



Российский государственный  
торгово-экономический университет

**ИВАНОВСКИЙ ФИЛИАЛ**

Кафедра математики, экономической информатики  
и вычислительной техники

# **ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

## **6. Тупики и борьба с ними**

**Ершов Б.Л.**

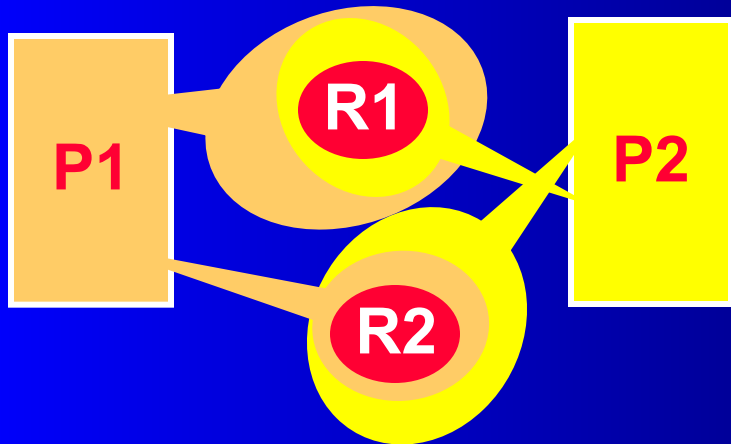
# Тупики

## ОГЛАВЛЕНИЕ

- ▶ **Понятие тупика**  
**Средства обнаружения тупиков**
- ▶ **Модель Холта**
- ▶ **Сеть Петри**
- ▶ **Модель пространства состояний**
- ▶ **Примеры поиска тупиков**
- ▶ **Условия возникновения тупиков**  
**Борьба с тупиками**
- ▶ **5**
- ▶ **6**
- ▶ **7**

# Понятие тупика

Тупик – состояние вычислительной системы, в котором два и более параллельных процесса блокируют друг друга вследствие одновременного выполнения критических секций, обращающихся к одним и тем же критическим ресурсам, которые не могут освободить



Процессы P1 и P2 вошли в критические секции и захватили ресурсы R1 и R2 соответственно. Впоследствии P1 затребовал R2, а P2 – ресурс R1. Но ресурсы уже заняты. Критические секции процессов не завершены, процессы в режиме ожидания

Тупик проявляется отсутствием реакции системы на управляющие сигналы, возможности ввода и вывода данных

# Модель Холта: Типы ресурсов

Разделение ресурсов – предпосылка появления тупиков.

## РАЗДЕЛЯЕМЫЕ РЕСУРСЫ

**Повторно  
используемые (RR)  
они же  
Системные (SR)**

Память, Процессоры,  
Периферийные  
устройства, Файлы,  
Разрешение войти в CS

**Потребляемые  
они же  
Расходуемые  
(CR)**

Прерывания,  
Сообщения,  
Сигналы  
синхронизации

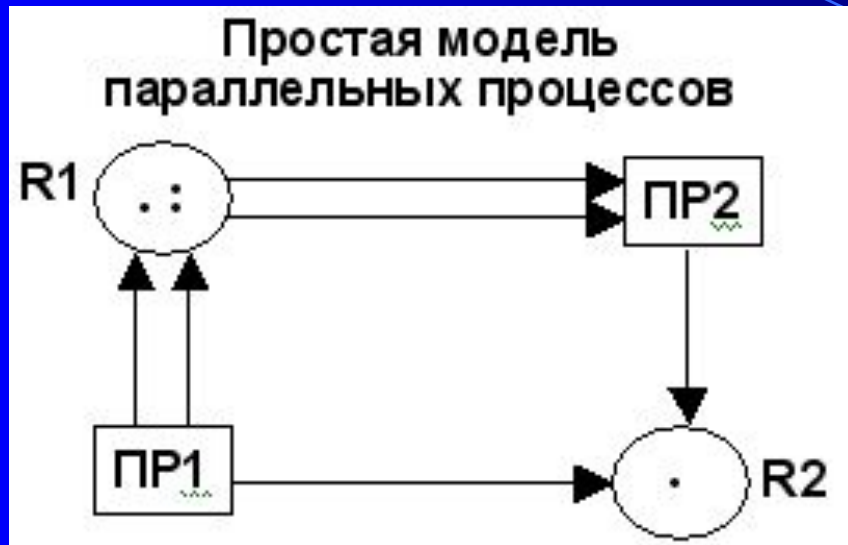
**не создаются      создаются**  
**ПРОЦЕССОМ**

