

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Факультет радиотехники и кибернетики
Кафедра информатики и вычислительной техники

Выпускная квалификационная работа
(магистерская диссертация)

**Моделирование и анализ схем межъядерного
взаимодействия с учетом особенностей подсистемы
памяти многоядерных микропроцессоров**

Студент: Деменко Роман, группа 913
Научные руководители: к.т.н. Груздов Ф.А., Кожин А.С.

Проблематика

2

Предпосылки:

- увеличение числа процессорных ядер
- увеличение объема размещаемых на кристалле блоков памяти, общих для процессорных ядер
- разбиение общей памяти на банки, вызванное ограничениями физического проектирования
- жесткие требования к системе коммутации, связывающей ядра и банки памяти по занимаемой площади, рассеиваемой мощности и пропускной способности

Необходимость моделирования и анализа систем коммутации

- возможность масштабирования коммутационной системы, разработанной для соединения 8 ядер и 8 банков памяти L3 кэша в рамках проекта МП «Эльбрус-8С».

Цели работы

3

Разработка инструмента анализа коммутационных систем, позволяющего

- задавать различные топологии
- учитывать особенности, характерные для коммутационной системы, разработанной в рамках проекта МП «Эльбрус-8С»
 - кредитный механизм контроля свободных ячеек в очередях
 - механизм разрешения конфликтов, возникающих при коммутации
 - механизм защиты от блокировок коммутационной системы
- проводить потактовое моделирование с заданными временными характеристиками передачи пакетов

Существующие средства моделирования систем коммутации

4

- Платформы для моделирования систем-на-кристалле
OSCN, StepNP (STMicroelectronics)
 - высокий уровень абстракции, ограничения по точности моделирования
- Узкоспециализированные симуляторы
Noxim simulator (University of Catania, Italia)
Nirgam (University of Southampton, UK)
 - невозможность учета особенностей МП «Эльбрус-8С»
 - ограничение в выборе топологий

В рамках бакалаврской работы

5

□ Коммутационная система

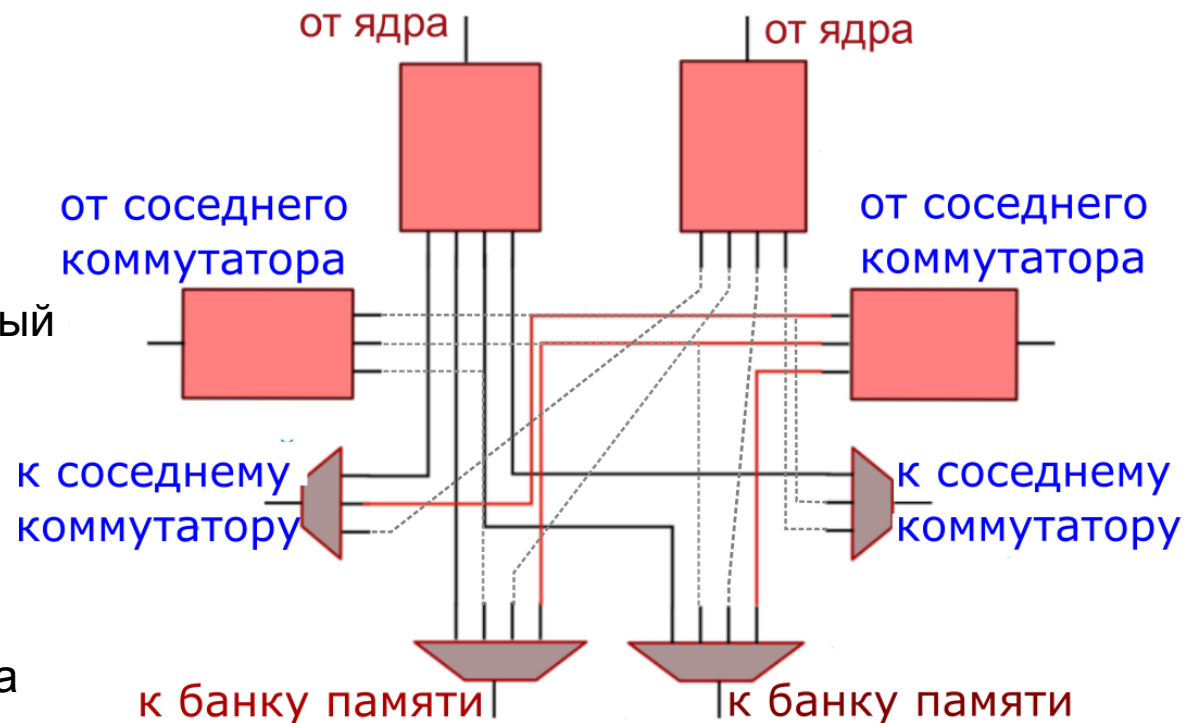
- 8 x 8 абонентов
- 4 коммутатора
- к каждому коммутатору подсоединены 2 ядра и 2 банка
- два варианта соединений коммутаторов (кольцевая и каждый каждым)

