**Описание ТПО и СПО МЕТЕО**

**1 Средства разработки**

Документ описывает состав и функциональное назначение программных компонент ТПО и СПО МЕТЕО в части программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). В минимальную комплектацию изделия входят ПЛИС в количестве 5 штук:

- ПЛИС ALTERA Arria V SOC 5ASXMB5G4F40I5 (вычислитель FURY 2.1 на плате BCO)

- ПЛИС ALTERA MAX10 на плате rcvc

- ПЛИС ALTERA MAX10 на плате bgs

- ПЛИС ALTERA MAX10 на плате iface

- ПЛИС ALTERA MAX10 на плате supervisor

В таблице 1 перечислены инструменты и средства разработки изделия в части ПЛИС.

Таблица 1 – Инструменты и средства разработки

|  |  |
| --- | --- |
| Язык описания аппаратуры | Verilog HDL (стандарт 2001). |
| Среда разработки конфигурации ПЛИС | Система автоматизированного проектирования (САПР) ALTERA QUARTUS 15.0.1 |
| Среда цифрового моделирования | САПР ALTERA ModelSim 10.3d |

В п 1 описаны общие для ТПО и СПО компоненты.

В п 2 описаны компоненты только для СПО

В п 3 описаны компоненты только для ТПО

* 1. **Требования к персональному компьютеру для процесса разработки**

- 64-битный двухъядерный процессор с архитектурой X86 и тактовой частотой не менее 2 ГГц

- объем оперативной памяти – не менее 16 Гбайт

- операционная система – Windows 7

- свободное место на жестком диске – не менее 20 Гбайт

- монитор

- клавиатура, мышь

- сетевая карта с гнездом RG45

* 1. **Установка и настройка САПР ALTERA Quartus**

Для установки на ПК САПР Quartus необходимо:

- скачать с сайта производителя (<http://dl.altera.com/15.0/?edition=subscription>) все установочные дистрибутивы;

- запустить дистрибутив «QuartusSetup-15.0.0.145-windows» и следуя появившейся инструкции установить все отмеченные компоненты (в том числе и ALTERA ModelSim);

- указать в процессе установки файл лицензии, приобретенный у компании ALTERA;

- скачать и установить Servise Pack 1 запустив дистрибутив «QuartusSetup-15.0.1.150-windows»

Для запуска компиляции проекта в САПР Quartus необходимо:

- дважды кликнуть на значок «Quartus II 15.0 (64-bit)»

- в запущенной среде Quartus нажать: file – Open project

- выбрать файл проекта QPF – открыть

- в левом верхнем углу кликнуть правой кнопкой мыши на «Compile Design» - start

- ожидать завершения компиляции и анализировать результаты по сообщениям Quartus

**1 ТПО и СПО МЕТЕО**

В таблице 2 перечислены библиотеки программных компонент общих для ТПО и СПО МЕТЕО.

Таблица 2 – Библиотеки программных компонент ТПО и СПО МЕТЕО

(директория – vlib)

|  |  |
| --- | --- |
| Название библиотеки | Назначение |
| ad9914\_ctrl | Контроллер синтезатора частот AD9914 |
| adf4350 | Контроллер синтезатора adf4350 |
| clk\_buf | буфер для тактовых сигналов |
| dac3484 | контроллер ЦАП DAC3484 |
| dds\_signal\_generator | программный прямой цифровой синтезатор частот |
| fifo\_buff | fifo-буфер |
| gxb | реализация подуровней гигабитного приемопередатчика |
| jtag\_debug | инструмент отладки по JTAG |
| la | управление выводом сигналов на логический анализатор |
| lmk | контроллер буфера тактовых сигналов lmk01000 |
| lvds\_rx | десериализатор многоканального АЦП ltm9011 |
| pll | модули ФАПЧ различного назначения |
| pll\_dsp | модуль ФАПЧ с глобальным источником синхронизации |
| pll\_in | модуль ФАПЧ с источником синхронизации на вычислителе |
| sata | контроллер, реализующий интерфейс SATA II |
| sd8 | реализация 10-проводного интерфейса SD8 |
| spi\_ctrl | контроллеры SPI для линий передачи между ПЛИС |
| tcl | tcl-скрипты общего назначения |
| tis10\_control\_system\_max10 | контроллеры интерфейсов приема/передачи данных и системы контроля |

