

Paměťový systém počítače a ukládání dat (typy, principy fungování, frekvence, normy, logická a fyzická struktura disku, RAM, ROM, Cache, HDD, CD, DVD, FLASH...)

1. Typy

Vnitřní paměť počítače je paměť, ke které má procesor zpravidla přímý přístup. Vnitřní paměť je zpravidla nevolatilní (nestálá) a po vypnutí počítače se její obsah ztrácí. Paměť je určena pro uložení strojového kódu běžících procesů a pro data těmito procesy právě zpracovávaná. O správu obsahu vnitřní paměti, alokace paměti pro jednotlivé procesy se zpravidla stará operační systém, pro přístup do ostatních pamětí (video paměť, konfigurační registry apod.) jsou použity ovladače zařízení.

Jako vnitřní paměť se zpravidla označuje:

- operační paměť
- cache paměť procesoru
- registry procesoru
- různé registry chipsetu (konfigurace počítače, řízení hardware, apod.)

Vnější paměť představuje v architektuře počítače paměť určenou k trvalému ukládání informací (programů a dat), její obsah se vypnutím počítače neztrácí. K vnější paměti nemá procesor počítače přímý přístup. Vnější paměť můžeme rozdělit na *stálou* a *výměnnou paměť*. Operační systém k přístupu do vnější paměti používá ovladače zařízení a data jsou organizována do souborů podle pravidel použitého souborového systému. Výměnná paměť obvykle používá pro uložení dat výměnná datová média.

Stálá vnější paměť počítače:

- pevný disk
- ATA ADM flash disk

Výměnná vnější paměť počítače:

- disketová jednotka
- optická jednotka
- USB flash paměť

	registry	vnitřní paměti	vnější paměti
kapacita	velmi malá (jednotky bytů)	vyšší (řádově 100 kB - 100MB)	vysoká (řádově 10 MB - 10 GB)
přístupová doba	velmi nízká (velmi rychlá paměťová místa)	vyšší (řádově 10 ns)	vysoká (řádově 10 ms - 10 min)
přenosová rychlost	vzhledem k malé kapacitě se většinou neuvažuje	vysoká (řádově 1 - 10 MB/s)	nižší než u vnitřních pamětí (řádově 10 MB/min - 1 MB/s)
statičnost / dynamičnost	statické	statické i dynamické	statické
destruktivnost při čtení	nedestruktivní	destruktivní i ne destrukivní	ne destrukivní
energetická závislost	závislé	závislé	nezávislé
přístup	přímý	přímý	přímý i sekvenční
spolehlivost	velmi spolehlivé	spolehlivé	méně spolehlivé
cena za bit	vzhledem k nízké kapacitě vysoká	nižší než u registrů a vyšší než u vnějších pamětí	vzhledem k vysoké kapacitě nízká

Podle fyzikálního principu použitého pro uložení dat můžeme paměťová média rozdělit na

- magnetická média (disky/HDD, floppy disky/diskety),
- optická média (CD, DVD, Blu-Ray, HD DVD),
- magneto-optická média
- elektrická média (Flash disky, paměťové karty, EEPROM, SSD).

2. Principy fungování

Magnetická média

- data jsou na disku uložena pomocí zmagnetování míst (pomocí vektoru magnetické indukce, který čtecí/zapisovací hlava dokáže interpretovat jako 0 a 1), které se provádí pomocí cívky a elektrického proudu
- čtení je realizováno také pomocí cívky, ve které se při pohybu nad různě orientovanými zmagnetizovanými místy indukuje elektrický proud
- zaznamenaná data jsou v magnetické vrstvě uchována i při odpojení disku od zdroje elektrického proudu
- počet čtení i přepsání uložené informace je při běžném používání téměř neomezený.
- magnetické disky mají několik ploten
- každá plotna je rozdělena na záznamové stopy, soustředné kružnice

Optická média

- na základní vrstvě z polykarbonátu se nachází vrstva záznamová, reflexivní a ochranná
- na rozdíl od magnetických disku mají pouze jednu spirálovou stopu od středu ke kraji
- data ve spirálové stopě jsou ve formě malých prohlubní (pity) a rovných oblastí nazývaných landy
- čtecí hlava s laserem a fotoelektrodou načítá pity a landy
- zařízení zaměřuje laserový paprsek přes polopropustné zrcadlo na povrch disku
- landy laserový paprsek odrážejí zpět, pity jej naopak rozptylují
- zrcadlo přeměruje vracující se paprsek na fotodiodu
- záznam je vypalován (recordable a rewriteable) nebo lisován (read only)
- na přepisovatelných médiích je změny odrazivosti dosaženo vratnou změnou krystalické struktury na amorfní
- nepřepisovatelná média, např. CD-R, DVD-R, DVD+R, DVD-R, BD-R
- přepisovatelná média, např. CD-RW, DVD-RW, DVD+RW, HD DVD-RW, BD-RE

Magneto-optická média

- využívá spojení optiky a magnetismu
- strukturu použitých magnetických částic nelze za normálního stavu měnit
- materiál se musí zahřát na Currieho bod (151 °C) a pak je možná manipulace s magnetickými částmi
- horký laser ohřeje paměťové médium v oblasti zápisu, magnetická hlava změni směr magnetických částic
- při čtení dopadá laser na magnetický zorientovaný materiál a podle směru magnetických částic se změni fáze odráženého světla
- na základě rozdílných otočení směru paprsku čte magneto-optická jednotka informace

Elektrická média

- trvalý zápis informace pomocí elektrických odporů a pojistek – ROM, PROM
- programovatelné paměti na bázi tranzistorů – EPROM, EEPROM, FLASH, SSD

3. RAM, ROM, Cache, HDD, CD, DVD, FLASH

RAM (Random-Access Memory) nebo také **RWM** (Read-Write-Memory)

- je volatilní (nestálá) vnitřní elektronická paměť počítač využívána jako operační paměť
- umožňuje rychlý zápis i čtení dat
- určená pro dočasné uložení zpracovávaných dat a spouštěného programového kódu
- nic si trvale nepamatuje, obsah je dán elektrickým stavem miniaturních elektronických prvků – tranzistorů nebo kondenzátorů
- paměť může procesor adresovat přímo, pomocí podpory ve své instrukční síti. Strojové instrukce jsou adresovány pomocí instrukčního ukazatele a k datům se obvykle přistupuje pomocí adresace prvku paměti hodnotou uloženou v registru procesoru nebo je adresa dat součástí strojové instrukce.
- operační paměť je spojena s procesorem pomocí sběrnice, obvykle se mezi procesor a operační paměť vkládá rychlá vyrovnávací paměť typu Cache
- rozlišujeme dvě základní technologie pamětí, zvané SRAM (Static RAM) a DRAM (Dynamic RAM)
- 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.
- v paměti DRAM je informace uložena pomocí elektrického náboje na kondenzátoru
- tento náboj má však tendenci se vybítet i v době, kdy je paměť připojena ke zdroji elektrického napájení
- dynamická paměť RAM je levnější a snadnější na výrobu než SRAM, ale po každém čtení se vymaže a musí se obnovit (proto je čtení 1,5× delší než zápis)
- v dnešní době nejpoužívanější moduly jsou DDR SDRAM

DDR SDRAM (zkratka pro double-data-rate synchronous dynamic random access memory) je typ pamětí používaný v dnešních počítačích. Dosahuje vyššího výkonu než předchozí typ SDRAM tím, že přenáší data na obou koncích hodinového signálu. Tento přístup zvyšuje efektivní výkon téměř dvakrát bez nutnosti zvyšování frekvence sběrnice. DDR paměti na 100 MHz jsou tedy přibližně stejně rychlé jako SDR paměti na 200 MHz.

DDR2 neboli double-data-rate 2 SDRAM je evoluční nástupce operační paměti DDR SDRAM. Tato technologie se používá pro vysokorychlostní ukládání pracovních dat. Hlavní rozdílem mezi DDR a DDR2 moduly je v tom, že sběrnice, kterou DDR2 paměťové moduly používají, je taktována na dvojnásobku rychlosti paměťové buňky. Z praktického hlediska můžeme říct, že čtyři slova dat mohou být přenesena během jednoho cyklu paměťové buňky. Stručně řečeno DDR2 dokáže efektivně pracovat na dvojnásobku rychlosti DDR.

DDR3 neboli double-data-rate 3 SDRAM je evoluční nástupce operační paměti DDR2. Tato technologie se používá pro vysokorychlostní ukládání pracovních dat. Hlavní rozdíl mezi DDR2 a DDR3 je v rychlosti pamětí. Počáteční 400 MHz proti 1,066 GHz a nejvyšší 1,2 GHz proti 2,133 GHz (už jsou ohlášeny přes 2,4 GHz)

Standardní označení	Takt paměti	Doba cyklu	I/O takt sběrnice	Počet přenesených dat za sekundu	Časování	JEDEC standardní VDDQ napětí	Označení modulu	Propustnost
DDR-200	100 MHz	10 ns	100 MHz	200 milionů		2,5 V +/- 0,2 V	PC-1600	1,6 GB/s
Standardní označení	Takt paměti	Doba cyklu	I/O takt sběrnice	Počet přenesených dat během sekundy	Časování	Označení modulu	Propustnost	
DDR2-400	100 MHz	10 ns	200 MHz	400 milionů	CL4-5	PC2-3200	3,2 GB/s	
Standardní označení	Takt paměti	Doba cyklu	I/O takt sběrnice	Počet přenesených dat během sekundy	Časování	Označení modulu	Propustnost	
DDR3-800	100 MHz	10 ns	400 MHz	800 milionů	CL5-6	PC3-6400	6,4 GB/s	

ROM (Read Only Memory)

- trvalý zápis
- buňka paměti je představována elektrickým odporem nebo pojistkou
- výrobce některé z nich přepálí
- přepálené buňky proud nevedou, mezi jejich konci se objeví napětí, čili nesou informaci o logické jedničce
- neporušené prvky vedou proud a jsou tedy nositelem logické nuly

PROM (Programmable Read Only Memory)

- jsou založeny na podobném principu jako paměti typu ROM, ale informace do nich nezapisuje výrobce
- zápis si provede uživatel sám pomocí programátoru paměti ROM
- není možné zapisovat vícekrát

EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory)

- paměť typu ROM-RAM
- obsah je mazatelný ultrafialovým zářením (UV)
- před novým naprogramováním je nutné paměť smazat
- k programování se používá většinou několikanásobně vyšší napětí než ke čtení (typ. 12V nebo 25V proti 5V napájecího napětí)
- paměť se používá k uložení dat (např. firmware), často u malosériové výroby, kde se nevyplatí použití maskou programovaných paměti typu ROM nebo dražší paměti flash a kde není vyžadována možnost měnit obsah paměti již zabudované
- zapsaná hodnota vydrží cca 10 let

EEPROM (Electrically EPROM)

- paměti jsou elektricky přeprogramovatelné
- nevýhoda spočívá v pomalosti zápisu i čtení
- zapsaná hodnota vydrží 10 až 20 let

Cache

- vyrovnávací paměť
- je zařazena mezi dva subsystémy s různou rychlostí a vyrovnává tak rychlost přístupu
- vyrovnávací paměť pro pomalé (vzhledem k rychlosti operační paměti a procesoru) vnější paměti, typickým takovým zařízením je pevný disk počítače
- Cache v pevném disku je vlastně vyrovnávací paměť, která odděluje velmi rychlý procesor s nesrovnatelně pomalejším pevným diskem
- Cache v procesoru ukládá kopie dat přečtených z adresy v operační paměti
- softwarová cache, vytvořená programově, vymezením určité části operační paměti pro potřeby vyrovnávací paměti (např. disková cache v operačním systému)
- hardwarová cache, tvořená paměťovými obvody (např. pro potřeby procesoru)

CMOS

- paměť napájená ze záložní baterie nebo akumulátoru o velikosti 64B
- slouží k uchování údajů hodin reálného času, konfigurace počítače, případně hesla
- tato paměť je namapována do V/V prostoru počítače

CD, DVD, Blu-Ray

- kapacita CD 650-870 MB, vlnová délka laseru 780 nanometrů

- kapacita DVD nejčastěji 4,7 GB (jednostranné jednovrstvé), existují i formáty 17 GB (oboustranné dvouvrstvé). Vlnová délka laseru 650 nanometrů (červené světlo laseru) => zmenšení šířky stopy i jednotlivých pitů v porovnání s CD
- kapacita Blu-Ray 25 GB, ve dvouvrstvé technologii 50 GB, dvě vrstvy oboustranně 80GB. Vlnová délka laseru 405 nanometrů (modré světlo laseru) => další zmenšení šířky stopy i jednotlivých pitů v porovnání s DVD

Flash

- paměti vycházející z principu elektricky mazatelných a programovatelných pamětí EEPROM
- zapsané informace se zachovají i po odpojení napájecího napětí
- paměť je tvořena sítí řádků a sloupců, na jejichž průsečících leží jednotlivé paměťové buňky. Každá z buněk obsahuje jeden unipolární tranzistor, který má nad sebou umístěna dvě hradla. Nenaprogramovaná buňka paměti nemá na plovoucím hradle žádný náboj, a proto se po přivedení výběrového signálu na konkrétní naadresovaný řádek paměti nedokáže paměťový tranzistor otevřít. Buňka si pamatuje logickou hodnotu 1. Pokud však vpravíme do plovoucího hradla náboj (programováním paměti), pak se po výběru řádku paměti dokáží tranzistory naprogramované paměťové buňky otevřít a buňka si tedy pamatuje logickou 0. Mazání paměti spočívá v tom, že se z plovoucího hradla uložený náboj odvede pryč.
- podle způsobu zapojení paměťových buněk i principu jejich práce rozlišujeme mžikové paměti typu *NAND* a *NOR*

	NAND	NOR
Přednosti	rychlý zápis rychlé čtení	náhodný přístup možnost zápisu po bytech
Zápory	pomalý náhodný přístup složitý zápis po bytech	pomalý zápis pomalé mazání

SSD (Solid State Disc)

Vysokokapacitní paměť, která neobsahuje žádné pohyblivé části. Nejedná se ve své podstatě o nic jiného než o paměť typu flash s přidaným řadičem a rozhraním, které většinou odpovídá rozhraní běžných pevných disků – SCSI, IDE či Serial ATA. Technologicky se o žádné disky nejedná – uvnitř SSD najdeme pouze několik čipů s řadičem paměti, stykovým obvodem zajišťujícím standardizované rozhraní s počítačem a vlastní flash pamětí typu NAND. Průměrně je tento disk cca 2,4× rychlejší než typický pevný disk, čtení i zápis dat na SSD je operace prakticky nezávislá na tom, kde se data nachází. Díky propracovanému algoritmu pravidelného „vytěžování“ jednotlivých bloků by nemělo dojít k tomu, aby došlo ke vzniku chybných sektorů (obsahujících buňky, do nichž již nelze provádět zápisy).

Hybridní pevné disky

Jedná se o disk vytvořený kombinací klasického pevného a paměti typu flash. Pevný disk zajišťuje vysokou informační kapacitu, flash paměť je použita při čtení a především zápisu dat na disk – v podstatě se jedná o pevný disk s vyrovnávací pamětí řízenou řadičem umístěným přímo na disku, která však není závislá na napájení.

HDD (Hard Disk Drive)

Magnetické médium, které uchovává informace i po vypnutí elektrického proudu. Je dokonale uzavřeno v pouzdře, které jej chrání před nečistotami a poškozením. Tím je dána čistá atmosféra, která umožní umístit hlavičky co nejbližší k médiu, což umožňuje zvýšení hustoty záznamové informace. V pouzdře se kromě samotného rotujícího disku/plotny, kterých je většinou více (až 14, tj. 28 povrchů), nachází příslušný počet magnetických hlav (dle počtu povrchů) umístěných na pohyblivých ramenech, motorek a řídicí elektronika. Hlavy se pohybují velmi blízko povrchu (5 mikrometrů), ale nedotknou se jej. Při doteku hlavy s magnetickým povrchem by došlo k poškození záznamové vrstvy. Samotný nosič (pevná kovová deska/plotna s několika mikrometrů silnou magnetickou vrstvou, deska je nejčastěji hliníková legovaná slitina, dnes se ale vyrábějí i skleněné desky) se pohybuje v rychlostech 3600, 4400, 5400 a 7200 otáček za minutu. Kapacity novodobých pevných disků se pohybují od desítek GB až po jednotky TB.

Princip zápisu na HDD

- hlavy vytvářejí magnetické pole – magnetizují povrch disku
- uspořádají magnetické částice v magneticky citlivé vrstvě
- vytvoří se magnetický dipól – dva póly (S a N)
- orientace závisí na polaritě napětí
- změní-li se polarita, změní se orientace dipólu
- dva dipóly otočené k sobě shodnými póly tvoří puls (S-S, N-N)
- dva dipóly otočené opačnými póly tvoří absenci pulsu (S-N, N-S)

Princip čtení z HDD

- magneto-rezistivní hlava bez napětí (induktivní)
- v cívce hlavy se vlivem magnetických pulsů indukují napětí (induktivní)
- data jsou dána kolísáním magnetického pole
- kvalita čtení je ovlivněna obvodovou rychlostí a velikostí pulsů (šířkou stopy)

S.M.A.R.T. technologie (Self Monitoring Analysis and Report Technology)

- umožňuje podávat OS zprávy o příznacích zhoršování výkonu nebo hrozících poruchách (které je schopna předvídat)
- disky s technologií S.M.A.R.T. se nazývají SMART disky
- úspěšnost predikce je do 60ti procent
- S.M.A.R.T. phase2 obsahuje i systém vnitřní diagnostiky povrchu disku a uložených dat

Rozhraní HDD

- ATA (= IDE, =PATA)
 - o max. teoretická přenosová rychlost okolo 1Gb/s = 133MB/s
 - o při jednom připojeném disku dostačující, protože pevný disk obvykle dokáže vysílat data pouze rychlostí 640Mb/s = 80MB/s
 - o na jeden ATA kabel se ovšem dají připojit disky dva a pak se již přenosová rychlost ATA stává úzkým hrdlem
- SATA
 - o max. teoretická přenosová rychlost okolo 300 MB/s (SATAII)
 - o vyšší inteligence řadiče umožňující optimalizaci datových přenosů (NCQ)
 - o možnost připojování disků za chodu systému
- SCSI
 - o max. teoretická přenosová rychlost okolo 640 MB/s
 - o dosažení vyššího výkonu, především počtu operací za sekundu
 - o SCSI rozhraní je mnohem sofistikovanější než ATA/IDE, což znamená vyšší cenu jak radičů v počítači tak i samotných pevných disků a proto je používáno zejména u serverů a pracovních stanic

4. Logická a fyzická struktura disku

Fyzická struktura pevného disku

Povrch pevného disku představuje poměrně rozsáhlý prostor. Pokud operační systém požaduje od pevného disku data, musí je na jeho povrchu vyhledat řadič. Ten potřebuje znát přesnou geometrickou polohu zapsaných dat. Proto si povrch disku rozdělí na stopy (soustředné kružnice), do kterých si údaje zapisuje. Každá stopa je navíc příčně rozdělena na sektory. Toto uspořádání nazýváme fyzickým formátováním disku na nízké úrovni, neboli low-level formatting.

Stopy	každá strana diskového kotouče je rozdělena na soustředné kružnice, stopy. Těch může být od cca 300 až do několika tisíc
Sektory	nejmenší jednotka pro uložení dat na disku s velikostí 512 bajtů (0,5 KB). Sektory se seskupují do clusterů
Cluster	nejmenší jednotka prostoru na pevném disku, kterou může operační systém přiřadit souboru, skládající se z jednoho nebo několika sektorů. Počet sektorů v clusteru závisí na typu pevného disku
Cylindry	v pevném disku je obvykle více než jeden kotouč, pevný disk má tedy více stejných stop na různých kotoučích. Všechny stejné stopy na jednotlivých kotoučích se souhrnně nazývají cylindr

