

# Grafické adaptéry a monitory

## Základní pojmy

- **Rozlišení: počet zobrazovaných bodů na celou obrazovku**
- Příklad: monitor VGA s rozlišením 640 x 480 bodů (pixelů) → na každém řádku je 640 bodů, řádků je 480
  - po 640 bodech je generován signál pro horizontální zpětný běh (horizontal retrace),
  - po 480 řádcích je generován signál pro vertikální zpětný běh (vertical retrace).
- Obraz se zobrazí 60x za vteřinu → vertikální zpětný běh se uskuteční každých 16,7 ms ( $1\ 000\ \text{ms}/60$ ).
- Pozn.: tyto parametry byly aktuální asi před 10 lety.
- Nižší kmitočet - obraz by blikal.

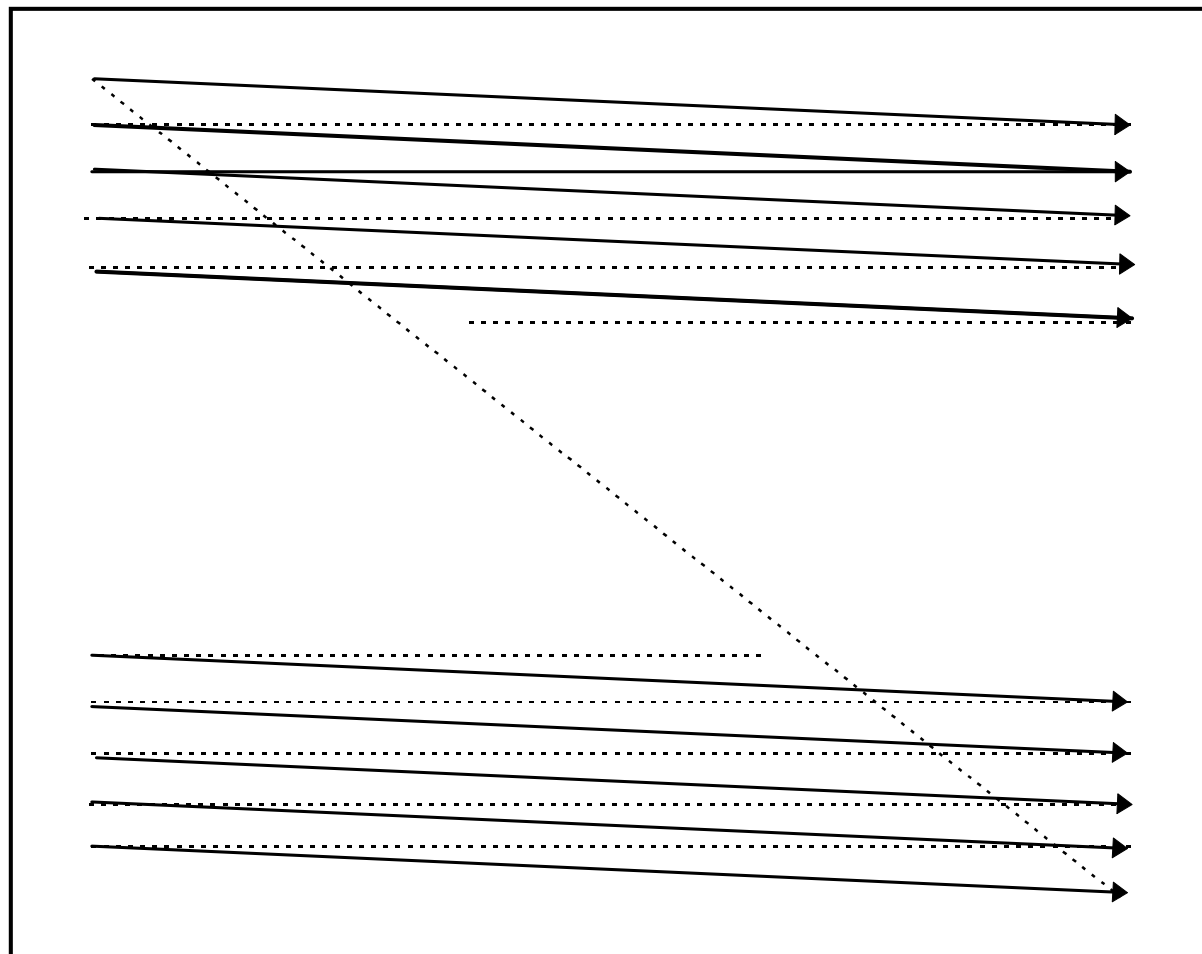
## Šířka pásma monitoru

- **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 musí zobrazit více než 25 mil. bodů (souvisí s počtem snímků/min).
- Vyšší rozlišení → je potřeba přenést větší počet bitů → větší šířka pásma (podobně, pokud chceme zobrazovat větší počet snímků).
- Monitory s rozlišením 1024 x 768 bodů - šířka pásma je stanovena na 100 MHz (každou vteřinu se zobrazí přibližně 100 mil. bodů).