Ресурс может иметь  
множество идентичных  
единиц.

Состояния единицы:  
свободна или занята

Процесс не может  
влиять на единицу  
ресурса, занятую  
другим процессом

# Модель Холта: Моделирование



Условные обозначения модели Холта

| Обозначение | Смысл обозначения             |
|-------------|-------------------------------|
|             | Процесс ПР                    |
|             | Ресурс R с четырьмя единицами |
|             | Запрос единицы ресурса        |
|             | Выделение единицы ресурса     |

Описание текущего состояния:

- имеется два процесса ПР1 и ПР2;
- имеются ресурсы R1 с тремя единицами и R2 с одной единицей;
- две единицы ресурса R1 выделены процессу ПР2;
- процесс ПР1 запросил две единицы ресурса R1;
- оба процесса запросили по одной единице ресурса R2

# Сеть Петри: Понятие

Сеть Петри – средство графического и аналитического моделирования различных процессов.

**Недостаток: Невозможность моделирования временных характеристик процессов.**

Элементы сети Петри:

- вершины-переходы, соответствующие событиям, происходящим в системе;
- вершины-позиции, соответствуют условиям возникновения событий;
- направленные дуги (стрелки);
- фишки (точки в вершинах-позициях) – средства активизации переходов.

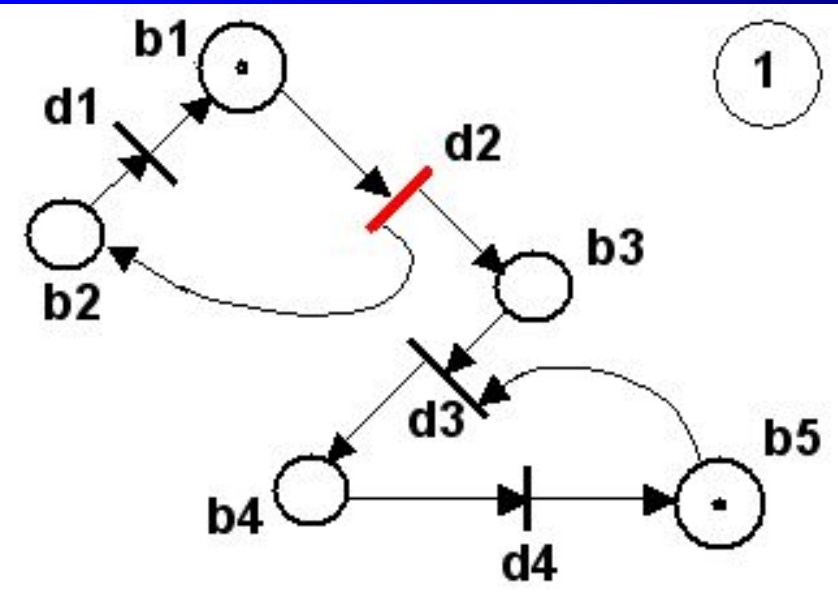
Переход активен, если в каждой позиции, соединённой с ним входящей дугой имеется фишка. Движение фишки возможно только через активный переход.

Расположение фишек называется разметкой сети.



# Сеть Петри :

## Графическое представление



Сеть состоит из:

- вершин-позиций  $b_1, \dots, b_5$ ;
- вершин-переходов  $d_1, \dots, d_5$ ;
- фишек в вершинах  $b_1$  и  $b_5$ .

