

# От Sandy Bridge к Ivy Bridge: эволюция встраиваемых платформ на основе процессоров Intel

Анатолий СЫСОЕВ

## Введение

После официальной премьеры процессоров Intel Core третьего поколения (кодовое наименование — Ivy Bridge), состоявшейся несколько месяцев назад, у разработчиков встраиваемых решений вновь мог возникнуть вопрос о целесообразности перехода на новую платформу (рис. 1). Казалось бы, вопрос вполне стандартный — из числа тех, что звучат практически всякий раз, когда происходит масштабное обновление продуктовых линеек, и едва ли могут удивить корпорацию уровня Intel. Однако в данном случае у разработчиков были веские причины всерьез интересоваться, какими преимуществами обладает новая платформа по сравнению с использовавшейся ранее, насколько они велики и позволяют ли создавать системы с качественно новым уровнем возможностей.

Главная из этих причин заключалась в том, что с момента выпуска процессоров Intel Core предыдущего, второго поколения (Sandy Bridge) прошло немногим более года, и за это

время они никак не могли безнадежно устареть. Более того, процессоры семейства Sandy Bridge зарекомендовали себя исключительно успешно именно на рынке встраиваемых решений. Особенно впечатляющим оказался их стремительный блицкриг в сегменте высокопроизводительных систем оборонного и аэрокосмического назначения, где прежде лидерство принадлежало решениям иных производителей.

Базовые сроки доступности встраиваемых процессоров Intel составляют пять и более лет, что позволяет выпускать на их основе продукты с жизненным циклом не менее 5–7 лет. В наши дни это является хорошим тоном в индустрии встраиваемых систем и отвечает требованиям многих заказчиков. Последнее в особенности относится к «консервативным» рынкам — таким как оборонная отрасль, транспорт, промышленность, телекоммуникации, медицинские организации и т. д. Отметим также, что системы управления жизненным циклом изделий от ведущих компаний — производителей встраиваемого компьютерного оборудова-

ния обеспечивают поддержку жизненного цикла продуктов на базе встраиваемых процессоров Intel от 7 до 25 и более лет.

Не противоречит ли всему этому куда более частое обновление процессорных платформ Intel? Единого мнения по этому вопросу среди специалистов индустрии встраиваемых систем нет. Однако различные точки зрения не мешают им сходитьсь в другом, а именно — в необходимости внимательно проанализировать и оценить основные достоинства процессоров Intel Core третьего поколения и их уже заметное влияние на рынок встраиваемых решений. Это мы и обсудим.

## Закон Мура неумолим

Переоценить роль процессоров Intel на рынке встраиваемых решений в настоящее время едва ли возможно. Выпуск каждого очередного их поколения становится событием, как минимум очень значительным, а под натиском продуктов Sandy Bridge конкурентам пришлось потесниться даже в тех нишах, которые ранее считались принципиально закрытыми для x86-совместимых процессоров.

Приход третьего поколения Intel Core на смену второму, причем в короткие сроки (всего-то год с небольшим), был неизбежен, как осенние дожди, зимние морозы или весеннее таяние снегов в наших широтах. И за третьим поколением в свою очередь должно последовать четвертое (если, конечно, его в ближайшие месяцы не назовут как-то иначе). Контуры этой микроархитектуры, известной под кодовым наименованием Haswell, после недавнего сентябрьского форума IDF (Intel Developer Forum) в Сан-Франциско уже отчетливо различимы.

Природа методичного регулярного обновления процессорных платформ Intel хорошо известна. Закон Мура, носящий имя одного из основателей и нынешнего почетного председателя совета директоров корпорации Intel, знают уже далеко за пределами полупроводниковой индустрии. Впервые он был сформулирован Гордоном Муром еще в 60-х годах прошлого века (тогда не как закон, а как эмпирическое наблюдение) и с тех пор превратился в мощнейший инструмент маркетинга и планирования исследований и разработок. Существуют различные его

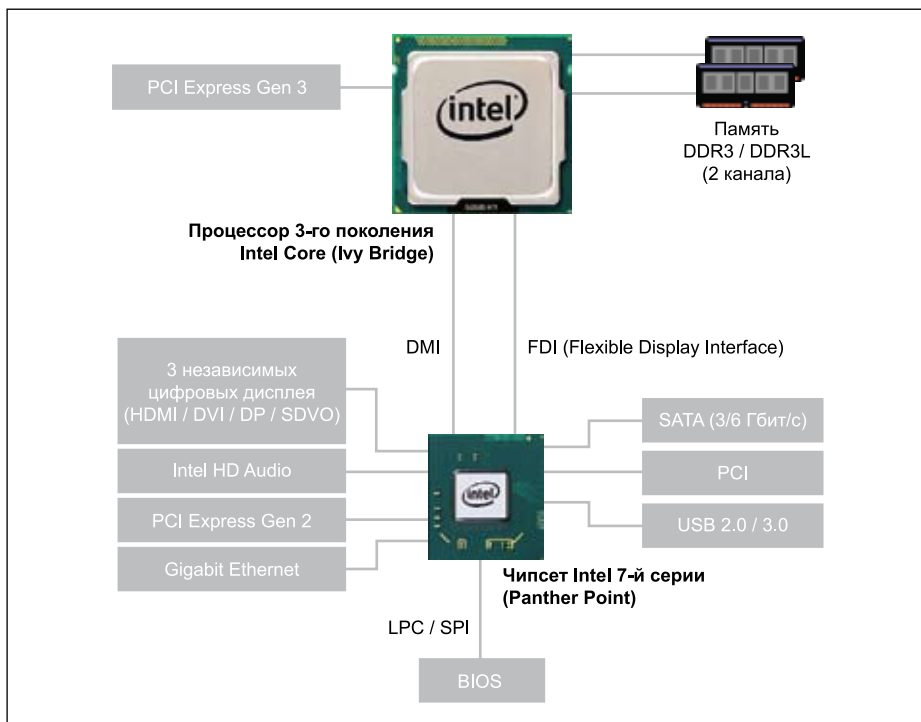


Рис. 1. Платформа встраиваемых компьютерных систем на базе процессоров третьего поколения Intel Core

трактовки, но большинство из них так или иначе подразумевает значительное улучшение характеристик процессоров (производительность, общее количество транзисторов, плотность их размещения на кристалле) в период от 18 до 24 месяцев.

