

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Робототехнические системы»

А. А. Москаленко  
З. И. Кононенко  
А. Р. Околов

## МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Методическое пособие  
по дисциплинам

«Проектирование микропроцессорных систем управления»,  
«Языки, системы и технологии программирования»  
и «Микропроцессорные системы управления»  
для студентов специальностей

1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов  
и производств», 1-53 01 02 «Автоматизированные системы  
обработки информации» и 1-53 01 06 «Промышленные  
роботы и робототехнические комплексы»

Минск  
БНТУ  
2012

УДК 004.31(075.8)

ББК 32.97я7

М82

Рецензенты :

*Н. Н. Гурский, Ю. Н. Петренко*

**Москаленко, А. А.**

- М82 Микропроцессоры : методическое пособие по дисциплинам «Проектирование микропроцессорных систем управления», «Языки, системы и технологии программирования» и «Микропроцессорные системы управления» для студентов специальностей 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств», 1-53 01 02 «Автоматизированные системы обработки информации» и 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» / А. А. Москаленко, З. И. Кононенко, А. Р. Околов. – Минск : БНТУ, 2012. – 61 с.  
ISBN 978-985-525-903-0.

Данное методическое пособие предназначено для ознакомления и углубленного изучения студентами достижений в области разработки и изготовления микропроцессоров, которые являются основой построения современных компьютеров.

В пособии излагаются материалы, отражающие появление первых микропроцессоров, их развитие от микрометровой технологии до современной нанометровой. При этом за основу взяты идеи и разработки фирмы Intel, которая по мнению специалистов, считается ведущей в мире.

В работе представлены инновационные решения фирмы Intel, которые она внедрила в новые разработки при переходе к нанометровой технологии.

Приводятся основные разработки микропроцессоров как на микрометровой, так и на новой нанотехнологической технологии для настольных компьютеров, ноутбуков, серверов и микропроцессоров для Internet.

Методическое пособие может быть полезно инженерам и преподавателям, занимающихся исследованием систем управления.

**УДК 004.31(075.8)**

**ББК 32.97я7**

ISBN 978-985-525-903-0

© Москаленко А. А., Кононенко З. И.,  
Околов А. Р., 2012

© Белорусский национальный  
технический университет, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Появление первого микропроцессора 4004 в 1971 году положило начало четвертому поколению ЭВМ на микропроцессорной основе.

Микропроцессор – самый главный узел любого компьютера, его «мозг». Важнейшими характеристиками являются тактовая частота работы, производительность, степень интеграции транзисторов в кристалле, энергопотребление, передовая технология производства. Это определяет, с одной стороны, стоимость, с другой – спрос на компьютеры.

Характеристики микропроцессоров непрерывно улучшаются. Производством микропроцессоров занимаются многие фирмы: Intel, AMD, Hewlett, Packard, Motorola, Zilog, российская фирма «Эльбрус», Ciryx и др. Проанализировать достоинства всех фирм в данном методическом пособии не представляется возможным. Важно то, что множество фирм создает конкуренцию, что способствует стремительному прогрессу в области производства микропроцессоров.

По нашему мнению, для студентов будет представлять наибольший интерес развитие микропроцессоров и инновационных решений при разработке и производстве микропроцессоров той фирмы, которая занимает ведущие позиции в мире. Такой фирмой большинство специалистов считает фирму Intel.

## 1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Корпорация Intel (INTEgrated Electronics – Интегральная электроника) была создана в июне 1968 года Гордоном Муром и Робертом Нойсом.

В 1971 году корпорация объявила о выпуске первого в мире микропроцессора 14004. Он был разработан для японской фирмы, которая пожелала иметь высоконадежный элемент для калькуляторов. По нынешним стандартам микропроцессор был примитивным, содержал всего 2300 транзисторов и выполнял примерно 60 000 вычислительных операций в секунду. Тем не менее, кристалл 14004 оказался средством более мощным, чем лучший в мире компьютер того времени ENIAC (ЭВМ американского правительства), который занимал 3000 квадратных футов. Микропроцессор 4004 мог поместиться на шляпке гвоздя. Таким образом, 14004 считался революционным изобретением.

Свой очередной микропроцессор 18008 компания Intel выпустила в 1972 году. Его мощность возросла вдвое по сравнению с 14004. Это был уже 8-разрядный микропроцессор. Он использовался при разработке прототипа персонального компьютера.

Подлинный успех корпорации принес микропроцессор 18080, разработанный в 1974 году. В нашей стране его аналогом, выпускаемым по лицензии, является микропроцессор КР580УК80. С микропроцессором 18080 связано появление стека внешней памяти, что позволило использовать программы любой вложенности. Этот процессор стал «мозгом» первого персонального компьютера «Альтаир».

В 1978 году фирма Intel первой в мире выпустила 16-разрядный микропроцессор 18086. На смену ему пришел микропроцессор 18088, архитектурно повторяющий микропроцессор 18086 и имеющий 16-разрядные внутренние регистры. Крупная их партия, приобретенная вновь образованным подразделением фирмы IBM по разработке и производству персональных компьютеров, использовала процессор 18088 в качестве «мозга»

для персональных компьютеров IBM PC. Следует отметить, что выпуск процессора 18086 был значительным успехом корпорации, так как оказался «прародителем» целого семейства микропроцессоров 180X86 (1X86), где X = 1, 2, 3, 4 и т. д.

## 2. РАЗВИТИЕ СЕМЕЙСТВА МИКРОПРОЦЕССОРОВ 180X86

Развитие семейства микропроцессоров 180X86 фирмой Intel проводилось в соответствии с принципом, сформулированным одним из основателей фирмы Гордоном Муром. Этот принцип сначала считался постулатом, а затем стал законом Мура для фирмы Intel: *корпорация Intel должна вводить новые технологические процессы каждые два года, увеличивая степень интеграции в два раза.*

В процессе изготовления и совершенствования микропроцессоров корпорация решала успешно следующие задачи:

- повышение тактовой частоты работы;
- повышение вычислительной мощности (производительности);
- повышение тактовой частоты системной шины;
- разработка новых технологий миниатюризации (степень интеграции элементов в одном кристалле);
- поиск и реализация новых структурных решений реализации микропроцессоров.

Следует различать два понятия: тактовая частота процессора и вычислительная мощность.

*Тактовая частота* – это частота генератора стабильной частоты (как правило, кварцевого), который синхронизирует выполнение команд по тактам.

*Вычислительная мощность* – это количество команд, выполняемых за 1 секунду. Используется еще термин «*флопс*» (*flops*) – количество операций с плавающей запятой за 1 секунду.

Это типовая мера вычислительной мощности применительно к высокопроизводительным ЭВМ.

## 2.1. Используемые технологии производства

Первой технологией производства микропроцессоров была  $p$ -канальная технология, получившая название  $p$ MOS, где MOS (*metal – oxide – semiconductor*) – металл – окись – проводник. Основным недостатком этой технологии является малое быстродействие – до 10 кГц.

На смену  $p$ -канальной технологии пришла  $n$ -канальная,  $n$ MOS. Эта технология обеспечивает самую высокую степень интеграции, давая возможность создавать большие и сверхбольшие интегральные схемы (БИС и СБИС) и выпускать функционально законченные однокристалльные микропроцессоры, микроЭВМ. Эта технология проста в применении, надежна, потребляет незначительные токи. Однако  $n$ MOS технология ограничивает диапазон рабочих температур, что затрудняет применение изделий в автомобильной и сельскохозяйственной аппаратуре, а также в аппаратуре, где требуется незначительное потребление энергии.

Комплементарная  $k$ MOS технология является альтернативой, так как обладает рекордно низким энергопотреблением, что делает ее незаменимой для электронных часов, калькуляторов и в аппаратуре, используемой в труднодоступных и опасных для человека местах.

Эжекционная технология  $I^2L$  обеспечивает средние температуры БИС по всем основным характеристикам, что делает эффективным ее применение в измерительной и микрорадиоэлектронной аппаратуре.

*Биполярная технология STTL* – технология, где STTL (Shotki Transistor – Transistor Logic) – транзисторно-транзисторная логика Шотки. Эта технология обладает очень высоким быстродействием, но сложна в изготовлении. Используется часто

совместно с набором БИС на основе  $\mu$ MOS технологии для высокопроизводительных узлов и блоков. Является дорогой.

*Биполярная технология ESL*, где ESL (Emittor Shift Logic) – эмиттерно-связанная логика. Технология позволяет создавать БИС, обеспечивающие сверхбыстрое действие. Рекомендуется для использования в больших ЭВМ, так как является также, как и STTL довольно дорогой.

## **2.2. Используемые архитектуры микропроцессоров**

Направления развития архитектуры микропроцессоров и их характеристики в настоящее время существенно определяются непрерывным и стремительно развивающимся совершенствованием элементной базы.

Известны следующие архитектуры процессоров: CISC-процессоры (Complex Instruction set commands) – процессоры с обычным (сложным) набором команд; RISC-процессоры (Reduced Instruction set commands) – процессоры с уменьшенным набором команд; HLL-процессоры (High level language) – процессоры с высоким уровнем языка; VLIW-процессоры (Very long Instruction Word) – процессоры с очень длинным командным словом; EPIC-процессоры (Explicity Paralel Instruction commands) – процессоры с полностью распараллеленным набором команд.

CISC-процессоры – это традиционно сложившаяся архитектура, для которой характерным является увеличение количества команд. Это требовало дополнительной технической реализации в процессоре за счет увеличения степени интеграции в кристалле, а это, в свою очередь, вело к дополнительному выделению тепла. Наступил предел, когда дальнейшее наращивание команд стало невозможным из-за теплового разрушения кристалла.

RISC-процессоры появились в результате статического анализа CISC-процессоров. Выяснилось, что целый ряд команд используется редко, а некоторые оказались неэффективными. В результате количество команд было значительно сокраще-

но, уменьшилось количество технических средств в кристалле, что позволило реализовать в процессе параллельную обработку информации за счет использования конвейерного принципа обработки. Это дало возможность увеличить производительность микропроцессора. В RISC-процессоре была обеспечена возможность одновременного выполнения команд с целочисленной арифметикой и команд с плавающей запятой. У разработчиков появилась возможность к усложнению процессоров. Усложнение RISC-процессоров привело к тому же, что в CISC-процессорах: наступил предел усложнению. Это обусловило переход к новой архитектуре.

HLL-процессоры – это процессоры, в которых команды реализуются на уровне машинного языка, то есть в кодах. Наиболее известными архитектурами являются LISP-, PROLOG-, ADA-процессоры.

У всех перечисленных архитектур есть один и тот же недостаток – мало разрядов в командном слове при 32-разрядной сетке процессора, что затрудняет программирование. Появилась идея создания VLIW-процессоров.

VLIW-процессоры – это статическая суперскалярная архитектура с разрядной сеткой в 64 разряда с распараллеливанием команд. Здесь появилось два направления: распараллеливание команд на этапе выполнения за счет технических средств (фирма AMD) и распараллеливание команд на этапе компиляции программы (фирма Intel). Второе направление считается более прогрессивным. Ведь любая программа должна запускаться многократно, поэтому выгоднее распараллелить ее один раз (при компиляции), а не каждый раз, когда она выполняется процессором. Второе направление распараллеливания получило название EPIC.

EPIC-процессоры – это процессоры, в которых распараллеливанием команд занимается компилятор. Достоинства – упрощается архитектура процессора и не тратится время на анализ потока команд.

### 3. СЕМЕЙСТВО МИКРОПРОЦЕССОРОВ 180X86

180286 – новое поколение 16-разрядных процессоров, появившихся в 1982 году. При разработке были учтены достижения в архитектуре микрокомпьютеров и больших компьютеров. Процессор 80286 может работать в двух режимах: в режиме реального адреса он эмулирует микропроцессор 8086, а в защищенном режиме виртуального адреса (Protected Virtual Address Mode) или *P*-режиме предоставляет программисту много новых возможностей и средств. Микропроцессор 286 стал первым процессором Intel, способным выполнять любые программы, написанные для его предшественников. С тех пор такая программная совместимость остается отличительным признаком семейства микропроцессоров Intel.

