

Методы и средства верификации программных моделей маршрутизатора сети «4D-тор»

Автор: Иванов А.

Научный руководитель: доцент, к. т. н. Власов А. И.

Цель работы:

Разработать тестовое окружение для блока маршрутизатора «Линк», обеспечивающего взаимодействие узлов коммуникационной сети топологии «4D-тор» с использованием средства проектирования и верификации SystemC, и средства симуляции цифровых проектов ModelSim производства компании Altera.

Решаемые задачи:

- Анализ архитектуры и принципов работы RTL-моделей блоков маршрутизатора на основе их программной реализации и соответствующей документации
- Верификация модели блока «Линк» маршрутизатора «Ангара-С»
- Разработка тестового окружения с использованием языка программирования C/C++ и средства проектирования и верификации электронных средств SystemC
- Отладка тестового окружения с использованием средств симуляции цифровых проектов ModelSim производства компании Altera
- Анализ полученных тестовых данных и проверка соответствия характеристик RTL-моделей техническим требованиям.

**Что такое встраиваемые системы и какие место в них занимает ПО
валидация и верификация ПО**

Существующие проблемы верификации ПО

- Технологии верификации проекта на сегодняшний день заметно отстают от технологий и вычислительных возможностей систем проектирования.
- Отставание возможностей верификации от технологических возможностей производства СБИС:
- Временные затраты на верификацию в общем цикле проектирования – 60%
- Высокая стоимость изготовления СБИС не допускает повторное их изготовление ввиду ошибок в проектировании

Решения проблем верификации ПО

Разработка передовых технологий верификации и подход к новым методам анализа проекта:

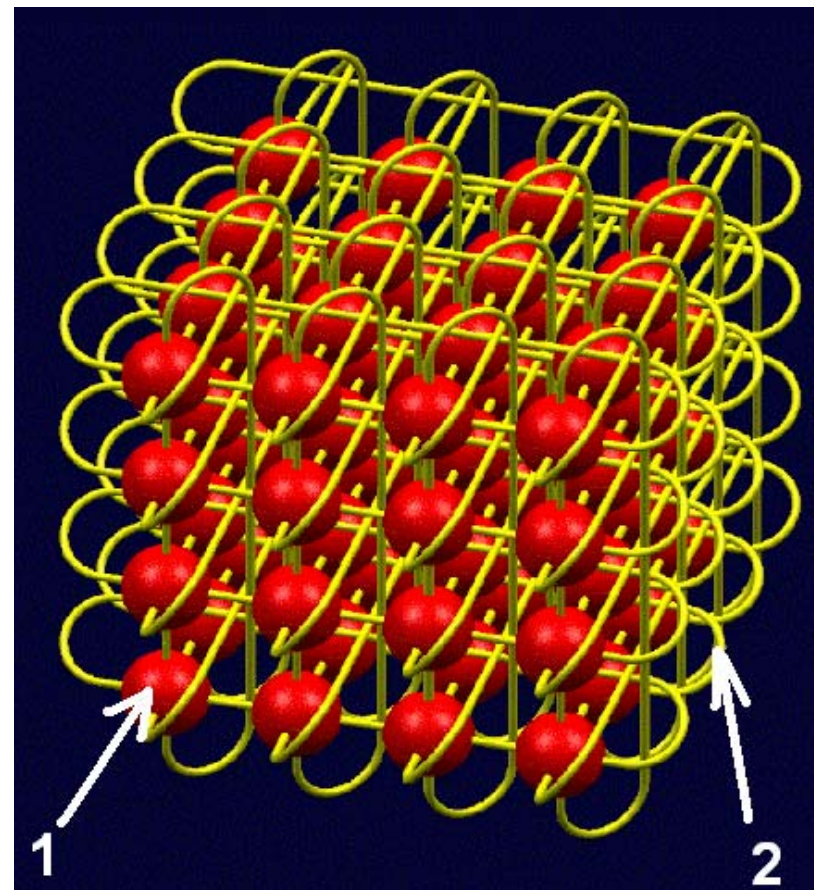
- Системная верификация — то есть верификация взаимодействия, а не верификация отдельных блоков на блочно-модульном уровне
- Перенос соответствующих процедур верификации на более ранние этапы проектирования
- Программные системы создания и верификации проекта должны поддерживать все стандартные языки проектирования

Объекты суперкомпьютерных систем - высокопроизводительные процессоры связанные между собой **коммуникационной сетью**, а, так же, блоки и модули комплекса электрооборудования систем управления и защиты.

