Redes de Petri

Propriedades

Jonatha Rodrigues da Costa &
Giovanni Cordeiro Barroso

Propriedades

- *Propriedades comportamentais* – dependem da marcação inicial da rede de Petri;

- *Propriedades estruturais* – independem da marcação inicial da rede de Petri.

Propriedades comportamentais

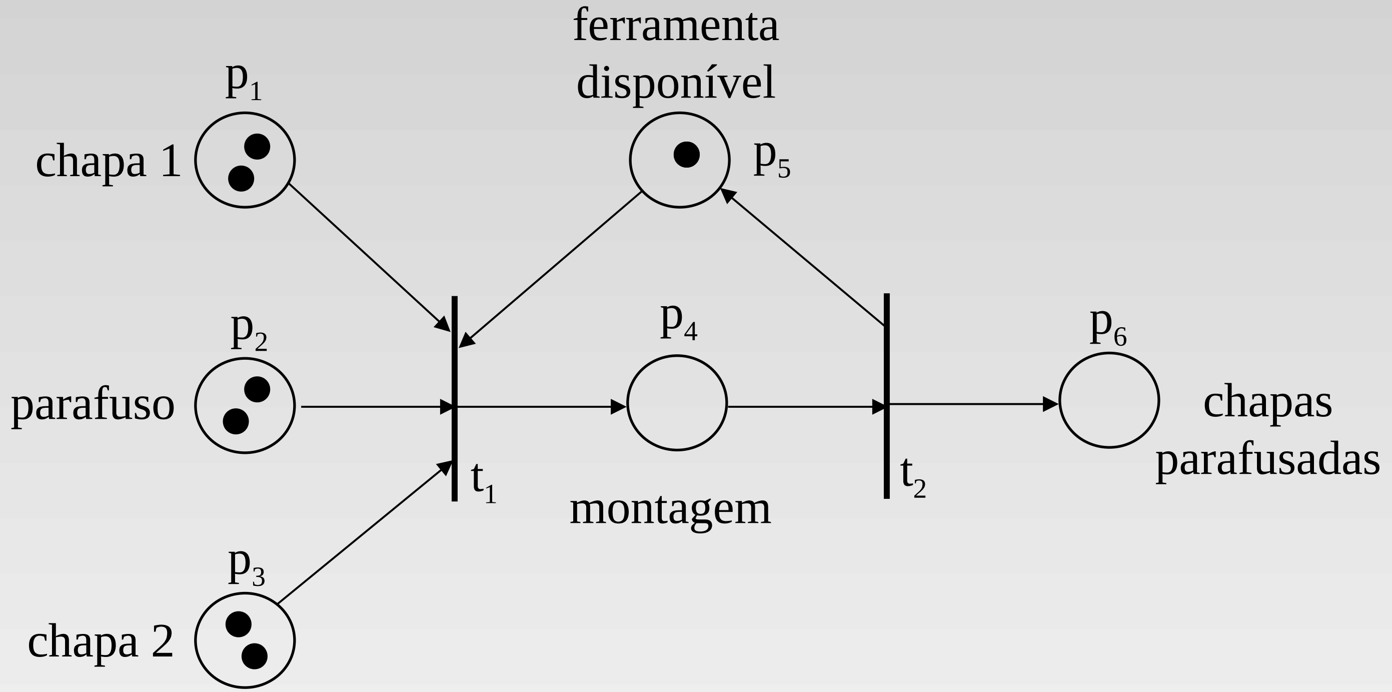
- Alcançabilidade;
- Limitação;
- Vivacidade;
- Reversibilidade e Estado de Passagem;
- Cobertura;
- Persistência.
- Conservação;

Alcançabilidade

- Uma marcação M_n é *alcançável* a partir de M_0, se existe uma seqüência de disparo *s* que transforma M_0 em M_n:

$$\exists s \mid M_0 \,(s > M_n$$

Alcançabilidade - Exemplo



- $m_0 = (2, 2, 2, 0, 1, 0)$; $m_n = (1, 1, 1, 0, 1, 1)$.

$$m_0 \; (\, t_1 t_2 > m_n$$

Alcançabilidade

- $R(N, M_0)$ ou simplesmente $R(M_0)$, é o conjunto de todas as possíveis marcações alcançáveis a partir de M_0;

- O problema de alcançabilidade é decidível, mas geralmente possui um alto custo computacional.

Limitação

- Um lugar p_i é limitado para uma marcação inicial M_0 se existe um número natural k, tal que para toda marcação M acessível a partir de M_0, o número de fichas em p_i é inferior ou igual a k, ou seja:

$$M \in R(M_0) \text{ e } M(p_i) \leq k$$

Limitação

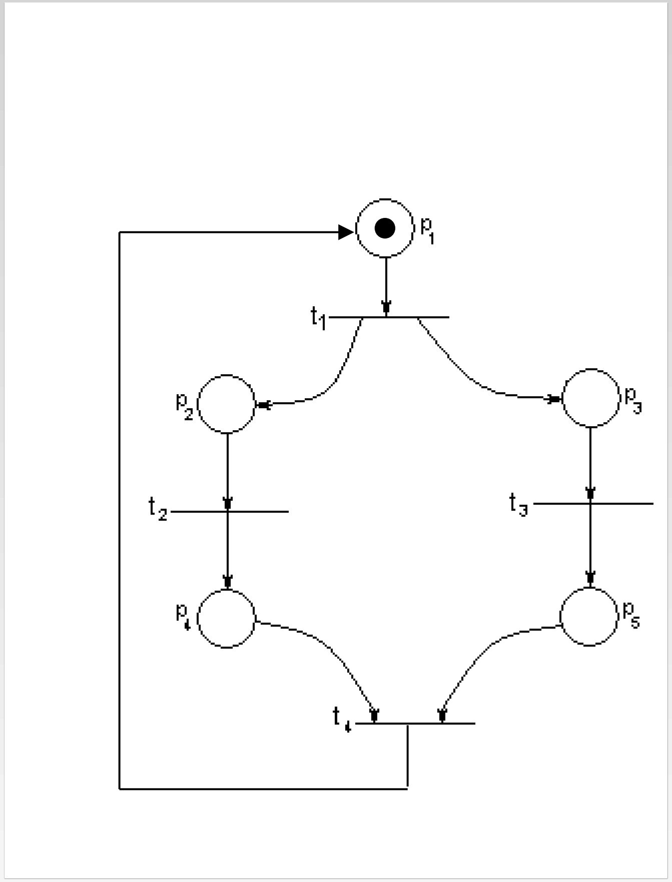
- Uma RP é *limitada* se para cada lugar *p* da rede, existe um inteiro *k* tal que *p* seja *k-limitado*;

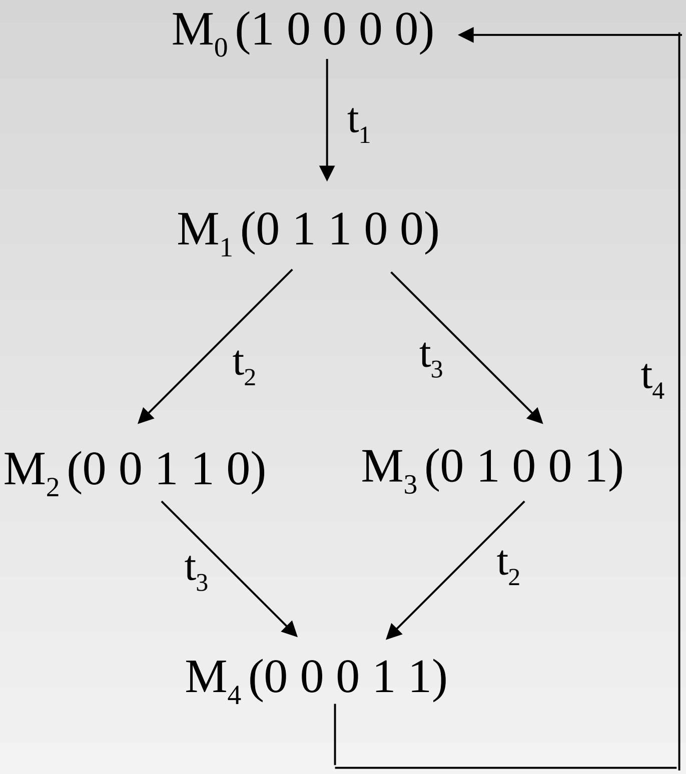
- Uma RP é k-limitada se

$$M(p) \leq k \ \forall p, \forall M \in R(M_0);$$

- Uma RP é *segura* se ela é 1-*limitada*.

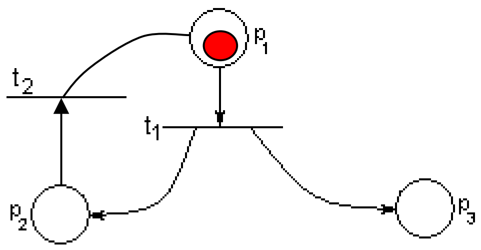
Limitação - exemplo





RP limitada

Limitação - exemplo



$M_0 = (1\ 0\ 0)$

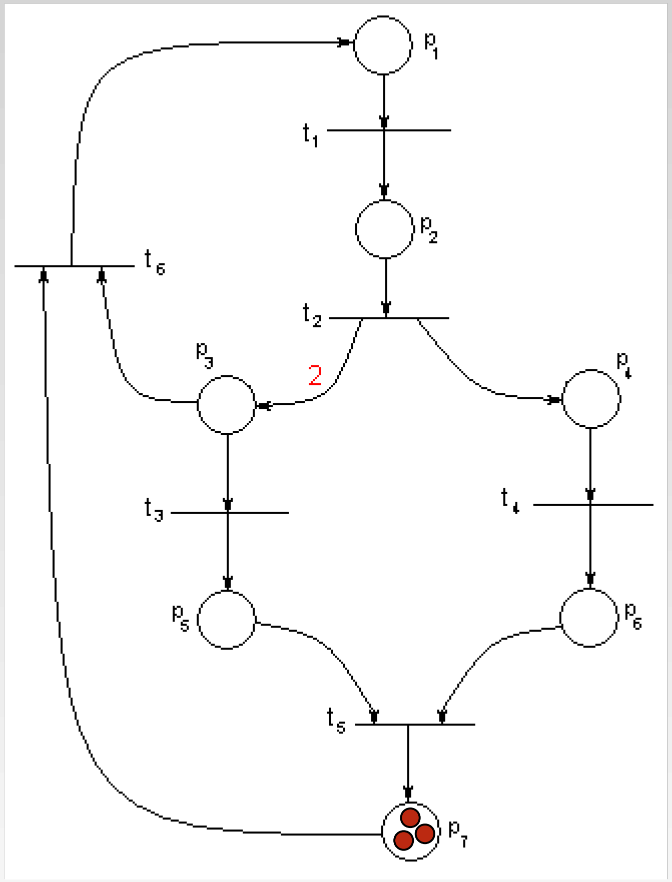
$$M_0\,(1\ 0\ 0) \xrightarrow{t_1} M_1\,(0\ 1\ 1) \xrightarrow{t_2} M_2\,(1\ 0\ 1) \xrightarrow{t_1} M_3\,(0\ 1\ 2) \xrightarrow{t_2} M_3\,(1\ 0\ 2) \longrightarrow$$

RP não limitada

Vivacidade (liveness)

- O conceito de *vivacidade* relaciona-se com a ausência de *bloqueios*.

Bloqueio



BLOQUEIO
Marcação em que não há transição habilitada

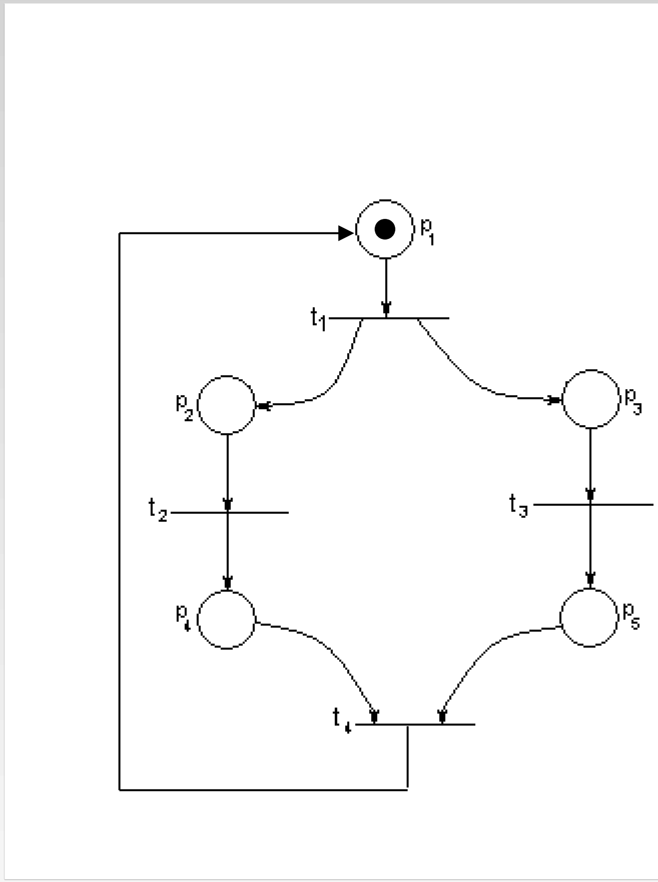
M = (0 0 0 0 0 0 3)

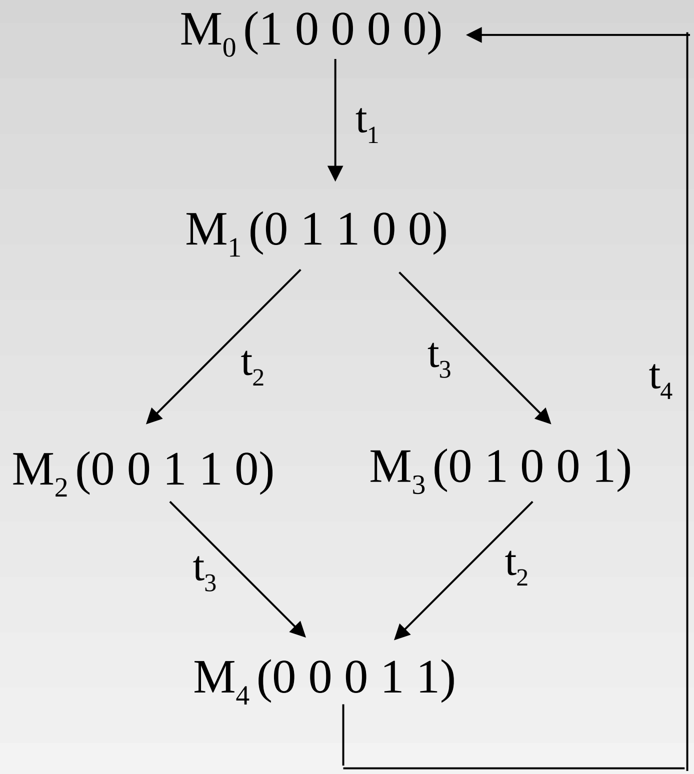
Vivacidade

- Uma transição t_j é viva para uma marcação inicial M_0 se para toda marcação acessível M_i existe uma seqüência de disparo que contém a transição t_j, a partir de M_i;

- Uma RP é viva para uma marcação inicial M_0 se todas as suas transições são vivas para M_0.

