

## ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ INTEL CORE: ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

А.Д. Сысоев (ЗАО «РТСофт»)

*Рассмотрены особенности архитектуры платформы встраиваемых компьютерных систем на базе процессоров третьего поколения Intel Core (Ivy Bridge), преимущества и области применения. Приведены примеры продуктов, реализованных на базе Ivy Bridge.*

*Ключевые слова: встраиваемые компьютерные системы, процессоры, микроархитектура, производительность, энергоэффективность, материнские платы, компьютер на модуле.*

Корпорацию уровня Intel трудно удивить вопросами типа: а нужно ли переходить на использование процессоров нового поколения? В том или ином виде он задается практически каждый раз, когда происходит масштабное обновление продуктовой линейки. Но в случае с процессорами третьего поколения Intel Core, ранее известными под кодовым наименованием Ivy Bridge, этот вопрос приобрел особую важность для разработчиков встраиваемых решений.

Успехи предыдущего, второго поколения Intel Core, известного так же, как Sandy Bridge, произвели настоящий фурор и привели к тому, что на рынке встраиваемых систем почти не осталось сегментов и ниш, принципиально закрытых для процессорных технологий Intel. А ведь первые процессоры Sandy Bridge были выпущены менее 2 лет назад и безнадежно устареть за это время не могли. Перед поколением Ivy Bridge стоит непростая задача — не только закрепить успехи, достигнутые предшественниками, а по возможности и развить их. Это дополнительно подчеркивает необходимость внимательно рассмотреть достоинства третьего поколения Intel Core и оценить роль, которую эти процессоры сейчас играют на рынке встраиваемых систем.

### Закон Мура продолжает действовать

Привычные быстрые темпы эволюции процессорной архитектуры IA (Intel Architecture) в первую очередь связаны с тем, что корпорация стремится неукоснительно соблюдать так называемый закон Мура, носящий имя одного из основателей и нынешнего почетного председателя совета директоров Intel (рис. 1). Известны разные трактовки данного закона, но в большинстве своем они так или иначе подразумевают, что в период 18...24 мес. характеристики процессоров (производительность, число транзисторов, плотность их размещения на кристалле) должны значительно улучшаться. Дату отмены или окончания действия закона Мура пытались предсказать многие (в том чис-

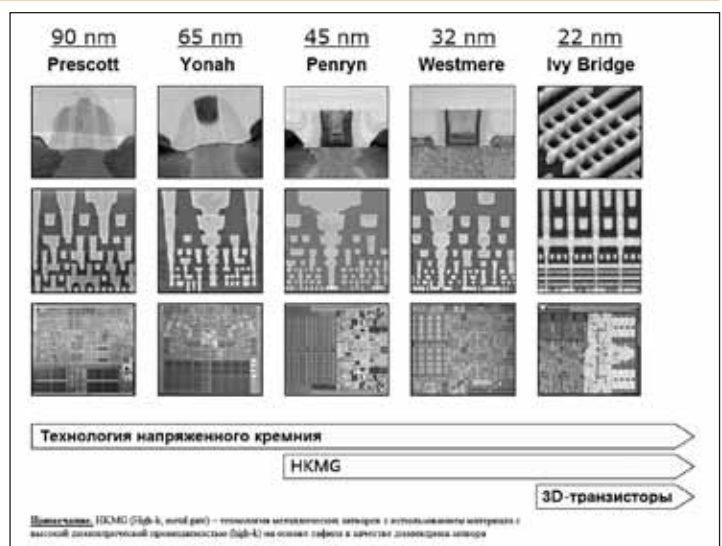


Рис. 1. Эволюция полупроводниковых технологий, применяющихся в процессорах Intel в 2003–2012 гг.

ле и сам Гордон Мур), но пока что закон исправно работает, и, как было недавно сказано от имени Intel, по-настоящему серьезных угроз ему «не предвидится, по крайней мере, в ближайшее десятилетие».

В архитектурном отношении третье поколение Intel Core лишь незначительно отличается от второго. В этом нет ничего удивительного — с 2007 г. корпорация Intel чередует в своих процессорах производственные и архитектурные новации, и таким образом, главное отличие Ivy Bridge от Sandy Bridge состоит в переходе на более тонкий производственный техпроцесс (с нормой 22 нм против 32 нм) и использовании трехмерных транзисторов вместо обычных планарных (рис. 2). За счет этого, по оценкам независимых экспертов, общая вычислительная мощность выросла примерно на 20%, производительность в расчете на 1 Вт потребляемой электроэнергии — на 40%.

