

---

# Моделирование влияния отказов в многослойных сетях

Докладчик: ст. гр. ИВТ-ИВСС-2015  
Черников Артём Юрьевич

Научный руководитель: к.т.н.,  
доц. каф. ТК Ракипова А. С.

# Введение

---

**Проблема:** любая система имеет шанс выйти из строя или работать некорректно из-за отказа работы определенных узлов сети.

**Актуальность:** современные системы являются сложными, рассматривать которые необходимо с точки зрения многослойных сетей. Многослойная сеть состоит из систем, функционирующих в разных слоях, которые отличаются в том числе различными задачами и средой эксплуатации.

**Цель проекта:** исследование влияния каскада отказов на систему.

**Задачи проекта:**

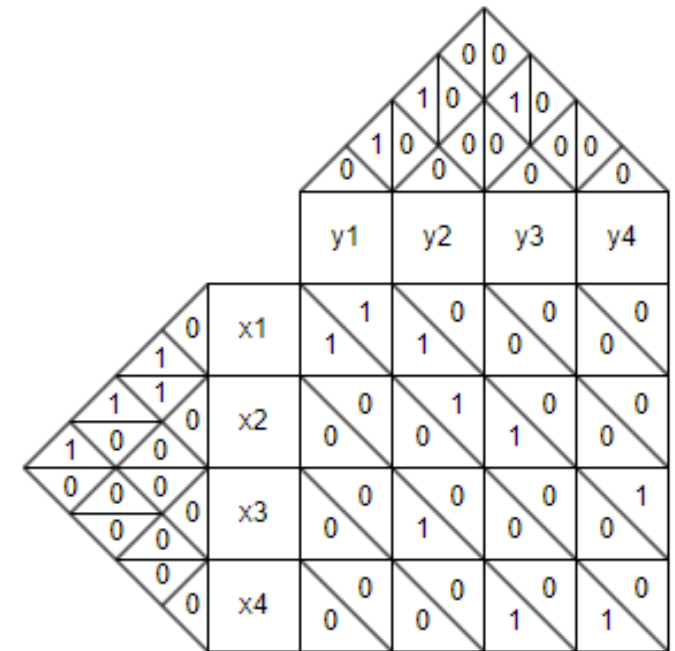
1. Построение маршрутов между узлами в многослойной сети.
2. Исследование тактов влияния каскадов отказов узлов.

# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Дом качества в рамках методологии QFD

Развертывание функции качества (Quality Function Deployment – QFD) – это методология систематического и структурированного преобразования пожеланий потребителей в требования к качеству продукции, услуги и/или процесса.

Дом качества – структура, состоящая из нескольких таблиц-матриц, используется в рамках QFD-методологии.

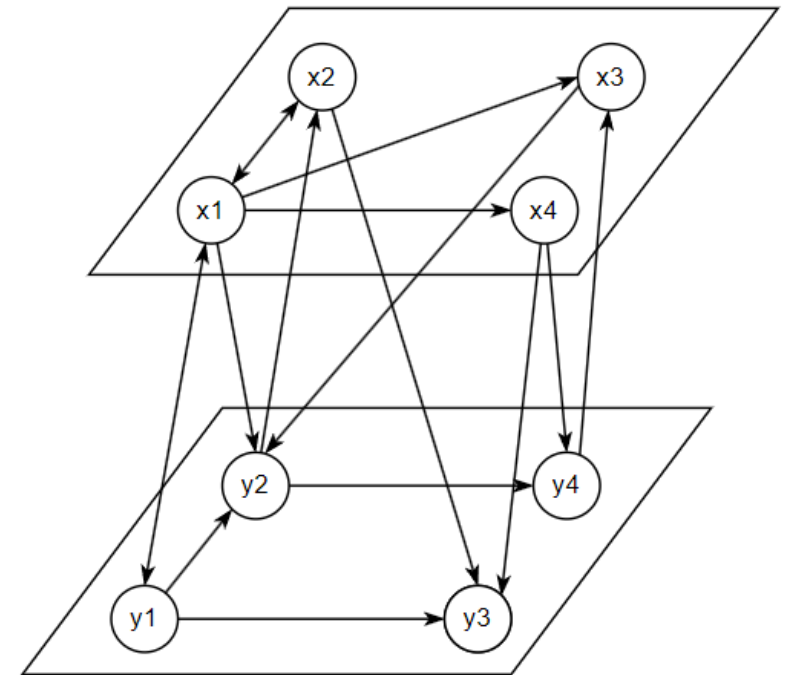


# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Узлы многослойной сети

---

Каждая матрица представляет собой набор связей между узлами многослойной сети определенной системы, где каждый узел выполняет свою функцию.



# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Матрица связей

---

Матрица зависимостей между узлами, где:

- строка соответствует родительским узлам (влияет на другие);
- столбец — зависимым узлам (зависит от родительского);
- значение 1 указывает на наличие зависимости, 0 — на её отсутствие.

|    | x1 | x2 | x3 | x4 | y1 | y2 | y3 | y4 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| x1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| x2 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| x3 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| x4 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| y1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| y2 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| y3 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| y4 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Работа с матрицей связей с помощью программы

---

Программа включает в себя следующие методы обработки данных:

- Ввод матрицы связей в программу;
- Построение графа связей между всеми узлами;
- Формирование для каждого узла перечня зависимых узлов;
- Формирование перечня всех путей между двумя узлами;
- Вывод тактов вычислений;
- Изменение связи между двумя узлами;
- Построение графа связей между двумя узлами.

# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Ввод матрицы связей в программу

---

Ввод данных осуществляется считыванием имен узлов и матрицы связей из Excel файла.

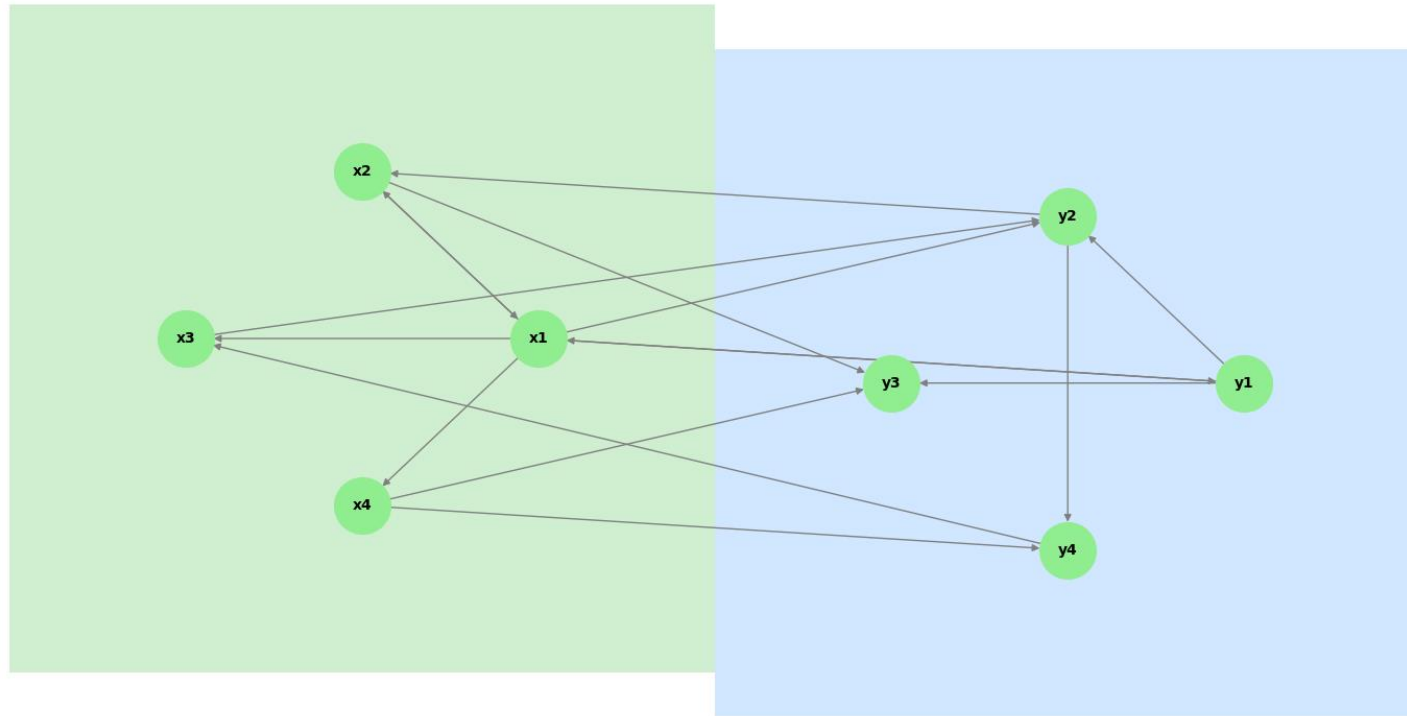
```
Введите путь к файлу: relationships.xlsx  
Введите строку с именами узлов в формате A:Z_1:9: C:J_2:2  
['x1' 'x2' 'x3' 'x4' 'y1' 'y2' 'y3' 'y4']  
Введите конфигурацию матрицы в формате A:Z_1:9: C:J_3:10  
[[0 1 1 1 1 1 0 0]  
 [1 0 0 0 0 0 1 0]  
 [0 0 0 0 0 1 0 0]  
 [0 0 0 0 0 0 1 1]  
 [1 0 0 0 0 1 1 0]  
 [0 1 0 0 0 0 0 1]  
 [0 0 0 0 0 0 0 0]  
 [0 0 1 0 0 0 0 0]]
```

# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Граф связей между всеми узлами

---

Граф связей формируется на основе исходной матрицы связей.





# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Формирование перечней зависимых узлов

---

Для каждого узла формируется перечень зависимых от него узлов, то есть для которых данный узел является родительским.

```
Выберите один из пунктов (0-8): 3
> Зависимости узлов:
x1 ['x2', 'x3', 'x4', 'y1', 'y2']
x2 ['x1', 'y3']
x3 ['y2']
x4 ['y3', 'y4']
y1 ['x1', 'y2', 'y3']
y2 ['x2', 'y4']
y3 []
y4 ['x3']
```

# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Формирование перечня путей между двумя узлами

---

Формируется перечень всех возможных путей между двумя узлами, где путь – это цепь связанных между собой узлов с одним единственным направлением, с помощью которых один узел косвенно влияет на другой узел.

Выберите один из пунктов (0-8): 4

Введите узлы для нахождения путей:

Первый узел: x1

Второй узел: y3

2 [['x2'], ['x4'], ['y1']]

3 [['y2', 'x2']]

4 [['x3', 'y2', 'x2'], ['y1', 'y2', 'x2']]

6 [['x4', 'y4', 'x3', 'y2', 'x2']]

Путей с количеством связей всего: 7

Путей с количеством связей 2: 3

Путей с количеством связей 3: 1

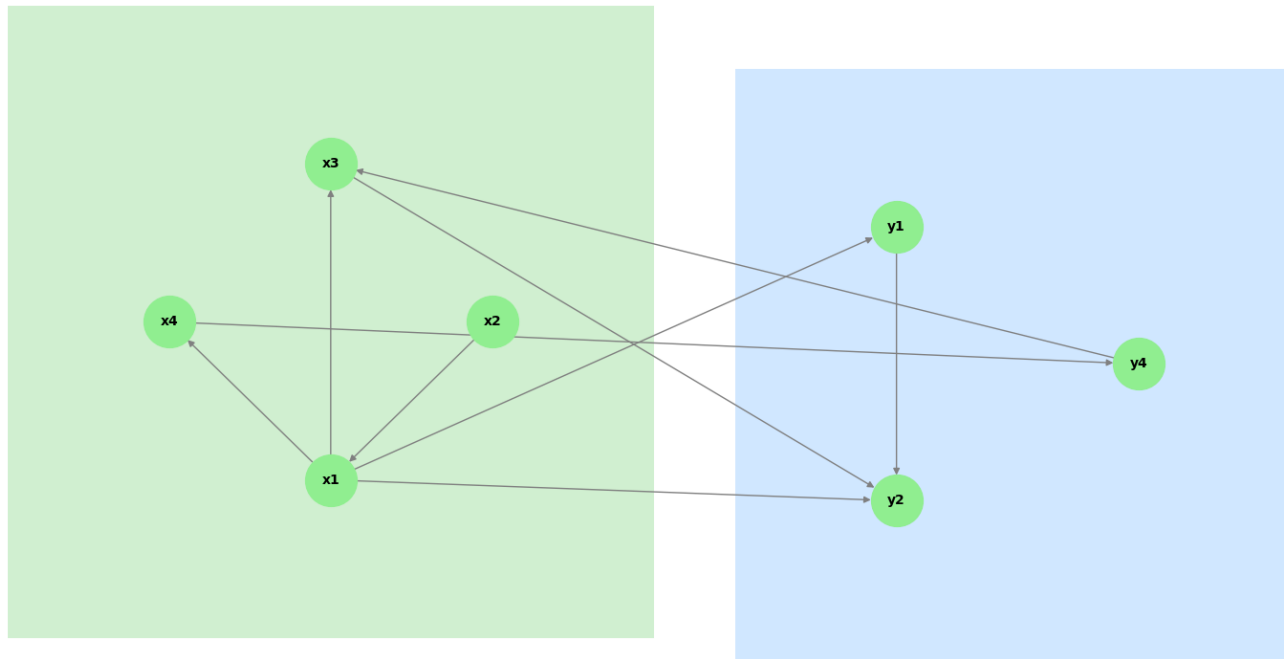
Путей с количеством связей 4: 2

Путей с количеством связей 6: 1

# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Граф связей для двух узлов

Данный граф отображает только те связи, которые участвуют в построении путей между двумя указанными узлами. В этом случае между от  $x_2$  до  $y_2$



```
Первый узел: x2
Второй узел: y2
2 [['x1']]
3 [['x1', 'x3'], ['x1', 'y1']]
5 [['x1', 'x4', 'y4', 'x3']]
```

# Задача 1. Построение маршрутов узлов

## Изменение связи между двумя узлами

---

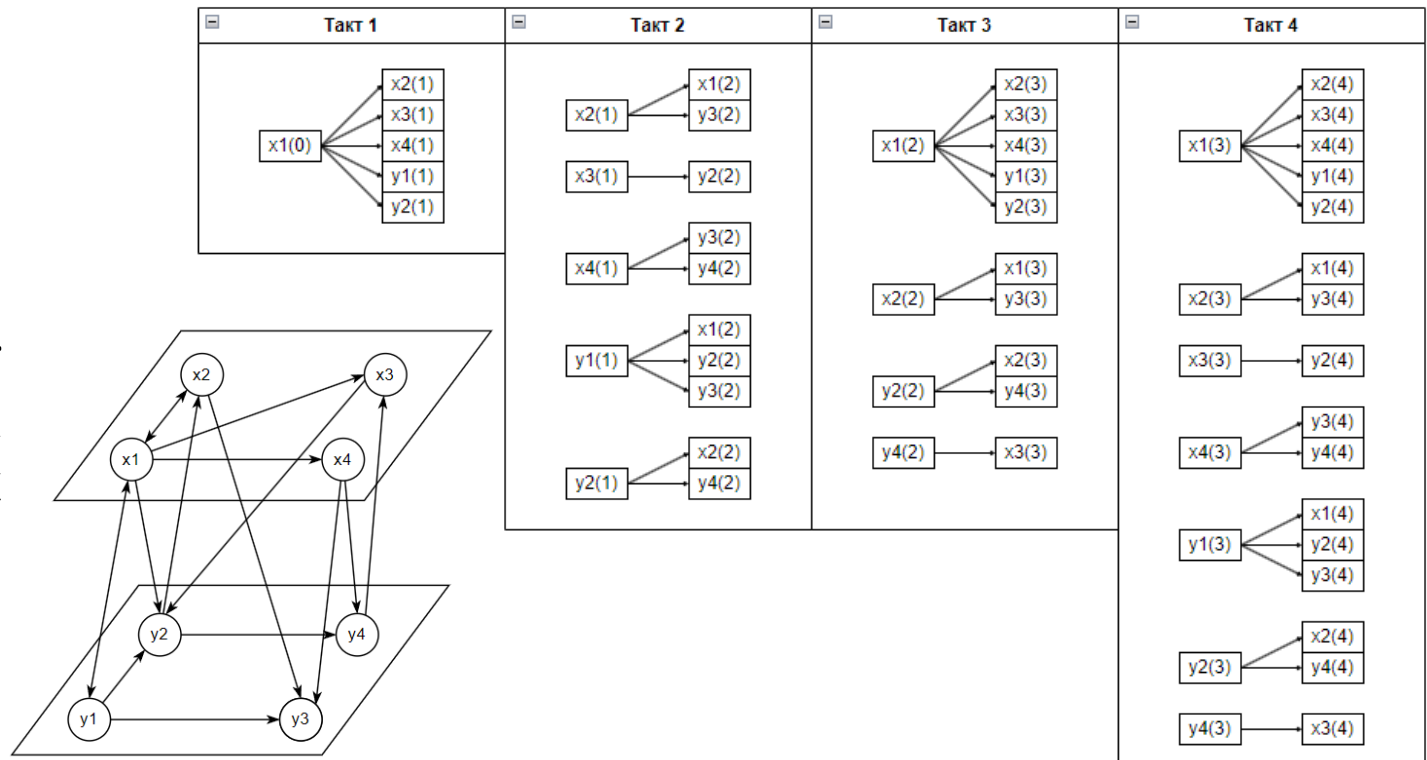
Указывается главный и зависимый узел, затем значение связи: 0 или 1. Изменение вносится в исходную матрицу связей в программе.

```
Выберите один из пунктов (0-8): 6  
  
Введите узлы для изменения связи:  
Первый узел: x1  
Второй узел: x4  
Введите номер связи: 0  
[[0 1 1 0 1 1 0 0]  
 [1 0 0 0 0 0 1 0]  
 [0 0 0 0 0 1 0 0]  
 [0 0 0 0 0 0 1 1]  
 [1 0 0 0 0 1 1 0]  
 [0 1 0 0 0 0 0 1]  
 [0 0 0 0 0 0 0 0]  
 [0 0 1 0 0 0 0 0]]
```

