



Александр Буравлёв

Компьютерные модули: стандарты, спецификации и основные принципы использования

Часть 1

Статья знакомит разработчиков встраиваемых компьютерных систем с основами применения компьютерных модулей (КМ). Обзор наиболее популярных стандартов и спецификаций КМ дополнен конкретными предложениями различных компаний. Обсуждаются основополагающие принципы использования КМ как с технической, так и с организационной стороны. Обзор проиллюстрирован конкретными примерами реализации систем.

Практически все промышленные компьютерные системы используют модульный принцип своего построения как основополагающий. Модульность архитектуры позволяет создавать готовые приложения быстро, используя технические сложные компоненты, производимые сторонними поставщиками, являющимися экспертами в своих областях, тем самым предоставляя разработчику системы возможность сконцентрироваться на ключевых собственных задачах и на реализации требований своего заказчика.

Для встраиваемых компьютеров существует множество замечательных стандартов и форм-факторов, позволяющих быстро и эффективно создавать решения для тех или иных приложений практически во всех отраслях промышленности, телекоммуникаций, систем безопасности, транспорта, медицины и др. Так, ряд стандартов консорциума PC/104 позволяет создавать модульные компьютерные системы, отличающиеся высокой стойкостью к воздействиям агрессивной окружающей среды. Стандарты 6U CompactPCI и VME широко исполь-

зуются для построения производительных и высоконадёжных систем с применением технологии резервирования. Производители модульных промышленных компьютеров часто используют решения на базе стандартов CompactPCI 3U, PICMG 1.0 и PICMG 1.3.

Компьютерные модули (называемые также «компьютер на модуле» — Computer-on-Module, COM — и «система на модуле» — System-on-Module, SOM) стали в последнее время очень популярны при решении многих задач, в которых требуется быстро и недорого реализовать контрольный уровень приложения, используя встроенный компьютер с необходимыми компонентами периферии.

Компьютерный модуль (КМ) представляет собой плату, на которой установлены

- центральный процессор;
- чипсет;
- BIOS;
- память;
- некоторый набор дополнительных контроллеров (зависит от типа КМ);
- разъёмы, через которые КМ подключается к другой плате, называемой

платой-носителем, или иногда платой приложения.

В свою очередь, на плате-носителе реализуются:

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

Для многих задач использование КМ даёт существенные преимущества.

Однако применение КМ также требует определённых инженерных ресурсов. В данном обзоре мы обсудим оба этих аспекта и дадим рекомендации, как построить успешную бизнес-модель.

Практически все преимущества использования КМ лежат в экономической плоскости. Самое главное преимущество — это снижение стоимости и сроков разработки. Так, создание «с нуля» одноплатного встраиваемого компьютера со всем необходимым набором функциональности потребует, как минимум, года работы команды опытных разработчиков, инвестиций в размере не менее 100 тыс. долларов и огромного набора аппаратных и программных инструментальных средств для отладки системы. В то же время, при использовании готового КМ разработка несложной платы-носителя может быть проведена в течение 2–3 месяцев с меньшим, как минимум в 10 раз, бюджетом. Другими словами, использование КМ позволяет реализовать проекты по созданию таких встраиваемых компьютерных систем, за которые ранее разработчики просто не брались. Практически каждый производитель встраиваемых компьютеров занимается заказными разработками, а готовый КМ — это около 70–80% уже сделанной работы по выпуску заказной платы встраиваемого компьютера.

Кроме того, разводка ядра встраиваемого компьютера требует дорогой 9–12-слойной печатной платы. Если используется модульный принцип построения с КМ, то мы можем воспользоваться относительно недорогой в производстве и легкодоступной 4–6-слойной платой-носителем.

К другим экономическим преимуществам использования КМ относятся возможность построения линейки продукции на базе КМ различной производительности, выбора производителя КМ с наилучшим соотношением цена/качество и другие возможности, актуальные для мелкосерийных производств и узкоспециализированных рынков.

