

# **CHARAKTERISTIKY PEVNÉHO DISKU A JEHO ŘADIČE**

## Mechanické provedení pevného disku

- Rovnocennost pojmů: pevné disky - hard disky - disky typu Winchester
- Hlavní mechanické díly:  
záznamové vrstvy (disky)  
čtecí/zápisové hlavy  
vystavovací mechanismus - rameno, pohon
- Velikost disku: 5,25", 3,5", 2,5", nyní i 1"
- Geometrie: válce, záznamové vrstvy (hlavy), stopy a sektory, sektor = 512B (nyní i 4 kB)
- Pevné disky v PC: zásadní změna geometrie ve srovnání s pružným diskem: více záznamových vrstev, více sektorů, více stop, stejná kapacita sektoru - 512B (nyní i 4 kB)

## Vlastnosti a parametry disku a řadiče

- počet cylindrů / válců (C), hlav (H), sektorů (S) na stopě (CHS)
- pohon pohybu hlavy - krokovací motorek nebo lineární motor
- rychlost vystavení diskové mechaniky
- rysy jako prekompenzace zápisu a redukovaný záznamový proud (dnes již není, je nahrazeno jinými technikami)
- rozhraní mezi diskem a řadičem
- způsob (metoda) záznamu
- faktor prokládání (dnes se již neuplatňuje)

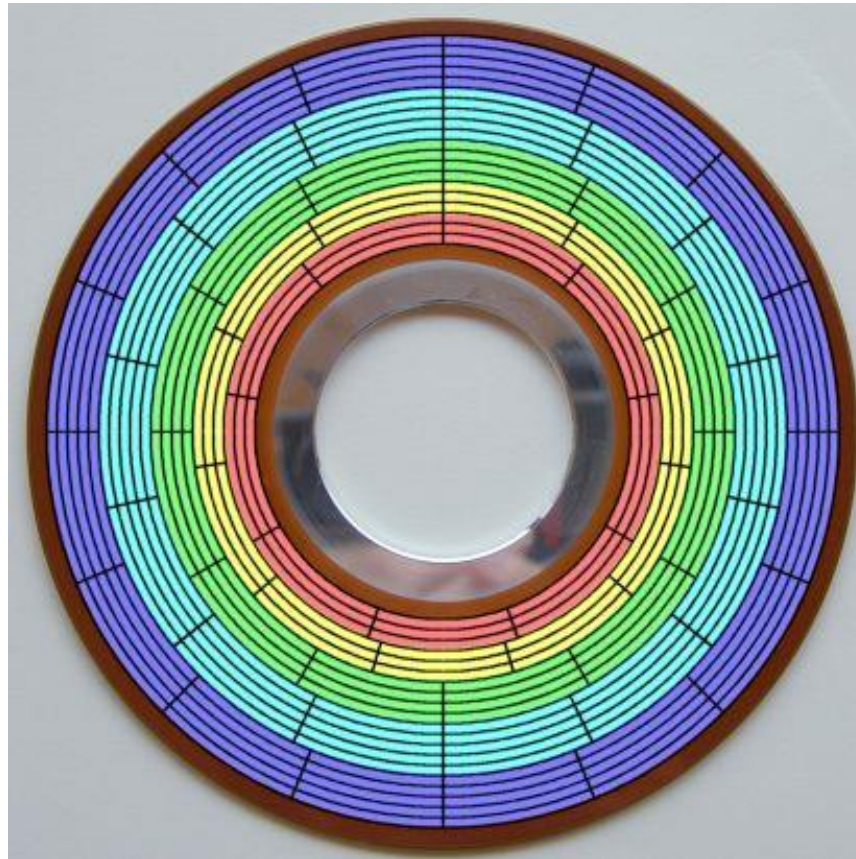
# Prekompenzace zápisu (Write Precompensation – WP)

- Využívalo se v dřívějších verzích diskových pamětí – dnes neaktuální.
- Na všech stopách byl stejný počet sektorů (17) => hustota záznamu byla na vnitřních stopách vyšší než na stopách vnějších.
- Prekompenzace zápisu – je to ochrana proti „vniknutí“ bitů do sebe na mg. vrstvě (jejich vzájemnému ovlivnění), čímž by se mohla informace narušit nebo se stát nečitelnou. Vychází z toho, že radič počítá s pohybem dipólů (zmagnetovaných oblastí) a posouvá proto zapisované impulsy proti směru předpokládaných přitažlivých sil. Toto se děje na vnitřních stopách.
- Pozůstatek v BIOSu:  
WPcom – válec, od něhož se dělá prekompenzace zápisu (směrem k vnitřnímu válci).  
Nastavuje se na hodnotu 0, 1 nebo 65 535 – všechny hodnoty znamenají, že se **prekompenzace na tomto disku nedělá – stav dnes.**

## Redukovaný záznamový proud (Reduced Write Current - RWC)

- Vyšší podélná hustota záznamu (vnitřní stopy) => odezvy od změn magnetizace se navzájem přibližují => deformace čteného signálu.
- Záznamový proud je na vnitřních stopách redukován tak, aby se dopad tohoto negativního jevu zmírnil.
- Stav dnes: tento problém je řešen cestou **Zoned Bit Recording** - na skupinách stop jsou rozdílné počty sektorů:
  - vnější stopy – více sektorů
  - vnitřní stopy – méně sektorů

## Zoned Bit Recording



Plocha disku je rozdělena na zóny, v zóně je stejný počet sektorů, odlišný od počtu sektorů v jiné zóně, lepší využití vnějších stop ( vnitřní **červená zóna** – 9 sektorů, vnější **modrá zóna** – 16 sektorů).

## Rychlost HDD z hlediska přístupu k informacím

- **vybavovací doba** (access time) ... doba potřebná pro nalezení dat,
- **doba vystavení** (seek time) .... pohyb vystavovacího mechanismu - závisí silně na vzdálenosti mezi stopami,
- průměrná doba vystavení - doba potřebná pro překonání jedné třetiny disku,
- vybavovací doba je ovlivněna také **rychlostí otáčení** disku (rpm – rotations per minute – otáčky / min). Do vybavovací doby se zahrnuje doba potřebná pro vykonání poloviny otáčky.

## Starší typy disků

- Parametry:

Typ disku	Doba vystavení [ms]	Vystavovací mechanismus
Toshiba 3100, 10 MB	175	Krokovací motor
Seagate ST225, 20 MB	75	Krokovací motor
Rodime 33 MB	57	Krokovací motor
Priam 33 MB	22	Lineární motor
Maxtor 140 MB	19	Lineární motor



## Parametry a současné trendy

- Parametry disků konec 90. let: doba vystavení kolem 10 - 15 ms
- Stav po r. 2014: kapacita stovky GB – jednotky TB, doba vystavení přibližně 4 – 10 ms, 7 200 ot/min, cena s DPH – do 2 000 Kč.
- Současný trend:  
zvýšování rychlosti disku (doby vystavení a rychlosti otáčení), obecně zvyšování výkonu  
zvýšování kapacity disku,  
zlepšování fyzikálních vlastností záznamové vrstvy,  
hledání nových metod záznamu s menším počtem změn magnetizace,  
hledání nových metod detekce/analýzy čteného signálu.

## Parametry ovlivňující rychlost disku

- **Doba vystavení** – parametr, který je uváděn v dokumentaci – méně jak 10 ms.
- **Čekací doba** (rotační zpoždění) ... polovina otáčky disku (má vliv na vybavovací dobu)

Rotační zpoždění (rotational delay)

rychlost otáčení - 3600ot/min =>

polovina otáčky (rotační zpoždění) = 8,33 ms

- **vybavovací doba = doba vystavení + rotační zpoždění** (platilo dříve, dnes se započítávají další aspekty).
- Rychlost otáčení dnes – 7 200 ot/min, 9 600 ot/min, (SCSI disky 10 000, 15 000 ot/min).
- **Závěr: na vybavovací době (doba reflektující odezvu disku na konkrétní požadavek o realizaci datové operace) se výrazným způsobem podílejí parametry mechanických částí disku (vystavovací mechanismus + motor).**
- Provedení disku: interní, externí.

## Další parametry

- **Podélná hustota** (recording density/bit density) - také označována jako **hustota záznamu**.  
70.léta – stovky bitů/mm  
stav dnes – uvádí se parametr **areal density** (plošná hustota) – Gbity/palec<sup>2</sup>  
IBM – 100 Gbitů/palec<sup>2</sup> (bits per square inch)
- **Příčná hustota** (track density) – jinak také hustota stop, počet stop/mm (v 70. letech 4 stopy/mm).  
Dnes – až tisíce TPI (tracks per inch)
- **Plošná hustota = podélná hustota x příčná hustota**
- Tento parametr je výrazně ovlivnitelný **přesností vystavovacího mechanismu a šířkou záznamové stopy** (schopností zápisového zesilovače zapsat úzkou stopu).

## Způsob adresace dat na disku

- Pro přístup k datům disku se používala metoda adresace disku s názvem CHS: Cylindr – Hlava - Sektor, která disk adresuje podle jeho geometrie (dnes se nepoužívá).
- Hlavní nevýhodou byla u osobních počítačů omezená kapacita takto adresovaného disku (kdysi 8GB) a nutnost znát geometrii disku.
- Stav dnes – nepoužívá se, přechod na LBA (Logical Block Addressing).

## Způsob adresace dat na disku - LBA

- Adresace metodou LBA se objevila u rozhraní ATA (IDE).  
Význam zkratek: ATA (Advanced Attachment), IDE (Integrated Drive Electronics)
- Sektory se v LBA číslují lineárně. Není třeba znát geometrii disku, max. kapacita disku je až stovky (100 – 200) GB.
- Rozhraní SCSI používá lineární číslování sektorů disku již od své první verze. Ostatní rozhraní již metodu LBA také používají.

## Typy LBA pro různé technologie

- Jeden logický blok (někdy též *sektor*) má v pevných discích velikost 512 B (nověji i 4 kB).
- SSD (solid-state drive) disky jej mají 1024 B, kapacita jednotky až 500 GB.
- Optická média pracují s logickým blokem velikosti 2048 B (CD, DVD).

## Organizace sektorů na stopě

- Organizace sektorů na stopě byla v průběhu let ovlivňována:  
konstrukcí řadiče (jeho rychlostí),  
rychlostí realizace mechanických operací disku.
- Uplatnily se tyto techniky:
  - faktor prokládání (interleaving factor),
  - posunutí číslování sektorů mezi hlavami (head skew)
  - posunutí číslování sektorů mezi cylindry (cylinder skew)

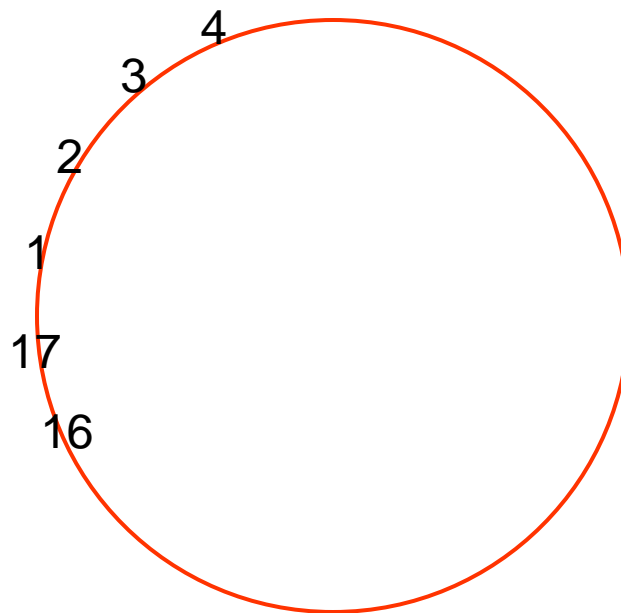
## Faktor prokládání (Interleaving Factor)

Situace, která je řešena: disk v sestavě PC XT, řadič disku na nedostatečné technologické úrovni – pomalý, vyrovnávací paměť v řadiči disku nepříliš vysoké kapacity (jednotky sektorů).

Sektory jsou řazeny vzestupně bezprostředně za sebou, tzn. sektor 2 za sektorem 1.

Vyrovnávací paměť se zaplnila přečtením sektoru 1 a její obsah se musí přenést do paměti počítače – před zahájením čtení sektoru 2 se to nestihlo.

