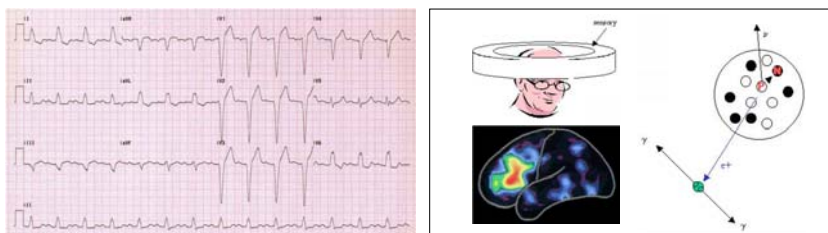




Kis orvosi jelfeldolgozás



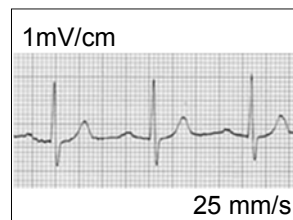
KAD 2015.12.10

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

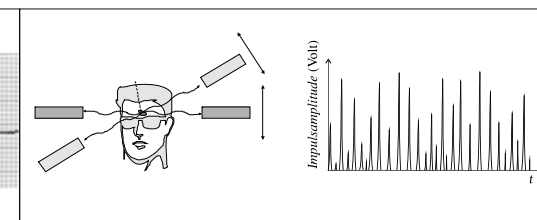
pl. (1)
elektromos feszültség, amely
a szív-/izom-/agyműködés
következtében
a test vagy a koponya felszínén
mérhető (EKG/EMG/EEG)

pl. (2)
izotópdiaosztikában a
gamma kvantumok
detektálása

(1)



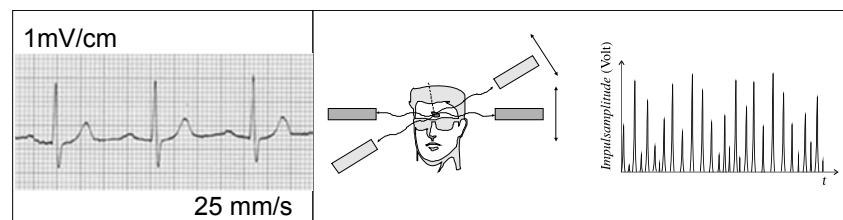
(2)



2

A jelek osztályozási lehetőségei

statikus	–	(időben) változó
periodikus	–	nem-periodikus
véletlenszerű	–	determinisztikus
impulzusszerű	–	folytonos
elektromos	–	nem elektromos
analóg	–	digitális



3

kitüntetett szerepben

elektromos jelek

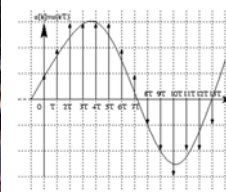
a nem elektromos jeleket
átalakítjuk elektromos jellé

az **elektromos** jelek előnyei:
átalakítás, erősítés,
jeltovábbítás egyszerű

digitális jelek

az analóg jeleket
digitalizáljuk

a **digitális** jelek előnyei:
a tárolás egyszerű, a zaj
tervezhető és szerepe
csökkenthető



4

menyiség és egység, ami a jelek nagyságának összehasonlítására szolgál:

jelszint vagy Bel-szám (v. Decibel-szám): n (A. Bell után)

n egysége: Bel (B) vagy decibel (dB)

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

a teljesítmények (intenzitások, energiák) hányadosának tízes alapú logaritmus

5

v.ö. **radián** (ívmérték)

$$\Theta = \frac{\text{ív hossz}}{\text{sugár}}$$

$$[\Theta] = \frac{\text{m}}{\text{m}} = \text{rad} = 1$$



v.ö. **pH** (power of Hydrogen)

$$\text{pH} = -\lg \frac{[\text{H}^+]}{1\text{M}}$$

$$\text{zB.: } [\text{H}^+] = 10^{-7}\text{M}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = -\lg 10^{-7} = -1 \cdot (-7) = 7$$

a bel szám helyett a **decibel-szám** használatos

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

$$(10\text{d} = 1)$$

6

a **jellemző** mennyiség: **teljesítmény** (v. intenzitás/energia),
technikai mennyiség: (elektromos) **feszültség**

összefüggés a teljesítmény és a feszültség között:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} \quad (\text{Ohm: } U = R \cdot I)$$

jelszint a feszültségekkel:

$$n = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{\frac{U_2^2}{R_2}}{\frac{U_1^2}{R_1}} \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{U_2^2}{U_1^2} \text{ dB} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1} \text{ dB}$$

7

$$\frac{P_2}{P_1} = 2 \Leftrightarrow 10 \lg 2 \text{ dB} =$$

$$= 10 \cdot 0,3 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow -3 \text{ dB}$$

v.ö. felezési idő/rétegv.

