



### Мир “КОМПЬЮТЕРОВ-НА-MОДУЛЕ” : БЕЗГРАНИЧНЫЙ ПРОСТОР ДЛЯ ИННОВАЦИЙ И ИНТЕЛЛЕКТА

С.А. Руденко, А.Н. Ковалев (ЗАО «РТСофт»)

*Модульная архитектура “компьютеров-на-модуле” (Computer-On-Module) продолжает набирать популярность на рынке встраиваемых компьютерных систем. На протяжении последних 10 с лишним лет лидерами данного направления регулярно претворялись в жизнь передовые технологические решения и идеи, и нынешнее поколение “компьютеров-на-модуле” достойно продолжает эти традиции. На базе этих продуктов разработчиками могут достаточно быстро создаваться конкурентоспособные системы для различных сфер применения, в полной мере использующие новейшие достижения в области процессорных технологий. Представлено современное состояние рынка “компьютеров-на-модуле”, показаны характеристики передовых продуктов компании Kontron.*

*Ключевые слова: компьютер-на-модуле, компактность, надежность, стандарт, вычислительная система, энергоэффективность, встраиваемые решения, адаптируемость.*

Мировой рынок “компьютеров-на-модуле”, согласно опубликованному в конце 2011 г. прогнозу VDC Research, по итогам текущего года должен составить почти 575 млн. долл. США, а с учетом поставок серийно выпускаемых готовых плат-носителей общий объем рынка “компьютеров-на-модуле” превысит 668 млн. долл. США. Важно отметить, что в последние годы, как показывают результаты маркетинговых исследований, и по объемам поставок, и по темпам их роста технология “компьютеров-на-модуле” развиваетсякратно успешнее решений, претендующих на те же рыночные ниши (в частности, одноплатные и стекковые системы стандарта PC/104). Тренд устойчивого роста преобладает и в прогнозах аналитиков на обозримую перспективу. Так, в соответствии с вышеупомянутым прогнозом VDC Research к 2015 г. рынок “компьютеров-на-модуле” увеличится до 883 млн. долл. США, а общий объем рынка COM-продуктов — почти до 1,1 млрд. долл. США.

На сегодняшний день методология создания законченных решений на основе “компьютеров-на-модуле” представляет собой уже достаточно хорошо изученный разработчиками подход к проектированию встраиваемых систем. Главной движущей силой индустрии «компьютеров-на-модуле», как правило, называют открытый международный стандарт COM Express, спецификации которого разрабатываются и утверждаются в рамках отраслевого консорциума PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group). Версия 1.0 базовой спецификации COM.0 этого стандарта была утверждена под эгидой PICMG в середине 2005 г.

Превосходя прочие варианты реализации архитектуры COM по темпам роста объемов продаж, продукты стандарта COM Express воплощают в себе самые передовые технологические достижения. Фактически стандарт COM Express задает тон в индустрии “компьютеров-на-модуле” и во многом

определяет направление ее дальнейшего продвижения вперед. Поддержка этой технологии со стороны столь крупной и влиятельной отраслевой ассоциации, как PICMG способствовала созданию вокруг COM Express мощной промышленной экосистемы, включающей разработчиков микросхем и ПО, поставщиков модулей и плат-носителей, независимых системных интеграторов, партнеров по каналу продаж и OEM-производителей. Как следствие этого, заказчикам сегодня предоставлен широкий выбор совместимых между собой продуктов различных производителей, а также решений на их основе.

В свою очередь развитие стандартных спецификаций закладывает необходимую основу для реализации инновационных идей. Уже не раз отмечалось, что технология “компьютеров-на-модуле” позволяет создавать компактные и надежные встраиваемые решения для различных сфер применения, включая промышленное и медицинское оборудование, игровые автоматы, цифровые системы оповещения и рекламы, разнообразные портативные и мобильные устройства, а также любые другие приложения, которым требуются модульность, гибкость и короткие сроки разработки в сочетании с поддержкой самых передовых технологий — вычислительных и коммуникационных. Отметим также, что для рынка встраиваемых решений в настоящее время характерна тенденция к расширению и совершенствованию интеллектуальных функций создаваемых систем. Это позволяет их разработчикам решать значительно более сложные задачи, чем раньше. Принимая во внимание планы дальнейшего развития технологий встраиваемых процессоров Intel и других ведущих компаний, можно с уверенностью ожидать дальнейшую экспансию “компьютеров-на-модуле” на рынке решений класса M2M (Machine-To-Machine), воплощающих концепцию «Интернета вещей» (Internet of Things). Эти же

планы вполне прозрачно свидетельствуют о том, что технология “компьютеров-на-модуле” будет продолжать свое движение вперед в направлении роста интеллектуального потенциала систем на ее основе.

