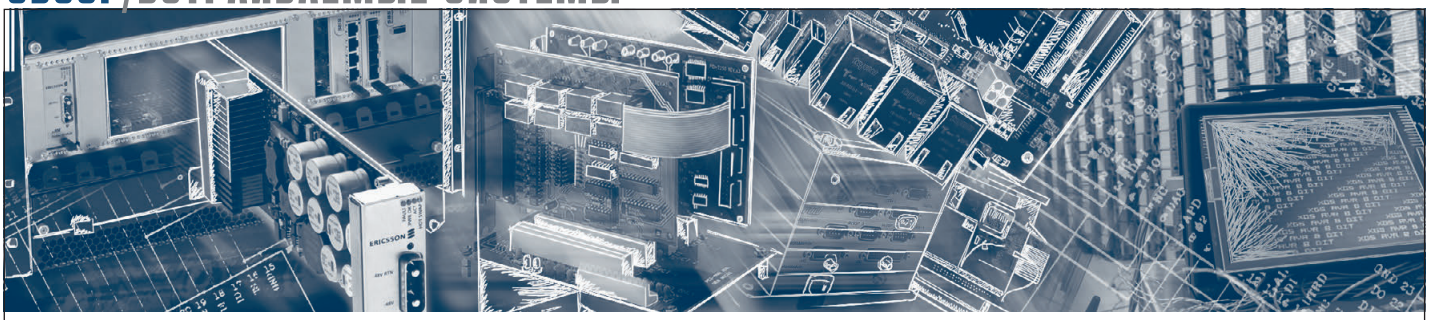

Евгений Шкляев

Модульные компьютеры – новая эра в сфере встраиваемых решений

Для встраиваемых компьютеров существует множество замечательных стандартов и форм-факторов, позволяющих быстро и эффективно создавать решения для тех или иных приложений практически во всех отраслях промышленности, телекоммуникаций, систем безопасности, транспорта, медицины и др. Речь в данной статье пойдёт о развитии COM-решений, в частности, на примере оборудования компании ADLINK.

Введение

Постоянно растущую популярность так называемых модульных компьютеров (от английского computer-on-module, сокращённо COM) принято связывать с большим количеством новейших перспективных технологических решений и идей, которые были реализова-ны в рамках этих решений за последние годы.

Надо сказать, что самые современные модульные компьютеры отличаются действительно высокой производительностью и энергоэффективностью. Таким образом, решения на базе модульных компьютеров могут с успехом применяться в самых разнообразных сферах деятельности.

На сегодняшний день как в России, так и за рубежом накоплен достаточно большой положительный опыт использования модульных компьютеров в рамках разнообразных встраиваемых решений.

Достаточно активному продвижению модульных компьютеров на мировой рынок способствует и наличие открытого международного стандарта COM Express. Первая версия его базовой спецификации, получившая название COM.0, была официально утверждена консорциумом PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group) в середине 2005 года. На сегодняшний день именно продукты, полностью соответствующие стандарту COM Express, являются реальным воплощением передовых технологических решений и фундаментальных достижений в области создания и функционирования модульных компьютеров.

Что такое COM

Напомним, что основная идея концепции COM состоит в разделении разрабатываемой системы на две составные части – стандартизованную и узкоспециализированную. Первой является модуль COM – готовое ядро вычислительной системы, включающее:

- процессор;
- микросхемы системной логики;
- BIOS;
- память;
- ключевые технологии ввода-вывода.

Вторую часть образует базовая плата, или носитель [1]. Именно на уровне носителя реализованы:

- дополнительная функциональность, требуемая системой, например линейка процессоров DSP, преобразователи АЦП/ЦАП, преобразователи нестандартных сигналов, цепи гальванической развязки или оптоэлектронные преобразователи, необходимое количество портов стандартных промышленных интерфейсов, таких как RS-232, RS-485, CAN и др.;
- первичные цепи питания всей системы (как модуля, так и периферии, установленной на носителе);
- оконечные каскады интерфейсов компьютерного модуля, такие как трансформаторы сетей Ethernet, те или иные реализации интерфейсов с мониторами;
- индикаторы, кнопки управления, специфические разъёмы и прочие конструктивные элементы, подобранные для конкретного исполнения системы, и др.

