



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2008 00515**

(22) Data de depozit: **02.07.2008**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29.11.2013** BOPI nr. **11/2013**

(41) Data publicării cererii:
30.03.2010 BOPI nr. **3/2010**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MECATRONICĂ ȘI TEHNICA MĂSURĂRII -
INCDMTM, ȘOS.PANTELIMON NR.6-8,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **CONSTANTIN ANGHEL,
STR.PREVEDERII NR.4, BLD 8, AP.25,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **DUMITRU SERGIU,
ȘOS.ȘTEFAN CEL MARE NR.234, BL.77,
SC.B, AP.58, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 5616846 A

(54) **CIRCUIT DE INTERFAȚĂ PENTRU SENZORI
TENSOREZISTIVI**



RO 125345 B1

1 Invenția se referă la un circuit de interfațare a senzorilor tensorezistivi în vederea
achiziției datelor de la mai mulți astfel de senzori cu un factor ridicat de rejecție a zgomotului
3 de mod comun și liniarizarea implicită a funcției de transfer ieșire (tensiune)/intrare (forță).

5 Domeniul tehnic la care se referă invenția este cel al circuitelor electronice de
interfațare a senzorilor cu sisteme de măsură și/sau achiziție de date.

7 Senzorii tensorezistivi la care se referă invenția sunt cei care au o variație liniară a
conductanței ($1/R$) cu forța aplicată de tip Flexiforce. Soluția clasică este plasarea senzorului
9 într-un circuit de măsurare a rezistenței tip punte și apoi liniarizarea caracteristicii de transfer
prin calcule numerice. Prin utilizarea unui amplificator de instrumentație și unei surse de
11 referință variabile pentru stabilirea amplificării, se asigură realizarea liniarizării caracteristicii
de transfer. Senzorul este legat în circuit astfel încât tensiunea de ieșire a amplificatorului
13 este proporțională cu $1/R$ (unde R este rezistența senzorului) realizând astfel, de fapt, un
amplificator de transconductanță. Soluția dată de foaia de prezentare de către producător
(Senzori tactili rezistivi A201-Tekscan SUA) este prezentată în fig. 1.

15 Din stadiul tehnicii, se cunoaște că soluția propusă de producător este folosirea unui
amplificator operațional A1 și unei surse de tensiune de referință - V_{ref} care injectează
17 curent în senzorul S asupra căruia se aplică forța F obținându-se la ieșire o tensiune
proporțională cu conductanța senzorului $1/R_t$ dar inversată (semnul -).

19 Din cauza rezistenței mari a senzorului ($5-10\text{ M}\Omega$ fără forța aplicată și $100\text{ K}\Omega$ la forța
21 maximă), un astfel de circuit este afectat de zgomotul captat de către firele de legătură ale
senzorului (prin cuplaj capacitiv în special) și are o componentă predominantă de 50 Hz
23 provenită de la rețeaua electrică. Mai ales în cazul firelor de legătură relativ lungi (peste
 10 cm), acest zgomot afectează rezultatul măsurătorii, conducând la erori inacceptabil de
mari.

25 Se cunoaște, tot din stadiul tehnicii, un circuit de interfață pentru un senzor de
presiune plasat într-o punte Wheatstone care asigură și compensarea cu temperatura a
27 semnalului de ieșire. Schemele electronice prezentate cuprind o variantă clasică de
amplificator de instrumentație cu două amplificatoare operaționale cu aceleași caracteristici,
29 care debitează pe două tranzistoare ce funcționează ca surse de curent de mare impedanță.
Curentul senzorului, al punții și al amplificatoarelor variază cu temperatura, determinând
31 neliniarități ale curentului de ieșire și erori în evaluarea presiunii. Regulatele de curent
constant introduc un curent adițional pentru compensarea acestor fluctuații cu temperatura.

33 O a doua configurație folosește un amplificator de instrumentație într-o schemă
clasică cu trei amplificatoare operaționale. Al treilea amplificator operațional este în montaj
35 diferențial. El înlocuiește cele două surse de curent, realizate cu tranzistoare și permite
reglarea tensiunii de ieșire de la un nivel mai coborât, deoarece lipsesc căderile de tensiune
37 bază-emitor din schema cu tranzistoare.

39 Aceste configurații sunt descrise în brevetul **US 5616846 A** (Kwasnik J. W., 1997) și
nu rezolvă problema senzorilor de tip tensorezistivi care au impedanțe mari.

41 Problema pe care o rezolvă invenția este interfațarea senzorilor de forță cu sisteme
de achiziție de date, plasate la distanță față de amplasamentul senzorilor.

