

# Платформа ARM открывает новые перспективы развития «компьютеров-на-модуле»

Александр Ковалёв (Москва)

Недавно принятый стандарт «компьютеров-на-модуле» SMARC для систем на базе процессоров ARM стал новым этапом развития платформы COM. Модули SMARC можно применять в различных областях – от промышленной автоматике до устройств обработки графики и работы с изображениями. Новый класс устройств COM отличается малыми габаритами, низким энергопотреблением и способностью функционировать в жёстких условиях эксплуатации.

Основными преимуществами технологии «компьютеров-на-модуле» (Computer-on-Modules, COM) во встраиваемых системах являются ускоренный вывод продуктов на рынок, широкий диапазон функциональных возможностей, гладкая стыковка модулей разных производителей, многообразие поддерживаемых интерфейсов и стандартов, а также снижение затрат и факторов риска при разработке изделия. Для разработчиков привлекательной особенностью концепции COM является возможность сконцентрировать основные усилия на создании встраиваемого приложения.

Популярность платформы «компьютеров-на-модуле» возрастает, и, согласно прогнозу аналитической компании VDC, мировой рынок модулей COM к 2015 году достигнет \$883 млн.

## COM Express: на гребне волны

Появление в 2005 году стандарта COM Express, который был ратифицирован консорциумом PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group), стало ключевым моментом в развитии технологии COM. Успех и конкурентоспособность модулей COM Express в первую очередь определила поддержка новейших поколений микропроцессоров.

В 2012 году было официально представлено третье поколение процессоров Intel Core на базе микроархитектуры Ivy Bridge, и вскоре компания Kontron предложила две новых серии модулей COM Express с форм-фактором basic на основе процессоров Ivy Bridge: COMe bIP2 (с расположением выводов Type 2) и COMe bIP6 (Type 6).

В этих модулях используются двух- или четырёхядерные процессоры In-

tel Core i3-3000, Intel Core i5-3000 или Core Intel i7-3000 с тактовой частотой от 1,6 до 2,7 ГГц и тепловым пакетом от 17 до 45 Вт. Все модули COMe bIP2 и COMe bIP6 поддерживают три интерфейса DisplayPort, в том числе один eDP (вариант DisplayPort для встраиваемых приложений).

В качестве основных приложений новейших модулей COMe bIP2 и COMe bIP6 от Kontron можно отметить медицинские системы, цифровые системы оповещения, рекламы и автоматизации розничной торговли, а также приложения класса M2M (Machine-To-Machine) в оборонной и аэрокосмической областях.

Однако прогресс в области процессорных технологий не стоит на месте, что находит мгновенное отражение в решениях для встраиваемых систем, в частности, в продуктах стандарта COM Express. До официального анонса процессоров Intel Core четвёртого поколения с архитектурой Haswell уже появляются первые прототипы модулей на базе новых процессоров. Так, на недавней выставке Embedded World 2013 в Нюрнберге компания Kontron представила прототип модуля COM Express с форм-фактором basic и разводкой Type 6, построенного на процессоре Haswell. Набор интерфейсов этого модуля содержит USB 3.0, PCIe Gen 3.0, SATA 3, а также DisplayPort.

Данные аналитических компаний говорят о том, что в настоящее время COM Express является самым популярным стандартом «компьютеров-на-модуле» и, по сути, приобретает самостоятельность. Это объясняется многими факторами, в том числе быстротой появления продуктов на базе модулей COM Express на рынке, возможностью адаптации систем под разные требо-

вания с минимальными затратами, минимизацией долгосрочных рисков и изготовлением модулей в оптимизированных форм-факторах. Кроме того, модули COM Express обладают длительным жизненным циклом и хорошим потенциалом расширения функциональности.

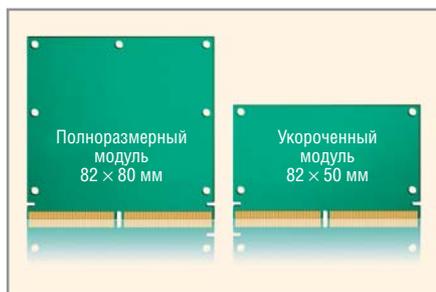
Хотя модули стандарта COM Express изначально были оптимизированы для использования x86-совместимых процессоров, в стандарте предусмотрено использование и других типов процессоров. В частности, компания Kontron объявила о пополнении своей номенклатуры модулями COM Express на базе процессоров с архитектурой Power: COMe-cP2020 с процессором Freescale QorIQ P2020 и COMe-bP5020 с процессором Freescale QorIQ P5020.

