

T-COR-11 ЯДРО АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ВИДЕОПОТОКА

Руководство программиста



*Версия IP ядра: 1.1
Дата: 28.09.2015*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ВЕРСИИ ЯДРА.....	3
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	3
ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ.....	4
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПЛАТФОРМЫ	4
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	5
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ	5
ТРЕБУЕМЫЕ РЕСУРСЫ	7
ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТА FPGA.....	7
ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА	9
ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БУФЕРОМ КАДРА.....	11
КОНФИГУРИРОВАНИЕ ЯДРА	14
УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ.....	16
ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....	17
ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЯДРА К ПРОЕКТУ FPGA.....	19
КОНТАКТЫ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

FPGA IP ядро сопровождения объектов на изображениях в видеопотоке T-COR-11 предназначено для использования в системах технического зрения различного назначения (охранные системы, специализированные системы и др.), построенных на основе FPGA. Ядро представляет собой законченный модуль, пригодный для использования в любых проектах FPGA. Ядро предоставляет простой интерфейс обмена информацией, что обеспечивает легкость его интеграции в различные системы. В ядре реализован модифицированный высокопроизводительный корреляционный алгоритм сопровождения, что позволяет осуществлять слежение за любыми типами объектов. Реализованные алгоритмы обеспечивают устойчивое сопровождение малоразмерных и малококонтрастных объектов на сложном фоне. Алгоритмы идеально подходят для сопровождения наземных, надводных и воздушных объектов любых типов. Захват и сброс объектов на(с) сопровождение(я) осуществляется по команде. В случае потери объекта (срыва сопровождения) алгоритмы осуществляют прогнозирование траектории сопровождаемого объекта до его автоматического повторного захвата. Таким образом, IP ядро T-COR-11 представляет собой универсальный модуль, позволяющий применять его в любых проектах FPGA для систем технического зрения.

ВЕРСИИ ЯДРА

Версии IP ядра T-COR-11 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Версии IP ядра T-COR-11.

Версия	Описание
T-COR-10	Первая версия IP ядра. Реализован модифицированный высокопроизводительный корреляционный алгоритм сопровождения.
T-COR-11	Улучшено качество сопровождения. Исключена необходимость использования памяти DDR для лучшей совместимости. Хранение служебных данных организовано в блочной памяти.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

IP ядро T-COR-11 обеспечивает сопровождение объектов на изображениях видеопоследовательности. Основные характеристики ядра приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики IP ядра T-COR-11.

Параметр	Значение и примечание
Максимальные и минимальные размеры строба сопровождения	Максимальные размеры строба сопровождения составляют 128x128 пикселей. Минимальные размеры строба сопровождения составляют 16x16 пикселей. Размеры строба сопровождения могут устанавливаться для каждого канала независимо и меняться на протяжении сопровождения.
Количество каналов сопровождения	5 независимых каналов сопровождения.
Максимальные размеры сопровождаемого объекта	Максимальные размеры сопровождаемого объекта соответствуют максимальным размерам строба сопровождения (128x128 пикселей).
Минимальный размеры сопровождаемого объекта	Ядро обеспечивает сопровождение объекта размером от 8x8 пикселей.
Максимальная скорость перемещения объекта на изображениях видеопотока	При скачкообразном изменении положения сопровождаемого объекта – не более 20 пикселей за кадр в любом направлении. При равномерном движении объекта – ограничена применяемой следящей системой (скоростью работы приводов).

Параметр	Значение и примечание
Минимальный контраст сопровождаемого объекта	Ядро обеспечивает устойчивое сопровождение объектов с контрастом от 10%.
Максимальные размеры кадров	Ядро работает с кадрами размером до 2048x2048 пикселей.
Вытянутость сопровождаемых объектов	Конфигурация сопровождаемых объектов может быть любой в пределах максимальных размеров стробов сопровождения.
Точность выходных координат	Выходные координаты сопровождаемых объектов имеют точность в 1 пиксел.
Задержка выходных координат	При частоте обновления кадров в 25 Гц и рекомендованных размерах строба сопровождения ядро рассчитывает координаты объектов до окончания следующего кадра видеопоследовательности (задержка в 1 кадр).
Формат обрабатываемых изображений	Ядро работает с изображениями, содержащими цветовую палитру из 256 цветов (градации серого) – 8 бит на пиксел.
Максимальная частота кадров	До 30Гц.

Примечание: данные приведены для FPGA Xilinx Kintes-7.

ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ

Ядро представляет собой законченный модуль, предназначенный для использования в проектах FPGA систем технического зрения. Ядро работает по следующему принципу. Ядро соединяется с контроллером кадрового буфера (предоставляется разработчиком IP ядра T-COR-11 или может быть разработан пользователем) с помощью простого интерфейса обмена данными. Кадровый буфер может хранить изображения как в блочной памяти, так и в памяти DDR. Разработчик должен обеспечить обновление кадра изображения в кадровом буфере (предоставляемый контроллер кадрового буфера включает два буфера кадра, в первый записывается изображение нового кадра, второй в это время работает с ядром, после окончания кадра буферы меняются местами). Перед началом работы ядро должно быть сконфигурировано (записаны значения конфигурационных регистров). Захват объектов на сопровождение и сброс объектов с сопровождения осуществляется по команде. При этом ядро обеспечивает сопровождение до 5 объектов независимо. Размеры стробов сопровождения устанавливаются для каждого объекта независимо и могут меняться во время сопровождения. Ядро вычисляет положение сопровождаемых объектов для каждого нового кадра. При этом задержка выходных координат составляет 1 кадр. Выходной информацией ядра являются координаты сопровождаемых объектов.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Ядро может применяться в любых областях технического зрения, как в охранных системах видеонаблюдения, так и в специальных роботизированных системах технического зрения. Простой интерфейс обмена информацией с ядром позволяет легко интегрировать его в любой проект FPGA. Ядро поставляется по заказу с указанием типа FPGA. Ядро передается заказчику в синтезированном виде для конкретного типа FPGA по лицензии. Ядро разработано для FPGA фирмы Xilinx и поддерживает следующие их семейства:

- Artix-7, Artix-7Q;
- Zenq-7, Zenq-7Q;
- Kintex-7, Kintex-7Q;
- Virtex-7, Virtex-7Q;
- Virtex-6, Virtex-6Q;
- Spartan-6;
- Virtex-5Q, Virtex-5QV;
- Virtex-4Q, Virtex-4QV.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Для использования ядра разработчик должен предусмотреть кадровый буфер с возможностью считывания фрагмента изображения, начиная с произвольной точки и произвольной длиной. Логика считывания данных должна предусматривать их выравнивание по 4-ре байта в зависимости от младших двух бит адреса начала считывания. Подобный подход позволяет считать произвольный фрагмент изображения произвольных размеров. Перед началом работы ядра необходимо при каждом включении питания устройства конфигурировать ядро (записывать конфигурационные регистры). После того, как конфигурационные регистры записаны можно осуществлять управление сопровождением. Ядро не организует отображение информации. Отображение информации должно быть организовано разработчиком. Подробное описание интерфейса и порядка использования ядра приведены в следующих частях документа.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Характеристики IP ядра, приведенные в таблице 2, рассчитаны по результатам испытаний на FPGA Xilinx Kintex-7. Характеристики быстродействия в значительной степени зависят от типа используемого FPGA и частоты обновления изображений. В таблице 3 приведены характеристики производительности ядра и их особенности.

