

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.454

Шпак  
Алексей Валерьевич

Модель обмена данными по шине MIL-STD-1553В микропроцессорных  
устройств

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-40 80 03 Вычислительные машины и системы

---

Научный руководитель  
Селезнёв Игорь Львович  
Кандидат технических наук, доцент

---

Минск 2018

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Исследование вопросов моделирования специализированных протоколов обмена данными является важной задачей, необходимой для ускорения процесса разработки встраиваемых систем управления космических аппаратов, а также бортового электронного оборудования авиационной и оборонной техники. Внедрение стандарта MIL-STD-1553B позволило интегрировать многие новые датчики и подсистемы в сфере авионики, однако интерфейсы между компонентами становятся все более сложными. Шина данных 1553B требует специального оборудования и специализированной проводки, что делает ее как дорогостоящей, так и ограничительной для гибкой разработки интерфейсов компонентов.

Системы имитации интерфейсов уже давно были представлены в качестве перспективных инструментов для разработчиков интерфейсов для проверки их дизайна без необходимости дорогостоящего оборудования или сложных кабелей. В диссертационной работе рассматривается один из способов реализации и применения программной модели шины 1553B. Важной задачей исследования является анализ и применение новейших наработок исследуемой области, что полезно для определения потенциала исследования в решении задач моделирования обмена данными последовательного интерфейса MIL-STD-1553B, а также для поиска связей между недавно появившимися идеями и уже проведенной работой в этой сфере. Также важным назначением исследования является рассмотрение и разработка новых практических идей и анализ полученных результатов.

Не смотря на достаточно продолжительный период существования стандарта, в области его моделирования остаются нерешенными некоторые вопросы. Так, к примеру, вопреки тому, что существует ряд теоретических подходов к построению модели обмена данными по шине 1553B, в этой области отсутствуют похожие программные исполнения, целью которых является решение проблемы, описанной в данном исследовании, что объясняется недостаточной проработанностью практической стороны данного вопроса. В виду этого, данная работа является актуальной в том смысле, что предлагает свои варианты и подходы к вопросу организации разработки систем на базе протокола MIL-STD-1553B.

Подводя итог, можно сказать, что данная работа занимается исследованием, актуальным по той причине, что облегчает процесс разработки встраиваемых систем и поиск оптимальных решений на ее ранних этапах без наличия в сборе реальной системы, а лишь на основании анализа модели, что в свою очередь ускоряет процесс разработки всей системы в целом.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является построение программной модели обмена данными по шине MIL-STD-1553B. При этом важно сконструировать такую модель, временные параметры, а также скорость работы, которой будут сопоставимы с временными характеристиками, заявленными в стандарте, и скоростью работы, близкой к реальным аппаратным решениям.

Задачи, поставленные для достижения заданной цели, включают в себя:

1. Анализ протокола обмена данными по шине MIL-STD-1553B.
2. Поиск оптимального способа реализации программной модели в заданных условиях.
3. Построение программной модели для симуляции информационного обмена по шине 1553B.
4. Применение возможностей исполнения программного кода симуляции в привилегированном режиме операционной системы для обеспечения требуемых временных характеристик модели.
5. Оценка работоспособности программной модели обмена данными по шине 1553B.
6. Анализ результатов опытной эксплуатации сконструированной модели.

Объектом исследования данной работы является протокол информационного обмена данными по стандарту MIL-STD-1553B.

Предметом исследования является алгоритмическая и программная реализация модели мультиплексного канала обмена данными последовательного интерфейса MIL-STD-1553B.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке таких методов и подходов к моделированию интерфейса шины данных 1553B, которые подразумевают наличие условий, предусматривающих соблюдение жестких временных требований скорости обмена данными, принятых в стандарте, так как временные характеристики являются важным параметром при практической реализации симуляции протокола. Также теоретическая значимость работы состоит в том, что продемонстрированная реализация программной модели может использоваться для последующих исследований в данной области или в развитии текущего исследования.

Практическая значимость работы состоит в том, что полученное программное решение реализует рассмотренные в данном исследовании алгоритмы и методы в готовом варианте исполнения. Рассматриваемая модель обмена данными по шине MIL-STD-1553B поддерживает скорость симуляции системы близкой к скорости работы реального аппаратного интерфейса, чтобы у пользователя создавалось впечатление работы с реальной платой 1553B.

