

Отчёт по лабораторной работе №13

Имитационное моделирование

Ганина Таисия Сергеевна, НФИбд-01-22

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Теоретическое введение	7
4	Выполнение лабораторной работы	8
4.1	Анализ сети	9
4.2	Моделирование сети Петри с помощью CPNTools	10
4.3	Пространство состояний. Отчёт, граф	14
5	Выводы	19
	Список литературы	20

Список иллюстраций

2.1	Задание	6
4.1	Дерево достижимости	10
4.2	Модель	11
4.3	Декларации	12
4.4	Готовая модель	13
4.5	Запуск модели	13
4.6	Граф пространства состояний модели	18

Список таблиц

1 Цель работы

Выполнить задание для самостоятельной работы.

2 Задание

1. Используя теоретические методы анализа сетей Петри, провести анализ сети, (рис. 2.1). 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.

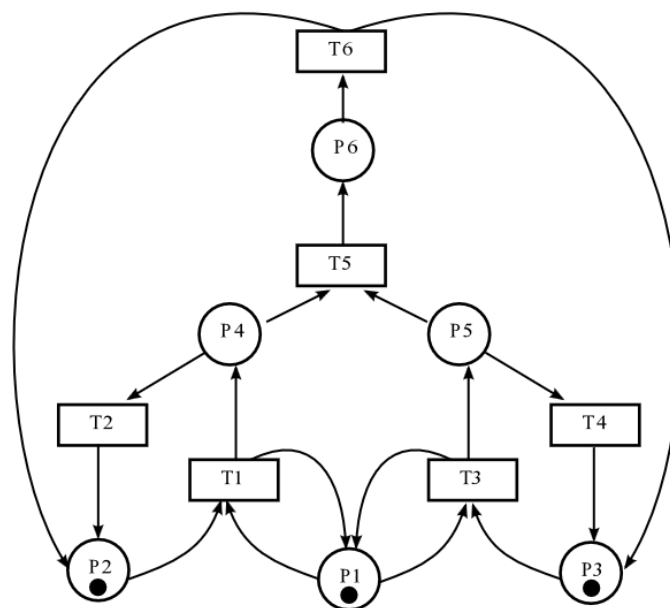


Рис. 13.2. Сеть для выполнения домашнего задания

Рис. 2.1: Задание

3 Теоретическое введение

CPN Tools — специальное программное средство, предназначенное для моделирования иерархических временных раскрашенных сетей Петри. Такие сети эквивалентны машине Тьюринга и составляют универсальную алгоритмическую систему, позволяющую описать произвольный объект. CPN Tools позволяет визуализировать модель с помощью графа сети Петри и применить язык программирования CPN ML (Colored Petri Net Markup Language) для формализованного описания модели.

Назначение CPN Tools:

- разработка сложных объектов и моделирование процессов в различных прикладных областях, в том числе:
- моделирование производственных и бизнес-процессов;
- моделирование систем управления производственными системами и роботами;
- спецификация и верификация протоколов, оценка пропускной способности сетей и качества обслуживания, проектирование телекоммуникационных устройств и сетей.

Основные функции CPN Tools:

- создание (редактирование) моделей;
- анализ поведения моделей с помощью имитации динамики сети Петри;
- построение и анализ пространства состояний модели.

[1,2].

4 Выполнение лабораторной работы

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.

Множество позиций:

- Р1 — состояние оперативной памяти (свободна / занята);
- Р2 — состояние внешнего запоминающего устройства В1 (свободно / занято);
- Р3 — состояние внешнего запоминающего устройства В2 (свободно / занято);
- Р4 — работа на ОП и В1 закончена;
- Р5 — работа на ОП и В2 закончена;
- Р6 — работа на ОП, В1 и В2 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.

4.1 Анализ сети

Построим дерево достижимости для данной сети Петри (рис. 4.1).