Таблица 3 – Основные характеристики IP ядра T-COR-11

Параметр	Значение и примечание
Режим сопровождения	Корреляционный. В ядре реализован модифицированный высокопроизводительный корреляционный алгоритм сопровождения. При этом реализованы алгоритмы экстраполяции траектории сопровождаемых объектов и контроля срыва сопровождения.
Максимальное число одновременно сопровождаемых объектов	Количество сопровождаемых объектов зависит от размеров строка сопровождения и используемой микросхемы FPGA. Для FPGA Xilinx Kintex-7 и частоте обновления кадров 25 Гц справедливы следующие отношения: размер стробов 40x40 пиксела – 5 объектов; размер стробов 64x64 пиксела – 3 объекта; размер стробов 80x80 пикселов – 1 объект; размер стробов 128x128 пикселов – 1 объект. При указанных показателях ядро успевает рассчитать положение сопровождаемых объектов в экранной системе координат до окончания следующего кадра видеопоследовательности. В случае, если ядро не успевает рассчитать положение сопровождаемых объектов до окончания следующего кадра видеопоследовательности, то для продолжения вычислений после смены кадра ядро считывает необходимые участки уже нового кадра. Это может происходить, если заданы большие размеры стробов сопровождения и одновременно ведется слежение за несколькими объектами. Если производительность выбранного типа FPGA позволяет вести обработку быстрее, то, соответственно, рекомендованные размеры стробов сопровождения и количество одновременно сопровождаемых объектов будут больше. Приведенные показатели также ограничены скоростью обмена информацией с памятью DDR или с BlockRAM и особенностями проекта FPGA. Для корректной работы устройства разработчику необходимо оценивать данные показатели для конкретного проекта.
Максимальный и	Максимальный размер строка сопровождения составляет

Параметр	Значение и примечание
минимальный размеры стробов сопровождения	128x128 пикселей. Минимальный размер строба сопровождения оставляет 16x16 пикселей. Разработчик должен предусмотреть контроль вводимых значений размеров стробов сопровождения (На ядро не должны передаваться команды, содержащие размеры стробов сопровождения вне указанных пределов). Размер строба сопровождения может устанавливаться для каждого объекта независимо, как до захвата объекта на сопровождение, так и во время сопровождения. При изменении размеров строба во время сопровождения объектов алгоритм автоматически подстраивает свои параметры для каждого объекта независимо. Таким образом, имеется возможность изменять размеры строба сопровождения при изменении размеров объекта (при его приближении, отдалении или повороте) и его конфигурации без сброса и повторного захвата на сопровождение.
Максимальные размеры сопровождаемого объекта	Максимальные размеры сопровождаемого объекта ограничены максимальными размерами строба сопровождения (128x128 пикселей). Если объект имеет размеры больше максимальных размеров стробов сопровождения, то можно производить захват объекта за его часть (Например, за наиболее контрастный участок), а при его удалении постепенно подстраивать размеры строба до нужных значений.
Минимальные размеры сопровождаемого объекта	Ядро обеспечивает устойчивое сопровождение объектов размером до 8x8 пиксела. При сопровождении малоразмерных объектов рекомендуется, чтобы объекты занимали не более четвертой части строба. Таким образом, при сопровождении объектов размером 8x8 пиксела, размеры строба должны равняться минимальным (16x16 пикселей). При сопровождении объектов большой площади (80x80 пикселей и выше) рекомендуется выбирать размеры строба несколько больше самих объектов.
Максимальная скорость перемещения сопровождаемого объект	При скачкообразном изменении положения сопровождаемого объекта – не более 20 пикселей за кадр в любом направлении. Скачкообразное изменение положения объектов может возникать при дрожании оптической оси источника видеoinформации. Таким образом, ядро обеспечивает сопровождение объектов при дрожании кадра в указанных пределах. При равномерном движении объекта скорость ограничена применяемой следящей системой (скоростью работы приводов). При равномерном движении объектов реализованные в ядре алгоритмы осуществляют расчет скорости и ускорения движения каждого объекта и, исходя из этого, организуют свою работу. В данном случае скорость движения объекта будет ограничена возможностями следящей системы (скоростью работы приводов) и характеристиками источника видеoinформации (возможен срыв сопровождения при наличии смазывания изображения при быстром перемещении объектов).
Минимальный контраст сопровождаемых объектов	Ядро обеспечивает устойчивое сопровождение объектов с контрастом от 10%. Данная характеристика будет существенно зависеть от параметров фона, на котором наблюдается объект. Для устойчивого сопровождения объектов на равномерном стационарном фоне требуемый минимальный контраст объектов может быть существенно

Параметр	Значение и примечание
	ниже заявленной цифры.
Максимальные размеры кадров	Ядро обеспечивает работу кадрами размером до 2048x2048 пикселей. Размеры кадров ограничены разрядностью шин данных и доступными ресурсами блочной памяти (Block RAM).
Вытянутость сопровождаемых объектов	Конфигурация сопровождаемых объектов может быть любой в пределах максимальных размеров стробов сопровождения. Реализованные в ядре алгоритмы не требуют определенной конфигурации сопровождаемых объектов. Таким образом, имеется возможность сопровождать любые типы объектов с любой конфигурацией.
Точность выходных координат	Выходные координаты сопровождаемых объектов имеют точность в 1 пиксел. Выходная информация указывает на положение сопровождаемых объектов в экранной системе координат (относительно левого верхнего угла изображения).
Задержка выходных координат	При частоте обновления кадров в 25 Гц и рекомендованных размерах строба сопровождения ядро успевает рассчитать координаты объектов до окончания следующего кадра видеопоследовательности (задержка в 1 кадр). При использовании других типов FPGA возможна более быстрая обработка, а также имеется возможность использования источников видеoinформации с более высокой частотой кадров.
Формат обрабатываемых изображений	Ядро обрабатывает изображения с палитрой в 256 цветов – 8 бит на пиксел. Такой формат обеспечивает оптимальную производительность при решении задачи наблюдения удаленных объектов, и наблюдения объектов в условиях недостаточной освещенности, где использование цветовых признаков неэффективно. Также это позволяет значительно ускорить считывание изображений из памяти.
Максимальная частота кадров видео	Ядро обеспечивает корректную работу при частоте кадров до 30 Гц.

Примечание: данные приведены для FPGA Xilinx Kintex-7.

ТРЕБУЕМЫЕ РЕСУРСЫ

В таблице 4 приведены требуемые для IP ядра T-COR-11 ресурсы для различных семейств FPGA фирмы Xilinx.

Таблица 4 – Требуемые для IP ядра T-COR-11 ресурсы.

Микросхема FPGA	Slice Rigisters	Slice LUTs	BRAM	DSP 48e1s
Kintex-7 xc7k325t-2ffg676	22103/407600 (5%)	17887/203800 (8%)	229/445 (51%)	80/840 (9%)
Artix-7 xc7a200t-2fbg676	21638/269200 (8%)	17840/134600 (13%)	229/365 (62%)	80/740 (10%)
Virtex-7 xc7vx330t-2ffg1157	2068/408000 (<1%)	2834/204000 (1.3%)	112/750 (14%)	

ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТА FPGA

Использование IP ядра T-COR-11 не накладывает каких-либо существенных требований на структуру проекта FPGA. Разработчику необходимо обеспечить соединение ядра с контроллером буфера для хранения очередного кадра видео, конфигурацию

регистров, тактирование, управление и прием информации от ядра. Чтение видеoinформации ядром из контроллера буфера кадра производится по унифицированному интерфейсу. Разработчику необходимо обеспечить передачу видеoinформации ядру в соответствии с описанием интерфейса. В качестве примера реализации RIFTEK предоставляет исходные коды контроллера буфера кадра с описанием. На рисунке 1 представлен пример структуры проекта FPGA с использованием IP ядра T-COR-11.