□ Структура коммутатора

- очереди на входах коммутатора
- арбитры на выходах коммутатора

□ Реализованы с использованием SystemC 2.0

Структура коммутатора



Проблемы при масштабировании systemc-описания коммутационной модели

6

- необходимы коммутаторы, очереди и арбитры с произвольным количеством портов
- обобщение принципов, реализующих особенности МП “Эльбрус-8С”
- маршрутизация пакетов в каждом коммутаторе
- построение, конфигурация и отладка модели с новой топологии занимает длительное время, большая вероятность ошибки

Задачи

7

Разработать инструмент моделирования, позволяющий

- формально описывать коммутационную систему
- автоматизировать построение systemc-описания по формальному описанию
 - для очередей, арбитров и коммутаторов с произвольным количеством портов
 - для коммутационной системы с требуемой топологией и характеристиками
- задавать маршрутизацию пакетов
- учитывать особенности МП «Эльбрус-8С»
 - кредитный механизм контроля свободных ячеек в очередях
 - механизм разрешения конфликтов, возникающих при коммутации
 - механизм защиты от блокировок коммутационной системы
 - временные характеристики передачи пакетов
- проанализировать влияние указанных особенностей на характеристики коммутационной системы при различных топологиях

Формальное описание коммутационной системы

8

- формального описание модуля
 - список внутренних модулей
 - соединения между внутренними модулями
 - описание внешних портов модуля

- примитивы формального описания и соответствующие им SystemC-классы
 - очередь
 - арбитр
 - коммутатор реализует указанные механизмы и временные параметры передачи пакетов
 - модули задержки, соответствующие регистровым станциям на длинных связях

