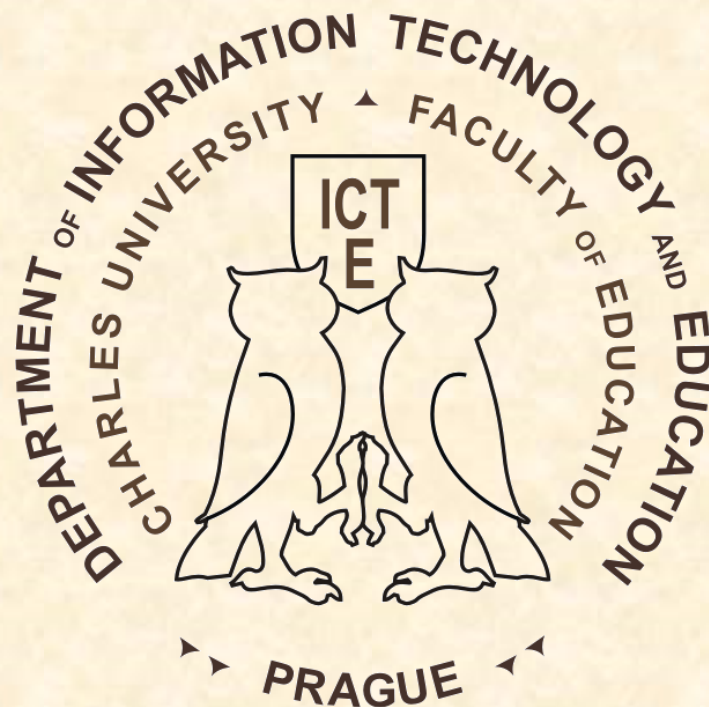




Vnitřní paměť



Paměti

- Paměť počítače je zařízení, které slouží k ukládání programů a dat, s nimiž počítač pracuje.
- Paměti lze rozdělit do dvou základních skupin:
 - **vnitřní (interní) paměti:** paměti osazené většinou na základní desce. Jsou do nich zaváděny právě spouštěné programy (nebo jejich části) a data, se kterými pracují (např. registry, buffer)
 - **vnější (externí) paměti:** paměti realizované většinou za pomoci zařízení v podobě S/HDD, FDD, CDD, atp. Zápis do externích pamětí se provádí většinou na magnetickém nebo optickém principu. Slouží pro dlouhodobé uchování informací a zálohování dat.
 - **Interní/externí** – z hlediska umístění.

Základní parametry pamětí

- **Kapacita**: množství informací, které je možné 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.

Základní parametry pamětí

- **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 (**volatilní**).
 - **Energeticky nezávislé:** paměti, které uchovávají informace i po dobu, kdy nejsou připojeny ke zdroji elektrického napájení (**nevolatilní, non-volatile**).

Základní parametry pamětí

➤ **Přístup**

- **Sekvenční:** před zpřístupněním informace z paměti je nutné přečíst všechny předcházející informace (např. lineární paměť).
- **Přímý:** je možné zpřístupnit přímo požadovanou informaci.

- **Spolehlivost:** střední doba mezi dvěma poruchami paměti.
- **Cena za bit:** cena, kterou je nutno zaplatit za jeden bit paměti.
- **Životnost**

