



Статья
Архитектура Intel®

Расширение самой популярной в мире процессорной архитектуры

Нововведения, способные повысить производительность и энергоэффективность архитектуры Intel®

Р. М. Раманатан (R. M. Ramanathan),
Корпорация Intel

Соавторы

Рон Карри (Ron Curry),
Шринивас Ченнупати (Srinivas Chennupaty),
Роберт Л. Кросс (Robert L. Cross),
Шийонг Као (Shihjong Kuo),
Марк Дж. Бахтон (Mark J. Buxton),
Корпорация Intel

Введение

Корпорация Intel в течение долгого времени постоянно внедряет новые возможности в архитектуру процессоров, что позволяет создавать передовые высокопроизводительные приложения с новыми функциями. Начиная с процессора Intel® 8086 и заканчивая последним расширением набора команд Supplemental Streaming SIMD Extensions 3 (Supplemental SSE3), реализованном в процессорах Intel® Core™2 Duo, корпорация Intel непрерывно увеличивает возможности самой популярной и широко используемой архитектуры процессоров – архитектуры Intel®. Новое расширение набора команд стало самым значительным событием со времени появления SSE2. Оно представляет собой очередной важный этап в истории корпорации Intel, продукция которой всегда становится эталоном производительности, мощности и энергосбережения на годы вперед.

Новые инструкции дополняют и без того обширную архитектуру набора команд (instruction set architecture, ISA) Intel® 64. Они позволяют нашим процессорам, выпускаемым для всех массовых секторов рынка, достичь наивысших уровней производительности и энергосбережения при работе целого спектра 32-разрядных и 64-разрядных приложений. Эти новые инструкции включают:

- **Расширение набора команд Streaming SIMD Extensions 4 (SSE4)** – компоненты для увеличения эффективности, повышения производительности и снижения энергопотребления при выполнении большинства приложений.
- **Набор команд Application Targeted Accelerator, ATA** (программно-ориентированные ускорители) – новые средства для сокращения времени задержки и энергопотребления при работе специализированных приложений.

Эти инструкции стали очередной важной вехой в осуществлении принятой корпорацией Intel новой концепции постоянного роста темпов развития производственных технологий и процессорных архитектур. Улучшения коснутся работы самых разных приложений: приложений для работы с графикой, приложения для кодирования и обработки видео, создания трехмерных изображений, игр, Web-серверов и серверов приложений. Увеличится производительность приложений с высокой интенсивностью вычислений анализа хранилищ данных, СУБД, сложных алгоритмов поиска и сопоставления, алгоритмов сжатия звука, видео, изображений и данных, алгоритмов синтаксического анализа и анализа логических состояний, а также многих других приложений.

В данной статье мы опишем предысторию создания архитектуры набора команд и приведем обзор новых инструкций, включающих в себя векторный компилятор SSE4 и ускорители передающих сред, эффективное ускорение последовательности SSE4 и обработка текста, а также программно-ориентированные ускорители.

Самый передовой набор команд

Intel совершенствует ISA, чтобы реализовать весь потенциал своей микроархитектуры, и в то же время обеспечить необходимый уровень совместимости с процессорами предыдущих поколений на уровне приложений. Новые процессоры Intel Core 2 Duo – хороший пример поддержки совместимости наборов команд. Несмотря на то, что процессоры Intel Core 2 Duo имеют новую внутреннюю конструкцию, в них реализована версия ISA, практически идентичная набору команд процессоров предыдущего поколения Intel® Pentium® D, что гарантирует совместимость на уровне приложений. Практически все приложения, разработанные для процессоров Intel Pentium D, смогут выполняться на процессорах Intel Core 2 Duo без каких-либо изменений. Более того, благодаря повышенным уровням производительности и энергосбережения новых процессоров, эти приложения будут работать лучше.

