Аппаратный модуль конвейерного Быстрого Преобразования Фурье "FFT Compact Module"

Техническое описание

rev 1.1, 09.02.2015

ООО"Новомар" 2015г

Оглавление

1. Обзор устройства. 3
1.1 Особенности. 4
1.2 Требования к системе. 6
1.3 Конструктивные особенности. 6
1.4 Архитектура устройства. 8
1.4.1. Блоки сериализации - десериализации. 9
1.4.2. Stream Interface. 11
1.4.3. Интерфейс "Parameter Bus". 14
1.5 Характеристики. 17
1.6 Внешние воздействия. 17
2.Аппаратная установка. 18
2.1 Блоки сериализации - десериализации. 19
2.1.1. Включение модулей SerDes и начало работы. 22
2.2 Охлаждение и температурный режим. 22
3.Детальное описание разъема. 24
4. Комплект для разработки. 33
4.1 FFT Development Kit 33
4.2 Отладочное ПО. 34
Приложение А. 36
Примеры включения "FFT CM". 36
1. Типовое включение модуля "FFT CM". 36
2. Увеличение скорости потока входных данных за счет наращивания "FFT CM". 37
3. Параллельная обработка нескольких потоков входных данных на одном модуле "FFT CM". 38
4. Увеличение количества точек окна Фурье. 39
Список исправлений и изменений. 41

1. Обзор устройства.

FFT Compact Module (рисунок 1) ("FFT CM") - предназначен для обеспечения аппаратного потокового преобразования Фурье (прямого и обратного) в реальном масштабе времени.
"FFT CM" использует конвейерный принцип при расчете алгоритма FFT (Быстрого Преобразования Фурье). Таким образом данные поданные на входной интерфейс модуля будут обработаны согласно алгоритму FFT и результат расчетов появится на выходе "FFT CM" через фиксированный интервал времени. Данные могут передаваться непрерывно.
"FFT CM" конструктивно выполнен в формате mini DIMM, благодаря этому может быть встроен в любое устройство или систему цифровой обработки сигналов (ЦОС). Кроме потокового преобразования Фурье, "FFT CM" обладает рядом дополнительных функций, позволяющих производить обработку поступающей на него информации. К таким функциям относится фильтрация входного сигнала и умножение сигнала на оконную функцию.

1.1 Особенности.

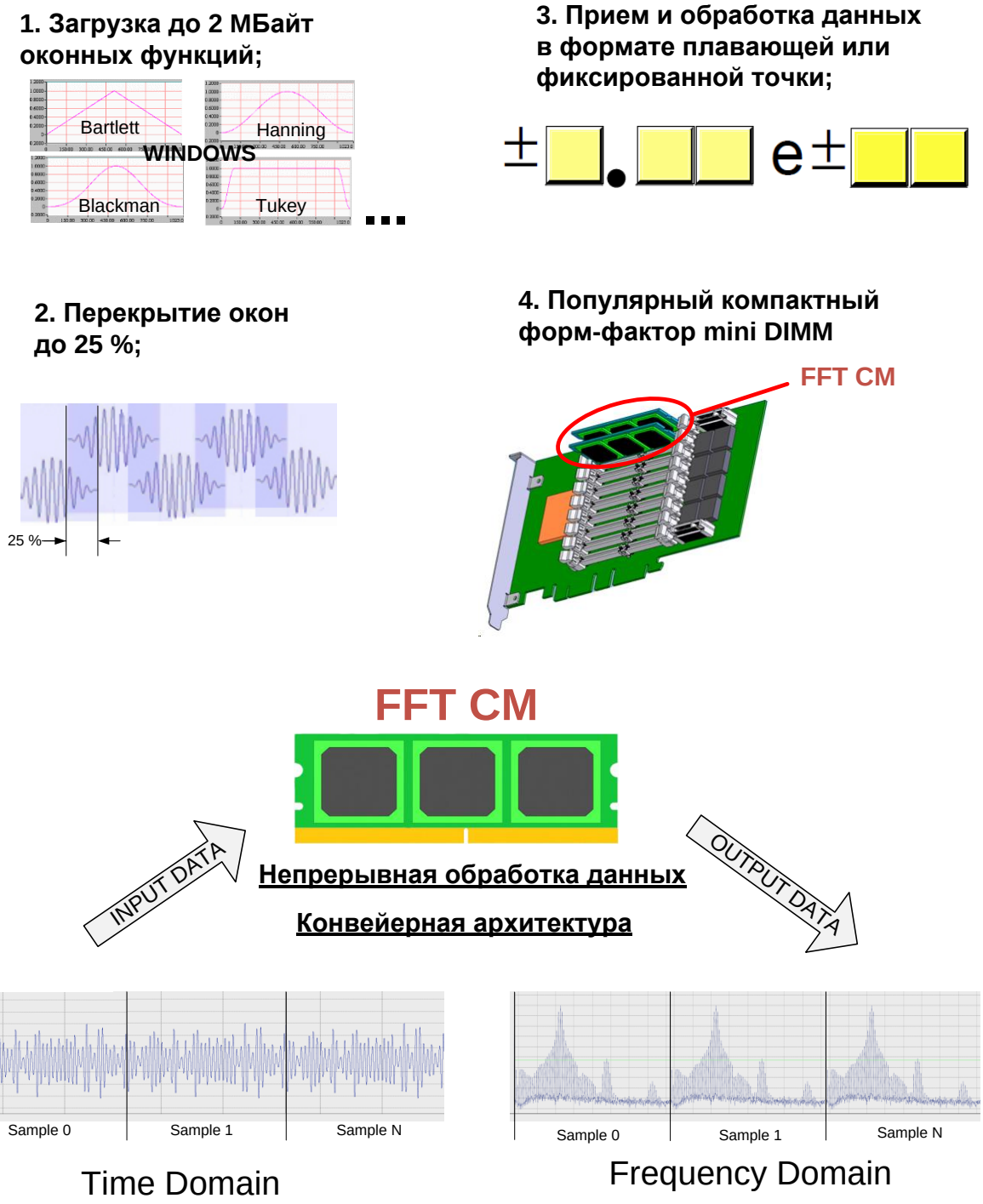

Рисунок 1

"FFT CM" обладает следующими особенностям:

- количество точек FFT: 32 до 65536;
- формат входных данных: 32 бита Re и 32 бита Im в целочисленной арифметике или 32 бита Re и 32 бита Im в формате плавающей точки;
- максимальная скорость входного потока данных составляет 6400 Мегабит/сек (64бита x 100МГц);
- максимальная скорость потока выходных данных составляет 8533 Мегабит/сек (64бита x 133МГц);
- прямое преобразование Фурье (FFT) либо инверсное преобразование Фурье (IFFT);
- величина перекрытия окон Фурье составляет от 0 % до 25 % от общего количества точек FFT;
- количество запоминаемых оконных функций или функций фильтрации составляет 4 оконных функции (каждая по 65536 точек FFT). В зависимости от размера FFT, количество сохраненных оконных функций может быть больше;
- популярный форм-фактор mini DIMM.

1.2 Требования к системе.

"FFT CM" оптимально подходит для применения в области встраиваемых систем и одноплатных компьютеров. Система, в которую будет установлен "FFT CM" должна:

- обеспечивать сопряжение с интерфейсами "FFT CM";
- иметь модули сериализации - десериализации (SerDes, см. пункт 1.4.1) для передачи команд и данных (входят в комплект поставки);
- учитывать конструктивные особенности "FFT CM";
- обеспечить необходимый отвод тепла.

1.3 Конструктивные особенности.

На рисунках 2 и 3 показаны нижняя и верхняя стороны устройства "FFT CM". На рисунке 4 - габаритный чертеж.

Рисунок 2

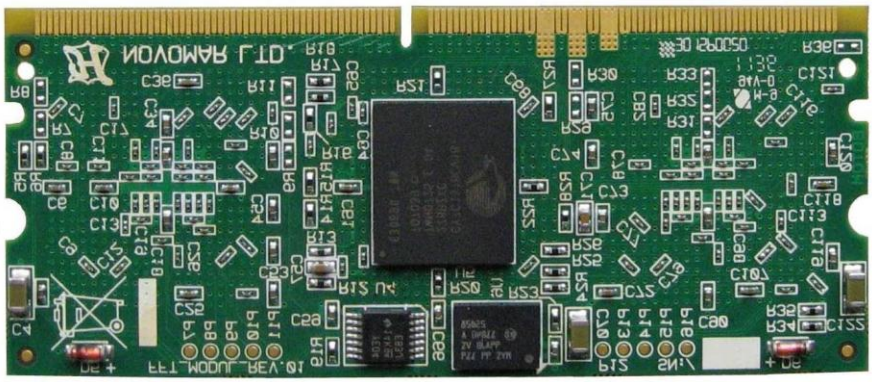

Рисунок 3

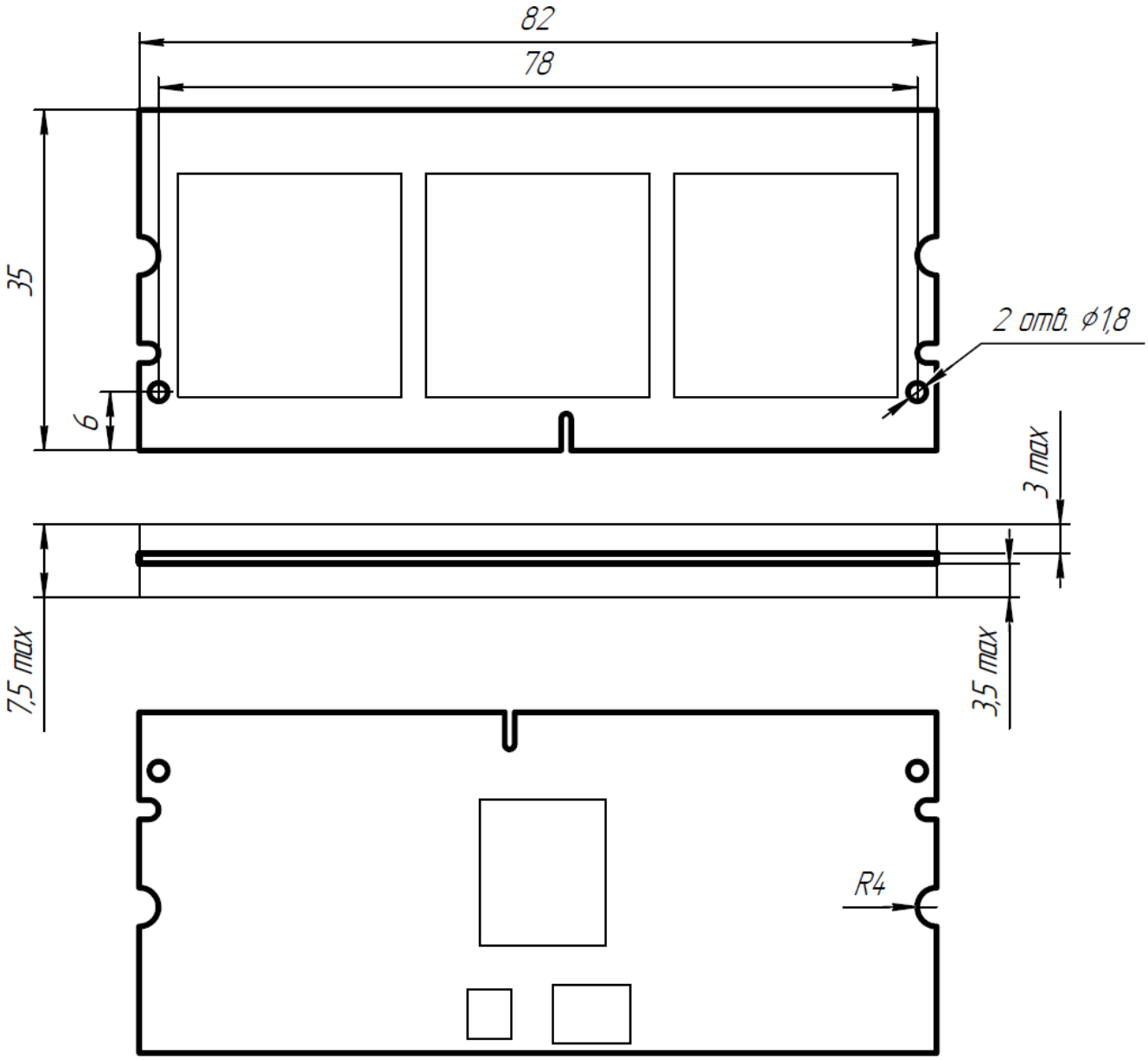

Рисунок 4

По высоте "FFT CM" выходит за пределы, установленные стандартом JEDEC (документ MO-244) для mini DIMM, однако остальные конструктивные параметры соответствуют стандарту. Для установки "FFT CM" могут быть использованию стандартные разъемы для mini DIMM, например разъем фирмы Molex 877823003.