Коммуникационная сеть (в данном случае топологии «4D-тор») является неотъемлемой частью любой суперкомпьютерной системы, связывающая множество вычислительных узлов в полноценную вычислительную машину.

Неотъемлемой частью разработки любого программного продукта, в частности модели цифрового устройства, является верификация

Верификация - процесс проверки того, соответствует ли продукт разработки на каждом этапе разработки системы требованиям, установленным на предыдущем этапе.

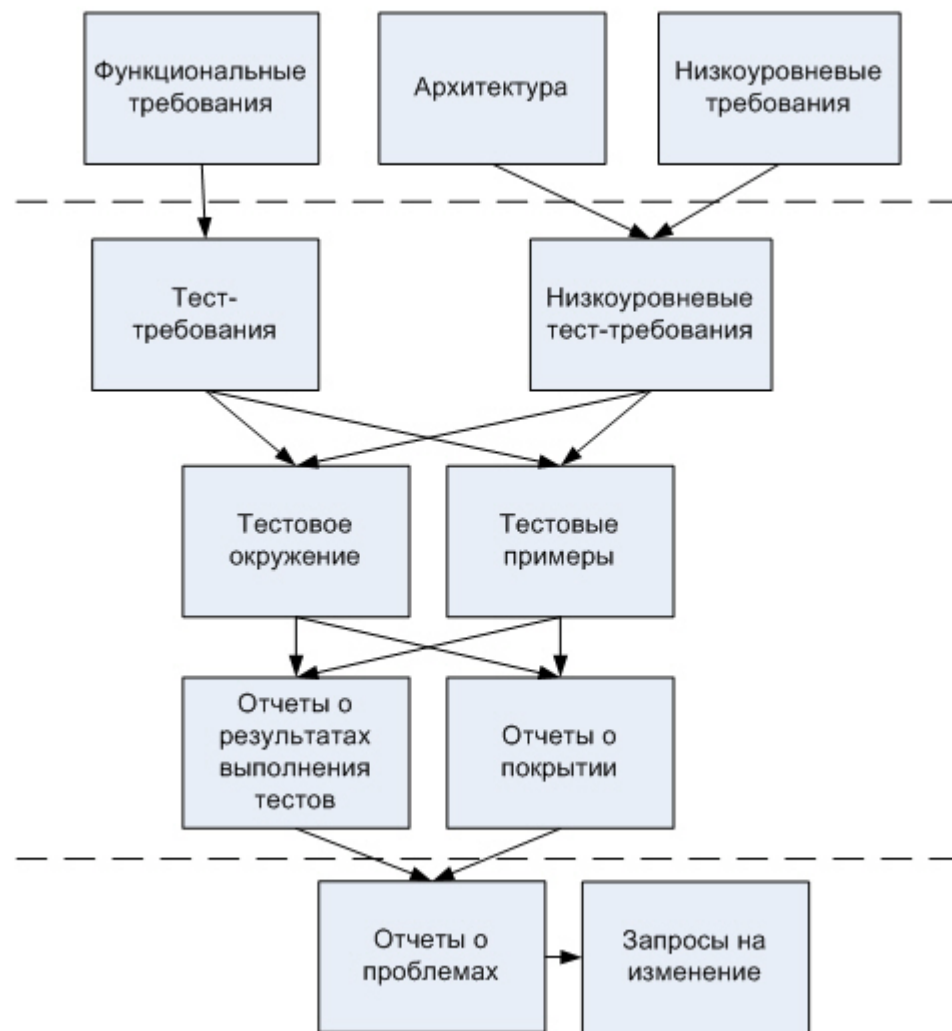


Топология сети «4D-тор» (1 - узлы сети, 2 – связи между узлами)

Верификация исходных текстов программного обеспечения направлена на установление адекватности кода функциональным требованиям.

