

Санкт-Петербургский Политехнический университет  
Петра Великого  
Институт прикладной математики и механики  
**Высшая школа прикладной математики и вычислительной физики**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**  
**Разработка контроллера светофоров и его верификация**  
по дисциплине  
"Верификация распределённых алгоритмов и протоколов"

Выполнил:  
студент гр.3640102/00201  
Преподаватель:  
к.т.н, доцент ВШПИ ИКНТ

**Лансков.Н.В.**  
**Шошмина И.В**

Санкт-Петербург  
2020

# Содержание

<b>1</b>	<b>Список иллюстраций</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Список таблиц</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Постановка задачи</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Построение модели</b>	<b>4</b>
4.1	Внешняя среда . . . . .	4
4.2	Светофор . . . . .	4
4.3	Взаимодействие процессов . . . . .	4
<b>5</b>	<b>Верификация алгоритма средствами spin</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Анализ результатов работы</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Список иллюстраций</b>	
1	Перекрёсток . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Список таблиц</b>	
1	Варианты пересечений . . . . .	2

### 3 Постановка задачи

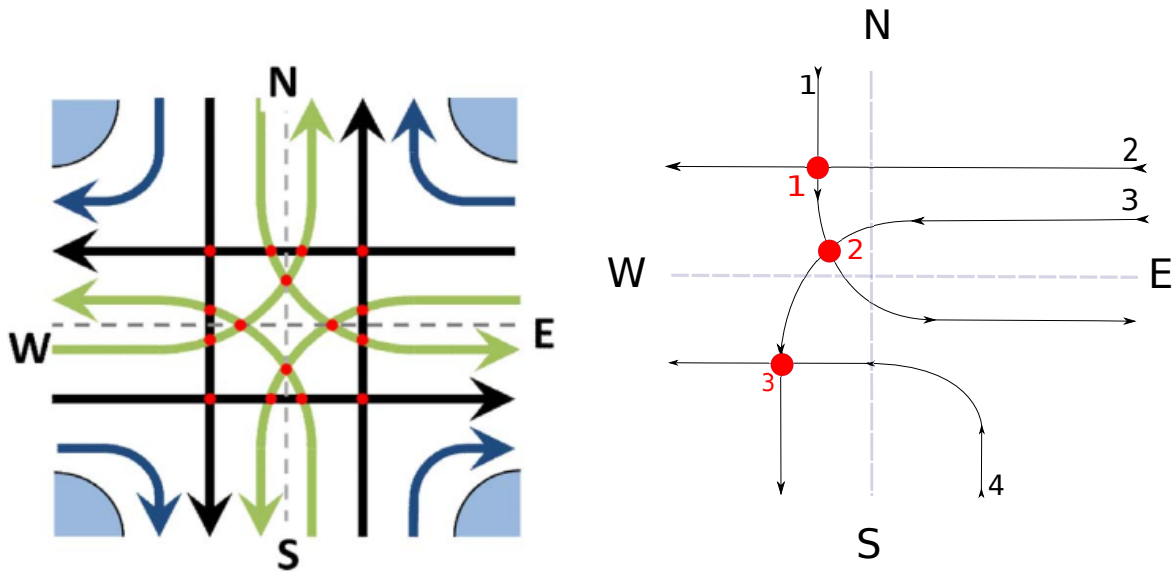
Дан перекрёсток с четырьмя двухсторонними направлениями движения. В каждом направлении имеются три полосы. Точная схема перекрёстка задаётся пересечениями направлений движения, указанными в таблице 1

Вариант: 12, 13, 15

Вариант	Пересечение	Вариант	Пересечение
1	WN, NS	9	SN, WE
2	WN, NE	10	SN, EW
3	WN, SW	11	SN, ES
4	WN, EW	<b>12</b>	<b>NE, EW</b>
5	NS, SW	<b>13</b>	<b>NE, ES</b>
6	NS, WE	14	SW, WE
7	NS, EW	<b>15</b>	<b>SW, ES</b>
8	SN, NE	16	WE, ES

Таблица 1: Варианты пересечений

Для наглядности также привожу схематическое изображение полос движения и пересечений для своего варианта 1.



(a) Схема всех направлений движения

(b) Схема направлений и пересечений для текущего варианта

Рис. 1: Перекрёсток

Каждое направление движения регулируется своим светофором. Если машин нет - светофор горит красным светом. Если машины есть - светофор загорается зелёным (как только появится такая возможность) и пропускает все машины, после чего снова загорается красным. Требуется разработать модель контроллера светофоров, которая бы удовлетворяла следующим свойствам, заданным в виде ltl формул.

