
KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ PC

TYPY PAMĚTI A JEJICH

FUNKCE V PC

- **Popis funkcí pamětí PC a jejich vzájemné souvislosti**
 - ROM BIOS, CMOS RAM, DRAM, SDRAM, DDR, DDR 2/3/4
 - Provedení, moduly, datové šířky, rychlosti, technologie přenosu dat
- **Cache (HW, SW)**
 - Popis a princip činnosti
- **Časování pamětí (latence) a Dual channel**
- **Logická struktura operační paměti (base, UMA, XMS)**

**!! TO CO JE ČERVENĚ JE HLAVNĚ SOUČÁSTÍ OTÁZKY Č. 3 ROZDĚLENÍ PAMĚTI...
– NICMÉNĚ TO SOUVISÍ I S TOUHLE OTÁZKOU, TAKŽE TO KLIDNĚ MŮŽETE
ZMÍNIT!**

Typy a funkce paměti v PC

- Operační paměť v PC umožňuje čtení a zápis dat a slouží pro dočasné uložení zpracovávaných dat a spuštěných programů
- Dělení paměti
 - **Závislé na napájení (při odpojení se data ztratí) = RWM**
 - **READ WRITE MEMORY**
 - RAM = random access memory (s nahodilým přístupem)
 - SRAM = statická
 - Cache
 - Dražší, rychlejší, menší kapacita
 - DRAM = dynamická
 - Operační paměť
 - Levnější, pomalejší, větší kapacita
 - V každé jedné paměťové buňce je kondenzátor (refresh)
 - Adresa je vystavována na dvakrát
 - NRAM (přímý přístup dat)
 - FIFO (fronta), LIFO (zásobník)
 - **Nezávislé na napájení (po odpojení od zdroje data zůstanou) = ROM**
 - **ROM**
 - Jen pro čtení, naprogramování z výroby pomocí masky
 - Velká životnost
 - Použití pro firmware různých zařízení
 - ROM BIOS
 - Paměť, ve které byl uložen BIOS (program spuštěný 1. při startu)
 - Nelze přepsat běžným způsobem (jen při zvýšeném napětí)
 - Nepotřebuje napájet
 - **PROM**
 - Programovatelná ROM (OTP = one time programmable)
 - Použití u firmwaru
 - Umožňuje její programování
 - **EPROM**
 - UVE PROM
 - Mazatelná UVE světlem
 - Nutno programovat přes speciální programátor
 - K její aktualizaci nutno smazat celou
 - **E2PROM (EEPROM)**

- Elektricky mazatelná i přepisovatelná ROM
- Firmware, PLD obvody pro konfiguraci
- FLASH paměť
 - Nepotřebuje speciální programátor
 - Energeticky mazatelná, přepisovatelná

Základní parametry paměti

Kapacita

- Množství informací, které je možno do paměti uložit

Přístupová doba

- doba, kterou je nutné čekat od zadání požadavku, než paměť zpřístupní požadovanou informaci

Přenosová rychlost

- množství dat, které lze z paměti přečíst (do ní zapsat) za jednotku času

Statičnost / dynamičnost

- **statické paměti:** uchovávají informaci po celou dobu, kdy je paměť připojena ke zdroji elektrického napětí
- **dynamické paměti:** zapsanou informaci mají tendenci ztrácet i v době, kdy jsou připojeny k napájení. Informace v takových pamětech je nutné tedy neustále periodicky oživovat, aby nedošlo k jejich ztrátě.

Destruktivnost při čtení

- **destruktivní při čtení:** přečtení informace z paměti vede ke ztrátě této informace. Přečtená informace musí být následně po přečtení opět do paměti zapsána.
- **nedestruktivní při čtení:** přečtení informace žádným negativním způsobem tuto informaci neovlivní.

Energetická závislost

- **energeticky závislé:** paměti, které uložené informace po odpojení od zdroje napájení ztrácejí
- **energeticky nezávislé:** paměti, které uchovávají informace i po dobu, kdy nejsou připojeny ke zdroji elektrického napájení.

Sekvenční přístup

- před zpřístupněním informace z paměti je nutné přečíst všechny předcházející informace

