

УДК: 004.318

Архитектура микропроцессоров Intel Sandy Bridge

Чубченко А.С., Госуниверситет – УНПК, 11-КЭ

Актуальность: Стремительный рост производства и развитие микропроцессорных архитектур требует отслеживания самых важных особенностей и их реальную востребованность на сегодняшний день.

Цель: Разбор особенностей современных микропроцессорных технологий на примере архитектуры Intel Sandy Bridge, анализ уникальных параметров этой платформы.

Уже на протяжении нескольких лет компания Intel следует своему заданному темпу развития, постепенно переходя на более тонкие нормы техпроцесса и представляя архитектурные совершенствования своих процессов. Очередной и вполне ожидаемой вехой в развитии микропроцессорных технологий стало внедрение прогрессивной процессорной платформы Intel Sandy Bridge. Годом выхода данной технологии принято считать 2011 год.

Однако чем ближе дата выпуска новой микроархитектуры, чем больше мы узнаём об её особенностях, тем больше становятся заметны сходства соседних поколений, и тем более очевиден эволюционный путь изменений в схемотехнике процессоров. Уже окончательно можно говорить о конце 15-летней эпохи микроархитектуры P6 (Pentium Pro) и о появлении нового поколения микроархитектуры Intel. К тому же, по заверениям Intel, почти вся процессорная линейка, за исключением семейства Atom, будет переведена на новую микроархитектуру Sandy Bridge. Соответственно, то же самое произойдет с выходом следующей микроархитектуры – Ivy Bridge.

Можно сравнить Sandy Bridge с его предшественником – Nehalem. Сразу бросается в глаза одно из главных конструктивных отличий Sandy Bridge от Nehalem - размещение вычислительных ядер и северного моста на одном кристалле. Можно вспомнить, что в Nehalem сам ЦП и северный мост располагались под общей крышкой, но размещались на самостоятельных чипах, которые, к тому же, были выполнены по разным техпроцессам: ЦП - по 32-нм, а северный мост - по 45-нм. В Sandy Bridge это единый кристалл, выполненный по 32-нм техпроцессу, на котором находятся вычислительные ядра, графическое ядро, контроллеры ОЗУ, PCI Express, электропитания (Power Control Unit, PCU) и блок видеовыхода. При этом монолитный чип производится по 32-нм. техпроцессу. Плотная интеграция всех блоков позволила на одном кристалле площадью порядка 216 мм² разместить почти миллиард транзисторов (995 млн).

