

Сети Петри

Пример:

$C = \{P, T, I, O\}$

$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$

$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$

$I(t_1) = \{p_1\}$

$I(t_2) = \{p_2, p_3, p_4\}$

$I(t_3) = \{p_4\}$

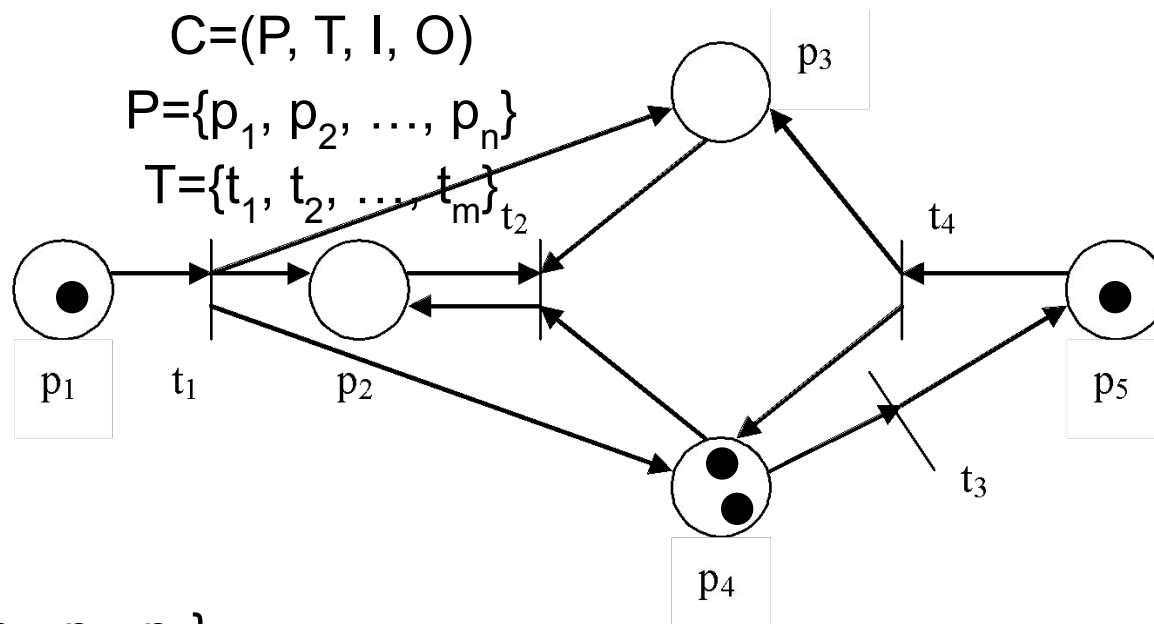
$I(t_4) = \{p_5\}$

$O(t_1) = \{p_2, p_3, p_4\}$

$O(t_2) = \{p_2\}$

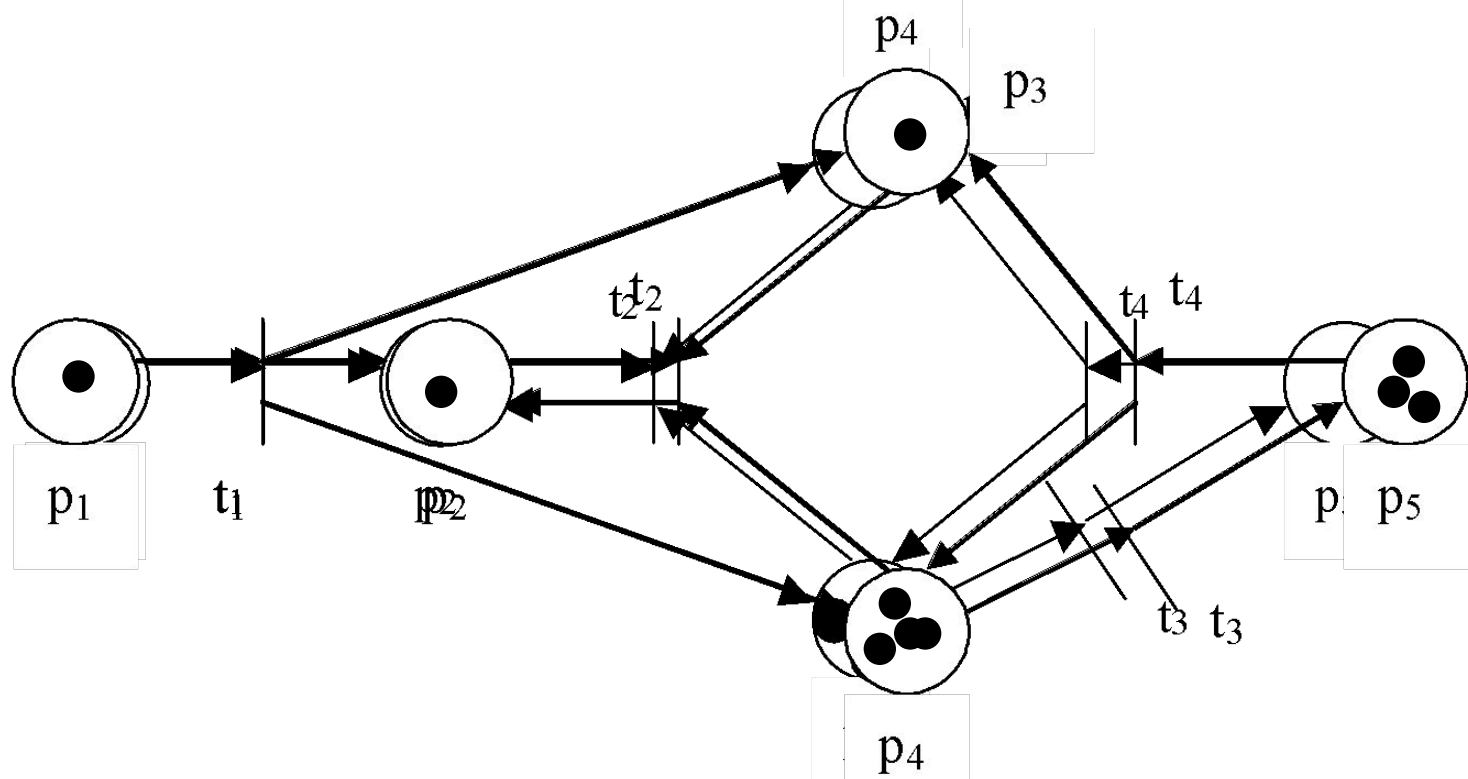
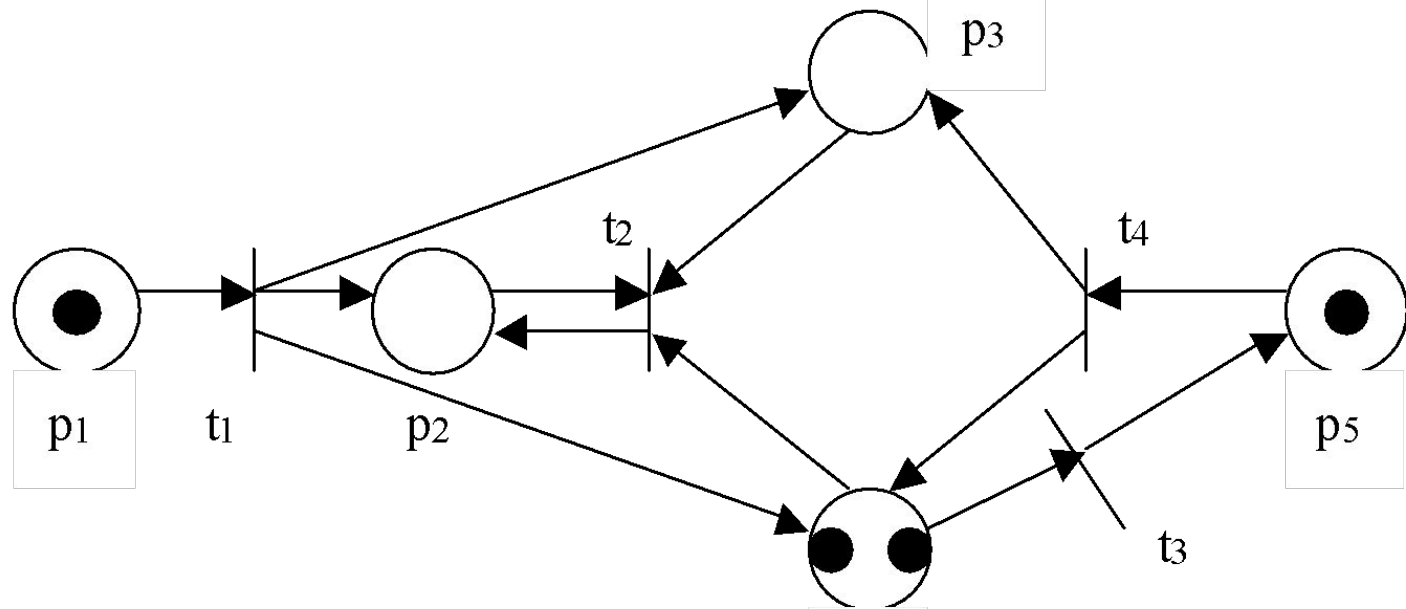
$O(t_3) = \{p_5\}$

