



Univerzita Hradec Králové  
Fakulta informatiky a managementu



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Paměti

Peter Mikulecký  
s využitím materiálů Josefa Horálka

- = Pojmem paměť se ve výpočetní technice označují fyzická zařízení, používaná k ukládání programů (posloupností instrukcí) nebo dat (např. informací o stavu programu) pro okamžitou nebo trvalou potřebu v počítači nebo jiném digitálním elektronickém zařízení.
- = Paměť je pro počítač životní nutností
  - = mikroprocesor z ní čte programy, kterými je řízen a také do ní ukládá výsledky své práce
- = Paměti v zásadě můžeme rozdělit na:
  - = Primární – s nimi bezprostředně pracuje procesor
  - = Sekundární – kde mikroprocesor odkládá programy, které momentálně nepotřebuje.

- = Termínem "paměť" ve smyslu primární (neboli vnitřní paměti) se často označuje adresovatelná polovodičová paměť (tj. integrované obvody složené z křemíkových tranzistorů).
- = Většina polovodičových pamětí je uspořádána do paměťových buněk, tvořených bistabilními klopnými obvody, z nichž každý uchovává jeden bit (hodnotu 0 nebo 1).
- = Paměťové buňky se seskupují do slov s pevnou délkou, například 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 nebo 128 bitů. Ke každému slovu se lze dostat pomocí binární adresy o délce  $N$  bitů, takže lze v paměti uložit celkem  $2^N$  slov.

- = Na začátku 40. let 20. století umožňovaly paměťové technologie většinou jen kapacitu několika bajtů. První elektronický programovatelný digitální počítač ENIAC používal několik tisíc osmikolíkových elektronek a dokázal provádět jednoduché výpočty se 20 desetimístnými čísly, uloženými v elektronkových střadačích.
- = Na konci 40. let 20. století začaly snahy o vývoj energeticky nezávislých pamětí. Jay Forrester, Jan A. Rajchman a An Wang vyvinuli feritovou paměť, která umožňovala obnovení obsahu paměti po ztrátě napájení. Feritové paměti se staly hlavním typem používané paměti až do vynálezu paměti na bázi tranzistorů koncem 60. let.
- = Vývoj technologie a masová výroba umožnily nástup takzvaných "počítačů s velmi velkou pamětí,,.

1. Kapacita
2. Vybavovací (přístupová) doba
3. Přenosová rychlost
4. Statická / dynamická
5. Energetická závislost
6. Destruktivnost při čtení
7. Spolehlivost
8. Cena za bit

## = Vybavovací doba v ns

- = doba s jakou paměť vyhledá či zapíše mikroprocesorem zadaná data

## = Kapacita paměti

- = kolik bajtů je možné v paměti uchovat (KB, MB, GB, TB)

- = Velikost vyjadřujeme v bajtech (bytech) B.

- = 1B (bajt) = 8b (bitů).

- = Násobky:

- = Kilo K =  $2^{10}$  = 1 024

- = Mega M =  $2^{20}$  = 1 048 576

- = Giga G =  $2^{30}$  = 1 073 741 824

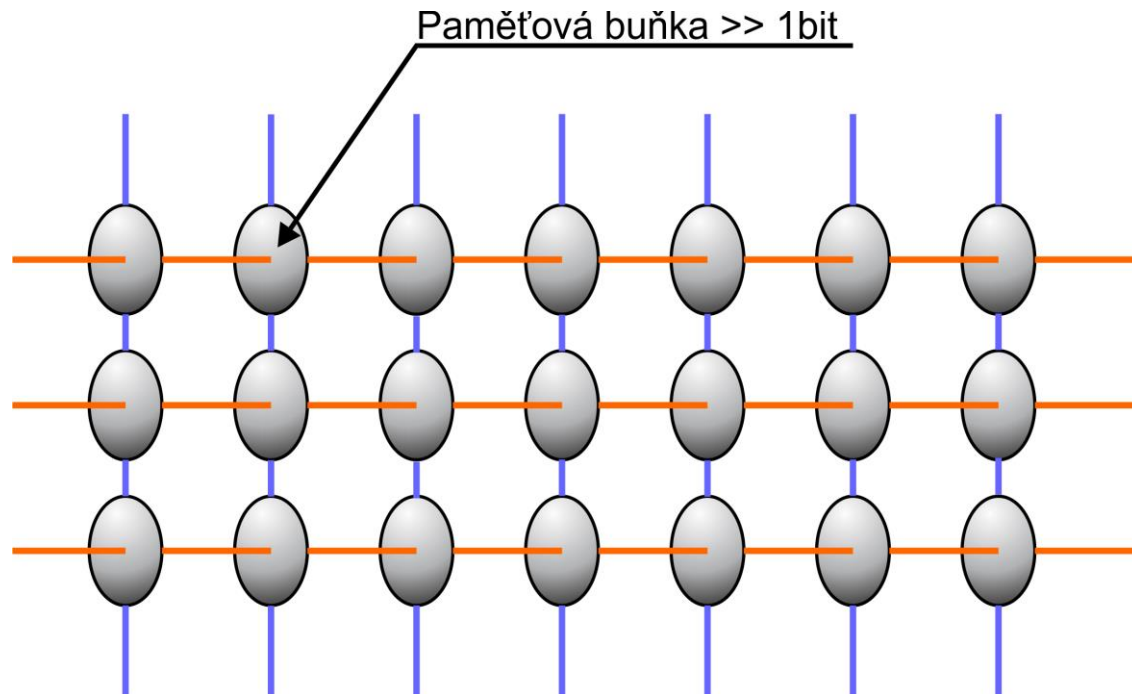
## = Energetická závislost (volatilita) či nezávislost

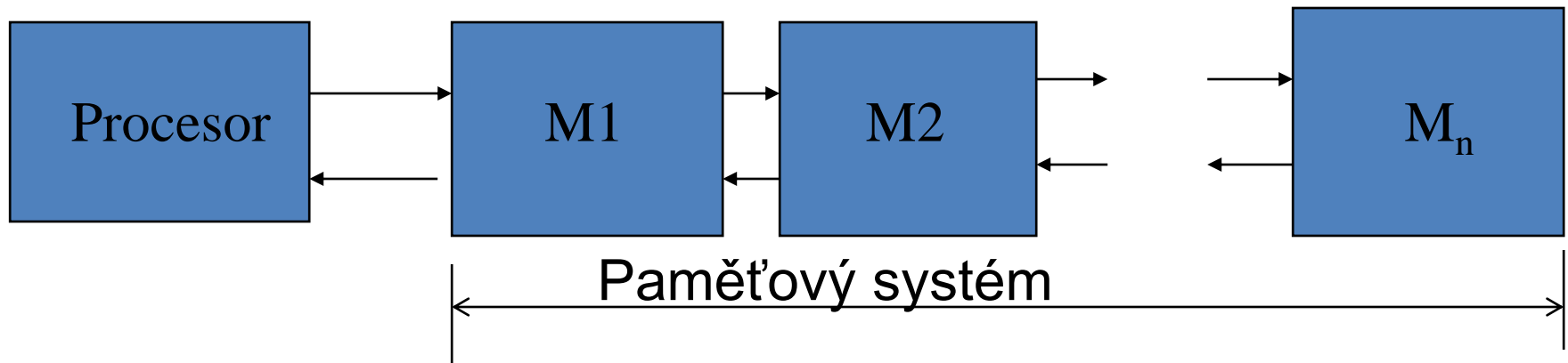
- = zda se paměť po vypnutí počítače vymaže či nikoli

## = Typ paměti

- = zda je typu ROM (pouze pro čtení) nebo RAM (zápis i čtení)

- = Paměť je tvořena maticí elektronických prvků
- = Každý prvek nabývá stavu 0 nebo 1
- = Prvky jsou spojeny **řádkovými** a **sloupcovými** vodiči
- = Těmi lze prvky elektronicky ovládat (zapisovat a číst)





- = Cena za 1 bit paměti klesá směrem od procesoru
- = Rychlost paměti klesá směrem od procesoru
- = Kapacita paměti roste směrem od procesoru