Верификация высокоскоростной сети осуществляется по следующим критериям:

- соответствие структуры исходных текстов требованиям международных стандартов IEEE 1012, IEEE 829, IEEE 1008 на процессы верификации и валидации;
- наличие несоответствий техническим требованиям системы.
- наличие опасных для отказоустойчивости системы фрагментов исходного кода



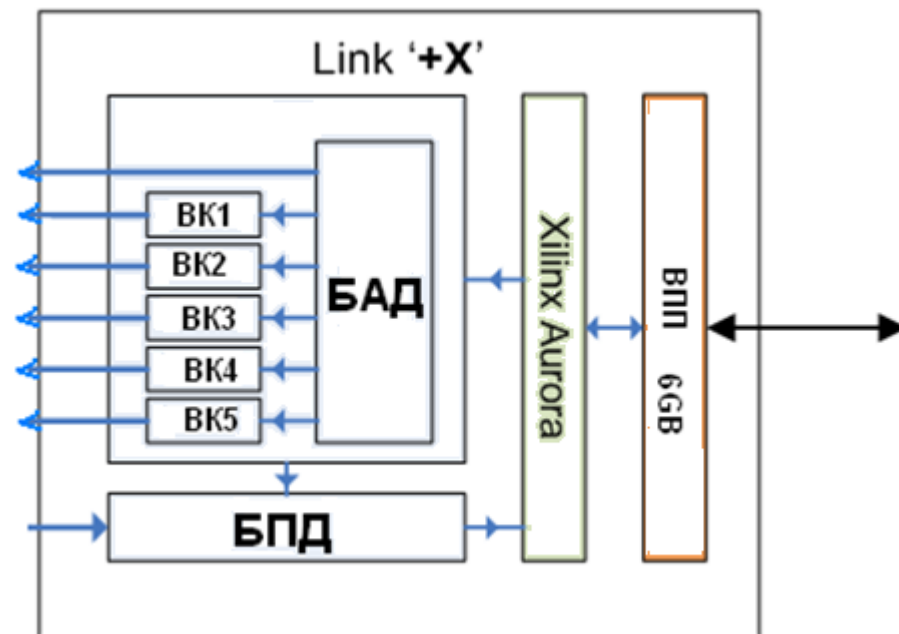
Документация, сопровождающая процесс верификации

Работа посвящена наука где

созданию тестового окружения для блока «Линк» маршрутизатора, обеспечивающего передачу пакетов между узлами коммуникационной сети.

Данный маршрутизатор разрабатывается в рамках проекта «Ангара-С» по созданию суперкомпьютерной системы.

Актуальность данной системы состоит в ее архитектурной ориентации на решение графовых задач, то есть ориентированной на обработку данных больших массивов а не на высокую скорость вычислений. Ожидается возможность обработки графа с количеством вершин 13млн.



Структурная схема блока «Линк» маршрутизатора

БПД – блок передачи данных
БАД – блок анализа и демультиплексор
ВК1..5 – виртуальные каналы
ВПП – высокоскоростной приемопередатчик

Тестовое окружение блока «Линк» маршрутизатора построено с учетом следующих требований со стороны математической модели **чего:**

требуемое количество разрядов, необходимых для контроля целостности передаваемой информации :

$$N_{fl} = F_{crossbar} * (1/ F_{MGT}) * S_{packet} * N_{vc}, \text{ где}$$

$F_{crossbar}$ – тактовая частота кроссбара, Гц;

F_{MGT} – тактовая частота MGT, Гц;

S_{packet} – максимально возможный размер пакета, флит;