$O(t_4) = \{p_3, p_4\}$

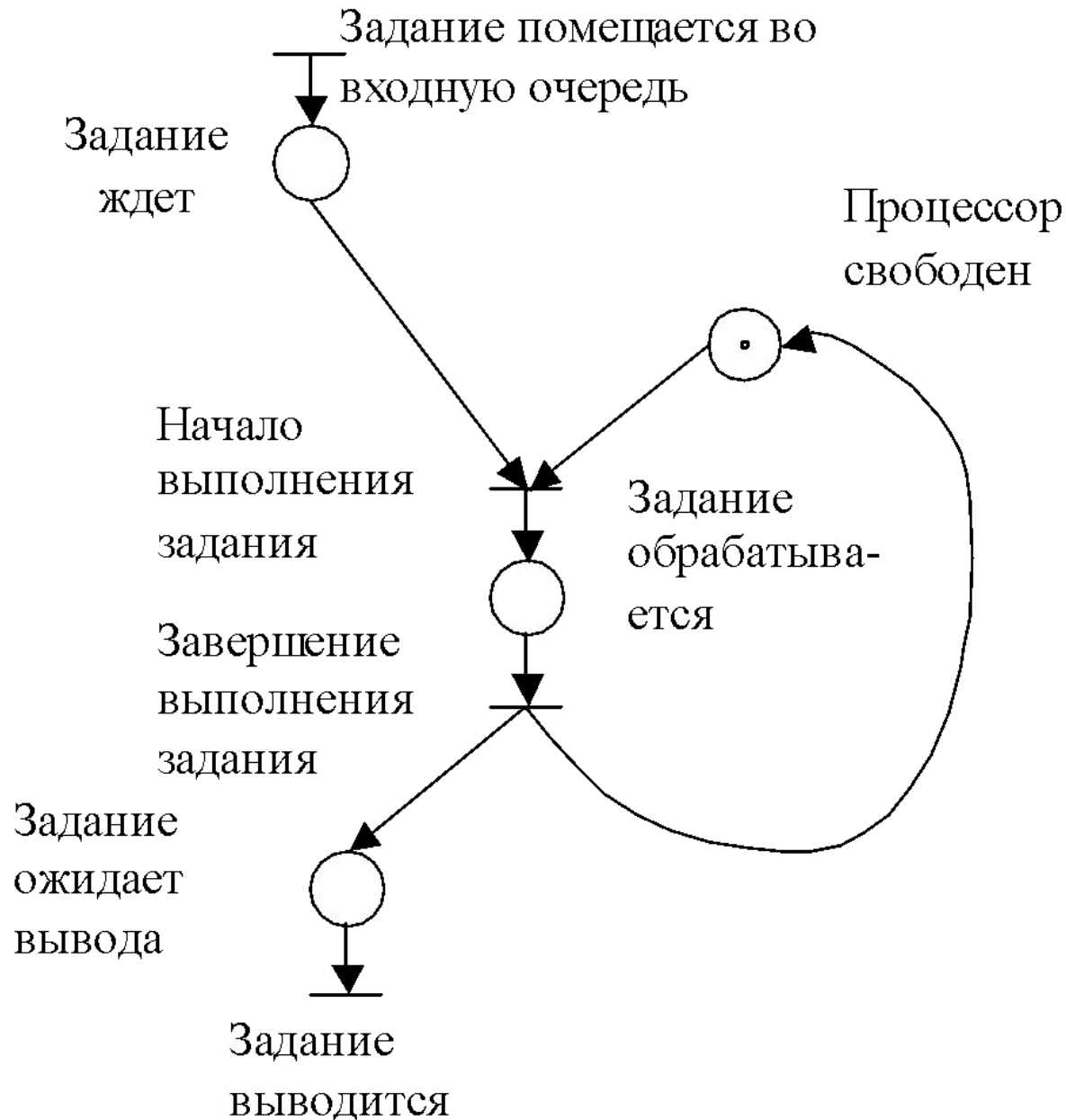


$M = (P, T, I, O, \mu)$

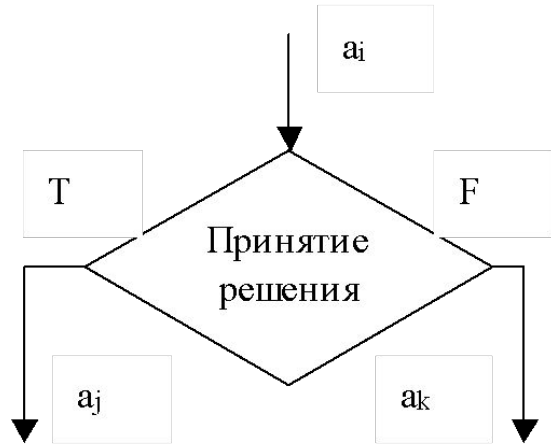
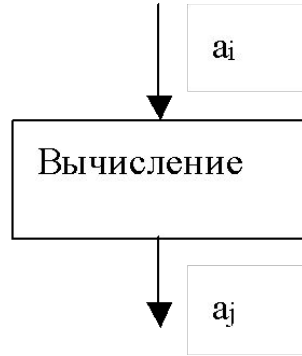
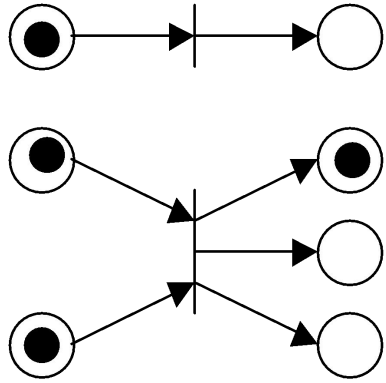
$\mu = (1, 0, 0, 2, 1)$



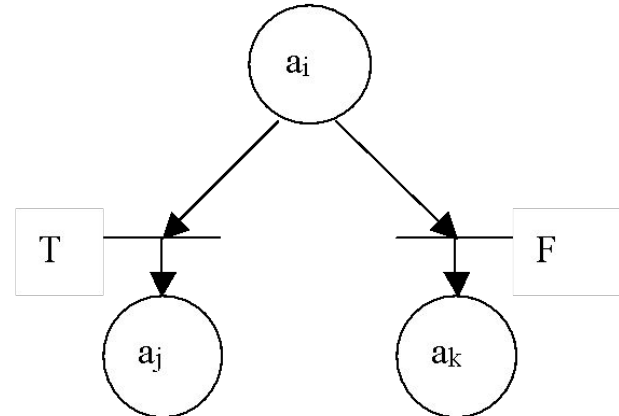
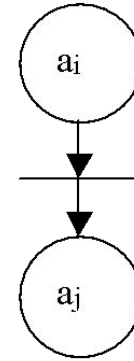
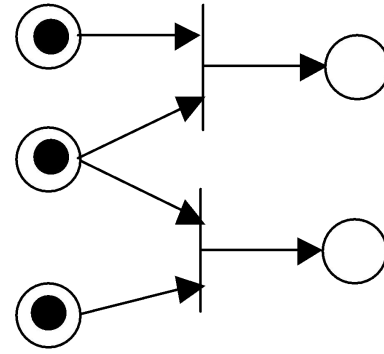
Сети Петри для моделирования



