Számítógépes grafika alapjai

Szegedi Tudományegyetem
Informatikai Tanszékcsoport
Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika Tanszék

2013-2014. tanév

A kurzusról

- Előadó és gyakorlatvezető: Németh Gábor
- Előadás (nappali tagozaton): heti 2 óra
- Gyakorlat (nappali tagozaton): heti 1 óra
- Követelmények:
  - 1 kötelező program a meghirdetett témakörben
  - 2 ZH (gép előtt)

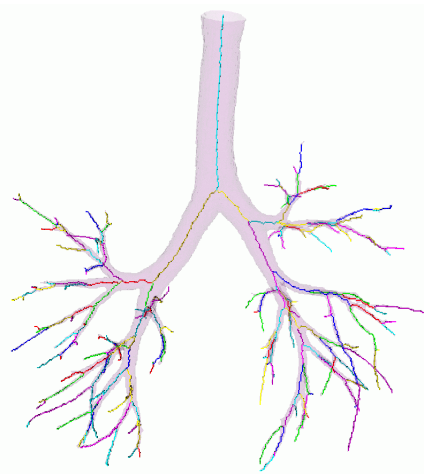
Bevezetés történeti áttekintés

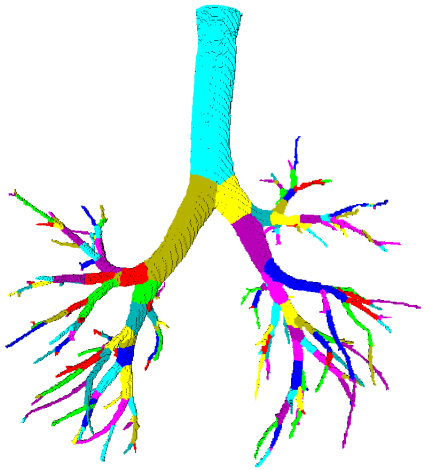
Bevezetés

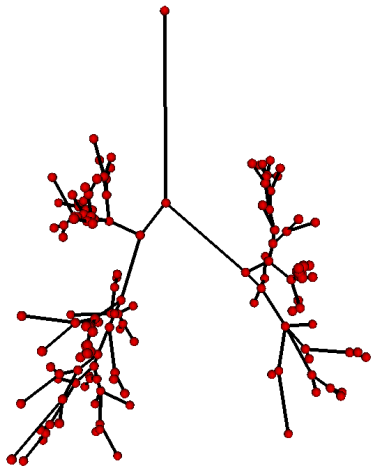
Számítógépes grafika: Valós és képzeletbeli objektumok (pl. tárgyak képei, függvények) *szintézise* számítógépes modelljeikből (pl. pontok, élek, lapok).

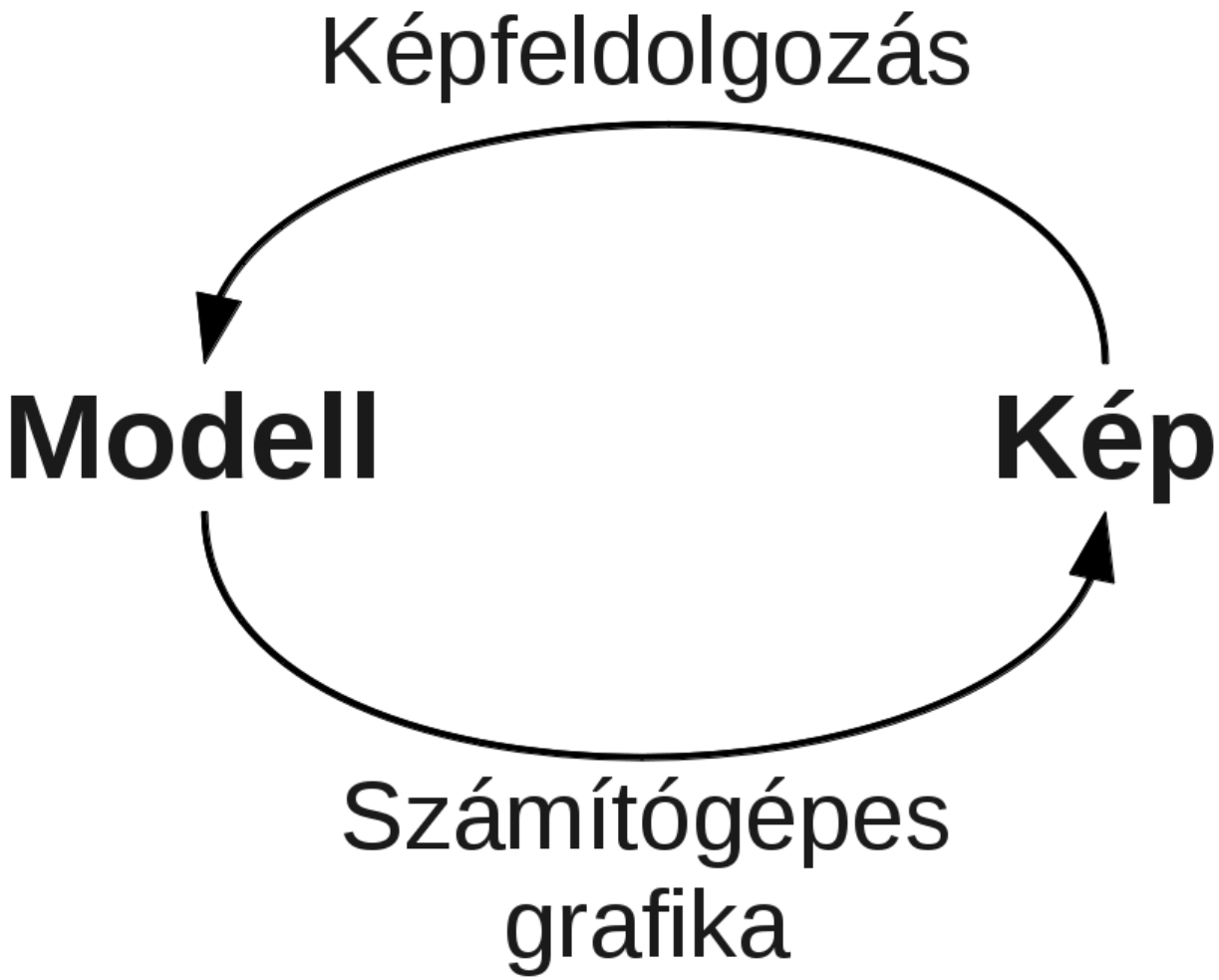
Bevezetés

Számítógépes képfeldolgozás: Képek analízise, objektumok modelljeinek rekonstrukciója képeikből (pl. légi-, űr-, orvosi felvételek kiértékelése, torzított képek helyreállítása).







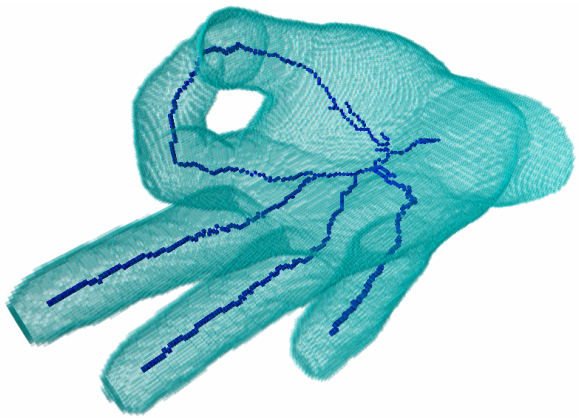

Képfeldolgozás
Modell
Kép
Számítógépes
grafika

Bevezetés

Tapasztalat, hogy képek formájában az adatok gyorsabban és hatásosabban feldolgozhatók az ember számára.

Fejlődés:

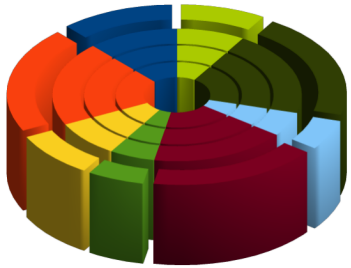
fotózás $\longrightarrow$ televízió $\longrightarrow$ számítógépes grafika



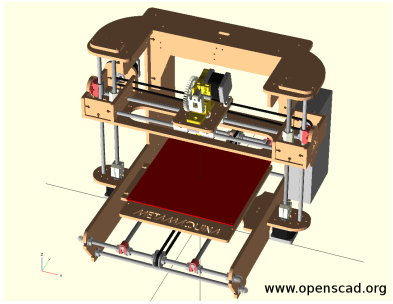
http://www.thenorthernecho.co.uk

Alkalmazási területek

felhasználói programok



üzlet, tudomány



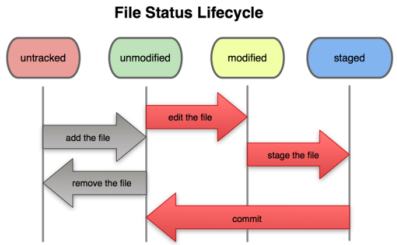
tervezés, CAD

torcs.sourceforge.net

játék, szimuláció

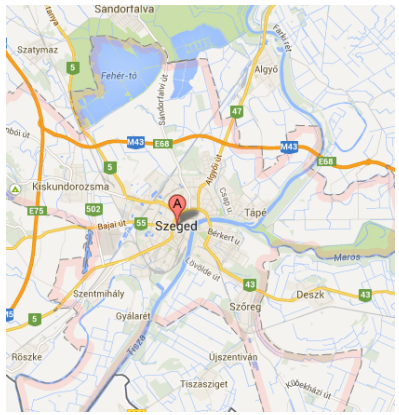
technology.desktopnexus.com

művészet, kereskedelem



git-scm.com

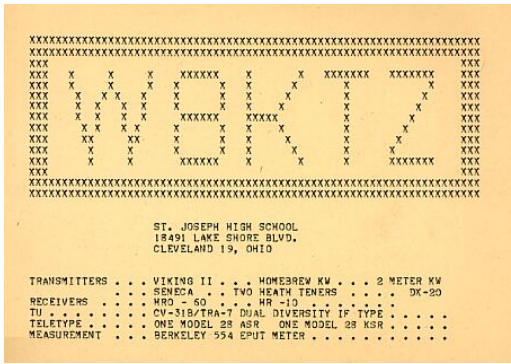
folyamatirányítás



térképészet

Történeti áttekintés

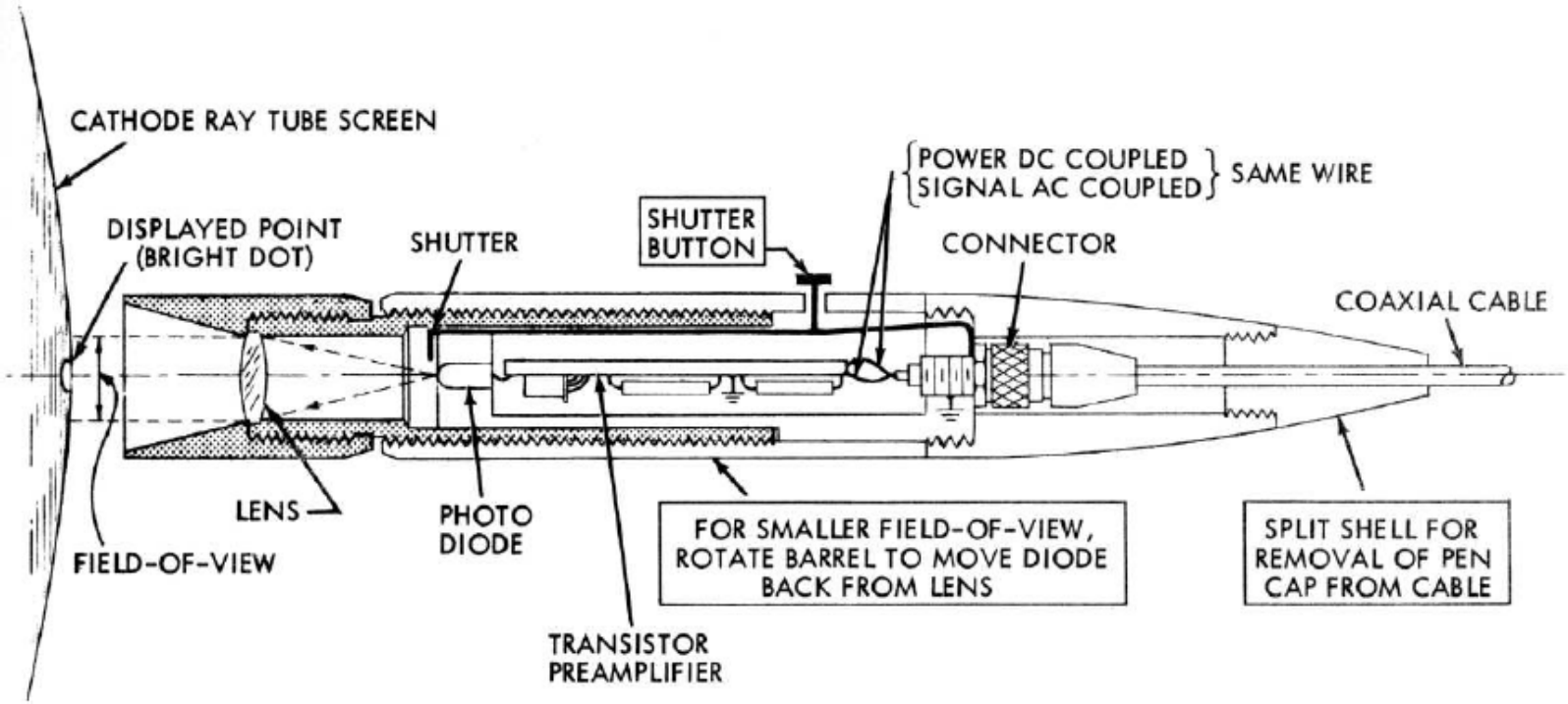
Kezdetben a képek megjelenítése teletype nyomtatókon történt.



1950:

- MIT: számítógéppel vezérelt képernyő
- SAGE légvédelmi rendszer (a programok képernyőről történő vezérlése fényceruzával)

Történeti áttekintés



Történeti áttekintés

1963:

- A modern interaktív grafika megjelenése.
- I. Sutherland: Sketchpad
  Adatstruktúrák, szimbólikus struktúrák tárolása, interaktív megjelenítés, választás, rajzolás

Történeti áttekintés

1964:

- CAD - DAC-1 (IBM)
- Autók tervezése (General Motors)

Történeti áttekintés

Lassú a fejlődés, mert

- drága a hardver
- drága számítógépes erőforrások
  (nagy adatbázis, interaktív manipuláció, intenzív adatfeldolgozás)
- nehéz volt nagy programokat írni
- a szoftver nem hordozható

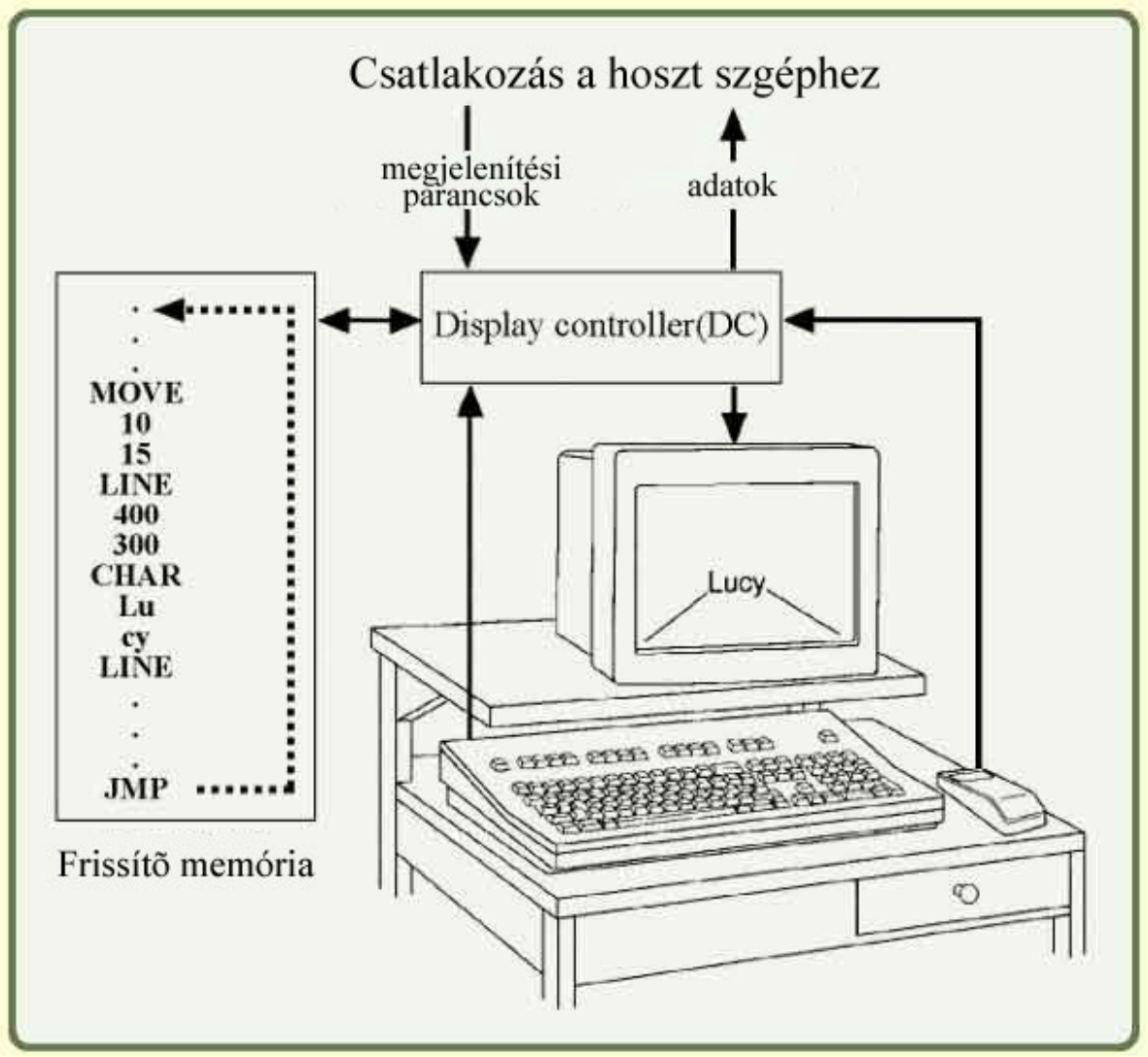
Történeti áttekintés

1960-as évek:
Jellemző output eszköz az ún. **vektor-képernyő** (szakaszokat rajzol ponttól pontig)

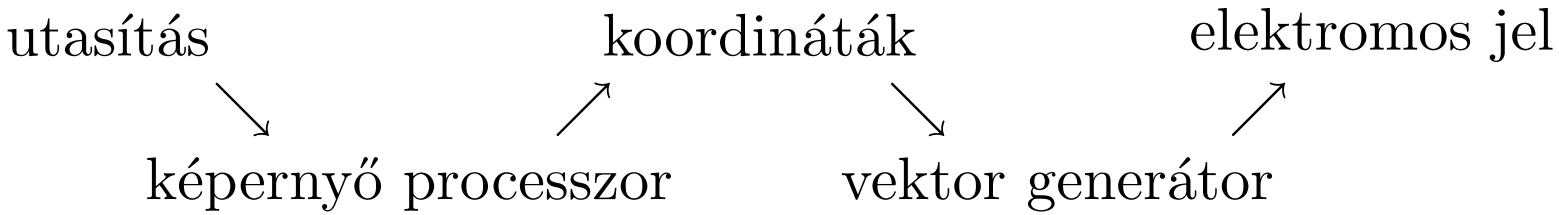
Részei:

- Képernyő processzor (DP) - mint I/O periféria kapcsolódik a központi egységhez
- Képernyő tároló memória – a megjelenítéshez szükséges program és adat tárolására
- Képernyő - katód sugár cső

Történeti áttekintés



Történeti áttekintés



30 Hz-es frissítés (foszforeszkáló képernyő - nem villog annyira)

1960-as évek vége:
DVST (direct-view storage cube) - a látványt közvetlenül tároló cső: olcsóbb

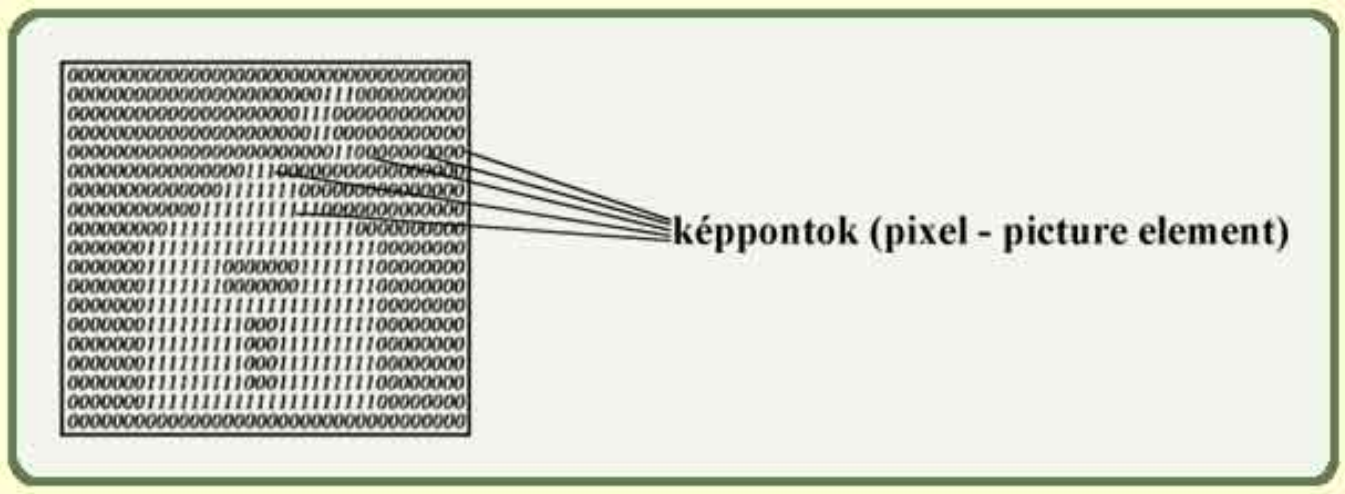
képernyő $\longleftrightarrow$ kisszámítógép

felszabadul a központi gép

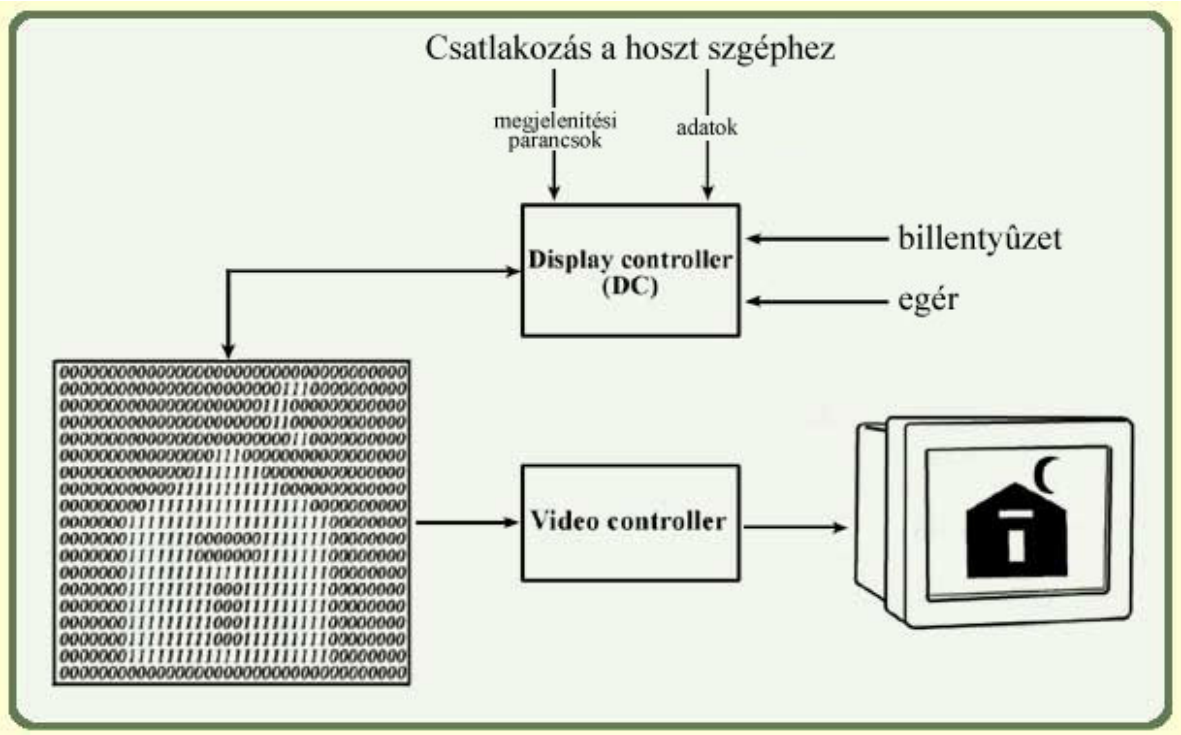
Történeti áttekintés

1968:
A hardver képes a skálát változtatni, a képet mozgatni, vetületeket előállítani valós időben.

1970-es évek:
Jellemző output eszköz a **raszter képernyő**
(TV-technika, bit-térképes grafika)
Bit-térkép (bitmap)
képek reprezentálása bitmátrixszal



Történeti áttekintés



A raszteres képernyők a grafikus primitíveket (pixel - képpont) ún. frissítő tárolóban tartják.

Történeti áttekintés

mátrix – raszter sorok – képpontok

Bit-térképek:
$1024 \cdot 1024 \cdot 1 = 128$ k bináris kép

Pixel képek:
$1024 \cdot 1024 \cdot 8 = 256$ szürkeárnyalat vagy szín
$1024 \cdot 1024 \cdot 24 = 2^{24}$ szürkeárnyalat vagy szín

Ma tipikus:
$1080 \cdot 1024 \cdot 24 \approx 3{,}75$ MB RAM

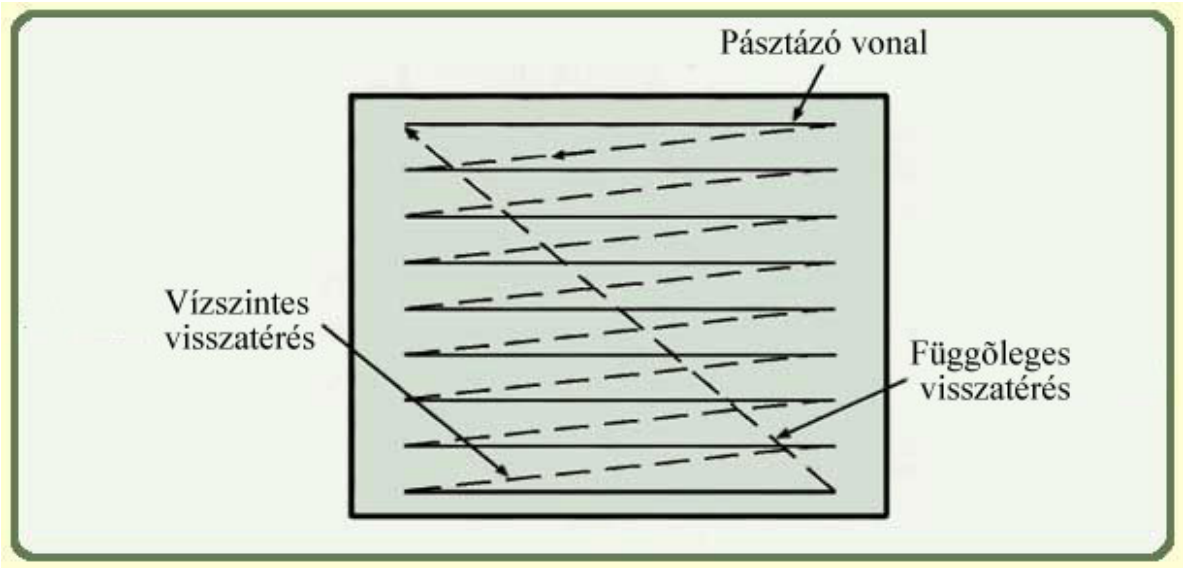
Történeti áttekintés

A raszteres képernyő előnyei:

- Olcsó logikájú processzor (soronként olvas).
- A területek színekkel kitölthetők.
- Az ábra bonyolultsága nem befolyásolja a megjelenítést.

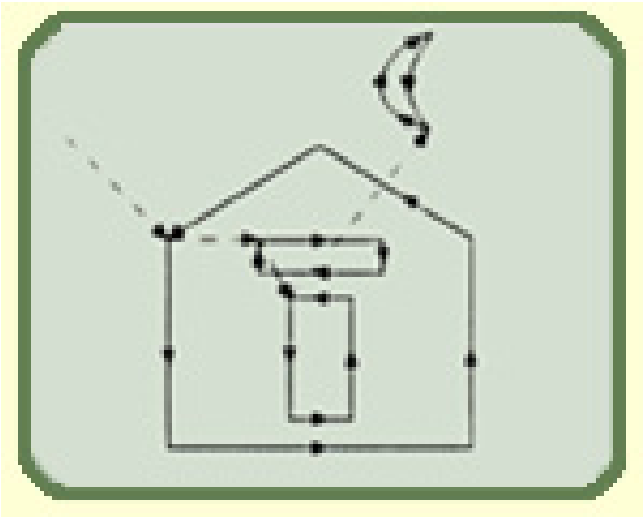
A raszteres képernyő hátrányai:

- A grafikus elemeket (pl. vonal, poligon) át kell konvertálni (RIP - Raster Image Processor)
- A geometriai transzformációk számításigényesek.

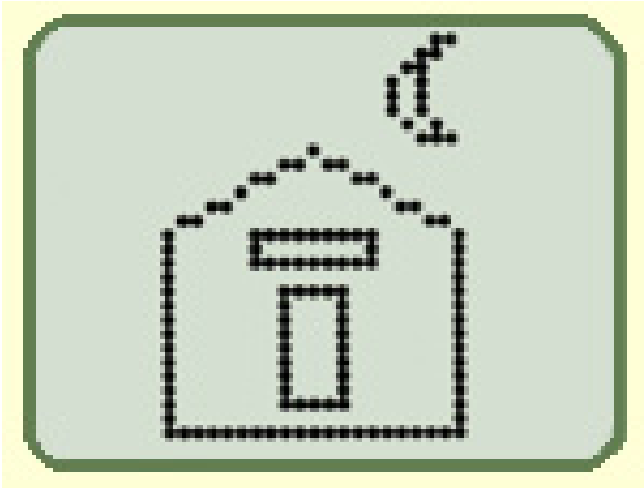


Megjelenítés raszteres képernyőn

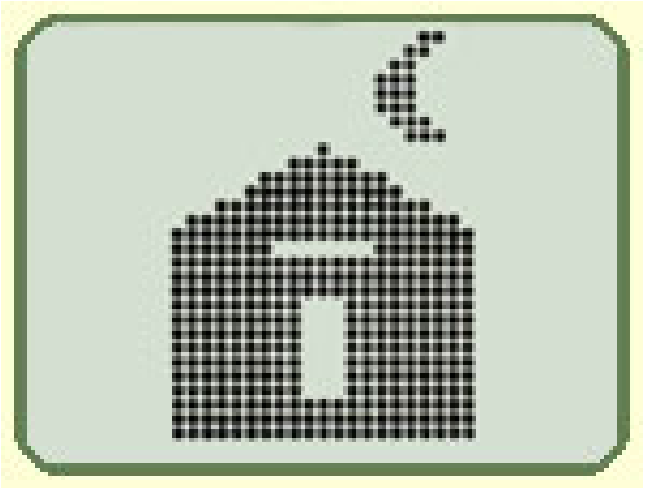
Ideális vonalrajz



Vektoros kép



Raszteres kép



Raszteres kép terület kitöltéssel

Történeti áttekintés

1980-as évekig:
A számítógépes grafika szűk speciális terület a drága hardver miatt.

Újdonságok:

- Személyi számítógépek (Apple Machintosh, IBM PC)
- Raszteres képernyők
- Ablak technika

Eredmény:

- Sok alkalmazás
- Sok I/O eszköz (pl. egér, tábla)
- Kevesebbet használjuk a billentyűzetet (ikonok, menük, ...)

Történeti áttekintés (szoftverek)

Eszköz-függő $\xrightarrow{\text{fejlődés}}$ eszközfüggetlen
Így lehet „hordozható” a felhasználói szoftver

1977:
3D Core Graphics System

1985:
GKS (Graphics Kernel System) 2D

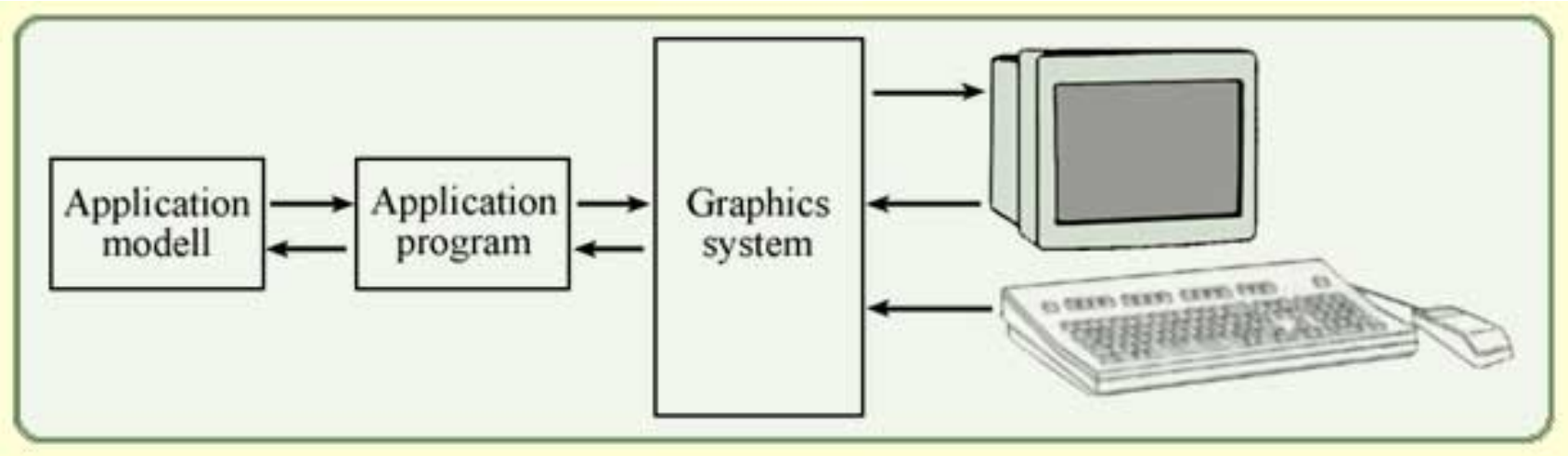
Történeti áttekintés (szoftverek)

1988:

- GKS - 3D
- PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System)
  - Logikailag kapcsolódó primitívek csoportosítása szegmensekbe,
  - 3D primitívek egymásba ágyazott hierarchiája,
  - Geometriai transzformációk,
  - Képernyő automatikus frissítése, ha az adatbázis változik

1992:

- OpenGL (SGI)



Interaktivitás

A felhasználó vezérli az objektumok kiválasztását, megjelenítését billentyűzetről, vagy egérrel...

Felhasználói modell adatbázis:

- Adatok, objektumok, kapcsolatok (adattömb, hálózati adatok listája, relációs adatbázis)
- Primitívek (pontok, vonalak, felületek)
- Attribútumok (vonal stílus, szín, textúra)

Az interaktívitás kezelése:
Tipikus az esemény-vezérelt programhurok:

```
kezdeti képernyő beállítás;
while (true) {
   parancsok vagy objektumok választhatók;
   várakozás, amíg a felhasználó választ;
   switch (választás)
      case 'választott': a modell és a képernyő frissítésére; break;
       ...
       case (quit) exit(0);
}
```

A számítógépes grafika osztályozása I.

Dimenzió szerint:

- 2D
- 3D

Képfajta szerint:

- vonalas
- szürkeárnyalatos
- színes (árnyékolt)

A számítógépes grafika osztályozása II.

Interaktivitás szerint:

- Offline rajzolás
- Interaktív rajzolás (változó paraméterekkel)
- Objektum előre meghatározása és körüljárása
- Interaktív tervezés

Kép szerepe szerint:

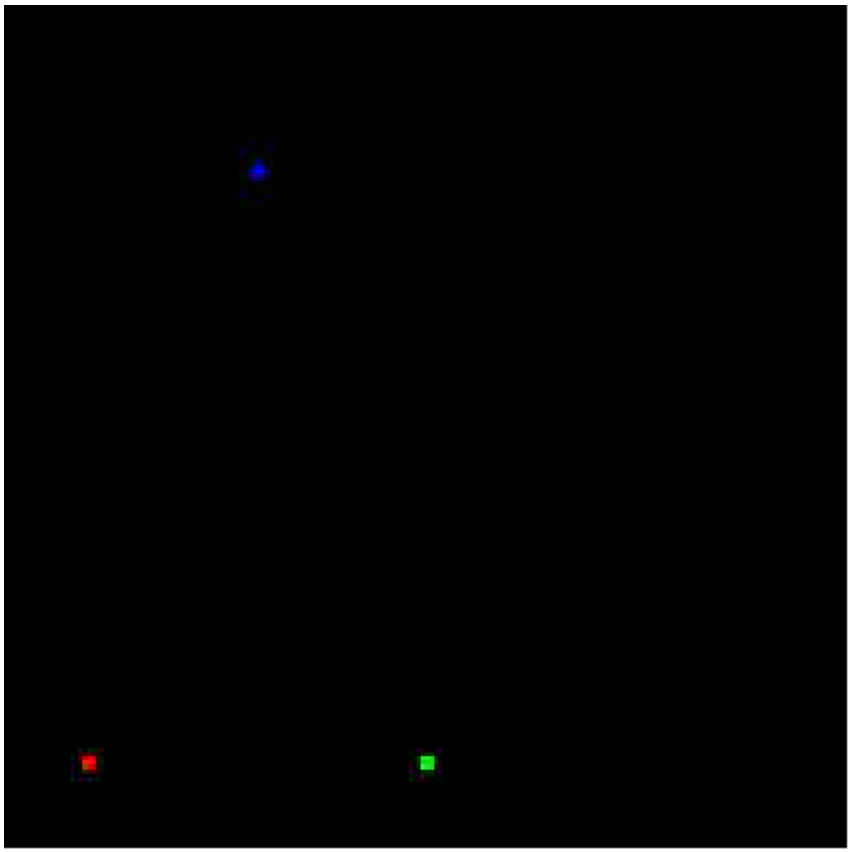
- Végtermék
- Közbülső termék

OpenGL

Pontok rajzolása

Pontok rajzolása

Rajzoljunk egy piros pontot a (10, 10), egy zöld pontot az (50, 10) és egy kék pontot a (30, 80) koordinátákba (az ablak 100*100-as méretű)



Színmodellek, színcsatornák

RGBA színmodell:
Minden színt négy komponens definiál (R, G, B, A)

- R - vörös (red)
- G - zöld (green)
- B - kék (blue)
- A - átlátszóság (alpha)

Minél nagyobb az RGB komponens értéke, annál intenzívebb a színkomponens.

