

# Grafické adaptéry a monitory

## Základní pojmy

- **Rozlišení: počet zobrazovaných bodů na celou obrazovku (anglicky „resolution“)**
- Příklad: první monitor VGA s rozlišením 640 x 480 bodů – nízká úroveň rozlišení (pixelů) → na každém řádku bylo 640 bodů, řádků bylo 480
  - po 640 bodech byl generován signál pro horizontální zpětný běh (horizontal retrace),
  - po 480 řádcích byl generován signál pro vertikální zpětný běh (vertical retrace).
- Obraz se zobrazil 60x za vteřinu → vertikální zpětný běh se uskutečnil každých 16,7 ms ( $1\ 000\ \text{ms}/60$ ).
- Pozn.: tyto parametry byly aktuální asi před 30 lety.
- Nižší kmitočet zobrazení - obraz by blikal.
- Co zvýší kvalitu obrazového vjemu? **Rozlišení a počet snímků / s** (s těmito parametry souvisí požadovaná šířka pásma monitoru).

## Šířka pásma monitoru

- **Šířka pásma monitoru** - kmitočet, jímž jsou zobrazovány body na obrazovce.
- Pro VGA adaptér s rozlišením 640 x 480 stanovila firma IBM šířku pásma 25,175 MHz → každou vteřinu se mohlo zobrazit více než 25 mil. bodů (souvisí s počtem snímků/s).
- Vyšší rozlišení → je potřeba přenést větší počet bodů → větší šířka pásma (podobně, pokud chceme zobrazovat větší počet snímků).
- Monitory s rozlišením 1024 x 768 bodů - šířka pásma byla stanovena na 100 MHz (každou vteřinu se zobrazí 100 mil. bodů). Šířka pásma 100 MHz je dnes běžný parametr.

## Parametry CRT monitorů - příklad

- **Monitor ADI 17' F720 TCO99 PureFlat**
- CRT – Cathode Ray Tube
- 17' monitor.
- Rozteč bodů činila 0,25 mm, úhlopříčka byla 17'.
- Maximální zobrazitelná plocha je 324 x 242 mm.
- Monitor pracoval s horizontální frekvencí v rozmezí 30-71 kHz; vertikální frekvence dosahovala hodnot 50-160 Hz.
- Šířka pásma 108 MHz, doporučené rozlišení 1024x768/85 Hz, maximální rozlišení je 1280x1024/60 Hz. Spotřeba v provozním stavu dosahovala 85W.
- Pozn.: po jisté době využívání nastal ústup od CRT monitorů.

## Parametry LCD monitorů - příklad

- **Philips 17' 107T20 Flat LF2**
- 17' monitor s plochou obrazovkou a roztečí bodů 0,25 mm.
- Viditelná úhlopříčka 16', horizontální frekvence 30-71 kHz; vertikální frekvence 50 - 160 Hz.
- Doporučené rozlišení 1024x768/89 Hz, maximální rozlišení 1280x1024/65 Hz (větší rozlišení, menší počet snímků).
- Spotřeba 75W.

**Současný trend LCD monitorů: snížení spotřeby (25 W).**

# Parametry - shrnutí

- **Snímková (vertikální) synchronizace** – kmitočet zobrazování snímků, počet snímků (obrazovek/s). Kmitočet snímkové synchronizace má vliv na kvalitu zobrazení, nižší kmitočet snímkové synchronizace může způsobit blikání obrazu.
- **Řádková (horizontální) synchronizace**  
Signál, jímž je spouštěno zobrazení bodů na rozkladovém řádku (spouští se zobrazení na řádku). Kmitočet horizontálního synchronizačního signálu získáme jako **součin počtu snímků zobrazovaných za sekundu a počtu horizontálních synchronizačních signálů generovaných v rámci jednoho snímku.**