- = **registry** - přímo na čipu procesoru
- = **vyrovnávací paměť** (cache, buffer)
- = **hlavní paměť** (main memory, operační paměť)

- = Informace uložené v paměti typu ROM musí zůstat zapsány i po vypnutí počítače
  - = využívá se pro uložení BIOSu (moderněji UEFI, viz přednáška 4)
  - = přes BIOS přistupuje OS k HW, ale ROM paměť je pomalejší, proto se při startu počítače ukládá do RAM
  - = Načítání BIOS z ROM do RAM nazýváme stínování (shadowing)

## = ROM

- = buňka představována el. odporem nebo pojistkou. Výrobce některé buňky přepálí, pak jsou nositelem logické 1. Ostatní, které vedou proud, jsou nositelem logické 0.

## = PROM

- = (Programmable ROM), podobné jako ROM, ale informace nezapisuje výrobce, ale uživatel pomocí programátoru ROM.

## = EPROM

- = (Erasable PROM) lze do nich opakovaně zapisovat. Informace je kódována pomocí elektrického náboje. Smazání záznamu se provádí pomocí ultrafialového záření.

## = EEPROM

= (Electrically EPROM) jde o mazatelnou paměť. Vymazání se provádí elektrickými impulsy. Počet mazání a zápisů je omezen.

## = Flash-EPROM

= (Flash EPROM) nejrychlejší přepisovatelný typ. Počet cyklů mazání a zápisů je kolem 1000. Je programovatelná přímo z PC.

- = RAM (anglicky random-access memory, paměť s přímým přístupem nebo paměť s libovolným výběrem) je typ paměti, u níž je libovolné paměťové místo přístupné za stejnou vybavovací dobu.
- = Prakticky se v současnosti termín RAM používá téměř výlučně pro polovodičové paměti, kde se přístupová doba pro zápis i čtení pohybuje v řádech maximálně stovek nanosekund.
- = Za paměť RAM nemůžeme považovat např. mechanické pevné disky, protože zde je obrovský rozdíl mezi rychlostí sekvenčního přístupu a rychlostí "náhodného" přístupu. Rovněž je možné, že bychom běžný mechanický harddisk při použití pro "náhodné" čtení a zápis rychle zničili.

- = Podle toho, zda paměť uchovává informace i po vypnutí napájení, dělíme paměti na:
  - = volatilní – při vypnutí napájení se informace smaže; takto se chovají polovodičové paměti RWM-RAM
  - = nevolatilní – informace vydrží vypnutí napájení; tuto vlastnost mají magnetické paměti (magnetické disky, paměti na tenkých vrstvách a v minulosti používané feritové paměti a bubnové paměti)
- = Polovodičové paměti RAM jsou rychlejší, ale jsou volatilní a jsou dražší než diskové paměti při přepočtu ceny za jeden bit. Používají se především jako operační paměti počítačů. Slouží tedy k uchování údajů, které počítač potřebuje pro zpracovávání právě prováděné úlohy.
- = Údaje, které je potřeba uchovat i po vypnutí počítače, musí být uloženy do nevolatilní paměti – obvykle na pevný disk. Jeho nižší rychlost je kompenzována vyšší kapacitou a nezávislostí na napájení.

- = Dělení podle technologie uchovávání informace:**
- = Paměť SRAM ( Static RAM)
  - = informaci nese bistabilní klopný obvod (několik tranzistorů)
  - = výhoda - nemusí se obnovovat  $\Rightarrow$  rychlejší
- = Paměť DRAM ( Dynamic RAM)
  - = Paměť je tvořena kondenzátory, přičemž informaci nese stav kondenzátoru (nabitý x vybitý)
  - = samovolné vybíjení – nutno obnovovat informaci (refresh)
  - = výhoda - menší počet tranzistorů na 1 paměť buňku  $\Rightarrow$  nižší cena

- = Statická RAM (SRAM) je realizována jako bistabilní klopný obvod. Při použití technologie CMOS má minimální příkon a krátkou přístupovou dobu. Kvůli nutnosti používat alespoň dva tranzistory pro realizaci jedné buňky paměti (jednoho bitu) je poměr cena/kapacita vysoká. Statické paměti proto plní často úlohu cache mezi procesorem a dynamickou pamětí RAM.