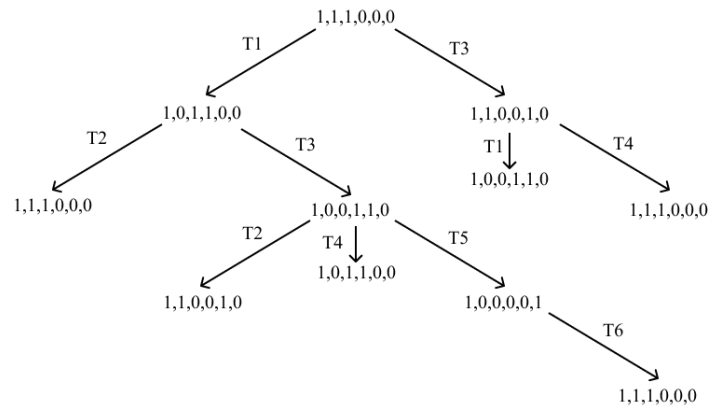


Рис. 4.1: Дерево достижимости

Эта сеть:

- безопасна, потому что в каждой позиции количество фишек не превышает 1 (Позиция является k -безопасной (k -ограниченной), если количество фишек в ней не может превышать целое число k);
- ограничена, потому что существует такое целое k , что число фишек в каждой позиции не может превысить k (в данном случае $k=1$);
- сеть не является сохраняющей, так как при переходах $T5$ и $T6$ количество фишек меняется;
- сеть не имеет тупиков.

4.2 Моделирование сети Петри с помощью CPNTools

В начале я построила заданную модель в CPNTools, создав позиции и переходы: с помощью контекстного меню создаем новую сеть, далее нам понадобятся 6 позиций и 6 блоков переходов, затем их нужно соединить (рис. 4.2):

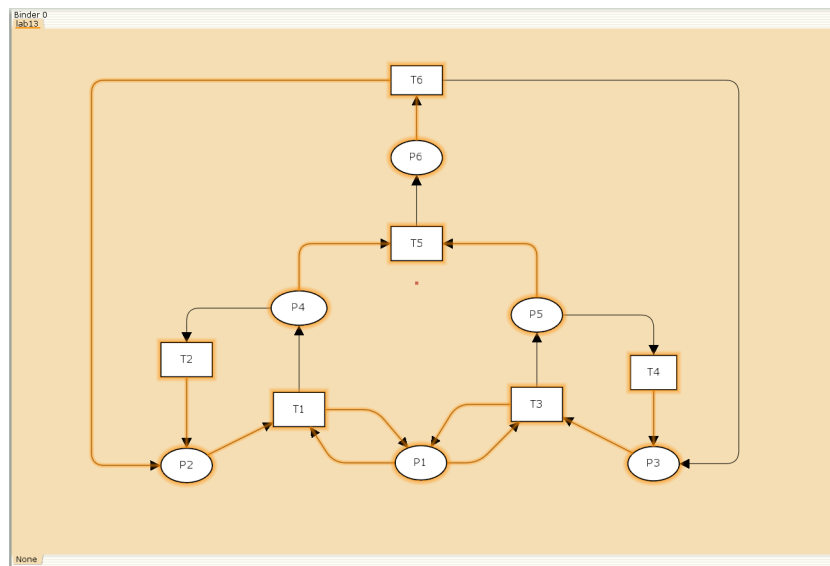
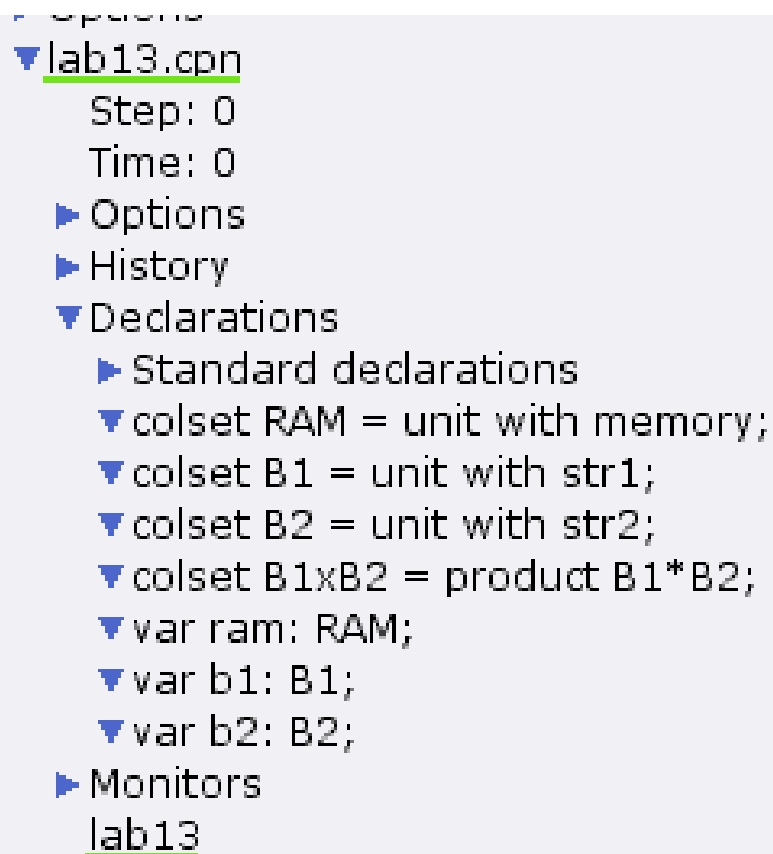


