



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2013 00616**

(22) Data de depozit: **22.08.2013**

(41) Data publicării cererii:
29.05.2015 BOPI nr. **5/2015**

(71) Solicitant:
• **LAMBDA COMMUNICATIONS SRL,**
STR. AVRAM IANCU NR. 37,
TÂRGU MUREȘ, MS, RO

(72) Inventatori:
• **LOSONCZI LAJOS, STR.REPUBLICII**
NR.23/16, TÂRGU MUREȘ, MS, RO

(54) **AMPLIFICATOR DE BIOSEMNALE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un amplificator instrumental pentru măsurarea neinvazivă, de pe suprafața pielii, a biosemnalelor de nivel scăzut. Amplificatorul de biosemnale, conform invenției, este alcătuit dintr-un preamplificator de intrare diferențial, realizat cu două amplificatoare operaționale (AO1 și AO2), cărui i se aplică un biosemnal prelevat cu ajutorul unor electrozi de măsurare (EA) și un electrod de referință (ER), semnalul de mod comun obținut, separat cu ajutorul unui amplificator operațional (AO5) în montaj repetor de tensiune, se aplică unui alt amplificator operațional (AO6), respectiv, la intrarea negativă a două circuite de integrare, realizate cu alte două amplificatoare operaționale (AO3 și AO4), care sunt conectate în buclele de reacție negativă a primelor două amplificatoare operaționale (AO1 și AO2) care formează preamplificatorul diferențial de intrare. Amplificatorul operațional (AO6) adună, la valoarea negativă a semnalului de mod comun, tensiunea de referință (U_{REF}) care se aplică din exterior amplificatorului de biosemnale. Semnalul diferențial de la ieșirea preamplificatorului diferențial se aplică la intrarea unui amplificator (AIT1) instrumental de transconductanță, al cărui curent de ieșire se aplică la o intrare a unui sumator (S_1), iar curentul de ieșire al unui al doilea amplificator (AIT2) instrumental de transconductanță se aplică la o altă intrare a sumatorului (S_1), curentul de ieșire din sumator (S_1) fiind aplicat în continuare unui amplificator de transimpedanță realizat cu un amplificator operațional (AO8),

tensiunea de ieșire a amplificatorului de transimpedanță, ce reprezintă semnalul de ieșire al circuitului de amplificare a biosemnalelor, este aplicată printr-un divizor rezistiv de tensiune la intrarea amplificatorului de transconductanță (AIT2). Semnalul de referință este adunat la semnalul de ieșire al amplificatorului de biosemnale, prin aplicarea lui la intrarea negativă a amplificatorului (AIT2).

Revendicări: 6
Figuri: 3

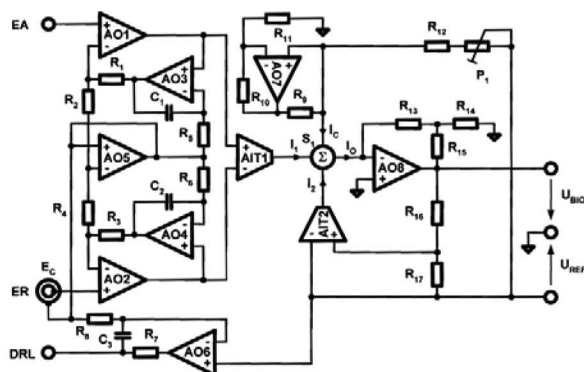


Fig. 1



Amplificator de biosemnale

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. ... a 2013 00616
Data depozit 22.08.2013.

