Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

КАФЕДРА ИНФОРМАТИКИ

Отчёт по лабораторной работе №5

По дисциплине «Математическое моделирование»

На тему «Параллельные процессы. Сети Петри»

Выполнил:

студент гр. 653502

Куликов А.Д.

Проверил:

Сухов Н.Ю.

Минск 2019

Содержание

[1. Постановка задачи 5](#_Toc27406495)

[2. Пример №1 6](#_Toc27406496)

[2.1. Диаграмма маркировок 7](#_Toc27406497)

[2.2. k-ограниченность 8](#_Toc27406498)

[2.3. Безопасность 9](#_Toc27406499)

[2.4. Ограниченность 9](#_Toc27406500)

[2.5. 1-консервативность 9](#_Toc27406501)

[2.6. Консервативность 9](#_Toc27406502)

[2.7. Живость 10](#_Toc27406503)

[2.8. Устойчивость 10](#_Toc27406504)

[2.9. Классификация по статическим ограничениям 11](#_Toc27406505)

[2.9.1. Сеть свободного выбора 11](#_Toc27406506)

[2.9.2. Маркированный граф 11](#_Toc27406507)

[2.9.3. Автоматная сеть 11](#_Toc27406508)

[2.9.4. Бесконфликтная сеть 12](#_Toc27406509)

[2.10. Дедлоки 12](#_Toc27406510)

[2.11. Ловушки 13](#_Toc27406511)

[2.12. Инварианты 13](#_Toc27406512)

[2.12.1. p-инварианты 13](#_Toc27406513)

[2.12.2. t-инварианты 14](#_Toc27406514)

[3. Пример №2 15](#_Toc27406515)

[3.1. Диаграмма маркировок 16](#_Toc27406516)

[3.2. k-ограниченность 17](#_Toc27406517)

[3.3. Безопасность 18](#_Toc27406518)

[3.4. Ограниченность 18](#_Toc27406519)

[3.5. 1-консервативность 18](#_Toc27406520)

[3.6. Консервативность 18](#_Toc27406521)

[3.7. Живость 19](#_Toc27406522)

[3.8. Устойчивость 19](#_Toc27406523)

[3.9. Классификация по статическим ограничениям 20](#_Toc27406524)

[3.9.1. Сеть свободного выбора 20](#_Toc27406525)

[3.9.2. Маркированный граф 20](#_Toc27406526)

[3.9.3. Автоматная сеть 20](#_Toc27406527)

[3.9.4. Бесконфликтная сеть 21](#_Toc27406528)

[3.10. Дедлоки 21](#_Toc27406529)

[3.11. Ловушки 22](#_Toc27406530)

[3.12. Инварианты 22](#_Toc27406531)

[3.12.1. p-инварианты 22](#_Toc27406532)

[3.12.2. t-инварианты 23](#_Toc27406533)

[4. Пример №2 (модифицированный) 24](#_Toc27406534)

[4.1. Диаграмма маркировок 25](#_Toc27406535)

[4.2. k-ограниченность 26](#_Toc27406536)

[4.3. Безопасность 27](#_Toc27406537)

[4.4. Ограниченность 27](#_Toc27406538)

[4.5. 1-консервативность 27](#_Toc27406539)

[4.6. Консервативность 28](#_Toc27406540)

[4.7. Живость 28](#_Toc27406541)

[4.8. Устойчивость 29](#_Toc27406542)

[4.9. Классификация по статическим ограничениям 29](#_Toc27406543)

[4.9.1. Сеть свободного выбора 29](#_Toc27406544)

[4.9.2. Маркированный граф 30](#_Toc27406545)

[4.9.3. Автоматная сеть 30](#_Toc27406546)

[4.9.4. Бесконфликтная сеть 30](#_Toc27406547)

[4.10. Дедлоки 31](#_Toc27406548)

[4.11. Ловушки 31](#_Toc27406549)

[4.12. Инварианты 31](#_Toc27406550)

[4.12.1. p-инварианты 32](#_Toc27406551)

[4.12.2. t-инварианты 32](#_Toc27406552)

[5. Пример №1 (модифицированный) 34](#_Toc27406553)

[5.1. Диаграмма маркировок 35](#_Toc27406554)

[5.2. k-ограниченность 36](#_Toc27406555)

[5.3. Безопасность 37](#_Toc27406556)

[5.4. Ограниченность 37](#_Toc27406557)

[5.5. 1-консервативность 37](#_Toc27406558)

[5.6. Консервативность 37](#_Toc27406559)

[5.7. Живость 38](#_Toc27406560)

[5.8. Устойчивость 38](#_Toc27406561)

[5.9. Классификация по статическим ограничениям 38](#_Toc27406562)

[5.9.1. Сеть свободного выбора 38](#_Toc27406563)

[5.9.2. Маркированный граф 39](#_Toc27406564)

[5.9.3. Автоматная сеть 39](#_Toc27406565)

[5.9.4. Бесконфликтная сеть 39](#_Toc27406566)

[5.10. Дедлоки 40](#_Toc27406567)

[5.11. Ловушки 40](#_Toc27406568)

[5.12. Инварианты 40](#_Toc27406569)

[5.12.1. p-инварианты 41](#_Toc27406570)

[5.12.2. t-инварианты 41](#_Toc27406571)

# Постановка задачи

Написать программу с использованием Matlab (Simulink), моделирующую работу сети Петри согласно схемам. Провести исследование полученной модели: найти характеристики сети и сравнить их с теоретическими. Проверить возможно ли достижение некоторой исходно заданной маркировки из начальной в данной сети, т.е. содержится ли эта заданная маркировка в диаграмме маркировок. Проверить возможно ли параллельное срабатывание нескольких переходов. Определить к какому классу сетей Петри относится сеть Петри согласно схеме.

