

## Orvosi jelfeldolgozás

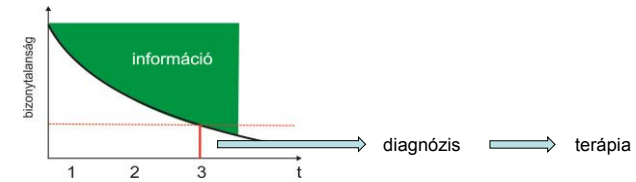


## Információ

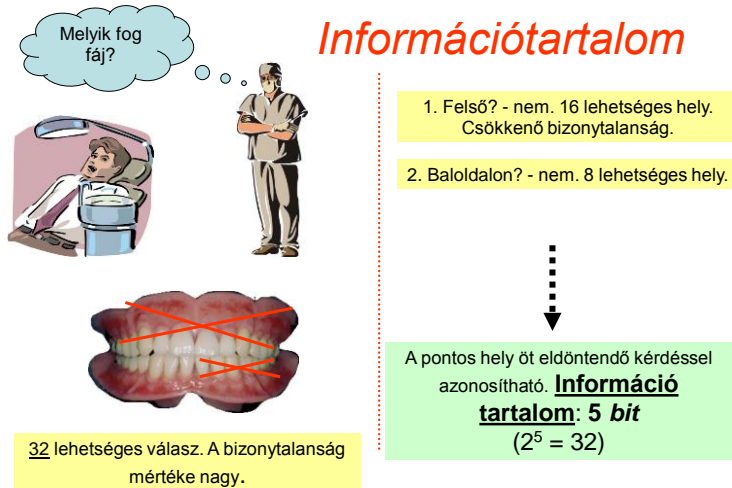


információ:

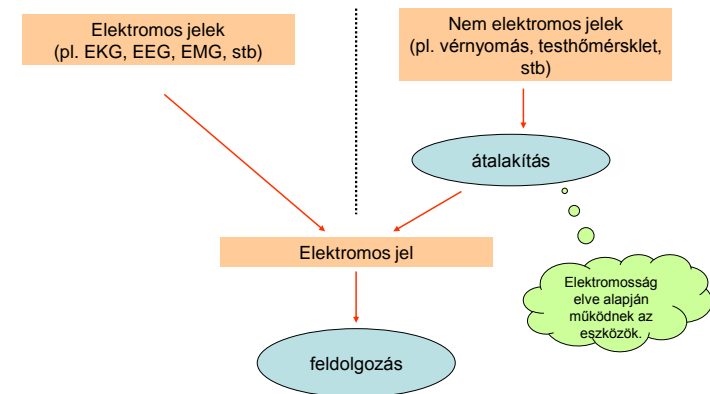
- |               |                   |
|---------------|-------------------|
| 1. Megjelent. | 1. Egy beteg.     |
| 2. Panasza?   | 2. Fáj a fogam.   |
| 3. Melyik?    | 3. Bal alsó 2-es. |



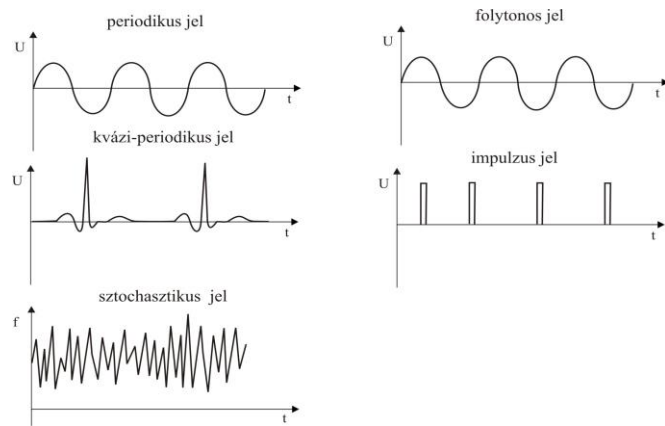
## Információtartalom



## Jelek osztályozása 1.



## Jelek osztályozása 2.



## Jelek osztályozása 3.

### analóg jel

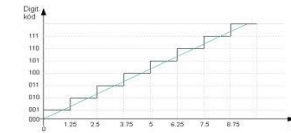


hang



ekg

### digitális jel



Egy adott tartományon belül  
bármilyen értéket felvehet.