Непосредственное подключение COM-модуля к базовой плате осуществляется с помощью стандартизированного разъёма. Надо сказать, что существование открытого стандарта подразумевает прежде всего широкий выбор продуктов различных производителей, совместимых между собой. При этом постоянное совершенствование и доработка стандартных спецификаций обеспечивают максимально эффективную поддержку для реализации инновационных и перспективных идей.

Уже много раз говорилось о том, что концепция модульных компьютеров позволяет использовать в составе создаваемых решений прогрессивные вычислительные и коммуникационные технологии. Именно это даёт возможность создавать предельно компактные и на-

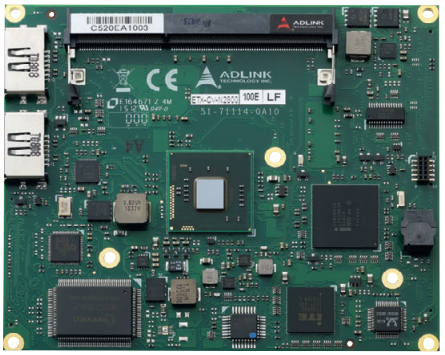

Рис. 1. Модуль ETX-CV

дёжные встраиваемые решения для разнообразных сфер применения.

В частности, на сегодняшний день модульные компьютеры с успехом применяются в таких областях:

- промышленность;
- высокоэффективные медицинские системы;
- цифровые системы оповещения о различных событиях;
- современные рекламные технологии;
- игровые автоматы;
- мобильные и портативные устройства.

Нужно отметить и такие преимущества модульных компьютеров, как возможность оперативного вывода новых продуктов на рынок, а также максимально широкий диапазон их функциональных возможностей. Не менее важны и всесторонний контроль разнообразных механических характеристик создаваемой продукции, многообразие поддерживаемых интерфейсов, а также ощутимое снижение затрат и устранение целого ряда существенных факторов риска при разработке продукции, входящей в состав встраиваемых решений.

Ключевые этапы развития индустрии модульных компьютеров, соответствующих стандарту COM Express

- Началом бурного развития стандарта COM Express стал 1998 год, когда был официально представлен стандарт DIMM.
- В 2000 году был официально утверждён стандарт ETX, который на тот момент включал в себя полноценную поддержку функциональных возможностей персонального компьютера. Таким образом, данный стандарт позволял обеспечить интеграцию модульных компьютеров в разнообразные встраиваемые решения с минимальными материальными и инженерными затратами. Модульные компьютеры, соответствующие стандарту ETX, на момент своего появления на рынке отличались максимально надёжной конструкцией основного соединительного разъёма, очень малой толщиной всей конструкции, простотой модернизации и полноценной поддержкой параллельных шин ISA и PCI.
- В рамках стандарта ETX версии 3.0 в конструкцию модулей был добавлен разъём интерфейса SATA. При этом неизменной осталась компоновка всех остальных элементов, что позволило не менять конструкцию платы-носителя и использовать в составе модульных компьютеров жёсткие диски, подключаемые и взаимодействующие со всей остальной системой через интерфейс SATA.
- В конечном итоге стандарт ETX оказался настолько успешным, что продукты на его основе продолжают выпускать и успешно применять в самых разнообразных сферах деятельности по сей день [2].

Современные модульные компьютеры на примере продукции компании ADLINK

Некоторое время назад компания ADLINK Technology выпустила на мировой рынок модульный компьютер формата ETX под названием ETX-CV (рис. 1). Это решение включает в себя следующие элементы:

- процессор Intel Atom Dual Core;
- чипсет Intel NM10;
- встроенная поддержка VGA с разрешением до 1920×1200 точек (WUXGA), LVDS 18/24 бит;
- встроенный разъём DisplayPort;
- полноценная поддержка до 4 Гбайт оперативной памяти стандарта DDR3 (1 встроенный порт SODIMM);
- один встроенный порт LAN;
- два встроенных разъёма IDE;
- два встроенных разъёма SATA;
- четыре порта USB;
- два порта COM;
- один порт LPT;
- порты формата PS/2 для подключения клавиатуры и мыши;
- встроенный модуль HD Audio;
- встроенная поддержка Remote Console;
- высокоэффективная CMOS-батарея, необходимая для осуществления резервного копирования;
- встроенная функция мониторинга работы центрального процессора и всей системы;
- сторожевой таймер.