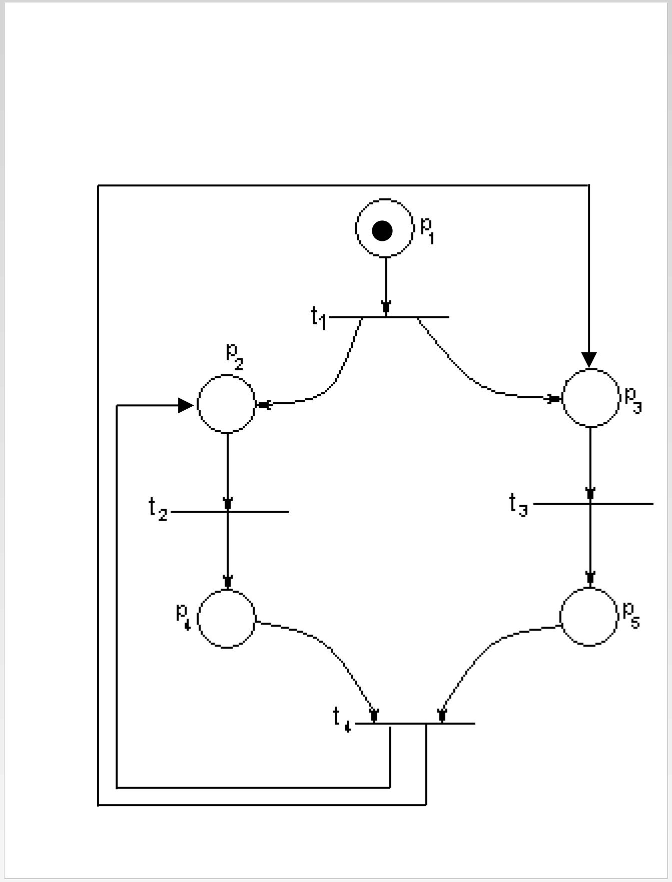
Vivacidade - exemplo

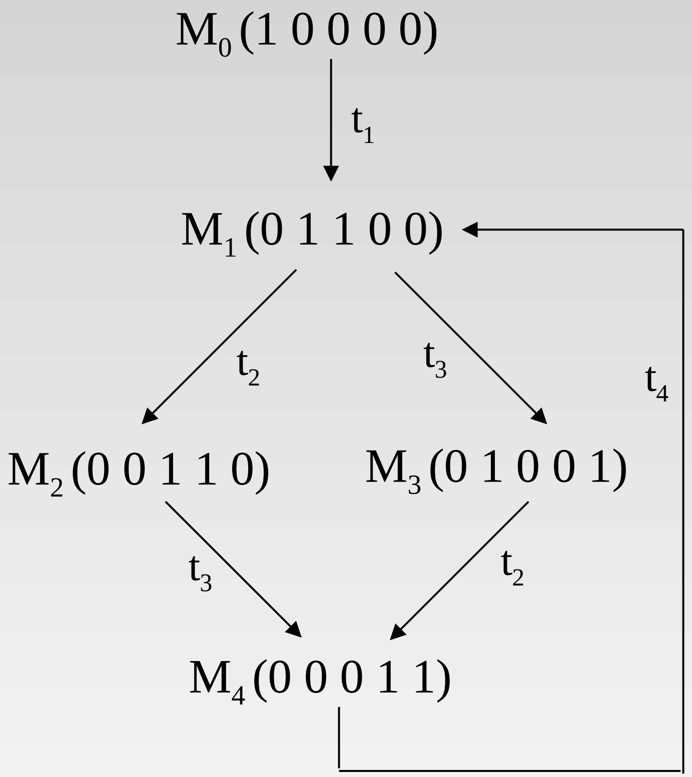




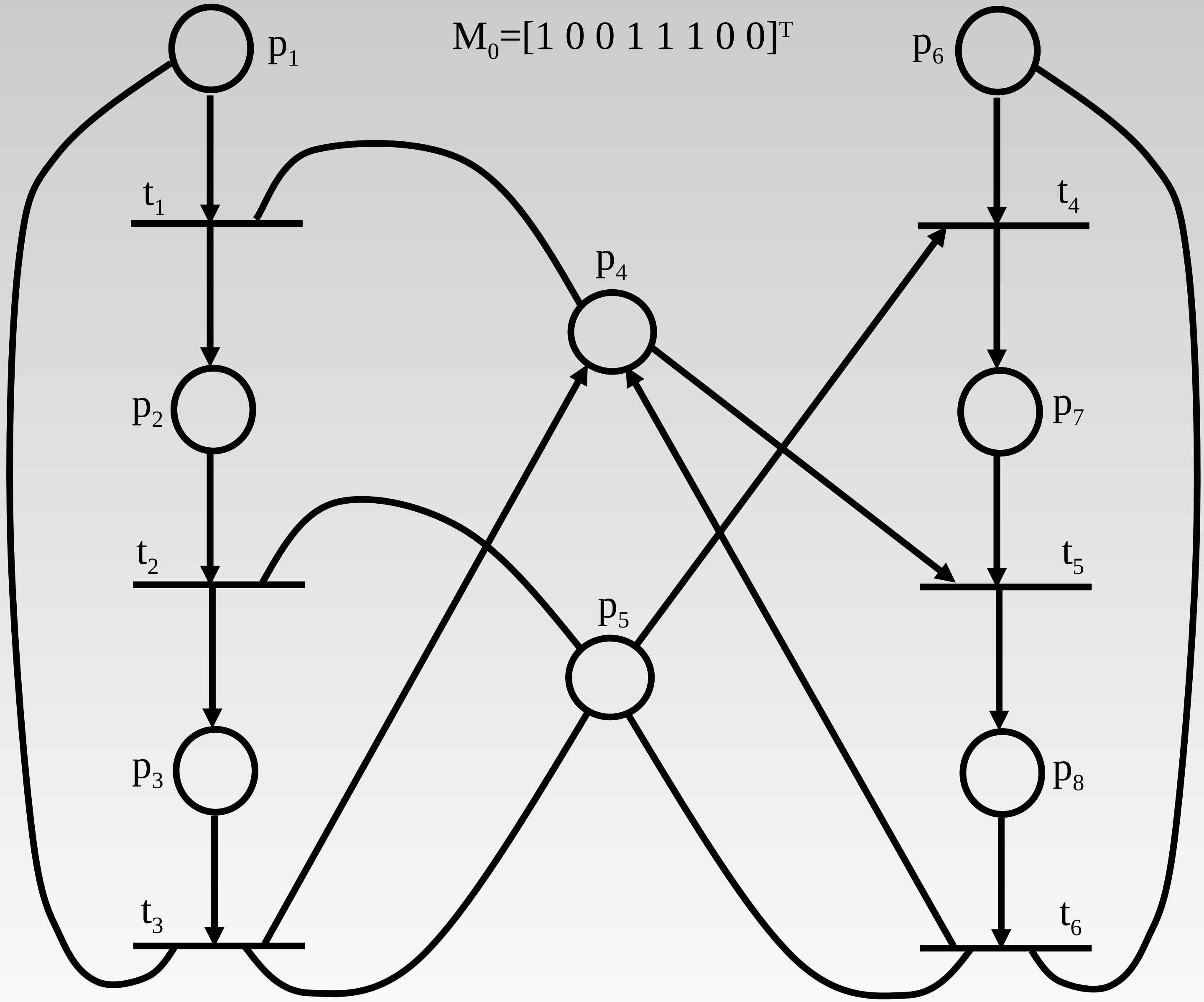
RP limitada e viva

Vivacidade - exemplo

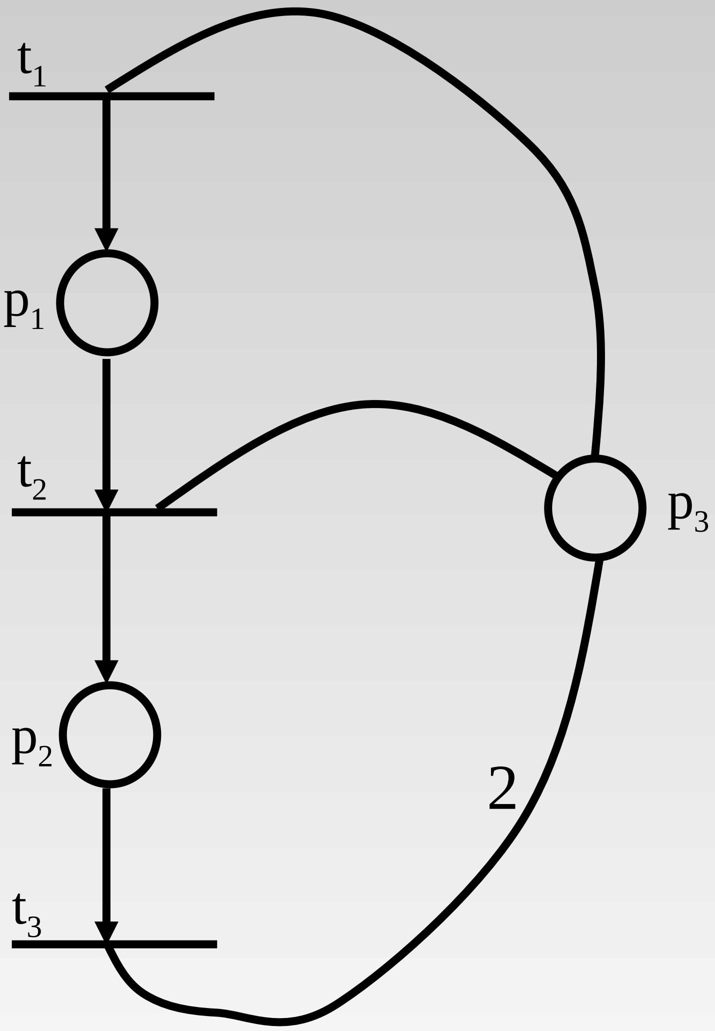




RP limitada e
não viva

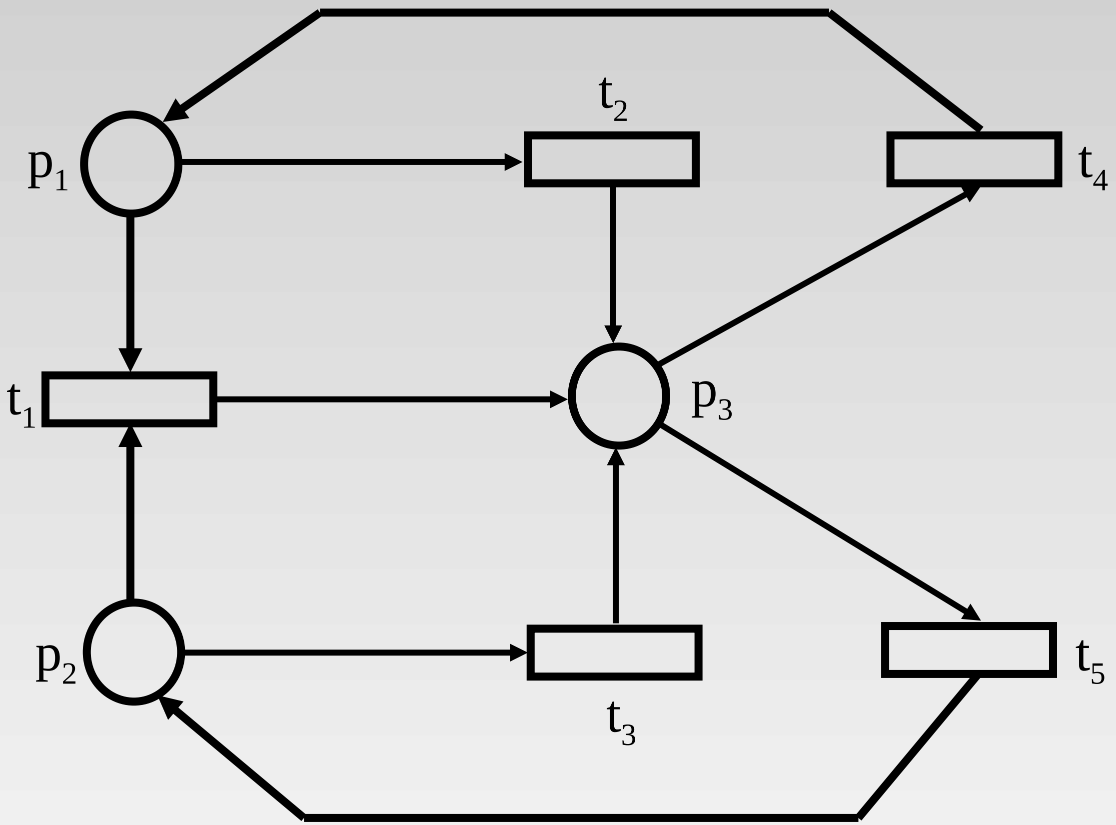


$M_0=[1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0]^T$
p_1
p_2
p_3
p_4
p_5
p_6
p_7
p_8
t_1
t_2
t_3
t_4
t_5
t_6