$$\frac{P_2}{P_1} = 10 \Leftrightarrow 10 \cdot \lg 10 \text{ dB} =$$

$$= 10 \cdot 1 \text{ dB} = 10 \text{ dB}$$

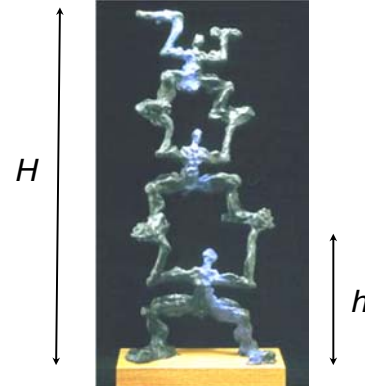
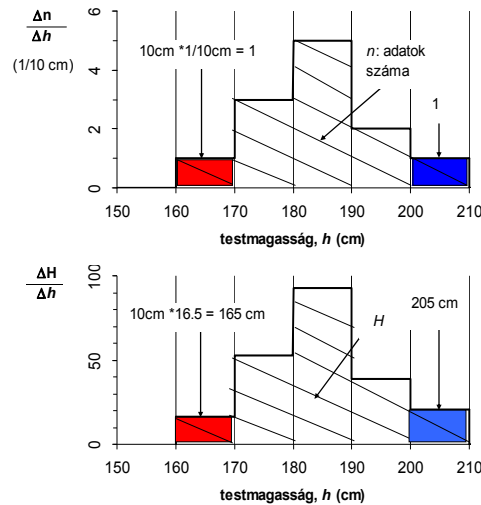
$$\frac{P_2}{P_1} = 100 \Leftrightarrow 10 \lg 100 \text{ dB} =$$

$$= 10 \cdot 2 \text{ dB} = 20 \text{ dB}$$

U_2/U_1	P_2/P_1	dB
1,414	2	3
2	4	6
	8	9
3,16	10	10
	20	13
10	100	20
	$1000=10^3$	30
$100=10^2$	$10000=10^4$	40
$1000=10^3$	10^6	60

8

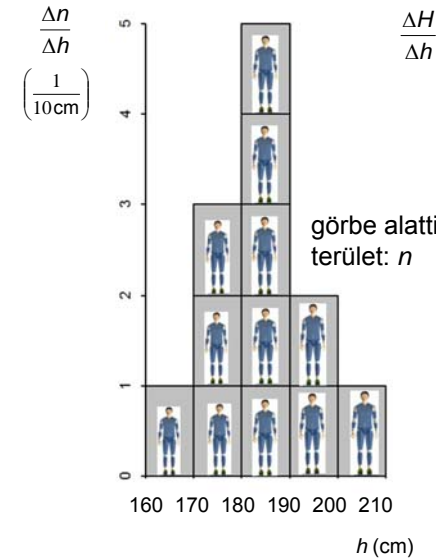
Gyakorisági eloszlás sűrűségfüggvény



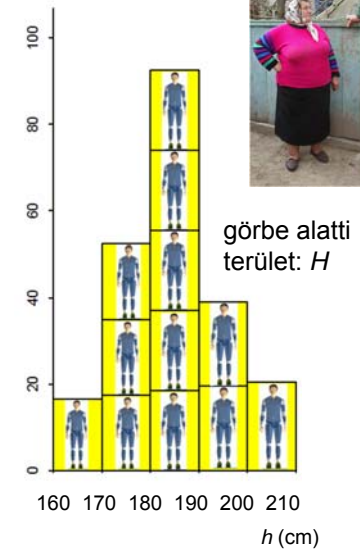
Spektrum, mint speciális gyakorisági eloszlás

9

Sűrűségfüggvény



Spektrum



10

Fourier-tétel periodikus függvényekre (jelekre)

minden (jól viselkedő) periodikus függvény előállítható szinusz (és koszinusz) függvények összegeként az alap- és felharmonikusokból

periodikus függvény:
van periódusa, T



$\frac{1}{T} = f$, ahol f a frekvencia

az olyan szinuszfüggvény, amelynek frekvenciája megegyezik a jel frekvenciájával:

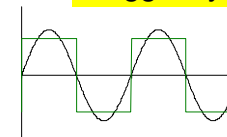
alapharmonikus (alapfrekvencia, alaprezgés)

$2f, 3f, 4f, \dots$: **felharmonikusok** (felhangok)

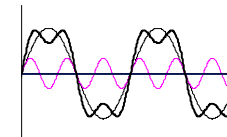
(vonalas spektrum)

11

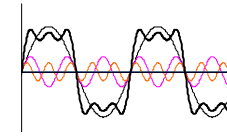
függvény



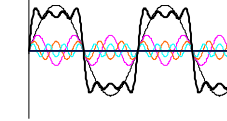
négyszögfv.
alapharmonikus



alapharm.+
3. felharm.