Csak meghatározott, véges  
számú értékeket vehet fel.



Testmagasság:

analóg jel

mérés



Magasság:  
175 cm

(csak  
meghatározott értékek)

## Jel és zaj

**A zaj gyakran véletlen jelenség!**

Ideális eset: nincs zaj!

Valódi mérés: a zaj mindig jelen van!

Jel/zaj arány:

Ez a mennyiség jellemzi a mérés  
minőségét.

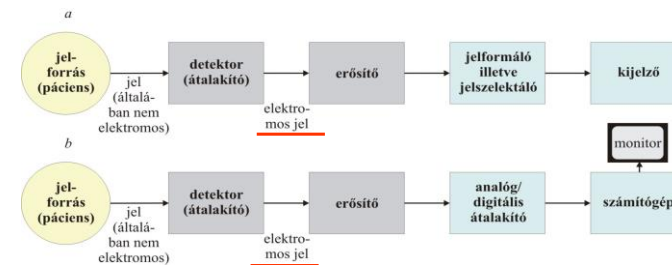
A magasabb érték a kedvezőbb!

Hogyan növelhetjük?

Növeljük a jel arányát.

Csökkentjük a  
zajszintet.

## Jelfeldolgozó lánc



Analóg (a) és digitális (b) jelfeldolgozás.

## Áramköri elemek

### passzív



ellenállás



kondenzátor



induktivitás

### aktív



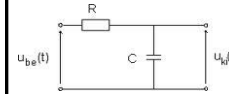
dióda



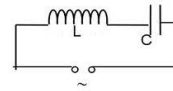
tranzisztor

## Áramkörök

Elektromos elemekből álló egység.

egyszerű  
(passzív elemekből álló)

RC kör



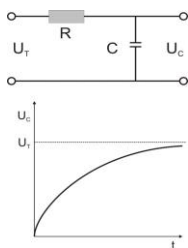
LC kör

összetett  
(passzív és aktív elemekből álló)integrált  
áramkör

erősítő

## RC-kör egyenáramú viselkedése

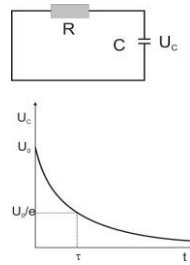
### Feltöltődés



$$U_c = U_T \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$\tau = RC$$

### Kisülés

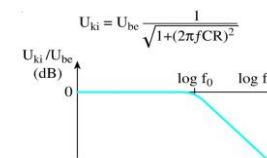
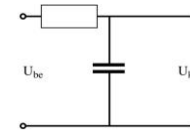


$$\tau = \text{időállandó}$$

$$U_c = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

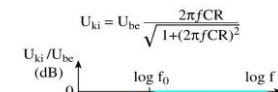
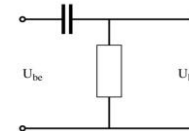
## RC-kör váltóáramú viselkedése

### Aluláteresztő szűrő



$$U_{ki} = U_{be} \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi f CR)^2}}$$

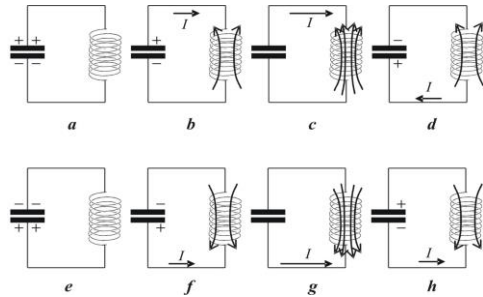
### Felüláteresztő szűrő



$$U_{ki} = U_{be} \frac{2\pi f CR}{\sqrt{1 + (2\pi f CR)^2}}$$

## Rezgőkör (LC-kör)

Elektromos és mágneses tér



Az elektromos és mágneses tér periódikusan felépül és lebomlik.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

## Rezonancia

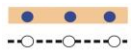
Energiacsere egy oszcilláló rendszer és a környezete között akkor lehetséges, ha a rendszer saját frekvenciája és a gerjesztő erő frekvenciája megegyezik.



## Félvezető eszközök

n-típusú félvezető

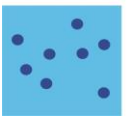
elektronok mozognak



vezetési sáv

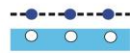


vegyértéksáv

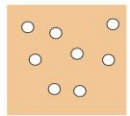


Az eredő töltés nulla!

p-típusú félvezető

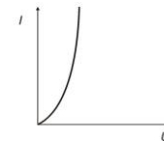
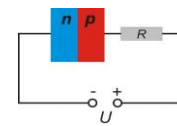


„lyukak” mozognak

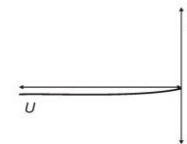
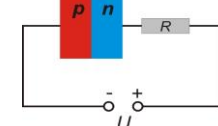


## Dióda áramkörben

nyitóirány

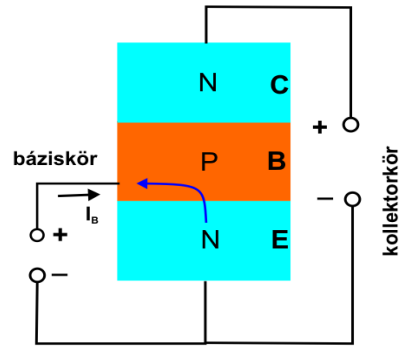


záróirány



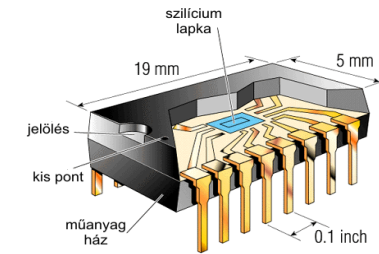
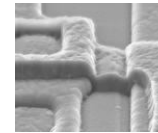
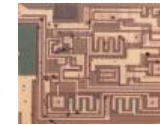
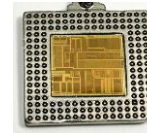
## A tranzisztor működése

Három félvezető rétegből épül fel.



NPN tranzisztor (van PNP is)

## Integrált áramkörök (IC)

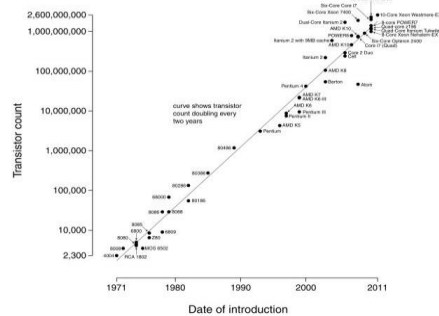


Félvezető elemek, ellenállások, kondenzátorok egyetlen félvezető lapkán kialakítva.

## Az IC-k fejlődése



Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law



Az idegsejtek száma az agyban mintegy  $10^{11}$ !

## Detektorok

hang



mikrofon

nyomás



vérnyomás mérő (nyomáscella)