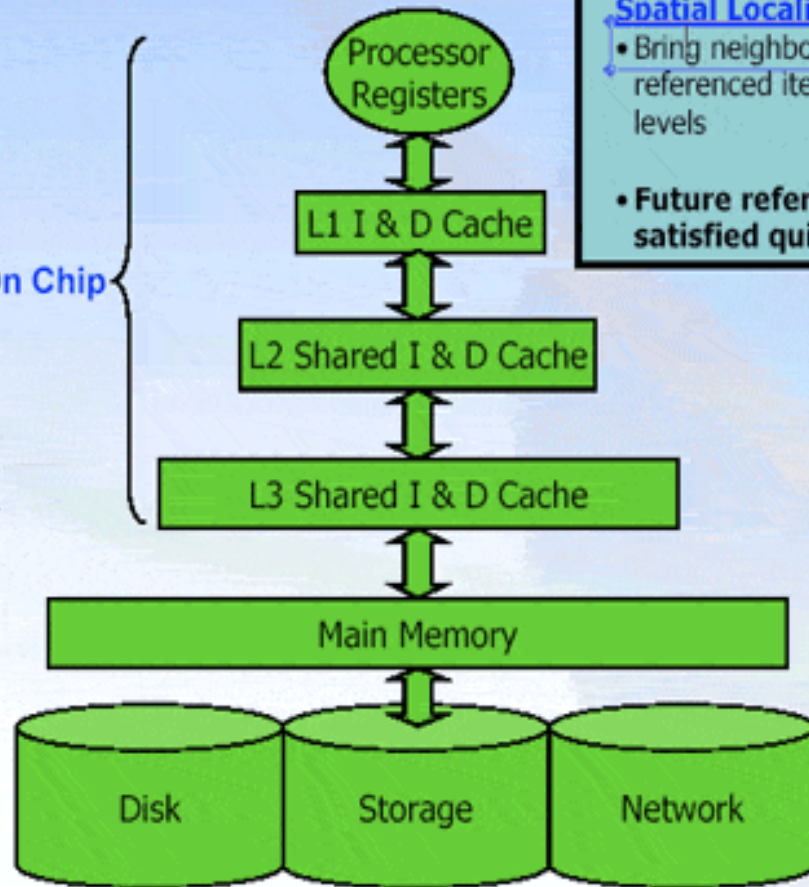
Review of Cache Architecture

Memory Hierarchy

~Latency ~Size

1's nS	10's K
10's nS	100's K
10's nS	1000's K
100's nS	1000's M
1's mS	100's G

On Chip



Temporal Locality

- Keep recently referenced items at higher levels

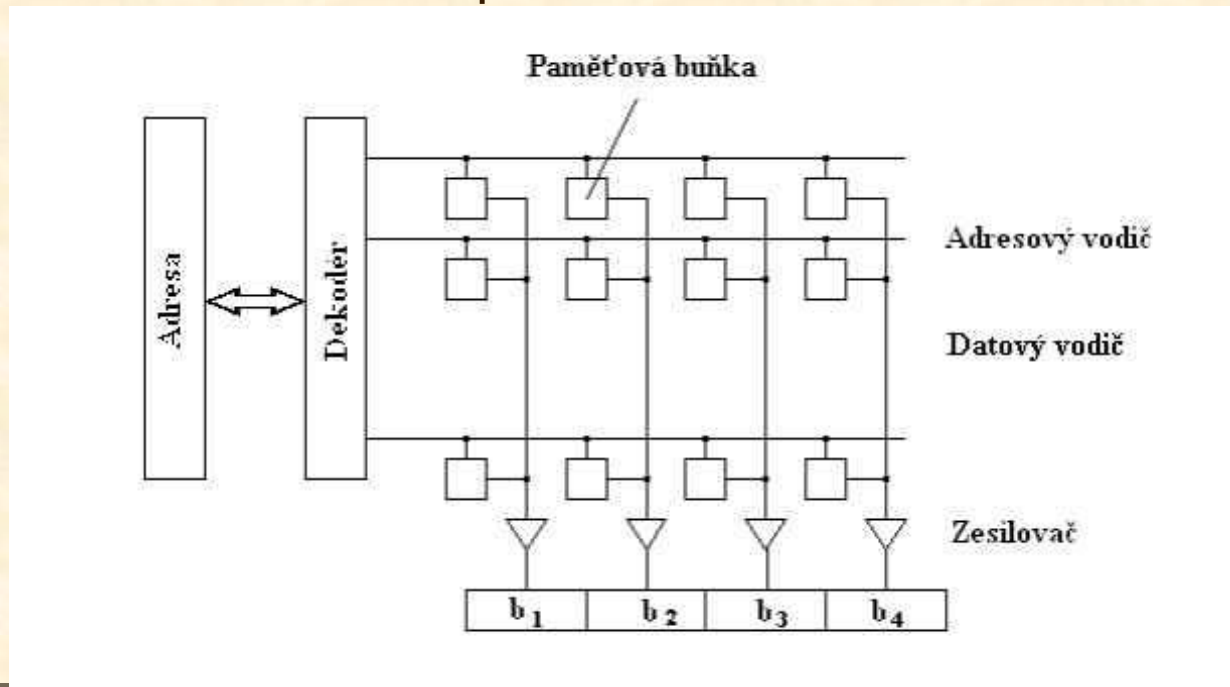
Spatial Locality

- Bring neighbors of recently referenced items to higher levels

- Future references satisfied quickly

Vnitřní paměť

- Interní paměti jsou zapojeny jako matice paměťových buněk. Každá buňka má kapacitu jeden bit. Takováto buňka tedy může uchovávat pouze hodnotu logická 1 nebo logická 0.
- Obecná struktura vnitřní paměti:

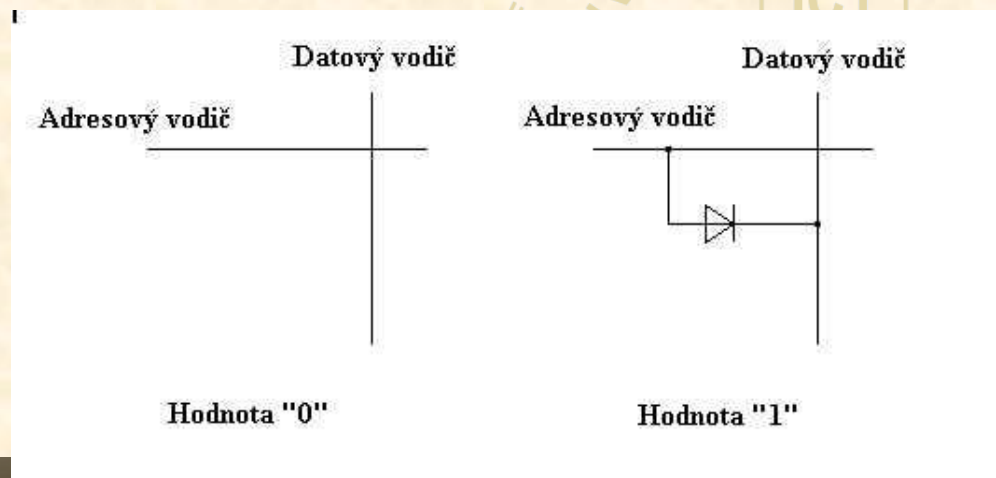


Vnitřní paměť

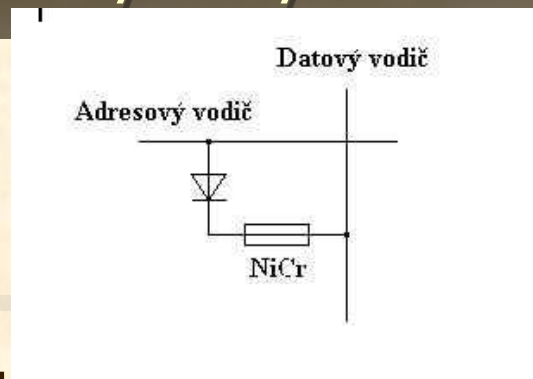
- **ROM** - (Read Only Memory)
 - **PROM** - (Programmable Read Only Memory)
 - **EPROM** - (Erasable Programmable Read Only Memory)
 - **EEPROM** - (Electrically EEPROM)
 - **Flash**
- **RAM** - (Random Access Memory)
 - **DRAM** - (Dynamic Random Access Memory)
 - **SRAM** - (Static Random Access Memory)

ROM

- Paměti ROM jsou paměti, které jsou určeny pouze pro čtení informací. Informace jsou do těchto pamětí pevně zapsány při jejich výrobě a potom již není možné žádným způsobem jejich obsah změnit. Jedná se tedy o **statickou, energeticky nezávislou** paměť určenou **pouze ke čtení**.
- Paměťová buňka paměti ROM může být realizována jako dvojice nespojených vodičů a vodičů propojených přes polovodičovou diodu.



PROM



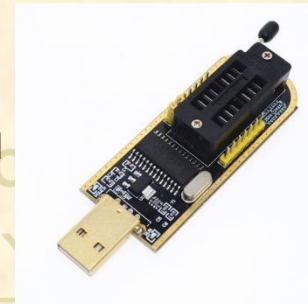
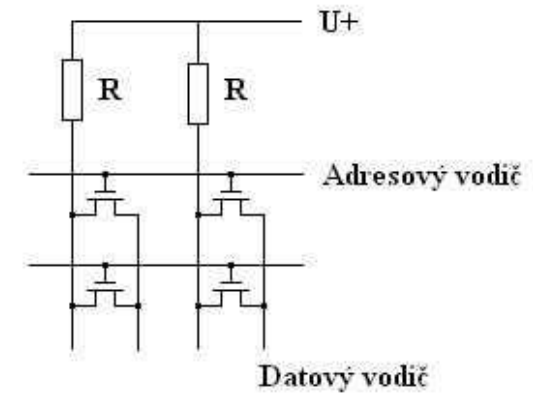
- Paměť PROM neobsahuje po vyrobení žádnou pevnou informaci a je až na uživateli, aby provedl příslušný **zápis** informace. Tento zápis je možné provést pouze jednou a poté již paměť slouží stejně jako paměť ROM. Paměti PROM představují **statické** a **energeticky nezávislé** paměti.
 - Při výrobě je vyrobena matice obsahující spojené adresové vodiče s datovými vodiči přes polovodičovou diodu a tavnou pojistku z niklu a chrómu (NiCr). Takto vyrobená paměť obsahuje na začátku samé hodnoty 1.
 - Zápis informace se provádí vyšší hodnotou elektrického proudu (cca 10 mA), která způsobí přepálení tavné pojistky a tím i definitivně zápis hodnoty 0 do příslušné paměťové buňky.

