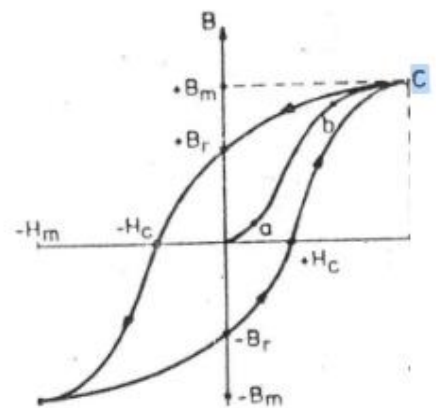


# Fyzická struktura pevných disků, charakteristiky a technologie

- Princip magnetického záznamu a čtení dat, základní pojmy a charakteristiky HDD
- Geometrie HDD – stopa, sektor, cylindr
- Vystavovací mechanismy, teplotní kalibrace
- Přístupová doba, kódování, prekompenzace, ZBR, MTBF, SMART
- Technologie SMR, HAMR, MAMR

## Charakteristika HDD

- PC zařízení, které slouží k ukládání dat
- Data se uchovávají pomocí magnetické indukce
- Výhody jsou nízká cena a velká kapacita disků
- Nevýhoda je snadné poškození a pomalejší přístup k datům



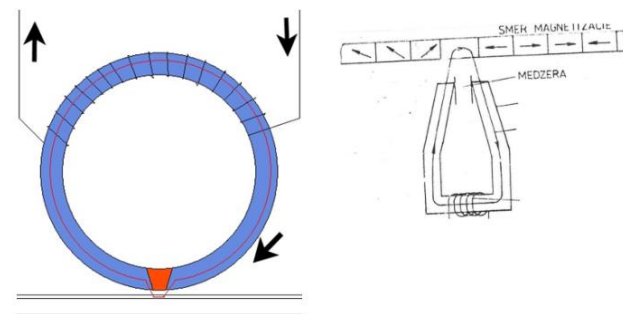
## Princip magnetického záznamu a čtení dat

- Povrch ploten je z magnetického materiálu – většinou oxid železa
- Samotný disk je z nemagnetického materiálu – sklo, keramika nebo hliník
- Magnetické domény na povrchu mají různou orientaci, tyto orientace se mění pomocí přivedení proudu do cívky v hlavě -> zápis dat
- Magnetické záznamy na vrstvě disku vyvolají na cívce hlavy indukci, vznikne proud -> čtení dat

*Hysterezní smyčka magnetizace feromagnetického materiálu*

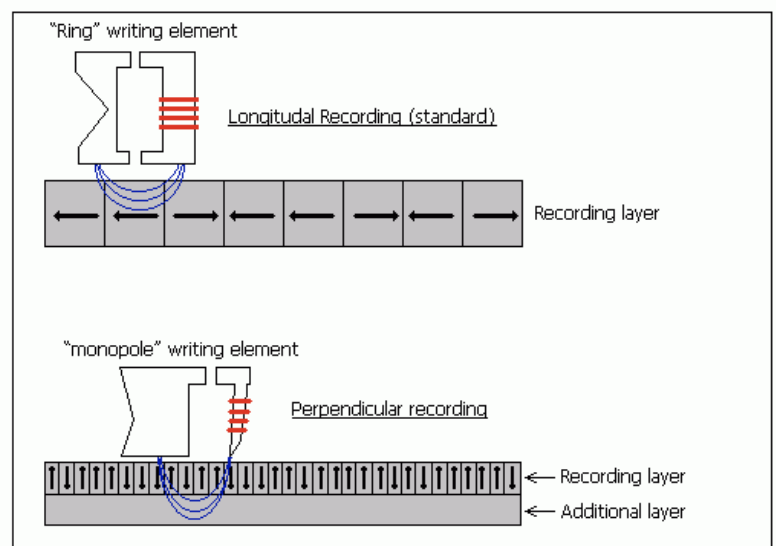
### LMR – Podélný zápis

- Bity jsou zapisovány vodorovně vzhledem k plotně disku
- Jednotlivé náboje se ale ovlivňují a integrují, dochází ke ztrátě informací
- Magnetická pole (bity) musí být uloženy dál od sebe



### PMR – Kolmý zápis

- Pod magnetickou vrstvou je umístěna stabilizační vrstva, která způsobuje, že magnetické pole prochází magnetickou vrstvou kolmo
- K podobnému účelu slouží i asymetrická hlavička – směřuje pole víc do hloubky než do šířky
- Možno dosáhnout až pětinasobné hustoty zápisu



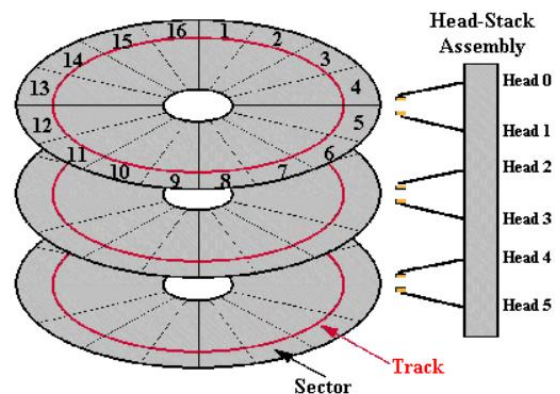
## Základní pojmy

- Hustota zápisu = počet bitů umístěných na jednotce plochy ( $\text{bit}/\text{in}^2$ )
- Záznamová vrstva = Feromagnetický materiál, jsou v ní uložena data
- Parkování hlaviček = hlavička vyjede mimo plotnu a pomalu se snese na povrch
- Vzduchový polštář = tenká vrstva vzduchu (duh) mezi hlavou a plotnou
- Počet otáček za minutu (RPM)
  - PC -> 4200, 5400 a 7200
  - Servery -> 10000, 15000
- Fyzické formátování (Low Level Format) = formátování prováděné výrobcem pevného disku

## Geometrie HDD

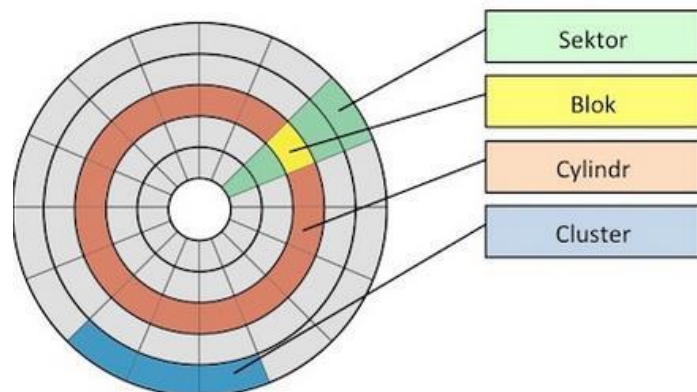
### Stopy

- Soustředěná kružnice na povrchu plotny sloužící k záznamu dat
- Současné pevné disky používají stopy s šířkou 50 až 30nm, přičemž limitem perpendikulární technologie je 25nm
- Číslování je od 0 od vnějšího obvodu



### Sektor

- Kruhová výseč jedné stopy
- Nejmenší možný adresovatelný prostor
- Skládá se
  - Identifikační část – adresa sektory CHS
  - 512B data
  - CRC – zabezpečení dat



### Cylindr

- Tvoří ho stopy se stejným průměrem na jednotlivých površích ploten nacházející se v zákrytu za sebou

## Vystavovací mechanismy

- Je to „strojek“ zajišťující pohyb hlavičky nad povrchem disku
- Historie:
  - krokový motorek – ozubené kolečko – ozubený hřeben
  - Kovový pásek – krokový motorek
- Současnost:
  - Vystavovací cívka – silové působení na cívku v magnetickém poli

## Teplotní kalibrace – TCAL

- Během provozu se pevný disk neustále zahřívá, tím může dojít k mírným změnám v umístění hlaviček nad příslušnými stopami, které mohou měnit teplotou své vlastnosti (roztahují se)
- Z tohoto důvodu se musí kontrolovat poloha hlaviček a musí být prováděna kalibrace (oprava polohy hlaviček nad stopou)
- Na moderních discích se kalibrace provádí za chodu

## Přístupová doba

- Doba, za kterou je disk schopen pracovat s data
- Skládá se ze tří dob:
  - Vystavovací doba – doba, než se hlavička dostane nad správnou pozici
  - Rotační čekací doba – doba, než se plotna otočí na správnou pozici
  - Přepnutí na jednotlivou hlavičku – řádově nanosekundy
- Průměrná přístupová doba je v jednotkách milisekund
- Nejdéle se čeká na mechanické části disku

## Prokládání

- rychlost otáčení pevného disku je poměrně vysoká, proto se může stát, že poté, co je přečten (zapsán) jeden sektor a data jsou předána dále, dojde k pootočení disku, takže se hlavičky nenacházejí nad následujícím sektorem, ale až nad některým z dalších sektorů
- muselo by se tedy čekat, než budou hlavy nad požadovaným sektorem a po provedení dalšího čtení (zápisu) by se situace znovu opakovala
- tento způsob by velmi zpomaloval práci pevného disku
- řešením je faktor prokládání pevného disku
- data nejsou zapisována (a posléze čtena) do sektorů hned za sebou, ale jsou vždy zapsána během jedné otáčky disku do každého  $n$ -tého sektoru
- faktor prokládání  $1:n$ , kde číslo  $n$  je voleno tak, aby po přečtení a zpracování dat z jednoho sektoru, byla hlavička nad dalším požadovaným sektorem

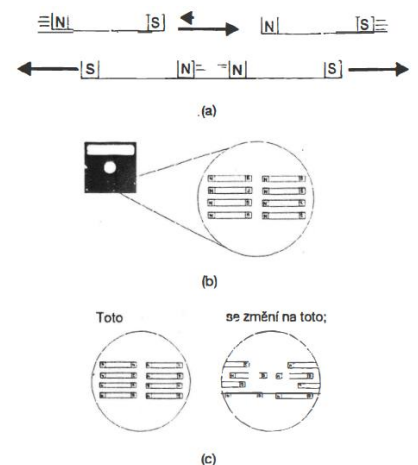
## Kódování

- Určuje konkrétní způsob uložení magnetických reverzací (z kladného na záporný, nebo ze záporného na kladný)
- Každá taková změna se při čtení projevuje jako impuls
- K reprezentaci dat se tedy používá přítomnosti nebo nepřítomnosti impulsu (mezera)
- teoreticky by mohla být „0“ zaznamenána pouze jako mezera, ale v praxi by nastal problém při větším počtu nul, kdy by řadič mohl ztratit synchronizaci, a tudíž by nebylo jasné, kolik nul (mezer) bylo doopravdy přečteno
  - tento problém řeší kódování dat
  - FM = frekvenční modulace – 0 se kóduje jako jeden impuls a 1 jako 2 impulsy
    - Zabírá mnoho místa, tímto se na disk vleze podstatně méně dat
  - MFM = modifikovaná FM – Snaha o zmenšení počtu impulsů – 0 se kóduje jako jeden impuls na konci okna, pokud je následován nulou a 1 se kóduje jako 1 impuls uprostřed okna. Asi o 20% úspornější
  - RLL modulace – Jednotlivé vzorky a jejich zakódování jsou voleny tak, aby mezi impulsy byly minimálně 2 a maximálně 7 mezer. Asi o 50% úspornější.
  - PRML, extended PRML, Extended Partial Response



## Prekompenzace

- Úmyslné ukládání bitů tak, aby se vzájemným působením srovnaly do správné polohy
- Potřeba hlavě ve vnitřních kružnicích



## ZBR – Zone Bit Recording

- Plotna je rozdělena na zóny, jedna zóna obsahuje více sektorů
- Náhrada zavržené prekompenzace
- Na delších stopách (kraj disků) je více zón, než na vnitřních stopách
- Všechny zóny jsou stejně velké

## MTBF – Mean Time Before Failures

- Střední doba mezi poruchami
- Jak dlouho by měl disk vydržet (ne vždy je to pravda)

