

# Čtecí kanál diskových pamětí

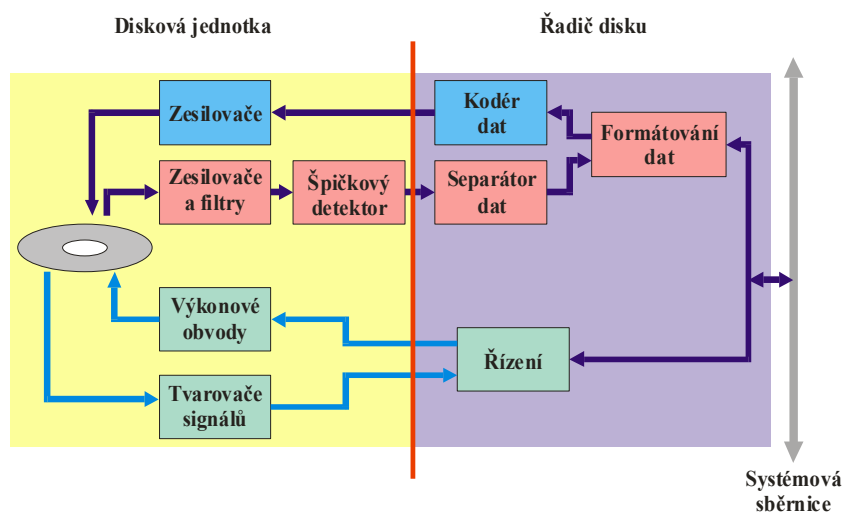


1

## Architektura diskového rozhraní (1)

Koncepce použitá u FD a starších HD

- Disková jednotka obsahuje jen zesilovač a špičkový detektor.
- Řadič je součást počítače.
- Na rozhraní řadič – disková jednotka jsou přenášena neseparovaná data a řídicí signály závislé na elektromechanické konstrukci.

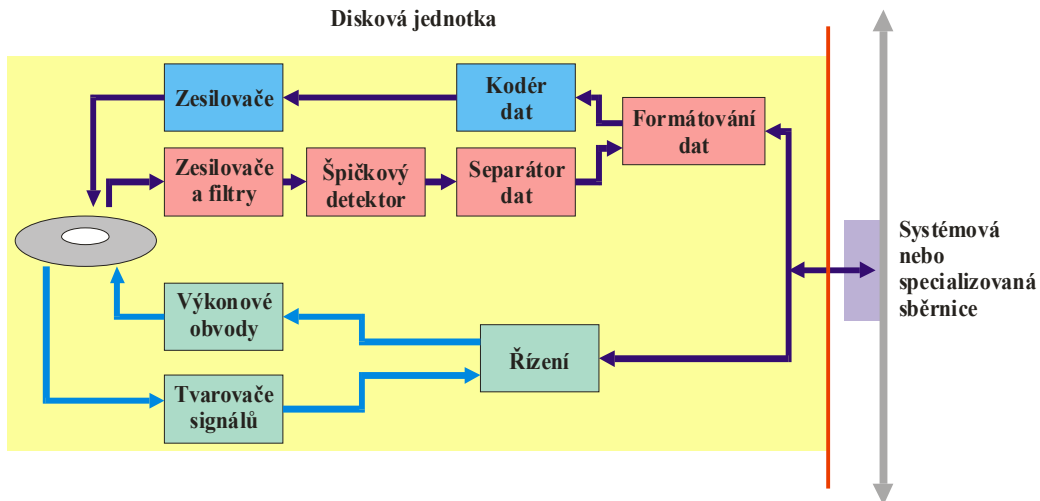


2

# Architektura diskového rozhraní (2)

## Koncepce použita novějších HD

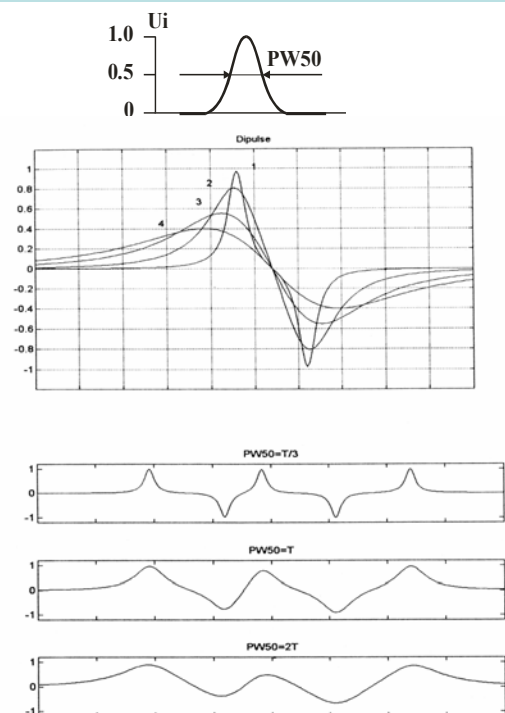
- Disková jednotka obsahuje kompletní elektroniku včetně řadiče.
- Rozhraní disku je přizpůsobené pro snadné připojení na sběrnici (univerzální sběrnice, např. ISA, PCI, ...) nebo specializovaná pro IO obvody, např. SCSI).



3

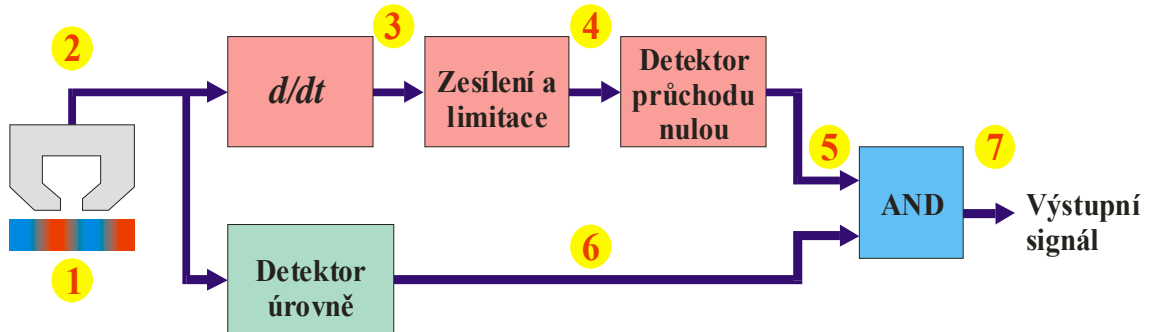
# Datový čtecí kanál

- **Klasická konstrukce:**
  - Postavena na bázi špičkového detektoru a automatu pro separaci (dekódování) dat.
  - Špičkový detektor je analogový obvod.
  - Maximální hustota záznamu je omezena hodnotou PW50.
- **Vylepšená konstrukce:**
  - Kanál PRML (Partial Response, Maximal Likelihood).
  - Po zesílení se signál z hlavy digitalizuje, další zpracování je digitální.
  - Dekodér používá pravděpodobnostní kritéria.
  - Lze zaznamenat (a přečíst) data s větší hustotou ( $2\times$ ,  $3\times$ , ...) než u špičkového detektoru.