## Principy zobrazení

- Dva způsoby zobrazení:
  - neprokládané řádkování,
  - prokládané řádkování.

## Neprokládané řádkování (noninterlaced)

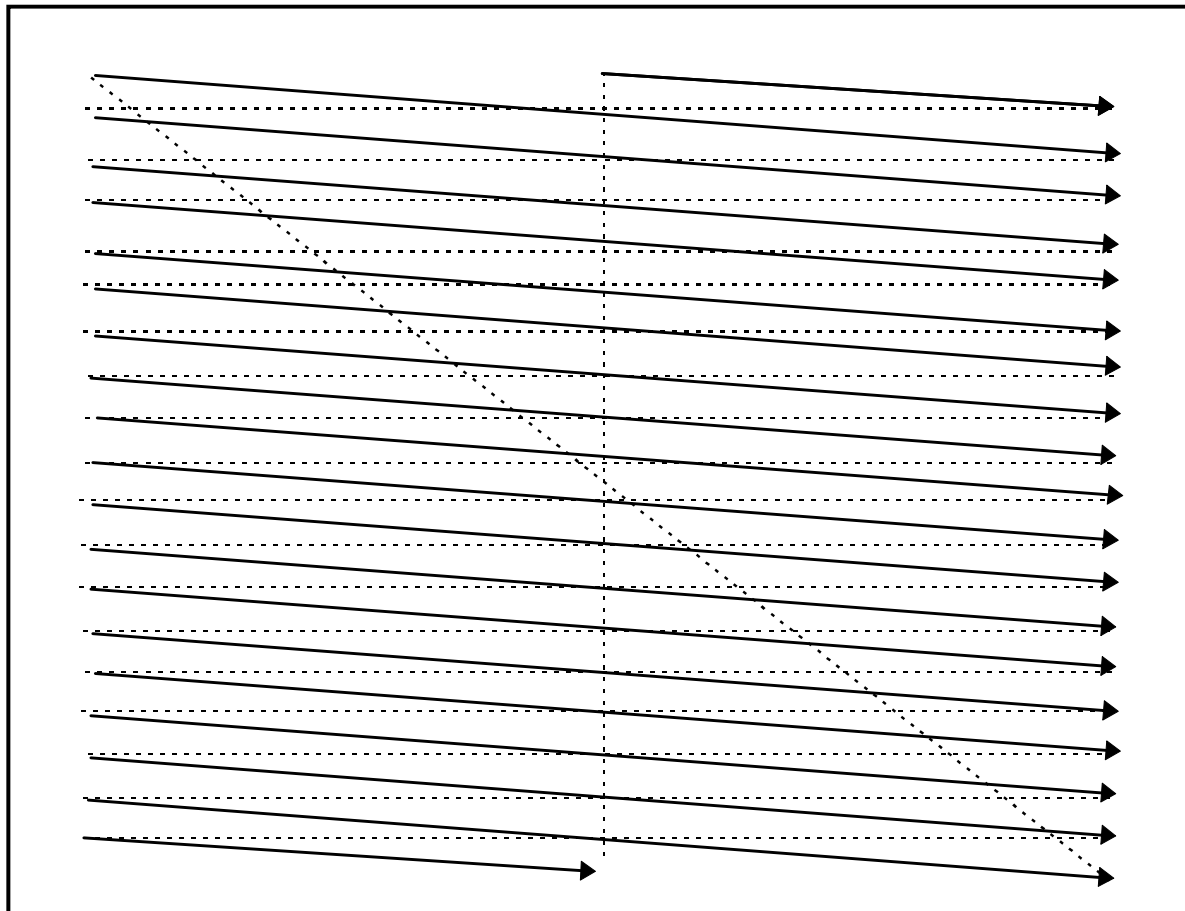


## Neprokládané řádkování

- 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 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 0. řádku, pak postupně 0. řádek, 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 se používá v televizním přijímači.
- Snímek (625 řádků) se skládá ze 2 půl-snímků (312,5 řádků).
- Půl-snímky se přenášejí 50x/s, tzn. za 1 s se přenese 25 kompletních obrázků.
- Řádkový kmitočet - 25 snímků/s, přenáší se 625 řádků → řádkový kmitočet je 15 625 Hz.

