DUS

- diskrétne
- udalostné
- systémy

Marček Stanislav

S T U
F E I

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
Fakulta elektrotechniky a informatiky
SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology

Prečo Petriho siete?

Formálna sémantika
Procesy špecifikované v Petriho sieťach majú jasnú a presnú definíciu, pretože sémantika klasickej Petriho siete a aj viaceré vylepšenia (farba - CPN, čas - TPN, hierarchia – HPN, reset, inhibítor hrany ...) boli formálne definované.

Jednoduchá a prirodzená grafika
Petriho siete sú (majú aj) grafický jazyk. Výsledkom je, že Petriho siete sú intuitívne a dajú sa ľahko naučiť. Grafický charakter podporuje aj komunikáciu s koncovými používateľmi.

Expresivita -- výrazovosť
Petriho siete podporujú všetky potrebné elementy na modelovanie procesu práce -- workflow. Všetky konštrukty smerovania prítomné v dnešných systémoch riadenia workflow možno modelovať. Okrem toho skutočnosť, že stavy sú zastúpené explicitne, umožňuje modelovanie míľnikov a implicitných volieb.

STU
FEI

Prečo Petriho siete?

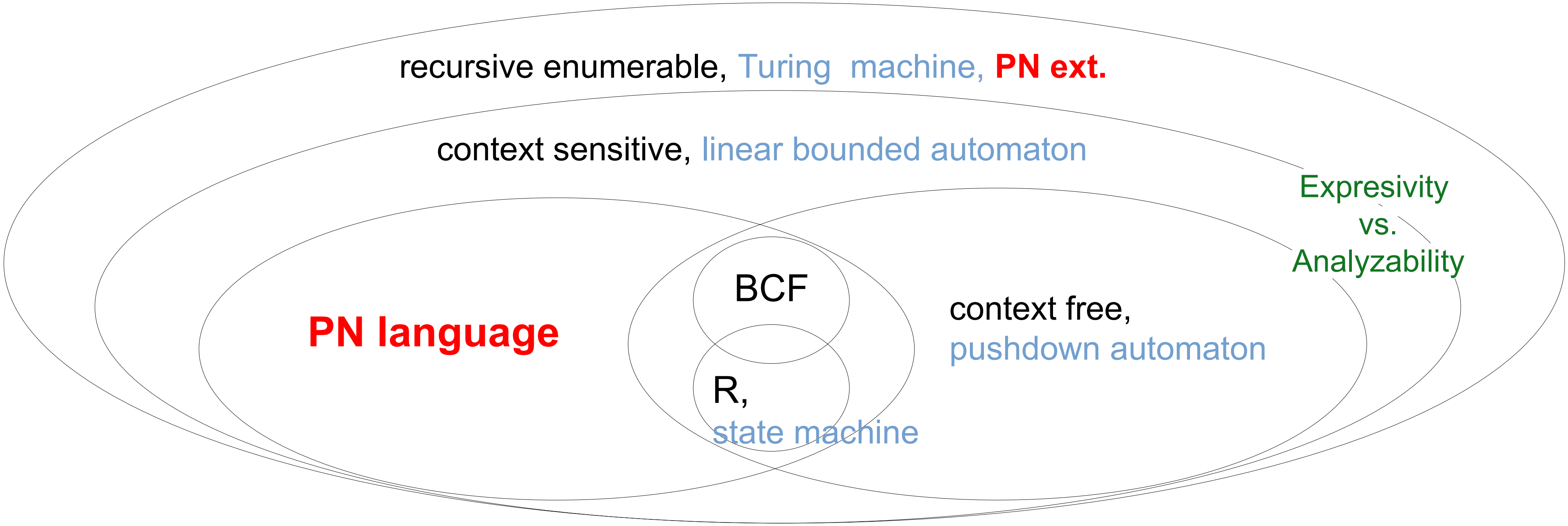
Vlastnosti
V posledných štyroch desaťročiach mnoho ľudí skúmalo základné vlastnosti Petriho sietí. Pevný matematický základ umožňuje uvažovať o týchto vlastnostiach. Výsledkom je, že o tejto technike modelovania existuje veľa všeobecných vedomostí vo forme kníh a článkov.

Analýza
Petriho siete sa vyznačujú dostupnosťou mnohých analytických techník. Tieto techniky možno použiť na preukázanie vlastností (bezpečnostné vlastnosti, vlastnosti nemennosti, uviaznutí atď.) aj na výpočet ukazovateľov výkonnosti (doby odozvy, čakacie doby, miery obsadenosti atď.). Týmto spôsobom je možné vyhodnocovať alternatívne pracovné postupy pomocou štandardných analytických nástrojov založených na Petriho sietiach.

Nezávislosť od výrobcu
Petriho siete poskytujú rámec nezávislý od nástrojov na modelovanie a analýzu procesov.