# Parametry - shrnutí

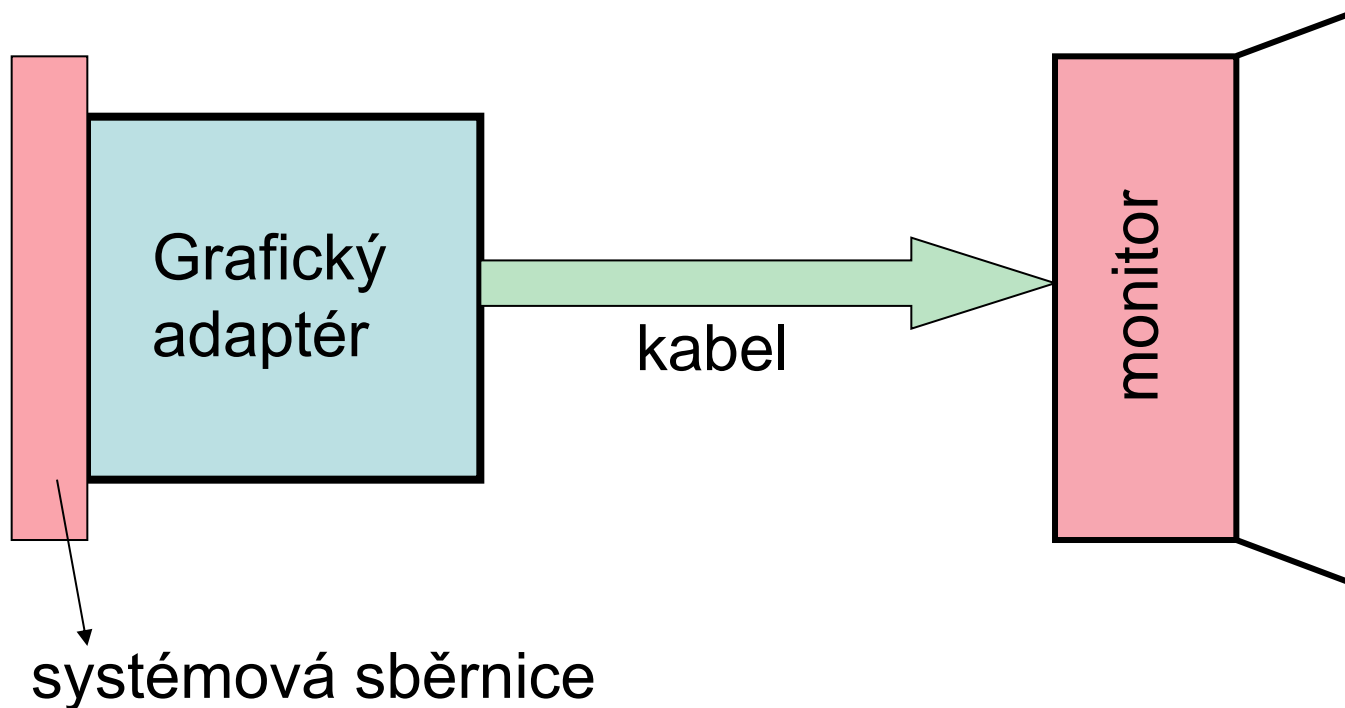
- **Šířka pásma monitoru** - kmitočet, jímž jsou zobrazovány body na obrazovce.

VGA adaptér s rozlišením 640 x 480 - šířka pásma 25,175 MHz → každou vteřinu se muselo zobrazit více než 25 mil. bodů (souvisí s počtem snímků/s).

Monitory s vyšším rozlišením 1024 x 768 - pracují obvykle se šířkou pásma 100 MHz (každou vteřinu se zobrazí přibližně 100 mil. bodů).

- Platí, že čím vyšší rozlišení je nutné v konkrétní aplikaci realizovat (tzn. je potřeba přenést větší počet bitů), tím větší šířka pásma musí být realizovatelná.
- S větší šířkou pásma souvisí i možnost zobrazovat větší počet snímků – vyšší kvalita zobrazení.

## Komponenty podílející se na šířce pásma



- Všechny tři komponenty (grafický adaptér, kabel, monitor) ovlivňují dosažitelnou šířku pásma – kvalita elektroniky, která je do těchto komponent zabudovaná, je důležitá.



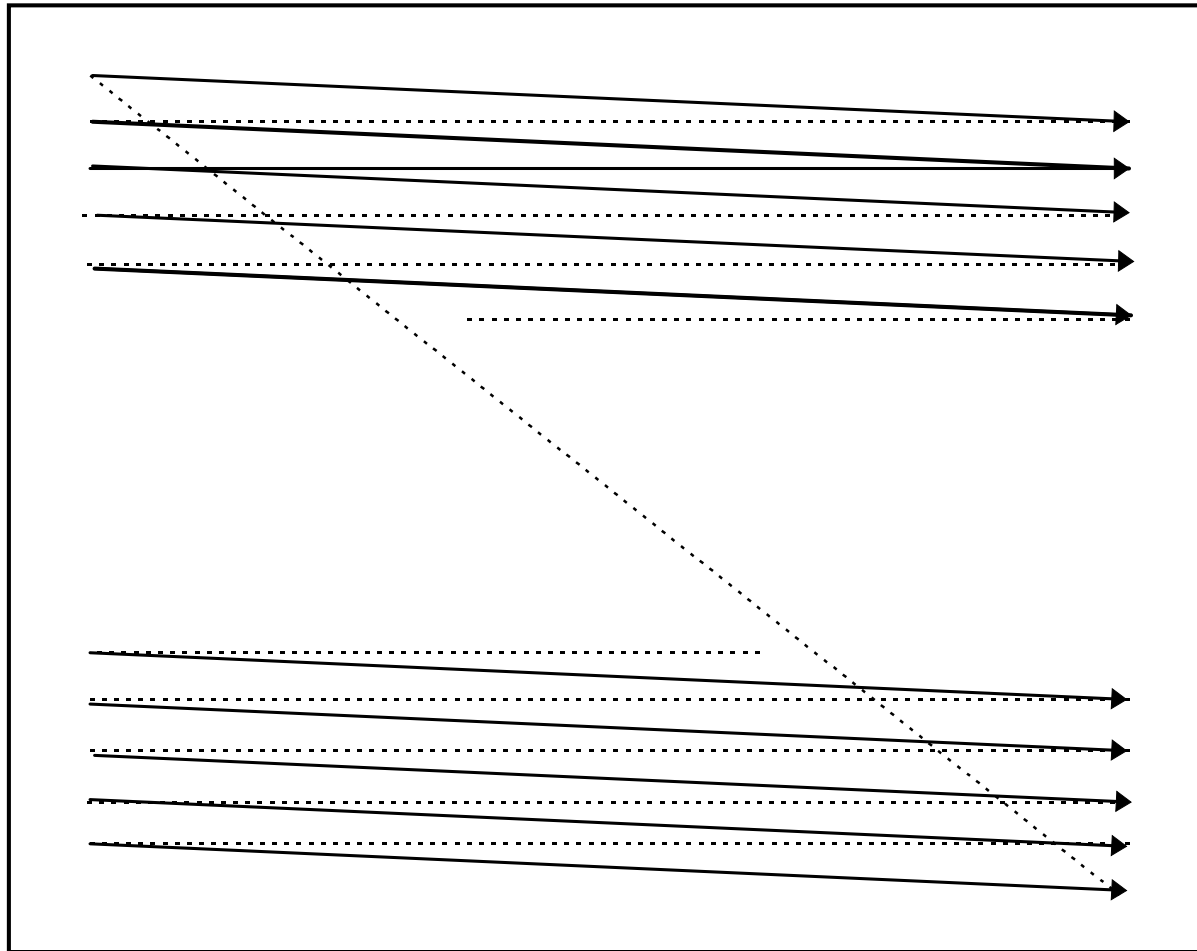
# Komponenty podílející se na šířce pásma