Модульный компьютер ETX-CV представляет собой достаточно надёжное и функциональное решение, которое было разработано специально для создания на его базе разнообразных промышленных и специализированных систем. Как показала практика, данное модульное решение нашло применение в системах промышленной автоматизации, а также в современном медицинском и контрольно-измерительном оборудовании. Кроме того, оно довольно часто применяется в некоторых игровых автоматах, различных электронных терминалах и другой подобной продукции.

В 2003 году произошло очередное знаковое событие в развитии глобальной индустрии модульных компьютерных решений. Именно в это время бы-

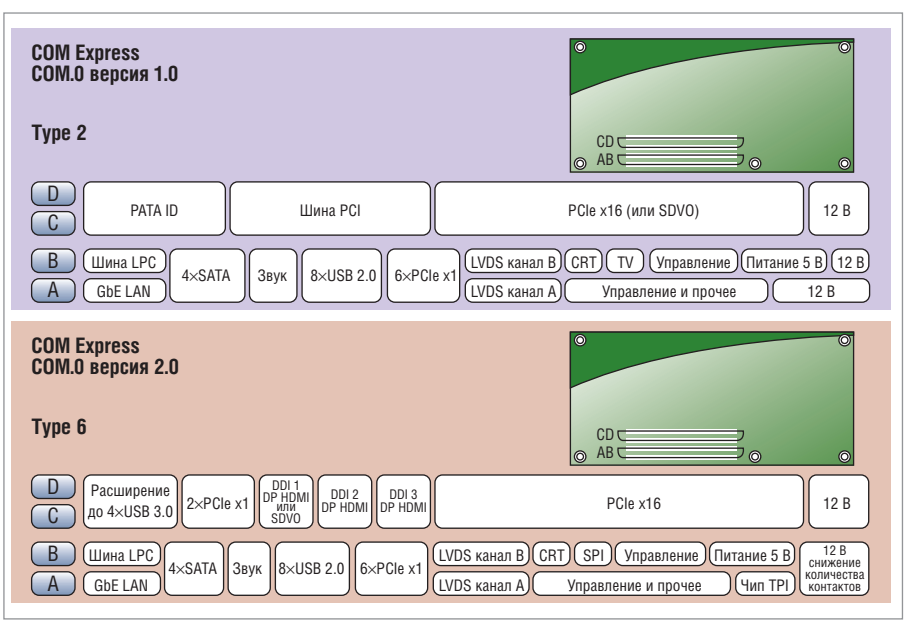

Рис. 2. Сравнение модулей COM Express Type 2 и Type 6

ла официально утверждена новая спецификация – ETXexpress. Через некоторое время именно она стала фундаментальной основой для спецификации COM.0 (COM Express) версии 1.0.

Стоит отметить, что одним из ключевых элементов стандарта COM Express стала последовательная шина PCI Express. Как было показано на практике, модули данного стандарта демонстрируют ощутимо более высокую производительность, что, в свою очередь, обеспечивает лучшую масштабируемость решений.

В рамках спецификации COM.0 (версия 1.0), которая была официально принята в июле 2005 года, чётко описаны сразу пять типов модулей. Это сделано в соответствии с имеющимися вариантами их подключения к базовым платам (при помощи 220-контактных коннекторов в одиночной или парной конфигурации) и двумя форм-факторами – basic (с габаритными размерами 95×125 мм) и extended (110×155 мм).

К августу 2010 года была полностью разработана и официально утверждена следующая версия стандарта COM.0, она получила порядковый номер 2.0.

