Více CPU na 1 čipu — více jader (samostatné CPU + sdílené I/O a část keší)

SMT (symm. multi-threading) — 2 jádra, která sdílí back-end, keše
[Intel: hyper-threading]

AMD Bulldozer

1 modul: 2 jádra

per core: scheduler
int. jednotky
registry apod.
L1D 16k, 4-way
write-through

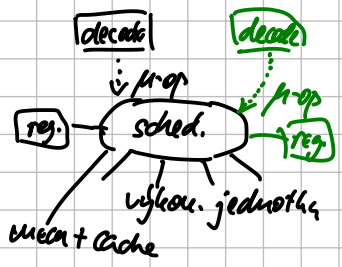
shared: fetch + decode
L1I 64k
2 float. jednotky
2 x87 float
L2 2M, 16-way

Intel i7-6700 (2017)

4 cores × 2 threads

per core: L1I 32k, 8-way
L1D 32k, 8-way
L2 256k, 4-way

shared: L3 8M, 16-way



Sběrnice

FSB 64 bitů (transfer)
1.3 GT/s
↳ 10.6 GB/s

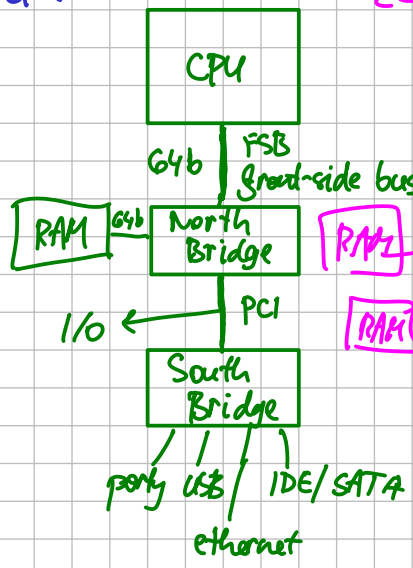
RAM DDR2-1066
1.066 GT/s
64 b
↳ 8.5 GB/s

deska: DDR4 ... 2.1 GT/s
→ cca 17 GB/s

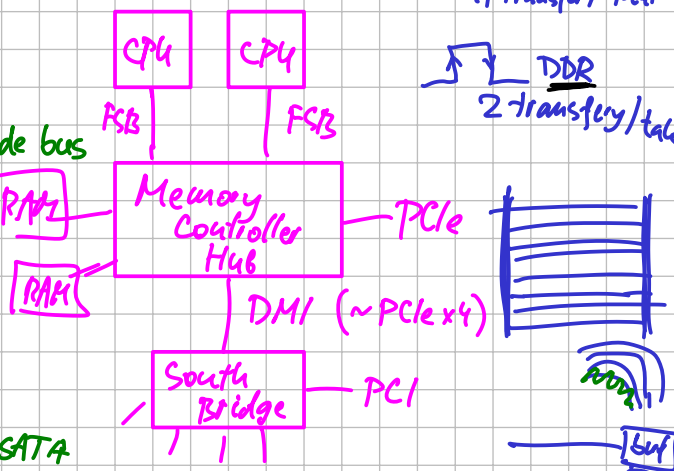
PCI 33 MHz, 33 MT/s → 132 MB/s
32 b

PCI Express (PCIe) 1–32 linek (lanes), typ. 2^k
PCIe 2.0 500 MB/s per lane
3.0 985 MB/s per lane

1 CPU:



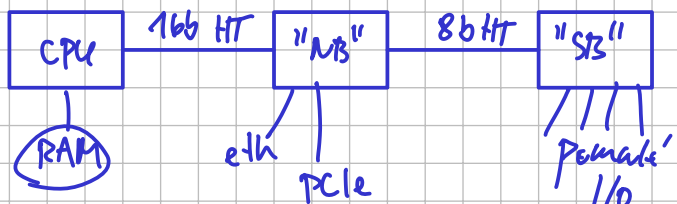
2 CPU:



AMD HyperTransport 2001

- 8/16/32 bitů na linku
- módy: I/O stromový (bridge, tunely); koherentní obecný graf
- 16b linka: 6.4 GT/s → 12.8 GB/s

1 CPU



2 CPU

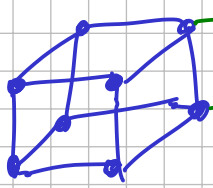
NUMA

Intel: QuickPath

Více CPU: 1 CPU má 3–4 16b HT linky

- serverový CPU: koherentní
- desktop CPU: jen I/O mód

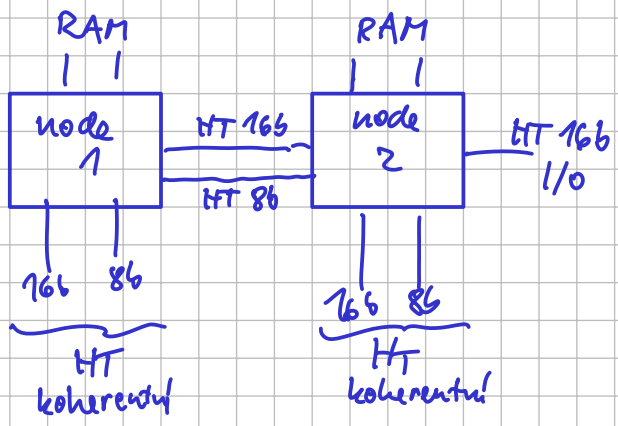
8 CPU



HTX connector
↳ NUMAConnect
- 3D torus
- 16^3 = 4096 nodů
- node: 8 processors až 4 GB cache
- directory-based koherence

AMD Magny Cours (~2010)

Uvnitř 1 pouzdra: 2 čipy, 1 čip = 1 node → 6 jader
6 MB L3 cache (1-2 MB ukládáno directory)
4× 16b HT port
2× DDR3 kanály k RAM



L2 je victim cache pro L1

L3: rozdělena na 1M nebo 2M bloky
dotazy paralelně přes bloky
alokace: mezi bloky URR (weighted round-robin)
uvnitř bloku LRU
victim cache pro L2
monitoring účinnosti L3 per jádro

HT-Assist (directory-based coherence protocol)

Obvyklá impl.: ∀ buňka RAM má svůj home node
MESI - tam se řeší synchronizace

čtení: čtenář → home node → probe broadcast ostatní nodes
výsledek ↑
↓ RAM
data z RAM
cached data

directory na home node si pro ∀ řádek pamatuje, kdo ho má kešovaný

probe filter

E/M na určeném node (directed message)
Shared broadcast
owned at node N jako E/M + Shared jinde
Nikdo ∅