

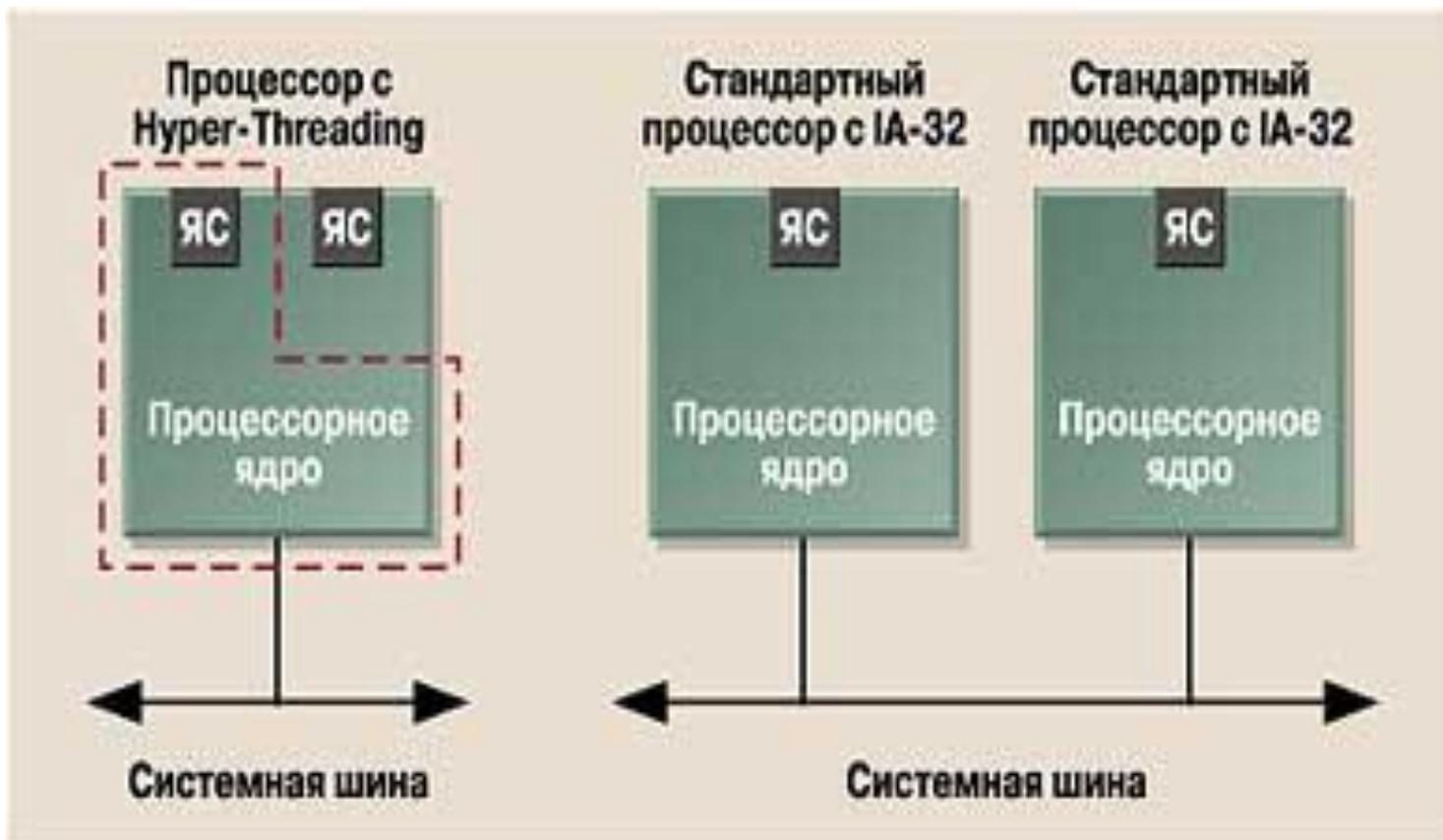
# Современные микропроцессоры

# Технология **Hyper-Threading**

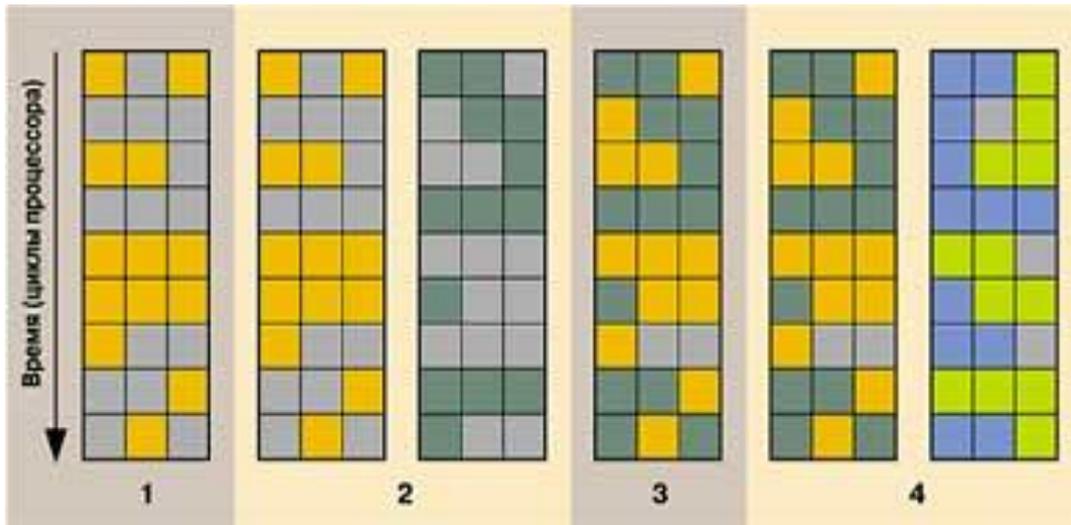
Главная цель применения **Hyper-Threading** — не выполнение двух (нескольких) задач одновременно, а **максимально возможная загрузка процессорных ресурсов.**

Процессоры, выполненные по технологии Hyper-Threading, одновременно обрабатывают **две (несколько) нитей** процессов, состоящие из потоков данных и команд двух (нескольких) разных приложений или различных частей одного.

# Система с двумя **IA-32** процессорами и ЦП, построенный по технологии **Hyper-Threading**



# Загрузка процессоров



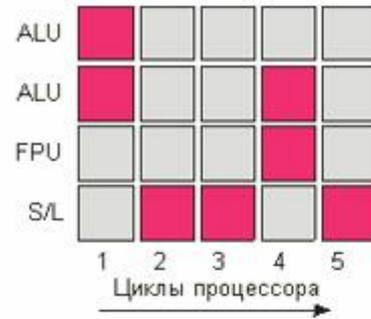
Оранжевые и зеленые блоки работают, серые простаивают.

- 1 — выполнение **1 нити** на обычном процессоре;
- 2 — выполнение **2 нитей** на **2** разных процессорах стандартной **2-процессорной** системой;
- 3 — одновременное выполнение **2 нитей** на **1** процессоре с технологией **Hyper-Threading**;
- 4 — выполнение **4 нитей** на **2** процессорах **2-процессорной** системы с технологией **Hyper-Threading**.