Ключевые особенности спецификации COM Express версии 2.0

- Значительно расширенные возможности обработки графических данных.
- Возможность применения цифровых дисплейных интерфейсов.
- Возможность использования новейшего поколения высокоскоростных последовательных шин (например USB 3.0).
- Появление нового форм-фактора compact (габаритные размеры 95×95 мм).
- Добавление двух новых типов модулей Type 6 и Type 10, которые представляют собой дальнейшее развитие модулей Type 2 и Type 1 (именно они являлись самыми популярными в период активного существования спецификации COM.0 версии 1.0).

В модульных компьютерах COM Express Type 6 (аналогично Type 2) для подключения к базовым платам используются сразу два высокоплотных низкопрофильных коннектора, но при этом они имеют иное назначение контактов. Ключевым отличием модулей Type 6 от модулей Type 2 является наличие дополнительных портов цифровых дисплейных интерфейсов с возможностью вывода видеопотока одновременно на несколько дисплеев (рис. 2).

В рамках модулей формата Type 6 реализована полноценная поддержка таких интерфейсов, как SDVO, HDMI и DisplayPort. Данная особенность не только предоставляет разработчикам настоящую свободу выбора, но и обеспечивает максимальную производительность графики и существенное снижение финальной стоимости создаваемых компьютерных систем. Помимо всего прочего в модулях формата Type 6 полностью отсутствует поддержка параллельных шин PCI и IDE. Освободившиеся в результате этого контакты можно использовать для подключения высокоскоростных последовательных интерфейсов (например USB 3.0).

Ещё один тип модулей, который впервые прописан именно в новой версии стандарта, предназначен в первую очередь для малогабаритных компьютерных систем и предполагает использование процессоров с максимально низким выделением тепла (как у Intel Atom). При этом независимые эксперты рынка настойчиво называют модули COM Express Type 10 и Type 1 практиче-

ски полными близнецами. Примечательно, что они оснащаются одинаковым 220-контактным коннектором. Более того, схемы назначения контактов совместимы между собой.

Несмотря на это разработчикам настоятельно рекомендуется соблюдать предельную осторожность при переходе от Type 1 к Type 10. Кроме всего прочего, нельзя забывать о том, что часть контактов, которые в недавнем прошлом применялись в качестве портов SATA, в новой версии стандарта зарезервированы для совершенно иных целей (в частности, для интерфейса USB 3.0).

Ещё одним существенным обновлением, которое было успешно реализовано в модулях Type 10, стала возможность применения цифрового дисплейного интерфейса (SDVO, DisplayPort или HDMI/DVI), который полностью заменяет собой дополнительный канал LVDS, а также выходы TB и VGA.

Ответом на быстро растущие и постоянно изменяющиеся потребности мирового рынка, который в последние годы явно стремится к максимальной компактности и эффективности (в том числе и энергетической) выпускаемых решений, стала достаточно быстрая разработка и официальное утверждение вновь обновлённого стандарта COM.0. Уже в июне 2012 года в рамках внеочередного заседания консорциума PICMG была полностью ратифицирована новая версия спецификации, которая получила порядковый номер 2.1.

Ключевые особенности данной версии:

- появление форм-фактора mini (габаритные размеры 55×84 мм);
- обеспечение полноценной поддержки интерфейса USB 3.0;
- возможность применения промышленной шины CAN (Controller Area Network), которая позволяет обеспечить максимально эффективное взаимодействие микроконтроллеров, датчиков и исполнительных устройств в рамках единой сети без участия хост-компьютера;
- новые возможности работы с графическими интерфейсами, такие как поддержка двух независимых дисплеев по интерфейсу 18/24 бит LVDS, а также DisplayPort, HDMI или DVI. Также стоит отметить наличие расширенного диапазона поддерживаемых напряжений питания от 4,75 до 20 В.

