

# Расширение возможностей стандарта ARINC 818 для работы с высокоскоростными датчиками и системами

## Часть 2

Тим Келлер, Пол Грюнвальд, Great River Technology

Материал предоставлен ЗАО «Фаворит-ЭК»

Спецификация стандарта ARINC 818 была впервые обнародована в 2006 г. и недавно подверглась существенному обновлению. В первой части статьи (№ 8, 2014) рассматривались все новые возможности, заложенные в спецификацию, и те преимущества, которые они создают для реализации систем разведки, наблюдения и рекогносцировки (ISR) и систем противодействия. В данной части приводится несколько примеров применения.

### ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА ARINC 818 №1: ПЛАТФОРМА С ДАТЧИКАМИ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ ISR

В этом примере рассматривается интерфейс оптических датчиков (смонтированных на платформе, установленной на шарнирном узле) с применением одного выполненного по стандарту ARINC 818 канала связи на коаксиальном кабеле. Используются длинноволновые (LWIR) и коротковолновые (SWIR) ИК-датчики и датчики, действующие в видимой части спектра. Видеотракт работает на скорости 6,375 Гбит/с, а обратный тракт для команд и сигналов управления – на скорости 21 Мбит/с (см. рис. 6). Данная система требует применения специализированного чипсета фирмы Epcologic.

Предполагается, что используются ИК-датчики со следующими характеристиками: разрешение 1000 × 1000, 14-разрядная цветность (чёрно-белый

режим), частота 60 Гц, и каждый из них требует скорости передачи – 110 Мбит/с. Используемая же обычная оптическая камера имеет следующие характеристики: 1080p, 24-разрядная цветность (цветной режим), частота 60 Гц, требуемая скорость передачи 373 Мбит/с. Суммарная скорость передачи должна быть равной 593 Мбит/с ( $110 \times 2 + 373$ ). Если добавить к этому «накладные расходы» протокола ARINC 818, то получается, что требуется скорость передачи – 610 Мбит/с. В системе применяется видеоконцентратор ARINC 818, а информация от каждого из датчиков пакетизируется в кадры ARINC 818. При этом для каждого из датчиков в заголовке пакета указывается поле уникального адреса источника (Source ID Field). ADVB-пакеты поступают на одну линию ARINC 818, которая проходит через контактное кольцо. Сигналы каждого из трёх датчиков могут быть выделены (восстановлены) платой обработки видеоизображений по их адре-

сам (Source ID). Кроме того, в системе имеется возвратный тракт со скоростью передачи 21 Мбит/с, по которому на каждый из датчиков передаются команды и управляющие сигналы.

Преимуществом использования одного ARINC 818-интерфейса является снижение массы системы и количества потребляемой ею энергии. Поскольку в каждом пакете ARINC 818 имеется поле с вычисленным для этого пакета кодом циклического контроля (CRC), пакеты с повреждёнными данными легко выявляются. Согласно протоколу ARINC 818 видеoinформация разбивается на пакеты длиной не более 2112 байтов, поэтому даже если некоторые данные будут повреждены, их доля в видеоизображении будет ничтожно мала.

Описанные три датчика синхронизируются посредством символа SOFi в обратном тракте данных ARINC 818. Благодаря тому что изображения синхронизированы по времени, их слияние – задача достаточно простая.

### ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА ARINC 818 №2: ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДАТЧИК ДЛЯ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ЦЕЛЬЮ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

В этом примере в системе используется высокоскоростная ИК-камера высокого разрешения, предназначенная для идентификации и слежения за несколькими представляющими интерес для пользователя целями. В ситуации, когда пользователю особенно интересна одна из целей, формируется область интереса (Region Of Interest, ROI), которая подлежит особому отслеживанию с более высокой частотой обновления информации. Такую систему можно рассматривать в качестве части системы, реализующей подход Tip – Cue – Slew – Find – Fix – Finish («Подозрение (о наличии цели) – Явные признаки (цели) – Наведение (на цель) – Обнаружение – Захват – Уничтожение»). В рас-