Logická struktura pevného disku

Data ukládaná na disk se zapisují do stop a sektorů, které jsou na disku již magneticky vytvořeny formátováním na nízké úrovni. Paměťový prostor je však třeba zorganizovat tak, aby údaje uložené dříve na disk byly v případě potřeby rychle nalezeny. Soubory na disku jsou proto mapovány soustavou tabulek. Tuto soustavu (vlastně logickou strukturu disku) vytvoříme vysokým formátováním, které umožňuje každý operační systém. Zároveň s informací o umístění je zde rovněž umístěna informace o datu vytvoření, změně souboru a atributy souboru. Nejstarším systémem je FAT (File Allocation Table), tento systém podporuje maximálně 2GB velkou oblast (partition). Novější je systém NTFS (New Technologies File System.). Systém OS/2 používá HPFS (High Performance System), Linux pak systém Linux Extension 2.

FAT (File Allocation Table)

- každému políčku alokační tabulky odpovídá jeden datový cluster
- pro číslování alokačních jednotek se používá šestnáctková (hexadecimální) soustava
- tři druhy FAT, lišící se velikostí a počtem clusteru, které mohou adresovat:
 - o 12-bitová FAT12 je starším typem a dnes se používá pouze na disketách. Umožňuje adresovat 2^{12} (tj. 4 096) clusterů. Na disku zabere 6 KB
 - o 16-bitová FAT16 je schopna obhospodařovat 2^{16} (tj. 65 534) alokačních jednotek. Na disku zabírá 128 KB. Velikost clusteru se mění podle kapacity disku
 - o 32-bitová FAT32 je tabulkou Windows 95, 98, 2000 a XP. Dovoluje použít 2^{32} (tj. 4 296 967 296) alokačních jednotek, což jí umožňuje používat podstatně menší cluster, než tomu bylo u její šestnáctibitové předchůdkyně
- chyby FAT
 - o fragmentace souborů (rozdělení souboru do několika clusterů, které nenásledují spojitě za sebou)
 - o ztracené fragmenty
 - o překřížení souboru (více políček tabulky FAT ukazuje na stejný cluster)
 - o neplatná položka

NTFS (New Technology File System)

- systém vyvinutý pro WinNT, ve vylepšené verzi je i ve WinXP a Vista
- ukládá data do clusterů
- podporuje všechny velikosti clusterů od 512 B do 64 kB
- standardem je cluster o velikosti 4 kB
- podporuje dlouhé názvy souborů (255 znaků) a větší počet atributů pro soubory
- organizace dat v clusterech je zaznamenána v několika souborech (nazývaných metasoubory)
- nejdůležitějším z metasouborů je MFT (Master File Table)
 - o MFT je základním souborem celé struktury NTFS
 - o jde o hlavní tabulku souborů (samotná MFT je také souborem)
 - o má stejný význam jako alokační tabulka ve struktuře FAT
 - o každý záznam MFT koresponduje s nějakým souborem na disku
 - o prvních 16 záznamů je určeno pro vnitřní potřebu systému
 - o kopie prvních 16 záznamů je kvůli spolehlivosti uložena ve středu disku

Logická struktura disku je na disku uvedena v tabulce MBR (Master Boot Record)

- tento záznam je umístěn na válci 0, hlavě 0, sektoru 1, podle novější LBA v sektoru 0
- zbývající sektory prvního válce a hlavy se nevyužívají
- obsahuje zavaděč operačního systému, kterému BIOS předává při startu počítače řízení
- obsahuje informace o rozdělení fyzického disku do logických diskových oddílů

Diskové oddíly (partition) slouží k rozdělení fyzického disku na logické oddíly, s kterými je možné nezávisle manipulovat. Laicky řečeno, po rozdělení pevného disku se pak tento z pohledu souborů jeví jako několik samostatných disků, které mohou být různě naformátovány (tj. mít odlišnou logickou strukturu) a dokonce mohou obsahovat i různé operační systémy.

Nejčastější verze MBR umožňuje pouze čtyři záznamy (primary partitions), ale v případě většího počtu diskových oddílů na jednom médiu je možné v hlavní (primární) tabulce odkázat na takzvaný rozšířený diskový oddíl (extendend partition), na jehož začátku se opět nachází MBR s další tabulkou, ve které je uvedeno rozdělení extended partition na další oddíly.