

CHARAKTERISTIKY PEVNÉHO DISKU A JEHO ŘADIČE

Vlastnosti a parametry disku a řadiče

- počet hlav disku, válců a sektorů na stopu
- mechanismus pohybu hlavy - krokovací motorek nebo lineární motor
- rychlost vystavení diskové mechaniky
- rysy jako prekompenzace zápisu a redukovaný záznamový proud
- rozhraní mezi diskem a řadičem
- způsob záznamu
- faktor prokládání (dnes se již neuplatňuje)

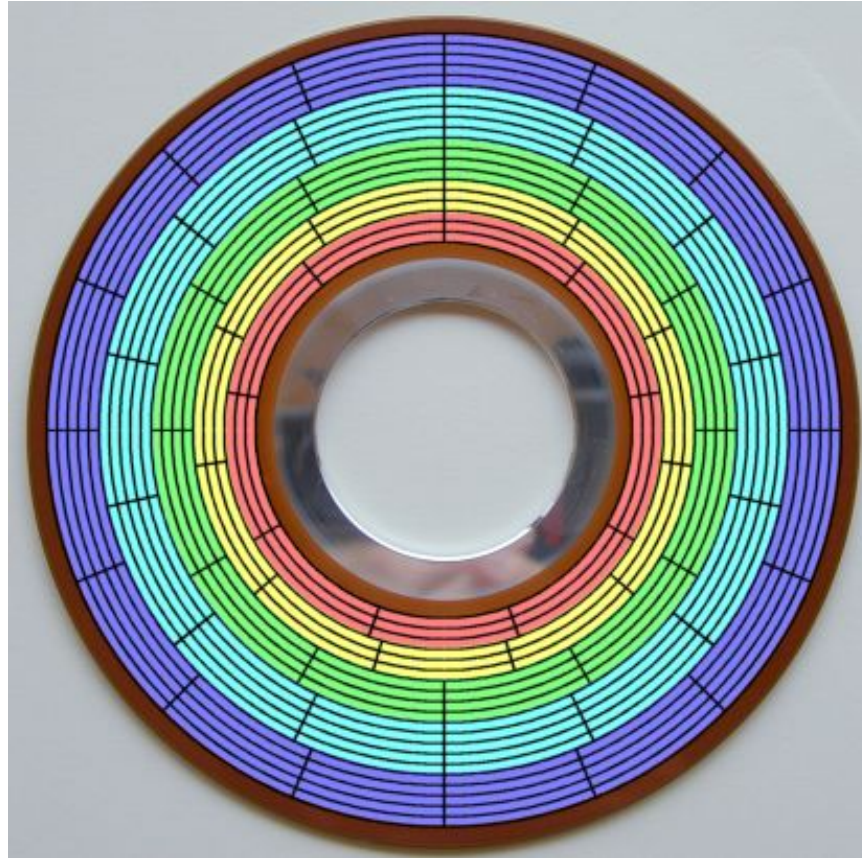
Prekompenzace zápisu

- Využívalo se v 80. letech – dnes neaktuální.
- Na všech stopách byl stejný počet sektorů (17) => hustota záznamu byla na vnitřních stopách vyšší než na stopách vnějších.
- Prekompenzace zápisu – na vnitřních stopách se zapisovalo silnějším magnetickým polem.
- Pozůstatek v BIOSu:
WPcom – válec, od něhož se dělá prekompenzace zápisu.
Nastavuje se na hodnotu 0, 1 nebo 65 535 – všechny hodnoty znamenají, že se **prekompenzace na tomto disku nedělá – stav dnes.**

Redukovaný záznamový proud

- Vyšší podélná hustota záznamu => 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.
- Závěr: prekompenzace zápisu a redukováný záznamový proud si navzájem protiřečí – šlo pak o jakýsi kompromis mezi oběma technikami, které řešily problém zápisu dat do vnitřních stop.
- Stav dnes: tento problém je řešen cestou **Zoned Bit Recording** - na stopách 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.

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"
- Geometrie: válce, hlavy, záznamové vrstvy, stopy a sektory, sektor = 512B
- Pevné disky, zásadní změna geometrie ve srovnání s pružným diskem: více záznamových vrstev, více sektorů, více stop, stejná kapacita sektoru - 512B

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.

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
- Současný stav: kapacity stovky GB, doba vystavení < 10 ms.
- Současný trend:
zvyšování rychlosti disku (doby vystavení a rychlosti otáčení), obecně zvyšování výkonu
zvyšování kapacity disku,
zlepšování fyzikálních vlastností záznamové vrstvy,
hledání nových metod záznamu s menším počtem změn magnetizace.

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**
- Rychlost otáčení dnes (rpm – rotations per minute) – 3600 ot/min, 7200 ot/min, 9600 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).**

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/palec²
IBM - 35.3 Gbitů/palec²—524 000 BPI (bits per inch)
- **Příčná hustota** (track density) – jinak také hustota stop, počet stop/mm (v 70. letech 4 stopy/mm).
Dnes (IBM) – 67 300 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).

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),
 - posunutí číslování sektorů mezi hlavami (head skew)
 - posunutí číslování sektorů mezi cylindry (cylinder skew)

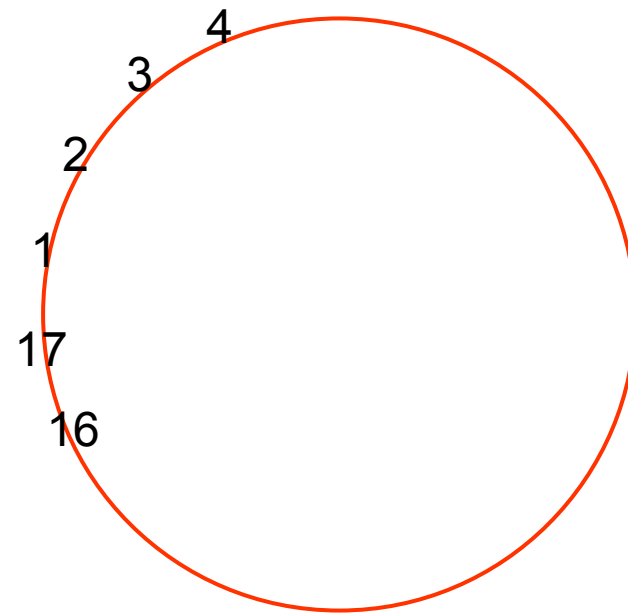
Faktor prokládání

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.