- = CMOS-RAM (Complementary Metal Oxide Silicon)
  - = vyrobena technologií CMOS mají malou spotřebu
  - = využití pro zápis BIOS programem SETUP
  - = po vypnutí je napájena z baterie na základní desce
    - = často je v ní integrován obvod hodin reálného času
- = Při rozšiřování paměti je potřeba používat obvody pracující ve stejném režimu, které jsou určeny chipsetem základní desky

- = Dynamická RAM (DRAM) je levnější a výrobně mnohem jednodušší, než SRAM, protože buňky jsou realizovány pomocí parazitních kapacit (jeden tranzistor).
- = Nevýhodou je, že čas od času se musí obsah každé paměťové buňky obnovovat (refresh). Obnova, kterou zajišťuje speciální obvod (aby nebyl zbytečně zatěžován procesor), probíhá hromadně po celých řádcích, takže pokles výkonu paměti není dramatický (při obnově není paměť dostupná).
- = Při čtení dochází k vymazání obsahu buňky, obnova proto musí probíhat také po každém čtení (proto je čtení  $1,5 \times$  delší než zápis).

= DIP

= SIPP

= SIMM (30-pin)

= SIMM (72-pin)

= DIMM (SDRAM)

= DIMM (DDR)

Zdroj: Wikipedie



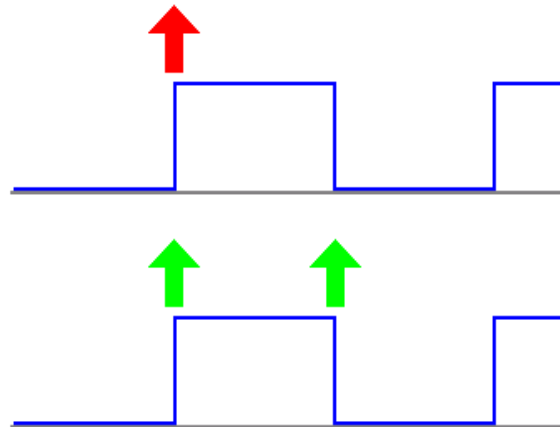
- = SIPP (Single Inline Pin Package) je druhá generace pamětí DRAM.
- = SIMM – (72pin, 30pin) – (Single Inline Memory Module)
- = DIMM – 3,3 V a 5 V – (Dual Inline Memory Module) – Jedná se vlastně o dva moduly SIMM integrované na jedné desce. Důvodem je obsazení celé šířky sběrnice.
  - = SDR – (Single Data Rate), spíše označovány jako SDRAM (Synchronous Dynamic RAM), starší typ pamětí typu DIMM (3,3, nebo 5 V), 168 pinů, kapacity od 16 MB do 512 MB, rychlost od 66 MHz do 133 MHz, dva zářezy jako pojistka.
  - = DDR – (Double Data Rate) novější typ pamětí typu SDR, 3,3 V, 184pinů (ale jiné umístění zářezů, místo dvou jen jeden), kapacity od 64 do 2048 MB. Vylepšení je v tom, že přenáší data na náběžné i koncové hraně taktovacího impulsu.