Как считают аналитики VDC Research, по мере дальнейшего роста производительности “компьютеров-на-модуле” и снижения энергопотребления систем на их основе успехи «компьютеров на модуле» в обозримой перспективе будут расширяться. Способствовать этому будут также тотальный отказ от одноядерных процессоров в пользу многоядерных, появление новых малогабаритных форм-факторов и расширение отраслевой экосистемы поставок и поддержки встраиваемых решений на основе технологии “компьютеров-на-модуле”.

### Залог успеха – открытый стандарт

Напомним кратко стержневую идею концепции “компьютеров-на-модуле”. В разрабатываемой системе выделяются две составные части. Одна из них является стандартизированной. Это “компьютер-на-модуле”, фактически представляющий собой готовое ядро вычислительной системы, образованное процессором, микросхемами системной логики, памятью и ключевыми средствами ввода/вывода. Вторая часть – так называемая базовая плата или носитель является узкоспециализированной и реализует адаптацию системы под специфику конкретного приложения, включая физические интерфейсы, порты, дополнительную функциональность и т. п. Подключение “компьютеров-на-модуле” к носителю осуществляется с помощью стандартизованного разъема.

Одним из важнейших достоинств технологии COM традиционно называют возможность ускоренного вывода продуктов на рынок и широкий диапазон их функциональных возможностей, улучшенный контроль над механическими характеристиками продукции, обилие поддерживаемых интерфейсов и разнообразных стандартов, а также снижение издержек и устранение ряда факторов риска при разработке продукции. Архитектура “компьютеров-на-модуле” во многом привлекательна для проектировщиков решений тем, что позволяет фокусировать инженерные ресурсы на выполнении основных задач бизнеса и не беспокоиться о поддержке сменяющихся поколений процессоров и совершенствующихся технологий передачи данных. История развития стандарта COM Express может служить наглядным тому подтверждением.

Разработке этого стандарта предшествовал выход спецификации ETX, определившей параметры модулей, реализуемых на базе x86-совместимых процессоров и облада-

ющих габаритными размерами 95x114 мм и поддержкой параллельных шин ISA и PCI. Эта спецификация, предложенная в начале 2000 г. в качестве открытого стандарта компанией JUMPtec, довольно быстро завоевала популярность у производителей модулей и разработчиков готовых систем. Более того, стандарт ETX оказался настолько успешным, что продукты на его основе продолжают выпускаться до сих пор. Так, компания Kontron недавно представила новые модули ETX-OH на основе одно- и двухъядерных встраиваемых процессоров AMD Embedded G-Series семейства Fusion (рис. 1). Все еще необходимая многим разработчикам возможность использования интерфейса ISA сочетается в этих модулях с беспрецедентными для встраиваемых систем возможностями обработки графических данных при тепловыделении (TDP) 10...18 Вт.

Летом 2002 г. компания JUMPtec стала частью холдинга Kontron, а уже в 2003 г. на волне успеха стандарта ETX была выпущена новая открытая спецификация – ETXexpress. Впоследствии данный стандарт и был взят за основу при выработке версии 1.0 спецификации COM.0 (COM Express) в рамках PICMG. В разработке этой спецификации, помимо Kontron, также принимали участие корпорации Intel и Radisys.

Стандарт COM Express основан на последовательной шине PCI Express. Как следствие, модули этого стандарта обладают более высокой производительностью и обеспечивают лучшую масштабируемость. В версии 1.0 спецификации COM.0, принятой в июле 2005 г., были определены пять типов модулей в соответствии с вариантами их подключения к базовым платам (при помощи 220-контактных коннекторов – в одиночной или парной конфигурации) и два форм-фактора – basic (с габаритными размерами 95 x 125 мм) и extended (110 x 155 мм).

