



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00241**

(22) Data de depozit: **18/03/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/01/2017** BOPI nr. 1/2017

(41) Data publicării cererii:  
**30/10/2012** BOPI nr. 10/2012

(73) Titular:  
• **POPESCU BARBU, BD. ȘTIRBEI VODĂ  
NR. 29, BL. A3, AP. 17, CRAIOVA, DJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **POPESCU BARBU, BD. ȘTIRBEI VODĂ  
NR. 29, BL. A3, AP. 17, CRAIOVA, DJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RO 115394 B1; US 2010/0214024 A1;  
US 4523152; EP 0677220 B1**

(54) **AMPLIFICATOR DE AUDIOFRECVENȚĂ CU ATAC ÎN  
CURENT CU REACȚIE COMBINATĂ**



# RO 127930 B1

1 Inventția se referă la un amplificator de audiofrecvență cu atac în curent cu reacție combinată, folosit pentru obținerea unui semnal de înaltă fidelitate.

3 Corecția de erori folosind o punte echilibrată în curent alternativ, cât și reacția negativă, sunt brevetate de H. S. Black în **US 2102671**, respectiv, **US 1686792**.

5 Reacția negativă, larg utilizată în amplificatoarele de audiofrecvență, pe lângă avantajele incontestabile pe care le oferă, de exemplu, reduce distorsiunile, crește banda de frecvență, controlează răspunsul amplificatorului etc., are și unele dezavantaje: nu poate reduce la minimum distorsiunile, poate genera instabilitate, scade amplificarea generală etc.

9 Corecția de erori folosind o punte echilibrată în curent alternativ permite în principiu să anuleze erorile, adică distorsiunile introduse de către amplificator, în condiții de stabilitate, și, în plus, nu prezintă o buclă de reacție care să conducă la instabilitate. Corecția de erori folosind o punte echilibrată în curent alternativ a fost utilizată în amplificatoarele de audiofrecvență Quad 405-909.

15 Problema tehnică propusă spre rezolvare este reproducerea semnalului de audiofrecvență cu distorsiuni armonice și de intermodulație minime.

17 Amplificatorul de audiofrecvență cu atac în curent cu reacție combinată înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că reducerea distorsiunilor care apar este asigurată prin includerea amplificatorului într-o punte echilibrată în curent alternativ, urmată de aplicarea buclei de reacție negativă, și cuprinde un amplificator operațional, având o intrare neinvertsoare și o intrare inversoare, un terminal de alimentare pozitiv, un terminal de alimentare negativ și un terminal de ieșire conectat la masă printr-o rezistență, funcționând ca un convertor tensiune-curent, un prim amplificator în curent de mică putere în clasa A, având o intrare inversoare conectată la terminalul de alimentare negativ al amplificatorului operațional; un al doilea amplificator în curent de mică putere, în clasa A de funcționare, având o intrare inversoare conectată la terminalul pozitiv de alimentare al amplificatorului operațional; un etaj de putere funcționând în clasa B, având o intrare neinvertsoare conectată la ieșirea primului amplificator în curent de mică putere, și la ieșirea celui de-al doilea amplificator în curent de mică putere, și o ieșire conectată la un terminal de ieșire printr-o bobină - terminalul de ieșire fiind conectat între bobină și masă; o punte echilibrată în curent alternativ, formată din două rezistențe, o bobină și un condensator, conectată între intrarea inversoare a amplificatorului operațional, intrarea neinvertsoare a amplificatorului de putere, ieșirea amplificatorului de putere și terminalul de ieșire; o buclă de reactive negativă, formată din două rezistențe, conectată între terminalul de ieșire și ieșirea amplificatorului operațional.

35 Avantajul invenției este obținerea unor performanțe ridicate în condițiile unei scheme cu o structură relativ simplă, prin folosirea reacției combinate, a structurii simetrice, oglinzilor de curent.

37 Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...2, ce reprezintă:

39 - fig. 1 - schema bloc a unui amplificator simetric în curent cu atac în curent cu reacție combinată;

41 - fig. 2 - amplificator de audiofrecvență simetric în curent cu atac în curent cu reacție combinată, într-o variantă constructivă.