Микроархитектура Ivy Bridge представляет собой производную от Sandy Bridge, хотя и с некоторыми отличиями. Тем не менее, о кардинальных новшествах, подобных появлению технологии AVX

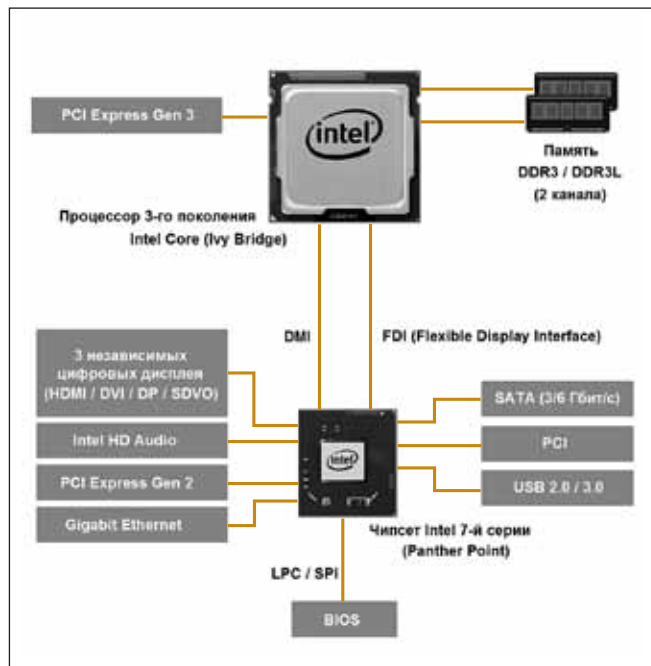


Рис. 2. Общая структура платформы встраиваемых компьютерных систем на базе процессоров третьего поколения Intel Core (Ivy Bridge)

(Advanced Vector Extensions) в процессорах Sandy Bridge, на сей раз речи не идет. По мнению специалистов, именно поддержка технологии AVX обеспечила Sandy Bridge блистательный прорыв на рынке встраиваемых решений. Многих особенно впечатлил стремительный штурм позиций конкурентов в традиционно консервативном сегменте высокопроизводительных систем оборонного и аэрокосмического назначения, где прежде преобладали решения иных производителей.

#### Плюсы Ivy Bridge сквозь призму рыночных реалий

В контексте перспектив применения на рынке встраиваемых технологий и систем промышленной автоматизации едва ли целесообразно оценивать процессоры Ivy Bridge сами по себе — в отрыве от систем на их основе и приложений, для которых эти системы предназначены. Так, существует достаточно большой пласт встраиваемых приложений, которым всегда требуется наивысшая доступная на рынке производительность вычислений, обработки сигналов и графических операций, в сочетании с максимально 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 сегодняшний день представляется отличным выбором, 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 ед.) и поддерживает графические интерфейсы DirectX 11, OpenGL 3.1, OpenCL 1.1.

Среди приложений, характеризующихся наибольшим уровнем востребованности усовершенствованных функций третьего поколения Intel Core, специалисты отмечают 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, например, использовать в составе решений современные видеоплаты класса high-end и задействовать высокоскоростные интерфейсы для внешних коммуникаций (в том числе 10GbE и 40GbE). При этом наличие одного из чипсетов Intel 7-й серии 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, что может оказаться полезным — наряду с конфигурируемым термомощностью (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, особо выделяя 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, отметим, что рынки встраиваемых компьютерных технологий во многом благоволит тому, чтобы потенциал применения систем на основе процессоров третьего поколения Intel Core



Рис. 3. VPX-платы Kontron VX3042 (вверху) и VX3044 поддерживают внутрисистемные коммуникации с использованием шин PCIe 3.0 и 10GbE, а также фирменную программную технологию Kontron VXFabric

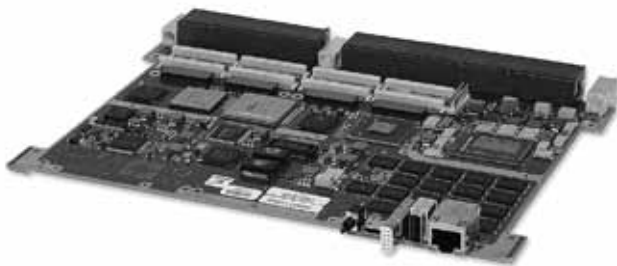


Рис. 4. VPX-платы SBC625 компании GE Intelligent Platforms

раскрылся в полной мере. Тем более, что предыдущим, вторым поколением был создан достаточно неплохой задел для дальнейшего продвижения. Поэтому энтузиазм, с которым ведущие производители приступили к пополнению своих продуктовых линеек изделиями на основе Ivy Bridge, был вполне объясним. Некоторые из этих продуктов имеет смысл рассмотреть подробнее.