180386 – 32-разрядный «многозадачный» процессор с возможностью одновременного выполнения нескольких программ. Был разработан в 1985 году и насчитывал уже 275 000 транзисторов, число которых, по сравнению с первым процессором 4004, увеличилось более чем в 100 раз. Несмотря на введение в него последних достижений микропроцессорной техники, 80386 сохраняет совместимость по объектному коду с программным обеспечением, написанным для его предшественников, 8086 и 80286. Особый интерес представляет такое свойство 80386, как виртуальная машина, которая позволяет 80386 переключаться в выполнении программ, управляемых различными операционными системами, например, UNIX и MS-DOS. Благодаря 32-битовой архитектуре 80386 обеспечивает программные ресурсы, необходимые для поддержки «больших» систем, характеризующихся операциями с большими числами, большими структурами данных, большими программами (или большим числом программ) и т. п.

180486 – первый микропроцессор семейства 80X86, содержащий более одного миллиона транзисторов, представлен фирмой Intel в 1989 году. Поколение процессоров 486 ознаменовало переход от работы на компьютере через командную

строку к режиму «укажи и щелкни». Intel 486 стал первым микропроцессором со встроенным математическим сопроцессором, который существенно ускорил обработку данных, выполняя сложные математические действия вместо центрального процессора. Он имеет встроенный в микросхему внутренний кэш для хранения 8 Кб команд и данных. Новые возможности расширяют многозадачность систем. Новые операции увеличивают скорость работы с семафорами в памяти. Оборудование на микросхеме гарантирует непротиворечивость кэш-памяти и поддерживает средства для реализации многоуровневого кэширования.

I80586 (P54C) (Pentium) – одно из главных достижений фирмы Intel. Разработка процессора Pentium началась еще с июня 1989 года. В процессе его разработки и тестирования принимали активное участие все основные разработчики персональных компьютеров и программного обеспечения, что немало способствовало общему успеху проекта. К концу 1991 года был завершен макет процессора, инженеры уже смогли запустить на нем программное обеспечение. Проектирование в основном было завершено в феврале 1992 года, началось всеобъемлющее тестирование опытной партии процессоров. В апреле 1992 года было принято решение, что пора начинать промышленное освоение процессора Pentium, завершившееся 22 марта 1993 года широкой презентацией.

Объединяя более чем 3,1 млн транзисторов на одной кремниевой подложке, 32-разрядный процессор Pentium характеризуется высокой производительностью. Основная задача – как можно быстрее выполнять команды, входящие в программу. Самый простой путь (повышение тактовой частоты процессора) быстро исчерпывается технологическими ограничениями. При росте тактовой частоты резко возрастает потребляемая мощность процессора, а следовательно, и его нагрев. Решение этой проблемы осуществляется двумя путями: снижением питающего напряжения ядра (шина данных всегда ра-

ботает на 3,3 В) и уменьшением размеров транзисторов на кристалле. Чем меньше это напряжение, тем лучше для теплового режима процессора. Повысить производительность позволил набор архитектурных новшеств. Выполнение команды состоит из ряда этапов: 1 – чтение команды из памяти; 2 – определение длины; 3 – определение адреса ячейки памяти, если она используется; 4 – выполнение команды; 5 – сохранение результата. В ранних процессорах все эти этапы проводились полностью над каждой командой.

### **Новые возможности Pentium.**

1. Конвейерный принцип обработки информации. Конвейер позволил ускорить процесс: после того, как команда прошла один из этапов и переходила на следующий, начиналась обработка следующей команды. Повышение производительности на 30–35 %.

2. Создание блока предсказания переходов. При выполнении команды перехода (условного или безусловного) конвейер «не знает», какую команду выполнять дальше, и останавливается. Процессоры пятого поколения имеют блок, который хранит «историю» переходов, и на основании этой информации продолжает выполнять программу с предполагаемого адреса. Если адрес перехода предсказан неправильно, то выполнение прекращается и начинается исполнение с правильного адреса. Вероятность правильного прогноза составляет 85–97 %.

3. Кэш-память первого уровня также является эффективным методом повышения производительности. Применен раздельный, либо динамически распределяемый, кэш данных и инструкций (по 8 Кб), выполняемых в данный момент.

Эти процессоры имели номиналы 75, 90, 100, 120, 133, 150, 166, 200 МГц. После P-150 изготавливались по 0,35 мкм технологии.

Pentium MMX (P55C) – первый микропроцессор, в котором реализована разработанная новая технология, позволяющая повысить эффективность приложений, работающих с раз-

личными видами информации (видео, аудио и т. п.), был разработан 8 января 1987 фирмой Intel.

С точки зрения программистов, анонсированная технология MMX корпорации представляет собой наиболее существенное улучшение архитектуры Intel за последние 10 лет. Разработка этой технологии началась несколько лет назад в ответ на быстрое развитие вычислительных систем, связанных с обработкой различных видов информации: высококачественная графика, видео и звук потребовали процессоров с очень высокой производительностью. Эта потребность увеличилась также за счет развития Internet и вызванной этим необходимости доставки по существующим линиям связи различных видов информации. Инженеры корпорации Intel разработали 57 новых инструкций, которые позволили повысить производительность при выполнении наиболее типичных циклов, требующих интенсивных вычислений и характерных для приложений данного класса.

Новые процессоры разработаны на основе созданной в Intel улучшенной КМОП-технологии 0,35 мкм, которая позволяет получить высокую производительность при меньшем потреблении мощности. Процессор Pentium с технологией MMX содержит 4,5 млн транзисторов и, кроме инструкций MMX, имеет несколько архитектурных улучшений. К ним относятся удвоенный объем размещенной на кристалле кэш-памяти (32 Кб) и более эффективное предсказание условных переходов, что позволило на 10–20 % повысить производительность на стандартных эталонных тестах процессора.

Технология MMX обеспечивает полную совместимость с архитектурой Intel и, кроме того, полностью совместима с широко используемыми операционными системами и прикладным программным обеспечением. Эта технология будет включена в будущие процессоры.

Pentium PRO – шестое поколение процессоров, выпущенных осенью 1995 года. Процессоры Pentium Pro выпускались в модифицированных корпусах SPGA (Staggered Pin Grid Array)

с матрицей штырьковых выводов, часть из которых расположены в шахматном порядке. В одном корпусе (микросхеме) установлены два кристалла: ядро процессора и вторичный кэш собственного изготовления. Этот кэш работал на частоте ядра процессора, которая за всю историю Pentium Pro с начальных 150 МГц поднялась всего только до 200 МГц. Объем кэша в разных модификациях был от 256 Кб до 2 Мб, для повышения надежности применялся ECC-контроль. Для этих процессоров предназначен сокет 8 с 387 выводами. Интерфейс позволяет непосредственно объединять до четырех процессоров для симметричной мультипроцессорной обработки (SMP). Возможно и парное включение процессоров для функционально-избыточного контроля (FRC), при котором один процессор только проверяет действия другого.

Процессор Pentium Pro разрабатывался как мощное средство наращивания быстродействия 32-разрядных приложений для серверов и рабочих станций, систем автоматизированного проектирования, программных пакетов, используемых в машиностроении и научной работе. Все процессоры оснащаются второй микросхемой кэш-памяти, еще больше увеличивающей быстродействие. Мощнейший процессор Pentium Pro насчитывает 5,5 млн транзисторов.

Pentium II, насчитывающий 7,5 млн транзисторов, был представлен корпорацией Intel 7 мая 1997 года в Нью-Йорке. Процессор использует технологию Intel MMX, обеспечивающую эффективную обработку аудио-, визуальных и графических данных. По плавающей арифметике этот процессор является самым быстродействующим. Выпущены с частотами 233, 266, 300, 333, 350 и 400 МГц с частотой шины 66, 100 МГц. Процессор представляет собой картридж. В нем использовалось 512 Кб кэш-памяти второго уровня, работающей на половине тактовой частоты процессора. Был добавлен блок команд MMX, увеличен кэш первого уровня, улучшена работа с 16-разрядными приложениями. Выполнен по 0,35 мкм тех-

нологии на тактовые частоты 233, 266, 300 МГц при частоте системной шины FSB (Front Side Bus) 66 МГц. Затем по технологии 0,25 мкм выпускались на тактовые частоты 266, 300, 333 МГц на шину FSB 66 МГц и на тактовые частоты 350, 400, 450 МГц на шину 100 МГц. На этом производство и развитие процессоров Pentium II завершилось.

Pentium II XEON – серверный вариант процессора Pentium II. Семейство XEON предназначено для мощных компьютеров. Для них ввели новый слот 2, который (вместе с интерфейсом нового процессора) позволяет строить как избыточные системы с FRC, так и симметричные 1-, 2-, 4- и даже 8-процессорные системы. Частота шины 100 МГц, частота ядра 400 МГц и выше, вторичный кэш, как и в Pentium Pro, работает на частоте ядра. Объем вторичного кэша 512 Кб, 1 или 2 Мб при кэшировании до 64 Гб (все адресное пространство при 36-битовой адресации). Процессоры XEON отличаются не только большей мощностью, но и большими размерами – 15,2 × 12,7 × 1,9 см.

Celeron – процессоры, которые выполнялись без кэш-памяти второго уровня на тактовые частоты 266 и 300 МГц. Затем по 0,25 мкм технологии имели уже 128 Кб кэш-памяти второго уровня, интегрированной на кристалле. Она работала на частоте ядра, то есть была полноскоростной. Процессоры на этом ядре выпускались также на шину FSB 66 МГц на тактовые частоты от 300 до 433 МГц в корпусе SEPP и на тактовые частоты от 300 до 533 МГц в корпусе PPGA. Сейчас эти процессоры выпускаются по 0,18 мкм технологии с уменьшенным до 128 Кб объемом кэш-памяти второго уровня на тактовые частоты 533, 850 МГц и выше на шину FSB 66 МГц в корпусе FCPGA (Flip Chip PGA), обеспечивающим лучшее, чем PPGA, охлаждение процессорного кристалла. Последние процессоры Celeron 2.30 ГГц, Celeron 2.40 ГГц; частота их шины 400 МГц, кэш тоже не увеличился и составляет 128 Кб. Процессоры Intel Celeron обладают высоким качеством, надежностью и совместимостью. Это мощные процессоры для

работы с популярными современными офисными приложениями и программами доступа к Internet.

Pentium III были представлены корпорацией Intel в 1999 году. Они выпускались на тактовые частоты от 450 до 600 МГц с шиной FSB частотой 100 и 133 МГц. Процессором 600 МГц был достигнут потолок тактовых частот ядра Katmai, и было создано новое ядро Coppermine. Оно производилось по 0,18 мкм технологии и имело 256 Кб интегрированной на кристалле кэш-памяти второго уровня, работающей на тактовой частоте процессора. Была существенно улучшена структура кэш-памяти второго уровня – в 4 раза увеличена ширина слова данных; увеличилась ассоциативность; примерно в 3,5 раза уменьшены задержки при обращении. Процессоры на этом ядре выпускаются на шинах FSB 100 и 133 МГц с тактовыми частотами 500 МГц и выше (сейчас представлены процессоры с тактовыми частотами до 1,2 ГГц). Процессоры Pentium III поставляются в корпусе FCPGA или SECC2.

Pentium III XEON – серверный вариант Pentium III. Выпускается в корпусе SECC2. В начале выпускался на ядре Tanner на тактовые частоты 500 и 550 МГц при частоте системной шины FSB 100 МГц. Сейчас этот процессор выпускается на обновленном ядре Cascades на тактовые частоты от 600 МГц и выше (сейчас выше 1 ГГц). Частота системной шины FSB 133 МГц.

