

Műszeripari Kutató Intézet

Amplitudó szelektor-rendszer sejtcsoport-aktivitás vizsgálatára

Kovács Attila és Bencze József

A magasabbrendű idegrendszer működésének feltárását végző kutatások viszonylag új, csak néhány év óta alkalmazott, gyorsan terjedő módszere a sejtcsoport aktivitás (multi unit activity) vizsgálata. A módszer nagy előnye, hogy csak kevésbé bonyolult műszerezést, a szokásos műtéti technikát igényli és a vizsgált agyterületek működésének intenzitásáról jól értékelhető eredményeket szolgáltat.

A sejtcsoport-aktivitás vizsgálati módszere azon alapul, hogy :

- az agy működésével az idegsejtek kisülése, a kisülések gyakoriságának változása jár együtt,
- az egyes agyi területek feladat-orientáltak, így adott külső ingerekre az egyes területek különböző intenzitással válaszolnak, és a reakció intenzitása a terület sejtcsoportjainak aktivitásával arányos.

A sejtcsoport-aktivitás vizsgálatához szükséges jeleket a kísérleti állat adott agyterületébe műtéti úton beépített mikroelektródák a sejtcsoport-aktivitás jeleit és az agy tevékenységéből származó, egymásra szuperponált jelkeveréket vezetik el. A kétfajta jeltípus különböző frekvenciaspektrummal rendelkezik, így egymástól frekvencia szelektív szűréssel elkülöníthető. Az EEG tevékenység jelspektruma pár tized Hz-től párszor tíz Hz-ig terjed. A sejtek aktivitását tüske alakú, gyors, rövid idejű impulzusok jelzik, amelyek frekvenciaspektruma pár száz Hz-től max. 10 kHz-ig terjed.

A sejts csoport-aktivitás vizsgálatára alkalmazott mérőberendezésnek a fentiek szerint egyik legfontosabb építőeleme a kisméretű EEG jeleket levágó felül-áteresztő szűrő. A hatásos szűrés biztosítására általában 12-18 db/oktáv asszimptotikus meredekségű szűrőt alkalmaznak.

A mikroelektrodákkal elvezetett sejts csoport-aktivitás jeleinek csúcspotenzívuma max. 0,5-1 mV, az elektrodák belső ellenállásai a szokásos kialakításoknál 0,5-2 Mohm közötti értékek. Középtértékként 1 Mohm-ot és 10 kHz-es frekvenciasávot felvéve az elektroda termikus zaját

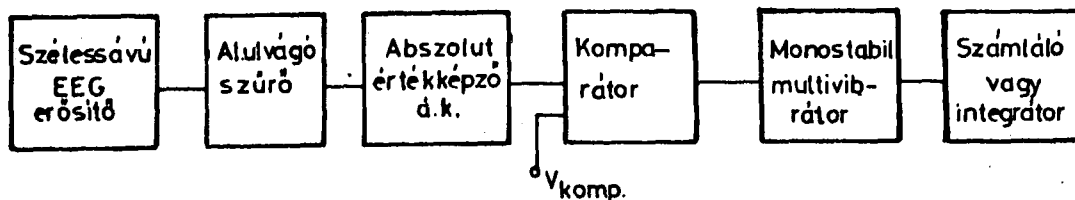
$$V_Z^2 = 4 kT f. R_e \quad 13 \mu V_{\text{eff}} \quad \text{értékű.}$$

A zaj csúcspotenzívumtól csúcspotenzívumig terjedő értéke az effektív értéknek kb. 5-6 szorosa, vagyis megközelítőleg 70-80 μV . A jel forrásból, főleg a mikroelektroda termikus zajából eredő zaj viszonylagosan nagy értékű, ezért a szűréssel leválasztott jel is jelentős zajt tartalmaz.

A szűrt jelet oszcilloszkópon vizsgálva a jel közepén viszonylag egyenletes eloszlású zaj helyezkedik el, amelyből kiemelkednek a sejtek kisüléséből származó tükörszerű impulzusok.