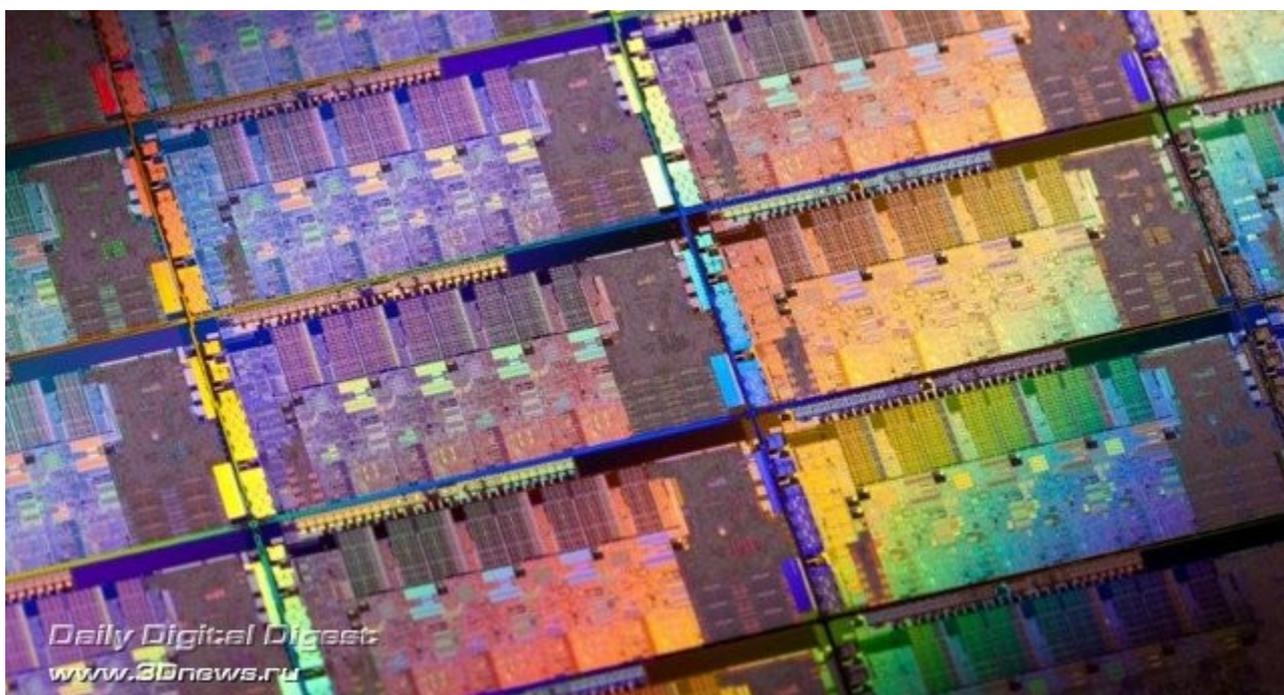


Рисунок 1 – Техпроцесс Intel Sandy Bridge

Чипы Sandy Bridge способны обрабатывать до четырёх инструкций за такт благодаря четырём декодерам, встроенным в блоки выборки команд. Эти

декодеры преобразуют инструкции x86 в простые RISC-подобные микроинструкции.

Можно заметить, что Intel вкладывает больше сил и энергии в процессоры уже существующего сегмента. Процессоры на базе Sandy Bridge созданы для того, чтобы отключать функциональные элементы, когда они не востребованы. Регуляторы напряжения должны уметь переключать большой ток гораздо более отзывчиво, чем раньше, чтобы правильно поддерживать Sandy Bridge. Конечно, такие нововведения влекут за собой потерю обратной совместимости с предыдущими моделями процессоров.

Важнейшее нововведение в процессорах Sandy Bridge - это так называемый "кэш нулевого уровня" L0, в принципе отсутствовавший в процессорах предыдущего поколения. Кэш L0 способен хранить до 1536 декодированных микроинструкций: его смысл заключается в том, что когда исполняемая программа повторно выполняет одни и те же инструкции, не требуется заново декодировать одни и те же инструкции. Такая схема позволяет заметно повысить производительность: по оценкам специалистов Intel, L0 используется в 80% машинного времени. Кроме того, при использовании L0 отключаются декодеры и кэш-память первого уровня, а чип потребляет меньше энергии и выделяет меньше тепла.

Рост интеграции, а в будущем и количества ядер привел к отказу Intel от обычной перекрестной топологии, когда каждое ядро имело свое собственное подключение к общей кэш-памяти (L3), в пользу кольцевой межкомпонентной шины. Также она заменит и QPI, которая применялась в Arrandale/Clarkdale для связи с контроллером памяти и графикой и являлась ограничителем производительности. Теперь для сообщения всех ключевых компонентов Sandy Bridge - графического и процессорных ядер, кэша L3 (или LLC - Last Level Cache), а так же системного агента используется высокоскоростная кольцевая шина. Это упрощает разводку и значительно улучшает возможности масштабирования. При частоте 3 ГГц

производительность кольцевой шины оценивается на уровне 96 ГБ/с на соединение. Благодаря тому, что при пересылке данных всегда выбирается кратчайший маршрут, в некоторых случаях у кольцевой шины будет и меньшая задержка.

Каждое из четырёх процессорных ядер имеет прямой доступ к «своему» сегменту кэша L3, при этом каждый сегмент кэша L3 предоставляет половину ширины своей шины для доступа кольцевой шины данных, при этом физическая адресация всех четырёх сегментов кэша обеспечивается единой хэш-функцией. Каждый сегмент кэша L3 обладает собственным независимым контроллером доступа к кольцевой шине, он отвечает за обработку запросов по размещению физических адресов. Кроме того, контроллер кэша постоянно взаимодействует с системным агентом на предмет неудачных обращений к L3, контроля межкомпонентного обмена данными и некэшируемых обращений.

Новый набор SIMD-инструкций в чипах Sandy Bridge получил название AVX - Advanced Vector Extensions. Фактически это очередное поколение SIMD-инструкций (Single Instruction, Multiple Data) Разрядность регистров XMM в инструкциях AVX увеличен вдвое до 256 бит, появились 12 новых инструкций с поддержкой четырёхоперандных команд. Поддерживаются технология аппаратного шифрования Advanced Encryption Standard (AES) и система виртуализации Virtual Machine Extensions (VMX).

TDP - (англ. thermal design point) - величина, показывающая, на отвод какой тепловой мощности должна быть рассчитана система охлаждения процессора.