Исторически идея разработки нового компьютерного форм-фактора в виде мезонина на плате-носителе появилась на основе использования для этих целей модулей PC/104. Имея компактный размер и малое тепловыделение, будучи доступными и широко представленными на рынке в предложениях от многих производителей, компьютеры на основе стандарта PC/104 часто используются как мезонины, подсое-

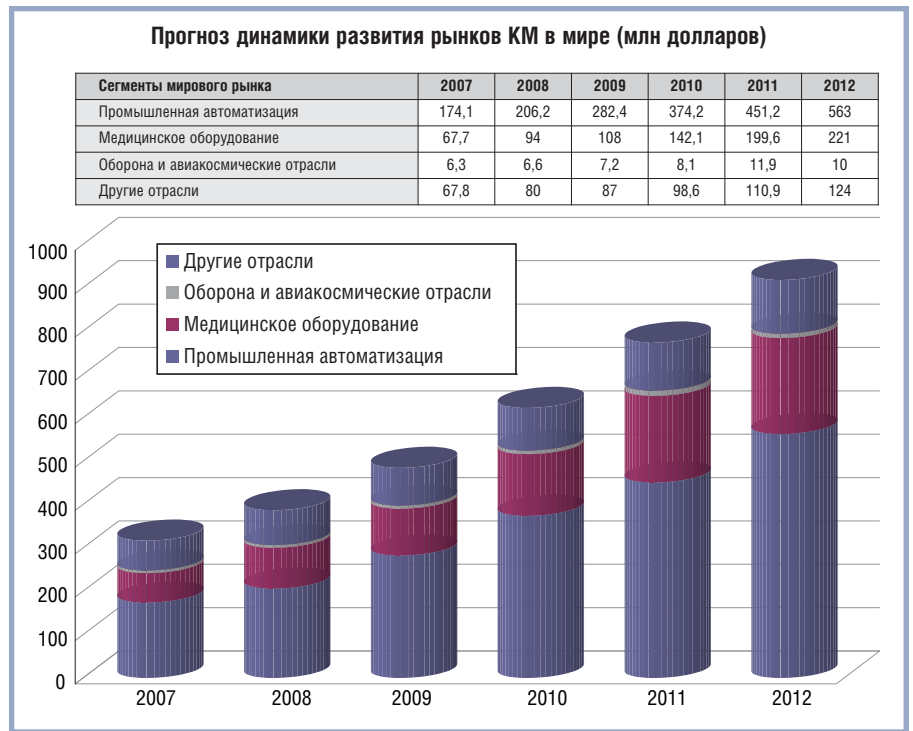


Рис. 1. Прогноз продаж КМ в различных сегментах мирового рынка на период до 2012 года (по данным Electronic Trend Publications, The Merchant Embedded Computing Market, 2008 Edition)

диняемые к клиентской плате-носителю через разъёмы PCI и ISA. Эта модель построения системы до сих пор имеет ряд сторонников среди тех разработчиков, которым достаточно шин PCI и ISA для связи компьютера с периферийными устройствами, не требуется высокая производительность центрального процессора, а нужно реализовать специфические требования по габаритам, диапазонам температур эксплуатации и др.

В настоящий момент рынок КМ развивается бурно не только вширь, но и вглубь — по типам и номенклатуре продукции, предлагаемой различными производителями КМ. По данным международных аналитических агентств мировой рынок КМ будет расти в течение следующих пяти лет со скоростью более 20% в год (рис. 1).

Что же на самом деле представляют собой КМ с технической стороны, и как правильно подойти к их выбору?

Стандарты и спецификации

В настоящее время на рынке представлено множество различных типов КМ.

В данной статье мы будем условно разделять КМ на те, которые производятся согласно нормативным документам международных консорциумов (далее будем называть их стандартами), и те КМ, которые производятся согласно техническим спецификациям от-

раслевых объединений или групп компаний (далее — спецификации). Как правило, первые — это результат совместной работы технических экспертов многих компаний, прошедший через формальные процедуры и учитывающий базовые принципы разработки стандарта, принятые в том или ином консорциуме. Например, в консорциуме PICMG, который объединяет более 450 компаний, есть чёткое правило не разрабатывать стандарты на основе технологий, подлежащих лицензированию. Таким образом, стандарты PICMG всегда базируются на полностью открытых технологиях, доступных, как правило, из нескольких источников. Вторые — это обычно результат совместной работы специалистов нескольких компаний, объединяющихся для решения той или иной конкретной задачи. Например, отраслевое объединение XTX было сформировано 9 компаниями (AAEON Technology, Advantech, Ampro Computers, ARBOR Technology, Congatec, Embedded-Logic, Evaluate Technology, FASTWEL и IBSmm) для продвижения спецификации XTX™ и решений на её основе, при этом практически вся работа по разработке технической спецификации была проведена специалистами одной компании — Congatec.

