

**ВКТ для СПЕЦПРИМЕНЕНИЙ: ТЕНДЕНЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ И ПРОДУКТЫ**

**А.Д. Сысоев (ЗАО "РТСофт"),  
Л.Г. Акиншин (Журнал "МКА: мир ВКТ")**

*В последние годы на рынке открытых встраиваемых компьютерных технологий (ВКТ) прослеживается ряд отчетливых тенденций, которые, вне всякого сомнения, будут определять его развитие еще достаточно длительное время. Ориентирами для индустрии ВКТ в среднесрочной перспективе будут являться новые процессорные архитектуры, перспективные системные стандарты и современные интерфейсные технологии. Указанные тенденции рассмотрим на примере COTS-линеек международных холдингов GE Fanuc Embedded Systems и Kontron AG, входящих в четверку крупнейших мировых поставщиков ВКТ-изделий.*

*Ключевые слова: одноплатные компьютеры, COTS, многоядерные процессоры, быстрые последовательные соединения, системные стандарты.*

Поскольку дать даже самую краткую характеристику основным продуктовым группам GE Fanuc Embedded Systems ([www.gefanucembedded.com](http://www.gefanucembedded.com)) и Kontron AG ([www.kontron.com](http://www.kontron.com)) в одной статье невозможно физически, ограничим обзор одноплатными компьютерами, базирующимися на открытых промышленных стандартах и относящимися к категории COTS (Commercial Of The Shelf – готовые продукты "с полки"). Выбор одноплатных компьютеров продиктован тем бесспорным фактом, что сегодня они являются наиболее высокотехнологичными ВКТ-изделиями: современные одноплатные компьютеры оснащаются новейшими многоядерными и малопотребляющими процессорами, несут на себе быструю локальную память большого объема, снабжаются высокопроизводительными внешними интерфейсами и поддерживают перспективные коммуникационные технологии для организации внутрисистемных соединений.

**Системные архитектуры**

На сегодняшний день рынок одноплатных компьютеров довольно сильно фрагментирован. Всего существует около 100 различных встраиваемых конструкций, и их число продолжает расти. Лидирующее положение на рынке ВКТ-изделий уровня плат занимают две открытые системные архитектуры: VME и CompactPCI. Исходя из прогноза аналитического агентства Electronic Trend Publications, Inc., в обозримом будущем данная ситуация сохранится: на изделия VME и CompactPCI вместе будет приходиться более трети всех ВКТ-заказов. Однако в разных вертикальных сегментах рынка ВКТ структура спроса будет разной. В оборонных и аэрокосмических применениях традиционно доминируют COTS-стандарты семейства VME (VME32, VME64, VME64x, VME2eSST, VXS и VPX), при этом прогнозируется некоторая положительная динамика: в 2006 г. VME-изделия заняли 68 % оборонно-аэрокосмического сектора, а в 2011 г. их доля составит уже 70 %.

Позиции CompactPCI в сегменте спецприменений также весьма сильны: эксперты Electronic Trend Publications, Inc. считают, что в 2011 г. мировые продажи оборудования CompactPCI оборонным и аэрокосмическим заказчикам составят 86,1 млн. долл. США против 66,0 млн. долл. США в 2006 г.

Международные холдинги GE Fanuc Embedded Systems и Kontron AG предпочитают ориентироваться на стандарты VME и CompactPCI, так как эти системные архитектуры лидируют на рынке ВКТ в целом и в силу доминирования данных технологий в тех секторах, которые представляют для названных поставщиков наибольший интерес, в том числе в сегменте оборонно-аэрокосмических применений.

**Технологии семейства VME**

Системная архитектура VME поддерживается консорциумом VITA ([www.vita.com](http://www.vita.com)) в актуальном состоянии, главным образом, в угоду оборонным и аэрокосмическим заказчикам, которые являются основными потребителями VME-изделий. Данной категории клиентов нужна совместимость новых изделий со старыми и доступность комплектующих на протяжении более 10 лет, а также качественная поддержка продуктов в течение всего жизненного цикла и возможность модернизации унаследованных систем с внедрением новых технологий. Перспективы тех или иных изделий в оборонно-аэрокосмическом секторе во многом определяются тем, способны ли эти изделия снизить риски, обеспечить многоцелевое использование существующих платформ, ускорить и удешевить разработку конечных решений, при этом от конечных систем требуется высокая производительность, гибкость и масштабируемость. Стандарты семейства VME как нельзя лучше удовлетворяют всем вышеперечисленным критериям. За свою четвертьвековую историю системная архитектура VME "вросла" в оборонно-аэрокосмическую отрасль, стала ее неотъемлемой частью. Не будет большим преувеличением сказать, что VME будет существовать до тех пор, пока люди будут создавать оружие, строить самолеты и летать в космос.