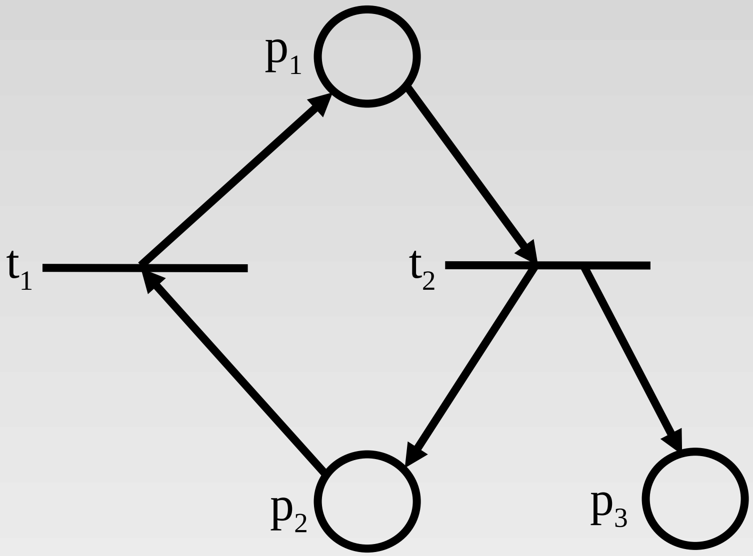


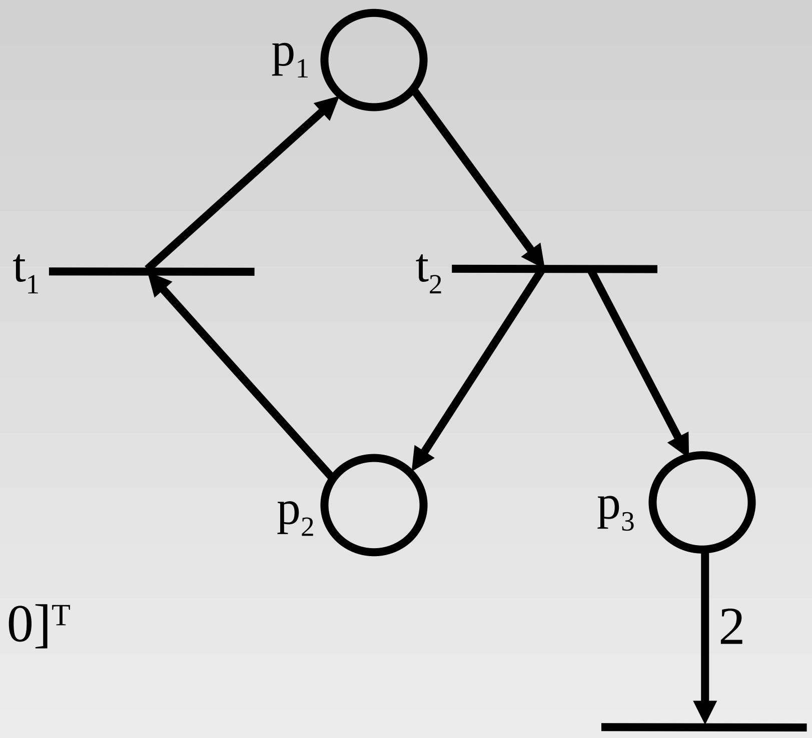
$M_0=[0\ 0\ 2]^T$

$M_0=[0\ 0\ 2]^T$



$M_0=[0\ 1\ 0]^T$



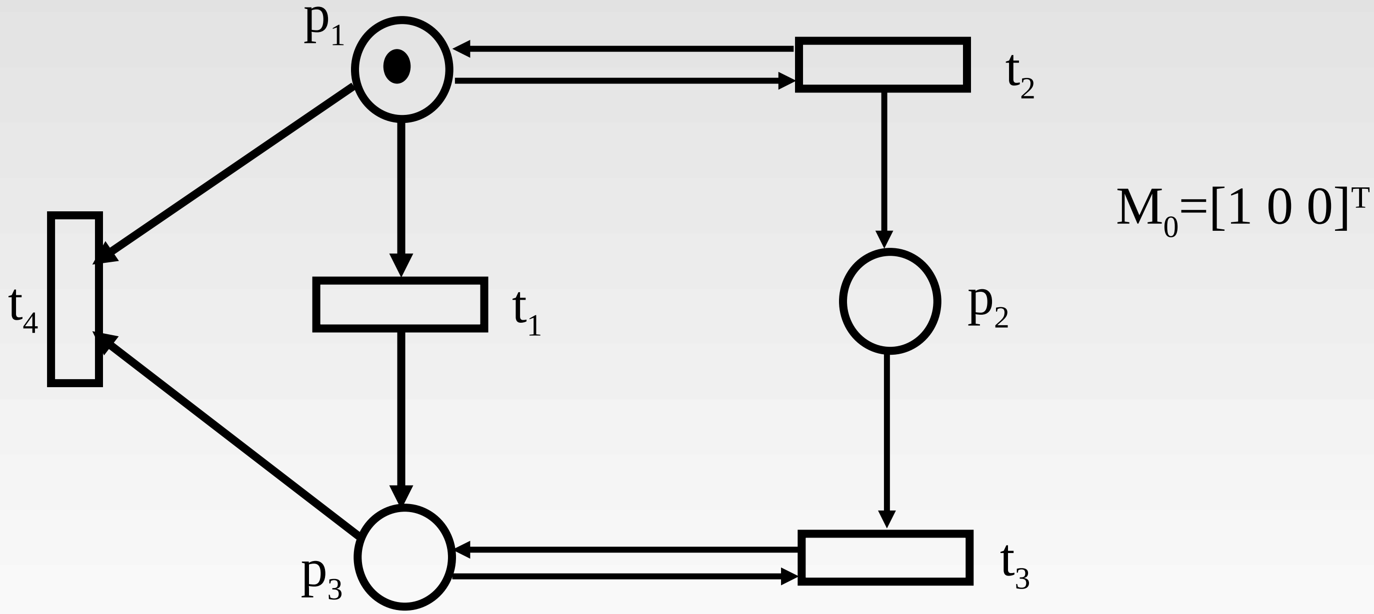


$M_0=[0\ 1\ 0]^T$

Diferentes níveis de vivacidade

Uma transição t numa RP = (N, M_0) é:

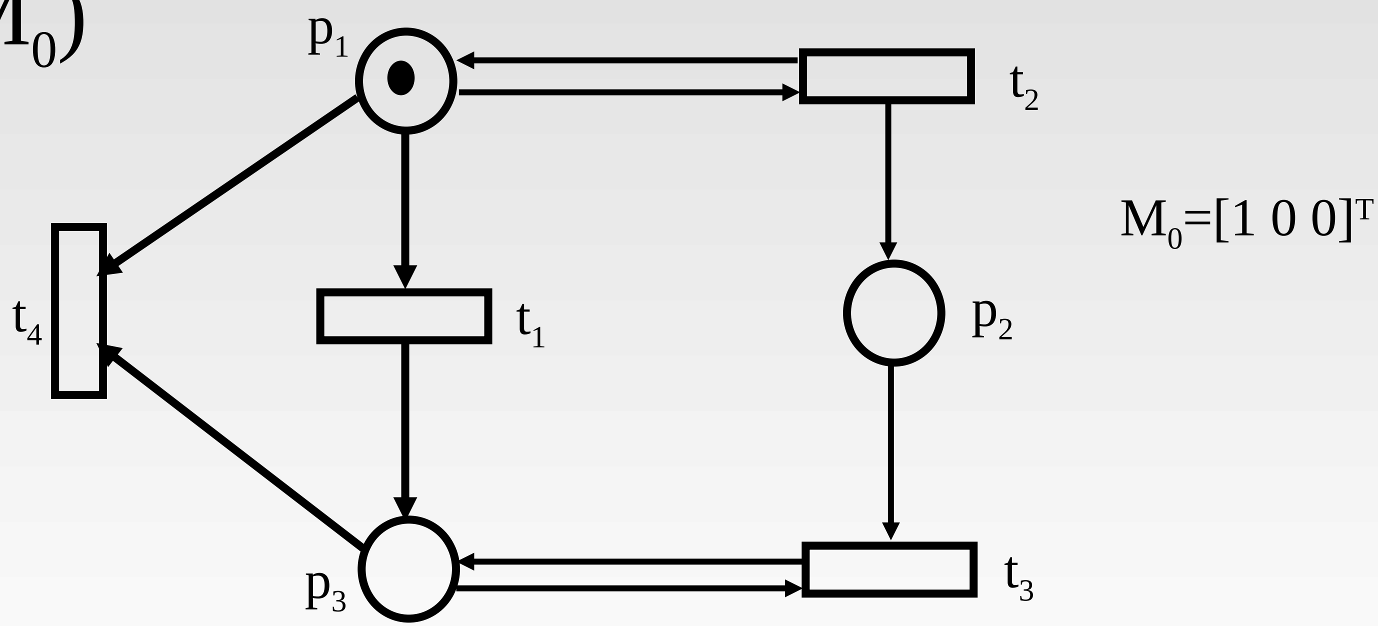
- L_0-*viva* (morta) se t nunca pode disparar em qualquer seqüência de disparo em $L(M_0)$



Diferentes níveis de vivacidade

Uma transição *t* numa RP = (N, M_0) é:

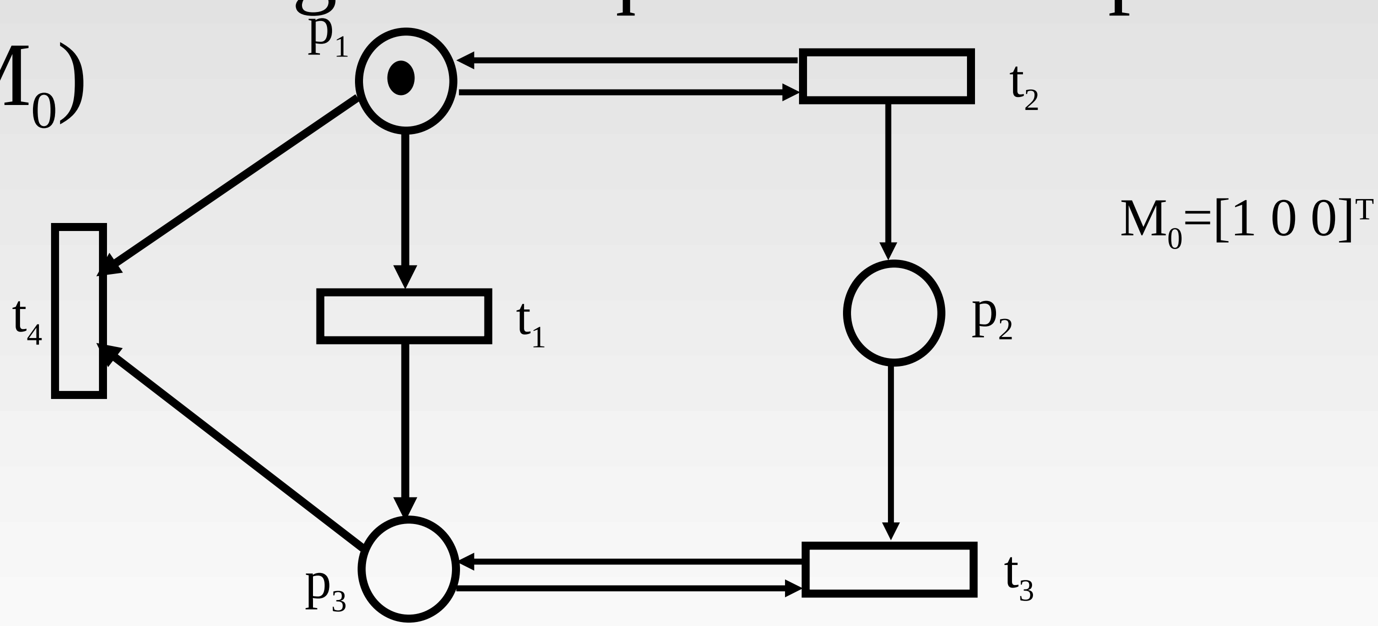
- L_1-*viva* se *t* pode disparar pelo menos uma vez em alguma seqüência de disparo em $L(M_0)$



Diferentes níveis de vivacidade

Uma transição *t* numa RP = (N, M_0) é:

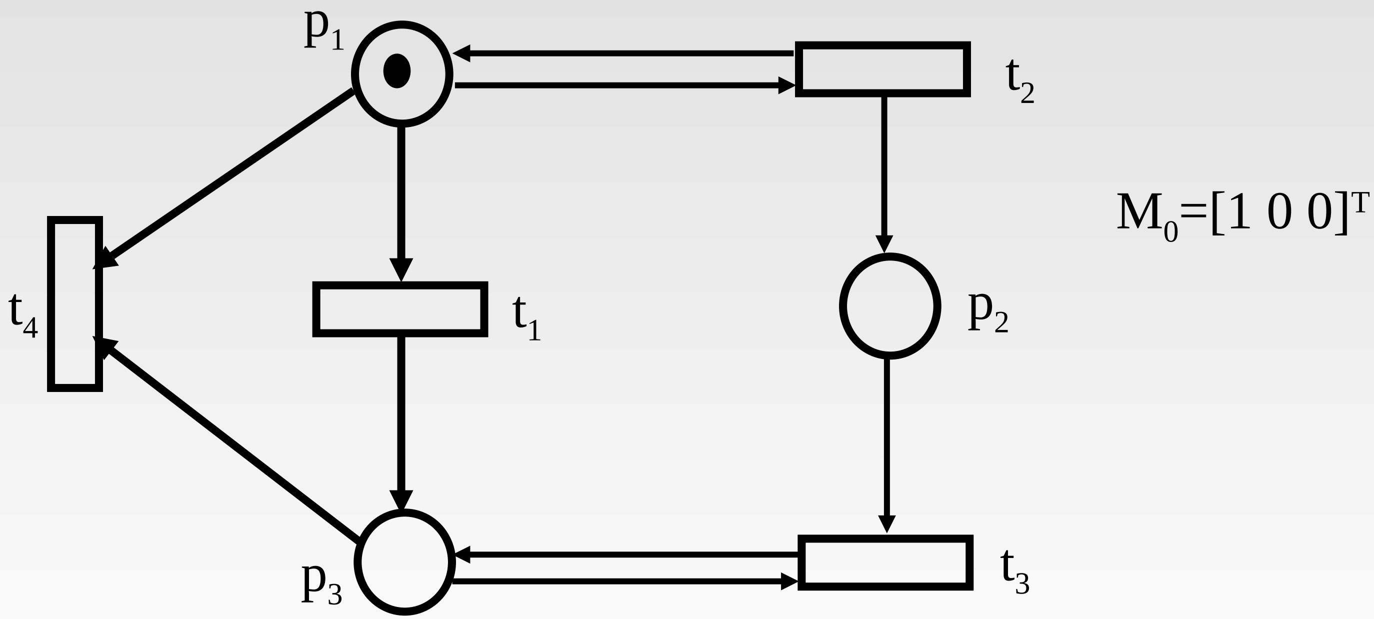
- L_2-*viva* se, dado um inteiro positivo *k* qualquer, *t* pode disparar pelo menos *k* vezes em alguma seqüência de disparo em $L(M_0)$



Diferentes níveis de vivacidade

Uma transição *t* numa RP = (N, M_0) é:

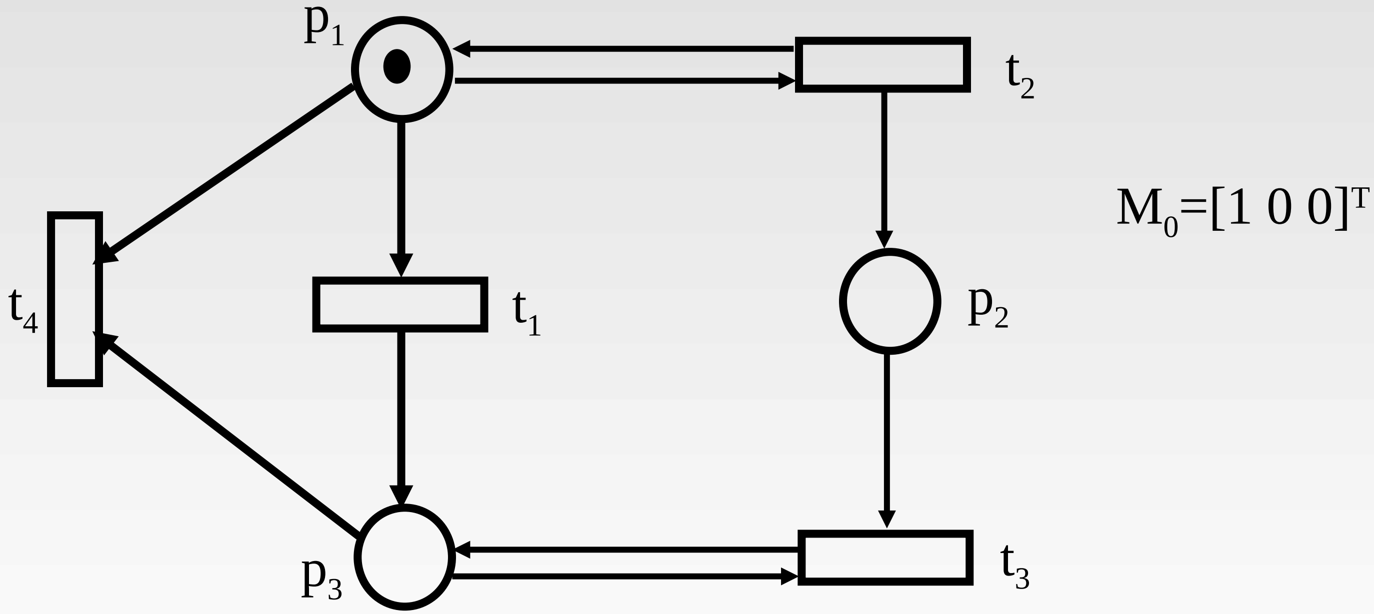
- L_3-*viva* se *t* aparece infinitamente em alguma seqüência de disparo em $L(M_0)$



Diferentes níveis de vivacidade

Uma transição *t* numa RP = (N, M_0) é:

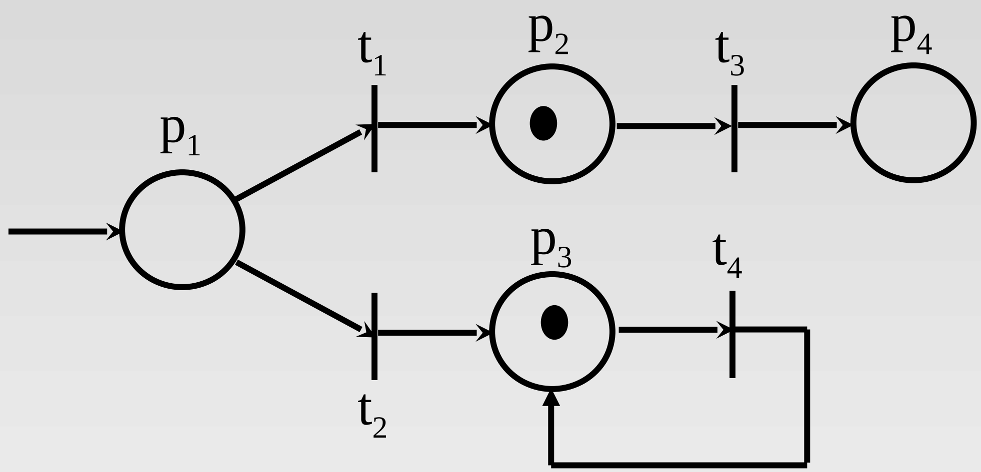
- L_4-*viva* (viva) se *t* é L_1-viva em cada marcação M de R(M_0)



Marcação Morta

- Uma marcação M é chamada *marcação morta* se nenhuma transição é habilitada nessa marcação;
- Uma RP = (N, M_0) é *sem bloqueio* (sem deadlock) se não existir nenhuma marcação morta no conjunto de marcações alcançáveis a partir de M_0.

Deadlock e *Livelock*



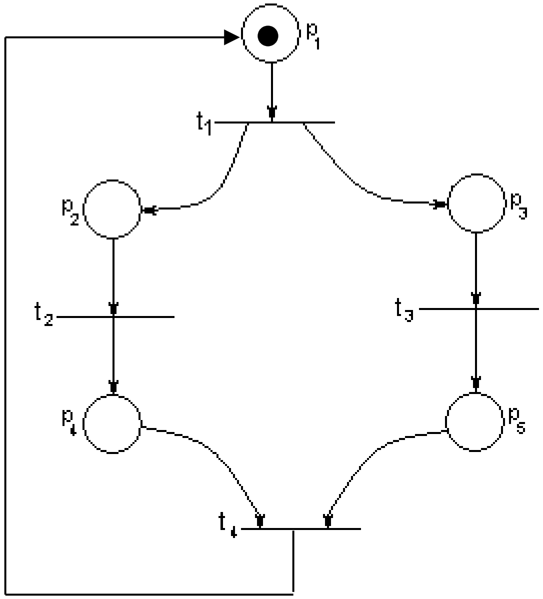
$M_0=[1\ 0\ 0\ 0]^T$

Reversibilidade

- Uma RP = (N, M_0) é *reversível* (reinicializável) se para toda marcação $M \in R(M_0)$, M_0 é alcançável a partir de M;

$$\forall M \in R(M_0), \quad \exists s \mid M(s > M_0.$$

Reversibilidade



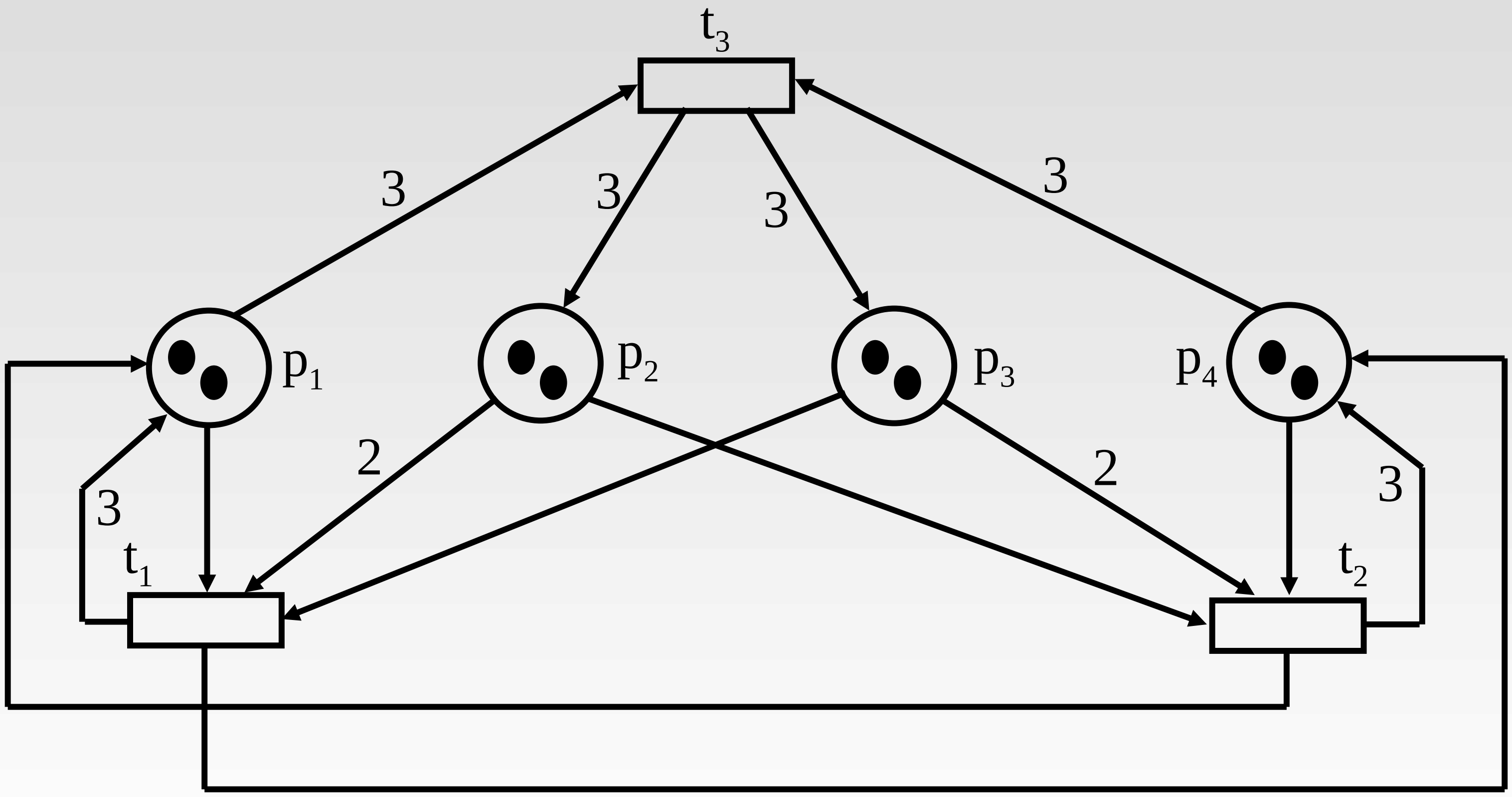
$$
\begin{tikzcd}
 & M_0\,(1\ 0\ 0\ 0\ 0) \arrow[d, "t_1"] & \\
 & M_1\,(0\ 1\ 1\ 0\ 0) \arrow[dl, "t_2"'] \arrow[dr, "t_3"] & \\
M_2\,(0\ 0\ 1\ 1\ 0) \arrow[dr, "t_3"'] & & M_3\,(0\ 1\ 0\ 0\ 1) \arrow[dl, "t_2"] \\
 & M_4\,(0\ 0\ 0\ 1\ 1) \arrow[uuu, bend right=90, "t_4"'] &
\end{tikzcd}
$$

RP reversível ou reinicializável

Estado de passagem

- Uma marcação M’ $\in$ R(M_0) é um *estado de passagem* (home state) se para toda marcação M $\in$ R(M_0), M’ é alcançável a partir de M.

$M_0 = [2\ 2\ 2\ 2]^T$



Cobertura

- Uma marcação $M \in R(M_0)$ é coberta se existe uma marcação $M´$ em $R(M_0)$ tal que

$$M´(p) \geq M(p)$$

para todo p da RP.