## 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, písem 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

## Typy monitorů (podle způsobu řízení)

- **Kompozitní monitory**
  - jsou připojeny jedním koaxiálním vodičem (podobně jako televizní přijímače), dnes se už nevidí
  - do přenášeného signálu jsou integrovány signály jednotlivých barevných složek a časování (horizontální a vertikální synchronizace).
- **Digitální RGB monitory**
  - pro každou barevnou složku mají jeden vodič, na každém z těchto vodičů nabývá 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).
- **Analogové RGB 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
  - velmi kvalitní monitory

## 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 20 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  $2^6$  (informace o barvě bodu – 6 bitů) nebo  $2^8$  (informace o barvě bodu – 8 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

- 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), dnes až  $2^{24}$  barev → důležitou komponentou grafického adaptéru je DAC převodník.

## Možnost vkládání znakových sad (fontů)

- Alternativa 1: součástí grafického adaptéru byla paměť ROM (buď pevně zabudovaná nebo v patici), v ní jsou 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 je 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 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
  - 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 lokální sběrnici využívaly výhod obou technik: rekonstrukce obrazu v režii grafického adaptéru na grafickém adaptéru + rychlé přenosy přes systémovou sběrnici **PCI**

## 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.

## Grafický adaptér s grafickým procesorem

- Adaptér s grafickým procesorem může vyřešit problém, který byl neřešitelný v klasickém adaptéru - současný zápis do video RAM za strany grafického procesoru a čtení jejího obsahu pro zobrazení řadičem CRTIC.
- Grafický procesor zapisuje pouze na takové adresy, z nichž v daném okamžiku nečte řadič CRTIC.

## 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  $(x_1, y_1)$ .

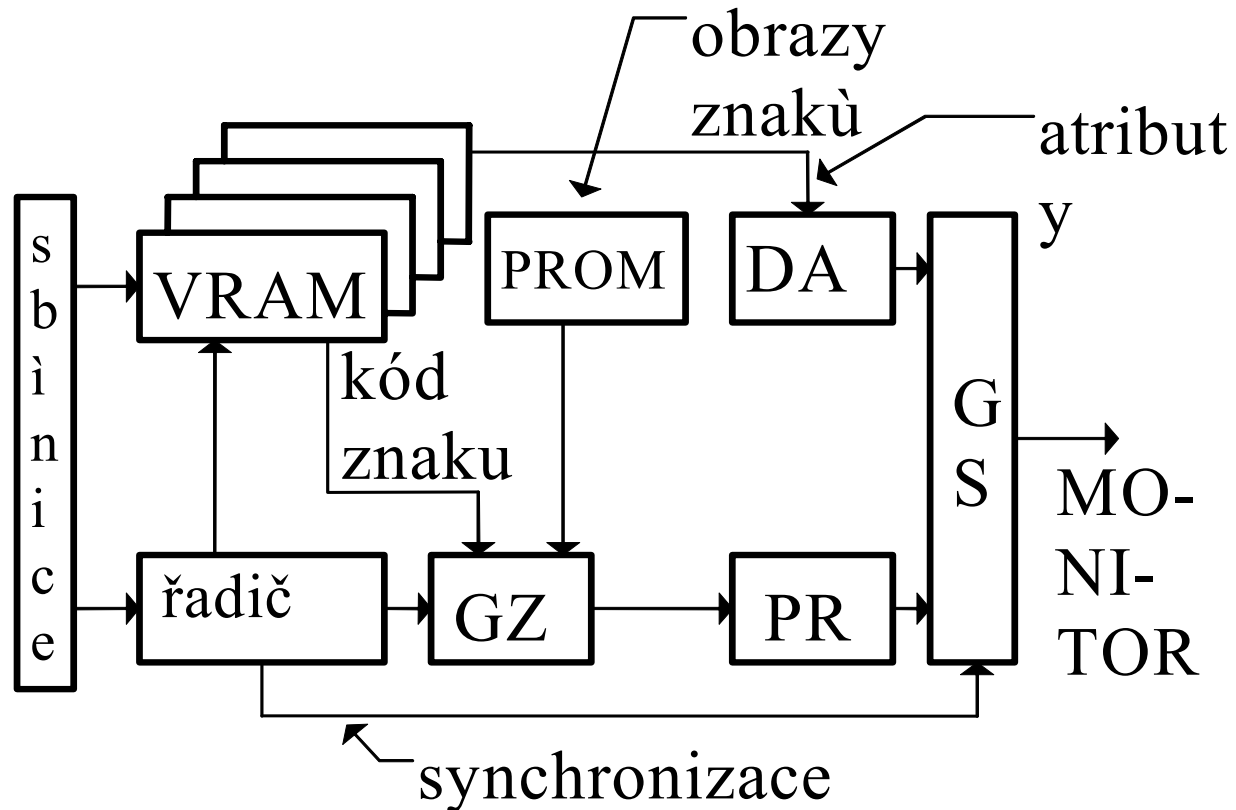
### **Image transfer through the plane (přenos obrazu s kompletním údajem o každém bodě)**