В данном обзоре мы остановимся только на тех КМ, которые используются как модули центральных процессов

Основные параметры КМ, определяемые стандартами международных организаций PICMG и VITA

Организация	Название стандарта или спецификации (год принятия)	Габаритные размеры	Система теплоотвода	Питание КМ	Максимальная потребляемая мощность	Разъёмы соединения с платой-носителем	Интерфейсы (максимальная конфигурация)	Диапазон рабочих температур
Консорциум PICMG www.picmg.org	COM Express™ Compact, COM.0 R 2.0 (не ратифицирован)	95×95 мм	Пластина-теплораспределитель с возможностью установки опционального радиатора заказчиком	12 В — основное питание, 5 В — дежурное, 3,3 В — для часов реального времени	120 Вт (в стадии определения, спецификация планируется к публикации в феврале 2009 года)	1 разъём с 220 контактами типа AMP/Тусо 3-1318490-6 (сертифицирован до 6,25 ГГц)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Gigabit Ethernet • 4 SATA • 8 USB 2.0 • 6 x1 PCI Express • двойной LVDS (24 разряда) • TV-выход • LPC • VGA • AC'97 	Диапазон не определяется стандартом/спецификацией. Указывается производителем КМ
	COM Express™ Basic, COM.0 R 1.0 (2004)	125×95 мм	Пластина-теплораспределитель с возможностью установки опционального радиатора заказчиком	12 В — основное питание, 5 В — дежурное, 3,3 В — для часов реального времени	120 Вт для распиновки типа 1, 188 Вт для всех остальных типов распиновки	2 разъёма по 220 контактов типа AMP/Тусо 3-1318490-6 (сертифицирован до 6,25 ГГц)	(5 типов распиновки — см. раздел «Стандарты PICMG»)	Диапазон не определяется стандартом/спецификацией. Указывается производителем КМ
	COM Express™ Extended, COM.0 R 1.0 (2004)	155×110 мм	Пластина-теплораспределитель с возможностью установки опционального радиатора заказчиком	12 В — основное питание, 5 В — дежурное, 3,3 В — для часов реального времени	120 Вт для распиновки типа 1, 188 Вт для всех остальных типов распиновки	2 разъёма по 220 контактов типа AMP/Тусо 3-1318490-6 (сертифицирован до 6,25 ГГц)	(5 типов распиновки — см. раздел «Стандарты PICMG»)	Диапазон не определяется стандартом/спецификацией. Указывается производителем КМ
Ассоциация VITA www.vita.com	ANSI-VITA 59 (не ратифицирован)	85×115 мм (металлический корпус 95×125×13,7 мм)	Кондуктивный отвод тепла на закрытый с 6 сторон корпус с возможностью установки опционального радиатора заказчиком	12 В — основное питание, 3,3 В — для часов реального времени	35 Вт	4 разъёма по 40 контактов типа Samtec Q-Strip (сертифицирован до 8 ГГц)	<ul style="list-style-type: none"> • 4 x1 PCI Express • 1 x16 PCI Express • 3 Gigabit Ethernet • 8 USB • 3 SATA • SDVO • LVDS • HD Audio • некоторые служебные интерфейсы 	-40...+85°C с расширением до -55...+125°C

в системах с широким набором интерфейсов ввода-вывода, и исключим из нашего рассмотрения модули с микроконтроллерами, такие как DIMM-PC, ввиду их существенно меньшей функциональности и меньшей популярности на рынке.

Базовые параметры КМ, определяемые наиболее распространёнными стандартами и спецификациями по

состоянию на конец 2008 года, приведены в таблицах данной статьи. В первой из них (табл. 1) представлены основные параметры модулей стандартов консорциума PICMG и ассоциации VITA.

