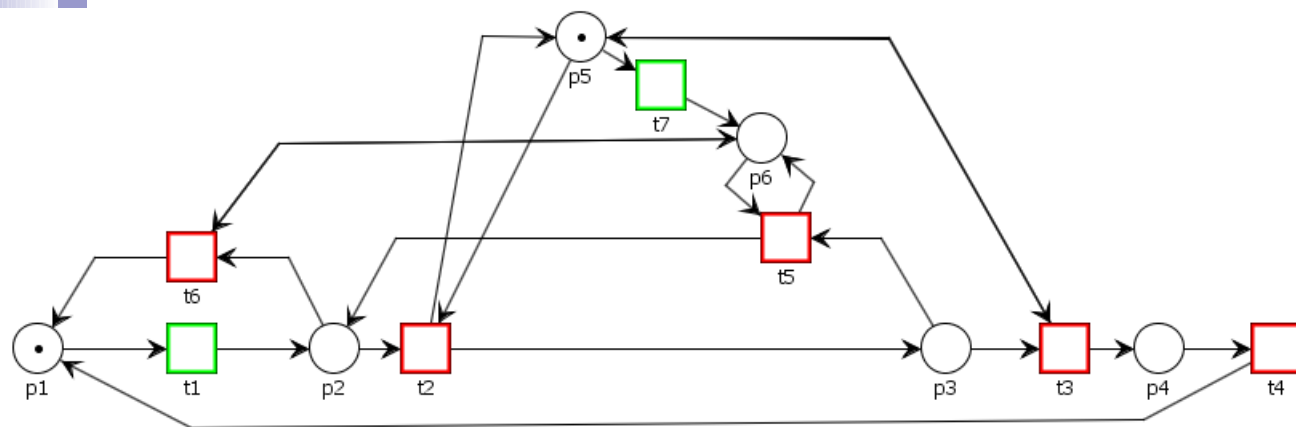


Roles



role1 (5)





Graf dosiahnuteľnosti

(M, H)

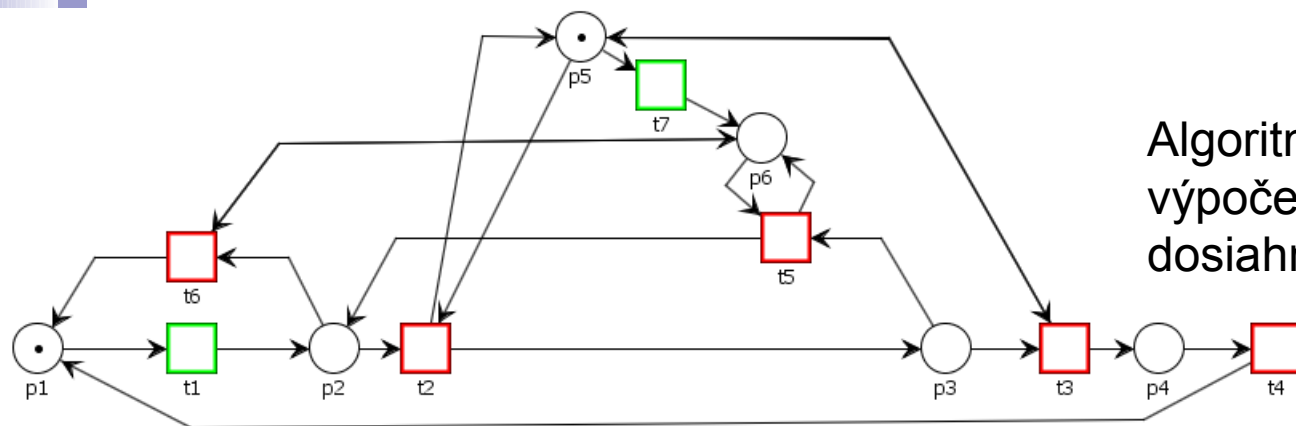
$M \subseteq [P \rightarrow N]$ je množina vrcholov daná ako množina všetkých značkovaní dosiahnuteľných z m_0

$$M = \{m' \in [P \rightarrow N] \mid \exists (m, m') \in (\{m_0\} \times [P \rightarrow N]) \cap R^*\}$$

$H \subseteq [P \rightarrow N] \times T \times [P \rightarrow N]$ je množina hrán daná ako relácia taká že

$\forall (m, t, m') \in [P \rightarrow N] \times T \times [P \rightarrow N]$ platí:

$(m, t, m') \in H$ práve vtedy, keď existuje $t \in T$ také, že t je spustiteľné v m a jeho spustenie v m vedie k značkovaniu m' .



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti

Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

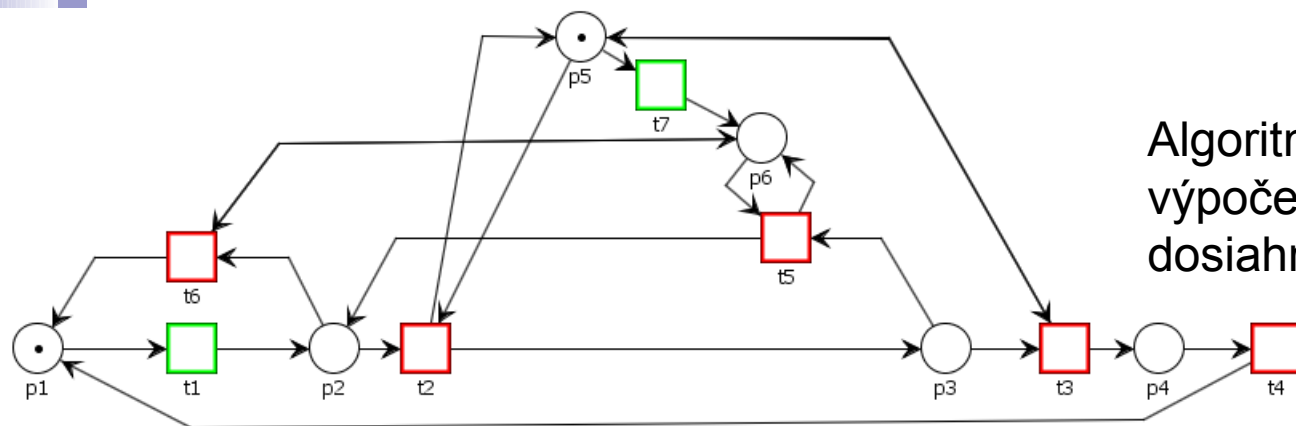
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti

p1+p5

Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m, ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

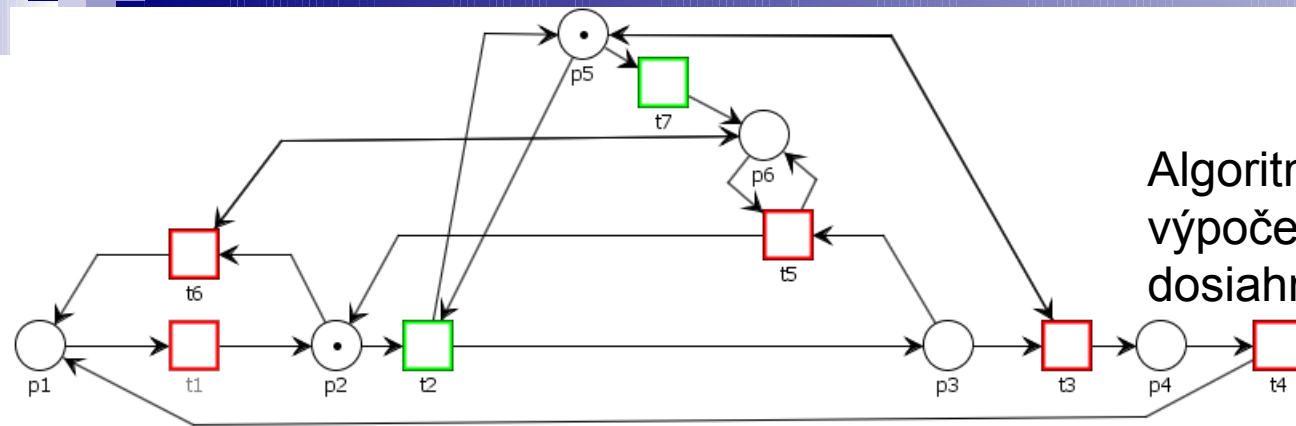
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením
prechodu t zo značkovania m

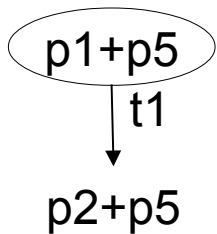
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu
M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú
prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

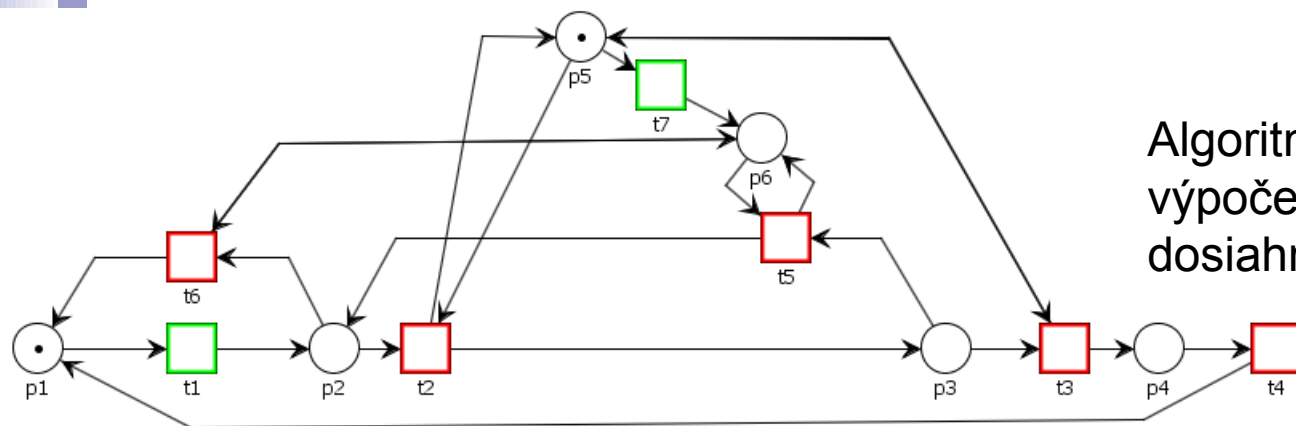
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

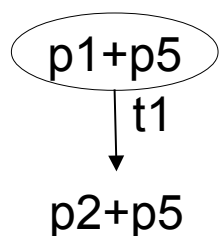
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