EPROM



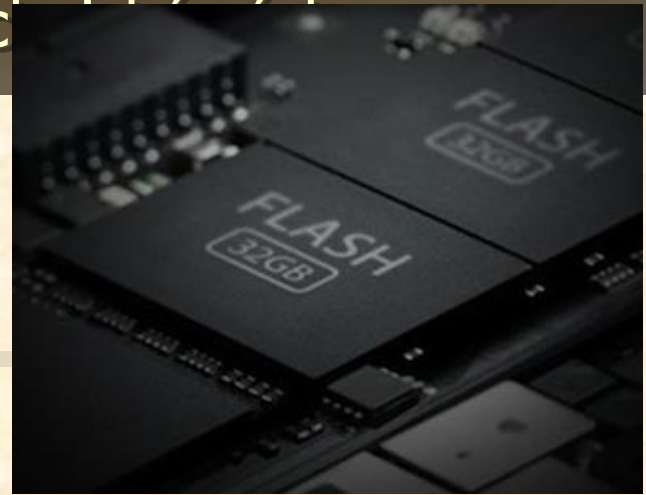
- Paměť EPROM je **statická, energeticky nezávislá** paměť, do které může uživatel **provést zápis**. Zapsané informace je možné **vymazat** působením ultrafialového záření.
- Tyto paměti jsou realizovány pomocí speciálních unipolárních tranzistorů, které jsou schopny na svém přechodu udržet elektrický náboj po dobu až několika let. Tento náboj lze vymazat právě působením UV záření. Paměti EPROM jsou charakteristické malým okénkem v pouzdře integrovaného obvodu obsahujícího tuto paměť. Pod okénkem je umístěn vlastní paměťový čip a to je místo, na které směřuje při vymazávání zdroj UV záření. Při práci bývá tento otvor většinou přelepen ochranným štítkem, aby nedocházelo ke ztrátám informací vlivem UV záření v ovzduší.
- Zapojení jedné buňky paměti EPROM je podobné jako u paměti EEPROM.

EEPROM



- Tento typ paměti má podobné chování jako paměti EPROM, tj. jedná se o **statickou, energeticky nezávislou** paměť, kterou je možné **naprogramovat** a později z ní informace **vymazat**.
- Výhodou oproti EPROM pamětem je, že vymazání se provádí elektricky a nikoliv pomocí UV záření, čímž odpadá nepohodlná manipulace s pamětí při jejím mazání.
 - Při výrobě pamětí EEPROM se používá speciálních tranzistorů vyrobených technologií **MNOS** (Metal Nitride Oxide Semiconductor).

Paměti Flash

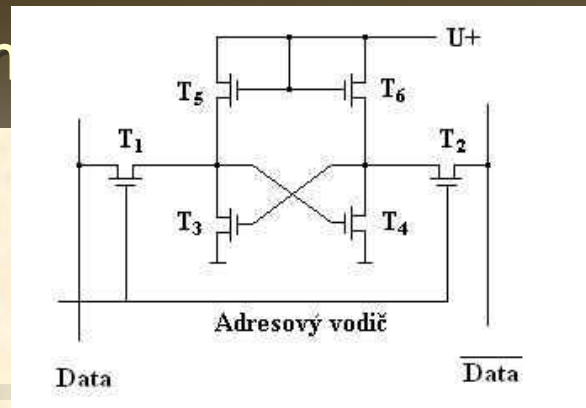


- Flash paměti jsou obdobou pamětí EEPROM. Jedná se o paměti, které je možné naprogramovat a které jsou **statické** a **energeticky nezávislé**.
- **Vymazání** se provádí elektrickou cestou, jejich **přeprogramování** je možné provést přímo v počítači. Paměť typu Flash tedy není nutné před vymazáním (naprogramováním) z počítače vyjmout a umístit ji do speciálního programovacího zřízení (programátor).

Paměti RAM

- Paměť s libovolným/přímým náhodným přístupem.
- Paměti RAM jsou určeny pro zápis i pro čtení dat. Jedná se o paměti, které jsou **energeticky závislé**. Podle toho, zda jsou **dynamické** nebo **statické**, jsou dále rozdělovány na:
 - **DRAM** - Dynamické RAM
 - **SRAM** - Statické RAM

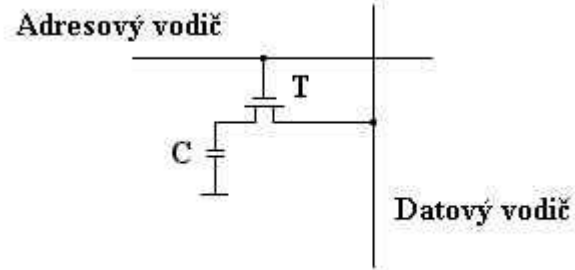
Paměti SRAM



- Paměti SRAM uchovávají informaci v sobě uloženou po celou dobu, kdy jsou připojeny ke zdroji elektrického napájení. Paměťová buňka SRAM je realizována jako bistabilní klopný obvod, tj. obvod, který se může nacházet vždy v jednom ze dvou stavů, které určují, zda v paměti je uložena 1 nebo 0.

- Paměti SRAM jsou výhodné zejména pro svou nízkou **přístupovou dobu** (2 - 20 ns). Jejich nevýhodou je naopak vyšší složitost a z toho plynoucí vyšší výrobní náklady. V současné době jsou paměti SRAM používány především pro realizaci pamětí typu **cache**, jejichž kapacita je ve srovnání s operační pamětí několikanásobně nižší.

Paměti DRAM



- V paměti DRAM je informace uložena v paměťové buňce pomocí elektrického náboje (obvod na principu kondenzátoru). Tento náboj má však tendenci se vybíjet i v době, kdy je paměť připojena ke zdroji elektrického napájení. Aby nedošlo k tomuto vybití a tím i ke ztrátě uložené informace, je nutné periodicky provádět tzv. **refresh**, tj. oživování paměťové buňky. Tuto funkci plní některý z obvodů **čipové sady**.