# Задача 2. Исследование тактов

## Работа тактов

Такт — изменение состояния набора узлов. В каждом такте каждый узел имеет определенное состояние, которое было сформировано как результат работы напрямую влияющих на него узлов в предыдущих тактах.



# Задача 2. Исследование тактов

## Вывод тактов

---

Для каждого узла формируется набор тактов, в которых данный узел изменил свое состояние, а для каждого такта формируется набор узлов, повлиявших на этот узел.

```
Выберите один из пунктов (0-8): 5
```

```
Введите такт: 4
```

```
> Такты:
```

```
x1 {0: [], 2: ['x2[1]', 'y1[1]'], 3: ['x2[2]'], 4: ['x2[3]', 'y1[3]']}
```

```
x2 {1: ['x1[0]'], 2: ['y2[1]'], 3: ['x1[2]', 'y2[2]'], 4: ['x1[3]', 'y2[3]']}
```

```
x3 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]', 'y4[2]'], 4: ['x1[3]', 'y4[3]']}
```

```
x4 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]'], 4: ['x1[3]']}
```

```
y1 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]'], 4: ['x1[3]']}
```

```
y2 {1: ['x1[0]'], 2: ['x3[1]', 'y1[1]'], 3: ['x1[2]'], 4: ['x1[3]', 'x3[3]', 'y1[3]']}
```

```
y3 {2: ['x2[1]', 'x4[1]', 'y1[1]'], 3: ['x2[2]'], 4: ['x2[3]', 'x4[3]', 'y1[3]']}
```