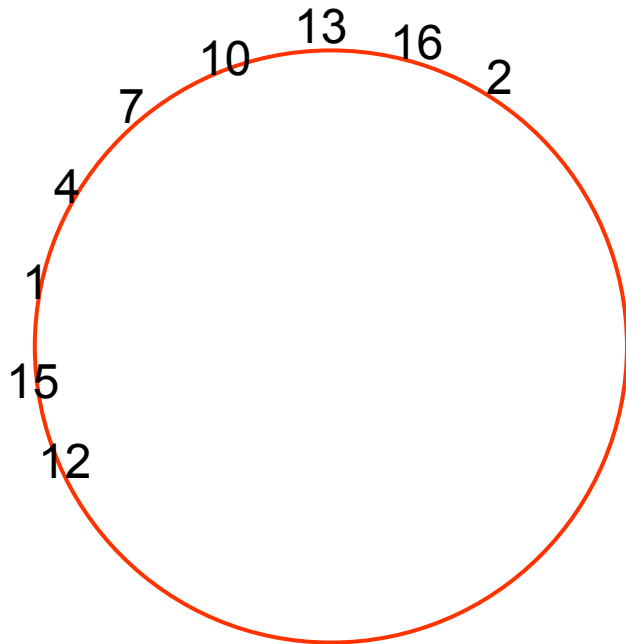
Vyrovnávací paměť se zaplnila přečtením sektoru 1 a její obsah se musí přenést do paměti počítače – před zahájením čtení sektoru 2 se to nestihne.

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



Řešení s využitím faktoru prokládání

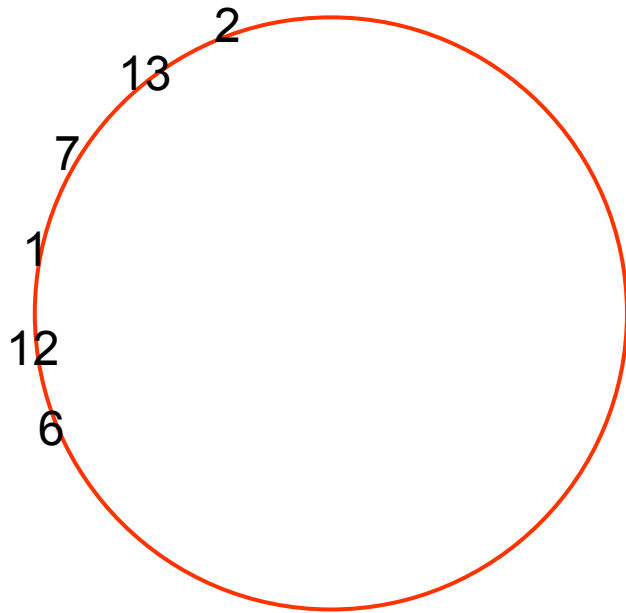
Zavede se jiné číslování sektorů tak, že sektor 2 nenásleduje za sektorem 1.



Situace v počítačích
kategorie PC XT:
prokládání 1 : 6

Po dobu přechodu Č/Z
hlavy nad sektory 4, 7, 13,
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

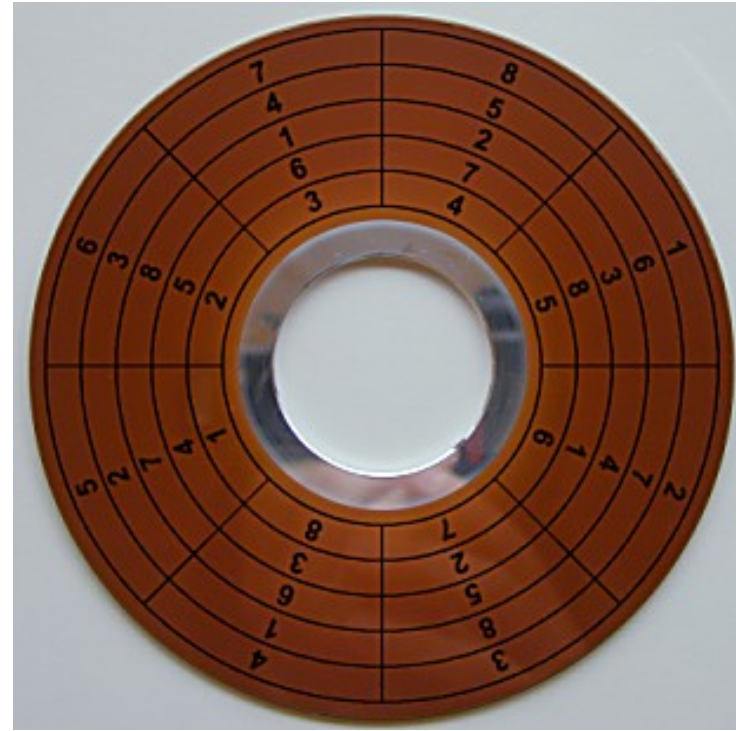
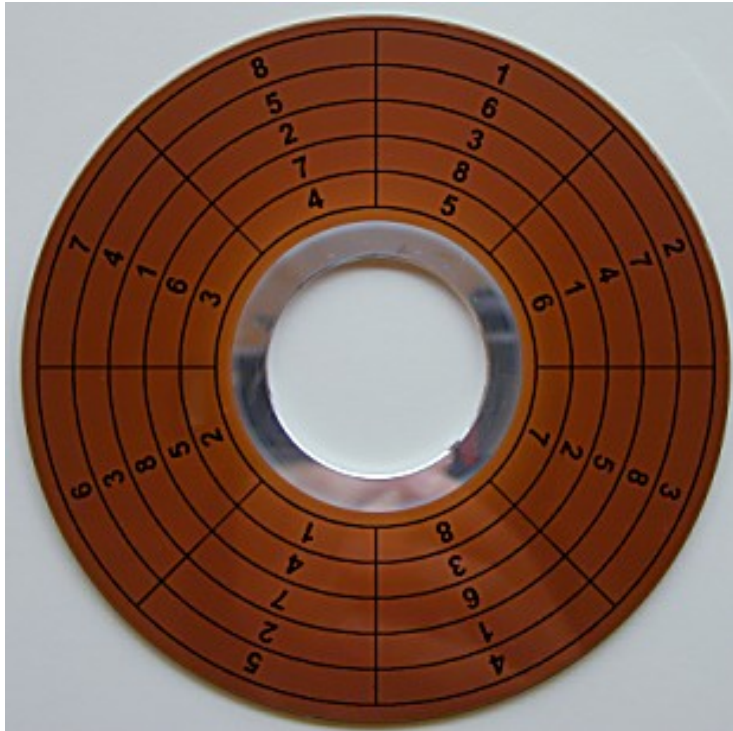
Faktor prokládání 1 : 3

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

Závěr: dnes se faktor prokládání nevyužívá, zásadně faktor prokládání 1 : 1.

