

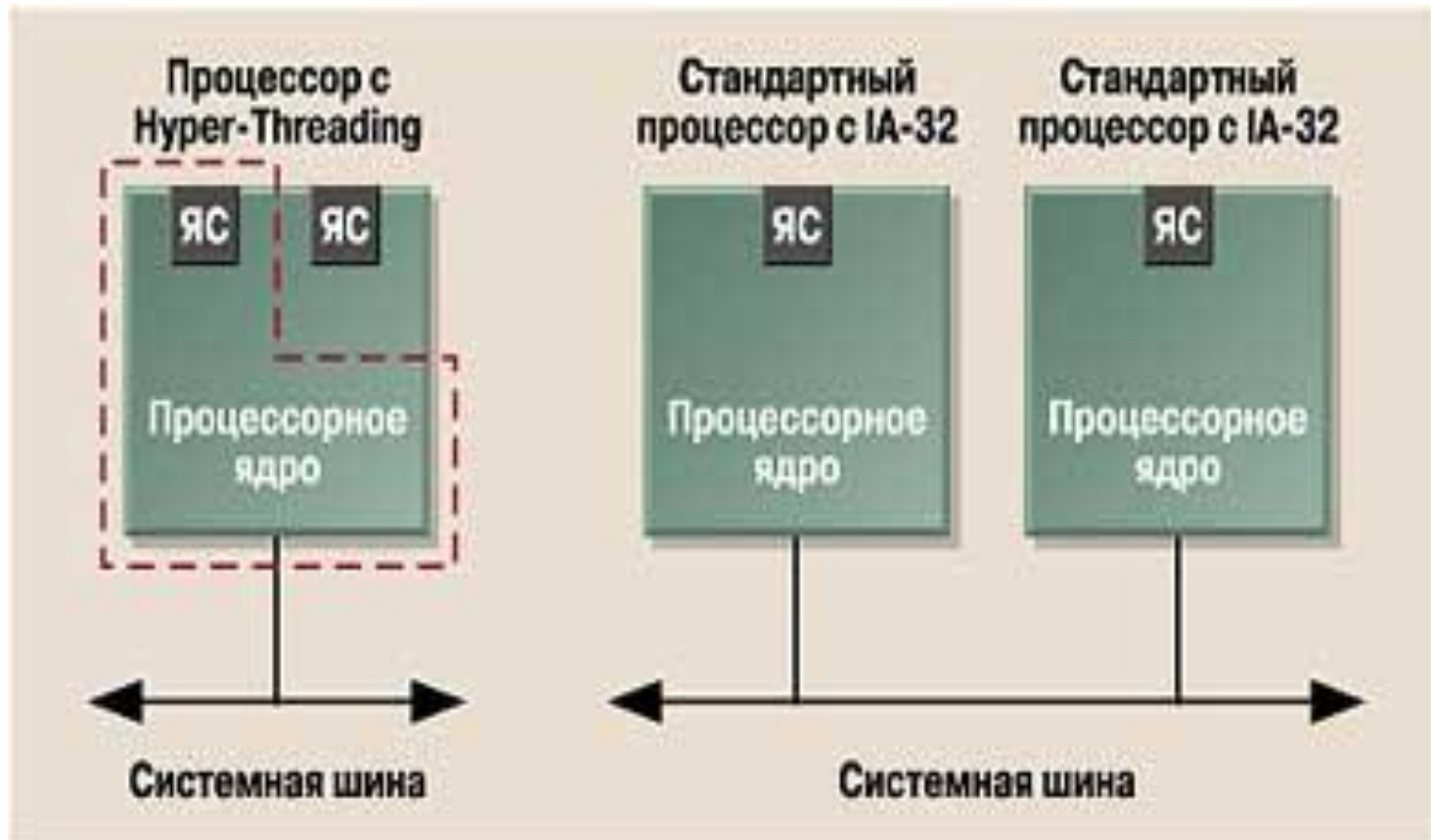
Современные микропроцессоры

Технология **Hyper-Threading**

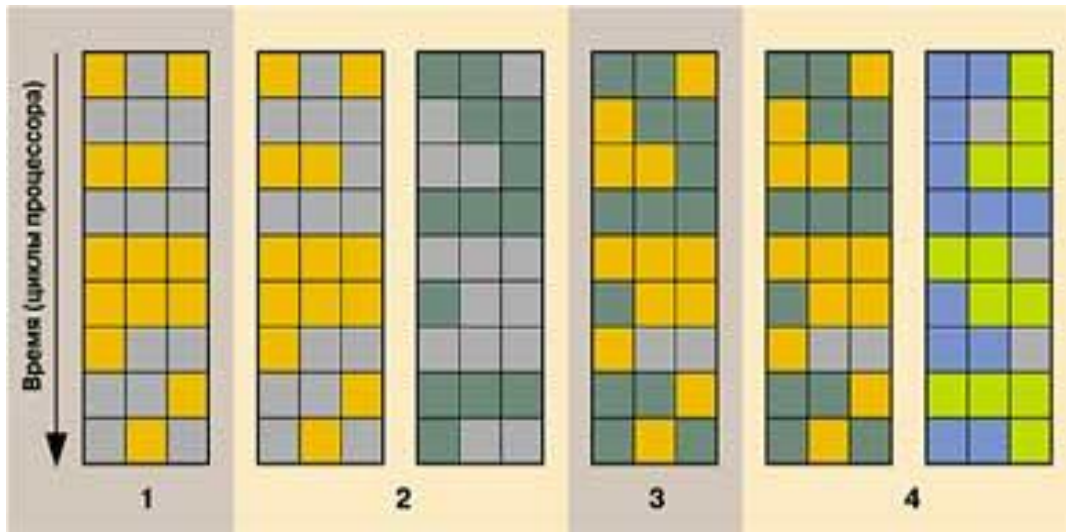
Главная цель применения **Hyper-Threading** — не выполнение двух (нескольких) задач одновременно, а **максимально возможная загрузка процессорных ресурсов.**

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**



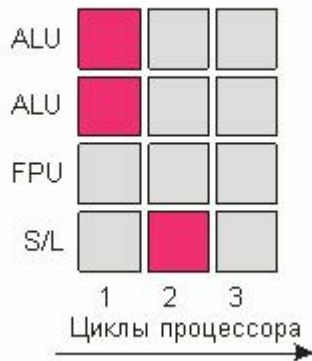
Загрузка процессоров



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**.