Рис. 4.2: Модель

После этого я задала декларации, исходя их текста задания (рис. 4.3):



▼ lab13.cpn
Step: 0
Time: 0
► Options
► History
▼ Declarations
► Standard declarations
▼ colset RAM = unit with memory;
▼ colset B1 = unit with str1;
▼ colset B2 = unit with str2;
▼ colset B1xB2 = product B1*B2;
▼ var ram: RAM;
▼ var b1: B1;
▼ var b2: B2;
► Monitors
lab13

Рис. 4.3: Декларации

Потом задала параметры и начальные состояния (рис. 4.4):

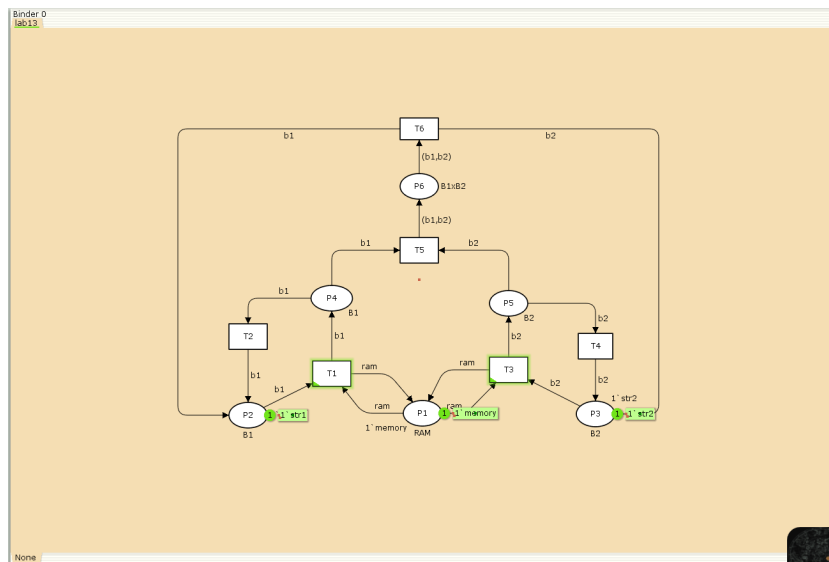


Рис. 4.4: Готовая модель

Запустив модель, можно посмотреть, как она работает (рис. 4.5):

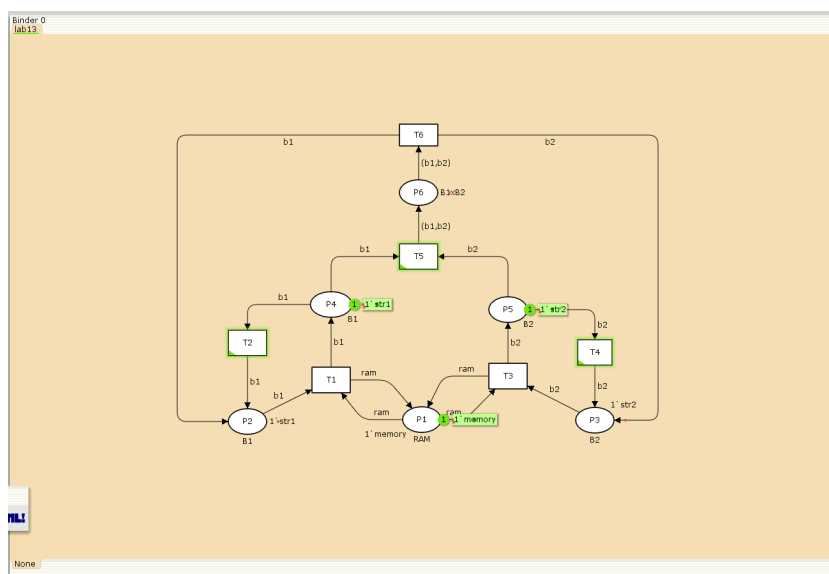


Рис. 4.5: Запуск модели

4.3 Пространство состояний. Отчёт, граф

Вычислим пространство состояний. Прежде, чем пространство состояний может быть вычислено и проанализировано, необходимо сформировать код пространства состояний. Этот код создается, когда используется инструмент “Войти в пространство состояний”. Вход в пространство состояний занимает некоторое время.