Программа VME Renaissance, выдвинутая в начале века корпорацией Motorola ([www.motorola.com](http://www.motorola.com)), близка сегодня к своему логическому завершению. Эта инициатива представляет собой комплекс мер, направленных на адаптацию системной архитектуры VME к современным реалиям с сохранением длительности жизненного цикла изделий и систем до 10 лет и выше, что является одним из основных требований оборонно-аэрокосмических заказчиков. Благо-

даря использованию протокола 2eSST (спецификация VITA 1.5), пропускная способность параллельной шины VMEbus, исторически являвшаяся ее основным проблемным местом, была повышена до пиковых значений 320 Мбайт/с. На этом "разгон" параллельного интерфейса VMEbus закончился, и начался постепенный переход на последовательные внутрисистемные коммуникации. Сначала последовательные порты реализовывались на базе разъема P0. Так появились на свет спецификация VITA 31.1, являющаяся результатом "скрещивания" классической архитектуры VME с технологией PICMG 2.16 (коммутируемые каналы Gigabit Ethernet на объединительной панели), и стандарт VXS (спецификации серии VITA 41.x), определивший реализацию каналов Gigabit Ethernet, PCI Express, RapidIO и других быстрых последовательных соединений на VME-совместимых объединительных панелях. Последним шагом, предпринятым в рамках программы VME Renaissance, стала разработка стандартов VPX и VPX REDI (спецификации VITA 46.x и VITA 48.x), в которых используется новый форм-фактор и новый разъем для обеспечения более качественной поддержки многогигагерцовых последовательных каналов на новых и гибридных (совместимых с классической архитектурой VME) объединительных панелях. Стандарты VPX и VPX REDI закрыли и еще одно проблемное место VMEbus — малое число линий для организации ввода/вывода через заднюю панель. Специфическим вкладом стандарта VPX REDI в процесс "осовременивания" системной архитектуры VME стала фиксация требований к изделиям и подсистемам для самых жестких условий эксплуатации, в том числе к продуктам с кондуктивным и жидкостным охлаждением.

Сегодня в индустрии VME идет масштабное внедрение технологий, увеличивающих внутрисистемную пропускную способность. Одноплатные компьютеры VME повсеместно оснащаются чипами Tundra TSI148 и Thales ALMA2e, обеспечивающими поддержку высокопроизводительного протокола 2eSST, и все большее число новых VME-изделий выполняется по стандартам VXS и VPX, позволяющим реализовывать на объединительных панелях быстрые последовательные соединения.

### Стандарт CompactPCI

Технология CompactPCI появилась в конце прошлого века как попытка объединения преимуществ неофисной системной архитектуры VME и офисной шины PCI. От первой авторы CompactPCI, действовавшие под эгидой международного консорциума

<sup>1</sup> Последнее связано еще и с тем, что в плане тыльного ввода/вывода технология CompactPCI была изначально лишена свойственных VME недостатков. С появлением стандарта VPX системная архитектура CompactPCI утратила это преимущество.

<sup>2</sup> Это не просто высшая, а конечная точка, поскольку основные усилия консорциума PICMG сосредоточены на продвижении системных архитектур AdvancedTCA и MicroTCA, не имеющих отношения к CompactPCI.

<sup>3</sup> Применительно к модулям 3U одновременное выполнение этих требований невозможно, поскольку спецификация PICMG 2.16 предусматривает реализацию быстрых последовательных соединений на базе Ethernet только для полноразмерных плат.

<sup>4</sup> По данным аналитического агентства Venture Development Corporation, на текущий момент процессоры с архитектурой x86 и PowerPC служат основой для 85% всех ВКТ-решений.

PICMG ([www.picmg.org](http://www.picmg.org)), взяли конструктив "Евромеханика", от второй — сам интерфейс PCI. Результирующий стандарт получился весьма удачным: высокая механическая надежность, модульность, расширяемость и удобство в обслуживании открыли перед CompactPCI те области применения, куда шина PCI в своем исходном виде никогда не смогла бы проникнуть. При этом CompactPCI-системы остались совместимыми с миром офиса по компонентной базе и модели программирования, в чем и состоит главное конкурентное преимущество CompactPCI, а заодно и секрет ее успеха. В CompactPCI-системах телекоммуникационного, промышленного, медицинского, оборонного и аэрокосмического назначения используются те же недорогие компоненты, что и в обычных ПК. Технология CompactPCI по самой своей сути совместима с процессорами и ПО из сектора настольных систем, поскольку на логическом уровне остается шиной PCI. Следует учесть, что рынок труда изобилует умеющими работать с шиной PCI специалистами, которых можно очень легко переориентировать на CompactPCI. Все это обеспечило системной архитектуре CompactPCI успех в самых различных прикладных областях и даже позволило ей занять изрядную долю оборонно-аэрокосмического рынка<sup>1</sup>.

