

ВСТРАИВАЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ FASTWEL НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРА ВАЙКАЛ-Т1

Н.Кузьмина¹

УДК 004.384
ВАК 05.13.00

Создание высококачественной продукции, соответствующей мировым стандартам, – приоритетная задача российских производителей встраиваемых систем в условиях проводимой государством политики импортозамещения [1]. Одна из ведущих отечественных компаний в этой области – Fastwel – разрабатывает и производит высоконадежное оборудование для АСУ ТП, процессорные модули, платы расширения и программируемые логические контроллеры. Важное направление деятельности компании – создание встраиваемых промышленных компьютеров, которые способны заменить импортную продукцию во многих высокотехнологичных отраслях. Недавно Fastwel представила новую разработку – встраиваемые процессорные модули на базе отечественных процессоров Байкал-Т1, предназначенные для использования в жестких условиях.

МИКРОПРОЦЕССОР ВАЙКАЛ-Т1

О выпуске микропроцессора Байкал-Т1 компания "Байкал Электроникс" объявила в мае 2015-го, а с 1 июня того же года для разработчиков были доступны инженерные образцы этого устройства [2]. Микропроцессор построен на базе двухпроцессорных суперскалярных ядер архитектуры MIPS Warrior P5600 компании Imagination Technologies. MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages) является дальнейшим развитием RISC-архитектуры, а аббревиатура MIPS означает "микропроцессор без задержек ожидания конвейера". Важнейшее свойство этой архитектуры – сбалансированность тракта выборки команд с функциональными узлами процессора [3].

Процессорное ядро MIPS P5600 представляет собой первую модификацию процессорных ядер MIPS поколения Warrior. Данное 32-разрядное ядро отличается низким энергопотреблением и имеет размеры на 30% меньше, чем аналогичные ядра, имеющиеся на рынке. P5600 разработано, в первую очередь, для использования в телекоммуникационном и сетевом оборудовании, например в роутерах и управляемых коммутаторах [3].

В основе MIPS-ядра лежит гарвардская архитектура, к особенностям которой относятся физическое разделение хранилища инструкций и хранилища данных, физическое разделение каналов инструкций и каналов данных, а также набор команд RISC. Структурно конвейер MIPS32 состоит из пяти уровней: выбор команды, выполнение, доступ к памяти данных, выравнивание или накопление и обратная запись в файл регистров. Благодаря

¹ Компания Fastwel, инженер по применению,
тел. +7 (495) 234-06-36 (доб. 115-52), kuzmina.n@fastwel.ru.