Разрабатывая модули стандарта COM Express на базе различных процессорных архитектур, ведущие производители этих изделий стремятся расширять предложение в различных рыночных сегментах и максимально удовлетворять требованиям конкретных приложений.

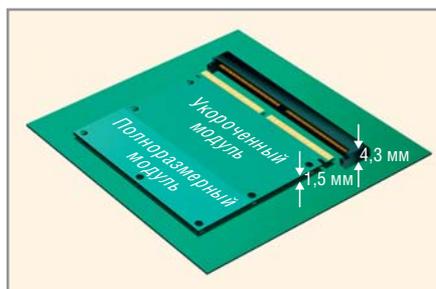
## SMARC: «КОМПЬЮТЕРЫ-НА-МОДУЛЕ» ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ARM И СпК

Сегодня одной из важнейших тенденций на рынке встраиваемых приложений является рост популярности микросхем типа систем-на-кристалле (SpK) и процессоров с архитектурой ARM. Благодаря высокой производительности и малому энергопотреблению систем на базе процессоров ARM, они стали привлекательной альтернативой процессорам других типов, традиционно используемых во встраиваемых платах малогабаритных форматов.

Решения на базе SpK и процессоров ARM, отвечающие требованиям стандарта COM, позволят OEM-производителям занять весьма привлекательную рыночную нишу, где будут доступны системы с достаточно высокой производительностью и широкими графическими возможностями при потребляемой мощности, измеряемой единицами ватт. Такие решения позволяют



**Рис. 1. Спецификация SMARC определяет два форм-фактора модулей: полноразмерный и укороченный**



**Рис. 2. Для подключения к платам-носителям в спецификации SMARC определен 314-контактный разъём стандарта MXM 3.0**

строить чрезвычайно компактные системы с ультранизким энергопотреблением и пассивным охлаждением. Для производителей важна перспектива интегрирования нового класса процессоров в свои приложения с минимальными временными и финансовыми затратами. Именно такой подход и обеспечивает концепция COM – открытый и действительно независимый от производителя стандарт.

Однако до последнего времени ни одной из независимых организаций не был предложен стандарт, который учитывал бы особенности процессоров ARM/СнК.

Фундаментальное отличие решений на базе процессоров ARM заключается в более специализированных и менее распространённых интерфейсах. Многие однокристальные системы ARM имеют по несколько интерфейсов UART, I<sup>2</sup>C и SPI, но не содержат SATA и PCI Express. Теоретически инвестиции в разработку и компоненты могли бы сделать набор интерфейсов ARM типовым и стандартизованным. Однако на практике это, скорее всего, привело бы к утрате технологией ARM основного преимущества – энергоэффективности. Малое выделение тепла способствует разработке безвентиляторных решений, которые характеризуются повышенной надёжностью и большим средним временем наработки на отказ. Конечные системы с процессора-

ми ARM оказываются проще в разработке и производстве, а отсутствие вентиляторов и теплоотводов приводит к уменьшению и массогабаритных показателей, и стоимости.

Как правило, набор ИС для x86-совместимого процессора поддерживает множество ПК-интерфейсов, таких как PCI Express, USB и SATA. В однокристальных системах с ARM-ядрами преобладают встраиваемые порты UART, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S и SDIO, а популярные ПК-интерфейсы отсутствуют. Кроме того, микросхемы ARM имеют другие видеовыходы и могут поддерживать специализированные интерфейсы для подключения видеокамер, например CSI (Camera Serial Interface). Кроме того, в СнК на базе ARM-процессоров часто интегрированы специализированные контроллеры и интерфейсы, в результате чего COM-модули создаются по заказной конфигурации. Поэтому ни одна из существующих концепций COM, будь то ETX, Core Express или Qseven, которые были изначально разработаны под процессоры x86, не подходит – без коррекции – для изделий на базе ARM/СнК. Это существенно ограничивает возможности применения таких модулей, поскольку каждый производитель может использовать те или иные контакты разъёмов. В результате нарушается один из принципов технологии COM – использование модулей разных производителей, изготовленных на базе одной спецификации.