В августе 2010 г. была выпущена следующая версия стандарта COM.0 с порядковым номером 2.0. Среди отличительных особенностей этой ревизии стандарта COM Express в первую очередь следует отметить расширение возможностей высокопроизводительной обработки графических данных (в частности, за счет использования цифровых дисплейных интерфейсов) и поддержку следующего поколения высокоскоростных последовательных шин (таких как USB 3.0). В обновленной спецификации появились форм-фактор compact с габаритными размерами 95x95 мм (ранее он был введен в обиход компанией Kontron под названием microETXexpress) и еще два типа модулей Type 6 и Type 10, которые по сути являются производными соответственно от Type 2 и Type 1 – наиболее популярных вариантов реализации архитектуры



Рис. 1. Модуль Kontron серии ETX-OH

COM Express в соответствии с версией 1.0 спецификации COM.0.

Модули COM Express Type 6 аналогично Type 2 для подключения к базовым платам используют два высокоплотных низкопрофильных коннектора, но с иным назначением контактов. Самое важное отличие Type 6 от Type 2 — наличие дополнительных портов цифровых дисплейных интерфейсов с возможностью вывода видеопотока одновременно на несколько мониторов. Поддерживаются интерфейсы SDVO, HDMI и Display Port, что не только предоставляет разработчику свободу выбора, но и обеспечивает максимальную графическую производительность и снижение стоимости создаваемых систем. Кроме того, в Type 6 отсутствует поддержка параллельных шин PCI и IDE, а освободившиеся контакты можно использовать для реализации высокоскоростных последовательных интерфейсов (например, USB 3.0).

Другой тип модулей, появившийся в обновленном варианте стандарта, предназначен в первую очередь для малогабаритных систем и предполагает использование процессоров со сверхнизким тепловыделением (типа Intel Atom). Специалисты называют COM Express Type 10 «братом-близнецом» Type 1. Модули обоих типов оснащаются одним 220-контактным коннектором, при этом схемы назначения контактов совместимы между собой. Специалисты Kontron тем не менее рекомендуют разработчикам соблюдать осторожность при переходе от Type 1 к Type 10 и не забывать о том, что часть контактов, прежде использовавшихся в качестве портов SATA, в новой версии стандарта зарезервированы для альтернативных целей (в частности, для интерфейса USB 3.0). Еще одним заметным новшеством, реализуемым в модулях Type 10, является возможность использовать цифровой дисплейный интерфейс (SDVO, DisplayPort или HDMI/DVI), заменивший собой дополнительный канал LVDS, выходы TV и VGA.

Необходимость соответствовать настройкам и потребностям рынка, проявляющего в последнее время поистине огромный интерес к ультракомпактным форм-факторам и энергоэффективным процессорным архитектурам, обусловила достаточно быстрый выход следующего обновления спецификации COM.0. В июне текущего года в рамках консорциума PICMG была ратифицирована версия этой спецификации с порядковым номером 2.1, которая дополнила стандарт форм-фактором mini с габаритными размерами 55x84 мм (ранее он был предложен Kontron под названием nanoETXexpress). Наряду с этим очередная ревизия спецификации COM.0 окончательно оформила поддержку модулями COM Express интерфейса USB 3.0 и предоставила возможность использования промышленной шины CAN (Controller Area Network), обеспечивающей взаимодействие микроконтроллеров, датчиков и исполнительных устройств в рамках единой сети без участия хост-компьютера. Отметим также появившиеся в новом варианте стандарта до-

полнительные возможности по работе с графическими интерфейсами и расширенный ряд поддерживаемых напряжений питания в диапазоне 4,75...20 В.

Среди специалистов распространено мнение, что обновление до версии 2.1 превратило COM Express в единственный в мире глобальный стандарт “компьютеров-на-модуле” на основе x86-совместимых процессоров, охватывающий практически все популярные на сегодняшний день сферы применения данной методологии: от компактных систем с пониженным напряжением питания до высокопроизводительных решений. Действительно, позиции COM Express на рынке в настоящее время исключительно прочны. Особенно это касается сегмента высокопроизводительных решений, где процессорам Intel Core и AMD Fusion фактически нет альтернативы.