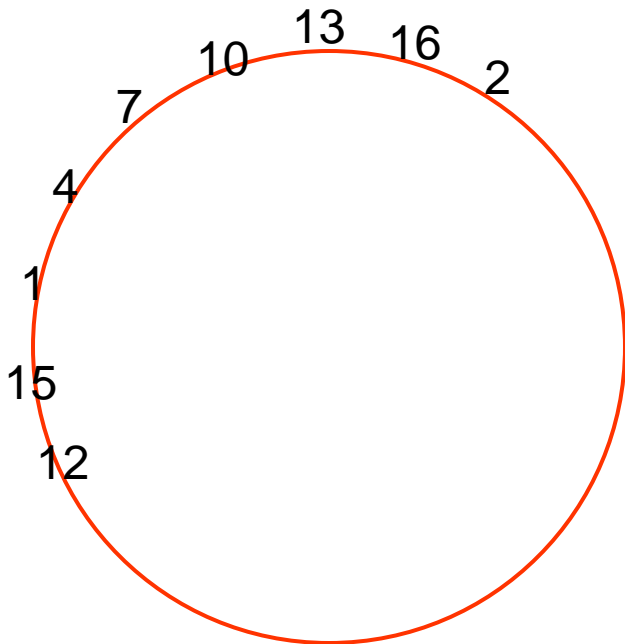
Důsledek: muselo se čekat celou otáčku, až se sektor 2 dostane pod Č/Z hlavu.





## Řešení s využitím faktoru prokládání

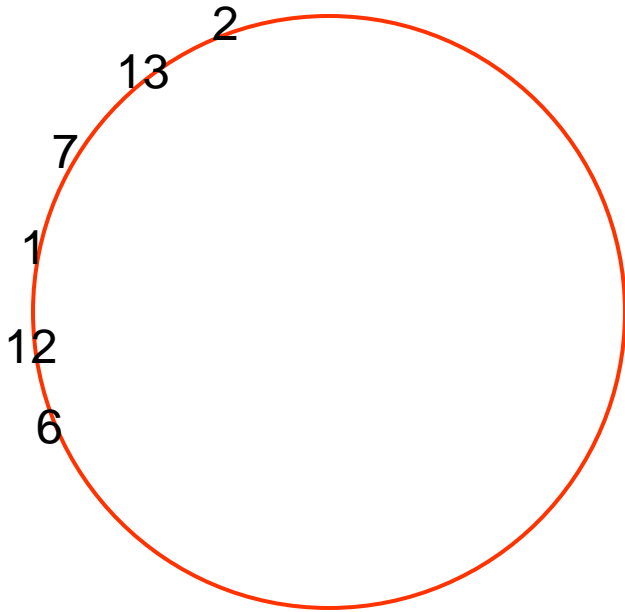
Zavede se jiné číslování sektorů tak, že sektor 2 nenásleduje za sektorem 1.



Situace v počítačích  
kategorie PC XT:  
prokládání 1 : 6

Po dobu přechodu Č/Z  
hlavy nad sektory 4, 7, 10,  
13, 16 byla data sektoru 1  
zpracována.

## Řešení na úrovni PC AT 286



PC AT 286 – dokonalejší technologie (rychlejší a lépe vybavený řadič), projevilo se na faktoru prokládání

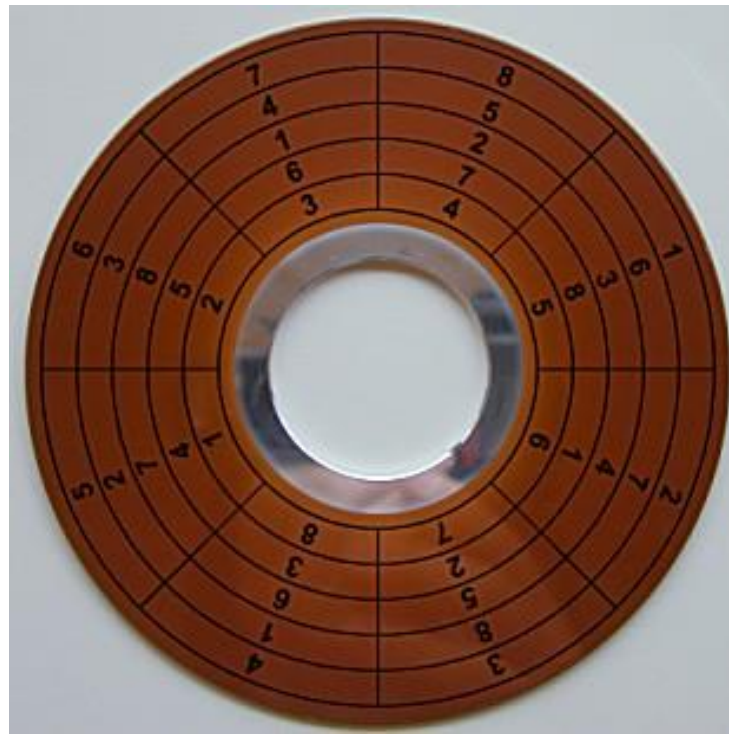
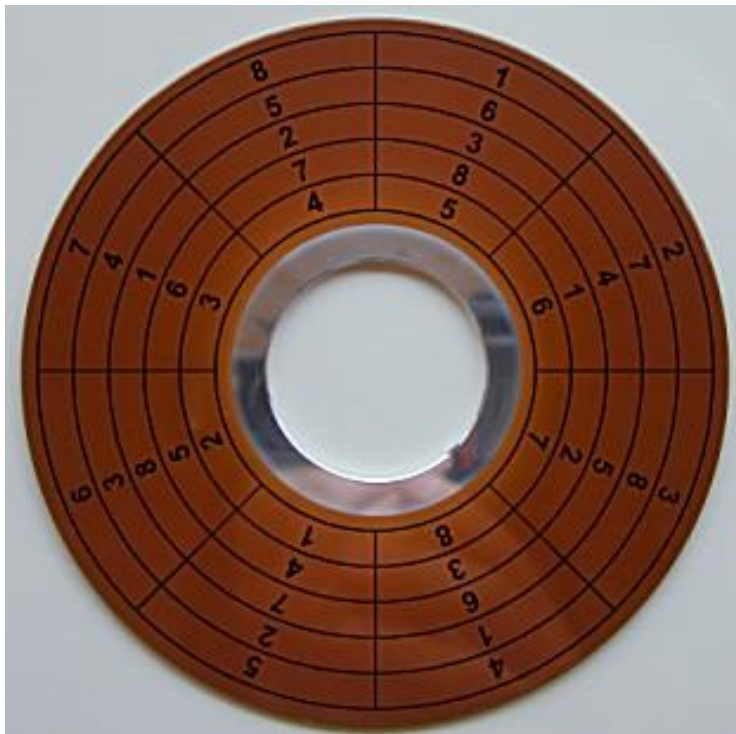
Faktor prokládání 1 : 3

Zavedení faktoru prokládání nebylo reakcí na mechanické vlastnosti disku, ale na vlastnosti podpůrné elektroniky – řadiče.

**Závěr: dnes se uvedené hodnoty faktoru prokládání nevyužívají, zásadně faktor prokládání 1 : 1.**

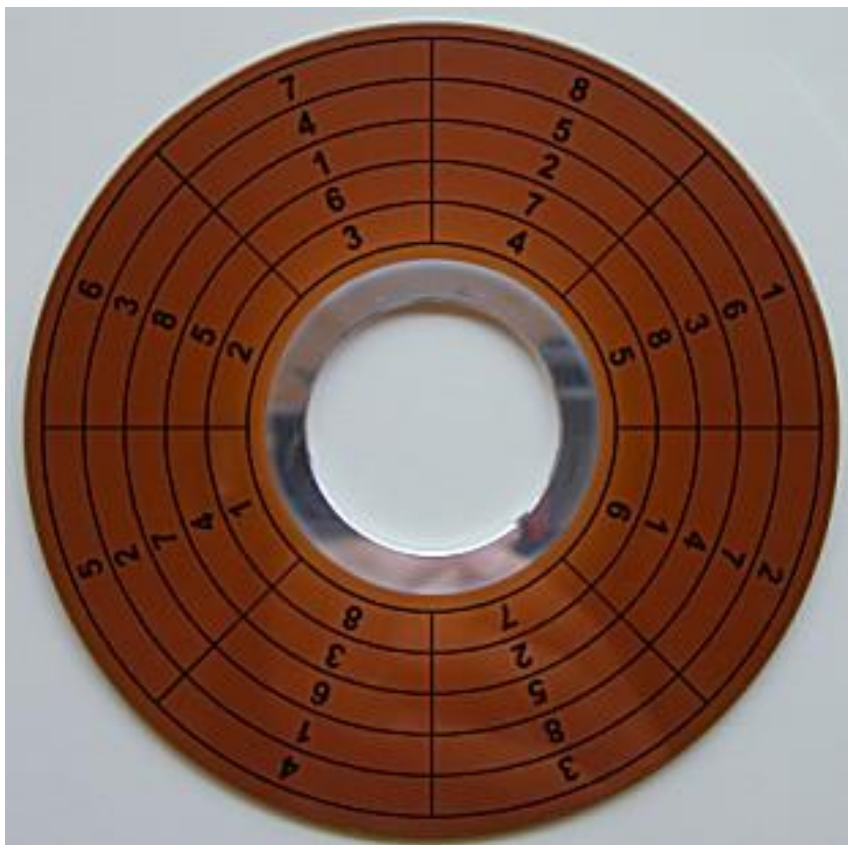
## Posunutí číslování sektorů mezi hlavami (head skew)

Řešený problém: při přechodu z jedné plochy (hlavy) na další je třeba mít časovou rezervu na přepnutí hlav.



Pravý disk: sektory se čtou v pořadí 1, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 – po dobu přechodu nad sektorem 1 se přepíná na dolní plochu (hlavu), pak se pokračuje sektorem 1 na spodní ploše.

## Posunutí číslování sektorů mezi cylindry (cylinder skew)



Situace: čteme cylindr druhý od středu disku.

Po skončení čtení cylindru musíme přestavit na další cylindr (vnitřní cylindr) – sektory jsou mezi sebou posunuty – je dostatek času na vystavení (přesun hlav na následující stopu).

V relaci musí být rychlost otáčení a rychlost vystavení.

Pokud se disk otáčí rychle, musí být posunutí mezi sektory větší.

Tato technika je aktuální a využívá se.

## Přínos integrace řadiče do disku (např. disky IDE)

- Alternativa, kdy je řadič v konektoru systémové sběrnice, činnosti disku jsou řízeny přes kabel (rozhraní) formou povelů – příliš pomalé, např. přepnutí hlav.
- Řadič řídil více disků.
- Disk IDE (Integrated Drive Electronics) – integrován do jedné jednotky s diskem => rychlejší komunikace/řízení/analýza stavu disku.
- Výrazný vliv – jde o dedikovaný řadič – každý disk má svůj řadič.
- I díky tomu je možné mít faktor prokládání 1 : 1.

## Vývojové stupně řadičů disků

- Bude dokumentováno na řadičích disků využívaných v PC.
- Řadič HDD (Hard Disc Drive) - prvek mezi systémovou sběrnicí počítače a diskem.
- PC XT - karta, která se zasouvala do jednoho z konektorů základní desky (rozšiřovací pozice sběrnice), řadič byl součástí této karty (řadič MFM).
- PC AT - přesun funkcí řadiče do disku, CPU komunikovala s řadičem (diskem) přes I/O kartu, která pouze přenáší signály systémové sběrnice do řadiče (disk s AT busem).
- Počítače se systémovou sběrnicí PCI (připojení pomocí sériového rozhraní SATA) – alternativa připojení IDE disku existovala – přes southbridge (jižní most).

## Charakteristiky řadiče

- Řadič komunikuje na jednu stranu se základní deskou, na druhou stranu s diskem.
- Řadiče disku byly identifikovány těmito charakteristikami:
  - typem XT, AT, řadičem do sběrnice SCSI
  - kódováním řadiče (metodou záznamu dat) - FM, MFM, RLL
  - rozhraním - ST506, ESDI, IDE (ATA), EIDE (FAST ATA), SCSI, serial ATA (SATA)
  - rychlostí rozhraní,
  - jaké prokládání řadič zvládal (dnes už neaktuální, není problém prokládání 1 : 1).

