

Тестирование программно-аппаратных интерфейсов ARINC 818 с использованием инструментов компании Great River Technology

Пол Грюнвальд, Great River Technology

Перевод: Валерий Бауткин, Алексей Деев

Одним из современных стандартов авионики является ARINC 818, который ввиду своей грамотно продуманной модульности не только обеспечивает скоростную передачу данных, но и позволяет оперативно и качественно обеспечить тестирование и конечную сборку всей бортовой видеосистемы.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка, тестирование, технологическая доводка и сертифицирование авионики – весьма нетривиальная задача. Бортовые компьютеры, высокоскоростные датчики и дисплеи / бортовые индикаторы имеют собственные стандарты передачи и обработки данных, значительно отличающиеся от стандартов обычных систем видеонаблюдения и пост-обработки. Поэтому необходимо обеспечить не только процесс разработки, причём в достаточно лимитированный срок, но и организовать полноценное тестирование на всех этапах создания будущей бортовой системы.

Типовые задачи, выполняемые с помощью оборудования GRT:

- проверка качества реализации интерфейсов ARINC 818 в FPGA (Field-ProgrammableGateArray – чип, который позволяет перепрограммировать внутреннюю логику уже после установки);
- контроль совместимости и надёжности системы на каждом этапе разработки;
- подготовка тестовых стендов для АТР (Acceptance Test Procedure – автоматизированная проверка всего функционала в рамках технических требований к системе);

- сборка коопита или отдельно авионики для подготовки пилотов, а также создание полнофункционального макета для инженеров-разработчиков.

Линейка оборудования Great River Technology включает в себя платы PCI и PCIe как full-, так и half-size форматов, платы формата XMC, автономные модули преобразования протокола, коммутаторы, многоканальные системы и регистраторы, и, естественно, комплект разработчика программного обеспечения (SDK – Software Development Kit).

В таблице 1 показаны все задействованные модули на различных этапах разработки системы. Основное внимание стоит уделить тому, как эти продукты используются для тестирования и верификации систем датчиков и индикации на базе ARINC 818.

ВЫБОР НЕОБХОДИМЫХ ПАРАМЕТРОВ

Шаг 1: составление первичной блок-схемы системы

Сначала нужно составить наиболее общую блок-схему всей системы ARINC 818, а затем определить те участки схемы, которые необходимо эмулировать и/или тестировать.

После составления схемы верхнего уровня всей системы ARINC 818

(см. рис. 1) необходимо определить, какие именно части нужно эмулировать или контролировать. В нижней части схемы показан частный пример: видеопроцессор скоммутирован с пятью источниками сигнала ARINC 818 и четырьмя дисплеями, выводящими данные после обработки.

Следующий шаг заключается в подробном указании параметров каждого канала передачи ARINC 818.

Шаг 2: определение ICD для каждого канала

Каждый проект ARINC 818 описывается одним или несколькими «документами», содержащими подробную спецификацию интерфейса управления (ICD – Interface Control Document). ICD обязательно содержит информацию о разрешении видео, цветовой схеме, частоте обновления кадра, синхронизации видеостроки, разбиении видеострок по кадрам формата ARINC 818, об объёме вспомогательных данных и многом другом. Разработчик должен самостоятельно определить ICD для своего проекта, но GRT предлагает готовые шаблоны ICD, а также калькулятор распределения временных интервалов (Timing) и примеры типовых ICD, которые можно оперативно переделать под собственные нужды.

Если разработчик столкнулся с трудностями в разработке ICD, GRT может предоставить ICD, оптимизированный под ваши задачи, используя предоставленную информацию о базовых параметрах видеопотока.

Технически системы с ARINC 818 могут использовать единый ICD для

Таблица 1. Использование различных компонент в процессе разработки

Этапы разработки системы	Плата захвата кадра	Генератор видеосигнала	Конвертеры формата*	Анализатор видеопотока и протокола	Регистратор	Видеосистема	Коммутатор	SDK
Программирование FPGA	*	*	*	*	*			
Настройка и отладка бортового компьютера и видеоконтроллера	*	*	*	*		*		*
Автоматическое тестирование	*	*	*	*	*	*	*	*
Подготовка персонала и тестовое моделирование ситуаций	*	*	*	*	*	*	*	*

* ARINC 818 в DVI или DVI в ARINC 818.

всех каналов, но на практике чаще всего используются два или три различных ICD. Количество различных интерфейсных документов может достигать 14.

Шаг 3: выбор функций тестирования

После выбора необходимых компонентов для теста необходимо составить перечень отдельных функций тестирования, причём эта процедура обязательна для каждого отдельного ICD в системе. В таблице 2 показан ряд общих функций и тип оборудования, предлагаемый GRT для каждой функции.

Шаг 4: подбор необходимого оборудования ARINC 818

Поскольку не все продукты GRT одновременно и полностью выполняют функции, перечисленные в таблице 2, скорее всего, понадобятся одна или несколько версий разных инструментов для выполнения всех необходимых тестов. Проще всего составить вторую блок-схему, на которой указано, какие компоненты оборудования содержатся в тестируемой системе и какими продуктами GRT они моделируются или эмулируются.