Как отмечают независимые эксперты, именно выход спецификации 2.1 превратил стандарт COM Express в принятое во всём мире решение для создания модулей COM на основе x86-совместимых процессоров. На сегодняшний день разнообразные решения, соответствующие этому современному стандарту, практически полностью охватили все наиболее популярные сферы применения, начиная от компактных систем, обладающих пониженным напряжением питания, и заканчивая высокопроизводительными решениями. Стоит отметить, что в сегменте высокопроизводительных решений процессорам Intel Core и AMD Fusion, которые являются неотъемлемой частью стандарта COM Express, фактически нет альтернативы.

На сегодняшний день на мировом рынке модульных компьютеров выделилось сразу несколько лидирующих компаний, таких как ADLINK, Advantech, Kontron, Radisys и Congatec. Каждая из них готова предложить заинтересованным потребителям индивидуальный набор средств, необходимых для создания современных встраиваемых систем на основе стандарта COM Express. Такой набор включает в себя непосредственно модули, платы-носите-

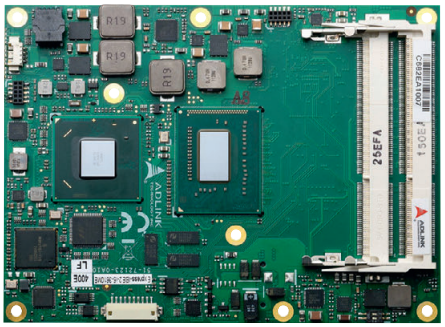

Рис. 3. Модуль Express-IBE2 (Type 2)

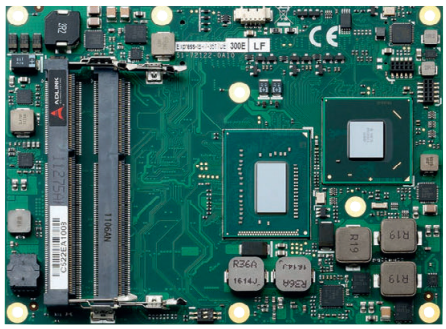

Рис. 4. Модуль Express-IB (Type 6)

ли, базовые платформы, различные аксессуары и сопутствующее программное обеспечение, а также разнообразные услуги технической поддержки, интеграции, обучения и консалтинга.

В частности, компания ADLINK Technology около года назад официально представила сразу две новые серии модулей COM Express форм-фактора basic, построенные на основе процессоров Intel Core, базой которых стала микроархитектура под кодовым названием Ivy Bridge – Express-IBE2 (с распиновкой Type 2, рис. 3) и Express-IB (Type 6, рис. 4). Модули, предназначенные для решения разнообразных задач, которые требуют высокой вычислительной производительности, отличаются друг от друга вариантом используемого внутри системы процессора. Здесь речь может идти о двух- или четырехъядерном процессоре из семейства Intel Core i5-3000 или Core i7-3000 (в модификации для встраиваемых мобильных приложений) с тактовой частотой от 1,6 до 2,7 ГГц и теплопакетом от 17 до 45 Вт. Любые модули из двух представленных серий с процессорами Intel Core i5 или i7 выполнены на чипсете Mobile Intel QM77 Express и допускают установку одного или двух модулей памяти формата SODIMM типа DDR3-1333 и DDR3-1600 суммарным объёмом до 16 Гбайт.

Применяемый в модулях новых серий интегрированный графический контроллер Intel GMA HD4000 поддерживает следующие интерфейсы прикладного программирования:

- OpenGL 3.1;
- DirectX 11;
- OpenCL 1.1.

Кроме того, он обеспечивает высококачественное аппаратное декодирование Blu-ray 2.0, AVC/H.264, VC1, WMV9. Все модули COMe Type 2 и COMe Type 6 позволяют использовать возможность одновременного вывода независимых видеопотоков сразу на три дисплея. При этом поддерживаются одновременно три дисплейных интерфейса DisplayPort (с помощью соответствующих переходников можно использовать и мониторы DVI и HDMI), в том числе один eDP (вариант DisplayPort для встраиваемых приложений). При необходимости вывода видеопотока можно задействовать порт SDVO, двухканальный интерфейс LVDS или аналоговый интерфейс для подключения устаревших ЭЛТ-мониторов, обладающих рабочим разрешением вплоть до 2048×1536 точек.

