



## **ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ НА БАЗЕ МНОГОЯДЕРНОГО ПРОЦЕССОРА SEAFORTH40**

А.В. Калачев

Алтайский государственный университет, физико-технический факультет

Основная цель работы – создание масштабируемой системы для встраиваемых приложений реального времени. Также одним из ключевых моментов является способность системы подстраиваться под решаемую задачу. Предполагается интеграция дальнейшая с одной из сред визуального программирования, а также создание или адаптация языка программирования системы.

Основные классы задач, на которые ориентирована система - обработка тепловизионных изображений (включая видимый свет и ближний инфракрасный диапазон), обработка сигналов при активном и пассивном радиоволновом зондировании, дикторонезависимое распознавание речи, управление сложными антенными системами (ФАР, ЦАР) и задачи программно-управляемого радио. Основной упор при реализации системы сделан на многоядерные низкопотребляющие микропроцессоры SEAForth40.

Процессоры SEAForth [1,2] позиционируются, как многоядерные процессоры для встраиваемых систем. Построены по технологии встраиваемого масштабируемого массива - Scalable Embedded Array. Процессоры этой серии были анонсированы в конце 2006 года. В апреле 2008 стали доступны процессоры SEAForth24 и отладочные комплекты на их основе. В октябре 2008 была отработана и налажена технология производства 40-ка ядерных процессоров SEAForth40. На данный момент в семейство входят два типа процессоров - SEAForth24 и SEAForth40(40C18) с числом ядер 24 и 40 соответственно. Дальнейшим развитием микропроцессоров является семейство процессоров GreenArrays – GA4, GA32, GA144 фирмы GreenArray [3-5], содержащие ядра F18\* (по 4, 32 и 144 ядра соответственно).

По сравнению с обычными микроконтроллерами и микропроцессорами [6-10], процессор SEAForth выигрывает по показателям энергоэффективности в активном режиме и пиковой производительности, как по отдельным ядрам, так и суммарной. Также большим преимуществом перед остальными процессорами является очень малое время реакции на событие, высокая скорость выдачи данных на внешние выходы – до 90МГц. Наиболее близки по этим показателям процессорные ядра AVR32 и ARM Cortex-M3. SEAForth40 проигрывает в операциях типа умножение, умножение с накоплением, деление, поскольку они в нем реализованы программными средствами. Также может несколько снизить производительность ограниченный набор команд и

необходимость динамической замены кода во время работы приложений. К недостаткам также можно отнести - малый размер памяти, небольшой набор периферийных устройств, необходимость подключения внешней памяти для хранения пользовательских программ. Все сказывается на подходе к программированию процессора SEAforth, который существенно отличается от традиционного для процессоров общего назначения и микроконтроллеров.

Таблица.

Сравнительные характеристики процессоров различных архитектур.

Характеристика	AVR (picoPower)	AVR32	MSP430	ARM*	SEAForth ядро C18 (суммарно по 24/40 ядрам)
Разрядность	8	32	16	32	18
MIPS	20	72-210	8	50-150	700 (18000/26000)
Потребляемая мощность (максимальная), мВт	13,3	7,6	4,9	5,8-48,75	12,6 (302/504)
Потребление в пассивном режиме (энергосберегающем), мкВт	0,06/0,9	9,9	0,22/1,76/ 70	20-1000	1 (24/40)
Время перехода в активное состояние, мкс			6	0,16 -60	<0,01
Затраты энергии на выполнение операций (средние значения), нДж:					
- логические;	0,67	0,127	1,8	0,2-3,5	0,018 (0,42/0,7)
- арифметические;	0,67	0,127	2	0,2-3,5	0,036 (0,84/1,4)
- умножение;	1,33	0,127	1,25	0,2-3,5	1,15** (27,5/46)
- операции с памятью.	1,33	0,19	2,4	0,2-3,5	0,064 (1,54/2,56)
Примечания: * - средние по семейству; ** - программная реализация умножения.					

Структурная схема процессора представлена на рис.1.

При разработке системы применен многоуровневый подход совместно с независимыми модулями в пределах каждого уровня. Структура системы представлена на рис.2.