В рамках нашей новой концепции происходит постоянное совершенствование производственных технологий и микроархитектуры Intel. Параллельно мы развиваем набор команд Intel. В каждом новом поколении появляются следующие изменения:

1. Корпорация Intel оптимизирует имеющиеся инструкции, чтобы реализовать в них весь потенциал новейшей микроархитектуры, повысить производительность и энергосбережение, и в то же время обеспечить возможность выполнения имеющихся приложений без каких-либо изменений.
2. Intel также добавляет новые наборы команд, предназначенные для оптимизации производительности и снижения потребляемой мощности при выполнении широкого спектра имеющихся и новых приложений. Чтобы получить максимальную выгоду от использования новых инструкций, старые приложения необходимо перекомпилировать с помощью обновленных версий компиляторов Intel или других производителей. (Дополнительная информация размещена по адресу: www.intel.com/software).

Как видите, в обоих случаях гарантируется корректная работа существующего ПО по мере развития и добавления новых наборов команд. В равной степени важно и то, что как новые приложения, включающие в себе эти инструкции, так и существующие приложения, которые перекомпилируются для работы в новых условиях, получают новые возможности производительности.

Лидирующие позиции Intel в области создания ISA распространяются на обширную экосистему ОС, включая Microsoft Windows* и Vista*, UNIX*, Linux*, а теперь и ОС Macintosh*. Стремление к совершенствованию нашей архитектуры набора команд включает следующее:

- Создание архитектурной совместимости со всеми ОС благодаря широкой поддержке отраслевой экосистемы.
- Единый подход к 32- и 64-разрядным расширениям, позволяющий внедрять самые передовые инновации.

Микроархитектура и архитектура набора команд

Чтобы по достоинству оценить значение новых инструкций, необходимо иметь представление о различных архитектурах, используемых при проектировании современных микропроцессоров, а также о роли каждой из них.

- ISA (архитектура набора команд) – часть общей архитектуры компьютера, имеющая отношение к программированию. Она определяет типы внутренних данных, машинные команды, регистры, режимы адресации, архитектуру памяти, обработку прерываний и исключительных состояний, а также взаимодействие с внешними устройствами ввода/вывода. ISA включает спецификацию кодов операций (машинных команд), реализованных в микропроцессоре конкретного типа. В рамках семейства процессоров ISA со временем часто расширяется путем добавления новых инструкций для увеличения производительности и энергосбережения. При этом сохраняется совместимость с имеющимися приложениями.
- Микроархитектура описывает модель, топологию и реализацию ISA на микросхеме. Она определяет общую блочную конструкцию, структуру ядер, исполнительных устройств различных типов (например, вычислений с плавающей запятой, целочисленных, блоков предсказания переходов, SIMD), структуру конвейеров, организацию кэш-памяти и взаимодействие с внешними устройствами. В рамках семейства процессоров микроархитектура со временем часто оптимизируется путем добавления новых усовершенствований для повышения производительности, энергосбережения и функциональных возможностей. При этом сохраняется совместимость с ISA.

- Совместная работа с разработчиками и независимыми поставщиками ПО (ISV) в области разработки новых инструкций, чтобы помочь им перейти на расширенную архитектуру машинных команд Intel.
- Обеспечение корректного выполнения и улучшения работы имеющихся приложений.
- Обеспечение корректного выполнения, увеличения производительности и энергосбережения при выполнении новых приложений, использующих расширения набора команд.
- Предоставление спецификаций Intel ISA другим разработчикам архитектуры в качестве целостного стандарта для упрощения деятельности сообщества разработчиков ПО.

История ISA

Разработчики знают, что увеличение количества инструкций, выполняемых одновременно, позволяет убирать из приложений участки кода, требующие большого количества тактов процессора для обработки данных. Корпорация Intel всегда поощряла такую практику кодирования, чтобы помочь повысить общую пропускную способность процессора.

