

Опыт применения ADV202 JPEG2000-кодека от Analog Devices

Авторы:

**Горбачёв Василий Викторович. Ведущий инженер НИЛ-33 НИЧ МТУСИ,
Седов Михаил Олегович. Студент 5-го курса МТУСИ.**



Горбачёв Василий Викторович.

Вейвлет-компрессор ADV202 - достаточно новое изделие на российском рынке электронных компонентов. Обобщённой и доступной разработчикам информации о его применении пока нет. В некоторых ситуациях опыт применения нарабатывался настолько наощупь, что невольно вспоминается каламбур известного римского оратора Плиния Младшего: "Первым может считать себя тот, кто сильно отстал от предпоследнего". Справедливости ради необходимо отметить, "предпоследний" не подвёл. Помощь от службы технической поддержки Analog Devices, нашего "предпоследнего", значительно ускорила процесс освоения изделия.

Особую благодарность хотелось бы выказать специалистам этой службы Юзо Шиды (Yuzo Shida) и особенно Кристин Бако (Christine Bako), которые оперативно поддерживали нас в ситуациях, когда возникали проблемы, не освещённые в технической документации компании-производителя.

Начальные сведения об устройстве и возможностях кодека можно получить на странице <http://www.analog.com/en/prod/0%2C2877%2CADV202%2C00.html> сайта ADI. FTP-ресурс ftp://ftp.analog.com/pub/Digital_Imaging/ содержит большой объём технической документации на это изделие. Поскольку изделие это достаточно новое и находится в стадии инженерных образцов, всем, осваивающим его, нужно быть готовыми к относительно частой смене

релизов технической документации.

Необходимо сказать несколько слов о том, какими мотивами можно руководствоваться при выборе конкретного компрессора, хотя это и не является предметом этой статьи. Одним из основных элементов стратегии выбора является сравнение устройств одного семейства, в данном случае компрессоров, по алгоритму компрессии и конструктивным особенностям. Впрочем, сравнить в полном объёме в рамках этой статьи методы компрессии, основанные на дискретном вейвлет-преобразовании (DWT - discrete wavelet transform) и дискретном косинусном преобразовании (DCT - discrete cosine transform) преобразованиях, конечно, не удастся. Этой теме посвящено немало публикаций. Для конечного пользователя важно знать, что вейвлет-преобразование позволяет несколько увеличить эффективность компрессии и дает возможность избавиться от эффекта блочности, который является артефактом компрессии JPEG, основанной на DCT. Первая из указанных особенностей вейвлет-компрессии важна для экономии объема среды хранения данных и эффективного использования полосы пропускания канала передачи. Вторая - для визуального восприятия реконструированного изображения. У вейвлет-компрессии есть ещё одно свойство, выгодно отличающее её от DCT. Вейвлет-декомпозиция изображения (распаковка) позволяет восстанавливать его с отличным от исходного пространственным разрешением, кратном меньшим степени 2. Показателем степени в этом случае будет количество уровней вейвлет-преобразования. Это очень важно в тех ситуациях, когда ресурс среды передачи не позволяет передать всю декомпозицию на приёмный конец без снижения кадровой скорости. Во всём вышеизложенном нет никакой апологетики вейвлет-методов, а всего лишь изложены наши соображения при выборе ADV202 в условиях конкретной задачи. В частности, последнее свойство вейвлет-преобразования явилось для нас определяющим в выборе метода компрессии.

Для проведения сравнения ADV202 с представителями своего класса вейвлет-кодеков с точки зрения конструктивных возможностей можно предложить лишь пару моделей кодеков. Скромность сравнительного ряда объясняется, прежде всего, тем, что ADV202 один из первых кодеков стандарта JPEG2000. В какой-то мере можно попытаться сравнить его с предыдущим изделием ADI (ADV601) и изделием компании Amphion (CS6590). На момент написания статьи никаких других весомо представленных изделий этого класса, за исключением частных реализаций компрессоров в аппаратной среде сигнальных процессоров и FPGA, нам найти не удалось.

Для того чтобы убедиться в значительном преимуществе ADV202 по сравнению с двумя отмеченными моделями, достаточно даже поверхностного сравнения. Основное различие между ADV601 и ADV202 заключается в том, что в ADV601 реализован "фирменный" алгоритм вейвлет-компрессии компании Analog Devices, а ADV202 - это аппаратная реализация стандарта JPEG2000. Точности ради необходимо отметить, что ADV601 вообще не может самостоятельно производить сжатие. Идеологически он реализован как сложное специализированное периферийное устройство к линейке сигнальных процессоров ADI. Сама микросхема кодека выполняет вейвлет-преобразование, вычисление



Седов Михаил Олегович.