Система (рис. 3) состоит из управляющего модуля на базе ARM7 процессора, подключенного к персональному компьютеру, и одного или нескольких вычислительных модулей, содержащих 40-ядерный процессор SEAForth40. Вычислительный модуль занимается сбором и предварительной обработкой информации с сенсорных модулей или с непосредственно подключенных к нему датчиков или производит обработку потоков информации (аналоговой или цифровой) в реальном времени.

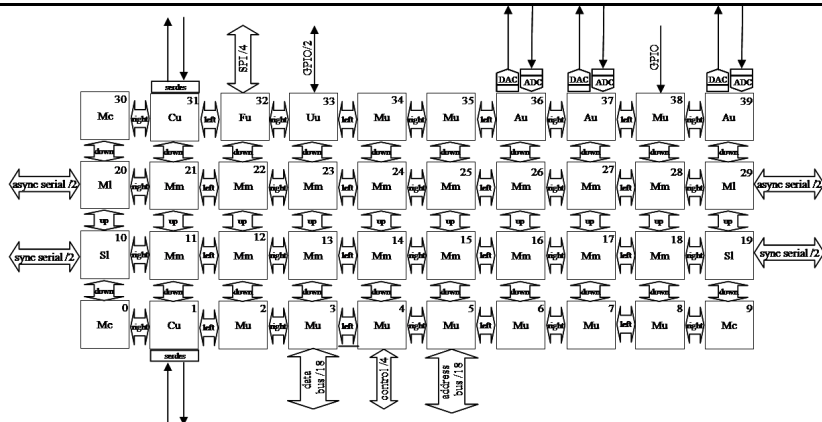


Рисунок 1. Структурная схема процессора SEAforth40

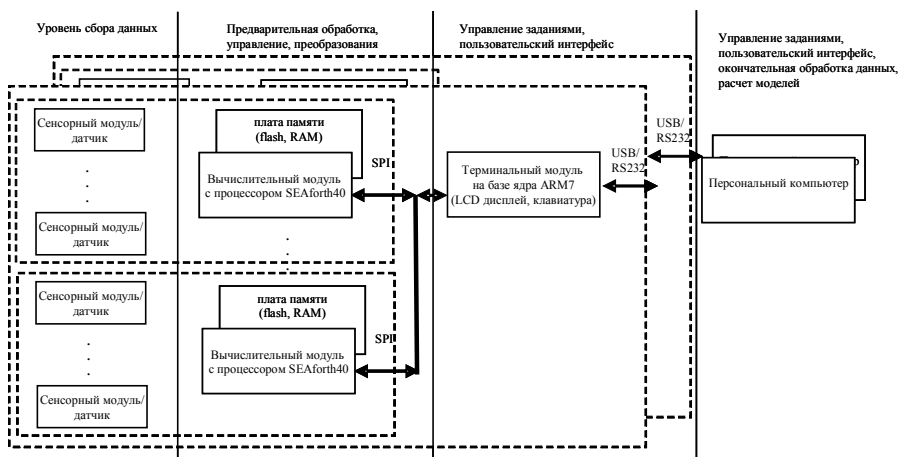


Рисунок 2. Структура системы

Плата вычислительного модуля (рис.4) содержит: сам процессор, SPI-память, аналоговые и цифровые порты ввода/вывода, разъемы для подключения плат расширения, например, плат памяти и плат, содержащих дополнительные интерфейсы.

Управляющий модуль построен на контроллере LPC2148[11]. Плата также содержит микросхему преобразователь уровней ST232 позволяющую подключаться к COM порту персонального компьютера, содержит 40 настраиваемых линий ввода-вывода, 24 из которых совмещают несколько

функций, таких как последовательные интерфейсы SPI, I2C, UART, аналоговые входы порта 0 микроконтроллера, остальные 16 - программируемые линии порта 1.

