

Jelfeldolgozás

Orvosi Biofizika I. 2025. december 9.

Kellermayer Miklós

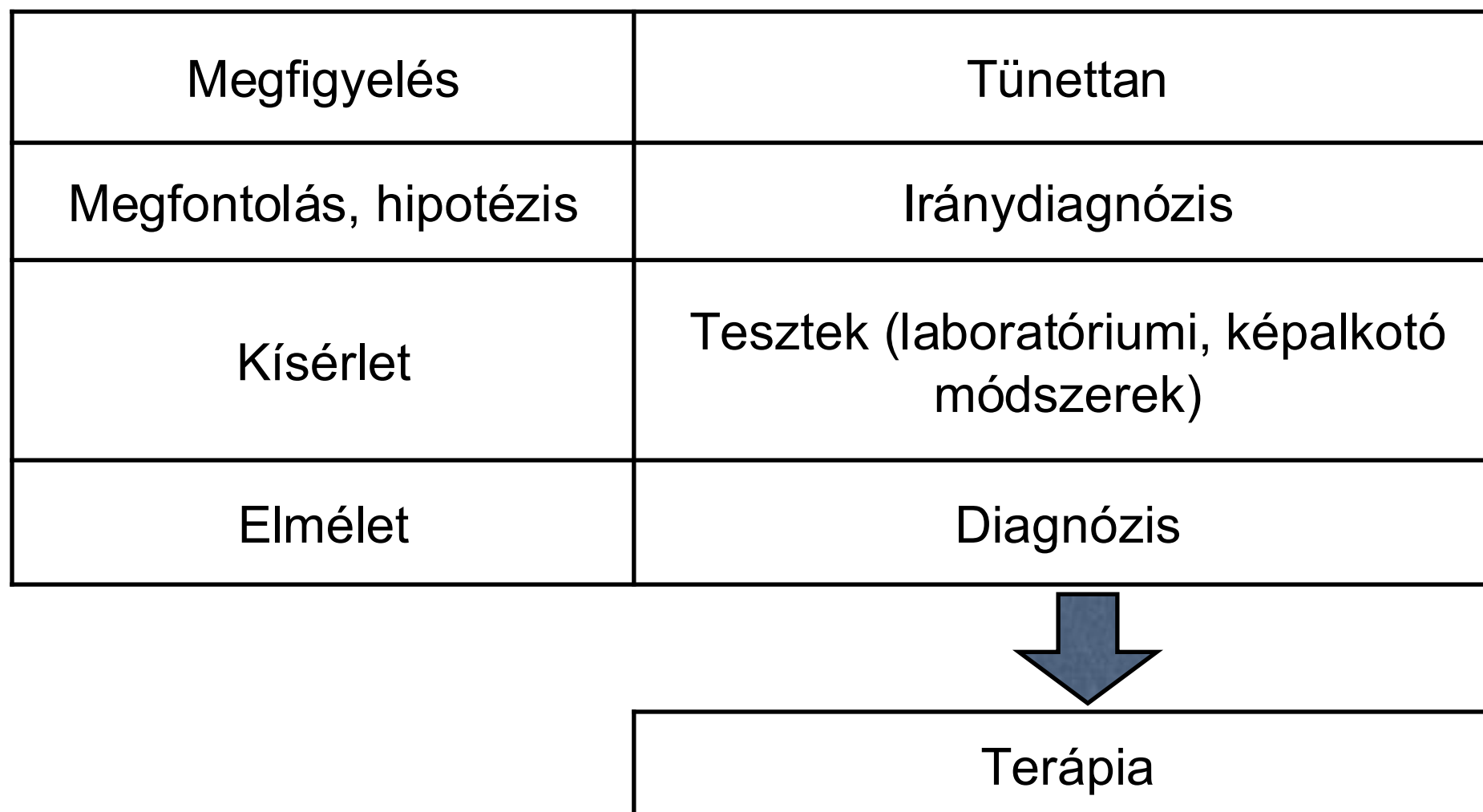
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet



SEMMELWEIS
EGYETEM 1769

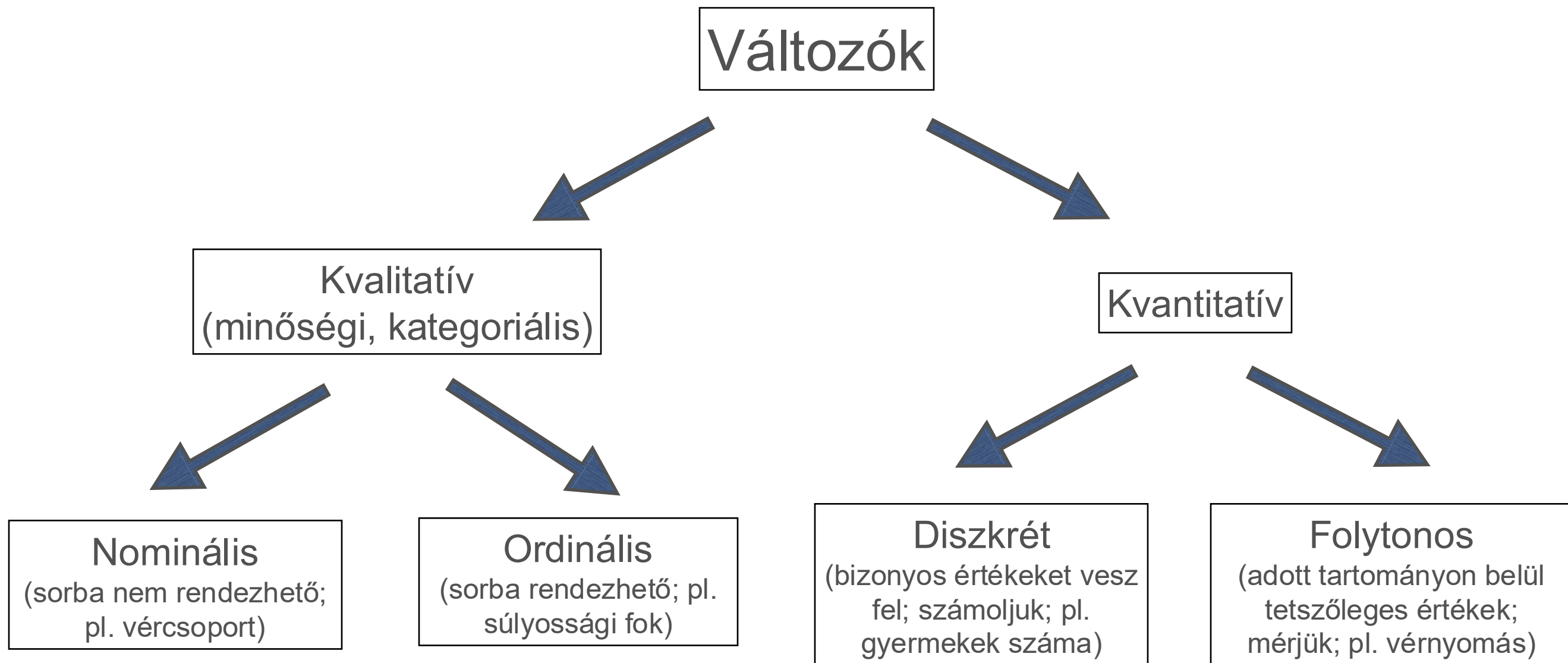
Orvosi tevékenység döntések sorozata

A természettudós és a gondolkodó orvos logikája hasonló:



A döntésekhez **adatok** veszünk figyelembe:
adatgyűjtés, értékelés, differenciálás

Az adatok valószínűségi változók értékei



A változó értékeiben véletlen ingadozás figyelhető meg.

Az adatok különleges csoportja a testből származó jelek

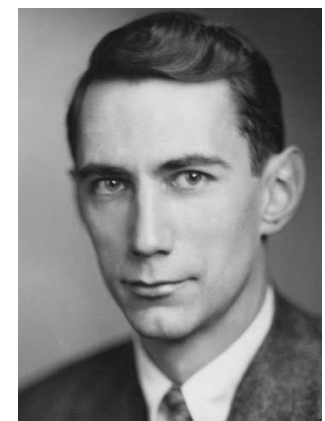
Jel: olyan (fizikai) mennyiség, amely **információt** hordoz, továbbít vagy tárol

Információ: az a jelentés, ami hírt hordoz; olyan új ismeret, ami a bizonytalanságot (határozatlanságot) csökkenti.