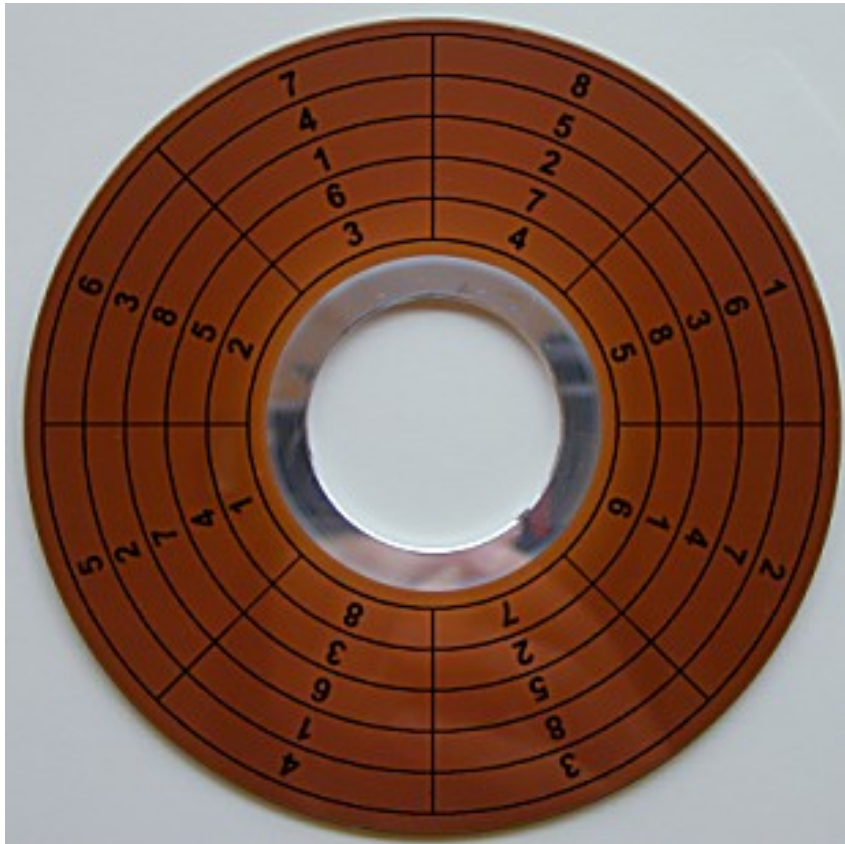
Posunutí číslování sektorů mezi hlavami (head skew)

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 cylindru čtení musíme přestavit na další cylindr (vnitřní cylindr) – sektory jsou mezi sebou posunuty – je dostatek času na vystavení (přesunu 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 (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 – 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 - prvek mezi sběrnici 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 sběrnice do řadiče (disk a AT busem).
- Součástí I/O karty byl také řadič FDD 5,25", 3,5", řadič sériového a 2 paralelních portů - deska byla označována jako I/O karta.
- Dnes jsou všechna tato rozhraní integrována do základní desky.
- Počítače se systémovou sběrnici PCI – alternativa připojení IDE disku pořád existuje – southbridge.

Charakteristiky řadiče

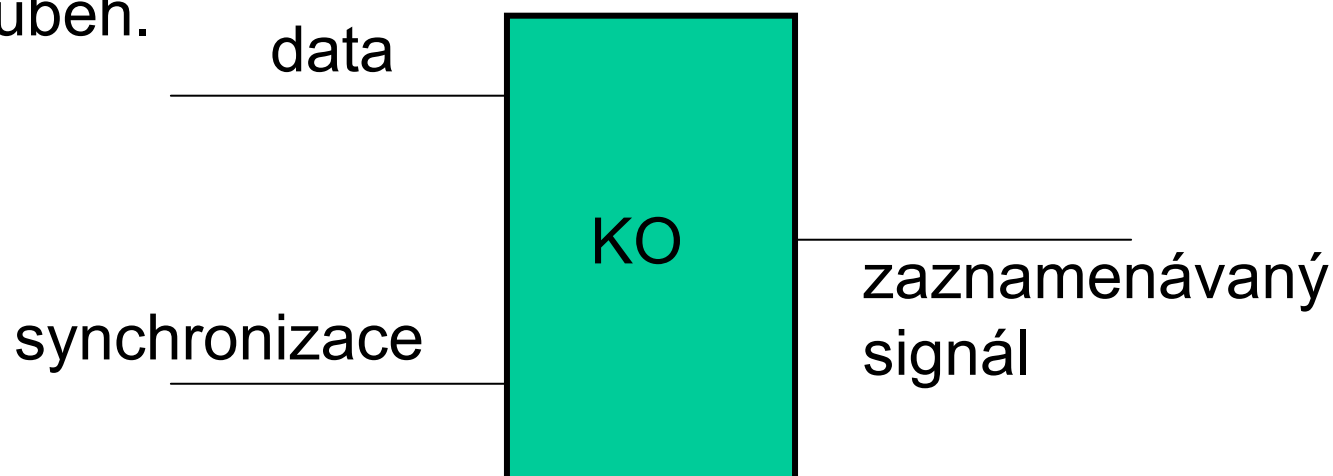
- Řadič komunikuje na jednu stranu se základní deskou, na druhou stranu s diskem.
- Řadiče disku byly identifikovány těmito charakteristikami:
 - typem XT, AT, řadičem do sběrnice SCSI
 - kódováním řadiče (metodou záznamu dat) - FM, MFM, RLL
 - rozhraním - ST506, ESDI, IDE (ATA), EIDE (FAST ATA), SCSI, serial ATA
 - 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.