Paměti DRAM

- Při zápisu se na adresový vodič přivede hodnota logická 1. Tato hodnota projde přes otevřený tranzistor a nabije kondenzátor. V případě zápisu nuly dojde pouze k případnému vybití kondenzátoru (pokud byla dříve v paměti uložena hodnota 1).
- Při čtení je na adresový vodič přivedena hodnota logická 1. Jestliže byl kondenzátor nabitý, zapsaná hodnota přejde na datový vodič. Tímto čtením však dojde k vybití kondenzátoru a zničení uložené informace. Jedná se tedy o buňku, která je **destruktivní při čtení** a přečtenou hodnotu je nutné opět do paměti zapsat.

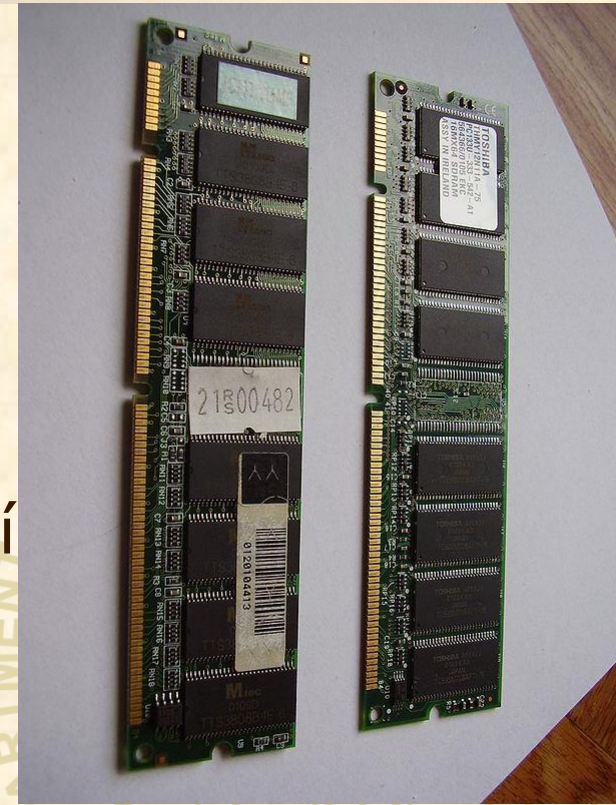
RDRAM

- Rambus DRAM (podle firmy Rambus, která tuto technologii vyvinula) – rozšíření r. 2001-2003
- Jednotlivé paměťové moduly RDRAM pouze 16 bitové (popřípadě 32 bitové u dvoukanálových modulů), provedení RIMM.
 - Jednokanálové: 184 pinů; 2,5V napájecí napětí; modul přenese najednou 16 bitů informace.
 - Dvoukanálové: 232 pinů; 2,5V napájecí napětí; modul přenese najednou 32 bitů informace.
 - Čtyřkanálové: 326 pinů; 1,8V napájecí napětí; modul přenese najednou 64 bitů informace.
 - Konkurence SDRAM.



SDRAM

- Synchronous Dynamic Random Access Memory (syn. přenos dat).
- **Rovněž jako SDR SDRAM** (Single Data Rate).
- Paměťové moduly SDRAM jsou obvykle napájeny napětím **3,3 V**, varianty s napájením 5 V jsou méně časté. Používají se moduly DIMM, které mají 168 pinů a zámek v podobě 2 zářezů, 64 bit.
- Podle rychlosti (číslo = Mhz).
 - PC66 (533 MB/s), PC100, PC133, PC150 (1200 MB/s).



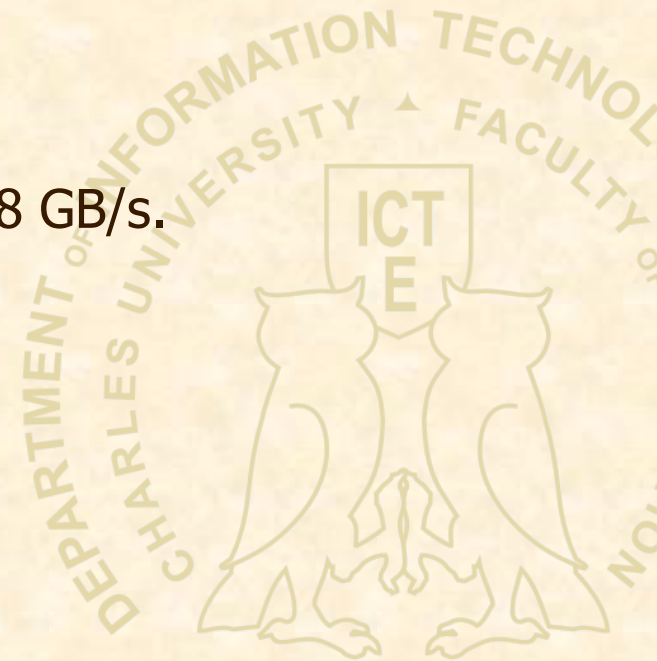
DDR SDRAM (DDR1)

- Double-data-rate synchronous dynamic random access memory.
- Typ paměti používaný v dnešních počítačích. Dosahuje vyššího výkonu než předchozí typ SDRAM (*Synchronous Dynamic Random Access Memory*) tím, že k přenosu dat dochází při každé změně hodinového signálu.
- Zvýšení efektivního výkonu téměř dvakrát bez nutnosti zvyšování frekvence sběrnice.
- Paměťové moduly DDR mají 184 pinů.