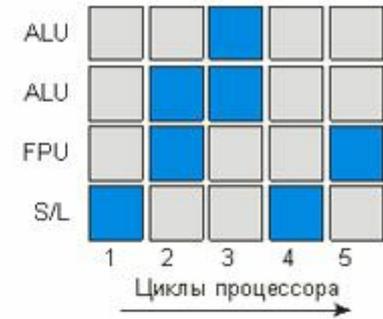
Исполнительные  
блоки



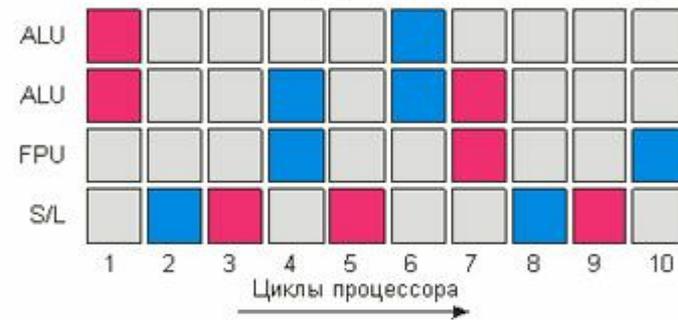
Поток А



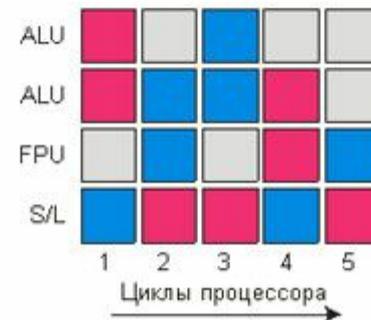
Поток В



Выполнение на процессоре без Hyper-Threading



Выполнение на процессоре с Hyper-Threading



# Многоядерность

а) Традиционный процессор



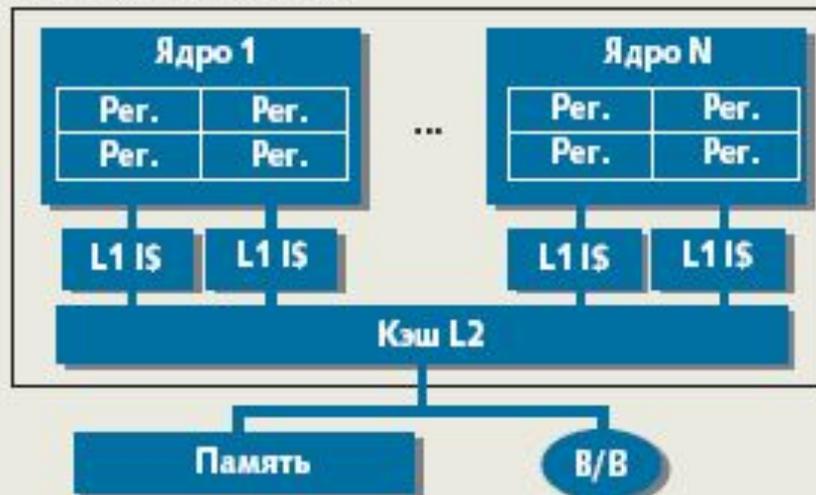
б) Простая многоядерная архитектура



в) Многоядерная архитектура с общей кэш-памятью



г) Многопоточковая многоядерная архитектура с общей кэш-памятью



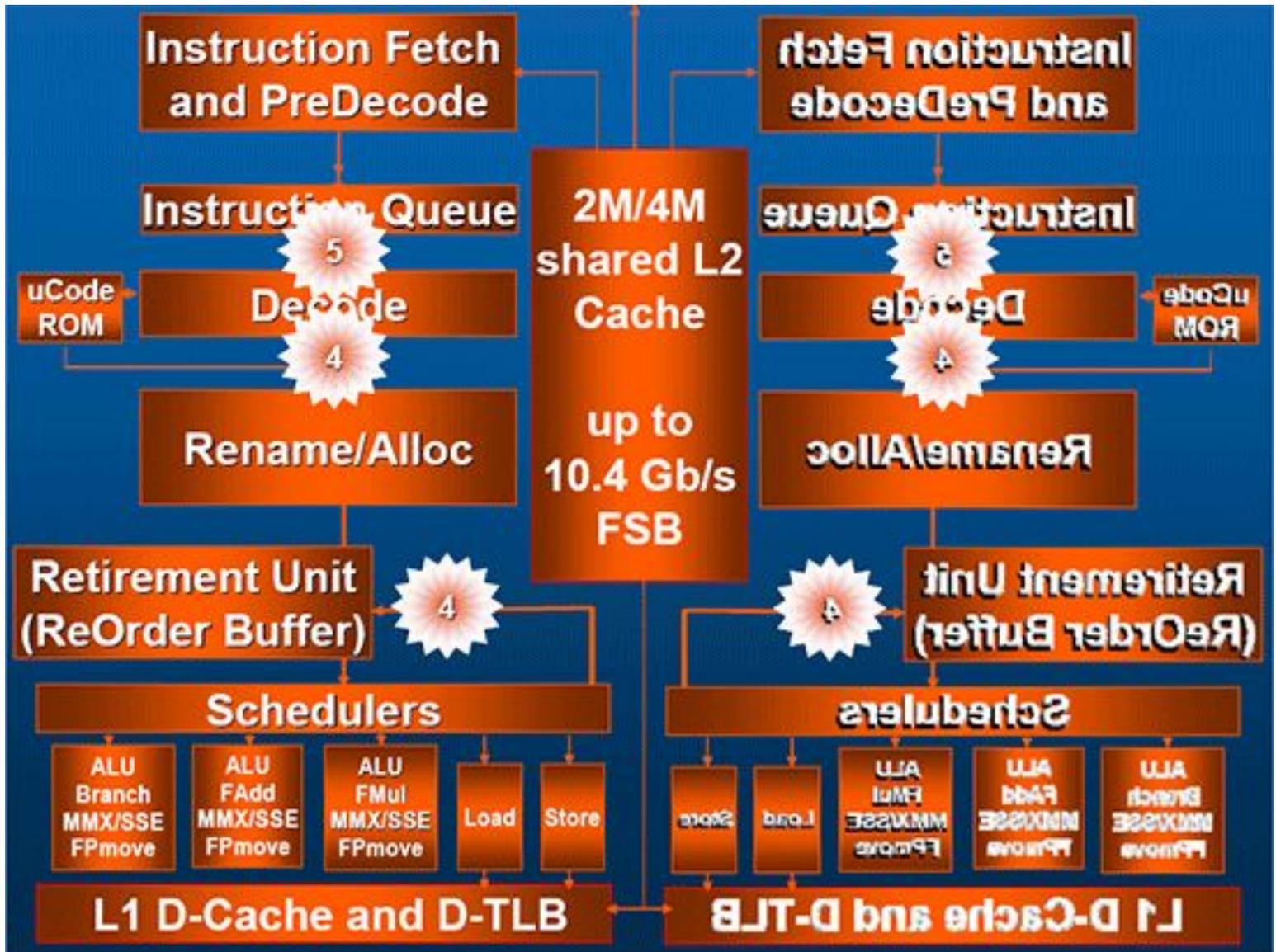
# Многоядерность

## Пути увеличения быстродействия:

- наращивание тактовых частот,
- увеличение числа инструкций, исполняемых за один такт,
- уменьшение числа операций, необходимых для обработки одних и тех же объёмов данных (SIMD инструкции).