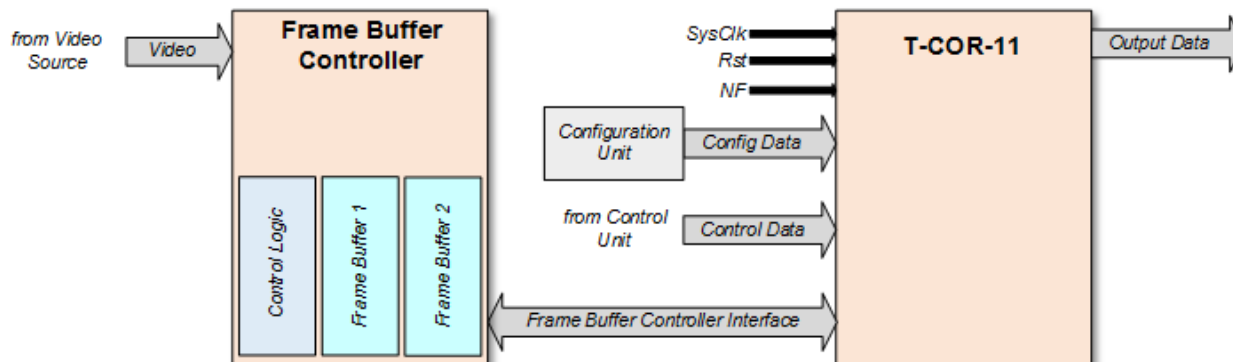


Рисунок 1 – Пример структуры проекта FPGA при использовании ядра T-COR-11

На рисунке показано взаимодействие IP ядра с проектом FPGA. Ядро соединяется по унифицированному интерфейсу с контроллером буфера кадра. Контроллер буфера кадра содержит 2 буфера кадра в блочной памяти (Block RAM) и переключает их по мере прихода очередного кадра. Контроллер буфера кадра может хранить кадры в памяти DDR. При этом разработчику необходимо обеспечить логику его работы с контроллером памяти DDR. В момент включения ядро T-COR-11 должно быть сконфигурировано путем записи конфигурационных регистров. Конфигурация регистров производится до начала работы с помощью специального модуля (Configuration Unit). Данный модуль разрабатывается самостоятельно и подает необходимую последовательность информации для конфигурации ядра. Разработчик может использовать готовый модуль, предоставляемый RIFTEK с ядром или разработать его самостоятельно. Запись информации в конфигурационные регистры позволяет настроить соответствующие параметры ядра до начала работы. Разработчик также должен предусмотреть синхронизацию и сигнал сброса ядра, а также сигнал нового кадра (NF). Сигнал NF сигнализирует ядру, что текущее изображение записано и можно начинать обработку. Разработчик организует управление процессом работы ядра посредством передачи управляющих сообщений (Control Data) по интерфейсу управления. По этому интерфейсу от модуля управления поступает информация о захвате или сбросе объектов с сопровождения, изменение параметров сопровождения и др. Выходная информация поступает потребителю по унифицированному интерфейсу (Output Data). Эта информация может поступать на исполнительную подсистему, подсистему отображения, непосредственно в канал связи и др. Интерфейс обмена информацией с IP ядром T-COR-10 описан в следующем разделе.

Разработчику необходимо обеспечить однонаправленную передачу информации от контроллера буфера кадра к ядру по запросу ядра. Кроме того, необходимо обеспечить обновление информации в буфере кадра.

Контроллер буфера кадра может содержать один или несколько кадровых буферов и логику управления ими.

Предоставляемый контроллер буфера кадра содержит два кадровых буфера, представляющих собой IP ядра блочной памяти. Логика управления организует поочередную запись кадров в буферы и выдачу данных по запросам каналов чтения из буфера, запись в который не ведется. Входной интерфейс представлен тактовой частотой, флагом готовности контроллера к записи данных, шиной данных, маской данных, стробом данных, шиной адреса (указывающей ячейку, начиная с которой будет произведена запись), стробом команды записи. Входные данные должны поступать в виде линий изображения по шине данных шириной 4-ре байта, соответствующих яркости 4-х последовательных

пикселей. Данные на шине данных должны сопровождаться непрерывным стробом данных. Длина данных и строба в тактах должна соответствовать $\frac{1}{4}$ длины строки в пикселях.

ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА

На рисунке 2 представлен интерфейс взаимодействия с IP ядром T-COR-11.

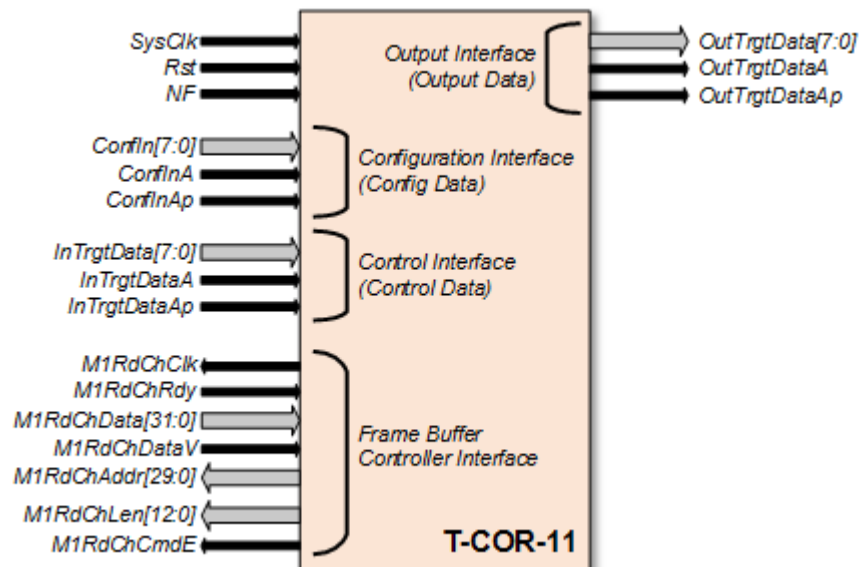


Рисунок 2 – Интерфейс взаимодействия с IP ядром T-COR-11

Назначение входных и выходных интерфейсов IP ядра T-COR-11 перечислены в таблице 5.

Таблица 5 – Назначение входных и выходных интерфейсов IP ядра T-COR-11.