С ограниченной пропускной способностью параллельных интерфейсов специалисты PICMG справились даже раньше своих коллег из консорциума VITA: спецификация PICMG 2.16, определившая реализацию на CompactPCI-совместимых объединительных панелях последовательных каналов Gigabit Ethernet, увидела свет в сентябре 2001 г. Использование в рамках стандарта CompactPCI других высокопроизводительных коммуникационных технологий описано в спецификациях PICMG 2.17 и PICMG 2.18. Однако в отличие от PICMG 2.16, они не получили широкого признания в отрасли, и на текущий момент высшей точкой развития стандарта CompactPCI является PICMG 2.16<sup>2</sup>. Наиболее передовые CompactPCI-продукты сегодня реализуются на базе высокопроизводительных многоядерных процессоров и поддерживают спецификацию PICMG 2.16<sup>3</sup>.

### Процессорная техника

Подавляющее большинство одноплатных компьютеров в стандартах VME и CompactPCI, а равно и вообще всех встраиваемых вычислительных модулей, продолжает создаваться на базе процессоров двух ведущих семейств: x86 и PowerPC<sup>4</sup>. Главным поставщиком ЦП с системой команд x86 остается компания Intel

(www.intel.com), основными производителями PowerPC-совместимых устройств — компании Freescale Semiconductor (www.freescale.com) и IBM (www.ibm.com). При этом x86-процессоры в силу вполне понятных причин доминируют в секторе CompactPCI, а чипы с ядрами PowerPC — в секторе VME (по данным аналитического агентства Venture Development Corporation 76 % и 84 % соответственно)<sup>5</sup>.

Рынок процессоров для встраиваемых систем сегодня движется по направлению к многоядерным конфигурациям. Это устойчивый тренд, который, вне всякого сомнения, будет оказывать сильное влияние на отрасль ВКТ в ближне- и среднесрочной перспективе. Многоядерные устройства с архитектурами x86 и PowerPC были анонсированы практически одновременно, в связи с чем данную тенденцию можно считать объективно назревшей. Вторым важным трендом является снижение энергопотребления x86- и PowerPC-совместимых процессоров, что, с одной стороны, открывает перед ними новые приложения, а, с другой — расширяет сферу применимости высокопроизводительных многоядерных конфигураций. Третья тенденция, наблюдающаяся сегодня в индустрии микропроцессоров — перевод всех основных продуктовых линеек на технологические нормы 65...45 нм.

#### Архитектура x86

Наиболее "продвинутыми" x86-совместимыми процессорами сегодня являются представители семейства Intel Core2 Duo. Данные устройства производятся по технологическим нормам 45 нм, что на данный момент является ориентиром для всей полупроводниковой индустрии. Вторым немаловажным моментом является то, что в современном мире класс одноплатного компьютера и область его применения определяется не столько процессором, сколько чипсетом — базовым набором контроллеров памяти, внешних и внутренних интерфейсов, оформленным в виде одной (интегрированный чипсет) или нескольких (раздельные серверный и южный мосты) микросхем. В наши дни новые одноплатные компьютеры на базе x86-совместимых процессоров строятся на базе чипсетов серверного класса (Intel E7520 и Intel 5100), интегрированных чипсетов (Intel 3100) и мобильных чипсетов (Intel 855, Intel 915 и Intel 945). Первая группа микросхемных наборов подходит для задач с интенсивным вводом/выводом (телекоммуникации), вторая ориентирована на широкий спектр высокопроизводительных приложений (промышленные, медицинские, оборонные и аэрокосмические системы), третья является идеальным выбором для рабочих станций, человеко-машинных интерфейсов и бортовых приложений.

<sup>5</sup> С течением времени такая "специализация" процессорных архитектур становится все менее выраженной: появляется все больше VME-изделий на базе устройств с архитектурой x86 и все больше плат CompactPCI, оснащенных ЦП с системой команд PowerPC.

<sup>6</sup> Существует одноядерная версия процессора Freescale MPC8641D, называемая MPC8641. Обе модификации имеют одинаковую логическую структуру и полностью совместимы друг с другом по контактам.

Примером эффективной x86-совместимой многоядерной платформы для сегодняшних одноплатных компьютеров может служить комбинация из процессора Intel Core2 Duo и интегрированного чипсета Intel 3100: это высокопроизводительный двуядерный ЦП с тактовой частотой до 2,16 ГГц и кешем L2 до 2 Мбайт, взаимодействующий с системной шиной на частоте 400/667 МГц, памятью DDR2 400 ЕСС, шестью каналами Serial ATA, 2 интерфейсами SMBus, шиной PCI (32 разряда, 33 МГц), двумя интерфейсами UART и четырьмя портами USB 2.0, а также 38 линиями GPIO и 12 линиями PCI Express, конфигурируемыми в 2/3 независимые шины.