A jel a zajtól amplitudó szűréssel elkülöníthető. Mivel a sejts csoport-aktivitás vizsgálatánál a kutató általában a vizsgált agyterületen lévő sejtek tüzelésének számára kíváncsi, ezért leggyakrabban esetben a szűrő után a zajszint feletti komparációs feszültségű komparátort helyeznek el. A komparátor kimeneti feszültsége uniformizált impulzusokat előállító monostabil multivibrátort vezérel. A sejt tüzelések számát a monostabil multivibrátor kimenetére kapcsolt számlálóval vagy integrátorral lehet meghatározni.

Az 1. ábrán a fentiek szerinti egyszerű felépítésű sejts csoport aktivitásmérő műszer tömbkapcsolását mutatjuk be.



1. ábra

Egyszerű sejtcsoport-aktivitás mérő műszer tömbvázlata

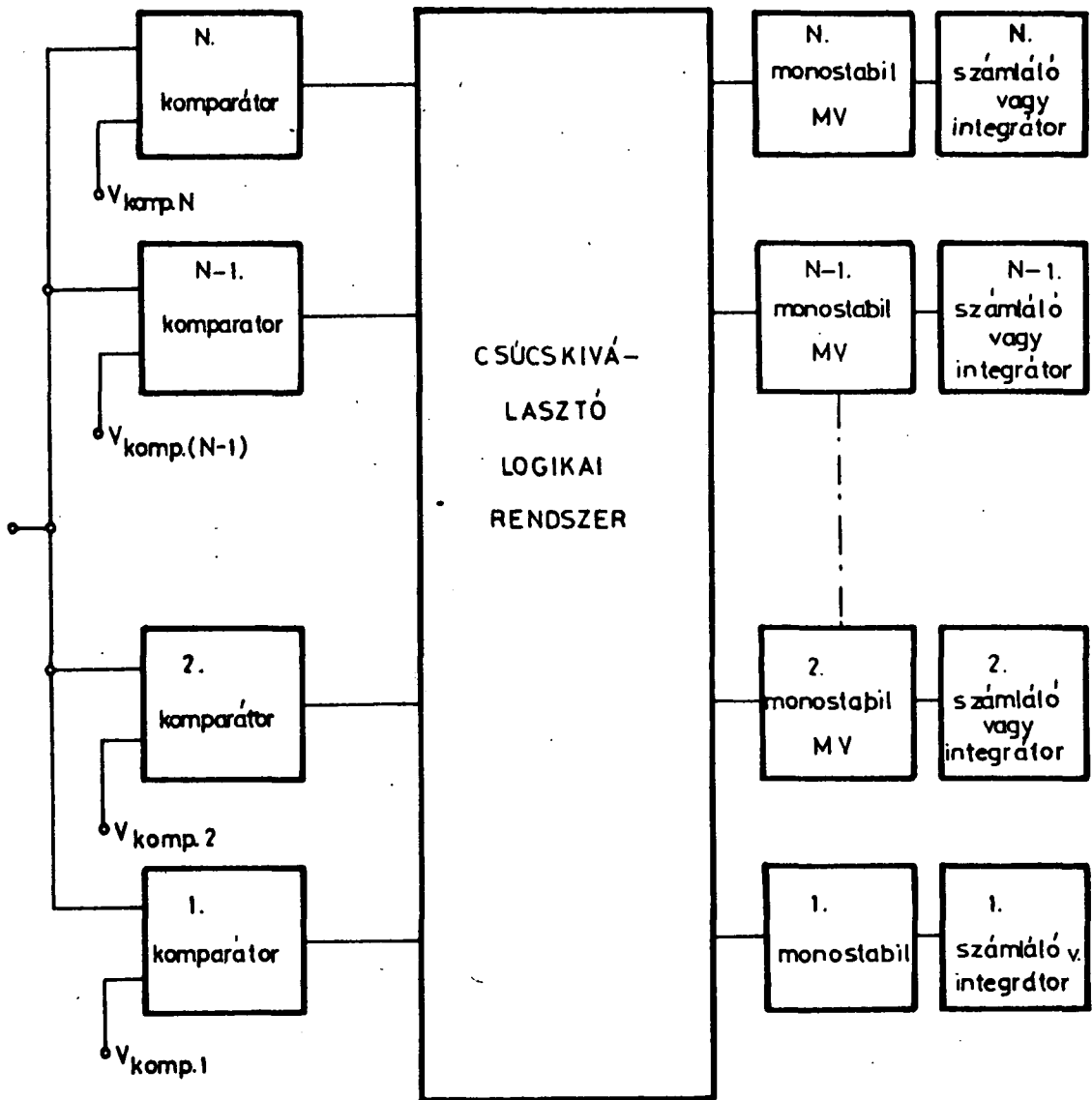
Az ilyen egyszerű felépítésű készülék természetesen csak durvább, tájékoztató jellegű vizsgálatok elvégzésére alkalmazható. Számos alkalmazásnál hasznos kiegészítés lehet még a szűrő és a komparátor között elhelyezett abszolútérték képző áramkör is, amellyel biztosítható, hogy a komparátorra csak egy polaritású (pl. pozitív) jelek kerüljenek.