Функциональные возможности представленных модулей в области работы с дисковыми накопителями включают в себя:

- полноценную поддержку двух SATA-устройств третьего поколения (пропускная способность шины 6 Гбит/с);
- поддержку двух SATA-устройств второго поколения (пропускная способность шины 3 Гбит/с);
- модули с разъёмом Type 2 позволяют использовать один дисковый накопитель с параллельным ATA-интерфейсом.

Несколько больше от типа выбранного модуля зависят варианты поддержки интерфейсов PCI, PCI Express и USB. Так, модули Type 2 позволяют использовать сразу восемь портов USB 2.0, пять линий PCI Express 3.0 и параллельную шину PCI версии 2.3 (33 МГц). В свою очередь, в модулях Type 6 присутствуют по четыре порта USB 3.0 и USB 2.0, семь линий PCI Express 3.0. При этом не поддерживается PCI. Стоит отметить, что коммуникационная составляющая у модулей обоих типов включает в себя интерфейс Gigabit Ethernet.

Программная поддержка продуктов серий Express-IBE2 и Express-IB включает в себя следующие пакеты:

- BSP (Board Support Package);
- Windows XP;
- Windows Vista;
- Windows 7;
- Windows Embedded Standard 7;
- Windows 8 (в ближайшей перспективе);
- Linux;
- ОС РВ VxWorks компании Wind River.

Но и это еще не всё. В июне 2013 года состоялся официальный релиз четвёртого поколения процессоров Intel Core, базой для которых стала микроархитектура под кодовым названием Haswell (техпроцесс 22 нм). Компания ADLINK не осталась в стороне от этого события и фактически сразу же представила две новые серии модулей COM Express форм-фактора basic на основе этих процессоров – Express-HL и HL2. Применение процессоров Intel Core четвёртого поколения позволило удвоить производительность графики по сравнению с предыдущим поколением, а также продемонстрировать существенные улучшения в плане производительности и энергопотребления, что даёт возможность расширить сферу применения современных модульных компьютерных систем.

Среди модульных решений, предлагаемых компанией ADLINK, особого внимания заслуживают модели из серии nanoX-TC в форм-факторе mini (рис. 5).

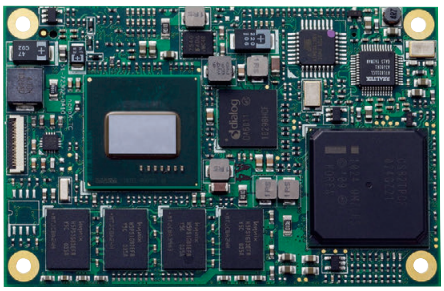

Рис. 5. Модуль nanoX-TC

Во всех моделях этой серии применяются 45-нанометровые встраиваемые процессоры Intel Atom серий E600 и E600T (кодовое наименование – Tone Screen) с тактовой частотой до 1,6 ГГц и тепловым пакетом от 2,7 до 4,5 Вт.

Также важно знать, что модули nanoX-TC выполнены с распиновкой Type 10 и в модификации для промышленного применения рассчитаны на эксплуатацию в диапазоне температур –40...+85°C. Примечательно, что в последнее время на рынке встраиваемых компьютерных решений заметно повысился интерес производителей к процессорной архитектуре ARM и решениям, создаваемым на её основе. Несмотря на неоднозначность данного направления развития, стоит отметить,

КОМПАНИИ BENEQ (LUMINEQ)

С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

что одним из неоспоримых достоинств технологии ARM является сверхнизкое энергопотребление. Ни для кого не секрет, что в сегменте потребительской электроники фактор минимизации энергопотребления считается одним из важнейших. Если же говорить о рынке встраиваемых компьютерных систем, а в особенности о компактных и мобильных приложениях, значение энергоэффективности нельзя переоценить.