= SDR - Single Data Rate

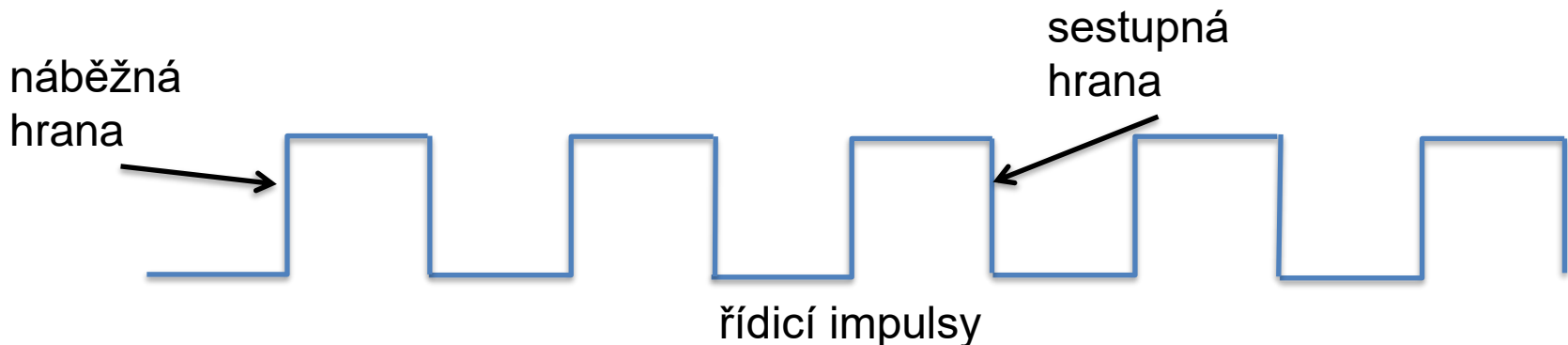
= využívá synchronní signál s  
kmitočtem základní desky

= DDR - Double Data Rate

= data jsou během jednoho  
cyklu přenášena dvakrát



- = Rychlost prvků základní desky je odvozena od systémového časovače
- = Paměti DDR pracují tak, že přenášejí data jak na náběžné tak sestupné hraně
- = Během jednoho taktu tak provede dvě operace
- = Mají tedy dvojnásobnou datovou propustnost
- = Rychlost standardizovaná organizací JEDEC



- = DDR2 – novější typ pamětí DDR, podobné jako DDR, mají vyšší frekvence, stále se používají ve starších strojích. Nevýhodou DDR2 jsou vyšší časy latence než u DDR (latence – čas, po který čeká procesor na data z paměti).
- = DDR3 – nejnovější paměti, již postupně vytlačily DDR2 z trhu. Maximální frekvence 3840MHz. Dnes jsou standardem.
- = DDR4 - výkon je srovnatelný s DDR3. Vyvinuty společností JEDEC. Prodej zahájen v roce 2014 a vytlačení DDR3 nastalo v roce 2016. Maximální takt je 4266MHz při 1,05V

- = Pracuje stejným způsobem jako DDR
  - = dvojnásobná vnitřní frekvence
  - = např. jádro s frekvencí 200MHz, pak DDR pracuje na 400MHz a DDR2 s 800MHz.
- = DDR2 využívají napětí 1,8
- = Paměti DDR2 nejsou zpětně kompatibilní s DDR



## = DDR3

- = SDRAM nástupce operační paměti DDR2
- = používá se pro vysokorychlostní ukládání pracovních dat
- = rychlosti paměti od 0.8GHz po 2,133 GHz (i přes 2,4 GHz)
- = standardní napětí sníženo z 1,8 na 1,5 V
  - = ve skutečnosti většina pamětí potřebuje napětí mezi 1,65 a 1,8 V

## = DDR4

- = Jsou přímým nástupcem DDR3
- = První sériová výroba začala začátkem roku 2013
- = Provozní napětí sníženo na 1,05 – 1,2 V
- = Konec éry DDR4 se očekával kolem roku 2020, stále ještě jsou ale často využívány.

## = DDR5

- = Jsou přímým nástupcem DDR4
- = Za nejrychlejší DDR5 kit se platí téměř o 70% více, než za nejrychlejší DDR4 kit (Alza.cz)
- = PMIC (power management) regulátor přesunut na paměťový modul, což mimo jiné znamená nadbytečné odpadní teplo
- = Cenová parita s DDR4 se očekává až někdy v roce 2024.
- = 12. i 13. generace Intel procesorů funguje skvěle jak s DDR4, tak s DDR5. I přes to, že se 13. generace dočkala vylepšení ze strany paměťového řadiče, pořizování DDR5 nelze zatím považovat za nějak zvlášť smysluplné.