1.4 Архитектура устройства.

На **рисунке 5** изображены основные логические блоки "FFT CM", поясняющие работу устройства.

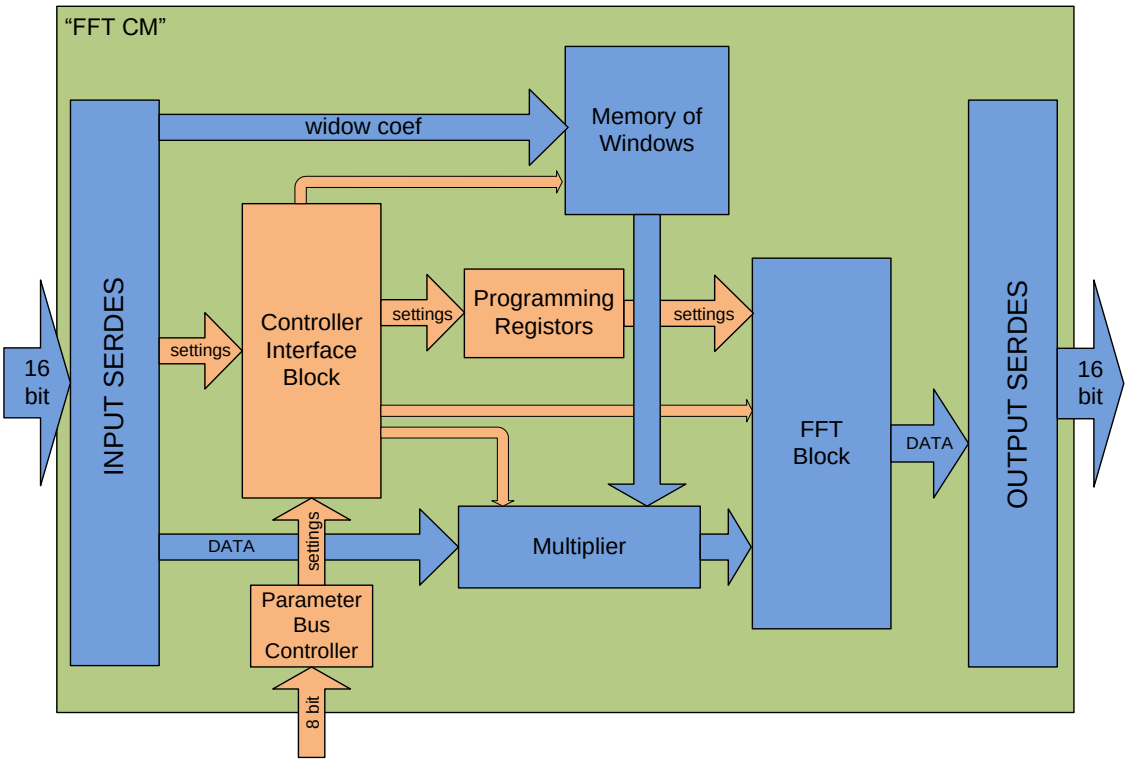

Рисунок 5

Ширина шины входного интерфейса - 16 бит на частоте 400 МГц, данные передаются в формате DDR. После блока десериализации (Input SerDes) ширина шины становиться равна 128 бит на частоте 100 МГц, из которых 64 бит данных, остальные сигналы шины используются для передачи команд управления "FFT CM", коэффициентов загружаемых окон, параметров FFT преобразования и др.

После преобразования, ввиду перекрытия между окнами Фурье, скорость передачи данных возрастает: частота синхроимпульса - 133 МГц, ширина шины данных - 64 бит (дополнительно 32 бита зарезервированы). Частота синхроимпульса на выходе "FFT CM" всегда 133 МГц в не зависимости от величины перекрытия между окнами Фурье. Затем данные поступают на блок сеарилизации (Output SerDes) на выходе которого скорость потока также возрастает, а шина данных уменьшается в 6 раз. Таким образом, выходной интерфейс устройства "FFT CM" имеет следующие характеристики: ширина шины 16 бит, частота синхронизирующего импульса 400 МГц, формат передаваемых данных DDR.

Программирование характеристик для каждого конкретного окна преобразования (таких как: размер перекрытия между окнами, количество точек преобразования, умножение на оконную функцию и др.) может происходить как через отдельный интерфейс **"Parameter Bus"**, так и по шине входного интерфейса вместе с потоком данных (**"Stream Interface"**) в реальном масштабе времени, то есть динамически. Переданные параметры преобразования будут запомнены в программируемых регистрах и вступят в силу с началом следующего окна преобразования. Все параметры преобразования Фурье так же могут быть заданы через интерфейс **"Parameter Bus"** (частота передачи данных, которого 33,333 МГц).
Загрузка коэффициентов оконных функций в "FFT CM" производится через входную шину вместе с данными по **"Stream Interface"** или через интерфейс **"Parameter Bus "**. Для загрузки коэффициентов необходимо дождаться завершения преобразования и задать команду загрузки значений оконной функции. После завершения загрузки коэффициентов штатный режим работы "FFT CM" может быть возобновлен.

1.4.1. Блоки сериализации - десериализации.

Для уменьшения разрядности шины входного и выходного интерфейсов "FFT CM", был использован механизм сериализации - десериализации потоков данных. Данный механизм заключается в уменьшении ширины шины данных, при сохранении объема передаваемой информации, за счет увеличения частоты передачи данных. При сериализации ширина шины данных уменьшается ровно во столько раз, во сколько увеличивается поток данных на один сигнал шины. Частота синхроимпульса увеличивается в четыре раза. Данные передаются в формате DDR (на один период синхронизирующего импульса приходиться два слова информации), что позволяет увеличить фактор сериализации еще вдвое при переходе на внутренней шине к стандартному формату передачи данных (SDR). Таким образом фактор сериализации для входной шины равен восьми.
Ниже показан процесс десериализации (рис 6) входного потока данных и сериализации выходного потока данных (рис. 7) "FFT CM".

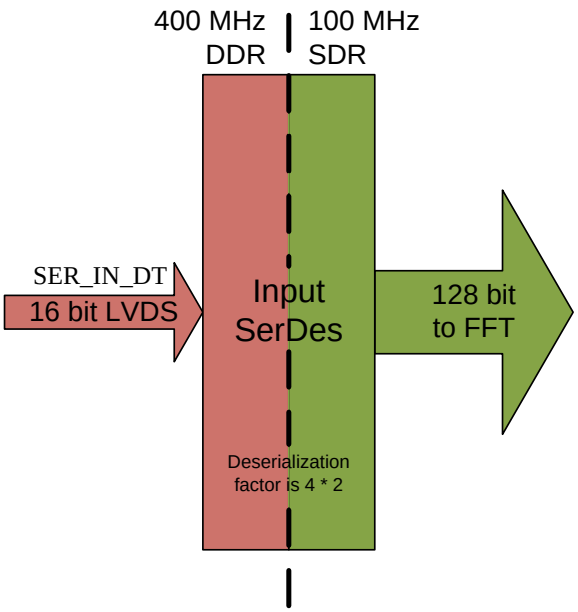

Рисунок 6

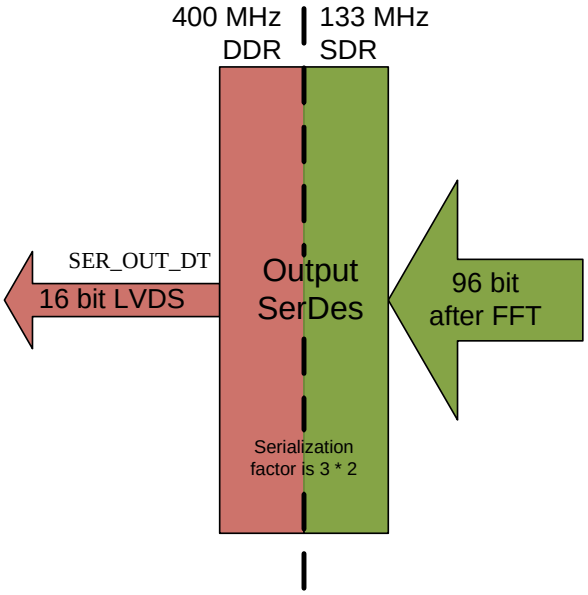

Рисунок 7

На входе "FFT CM" по шине SER_IN_DT используется блок десериализации. После обработки данных на выходе "FFT CM" по шине SER_OUT_DT используется блок сериализации.

Логические блоки интерфейсов сериализации и десериализации для интеграции "FFT CM" в устройство пользователя прилагаются к "FFT CM" в виде исходного кода на языке VHDL (для ПЛИС фирмы XILINX, Altera).

1.4.2. Stream Interface.

Для программирования параметров "FFT CM" и загрузки оконных функций в память может использоваться один из двух интерфейсов "**Stream Interface**" или "**Parameter Bus**". Использование двух интерфейсов одновременно недопустимо и может привести к ошибке.

"**Stream Interface**" предназначен для использования в системах, где требуется динамическое изменения параметров преобразования с минимальной задержкой (пример на рис. 8).
"**Stream Interface**" передает команды и параметры через входную шину (16 бит DDR 400 МГц см. выше). После десериализации ширина шины составляет 128 бит на частоте 100 МГц из которых 64 бита (с 63 по 0) - это данные для обработки алгоритмом FFT ([31:0] - реальная часть данных, ([63:32] - мнимая часть данных) FFT, а старшие 64 бита (с 127 по 64) используются как интерфейс программирования параметров преобразования и загрузки оконных функций в память - "**Stream Interface**".

Таблица 1 Входная шина данных и команд

<table>
<tr><th colspan="2">0 : 63</th><th colspan="2">64 :95</th><th>96 : 125</th><th>126</th><th>127</th></tr>
<tr><td>0:31</td><td>32:63</td><td colspan="2">Данные оконной функции*</td><td rowspan="4">Не использовать</td><td rowspan="4">Строб Данных оконной функции</td><td rowspan="4">Строб данных FFT</td></tr>
<tr><td>RE</td><td>IM</td><td rowspan="2">64:79</td><td rowspan="2">80:95</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Данные FFT</td></tr>
<tr><td>Данные команд</td><td>Адреса команд</td></tr>
</table>

Из старших 64 бит входной шины бит 127 используется как строб записи входных данных для FFT преобразования, данный бит используется всегда, в не зависимости от того, какой интерфейс используется.