Необходимым условием дальнейшего развития концепции COM на рынке встраиваемых систем стало создание открытого стандарта для решений на базе продуктов ARM/СнК. Компания Kontron взялась за разработку новой спецификации и представила её проект (под рабочим названием ULP-COM) в международную группу по стандартизации встраиваемых технологий SGET (Standardization Group for Embedded Technologies). Новую спецификацию поддержали ведущие производители модулей, в том числе Adlink, Fortec и Greenbase. Недавно проект этой спецификации был официально ратифицирован, и она получила название SMARC (Smart Mobility ARChitecture).

Пользователи получили стандарт, соответствующий определённым требованиям систем ARM/СнК, т.е. именно то, что сделал в своё время стандарт COM Express для x86-совместимых решений. Предложенная спецификация позиционируется как альтернатива су-

ществующим внутрифирменным платам, которые нередко приспособлены под одну модель процессора.

В спецификации SMARC определены COM-модули с плоским профилем и ультранизким энергопотреблением, рассчитанные в первую очередь на мобильные приложения с автономным питанием. По сравнению с COM Express модули SMARC обладают более скромными возможностями в части реализации интерфейсов USB и PCI Express, в них также отсутствует поддержка технологии PEG (PCI Express Graphics) и шины LPC. В то же время в стандарте SMARC предусмотрена возможность работы с шиной SPI, последовательными интерфейсами цифровых и флеш-карт SDIO (Secure Digital I/O), а также несколько отличающийся от COM Express набор поддерживаемых дисплейных интерфейсов.

Спецификация SMARC определяет два форм-фактора модулей: полноразмерный (82 × 80 мм) для размещения высокопроизводительных и высокоинтегрированных СнК и укороченный (82 × 50 мм) – для компактных систем с низким энергопотреблением (см. рис. 1). В качестве разъёма для подключения к платам-носителям выбран 314-контактный разъём стандарта MXM 3.0 высотой всего 4,3 мм (см. рис. 2). Такая низкопрофильная конструкция разъёма позволяет с успехом применять модули SMARC в планшетных и носимых компьютерах. Разъём MXM 3.0 следует признать удачным выбором ещё и потому, что он доступен, в том числе, в исполнении с повышенной устойчивостью к ударам и вибрации, благодаря чему может применяться в автомобильных устройствах.

В спецификации SMARC обеспечена возможность реализации до 281 линии ввода-вывода, что на 50 линий больше, чем, например, имеет разъём версии MXM 2.0. Поэтому в новых модулях может быть реализовано намного больше специализированных интерфейсов, и они могут поддерживать чрезвычайно широкий набор процессоров ARM/СнК. В качестве дисплейных интерфейсов могут использоваться LVDS (глубина цвета 18 или 24 бит), HDMI и DisplayPort (в том числе eDP). Кроме того, поддерживаются ЖК-мониторы с параллельным RGB-интерфейсом (24 бит) и стандарт DSI (Display Serial Interface). Благодаря этому разнообразию пользователю больше не придётся искать компромисс между

богатой функциональностью x86-совместимых решений и скудными возможностями ввода-вывода устройств с архитектурой ARM.

Поскольку именно компания Kontron была инициатором разработки новой спецификации, первые линейки COM-модулей с форм-фактором SMARC стали доступны на рынке практически одновременно с её ратификацией. В настоящее время компания выпускает три семейства модулей SMARC на базе процессоров ARM (с ядрами Cortex A8 и Cortex A9) и оценочную плату-носитель для модулей.

Предлагаемые модули содержат процессоры Tegra 3 компании NVIDIA для обработки графики с интенсивными вычислениями, процессоры из масштабируемого семейства i.MX6 от Freescale с одним, двумя и четырьмя ядрами и экономичный процессор Sitara AM3874 от Texas Instruments (см. рис. 3). Основные характеристики модулей SMARC от Kontron приведены в таблице.