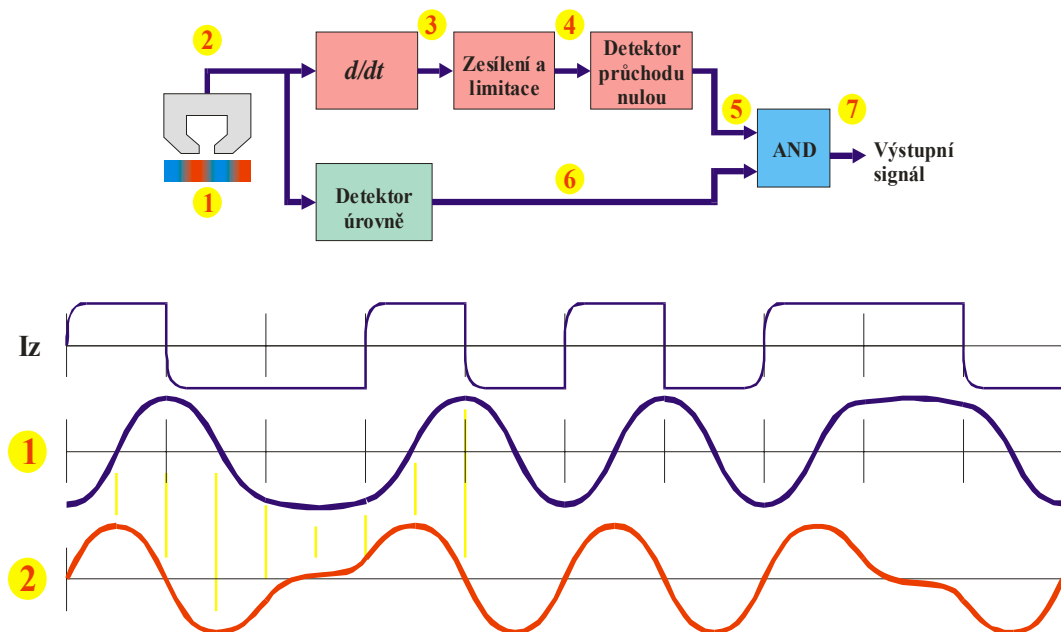
4

# Špičkový detektor (1)



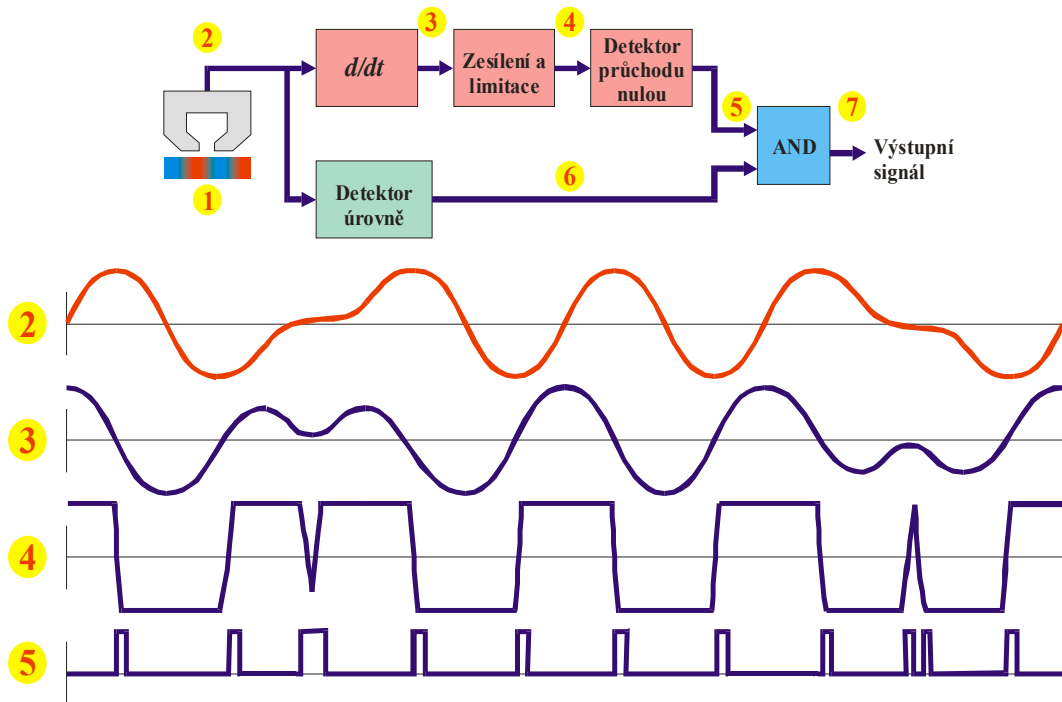
5

# Špičkový detektor (2)

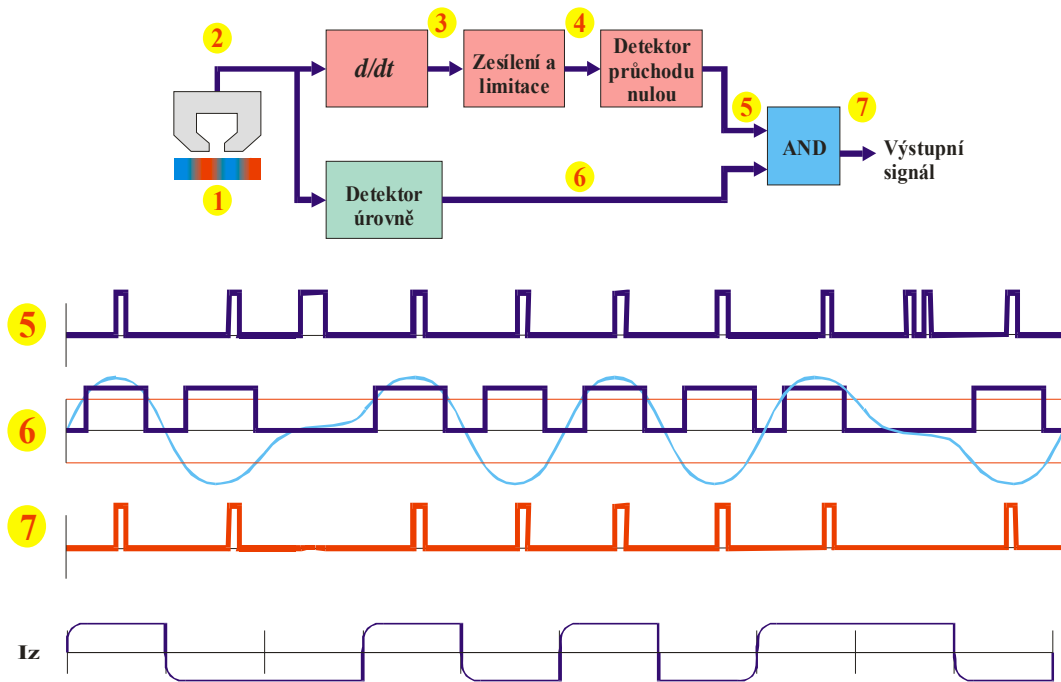


6

# Špičkový detektor (3)

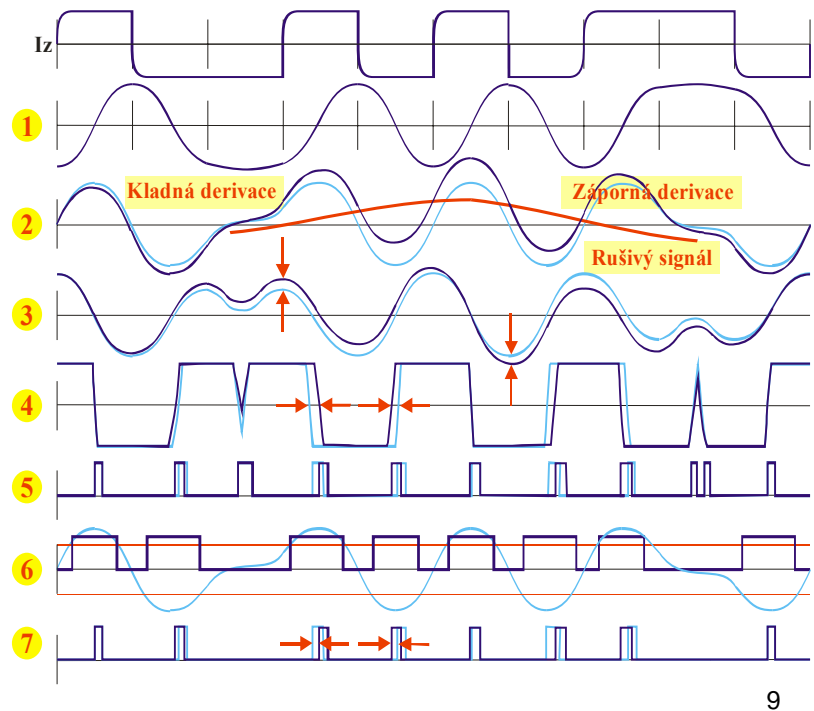


# Špičkový detektor (4)



## Projevy rušení datového signálu

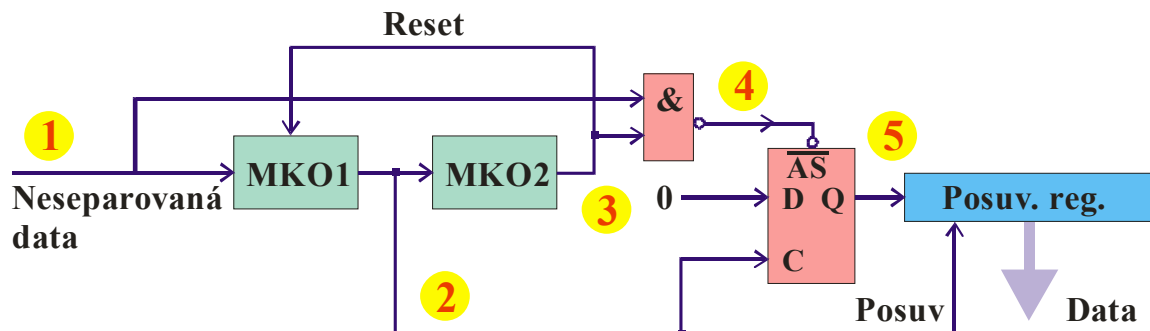
- Špičkový detektor pracuje analogově  $\Rightarrow$  je citlivý na rušení.
- Rušení se může projevit posunutím výstupních pulsů z ideální polohy.