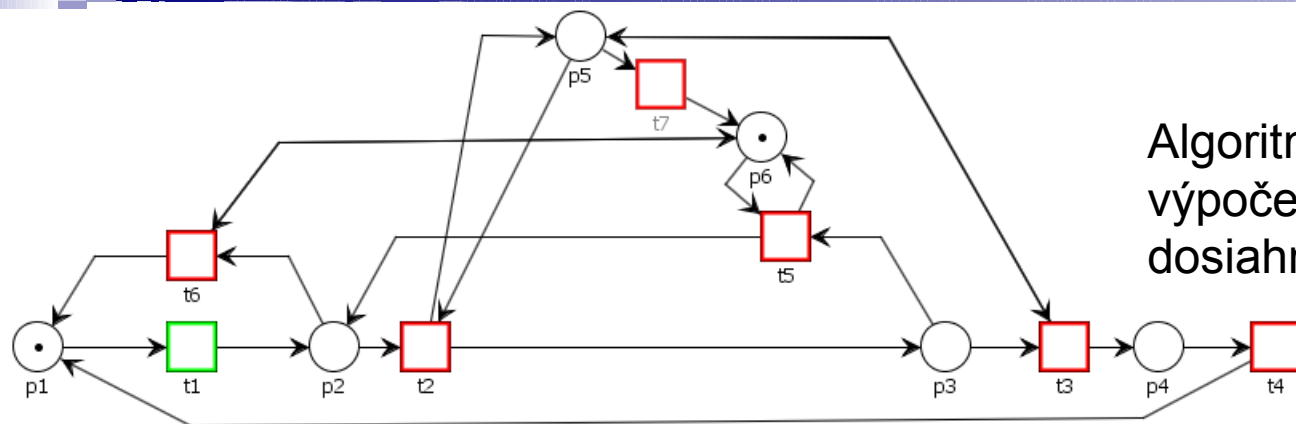
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

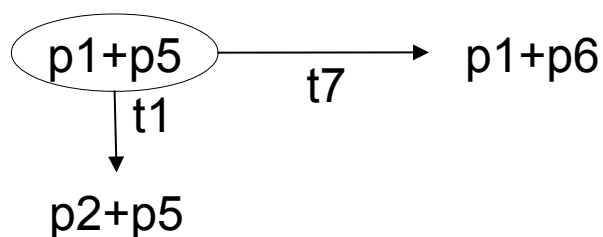
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

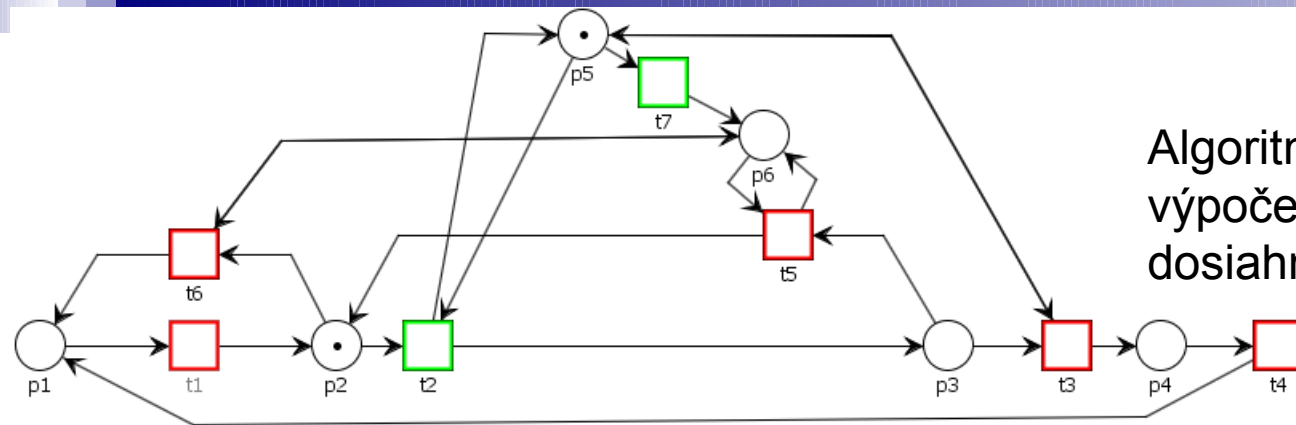
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

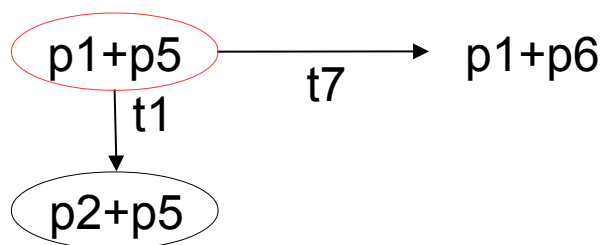
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

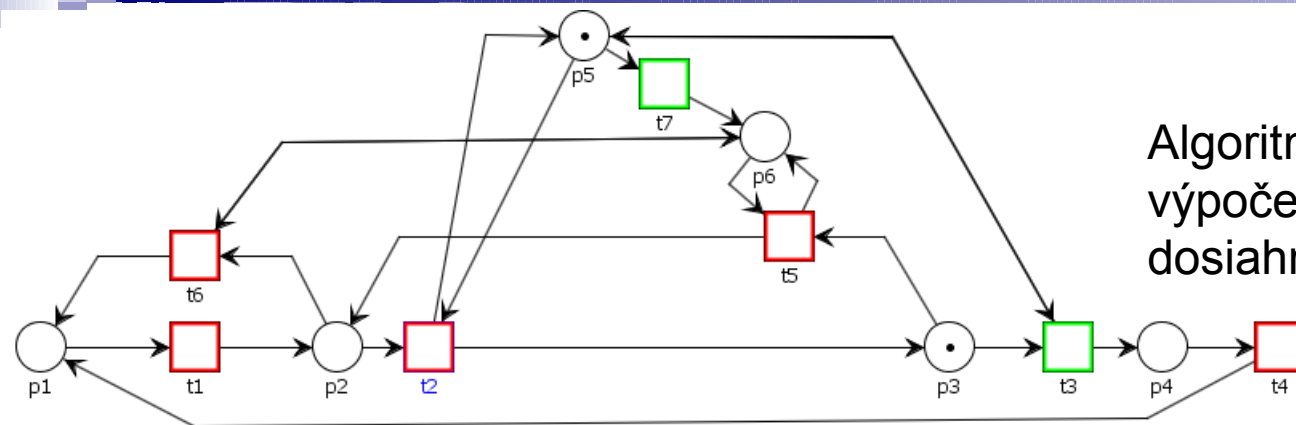
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

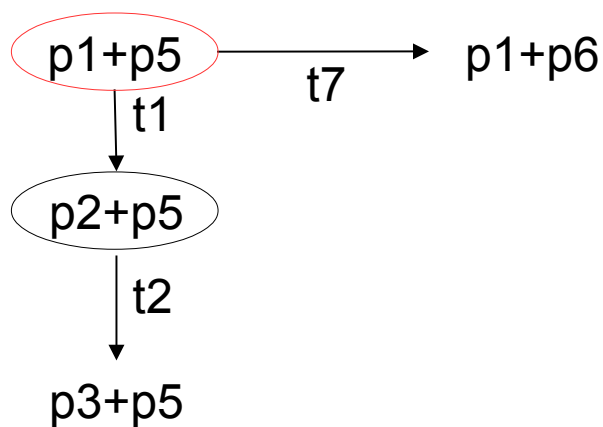
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

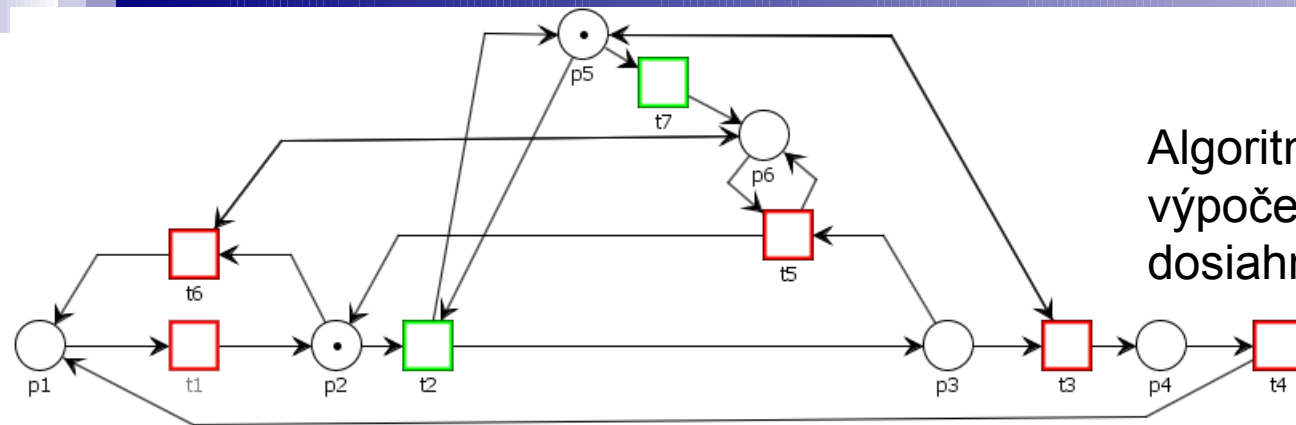
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

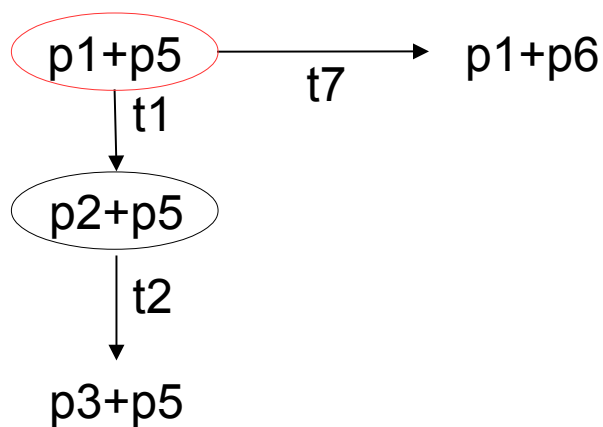
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