43 Semnificația elementelor din schema bloc din fig. 1 este următoarea:

45 **A<sub>0</sub>** = amplificator operațional de semnal mic, convertor tensiune-curent;

**A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>** = amplificatoare inversoare pilot, în curent, care funcționează în clasa A de funcționare;

47 **B** = amplificator în curent, cu amplificare subunitară în tensiune, în clasa B de funcționare.

# RO 127930 B1

Amplificatorul de audiofrecvență cu atac în curent, cu reacție combinată, utilizează corecția de erori folosind principiul punții echilibrate în curent alternativ, urmată de aplicarea buclei de reacție negativă, semnalul de reacție preluat de la ieșire fiind "curat", obținându-se un nivel de distorsiuni armonice și de intermodulație foarte redus. Astfel, amplificatorul de audiofrecvență cu atac în curent conține un amplificator de semnal mic (amplificator operațional), ce realizează conversia tensiune-curent și defazarea semnalului, două amplificatoare simetrice în clasă A, având o structură de oglindă de curent cu reacție locală, care asigură funcționarea la nivel redus, și un etaj de putere în clasă B, fără curent de repaus, care asigură amplificarea în curent.

Semnalul de audiofrecvență aplicat lui  $A_0$  la terminalul de intrare **1** este amplificat de acesta; datorită rezistenței de sarcină  $R_4$  de valoare redusă, în circuitul de alimentare al lui  $A_0$  vor apărea variații ale curentului de alimentare, care vor servi la comanda amplificatoarelor pilot în curent, în clasa A, de mică putere,  $A_1$  și  $A_2$ , corespunzător celor două semialternanțe ale semnalului.

La nivel mic, funcționarea este asigurată de amplificatoarele în clasa A,  $A_1$  și  $A_2$ ; la creșterea nivelului, căderea de tensiune pe rezistența  $R_2$  crește, și este comandat etajul de putere cu amplificare în curent și amplificare în tensiune subunitară B, care trimite curent spre terminalul de sarcină **2** prin bobina  $L_1$ .

Reducerea distorsiunilor care apar la trecerea din clasa A în clasa B este asigurată prin includerea amplificatorului într-o punte echilibrată în curent alternativ, a cărei condiție de echilibru este  $L_1 = R_1 C_1 R_2$ , conectată la punctele  $J_1, J_2, J_3, J_4$ .

O parte din semnalul audio preluat după bobina  $L_1$ , "curățat" de distorsiuni, este aplicat prin intermediul divizorului format din rezistențele  $R_4$  și  $R_5$  amplificatorului  $A_0$ , în o buclă de reacție negativă la punctul de conectare  $J_5$ ; bucla de reacție negativă cuprinde partea finală a amplificatorului  $A_0$ , amplificatoarele pilot  $A_1, A_2$  și amplificatorul final **B** în clasa B.

Datorită faptului că semnalul audio aplicat în bucla de reacție negativă este în prealabil "curățat" de distorsiuni de corecția de erori, folosind puntea echilibrată în curent alternativ, se obține un nivel de distorsiuni armonice și de intermodulație foarte redus.

În fig. 2 este prezentat un amplificator de audiofrecvență simetric în curent, cu atac în curent, la care este folosită reacția combinată. Semnalul audio preluat de la terminalul de intrare **55** este aplicat, prin condensatorul **1**, amplificatorului operațional **4**, și este amplificat de către acesta. Datorită valorii reduse a rezistenței de sarcină **6**, în circuitul de alimentare al amplificatorului operațional **4**, realizat cu dioda **9**, condensatorul **8**, rezistența **10**, rezistența **7**, tranzistorul **17**, pentru ramura de alimentare pozitivă, și dioda **13**, condensatorul **12**, rezistența **14**, rezistența **11**, tranzistorul **20**, pentru ramura de alimentare negativă, vor apărea variații ale curentului, corespunzătoare celor două semialternanțe ale semnalului audio, amplificatorul operațional **4** comportându-se ca un convertor tensiune-curent.

Sarcina etajelor realizate cu tranzistoarele **17** și **20** sunt oglinzile de curent Wilson, realizate cu tranzistorul **16**, rezistențele **15, 21** și **22**, dioda **23**, tranzistorul **24**, respectiv, tranzistorul **19**, rezistențele **18, 25** și **26**, dioda **27**, tranzistorul **28**.

Semnalul de audiofrecvență este amplificat în curent în etajul în clasa A, realizat cu tranzistorul **33** pentru o semialternanță, și cu tranzistorul **36** pentru cealaltă semialternanță.