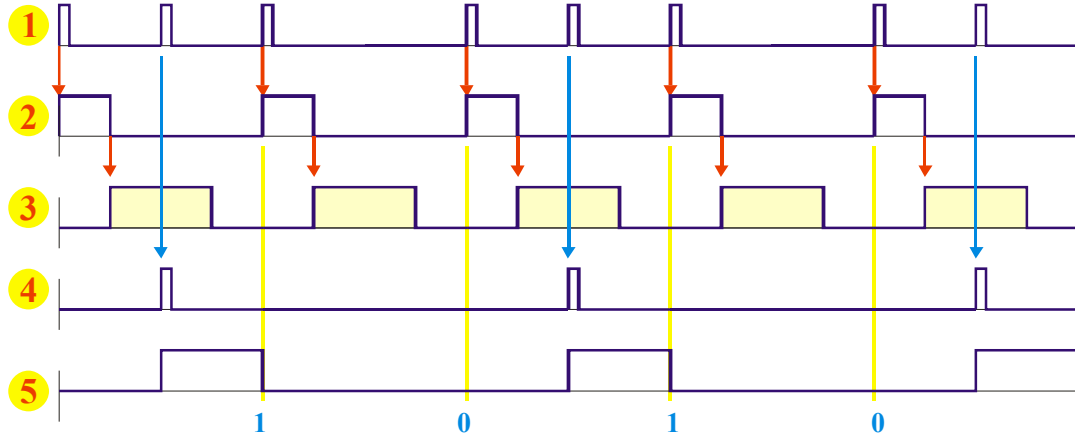
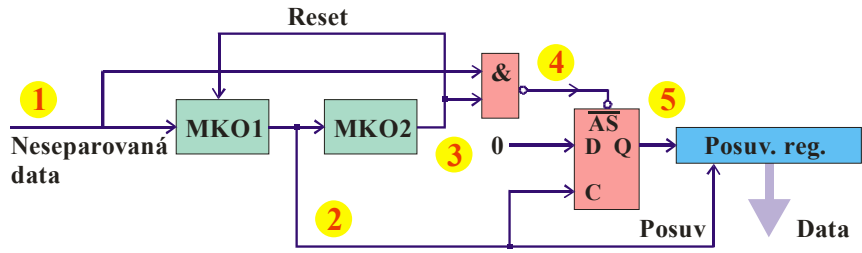
9

## Separátor dat FM (1)

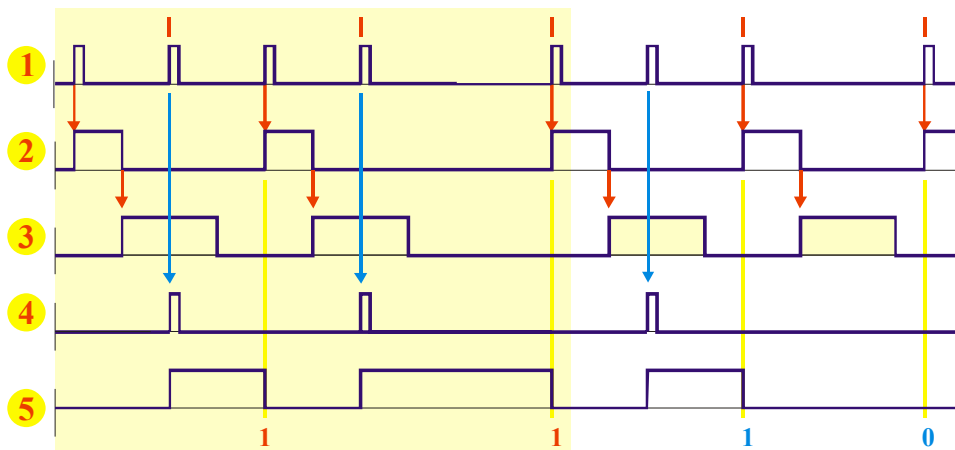
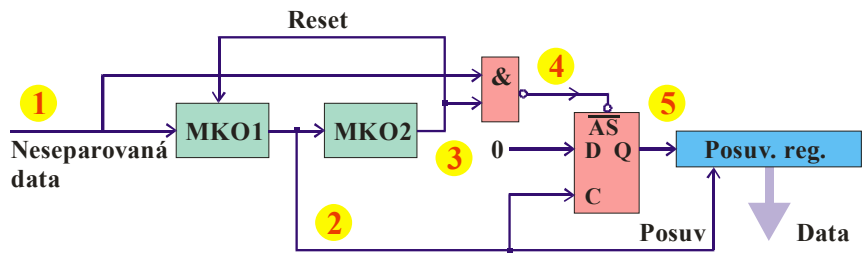
Příklad jednoduchého separátoru bez zdroje synchronizovaných hodin.



# Separátor dat FM (2)

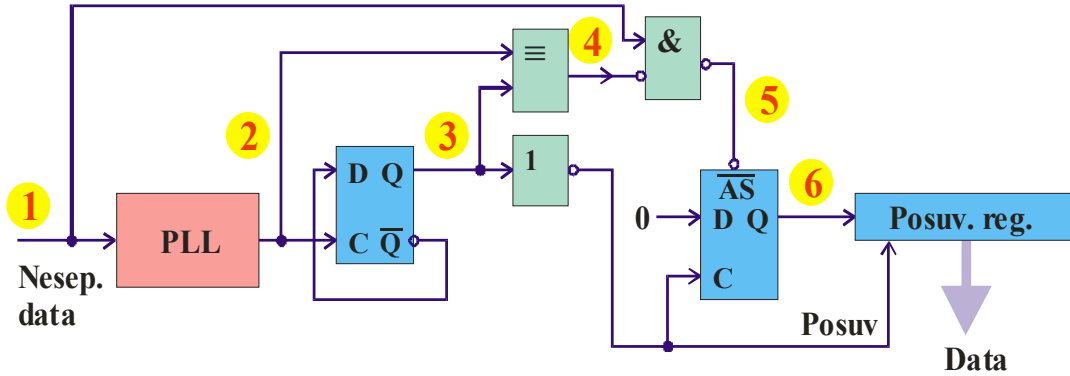


# Nesprávná synchronizace

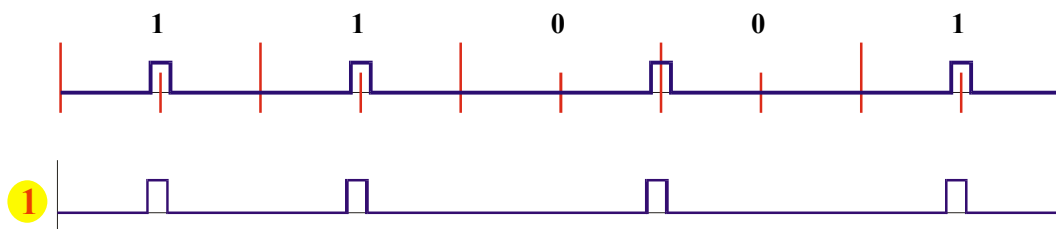
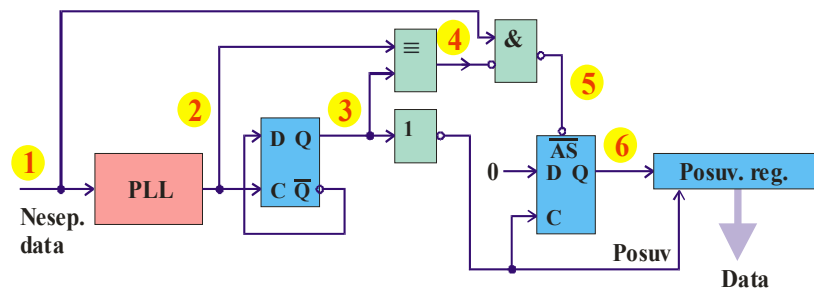


# Separátor dat MFM (1)

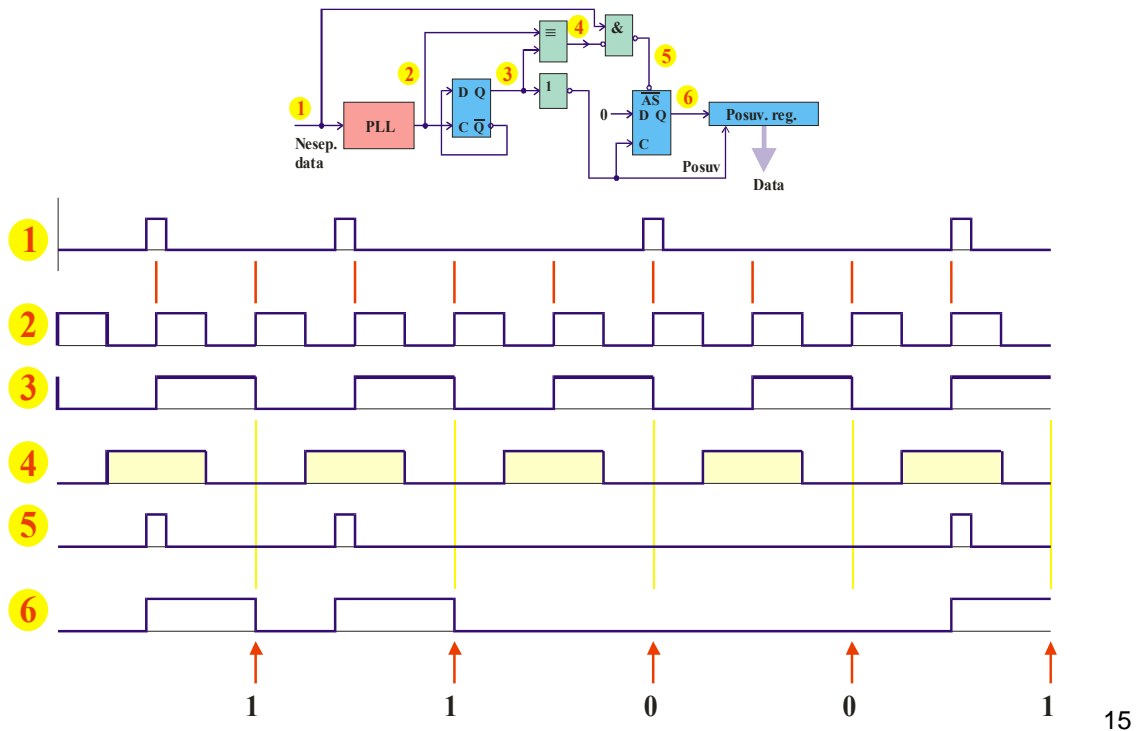
Příklad řešení dokonalejšího separátoru se synchronizovanou časovou základnou.