статистики кадра, собственно сжатие (квантование) и энтропийное кодирование сжатого изображения. Для вычисления коэффициента сжатия используется сигнальный процессор, который по переданной ему статистике кадра и условиям, заданным извне, вычисляет коэффициент сжатия и затем передает его в кодек. Конечно, вместо сигнального процессора может использоваться другая host-машина. В отличие от ADV601, ADV202 это полнофункциональный кодек. Он имеет большой объем внутренней памяти для всех стадий операций компрессии-декомпрессии. К сожалению, нам пришлось столкнуться с некоторыми ограничениями в использовании этой памяти, о чём будет сказано ниже. Однако пока ADV202 не вышел из периода инженерных кристаллов, есть надежда, что всё это можно списать на "детские болезни" изделия.

Amphion CS6590 - наиболее похожее на ADV202 устройство. В небольшой степени это связано с тем, что оба они являются реализациями стандарта JPEG2000. Однако, на наш взгляд, и в этом сравнении ADV202 имеет ряд преимуществ, которые для краткости сведены в следующий список.

1. ADV202 имеет большой объем внутренней памяти, в то время как в CS6590 предусмотрена только память на один блок (tile) размером до 128x128 пикселей.

2. ADV202, в отличие от CS6590, имеет полнофункциональный ITU-R-BT656-совместимый видео-интерфейс, что позволяет подавать сигнал на него непосредственно с выхода АЦП.

3. Объем доступной на сайте производителя документации для ADV202 значительно больше.

4. ADV202 доступен в России в небольших количествах, что очень важно на этапе НИОКР и при мелкосерийном производстве.

Один только последний пункт способен был бы "убить наповал" многих потенциальных конкурентов ADV202, если бы они имелись. В этой связи необходимо отметить, что дизайн CS6590 рассчитан на использование аппаратной среды ПЛИС. В документации Amphion в качестве таковых указываются кристаллы компаний Altera и

Xilinx. А как учит нас грустный российский опыт, обычно устройства "заливаемые" в ПЛИС доступны в России чаще всего в "килоштуках". И даже возможность получения образцов от компании-производителя, если таковая имеется, не спасает положения, если на этапе НИОКР следует мелкосерийное производство.

Собственно изложение опыта применения ADV202 можно начать с упоминания об эволюционных платах для этого компрессора. Для ADV202 их анонсировано три. Две из них представляют собой PCI-платы для оценки компрессии видео стандартного разрешения (ADV202SD-EB) и видео высокого разрешения (ADV202HD-EB), а третья позволяет оценить использование ADV202 при построении CCTV-систем (JPEG2000 VidPipe). Безусловно, полезные на этапе начальной оценки алгоритма компрессии и затем конкретных схемотехнических приёмов для условий России, однако, эти устройства чаще всего не очень подходят

платам может быть найдено в учебном процессе соответствующих специальностей ВУЗов.

Отсутствие версии компрессора ADV202 в QFP форм-факторе несколько осложняет проведение НИР с его использованием. Разработка и изготовление прототипа печатной платы с посадочным местом под BGA-корпус - занятие непростое везде, а в России в особенности. Если же вслед за первым прототипом предполагается ещё и второй, и, не дай Бог, третий, весь процесс превращается просто в подвиг щедрости и терпения. В нашей конкретной ситуации было принято решение разработать и изготовить мезонинную печатную плату, на которую устанавливается только микросхема кодека ADV202. На период НИР посадочное место компонента ADV202 в PCAD'e приобрело вид этой платы. При этом требования к прототипу основной подмезонинной платы остаются приемлемыми для НИР. Внешний вид одной из таких плат представлен на иллюстрации.



Кроме некоторой экономии времени и денег получается ещё довольно удобный доступ ко всем выводам кодека для контроля сигналов.

Все основные процедуры по инициализации и запуску кодека описаны в документе "Getting Started with ADV202", который доступен на FTP-сайте ADI. Всё изложенное в документе хорошо совпадает с действительностью. Однако у этого вполне достойного документа, нашёлся все же один недостаток. После ознакомления с текстом и уже после начала работ, через некоторое время стало ясно, что рядом с этим документом должен был бы, находится ещё и следующий, название которого могло бы переводиться примерно так: "А теперь продолжим с ADV202". Иными словами, руководящая часть документа "Getting..." заканчивается запуском кодека в работу после процедуры инициализации. Как управлять прибором во время работы, пришлось выяснять у службы технической поддержки ADI, поскольку документация об этом умалчивает.