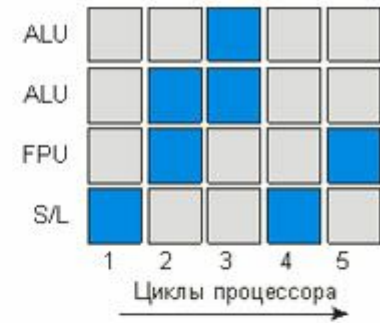
Исполнительные блоки



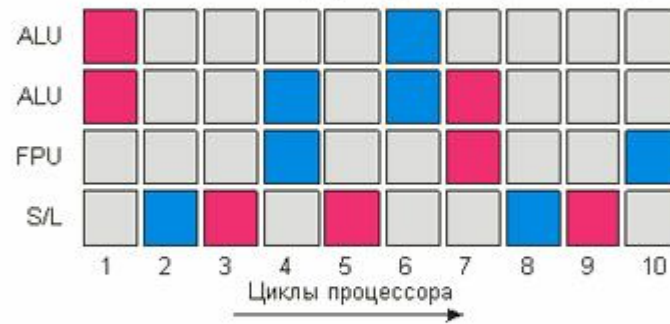
Поток А



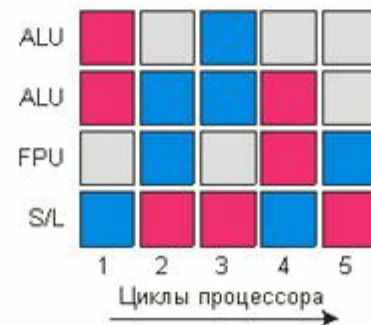
Поток В



Выполнение на процессоре без Hyper-Threading



Выполнение на процессоре с Hyper-Threading



Многоядерность

а) Традиционный процессор



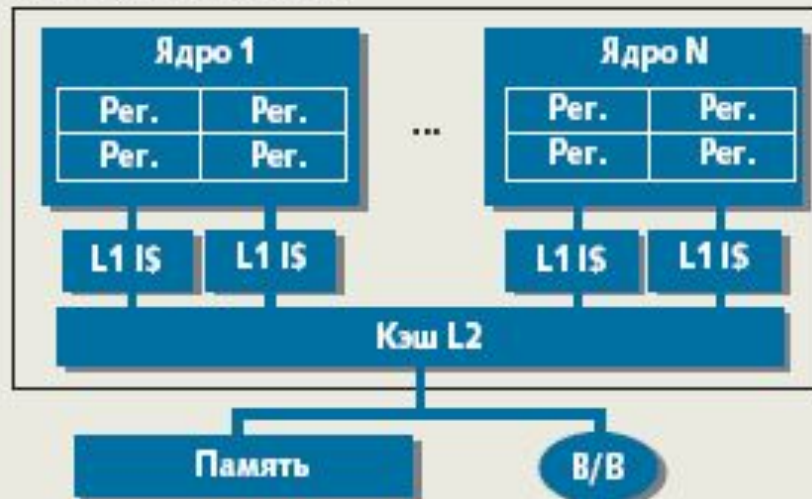
б) Простая многоядерная архитектура



в) Многоядерная архитектура с общей кэш-памятью



г) Многопоточная многоядерная архитектура с общей кэш-памятью