Еще одним ориентиром для рынка процессоров с системой команд x86 вполне может стать концепция Intel Atom. Специалисты Intel решили создать микроархитектуру, которая обеспечивала бы как можно меньшее энергопотребление при сохранении полной x86-совместимости. В результате их усилий на рынке появилось продуктовое семейство Intel Atom. Исключительно малая рассеиваемая мощность и умеренная производительность делают ЦП серии Intel Atom ориентированными, прежде всего, на разнообразные мобильные и портативные приложения, однако и в секторе одноплатных компьютеров у них очень неплохие перспективы. В дальнейшем в рамках программы Intel Atom планируется выпуск сверхмалопотребляющих многоядерных устройств.

#### Архитектура PowerPC

В отличие от мира процессоров с системой команд x86, в мире PowerPC нет ни генеральной линии развития, ни выделенного поставщика, на которого вынужденно равняются все остальные производители. С одной стороны, такое положение дел приводит к фрагментации рынка PowerPC-устройств. С другой стороны, оно же подвигает участников этого рынка к различного рода новациям, причем некоторым разработчикам процессоров удается достичь весьма впечатляющих результатов.

Большой популярностью среди производителей одноплатных компьютеров традиционно пользуются ЦП компании Freescale Semiconductor. Одним из достижений Freescale Semiconductor в области процессорного дизайна, представляющих особый интерес для рынка ВКТ, является устройство MPC8641D на 1,5 ГГц, имеющее два ядра<sup>6</sup> PowerPC e600 с поддержкой расширений AltiVec. Данное изделие относится к категории "систем на кристалле" (System on Chip — SoC) — сложных одночиповых решений с чрезвычайно развитой встроенной периферией. Роль "интегратора" встроенной периферии играет процессорная шина (Peripheral Logic Bus), к которой подключены

различные внешние и внутренние интерфейсы; с процессорной шиной взаимодействуют, в частности, два 64-разрядных контроллера памяти, поддерживающих работу с ОЗУ типа DDR2 ECC на частотах до 600 МГц. В наличии встроенный коммутатор OSeaп (On Chip network), сопрягающий процессорную шину с блоком DMA и двумя внешними последовательными интерфейсами, один из которых может быть сконфигурирован как PCI Express x1/2/4/8, а второй – как PCI Express x1/2/4/8 либо как Serial RapidIO 1/4x. Интерфейсная подсистема Freescale MPC8641D включает также четыре контроллера Gigabit Ethernet, разгружающих ЦП-ядро от выполнения стека TCP/IP, два контроллера I2C, двоянный контроллер UART и контроллер локальной шины (Local Bus Controller – LBC). Процессор Freescale MPC8641D динамически регулирует свое энергопотребление в зависимости от нагрузки и демонстрирует производительность на уровне 2,3 MIPS/МГц.

Из новаторских разработок других полупроводниковых компаний, действующих в секторе PowerPC и ориентирующихся на рынок ВКТ, заслуживает внимания PowerPC-совместимый процессор PWRficient PA6T-1682M, спроектированный фирмой P.A. Semi (www.pasemi.com). Это устройство имеет два 64-разрядных ядра<sup>7</sup> с поддержкой расширений Altivec (VMX) и два контроллера памяти, обеспечивающих взаимодействие с ОЗУ типа DDR2-1066 максимальным объемом 16 Гбайт на канал. Центральное место в архитектуре PWRficient PA6T-1682M занимает системная шина Conexium Interchange, связывающая между собой ЦП-ядро, кеш L2 и контроллеры памяти, а также интерфейс ввода/вывода, объединенные в отдельную подсистему под названием Envoу. К последней относятся, в частности, 24 быстрых последовательных линии, которые можно использовать для организации интерфейсов PCI Express, Gigabit Ethernet и 10 Gigabit Ethernet (имеются соответствующие интегрированные контроллеры). Кроме того, в процессоре PWRficient PA6T-1682M предусмотрены блок криптографии, три шины SMBus и два порта UART.

Устройство PWRficient PA6T-1682M интересно не только тем, что расширяет спектр PowerPC-совместимых многоядерных "систем на кристалле", доступных разработчикам одноплатных компьютеров, но и своей исключительной экономичностью. Благодаря специальной архитектурной оптимизации и переходу на технологические нормы 65 нм данный процессор потребляет не более 25 Вт при работе на частоте 2 ГГц. Это беспрецедентный показатель сразу и для двоядерных, и для 2-гигагерцовых решений, что делает изделие PWRficient PA6T-1682M чрезвычайно пер-

*Тенденции, технологии и продукты не могут существовать порознь; должно быть, они взаимосвязаны и воздействуют друг на друга...*

Журнал "Автоматизация в промышленности"

спективным кандидатом на использование в высокопроизводительных встраиваемых системах самых различных типов.