Вместе с тем, как показала выставка Embedded World в феврале 2012 г. в г. Нюрнберге (Германия), стремительный рост популярности микросхем типа SoC (System-on-Chip) и, в частности, процессоров архитектуры ARM при проектировании встраиваемых систем, оптимизированных по энергопотреблению или энергоэффективности, не только является одной из ярко выраженных тенденций на рынке, но и со всей очевидностью ставит на повестку дня вопрос о стандартизации в данной области. Ответ на этот вопрос был также дан в ходе выставки Embedded World группой компаний во главе с Kontron, Adlink, Fortec и Greenbase, представившей предварительный вариант версии 1.0 открытой спецификации под рабочим наименованием ULP-COM (Ultra-Low Power Computer-On-Modules).

#### Прочные позиции COM Express

К настоящему времени на рынке модулей COM Express сложился уже достаточно устойчивый круг лидеров, среди которых чаще всего упоминаются такие компании, как Adlink, Advantech, Kontron и Radisys. Все они представляют собой глобальные корпорации с многомиллионными годовыми оборотами, то есть являются не просто крупными, а очень крупными бизнес-образованиями. В течение последних десяти с лишним лет каждый из участников этого квартета придерживался вполне осмысленной долгосрочной стратегии развития, включающей освоение перспективных технологий и новых рынков, разработку продуктовых линеек, расширение списка предоставляемых услуг и оптимизацию внутренней структуры, а также поглощение других компаний. Любая из перечисленных компаний сегодня готова предложить заказчикам необходимый им набор средств для создания высококачественных современных встраиваемых систем на основе “компьютеров-на-модуле”, включая непосредственно модули, платы-носители, базовые платформы, различные аксессуары и сопутствующее ПО, а также разнообразные услуги технической поддержки, интеграции, обучения и консалтинга.

Холдинг Kontron выделяется на общем фоне не только тем, что является родоначальником стандарта COM Express. Kontron также называют в числе наиболее заметных участников процесса совершенствования этого стандарта под эгидой консорциума PICMG наряду с такими гигантами ИТ-индустрии, как Cisco Systems, Fujitsu, IBM, Intel, NEC и Oracle. Специалисты и аналитики довольно часто отмечают приверженность стандартам как одну из характерных черт стратегического курса Kontron (рис. 2).

Свобода инноваций на рынке встраиваемых систем, особенно если речь идет об ускоренном проектировании конкурентоспособной продукции и быстром выводе ее на рынок, тесным образом связана с поддержкой новейших поколений микропроцессоров. Для Kontron этот аспект является одним из важнейших. Характерный пример: в апреле 2012 г. состоялся официальный дебют третьего поколения процессоров Intel Core, основанных на микроархитектуре под кодовым названием Ivy Bridge (техпроцесс 22 нм с применением так называемых 3D-транзисторов), а уже в начале июня компанией Kontron были представлены две новые серии модулей COM Express форм-фактора basic на базе этих процессоров – COMe bIP2 (с распиновкой Type 2) и COMe bIP6 (Type 6).

Предназначенные для задач, требующих высокой вычислительной производительности, модули COMe bIP# в первую очередь отличаются друг от друга вариантом используемого процессора (рис. 3). Это может быть двух- или четырехъядерный процессор семейства Intel Core i5–3000 или Core i7–3000 (в модификации для встраиваемых мобильных приложений) с тактовой частотой 1,7...2,7 ГГц и теплопакетом 17...45 Вт. Все модули 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 SO-DIMM типа DDR3–1333 и DDR3–1600 суммарным объемом до 16 Гбайт.

Графический контроллер Intel GMA HD4000, интегрированный на одном кристалле с процессорными ядрами, поддержи-



Рис. 2. Встраиваемое решение компании Kontron для цифровых систем оповещения и рекламы, выполненное на основе модуля COM Express

вает интерфейсы прикладного программирования OpenGL 4.0, DirectX 11, OpenCL 1.1 и обеспечивает аппаратное декодирование Blu-ray 2.0, AVC/H.264, VC1, WMV9. Все модули COMe bIP2 и COMe bIP6 позволяют реализовать возможность одновременного вывода независимых видеопотоков на три дисплея. При этом поддерживаются три дисплейных интерфейса DisplayPort (с помощью переходников можно использовать и мониторы DVI и HDMI), в том числе один eDP (вариант DisplayPort для встраиваемых приложений). При необходимости для вывода видеопотока можно также задействовать порт SDVO, двухканальный интерфейс LVDS или аналоговый интерфейс для подключения ЭЛТ-мониторов с разрешением до 2048 x 1536.