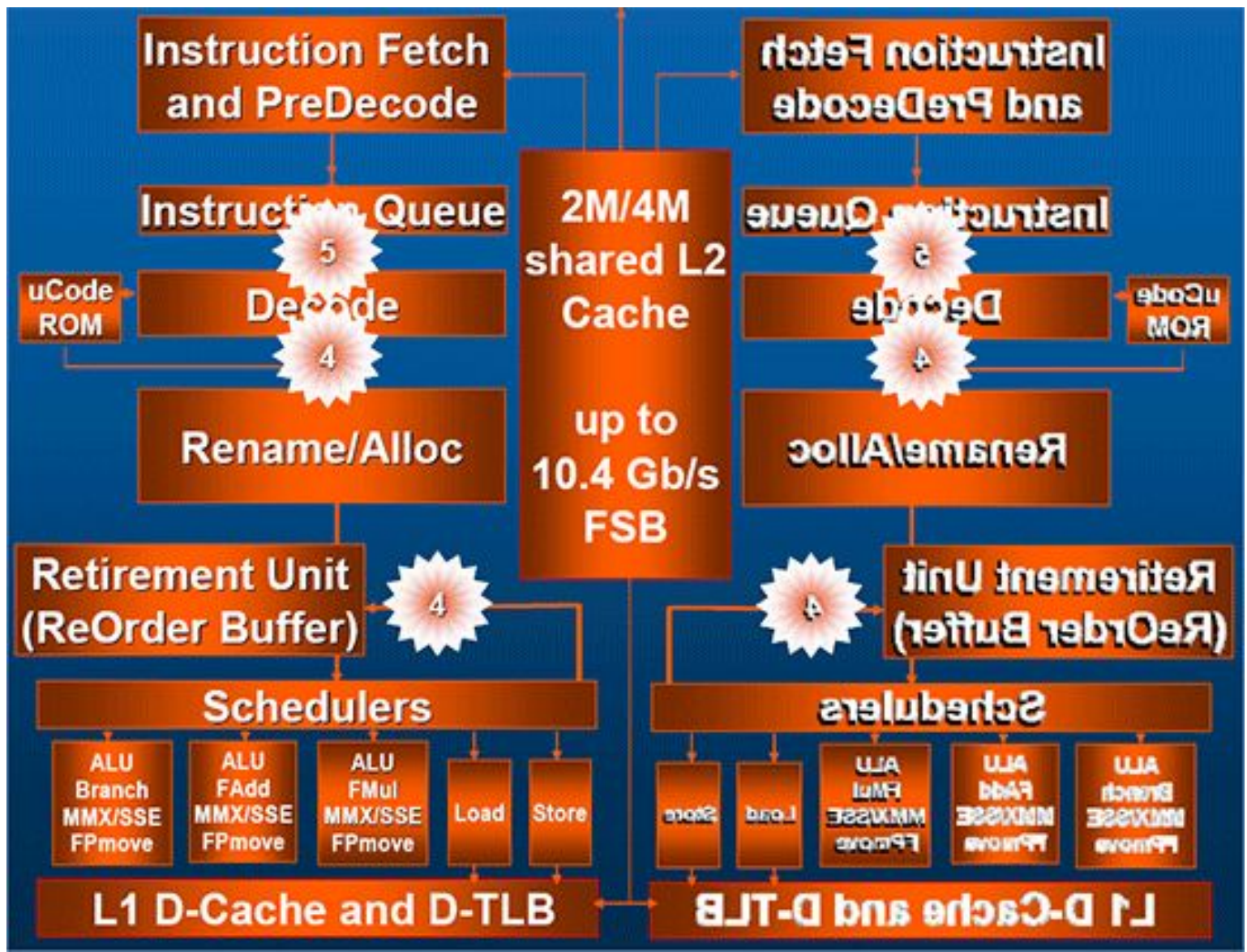
Многоядерность

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 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, SSE2 и SSE3, широко используемых в мультимедийных и графических приложениях, за один такт.

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

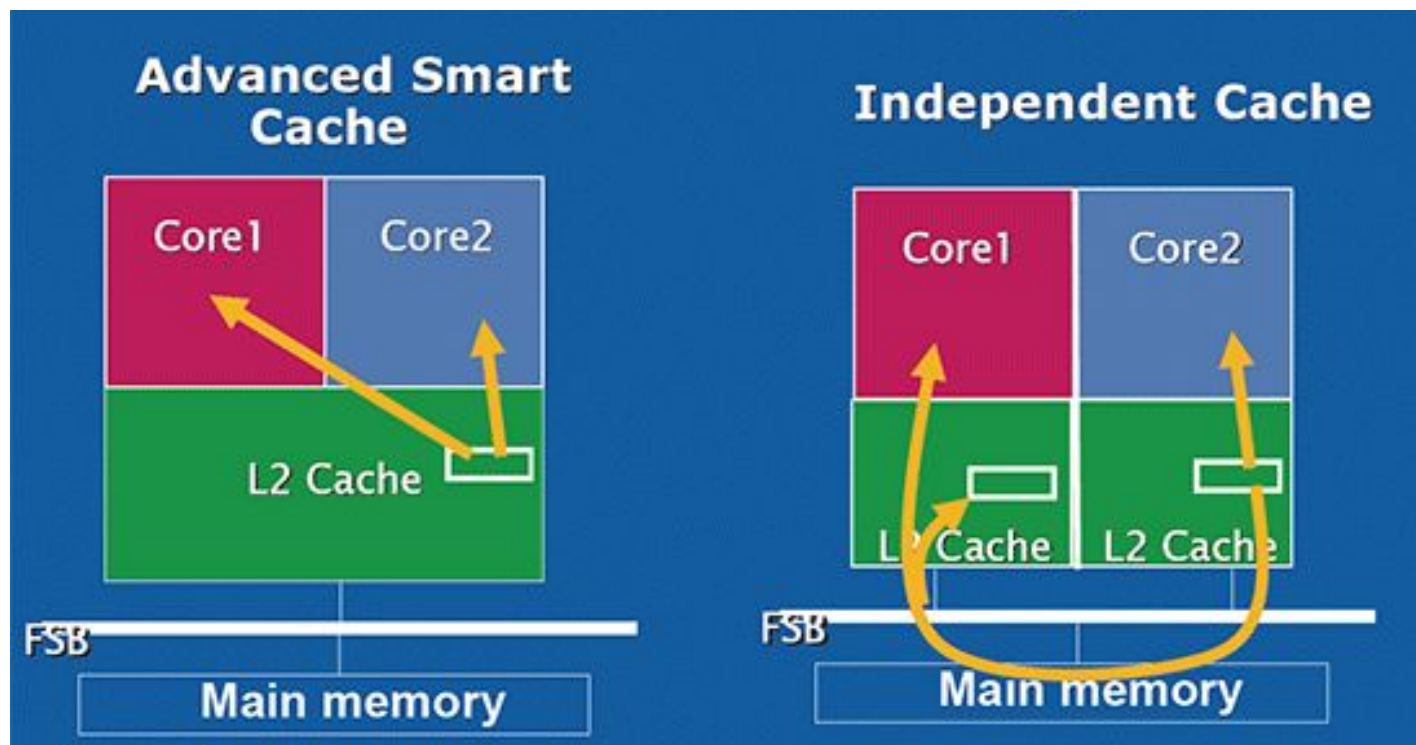
- 33% Wider Execution over Previous Gen
- Comprehensive Advancements
- Enabled In Each Core

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.

