



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00683**

(22) Data de depozit: **30/07/2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/01/2018** BOPI nr. 1/2018

(41) Data publicării cererii:  
**30/07/2013** BOPI nr. 7/2013

(73) Titular:  
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **ARSINTE RADU, STR. DETUNATA NR.15,  
AP.11, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;**  
• **PETREUȘ DORIN- MARIUS,  
STR.PLOIEȘTI NR.27, AP.5,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(74) Mandatar:  
**CABINET DE PROPRIETATE  
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,  
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, SC.1,  
AP. 2, CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RADU ARSINTE, "BEHAVIOUR OF  
BIPOLAR AND MOSFET TRANSISTORS  
USED IN POWER STAGES OF A  
CONTROLLED CURRENT AMPLIFIER",  
SIMPOZION GYULA, HUNGARY, 2009**

(54) **AMPLIFICATOR DE IMPULSURI BIPOLARE DE CURENT  
ÎN PUNTE HIBRIDĂ CU COMANDĂ SIMETRICĂ**



# RO 128681 B1

1           Invenția se referă la un amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă,  
cu comandă simetrică, capabil să asigure impulsuri de curent de nivel ridicat, cu amplitudine  
3 controlată, în sarcini cu caracter predominant inductiv. Impulsurile de curent au durata  
variabilă și apar la intervale neregulate. Circuitul poate fi utilizat în circuite de comandă a  
5           monitoarelor CRT, acceleratoare de particule.

7           Unele dintre soluțiile anterioare utilizate pentru acest tip de aplicații erau bazate pe  
amplificatoare liniare, folosind amplificatoare operaționale de putere. Deși această soluție  
9 oferă un circuit în întregime liniar, care permite controlul precis al curentului generat în  
sarcină, ea prezintă dezavantajul unui consum permanent ridicat de energie, și  
11 imposibilitatea de a asigura viteze de variație foarte ridicate pentru impulsurile de curent  
(peste 1A/μs).

13           În literatura de specialitate este cunoscută și implementarea în arhitectura de tip  
punte completă (full - bridge), pentru amplificatoarele de acest gen. Această arhitectură oferă  
15 o eficiență energetică ridicată, eliminând o mare parte din pierderile de comutație  
caracteristice acestor amplificatoare. Ca principal dezavantaj al arhitecturilor de acest gen  
este menționat faptul că o asemenea structură este destinată în cele mai multe cazuri unor  
17 aplicații în care impulsurile de curent sunt permanente (surse în comutație, elemente de  
execuție), fără pauze de lungime variabilă între impulsuri, ca în cazul amplificatorului propus.

19           De asemenea, este cunoscut un amplificator de putere („*H-bridge power amplifier for  
a motor*”, brevet **US 6204729 B1**). Amplificatorul conține patru tranzistoare într-o conexiune  
21 în punte, conectate la o sarcină inductivă. Acest amplificator aduce un plus de viteză în  
timpul de răspuns, și o caracteristică de limitare de tensiune precisă.

23           Dezavantajul acestui amplificator este legat de faptul că este destinat să funcționeze  
în regim continuu, neavând posibilitatea de suspendare a funcționării pe o durată  
25 nedeterminată, fără a modifica circuitul de comandă. Un alt dezavantaj este faptul că nu  
controlează precis curentul prin sarcină, acesta fiind determinat în întregime doar de  
27 parametrii electrici ai circuitului, și deci este dependent de variațiile acestora (tensiunea de  
alimentare, inductivitatea sarcinii).

29           Este cunoscut și un alt amplificator de putere cu controlul curentului în aceeași  
arhitectură ("*Current controlled motor amplified system*", brevet **US 2003/0080710**). Acesta  
31 posedă surse de curent în partea superioară a punții, și elemente de comutație în partea  
inferioară a acestei punți.