DDR

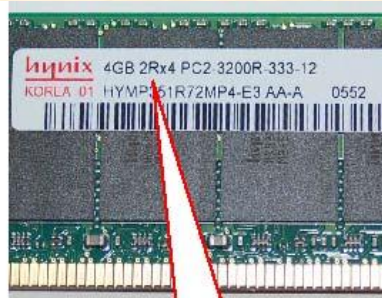
- DDR2
 - standardní napětí 1,8 V (2,2V).
 - DIMM moduly s 240 vývody.
- DDR3
 - Napětí sníženo z 1,8 na 1,5 V.
 - DDR3-1600: 200 Mhz, propustnost 12,8 GB/s.
- **DDR4, DDR5**
- *GDDR* (2, 3, 4, 5, 5x, 6)
 - *Graphic Double Data Rate.*
 - 4 bity za 1 takt.
 - při 1 GHz je efektivní frekvence 4 GHz.



Memory Ranks

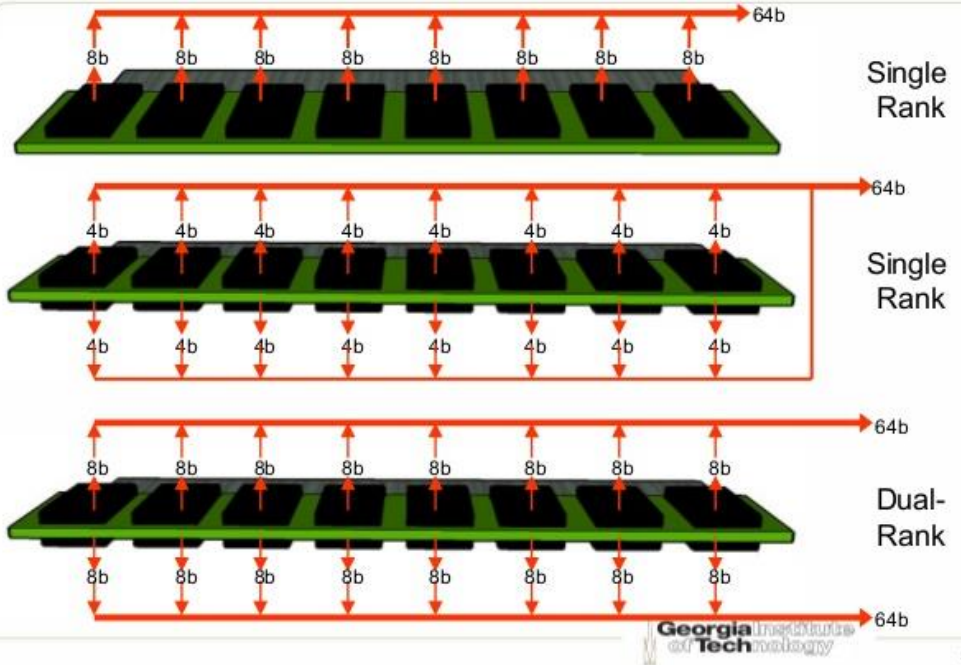


1Rx4
The "1R" represents
Single Rank Memory



2Rx4
The "2R" represents
Dual Rank Memory

DRAM Ranks



Ranks = Number of 64-bit wide data areas

Single-sided Module		1 rank Single-rank
Double-sided Module		1 rank Single-rank
Double-sided Module		2 ranks Dual-rank
Double-sided Module		4 ranks Quad-rank

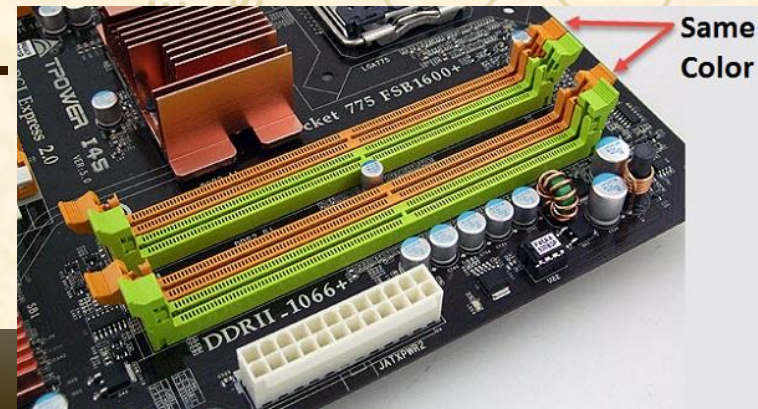
- Pro paměti typu DDR:
 - 64 bit šířka datové sběrnice
 - chip select (CS)

Memory Banks

- Logická (pod)jednotka paměťového čipu.
- Velikost banky je určena počtem bitů ve sloupci/řádku.
- Banky umožňují jednu frekvenci používat a jinou obnovovat (DRAM refreshing).
- Paměťový bank je nejmenší jednotka paměti, která může být do počítače přidána, popř. z počítače odebrána.

