

Számítógépes Grafika

Hajder Levente
hajder@inf.elte.hu

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Informatikai Kar

2019/2020. I. félév

Előadás

- IP-eSZG1E (órarendi kód:IP-eSZG1E/1)
- Tavaszi félév : keresztfélév
- Vizsga: Vizsgaidőszakban
 - Beugró: minimuskérdezések: $\geq 70\%$
 - 2 db kidolgozott téTEL
- Honlap: <http://cg.elte.hu/~hajder>

Előadás

- IP-eSZG1E (órarendi kód:IP-eSZG1E/1)
- Tavaszi félév : keresztfélév
- Vizsga: Vizsgaidőszakban
 - Beugró: minimuskérdezések: $\geq 70\%$
 - 2 db kidolgozott téTEL
- Honlap: <http://cg.elte.hu/~hajder>

Előadás

- IP-eSZG1E (órarendi kód:IP-eSZG1E/1)
- Tavaszi félév : keresztfélév
- Vizsga: Vizsgaidőszakban
 - Beugró: minimunkérdések: $\geq 70\%$
 - 2 db kidolgozott téTEL
- Honlap: <http://cg.elte.hu/~hajder>

Előadás

- IP-eSZG1E (órarendi kód:IP-eSZG1E/1)
- Tavaszi félév : keresztfélév
- Vizsga: Vizsgaidőszakban
 - Beugró: minimunkérdések: $\geq 70\%$
 - 2 db kidolgozott téTEL
- Honlap: <http://cg.elte.hu/~hajder>

Előadás

- IP-eSZG1E (órarendi kód:IP-eSZG1E/1)
- Tavaszi félév : keresztfélév
- Vizsga: Vizsgaidőszakban
 - Beugró: minimunkérdések: $\geq 70\%$
 - 2 db kidolgozott téTEL
- Honlap: <http://cg.elte.hu/~hajder>

Előadás

- IP-eSZG1E (órarendi kód:IP-eSZG1E/1)
- Tavaszi félév : keresztfélév
- Vizsga: Vizsgaidőszakban
 - Beugró: minimunkérdések: $\geq 70\%$
 - 2 db kidolgozott téTEL
- Honlap: <http://cg.elte.hu/~hajder>

Gyakorlatok

- IP-08ESZGG (órarendi kód: IP-eSZG1G/x)
- Az előadás és a gyakorlat nem előfeltételei egymásnak.
- Követelmény:
 - Órák látogatása
 - 2 db. házi feladat bemutatása (Processing-ben)
 - 2D-s
 - 3D-s

Tartalom

- Előadás
- Gyakorlat

1 Számítógépes grafika

- Célja, feladata, területei
- Az emberi szem működése
- Megjelenítő eszközök
- Raszter- és vektorgrafika
- 3D grafika

2 Ajánlás

- Programok
- Honlapok
- Könyvek

Számítógépes grafika

- Az informatika tudomány egy ága
- *Feladata:* Vizuális anyagok előállítása, elemzése és manipulálása (feldolgozás)

Számítógépes grafika

- Az informatika tudomány egy ága
- *Feladata:* Vizuális anyagok előállítása, elemzése és manipulálása (feldolgozás)

Számítógépes grafika

Ajánlás

Célja, feladata, területei

Az emberi szem működése

Megjelenítő eszközök

Raszter- és vektorgrafika

3D grafika

Képmanipulálás



Brandon Christopher Warren, flickr



Számítógépes grafika

Ajánlás

Célja, feladata, területei

Az emberi szem működése

Megjelenítő eszközök

Raszter- és vektorgrafika

3D grafika

Képmanipulálás



Brandon Christopher Warren, flickr



Nem része a félév anyagának

Képfeldolgozás és képelemzés

- Képfeldolgozás



- Képelemzés



Képfeldolgozás és képelemzés

- Képfeldolgozás



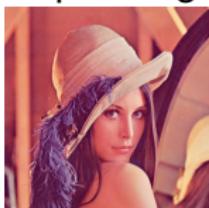
- Képelemzés



Beatrice Murch and OpenCV

Képfeldolgozás és képelemzés

- Képfeldolgozás



- Képelemzés



Beatrice Murch and OpenCV



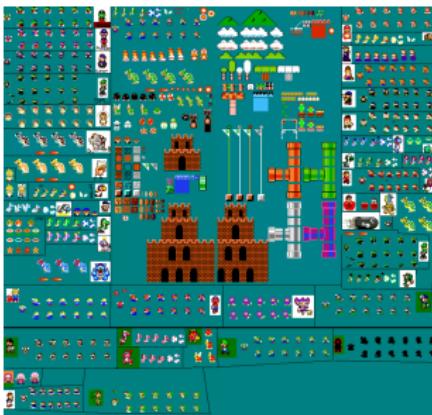
Képszintézis

- Cél: egy két- vagy háromdimenziós "világról" képet előállítani
- Bemenet: a virtuális világ modellje → Kimenet: kép

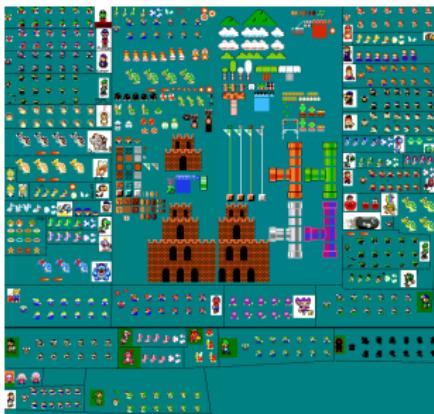
Képszintézis

- Cél: egy két- vagy háromdimenziós "világról" képet előállítani
- Bemenet: a virtuális világ modellje → Kimenet: kép