Cobertura

- $M_1 = (1\ \ 0\ \ 3\ \ 2\ \ 0)$
- $M_2 = (1\ \ 0\ \ 4\ \ 2\ \ 1)$

$M_2 > M_1$

- $M_1 = (1\ \ 0\ \ 3\ \ 2\ \ 0)$
- $M_2 = (0\ \ 0\ \ 3\ \ 2\ \ 0)$

$M_2 < M_1$

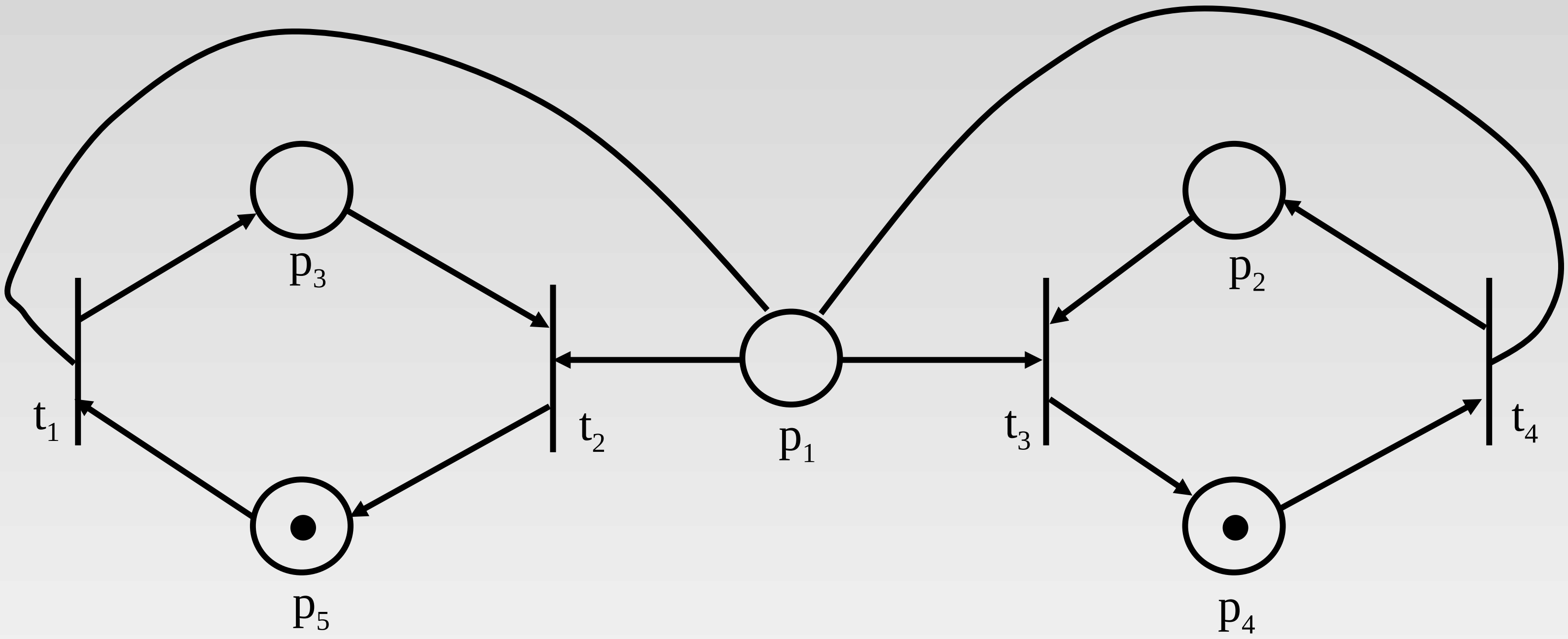
- $M_1 = (1\ \ 0\ \ 3\ \ 2\ \ 0)$
- $M_2 = (0\ \ 0\ \ 3\ \ 2\ \ 1)$

$M_2 \neq M_1$

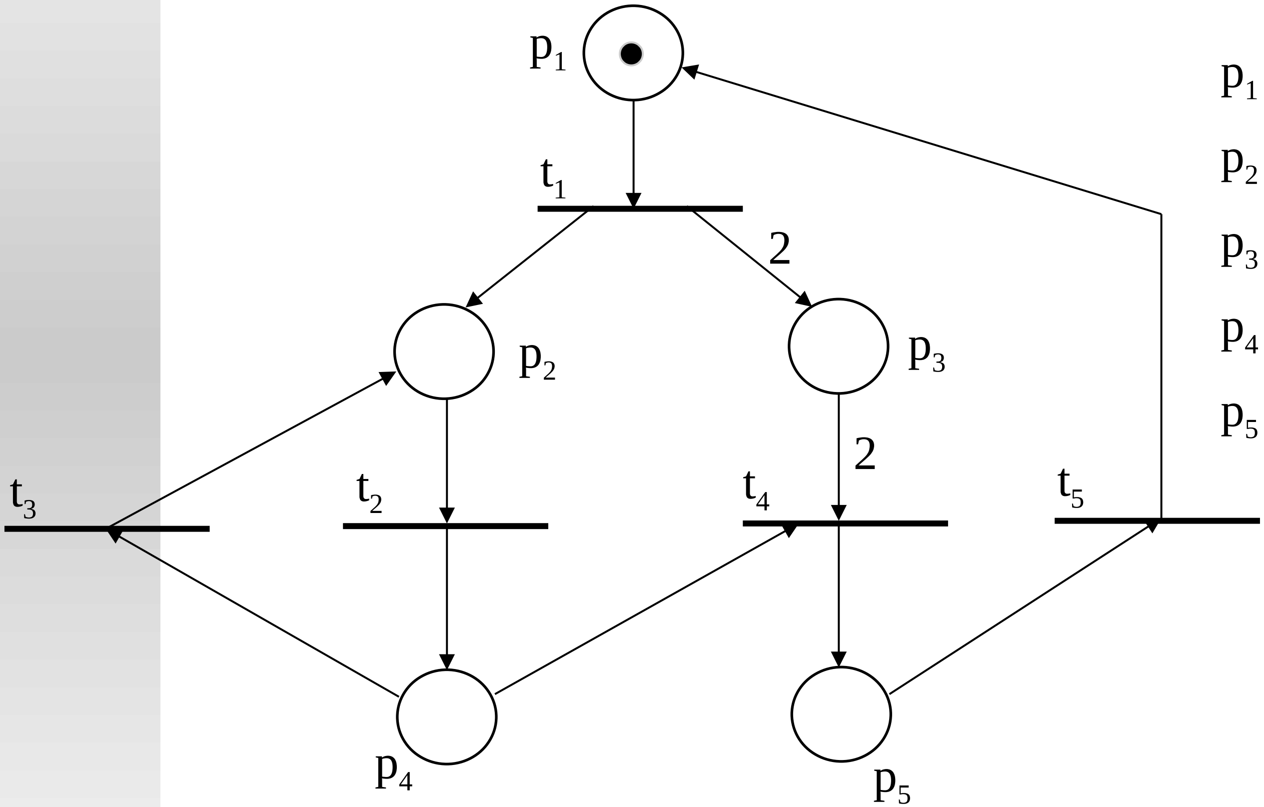
Persistência

- Uma RP = (N, M_0) é *persistente* se, para quaisquer duas transições habilitadas, o disparo de uma não desabilita a outra.

Persistência



Matriz de Incidência

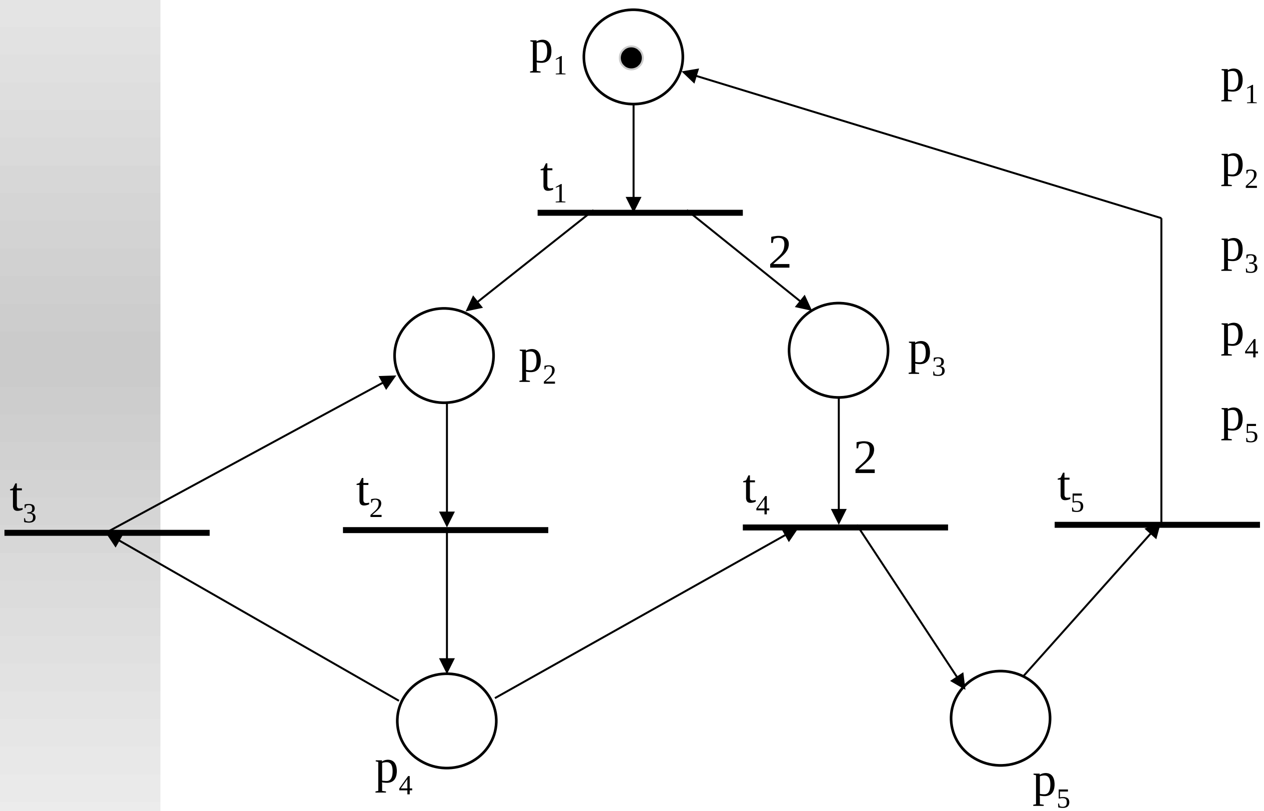


	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
p_1	1	0	0	0	0
p_2	0	1	0	0	0
p_3	0	0	0	2	0
p_4	0	0	1	1	0
p_5	0	0	0	0	1

Matriz pré

Referência do lugar à transição com w.

Matriz de Incidência



	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
p_1	0	0	0	0	1
p_2	1	0	1	0	0
p_3	2	0	0	0	0
p_4	0	1	0	0	0
p_5	0	0	0	1	0

Matriz post

Referência da transição com w ao lugar.

Matriz de Incidência

- A partir das matrizes Pré e Post, define-se a matriz de incidência C:

$$C = Post - Pré$$

$$
\begin{array}{c|ccccc}
 & t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & t_5 \\
\hline
p_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
p_2 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
p_3 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
p_4 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
p_5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0
\end{array}
\quad - \quad
\begin{array}{c|ccccc}
 & t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & t_5 \\
\hline
p_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
p_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
p_3 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\
p_4 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\
p_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1
\end{array}
$$

post — pré

$$
C = \begin{array}{c|ccccc}
 & t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & t_5 \\
\hline
p_1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
p_2 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\
p_3 & 2 & 0 & 0 & -2 & 0 \\
p_4 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 \\
p_5 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1
\end{array}
$$

Disparo de uma transição

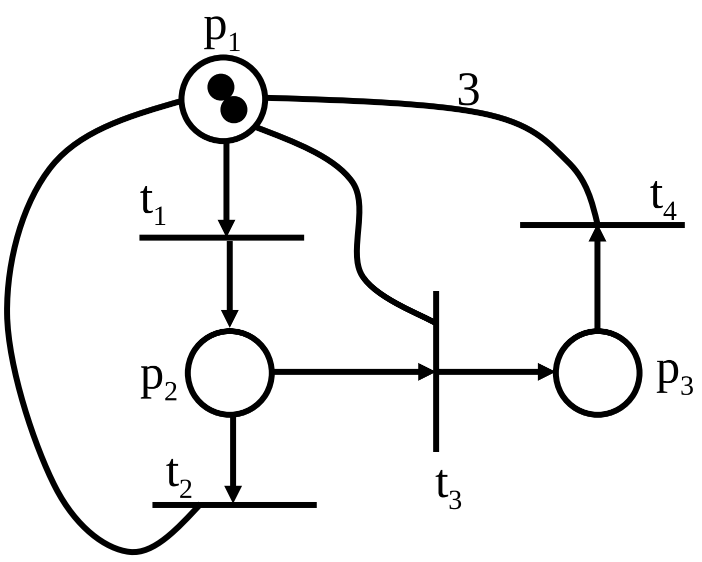
- Se t é habilitada em uma dada marcação M_{n-1}, então, uma nova marcação M_{n} é obtida através do disparo de t, tal que:

$\forall p \in \mathrm{P}$

$$M_{\mathrm{n}} = M_{n-1} + C \times T'$$

$$T' = [0, 0, \ldots\ 1, \ldots, 0]^{\mathrm{T}}$$

$$M_{\mathrm{n}} = M_{n\text{-}1} + \begin{pmatrix} & & \\ & \mathrm{C} & \\ & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \\ \boldsymbol{1} \\ \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} (t)$$



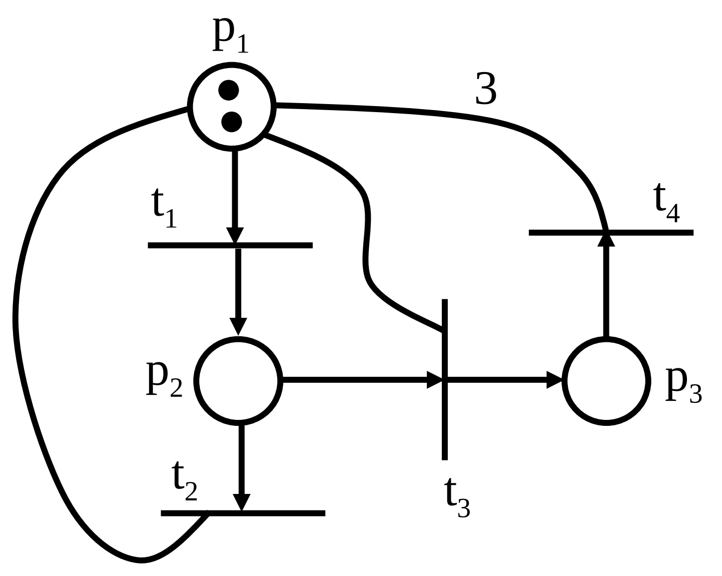
$M_0 = [2\ 0\ 0]^T$

C = ?