STU FEI

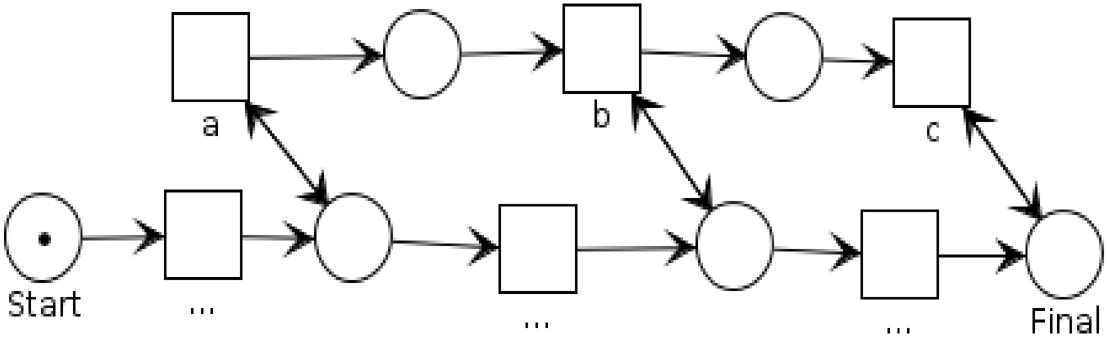
Chomsky hierarchy - expressivity



R- regular language, finite state automaton;
BCF – Bounded Context-free language
Peterson, J.L. - Petri Net theory and the modeling of Systems, Prentice-Hall, 1981
FSA < R < linear gramar < context free < context sensitive < recur. enu.

príklad PS

A context-sensitive language L(M) = {$a^n b^n c^n$ | n >= 0) is generated by Petri net.



Initial marking. …. Acceptable marking.

PS vzťahy medzi prechodmi
Elementárne štruktúry

Konflikt
Kauzalita
Synchrónnosť
Súbežnosť

Zámena (konf. & súb.)
Symetrický
Asymetrický
Vzájomné vylúčenie v súbežnosti

Hlavné elementy:
Miesta, Prechody, Značky

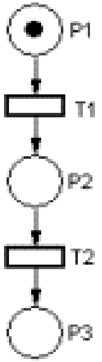
Značky reprezentujú dynamickú časť PS.
Modelujú zdroje alebo vykonávajúci sa program

Sekvencia (sequence)
Rozdelenie (fork)
Synchronizácia (synchronization)
Výber (choise)
Spojenie (merge)
Cyklus