Intel уже очень давно использует упреждающую программу по увеличению производительности приложений, выполняющихся на процессорах Intel. Это достигается путем создания специализированных наборов команд. Один из первых примеров таких разработок – набор команд для вычислений с плавающей запятой, впервые реализованный в процессоре 8086. Более современные примеры включают технологии Single Instruction, Multiple Data (SIMD) и Intel® MMX™. SIMD – технология Intel для повышения уровня параллелизма в микроархитектуре P5 с помощью специализированных инструкций, которые одновременно обрабатывают множество элементов данных. Набор команд MMX позволил одновременно обрабатывать данные большего объема, загружаемые в специальные регистры MMX. Эта технология ускоряет работу мультимедийных приложений, например, графики, игр, видео, а также многих других.

В микроархитектуре P6 корпорация Intel впервые представила набор команд Streaming SIMD Extensions (SSE). Эти команды были реализованы в процессоре Intel® Pentium® III. Набор команд SSE расширял возможности технологии MMX и позволял одновременно выполнять команды SIMD над четырьмя упакованными элементами данных с плавающей запятой одинарной точности. Для этого использовались специальные 128-разрядные регистры (названные XMM0-XMM7). На базе микроархитектуры Intel NetBurst® (процессор Intel® Pentium® 4) был разработан набор команд SSE2, который стал расширением SSE (и MMX). SSE2 предназначался для повышения степени параллелизма при выполнении команд MMX и SSE. Поддерживалась обработка 128-разрядных целочисленных данных и упакованных данных с плавающей запятой двойной точности. В целом набор команд SSE2 содержал 144 дополнительные инструкции, которые обеспечивали повышение производительности самых разных приложений.

Например, инструкции SSE2 предоставили разработчикам ПО максимум гибкости при реализации алгоритмов. Они позволили улучшить производительность программ, связанных с обработкой видео в формате MPEG-2, звука в формате MP3, трехмерной графики и других приложений.

В процессоре Pentium 4, выпускаемом по 90-нм производственной технологии, был

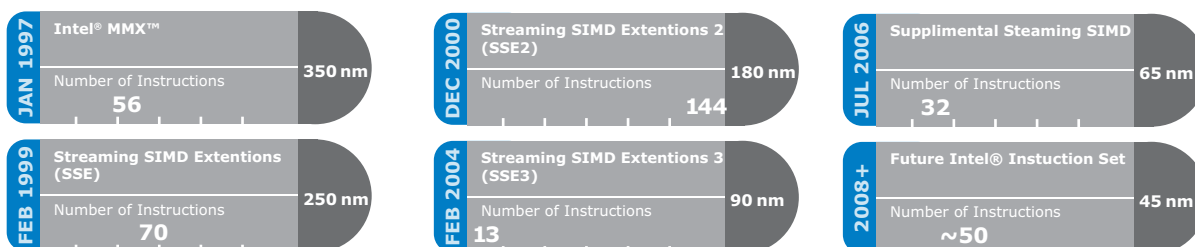
Наборы команд на базе архитектуры Intel® (IA)

Корпорация Intel разработала три типа ISA, которые оптимизированы для различных секторов рынка и приложений. Это позволяет нам создавать передовые решения для всего спектра 64-разрядных и 32-разрядных вычислений.

- **Архитектура IA-64** предназначена для профессиональных серверов и приложений с высокой интенсивностью вычислений. Эта архитектура набора команд реализована в семействе процессоров Intel® Itanium®.
- **Архитектура Intel® 64** предназначена для клиентских ПК и серверов, на которых выполняются массовые 64-разрядные приложения. Эта архитектура реализована в процессорах:
 - Intel® Xeon®;
 - Intel® Core™2 Duo.
- **Архитектура IA-32** предназначена для клиентских ПК, на которых выполняются массовые 32-разрядные приложения. Эта архитектура реализована в процессорах:
 - Intel® Celeron® и Intel® Pentium® в корпусе FC-PGA2;
 - с ультранизким напряжением питания;
 - Intel® Core™ Duo.

