

# KARTY GRAFICZNE

# Karta graficzna

**Karta graficzna** jest urządzeniem pośredniczącym w komunikacji systemu komputerowego z monitorem. Otrzymuje ona informacje o treści obrazu od systemu i po odpowiednich działaniach wytwarza sygnały sterujące pracą monitora. Zadaniem prostych kart graficznych, czyli buforów ramki, jest wytworzenie sygnałów sterujących monitorem, potrzebnych do uzyskania określonego obrazu. O elementach tego obrazu decyduje zawartość tak zwanej pamięci wideo. Zawartość ta jest tworzona wyłącznie przez system, a konkretnie przez mikroprocesor, natomiast karta w tym procesie w ogóle nie uczestniczy.

Większość kart graficznych (i wszystkie współczesne) składają się z następujących elementów:

- Procesor graficzny (GPU) – odpowiedzialny za generowanie obrazu w pamięci obrazu
- Pamięć obrazu – VideoRAM, bufor ramki (ang. framebuffer) – przechowuje cyfrowe dane o obrazie

- Pamięć ROM – pamięć przechowująca dane (np. dane generatora znaków) lub firmware karty graficznej, obecnie realizowana jako pamięć flash EEPROM

- DAC (ang. Digital-to-Analog Converter) przetwornik cyfrowo-analogowy – odpowiedzialny za przekształcenie cyfrowych danych z pamięci obrazu na sygnał sterujący dla monitora analogowego; w przypadku kart wyłącznie z wyjściem cyfrowym DAC nie ma zastosowania.

- Interfejs do systemu komputerowego – umożliwia wymianę danych i sterowanie kartą graficzną – zazwyczaj PCI, AGP, PCI-Express

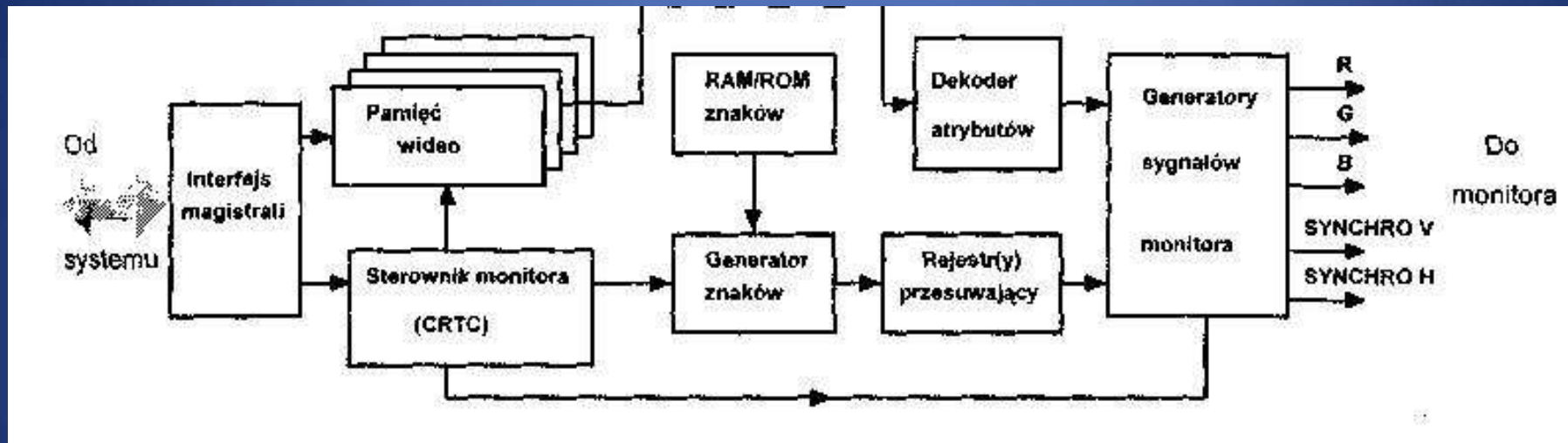
Interfejs na słocie karty graficznej – zazwyczaj P&D, DFP, VGA, DVI, HDMI, DisplayPort

Wiele z kart graficznych posiada także:

- Framegrabber – układ zamieniający zewnętrzny, analogowy sygnał wideo na postać cyfrową .

- Procesor wideo – układ wspomagający dekodowanie i przetwarzanie strumieniowych danych wideo; w najnowszych konstrukcjach zintegrowany z procesorem graficznym.