fény



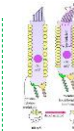
fotodióda

szcintillációs mérőfej

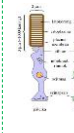


elektromos jel

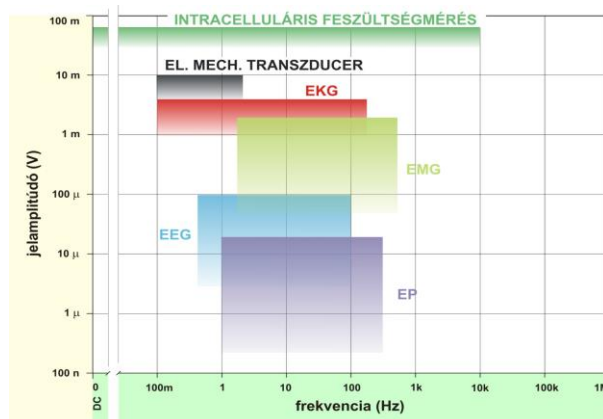
szőrsejtek



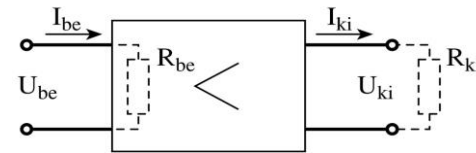
csapok és pálcikák



## Biológiai jelek



## Erősítő



**Erősítő:**  
 $P_{ki} > P_{be}$

Teljesítményerősítés:  
 $(K_P)$

$$K_P = \frac{P_{ki}}{P_{be}}$$

Feszültségerősítés:  
 $(K_U)$

$$K_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}}$$

## A decibel skála

Egyszerű teljesítmény arányok helyett gyakran azok logaritmusát használjuk. Decibel-skála.

$$n = 10 \cdot \lg \frac{P_{ki}}{P_{be}} \text{ (dB)}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$K_P = \frac{U_{ki}^2 / R_{ki}}{U_{be}^2 / R_{be}} = \frac{U_{ki}^2}{U_{be}^2} \cdot \frac{R_{be}}{R_{ki}} = K_U^2 \cdot \frac{R_{be}}{R_{ki}}$$

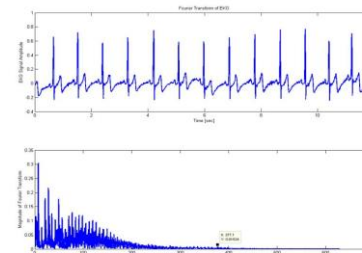
$$n(\text{dB}) = 10 \cdot \lg K_U^2 + 10 \cdot \lg \frac{R_{be}}{R_{ki}} = 20 \cdot \lg K_U + 10 \cdot \lg \frac{R_{be}}{R_{ki}}$$



## Fourier-tétel

$$y(t) = \sum_k a_k \sin(k \cdot \omega_0 \cdot t + \Phi_k)$$

Minden periodikus jel felbontható szinuszos és koszinuszos jelek összegére!

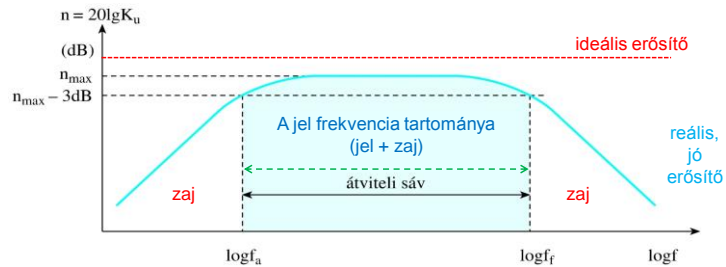


Egy ekg jel és frekvencia komponensei.

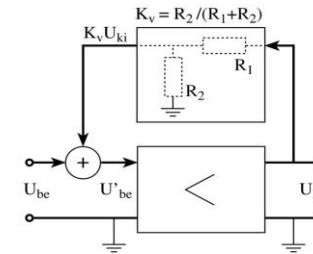
## Átviteli karakterisztika

A dB-ben kifejezett erősítés frekvencia szerinti változását leíró összefüggés.

Zaj jelenlétében a reális erősítő a jobb.

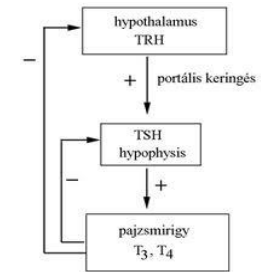


## Visszacsatolás



$$U'_{be} = U_{be} + K_v \cdot U_{ki}$$

$$K_{U,V} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{K_U}{1 - K_v \cdot K_U}$$