Несмотря на многочисленные попытки скептиков (среди которых отметился и сам Мур) предсказать окончание его действия, регулярно мелькающие в средствах массовой информации, закон продолжает работать и по сей день. При этом дата его отмены столь же регулярно отодвигается на более поздний срок, обычно составляющий около десяти лет. Вот и в ходе уже упоминавшегося выше сентябрьского форума IDF от имени Intel вновь было заявлено, что серьезных угроз закону Мура в настоящее время нет и «не предвидится, по крайней мере, в ближайшее десятилетие».

В соответствии с принципом чередования производственных и архитектурных новаций, принятым на вооружение корпорацией в 2007 году, третье поколение Intel Core знаменует собой начало масштабного внедрения на предприятиях Intel процесса с нормой 22 нм и трехмерных транзисторов. Собственно, в этом и состоит главное, но не единственное отличие Ivy Bridge от процессоров Sandy Bridge, выполненных по технологии 32 нм с применением обычных планарных транзисторов. Усовершенствование производственного техпроцесса позволило уменьшить площадь кристалла — 160 кв. мм против 216 кв. мм соответственно у сопоставимых четырехъядерных вариантов Ivy Bridge и Sandy Bridge. Одновременно были увеличены плотность размещения и общее количество транзисторов на кристалле — 1,4 млрд против 1,16 млрд в том же примере. Следствием перехода на более прогрессивную технологию производства стали также существенное снижение энергопотребления процессоров Ivy Bridge и увеличение их производительности по сравнению с Sandy Bridge. В целом, по оценкам независимых экспертов, технологические новации обеспечили третьему поколению Intel Core общий прирост вычислительной мощности примерно до 20%, а производительности в расчете на один ватт потребляемой электроэнергии — до 40%.

При этом в архитектурном отношении третье поколение Intel Core от второго отличается незначительно. Микроархитектура Ivy Bridge представляет собой производную от Sandy Bridge. Некоторые отличия, конечно, присутствуют, но о радикальных новшествах, подобных появлению технологии AVX (Advanced Vector Extensions) в процессорах Sandy Bridge, в данном случае речи не идет.

По мнению специалистов, именно поддержка технологии AVX, дополнившей набор команд x86-совместимых процессоров векторными расширениями для работы с данными в формате с плавающей точкой, в свое время обеспечила второму поколению Intel

Core блистательный прорыв на рынке встраиваемых решений и, в частности, в сегменте высокопроизводительных систем для оборонных и аэрокосмических приложений. От третьего поколения Intel Core в отличие от второго революционных изменений на рынке встраиваемых технологий никто особо не ждал. Тем не менее разработчики в целом встретили выход процессоров Ivy Bridge позитивно. Почему?

### О плюсах Ivy Bridge

На чей-то вкус, возможно, показатели прироста вычислительной мощности третьего поколения Intel Core по сравнению со вторым покажутся скромными. Не исключено, что найдутся и такие, кого субъективно не особо впечатлит и улучшение характеристик энергопотребления и энергоэффективности мы спорить не будем. Но отметим, что в контексте перспектив применения на рынке встраиваемых технологий и систем промышленной автоматизации едва ли будет целесообразным оценивать процессоры сами по себе — в отрыве от систем на их основе и приложений, для которых эти системы предназначены.

Так, существует внушительный пласт встраиваемых приложений, которым всегда по определению требуется наивысшая доступная на рынке производительность вычислений, обработки сигналов и графических операций в сочетании с максимальной возможной пропускной способностью каналов связи. К таким приложениям относятся в первую очередь высокопроизводительные интеллектуальные системы, проектируемые для нужд оборонной и аэрокосмической отраслей, а также системы цифровой обработки сигналов для сферы телекоммуникаций и решения для работы с графическими данными, применяемые в промышленности и медицине.

Для всех этих задач платформа Ivy Bridge на сегодня — очевидно оптимальный выбор, поскольку реализует все архитектурные достоинства Sandy Bridge на базе более прогрессивной технологии производства, обеспечивающей дополнительную прибавку в производительности и энергоэффективности. Не будем забывать и о том, что эта технология позволила также разместить на кристалле Ivy Bridge более мощное графическое ядро, которое может включать до 16 исполнительных устройств (у Sandy Bridge — не более 12) и поддерживает графические интерфейсы DirectX 11, OpenGL 3.1 и OpenCL 1.1. И при этом площадь кристалла, как уже было отмечено выше, не увеличилась, а наоборот — уменьшилась. Среди приложений, характеризующихся наибольшим уровнем востребованности усовершенствованных функций третьего поколения Intel Core, специалисты отмечают, в частности, оборонные системы

обнаружения (радары, сонары), устройства видеобработки, системы связи и медицинские системы компьютерной диагностики. Вместе с тем, исходя из аналогичных соображений, высоким потенциалом для применения платформы Ivy Bridge обладают и многие другие вертикальные рынки — информационно-развлекательные транспортные системы, решения для ритейла, игровые автоматы, системы оповещения и рекламы и т. д.

Коммуникационные возможности платформы Ivy Bridge также существенно улучшены по сравнению с Sandy Bridge. На уровне процессора реализована поддержка до 16 линий PCI Express (PCIe) 3.0: эта технология обеспечивает вдвое большую пропускную способность по сравнению с PCIe 2.0, позволяя, к примеру, использовать в составе решений современные видеоплаты класса high-end и задействовать высокоскоростные интерфейсы для внешних коммуникаций (в том числе 10GbE и 40GbE). Отметим, что наличие одного из чипсетов Intel 7-й серии (кодовое название — Panther Point) расширяет функциональность систем на основе процессоров Ivy Bridge, добавляя возможность подключения до трех независимых цифровых дисплеев с интерфейсами HDMI, DVI, DisplayPort и т. д., а также поддержку еще одной высокоскоростной внешней шины — USB 3.0.