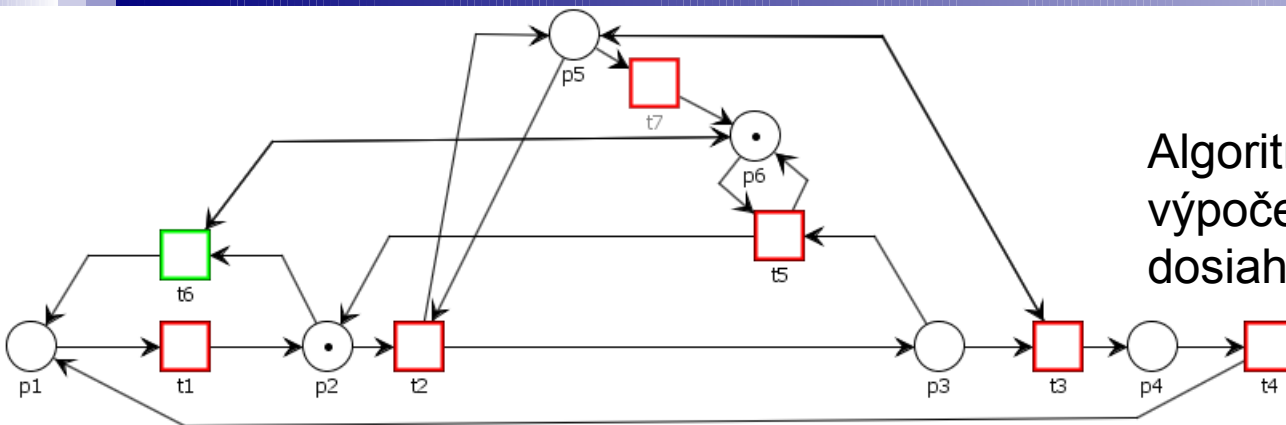
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

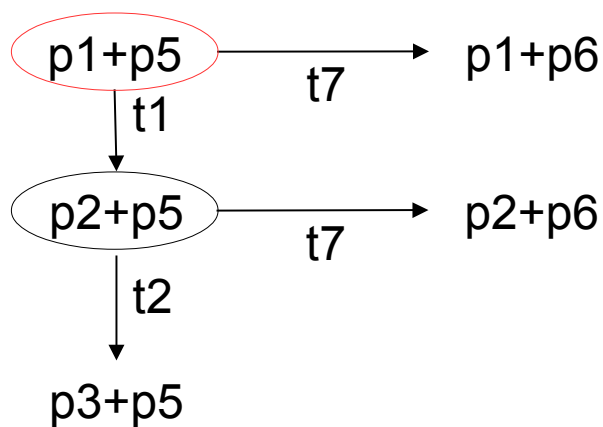
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

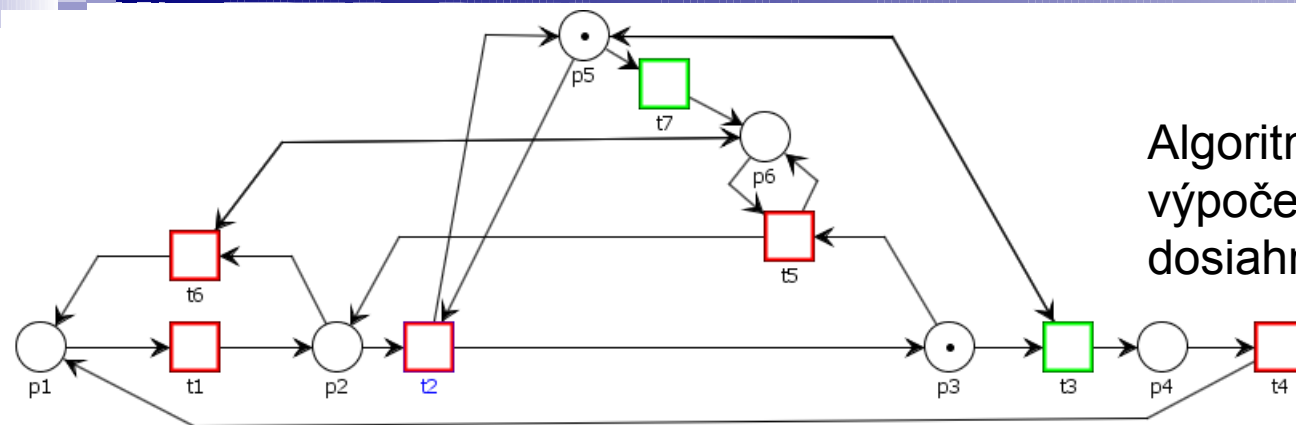
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

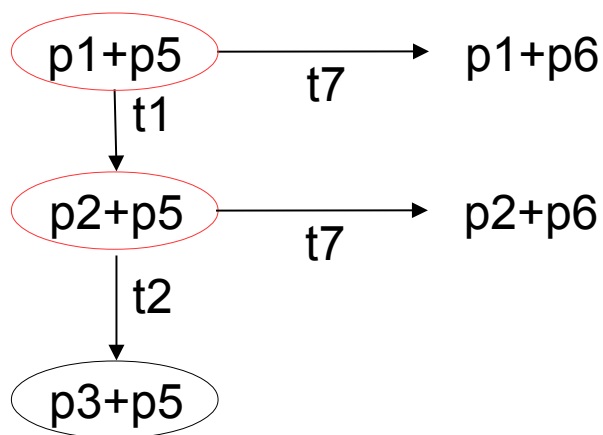
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

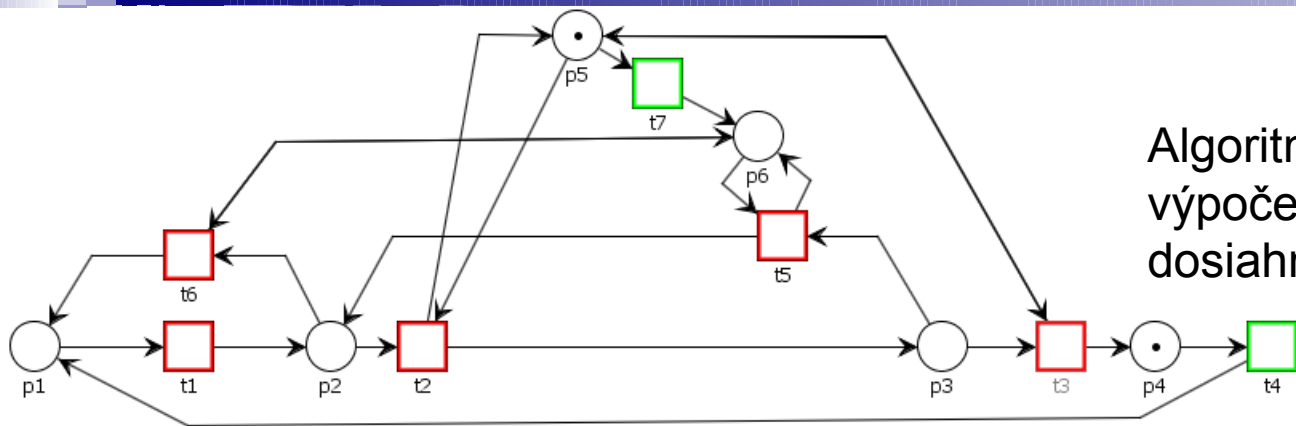
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

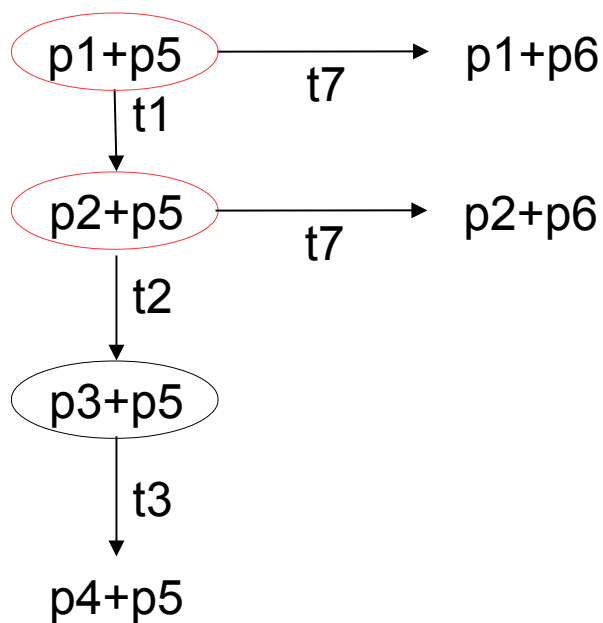
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

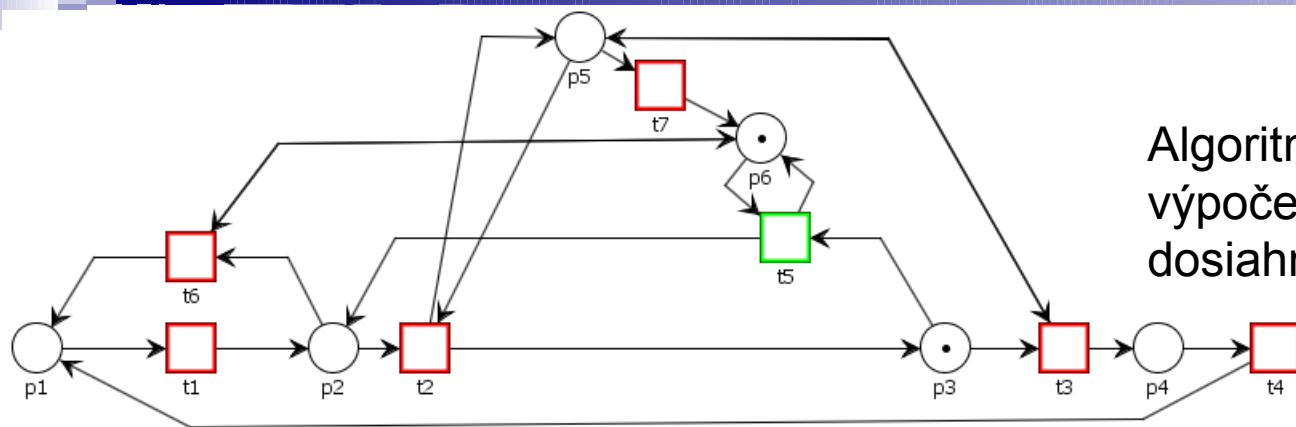
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