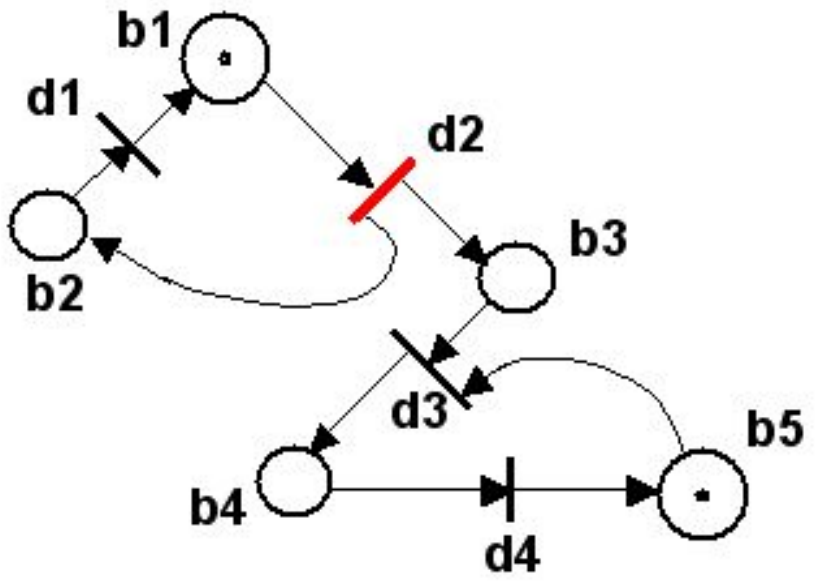
Все переходы пассивны кроме  $d_2$ . Переход  $d_2$  активен, т.к. он имеет единственную входную ветвь, и она соединяет его с вершиной-позицией, в которой находится фишка.

### ПРАВИЛО ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕТКИ:

При движении фишки через переход из всех входных позиций перехода изымается по одной фишке, а во всех выходных позициях создаётся по одной фишке.

# Сеть Петри :

## Пример моделирования процесса



Все переходы пассивны кроме d2. Переход d2 активен, т.к. он имеет единственную входную ветвь, и она соединяет его с вершиной-позицией, в которой находится фишка.

### ПРАВИЛО ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕТКИ:

При движении фишки через переход из всех входных позиций перехода изымается по одной фишке, а во всех выходных позициях создаётся по одной фишке.



# Сеть Петри: Математическое описание

$$P = (B, D, I, O, M)$$

где  $P$  – сеть Петри,

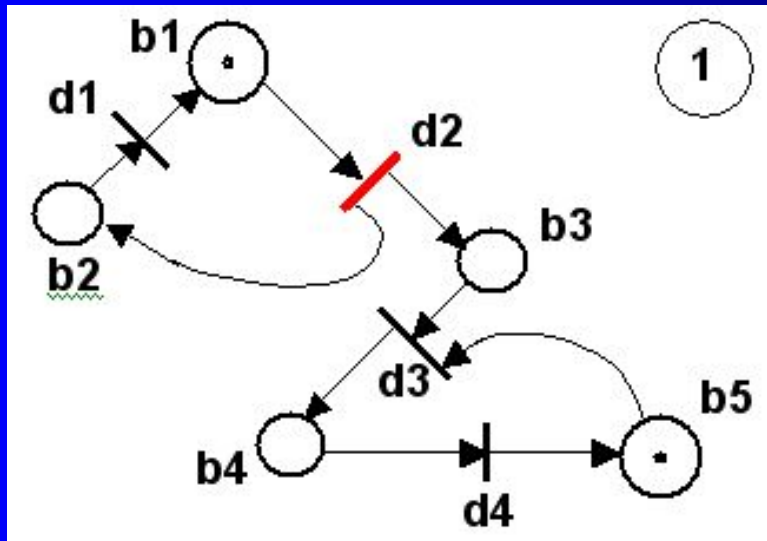
$B$  – непустое множество вершин-позиций,

