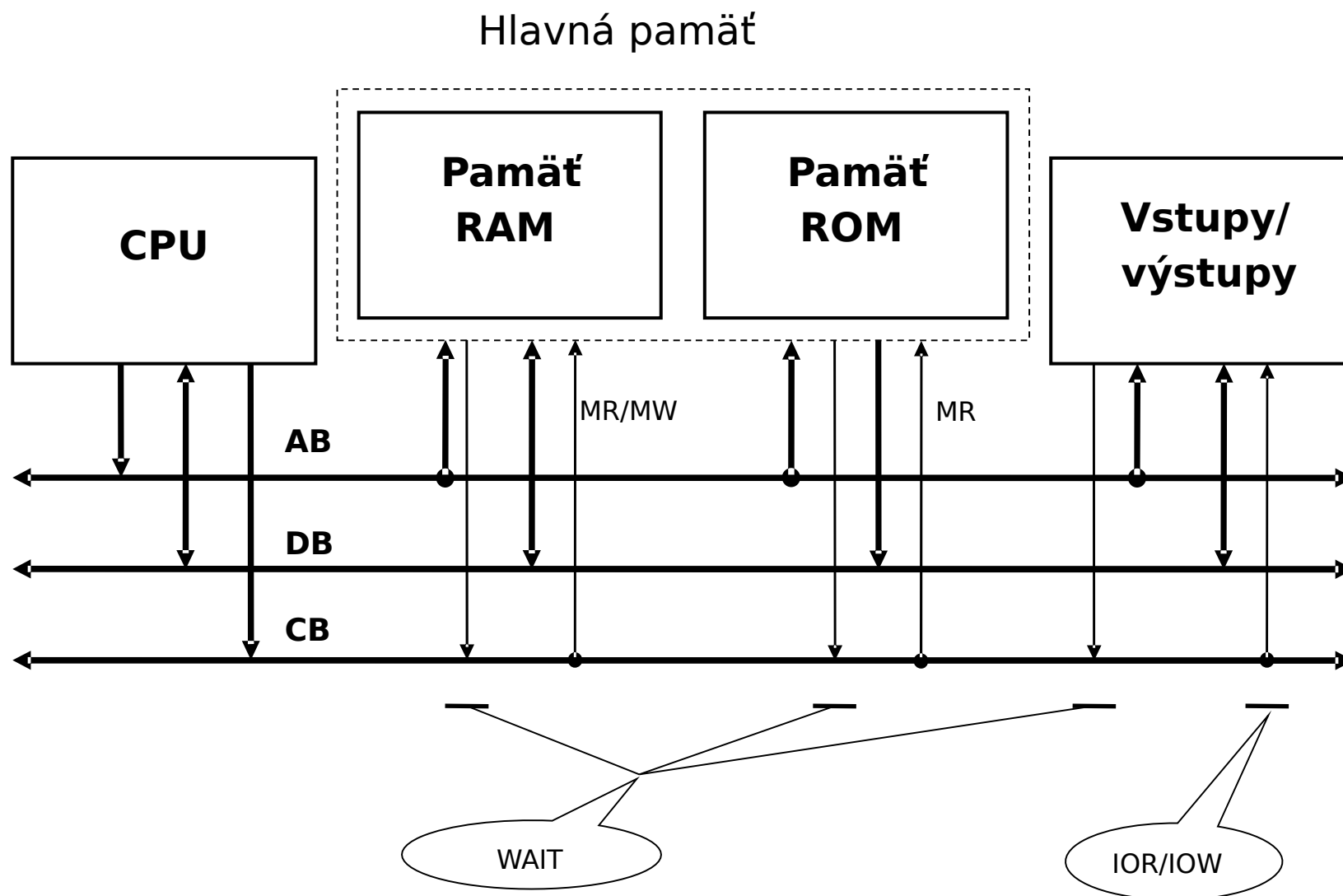


Pamäťový podsystém počítača

Pripojenie pamäťového podsystému k procesoru

(1/2)



Pripojenie pamäťového podsystému k procesoru(2/2)

- Adresová zbernica (Address Bus - AB) **-adresná časť zbernice**
- Dátová zbernica (Data Bus - DB) (8, 16, 32, 64 bitov) **-dátová časť zbernice**
- Riadiaca zbernica (Control Bus - CB), signály ako RD, WR, „žiadosti o prerušenie“, potvrdzovacie signály, signál čakacieho stavu, ... **-riadiaca časť zbernice**

Pamäťové miesta v počítači:

- Procesor má rozsahom obmedzenú pamäť, používa sa:
 - na adresovanie (**PC, SP, IR**)
 - príznakové bity
 - ako sada univerzálnych registrov
- Hlavná pamäť (polovodičová). Uchováva dáta a program.
- Externé pamäte.
- Blokové I/O.
 - Vstupy a výstupy, ako aj riadiace a stavové informácie sú ukladané do registrov.
 - Ak sa pristupuje k I/O registrom podobne ako k hlavnej pamäti, hovoríme, že I/O podsystém je pamäťovo mapovaný.

Úlohou pamäťového podsystému je uchovať program a dáta.

Požadujeme veľkú pamäť, rýchlosťou porovnateľnú rýchlosti procesora.

Protirečenia:

Kapacita – veľkosť pamäte, je nepriamo úmerná rýchlosti, vybavovacej dobe.

Okrem základného delenia na:

- pamäť programu a

- pamäť dát

sa stretneme aj s delením na: (primárna, sekundárna)

Primárna pamäť: Hlavná pamäť, ktorá je rýchla, s náhodným prístupom, drahá, priestorovo umiestnená blízko, (bežne) nie vo vnútri, CPU. Používa sa na uloženie programu a dát spracovávaných procesorom. Niekedy sa táto pamäť nazýva:

Operačná pamäť.

Problémom číslo jedna súčasných počítačov je technológia výroby pamätí: porovnateľne rýchlych k procesoru.

Taktovanie procesorov(32 bit x86) sa dostalo za posledné roky z pôvodných 33MHz na hodnoty 100krát vyššie, ale

Pamäte (DRAM) z pôvodných 25MHz len na hodnoty 10-krát vyššie

(parametre tohto príkladu sa každoročne menia).

Tento nepomer v rýchlosti sa eliminuje pomocou rôznych „trikov“: L1 a L2 cache.

Sekundárna pamäť:

Sem si procesor odkladá programy, s ktorými práve nepracuje. Táto pamäť je: pomalá, lacná, umiestnená ďalej od procesora a hlavnej pamäte.

Ak poskladáme pamäť ako celok:

- z rýchlej pamäte s malou kapacitou a
- z pomalej pamäte s veľkou kapacitou

vytvoríme pamäť, ktorá sa bude procesoru *väčšinu času* javiť ako veľká rýchla pamäť.

Toto rozdelenie pamätí do dvoch úrovní môžeme „zjemniť“. Použitím dvojíc slov: pomalšia – väčšia, rýchlejšia – menšia,

Na základe vyššie uvedeného rozdelíme pamäť počítača na bloky:

Registre: Súčasť procesora. Kapacita niekoľko bytov. Prístupový čas: niekoľko nanosekúnd až zlomky nanosekúnd

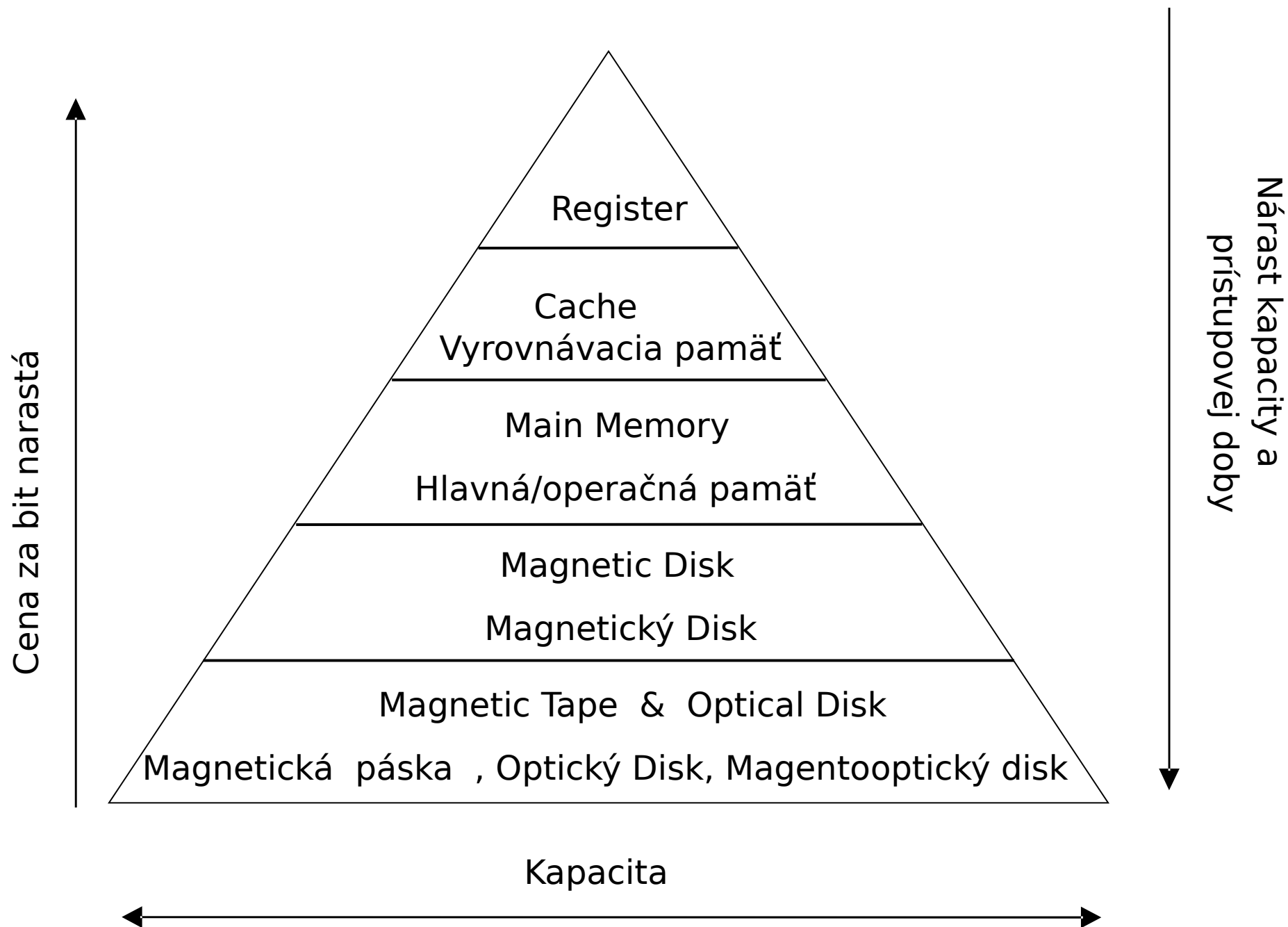
Vyrovňavacia pamäť prvej úrovne : Umiestnená na čisto čipe procesora. Kapacita rádovo kiB až MiB. Prístupový čas: 1 ns. L1 cache

Vyrovňavacia pamäť druhej a vyššej: Umiestnená pôvodne mimo čipu procesora. Kapacita 10=ky MiB. Prístupový čas: 2,5-5ns

Hlavná pamäť: Kapacita 10-ky GiB. Prístupový čas: 8-12 ns.

Pevný disk: Kapacita je udávaná v GiB (TiB). Prístupový čas: 10-ky ms.
HDD, SSD -10-ky μ s

Usporiadanie pamätí:



Klasifikácia pamätí: Podľa spôsobu prístupu k informácii

□ **Sekvenčné** (SAM – **S**equential **A**ccess **M**emory) :

Požadovanú inform. (blok, má vlastnú adresu zapísanú „neďaleko“) získame až po prečítaní predchádzajúcej. Prístupová doba je premenlivá.
Sem patria: *Páskové pamäte*.

□ **Priame** (DAM – **D**irect **A**ccess **M**emory) Informácia – blok má adresu danú fyzickou polohou. Informáciu získame v dvoch krokoch: Priblíženie sa a sekvenčné dohľadanie. Prístupová doba je opäť premenlivá. Sem patria: *Diskové pamäte*.

□ **RAM** (**R**andom **A**ccess **M**emory) – zvýraznený prvok náhodnosti v prístupe k informáciám. Každé pamäťové miesto má jedinečnú adresu danú adresnými vodičmi. Prístupová doba je nezávislá od pamäťového miesta.

Takto je realizovaná: *Hlavná pamäť*. Dnes sa hlavná pamäť vyrába predovšetkým ako polovodičová dvoch základných typov:

- **RWM** (**R**ead **W**rite **M**emory) – zvýrazňuje sa použitie na čítanie a zápis informácií
- **ROM** (**R**ead **O**nly **M**emory) – permanentné pamäte umožňujúce len informáciu čítať

□ **Asociatívne** (CAM – Content Access Memory). Pamäť s náhodným prístupom. Požadovanú informáciu získame pomocou kľúča. K dátam pristupujeme na základe ich obsahu a nie adresy.

Sem patria: Vyrovnávacie = *Cache pamäte*.

Ak je pamäť typu: RAM – RWM prax používa označenie: RAM.

Charakteristické parametre pamätí sú:

(1/2)

- **Vybavovacia doba:** (10ns až 100ms). Udáva rýchlosť s akou pamäť zapíše alebo vyhľadá procesorom zadané dáta.
- **Prístupová doba:** Pre pamäte RAM je to doba medzi zadaním operácie **read** alebo **write** až po jej vykonanie. Pre nie RAM pamäte je to čas, za ktorý čítací a zápisový mechanizmus dosiahne požadované miesto. (alebo dorazia elektróny)
- **Prenosová rýchlosť:** Množstvo dát, ktoré dokážeme z pamäte prečítať (resp. do nej zapísať) za jednotku času.
- **Kapacita pamäte** (organizácia): Počet bitov, bytov, slov.
- **Statičnosť / dynamičnosť:**
 - statické pamäte (SRAM –Static RAM)
 - dynamické pamäte (DRAM –Dynamic RAM)
- **Deštruktívnosť pri čítaní:**
 - pamäte deštruktívne pri čítaní
 - pamäte nedeštruktívne pri čítaní

- **Energetická závislosť a nezávislosť** (volatile, nonvolatile)
 - nonvolatile memory (trvalá pamäť) -nezmaže sa pri výpadku napájania
 - volatile memory -zmaže sa pri výpadku napájania
- **spoľahlivosť**
- **cena za bit**

Kapacita pamäte - organizácia

Pamäť EPROM typ.:

- 2716 má informačnú kapacitu 16K bitov.
- 27256 má informačnú kapacitu 256K bitov a vnútornú organizáciu 32 K * 8bitov.

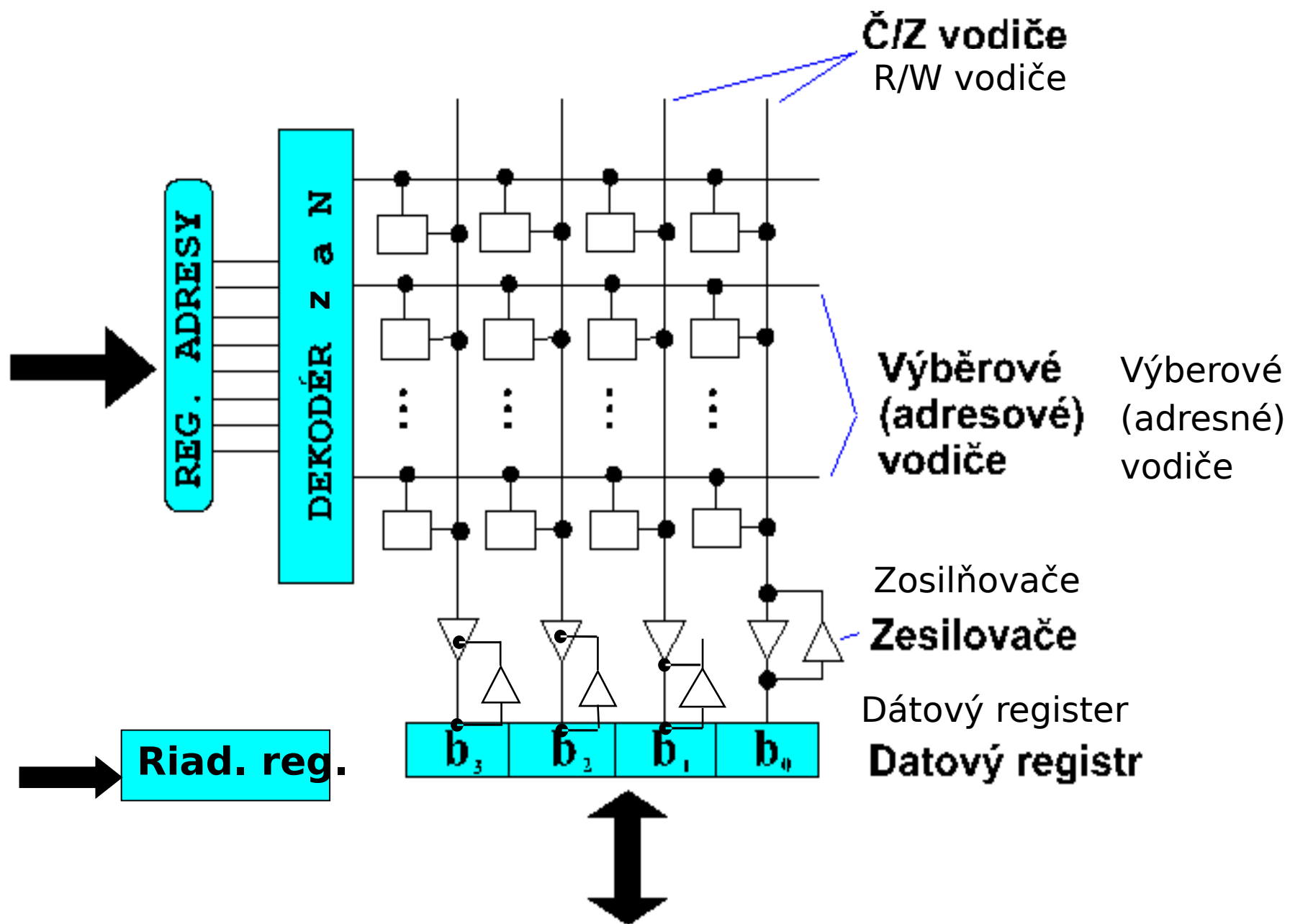
Dynamická pamäť typ.:

- 4164 má vnútornú organizáciu 64 K * 1bit.