$$\mathbf{Performance} = \mathbf{Frequency} * \mathbf{IPC}$$

$$\mathbf{Power} = \mathbf{Frequency} * \mathbf{U}^2 * \mathbf{C}_{dyn}$$



# Особенности **Core 2 Duo**

- **Intel Wide Dynamic Execution** (14 стадий конвейера, до 4х инструкций за такт в каждом ядре)
- **Intel Smart Memory Access** (Оптимизация доступа к памяти, в т.ч. Memory Disambiguation)
- **Intel Advanced Smart Cache** (Общий КЭШ 2го уровня, динамически распределяемый между ядрами)
- **Intel Advanced Digital Media Boost** (128-битный SSE, расширенный набор команд)
- **Intel Intelligent Power Capability**
- **Micro-ops fusion** и **macrofusion**

# Особенности **Core 2 Duo**

- **Intel Wide Dynamic Execution** — технология выполнения большего количества команд за каждый такт, повышающая эффективность выполнения приложений и сокращающая энергопотребление. Каждое **ядро** — технология выполнения большего количества команд за каждый такт, повышающая эффективность выполнения приложений и сокращающая энергопотребление. Каждое ядро может выполнять до 4-х инструкций одновременно с помощью 14-стадийного **конвейера**.
- **Intel Intelligent Power Capability** — технология, с помощью которой для исполнения задач активируется работа отдельных узлов чипа по мере необходимости, что значительно снижает энергопотребление системы в целом.
- **Intel Advanced Smart Cache** — технология использования общей для всех ядер **кэш-памяти 2-го уровня**, что снижает энергопотребление и повышает производительность, при этом, по мере необходимости, одно из ядер может использовать весь объём кэш-памяти при динамическом отключении другого ядра.
- **Intel Smart Memory Access** — технология оптимизации работы подсистемы памяти, сокращающая время отклика и повышающая пропускную способность подсистемы памяти.
- **Intel Advanced Digital Media Boost** — технология обработки 128-разрядных команд **SSE** — технология обработки 128-разрядных

# Intel® Wide Dynamic Execution

## EACH CORE

*EFFICIENT  
14 STAGE  
PIPELINE*

*DEEPER  
BUFFERS*

*4 WIDE -  
DECODE TO  
EXECUTE*

*4 WIDE -  
MICRO-OP  
EXECUTE*

*MICRO  
and  
MACRO  
FUSION*

*ENHANCED  
ALUs*

## CORE 1

INSTRUCTION FETCH  
AND PRE-DECODE

INSTRUCTION QUEUE

DECODE

RENAME / ALLOC

RETIREMENT UNIT  
(REORDER BUFFER)

SCHEDULERS

EXECUTE

## CORE 2

INSTRUCTION FETCH  
AND PRE-DECODE

INSTRUCTION QUEUE

DECODE

RENAME / ALLOC

RETIREMENT UNIT  
(REORDER BUFFER)

SCHEDULERS

EXECUTE

Perf ↑

Energy ↓

## ADVANTAGE

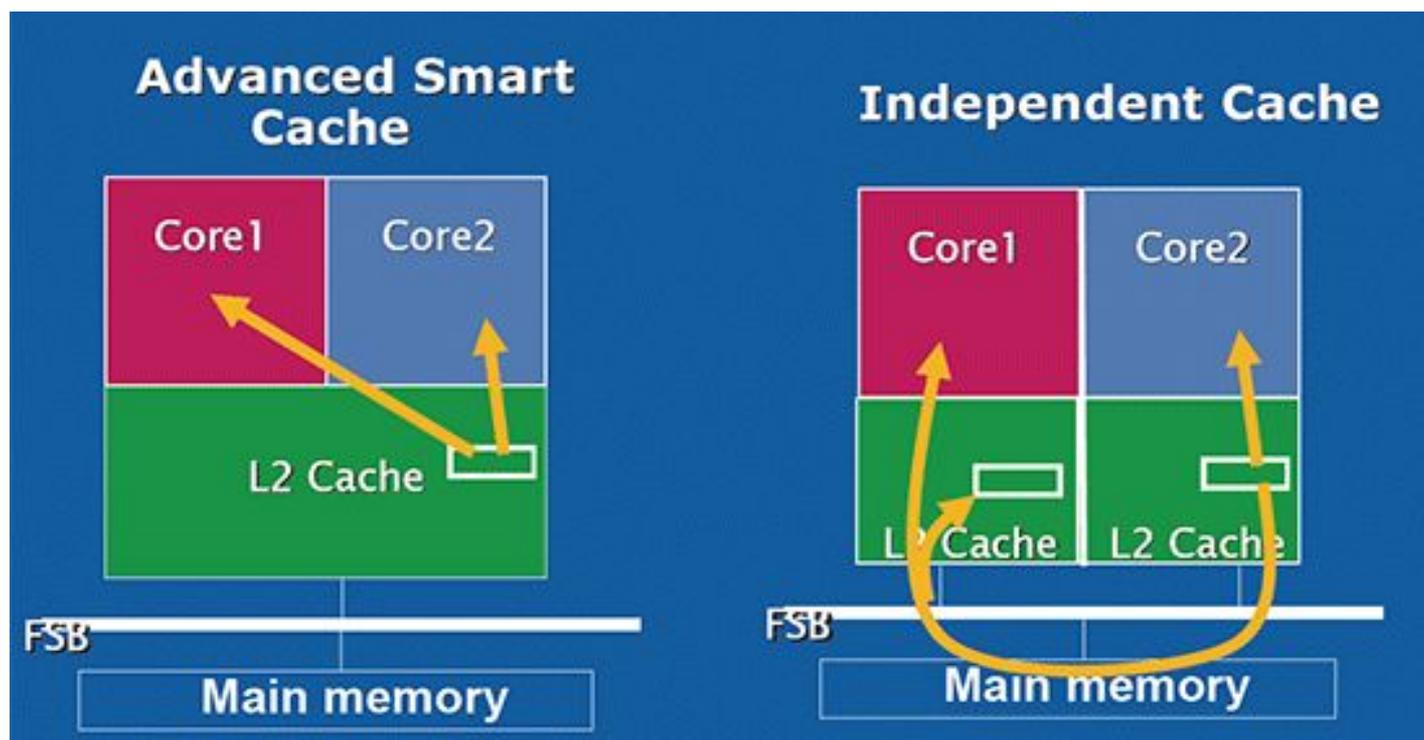
- 33% Wider Execution over Previous Gen
- Comprehensive Advancements
- Enabled In Each Core

# Intel Wide Dynamic Execution

- Каждое ядро выбирает из кода и исполняет до **4 x86 инструкций** одновременно.
- Имеет **4 декодера** (**1** для сложных инструкций и **3** – для простых).
- **6** портов запуска (**1** – Load, **2** – Store и **3** универсальных).
- Усовершенствованный блок предсказания переходов.
- Увеличены буферы команд, используемые на различных этапах анализа кода для оптимизации скорости исполнения,
- **Длина конвейера составляет 14 стадий.**  
Процессоры с микроархитектурой Core обладают поддержкой 64-битных расширений Enhanced Memory 64 Technology (EM64T).

# Intel Advanced Smart Cache

- Нет необходимости поддерживать когерентность.
- Динамически распределяется между ядрами.