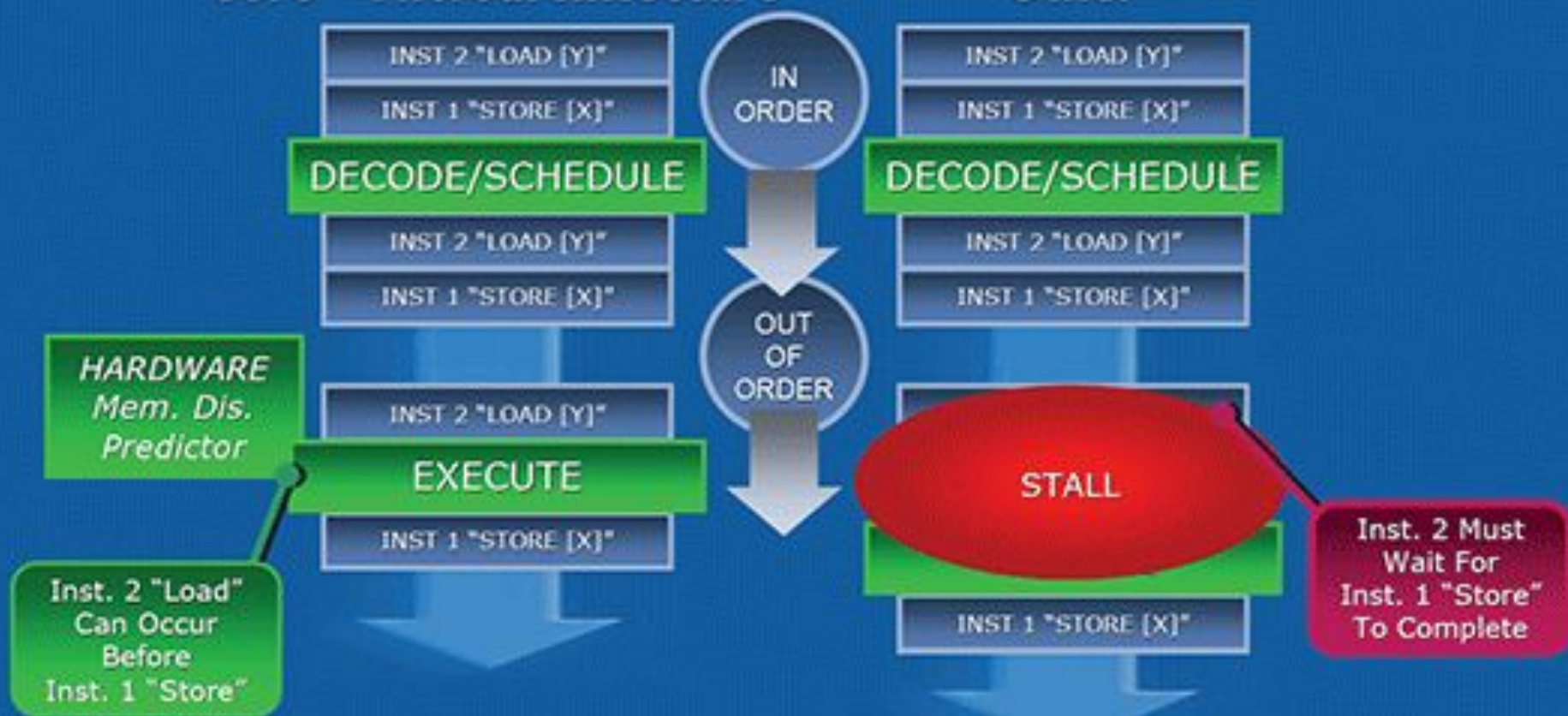
Intel® Smart Memory Access

Hardware-based Memory Disambiguation

© 2013 Intel Corporation. All rights reserved.

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**.

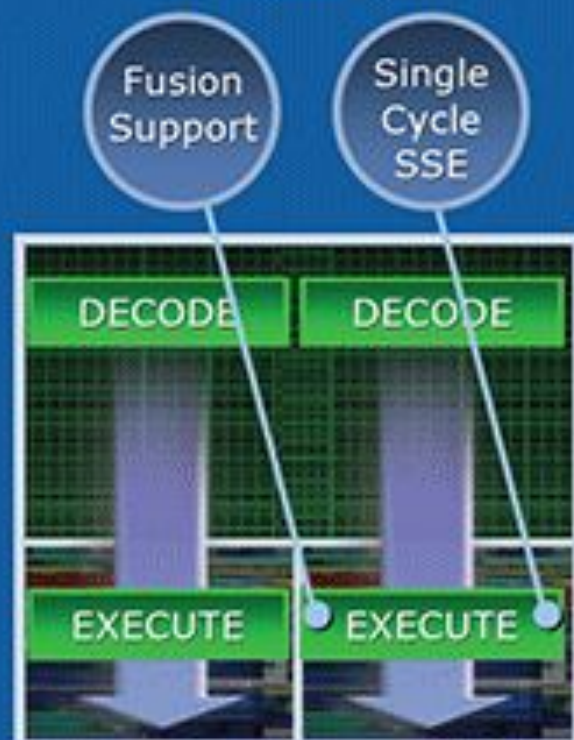
Второй такт – на обработку **младших 64 бит**.