Tranzistorul **31**, rezistența **30**, rezistența semireglabilă **29**, condensatorul **32** formează, pe de o parte, un circuit superdiodă, cu rol important în stabilirea unui regim corect de funcționare pentru oglinzile de curent, și pentru stabilitatea amplificatorului, și, pe de altă parte, are rolul de convertor curent-tensiune.

# RO 127930 B1

1 Semnalul audio din emitorul tranzistorului **33** este aplicat prin intermediul diodei **34**  
și rezistenței **38**, sarcinii, pentru semialternanța pozitivă, respectiv, din emitorul tranzistorului  
3 **36**, prin dioda **35** și rezistența **38**, în cazul semialternanței negative.

5 În lipsa semnalului sau la nivel redus, tranzistorii finali de putere **48** și **50** nu conduc,  
semnalul fiind preluat din circuitul de emitor al tranzistoarelor **33** și **36** prin rezistența **38**, și  
aplicat ieșirii prin terminalului de ieșire **56**.

7 La creșterea nivelului semnalului, căderea de tensiune pe rezistența **38** crește și, însumată  
cu cea de pe diodele **34** sau **35**, determină deschiderea tranzistoarelor de putere **48**  
9 sau **50** care, la nivel mic, nu conduc.

11 Reducerea distorsiunilor de trecere care apar la trecerea din clasa A, de funcționare  
la nivel mic al semnalului, în clasa B, la nivel ridicat al semnalului, se face folosind principiul  
13 punții echilibrate în curent alternativ, formată din bobina **52**, rezistența **40**, rezistența **38** și  
condensatorul **59**.

15 Puntea echilibrată acționează eficient asupra întregului amplificator, reducând semnificativ  
distorsiunile.

17 Dacă nu ar exista bucla de reacție negativă suplimentară, formată din rezistențele **39**  
și **6**, aceasta ar putea fi structura unui amplificator de audiofrecvență cu performanțe bune.

19 Prin introducerea acestei bucle suplimentare de reacție negativă, o fracțiune din  
semnalul de audiofrecvență de la ieșire, semnal "curățat" de distorsiuni prin intermediul punții  
echilibrate în curent alternativ, este aplicat, prin divizorul format din rezistențele **39** și **6**, ieșirii  
21 amplificatorului operațional **4**.

23 În bucla de reacție negativă sunt incluse tranzistoarele finale din amplificatorul  
operațional, etajul realizat cu tranzistorul **17**, etajul realizat cu tranzistorii **16**, **24**, **33**, precum  
și tranzistorul final **48**, pentru o semialternanță, precum și etajul realizat cu tranzistorul **20**,  
25 etajul realizat cu tranzistorii **19**, **28**, **36** și cel realizat cu tranzistorul final **50**, pentru cealaltă  
semialternanță a semnalului audio, reducând suplimentar distorsiunile.

27 Circuitul serie format din rezistența **54** și condensatorul **53** are rolul de a preîntâmpina  
oscilațiile de înaltă frecvență.

29 Bobina **5** are rolul de a limita superior banda de frecvență.

31 Rezistențele **49** și **51** produc o ușoară reacție negativă locală, și îmbunătățesc stabilitatea  
termică a tranzistorilor finali la nivel ridicat.

33 Siguranțele **44** și **45** au rolul de a proteja tranzistorii finali.

Condensatorii **42**, **46** și **43**, **47** au rolul de a decupla traseul de alimentare și de a  
preîntâmpina oscilațiile care pot apărea din cauza circuitului de alimentare.

35 Alimentarea amplificatorului se face de la două surse de tensiune **57**, **58**, simetrice,  
nestabilizate, dimensionate corespunzător.