- произвольное количество уровней иерархии

SystemC-описание модуля

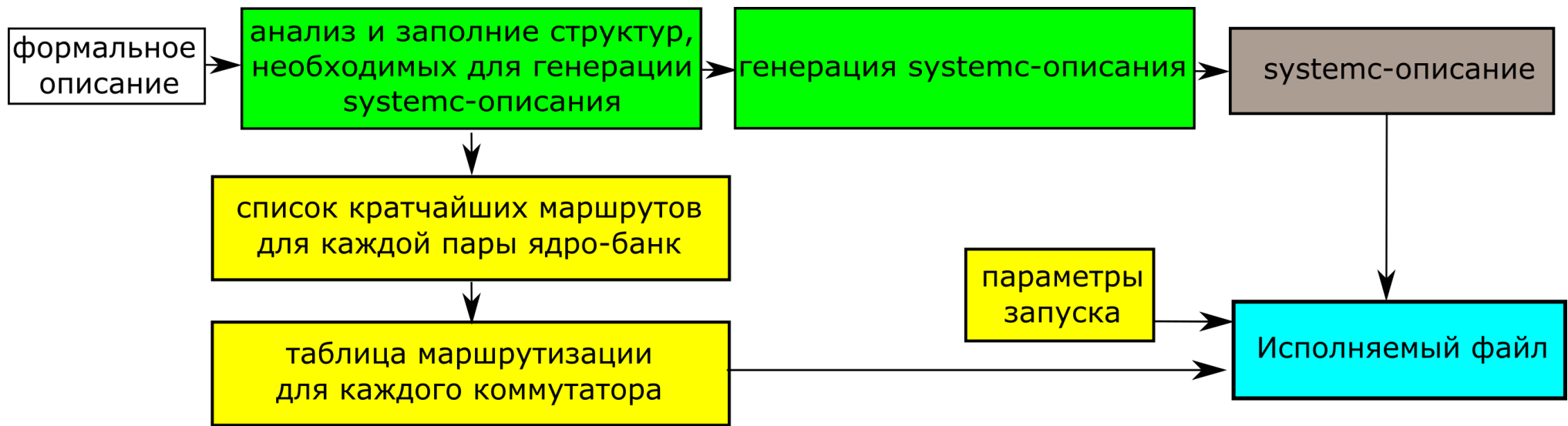
9

- ❑ SystemC предоставляет набор классов и макросов, обеспечивающих событийный механизм исполнения, и планировщик.
- ❑ Описание модуля

```
SC_MODULE(mymod) {  
    /* port definition */  
    /* signal definition */  
  
    /* storage and state definition */  
  
    /* process definition */  
  
    SC_HAS_PROCESS(mymod) {  
        /* Instances of processes and modules */  
    }  
};
```

