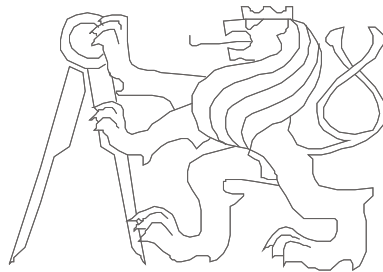


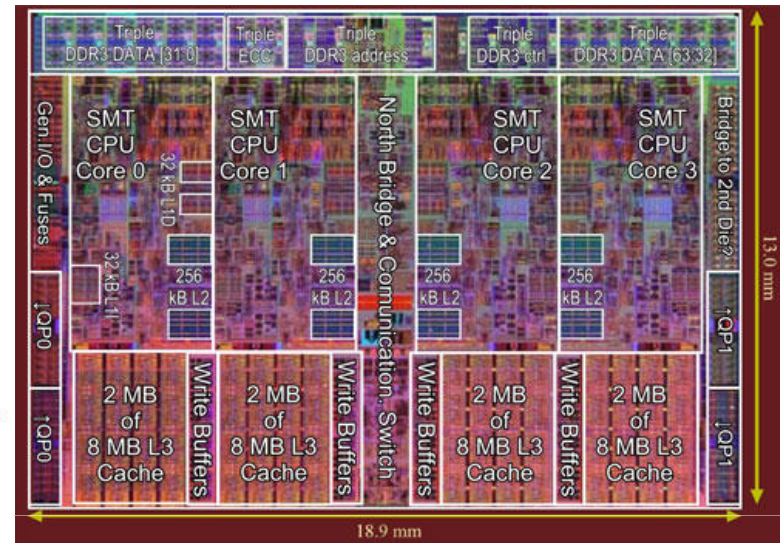
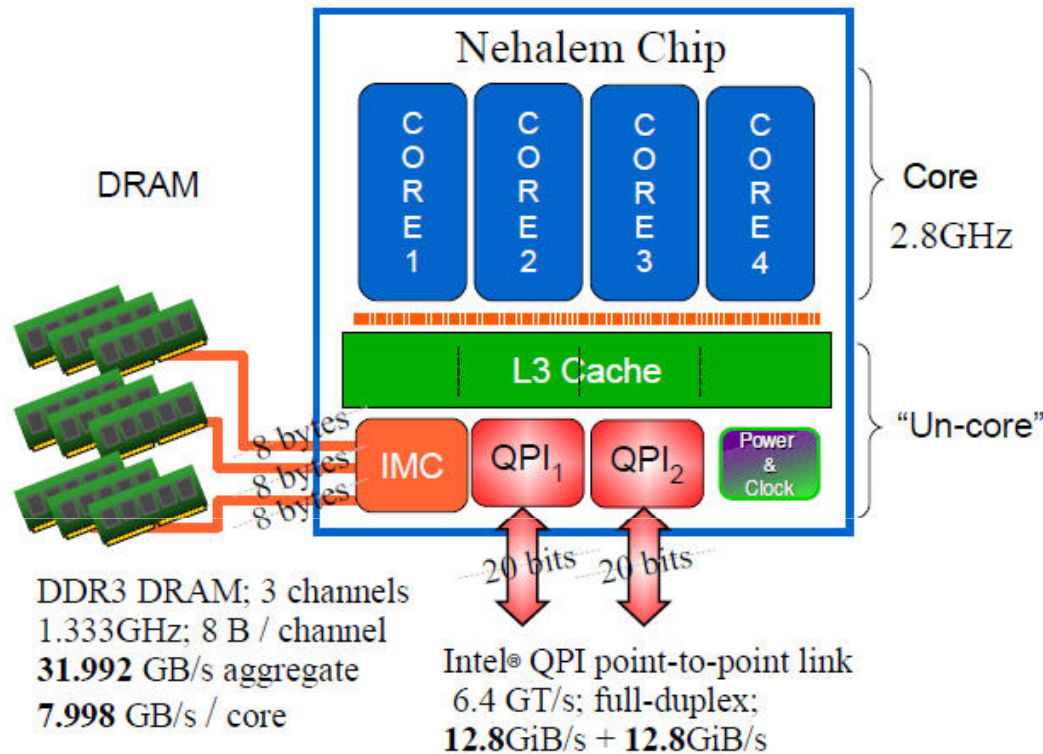
# Pokročilé architektury počítačů

Intel Nehalem  
(Teorie v praxi..)



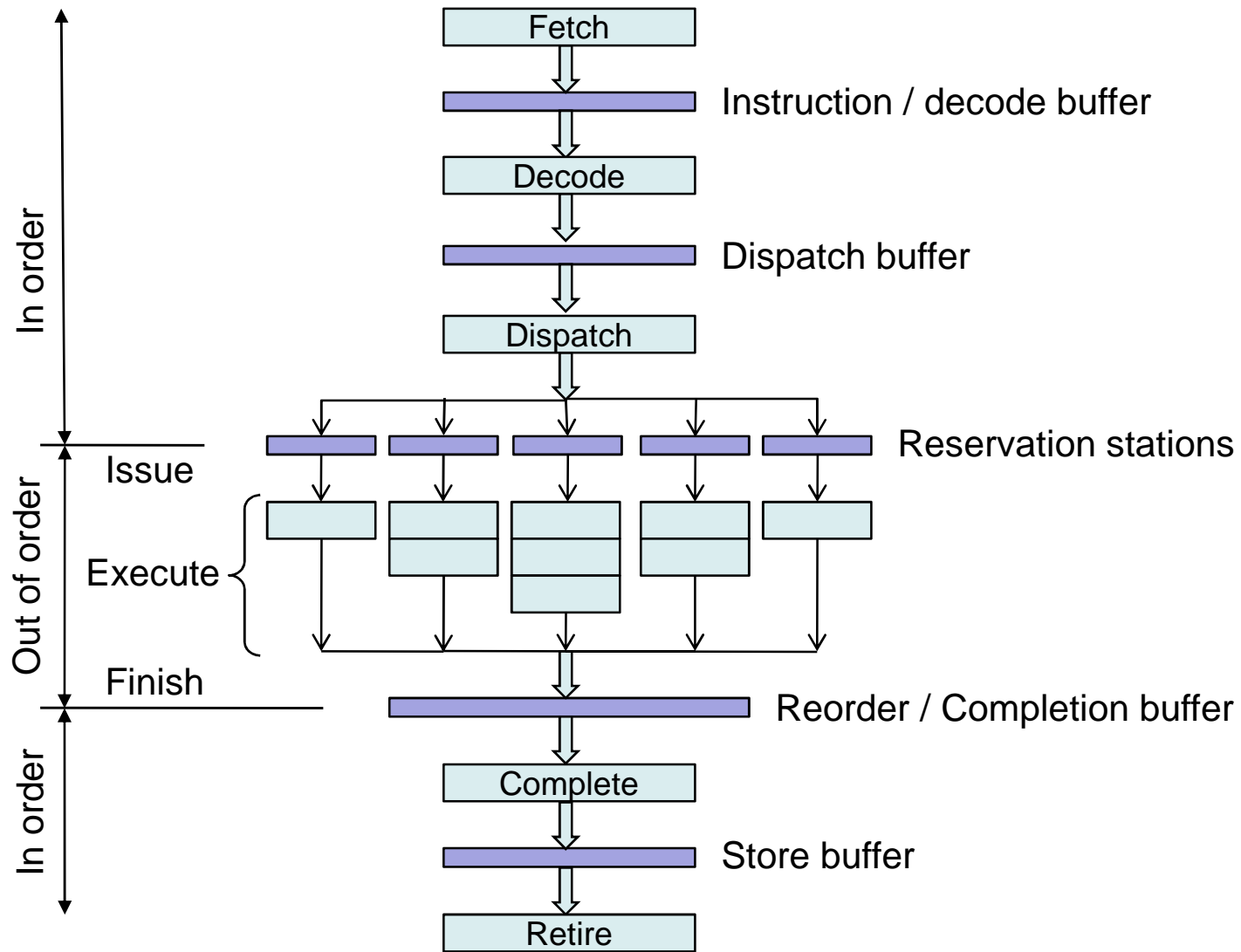
České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická

# Intel Nehalem

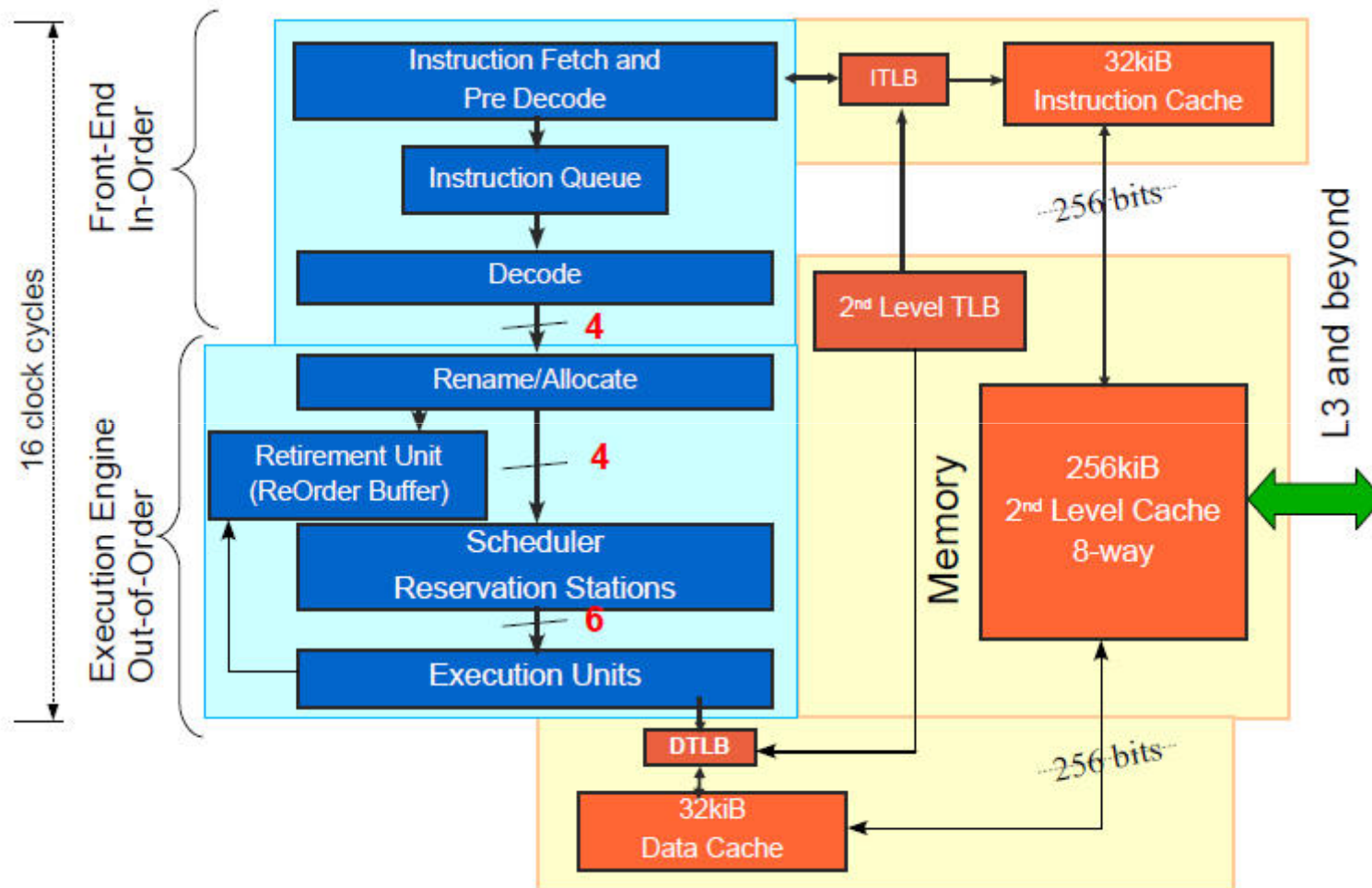


- core / un-core
- UIU: Un-Core Interface Unit (switch connecting the 4 cores to the 4 L3 cache segments, the IMC and QPI ports),
- IMC: 1 integrated memory controller with 3 DDR3 memory channels,
- QPI: 2 Quick-Path Interconnect ports
- dodatečné obvody pro zajištění koherence cache, řízení spotřeby, monitorování výkonu

