



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00683

(22) Data de depozit: 30.07.2010

(41) Data publicării cererii:  
30.07.2013 BOPI nr. 7/2013

(71) Solicitant:  
• 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, AP. 2,  
CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ

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

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă, cu comandă simetrică. Amplificatorul conform invenției are o structură în punte formată din patru elemente (Q1, Q2, Q5, Q6) de comutație, și din niște circuite aferente acestora, și este destinat să furnizeze impulsuri de curent pe o sarcină (L) inductivă, două dintre laturile acestei punți, care conțin elemente de comutație (Q1 și Q5), sunt înlocuite cu niște surse de curent liniare, realizate cu ajutorul unor amplificatoare (X1 și X2) operaționale de mare viteză, niște rezistoare (R5 și R12) fiind utilizate pentru sesizarea curentului acestor surse și asigurarea reacției de curent, iar niște rezistoare (R6 și R13) asigurând factorul de amplificare în curent, un comparator de tensiune, realizat cu niște tranzistoare (Q3 și Q4) și niște elemente (R15, R16 și R17) adiționale, asigură comanda elementelor (Q2 și Q6) de comutație din punte, niște elemente (R3, R4, C2, respectiv, R11, R10, C4) sunt utilizate pentru comanda comutatoarelor de putere (Q2, respectiv, Q6) din punte, iar niște diode (D1, D2, D3 și D4) sunt utilizate pentru supresarea energiei care apare în procesul de comutație, sensul

curentului printr-o sarcină (L1) fiind stabilit de tranzistoarele (Q3 și Q4) care servesc la compararea tensiunilor la ieșirile amplificatoarelor (X1 și X2), și decid activarea unuia dintre cele două comutatoare (Q2 sau Q6).

Revendicări: 4  
Figuri: 2

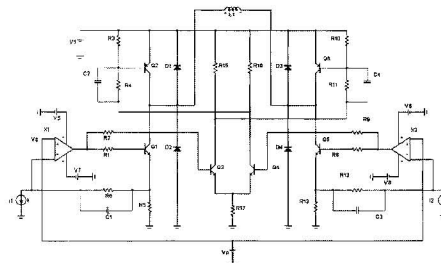


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## **Amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă cu comandă simetrică**

Invenția se referă la un amplificator de impulsuri de curent bipolare, capabil să asigure impulsuri de curent de nivel ridicat, cu amplitudine 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 monitoarelor CRT, acceleratoare de particule.

Unele din soluțiile anterioare utilizate pentru acest tip de aplicații erau bazate pe amplificatoare liniare folosind amplificatoare operaționale de putere. Deși această soluție 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 imposibilitatea de a asigura viteze de variație foarte ridicate pentru impulsurile de curent (peste 1A/μs).

În literatura de specialitate ([1],[2]) este cunoscută și implementarea în arhitectura de tip punte completă (full - bridge) pentru amplificatoarele de acest gen. Această arhitectura oferă 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 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.

De asemenea este cunoscut un amplificator de putere („H-bridge power amplifier for a motor”, brevet US6204729B1). Amplificatorul conține patru tranzistoare într-o conexiune 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.

Dezavantajul acestui amplificator este legat de faptul ca este destinat sa funcționeze în regim continuu, fără posibilitatea de suspendare a funcționării pe o durată 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 parametrii electrici ai circuitului, și deci este dependent de variații ale acestora (tensiunea de alimentare, inductivitatea sarcinii).

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

Dezavantajul acestei arhitecturi este faptul ca sursele de curent au valori fixe, iar precizia acestora, datorită topologiei de implementare aleasă, este redusă. Circuitul are 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 inductivă, ci doar limitarea valorii acestuia la o valoare prestabilită. Aplicațiile circuitului sunt limitate strict la controlul curentului prin elemente de execuție (motoare).

**Problema tehnică** pe care o rezolvă invenția de față este de a realiza un amplificator de impulsuri bipolare, care oferă posibilitatea generării unor impulsuri cu amplitudine ridicată și fronturi abrupte, asigurate cu un control digital, folosind doar două intrări de curent complementare și oferind posibilitatea de suspendare a funcționării în lipsa curenților de intrare. În plus, acest circuit oferă insensibilitate față de variația (în anumite limite) a inductivității sarcinii sau față de variația tensiunii de alimentare.

**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

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2010 00 683
Data depozit 30-07-2010

comutatoarelor a două din brațele acestei punți cu surse de curent comandate, alcătuite din surse de curent liniare și amplificatoare operaționale de mare viteză.