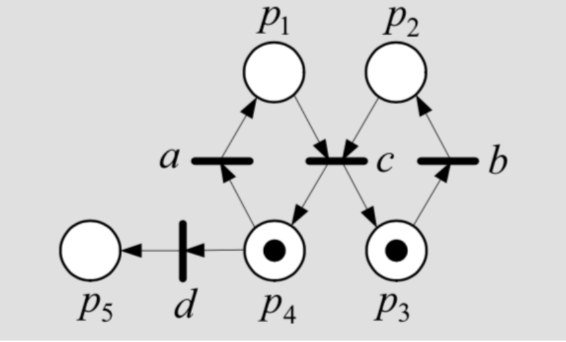


Рисунок 1. Схема 1

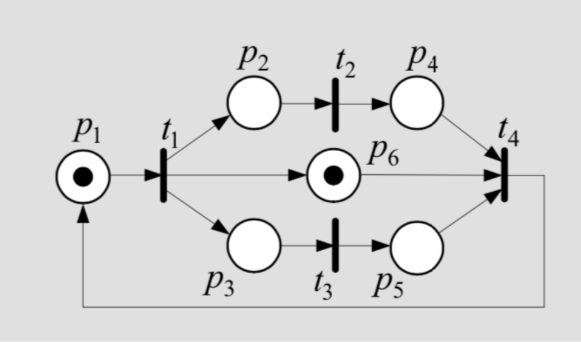
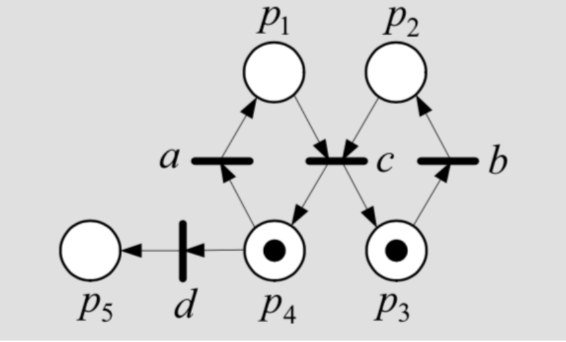


Рисунок 2. Схема 2

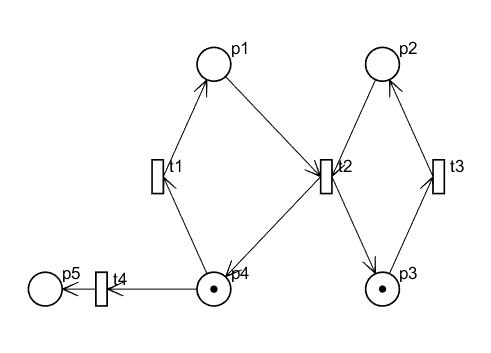
# Пример №1

Рассмотрим сеть из схемы №1:



В соответствии с заданием произведем классификацию и исследование характеристик данной сети.

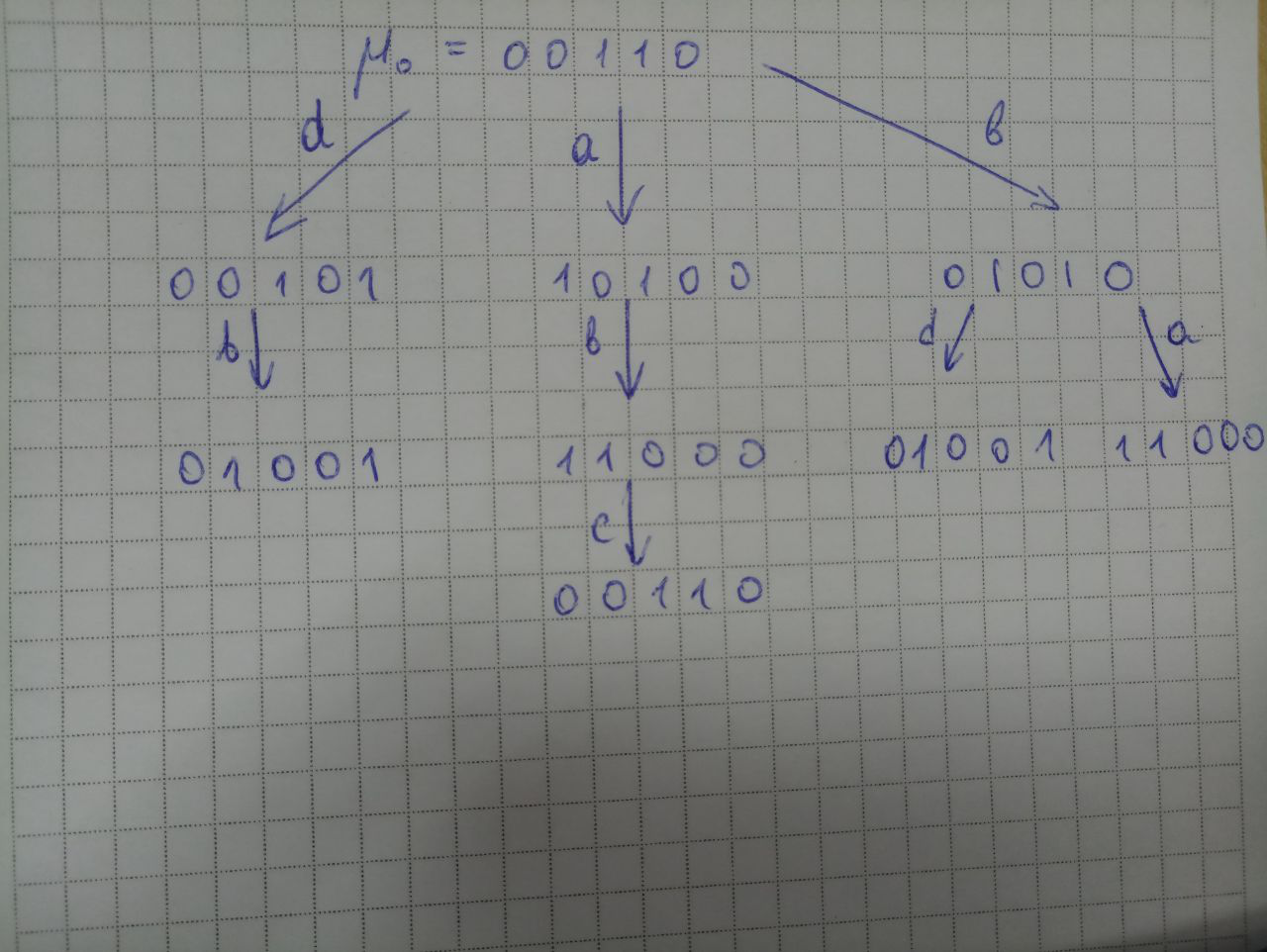
Построим программно модель сети:



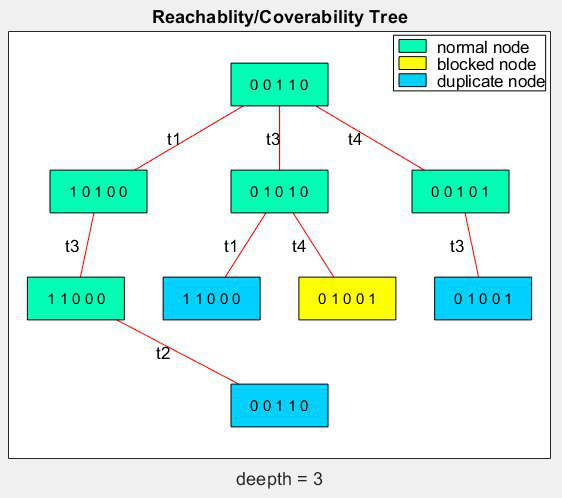
Произведем классификацию и исследование характеристик данной сети:

## Диаграмма маркировок

Построим теоретическую диаграмму марировок:



Найдем программно диаграмму маркировок:

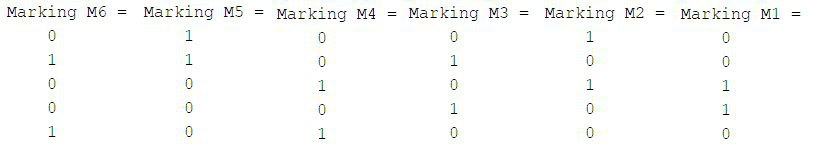


## k-ограниченность

Как видим из теоретической и практической диаграммы маркировок,

Следовательно, сеть 1-ограничена

На практике имеем возможные маркировки:



## Безопасность

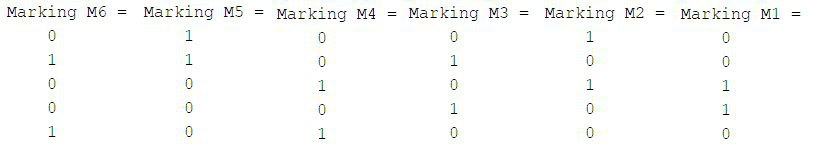
Из пункта 2.2. сеть является безопасной, так как она 1-ограничена.

## Ограниченность

Из пункта 2.2. сеть является ограниченной, так как она 1-ограничена.

## 1-консервативность

Сеть является 1-консервативной, так как для любой маркировки из диаграммы маркировок выполняется следующее равенство:

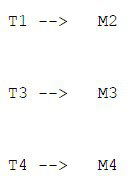


## Консервативность

Из пункта 2.5 имеем что сеть 1-консервативна, следовательно сеть консервативна,

## Живость

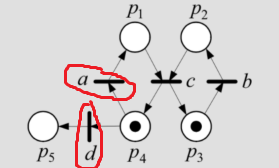
Возможные переходы во время моделирования работы сети:

Как видим, каждый переход потенциально срабатывающий, следовательно сеть жива.

## Устойчивость

Так как при срабатывании перехода переход становится неактивным, то сеть является неустойчивой.



## Классификация по статическим ограничениям

Произведем классификацию сети по статическим ограничениям:

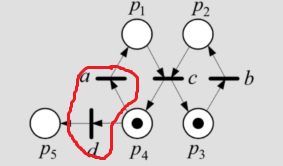
Сеть свободного выбора, маргированный граф, автоматная, бесконфликтная.

### Сеть свободного выбора

Так как в данной сети если 2 перехода имеют общую входную позицию, то эта позиция единственна для кажого перехода, то сеть является сетью свободного выбора.

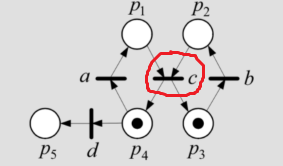
### Маркированный граф

Так как позиция имеет 2 выходных перехода, то сеть не является маркированным графом.



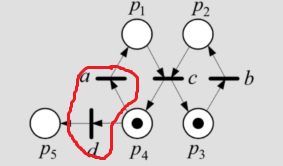
### Автоматная сеть

Так как переход имеет 2 входных позиции, то сеть не является автоматной.



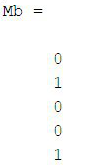
### Бесконфликтная сеть

Так как позиция имеет 2 выходных перехода, для которых не является входной то сеть не является бесконфликтной.



## Дедлоки

При маркировке имеем дедлок, что можно наблюдать из практических результатов:

**

## Ловушки

При переходе попадаем в начальную маркировку, следовательно имеем ловушку.

## Инварианты

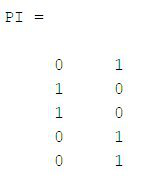
Построим теоретическую матрицу инцидентности:

### p-инварианты

Найдем p-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующие p-инварианты:

Найденные практически инварианты совпадают с теоретическими:



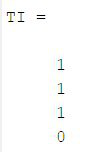
Так как неравентво не выполняется, то сеть *не инвариантна*.

### t-инварианты

Найдем Р-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующий t-инвариант:

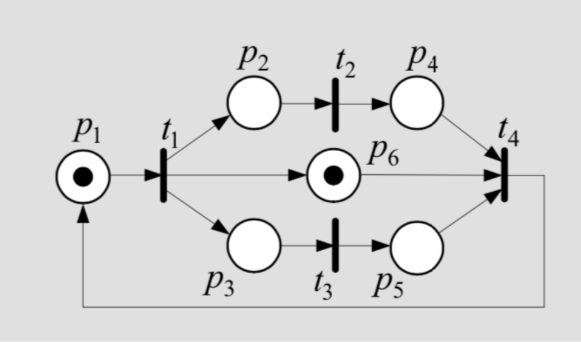
Найденный практически инвариант совпадает с теоретическим:



Так как неравентво не выполняется, то сеть не согласована.