Построение systemc-описания

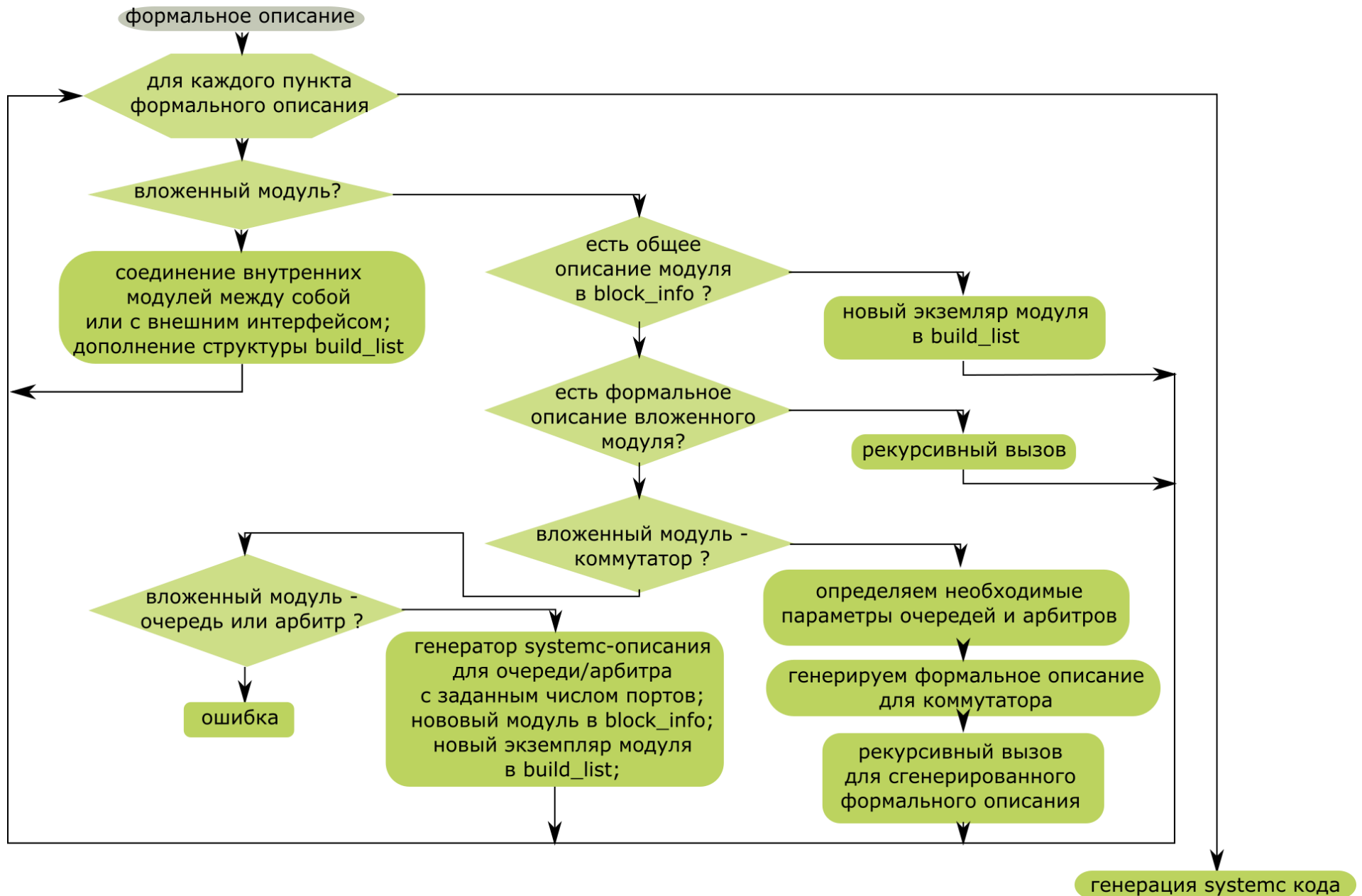
10



Структуры для заполнения:

- ❑ **block_info** - структура, содержащая systemc-классы
(имена вложенных модулей, описание интерфейсов, список сигналов для записи трасс)
- ❑ **build_list** - структура, содержащая экземпляры systemc-классов
(имя модуля; параметры, передаваемые конструктору класса; информация об интерфейсах)

Построение systemc-описания



Таблицы маршрутизации

12

- отслеживание связей между модулями для каждого уровня иерархии
(имя_модуля, номер порта) \longleftrightarrow (имя_модуля, номер порта)
- переход от иерархического представления к одноуровневому, состоящему только из абонентов и коммутаторов
- построение ориентированного графа, вершинами которого являются абоненты и коммутаторы, ребрами – соединениями с весами, соответствующими длинам связей.
- поиск кратчайших путей для каждой пары абонентов
- построение таблиц маршрутизации для каждого коммутатора