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя И. Л. Селезнёва заключается в формулировке целей и задач исследования.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, «Компьютерные системы и сети» (Минск, 2 – 6 мая 2017 г.).

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и списка публикаций автора, а также трех приложений. В первой главе работы представлен анализ предметной области, приведены основные результаты по теме работы, опубликованные в зарубежной литературе. Вторая глава содержит необходимые теоретические сведения для разработки программной модели шины 1553В, а также описания требований к конструируемой модели. Третья глава описывает процесс построения программной модели обмена данными по шине 1553В. В рамках данной главы также производится анализ полученных результатов и демонстрируется работоспособность программной модели.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, приведена цель и основные задачи исследования, кратко дана информация об истории и текущем состоянии проблемы.

**В первой главе** «Специализированные протоколы обмена в микропроцессорных системах» приведено описание основных литературных источников, задающих область знаний, рассматриваемую в диссертационной работе. Так в начале главы рассматриваются специализированные протоколы обмена данных в системах авионики и бортовых системах аэрокосмических аппаратов. Для этого описываются понятия цифровой шины данных и мультиплексирования с временным разделением. Дается краткое перечисление возможных вариантов применения стандарта магистрального последовательного интерфейса MIL-STD-1553B.

Затем производится анализ протокола шины 1553B. Рассматривается порядок осуществления обмена информацией по шине, в рамках предусмотренных стандартом форматов сообщений, с перечислением типов применимых устройств, а также их роли в организации передачи данных.

Далее приводится история развития проблемы проектирования и верификации встраиваемых систем космических аппаратов, связанной с большим ростом количества космических аппаратов и сложностью бортового программного обеспечения космического корабля. Приводятся ссылки на литературные источники, освещающие проблему моделирования разрабатываемых интерфейсов на общедоступной аппаратной и сетевой инфраструктуре, а также вопросы формулировки эффективной методологии процесса автоматизации для подтверждения правильности дизайна.

Чтобы продемонстрировать актуальность текущей работы, приводится анализ литературы на имеющиеся оценки эффективности инструментов тестирования шинных устройств 1553B. Также показывается связь между проблемой проектирования и верификации систем управления обменом по шине MIL-STD-1553B и построением ее модели.

Отдельная часть первой главы посвящена обзору литературы, в которой внимание уделено подходам к моделированию протокола шины 1553B. Освещены статьи, которые впервые продемонстрировали методы внедрения поддерживаемого и расширяемого моделирования интерфейса шины данных 1553B. Указаны литературные источники, занимающиеся проблемой практической реализации модели, исследуемого протокола. Для всех освещаемых в первой главе понятий приводится связь с проблемами, рассматриваемыми в текущей работе.

**Во второй главе** «Принципы построения модели шины 1553В» даны все необходимые определения и теоретические сведения для разработки программной модели шины 1553В, а также детально рассмотрены требования к проектируемой модели, связанные с поддержанием скорости симуляции системы близкой к скорости работы реального аппаратного интерфейса. Именно такие, более строгие временные требования, предъявляемые для построения программной модели, необходимы для нужд данной диссертационной работы.

Начинается глава с рассмотрения одного из упомянутых в предыдущей главе работ подходов к программному моделированию шины 1553В, предлагающего использовать в качестве транспортного механизма между виртуальными устройствами шины общедоступные сетевые интерфейсы. Описываются основные недостатки и ограничения отмеченного подхода, связанные с формированием временных задержек при симуляции протокола MIL-STD-1553В. В качестве вывода к данной части работы предлагается решить рассматриваемую проблему с помощью программных средств, предоставляемых операционной системой Windows при исполнении программного кода моделирования в режиме ядра.

В развитии данного подхода приводятся описания определений, связанных с особенностями программирования в режиме ядра, таких как драйвер, пользовательский режим, привилегированный режим, запросы ввода/вывода и т.д. Для описания драйвера, который не обслуживает реального устройства, в данной работе введено понятие драйвер «в-стиле-NT». Рассмотрены базовые элементы структуры простого Legacy драйвера.