$D$  – непустое множество вершин-переходов,

$I$  – входная функция;

$O$  – выходная функция;

$M$  – разметка сети (положения меток).



$$B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$$

$$D = \{d_1, d_2, d_3, d_4\}$$

$$M = \{1, 0, 0, 0, 1\}$$

$I =$

|       | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| $b_1$ | 0     | 1     | 0     | 0     |
| $b_2$ | 1     | 0     | 0     | 0     |
| $b_3$ | 0     | 0     | 1     | 0     |
| $b_4$ | 0     | 0     | 0     | 1     |
| $b_5$ | 0     | 0     | 1     | 0     |

$O =$

|       | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $d_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| $b_1$ | 1     | 0     | 0     | 0     |
| $b_2$ | 0     | 1     | 0     | 0     |
| $b_3$ | 0     | 1     | 0     | 0     |
| $b_4$ | 0     | 0     | 1     | 0     |
| $b_5$ | 0     | 0     | 0     | 1     |

# Сеть Петри: Решаемые задачи и недостатки

С помощью сетей Петри решаются следующие задачи:

# Модель пространства состояний

Модель пространственных состояний описывает состояния процессов на двух временных шкалах, соответствующих процессам ПР1 и ПР2 (рис. 1). В описаниях процессов (рис. 2) операторы пронумерованы. Выполнению их соответствуют пунктирные линии с теми же номерами. Линия Т1, показывающая последовательность изменения состояний, называется траекторией процесса.

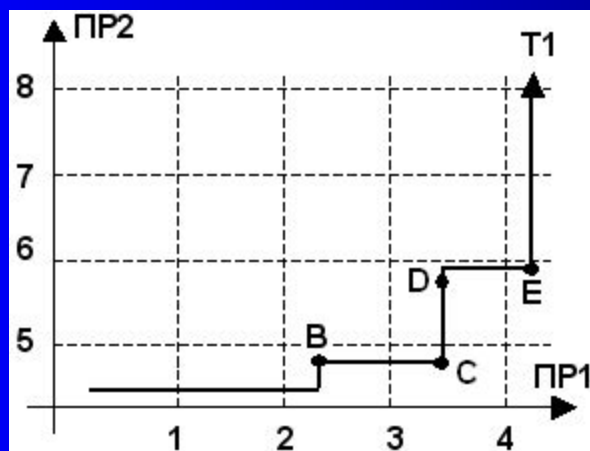


Рис. 1. Модель пространственных состояний

| Parbegin  | Описание ПР1 | ПР2:      | Описание ПР2 |
|-----------|--------------|-----------|--------------|
| ПР1:      | Описание ПР1 | ПР2:      | Описание ПР2 |
| ...       |              | ...       |              |
| 1: P(S2); | Закрытие S2  | 5: P(S1); | Закрытие S1  |
| ...       |              | ...       |              |
| 2: P(S1); | Закрытие S1  | 6: P(S2); | Закрытие S2  |
| ...       |              | ...       |              |
| 3: V(S1); | Открытие S1  | 7: V(S1); | Открытие S2  |
| ...       |              | ...       |              |
| 4: V(S2); | Открытие S2  | 8: V(S2); | Открытие S1  |
| ...       |              | ...       |              |
| ...       |              | Parent    |              |

Рис. 2. Программный код процессов

Траектория Т1 показывает последовательность выполнения операторов 1, 2, 3, 5, 4, 6, 7, 8. Процессы завершены. В т. В показана неудачная попытка выполнить 5.