Временные характеристики передачи пакетов

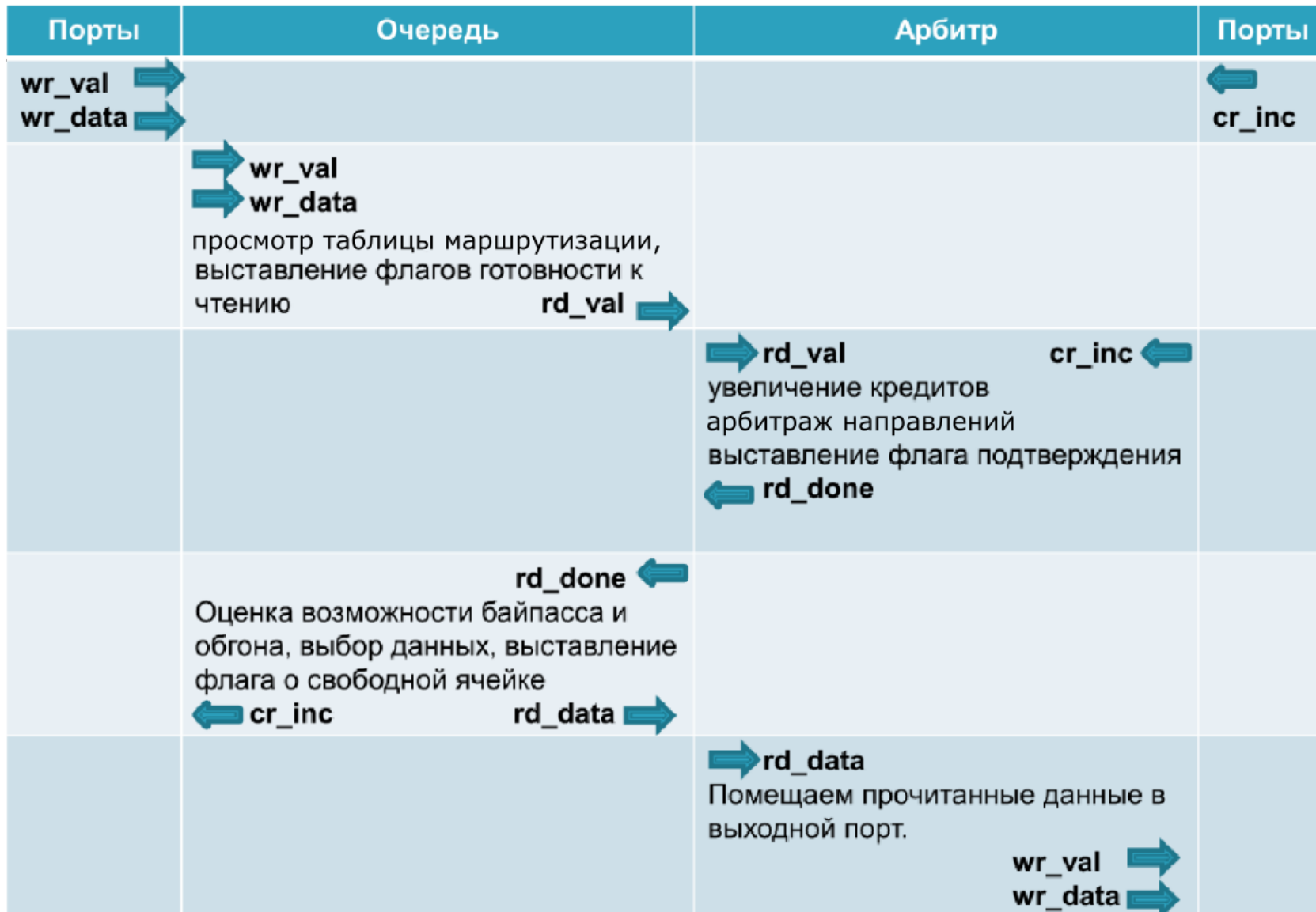
13

- моделирование параллельной работы очередей и арбитров в течение такта
- планировщик вызывает методы, реализующие функциональность модулей, на исполнение по положительному фронту синхросигнала
- разбиение функциональности очередей и арбитров на блоки, с однозначным указанием порядка их исполнения.

Временные характеристики передачи пакетов

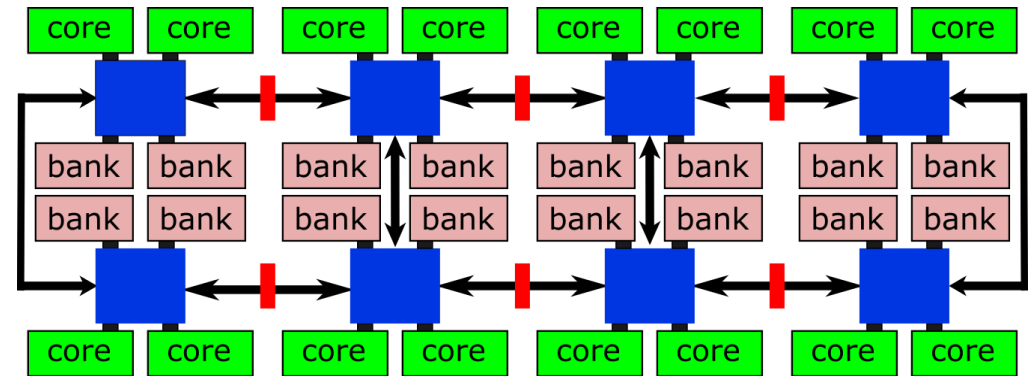
Порядок вызова на исполнение методов,
реализующих функциональность очередей и арбитров