Сформируем отчёт о пространстве состояний и проанализируем его. Чтобы сохранить отчет, необходимо применить инструмент Сохранить отчет о пространстве состояний к листу, содержащему страницу сети и ввести имя файла отчета.

Из него можно увидеть:

1. Общие параметры сети

- Содержит 5 состояний и 10 переходов. Анализ проведён полностью меньше, чем за секунду.

2. Безопасность

- Все позиции (P1-P6) ограничены одной меткой. P1 всегда хранит метку “memory”. P6 временно содержит комбинацию меток (str1, str2).

3. Достижимость

- 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.

4. Активность переходов

- Все переходы T1-T6 живые (никогда не блокируются).

- T5 требует “условной справедливости”, T6 - “абсолютной” (особые условия срабатывания).

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.

CPN Tools state space report for:

/home/openmodelica/Desktop/lab13.cpn

Report generated: Sat Apr 26 17:13:02 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	1
lab13'P2 1	1	0
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`memory
lab13'P2 1	1`str1
lab13'P3 1	1`str2
lab13'P4 1	1`str1
lab13'P5 1	1`str2
lab13'P6 1	1`(str1,str2)

Best Lower Multi-set Bounds

lab13'P1 1	1`memory
lab13'P2 1	empty
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
lab13'T4 1	No Fairness
lab13'T5 1	Just
lab13'T6 1	Fair

После этого я построила граф пространства состояний (рис. 4.6):

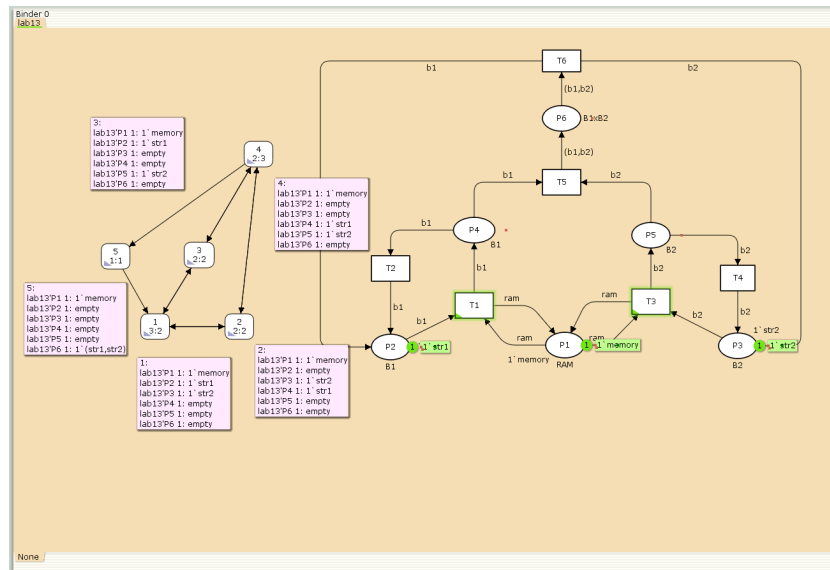


Рис. 4.6: Граф пространства состояний модели

Граф состоит из 5 узлов (состояний) и 10 переходов, представляющих различные конфигурации меток в модели.

Состояние 1 (3:2):

- P1: Содержит метку 'memory'.
- P2: Содержит метку 'str1'.
- P3: Содержит метку 'str2'.
- P4, P5, P6: Пустые.

Состояние 2 (2:2):

- P1: Содержит метку 'memory'.
- P3: Содержит метку 'str2'.
- P4: Содержит метку 'str1'.
- P2, P5, P6: Пустые.

И так далее можно провести анализ.

5 Выводы

В ходе данной лабораторной работы я выполнила задание для самостоятельной работы. Проанализировала (используя дерево достижимости) сеть Петри, построила модель в CPNTools, вычислила пространство состояний, сформировав отчёт и построив граф.

Список литературы

1. Цветные сети Петри и язык распределенного программирования UPL: их сравнение и перевод, Аркадий Валентинович Климов [Электронный ресурс]. URL: https://psta.psiras.ru/read/psta2023_4_91-122.pdf.
2. CPN Tools, Michael Westergaard, August 2010, Eindhoven, Netherlands [Электронный ресурс]. URL: <https://westergaard.eu/wp-content/uploads/2010/09/CPN-Tools.pdf>.