Важно отметить, что архитектура Intel® 64 является 64-разрядной. Она является расширенной версией IA-32, однако сохраняет с ней совместимость. Эта современная архитектура ISA позволяет выполнять новые 64-разрядные приложения, а также обеспечивает прямую адресацию памяти большего объема, чем IA-32.

реализован набор команд SSE3. Он включает 13 дополнительных инструкций SIMD по сравнению с SSE2. Эти инструкции в первую очередь предназначены для организации синхронизации потоков и ускорения математических вычислений с плавающей запятой x87. Следующим достижением, доступным в процессорах на базе микроархитектуры Intel Core, стал набор команд Supplemental SSE3. Он реализован в процессорах Intel® Xeon® 5100 (для серверов и рабочих станций) и Intel Core 2 Duo (для мобильных и настольных ПК). Supplemental SSE3 содержит 32 новых кода операций, включая выравнивание и умножение-суммирование, и позволяет еще больше повысить производительность.

Последние расширения набора команд Intel® Additions

Обзор расширения набора команд SSE4 для архитектуры Intel®

SSE4 – самое масштабное и значительное расширение архитектуры Intel ISA со времени появления SSE2. Набор команд SSE4 содержит несколько примитивов векторизации для компиляторов, обеспечивающих дальнейшее увеличение производительности и эффективности мультимедийных приложений. Имеются также и новые инновационные инструкции для обработки строк. С появлением процессоров на базе 45-нм микроархитектуры Intel® (кодовое наименование Penryn), начало выпуска которых запланировано на 2007 год¹, эти новые инструкции станут доступными для большинства массовых секторов рынка, включая секторы настольных ПК, мобильных ПК и серверов².

Корпорация Intel тесно сотрудничает с отраслевыми партнерами, в том числе с независимыми поставщиками ПО и производителями операционных систем, чтобы принять SSE4 в качестве нового стандарта набора команд. Мы учли множество потребностей разработчиков ПО, чтобы создать лучший оптимизированный набор команд, который позволит им в полной мере использовать уникальные возможности, производительность и функции энергосбережения, свойственные микроархитектуре Intel.

Набор команд SSE4 будет включать множество новых инновационных инструкций, которые можно разделить на две основные категории:

- Примитивы векторизации для компиляторов и ускорители мультимедийных приложений.
- Ускорители обработки строк и текстовой информации.

Микроархитектура Intel® Core™ – основа для инноваций

Переход на многоядерные вычисления открывает новые возможности для создания дополнительных инноваций на уровне микроархитектуры и на уровне набора команд, которые обеспечат дальнейшее увеличение быстродействия и энергосбережения. В качестве подтверждения этого можно привести технологию Intel® Advanced Digital Media Boost, реализованную в микроархитектуре Intel® Core™. Эта передовая технология позволяет существенно ускорить выполнение инструкций SSE, которые используются в самых разных приложениях, включая обработку видео, голоса и изображений, обработку фотографий, шифрование, а также финансовые, инженерные и научные расчеты. Технология Intel Advanced Digital Media Boost обеспечивает завершение выполнения большинства 128-разрядных инструкций за один такт процессора, что при одинаковой частоте процессора означает удвоение скорости выполнения этих инструкций по сравнению с предыдущими поколениями. Это всего лишь один из примеров того, как микроархитектура и набор команд эффективно взаимодействуют и дополняют друг друга для создания дополнительных преимуществ ПО.

Успешная разработка и внедрение расширений архитектуры Intel ISA для повышения производительности и энергосбережения, таких как SSE3 и Supplemental SSE3 – только начало. Новые наборы команд расширяют возможности архитектуры Intel®. В них реализуются инновационные команды, позволяющие повысить производительность и сократить энергопотребление при выполнении широкого спектра приложений.

Векторизирующий компилятор и мультимедиа ускорители SSE4

В набор команд SSE4 добавлены несколько базовых новых векторизирующих компиляторных элементов (фундаментальные операции, на основе которых могут быть построены более сложные операции), которые расширяют возможности архитектуры Intel, оптимизируя производительность и понижая энергопотребление. Компиляторы, использующие эти усовершенствованные векторизирующие элементы, помогут реализовать их преимущества в широком диапазоне приложений, включая мультимедиа приложения, а также серверные приложения для высокопроизводительных вычислений (HPC).