Производители ЦП с поддержкой системы команд PowerPC всегда снабжали свои продукты достаточно развитой интегрированной периферией, однако в случае Freescale MPC8641D и особенно PWRficient PA6T-1682M они продвинулись по этому направлению дальше обычного. Применительно к миру PowerPC можно говорить не только о тенденции к увеличению числа ЦП-ядер, но и о тенденции к увеличению степени интеграции процессоров: чтобы увеличить результирующую производительность и снизить полное энергопотребление, полупроводниковые компании, имеющие дело с архитектурой PowerPC, стремятся "запихнуть" в свои изделия как можно большую часть конечной системы, в результате чего появляются чрезвычайно интересные одночиповые решения класса "система на кристалле". Данный тренд расходится с практикой, принятой в мире x86, где большую часть периферийной функциональности принято перекладывать на чипсет<sup>8</sup>. Оба подхода имеют свои достоинства и свои недостатки: высокоинтегрированные процессоры способствуют снижению энергопотребления и повышению быстродействия всей системы, в то время как связки "процессор + чипсет" обладают гораздо большей гибкостью в плане учета требований конкретных прикладных задач.

Рассмотренные процессоры можно объединить в пары Intel Core 2 Duo + Freescale PowerPC и Intel Atom + P.A. Semi PWRficient. Первая пара характеризуется высочайшей производительностью в комбинации с умеренным энергопотреблением, вторая – очень низким энергопотреблением в комбинации с достойной производительностью. Эти характеристики определяют прикладную ориентацию как самих ЦП, так и одноплатных компьютеров на их основе.

#### **Быстрые периферийные интерфейсы и быстрая память**

Одноплатные компьютеры, оснащающиеся современными многоядерными процессорами и поддерживающие высокопроизводительные внутрисистемные соединения, должны иметь подсистемы ввода/вывода, адекватные их возросшим возможностям. Недостаточно быстрое поступление данных для обработки или недостаточно быстрая передача обработанных данных адресату может свести на нет все преимущества, даваемые многоядерностью и возросшей пропускной способностью объединительных пане-

<sup>7</sup> На данный момент в продуктовой семье P.A. Semi PWRficient имеются двоядерные и одноядерные изделия. Планируется довести максимальное число ядер в процессорах PWRficient до 16 ед.

<sup>8</sup> В мире PowerPC также популярны мощные чипсеты с большим числом интегрированных функций и интерфейсов, например, системные контроллеры серии Marvel Discovery.

лей. Современные одноплатные компьютеры должны иметь быстрое ОЗУ, работать с быстрыми накопителями, поддерживать быстрые локальные сети и взаимодействовать с быстрой периферией. Типовая коммуникационная функциональность для процессорного модуля конца первого десятилетия XXI века, таким образом, включает наличие интерфейсов DDR1/DDR2, Serial ATA, Gigabit Ethernet и USB 2.0. Многие новые одноплатные компьютеры могут похвастаться также поддержкой одновременного независимого вывода на два дисплея, наличием встроенных графических контроллеров и контроллеров многоканальной звука.

### Тенденции в действии

Посмотрим, как вышеописанные тенденции проявляются в оборонно-аэрокосмических линейках таких лидеров мирового рынка ВКТ, как GE Fanuc Embedded Systems и Kontron AG.

Говоря об одноплатных компьютерах холдинга GE Fanuc Embedded Systems, адресованных сектору спецприменений, следует особо остановиться на наследии компании Radstone Technology PLC<sup>9</sup>. Среди "классических" COTS-продуктов, созданных специалистами бывшей Radstone Technology PLC, обращает на себя внимание изделие GE Fanuc EP2A, реализованное в конструктиве 6U VME (рис. 1). Данная плата построена на базе системного контроллера Marvell Discovegy V и оснащается процессором Freescale PowerPC 7448 на 1 ГГц. Объемы оперативной (DDR2 ECC) и флеш-памяти составляют соответственно 1 Гбайт и 128 Мбайт, причем флеш-память может конфигурироваться в два банка по 64 Мбайт каждый с активизацией защиты информации при обнаружении ионизирующей радиации (функция NED). Интерфейсная подсистема включает два канала Gigabit Ethernet, по два порта USB 2.0 и COM, восемь линий GPIO. Базовая функциональность продукта может быть расширена интерфейсами SCSI или MIL-STD-1553, графическим контроллером, дополнительной флеш-памятью и др., для чего на плате GE Fanuc EP2A имеются разъемы для установки трех мезонинов — двух PMC и одного APiX. Работой синхронных/асинхронных портов RS-232/422/485 со скоростью передачи данных до 10 Мбит/с управляет коммуникационный процессор Motorola PowerQUICC II 8270, а мост Tundra TSI 148 обеспечивает поддержку быстрого протокола 2eSST. Плата GE Fanuc EP2A предназначена для температурного диапазона -40...85°C, существ-

ует в версиях с воздушным и кондуктивным охлаждением и работает от источника питания 5 В.