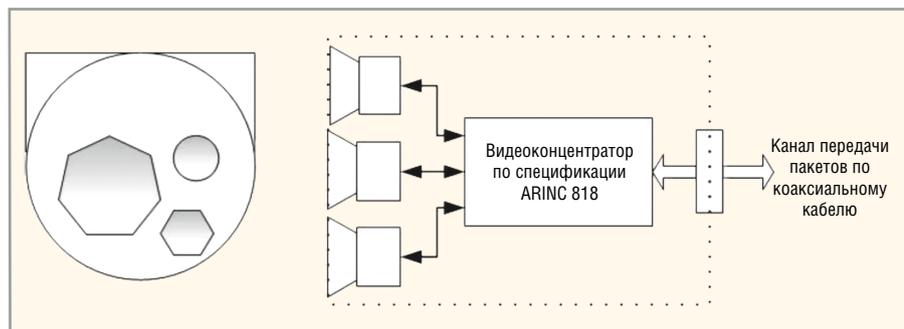


Рис. 6. Иллюстрация платформы с датчиками, содержащей три устройства и интерфейс через один двунаправленный канал связи, работающий со скоростью 6,375 Гбит/с и реализованный на коаксиальном кабеле, который проходит через контактное кольцо



Рис. 7. Последовательность изображений – первое с полным разрешением и обновлением с частотой 100 Гц, следующие – с обновлением выделенной области интереса с частотой 1000 Гц

смаатриваемом случае речь идёт о том, как спецификация ARINC 818-2 позволяет датчику лучше обнаруживать, классифицировать и отслеживать цель.

Предполагается использование высокоскоростного ИК-датчика с разрешением  $2000 \times 2000$ , 14-разрядной цветностью (чёрно-белый режим) и с двунаправленным интерфейсом по спецификации ARINC 818. Скорость передачи сигнала от датчика – 8,5 Гбит/с, к датчику – 1,0625 Гбит/с. Вначале датчик работает в режиме полной разрешающей способности  $2000 \times 2000$  на частоте 100 Гц, что требует скорости передачи 7,34 Гбит/с. Это вполне укладывается в возможности одного канала ARINC 818 (скорость 8,5 Гбит/с) или двух связанных каналов (со скоростью 4,25 Гбит/с каждый). Для того чтобы обеспечивалась требуемая пропускная способность, 14-разрядные пиксели упаковываются вплотную, а не по тому варианту, когда для размещения 14-разрядного пикселя используется 16-разрядное слово. Как показано на рисунке 7, изображение с полным разрешением имеет три области интереса, но одна из них становится областью непосредственной угрозы, требующей принятия мер противодействия. Используя функцию выделения полос/областей интереса, предусмотренную в спецификации ARINC 818, интерфейс передачи только данных от видеопроцессора к датчику выделяет для более плотного отслеживания область интереса размером  $512 \times 512$ . После этого датчик начинает передавать изображение данной области с частотой 1000 Гц. Это позволяет системе противодействия захватить объект-цель (например, ракету) и вести её с достаточно высокой для приведения в действие средства электронного или лазерного противодействия точностью.

Одной из главных проблем любой системы управления является пробле-

ма минимизации сигнала ошибки – разности между фактическим положением цели и тем её положением, которое формируется в системе в качестве прогноза. Учитывая тот факт, что современные ракеты «земля–воздух» могут развивать скорость до 2380 м/с (число Маха = 7), даже при частоте обновления изображения равной 1000 Гц, изменение положения цели за период смены кадров может достигать 2,38 м (точное значение этого параметра зависит от ориентации отслеживаемой цели). Конечно, современные системы управления умеют обрабатывать алгоритмы оценивания состояния цели (положение/скорость). Однако эти алгоритмы не являются безошибочными, и ввод в контроллер фактических значений положения и скорости цели, а не расчётных их значений, минимизирует ошибку. Система, построенная с применением интерфейса ARINC 818, будет ограничена в большей степени реальной скоростью обновления информации в системе управления или временем, необходимым для преобразования в цифровые данные сигнала с ИК-датчика, чем скоростью передачи данных по каналу ARINC 818. Например, автономная цифровая система управления двигателем (Full Authority Digital Engine Control, FADEC), устанавливаемая на турбинном двигателе самолёта, в общем случае имеет частоту обновления данных всего 5 мс и 20 мс (200 Гц или 50 Гц). Это определяется динамикой (частотной характеристикой) двигателя (противопомпажная защита и защита от превышения частоты вращения вала). А вот динамика летящей ракеты, для обеспечения достаточной точности отслеживания, требует обновления данных с частотой в диапазоне 1000...10 000 Гц. Если бы ИК-датчик и компьютер, обрабатывающий алгоритмы слежения за целью, были бы способны работать с такими частотами, то