# RO 127930 B1

## Revendicări

1. Amplificator de audiofrecvență cu atac în curent cu reacție combinată, **caracterizat prin aceea că** include: 3
- un amplificator operațional ( $A_0$ ) având o intrare neinversoare și o intrare inversoare, un terminal de alimentare pozitiv, un terminal de alimentare negativ și un terminal de ieșire conectat la masă printr-o rezistență, funcționând ca un convertor tensiune-curent; 5
  - un prim amplificator în curent de mică putere ( $A_1$ ), în clasa A de funcționare, având o intrare inversoare conectată la terminalul de alimentare negativ al amplificatorului operațional ( $A_0$ ); 7
  - un al doilea amplificator în curent de mică putere ( $A_2$ ), în clasa A de funcționare, având o intrare inversoare conectată la terminalul pozitiv de alimentare al numitului amplificator operațional ( $A_0$ ); 9
  - un etaj de putere ( $B$ ) funcționând în clasa B, având o intrare neinversoare conectată la ieșirea numitului prim amplificator în curent de mică putere ( $A_1$ ), și la ieșirea celui de-al doilea amplificator în curent de mică putere ( $A_2$ ), și o ieșire conectată la un terminal de ieșire printr-o bobină ( $L_1$ ); 13
  - terminalul de ieșire conectat între numita bobină ( $L_1$ ) și masă; 15
  - o punte echilibrată în curent alternativ, formată din niște rezistențe ( $R_1, R_2$ ), o bobină ( $L_1$ ), un condensator ( $C_1$ ), conectată între intrarea inversoare a numitului amplificator operațional ( $A_0$ ) la un punct ( $J_2$ ), între intrarea neinversoare a numitului amplificator de putere ( $B$ ) la punctul de conectare ( $J_3$ ), între ieșirea numitului amplificator de putere ( $B$ ) la punctul de conectare ( $J_1$ ), și între numitul terminal de ieșire la punctul de conectare ( $J_4$ ); 17
  - o buclă de reactive negativă, formată din niște rezistențe ( $R_4, R_5$ ), conectată între numitul terminal de ieșire la punctul de conectare ( $J_4$ ) și ieșirea numitului amplificator operațional ( $A_0$ ) la punctul de conectare ( $J_5$ ). 19
2. Amplificator de audiofrecvență cu atac în curent cu reacție combinată, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** folosește o buclă de corecție de erori având forma unei punți echilibrate în curent alternativ, conectată între terminalul inversor al numitului amplificator operațional ( $A_0$ ), între intrarea, respectiv, ieșirea numitului etaj de amplificare ( $B$ ), și între numitul terminal de ieșire, urmată de o buclă de reacție negativă, conectată între numitul terminal de ieșire și terminalul de ieșire al numitului amplificator operațional ( $A_0$ ), pentru a crea o buclă de reacție "curată", în scopul obținerii celor mai bune performanțe. 21
3. Amplificator de audiofrecvență cu atac în curent cu reacție combinată, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** folosește amplificarea în curent și bucle de reacție în curent sub forma unei punți echilibrate în curent alternativ, și a unei bucle de reacție negativă, în scopul obținerii celor mai bune performanțe. 23
4. Amplificator de audiofrecvență cu atac în curent cu reacție combinată, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** balansul punții echilibrate în curent alternativ este obținut într-o anumită zonă a spectrului audio. 25
5. Amplificator de audiofrecvență cu atac în curent cu reacție combinată, **caracterizat prin aceea că** include: 27
- un amplificator operațional ( $A$ ) având o intrare neinversoare ca intrare de semnal, o intrare inversoare, un terminal de alimentare pozitiv, un terminal de alimentare negativ și un terminal de ieșire conectat la o masă printr-un rezistor, folosit ca un convertor tensiune-curent; 29
  - un prim amplificator în curent de mică putere, care operează în clasa A, având intrarea conectată la terminalul negativ al numitului amplificator operațional ( $A$ ) având un terminal de ieșire cu impedanță joasă, folosind un repetor pe emitor; 31

# RO 127930 B1

- 1 - un al doilea amplificator în curent de mică putere, care operează în clasa A, având  
intrarea conectată la terminalul pozitiv de alimentare al numitului amplificator operațional (4)  
3 având un terminal de ieșire cu impedanță joasă, folosind un repetor pe emitor;  
- un etaj de compensare termică și un convertor curent-tensiune format dintr-un  
5 tranzistor conectat într-o structură de multiplicare Ube;  
- un etaj de putere, având intrarea conectată între ieșirea de impedanță joasă a pri-  
7 mului amplificator în curent de mică putere, care operează în clasa A, și al celui de-al doilea  
amplificator în curent de mică putere, care operează în clasa A, și ieșirea conectată la o  
9 sarcină printr-o bobină (52), format dintr-o pereche de tranzistoare complementare;  
- o punte echilibrată în curent alternativ, formată din niște rezistențe (38, 40), o bobină (52)  
11 și un condensator (59), conectată la ieșirea numitului etaj de putere la punctul de conexiune (J<sub>1</sub>),  
conectată la intrarea inversoare a amplificatorului operațional (4), la punctul de conectare (J<sub>2</sub>),  
13 la ieșirea primului și celui de-al doilea amplificator în curent de mică putere, în clasa A, la punctul  
de conectare (J<sub>3</sub>), și la terminalul de ieșire la punctul de conectare (J<sub>4</sub>);  
15 - o buclă de reacție negativă, formată din niște rezistențe (39, 6) conectate între  
numitul terminal de ieșire al amplificatorului la punctul de conectare (J<sub>4</sub>), la terminalul de  
17 ieșire al numitului amplificator operațional (4) la punctul de conectare (J<sub>5</sub>), folosit ca terminal  
de intrare al semnalului pentru bucla de reacție negativă.