Эти векторизирующие компиляторные элементы включают в себя усовершенствованные целочисленные операции и операции с плавающей точкой, поддержку упакованных операций DWORD и QWORD, новые операции с плавающей точкой одинарной точности, быстрые регистровые операции, оптимизированные операции памяти и др.

Приложения, которые получают преимущества, включают в себя обработку изображений и графики, обработку видеoinформации, формирование двух- и трехмерных изображений, мультимедиа, игровые возможности, интенсивные рабочие нагрузки, рабочие нагрузки высокопроизводительных вычислений и др.

Подгруппа	Процессорные команды	Описание	Ожидаемые улучшения в работе приложения
Различные упакованные операции DWORD	PMULLD, PMULDQ	Новая поддержка четырех знаковых (и без знака) 32x32 битных умножений за одну инструкцию, так же как знаковые умножения вида 32x32->64.	Широко применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, написанных на языках программирования высокого уровня (таких как C и Fortran).
Скалярное произведение с плавающей точкой	DPPS, DPPD	Повышенная производительность обработки данных типа AOS (массив структур) посредством поддержки скалярных произведений с одинарной и двойной точностью.	Создание трехмерного контента, игр. Поддержка языков программирования, таких как CG и HLSL.
Упакованное сопряжение	BLENDPS, BLENDPD, BLENDVPS, BLENDVDP, PBLENDVB, PBLENDVW	Условно операция сопряжения копирует одно поле от источника и переносит его в место назначения. Эти новые процессорные команды повысят производительность операций сопряжения для большинства размеров полей, посредством упаковки операций умножения в единую инструкцию.	Широко применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, написанных на языках программирования высокого уровня (таких как C и Fortran), а также для приложений, предназначенных для обработки изображений, видеoinформации. Мультимедиа и игровые ресурсы.
Упакованные целочисленные максимальные и минимальные значения	PMINSB, PMAXS, PMINUW, PMA XUW, PMINUD, PMA XUD, PMINDS, PMA XSD	Сравнивает упакованные знаковые/без знака на уровне байт/слов/двойных слов целочисленные значения в операнде назначения и в исходном операнде и возвращает минимальное или максимальное значение за одну инструкцию для каждого упакованного операнда в операнде назначения.	Широко применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, написанных на языках программирования высокого уровня (таких как C и Fortran), а также для приложений, предназначенных для обработки изображений, видеoinформации. Мультимедиа и игровые ресурсы.
Округление значений с плавающей запятой	ROUNDPS, ROUNDSS, ROUNDPD, ROUNDD	Эффективно округляет скаляр и упакованный операнд с одинарной или двойной точностью до целочисленного значения с поддержкой требований языков программирования Fortran, JAVA и C99.	Обработка изображений, графики, видеoinформации. Приложения с двухмерной/трехмерной графикой, мультимедиа и игровые ресурсы.
Вставка/извлечение регистров	INSERTPS, PINSRB, PINSRD, PINSRQ, EXTRACTPS, PEXTRB, PEXTRD, PEXTRW, PEXTRQ	Эти новые процессорные команды упрощают процесс вставки и извлечения между регистрами GPR (или памятью) и XMM.	Широко применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, написанных на языках программирования высокого уровня (таких как C и Fortran), а также для приложений, предназначенных для обработки изображений, видеoinформации. Мультимедиа и игровые ресурсы.
Упакованное преобразование форматов	PMOVSX, PMOVZX, PMOVSXB, PMOVZXB, PMOVSXBQ, PMOVZXBQ, PMOVSXW, PMOVZXW, PMOVSXWQ, PMOVZXWQ, PMOVSXDQ, PMOVZXDQ	Преобразует упакованное целочисленное значение (из регистра XMM или памяти) в целочисленное значение более широкого типа со знаковым или нулевым расширением.	Широко применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, написанных на языках программирования высокого уровня (таких как C и Fortran), а также для приложений, предназначенных для обработки изображений, видеoinформации. Мультимедиа и игровые ресурсы.
Упакованная проверка и установка	PTEST	Более быстрое ветвление архитектуры SIMD, осуществляемое для поддержки векторизованного кода.	Применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, обработки изображений и видеoinформации, создания трехмерного контента. Мультимедиа и игровые ресурсы.
Упакованное определение идентичности	PCMPEQQ, PCMPGTQ	Архитектура SIMD определяет идентичность упакованных значений QWORDS в операнде назначения и в исходном операнде.	Широко применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, написанных на языках программирования высокого уровня (таких как C и Fortran), а также для приложений, предназначенных для обработки изображений, видеoinформации. Мультимедиа и игровые ресурсы.
Упаковка DWORD в беззнаковый формат WORD	PACKUSDW	Преобразует упакованный знаковый DWORD в упакованный формат WORD без знака посредством беззнакового сосредоточения для обработки условий переполнения. Эта новая процессорная команда завершает набор других команд в этом формате.	Широко применимо для автоматизации компиляторной векторизации обработки данных, написанных на языках программирования высокого уровня (таких как C и Fortran), а также для приложений, предназначенных для обработки изображений, видеoinформации. Мультимедиа и игровые ресурсы.