Стандарты PICMG

Стандарты PICMG (PCI Industrial Manufacturing Group, www.picmg.org)

описывают три типоразмера КМ, называемые Compact, Basic и Extended. Ратификация типоразмера Compact ожидается в начале 2009 года. Присоединение КМ COM Express™ к платам-носителям осуществляется через один или два высокоплотных низкопрофильных разъёма (рис. 2) с 5 различными типами распиновки, причём для каждого типа распиновки стандарт

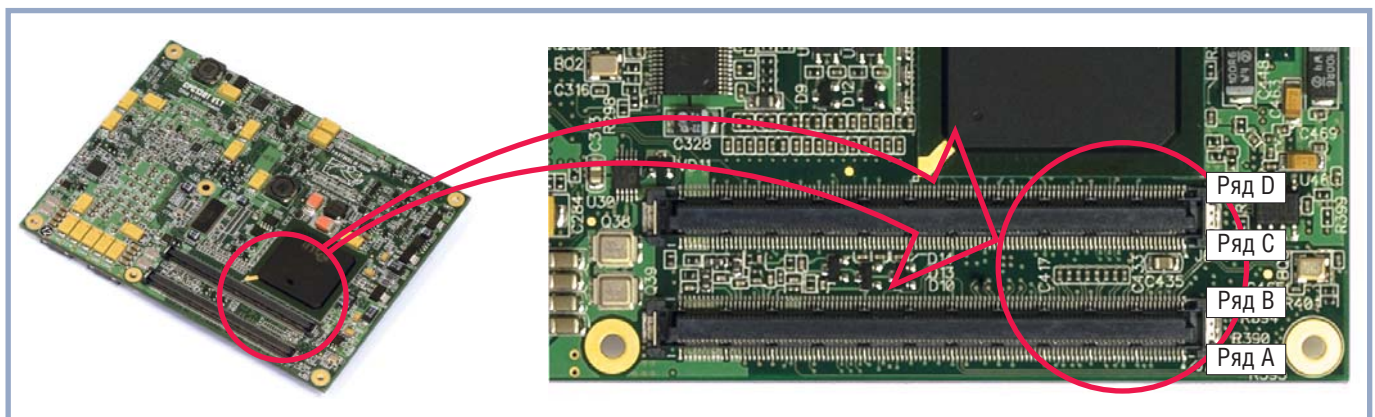


Рис. 2. КМ стандарта COM Express и вид на его разъёмы

Ряд В													
Gigabit Ethernet	SATA	SATA	AC'97	USB	USB	USB	USB	PCI Express	PCI Express	PCI Express	LVDS	Питание	
Ряд А													
LPC	SATA	SATA	AC'97	USB	USB	USB	USB	PCI Express	PCI Express	PCI Express	5 В (дежурн.)	VGA	Питание

Рис. 3. Основные интерфейсы КМ стандарта COM Express™ с распиновкой типа 1

COM Express™ описывает набор обязательных интерфейсов (минимальный набор), и набор дополнительных интерфейсов (максимальный набор).

Тип 1 имеет наименьшее среди всех типов распиновки модулей COM Express™ количество интерфейсов. Все они выводятся на один разъём с рядами контактов А и В. Данный тип распиновки применяется только в КМ малых типоразмеров — COM Express™ Compact. Важно отметить, что распиновка КМ COM Express™ типа 1 имеет только современные последовательные интерфейсы для подсоединения к плате-носителю (рис. 3). Реализация параллельных шин, таких как PCI, осуще-

ствляется с помощью мостов PCI Express/PCI непосредственно на плате-носителе.

КМ COM Express™ с распиновкой типа 2 (рис. 4) помимо всех интерфейсов распиновки типа 1 имеет один широкополосный канал x16 PCI Express для подсоединения графического сопроцессора, 32-разрядную шину PCI и интерфейс IDE для подключения устройств хранения информации. Давая общую оценку, можно сказать, что КМ, производимые по спецификации COM Express™ с распиновкой типа 2, представляют собой ядро встраиваемого компьютера общего применения.

КМ COM Express™ с распиновкой типа 3 отличается от модуля с распиновкой типа 2 тем, что интерфейс IDE заменён на два дополнительных канала Gigabit Ethernet. Для типа 4 и типа 5 характерно то, что вместо шины PCI выведены 10 дополнительных каналов PCI Express, в совокупности это даёт 32 канала PCI Express. При таких высоких пропускных способностях подсистем ввода-вывода компьютерные модули COM Express™ с распиновками типами 3, 4 и 5 можно условно назвать ядрами встраиваемых серверов.