Pentium IV. Потенциал архитектуры Pentium III уже практически исчерпан. Компания Intel разработала новую архитектуру – NetBurst Micro-Architecture – для процессоров 7-го поколения. Первые имеют тактовые частоты 1,4 и 1,5 ГГц и используют процессорную шину FSB 400 МГц (4×100 МГц, «Quad Pump» технология).

#### **Произошли изменения.**

1. Очень глубокая конвейеризация – 20 ступеней (для сравнения: у Pentium III 10 стадий (17 для блока FPU), у AMD Athlon 10 стадий (15 для блока FPU)). Это значит, что такт Pentium IV

намного короче тактов других процессоров. Кэш-память первого уровня 256 Кб – в два раза больше, чем у AMD Athlon и в четыре, чем у Pentium III. Но сильно увеличилось время поиска, что отрицательно сказалось на производительности.

2. В Pentium IV только два блока для операций с плавающей точкой (у AMD Athlon их три). Спасти процессор в этой области может только новый набор расширений SSE2.

### **Набор архитектурных новшеств.**

1. Два блока целочисленных вычислений ALU (Arifmetic Logic Unit), каждый из которых работает на удвоенной частоте кристалла – производительность  $2 \times 3$  ГГц для процессора 1,5 ГГц.

2. Новый набор команд для работы с операциями с плавающей точкой – расширение MMX и SSE – SSE2. К 70 инструкциям SSE, работающим с потоковыми данными одинарной точности, добавились 144 инструкции для работы с числами двойной точности, а также с целыми числами длиной от одного до восьми байт. Оптимизация программ под SSE2 должна увеличить их производительность от 2 до 5 раз. Тактовые частоты Pentium IV: 1,7; 2; 2,1 ГГц.

Pentium IV XEON. Значительно увеличены кэши первого и второго уровней. Тактовая частота выше 1 ГГц, частота системной шины 400 МГц. Последний 32-разрядный процессор Intel.

Itanium (на применение в серверах и рабочих станциях) – родоначальник нового семейства процессоров (Itanium II, Itanium III и т. д.) – самая значительная разработка со времени 386-го. Первые образцы 64-разрядного процессора Intel представляют собой картридж размером примерно  $10 \times 6$  см, который включает в себя кэш-память третьего уровня емкостью 2 либо 4 Мб и радиатор. Процессор имеет трехуровневую иерархию сверхоперативной памяти. Если кэш-память первого и второго уровней интегрирована на кристалле процессора, то микросхемы кэш-памяти третьего уровня расположены на самой плате картриджа. Самый большой модуль процессора –

это блок вычислений с плавающей запятой, он занимает около 10 % площади кристалла. Производительность Itanium составляет до 6,4 млрд операций с плавающей запятой в секунду. Благодаря архитектуре EPIC и 15 исполнительным устройствам процессор может выполнять до 20 операций одновременно. При этом он может непосредственно адресовать до 16 Тб памяти при пропускной способности до 2,1 Гб/с. Поддержка всех расширений Intel (технологий MMX, SIMD и симметричной мультипроцессорной обработки), за исключением SSE2. Одна из самых интересных деталей в плане размещения узлов процессора – это система синхронизации работы узлов. Одновременная передача тактовых импульсов при большой площади процессора представляет сложную задачу для разработчиков, поскольку задержки в распространении импульсов тактового генератора могут вызывать рассинхронизацию узлов. Для этой цели по всей площади кристалла разместили большое число точек распространения тактовых импульсов. Архитектура Itanium включает такие уникальные средства повышения надежности, как система расширенного самоконтроля EMCA (Enhanced Machine Check Architecture), обеспечивающая обнаружение, коррекцию и протоколирование ошибок, а также поддержку обработки кода ECC (Error Correcting Code) и контроля четности. Современные тенденции – выполнение большего числа команд за один такт. Разработчики IA-64 полагают, что добиваться более высокого уровня суперскалярности (распараллеливания) в процессоре можно, только если отказаться от обычных последовательных кодов и ввести параллелизм прямо на уровень системы команд. В этом случае задача распараллеливания ложится не на аппаратуру процессора, а на компилятор. Как уже отмечалось, в основе IA-64 лежит технология EPIC, главная идея которой – введение явного параллелизма. В схемотехнических решениях процессоров исчезает сложная логика, отвечающая за внеочередное суперскалярное выполнение команд, и можно

отвести больше места на кристалле под кэш-память, файл регистров и исполнительные устройства. Но возникает необходимость разработки сложных и эффективных распараллеливающих компиляторов.

Itanium – процессор на ядре Merced. Первый 64-разрядный процессор Intel, использует новую концепцию EPIC (Explicitly Parallel Instruction Computing), архитектура IA-64 (Intel 64-bit Architecture). Будет включать трехуровневую кэш-память (с нулевым уровнем). Технологический процесс 0,18 мкм, тактовые частоты от 800 МГц при частоте процессорной шины 266 МГц архитектуры IA-64, тактовая частота от 1–1,2 ГГц. Предполагается, что производительность по сравнению с Itanium возрастет в полтора-два раза. Втрое поднимется пропускная способность шины данных, имеющей результирующую частоту 400 МГц, увеличенный объем кэш-памяти второго уровня, появится кэш-память третьего уровня на кристалле. Ожидается конвейер в семь стадий. Будет производиться по 0,18 мкм технологии.

#### 4. **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ФИРМЫ INTEL В АРХИТЕКТУРЕ, ТЕХНОЛОГИЯХ И ПРОГРАММИРОВАНИИ**

Постоянно совершая огромные прорывы в области разработки современных полупроводниковых технологий, корпорация Intel создает компактные, быстрые и энергоэкономичные устройства, которые представляют собой революцию в мире настольных ПК, мобильных ПК и центров обработки данных, а также технологии, способные полностью изменить всю отрасль в целом.

В эпоху закона Мура корпорация Intel создает архитектуры и полупроводниковые технологии, в которых используется огромное количество транзисторов. Сегодня в процессорах используется порядка двух миллиардов транзисторов, и эта цифра постоянно увеличивается. «Наши инновации, отличающиеся экономичностью, высокой производительностью и использованием новых материалов, – заявил представитель фирмы Intel, – по-прежнему занимают ведущие в отрасли позиции».

Постоянно создавая новые микроархитектуры, корпорация Intel совершает значительные прорывы в области энергосбережения и производительности, позволяющие создавать системы нового форм-фактора для дома, офиса и использования в мобильном режиме. Микроархитектура Intel, лежащая в основе процессорных технологий Intel, построена на базе 45-нанометровой производственной технологии нового поколения. Микроархитектура Intel оптимизирована для реализации современных решений, поднимающих стандарты энергосбережения и производительности, и продолжает оставаться основой для создания инновационных решений будущего.

**Модель «тик-так».** Достижения корпорации Intel в области архитектуры и полупроводниковых технологий основаны на быстрых темпах внедрения инноваций, позволяющих обеспе-

чить прирост производительности процессоров и сокращение их энергопотребления в следующем десятилетии и более отдаленном будущем. В корпорации Intel такую форму развития называют моделью «тик-так». Каждый «тик» отражает новый этап развития полупроводниковой производственной технологии и усовершенствования в области микроархитектуры. Каждый «так» соответствует созданию совершенно новой микроархитектуры. Цикл повторяется приблизительно каждые два года.

Можно перечислить целый ряд инновационных решений, среди которых есть основополагающие, а некоторые являются производными от них.

- Новые технологии миниатюризации.
- Новые материалы для транзисторов.
- Масштабирование и энергоэкономичность.
- Производительность вычислительных систем.
- Производительность системных интерфейсов.
- Программное обеспечение. Параллелизм.
- Полупроводниковая память.
- Технология Hyper-Threading.
- Революционные технологии для мобильных ПК.
- Процессорная технология Intel® Centrino® 2.
- Технология Intel® WiMAX.
- Технология Intel® Virtualization.
- Технология Intel® vPro™.
- Повышение безопасности.
- Максимальное удобство управления.
- Энергосберегающая производительность.
- Компаниям дополнительные преимущества.
- Технология Intel® Active Managements.
- Технология Intel® Trusted Execution.
- Функция Execute Disable Bit.
- Архитектура Intel® 64.
- Безопасность инфраструктуры предприятия.
- Интерфейс DCMI.

- Графические решения Intel®.
- Оживление видео.
- Состояние «сна» – энергоэкономичность.
- Расширенная технология Intel® – энергоэкономичность.
- Системная плата Intel® DG45FC для настольных ПК.
- Экология.
- Взгляд в будущее.

1. **Новые технологии миниатюризации.** Корпорация Intel раньше всех перешла от микрометровой технологии производства интегральных схем к нанометровой: 90, 65, 45, 32 нм ... до размера молекулы к 2020 году. Миниатюризация транзисторов в кристалле позволяет увеличить их количество, повысить тактовую частоту микропроцессора и скорость обработки информации.

Однако повышение степени интеграции таит в себе опасность, связанную с отводом тепла из кристалла. Если не решать эту проблему, то происходит перегрев кристалла и его разрушение.

*Двухъядерные и четырехъядерные процессоры на базе 65-нанометровой производственной технологии.* В 65-нанометровой производственной технологии Intel количество транзисторов увеличено примерно в 2 раза по сравнению с 90-нанометровой. Новая технология обеспечивает ведущий уровень производительности и эффективности работы. Дополнительные транзисторы создают основу для реализации дополнительных возможностей: от проектирования двухъядерных и четырехъядерных процессоров и улучшения кэш-памяти до внедрения инновационных технологий виртуализации и расширения системы безопасности, которые обеспечат создание энергоэкономичных и функциональных вычислительных решений.

При реализации этой технологии была использована технология второго поколения на основе «растянутых полупроводников», что позволило уменьшить ток срабатывания на 10–15 %

(по сравнению с 90-нанометровой производственной технологией) и увеличить производительность процессора:

- 1,2-нанометровый слой оксида затвора и 35-нанометровые затворы обеспечивают увеличение производительности;

- использовано никелево-кремниевое покрытие затворов, стоков и истоков;

- диэлектрический оксид low-k, разбавленный углеродом, и масштабирование длины линий в 0,7 раз обеспечивает снижение электрической емкости затворов.

**2. Новые материалы для транзисторов.** В январе 2007 года корпорация Intel объявила об одном из важнейших прорывов в фундаментальных принципах проектирования транзисторов за последние 40 лет, использовав совершенно новые материалы (новое сочетание материала high-k на основе гафния для изготовления изолирующего слоя затвора и металлических материалов для изготовления затвора) для создания нового поколения процессоров Intel Core 2, содержащих сотни миллионов микроскопических 45-нанометровых транзисторов. Гафний представляет собой металл, который позволяет существенно сократить утечки тока и обладает высоким емкостным сопротивлением, необходимым для обеспечения высокой скорости срабатывания транзистора. Этот материал позволит корпорации и дальше обеспечивать рекордную производительность процессоров для настольных ПК, ноутбуков и серверов и сокращать утечку тока из транзисторов, оптимизируя тем самым конструкцию и размеры процессоров и компьютеров, энергопотребление и затраты. Новая производственная технология Intel обеспечит более высокую скорость переключения транзисторов. На практике это означает повышение тактовой частоты ядер и системной шины и увеличение производительности без изменения уровня энергопотребления и тепловыделения. Это поможет обеспечить дальнейшее выполнение закона Мура (аксиома индустрии высоких технологий, со-

гласно которой число транзисторов в микросхемах удваивается каждые два года, что обеспечивает расширение функциональности при экспоненциальном уменьшении стоимости) в ближайшее десятилетие. По сравнению с 65-нанометровой технологией 45-нанометровая с использованием диэлектрика Hi-k обеспечивает следующие преимущества для продукции:

- увеличение плотности размещения транзисторов почти в два раза выше, что позволяет уменьшить размер микросхем или увеличить количество транзисторов;

- уменьшение мощности переключения транзисторов примерно на 30 %;

- увеличение скорости переключения транзисторов более чем на 20 % или сокращение утечки мощности более чем в 5 раз;

- уменьшение утечки мощности из оксида затвора транзисторов более чем в 10 раз, благодаря чему уменьшаются требования к энергопотреблению и увеличивается время автономной работы.