со стороны канала связи по спецификации ARINC 818 ничто не препятствовало бы формированию области интереса размерами  $128 \times 128$  пикселей и с частотой обновления 10 000 Гц. Так что спецификация ARINC 818-2, которая предусматривает двунаправленную связь (позволяющую передавать управляющие сигналы), выделение областей интереса и переменную скорость передачи видеоизображений, имеет два ключевых достоинства:

- построенный на её основе физический интерфейс с датчиком не окажется узким по пропускной способности местом;
- возможность пересылать информацию, отображающую область интереса, создаёт предпосылки к более точному слежению за целью и к устранению соответствующей угрозы.

Возможна некоторая вариация описанного примера, в которой интерфейс ARINC 818 конфигурируется на передачу «комбинации изображений». Отправляются изображения всей картинкой и картинкой области интереса с полным разрешением (например, с частотой обновления 20 Гц) и изображения только одной области интереса с частотой 1000 Гц или даже «одновременно» могут передаваться изображения пяти разных областей интереса с частотой обновления 200 Гц каждая. Такое решение позволило бы сохранять контроль над ситуацией в целом и в то же время внимательно отслеживать цель, представляющую наибольшую угрозу.

### ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА ARINC 818 №3: ДАТЧИК С УЛЬТРАВЫСОКОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ДЛЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЦЕЛЯМИ В ОБШИРНОМ РАЙОНЕ

Спецификация ARINC 818-2 предусматривает расширение диапазона скорости передачи от FC 8x до верхнего

предела FC 32x (28 Гбит/с). Использование ПЛИС (FPGA) нового класса (выпуск которых освоен компаниями Xilinx и Altera) и трансиверов, рассчитанных на скорость 28 Гбит/с, даёт возможность реализовать функцию связи каналов в отношении двух линий. (Напомним, что имеется в виду «расщепление» потока пикселей на потоки нечётных и чётных пикселей или потока видеострок на потоки правых и левых строк). Такое решение позволит выйти на скорость ~50 Гбит/с, в случае использования двух каналов (два оптоволоконных кабеля), или на скорость 100 Гбит/с при использовании четырёх каналов (четыре оптоволоконных кабеля). Например, цветная видеокамера с разрешением 8000 × 8000 с 24-разрядной цветностью при работе на частоте 20 Гц требует пропускной способности равной ~40 Гбит/с. Очевидно, что это требование легко может быть удовлетворено, если реализовать связь на двух оптоволоконных кабелях 32x с применением функции связывания каналов по спецификации ARINC 818. Благодаря применению новых возможностей, заложенных в спецификацию ARINC 818-2 (выделение областей интереса, двунаправленная связь и наличие множества контейнеров), несколько изображений с полным разрешением могут быть «скомбинированы» с изображениями, имеющими меньшую разре-

шающую способность, но характеризующимися более высокой частотой кадров. Поскольку в вышеописанном примере имеется запас по пропускной способности, превышающий 10 Гбит/с, появляется возможность включения в систему дополнительных датчиков со сравнительно малым разрешением с коммутацией их в режиме разделения времени в тот же канал, на котором работает основная видеокамера. Таким образом, будет реализована система интеграции датчиков, подобная той, которая описана в Примере №1.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарт Avionics Digital Video Bus («Цифровой видеоинтерфейс авиационного радиоэлектронного оборудования с высокой скоростью передачи данных»), которому присвоено обозначение ARINC 818, первоначально разрабатывался с ориентацией на дисплеи, установленные в кабинах пилотов воздушных судов. В настоящее время, благодаря тому что стандарт обеспечивает высокую пропускную способность и надёжность, он распространился на область высокоскоростных датчиков. Последние изменения, внесённые в стандарт и оформленные в его новой редакции ARINC 818-2, способствовали применению протокола ARINC 818 в системах разведки, наблюдения и рекогносцировки (ISR), а также в системах противодей-