# Pamatujete si?

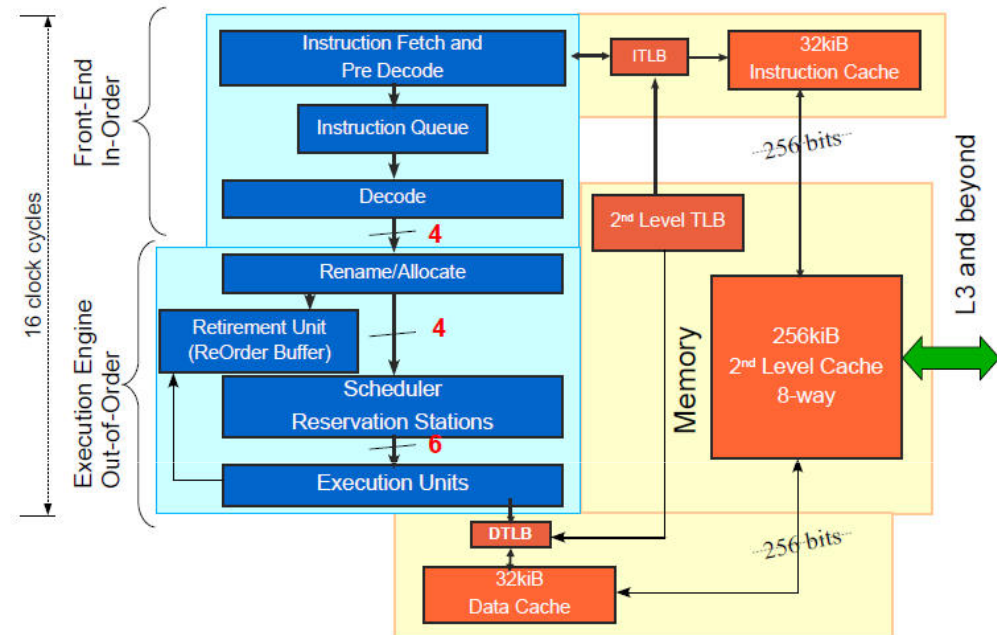


# Nehalem Core Pipeline



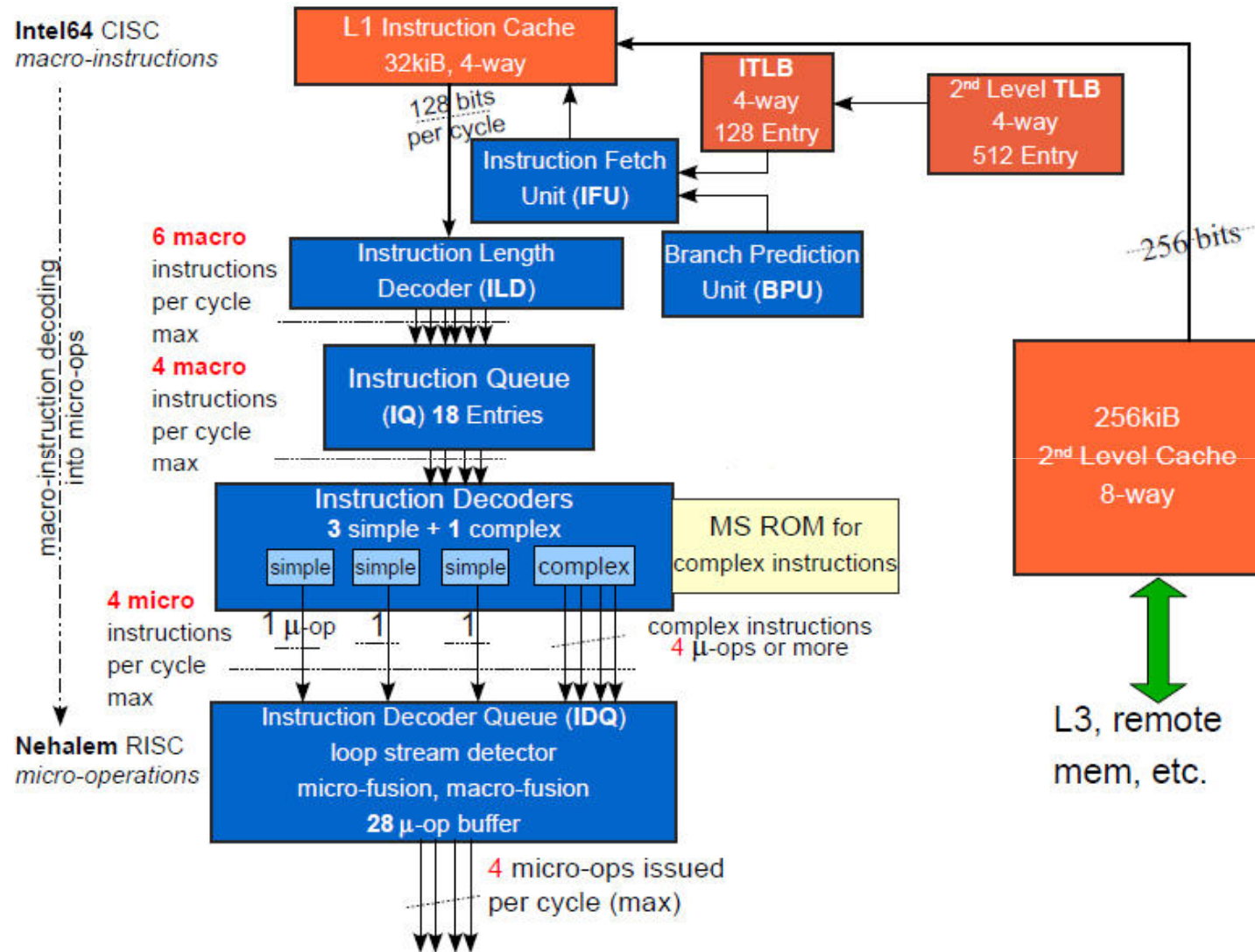
# Nehalem Core Pipeline

- 14-stage core pipeline
- **Front-End Pipeline (FEP)**  
- překlad makroinstrukcí na mikroinstrukce
- **Execution Engine (EE)**  
- dynamické rozvrhování a dispečování mikroinstrukcí
- **Retirement Unit (RU)**  
- stav procesoru je aktualizován v původním pořadí



- **TLB (Translation Lookaside Buffer)** - podpora překladu virtuálních adres na fyzické; obsahuje záznamy ze stránkových tabulek. A co přepínání kontextu?? ASN (Address Space Number), (PGE flag)

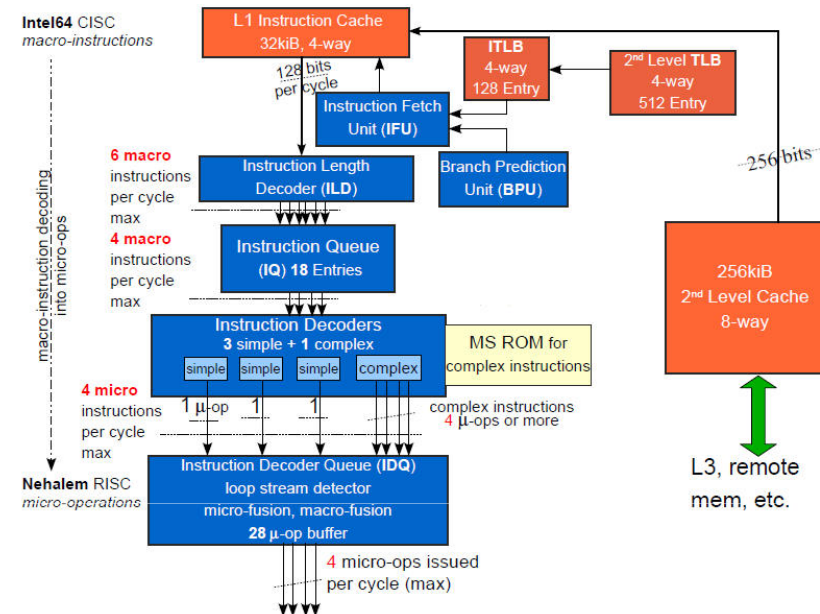
# Front-End Pipeline (FEP)



