

Лабораторная работа № 13

Задание для самостоятельного выполнения

Мугари Абдеррахим

03 мая 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

- Анна Владиславовна Королькова
- доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН;
- заведующий лабораторией кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН (по совместительству);
- программист I кат.
- Российский университет дружбы народов
- korolkova-av@rudn.ru

- Мугари Абдеррахим
- Студент третьего курса
- фундаментальная информатика и информационные технологии
- Российский университет дружбы народов
- 1032215692@rudn.ru
- <https://iragoum.github.io/>



Введение

Цель работы: Анализ и моделирование сети Петри с использованием CPN Tools.

Задание:

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

Выполнение лабораторной работы

Согласно заданию, рассматривается следующая модель: 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.

Для данной модели определены следующие элементы сети Петри:

Множество позиций:

- P1 — состояние оперативной памяти (свободна / занята);
- P2 — состояние внешнего запоминающего устройства V1 (свободно / занято);
- P3 — состояние внешнего запоминающего устройства V2 (свободно / занято);
- P4 — работа на ОП и V1 закончена;
- P5 — работа на ОП и V2 закончена;
- P6 — работа на ОП, V1 и V2 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.

Начальная маркировка: $M_0 = (1, 1, 1, 0, 0, 0)$

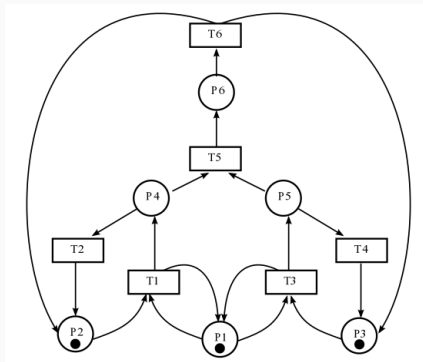


Рис. 1: Схема модели

Построение дерева достижимости

Используя теоретические методы анализа, построим дерево достижимости для заданной сети Петри.

1. Из состояния $M_0 = (1, 1, 1, 0, 0, 0)$:
 - Может сработать переход T_1 , что приведет к $M_1 = (1, 0, 1, 1, 0, 0)$
 - Может сработать переход T_3 , что приведет к $M_2 = (1, 1, 0, 0, 1, 0)$
2. Из состояния $M_1 = (1, 0, 1, 1, 0, 0)$:
 - Может сработать переход T_2 , что вернет систему в $M_0 = (1, 1, 1, 0, 0, 0)$
 - Может сработать переход T_3 , что приведет к $M_4 = (1, 0, 0, 1, 1, 0)$
3. Из состояния $M_2 = (1, 1, 0, 0, 1, 0)$:
 - Может сработать переход T_1 , что приведет к $M_4 = (1, 0, 0, 1, 1, 0)$
 - Может сработать переход T_4 , что вернет систему в $M_0 = (1, 1, 1, 0, 0, 0)$

4. Из состояния $M_4 = (1, 0, 0, 1, 1, 0)$:

- Может сработать переход T_5 , что приведет к $M_5 = (1, 0, 0, 0, 0, 1)$
- Может сработать переход T_3 , что приведет к $M_2 = (1, 1, 0, 0, 1, 0)$
- Может сработать переход T_1 , что приведет к $M_1 = (1, 0, 1, 1, 0, 0)$

5. Из состояния $M_5 = (1, 0, 0, 0, 0, 1)$:

- Может сработать переход T_6 , что вернет систему в $M_0 = (1, 1, 1, 0, 0, 0)$

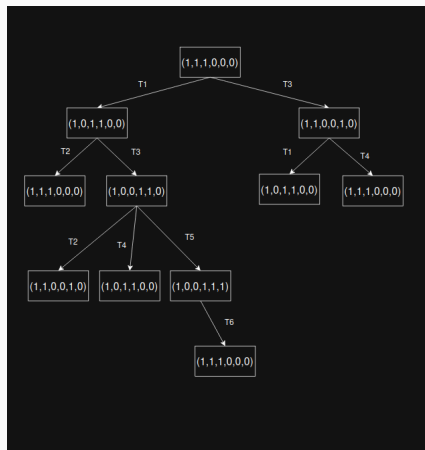


Рис. 2: Граф достижимости

На основе построенного дерева достижимости можно сделать следующие выводы:

1. **Безопасность:** Сеть является безопасной, так как в каждой позиции никогда не находится более одного маркера.
2. **Ограниченность:** Сеть является ограниченной с границей $k = 1$, так как количество маркеров в любой позиции не превышает 1.
3. **Сохраняемость:** Сеть не сохраняющая, так как суммарное количество маркеров во всех состояниях сети постоянно не равно 3.
4. **Тупики:** В сети нет тупиков (deadlocks), т.к. из любого достижимого состояния есть возможность перейти в другое состояние (нет маркировок, из которых нельзя выполнить ни один переход).