Демонстрация корпорацией Intel первых в мире процессоров на базе 45-нанометровой производственной технологии с диэлектриками Hi-k подтвердила, что в области производственных технологий Intel более чем на два года опережает остальных представителей отрасли. По словам одного из основателей корпорации Intel, Гордона Мура, «использование диэлектриков Hi-k и новых металлических материалов знаменует собой крупнейшее изменение в транзисторных технологиях с момента появления МОП-транзисторов с полукристаллическими кремниевыми затворами в конце 60-х годов прошлого века».

В процессорах Penryn, первом семействе процессоров, построенных на базе новой 45-нанометровой производственной технологии Intel с диэлектриками Hi-k, используются все преимущества дополнительных транзисторов, которые эта технология позволяет поместить в процессор. В процессорах Intel Core 2 и Intel XEON на базе новой производственной технологии будут использоваться новые архитектурные инновации и

усовершенствования, которые ускорят работу программного обеспечения и помогут сократить энергопотребление.

В 2008 году корпорация Intel выпустила совершенно новую микроархитектуру под кодовым названием «Nehalem», которая стала новым этапом «так».

**3. Масштабирование и энергоэкономичность.** Это означает, что теперь производительность действительно будет доступна по запросу.

*Динамическая масштабируемость* и управление ядрами процессора, вычислительными потоками, кэш-памятью, интерфейсами и питанием обеспечивает энергоэкономичную производительность по требованию.

*Масштабирование производительности* серверов, рабочих станций, ПК и мобильных устройств с поддержкой 2–8 и более ядер и до 16 и более потоков с технологией одновременной многопоточности (SMT), а также масштабирование размера кэш-памяти, системных интерфейсов и встроенных контроллеров памяти.

*Масштабируемая общая память* в технологии Intel® Quick-Path обеспечивает распределение ресурсов памяти между процессорами с помощью встроенных контроллеров памяти и высокоскоростных интерфейсов, позволяя полностью раскрыть преимущества производительности многоядерных процессоров Intel®.

#### **4. Производительность вычислительных систем.**

*Одновременная многопоточность* повышает производительность массовых вычислительных систем до 16 и большим количеством потоков информации, оптимизированных для архитектуры многоядерных процессоров нового поколения.

*Многоуровневая общая кэш-память* повышает производительность и эффективность работы, снижая задержки доступа к часто используемым данным.

**5. Производительность системных интерфейсов.** Технология Intel® QuickPath обеспечивает высокоскоростные каналы соединения с распределенной общей памятью, организованные по принципу «точка-точка», раскрывая преимущества параллелизма нового поколения микроархитектуры Intel® (под кодовым названием Nehalem и Tukwila). Они были изначально разработаны для использования с технологией Intel® QuickPath, и поэтому обеспечивают значительное повышение общей производительности платформ новой технологией Intel® QuickPath, интегрированной в микроархитектуры будущего Nehalem и Tukwila. Каждое ядро процессора включает встроенный контроллер памяти и высокоскоростной канал, соединяющий процессоры и другие компоненты:

*динамическое масштабирование пропускной способности интерфейсов* позволяет использовать все преимущества Nehalem, Tukwila и будущих поколений многоядерных процессоров Intel®;

*выдающаяся производительность памяти* и гибкая поддержка ведущих технологий памяти;

*надежность, высокая доступность, удобное обслуживание интерфейсов* с масштабируемыми конфигурациями, обеспечивающими оптимальный баланс стоимости, производительности и энергоэкономичности.

## **6. Программное обеспечение. Параллелизм.**

*Справка.* Обычным методом описания параллелизма служит *классификация Флина*. Согласно этой классификации системы делятся на четыре категории:

– SISD – система с одним потоком команд и одним потоком данных (Single Instruction – Single Data);

– SIMD – система с одним потоком команд и несколькими потоками данных (Single Instruction – Many Data);

– MISD – системы с несколькими потоками команд и одним потоком данных (Many Instruction – Single Data);

– MIMD – системы с несколькими потоками команд и несколькими потоками данных (Many Instruction – Many Data).

Корпорация Intel уже очень давно стремится повысить производительность приложений в системах на базе процессоров Intel® посредством использования специальных наборов команд. Одним из первых примеров этого стало определение набора команд для выполнения операций с плавающей запятой в процессоре 8086. Затем были реализованы система команд SIMD и технология Intel® MMX™. Система команд SIMD использовалась корпорацией для увеличения уровня параллелизма в микроархитектуре P5 посредством применения специальных команд, одновременно работающих с многочисленными элементами данных. Используя набор команд технологии Intel MMX, программисты могли выполнять команды для нескольких элементов данных, загруженных в реестры технологии MMX, что обеспечивало повышение производительности мультимедийных приложений, в том числе приложений для работы с графикой, игр, потокового видео и т. д.

В микроархитектуре P6 корпорация Intel ввела набор команд Streaming SIMD Extensions (SSE), разработанный для процессора Intel® Pentium® III. Он расширял возможности технологии Intel MMX и позволял одновременно выполнять вычисления SIMD с четырьмя элементами данных с плавающей запятой с одинарной точностью, используя 128-разрядные реестры (название XMM0-XMM7). С микроархитектурой Intel NetBurst® (Pentium® 4) корпорация ввела набор команд SSE2 для расширения набора команд SSE (технологии Intel MMX). Набор команд SSE2 обеспечил возможность параллельно выполнять больше вычислений, расширяя команды, введенные в технологии Intel MMX, и набор команд SSE, и обеспечивая поддержку 128-разрядных типов данных целых чисел и упакованных чисел с плавающей запятой с двойной точностью. В этот набор были добавлены 144 новые команды, обеспечившие повышение производительности разнообразных при-

ложений. После выпуска процессора Intel® Pentium® 4 на базе 90-нанометровой производственной технологии был разработан набор команд SSE3. В набор команд входят 13 дополнительных команд SIMD по сравнению с набором SSE2. Команды прежде всего направлены на улучшение синхронизации потоков и расширение возможностей математических операций и операций с плавающей запятой. Следующим этапом было создание дополнительного набора команд SSE3, который реализован сегодня в микроархитектуре Intel® Core™. Дополнительный набор команд SSE3, используемый в процессорах Intel® Xeon® 5100 (для серверов и рабочих станций) и Intel® Core™2 Duo (для мобильных и настольных ПК), добавляет 32 новых кода операций, включая операции приведения в соответствие, умножения и сложения, что обеспечивает еще большую производительность.

*Набор команд Intel® streaming simd extensions 4 (SSE4). Потоковый SIMD с расширением.*

Производительность и энергоэкономичность 32- и 64-разрядных приложений повышается с новым инновационным набором команд Intel. Корпорация объявила о расширении архитектуры Intel®. Новый набор команд представляет собой крупный прорыв в этой области с момента внедрения набора команд SSE2. Быстрые темпы развития технологий Intel позволяют создавать продукцию, поддерживающую высочайшую производительность и энергоэкономичность, а также широкие функциональные возможности. С новым набором команд на базе архитектуры Intel® 64 (ISA) микропроцессоры Intel обеспечивают высочайшую производительность и энергоэкономичность для всех вычислительных систем массового производства, поддерживающих работу разнообразных 32- и 64-разрядных приложений. Корпорация Intel и другие компании отрасли совместно работали над созданием нового стандарта набора команд, которым стал набор команд SSE4. При его создании учитывались разнообразные потребности независимых

разработчиков программного обеспечения, что позволило оптимизировать уникальные функциональные возможности, высокую производительность и энергоэкономичность микроархитектуры Intel® в соответствии с программным обеспечением. Новые команды включают следующие компоненты:

- набор команд SSE4, который включает компоненты, позволяющие использовать расширенные функциональные возможности, повышенную производительность и улучшенную энергоэкономичность для большинства приложений;

- ускорители приложений, которые используются в качестве новой основы для реализации функциональных возможностей приложений с низкой задержкой и улучшенным энергопотреблением.

Эти команды представляют собой еще один важный этап в развитии нового поколения полупроводниковых технологий и процессорной архитектуры Intel. Этот набор может использоваться для оптимизации работы приложений, которые включают работу с графическими изображениями, кодировку и обработку видео, работу с трехмерными изображениями, а так же для игр, Web-серверов и серверов приложений. Кроме того, этот набор команд позволит оптимизировать работу таких высокопроизводительных приложений, как приложения для анализа данных; базы данных; приложения, использующие алгоритмы сложного поиска и поиска по шаблону; приложения для работы с аудио, видео, изображениями и сжатием данных; приложения, использующие алгоритмы синтаксического анализа и т. п.

**7. Полупроводниковая память.** Корпорация Intel продемонстрировала первую в мире полупроводниковую память SRAM (Semiconductor Random Access Memory) на базе 32-нанометровой логической технологии, содержащей более 1,9 млрд транзисторов второго поколения с металлическими затворами и диэлектриками high-k. Что же представляют собой эти 1,9 млрд транзисторов? Это миниатюрные переключатели, с помощью которых обрабатываются данные, закодированные в двоичной

системе счисления. Они позволят корпорации Intel и дальше обеспечивать рекордные показатели работы процессоров для настольных ПК, ноутбуков и серверов. Они находятся в одной ячейке памяти размером почти в 2 раза меньше, чем ячейка, используемая в 45-нанометровой технологии. С новой технологией корпорация сможет увеличить количество ядер процессоров и объем кэш-памяти и обеспечить значительное увеличение производительности.

Закон Мура гласит, что *количество транзисторов на одной микросхеме удваивается каждые два года, и технологии корпорации Intel уже давно развиваются именно такими темпами*. На самом деле, новая микросхема SRAM представлена даже на несколько месяцев раньше, чем это было запланировано.

Уникальное положение корпорации позволяет ей использовать методики проектирования для производства и для оптимизации конструкции продукции и производственных технологий.

Методики проектирования для производства позволили Intel оперативно приступить к массовому производству микросхем на базе 45-нанометровой логической технологии и стали одним из катализаторов, позволивших выпускать революционные инновации на рынок еще быстрее, чем когда-либо.

В цифровой век стиль нашей жизни, работы и общения постоянно меняется и новый прорыв, знаменуемый созданием 32-нанометровой логической технологии SRAM, означает, что в будущем надо ожидать намного больше: более быстрые процессоры, увеличенная вычислительная мощность, расширенные функции и более интеллектуальные приложения. В то время, когда другие компании не планируют использовать эту технологию еще в течение многих лет, корпорация Intel уже готовит ее применение в производстве. Фирма начала массовое производство микропроцессоров на базе 32-нанометровой производственной технологии уже в 2009 году.

8. **Технология** Hyper-Threading. Ускоренная обработка данных разработана для эффективной работы современных

бизнес-приложений, Интернет-приложений и игр, где необходимо использовать мощные процессоры. Для повышения производительности была разработана концепция многопоточного программного обеспечения, в соответствии с которой команды распределяются по потокам и эти потоки обрабатываются несколькими микропроцессорами. Технология Hyper-Threading (HT) обеспечивает параллельную обработку потоков на каждом процессоре, в результате чего повышается эффективность использования ресурсов процессора, быстродействие системы и производительность современных многопоточных приложений. Сочетание процессоров Intel® и наборов микросхем с поддержкой технологии HT, операционной системы, оптимизированной для технологии HT, и BIOS с поддержкой технологии HT позволяет повысить производительность и быстродействие системы.