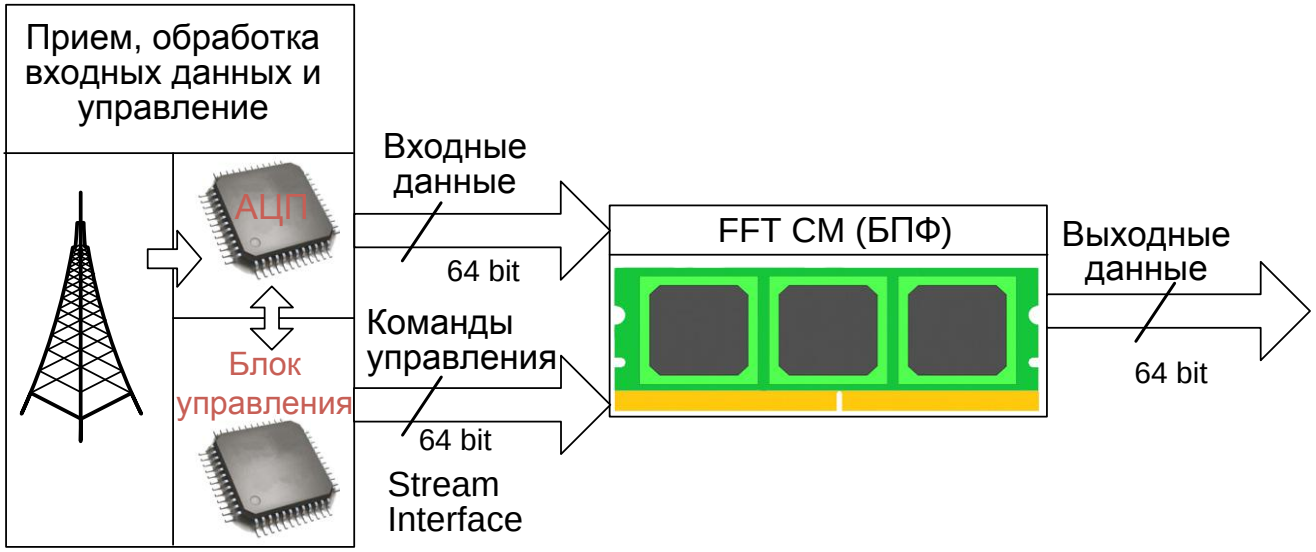

Рисунок 8

Биты с 95 по 64 используются в режиме программирования параметров FFT преобразования для присвоения значения каждому конкретному параметру FFT. Программирование параметров происходит путем записи значения в регистры по соответствующему адресу. У каждого параметра есть свой регистр. В биты с 95 по 80 - записывается адрес регистра (параметра), в биты с 79 по 64 записывается желаемое значение. Таблица 2 описывает регистры параметров и управления с кратким описанием.

Таблица 2 Регистры параметров и режима работы			
Наименование регистр	Адрес обращения к регистру	Количество активных бит	Примечание
mult_en	X"01"	[1:0]	Умножение коэффициентов оконной функции (ОФ) на входные данные. Активное значение B"11", неактивное B"00".
overlap_meaning	X"02"	[4:0]	Значение перекрытия между окнами Фуре. Задается в процентах от 0% до 25% (от B"00000" до B"11001").
direction_fft	X"03"	[0]	Прямое или инверсное FFT. Прямое - B"1".
n_of_points	X"04"	[4:0]	Количество точек FFT в одном окне. (от 256 до 65536 точек) В качестве значения задается степень 2. Например 256 - B"01000", т.е. 2 ^8. Задается при FFT или записи коэффициентов ОФ.
n_of_wnd	X"05"	[7:0]	Номер ОФ. Задается при записи ОФ в память и при вызове ОФ для перемножения на входной поток данных.
fp_en	X"06"	[0]	Тип входных данных: B"1" - входные данные подаются в формате плавающей точки; B"0" - входные данные подаются в формате фиксированной точки;
star_stop_mod	X"7"	[0]	Отладочный режим работы модуля: B"1" - отладочный режим включен; B"0" - штатный режим работы модуля;
mod_of_module	X"40"	[1:0]	Регистр режима работы модуля. B"01" - начать прием данных и FFT; B"10" - начать прием коэффициентов ОФ; B"11" - выйти в режим ожидания.

Для перевода "**Stream Interface**" в режим записи коэффициентов оконных функций в память, необходимо записать в регистр **mod_of_module** по адресу X"40" значение "10" в двоичном коде. После этого "FFT CM" переходит в режим записи коэффициентов оконной функции. Строб записи коэффициентов - бит 126 на данной шине(используется только в *Stream* интерфейсе).

1.4.3. Интерфейс "Parameter Bus".

Интерфейс "**Parameter Bus**" удобно использовать в том случае, когда устройство выдачи данных работает независимо (отдельно) от блока управления модулем "FFT CM" и не требует динамической перестройки параметров (рис. 9).

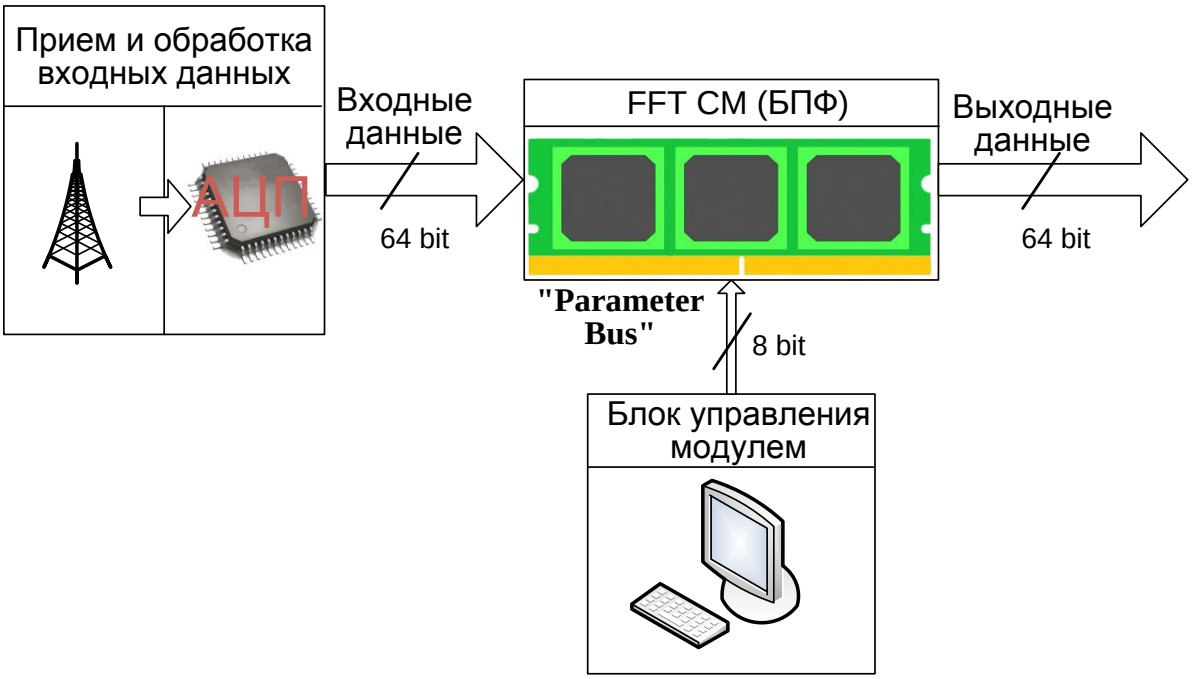

Рисунок 9

"**Parameter Bus**" представляет собой интерфейс, работающий на частоте 33,3(3) МГц и с шириной шины 8 бит (см. Таблицу 3).

Таблица 3

Наименования сигналов	Примечание
PB_CLK	Тактовая частота 33,3 МГц
PB_CS_N	Выбор кристалла, активен низким уровнем.
PB_DTIN[7:0]	Шина данных.
PB_BUSY	Бит конфликта интерфейсов. Значение равно логической единице, когда "**Stream Interface**"используется одновременно с "**Parameter Bus**"

Для разрешения работы по "**Parameter Bus**" необходимо подать на шину данных значение X"FF", для запрещения работы - X"FE".

Программирование регистров осуществляется согласно таблице 2, с учетом того, что первым действительным (PB_CS_N = 0) тактом на шину данных выставляется адрес регистра, вторым - данные (рис. 10).

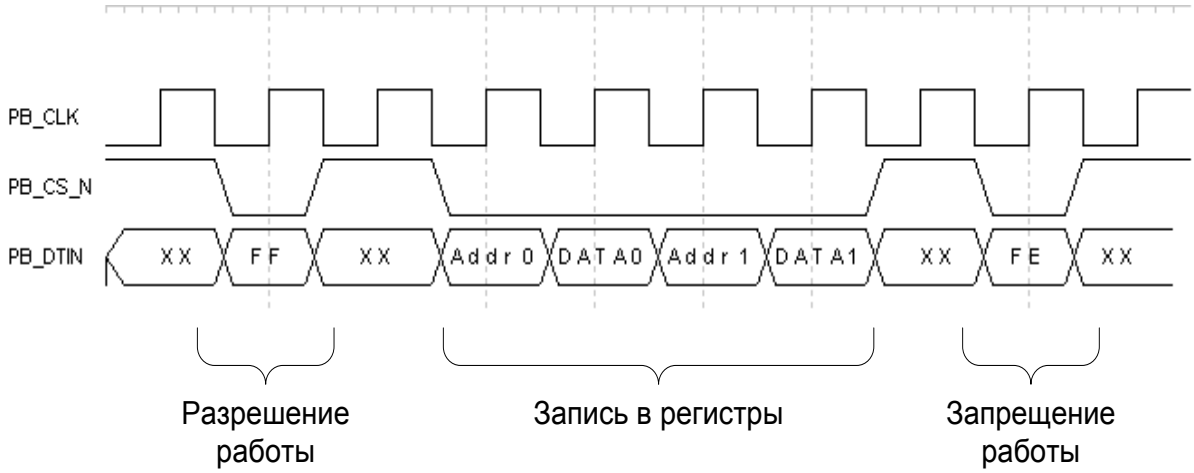

Рисунок 10

Если при разрешении работы **"Parameter Bus"** на шине "**Stream Interface**" происходит передача данных, тогда сигнал PB_BUSY принимает значение равное логической единице.

При загрузке коэффициентов оконной функции через **"Parameter Bus"**, данные каждого отчета передаются побайтно (сперва передаются данные по мнимой части отсчета ОФ, затем по действительной части начиная с младшего байта каждого отсчета). Во время передачи коэффициентов оконной функции **"Parameter Bus"** всю информацию приходящую с шины PB_DTIN[7:0] воспринимает как данные коэффициентов. После окончания загрузки заявленного количества точек оконной функции (количество точек программируется через регистр **n_of_points**) **"Parameter Bus"** переходит в режим программирования параметров и команд.
В том случае, если через "**Parameter Bus"** происходит управление несколькими "FFT CM", тогда удобно подключить "FFT CM" к Блоку управления модулем так, как это показано на рисунке 11. Независимое включение предполагает общее включение всех *N* "FFT CM" на шину PB_DTIN и сигнал синхроимпульса PB_CLK, сигнал выбора кристалла PB_CS_n для каждого "FFT CM" свой. Такое включение позволяет значительно сократить количество подключенных выходных контактов Блока управления модулем, снизить энергопотребление и упростить алгоритм общего конфигурирования всех "FFT CM".

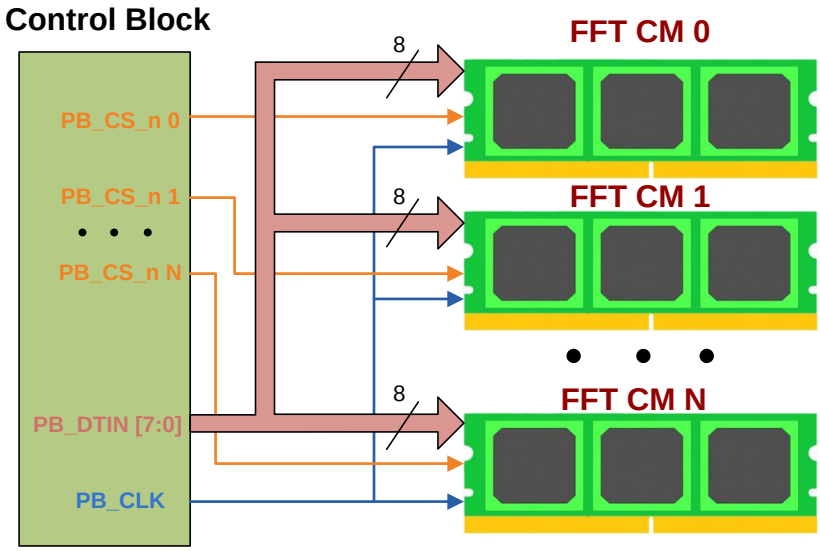
Control Block
PB_CS_n 0
PB_CS_n 1
PB_CS_n N
PB_DTIN [7:0]
PB_CLK
8
8
8
FFT CM 0
FFT CM 1
FFT CM N

Рисунок 11

1.5 Характеристики.