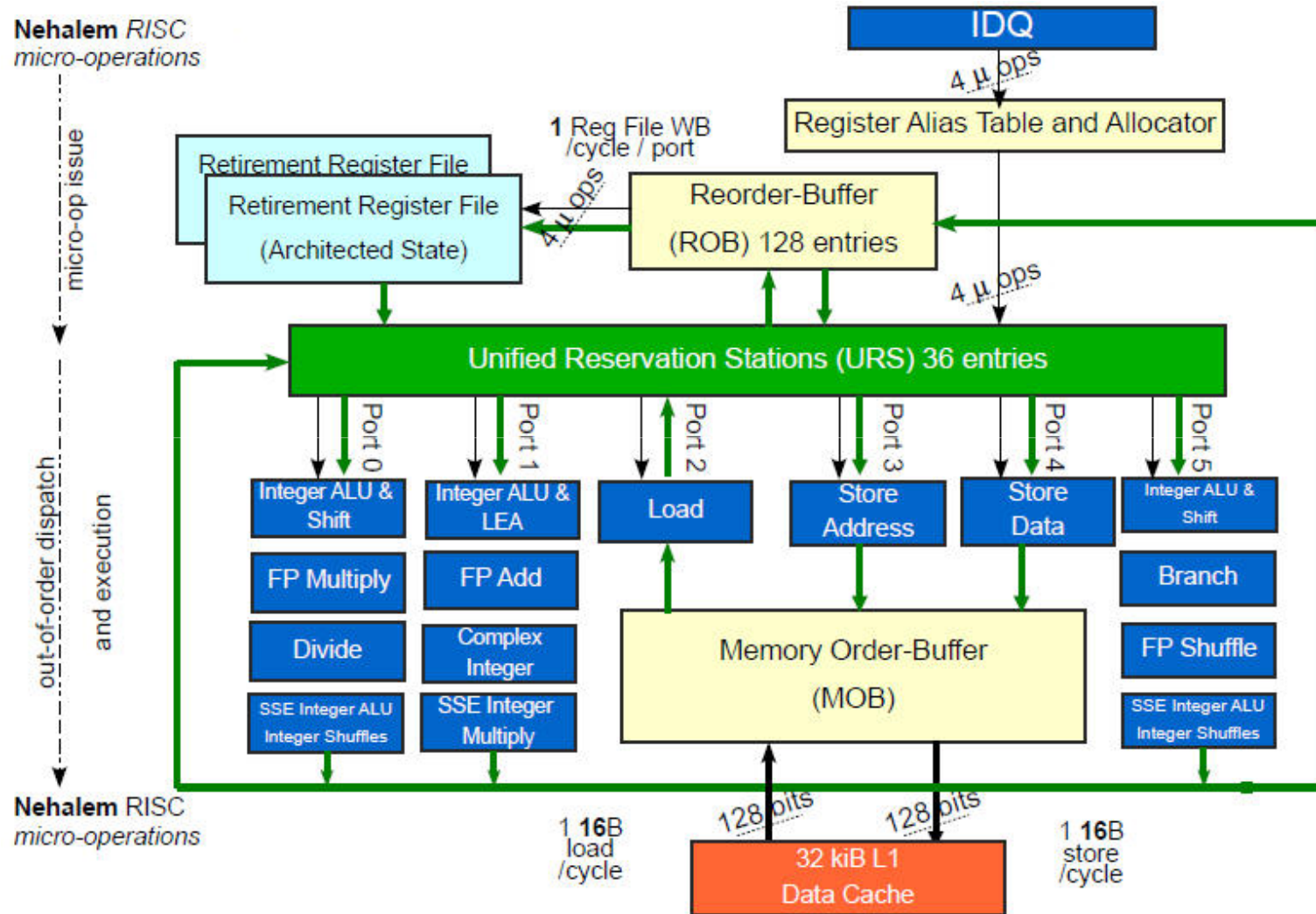


# Front-End Pipeline (FEP) – několik poznámek

- všechny IDU (Instruction Decoding Unit) podporují časté případy instrukčního toku (mikro-fusion, macro-fusion, stack pointer tracking)
- LSD (Loop Stream Detection) redukuje také ztráty z důvodu nezarovnaných instrukcí, LCP (Length Changing Prefixes) pokuty, spotřebu energie
- **Mikro-fusion** seskupuje několik mikroinstrukcí těžší instrukce do jedné komplexní mikroinstrukce
- **Macro-fusion** seskupuje sousedící makroinstrukce do jedné mikroinstrukce (logický test + podmíněný skok)



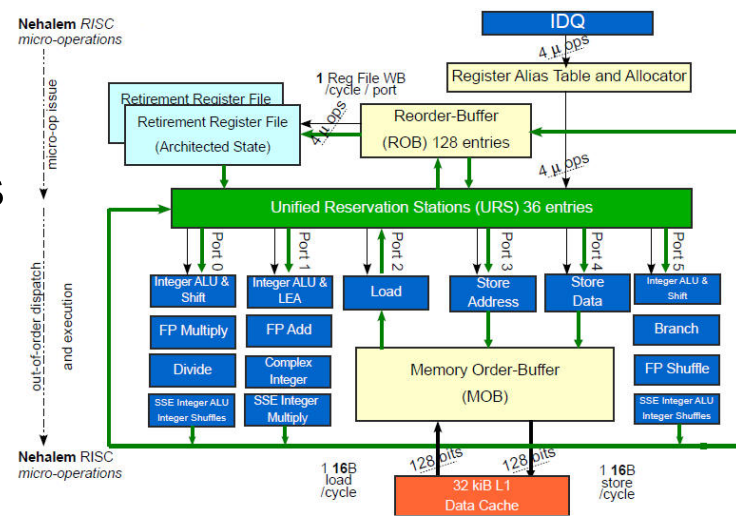
# Execution Engine (EE)



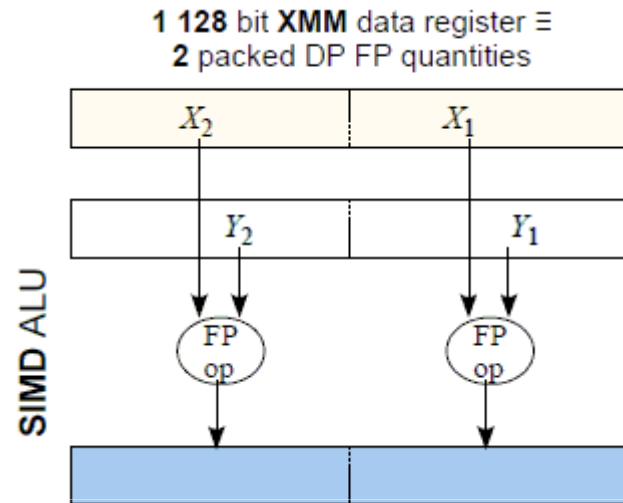


# Execution Engine (EE) – několik poznámek

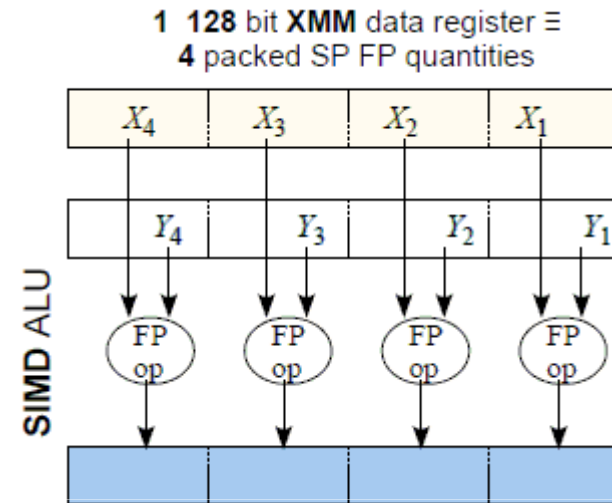
- MOB (Memory Order Buffer) podporuje spekulativní čtení (a mimo pořadí) a zápis a zabezpečuje, že zápis do paměti se vykoná v správném pořadí a se správnými daty
- Přejmenování registrů
- Bypass network – forwarding
- Execution Units – 6 operací (3 paměťové, 3 aritmetické/logické) za jeden cyklus:
- **Port 0** podporuje: Integer ALU and Shift Units, Integer SIMD ALU and SIMD shuffle, Single precision FP MUL, double precision FP MUL, FP MUL (x87), FP/SIMD/SSE2 Move and Logic and FP Shuffle, DIV/SQRT
- **Port 1** podporuje: Integer ALU, integer LEA and integer MUL, Integer SIMD MUL, integer SIMD shift, PSAD and string compare, and FP ADD
- **Port 2** Integer loads, **Port 3** Store address, **Port 4** Store data
- **Port 5** podporuje: Integer ALU and Shift Units, jump, Integer SIMD ALU and SIMD shufflee, FP/SIMD/SSE2 Move and Logic



# Execution Engine (EE) – několik poznámek



2 64-bit **Double**-Precision  
SIMD FP operations  
with XMM data registers  
 $\leftrightarrow$   
2 DP FP ops / cycle / port

