

Гадзиковский В.И., Дядьков Н.А., Карасов Э.И., Вдовкин К. А., Юсупов Р.Р.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО И МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

Приводится описание комплекса программно-аппаратного и методического обеспечения для изучения специализированных вычислителей радиотехнических систем. Комплекс обеспечивает изучение архитектуры, основ программирования процессоров цифровой обработки сигналов (ЦОС) ADSP21xx, 1879BM1, алгоритмов ЦОС, принципов построения устройств ЦОС, принципов построения специализированных магистрально-модульных вычислителей радиотехнических систем, их системного и прикладного программного обеспечения.

This paper consists of a description of the complex, which contains a firmware and methodical providing for study of the particularized computation radio engineering systems. The complex provides study of the architecture, programming strategy for digital signal processing (DSP) ADSP21xx, 1879BM1, DSP algorithms, principles of the DSP devices construction, and principles of the particularized arterial modular computation systems construction, operational and application software of those systems.

Для комплексного решения вопросов, связанных с подготовкой специалистов в области разработки специализированных вычислителей для радиотехнических систем на кафедре Радиоэлектроники информационных систем УГТУ-УПИ проводятся работы по созданию программно-аппаратного и методического обеспечения, необходимого для изучения:

- Архитектуры и основ программирования процессоров ЦОС;
- Алгоритмов ЦОС и особенностей их реализации на различных процессорных платформах;
- Принципов построения модулей ЦОС;
- Принципов построения модулей АЦП и их сопряжения с модулями ЦОС;
- Принципов построения специализированных магистрально-модульных вычислителей радиотехнических систем (ММВ РТС);
- Программного обеспечения (ПО) реального времени (РВ) ММВ РТС;
- Средств разработки и отладки системного и прикладного ПО специализированных вычислителей.

Основу комплекса составляют аппаратные средства, включающие в себя два ММВ на основе ПЭВМ с ЦП семейства ix86 и системной шиной PCI.

ММВ на основе процессора AD1807 фирмы Analog Devices, содержащего ядро ЦОС ADSP 2189 и контроллер шины PCI, обеспечивает изучение устройств на базе процессоров ЦОС классической архитектуры, типичным представителем которых является процессор ADSP2189.

Второй ММВ реализован на основе модуля ЦОС МЦ 4.01, переданного на кафедру в рамках университетской программы НТЦ Модуль.

С точностью до конструктивного исполнения ММВ служат аналогами реальных магистрально-модульных вычислителей радиотехнических систем, реализованных в стандартах compactPCI и PC/104 Plus Only.

Модуль МС4.01 реализован на процессорах семейства 1879 (NM6403), которые представляют собой высокопроизводительные микропроцессоры ЦОС с оригинальной динамической суперскалярной параллельной архитектурой и сверхбольшими словами команд, сочетающие в себе черты двух современных архитектур - "сверхдлинное командное слово" (VLIW) и "одна инструкция – множество данных" (SIMD). Наличие двух операционных устройств – управляющего RISC-ядра и векторного сопроцессора, развитой системы внутренних шин, двух независимых интерфейсов с внешней памятью, двух независимых каналов прямого доступа в память обеспечивают выполнение за один период тактовой частоты процессора до 2-х операций над векторными и скалярными данными и 2-х операций чтения-записи данных и команд. Развитая система интерфейсов с высокой пропускной способностью и возможность работы двух процессоров (в перспективе – 4-х) над общей памятью является основой для построения высокопроизводительных многопроцессорных систем ЦОС. Функциональная схема ММВ представлена на рис. 1.