Встроенный контроллер памяти третьего поколения Intel Core стандартно поддерживает спецификацию DDR3-1600. (Для Sandy Bridge в большинстве случаев верхняя планка находится на уровне DDR3-1333 или ниже.) Он также может работать с устройствами DDR3L с пониженным напряжением питания (1,35 В против 1,5 В у обычных устройств DDR3), что может оказаться полезным — наряду с конфигурируемым термопаketом (TDP) и прочими энергосберегающими функциями процессоров Ivy Bridge — при создании систем для мобильных приложений. Как отмечают специалисты, третье поколение Intel Core хорошо подходит по своим возможностям для многих подобных приложений, при этом они особо выделяют среди них контрольно-измерительные и управляющие системы для различного рода машин и иных подвижных объектов, используемых в промышленности и оборонной сфере (вплоть до беспилотных летательных аппаратов).

Суммируя сказанное выше, следует заметить, что рынки встраиваемых компьютерных технологий (от обороны до промышленности, ритейла и связи) в их сегодняшнем виде не только не препятствуют, а даже в какой-то степени способствуют тому, чтобы потенциал применения систем на основе процессоров третьего поколения Intel Core раскрылся в полной мере. Тем более что предыдущим, вторым поколением был создан неплохой задел для дальнейшего про-

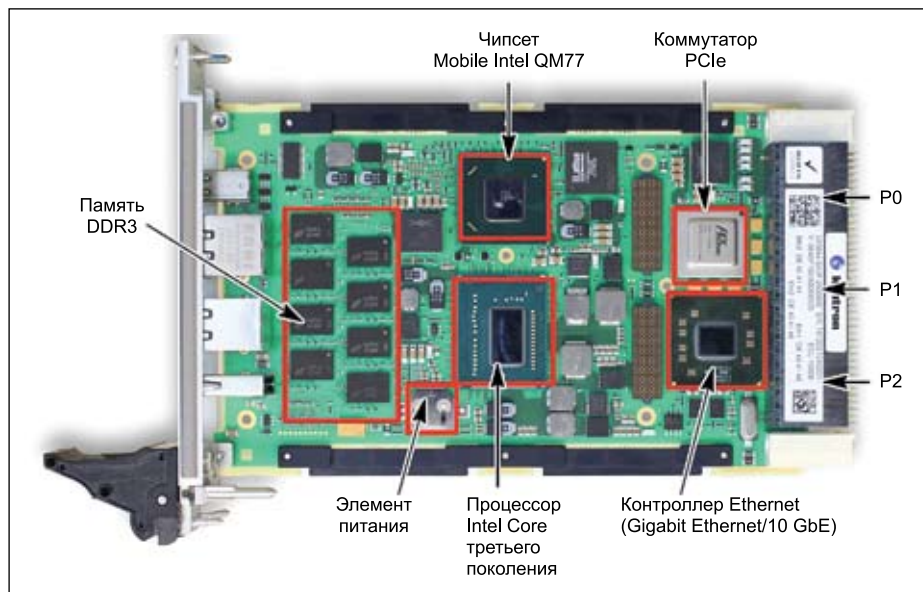


Рис. 2. Расположение основных компонентов на VPX-плате Kontron VX3042

движения. Поэтому тот энтузиазм, с которым ведущие производители приступили к пополнению своих продуктовых линеек — от малогабаритных реализаций методики COM (Computer-On-Module), или «компьютеров на модуле», и разнообразных бюджетных материнских плат до высокопроизводительных систем класса CompactPCI, VPX и xTCA — продуктами на основе Ivy Bridge, был на самом деле вполне объясним. Рассмотрим подробнее некоторые из этих продуктов.

### VPX: на пути к новым высотам

Тезис о том, что системная архитектура VPX является одной из лучших платформ для создания защищенных мультипроцессорных комплексов на базе x86-совместимых процессоров, в том числе и в первую очередь — ориентированных на ответственные приложения, на сегодня можно считать практически неоспоримым. Сомневавшихся в этом, похоже, окончательно убедили успехи VPX-решений с процессорами Sandy Bridge на рынках систем для оборонных и аэрокосмических приложений.

Соответственно, перед поколением Ivy Bridge стоит задача закрепить успехи, достигнутые предшественниками, и по возможности развить их. Важная роль в решении этой задачи принадлежит партнерам Intel — ведущим производителям аппаратных средств для встраиваемых систем, одним из которых является компания Kontron. Для VPX-систем, выполненных в форм-факторе 3U, Kontron предлагает модули VX3042 (в стандартном варианте — на основе двухъядерного Intel Core i7-3517QE с номинальной тактовой частотой 1,7 ГГц и конфигурируемым TDP) и VX3044 (с четырехъядерным Intel Core i7-3612QE/2,1 ГГц). Первый предна-

значен главным образом для консолей и защищенных боевых серверов, ориентированных на жесткие эксплуатационные условия (рис. 2). Второй предполагает использование в составе высокопроизводительных вычислительных кластеров.

Оба продукта соответствуют стандартам OpenVPX (VITA 65) и VPX REDI (VITA 48) и доступны заказчикам в трех вариантах исполнения в зависимости от температурных условий эксплуатации и используемой системы охлаждения (табл. 1). Платы поддерживают внутрисистемные коммуникации с помощью шин PCIe 3.0 и 10GbE, а также фирменную технологию Kontron под названием VXFabric, обеспечивающую передачу данных по протоколу IP по каналу PCIe.

Типичным представителем VPX-плат форм-фактора 6U можно считать плату SBC625 (рис. 3) компании GE Intelligent Platforms (подразделение General Electric), также входящей в круг лидеров рынка оборудования для встраиваемых решений и систем промышленной автоматизации. Этот продукт отвечает требованиям стандарта OpenVPX и предлагается производителем в пяти вариантах исполнения для различных температурных диапазонов: три из них предназначены для систем с воздушным охлаждением, два поддерживают кондуктивное охлаждение.