Obvody zápisu dat na disk - kódovací obvod

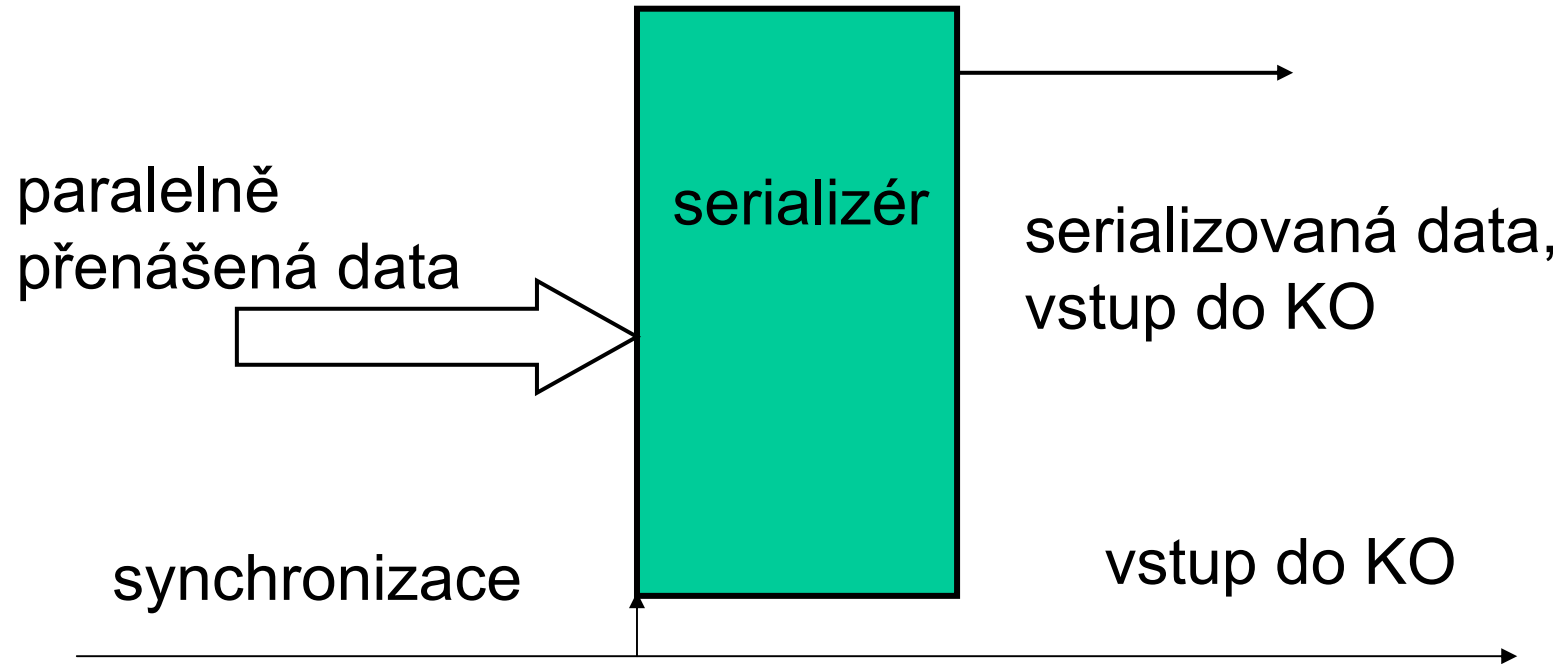
Kódovací obvod (encoder) – slučuje synchronizaci a data do jednoho signálu reprezentujícího zaznamenávaný průběh.



Záznam s vlastní synchronizací – v každém bitovém intervalu je alespoň jedna změna záznamového proudu a následně jedna změna magnetizace v mg. vrstvě.