Возможности представленных модулей по работе с дисковыми накопителями включают поддержку двух SATA-устройств третьего поколения (пропускная способность шины – 6 Гбит/с) и двух аналогичных устройств второго поколения (3 Гбит/с). Модули с разъемом Type 2 также позволяют использовать один дисковый накопитель с параллельным ATA-интерфейсом.

В несколько большей степени от типа модуля зависят варианты поддержки интерфейсов PCI, PCI Express и USB. Так, модули Type 2 позволяют использовать восемь портов USB 2.0, пять линий PCI Express 3.0 и параллельную шину PCI версии 2.3 (33 МГц). В модулях Type 6 наличествуют четыре порта USB 3.0, столько же – USB 2.0, а число линий PCI Express 3.0 равно семи. Поддержка PCI при этом отсутствует. Отметим также, что коммуникационная подсистема у модулей обоих типов включает интерфейс Gigabit Ethernet.

В числе других характерных черт, присущих всем модулям COMe bIP2 и COMe bIP6, можно выделить наличие интегрированного криптопроцессора Infineon, выполненного в соответствии со спецификацией TPM (Trusted Platform Module) версии 1.2, поддержку технологии ACPI 3.0 (реализует механизмы конфигурирования и управления питанием средствами ОС) и использование твердотельных конденсаторов с танталовым



Рис. 3. Модуль серии COMe bIP#, выполненный в форм-факторе COM Express basic на основе процессора Intel Core третьего поколения

анодом, обладающих повышенной надежностью.

Программная поддержка продуктов серий COMe bIP2 и COMe bIP6 включает пакеты BSP (Board Support Package) для ОС семейства Windows (в том числе Windows XP, Vista, 7, Embedded Standard 7, а в перспективе — и Windows 8), а также Linux и ОС PB VxWorks компании Wind River (с 2009 г. является подразделением Intel). В качестве основных вариантов применения рассматриваемых модулей фигурируют медицинские решения, цифровые системы оповещения и рекламы, автоматизация розничной торговли, а также M2M-приложения в аэрокосмической и оборонной сферах.

Среди других продуктов стандарта COM Express, предлагаемых в настоящее время компанией Kontron, выделяется серия модулей COMe mTT10 в форм-факторе mini. В моделях этой серии используются 45-нанометровые встраиваемые процессоры Intel Atom серий E600 и E600T (кодовое наименование — Tunnel Creek) с тактовой частотой до 1,6 ГГц и теплопакетом 3,3...4,5 Вт. Модули COMe mTT10 выполнены с распиновкой Type 10 и в модификации для промышленного применения рассчитаны на эксплуатацию при температурах окружающей среды -40...85 °С. Обладая повышенной стойкостью к воздействию высоких и низких температур на уровне всей используемой компонентной базы, эти модули могут применяться в устройствах и решениях, ориентированных на жесткие эксплуатационные условия (в том числе в различных вариациях M2M-архитектур), в оборонном комплексе, энергетике, системах промышленной автоматизации и т. д.

Отличительной особенностью всех модулей COM Express, выпускаемых Kontron, является их прозрачный жизненный цикл. Его длительность обычно составляет  $\geq 5...7$  лет, что может быть критически важным обстоятельством для проектов, рассчитанных на средне- и долгосрочную перспективу. Прозрачность жизненного цикла, в частности, подразумевает уведомление заказчиков и партнеров о наиболее важных его этапах: от доступности инженерных прототипов для тестирования перед официальным выходом продукта на рынок и вплоть до последних дат заказа и отгрузки. Кроме того, необходимо отметить, что все без исключения COM-продукты Kontron в обязательном порядке проходят тщательное лабораторное тестирование на электромагнитную совместимость в соответствии с европейским стандартом EN 55011 (пределы и методы измерения характеристик радиочастотных помех от промышленного, научного и медицинского оборудования).