Аналогично рассмотренным выше процессорным модулям Kontron этот продукт также выполнен на основе чипсета Mobile Intel QM77. Процессор устанавливается по выбору заказчика: в списке базовых опций фигурируют уже упоминавшийся двухъ-

Таблица 1. Технические характеристики VPX-плат Kontron VX3042, Kontron VX3044 и GE SBC625

Характеристики	Kontron VX3042	Kontron VX3044	GE SBC625
Форм-фактор	3U		6U
Процессор (базовые конфигурации)	Intel Core i7-3517QE	Intel Core i7-3612QE	Intel Core i7-3517UE, Intel Core i7-3555LE, Intel Core i7-3615QE
Чипсет	Mobile Intel QM77		
Графический контроллер	Intel HD Graphics 4000		
Оперативная память (два канала)	До 8 Гбайт ECC DDR3-1333	До 16 Гбайт ECC DDR3-1600	До 16 Гбайт ECC DDR3-1333
Флэш-память, Гбайт	До 32		
Высокоскоростные внутрисистемные коммуникации	PCIe, 10GbE		PCIe, 10GbE, InfiniBand
Фронтальный ввод/вывод	Gigabit Ethernet, USB, COM, mini DisplayPort		Gigabit Ethernet, USB, COM, DVI/HDMI
Тыльный ввод/вывод	4×USB 2.0, USB 3.0, 4×SATA, 6 линий GPIO, 2×DisplayPort		6×USB 2.0 (в том числе 2 — опционально USB 3.0), 2×COM, 3×SATA, 8 линий GPIO, VGA, DVI/HDMI
Поддержка мезоининов	XMC		
Варианты исполнения для температурных диапазонов, °C	Воздушное охлаждение: 0...+55, -40...+70 Кондукционное охлаждение: -40...+85		Воздушное охлаждение: 0...+55, -20...+65, -40...+75 Кондукционное охлаждение: -40...+75, -40...+85
Поддержка ОС	Windows Embedded Standard 7, Linux, VxWorks		Windows, Linux, ОС реального времени

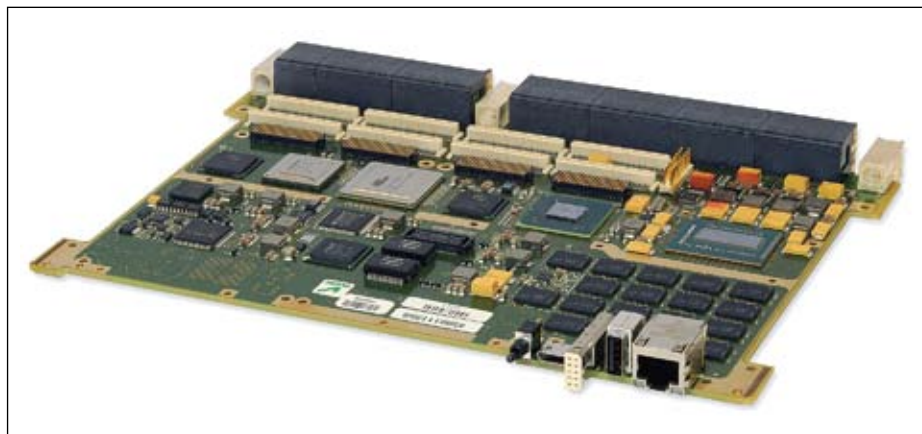


Рис. 3. VPX-плата SBC625 компании GE Intelligent Platforms



ядерный Intel Core i7-3517UE, а также двух-ядерный Intel Core i7-3555LE (2,5 ГГц) и четырехядерный Intel Core i7-3615QE (2,3 ГГц). Для внутрисистемных коммуникаций могут использоваться интерфейсы PCIe 3.0, 10GbE и InfiniBand. Фронтальный вывод разъемов дисплейного, сетевого (Gigabit Ethernet) и стандартного последовательного интерфейсов, а также USB предлагается опционально.

В качестве основных программных платформ для всех трех рассмотренных продуктов Kontron и GE Intelligent Platforms выступают ОС Windows, Linux и VxWorks.

**COM Express: современные технологии здесь и сейчас**

Продукты стандарта COM Express (PICMG COM.0), традиционно воплощающие в себе передовые технологические достижения в области малогабаритных встраиваемых систем, многие специалисты по праву считают одной из главных движущих сил бурного роста индустрии COM-решений, свидетелями которого мы сейчас являемся. Как и ожидалось, ведущие производители этих продуктов встретили третье поколение Intel Core во всеоружии и оперативно подготовили к запуску на рынок соответствующие изделия. Так, компания Kontron, являющаяся родоначальником данного стандарта, вскоре представила две новые серии модулей COM Express форм-фактора basic на основе процессоров Ivy Bridge — COMe bIP2 (с расположением выводов Type 2) и COMe bIP6 (Type 6) (рис. 4).

Модели этих серий в первую очередь различаются между собой вариантом используемого процессора (табл. 2). Это может быть двух- или четырехядерный процессор семейства Intel Core i3-3000, Intel Core i5-3000 или Intel Core i7-3000 (в модификации для встраиваемых мобильных приложений) с тактовой частотой от 1,6 до 2,7 ГГц и теплопакетом от 17 до 45 Вт.

Позволяя реализовать возможность одновременного вывода независимых видеопотоков на три дисплея, все модули COMe bIP2 и COMe bIP6 поддерживают три дисплейных интерфейса DisplayPort (можно использовать и мониторы DVI и HDMI — с помощью переходников), 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 2048×1536.

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.



Рис. 4. Продукты Kontron COMe bIP#

В несколько большей степени от типа модуля зависят варианты поддержки интерфейсов PCI, PCIe и USB. Так, модули Type 2 позволяют использовать восемь портов USB 2.0, графический порт PCIe×16, пять линий PCIe×1 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 количество линий PCIe×1 равно семи. Поддержка подключений по шине PCIe×16 также присутствует, а вот возможности использования параллельного интерфейса PCI нет.

Коммуникационная подсистема у модулей обоих типов включает интерфейс Gigabit Ethernet. Отметим также наличие интегрированного криптопроцессора, 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 анодом, обладающих повышенной надежностью.

Программная поддержка продуктов серий COMe bIP2 и COMe bIP6 включает пакеты BSP (Board Support Package) для ОС семейства Windows, а также Linux и VxWorks. В качестве основных вариантов применения рассматриваемых модулей COM Express фигурируют медицинские решения, цифровые системы оповещения и рекламы, автоматизация розничной торговли, а также приложения класса M2M (Machine-To-Machine) в оборонной и аэрокосмической сферах.