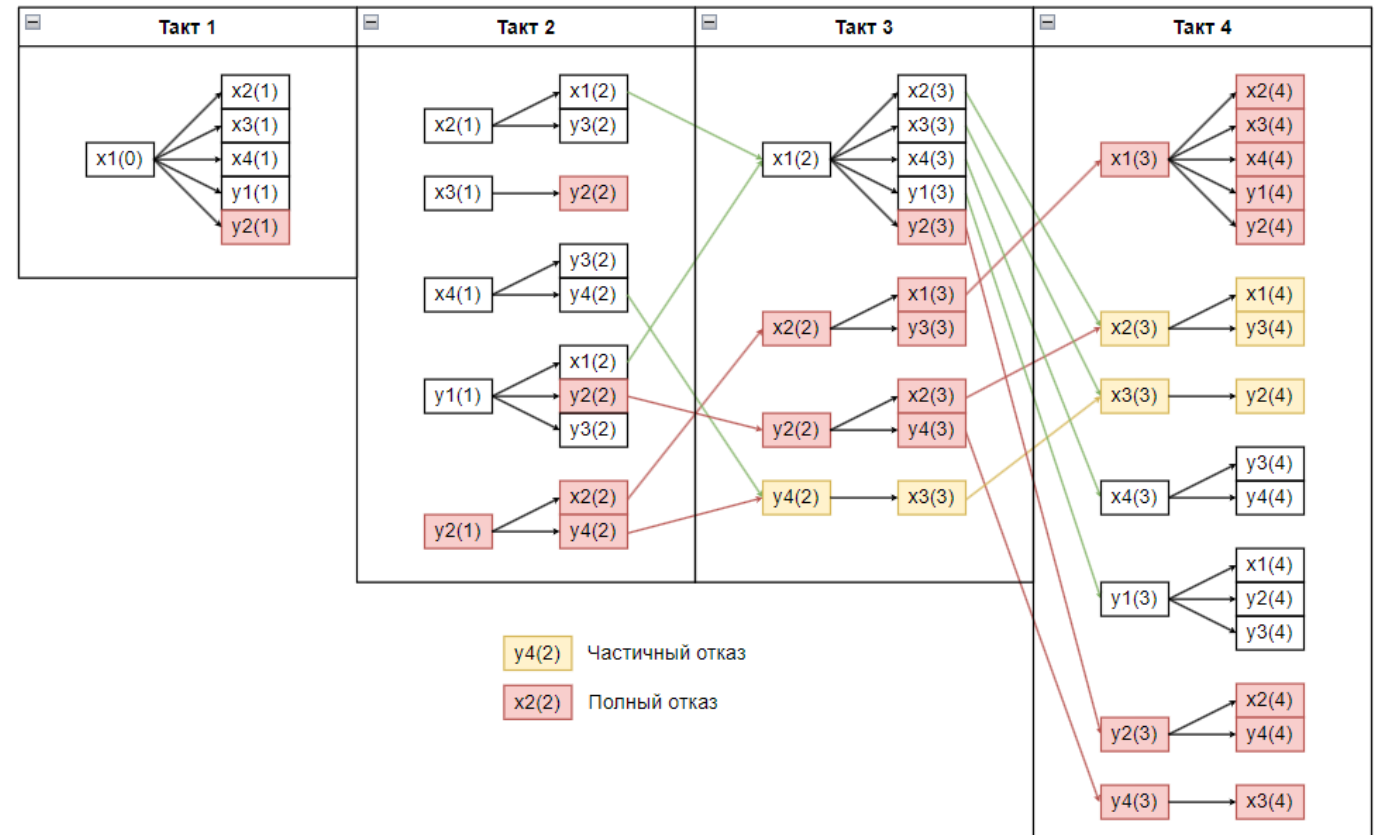
```
y4 {2: ['x4[1]', 'y2[1]'], 3: ['y2[2]'], 4: ['x4[3]', 'y2[3]']}
```

# Задача 2. Исследование тактов

## Отказ узла

Смоделируем отказ узла  $y_2$ , убрав все связи с другими узлами. Таким образом симитируем каскад отказов в системе.

|    | x1 | x2 | x3 | x4 | y1 | y2 | y3 | y4 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| x1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| x2 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| x3 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| x4 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| y1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| y2 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| y3 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| y4 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |



# Задача 2. Исследование тактов

## Отказ узла

---

Сравним результаты без отказа и с отказом.

Введите такт: 4

> Такты:

```
x1 {0: [], 2: ['x2[1]', 'y1[1]'], 3: ['x2[2]'], 4: ['x2[3]', 'y1[3]']}
x2 {1: ['x1[0]'], 2: ['y2[1]'], 3: ['x1[2]', 'y2[2]'], 4: ['x1[3]', 'y2[3]']}
x3 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]', 'y4[2]'], 4: ['x1[3]', 'y4[3]']}
x4 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]'], 4: ['x1[3]']}
y1 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]'], 4: ['x1[3]']}
y2 {1: ['x1[0]'], 2: ['x3[1]', 'y1[1]'], 3: ['x1[2]'], 4: ['x1[3]', 'x3[3]', 'y1[3]']}
y3 {2: ['x2[1]', 'x4[1]', 'y1[1]'], 3: ['x2[2]'], 4: ['x2[3]', 'x4[3]', 'y1[3]']}
y4 {2: ['x4[1]', 'y2[1]'], 3: ['y2[2]'], 4: ['x4[3]', 'y2[3]']}
```

Введите такт: 4

> Такты:

```
x1 {0: [], 2: ['x2[1]', 'y1[1]'], 4: ['x2[3]', 'y1[3]']}
x2 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]']}
x3 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]', 'y4[2]']}
x4 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]']}
y1 {1: ['x1[0]'], 3: ['x1[2]']}
y2 {}
y3 {2: ['x2[1]', 'x4[1]', 'y1[1]'], 4: ['x2[3]', 'x4[3]', 'y1[3]']}
y4 {2: ['x4[1]'], 4: ['x4[3]']}
```



# Заключение

---

Была решена задача построения маршрутов между узлами в многослойной сети и исследованы такты влияния, продемонстрировав с их помощью каскад отказов узлов в сети.

В дальнейшем планируется исследование влияния каскадов отказов на функционирование всей многослойной сети.