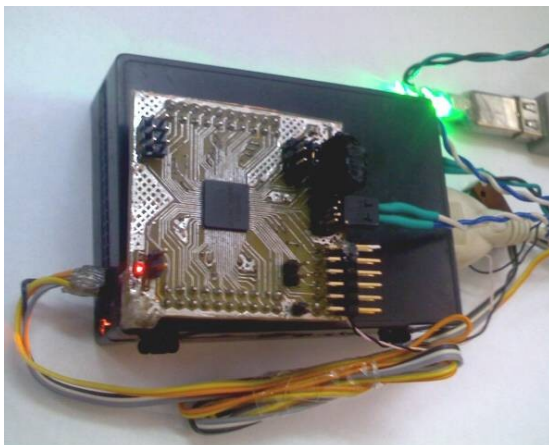


Рисунок 3. Внешний вид системы обработки данных с одним подключенным вычислительным модулем

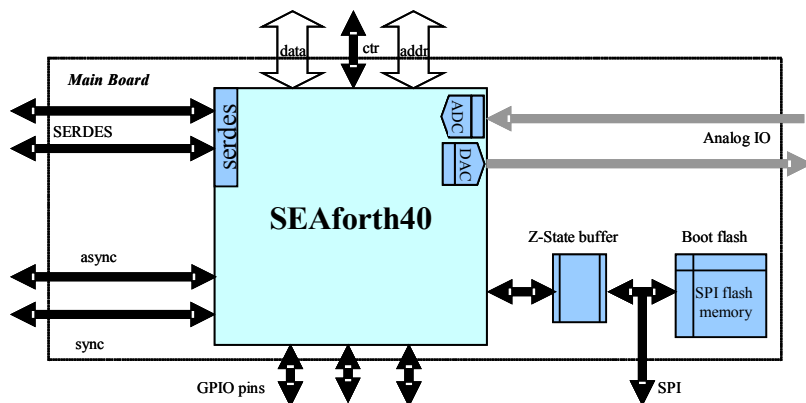


Рисунок 4. Структура вычислительного модуля с процессором SEAforth40

В качестве управляющей программы модуля используется форт-система для ARM процессоров - MPE PowerForth system[12]. Управляющий модуль предназначен для программирования загрузочной SPI-памяти, запуска или остановки вычислительных модулей, для хранения и распространения



исполнимого кода вычислительных модулей путем загрузки его через SPI интерфейс или асинхронные линии. Система интегрируется со средой разработки VentureForth [13].

В результате вычислительный модуль имеет низкое энергопотребление при достаточной вычислительной мощности и объемах памяти, позволяет создавать системы с топологией связей близкой к специфике задачи с приемлемыми скоростями передачи данных.

#### Литература

1. IntellaSys - SEAForth-24. / [http://www.intellasys.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=35&Itemid=63](http://www.intellasys.net/index.php?option=com_content&task=view&id=35&Itemid=63).
2. IntellaSys - SEAForth 40C18. / [http://www.intellasys.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=60&Itemid=75](http://www.intellasys.net/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=75).
3. GA4 4-computer Chip  
<http://www.greenarraychips.com/home/documents/greg/GA4.htm>.
4. GA32 32-computer Chip  
<http://www.greenarraychips.com/home/documents/greg/GA32.htm>.
5. GA144 144-computer Chip  
<http://www.greenarraychips.com/home/documents/greg/GA144.htm>.
6. Технология picoPower для 8-разрядных RISC-микроконтроллеров AVR. / [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/pico\\_power/start.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/pico_power/start.htm).
7. Семейство микроконтроллеров MSP430 Texas Instruments. / [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Texas\\_Instruments/micros/msp430/start.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Texas_Instruments/micros/msp430/start.htm).
7. В.Пономарев. Новые микроконтроллеры фирмы STMicroelectronics на базе ядра ARM Cortex-M3../ Электроника: Наука, Технология, Бизнес. №6, 2007.
9. Б. Сидоренко. AVR32- микроконтроллеры для применений 21-го столетия. / Chip News Украина. №8, 2008. с.2-7.
10. Сравнительный анализ микроконтроллеров с ядром ARM. / <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/pub/micros/arm.htm>
11. Philips LPC2148 Datasheet. <http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/datasheets>
12. Forth for Philips LPC2xxx CPUs.  
<http://www.mpeforth.com/arena/lpcforth.zip>.
13. New VentureForth Programmers Guide. / [http://www.intellasys.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=57&Itemid=68](http://www.intellasys.net/index.php?option=com_content&task=view&id=57&Itemid=68).