Эффективная ускоренная обработка строк и текста SSE4

Набор процессорных команд SSE4 содержит новые команды обработки строк и текста, которые позволяют увеличить производительность приложений для обработки данных, поиска и других текстовых приложений. Эти новые процессорные команды включают в себя набор команд сравнения упакованных строк, который позволяет производить несколько операций сравнения и поиска за одну инструкцию. В общем, каждая из этих новых команд содержит в себе большое количество новейших возможностей обработки

строк для преобразования операций, которым требуется участие сразу нескольких команд, а также для сохранения функциональности предыдущих архитектур набора команд.

Приложения, которые получают преимущества, включают в себя базы данных, поиск текста, сканирование вирусов, строковая обработка библиотек, таких как ZLIB, приложения пересылки/распознавания маркера (такие как компиляторы) и приложения, предназначенные для конечного автомата.

Подгруппа	Процессорные команды	Процессорные команды	Ожидаемые улучшения в работе приложения
Улучшенные строковые операции	PCMPESTRI, PCMPESTRM, PCMPISTRI, PCMPISTRM	Эти новые процессорные команды содержат в себе большое количество возможностей обработки строк и текста, которые обычно требуют участия большого количества кодов операции.	Повышенная производительность для сканирования вирусов, поиска текста, строковой обработки библиотек, таких как ZLIB, базы данных, компиляторы и приложения, предназначенные для конечного автомата.

Обзор программно-ориентированных ускорителей

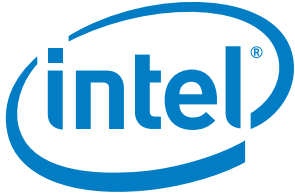
Программно-ориентированные ускорители расширяют возможности архитектуры Intel посредством оптимизации производительности, сверхнизкого напряжения и непосредственно специализированных ускорителей пониженного энергопотребления в процессоре, предназначенных для специальных приложений. Ускорители – это лишь начало естественной эволюции, добавления различных специализированных усовершенствований в процессор. Это подобно эволюции кремниевой технологии – начиная с 65-нанометровой, заканчивая 45-нанометровой и даже 32-нанометровой производственной технологией, что позволяет устанавливать дополнительные транзисторы, а, соответственно, и дополнительные ядра, кэш-память и т. д. Как результат – высокая производительность и превосходная энергоэффективность при выполнении специализированных приложений.