Для всех типоразмеров КМ стандарт COM Express™ предписывает унифицированное расположение разъемов

Ряд D													
IDE	PCI		PCI Express		PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	Питание	
Ряд C													
IDE	PCI		PCI Express		PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	PCI Express	Питание	
Ряд В													
LPC	SATA	SATA	AC'97	USB	USB	USB	USB	PCI Express	PCI Express	PCI Express	5 В (дежурн.)	VGA	Питание
Ряд А													
Gigabit Ethernet	SATA	SATA	AC'97	USB	USB	USB	USB	PCI Express	PCI Express	PCI Express	LVDS	Питание	

Рис. 4. Основные интерфейсы КМ стандарта COM Express™ с распиновкой типа 2

подключения к плате-носителю, что позволяет заказчикам устанавливать модули различного размера (при условии

Основные характеристики модулей COM Express™ некоторых производителей

Модель	CPC1301	Toucan	SOM-5786	SOM-5782	ET810
Компания-производитель	FASTWEL	Toucan	Advantech	Advantech	iBASE
Процессор	Intel Core Solo/Core Duo/Core 2 Duo до 2,16 ГГц	Intel® Celeron® M 423; Intel® Core™ Duo L2400; Intel® Core™ Duo T2500	Intel® Core™ 2 Duo до 2,2 ГГц	Intel® Core™ 2 Duo/ Celeron M до 2,16 ГГц	Intel® Pentium® M Intel® Celeron® M до 2,0 ГГц
Чипсет	Intel® 945GM GMCH + ICH7M	Intel® 945GM + ICH7M	Intel® GME965 + ICH8M	Intel® 945GM + ICH7M	Intel® 915GME + ICH6M
ОЗУ	DDR2 SDRAM SODIMM до 4 Гбайт, двухканальная организация	DDR2 SDRAM SODIMM до 4 Гбайт	DDR2 SDRAM SODIMM до 4 Гбайт	DDR2 SDRAM SODIMM до 2 Гбайт	DDR2 SDRAM SODIMM до 1 Гбайт
Видеосистема	ЭЛТ/Dual LVDS-видеоинтерфейсы с разрешением до 2048×1536 пикселей	ВидеоОЗУ до 224 Мбайт; поддержка ЭЛТ и LVDS; разрешение до 2048×1536 пикселей	ЭЛТ до 2048×1536 пикселей/LVDS 48 бит до 1280×1024 пикселей	ЭЛТ до 2048×1536 пикселей/Dual LVDS до 1600×1200 пикселей	ЭЛТ до 2048×1536 пикселей/Dual LVDS 18 бит
Порты ввода-вывода	4×SATA, 1×IDE Ultra ATA, 8×USB 2.0, PS/2	2×SATA 300, 1×IDE Ultra ATA, 8×USB 2.0	3×SATA 300, 1×IDE, 8×USB 2.0	2×SATA 300, 1×IDE, 8×USB 2.0	2×SATA, 1×IDE, 8×USB 2.0, 2×RS-232
Интерфейсы расширения	1×PCIe x16 (для графики/SVDO); 5×PCIe x1 либо 1×PCIe x4 и 1×PCIe x1; PCI, LPC	1×PCIe x16 (для графики/SVDO); 4×PCIe x1; PCI, LPC	1×PCIe, PCI, LPC	1×PCIe, PCI, LPC	USB, IDE, 1×PCIe x16, 6×PCIe x1, 4×PCI, SATA, LVDS, VGA, TV-out, LAN, USB, COM, GPIO
Ethernet	1×Gigabit Ethernet (PCIe)	1×Gigabit Ethernet (PCIe)	1×Gigabit Ethernet (PCIe)	1×Fast Ethernet или 1×Gigabit Ethernet (PCIe)	1×Fast Ethernet
Диапазон рабочих температур	-40...+85°C или 0...+70°C	-20...+60°C или -40...+85°C	0...+60°C	0...+60°C	0...+60°C

Таблица 2

неизменности распиновки и совместимости) на единожды разработанную плату-носитель. Разработчику системы на базе КМ это даёт дополнительные возможности, связанные с гибкостью решения, так как позволяет в одних случаях предлагать линейку продукции, а в других — увеличивать производительность системы путём установки более мощного КМ или понижать теплорассеивание системы путём установки менее энергопотребляющего модуля.

Модули COM Express™ Basic, имеющие распиновку типа 2, являются сегодня наиболее популярным вариантом реализации стандарта PICMG COM Express™ и предлагаются практически каждым производителем КМ. Хорошо проработанная техническая спецификация стандарта PICMG COM Express™ с широким набором современных последовательных интерфейсов даёт возможность решения очень широкого круга задач.