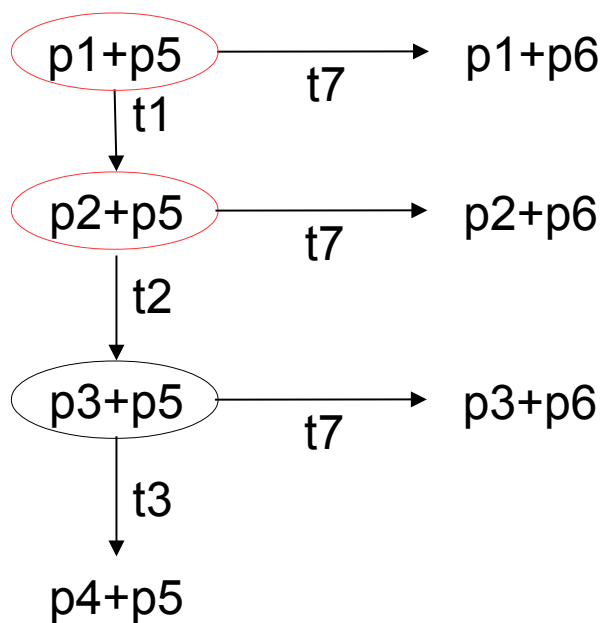
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

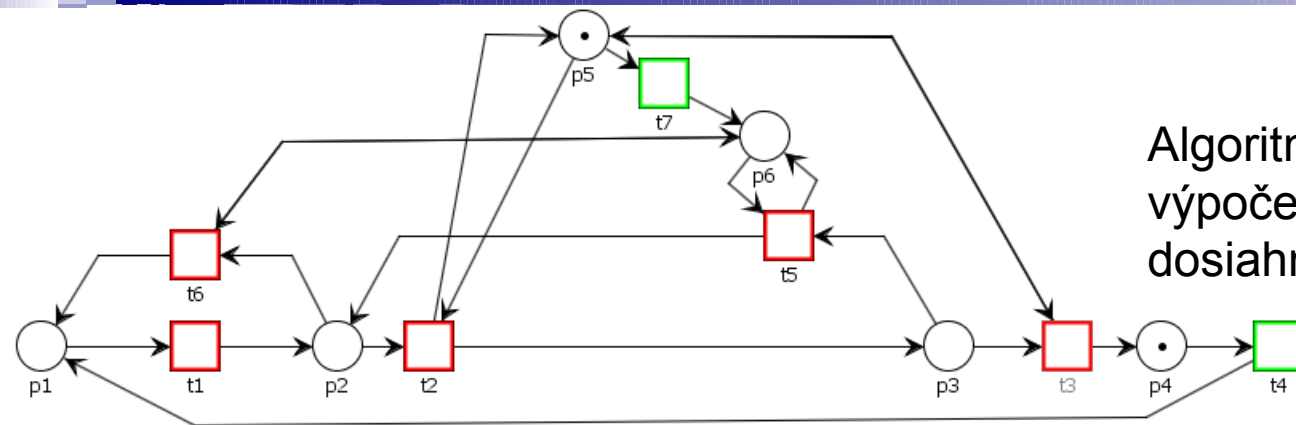
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

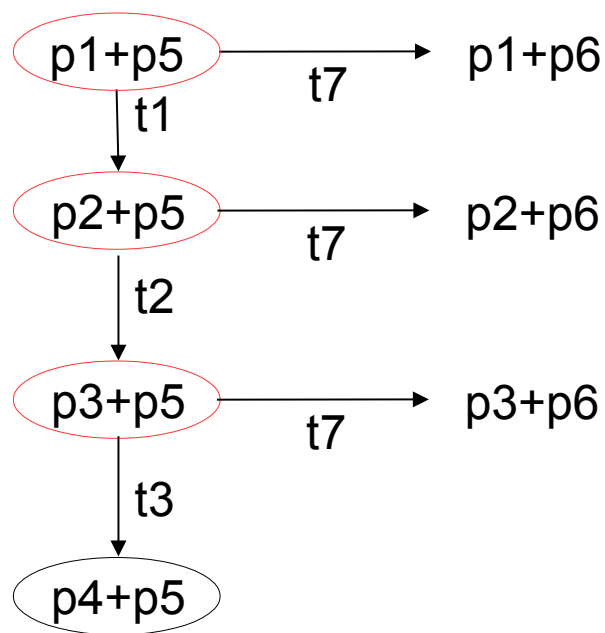
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

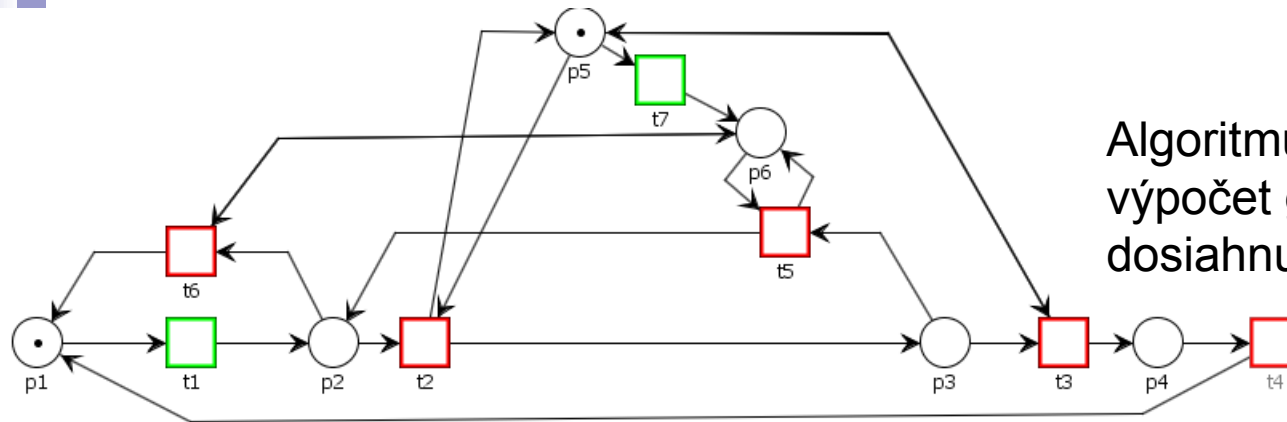
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

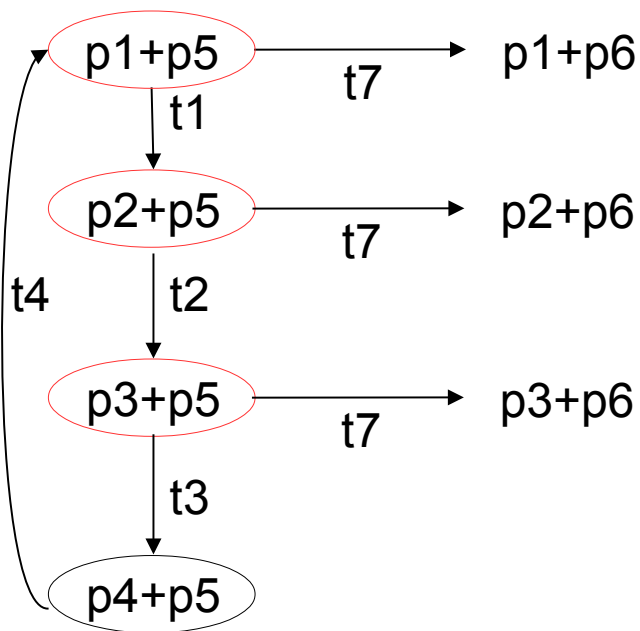
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

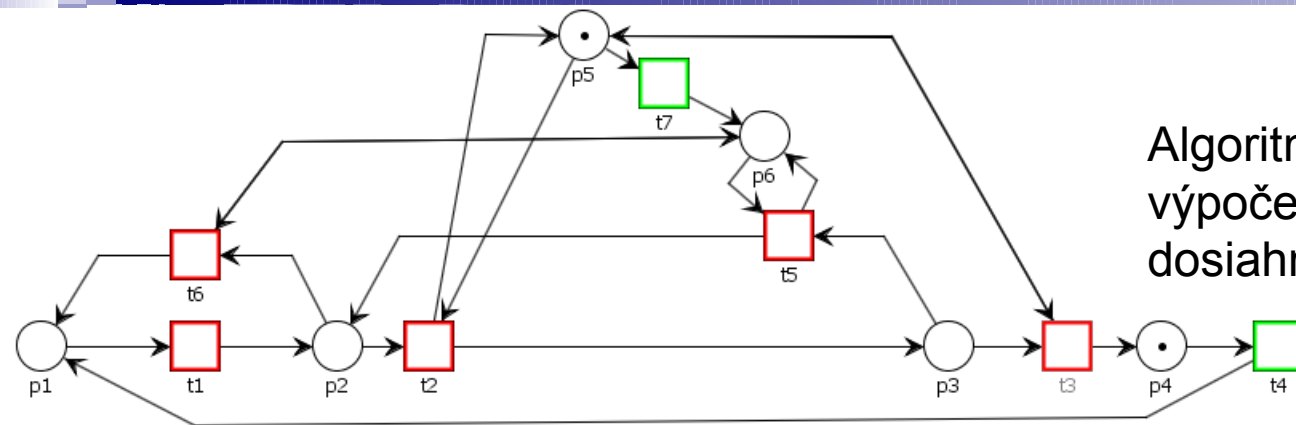
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

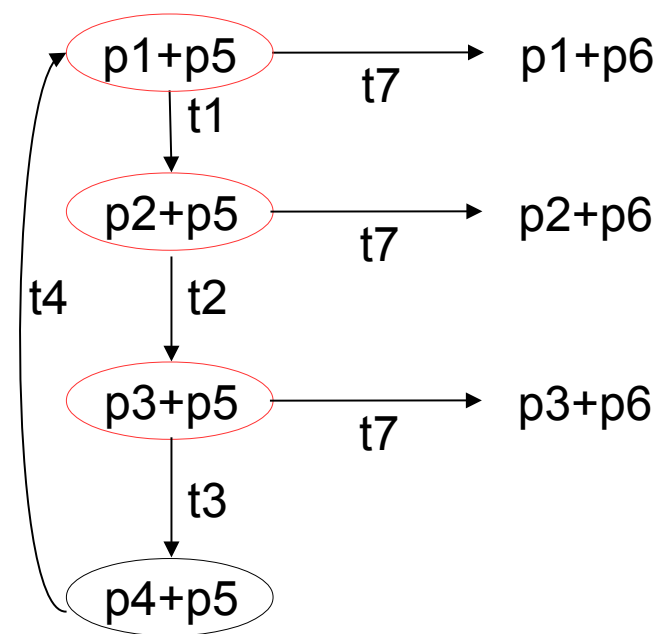
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