# Intel Smart Memory Access

- **6** Блоков предвыборки (**2** для КЭШа 2го уровня, по **2** для КЭШей 1го уровня).
- **Memory Disambiguation** технология направлена на повышение эффективности работы алгоритмов внеочередного исполнения инструкций, осуществляющих чтение и запись данных в памяти. Она использует алгоритмы, позволяющие с высокой вероятностью устанавливать зависимость последовательных команд сохранения и загрузки данных, и даёт возможность, таким образом, применять внеочередное выполнение инструкций к этим командам.

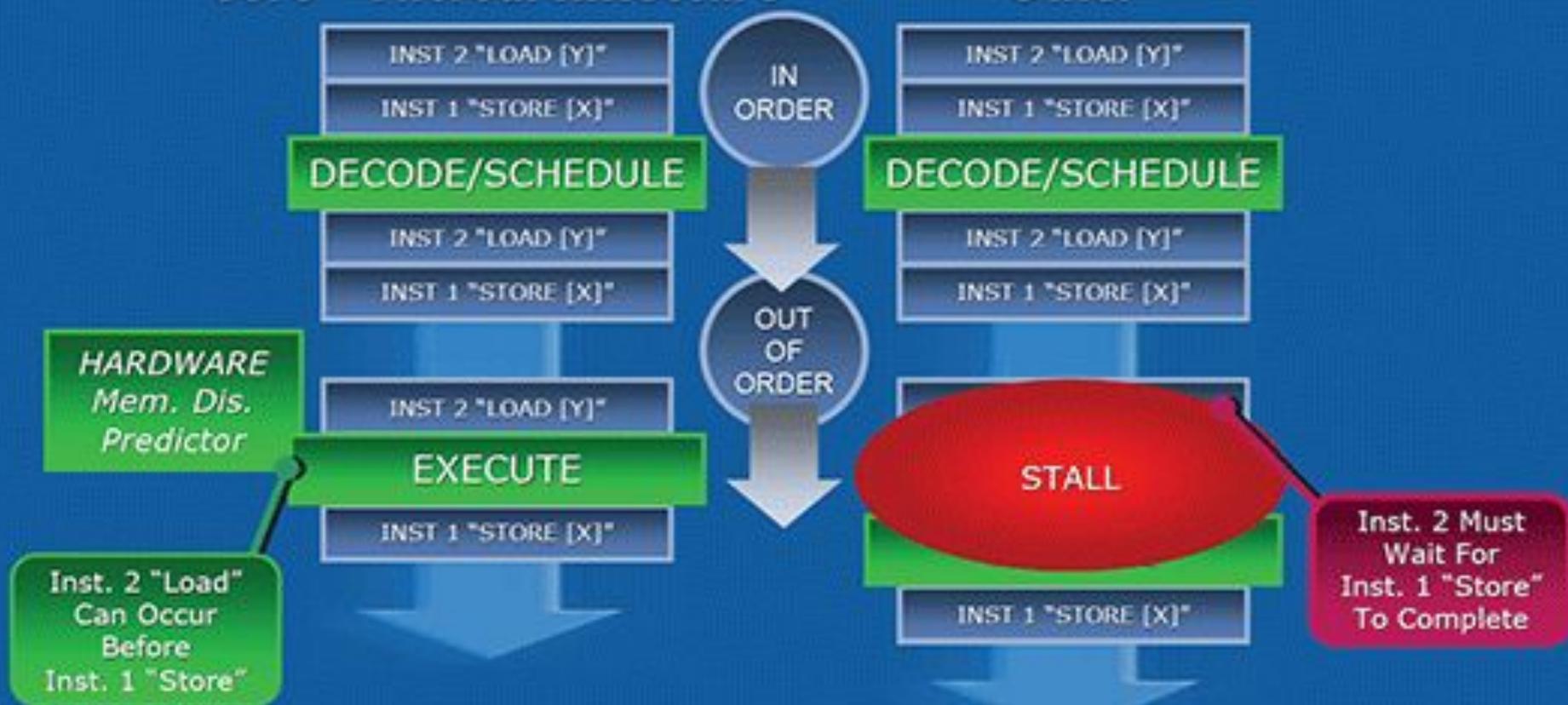
# Intel® Smart Memory Access

## Hardware-based Memory Disambiguation

© 2013 Intel Corporation. All rights reserved. Intel, the Intel logo, Intel Developer Forum, and the Intel Developer Forum logo are trademarks or registered trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries in the United States and other countries.

### Core™ Microarchitecture

### Other



Perf ↑

Energy ↓

### ADVANTAGE

- Higher Utilization of Pipeline
- Masks latency to data access
- Higher Performance

# **Micro-ops fusion** И **macrofusion** ТЕХНОЛОГИИ

Обе технологии увеличивают числа исполняемых команд за такт.

**1. Команда – это «связанные» декодером зависимые микро-инструкции, на которые распадается x86-команда.** Это позволяет избежать ненужных простоев процессора, если связанные микроинструкции оказываются оторванными друг от друга в результате работы алгоритмов внеочередного выполнения.

**2. Команда -- связанные между собой последовательных x86-команд, например, сравнение со следующим за ним условным переходом, представляются внутри процессора одной микроинструкцией.** Таким путём достигается как увеличение темпа исполнения кода, так и некоторая экономия энергии.

# Macro-fusion ТЕХНОЛОГИИ

## With Intel's New Macro-Fusion

Read five Instructions from Instruction Queue

Send fusable pair to single decoder

Single uop represents two instructions

Instruction Queue

inc ecx

store [mem3], ebx

jne targ

cmp eax, [mem2]

load eax, [mem1]

dec0

dec1

dec2

dec3

Cycle 1

inc ecx

store [mem3], ebx

cmpjne eax, [mem2], targ

load eax, [mem1]

Intel Developer  
FORUM



# Intel Advanced Digital Media Boost

Современное ПО позволяет работать со 128-битовыми операндами различного характера (векторами и целочисленными либо вещественными данными повышенной точности).

Этот факт заставил инженеров Intel задуматься об ускорении работы SSE блоков процессора, тем более что до настоящего времени процессоры Intel исполняли **одну SSE-инструкцию**, работающую с 128-битными операндами, **лишь за два такта**.

**Один такт** тратился на обработку **старших 64 бит**.

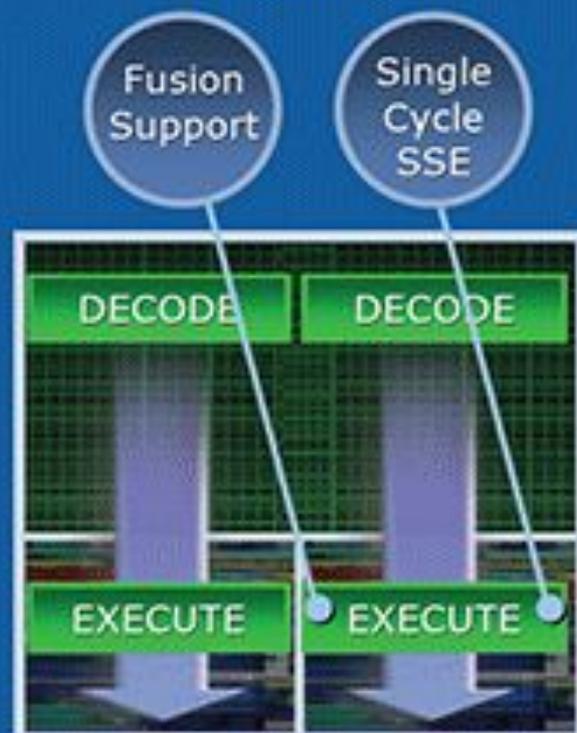
**Второй такт** – на обработку **младших 64 бит**.