ствия и в других системах, требующих очень высокой пропускной способности. Они также содействовали реализации функции выделения областей интереса, наблюдение за которыми требует очень высокой частоты обновления информации, и функции коммутации нескольких датчиков на один канал связи в режиме разделения времени. Сегодня разработчики систем ISR и систем противодействия наталкиваются на определённые технологические барьеры. В частности, это «узкие места» физических каналов связи по пропускной способности. Происходит это на фоне острой потребности решения двух задач:

- выделение областей интереса, наблюдение за которыми требует высокой частоты обновления информации;
- поддержка работы датчиков с ультравысокой разрешающей способностью.
- На выручку им приходит протокол ARINC 818-2, который позволяет упрощать структуру разрабатываемых систем и способствует оптимизации параметров SWaP («Габариты, масса и мощность»).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Keller T., Alexander J. ARINC 818 Express for High-Speed Avionics Video and Power Over Coax. Proc. SPIE 8383. Head- and Helmet-Mounted Displays XVII; and Display Technologies and Applications for Defense, Security, and Avionics VI. 2012. 

## Новости мира News of the World Новости мира

### Скорость самого быстрого в мире чипа составила 1 трлн циклов в секунду

Появился новый чип, который минимум в 250 раз быстрее самого мощного процессора для настольных систем. И этот чип был создан в рамках программы Управления перспективных исследовательских программ Пентагона DARPA под названием Terahertz Electronics (сам чип называется Terahertz Monolithic Integrated Circuit – TMIC), конечной целью которой является «упаковка» вычислительной мощности суперкомпьютера в чип твердотельного однокристального микропроцессора.

Чип, способный выполнять 1 трлн циклов в секунду, является экспериментальным изделием известной американской компании Northrop Grumman. Терагерцовая производительность позволила ему сместить с почётного пьедестала первенства чип, изготовленный в 2012 году, тактовая частота которого

составляла 850 ГГц, а производительность – на 150 млрд циклов в секунду меньше, чем производительность нового чипа.

Современная электроника, построенная на дискретных твердотельных компонентах, пока ещё принципиально не может работать в субмиллиметровом диапазоне электромагнитного спектра. И в первую очередь это связано с недостаточной скоростью работы транзисторов. Все попытки «залезть в терагерцовый диапазон» были основаны на технологиях преобразования переменного тока одной частоты в переменный ток большей частоты. Однако такой подход ограничивает выходную мощность электронных устройств в целом и оказывает негативное влияние на соотношение сигнал-шум. Кроме этого, технологии преобразования частоты увеличивают вес, размеры устройства и количество потребляемой устройством энергии.

В основе чипа TMI лежат абсолютно иные принципы увеличения частоты. А использован-

ные в чипе широкополосные высокочастотные усилители обеспечивают разницу уровней между входными и выходными сигналами всего в 6 дБ при работе на тактовой частоте в 1 ТГц. Этот прорыв может привести к появлению множества революционных технологий, таких как терагерцовые сканеры для систем безопасности, радары для автомобилей-роботов, коммуникационные системы, значительно превосходящие по характеристикам существующие системы и спектрометры, способные с высокой точностью и чувствительностью определять наличие потенциально опасных химических и взрывчатых веществ.

Пока ещё неизвестно, сколько именно потребуется времени для того, чтобы терагерцовые технологии перешли из разряда опытных лабораторных технологий в разряд практических. Первым делом, данные технологии появятся в военной технике.

[www.dailytechinfo.org](http://www.dailytechinfo.org)  
со ссылкой на [gizmodo.com](http://gizmodo.com)