33           Dezavantajul acestei arhitecturi este faptul că sursele de curent au valori fixe, iar  
precizia acestora, datorită topologiei de implementare aleasă, este redusă. Circuitul are  
35 nevoie pentru comanda elementelor de comutație de un circuit de comandă extern acestuia  
(nedetaliat în brevet). Nu este posibil controlul digital (sau analogic) al curentului prin sarcina  
37 inductivă, ci doar limitarea valorii acestuia la o valoare prestabilită. Aplicațiile circuitului sunt  
limitate strict la controlul curentului prin elemente de execuție (motoare).

39           Articolul "***Behavior of bipolar and MOSFET transistors used in power stages of  
a controlled current amplifier***", prezentat la Simpozionul Internațional, Gyula, Ungaria,  
41 are o soluție de punte hibridă în care este asigurată generarea de curenți simetrici într-o  
sarcină inductivă. Dezavantajul acestei soluții este faptul că asigură acest lucru pentru valori  
43 prestabilite ( $\pm 2$  Avv în circuitul prezentat), fără posibilitatea de modificare sau modulare a  
curentului de ieșire. În plus, circuitul de comandă este integrat în puntea propriu-zisă, fără  
45 posibilitatea de separare în vederea modificării independente a funcției de comandă, pentru  
modificarea regimului de funcționare. Totodată, circuitul nu permite o extindere facilă a  
47 comenzii către o soluție complet numerică.

# RO 128681 B1

Problema tehnică este generarea unor impulsuri cu amplitudine ridicată și fronturi abrupte, comandate printr-un control digital, folosind doar două intrări de curent complementare ale unui amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă, cu comandă simetrică.

Amplificatorul de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă, cu comandă simetrică, conform invenției, înlătură dezavantajele soluțiilor cunoscute prin aceea că folosește o soluție de amplificator în punte completă, modificată însă prin înlocuirea comutatoarelor a două dintre brațele acestei punți cu surse de curent comandate, alcătuite din surse de curent liniare și amplificatoare operaționale de mare viteză.

Amplificatorul de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă, cu comandă simetrică, destinat să furnizeze impulsuri de curent pe o sarcină inductivă, care sunt controlate digital de un convertor digital analog, ce generează un set de doi curenți complementari la două dintre ieșirile acestuia, conform invenției, este caracterizat prin aceea că elementele de comutare rapidă a celor două brațe simetrice ale amplificatorului de impulsuri, și anume, amplificatoarele operaționale sunt conectate cu cele două ieșiri de curent complementare ale convertorului digital analog, realizând astfel o egalizare a întârzierilor în cele două brațe de comandă, influențând pozitiv regimul tranzitoriu, în cazul comenzilor la frecvențe înalte.

Prin aplicarea acestei invenții (în versiune bipolară sau MOS) se obțin următoarele avantaje:

- generarea precisă, controlată digital, a impulsurilor de curent în sarcini inductive;
- comanda circuitului cu doar două intrări de curent complementare ( $I_1 + I_2$ );
- posibilitatea de obținere a efectului de suspendare a funcționării în lipsa simultană a curenților de intrare, cu reducerea la valori neglijabile a consumului;
- minimizarea efectelor tranzitorii și a dezechilibrului la activarea circuitului, obținută datorită unei simetrii perfecte a structurii de comandă;
- insensibilitate față de variația (în anumite limite) inductivității sarcinii sau față de variația tensiunii de alimentare.

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

- fig. 1, schema electrică a amplificatorului, realizată cu elemente de comutație (tranzistoare) bipolare;
- fig. 2, schema electrică a amplificatorului, implementată în structura cu elemente de comutație MOS.

Amplificatorul este conceput ca o structură în punte completă, formată din patru elemente de comutație **Q1**, **Q2**, **Q5**, **Q6** și din circuitele aferente acestora. Noutatea soluției constă în înlocuirea a două dintre laturile acestei punți, conținând elemente de comutație **Q1** și **Q5**, cu surse de curent liniare, realizate cu ajutorul unor amplificatoare operaționale de mare viteză **X1** și **X2**, montate într-o structură clasică de sursă de curent. Rezistoarele **R5** și **R12** sunt utilizate pentru sesizarea curentului acestor surse și asigurarea reacției de curent.