Vetor característico

- Seja o vetor u em que cada componente $u(t_i)$ representa o número de disparos da transição t_i numa seqüência de disparo s;
- O vetor u é denominado de *vetor característico* da seqüência s;
- Sua dimensão é igual ao número de transições da RP.

$$M_0 = [2\ 0\ 0]^T$$
$$\downarrow t_1$$
$$M_1 = [1\ 1\ 0]^T$$
$$\downarrow t_3$$
$$M_2 = [0\ 0\ 1]^T$$
$$\downarrow t_4$$
$$M_3 = [3\ 0\ 0]^T$$
$$\downarrow t_1$$
$$M_4 = [2\ 1\ 0]^T$$
$$\downarrow t_1$$
$$M_5 = [1\ 2\ 0]^T$$



$$s = t_1 t_3 t_4 t_1 t_1$$

$$\begin{array}{cccccc} & t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & \\ u = [& 3 & 0 & 1 & 1 &]^T \end{array}$$

Marcação alcançada

- Suponha que M_q seja alcançável a partir de M_0 através de uma seqüência de disparo s=$t_a t_b \ldots t_q$, então:

$$M_1 = M_0 + C \times \begin{vmatrix} \vdots \\ t_a \\ \vdots \end{vmatrix};$$

$$M_2 = M_1 + C \times \begin{vmatrix} \vdots \\ t_b \\ \vdots \end{vmatrix} = M_0 + C \times \begin{vmatrix} \vdots \\ t_a \\ \vdots \end{vmatrix} + C \times \begin{vmatrix} \vdots \\ t_b \\ \vdots \end{vmatrix};$$

$$= M_0 + C \begin{vmatrix} t_a \\ t_b \end{vmatrix}$$

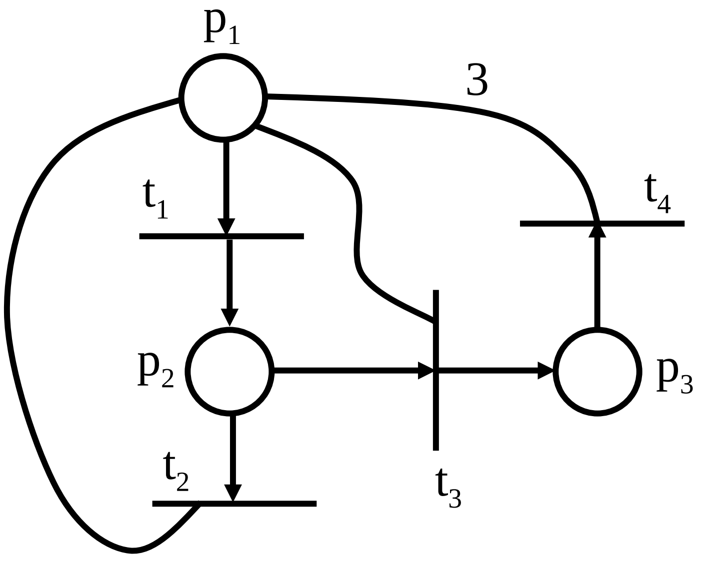
Marcação alcançada

- Suponha que M_q seja alcançável a partir de M_0 através de uma seqüência de disparo s=$t_a t_b \ldots t_q$, então:

$$M_q = M_0 + C \times u;$$

$$\begin{array}{ccccccc} & & t_a & t_b & \ldots & t_q & \\ u = [\ldots & & 1 & 1 & \ldots & 1 & \ldots]^T \end{array}$$

$$s = t_1 t_3 t_4 t_1 t_1$$



$$\begin{array}{ccccc} & t_1 & t_2 & t_3 & t_4 \\ u = & [3 & 0 & 1 & 1]^T \end{array}$$

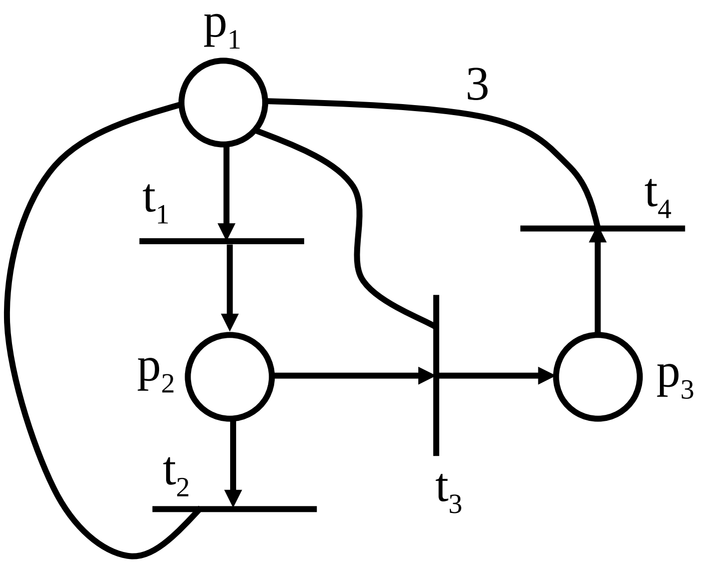
$$C \times u$$

$$\begin{vmatrix} -1 & 1 & -1 & 3 \\ 1 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 3 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1 \\ 2 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$M = M_0 + C \times u$$

$$\begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -1 \\ 2 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$u = \begin{array}{c} \begin{matrix} t_1 & t_2 & t_3 & t_4 \end{matrix} \\ [3\ \ 0\ \ 1\ \ 1]^T \end{array}$$



$$M = M_0 + C \times u$$

$$\begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -1 \\ 2 \\ 0 \end{vmatrix}$$

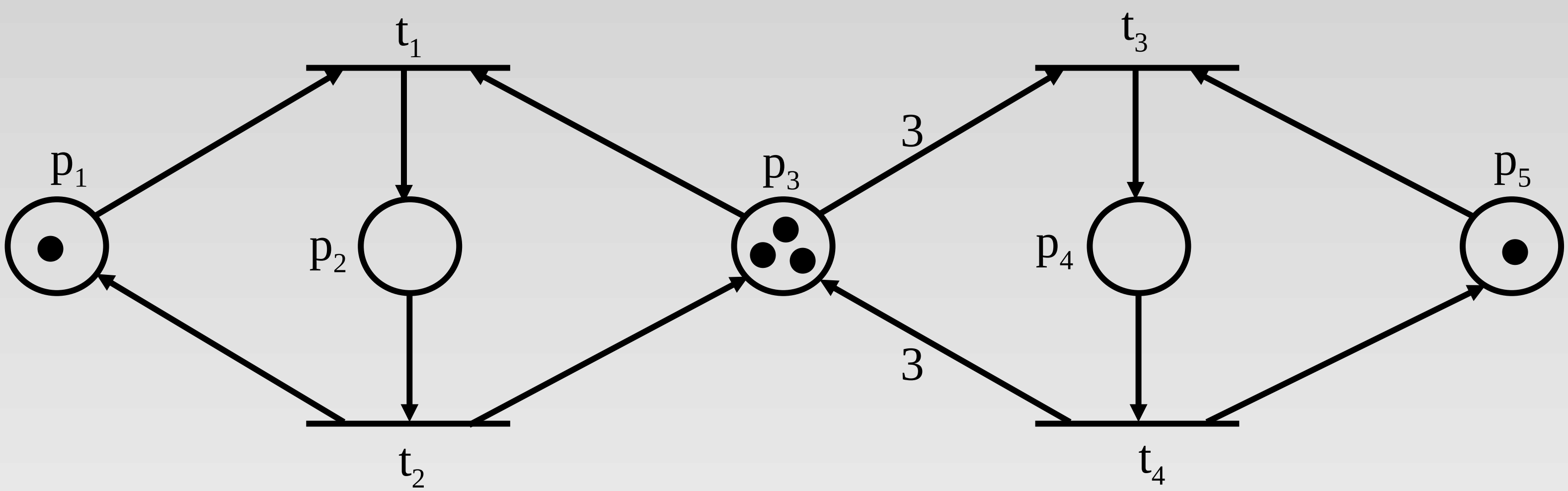
?? Questões ??

- Dada uma marcação inicial M e uma seqüência *s*, existe uma marcação M’ tal que M(*s* > M’ ?
  - Se M’ < 0, não existe a seqüência *s*;
  - Se M’ > 0, não se tem garantia da existência de *s*.

Propriedades Estruturais

- Derivadas diretamente da estrutura da RP;
- Não dependem da marcação inicial;
- Definidas através dos componentes conservativos de lugar e dos componentes repetitivos estacionários.