Затем необходимо выбрать режим тестирования – ручное управление оборудованием или же вся процедура пройдёт автоматически с помощью тестовой программы верхнего уровня. Также необходимо задать подводя-

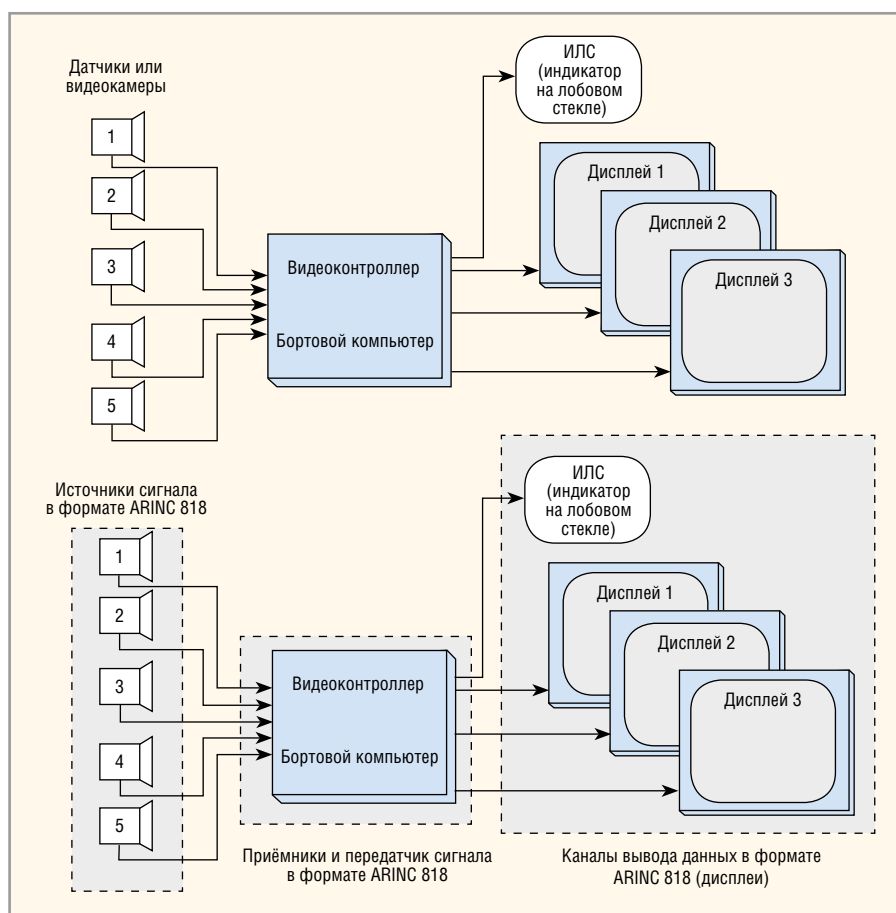


Рис. 1. Блок-схема системы

щий вариант исполнения: 19-дюймовую стойку с установленными платами (Matrix) или отдельные автономные модули HS SAM (High Speed Stand – Alone Module) с USB-интерфейсом.

На рисунке 2 показана та же система, но в данном случае все входы и выходы

имитируются. Для этого были использованы модули HS SAM, но возможно использование и плат Matrix. Входные данные моделируются рабочей станцией, которая выводит видеосигналы на пять отдельных каналов, а модули HS SAM (конвертеры DVI в ARINC 818)

Таблица 2. Продукты по тестам или функциям

№ п/п	Выполняемые функции	Matrix	SAM	VPA	Регистратор / Видеосистема	Коммутатор	XF Tuner	SDK
1	Загрузка тестового шаблона и информации заголовка и передача их по ARINC 818	✓	✓		✓			
2	Получение изображения и информации заголовка ARINC 818 и их отображение	✓	✓		✓			
3	Преобразование ARINC 818 в DVI или DVI в ARINC 818 в режиме реального времени	✓	✓					
4	Запись источника сигнала ARINC 818 на диск в реальном времени	✓			✓			
5	Воспроизведение записанного видеофайла в реальном времени в формате видеопотока ARINC 818	✓			✓			
6	Реализация более одного ICD на тестовой платформе и переключение между различными ICD с помощью программного интерфейса	✓			✓			
7	Захват и детальный анализ первичных данных ARINC 818 для проверки (на уровне байтов) правильности протокола ARINC 818 и корректности видеосинхронизации (линейная или кадровая синхронизация)			✓				
8	Проведение тестирования устойчивости приёмника ARINC 818 с использованием источника, который позволяет эмулировать ошибки, изменять синхронизацию и модифицировать заголовки «на лету»	✓					✓	
9	Отправка тестового шаблона через систему с последующим поликсельным сравнением	✓						
10	Управление двумя или более каналами ARINC 818					✓		
11	Управление оборудованием ARINC 818 через API	✓	✓					✓
12	Одновременное управление/запись двух или более каналов через приложение Matrix Multicard				✓			
13	Интеграция с системой LabVIEW	✓						✓
14	Моделирование канала ARINC 818 (разработка ICD)			✓			✓	
15	Коммутация или разветвление сигнала ARINC 818					✓		
16	Временное мультиплексирование нескольких видеопотоков в один канал ARINC 818	✓	✓	✓			✓	
17	Реализация канала ARINC 818 в режиме «только данные» или обратной связи от датчиков	✓	✓	✓			✓	