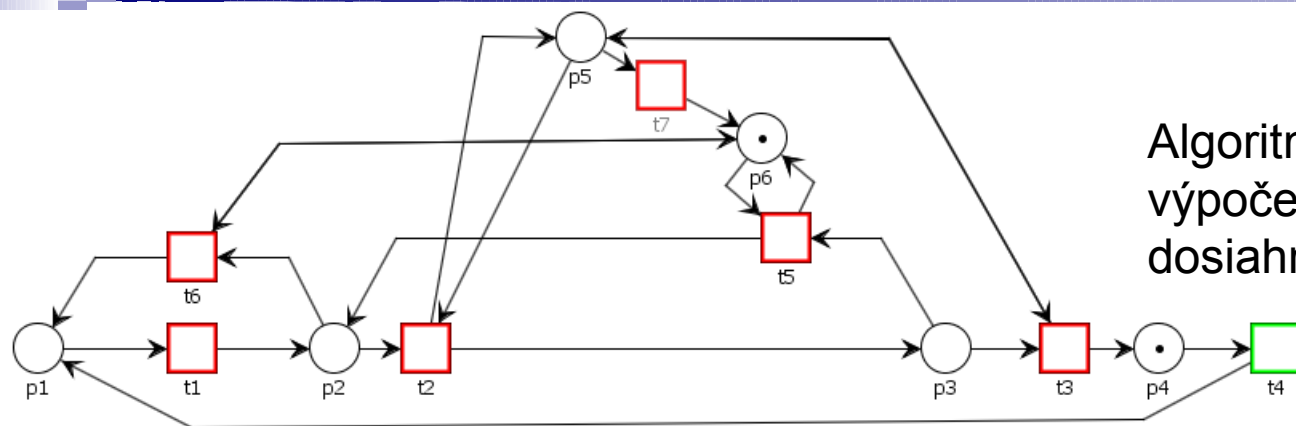
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

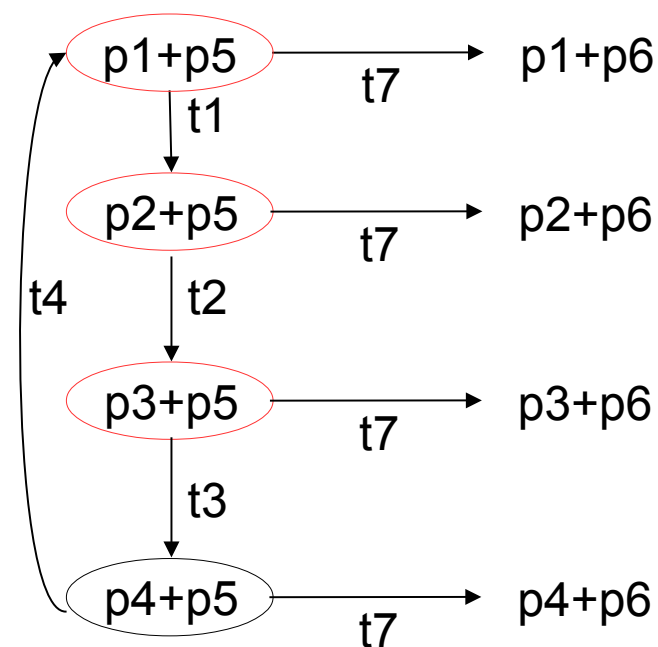
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

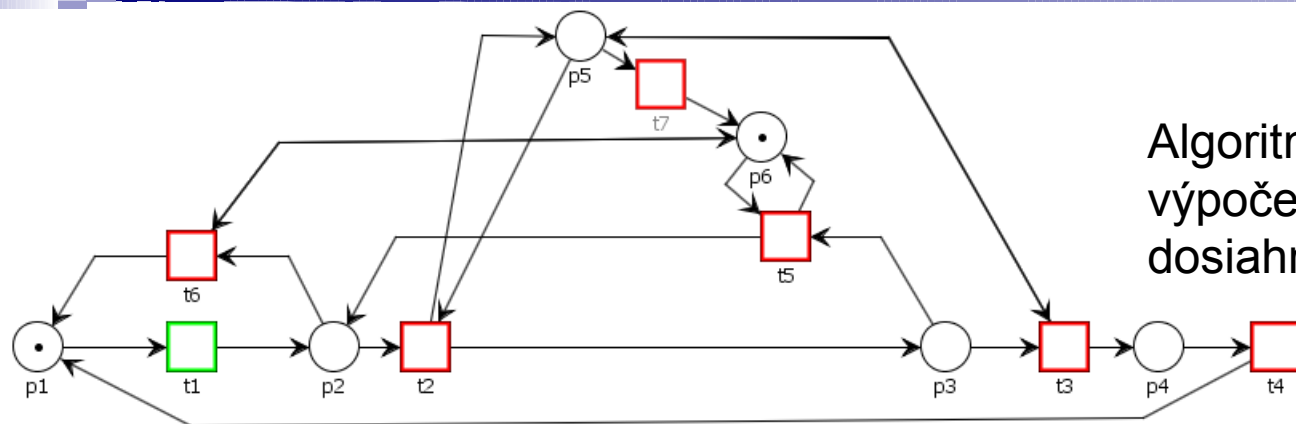
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

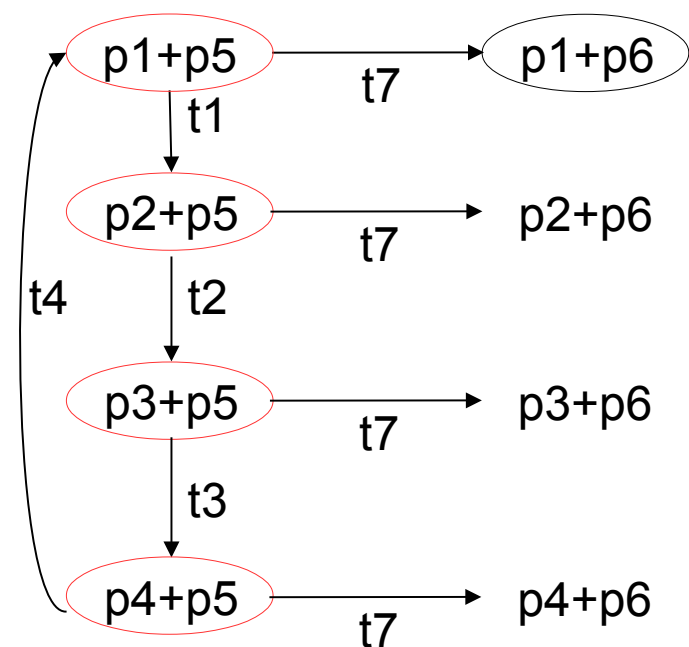
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

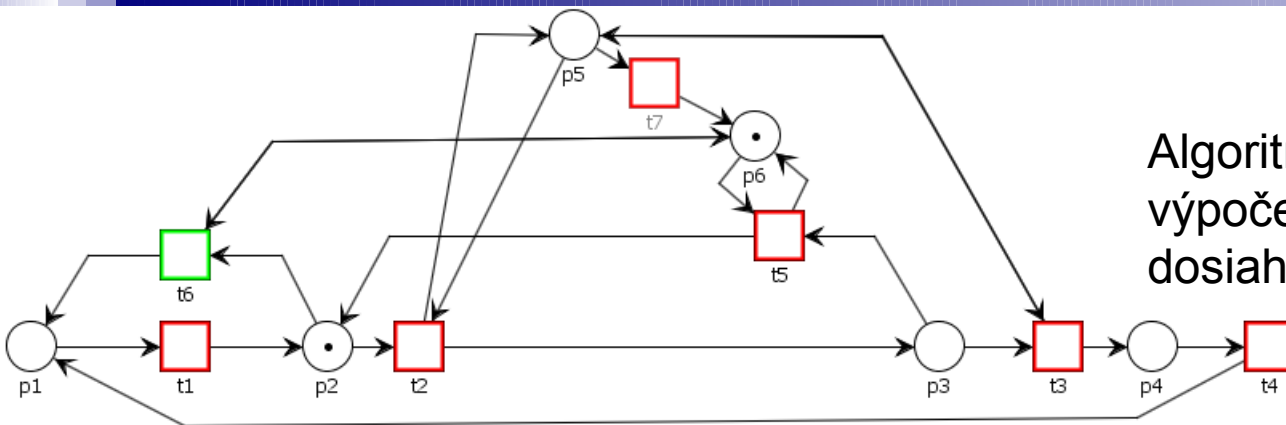
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

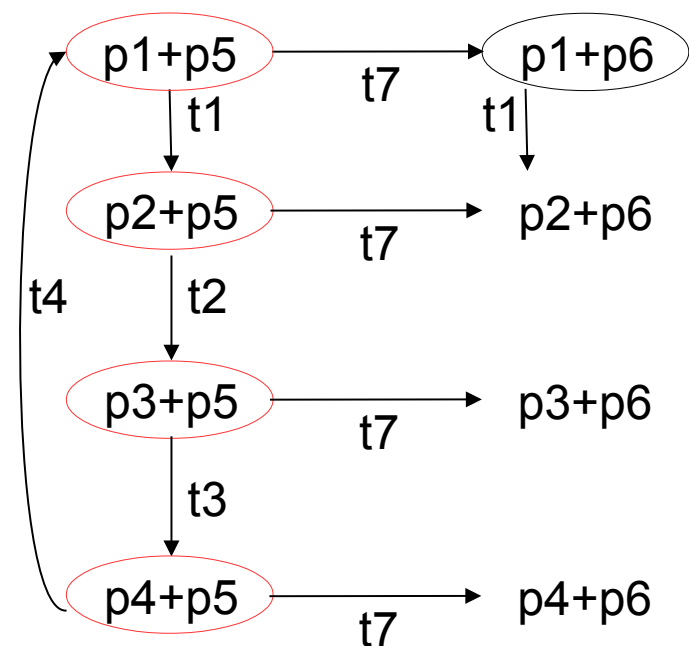
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

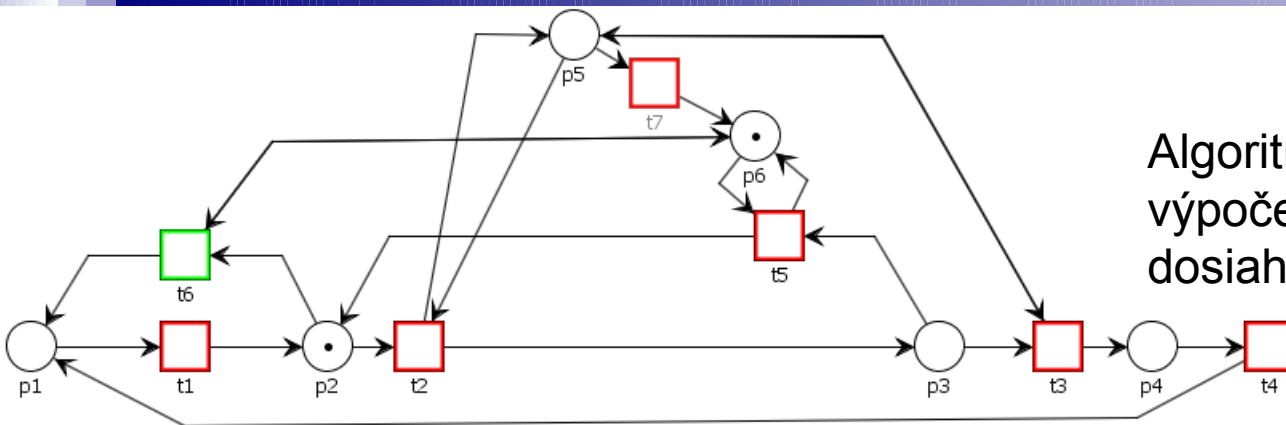
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