Вкратце процедура инициализации состоит из следующих этапов:

- Загрузка специального программного обеспечения (firmware), бинар-

по критерию стоимость/эффективность применения. Опыт применения аналогичной платы для предыдущей разработки ADI - ADV611 (CCTVPipe) показал относительную неэффективность их при разработке конкретных проектов. После прохождения двух упомянутых выше этапов плата несколько раз использовалась для сравнения функционирования проблемных участков проекта. Причём сделать это в желаемом объёме не всегда удавалось из-за разницы в схемотехнике. Если учесть, что в отличие от ADV601, кодек ADV202 имеет несколько режимов работы и две шины для вывода компрессированных данных, полезность приобретения эволюционной платы становится ещё более сомнительной. Скорее всего, оптимальное применение таким

ные и ASCII-файлы которого есть на FTP-сервере ADI. Firmware для режима кодера содержит 32 килобайта кода, исполняемого внутренним микроконтроллером ADV202, недоступным снаружи.

- Предварительная инициализация. Процесс, во время которого в специальную область памяти заносятся параметры сессии: формат входного видео, разрядность видео-АЦП, количество уровней wavelet-преобразования и т.п.

- Инициализация. Это процедура чтения "Application ID" из специального регистра кодера. Совпадение полученного значения с указанным в документе "Getting..." говорит о том, что firmware работает штатно.

- Пост-инициализация. Конфигурирование DMA-канала, если это необходимо.

- Сброс одного из флагов прерывания и старт операций компрессии/декомпрессии.

Инициализация проводится через масштабируемую (16,32 разряда) SRAM-подобную асинхронную host-шину. Такие шины повсеместно используются в MCS51-совместимых микроконтроллерах. В нашей задаче такой контроллер не применялся, поэтому была сделана программная эмуляция host-шины, работающей с тактовой частотой около 100 КГц. Для упрощения и ускорения обмена программная обработка сигнала ACK (Acknowledge) не проводилась. На этапе отладки протокола host-шины его наличие контролировалось логическим анализатором. А впоследствии адекватные реакции кодера на команды, и в частности совпадение Application ID, служили косвенным подтверждением его наличия.

После старта кодера начинается процесс компрессии/декомпрессии. Для удобства описания сосредоточимся на процессе компрессии. Всё сказанное ниже достаточно прозрачно транспонируется для режима декомпрессии.

Обширная периферия 202-го позволяет создавать системы с различной конфигурацией. Система периферийных шин кодера выглядит следующим образом:

- Порт ввода (вывода в режиме декомпрессии) некомпрессированного цифрового ITU.R-BT656-совместимого видеосигнала - Pixel interface. 8-12 разрядов.

- Порт для связи с host-машиной - Host Bus. 16-32 разряда. DMA-функциональность.

- Порт для вывода (ввода) компрессированного видеопотока в формате JPEG2000 - JDATA. 8 разрядов. Выделяется из host-шины, но работает по синхронному протоколу.

- Последовательный SPI-подобный двунаправленный порт, работающий в режиме - Master.

Host-шина, о которой уже упоминалось выше, имеет два основных режима работы. Режим обычного асинхронного обмена отдельными словами программируемой разрядности - Normal Host Mode, и режим DMA с программируемой величиной пакетов и разрядностью слова. Есть ещё третий режим, при котором часть host-шины работает по протоколу JDATA. С учётом этого возможны четыре способа обмена данными в режиме компрессии. Они сведены в Таблицу 1.

Далее необходимо сделать одно существенное замечание относительно скорости работы host-шины. Выше уже упоминались эксперименты с программной эмуляцией шины, работающей на частоте 100 КГц. Строго говоря, это не документированный режим работы шины. В Data Sheets на ADV202 (Rev.B) в таблице 4 на стр. 6 задаётся параметр tRCYC, определяющий время цикла шины по чтению (аналогичный параметр tWCYC - по записи, таблица 5). Максимальное время этого цикла связано с внутренней тактовой частотой JCLK и равно пяти периодам этой частоты. При программировании PLL обычное значение этой частоты устанавливается равным 108 МГц при входной тактовой частоте 27 МГц (MCLK). Таким образом, минимальная частота обращения к host-шине при таких условиях будет около 20 МГц. Однако, как выяснилось во время экспериментов, до момента старта компрессии/декомпрессии (см. процедуру инициализации) вполне работоспособна "задумчивая" реализация host-шины. Но вот считывание компрессированных данных с такой скоростью уже невозможно. Появляется внутреннее аппаратное прерывание (недокументированное) и останов ядра кодера. Такую конфигурацию host-шины можно использовать

для уменьшения стоимости проекта. При этом в качестве host-машины используется недорогой микроконтроллер, который только программирует кодек и управляет им, а компрессированные данные выводятся в режиме JDATA. В качестве примера такой конфигурации можно предложить апробированное решение изображённое на блок-схеме.