Statisztikailag független esemény (pl. jel) **információtartalma:**

$$I(p) = \log_2 \left(\frac{1}{p} \right) = -\log_2(p)$$

p : adott jel (esemény) bekövetkezési valószínűsége
 $I(p)$ mértékegysége: **bit** vagy **sh** (shannon)

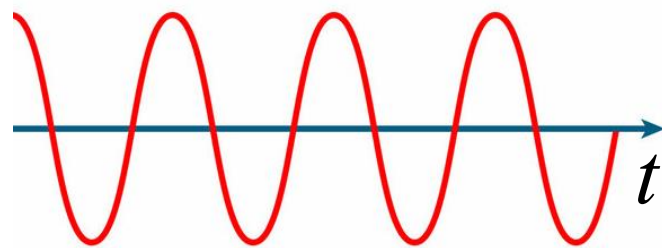


Claude Shannon
(1916-2001)

Jelek osztályozása

statikus	dinamikus (időben változó)
periodikus (kvázi periodikus)	nem-periodikus (aperiodikus)
véletlenszerű (sztochasztikus)	determinisztikus
impulzusszerű	folytonos
elektromos	nem elektromos
analóg	digitális

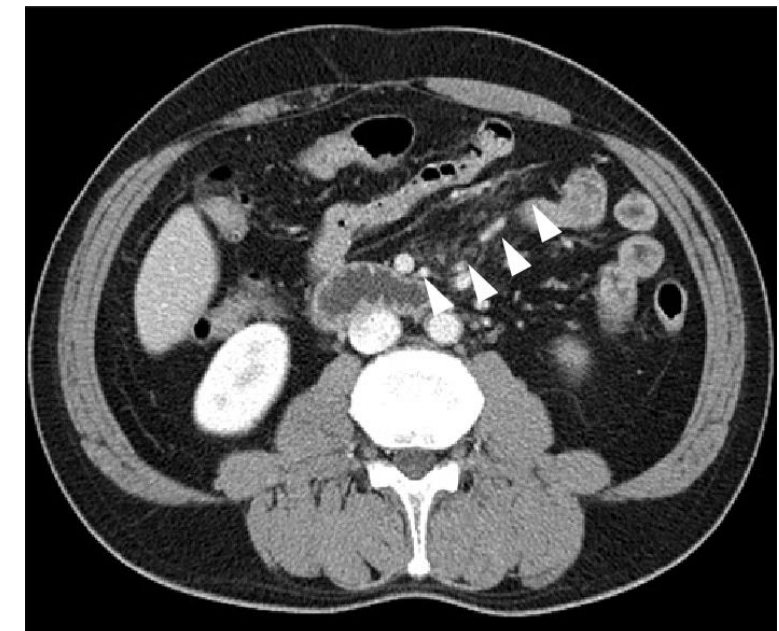
periodikus, folytonos



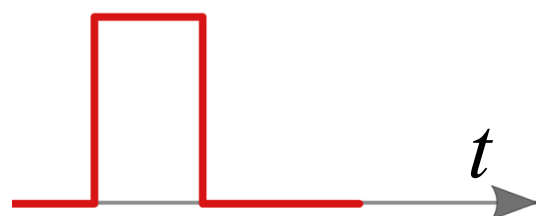
kvázi periodikus



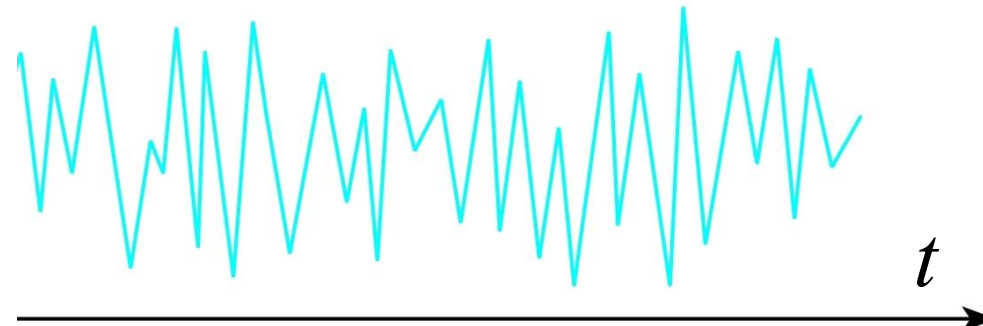
térben változó jel: kép



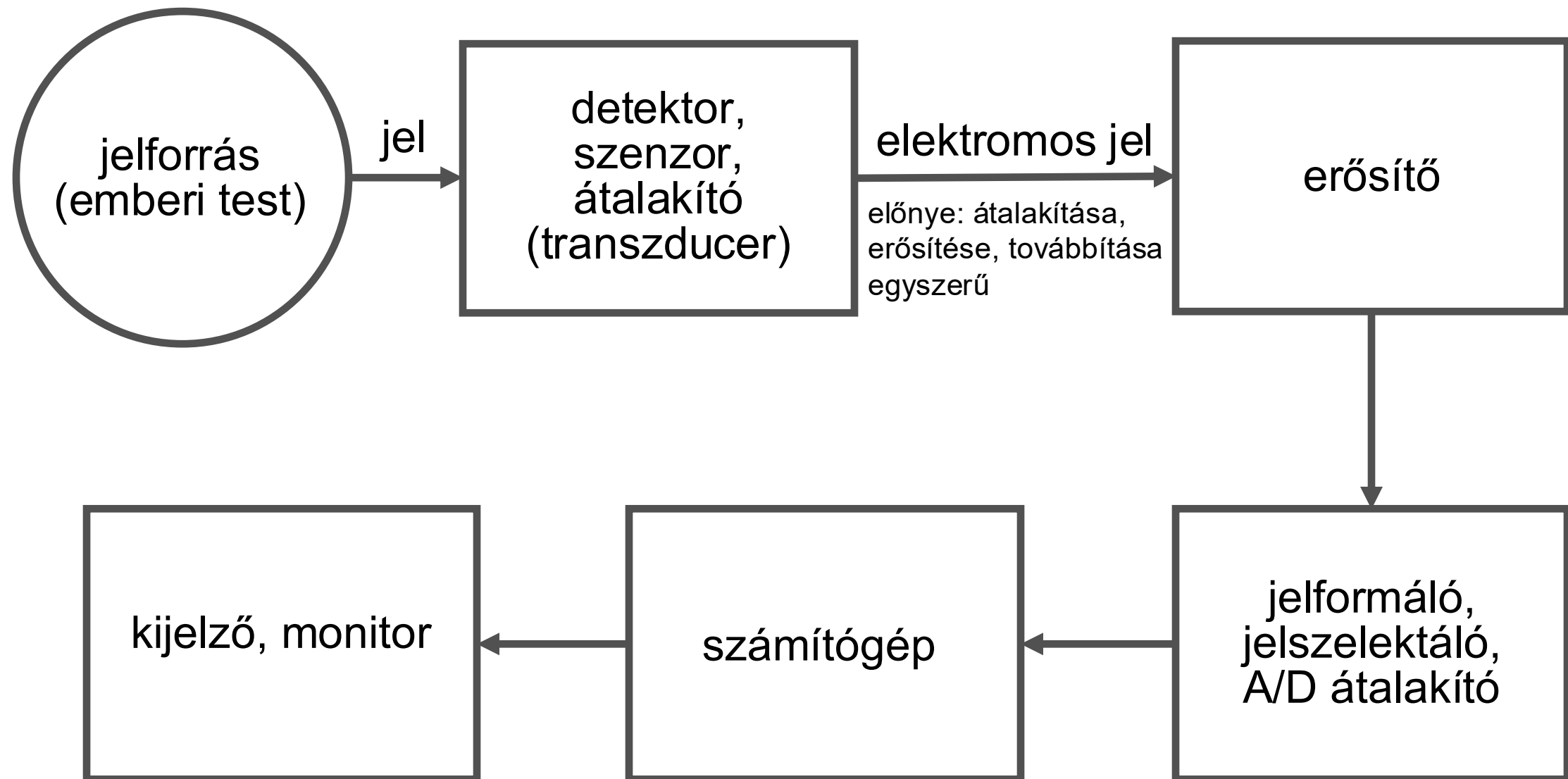
impulzus



sztochasztikus



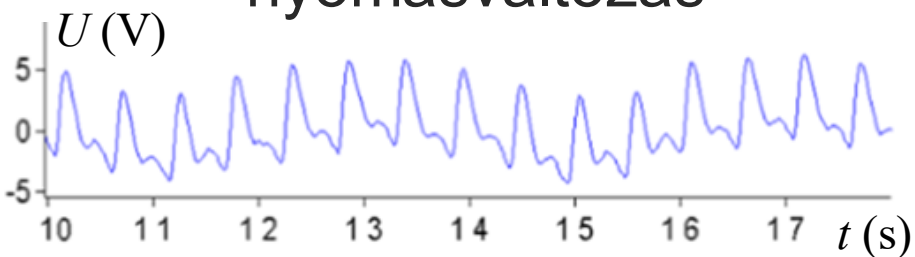
A jelfeldolgozás folyamata



Zaj (haszontalan „jel”) változó mértékben a folyamat minden lépésénél jelentkezhet.