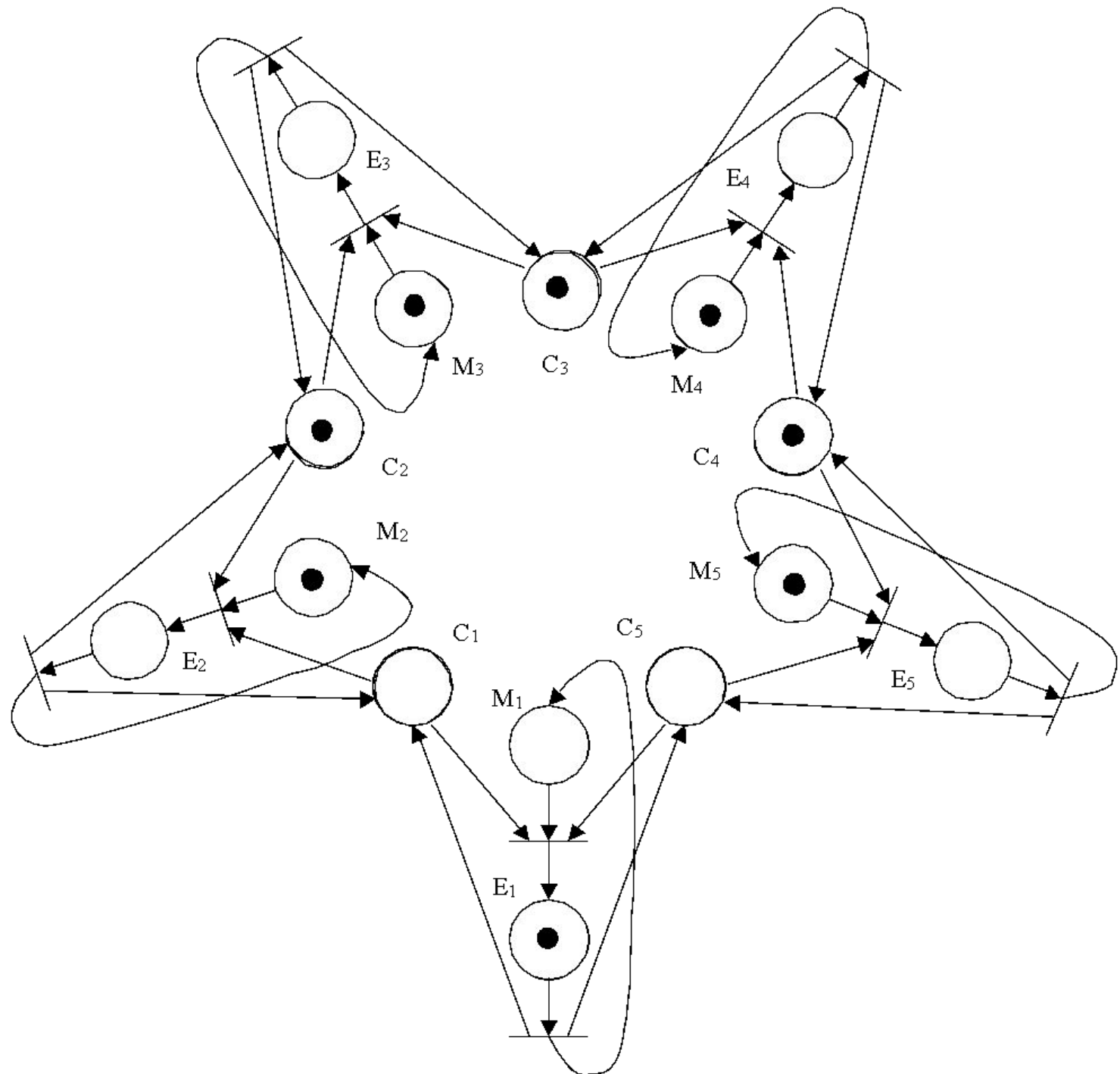
Одновременность



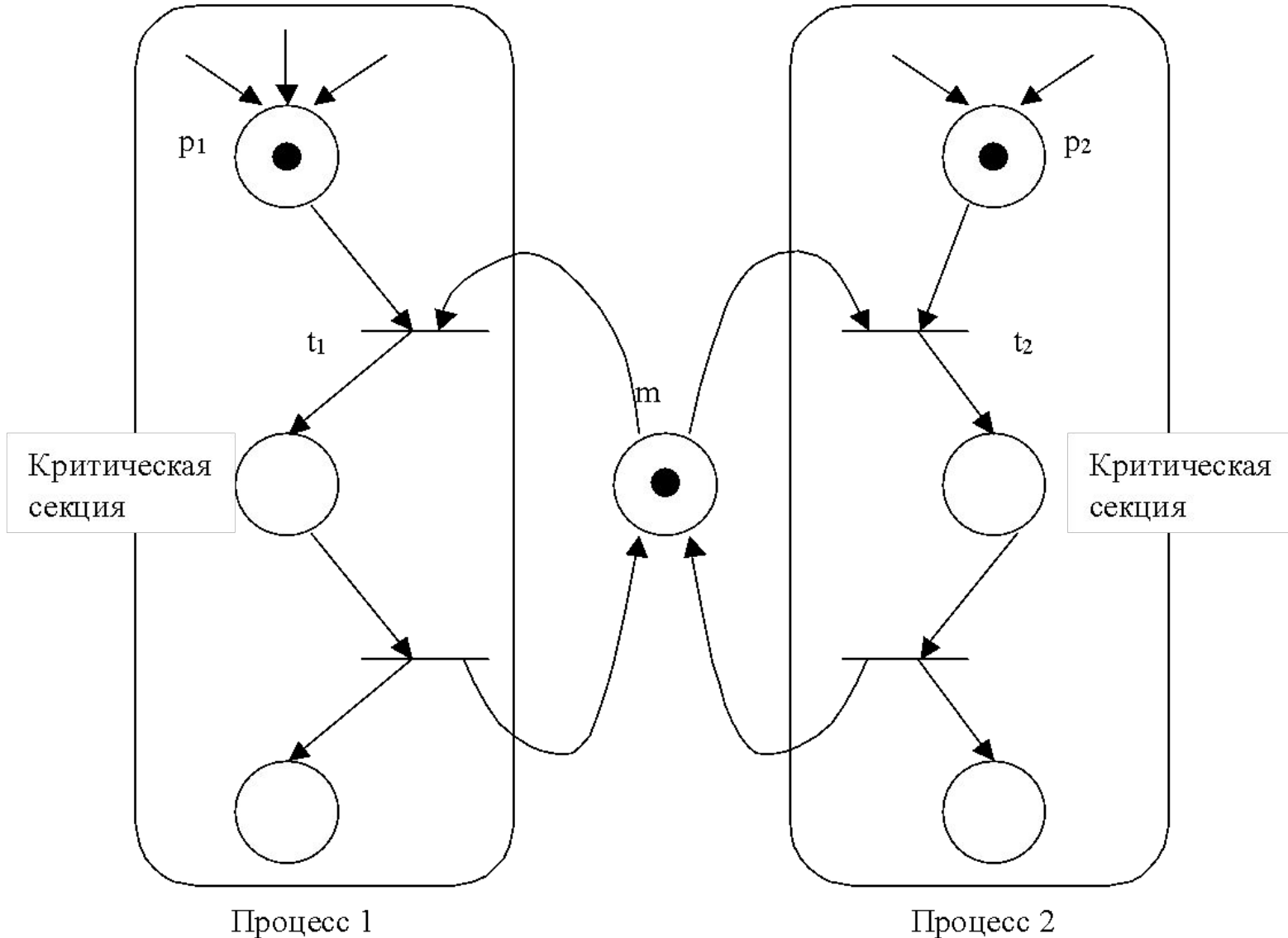
Конфликт







Параллельные взаимодействующие вычислительные процессы



Средства синхронизации и связи

- Блокировка памяти
- Операция «Проверка и установка»