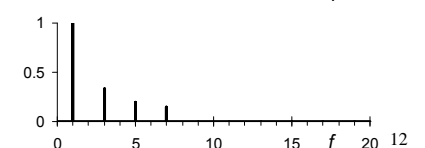
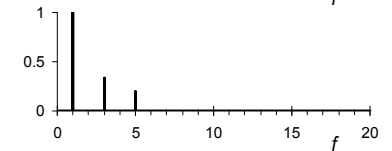
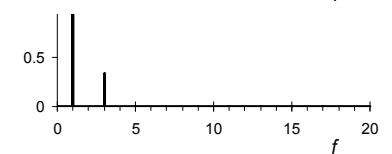
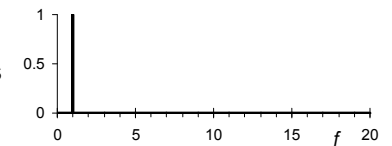


alapharm.+
3. felharm.+
5. felharm.



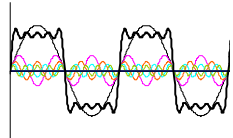
alapharm.+
3. felharm.+
5. felharm.+
7. felharm.

spektrum

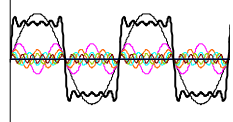


12

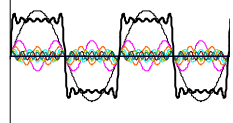
függvény



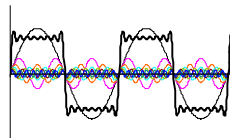
alapharm.+
3. felharm.+
+...+
9. felharm.



alapharm.+
3. felharm.+
+...+
11. felharm.

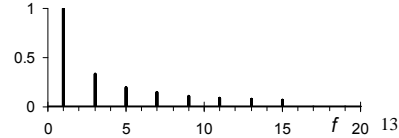
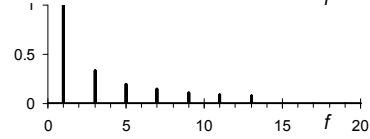
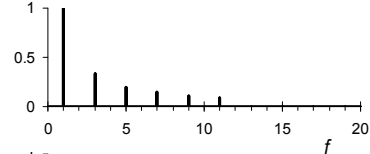
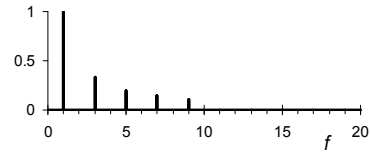


alapharm.+
3. felharm.+
+...+
13. felharm.

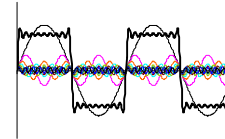


alapharm.+
3. felharm.+
+...+
15. felharm.

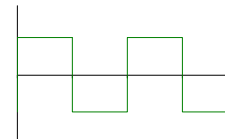
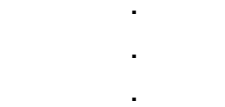
spektrum



függvény

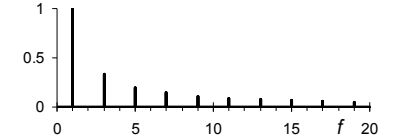
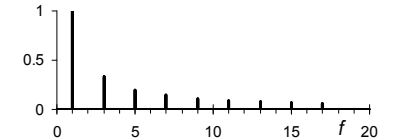


alapharm.+
3. felhang+
+...+
17. felhang



alapharm.+
3. felhang+
+...+
17. felhang+
+...

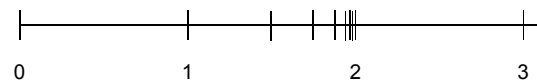
spektrum



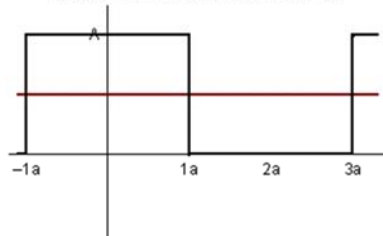
14

v.ö. függvény

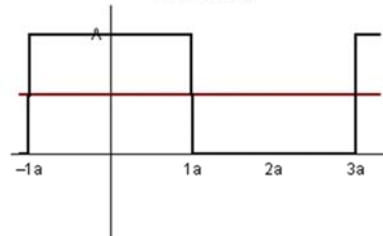
$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2^k} = \frac{1}{2^0} + \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots = 2$$



Einzelne Summanden bis zur Ordnung 0

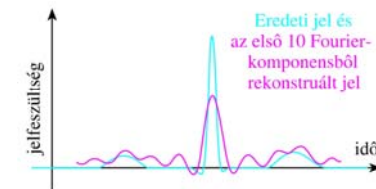
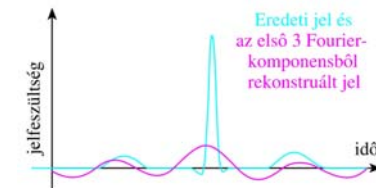