# Separátor dat MFM (2)



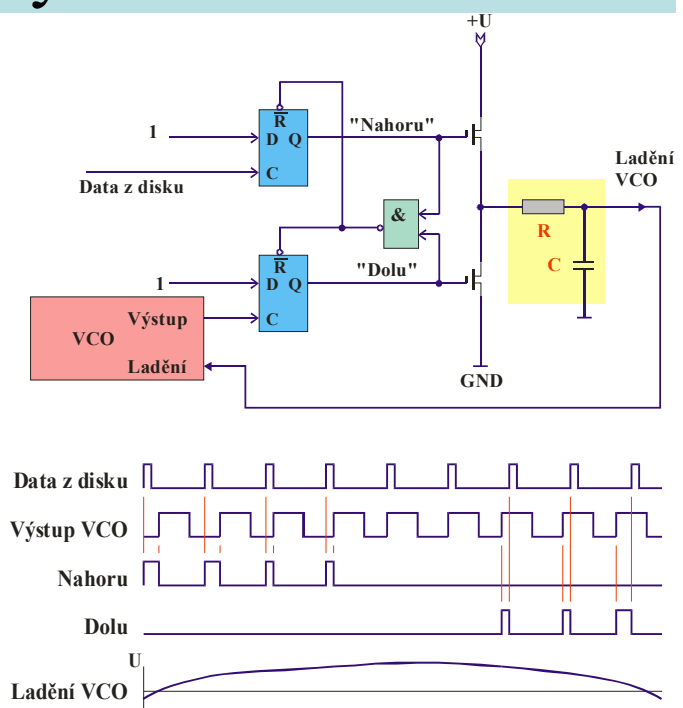
## Separátor dat MFM (2)



15

## Fázový závěs

- Fázový závěs (PLL – Phase Locked Loop)
  - Umožňuje synchronizaci hodin separátoru podle přicházejících dat.
  - Využívá napětím řízený oscilátor (VCO - Voltage Controlled Oscillator).
  - Synchronizace má vhodně nastavenou časovou konstantu – jednotlivá změna polohy některého pulsu posune fázi hodin jen nepatrně.
  - Není-li generátor hodin určitou dobu synchronizován, udržuje nastavenou frekvenci.

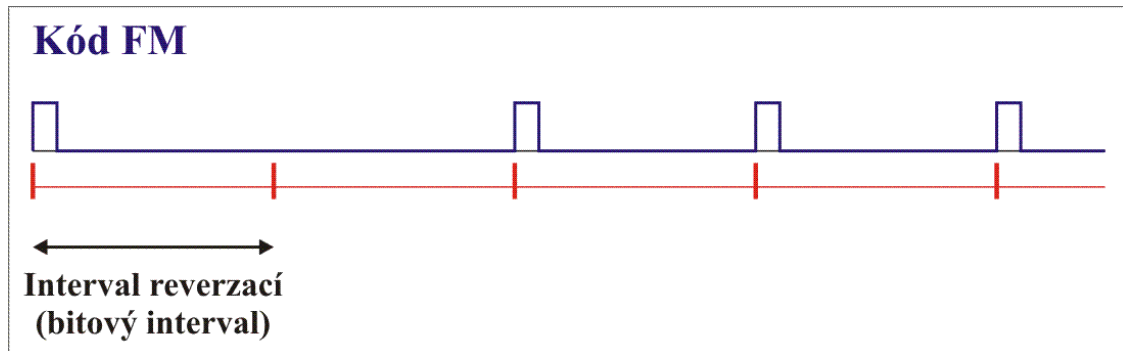


16



## Vliv deformace signálu

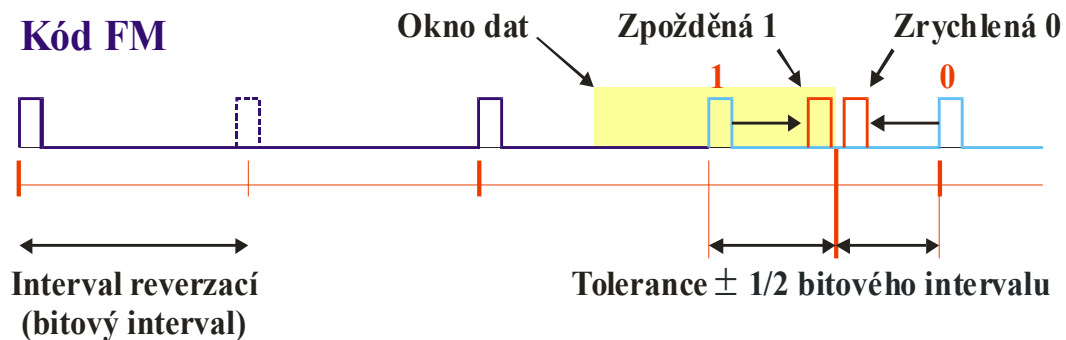
- Zkreslení a rušení signálu způsobují posun pulsů mimo ideální polohu.
- Fázový závěs udržuje frekvenci hodin na střední hodnotě vzhledem k frekvenci dat.



17

## Datové okno separátoru (1)

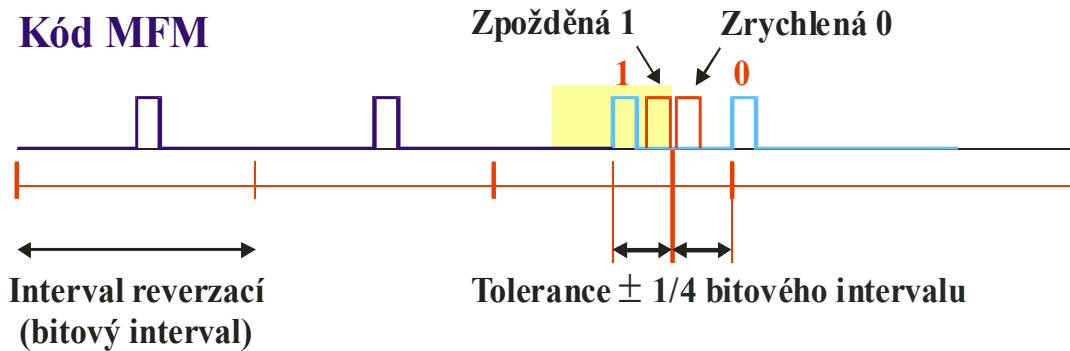
- Datové pulsy na výstupu špičkového detektoru nejsou (vlivem rušení, ...) přesně ve správné poloze.
- Separátor vytváří okno dat, které rozhoduje o interpretaci vstupujícího pulsu.
- Různé kódy umožňují různou šířku okna dat.



18

## Datové okno separátoru (2)

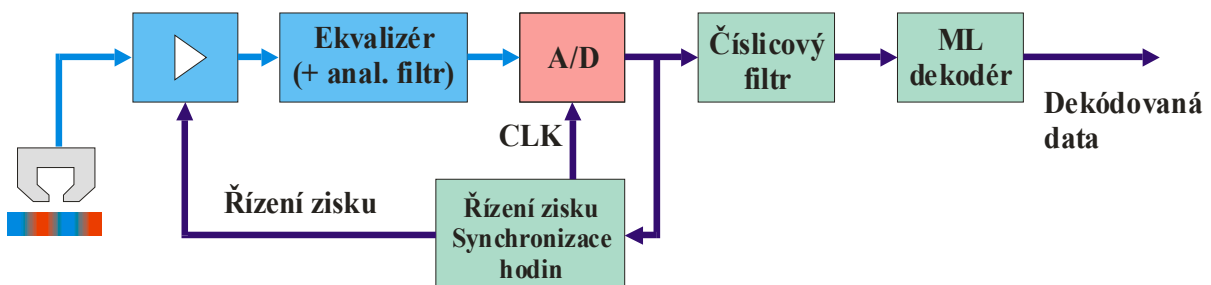
- Datové pulsy na výstupu špičkového detektoru nejsou (vlivem rušení, ...) přesně ve správné poloze.
- Separátor vytváří okno dat, které rozhoduje o interpretaci vstupujícího pulsu.
- Různé kódy umožňují různou šířku okna dat.



19

## Kanál PRML

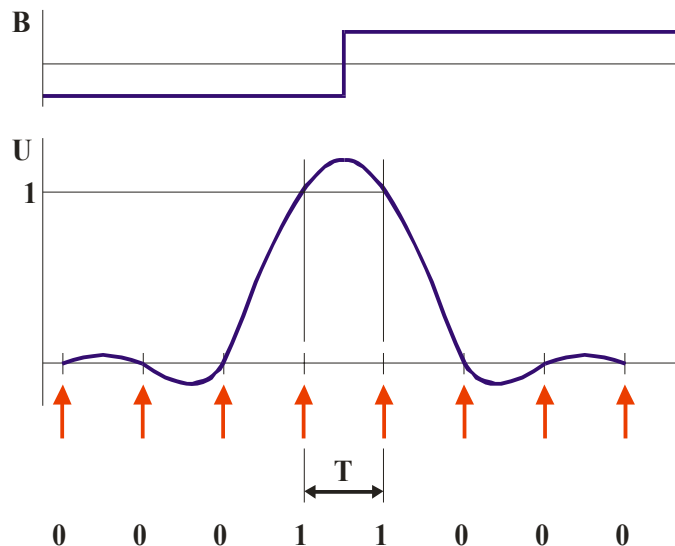
- Signál z disku se zesílí a synchronně vzorkuje a převádí na číslkové hodnoty.
- Další zpracování = číslicová filtrace a pravděpodobnostní vyhodnocení.