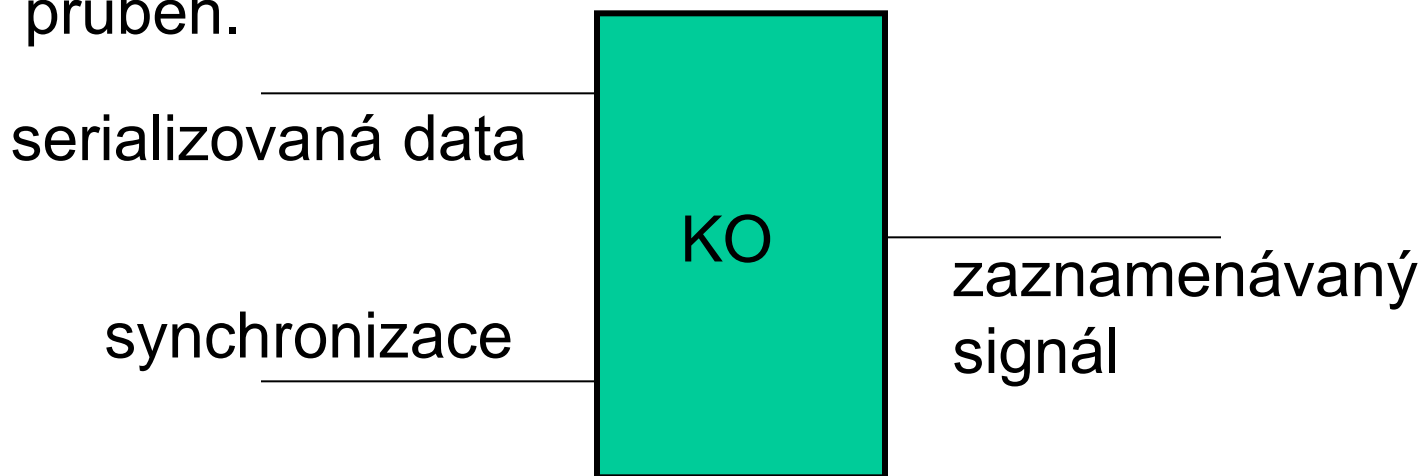
## Zvyšování kapacity diskové paměti

- Možnosti zvyšování kapacity diskové paměti:
  - zvyšováním kvality záznamové vrstvy (fyzikální principy),
  - hledáním nových metod záznamu s menším počtem změn magnetizace,
  - zvyšováním přesnosti vystavovacího mechanismu (dosažení vyšší hustoty stop).



## Obvody zápisu dat na disk - kódovací obvod (encoder) - KO

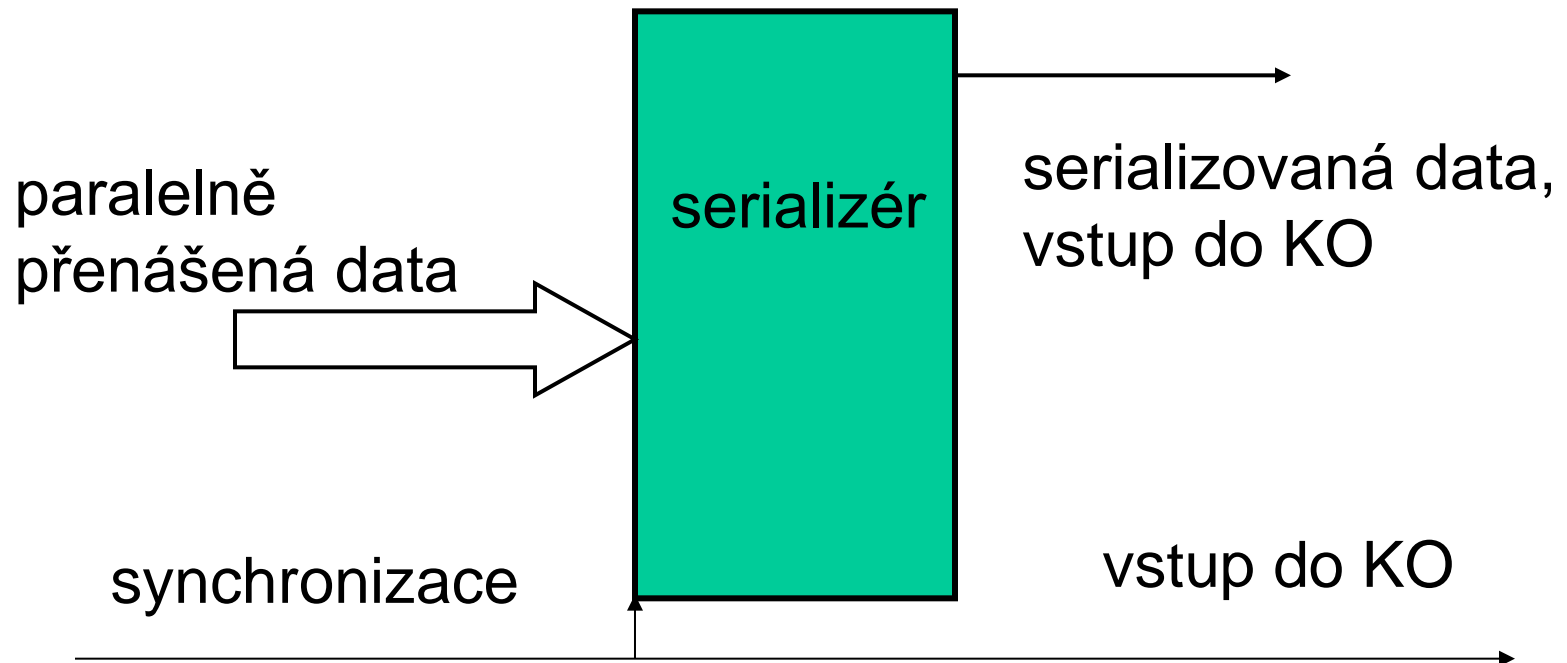
Kódovací obvod (encoder) – slučuje synchronizaci a data do jednoho signálu reprezentujícího zaznamenávaný průběh.



**Záznam s vlastní synchronizací** – v každém bitovém intervalu je alespoň jedna změna záznamového proudu a následně jedna změna magnetizace v mg. vrstvě (dnes se nepoužívá).

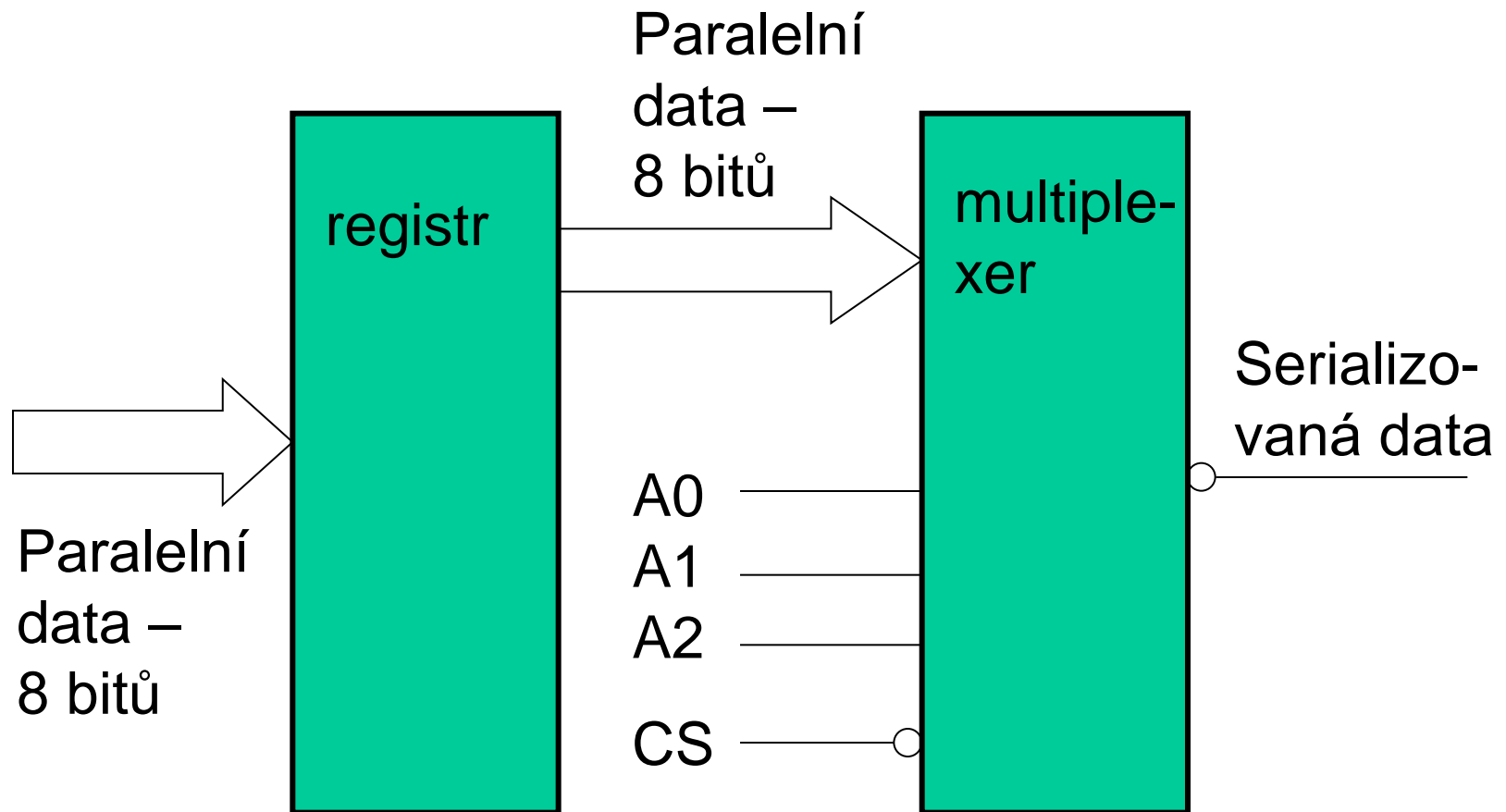
## Obvody zápisu dat na disk - serializér

Serializér – prvek, který převádí paralelní vícebitovou informaci na sériový tok bitů – vstup do KO.



Serializér – registr s paralelním vícebitovým vstupem (šířka sběrnice) a jednobitovým sériovým výstupem.

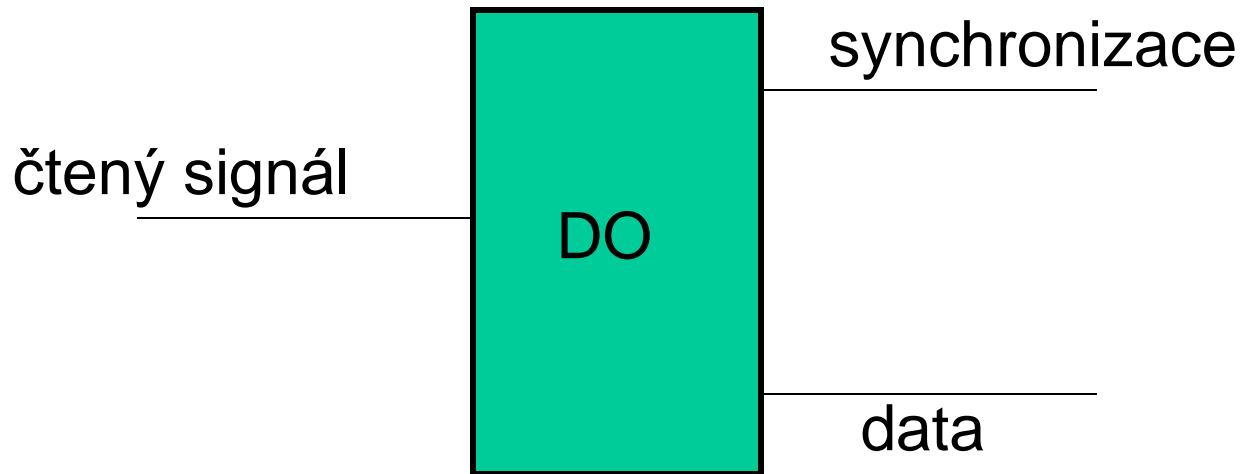
# Realizace serializéru využitím multiplexeru