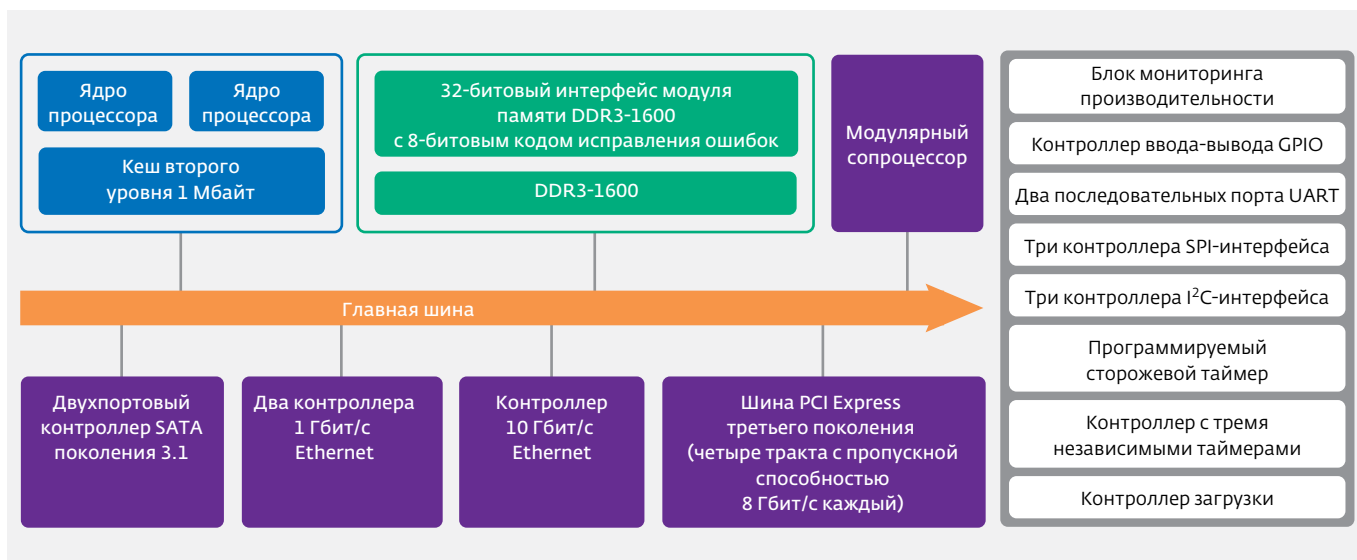


Рис.1. Функциональная схема процессора Baikal-T1

этому еще до завершения обработки обеспечивается быстрый доступ к данным, использующимся следующей инструкцией. Таким образом, все арифметические и сдвиговые операции выполняются за один цикл [4]. Функциональная схема микропроцессора Baikal-T1 представлена на рис.1.

В процессор встроено три контроллера Ethernet, два из них гигабитные и один 10-гигабитный. Встроенный контроллер памяти DDR3-1600 поддерживает до 8 Гбайт с функцией контроля ошибок ECC. Также процессор оснащен контроллером шины PCIe Gen 3 с четырьмя линиями, контроллером SATA 3.0 (6 Гбит) и USB2.0. Рабочая частота процессора Baikal-T1 достигает 1,2 ГГц. Процессор имеет встроенную кеш-память объемом 1 Мбайт. Для уменьшения нагрузки на контроллер в конфигурацию микропроцессора Baikal-T1 входит модулярный сопроцессор, позволяющий ускорить арифметические операции с длинными целыми числами. Основные характеристики микропроцессора Baikal-T1 представлены в табл.1.

Согласно тесту на производительность Coremark консорциума EEMBC, проведенному компанией "Байкал Электроникс", процессор Baikal-T1 набрал 10342 балла для двух потоков [5]. Этот результат сопоставим с результатами, которые демонстрируют Intel Atom, а также процессоры для современных смартфонов (рис.2). На этом рисунке представлено соотношение мощностей, рассеиваемой сравниваемыми процессорами.

Процессоры Baikal-T1 стали прототипом для создания программной среды rprlSecurity, которая была разработана с целью обеспечения безопасности встраиваемых систем, подключаемых к сети, и устройств Интернета вещей для процессоров с архитектурой MIPS. Среда

создавалась фондом rprl – общественной некоммерческой организацией, объединяющей компании, инвестирующие в инновации, направленные на повышение эффективности, переносимости и совместимости ПО и виртуализированных архитектур [6].

Основная идея обеспечения безопасности с помощью среды rprlSecurity заключается в использовании аппаратной виртуализации и изоляции данных и ресурсов на одном процессоре. Демонстрация этого подхода впервые состоялась с помощью системы-на-кристалле

Таблица 1. Основные характеристики процессора Baikal-T1

Характеристика	Описание
Технология	28 нм
Количество ядер	два ядра P5600 MIPS32
Рабочая частота	не менее 1 ГГц
L2-кеш	1 Мбайт
Контроллер памяти	DDR3-1600 (32 бита + ECC)
Встроенные интерфейсы	два порта 1 Гбит/с Ethernet
	один порт 10 Гбит/с Ethernet
	четыре линии PCIe Gen. 3
	два порта SATA 3.0
	UART, I ² C, SPI, GPIO, USB2.0
Потребляемая мощность	менее 5 Вт