Таблица 4

Параметр	Минимальное значение	Типовое значение	Максимальное значение	Единицы измерения
ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ				
+ 2.5 В напряжения питания	-0.5	+2.5	+3.6	В
+ 1.8 В напряжения питания	-0.3	+1.8	+2.2	В
+ 1.2 В напряжения питания	-0.2	+1.2	+1.8	В
Ток потребления +2.5 В	2.2	2.5	2.6	А
Ток потребления +1.8 В	1.8	2	2.2	А
Ток потребления +1.2 В	0.3	0.4	0.45	А
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ДИАПОЗОН				
•при кондуктивном отводе тепла	0		+50	°C
• при воздушном охлаждении	0		+85	°C
ГАБАРИТЫ И МАССА				
Габариты	35 x 82			мм
Масса	15			грамм

1.6 Внешние воздействия.

Устройство "FFT CM" сохраняет работоспособность при следующих внешних воздействиях:

- Рабочая температура: от 0°C до +85°C.
- Пониженное атмосферное давление - 5 мм рт.ст.
- Повышенная влажность при температуре +35°C не более 98%.
- Синусоидальная вибрация в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц: до 15 g.
- Удар одиночного действия при длительности удара 11 мс: 40 g.

2.Аппаратная установка.

"FFT CM" предназначено для использования во встраиваемых системах любой архитектуры. При интеграции "FFT CM" в систему необходимо выполнить ряд обязательных условий:

- система должна удовлетворять требованиям по потреблению питания;
- установка модуля должна производиться в разъем, изготовленный согласно стандарту на mini DIMM организации JEDEC (документ MO-244);
- использовать блоки сереализации - десериализации для передачи данных и команд;
- не допускать перегревание модуля; использовать дополнительное охлаждение, если это необходимо.

ВСЕГДА принимайте максимально возможные меры предосторожности для предотвращения повреждения устройства разрядами статического напряжения.

2.1 Блоки сериализации - десериализации.

Для передачи данных и команд в "FFT CM" необходимо воспользоваться логическими блоками сериализации - десериализации (SerDes), которые входят в комплект поставки "FFT CM" в виде файлов исходного кода на языке VHDL для ПЛИС фирм Xilinx или Altera.
Логические блоки SerDes (рис 12), поставляемые пользователю, представляют собой компоненты со следующими логическими сигналами:

Таблица 5. Описание логических сигналов сериализатора - десириализатора

Название сигнала	Тип		Описание
	Input SerDes	Output SerDes	
SER_DT_N, SER_DES_P	OUT	IN	Сериализованная шина данных. Данные передаются по физической дифференциальной линии, стандарта LVDS 2.5 В разрядностью 16 бит
CLK400_P, CLK400_N	OUT	IN	Импульс синхронизации 400 МГц. Передается по физической дифференциальной линии, стандарта LVDS 2.5 В.
DESER_DT	IN	OUT	Шина десериаллизованных данных
TX_RDY	OUT	IN	Одиночный сигнал готовности передатчика
RX_RDY	IN	OUT	Одиночный сигнал готовности приёмника и начала проверки калибровки.
CALIBR_DONE	IN	OUT	Одиночный сигнал завершения калибровки.
EN_SERDES	IN		Одиночный сигнал разрешения работы .
CLK100, CLK133	IN		Одиночный сигнал локального импульса синхронизации 100 и 133 МГц.
RDY_FOR_DT	OUT		Одиночный сигнал готовности блока означает, что блок сериализатора (десериализатора) готов к приему (передаче) данных.

При интеграции SerDes в систему на основе ПЛИС, для передачи и приема дынных из FFT CM (сигналы SER_DT_N, SER_DES_P, и синхроимпульс CLK400_P, CLK400_N) должен быть использован стандарт LVDS 2.5 В в качестве физического интерфейса. Согласующие резисторы для линии LVDS установлены на входных портах "FFT CM", следовательно для шины LVDS, передающей входные сериализованные данные и команды, установка согласующих резисторов не требуется. Для шины LVDS, по которой передается результат вычислений, необходимо установить согласующие резисторы 100 Ом между проводниками передающими положительный и отрицательный уровень одного и того же сигнала. Резисторы должны располагаться у входных контактов микросхемы пользователя.
Служебные сигналы (TX_RDY, RX_RDY, CALIBR_DONE) должны передаваться по физическим линиям соответствующим стандарту LVCMOS 2.5 В. Сигналы RDY_FOR_DT и DESER_DT подключаются к логической схеме пользователя внутри ПЛИС.

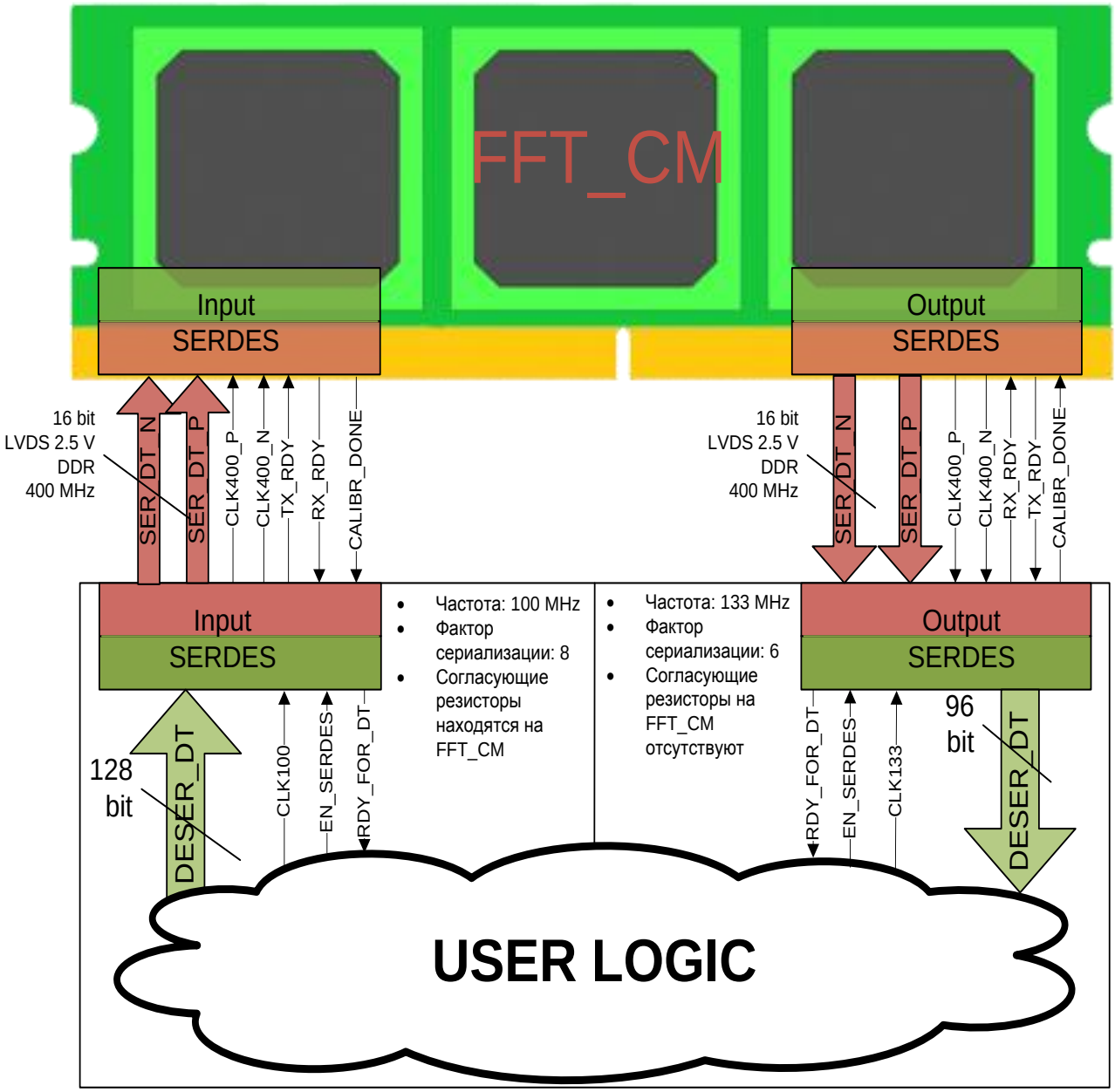
FFT_CM
Input
SERDES
Output
SERDES
16 bit
LVDS 2.5 V
DDR
400 MHz
SER_DT_N
SER_DT_P
CLK400_P
CLK400_N
TX_RDY
RX_RDY
CALIBR_DONE
16 bit
LVDS 2.5 V
DDR
400 MHz
SER_DT_N
SER_DT_P
CLK400_P
CLK400_N
RX_RDY
TX_RDY
CALIBR_DONE
Input
SERDES
• Частота: 100 MHz
• Фактор сериализации: 8
• Согласующие резисторы находятся на FFT_CM
• Частота: 133 MHz
• Фактор сериализации: 6
• Согласующие резисторы на FFT_CM отсутствуют
Output
SERDES
128
bit
DESER_DT
CLK100
EN_SERDES
RDY_FOR_DT
RDY_FOR_DT
EN_SERDES
CLK133
96
bit
DESER_DT
USER LOGIC

Рисунок 12

2.1.1. Включение модулей SerDes и начало работы.

После стабилизации входных синхроимпульсов CLK100 и CLK133 на логические блоки SerDes должно быть подано разрешение работы (EN_SERDES устанавливается высоким уровнем). После чего блоки SerDes переходят в режим калибровки. Калибровка необходима для правильной и безошибочной работы блоков SerDes.
После входа в режим калибровки, передающий SerDes устанавливает сигнал TX_RDY высоким уровнем и начинает передавать приёмному SerDes-у специализированную калибровочную последовательность - паттерн. Принимающий SerDes, получив сигнал TX_RDY, начинает принимать паттерн по каждой линии и последовательно калибрует каждый сигнал шины. После окончания калибровки, принимающий SerDes устанавливает высоким уровнем сигнал RX_RDY, после чего начинается этап проверки правильности калибровки. По всей шине передающий SerDes начинает выдавать значения счетчика, увеличивающееся на единицу с каждым тактом локального синхроимпульса. Принимающий SerDes сравнивает значения счетчика некоторый промежуток времени. Если принимающий SerDes получает не искаженные данные, тогда он выставляет высоким уровнем сигналы RDY_FOR_DT и CALIBR_DONE, сообщая тем самым о завершении этапа проверки правильности калибровки. В противном случае (когда приемный SerDes принимает искаженные данные), приемный SerDes выставляет сигнал RX_RDY низким уровнем, и процесс калибровки начинается заново.

2.2 Охлаждение и температурный режим.

При сравнительно небольших габаритах "FFT CM" имеет достаточно большую мощность (порядка 4 Вт). Из-за этого проблема рассеивания тепла с платы и микросхем "FFT CM" заслуживает отдельного рассмотрения. Максимальна мощность "FFT CM" достигается при использовании оконных функций, 65536 точек Фурье на окно и перекрытии окон между собой 25%. При этом данные на "FFT CM" должны подаваться непрерывно. Очевидно, что для стабильной работы "FFT CM" в таком режиме требуется дополнительное охлаждение.
Температурная диаграмма "FFT CM" при работе в выше указанном режиме показана на рисунках 13 (передняя часть платы) и 14 (задняя часть платы). В данном случае было применено активное охлаждение воздушным потоком. Скорость потока составляет 22,7 м^3/мин (802 CFM) для габаритов "FFT CM".