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

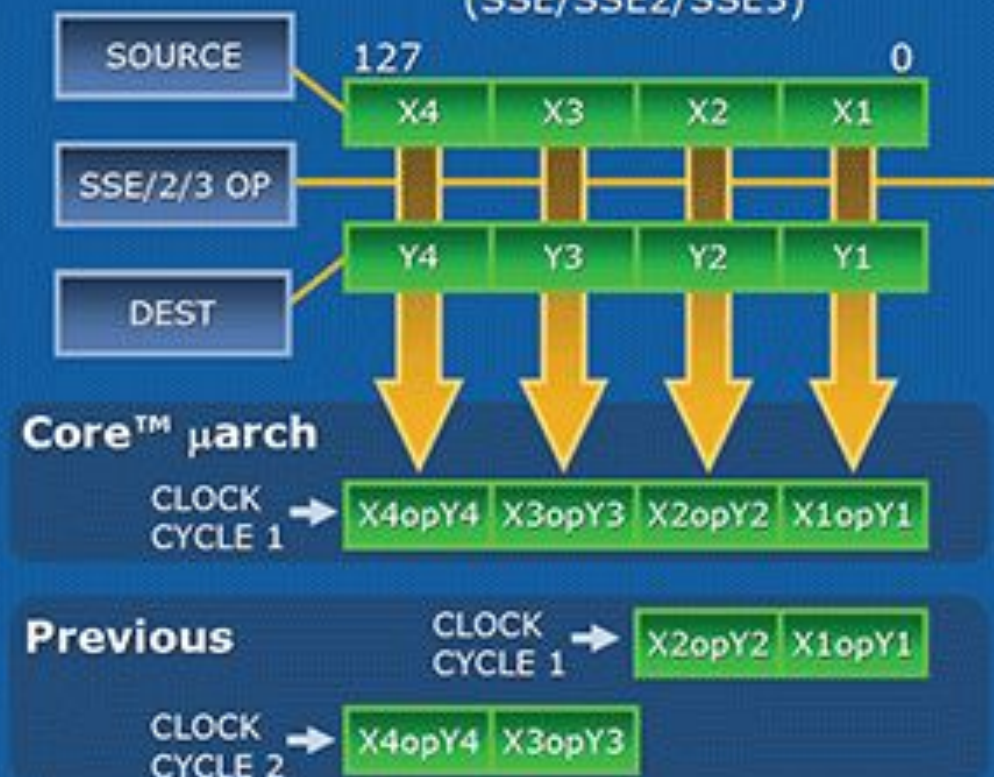
Intel® Advanced Digital Media Boost

Single Cycle SSE

In Each Core



SSE Operation (SSE/SSE2/SSE3)



Perf ↑

Energy ↓

ADVANTAGE

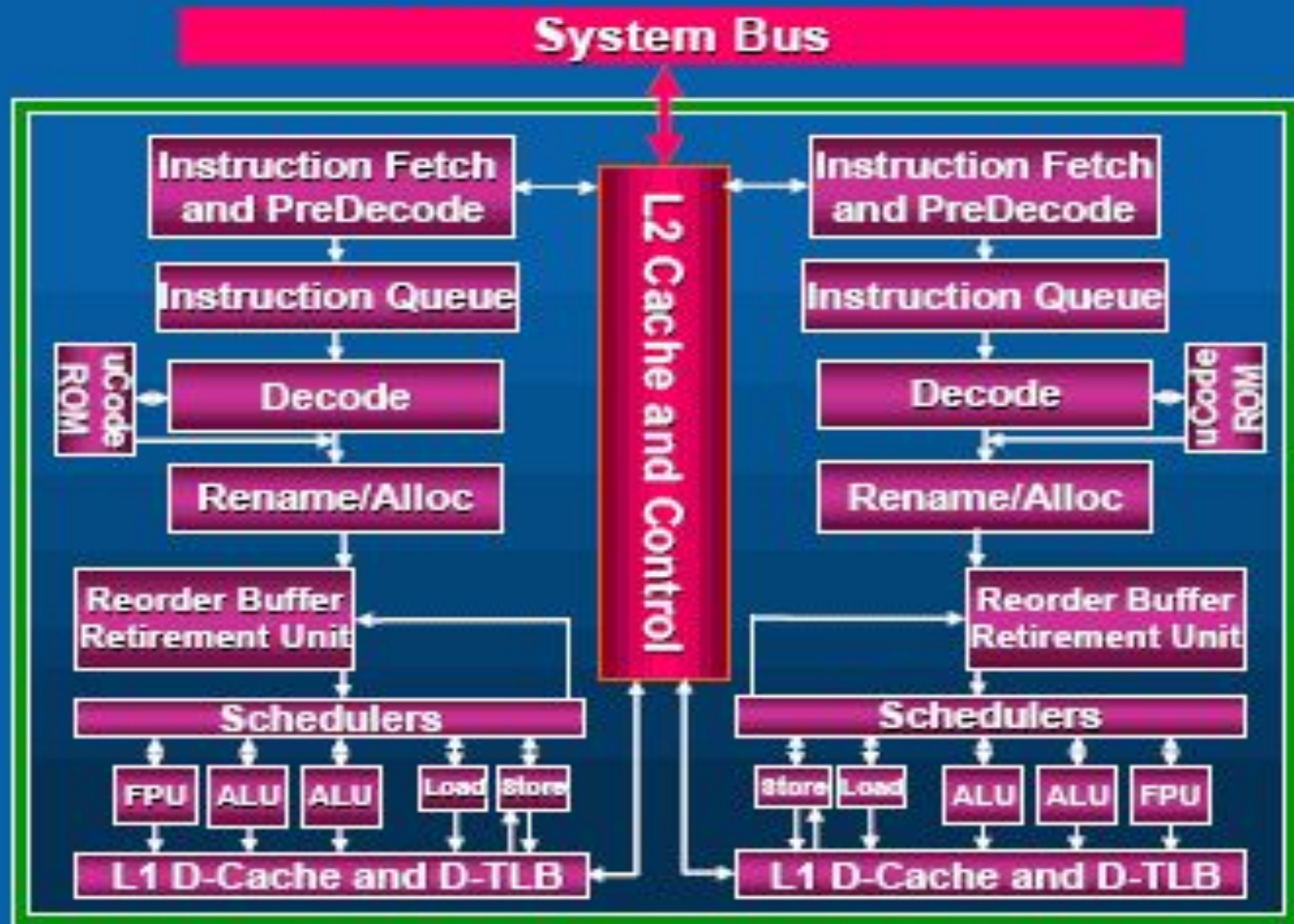
- Increased Performance
- 128 bit Single Cycle in each core
- Improved Energy Efficiency