Модуль SMARC на базе 4-ядерного процессора Tegra3 от NVIDIA с тактовой частотой 1,2 ГГц и архитектурой ARM Cortex A9 ориентирован на обработку изображений в автоматизированных точках продаж или информационных системах (POS/POI), информационно-развлекательных системах, цифровых табло, системах безопасности и мониторинга, а также медицинских приборах и системах военного назначения. Интегрированный графический процессор NVIDIA GeForce в сочетании с ядрами ARM обеспечивает наивысшую производительность при обработке графики с возможностью

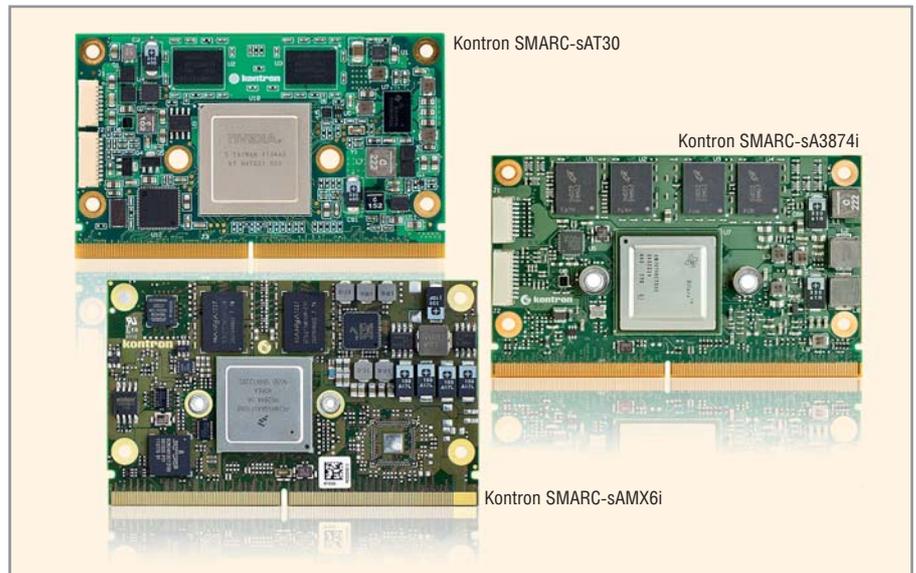


Рис. 3. Модули SMARC компании Kontron

работы на два дисплея. Кроме того, имеется поддержка видео высокого разрешения с возможностью декодирования и кодирования MPEG2/HD-видео. Два порта CSI-2 позволяют подключать видекамеры.

Широкие графические возможности обеспечивают модули на базе процессора i.MX6 от Freescale (800 МГц ARM Cortex A9) с числом ядер от одного до четырёх. Благодаря возможности масштабирования, на базе этих модулей можно создавать универсальные решения в серии изделий, ориентированных на интеллектуальные устройства, которые требуют сбалансированных характеристик процессора и подсистемы обработки графики. В зависимости от используемой SnK модули интегрируют одну или две независимые графические подсистемы, в

которых используется до четырёх 3D-шейдеров, обеспечивающих высокое качество визуализации. Кроме того, имеются встроенные декодер и кодер для обработки видео, вплоть до стандарта Full HD (1080p/60). Следует отметить, что модули, оснащённые процессорами i.MX6, способны работать в диапазоне температур от -40 до +85°C.

Новые модули на базе процессора Sitara AM3874 от Texas Instruments главным образом ориентированы на недорогие приложения. Этот процессор построен на базе ядра ARM Cortex A8. Такой модуль отличается сверхнизким потреблением, способен работать в диапазоне температур от -40 до +85°C и, таким образом, идеально подходит для применения в полевых условиях. Модуль на базе Sitara AM3874 поддерживает 3D-графику и обработку HD-видео.