14

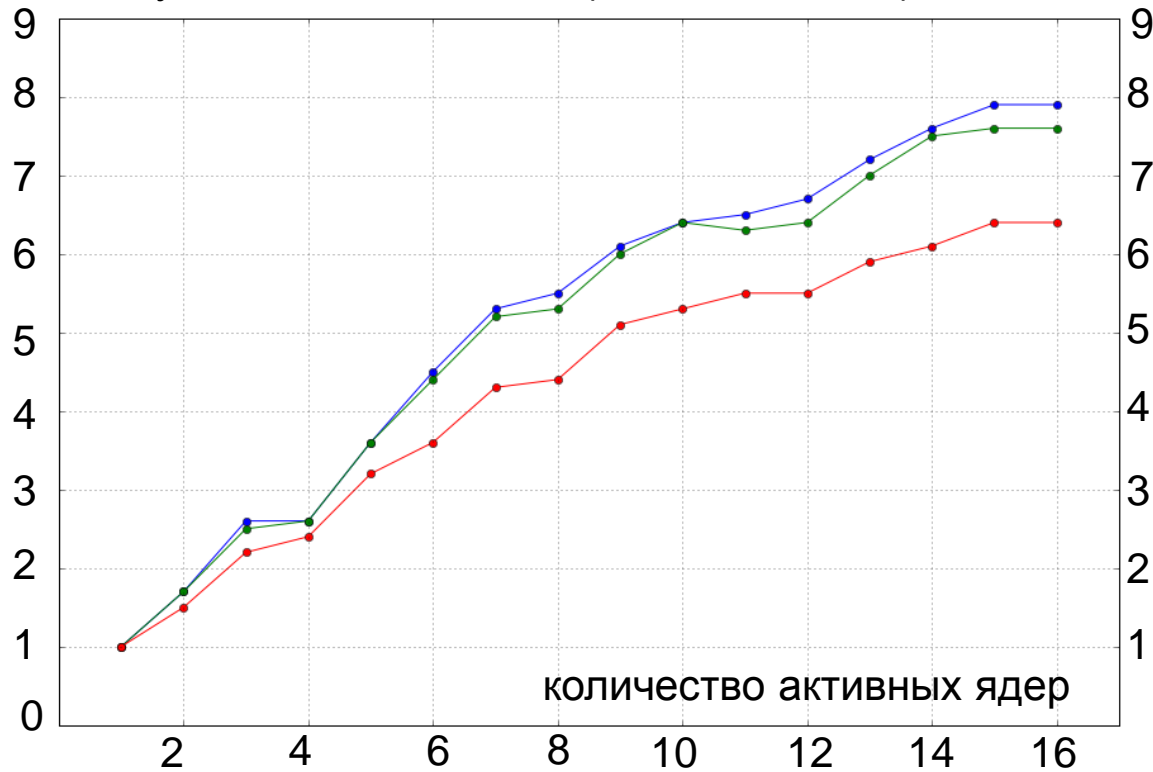


Влияние механизма разрешения конфликтов на характеристики коммутационной системы

15



средняя пропускная способность
коммутационной системы (пакетов за такт)