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

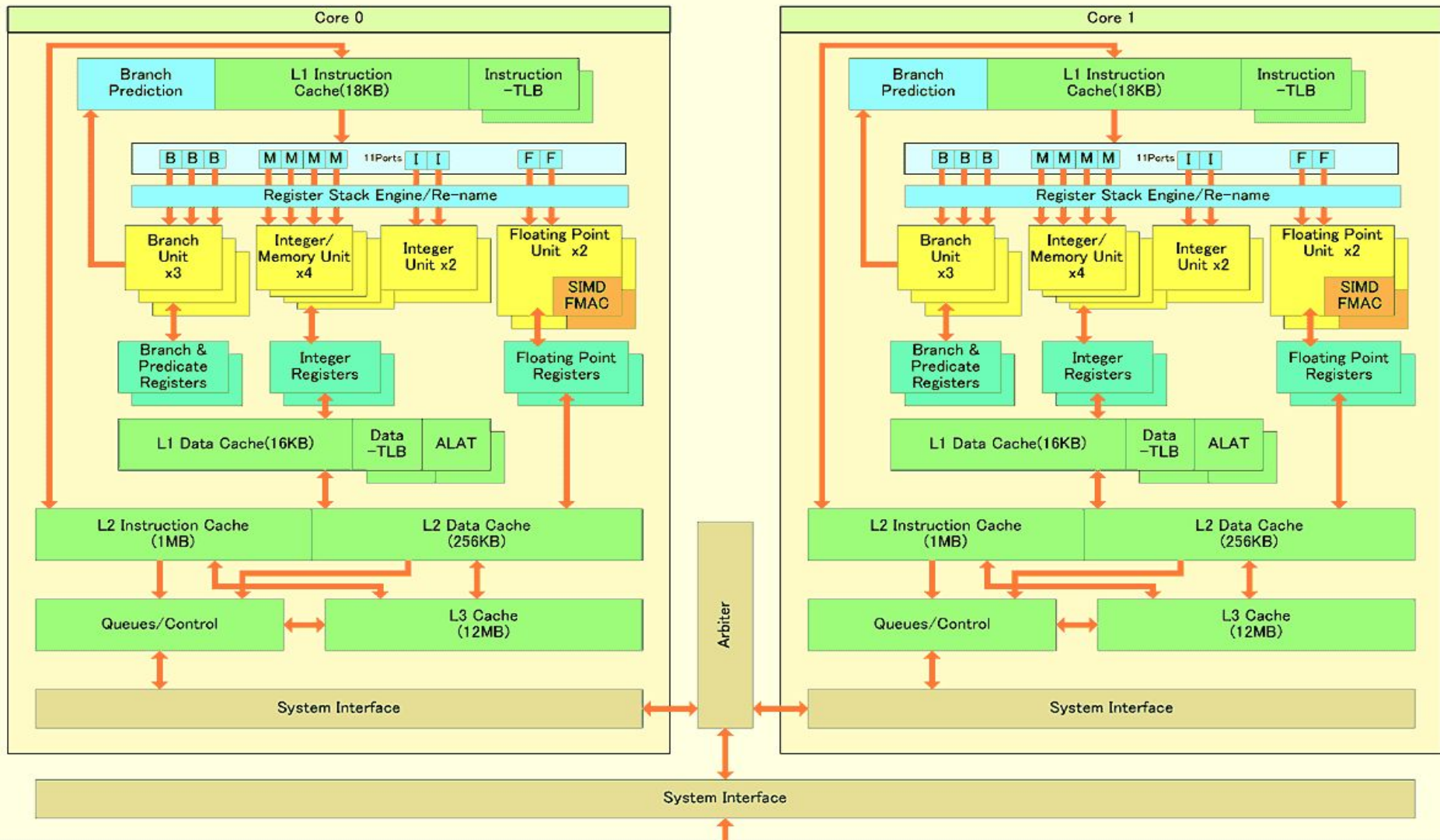
- **L1 DCache 32K 8-way**
- **L1 ICache 32K 8-way**
- **L2 Cache 4M / 2 Cores**
- **ITLB 128 ent**
- **DTLB 256 ent**
- **Устройства**
 - **5 Integer 3 ALU + 2 AGU**
 - **2 Load/Store (1 Load + 1 Store)**
 - **4 FP (FADD + FMUL + FLOAD + FSTORE)**
 - **3 SSE (128 bit)**

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

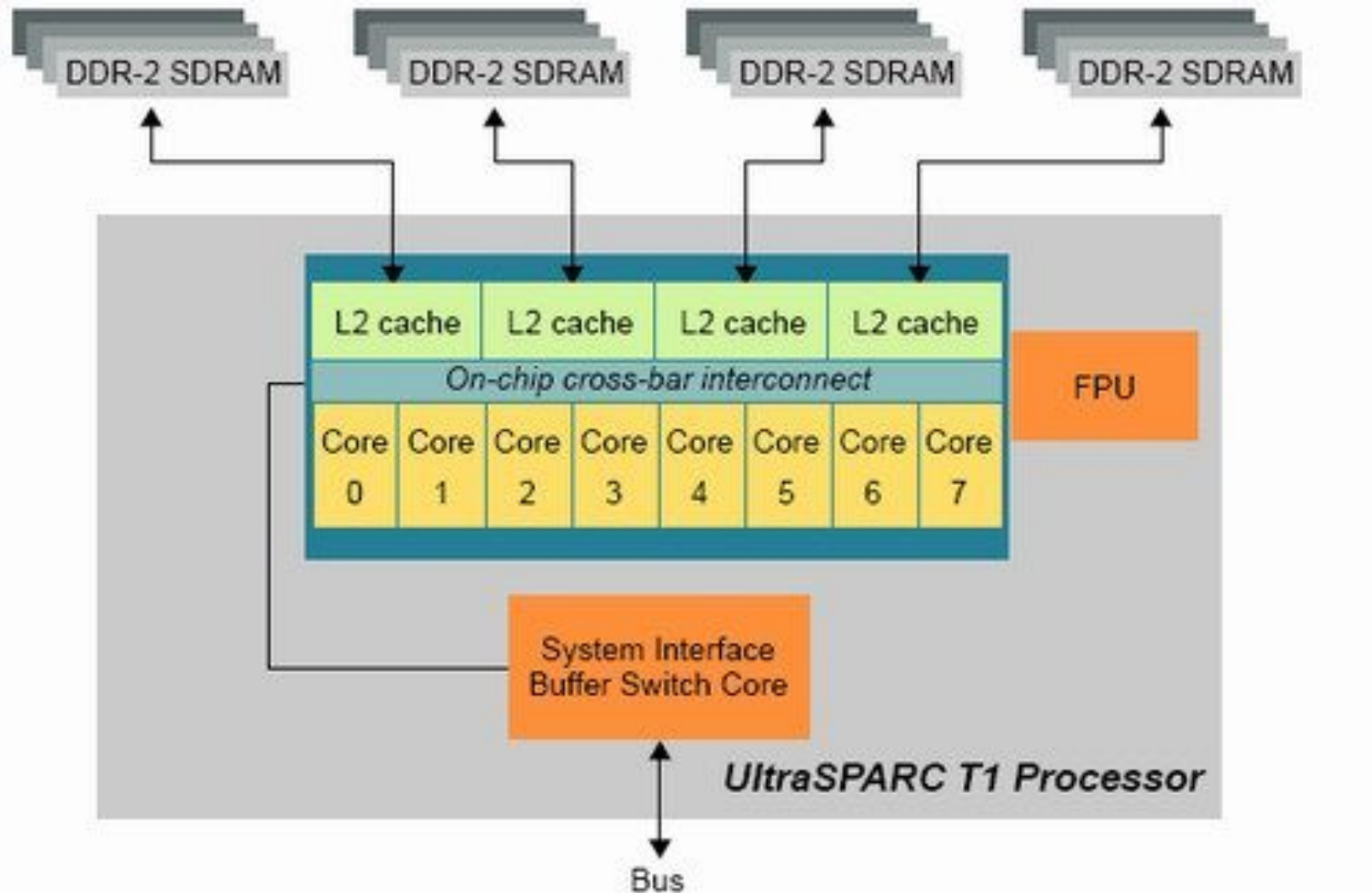
Merom, Conroe and Woodcrest Block Diagram