* 1. **ПЛИС ALTERA MAX10 на плате rcvc**

Таблица 6 – Программные компоненты СПО МЕТЕО для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате rcvc

(директория – rcvc)

|  |  |
| --- | --- |
| Компонента | Назначение |
| rcvc.sv | Файл верхнего уровня |
| output\_files/rcvc\_CFM.map  output\_files/rcvc\_CFM\_auto.rpd | конфигурационные файлы ПЛИС |
| rcvc.out.sdc | sdc-файл временных ограничений |
| vlib\_local | Библиотека программных модулей для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате rcvc |

* 1. **ПЛИС ALTERA MAX10 на плате bgs**

Таблица 6 – Программные компоненты СПО МЕТЕО для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате bgs

(директория – bgsl)

|  |  |
| --- | --- |
| Компонента | Назначение |
| main\_bgsl.sv | Файл верхнего уровня |
| output\_files/ bgsl.map  output\_files/bgsl\_CFM\_auto.rpd | конфигурационные файлы ПЛИС |
| bgsl.sdc | sdc-файл временных ограничений |
| vlib\_local | Библиотека программных модулей для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате bgs |

* 1. **ПЛИС ALTERA MAX10 на плате iface**

Таблица 6 – Программные компоненты СПО МЕТЕО для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате iface

(директория – iface)

|  |  |
| --- | --- |
| Компонента | Назначение |
| iface\_max10\_wrap.v | Файл верхнего уровня |
| output\_files/ iface\_max10\_wrap.map  output\_files/ iface\_CFM\_auto.rpd | конфигурационные файлы ПЛИС |
| iface\_max10\_wrap.out.sdc | sdc-файл временных ограничений |
| vlib\_local | Библиотека программных модулей для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате iface |

* 1. **ПЛИС ALTERA MAX10 на плате supervisor**

Таблица 6 – Программные компоненты СПО МЕТЕО для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате supervisor(директория – supervisor\_max10\_bco\_wrap)

|  |  |
| --- | --- |
| Компонента | Назначение |
| supervisor\_max10\_bco\_wrap.v | Файл верхнего уровня |
| output\_files/ supervisor\_max10\_bco\_wrap.map  output\_files/ supervisor\_CFM\_auto.rpd | конфигурационные файлы ПЛИС |
| supervisor\_max10\_bco\_wrap.out.sdc | sdc-файл временных ограничений |
| vlib\_local | Библиотека программных модулей для ПЛИС ALTERA MAX10 на плате supervisor |

1. **СПО МЕТЕО**

В таблице 3 перечислены программные компоненты, используемые для реализации части СПО МЕТЕО для ПЛИС ALTERA Arria V SOC**.**

Таблица 3 – Программные компоненты СПО МЕТЕО для ПЛИС ALTERA Arria V SOC

(директория – bco\_meteo)

|  |  |
| --- | --- |
| Компонента | Назначение |
| bco.sv | Верхний уровень проекта для вычислителя FURY 2.1 с ПЛИС ARRIAV, реализующего СПО МЕТЕО |
| output\_files\BCO.rbf | конфигурационный файл ПЛИС («файл прошивки») |
| BCO.out.sdc | sdc-файл временных ограничений |
| avhps.qsys | Файл с настройками инструмента QSYS QUARTUS для конфигурации системы-на-кристалле |
| vlib\_local\tcl\ move\_rbf.tcl | tcl-скрипт для автоматического (в процессе компиляции) копирования конфигурационного файла (файл в формате rbf) на cервер, с которого rbf-файл скачивается в дальнейшем при конфигурации ПЛИС |
| vlib\_local\build\_id\build\_id.v | Содержит дату и время последней компиляции проекта |
| vlib\_local\meteo\_dsp | Библиотека программных модулей ПЦОС МЕТЕО и СМЕТЕО |
| vlib\_local\altera\_libs | Библиотека мегафункций и примитивов от компании ALTERA |

**2.1 ПЦОС МЕТЕО и СМЕТЕО**

В таблице 4 перечислены программные компоненты, используемые для реализации ПЦОС МЕТЕО и СМЕТЕО.