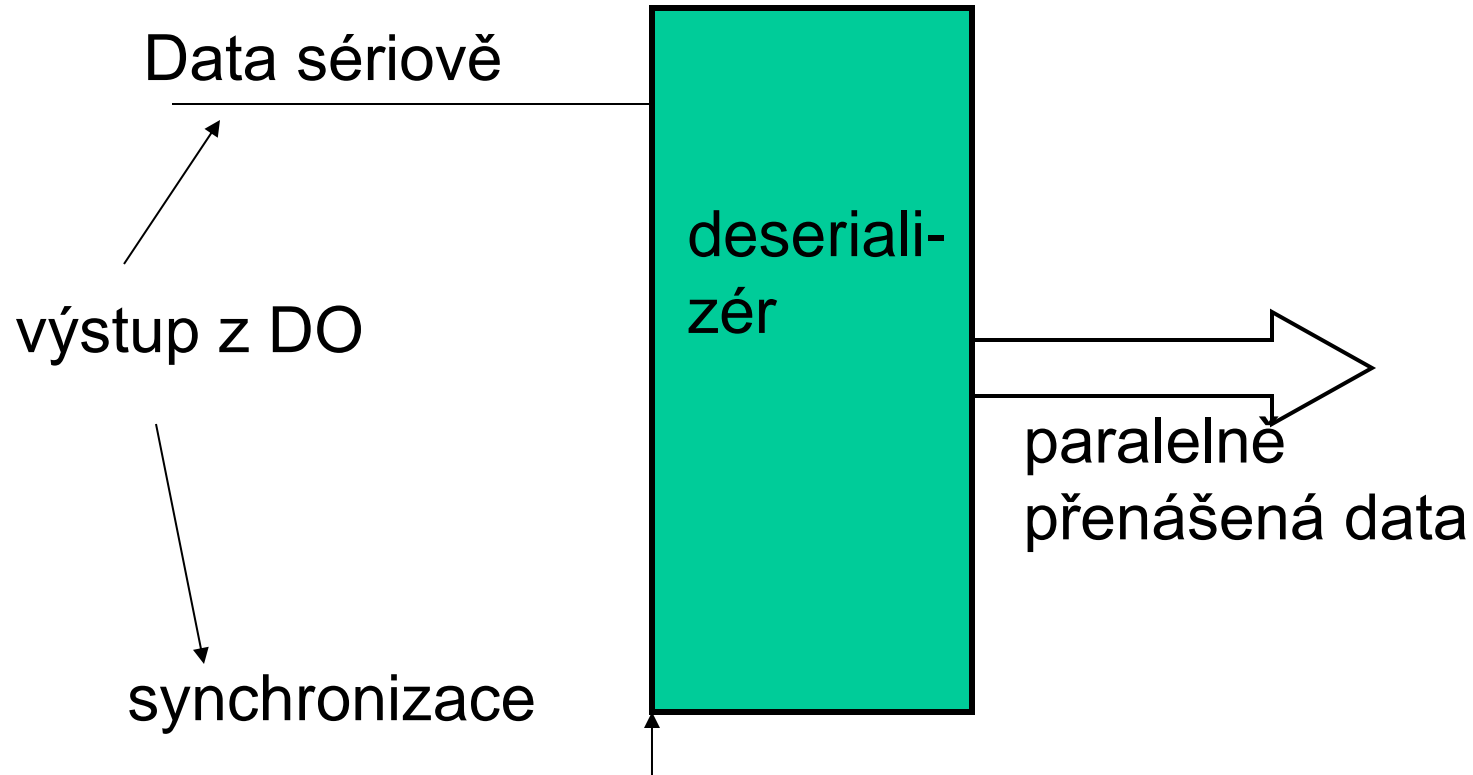
A0, A1, A2 – výstup z čítače 0 - 7

## Obvody čtení dat z disku – dekódovací obvod (decoder)

Dekódovací obvod – ze čteného signálu separuje posloupnosti pulsů reprezentujících data a synchronizaci.



## Obvody čtení dat z disku – deserializér



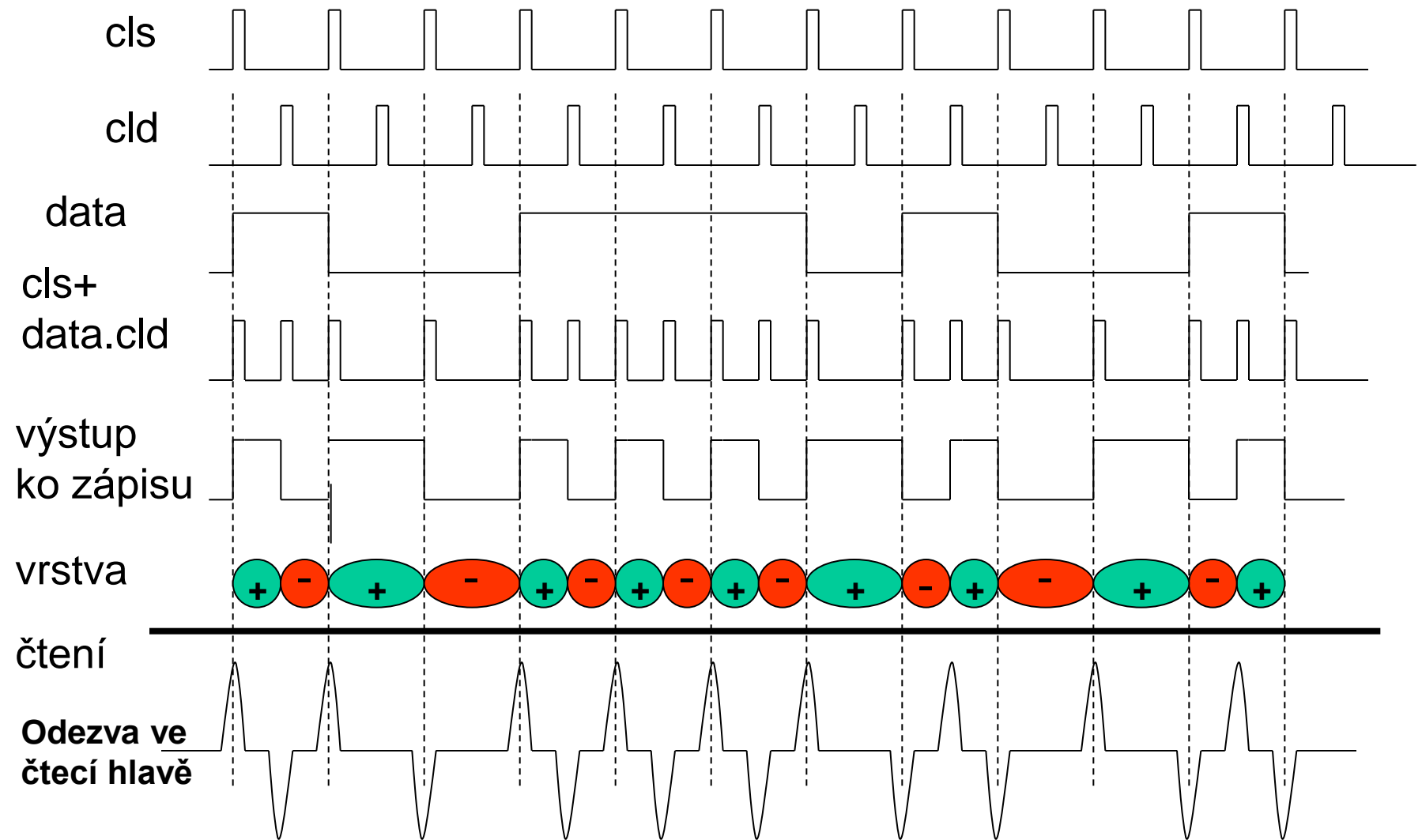
## Vývoj metod záznamu na pohybující se mg. vrstvu

- Ukážeme vývoj metod záznamu, vliv na zvyšování kapacity.
- Ukážeme, že moderní metody záznamu nepatří do skupiny metod s vlastní synchronizací – výhoda z hlediska zvyšování kapacity diskové paměti.
- Vliv této skutečnosti na realizaci obvodů pro zápis a čtení dat z disku.
- Problematiku zvyšování kapacity diskové paměti ukážeme na dvou metodách – FM a MFM (starší metody, jsou ale ilustrativní z hlediska trendů sledovaných při vývoji nových metod záznamu).

## Princip metody FM (Frequency Modulation)

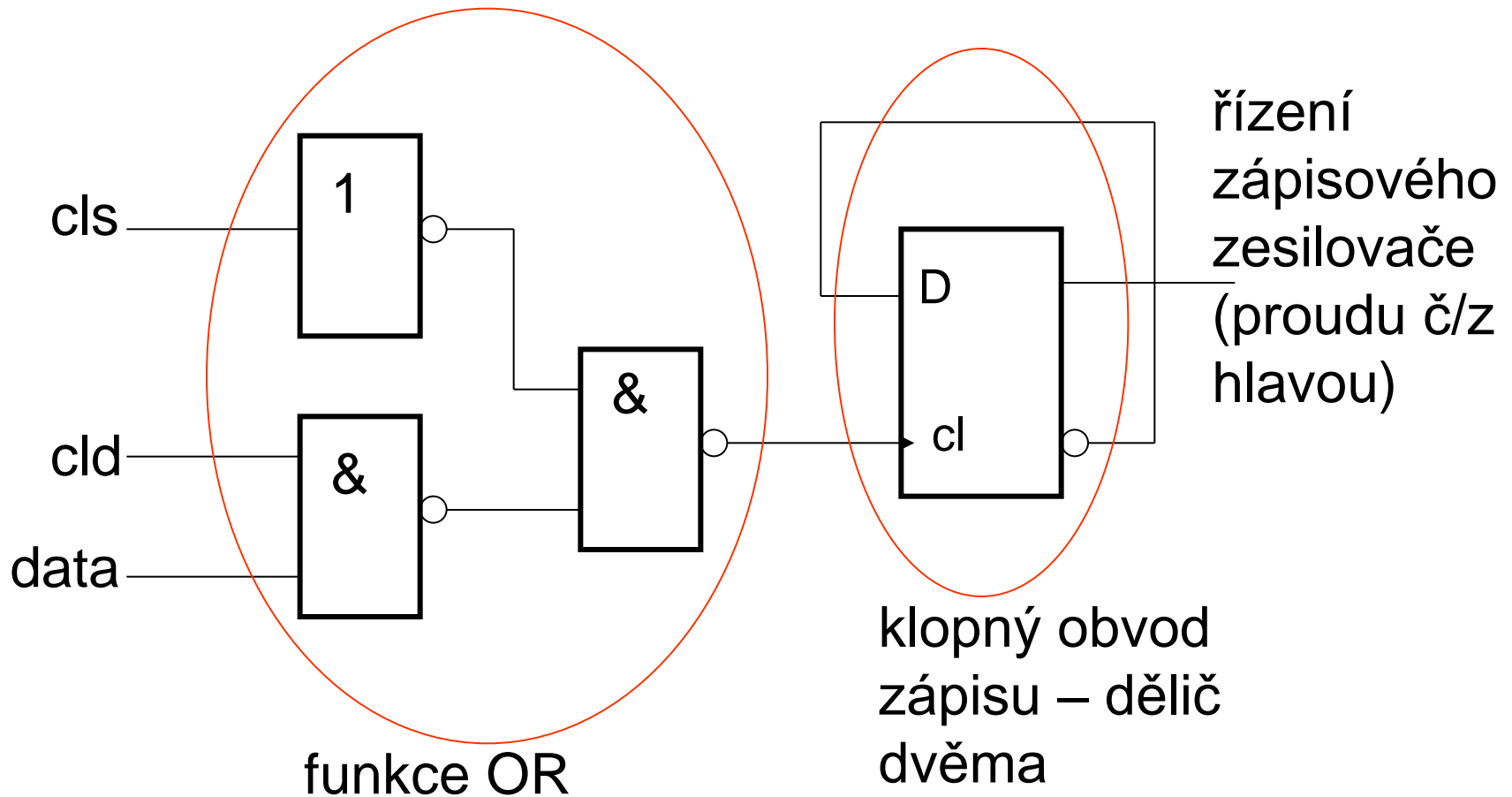
- Vstup kódovacího obvodu - **data a dvojí synchronizační pulsy**:
  - cls – clock synchronizační (vložen do každé periody)
  - cld – clock data (vložen, pokud se zaznamenává „1“)
- Získaný průběh je dělen dvěma v „klopném obvodu zápisu“.
- Tímto průběhem je řízena **polarita proudu** protékajícího Č/Z hlavou, podle ní se zmagnetuje **magnetická vrstva** jedním z možných směrů.
- Čtení – ve čtecí hlavě se při průchodu nad zaznamenanou vrstvou indukují při **změně magnetizace pulsy**, ty se dále zpracují (převod na logické úrovně použité technologie, rozlišení synchronizace ....).
- Vložení čtených dat do deserializéru – na výstupu získáme paralelní data.