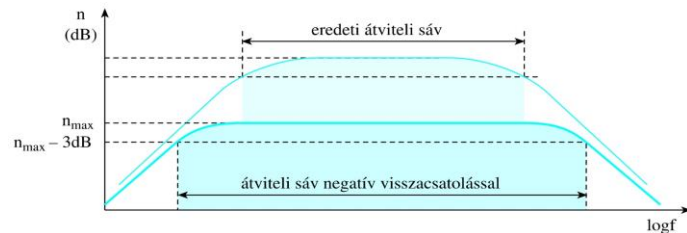
Visszacsatolás a szervezetben

## Negatív visszacsatolás

A kimenőjel visszacsatolt hányadát ellentétes fázisban adjuk hozzá a bemenőjelhez.

$$K_{U,V} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{K_U}{1 - K_v \cdot K_U}$$

$K_v < 0$



## A negatív visszacsatolás előnyei

$$K_{U,V} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{K_U}{1 + K_v \cdot K_U} \text{ általában } K_v \cdot K_U \gg 1, \text{ tehát } K_{U,V} \approx \frac{K_U}{K_v \cdot K_U} = \frac{1}{K_v}$$

A negatív visszacsatolású erősítő tulajdonságait gyakorlatilag a visszacsatolás szabja meg.

Következmények:

1. Az erősítő paraméterei (erősítés, átviteli sáv) könnyen tervezhető, kézben tartható.
2. A zajszint a kimeneten csökkenthető.
3. Az erősítő stabilitása növekszik.

## Pozitív visszacsatolás

A kimenőjel visszacsatolt hányadát azonos fázisban adjuk hozzá a bemenőjelhez.

$$K_{U,V} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{K_U}{1 - K_V \cdot K_U}$$

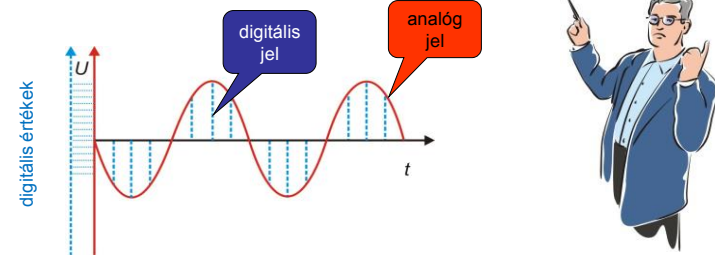
$$K_V > 0$$

$K_V K_U = 1$  esetén instabilitás, oszcilláció.

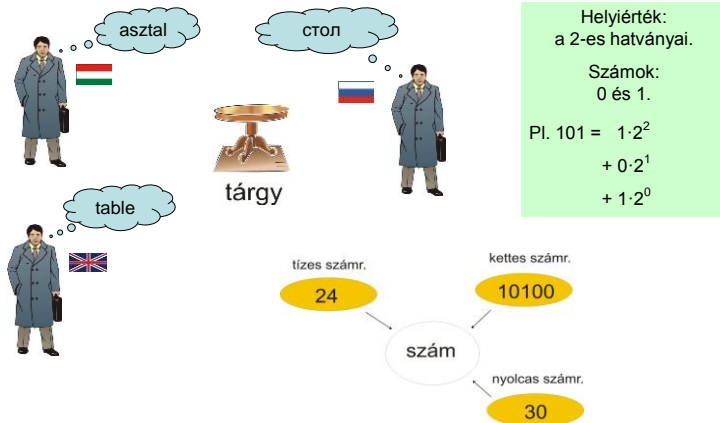
Rezgéskeltők, oszcillátorok.

## Digitalizálás (AD átalakító)

Meghatározott időpontokban (mintavétel), diszkrét értékekkel jellemzett jel.



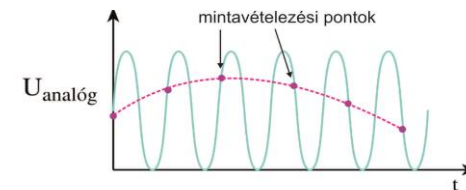
## Kettes számrendszer



## Shannon-tétel

$$f_{\text{mintavétel}} \geq 2 \cdot f_{\text{jel}}$$

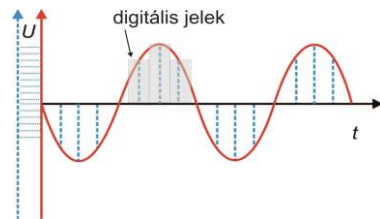
Ha a mintavételezés nem felel meg a fenti követelményeknek, hamis frekvencia komponensek is megjelennek.





## Felbontás szerepe

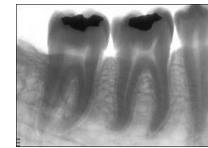
Kvantálási zaj:  
a diszkrét értékekre bontás  
következtében megjelenő zaj.



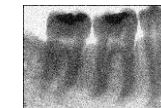
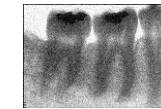
A digitalizálás következtében  
négyzetjелеk sorozata jelenik meg.  
Ezek frekvencia tartománya eltér az  
eredeti jel frekvencia tartományától.  
Minél nagyobb a felbontás annál  
kisebb ez a fajta zaj.

## A zajszint hatása

eredeti felvétel



Részletekben gazdag kép,  
elegendő információ.



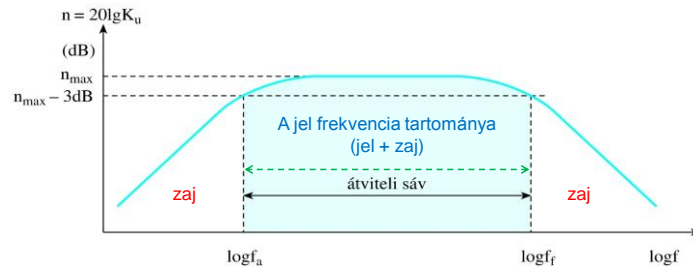
zajszint

A zajszint növekedése  
egyre csökkenti a  
kinyerhető információ  
mennyiségét.

A zajszint  
csökkentése fontos  
része a  
jelfeldolgozásnak.

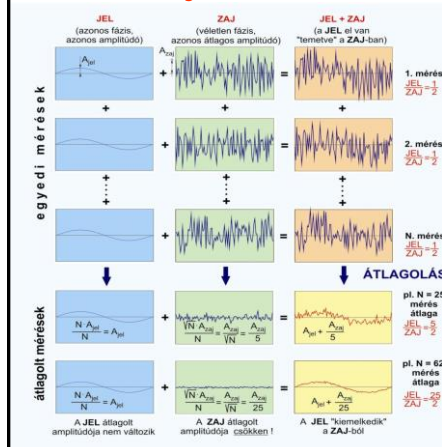
## Helyes erősítő tervezés

Alapja: zaj a teljes frekvencia tartományt átfogja.



A jel/zaj viszony javul, mert az átviteli sávon kívüli zaj jóval kisebb mértékben nő.

## Zaj csökkentése átlagolással



Alapja:

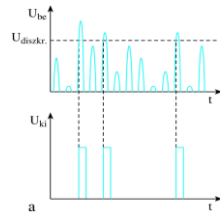
jel – determinisztikus,  
zaj - sztochasztikus.

A sztochasztikus jel várható  
értéke  
minden időpillanatban nulla.

## Zajcsökkentés impulzus jelek esetében

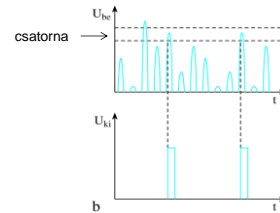
Alapja: A zaj impulzusok többségének amplitúdója eltér a jelimpulzusok többségétől.

Integrál diszkriminátor (ID)



Egy adott szint feletti nagyság esetében ad jelet.

Differenciál diszkriminátor (DD)



Egy adott szint feletti és egy másik szint alatti nagyság esetében ad jelet.

## Megjelenítők

Katódsugárcsöves (CRT, már nemigen használt)



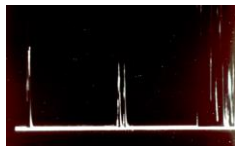
TFT LCD, LED

OLED



XEL-1

## Időbeli folyamatok megjelenítése



Vízszintes tengely az időtengely, a függőlegesen a jel nagysága (amplitúdója) jelenik meg.  
Vízszintesen egyenletesen mozog a képpont.

## A kép információ tartalma

Mit látunk egy fényképen?

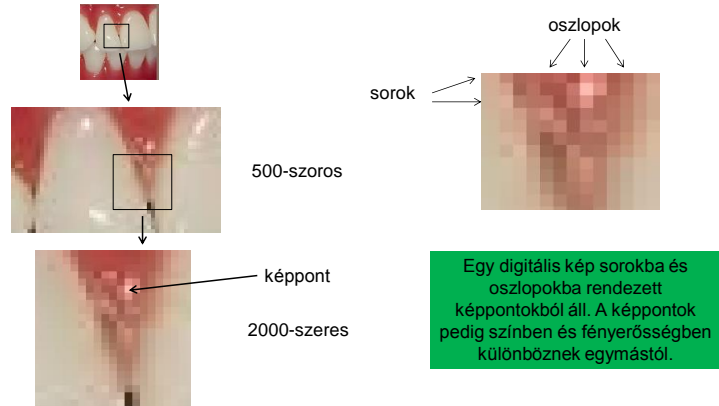
„Egy tájkép, egy gyönyörű kert.”



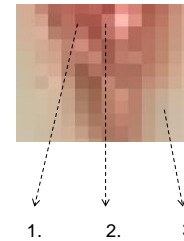
Valójában:

Az egyes objektumok milyen mértékben nyelik el, verik vissza a látható fényt.

## Egy kép felépítése



## A kép fizikai tartalma



Minden egyes képpont megfelel a test egy adott kis részének, ami általában négyzet alakú. Ez a **pixel**. A pixelt homogénnek tekintjük.

A képpont tulajdonságai a pixel valamilyen fizikai jellemzőjével vannak összefüggésben.

Az 1.-es és a 2. pixel abszorpciós jellemzői hasonlóak, de reflexió képességük különböző.

A 3. pixel még az elnyelő képesség tekintetében is eltérő.

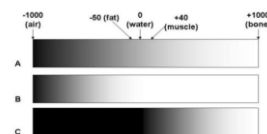
## Egy röntgen kép



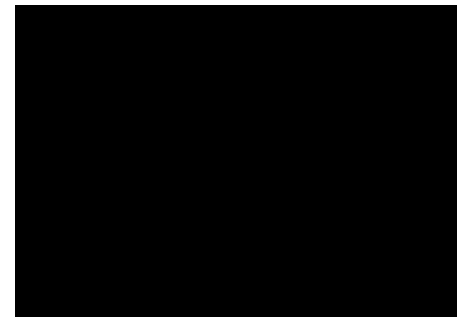
Milyen információ van mögötte?  
Az adott pixel milyen mértékben képes elnyelni a röntgensugárzást.  
Azaz mekkora a  $\mu$  értéke.



Egy CT szürke skálái különböző „ablakok” esetében.



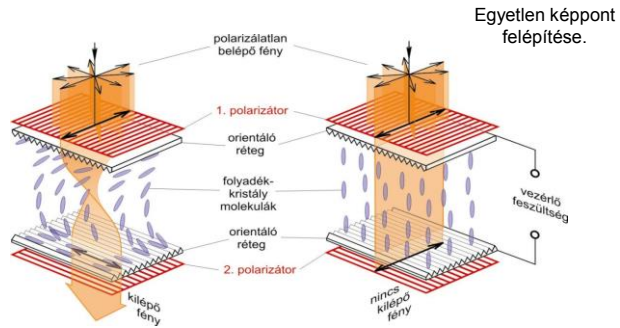
## 3D megjelenítés



Minden egyes képpont megfelel a test egy adott kis térfogatú részének, ami általában kocka alakú. Ez a **voxel**.