**CompactPCI: эволюция продолжается**

Среди новых процессорных плат CompactPCI форм-фактора 3U отметим плату Kontron CP3003-SA. Базовые варианты конфигурации этого продукта включают процессор Intel Core i7-3517UE, Intel Core i7-3555LE

Таблица 2. Технические характеристики продуктов COM Express компании Kontron, выполненных на основе процессоров третьего поколения Intel Core

Характеристики	Kontron COMe bIP2	Kontron COMe bIP6
Форм-фактор	COM Express basic (125×95 мм)	
Расположение выводов	Type 2	Type 6
Процессор	Intel Core i7, i5 или i3 третьего поколения	
Чипсет	Mobile Intel QM77	
Графический контроллер	Intel HD Graphics 4000	
Оперативная память (два канала)	До 16 Гбайт DDR3-1600	
Дисплейные интерфейсы	3×DisplayPort (в том числе 1×eDP; поддержка HDMI/ DVI-мониторов с помощью переходников); при необходимости — SDVO, LVDS, CRT	
Прочие интерфейсы	PCIe×16, 5×PCIe×1, PCI, 8×USB 2.0, 4×SATA, PATA, Gigabit Ethernet	PCIe×16, 7×PCIe×1, 4×USB 2.0, 4×USB 3.0, 4×SATA, Gigabit Ethernet
Варианты исполнения для температурных диапазонов, °С	Коммерческое применение: 0...+60, -25...+75	
	Промышленное применение: -40...+85	
Поддержка ОС	Windows 7/8/Vista/XP, Windows Embedded Standard, Linux, VxWorks	

или Intel Core i7-3612QE. Плата CP3003-SA выполнена на основе чипсета Mobile Intel QM77 и предлагается в однослотовом (типоразмер 4HP) и двухслотовом (8HP) вариантах. Для варианта с типоразмером 4HP опционально возможна установка модуля флэш-памяти NAND объемом до 32 Гбайт. Со стороны лицевой панели платы в такой модификации доступны коннектор VGA и по два разъема USB 2.0 и Gigabit Ethernet.

Двухслотовый вариант платы предполагает использование одного из двух предлагаемых вариантов модуля расширения — CP3003-DD (рис. 5) или CP3003-ХМС. Первый из них обеспечивает поддержку флэш-карт CFast и 2,5-дюймовых жестких дисков и SSD-устройств. Применение этого модуля также позволяет увеличить количество разъемов для внешних подключений, доступных со стороны лицевой панели. К описанным выше добавляются два коннектора RJ-45 (RS-232 и Gigabit Ethernet) и по одному — USB 3.0 и DisplayPort. Модуль CP3003-МС представляет собой плату-носитель, к которой в свою очередь можно подключать платы расширения ХМС.

Плату CP3003-SA можно устанавливать как в системный, так и в периферийный слот. В первом случае используется 32-битный интерфейс CompactPCI, работающий на частоте 33 МГц (опционально — 66 МГц). При установке в периферийный слот поддержка пассивного режима PCI обеспечивает изоляцию платы от шины CompactPCI.

Для систем CompactPCI форм-фактора 6U компания GE Intelligent Platforms предлагает процессорный модуль XCR15 (табл. 3). По своим характеристикам этот продукт во многом аналогичен упоминавшемуся ранее VPX-модулю SBC625 — те же процессоры в базовых конфигурациях, тот же чипсет, те же пять вариантов исполнения для использования с воздушным либо кондуктивным охлаждением.



Рис. 5. CompactPCI-плата Kontron CP3003 в двухслотовом варианте с модулем расширения Kontron CP3003-DD и 2,5-дюймовым жестким диском

Процессорный модуль XCR15 выполнен в соответствии со стандартом PICMG 2.16, то есть может применяться в составе систем CompactPCI на основе объединительных плат с коммутацией пакетов. В числе других характеристик продукта отметим наличие интегрированного контроллера IPMI 2.0. Поддерживаются также различные варианты для подключения плат расширения PMC и XMC.

В качестве основных программных платформ для рассмотренных устройств Kontron и GE Intelligent Platforms фигурируют ОС семейства Windows, а также версии Linux и VxWorks. Понятно, что адаптация иных популярных программных платформ типа QNX, LynxOS, RTX, Integrity и других для решений на платформе Intel Core 3-го поколения — вопрос ближайшего времени.

### Плоды долгосрочной стратегии

Собственная разработка материнских плат для встраиваемых систем, включающая тщательный отбор компонентов и обширную

программу лабораторных тестов, относится к числу долгосрочных стратегических приоритетов Kontron и ряда иных ведущих игроков. Материнская плата Kontron KTQ77/Flex форм-фактора FlexATX (табл. 4), предназначенная для систем на основе двух- и четырехъядерных процессоров третьего поколения Intel Core, входит в круг продуктов с семилетним жизненным циклом.

Плата выполнена на основе чипсета Intel Q77, а ее возможности по подключению плат расширения включают два слота PCIe×16 (один — для устройств PCIe 3.0, другой поддерживает спецификации PCIe второго поколения и работает в режиме ×4), два слота PCI (32 бит, 33 МГц) и один коннектор Mini PCIe. Для подключения накопителей можно использовать шесть разъемов SATA (поддерживаются RAID-массивы уровней 0, 1, 5 и 1+0) и один коннектор mSATA. Внешние подключения обеспечивают четыре коннектора USB 3.0, два — USB 2.0 (при необходимости их количество может быть увеличено до десяти), три — Gigabit Ethernet (RJ-45),

два — DisplayPort, по одному — RS-232 (DB9) и VGA. Опционально возможна установка криптопроцессора TPM 1.2.

Еще одна новая материнская плата Kontron для систем на основе процессоров Ivy Bridge, также относящаяся к продуктам с жизненным циклом в семь лет, носит наименование KTQM77/mITX. Это устройство выполнено в форм-факторе Mini-ITX на основе чипсета Mobile Intel QM77 и несколько отличается от KTQ77/Flex по возможностям использования плат расширения и подключения внешних устройств. Так, слот PCIe×16 с поддержкой PCIe 3.0 на плате KTQM77/mITX соседствует с коннектором PCIe×1 для устройств PCIe второго поколения, возможность установки устройств с параллельным интерфейсом PCI отсутствует вовсе, а два разъема Mini PCIe располагаются с обратной стороны платы. Для подключения мониторов можно задействовать два коннектора DisplayPort и один — DVI. В то же время возможности использования USB-устройств, SATA-накопителей (включая поддержку RAID)

Таблица 3. Технические характеристики CompactPCI-плат Kontron CP3003-SA и GE XCR15