Rezistoarele **R6** și, respectiv, **R13** asigură factorul de scală al procesului de amplificare (factorul de amplificare în curent) al circuitului.

În acest sens, curentul ( $I_1$ ) prezent la intrarea inversoare a amplificatorului operațional **X1** este amplificat în sursa de curent conform relației:

$$I_{out} = \frac{V_p - R I_1}{R_5}$$

unde  $V_p$  - tensiunea de prag aplicată la intrarea neinversoare a amplificatorului operațional **X1**;

$I_{out}$  - curentul de ieșire al sursei de curent (măsurat în colectorul tranzistorului **Q1**).

# RO 128681 B1

1 O relație similară este valabilă și pentru sursa de curent realizată cu amplificatorul  
2 **X2**, înlocuind în relație elementele corespunzătoare.

3 Comparatorul de tensiune realizat cu tranzistoarele **Q3** și **Q4** (și elementele adiționale  
4 **R15**, **R16**, **R17**) este destinat comandării elementelor de comutație **Q2** și **Q6** din punte.  
5 Acesta compară tensiunile de la ieșirile amplificatoarelor operaționale **X1** și **X2**, și decide  
6 activarea unuia dintre cele două comutatoare, stabilind sensul curentului prin sarcina **L1**.

7 Curentul în sarcină, prin **L1**, în cazul general, este la un moment dat format din  
8 diferența dintre curenții generați de sursa de curent cu valoarea absolută cea mai mare, din  
9 care se scade curentul generat de cea de-a doua sursă. Funcționarea simultană a celor două  
10 surse permite minimizarea efectelor tranzitorii la activarea circuitului. Acest efect se obține  
11 printr-o reducere a eficienței energetice a circuitului, care, în anumite aplicații, este un  
12 element secundar. Se generează astfel, pe durata prezenței curenților complementari **I1** și  
13 **I2**, un impuls de curent amplificat în sarcină **L1**, proporțional ca amplitudine cu diferența  
14 absolută (în modul) a curenților de comandă, și cu o direcție stabilită de semnul diferenței  
15 dintre curenții de intrare.

16 Prin alegerea convenabilă a tensiunii de polarizare  $V_p$ , aplicată la intrările  
17 neinversoare ale circuitelor **X1** și **X2**, se poate obține funcționarea ideală în care, la un  
18 moment dat, doar una dintre cele două surse este activă, eficiența energetică a circuitului  
19 fiind maximă.

20 Elementele **R3**, **R4**, **C2**, respectiv, **R10**, **R11**, **C4** sunt utilizate pentru comanda  
21 comutatoarelor de putere **Q2**, respectiv, **Q6**. Diodele **D1-D4** sunt utilizate pentru supresarea  
22 energiei care apare în procesul de comutație.

23 Datorită concepției amplificatorului într-o structură de punte simetrică, acesta oferă  
24 posibilitatea unei comenzi simetrice cu un set de curenți complementari ( $I_1 + I_2 = \text{constant}$ )  
25 proveniți, de exemplu, din ieșirile unui convertor digital - analogic (DAC), cu ieșiri com-  
26 plementare. Aceste intrări sunt singurele elemente de legătură cu circuitul precedent, care  
27 utilizează acest amplificator, iar ieșirile complementare sunt caracteristice unei clase largi  
28 de convertoare digital-analogice integrate. De asemenea, în cazul blocării acestor curenți de  
29 comandă **I1** și **I2**, amplificatorul trece în regimul de funcționare cu suspendarea curentului  
30 de ieșire, circuitul amplificator având în acest caz un consum neglijabil.

31 Utilizarea unui comparator de tensiune în circuitul de autocomandă a brațelor opuse  
32 ale punții compară tensiunile de ieșire ale amplificatoarelor operaționale **X1** și **X2**, din  
33 structura surselor de curent, și permite generarea internă a comenzii de deschidere-blocare  
34 a elementelor de comutare corespunzătoare, și eliminarea unor semnale suplimentare, care  
35 ar trebui furnizate de către circuitul de comandă exterior.