# Metoda FM (Frequency Modulation) – záznam dvojnásobným kmitočtem

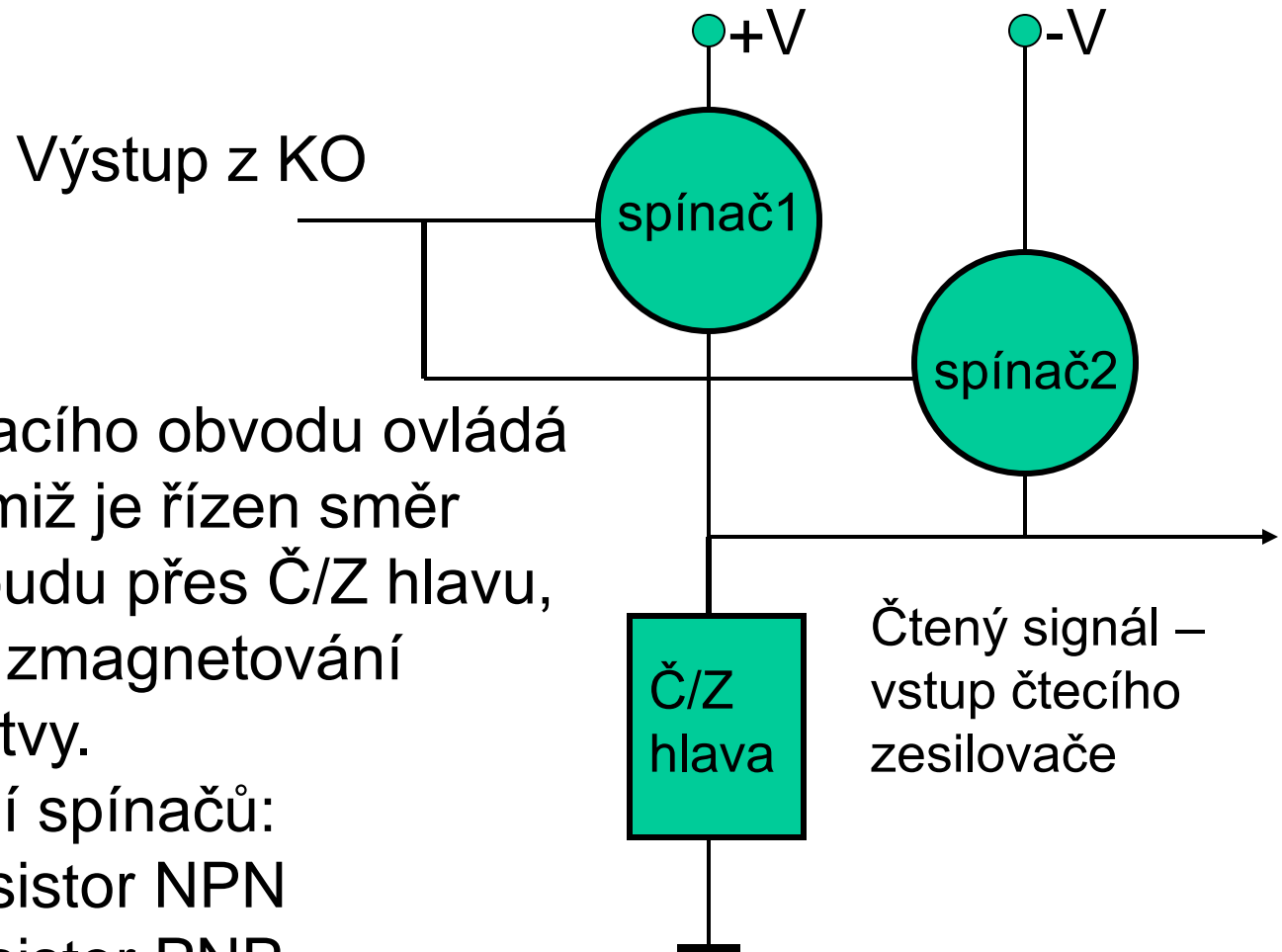




# Obvody záznamu metody FM – kódovací obvod



# Zjednodušené schéma zápisového zesilovače



Signál z kódovacího obvodu ovládá dva spínače, jimiž je řízen směr zápisového proudu přes Č/Z hlavu, následně směr zmagnetování magnetické vrstvy.

Možnosti řešení spínačů:

Spínač1 – transistor NPN

Spínač2 – transistor PNP

Dnes: Č/Z hlavy odděleny, jsou instalovány samostatně.

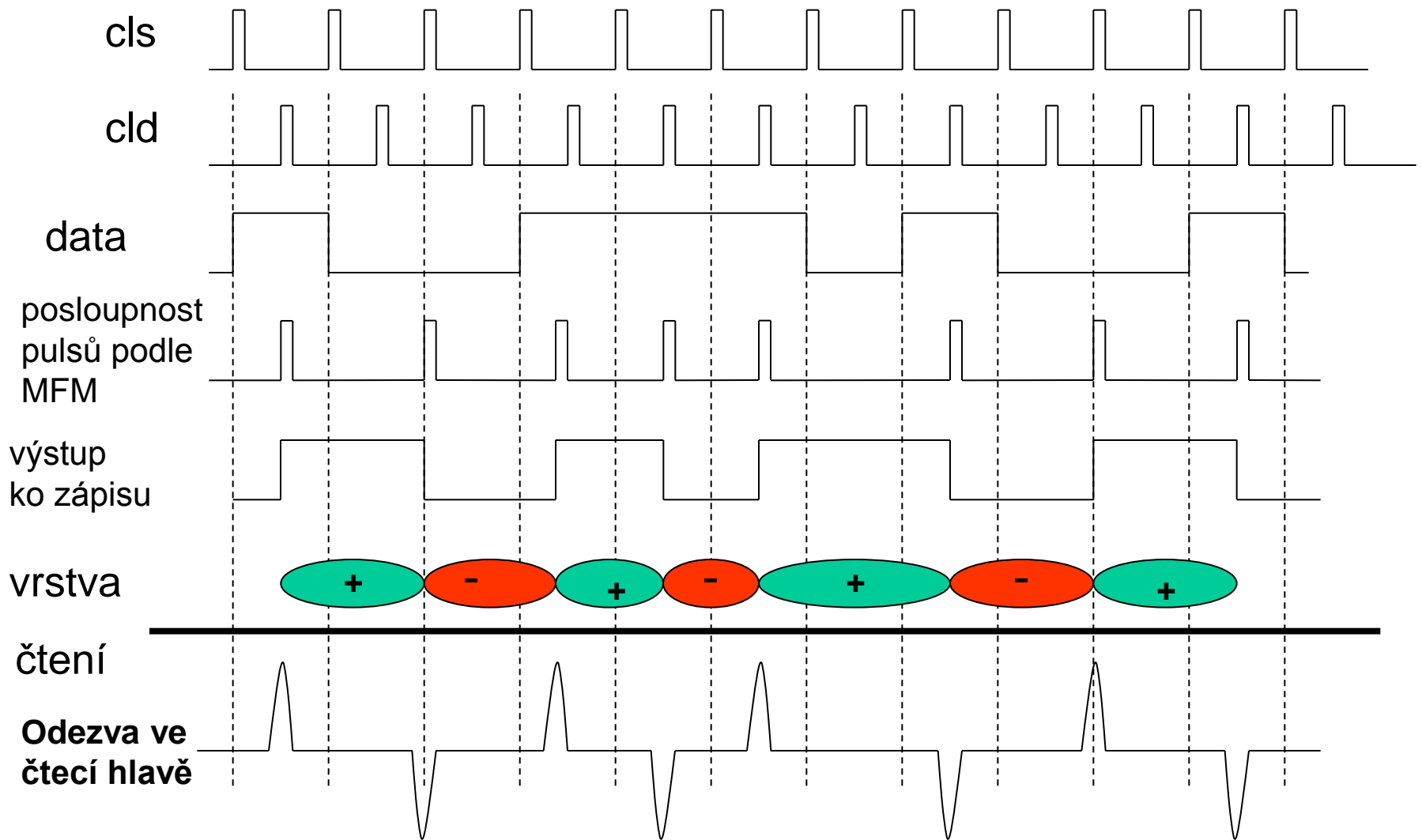
## Analýza metody FM

- Nejhorší vzorek dat – takový, který má za následek nejvyšší kmitočet na výstupu kódovacího obvodu (nejvyšší frekvenci změn magnetizace) – metoda FM – samé „1“.
- Samé „0“ – nejnižší kmitočet zaznamenávaného signálu.
- Vzorek 10011101001 – 18 změn magnetizace.
- V každém bitovém intervalu alespoň jedna změna magnetizace (navíc periodická) => v každém bitovém intervalu lze ze čteného signálu odvodit synchronizační signál, **jde o záznam s vlastní synchronizací.**
- Nemožnost zvyšovat kmitočet záznamu – omezení fyzikálními vlastnostmi magnetické vrstvy => **potřeba hledat nové metody záznamu s menším počtem změn magnetizace – metoda MFM.**

## Princip metody MFM

- Důvod pro zavedení: snaha o zvýšení kapacity při stávajících fyzikálních vlastnostech magnetické vrstvy.
- Vstup kódovacího obvodu - **data a dvojí synchronizační pulsy:**
  - cls – clock synchronizační (vložen do výsledné posloupnosti pulsů, pokud se za sebou zapisují dvě datové „0“)
  - cld – clock data (vložen, pokud se zaznamenává „1“)
- Získaný průběh je dělen dvěma v „klopném obvodu zápisu“.

# Metoda MFM – modifikovaný záznam dvojnásobným kmitočtem



## Analýza metody MFM

- Pro stejný vzorek – poloviční počet změn magnetizace ve srovnání s metodou FM => za daných vlastností záznamové vrstvy je možno zvýšit hustotu záznamu a kapacitu 2x.
- Nevýhoda: v každém bitovém intervalu **není** alespoň jedna změna magnetizace => **nejde o záznam s vlastní synchronizací** => problém s generováním synchronizace při čtení (není možné ho získat ze čteného signálu) => pro generování synchronizačního signálu nutno použít speciální techniky.
- Závěr: jedna z cest, jak zvyšovat hustotu záznamu – **hledání metod záznamu s nižším počtem změn magnetizace** => při daných fyzikálních vlastnostech záznamové vrstvy dosáhneme vyšší hustoty záznamu (větší kapacitu záznamového media).