Процессорная плата GE Fanuc PPC9A также создана специалистами бывшей компании Radstone Technology PLC. Данный COTS-продукт выполнен в форм-факторе 6U VME на базе 1,33 ГГц двоядерного процессора Freescale PowerPC 8641D, имеет 4 Гбайт памяти DDR2 ECC и 1 Гбайт флеш-памяти. Плата оснащена разъемами для установки двух мезонинов XMC или PMC, подключающихся к независимым шинам PCI Express / PCI-X, и одного мезонина AFiX, позволяющего добавить к существующей конфигурации порт SCSI, видеоконтроллер, интерфейс MIL-STD-1553, флеш-накопитель и др. В наличии два интерфейса Gigabit Ethernet, два порта USB 2.0, два канала Serial ATA, 16 линий GPIO, два синхронно-асинхронных последовательных порта и четыре асинхронных последовательных порта. За поддержку высокопроизводительного протокола 2eSST отвечает чип Tundra TSI 148. Изделие GE Fanuc PPC9A использует один источник питания 5В, поддерживает воздушное и кондуктивное охлаждение и рассчитано на эксплуатацию при температурах -40...85°C.

В той части VME-портфеля международного холдинга GE Fanuc Embedded Systems, которая поддерживается и развивается специалистами бывшей компании Radstone Technology PLC, выделяется перспективная линейка VPX. Ярким представителем последней является модуль GE Fanuc SBC610. Данное COTS-изделие имеет высоту 6U и оснащено двоядерным процессором Freescale PowerPC MPC8641D с тактовой частотой 1,5 ГГц. Плата GE Fanuc SBC610 имеет бортовое ОЗУ типа DDR2 объемом до 2 Гбайт, 1 Гбайт флеш-памяти, четыре порта быстрых внутрисистемных интерфейсов, которые конфигурируются по отдель-

ности как PCI Express либо как Serial RapidIO, и шину VME, обеспечивающую совместимость с унаследованным оборудованием. Базовый набор коммуникационных возможностей предусматривает наличие шести последовательных интерфейсов, множественных линий GPIO, двух портов Gigabit Ethernet, двух портов USB и двух интерфейсов Serial ATA. Плата GE Fanuc SBC610 может нести на себе модуль расширения AFiX, два мезонина XMC/PMC (шины PCI Express/PCI) и поддерживает все программные функции AXIS, что делает ее хорошим кандидатом для применения в многопроцессорных системах.

Очень важное место в продуктовой предложении холдинга GE Fanuc Embedded Systems занимают со-



Рис. 1. "Устойчивая к радиации" COTS-плата GE Fanuc EP2A

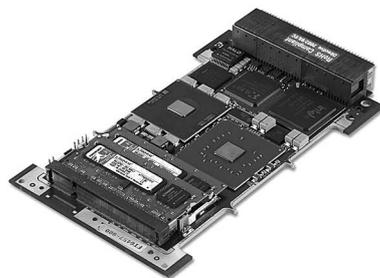


Рис. 2. Малогабаритный COTS-модуль GE Fanuc SBC340

<sup>9</sup> Компания Radstone Technology PLC вошла в состав GE Fanuc Embedded Systems в ноябре 2006 г.

временные высокопроизводительные малогабаритные изделия, реализуемые в форм-факторе 3U VPX. Такие модули оснащаются как x86-совместимыми процессорами, так и устройствами с системой команд PowerPC. Типичным COTS-изделием данного типа является продукт GE Fanuc SBC340 (рис. 2), построенный на базе микросхемного набора Intel 945G + ICH7M-DH. В качестве ЦП используются чипы Intel Pentium M или Intel Core Duo с тактовой частотой до 2 ГГц, объем ОЗУ типа DDR2 достигает 4 Гбайт, объем флеш-памяти – 1 Гбайт. Пользователь модуля GE Fanuc SBC340 может выбирать между интегрированным графическим контроллером Intel GMA950 и внешним видеоадаптером, взаимодействие с которым осуществляется по шине PCI Express x16. Интегрированная подсистема ввода/вывода включает два последовательных порта, разъем PS/2, канал Gigabit Ethernet, линии GPIO, интерфейс расширения PCI Express x 4, порты USB 2.0 x 4 и два канала Serial ATA. Продукт GE Fanuc SBC340 существует в версиях с воздушным и кондуктивным охлаждением.

В портфеле GE Fanuc Embedded Systems представлена и новая технология VXS. Достаточно упомянуть продукт GE Fanuc V7812, поддерживающий высокопроизводительный протокол 2eSST и соответствующий требованиям спецификации VITA 41.3 (каналы Gigabit Ethernet на VME-совместимой объединительной панели) (рис. 3). Плата GE Fanuc V7812 построена на базе новейшего чипсета Intel® 5100 MCH, несет на себе двух- или четырехъядерный процессор Intel Xeon с тактовой частотой 2,13 ГГц и память DDR2 максимальным объемом 4 Гбайт. В наличии четыре порта Gigabit Ethernet, четыре канала SAS/Serial ATA, шесть портов USB 2.0, а также выходы SVGA и DVI-I, обеспечивающие независимый вывод на два дисплея. Для добавления дополнительных интерфейсов и устройств на плату можно установить до двух модулей PMC, поддерживающих шину PCI-X. Высочайшая производительность четырехъядерного ЦП Intel Xeon дополняется мощной графической подсистемой на базе современного графического процессора ATI Radeon E2400, который поддерживает функции DirectX 10 и OpenGL 2.0 и имеет собственную встроенную видеопамять GDDR3 объемом 128 Гбайт.