**Микроархитектура Core** позволяет ускорить работу с SSE инструкциями в **два раза**.

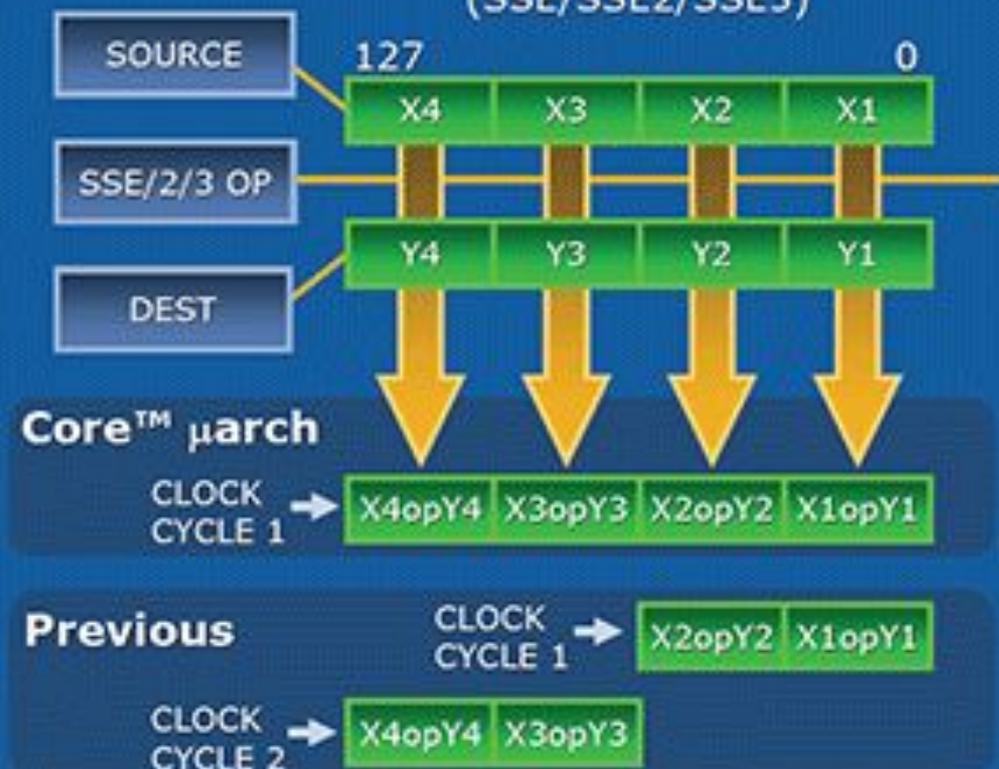
# Intel® Advanced Digital Media Boost

## Single Cycle SSE

### In Each Core



### SSE Operation (SSE/SSE2/SSE3)



Perf ↑

Energy ↓

### ADVANTAGE

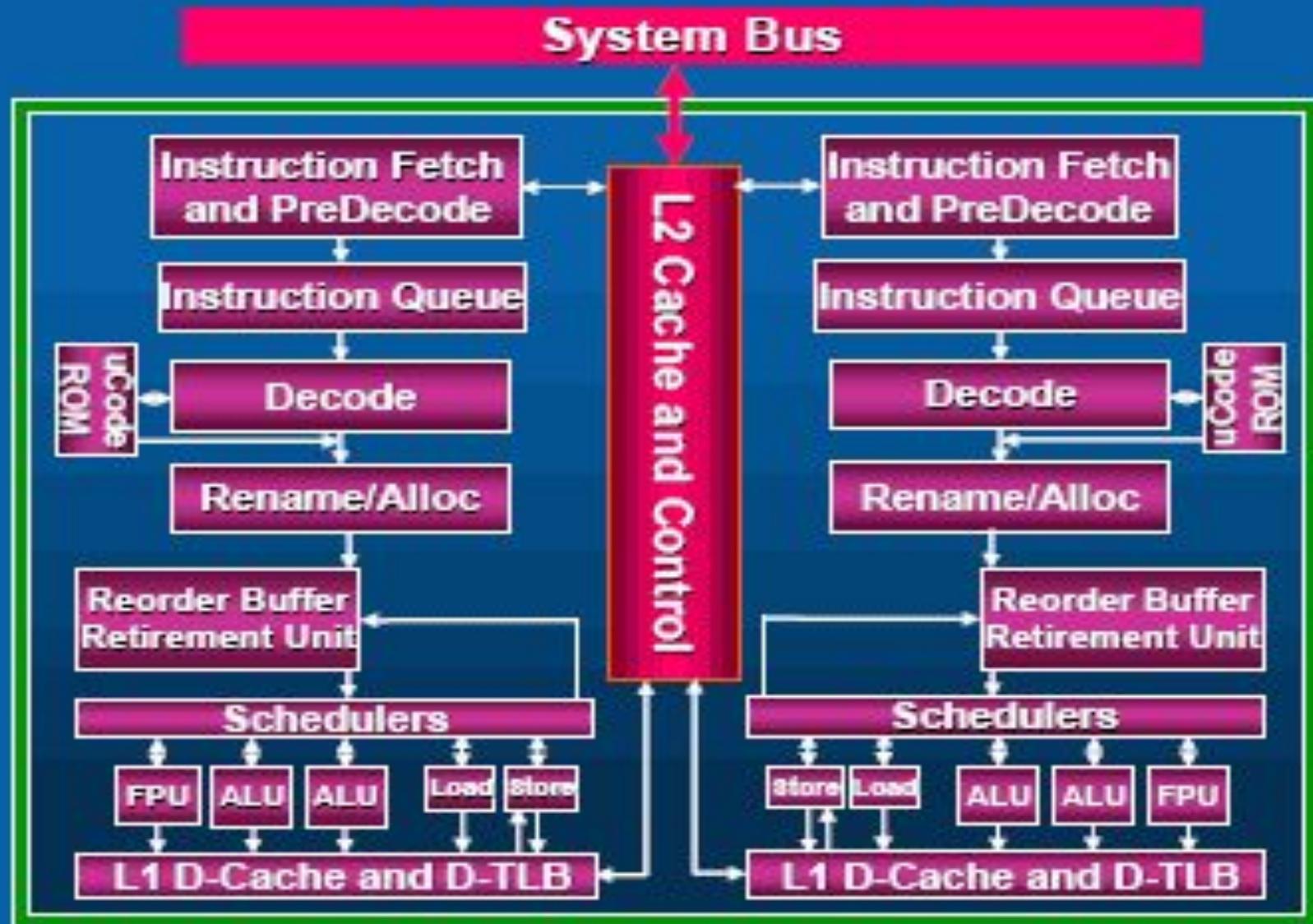
- Increased Performance
- 128 bit Single Cycle in each core
- Improved Energy Efficiency