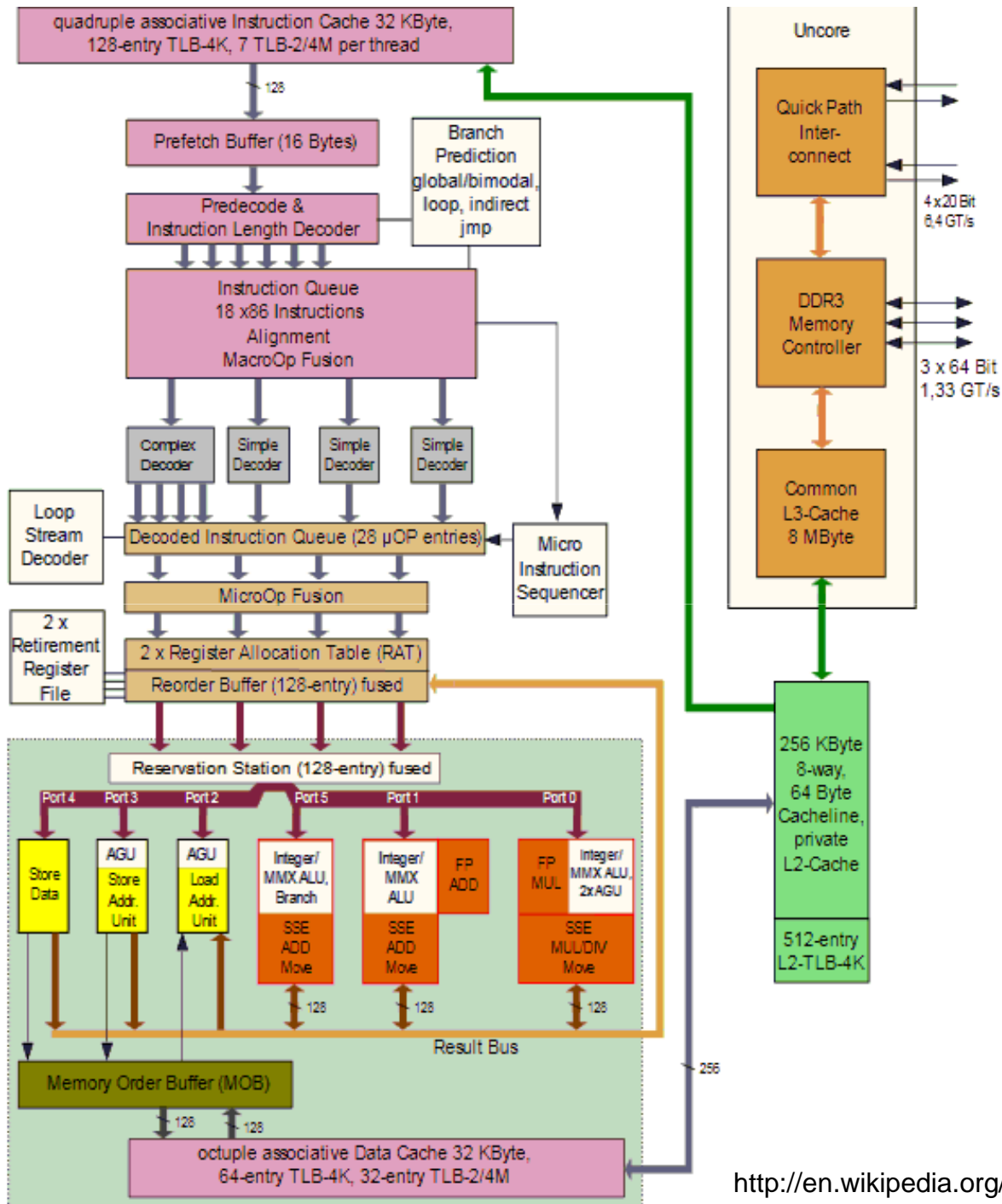


4 32-bit **Single**-Precision  
SIMD FP operations  
with XMM data registers  
 $\leftrightarrow$   
4 SP FP ops / cycle / port

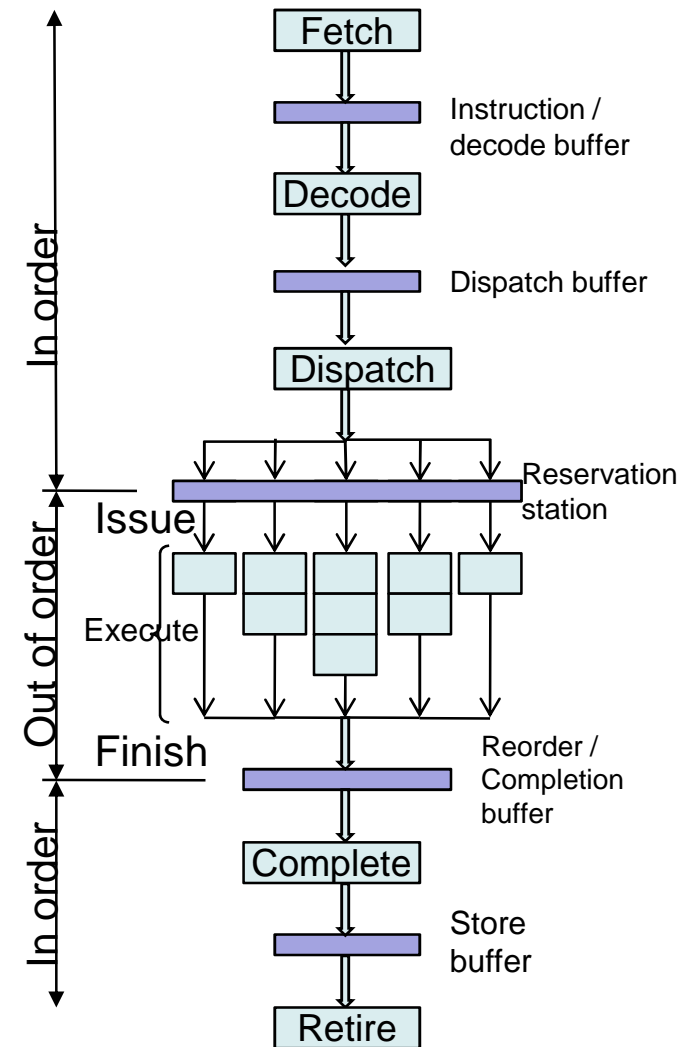
11.2 Giga FLOPs/sec/core = 2.8GHz  $\times$  4FLOPs/Hz