Veľkosť pamätí sa vyjadruje v bitoch [b], resp. bajtoch [B]. Tieto jednotky kapacity pamätí sú malé. V praxi sa používajú ich násobky. Počítače pracujú v dvojkovej sústave, dva stavy, preto sú aj používané násobky odvodené od dvojkovej sústavy: Kibi teda je $2^{10} = 1024$. Podobne vyjadríme Mebi: $2^{20} = 1\,048\,576$. Platí od roku 1999 podľa normy IEC 60027-International Electrotechnical Commission Od roku 2005 prevzal americký NIST(National institute of Standards and Tehnology) IEC zakázal používať SI prefixy pre binárny význam-2005. Joint Electron Device Engineering Council (výrobcovia RAM modulov) stále SI prefixy

Symbol	Hodnota (presná)	Približný dekadický ekvivalent
Ki (kibi)	$2^{10} = 1024$	Kilo = $10^3 = 1\,000$
Mi (Mebi)	$2^{20} = 1\,048\,576$	Mega = $10^6 = 1\,000\,000$
G(Gibi)	$2^{30} = 1\,073\,741\,824$	Giga = 10^9
T (Tebi)	$2^{40} = 1024 * 2^{30}$	Tera = 10^{12}
P (Pebi)	$2^{50} = 1024 * 2^{40}$	Peta = 10^{15}
E (Exbi)	$2^{60} = 1024 * 2^{50}$	Exa = 10^{18}

Vnútorne pamäte počítača(prebraný obrázok):



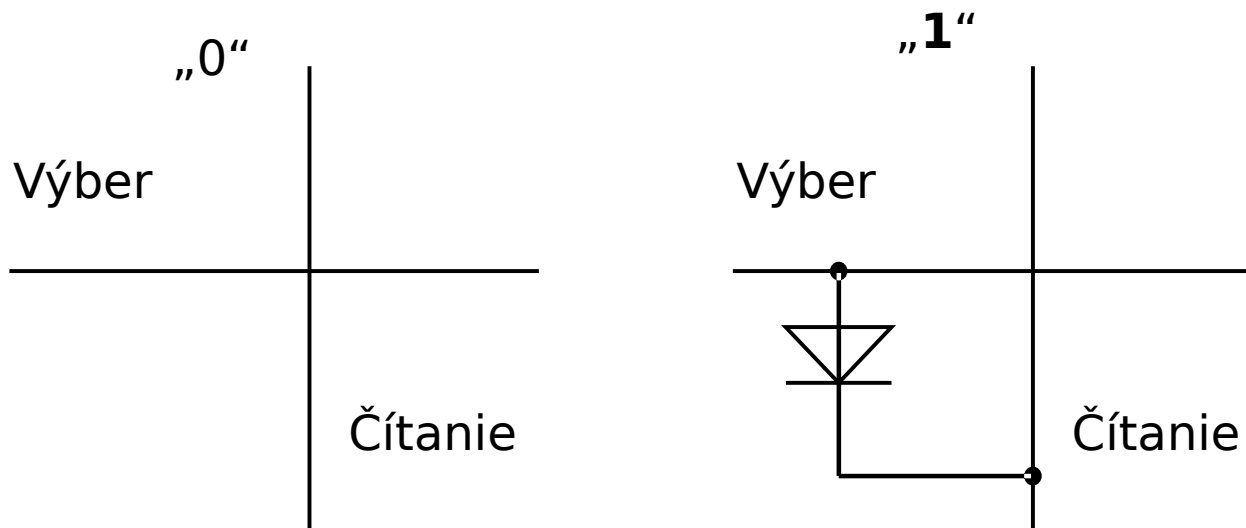
ROM - (Read Only Memory)

(1/3)

Výhody: informácia sa uchová aj po vypnutí napájania.

Do pamätí ROM sa ukladá napr.: BIOS. Pomocou BIOSu operačný systém pristupuje k hardwaru. Pamäte ROM sú v porovnaní s RAM pomalé, preto sa BIOS prekopíruje po zapnutí počítača do RAM. Tomuto sa hovorí tieňovanie (shadowing).

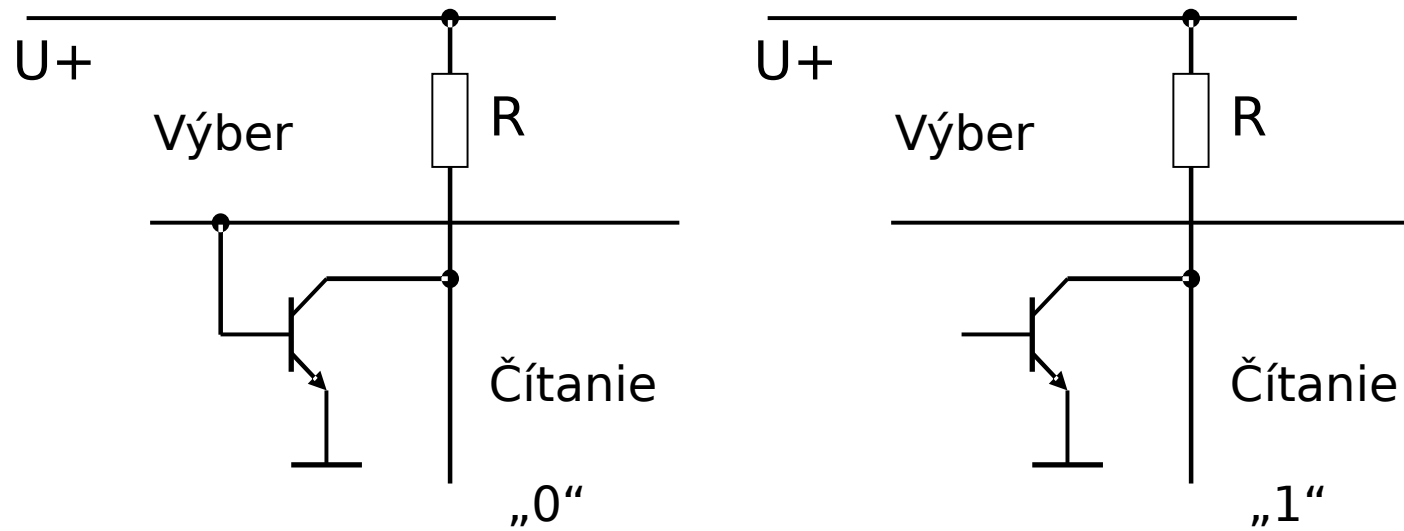
BIOS=Basic Input/Output System sa nahradzuje EFI-Extensible Firmware Interface
UEFI=Unified/Universal EFI



ROM - pamäťová bunka
realizácia: dióda

ROM - (Read Only Memory)

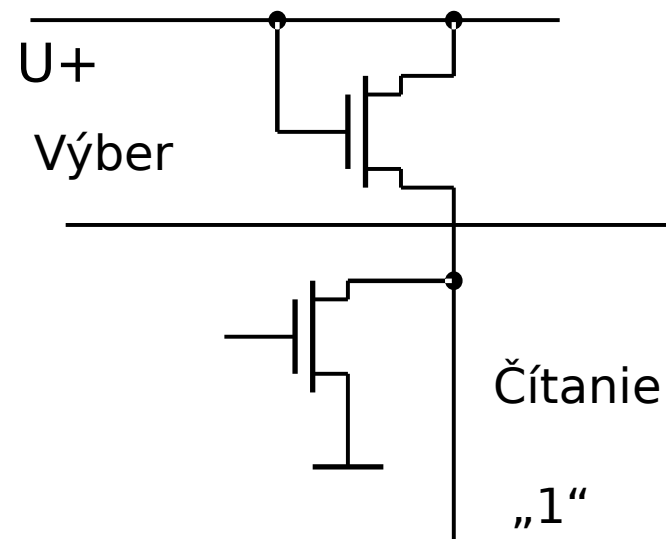
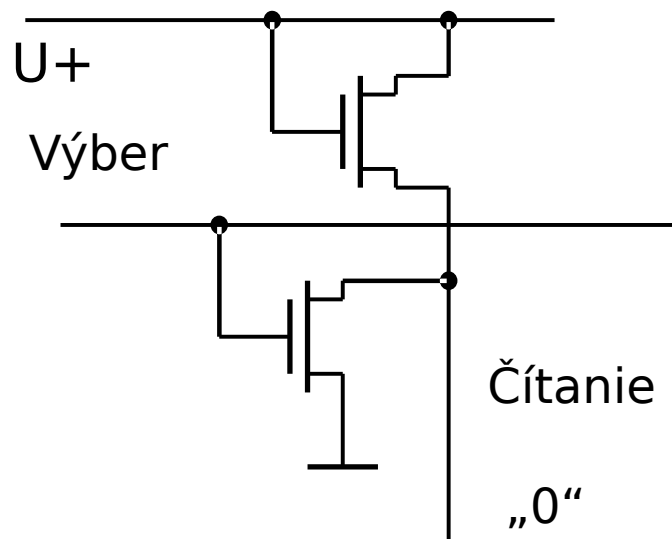
(2/3)



ROM - pamäťová bunka
realizácia: TTL tranzistor

ROM - (Read Only Memory)

(3/3)



ROM - pamäťová bunka. Realizácia MOS tranzistorom

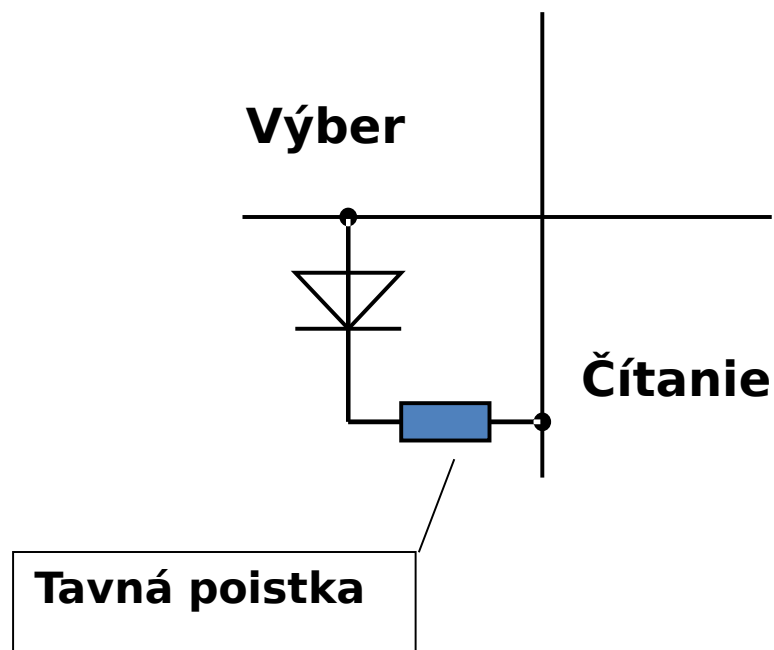
Bunka pamäte ROM je realizovaná ako „odpor“. Výrobca ho nastaví na „nulovú“, resp. „nekonečnú“ hodnotu.

Nulová hodnota, neporušený prvok, vedie prúd. Je na ňom nulový úbytok napätia. Takáto bunka je nositeľom informácie *Logická nula*.

Porušené bunky nevedú prúd. Na ich výstupe sa objaví plné napätie. Takéto bunky nesú informáciu *Logická jednotka*.

Postupne bolo vyvinutých viacero typov pamätí ROM:

PROM - (Programmable ROM)



Zápis „0“ – prúd cca 10mA

Princíp podobný pamätiam ROM. Len informáciu nezapisuje výrobca a po užívateli pomocou *programátora*. Zápis sa dá vykonať len jeden raz.

EPROM -(Erasable PROM):



- statická, nonvolatile pamäť (NVRAM)
- informácia - elektrický náboj
- mazanie (UV žiarenie - cca 20min)
- programovanie (elektricky) - užívateľ, opakovane - cca 20 krát

EEPROM, E2PROM - (Electrically EPROM)

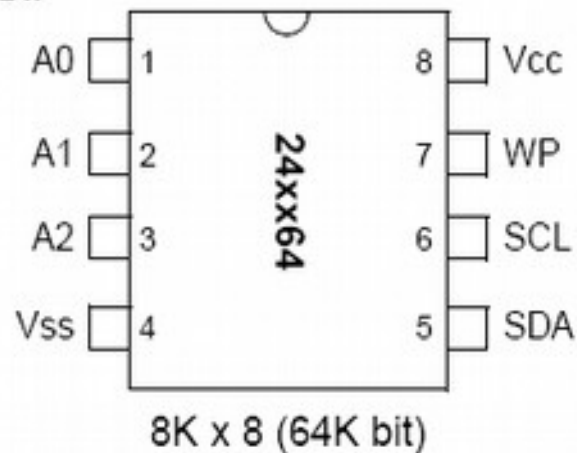
- statická, nonvolatile pamäť, Podobná EPROM
 - mazanie (elektrické, rádove ms)
 - programovanie (elektricky) - užívateľ (cca 100 mSec), opakovane, cca 100*
- Informácia sa uchová cca 10 rokov.

Flash - EPROM (NAND viac ako disk, NOR viac ako RAM):

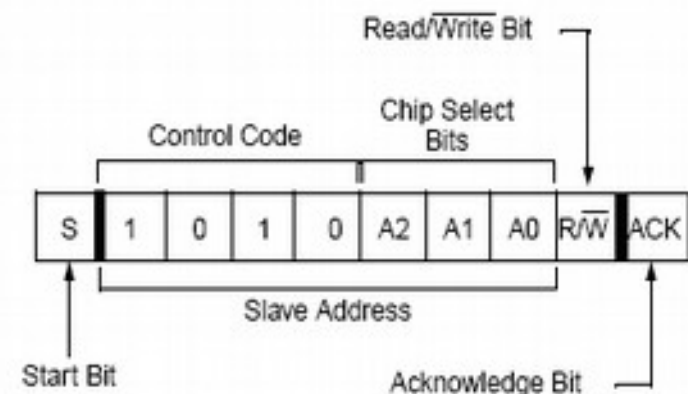
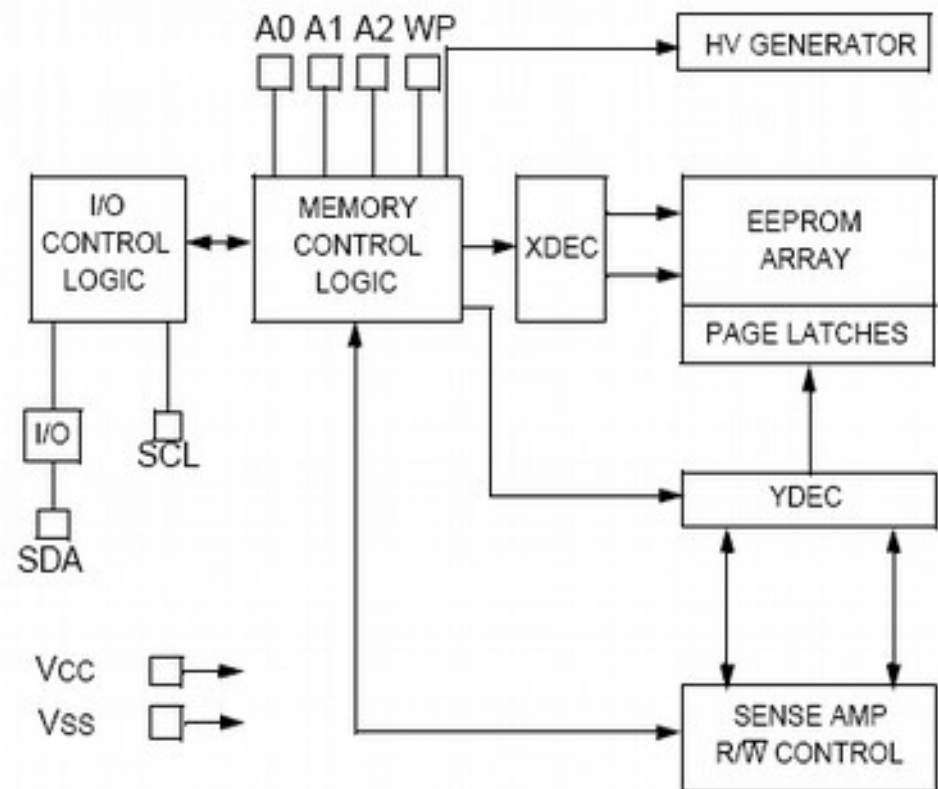
Rýchlejšia ako predchádzajúce typy. Dá sa s ňou pracovať ako s RAM. Dá sa cca 10 000 krát prepísať. Dá sa prepisovať priamo v zariadení.