- = Odlišný systém přenosu dat
- = Používá sběrnici s frekvencí 400MHz
- = Šířka 16 bitů
- = Data přenášena jak na vzestupné tak na sestupné hraně signálu
- = Celková propustnost pak je 1,6GB/s
- = Umožňuje do chipsetu základní desky umístit více paralelních kanálů - zvyšuje propustnost celé paměti
  - = např. čipová sada Intel 850 používá 2 kanály - propustnost 3,2GB/s

- = Fyzicky se skládá ze dvou částí:
  - = paměťového modulu
  - = patice – do které se modul zasunuje
  
- = Paměťové moduly
  - = obvody paměti jsou uloženy na normované destičce (DIMM), která má na spodní straně vyleptány kontakty spolu s výřezem pro identifikaci umístění a typu modulu

SDRAM DIMM – 168 pinů, 3.3V

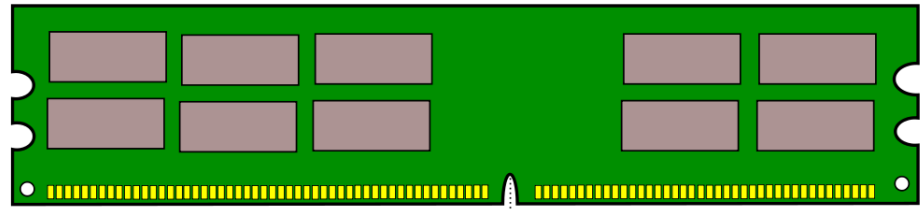


DDR DIMM – 184 pinů 2.5V

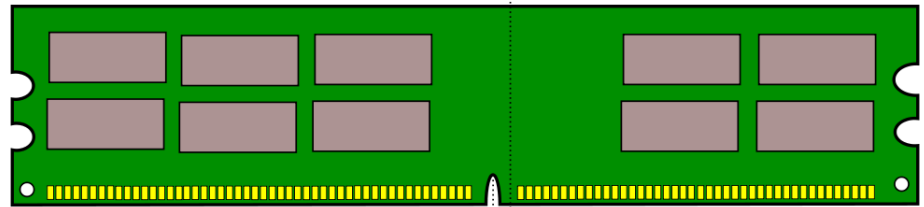


## Paměťové moduly

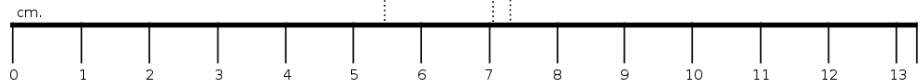
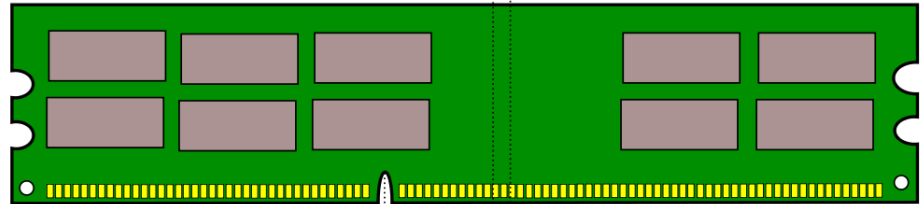
DDR