При всех своих преимуществах стандарт COM Express™ имеет практически только один недостаток: он даёт возможность производить большое количество различных вариантов КМ на базе трёх типоразмеров, пяти типов распиновок и огромного количества вариаций при реализации тех или иных обязательных интерфейсов. На практике это приводит к трудностям при первоначальном выборе, так как КМ на базе одного и того же чипсета и одного типа распиновки могут иметь различную реализацию. Множественность вариантов реализации, заложенная в стандарте COM Express™, также может приводить к трудностям при попытке заменить КМ одного производителя на КМ другого без переделки платы-носителя. Однако если разработка платы-носителя осуществляется при участии или с хорошей поддержкой производителя КМ, то вопросы совместимости решаются производителем КМ и заказчик не испытывает каких-либо проблем.

В табл. 2 представлены некоторые наиболее интересные, по мнению автора, КМ стандарта COM Express™ с распиновкой типа 2, поставляемые компанией ПРОСОФТ. Как видно из таблицы, выбор модулей достаточно широк и по техническим характеристикам, и по географии производителей (Тайвань, Россия, Германия). В данном наборе можно найти КМ как с низкобюджетными процессорами Intel Celeron™ M 600 МГц и шиной обмена данными 400 МГц (КМ iBASE ET810),



Рис. 5. Схема сборки КМ Men Micro ESMexpress™ и деталей корпуса с пластиной-теплораспределителем согласно стандарту ANSI-VITA 59

так и с высокопроизводительными двухъядерными процессорами Core™ 2 Duo 2,2 ГГц и шиной 800 МГц (Advantech SOM-5786). Для всех этих КМ подразделение заказных разработок компании FASTWEL оказывает услуги по разработке плат-носителей на основе технического задания заказчика.

Стандарты VITA

VITA (VME Industrial Trade Association, www.vita.com) в данный момент разрабатывает стандарт, называемый ANSI-VITA 59. По размеру и типам выводимых интерфейсов КМ, производимые по данному стандарту, с первого взгляда похожи на COM Express™ тип 1. Однако есть два существенных отличия.

1. **По конструкции.** Стандарт ANSI-VITA 59 требует, чтобы все компоненты, включая процессор и память, были напаяны на плату КМ. Сам компьютерный модуль должен быть помещён в защитный металлический корпус, закрывающий его с 6 сторон и крепящийся к плате-носителю (рис. 5). Данные конструктивные особенности введены для того, чтобы КМ, произведённые по стандарту ANSI-VITA 59, имели защиту от электромагнитного излучения, виброустойчивость/ударостойкость, характеризующиеся значениями, как минимум, 1g/15g, а также широкий диапазон рабочих температур вплоть до $-55...+125^{\circ}\text{C}$.

2. **По электрическим интерфейсам.** Стандарт ANSI-VITA 59 предполагает применение только последовательных интерфейсов и только тех из них, спецификации которых полностью открыты и поддерживаются разными производителями чипсетов и интерфейсных микросхем. Поэтому в стандарте ANSI-VITA 59 нет не только шины PCI и интерфейса IDE, но и

шины LPC, столь распространённой в процессорах архитектуры x86. Соответственно КМ, производимые по стандарту ANSI-VITA 59, могут быть изготовлены на основе центральных процессоров как x86, так и PowerPC или SPARC-архитектуры.

Необходимо упомянуть, что стандарт ANSI-VITA 59 — единственный в ряду всех стандартов и спецификаций КМ, имеющий конкретные требования как по виброустойчивости и ударостойкости КМ, так и по диапазону рабочих температур. Все остальные стандарты и спецификации КМ не определяют эти параметры.

Так как стандарт ANSI-VITA 59 молод и не принят в окончательной редакции, реальных предложений КМ на рынке пока мало. В данный момент только компания MEN Mikro Elektronik GmbH предлагает два КМ — один, базирующийся на процессорах Freescale PowerQUICC®, другой — на процессорах Intel Atom™.

Во второй части данного обзора мы рассмотрим спецификации ETX™, XTX™, nanoETXexpress™, Qseven™, CoreExpress™ и некоторые другие, а также детально остановимся на особенностях разработки плат-носителей и программного обеспечения для КМ как с технической точки зрения, так и со стороны планирования всей совокупности работ по построению встраиваемой системы на базе КМ. В заключение второй части статьи мы также рассмотрим некоторые примеры реализации систем на основе КМ. ●

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