Цепь	Назначение и особенности
<i>SysClk</i>	Тактовый сигнал для ядра. Все сигналы для ядра (управление, конфигурация, сброс и др.) должны быть синхронны <i>SysClk</i> . При проведении испытаний для проекта на FPGA Xilinx Kintex-7 частота <i>SysClk</i> была выбрана равной 200 МГц. Оптимальное значение частоты тактового сигнала должно определяться разработчиком для конкретного проекта.
<i>Rst</i>	Сигнал сброса ядра. Сигнал должен быть синхронным с <i>SysClk</i> и длиться 1 такт. Сигнал сброса применяется в начале работы ядра 1 раз до записи конфигурационных регистров.
<i>ConfIn[7:0]</i> <i>ConfInA</i> <i>ConfInAp</i>	Интерфейс записи конфигурационных регистров. Посредством этого интерфейса осуществляется запись конфигурационных регистров перед началом работы. По шине <i>ConfIn[7:0]</i> передаются значения конфигурационных регистров. Сигнал <i>ConfInA</i> сигнализирует об активности данных (записи данных). <i>ConfInAp</i> – сигнал применения данных в регистры. Интерфейс является унифицированным. Временные диаграммы обмена информацией представлены на рисунке 3.
<i>NF</i>	Сигнал нового кадра длительностью 1 такт. Должен приходиться всегда, когда сменяется кадр видеопоследовательности. По этому сигналу ядро начинает обработку очередного кадра.
<i>InTrgtData[7:0]</i> <i>InTrgtDataA</i> <i>InTrgtDataAp</i>	Интерфейс управления ядром. По этому интерфейсу передаются команды на захват (сброс) сопровождения, а также установку параметров сопровождения. Интерфейс является унифицированным и идентичен интерфейсу записи конфигурационных регистров. Временные диаграммы представлены

Цепь	Назначение и особенности
	на рисунке 3.
<i>OutTrgtData[7:0]</i> <i>OutTrgtDataA</i> <i>OutTrgtDataAp</i>	Интерфейс вывода информации о координатах сопровождаемых объектов. По этому интерфейсу передаются координаты сопровождаемых объектов. Интерфейс унифицирован с интерфейсами управления и записи конфигурационных регистров. Временные диаграммы обмена информацией представлены на рисунке 3.
<i>M1RdChClk</i>	Тактовый сигнал интерфейса чтения из кадрового буфера (все сигналы интерфейса синхронизированы или должны быть синхронны ему).
<i>M1RdChRdy</i>	Сигнал готовности контроллера буфера кадра к приему запросов чтения.
<i>M1RdChData[31:0]</i>	Прочитанные из буфера кадра данные.
<i>M1RdChDataV</i>	Строб валидности прочитанных данных (установлен, когда данные на шине <i>M1RdChData</i> активны).
<i>M1RdChAddr[29:0]</i>	Адрес начала запрашиваемых данных.
<i>M1RdChLen[12:0]</i>	Длина запрашиваемых данных в байтах.
<i>M1RdChCmdE</i>	Строб команды чтения (один такт <i>M1RdChClk</i>).

Все интерфейсы обмена информации синхронны с сигналом *SysClk*. На рисунке 3 представлены временные диаграммы обмена информацией по интерфейсам вывода, управления и записи информации в конфигурационные регистры. По принципу обмена информацией интерфейсы идентичны между собой.

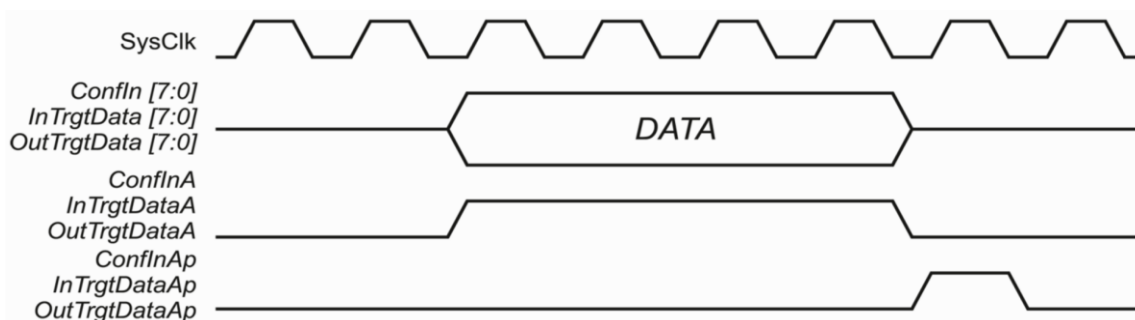


Рисунок 4 – Временные диаграммы интерфейса обмена информацией по интерфейсам вывода координатной информации, управления и записи конфигурационных регистров

На рисунке 4 представлены временные диаграммы интерфейса обмена данными с буфером кадра.

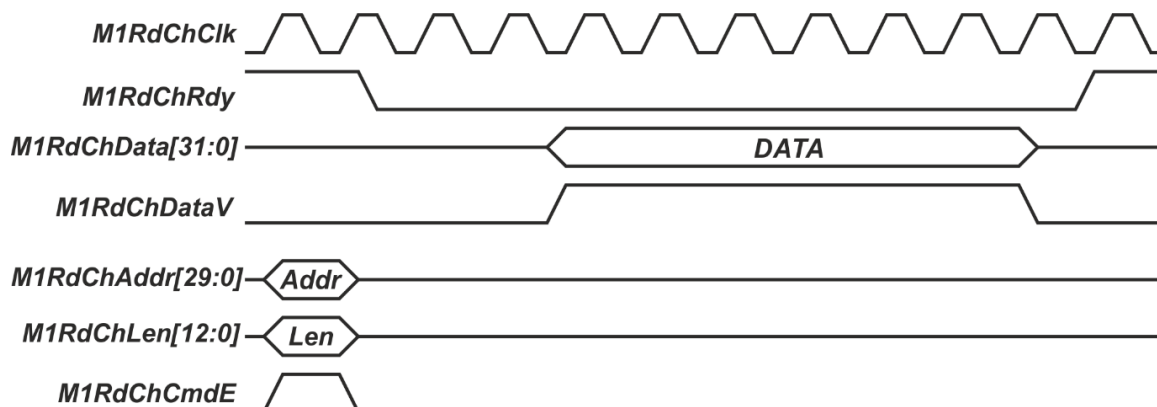


Рисунок 4 – Временные диаграммы интерфейса обмена информацией по интерфейсу обмена данными с буфером кадра

ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БУФЕРОМ КАДРА

Разработчику необходимо обеспечить однонаправленную передачу видеоданных от буфера кадра к ядру по запросу ядра. Кроме того, необходимо обеспечить обновление информации в буфере кадра.

Компания RIFTEK предоставляет пример кадрового буфера на основе блочной памяти (Block RAM). Предоставляемый контроллер кадровых буферов содержит два кадровых буфера, представляющих собой IP ядра блочной памяти. Логика управления организует поочередную запись кадров в буферы и выдачу данных по запросам каналов чтения из буфера, запись в который не ведется. Входной интерфейс представлен тактовой частотой, флагом готовности контроллера к записи данных, шиной данных, маской данных, стробом данных, шиной адреса (указывающей ячейку, начиная с которой будет произведена запись), стробом команды записи. Входные данные должны поступать в виде линий изображения по шине данных шириной 4-ре байта, соответствующих яркости 4-х последовательных пикселей. Данные на шине данных должны сопровождаться непрерывным стробом данных. Длина данных и строба в тактах должна соответствовать $\frac{1}{4}$ длины строки в пикселях. На рисунке 5 представлены интерфейсы предоставляемого буфера кадра.