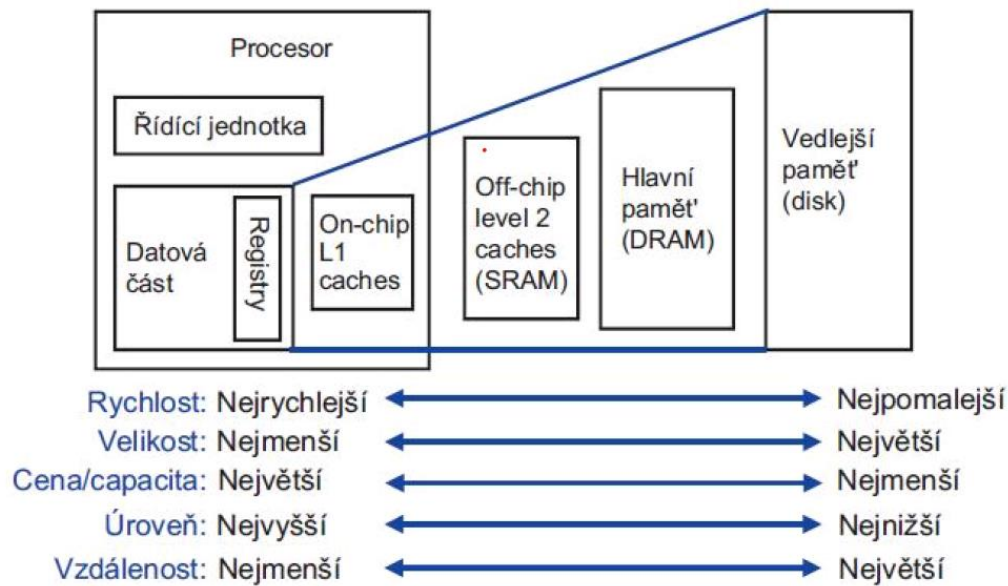
Přímý přístup

- je možné zpřístupnit přímo požadovanou informaci

Spolehlivost

- doba mezi dvěma poruchami paměti

Paměťová hierarchie reálného počítače



Paměti CMOS RAM, SRAM, DRAM podrobněji

CMOS RAM

- energeticky závislá paměť na základní desce
- Uchovává svůj obsah i při vypnutí PC pomocí knoflíkového lithiového článku
 - o Pouze data, žádné programy
- do paměti se dostaneme pomocí programu SETUP, kde ji můžeme editovat, spouštíme klávesovou zkratkou
- možnost vymazání paměti pomocí CLEAR CMOS na základní desce (zkrat jumperu) nebo vyjmutím baterie
- udržuje HW konfiguraci, rychlostní parametry HW, hesla a pořadí zavádění OS

Drobné povídáníčko ohledně ujasnění rozdílů CMOS, ROM (BIOS)

- CMOS je malá paměť v každém PC, která slouží pro uložení nastavení počítače. Konfiguruje se pomocí SETUPu, což je utilita, kterou spouštíme tím, že po zapnutí PC (spojení PS-ON se zemí) stiskneme určitou klávesu (ta se liší od výrobce základní desky). Veškeré nastavení (povolení portu, nastavení pořadí bootování, rychlosti,...) je uloženo právě v CMOS paměti
- BIOS je program, který provádí základní počáteční nastavení a konfiguraci PC. Řídí se údaji, které jsou uloženy právě v CMOS paměti, ale samotný program BIOS není uložen v CMOS
- BIOS byl kdysi uložen v ROM paměti (Read Only Memory), ale časem se ukázalo, že je zapotřebí jej čas od času inovovat, proto se používaly EPROM, ty jdou mazat světlem a programovaly se ve speciálním zařízení. Dnes je BIOS uložen v paměti typu FLASH, které se dají mazat i přepisovat elektricky

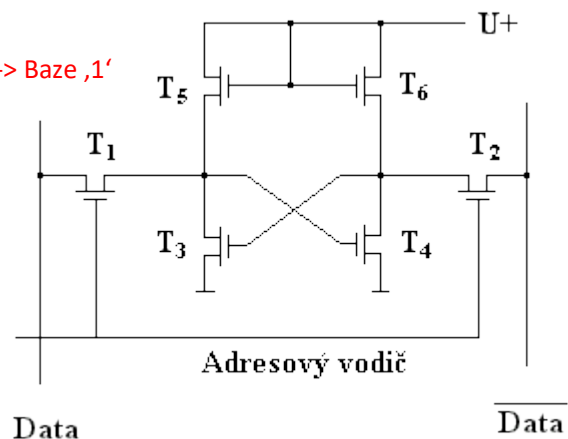
SRAM – STATICKÁ RAM

- uchovává informace po celou dobu, kdy je připojena ke zdroji, po vypnutí se obsah smaže
- realizována jako bistabilní klopný obvod
- používá dva datové vodiče, jeden z nich je inverzní (hodnota na vodiči opačná než v paměti)
- paměť nepotřebuje periodickou obnovu (refresh jako u DRAM)
- používá se pro cache u procesoru (L1, L2, L3)
- má nízkou přístupovou dobu (1-20 ns)
- je dražší, má menší kapacitu, ale je značně rychlejší

T5, T6 = zátěž

T3, T4 = tranzistor NPN pro uchování informace (sepne -> Baze ,1'