## Analýza metody MFM

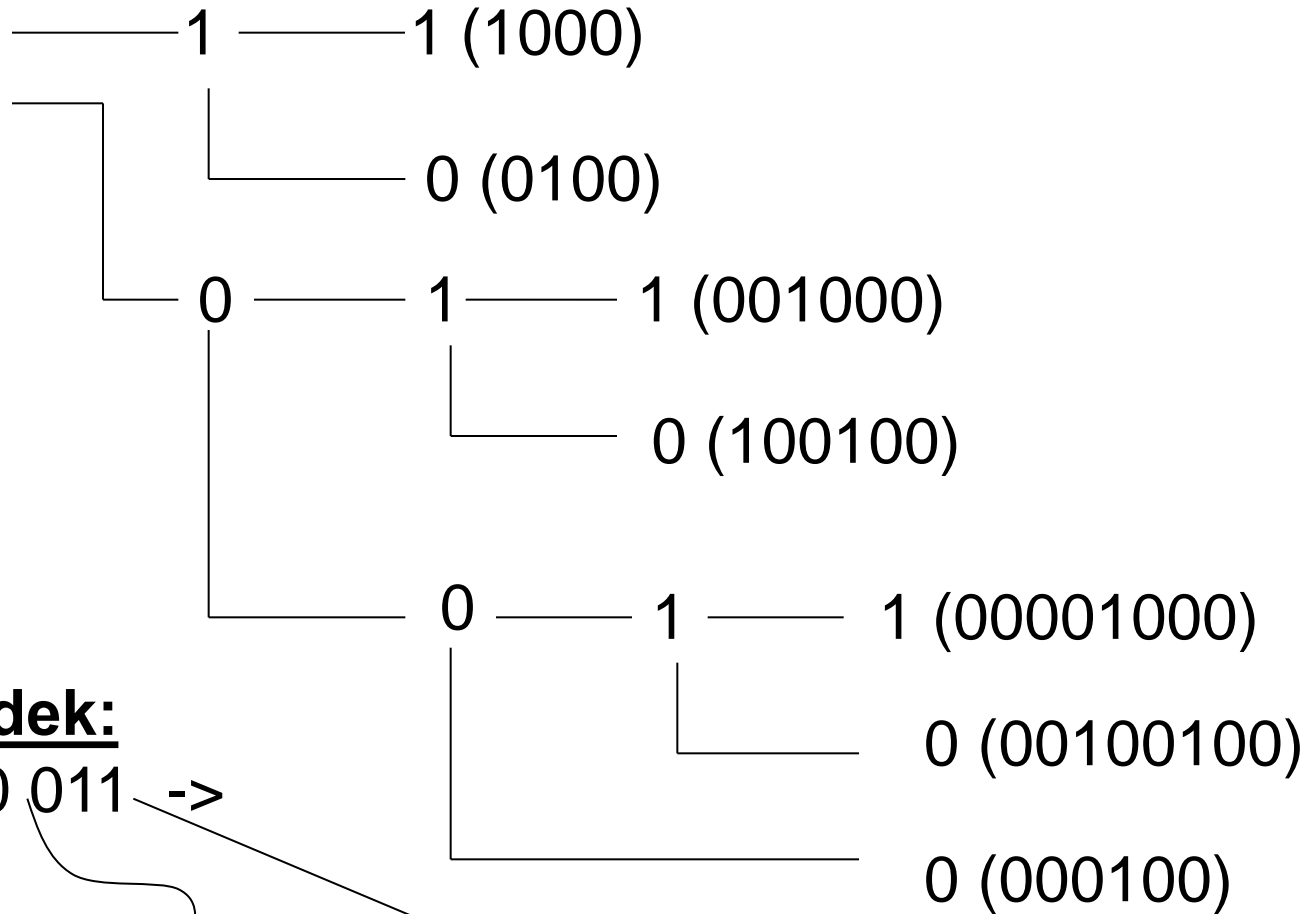
- Generování synchronizačních pulsů při čtení – interně obvodem PLL (Phased Locked Loop) – **fázový závěs**.
- Obvod PLL – tento prvek je možné zesynchronizovat vnějším signálem, pak je obvod PLL schopen signál tohoto kmitočtu generovat.
- Nutnost existence synchronizačního pole před daty – záznam MFM – samé „0“ nebo samé „1“ – v obou případech je v každém bitovém intervalu alespoň jedna změna magnetizace (samé „0“ je vhodnější).
- Nejhorší vzorek dat – takový, který má za následek nejvyšší kmitočet na výstupu kódovacího obvodu – metoda MFM – samé „1“ i samé „0“.
- Obě metody patří mezi dříve používané, zde sloužily jako ukázka trendů, které platí dodnes – snaha o snižování počtu změn magnetizace.

## Metoda RLL (Run Length Limited)

- Převod tzv. binárních vzorů na RLL obrazy, obrazy jsou sice delší (co do počtu "0" a "1"), obsahují ale menší počet změn magnetizace.
- Každý bitový řetězec je rozložen na posloupnost dvou, tří nebo čtyřbitových vzorů.
- Princip: pro každý vzor existuje RLL obraz končící dvěma či třemi "0" a začínající žádnou až čtyřmi "0" => jakákoliv kombinace vzorů se takto zobrazí jako bitová posloupnost obsahující mezi dvěma následujícími "1" od dvou do sedmi "0" - odtud označení této varianty RLL kódu jako RLL 2,7.
- Nejkratší vzdálenost dvou po sobě jdoucích reverzací magnetizace je tedy 2, nejdelší 7 => to umožňuje při daných fyzikálních vlastnostech záznamové vrstvy zvýšit hustotu záznamu 2x.



# Metoda RLL

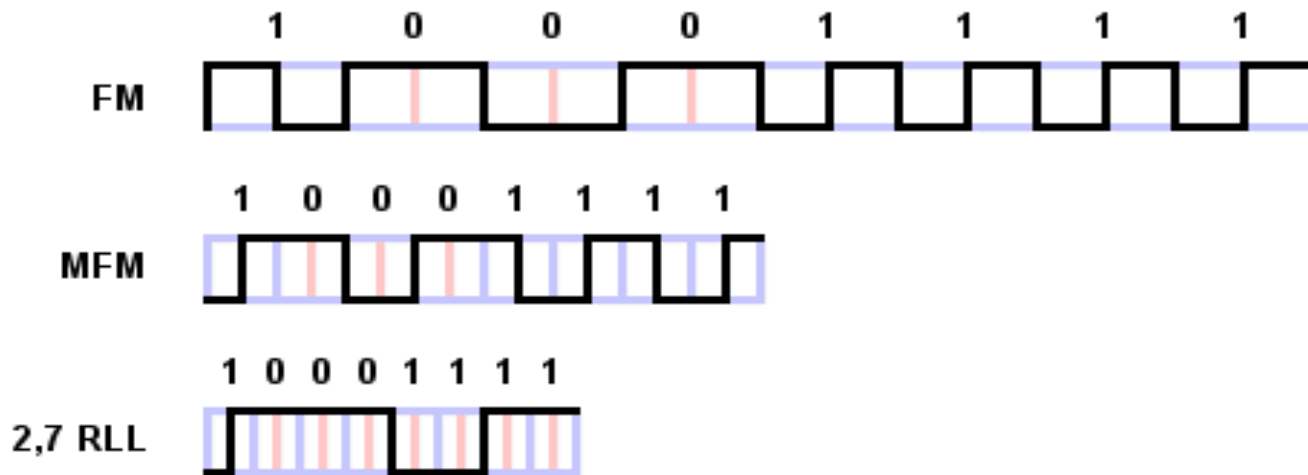


## Výsledek:

11 000 011 ->  
1000 000100 001000

# Srovnání frekvence záznamu – FM, MFM, RLL

Záznam RLL je možné synchronizovat vyšším kmitočtem



Pozn.: pro kódování metodou RLL 2,7 byla použita jiná metoda než na přecházející straně.

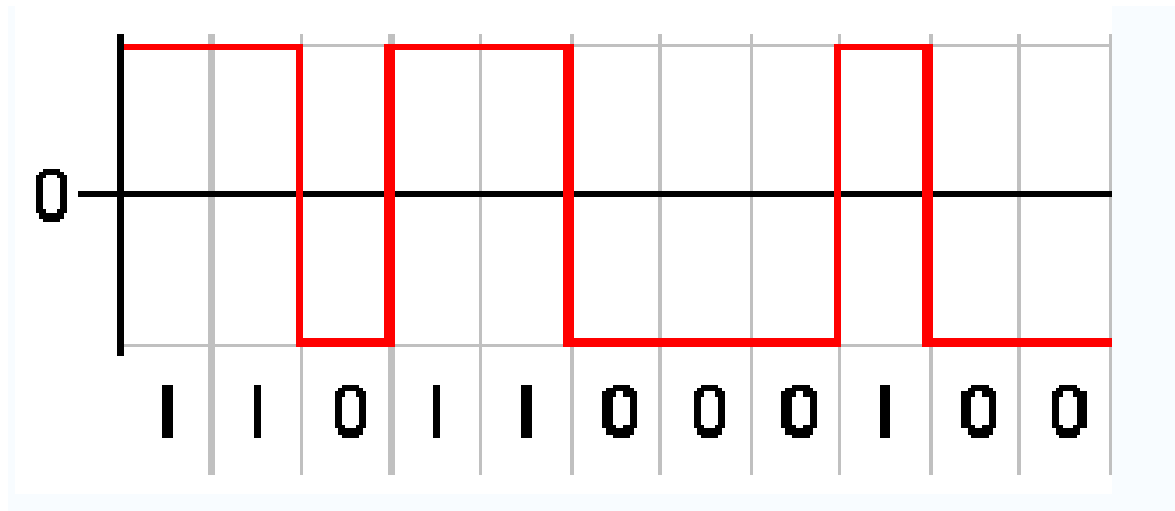
## Metoda RLL - shrnutí

- RLL (Run Length Limited)  
Run Length – doba běhu  
myslí se tím doba, po níž se signál nemění
- Jeden ze způsobů zvyšování hustoty záznamu (kapacity) - hledání takových způsobů záznamů, které dokáží zaznamenat data s menším průměrným počtem změn magnetizace.
- Nevýhoda: složitý mechanismus pro získání synchronizační a datové informace => složitější konstrukce řadiče (datový separátor - deserializér).

## Metoda RLL - shrnutí

- Důležitá délka běhů – úseků opakovaných bitů, během kterých nedochází ke změně signálu. Myslí se tím doba, po niž se signál nemění.
- Použití – při záznamu dat nebo při přenosu dat.
- Co tím získáme – vyšší kapacitu disku.
- Zobecnění: snaha o hledání takových metod záznamu, které vykazují menší počet změn magnetizace => možnost dosažení vyšší kapacity, složitější konstrukce obvodů pro záznam, čtení a rozpoznávání dat.

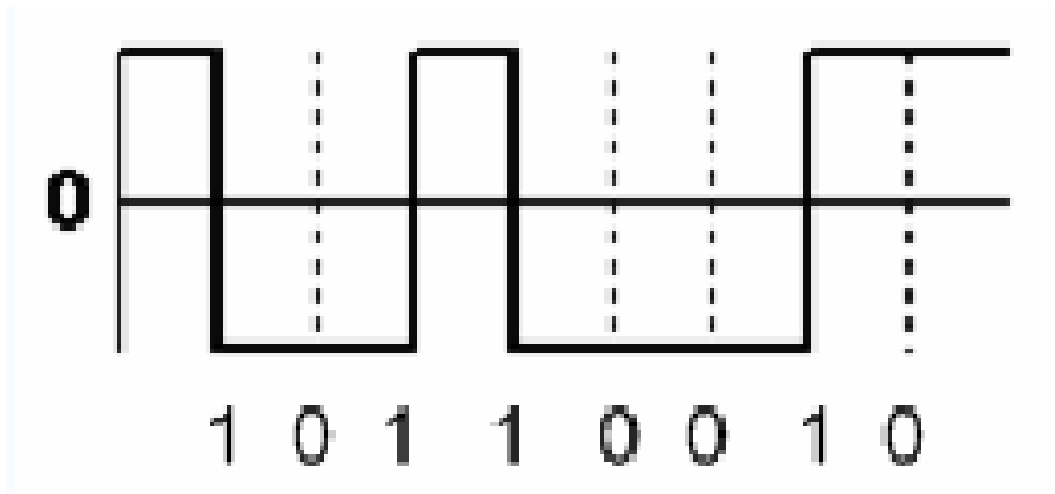
## Metoda NRZ



Změna při přechodech 1 - 0, 0 – 1.

Signál nemá synchronizaci, problém při rekonstrukci signálu.

## Metoda NRZI



Změna při každé „1“.

Signál nemá synchronizaci, problém při rekonstrukci signálu.

Pojmy NRZ a NRZI se dnes vyskytují v souvislosti s kódováním dat při sériových přenosech.