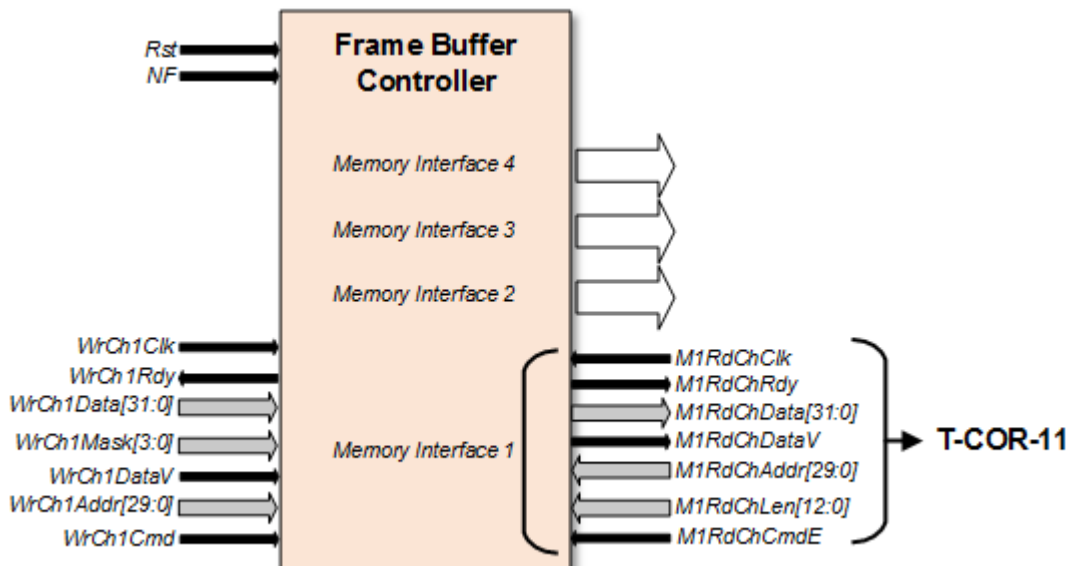


Рисунок 5 – Интерфейсы предоставляемого буфера кадра

Назначение сигналов интерфейса записи в контроллера буфера кадра представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Описание интерфейсов взаимодействия с буфером кадра.

Сигнал	Назначение и примечание
<i>NF</i>	Сигнал нового кадра длительностью 1 такт. Должен приходить всегда, когда сменяется кадр видеопоследовательности. По этому сигналу контроллер буфера кадра меняет буфер для последующей записи.
<i>Rst</i>	Сигнал сброса контроллера буфера кадра. Сигнал должен быть синхронным с <i>SysClk</i> и длиться 1 такт. Сигнал сброса применяется в начале работы ядра 1 раз.
<i>WrCh1Clk</i>	Тактовый сигнал. Все сигналы должны быть синхронизированы с ним.
<i>WrCh1Rdy</i>	Сигнал готовности к записи.
<i>WrCh1Data[31:0]</i>	Данные для записи. Четыре байта данных изображения (8 бит на пиксел)
<i>WrCh1Mask[3:0]</i>	Маска данных для записи. Например 0b0001 – означает, что будут

Сигнал	Назначение и примечание
	записаны три старших байта данных.
<i>WrCh1DataV</i>	Строб присутствия данных на линии.
<i>WrCh1Addr[29:0]</i>	Адрес записи данных.
<i>WrCh1Cmd</i>	Команда на непосредственную запись данных в буферы.

Модуль, управляющий записью изображения через контроллер кадровых буферов должен проверить сигнал готовности *WrCh1Rdy* (рисунок 2), и если он установлен, начать передачу данных и маски, одновременно установив строб данных (с появлением stroba данных сигнал готовности будет снят). Если сигнал готовности не установлен, то ожидать. После окончания передачи данных (1/4 длины линии в пикселах) управляющий модуль должен сбросить строб данных и установить на шине адреса адрес ячейки памяти, с которой начнется запись, далее стробом *WrCh1CmdE* длиной в 1 такт частоты *WrCh1Clk* отдать команду на запись информации в буфер кадра.

Предоставляемый контроллер буфера кадра имеет несколько (4) выходных интерфейса для организации доступа разных модулей проекта (вывод видео через аналоговый интерфейс, вывод видео через Ethernet, системы автоматического обнаружения и распознавания объектов) к буферам кадра. Каждый выходной интерфейс содержит тактовый сигнал чтения, флаг готовности контроллера к чтению данных, шина данных, строб данных, шина адреса (указывающая ячейку, начиная с которой будет произведено чтение), шина длины запрошенных данных, строб команды чтения. Адрес чтения может быть не выровнен по 4-ре байта. Перед формированием команды чтения, запрашивающий модуль должен проверить состояние сигнала готовности *M'N'RdChRdy* (где N – номер канала), и если он установлен, установить адрес, длину и стробом *M'N'RdChCmdE* длиной в 1 такт частоты *M'N'RdChClk* отдать команду на чтение (при этом флаг готовности будет сброшен). После подготовки контроллер установит на шине данных запрошенные данные и сформирует строб данных. После завершения передачи данных контроллер кадровых буферов формирует строб окончания чтения *M'N'RdChDone* длиной 1 такт частоты *M'N'RdChClk*.

По умолчанию контроллер буфера кадра сконфигурирован для размеров изображения 720x576 пикселей в формате 8 бит на пиксел. Для изменения размеров буферов кадра, чтобы использовать в других проектах необходимо открыть дерево проекта в среде разработчика Xilinx ISE 14.7, выбрать BRAMFrameController1 и затем двойным кликом выбрать FrameBRAM1. Откроется диалоговое окно конфигурирования модулей блочной памяти как показано на рисунке 6.

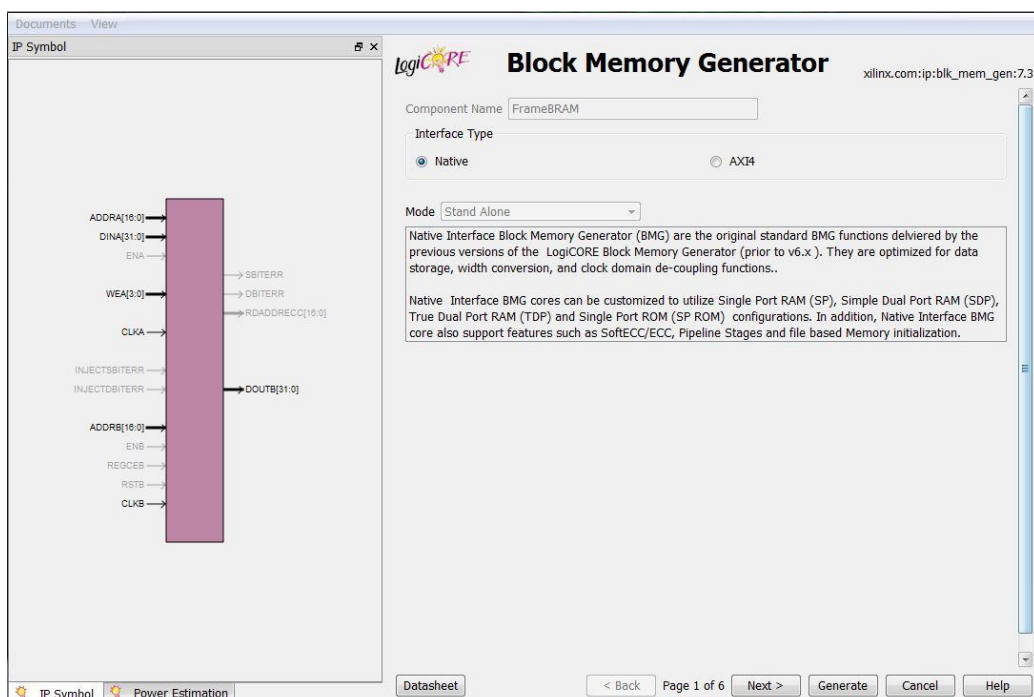


Рисунок 6 – Диалог конфигурирования модуля блочной памяти (BRAM)

Необходимо, чтобы параметры были установлены таким же образом. Далее нажать «Next». На следующей странице диалогового окна необходимо установить параметры, как показано на рисунке 7.