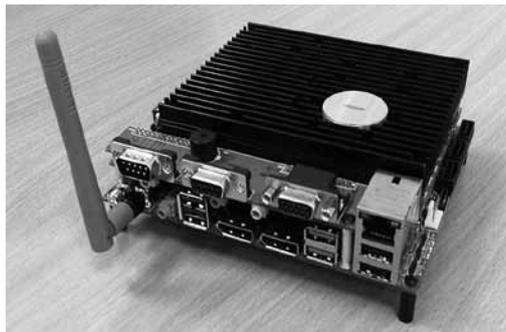


Рис. 4. Ультракомпактная базовая платформа «Кена», поддерживающая модули COM Express Type 2 и Type 6 в форм-факторах compact и basic

Стратегический партнер Kontron в России и СНГ — компания РТСофт, являясь частью экосистемы поддержки технологии COM Express, также вносит свой вклад в развитие и распространение идей и средств, позволяющих радикально сократить цикл разработки и производства компактных, функциональных и высоконадежных встраиваемых решений широкого назначения на основе стандарта COM.0. В частности, специалистами компании разработана ультракомпактная базовая платформа «Кена», поддерживающая модули COM Express Type 2 и Type 6 в форм-факторах compact и basic (рис. 4).

Имея размеры 150x25x48 мм, носитель «Кена» может использоваться в устройствах как с вентиляторным, так и с кондуктивным охлаждением. Функциональные характеристики платформы включают возможность установки SATA-накопителя шириной 2,5 дюйма, наличие GPS-приемника с выходом на внешнюю антенну, а также слотов для SIM-карт и модулей расширения Mini PCI Express, с помощью которых может быть реализована поддержка различных технологий беспроводных коммуникаций (в том числе GSM, CDMA, GPRS, LTE, Wi-Fi и WiMAX). Для внешних подключений могут использоваться интерфейсы DisplayPort, USB 2.0 и 3.0, RS-232, Ethernet и т. д. Опционально возможна реализация с портом интерфейса RS-485 и тремя дополнительными интерфейсами SATA. Для подачи электропитания может использоваться любой универсальный промышленный источник постоянного тока с напряжениями 10,8...14,5 В.

Важно отметить, что «Кена» может применяться и как самостоятельный продукт, и как инструментальная платформа для разработки новых решений. Дизайн носителя носит референсный характер: при необходимости его функциональность может быть достаточно быстро адаптирована под условия конкретного приложения. По индивидуальным заказам обеспечиваются проектирование, производство и поставка корпусов, оптимизированных для установки носителей «Кена» и модулей COM Express.

Возможные варианты исполнения платформы включают поддержку температурного диапазона -40...85 °С, что дополнительно расширяет возможности ее применения. При этом костяк потенциальных заказчиков «Кены», составляют разработчики и OEM-производители интеллектуальных встраиваемых систем для таких приложений, как цифровые системы оповещения и рекламы, автоматизация в промышленности и розничной торговле, телекоммуникационное оборудование, приборостроение, а также

решения для транспортного хозяйства и оборонного комплекса.

### Новая спецификация ULP-COM

В последнее время на рынке встраиваемых компьютерных технологий заметно усилился интерес к процессорной архитектуре ARM и решениям на ее основе. Во многом это усиление интереса связано с успехами планшетных компьютеров Apple iPad и других продуктов корпорации Apple, в которых используются процессоры данной RISC-архитектуры. О феномене Apple в ИТ-индустрии говорят уже несколько десятков лет, пытаюсь найти объяснение неожиданным прорывам компании на тех или иных рынках. Природа этого феномена считается неоднозначной и нередко вызывает споры, но в данном случае достаточно четко прослеживается его связь с технологией процессорных ядер ARM, одним из главных достоинств которой является сверхнизкое энергопотребление. Для устройств потребительской электроники этот фактор сегодня считается одним из важнейших, но на рынке встраиваемых систем, особенно компактных и рассчитанных на мобильные приложения, его значение и вовсе трудно переоценить.

По мнению специалистов, открытый стандарт COM-решений на основе SoC-продуктов и процессоров архитектуры ARM является в настоящее время необходимым условием дальнейшего развития данного направления на рынке встраиваемых систем. Поэтому появление спецификации под рабочим названием ULP-COM, поддержанной ведущими производителями модулей, следует признать своевременным и исключительно важным шагом, укрепляющим фундамент нового, по сути — только формирующегося, рыночного сегмента и определяющим перспективы его последующего расширения.