20

## PRML - synchronní vzorkování

- Příklad: vzorkování signálu ze čtecí hlavy pro  $T = \frac{1}{2} \text{PW50}$ .



21

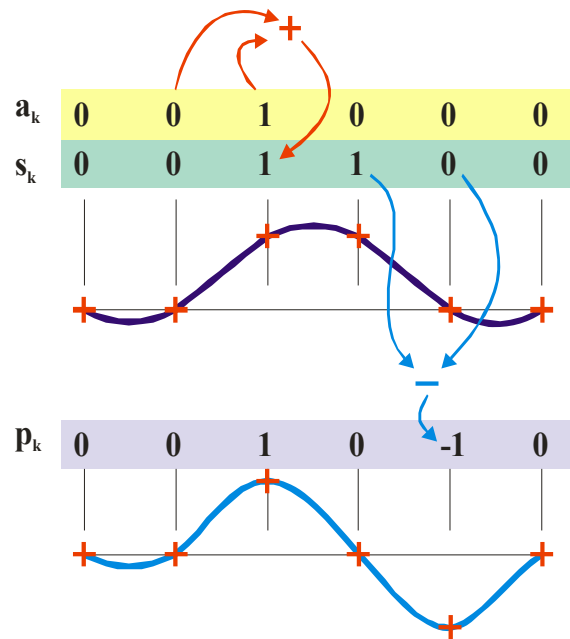
## PRML - značení

- Zapisovaná data:  $a_k$
- Magnetická indukce v médiu:  $s_k$
- Signál ze čtecí hlavy:  $p_k$
- Zpětně rekonstruovaná data:  $a'_k$
- Operátor zpoždění:  $D$ 
  - $a_k(D) = a_{k-1}$
  - $a_k(D^2) = a_{k-2}$ ,
  - $a_k(1 + D) = a_k + a_{k-1}$  atd.

22

## Kanál PR4

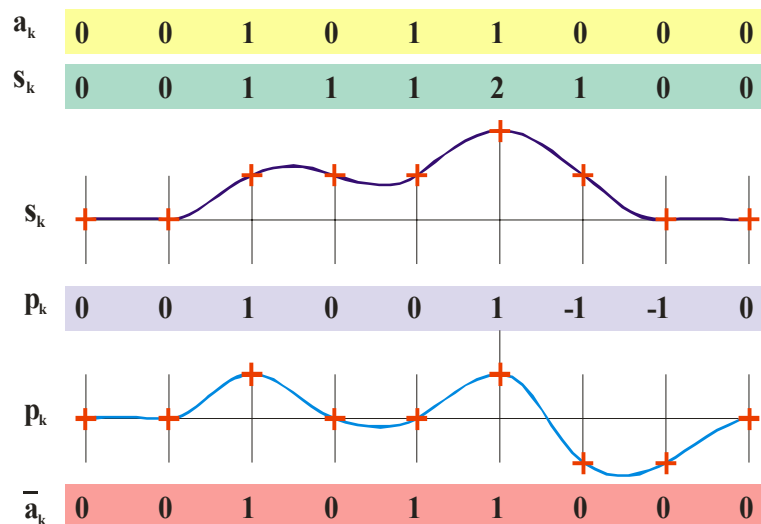
- Pro  $T = \frac{1}{2} PW50$ .
- Model záznamové cesty:  
 $s_k = a_k(1+D)$ .
- Model čtecího kanálu:  
 $p_k = s_k(1-D)$ .



23

## Kanál PR4 – rekonstrukce dat

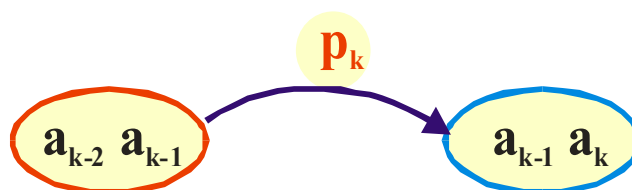
- Model celého kanálu PR4:
  - $s_k = a_k(1 + D)$ ,  $p_k = s_k(1 - D) \Rightarrow p_k = a_k(1 + D)(1 - D) = a_k(1 - D^2)$
  - Při rekonstrukci dat:  
 $p_k = a_k - a_{k-2} \Rightarrow a'_k = p_k + a'_{k-2}$



24

## Dekodér pro PR4 (1)

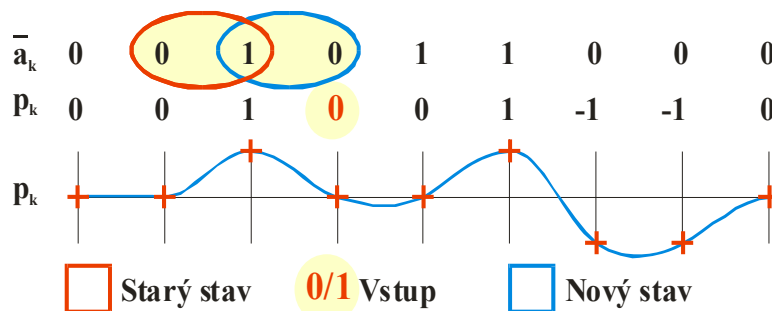
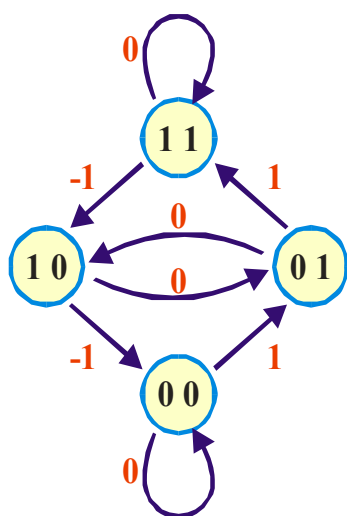
- K rekonstrukci  $a'_k$  se použije stavový automat.
- Stav je určen dvěma předchozími hodnotami  $a'$ , tj.  $a'_{k-1}$  a  $a'_{k-2}$ .
- Další stav závisí na hodnotě  $p_k$  na vstupu automatu.



25

## Dekodér pro PR4 (2)

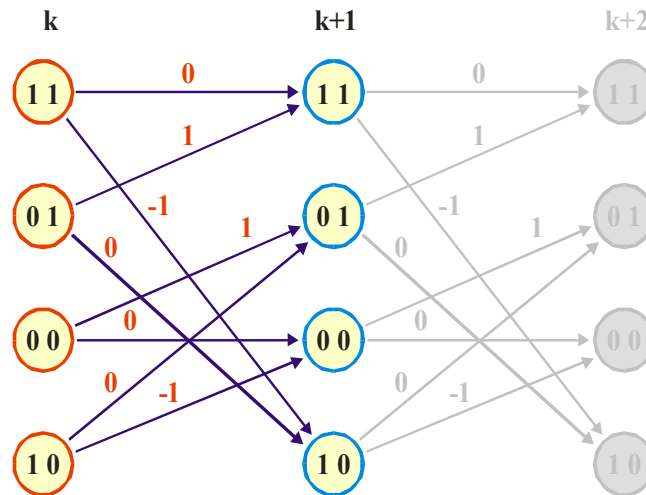
- Automat pro PR4 je popsán následujícím stavovým diagramem:



26

# Dekodér pro PR4 (3)

- Zakreslení přechodů mezi stavy v čase:



# Kanály EPR4 a E<sup>2</sup>PR4

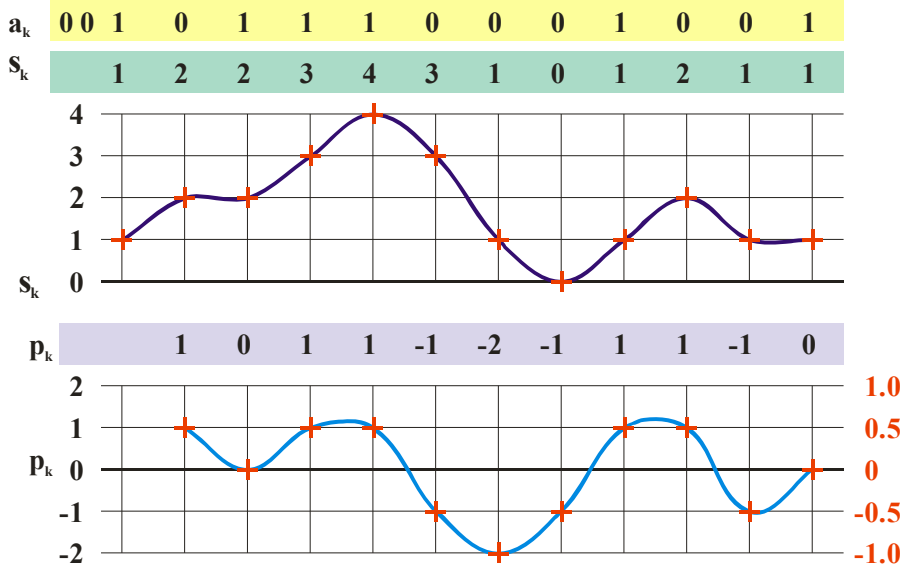
- Kanál EPR4:  $T = 1/3 \text{ PW50}$ .
  - $s_k = a_k(1 + D)^2, p_k = s_k(1 - D)$
- Kanál E<sup>2</sup>PR4:  $T = 1/4 \text{ PW50}$ .
  - $s_k = a_k(1 + D)^3, p_k = s_k(1 - D)$

n	Kanál	Polynom	Odezva $p_k$ na ...00001111...
1	PR4	$(1 - D)(1 + D)$	0 1 1 0
2	EPR4	$(1 - D)(1 + D)^2$	0 1 2 1 0
3	E <sup>2</sup> PR4	$(1 - D)(1 + D)^3$	0 1 3 3 1 0