- Grafický adaptér - důležitá komponenta – video paměť, její rychlost (vybavovací doba) je z hlediska dosažitelné šířky pásma důležitá.
- Řízení grafického adaptéru – řadič, grafický procesor.
- Veškerá podpůrná elektronika, která je součástí grafického adaptéru – důraz na její kvalitu – možnost zvyšování šířky pásma – zvyšování kvality zobrazení.
- Kabel – konstrukce kabelu je důležitá – vliv na šířku pásma (spolu s technikou přenosu informace přes kabel).
- Monitor – nemá v sobě žádnou inteligenci, na jeho vstupu je informace o bodech (má svítit, jeho barva), nemožnost hlásit stav do grafického adaptéru, kabel je „jednosměrný“.
- Rychlost komunikace mezi grafickým adaptérem a monitorem – vliv na realizovatelnou šířku pásma.
- **Závěr: snaha o zdokonalování (zrychlování) elektronických komponent podílejících se na procesu zobrazení.**

# Principy zobrazení

- Dva způsoby zobrazení, které existovaly / existují:
  - neprokládané řádkování,
  - prokládané řádkování.

# Neprokládané řádkování (non-interlaced)

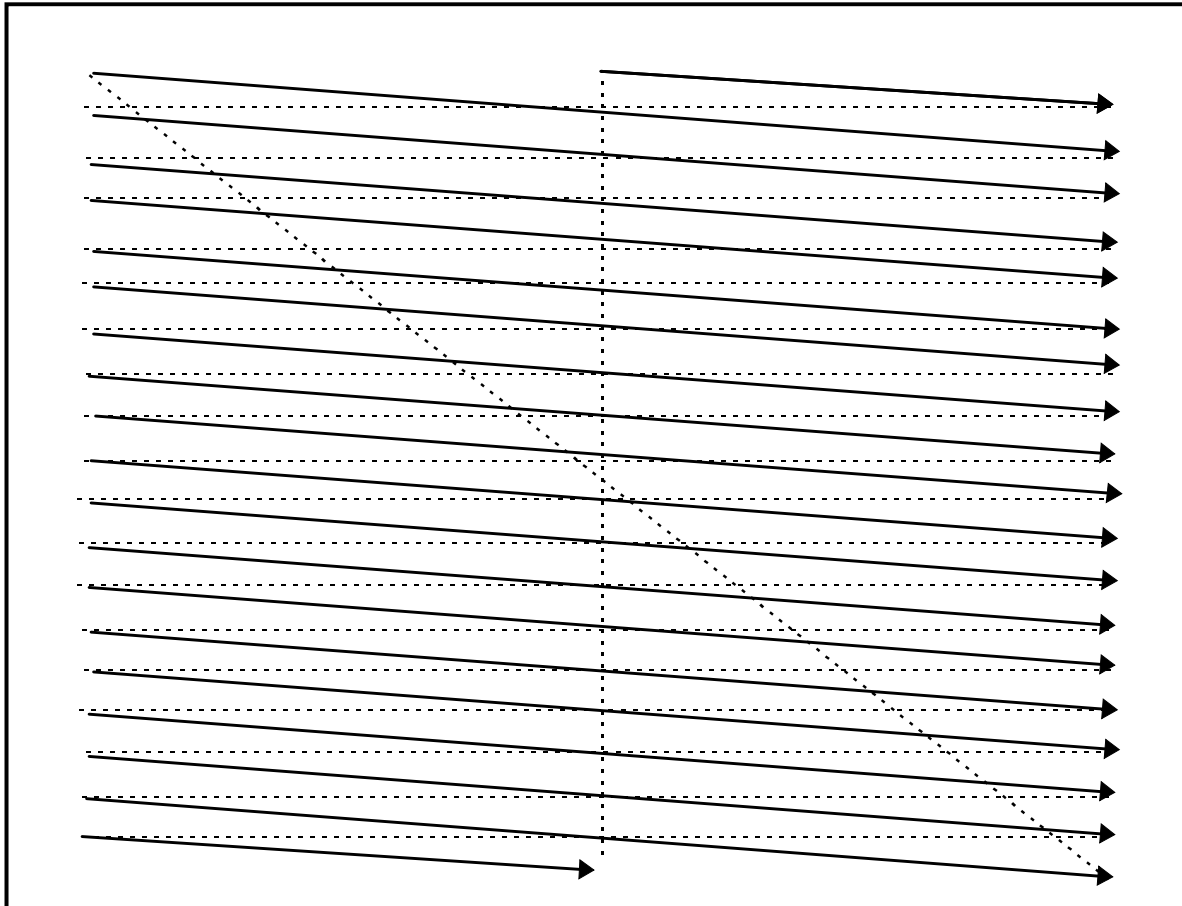


## Neprokládané řádkování

- Běh paprsku začíná vždy v jednom bodě obrazovky (v levém horním rohu) – 0. řádek.
- Paprsek pokračuje na 1. řádku.
- Po doběhu do pravého spodního rohu – návrat na začátek obrazovky – levého horního rohu.
- Nevýhodný způsob zobrazení, pokud chceme zvýšit kvalitu zobrazení (např. odstranit blikání obrazu) zdvojnásobením počtu zobrazovaných snímků/s - je nutné zvýšit kmitočet zobrazení bodů (počet zobrazovaných bodů/s), tzn. šířku pásma zvýšit 2x.
- Takto se tento problém jevil v začátcích kvalitních grafických adaptérů a monitorů – dnes dostatečně velká šířka pásma – dnes se používá neprokládané řádkování.

## Prokládané řádkování (interlaced)

Princip uplatněný v klasických televizních přijímačích.



# Prokládané řádkování (interlaced)

- Prokládané řádkování - obraz se zobrazuje ve dvou průchodech, nejprve liché řádky, pak sudé:
  1. řádek, 3. řádek, 5. řádek, ....., poslední řádek, doběhne do poloviny posledního řádku, pak postupně 0. řádek (pouze polovina), 2. řádek, předposlední řádek, návrat na 1. řádek
- Využívá se toho, že paprsek se do stejného místa dostane dvakrát (přesněji řečeno do dvou sousedících míst), takže z hlediska optických vjemů je efekt stejný, jako kdybychom při neprokládaném řádkování zobrazovali body 2x vyšším kmitočtem.
- Řádkový kmitočet a šířka pásma je poloviční oproti neprokládanému řádkování se stejným optickým efektem, počet snímků (tzn. vertikálních zpětných běhů) je stejný.
- **Dnešní monitory – zásadně neprokládané řádkování (vyšší požadavky na šířku pásma).**