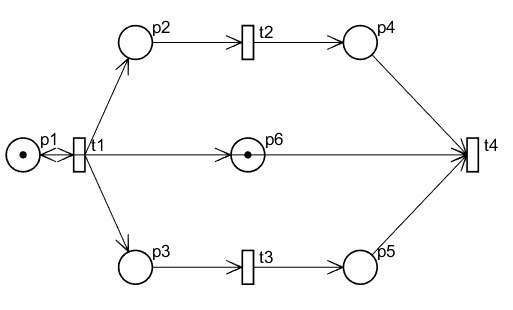
# Пример №2

Рассмотрим сеть из схемы №2:



В соответствии с заданием произведем классификацию и исследование характеристик данной сети.

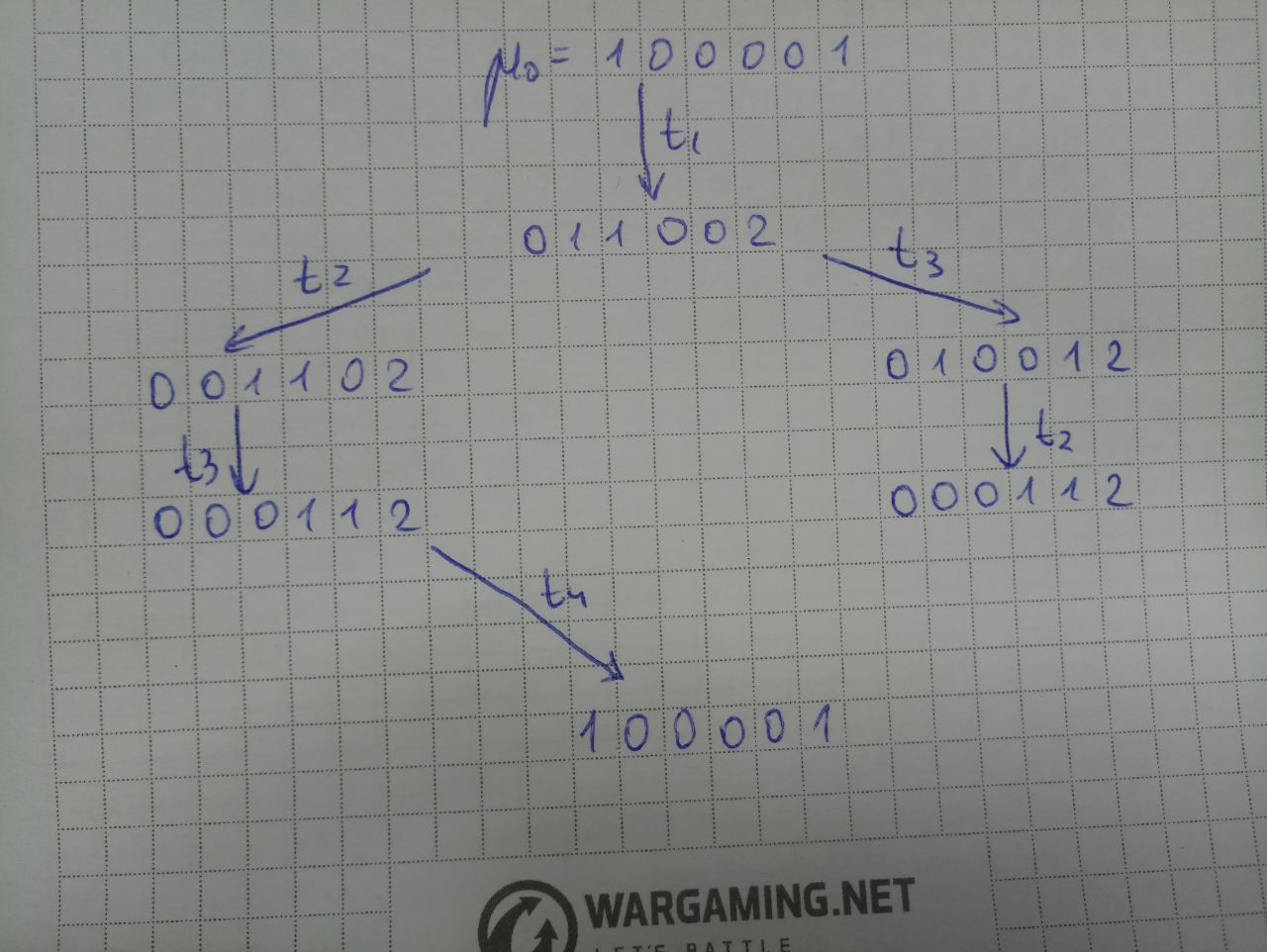
Построим программно модель сети:



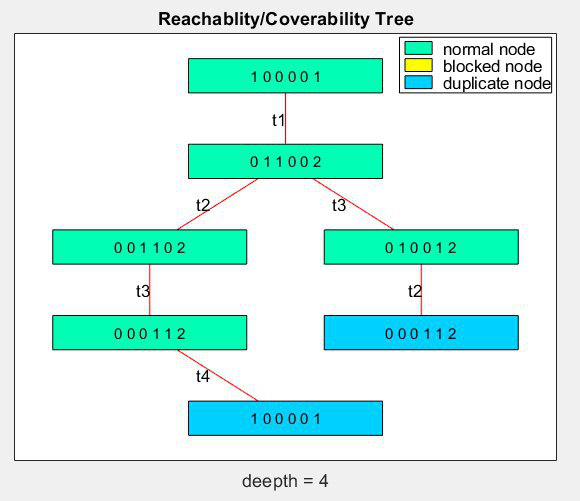
Произведем классификацию и исследование характеристик данной сети:

## Диаграмма маркировок

Построим теоретическую диаграмму марировок:



Найдем программно диаграмму маркировок:

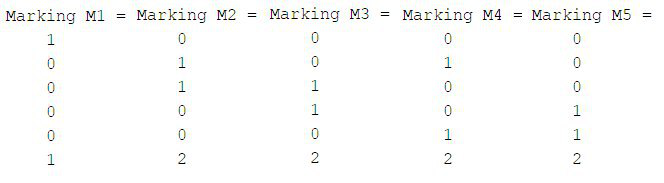


## k-ограниченность

Как видим из теоретической и практической диаграммы маркировок,

Следовательно, сеть 2-ограничена

На практике имеем возможные маркировки:



## Безопасность

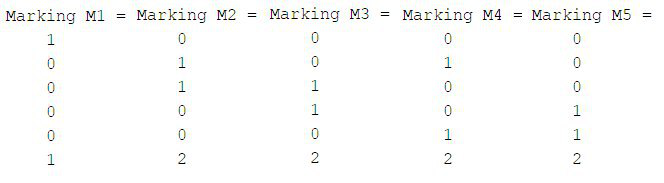
Из пункта 2.2. сеть не является безопасной, так как она 2-ограничена.

## Ограниченность

Из пункта 2.2. сеть является ограниченной, так как она 2-ограничена.

## 1-консервативность

Сеть не является 1-консервативной, так как для любой маркировки из диаграммы маркировок не выполняется следующее равенство:



## Консервативность

Сеть яляется консервативной, так как существуют коэффициенты , при которых выполняется равенство

Переход :

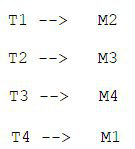
Переход :

Переход :

Переход :

## Живость

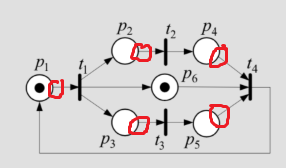
Возможные переходы во время моделирования работы сети:



Как видим, каждый переход потенциально срабатывающий, следовательно сеть жива.

## Устойчивость

Так как каждая позиция может возбудить только один переход, то сеть является устойчивой.



## Классификация по статическим ограничениям

Произведем классификацию сети по статическим ограничениям:

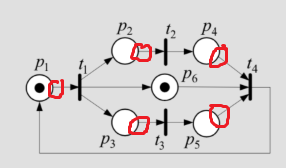
Сеть свободного выбора, маргированный граф, автоматная, бесконфликтная.

### Сеть свободного выбора

Так как в данной сети если 2 перехода имеют общую входную позицию, то эта позиция единственна для кажого перехода, то сеть является сетью свободного выбора.

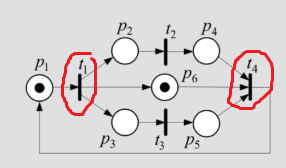
### Маркированный граф

Так как каждая позиция сети имеет ровно по одному входному и выходному переходу, то сеть является маргированным графом.



### Автоматная сеть

Так как переход имеет 3 выходных позиции, а переход 3 входных, то сеть не является автоматной.

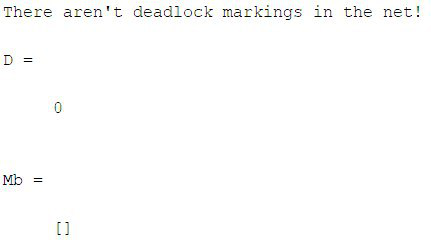


### Бесконфликтная сеть

Так как каждая позиция сети имеет ровно по одному входному и выходному переходу, то сеть является бесконфликтной графом.

## Дедлоки

По диаграмме маркировок можем установить, что дедлока в данной сети не существует, что подтверждается на практике.



## Ловушки

При переходе или попадаем в начальную маркировку, следовательно имеем ловушку.

## Инварианты

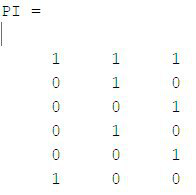
Построим теоретическую матрицу инцидентности:

### p-инварианты

Найдем p-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующие p-инварианты:

Найденные практически инварианты совпадают с теоретическими:



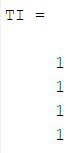
Так как неравентво не выполняется, то сеть *не инвариантна*.

### t-инварианты

Найдем Р-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующий t-инвариант:

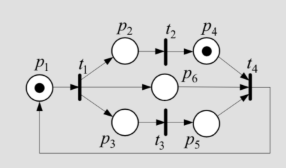
Найденный практически инвариант совпадает с теоретическим:



Так как неравентво выполняется, то сеть *согласована*.

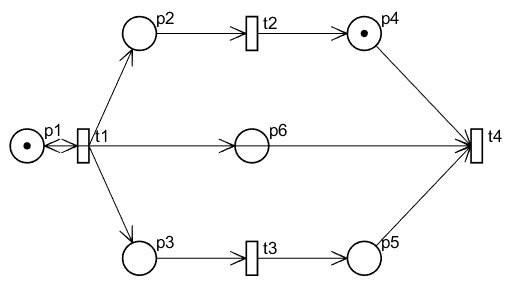
# Пример №2 (модифицированный)

Рассмотрим модифицированную сеть из схемы №2 – переместим фишку из позиции 6 в позицию 4:



В соответствии с заданием произведем классификацию и исследование характеристик данной сети.