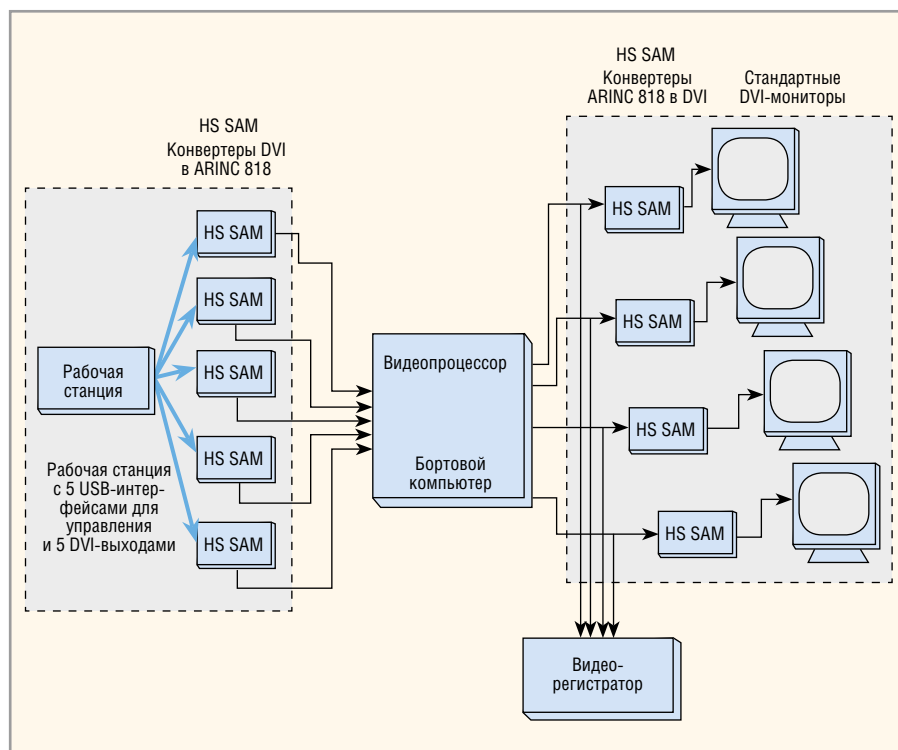


Рис. 2. Блок-схема моделируемой системы

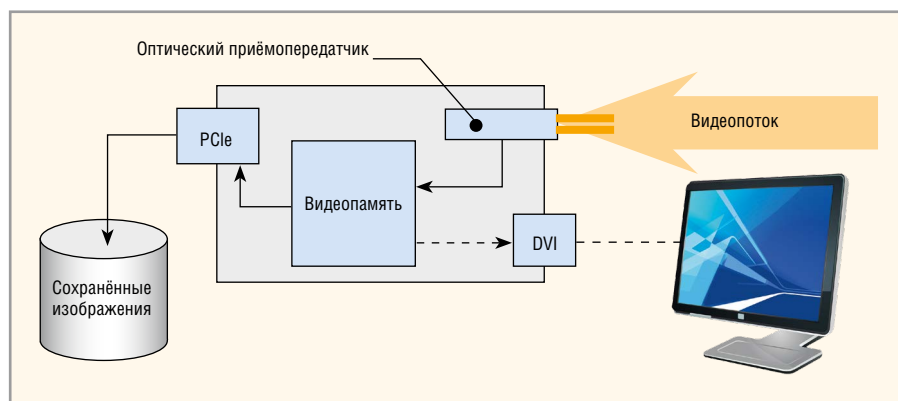


Рис. 3. Плата Matrix, настроенная в режим приёма

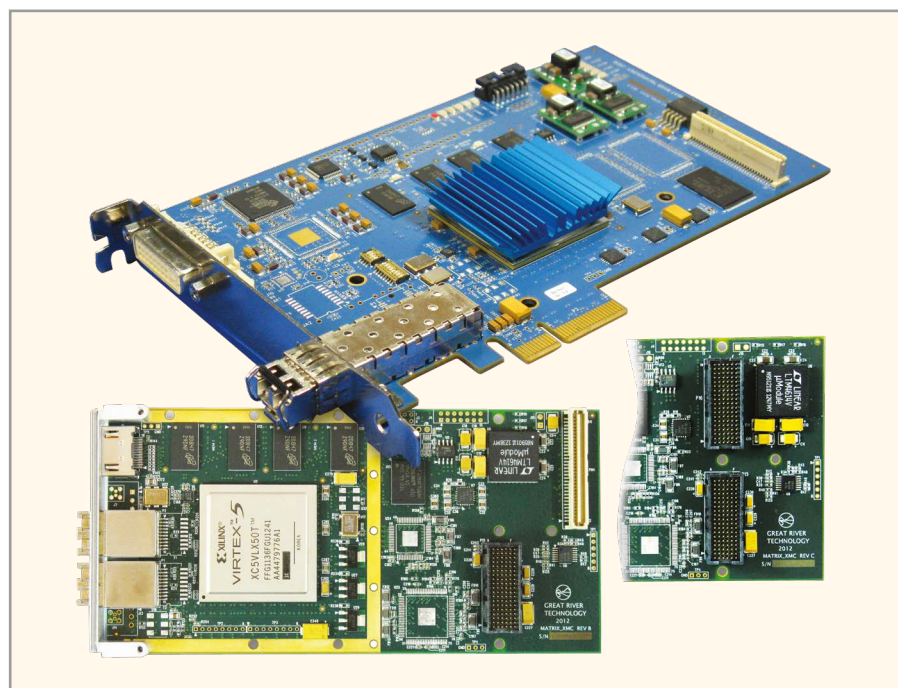


Рис. 4. Плата GRT серии Matrix PCIe4 и два варианта исполнения платы с интерфейсом XMC

преобразуют сигнал. На выходе модули HS SAM (конвертеры ARINC 818 в DVI) позволяют вывести сигнал на стандартные DVI-мониторы. Кроме того, каждый из каналов ARINC 818 записывается в режиме реального времени при помощи видеорегистратора.

Далее будет более подробно описан инструментарий для разработки и тестирования, предлагаемый GRT.