Семафоры Дейкстры

$P(S)$ $V(S)$

$P(S)$: $S := S - 1$;

if $S < 0$, then {остановить процесс и поместить его в очередь ожидания к семафору **S**}

$V(s)$: if $S < 0$ then {поместить один из ожидающих процессов очереди семафора S в очередь готовности};

$S := S + 1$

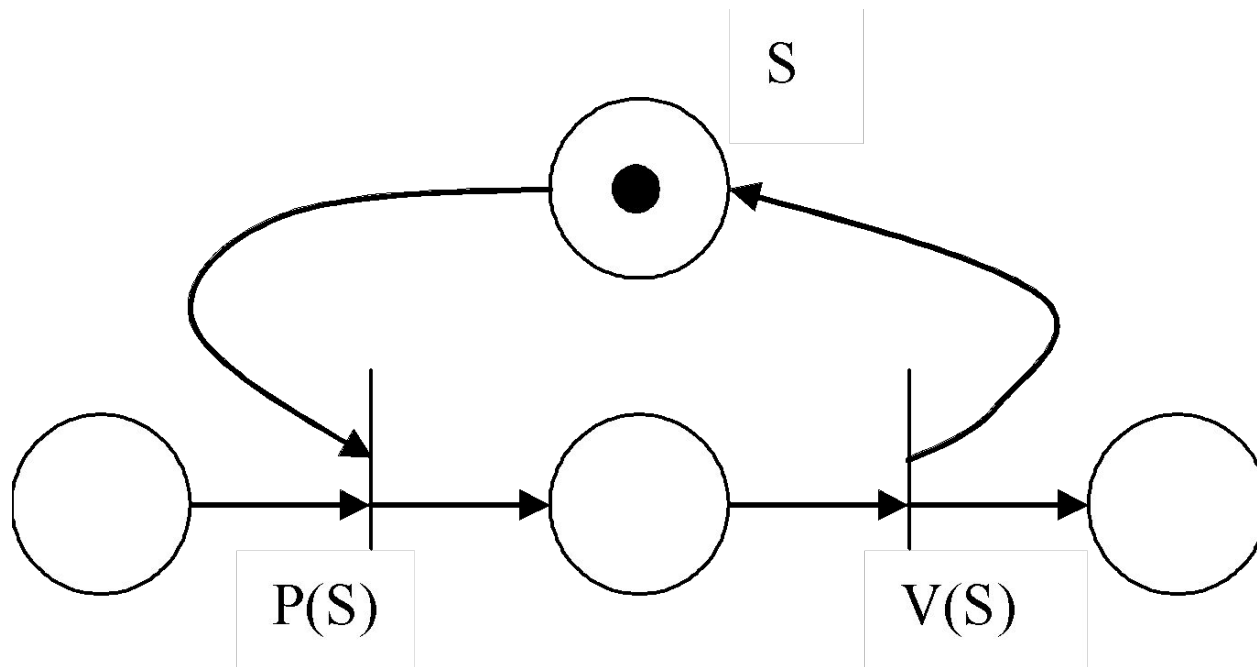
InitSem (имя_семафора, начальное_значение_семафора);

$P(S)$: if $S \geq 1$ then $S := S - 1$

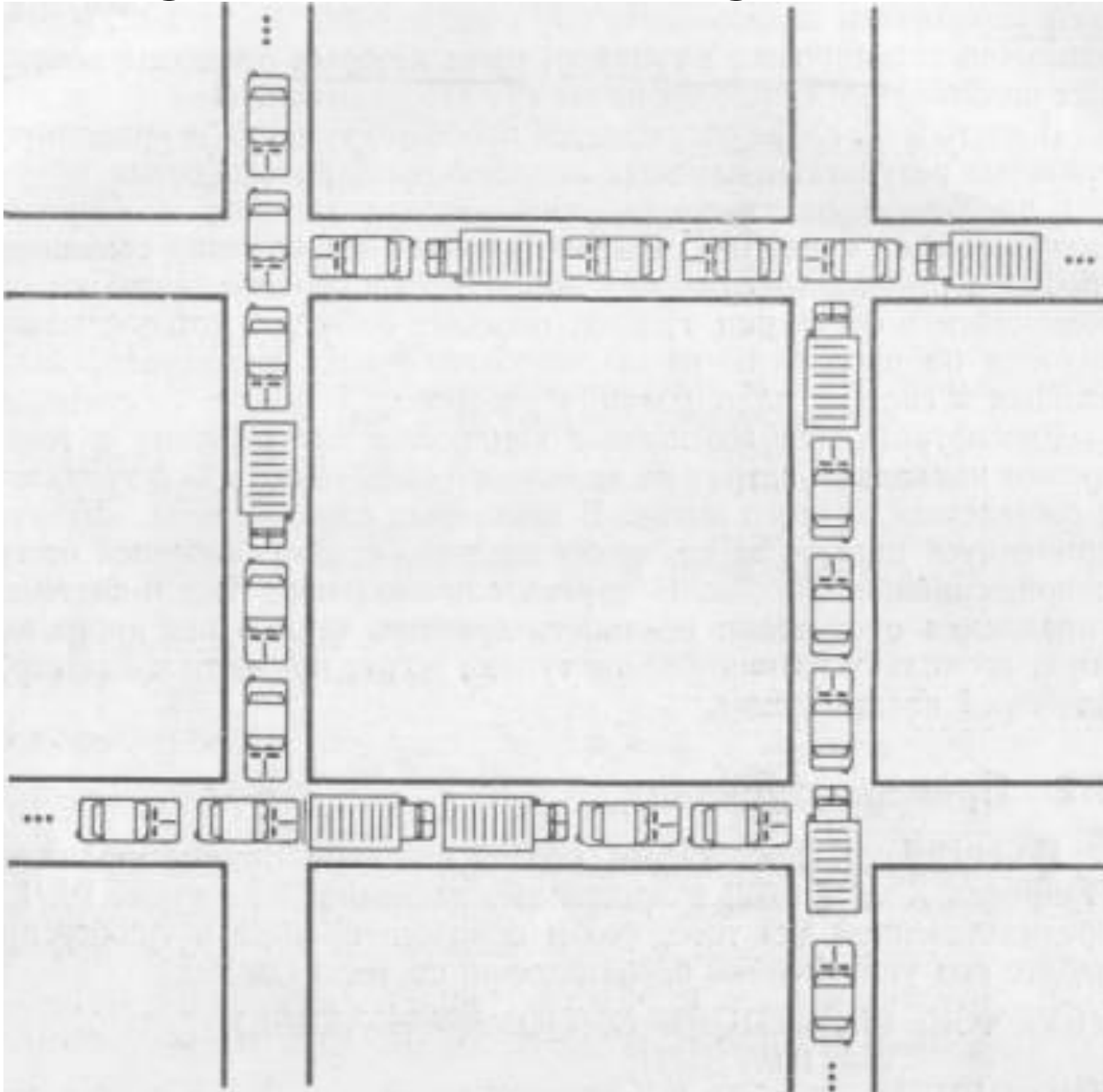
else $WAIT(S)$ {остановить процесс и поместить в очередь ожидания к семафору S }