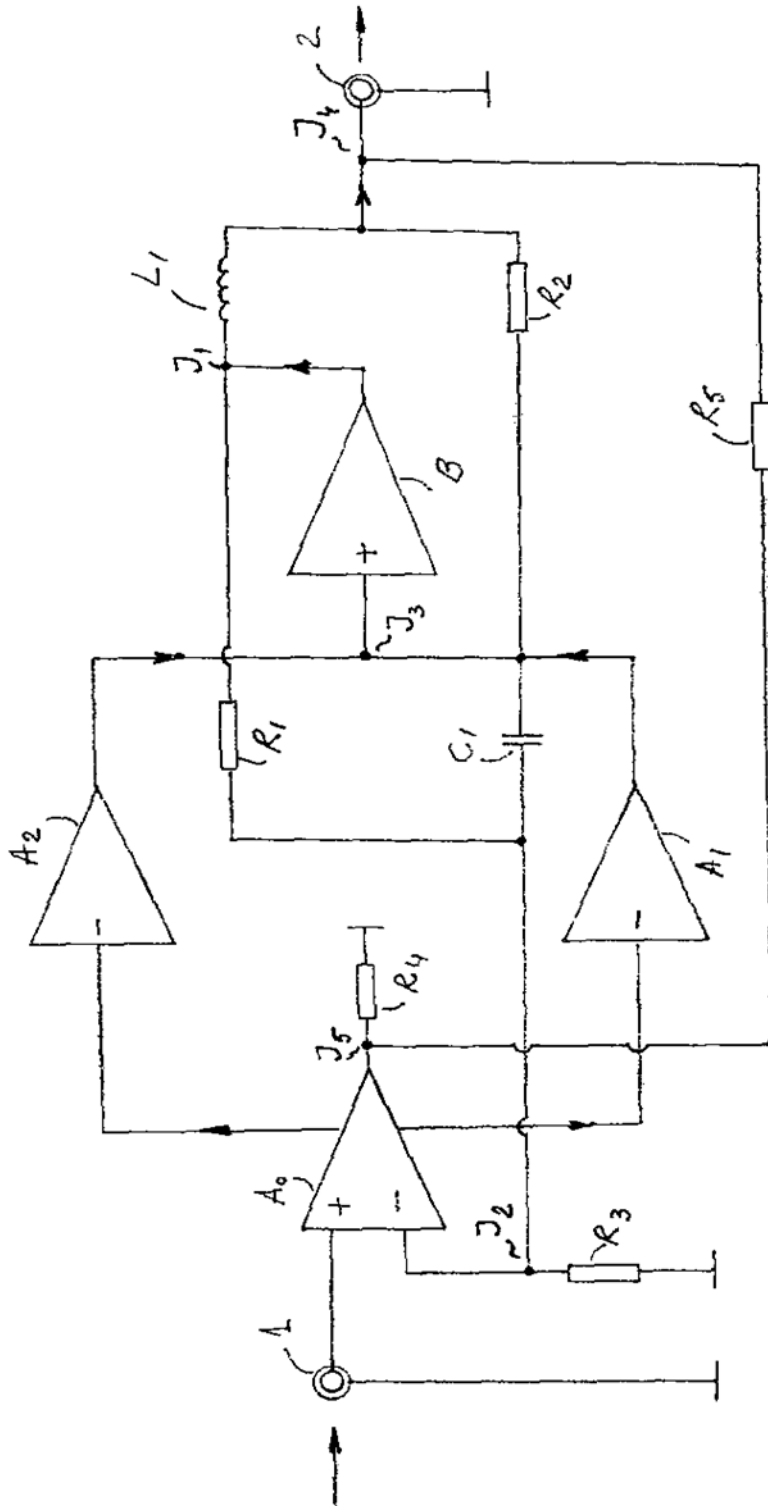


Fig. 1

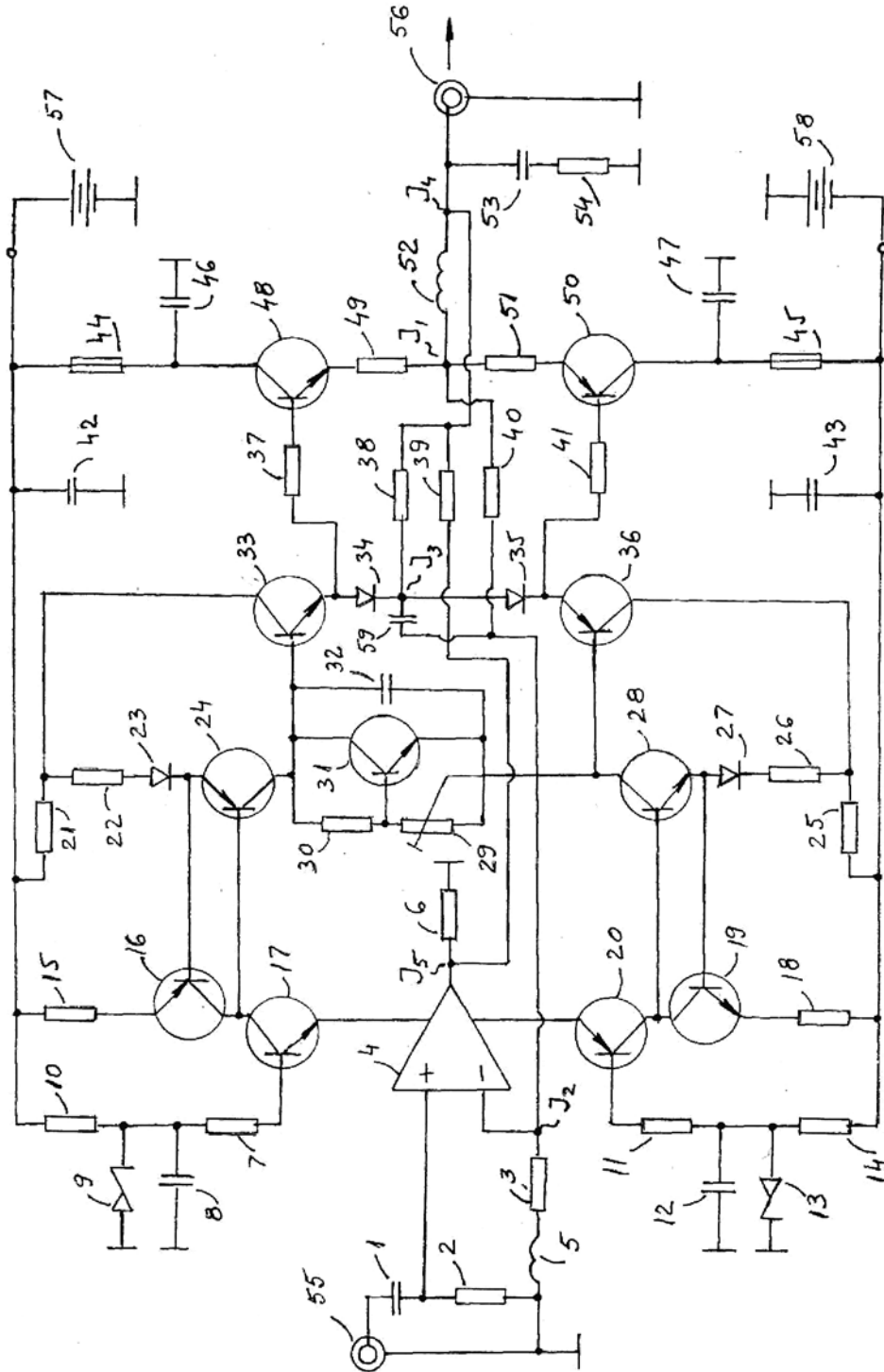


Fig. 2



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 8/2017