T1, T2 = tranzistor pro zaadresování

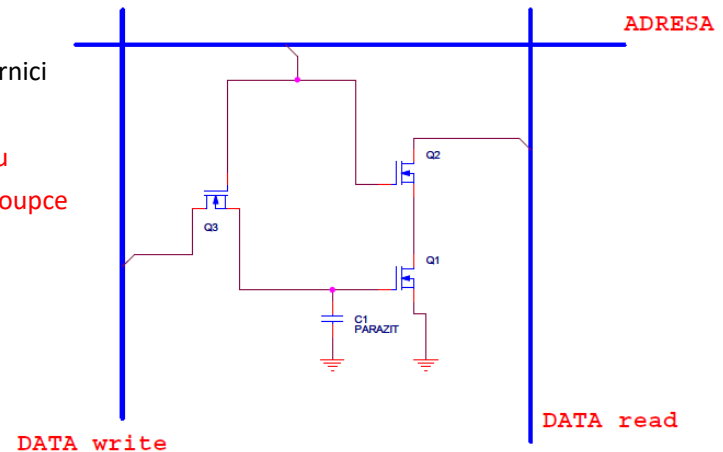


- Tři stavy (klidový, zápis, čtení)
 - o Klidový režim je stav, kdy buňka není zaadresována
 - o **Zápis ,1' do buňky**
 - Data = ,1'
 - Data neg. = ,0'
 - Aktivujeme adresu, tím že sepne tranzistory pro zaadresování (T1,T2), adresa ,1'
 - Na bázi tranzistoru pro uchování informace T4 ,1' (z data) a sepne ho, na collectoru T4 ,0' (z data neg.), která se přenesou na bázi T3 a rozepne ho -> stabilní stav
 - Na adresu přivedeme ,0', buňka se odpojí od datových vodičů
 - (při zápisu ,0' vše stejné, tranzistory se sepnou (rozepnou opačně)
 - (Při přivedení napětí se porovnávají T5 a T6, ten který je menší sepne opačný T3 nebo T4 (T5 < T6 -> T4 se sepne))
 - o **Čtení**
 - Aktivujeme adresu
 - Na daných napětí se objeví napětí z tranzistorů
 - Když je T4 sepnutý, přivede napětí na DATA -> ,1', T3 je přitom rozepnutý, tak na Data neg. Přivede ,0'
- Adresa každé buňky je tvořena řádkem (ROW select) a sloupcem (COLUMN select)
- Čtení/zápis je realizován přes 3- stavový zesilovač, pro zápis nutnost aktivního CHIP selectu

DRAM – DYNAMICKÁ RAM

- Energeticky závislá paměť, po odpojení od zdroje se data ztratí
- Informace uložena pomocí elektrického náboje na kondenzátoru
- Náboj má tendenci se vybíjet, i když je paměť připojena ke zdroji
- Aby se zabránilo ztrátě informací (způsobena vybitím C) je nutno periodicky refresh
- Vyšší přístupová doba (10 – 70 ns)
- Jednodušší na výrobu, levnější, má větší kapacitu
- Operační paměť PC
- Konstruovány do matice, 1 buňka se aktivuje pomocí 2 dekodérů (adresních vodičů)
 - o $1024 \times 1024 = 1\text{MB}$ atd.

- Adresa řádků i sloupce se předává po stejné sběrnici
- K nastavení adres složí dva signály
 - o RAS – Row Access Strobe = adresa řádku
 - o CAS – Column Access Strobe = adresa sloupce
- Nutno nastavit oba



Q1, C1 = zapamatování informace

C1 = parazitní kapacita tranzistoru

Q2 = čtení

Q3 = zápis

- **Zápis**
 - o Na adresový vodič se přivede log. 1, tranzistor Q3 a Q2 se otevře (použitím většího napětí)
 - o Na datovém vodiči je umístěná zapisovaná hodnota (např. 1)
 - o Tato hodnota projde přes otevřený tranzistor Q3 a nabije kondenzátor C1 (zapamatování informace), pokud je na DATA Write log. 0, C1 zůstane vybitý)
 - o V případě zápisu log. 0 dojde k případnému vybití C1, pokud byla dříve v paměti uložena log. 1
 - o Napětí na C1 se musí obnovovat (refresh)
- **Čtení**
 - o Aktivujeme adresu (log 1)
 - o Tranzistor pro čtení Q2 je sepnutý, ale tranzistor pro zápis Q3 zůstane rozepnutý, protože pro jeho sepnutí je potřeba vyšší napětí (kdyby byly sepnuty oba, bylo by napětí na C1 ovlivněno napětím z vodiče DATA write)
 - o Kondenzátor C1 je nabitý a tím přivede log. 1 na bázi tranzistoru Q1, tím se sepne a na vodiči DATA Read se objeví napětí -> log. 1
 - o Pokud kondenzátor není nabitý, Q1 se nesepe a na DATA read bude log. 0
 - o Čtením se C1 vybije, a proto je potřeba ho znovu nabít