44.8 Giga FLOPs/sec/socket = 11.2Giga FLOPs/sec/core  $\times$  4cores

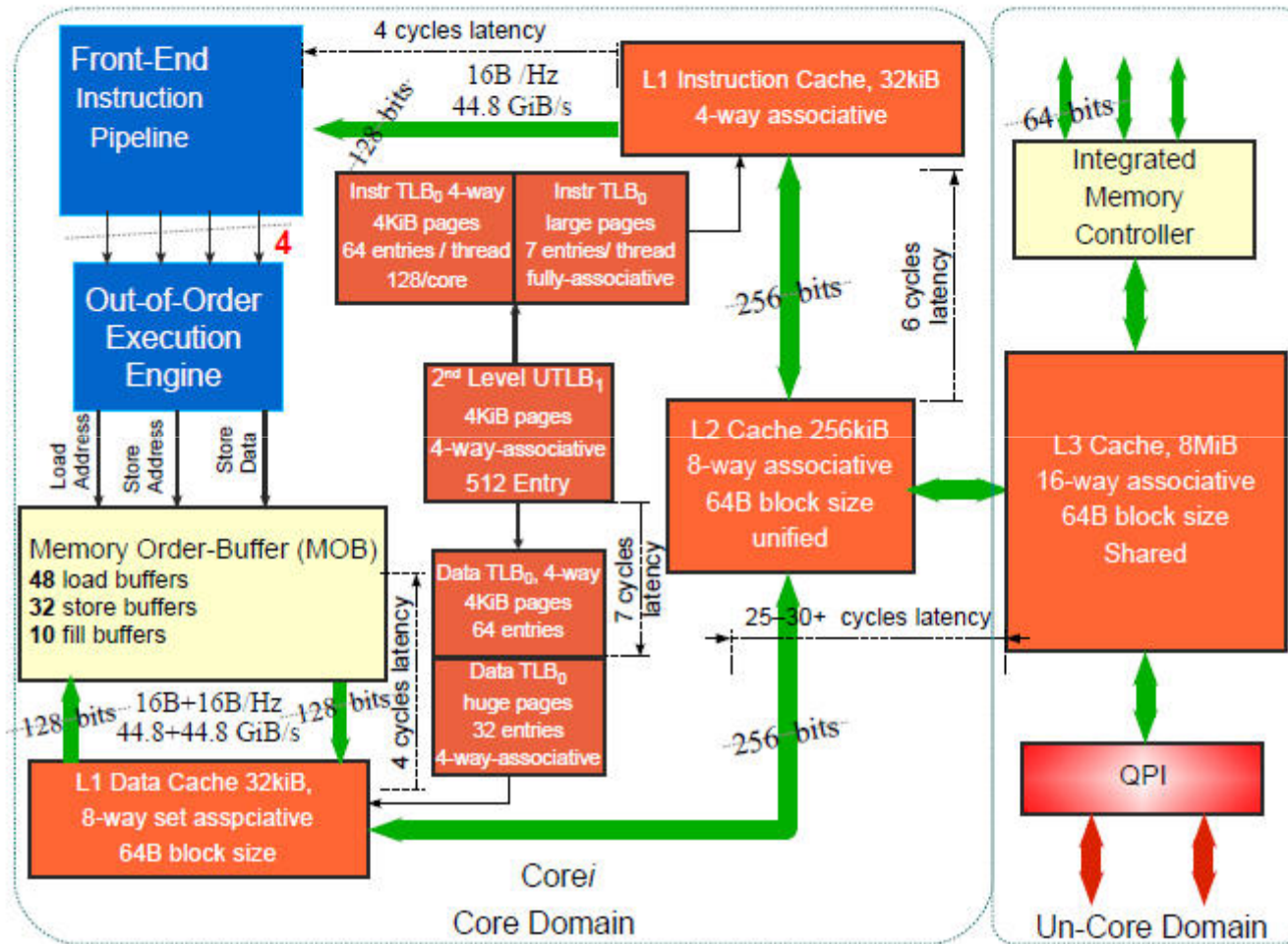
89.6 Giga FLOPs/sec/node = 44.8Giga FLOPs/sec/socket  $\times$  2sockets,