С целью использования модуля режима ядра в качестве среды симуляции протокола MIL-STD-1553В, приводятся необходимые теоретические сведения, описывающие процесс взаимодействия между приложением пользователя и драйвером режима ядра. Глава заканчивается формальным описанием выбора и обоснования метода установки драйвера и введением такого определения, как диспетчер управления службами.

**В третьей главе** «Построение программной модели обмена данными по шине MIL-STD-1553В» приводится описание практической реализации программной модели протокола по стандарту MIL-STD-1553В и необходимых для этого алгоритмов и методов программного моделирования. Так в начале главы описывается построение модуля драйвера режима ядра для симуляции шины 1553В, в соответствии с выбором подхода моделирования, который обосновывался в предыдущей главе.

В продолжение главы большее внимание уделяется реализации рабочих процедур драйвера и описанию его внутреннего представления данных.

Производится разработка алгоритма моделирования протокола шины 1553В и определение способа взаимодействия между виртуальными терминалами и виртуальной шиной данных, с использованием отдельных рабочих потоков режима ядра для обслуживания виртуальных терминалов. Демонстрируется, как с помощью использования шаблона проектирования Посетитель для реализации полученной схемы, можно добиться необходимых требований к проектируемой модели, связанных с поддержанием скорости симуляции системы близкой к скорости работы реального аппаратного интерфейса. В качестве завершения анализа практической реализации процесса моделирования, производится выбор метода формирования временных задержек в соответствии со стандартом.

Оставшаяся часть третьей главы посвящена рассмотрению вопросов тестирования среды симуляции, также затронуты результаты, связанные с динамической установкой модуля драйвера режима ядра в систему. С целью демонстрации возможностей среды моделирования производится тестирование и описывается процесс опытной эксплуатации драйвера *Virtual1553B*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследуемая тема проработана в полной мере, были проанализированы литературные источники, изучены детали работы протокола обмена по шине MIL-STD-1553B. Представленный вариант решения задачи соответствует основным требованиям, озвученным в данной работе, предъявляемым к программной модели для симуляции используемого протокола. Поставленная задача построения программной модели обмена данными по шине MIL-STD-1553B выполнена в необходимом объеме, а значит, полученный программный продукт может использоваться в реальных коммерческих проектах.

Была рассмотрена реализация такой программной модели для симуляции обмена данными по стандарту MIL-STD-1553B, скорость работы, которой отвечала бы жестким временным требованиям, принятым в стандарте. Для того чтобы реализовать поставленную в исследовании задачу, была разработана среда моделирования на основе драйвера режима ядра операционной системы Windows. Были продемонстрированы возможности, предоставляемые при исполнении программного кода в привилегированном режиме работы системы, необходимые для осуществления требуемых задач моделирования.

В теоретической главе было введено описание принципов построения модели шины 1553B, основанных на использовании модуля режима ядра в качестве транспортного механизма для организации обмена данными между клиентами драйвера, согласно протоколу информационного обмена MIL-STD-1553B. Для построения среды моделирования была использована простая драйверная модель «в-стиле-NT», позволяющая реализовать взаимодействие с виртуальными устройствами шины.

В рамках данного подхода, подразумевающего работу с виртуальными терминалами и виртуальной шиной данных, был описан вариант реализации симуляции протокола обмена, основывающийся на применении системных потоков режима ядра, а также особенностей их планирования операционной системой, и функций формирования ожидания.

Анализ возможностей среды моделирования драйвера *Virtual1553B* показал, что его применение позволяет осуществить верификацию и проверку систем намного раньше первоначальных тестирований на уровне стендов. С использованием предоставляемого драйвером программного интерфейса, были продемонстрированы преимущества выбранного подхода моделирования.

Возможные сферы применения разработанной программной модели включают в себя средства симуляции управления обменом по шине MIL-STD-1553B, использующиеся для разработки программной части встраиваемых систем бортовой аппаратуры на ранних этапах проектирования.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Шпак, А. В. Модель обмена данными по шине MIL-STD-1553B / А. В. Шпак // Компьютерные системы и сети: материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 2 – 6 мая 2017 г.). – Минск: БГУИР, 2017. – С. 57 – 58.

Библиотека БГУИР