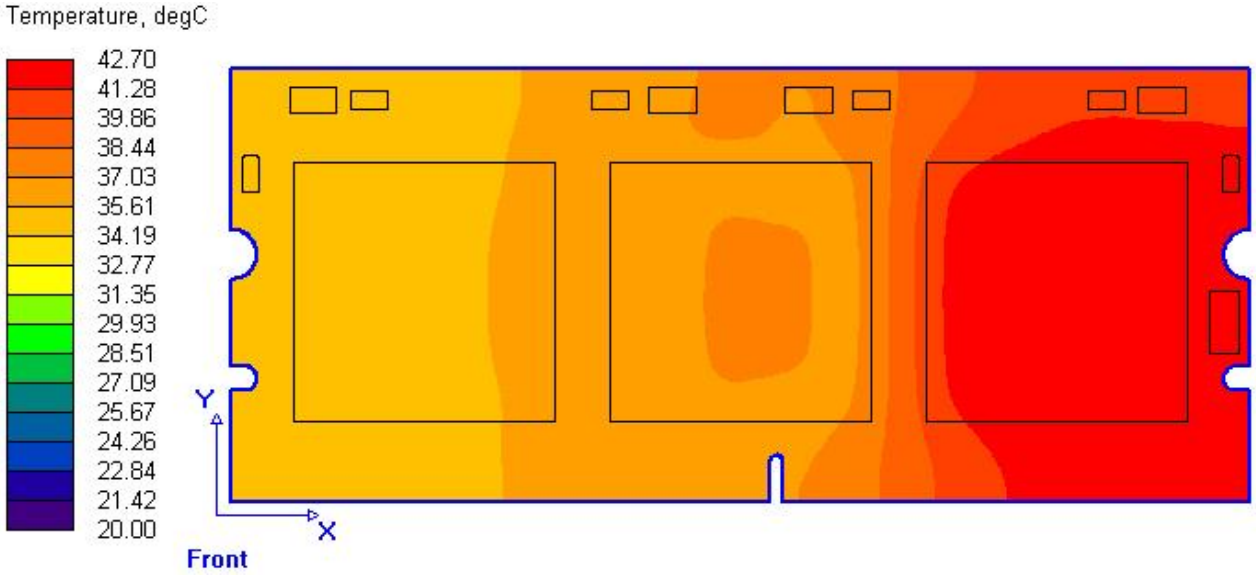

Рисунок 13

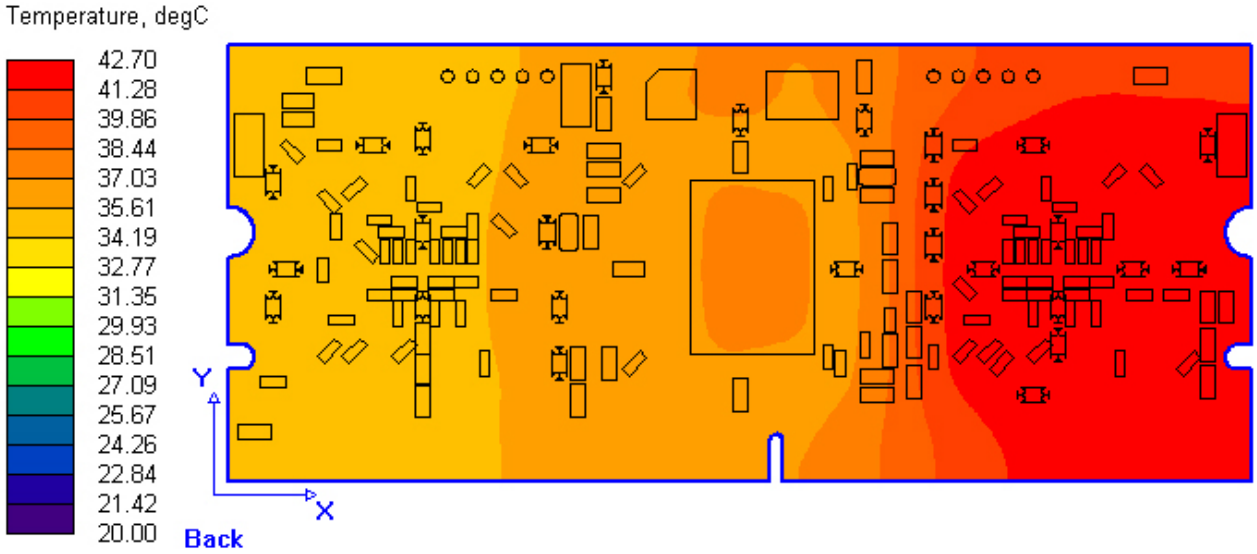

Рисунок 14

3.Детальное описание разъема.

Разъем для подключения "FFT CM" полностью соответствует спецификации mini DIMM JEDAC (документ JEDEC MO-244). Для установки "FFT CM" в Вашу систему, Новомар настоятельно рекомендует использовать разъемы фирмы Molex номер 877823003 с вертикальным креплением (рис. 15), 877830001 с углом крепления разъема 22.5° (рис. 16). или 87918-0001 с горизонтальным креплением (рис. 17).

P - Контакты питания;

NC - Не используемые контакты;

I - Контакты входных сигналов устройства;

O - Контакты выходных сигналов устройства.

Контакты типа NC оставлять несоединенными.

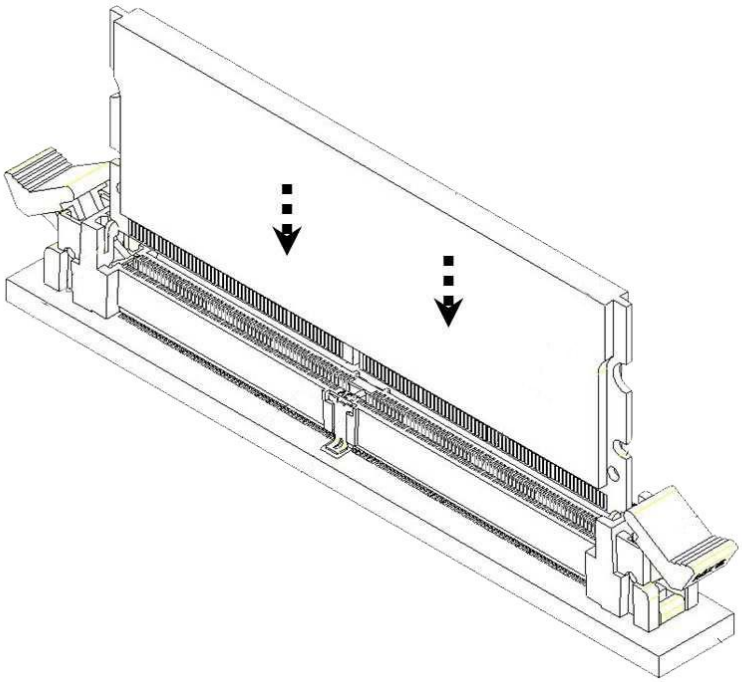

Рисунок 15

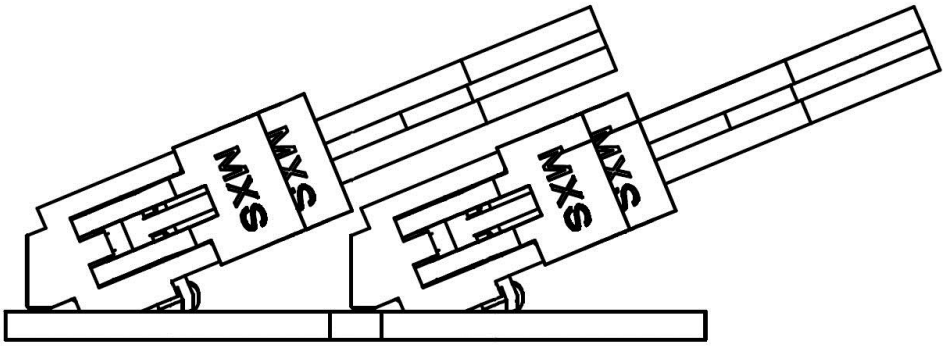

Рисунок 16

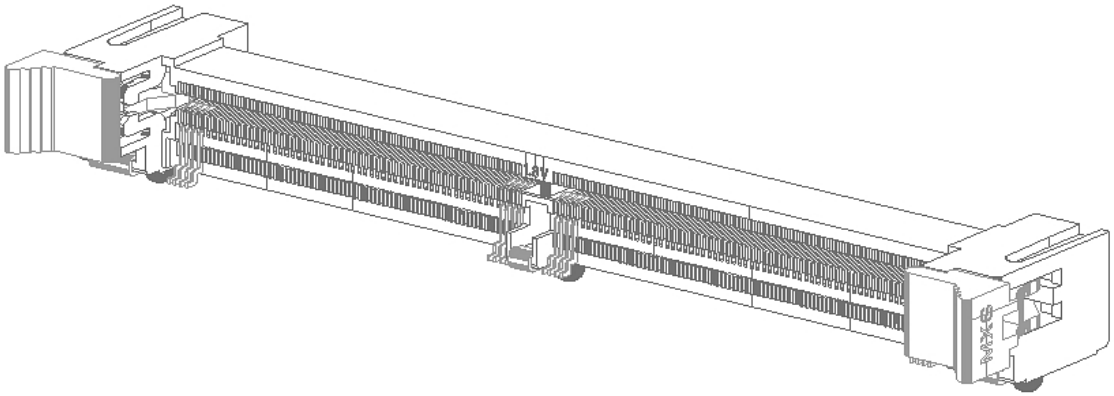

Рисунок 17

Детальное описание сигналов разъема находиться в таблице 6

Таблица 6

№ Вывода	Название сигнала	Тип	Описание
1	GND	P	Общий 0В
2	GND	P	Общий 0В
3	GND(NC)	P	Общий 0В
4	GND(NC)	P	Общий 0В
5	GND(NC)	P	Общий 0В
6	GND(NC)	P	Общий 0В
7	GND(NC)	P	Общий 0В
8	GND(NC)	P	Общий 0В
9	GND	P	Общий 0В
10	GND	P	Общий 0В
11	RSV(DONE_A)	NC[1]	Не используется
12	RSV (FPGA_A_TDI)	NC	Не используется
13	RSV (FPGA_A_TCK)	NC	Не используется
14	RSV (FPGA_A_TDO)	NC	Не используется
15	RSV (FPGA_A_TMS)	NC	Не используется
16	RSV (FPGA_A_CSO)	NC	Не используется
17	RSV (FPGA_A_INIT)	NC	Не используется
18	GND(FPGA_A_HSWAP)	P	Общий 0В
19	RSV (FPGA_A_MOSI)	NC	Не используется
20	RSV (FPGA_A_DIN)	NC	Не используется
21	GND	P	Общий 0В
22	GND(FPGA_A_M1)	P	Общий 0В
23	PULL_UP_2.5V(FPGA_A_M0)	P	Подключить к номиналу 2,5 В через резистор 4.7 КОм
24	GND(FPGA_A_RFUCE)	P	Общий 0В
25	GND(FPGA_A_Vfs)	P	Общий 0В
26	GND	P	Общий 0В
27	GND(FPGA_A_Vbat)		Общий 0В
28	PULL_DOWN(FPGA_A_SUSPEND)	P	Подключить к номиналу 0 В через резистор 4.7 КОм
29	RSV (FPGA_A_PROGRAM)	NC	Не используется
30	RSV (FPGA_A_CMPCS)	NC	Не используется
31	TECH0 (FPGA_A_DOUT)	NC	Соединить с контактом 142 того же разъема (длинна провода должна быть минимальной)
32	RSV (FPGA_A_CCLK)	NC	Не используется
33	RSV (FPGA_A_DONE)	NC	Не используется
34	GND	P	Общий 0В
35	GND	P	Общий 0В
36	1.8 В	P	Вывод питания 1.8 В
37	1.8 В	P	Вывод питания 1.8 В
38	1.8 В	P	Вывод питания 1.8 В

Таблица 6

№ Вывода	Название сигнала	Тип	Описание
39	GND	P	Общий 0В
40	GND	P	Общий 0В
41	2.5 В	P	Вывод питания 2.5 В
42	2.5 В	P	Вывод питания 2.5 В
43	2.5 В	P	Вывод питания 2.5 В
44	GND	P	Общий 0В
45	GND	P	Общий 0В
46	1.2 В	P	Вывод питания 1.2 В
47	1.2 В	P	Вывод питания 1.2 В
48	1.2 В	P	Вывод питания 1.2 В
49	GND	P	Общий 0В
50	GND	P	Общий 0В
51	GND	P	Общий 0В
52	GND	P	Общий 0В
53	GND	P	Общий 0В
54	GND	P	Общий 0В
55	GND	P	Общий 0В
56	GND	P	Общий 0В
57	PB_BUSY	O	Сигнал конфликта интерфейсов **"Stream"** и **"Parameter Bus"**.
58	FFT_CM_RDY	O	"FFT CM" готов к приему данных для FFT
59	GND	P	Общий 0В
60	IN_CALIBR_DONE	O	Входной SerDes полностью откалибровался
61	PB_CS_N	I	Выбор кристалла для передачи параметров преобразования и отсчетов оконных функций через **"Parameter Bus".**
62	GND	P	Общий 0В
63	PB_CLK	I	Тактовая частота 33,3(3) МГц для интерфейса **"Parameter Bus"**.
64	RESET	I	Асинхронный сброс "FFT CM"
65	GND	P	Общий 0В
66	TX_INDT_RDY	I	Готовность передатчика для входного SerDes
67	RX_INDT_RDY	O	Готовность приемника для входного SerDes
68	GND	P	Общий 0В
69	OUT_DATA_P[8]	O	Выходные данные "позитив"
70	OUT_DATA_N[8]	O	Выходные данные "негатив"
71	GND	P	Общий 0В
72	OUT_DATA_P[9]	O	Выходные данные "позитив"
73	OUT_DATA_N[9]	O	Выходные данные "негатив"