EEPROM, E2PROM - (Electrically EPROM)

8-LEAD PDIP



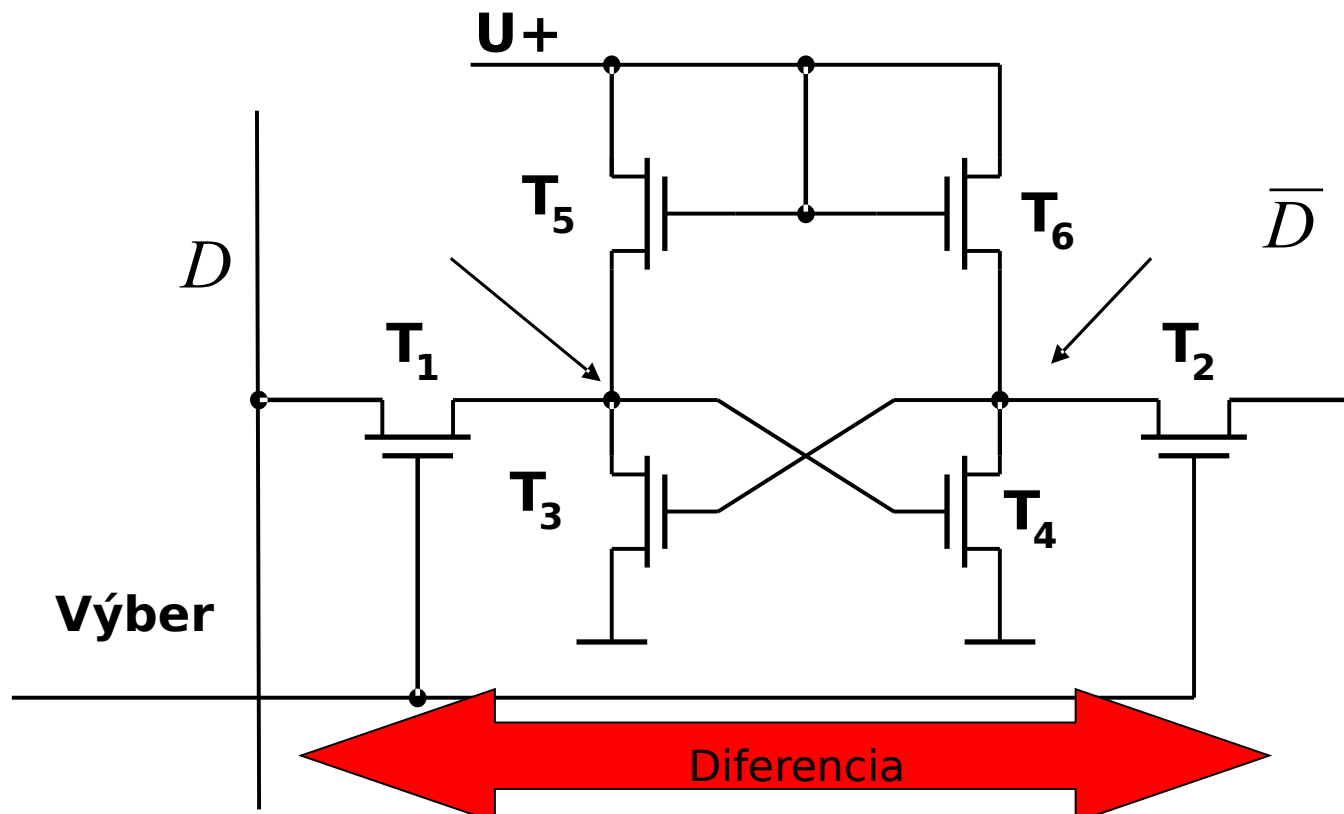
- Low power CMOS technology
 - Maximum write current 3 mA at 5.5V
 - Maximum read current 400 μ A at 5.5V
 - Standby current 100 nA typical at 5.5V
- 2-wire serial interface bus, I²C compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Self-timed ERASE/WRITE cycle
- 32-byte page or byte write modes available
- 5 ms max write cycle time
- Hardware write protect for entire array
- Output slope control to eliminate ground bounce
- Schmitt trigger inputs for noise suppression
- 1,000,000 erase/write cycles guaranteed
- Electrostatic discharge protection > 4000V
- Data retention > 200 years



RAM (Random Access Memory)

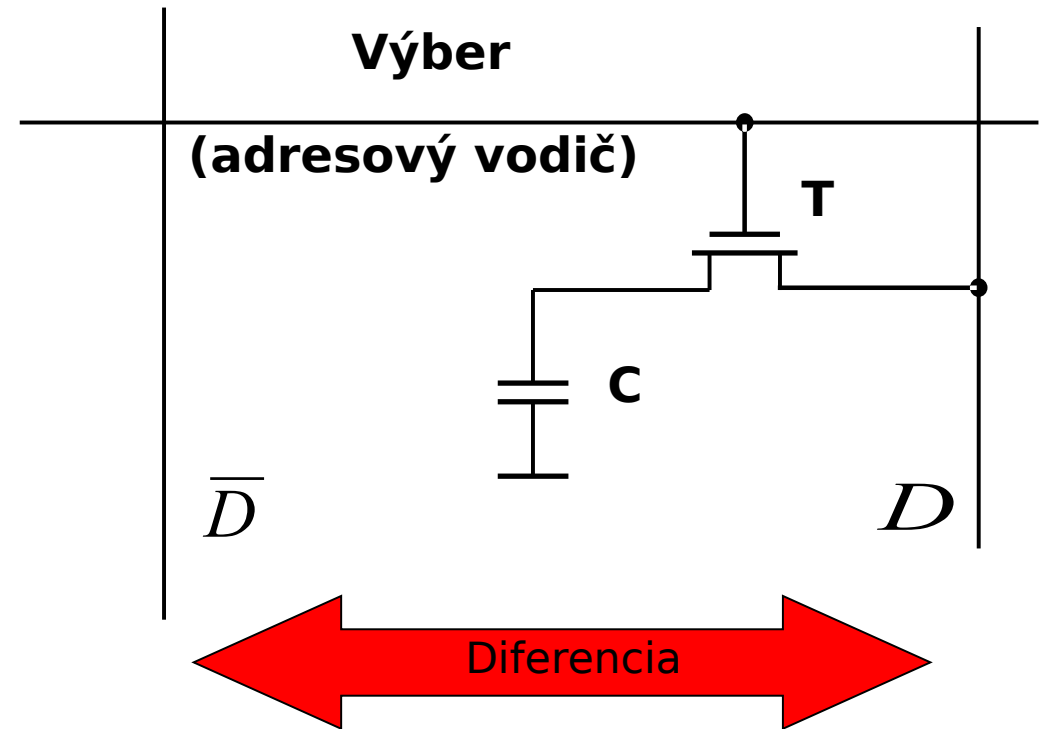
- Statické RWM RAM (SRAM)

- rýchlejšie ako ROM, prístupová doba cca 10ns (dnes 5ns)
- používajú sa ako externé pamäte cache
- základom je bistabilný klopný obvod
- statická, volatile pamäť



- T_5, T_6 - P, „záťaž“
- T_3, T_4 - N, pamäťový prvok
- T_1, T_2 - N, výber bunky

Dynamické RAM (DRAM)



- základ – miniatúrny kondenzátor,
 - kondenzátor nabitý – log. 1
 - kondenzátor vybitý – log. 0
- vybíjanie kondenzátora je rýchle, dochádza k strate informácie
 - čas straty informácie cca 10ms
 - pravidelné obnovovanie informácie sa nazýva refresh.

Obvody zo skupiny: Chip set

- riadenie DRAM
- riadenie zberníc
- komunikácia medzi zbernicami

Dynamické RAM (DRAM)

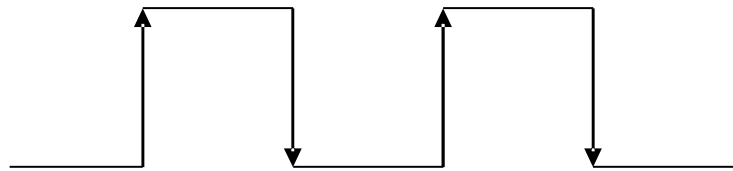
□ **SDRAM** (Synchronous Dynamic Random Access Memory) – pamäť používaná ako operačná pamäť počítača. Taktovanie je odvodené od taktu zbernice. Informácia sa prenáša len na náběžnej hrane riadiaceho impulzu.

Pamäť typu **SDRAM** vykoná na jeden impulz len jednu operáciu.

□ **DDR** (Double Data Rate) tieto pamäte prenášajú informáciu na oboch hranách Impulzu.

DDR-II dva časové signály posunuté o $\frac{\pi}{2}$ Dve skupiny čipov, každá na jednom signále

DDR-3 tri časové signály posunuté o $\frac{\pi}{3}$ Tri skupiny čipov, každá na jednom signále



CMOS RAM – malá spotreba, (baterka)

Pamäť vyrobená technológiou CMOS. Má malú spotrebu. Používa sa na uloženie parametrov BIOSu/EFI. Po vypnutí býva napájaná z baterky. Často sa CMOS vyrába ako súčasť RTC. (

HBM- High Bandwidth Memory- DRAM

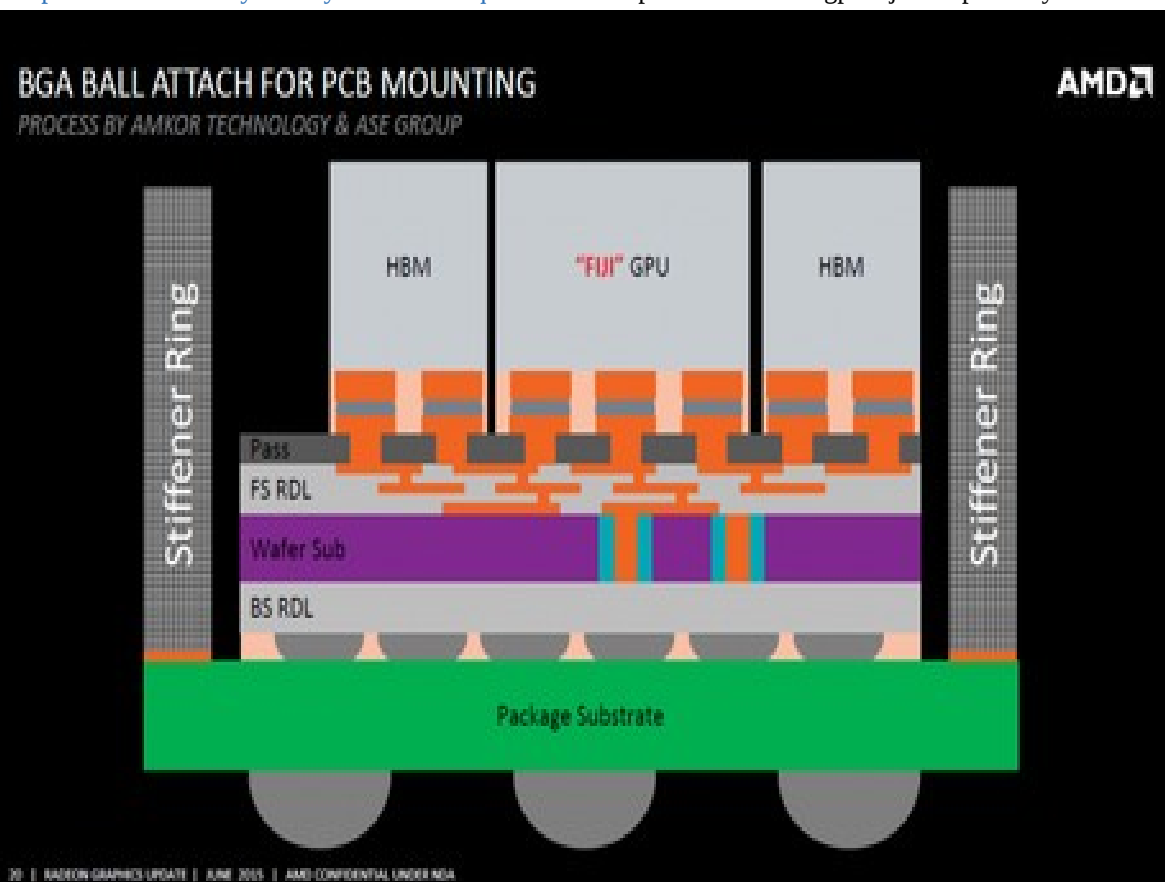
■ Masovou výrobu „HBM2“ zahájí Hynix až ve třetím kvartálu

8.3.2016 (HBM sú z roku 2015 max 4GiB a 100+GB/s na „stĺpec“ a max. 256MB na poschodie v jednom, stĺpci- v mesiaci jún 2015 prvý produkt so 4 ks stĺpcov náhrada za GDDR-5 28MB/s na 32 bit 446GB/s na 512 bit. (1MB je tisíc strán textu)

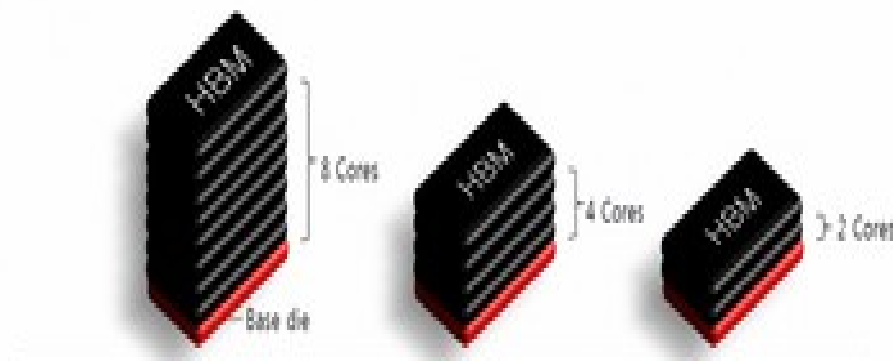
V lednu (január) tohoto roku spustil jako první sériovou výrobu HBM2 (čímž jsou fakticky myšlené až osmivrstvé ~20nm pseudo-channel-kompatibilní čipy) Samsung. (Spotřeba HBM = 1/9 GDDR5)

<http://diit.cz/clanek/vyroba-hynix-hbm2-v-q3-2016>

<http://diit.cz/clanek/gpu-fiji-interposer-vyroba>



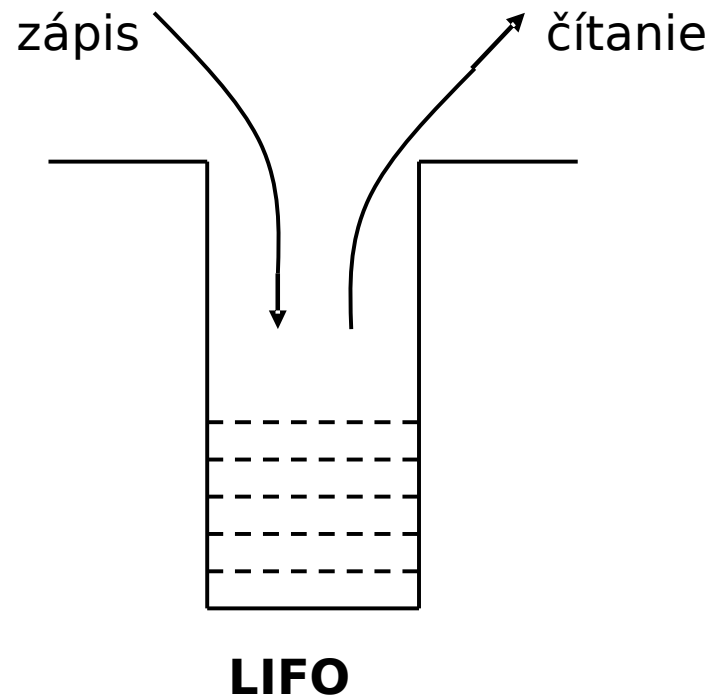
HBM2 Product Configuration



Pamäte so sekvenčným prístupom(1/2)

▣ **Zásobníková pamäť - LIFO** (Last In First Out)

- Informácia uložená ako posledná sa vyberá ako prvá. Adresovanie sa realizuje ako vratný čítač s predvoľbou.
- Zápis do zásobníkovej pamäte: PUSH. Čítanie zo zásobníkovej pamäte: POP.
- Hlavné použitie: Automatické ukladanie a vyberanie návratových adries pri volaní podprogramov. Inštrukcie CALL a RET.