**VPX: к новым высотам**

Системная архитектура VPX на сегодня 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. В дальнейшем развитии успехов процессорной архитектуры IA на этом рынке важная роль отводится партнерам Intel — ведущим производителям аппаратных средств для встраиваемых систем, одним из которых является компания

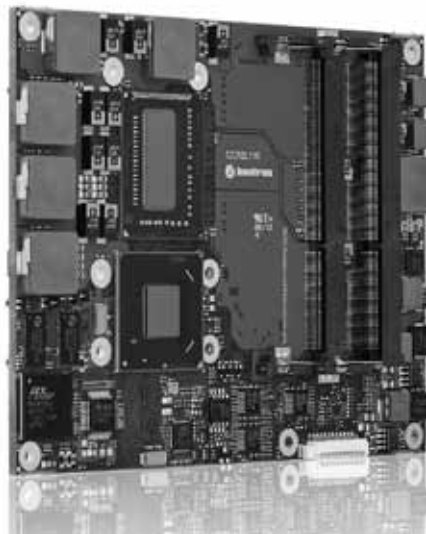


Рис. 5. Продукты Kontron COMe b1P#

Kontron. Для VPX-систем, выполненных в форм-факторе 3U, Kontron предлагает модули VX3042 (в стандартном варианте на основе Intel Core i7-3517QE) и VX3044 (на базе Intel Core i7-3612QE) (рис. 3). Первый предназначен главным образом для консолей и защищенных боевых серверов, ориентированных на жесткие условия эксплуатации. 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 систем охлаждения. Платы поддерживают внутрисистемные коммуникации с использованием шин PCIe 3.0 и 10GbE, а также фирменную технологию Kontron под названием VXFabric, обеспечивающую передачу данных по протоколу IP по каналам PCIe. Со стороны лицевой панели у обоих модулей расположены по одному разъему mini DisplayPort, Gigabit Ethernet (RJ-45) и USB 2.0, а также коннектор RJ-12 для подключений с применением последовательного интерфейса RS-232/485.

Типичным представителем VPX-лат форм-фактора 6U можно считать плату SBC625 компании GE Intelligent Platforms (подразделение General Electric), также входящей в круг лидеров рынка оборудования для встраиваемых решений и систем промышленной автоматизации (рис. 4). Этот продукт отвечает требованиям стандарта OpenVPX и предлагается производителем в пяти вариантах исполнения для различных температурных диапазонов и систем охлаждения.

Аналогично рассмотренным выше продуктам Kontron данная плата также выполнена на основе чипсета Mobile Intel QM77. Процессор устанавливается по выбору заказчика — в списке базовых опций фигурируют Intel Core i7-3517UE, Intel Core i7-3555LE и Intel Core i7-3615QE. 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.

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

Как и ожидалось, ведущие производители продуктов на основе методологии COM (Computer-On-Module) встретили третье поколение процессоров Intel Core во всеоружии и оперативно выпустили на рынок соответствующие изделия. Так, компания Kontron



Рис. 6. Материнская плата KTQ77/Flex форм-фактора FlexATX

вскоре представила две новые серии модулей COM Express форм-фактора basic – COMe b1P2 (с расположением выводов Type 2) и COMe b1P6 (Type 6) (рис. 5). Модели этих серий в первую очередь различаются между собой вариантом используемого процессора. Это может быть двух- или четырехъядерный процессор семейства Intel Core i3–3000, Intel Core i5–3000 или Core Intel i7–3000 (в модификации для встраиваемых мобильных приложений) с тактовой частотой 1,6...2,7 ГГц и теплопакетом 17...45 Вт.

Все модули COMe b1P2 и COMe b1P6 позволяют реализовать одновременный вывод независимых видеопотоков на три дисплея. Их возможности по работе с дисковыми накопителями включают поддержку двух SATA-устройств третьего поколения (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.

Коммуникационная подсистема у модулей обоих типов включает интерфейсы PCIe, Gigabit Ethernet и USB, а у модулей Type 2 – еще и параллельный интерфейс PCI. Отметим также наличие интегрированного криптопроцессора (TPM 1.2), поддержку технологии ACPI 3.0 и использование твердотельных конденсаторов с танталовым анодом, обладающих повышенной надежностью.