# Kanál EPR4

–  $s_k = a_k (1 + 2D + D^2)$ ,     $p_k = a_k (1 + D - D^2 - D^3)$

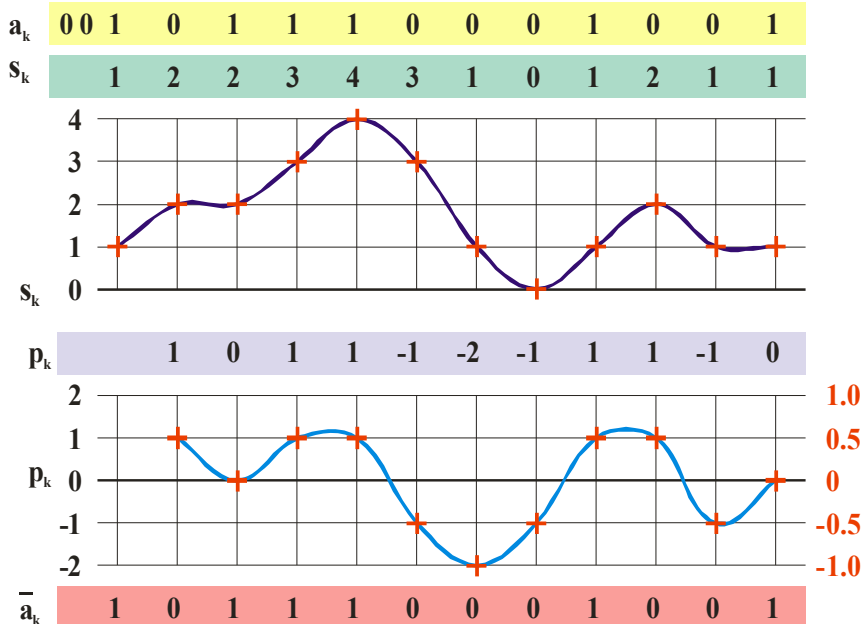
–  $s_k = a_k + 2 a_{k-1} + a_{k-2}$ ,     $p_k = a_k + a_{k-1} - a_{k-2} - a_{k-3}$



# Kanál EPR4

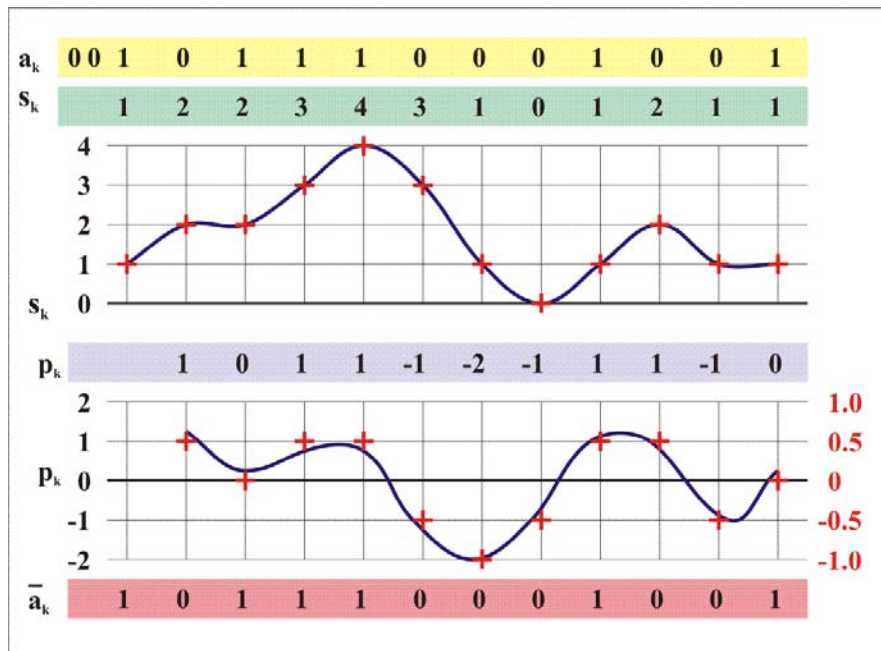
–  $s_k = a_k + 2 a_{k-1} + a_{k-2}$ ,     $p_k = a_k + a_{k-1} - a_{k-2} - a_{k-3}$

–  $a'_k = p_k - a'_{k-1} + a'_{k-2} + a'_{k-3}$



# Kanál EPR4

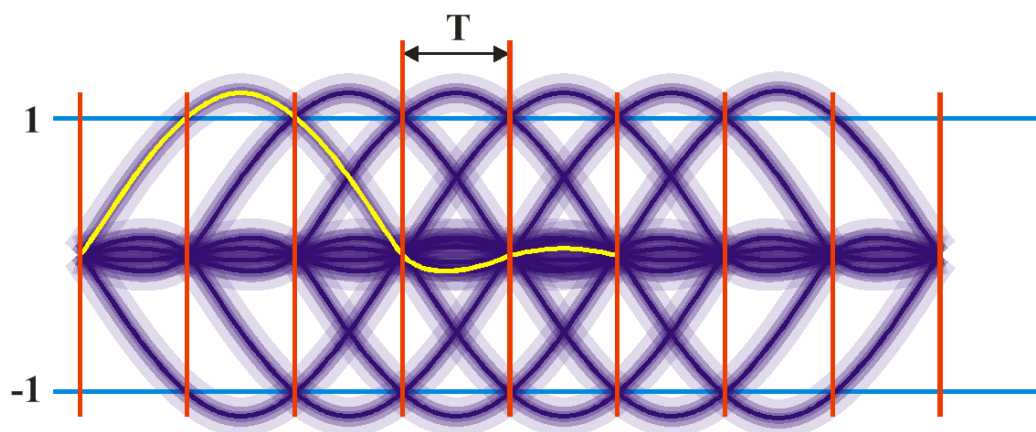
- $s_k = a_k + 2a_{k-1} + a_{k-2}$ ,  $p_k = a_k + a_{k-1} - a_{k-2} - a_{k-3}$
- $a'_k = p_k - a'_{k-1} + a'_{k-2} + a'_{k-3}$



31

## „Eye pattern“

- Signál z mg. hlavy zachycený paměťovým osciloskopem se synchronně běžící základnou.

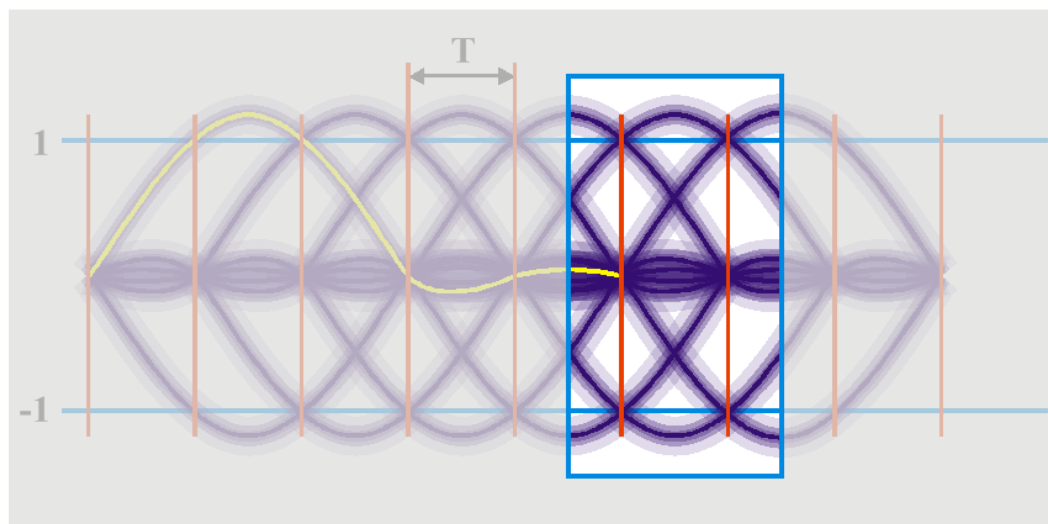


32



## „Eye pattern“

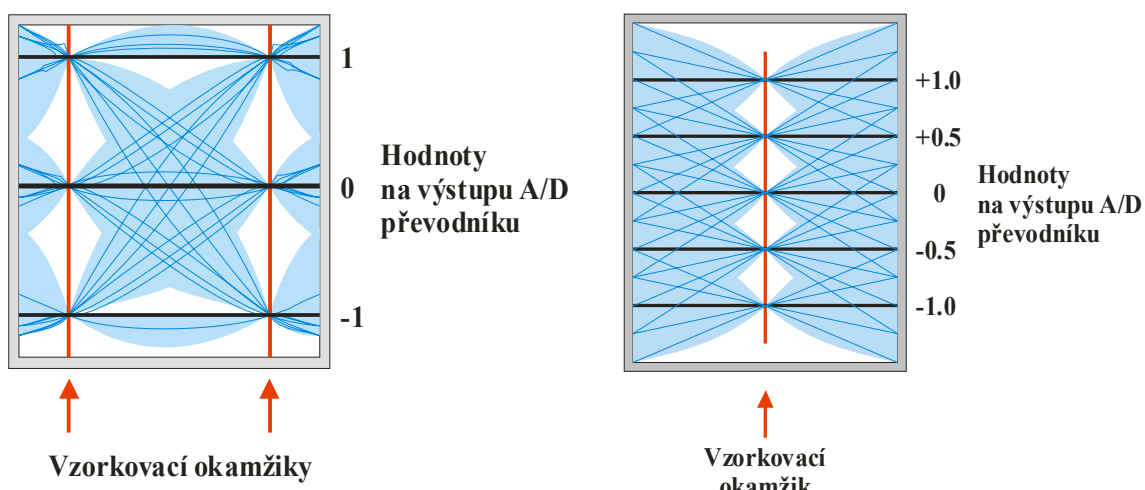
- Signál z mg. hlavy zachycený paměťovým osciloskopem se synchronně běžící základnou.