# Примеры поиска тупиков

Поиск тупика на системных ресурсах SR с помощью моделей Холта и пространственных состояний

Исходные данные

Системным ресурсом процессов ПР1 и ПР2 являются семафоры, описанные программным кодом (рис.1). Модель Холта показана на рис. 2

| Parbegin  | Описание ПР1 | ПР2:      | Описание ПР2 |
|-----------|--------------|-----------|--------------|
| ПР1:      |              | ПР2:      |              |
| ...       |              | ...       |              |
| 1: P(S2); | Закрытие S2  | 5: P(S1); | Закрытие S1  |
| ...       |              | ...       |              |
| 2: P(S1); | Закрытие S1  | 6: P(S2); | Закрытие S2  |
| ...       |              | ...       |              |
| 3: V(S1); | Открытие S1  | 7: V(S1); | Открытие S2  |
| ...       |              | ...       |              |
| 4: V(S2); | Открытие S2  | 8: V(S2); | Открытие S1  |
| ...       |              | ...       |              |
|           |              | Parent    |              |

Рис. 1

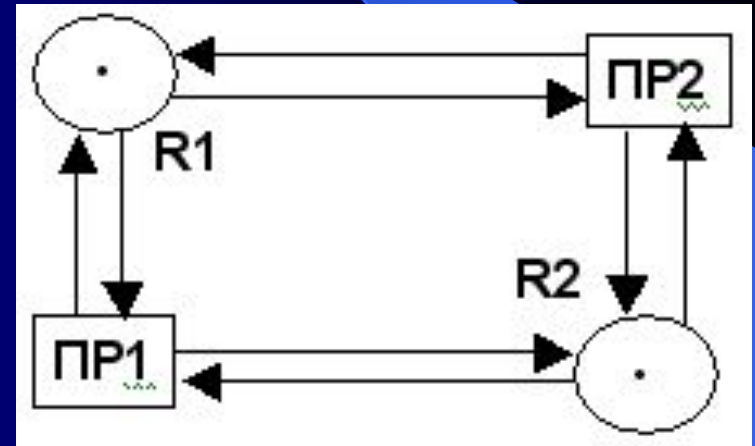


Рис. 2

На модели Холта имеет место обращение двух процессов к ресурсам R1 и R2. Всё зависит от порядка работы семафоров

# Примеры поиска тупиков

## Поиск тупика на системных ресурсах SR с помощью моделей Холта и пространственных состояний

| Parbegin  |              |           |              |
|-----------|--------------|-----------|--------------|
| ПР1:      | Описание ПР1 | ПР2:      | Описание ПР2 |
| ...       |              | ...       |              |
| 1: P(S2); | Закрытие S2  | 5: P(S1); | Закрытие S1  |
| ...       |              | ...       |              |
| 2: P(S1); | Закрытие S1  | 6: P(S2); | Закрытие S2  |
| ...       |              | ...       |              |
| 3: V(S1); | Открытие S1  | 7: V(S1); | Открытие S2  |
| ...       |              | ...       |              |
| 4: V(S2); | Открытие S2  | 8: V(S2); | Открытие S1  |
| ...       |              | ...       |              |
|           |              | Parent    |              |

Рис. 1. Программный код срабатывания семафоров

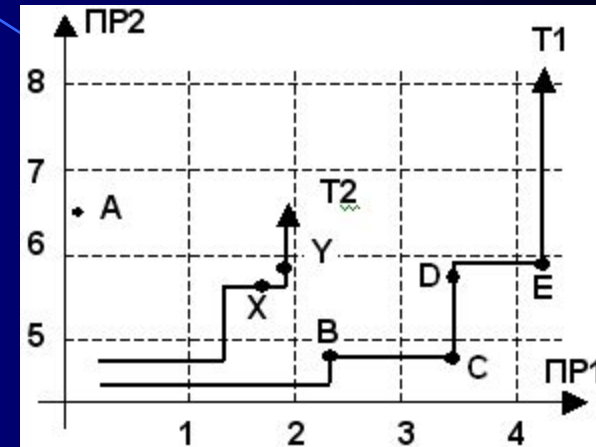


Рис. 2. Модель пространственных состояний

Траектория T1 безопасна, т.к. к моменту запроса ПР2 ресурса R1 (т. В) оба ресурса захвачены ПР1, и ПР2 заблокирован. Частично процесс деблокируется в т. С и окончательно выполняется после т. Е, в которой свободны оба ресурса.

