

# **Лабораторная работа №13**

**Задание для самостоятельной работы**

Демидович Никита Михайлович

# Содержание

<b>1</b>	<b>Постановка задачи</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Описание модели</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Схема модели</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Анализ сети</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Реализация в CPN Tools</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Пространство состояний в CPN Tools</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Выводы</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Список источников</b>	<b>19</b>

# Список иллюстраций

3.1	Схема модели . . . . .	8
4.1	Древо достижимостей . . . . .	10
5.1	Работающая схема модели в CPN Tools . . . . .	12
5.2	Декларации работающей схемы модели в CPN Tools . . . . .	13
6.1	Пространство состояний работающей схемы модели в CPN Tools .	14

# 1 Постановка задачи

1. Используя теоретические методы анализа сетей Петри, провести анализ сети (с помощью построения дерева достижимости).
2. Определить, является ли сеть безопасной, ограниченной, сохраняющей, имеются ли тупики. Промоделировать сеть Петри с помощью CPNTools.
3. Вычислить пространство состояний.
4. Сформировать отчёт о пространстве состояний и проанализировать его. Построить граф пространства состояний.

## 2 Описание модели

Множество позиций:

- P1 - состояние оперативной памяти (свободна / занята);
- P2 - состояние внешнего запоминающего устройства B1 (свободно / занято);
- P3 - состояние внешнего запоминающего устройства B2 (свободно / занято);
- P4 - работа на ОП и B1 закончена;
- P5 - работа на ОП и B2 закончена;
- P6 - работа на ОП, B1 и B2 закончена;

Множество переходов:

- T1 - ЦП работает только с RAM и B1;
- T2 - обрабатываются данные из RAM и с B1 переходят на устройство вывода;
- T3 - CPU работает только с RAM и B2;
- T4 - обрабатываются данные из RAM и с B2 переходят на устройство вывода;
- T5 - CPU работает только с RAM и с B1, B2;
- T6 - обрабатываются данные из RAM, B1, B2 и переходят на устройство вывода.

Функционирование сети Петри можно рассматривать как срабатывание переходов, в ходе которого происходит перемещение маркеров по позициям:

- работа CPU с RAM и B1 отображается запуском перехода T1 (удаление маркеров из P1, P2 и появление в P1, P4), что влечет за собой срабатывание перехода T2, т.е. передачу данных с RAM и B1 на устройство вывода;
- работа CPU с RAM и B2 отображается запуском перехода T3 (удаление маркеров из P1 и P3 и появление в P1 и P5), что влечет за собой срабатывание перехода T4, т.е. передачу данных с RAM и B2 на устройство вывода;
- работа CPU с RAM, B1 и B2 отображается запуском перехода T5 (удаление маркеров из P4 и P5 и появление в P6), далее срабатывание перехода T6, и данные из RAM, B1 и B2 передаются на устройство вывода;
- состояние устройств восстанавливается при срабатывании: RAM — переходов T1 или T2; B1 — переходов T2 или T6; B2 — переходов T4 или T6.

### 3 Схема модели

Заявка (команды программы, операнды) поступает в оперативную память (ОП), затем передается на прибор (центральный процессор, ЦП) для обработки. После этого заявка может равновероятно обратиться к оперативной памяти или к одному из двух внешних запоминающих устройств (В1 и В2). Прежде чем записать информацию на внешний накопитель, необходимо вторично обратиться к центральному процессору, определяющему состояние накопителя и выдающему необходимую управляющую информацию. Накопители (В1 и В2) могут работать в 3-х режимах:

1. В1 — занят, В2 — свободен;
2. В2 — свободен, В1 — занят;
3. В1 — занят, В2 — занят.

Схема модели представлена ниже (3.1):

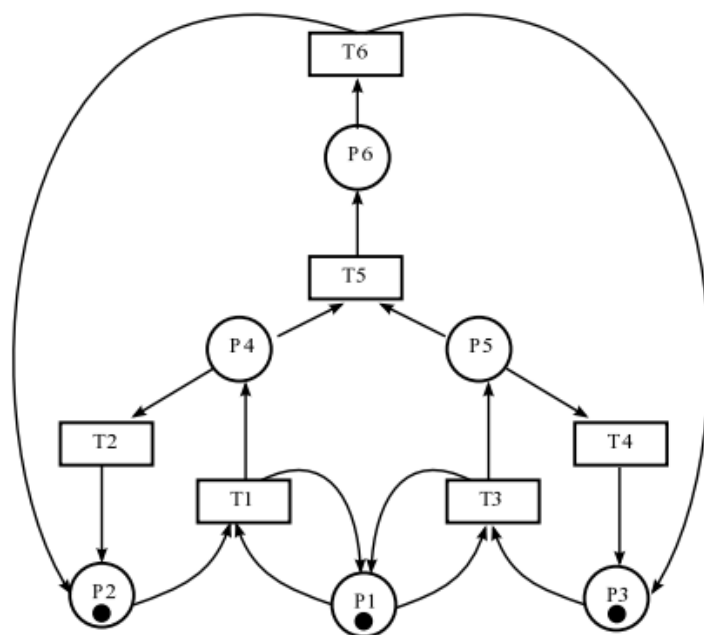


Рис. 3.1: Схема модели



## 4 Анализ сети

Мною был проведён анализ сети с помощью метода построения дерева достижимостей (4.1):