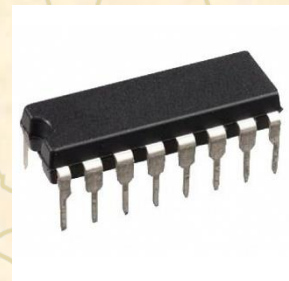
Dual Channel memory architecture

- Technologie paměťového řadiče/motherboardu, která umožňuje po zapojení dvou paměťových modulů do "spárovaných" paměťových banků (slotů) zvýšit propustnost na dvojnásobek.
- Technologie není závislá na značce/modelu paměti, ale je nutné, aby oba moduly měly stejnou velikost!
- Stejně velké moduly o nestejném výkonu (rychlost, časování), pak oba moduly poběží na nižší z obou frekvencí a vyšším z obou časování.



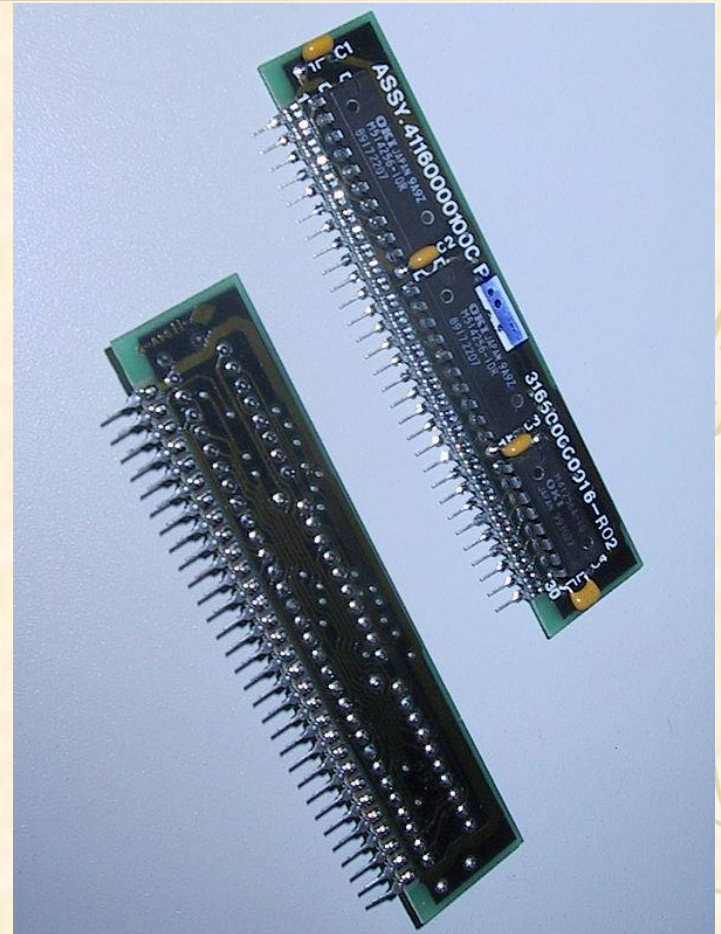
Organizace pamětí v PC

- První počítače PC používaly operační paměť osazenou pomocí jednotlivých integrovaných obvodů, z nichž každý měl šířku přenosu 1 bit nebo čtveřici bitů (tzv. nibble - nibble oriented memory). Paměťové obvody byly dodávány v **pouzdrech DIP**, osazovaly se přímo do odpovídajících patič na základní desce a měly kapacitu 256 kb.



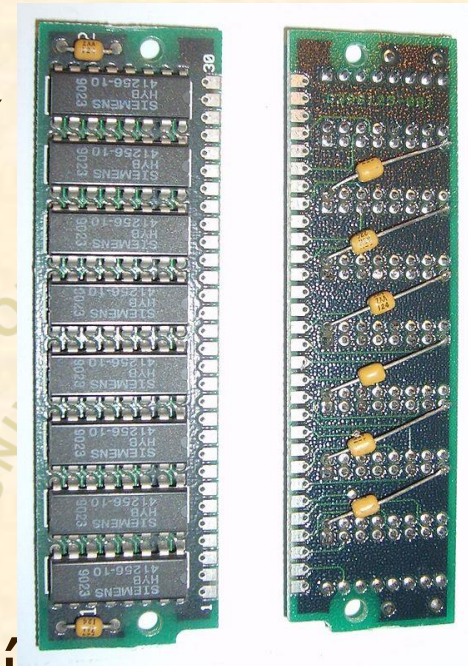
Organizace pamětí v PC

- Kromě modulů SIMM se ještě u některých dřívějších počítačů s procesory 80286 a 80386 používaly moduly **SIPP** (Single Incline Pin Package). Jedná se o moduly velmi podobné modulům 30-pin SIMM. Moduly SIPP mají stejný počet stejně rozmístěných vývodů. Jediný rozdíl je ve tvaru vývodů, které jsou tvořeny malými špičkami (piny).