36 Circuitul de comandă DAC propus este descris el însuși fiind ca hibrid, comenzile  
37 aplicate elementelor fiind analogice, la intrarea amplificatorului și, respectiv, digitale, la  
38 intrarea circuitului de comandă DAC.

39 În esență, circuitul de comandă implementează o matrice hibridă de comandă a  
40 elementelor din brațele punții, de forma:

$$41 \quad [CdQ_1 \ CdQ_2 \ CdQ_5 \ CdQ_6] = [N][K1 \ K2 \ K3 \ K4]$$

42 unde  $CdQ_n$  sunt semnalele de comandă aplicate elementelor de comutație corespunzătoare,  
43 iar coeficienții  $K1...K4$  reprezintă algoritmi de comandă generați de circuitul hibrid prin  
44 procesarea semnalului primar  $N$  aplicat pe intrările convertorului analog/digital amintit. În  
45 acest fel, circuitul devine independent de puntea hibridă de putere propriu-zisă **Q1**, **Q2**, **Q5**,  
46 **Q6**, și se poate eventual implementa fie în arhitectură hibridă, cu alte elemente de circuit,  
47 sau pur numerică, prin utilizarea unui FPGA.

48 Elementele suplimentare care apar în versiunea cu tranzistoare MOS sunt legate  
49 doar de modificarea circuitelor de comandă a tranzistoarelor de putere MOS utilizate,  
principiul rămânând același.

# RO 128681 B1

## Revendicare

	1
Amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă, cu comandă simetrică, destinat să furnizeze impulsuri de curent pe o sarcină ( <b>L</b> ) inductivă, conținând:	3
- o structură în punte formată din patru elemente ( <b>Q1</b> , <b>Q2</b> , <b>Q5</b> , <b>Q6</b> ) de comutație, în care două dintre elementele de comutație ( <b>Q1</b> și <b>Q5</b> ) de pe laturile acestei punți sunt elemente componente ale unor surse de curent liniare, realizate cu ajutorul unor amplificatoare ( <b>X1</b> și <b>X2</b> ) operaționale de mare viteză, al unor rezistoare ( <b>R5</b> și <b>R12</b> ) utilizate pentru sesizarea curentului acestor surse, și asigurarea reacției de curent, și al altor rezistoare ( <b>R6</b> și <b>R13</b> ) care asigură factorul de amplificare în curent;	5
- un comparator de tensiune realizat cu niște tranzistoare ( <b>Q3</b> și <b>Q4</b> ) care servesc la compararea tensiunilor la ieșirile amplificatoarelor ( <b>X1</b> și <b>X2</b> ), și decid activarea unuia dintre cele două comutatoare ( <b>Q2</b> sau <b>Q6</b> ), servind și la stabilirea sensului curentului prin sarcina inductivă, cu niște elemente rezistive ( <b>R15</b> , <b>R16</b> și <b>R17</b> ) adiționale, și cu niște elemente ( <b>R3</b> , <b>R4</b> , <b>C2</b> , respectiv, <b>R10</b> , <b>R11</b> , <b>C4</b> ) de circuit care asigură comanda celorlalte două elemente ( <b>Q2</b> și <b>Q6</b> ) de comutație;	7
- niște diode ( <b>D1</b> , <b>D2</b> , <b>D3</b> și <b>D4</b> ) utilizate pentru supresarea energiei care apare în procesul de comutație; și	9
- un convertor digital analog, care generează un set de curenți complementari ( <b>I1</b> , <b>I2</b> ) la două dintre ieșirile sale, caracterizat prin aceea că elementele de comutare rapidă a celor două brațe simetrice ale amplificatorului de impulsuri, și anume, amplificatoarele ( <b>X1</b> și <b>X2</b> ) operaționale sunt conectate cu cele două ieșiri de curent complementare ( <b>I1</b> , <b>I2</b> ) ale convertorului digital analog, realizând astfel o egalizare a întârzierilor în cele două brațe de comandă, influențând pozitiv regimul tranzitoriu, în cazul comenzilor la frecvențe înalte.	11
	13
	15
	17
	19
	21
	23