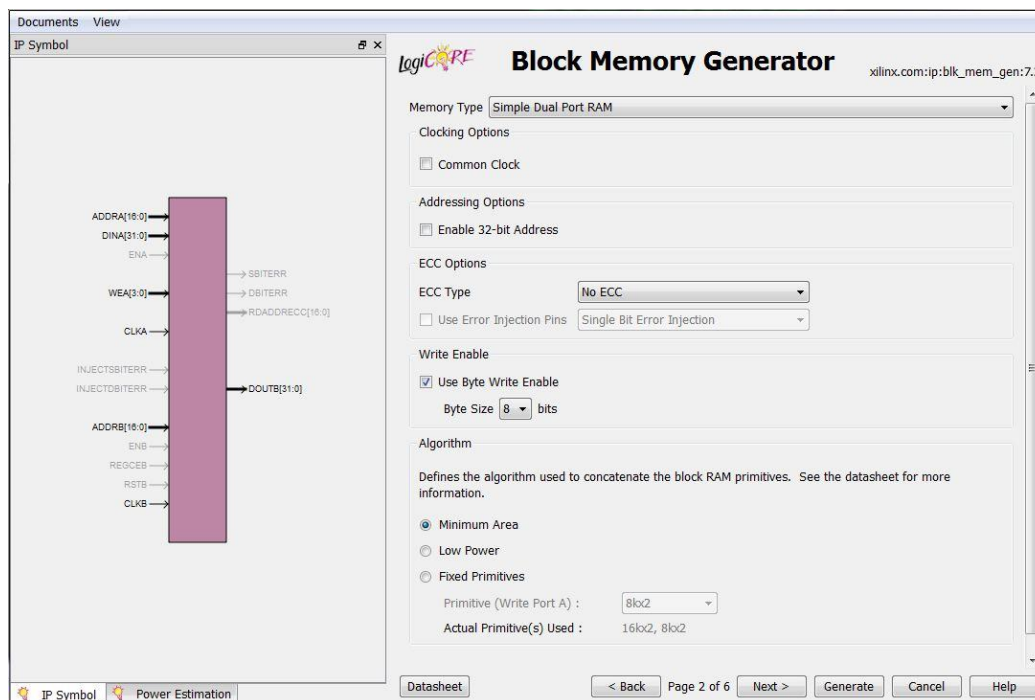


Рисунок 7 – Диалог конфигурирования модуля блочной памяти (BRAM)

Далее также нажать «Next». На третьей странице диалогового окна необходимо также установить показанные на рисунке 8 параметры. Параметр WriteDepth необходимо установить в значение соответствующее размерам требуемого буфера кадра (количество пикселей кадра в формате 8 бит на пиксел деленного на 4).

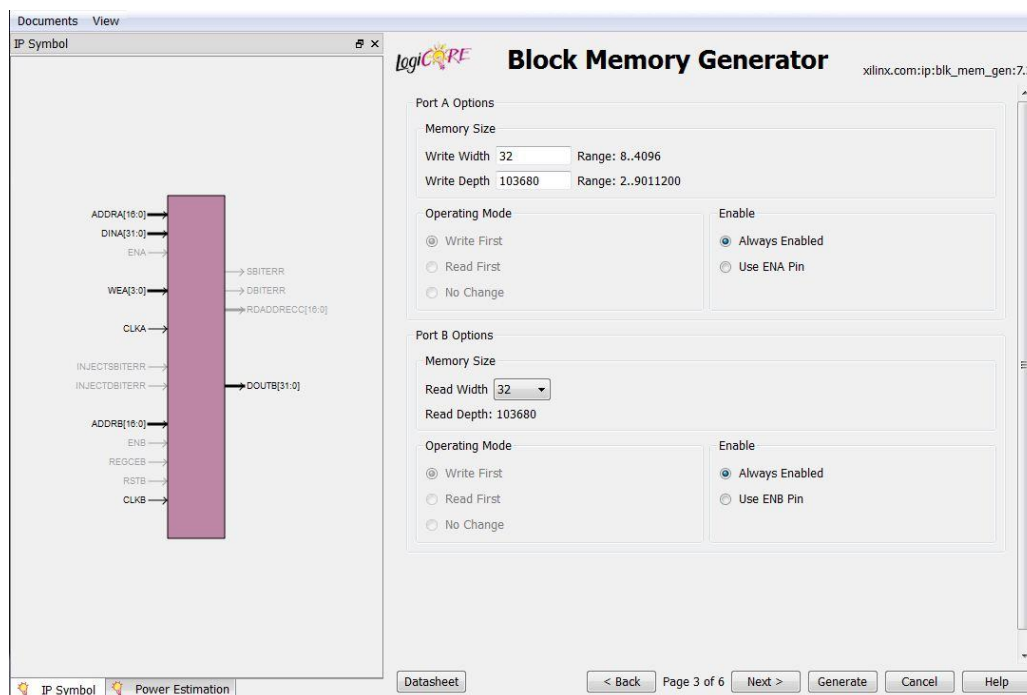


Рисунок 8 – Диалог конфигурирования модуля блочной памяти (BRAM)

КОНФИГУРИРОВАНИЕ ЯДРА

Перед началом работы IP ядро T-COR-11 должно быть сконфигурировано. Конфигурирование ядра заключается в записи конфигурационных регистров. Пользователю предоставляется возможность самостоятельной настройки параметров алгоритмов, реализованных в ядре. Конфигурация производится через унифицированный интерфейс записи конфигурационных регистров, описанный в предыдущем разделе. Данному интерфейсу соответствуют сигналы: *Confln[7:0]*, *ConflnA*, *ConflnAp*. Параметры IP ядра, доступные для настройки, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Параметры ядра, доступные для настройки.

Parameter name	Designation	Value	Assignment
Frame buffer width	FBW	2 bytes (значения от 8 до 2047)	Ширина буфера кадра в пикселах (ширина изображений, поступающих от источника видеoinформации).
Frame buffer height	FBH	2 bytes (значения от 8 до 2047)	Высота буфера кадра в пикселах (высота изображений, поступающих от источника видеoinформации).
Search area width	CW	1 byte (значения от 4 до 64)	Полная ширина области, в которой будет производиться поиск сопровождаемого объекта относительно некоторой экстраполированной точки.
Search area height	CH	1 byte (значения от 8 до 2047)	Полная высота области, в которой будет производиться поиск сопровождаемого объекта относительно некоторой экстраполированной точки
Detection threshold	P	1 byte (значения от 0 до 255)	Параметр определяет порог обнаружения от 0 до 255, что эквивалентно диапазону от 0 до 1.
Parameter 1 of the object path smoothing	K1	1 byte (значения от 0 до 255)	Параметр, определяющий вклад текущего измеренного положения сопровождаемого объекта в расчет сглаженных значений.
Parameter 2 of the object path smoothing	K2	1 byte (значения от 0 до 255)	Параметр, определяющий вклад скорости сопровождаемого объекта в расчет сглаженных значений.
Parameter 3 of the object path smoothing	K3	1 byte (значения от 0 до 255)	Параметр, определяющий вклад ускорения сопровождаемого объекта в расчет сглаженных значений.