## Prokládané řádkování – televizní přijímač

- Tento způsob zobrazení má svůj začátek v klasickém televizním přijímači.
- Snímek (625 řádků) se skládal ze 2 půl-snímků (312,5 řádků).
- Půl-snímky se přenášely 50x/s, tzn. za 1 s se přeneslo 25 kompletních obrázků.
- Řádkový kmitočet - 25 snímků/s, přenáší se 625 řádků → řádkový kmitočet je 15 625 Hz.

# Prokládané a neprokládané řádkování v dnešních televizorech

- **Standard Definition**

- Televizní vysílání je šířeno ve standardním rozlišení SD (Standard Definition).
- To odpovídá evropské analogové soustavě barevné televize **PAL** s formátem obrazu 4 : 3 a dvěma proloženými pulsnímkami.
- Pulsnímků je za vteřinu 50.
- SD zobrazuje 414 720 obrazových bodů na 576 horizontálních řádcích.
- Na každém je 720 obdélníkových obrazových bodů s poměrem stran 16 : 15.



# Prokládané a neprokládané řádkování v dnešních televizorech

- **High Definition**

- Plné rozlišení HD (High Definition) skládá obraz z 2 073 600 obrazových bodů (1080 řádků o 1920 bodech).
- Za vysoké rozlišení se považuje i obraz s rozlišením 921 600 bodů (720 × 1280).
- Oba systémy již mají čtvercový obrazový bod a formát obrazu 16 : 9.
- Pro přenos tohoto velkého počtu bodů se používá prokládané řádkování se dvěma pulsnímkami a neprokládané řádkování s jedním snímkem.
- V Evropě se standardně využívá snímkový kmitočet 25 nebo 50 Hz s tím, že u prokládaného řádkování se 25 snímků za vteřinu rozdělí na 50 pulsnímků.

# Režimy činnosti grafického adaptéru

- Dva režimy činnosti:
  - **textový režim:**  
zobrazuje znaky uvedené v tabulce kódů v jedné velikosti  
parametry textového režimu: počet řádků a sloupců zobrazitelných znaků  
nízká paměťová náročnost  
Atributy znaku: barva znaku
  - **grafický režim:**  
je určen pro náročnější zobrazování (kreslení čar, ploch, písmen jiných typů a velikostí)  
základní zobrazitelnou jednotkou je jeden bod (pixel).  
parametry grafického režimu: počet řádků a sloupců zobrazitelných bodů  
vysoká paměťová náročnost  
Atributy bodu: barva bodu

## Přehled typů monitorů (podle způsobu řízení)

- **Kompozitní monitory**

- byly připojeny jedním koaxiálním vodičem (podobně jako televizní přijímače), dnes se už nevidí
- do přenášeného signálu byly integrovány signály jednotlivých barevných složek a časování (horizontální a vertikální synchronizace).

- **Digitální RGB monitory**

- pro každou barevnou složku měly jeden vodič, na každém z těchto vodičů nabýval signál pouze dvou hodnot (barva vysvícena nebo není vysvícena)
- je-li monitor připojen n vodiči pro barevné složky, zobrazuje maximálně  $2^n$  různých barev (3 vodiče – 8 barev).