Überlagerung



15

EKG jel
előállítás
szinuszoszokból

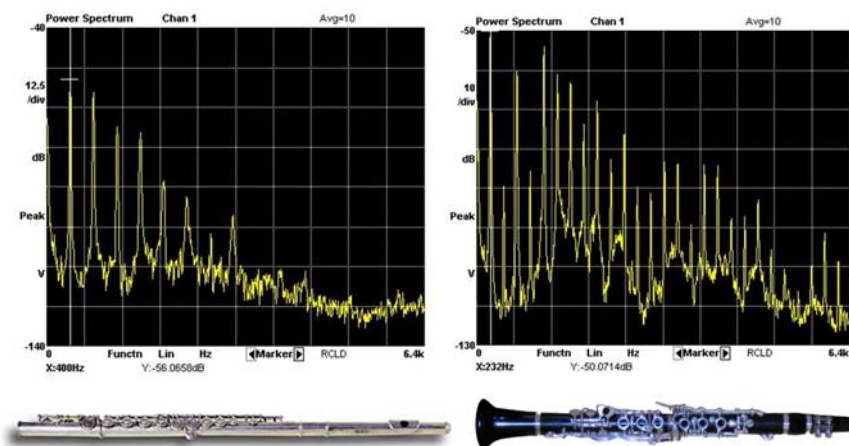


16

Az alap- és felharmonikusokat miért hívják alap- és felhangoknak?

fuvola

klarinét



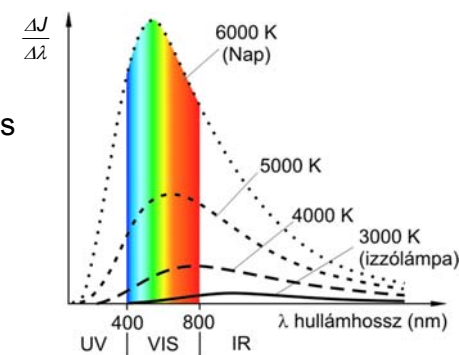
17

Fourier-tétel aperiodikus függvényekre (jelekre)

minden (jól viselkedő) függvény előállítható szinusz (és koszinusz) függvények összegeként.

A spektruma: folytonos.

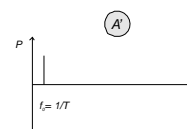
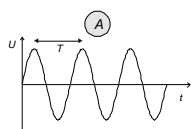
v.ö. emissziós
spektrumok



18

függvény

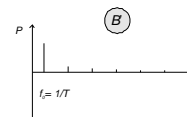
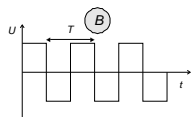
szinusz
függvény



spektrum

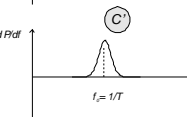
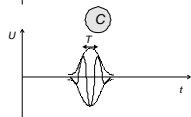
vonalas sp. (1 vonal)

periodikus
függvény



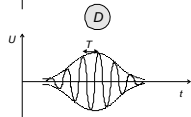
vonalas spektrum

egy pár
periódus



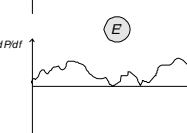
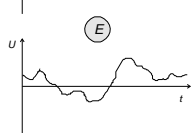
sávos spektrum