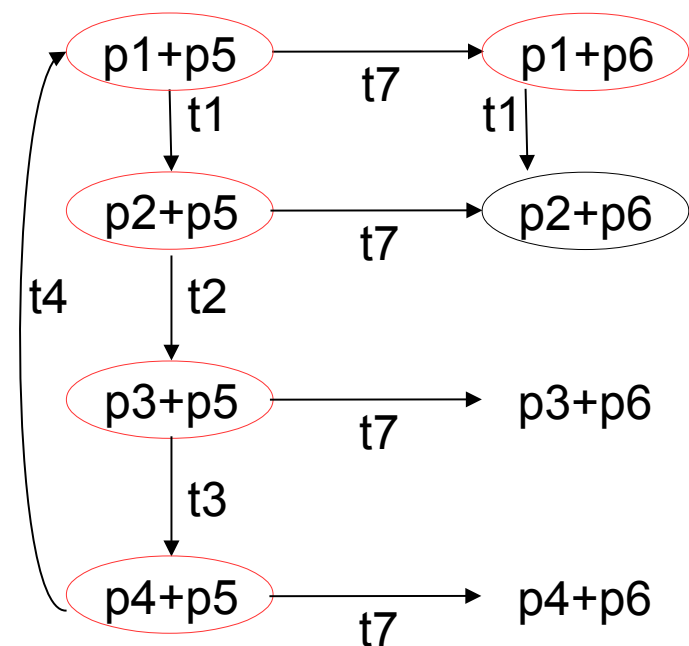
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

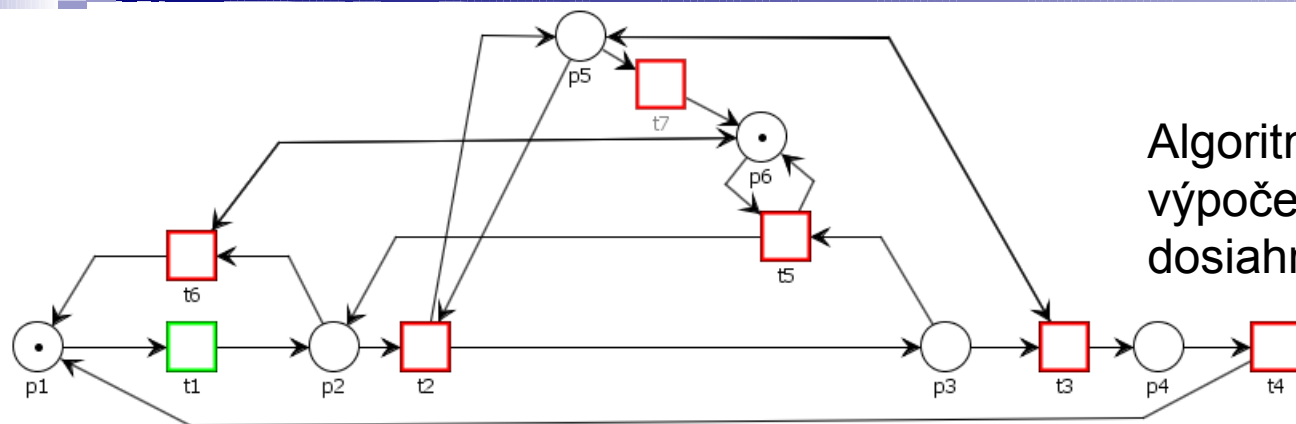
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

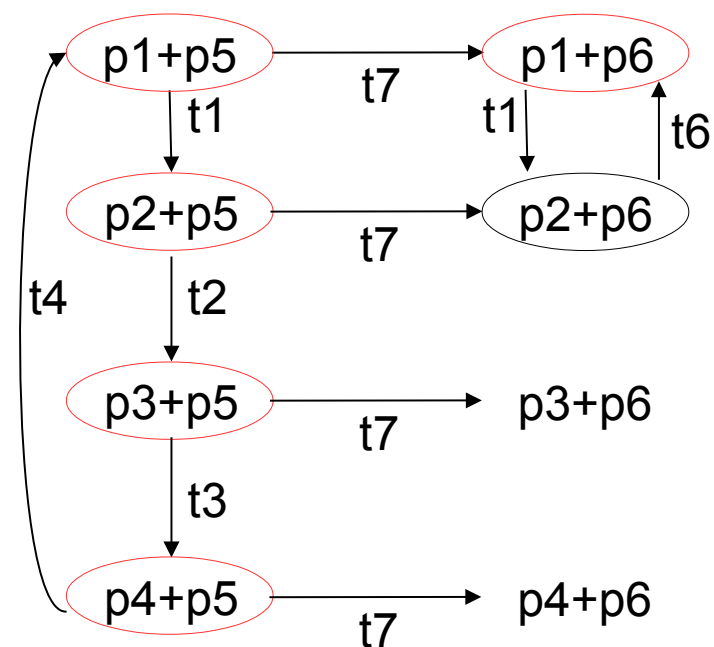
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

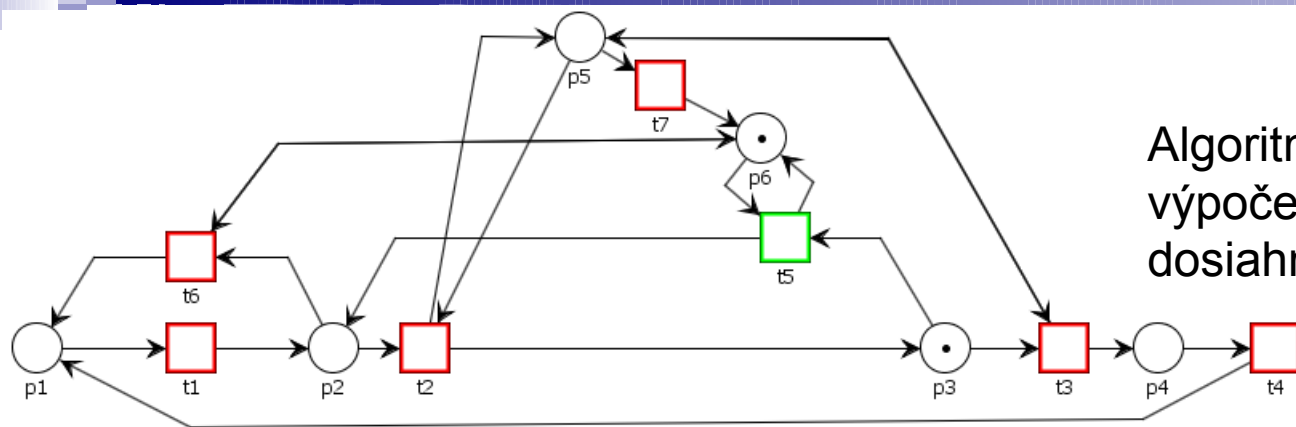
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

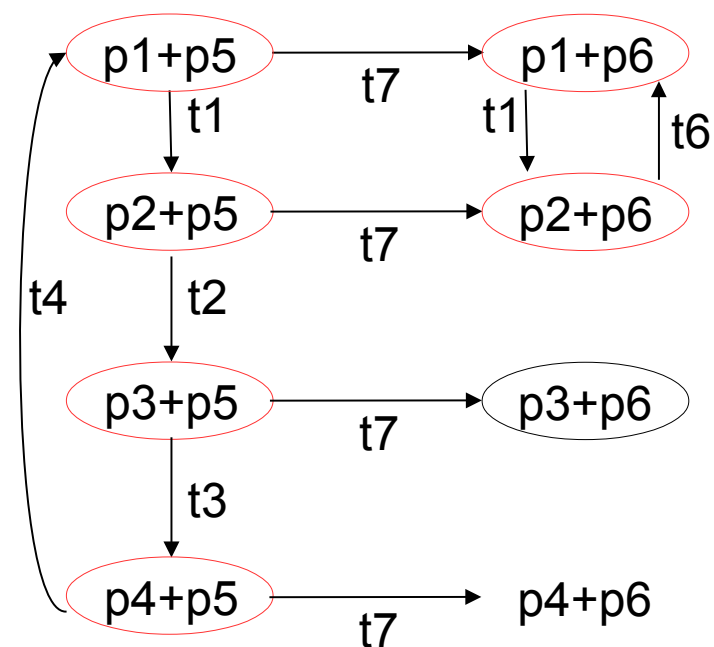
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

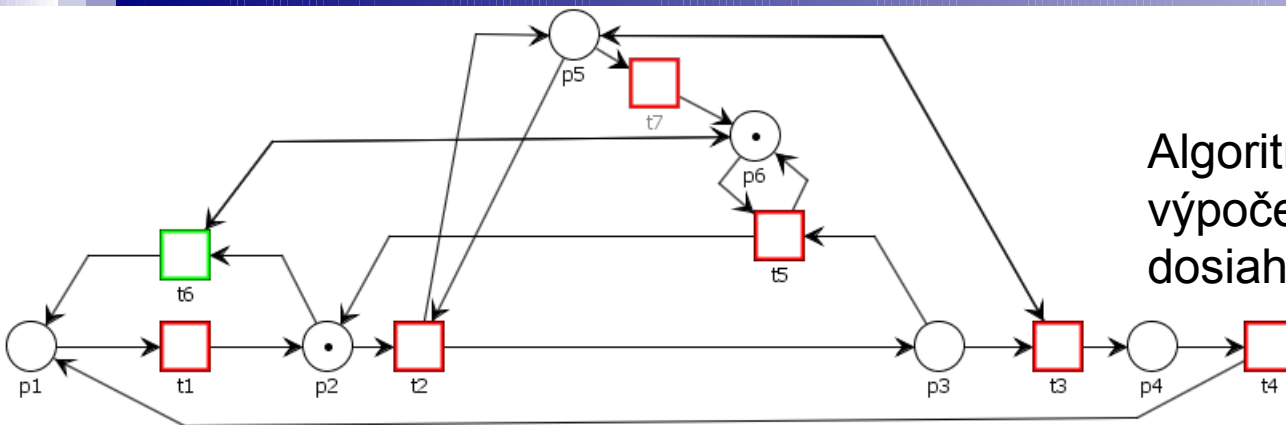
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