Itanium 2 (Montecito)



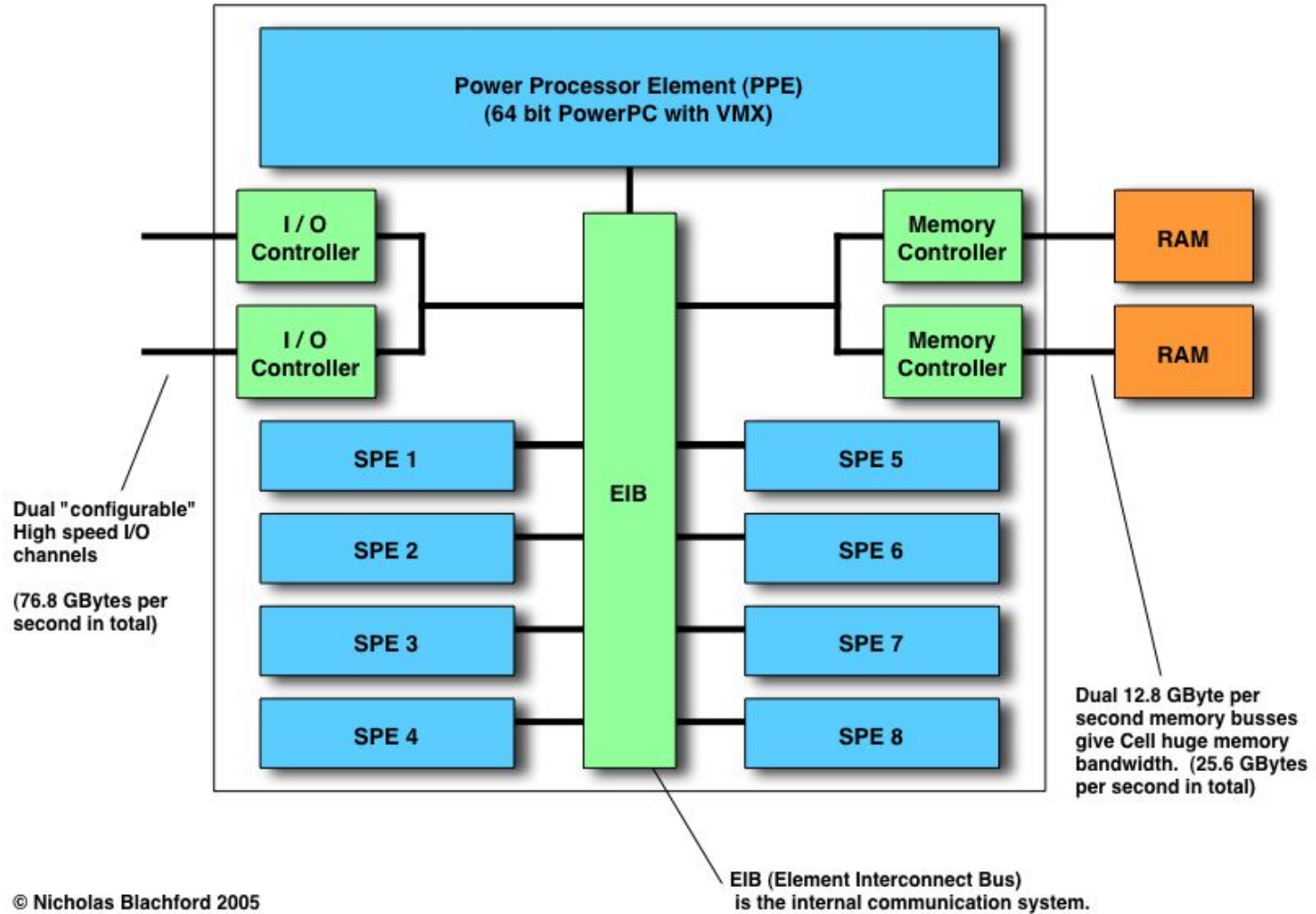
Niagara



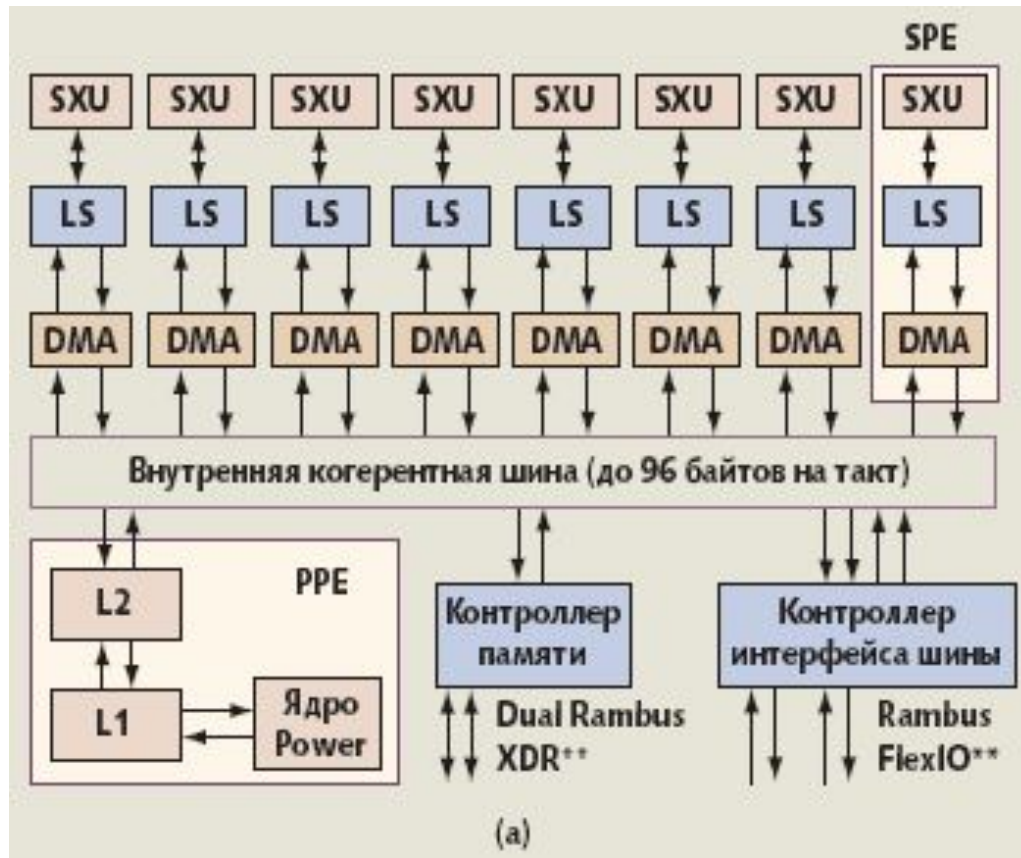
Особенности **Niagara**

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

Cell



Архитектура Cell