Для того чтобы сконфигурировать ядро, необходимо перед началом работы (в момент включения) передать 34 байта конфигурационных данных (конфигурационный пакет) по соответствующему интерфейсу. После этого ядро готово к работе. При этом в случае необходимости изменения параметров в процессе работы (например, изменение коэффициентов сглаживания или ширины и высоты проверяемой области), можно перезаписывать параметры оперативно во время сопровождения, не отключая и не

сбрасывая ядро. В таблице 8 показана последовательность следования конфигурационных данных в конфигурационном пакете.

Таблица 8 – Последовательность конфигурационных данных.

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Byte	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Data	0	0	0	0	0	0	0	FBW	FBH	CW	CH	P	K1	K2	K3		

Ниже приведены пояснения к каждому из параметров.

Ширина буферов кадра. Ширина буферов кадра является шириной обрабатываемых изображений. Ширина буферов кадров измеряется в байтах, что при формате изображений 8 бит на пиксел и является их шириной. Кроме того, данные значения используются ядром для ограничения перемещения стробов сопровождения в пределах изображения (строб не может выходить за пределы изображения). Параметр может изменяться пользователем во время работы.

Высота буферов кадра имеет такой же физический смысл, что и ширина.

Ширина и высота проверяемой области. Параметры измеряются в пикселах. Данные значения определяют размеры области изображения относительно некоторой точки (для каждого объекта своя), в которой будет осуществляться поиск сопровождаемых объектов в очередном кадре. Данные значения влияют на скорость работы ядра. При больших значениях количество проверяемых позиций на изображении сильно возрастает, что требует дополнительного времени на обработку, но при этом алгоритмы хорошо работают в условиях дрожания изображения. При малых значениях ширины и высоты проверяемой области ядро будет работать наиболее быстро, но при этом дрожания кадра могут выходить за пределы, определяемые этими параметрами, что может привести к срыву сопровождения. Рекомендуется устанавливать следующие значения:

для 1 сопровождаемого объекта размерам 128x128 пиксела – максимальная область поиска 23x23 пиксела; для 1 сопровождаемого объекта размерам 80x80 пиксела – максимальная область поиска 33x33 пиксела; для 2 сопровождаемых объектов размерами 64x64 пиксела – максимальная область поиска 23x23 пиксела; для 2 сопровождаемых объектов размерами 40x40 пиксела – максимальная область поиска 33x33 пиксела и т.д.;

Рекомендованные данные могут значительно различаться в зависимости от типа используемого FPGA. Данные приведены для FPGA Kintex-7. Параметры могут изменяться пользователем во время сопровождения, в зависимости от количества сопровождаемых объектов и их размеров.

Порог обнаружения. Параметр изменяется в пределах от 0 до 255, что эквивалентно пороговой вероятности обнаружения объекта на изображении от 0 до 1. В случае если во время сопровождения для какого-либо объекта вероятности нахождения объекта во всех проверяемых позициях (области поиска) оказались ниже порогового значения, то ядро переходит в режим пролонгации траектории (продолжения траектории сопровождаемого объекта исходя из рассчитанных параметров его движения) до момента пока вероятность нахождения объекта в той или иной точке не окажется выше порога (автоматический повторный захват объекта на сопровождения).

Параметр сглаживания траекторий сопровождаемых объектов. Параметры сглаживания траекторий сопровождаемых объектов определяют какой вклад вносят параметры движения объекта (текущее измеренное положение, скорость и ускорение) в расчет положения объекта. Параметры устанавливаются в диапазоне от 0 до 255, что эквивалентно значениям от 0 до 1. Рекомендуется для интенсивно маневрирующих объектов устанавливать высокие значения K3, а для относительно равномерно движущихся объектов – высокие значения K2. Параметры должны устанавливаться исходя из условий работы. Рекомендуется устанавливать следующие средние значения: K1 – 179, K2 – 125, K3 – 61. Параметры могут изменяться во время работы, как и остальные параметры.

Если необходимо изменять параметры ядра во время работы, то требуется передавать всю конфигурационную посылку с нужными изменениями. Для удобной конфигурации ядра рекомендуется синтезировать специальный модуль (ядро), который в начале работы будет выдавать на IP ядро T-COR-11 требуемые сообщения. Если необходимо оперативно изменять параметры работы ядра, то эту функцию целесообразно возложить на управляющий модуль всего проекта FPGA.

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ

Управление режимами работы осуществляется по унифицированному интерфейсу управления (сигналы *InTrgtData[7:0]*, *InTrgtDataA*, *InTrgtDataAp*). IP ядро T-COR-10 осуществляет захват объектов на сопровождение по внешней команде. Команда может содержать указание на захват объекта на сопровождение и на сброс с сопровождения. По каждому объекту (всего до 5 объектов) приходят свои команды. Формат команды представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Формат команды управления режимами работы.

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Data	NC	Cmd	X		Y		W	H	DX	DY

В таблице 10 перечислены типы данных, содержащихся в команде и их назначение.

Table 10 – data types and their assignments.

Byte №	Назначение	Значение по умолчанию (HEX)	Описание
1	SchannelNum	0x00	Номер канала сопровождения от 0x00 до 0x04 (Всего 5 каналов сопровождения). В поле необходимо указать номер канала сопровождения, параметры которого необходимо изменить.
2	Command	0x00	Код команды (код действия) для канала сопровождения. Допустимыми являются следующие команды: 0x00 – изменить положение строба сопровождения (будет обработана только в режиме ручного управления), 0x01 – взять на сопровождение, 0x02 – сбросить с сопровождения, 0x03 – перевести в режим пролонгации траектории, 0x04 – вывести из режима пролонгации траектории (автоматический перезахват, если будет найден объект в стробе поиска), 0x05 – скорректировать положение строба сопровождения (будет скорректировано положение строба сопровождения в режиме автоматического сопровождения с шагом 2 пиксела в указанную сторону); 0x06 – изменить размеры строба сопровождения.
3	X	0x00	Старший байт горизонтальной координаты центра строба сопровождения.
4	X	0x00	Младший байт горизонтальной координаты центра строба сопровождения.
5	Y	0x00	Старший байт вертикальной координаты центра строба сопровождения.
6	Y	0x00	Младший байт вертикальной координаты центра строба сопровождения.
7	W	0x10	Ширина строба сопровождения для данного канала.
8	H	0x10	Высота строба сопровождения для данного канала.

Byte №	Назначение	Значение по умолчанию (HEX)	Описание
9	DeltaX	0x00	Смещение по горизонтали для корректировки положения строка сопровождения в режиме автоматического сопровождения. Значения могут быть как положительными так и отрицательными - знаковое число (единица в старшем бите означает отрицательные значения). Допускается смещение не более чем 4 пиксела для одной команды. Допустимая дискретность 0x02.
10	DeltaY	0x00	Смещение по вертикали для корректировки положения строка сопровождения в режиме автоматического сопровождения.

Примечание: Все координаты должны указываться в оконной системе координат, где координата (0;0) – это левый верхний угол изображения.

Таким образом, с помощью одной команды можно управлять сопровождением и изменять его параметры. Последовательность управления должна быть следующая. Если необходимо захватить объект на сопровождение, выбирается номер канала и отсылается команда захвата на сопровождение. Если необходимо изменить параметры сопровождения того или иного канала, то необходимо послать соответствующую команду.

ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информацию от IP ядра T-COR-11 можно получить по унифицированному интерфейсу приема информации от ядра (*OutTrgtData[7:0]*, *OutTrgtDataA*, *OutTrgtDataAp*). Принцип обмена информацией аналогичен интерфейсам записи конфигурационных регистров и управления с единственной разницей в направлении передачи информации. Выходной информацией являются пакеты длиной 11 Байт. Информация передается для каждого кадра видео (1 пакет данных за кадр видео). В таблице 11 представлена структура пакета данных состояния каналов сопровождения.

Таблица 11 – Формат выходных данных.

Byte №	Назначение	Значение по умолчанию (HEX)	Описание
1	StatusFlag	0x00	Флаг состояния канала: 0x01 – канал занят (автоматическое сопровождение), 0x00 – канал свободен (автоматического сопровождения нет).
2	ProlongationFlag	0x00	Флаг режима пролонгации траектории: 0x00 – нет пролонгации траектории, 0x01 – пролонгация траектории. Флаг пролонгации траектории актуален только в режиме автоматического сопровождения. Если канал свободен флаг пролонгации траектории должен быть установлен в 0x00.
3	ProlongationReverseCount	0x00	Счетчик обратного отсчета с момента начала пролонгации траектории. В начальный момент времени значение устанавливается в 0xFF при достижении значения 0x00 сопровождение

Byte №	Назначение	Значение по умолчанию (HEX)	Описание
			сбрасывается принудительно.
4	X	0x00	Старший байт горизонтальной координаты центра строба сопровождения.
5	X	0x00	Младший байт горизонтальной координаты центра строба сопровождения.
6	Y	0x00	Старший байт вертикальной координаты центра сопровождения.
7	Y	0x00	Младший байт вертикальной координаты центра строба сопровождения.
8	StrobW	0x00	Ширина строба сопровождения для данного канала.
9	StrobH	0x00	Высота строба сопровождения для данного канала.
10	VelX	0x00	Старший байт горизонтальной сглаженной составляющей скорости перемещения строба сопровождения в режиме автоматического сопровождения.
11	VelX	0x00	Младший байт горизонтальной сглаженной составляющей скорости перемещения строба сопровождения в режиме автоматического сопровождения. Для получения скорости движения в размерности «пиксел/кадр» необходимо полученное значение разделить на 256.
12	VelY	0x00	Старший байт вертикальной сглаженной составляющей скорости перемещения строба сопровождения в режиме автоматического сопровождения. Для получения скорости движения в размерности «пиксел/кадр» необходимо полученное значение разделить на 256.
13	VelY	0x00	Младший байт вертикальной сглаженной составляющей скорости перемещения строба сопровождения в режиме автоматического сопровождения.
14	TargetSubStrobX	0x00	Горизонтальная координата верхнего левого угла строба цели в стробе сопровождения. Начало системы координат совпадает с верхним левым углом строба сопровождения. ВАЖНО: для текущей версии протокола значение параметра всегда равно 0x00.
15	TargetSubStrobY	0x00	Вертикальная координата верхнего левого угла строба цели в стробе сопровождения. Начало системы координат совпадает с верхним левым

Byte №	Назначение	Значение по умолчанию (HEX)	Описание
			углом строба сопровождения. ВАЖНО: для текущей версии протокола значение параметра всегда равно 0x00.
16	TargetStrobW	0x00	Ширина строба цели в стробе сопровождения. Параметр используется для выделения объекта из фона в стробе сопровождения для последующей корректировки или др. ВАЖНО: для текущей версии протокола значение параметра всегда равно 0x00.
17	TargetStrobH	0x00	Высота строба цели в стробе сопровождения. Параметр используется для выделения объекта из фона в стробе сопровождения для последующей корректировки или др. ВАЖНО: для текущей версии протокола значение параметра всегда равно 0x00.
... (Повторение еще 4 блоков по 17 байт для следующих четырех каналов сопровождения)

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЯДРА К ПРОЕКТУ FPGA

Ввиду того, что ядро поставляется для FPGA фирмы Xilinx, то порядок подключения IP ядра T-COR-11 приведен для IDE ISE 14.7. Ядро представляет собой файл с расширением *.ngc, файл с расширением *.sym и файл с расширением *.v (по запросу может поставляться *.vhd) (T_COR_11.ngc, T_COR_11.sym, T_COR_11.v (.vhd)). Файл T_COR_11.ngc – это синтезированное ядро. Файл T_COR_11_XXXXXX.sym – это графическое обозначение ядра. Файл T_COR_11.v (.vhd) – это оболочка, где прописаны входы и выходы ядра. Ниже приведен порядок использования ядра в проекте FPGA с верхним уровнем Schematic в IDE Xilinx ISE 14.7.

1. Скопировать файл T_COR_11.sym в папку вашего проекта.
2. Добавить в проект файл T_COR_11.v (.vhd).
3. Разместить на верхнем модуле графическое обозначение ядра. Для этого необходимо выполнить следующие действия:
 - 3.1. Выбрать закладку «Symbols».
 - 3.2. В списке Symbols выбрать TrackingProcessor.
 - 3.3. Перетащить обозначение TrackingProcessor на основное поле документа и расположить графическое обозначение ядра.
4. Соединить входы и выходы ядра с входами и выходами ядра контроллера памяти и ядра управления (соединяются интерфейсы управления, записи конфигурационных регистров и интерфейс приема информации от ядра с интерфейсами управляющего модуля (ядра)).
5. В параметре синтеза проекта «Cores Search Directories» указать путь к папке с файлом T_COR_11.ngc.

Для использования ядра в проектах с верхним модулем в виде HDL-файла необходимо выполнить следующие действия:

1. Добавить в проект FPGA файл T_COR_11.v (.vhd).
2. Выделить добавленный файл и в разделе Processes выполнить пункт «View HDL Instantiation Template».
3. Из открывшегося окна необходимо скопировать в верхний модуль шаблон ядра.

4. Далее выполнить пункты 4 и 5 раздела использования в проектах с верхним модулем в виде Schematic.

Для упрощения интеграции ядра в готовые проекты вместе с файлами проекта поставляется Verilog файл модуля конфигурирования ядра TPConfig.v, связанный с файлом определений Definitions.v. Модуль конфигурирования соединяется с интерфейсом записи конфигурационных регистров и позволяет перед началом работы сконфигурировать ядро с соответствующими параметрами. Разработчик может выставить необходимые параметры в файле перед синтезом проекта. Рекомендуется организовывать начальное конфигурирование с помощью единого управляющего модуля, что позволяет изменять параметры в процессе работы. Модуль конфигурирования может быть напрямую соединен с ядром TrackingProcessor через интерфейс записи конфигурационных регистров. Также с ядром поставляется модуль контроллера буфера кадра BRAMFrameController.v вместе с файлом Xilinx CoreGen FrameBRAM.xco.

КОНТАКТЫ



ООО «РИФТЕК» – частное предприятие, занимающееся разработкой и производством оптоэлектронных приборов для измерения геометрических величин.

Логойский тракт 22-311, 220090 Минск, Республики Беларусь

Тел./факс: +375 17 281-35-13; +375 17 281-36-57

GSM: +375 29 655-72-55

e-mail: info@riftek.com; sales@riftek.com

Сайт: www.riftek.com