

# Jelkondicionálás




## Elvezetés

2/12

- a bioelektromos jelek kis amplitúdójúak
  - extracelluláris spike: néhányszor 10  $\mu\text{V}$
  - EEG hajás fejbőrrel: max 50  $\mu\text{V}$
  - EKG: 1 mV
  - membránpotenciál: max. 100 mV
- az amplitúdó növelésére, és a vizsgálni kívánt frekvencia tartomány elkülönítésére - vagyis erősítésre és szűrésre van szükség
- az erősítő lehet aszimmetrikus (1 bemenet), vagy szimmetrikus (2 bemenet - differenciál)
- az elvezetés lehet monopoláris (1 aktív bemenet), vagy bipoláris (2 aktív bemenet)

3/12

## Bemenő ellenállás

- a biológiai erősítők fontos jellemzője a bemenő ellenállás 
  - ne vegyünk ki áramot a preparátumból
  - ne veszítsünk sokat a jel amplitúdójából
- a jelforrás árama átfolyik az elektródon és az erősítőn, mindkettőn feszültség esik - utóbbinak kell nagyobbak lennie (min. 1:10)
- alkalmas eszközök: elektroncső (trióda), FET, FET bemenetű műveleti erősítő 
- elektród és az erősítő közötti kábel - antenna
  - minimális hosszúságra kell törekedni
  - az első erősítő fokozatot közel kell vinni a preparátumhoz: headstage
- üvegelektrodnál pozitív visszacsatolás kell 

4/12

## Szűrés I.

- vizsgálni kívánt frekvenciatartomány elkülönítése
- extracelluláris mikroelektrod érzékeli a field potenciált (mV nagyságrend, 0-100 Hz), és a sejt-kisüléseket is (10 uV nagyságrend, 200-5000 Hz) - más erősítés szükséges
- az erősítés és szűrés jellemzése dB skálán

$$A_p = \lg \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ Bel}$$

$$A_p = 10 \lg \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ dB}$$

- log, mert nagy a tartomány és a hányados mindig aszimmetriát okoz: ha a nevező nagyobb, akkor 0-1, ha a számláló, akkor 1-∞ a tartomány

5/12

## Szűrés II.

a teljesítmény kifejezhető feszültséggel ( $U$ ) és árammal ( $I$ ) is

$$P = I^2 R$$

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


azonos ki-, és bemenő ellenállások esetén:

$$A_U = 20 \lg \frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}} \text{ dB}$$

$$A_I = 20 \lg \frac{I_{\text{out}}}{I_{\text{in}}} \text{ dB}$$

a szűrő frekvenciafüggő feszültségosztó

a szűrők és erősítők jelátvittele a frekvencia függvénye - jellemzésük a 3 dB frekvenciával

a teljesítmény itt felére csökken, vagy kétszeresére nő, szűrő, illetve erősítő esetén 

6/12

## Szűrés III.

$$A_p = 10 \lg \frac{2P_{\text{in}}}{P_{\text{in}}} \text{ dB} = 10 \lg 2 = 3,010 \text{ dB}$$

$$A_p = 10 \lg \frac{\frac{1}{2} P_{\text{in}}}{P_{\text{in}}} \text{ dB} = 10 \lg \frac{1}{2} = -3,010 \text{ dB}$$

• áram és feszültség esetén szűrés a 3 dB pontban

$$\frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{I_{\text{out}}^2}{I_{\text{in}}^2} = \frac{U_{\text{out}}^2}{U_{\text{in}}^2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{I_{\text{out}}}{I_{\text{in}}} = \frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$$

7/12

## Időállandó

- az alsó szűrőt (felül áteresztő) gyakran időállandó formájában adják meg: az az idő, ami alatt a jel  $1/e$ -ad részére csökken

$$T = \frac{1}{2\pi f_{3dB}} \quad U_2 = U_1 e^{-\frac{t}{T}}$$

- néhány gyakori érték:

$f_{3dB}$	$T$	$T$	$f_{3dB}$
0,1 Hz	1,6 sec	1 sec	0,16Hz
0,5 Hz	0,32 sec	0,5 sec	0,32 Hz
1 Hz	0,16 sec	0,1 sec	1,6 Hz

8/12

## A szűrő meredeksége

- a szűrés nem abszolút szűrést jelent
- a 3 dB pont környékén folyamatos átmenet az átvitelben
- ezért fontos jellemző a meredekség: a 3 dB ponttól távolodva milyen gyorsan nő, illetve csökken az átvitel
- elsőfajú (passzív - RC) szűrő esetén 6 dB/oktáv (kétszeres frekvencia változás esetén), illetve 20 dB/dekád (vagyis tízszeres frekvencia változás esetén)
- meredekebb szűrőknél erős fázistolás és frekvencia kiemelés lehet

9/12

## A szűrő fázistolása

- két elsőfajú (elsőfokú) szűrő sorba kapcsolása, vagy aktív elemeket tartalmazó kapcsolások jobb meredekséget adnak
- de: minden szűrő frekvenciafüggő fázistolást okoz, ami a 3 dB frekvencia értékétől és a meredekségtől is függ

$$\varphi = -\arctg \frac{f}{f_{3dB}}$$

- ezért az alsó szűrő meredekségét 12 dB-nél, a felső szűrőjét 24 dB-nél nem érdemes nagyobbra választani