## Přehled typů monitorů (podle způsobu řízení)

- **Analogové RGB (Red – Green – Blue) monitory**

- pro každou barevnou složku opět jeden vodič, signál přenášený jedním vodičem není dvoustavový, ale analogový => přenosem ani technickou stránkou zobrazování není počet zobrazitelných barev omezen
- omezení pouze způsobem kódování a uložením ve video paměti
- ve své době velmi kvalitní monitory

- **LCD monitory**

- řízeny přes rozhraní DVI – sériové rozhraní (pro každou barevnou složku dva vodiče), zajištěné obdobným způsobem jako SATA – možnost realizovat vysoké rychlosti přenosu.
- kódování 8b / 10 b.

## Přehled typů monitorů (podle způsobu řízení)

- **Důvody pro přechod z digitálních RGB monitorů na analogové RGB monitory:**

snaha o vyšší počet zobrazitelných barev.

- Digitální RGB monitor – informace o barvě byla dvouhodnotová.
- Analogový RGB monitor – informace o barvě byla přenášena formou analogového signálu.

Počet úrovní napětí – podle počtu bitů použitých na reprezentaci barvy na straně grafického adaptéru.

Pokud 8 bitů/barevnou složku – pak analogový signál rozlišuje 256 úrovní určujících odstín jedné barevné složky.

Počet barev: 256 x 256 x 256 barev (16 mil. barev)

# Typy monitorů (podle způsobu řízení)

- **Monitory LCD**

- Připojení přes rozhraní DVI (Digital Visual Interface).
- Výsledek spolupráce konsorcia DDWG (Digital Display Working Group), jehož členy jsou Intel Corporation, Silicon Image, Inc., Compaq Computer Corp., Fujitsu Limited, Hewlett-Packard, IBM a NEC Corporation.
- Důvod - snaha o zobrazení co největšího počtu barev, spojení s přechodem na sériový přenos informace mezi adaptérem a monitorem.
- Rozhraní DVI sleduje i nadále trend zobrazení co nejvyššího počtu barev, byla však uplatněna i další hlediska.
- Výsledek - přechod na přenos signálů v diferenciální formě a na sériovou formu této informace.

# DVI spoj

- Pro přenos dat je využita technika TMDS (Transition Minimized Differential Signaling) – snaha o omezení přechodů mezi logickými hodnotami.
- Data se přes rozhraní přenášejí pomocí diferenciálních signálů (vodičů).
- Oba vodiče jsou vedeny paralelně, příp. jako tzv. kroucený pár.
- Přes jeden vodič je přenášen signál, přes druhý jeho inverze. Takový spoj je odolnější proti rušení.
- Na přijímací straně se nevyhodnocuje úroveň napětí (jak by tomu bylo u jednoduchého spoje), ale rozdíl obou napětí a ten by neměl být rušivými zdroji napětí změněn (diferenciální spoj).
- Využívanou technikou je metoda 8b / 10b.