После создания блок-схемы, показывающей систему и задачи моделирования, GRT поможет определить оптимальное оборудование в соответствии с потребностями тестирования.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

Платы видеозахвата, графических генераторов и преобразователей форматов данных

Текущим поколением видеобработчиков являются платы серий Matrix и Matrix Plus, созданные на основе FPGA Xilinx Virtex5 и имеющие дополнительную память и расширенную пропускную способность. Matrix Plus одновременно поддерживает несколько ICD и до четырёх скоростных режимов передачи по каналу ARINC 818. Более того, например, в аппаратном комплексе XF Tuner установлена специальная версия платы Matrix Plus с программной прошивкой, позволяющей использовать её для разработки ICD и инъекции ошибок для тестирования внешних ситуаций (см. рис 3).

Различные варианты коммутирования платы включают разъёмы BNC, SMA, FCN-Twinax или волоконно-оптические модули. Семейство Matrix работает как с 32-битной, так и с 64-битной версией операционных систем семейств Windows и Linux (см. рис. 4).

Эти платы поддерживают скорость передачи данных под управлением контроллера DMA (Direct Memory Access) до 500 Мб/с и обеспечивают пропускную способность канала до 5 Гбит/с для ARINC 818. Медные контакты гарантированно поддерживают скорость до 1,5 Гбит/с. Серия Matrix поставляется в виде полноразмерных и половинных плат PCIe и плат XMC для встраиваемых приложений. Дополнительно инженеры GRT дополнили платы специальными прошивками для прикладных задач, например таких, как поддержка широкоформатных дисплеев LAD (Large Area Display) или специализированных мониторов

с последовательной передачей цветов (Color-Sequential Display). Одна плата Matrix Plus может поддерживать несколько разрешений и скоростей передачи по каналу связи. Стоит только отметить, что при заказе клиентом платы с дополнительными функциями этому заказу присваивается уникальный код.

Все платы Matrix могут отправлять и получать данные в формате ARINC 818 на и от GUI (Graphics User Interface) Great River Technology или, при использовании SDK, передавать данные через PCI Express. Записанное видео также можно воспроизводить с применением приложения Matrix Multicard (см. рис. 5). Порты захвата DVI или VGA могут быть добавлены для прямого преобразования видео в ARINC 818.

Платы XF Tuner используются для быстрой разработки ICD-профилей ARINC 818. Для этого необходимо ввести параметры изображения, такие как разрешение, тип пикселей и частота кадров. Полученные параметры синхронизации протокола ARINC 818 будут отображаться в программном графическом интерфейсе GUI и передаваться на выходной порт ARINC 818 (см. рис. 6).

Графический интерфейс отображает все критические временные параметры передаваемого потока ARINC 818. Корректировка протокола может быть выполнена в режиме реального времени для установки предельных эксплуатационных условий приёмника ARINC 818, например, для линейной скорости и частоты кадров. XF Tuner передаёт любое растровое тестовое изображение и автоматически масштабирует изображение для соответствия параметрам протокола.

Анализатор протокола и видеопотока

Последнее поколение анализаторов протокола и видеопотока ARINC 818 VPA (Video Protocol Analyser) основано на плате Matrix Plus (см. рис. 7), которую можно настроить для работы с несколькими скоростями каналов: 1,0625; 2,125; 3,1875 и 4,25 Гбит/с. При этом анализатор автоматически проверяет системы ARINC 818 на соответствие стандартам протокола. Программное обеспечение анализатора и интерфейс точно и эффективно декодируют и отображают данные, а также флаги ошибок, помогая тем самым разработчику и тестировщику.

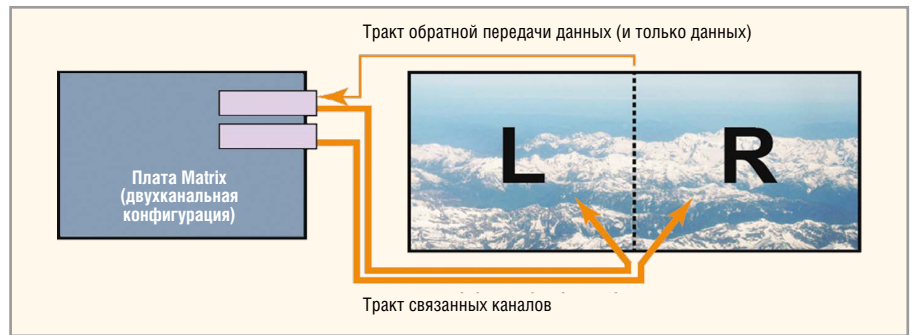


Рис. 5. Matrix в режиме поддержки сенсорного LAD-экрана с использованием каналов видеоданных и обратной связи