Честности ради нужно объяснить такую тягу к экспериментам. Отчасти это конечно просто российский менталитет (как тут не вспомнить анекдот про сибирских лесорубов, испытывавших японскую бензопилу). Но была и более прагматичная причина. Эксперименты проводились с целью использования внутренней памяти кодера в качестве буфера при работе с медленной линией связи. Но, как выяснилось, использовать внутреннюю память в таком качестве, видимо, невозможно, что можно считать недостатком этого изделия. Наверное, у разработчиков компрессора были причины для создания именно такой конфигурации, тем не менее, с точки зрения пользователя не очень понятное ограничение функциональности, тем более что существуют примеры таких решений, где внутренняя память компрессора является буфером линии связи. Например JPEG-baseline кодер фирмы Toshiba - "Chameleon".

Рискуя сказать банальность, отметим всё-таки безусловную полезность сравнения конкретных участков разрабатываемого изделия с "Bug-листом" ADV202 (ftp://ftp.analog.com/pub/Digital_Imaging/ADV202_PCN_and_Errata). В нашем опыте освоения режима JDATA почти своевременное обращение к документу "ADV202 PCN and Errata for ADV202-ES3 samples" (сейчас уже есть версия ES5) позволило потратить не очень много времени на борьбу с одним из "детских" дефектов кодера.

Несколько слов необходимо сказать о полезных вспомогательных средствах для использования ADV202. В книге Дж. Миано "Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии" приводится пример программы

Входная шина	Выходная шина	Режим вывода данных
Pixel Interface	Host Bus	Normal Host Mode
Pixel Interface	Host Bus	DMA
Pixel Interface	Host Bus-JDATA	JDATA Mode
Host Bus	Host Bus	HIPI-Host Interface Pixel Interface*

Таблица №1. Использование периферийных шин кодера в режиме компрессии
* В HIPI-режиме то же возможно использование Normal Host Mode и DMA.

JPEGDump (имеется исполняемый код на диске) для "разборки" кодового потока JPEG-baseline. По аналогии с ней полезно сделать подобную программу и для JPEG2000. Такая программа (у нас она называется - Jpeg2000Dump) декодирует блоки и маркеры JPEG2000 и выводит полученную информацию в текстовом виде. Помимо декодирования программа также анализирует структуру файла в соответствии с основной версией стандарта JPEG2000 (ISO/IEC 15444 1) и если в нём есть ошибки - сообщает об этом.

Основная версия стандарта JPEG2000 описывает два формата файла - jp2 и j2c. Jpeg2000Dump поддерживает оба. Файл в формате j2c содержит кодовый поток (code-stream), то есть все необходимые данные для декодирования изображения. А файл jp2 инкапсулирует j2c и, кроме кодового потока, хранит ещё и метаданные.

При работе с файлом j2c программа обрабатывает маркеры (marker). Большая часть маркеров содержится в заголовке файла. В области данных могут содержаться только два типа маркеров: Start of packet (SOP) и End of packet header (EPH). Программа находит маркер и, если он ей известен, запускает функцию обработки этого маркера. Если маркер не известен, то выводится его код в шестнадцатеричном виде и данные, которые содержит маркер. Программа контролирует наличие обязательных маркеров и сообщает, если какой-то из них отсутствует. Обработка маркеров в области данных заключается в подсчёте количества маркеров SOP и EPH.