Organizace pamětí v PC

- Se vzrůstající kapacitou operační paměti přichází další způsob její organizace, který dovoluje její snadnější rozšiřování a také větší kapacitu. Paměti jsou integrovány na miniaturních deskách plošného spoje označovaných jako **SIMM** (Single Incline Memory Module), které jsou potom jako celek osazovány do odpovídajících konektorů na základní desce (popř. jiných zařízení využívajících ke své činnosti paměť).



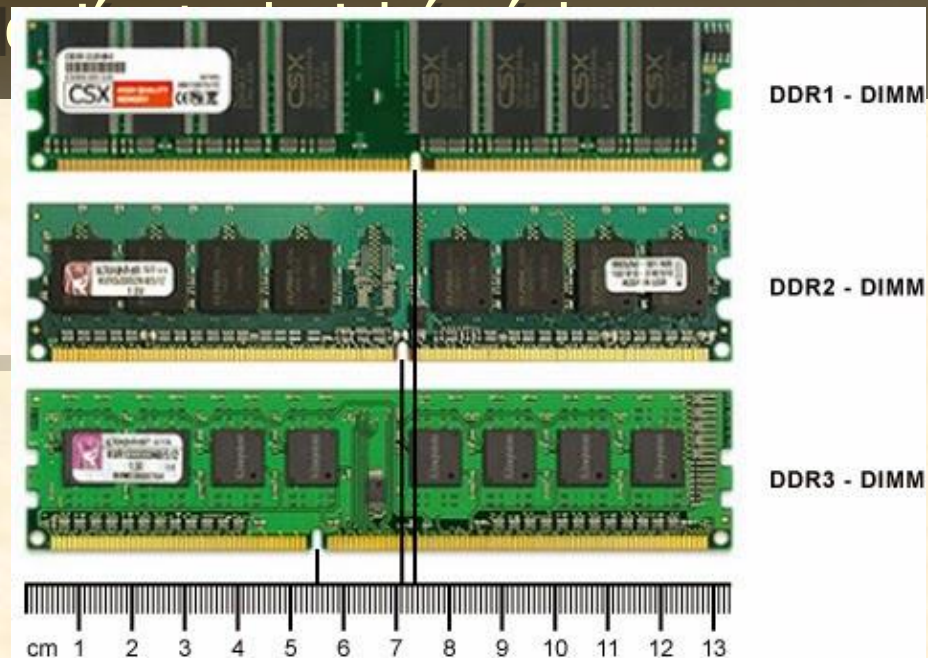
Organizace pamětí v PC

- **30-pin SIMM:** používaný u většiny počítačů s procesory 80286, 80386SX, 80386. Mají 30 vývodů a šířku přenosu dat 8 bitů (bezparitní SIMM) nebo 9 bitů (paritní SIMM). Jsou vyráběny s kapacitami 256 kB, 1 MB a 4 MB.
- **72-pin SIMM:** používaný u počítačů s procesory 80486 a vyššími. SIMMy mají 72 vývodů, šířku přenosu dat 32 bitů (bezparitní SIMM) nebo 36 bitů (paritní SIMM - pro každý byte jeden paritní bit). Jsou vyráběny s kapacitami 4 MB, 8 MB, 16 MB, 32 MB, 64MB.

Organizace pamětí v PC

- Dnes vyráběným typem paměťových modulů jsou paměťové moduly typu **DIMM** (Dual Incline Memory Module). Jedná se podobně jako v případě modulů SIMM o malou desku plošného spoje s osazenými paměťovými obvody. Moduly DIMM mají 168 vývodů a šířku přenosu 64 bitů. Vyrábějí se s kapacitami až několik GB.

- **SPD** (Serial Presence Detect)



- SPD = Serial Presence Detect
- Serial EEPROM which contains memory configuration data
 - EEPROM = Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory
 - Holds data even when power is off
 - Eight pin device, one data line, small amount of data



Organizace pamětí v PC

- **SO-DIMM** (zkratka z anglického small outline dual in-line memory module) je typ počítačové paměti vytvořený pomocí integrovaných obvodů. Jedná se o rozměrově menší alternativu pamětí DIMM, proti kterým jsou zhruba poloviční.
- Používají se primárně v přenosných zařízeních, zejména noteboocích, v síťovém HW.



CMOS paměť

- Paměť s malou kapacitou sloužící k uchování údajů o nastavení počítače a jeho hardwarové konfiguraci. Tato paměť je energeticky závislá, a proto je nutné ji zálohovat pomocí akumulátoru/baterie umístěného většinou na základní desce, aby nedošlo ke ztrátě údajů v ní uložených.



WOM?

- Write-Only Memory?
- Write-Once Memory
- WORM