Таблица 6

№ Вывода	Название сигнала	Тип	Описание
74	GND	P	Общий 0В
75	OUT_DATA_P[10]	O	Выходные данные "позитив"
76	OUT_DATA_N[10]	O	Выходные данные "негатив"
77	GND	P	Общий 0В
78	OUT_DATA_P[11]	O	Выходные данные "позитив"
79	OUT_DATA_N[1]	O	Выходные данные "негатив"
80	GND	P	Общий 0В
81	OUT_DATA_P[12]	O	Выходные данные "позитив"
82	OUT_DATA_N[12]	O	Выходные данные "негатив"
83	GND	P	Общий 0В
84	OUT_DATA_P[13]	O	Выходные данные "позитив"
85	OUT_DATA_N[13]	O	Выходные данные "негатив"
86	GND	P	Общий 0В
87	OUT_DATA_P[14]	O	Выходные данные "позитив"
88	OUT_DATA_N[14]	O	Выходные данные "негатив"
89	GND	P	Общий 0В
90	OUT_DATA_P[15]	O	Выходные данные "позитив"
91	OUT_DATA_N[15]	O	Выходные данные "негатив"
92	GND	P	Общий 0В
93	OUT_CLK_P	O	Выходные данные "позитив"
94	OUT_CLK_N	O	Выходные данные "негатив"
95	GND	P	Общий 0В
96	GND	P	Общий 0В
97	GND	P	Общий 0В
98	GND	P	Общий 0В
99	IN_DATA_P[8]	I	Входные данные "позитив"
100	IN_DATA_N[8]	I	Входные данные "негатив"
101	GND	P	Общий 0В
102	IN_DATA_P[9]	I	Входные данные "позитив"
103	IN_DATA_N[9]	I	Входные данные "негатив"
104	GND	P	Общий 0В
105	IN_DATA_P[10]	I	Входные данные "позитив"
106	IN_DATA_N[10]	I	Входные данные "негатив"
107	GND	P	Общий 0В
108	IN_DATA_P[11]	I	Входные данные "позитив"
109	IN_DATA_N[11]	I	Входные данные "негатив"
110	GND	P	Общий 0В
111	IN_DATA_P[12]	I	Входные данные "позитив"
112	IN_DATA_N[12]	I	Входные данные "негатив"
113	GND	P	Общий 0В
114	IN_DATA_P[13]	I	Входные данные "позитив"
115	IN_DATA_N[13]	I	Входные данные "негатив"

Таблица 6

№ Вывода	Название сигнала	Тип	Описание
116	GND	P	Общий 0В
117	IN_DATA_P[14]	I	Входные данные "позитив"
118	IN_DATA_N[14]	I	Входные данные "негатив"
119	GND	P	Общий 0В
120	IN_DATA_P[15]	I	Входные данные "позитив"
121	IN_DATA_N[15]	I	Входные данные "негатив"
122	GND	P	Общий 0В
123	GND(NC)	P	Общий 0В
124	GND(NC)	P	Общий 0В
125	GND(NC)	P	Общий 0В
126	GND(NC)	P	Общий 0В
127	GND(NC)	P	Общий 0В
128	GND(NC)	P	Общий 0В
129	GND(NC)	P	Общий 0В
130	GND(NC)	P	Общий 0В
131	GND	P	Общий 0В
132	GND	P	Общий 0В
133	RSV (DONE_B)	NC	Не используется
134	RSV (FPGA_B_TDI)	NC	Не используется
135	RSV (FPGA_B_TCK)	NC	Не используется
136	RSV (FPGA_B_TDO)	NC	Не используется
137	RSV (FPGA_B_TMS)	NC	Не используется
138	RSV (FPGA_B_CSO)	NC	Не используется
139	RSV (FPGA_B_INIT)	NC	Не используется
140	GND(FPGA_B_HSWAP)	P	Общий 0В
141	RSV (FPGA_B_MOSI)	NC	Не используется
142	TECH0(FPGA_B_DIN)	I	Соединить с контактом 31 того же разъема (длинна провода должна быть минимальной)
143	GND	P	Общий 0В
144	PULL_UP_2.5V(FPGA_B_M1)	P	Подключить к номиналу 2.5 В через резистор 4.7 КОм
145	PULL_UP_2.5V(FPGA_B_M0)	P	Подключить к номиналу 2.5 В через резистор 4.7 КОм
146	GND(RFUCE)	P	Общий 0В
147	GND(Vfs)	P	Общий 0В
148	GND	P	Общий 0В
149	GND(Vbat)	P	Общий 0В
150	PULL_DOWN(SUSPEND)	P	Подключить к номиналу 0 В через резистор 4.7 КОм

Таблица 6

№ Вывода	Название сигнала	Тип	Описание
151	RSV (FPGA_B_PROGRAM)	NC	Не используется
152	RSV (CMPCS)	NC	Не используется
153	RSV (FPGA_B_DOUT)	NC	Не используется
154	RSV (FPGA_B_CCLK)	NC	Не используется
155	RSV (FPGA_B_DONE)	NC	Не используется
156	GND	P	Общий 0В
157	GND	P	Общий 0В
158	1.8 В	P	Вывод питания 1.8 В
159	1.8 В	P	Вывод питания 1.8 В
160	1.8 В	P	Вывод питания 1.8 В
161	GND	P	Общий 0В
162	GND	P	Общий 0В
163	2.5 В	P	Вывод питания 2.5 В
164	2.5 В	P	Вывод питания 2.5 В
165	2.5 В	P	Вывод питания 2.5 В
166	GND	P	Общий 0В
167	GND	P	Общий 0В
168	1.2 В	P	Вывод питания 1.2 В
169	1.2 В	P	Вывод питания 1.2 В
170	1.2 В	P	Вывод питания 1.2 В
171	GND	P	Общий 0В
172	GND	P	Общий 0В
173	PB_DTIN[0]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.
174	PB_DTIN [1]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.
175	GND	P	Общий 0В
176	PB_DTIN [2]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.
177	PB_DTIN [3]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.
178	GND	P	Общий 0В
179	PB_DTIN [4]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.
180	PB_DTIN [5]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.
181	GND	P	Общий 0В
182	PB_DTIN [6]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.

Таблица 6

№ Вывода	Название сигнала	Тип	Описание
183	PB_DTIN [7]	I	Данные интерфейса **"Parameter Bus"**.
184	GND	P	Общий 0В
185	RSV (MB_DOUT_BUSY)	NC	Не используется
186	GND(NC)	P	Общий 0В
187	GND	P	Общий 0В
188	TX_OUTDT_RDY	O	Готовность передатчика для выходного SerDes
189	RX_OUTDT_RDY	I	Готовность приемника для выходного SerDes
190	GND	P	Общий 0В
191	OUT_DATA_P[0]	O	Выходные данные "позитив"
192	OUT_DATA_N[0]	O	Выходные данные "негатив"
193	GND	P	Общий 0В
194	OUT_DATA_P[1]	O	Выходные данные "позитив"
195	OUT_DATA_N[1]	O	Выходные данные "негатив"
196	GND	P	Общий 0В
197	OUT_DATA_P[2]	O	Выходные данные "позитив"
198	OUT_DATA_N[2]	O	Выходные данные "негатив"
199	GND	P	Общий 0В
200	OUT_DATA_P[3]	O	Выходные данные "позитив"
201	OUT_DATA_N[3]	O	Выходные данные "негатив"
202	GND	P	Общий 0В
203	OUT_DATA_P[4]	O	Выходные данные "позитив"
204	OUT_DATA_N[4]	O	Выходные данные "негатив"
205	GND	P	Общий 0В
206	OUT_DATA_P[5]	O	Выходные данные "позитив"
207	OUT_DATA_N[5]	O	Выходные данные "негатив"
208	GND	P	Общий 0В
209	OUT_DATA_P[6]	O	Выходные данные "позитив"
210	OUT_DATA_N[6]	O	Выходные данные "негатив"
211	GND	P	Общий 0В
212	OUT_DATA_P[7]	O	Выходные данные "позитив"
213	OUT_DATA_N[7]	O	Выходные данные "негатив"
214	GND	P	Общий 0В
215	RSV (MB_OUT_CLK_IN_P)	NC	Не используется
216	RSV (MB_OUT_CLK_IN_N)	NC	Не используется
217	GND	P	Общий 0В
218	RSV	NC	Не используется

Таблица 6

№ Вывода	Название сигнала	Тип	Описание
219	RSV	NC	Не используется
220	GND	P	Общий 0В
221	IN_DATA_P[0]	I	Входные данные "позитив"
222	IN_DATA_N[0]	I	Входные данные "негатив"
223	GND	P	Общий 0В
224	IN_DATA_P[1]	I	Входные данные "позитив"
225	IN_DATA_N[1]	I	Входные данные "негатив"
226	GND	P	Общий 0В
227	IN_DATA_P[2]	I	Входные данные "позитив"
228	IN_DATA_N[2]	I	Входные данные "негатив"
229	GND	P	Общий 0В
230	IN_DATA_P[3]	I	Входные данные "позитив"
231	IN_DATA_N[3]	I	Входные данные "негатив"
232	GND	P	Общий 0В
233	IN_DATA_P[4]	I	Входные данные "позитив"
234	IN_DATA_N[4]	I	Входные данные "негатив"
235	GND	P	Общий 0В
236	IN_DATA_P[5]	I	Входные данные "позитив"
237	IN_DATA_N[5]	I	Входные данные "негатив"
238	GND	P	Общий 0В
239	IN_DATA_P[6]	I	Входные данные "позитив"
240	IN_DATA_N[6]	I	Входные данные "негатив"
241	GND	P	Общий 0В
242	IN_DATA_P[7]	I	Входные данные "позитив"
243	IN_DATA_N[7]	I	Входные данные "негатив"
244	GND	P	Общий 0В

4. Комплект для разработки.

Для понимания принципов работы "FFT CM" Новомар предлагает воспользоваться демонстрационной платой разработчика “FFT Development Kit”.

4.1 “FFT Development Kit”.

“FFT Development Kit” (рис. 18) имеет два разъема mini DIMM для установки и конфигурирования двух "FFT CM", USB порт (для подключения к ПК), порт подключения интерфейса RS-232 (для подключения к ПК), модуль АЦП (для подачи рольного сигнала в "FFT CM).

Рисунок 18

“FFT Development Kit” позволяет сконфигурировать два модуля "FFT CM", подать на вход "FFT CM" данные (данные могут быть сгенерированы DDS или поданы как реальный сигнал через АЦП) и проанализировать результаты преобразования в пакете MatLab (рис. 20). Конфигурирование "FFT CM" осуществляется пользователем через интерфейсы USB или RS-232 средствами ПО входящего в комплект поставки.

4.2 Отладочное ПО.