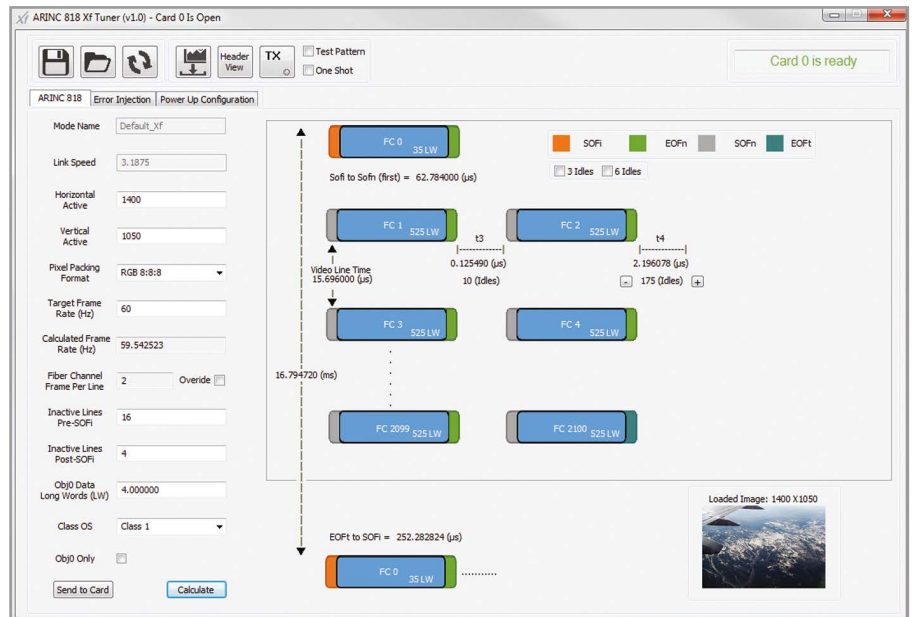


Рис. 6. XF Tuner GUI

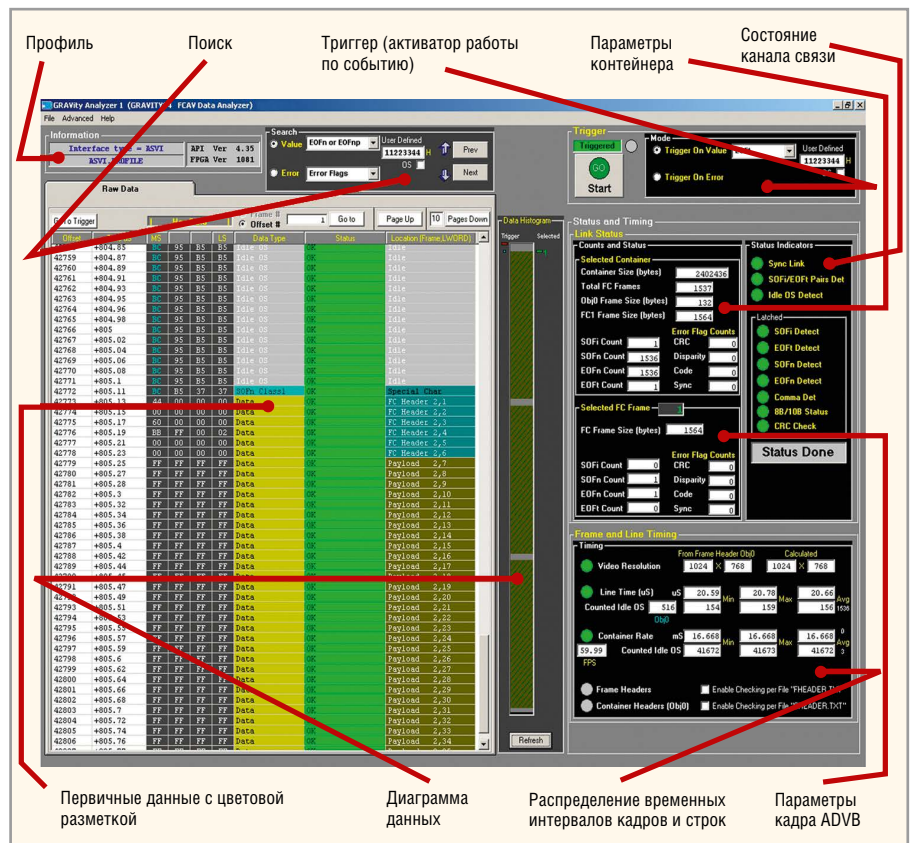


Рис. 7. Ключевые поля анализатора протокола и видео

Основные элементы интерфейса анализатора включают: триггер (активатор работы по событию), RAW-данные (поток данных «как есть», без обработки), модуль поиска сигнатуры,

диаграмму распределения типов данных, состояние канала связи, подробные параметры кадров ADVB и контейнеров, видеоразрешение, распределение временных интервалов кадров

и строк, расшифровку сервисных заголовков ADVB и контейнеров и автоматическую проверку ошибок. Анализатор совместим с любым видеоформатом ARINC 818 и является жизненно необходимым для проектов разработки передатчиков ARINC 818.

Высокоскоростной автономный модуль (HS SAM)

Помимо платы Matrix, компанией Great River Technology разработан высокоскоростной автономный модуль (HS SAM), который может конвертировать ARINC 818 в DVI или захватывать DVI в ARINC 818 в режиме реального времени (см. рис. 8). При этом модулю не требуется компьютер для работы, и он начинает конвертировать сразу при включении питания. HS SAM также может передавать тестовый шаблон ARINC 818.

HS SAM может быть подключён к USB-порту компьютера и управляться с помощью программы HS SAMView (см. рис. 9). Эта программа позволяет выполнять снимки экрана и осуществляет такие функции управления/контроля, как загрузка и извлечение изображений и данных ARINC 818, управление заголовками, в том числе их сохранение и восстановление, а также обеспечивает сохранение данных заголовка в энергонезависимой памяти для автоматической загрузки при включении питания.

Кроме того, есть возможность прочитать данные заголовка передаваемого кадра из файла, редактировать эти данные (при необходимости) и снова загружать их в SAM. Также возможны удалённый мониторинг устройства, отслеживание состояния канала передачи, переключение источников видео, например, между тестовыми шаблонами, входом DVI или статическими изображениями. Один экземпляр программы HS SAMView может управлять несколькими модулями SAM. Конечно, в процессе работы системы структура ICD не может быть изменена, но данные или тестовые шаблоны редактировать или менять не возбраняется.