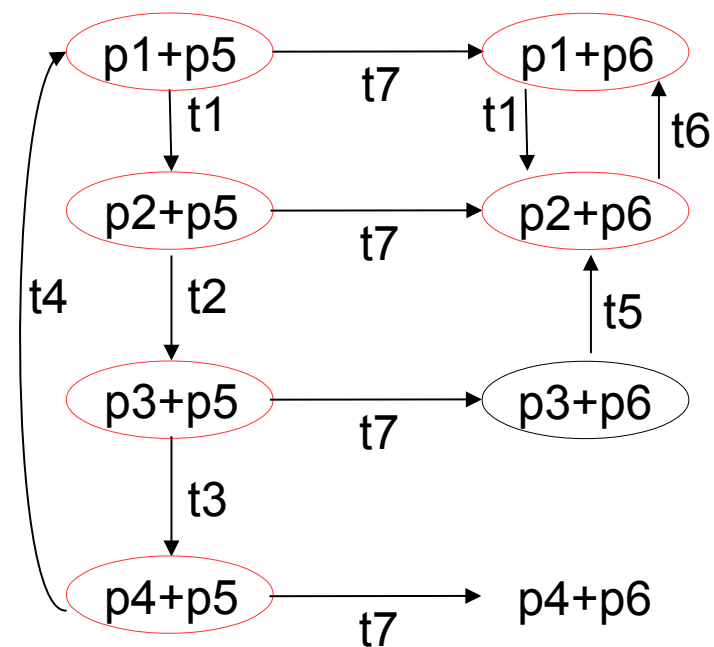
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

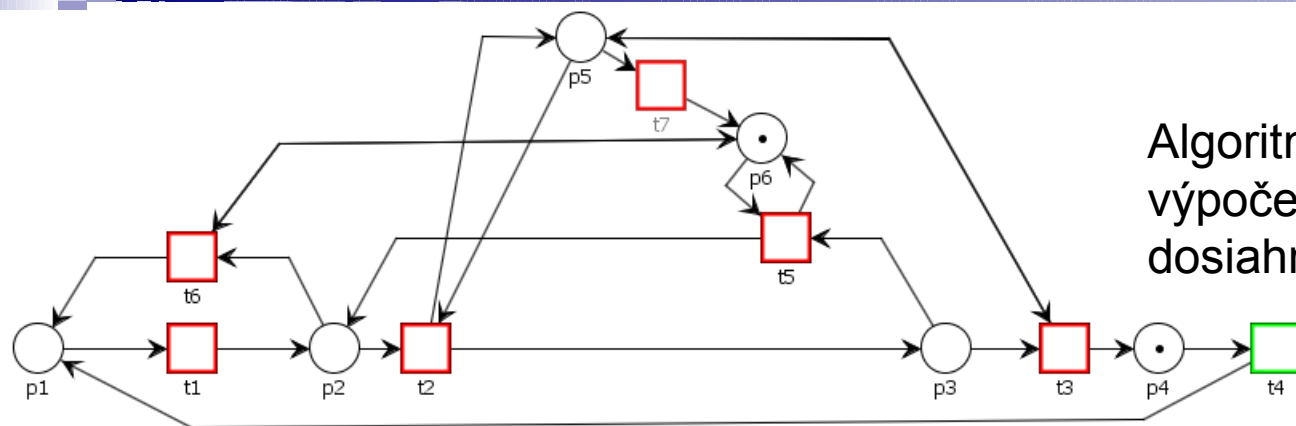
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

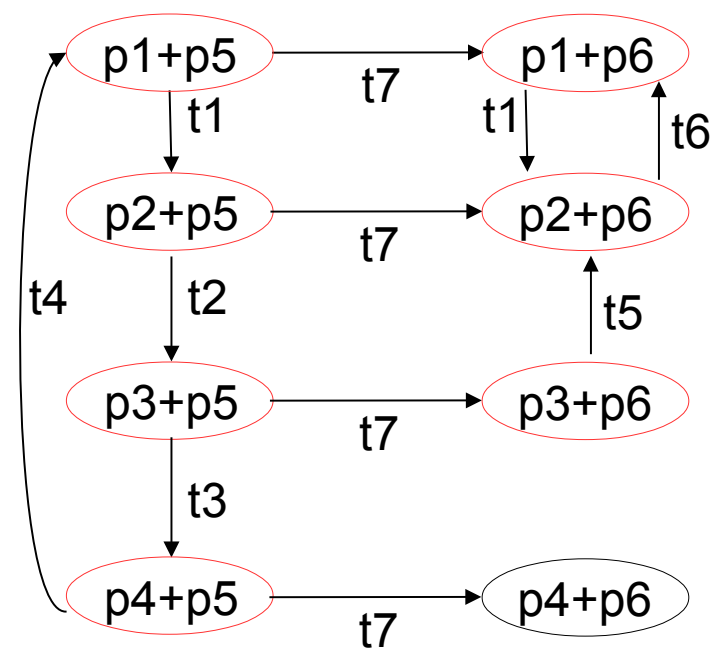
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre výpočet grafu dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

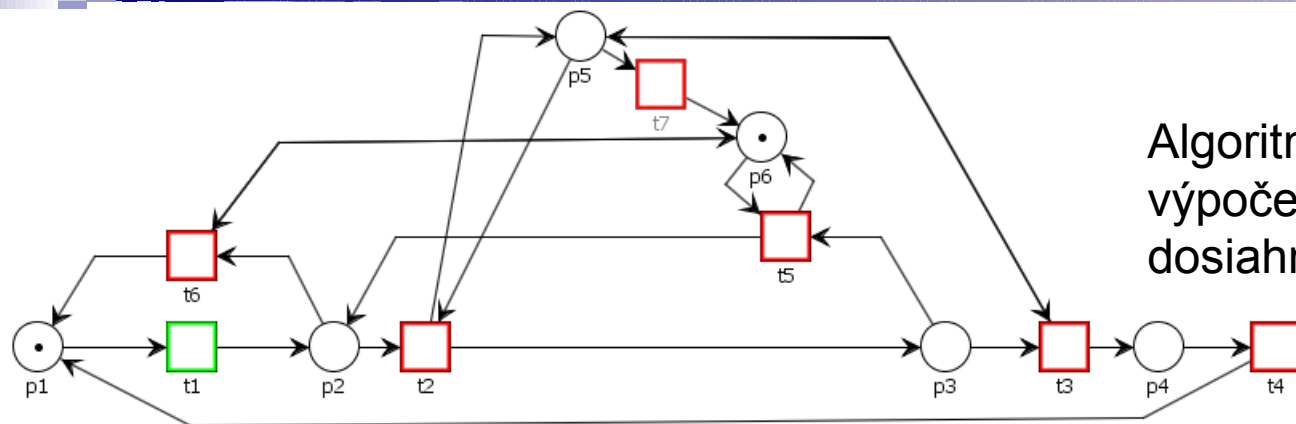
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

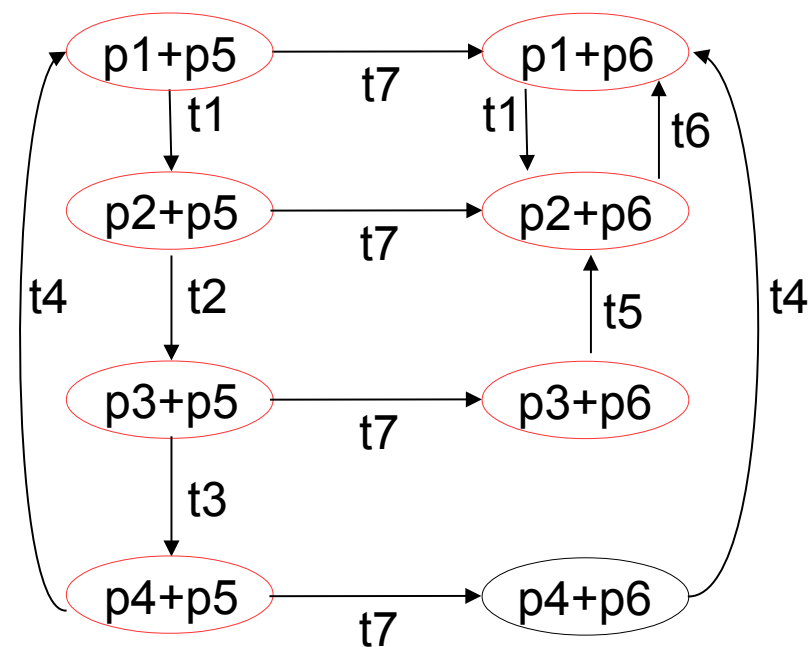
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

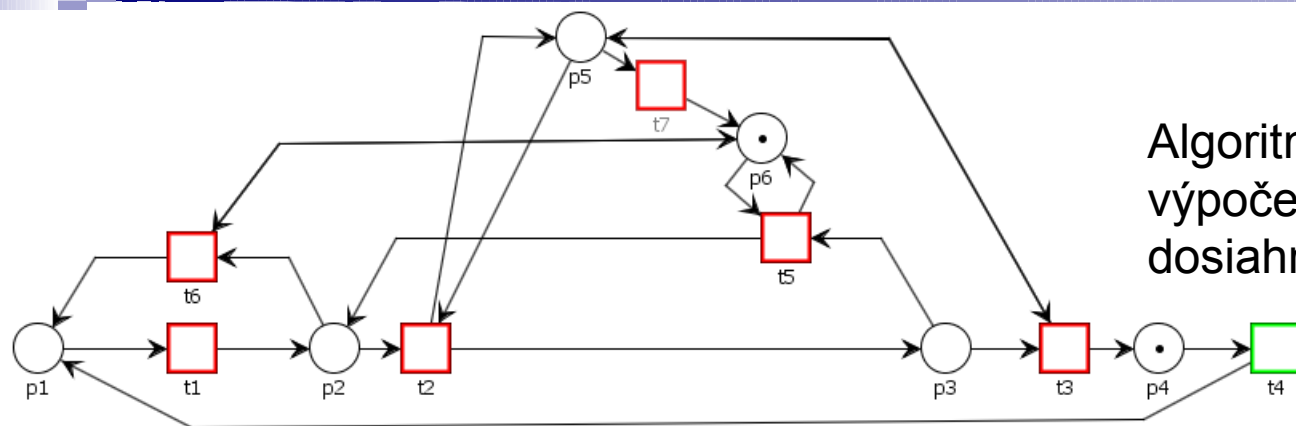
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