kicsit több
periódus



sávos spektrum

aperiodikus
függvény



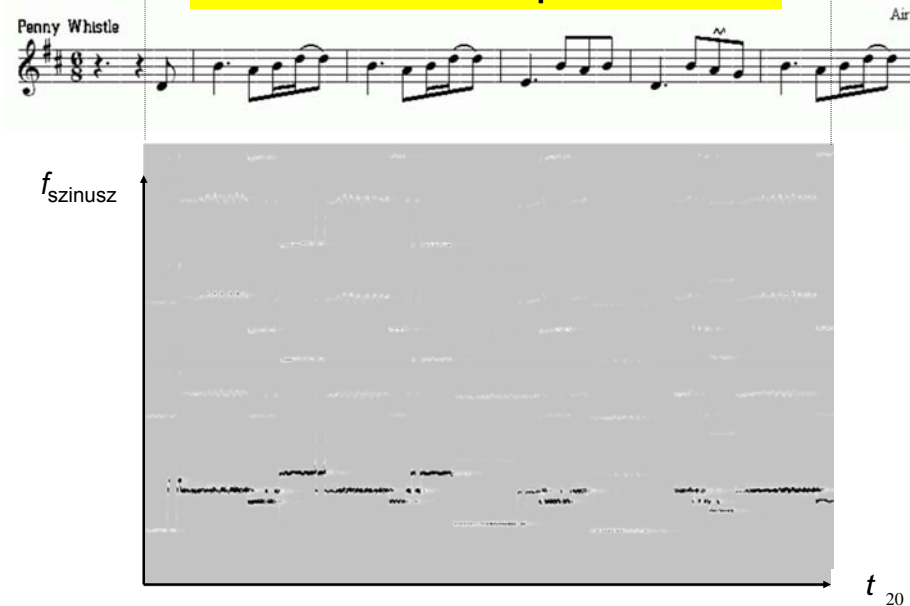
folytonos spektrum

19

Inisheer

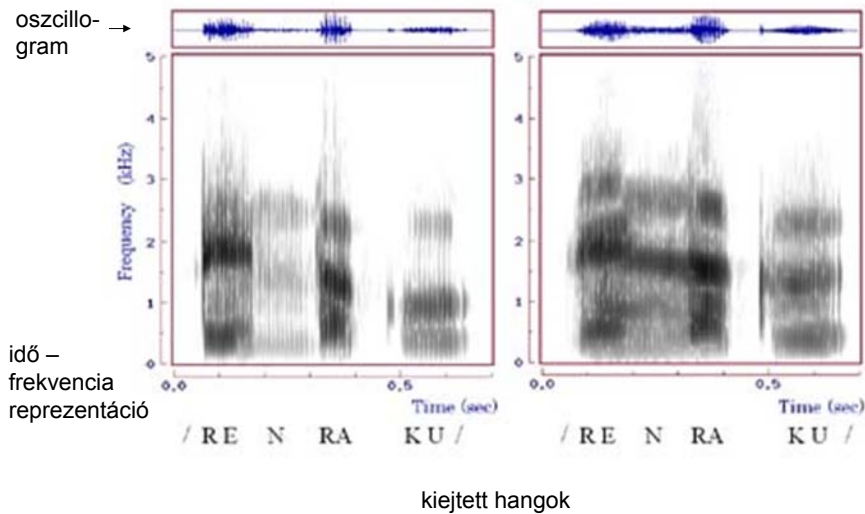
Zene idő-frekvencia reprezentációban

Traditional



20

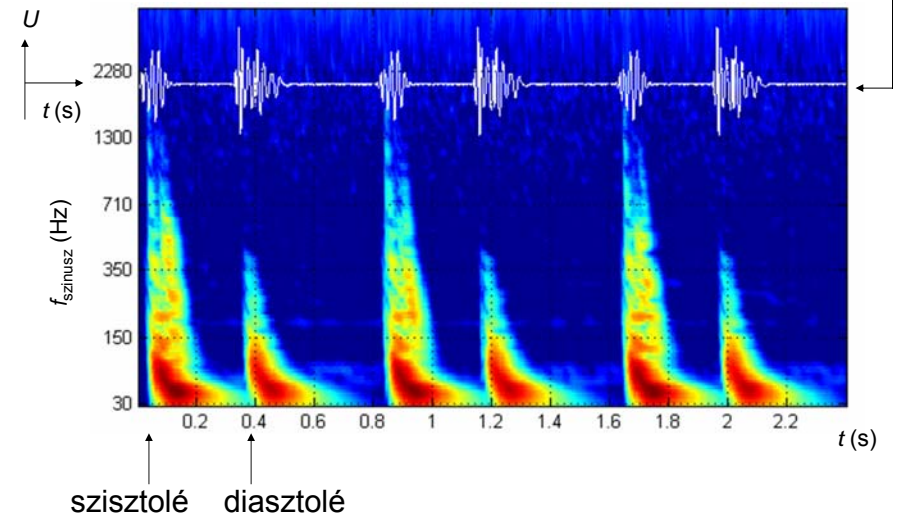
„Hanglenyomat” (voiceprint)



<http://www.nrips.go.jp/org/fourth/info3/index-e.html>

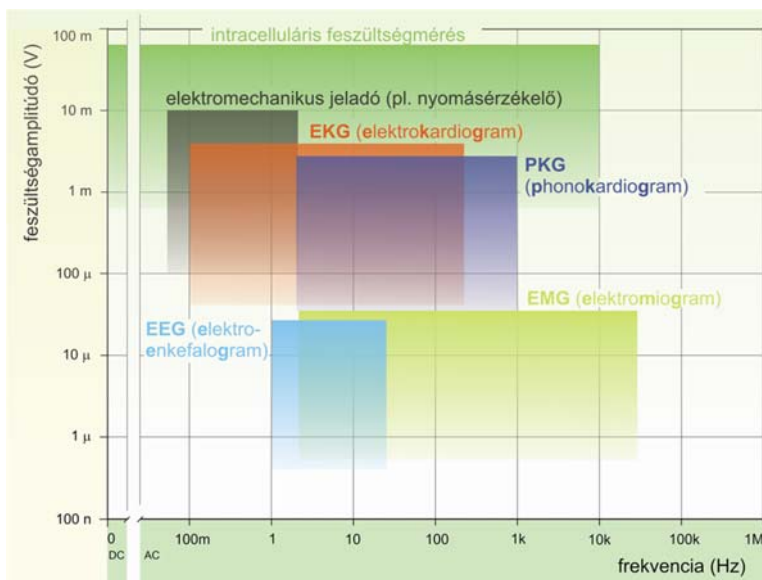
21

Szívhangok idő-frekvencia reprezentációban (+ oszcillogram)