10/12

## Digitális szűrés

- szűrést digitálisan is meg lehet valósítani, nemcsak analóg, elektronikai elemekkel
- a szűrés alapja a digitalizálás
- két alapvető lehetőség van: rekurzív formulák, vagy Fourier transzformáció
- a rekurzív formulák esetében vagy csak a korábbi bemenő értékeket (véges - finite), vagy a kimenő értékeket (végtelen - infinite) is figyelembe vesszük
- utóbbi hatékonyabb, de gerjedésre hajlamos
- a figyelembe vett korábbi értékek adják a szűrő fokát

11/12


## Rekurzív szűrés

- véges (finite) szűrés esetén csak a korábbi bemenő értékek számítanak (online is!):

$$y(n) = b_1x(n) + b_2x(n-1) + b_3x(n-2)\dots$$




- a b együtthatók meghatározása bonyolult
- a végtelen (infinite) szűrés esetén a kimenő értékek is befolyásolnak, így a bemenet hatása elméletileg sohase cseng le

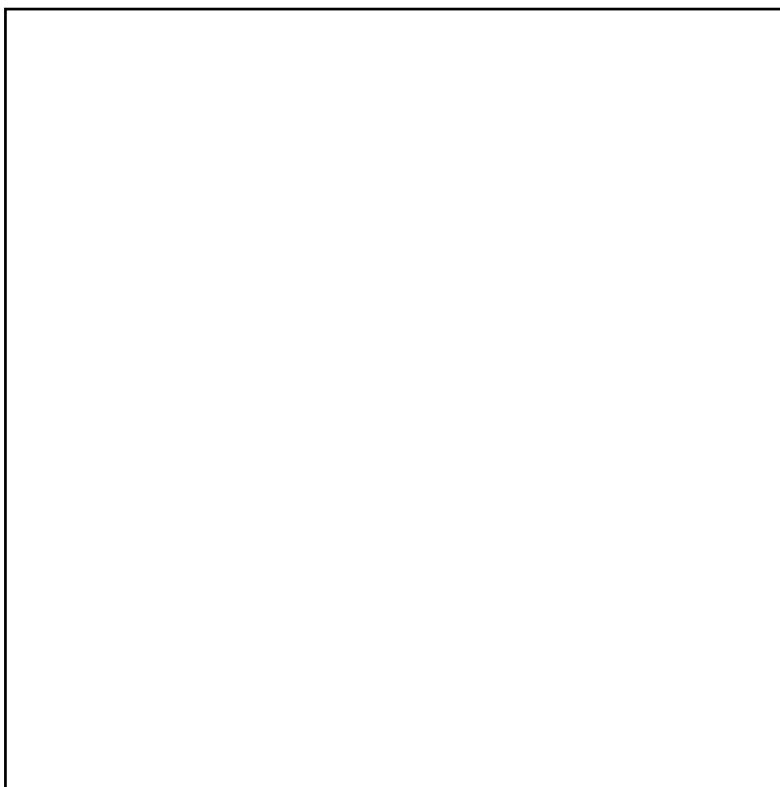
$$a_1y(n) = -a_2y(n-1) - a_3y(n-2)\dots \\ + b_1x(n) + b_2x(n-1) + b_3x(n-2)\dots$$

- a fázistolás előre-, és visszafelé végzett szűréssel kivédhető 

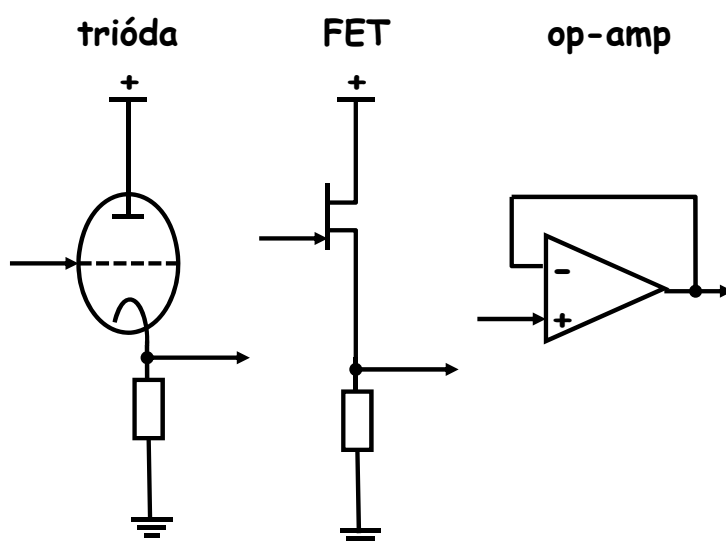
12/12

## Fourier alapú szűrés

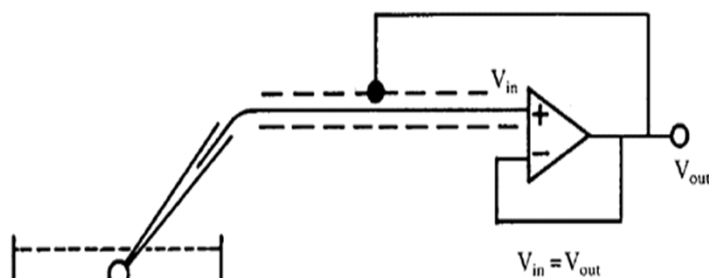
- Fourier transzformációval a jelek az idő dimenzióból frekvencia dimenzióba transzformálhatók és vissza 
- ez lehetőséget ad adott frekvencia tartományok törlésére és a jel vissza transzformálására , 
- közel tökéletes szűrési lehetőség, de:
  - on-line nem végezhető, csak off-line a regisztrátumon
  - a szűrés nem folyamatos, a Fourier transzformáció csak kijelölt szakaszokon hajtható végre



## Katód (emitter) követő



## Negatív kapacitás



## Bemenő ellenállás