Componentes conservativos – invariantes de lugar



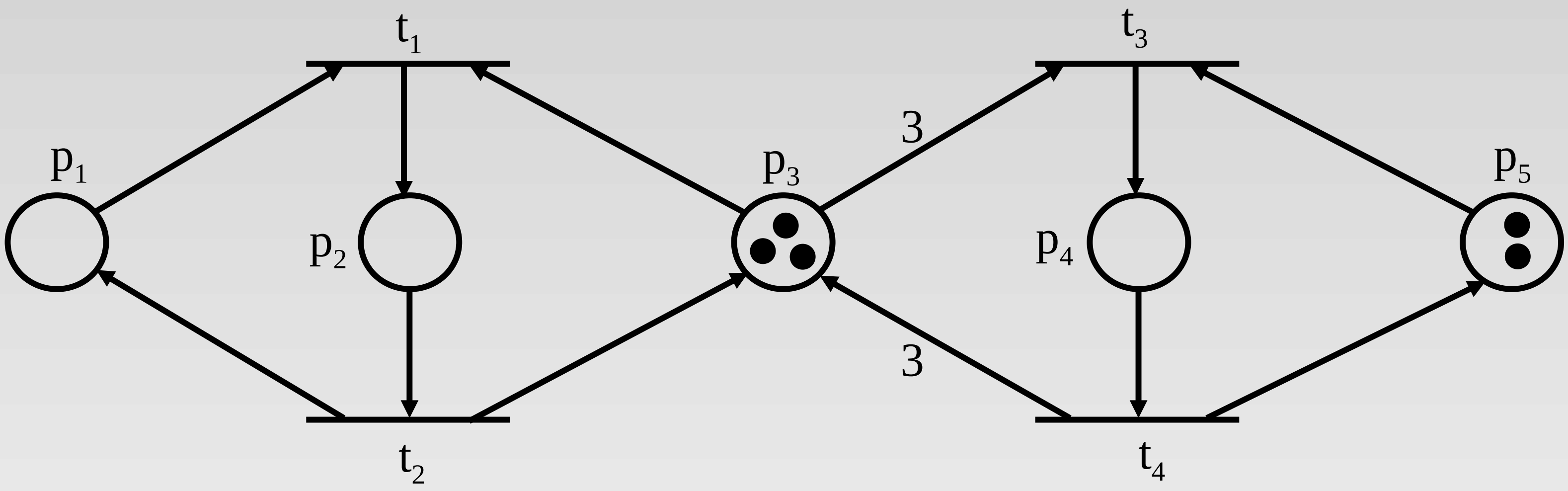
$$M_0 = (1\ 0\ 3\ 0\ 1)$$

$$M(p_1) + M(p_2) = 1$$

qualquer que seja a marcação da RP

Propriedades Estruturais

Componentes conservativos – invariantes de lugar

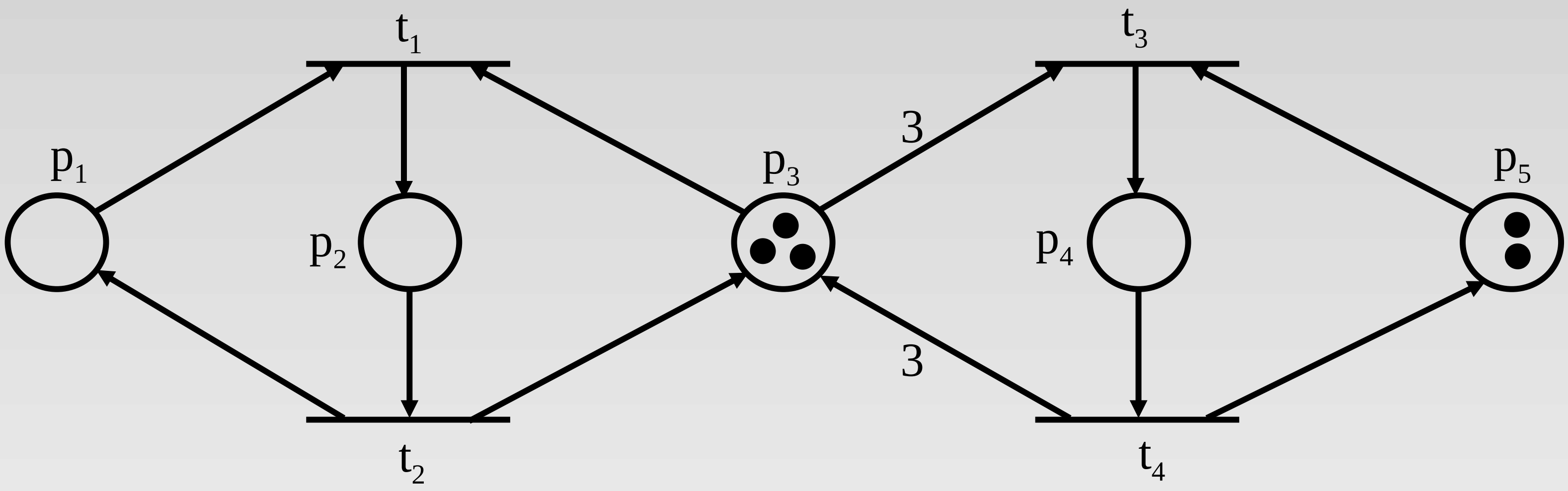


$$M_0 = (0\ 0\ 3\ 0\ 2)$$

$$M(p_1) + M(p_2) = 0$$

qualquer que seja a marcação da RP

Componentes conservativos – invariantes de lugar



$$\forall M \in R(M_0),\ M(p_1) + M(p_2) = M_0(p_1) + M_0(p_2)$$

O conjunto de lugares p_1 e p_2 forma um *componente conservativo* da RP

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- A forma linear

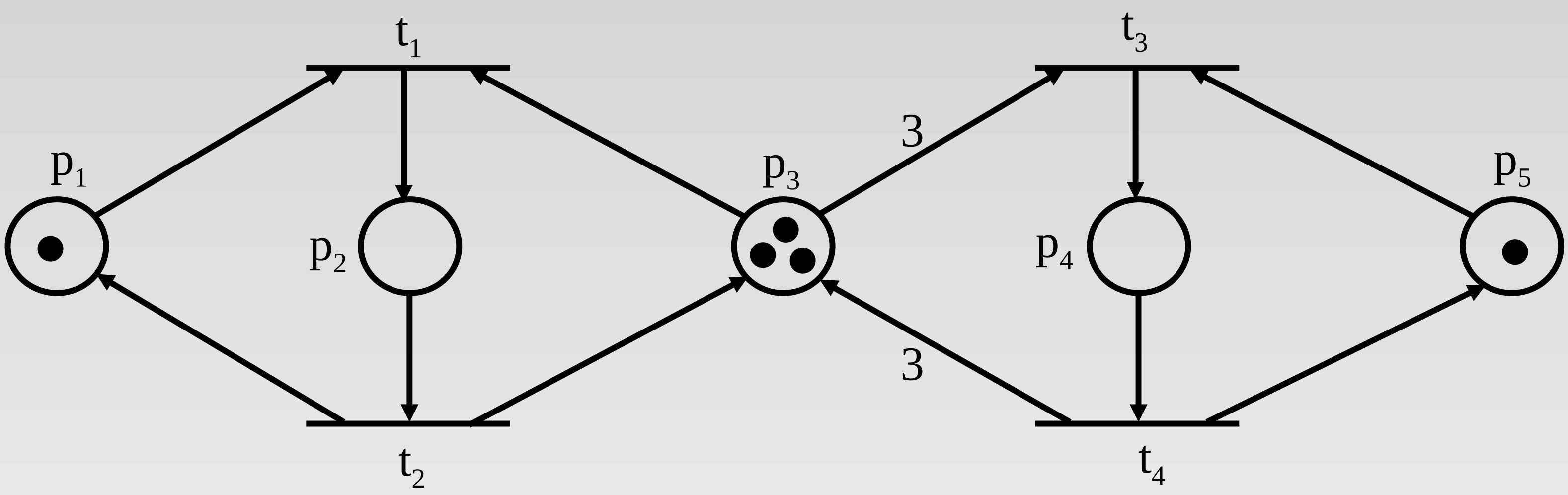
$$M(p_1) + M(p_2) = M_0(p_1) + M_0(p_2)$$

é chamada de

invariante linear de lugar

- A soma das fichas se conserva para estes lugares.

Componentes conservativos – invariantes de lugar



$$M_0 = (1\ 0\ 3\ 0\ 1)$$

$$\forall M \in R(M_0),\ M(p_2) + M(p_3) + 3M(p_4) = 3$$

O conjunto de lugares p_1, p_2 e p_3 forma um *componente conservativo* da RP

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Um *invariante linear de lugar* é uma função linear da marcação do lugar cujo valor é uma constante;

- Essa constante depende somente da marcação inicial da RP.

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- O invariante é uma restrição sobre os estados e as atividades de um sistema que será sempre verificada, quaisquer que sejam suas evoluções.

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Dado $M_q = M_0 + C \times \mathbf{u}$ e multiplicando-se esta equação por um vetor $\mathbf{f}^T$, tem-se:

$$\mathbf{f}^T \times M_q = \mathbf{f}^T \times M_0 + \mathbf{f}^T \times C \times \mathbf{u}$$

- Tornando a equação independente de $\mathbf{u}$, tem-se:

$$\mathbf{f}^T \times C = 0$$

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Um *componente conservativo* de uma RP é o conjunto de lugares $p_i \in P$ correspondentes aos elementos não nulos f_i do vetor coluna **f**, solução da equação

$$\mathbf{f}^T \times C = 0 \qquad \text{para } \mathbf{f} > 0$$

Propriedades Estruturais

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Do ponto de vista gráfico, um *componente conservativo* define uma *sub-rede de Petri*;
- Ele é formado pelos lugares para os quais o componente de **f** é não nulo e pelas transições de entrada e saída destes lugares.

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Uma rede de Petri é conservativa se

$\forall p_i \in P$,

p_i pertence a um componente conservativo.

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Se **f** é solução da equação $\mathbf{f}^T \times C = 0$, então a função linear

$$\mathbf{f}^T \times M_q = \mathbf{f}^T \times M_0 \qquad \forall M_q \in R(M_0)$$

é o *invariante linear de lugar* correspondente.

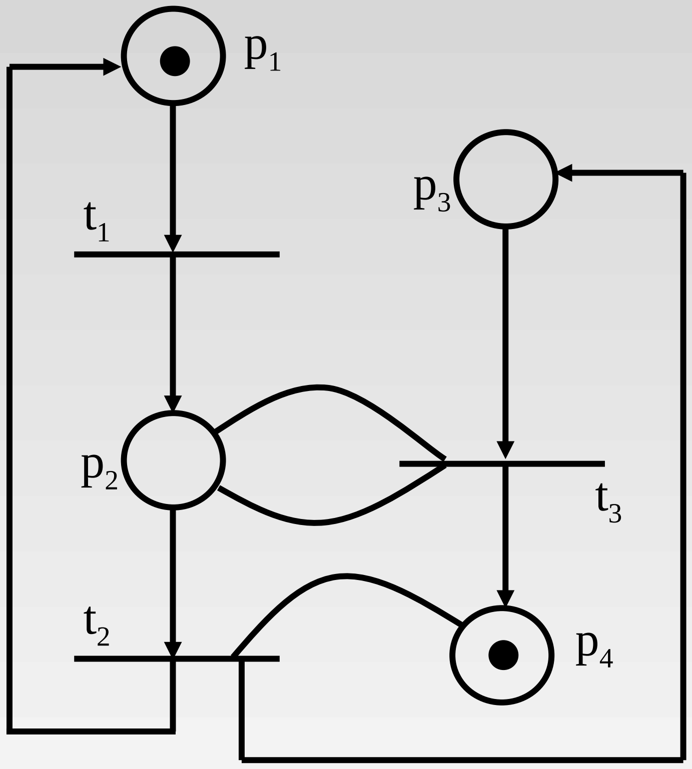
Componentes conservativos – invariantes de lugar

- O *invariante linear de lugar* obtido a partir da equação $\mathbf{f}^T \times M_q = \mathbf{f}^T \times M_0$, depende da marcação inicial da RP;

- O *componente conservativo*, obtido a partir da equação $\mathbf{f}^T \times C = 0$, é independente da marcação inicial da RP.

Propriedades Estruturais

Componentes conservativos – invariantes de lugar



$$C = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

Componentes conservativos – invariantes de lugar

$$[f_1\ f_2\ f_3\ f_4]^T \times \begin{vmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

- Encontram-se: $\mathbf{f}^1 = [1\ 1\ 0\ 0]^T$ e $\mathbf{f}^2 = [0\ 0\ 1\ 1]^T$;
- A RP é conservativa pois $\mathbf{f}(p) \neq 0$ para todo lugar p.

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Substituindo-se: $\mathbf{f}^1$ e $\mathbf{f}^2$ na equação

$$\mathbf{f}^T \times M_q = \mathbf{f}^T \times M_0$$

para $M_0 = [0\ \ 1\ \ 0\ \ 1]^T$, encontram-se os invariantes lineares de lugar

I_1: $M(p_1) + M(p_2) = M_0(p_1) + M_0(p_2) = 1$;

I_2: $M(p_3) + M(p_4) = M_0(p_3) + M_0(p_4) = 1$.

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- O invariante

$$I_1: \; M(p_1) + M(p_2) = M_0(p_1) + M_0(p_2) = 1;$$

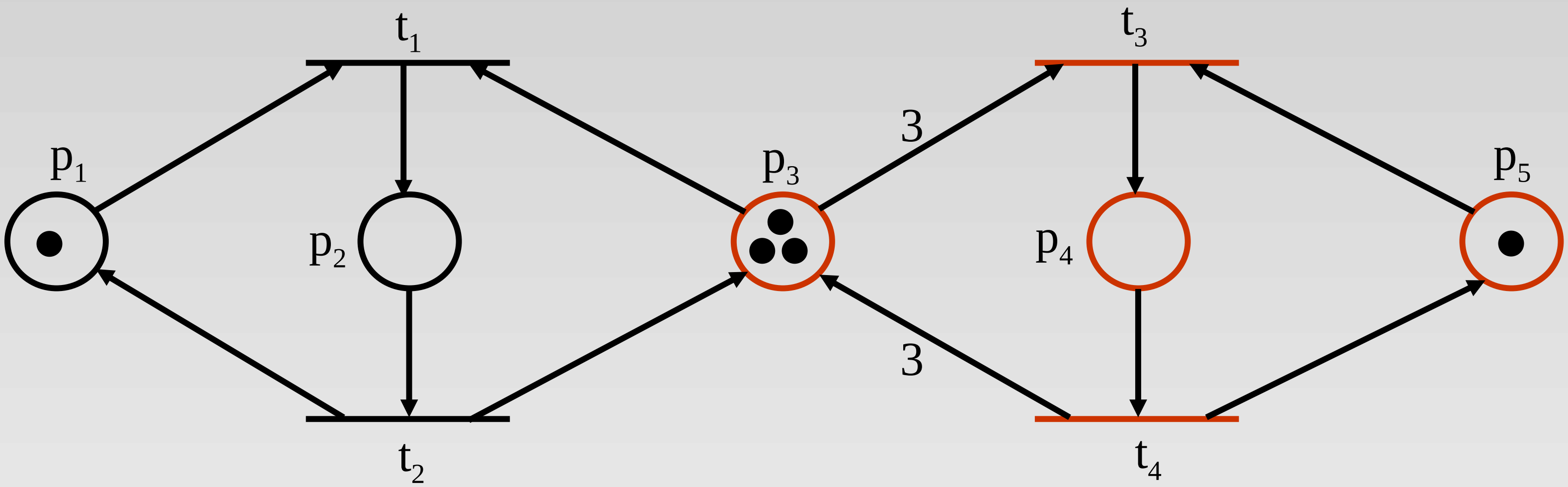
indica que, para qualquer marcação acessível a partir de M_0, a soma das fichas em p_1 e p_2 será sempre 1.

Componentes conservativos – invariantes de lugar

- Numa marcação qualquer
  - se $M(p_2) = 1$, então $M(p_1) = 0$;
  - nunca haverá mais de uma ficha em p_1 e p_2;

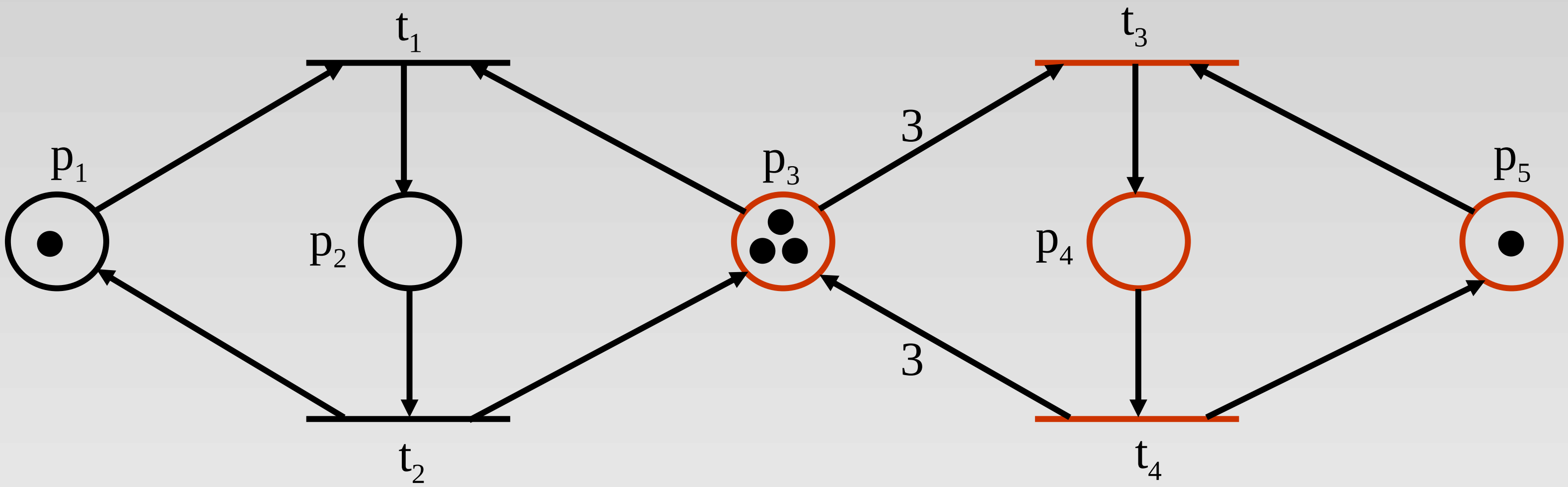
- O invariante de lugar permite, sem enumerar todas as marcações acessíveis, obter algumas informações sobre partes da RP.