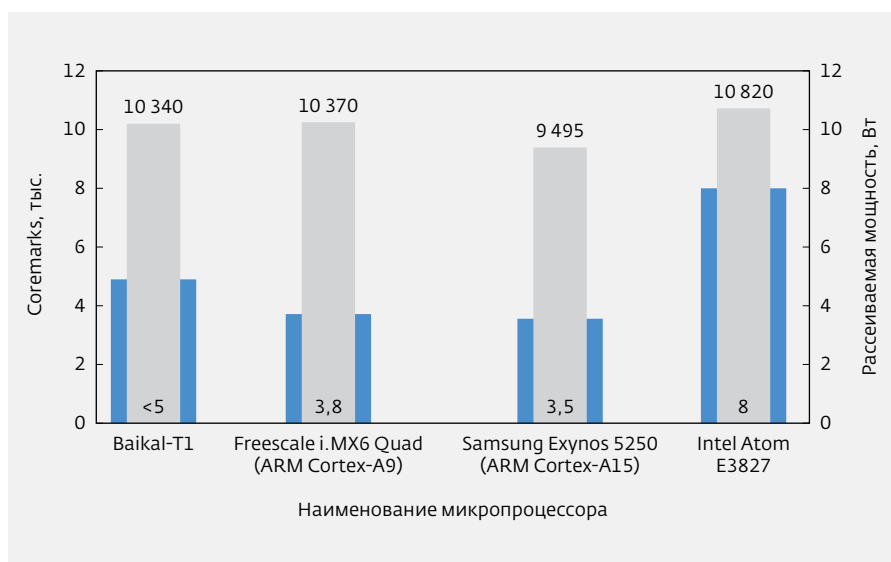


Рис.2. Результаты тестирования производительности процессоров по Coremark

Таблица 2. Характеристики процессорного модуля Fastwel CPC313

Характеристика	Описание
Процессор	Двухъядерный процессор Baikal-T1 с тактовой частотой 1,2 ГГц
Оперативная память	DDR3 800 МГц с ECC, 32 бита, до 8 Гбайт (напаянная)
Жесткий диск	SATA SLC флеш-диск 8 Гбит (напаянный)
UART	2 x TTL UART (TX/RX) на шине StackPC
Порты Ethernet	2 x 10/100/1000 Мбит/с на шине StackPC
	10 Гбит/с на разъеме расширения
Порты USB	2 x USB2.0
Порт дискретного ввода-вывода	8 каналов ввода-вывода
Аудио ввод-вывод	Аналоговый вход/выход/микрофон
Аналоговые видеовыходы	Разрешение до 1920 x 1080, 60 Гц
Цифровые видеовыходы	Разрешение до 1366 x 768, 60Гц, 18/24 бит (LVDS)
Интерфейсы расширения	PCI 32 бита, 33 МГц
	Шина расширения StackPC
	4 x PCIe x1 Gen2 5 Гбит/с, 1 x PCIe x4 Gen3 8 Гбит/с, SATA III, 2 x USB2.0, SMBus, SPI, 2 x LAN, 2 x UART
Диапазон рабочих температур	-40...85 °C
Входное питание	+5 В, 12 В
Максимальная потребляемая мощность	около 12 Вт

Baikal-T1 на выставке Mobile World Congress 2016 в Барселоне [7].

Микропроцессор Baikal-T1 поддерживает аппаратную виртуализацию и до семи одновременно исполняющихся виртуальных машин. Среда prplSecurity дает возможность нескольким копиям дистрибутива операционных систем функционировать параллельно на разных виртуальных машинах на одном процессоре. В созданных таким образом защищенных доменах приложения и операционные системы могут работать независимо друг от друга, что в случае несанкционированного доступа к одной из систем исключает возможность взлома других компонентов.



Рис.3. Процессорная плата Fastwel CPC313 стандарта StackPC



Рис.4. Процессорная плата Fastwel CPC516 стандарта Compact PCI Serial 3U

ИЗДЕЛИЯ FASTWEL НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИКРОПРОЦЕССОРА ВАЙКАЛ-Т1

Примерами применения микропроцессора Baikal-T1 в качестве процессора для ответственных телекоммуникационных и сетевых приложений являются новые устройства компании Fastwel – процессорные платы CPC313 стандарта StackPC (рис.3) и CPC516 в формате Compact PCI Serial 3U (CPCI-S.0) (рис.4).

Модуль CPC313 разработан для использования в широком диапазоне рабочих температур, отличается высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам. Процессорный модуль поддерживает ОС Linux с ядром v3.19, ОС реального времени QNX 6.5 и встраиваемую операционную систему жесткого реального времени FX-RTOS. Основные характеристики модуля приведены в табл.2.

Процессорная плата CPC313 предназначена для использования при создании систем реального времени, бортовых систем, средств безопасности и связи, систем контроля производства, высокоскоростного сбора данных и других систем ответственного применения, рассчитанных для работы в жестких условиях. Модуль имеет конструктив StackPC и позиционируется как эволюционная модификация модуля CPC309 на базе процессора Intel Atom D510 в целях дальнейшего замещения, что делает возможным его применение в бортовом модульном компьютере МК300.