Одна из ключевых особенностей, которая улучшает общую эффективность процессора, тесно связана с использованием TDP, и это – технология Turbo Boost второго поколения. В зависимости от модели процессора она обеспечивает временный прирост тактовой частоты при серьезной нагрузке. В отличие от предыдущей версии технологии, Turbo

Boost 2.0 может задействовать все ядра, имеющиеся в наличии, и повысить частоту на столь долгий срок, пока тепловой и энергетический пакет не будут до конца выбраны. В реальной жизни это означает, что процессоры Core i5 или Core i7 будут работать на увеличенной тактовой частоте ограниченное время. Когда будет достигнут максимальный уровень тепловыделения, процессор снизит частоту до момента выравнивания частоты с энергопотреблением – в худшем случае, он упадет до номинальной частоты.

Сама по себе технология Turbo Boost не обязательно повысит эффективность, но система типа Sandy Bridge, которая обеспечивает максимально низкое энергопотребление в состоянии простоя, должна оставаться в этом состоянии как можно дольше. Это означает, что система должна справляться с предложенными нагрузками максимально быстро, чтобы быстро вернуться в состояние простоя.

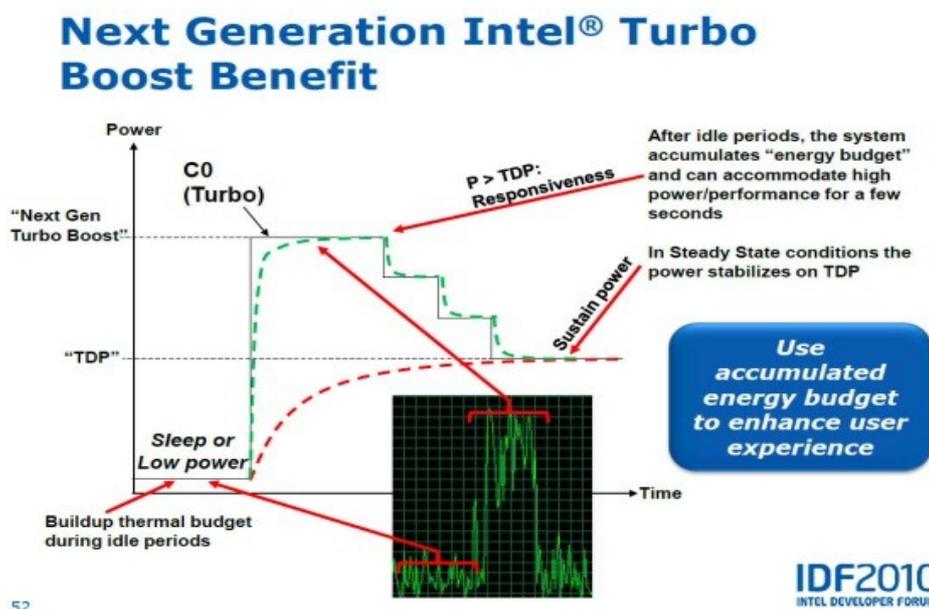


Рисунок 2 – Технология Intel Turbo Boost нового поколения

На рисунке наглядно показан график кратковременного прироста производительности при использовании технологии Turbo Boost. Всплеск производительности плавно переходит к заданному состоянию TDP, не допуская перегрева процессора.

Можно сделать несколько выводов касаясь архитектуры Sandy Bridge. Intel не совершила принципиальный революционный прорыв, но тем не менее, большое количество различных усовершенствований дают хороший итоговый результат: компании удалось одновременно улучшить как удельное быстродействие на мегагерц, так и энергоэффективность, что немаловажно на сегодняшний день. Даже больше - энергопотребление у процессоров Sandy Bridge действительно очень низкое, что зачастую сильно влияет на выбор устройства с требованием к энергосбережению. Многим приятно иметь компьютер, способный работать на частоте 5 ГГц с воздушным охлаждением, который отключает вентилятор, когда процессор не загружен работой.

Что касается устройств конкурента, то многие ждут ответа от AMD в виде процессоров с новой архитектурой и 32-нанометровым техпроцессом, которые смогут составить серьезную конкуренцию чипам Intel.

Список литературы

1. Сравнение эффективности: Sandy Bridge против процессоров Intel и AMD [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) – Режим доступа: http://www.thg.ru/cpu/sandy_bridge_energy/print.html; (дата обращения: 20.10.2012)
2. Intel Sandy Bridge: прогрессивная архитектура для универсальных CPU [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) – Режим доступа: http://itc.ua/articles/intel_sandy_bridge_progressivnaya_arhitektura_dlya_universalnyh_cpu_51296/; (дата обращения: 21.10.2012)
3. Путеводитель по процессорам Intel Sandy Bridge (часть 1) [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) – Режим доступа: <http://www.computerra.ru/terralab/platform/612818/>; (дата обращения: 19.10.2012)
4. Микроархитектура Intel Sandy Bridge, часть I [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) – Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/guide/intel-sandy-bridge/>; (дата обращения: 30.10.2012)