Descriere:

Invenția se referă la un amplificator pentru măsurarea biosemnalelor de pe suprafața pielii, de nivel scăzut, acoperite de zgomot. Datorită existenței și a fluctuației tensiunii de decalaj și a semnalului perturbator de mod comun la intrările diferențiale ale amplificatorului de măsurare, precum și a nivelului de zgomot comparabil cu nivelul semnalului util, amplificarea acestor semnale întâmpină numeroase probleme. Amplificarea maximă posibilă este limitată de valoare maximă a tensiunii de decalaj a electrozilor de prelevare biosemnale, care poate satura ușor ieșirea amplificatorului. Același fenomen poate provoca și prezența componentei continue în biosemnalul măsurat. De asemenea majoritatea perturbațiilor, care se manifestă ca semnale de mod comun, pot să se suprapună peste semnalul util amplificat, dacă factorul de rejecție a lor nu este suficient de mare. Limitările metodelor de explorare a acestor biosemnale, deci posibilitatea de extragere a cât mai multe informații din semnale, depinde de calitatea metodelor și a soluțiilor utilizate în circuitul de amplificare a biosemnalelor.

Se cunosc mai multe tipuri de echipamente pentru amplificarea biosemnalelor prin metode neinvazive [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Acestea diferă între ele în modul de condiționare a semnalului analogic, rejecția perturbațiilor exterioare, compensarea decalajelor, adaptarea impedanțelor de intrare și tratarea componentei continue a semnalului amplificat. Aceste soluții prezintă dezavantajul unei sensibilități mai mari la zgomotele externe, la semnale de mod comun puternice (de exemplu rețeaua electrică de alimentare de 50Hz). Pe de altă parte aceste amplificatoare introduc o nesimetrie în etajul de amplificare diferențială, datorită modului de tăiere a componentei continue a semnalului de intrare, a nesimetriei impedanțelor sau a nesimetriei amplificării pe canalele diferențiale.

Problemele pe care le rezolva invenția constau în: rejecția puternică a perturbațiilor rețelei de alimentare și a semnalelor perturbatoare de mod comun; tăierea componentei continue a semnalului de intrare cu filtru activ în bucla de reacție a preamplificatorului diferențial de intrare; corectarea rapida a saturatiei amplificatorului pentru artefacte de tensiune la intrare; reducerea zgomotului introdus de canalul analogic; menținerea impedanței de intrare ridicate și simetrice a amplificatorului de biosemnale.

Amplificatorul pentru măsurarea biosemnalelor de pe suprafața pielii, de nivel scăzut, acoperite de zgomot, conform invenției, este prevăzut cu un circuit de intrare diferențial realizat cu amplificatoarele operaționale AO1 și AO2, respectiv rezistoarele R1, R2 și R3, R4, la care se aplică biosemnalul prelevat cu electrozii de masurare EA (electrod activ) respectiv cu electrodul de referință ER (electrod de referință). Semnalul de mod comun obținut în punctul comun al rezistoarelor R2 și R4 se aplică la intrarea unui amplificator operațional AO5 în montaj repetor de tensiune, ieșirea căruia se aplică la intrarea negativă a unui circuit integrator realizat cu amplificatorul operațional AO3, condensatorul C1 și rezistorul R1, respectiv la intrarea negativă a unui alt circuit integrator realizat cu amplificatorul operațional AO4, condensatorul C2 și rezistorul R2. Intrarea pozitivă a primului integrator (AO3) este conectată la ieșirea amplificatorului AO1 iar ieșirea integratorului (AO3) este conectată la intrarea negativă a amplificatorului AO1. Intrarea pozitivă a celui de al doilea integrator (AO4) este conectată la ieșirea amplificatorului AO2 iar ieșirea integratorului (AO4) este conectată la intrarea negativă a amplificatorului AO2. Cele două integratoare au rolul de tăiere a componentei continue a biosemnalului amplificat cu etajul diferențial de intrare AO1-AO2. Frecvența de tăiere este controlată de constanta de timp a celor două integratoare $C1 \cdot R1$ respectiv $C2 \cdot R6$. Semnalul de mod comun de la ieșirea amplificatorului AO3 este folosit și pentru formarea semnalului DRL, prin amplificatorul operațional AO6. Pentru a permite folosirea unei singure surse de alimentare - pozitivă față de masă - amplificatorul AO6 adună la valoarea negativă a semnalului de mod comun, tensiunea de referință U_{REF} , care este de regulă media tensiunii de alimentare. Semnalul diferențial de la ieșirea amplificatorului diferențial AO1-AO2, se aplică la intrarea unui amplificator instrumental de transconductanță AIT1.

[Handwritten signature]
[Circular stamp]

Amplificator de biosemnale

Curentul de ieșire I1 al amplificatorului AIT1 se aplică unui sumator S1, la care se aplică și curentul de ieșire I2 al unui alt amplificator instrumental de transconductanță AIT2. Curentul de ieșire din sumatorul S1 se aplică unui amplificator de transimpedanță realizat cu amplificatorul operațional AO8 și rezistoarele R13, R14 și R15. Tensiunea de la ieșirea amplificatorului de transimpedanță - care reprezintă semnalul de ieșire a circuitului de amplificare a biosemnalelor - este aplicat prin divizorul de tensiune R16, R17 la intrarea amplificatorului de transconductanță AIT2. Semnalul de referință este adunat la semnalul de ieșire al amplificatorului de biosemnale, prin aplicarea lui la intrarea negativă a amplificatorului AIT2. Amplificatorul de transconductanță realizat cu amplificatorul operațional AO7, rezistoarele R9, R10, R11, R12 și potențiometrul semireglabil P1, furnizează semnalul de corecție al offsetului circuitelor diferențiale de amplificare, prin transformarea unei fracțiuni din tensiunea de referință în curent de compensare care se aplică la intrarea sumatorului S1.

Amplificatorul pentru biosemnale de nivel scăzut de pe suprafața pielii, acoperite de zgomot, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- obținerea unui factor de rejecție a semnalului de mod comun deosebit de mare
- obținerea unei impedanțe de intrare ridicate și simetrice
- posibilitatea de calibrare a offsetului tensiunii de intrare și a câștigului de tensiune
- rejecție ridicată a perturbațiilor tensiunii de rețea (50Hz)
- precizie mare de amplificare și stabilitate în timp
- posibilitatea utilizării echipamentului în diferite aplicații care necesită diferite valori ale amplificării în tensiune, prin schimbarea valorii a unui număr redus de componente pasive
- posibilitatea integrării echipamentului în sisteme mobile de măsurare
- posibilitatea utilizării echipamentului în sistemele dedicate interfețelor creier-calculator (BCI)

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figurile 1, 2 și 3, care reprezintă:

- fig.1, schema electronică a amplificatorului de biosemnale de nivel scăzut, acoperite de zgomot
- fig.2, schema bloc a amplificatorului de biosemnale de nivel scăzut, acoperite de zgomot
- fig.3, schema bloc a preamplificatorului diferențial de intrare

Amplificatorul pentru biosemnale de nivel scăzut, de pe suprafața pielii, acoperite de zgomot, conform invenției (figura 1), este prevăzut cu un circuit de intrare diferențial realizat cu amplificatoarele operaționale AO1 și AO2, respectiv rezistoarele R1, R2 și R3, R4, la care se aplică biosemnalul prelevat cu electrozii de măsurare EA (electrod activ) respectiv cu electrodul de referință ER (electrod de referință). Semnalul de mod comun obținut în punctul comun al rezistoarelor R2 și R4 se aplică la intrarea unui amplificator operațional AO5 în montaj repetor de tensiune, ieșirea căruia se aplică la intrarea negativă a unui circuit integrator realizat cu amplificatorul operațional AO3, condensatorul C1 și rezistorul R1, respectiv la intrarea negativă a unui alt circuit integrator realizat cu amplificatorul operațional AO4, condensatorul C2 și rezistorul R2. Intrarea pozitivă a primului integrator (AO3) este conectată la ieșirea amplificatorului AO1 iar ieșirea integratorului (AO3) este conectată la intrarea negativă a amplificatorului AO1. Intrarea pozitivă a celui de al doilea integrator (AO4) este conectată la ieșirea amplificatorului AO2 iar ieșirea integratorului (AO4) este conectată la intrarea negativă a amplificatorului AO2. Cele două integratoare au rolul de tăiere a componentei continue a biosemnalului amplificat cu etajul diferențial de intrare AO1-AO2. Frecvența de tăiere este controlată de constanta de timp a celor două integratoare

Amplificator de biosemnale

C1*R1 respectiv C2*R6. Semnalul de mod comun de la ieșirea amplificatorului AO3 este folosit și pentru formarea semnalului DRL, prin amplificatorul operațional AO6. Pentru a permite folosirea unei singure surse de alimentare - pozitivă față de masă - amplificatorul AO6 adună la valoarea negativă a semnalului de mod comun, tensiunea de referință U_{REF} , care este de regulă media tensiunii de alimentare. Folosind schema echivalentă prezentată în figura 2, pe baza notațiilor din figura 3, și aplicând principiul superpoziției, se poate calcula:

$$U_{o2} \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_5 \cdot C_1}\right) = (U_{o2}' + U_{o2}'') \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_5 \cdot C_1}\right) = U_{ia} \left(1 + \frac{R_1}{R_2 + R_4}\right) - U_{ir} \cdot \frac{R_1}{R_2 + R_4}$$

Similar se calculează:

$$U_{o1} \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_6 \cdot C_2}\right) = (U_{o1}' + U_{o1}'') \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_6 \cdot C_2}\right) = U_{ir} \left(1 + \frac{R_3}{R_2 + R_4}\right) - U_{ia} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_4}$$

Făcând diferența ecuațiilor și impunând pentru menținerea simetriei $R_1 = R_3$, $R_2 = R_4$, $C_1 = C_2$ și $R_5 = R_6$, obținem:

$$(U_{o2} - U_{o1}) \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_5 \cdot C_2}\right) = (U_{ia} - U_{ir}) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

de unde:

$$U_{o2} - U_{o1} = (U_{ia} - U_{ir}) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \frac{s \cdot R_5 \cdot C_1}{1 + s \cdot R_5 \cdot C_1}$$

Semnalul diferențial de la ieșirea amplificatorului diferențial AO1-AO2, se aplică la intrarea unui amplificator instrumental de transconductanță AIT1. Curentul de ieșire I_1 al amplificatorului AIT1 se aplică unui sumator S1, la care se aplică și curentul de ieșire I_2 al unui alt amplificator instrumental de transconductanță AIT2. Curentul de ieșire din sumatorul S1 se aplică unui amplificator de transimpedanță realizat cu amplificatorul operațional AO8 și rezistoarele R13, R14 și R15. Tensiunea de la ieșirea amplificatorului de transimpedanță - care reprezintă semnalul de ieșire al circuitului de amplificare a biosemnalelor - este aplicat prin divizorul de tensiune R16, R17 la intrarea amplificatorului de transconductanță AIT2. Semnalul de referință este adunat la semnalul de ieșire al amplificatorului de biosemnale, prin aplicarea lui la intrarea negativă a amplificatorului AIT2. Folosind schema echivalentă prezentată în figura 2, se poate calcula:

Dacă amplificarea amplificatorului de transconductanță AIT1 este G_1 , se poate scrie:

$$I_1 = G_1 \cdot (U_{o2} - U_{o1})$$

Tensiunea la intrarea amplificatorului de transconductanță AIT2 are valoarea:

$$U_{i2} = (U_{BIO} - U_{REF}) \cdot \frac{R_{17}}{R_{16} + R_{17}}$$

Dacă amplificarea amplificatorului de transconductanță AIT2 este G_2 , se poate scrie:

$$I_2 = -G_2 \cdot (U_{BIO} - U_{REF}) \cdot \frac{R_{16}}{R_{16} + R_{17}}$$

Amplificator de biosemnale

Curentul de intrare a amplificatorului de transimpedanță realizat cu amplificatorul operațional AO8 trebuie să fie zero, datorită amplificării foarte mari în buclă a celor două amplificatoare AO8 și AIT2. În aceste condiții, dacă facem abstracție de la curentul amplificatorului de transconductanță de calibrare realizat cu amplificatorul operațional AO7, avem:

$$I_1 = -I_2$$

de unde rezultă:

$$U_{BIO} = \frac{G_1}{G_2} \cdot \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{17}}\right) \cdot (U_{o2} - U_{o1}) + U_{REF}$$

sau, înlocuind ecuația obținută pentru amplificarea etajului diferențial de intrare, avem:

$$U_{BIO} = \frac{G_1}{G_2} \cdot \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{17}}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \left(\frac{s \cdot R_5 \cdot C_1}{1 + s \cdot R_5 \cdot C_1}\right) \cdot (U_{ia} - U_{ir}) + U_{REF}$$