На траектории T2 возникает тупик, т.к. ПР2 захватывает ресурс R1, а после захвата ПР1 ресурса R2 процесс ПР2 требует захваченный ПР1 ресурс R2. Оба процесса заблокированы.

# УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТУПИКА

Для появления тупиков должны одновременно выполняться четыре условия:

- взаимное исключение не запрещает монопольный доступ к разделяемым ресурсам (условие взаимного исключения);
- удержание процессом захваченного ресурса на время ожидания доступа к недостающим для продолжения его работы разделяемым ресурсам (условие ожидания);
- невозможность перераспределения ресурсов, захваченных процессами находящимися в режиме ожидания (условие отсутствия перераспределения);
- существование замкнутой цепи процессов, каждый из которых ожидает освобождения ресурсов, захваченных другими процессами, входящими в цепь (условие кругового ожидания).

# Тупик

**Тупик проявляется отсутствием реакции системы на управляющие сигналы, возможности ввода и вывода данных**

# Тупик

**Тупик проявляется отсутствием реакции системы на управляющие сигналы, возможности ввода и вывода данных**



# Тупик

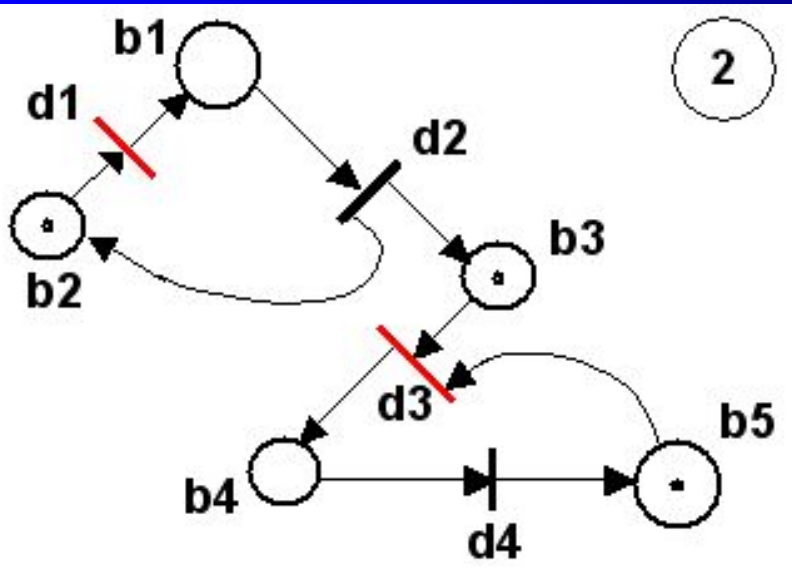
**Тупик проявляется отсутствием реакции системы на управляющие сигналы, возможности ввода и вывода данных**

The background is a dark blue gradient. A thin, light blue curved line starts from the top left and curves towards the center. A larger, light blue shape, resembling a stylized arrow or a wedge, points from the center towards the bottom right.

# **СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА**

# Сеть Петри :

## Пример моделирования процесса



Фишка из вершины b1 прошла переход и исчезла, а в выходных позициях b2 и b3 появилось по одной фишке.