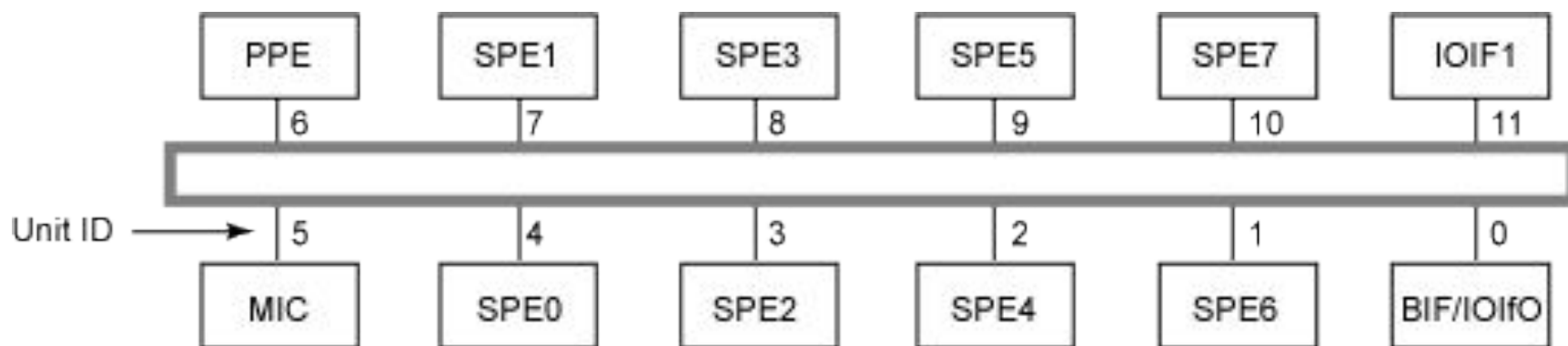


Cell

- 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

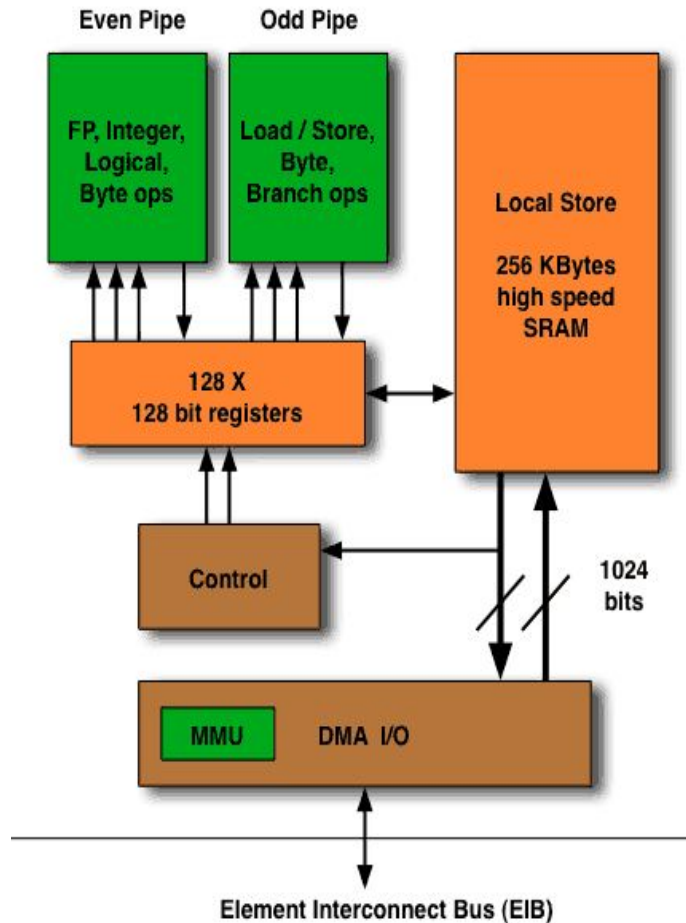
- Передает 96 байт/цикл
- Более 100 уникальных запросов



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