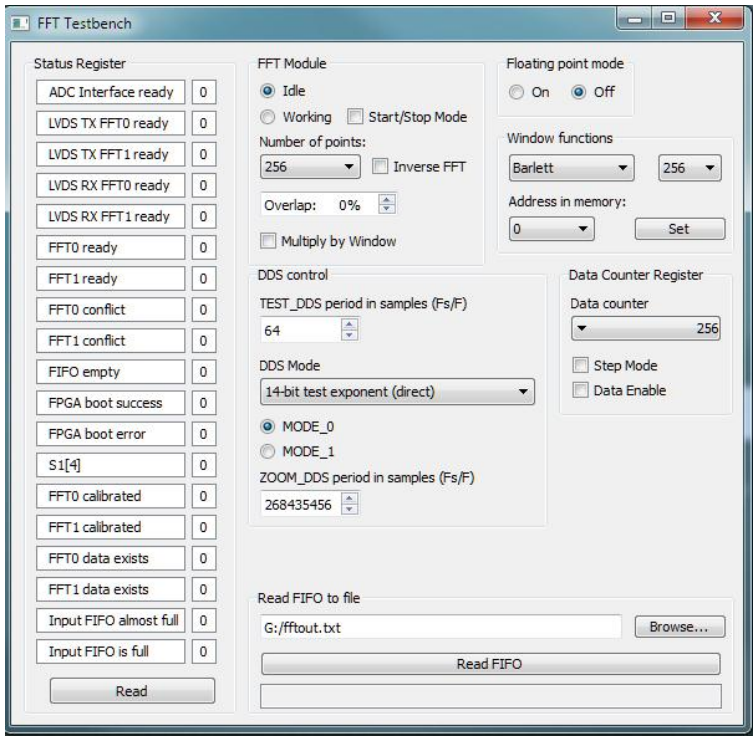

Рисунок 19

ПО позволяет сконфигурировать "FFT CM" (рис. 19), задать тип и параметры входных данных, записать полученные результаты преобразования и проанализировать их в пакете MatLab. ПО устанавливается в ОС Windows XP/7. Все параметры указанные в Таблице 2 доступны для конфигурирования.

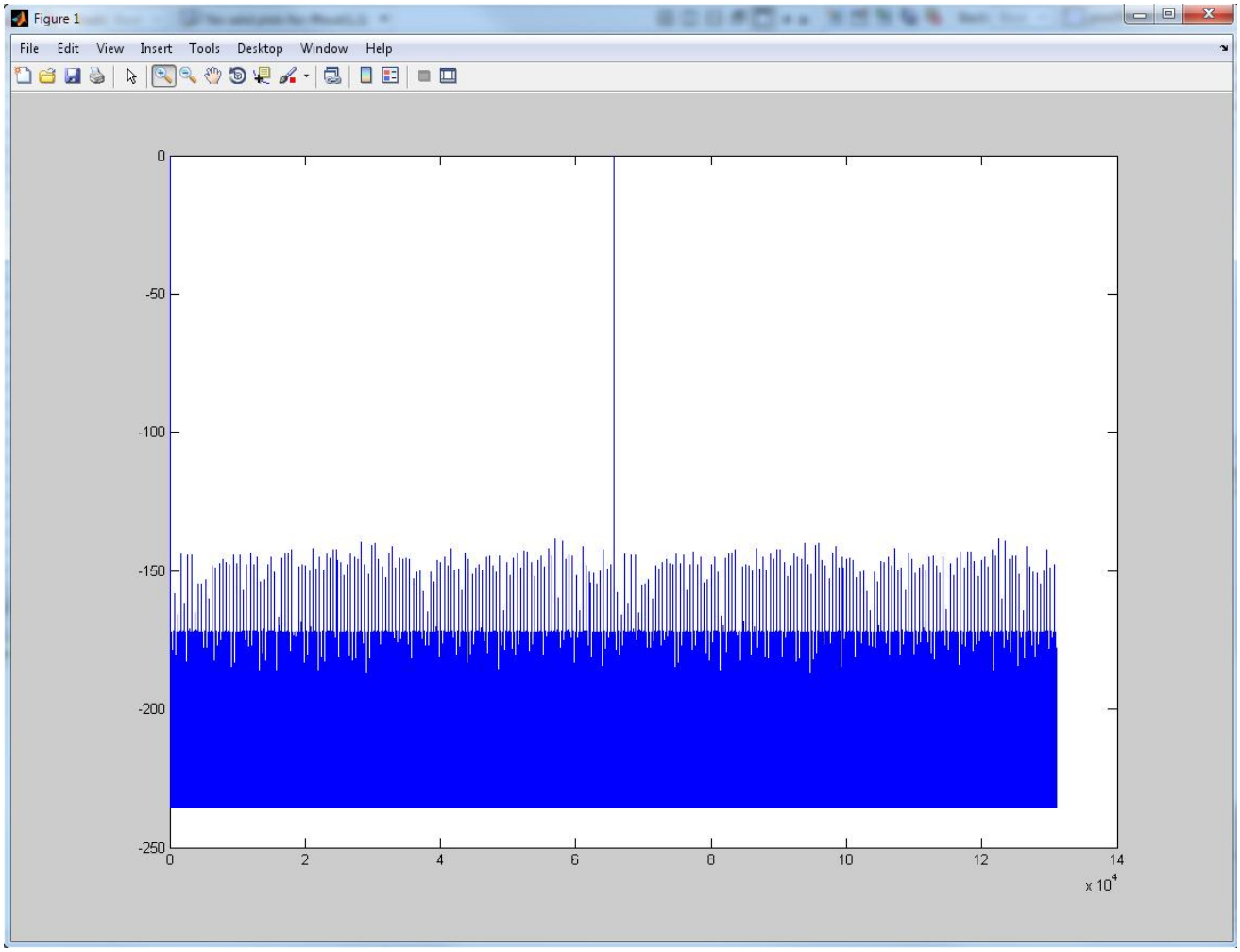
Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
0
-50
-100
-150
-200
-250
0 2 4 6 8 10 12 14
x 10^4

Рисунок 20

Приложение А.

Примеры включения "FFT CM".

1. Типовое включение модуля "FFT CM".

Типовое применение модуля "FFT CM" показано на рисунке а.1. Считается что, скорость потока входных данных меньше или равна максимальной скорости входных данных для "FFT CM", требуемое количество точек в одном окне Фурье (m) также не превышает максимального количества точек для "FFT CM".
Примечание:

Максимальная производительность - "FFT CM" способен обрабатывать поток 6400 Мегабит/сек, т.е. на тактовой частоте 100МГц обрабатывать окно 65536 точек при ширине шины 64бита.

Каждый отсчет окна входных данных (x1, x2, ..., xn) последовательно подается на SerDes после чего поступает на вход модуля "FFT CM". После преобразования, данные (y1, y2, ..., yn) с сохранением порядка отсчетов окна Фурье, последовательно поступают на выходной SerDes, далее на интерфейс пользователя.

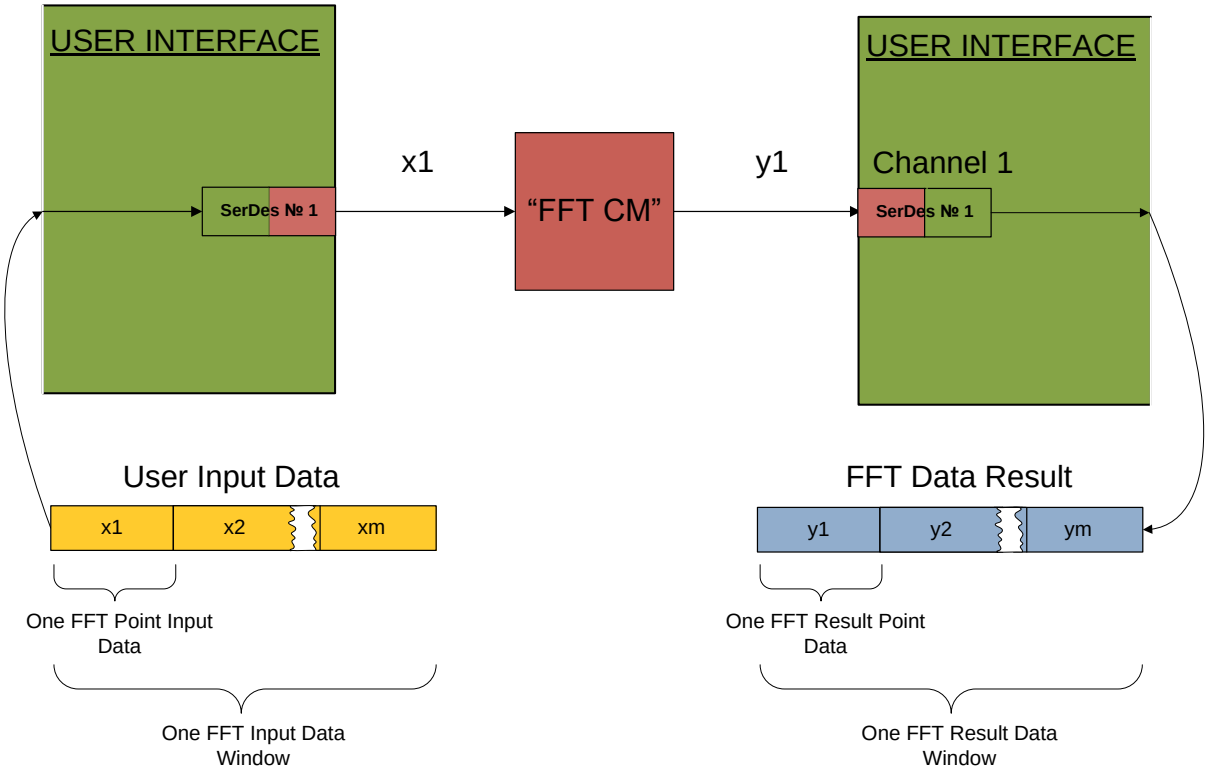

Рисунок А.1

2. Увеличение скорости потока входных данных за счет наращивания "FFT CM".

Если скорость потока входных данных превышает максимальную скорость входных данных для "FFT CM", то возможно масштабирование входного потока благодаря распараллеливанию последнего на n каналов обработки, где n целое и больше либо равно 2. (рисунок а.2).
Непрерывный поток данных разбивается на n блоков, один блок данных равен одному окну Фурье(X1, X2, ..., Xn). Каждый блок отправляется на SerDes соответствующего канала. Данные поступают на n модулей "FFT CM", которые параллельно обрабатывают все n окон Фурье. Результаты преобразования (Y1, Y2, ..., Yn) отправляется на SerDes и мультиплицируются в непрерывный поток.

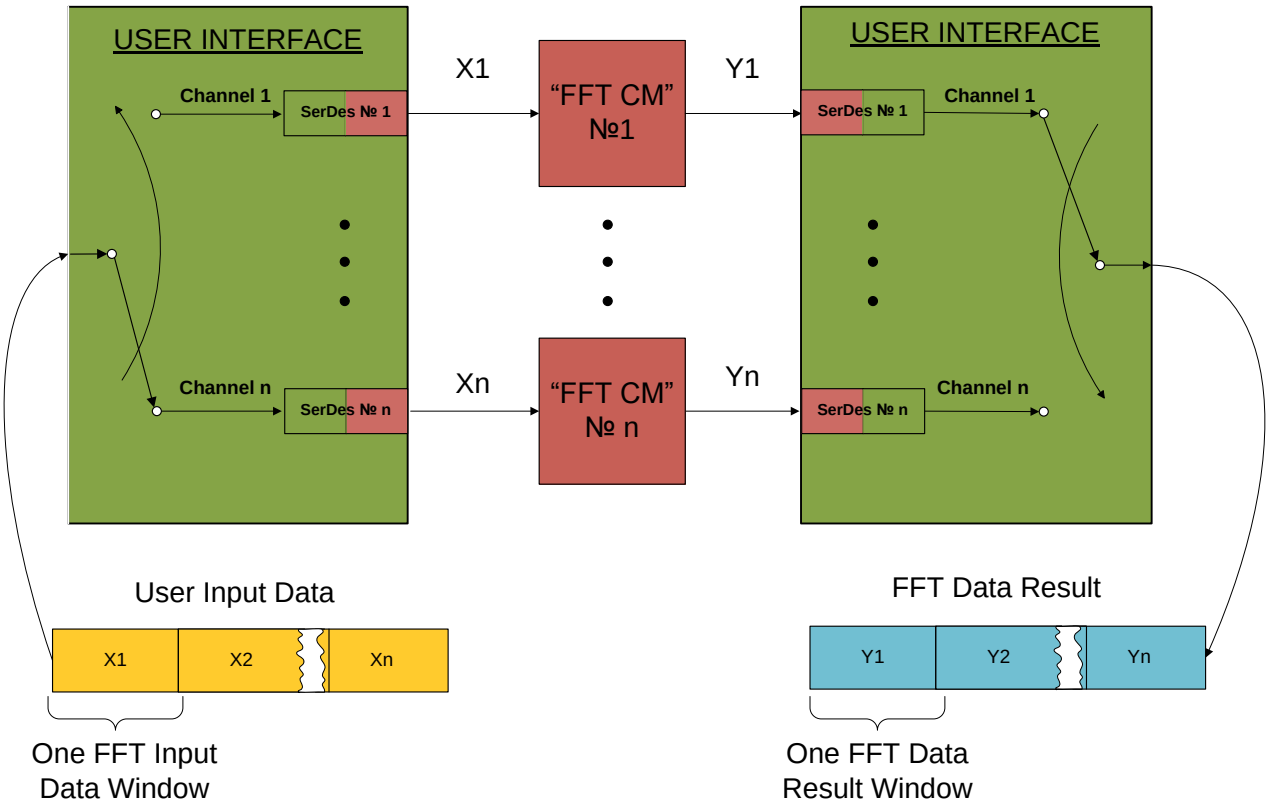

Рисунок А.2

3. Параллельная обработка нескольких потоков входных данных на одном модуле "FFT CM".