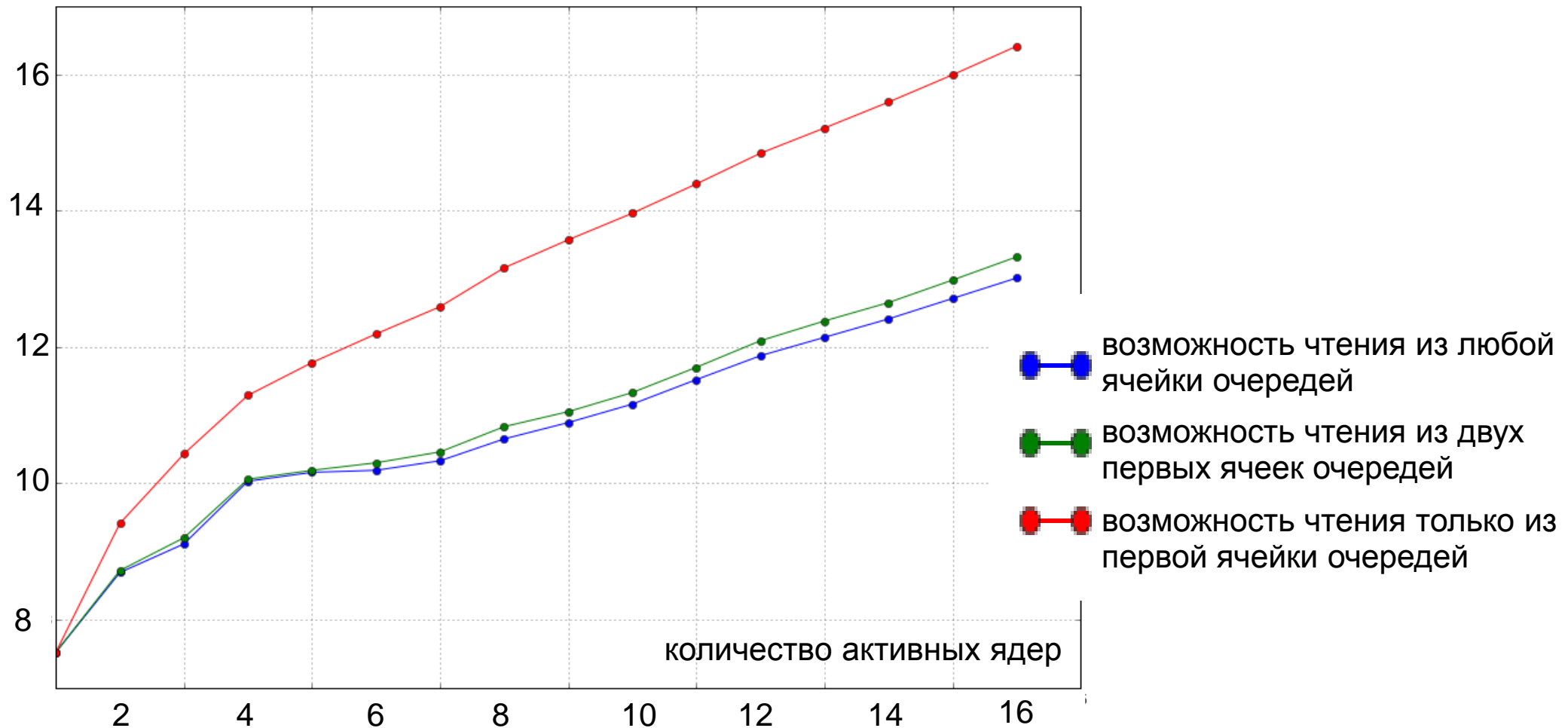


- возможность чтения из любой ячейки очередей
- возможность чтения из двух первых ячеек очередей
- возможность чтения только из первой ячейки очередей

Влияние механизма разрешения конфликтов на характеристики коммутационной системы

16

среднее время доставки пакета, такты



Характеристики инструмента моделирования

17

- позволяет строить SystemC-описание коммутационной системы, по заданному формальному описанию
- позволяет задавать различные топологии
- учитывает особенности, характерные для коммутационной системы, разработанной в рамках проекта МП «Эльбрус»
 - кредитный механизм контроля свободных ячеек в очередях
 - механизм разрешения конфликтов, возникающих при коммутации
 - механизм защиты от блокировок коммутационной системы
- позволяет оценить влияние указанных особенностей на характеристики коммутационной системы в целом
- позволяет задавать статическую маршрутизацию пакетов
- позволяет задавать временные характеристики передачи пакетов и проводить потактово-точное моделирование в соответствии с ними

Спасибо за внимание.

Существующие средства моделирования систем коммутации

19

- Платформы для моделирования систем-на-кристалле
OSCN, StepNP (STMicroelectronics)
 - высокий уровень абстракции, ограничения по точности моделирования
- Узкоспециализированные симуляторы
Noxim simulator (University of Catania, Italia)
Nirgam (University of Southampton, UK)
 - невозможность учета особенностей МП «Эльбрус-8С»
 - ограничение в выборе топологий