22

Biológiai jelek frekvencia és amplitúdó viszonyai



Jegyzet 17. fejezet, címlap, v.ö. Orvosi biofizika tkv. VII.4.ábra

23

Pl. egy frekvenciafüggő egységre: Elektromos erősítő

$$(1) P_{be} < P_{ki}$$

$$(2) P_{be} \text{ és } P_{ki} : \text{azonos alakú függvények}$$

azonos: „fundamentalista” követelmény
hasonló: realista igény

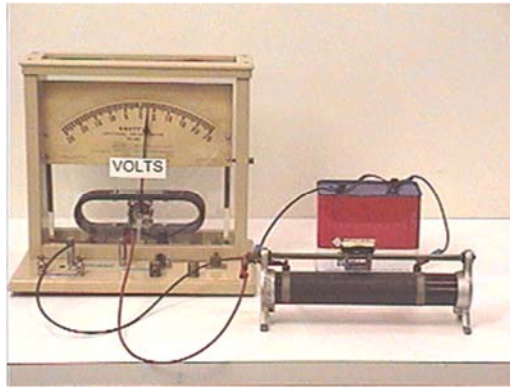
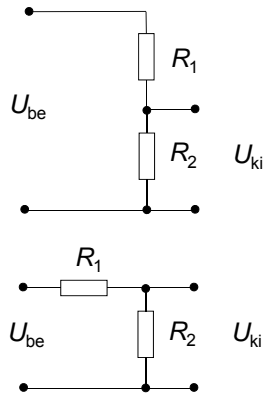
$$(1) + (2) \quad A_p \cdot P_{be}(t) \equiv P_{ki}(t), \text{ ahol } A_p > 1$$

$$A_p = \frac{P_{ki}}{P_{be}}, \quad \text{teljesítményerősítés(i tényező)}$$

$$A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}}, \quad \text{feszültségerősítés(i tényező)}$$

24

(frekvencia független) feszültség-osztó



$$U_{ki} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{be}$$

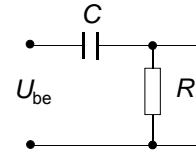
frekvenciafüggő feszültség-osztás: kondenzátorral

25

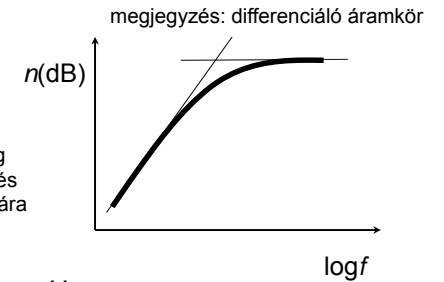
felüláteresztő/alulvágó szűrő (high-pass filter)

$$R_c = \frac{1}{C\omega}$$

a kapacitás nagy-frekvencián rövidzár



fáziskülönbség miatt összegzés vektorok módjára



$$U_{ki} = \frac{R}{\sqrt{\frac{1}{C^2\omega^2} + R^2}} U_{be} = \frac{RC\omega}{\sqrt{1 + R^2C^2\omega^2}} U_{be}$$

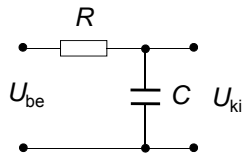
nagyon kis frekvencián: ha $\omega \ll \omega_0$ ($\omega \approx 0$), $U_{ki} = 0$

kis frekvencián: ha $\omega \ll \omega_0$, $U_{ki} = RC\omega U_{be}$ \leftrightarrow 6 dB/oktáv

nagy frekvencián: ha $\omega \approx \infty$, $U_{ki} = U_{be}$

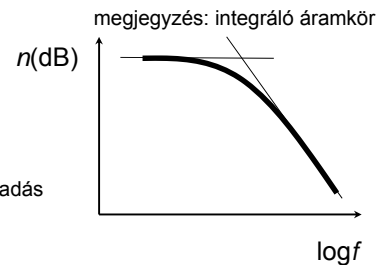
26

aluláteresztő/felülvágó szűrő (low-pass filter)



$$R_c = \frac{1}{C\omega}$$

a kapacitás kis-frekvencián szakadás



$$U_{ki} = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}} U_{be} = \frac{1}{\sqrt{R^2C^2\omega^2 + 1}} U_{be}$$

kis frekvencián: ha $\omega \ll \omega_0$ ($\omega \approx 0$), $U_{ki} = U_{be}$

nagy frekvencián: ha $\omega \gg \omega_0$, $U_{ki} = \frac{1}{RC\omega} U_{be}$ \leftrightarrow -6 dB/oktáv

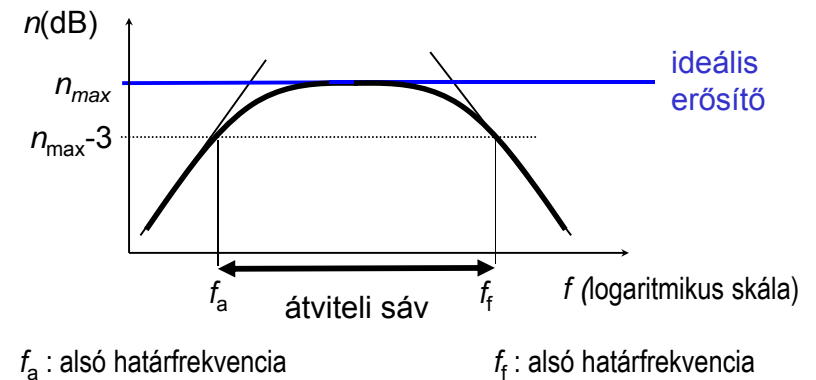
nagyon nagy frekvencián: ha $\omega \gg \omega_0$ ($\omega \approx \infty$), $U_{ki} = 0$