**Технология Hyper-Threading для корпоративных настольных ПК.** Эта технология позволяет повысить производительность существующего программного обеспечения в многозадачных средах. Многие приложения уже являются многопоточными и автоматически могут выполняться быстрее благодаря этой технологии. Бизнес-пользователи могут одновременно использовать несколько ресурсоемких приложений, при этом скорость отклика системы останется высокой. IT-подразделения могут развертывать фоновые службы, обеспечивающие безопасность, эффективность и удобство управления при минимальном влиянии на производительность труда конечного пользователя, а также получают дополнительные возможности расширения IT-инфраструктуры предприятия и внедрения новых решений.

**Технология Hyper-Threading для игр и видео.** Реализация технологии HT в двухъядерных процессорах Intel® Pentium® Extreme Edition обеспечивает одновременную обработку четырех потоков команд. Эта технология позволяет играть в новейшие игры с самыми лучшими спецэффектами и с самым высоким качеством. Любители мультимедиа смогут создавать,

редактировать и кодировать насыщенные графикой файлы при одновременном выполнении антивирусных приложений.

**Технология Hyper-Threading для серверов.** Благодаря технологии HT каждый процессор серверной платформы может параллельно обрабатывать несколько потоков команд многопоточных серверных приложений. Данная технология реализована в ряде процессоров семейства Intel® XEON® для повышения вычислительной мощности и быстродействия современных Web-программ и корпоративных серверных приложений.

Преимущества технологии Hyper-Threading для предприятий и электронного бизнеса:

- более обширная поддержка пользователей, более высокая продуктивность работы;

- быстродействие Интернет-приложений и бизнес-приложений, удобство работы пользователей;

- увеличение количества обрабатываемых транзакций;

- совместимость с имеющимися приложениями и ОС на базе архитектуры IA-32;

- большая рабочая нагрузка.

Продукция:

- процессор Intel® Itanium® 2;

- процессоры Intel XEON серии 7000 – мощное решение для серверов предприятия;

- процессор Intel® Pentium® 4 Extreme Edition с поддержкой технологии Hyper-Threading;

- процессор Intel® Pentium® 4 с поддержкой технологии Hyper-Threading.

**9. Революционные технологии для мобильных ПК.** С учетом перспектив развития беспроводной связи, корпорация Intel разрабатывает современные технологии, позволяющие создать новые виды ноутбуков, мобильных Интернет-устройств и т. д.

10. **Процессорная технология Intel® Centrino® 2.** С новыми ноутбуками на базе процессорной технологии Intel® Centrino® 2, предназначенными для домашних пользователей, или Intel® Centrino® 2 с технологией vPro™, предназначенной для корпоративных пользователей.

Преимущества:

- высокая производительность;
- длительное время автономной работы;
- поддержка стандарта 802.11n и многое другое.

Благодаря наличию не менее 3 МБ кэш-памяти и системной шины с частотой 1066 МГц эти ноутбуки демонстрируют до 50 % более высокие показатели производительности, чем системы предыдущего поколения. Их можно использовать для различных задач, от запуска современных бизнес-приложений до просмотра мультимедийного контента. Процессорная технология Intel® Centrino® 2 повышает производительность при выполнении самых ресурсоемких задач, например, кодировки видео в формате HD, до 90 %, позволяя выполнять больше задач за меньшее время.

Производительность и функциональные возможности компьютерных систем и беспроводной связи, качество воспроизведения мультимедийных файлов, уровень энергосбережения и время автономной работы зависят от операционной системы, оборудования, набора микросхем, скорости подключения, окружения и программного обеспечения. Уровень производительности (в том числе беспроводного подключения к сети) сравнивается с производительностью продуктов на базе технологий Intel® предыдущего поколения. Для обеспечения беспроводного подключения к сети и некоторых других функциональных возможностей может потребоваться приобретение и установка дополнительного ПО, сервисов или внешнего оборудования.

11. **Технология** Intel® WiMAX. Это новое поколение технологии беспроводной связи, разработанное для обеспечения повсеместного высокоскоростного мобильного доступа в Интернет с самых разнообразных устройств, в том числе с ноутбуков, телефонов, смартфонов и разнообразных устройств бытовой электроники, с игровых консолей, фотоаппаратов, видеокамер, музыкальных проигрывателей и т. п. Технология WiMAX представляет четвертое поколение (4G) беспроводных технологий, позволяет создавать недорогие открытые сети и становится первым мобильным интернет-решением на базе IP-протокола, позволяющим создавать эффективные и масштабируемые сети для передачи данных, видео и телефонии. Корпорация Intel активно участвовала в разработке стандарта WiMAX и его продвижении, в частности она разработала интегрированные решения для разнообразных мобильных устройств, ориентированных на будущее мобильного широкополосного доступа.

**Подготовка стандартов и глобальных сетей к технологии WiMAX.** Создавая основу широкомасштабных и экономических сетей, корпорация Intel работает над интеграцией технологии Intel WiMAX в глобальные сети.

Мобильная технология WiMAX совершит новую революцию в беспроводном мире, обеспечив повсеместную высокоскоростную широкополосную связь в любом месте. Беспроводная технология будет использоваться в самых разнообразных устройствах, помимо тех, где она доступна уже сегодня, в том числе в ноутбуках, телефонах, устройствах бытовой электроники, мобильных Интернет-устройствах и т. п.

**Будущее WiMAX.** WiMAX – это единственная сеть, специально оптимизированная для мобильного широкополосного доступа в Интернет. Она построена на базе всемирных стандартов развертывания фиксированных, портативных и мобильных открытых сетей, позволяющих использовать открытую

технологии Интернета в отличие от закрытых систем предыдущих поколений, например, сетей 3G.

Недорогая IP-архитектура и обратная совместимость с сетевыми сетями 2G и 3G делают WiMAX недорогим и удобным беспроводным решением. В связи с этим технология уже завоевала широкую поддержку ведущих операторов проводной и беспроводной связи, а также производителей устройств со всего мира.

Производительность сети WiMAX в 2–3 раза превышает производительность существующих решений 3G, а в будущем может возрасти еще в десять раз. Корпорация Intel активно сотрудничает с лидерами отрасли с целью дальнейшего распространения и поддержки технологии WiMAX с помощью таких технических усовершенствований, как Intel® WiMAX/WiFi Link 5050, интегрированное модульное решение для ноутбуков с передовой антенной технологией MIMO. Во второй половине 2008 года в ноутбуки на базе процессорной технологии Intel® Centrino® 2 опционально интегрировали адаптер Intel® WiMAX/WiFi Link 5050.

*Расширение возможностей связи во всем мире.* Благодаря возможности передавать больше трафика данных по сравнению с существующими беспроводными сетями, сети WiMAX предназначены для удовлетворения растущих потребностей в мобильной передаче данных. В этих сетях впервые будут объединены следующие технологии, основанные на отраслевых стандартах:

- эффективная поддержка нескольких одновременно работающих пользователей с технологией OFDMA;
- увеличенная пропускная способность и дальность действия с интеллектуальными комбинированными антеннами MIMO, в которых используется несколько антенн для передачи большего объема данных по сравнению с существующими сетями.

Мобильная технология WiMAX, основанная на стандарте IEEE 802.11e, разработана для обеспечения высочайших скоро-

стей передачи данных и масштабируемости, низких расходов и минимальной сложности сети. WiMAX – первая технология, которая будет добавлена в набор стандартов IMT-2000 (или 3G), и она несомненно совершит всемирную революцию в области сетевых подключений. Узнайте больше о мобильных решениях WiMAX из нижепредставленных информационных статей.

*WiMAX: стандарты и совместимость.* Стандарт мобильных сетей WiMAX (IEEE 802.16e-2005, также известный как 802.16e) был утвержден в 2005 году. До этого в 2004 году был принят стандарт фиксированных сетей WiMAX (IEEE 802.16-2004, также известный как 802.16d). Хотя стандарт 802.16e оптимизирован для мобильного доступа, это единый мировой стандарт, поддерживающий мобильные и фиксированные сети. Поскольку технология WiMAX разработана на базе открытых стандартов, она позволяет достичь экономии за счет массового производства, сократить затраты на развертывание сетей и обеспечить совместимость сетей и устройств.

*Отраслевое сотрудничество.* Технология WiMAX основана на базе глобального стандарта, обеспечивающего значительную экономию за счет массового производства, которая принесет значительное сокращение затрат как для поставщиков услуг, так и для потребителей. На данный момент реализовано более 350 промышленных испытаний и проектов внедрения сетей WiMAX более чем в 70 странах мира (как развитых, так и развивающихся). Так поставщики услуг постепенно устанавливают деловые отношения и создают общую инфраструктуру, которая со временем обеспечит поддержку единого роуминга во всем мире, что не только сделает возможным мобильный Интернет, но и позволит работать в мобильном режиме практически с любым ресурсоемким приложением.

*WiMAX: большая зона покрытия и больше возможностей для подключения.* Созданная для будущего технология Intel WiMAX обеспечивает большую зону покрытия и предоставляет больше возможностей для подключения, устраняя огра-

ничения, связанные с точками доступа. После интеграции этой технологии в ноутбуки и мобильные устройства, можно использовать не только сети Wi-Fi.

*Подключение ноутбуков будущего с технологией WiMAX.* С выпуском модулей Intel© WiMAX/WiFi Link 5050, интегрированных в ноутбуках с процессорной технологией Intel® Centrino® 2, корпорация Intel делает очередной прорыв в области создания беспроводных мобильных технологий для разработки будущих ноутбуков и других разнообразных устройств.

*Беспроводные сети.* Решения Intel® для беспроводных сетей позволяют подключать к сети портативные платформы без необходимости прокладки проводов. Высокопроизводительная, безопасная и масштабируемая продукция Intel позволяет создавать быстрые и гибкие подключения на работе, дома или в дороге.

*Продукция Intel®, соответствующая стандарту 802.11 Draft-N§.* Адаптеры Intel® 802.11 Draft-N§ WiFi обеспечивают пропускную способность до 450 Мб/с, поддерживая тем самым наиболее требовательные модели использования, в том числе потоковую передачу видео в формате HD и резервное копирование цифровых мультимедийных файлов. Кроме того, продукция на базе стандарта Intel 802.11 Draft-N§ обладает обратной совместимостью с распространенными в настоящее время сетями 802.11 a/b/g, позволяя подключаться в большем количестве мест.

*Продукция Intel® для сетей WiMAX – мобильное широкополосное соединение в пути.* Широкополосная технология WiMAX обеспечивает более широкие возможности, высокую скорость передачи данных и покрытие в масштабе всего города в отличие от технологии Wi-Fi. Чтобы предоставить пользователям возможность для использования существующих точек доступа Wi-Fi и дополнительных услуг, корпорация Intel предлагает возможности доступа Wi-Fi и WiMAX через ком-

пактные модули, реализованные в ноутбуках на базе процессорной технологии Intel® Centrino® 2.

*Решения для бизнеса.* Оптимизированные для бизнеса технологии Intel, обеспечивающие расширенные возможности управления, защиты и энергосбережения, позволяют решать любые задачи.

12. **Технология** Intel® Virtualization. Аппаратная технология Intel® Virtualization (Intel® VT) помогает преобразовывать ИТ-среды, обеспечивая гибкость и максимальную эффективность использования ресурсов за счет консолидации нескольких рабочих сред на одном сервере, рабочей станции или ПК. Технология Intel VT требует меньшего количества систем для выполнения того же объема задач и обеспечивает следующие преимущества:

- простое управление ресурсами повышает эффективность работы ИТ-инфраструктуры;

- высокая надежность и доступность систем уменьшает риск повреждения корпоративных данных и потери времени при вынужденных простоях;

- низкие расходы на приобретение нового оборудования и более эффективное использование вычислительных ресурсов имеющихся систем.

*Оптимизация традиционных процессов виртуализации.* Благодаря поддержке процессоров, наборов микросхем, BIOS и ПО технология Intel VT оптимизирует эффективность традиционных программных решений виртуализации. Снижая нагрузку на аппаратные ресурсы системы, эти интегрированные функции ускоряют работу ПО для виртуализации, позволяют использовать больше программных стеков и добиться практически идеальной производительности.