33

## Ideální a skutečné hodnoty dat (1)

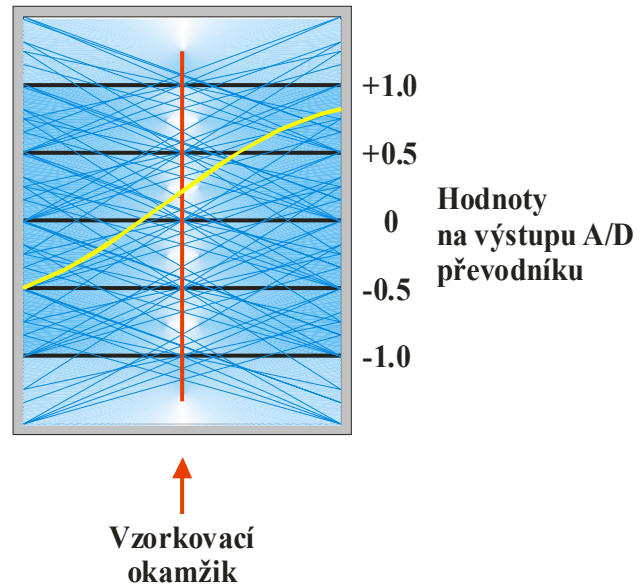
- Ideální případ: data ( $p_k$ ) na výstupu A/D převodníku nabývají jen několika hodnot (viz model kanálu PR4 a EPR4).



34

## Ideální a skutečné hodnoty dat (2)

- Skutečná situace: vlivem šumu nabývá  $p_k$  i jiné než ideální hodnoty.
- Řešení: při rekonstrukci a dekódování dat se používá pravděpodobnostní (ML) přístup.



35

## ML dekodér pro PR4 (1)

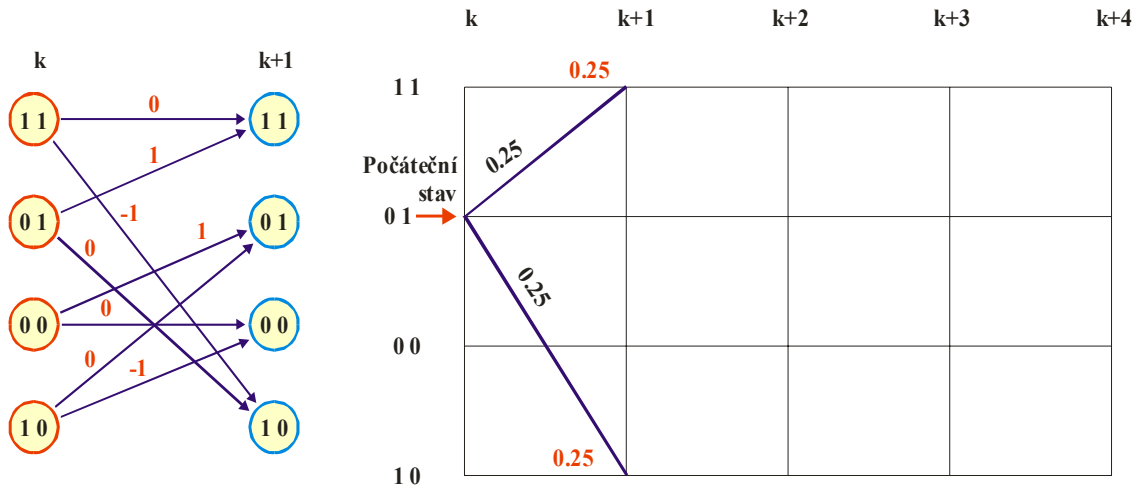
- Na vstupu automatu jsou naměřené hodnoty  $x_k$  v rozsahu  $(-1; +1)$ .
- Ke každé naměřené hodnotě  $x_k$  určíme vzdálenost od všech „teoretických“ hodnot  $p_k$ :  $d = (x_k - p_k)^2$ .
- Příklad naměřených  $x_k$  a vzdáleností pro PR4:

Index	k+1	k+2	k+3	k+4	k+5	k+6
$x_k$	<b>0.5</b>	<b>-0.97</b>	<b>0.31</b>	<b>0.8</b>	<b>0.22</b>	<b>-0.85</b>
$p_k$						
<b>1</b>	0.25	3.88	0.476	0.04	0.608	3.42
<b>0</b>	0.25	0.94	0.096	0.64	0.048	0.72
<b>-1</b>	2.25	0.001	1.71	3.27	1.49	0.023

36

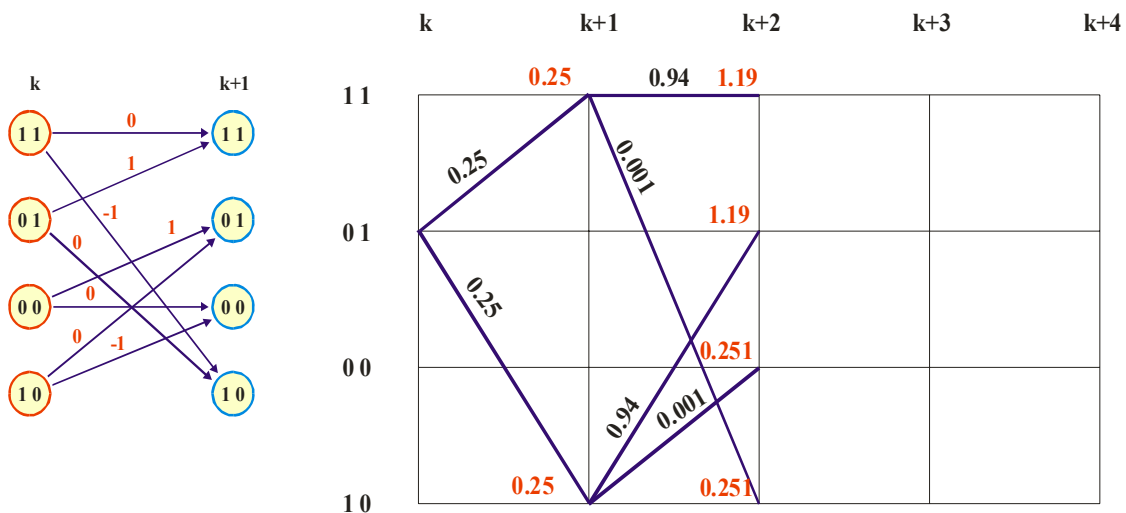
# ML dekodér pro PR4 (2)

- Rozvíjí se všechny možné přechody mezi stavy.
- Pro každý dosažený stav se počítá kumulovaná vzdálenost jako součet vzdáleností **d** v cestě, kterou byl daný stav dosažen.



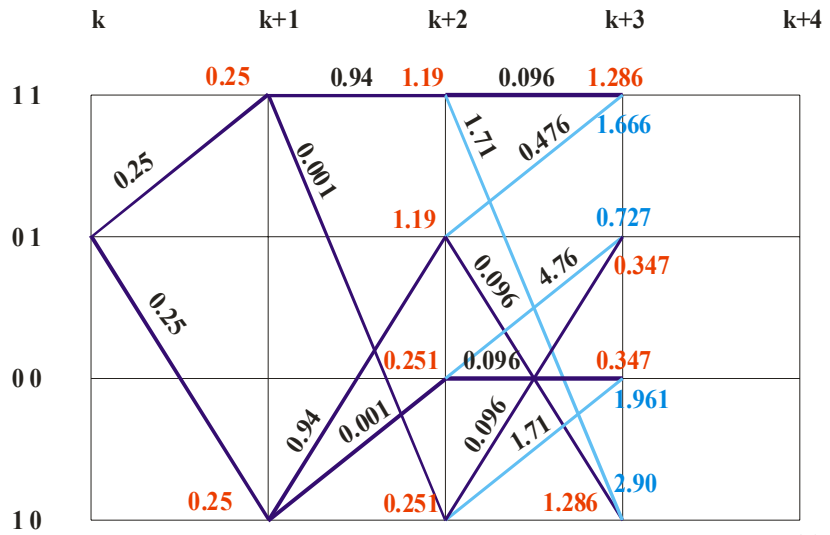
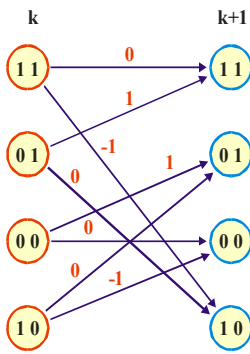
# ML dekodér pro PR4 (3)

- Rozvíjí se všechny možné přechody mezi stavy.
- Pro každý dosažený stav se počítá kumulovaná vzdálenost jako součet vzdáleností **d** v cestě, kterou byl daný stav dosažen.