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 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. Двухслото-

вый вариант предполагает использование одного из двух предлагаемых вариантов модуля расширения – CP3003-HDD или CP3003-XMC. Первый из них обеспечивает поддержку флэш-карт CFast и 2,5-дюймовых накопителей и позволяет увеличить число разъемов для внешних подключений, доступных со стороны лицевой панели. Модуль CP3003-XMC представляет собой плату-носитель, к которой в свою очередь могут подключаться платы расширения XMC.

Плата CP3003-SA может устанавливаться 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, во многом аналогичный по своим характеристикам ранее упомянутому VPX-модулю SBC625. Данный продукт 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 характеристик XCR15 отметим наличие интегрированного контроллера IPMI 2.0. Поддерживаются также различные варианты для подключения плат расширения PMS и XMC.

Сфера применения, для которой предназначены рассмотренные продукты стандарта CompactPCI, включает встраиваемые системы промышленного, оборонного, медицинского и транспортного назначения, а также различные виды тестового и измерительного оборудования.

#### 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. Целевые рынки для материнских плат Kontron с поддержкой процессоров Ivy Bridge охватывают широкий спектр приложений – 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.

Материнская плата Kontron KTQ77/Flex форм-фактора FlexATX выполнена на основе чипсета Intel Q77, а ее возможности по подключению плат расширения включают два слота PCIe x16 (один из них работает в режиме x4 и поддерживает только устройства PCIe Gen2), два слота PCI и коннектор Mini PCIe (рис. 6).

Для подключения накопителей могут использоваться шесть разъемов SATA (поддерживаются RAID-массивы уровней 0, 1, 5 и 1+0) и один коннектор mSATA. Внешние подключения обеспечивают коннекторы USB (в том числе USB 3.0), Gigabit Ethernet, DisplayPort, 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 носит наименование KTQM77/mITX. Данное 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 (в частности, не поддерживается параллельный интерфейс PCI). Для подключения мониторов могут задействоваться два коннектора DisplayPort и один DVI. В то же время возможности использования USB-устройств, SATA-накопителей (включая поддержку RAID) и сетевые подключения у KTQM77/mITX полностью аналогичны KTQ77/Flex. И при необходимости также может быть реализован вариант с модулем шифрования данных, соответствующим спецификации TPM 1.2.

#### Программная поддержка: хуже точно не стало

Даже бегло проанализировав характеристики аппаратных продуктов на базе процессоров третьего поколения Intel Core, нетрудно убедиться, 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 PB. Как правило, речь идет 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. По сравнению с первоначальной реализацией данной технологии в микроархитектуре Sandy Bridge сделанный шаг вперед позитивен, но не столь велик. Революционным изменением, возможно, станет технология AVX2, поддержка которой должна появиться в процессорах на основе микроархитектуры следующего поколения, известной под кодовым названием Haswell. Но у-

верждать это категорически на данный момент преждевременно.

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 данному 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

Как отмечают специалисты, технологии широкого применения для потребительского и корпоративного рынка в последнее время все глубже проникают на рынок встраиваемых систем, оттесняя все дальше на второй план узкоспециализированные нишевые решения. Аккумулируя наибольший объем инвестиций в свое развитие, массовые технологии воплощаются в продуктах категории COTS (Commercial Off-The-Shelf) и обеспечивают передовые показатели производительности и энергоэффективности вкупе со снижением стоимости встраиваемых решений и сокращением циклов разработки.

Исходя из этого ключевого тренда, платформа Ivy Bridge на сегодняшний день представляется 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 sporadически, но поколение Sandy Bridge сломало эту традицию. Процессоры Ivy Bridge сочетают архитектурные достоинства Sandy Bridge с преимуществами перехода на более тонкий производственный техпроцесс, обеспечивая дальнейший прирост производительности и энергоэффективности, и таким образом еще выше поднимают планку возможностей встраиваемых систем на очередном витке их эволюции.

Приход этих процессоров на смену второму поколению Intel Core был так же неотвратим, как осенний листопад или зимние морозы, и на данный момент вне зависимости от того, какие эмоции это может вызывать, именно продуктовая линейка Ivy Bridge олицетворяет собой наивысший уровень процессорных технологий Intel, доступных разработчикам встраиваемых решений. И так будет продолжаться в течение ближайших нескольких месяцев — пока неумолимая логика закона Мура не приведет Intel к выпуску процессоров следующего поколения на основе микроархитектуры Haswell

*Сысоев Анатолий Дмитриевич — директор направления ЗАО «РТСофт».  
Контактные телефоны: (495) 742-6828, 967-1505.  
Http:// www.rtsoft.ru, E-mail: pr@rtsoft.ru*