*Больше сред при использовании меньшего объема аппаратного обеспечения.* Решения виртуализации, оптимизированные с помощью технологии Intel® VT, позволяют использовать на

платформе несколько ОС и приложений в качестве независимых виртуальных машин. В результате, один компьютер может функционировать как несколько виртуальных систем. Например, ИТ-менеджеры могут создавать единые пакеты: несколькими ОС и новыми и стандартными приложениями.

*Расширение виртуализации за пределы бизнес-сред.* Аппаратная технология Intel VT в сочетании с программными решениями виртуализации может также предоставить исключительные преимущества домашним пользователям. Создавая виртуальные разделы и изолируя пользовательские среды, домашние пользователи могут выделять ресурсы на конкретные задачи, например, для запуска компьютерных игр, работы финансовых приложений или для просмотра коллекций фотографий и фильмов, одновременно с этим повышая защиту от вирусов и шпионского ПО.

**13. Технология Intel® vPro™.** Ноутбуки и настольные ПК с технологией Intel® vPro™ позволяют ИТ-специалистам использовать аппаратные функции безопасности и управления, расширяющие возможности поддержки, управления и защиты корпоративных ПК. С новейшими консолями ИТ-управления независимых разработчиков и встроенной поддержкой технологии Intel vPro ИТ-специалисты могут использовать расширенные функции для управления ноутбуками в проводной или беспроводной корпоративной сети или за ее пределами через проводной канал.

В ПК с этой технологией интегрированы надежные аппаратные функции безопасности, а также расширенные возможности управления и обслуживания, тесно связанные с программными консолями. Поскольку функции встроены в аппаратное обеспечение, технология Intel vPro обеспечивает первое в ИТ-индустрии решение для управления системами и защиты выключенных ПК и ПК, на которых не работает ОС или отключены программные агенты. В состав технологии Intel® vPro™ входит технология Intel® Active Management. Для rea-

лизации этой технологии необходима компьютерная система с набором микросхем, поддерживающим технологию Intel AMT, сетевым оборудованием и программным обеспечением, подключенная к источнику питания и корпоративной вычислительной сети. Покупателю понадобится произвести настройки конфигурации, в процессе чего может потребоваться также ввод сценария через консоль управления или дальнейшая интеграция с имеющимися инфраструктурами защиты для активации определенной группы функций. Кроме того, может потребоваться изменение имеющихся или внедрение новых бизнес-процессов. На ноутбуках технология Intel AMT может быть недоступна или некоторые ее функции могут быть ограничены в связи с ограничениями виртуальной частной сети на ОС узла или при беспроводном подключении, автономной работе, работе в режиме сна или в выключенном состоянии.

**14. Повышение безопасности.** Аппаратные функции технологии Intel vPro улучшают фильтрацию сетевого трафика и позволяют изолировать клиентские системы от атак. Автоматическая проверка агентов безопасности и мгновенное дистанционное восстановление расширяют возможности упреждающей защиты. С надежной функцией дистанционного включения можно быстрее устанавливать патчи в нерабочее время, ускоряя процесс развертывания их до 56 %. Кроме того, аппаратная функция Execute Disable Bit защищает ПК от ряда вирусов, использующих атаки, методом переполнения буфера. Защищая виртуальные среды от руткитов и других атак, технология Intel® Trusted Execution (Intel® TXT) O (PDF, 83,1 Кб) обеспечивает дополнительную защиту ПК с технологиями Intel vPro и Intel® Virtualization (Intel® VT). Технология Intel® TXT включает поддержку отраслевого стандарта TPM 1.2, который стороннее ПО может использовать для хранения ключей и других защищенных данных. Технология Intel TXT позволяет ПК загружать ПО в защищенном режиме и помогает обеспечить целостность виртуальных машин.

15. **Максимальное удобство управления.** ПК с технологией Intel vPro помогают ИТ-специалистам дистанционно проводить диагностику и восстанавливать системы с проводным и беспроводным сетевым подключением и сокращать время ИТ-поддержки. Данная технология помогает выполнять удаленное отслеживание активов и проверять присутствие агентов управления практически в любое время. Эти функции позволяют выполнять инвентаризацию аппаратного и программного обеспечения до 94 % быстрее, чем в ручном режиме.

16. **Энергосберегающая производительность.** Являясь многоядерным рабочим механизмом технологии Intel vPro, процессоры Intel® Core™2 Duo на базе 45-нанометровой производственной технологии с использованием гафния могут обеспечить повышение производительности в многозадачных средах и при работе с ресурсоемкими приложениями более чем 90 %. При этом их выдающаяся энергоэффективность позволяет создавать небольшие бесшумные системы и обеспечивает длительное время автономной работы мобильных ПК. Эти 64-разрядные ПК также обеспечивают полную поддержку Windows Vista и поддержку графической системы Intel® Graphics для использования всех возможностей интерфейса Windows Vista Aero, а также высокую производительность Microsoft Office 2010 и другого программного обеспечения нового поколения.

17. **Компаниям дополнительные преимущества.** Ноутбуки, настольные ПК и серверы на базе технологий Intel® значительно улучшают аппаратную защиту, удобство управления, энергоэффективность и производительность компьютерных систем. Технологии Intel, разработанные для решения самых сложных ИТ-проблем, помогают сократить количество вызовов специалистов, уменьшить расходы и повысить продуктивность сотрудников.

18. **Технология** Intel® Active Managements. Осуществляет удаленное управление ПК, даже когда они выключены или не работают.

19. **Технология** Intel® Trusted Execution. Защита конфиденциальности и целостности важных документов от программных атак.

20. **Функция** Execute Disable Bit. Данная функция обеспечивает защиту от вредоносных атак посредством переполнения буфера при поддержке этой функции операционной системой.

21. **Архитектура** Intel® 64. Она организует повышение производительности, обеспечивая поддержку адресации более 4 Гб виртуальной и физической памяти.

22. **Безопасность инфраструктуры предприятия.** Поддержка решений безопасности, в том числе брандмауэров, виртуальных частных сетей, систем обнаружения и предотвращения взлома и единых систем управления угрозами.

23. **Интерфейс DCMI.** Упрощение систем управления платформами, сокращение расходов на управление серверами и максимально эффективное использование ресурсов центров обработки данных; расширенные сетевые технологии для центров обработки данных; оптимизация взаимодействия между приложениями, службами и универсальными сетевыми технологиями на базе отраслевых стандартов; эффективность центров обработки данных.

24. **Графические решения** Intel®. Технология Intel® Graphics обеспечивает отличное качество видео в формате HD и полную поддержку графического интерфейса Microsoft Windows Vista Aero. Встроенные графические системы входят в стандартную комплектацию многих ноутбуков, настольных ПК

и системных плат, устраняя необходимость приобретения дорогостоящей видеокарты.

*Хорошие цифровые развлечения.* Интегрированная видеосистема Intel® Graphics Media Accelerator с расширенными функциями обеспечивает кристальную четкость видео и графики в формате HD, а также улучшенное качество воспроизведения видео с технологией Intel® Clear Video и поддержку Microsoft DirectX.

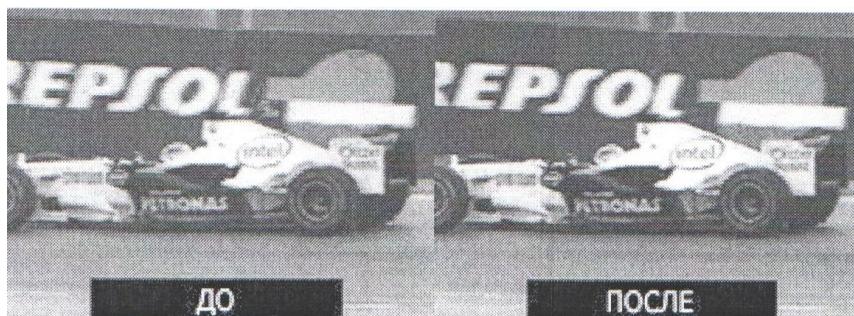
*Преодоление барьера производительности.* Если пользователю нужен ноутбук или настольный ПК для работы или отдыха, то следует обратить внимание на системы с интегрированными графическими адаптерами Intel®, обеспечивающими высочайшую производительность видео в формате HD, приложений для создания цифрового контента, приложений для работы с фотографиями и ОС Microsoft Windows Vista.

*Звук и видео высокой четкости.* Intel® Graphics позволяет получить отличные визуальные результаты, включая все возможности Microsoft Windows Vista, отличное видеовоспроизведение и игровую производительность для массового пользователя.

Intel Graphics встраивается непосредственно в системную плату ПК, поэтому получается отличная скорость и функциональные возможности при низких затратах, в сравнении с обычными встраиваемыми графическими адаптерами.

**25. Оживление видео.** Высококачественное видео совершило революцию в развлечениях.

Технология Intel Clear Video обеспечивает улучшенное качество воспроизведения, четкость изображений, широкие возможности управления цветом и расширенную поддержку современных HD-дисплеев. Для получения перечисленных выше возможностей не требуется встраиваемая видеокарта.



В изображении слева черезстрочная развертка преобразуется неправильно, вызывая изменение цвета. Изображение справа, полученное с применением технологии Intel Clear Video, – четкое и красочное.

Intel Graphics поддерживает последние функции Microsoft DirectX и трехмерных изображений, такие как Microsoft Shader Model 3.0, обеспечивая отличные визуальные эффекты в играх, такие как деформации объектов, размытость изображения при движении и сложные анимации с реалистичными тенями, освещением и текстурами.

Эти возможности формирования трехмерных изображений поддерживаются с помощью последних программных драйверов Intel® Graphics Media Accelerator (Intel® GMA). Значительные улучшения в Intel Graphics и процессорах Intel® дают возможность для большинства пользователей отказаться от покупки дорогостоящих встраиваемых графических плат. Разницу в стоимости можно потратить на расширение системы, например, на покупку более мощного процессора.

Intel Graphics особенно подходит в тех случаях, когда необходима хорошая платформа для Microsoft Windows Vista, поскольку в этом случае получается замечательный встроенный графический адаптер, совместимый со всеми возможностями платформы. Это экономичное решение идеально подходит для массового пользователя ПК, которому необходима широкая поддержка современных функций.

Решение Intel допускает подключение ПК к новейшим интерфейсам цифровых дисплеев, включая High-Definition Multimedia Interface (HDMI). Интерфейс HDMI служит для передачи несжатого видеосигнала в формате HD и несжатого многоканального звука по одному кабелю.

Intel Graphics поддерживает следующее поколение технологий дисплеев для ПК.

ПК на базе набора микросхем Intel® 945G Express и выше и набора микросхем Mobile Intel® 945GM Express и выше, оснащенные устройствами памяти соответствующего объема и частоты, полностью поддерживают ОС Microsoft Windows Vista Premium.

Intel Integrated Graphics с технологией Intel® Clear Video, включая улучшенное воспроизведение и качество, доступно только в компьютерных системах на базе наборов микросхем Intel® G965, G33 и G35 Express, а также на базе наборов микросхем Mobile Intel® GM965 и GL960 Express.

Intel Integrated Graphics с функциями работы с трехмерными изображениями, такими как Microsoft Shader Model 3.0, доступно только в компьютерных системах на базе наборов микросхем Intel® G965 и G35 Express. Это абсолютно новое состояние управления питанием.

Для поддержки новейших интерфейсов цифровых дисплеев, включая HDMI и DVI, может потребоваться использование платы SDVO другой фирмы с установленными соответствующими драйверами.