Независимые эксперты отрасли сходятся во мнении о том, что наличие открытого и общепринятого стандарта COM-решений на основе продуктов SoC (System-on-Chip – система на кристалле) и процессоров архитектуры ARM является жизненно необходимым условием для дальнейшего успешного развития мирового рынка встраиваемых компьютерных систем. В этой связи разработка новой спецификации под рабочим названием SMARC (Smart Mobility Architecture), которая уже поддерживается ведущими производителями модульных компьютеров, выглядит своевременным и важным шагом. Внедрение новейшей спецификации должно привести к существенному укреплению фундамента достаточно нового, а по сути только формирующегося сегмента мирового компьютерного рынка, а также максимально чётко определить перспективы его дальнейшего расширения и развития.

Особенности развития стандарта SMARC

Начало активного развития нового стандарта SMARC в некоторых моментах отчётливо напоминает аналогичный период в истории стандарта COM Express. Вместе с тем есть и существенная разница, состоящая в том, что нынешняя динамика рынка встраиваемых компьютерных систем кардинально отличается от той, что была 10 лет назад.

Значительные изменения происходят настолько резко и быстро, что неоправданно длительные процедуры согласования и утверждения стандартов, затрудняющие своевременный вывод актуальных продуктов на мировой рынок, превратились в неприемлемый и губительный фактор. Современный рынок встраиваемых компьютерных решений требует использования упрощённых правил и значительного сокращения сроков стандартизации.

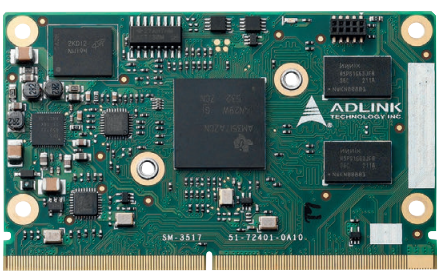

Рис. 6. Модуль LEC-3517

Ключевые особенности стандарта SMARC

- Нацеленность создаваемых решений на минимальное потребление энергии.
- Активная разработка разнообразных мобильных решений, оснащённых модулями автономного питания.
- Относительно скромные возможности, связанные с реализацией соединений USB и PCI Express.
- Полное отсутствие поддержки технологии PEG (PCI Express Graphics).
- Отсутствие поддержки шины LPC.
- Возможность работы с шиной SPI (Serial Peripheral Interface).
- Поддержка современных интерфейсов цифровых камер (в частности, CSI – Camera Serial Interface).
- Возможность работы с флэш-картами SDIO (Secure Digital I/O).
- Несколько расширенный список поддерживаемых дисплейных интерфейсов.

В рамках спецификации SMARC 1.0 определены сразу два форм-фактора модулей – полноразмерный (82×80 мм) и укороченный (82×50 мм). В качестве разъёма для подключения к платам-носителям был выбран 314-контактный коннектор открытого стандарта MXM (Mobile PCI Express Module) версии 3.0 (высота конструктива всего 4,3 мм). При этом применяется собственная схема назначения контактов, которая отличается от той, что определена в официальной спецификации MXM 3.0.

Что касается дисплейных интерфейсов, то в рамках стандарта SMARC разрешено применение LVDS (глубина цвета 18 или 24 бит), HDMI и DisplayPort (в том числе eDP). Также допустимо использование ЖК-дисплеев, оснащённых параллельным RGB-интерфейсом (24 бит), и присутствует полноценная поддержка стандарта DSI (Display Serial Interface).

По мнению независимых экспертов, появление новейшего COM-стандарта сделает возможным создание низкопрофильных систем ARM/RISC и SoC, работающих на базе современных центральных процессоров, отличающихся сверхнизким потреблением энергии. В то же время поддержка новейших моделей, основанных на ARM/RISC, будет существенно отличаться от сопровождения традиционных платформ x86. Даже несмотря на то что драйверы для платформ x86 являются универсальными и поставляются сразу несколькими вендорами, нагрузка на поставщиков оборудования ARM/RISC значительно возрастёт. Уже сейчас ведущие мировые производители вкладывают значительные средства в создание новой инфраструктуры, которая будет способна обеспечить разработку драйверов, а также полноценную поддержку различных настроек и приложений, направленных на решения ARM/RISC, и не только для COM-модулей, но и для всех существующих и планируемых продуктовых линеек. Очевидно, что принятие новейшего стандарта SMARC приведёт к массовому росту и прогрессу всех технологий и решений, которые так или иначе связаны с ARM/RISC.