Relația reprezintă baza calculului amplificării amplificatorului de biosemnale, conform invenției. Pentru componenta continuă a semnalului amplificat, avem $s=0$, deci $U_{BIO} = U_{REF}$. La frecvențe mai mari decât

frecvența de tăiere $f_t = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_5 \cdot C_1}$, avem:

$$U_{BIO} = \frac{G_1}{G_2} \cdot \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{17}}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot (U_{ia} - U_{ir}) + U_{REF}$$

Amplificatorul de transconductanță realizat cu amplificatorul operațional AO7, rezistoarele R9, R10, R11, R12 și potențiometrul semireglabil P1, furnizează semnalul de corecție al offsetului circuitelor diferențiale de amplificare, prin transformarea unei fracțiuni din tensiunea de referință în curent de compensare care se aplică la intrarea sumatorului S1. Pentru a compensa tensiunea de offset, se scurtcircuitază intrările EA și ER ale amplificatorului și se reglează din potențiometrul P1 până când $U_{BIO} = U_{REF}$.

Referințe:

- [1] Brevet WIPO: WO 93/24993 - 09.12.1993
- [2] Brevet USA: US Patent 5206602/27.04.1993
- [3] Brevet USA: US Patent 4490682/25.12.1984
- [4] Brevet USA: US Patent 5206602/27.04.1993
- [5] Brevet USA: US Patent 0066054/17.03.2011
- [6] Brevet USA: US Patent 6538503/25.03.2003
- [7] Brevet WIPO: WO 2005/094674 - 13.10.2005
- [8] Brevet WIPO: WO 97/37590 -16.10.1997
- [9] Brevet USA: US Patent 3880146/29.04.1975

Amplificator de biosemnale

Revendicări:

1. Amplificator de biosemnale caracterizat prin aceea că utilizează un preamplificator diferențial de intrare, și cu ieșire diferențială, realizat cu două amplificatoare operaționale interconectate AO1 și AO2.
2. Amplificator de biosemnale conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că în bucla de reacție negativă a celor două amplificatoare operaționale care formează preamplificatorul diferențial de intrare, este conectat câte un circuit activ de integrare, realizat cu câte un amplificator operațional AO3 respectiv AO4, în vederea eliminării componentei continue din biosemnalul amplificat.
3. Amplificator de biosemnale conform revendicării 1 și 2, caracterizat prin aceea că semnalul de mod comun prelevat de la preamplificatorul diferențial de intrare cu ajutorul unui amplificator operațional în montaj repetor de tensiune AO5, este aplicat la intrarea inversoare a unui alt amplificator operațional AO6, la a cărui intrare neinversoare se aplică o tensiune de referință U_{REF} , în vederea formării semnalului de referință DRL.
4. Amplificator de biosemnale conform revendicării 1 și 2, caracterizat prin aceea că ieșirea diferențială a preamplificatorului de intrare se aplică la intrarea diferențială a unui amplificator instrumental de transadmitanță ATI1, a cărui ieșire de curent se conectează la o intrare a unui sumator de curent S1.
5. Amplificator de biosemnale conform revendicării 1,2 și 3, caracterizat prin aceea că ieșirea de curent a sumatorului S1 se conectează la intrarea unui amplificator de transadmitanță realizat cu un amplificator operațional AO8, a cărei ieșiri de tensiune se conectează cu ajutorul unui divizor de tensiune realizat cu două rezistoare R16 și R17, la intrarea unui al doilea amplificator de transadmitanță ATI2, la intrarea acestuia se însumează tensiunea de referință U_{REF} , iar ieșirea lui se conectează la o intrare a sumatorului de curent S1.
6. . Amplificator de biosemnale conform revendicării 1,2 și 3, caracterizat prin aceea că o fracțiune reglabilă cu ajutorul unui potențiomtru P1 din tensiunea de referință U_{REF} se aplică la intrarea unui amplificator de transconductanță realizat cu amplificatorul operațional AO7, ieșirea de curent a acestuia conectându-se la o intrare a sumatorului S1, constituind astfel semnalul de corecție al offsetului circuitelor diferențiale de amplificare.