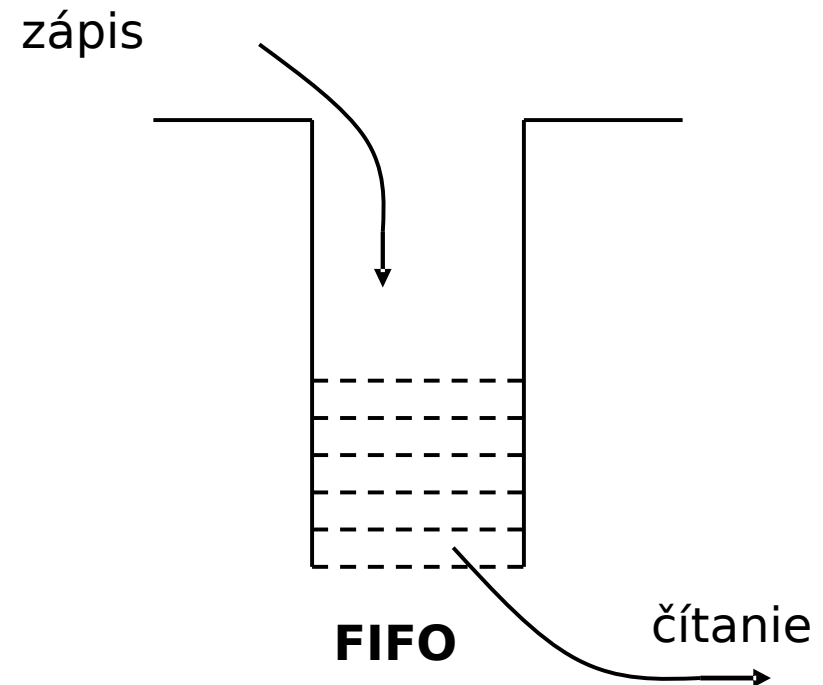


**Adresovanie - SP
(vratný čítač)**

Pamäte so sekvenčným prístupom (2/2)

□ **Pamäť typu fronta - FIFO** (First In First Out)

- Údaje sa ukladajú tak, že sa zapisuje na prvé neobsadené miesto. Na začiatku je to „dno“.
- Údaje sa odoberajú, čítajú zdola, a obsah sa posunie smerom ku dnu.
- Táto pamäť sa nedá realizovať ako jednoduchý posuvný register so sériovým vstupom a výstupom.
- Realizuje sa ako pamäť RWM-RAM riadená pomocou dvoch čítačov.
- Táto štruktúra našla uplatnenie aj v zreťazených procesoroch.



Vonkajšie pamäte (External memory)

. Magnetické pamäte

- na trvalé uloženie informácie sa najskôr používali magnetické bubny.
- magnetické pásky.
- prvým pevným diskom bol: IBM 350.
priemer platne prvých diskov bol 20". Postupom času sa tento rozmer výrazne redukoval.

. Elektronické pamäte

. Optické pamäte

Magnetické pamäte - princíp čítania a zápisu

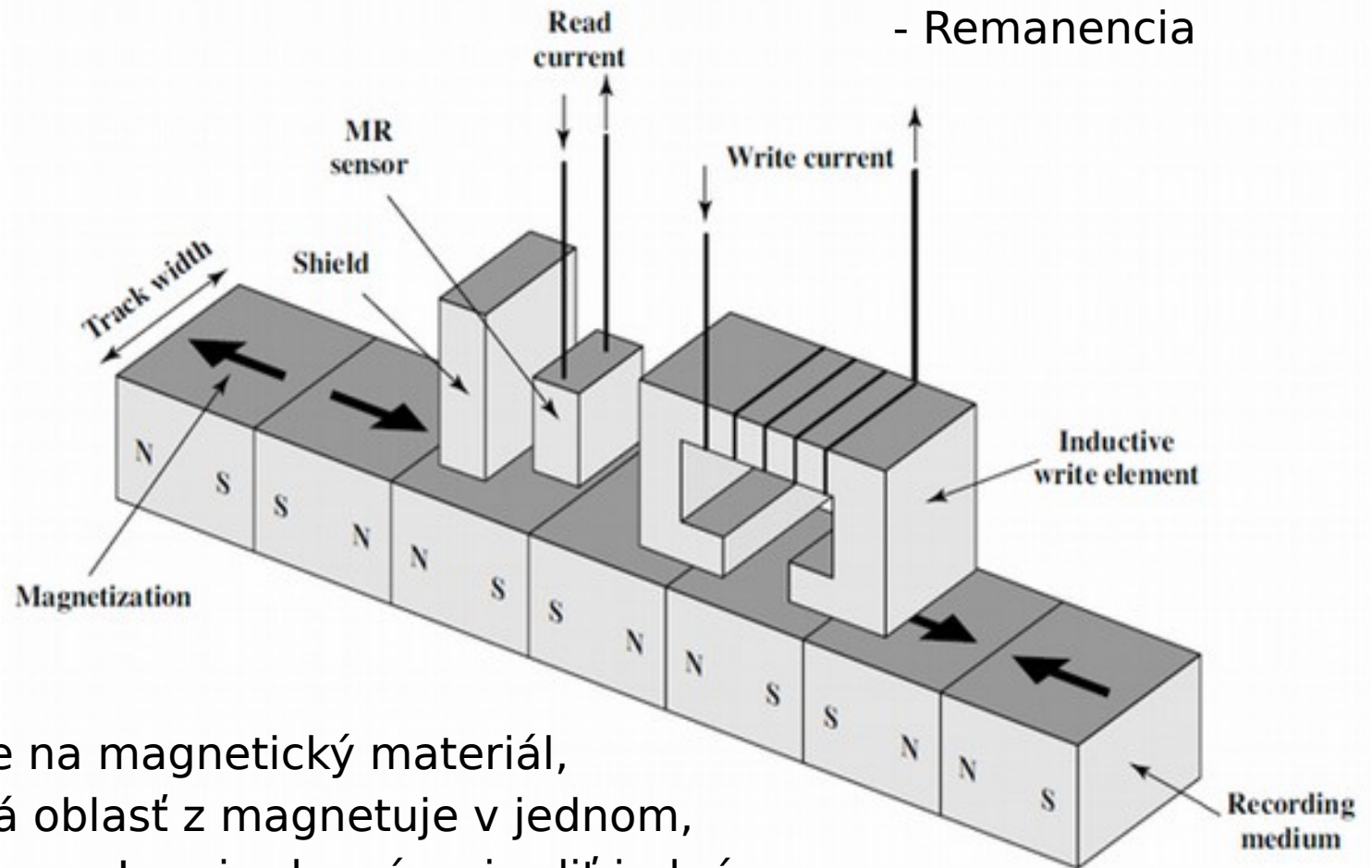
Pružné disky (floppy disk)

Páskové pamäte (streamer)

Pevné disky (hard disk)

Základ je magnetizmus:

- Diamagnetizmus (-)
- Paramagnetizmus (+)
- Feromagnetizmus (++)
 - Weissové domény
 - Remanencia



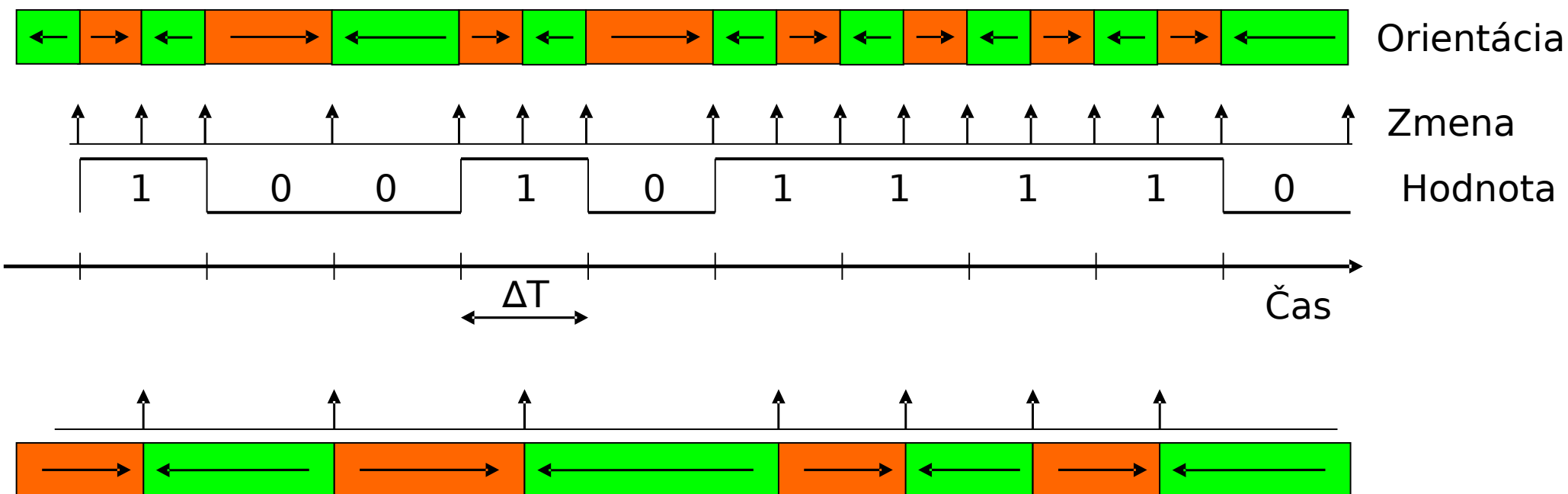
Informácia sa zapisuje na magnetický materiál, Tak, že sa nejaká malá oblasť z magnetuje v jednom, respektíve druhom smere. Je prirodzené, priradiť jednému smeru hodnotu log.1 a druhému smeru log. 0. Problém nastane ak chceme takto zaznamenanú informáciu prečítať. Vyhodnocovacie zariadenie neregistruje smer, ale zmenu orientácie. Problém sa znásobí, ak bude za sebou zaznamenaných niekoľko núl, resp. jednotiek.

Základný princíp ukladania informácií

(úvod)

Frekvenčná modulácia:

Je zadefinované „taktovanie“ a vyhodnocovací obvod sleduje ako sa mení mag. pole vzhľadom na taktovanie. Jeden takt potom odpovedá jednému bitu. Základ kódovania je zadefinovaný tak, aby sa magnetické pole zmenilo na začiatku taktu. Ak sa zmení aj v strede, odpovedá to logickej jednotke. Ak sa nezmení odpovedá takýto úsek logickej nule.



Modifikovaná frekvenčná metóda:

Ak by sme vyhodnocovali nie na začiatku a v strede taktu, ale len v strede, dosiahli by sme „zahustenie“ uložených informácií.

Pružné disky: 8'', 5.25'', 3.5'' (floppy disk, diskety) (:

Záznam magnetický

Rýchlosť otáčania: 300[ot/min], resp. 360[ot/min]

(DD-double density , HD-high density)

aj Single Density a Single Side a Double Side a ich kombinácie

Rozmer	Hustota	Počet stôp	Počet sektorov	Počet strán	Kapacita sektoru	Kapacita diskety
5¹/₄''	DD	0-39	1-9	0-1	512 B	360kB
5¹/₄''	HD	0-79	1-15	0-1	512 B	1,2MB
3¹/₂''	DD	0-79	1-9	0-1	512 B	720kB
3¹/₂''	HD	0-79	1-18	0-1	512 B	1,44MB

Pružné disky : 8'', 5.25'', 3.5'' (floppy disk, diskety)

(2/2)

Geometria pružného disku: floppy disk 5,25" DD

Disketa má dve vrstvy – povrchy, t.j. má aj dve hlavy.

Dáta sú uložené na oboch stranách.

Každá strana je rozdelená do 40 sústredných kružníc – stôp - tracks.

Každá stopa je rozdelená do 9 sektorov .

V každom sektore je uložených 512 B informácie.

Kapacita = $NP \cdot NT \cdot NS \cdot NB$

NB – počet bajtov na jeden sektor, NP – počet povrchov

NS – počet sektorov na stopu, NT – počet stop na jednom povrchu

Disketa o kapacite 360kB je tvorená:

$(2 \text{ strany} - \text{povrchy}) \cdot (40 \text{ stôp/strana}) \cdot (9 \text{ sektorov/stopa}) \cdot (512 \text{ B/sektor}) = 360\text{kB}$
na disketu.

Disketa o kapacite 1.44MB je tvorená:

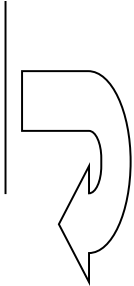
$(2 \text{ strany}) \cdot (80 \text{ stôp/strana}) \cdot (18 \text{ sektorov/stopa}) \cdot (512 \text{ B/sektor}) =$
 $1474560\text{B} = 1440 * 1024\text{B} = 1440 * \text{kB}$ na disketu.

+ dáta na údaje pri formátovaní

Synchronizácia: otvor + údaje uložené na diskete (1b = “2μm”)

Začiatok stopy	GAP 4A	80 * 4Eh
	SYNC	12 * 00h
	IAM	3 * C2h + FCh
	GAP1	50 * 4Eh
Sektor 1		
Sektor 2		
...		
Sektor 15		
EOT	GAP 4B	X * 4Eh

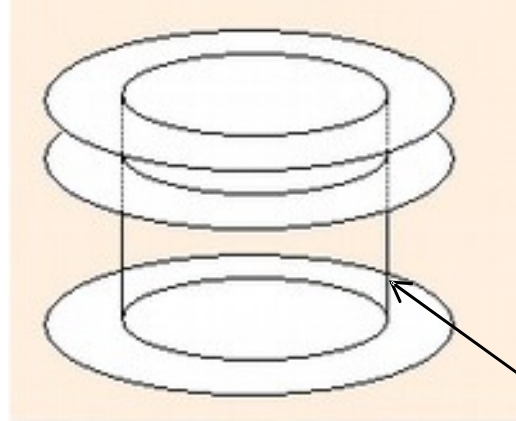
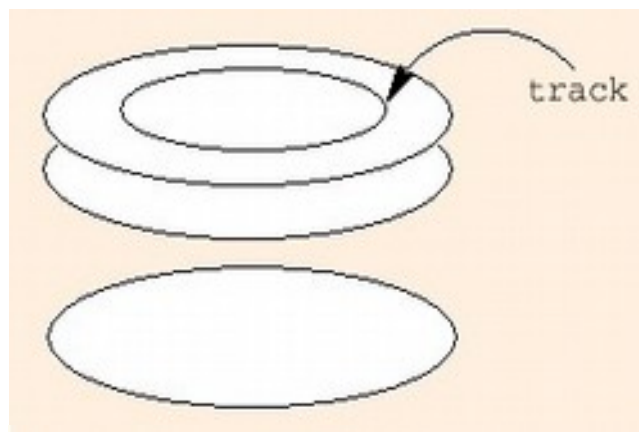
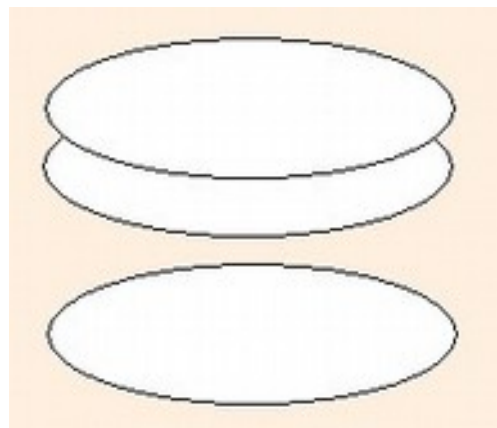
SYNC	12 * 00h
IDAM	3 * A1h + FEh
ID	tr hd sc sz
CRC	2 byte
GAP2	22 * 4Eh
SYNC	12 * 00h
DAM	3 * A1h + FBh
data	512 byte
CRC	2 byte
GAP 3	80 * 4Eh