Technologie přenosu dat

SDR – SINGLE DATA RATE

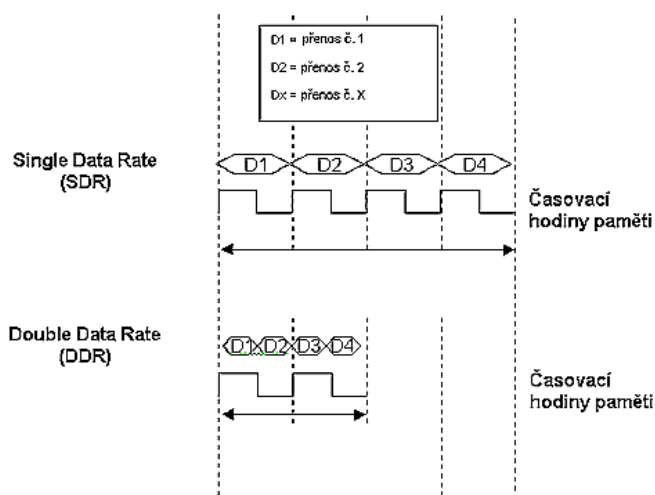
- Přenos se uskutečňuje pouze na jednu stranu CLK (náběžná/sestupná)

DDR – DOUBLE DATA RATE

- Přenos se uskutečňuje na náběžnou i sestupnou hranu CLK

QDR – QUAD DATA RATE

- Čtyřnásobnosti bylo dosaženo díky zavedení dvou nezávislých datových kanálů
- Jeden pro čtení a druhý pro zápis
- QPD = Quad Pumped Bus



Počítání přenosové rychlosti

- množství dat přenesených komponentou
- b/s nebo B/s
- př. DDR 200 = PCI 1600
 - o 200 znamená efektivní frekvenci = skutečná je 100, ale x2 (DDR) -> 200 MHz
 - o Datová šířka modulu je 64 bit = 8 B
 - o $200 \text{ MHz} \times 8 \text{ B} = 1600 \text{ MB/s}$
 - o Označení za PC (1600) udává přenosovou rychlost

Paměťové moduly

- o **SIMM**
 - Používán u starších typů RAM
 - 32 bit model
 - U Intel Pentium musí být osazeny v párech, protože sběrnice byla 64 bit
 - Řešením je modul DIMM
- o **DIMM**
 - Šířka přenosu 64 bit
 - Má na obou stranách samostatné elektrické kontakty (SIMM byly zdvojené)
 - 168 vývodů SDRAM
 - 184 vývodů DDR SDRAM
 - 240 vývodů DDR2 SDRAM, DDR3 SDRAM
- o **SO – DIMM**
 - Menší alternativa DIMM, z důvodu úspory místa (notebook)

Operační paměť (RAM)

- Vnitřní paměť PC, kde jsou uloženy programy a data, se kterými uživatel pracuje
- Má krátkou přístupovou dobu a vysokou rychlost oproti vnější paměti – HDD
- Výrobci: HyperX, Kingston, Adata

SDRAM – Synchronous Dynamic RAM

- Synchronní dynamická paměť
- Používá se v PC jako operační paměť
- Pracují synchronně s CPU
- Jsou rozděleny do banků
- Frekvence musí odpovídat systémové sběrnici
 - o PC 66 – sběrnice s taktem 66 MHz
 - o PC 100 – 100 MHz
 - o PC 133 – 133 Mhz

SDR SDRAM – SINGLE DATA RATE SDRAM

- První synchronní verze dynamické paměti RAM
- Přenos dat se uskutečňuje pouze na jednu hranu CLK
- Nahrazena rychlejší DDR
- 3,3 V

DDR SDRAM – Double Data Rate SDRAM

- Rychlejší verze SDRAM, při stejné frekvenci dosahuje dvojnásobného výkonu
- Veškeré operace jsou synchronizovány s náběžnou i sestupnou hranou CLK
- SDRAM a DDR SDRAM jsou vzájemně nekompatibilní
- PC 1600 = DDR 200 – sběrnice s taktem 100 MHz (200)
- PC 2100 = DDR 266 – 133 MHz (266)
- PC 2700 = DDR 333 – 166 MHz (333)
- PC 3200 = DDR 400 – 200 MHz (400)
- Napájení 2,5 V
- 184 vývodů

DDR2 SDRAM

- Standart vycházející z pamětí DDR
- Data jsou zapisována/čtena s nástupnou i sestupnou hranou CLK (jako u DDR)
- Vstupně výstupní část paměti pracuje s dvojnásobnou rychlostí oproti jejímu jádru
- Poskytuje dvojnásobnou přenosovou rychlost oproti DDR
- O 50 % menší spotřeba el. Energie
- Napájení 1,8 V
- DDR2 a DDR jsou vzájemně nekompatibilní
- Muže pracovat s dvojnásobnou frekvencí oproti jejímu jádru
- 240 vývodů