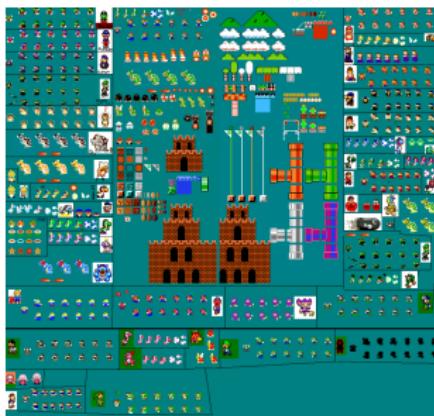
2D: Modell → Kép



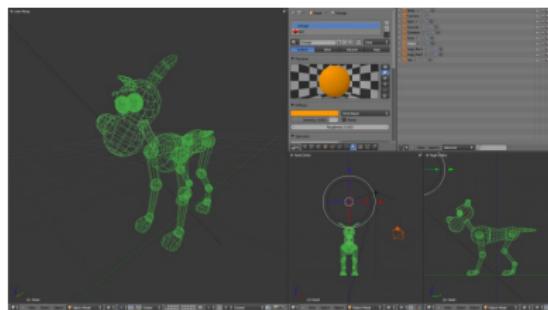
2D: Modell → Kép



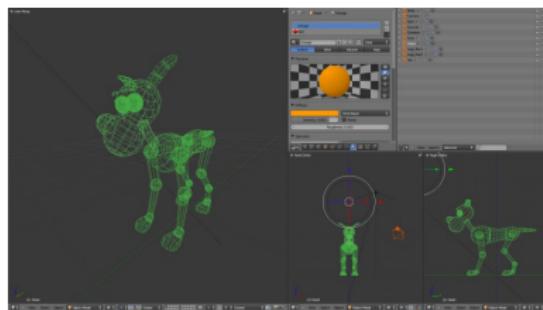
2D: Modell → Kép



3D: Modell → Kép



3D: Modell → Kép



Képszintézis

Kérdések:

- Hogyan írjuk le a világot? - Modellezés
- Hogyan számítjuk ki a képet? - Algoritmusok
- Hogyan jelenítjük meg azt? - Eszközök

Képszintézis

Kérdések:

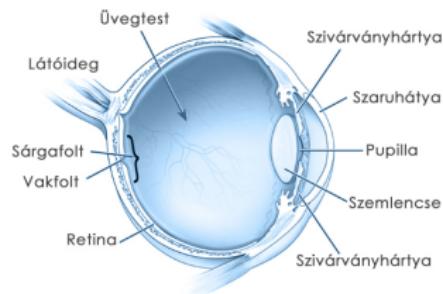
- Hogyan írjuk le a világot? - Modellezés
- Hogyan számítjuk ki a képet? - Algoritmusok
- Hogyan jelenítjük meg azt? - Eszközök

Képszintézis

Kérdések:

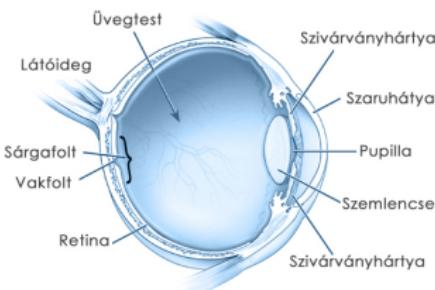
- Hogyan írjuk le a világot? - Modellezés
- Hogyan számítjuk ki a képet? - Algoritmusok
- Hogyan jelenítjük meg azt? - Eszközök

Emberi látás



- Szemgolyó elején az "optika" van, hátul az érzékelők.
- Pupilla: a bejutó fény mennyiségét szabályozza. (Sötétben tágabb, világosban szűkebb rést biztosít)
- Szemlencse: a fény optikai leképzését biztosítja a retinára

Emberi látás



● Idegsejtek felosztása

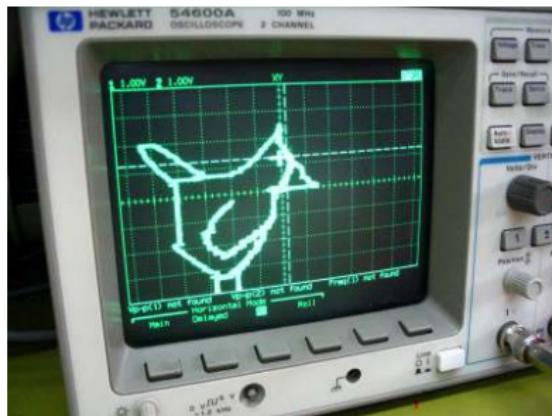
- Pálcika: gyenge fényben is lát, színeket nem érzékel
- Csapok: színeket lát.
 - R csap: rövidhullám-érzékeny (420 nm, ibolya szín)
 - K csap: középhullám-érzékeny (530 nm, zöld szín)
 - H csap: hosszúhullám-érzékeny (560 nm, sárga szín)

A szem becsapása

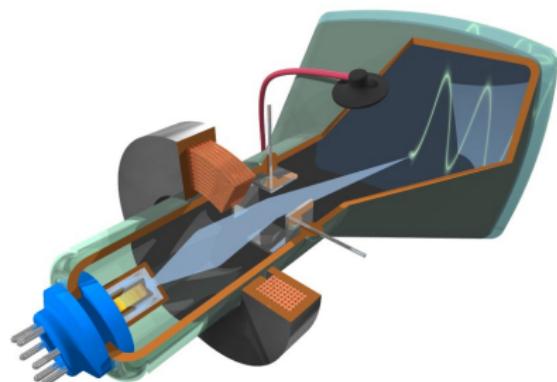
- A szem csapjai három különböző színt képesek látni: ibolya, zöld, sárga
- Számítógépes képmegjelenítők technikai okokból három színt jelenítenek meg: vörös, zöld, kék
- A szem ezzel jól becsapható.
 - A becsapás nem tökéletes, nem minden természetes szín jeleníthető meg a monitorokon!

Eszközök

Oszcilloszkóp



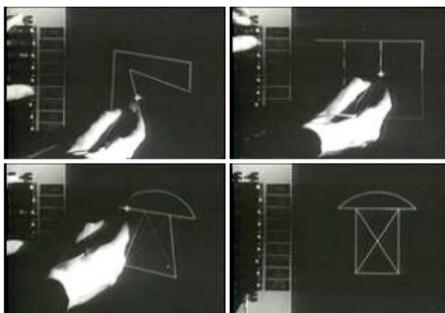
Felix E. Guerrero, flickr



Soren Peo Pedersen, Wikipedia

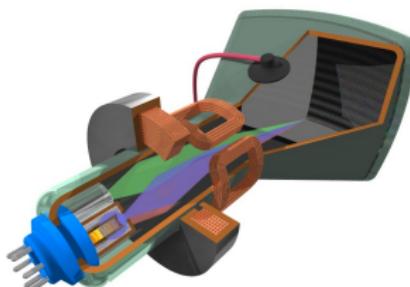
Eszközök

Sutherland - Sketchpad, 1963



- a CAD alkalmazások őse
- 1024x1024-es kijelző
- fényceruzával + 40 nyomógombbal volt vezérelhető
- bevezette a kényszer alapú rajzolást: vízszintes, függőleges, merőleges stb.

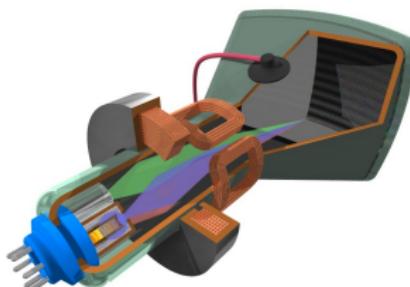
CRT (Cathod Ray Tube) monitor



Soren Peo Pedersen, Wikipedia

- A monitor felülete alatt fényre érzékeny foszforréteg található. (Színenként más fajta)
- Elektronok "lövik" a foszfort, mire az fényt ad ki magából. A "lövedék" irányát mégneses mező irányítja.

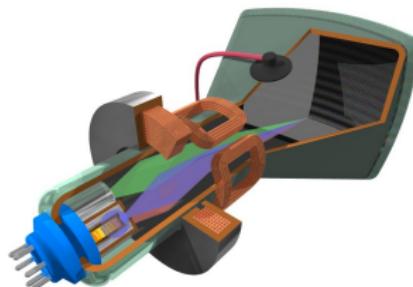
CRT (Cathod Ray Tube) monitor



Soren Peo Pedersen, Wikipedia

- A monitor felülete alatt fényre érzékeny foszforréteg található. (Színenként más fajta)
- Elektronok "lövik" a foszfort, mire az fényt ad ki magából. A "lövedék" irányát mégneses mező irányítja.

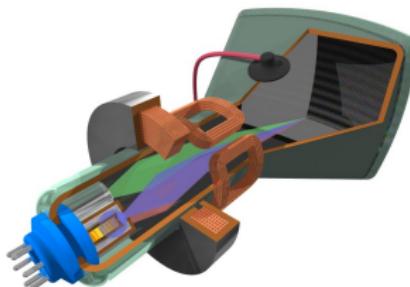
CRT (Cathod Ray Tube) monitor



Soren Peo Pedersen, Wikipedia

- Három színhez (vörös, zöld, kék) három elektronággyú tartozik.
 - Soronként rajzolja ki a képet, soron belül balról jobbra halad.
 - A világítás hamar elhalványul, ezért a pixelek villognak → szemkímélő, ha nagy frekvenciával villog.

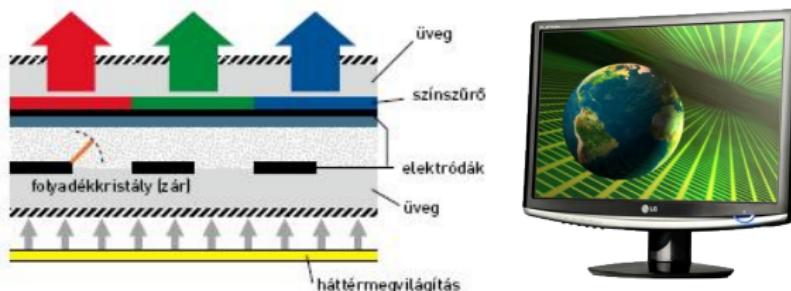
CRT (Cathod Ray Tube) monitor



Soren Peo Pedersen, Wikipedia

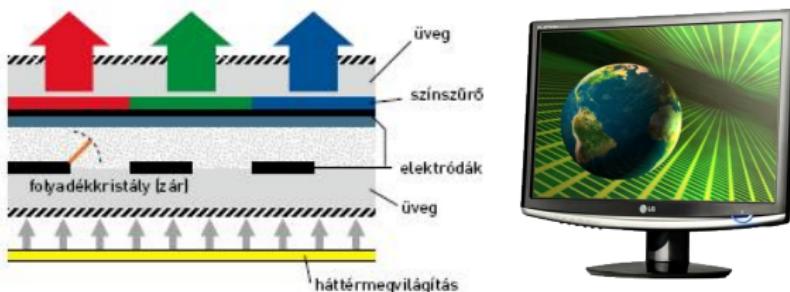
- Három színhez (vörös, zöld, kék) három elektronággyú tartozik.
 - Soronként rajzolja ki a képet, soron belül balról jobbra halad.
 - A világítás hamar elhalványul, ezért a pixelek villognak → szemkímélő, ha nagy frekvenciával villog.

LCD (folyadékkristályos) monitor



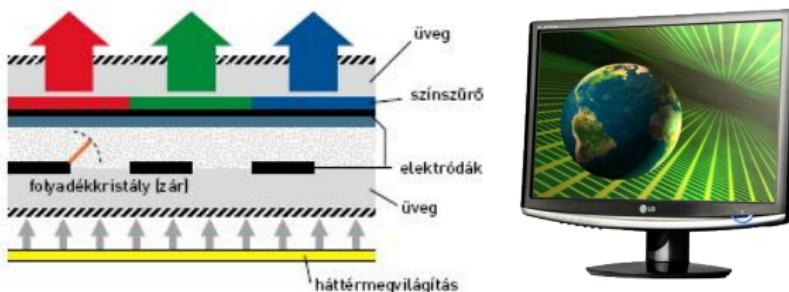
- Működése hasonló a fekete-fehér LCD kijelzőhöz (pl. óra kijelzője).
- Színek előállítása beépített színszűrőkkel
- Háttérvilágítás szükséges (passzív monitor), fény polarizálásával dolgozik.
 - LED-es monitor: háttérvilágítás LED-ekkel.

LCD (folyadékkristályos) monitor



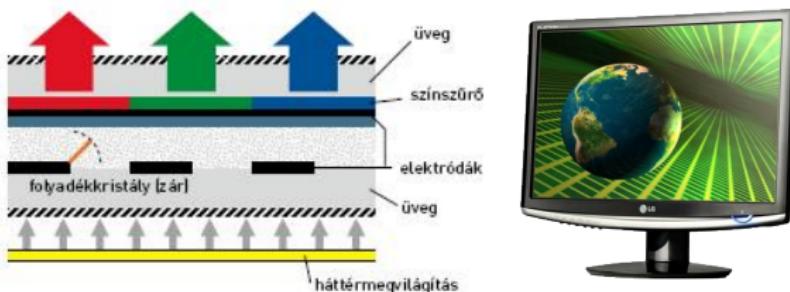
- Működése hasonló a fekete-fehér LCD kijelzőhöz (pl. óra kijelzője).
- Színek előállítása beépített színszűrőkkel
- Háttérvilágítás szükséges (passzív monitor), fény polarizálásával dolgozik.
 - LED-es monitor: háttérvilágítás LED-ekkel.

LCD (folyadékkristályos) monitor



- Működése hasonló a fekete-fehér LCD kijelzőhöz (pl. óra kijelzője).
- Színek előállítása beépített színszűrőkkel
- Háttérvilágítás szükséges (passzív monitor), fény polarizálásával dolgozik.
 - LED-es monitor: háttérvilágítás LED-ekkel.

LCD (folyadékkristályos) monitor



- Működése hasonló a fekete-fehér LCD kijelzőhöz (pl. óra kijelzője).
- Színek előállítása beépített színszűrőkkel
- Háttérvilágítás szükséges (passzív monitor), fény polarizálásával dolgozik.
 - LED-es monitor: háttérvilágítás LED-ekkel.

TFT (Thin Film Transistor) monitor



- minden képpont egy önálló transzisztor. (aktív mátrix)
- Erős fénnnyel (pl. nap) szemben gyenge a fényereje
- Laptopokban előszeretettel használják

TFT (Thin Film Transistor) monitor



- minden képpont egy önálló transzisztor. (aktív mátrix)
- Erős fénnnyel (pl. nap) szemben gyenge a fényereje
- Laptopokban előszeretettel használják

TFT (Thin Film Transistor) monitor



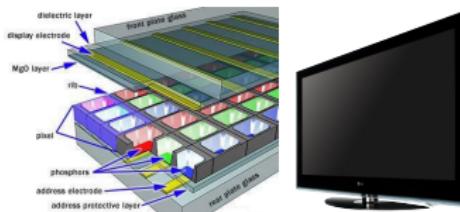
- minden képpont egy önálló transzisztor. (aktív mátrix)
- Erős fénnnyel (pl. nap) szemben gyenge a fényereje
- Laptopokban előszeretettel használják

TFT (Thin Film Transistor) monitor



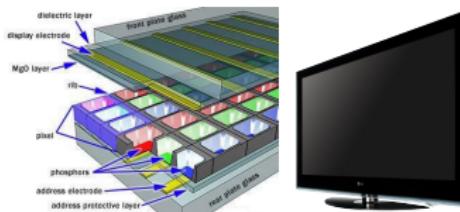
- minden képpont egy önálló transzisztor. (aktív mátrix)
- Erős fénnnyel (pl. nap) szemben gyenge a fényereje
- Laptopokban előszeretettel használják

PDP (Plasma Display Panel) monitor



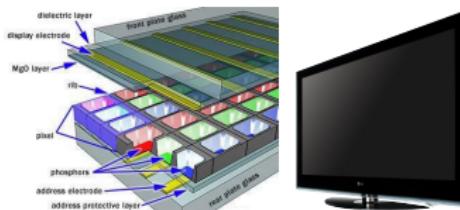
- Működési elve hasonló a CRT monitorokhoz.
- Gázok keverékének nagy UV-sugárzással kísért ionizációs kisülése készti a képpont anyagát színes fény sugárzására
- Rendkívüli fényereje és kontrasztos képe van. Gyors a frissítési frekvenciája, ezért szép folyamatosak (és élesek) a mozgások.
- Hátránya a relatíve magas fogyasztás.

PDP (Plasma Display Panel) monitor



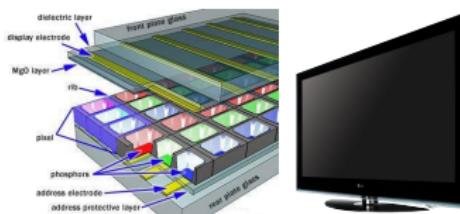
- Működési elve hasonló a CRT monitorokhoz.
- Gázok keverékének nagy UV-sugárzással kísért ionizációs kisülése készeti a képpont anyagát színes fény sugárzására
- Rendkívüli fényereje és kontrasztos képe van. Gyors a frissítési frekvenciája, ezért szép folyamatosak (és élesek) a mozgások.
- Hátránya a relatíve magas fogyasztás.

PDP (Plasma Display Panel) monitor



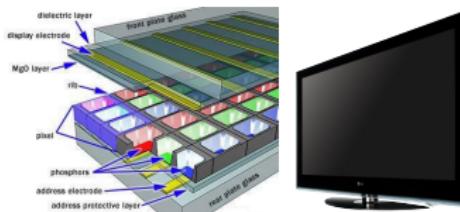
- Működési elve hasonló a CRT monitorokhoz.
- Gázok keverékének nagy UV-sugárzással kísért ionizációs kisülése készeti a képpont anyagát színes fény sugárzására
- Rendkívüli fényereje és kontrasztos képe van. Gyors a frissítési frekvenciája, ezért szép folyamatosak (és élesek) a mozgások.
- Hátránya a relatíve magas fogyasztás.

PDP (Plasma Display Panel) monitor



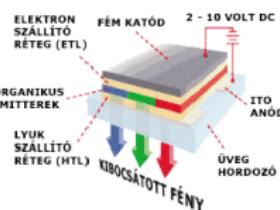
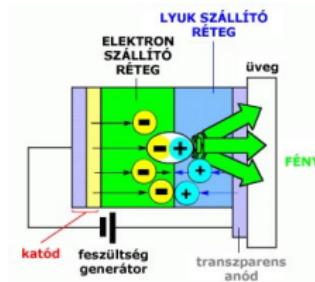
- Működési elve hasonló a CRT monitorokhoz.
- Gázok keverékének nagy UV-sugárzással kísért ionizációs kisülése készeti a képpont anyagát színes fény sugárzására
- Rendkívüli fényereje és kontrasztos képe van. Gyors a frissítési frekvenciája, ezért szép folyamatosak (és élesek) a mozgások.
- Hátránya a relatíve magas fogyasztás.

PDP (Plasma Display Panel) monitor



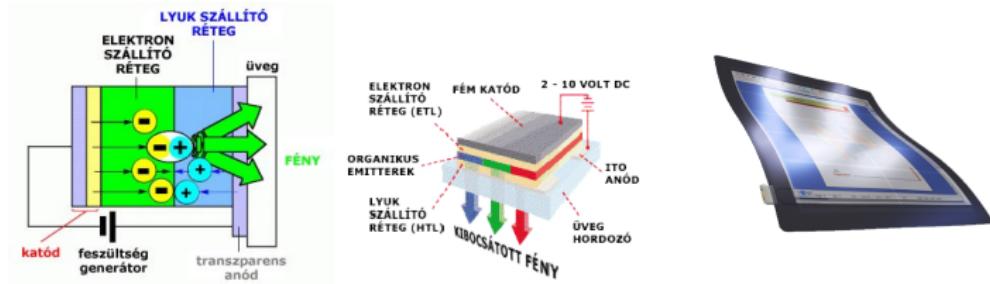
- Működési elve hasonló a CRT monitorokhoz.
- Gázok keverékének nagy UV-sugárzással kísért ionizációs kisülése készeti a képpont anyagát színes fény sugárzására
- Rendkívüli fényereje és kontrasztos képe van. Gyors a frissítési frekvenciája, ezért szép folyamatosak (és élesek) a mozgások.
- Hátránya a relatíve magas fogyasztás.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



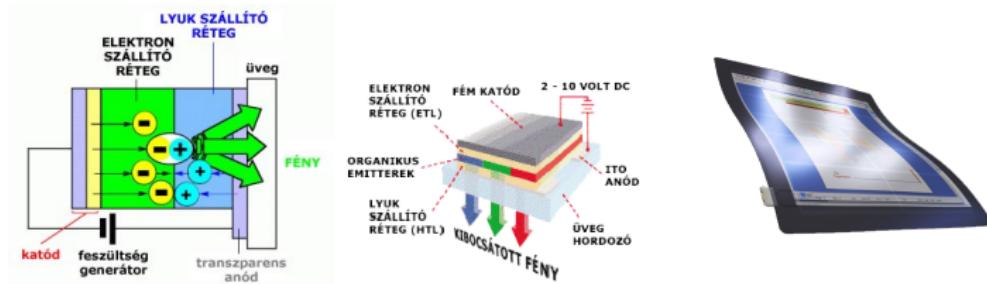
- Ha feszültséget kötünk a szerves anyagra, elektronok és "lyukak" mozognak szemben egymással
- A találkozáskor energia szabadul fel. Ebből látható hullám lesz. A foton f frekvenciája (színe) a $E = hf$ összefüggéssel számítható, ahol E a foton energiája, h az ún. Planck állandó.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



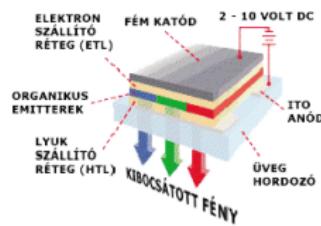
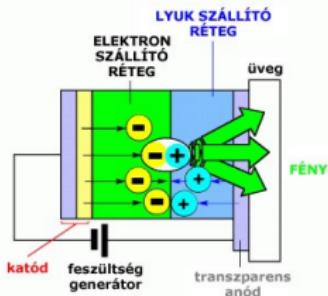
- Ha feszültséget kötünk a szerves anyagra, elektronok és "lyukak" mozognak szemben egymással
- A találkozáskor energia szabadul fel. Ebből látható hullám lesz. A foton f frekvenciája (színe) a $E = hf$ összefüggéssel számítható, ahol E a foton energiája, h az ún. Planck állandó.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



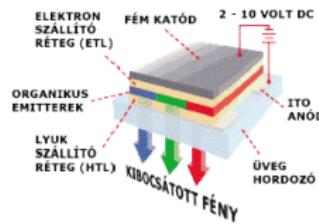
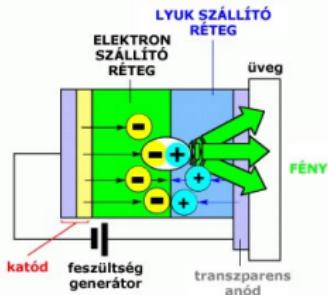
- Ha feszültséget kötünk a szerves anyagra, elektronok és "lyukak" mozognak szemben egymással
- A találkozáskor energia szabadul fel. Ebből látható hullám lesz. A foton f frekvenciája (színe) a $E = hf$ összefüggéssel számítható, ahol E a foton energiája, h az ún. Planck állandó.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



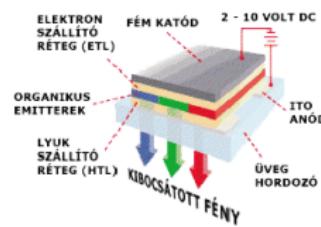
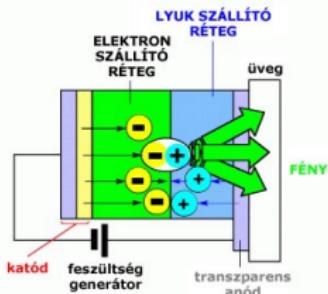
- Háttérvilágítás nincsen, az aktív (szerves) elemek adják a fényt.
- Képe szép és kontrasztos. Nagy a betekintési szöge.
- Az ára borsosabb az LCD-hez képest.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



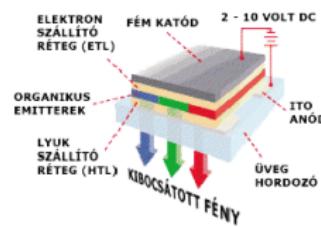
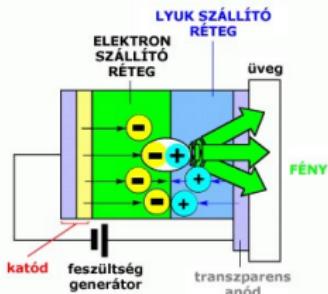
- Háttérvilágítás nincsen, az aktív (szerves) elemek adják a fényt.
- Képe szép és kontrasztos. Nagy a betekintési szöge.
- Az ára borsosabb az LCD-hez képest.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



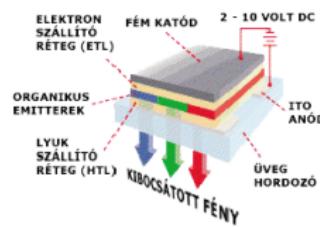
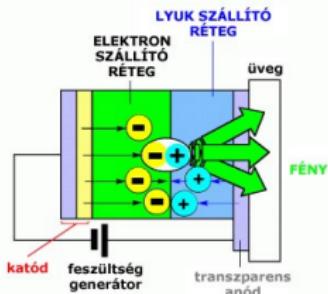
- Háttérvilágítás nincsen, az aktív (szerves) elemek adják a fényt.
- Képe szép és kontrasztos. Nagy a betekintési szöge.
- Az ára borsosabb az LCD-hez képest.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



- Háttérvilágítás nincsen, az aktív (szerves) elemek adják a fényt.
- Képe szép és kontrasztos. Nagy a betekintési szöge.
- Az ára borsosabb az LCD-hez képest.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



- Háttérvilágítás nincsen, az aktív (szerves) elemek adják a fényt.
- Képe szép és kontrasztos. Nagy a betekintési szöge.
- Az ára borsosabb az LCD-hez képest.

3D monitorok

- *Stereoscopy*

Mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- *Head Mounted Display*
- *Shutter glasses*
- Polarizált lencséjű szemüveg
- 3D holografikus elven

- *Autostereoscopy*

Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről

- *Parallax barrier*
- *Lenticular lens*

3D monitorok

- *Stereoscopy*

Mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- *Head Mounted Display*
- *Shutter glasses*
- Polarizált lencséjű szemüveg
- 3D holografikus elven

- *Autostereoscopy*

Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről

- *Parallax barrier*
- *Lenticular lens*

3D monitorok

- *Stereoscopy*

Mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- *Head Mounted Display*
- *Shutter glasses*
- Polarizált lencséjű szemüveg
- 3D holografikus elven

- *Autostereoscopy*

Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről

- *Parallax barrier*
- *Lenticular lens*

3D monitorok

- *Stereoscopy*

Mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- *Head Mounted Display*
- *Shutter glasses*
- Polarizált lencséjű szemüveg
- 3D holografikus elven

- *Autostereoscopy*

Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről

- *Parallax barrier*
- *Lenticular lens*

3D monitorok

- *Stereoscopy*

Mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- *Head Mounted Display*
- *Shutter glasses*
- Polarizált lencséjű szemüveg
- 3D holografikus elven

- *Autostereoscopy*

Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről

- *Parallax barrier*
- *Lenticular lens*

3D monitorok

- *Stereoscopy*

Mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- *Head Mounted Display*
- *Shutter glasses*
- Polarizált lencséjű szemüveg
- 3D holografikus elven

- *Autostereoscopy*

Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről

- *Parallax barrier*
- *Lenticular lens*

3D monitorok

- *Stereoscopy*

Mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- *Head Mounted Display*
- *Shutter glasses*
- Polarizált lencséjű szemüveg
- 3D holografikus elven

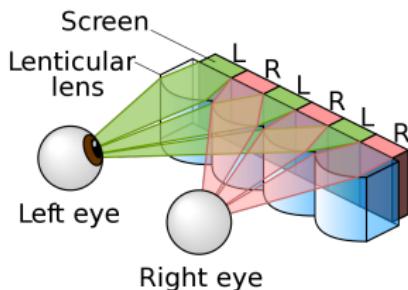
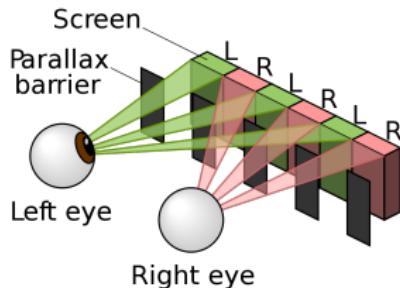
- *Autostereoscopy*

Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről

- *Parallax barrier*
- *Lenticular lens*

Eszközök

Parallax és Lenticular



és még...

- nyomtatók
- 3D nyomtatók
- ploterek
- projektorok

Rasztergrafika



Rasztergrafika



Doinik, vecteezy.com



Vektorgrafika

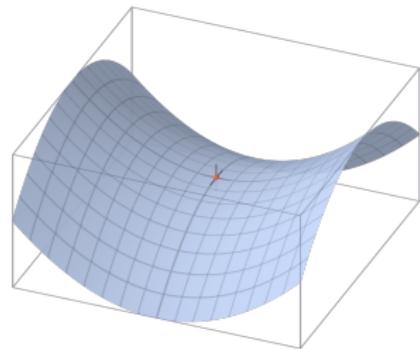


Vektorgrafika



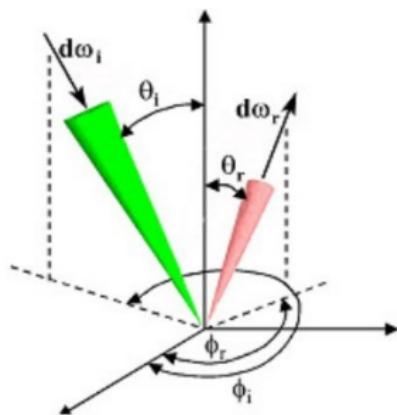
Modellezés

- Geometriai modellek
- Optikai paraméterek
- Textúrák
- *mind lehet generált, mért, fényképezet stb.*



Modellezés

- Geometriai modellek
- Optikai paraméterek
- Textúrák
- *mind lehet generált, mért, fényképezet stb.*



Modellezés

- Geometriai modellek
- Optikai paraméterek
- Textúrák
- *mind lehet generált, mért, fényképezet stb.*



Modellezés

- Geometriai modellek
- Optikai paraméterek
- Textúrák
- *mind lehet generált, mért, fényképezet stb.*

Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Tér fogati jelenségek

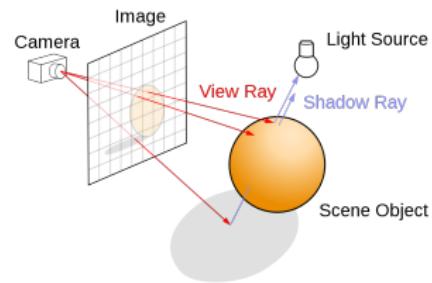
Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Tér fogati jelenségek



Henrik, Wikipedia

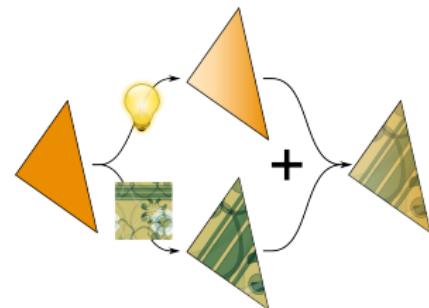
Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Tér fogati jelenségek



Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Térfogati jelenségek

Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Térfogati jelenségek



Gilles Tran, Oyonale.com

Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Térfogati jelenségek



CryEngine2

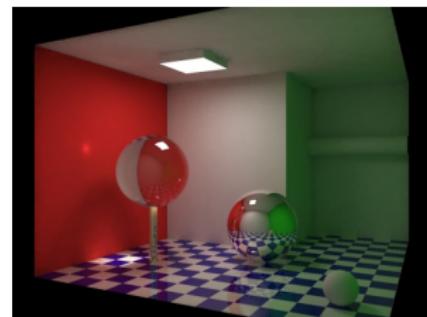
Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Térfogati jelenségek



Algoritmusok

Megközelítési módok

- Sugárkövetés
- Inkrementális képszintézis

Fényjelenségek

- Tükörzödés, fénytörés
- Vetett árnyékok
- Globális illumináció
- Térfogati jelenségek



BlendELF.com

Tartalom

- Előadás
- Gyakorlat

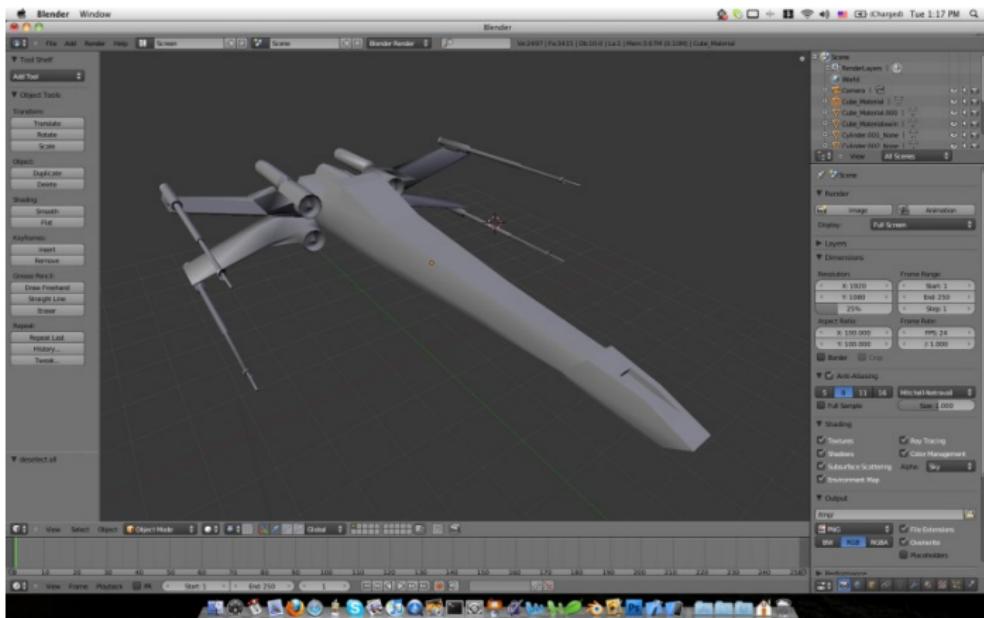
1 Számítógépes grafika

- Célja, feladata, területei
- Az emberi szem működése
- Megjelenítő eszközök
- Raszter- és vektorgrafika
- 3D grafika

2 Ajánlás

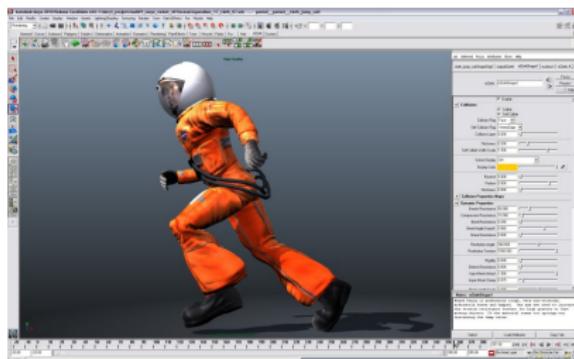
- Programok
- Honlapok
- Könyvek

blender



<http://www.blender.org>

Autodesk Maya & 3D Studio Max



Maya



3D Studio Max

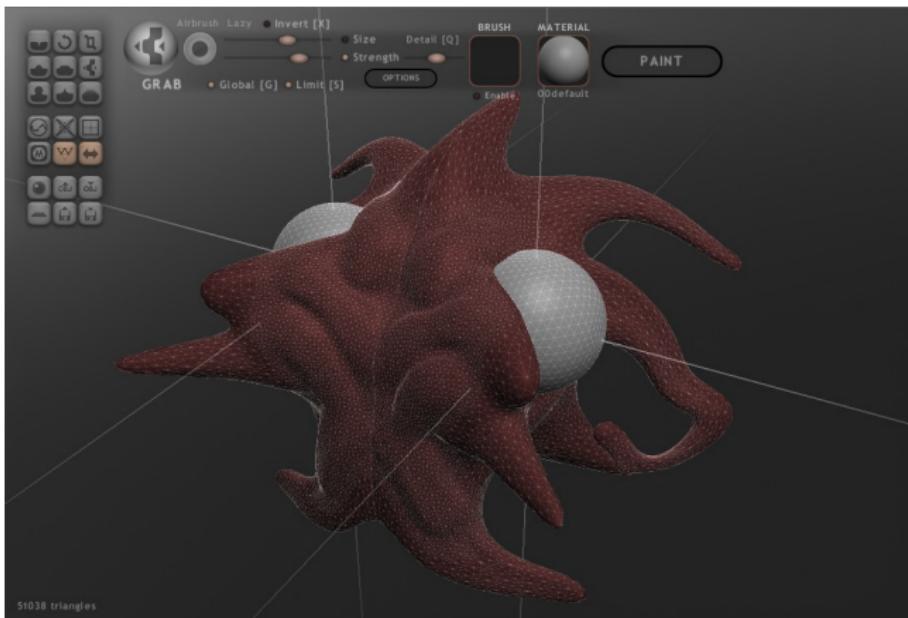
PovRay



Jaime Vives Piqueres, www.ignorancia.org

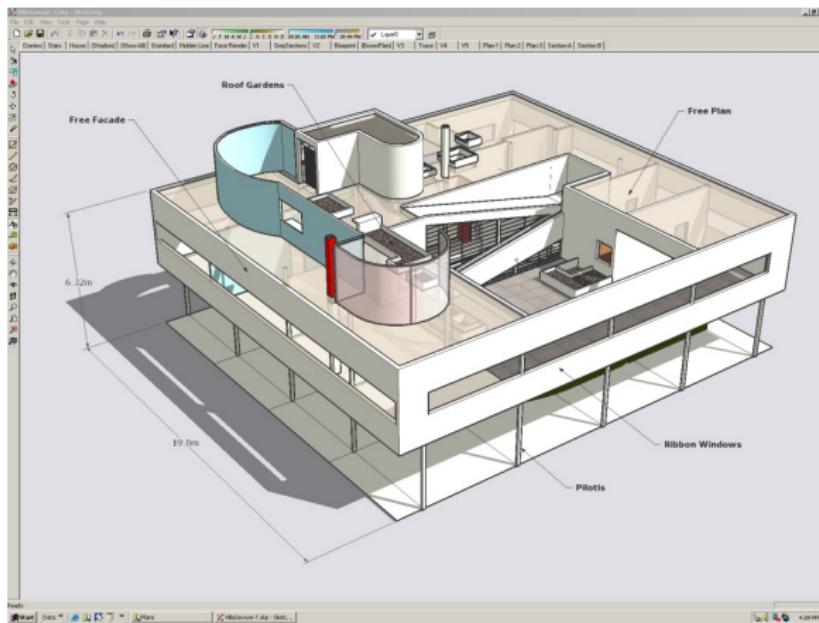
<http://www.povray.org/>

sculptris



<http://www.sculptris.com>

Trimble/Google SketchUp



<http://sketchup.google.com/>

Honlapok

- <http://processing.org/>
Processing alkalmazás + dokumentáció
- <http://www.gamedev.net/>
Cikkek, fórumok
- <http://nehe.gamedev.net/>
OpenGL *tutorial*-ok
- <http://portal.acm.org/portal.cfm>
Tudományos cikk adatbázis, nem csak grafikáról
(A cikkek csak egyetemi hálózatból tölthetők le)

Honlapok

- <http://processing.org/>
Processing alkalmazás + dokumentáció
- <http://www.gamedev.net/>
Cikkek, fórumok
- <http://nehe.gamedev.net/>
OpenGL *tutorial*-ok
- <http://portal.acm.org/portal.cfm>
Tudományos cikk adatbázis, nem csak grafikáról
(A cikkek csak egyetemi hálózatból tölthetők le)

Honlapok

- <http://processing.org/>
Processing alkalmazás + dokumentáció
- <http://www.gamedev.net/>
Cikkek, fórumok
- <http://nehe.gamedev.net/>
OpenGL *tutorial*-ok
- <http://portal.acm.org/portal.cfm>
Tudományos cikk adatbázis, nem csak grafikáról
(A cikkek csak egyetemi hálózatból tölthetők le)

Honlapok

- <http://processing.org/>
Processing alkalmazás + dokumentáció
- <http://www.gamedev.net/>
Cikkek, fórumok
- <http://nehe.gamedev.net/>
OpenGL *tutorial*-ok
- <http://portal.acm.org/portal.cfm>
Tudományos cikk adatbázis, nem csak grafikáról
(A cikkek csak egyetemi hálózatból tölthetők le)

Ajánlott irodalom

-  Szirmay-Kalos L., Antal Gy., Csonka F.
Háromdimenziós grafika, animáció és játékfejlesztés.
ComputerBooks, 2003.
-  Szirmay-Kalos L.
Számítógépes grafika.
ComputerBooks, 1999.
-  Nyisztor K.
Shaderprogramozás - Grafika és játékprogramozás DirectX-szel
Szak Kiadó, 2009
-  P. Martz.
OpenGL röviden
Kiskapu Kiadó, 2007