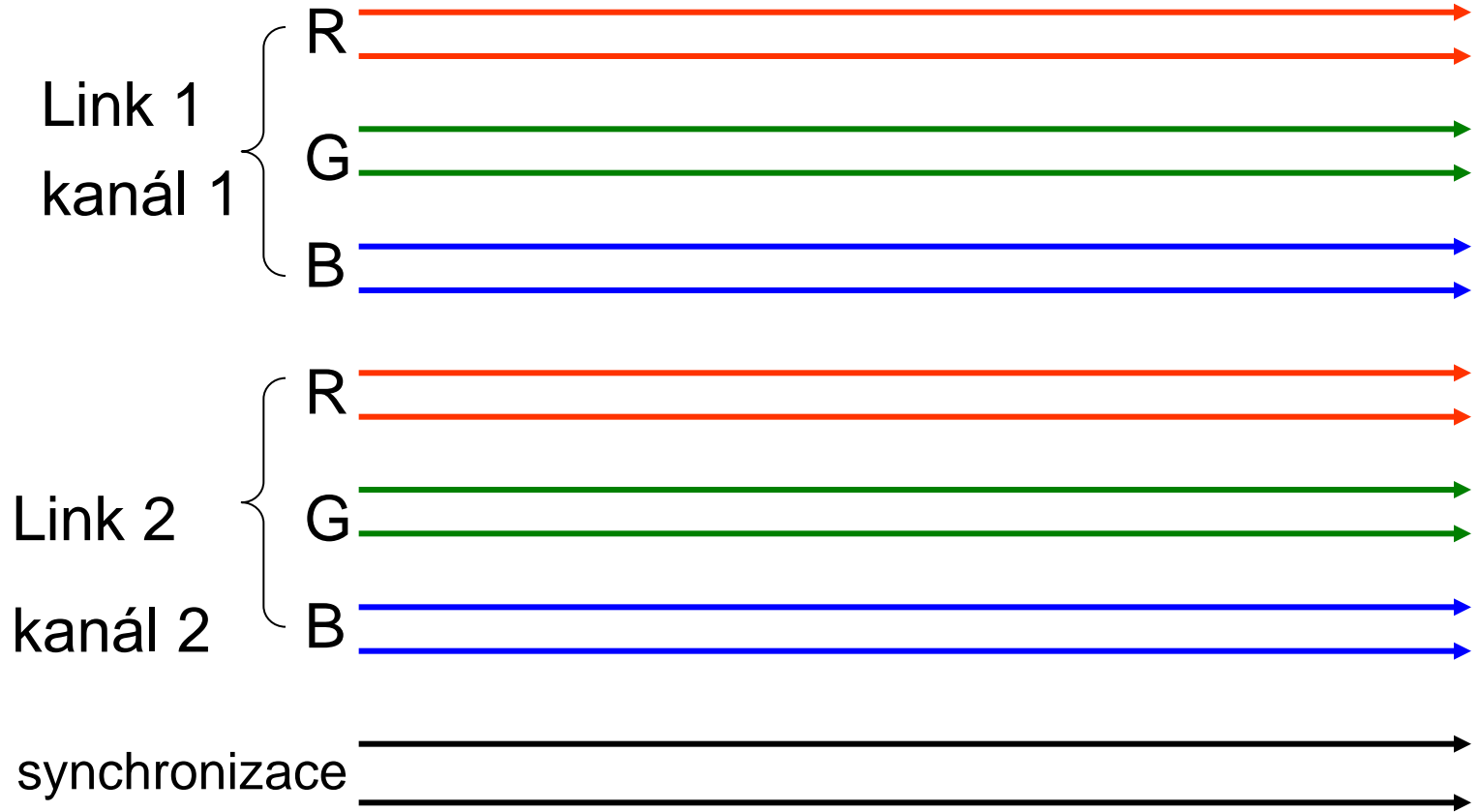
## DVI spoj

- V konektoru jsou vyhrazeny pozice pro dva sériové spoje (Link 1 a Link 2).
- Link 1 i Link 2 sestávají každý ze třech dvojic diferenciálních signálů.
- Informace o barvách je přenášena diferenciálním spojem, v každém spoji má každá barva k dispozici jednu dvojici signálů.
- V každém spoji 3 barvy – je potřeba pro každý spoj 6 pozic v konektoru, celkem pak 12 pozic v konektoru.
- Jeden spoj – přenos synchronizace pro všechny přenášené informace o barvách.



# DVI spoj

Grafický adaptér



Monitor

# Monitory DVI v. analogově řízené monitory

- **Důvody pro přechod z techniky analogově řízených monitorů na monitory řízené přes rozhraní DVI (monitory LCD):**  
zvýšení šířky pásma, následně pak zvýšení kvality zobrazení, možnost dalšího zvyšování parametrů.
- **Zvyšování šířky pásma umožňuje:**  
zvýšení počtu snímků zobrazených za jednotku času, vytváření předpokladů pro navýšení počtu výsledných barevných odstínů - zvýšení kvality zobrazení (reprezentace informace o barevných složkách vyšším počtem bitů).

# Kriteria identifikace vývojových stupňů grafických adaptérů

- Použijeme tato kritéria:
  - umístění video paměti
  - kapacita video paměti
  - režimy činnosti (textový/grafický)
  - způsob řízení monitoru (číslicové/analogové)
  - možnost vkládání znakových sad (fontů)
  - systémová sběrnice

## Umístění video paměti a její kapacita

- Možnosti:
  - video paměť fyzicky zabudována do systémové desky (součást operační paměti) – takto to začalo u prvních personálních počítačů před 35 lety
  - další vývojový stupeň – přesunutí video paměti na grafický adaptér
  - kapacita – max. 64 kB u prvních adaptérů s video pamětí na adaptéru – PC XT
  - později až 8 MB video paměti na grafickém adaptéru (systémová sběrnice ISA, procesor I80486)
- Video paměť v operační paměti – požadavek na vysokou rychlost přenosu přes systémovou sběrnici (dnes AGP).

## Režimy činnosti

- Dva režimy činnosti: **textový** nebo **grafický**
- Grafický režim – paměťová náročnost je vysoká.
- Každá barva je v paměti reflektována jistým počtem bitů, nyní 6 nebo 8 → počet zobrazitelných barev  $2^{18}$  (informace o barvě bodu – 18 bitů) nebo  $2^{24}$  (informace o barvě bodu – 24 bitů).
- Znakový režim: každý znak je reprezentován **kódem znaku** (1 slabika) a jeho **atributy** (1 slabika) – celkem 2 slabiky – výrazně menší paměťová náročnost ve srovnání s grafickým režimem.

## Způsob řízení monitoru

- První typy: digitální řízení – omezený počet barev
- Analogové řízení – výrazný počet barev, kvalitní zobrazení barev.
- Se způsobem zobrazení souvisela konstrukce grafického adaptéru, schopnosti komponent adaptéru, velikost paměti – důležitý parametr.
- Vývoj:
  - Digitální řízení: adaptéry Hercules, MDA (Monochrome Display Adapter), CGA (Color Graphics Adapter)
  - Analogové řízení: počínaje VGA (Video Graphics Array), např.  $2^{24}$  barev → důležitou komponentou grafického adaptéru je DAC převodník.
- Dnes DVI – opět digitální řízení – naprosto odlišná technika než bylo chápáno dříve pod pojmem digitální řízení.

## Možnost vkládání znakových sad (fontů)

- Alternativa 1: součástí grafického adaptéru byla paměť ROM (buď pevně zabudovaná nebo v patici), v ní byly uloženy bodové reprezentace znaků – tzv. generátor znaků.