Начальный этап развития стандарта ULP-COM в чем-то напоминает аналогичный период в истории COM Express. Разница, однако, состоит в том, что сегодняшняя динамика рынка встраиваемых систем отличается от имевшей место 10 лет назад. Изменения происходят резче и быстрее, что в свою очередь совершенно не располагает к длительным процедурам согласования и утверждения стандартов, затрудняющим своевременный вывод актуальных продуктов на рынок. Современные условия диктуют необходимость упрощенных правил и сокращения сроков стандартизации.

В рамках выставки Embedded World 2012 было объявлено об учреждении отраслевой ассоциации SGET (Standardization Group for Embedded Technologies) и делегировании ей полномочий по разработке версии 1.0 спецификации ULP-COM. К началу лета членами этой ассоциации стали уже более 20 компаний. При этом основная цель группы SGET, согласно обнародованным документам, заключается в том, чтобы работа над стандартами модульных решений для встраиваемых систем велась ускоренными

темпами, то есть с минимальным объемом бюрократических проволочек.

Сам стандарт ULP-COM тоже отчасти напоминает COM Express, но есть и существенные отличия. Не следует забывать, что модули стандарта COM Express оптимизированы для использования x86-совместимых процессоров и технологий. В свою очередь архитектура ULP-COM рассчитана в первую очередь на сверхнизкое энергопотребление и мобильные приложения с автономным питанием. По сравнению с COM Express модули ULP-COM, например, обладают более скромными возможностями по реализации соединений USB и PCI Express, в них также отсутствует поддержка технологии PEG (PCI Express Graphics) и шины LPC. В то же время в стандарте ULP-COM предусмотрены возможности работы с шиной SPI (Serial Peripheral Interface), интерфейсами цифровых камер (в частности, CSI — Camera Serial Interface) и флэш-картами SDIO (Secure Digital I/O), а также несколько отличающийся от COM Express набор поддерживаемых дисплейных интерфейсов.

Спецификация ULP-COM 1.0 определяет два форм-фактора модулей — полноразмерный (82x80 мм) и укороченный (82x50 мм). В качестве разъема для подключения к платам-носителям выбран 314-контактный коннектор открытого стандарта MXM (Mobile PCI Express Module) версии 3.0 (высота конструктива — всего 4,3 мм). При этом, естественно, используется собственный вариант схемы назначения контактов, отличающийся от той, что определена в спецификации MXM 3.0. 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), который, как и вышеупомянутый CSI, относится к компетенции отраслевой ассоциации Mobile Industry Processor Interface (MIPI) Alliance.

Принимая во внимание упрощенную процедуру рассмотрения и ратификации стандартов в рамках SGET, можно с уверенностью утверждать, что серийный выпуск и становление рынка модулей ULP-COM 1.0 — вопрос ближайшего будущего. Готовность к этому ведущих производителей подтвердилась еще минувшей зимой в ходе выставки Embedded World 2012. Так, на стенде Kontron демонстрировались рабочие прототипы модулей ULP-COM на основе ARM-процессоров Nvidia Tegra 3 и TI Sitara AM3874. Поставки этих модулей на рынок должны начаться во втором полугодии текущего года.

Процессор Tegra 3, выполненный по технологии 40 нм, содержит четыре вычислительных ядра ARM Cortex-A9 с рабочей частотой 1,3 ГГц и одно дополнительное ядро со сверхмалым напряжением питания, предназначенное для выполнения фоновых задач или проигрывания медиафайлов в энергосберегающем режиме (тактовая частота 500 МГц при энер-

гопотреблении < 1 Вт). Кроме того, Tegra 3 включает 12-ядерный графический контроллер Nvidia GeForce, оптимизированный для систем с низким энергопотреблением, но при этом позволяющий просматривать HD-видео в формате 1080p без существенного увеличения энергозатрат. Это дает возможность использовать модули ULP-COM на основе Tegra 3 в таких суперсовременных приложениях, как, например, цифровые системы оповещения и рекламы, работающие на солнечной энергии. Среди других возможных вариантов применения этих модулей можно выделить видеоизмерительные системы и интеллектуальные системы видеонаблюдения – в Tegra 3 интегрированы механизмы преобразования и улучшения качества изображений, а также поддержка 32-мегапиксельных цифровых камер и декодирования видео в форматах H.264, MPEG4, H.263 и VP8.