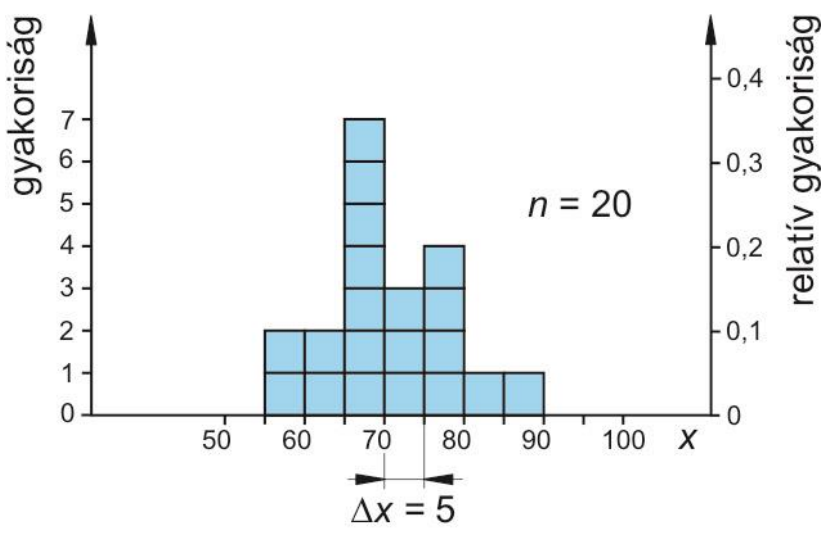
Jelek leírása, összehasonlítása

Jel: pulzushullám, időfüggő arteriális nyomásváltozás

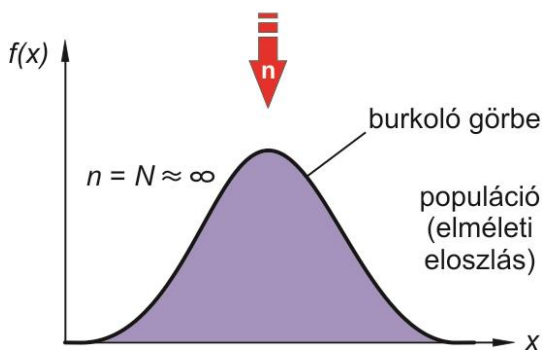
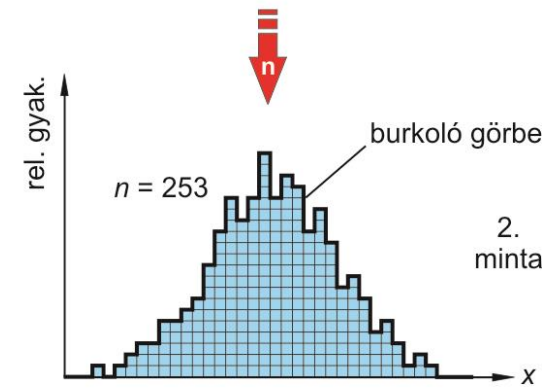
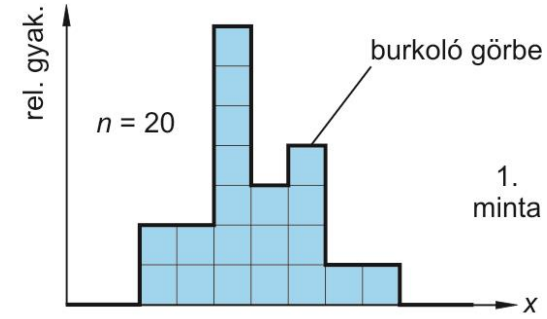


Adat: frekvencia, pulzusszám (bpm)

Hisztogram: osztályokba rendezett gyakoriság/relatív gyakoriság



(gyakoriság eloszlás, sűrűségfüggvény)



A minta-elemszám (n) növelésével az elméleti sokaság (populáció) tulajdonságait közelítjük.

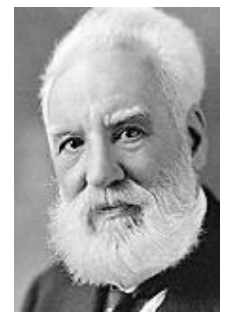
- Fontos paraméterek:
- középérték
 - szórás

Jelnagyság összehasonlítása: **bel** skála

$$n = \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ B} = \lg \frac{J_2}{J_1} \text{ B} = \lg \frac{E_2}{E_1} \text{ B}$$

teljesítmény intenzitás energia

decibel skála $n = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB}$

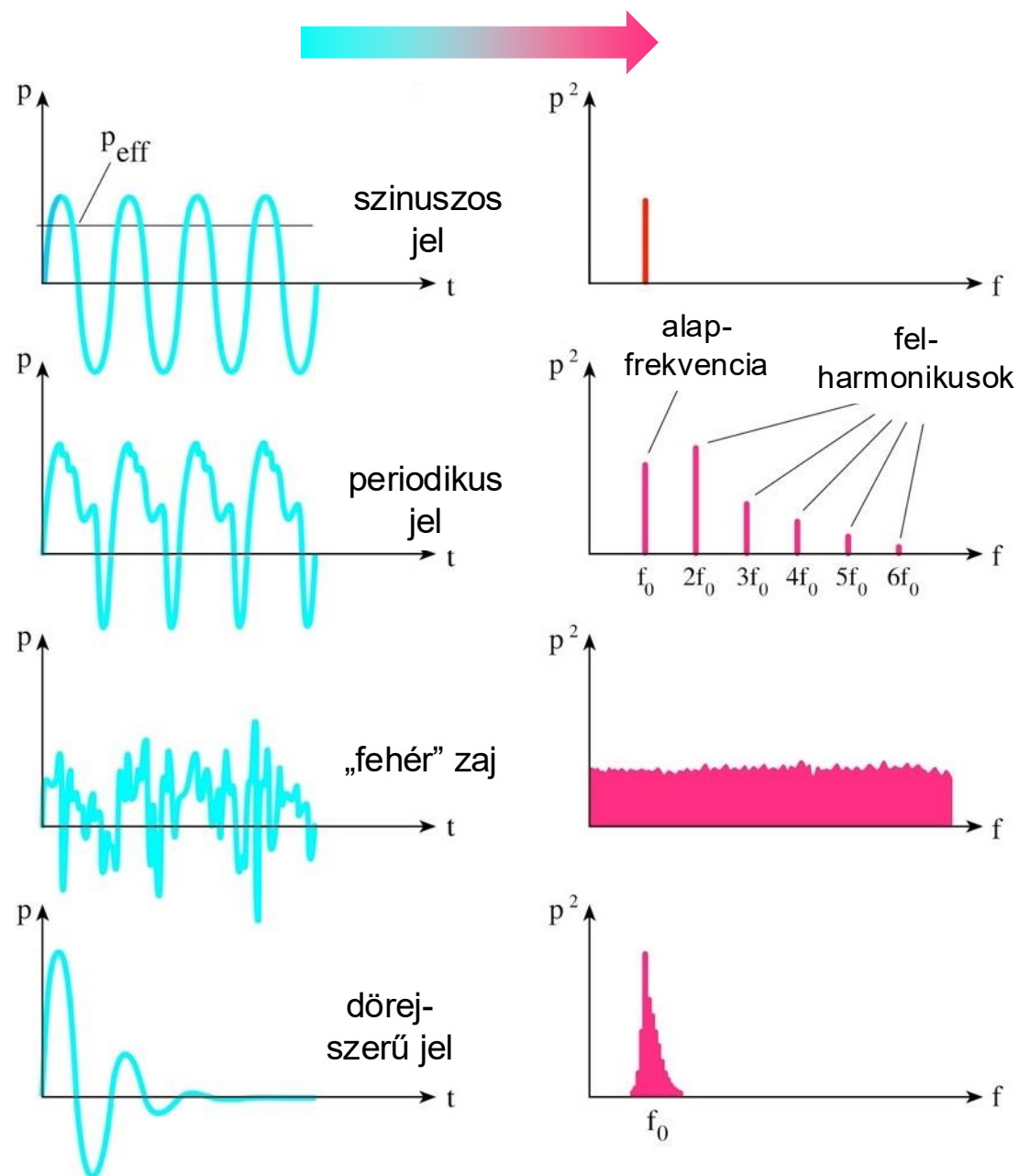


Alexander Graham Bell (1847-1922)

Jelek frekvencia analízise

Fourier-tétel: bármely jel felbontható sinus és cosinus függvények összegére (periodikus jel esetén alap frekvencia + felharmonikusok)

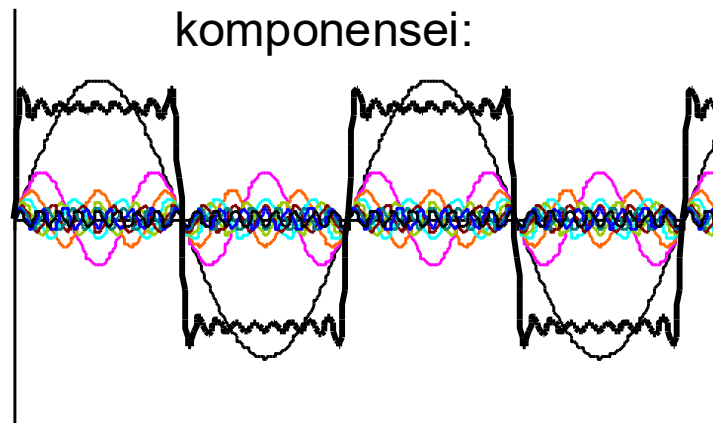
Fourier analízis



Fourier analízis folyamata:

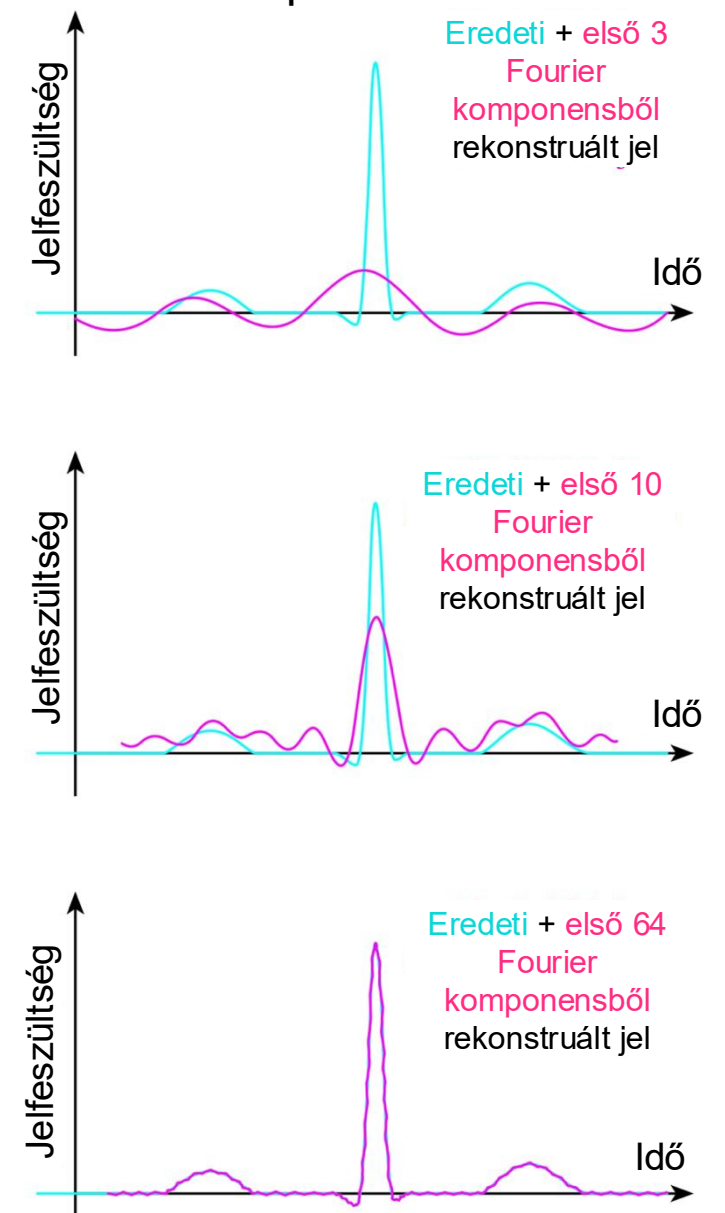


Négyszögjel és Fourier komponensei:

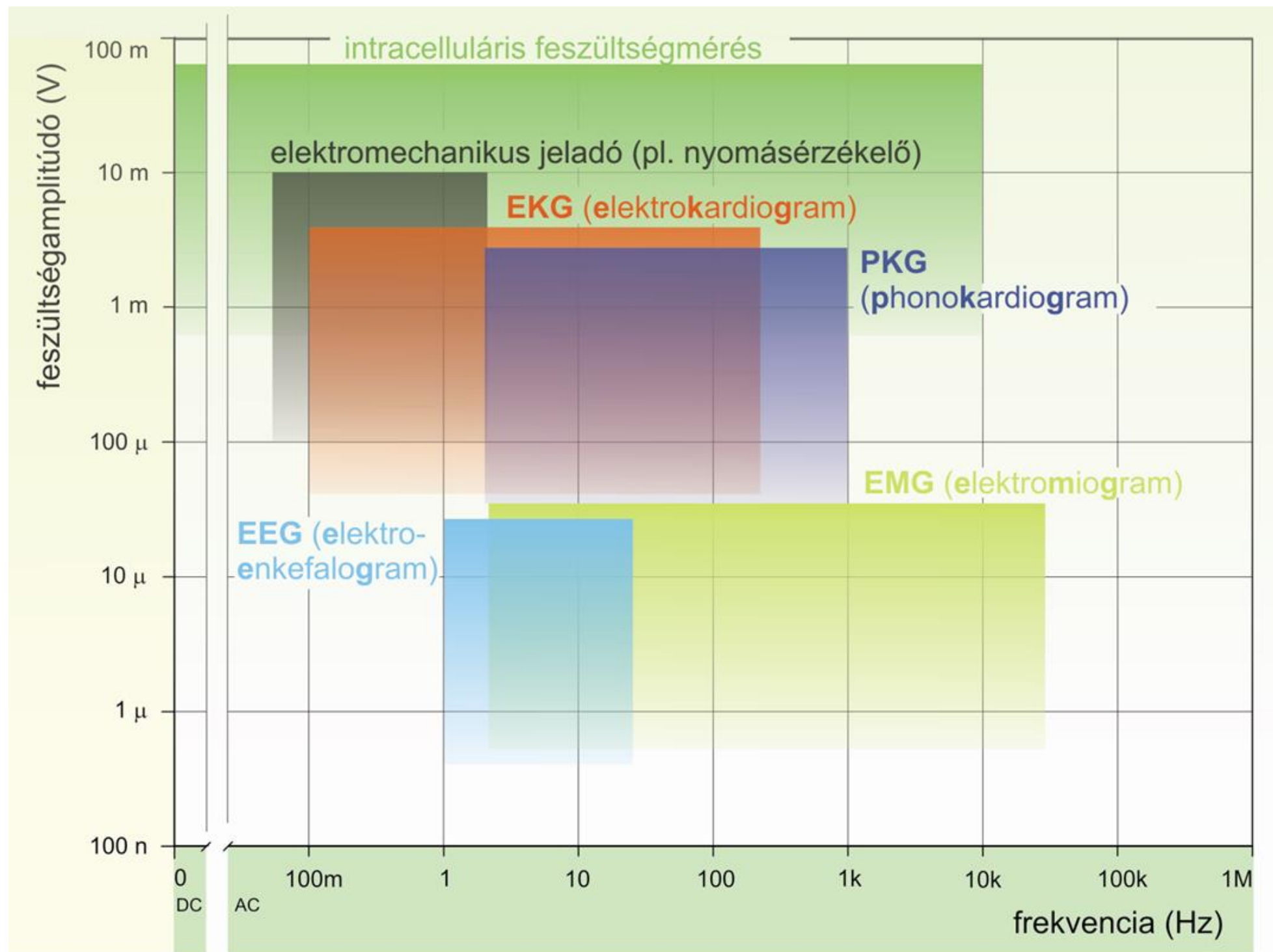


Fourier szintézis

EKG jel előállítása Fourier komponensekből

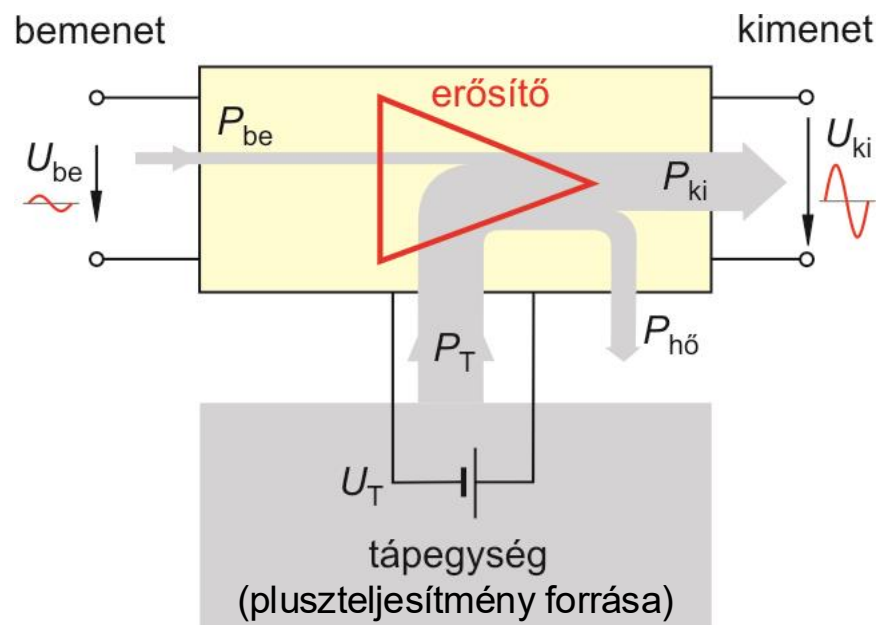


Orvosilag fontos jelek frekvencia és amplitúdó viszonyai



Jelerősítés

Erősítő: a bemenő jel teljesítményét megnöveli



Az erősítés jellemzői

Feszültségerősítés

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

Teljesítményerősítés