Příklad: Hercules – první adaptér s generátorem znaků v patici → bylo možné nainstalovat češtinu (výměnou generátoru znaků).

- Alternativa 2: místo ROM byla paměť RAM, BIOS je vybaven prostředky na to, aby uživatel mohl vložit do RAM uživatelem definovanou sadu (EGA adaptér).
- Poznámka 1: v grafickém režimu je generátor znaků mimo hru.
- Poznámka 2: pokud je obsah obrazovky definován jako bitová mapa (grafický režim) a obsahuje text, je bodová reprezentace znaků (textu) součástí bitové mapy.

## Grafický adaptér a systémová sběrnice

- Základní úvaha - role systémové sběrnice je velmi důležitá z těchto důvodů:  
počítač se sběrnicí ISA (první typy relativně kvalitních adaptérů) - grafický adaptér obsahuje sice video paměť, rekonstrukce obrazu se odehrává v režii procesoru v operační paměti → vysoké požadavky na objemy přenášených dat přes systémovou sběrnici → vysoké nároky na rychlost sběrnice
- Řešení:
  - 1) vybavení grafického adaptéru grafickým procesorem
  - 2) nová (rychlejší verze) systémové sběrnice – PCI/PCI Express
  - 3) vybavení počítače dedikovanou sběrnicí pouze pro grafický adaptér - AGP



## Grafický procesor a jeho využití v grafickém adaptéru

- Grafický procesor – je součástí grafického adaptéru: radikální redukce objemů přenášených dat (procesor je řízen pomocí příkazů a parametrů; ty definují obsah obrazovky, která má být vykreslena).  
Změna obrazu se realizuje v režii adaptéru, objemy dat přenášených přes systémovou sběrnici se zmenší.
- Grafické adaptéry s grafickým procesorem a sběrnici PCI využívaly výhod obou technik: rekonstrukce obrazu v režii grafického adaptéru na grafickém adaptéru + rychlé přenosy přes systémovou sběrnici PCI (dvě z cest jak zdokonalovat grafický adaptér)

## Nevýhody předcházejícího řešení

- S grafickým adaptérem se komunikovalo přes systémovou sběrnici PCI – ta má svá omezení.
- Sběrnice PCI byla využívána dalšími zařízeními, rychlost sběrnice byla sdílena více klienty.
- Řešení: připojit grafický adaptér přes **dedikovanou sběrnici**, tzn. sběrnici, která se věnuje pouze jedinému zařízení.
- Výsledek: **AGP** – Accelerated Graphics Port (dedikovaná sběrnice)
- AGP je dostatečně rychlá – možnost využití hlavní paměti pro uložení zobrazovaných dat.

## Grafický adaptér s grafickým procesorem

- Grafický procesor (někdy též grafický akcelerátor) – vykresluje objekty na základě příkazů.
- Příklad - vykreslení jednobarevného čtverce: do adaptéru se přenesou z procesoru kód příkazu, souřadnice dvou krajních bodů a kód barvy, která má být vykreslena.
- Podstatná část operací se odehrává na grafickém adaptéru a přenosy přes sběrnici z hlediska časového tvoří jen zlomek času → rychlost přenosu přes sběrnici není v této situaci výrazně důležitá.
- Grafické operace mohou probíhat souběžně s činností procesoru na systémové desce.

## Grafický adaptér s grafickým procesorem

- Adaptér s grafickým procesorem je schopen vyřešit problém, který byl neřešitelný v klasickém adaptéru - současný zápis do video RAM ze strany grafického procesoru a čtení jejího obsahu pro zobrazení řadičem grafického adaptéru.
- Jak se to děje - grafický procesor zapisuje pouze na takové adresy, z nichž v daném okamžiku nečte řadič grafického adaptéru.

# Příkazy pro grafický procesor

## **Draw solid line (nakresli plnou čáru)**

Vykreslí se plná čára šířky jeden bod z bodu  $(x_1, y_1)$  do bodu  $(x_2, y_2)$ , je dále definována barva bodu parametrem pixel colour.

## **Draw textured line (nakresli tvarovanou čáru)**

Vykreslí se čára z bodu  $(x_1, y_1)$  do bodu  $(x_2, y_2)$  šířky jednoho bodu a definovaného tvaru. Grafický procesor vygeneruje barvy všech bodů a tuto informaci uloží do video RAM.

## **Fill rectangle (vyplň obdélník)**

Vykreslí se obdélník konkrétní barvy definované šířky a výšky, který začíná v levém horním rohu se souřadnicemi  $(x_1, y_1)$ .