Átlátszóság:

- 0.0: teljesen átlátszó
- 1.0: nem átlátszó

Például: (0.0, 0.0, 0.0, 0.0) – átlátszó fekete

Törlő szín

Az aktuális törlőszín beállítására szolgáló függvény:

```
void glClearColor(
     GLclampf red,
     GLclampf green,
     GLclampf blue,
     GLclampf alpha)
```

Alapértelmezett érték: (0.0, 0.0, 0.0, 0.0);
`GLcampf - float`

Színbeállítás

A rajzoló (vagy kitöltő) szín beállítása:
`void glColor{34}{b s i f d ub us ui} (T components);`

- b - byte
- s - single
- i - integer
- f - float
- d - double
- u - unsigned

A színbelállítás a csúcspontokhoz van hozzárendelve.
Például:

- `glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f)` – piros
- `glColor3f(0.0f, 1.0f, 0.0f)` – zöld
- `glColor3f(0.0f, 0.0f, 1.0f)` – kék

Csúcsopontok megadása

Csúcspont(ok) (vertexek) megadása:

```
void glVertex{234}{sifd}( T coords );
```

Például:

```
glVertex2i(20, 10) // a pont koordinátája (20,10)
```

Objektumok megadása

Az objektumok megadása a `glBegin(enum mode)` és `glEnd()` függvények között történik.

```
void glBegin(enum mode)
      ...
glEnd();
```

A `mode` értéke lehet pl.

`POINTS`, `LINES`, `POLYGON`

Mátrix módok megadása

Transzformációk: mátrixokkal vannak definiálva

- nézeti (viewing),
- modellezési (modelling),
- vetítési (projection)

`void glMatrixMode(enum mode)`

Ha a `mode == GL_PROJECTION`, akkor a vetítési mátrix van érvényben. Például:

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION)
```

`void glLoadIdentity(void)` az érvényes mátrix az egységmátrix lesz.

Vetítési mátrix megadása (2D)

Ortografikus vetítés:
`void gluOrtho2D(double left, double right, double bottom, double top)`

Ez a vetítés az objektum 2D merőleges vetítése adja meg a (left, right, bottom, top) téglalapra.

Például:

```
gluOrtho2D(0,100, 0, 100);
```

Pufferek törlése

A pufferek tartalmának törlése:
A pufferek:

- `GL_COLOR_BUFFER_BIT`
- `GL_DEPTH_BUFFER_BIT`
- `GL_STENCIL_BUFFER_BIT`
- `GL_ACCUM_BUFFER_BIT`

Például: a szín buffer törlése

```
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT)
```

Képernyő módok

A képernyőmódot a `glutInitDisplayMode(enum mode)` függvénnyel lehet beállítani.

Például: ha `mode == SINGLE | GLUT_RGB`, akkor az ún. egyszeresen pufferelt RGB módban specifikál ablakot.

Ablak

`void glutInitWindowSize(int width, int height)`: az ablak méretét definiálja.

`void glutInitWindowPosition(int x, int y)`: az ablak helyét (bal felső sarkának pozícióját) adja meg.

`int glutCreateWindow(char* name)`: Megnyit egy ablakot az előző rutinokban specifikált jellemzőkkel. Ha az ablakozó rendszer lehetővé teszi, akkor name megjelenik az ablak fejlécén. A visszatérési érték egy egész, amely az ablak azonosítója.

Callback függvények

`void glutDisplayFunc(void(*func)(void))`: Azt a callback függvényt specifikálja, amelyet akkor kell meghívni, ha az ablak tartalmát újra akarjuk rajzoltatni.
Pl.: `glutDisplayFunc(display);`

`void glutKeyboardFunc(void(*func)(unsigned char key, int x, int y))`: Azt a callback függvényt specifikálja, melyet egy billentyű lenyomásakor kell meghívni. A `key` egy ASCII karakter. Az `x` és `y` paraméterek az egér pozícióját jelzik a billentyű lenyomásakor (ablak relatív koordinátákban).
Pl.: `glutKeyboardFunc(keyboard);`

Pontrajzoló program I.

```
#include <GL/glut.h>

void init(void) {
   glClearColor(0.0, 0.0, 0.0, 0.0);
     // fekete a torloszin
   glMatrixMode(GL_PROJECTION);
     // az aktualis matrix mod:  vetites
   glLoadIdentity();
     // a projekcios matrix az egysegmatrix lesz
   gluOrtho2D(0,100,0,100);
     // parhuzamos vetites specifikalasa
}
```

Pontrajzoló program II.

```
void display(void) {
   glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT); // kepernyo torlese
   glBegin(GL_POINTS); // pontokat specifikalunk
     glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f); // piros
     glVertex2i(10, 10); // piros pont
     glColor3f(0.0f, 1.0f, 0.0f); // zold
     glVertex2i(50, 10); // zold pont
     glColor3f(1.0f, 0.0f, 1.0f); // kek
     glVertex2i(30, 80); // kek pont
   glEnd(); // nem lesz tobb pont
   glFlush(); // rajzolj!
}
```

Pontrajzoló program III.

```
void keyboard(unsigned char key, int x, int y) {
   switch(key); // billentyu kod
     case 27:  // ha ESC
       exit(0); // kilepunk
       break;
   }
}
```

Pontrajzoló program IV.

```
int main(int argc, char** argv) {
  glutInit(&argc, argv);
  glutInitDisplayMode(SINGLE | GLUT_RGB);
    // az ablak egyszeresen pufferelt, és RGB modu
  glutInitWindowSize(100, 100); // 100x100-as
  glutInitWindowPosition(100, 100); // bal felso sarok
  glutCreateWindow("3point"); // neve 3point
  init(); // inicializalas
  glutDisplayFunc(display); // a kepernyo esemenyek es
  glutKeyboardFunc(keyboard);
    // ...  billentyuzet esemenyek kezelese
  glutMainLoop(); // belepes az esemeny hurokba
  return 0;
}
```