# Schemat blokowy



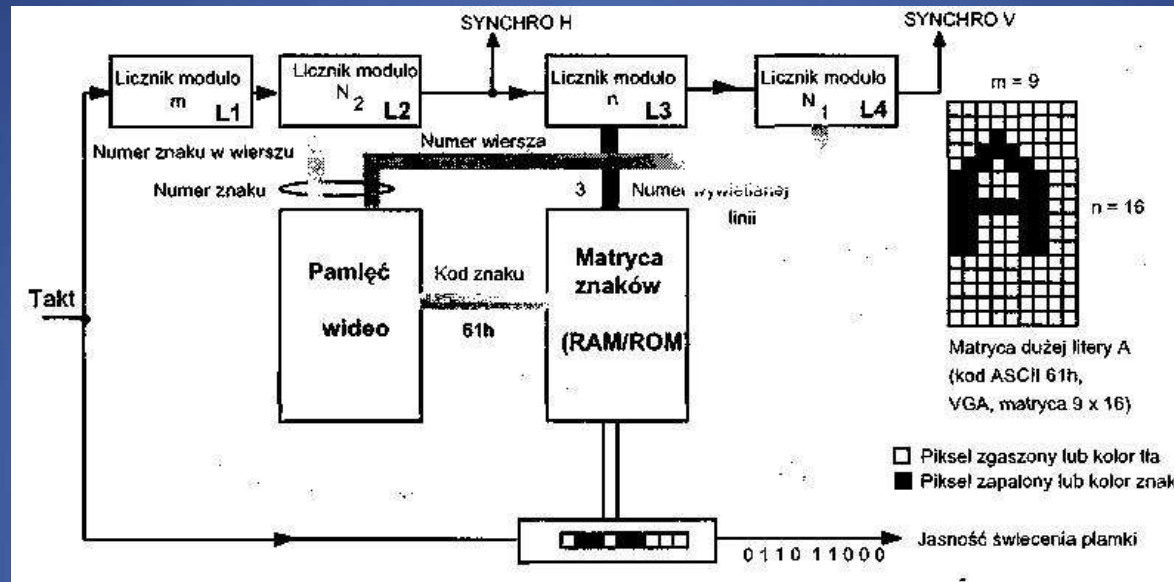
Pracę kart graficznych możemy podzielić na dwa różniące się znacznie tryby:  
tekstowy i graficzny.

# Tryb tekstowy

W trybie tekstowym zawartość pamięci interpretowana jest jako kody znaków, które należy wyświetlić na ekranie. Zawartość pamięci wideo określa więc w tym przypadku pośrednio, co ma być wyświetlone na ekranie. Informacja o tym, który piksel ma być zapalony, a który zgaszony, pochodzi z generatora znaków.

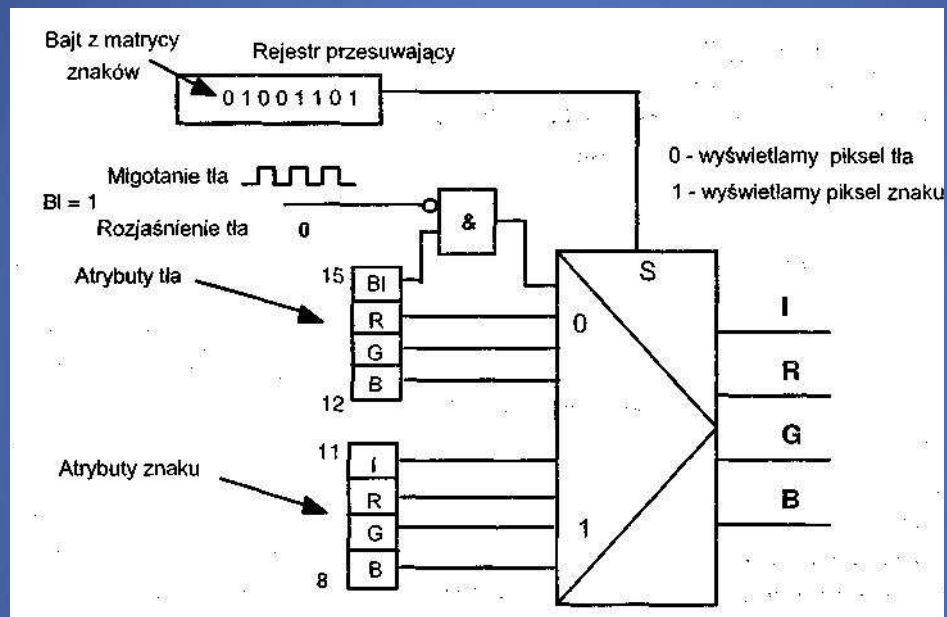
W przeciwieństwie do trybu graficznego nie opisuje się każdego punktu ekranu, a pola o sztywno określonych wymiarach. W każdym polu może znajdować się znak/symbol z tzw. strony kodowej. W zależności od możliwości sprzętowych karty graficznej jest to ustawione na stałe bądź może być modyfikowane programowo.

Schemat blokowy układów karty uczestniczących w wyświetlaniu tekstu na ekranie w trybie tekstowym oraz konstrukcja przykładowego znaku:



Rysunek 2.8. Zawartość bajtów reprezentujących znak w pamięci wideo

Przy wyświetlaniu znaków w trybie tekstowym w kolorze każdy znak jest reprezentowany w pamięci wideo przez dwa bajty. Pierwszy bajt zawiera kod ASCII wyświetlanego znaku, zaś w drugim bajcie umieszczone są tak zwane atrybuty wyświetlanego znaku.



Rysunek wyżej wyjaśnia użycie bajtu atrybutów w celu uzyskania kolorów znaku i tła.

Tabela 2.2. Kombinacje wartości bitów IRGB i odpowiadające im kolory

IRGB	Kolor	IRGB	Kolor
0000	Czarny	1000	Ciemnoszary
0001	Niebieski	1001	Jasniebieski
0010	Zielony	1010	Jasnozielony
0011	Cyjan	1011	Jasny cyjan
0100	Czerwony	1100	Jasnoczerwony
0101	Purpurowy	1101	Jasnopurpurowy
0110	Brazowy	1110	Żółty
0111	Jasnoszary	1111	Biały

Na koniec opisu trybu tekstowego wyliczymy pojemność pamięci potrzebną do przechowania zawartości pełnego ekranu w tym trybie, przykładowo dla karty VGA.