Первая часть программно-ориентированных ускорителей ускоряет процедуру циклического контроля по избыточности (CRC) целостности данных некоторых приложений. Эта новая команда CRC позволяет процессору быстро и эффективно проверять целостность данных при меньших затратах ресурсов, чем при использовании отдельных микросхем в верхнем слое протоколов передачи данных, таких как протоколы iSCSI и RDMA, где инструкция CRC играет лишь роль

обнаружителя ошибок. Процессорная команда CRC предоставляет гарантию распределения предметной области базы данных с высокой скоростью передачи в сетевом хранилище в любой пользовательской среде. Без этой инструкции поставщики услуг вынуждены использовать дорогостоящие платы-ускорители с высоким энергопотреблением для получения подобных преимуществ. Мощность многоядерных процессоров Intel на базе микроархитектуры Intel Core и эта новая процессорная команда CRC позволяют увеличить производительность специализированных сетевых протоколов, таких как iSCSI и RDMA, без дополнительных затрат. Это будет способствовать распространению недорогих решений – сетей хранения данных на базе протокола iSCSI. Подобные сети являются достойной альтернативой гораздо более дорогостоящих оптоволоконных каналов и могут помочь решить различные проблемы, связанные с хранением данных.

Вторая часть программно-ориентированных ускорителей состоит из единственной процессорной команды POPCNT, которая может быть использована для эффективного поиска в огромном объеме данных. Она работает посредством подсчета количества бит множества в объекте данных. Приложения, которые получают преимущества от этой инструкции: выявление генома, распознавание почерка, медицина и быстрое вычисление хэмминговского расстояния и заполнения.

Подгруппа	Процессорные команды	Процессорные команды	Ожидаемые улучшения в работе приложения
Быстрый CRC (циклический контроль по избыточности)	CRC32	Находит значение CRC, используя разновидность полиномиального кода данного исходного операнда.	Быстрая и эффективная проверка целостности данных при помощи протокола передачи данных для сетевых хранилищ (например, iSCSI и RDMA).
Ускоренный поиск и распознавание образов огромных наборов данных	POPCNT	Подсчет количества бит со значением 1 в данном операнде.	Помогает достигнуть более высокой производительности в таких приложениях как выявление генома, распознавание почерка, медицина, быстрые хэмминговские алгоритмы и др.



www.intel.com

Заключение

SSE4 и программно-ориентированные ускорители – самое масштабное и значительное расширение архитектуры Intel ISA со времени появления SSE2. Это важный этап в истории корпорации Intel, продукция которой всегда становится эталоном производительности, мощности и энергосбережения на годы вперед. Передовая позиция и постоянная работа корпорации Intel по созданию расширений архитектуры набора команд Intel открывают новые пути для повышения быстродействия и снижения потребляемой мощности при работе самых разных приложений. Мы продолжаем сотрудничество с сообществом разработчиков программного обеспечения в области расширений наборов команд, которые позволят существенно увеличить возможности их продукции и принести реальные выгоды клиентам благодаря ускорению работы приложений и сокращению затрат.

Ссылки в Интернете

www.intel.com/technology/architecture/new_instructions.htm

www.intel.com/technology

Ссылки

Микроархитектура Intel® Core™

www.intel.com/technology/architecture/coremicro

1. Корпорация Intel еще не анонсировала дату выпуска продукции на базе 45-нанометровой архитектуры.

2. Большая часть этих команд будет доступна в платформе Penryn, некоторые из них будут доступны в микропроцессорах, которые будут выпущены после выпуска Penryn.

© 2006 Корпорация Intel. Все права защищены. Intel, логотип Intel, Intel. Leap ahead., логотип Intel. Leap ahead., Intel 8086, Intel Core Duo, Intel Core 2 Duo, Pentium, MMX, Itanium, Celeron, Intel NetBurst, Intel Core и Xeon являются зарегистрированными товарными знаками корпорации Intel в США и других странах.

* Другие наименования и товарные знаки являются собственностью своих законных владельцев.

315383-001US