$V(S)$: if $S = 0$ then $RELEASE(S)$ {поместить один из ожидающих процессов очереди семафора S в очередь готовности};

$S := S + 1$



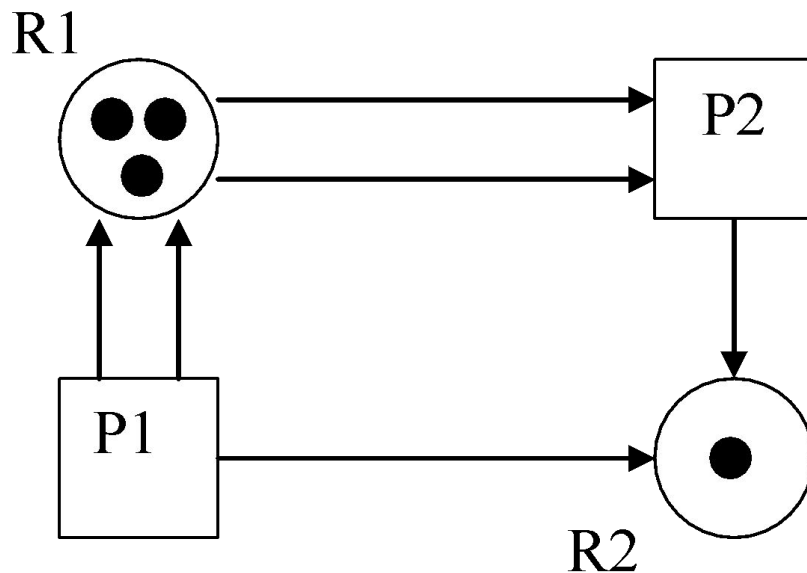
Тупиковые ситуации



Ресурсы:

- Повторно используемые (системные) ресурсы (RR или SR — reusable resource или system resource);
- потребляемые (или расходуемые) ресурсы (CR — consumable resource).

Модель повторно используемых ресурсов Холта



Условия возникновения тупика:

- взаимного исключения;
- ожидания;
- отсутствия перераспределения;
- кругового ожидания.

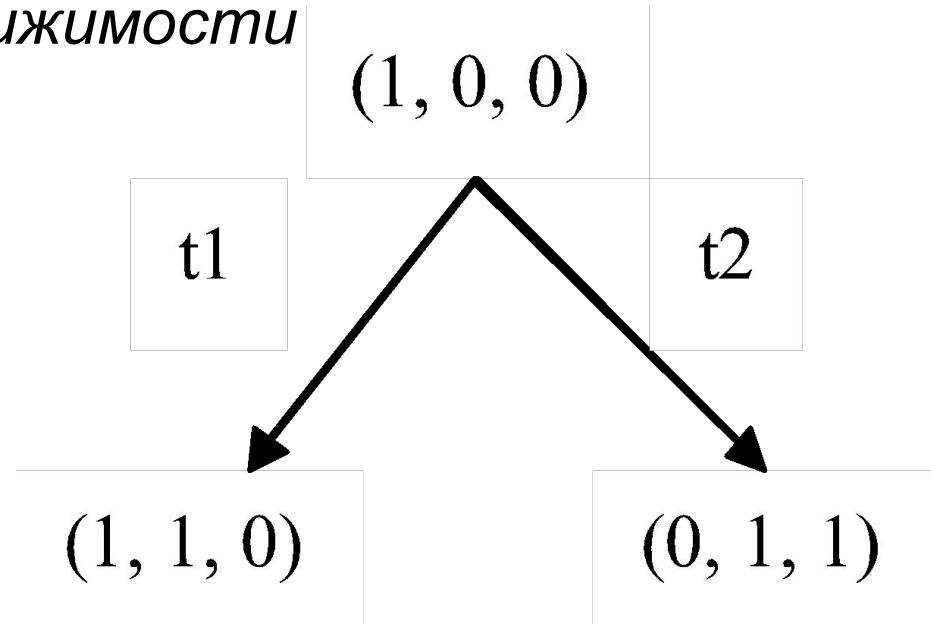
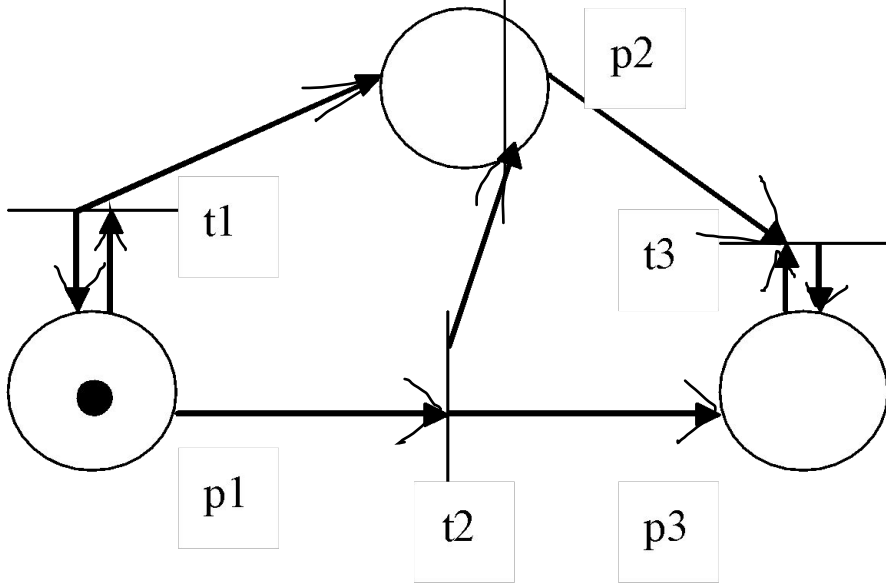
Формальные модели для изучения проблемы тупиковых ситуаций

- Сети Петри
- Вычислительные схемы
- Модель пространства состояний
- Модель Холта

Сети Петри

- Дерево достижимости
- Матричные уравнения

Дерево достижимости



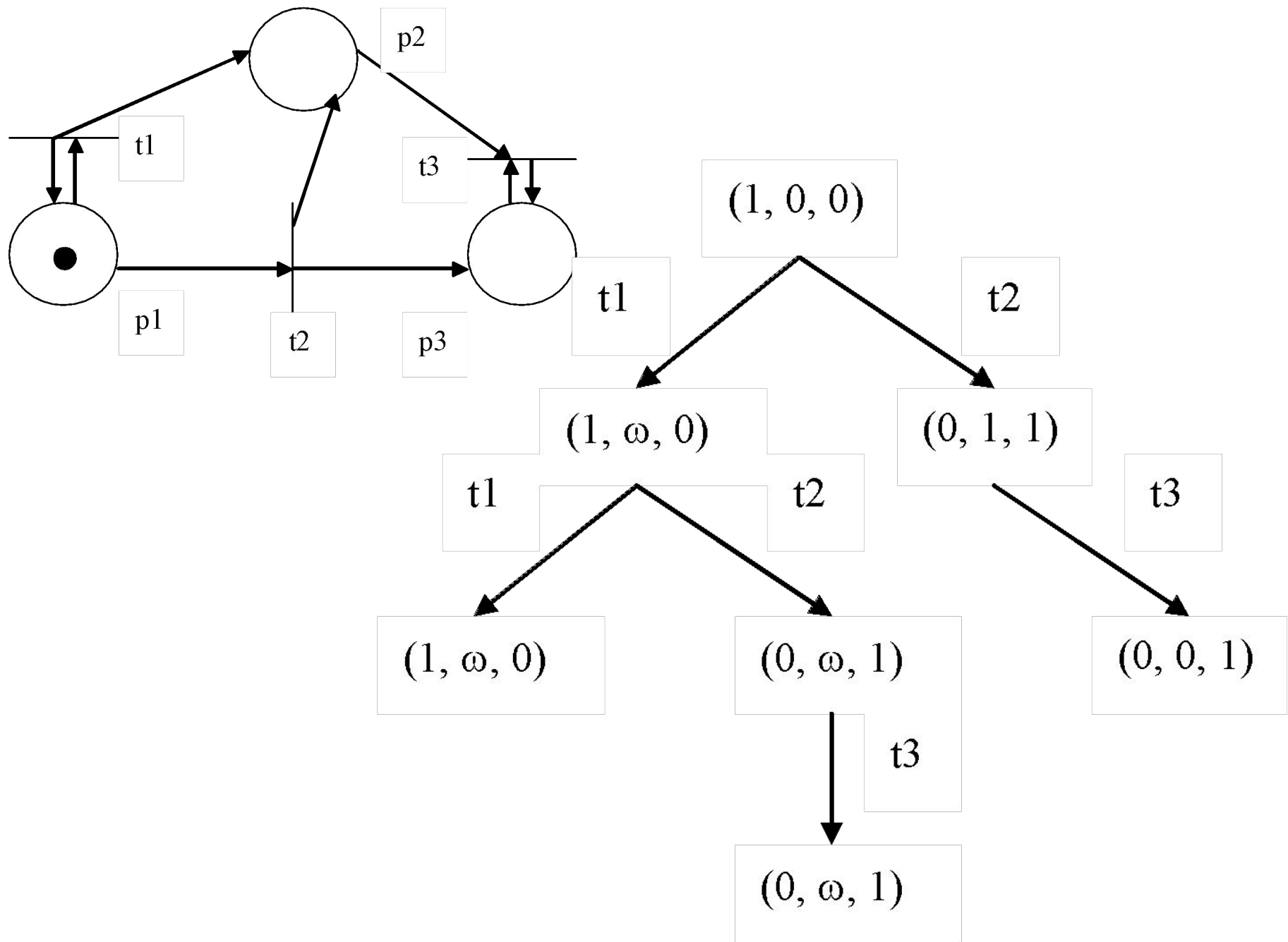
$$\omega + a = \omega,$$
$$a < \omega$$
$$\omega - a = \omega, \quad a \leq \omega$$

Классификация вершин:

- граничная;
- терминальная;
- дублирующая;
- внутренняя.