Перейдем теперь к одноплатным компьютерам международного холдинга Kontron, подходящим для применения в оборонных и аэрокосмических системах. Начнем с семейства высокопроизводительных малогабаритных модулей формата 3U CompactPCI, более конкретно – с популярной линейки Kontron CP3, флагманом которой является продукт Kontron CP307 (рис. 4). Различные версии Kontron CP307 оснащаются процессорами Intel Core Duo и Intel Core2 Duo. Минимальная тактовая частота устанавливаемых на этот модуль ЦП составляет 1,2 ГГц, максимальная – 2,16 ГГц. Модуль Kontron CP307 построен на чипсете Intel 945GM + ICH7-R с интегрированным графическим ядром, поддерживает до 4 Гбайт памяти DDR2, может нести на себе накопитель CompactFlash и поддерживает независимый ввод/вывод на два дисплея. Пользователю доступны два порта Gigabit Ethernet, шесть портов USB, два последовательных интерфейса, четыре интерфейса Serial ATA и разъем PS/2. Продукт Kontron CP307 поддерживает только воздушное охлаждение и рассчитан на эксплуатацию при температурах 0...60°C или -40...85°C.

Среди одноплатных компьютеров стандарта CompactPCI, предлагаемых холдингом Kontron, есть и такой интересный COTS-продукт, как Kontron CP6001, реализованный в форм-факторе 6U CompactPCI и удовлетворяющий спецификации PICMG 2.16. (рис. 5). Kontron CP6001 оснащается двуядерным процессором марки Intel (линейки Core Duo и

Core2 Duo, тактовая частота 1,2...1,5 ГГц), имеет до 4 Гбайт памяти DDR2 и до 4 Гбайт запаянной флеш-памяти. На плате Kontron CP6001 предусмотрены разъемы для установки одного PMC-мезонина с полным тыльным вводом/выводом. Коммуникационная функциональность включает три канала Gigabit Ethernet, четыре интерфейса Serial ATA, шесть портов USB, два COM-порта, разъем PS/2 и звуковой контроллер HD Audio. Плата Kontron CP6001 поддерживает раздельную двухканальную визуализацию. Различные версии данного изделия используют воздушное либо кондуктивное охлаждение и рассчитаны на температурные диапазоны 0... 60°C или -40 ... 85°C.

Заслуживает упоминания и такой новый CompactPCI-продукт холдинга Kontron AG, как Kontron CP6016. Даная плата имеет высоту 6U и соот-

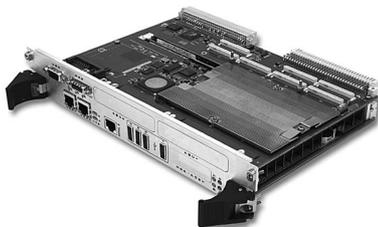


Рис. 3. Новая плата GE Fanuc V7812



Рис. 4. Малогабаритный одноплатный компьютер Kontron CP307

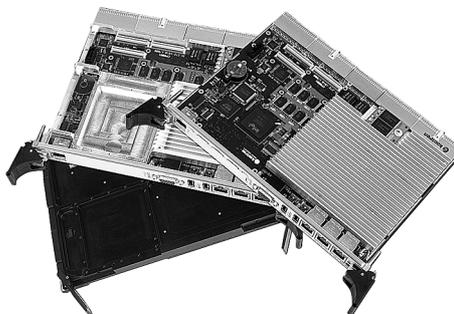


Рис. 5. COTS-плата Kontron CP6001

ветствует требованиям спецификации PICMG 2.16. Новейший процессор Intel Penryn, работающий на частоте 2,53 ГГц, поддерживающий системную шину на 1066 ГГц и имеющий кеш L2 объемом 6 Мбайт, обслуживается мощным современным чипсетом Intel 5100 MCH + Intel ICH9R. Объем ОЗУ типа DDR2 достигает 16 Гбайт, объем бортовой флеш-памяти 8 Гбайт. Подсистема ввода/вывода образована пятью интерфейсами Gigabit Ethernet, четырьмя портами Serial ATA, двумя последовательными портами, шестью портами USB 2.0, разъемами для подключения клавиатуры и мыши и выходом VGA. Плата Kontron CP6016 несет на себе графический чип ATI ES1000 и поддерживает независимую двухдисплейную визуализацию. Продукт требует активного воздушного охлаждения и может эксплуатироваться при температурах 0...60°C.