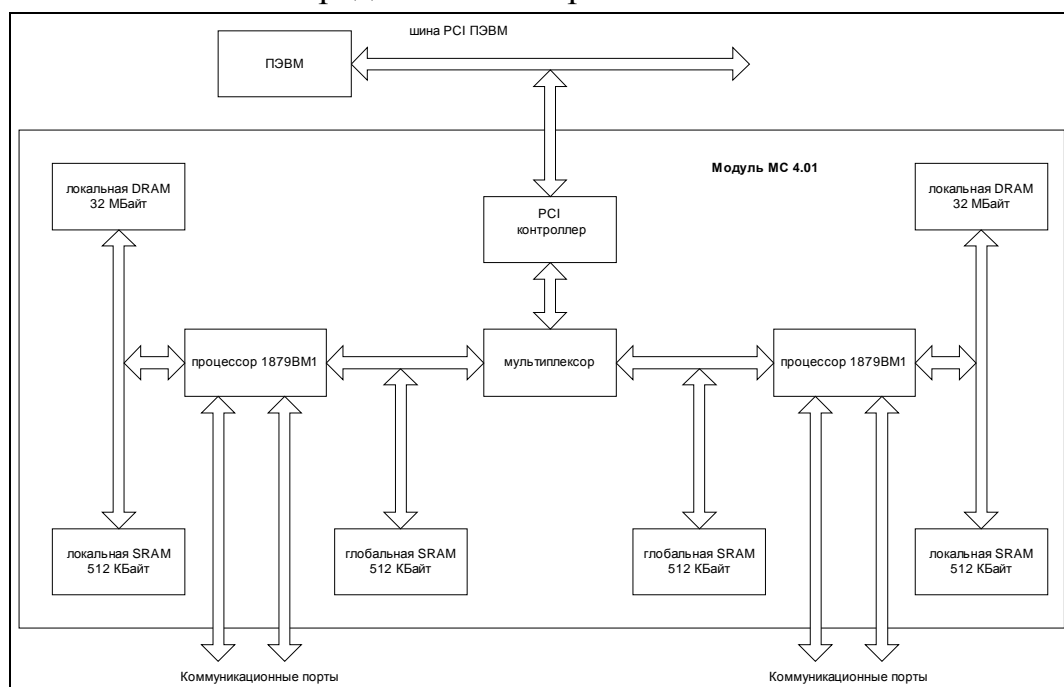


Рис. 1 Функциональная схема ММВ на основе модуля МС 4.01.

Отличительной особенностью процессоров семейства 1879 является матричное операционное устройство с динамически изменяемой структурой, которое обеспечивает возможность параллельной обработки данных произвольной разрядности, упакованных в 64-х разрядное слово. Базовой операцией, выполняемой матричным операционным узлом за 1 период тактовой частоты, является умножение вектора-строки X на матрицу W_g и сложение результата с вектором-строкой Y :

$$R=Y+X \cdot W_g$$

где \mathbf{X} - n -мерный вектор-строка, компоненты которого могут иметь различную четную разрядность с общим числом разрядов 64

\mathbf{Y} , \mathbf{R} - m -мерные вектора-строки, компоненты которых могут иметь различную разрядность (от единицы) с общим числом разрядов 64

$-\mathbf{Wg}$ - матрица, содержащая n строк и m столбцов. Разрядность элементов i -го столбца матрицы совпадает с разрядностью i -й компоненты векторов \mathbf{Y} , \mathbf{R}

ПО ММВ включает системное ПО, драйверы, библиотеки загрузки и обмена модулей ЦОС, средства разработки системного и прикладного ПО, библиотеки прикладных программ ЦОС. В качестве операционных систем (ОС) используются:

- ОС Windows NT, позволяющая в полном объеме использовать все средства разработки и отладки программного обеспечения ЦОС, поставляемые производителями модулей ЦОС,
- ОС РВ Багет 2.0, полученная от НИИ Системных исследований РАН. Использование ОС РВ позволяет изучить основные особенности ОС РВ, положения стандарта POSIX, механизмы взаимодействия потоков управления, защиты данных, используемых несколькими потоками и взаимодействие с внешними устройствами.

Для работы модуля МЦ4.01 под управлением ОС РВ Багет 2.0 разработка библиотека программ обмена и загрузки.

Создание загружаемого образа ОС РВ и разработка прикладного ПО ведется на инструментальной ЭВМ, работающей под управлением ОС LINUX, с использованием программно-технологического комплекса, входящего в комплект поставки ОС РВ. Кроме того, инструментальная ЭВМ обеспечивает работу с целевой ЭВМ ММВ в режиме удаленного терминала и отладчика.

Библиотека прикладных программ для процессора ADSP2189 в настоящее время включает разработанный на кафедре интегрированный пакет программ расчета и анализа цифровых фильтров, обеспечивающий расчет параметров фильтра по заданным требованиям к частотной характеристике, генерацию массива отсчетов входного сигнала, экспорт параметров фильтра в исполняемую программу, загрузку исполняемой программы и входного сигнала в модуль ЦОС, исполнение и отображение результатов фильтрации.

Библиотека программ для модуля МС4.01 включает предоставляемые НТЦ Модуль библиотеки программ БПФ, матричных и векторных операций.

Методическое обеспечение включает:

- методическое пособие "Магистрально-модульный вычислитель цифровой обработки сигналов на базе процессора AD1807"(сдано в печать).
- "Первые шаги в разработке программ для NeuroMatrix © NM6403", НТЦ Модуль.
- Техническая документация и публикации НТЦ Модуль и фирмы Analog Devices, всего более десятка наименований.

Готовятся к изданию учебно-методические пособия:

- Ведение в архитектуру и систему команд процессора Л1879ВМ1.
- Методы оптимизации программного обеспечения процессора Л1879ВМ1.
- Реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов с использованием процессора Л1879ВМ1.
- Магистрально-модульный вычислитель на базе процессоров ЦОС Л1879ВМ1.

Дальнейшее развитие комплекса связано с вводом в его состав модуля ЦОС МС 2301, передача которого ожидается в рамках университетской программы НТЦ Модуль и модуля ввода аналоговых сигналов, содержащего 4 канала АЦП с частотой дискретизации до 2.5 МГц и контроллер связи с коммуникационным портом процессора Л1879ВМ1, реализованный на ПЛИС семейства FLEX 10К. Модуль был разработан совместно сотрудниками УГТУ-УПИ и ОАО "Уральское проектно-конструкторского бюро "Деталь" где был изготовлен и передан на кафедру РЭИС для использования в учебном процессе.