Таблица 4 – Программные компоненты СПО МЕТЕО (директория – bco\_meteo\vlib\_local\meteo\_dsp)

|  |  |
| --- | --- |
| Компонента | Назначение |
| meteo\_dsp.v | Верхний уровень алгоритма МЕТЕО  Включает:  - СМЕТЕО  - ПЦОС МЕТЕО |
| meteo\_to\_hps.v | Модуль для информационного обмена ПЦОС МЕТЕО и СМЕТЕО с процессором |
| meteo\_to\_hps.vh | Заголовочный файл с регистровой моделью ПЦОС МЕТЕО и СМЕТЕО для информационного обмена с процессором |
| meteo\_sync.v | Синхронизатор МЕТЕО (СМЕТЕО) |
| simulate\_meteo\_dsp\do.do | do-файл для запуска цифрового моделирования и тестирования модуля  meteo\_dsp.v в среде ModelSim |
| simulate\_meteo\_rec\do.do | do-файл для запуска цифрового моделирования и тестирования модуля  meteo\_rec.v в среде ModelSim |
| simulate\_meteo\_sync\do.do | do-файл для запуска цифрового моделирования и тестирования модуля  meteo\_sync.v в среде ModelSim |

**2.2 Информационный обмен с процессором**

bco\_meteo\vlib\_local\meteo\_dsp\meteo\_to\_hps.vh - заголовочный файл с регистровой моделью ПЦОС для обмена информацией с процессором

Передача пакетов с результатами обработки реализована с помощью механизма X-device

Результаты ПЦОС в виде амплитуд (модулей выходного комплексного сигнала), т.е. расчет десятичного логарифма возложен на процессор

Регистр ARINC\_CTRL выделен для передачи 32-битного слова данных с информацией о режиме работы (диапазоне дальности) от индикатора.

Переданное слово данных по процессорной шине инициирует запуск цикла зондирования.

По готовности результатов обработки модуль ПЦОС выставляет прерывание процессору, после чего процессору необходимо за время между циклами зондирования вычитать пакет данных из fifo X-device модуля.

После освобождения fifo (заполненность проверяется по чтению регистра IN\_FIFO\_STATUS\_2) процессор должен сбросить прерывание (регистр INT\_ACK) и войти в режим ожидания следующего прерывания

Структура передаваемого в процессор пакета, состоящего из 32-битных слов:

- Заголовок 16'h\_ffff (старшие 16 бит) и длина пакета (младшие 16 бит)

- Данные в виде положительных чисел, модулей комплексного выходного сигнала (кол-во слов указано в длине пакета и зависит от режима работы)

Таблица 5 – Длина пакета в зависимости от режима и диапазона дальности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Режим и диапазон дальности | Управляющие сигналы на ПЦОС (cм «Регистровая спецификация ПЦОС МЕТЕО.docx») | Длина пакета |
| ВРП/ГРП, 5 км | hor/ver = 1, vsk = 0, diap[5:0] = 000001 | 30 |
| ВРП/ГРП, 10 км | hor/ver = 1, vsk = 0, diap[5:0] = 000010 | 63 |
| ВРП/ГРП, 20 км | hor/ver = 1, vsk = 0, diap[5:0] = 000100 | 24 |
| ВРП/ГРП, 50 км | hor/ver = 1, vsk = 0, diap[5:0] = 001000 | 64 |
| ВРП/ГРП, 100 км | hor/ver = 1, vsk = 0, diap[5:0] = 010000 | 131 |
| ВСК | hor/ver = 0, vsk = 1, diap[5:0] = xxxxxx | 3 |

**2.3 Функциональное моделирование ПЦОС МЕТЕО**

Вехний уровень: bco\_meteo/vlib\_local/meteo\_dsp/simulate\_meteo\_rec/meteo\_rec\_tb.v

С учетом ограниченного времени моделирования заданы 3 периода в одном цикле зондирования и 4 цикла зондирования.