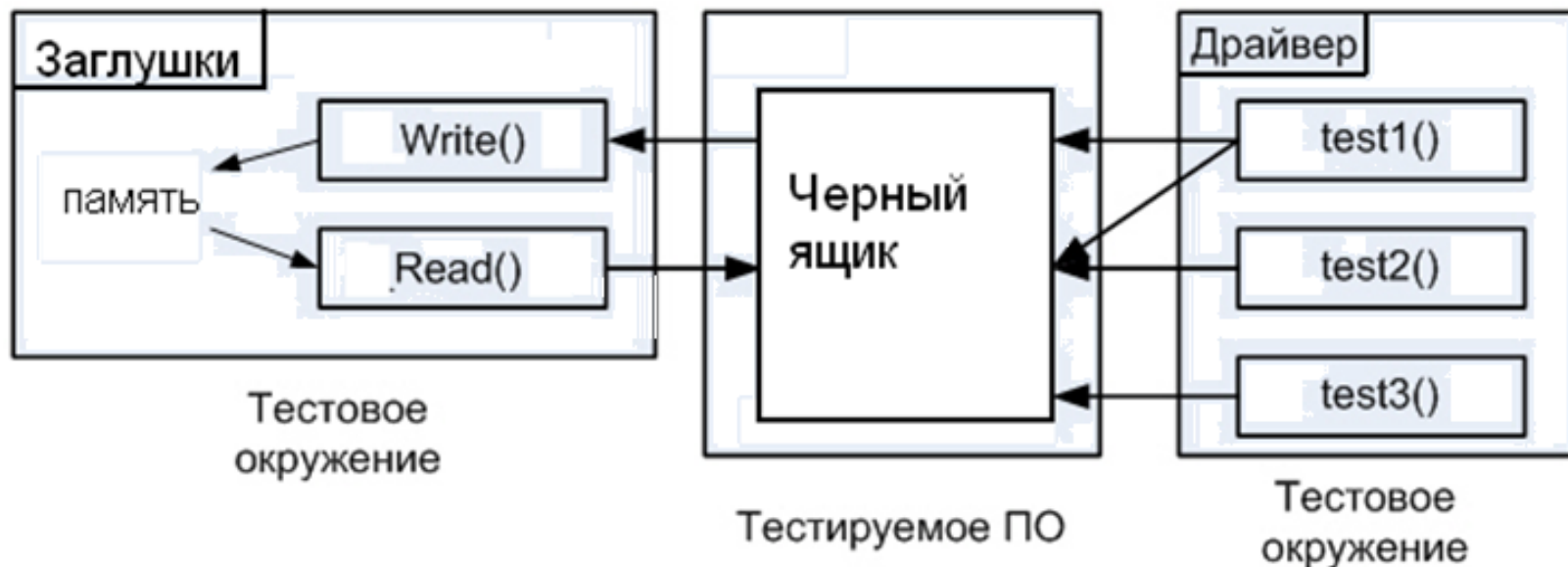
N_{vc} – количество виртуальных каналов.