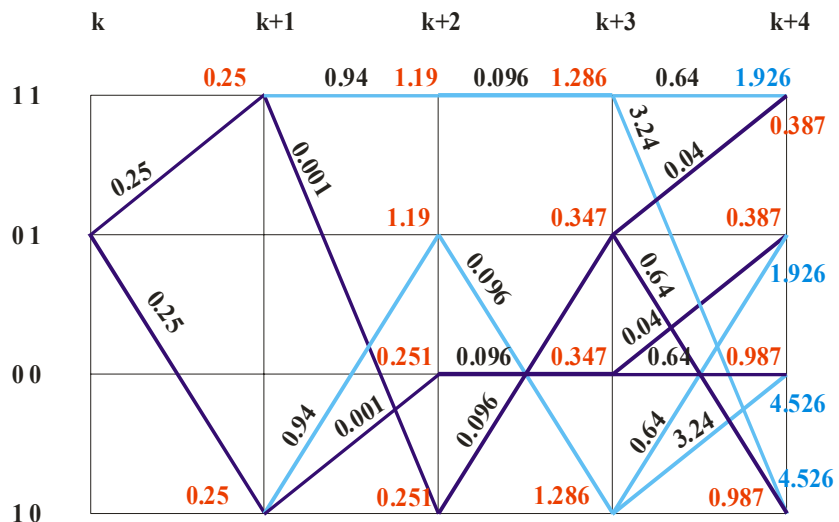
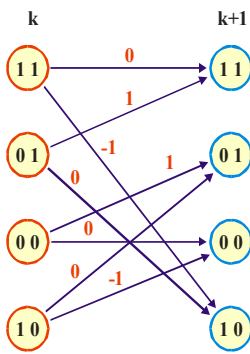
# ML dekodér pro PR4 (4)

- Je-li některý stav dosažen dvěma cestami, rozvíjí se pouze cesta s menší kumulovanou vzdáleností.
- Cesta s větší kumulovanou vzdáleností se zpětně zruší.



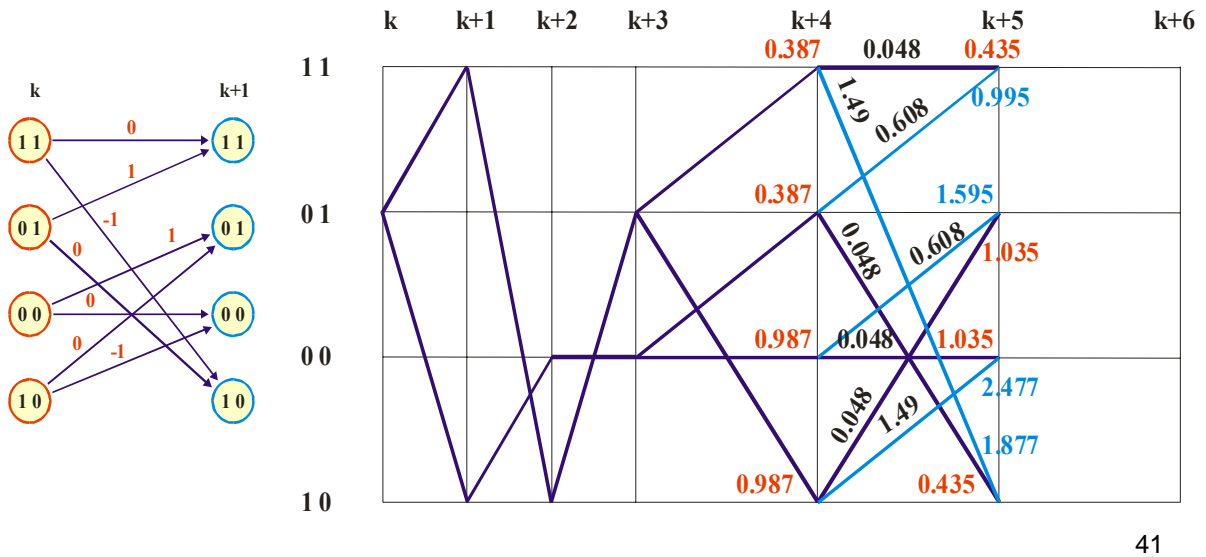
# ML dekodér pro PR4 (5)

- Je-li některý stav dosažen dvěma cestami, rozvíjí se pouze cesta s menší kumulovanou vzdáleností.
- Cesta s větší kumulovanou vzdáleností se zpětně zruší.



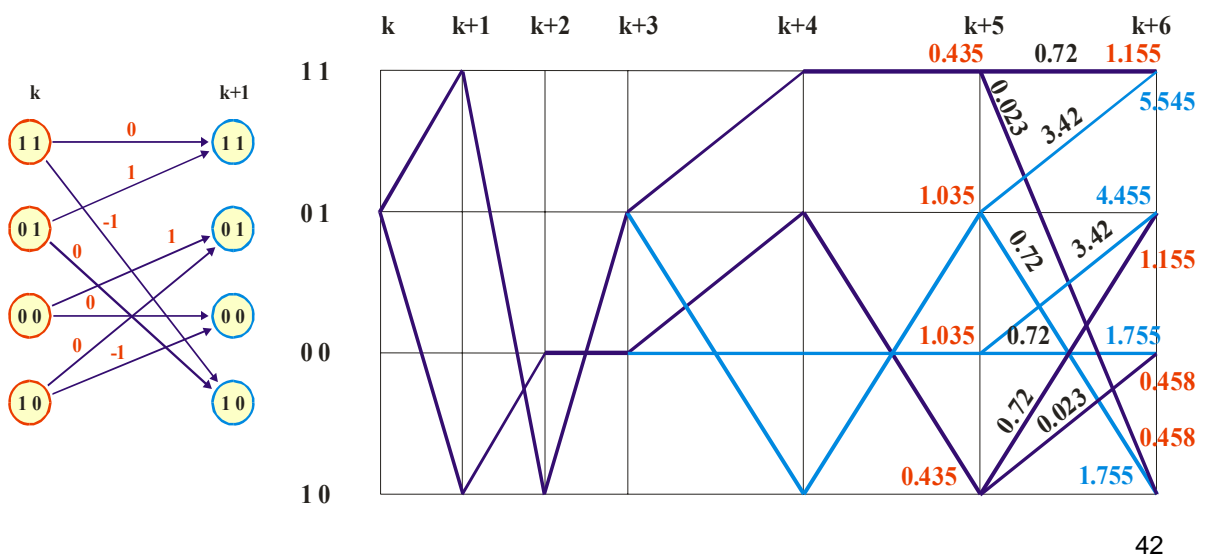
## ML dekodér pro PR4 (6)

- Je-li některý stav dosažen dvěma cestami, rozvíjí se pouze cesta s menší kumulovanou vzdáleností.
- Cesta s větší kumulovanou vzdáleností se zpětně zruší.



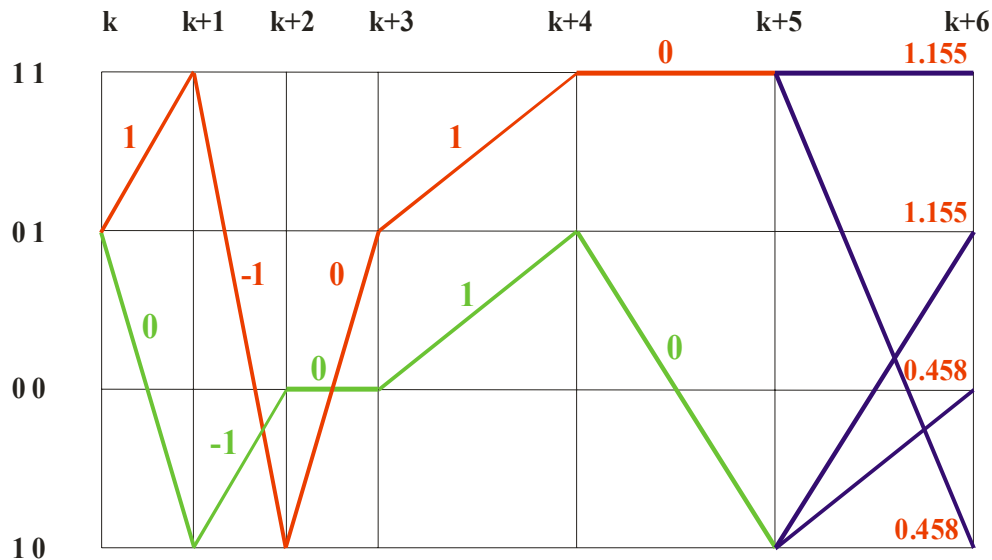
## ML dekodér pro PR4 (7)

- Je-li některý stav dosažen dvěma cestami, rozvíjí se pouze cesta s menší kumulovanou vzdáleností.
- Cesta s větší kumulovanou vzdáleností se zpětně zruší.



## ML dekodér pro PR4 (8)

- Postupně se většina cest zruší a získá se jediná cesta s nejmenší kumulovanou vzdáleností ( $\Rightarrow$  s největší pravděpodobností).



43

## Výhody PRML kanálu

- Kanál PR4 resp.  $E^n$ PR4 umožňuje záznam s několikanásobně větší hustotou proti klasickému špičkovému detektoru.
- ML vyhodnocování umožňuje interpretovat signál přečtený z disku jako nejpravděpodobnější datovou posloupnost.

Literatura:

1. Taratorin, A.: Characterization of Magnetic Recording Systems. Guzik Technical Enterprises, 1996.

44