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

- figura 1, schema electrică a amplificatorului, realizată cu elemente de comutație (tranzistoare) bipolare;
- figura 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 din 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:

$$I_{out1} = \frac{V_p - R_6 I_1}{R_5}$$

unde  $V_p$  – tensiunea de prag aplicată la intrarea neinversoare a amplificatorului operațional X1;  $I_{out1}$  - curentul de ieșire al sursei de curent (măsurat în colectorul tranzistorului Q1)

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

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

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

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

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

Datorită concepției amplificatorului într-o structură de punte simetrică, acesta oferă posibilitatea unei comenzi simetrice cu un set de curenți complementari ( $I1+I2=constant$ )

proveniți, de exemplu, din ieșirile unui convertor digital – analogic (DAC), cu ieșiri complementare. Aceste intrări sunt singurele elemente de legătură cu circuitul precedent care utilizează acest amplificator, iar ieșirile complementare sunt caracteristice unei clase largi de convertoare digital-analogice integrate. De asemenea, în cazul lipsei acestor curenți de comandă I1 și I2, amplificatorul trece în regimul de funcționare cu suspendarea curentului de ieșire, circuitul amplificator având în acest caz un consum neglijabil.

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

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 ( $I1+I2=\text{constant}$ );
- 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.

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

#### Bibliografie

- [1] W. Ericson, D.Maksimovic, Fundamentals of Power Electronics, Second Edition, Kluwer Academic Publishers, 2001
- [2] Barry W Williams, POWER ELECTRONICS - Devices, Drivers, Applications, and Passive Components, ISBN 978-0-9553384-0-3, © Barry W Williams, 2006

## REVENDICĂRI

1. **Amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă cu comandă simetrică**, având o structură în punte completă formată din patru elemente de comutație (Q1,Q2,Q5,Q6) și din circuitele aferente acestora destinat să furnizeze impulsuri de curent pe o sarcină inductivă (L), **caracterizat prin aceea că**, în brațele punții, în locul a două comutatoare ON-OFF, s-au amplasat surse de curent liniare comandate realizate cu ajutorul unor amplificatoare operaționale de mare viteză (X1) și (X2), rezistoarele (R5) și (R12) fiind utilizate pentru sesizarea curentului acestor surse și asigurarea reacției de curent, iar rezistoarele (R6) și (R13) pentru asigurarea factorului de amplificare în curent, un comparator de tensiune realizat cu tranzistoarele (Q3) și (Q4) și elementele adiționale (R15), (R16), (R17) asigură comanda elementelor de comutație (Q2) și (Q6) din punte, elementele (R3), (R4), (C2) respectiv (R11), (R10), (C4) fiind utilizate pentru comanda comutatoarelor de putere (Q2) respectiv (Q6), iar diodele (D1-D4) pentru supresarea energiei care apare în procesul de comutație, sensul curentului prin sarcina (L1) fiind stabilit de tranzistoarele (Q3) și (Q4) care servesc la compararea tensiunilor la ieșirile amplificatoarelor operaționale (X1) și (X2) și decid activarea unuia din cele două comutatoare (Q2) sau (Q6).
2. **Amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă cu comandă simetrică**, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, oferă posibilitatea modificării caracteristicii de intrare-ieșire a circuitului prin alegerea convenabilă a tensiunii de polarizare ( $V_p$ ), aplicată la intrările neinversoare ale amplificatoarelor operaționale (X1) și (X2), iar utilizarea comparatorului de tensiune format din (Q3) și (Q4) permite generarea internă a comenzii de deschidere-blocare a elementelor de comutare corespunzătoare și eliminarea unor semnale suplimentare care ar trebui furnizate de către circuitul de comandă exterior.
3. **Amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă cu comandă simetrică**, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, oferă posibilitatea de comandă simetrică cu un set de curenți complementari  $I_1+I_2 = \text{constant}$ , proveniți din ieșirile unui convertor digital – analogic sau de la un alt dispozitiv cu ieșiri de curent complementare.
4. **Amplificator de impulsuri bipolare de curent în punte hibridă cu comandă simetrică**, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, în cazul lipsei curenților de comandă  $I_1$  și  $I_2$ , amplificatorul trece în regimul de funcționare cu suspendarea curentului de ieșire, circuitul amplificator având în acest caz un consum neglijabil.

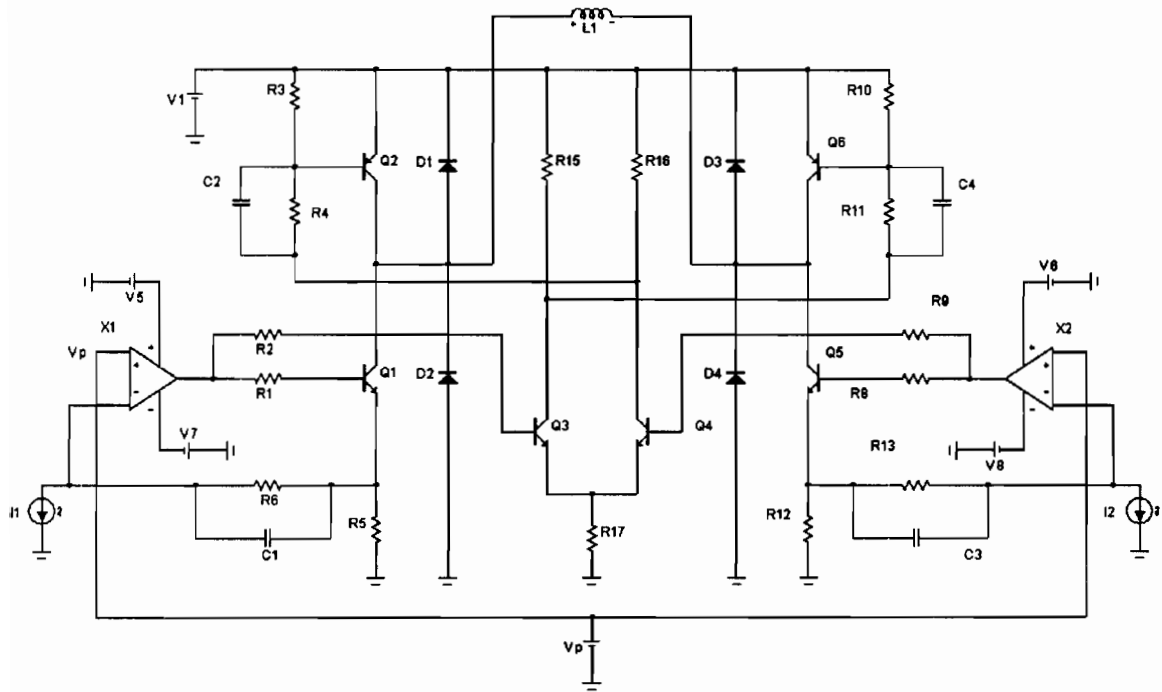


Figura 1

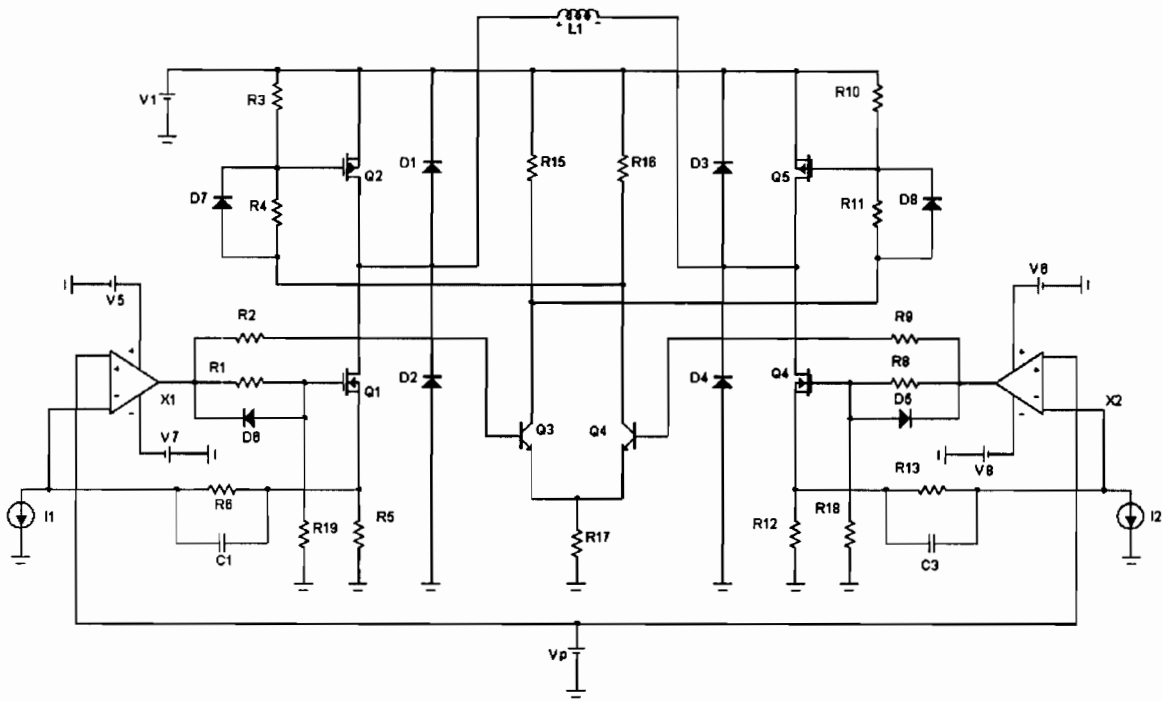


Figura 2