Pontosabb vizsgálatoknál nem elégséges egyetlen komparációs szint alkalmazása. Több komparátorral kialakíthatók ún. ablakok, és a jelek amplitúdó eloszlásuk szerint osztályozhatók. Az alulvágó szűrőt és esetleges abszolútérték képzőt követő áramkör kapcsolási tömbábrája a 2. ábrán látható.

Az áramkör nem csupán az n számú ablaknak megfelelő számú komparátort, monostabil multivibrátort és számológépet tartalmaz, hanem még egy fontos részegységet is: a csucskiválasztó logikát, amelynek feladatát egy példa kapcsán fogjuk bemutatni (3. ábra).

A csucskiválasztó logikai rendszer előtti komparátorok komparációs feszültség szintje a sorszámuk megfelelően növekszik. Ha a komparátorok bemeneti feszültsége valamelyik komparátor komparációs szintjét túllépi, akkor a kimenetén logikai 1 szintű feszültség jelentkezik.

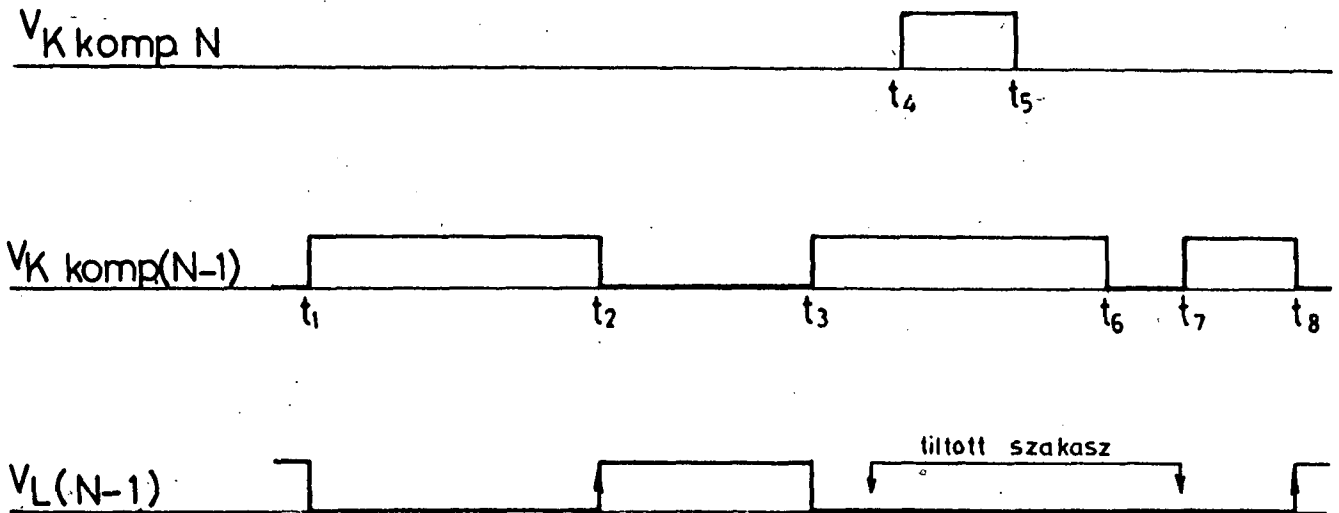
Annak a megállapítására, hogy pl. az $U_{\text{komp}(N)}$ és $U_{\text{komp}(N-1)}$ feszültségek közötti csúcsertékű jel jut a komparátorok bemenetére vagy, hogy a csúcs feszültsége nagyobb-e, mint $U_{\text{komp}(N)}$ az N -ik és $N-1$ -ik komparátor kimeneti feszültségét kell megfigyelni.