## Vidíte podobnost?

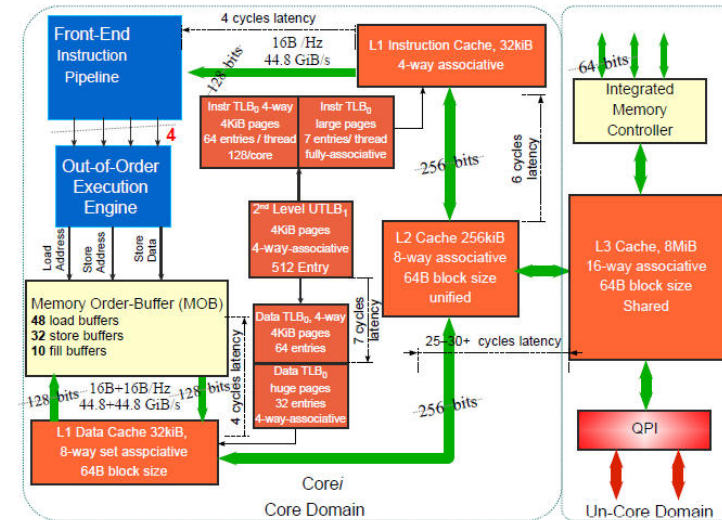


# Organizace paměti



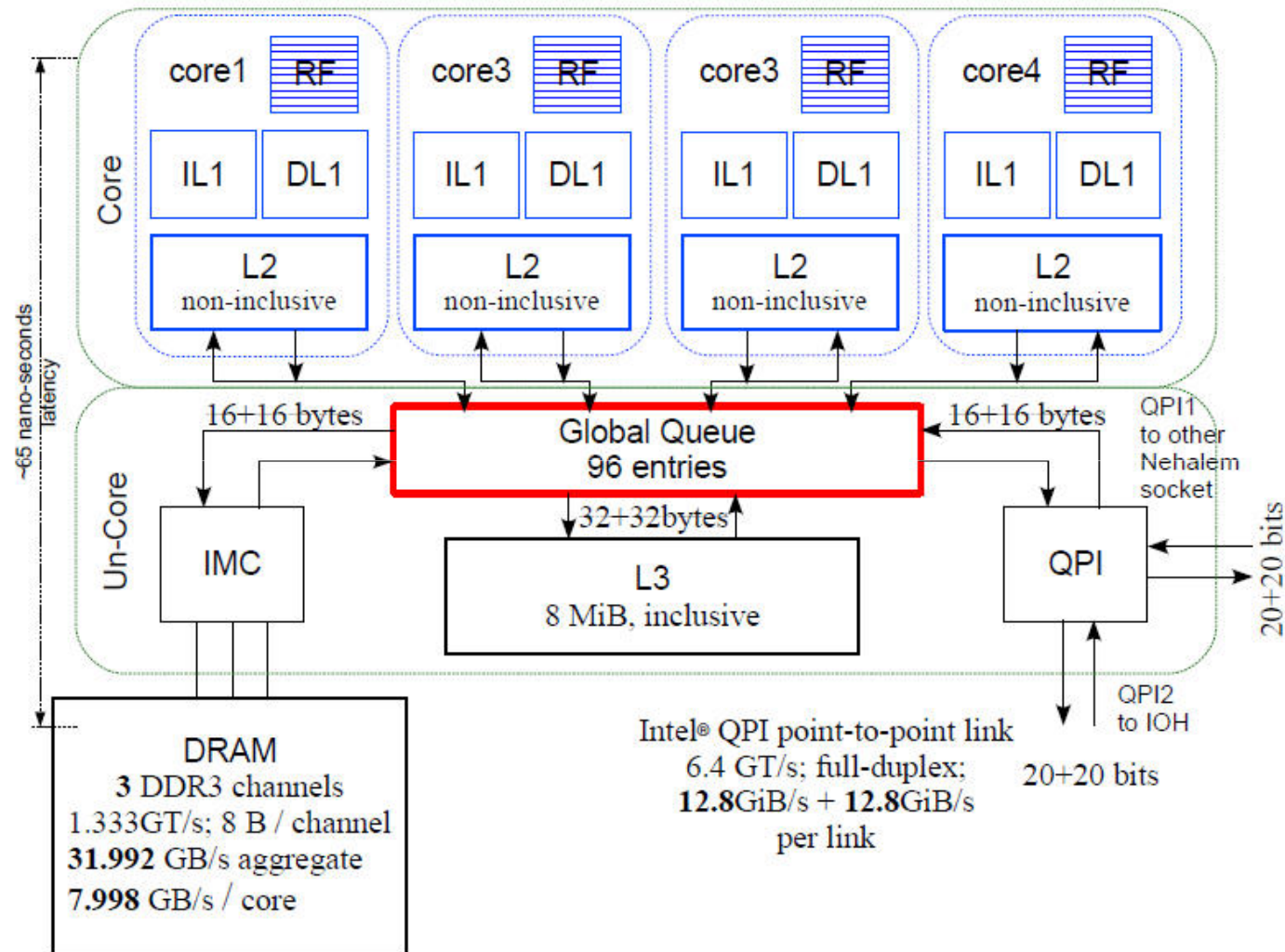
# Organizace paměti – několik poznámek

- Velkost bloku: 64B
- procesor vždy čte řádek cache ze systémové paměti zarovnan na 64B (6 LSb adresy jsou nuly) a nepodporuje částečně plněné řádky
- L1 – Harvard. V SMT sdílená oběma vlákny, Instrukční – 4-way, Datová 8-way.
- L2 – unifikovaná, 8-way, neinkluzivní, WB
- L3 – unifikovaná, 16-way, inkluzivní (řádek obsažen buď v L1 nebo L2 se nachází v L3), WB
- Store Buffers – dočasně uchovávají data pro každý zápis. Netřeba čekat na zápis do cache či paměti. Zajišťují, že zápisy jsou ve správném pořadí a také když je potřeba:
  - výjimka, přerušení, instrukce serializace, lock,...





# L3 – sdílená cache pro všechny jádra

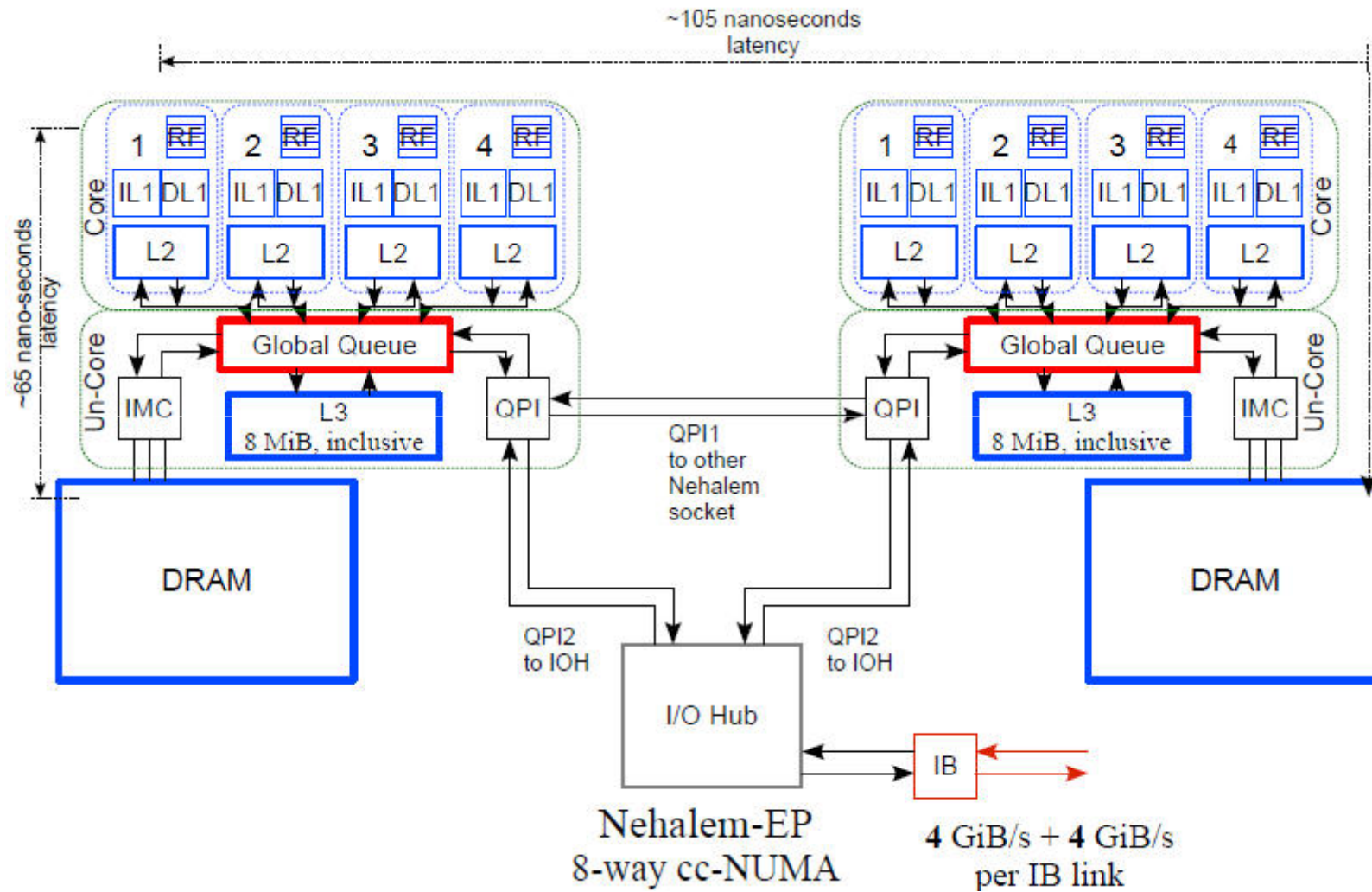




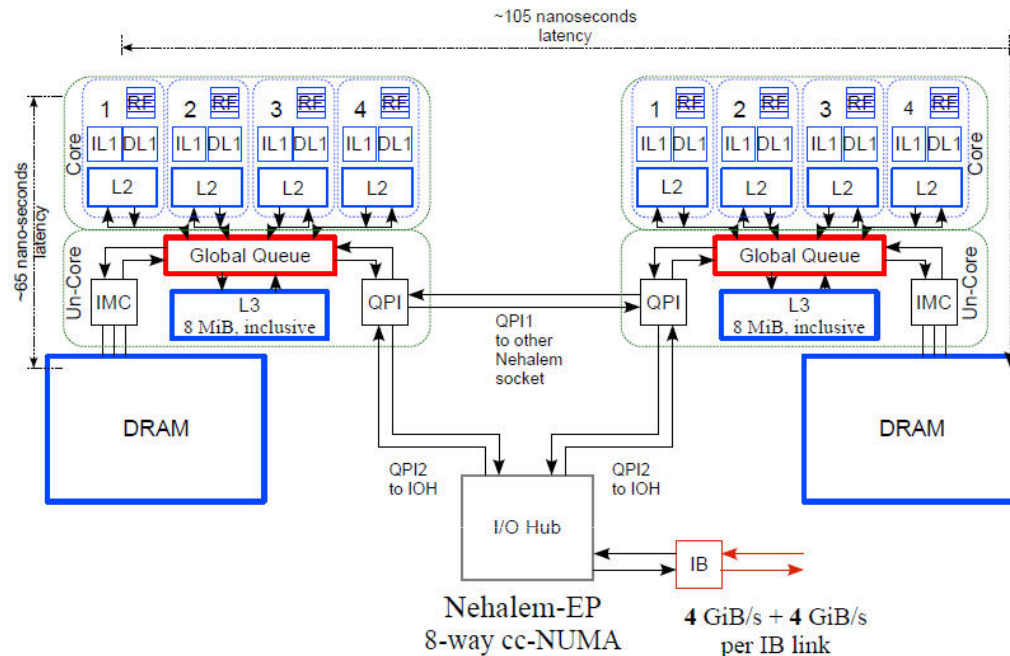
## Global Queue

- Cache line requests from the on-chip four cores, from a remote chip or the I/O hub are handled by the Global Queue (GQ) which resides in the Uncore. The GQ buffers, schedules and manages the flow of data traffic through the uncore.
- Write Queue (WQ): is a 16-entry queue for store (write) memory access operations from the local cores.
- Load Queue (LQ): is a 32-entry queue for load (read) memory requests by the local cores.
- QPI Queue (QQ): is a 12-entry queue for o-chip requests delivered by the QPI links.