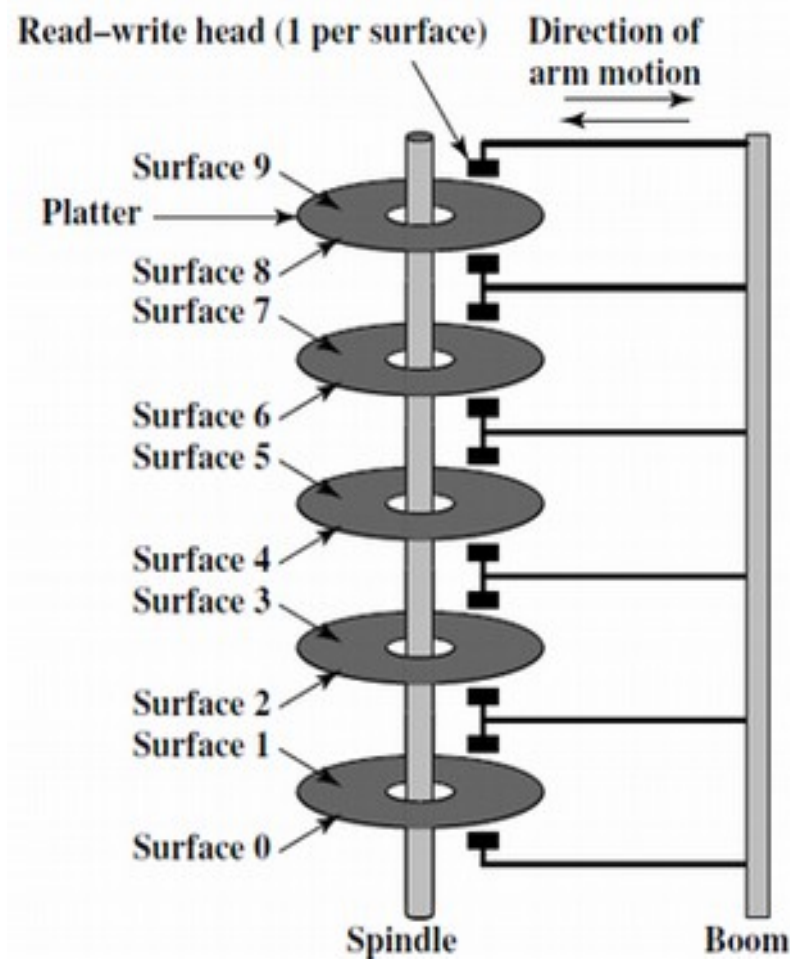
Pevný disk

(1/7)

Pevné disky sú organizované do nad seba uložených súborov platní. Data sú uložené v sústredných kružniciach stopách – **tracks**.

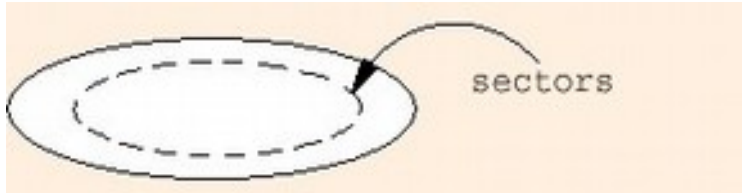


Stopy ležiace nad sebou tvoria **cylinder**.



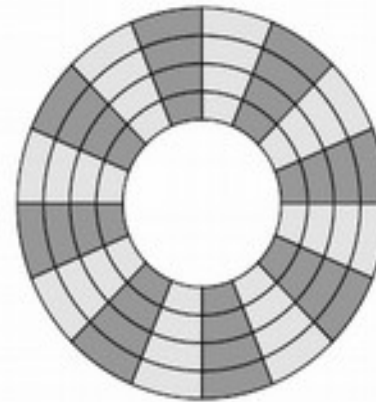
Pevný disk

(2/7)

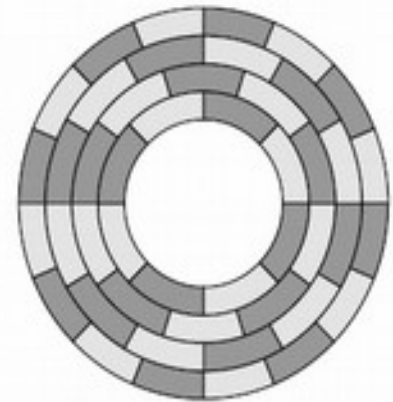


Najmenšou samostatnou záznamovou jednotkou na disku je jeden **sector**.

Nie všetky disky majú konštantný počet sektorov na stopu.



(a) Constant angular velocity



(b) Multiple zoned recording

Radič disku môže adresovať bloky ako postupnosť do série zaradených blokov číslovaných od 0 do n . Z tohto dôvodu by nás nemala geometria diskov veľmi zaujímať.

Zápis (čítanie) na (z) pevného disku prebieha podobne ako u pružného disku v troch krokoch:

- vystavenie zapisovacích (čítacích) hláv nad cylinder / stopu (elektromechanický)
- potom počkáme, až sa pootočí disk nad odpovedajúci sektor
- zápis (čítanie) dát

Súčet týchto troch časov (Access time) sa už veľa rokov pohybuje na úrovni 5 až 20ms.

Rýchlosť otáčania je síce veľká (3600ot/min a viac (15000ot/min)),

ale uveďme si jednoduchý príklad čítania dát z disku: Mechanika - elektronika prečíta

Jeden sektor z disku, presunie do buffera potom presunie informácie do pamäte počítača. Čítacia hlava sa za tento čas dostane mimo „požadovaný“ sektor a musíme počkať ďalšiu otáčku – cca. 16ms (to platí pre 3600ot/min).

Ak by sme takýmto spôsobom chceli preniesť súbor veľkosti 1MB, trvalo by to viac ako pol minúty.

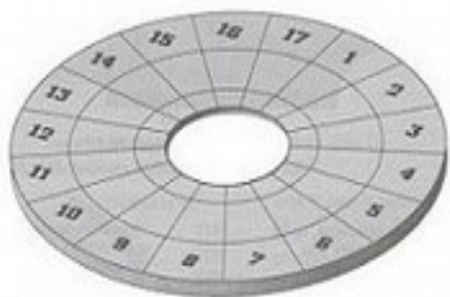
Vzniká požiadavka urýchliť prenos medzi diskom a operačnou pamäťou

=> zavádza sa tzv.

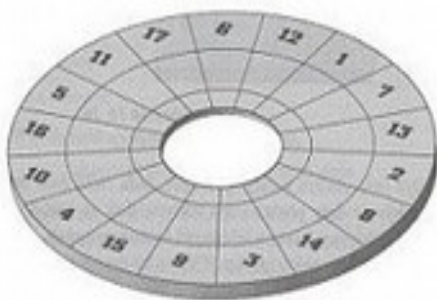
Faktor prekladania pevného disku.

Diskety majú faktor prekladania prakticky vždy jednotkový. Prenos dát do hlavnej pamäte je priebežný.

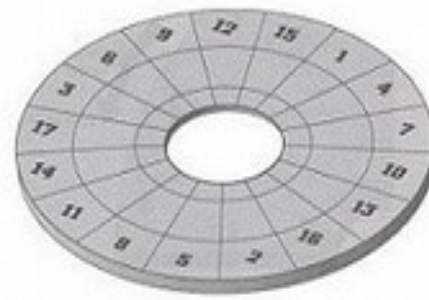
U diskov sa čaká na prečítanie informácie do buffera, potom sa pomocou dodatočných bytov urobí „korekcia“ a až potom sa informácia prenesie do hlavnej pamäte.



Prekladanie 1:1



Prekladanie 1:3



Prekladanie 1:6

Pevný disk

(5/7)

Uvažujme disk, ktorý má
16,384 *cylinders*, 80 *heads* a 63 *sectors per track*.

Aká je kapacita takéhoto disku? **? bytes = 1 disk**

Prevody „vhodné pre náš disk“:

- 16,384 cylinders / disk ($16,384 = 2^{14}$)
- 80 heads / cylinder
- 63 sectors / track ($63 = 2^6 - 1$)
- 512 bytes / sector

Na mieste je otázka kde sa vzali tie hrozné počty: napr. 80 hláv?

Pevný disk

(6/7)

? bytes = 1 disk

* (16,384 cylinders / disk)

* (80 heads / cylinder)

* (1 track / head)

* (63 sectors / track)

* (512 bytes / sector) = **42 278 584 320₁₀ [bytes]**

1 **KibiB (KiB)** = 2^{10} bytes = 1,024 bytes

1 **MebiB (MiB)** = 2^{20} bytes = 1 048 576 B = 1 024 KiB

1 **GibiB (GiB)** = 2^{30} B = 1 073 741 824 B = 1 048 576 KiB = 1 024 MiB

1 **TebiB (TiB)** = 2^{40} B = 1,099 511 627 776 B = 1 073 741 824 KiB = 1 048 576 MiB =
= 1 024 GiB

42 278 584 320₁₀ Bytes / (1 073 741 824 B = GiB) = 39.375₁₀ GiB

42,3 GB = 39,4 GiB (výrobcovia diskov udávajú kapacitu v GB)

Unixy (Linux, MAC OS X), čo píšú to myslia

MS Windows píše MB(GB,TB) a myslí MiB(GiB,TiB)

Pevný disk

(7/7)

„Ešte raz a ináč“:

Výrobca diskov, obchodník, používa násobky:

K = 1 000 M = 1 000 000 G = 1 000 000 000,

ale „počítač“ používa násobky

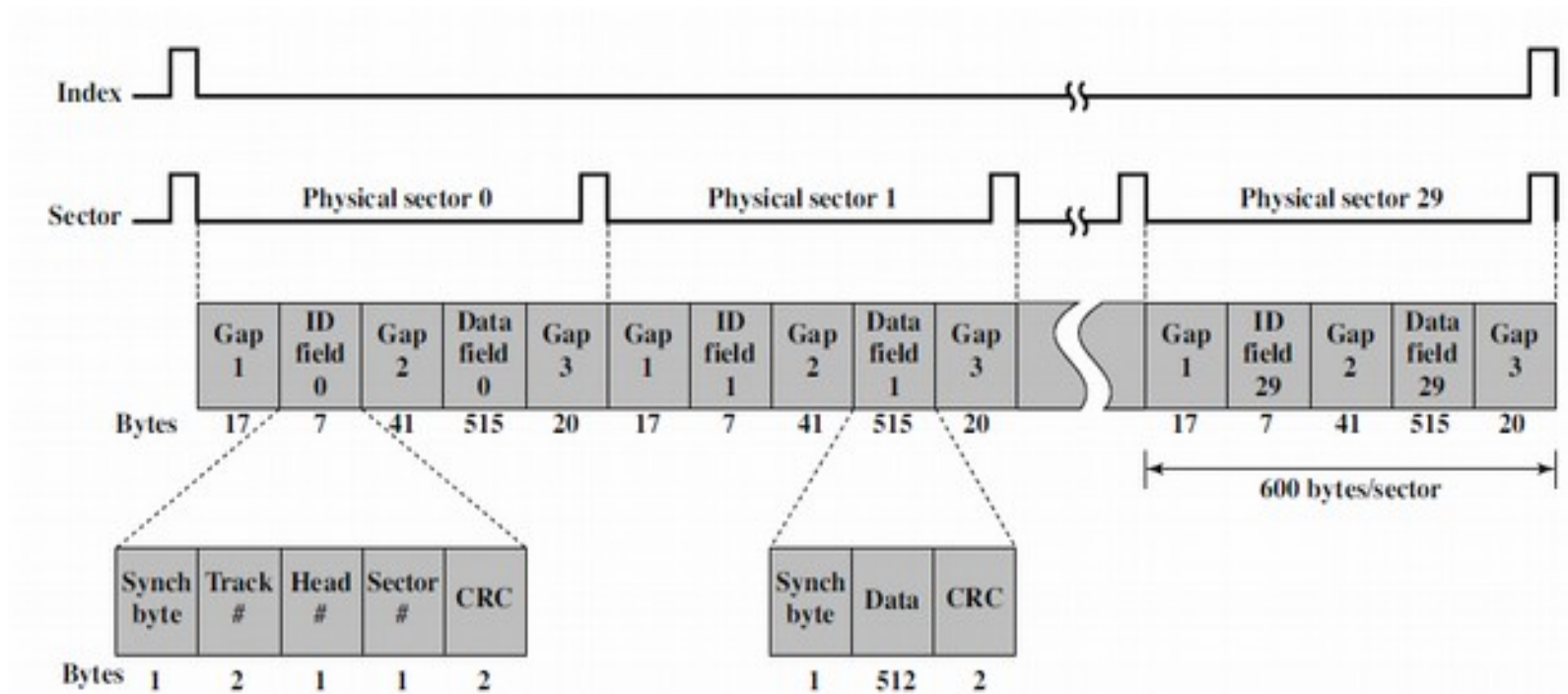
Ki = 1 024 Mi = 1 048 576 Gi = 1 073 741 824 ,

42 278 584 320 B / (1 073 741 824 B =GiB) = 39.375GiB

42.279 GB

! Staršie disky bolo treba zaparkovať !
!! Nové to robia automaticky !!

Winchester Disk Format (Seagate ST506)



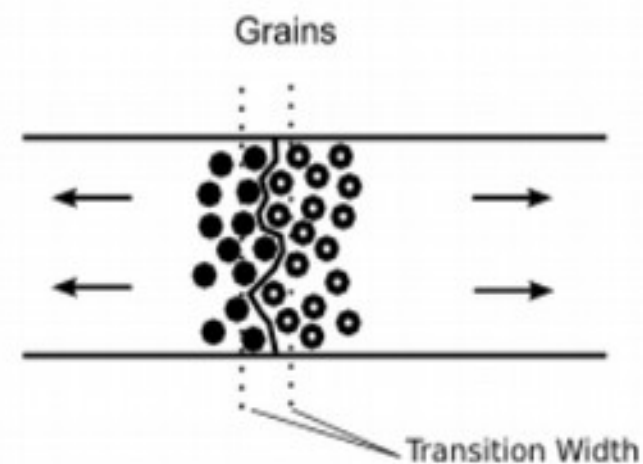
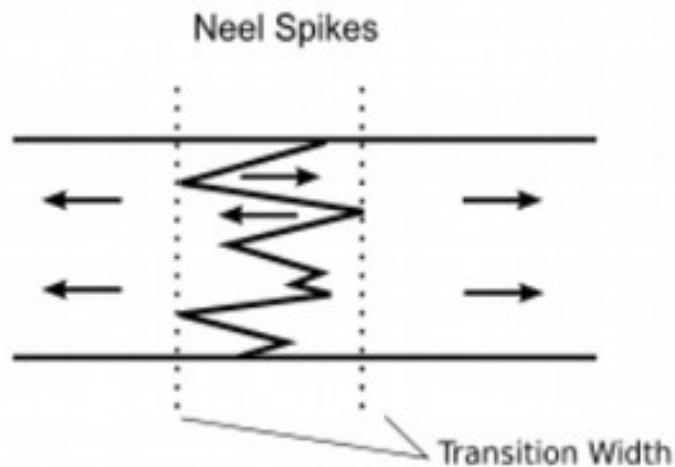
Physical Characteristics of Disk Systems

Head Motion	Platters
Fixed head (one per track)	Single platter
Movable head (one per surface)	Multiple platter
Disk Portability	Head Mechanism
Nonremovable disk	Contact (floppy)
Removable disk	Fixed gap
	Aerodynamic gap (Winchester)
Sides	
Single sided	
Double sided	

Zvyšovanie hustoty záznamu:

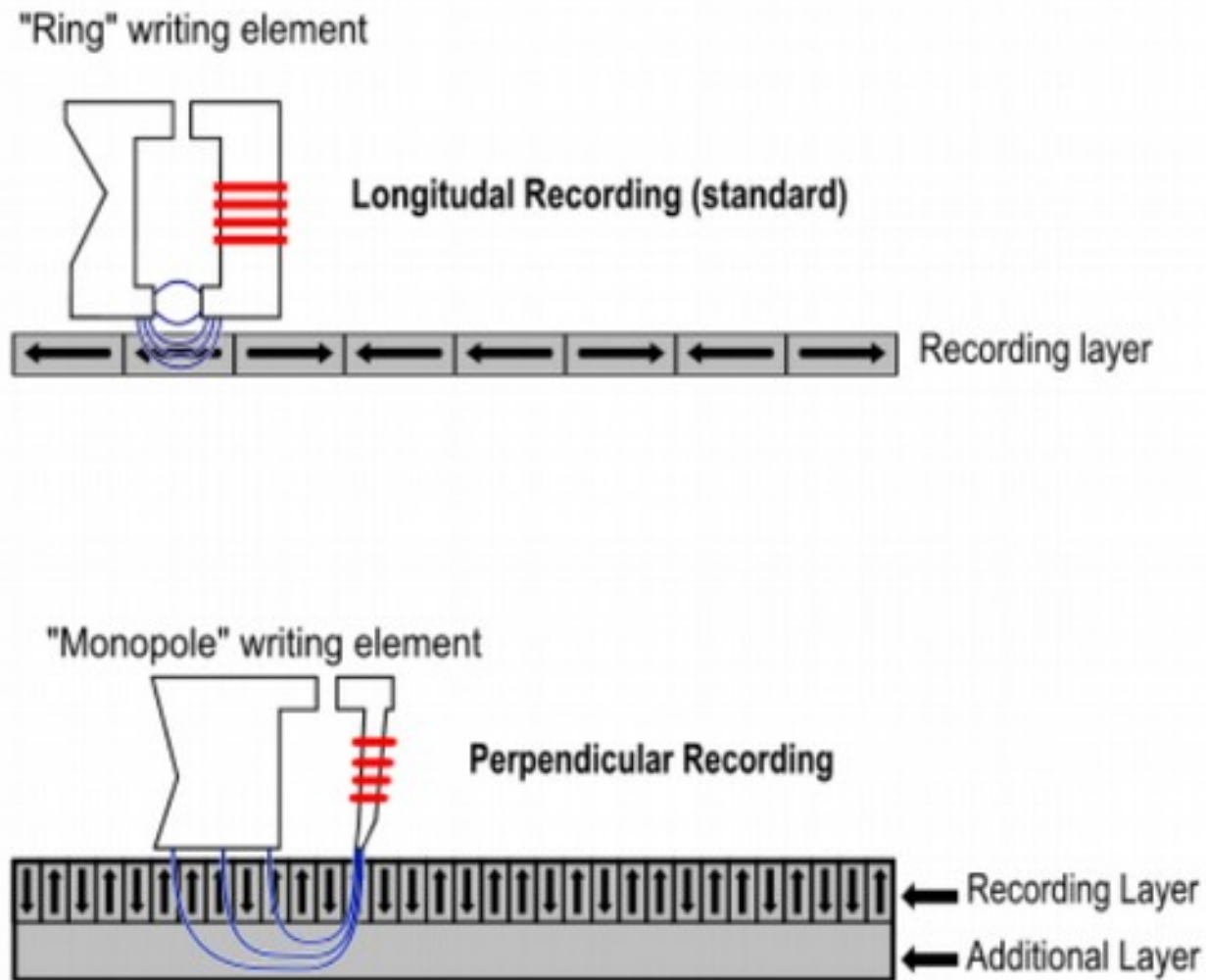
Zmenšovanie šírky prechodu medzi elementami s opačnou orientáciou magnetizácie
Superparamagnetismus - domény zložené s nanozložiek rádovo 3-50 nm.

Rok 2006: typická šírka stopy (magnetickej oblasti) 200-250 nm, zmena šírky na 25-30 nm (100Gb/inch^2)



Zmena smeru magnetizácie

z Longitudinal magnetic recording (**LMR**) na Perpendicular Magnetic Recording (**PMR**),



Typical Hard Disk Drive Parameters

Characteristics	Seagate Barracuda ES.2	Seagate Barracuda 7200.10	Seagate Barracuda 7200.9	Seagate	Hitachi Micro-drive
Application	High-capacity server	High-performance desktop	Entry-level desktop	Laptop	Handheld devices
Capacity	1 TB	750 GB	160 GB	120 GB	8 GB
Minimum track-to-track seek time	0.8 ms	0.3 ms	1.0 ms	—	1.0 ms
Average seek time	8.5 ms	3.6 ms	9.5 ms	12.5 ms	12 ms
Spindle speed	7200 rpm	7200 rpm	7200	5400 rpm	3600 rpm
Average rotational delay	4.16 ms	4.16 ms	4.17 ms	5.6 ms	8.33 ms
Maximum transfer rate	3 GB/s	300 MB/s	300 MB/s	150 MB/s	10 MB/s
Bytes per sector	512	512	512	512	512
Tracks per cylinder (number of platter surfaces)	8	8	2	8	2

Disk Performance Parameters

RAID

(Redundant Array of Independent Disks) / (Redundant Array of Inexpensive Disks)

Je to technológia využívajúca viacero diskov k tomu aby sa dosiahol väčší výkon a vyššia bezpečnosť uloženia dát. Viacero diskov zapojených vedľa seba nám umožňuje získať rôzne vlastnosti (odtiaľ **RAID x**). Niekedy chceme dosiahnuť

- len celkovú vyššiu kapacitu úložného priestoru.
- len tú istú informáciu uložiť na viacero samostatných miest.
- len zvýšiť rýchlosť ukladania a rýchlosť získania informácie.
- len zvýšenie spoľahlivosti (zabezpečenia) uložených dát. Chceme obnoviť dáta, aj V takom prípade, keď sa disk na ktorom sú uložené, sa zničí.
- niekedy chceme kombináciu vyššie spomenutých vlastností.

Prax sa dohodla na 7 základných spôsoboch zapojenia viacerých diskov:

$x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$ (existujú aj ich kombinácie a modifikácie)

Týchto 7 spôsobov zapojenia netreba chápať ako 7 úrovní (level). Je to dizajn, ktorý má nasledovné vlastnosti:

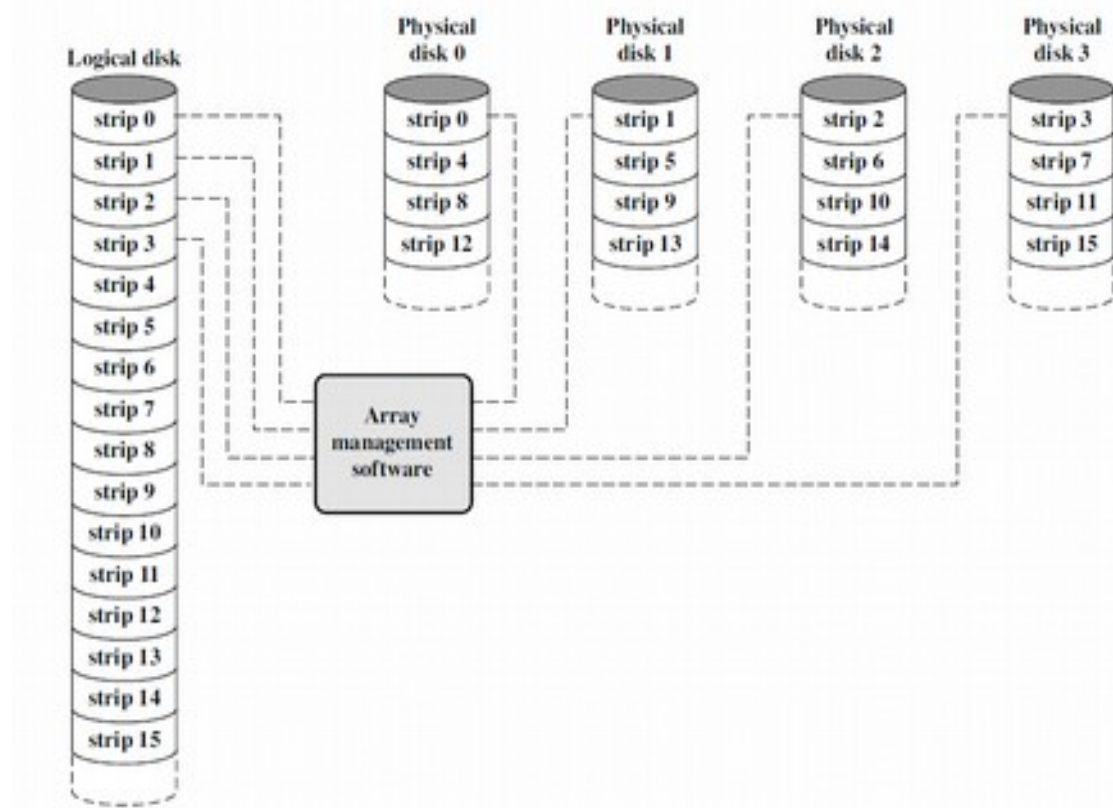
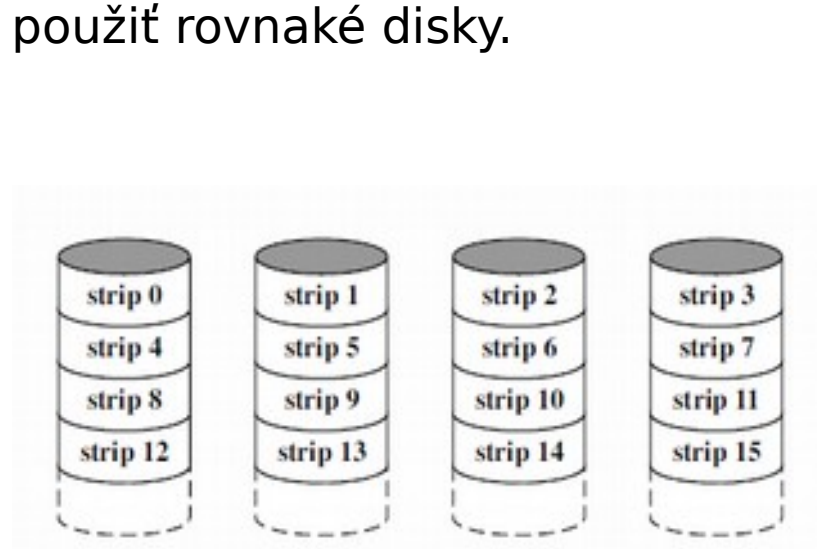
1. **RAID** je súbor fyzických diskov, ktoré sa javia OS ako jeden logický disk.
2. Dáta sú rozložené na jednotlivých diskoch za sebou (striping).
3. Redundantná disková kapacita je použitá na uloženie zabezpečovacej informácie, ktorá zaručuje obnoviteľnosť dát v prípade zlyhania disku.

Niektoré vlastnosti môžu mať pri rôznom **x** trochu iný význam, niekedy majú nulovú Váhu (Např. **RAID 0** a **RAID 1** nepodporujú tretiu vlastnosť).

RAID 0 (Nonredundant)

*Niekedy je tiež označená ako **RAID JBOD** („Just a Bunch Of Drives“ == „Iba hromada diskov“)*

Oficiálne by sem nemal patriť. Nezabezpečuje redundanciu. Týmto prístupom sa zvýši celková kapacita pri „priaznivých“ nákladoch. Význam sa prejaví, ak nás v prvom rade zaujíma **transfer rate** (prenosová rýchlosť). Ak informáciu zapisovanú na logický disk rozdelíme na bloky, sektory, (nejako), a zapisuje (čítame z) ich na rôzne fyzické disky, môžeme tieto operácie realizovať **paralelne** – zvýši sa prenosová rýchlosť. Výpadok čo i len jedného disku spôsobí stratu informácie ako takej a celej. Vlastnosti **RAID 0** sú dané najpomalším, najmenším diskom. To znamená, je vhodné použiť rovnaké disky.



RAID 1 – „mirroring“

Operačný systém „vidí“ niekoľko fyzických diskov ako jeden veľký logický disk. Je to iný spôsob zabezpečenia redundancie ako pri **RAID 2** až **6**. (Niečo sa z uloženej Informácie vypočíta a uloží). Pri **RAID 1** sa len informácia zrkadlí – jednoducho sa duplikuje.

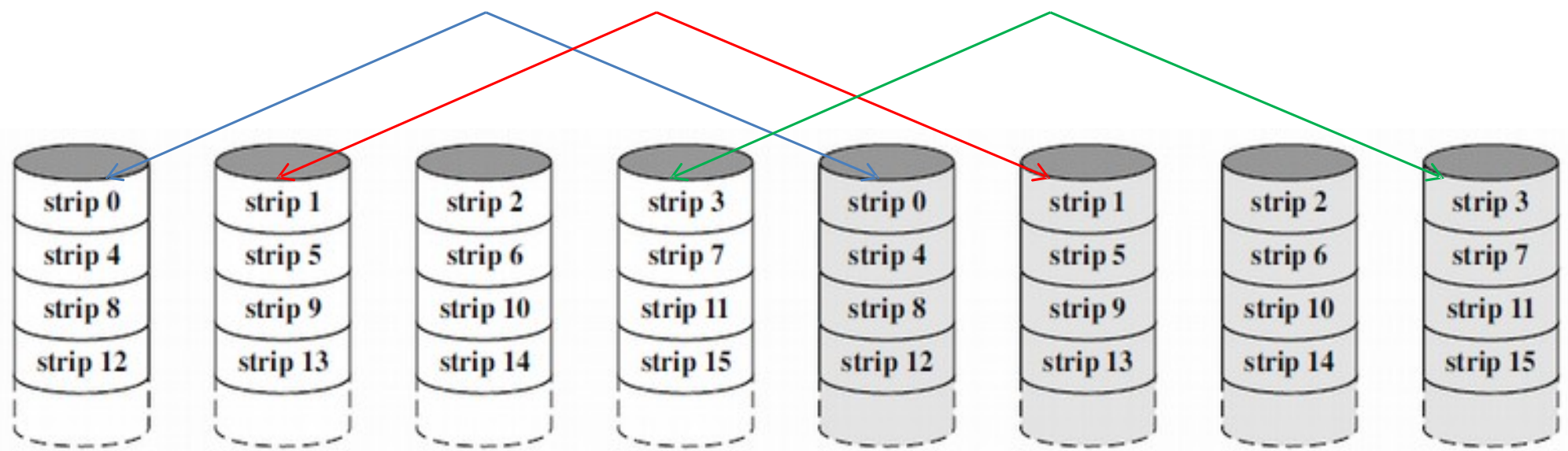
Nevýhoda – vysoké náklady.

Výhoda ľahko sa opravuje, vymieňa. Používa sa hlavne vo sfére bank, financií.

Celková **kapacita RAID 1** je daná najmenším diskom. Ak máme napr. dva 250 GB disky bude celková kapacita 250 GB (2. disk je vlastne kópiou prvého). To znamená, mali by sme použiť disky rovnakého typu a kapacity.

RAID 1 (Mirrored)

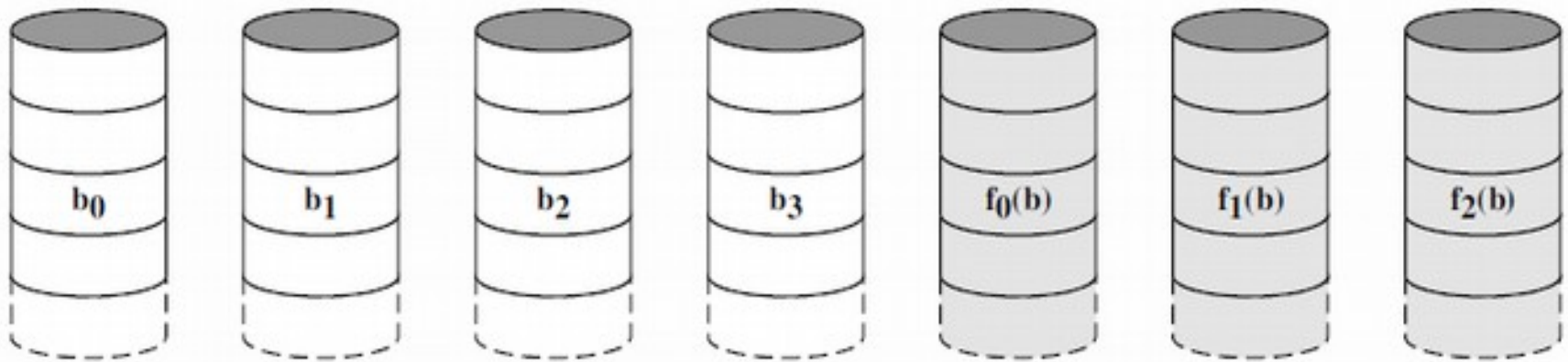
Tie isté dáta . . .