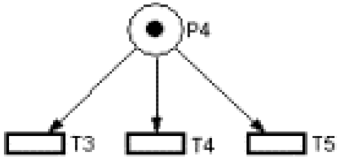
STU FEI

PN vzťahy medzi prechodmi

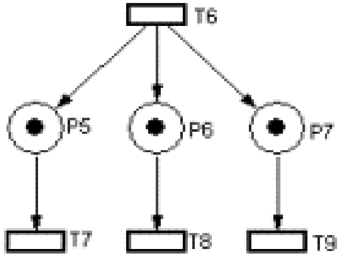
Elementárne štruktúry



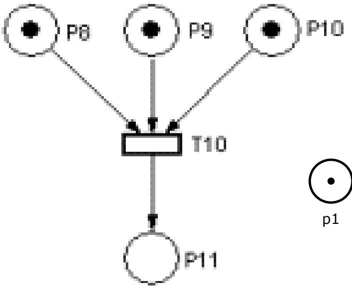
sequence



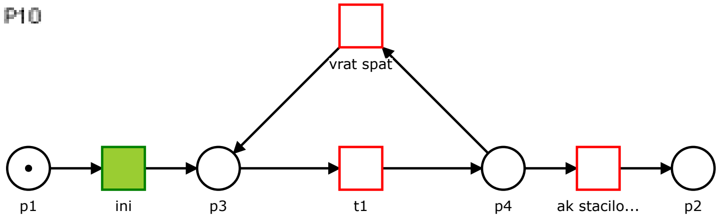
conflict



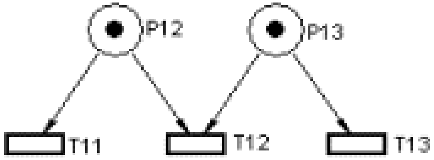
concurrency



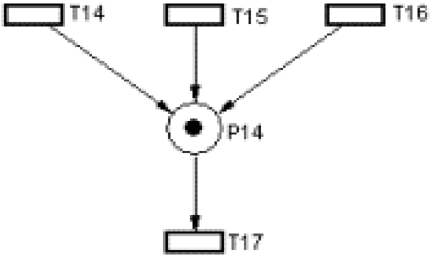
synchronization



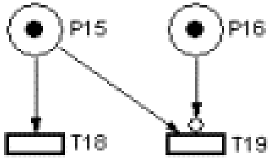
jednoduchy cyklus n-krát t1



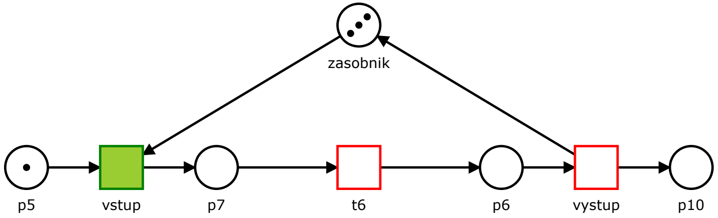
confusion



merging



priority/inhibit



model kapacity/zásobník úloh t6

PN executability

ak … $\mathbf{I.X^T \leq m^T}$ … potom

stavová rovnica, výpočet spustenia

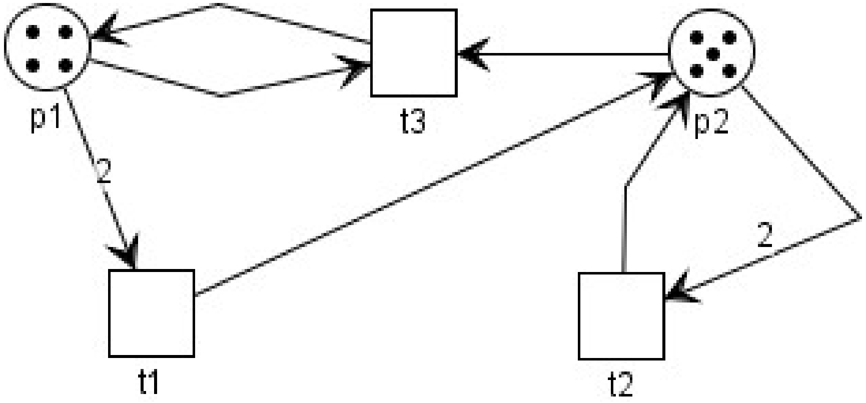
$m_x(p) = m(p) - I(p,t) + O(p,t)$

$\mathbf{m^T_x = m^T + C.X^T}$

$$\boldsymbol{m^T \geq I \cdot X^T}$$
$$\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$
$$\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{m_x^T = m^T + C \cdot X^T}$$
$$m_x^T = \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$
$$m_x^T = \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix}$$

Spúšťací vektor **X:**	t1	t2	t3
	1	0	0



Semantics of PN

Sekvenčná sémantika

- sekvencia spustení

Nesekvenčná sémantika

- kroková sekvencia
- procesy
- výrazy
- označené čiastočné usporiadanie (multimnožiny prechodov)

Semantics of PN

Scénar je daný sekvenciou udalostí.

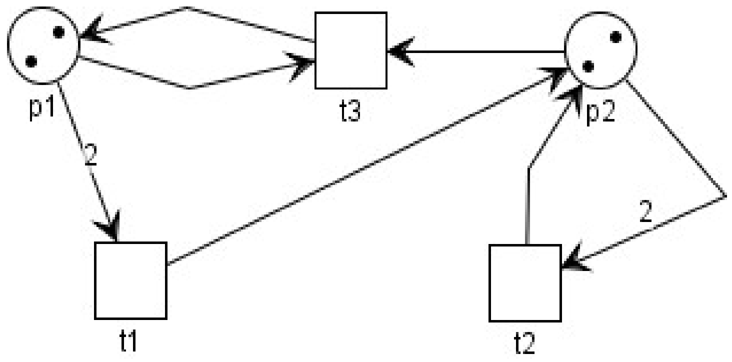
Udalosť je daná spustením prechodu t v PS.

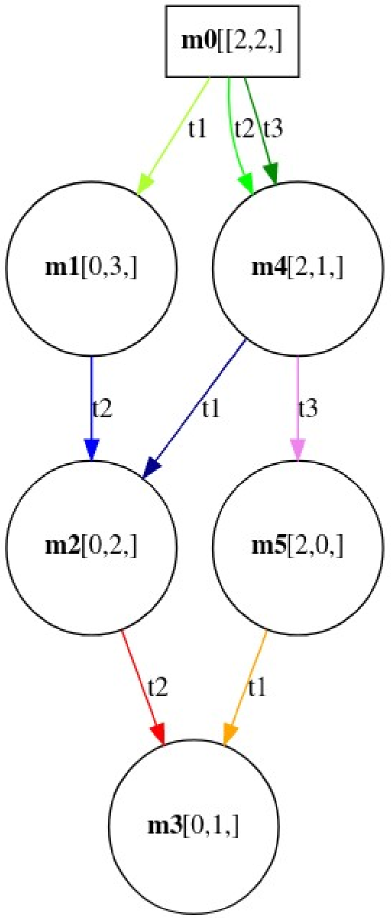
prepisovacie pravidlá z grafu dosiahnuteľnosti:

- kauzalita ';'

Scénare:

{t1;t2;t2},
{t2;t1;t2},
{t2;t3;t1},
{t3;t3;t1},
{t3;t1;t2}





m0=p1:3 p2:2

Step Sequence Reachability graph

Krok je multimnožina prechodov k: T → N (N sú nezáporné celé čísla)

Krok k je spustiteľný v značkovani m práve vtedy keď:

$\forall p \in P, \quad \sum [\, I(p,t) \,.\, k(t) \,] \leq m(p).$

Jeho spustenie v m_x vedie do značkovania m_y takého:

. $\forall p \in P, \quad m_y(p) = m_x(p) + \sum [\, C(p,t) \,.\, k(t) \,]$

$$\mathrm{m}_x^T \geq I \cdot X^T$$

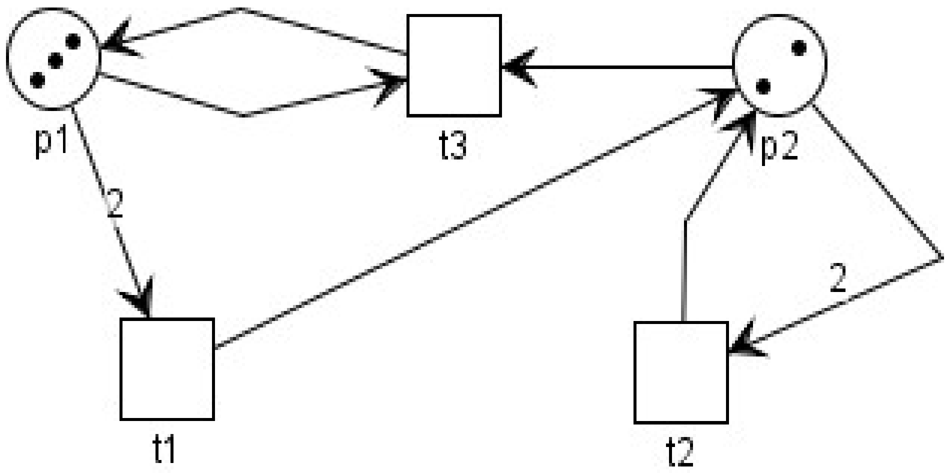
$$\begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

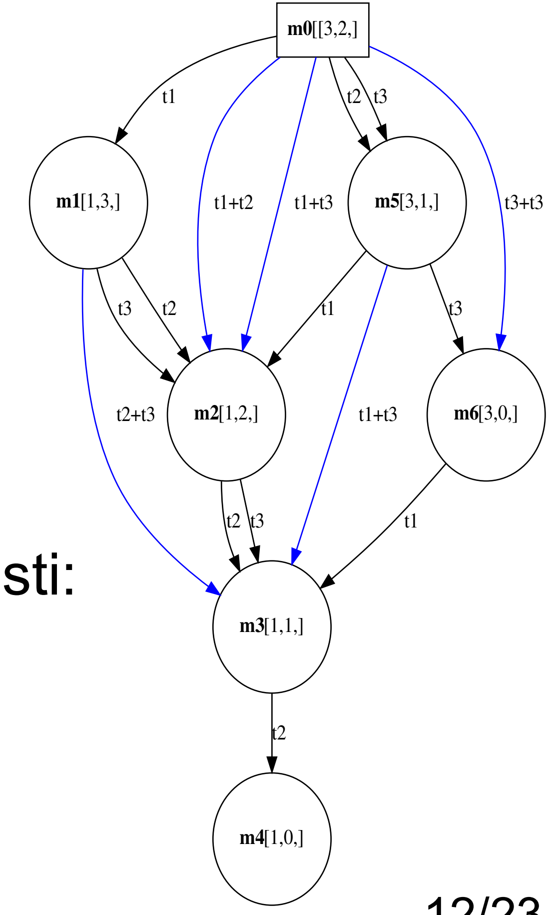
$$\mathrm{m}_y^T = m_x^T + C \cdot X^T$$

$$\begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

STU FEI

Step Sequence Reachability graph





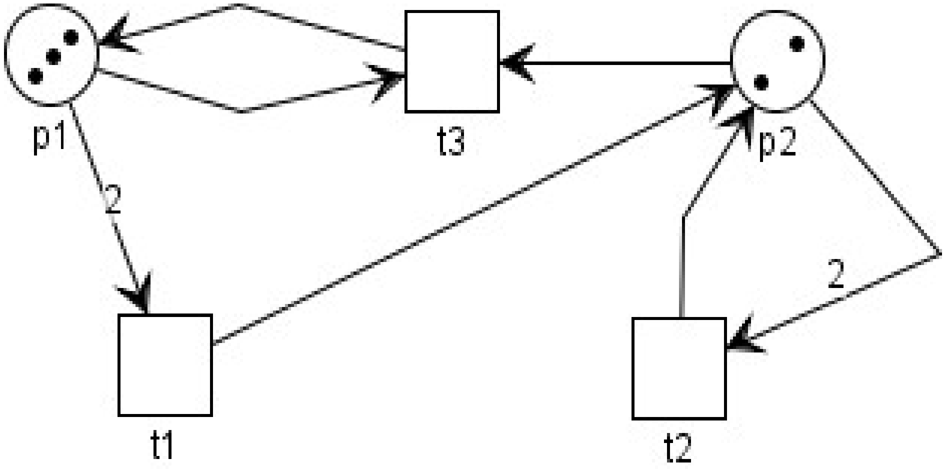
Scénare:

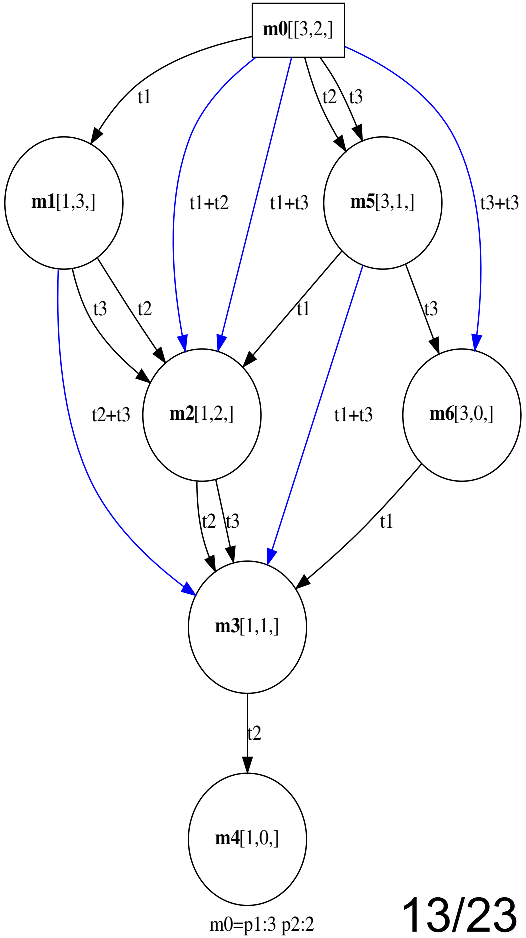
t1;t2;t2;t2
t1;t2;t3;t2
t1;t3;t2;t2
t1;t3;t3;t2
t1;t2+t3;t2

prepisovacie pravidlá z grafu dosiahnuteľnosti:
- kauzalita **‘;‘**
- súbežnosť **‘+‘**

STU FEI

Step Sequence Reachability graph





Scénare:

t1;t2;t2;t2
t1;t2;t3;t2
t1;t3;t2;t2
t1;t3;t3;t2
t1;t2+t3;t2

t2;t1;t2;t2
t2;t1;t3;t2
t2;t1+t3;t2

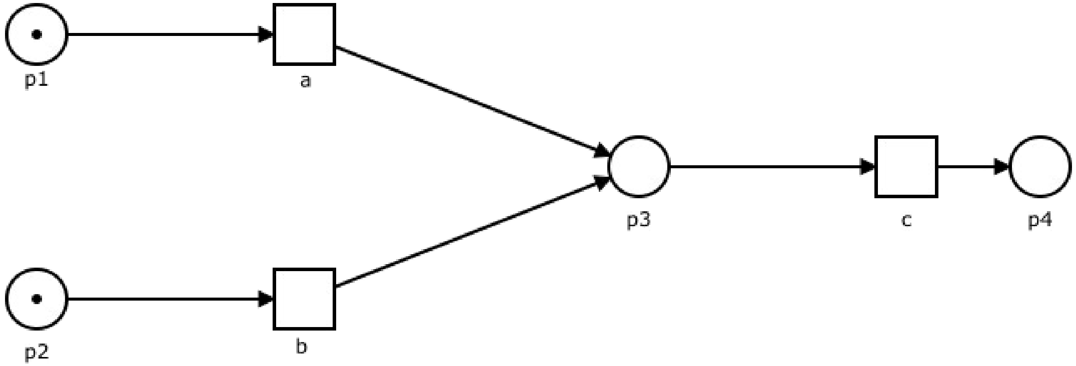
t1+t2;t2;t2
t1+t2;t3;t2

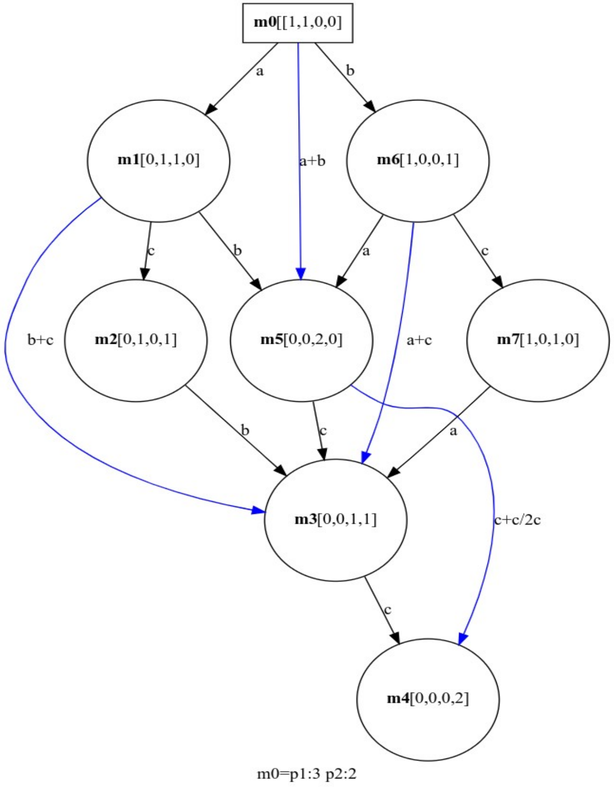
t3;t1;t2;t2
t3;t1;t3;t2
t3;t1+t3;t2

t1+t3;t2;t2
t1+t3;t3;t2

t2;t3;t1;t2
t3;t3;t1;t2
t3+t3;t2;t2

Algebraické procesné výrazy – termy





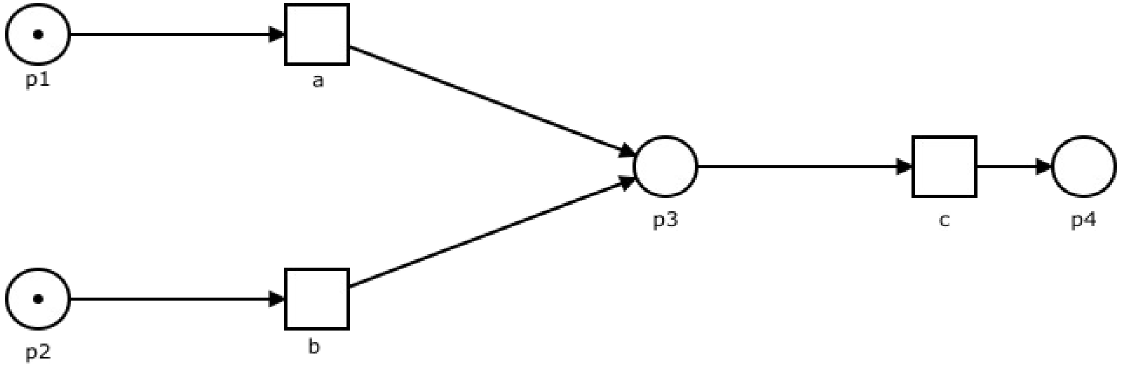
prepisovacie pravidlá:

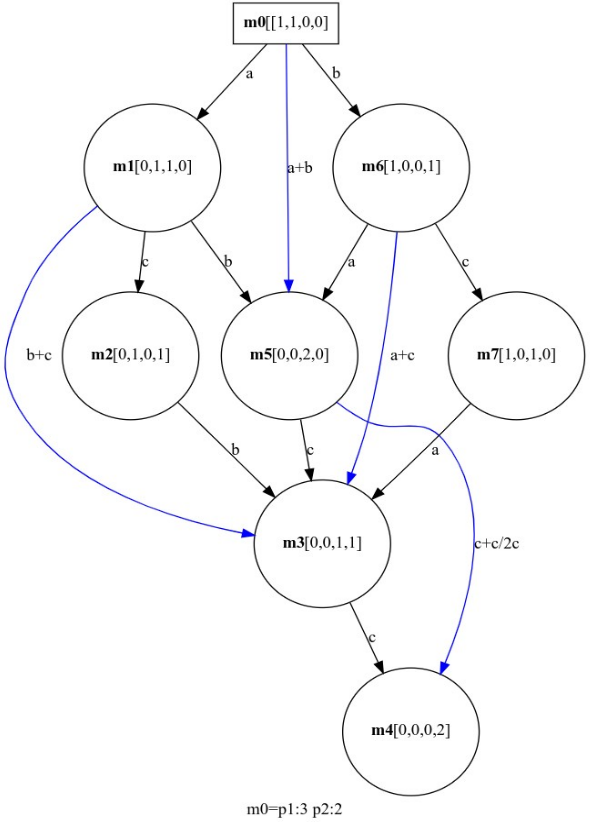
- kauzalita ; sekvenčná kompozícia
- súbežnosť/nezávislosť || paralelná kompozícia

(●t) – t – > (t●) … [m: m – > m] ∈ P

$$\begin{array}{c} \bullet t \\ \Big\downarrow \mathrm{t} \\ t\bullet \end{array} \qquad \begin{array}{c} \mathrm{m} \\ \Big\downarrow \mathrm{m} \\ \mathrm{m} \end{array}$$