Тестирование осуществляется в несколько шагов:

- запускаем модель : MeteoDSP\_MATLAB\_MODEL/meteo\_dsp.m, установив нужный диапазон дальности codeDisplayRange (от 0 до 5);

- пишем тестовые воздействия через MATLAB: meteo\_dsp\simulate\_meteo\_rec\matlab\_meteo\_rec\_tb.m при flag\_control = 0, длительность воздействия LENGTH\_IN д.б. меньше либо равна длительности входных сигналов, например, сигнала strobe\_cycle;

- устанавливаем в meteo\_rec\_tb.v длительности LENGTH\_IN, LENGTH\_OUT и контрольную точку lmux такие же, как и в matlab\_meteo\_rec\_tb.m

- компилируем библиотеки в Modelsim: meteo\_dsp\simulate\_meteo\_rec/do\_lib.do

- запускаем тестбенч из Modelsim: meteo\_dsp\simulate\_meteo\_rec/do.do

- читаем выход RTL-модели через MATLAB, запустив скрипт meteo\_dsp\simulate\_meteo\_rec\matlab\_meteo\_rec\_tb.m при flag\_control = 1 и выбранной lmux;

На выходе получаем графики с результатами сравнения сигналов -RTL и -MATLAB моделей для выбранной контрольной точки lmux

Результаты тестирования приведены в:

bco\_meteo\vlib\_local\meteo\_dsp\simulate\_meteo\_rec\doc\Функциональное тестирование RTL-модели ПЦОС.doc

**2.4 Функциональное моделирование СМЕТЕО**

- Запустить из командной строки Modelsim do-файл:

bco\_meteo\vlib\_local\meteo\_dsp\simulate\_meteo\_sync/do.do

* Наблюдать формируемые в СМЕТЕО стробы и зафиксировать их параметры

Результаты тестирования приведены в:

bco\_meteo\vlib\_local\meteo\_dsp\simulate\_meteo\_sync\doc\Результаты тестирования СМЕТЕО.doc

**2.5 Функциональное моделирование взаимодействия ПЦОС, СМЕТЕО и процессора**

Моделирования осуществляется путем замыкания формирователя зондирующих импульсов СМЕТЕО на входы приемных каналов ПЦОС МЕТЕО. Запуск режима инициирует имитатор команд от процессора. Модуль информационного обмена с процессором meteo\_to\_hps.v осуществляет передачу команд от процессора, а также передачу в процессор результатов работы ПЦОС и регистрируемых паарметров.

Для осуществления моделирования:

- Запустить из командной строки Modelsim do-файл:

bco\_meteo\vlib\_local\meteo\_dsp\simulate\_meteo\_dsp/do.do

* Наблюдать взаимодействие ПЦОС МЕТЕО, СМЕТЕО и процессора

**3 ТПО**

В таблице 3 перечислены программные компоненты, используемые для реализации части ТПО для ПЛИС ALTERA Arria V SOC**.**

Таблица 3 – Программные компоненты ТПО для ПЛИС ALTERA Arria V SOC

(директория – bco\_tpo)

|  |  |
| --- | --- |
| Компонента | Назначение |
| bco.sv | Верхний уровень проекта для вычислителя FURY 2.1 с ПЛИС ARRIAV, реализующего ТПО |
| output\_files\BCO.rbf | конфигурационный файл ПЛИС («файл прошивки») |
| BCO.out.sdc | sdc-файл временных ограничений |
| avhps.qsys | Файл с настройками инструмента QSYS QUARTUS для конфигурации системы-на-кристалле |
| vlib\_local\tcl\ move\_rbf.tcl | tcl-скрипт для автоматического (в процессе компиляции) копирования конфигурационного файла (файл в формате rbf) на cервер, с которого rbf-файл скачивается в дальнейшем при конфигурации ПЛИС |
| vlib\_local\build\_id\build\_id.v | Содержит дату и время последней компиляции проекта |
| vlib\_local\ tis10 | Библиотека программных модулей ТПО |