Функциональные требования к приемо- передающему блоку маршрутизатора – название

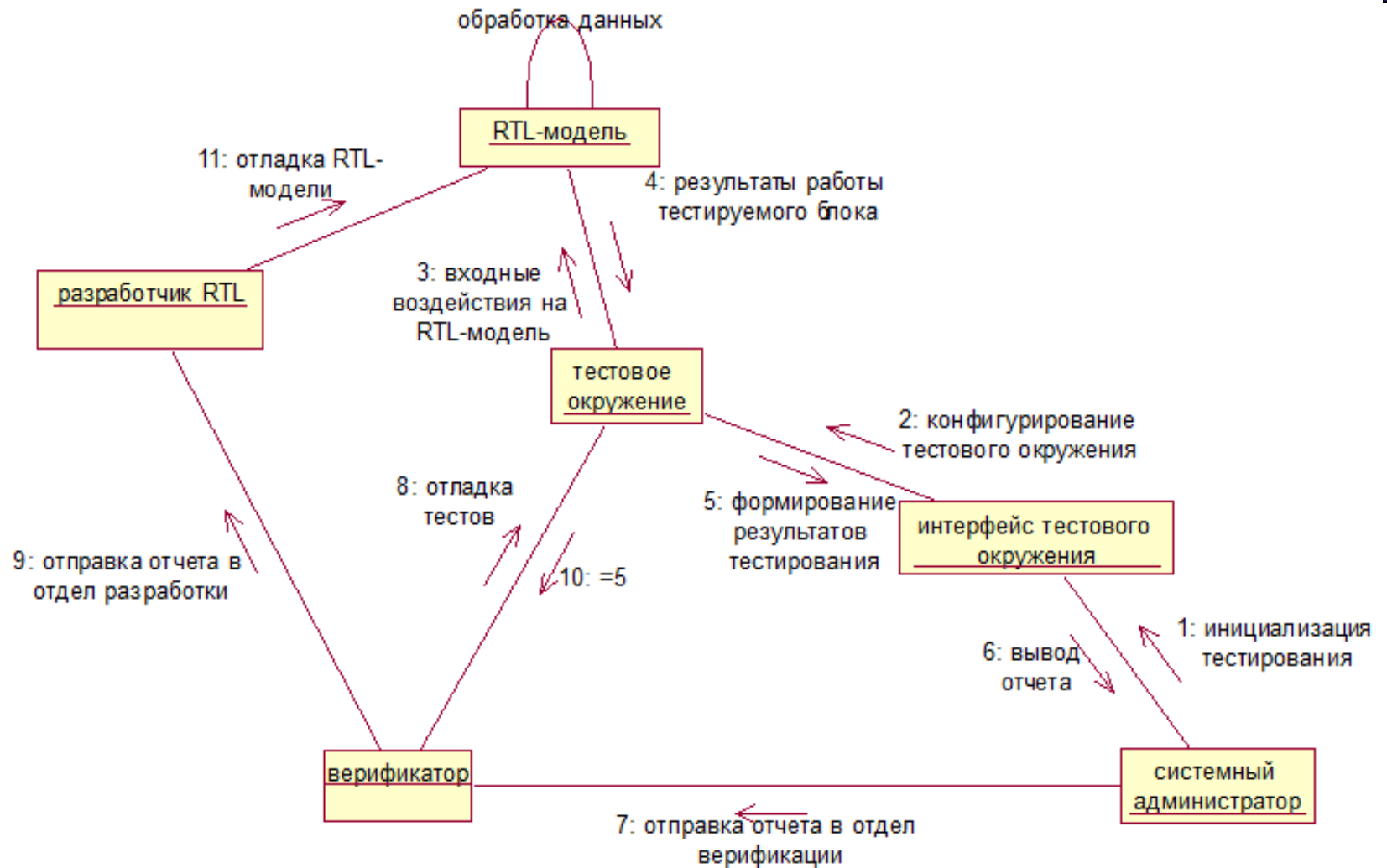
дано сверху

- организация очередности запросов и установление соединений с различными виртуальными каналами маршрутизатора;
- прием данных из других узлов коммуникационной сети и помещение их во внутренний буфер;
- передача данных, принятых во внутренний буфер, на следующий маршрутизатор, не дожидаясь завершения приёма;
- осуществление контроля и удаление из внутреннего буфера пакетов, успешно принятых следующим маршрутизатором, а также повторную передачу пакетов при возникновении ошибки на приёмной стороне;
- осуществление приёма пакетов из сети, их анализ и передача в соответствующий виртуальный канал;
- обеспечение контроля целостности данных пакета.
- Пропускная способность «Линка» не менее 6 Гб/с

Все эти требования подлежат верификации и тестовое окружение должно явно сообщать об их выполнении или возникновении неисправности



Тестовое окружение для RTL-модели блока «Линк» состоит из двух компонентов – драйвера и заглушек. Само тестируемое ПО представляется в виде черного ящика. Драйвер обеспечивает запуск и выполнение тестируемого модуля, а так же выполнение тестов, необходимых для проверки требований, предъявляемых к модели. Заглушки моделируют функции, вызываемые из данного модуля, и генерируют информационные сообщения о результатах тестов. Так же в драйвере генерируется тест, определяющий степень покрытия кода черного ящика, необходимого для оценки корректности тестового окружения.