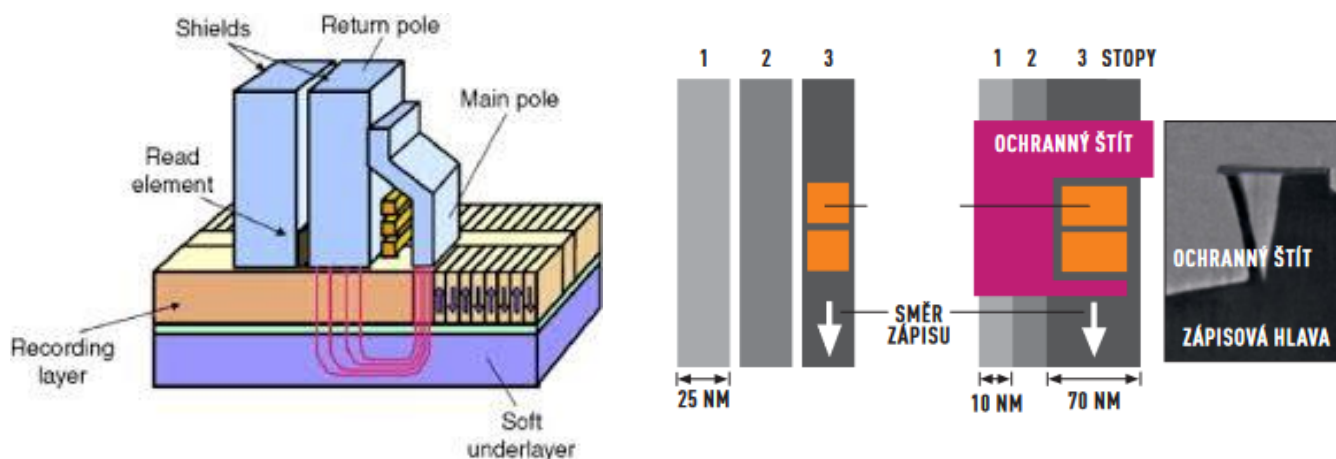
# SMART – Self Monitoring Analysis and Reporting Technology

- Monitorovací systém pro pevné disky
- Správce disku může předvídat selhání a provést zálohu
- Při detekci kritických hodnot dojde k odeslání varování operačnímu systému
- Předvídatelné chyby:
  - Mezní výška hlaviček nad záznamovou vrstvou
  - Počet vadných sektorů
  - Čas potřebný k roztočení ploten
  - Teplota disku
- Nepředvídatelné chyby:
  - Náhlá změna napětí
  - Mechanické poškození
  - Vliv cizího magnetického pole

## Technologie

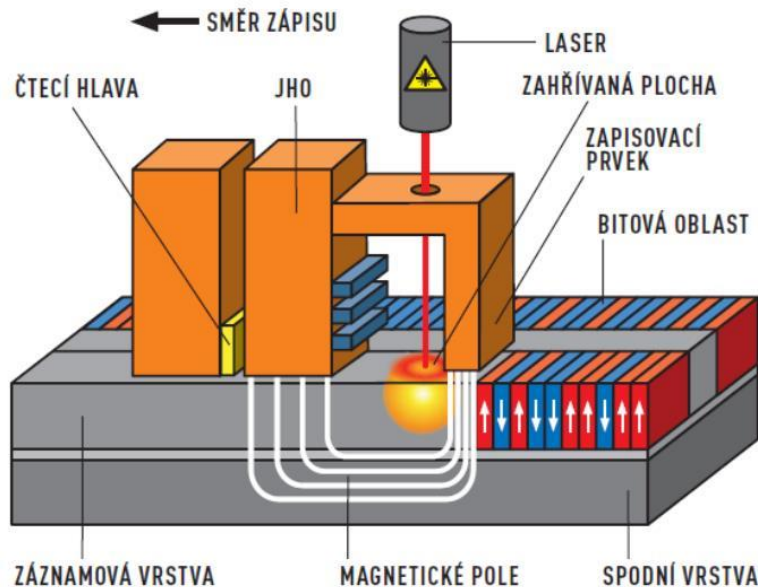
### SMR – Shingled Magnetic Recording

- Diskové hlavy zapisují pomocí silného magnetického pole do mírně se překrývajících magnetických stop
  - Pro ztenčení zápisu, podobně jako u kolmého zápisu



## HAMR – Heat Assisted Magnetic Recording

- Používá laser pro zahřátí disku před zápisem, což ho dělá mnohem vnímavějším k magnetickým efektům a umožňuje zápis na mnohem menších oblastech
- Disk musí mít speciální vrstvu materiálu pro zápis, která je citlivá na teplo



## MAMR – Microwave Assisted Magnetic Recording

- Využívá mikrovln pro dosažení stejného výsledku jako HAMR, ale místo laseru používá mikrovlny