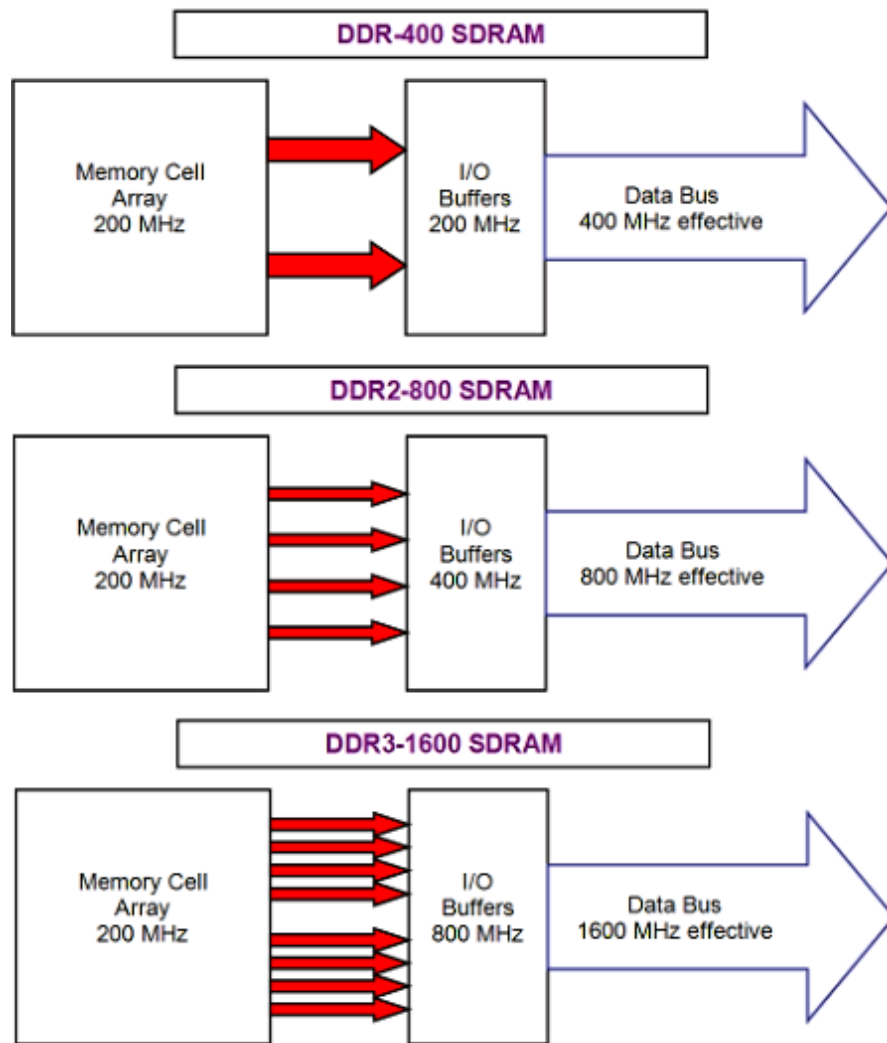
Typ paměti	Frekvence jádra (V/V sběrnice paměti)	Označení	Přenosová rychlost
DDR2 400	100 (200) MHz	PC2 3200	3200 MB/s
DDR2 533	133 (266) MHz	PC2 4300	4266 MB/s
DDR2 667	166 (333) MHz	PC2 5300	5333 MB/s
DDR2 800	200 (400) MHz	PC2 6400	6400 MB/s
DDR2 1000	250 (500) MHz	PC2 8000	8000 MB/s
DDR2 1066	266 (533) MHz	PC2 8500	8500 MB/s

DDR3 SDRAM

- Standart vycházející z DDR2
- Data jsou přenášena s náběžnou i sestupnou hranou CLK (jako DDR a DDR2)
- Vstupně výstupní sběrnice pracuje se čtyřnásobnou rychlostí oproti jádru
- Poskytují vyšší přenosovou rychlost oproti DDR2
- Napájení 1,5 V
- O 30 % menší spotřeba než DDR2
- DDR3 a DDR2 jsou vzájemně nekompatibilní
- 240 vývodů

Typ paměti	Frekvence jádra (V/V sběrnice paměti)	Označení	Přenosová rychlost
DDR3 800	100 (400) MHz	PC3 6400	6400 MB/s
DDR3 1066	133 (533) MHz	PC3 8500	8500 MB/s
DDR3 1333	166 (667) MHz	PC3 10600	10670 MB/s
DDR3 1600	200 (800) MHz	PC3 12800	12800 MB/s

Porovnání DDR, DDR2 a DDR3



První představuje **DDR paměti**. Čipy jsou taktovány **200MHz** a **I/O buffer stejnou frekvencí**, protože jsou data dodávány do řadiče (skrze "Data Bus") na náběžné i sestupné hraně, je **efektivní frekvence 400MHz**. U těchto pamětí je počet spojení (banky) mezi čipem a I/O bufferem roven dvěma.