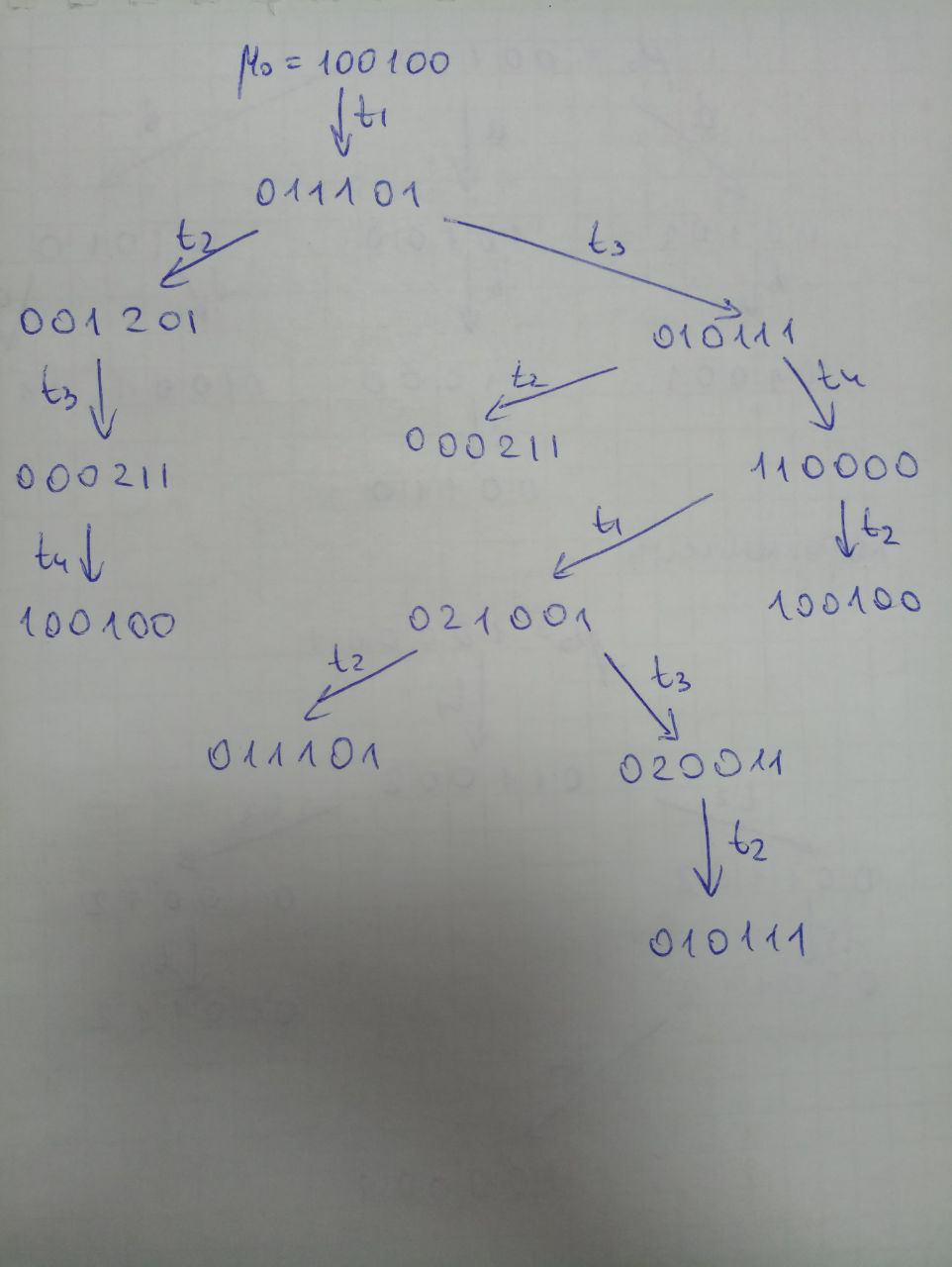
Построим программно модель сети:



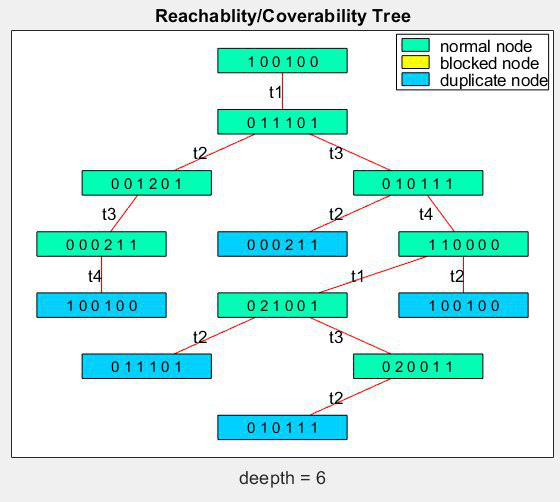
Произведем классификацию и исследование характеристик данной сети:

## Диаграмма маркировок

Построим теоретическую диаграмму марировок:



Найдем программно диаграмму маркировок:

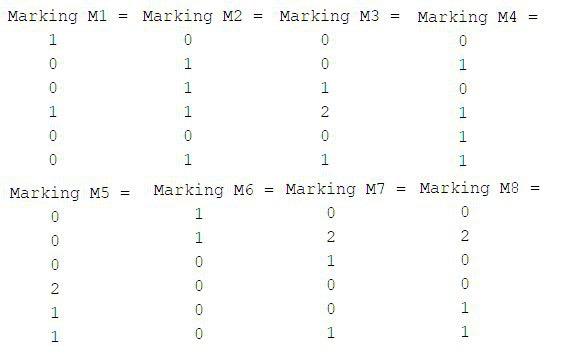


## k-ограниченность

Как видим из теоретической и практической диаграммы маркировок,

Следовательно, сеть 2-ограничена

На практике имеем возможные маркировки:



## Безопасность

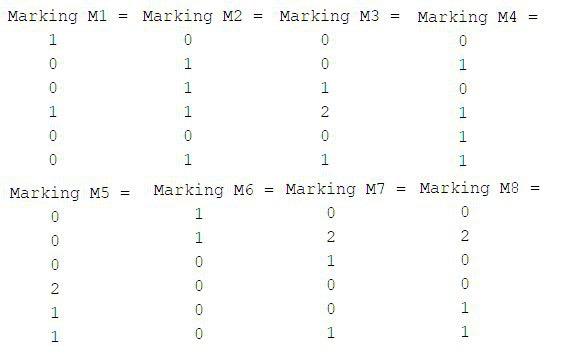
Из пункта 2.2. сеть не является безопасной, так как она 2-ограничена.

## Ограниченность

Из пункта 2.2. сеть является ограниченной, так как она 2-ограничена.