Таблица. Семейства модулей SMARC компании Kontron

| Параметр                          | Наименование модуля   |  |  |
|-----------------------------------|---|--|--|
|                                   | Kontron SMARC-sAT30   | Kontron SMARC-sAMX6i   | Kontron SMARC-sA3874i  |
| Форм-фактор, мм <sup>2</sup>      | 82 × 50 (укороченный)   |  |  |
| Процессор                         | NVIDIA Tegra 3  | Freescale i.MX6  | TI Sitara AM3874   |
| ARM-ядро                          | ARM Cortex A9   |  | ARM Cortex A8  |
| Число ядер                        | 4+1   | от 1 до 4  | 1  |
| Тактовая частота, ГГц             | 1,2   | 0,8  | 0,8  |
| Графика                           | GeForce, 12 ядер, поддержка двух дисплеев, HD-видео   | 1 или 2 подсистемы, до четырёх шейдеров 3D, поддержка двух дисплеев, HD-видео  | 3D-ускоритель, поддержка двух дисплеев, HD-видео   |
| ОЗУ                               | 1 или 2 Гбайт DDR3  | до 2 Гбайт DDR3  | 1 Гбайт DDR3   |
| Флеш-память                       | до 64 Гбайт NAND на модуль  | до 64 Гбайт NAND на модуль   | до 32 Гбайт NAND на модуль   |
| Видеовыходы                       | параллельный ЖК-дисплей, 18/24-бит, 1-канальный LVDS, HDMI  |  |  |
| Входы видекамеры                  | 2 × CSI-2, 2-канальный  | 1 × PCAM, 1 × CSI  | 10-битный параллельный интерфейс   |
| Ethernet                          | 10/100/1000 Мбит/с  |  |  |
| Другие порты ввода-вывода         | 1 × PCIe, 3 × USB 2.0, SD-карта, eMMC, 2 × SPI, 5 × I <sup>2</sup> C, 3 × I <sup>2</sup> S, 4 × UART, 12 × GPIO, SPDIF, WDT, управление батареей и системой, SATA | до 3 × PCIe, 3 × USB 2.0, MLB150, 12 × GPIO, SDIO, SATA eMMC, 2 × SPI, 5 × I <sup>2</sup> C, 2 × I <sup>2</sup> S, SPDIF, WDT, 2 × CAN, управление батареей и системой | 1 × PCIe, 2 × USB 2.0, GPIO, 4 × I <sup>2</sup> C, 4 × I <sup>2</sup> S, 4 × UART, 2 × CAN, управление батареей и системой, SATA |
| Температурный диапазон, °C        | 0...60  | -40...+85  | -40...+85  |
| Средняя рассеиваемая мощность, Вт | около 5   | нет данных   | около 2  |
| Поддержка ОС со стороны Kontron   | Linux, Android ICS, Linux, Android, Windows WEC7  | Linux, Android, Windows WEC7   | Linux, Android, Windows WEC7   |

Два независимых дисплея могут быть подключены через 18/24-битный параллельный ЖКИ-порт или 18/24-битные одноканальные порты LVDS и HDMI. Кроме того, в модуль интегрирован параллельный интерфейс видеокamеры. Среди других поддерживаемых интерфейсов следует отметить 2 × SPI, 4 × I<sup>2</sup>S, многофункциональный порт 4 × I<sup>2</sup>C и двоясную шину CAN. В качестве одного из типовых вариантов промышленного применения модулей на основе Sitara AM3874 называют автоматизированные системы контроля производственных линий.

Для всех новых модулей SMARC доступны оценочные платы-носители. В соответствии с требованиями различных систем на базе ARM к специализированным интерфейсам, они поддерживают широкий набор шин и различные типы памяти. Однако стандартные оценочные платы не всегда могут соответствовать конкретным требованиям приложений. OEM-производители могут разработать необходимые платы самостоятельно. В качестве альтернативы поставщики модулей компании Kontron, например российская компания «РТСофт», предлагают разработку специализированных плат-носителей.

### ВАЖНАЯ РОЛЬ ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКИ НОВОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ

Для новой спецификации компания Kontron собирается обеспечить поддержку всех ОС, используемых в ARM-системах. Поддержка будет распространяться не только на платформу Windows Embedded Compact 7, но и различные версии ОС Linux и Android, а также OSCP VxWorks для ИС компании Texas Instruments, что очень важно для систем реального времени. Изделия Kontron на базе процессоров ARM смогут работать и под ARM-версией ОС Windows 8.