Algebraické procesné výrazy – termy

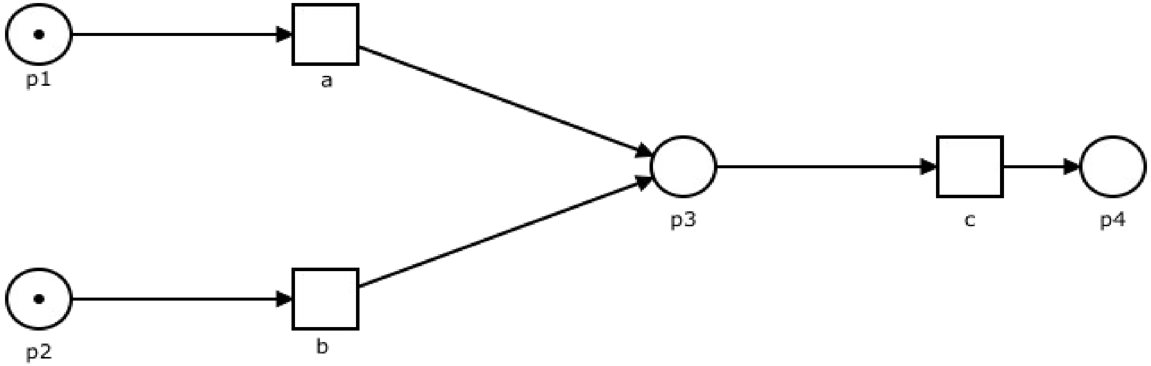


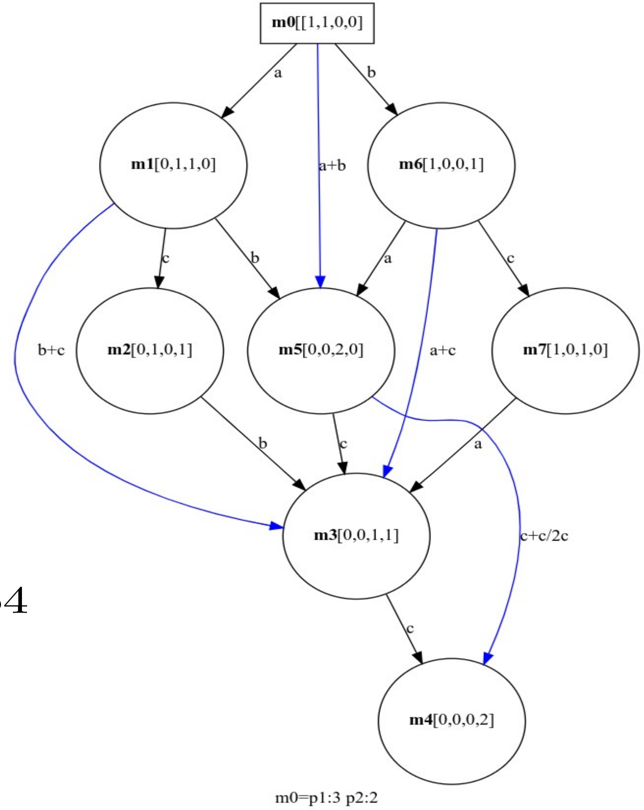


sériovo-paralelná kompozícia:

$a \xrightarrow{k_1} b$ $\quad c \xrightarrow{k_2} d$ $\quad a+c \xrightarrow{k_1 || k_2} b+d$ $\quad a \xrightarrow{k_1 ; k_2 \ (b=c)} d$

Algebraické výrazy – termy





elementárne výrazy:

$$p1 \xrightarrow{a} p3 \qquad p2 \xrightarrow{b} p3 \qquad p3 \xrightarrow{c} p4 \qquad p1 \xrightarrow{p1} p1 \qquad p2 \xrightarrow{p2} p2 \qquad p3 \xrightarrow{p3} p3 \qquad p4 \xrightarrow{p4} p4$$

Algebraické výrazy – termy

elementárne výrazy:

$p1 \xrightarrow{a} p3$, $p2 \xrightarrow{b} p3$, $p3 \xrightarrow{c} p4$, $p1 \xrightarrow{p1} p1$, $p2 \xrightarrow{p2} p2$, $p3 \xrightarrow{p3} p3$, $p4 \xrightarrow{p4} p4$