43 Soluția tehnică din invenție cuprinde un amplificator de instrumentație conectat
necostandard la senzor, care este realizat cu două amplificatoare operaționale, având
conectată între cele două intrări neinverse o sursă de tensiune de referință, iar între
45 intrările inverse având conectat un senzor tensorezistiv (care în mod normal se conecta
la intrările neinverse), cele două amplificatoare operaționale având și două
47 condensatoare, plasate în paralel pe rezistențele de reacție care asigură o filtrare trece jos
cu frecvența de tăiere de 30 Hz , semnalele de pe cele două ieșiri ale amplificatoarelor

RO 125345 B1

operaționale fiind transmise la sistemul de achiziție a datelor prin două fire torsadate, care aplică diferențial aceste semnale pe intrările unui amplificator operațional, prevăzut și acesta cu condensatoare pentru filtrarea trece jos a semnalului de ieșire cu aceeași frecvență de tăiere de 30 Hz.	1 3
Invenția astfel realizată prezintă următoarele noutăți și avantaje:	5
- liniarizarea caracteristicii senzorilor prin realizarea implicită a funcției $1/R$;	
- amplificarea reglabilă și stabilă prin folosirea unei referințe de tensiune de precizie V_{ref} (plasată la intrarea de semnal a amplificatorului);	7
- rejecția zgomotului perturbator de mod comun prin simetrizarea legării sensorului la cele două amplificatoare A1 și A2 care ulterior se leagă la un etaj diferențial A3.	9
Prin simetrizare se asigură aplicarea egală a perturbațiilor pe cele două fire de legătură (perturbații de mod comun) și nu numai asupra unui singur fir cum este cazul interfeței uzuale (perturbații de mod diferențial).	11
- transmisia semnalului la etajul următor cu fire torsadate la distanță (până la sistemul de achiziție) asigură suplimentar o imunitate sporită la zgomot;	13
- realizarea pe același circuit a filtrării (eventual considerată antialiasing dacă circuitul este urmat de un convertor analog - numeric) prin capacitățile C2 și C4 care determină o caracteristică de transfer în frecvență de tip FTJ (filtru trece jos) cu frecvența de tăiere la 3 dB în jur de 30 Hz (corespunzător domeniului dinamic de variație posibil pentru forța F).	15
Se dă un exemplu de realizare a unui circuit de interfață pentru senzori tensorezistivi, cu referire la fig. 1...3, reprezentând:	17
- fig. 1, interfațarea unui senzor de tip Flexiforce cu un circuit de prelucrare a semnalului (stadiul tehnicii);	19
- fig. 2, schema circuitului de interfață pentru senzori tensorezistivi;	21
- fig. 3, rejecția semnelor perturbatoare în cazul firelor torasadate.	23
În invenție se utilizează un amplificator de transconductanță cu intrări simetrice față de senzor și rejecție diferențială a perturbațiilor de mod comun.	25
Folosirea termenului de amplificator de transconductanță este justificată de faptul că intrarea amplificatorului se consideră conductanța variabilă a sensorului care nu este legat la intrarea "clasică" de tensiune a amplificatorului de instrumentație și din acest punct de vedere amplificatorul realizează funcția $K \cdot 1/R$ unde K este factorul de amplificare globală realizat prin stabilirea valorii sursei de referință V_{ref} care este legată la intrarea "clasică" de tensiune a amplificatorului de instrumentație.	27
Semnalul de intrare este astfel considerat forța F care modifică valoarea conductanței sensorului și nu sursa de tensiune de referință V_{ref} .	29
Impedanța de mod comun văzută pe firele de intrare ale sensorului este simetrică și stabilită de $R1$ și $R2$ la valoarea de 33 K Ω .	31
Rejecția semnalelor perturbatoare aplicate pe modul comun (în fază pe cele două fire de legătură ale sensorului) este stabilită de factorul de rejecție respectiv al amplificatoarelor A1 și A2 (CMR - common mode rejection) dar îmbunătățită cu cel puțin 12,5 dB, datorită faptului că semnalele se diferențiază în etajul următor în condițiile respectării ferestrei dinamice a amplificatoarelor, astfel încât să nu se realizeze saturația.	33
Firele torsadate au avantajele cunoscute și prezentate sumar în fig. 3. Firele "împletite" formează bucle astfel încât tensiunile electromotoare induse, conform legii lui Faraday, sunt în opoziție la fiecare buclă adiacentă și se scad reciproc în limita simetriei atât a aplicării perturbațiilor (mod comun sau diferențial) cât și a realizării fizice a buclelor.	35
	37
	39
	41
	43
	45

RO 125345 B1

1 În exemplul de realizare a invenției ilustrat în fig. 2, se reprezintă schema electrică
de principiu a unei interfețe pentru un senzor de forță. Conductanța variabilă constituită de
3 senzorul supus la acțiunea unei forțe de compresiune este plasată în locul rezistenței prin
care în mod normal, la un amplificator de instrumentație, se făcea reglajul amplificării, notată
5 pe schemă cu **Rs**. În paralel cu **R1** și **R2**, s-au prevăzut două condensatoare notate cu **C1**
și **C2** cu valoarea pe 470 nF, pentru realizarea filtrului cu o caracteristică tip trece jos care
7 limitează banda utilă la 30 Hz.

 Ieșirile **O1** și **O2** se conectează cu fire torsadate la următorul bloc diferențial care
9 reconstituie semnalul prin diferențiere asigurând rejectarea zgomotului de mod comun.

 Tensiunea de decalaj față de zero a ieșirii **O3** se compensează, reglând tensiunea
11 de referință notată cu **Voff**.

RO 125345 B1

Revendicare

	1
Circuit de interfață pentru senzori tensorezistivi, cu rejecție a perturbațiilor de mod comun, folosind o structură de amplificator de instrumentație, caracterizat prin aceea că amplificatorul de instrumentație este realizat cu două amplificatoare operaționale (A1, A2), având conectată între cele două intrări neinversoare o sursă de tensiune de referință (Vref), iar între intrările inversoare având conectat un senzor piezorezistiv (Rs), cele două amplificatoare operaționale (A1, A2) având două condensatoare (C1, C2), plasate în paralel pe rezistențele de reacție (R1, R2) și care asigură o filtrare trece jos cu frecvența de tăiere de 30 Hz, semnalele de pe cele două ieșiri (O1, O2) ale amplificatoarelor operaționale (A1, A2) fiind transmise la sistemul de achiziție a datelor prin două fire torsadate (TPW), care aplică diferențial aceste semnale pe intrările unui amplificator operațional (A3), prevăzut cu condensatoare (C3, C4) pentru filtrarea trece jos a semnalului de ieșire cu aceeași frecvență de tăiere de 30 Hz.	3 5 7 9 11 13

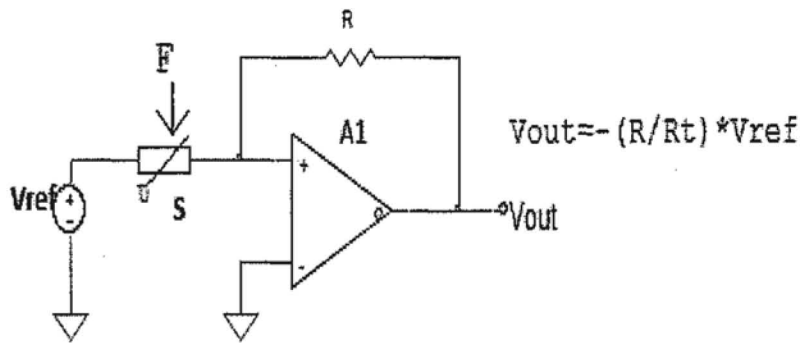


Fig. 1

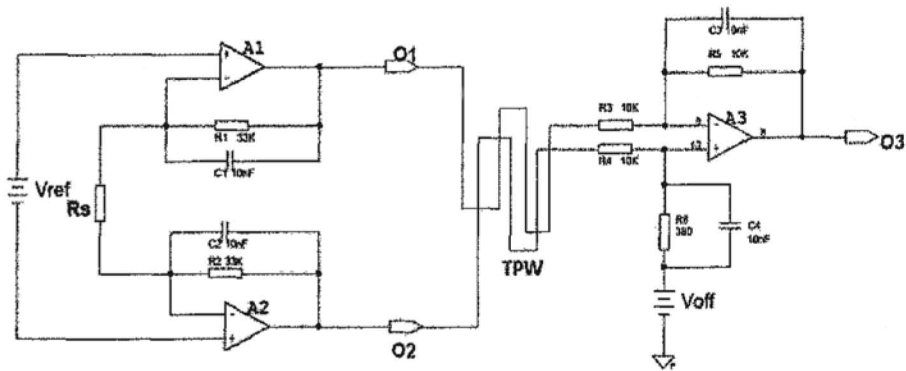


Fig. 2

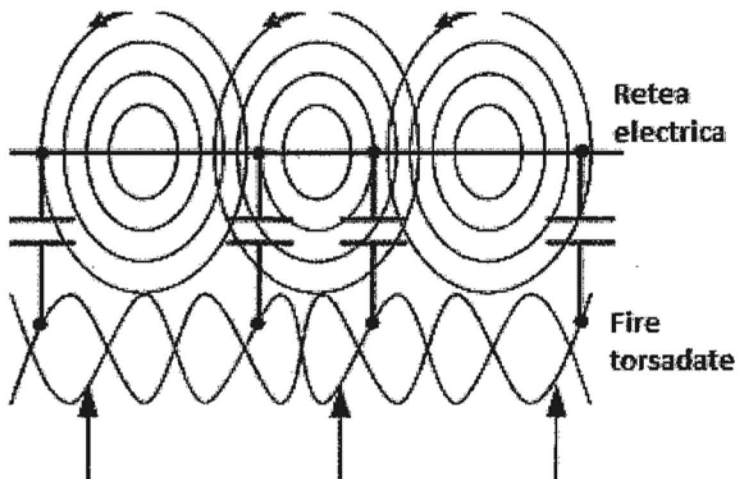


Fig. 3