Следует особо отметить поддержку платформы Android, пользующейся большой популярностью в смартфонах и планшетах. Эта возможность прокладывает клиентам Kontron путь в мир мультимедийных систем, работающих на базе архитектуры ARM и обладающих развитыми возможностями связи. Под ОС Android уже создано множество приложений; появилось сообщество специалистов, способных разрабатывать системы на базе Android. Всё это свидетельствует о появлении новых возможностей развития

встраиваемых систем в перспективных сегментах рынка.

Работа ОС на платформе ARM имеет свои особенности. Так, например, подход, который успешно применяется в системах на базе x86, когда при первом запуске ОС определяются отсутствующие драйверы, а затем при повторном запуске эти драйверы успешно интегрируются в систему, не работает на платформе ARM/СhK.

Для ARM-систем непременным условием запуска ОС является предварительное интегрирование и настройка драйверов, необходимых для поддержки конкретной процессорной платформы и периферии. Это требует большого внимания к подготовке пакета поддержки платформы (Board Support Packages, BSP) для систем ARM. Если OEM-производитель интегрирует с помощью платы-носителя дополнительные компоненты, не являющиеся частью стандартного оборудования для этих процессоров, то драйверы этих компонентов должны быть встроены в загрузчик ОС.

Следовательно, для эффективной работы с модулями на базе ARM-решений необходим всеобъемлющий BSP. У многих OEM-производителей могут возникать трудности при интегрировании драйверов и работе с загрузчиком, поэтому идеальным вариантом является предоставление сервиса (со стороны компаний – изготовителей модулей) по портированию драйверов индивидуальных компонентов, используемых на плате-носителе, и модификации загрузчика ОС. Компания Kontron выполняет интегрирование BSP для различных ОС на всех уровнях, вплоть до системного. В результате OEM-производители могут сконцентрировать усилия на прикладных вопросах, без ущерба для других аспектов реализации проекта.

Важную роль в поддержке OEM-производителей и сокращению времени вывода конечных изделий на рынок играют компании – партнёры производителей COM-модулей. В связи с ратификацией новой спецификации SMARC стратегический партнёр Kontron в России и СНГ – компания «РТСофт» – расширяет сферу своей деятельности в сегменте экономических высокопроизводительных систем с малыми габаритами. Кроме того, «РТСофт» является сертифицированным дизайн-центром Kontron наряду с компаниями из США или Европы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время происходит сближение функциональных возможностей и характеристик решений на базе x86-совместимых процессоров (в частности, процессора Intel Atom) и процессоров ARM, в результате чего обостряется конкуренция в сегменте компактных систем со сверхмалым энергопотреблением. Расширенная программная поддержка размывает границы между процессорными архитектурами, интегрируя новые процессорные платформы в единую экосистему. В такой ситуации развитие открытых международных стандартов модульных систем даёт возможность выбрать стратегию создания решения из обширной базы.

Принятый недавно стандарт SMARC открывает новые перспективы широкого внедрения технологии ARM/СhK во многих и, как ожидается, совершенно новых приложениях. На смену существующему подходу в сфере систем ARM/СhK с их специализированными решениями приходит стандартизованный подход, который позволит разработчикам и OEM-производителям использовать готовые стандартные решения на основе спецификации SMARC, снижая затраты на разработку и сокращая сроки вывода на рынок готовой прикладной системы.

Среди возможных приложений для SMARC-систем следует отметить мобильные компьютерные решения со сверхнизким потреблением (планшеты и КПК), человеко-машинные интерфейсы, решения типа Vox PC, портативные медицинские приборы и устройства для работы вне помещений с питанием от солнечных батарей (паркоматы, электрические насосы на электромобилях или информационные табло на остановках транспорта). Кроме того, эти системы найдут применение в информационно-развлекательных устройствах, портативных измерительных приборах и кассовых аппаратах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Dan Demers. The right COM for the right app: sorting out small form factors. *rtcmagazine.com*.
2. Gerhard Szczuka. Computer-on-Modules' concepts to suit ARM SoC. *www.epd-ee.eu*.
3. Norbert Hauser. Strategic entry into ARM technology with a new module standard. *Boards&Solutions*, March 2012.
4. Gerhard Szczuka. SMARC – new Computer-on-Module standard for ARM/SoC designs. *Boards&Solutions*, February 2013.