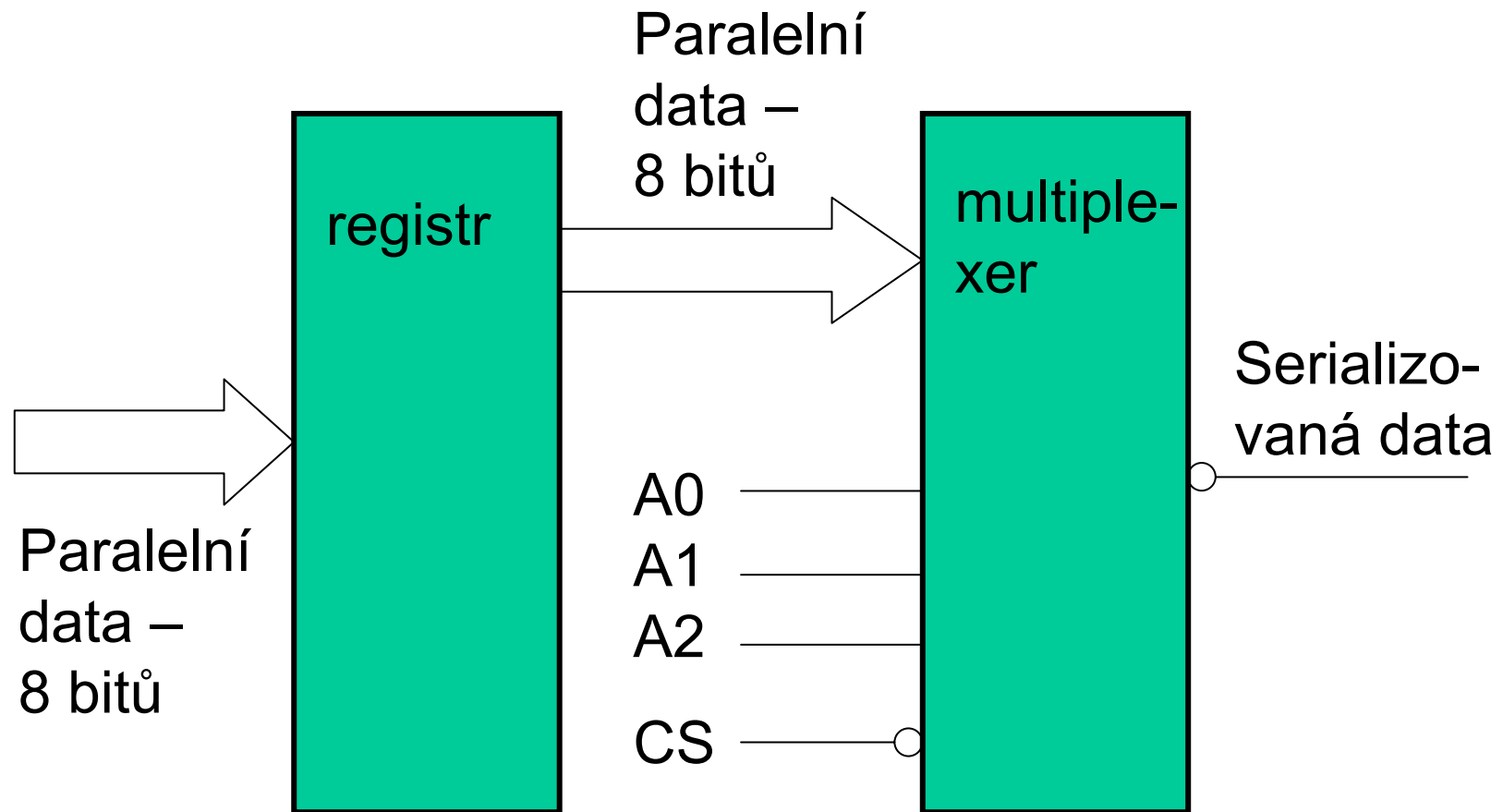
Obvody zápisu dat na disk - serializér

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



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

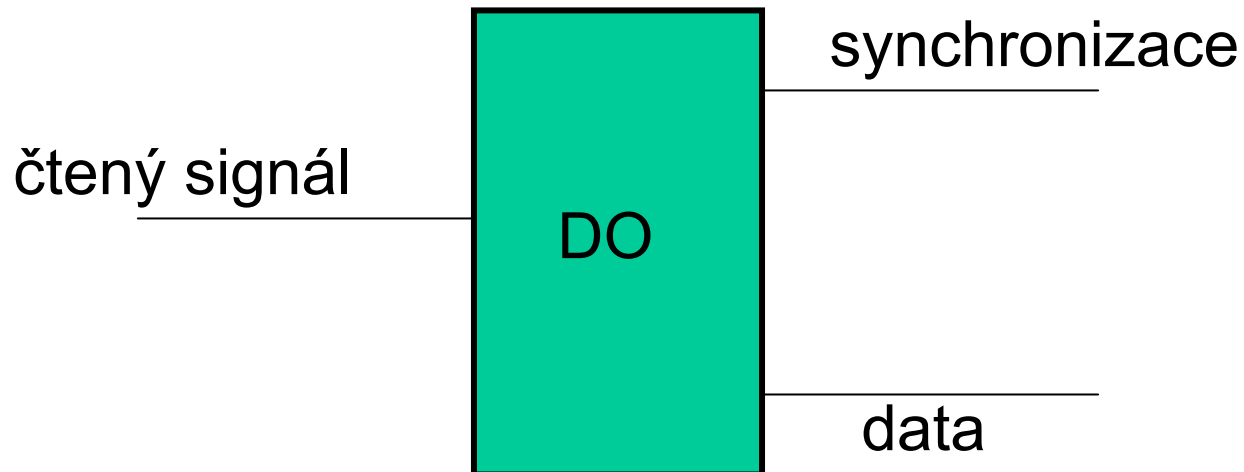
Realizace serializéru využitím multiplexeru