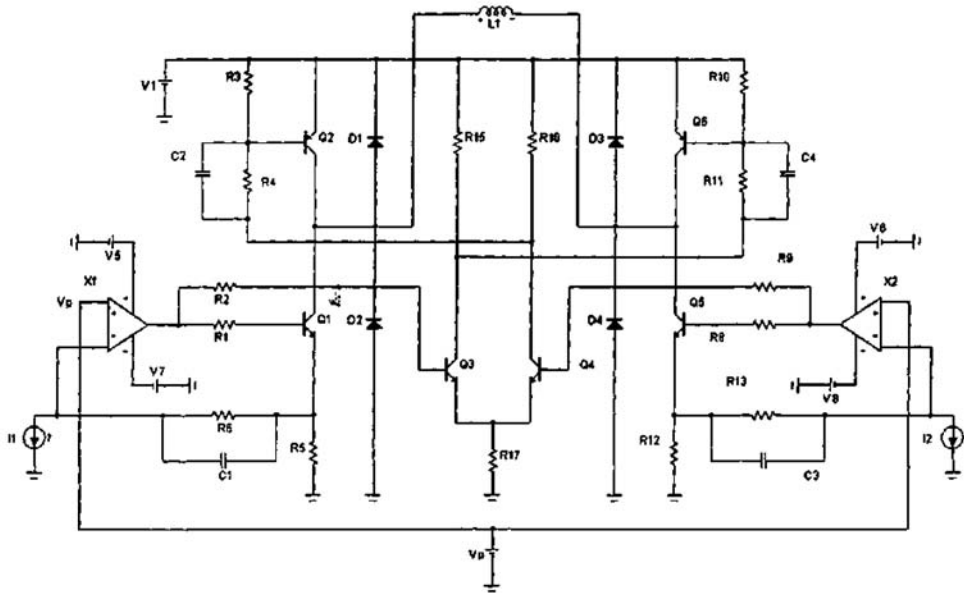


Fig. 1

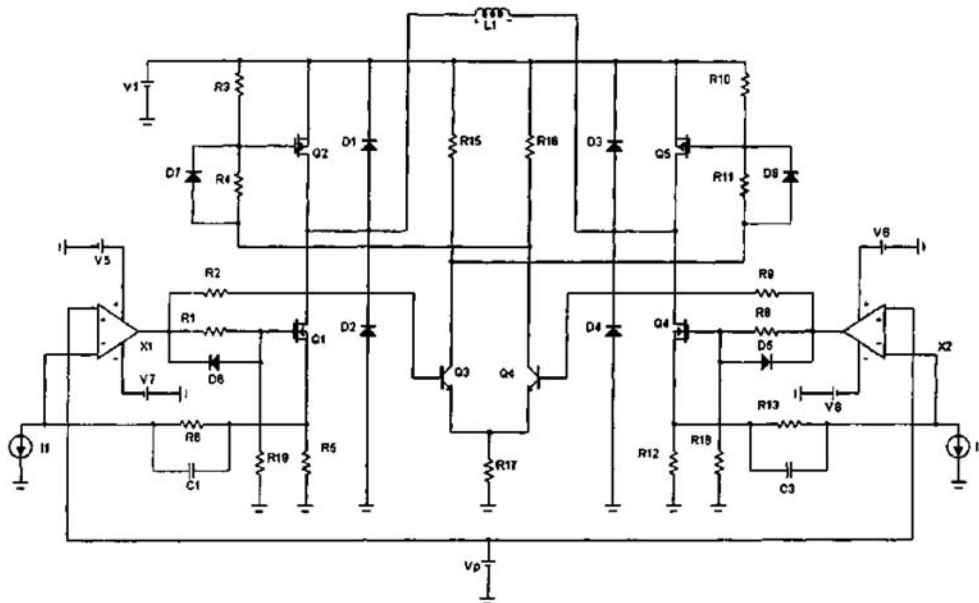


Fig. 2