Благодаря небольшому энергопотреблению микропроцессора Baikal-T1 процессорный модуль CPC313 имеет невысокую потребляемую мощность. CPC313 будет долго доступен на рынке, гарантированный

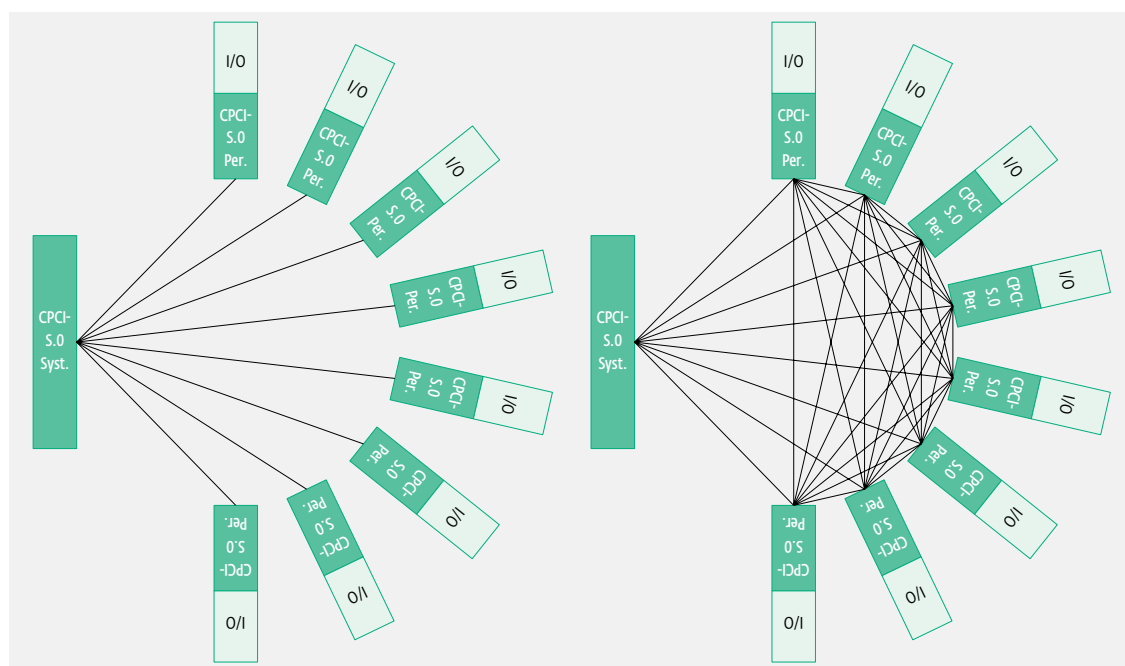


Рис.5. Топология "звезда" (слева) и топология Mesh (справа)

жизненный цикл платформы составляет от семи до десяти лет.

Процессорный модуль CPC516 предназначен для организации высокопроизводительных систем, функционирующих в жестких условиях. Модуль также работает в широком диапазоне температур от -40 до 85°C , отличается высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам.

CPC516 выполнен в стандарте CompactPCI Serial (CPCI-S.0). Характерная для него высокая скорость передачи данных позволяет создавать быстрые промышленные системы с использованием топологий типа "звезда" и Mesh (рис.5).

Топология типа "звезда" позволяет одному процессорному модулю контролировать до восьми периферийных слотов без использования дополнительных мостовых схем или специальных кросс-плат. Схема подключения Mesh основана на принципе "каждый с каждым". С помощью Ethernet может быть подключено между собой до девяти устройств, образующих таким образом мультипроцессорный комплекс обработки данных.

Модуль CPC516 имеет пять портов PCIe x1 5 Гбит/с (PCIe Base Spec. Rev 2.0), порт PCIe x4, 5 Гбит/с (PCIe Base Spec. Rev 2.0), порт SATA III (6 Гбит/с Gen. III), два порта 1 Гбит/с Ethernet и порт I²C. Такие возможности модуля CPC516, построенного на базе платформы MIPS32, позволяют использовать его в системах реального времени, контроля

производства, сбора и обработки данных для жестких условий эксплуатации и ответственных применений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Анимица Е. Г., Анимица П. Е., Глумов А. А.** Импортозамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты // Экономика региона. 2015. № 3.
2. **Шунков В.** Вышел российский микропроцессор Baikal-T1. – <https://geektimes.ru/post/250930/>
3. P-Class P5600 Multiprocessor Core. – <https://imgtec.com/mips/warrior/p-class-p5600-multiprocessor-core/>
4. **Evanczuk S.** Evolving a classic RISC architecture. – <http://www.edn.com/electronics-blogs/systems-interface/4402961/Evolving-a-classic-RISC-architecture>
5. **Надежин А.** Российский процессор "Байкал". – <https://geektimes.ru/post/273192/>
6. На процессорах "Байкал" начали испытывать технологию безопасности Интернета вещей. – <http://iecp.ru/news/item/403140/>
7. Prpl Foundation продемонстрировал защиту информации с помощью аппаратной виртуализации в области Интернета вещей и сетевых встроенных систем на чипе "Байкал-T1". – <http://www.baikalelectronics.ru/about/press-center/news/PRPL-virtualization/>