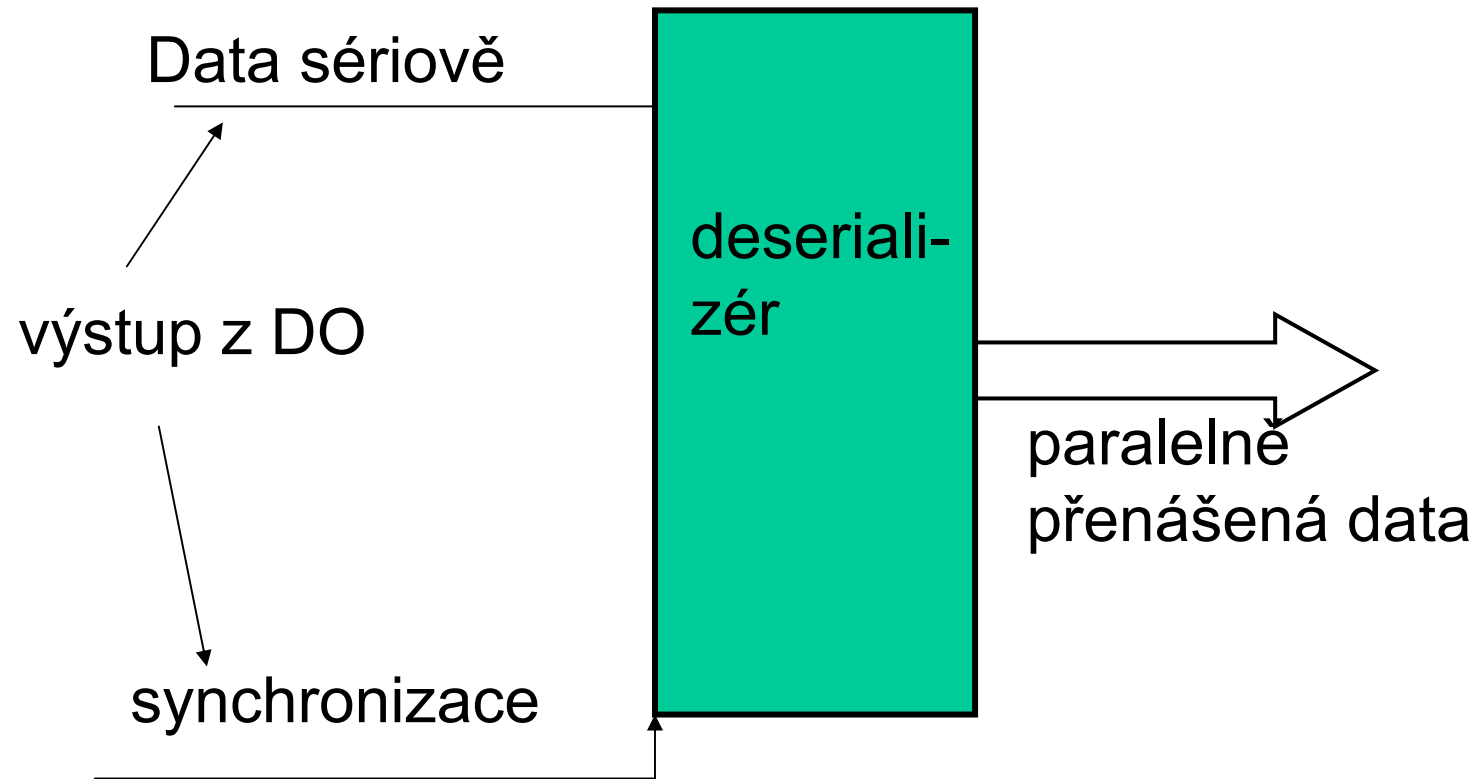
A0, A1, A2 – výstup z čítače 0 - 7

Obvody čtení dat z disku – dekódovací obvod

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



Obvody čtení dat z disku – deserializér



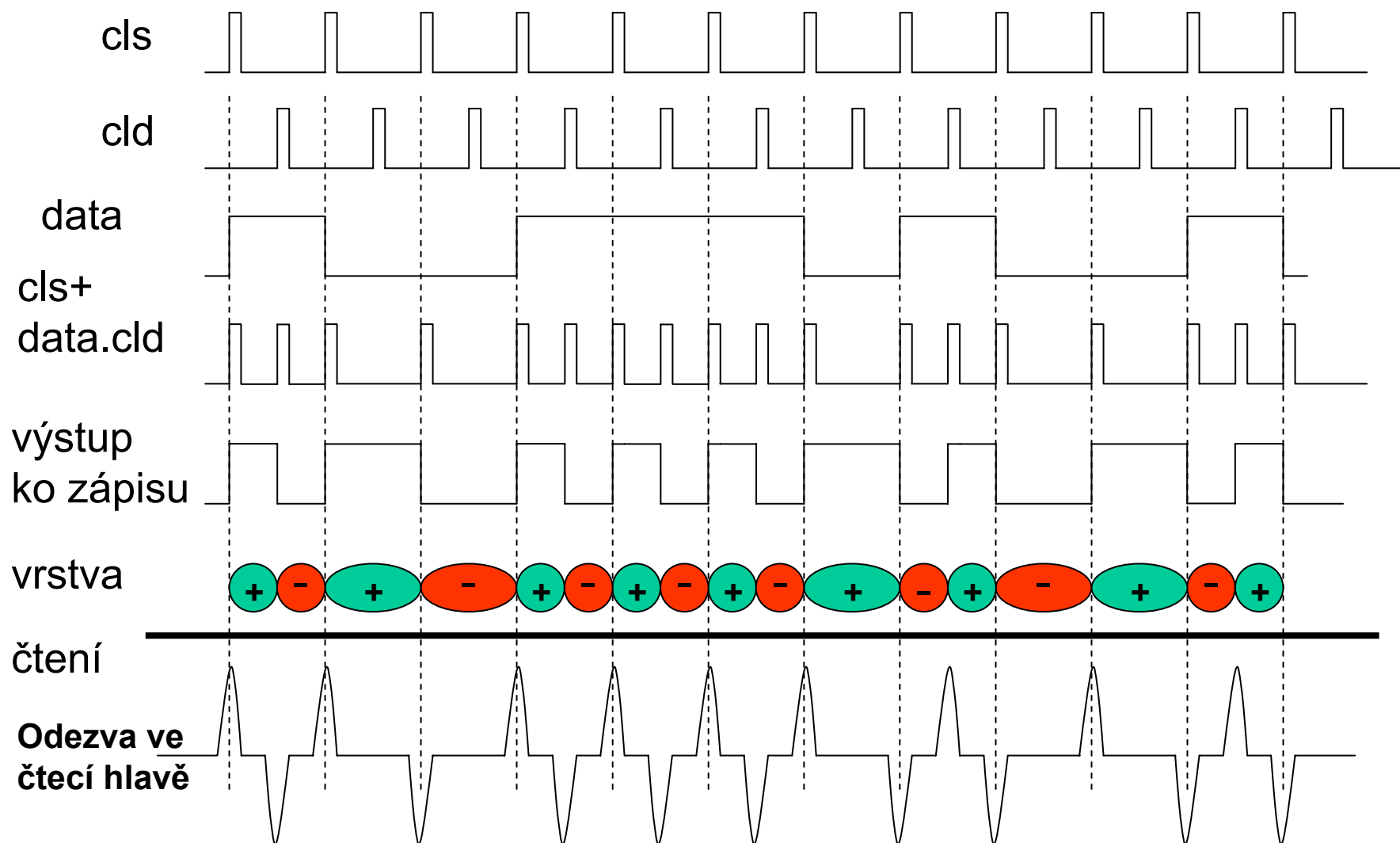
Vývoj metod záznamu na pohybující se mg. vrstvu

- 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.

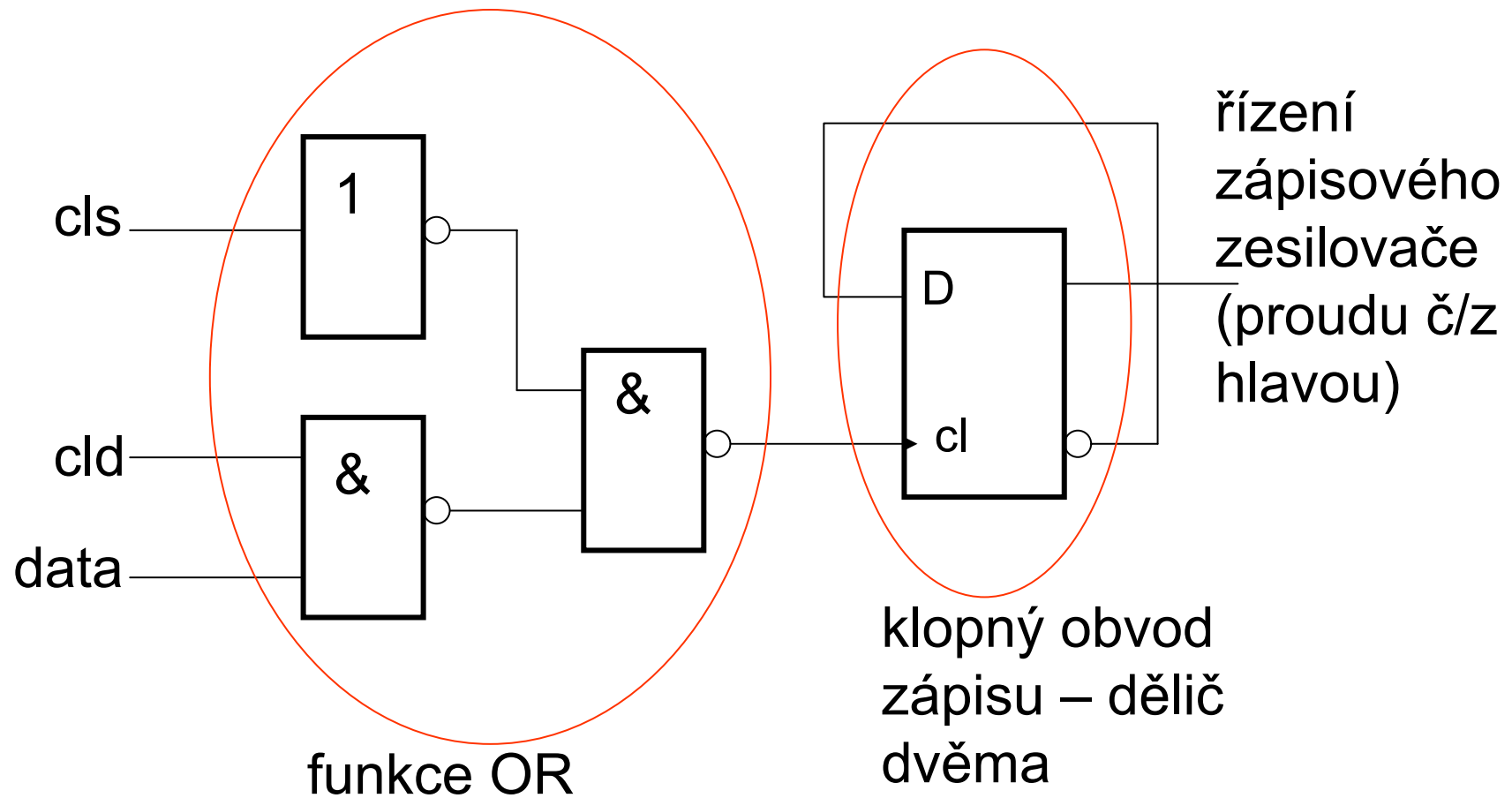
Princip metody FM

- 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.