Оптимальное соотношение «цена–производительность» позволит ведущим мировым производителям оборудования ARM/RISC предложить потребителям современные модульные решения по цене ниже $100. По словам экспертов, в рамках рынка встраиваемых компьютерных систем этот уровень цен ожидался уже несколько лет, но с учётом повсеместного использования платформ x86 он был просто недостижим.

Новейший модульный компьютер ADLINK (модель LEC-3517) будет включать в себя (рис. 6):

- одноядерный центральный процессор TI Sitara Cortex-A8, обладающий тактовой частотой до 600 МГц;
- полноценную поддержку 3D-графики;
- возможность работы с видеоматериалами формата высокой чёткости (HD);
- возможность подключения сразу двух независимых дисплеев через параллельный 18/24-разрядный LCD-интерфейс или 18/24-разрядные одноканальные интерфейсы LVDS и HDMI.

Ключевые особенности и преимущества модульного компьютера ADLINK LEC-3517

- Высокая производительность.
- Широкий спектр потенциальных применений.
- Миниатюрная конструкция.
- Гарантия надёжной и эффективной работы в расширенном диапазоне температур –40...+85°C.
- Низкое тепловыделение.
- Возможность использования в рамках создания малогабаритных и безвентиляторных приложений в жёстких условиях эксплуатации.

- Поддержка операционных систем Android, Linux, Windows Embedded Compact 7.
- Возможность использования операционных систем реального времени.

Стоит отметить, что в своём рыночном сегменте решения, соответствующие стандарту SMARC, практически не пересекаются с технологией COM Express – разве что с продуктами в форм-факторе COM Express mini на основе процессоров Intel Atom. Вместе с тем нельзя не заметить сближения процессорных архитектур Atom и ARM, что привело к существенному обострению конкуренции между ними в сегменте ультракомпактных решений, обладающих сверхнизким энергопотреблением.

По мнению экспертов, острота данного противоборства в ближайшее время будет только нарастать, что подтверждается, в частности, планами корпорации Intel по разработке новых поколений процессоров Atom (Merrifield), в которых упор будет сделан на SoC-решения с энергопотреблением около 1 Вт.

Не исключено, что спустя некоторое время на мировом рынке останется только один из нынешних дуэлянтов. Развитие открытых международных стандартов даёт противоборствующим сторонам возможность реализовать стратегии, связанные с формированием и расширением глобальных экосистем поддержки модульных компьютерных решений в наиболее перспективных рыночных нишах.

Вместо заключения

По мнению независимых экспертов, нынешняя рыночная успешность и востребованность модульных компьютерных решений, а также отличные перспективы дальнейшего развития данного сегмента объясняются несколькими весомыми факторами:

- возможность регулярного увеличения доступной вычислительной мощности и производительности в зависимости от потребностей заказчика;
- постоянное расширение поддерживаемых последовательных цифровых интерфейсов;
- стремление ведущих мировых производителей к снижению энергопотребления всех создаваемых продуктов и решений;
- принципиальный отказ от применения одноядерных процессоров в пользу многоядерных решений;
- возможность значительного расширения поставок на мировой рынок востребованной и конкурентоспособной продукции и поддержки встраиваемых решений на базе современных модульных компьютеров;
- ощутимое снижение инвестиционных затрат без потери эффективности и объёма производства;
- возможность создания персонализированных и высокоэффективных решений;
- обеспечение полноценной поддержки высокоскоростных интерфейсов ввода-вывода. ●

Литература

1. Буравлёв А. Компьютерные модули: стандарты, спецификации и основные принципы использования. Часть 1 // Современные технологии автоматизации. – 2009. – № 1.
2. Ковалёв А., Руденко С. Мир «компьютеров на модуле» COM: инновации без границ и свобода интеллекта // Компоненты и технологии. – 2012. – № 9.

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru