

Wprowadzenie do grafiki komputerowej



Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Inżynieria Cyfryzacji

Wykład 2

Plan wykładów

Egzamin

2/50

Z egzaminu zwalnia ocena 5.0 z lab.

Wagi oceny: 50% lab., 50% egzamin

Wykład 1: Wykład organizacyjny
Wykład 2: wprowadzenie do grafiki 2D i 3D
Wykład 3: Potok graficzny
Wykład 4: Modele 3D
Wykład 5: Gry komputerowe – efekty specjalne cz. 1
Wykład 6: Gry komputerowe – efekty specjalne cz. 2
Wykład 7: Grafika 2D: filtrowanie obrazów
Wykład 8: Obrazowanie HDR
Wykład 9: Proste efekty specjalne w kinematografii
Wykład 10: Eye-tracking - podstawy i zastosowanie
Wykład 11: Podsumowanie

Wykład 12: Technologia druku
Wykład 13: Systemy zarządzania barwą
Wykład 14: Barwa w projektowaniu grafiki

Wykład 15: egzamin termin 0

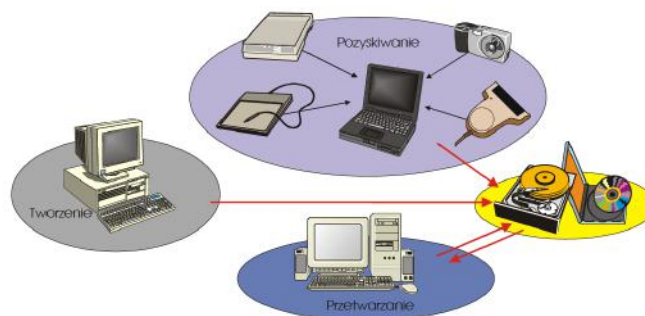
Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Inżynieria Cyfryzacji

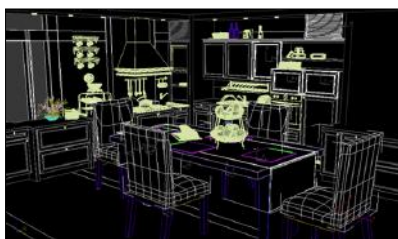
Wykład 2

Grafika komputerowa (ang. computer graphics)

- **Pozyskiwanie** obrazów to zamiana obrazów ze świata rzeczywistego w formę cyfrową, możliwą do dalszego przetwarzania komputerowego.
- **Tworzenie** obrazów to kreowanie przy użyciu komputera syntetycznych obrazów, naśladujących rzeczywistość lub jej nie naśladujących.
- **Przetwarzanie** grafiki to proces różnorodnych przekształceń obrazów w formie cyfrowej, mający na celu uzyskanie określonych efektów artystycznych lub technicznych.



Grafika komputerowa (ang. computer graphics)

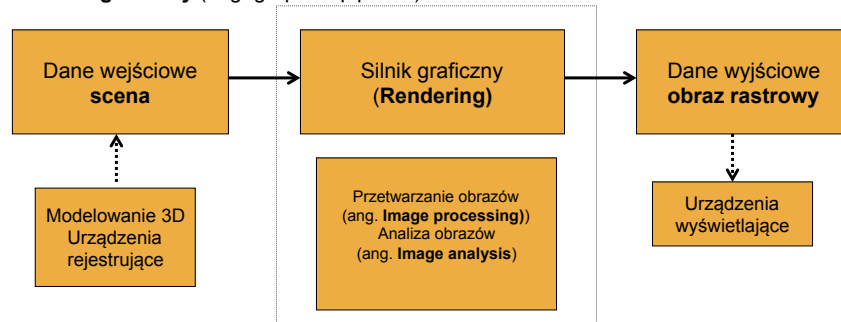


silnik graficzny
(ang. rendering engine)



Grafika komputerowa (ang. computer graphics)

Potok graficzny (ang. graphics pipeline)



Rodzaje algorytmów grafiki komputerowej:

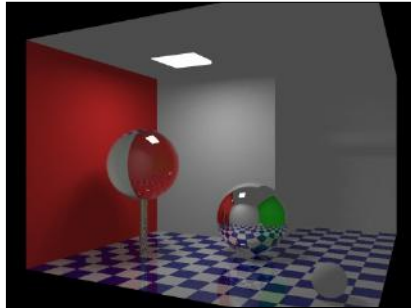
- grafika czasu rzeczywistego (grafika interaktywna),
- grafika realistyczna,
- grafika nierealistyczna (ang. non-realistic computer graphics),
- grafika 2D i 3D,
- grafika rastrowa i wektorowa,
- wizualizacja danych.

Akwizycja obrazów

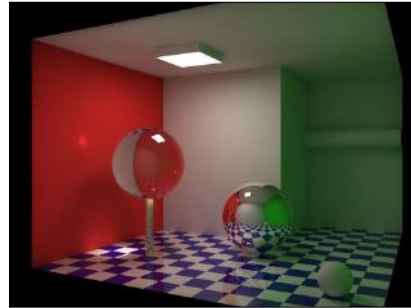


Synteza obrazów: model oświetlenia

Model oświetlenia - sposób w jaki upraszczane są obliczenia oświetlenia w stosunku do rzeczywistej propagacji światła.



oświetlenie lokalne



oświetlenie globalne

Synteza grafiki realistycznej



Grafika w grach komputerowych



The CityLight 01 Warning by Stefan Hessel, 20 May 2005. © copyright by Stefan Hessel

**grafika komputerowa czasu
rzeczywistego**



Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Inżynieria Cyfryzacji

Wykład 2

Grafika w grach komputerowych



**grafika komputerowa czasu
rzeczywistego**

Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Inżynieria Cyfryzacji

Wykład 2

Przetwarzanie obrazów (ang. Image Processing)

Cyfrowe przetwarzanie obrazów mające na celu zmianę ich wyglądu bądź interpretację informacji zawartych w obrazach.



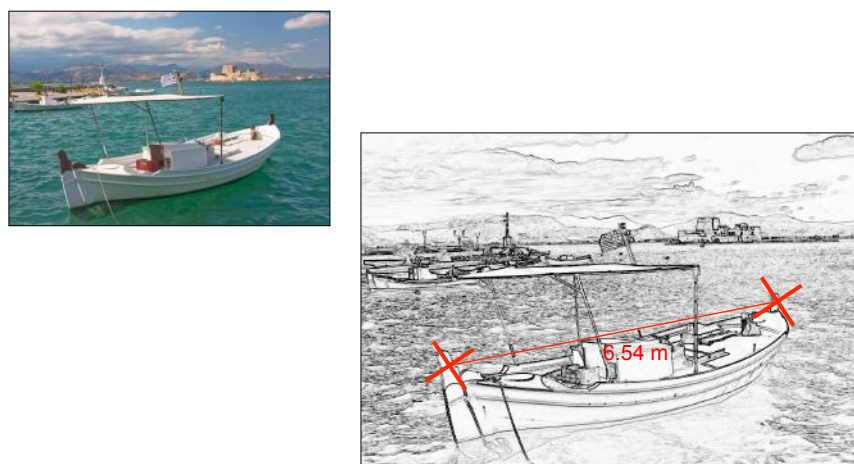
Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Inżynieria Cyfryzacji

Wykład 2

Analiza obrazów (ang. Image Analysis)

Analiza informacji znajdujących się w obrazach cyfrowych.



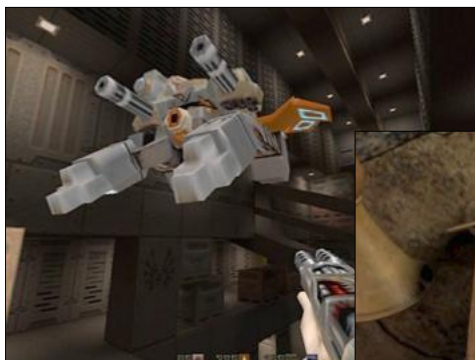
Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Inżynieria Cyfryzacji

Wykład 2

Grafika komputerowa: Zastosowania (1)

Gry komputerowe



- grafika interaktywna
- bardzo duży rynek



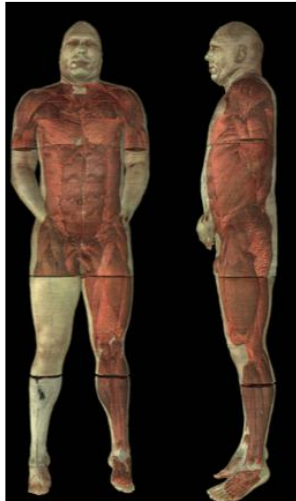
Grafika komputerowa: Zastosowania (2)

Produkcja filmowa i telewizyjna

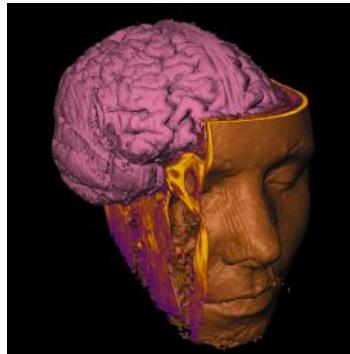


Grafika komputerowa: Zastosowania (3)

Medycyna



- wizualizacja danych trójwymiarowych
- wysoka precyzja wizualizacji
- bardzo duże zbiory danych
- algorytmy Volume Rendering' u



Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Inżynieria Cyfryzacji

Wykład 2

Grafika komputerowa: Zastosowania (4)

Systemy CAD/CAM

- precyzyjna wizualizacja
- złożone i precyzyjne modele
- zaawansowane oprogramowanie do modelowania
- wizualizacja realistyczna
- projekty architektoniczne



Wprowadzenie do grafiki komputerowej

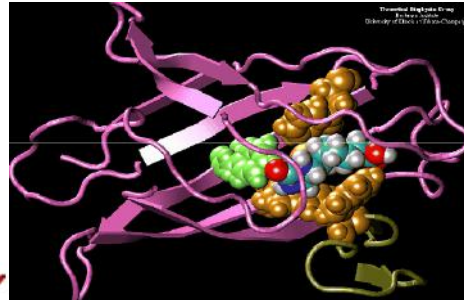
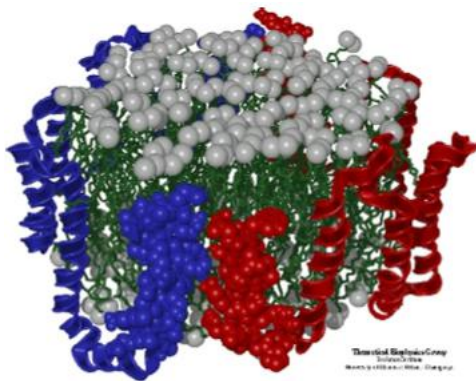
Inżynieria Cyfryzacji

Wykład 2

Grafika komputerowa: Zastosowania (5)

Wizualizacja

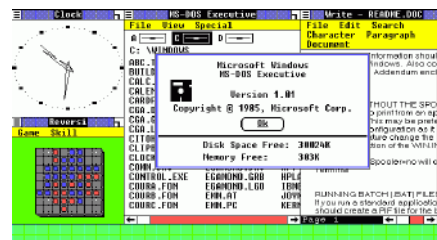
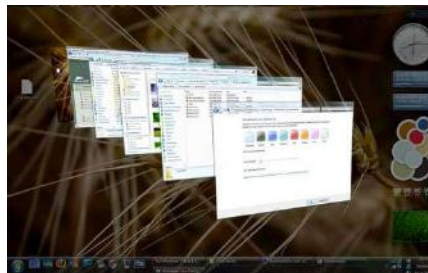
- złożone modele danych



Grafika komputerowa: Zastosowania (6)

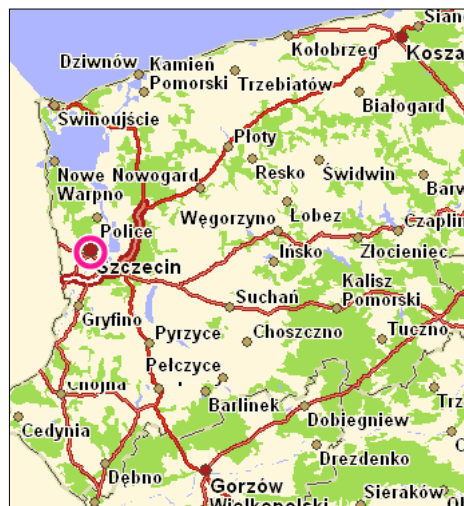
Interfejsy graficzne (GUI - Graphics User Interface)

- interfejsy 3D
- interfejsy oparte na GPU



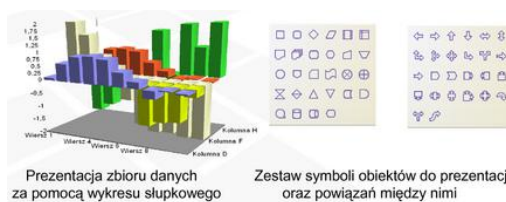
Grafika komputerowa: Zastosowania (7)

Systemy GIS



Grafika komputerowa: Zastosowania (8)

Grafika prezentacyjna



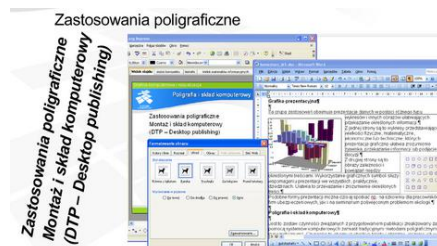
Ta grupa zastosowań obejmuje prezentację danych w postaci różnego typu wykresów i innych obrazów ułatwiających przekazanie określonych informacji.

Z jednej strony są to wykresy przedstawiające wielkości fizyczne, matematyczne, ekonomiczne lub techniczne, których prezentacja graficzna ułatwia zrozumienie zjawiska, przekazanie informacji lub podjęcie decyzji.

Z drugiej strony są to obrazy zależności i powiązań między określonymi treściami. Wykorzystanie graficznych symboli służy wspomaganiu prezentacji we wszystkich, praktycznie, dziedzinach. Ułatwia to przekazanie i zrozumienie określonych treści.

Grafika komputerowa: Zastosowania (9)

Poligrafia i skład komputerowy



Jest to zestaw czynności związanych z przygotowaniem publikacji zrealizowany za pomocą systemów komputerowych zamiast tradycyjnymi metodami poligraficznymi (typograficznymi). Czynności te obejmują obróbkę tekstu i obrazów, łączenie ich w zamierzoną formę publikacji, a także prace związane z dostosowaniem barw do wykorzystywanych urządzeń drukujących. Podstawowy zakres takiego działania wykonują dzisiaj edytory tekstu komputerów osobistych.

Grafika komputerowa: Zastosowania (10)

Fotografia cyfrowa



Grafika komputerowa - Zastosowania

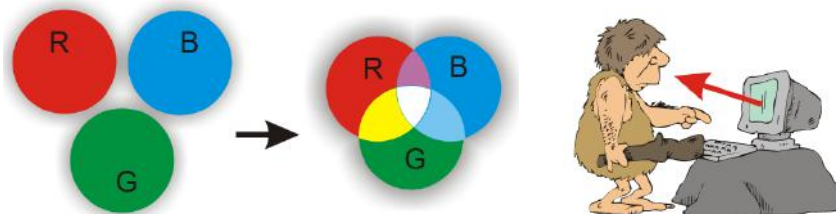
- Gry komputerowe.
- Graficzne interfejsy użytkownika (ang. Graphics User Interface).
- Wizualizacja danych medycznych (ang. volume rendering).
- Wizualizacja danych w biznesie i technice.
- Systemy GIS (ang. Geographics Information Systems).
- Systemy CAD.
- Produkcja filmowa i telewizyjna.
- Systemy internetowe.
- Systemy multimedialne.
- Wirtualna rzeczywistość.
- Sztuka (np. fotografia).
- Nauka (np. rysowanie wykresów funkcji, wizualizacja zjawisk fizycznych).
- Urządzenia przenośne (PDA, telefony komórkowe).

Model RGB — addytywna synteza kolorów

Kolor w modelu RGB powstaje jako wynik mieszania barw podstawowych:

- **R**, barwa czerwona (ang. *red*), fala o długości ok. 630 nm;
- **G**, barwa zielona (ang. *green*) fala o długości ok. 530 nm;
- **B**, barwa niebieska (ang. *blue*) fala o długości ok. 450 nm.

Model RGB zakłada że barwy składowe koloru dodają się mieszając — *addytywna synteza koloru*.



Model zakłada, że oglądamy przedmioty świecące światłem własnym!

Model CMY i CMYK - substraktywna synteza koloru

Kolor w modelu CMY powstaje jako wynik mieszania barw:

C, turkusowy (ang. *cyan*),
M, purpura (ang. *magenta*),
Y, żółty (ang. *yellow*).

Jeżeli białe światło pada na powierzchnię koloru turkusowego, odbite światło nie zawiera barwy czerwonej a połączenie barw zielonej i niebieskiej. Czerwona składowa światła białego zostaje pochłonięta przez powierzchnię. Analogicznie, żółta barwa absorbuje niebieską składową a purpurowa zieloną.

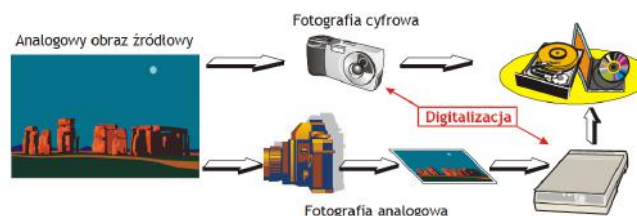
W modelu CMYK występuje dodatkowo kolor czarny (ang. *black*).

Model zakłada, że oglądamy przedmioty świecące światłem odbitym!



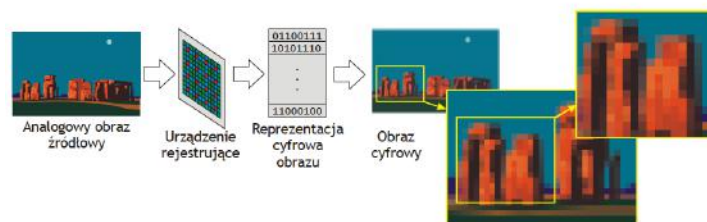
Cechy obrazu analogowego

- Do rejestracji obrazu cyfrowego stosuje się układy czujników fotoelektrycznych. Gdy na taki czujnik pada światło, przetwarza je on na prąd elektryczny.
- Prąd elektryczny uzyskany z czujnika trafia do przetwornika analogowo-cyfrowego gdzie następuje proces dyskretyzacji i digitalizacji ciągłego sygnału prądowego.
- Czujniki takie występują w skanerach, cyfrowych aparatach fotograficznych i cyfrowych kamerach.



Obraz cyfrowy

W wyniku procesu cyfrowej rejestracji obrazu (digitalizacji) powstaje obraz złożony z punktów, utworzonych w oparciu o informacje pozyskane z elementów światłoczułych.



Obraz rastrowy 2D

Obraz rastrowy - dwuwymiarowa macierz pikseli (**bitmapa**)

Piksel (ang. pixel) - punkt obrazu (próbka, nie ma wymiaru, nie zajmuje obszaru)

- położenie w rastrze
- kolor

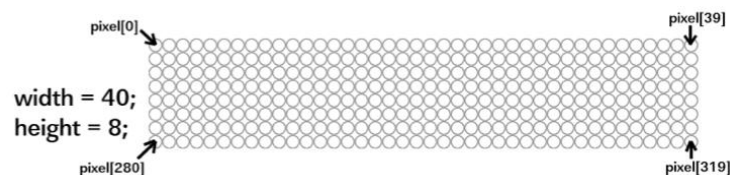
Kolor piksela



- wektor RGBA (Red, Green, Blue, Alpha), każda składowa kodowana niezależnie
- "true color" - 8 bitów na składową koloru (32 bity na piksel)

Rozdzielczość obrazu (ang. spatial resolution) - liczba pikseli w poziomie i pionie

Aspekt obrazu (ang. aspect ratio) - stosunek wymiarów poziomych do pionowych



Grafika rastrowa

ZALETY

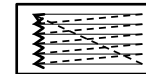
- Obraz opisany tablicą wartości (jasność/kolor)
- Zajętość pamięci niezależna od skomplikowania obrazu
- Wydajne metody kompresji obrazów rastrowych

WADY

- Brak możliwości wykonywania operacji geometrycznych bez utraty jakości
- Jakość obrazu zależna od rozdzielczości

Standardy graficzne – formaty:

- Kompresja bezstratna
- BMP – zapis w postaci mapy bitowej z opcjonalną kompresją RLE
- PNG – unowocześniona wersja GIF, obsługa kanału Alfa, pełna paleta barw
- TIFF – stosowane różne metody kompresji, najczęściej LZW
- TGA – mapa bitowa z kompresją RLE, możliwość zapisu kanału Alfa
- Kompresja stratna
- GIF – zapis z indeksacją barw (paleta 256 kolorów), bezstratna kompresja LZW, możliwość przechowywania kilku obrazów w pliku (animowany GIF),
- JPG – stratna kompresja DCT, wydajny algorytm kompresji, nowsza wersja JPG 2000 z kompresją falkową



Raster



outline primitives

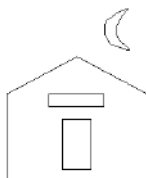


filled primitives

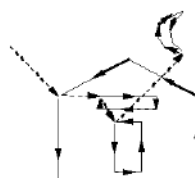
Obraz wektorowy 2D

Rysunek wektorowy składa się z wielu geometrycznych obiektów - ich kształt, wypełnienie i miejsce położenia opisane są formułami matematycznymi.

Obiekty złożone są z odcinków - wektorów o określonym punkcie zaczepienia, kierunku (nachyleniu) i długości. Inne cechy obiektu są również opisane matematycznie, np. kształt konturu czy rodzaj wypełnienia.



Ideal Drawing



Vector Drawing



Grafika wektorowa

ZALETY

- Obraz opisany równaniami matematycznymi
- Sekwencyjna struktura danych obrazowych
- Zajętość pamięci zależna od skomplikowania obrazu – mała objętość plików
- Możliwość wykonywania dowolnych przekształceń geometrycznych bez utraty jakości (np. skalowanie)
- duża kontrola na wyglądem i położeniem obiektów rysunku
- niezależna edycja poszczególnych obiektów

WADY

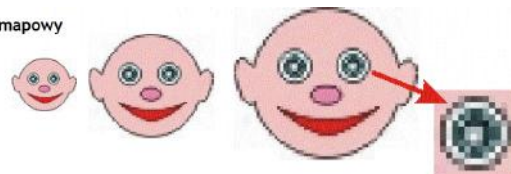
- Problem przy prezentacji:
- Gradientów
- foto-realistycznych obrazów
- Zmienna zajętość pamięci zależna od skomplikowania obrazu

Standardy graficzne – formaty:

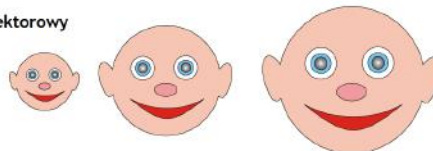
- WMF – cliparty w pakiecie Office - standard zapisu grafiki wektorowej w środowisku Windows
- EPS, PS, PDF – języki opisu strony opracowane przez Adobe
- SVG – standard opracowany w oparciu o język XML na potrzeby publikacji na stronach WWW
- SWF – format zamknięty dla Adobe Flash, popularny format grafiki wektorowej (szczególnie w internecie); wiodąca technologia do tworzenia animacji na potrzeby Internetu

Obraz rastrowy kontra wektorowy

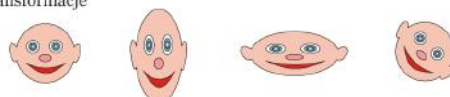
Bitmapowy



Wektorowy

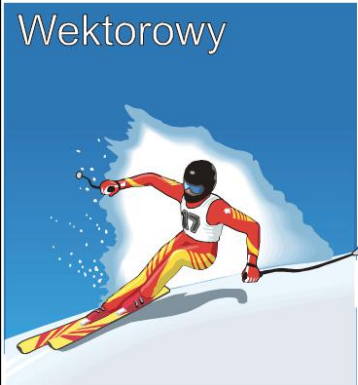


Transformacje



Obraz rastrowy kontra wektorowy

Wektorowy



Bitmapowy



Rodzaje kompresji

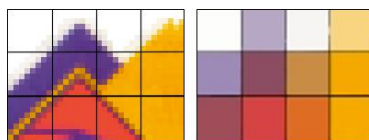
Kompresja bezstratna: umiarkowanie zmniejsza rozmiar pliku bez utraty jakichkolwiek informacji: RLE (run-length encoding) - kodowanie długości ciągów LZW (Lemple-Ziv-Welch) – kompresja słownikowa (wartościom wejściowym o zmiennej długości (tzn. poziomym ciągom pikseli tworzących powtarzający się wzór) przypisywane są kody o stałej długości.)

Niech **a, b, c, d, e** reprezentują jednobajtowe wartości pikseli

aaabbbccdea – dane oryginalne

3ab2cdea – dane skompresowane

- **Kompresja stratna:** znacznie zmniejsza rozmiar pliku (do 1/40) kosztem straty części informacji, a tym samym kosztem pogorszenia jakości obrazu (JPEG)

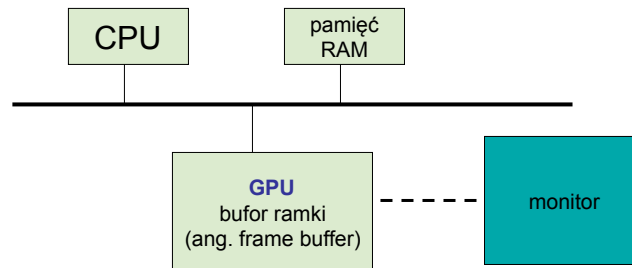


JPEG: Obraz dzielony na bloki 8x8 pikseli

Kolor RGB jest zamieniany na kolor YCbCr, gdzie Y – luminancja (zapamiętywana dokładnie), CbCr – chrominancje (pamiętane mniej dokładnie). Dla każdego bloku stosuje się szybka dyskretna transformatę cosinusowa FDCT, która oblicza: składowa stała $F(0; 0)$, reprezentująca stopień niezmienności pikseli (ich jasność i kolor) w bloku, składowe zmienne $F(u; v)$ (gdzie $u; v = 1; \dots; 7$), reprezentujące nagłe zmiany jasności lub koloru w bloku pikseli. Następnie składowe F dzielone są przez odpowiednie współczynniki i zaokrąglane w celu bardziej dokładnego zapamiętania niskich harmonicznych i mniej dokładnego zapamiętania lub wyeliminowania wysokich harmonicznych.

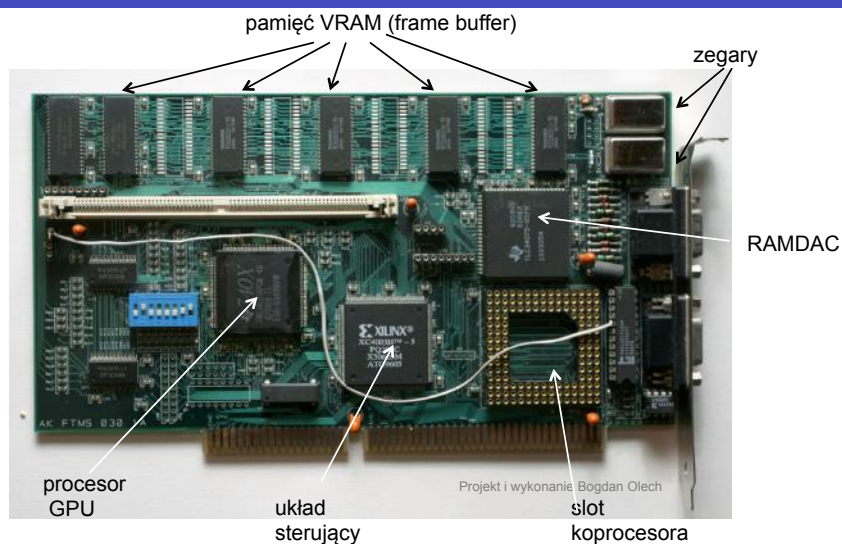
System graficzny

Wyświetlanie obrazów jest wspomagane przez specjalistyczny podsystem z własnym procesorem - **kartę graficzną**.



- **Procesor GPU** (ang. Graphics Procesor Unit) “rysuje” obraz poprzez wypełnianie odpowiednich komórek pamięci.
- Obraz przechowywany jest we **frame buffer’ze** znajdującym się w pamięci. Wielkość frame buffer’a zależy od rozdzielczości obrazu i sposobu kwantyzacji koloru.

Karta graficzna (1)



Karta graficzna (2)

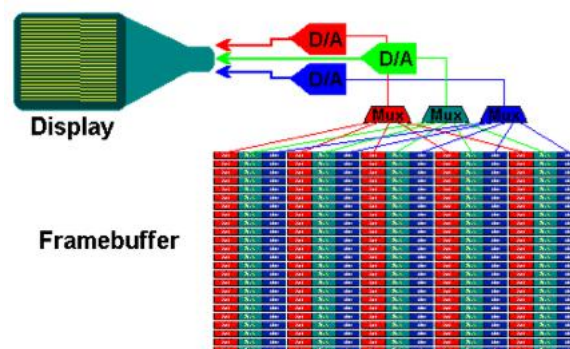
Cechy karty graficznej:

- procesor GPU (ang. Graphics Procesor Unit) - architektura SIMD, brak skoków i pętli, bardzo duża wydajność arytmetyczna, wielopotokowość,
- pamięć VRAM (ang. Video RAM) - bardzo szybki dostęp sekwencyjny do pamięci,
- magistrala - bardzo duży transfer danych,
- RAMDAC - generowanie analogowych sygnałów wideo (przetwornik DA),
- zegary - taktowanie procesora i monitora,
- układ sterujący - komunikacja procesora z pamięcią, komunikacja z CPU.

• **RAMDAC “czyta” odpowiedni obraz z pamięci VRAM, przetwarza go na sygnał analogowy i przesyła do monitora.**

Kodowanie koloru: framebuffer (1)

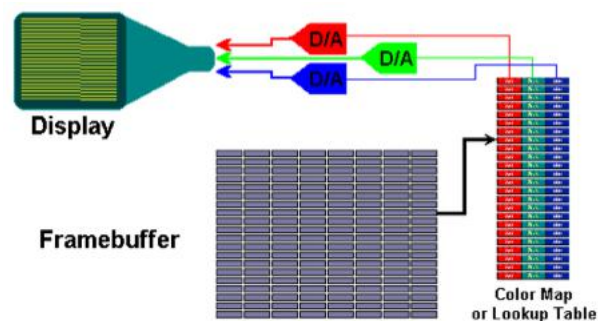
- Podanie wartości trzech składowych koloru RGB (“true color”).



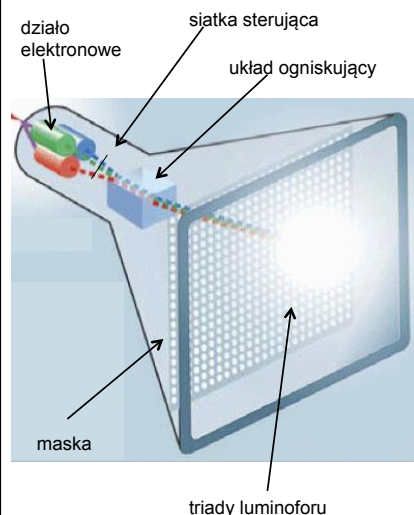
Kodowanie koloru: framebuffer (2)

- Podanie indeksu do tabeli zawierającej trzy wartości składowych RGB (nie stosowane).

LUT - Look-Up Table



Monitory CRT (ang Cathode Ray Tube) (1)



- Obraz generowany jest linia po linii od lewego-górnego rogu kineskopu.
- **Luminofor** pokrywający ekran bombardowany jest wiązkami elektronów powodujących jego świecenie. Elektrony uderzające w luminofor powodują wybijanie elektronów luminoforu na wyższe poziomy energetyczne. Powrót na podstawowe poziomy powoduje emitowanie wiązek fotonów o różnej długości fali (**fosforescencja**).
- **Działo elektronowe** odchylane jest przez cewki magnetyczne.
- Liczba fotonów emitowanych przez luminofor maleje z upływem czasu (wykładniczo), dlatego luminofor musi być pobudzany do świecenia wiele razy na sekundę (minimum 60-70 razy, aby nie widać było migotania obrazu).
- Liczba elektronów w wiązce decyduje o jasności piksela i jest regulowana przez siatkę sterującą.
- Luminofony RGB skupione są w **triady**, każdej triadzie odpowiada otwór w **metalowej masce** formującej punkt na obrazie.

Częstotliwość odświeżania monitora CRT

częstotliwość pozioma - liczba linii rysowanych w czasie sekundy

częstotliwość pionowa - liczba obrazów rysowanych w czasie sekundy

- Karta graficzna podaje sygnały synchronizacyjne określające czas wyświetlenia linii oraz ramki obrazu:

VCLK - takty zegara,

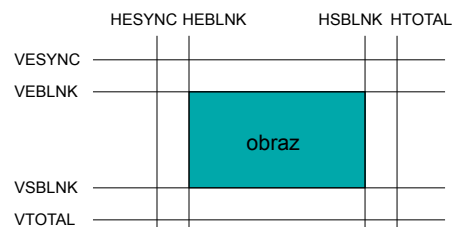
HSYNC, HTOTAL, VSYNC, VTOTAL - sygnały synchronizacji,

BLANK - sygnał wygaszania (czarna ramka wokół obrazu).

Rysowanie linii odbywa się pomiędzy sygnałami HEBLNK i HSBLNK.

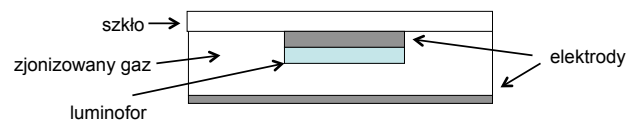
- Sygnały synchronizacyjne sterują w jakim miejscu na ekranie monitora ma zostać wyświetlona linia oraz ramka obrazu.

- Monitor musi być w stanie wyświetlić żadaną liczbę punktów w czasie przeznaczonym na narysowanie linii (w czasie trwania HSYNC).



Monitory PDP (ang. Plasma Display Panel)

Plazma - zjonizowany gaz.



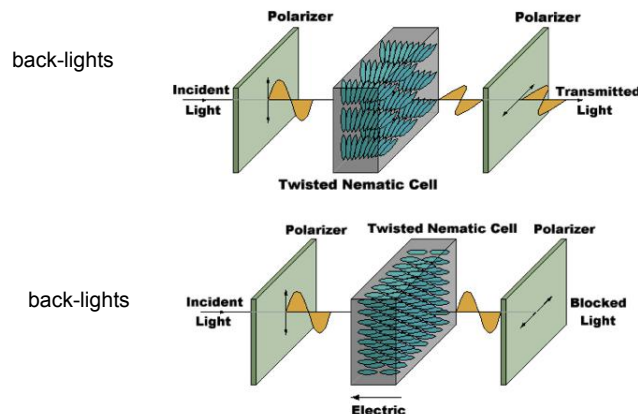
- Za pomocą elektrod jonizuje się gaz, który emituje promieniowanie UV. Promieniowanie to pobudza do świecenia luminofor.
- Każdy punkt matrycy wypełniony jest gazem szlachetnym.
- Kolor uzyskuje się za pomocą filtrów (kosztem rozdzielczości).



Monitory LCD (ang. Liquid Crystal Display) (1)

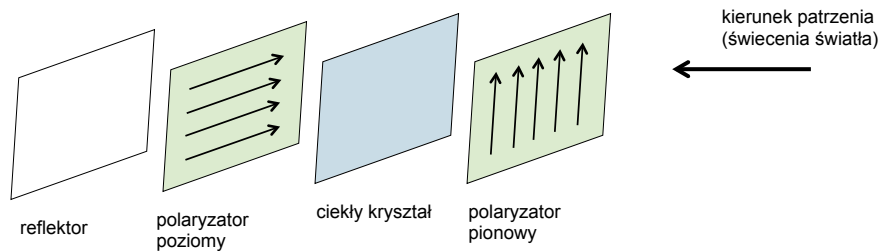
Monitor ciekłokrystaliczny (typu TN, ang. Twisted Nematic)

Ciekły kryształ powoduje zmianę polaryzacji światła w zależności od przyłożonego do niego napięcia.



Courtesy of MIT (Lecture Notes 6.837)

Monitory LCD (ang. Liquid Crystal Display) (2)



1. Padające światło polaryzowane jest pionowo.
2. Nieaktywny ciekły kryształ powoduje skręcenie polaryzacji o 90 stopni.
3. Światło przechodzi przez polaryzator poziomy.
4. Światło odbija się od reflektora i wraca do obserwatora, który widzi jasne punkty.

Na skutek polaryzacji ciekłego kryształu, wiązka spolaryzowanego światła nie jest skręcana o 90 stopni i jest pochłaniana przez polaryzator poziomy. Obserwator widzi czarny punkt.

Monitory LCD (ang. Liquid Crystal Display) (3)

- Sterowanie polaryzacją ciekłego kryształu odbywa się za pomocą tranzystorów zamocowanych w matrycy (technologia **TFT - Thin Film Transistor**).
- **Prędkość odświeżania** to prędkość zmiany stanu polaryzacji ciekłego kryształu.
- **Odcienie szarości** uzyskuje się poprzez regulację napięcia (niepełne uprządkowanie molekuł LC).
- **Barwy** uzyskuje się poprzez stosowanie filtrów RGB.
- Stosuje się **sztuczne podświetlenie matrycy** w celu zwiększenia kontrastu (ang. back-light).
- Zmiana **kąta patrzenia** powoduje zmianę własności transmisyjnych LC (obraz staje się ciemniejszy, możliwe jest odwrócenie kontrastów).

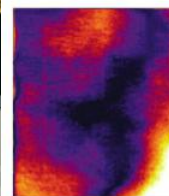
Monitory LCD (ang. Liquid Crystal Display) (3)

Monitory medyczne



- 10-, 12-bitów na składową koloru,
- skalowanie DICOM

Without Uniform Luminance Technology



With Uniform Luminance Technology

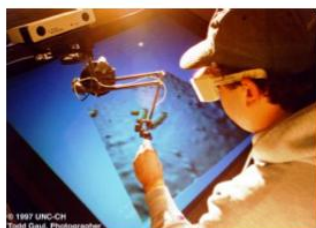


Wyświetlacze 3D (1)



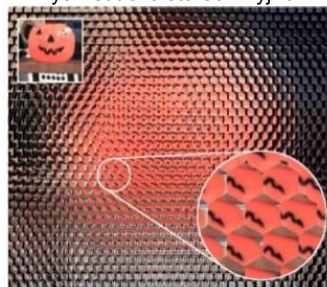
Kaski i okulary 3D.

Wyświetlacze 3D (2)



Caves

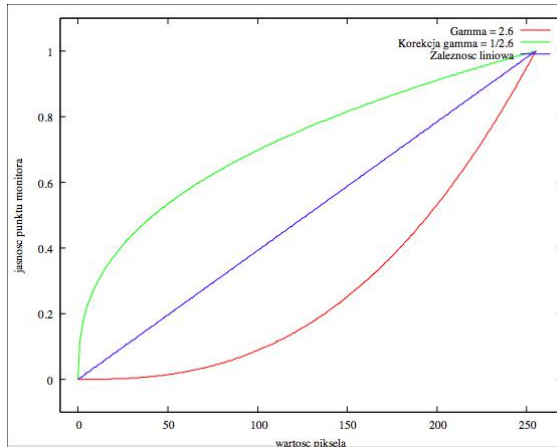
Wyświetlacze stereowizyjne



Credit: John Huffman, Brown CCV

Korekcja gamma

Zależność pomiędzy wartościami pikseli (RGB) a luminancją punktów na monitorze NIE jest liniowa (jeżeli zwiększymy wartość piksela z 100 do 200 to nie uzyskamy dwukrotnego wzrostu wartości luminancji).



Nieliniowa charakterystyka monitora wynika z faktu nieliniowej zależności pomiędzy wartością napięcia na katodzie i luminancją punktu na monitorze:

$$L = V^\gamma,$$

$$\gamma \in \langle 1.4, 2.8 \rangle$$

Korekcja gamma - zmiana wartości pikseli prowadząca do liniowej zależności pomiędzy wartościami pikseli i luminancją.

Literatura

- J.D. Foley, A. van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes, R.L. Phillips, "Wprowadzenie do grafiki komputerowej", WNT, Warszawa 1995.
- Jan Zabrodzki (pz), "Grafika komputerowa metody i narzędzia", WNT, Warszawa 1994, ISBN 83-204-1716-3.
- Tomas Akenine-Moller, Eric Haines, Naty Hoffman, Real-Time Rendering (3rd edition), A K Peters, 2008.
- Andrew S. Glassner, "Principles of Digital Image Synthesis", Vol. I and II, Morgan Kaufmann, 1995.