Характеристики	Kontron CP3003-SA	GE XCR15
Форм-фактор	3U	6U
Процессор (базовые конфигурации)	Intel Core i7-3612QE, Intel Core i7-3555LE, Intel Core i7-3517UE	Intel Core i7-3615QE, Intel Core i7-3555LE, Intel Core i7-3517UE
Чипсет	Mobile Intel QM77	
Графический контроллер	Intel HD Graphics 4000	
Оперативная память (два канала)	До 16 Гбайт ECC DDR3-1600	
Флэш-память	До 32 Гбайт (для типоразмера 4HP)	До 8 Гбайт
Фронтальный ввод/вывод	2×USB 2.0, 2×Gigabit Ethernet, VGA	2×Gigabit Ethernet, USB 2.0, COM, VGA (опции: eSATA, USB 3.0)
Тыльный ввод/вывод	2×USB 2.0, 2×SATA, 2×Gigabit Ethernet, 2×COM, 1×VGA, 5×GPI, 3×GPO	4×USB 2.0 (в том числе опционально — 1×USB 3.0 вместо 1×SATA), до 4×SATA, 2×Gigabit Ethernet, 2×COM, 2×DVI, 13×GPIO
Поддержка мезонинов	XMC (с помощью модуля Kontron CP3003-XMC)	PMC, XMC
Варианты исполнения для температурных диапазонов, °C	0...+60 (стандартный вариант); -40...+85 (при использовании ULV-процессора)	Воздушное охлаждение: 0...+55, -20...+65, -40...+75 Кондукционное охлаждение: -40...+75, -40...+85
Поддержка ОС	Windows 7 /XP, Windows Embedded Standard 7, Windows Server 2003/2008, Linux, VxWorks	Windows 7, Open Linux, Wind River Linux, VxWorks

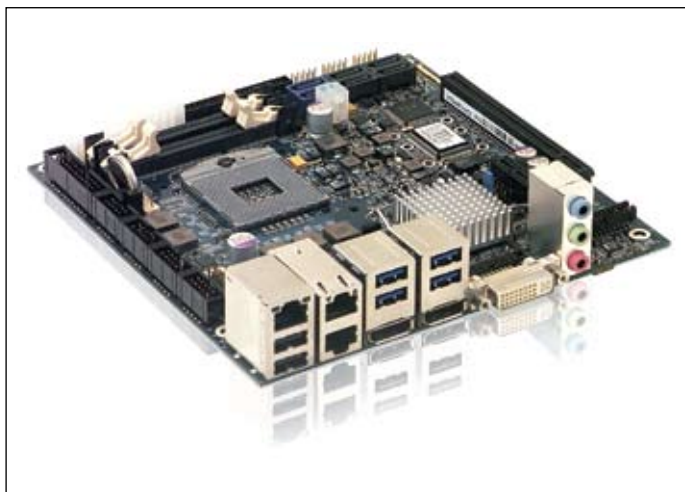


Рис. 6. Материнская плата KTQM77/mITX

Таблица 4. Технические характеристики материнских плат Kontron KTQ77/Flex и Kontron KTQM77/mITX

Характеристики	Kontron KTQ77/Flex	Kontron KTQM77/mITX
Форм-фактор	FlexATX	Mini-ITX
Поддержка процессоров	Intel Core i3, i5, i7 третьего поколения; Intel Core i5-2400	Intel Core i3, i5, i7 третьего поколения; Intel Celeron B810
Процессорный разъем (тип)	LGA 1155	PGA 988
Максимальная тактовая частота процессора (в турборежиме), ГГц	3,8	3,5
Чипсет	Intel Q77	Mobile Intel QM77
Графический контроллер	Intel HD Graphics, Intel HD Graphics 2000, Intel HD Graphics 2500 или Intel HD Graphics 4000 (в зависимости от используемого процессора)	
Оперативная память (два канала)	4 слота DIMM, до 32 Гбайт DDR3-1600	2 слота SO-DIMM, до 16 Гбайт DDR3-1600
Слоты расширения	PCIe×16 (Gen 3), 2×PCI, Mini PCIe, PCIe×16 (Gen 2, работает в режиме ×4)	PCIe×16 (Gen 3), PCIe×1 (Gen 2), 2×Mini PCIe (с обратной стороны платы)
Поддержка накопителей	6×SATA (в том числе 2×SATA Gen 3), RAID уровней 0, 1, 5 и 1+0; mSATA для устройств SSD	
Внешние интерфейсы (разъемы)	4×USB 3.0, 2×USB 2.0, VGA, COM, 3×Gigabit Ethernet, 2×DisplayPort	4×USB 3.0, 2×USB 2.0, 3×Gigabit Ethernet, 2×DisplayPort, DVI
Поддержка ОС	Windows 7/Vista/XP, Windows Embedded Standard 7, Linux, VxWorks	

и сетевые подключения у KTQM77/mITX (рис. 6) полностью аналогичны KTQ77/Flex. При необходимости также можно реализовать вариант с модулем шифрования данных, соответствующим спецификации TPM 1.2.

Программные платформы, для работы с которыми оптимизированы платы KTQ77/Flex и KTQM77/mITX, традиционно включают ОС семейства Windows, а также Linux и VxWorks. Однако в данном случае отдельно оговорена поддержка некоторых конкретных версий Linux — в частности, Red Hat Enterprise Linux, SUSE Linux Enterprise, Red Flag Linux и Wind River Linux. Список целевых рынков для материнских плат Kontron с поддержкой процессоров Ivy Bridge простирается от медицинского оборудования для компьютерной диагностики, игровых автоматов и цифровых систем оповещения и рекламы до решений в области автоматизации, предназначенных для розничной торговли, промышленности и оборонной отрасли.

**VME: «ветеран» остается в строю**

Архитектура VMEbus — один из «долгожителей» рынка встраиваемых технологий — недавно отметила свой 30-летний юбилей и вовсе не собирается «отправляться на покой». Решения VME продолжают удерживать прочные позиции в сегменте оборонных и аэрокосмических приложений и получают достойное пополнение — в виде продуктов на основе процессоров Ivy Bridge.