Отметим еще одно интересное COTS-изделие, созданное силами бывшей компании Thales Computers<sup>10</sup> и предлагающееся сегодня под маркой Kontron. Одноплатный компьютер Kontron PENTXM4 может быть оснащен контроллером BMC, удовлетворяющим стандарту VITA 38/PICMG 2.9, встроенными средствами тестирования, востребованными в оборонно-аэрокосмических приложениях, и является одной из немногих VME-плат, поддерживающих спецификацию интеллектуального управления IPMI 1.5. Изделие выполнено в конструктиве 6U VME на базе двух двухядерных процессоров Intel Xeon, работающих на частоте 1,67 ГГц и имеющих пониженное энергопотребление. Плата Kontron PENTXM4 оснащается памятью DDR2 ECC максимальным объемом 4 Гбайт, имеет до 4 Гбайт флеш-памяти и поддерживает установку двух мезонинов (один PMC, второй PMC или XMC). Доступны четыре канала PCI Express, два COM-порта, по два канала Gigabit Ethernet и Serial ATA, три порта USB 2.0. Плата Kontron PENTXM4 является жестким высокопроизводительным решением серверного класса, работает в температурном диапазоне -40...85°C и существует в версиях с воздушным и кондуктивным охлаждением.

#### Заключение

Последние 15...20 лет рынок встраиваемых компьютерных технологий демонстрирует устойчивый рост, причем аналитики прогнозируют сохранение этого роста в будущем на уровне 7,5%/г. Вклад различных вертикальных сегментов в общемировые объемы продаж ВКТ-продукции с течением времени меняется слабо: первое место принадлежит телекоммуникациям (31...32%), в затылок которым дышит промышленная автоматизация (28 %), затем идут оборонные и аэрокосмические применения (19...17%), медицинский сектор (12...13 %) и прочие прикладные области (10%). Даль-

нейший рост будет наблюдаться во всех без исключения вертикальных сегментах, и потому индустрия ВКТ в целом и сектор спецприменений в частности еще очень долго будут оставаться прибыльными.

Вместе с тем не следует недооценивать рыночный потенциал новых технологий и значимость тех тенденций, которые обсуждались в настоящей статье. Излишне консервативные разработчики и поставщики, медлящие с интеграцией в свои продуктовые линейки современных многоядерных процессоров и переходом на новые принципы организации внутрисистемного взаимодействия, рискуют остаться за бортом мирового исторического процесса, поскольку в среднесрочной перспективе рост рынка ВКТ будет идти именно по этим и никаким другим направлениям. Сказанное относится в том числе и к таким консервативным секторам, как оборонный и аэрокосмический: продажи оборудования VME2eSST, VXS, VPX и VPX REDI в ближайшие несколько лет будут стремительно расти, продажи изделий VME, VME64 и VME64x – медленно, но верно уменьшаться. Согласно прогнозу аналитического агентства Venture Development Corporation, продажи многоядерных процессоров для встраиваемых продуктов будут расти на 114 % в год. Рост сегмента VME, оборонно-аэрокосмического сектора и всего рынка ВКТ будет обусловлен, главным образом, новыми технологиями и стандартами, что уже понято крупнейшими игроками этого рынка и находит отражение в их продуктовых портфелях.

Что касается перехода на быстрые последовательные соединения, то он имеет место даже в индустрии CompactPCI, которая не предлагает для этого перехода большого числа вариантов: по мнению экспертов Electronic Trend Publications, Inc., в период с 2006 по 2011 гг. мировые продажи оборудования PICMG 2.16 будут расти со среднегодовыми темпами 6,2 %/г, в то время как продажи изделий и систем PICMG 2.0 будут сокращаться ежегодно на 3,4 %.

Критериями "современности" того или иного COTS-продукта в глазах заказчика из оборонно-аэрокосмического сектора постепенно становятся число ядер процессора, на базе которого он построен, способность взаимодействовать с другими платами по протоколам Ethernet, PCI Express и RapidIO, а также число интерфейсов USB 2.0, Gigabit Ethernet и Serial ATA в базовой комплектации. Многоядерные устройства с архитектурами x86 и PowerPC и открытые системные стандарты, опирающиеся на принцип коммутации быстрых последовательных соединений – вот что будет определять развитие индустрии встраиваемых компьютерных технологий и ее оборонно-аэрокосмического раздела на протяжении ближайших лет, а быть может и десятилетий.

*Сысоев Анатолий Дмитриевич – директор направления ЗАО "РТСофт",  
Акиншин Леонид Геннадьевич – канд. физ.-мат. наук, обозреватель журнала "МКА: мир ВКТ".*

*Контактные телефоны: (495) 967-15-05, 742-68-28. [Http://www.rtssoft.ru](http://www.rtssoft.ru) E-mail: [pr@rtssoft.ru](mailto:pr@rtssoft.ru)*

<sup>10</sup> Компания Thales Computers стала частью холдинга Kontron в марте 2008 г.