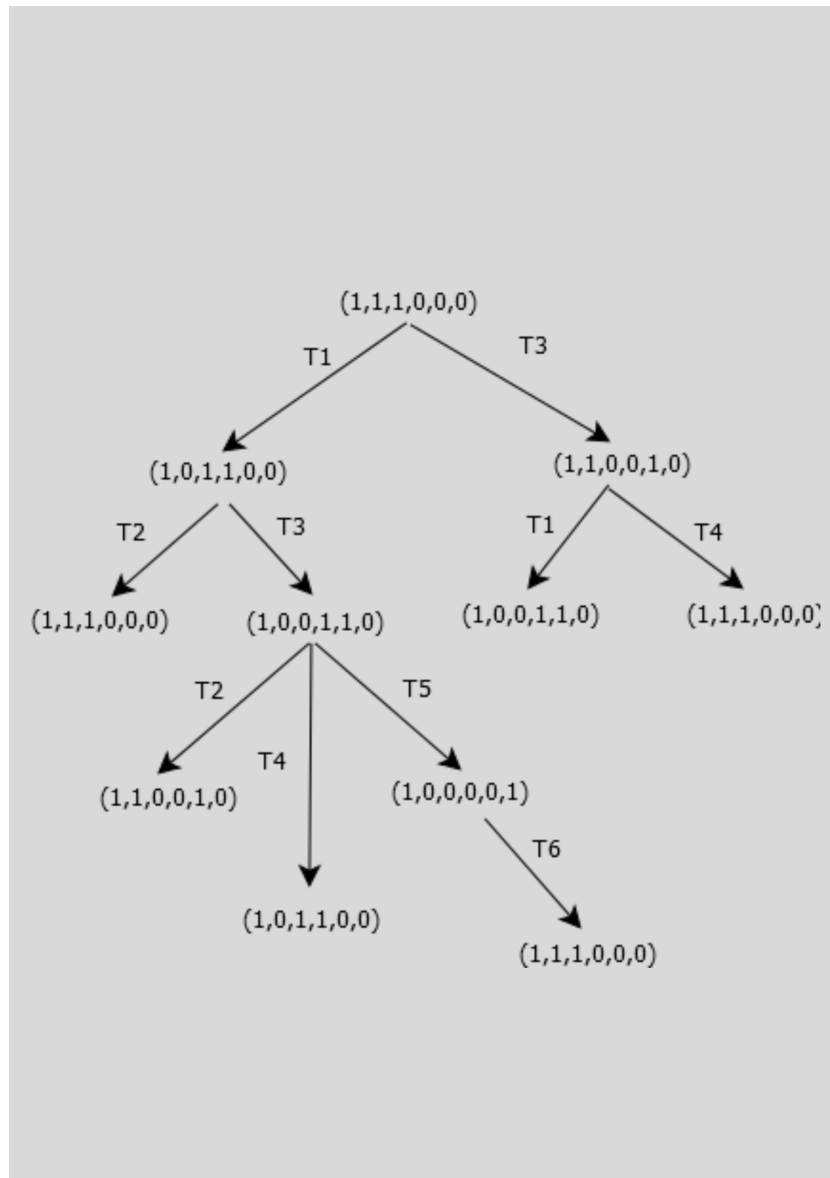


Рис. 4.1: Древо достижимостей

Из него нетрудно видеть, что представленная сеть:

1. безопасна, поскольку в каждой позиции количество фишек не превышает 1;
2. ограничена, так как существует такое целое  $k$ , что число фишек в каждой позиции не может превысить  $k$  (в данном случае  $k=1$ );
3. сеть не имеет тупиков;

4. сеть не является сохраняющей, так как при переходах  $t_5$  и  $t_6$  количество фишек меняется.