Процессорный модуль XVR15 (табл. 5) компании GE Intelligent Platforms — почти близнец рассмотренного выше XCR15 и, соответственно, во многом напоминает и SBC625. Плата XVR15 предназначена для VME-систем форм-фактора 6U и создана на базе набора системной логики Mobile Intel QM77.

Разъемы фронтального ввода/вывода (даже опциональные) у этой платы полностью идентичны XCR15 (но не SBC625), а возможности тыльного ввода/вывода отличаются лишь количеством портов USB 2.0



Рис. 7. Процессорный модуль Kontron AM4022

(у XVR15 их два, у XCR15 — вдвое больше). Если повнимательнее присмотреться к дизайну этих двух плат, конечно, можно обнаружить некоторые отличия, причем не только обусловленные архитектурными особенностями стандартов CompactPCI и VME. Но при этом сходства характеристик, что называется, бросаются в глаза: идентичны варианты исполнения для различных систем охлаждения и температурных диапазонов, поддержка программных платформ и т. д.

В целом же для систем на основе близких магистрально-модульных стандартов компания GE Intelligent Platforms предлагает процессорные платы на основе Ivy Bridge, схожие по своим характеристикам, базовым конфигурациям и вариантам исполнения. Логика в этом, безусловно, есть. Заказчики, представляющие оборонную и аэрокосмическую отрасли, известны своим консерватизмом, что находит свое отражение, в частности, и в выборе используемых магистрально-модульных архитектур. Подход GE Intelligent Platforms заключается в том, чтобы не пытаться оказать влияние на этот выбор, а предоставить заказчику возможность в любом случае получить решение, выполненное на основе передовых технологий.

**AMC: для телекоммуникаций и не только**

Рынок процессорных модулей AMC (Advanced Mezzanine Card), используемых в системах AdvancedTCA и MicroTCA, принадлежит к числу тех, росту которых не смогла помешать даже глобальная экономическая рецессия. К 2015 году, по прогнозам аналитиков, этот рынок может вырасти более чем в 2,5 раза по сравнению с 2010 годом, и нынешнее поколение продуктов, подобных

Kontron AM4022 (рис. 7), очевидно, должно сыграть в этом одну из ключевых ролей.

Плата AM4022 выполнена на чипсете Mobile Intel QM77 и в стандартной конфигурации комплектуется процессором Intel Core i7-3555LE или Intel Core i7-3612QE (другие также доступны по желанию заказчика). Поддерживается использование ECC-памяти DDR3-1600 общим объемом до 8 Гбайт и SATA-накопителя на основе флэш-памяти емкостью до 64 Гбайт.

Коммуникационные возможности процессорного модуля AM4022 включают поддержку внутрисистемных интерфейсов PCIe (в конфигурациях ×4 и ×8) и Gigabit Ethernet, обеспечивая сочетание с MCH-контроллерами типа Kontron AM4901 и AM4904. Со стороны передней панели доступны два внешних сетевых соединения Gigabit Ethernet (RJ-45), один разъем USB 2.0 и еще один — DisplayPort либо RS-232 (10-контактный мини-коннектор). Отметим также наличие интегрированного контролле-

**Таблица 5. Технические характеристики VME-платы GE XVR15**

Характеристики	GE XVR15
Форм-фактор	6U
Процессор (базовые конфигурации)	Intel Core i7-3517UE, Intel Core i7-3555LE, Intel Core i7-3615QE
Чипсет	Mobile Intel QM77
Графический контроллер	Intel HD Graphics 4000
Оперативная память (два канала)	До 16 Гбайт ECC DDR3-1333
Флэш-память	До 8 Гбайт
Фронтальный ввод/вывод	2×Gigabit Ethernet, USB 2.0, COM, VGA (опции: eSATA, USB 3.0)
Тыльный ввод/вывод	2×USB 2.0 (в том числе опционально — 1×USB 3.0 вместо 1×SATA), до 4×SATA, 2×Gigabit Ethernet, 2×COM, DVI, VGA, 12×GPIO
Поддержка мезонинов	PMC, XMC
Варианты исполнения для температурных диапазонов, °C	Воздушное охлаждение: 0...+55, -20...+65, -40...+75 Кондукционное охлаждение: -40...+75, -40...+85
Поддержка ОС	Windows 7, Open Linux, Wind River Linux, VxWorks

**Таблица 6. Технические характеристики процессорного AMC-модуля Kontron AM4022**

Характеристики	Kontron AM4022
Процессор (базовые конфигурации)	Intel Core i7-3612QE, Intel Core i7-3555LE
Чипсет	Mobile Intel QM77
Графический контроллер	Intel HD Graphics 4000
Оперативная память (два канала)	До 8 Гбайт ECC DDR3-1600
Флэш-память	До 64 Гбайт
Внутрисистемные коммуникации (в базовом варианте)	PCIe, Gigabit Ethernet, SATA
Фронтальный ввод/вывод	2×Gigabit Ethernet, USB 2.0, DisplayPort /COM
Варианты исполнения для температурных диапазонов, °C	-5...+55 (стандартный вариант); -40...+70 (для определенных процессоров и с учетом воздушных потоков в системе)
Поддержка ОС	Windows 7 (64-разрядная версия), Windows Server 2008 R2, Linux



ра MMC (Module Management Controller) с поддержкой функций интеллектуального управления IPMI 2.0 и опциональную возможность использования криптопроцессора TPM 1.2.

Стандартный вариант исполнения модуля AM4022 предполагает работу при температуре от  $-5$  до  $+55$  °C. Возможна поставка в модификации с поддержкой расширенного температурного диапазона — от  $-40$  до  $+70$  °C. По требованию заказчика лицевая панель модуля может быть выполнена в соответствии со стандартом MTCA.1, благодаря чему появляется возможность применять устройство в составе защищенных систем MicroTCA наружного и мобильного базирования с воздушным охлаждением.

Среди программных платформ, для которых поддержка модуля AM4022 была реализована в первую очередь, выделим, в частности, ОС Windows 7 и Windows Server 2008 R2, а также Red Hat Enterprise Linux и Fedora. Основной сферой применения модулей AMC на данный момент по-прежнему остаются телекоммуникационные приложения, и новый продукт Kontron в этом смысле не является исключением. Однако наряду с устройствами IP-телевидения, оборудованием для обработки видеоданных, медиа-серверами, медиа-плеерами и т. п. рассматриваются и иные варианты решений MicroTCA с использованием плат AM4022, в том числе в таких областях, как медицина, аэрокосмическая и оборонная отрасли, а также тестовые и измерительные устройства, системы обеспечения безопасности и т. д.