Если существует n каналов входных данных, и скорость потока данных каждого канала в n или более раз ниже максимальной скорости входного потока данных для "FFT CM", тогда возможна параллельная обработка n каналов на одном модуле "FFT CM". (рисунок а.3)
Непрерывный поток данных каждого канала разбивается на m блоков, один блок данных равен одному окну Фурье. Блок данных от каждого канала (X11, X21, ..., Xn1) отправляется на SerDes. Последовательно n блоков данных поступают на модуль "FFT CM", который поочередно обрабатывает все n блоков данных (окон Фурье). Результаты преобразования (Y11, Y21, ..., Yn1) отправляется на SerDes и демультиплицируются на n каналов.

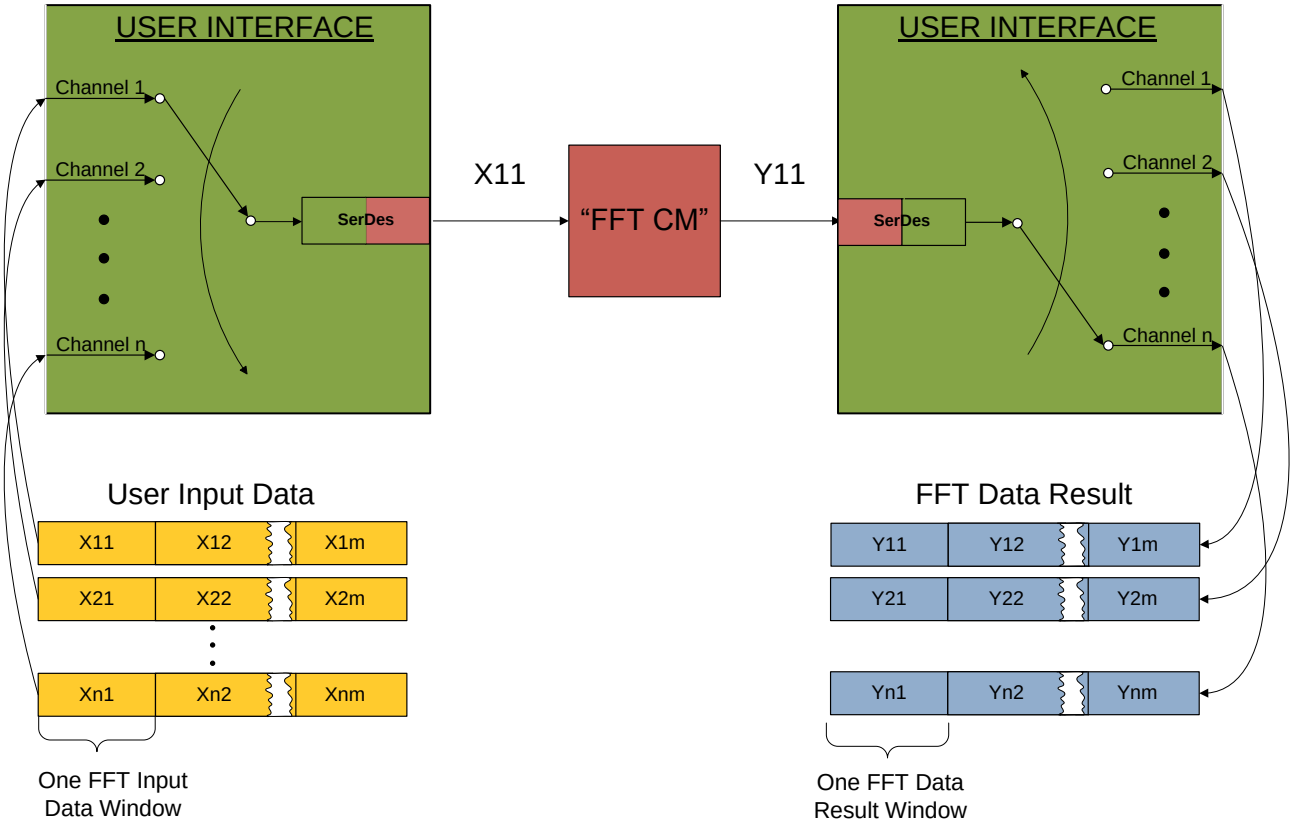

Рисунок А.3

4. Увеличение количества точек окна Фурье.

Если требуется обеспечить количество точек в окне Фурье в 2 раза больше, чем позволяет модуль "FFT CM" т.е. получить окно размером 131072 точки, возможна реализация структуры. (рисунок а.4)
Butterfly Operation - обозначает первый этап алгоритма "Быстрого Преобразования Фурье". Этот этап предполагает накапливание половины (m/2) от количества всех отсчетов и последующее их суммирование и умножение на коэффициенты (Wn) согласно операции "Бабочка". Далее отсчеты последовательно подаются на "FFT CM" как два отдельных окна. В результате первое окно на выходе "FFT CM" будет содержать нечетные отсчеты окна [1... m], а второе окно - четные.
Одновременно с увеличением размера окна Фурье можно увеличить скорость входного потока данных вдвое, если использовать два модуля "FFT CM" (рисунок а.5).

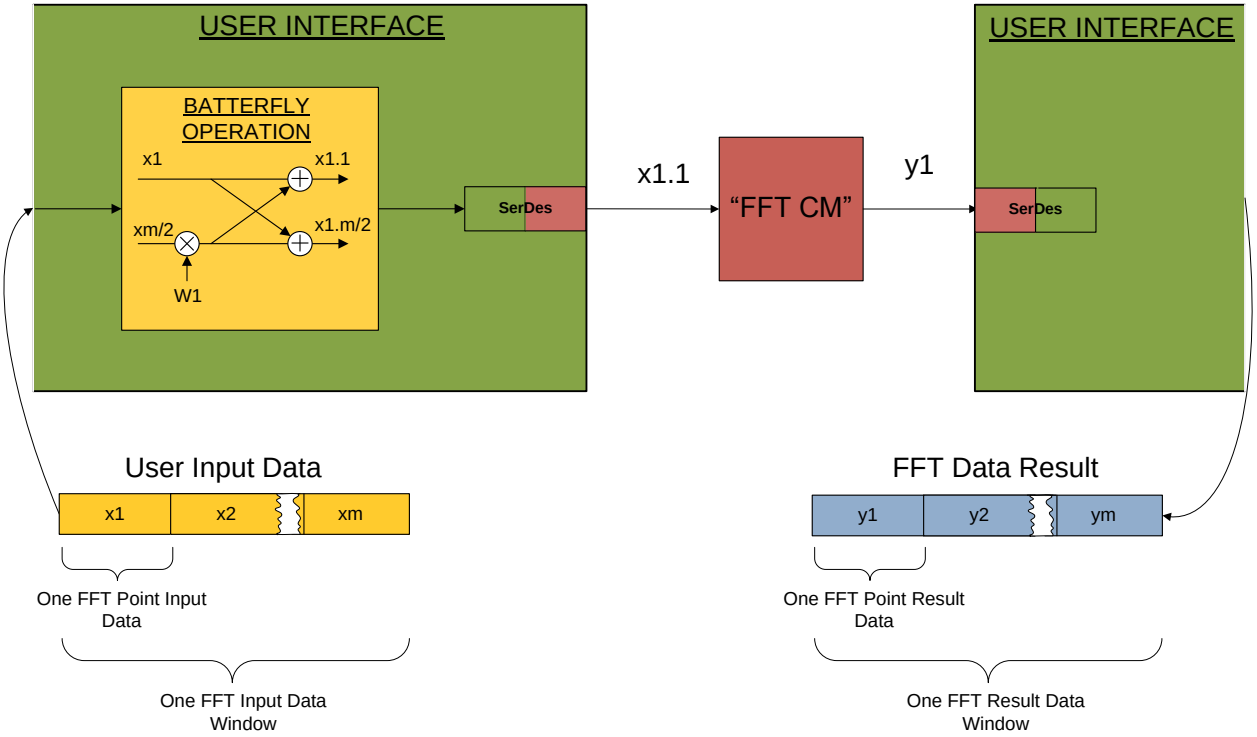

Рисунок А.4

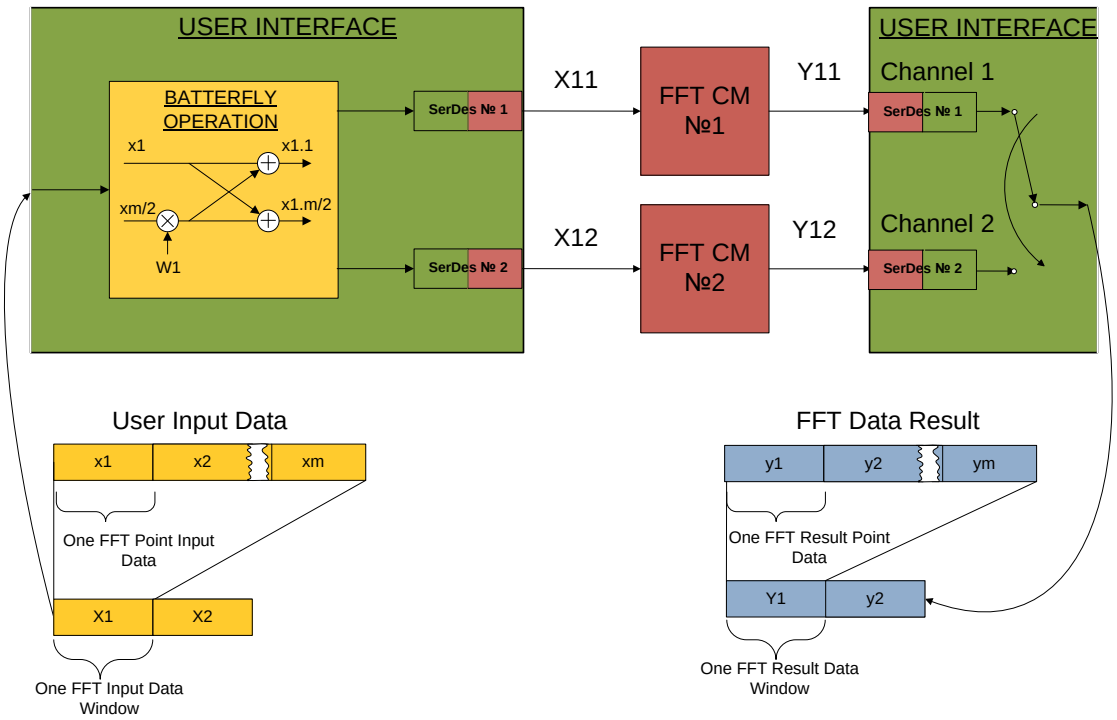
USER INTERFACE
BATTERFLY OPERATION
x1
x1.1
xm/2
x1.m/2
W1
SerDes № 1
SerDes № 2
X11
X12
FFT CM №1
FFT CM №2
Y11
Y12
USER INTERFACE
Channel 1
Channel 2
SerDes № 1
SerDes № 2
User Input Data
x1
x2
xm
One FFT Point Input Data
X1
X2
One FFT Input Data Window
FFT Data Result
y1
y2
ym
One FFT Result Point Data
Y1
y2
One FFT Result Data Window

Рисунок А.5

Список исправлений и изменений.

Версия	Дата	Изменение
1.0	08.06.2012	1. Документ создан.
1.1	08.06.2012	2, Добавлено изображение “FFT Development Kit”.