DDR 2



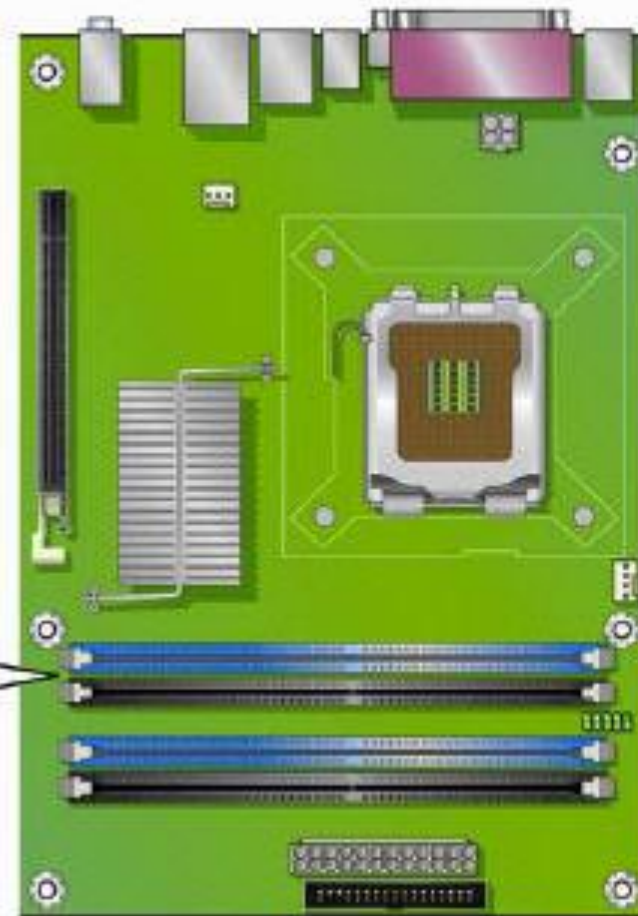
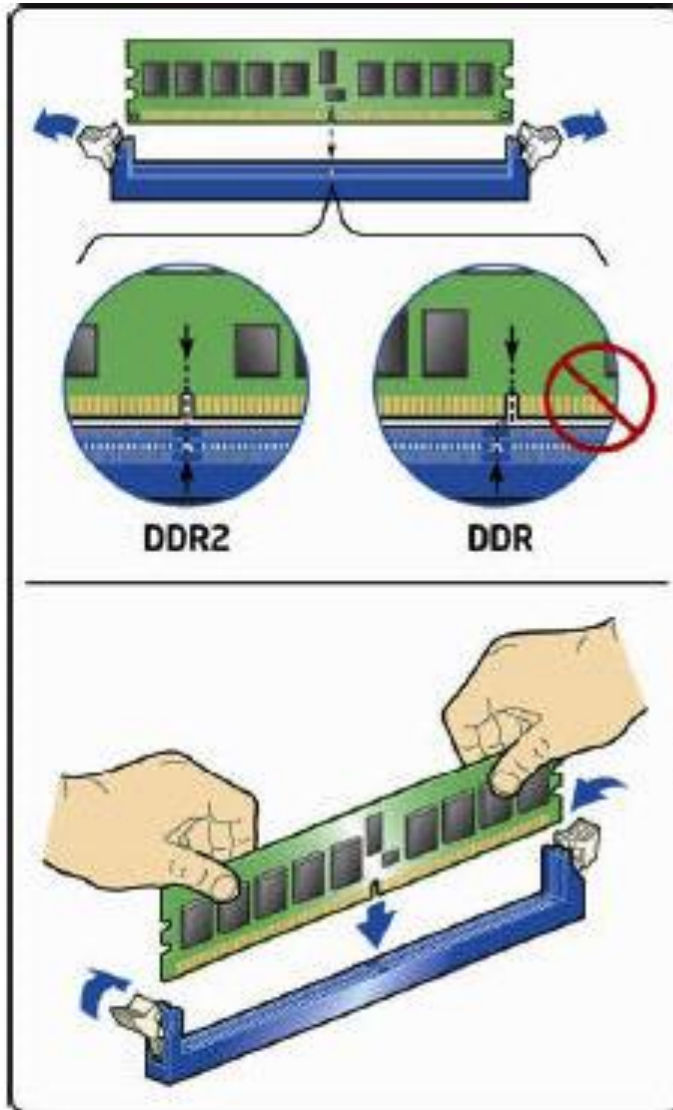
DDR 3