Přeneše 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  $8 \times 14$ ,  $8 \times 8$
- Příklady:  
Rozložení obrazovky  $640 \times 350$ , šířka znaku 8 bodů => dostáváme  $640/8 = 80$  sloupců.  
Výška znaku 14 bodů dostaneme  $350/14 = 25$  řádků textu

## Struktura jednoduchého grafického adaptéru



VRAM – video RAM, GZ – generátor znaků, DA – dekodér atributů,  
PR – posuvný registr, GS – generátor signálů pro monitor



## Komponenty jednoduchého grafického adaptéru

- Řadič – řídí činnost grafického adaptéru  
řídí čtení obsahu VRAM pro potřeby zobrazení na monitoru,  
při veškeré své činnosti zohledňuje režim (textový/grafický, počty  
řádků/sloupců,  
je programovatelný ze strany procesoru (obsahuje registry),  
výsledek – na výstupu grafického adaptéru do kabelu směrem k  
monitoru je posloupnost informací o jednotlivých bitech (např. barva  
ve formě RGB) a synchronizace monitoru (horizontální/vertikální)
- Video RAM  
je v ní uložena zobrazovaná informace (vložená ze strany procesoru  
přes systémovou sběrnici)  
obsah video RAM je čten pro následné zobrazení na monitoru –  
řízeno řadičem grafického adaptéru  
**Důležité: RAM se dvěma porty** (dvouportová RAM, double port  
RAM)

## Komponenty jednoduchého grafického adaptéru

- PROM a GZ

podílejí se na vytváření posloupnosti (digitální nebo analogové) informace o barvě bodu v textovém režimu

PROM – jsou v ní uloženy bitové obrazy jednotlivých rozkladových řádků znaku, ukazatelem do PROM je kód zobrazovaného znaku