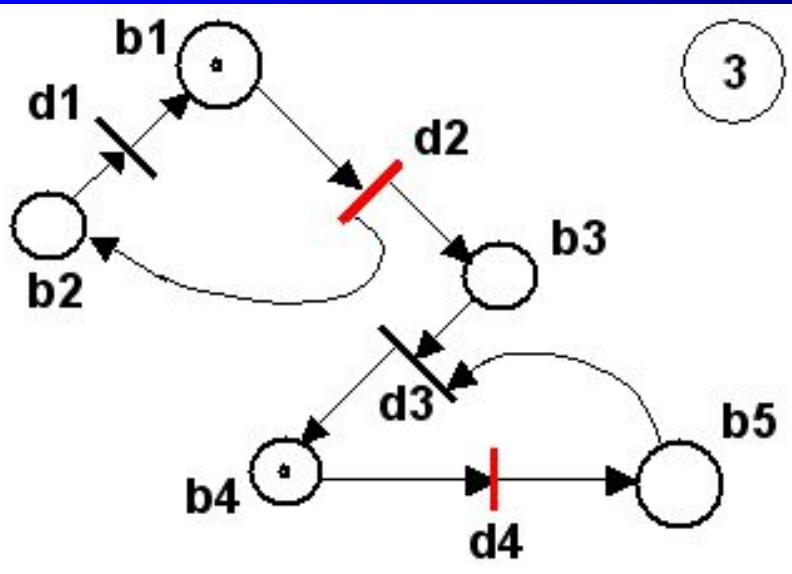
Переход d2 стал не активным, а переходы d1 и d3 стали активны.

### ПРАВИЛО ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕТКИ:

При движении фишки через переход из всех входных позиций перехода изымается по одной фишке, а во всех выходных позициях создаётся по одной фишке.

# Сеть Петри :

## Пример моделирования процесса



Фишка из вершины b2 прошла в b1 через переход d1. Фишки из вершин b3 и b5 при прохождении их через переход d3 изъяты, а в вершине b4 создана новая фишка.

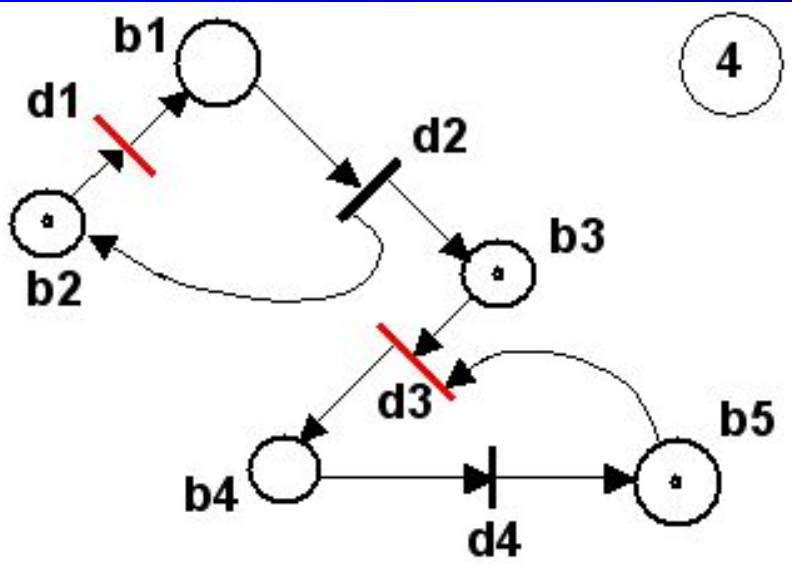
Переход d1 и d3 стали не активными, а переходы d2 и d4 стали активными.

### ПРАВИЛО ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕТКИ:

При движении фишки через переход из всех входных позиций перехода изымается по одной фишке, а во всех выходных позициях создаётся по одной фишке.

# Сеть Петри :

## Пример моделирования процесса



Фишка из вершины b1 прошла переход, и в каждой выходной позиции перехода образовалось по фишке.

Фишка из вершины b4 прошла через переход d4 в вершину b5.

Вершины d1 и d3 стали активными.

Состояние № 4 совпадает с состоянием № 2, т.е. состояние № 2 повторилось. Далее процесс будет повторяться. Цикл будет состоять из двух шагов: состояний № 2 и 3.

про

# Начало справки

# Обычная страница справки



# Заключительная страница справки

 Начало

 1 кадр

 Следующий параграф

Конец раздела

**КОНЕЦ  
РАЗДЕЛА**