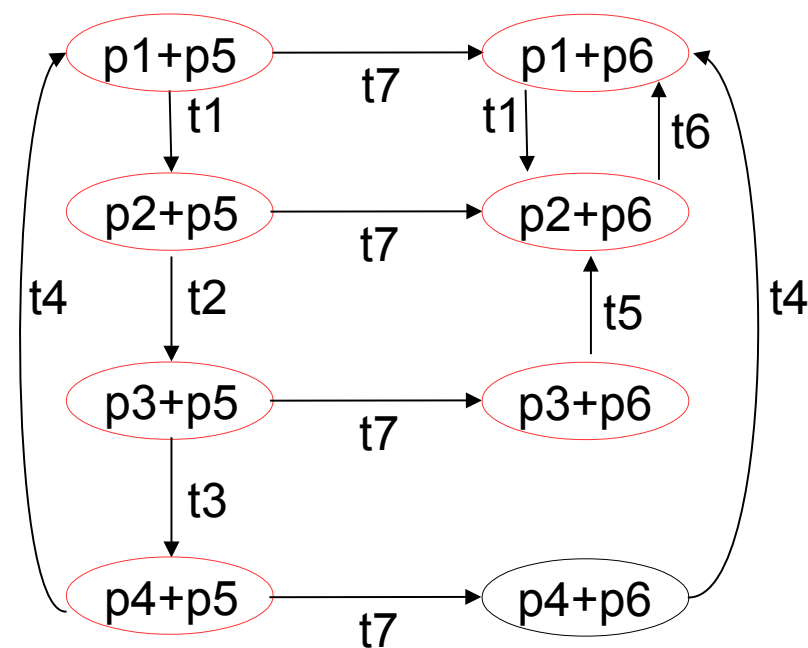
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

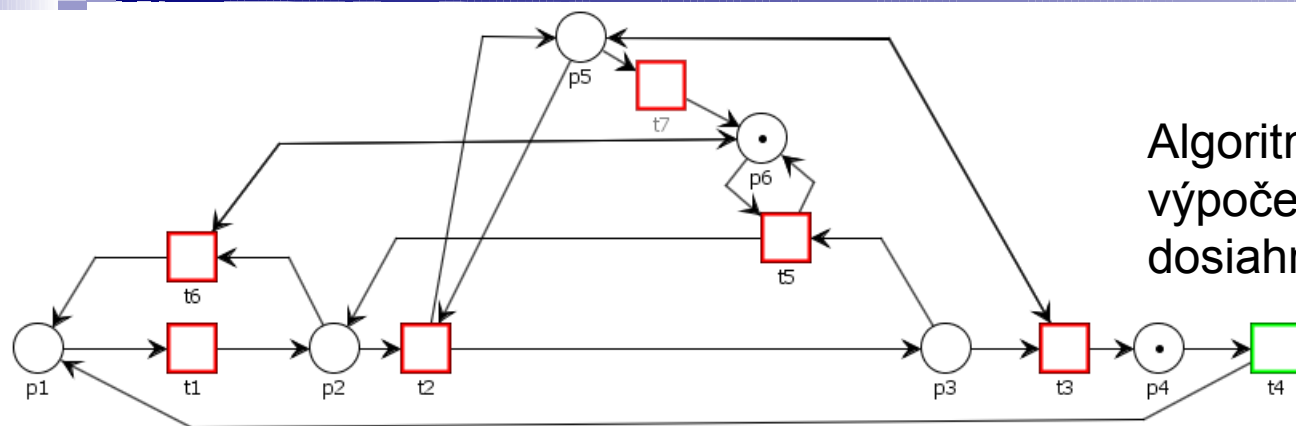
Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

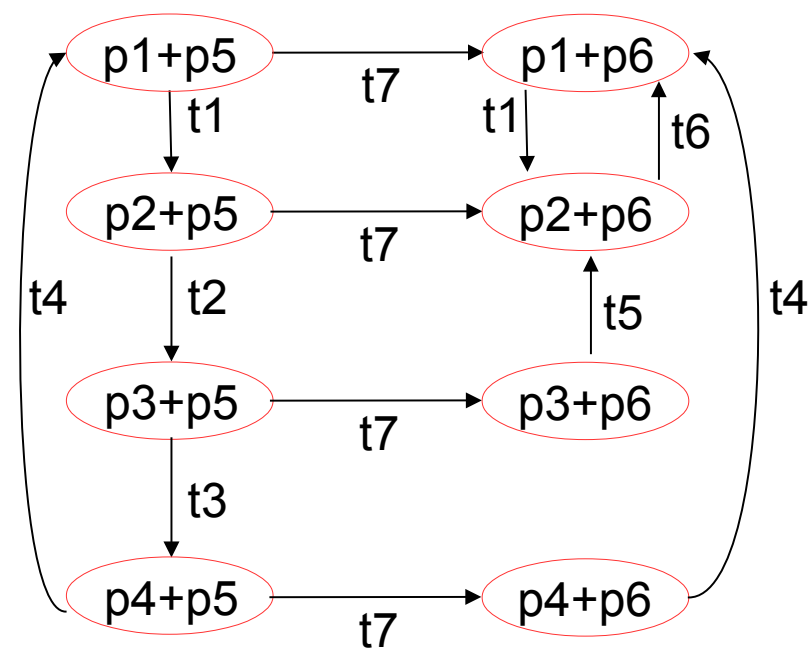
ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané



Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti



Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané

Algoritmus pre
výpočet grafu
dosiahnuteľnosti
neterminuje pre
neohraničené siete

Upravený algoritmus
pre výpočet grafu
dosiahnuteľnosti v
prípade
ohraničených sietí
vypočíta graf
dosiahnuteľnosti, ak
zistí, že sieť je
neohraničená
terminuje

Vytvor prázdny zoznam M najdených značkovaní

Vytvor prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu počiatočné značkovanie m_0 a nastav množinu $Pre(m_0)$ jeho predchodcov prázdnu

Pokiaľ je v zozname M značkovanie m , ktoré nie je označené ako preskúmané, vezmi ho a rob nasledovné:

Pre každý prechod t spustiteľný z m

počítaj značkovanie m' dosiahnuté spustením prechodu t zo značkovania m

ak m' ešte nie je v zozname M, vlož ho do zoznamu M a nastav množinu $Pre(m')$ jeho predchodcov prázdnu

nastav množinu $Pre(m')$ predchodcov značkovania m' rovnú zjednoteniu $Pre(m') \cup Pre(m) \cup \{m\}$

ak existuje predchodca m'' z $Pre(m')$ taký, že pre všetky miesta p z P platí $m''(p) \leq m'(p)$ a zároveň existuje miesto p z P také že platí $m''(p) < m'(p)$, potom algoritmus zastav a vráť hodnotu NEOHRANIČENÁ, lebo sieť je neohraničená

vlož do zoznamu H hranu z m do m' označenú prechodom t

Označ m ako preskúmané

Vráť graf dosiahnuteľnosti (M, H) a hodnotu OHRANIČENÁ

Nech $\omega \notin \mathbb{N}$

Nech ω -značkovanie je funkcia $P \rightarrow (\mathbb{N} \cup \{\omega\})$

Nech $\omega \leq \omega$ a $\forall n \in \mathbb{N} : n < \omega$

Každé značkovanie je ω -značkovanie

Prechod $t \in T$ je spustiteľný v ω -značkovaní $m: P \rightarrow (\mathbb{N} \cup \{\omega\})$ práve vtedy keď platí

$\forall p \in \{p \in P \mid m(p) \in \mathbb{N}\} : m(p) \geq l((p,t))$

Ak prechod $t \in T$ je spustiteľný v ω -značkovani $m: (P \rightarrow N \cup \{\omega\})$ potom spustenie prechodu t v ω -značkovani m vedie k novému ω -značkovaniu $m': P \rightarrow (N \cup \{\omega\})$ takému že

$$\forall p \in \{p \in P \mid m(p) \in N\} : m'(p) = m(p) + C((p,t))$$

$$\forall p \in \{p \in P \mid m(p) = \omega\} : m'(p) = m(p) \text{ (omega sa prenáša)}$$

Strom pokrytia (V, π, H) ,

kde V je konečná množina vrcholov,

$\pi: V \rightarrow [P \rightarrow (N \cup \{\omega\})]$ je funkcia, ktorá priradzuje
vrcholom ω -značkovania a

$H \subseteq V \times T \times V$ je množina označených hrán

Algoritmus na výpočet stromu pokrytia (coverability tree)

Vytvor prázdny zoznam vrcholov V a prázdny zoznam H označených hrán

Vlož do zoznamu V počiatočný vrchol v_0 , prirad' mu značkovanie $\pi(v_0) = m_0$ a nastav množinu $\text{Pre}(v_0)$ jeho predchodcov prázdnu

Pokiaľ je v zozname V vrchol v , ktorý nie je označený ako preskúmaný, vezmi ho a rob nasledovné:

Ak existuje jeho predchodca v' z $\text{Pre}(v)$ taký, že pre všetky miesta p z P platí $\pi(v')(p) = \pi(v)(p)$ potom označ vrchol v ako preskúmaný

Inak

Pre každý prechod t spustiteľný z ω -značkovania $\pi(v)$ priradenému k vrcholu v

počítaj ω -značkovanie m dosiahnuté spustením prechodu t z ω -značkovania $\pi(v)$

vlož do zoznamu V nový vrchol v' , nastav množinu $\text{Pre}(v')$ jeho predchodcov rovnú zjednoteniu $\text{Pre}(v) \cup \{v\}$

pre každé miesto p z P :

ak existuje vrchol $v'' \in \text{Pre}(v')$ taký, že pre všetky miesta r z P platí $\pi(v'')(r) \leq m(r)$ a zároveň pre p platí $\pi(v'')(p) < m(p)$, potom $\pi(v')(p) = \omega$

inak $\pi(v')(p) = m(p)$

vlož do zoznamu H hranu z v do v' označenú prechodom t

Označ vrchol v ako preskúmaný

Graf pokrytia definovaný prostredníctvom stromu pokrytia (V, π, H)

Graf pokrytia (M, G) , kde

$M = \{ m \in [P \rightarrow (N \cup \{\omega\})] \mid \exists v \in V : \pi(v) = m \}$ je množina ω -značkování, ktoré sú priradené niektorému z vrcholov stromu pokrytia

$G = \{ (m, t, m') \in [P \rightarrow (N \cup \{\omega\})] \times T \times [P \rightarrow (N \cup \{\omega\})] \mid \exists (v, t, v') \in H : \pi(v) = m \wedge \pi(v') = m' \}$ je množina označených hrán