### Программное окружение: хуже точно не стало

Программная поддержка новых поколений процессоров — еще один вопрос из разряда традиционных, который адресуется, правда, не только и не столько корпорации Intel, но и ее партнерам. Ответ на него, как правило, не заставляет себя долго ждать, когда речь идет в целом об архитектуре x86: в последние десятилетия именно эта архитектура, в силу популярности и «стандартности», является первой платформой, куда разработчики операционных систем портируют свои продукты. Разработчикам прикладного ПО для встраиваемых систем оперативный перевод приложений на новые «процессорные рельсы» удастся не всегда, и на этом фоне нередко гораздо заметнее активность производителей оборудования, стремящихся как можно скорее предложить заказчикам работающие решения на основе новейших платформ.

Даже бегло проанализировав характеристики аппаратных продуктов на базе процессоров третьего поколения Intel Core, нетрудно убедиться в том, что практически для всех них силами производителей реализована программная поддержка популярных вариантов, в том числе встраиваемых, ОС Windows и Linux, а для некоторых — и разнообразных ОС реального времени. Как правило, речь идет, естественно, о поддержке на уровне драйверов и BIOS, иногда — служебных утилит и т. п.

Применительно к прикладному ПО вопрос об оптимизации для платформы Ivy Bridge, очевидно, стоит менее остро, чем это было в случае с предыдущим поколением — Sandy Bridge. Причина заключается в том, что на уровне микроархитектуры эти процессоры мало отличаются друг от друга. По сути, для многих приложений оптимизация для новых процессоров необязательна. Да, в третьем поколении Intel Core добавились несколько инструкций AVX, но по сравнению с первоначальной реализацией этой технологии в микроархитектуре Sandy Bridge сделанный шаг вперед не столь велик. Революционным изменением, возможно, станет технология AVX2, поддержка которой должна появиться в процессорах на основе микроархитектуры следующего поколения Haswell, но утверждать это категорически на данный момент преждевременно.

В процессорах Ivy Bridge появились и новые функции обеспечения безопасности — Intel Secure Key (включает цифровой генератор случайных чисел, используемый для усиления криптографических алгоритмов) и Intel OS Guard (обеспечивает механизм блокировки программных атак со стороны приложений пользовательского режима при работе системы на максимальном уровне привилегий). И неслучайно среди разработчиков ПО для встраиваемых решений, отреагировавших на премьеру Ivy

Bridge, одним из наиболее заметных ньюсмейкеров вновь, как и при запуске Sandy Bridge, стала компания LynuxWorks, объявившая о выходе оптимизированного для представленной платформы варианта пакета безопасной виртуализации LynxSecure.

Отметим, что и для второго поколения Intel Core, невзирая на все его архитектурные новшества, в среде специалистов многие не считали программную поддержку вопросом первостепенной важности, и подобная точка зрения была не лишена оснований. Не вдаваясь в прения по этому поводу, ограничимся констатацией: в смысле программной поддержки нынешнее положение Ivy Bridge как минимум ничуть не хуже того, что было в свое время у Sandy Bridge.

### Заключение

Постепенное вытеснение узкоспециализированных нишевых решений технологиями массового применения для потребительского и корпоративного рынка относится к числу важнейших нынешних тенденций рынка встраиваемых систем. Быстрые темпы развития этих технологий, обусловленные высокими объемами инвестиций в исследование и разработки, обеспечивают передовые показатели вычислительной производительности и энергоэффективности. В свою очередь массовое применение способствует созданию продуктов категории COTS (Commercial Off-The-Shelf), позволяющих снижать стоимость и сокращать циклы проектирования встраиваемых решений.

Поэтому платформа Ivy Bridge представляется вполне логичным выбором для широкого спектра приложений, ориентированных на различные вертикальные рынки, в том числе и те, где архитектура IA ранее не применялась вовсе или применялась спорадически, но поколение Sandy Bridge сломало эту традицию. Совмещая архитектурные достоинства Sandy Bridge с преимуществами перехода на более тонкий производственный техпроцесс, выражающиеся в дальнейшем росте производительности и энергоэффективности, процессоры третьего поколения Intel Core еще выше поднимают планку возможностей встраиваемых систем на очередном витке их эволюции (рис. 8).

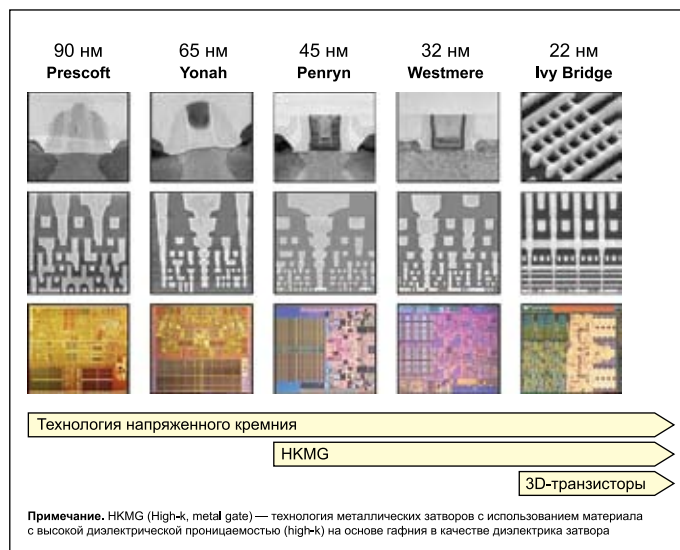


Рис. 8. Полупроводниковые технологии и процессоры Intel, 2003–2012 гг.

Приход Ivy Bridge на смену Sandy Bridge — событие, которое должно было случиться и случилось. И на данный момент высшее совершенство процессорных технологий Intel, доступных разработчикам встраиваемых решений, олицетворяет собой именно третье поколение Intel Core. Эта ситуация останется без изменений в течение ближайших нескольких месяцев, а затем в соответствии с неумолимой логикой закона Мура придет черед процессоров следующего поколения на основе микроархитектуры Haswell. Но это уже будет совсем другая история.