Подобная гибкость делает HS SAM идеальным средством для тестирования в полевых условиях с ноутбуком или планшетом без необходимости монтажа полномасштабной испытательной станции.

Коммутаторы

Коммутаторы ARINC 818 не являются теми коммутаторами 2-го и 3-го



Рис. 8. HS SAM в заводской конфигурации для преобразования ARINC 818 по оптоволокну в DVI или VGA

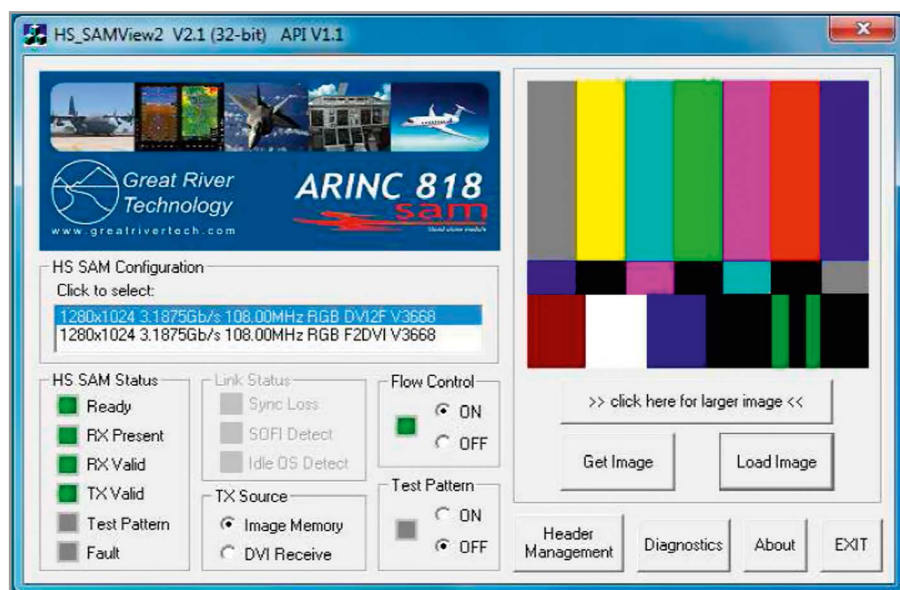


Рис. 9. Интерфейс HS SAMView

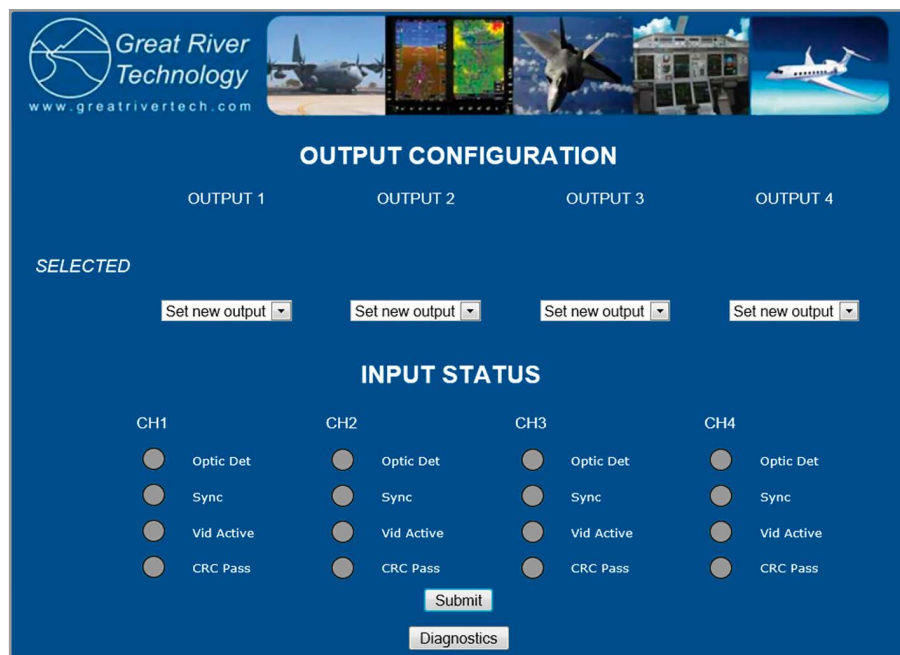


Рис. 10. Коммутатор Panthera управляется с помощью веб-интерфейса, который показывает статус, а также позволяет осуществлять настройку выходов

уровня модели OSI, к которым мы привыкли при использовании протокола Ethernet (хотя протокол может поддерживать маршрутизацию по источнику и назначению). Вместо этого они поддерживают идеологию ARINC 818 в формате «точка–точка». Таким образом, разработанные GRT коммутаторы Pantera 4x4 (см. рис. 10) и Techway 10x10 (см. рис. 11) с управлением по Ethernet являются кросс-точечными устройствами, предназначенными для обеспечения разветвления или дублирования одиночного входа ARINC 818.

Это может быть полезно как при тестировании, так и в тренажёрах и при моделировании, где единственный источник видео необходимо отображать на нескольких дисплеях одновременно для записи или мониторинга.

Коммутаторы, производимые Techway – партнёром GRT, на основе разработанного GRT IP-ядра могут управляться либо с помощью веб-интерфейса, либо с помощью SNMP. Все коммутаторы поддерживают «интеллектуальное переключение» видеокадров, что означает, что система будет ожидать конца текущего видеокадра перед переключением в соответствии со спецификацией ARINC 818-2. Коммутаторы могут также выступать в качестве разветвителей сигнала (один вход, два или более одинаковых выходов).