# Dva procesory



# Dva procesory – přístup do lokální RAM

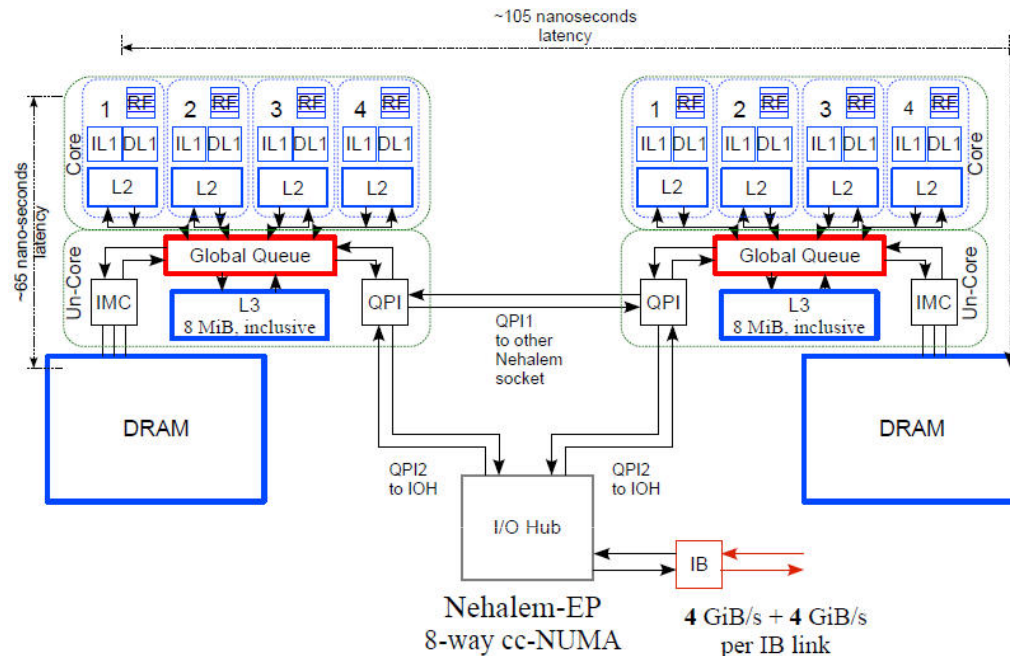


MESIF protokol

L3 cache – 4 bity

1. Procesor 0 žádá cache line, která se nenachází v L1, L2 ani v L3
  - Procesor 0 žádá data, která jsou v jeho DRAM,
  - Procesor 0 slídí jestli data neposkytl Procesor 1
2. Reakce
  - lokální DRAM vrátí data,
  - Procesor 1 vrátí odezvu,
  - Procesor 0 naplní cache

# Dva procesory – přístup do vzdálené RAM



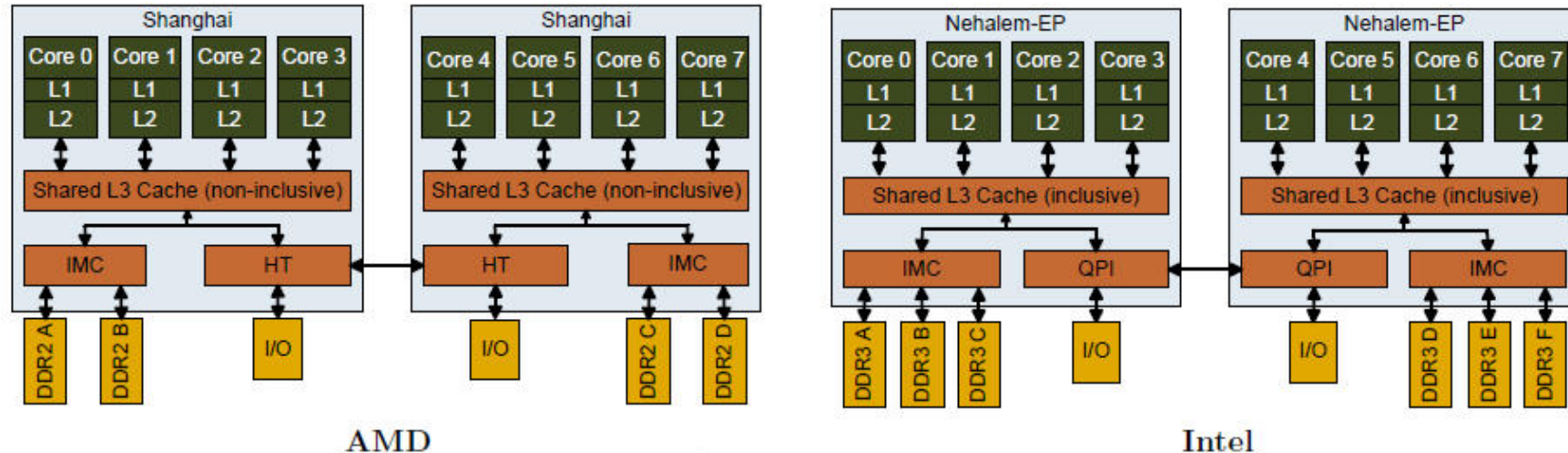
MESIF protokol

L3 cache – 4 bity

L3 Shared  
L3 Modified

1. Procesor 0 žádá cache line, která není v jeho L1, L2 ani L3 cache
2. Požadavek se posílá přes QPI Procesoru 1
3. Procesor 1 reaguje (IMC generuje požadavek do DRAM, Procesor 1 zkouší jeho cache)
4. Odezva
  - Data se vrátí do Procesoru 0 přes QPI
  - Procesor 0 naplní cache a nastaví Shared nebo Exclusive

# AMD vs. Intel



Zdroje:

1. Thomadakis, M.E., The Architecture of the Nehalem Processor and Nehalem-EP SMP Platforms, Texas A&M University, 2011.
2. Nehalem (microarchitecture), [http://en.wikipedia.org/wiki/Nehalem\\_%28microarchitecture%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Nehalem_%28microarchitecture%29)
3. Trent Rolf, Cache Organization and Memory Management of the Intel Nehalem Computer Architecture, University of Utah Computer Engineering, Dec. 2009
4. Paul G. Howard, Next Generation Intel Microarchitecture Nehalem, Microway Inc., 2009
5. Intel QuickPath Interconnect, [http://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_QuickPath\\_Interconnect](http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_QuickPath_Interconnect)
6. [http://chip-architect.com/news/Nehalem\\_at\\_1st\\_glance\\_.jpg](http://chip-architect.com/news/Nehalem_at_1st_glance_.jpg)