Amplificator de biosemnale

Desene:

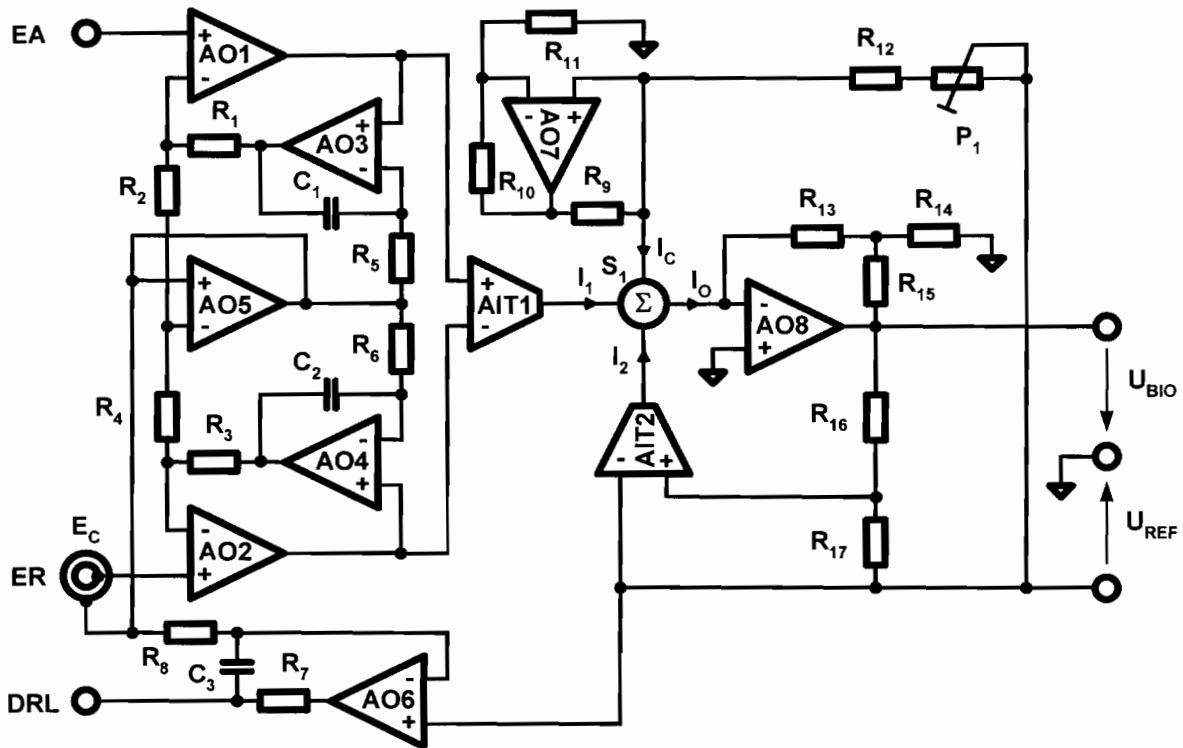


Fig.1 Schema electronică a amplificatorului de biosemnale de nivel scăzut, acoperite de zgomot