2. ábra

N csatornás ablakdiszkriminátor rendszer kapcsolási tömbábrája

Ennek megfelelően az ábrán az N-1-ik, az N-ik komparátor kimeneti feszültségeit, valamint a logikai rendszer N-1-ik kimenetein lévő jelalakokat tüntettük fel. Fontos még megjegyezni, hogy a monostabil multivibrátor működésének beindítása a logikai rendszer kimeneti jelének pozitív éleivel, a kimeneti jel 0-1 átmeneteivel történjek.



3. ábra

Csúskiválasztó logikai rendszer működésének jellemző hullámalakjai

Ennek megfelelően az ábrán az N-1-ik, az N-ik komparátor kimeneti feszültségeit, valamint a logikai rendszer N-1-ik kimenetein lévő jelalakokat tüntettük fel. Fontos még megjegyezni, hogy a monostabil multivibrátor működésének beindítása

a logikai rendszer kimeneti jelének pozitív éleivel, a kimeneti jel 0-1 átmeneteivel történik.

Ezek után vizsgáljuk a logikai rendszer működését. A növekvő jel a t_1 időpillanatban nagyobb lesz az N-1-ik komparálási feszültségnél, de a t_1-t_2 közötti időintervallumban nem éri el az N-ik komparálási feszültség szintjét, vagyis t_1-t_2 között, valamely időpillanatban a bemeneti jel feszültségének csúcserőve van. Ugyanebben az időintervallumban a logikai rendszer kimeneti feszültsége 0 szintre, az előkészítési szintre áll be, és a t_2 időpillanatban a 0-1 változás kiváltja a csucskijelzést.

A t_3-t_6 időintervallumban a jel csúcserőve az N-ik komparálási szint fölé emelkedik (t_4-t_5 közötti időszak). Ekkor a t_4 időpillanatban működésbe lépő tiltás az N-1-ik szintnek megfelelő kimenetet letiltja, annak feszültsége az előkészítési szinten rögzítődik.

A tiltás eredményeképpen a t_6 időpillanatban az N-1-ik komparálási szint alá csökkenő jel nem változtatja meg a logikai rendszer feszültségét, így az N-1-ik ablakban csucskijelzés nem történik.