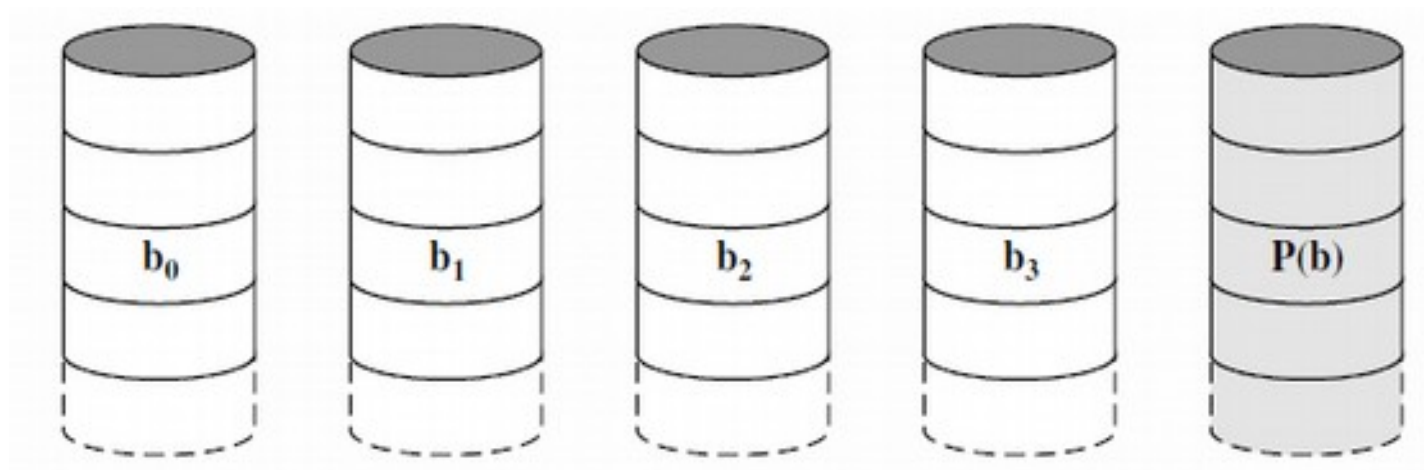
RAID 2, 3 dáta sú ukladané paralelne na jednotlivé disky, informácie sú rozdelené na veľmi, veľmi malé bloky (byte, slovo). Jednotlivé disky vykonávajú svoju činnosť synchronne (všetko je v tej istej polohe).

Pri **RAID 2** sa paritná informácia ukladá pre každý jeden blok na odpovedajúci paritný disk. Na zabezpečenie informácie sa používa ECC, napr. – Hamingov kód. Skratka ECC (**E**rror **C**orrection **C**ode) je -všeobecné označenie pre opravné kódy. Niekedy sa táto skratka uvádza ako ECC (**E**rror **C**hecking and **C**orrection).

RAID 2 sa v praxi nepoužíva.



RAID 3 využíva voči **RAID 2** len jeden disk na viac. (Mini) Informácie, ktoré sú uložené na rovnakom mieste na rôznych diskoch majú len jeden spoločný paritný disk. Pre každý bit na rovnakej pozícii (v bajte) vypočítaná parita (XOR - exclusive OR) a uložené na "paritný disk".

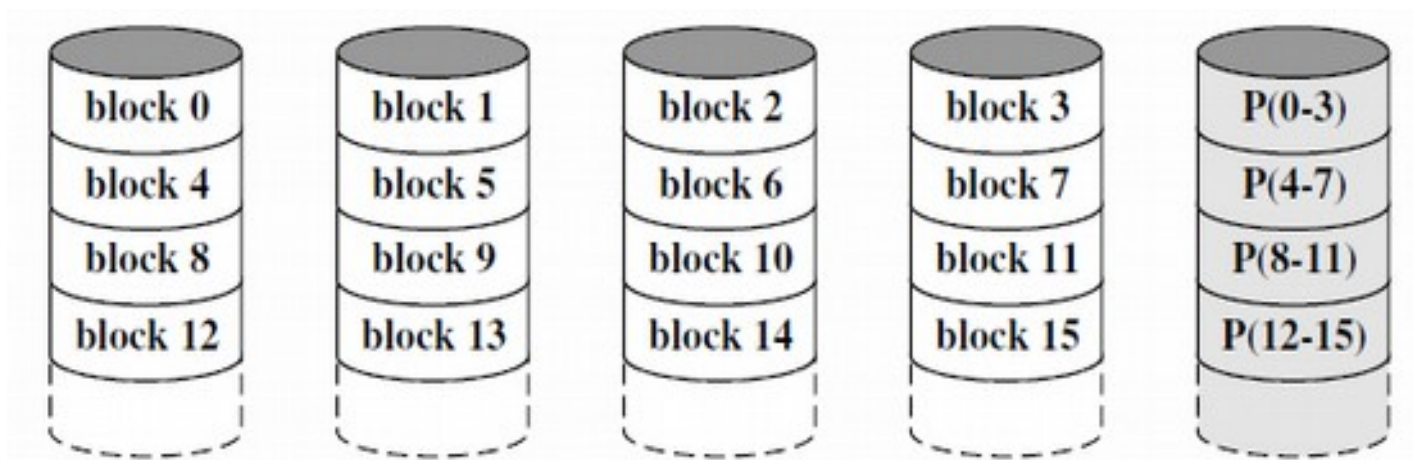


RAID 4 (až 6) – nezávislý prístup k jednotlivým diskom.

RAID 4 – jednotlivé bloky sú väčšie ako pri **RAID 3**.

paritná informácia si vypočíta pre niekoľko blokov na rôznych diskov a uloží sa do bloku na samostatnom disku.

RAID 4 (Block-level parity)

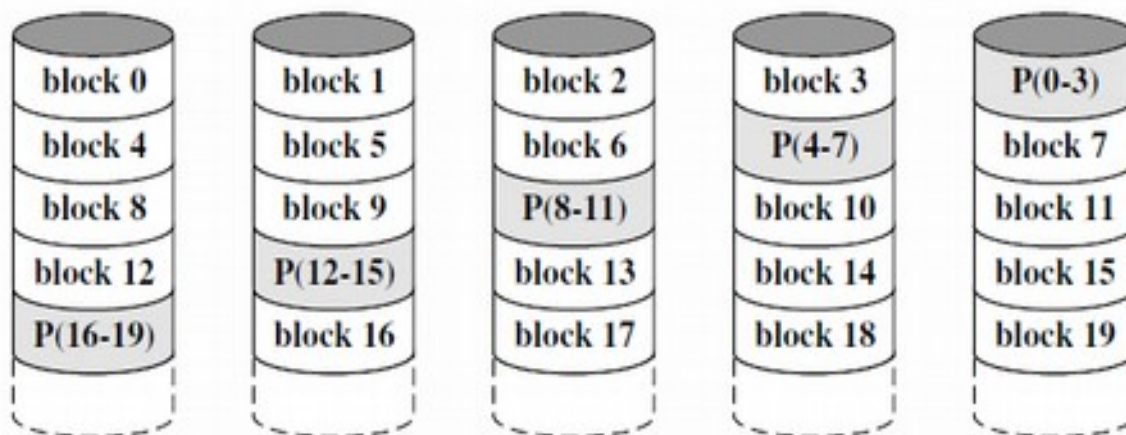


RAID 5 - Viac menej to iste ako RAID 4, len informácia o paritnom bloku sa ukladá cyklicky na jednotlivé disky. Spôsob použitia paritnej inform. je zrejmý z príkladu:

$\text{Parita} = \text{Strip1} \text{ xor } \text{Strip2} \text{ xor } \text{Strip3} \text{ xor } \text{Strip4}$

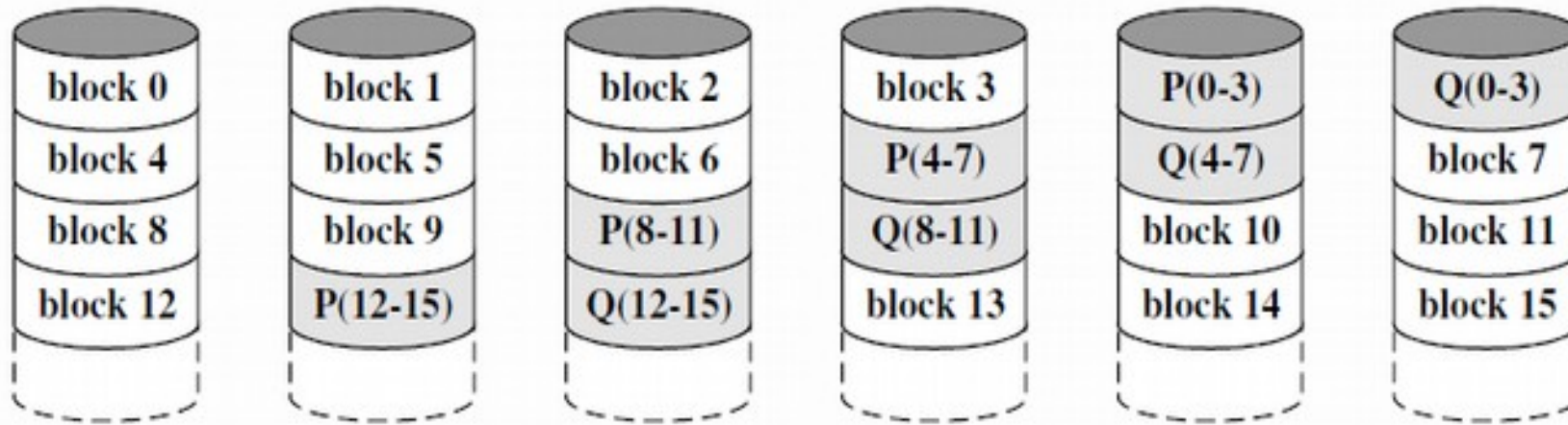
potom napr.

$\text{Strip1} = \text{Parita} \text{ xor } \text{Strip2} \text{ xor } \text{Strip3} \text{ xor } \text{Strip4}$



RAID 5 (Block-level distributed parity)

RAID 6 – Niečo podobné ako **RAID 5**, ale vypočítajú sa dve paritné informácie.



Ako sme už spomenuli, časom sa vyvinuli napr.

RAID 10: Tento typ sa vyznačuje veľmi vysokou spoľahlivosťou, ktorá je kombinovaná s vysokým výkonom.

Porovnanie úrovní RAID

Category	Level	Description	Disks Required	Data Availability	Large I/O Data Transfer Capacity	Small I/O Request Rate
Striping	0	Nonredundant	N	Lower than single disk	Very high	Very high for both read and write
Mirroring	1	Mirrored	$2N$	Higher than RAID 2, 3, 4, or 5; lower than RAID 6	Higher than single disk for read; similar to single disk for write	Up to twice that of a single disk for read; similar to single disk for write
Parallel access	2	Redundant via Hamming code	$N + m$	Much higher than single disk; comparable to RAID 3, 4, or 5	Highest of all listed alternatives	Approximately twice that of a single disk
	3	Bit-interleaved parity	$N + 1$	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 4, or 5	Highest of all listed alternatives	Approximately twice that of a single disk
Independent access	4	Block-interleaved parity	$N + 1$	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3, or 5	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write
	5	Block-interleaved distributed parity	$N + 1$	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3, or 4	Similar to RAID 0 for read; lower than single disk for write	Similar to RAID 0 for read; generally lower than single disk for write
	6	Block-interleaved dual distributed parity	$N + 2$	Highest of all listed alternatives	Similar to RAID 0 for read; lower than RAID 5 for write	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than RAID 5 for write

N = number of data disks; m proportional to $\log N$

Elektronické pamäte

Solid-State Drive (SSD) (solid-state disk, electronic disk)

SSD disky –technológia (ukladania informácií) je známa už 10-ky rokov.

Sú to vlastne Flash pamäťové moduly. Nové je to, že niekoľko FLASH pamätí je prepojených do jedného celku. Navonok správa ako klasický HD.

SSD disky nepoužívajú žiadne pohyblivé mechanické časti. Toto je podstatný rozdiel od tradičných magnetických diskov, ako sú pevné disky (HDD) alebo diskety, ktoré sú elektromechanické zariadenia obsahujúce otáčajúce sa platne, nad ktorými sa pohybujú zapisovacie/čítacie hlavy.

SSD disky sú zvyčajne menej náchylné k fyzickému šoku, sú oveľa tichšie, a majú nižší prístupový čas a latencie ako klasické HD.

Aj napriek tomu, že ich cena neustále klesá, je stále rádovo vyššia v porovnaní s HDD. Súčasne vyrábané **SSD** disky možno rozdeliť do dvoch základných skupín:

- **SSD NAND** flash disky. Udržia informácia bez napájania.
- Aplikácie, ktoré vyžadujú na jednej strane rýchly prístup a na strane druhej ich vieme „nejak“ napájať sú vyrobené z „random-access memory,, (RAM).

Základným problémom SSD diskov je:

- koľko krát môžeme dané pamäťové miesto prepísať.
- stav pamätevej bunky pred zápisom informácie.

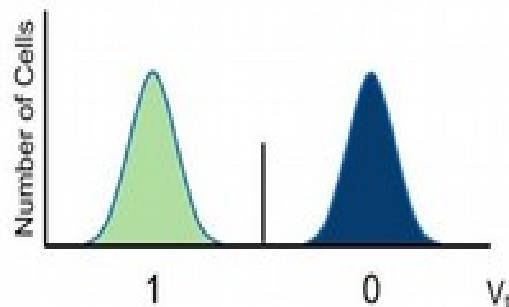
SLC Flash pamäte (Single - Level Cells)

Flash pamäť uchováva dáta v jednotlivých pamäťových bunkách. Tieto bunky sú realizované pomocou tranzistorov. Dáta sú v bunke uložené ako elektrický náboj. Tradične mala každá bunka dva možné stavy – jedno bitovú informáciu. Podľa úrovne napätia vedia riadiace obvody bunky priradiť logickú informáciu. Bunky tohto typu sú označované ako **Single-Level Cells**.

Pamäte vyrobené touto technológiou sa nazývajú **SLC** Flash pamäte.

Výhodou **SLC** pamätí je: vyššia rýchlosť zápisu, nižšiu spotrebu energie a vyššia stálosť uloženej informácie v bunke.

Nevýhoda **SCL** pamäti je: vyššia cena za uložený bit informácie.



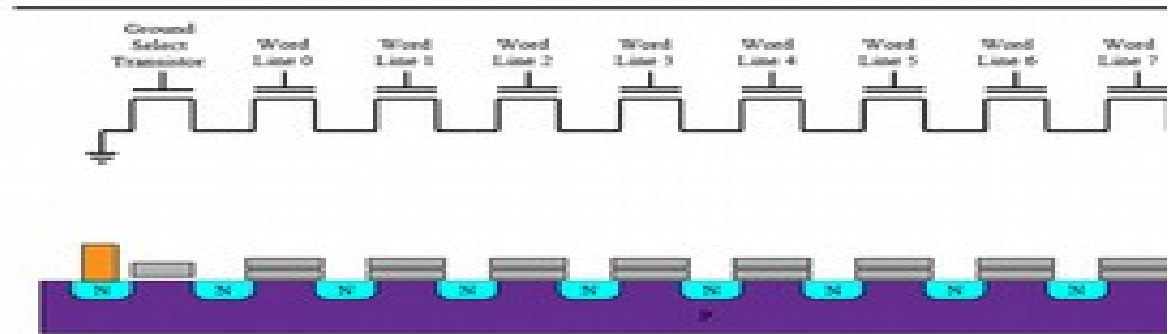
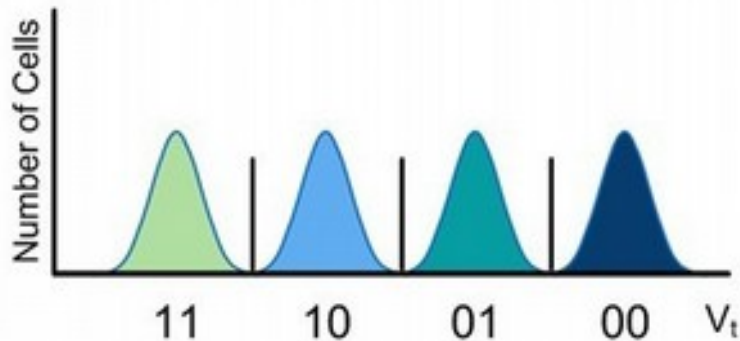
MLC Flash pamäte (Multi - Level Cells)

Umožňujú, napr. pomocou 4 úrovní napätia uložiť informáciu odpovedajúcu dvom bitom.

Plusom tejto technológie je – znižujeme počet tranzistorov. Hustota uložených dát je vyššia. Hlavným prínosom MLC flash pamätí sú ich nižšie náklady na jeden uložený bit informácie.

Mínusom je vyššia chybovosť uloženej informácie. Vyrábajú sa pamäte, ktoré majú zabudovaný algoritmus umožňujúci opraviť chyby vo viacerých bitoch.

Ďalšou nevýhodou MLC NAND je nižšia rýchlosť pri zápise, menší počet mazacích cyklov ako pri SLC flash pamätiach, ako aj vyššia spotreba energie v porovnaní s SLC flash pamäťami.



Flash pamäte v SSD a pamäťových kartách

**Nová studie: SSD více likviduje čas než používání,
SLC a MLC vydrží stejně 1. 3. 2016**

<http://diit.cz/clanek/nova-studie-ssd-vice-likviduje-cas-nez-pouzivani-slc-mlc-vydrzi-stejne>

Nová studie životnosti SSD týkající se datových center ukazuje, že mezi SLC a MLC SSD není až takový rozdíl a že než kolik mají SSD „nalítáno“, je důležitější, kolik doby uběhlo od chvíle, kdy NAND flash čipy opustily výrobní linku.