Druhý obrázek ukazuje, jak je dosaženo vyššího výkonu u **DDR2**. **Frekvence paměťových čipů** je stále **200MHz**, **I/O buffer** pracuje ale rychleji na **400MHz**. Zvýšení frekvence I/O bufferu by ale na vyšší výkon nestačilo, je nutné dodat také **dvojnásobné množství dat (bitů)**. Díky **čtyřem spojení (bankům)** čipů a I/O bufferu (4n prefetch), je možné s využitím náběžné i sestupné hrany dosáhnout **efektivního taktu 800MHz**. Změna se tedy koná pouze na úrovni modulů, kde je nutné zdvojnásobit množství přenesených bitů za jeden impuls.

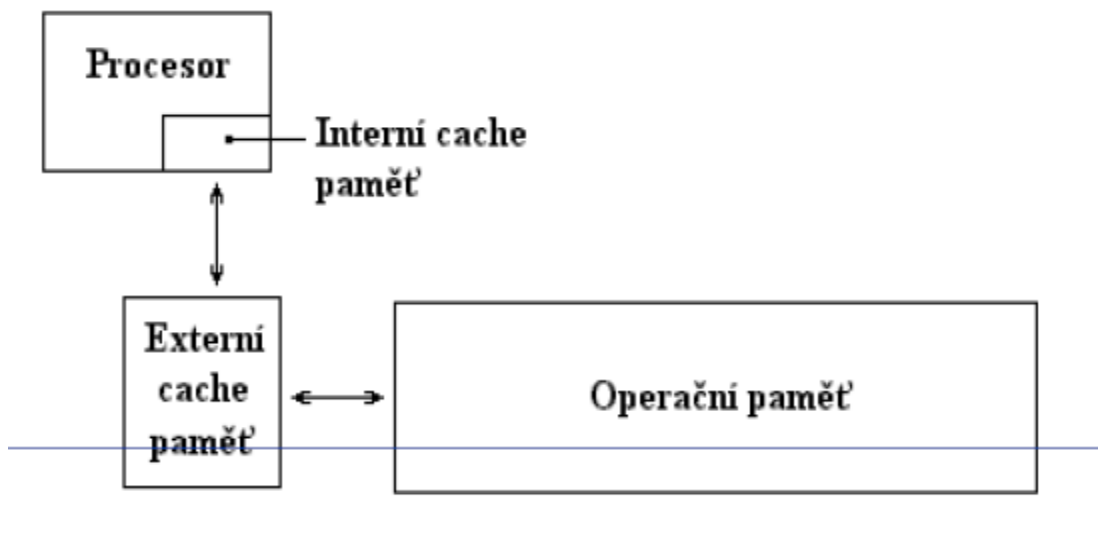
Poslední obrázek ukazuje **DDR3**, kde se opět změnilo to samé jako u DDR2 vůči DDR. **Paměťové čipy** stále pracují na nízké frekvenci **200MHz**, ale **spojení (banků) I/O bufferu musí být opět dvakrát tolik (8n prefetch)**. **Frekvence I/O bufferu** se také zvýšila, na **800MHz**. **Efektivní frekvence je tedy 1600MHz**.

Paměťové banky

- Nejmenší jednotka paměti, která může být do PC přidána/odebrána
- Velikost 1 banky je závislá na šířce datové sběrnice CPU
- Je nutné, aby šířka přenosu dat modulů v jednom banku byla stejná, jako šířka datové sběrnice CPU

Cache

- Je to meziklad mezi různě rychlými částmi PC, který celkově urychluje tok dat při zpracování
- **SW CACHE**
 - o Používá se jako vyrovnávací paměť pro pomalé vnější paměti – HDD
 - o OS se snaží uchovávat informace, se kterými pracuje častěji, v rychlé OP a v případě zápisu na disk ukládat v co nejvýhodnějším pořadí
- **HW CACHE**
 - o Realizována paměťovými obvody
 - o Použití u CPU a jeho podpůrných obvodech
 - o Vyrovnává rozdíl mezi nepravidelným předáváním dat počítačem (sběrnici) a pravidelným tokem dat do/z magnetické hlavy
 - o V CPU ukládá kopie dat přetečených z adresy v OP
 - Pokud při čtení obsahu slova z adresy v paměti je tato položka nalezena v cache paměti, je její obsah přečten z cache, a ne z OP
- **Interní (primární, L1) cache**
 - o Paměť sloužící k vyrovnání rychlostí CPU a pomalejších pamětí
 - o Integrovaná přímo na čipu CPU (paměť SRAM)
- **Externí (sekundární, L2) cache**
 - o Vyrovnávání rozdílu rychlosti
 - o Osazena na základní desce CPU
 - o Činnost řízena řadičem cache paměti