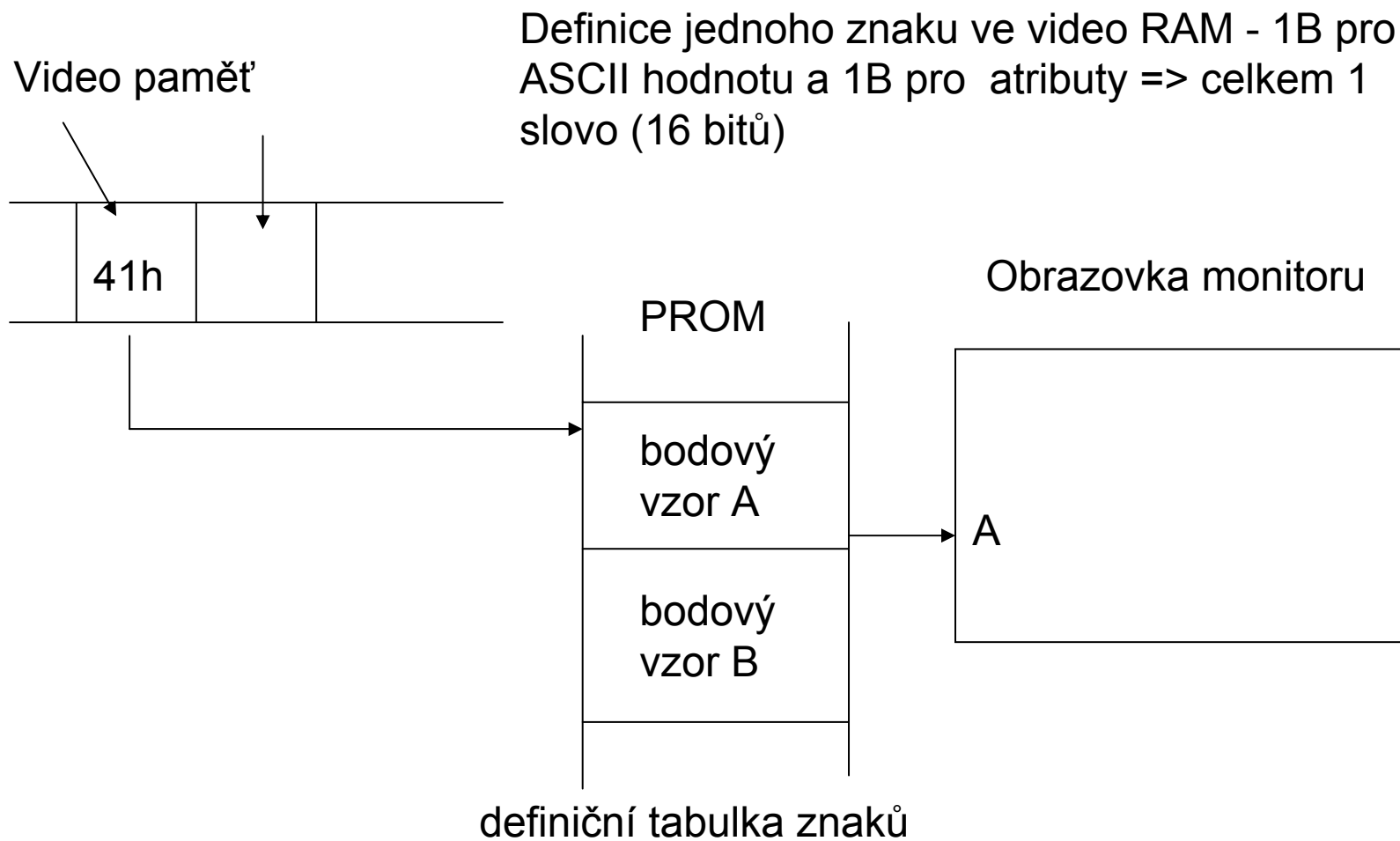
pokud je text zobrazován např. v 16 rozkladových řádcích, pak musí být kód znaku čten celkem 16x z video RAM, spolu s právě zobrazovaným rozkladovým řádkem tohoto znaku z PROM

atribut znaku uložený ve video RAM – barva popředí znaku, barva pozadí znaku, blikání (8 bitů)

## Komponenty jednoduchého grafického adaptéru

- DA (dekodér atributů)  
Každý znak má své atributy, ty jsou uloženy ve video RAM spolu s kódem znaku.  
Způsob zobrazení znaku musí být atributem ovlivněn – musí zajistit grafický adaptér.
- PR (posuvný registr)  
Informaci, která je uvnitř grafického adaptéru přenášena v grafické podobě, je třeba serializovat, protože do monitoru je přenášena sériově.
- GS (generátor signálů pro monitor)  
Do monitoru se přes kabel přenášejí další signály – především synchronizace snímková (horizontální) a řádková (vertikální)

# 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. CC0h
- 4. FCh
- 5. CC0h **Vzory všech znaků tvoří definiční tabulku znaků.**
- 6. CC0h Bude obsahovat celkem 256 vzorů (ASCII – 8 bitů).
- 7. 00h

## Princip textového režimu - pokračování

- Kód znaku je uložen ve video RAM, bodové vzory v **definiční tabulce znaků**.
- V definiční tabulce jsou uloženy **rozkladové** (rastrovací) řádky znaku.
- Bodový vzor znaku 8 x 14 bodů – v definiční tabulce je 16 slabik reflektujících tvar znaku.
- Kód znaku je ukazatelem na první řádek bodového vzoru znaku v definiční tabulce znaků.
- Běh paprsku přes obrazovku zleva doprava – zobrazí se 1. řádky bodových vzorů znaků, které mají být na tomto textovém řádku zleva doprava zobrazeny.
- Další běh paprsku – zobrazí se 2. řádky bodových vzorů znaků, které mají být na tomto textovém řádku zobrazeny.
- Po zobrazení posledních řádků bodových vzorů znaků na tomto textovém řádku se přejde na další textový řádek.