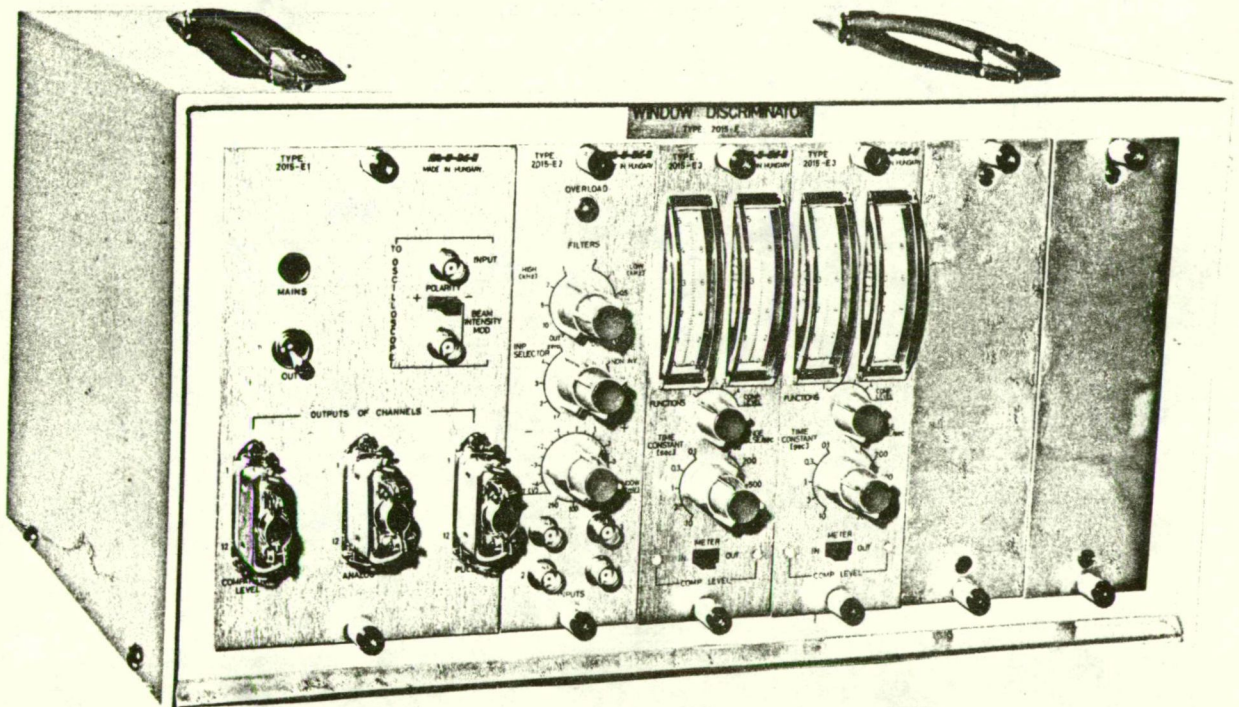
A tiltás addig marad meg, amíg az újra növekvő jel ismét eléri az N-1-ik komparálási feszültség szintet, amely az ábrán a t_7 időpillanatban következik be. A t_7 és t_8 közötti, N-1-ik ablakba eső csucs már képes a kijelző monostabil multivibrátor működésének beindítására.

A logikai rendszer átkapcsolásával, annak más üzemmódjában, lehetőség van a szintkeresztezések számlálására, amplitudó-idő hisztogramnak előállítására is.

A MIKI-ben kifejlesztett 2015 E típusjelzésű ablakdiszkriminátor fő feladata a sejtsoport aktivitás vizsgálata. A készülék rekeszfiók rendszerű (4. ábra), funkció szerint szűrőt, komparátort, számlálót, integrátort, tápegységet és oszcilloszkóp jelző egységet tartalmaz.

A rekeszfiók rendszerű felépítés nagy előnye a készülék bővíthetősége, minimális kiépítésénél 2 ablak, maximálisnál 8 ablak megfigyelésére nyílik lehetőség.

A készülék kezelhetőségét megkönnyítik a szűrőegységben lévő vizuális tulvezérlésjelző, valamint oszcilloszkóp jelző áramkörök. Ez előbbi a komparálási szintek átlépésénél, a jel pozitív meredekségű szakaszain az oszcilloszkóp részére fénymodulációs jeleket szolgáltat, így a komparálási szintek helyzete a vizsgált jelen jól ellenőrizhető.



4. ábra

Az ismertetett készülék orvosi ellenőrzését a Pécsi Orvostudományi Egyetem Élettani Intézete végezte. A szerzők köszönetüket fejezik ki Dr. Karmos György egyetemi docensnek számos konstruktív javaslatáért, amelyek figyelembevételével a Műszeripari Kutató Intézet a 2015 E típusú ablakdiszkriminátor sejtcsoport aktivitásmérő gyártását megkezdte.