**26. Состояние «сна» – энергоэкономичность.** Это состояние (C-state) значительно снижает энергопотребление процессора в периоды простоя, в связи с чем внутренняя утечка мощности в транзисторах перестает иметь значение. Новейшее состояние «сна» процессора – состояние с самым низким уровнем энергопотребления. В этом состоянии значительно увеличивается время автономной работы ноутбука. Благодаря

этой технологии процессоры имеют более низкие показатели энергопотребления по сравнению с энергоэффективными процессорами Merom, относящимися к предыдущему поколению архитектуры Intel Core. В состоянии Deep Power Down процессор очищает кэш-память, сохраняет состояние микроархитектуры процессора и отключает питание ядер и кэш-памяти второго уровня. В состоянии Deep Power Down набор микросхем продолжает обслуживать трафик памяти для операций ввода/вывода, но не переводит при этом процессор в активное состояние. Когда требуется использовать ресурсы ядра, повышается напряжение, включаются тактовые циклы, перезагружается процессор, восстанавливается состояние микроархитектуры и возобновляется выполнение команд. Чем глубже состояние сна, тем больше тратится энергии на переход в это состояние и выход из него. Слишком частый переход в состояние глубокого сна может привести к потере энергии. Для предотвращения этого в процессорах имеется функция автоматического снижения уровня, использующая эвристические механизмы для определения того, оправдывает ли экономия энергии затраты энергии на выключение процессора и его перезапуск. Если это не так, запрос на переход в состояние Deep Power Down понижается до уровня C4, то есть менее глубокого сна. В результате достигается экономия энергии, соответствующая вероятному периоду простоя.

**27. Расширенная технология Intel® Dynamic Acceleration – энергоэкономичность.** Для дополнительного увеличения производительности однопоточных приложений корпорация Intel расширила возможности технологии Intel Dynamic Acceleration Technology, доступной в существующих процессорах Intel Core 2 Duo. Эта функция использует энергетический потенциал, освобождающийся в момент, когда одно ядро становится неактивным, для повышения производительности другого ядра, продолжающего работать. Если одно ядро находится в со-

стоянии С3 или более глубокого сна, часть энергии, обычно используемая этим ядром, может подаваться на активное ядро без превышения температурных спецификаций процессора. Это повышает скорость выполнения однопоточных приложений, увеличивая производительность Mobile Intel® GM965 и GL960 Express. Реальные значения производительности и функциональные возможности могут изменяться в зависимости от конфигурации и настроек аппаратных средств и программного обеспечения.

**28. Системная плата Intel® DG45FC для настольных ПК.** Проблемным вопросом всегда считалась низкая частота системной шины по отношению к тактовой частоте процессора, что в значительной степени снижало скорость обмена и передачи информации и в итоге производительность компьютера.

Фирме Intel удалось создать небольшую, но производительную системную плату Intel® DG45FC для настольных ПК, которая имеет форм-фактор mini-ITX. В нее интегрирован видеовыход HDMI и аппаратная система декодировки формата HD. Эта небольшая системная плата поддерживает современные процессоры Intel® Core™2 Duo с частотой системной шины до 1,333 ГГц и обеспечивает многочисленные преимущества.

Системная плата Intel® DG45FC для настольных ПК поддерживает технологию Dolby Home Theatre и имеет сертификат Microsoft Windows Vista Premium WHQL.

**29. Экология.** В первых процессорах на базе новой 45-нанометровой производственной технологии Intel с диэлектриками Hi-k реализованы разнообразные архитектурные усовершенствования, позволяющие увеличить производительность аппаратного и программного обеспечения. Кроме того, в 45-нанометровой производственной технологии используются материалы, не содержащие свинца, а с 2008 года корпорация Intel перешла на продукцию, в которой не используется галоген.

Эти изменения позволили корпорации Intel достичь поставленные цели, связанные с защитой окружающей среды. 45-нанометровая производственная технология уже реализована в процессорах семейства Intel® Core™2 и Intel® XEON®.

**30. Взгляд в будущее.** В цифровой век стиль нашей жизни, работы и общения постоянно меняется и новый прорыв, знаменуемый созданием 32-нанометровой логической технологии SRAM, означает, что в будущем можно ожидать намного больше: быстрые процессоры, увеличенная вычислительная мощность, расширенные функции и интеллектуальные приложения. В то время, когда другие компании не планируют использовать эту технологию еще в течение многих лет, корпорация Intel уже готовит ее применение в производстве. Началось массовое производство микропроцессоров на базе 32-нанометровой производственной технологии еще в 2009 году.

*Кремниевый конвейер R&DSilicon R&D Pipeline.* Поскольку размеры элемента становятся меньшими и каналы работают на более высоких скоростях, возникает проблема поставки более сильных и с эффективной мощностью процессоров. Активная мощность, негосударственная утечка, изменчивость в поведении транзистора и другие тенденции все более и более маленьких устройств должны быть обращены, чтобы продолжить поставлять процессоры с низким энергопотреблением, высокой скоростью, соединительными проводами более высокой полосы пропускания. Intel уже осуществила несколько мер, чтобы обратиться к такой проблеме, как мощность утечки.

*Высокий  $k$  и металлический логический вентиль High- $k$  и metal gate.* Чтобы обратиться к проблемам утечки, которые идут с сокращением транзисторов, Intel идентифицировала новый высокий  $K$  материала, чтобы заменить кремниевый диэлектрик логического вентиля диоксида транзистора, и новые металлы, чтобы заменить многокремниевый электрод логическо-

го вентиля NMOS и транзисторы PMOS. Новые материалы, наряду с правым рецептом процесса, уменьшают утечку логического вентиля до 4 % того, чем это было для предыдущего поколения процесса, поставляя рекордную производительность транзистора.

*Разработка «кремниевого будущего» Developing the Silicon Future.* Для повышения счета транзисторов в чипе Intel® в соответствии с законом Мура, каждый транзистор разработан так, чтобы быть меньшим и быстрым с целью увеличенной производительности микропроцессора. Возрастающий счет транзистора и его размер также подразумевают увеличенную потребляемую мощность. Чтобы справиться с проблемой мощности, Intel исследует новые способы создания высокоскоростных транзисторов с низким энергопотреблением через последнюю половину следующего десятилетия.

*3-й и III-V транзисторов 3-D и III-V transistors.* В будущем Intel исследует транзисторы типа 3D, у которых есть логический вентиль, который управляет потоком электрического тока от трех сторон, а не односторонним контролем сегодняшних обычных плоских транзисторов. Intel также исследует транзисторы, канал которых сделан из «III-V» транзисторов, которые представляют составные полупроводники. Все они нацелены на продолжающиеся усовершенствования производительности, уменьшая мощность.

*Упаковочные технологии Packaging technologies.* Исследователи Intel обращаются к проблеме упаковки более тонких, более легких и функциональных возможностей с богатым набором средств в меньшее количество пространства через продвинутые связанные с упаковкой научно-исследовательские действия.

*Почтовый CMOSPost CMOS.* Масштабирование кремния в соответствии с законом Гордона Мура, как ожидают, продолжится, пока по крайней мере до 2020 года, но в конечном счете альтернативные вычислительные технологии будут разработаны.

## 5. ПРОЦЕССОРЫ

При изготовлении процессоров 45-нм технологии фирма Intel ввела следующие обозначения:

- ® – указывает на 45-нм технологию;
- тм – товарная марка.

Процессоры Intel® для настольных ПК обеспечивают великолепную производительность и надежность для работы дома и в офисе. Процессоры для ноутбуков позволят оставаться на связи в самых разных уголках мира; процессоры для серверов и рабочих станций отличаются высокой масштабируемостью, энергоэкономичностью и производительностью и поддерживают высокие требования к многопроцессорным средам; процессоры для встраиваемых и коммуникационных систем сочетают в себе выдающуюся производительность, масштабируемость и энергоэкономичность и предназначены для различных сфер использования.

Процессоры для настольных ПК:

- процессоры семейства Intel® Core™;
- процессоры семейства Intel® Pentium®;
- процессоры семейства Intel® Celeron®.

Процессоры для серверов и рабочих станций:

- процессоры Intel® для серверов;
- процессоры Intel® для рабочих станций.

Процессоры для Интернет-устройств:

- процессор Intel® Atom™ для нетбуков и неттопов;
- процессор Intel® Atom™ для мобильных Интернет-устройств.

Процессоры для ноутбуков:

- процессоры семейства Intel® Core™;
- процессоры семейства Intel® Celeron®.

Процессоры для встраиваемых и коммуникационных решений:

- процессоры с архитектурой Intel®;
- сетевые процессоры Intel®;
- процессоры ввода / вывода Intel®.

## 5.1. Процессоры для настольных ПК

**Процессоры семейства Intel® Core™.** Процессоры семейства Intel® Core™2 отличаются повышенной производительностью и крайне низким энергопотреблением. Они изготовлены по 45-нанометровой производственной технологии с использованием гафния, поэтому работают еще быстрее.

**Процессор Intel® Core™ i7-965 Extreme Edition.** Самый производительный в мире процессор для настольных ПК. Можно поднять производительность настольных ПК на новый уровень с процессором Intel® Core™ i7-965 Extreme Edition, идеально подходящим для многопоточных игр и приложений.

**Процессор Intel® Core™ i7 Extreme Edition.** Можно покорить мир экстремальных игр с самым быстрым процессором на планете: процессором Intel® Core™ i7 Extreme Edition. Быстрые интеллектуальные многоядерные технологии, реагирующие на рабочую нагрузку, обеспечивают невероятные прорывы в производительности игр.

**Процессор Intel® Core™ i7.** С быстрыми интеллектуальными многоядерными технологиями, автоматически применяющими вычислительную мощность там, где она нужна больше всего, процессоры Intel® Core™ i7 совершают настоящий прорыв в области производительности ПК. Это лучшие процессоры для настольных ПК.

**Процессор Intel® Core™2 Extreme.** Экстремальная производительность. Двухъядерные и четырехъядерные технологии Intel нового поколения обладают революционной производи-

тельностью для воспроизведения высококачественного видео и звука и обеспечивают высокое быстродействие в многозадачных средах.

**Процессор Intel® Core™2 Quad** – мечта энтузиастов мультимедийных технологий. Производительность четырехъядерного процессора в настольном ПК – идеальное решение для многопоточных развлекательных приложений и многозадачных сред.

**Процессор Intel® Core™2 Duo.** Оптимизированная производительность двухъядерных процессоров Intel® Core™2 Duo обеспечивает экономию энергии и превосходную работу приложений, требовательных к ресурсам системы.

Данные по производительности приведены на базе стандартных ГОСТ, производительности игр и мультимедийных приложений. Реальные значения производительности могут отличаться (дополнительную информацию можно найти на странице <http://www.intel.com/performance/desktop/B>).

**Разработчики о процессорах Intel® Core™ i7.** Программное обеспечение для редактирования и записи видео Corel® VideoStudio® Pro X2 использует преимущества процессоров Intel® Core™ i7 и технологии Intel® Hyper-Threading для одновременного выполнения нескольких задач по кодировке.

## 5.2. Процессоры Intel® Pentium® – новые возможности для творчества

**Процессор Intel® Pentium® E5200.** Двухъядерный процессор Intel® Pentium® обеспечивает повышенную производительность настольных ПК и ноутбуков, низкое энергопотребление и широкие возможности многозадачности при повседневной работе.

**Характеристики и преимущества.** Процессоры расширяют возможности повседневной работы на ПК, обеспечивают высокую производительность при воспроизведении цифровых музыкальных файлов и обработке цифровых фотографий, а также высокое быстродействие при работе в офисных приложениях.

*Более эффективная конструкция.* Технология Intel® Smart Cache обеспечивает высокоэффективную конструкцию кэш-памяти и системной шины, обеспечивая производительность, быстрдействие и энергосбережение.

**Процессоры Intel® Pentium®.** Номера процессоров Intel® Pentium® имеют буквенный префикс, за которым идет четырехзначная последовательность цифр. Они являются энергоэкономичными двухъядерными процессорами для настольных ПК с расчетной мощностью 65 Вт или выше.

*Например.*

#### **Название процессора**

Процессор Intel® Pentium® (E2200)

В рамках каждого класса или семейства процессоров больший номер соответствует более высоким характеристикам, в том числе кэш-памяти, тактовой частоте, частоте системной шины и поддержке других технологий Intel. Процессор с более высоким номером может иметь более высокое значение одного параметра и более низкое – другого.

