**Описание системы на кристалле АО «НИИМЭ» на базе 32-битного ядра SCR1**

*Структурная схема системы на кристалле*

Базовая конфигурация системы на кристалле (СнК) АО «НИИМЭ» представлена на рисунке.



СнК содержит:

1. Ядро SCR1 (архитектура RISC-V, 32-хразрядная)
2. Интерфейсы:
	1. Отладочный JTAG
	2. SPI
	3. USART
	4. I2C
	5. GPIO
3. Интерфейс подключения внешней SPI-flash

Статус: синтезируемый проект для ПЛИС с комплектом средств разработки (SDK).

SDK включает в себя:

* Графическую среду на основе Eclipse с рабочим пространством (workspace) и возможностью гибкой настройки проекта, процедур сборки, отладки и пр.;
* Тулчейн RISC-V, включающий в себя ассемблер, компилятор (C/C++), линковщик и пр.;
* Отладчик на основе GDB с возможностью задания breakpoint, пошагового отслеживания выполнения кода;
* Программный стек openOCD для подключения аппаратного отладочного модуля;
* Отладочная плата на ПЛИС, подключаемая к ПК по протоколу JTAG через аппаратный отладочный модуль Olimex ARM-USB-OCD-H.

Для ознакомления с СнК может быть предоставлен проект для ПЛИС Digilent Nexys-4 и комплект средств разработки (SDK).

Дополнительно СнК может быть модифицирована и дополнена следующими блоками:

* Дополнительный контроллер SPI;
* Дополнительный контроллер USART;
* Дополнительный контроллер I2C;
* На базе платы Nexys-4: IP-ядро для доступа к внешнему Ethernet-модулю SMSC LAN8720A;
* На базе платы Nexys-4: доступ к сигналам от мыши или клавиатуры через последовательный интерфейс вспомогательного микроконтроллера на плате;
* На базе платы Nexys-4: доступ к порту VGA для вывода графической информации на плате;
* На базе платы Nexys-4: доступ к семисегментным дисплеям на плате;
* На базе платы Nexys-4: доступ к слоту MicroSD на плате;
* На базе платы Nexys-4: доступ к датчику температуры на плате (I2C-интерфейс);
* На базе платы Nexys-4: доступ к акселерометру на плате;
* На базе платы Nexys-4: доступ к микрофону на плате (PDM-формат);
* На базе платы Nexys-4: доступ к аудио-выходу (моно) на плате (PWM или PDM);
* На базе платы Nexys-4: доступ к АЦП (10 бит), встроенному в ПЛИС Artix-7.
* Сертифицированный ФСБ датчик случайный чисел (при реализации топологии)
* Датчики и системы защиты от различного вида атак, позволяющие реализовать отечественную защищенную сертифицированную СнК (при реализации топологии).

*Основные параметры ядра SCR1*

* Разрядность - 32 бита
* Архитектура набор инструкций (ISA) - RISC-V
* Поддерживаемые расширения ISA - RV32I|E[MC]: поддержка целочисленных операций с 32-битными операндами с возможностью аппаратного конфигурирования для уменьшения количества внутренних регистров, поддержки сжатых инструкций, поддержки целочисленного умножения и деления.
* Количество эквивалентных вентилей в минимальной конфигурации - менее 15 тыс.
* От 2 до 4 стадий внутреннего конвейера
* Контроллер прерываний с 16 входами
* Отладочный интерфейс JTAG
* 32-битный AXI4-интерфейс для подключения памяти и периферии

*Оценка производительности ядра SCR1*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ядро | Dhrystone DMIPS/MHz (v2.1) | Dhrystone DMIPS/MHz (v2.1) - полная оптимизация | Coremark/MHz (v1.0) |
| ARM Cortex-M0 (STM32F0) | 0.84 | 1.21 | 2.33 |
| ARM Cortex-M0+ | 0.94 | 1.31 | 2.42 |
| **SCR1** | **1.28** | **1.89** | **2.95** |
| ARM Cortex-M3 (STM32F1/F2/L) | 1.25 | 1.89 | 3.32 |
| ARM Cortex-M4 (STM32F3/F4) | 1.25 | 1.95 | 3.40 |
| ARM Cortex-M7 (STM32F7) | 2.14 | 2.55 | 5.01 |

Количество эквивалентных вентилей Syntacore SCR1 близко к количеству вентилей ARM Cortex-M0 и Cortex-M0+ (12 тыс. вентилей в минимальной конфигурации). Cortex-M3, из-за увеличенного набора инструкций, имеет вдвое большее количество эквивалентных вентилей, чем Cortex-M0.