Для моделирования сети Петри в CPNTools была создана модель в соответствии с заданной структурой. На рисунке ниже представлена разработанная модель сети в CPNTools.

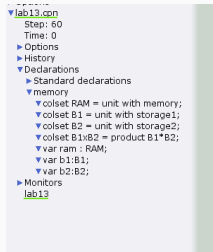


Рис. 3: декларация в CPNTools

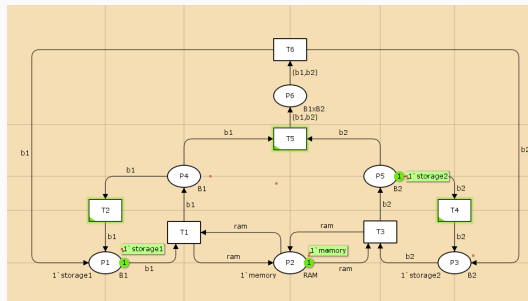


Рис. 4: Модель сети Петри в CPNTools

В модели созданы следующие элементы: - Позиции P1-P6 с соответствующими начальными маркировками - Переходы T1-T6 с необходимыми связями - Дуги, соединяющие позиции и переходы

Начальная маркировка:

- $P1 = 1$ (RAM свободна)
- $P2 = 1$ (B1 свободно)
- $P3 = 1$ (B2 свободно)
- $P4 = 0$ (работа на ОП и B1 закончена)
- $P5 = 0$ (работа на ОП и B2 закончена)
- $P6 = 0$ (работа на ОП, B1 и B2 закончена)

После создания модели было вычислено пространство состояний сети Петри с помощью инструментов CPNTools. Был сформирован отчет и построен граф пространства состояний.

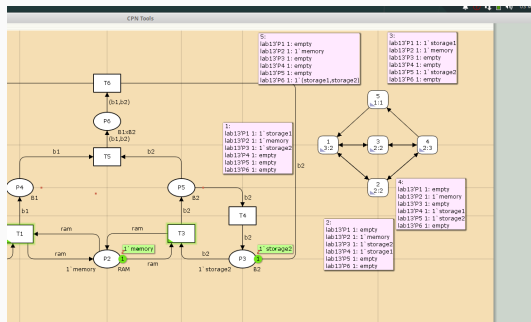


Рис. 5: Граф пространства состояний

CPN Tools state space report for:

/home/openmodelica/lab13.cpn

Report generated: Sat May 3 21:25:13 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
lab13'P1 1	1	0
lab13'P2 1	1	1
lab13'P3 1	1	0
lab13'P4 1	1	0
lab13'P5 1	1	0
lab13'P6 1	1	0

Best Upper Multi-set Bounds

lab13'P1 1	1`storage1
lab13'P2 1	1`memory

Best Lower Multi-set Bounds

lab13'P1 1	empty
lab13'P2 1	1`memory
lab13'P3 1	empty
lab13'P4 1	empty
lab13'P5 1	empty
lab13'P6 1	empty

Home Properties

Home Markings

All

Liveness Properties

Dead Markings

None

Dead Transition Instances

None

Live Transition Instances

All

Fairness Properties

lab13'T1 1	No Fairness
lab13'T2 1	No Fairness
lab13'T3 1	No Fairness

Общая статистика

- Пространство состояний содержит 5 узлов и 10 дуг
- Статус: полное
- Граф SCC содержит 1 узел без дуг

Свойства ограниченности

- Все позиции являются 1-ограниченными (безопасными)
- Верхние и нижние границы для всех позиций определены корректно

Свойства домашних состояний

- Все маркировки являются домашними

Свойства живости

- Отсутствуют тупиковые маркировки
- Отсутствуют мертвые переходы
- Все переходы являются живыми

Свойства справедливости

- Переходы T1, T2, T3, T4 не обладают свойством справедливости
- Переход T5 является справедливым
- Переход T6 является строго справедливым

Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы:

1. Был проведен теоретический анализ заданной сети Петри с помощью построения дерева достижимости. Установлено, что сеть является безопасной, ограниченной с границей $k=1$, сохраняющей, и в ней отсутствуют тупики.
2. Была создана модель сети Петри в среде CPNTools в соответствии с заданной структурой.
3. Было вычислено пространство состояний, сформирован и проанализирован отчет о пространстве состояний, построен граф пространства состояний.

Результаты анализа с помощью CPNTools подтвердили теоретические выводы о свойствах сети: она является безопасной, ограниченной, не сохраняющей и не содержит тупиков.