Также в модели требуется отразить поведение внешней среды.

Листинг 1: Формулы линейной темпоральной логики, отражающие требования к системе

```

1 #define crash_1 \
2     ( traffic_lights_color[0] == GREEN && \
3       traffic_lights_color[1] == GREEN)
4 #define crash_2 \
5     ( traffic_lights_color[0] == GREEN && \
6       traffic_lights_color[2] == GREEN)
7 #define crash_3 \
8     ( traffic_lights_color[2] == GREEN && \
9       traffic_lights_color[3] == GREEN)
10
11 #define car_sense_0 (len(car_sensor[0]) > 0)
12 #define car_sense_1 (len(car_sensor[1]) > 0)
13 #define car_sense_2 (len(car_sensor[2]) > 0)
14 #define car_sense_3 (len(car_sensor[3]) > 0)
15
16 #define tl_green_0 ( traffic_lights_color[0] == GREEN)
17 #define tl_green_1 ( traffic_lights_color[1] == GREEN)
18 #define tl_green_2 ( traffic_lights_color[2] == GREEN)
19 #define tl_green_3 ( traffic_lights_color[3] == GREEN)
20
21 /* LTL formulae descriptions */
22
23 /* Safety */
24 [] (!crash_1)
25 [] (!crash_2)
26 [] (!crash_3)
27
28 /* Liveliness */
29 [] (car_sense_0 -> <> tl_green_0)
30 [] (car_sense_1 -> <> tl_green_1)
31 [] (car_sense_2 -> <> tl_green_2)
32 [] (car_sense_3 -> <> tl_green_3)
33
34 /* Fairness */
35 [] <> !(tl_green_0 && car_sense_0)
36 [] <> !(tl_green_1 && car_sense_1)
37 [] <> !(tl_green_2 && car_sense_2)

```

```
38  || <> !(tl_green_3 && car_sense_3)
```

## 4 Построение модели

### 4.1 Внешняя среда

### 4.2 Светофор

### 4.3 Взаимодействие процессов

Модель состоит из процессов, моделирующих поведение светофоров, дорожных пересечений, а также из процессов, генерирующих потоки машин. Процесс, генерирующий поток машин для определённого направления, оставляет сообщение в канале *car\_sense[i]* ёмкостью 1. Контроллер светофора, обслуживающий тоже направление, читает сообщение из этого канала, и затем начинает последовательно захватывать ресурсы (пересечения). Это делается посредством отправки сообщений процессам, обслуживающим соответствующие пересечения по каналам блокировки. Процесс, управляющий пересечением, читает сообщение о блокировке, отправляет по рандеву каналу сообщение о подтверждении блокировки, и блокируется, ожидая сообщения об освобождении от блокирующего контроллера светофора. Когда контроллер светофора заблокировал все пересечения, через которые проходит регулируемый маршрут, он читает сообщение из канала о том, что машины ожидают проезда, меняет свой цвет на зелёный, и переключается обратно на красный. После этого отправляются сообщения о разблокировке пересечений в обратном порядке. Каналы, передающие пересечениям сообщения о блокировке, выглядят следующим образом:

Листинг 2: Каналы сообщений, обеспечивающие взаимодействие процессов контроллеров светофоров и процессов дорожных пересечений

```
23 chan lock [N_OF_INTERSECTIONS] = [N_OF_TRAFFIC_LIGHTS] of { mtype, byte }
24 chan accept [N_OF_TRAFFIC_LIGHTS] = [0] of { mtype }
25 chan release [N_OF_INTERSECTIONS] = [0] of { mtype }
```

Таким образом обеспечивается последовательная обработка светофорами входящие потоки машин по всем направлениям, а рандеву каналы позволяют осуществлять синхронное взаимодействие между процессами контроллеров светофоров и дорожных пересечений.

## 5 Верификация алгоритма средствами spin

При верификации, за один "такт" верификатор spin делает только 1 шаг в одном из активных процессов, тем самым переводя систему в следующее состояние. Чтобы spin мог корректно верифицировать построенную модель, будем проводить процедуру верификации при условии "слабой справедливости". Эта опция spin позволяет гарантировать, что каждый доступный к исполнению процесс будет выбран верификатором spin для исполнения. Также при верификации были увеличены такие параметры, как доступный при

верификации объём оперативной памяти, а также число допустимых состояний, которое может быть достигнуто при верификации. Кроме того, были добавлены следующие флаги компиляции:

## **6 Анализ результатов работы**

В результате работы были изучены особенности проектирования систем параллельных вычислений. построена корректно работающая модель контроллера светофоров, а также получены практические навыки работы с пакетом spin,