## 5 Реализация в CPN Tools

Построенная мною схема в CPN Tools имеет вид (5.1):

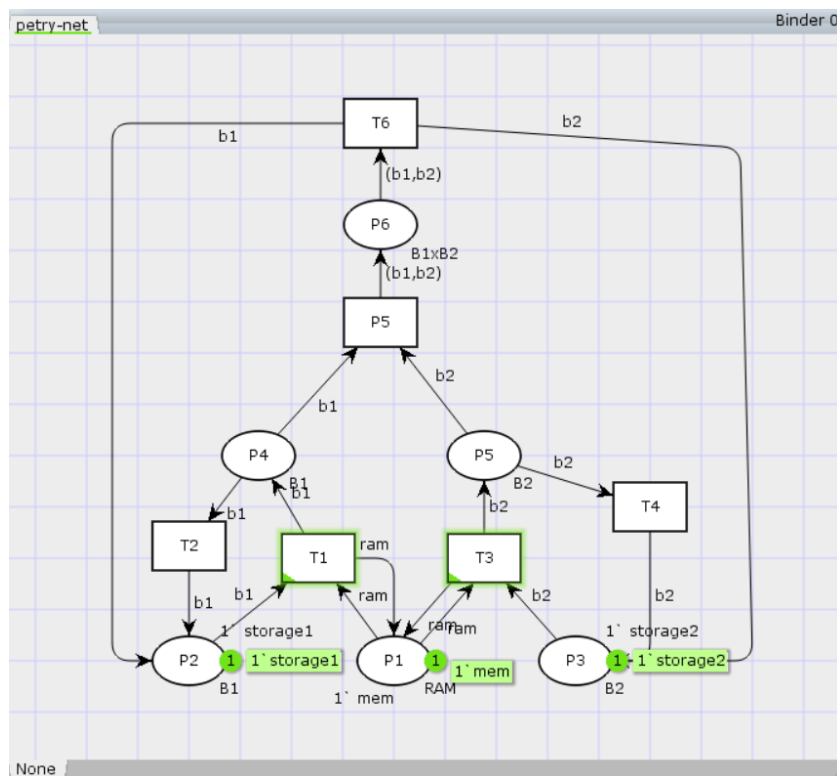


Рис. 5.1: Работающая схема модели в CPN Tools

И имеет декларации (5.2):

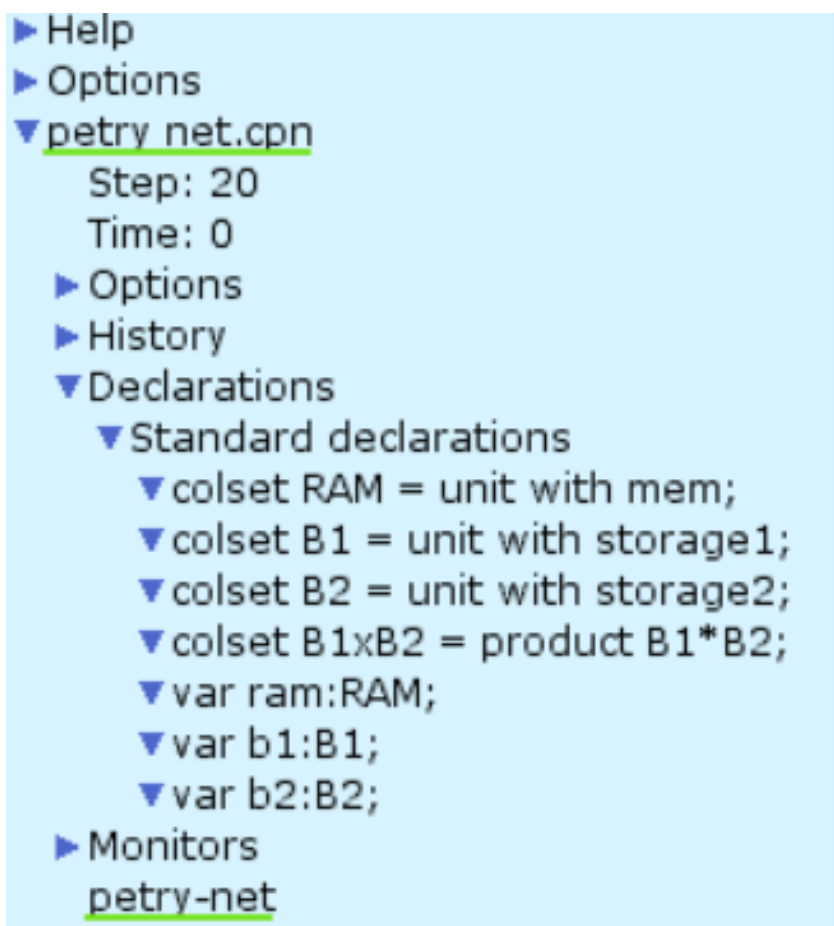


Рис. 5.2: Декларации работающей схемы модели в CPN Tools

## 6 Пространство состояний в CPN Tools

Пространство состояний данной модели представлено ниже (6.1):