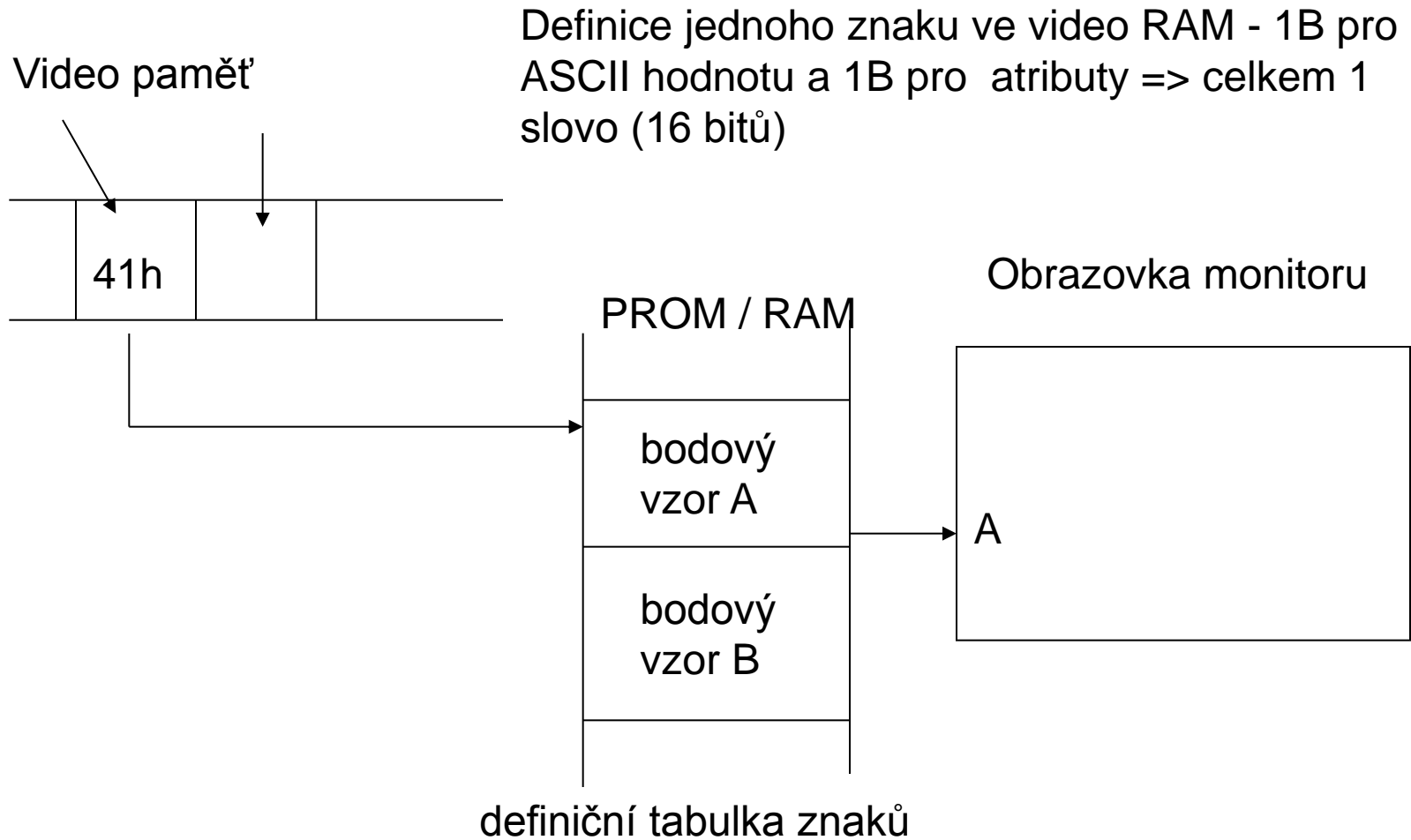
## **Image transfer through the plane (přenos obrazu s kompletním údajem o každém bodě)**

Přenesení se pravoúhlý obrazec definované šířky a výšky začínající v levém horním bodě se souřadnicemi  $(x_1, y_1)$ . Pro každý bod se přenáší kompletní údaj o jeho barvě.

## Bodový vzor znaku

- Font typu  $m \times n$  - množina bodových vzorů všech znaků 0-255 o rozměru  $m \times n$  uspořádaných za sebou.  
 $m = 8$  jde o fonty typu  $8 \times 14$ ,  $8 \times 8$
- Příklad z doby adaptéru VGA:  
Rozložení obrazovky  $640 \times 350$ , šířka znaku 8 bodů => dostali jsme  $640/8 = 80$  sloupců.  
Výška znaku 14 bodů, dostali jsme  $350/14 = 25$  řádků textu

# Princip textového režimu



## Bodové vzory znaků - fonty

3. 2. 1. 0. 3. 2. 1. 0.

		○	○				
	○	○	○	○			
○	○			○	○		
○	○			○	○		
○	○	○	○	○	○		
○	○			○	○		
○	○			○	○		

Font 8 x 8 – nepoužívaný,  
zde pro ilustraci

- 0. 30h Tzv. rozkladové nebo rastrovací řádky znaku A
  - 1. 78h Jsou uloženy v paměti PROM, odtud se postupně čtou a bod po bodu zobrazují na obrazovku.
  - 2. CCh
  - 3. CCh
  - 4. FCh
  - 5. CCh
  - 6. CCh
  - 7. 00h
- Vzory všech znaků tvoří **definiční tabulku znaků**.  
Bude obsahovat celkem 256 vzorů (ASCII – 8 bitů).



# SHRNUTÍ

# Obsah přednášky

- Základní pojmy: rozlišení monitoru, šířka pásma monitoru, vertikální (snímková) a horizontální (řádková) synchronizace.
- Komponenty podílející se na šířce pásma.
- Prokládané v. neprokládané řádkování v monitorech.
- Typy monitorů.
- DVI spoj – základní vlastnosti.

- Video paměť, grafický a textový režim, nároky na paměť, princip grafického i textového režimu.
- Funkce grafického procesoru v sestavě grafického adaptéru – příklady příkazů pro grafický procesor.
- Řízení monitoru – analogové v. digitální.
- Bodový vzor znaku.