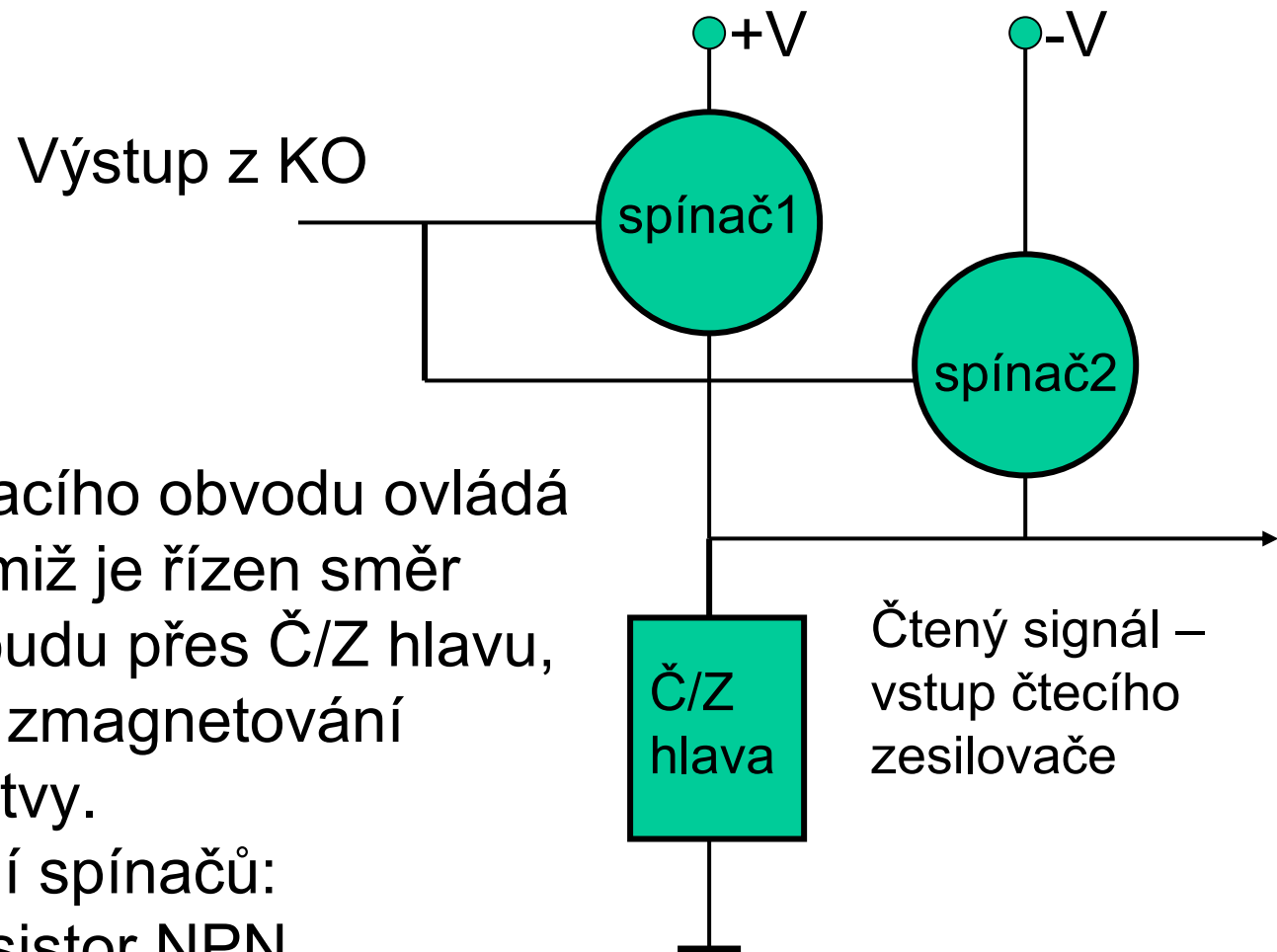
Metoda FM (Frequency Modulation) – záznam dvojnásobným kmitočtem



Obvody záznamu metody FM



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

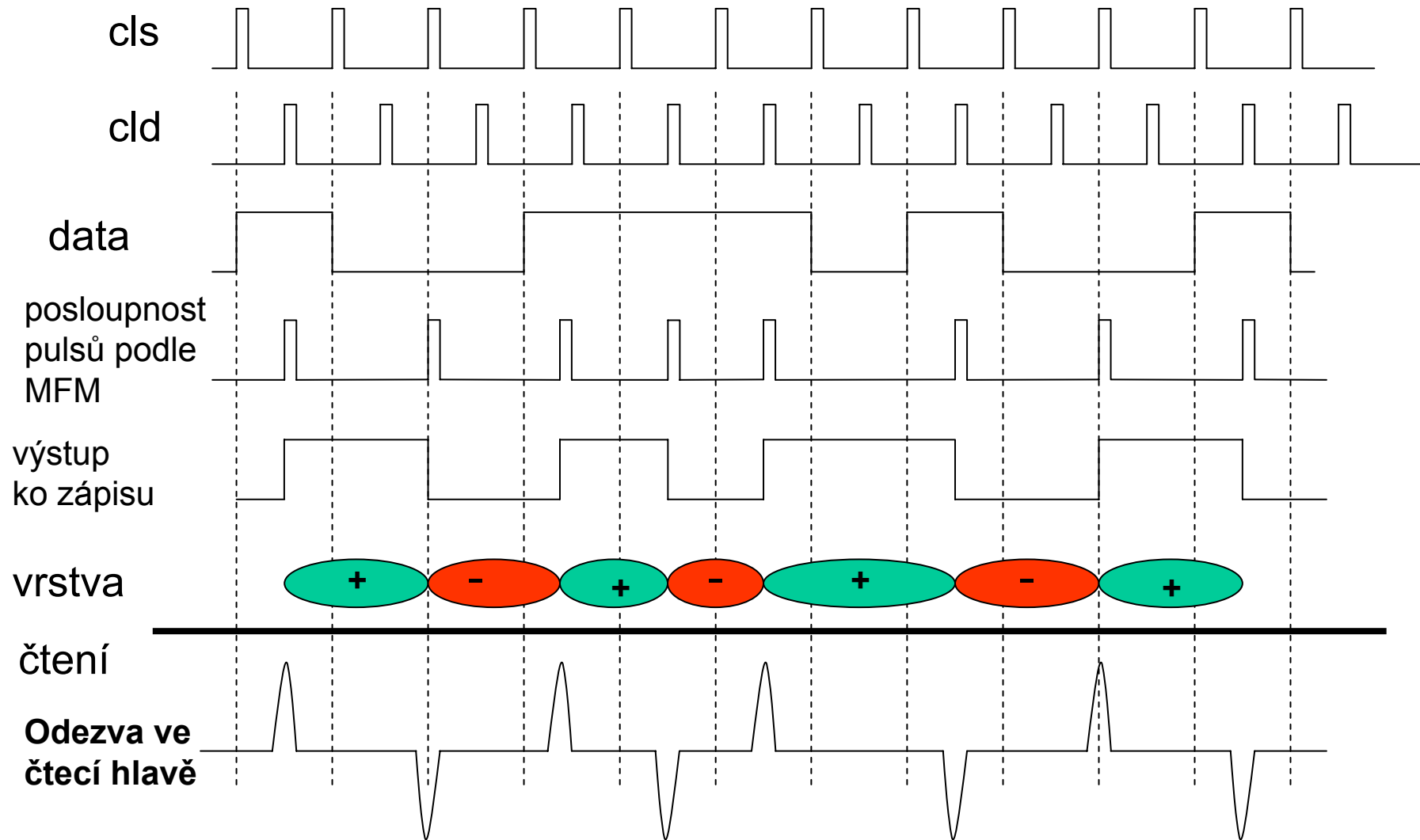
Analýza metody FM

- Nejhorší vzorek dat – takový, který má za následek nejvyšší kmitočet na výstupu kódovacího obvodu – 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