Алгоритм:

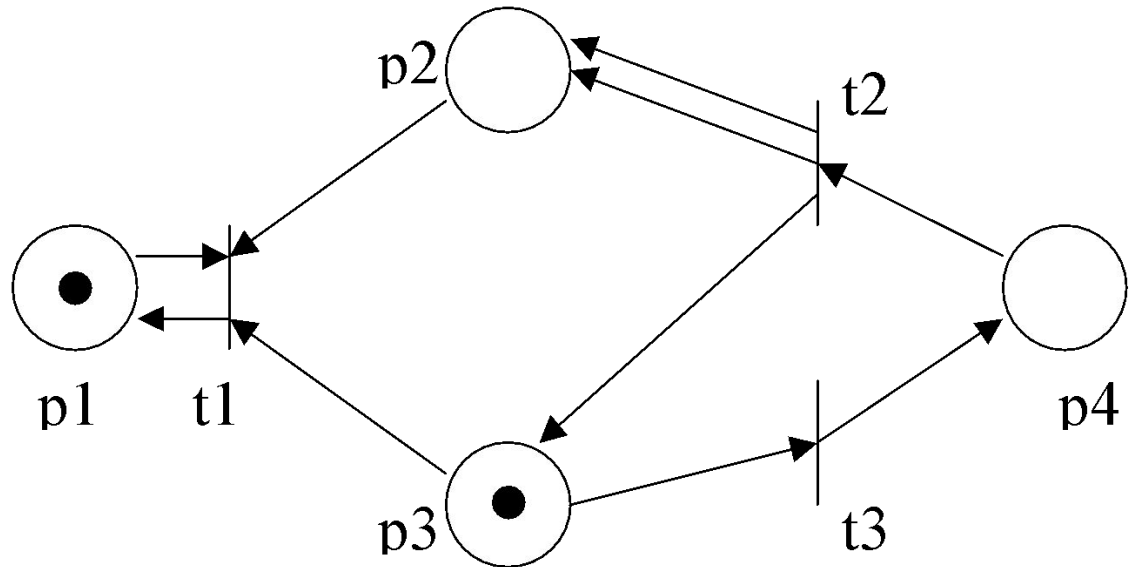
- $\mu[x]=\mu[y]$, x – дублирующая;
- $\mu[x]$, x – терминальная;
- $t_j \in T$, $\mu[x]$, z . $\mu[z]$, p_i :
 - $\mu[x]_i = \omega$, $\mu[z]_i = \omega$;
 - $\mu[y] < \delta(\mu[x], t_j)$ и $\mu[y]_i < \delta(\mu[x], t_j)_i$, то $\mu[z]_i = \omega$;
 - $\mu[z]_i = \delta(\mu[x], t_j)_i$.



Матричные уравнения

$$D^- \quad D^+ \quad D = D^+ - D^-$$

- $D^-[i, j] = \#(p_i, I(t_j))$
- $D^+[j, i] = \#(p_i, O(t_j))$



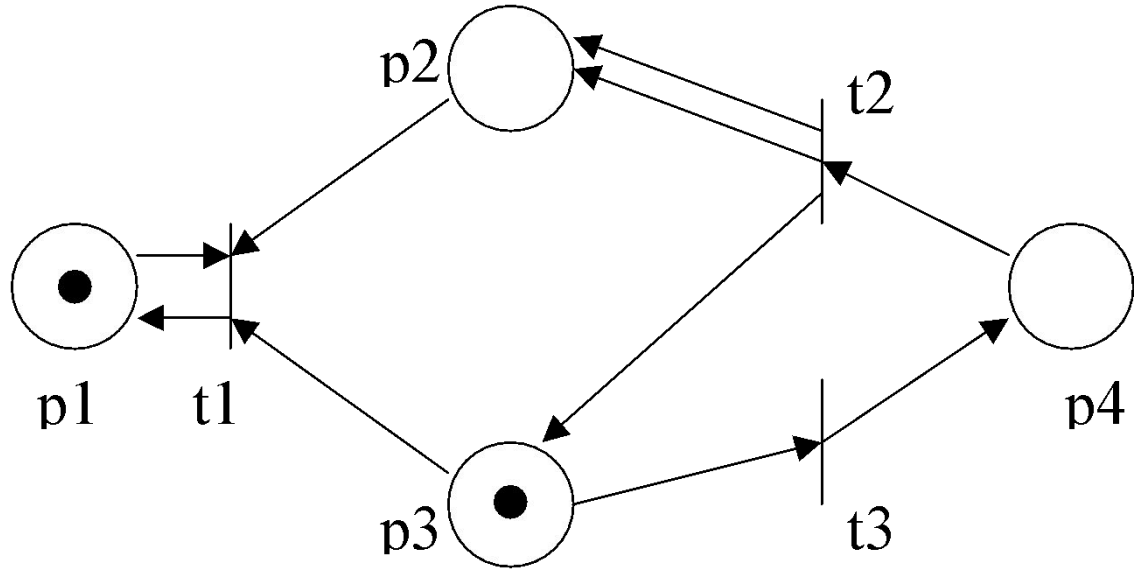
$$D^- = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D^+ = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix}$$

$$\mu' = \mu + x \cdot D$$

$$\mu = (1, 0, 1, 0)$$



$$\mu' = (1,0,1,0) + (0,0,1) \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix} = (1,0,1,0) + (0,0,-1,+1) = (1,0,0,1)$$

$$\sigma = t3 \ t2 \ t3 \ t2 \ t1 \quad f(\sigma) = (1, 2, 2)$$

$$\mu' = (1,0,1,0) + (1,2,2) \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix} = (1,0,1,0) + (0,3,-1,0) = (1,3,0,0)$$

$$\mu = (1, 0, 1, 0) \quad \mu' = (1, 8, 0, 1)$$

$$(1, 8, 0, 1) = (1, 0, 1, 0) + x \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix},$$

$$x = (0, 4, 5)$$

$$\sigma = t_3 \ t_2 \ t_3 \ t_2 \ t_3 \ t_2 \ t_3 \ t_2 \ t_3$$

$$\mu' = \mu + x \cdot D$$

$$x \cdot D = \mu' - \mu$$

$$x = D \cdot D^T = (\mu' - \mu) \cdot D^T$$