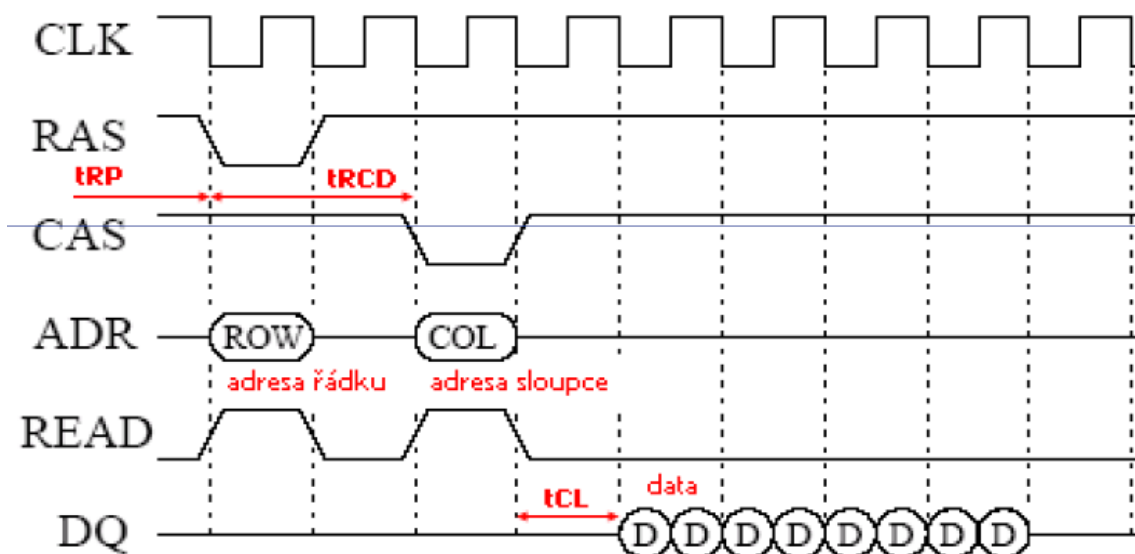
Latence paměti

- Latence = zpoždění paměti
- Udává počet taktů potřebný k různým operacím, které jsou prováděny v průběhu přístupu k paměti
- tRCD
 - o RAS to CAS Delay
 - o Časová prodleva od okamžiku, kdy je vybrán řádek do doby, kdy je možné vybrat sloupec a potvrdit jej signálem CAS
- tCL
 - o CAS Latency
 - o Počet taktů potřebný k získání informace z paměťové buňky poté, kdy byl vybrán její sloupec
 - o Největší vliv na rychlost paměti
- tRP
 - o RAS Precharge Time
 - o Počet taktů nutný pro ukončení přístupu k jednomu řádku paměti a pro zahájení přístupu k řádku jinému
- tRAS
 - o Active to Precharge Delay
 - o Nejmenší počet taktů, po které musí být řádek aktivní, než může být opět deaktivován
 - o Minimální doba, po kterou musí být signál RAS aktivní

PC3200 2-3-4-6 1T

typ

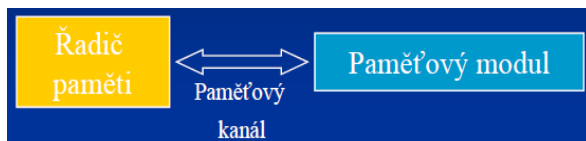
CL-tRCD-tRP-tRAS Command



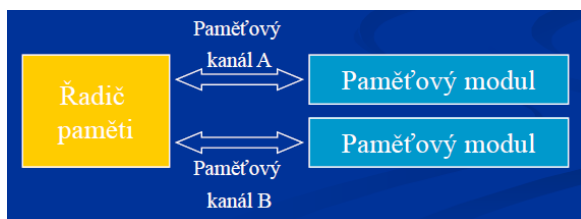
Dual Channel

- technologie základních desek využívající paměti **DDR, DDR2 a DDR3** SDRAM
- paměti pracují na **2 kanálech**
- data se přenáší po **128 bitech** (64bitů na každý kanál)
- minimalizují se doby, kdy není možné k paměti přistupovat
- teoreticky **dvojnásobná přenosová rychlost** (v reálu se nějaký čas spotřebuje na režii paměti atd.)
- pro použití této architektury je potřeba:
 - o podporující čipová sada (chipset)
 - o paměťové moduly (DIMM) musí být zapojeny po dvojicích
 - o oba moduly musí mít **stejné parametry** (kapacita, rychlost)
- DDR 200 = PC1600
 - o single channel = 1600MB/s
 - o dual channel = 3200MB/s
- DDR2 800 = PC2 6400
 - o single channel = 6400MB/s
 - o dual channel = 12800MB/s
- DDR3 1600 = PC3 12800
 - o single channel = 12800MB/s
 - o dual channel = 25600MB/s