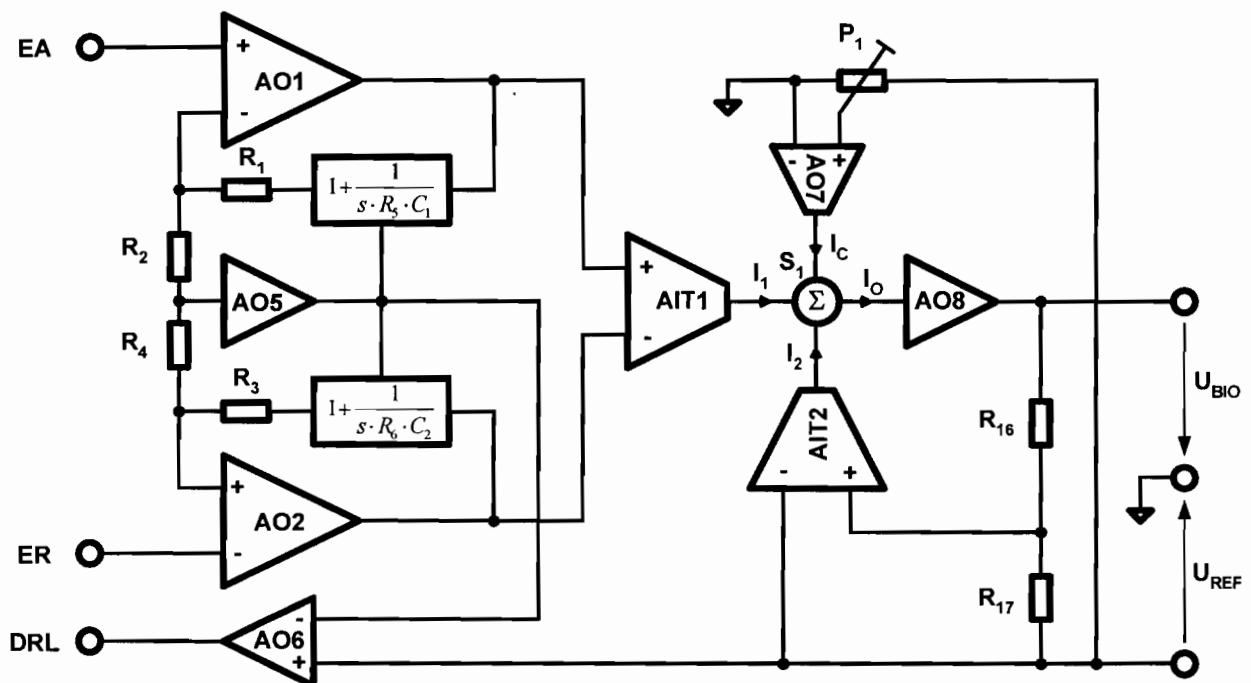


Fig.2 Schema bloc a amplificatorului de biosemnale de nivel scăzut, acoperite de zgomot

Amplificator de biosemnale

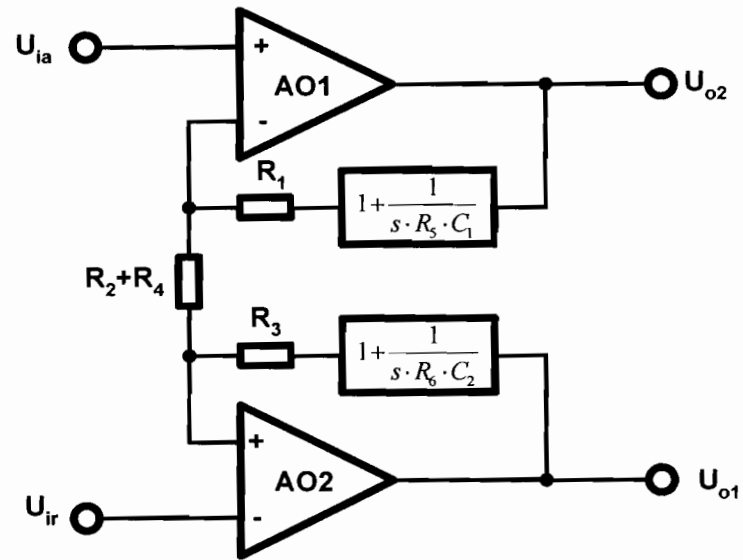


Fig.3 Schema bloc a preamplificatorul diferențial de intrare