W jednym z trybów tej karty wyświetlane jest na ekranie 25 wierszy po 80 znaków. Ponieważ w pamięci wideo każdemu znakowi przypisane są dwa bajty, pamięć potrzebna do przechowania treści całego ekranu wynosi:

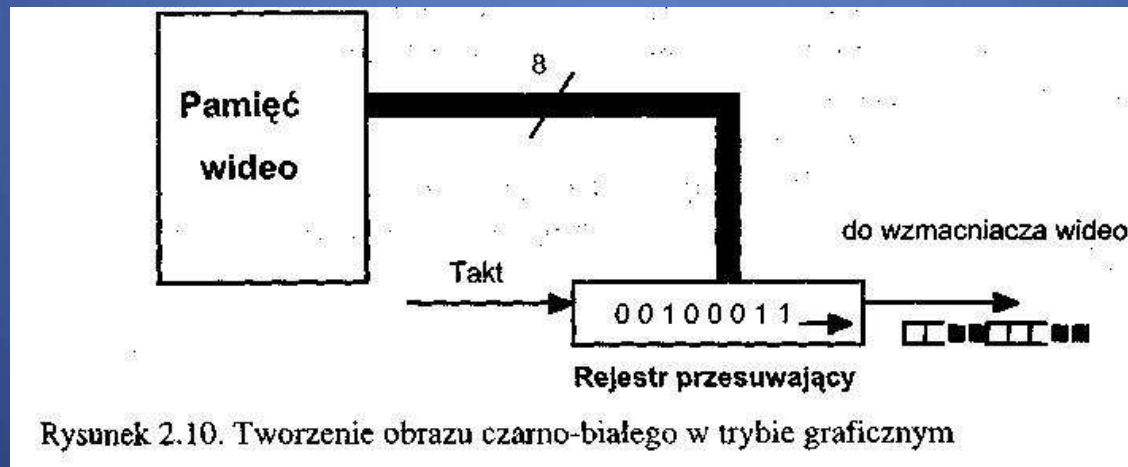
$$25 * 80 * 2B = 4000B = 4KB$$



# Tryb graficzny

W trybie graficznym zawartość pamięci wideo jest interpretowana jako bezpośrednie określenie jasności świecenia każdego piksela (przy założeniu, że piksel może być jedynie zgaszony lub zapalony, na każdy piksel przypadałby 1 bit).

W sytuacji obrazu czarno-białego (piksel zgaszony lub zapalony) schemat układu wyświetlania jest bardzo prosty. Jest on przedstawiony na rysunku:



Rysunek 2.10. Tworzenie obrazu czarno-białego w trybie graficznym

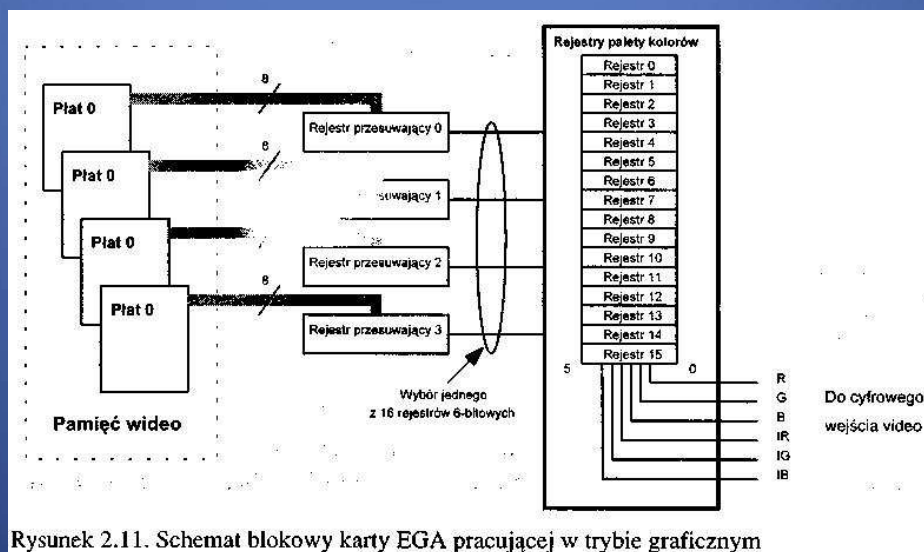
Bardziej skomplikowaną sytuację mamy w przypadku wyświetlania obrazu kolorowego. Każdy piksel musi być reprezentowany przez zespół bitów, których ilość zależy od liczby kolorów, których chcemy używać. Ilość bitów których używamy do reprezentowania każdego piksela musi zapewnić możliwość zakodowania wszystkich używanych kolorów. Stąd ilość bitów i ilość kolorów muszą spełniać prostą zależność:

$$2^n > N \quad \text{lub inaczej} \quad n > \lg_2 N$$

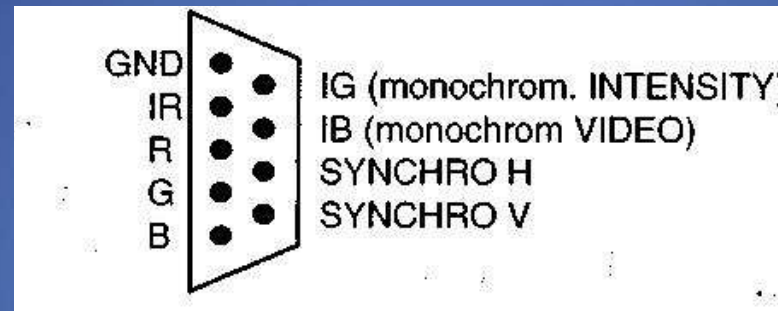
gdzie:  $N$  - ilość używanych kolorów,  $n$  - ilość bitów reprezentujących 1 piksel.