## 1-консервативность

Сеть не является 1-консервативной, так как для любой маркировки из диаграммы маркировок не выполняется следующее равенство:



## Консервативность

Сеть яляется консервативной, так как существуют коэффициенты , при которых выполняется равенство

Переход :

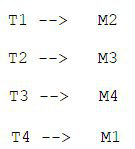
Переход :

Переход :

Переход :

## Живость

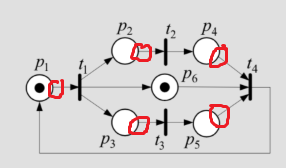
Возможные переходы во время моделирования работы сети:



Как видим, каждый переход потенциально срабатывающий, следовательно сеть жива.

## Устойчивость

Так как каждая позиция может возбудить только один переход, то сеть является устойчивой.



## Классификация по статическим ограничениям

Произведем классификацию сети по статическим ограничениям:

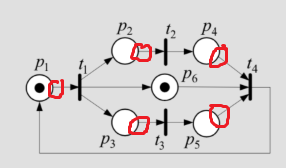
Сеть свободного выбора, маргированный граф, автоматная, бесконфликтная.

### Сеть свободного выбора

Так как в данной сети если 2 перехода имеют общую входную позицию, то эта позиция единственна для кажого перехода, то сеть является сетью свободного выбора.

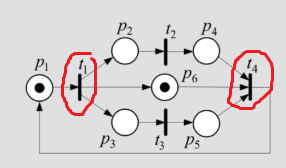
### Маркированный граф

Так как каждая позиция сети имеет ровно по одному входному и выходному переходу, то сеть является маргированным графом.



### Автоматная сеть

Так как переход имеет 3 выходных позиции, а переход 3 входных, то сеть не является автоматной.

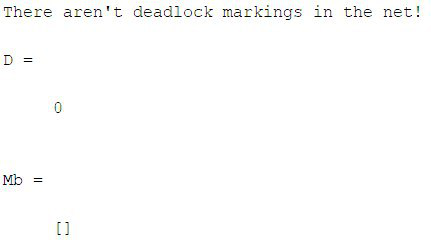


### Бесконфликтная сеть

Так как каждая позиция сети имеет ровно по одному входному и выходному переходу, то сеть является бесконфликтной графом.

## Дедлоки

По диаграмме маркировок можем установить, что дедлока в данной сети не существует, что подтверждается на практике.



## Ловушки

При переходе или попадаем в начальную маркировку, следовательно имеем ловушку.

## Инварианты

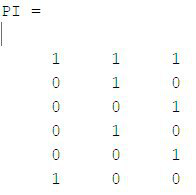
Построим теоретическую матрицу инцидентности:

### p-инварианты

Найдем p-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующие p-инварианты:

Найденные практически инварианты совпадают с теоретическими:



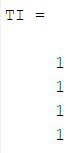
Так как неравентво не выполняется, то сеть *не инвариантна*.

### t-инварианты

Найдем Р-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующий t-инвариант:

Найденный практически инвариант совпадает с теоретическим:



Так как неравентво выполняется, то сеть *согласована*.

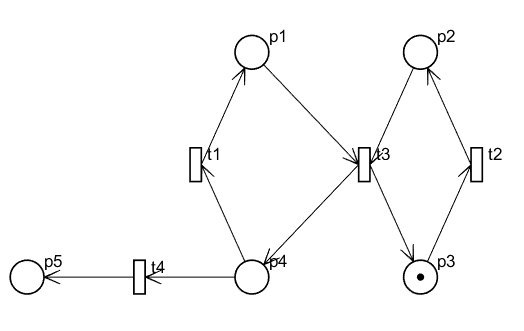
# Пример №1 (модифицированный)

Рассмотрим модифицированную сеть из схемы №1 – удалим фишку из позиции 4:



В соответствии с заданием произведем классификацию и исследование характеристик данной сети.

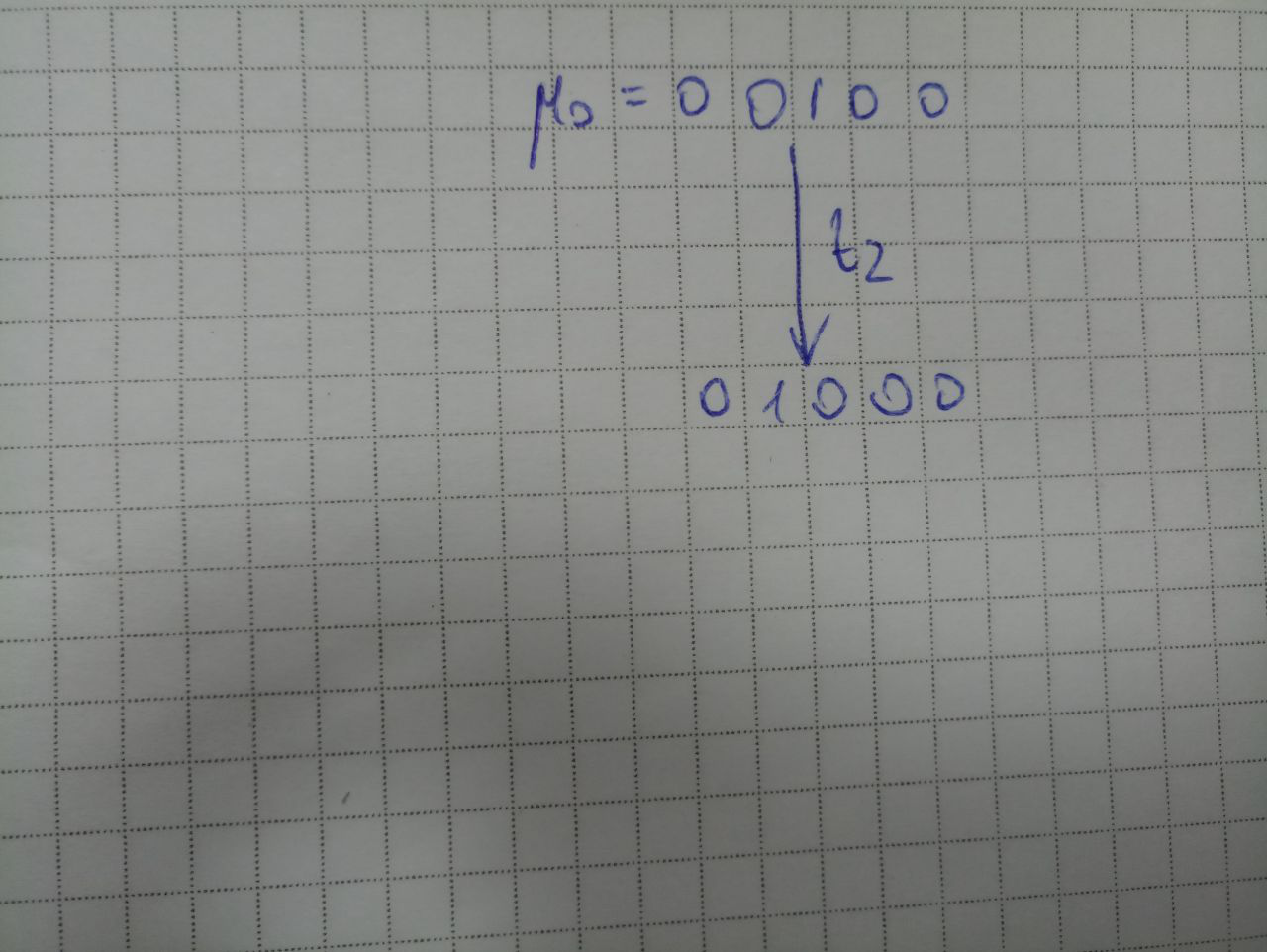
Построим программно модель сети:



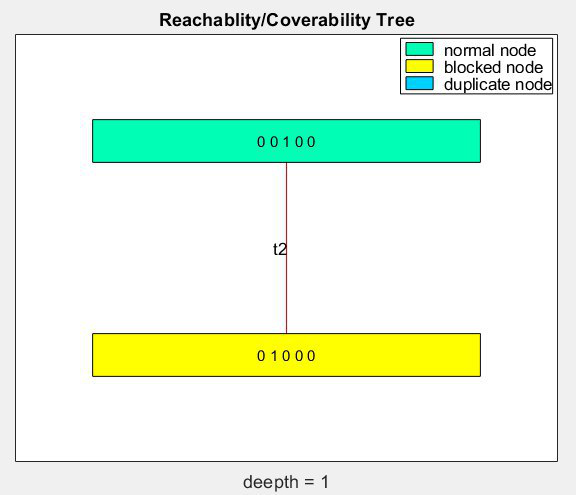
Произведем классификацию и исследование характеристик данной сети:

## Диаграмма маркировок

Построим теоретическую диаграмму марировок:



Найдем программно диаграмму маркировок:

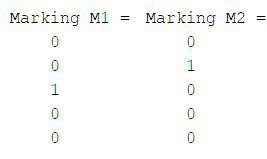


## k-ограниченность

Как видим из теоретической и практической диаграммы маркировок,

Следовательно, сеть 1-ограничена

На практике имеем возможные маркировки:



## Безопасность

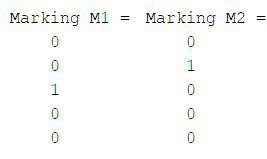
Из пункта 2.2. сеть является безопасной, так как она 1-ограничена.

## Ограниченность

Из пункта 2.2. сеть является ограниченной, так как она 1-ограничена.

## 1-консервативность

Сеть является 1-консервативной, так как для любой маркировки из диаграммы маркировок выполняется следующее равенство:



## Консервативность

Из пункта 2.5 имеем что сеть 1-консервативна, следовательно сеть консервативна,

## Живость

Возможные переходы во время моделирования работы сети:



Как видим, не каждый переход потенциально срабатывающий, следовательно сеть не жива.

## Устойчивость

Так как возможен только один переход, то сеть устойчива.

## Классификация по статическим ограничениям

Произведем классификацию сети по статическим ограничениям:

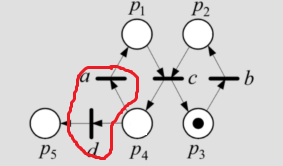
Сеть свободного выбора, маргированный граф, автоматная, бесконфликтная.

### Сеть свободного выбора

Так как в данной сети если 2 перехода имеют общую входную позицию, то эта позиция единственна для кажого перехода, то сеть является сетью свободного выбора.

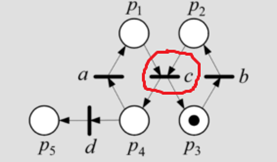
### Маркированный граф

Так как позиция имеет 2 выходных перехода, то сеть не является маркированным графом.



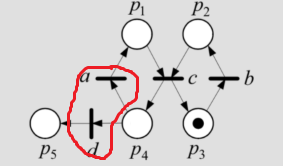
### Автоматная сеть

Так как переход имеет 2 входных позиции, то сеть не является автоматной.



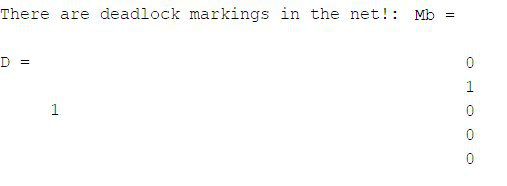
### Бесконфликтная сеть

Так как позиция имеет 2 выходных перехода, для которых не является входной то сеть не является бесконфликтной.



## Дедлоки

При маркировке имеем дедлок, что можно наблюдать из практических результатов:



## Ловушки

По диаграмме переходов можно определить, что ловушек в сети не существует.

## Инварианты

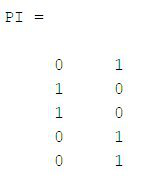
Построим теоретическую матрицу инцидентности:

### p-инварианты

Найдем p-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующие p-инварианты:

Найденные практически инварианты совпадают с теоретическими:



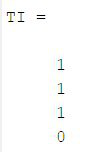
Так как неравентво не выполняется, то сеть *не инвариантна*.

### t-инварианты

Найдем Р-инварианты, решив уравнение

Отсюда, имеем следующий t-инвариант:

Найденный практически инвариант совпадает с теоретическим:



Так как неравентво не выполняется, то сеть *не согласована*.