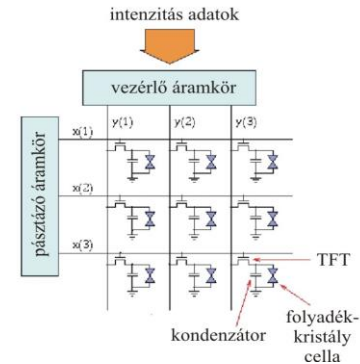
A képpont tulajdonságai a voxel valamilyen fizikai jellemzőjével vannak összefüggésben.

## LCD kijelző



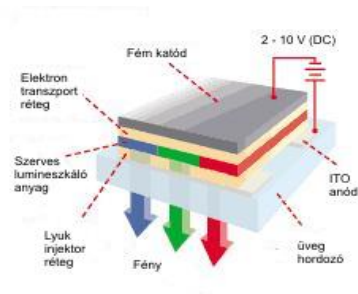
Hátránya: lassú változások, nem alkalmas mozgóképek megjelenítésére.

## TFT-LCD kijelző



Egy folyadékkristályos cellát (lásd előbb) összeépítünk a hozzátartozó elektronikával. Felgyorsítható a megjelenítés.

Ehhez nagyon vékony félvezető réteg szükséges, ami átlátszó! (TFT – Thin Film Transistor)



## O<sub>(r)</sub>ganic LED kijelzők

Egy képpont felépítése. A z elektronos és a „lyukak” rekombinációja eredménye a fénykibocsátás. A szín megfelel az energia szintek különbségének. (Természetesen az egyik elektródának átlátszónak kell lennie.)

LED:

Light Emitting Diode

## Megjelenítők összehasonlítása

	CRT (képcsöves)	LCD	TFT-LCD (LED)	Plazma	OLED
Fényerő (cd/m <sup>2</sup> )	~100	200-300	200-300	400-1000	Néhány-szor 100
Kontraszt- arány	> 1000:1	~ 600:1	600:1 (de LED: 1000000:1)	> 1000:1	> 1000:1
Látószög	teljes tartomány	~140-160 fok	~140-160 fok	~160 fok	teljes tartomány
Képfrissí- tés	<1 ms	8-20 ms	<8 ms	<1 ms	<1 ms

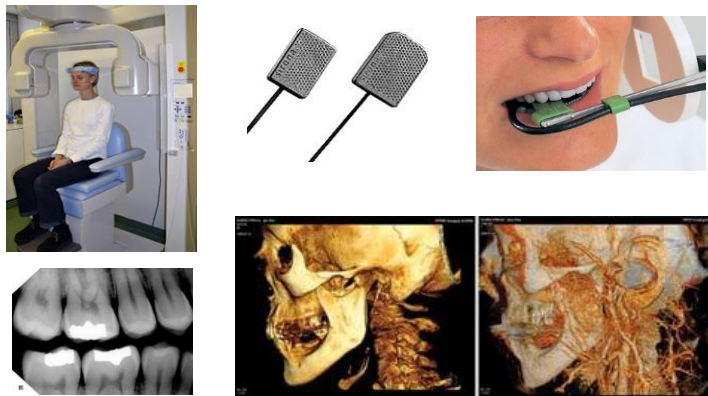
## Hajlékony kijelzők



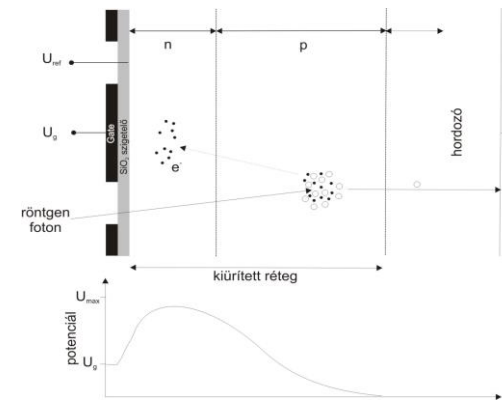
## Átlátszó kijelzők



## CCD képlemez alkalmazása



## CCD képlemez egy cellája



Milyen egy ideális erősítő átviteli karakterisztikája, és miért nem az ideális erősítő a legjobb megoldás ?