# Технические характеристики **Core** **2 Duo**

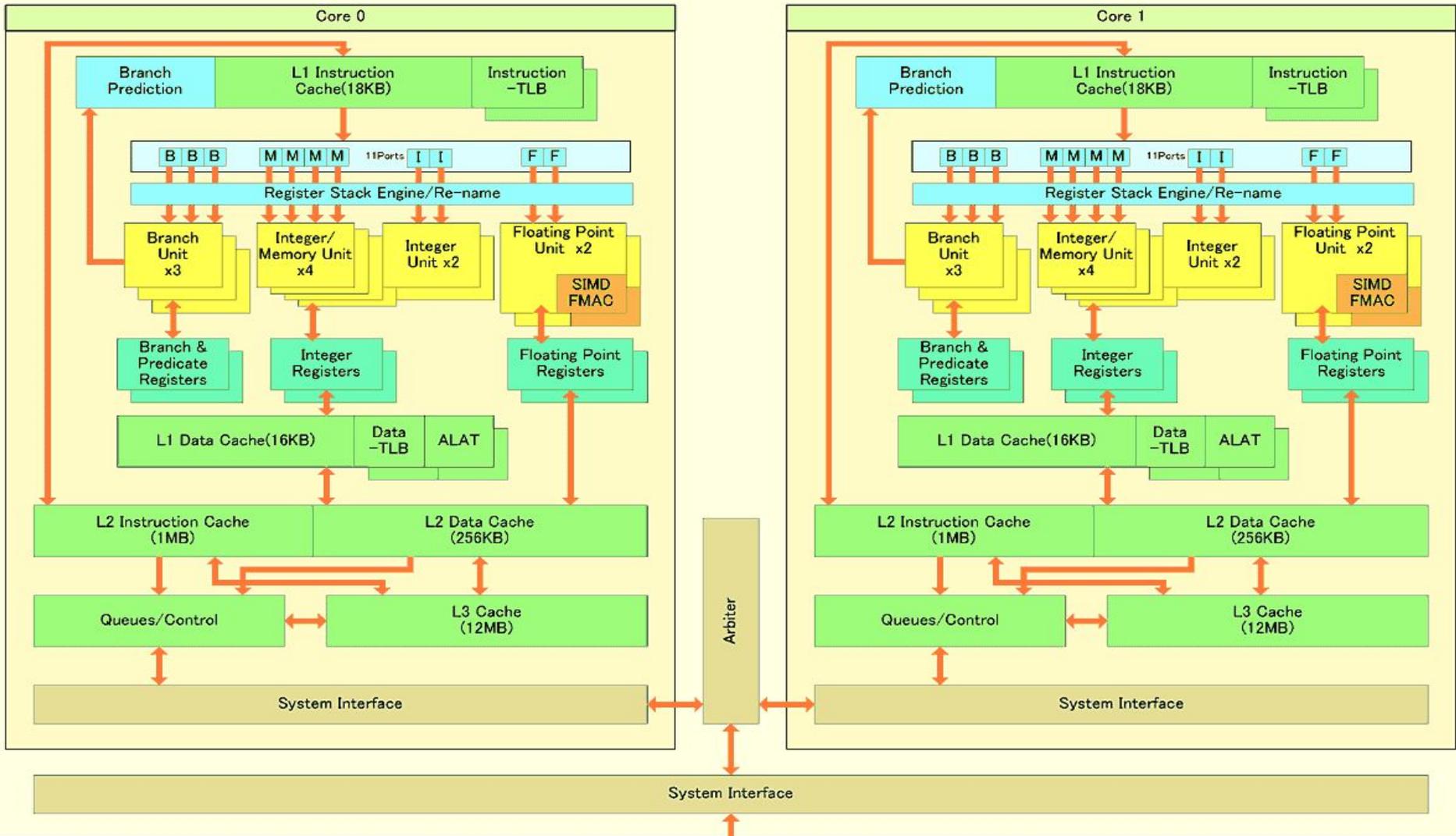
- **L1 DCache 32K 8-way**
- **L1 ICache 32K 8-way**
- **L2 Cache 4M / 2 Cores**
- **ITLB 128 ent**
- **DTLB 256 ent**
- **Устройства**
  - **5 Integer 3 ALU + 2 AGU**
  - **2 Load/Store (1 Load + 1 Store)**
  - **4 FP (FADD + FMUL + FLOAD + FSTORE)**
  - **3 SSE (128 bit)**

	Intel Core	AMD K8
<b>L1</b> кэш данных	<b>32</b> Кбайта	<b>64</b> Кбайта
<b>L1</b> кэш инструкций	<b>32</b> Кбайта	<b>64</b> Кбайта
Латентность кэша <b>L1</b>	<b>3</b> цикла	<b>3</b> цикла
Ассоциативность <b>L1</b> кэша	<b>8-way</b>	<b>2-way</b>
Размер <b>L1 TLB</b>	Инструкции – <b>128</b> вхождений	Инструкции – <b>32</b> вхождения
	Данные – <b>256</b> вхождений	Данные – <b>32</b> вхождения
Размер <b>L2</b> кэша	<b>4</b> Мбайта на два ядра	<b>1</b> Мбайт на каждое ядро
Латентность кэша <b>L2</b>	<b>14</b> циклов	<b>12</b> циклов
Ассоциативность <b>L2</b> кэша	<b>16-way</b>	<b>16-way</b>
Ширина шины <b>L2</b> кэша	<b>256</b> бит	<b>128</b> бит
Размер <b>L2 TLB</b>	-	<b>512</b> вхождений
Длина конвейера	<b>14</b> стадий	<b>12</b> стадий
Число <b>x86</b> декодеров	<b>1</b> сложный и <b>3</b> простых	<b>3</b> сложных
Целочисленные исполнительные устройства	<b>3 ALU + 2 AGU</b>	<b>3 ALU + 3AGU</b>
<b>Load/Store</b> устройства	<b>2 (1 Load + 1 Store)</b>	<b>2</b>
<b>FP</b> ИУ	<b>FADD + FMUL + FLOAD + FSTORE</b>	<b>FADD + FMUL + FSTORE</b>
<b>SSE</b> ИУ	<b>3 (128-битные)</b>	<b>3 (64-битные)</b>