Краткие выводы по слайду

Диаграмма классов тестового окружения

Скриншот
Интерфейса
Класса А

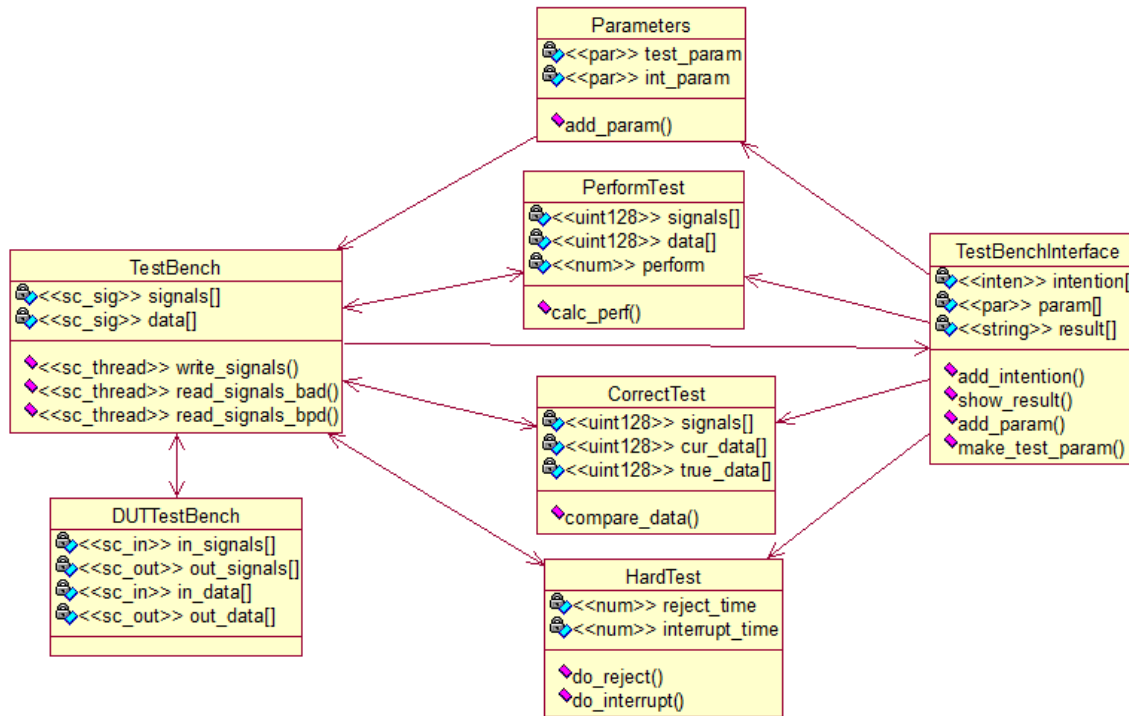
Подпись

Скриншот
Интерфейса
Класса А

Подпись

Скриншот
Интерфейса
Класса А

Подпись



Скриншот
Интерфейса
Класса А

Подпись

Скриншот
Интерфейса
Класса А

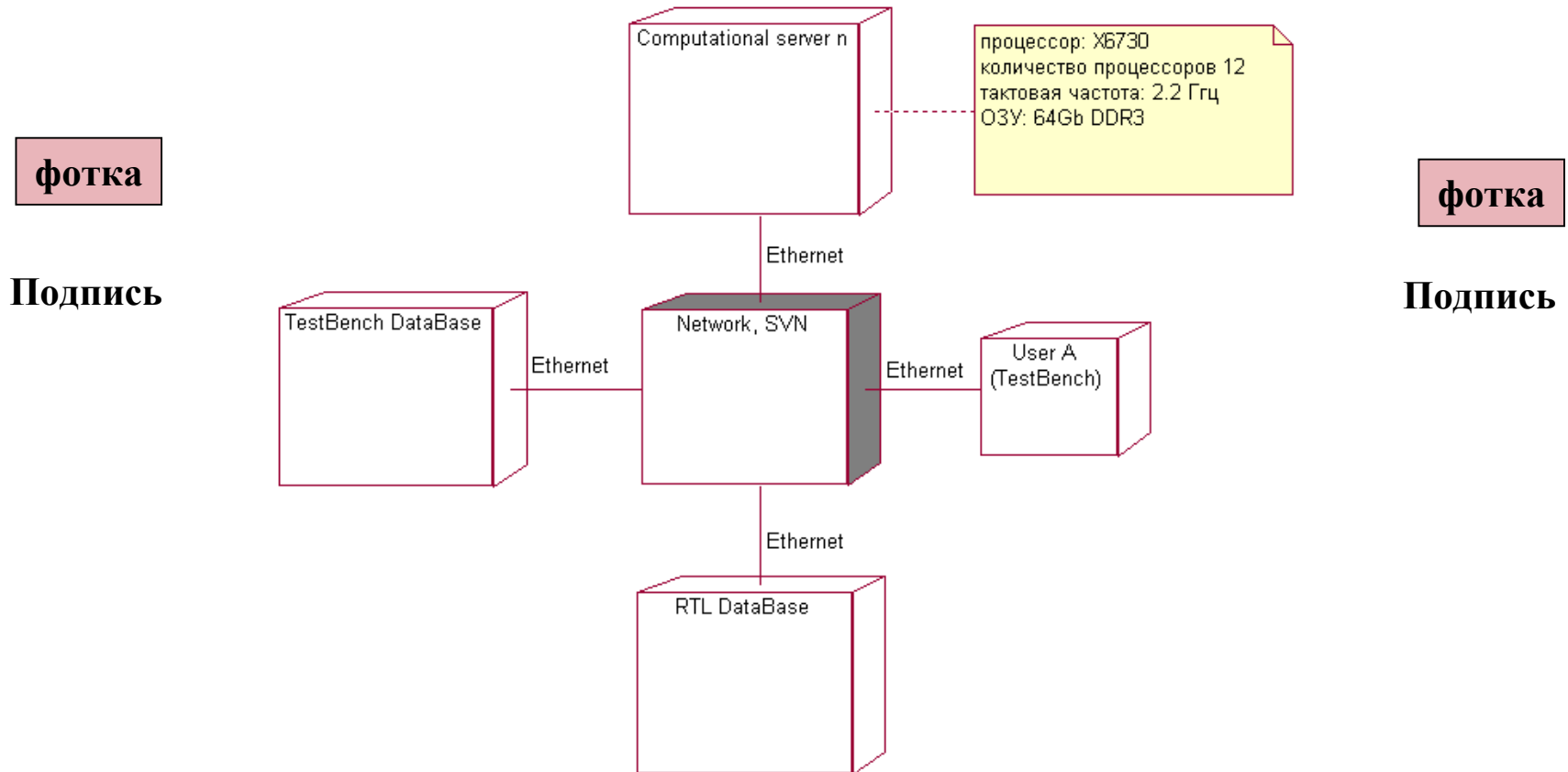
Подпись

Скриншот
Интерфейса
Класса А

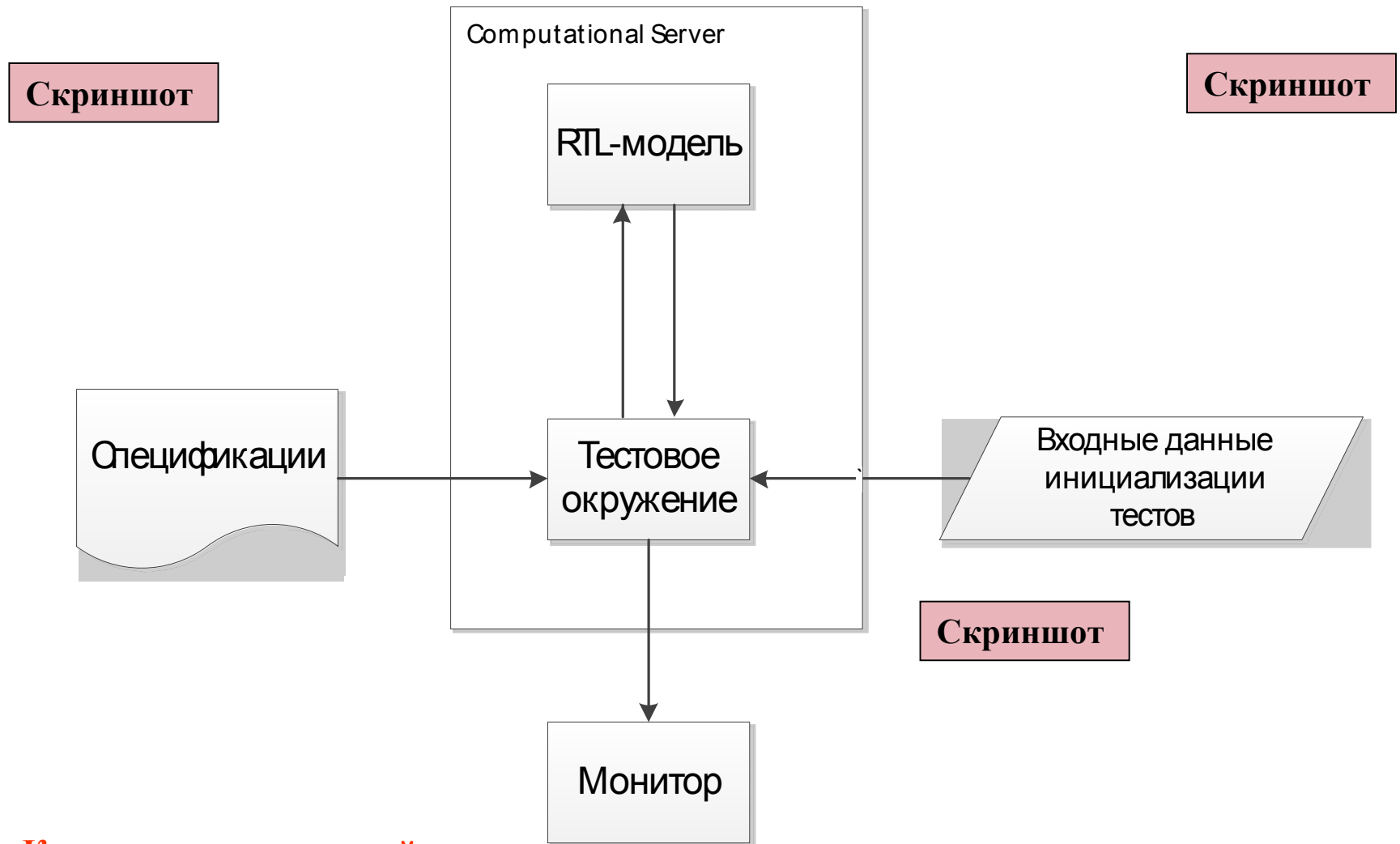
Подпись

Краткие выводы по слайду

Диаграмма развертывания тестового окружения маршрутизатора



Краткие выводы по слайду



Краткие выводы по слайду

Результаты графики что получено в итоге и т.п.

Краткие выводы по слайду

Результаты

- Разработано тестовое окружение блока «Линк» маршрутизатора «Ангара-С», покрывающее 89 процентов исходного кода модуля и позволяющее в режиме реального времени производить контроль скорости передачи данных не менее 6Гб/с.
- Разработаны SystemC-модули, позволяющие отслеживать пакеты данных на передающем и приемном узлах сети, контролировать целостность передачи данных, производить имитацию разрывов соединений сети и операций прерывания.
- Проведен анализ работ по созданию тестового окружения с использованием языка SystemC, показавший уменьшение временных затрат до 30 процентов.

Апробация

Иванов А.М. Методы верификации программных моделей цифровых систем, XIV Молодежная международная научно-техническая конференция учащихся, студентов, аспирантов и молодых ученых «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы-2012»;

Иванов А.М. Методы верификации программных моделей цифровых систем (77-30569/255556) // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2011 №11. - С. 21-21.(журнал ВАК).

**Благодарю
за внимание**