# Karta EGA

Karta EGA posiada 16KiB ROM, który przechowuje dodatkowe funkcje BIOS. W ten sposób nie jest jednak udostępniona cała funkcjonalność karty i programista, aby uzyskać określone efekty, wciąż musi programować bezpośrednio poprzez rejestry. Pamięć wideo karty EGA dzielona jest na cztery części zwane *płatami* lub *bankami* (ang. *plane*). Z każdego płatu ładowany jest do współpracującego z nim rejestru przesuwającego 1 bajt, co daje w sumie 4 bajty określające wygląd ośmiu pikseli. Kolejne odpowiadające sobie 4 bity pojawiające się na wyjściach rejestrów przesuwających określają kolor wyświetlanego piksela poprzez wybór jednego z szesnastu rejestrów zwanych rejestrami palety kolorów. Pojemność tych rejestrów wynosi 6 bitów, co daje możliwość zakodowania  $2^6 = 64$  różnych kolorów.



Gniazdem wyjściowym tej karty było gniazdo typu DB 9. Schematyczny rysunek tego gniazda wraz z określeniami sygnałów występujących na poszczególnych pinach pokazuje rysunek:



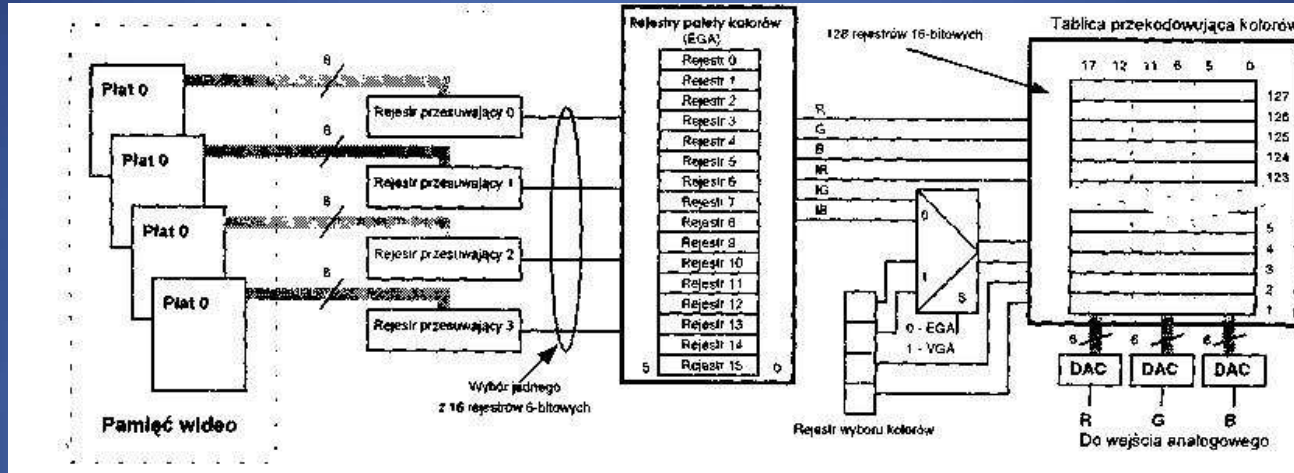
Przyczyną podziału pamięci wideo karty EGA na płyty jest między innymi ilość adresów zarezerwowana dla kart graficznych w przestrzeni adresowej pamięci. Zakres przydzielonych adresów umożliwia zaadresowanie 128 KB. Dla bogatszych kart EGA oraz dla kart VGA i SVGA jest to ilość zbyt mała, stąd potrzeba podziału pamięci na płyty.

# Karta VGA

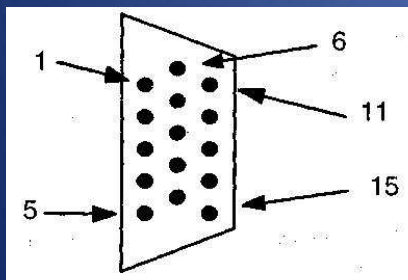
Karta VGA może pracować w wielu różnych trybach, emulując działanie wcześniejszych kart lub pracując z różnymi rozdzielczościami i liczbami kolorów. Zestawienie trybów pracy karty VGA zawiera tabela:

Numer trybu (hex)	Rodzaj trybu	Rozdzielczość/ ilość znaków	Ilość kolorów /paleta kolorów	Matryca znaków
0,1	Tekstowy	40x25	16/256K	9x16
2,3	Tekstowy	80x25	16/256K	8x14
4,5	Graficzny	320x200	4/256K	
6	Graficzny	640x200	2/256K	
7	Tekstowy	80x25	mono	9x16
8	Graficzny	160x200	16/256K	
9	Graficzny	320x200	16/256K	
A	Graficzny	640x200	4/256K	
D	Graficzny	320/200	16/256K	
E	Graficzny	640x200	16/256K	
F	Graficzny	640x350	2/256K	
10	Graficzny	640x35016	16/256k	
11	Graficzny	640X480	2/256.k	
12	Graficzny	640X480	16/256k	
13	Graficzny	320X200	256/256K	

# Schemat blokowy



Wyjście karty VGA jest wyjściem analogowym (wiele poziomów na-pięć). Gniazdo monitora karty VGA wraz z numeracją styków pokazane jest na rysunku, a odpowiadające im sygnały podaje tabela:

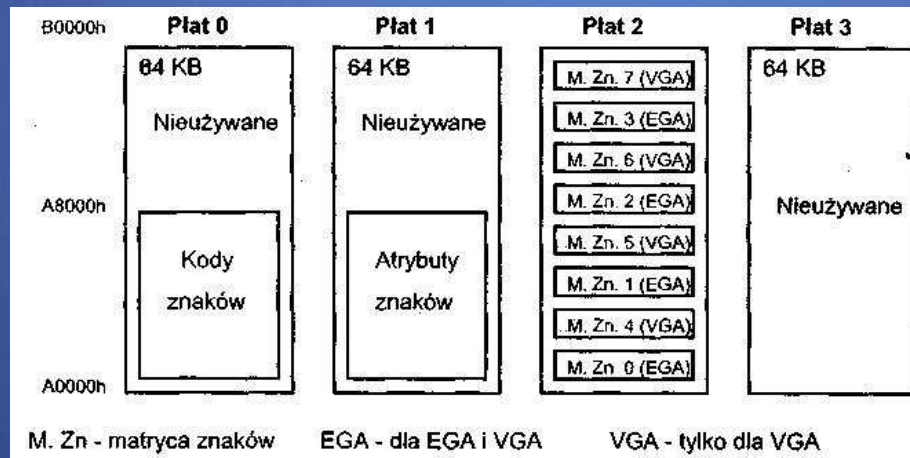


Nr pinu	Oznaczenie	Opis
1	Red	Sygnal z DAC - kolor czerwony
2	Green	Sygnal z DAC - kolor zielony
3	Blue	Sygnal z DAC - kolor niebieski
4		Zarezerwowane
5	GND	Masa
6	GND	Masa (czerwony)
7	GND	Masa (zielony)
8	GND	Masa (niebieski)
9		Nie podłączone
10	GND	Masa
11		Zarezerwowane
12		Zarezerwowane
13	HSYNC	Synchronizacja odchylenia poziom
14	VSYNC	Synchronizacja odchylenia pionow
15		Zarezerwowane

Karty VGA, wymagają pamięci wideo o pojemności powyżej 128 KB. Pojemność pamięci karty VGA wynosi standardowo 256 KB. Pamięć ta, podobnie jak dla karty EGA, dzielona jest na cztery banki (płaty) po 64 KB każdy (choć teoretycznie możliwy byłby także podział na 2 banki 128-kilobajtowe).

W trybie 256 kolorowym każdy piksel opisywany jest jednym bajtem. Przy rozdzielczości 320x200 wymagana pojemność pamięci wynosi  $320 \times 200 \times 1 \text{ B} = 64 \text{ KB}$ . Informacja o kolejnych pikselach umieszczana jest pod kolejnymi rosnącymi adresami od A0000h do AF9FFh.

Użycie banków pamięci dla trybu tekstowego przedstawia rysunek :



Matryce znaków są przechowywane w pamięci RAM, co umożliwia ich zmianę. Zmianę taką najprościej przeprowadzić przy użyciu przerwania 11 h VGA BIOS (Interface to the Character Generator) [2].

# Karty SVGA

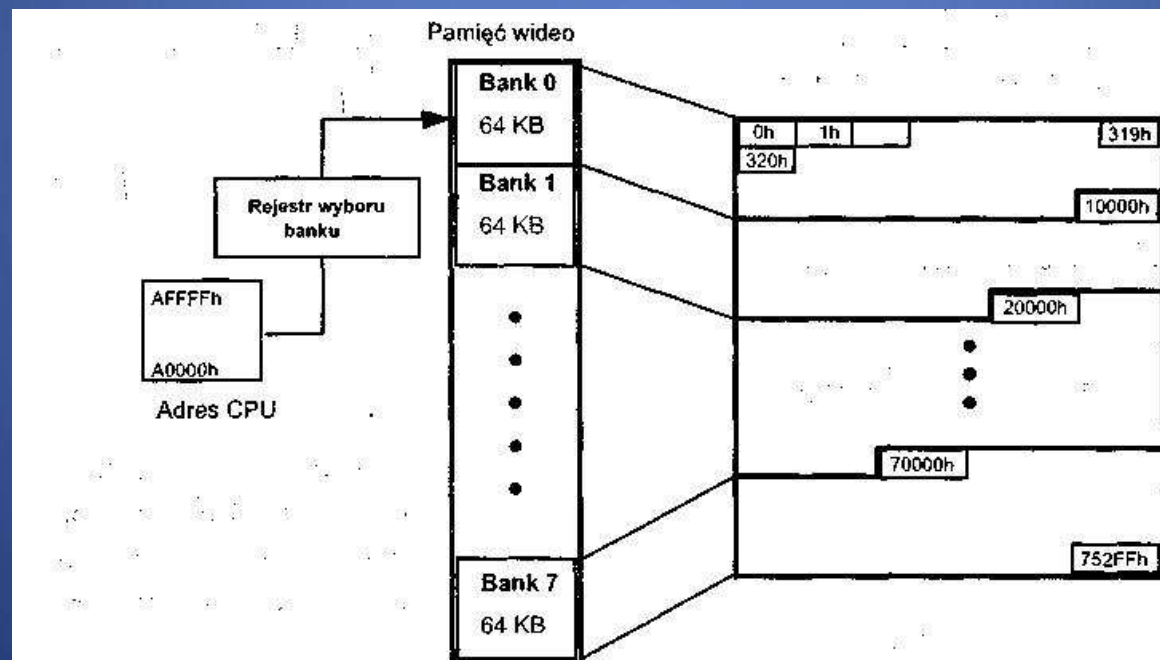
Kartami SVGA nazywa się karty pracujące z rozdzielczościami i/lub ilością kolorów przekraczającymi wielkości podane dla karty VGA. Początkowo karty te projektowane były bez żadnych uzgodnionych standardów, co powodowało wiele kłopotów z kompatybilnością oprogramowania i systemu graficznego. Sytuacja w znacznej mierze została uporządkowana przez komitet o nazwie VESA (ang. *The Video Electronics Standards Association*). Wprowadzono nowe tryby oznaczone liczbami lxxh dla odróżnienia ich od trybów wprowadzonych przez producentów. Zestawienie nowych trybów SVGA zawierają następujące tabele:

Numer trybu (hex)	Rodzaj trybu	Rozdzielczość	Ilość kolorów	Ilość znaków wrs/kol
100	Graficzny	640x400	256	
101	Graficzny	640x480	256	
102	Graficzny	800x600	16	
103	Graficzny	800x600	256	



Numer trybu (hex)	Rodzaj trybu	Rozdzielczość	Ilość kolorów	Ilość znaków wrs/kol
104	Graficzny	1024x768	16	
105	Graficzny	1024x768	256	
106	Graficzny	1280x1024	16	
107	Graficzny	1280x1024	256	
108	Tekstowy			80 x 60
109	Tekstowy			132 x 25
10A	Tekstowy			132 x 43
10B	Tekstowy			132 x 50
10C	Tekstowy			132 x 60
10D	Graficzny	320x200	32 K	
10E	Graficzny	320x200	64 K	
10F	Graficzny	320x200	16 M	
110	Graficzny	640x480	32 K	
111	Graficzny	640x480	64 K	
112	Graficzny	640x480	16 M	
113	Graficzny	800x600	32 K	
114	Graficzny	800x600	64 K	
115	Graficzny	800x600	16 M	
116	Graficzny	1024x768	32 K	
117	Graficzny	1024x768	64 K	
118	Graficzny	1024x768	16 M	
119	Graficzny	1280x1024	32 K	
11A	Graficzny	1280x1024	64 K	
11B	Graficzny	1280x1024	16 M	
11C	Graficzny	1600x1200	32 K	
11D	Graficzny	1600x1200	64 K	
11E	Graficzny	1600x1200	16 M	

Karty SVGA posiadają pamięci wideo o pojemności 512 KB i większe. Tu także występuje problem adresowania pamięci wideo. Pamięć ta jest najczęściej adresowana przez 64-kilobajtowe okno, przy czym banki pamięci zmieniają się przy użyciu tak zwanego rejestru wyboru banku (ang. *bank select register*). Dane opisujące poszczególne piksele tworzące obraz rozmieszczone są w pamięci wideo liniowo, począwszy od lewego górnego rogu ekranu - najniższy adres, a skończywszy na prawym dolnym - najwyższy adres. Adresowanie i sposób rozmieszczenia informacji (adresy pikseli) w pamięci wideo pokazane są na rysunku na przykładzie trybu 800x600 z 256 kolorami:



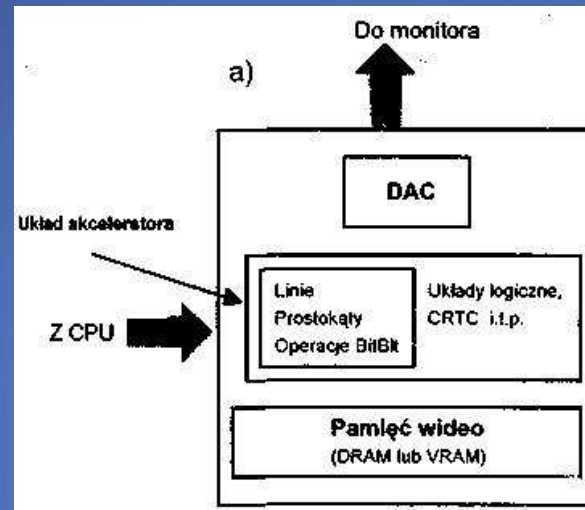
Rysunek 2.16. Obsługa pamięci wideo dla kart SVGA.

# Zestawienie własności podstawowych kart graficznych

Najważniejsze własności podstawowych typów kart graficznych:

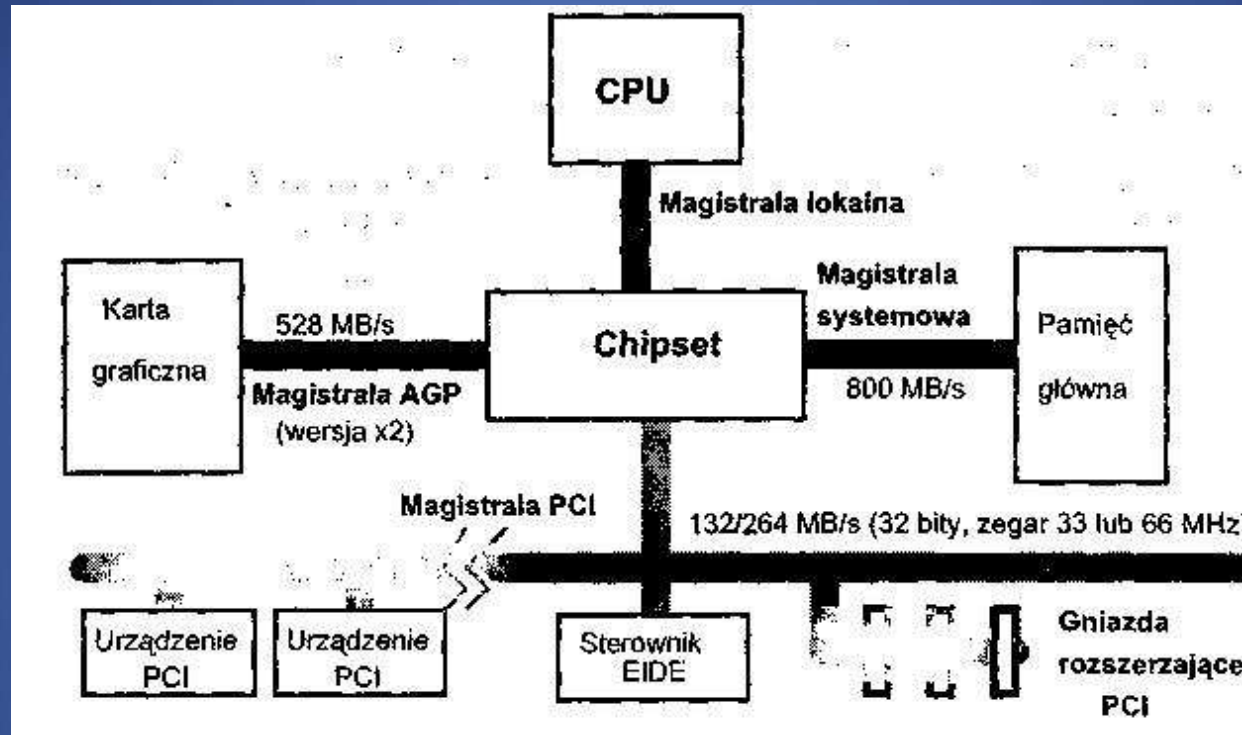
Nazwa parametru	Karta HGC	Karta EGA	Karta VGA	Karta SVGA
Adres pamięci wideo - tekst	<u>B000h</u>	B800h	<u>B000h</u>	<u>B000h</u>
Adres pamięci wideo - grafika	<u>B000h</u>	<u>A000h</u>	<u>A000h</u>	<u>A000h</u>
Rozmiar pamięci wideo	4 KB	64-256 KB	256 KB	>512KB
Zakres adresów portów	3B0-3BFh	3C0-3DFh	3B0-3DFh	3B0-3DFh
Matryca znaku	9x14	8x14	9x16	9x16 (typowo)
Maksymalna rozdzielczość	720x348	640x350	640x480	1600x1200 (zależna od karty)
Maksymalna ilość kolorów	Mono	16 z 64	256 z 256 K	16 min lub 4 mld
Typ sygnałów monitora	Cyfrowy	Cyfrowy	Analogowy	Analogowy
Częstotliwość odchylenia pionowego	50 Hz	60 Hz	50-70 Hz	ok. 50 -200 Hz
Częstotliwość odchylenia poziomego	<u>18432 kHz</u>	<u>15,7-21,8 kHz</u>	<u>31,5 kHz</u>	do ok. 90 kHz
Pasma wzmacniacza wideo	<u>16,257 MHz</u>	14,3-16,3 MHz	<u>28 MHz</u>	do ok. 100MHz
Własny BIOS	Nie	Tak	Tak	Tak

# Karta akceleratorowa



Rozwiązania sprzętowe stosowane w tych kartach, a konkretnie w układzie scalonym akceleratora, oraz ich możliwości są ściśle określone przez ich projektanta. Możliwości kart akceleratorowych są więc znacznie mniejsze od możliwości kart koprocesorowych. Operacje wykonywane przez tego typu karty dotyczą grafiki dwuwymiarowej (2D) związanej z graficznym interfejsem użytkownika. Wymaga on częstego wykonywania takich operacji jak tworzenie okien (rysowanie prostokątów) czy ich przesuwanie. Te ostatnie realizowane są jako transfery bloków w pamięci wideo (opisujących piksele danego okna). Stąd jedną z „umiejętności” zarówno akceleratorów, jak i koprocesorów graficznych jest wykonywanie tego typu operacji zwanych operacjami BitBlt (ang. *Bit Block transfer*).

# Magistrala AGP



## Główne zalety AGP to:

- duża szybkość transmisji
- przydzielenie pełnej przepustowości AGP wyłącznie karcie graficznej
- odciążenie magistrali PCI

- umożliwienie wykorzystania (przydzielenia) części pamięci głównej na potrzeby systemu graficznego i przechowywania w niej tekstur.

Z ostatniego punktu wynikają następujące korzyści:

1. Tekstury nie muszą być przed użyciem ładowane do lokalnej pamięci wideo (zysk czasowy).

2. Tekstury mogą być przechowywane w pamięci głównej, co po pierwsze umożliwia użycie tekstur o większych rozmiarach (i rozdzielczościach), a po drugie zmniejsza wymagania co do wielkości pamięci wideo.

3. Zmniejszenie wymagań co do wielkości pamięci wideo znacząco obniża cenę kart graficznych.

### **Właściwości magistrali AGP:**

1. Duża przepustowość. W zależności od wersji (o czym niżej) magistrala AGP oferuje szybkość transmisji danych od 264 MB/s do 1 GB/s. Jak widać, szybkość ta jest porównywalna, a nawet w pewnych wypadkach zdecydowanie przekracza transfer PCI. Przykładowe transfery magistral systemu zostały także podane na rysunku 2.20 (dla porównania).

2. Interfejs dedykowany grafice. Magistrala AGP obsługuje jedynie kartę graficzną (lub oddzielny akcelerator). Cała przepustowość magistrali jest więc *przeznaczona* dla tej karty.