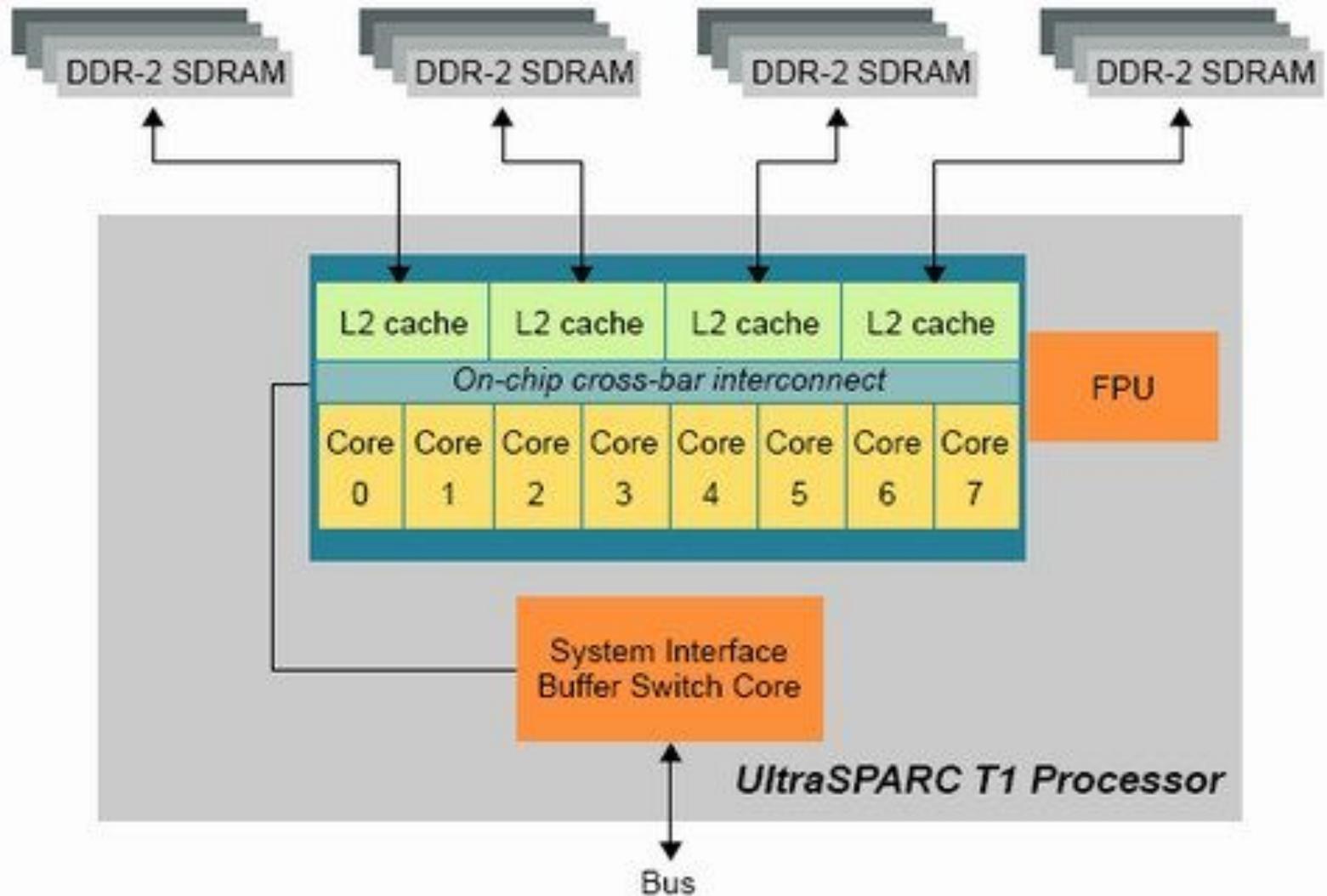
# Merom, Conroe and Woodcrest Block Diagram