Componentes repetitivos – invariantes de transição



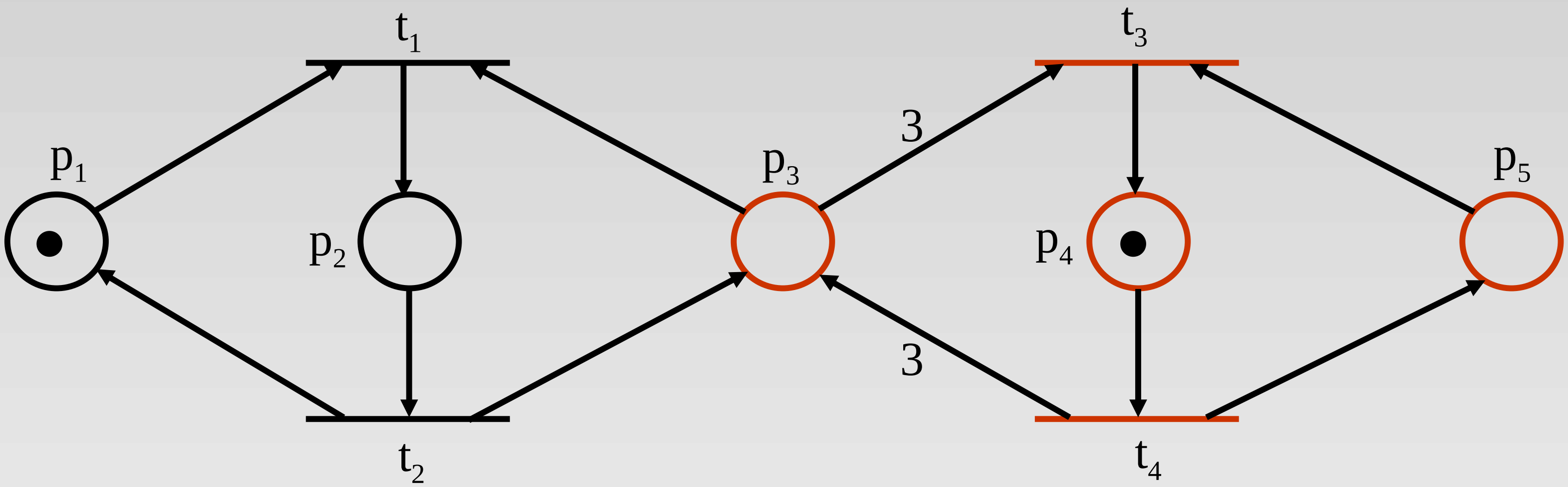
- Dada a sub-rede formada pelas transições t_3 e t_4 e por seus lugares de entrada ou saída (p_3, p_4 e p_5)

Componentes repetitivos – invariantes de transição



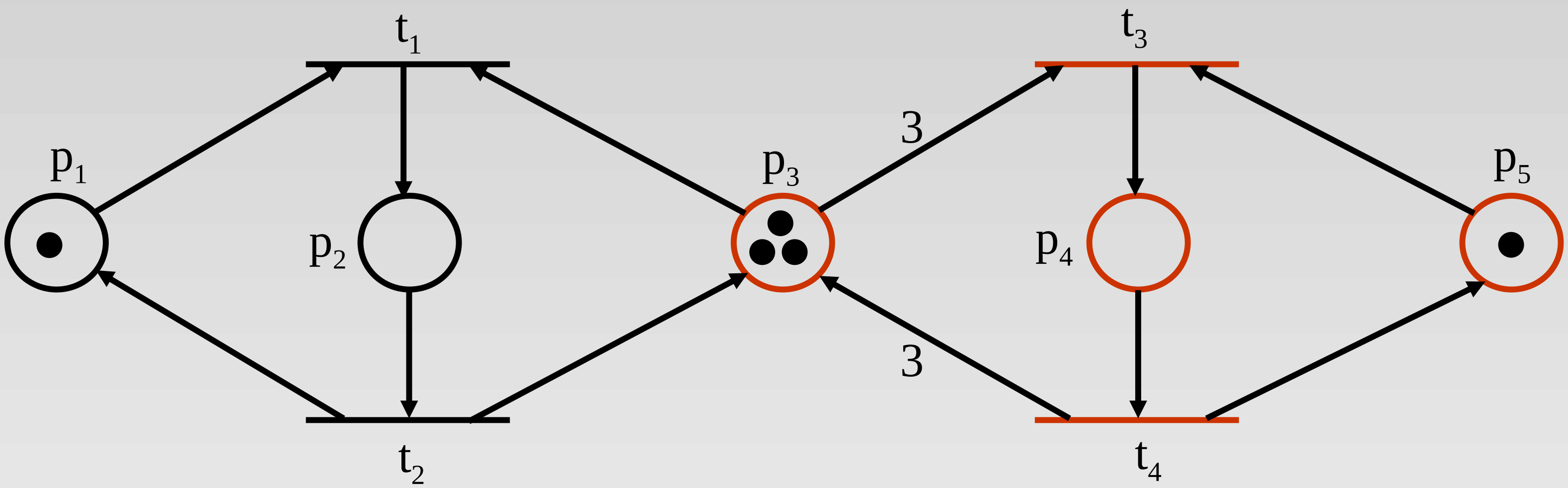
- Disparando a seqüência $s = t_3t_4$ a partir de M_0

Componentes repetitivos – invariantes de transição



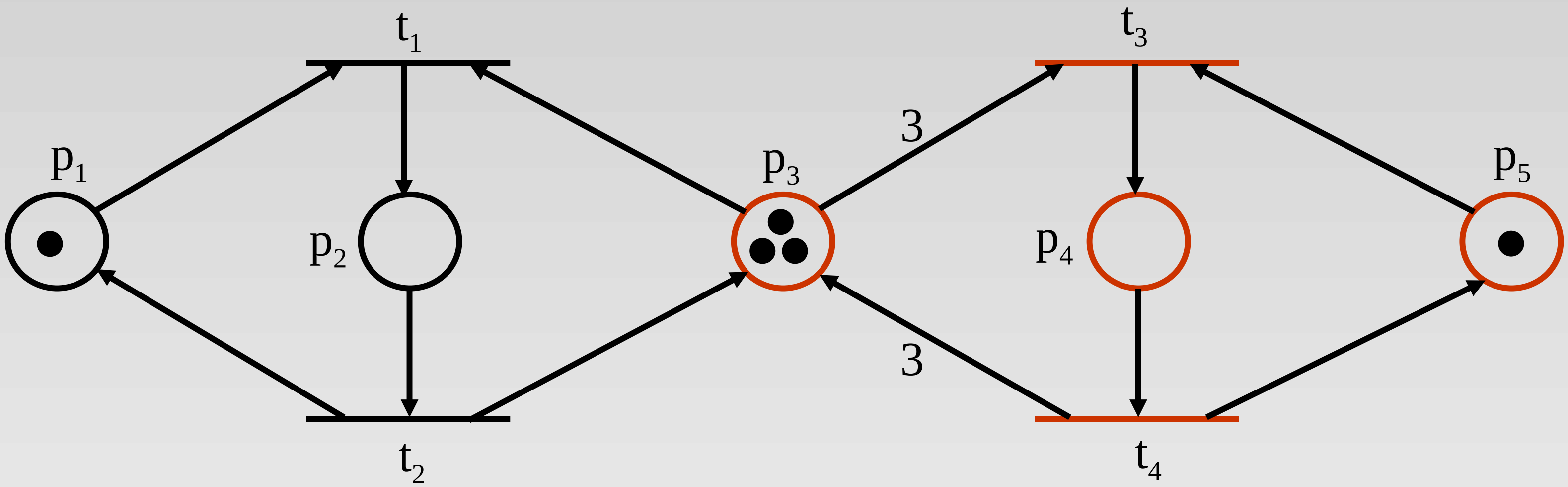
- Disparando a seqüência $s = t_3t_4$ a partir de M_0

Componentes repetitivos – invariantes de transição



- Disparando a seqüência $s = t_3t_4$ a partir de M_0 encontra-se novamente a marcação M_0.

Componentes repetitivos – invariantes de transição



- A seqüência $s = t_3t_4$ é um *invariante de transição*, pois o disparo de s não modifica a marcação da RP.

Componentes repetitivos – invariantes de transição

- O *invariante de transição* corresponde a uma seqüência cíclica de eventos que pode ser repetida indefinidamente;

- O conjunto das transições t_3 e t_4 do invariante forma um *componente repetitivo estacionário* da RP;

Componentes repetitivos – invariantes de transição

- Para encontrar o conjunto das transições tal que

$$M(s > M$$

utiliza-se novamente a equação fundamental

$$M_q = M_0 + C \times \mathbf{u}.$$

- Para obter-se $M_q = M_0$ a seqüência *s* deve ser tal que o vetor característico **u** verifique:

$$C \times \mathbf{u} = 0$$

Componentes repetitivos – invariantes de transição

- Toda solução **u** da equação

$$C \times \mathbf{u} = 0$$

é chamado componente repetitivo estacionário

- A seqüência *s* correspondente a **u** é dita invariante de transição.

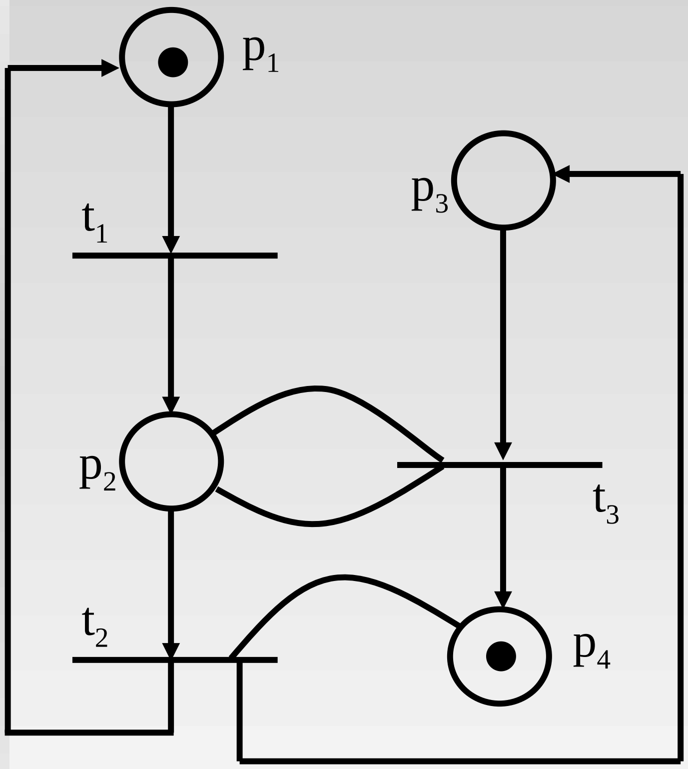
Componentes repetitivos – invariantes de transição

- Uma rede de Petri é dita repetitiva se todas as transições $t \in T$ pertencem a um componente repetitivo estacionário.

Componentes repetitivos – invariantes de transição

- Um componente repetitivo estacionário define uma sub-rede em que se consideram:
  - As transições para as quais o elemento correspondente de **u** é não nulo;
  - Os respectivos lugares de entrada e saída destas transições.

Componentes repetitivos – invariantes de transição



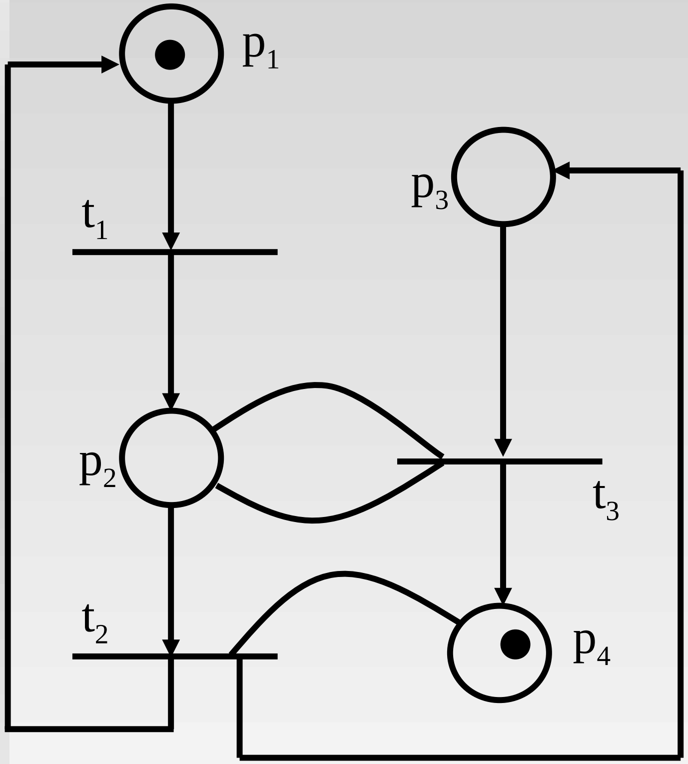
$$C \times \mathbf{u} = 0$$

$$\begin{vmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{vmatrix} = 0$$

$\Rightarrow \mathbf{U}^T = [1\ 1\ 1]$

$\Rightarrow$Rede repetitiva

Componentes repetitivos – invariantes de transição



$\Rightarrow \mathbf{u}^T = [1\ 1\ 1]$

$\Rightarrow$Rede repetitiva

$s = t_2 t_1 t_3$

Invariante de transição

Bibliographie

- F. Bause, P. S. Kritzinger, ‘Stochastic Petri Nets – An Introduction to the Theory’, Vieweg, Alemanha, 2002;
- B. Caillaud, P. Darondeau, L. Lavagno, X. Xie, ‘Syntesis and Control of Discrete Event Systems’, Kluwer Academic Publishers, 2002;
- C. G. Cassandras, S. Lafortune, ‘Introduction to Discrete Event Systems’, Kluwer Academic Publishers, 1999;

Bibliographie

- J. O. Moody, P. J. Antsaklis, ‘Supervisory Control of Discrete Event Systems Using Petri Nets’, Kluwer Academic Publishers, 1998
- J. Cardoso, R. Valette, ‘Redes de Petri’, Editora da UFSC, 1997;
- J.-M. Proth, X. Xie, ‘Les Réseaux de Petri pour la Conception de la Gestion des Systèmes de Prodution’, Masson, Paris, 1994;

Bibliographie

- R. David, H. Alla, ‘Du Grafcet aux Réseaux de Petri’, Hermés, Paris, 1992;
- G. W. Brams, ‘Réseaux de Petri: Théorie et Pratique – tome 1’, Masson, Paris, 1983.
- J. L. Peterson, ‘Petri Net Theory and the Modeling of Systems’, Prentice-Hall, N.J., 1981;
- J. Figueredo, A. Perkusich, J. Damásio, ‘Notas de Aulas’, Departamentos de engenharia Elétrica e Computação – Universidade Federal de Campina Grande, PB.