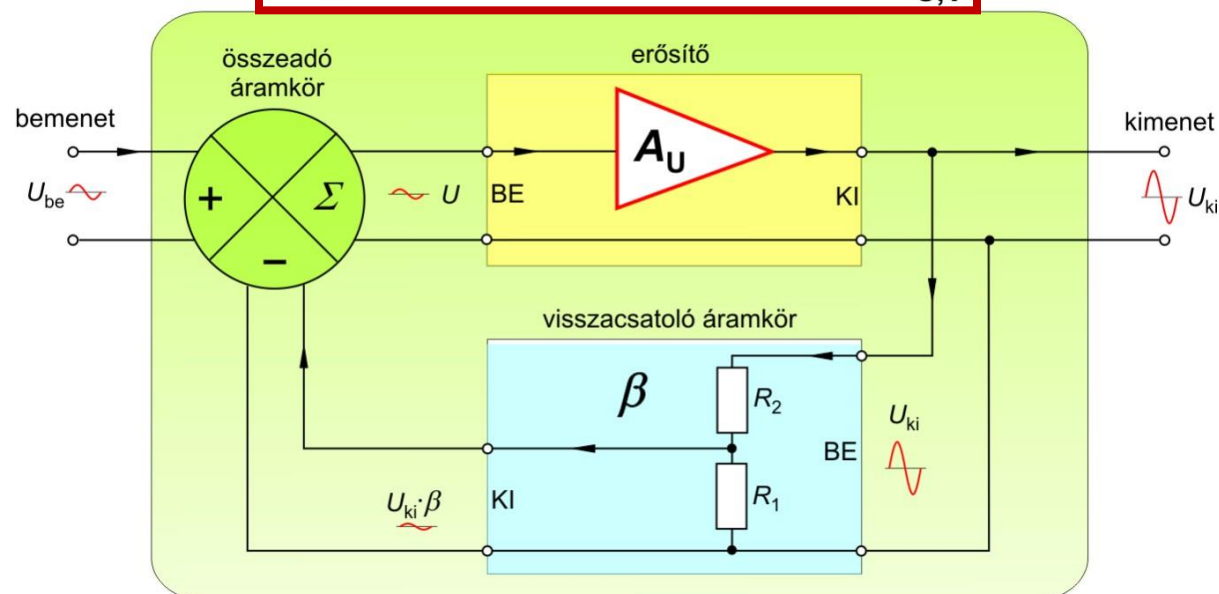
$$A_P = \frac{P_{ki}}{P_{be}}$$

Erősítésszint

$$n = 10 \lg A_P = 20 \lg A_U$$

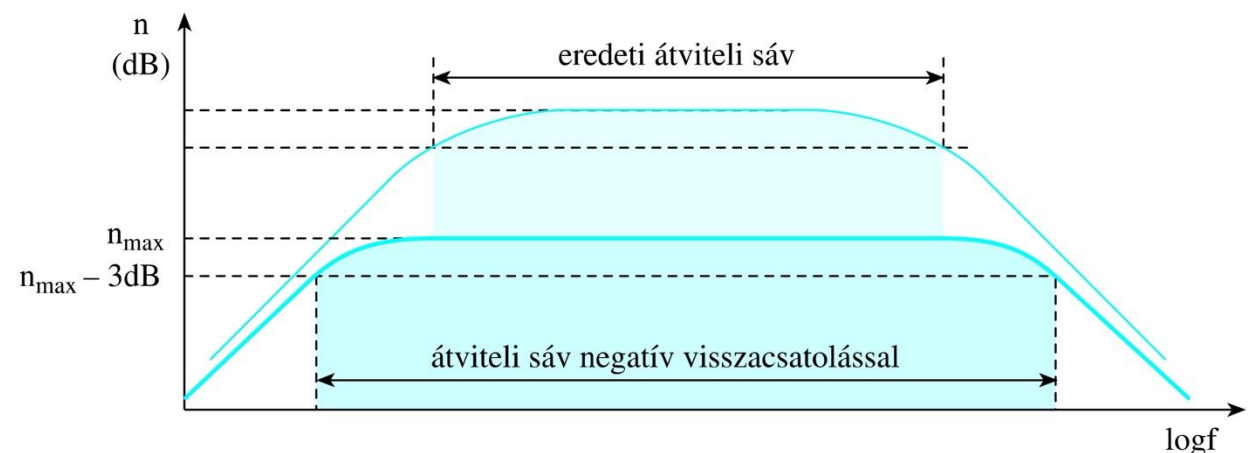
Erősítő szempontjai: erősítés, torzítás, frekvencia-átviteli sáv

negatíván visszacsatolt erősítő $A_{U,V}$



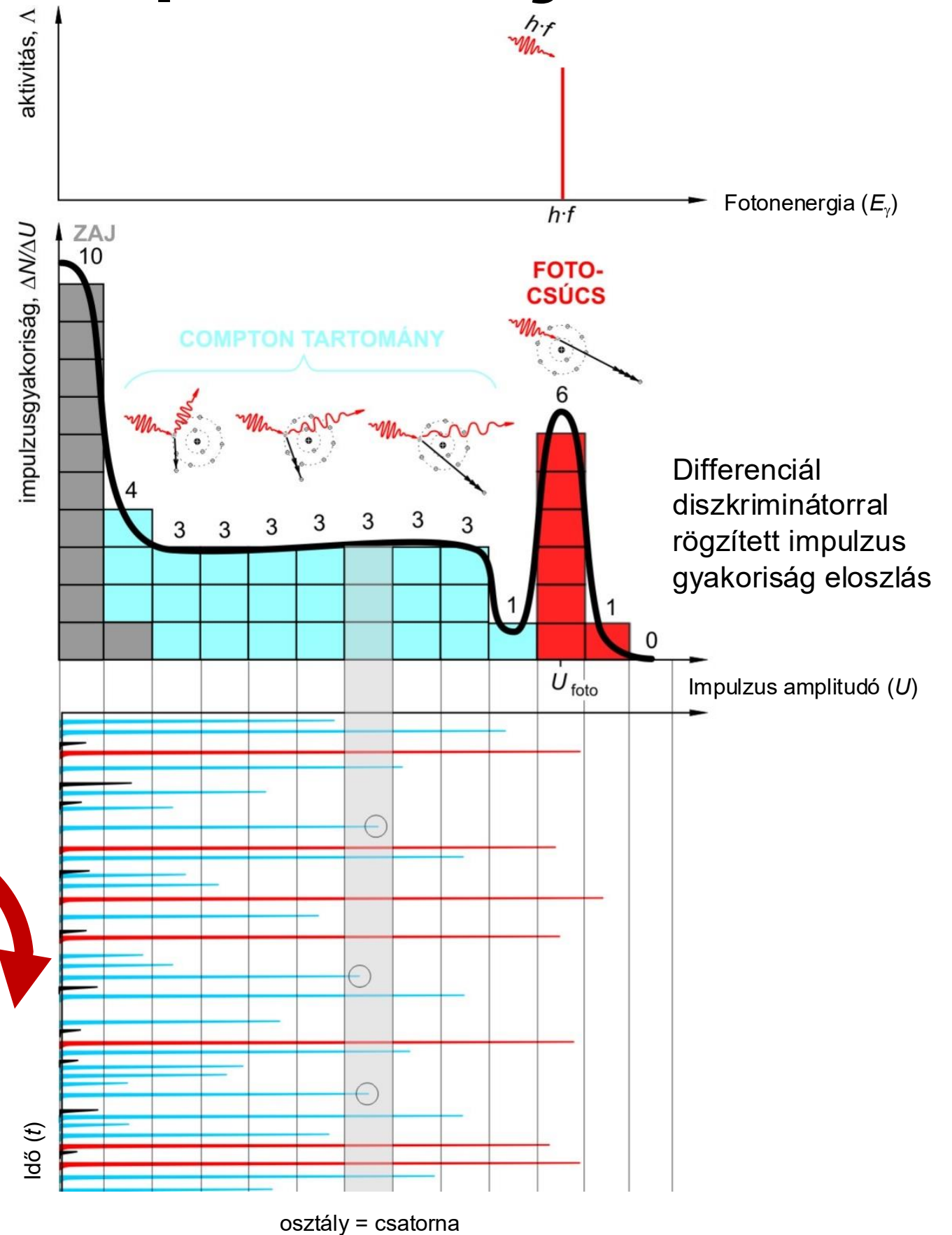
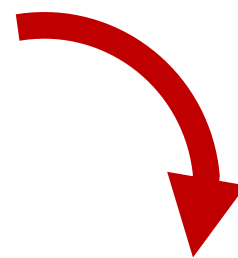
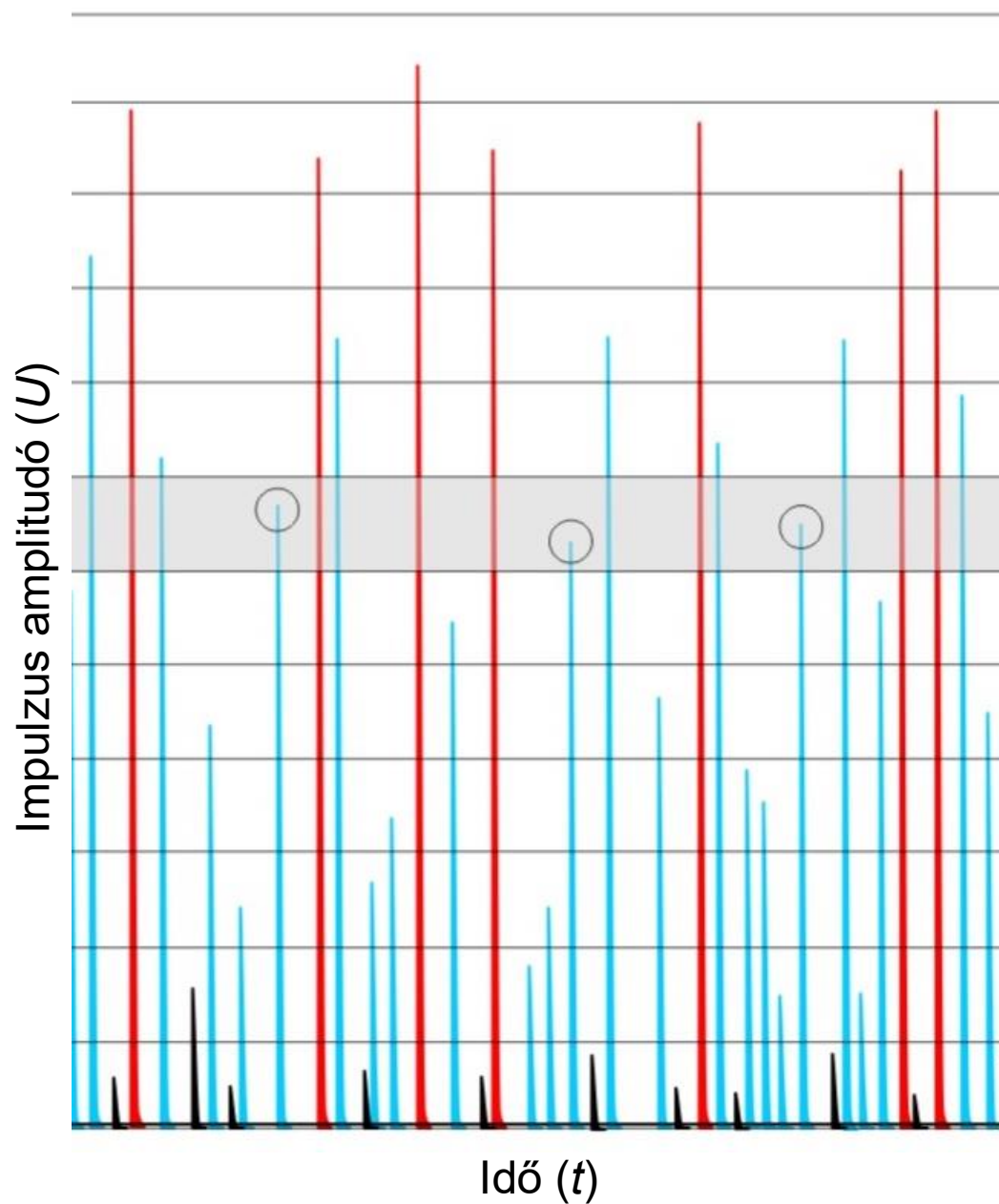
Feszültségerősítés