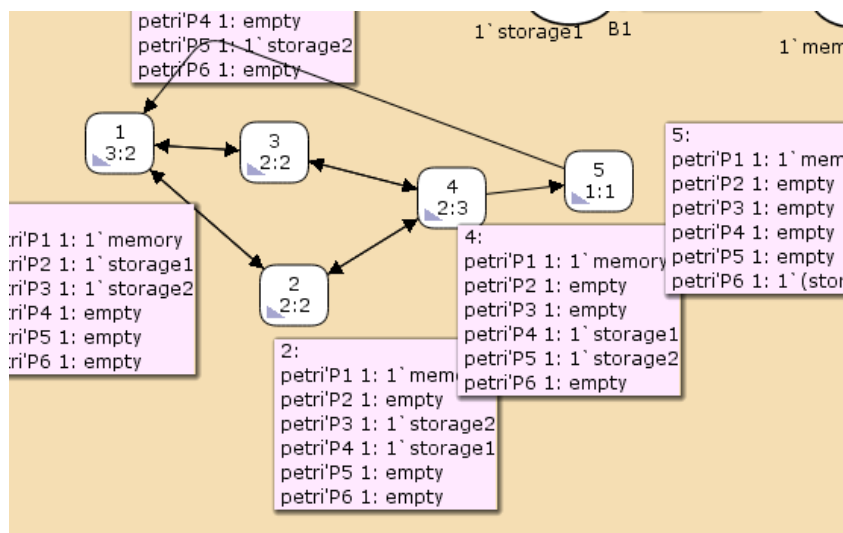


Рис. 6.1: Пространство состояний работающей схемы модели в CPN Tools

Полученный отчет:

CPN Tools state space report for:

/home/openmodelica/petri\_net.cpn

Report generated: Sat May 1 00:18:22 2025

Statistics

State Space

Nodes: 5  
 Arcs: 10  
 Secs: 0  
 Status: Full

#### Scc Graph

Nodes: 1  
 Arcs: 0  
 Secs: 0

#### Boundedness Properties

---

##### Best Integer Bounds

	Upper	Lower
petri'P1 1	1	1
petri'P2 1	1	0
petri'P3 1	1	0
petri'P4 1	1	0
petri'P5 1	1	0
petri'P6 1	1	0

##### Best Upper Multi-set Bounds

petri'P1 1	1`memory
petri'P2 1	1`storage1
petri'P3 1	1`storage2
petri'P4 1	1`storage1
petri'P5 1	1`storage2

petri'P6 1            1`(storage1,storage2)

#### Best Lower Multi-set Bounds

petri'P1 1	1`memory
petri'P2 1	empty
petri'P3 1	empty
petri'P4 1	empty
petri'P5 1	empty
petri'P6 1	empty

#### Home Properties

---

##### Home Markings

All

#### Liveness Properties

---

##### Dead Markings

None

##### Dead Transition Instances

None

##### Live Transition Instances

All



## Fairness Properties

---

petri'T1 1	No Fairness
petri'T2 1	No Fairness
petri'T3 1	No Fairness
petri'T4 1	No Fairness
petri'T5 1	Just
petri'T6 1	Fair

Из отчета можно увидеть, что:

есть 5 состояний и 10 переходов между ними, strongly connected components (SCC) graph содержит 1 вершину и 0 переходов. Затем указаны границы значений для каждого элемента: состояние P1 всегда заполнено 1 элементом, а остальные содержат максимум 1 элемент, минимум – 0. Также указаны границы в виде мультимножеств. Маркировка home для всех состояний, так как в любую позицию мы можем попасть из любой другой маркировки. Маркировка dead равная None, так как нет состояний, из которых переходов быть не может. В конце указано, что бесконечно часто могут происходить переходы T1, T2, T3, T4, но не обязательно, также состояние T5 необходимо для того, чтобы система не попадала в тупик, а состояние T6 происходит всегда, если доступно.

## **7 Выводы**

В процессе выполнения данной лабораторной работы я выполнил самостоятельное задание, создав модели сети Петри.

## 8 Список источников

1. Йенсен, К., Кристиансен, Л. М. - Colored Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems. - Springer, 2009. - (Классическая работа по цветным сетям Петри от авторов CPN Tools.).
2. Jensen, K., Kristensen, L. M. - Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems. - Lecture Notes in Computer Science, Vol. 256, Springer, 2009.
3. Kurt Jensen, Søren Christensen, and Lars M. Kristensen. - CPN Tools for Editing, Simulating, and Analysing Coloured Petri Nets. - In Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS), 2001. - <https://cpntools.org>.