3. Karta graficzna jest urządzeniem typu master na AGP (inicjatorem w terminologii magistrali PCI). Oznacza to, że inicjacja transmisji *zależy* wyłącznie od karty graficznej. Urządzeniem docelowym jest chipset zawierający między innymi sterownik pamięci DRAM.
4. Potokowa realizacja transakcji na AGP. Dla AGP, inaczej niż dla PCI, rozdzielono fazę adresowania od fazy transmisji danych. Umożliwia to tworzenie kolejki żądań transakcji (czyli potokową ich realizację).
5. Potokowa realizacja arbitrażu. Zarówno transmisja informacji, jak i zgłoszenie żądania wykonania określonej transakcji wymaga przyznania urządzeniu master dostępu do magistrali. W celu uniknięcia przestoju (stanów uśpienia magistrali) także arbitraż jest realizowany potokowo.
6. Adresowanie równoległe (ang. *sideband addressing*). Na magistrali AGP możliwa jest inicjacja transakcji nie tylko przy użyciu linii AD i C/BE#, ale także przy użyciu specjalnego 8-bitowego portu oznaczanego jako SBA (ang. *SideBand Address*). Pozwala on na wykorzystanie linii AD i C/BE# wyłącznie dla transmisji danych.
7. Dynamiczny przydział pamięci. AGP pozwala na przydział części pamięci głównej dla potrzeb systemu graficznego. Jest ona traktowana wówczas jako część pamięci wideo, do której mogą być przykładowo ładowane tekstury. Pozwala to na użycie większych tekstur przy niezwiększonych wymaganiach co do pojemności pamięci na karcie. Przydziału tego dokonuje system operacyjny. W przypadku uruchamiania aplikacji niewymagających tak dużej pamięci wideo możliwa jest dynamiczna dealokacja tej części pamięci i użycie jej dla innych potrzeb (takiej możliwości nie ma dla nieużywanej części pamięci wideo).

8. Przydział pamięci przez AGP. Pamięć główna przydzielona za pośrednictwem AGP na potrzeby adaptera graficznego, jest widziana przez niego jako liniowa przestrzeń adresowa, choć nie musi być ona kontynuacją przestrzeni adresowej pamięci wideo na karcie. Fizycznie, przydzielona pamięć może być nieciągła. Translacja adresu fizycznego na liniowy zapewniana jest przez układy płyty głównej, przy użyciu tablicy umieszczonej w pamięci zwanej tablicą GART (ang. *Graphics Address Remapping Table*). Miejsce umieszczenia tablicy zależy od rozwiązania zastosowanego przez producenta płyty głównej.
9. Teksturowanie na magistrali AGP. Tekstury w przypadku użycia AGP mogą być przechowywane w pamięci głównej. Akcelerator graficzny wykorzystujący je, odczytuje oraz zapisuje wyniki swej pracy do pamięci głównej za pośrednictwem magistrali AGP. Rezultatem tego jest: skrócenie czasu operacji, odciążenie magistrali PCI i zmniejszenie wymagań co do ilości pamięci wideo.

Tabela 2.7. Kody operacji na magistrali AGP

Kod operacji	Rodzaj operacji
0000	Low-Priority Read
0001	High-Priority Read
0100	Low-Priority Write
0101	High-Priority Write
1000	Long Low-Priority Read
1001	Long High-Priority Read
1101	Dual Address Cycle

Tabela 2.7 a Kody długości transmisji „zwykłych”

Kod długości	Liczba bajtów
000	8
001	16
010	24
011	32
100	40
101	48
110	56
111	64

Tabela 2.7 b Kody długości transmisji „długich”

Kod długości	Liczba bajtów
000	32
001	64
010	96
011	128
100	160
101	192
110	224
111	256



# Magistrala PCI-Express

PCI-s (PCIe, PCI-E), znana również jako 3GIO (od 3rd Generation I/O), jest pionową magistralą służącą do podłączania urządzeń do płyty głównej. Zastąpiła ona magistralę PCI oraz AGP.

PCI-Express stanowi magistralę lokalną typu szeregowego, łączącą dwa punkty (Point-to-Point).

Częstotliwość taktowania wynosi 2,5 GHz. Możliwe jest kilka wariantów tej magistrali - z 1, 2, 4, 8, 12, 16 lub 32 liniami (każda składająca się z dwóch 2-pinowych części - nadawczej i odbiorczej). Wraz ze wzrostem liczby linii wydłużeniu ulega gniazdo, jego konstrukcja (poprzez wspólną część początkową i jedynie dodawanie na końcu nowych linii) umożliwia włożenie wolniejszej karty do szybszego gniazda (w drugą stronę jest niemożliwe). Gniazdo 1x ma 18 pinów z każdej strony, gniazdo x4 - 32, gniazdo x8 - 49, zaś gniazdo x16 - 82 piny z każdej strony.

Na płytach głównych gniazda 16x montuje się zwykle w miejscu gniazda AGP na starszych płytach (ponieważ większość chipsetów z kontrolerem PCI Express nie zawiera kontrolera AGP, najczęściej obecność PCI-E eliminuje możliwość użycia kart graficznych ze złączem AGP).

# Karta telewizyjna

Karta telewizyjna (ang. television card) to urządzenie wejścia/wyjścia komputera. Umożliwia rejestrację, przetwarzanie i odtwarzanie obrazu telewizyjnego. Często posiada komplet wejść i wyjść analogowych, umożliwiających podłączenie do komputera magnetowidu, gry wideo czy telewizora.

Karta telewizyjna umożliwia odbiór programów telewizji naziemnej, telewizji satelitarnej (również telewizji cyfrowej). Może służyć do przechwytywania sekwencji wideo i prostej (liniowej) edycji wideo.

Karty telewizyjne wystarczające do zastosowań amatorskich często zintegrowane są z kartami graficznymi. Pojawiły się również zewnętrzne tunery telewizyjne podłączane do komputera przez port USB lub nawet bezpośrednio do monitora.