$$A_{U,V} = \frac{A_U}{1 + \beta A_U}$$



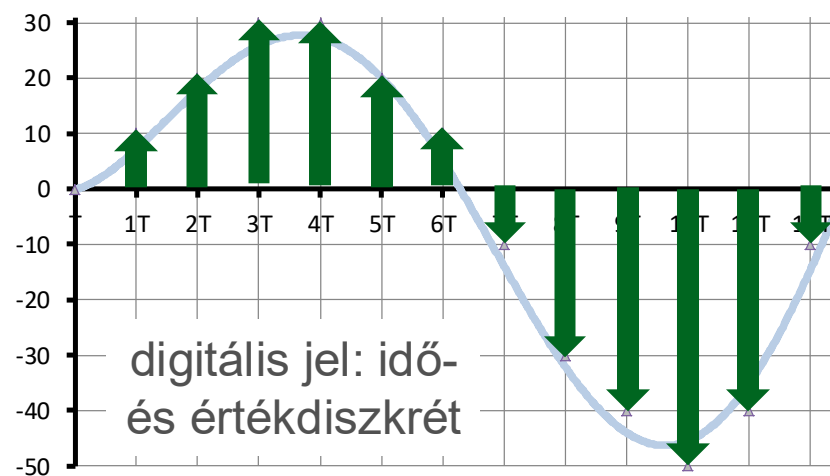
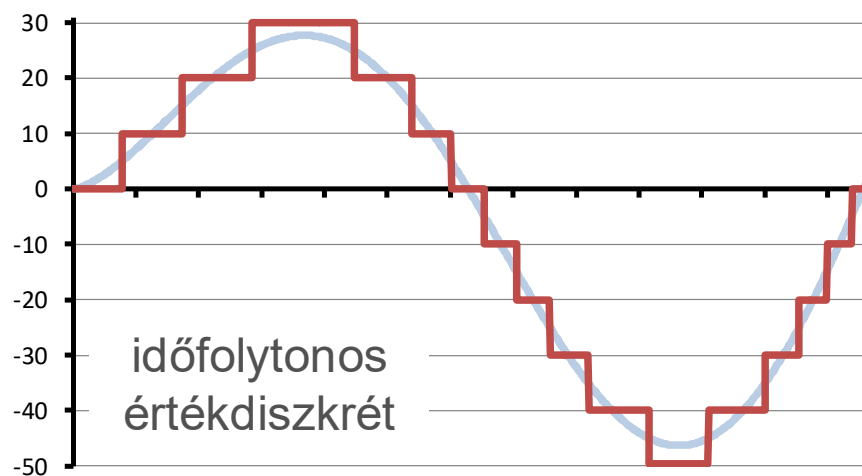
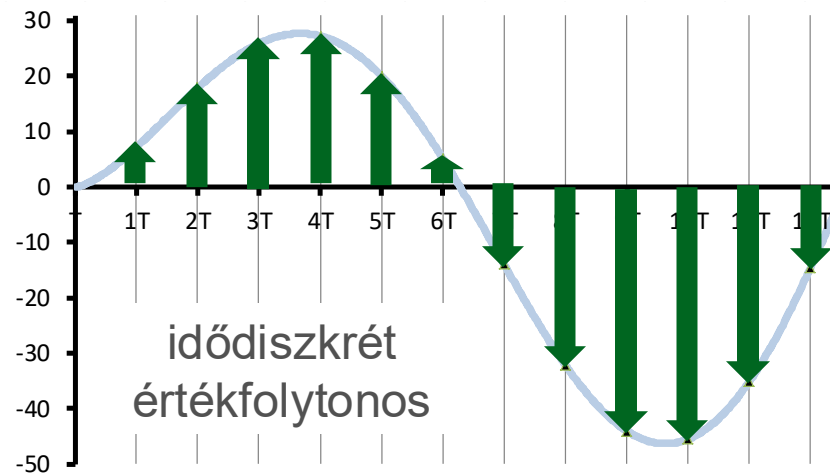
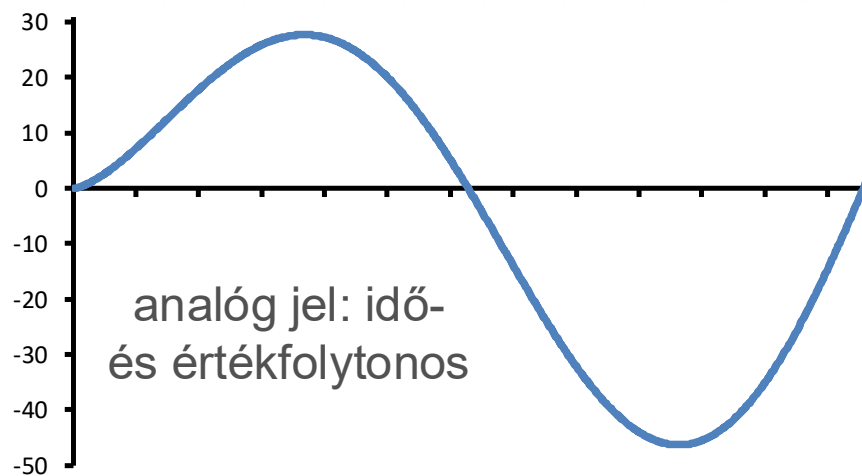
Jelanalízis - impulzusjelek

Differenciál diszkriminátor (DD)

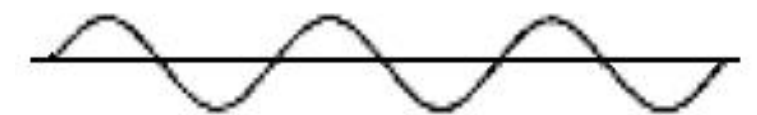


Jelek digitalizálása

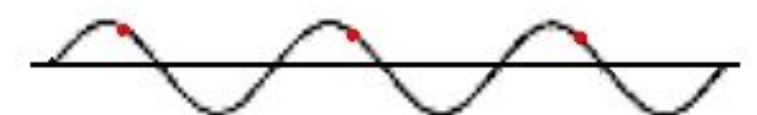
Digitális jel előnyei: egyszerű tárolás és továbbítás, zaj szerepe csökkenthető



Digitalizálás problémája:



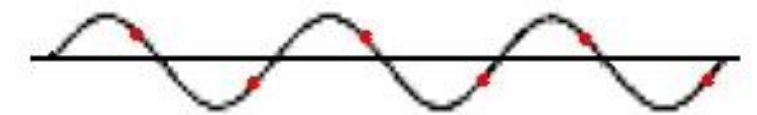
legmagasabb frekvenciájú szinusz komponens



$f_{\text{minta}} = f_{\text{max}}$, rekonstruált jel: konstans



$f_{\text{minta}} = 1,5 f_{\text{max}}$, rekonstruált jel frekvenciája helytelen



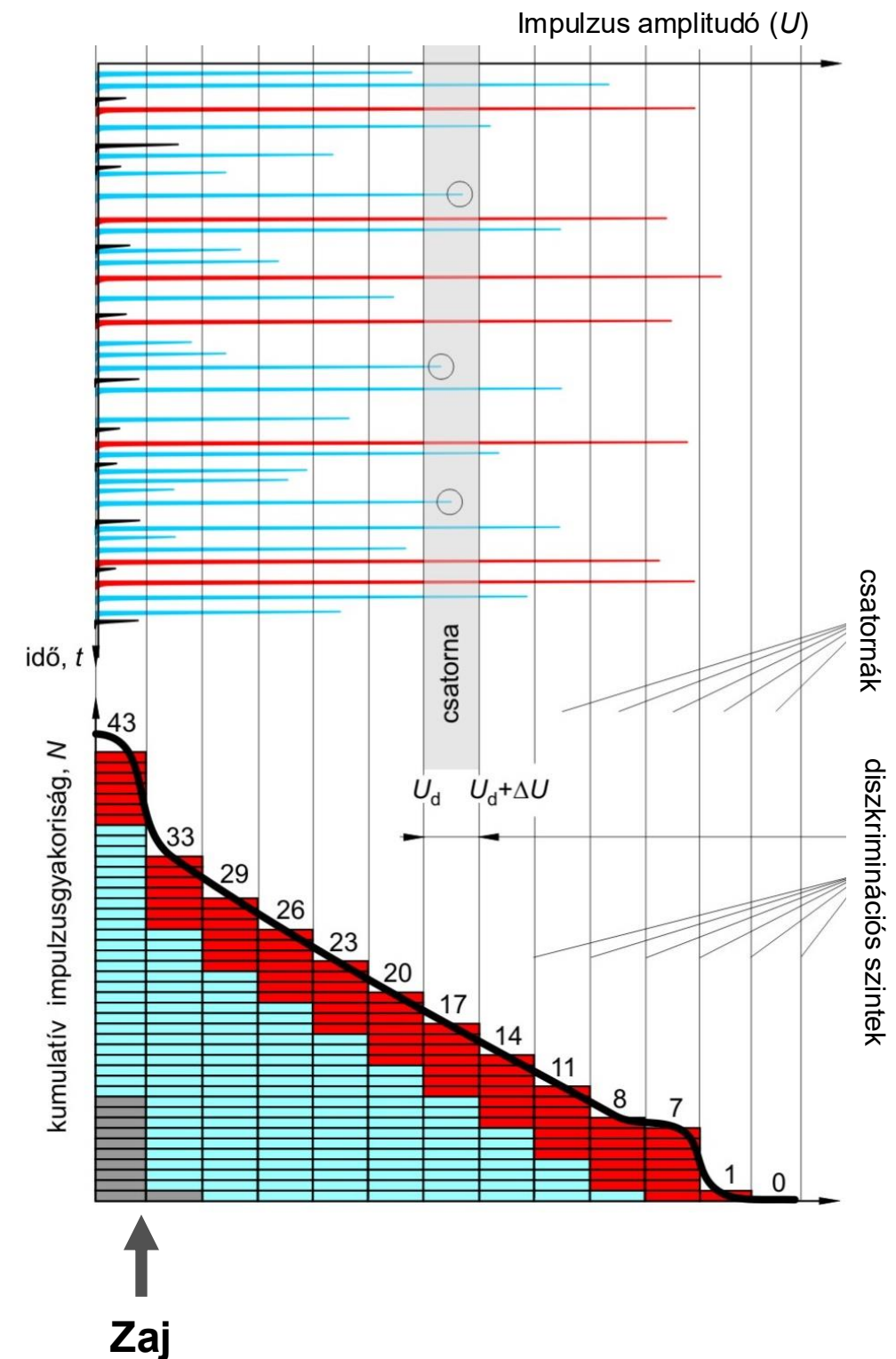
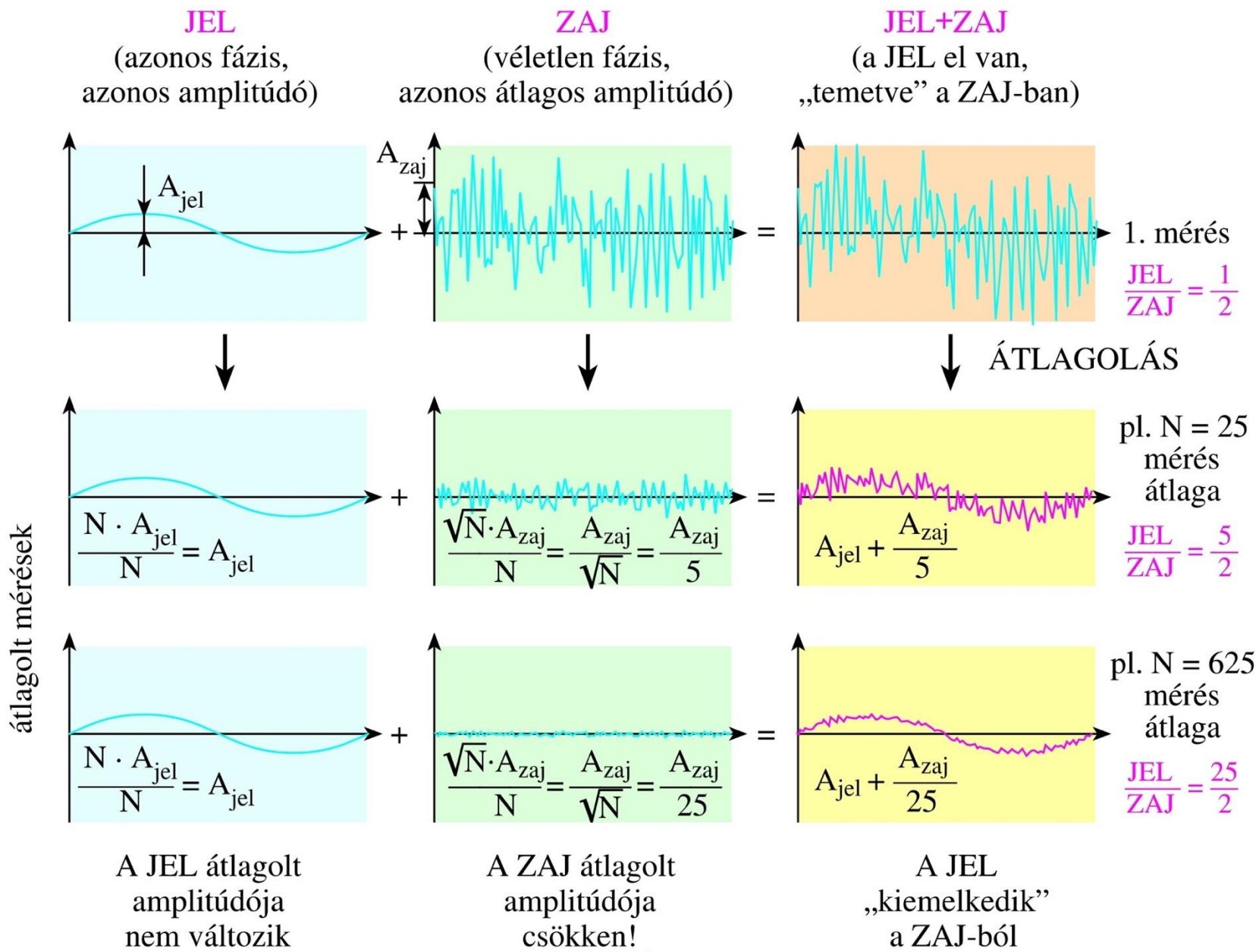
$f_{\text{minta}} = 2 f_{\text{max}}$, rekonstruált jel frekvenciája helyes

Shannon-Nyquist-tétel: a minimális mintavételezési frekvencia legalább kétszer akora kell legyen, mint a jelben előforduló maximális frekvencia.

Zajcsökkentés I.

Átlagolás

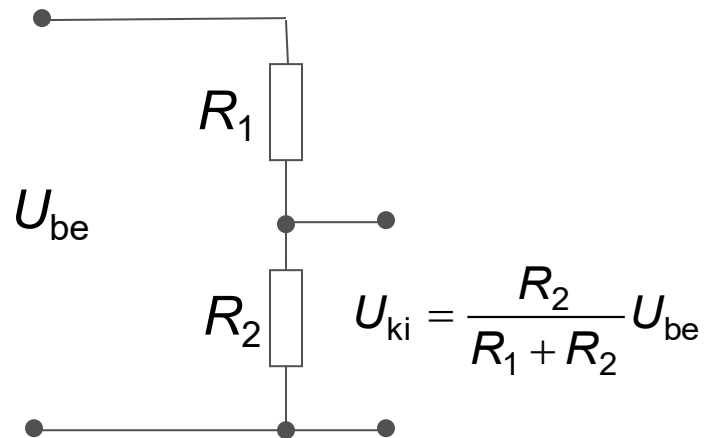
Integráldiszkriminátor



Zajcsökkentés II.

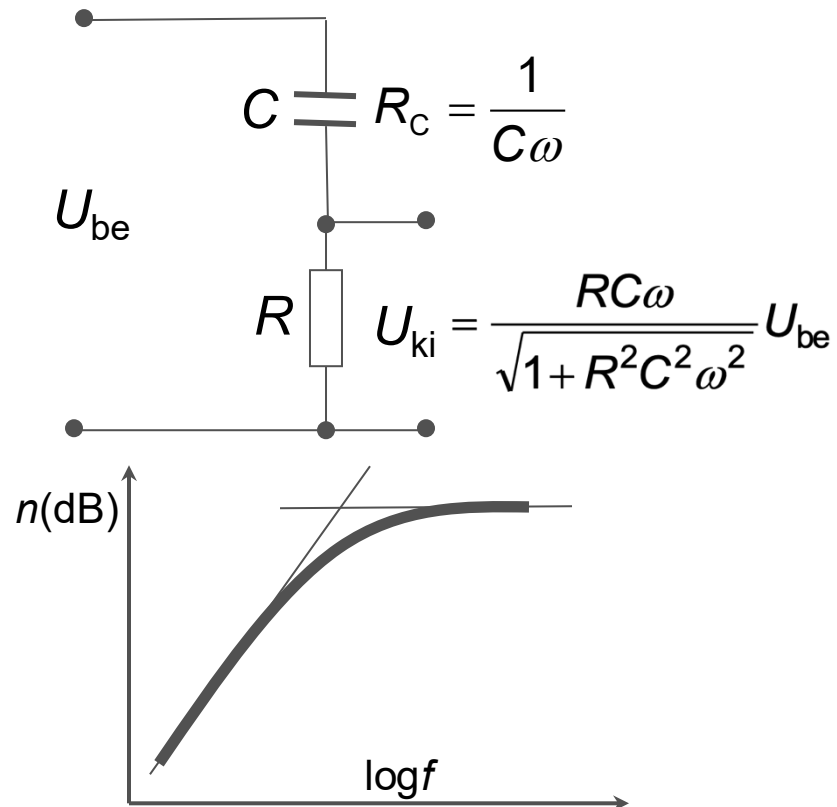
Frekvenciaszelektív jelátvitel/erősítés

Feszültségosztó

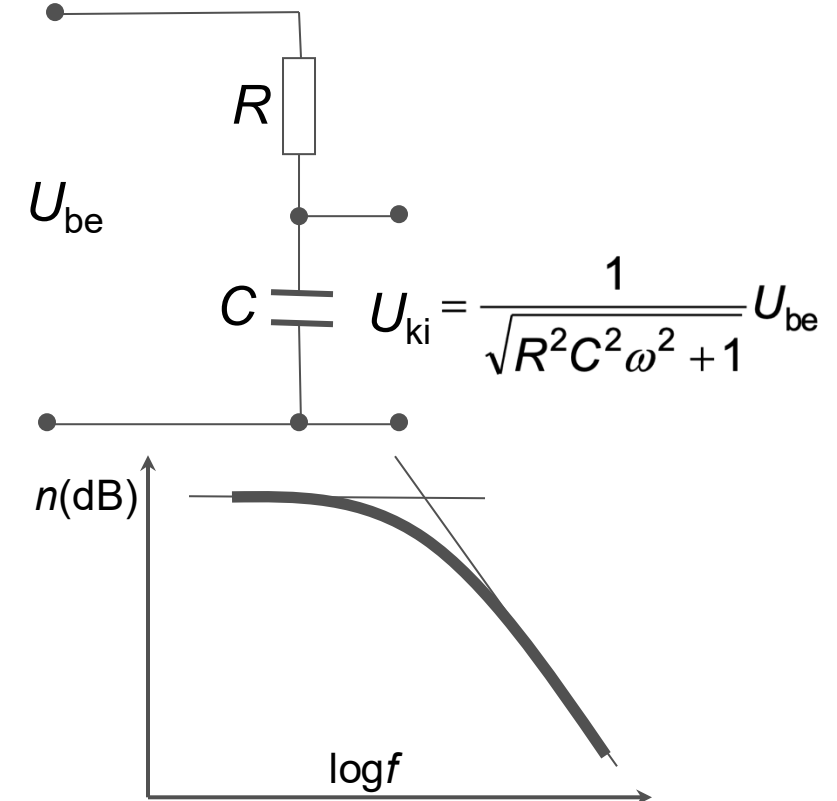


Torzításmentes,
frekvenciafüggetlen
jelátvitel

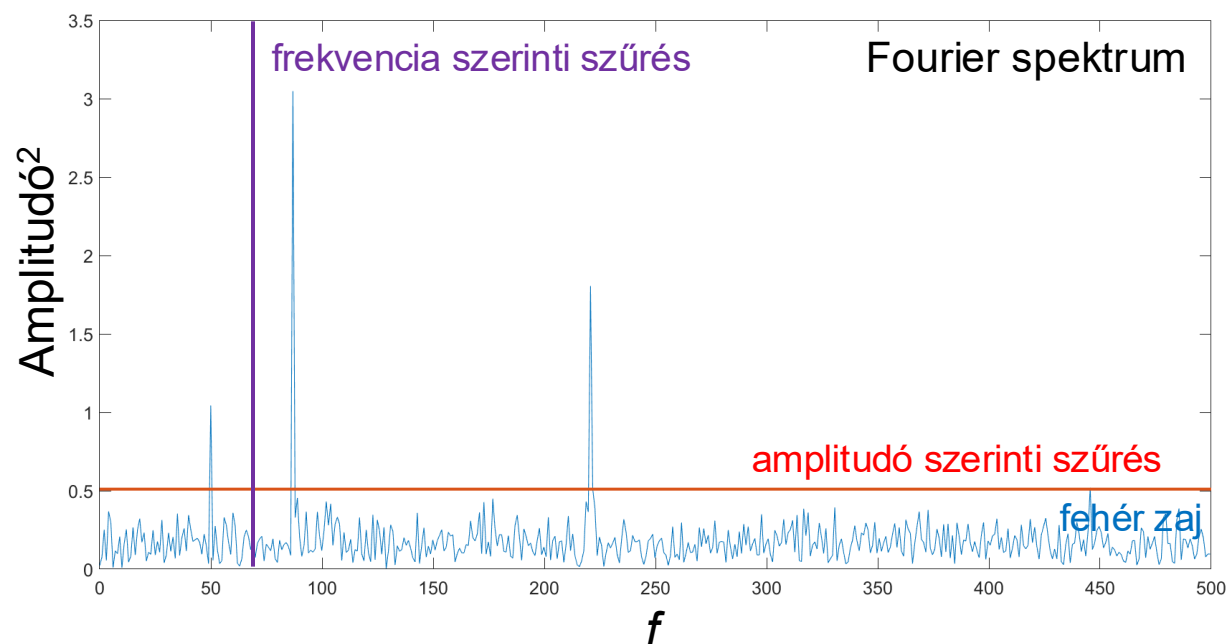
Felüláteresztő szűrő (high-pass filter)



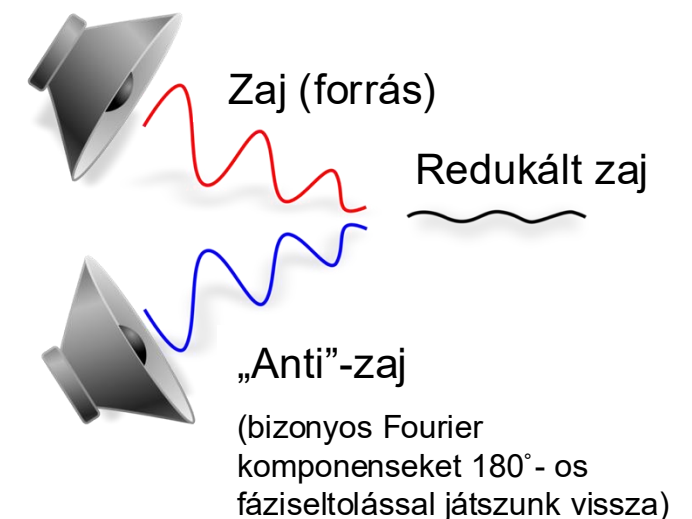
Aluláteresztő szűrő (low-pass filter)



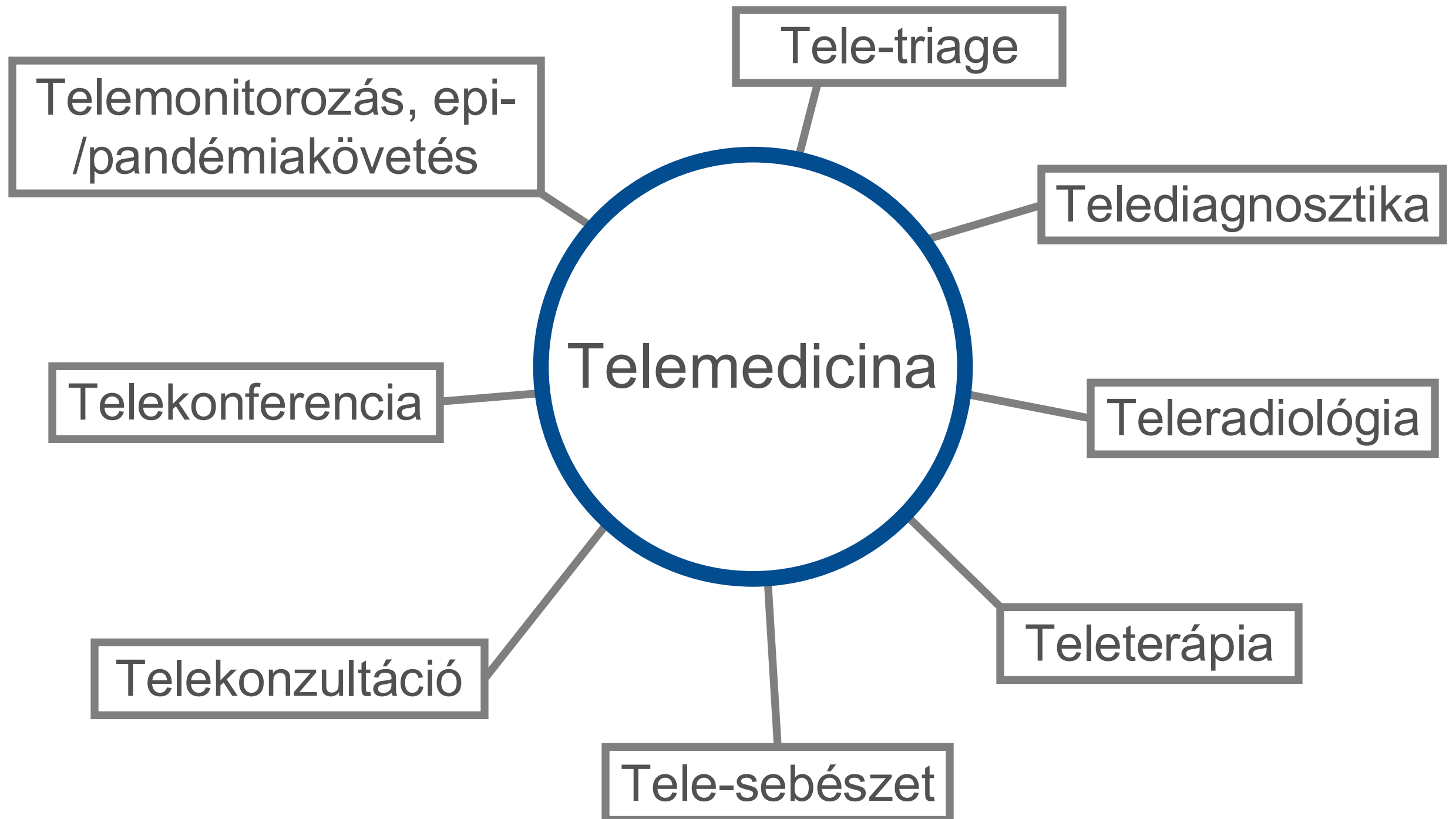
Fourier analízis alapú zajszűrés



Aktív zajszűrés



Orvosi jelek felhőalapú tárolása, továbbítása: telemedicina



OMHV



<https://feedback.semmelweis.hu/feedback/index.php?feedback-qr=85EP8CY26M27MEPO>