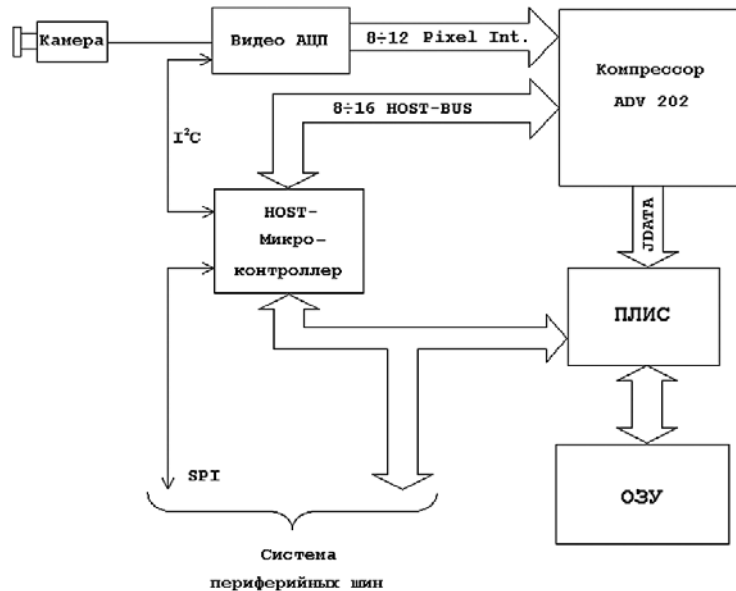
При работе с файлом jp2 сначала анализируются блоки (box). Обработка блоков такая же, как и маркеров. Если обрабатываемый блок известен программе, то запускается функция обработки этого блока, если не известен, то выводится его название (структура блока позволяет это сделать), и данные, которые он содержит. При обнаружении блока, в котором содержится кодовый поток, программа начинает работать как с файлом j2c типа. Наличие обязательных блоков также контролируется.

Поскольку не все блоки и маркеры нужно обрабатывать, лучше сделать акцент на стандартизацию обработки. Добавлять обработку новых блоков (маркеров) можно постепенно. Если для каждого блока (маркера) отдельно пишется соответствующая функция, то основной код изменяется минимально.

И в заключение хотелось бы высказать некоторые соображения о жизнен-

с программными средствами по работе с видеоданными компрессированными по алгоритмам на базе вейвлет-преобразования.

С большинством тезисов статьи можно согласиться. Тем не менее, по нашему мнению, имеются небольшие неточности. Так кодек AVD601 назван неполнофункциональным, что не совсем точно. Вмешательство стороннего процессора необходимо лишь для реализации



ном цикле ADV202. Несколько затянувшейся выглядит стадия инженерных образцов. В одном из ранних релизов документа "ADV202 Compression CODEC. How to use the ADV202" упоминалось о том, что в конце 2004 года станут доступны кристаллы, у которых firmware будет загружен в ROM. В нынешних образцах оно загружается в RAM. Переход firmware из одной памяти в другую, видимо, должен был бы означать логическое завершение стадии инженерных образцов и начало коммерческого производства. Впрочем, в современном релизе вышеупомянутого документа вообще отсутствует информация об этом. По данным службы технической поддержки ADI, этот этап наступит ближе к концу 2005 года.

Итак, ADV202 представляется изделием вполне достойным. Будем надеяться, что всё получится.

Мнение наших экспертов. Комментарии специалистов компании Vocord Telecom:

Мы применяли в своих серийных изделиях кодек Analog Devices AVD611 с 1999 года, и в данный момент готовимся к выходу на рынок целая линейка изделий с новым кодеком ADV202. Накоплен большой опыт работы с этими видеокompрессорами, а также

алгоритмов с постоянным потоком данных (constant bit rate). В остальных случаях внешний процессор был необходим только для инициализации и чтения компрессированных данных.

Отсутствие исполнения ADV202 в корпусе QFP вряд ли можно считать недостатком. Многие компании предлагают свои услуги по качественному монтажу компонент, в том числе BGA, в мелкосерийных и в единичных количествах. Также появилось недорогое оборудование для монтажа BGA.

По нашему опыту, при серийном производстве с компонентами в корпусах BGA реже возникают проблемы, связанными с некачественным монтажом.

К сказанному в статье следует добавить, что важным преимуществом кодека ADV202 является устойчивость его работы. Кодек не "зависает" при приходе ошибочных видеоданных, возникающих вследствие срыва синхронизации видео АЦП. Кодек устойчиво работает при любом характере видеоданных, в том числе и на сильно зашумлённых кадрах, чего нельзя было сказать о его предшественниках.

Также следует отметить высокую эффективность видеокompрессора ADV202: при аналогичном качестве размер сжатого кадра в среднем в 1.4 раза меньше, чем при использовании AVD601. Это говорит о существенно большей эффективности арифметического инкодера по сравнению с инкодером Хафмана. Также дополнительное сжатие до 30% можно получить при использовании режима "interlaced" кода обрабатывается целиком кадр видеозображения, а не отдельные полукадры.

Существенным минусом, связанным с применением ADV202 является большая ресурсоёмкость программных декомпрессоров JPEG2000. Это относится только к тем случаям, когда ADV202 не используется как аппаратный декомпрессор.