## Obvody záznamu a čtení - umístění

### Kódovací a dekódovací obvod

- Řadič MFM (PC XT) - oba obvody byly součástí řadiče:

technicky nevhodné řešení, protože čtený i zaznamenávaný signál mají vysoký kmitočet, byly přenášeny kabelem (délka přibližně 30 cm)

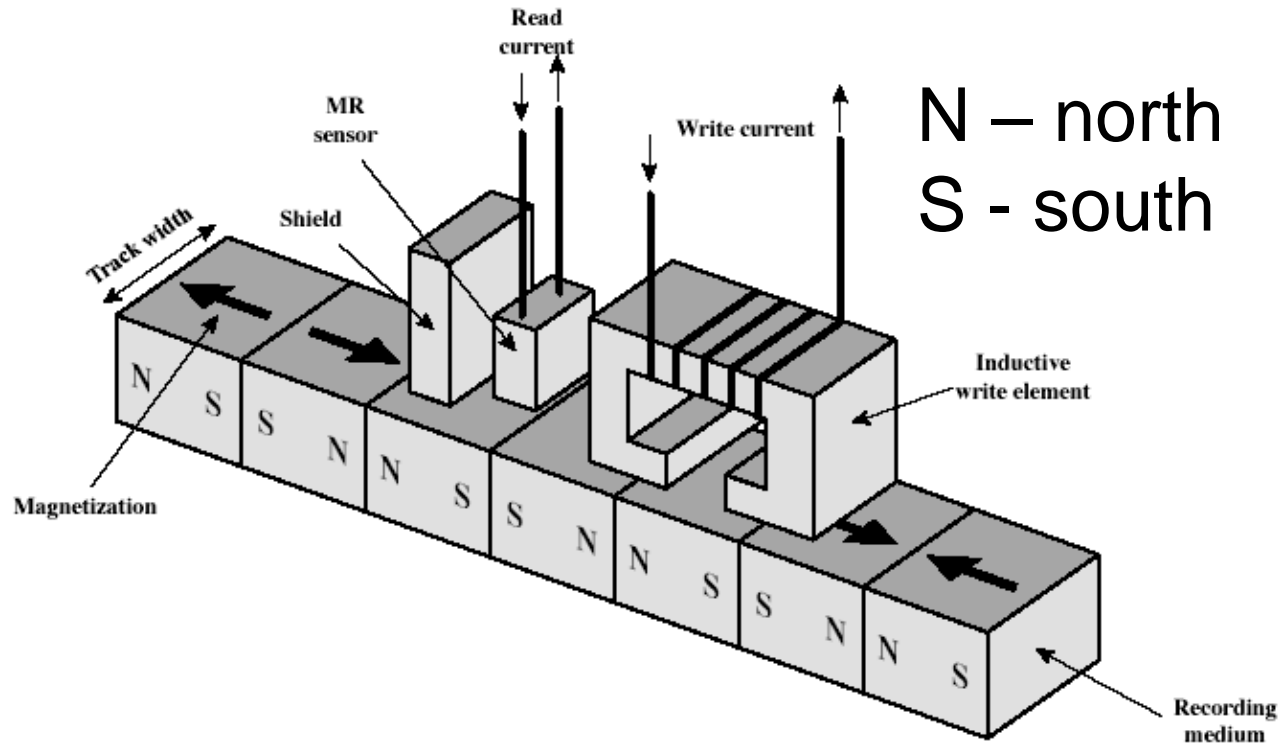
=> snaha umístit oba obvody co nejbliže č/z hlav.

- Disky IDE, SCSI i SATA - oba obvody jsou součástí disku (tzn. blíže č/z hlav) – bude platit i v dalších verzích diskových pamětí.

### Čtecí a zápisový zesilovač

- Zásadně co nejbliže Č/Z hlav.

# Klasické uspořádání Č/Z hlavy a media



Záznam dat ve směru pohybu záznamové vrstvy.  
Nové metody – záznam kolmo na směr pohybu



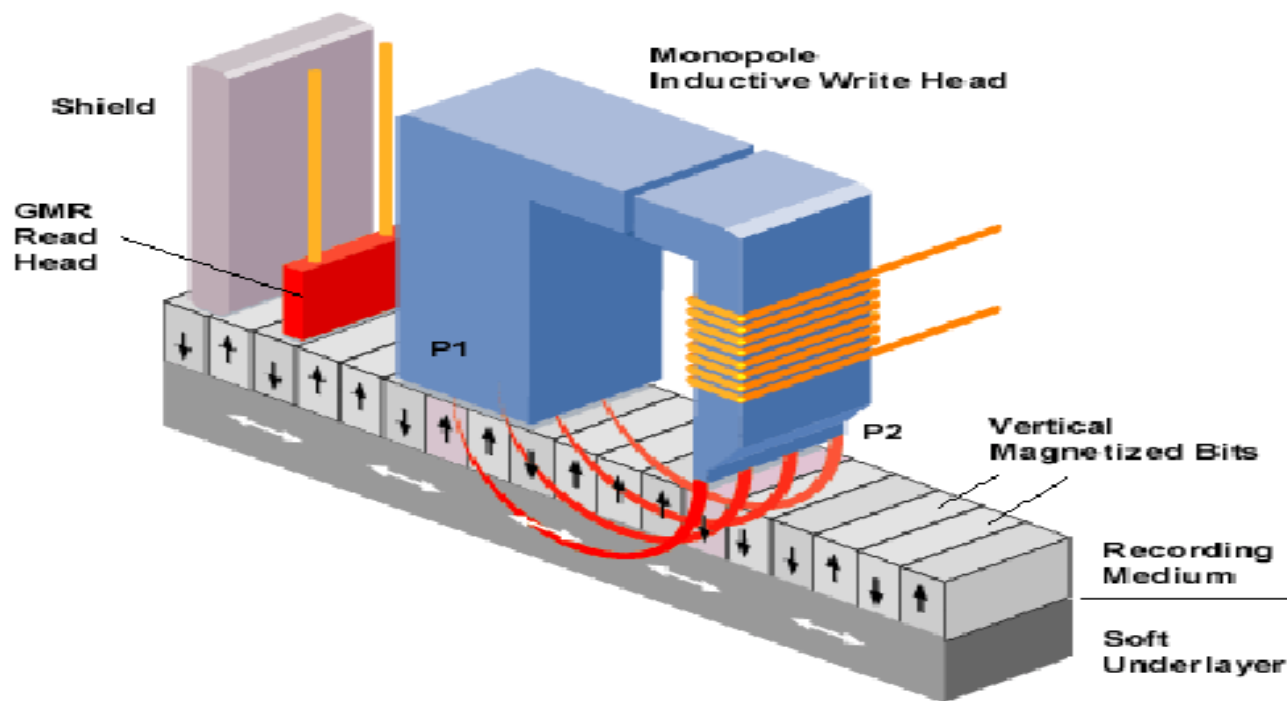
## Princip záznamu a čtení

- Elektrický proud procházející vinutím zápisové hlavy vytváří magnetické pole.
- To vytváří na magnetické vrstvě samostatné domény zmagnetované jedním či druhým směrem.
- Mechanické provedení mg. hlavy ovlivňuje velikost plochy „přidělené“ ploše, zmagnetované jedním směrem.
- Čtení - při pohybu zmagnetované stopy se indukují při přechodu mezi opačně zmagnetovanými plochami ve čtecí hlavě impulsy, které jsou dále zpracovávány tak, abychom získali jednak data a jednak synchronizaci (platí pro záznam s vlastní synchronizací).

## Čtení s využitím magnetického odporu (MR- magnetic resistance)

- Dnes jiný princip - využívá měnící se magnetický odpor MR (magnetic resistance) sensoru v závislosti na polaritě zmagnetované vrstvy. Při přechodu nad různě zmagnetovanými oblastmi se tento odpor mění a tato změna je rozpoznána jako změna napětí.

# Nový princip - záznam kolmo na směr pohybu záznamového media



PMR – Perpendicular Magnetic Recording

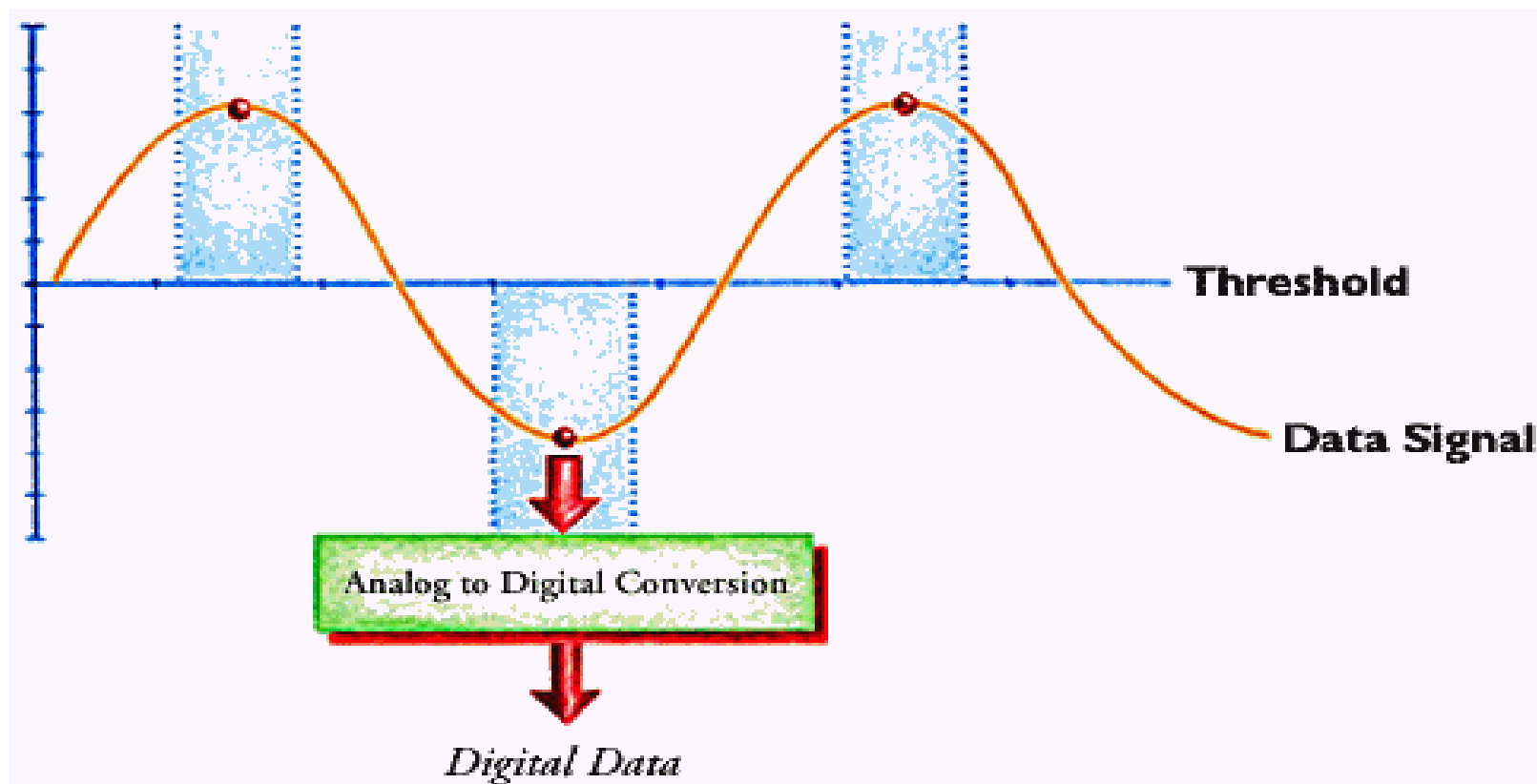
Uvádí se, že přechodem na tento způsob záznamu je možné kapacitu zvýšit 10x.

## Další techniky zvyšující kapacitu disků

- Klasické techniky – detekce čteného signálu „špička – špička“.
- Nové techniky (PRML, EPRML) – detekce čteného signálu v jiných bodech než „špička – špička“.