По мере развития и совершенствования процессоров корпорация Intel будет интегрировать в них новые технологии и функциональные возможности, что может привести к увеличению номера процессора.

### **5.3. Процессоры семейства Intel® Celeron®**

ПК на базе процессоров Intel® Celeron® отлично подходят для решения повседневных задач в офисе, школе и дома.

Двухъядерные процессоры позволяют расширить возможности вашего ПК. Они имеют 512 Кб общей кэш-памяти второго уровня, системную шину с частотой 800 МГц и два независимых ядра в одном корпусе, которые работают с одинаковой тактовой частотой, обеспечивая отличное сочетание высокой энергоэкономичности и производительности.

Одноядерные процессоры Intel® Celeron® также отлично сочетают в себе высокую надежность и экономичность.

<b>Характеристики и преимущества</b>	
<i>двухъядерных и одноядерных процессоров</i>	
Технология Intel® Wide Dynamic Execution	Эта технология позволяет выполнять больше команд за один тактовый цикл, повышая скорость выполнения команд и обеспечивая экономию энергопотребления. Повышает производительность системы, оптимизируя использование доступной пропускной способности
Технология Intel® Smart Memory Access Технология Intel® Advanced Digital Media Boost Intel® 64'	Обеспечивает значительное повышение производительности разнообразных мультимедийных, шифровальных, научных и финансовых приложений, значительно повышая производительность при выполнении команд Intel® Streaming SIMD Extension (SSE/SSE2/SSE3). Расширение 32-разрядной архитектуры Intel, позволяющее процессорам использовать большие объемы оперативной памяти
Функция Execute Disable Bit	Реализация этой функции на поддерживаемых операционных системах обеспечивает расширенную защиту от вирусов
Система охлаждения Intel для процессоров в штучной упаковке	Системы охлаждения, которые поставляются вместе с процессорами Intel в штучной упаковке, разрабатываются специально для этих процессоров и существенно улучшают их тепловые и акустические характеристики
<i>двухъядерных процессоров</i>	
Технология Intel® Advanced	Общая кэш-память второго уровня динамически распределяется между ядрами процессора в зависимости от нагрузки. Эта технология повышает вероятность доступа каждого ядра к данным в скоростной кэш-памяти второго уровня, что значительно снижает задержку при доступе к часто используемым данным и повышает производительность

## 5.4. Процессоры для ноутбуков

Процессоры семейства Intel® Core™ обеспечивают высокую производительность и энергосбережение.

**Процессор Intel® Core™2 Extreme для мобильных ПК.** Процессоры Intel® Core™2 Extreme, специально разработанные для поддержки экстремальных игр и мультимедийных приложений в формате HD, – самые высокопроизводительные четырехъядерные и двухъядерные процессоры для мобильных ПК. Выдающаяся производительность на уровне настольного ПК в элегантных и легких ноутбуках.

Процессоры Intel® Core™2 Extreme для мобильных ПК идеально подходят для создания цифрового контента в формате HD и запуска самых современных игр, обеспечивая вычислительную мощность, быстродействие и реалистичность, необходимые для наиболее ресурсоемких многопоточных приложений.

**Четырехъядерный процессор Intel® Core™2 Extreme QX9300 для мобильных ПК.** Он имеет тактовую частоту до 2,53 ГГц, 12 Мб кэш-памяти второго уровня и частоту системной шины 1066 МГц, что делает его отличным решением для использования мультимедийного контента в формате HD и запуска компьютерных игр новейшего поколения.

В четырехъядерном процессоре Intel® Core™2 Extreme для мобильных ПК используются четыре ядра, которые обрабатывают несколько потоков данных и способны решать несколько задач с высокой скоростью. Эти процессоры обеспечивают высокий реализм игр, расширенные возможности ИИ и поддержку систем частиц, физики движения и генерации текстур. Они отлично подходят для создания видеороликов в формате HD благодаря увеличению производительности кодировки и монтажа видеоматериалов до 50 %, что делает их идеальной основой для создания универсальной развлекательной системы.

Для абсолютной победы в компьютерных играх необходима вся мощь ПК, поэтому в четырехъядерных процессорах Intel® Core™2 Extreme для мобильных ПК отсутствует блокировка изменения тактовой частоты, что позволяет настроить ноутбук для обеспечения максимальной производительности.

**Двухъядерный процессор Intel® Core™2 Extreme X9100 для мобильных ПК.** Обеспечивает революционную производительность мобильных ПК благодаря тактовой частоте 3,06 ГГц, 6 Мб общей кэш-памяти второго уровня, технологии Intel® Smart Memory Access и системной шине с частотой 1066 МГц.

Ему характерно высочайшее качество игр и мультимедиа на мобильных ПК с высокой производительностью, исключительное быстродействие и абсолютная реалистичность. Двухъядерный процессор Intel® Core™2 Extreme раскрывает новые возможности для игр на мобильных ПК.

Он открывает новые возможности для повышения тактовой частоты благодаря отсутствию защиты от повышения тактовой частоты, что позволит настроить ноутбук для максимальной производительности в играх.

Новейшие четырехъядерные процессоры Intel® Core™2 Quad на базе микроархитектуры Intel® Core™ и 45-нанометровой производственной технологии обеспечивают необходимую пропускную способность для эффективной работы многопоточных приложений нового поколения, позволяя создавать более быстрые настольные ПК и рабочие станции с пониженными требованиями к охлаждению.

Кроме того, опциональная технология Intel® vPro™ предоставляет возможность дистанционной изоляции, диагностики и восстановления зараженных настольных ПК, мобильных ПК и рабочих станций, в том числе за пределами брандмауэра и по беспроводной сети, даже если компьютер выключен или на нем не работает ОС.

## 5.5. Характеристики и преимущества

Благодаря наличию четырех процессорных ядер, до 12 Мб общей кэш-памяти второго уровня и частоты системной шины до 1333 МГц процессоры Intel® Core™2 Quad для настольных ПК обеспечивают отличную производительность и энергоэкономичность. Это стало возможным благодаря тому, что они построены на базе микроархитектуры Intel® Core™ и 45-нанометровой производственной технологии с использованием гафния.

При кодировке, рендеринге, редактировании или потоковой передаче мультимедиа в формате HD в офисе или в любом другом месте процессоры Intel® Core™ 2 Quad обеспечат необходимую производительность для самых ресурсоемких приложений настольных и мобильных ПК.

Кроме того, в эти процессоры интегрированы передовые технологии Intel®.

Intel® Wide Dynamic Execution. Обеспечивает выполнение большего числа команд за тактовый цикл, улучшая время исполнения и повышая энергосбережение.

Intel® Intelligent Power Capability. Обеспечивает производительность и энергосбережение.

Intel® Smart Memory Access. Повышает производительность системы, оптимизируя использование доступной пропускной способности.

**Увеличенная кэш-память Intel® Advanced Smart Cache В.** Оптимизированная для многоядерных процессоров, обеспечивает высокую производительность и эффективность работы кэш-памяти.

**Технология Intel® Advanced Digital Media Boost.** Обеспечивает значительное повышение производительности разно-

образных мультимедийных, шифровальных, научных и финансовых приложений, значительно повышая производительность при выполнении команд Streaming SIMD Extension (SSE/SSE2/SSE3).

**Технология Intel® HD Boost.** Реализован новый набор команд Intel® Streaming SIMD Extension 4 (Intel SSE4), обеспечивающий еще большую мультимедийную производительность и скорость монтажа и кодировки видео высокой четкости.

**Технология виртуализации Intel® Virtualization (Intel® VT).** Обеспечивает высокий уровень безопасности, удобство управления и эффективность.

**Готовые к будущему.** Производительные многоядерные процессоры Intel® специально разрабатывались для многопоточных программ.

## 5.6. Процессоры Intel® для серверов

Процессоры Intel® для серверов обеспечивают высокую энергоэффективность и производительность бизнес-приложений, интенсивно использующих данные. Многоядерные серверные процессоры Intel® используются в разнообразных 64-разрядных серверах, позволяя оптимизировать и масштабировать вычислительные среды и максимально повысить эффективность использования серверов, обеспечивая при этом необходимый потенциал для развития.

### **Процессор Intel® Xeon® серии 5500:**

– новое поколение микроархитектуры Intel® Core™ на базе 45-нанометровой производственной технологии с диэлектриками Hi-k обеспечивает высокую производительность;

– система автоматически повышает тактовую частоту процессора и при необходимости использует технологию Intel® Hyper-Threading (Intel® HT);

– технология Intel® Intelligent Power позволяет эффективно управлять энергопотреблением за счет его масштабирования в соответствии с рабочей нагрузкой;

– новое поколение технологии Intel® Virtualization обеспечивает лучшую в своем классе производительность виртуализации, высочайшую масштабируемость, гибкость и простое управление серверами;

– комплект для разработчиков Intel® Data Center Manager (Intel® PCM) 13 SDK включает функции мониторинга и управления питанием и температурой для серверов, стоек и групп серверов в центрах обработки данных; поставщики консолей управления и системные интеграторы могут интегрировать Intel® DCM в свои консоли или утилиты командной информации;

– крупномасштабные базы данных, хранилища данных, ERP, бизнес-информация и аналитика данных;

– масштабирование серверов до 512 процессоров и до 1024 Тб памяти;

– высокая масштабируемость, гибкость и надежность строки для того, чтобы предложить ИТ-организациям эффективные функции управления питанием.

### **Процессор Intel® Хеоп® серии 7400:**

– ведущие показатели производительности виртуализации благодаря аппаратным функциям поддержки и революционному увеличению производительности и энергоэкономичности;

– эти процессоры, имеющие до 6 ядер и большую общую кэш-память третьего уровня объемом до 16 Мб, специально созданы для бизнес-приложений, использующих много данных, и обеспечивают поддержку большого количества транзакций на сервере;

– дополнительный потенциал, высокая надежность и максимальная масштабируемость для крупномасштабной консолидации серверов и виртуализации бизнес-приложений.

### **Процессор Intel® Xeon® серии 3000:**

- отлично подходят для серверов электронной почты и файловых серверов / серверов печати;
- улучшенная микроархитектура Intel® Core™ нового поколения на базе 45-нанометровой производственной технологии с диэлектриками Hi-k обеспечивает исключительную производительность и энергоэффективность;
- высокопроизводительные конфигурации начального уровня и мощные вычислительные среды.

### **Процессор Intel® Itanium® серии 9000:**

- крупномасштабные базы данных, хранилища данных, ERP, бизнес-информация и аналитика данных;
- масштабирование серверов до 512 процессоров и до 1024 Тб памяти;
- высокая масштабируемость, гибкость и надежность.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА.....	4
2. РАЗВИТИЕ СЕМЕЙСТВА МИКРОПРОЦЕССОРОВ 180X86 .....	5
3. СЕМЕЙСТВО МИКРОПРОЦЕССОРОВ 180X86 .....	9
4. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ФИРМЫ INTEL В АРХИТЕКТУРЕ, ТЕХНОЛОГИЯХ И ПРОГРАММИРОВАНИИ.....	19
5. ПРОЦЕССОРЫ .....	49

Учебное издание

**МОСКАЛЕНКО** Алексей Анисимович  
**КОНОНЕНКО** Зоя Ивановна  
**ОКОЛОВ** Андрей Ромуальдович

## МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Методическое пособие  
по дисциплинам

«Проектирование микропроцессорных систем управления»,  
«Языки, системы и технологии программирования»  
и «Микропроцессорные системы управления»  
для студентов специальностей  
1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов  
и производств», 1-53 01 02 «Автоматизированные системы  
обработки информации» и 1-53 01 06 «Промышленные  
роботы и робототехнические комплексы»

Редактор *Т. В. Купель*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 25.09.2012. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 3,55. Уч.-изд. л. 2,77. Тираж 100. Заказ 395.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический  
университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.