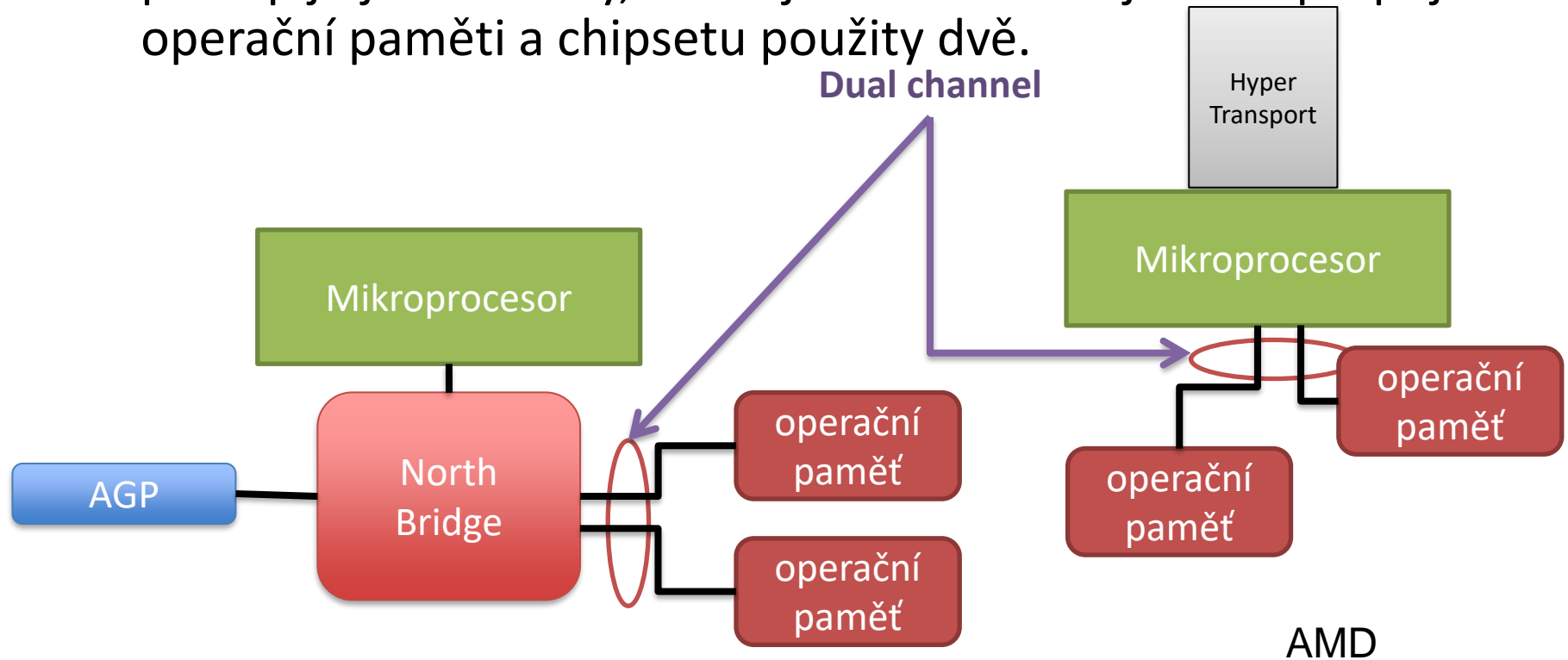


FIM UHK

## Instalace modulů



- = Zvýšení propustnosti kanálů mezi chipsetem a operační pamětí je důležité
- = princip je jednoduchý, místo jedné sběrnice jsou na propojení operační paměti a chipsetu použity dvě.



INTEL

AMD



- = Dvoukanálový řadič paměti nemusí vždy pracovat v režimu s vyšší propustností. Do tohoto režimu se přepne pouze tehdy, jsou-li splněné tyto podmínky:
  - = Moduly se musí osazovat v párech (tři moduly neběží nikdy jako dual channel).
  - = Oba dva kanály musí být osazeny stejným typem paměťového DIMMu (lze koupit tzv. dual channel kit, obsahující identický pár paměťových modulů).
  - = Každý DIMM musí být umístěn na jinou sběrnici. To výrobci základních desek řeší tak, že barevně odlišují banky (do nichž DIMMy zasunujeme). Někdy jsou stejnou barvou označeny banky stejné sběrnice — pak instalujeme DIMMy do odlišně obarvených banků. Jindy jsou stejnou barvou označeny spolupracující páry banků — pak DIMMy zasunujeme do banků stejných barev. Konkrétní řešení je nutno najít v manuálu základní desky.
- = O tom, že je dual channel funkční, nás informuje BIOS během post testů.



Univerzita Hradec Králové  
Fakulta informatiky a managementu

Děkuji za pozornost...