Single Channel Memory – obvyčejné zapojení paměti



Dual Channel Memory – zapojení do 2 kanálů, které spolupracují jako 1 velká paměť



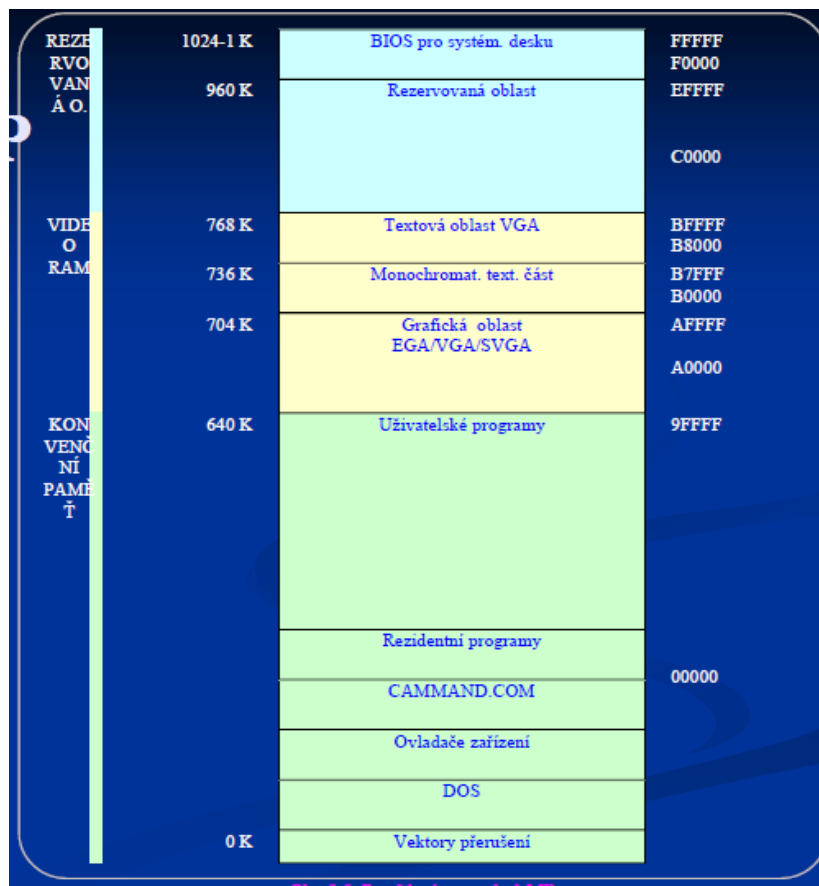
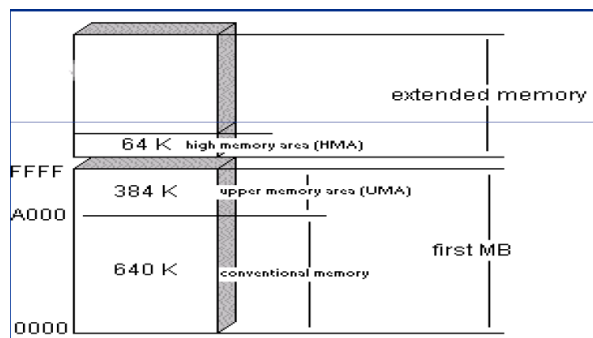
- existuje i Triple Channel a Quad Channel

Logická struktura operační paměti

- paměti musí být zpětně kompatibilní se staršími programy a systémy (DOS)

- paměť se vnitřně dále dělí na části:

- **Konvenční paměť**
 - **0 - 640kB** (velikost 640kB)
 - do této části paměti je možný přístup i bez jakýchkoliv ovladačů
 - používá se při spouštění
 - dříve hlavní paměť v DOSu
- **UMA (Upper Memory Area)**
 - **640kB – 1MB** (velikost 384kB)
 - tato část je vyhrazena pro HW a jeho ovladače (př. grafické karty)
 - je zde umístěn i BIOS a jeho součásti (př. program Setup)
- **XMS (Extended Memory)**
 - **nad 1MB (až 4GB)**
 - hlavní paměť, která se používá až po načtení všech ovladačů a njetí do OS



Obr. 3.5: Rozložení paměti do 1 MB