Регистраторы и системы

Одной из проблем, стоящих перед инженерами, является необходимость для полномасштабного тестирования и потоковой записи разрабатывать всю систему целиком – от проектирования до конечного монтажа. Вопросы совместимости с оборудованием, программным обеспечением, операционными системами и требованиями к производительности часто усложняют процесс собственно тестирования или регистрации систем ARINC 818.

Работа с отделом комплектации и внутренними IT-службами так же может привести к потерям времени и замедлению проектов разработки и тестирования. GRT предлагает полностью настроенную, оптимизированную и протестированную систему многоканальной записи, воспроизведения, моделирования, обучения и тестирования. Такие системы в самых разных вариантах: от небольших 1–2 канальных портативных устройств до больших систем без монитора и клавиатуры, которые могут генерировать 12 потоков ARINC 818.

Система Титан, показанная на рисунке 12, представляет собой 19-дюймовый модуль в стойечном исполнении, который может записывать до 8 потоков данных ARINC 818 в течение периода длительностью до 40 часов в зависимости от ICD и типа хранения данных: в сжатом или исходном виде. Максимальное время записи для систем GRT (при условии одного активного канала, 24-битного цвета, частоте кадров 60 Гц, без сжатия) показано на рисунке 13. При необходимости системы регистрации могут быть оснащены высокоскоростным RAID-контроллером и графическим ускорителем аппаратного сжатия. Накопители могут быть съёмными в режиме Hot-Swap, что необходимо для воспроизведения и анализа на наземной станции.

Преобразователи и генераторы можно объединять на общем шасси, устанавливая до 12 плат, и использовать для управления операционные системы семейств Windows или Linux, но можно сконфигурировать систему для полностью автоматической работы при включении питания без необходимости взаимодействия с программным обеспечением и сторонним управляющим процессором.

Чтобы определить конфигурацию системы, наилучшим образом подходящую для выбранных целей, важно понять требования к системе. Рабочая таблица 3 поможет в определении необходимых функций и возможностей.

Приложение Matrix MultiCard (см. рис. 14) может управлять сразу несколькими платами, установленными в системе, создавая индивидуальные области просмотра для каждого устройства. Из интерфейса программы можно задать рабочую функцию для каждой платы (передатчик или приёмник).

Таблица 3. Таблица планирования

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Количество каналов	–	Назначение временных меток	Да / Нет
Длительность записи	–	Точность назначения временных меток	+/- (время)
Сжатие	Да / Нет	Количество дискретных входов / выходов	–
Запись заголовков	Да / Нет	Проигрывание видеофайла на внешнем мониторе	Да / Нет
GPS	Да / Нет	Передача записанного видео в канал ARINC 818	Да / Нет
Съёмный винчестер	Да / Нет	Жёсткие условия эксплуатации	Да / Нет
Предпочтительный форм-фактор	Башня / Стойка	Дистанционное управление	Да / Нет
IP-трансляция потокового видео	Да / Нет	Система архивирования по сети Ethernet	Да / Нет



Рис. 11. Коммутаторы 10x10: а – конфигурация для 19-дюймовой стойки; б – защищённая конфигурация для лётных испытаний