- Vstup kódovacího obvodu - **data a dvojí synchronizační pulsy**:
 - cls – clock synchronizační (vložen do výsledné posloupnosti pulsů, pokud se za sebou zapisují dvě „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 MFM => za daných vlastností záznamové vrstvy je možno zvýšit hustotu záznamu 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).

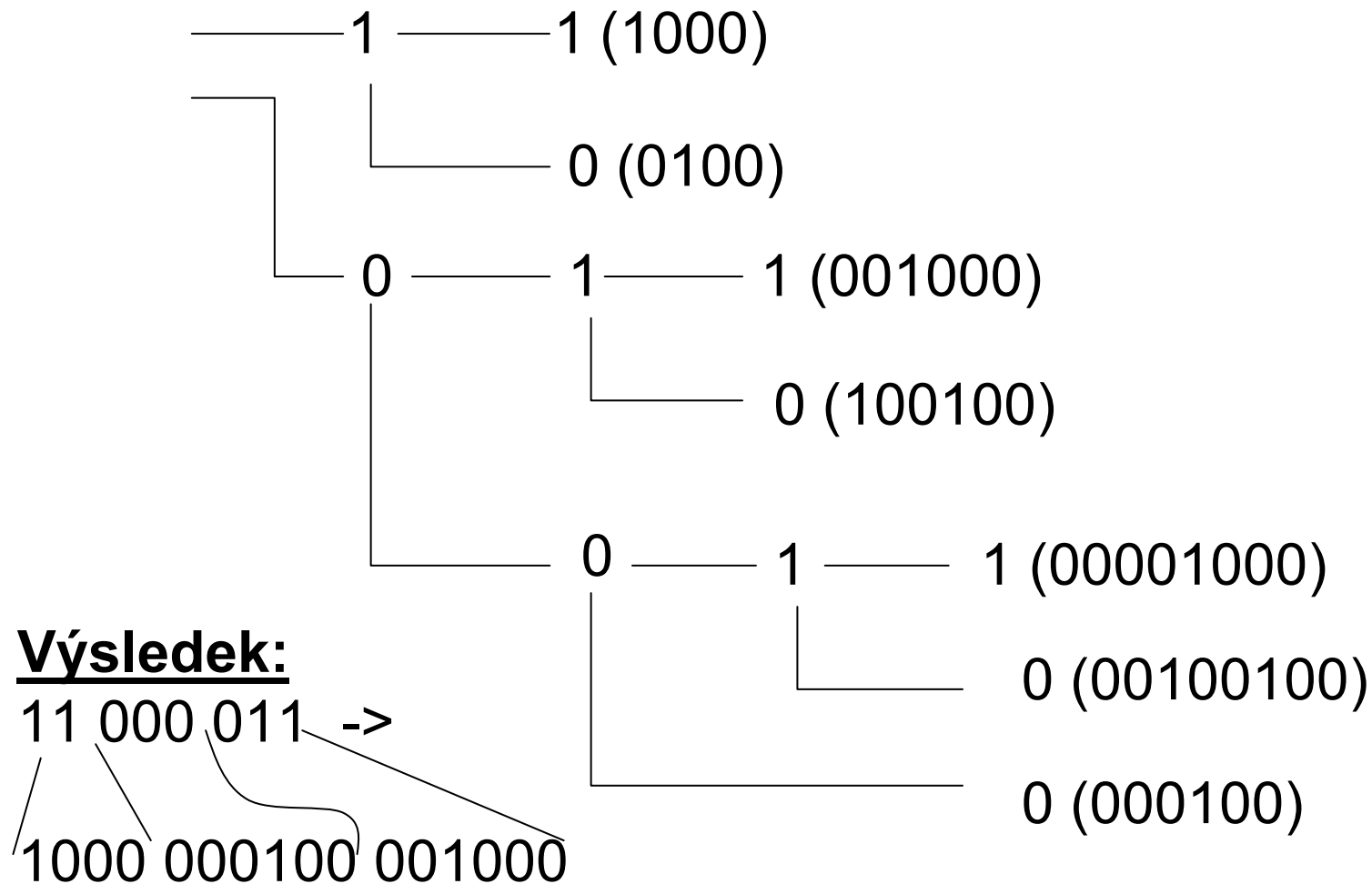
Analýza metody MFM

- Generování synchronizačních pulsů – 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.
- 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.

Metoda RLL

- 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.
- 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



Metoda RLL - shrnutí

- 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).

Obvody záznamu a čtení - umístění

Kódovací a dekódovací obvod

- Řadič MFM (PC XT) - oba obvody byly součástí řadiče:
technicky nevhodné řešení, protože čtený i zaznamenaný signál mají vysoký kmitočet, byly přenášeny kabelem (délka přibližně 30 cm)
=> snaha umístit oba obvody co nejbližší č/z hlav.
- Disky IDE i SCSI - oba obvody jsou součástí disku (tzn. blíže č/z hlav) - platí doposud.

Čtecí a zápisový zesilovač

- Zásadně co nejbližší Č/Z hlav.

Struktura disku

- Vytváří se ve třech krocích:
 - **Nízko-úrovňové formátování.**
Vytvářejí se stopy, sektory (fyzická struktura), disk přijde takto připraven od výrobce.
 - **Vytvoření logických disků (C, D, ...).**
Funkce operačního systému – příkaz fdisk.
 - **Formátování logických disků.**
Funkce operačního systému, příkaz format (nejsou likvidována data).
Na logickém disku se vytvářejí oblasti:
Boot, FAT, Root, Data.

Doba vystavení (seek time)

- Parametr, který významným způsobem ovlivňuje rychlost počítače jako celku.
- Časové relace: doba vystavení 10 ms
vybavovací doba 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 (8 – 10 ms)
cylindr – cylindr: mezi dvěma sousedními cylindry (1ms)
mezi dvěma krajními stopami: vystavení mezi vnitřní a vnější stopou (15 – 20 ms)

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.
- Netřeba se jí vážně zabývat.

Režie provedení příkazu (command overhead time)

- Reflektuje rychlost reakce disku 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	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