# Klasická technika snímání čteného signálu

Technika „špička – špička“



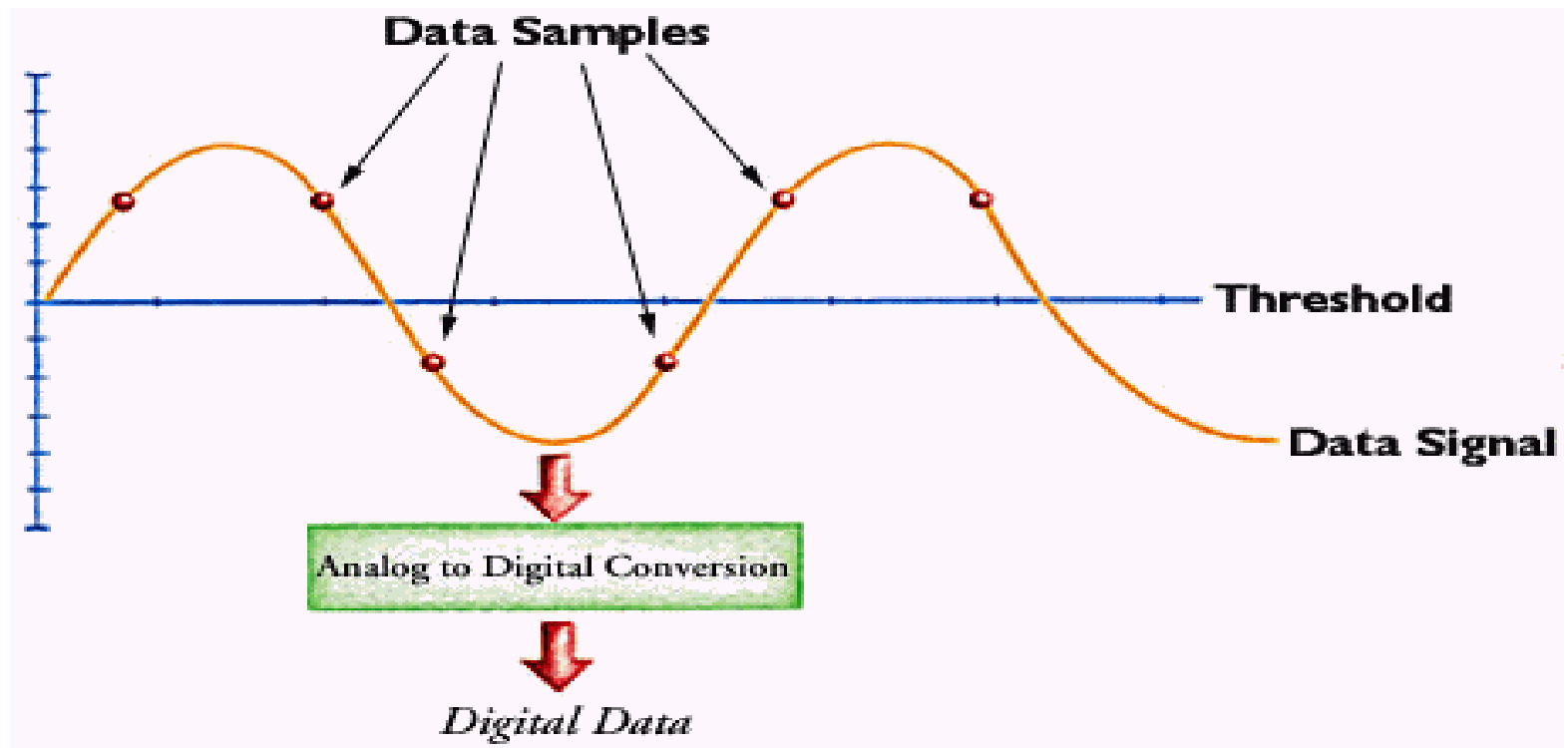
## Klasická technika snímání čteného signálu

- Zvyšování kapacity - zvyšování frekvence záznamu.
- V okamžicích změny magnetického toku – indukce napěťové špičky do vinutí čtecí hlavy.
- Vyšší kmitočet: špičky se k sobě přibližují, ovlivňují se. Výsledek: zkreslení a zmenšení čteného signálu.
- Možnost zmenšení signálu až na úroveň šumu – chyby v datech.

# Nové techniky zvyšující kapacitu disků

Technika PRML - Partial Response, Maximum Likelihood

Snímání analogového napětí v přesně stanovených okamžicích - PR



# Nové techniky zvyšující kapacitu disků

- PRML

Technika je postavena na principech číslicového zpracování signálu, včetně algoritmu na určení pravděpodobné posloupnosti dat (Maximum Likelihood). EPRML (Extended PRML) – vylepšení PRML – dokonalejší algoritmy.

- Výsledek: PRML zlepšuje plošnou hustotu o 30 až 40 %  
EPRML – další zlepšení plošné hustoty oproti PRML až o 70 %.
- Závěr: na úrovni analogového signálu je realizována predikce dalšího průběhu čteného signálu – redukce počtu chyb vzniklých při čtení dat z disku.

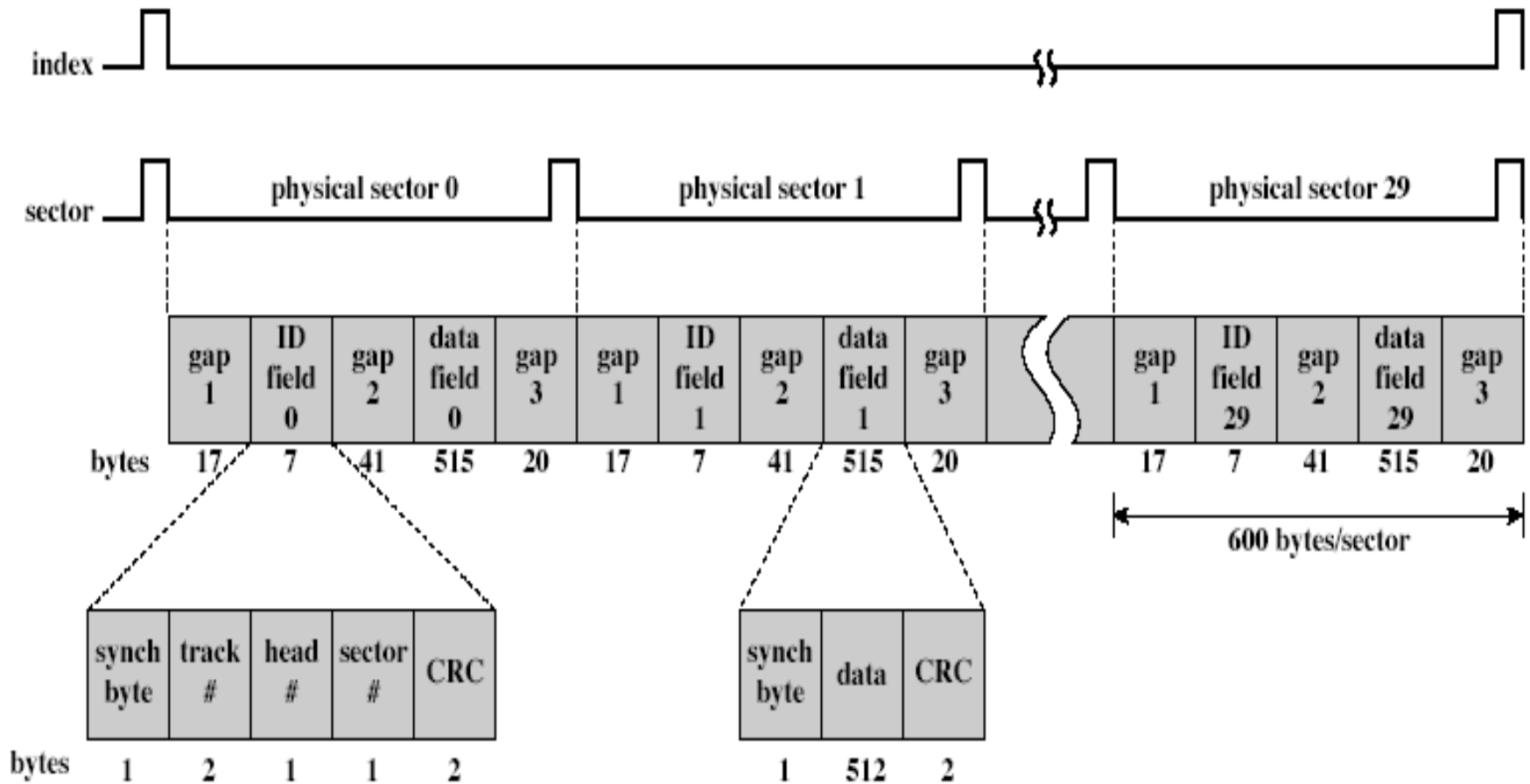


## Možnosti zvyšování kapacity diskové paměti - shrnutí dosavadních poznatků

Kapacita diskové paměti se zvyšovala takto:

- zdokonalování fyzikálních vlastností záznamové vrstvy,
- zdokonalování mechanických vlastností (vystavovací mechanismus),
- zdokonalováním vlastností zápisové hlavy – úzký záznam
- hledáním nových metod záznamu – s menším počtem změn magnetizace,
- změna geometrie procesu zápisu (kolmý záznam),
- techniky PRML,
- techniky EPRML.

# Formát stopy



## Formát stopy

- Stopa sestává z jistého počtu sektorů pevné délky 600 slabik.
- Mezery (gap) – zesynchronizování obvodů generujících synchronizaci.
- V každém sektoru je uloženo 512 slabik vlastních dat, zbytek představuje řídicí informace využívaná řadičem disku.
- Pole ID je jednoznačná kombinace identifikující konkrétní sektor.
- Slabika SYNCH určuje začátek tohoto pole, bývá to speciální kombinace nul a jedniček. Je využívána i k zesynchronizování logiky řadiče.
- Pole ID i data jsou zajištěna slabikami cyklické kontroly (CRC – Cyclic Redundancy Check).

## Doba vystavení (seek time)

- Parametr, který významným způsobem ovlivňuje rychlost počítače jako celku.
- Časové relace: doba vystavení – v dokumentaci většinou uváděno do 10 ms  
vybavovací doba operační paměti – do 20 ns  
rozdíl v řádech  $10^6$
- Dříve: problém, jak dobu vystavení charakterizovat (každý výrobce jiným způsobem), dnes jisté sjednocení:  
**průměrná**: náhodně generované cylindry (do 10 ms)  
**cylindr – cylindr**: mezi dvěma sousedními cylindry (1ms)  
**mezi dvěma krajními stopami**: vystavení mezi vnitřní a vnější stopou (10 – 15 ms)

## Nové pohledy na rychlost operací realizovaných na disku

- Dříve: vybavovací doba zohledňovala rychlost vystavení a rychlost otáčení. Důvod: oba parametry nabývaly takových hodnot, že ostatní parametry měly výrazně nižší hodnoty, nebylo nutné je brát v úvahu.
- Změna pohledu na tento parametr v souvislosti se zdokonalováním mechanických vlastností disků.
- Dnes: zohlednění dalších parametrů.

## Doba uklidnění (settle time)

- Proces vystavení má svou dynamiku, po jeho dokončení se musí hlavy ustálit na stopě, pak je možné zahájit čtení/zápis.
- Nepodílí se výrazným způsobem na celkové vybavovací době – někteří výrobci uvádějí 0,1 ms.
- Nevýznamný podíl na celkové době.
- Souvislost tohoto parametru s hmotností vystavovacího mechanismu – čím menší hmotnost, tím menší problémy.

## Režie provedení příkazu (command overhead time)

- Reflektuje rychlost reakce disku (či jiného zařízení) na příkaz.
- Doba, která uplyne od obdržení příkazu do okamžiku, kdy se začne příkaz provádět.
- Je ovlivněn technologickou úrovní konstrukce řadiče a disku.
- Uvádí se hodnota kolem 0,5 ms.

## Vliv rychlosti otáček disku

Je významný – viz příklady.

Ot/min (rpm)	Doba trvání otáčky [ms]	Doba trvání poloviny otáčky [ms]
3 600	16,7	8,3
4 200	14,2	7,1
4 500	13,3	6,7
4 900	12,2	6,1
5 200	11,5	5,8
5 400	11,1	5,6
7 200	8,3	4,2
10 000	6,0	3,0
12 000	5,0	2,5
15 000	4,0	2,0



## Vybavovací doba disku – dnešní pohled

Vybavovací doba = režie provedení příkazu + doba vystavení + doba uklidnění + zpoždění vlivem rychlosti otáček

Další informace na:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD\\_disk](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD_disk)

# SHRNUTÍ

## Důležité pojmy:

- Mechanická konstrukce diskové paměti – disky, zmagnetovatelný povrch, Č/Z hlavy, vystavovací mechanismus – disk je elektromechanické zařízení.
- Rozumět pojmům faktor prokládání (interleaving factor), Zoned Bit Recording, posunutí číslování sektorů mezi cylindry (Cylinder skew), posunutí číslování sektorů mezi povrchy (Head skew).
- Dva způsoby adresace dat na disku: CHS – cylindr, hlava, sektor a LBA – Logical Block Addressing.
- Princip funkce serializéru, kódovacího obvodu, deserializéru, dekódovacího obvodu.

- Záznam s vlastní synchronizací – vliv na kapacitu disku.
- Záznam bez vlastní synchronizace – vliv na kapacitu disku.
- Dnešní stav v metodách záznamu – vysvětlit metodu RLL 2,7.
- Nové techniky v konstrukci diskových pamětí:
  - záznam kolmo na směr pohybujícího se media,
  - využití magnetického odporu MR při čtení,
  - nové techniky detekce čteného signálu: PRML a EPRML,
  - snímání čteného signálu.
- Jak se vypočte vybavovací doba v moderních typech diskových pamětí – vysvětlení jednotlivých položek.

- Možnosti zvyšování kapacity diskové paměti.  
zdokonalování fyzikálních vlastností záznamové vrstvy,  
zdokonalování mechanických vlastností (vystavovací mechanismu),  
zdokonalování vlastností zápisové hlavy – úzký záznam  
hledáním nových metod záznamu – s menším počtem  
změn magnetizace,  
změna geometrie procesu zápisu (kolmý záznam),  
techniky PRML,  
techniky EPRML.
- Formát stopy.