Zhruba 30 až 80 % SSD má alespoň 1 vadný blok, u zhruba 2-7 % SSD selže alespoň 1 NAND flash čip během čtyř let od nasazení.

(% chzbovosti závisí na výrobcovi a cene)

Seagate má nejrychlejší SSD na světě: 10 GB/s

11.3.2016

<http://diit.cz/clanek/seagate-ma-nejrychlejsi-ssd-na-svete>

OPTICAL MEMORY

CD

Compact Disk. A nonerasable disk that stores digitized audio information. The standard system uses 12-cm disks and can record more than 60 minutes of uninterrupted playing time.

CD-ROM

Compact Disk Read-Only Memory. A nonerasable disk used for storing computer data. The standard system uses 12-cm disks and can hold more than 650 Mbytes.

CD-R

CD Recordable. Similar to a CD-ROM. The user can write to the disk only once.

CD-RW

CD Rewritable. Similar to a CD-ROM. The user can erase and rewrite to the disk multiple times.

DVD

Digital Versatile Disk. A technology for producing digitized, compressed representation of video information, as well as large volumes of other digital data. Both 8 and 12 cm diameters are used, with a double-sided capacity of up to 17 Gbytes. The basic DVD is read-only (DVD-ROM).

DVD-R

DVD Recordable. Similar to a DVD-ROM. The user can write to the disk only once. Only one-sided disks can be used.

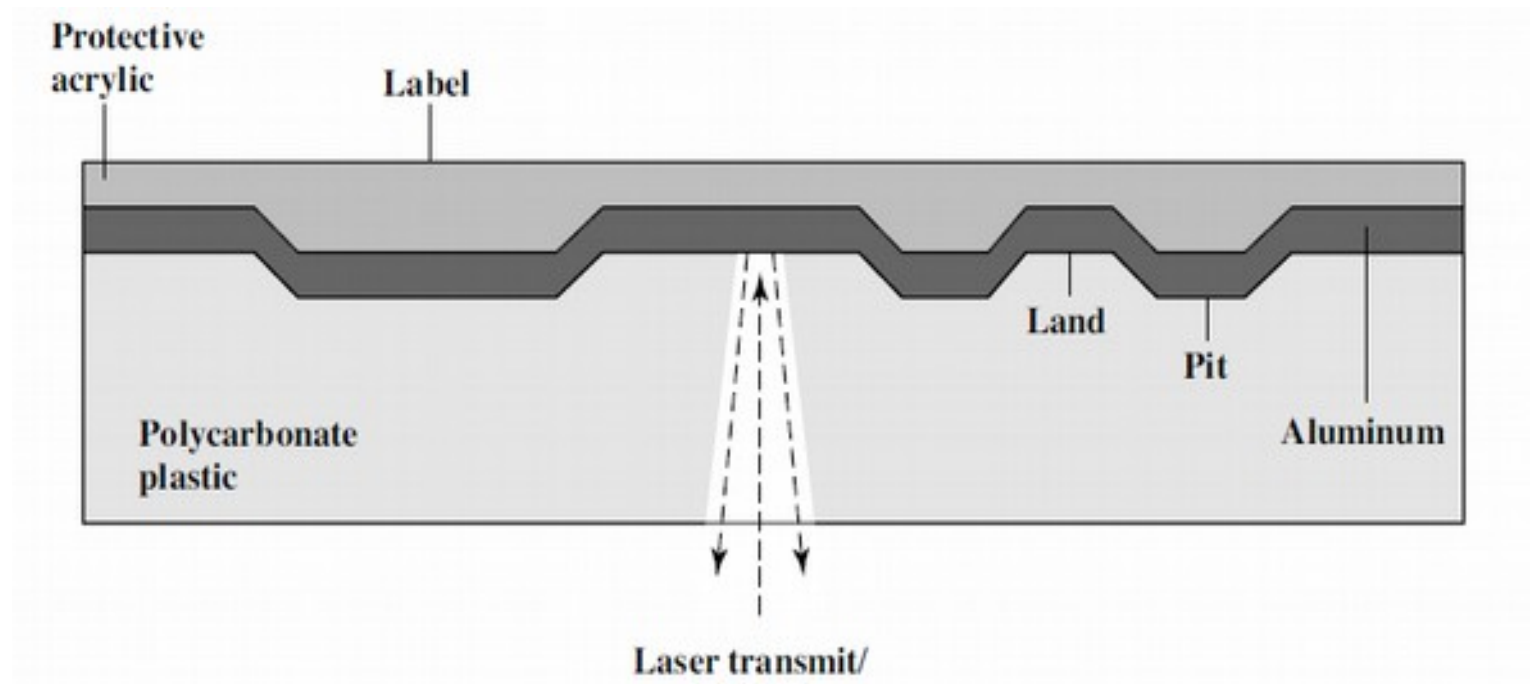
DVD-RW

DVD Rewritable. Similar to a DVD-ROM. The user can erase and rewrite to the disk multiple times. Only one-sided disks can be used.

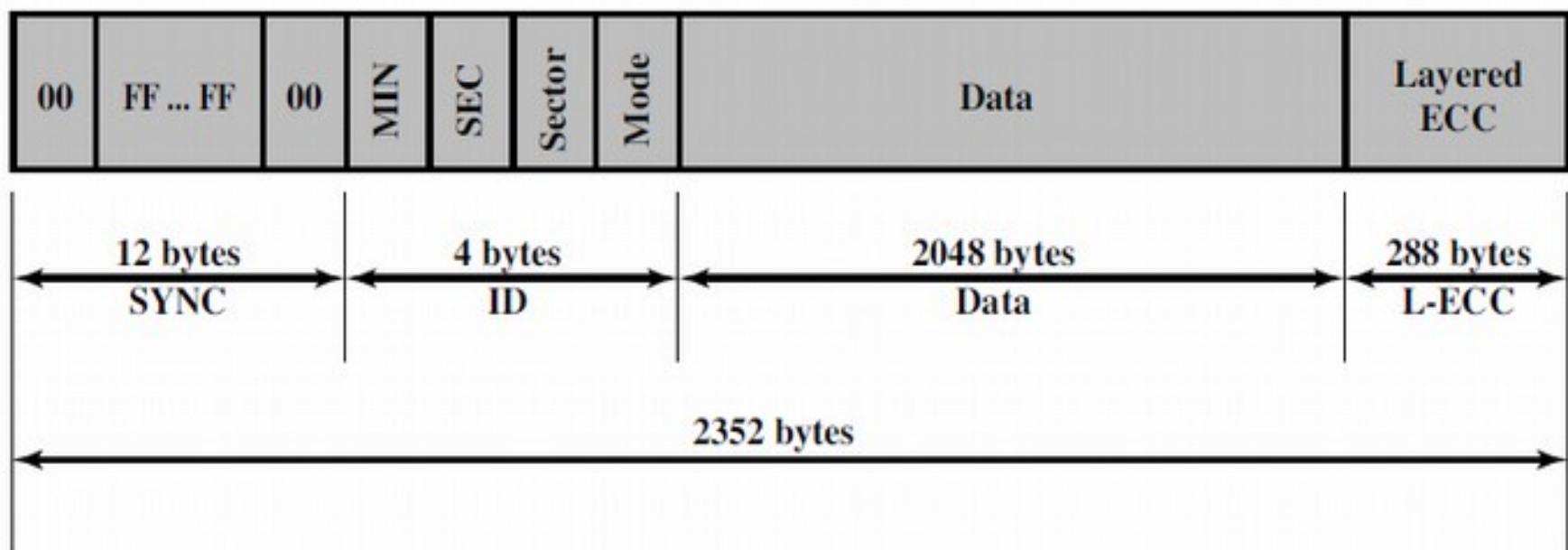
Blu-Ray DVD

High definition video disk. Provides considerably greater data storage density than DVD, using a 405-nm (blue-violet) laser. A single layer on a single side can store 25 Gbytes.

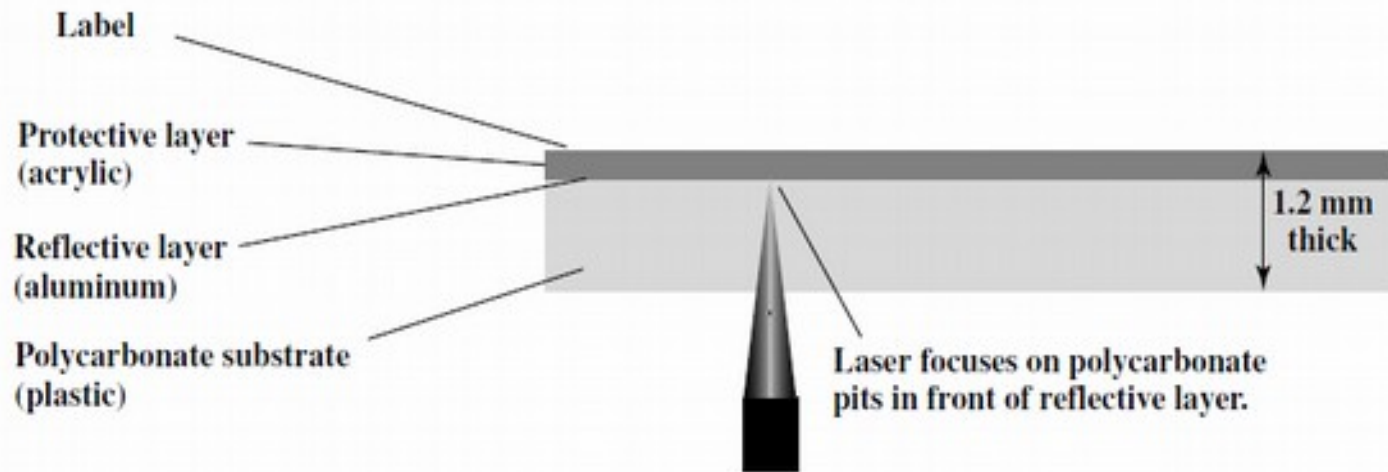
Compact Disk (CD-ROM)



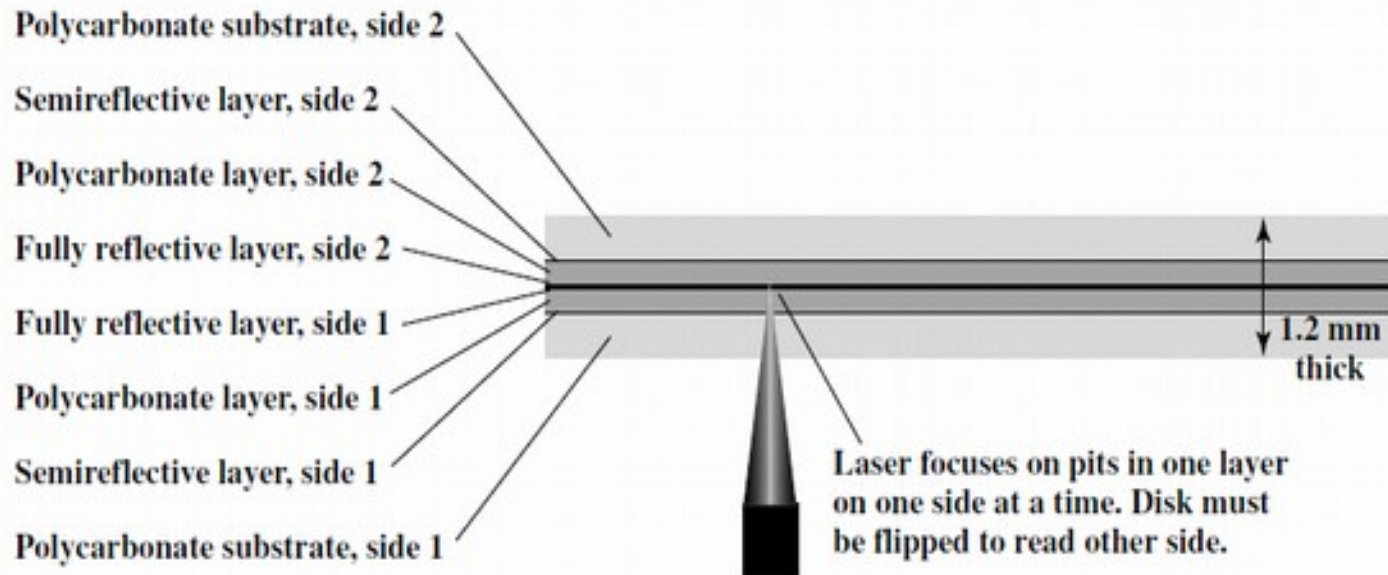
CD-ROM Block Format



DVD - Digital Versatile Disk



(a) CD-ROM—Capacity 682 MB



(b) DVD-ROM, double-sided, dual-layer—Capacity 17 GB

High-Definition Optical Disks

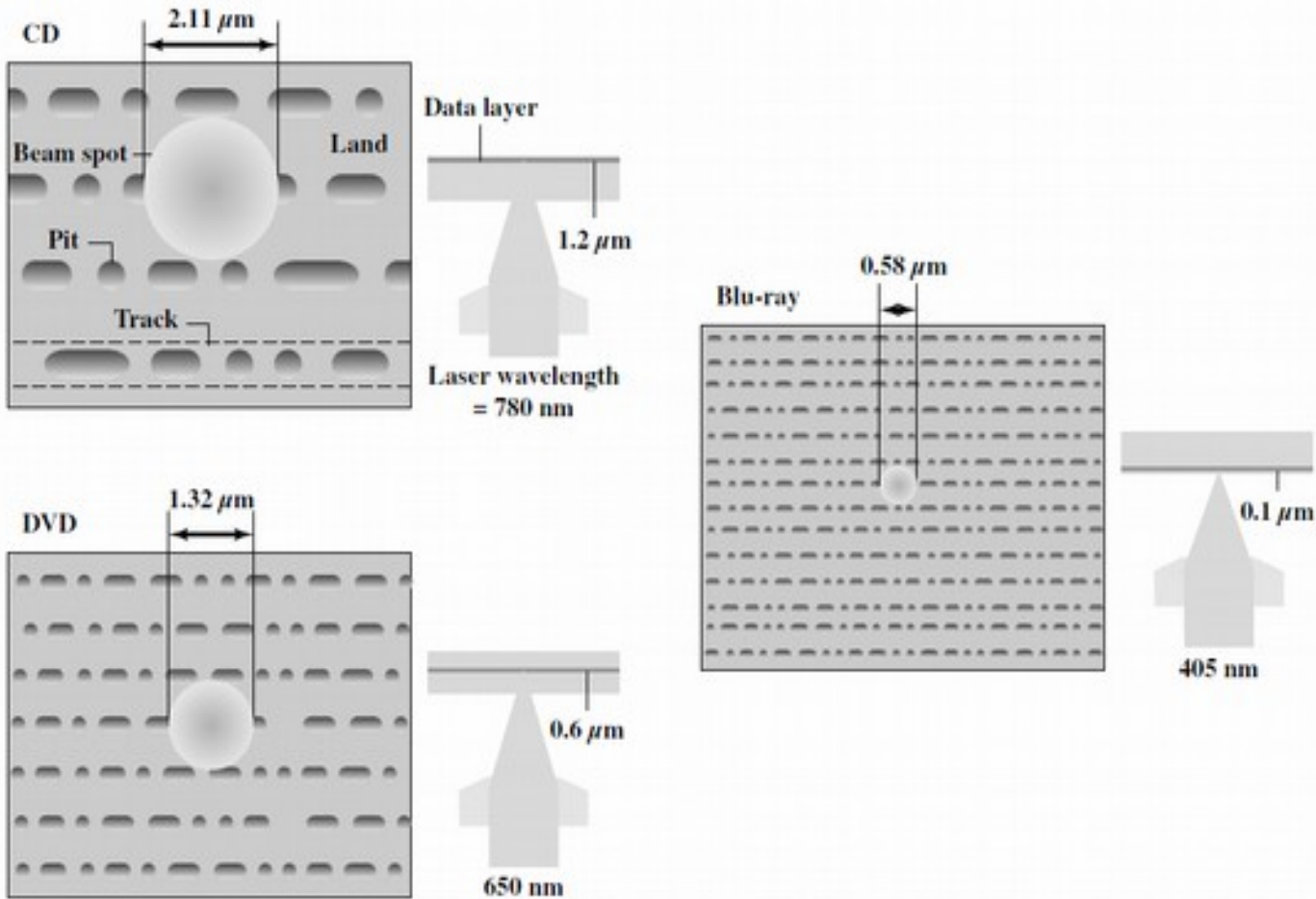


Figure 6.13 Optical Memory Characteristics

Literatúra:

- [1] Valášek, P. Loskot R.: Polovodičové pameti, BEN 1998
- [2] Messmer H.-P Dembowski, K.: velká kniha HARDWARE architektura, funkce, programování, CP books, Brno 2005
- [3] Stallings, W.: Computer Organization and Architecture
Designing for Performance, Eighth Edition