Модули Kontron на основе процессора Sitara AM3874 компании Texas Instrument примечательны в первую очередь тем, что рассчитаны на эксплуатацию в диапазоне -40...85 °С. Сам процессор представляет собой SoC-продукт на ядре ARM Cortex-A8 (тактовая частота до 1 ГГц при энергопотреблении < 2 Вт), выпускаемый по технологии 45 нм. Помимо вычислительного ядра на кристалле также интегрировано множество других компонентов. Перечень функциональных характеристик этой микросхемы включает, в частности, контроллер 3D-графики, контроллер памяти (с поддержкой различных вариантов технологии DDR вплоть до DDR3–800), подсистему обработки изображений, поддержку шин PCI Express, SATA, CAN и даже опциональный коммутатор Gigabit Ethernet. В качестве одного из типовых вариантов промышленного применения модулей ULP-COM на основе Sitara AM3874 называют автоматизированные системы контроля производственных линий.

В той рыночной нише, которая им отведена, решения стандарта ULP-COM 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 сейчас невозможно не заметить ускоряющегося сближения процессорных архитектур Atom и ARM по своим возможностям и функциональности, следствием чего стало обострение конкуренции между ними в сегменте ультракомпактных решений со сверхмалым энергопотреблением. Скорее всего, острота противостояния будет нарастать и дальше, что подтверждают, в частности, планы Intel по разработке следующих поколений процессоров Atom, в которых делается большой упор на SoC-продукты с энергопотреблением порядка 1 Вт. Вполне возможно, что со временем на рынке останется только один из дуэлянтов. В таком случае будущее назовет его имя, а пока Kontron и другие участники группы SGET фактически выступают в роли миротворцев – развитие открытых меж-

дународных стандартов дает обеим противоборствующим сторонам возможность реализации собственных стратегий формирования и расширения глобальных экосистем поддержки модульных решений в перспективных рыночных нишах.

#### Заключение

Продолжающийся рост рынка “компьютеров-на-модуле” во многом обусловлен достоинствами самой технологии. Решающим доводом в пользу ее применения для разработчиков чаще всего становится возможность ускоренного создания и вывода на рынок конкурентоспособной продукции, основанной на применении “компьютеров-на-модуле”, при снижении объемов инвестирования в исследовательские и конструкторские работы и значительной экономии средств на логистику. Важную роль играет и то, что модульный подход к проектированию решений обеспечивает их лучшую адаптируемость к меняющимся требованиям заказчиков. Отметим, что для встраиваемых систем со сроком службы >7 лет, которым со временем могут потребоваться рост вычислительной производительности и поддержка более прогрессивных технологий передачи данных, фактор их адаптируемости к меняющимся требованиям заказчиков имеет особое значение.

Пройдя за последние 10 лет немалый путь (в 2002 г. объем рынка COM-продуктов, по данным VDC, оценивался всего лишь в 44 млн. долл. США), индустрия “компьютеров-на-модуле” не намерена останавливаться в своем движении вперед, локомотивом которого по-прежнему выступает международный стандарт COM Express. Развитие процессорных технологий сулит выпуск миниатюрных SoC-продуктов с еще более высокой степенью интеграции и сверхмалым энергопотреблением. Следствием этого, как ожидается, станет дальнейший рост популярности компактных форм-факторов (таких как, в частности, ULP-COM). Столь же неизбежным представляется и очередной скачок производительности “компьютеров-на-модуле” в конструктивах более крупных размеров.

В качестве резюме заметим, что бурное развитие технологии “компьютеров-на-модуле”, свидетелями которого мы являемся в настоящее время, открывает перед разработчиками встраиваемых решений, в том числе российскими, широчайшее поле для реализации инновационных идей и создания систем с качественно новым уровнем интеллектуальных возможностей. Поэтому перспективы данной технологии в нашей стране внушают оптимизм. Опыт последних лет показывает, что передовые зарубежные технологии практически молниеносно перенимаются отечественными инженерами, и это в свою очередь позволяет им создавать конкурентоспособные продукты, ориентированные не только на российский, но также и на внешние рынки.

*Руденко Сергей Александрович – ведущий менеджер по малогабаритным встраиваемым платформам,*

*Ковалев Александр Николаевич – директор направления ЗАО “РТСофт”.*

*Контактный телефон (495) 967-15-05.*

*Http://www.rtssoft.ru E-mail: pr@rtssoft.ru*