27

(1)-re: $A_p > 1$,

$$n = 10 \lg A_p = 20 \lg A_U > 0 \text{ dB}$$

(2)-re: **frekvencia karakterisztika**

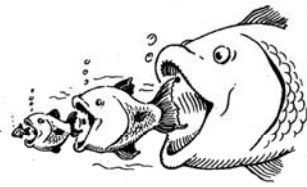
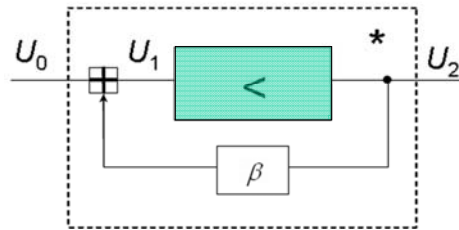


f_a : alsó határfrekvencia

f_f : alsó határfrekvencia

28

Visszacsatolt erősítő



Megfelelő rálátás nélkül esetleg nem ismerjük fel valódi helyzetünket.

$$(a) U_1 = U_0 + \beta U_2 \quad (b) A_U = \frac{U_2}{U_1}$$

$$(c) A_U^* = \frac{U_2}{U_0} = \frac{U_1 A_U}{U_0} = \frac{(U_0 + \beta U_2) A_U}{U_0} = A_U + \beta \frac{U_2}{U_0} A_U = A_U + \beta A_U^* A_U$$

$$A_U^* - \beta A_U^* A_U = A_U \quad A_U^* = \frac{A_U}{1 - \beta A_U}$$

29

$$A_U^* = \frac{A_U}{1 - \beta A_U}, \quad A_U^* : \text{a v.cs. erősítő fesz.erősítési tényezője}$$

$$A_U : \text{az erősítő fesz. erősítési tényezője (v.cs. nélkül)}$$

$\beta > 0$, pozitív v.cs. (azonos fázisban), $A_U^* > A_U$ (előny)

$\beta < 0$, negatív v.cs. (ellentett fázisban), $A_U^* < A_U$ (hátrány)

pozitív v.cs.:

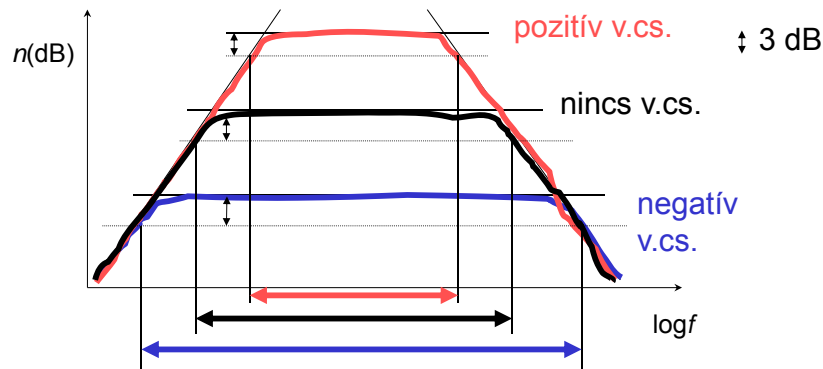
(a) $\beta A_U = 1$, erősítés: „végtelen”
– szinuszoszcillátor
pl: ultrahang(generátor),
hőterápia

(b) $\beta A_U \leq 1$, erősítés: nagy
– regeneratív erősítő
pl: (hallás) külső szörsejtek



negatív v.cs.: „minden” erősítő

30

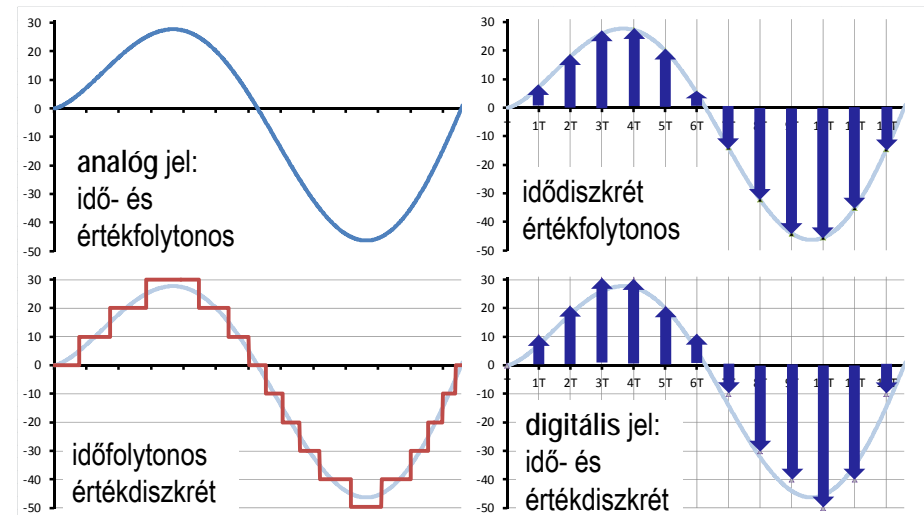


pozitív v.cs.: átviteli sáv – keskenyebb (nagy hátrány)
erősítés nagyobb (előny)

negatív v.cs.: átviteli sáv – szélesebb (előny)
erősítés kisebb (kis hátrány)

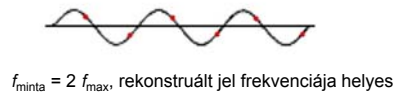
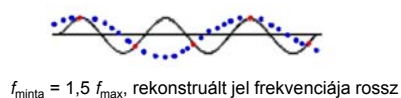
31

Analóg jel – digitális jel



32

idődiszkréttség: nem ismerjük a jel értékét minden időpillanatban



Shannon - Nyquist tétel:

a minimális mintavételezési frekvenciának legalább a jelben előforduló legmagasabb frekvenciakomponens kétszeresének kell lennie

pl: hifi, $f_{\max} = 20 \text{ kHz}$

$f_{\text{minta}} = 44.1 \text{ kHz} > 2 \cdot 20 \text{ kHz}$

értékdiszkréttség: a jel értéke nem lehet akármekkora érték

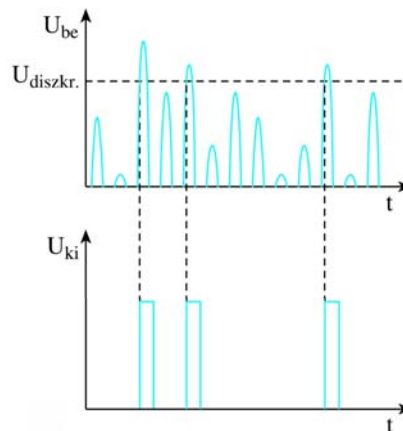
pl: hifi, 16 bit = $2^{16} = 65\,536$ (CD szabvány)

24 bit = $2^{24} = 16\,777\,216$ ("legjobb" hangkártya)

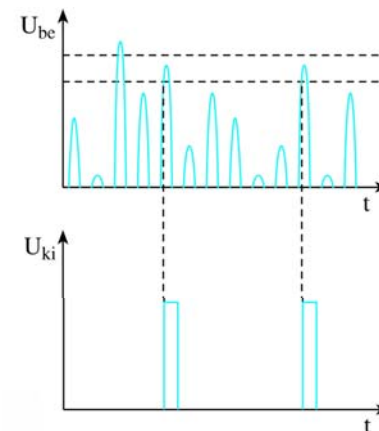
33

Impulzusjelek feldolgozása

integráldiszkrimináció

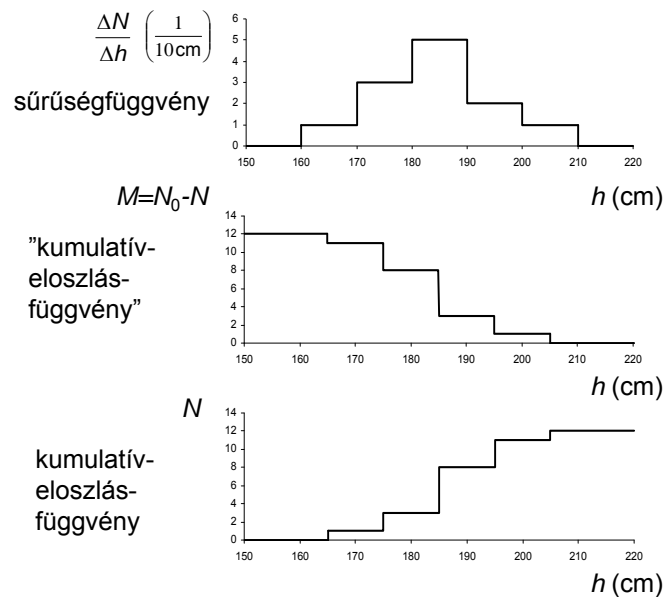


differenciáldiszkrimináció



34

Eloszlásfüggvények és ID/DD "spektrumok"



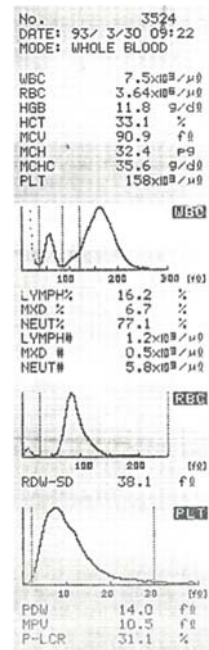
DD-"spektrum"

ID-"spektrum"

hány érték
kisebb, mint h ?

35

Fehérvérsejt koncentrációk



Coulter számláló