Рис. 12. Системы Titan строятся на трёх базовых конфигурациях

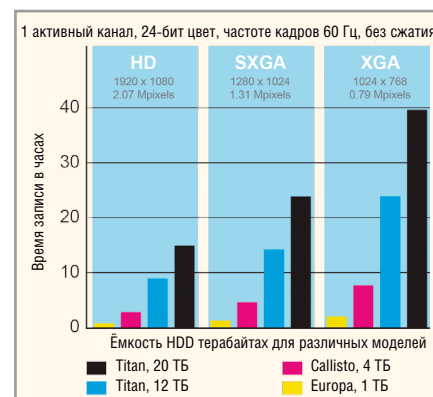


Рис. 13. Максимальное время записи для систем GRT

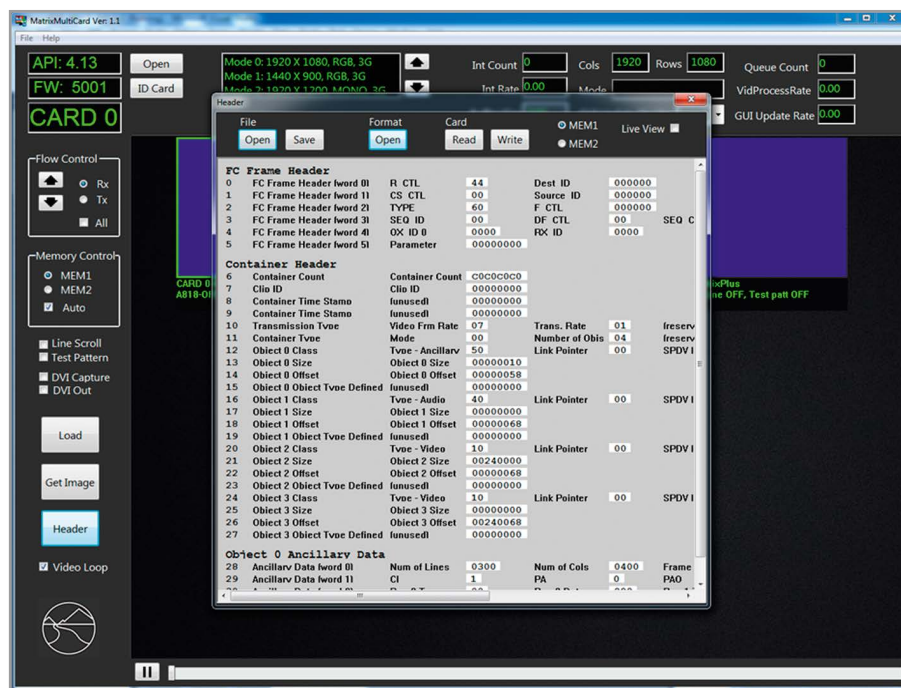


Рис. 14. Приложение Matrix MultiCard

Платы Matrix могут быть настроены для передачи статичных растровых изображений, тестовых таблиц или видеороликов формата .mp4 или .avi. Когда платы сконфигурированы как приёмники, можно просматривать несколько входящих видеопотоков ARINC 818 в реальном времени прямо в интерфейсе приложения. Приложение также обладает возможностью просматривать в графическом интерфейсе содержание принимаемого Объекта 0.

Callisto – это средняя по типоразмеру платформа для инженерных разработок, моделирования и лётных испытаний систем ARINC 818 (см. рис. 15). Каждое устройство поддерживает до трёх каналов ARINC 818, настроенных производителем под конкретные задачи. Четыре базовые конфигурации, два варианта шасси и многочисленные функции и опции обеспечивают гибкость настройки с перекрыванием практически всех потребностей инженера-разработчика.

Еурога – это система, выполненная в компактном корпусе, которая включает в себя одну или две платы Matrix для инженерных разработок, проверки качества и лётных испытаний. Доступны одно- и многофункциональные системы.

Каждая из систем (Callisto, Titan и Еурога) выполнена в нескольких базовых конфигурациях с широкими возможностями для дополнения основных функций, а установленные платы Matrix конфигурируются на соответствие профилю (ICD) проекта.

Комплект средств разработки программного обеспечения (SDK)

Для большинства программ методология сертификации и тестирования продукции требует возможности автоматизации проверки оборудования и регистрации результатов для последующего анализа. GRT предлагает готовое программное обеспечение для всех своих продуктов для различных операционных систем и сред тестирования.

Обе платы (Matrix и Matrix Plus) поддерживаются в средах Windows и Linux. API (Application Programming Interface – интерфейс программирования приложений) позволяет получить доступ к плате для конфигурирования и мониторинга ARINC 818. Обширные примеры кода позволяют быстро разрабатывать собственное прикладное программное обеспечение. Для тех, кто использует LabVIEW™ для разработки систем с платами Matrix, дополнительно разработан SDK с примерами и функциональным кодом, который может быть быстро адаптирован с учётом потребностей инженера. GRT также поддерживает разработку приложений под VxWorks.

Модуль HS SAM Gen II полностью поддерживается с помощью простого в использовании API ARINC 818. Дополнительно в SDK включена полная документация по функциям API и примеры кода. Знания уровня аппаратной реализации или низкоуровневого программирования USB не требуется, так как API обрабатывает весь обмен данными по USB.

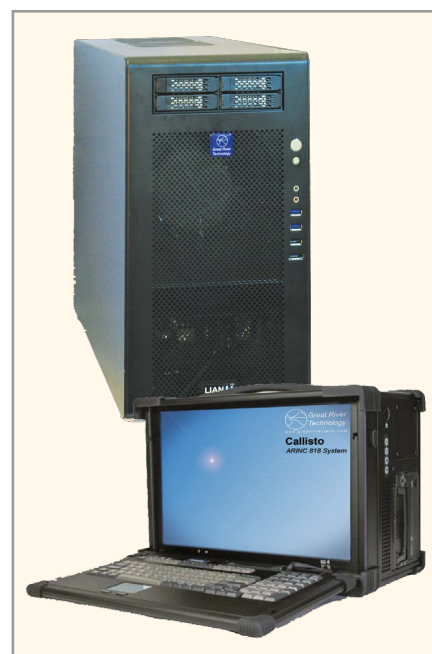


Рис. 15. Варианты исполнения корпуса для установки различных модулей и плат Callisto

GRT также разрабатывает эксклюзивные программные модули на заказ для обеспечения конкретных потребностей проектов клиентов. Например, для сравнения изображений, используемых при проведении приёмочных испытаний, заказчикам требуется дополнительный модуль, позволяющий поэлементное сравнение пикселей эталонного изображения с изображением, полученным с помощью передатчика ARINC 818. При этом существует возможность задания критерия пригодность/непригодность с учётом числа сравниваемых последовательных изображений и количества ошибок пикселей при прохождении теста.

В общем же случае инженеры GRT могут существенно упростить разработку сложного испытательного оборудования путём разработки заказного программного обеспечения в соответствии с вашим техническим заданием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как и в любом проекте, тем более в связанном с повышенными требованиями к надёжности и точности, успешная реализация зависит от чёткости технических требований и хорошо разработанных технических процессов. Система ARINC 818 получила популярность у инженеров благодаря скорости, надёжности и модульности. Со всей аппаратной линейкой GRT можно ознакомиться в Интернете [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. www.greatrivertech.com





ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»



ПРИГЛАШАЕМ НА КОНФЕРЕНЦИЮ

«Контрактное производство электроники в России – возможности и перспективы»

Москва, ГК «Измайлово», 18 ноября 2015 г.

ПОДРОБНОСТИ НА **EVENTS.DOLOMANT.RU**



- **Обсудим** ситуацию на российском рынке разработки и производства электроники: возможности, анализ, перспективы импортозамещения
- **Рассмотрим** актуальные вопросы законодательства
- **Поговорим** об информированности отечественного заказчика о российских производителях электроники: налажен ли диалог?

Реклама