# Itanium 2 (Montecito)



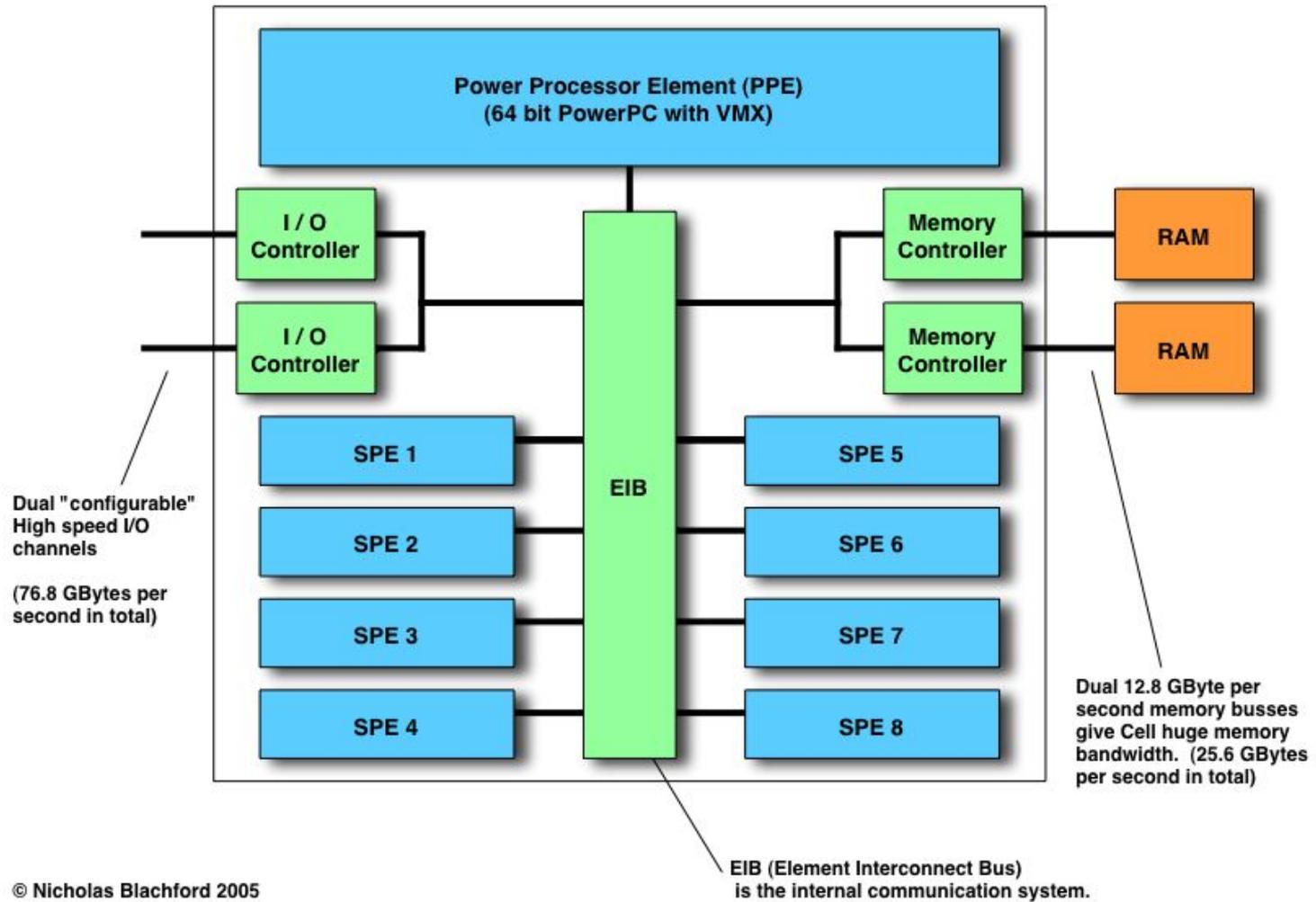
# Niagara



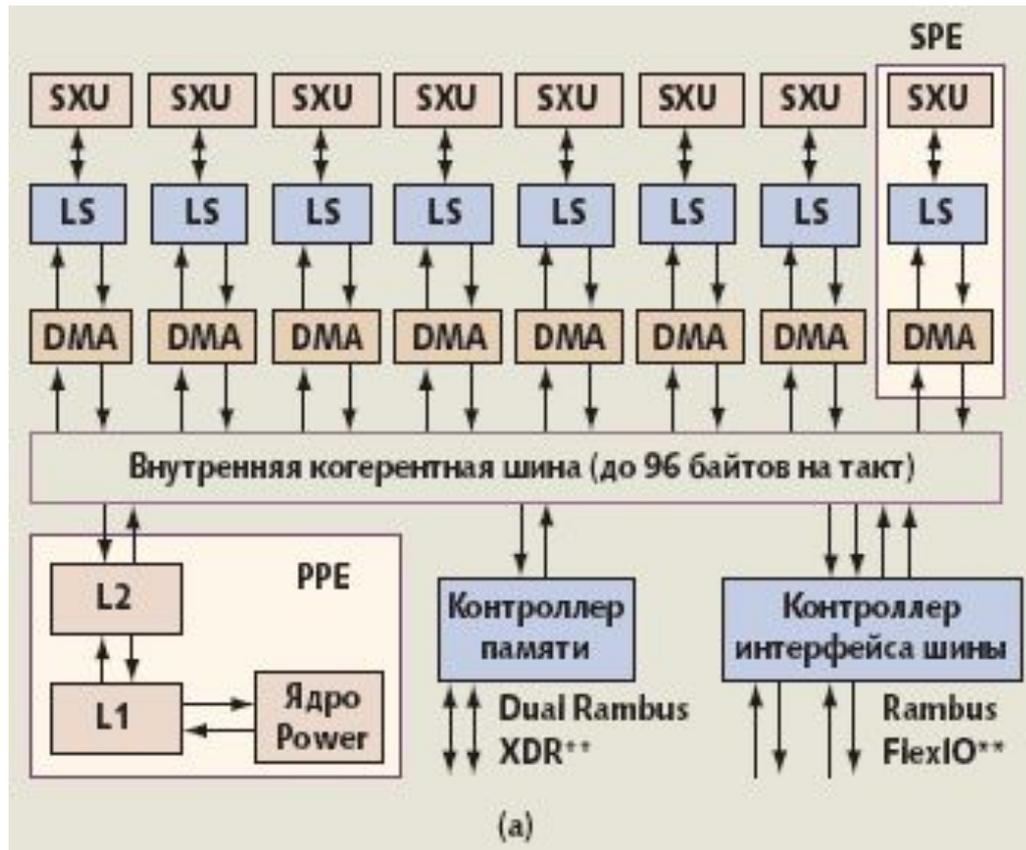
# Особенности **Niagara**

- 8 ядер
- 4 потока на ядро
- Общий FPU
- 79 Ватт при 1.2 ГГц
- 26.5 ГБ/сек

# Cell



# Архитектура Cell

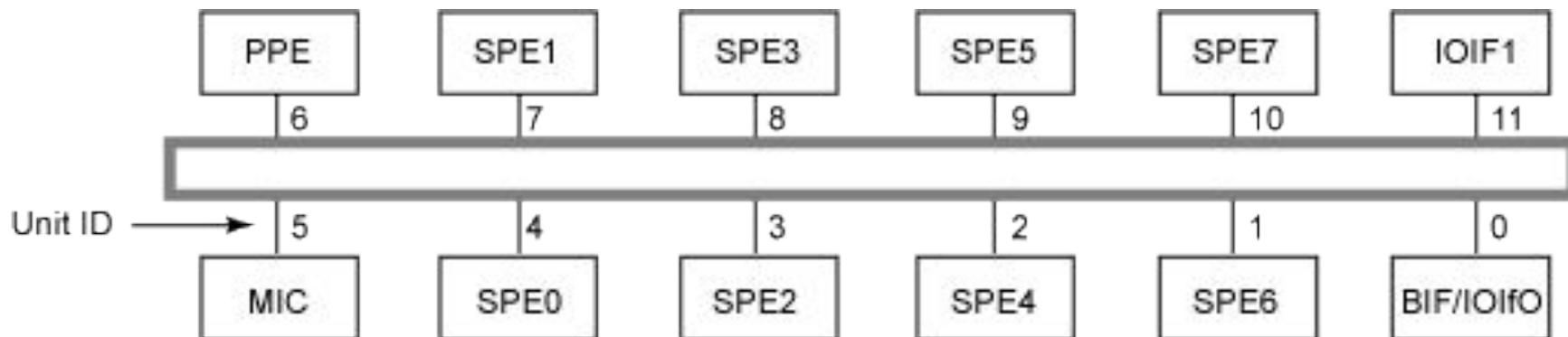


# Cell

- Главный процессорный элемент
  - Упорядоченное исполнение
  - Поддержка работы с двумя потоками
- **8** синергетических процессорных элементов
  - Ядро на основе 286 архитектуры
  - Поддержка векторных вычислений 128 бит
  - Отсутствие КЭШей
  - Локальная память 256 Кбайт с прямым доступом
- Шина ввода вывода
  - Пропускная способность 76,8 Гбайт/с

# Шина взаимосвязанных элементов

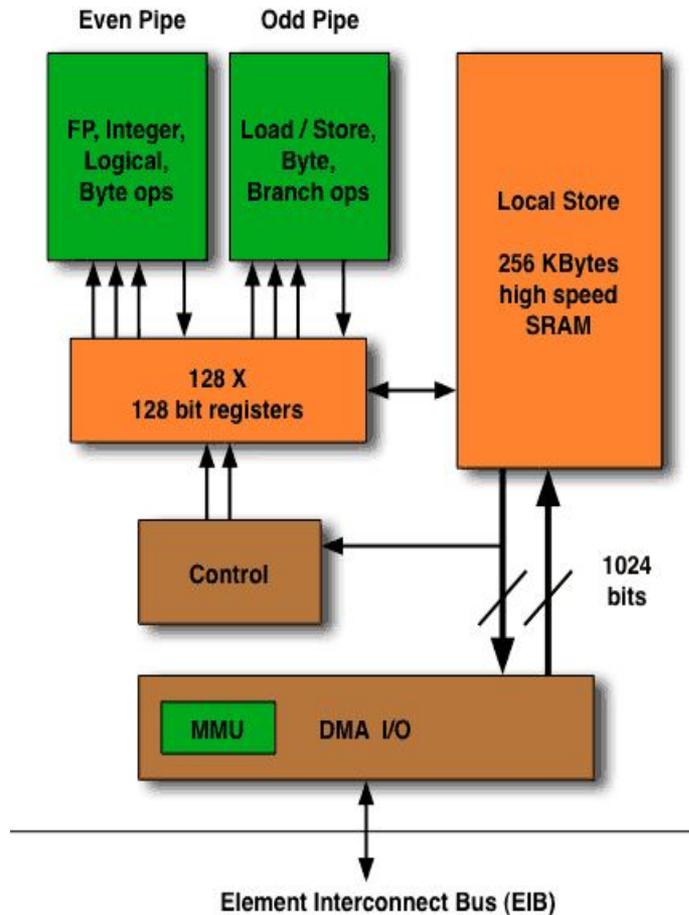
- Передает 96 байт/цикл
- Более 100 уникальных запросов



# Power Processor Element

- Два **64-битных** ядра на основе архитектуры **POWER**
- Упорядоченное исполнение команд
- Поддержка **SMT** (многопоточность)
- КЭШ
  - 1го уровня: 32+32 Кбайт
  - 2го уровня: 512 Кбайт

# Synergistic Processor Element



- **4** целочисленных векторных устройства
- **4** векторных устройства с плавающей запятой
- **128** регистров по **128** бит
- **256** Кбайт локальной памяти
- Динамическая защита доступа к памяти

# Производительность **Cell** (для **4GHz**)

- **256 GFLOPS** с плавающей запятой
- **256 GOPS** целочисленная арифметика
- **25 GFLOPS** с плавающей запятой  
двойной точности