$p1+p2 \xrightarrow{a||b} 2p3$

$2p3 \xrightarrow{c||c} 2p4$

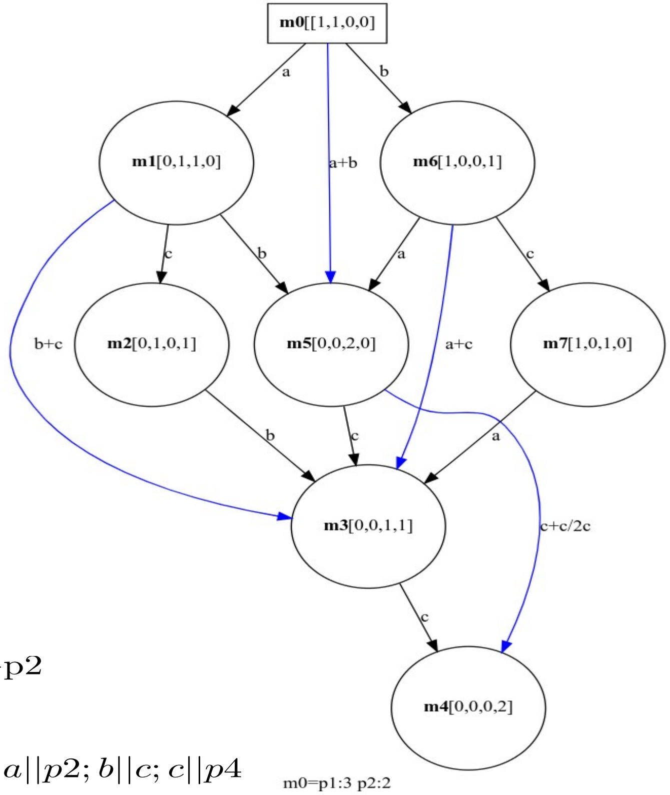
$p1+p2 \xrightarrow{a||b;\, c||c} 2p4$

$p1+p2 \xrightarrow{a||p2} p2+p3$

$p2+p3 \xrightarrow{b||c} p3+p4$

$p1+p2 \xrightarrow{a||p2;\, b||c} p3+p4$

$p1+p2 \xrightarrow{a||p2;\, b||c;\, c||p4} 2p4$



Workflow PN

(Wil Van der Aalst)

WorkFlow Management (WFM) systems. Business Process Management (BPM) systems. PS reprezentuje model a **značka na začiatku reprezentuje** vstup jedného **prípadu** do systému – modelu. Cieľom je, že po chvíli bude na výstupnom mieste značka pre každý iniciovaný prípad.

Def WfPS

možnosť skončenia: pre každý prípad je vždy možné dosiahnuť stav, ktorý práve označuje konečné miesto,

správne dokončenie: ak je označený koniec miesta, všetky ostatné miesta sú pre daný prípad prázdne

žiadne mŕtve prechody : malo by byť možné vykonávať ľubovoľnú činnosť sledovaním vhodnej trasy cez WF-net. sieť je živá a ohraničená ... štyri triedy WF sietí a osem pojmov zdravosti.

Workflow PN

– **def. začiatok** $\{p \in P \mid \bullet p = \varnothing\} = \{in\}$

– **def. koniec** $\{p \in P \mid p\bullet = \varnothing\} = \{out\}$

– PS je spojitá so začiatkom a koncom $n \in P \cup T : (in, n) \in F_*$ a $(n, out) \in F_*$

– (reset hrany na out) $\forall t \in T \ \{\bullet out\}$ not$\in R(t)$

– **def. zdrojov**/značkovaní

Ďalšie vlastnosti:

– ohraničenosť, bez zamrznutí (deadlock-freeness), bez zacyklenia (livelock-free), ...

Workflow PN

WfPS je systém, ktorý úplne definuje, riadi a vykonáva pracovné toky prostredníctvom vykonávania softvéru, ktorého poradie vykonávania riadi počítačová reprezentácia logiky pracovného toku.

Sú 4 základné smerovania toku: **sekvenčné, paralelné, podmienené, iteračné**

Úlohy sú modelované prechodmi, podmienky sú modelované miestami a prípady sú modelované značkami. Každý prípad zodpovedá jedinečnej inštancii Petriho siete.

Workflow PN

WfPS sieť je **korektná**, ak značkovanie s jednou značkou vo výstupnom mieste out je dosiahnuteľné z každého dosiahnuteľného značkovania a zároveň je to jediným dosiahnuteľným značkovaním so značkou vo výstupnom mieste out

Ak je WfPS sieť korektná, potom je **ohraničená**.

Uviaznutie - Nie je možné ukončiť inštancie, uviaznutie, ktoré nie je **zamrznutím**, nazývame **zacyklenie.**

Na dynamickú analýzu korektnosti sa dá využiť **Sieť dosiahnuteľnosti.**

Sieť dosiahnuteľnosti.

- Vytvoriť graf dosiahnuteľnosti z WfPS.
- Na hrany grafu doplniť prechody (s popisom udalosti/stavu).
- Statické miesta doplniť o komplementárne určujúce miesta.
- Vytvoriť generátor prípadov

Ak je Sieť dosiahnuteľnosti bez uviaznutí potom aj WfPS je bez uviaznutí.

PN

Ako vytvoriť softvér – rýchlo, lacno a v dobrej kvalite

Špecifikácia, Model driven development,Rapid system prototyping, …

Ako vytvoriť model – rýchlo, lacno a v dobrej kvalite

(semi) automaticky