

LUCRAREA 7

AMPLIFICATOARE IZOLAȚIE

1. Generalități

În sistemele de măsură sunt necesare amplificatoare de măsură care să permită preluarea și prelucrarea semnalului în proximitatea sursei de semnal, dar să elimine orice cuplaj galvanic cu circuitele de ieșire care, de obicei, sunt conectate cu alte aparate electronice sau de automatizare.

Un amplificator izolație conține un amplificator de intrare cu masă flotantă, un etaj de separație și un amplificator de ieșire. În aplicații, trebuie evitată conectarea masei circuitului de intrare la masa circuitului de ieșire. Transmiterea semnalului între cele două părți separate galvanic se face printr-un câmp electromagnetic (cuplaj prin transformator sau cuplaj optic), creindu-se astfel o barieră de izolație. Se pot realiza transformatoare miniaturale cu răspuns constant într-o bandă largă de frecvențe ($10^2 \dots 10^6$ Hz) și cu izolarea înfășurărilor pentru tensiuni de 1 ... 5 kV.

Cuplajul prin transformator se realizează cu precizii foarte mari și o bună liniaritate. Există, de asemenea, ansambluri de diode electroluminiscente cu fotodiode sau fototranziatoare montate în capsule metalice sau plastice *DIL*, izolate pentru tensiuni de lucru de 1 ... 2,5 Kv. Intercalând între dioda electroluminiscentă și fotodiodă un cablu optic (electric izolan) și alimentând partea de intrare cu baterii proprii, se pot construi amplificatoare cu separare galvanică pentru tensiuni de $10^5 \dots 10^6$ V. În optocuplor pot fi încapsulate diverse componente sau circuite electronice adiacente. Cuplajul optic se realizează pentru viteze mari de răspuns și bandă largă. Un caz aparte de amplificator izolație este cel bazat pe cuplaj termic.

2. Importanța rejecției tensiunii de mod comun

Tensiunile de mod comun apar datorită:

- energiei interne (de radiofrecvență sau prin efecte electromagnetice);
- diferenței între potențialul masei traductorului și a sistemului de măsură;
- potențialului de măsură al traductorului (de exemplu, termocuplu).

Deoarece aceste trei perturbații apar la măsurători industriale, este necesară rejecția tensiunii de mod comun.

Observație: Pentru fiecare creștere a *RMC* (*Rejecția de Mod Comun*) cu 20 dB, efectele tensiunii de mod comun descresc cu un factor de 10. Astfel, la o tensiune de mod comun de 100 V și semnal util de măsurat de 25 mV, avem următoarele erori:

pentru	60 dB	100 mV	adică	400 %
	80 dB	10 mV	adică	40 %
	100 dB	1 mV	adică	4 %
	140 dB	10^{-5} V	adică	0,04 %
	160 dB	10^{-6} V	adică	0,004 %

La proiectarea unui amplificator de măsură este necesară cunoașterea tensiunii de mod comun maxime din circuitul de măsură (traductoare), cât și tensiunea de mod comun admisă la intrarea etajului următor care, de obicei, este multiplexorul (uzual ± 10 V pe mod comun). Folosind relația:

$$\text{Eroarea adm. \%} = (\text{CMRR} \times \text{Tensiune MC} \times 100) / \text{Tens. in. urm,}$$

obținem *CMRR* și apoi putem calcula: $\text{CMR} = -20 \log \text{CMRR}$ în dB.

În aplicațiile unde tensiunile de mod comun sunt mari, se folosesc amplificatoare izolație pentru a reduce efectul acestor tensiuni asupra ieșirilor. Principalele situații sunt următoarele:

- izolarea senzorilor și preamplificatoarelor de măsură în aparatura medicală, unde se impun condiții specifice de protecție a pacientului;

- pentru protecția unor echipamente de măsură;
- pentru injectarea unui semnal în mai multe circuite, fără un cuplaj între ele, când potențialul ambelor borne este foarte ridicat față de masă;
- uzine electrice convenționale sau nucleare;
- sisteme de control al proceselor industriale, etc.

3. Funcția de transfer a unui optocuplor

Amplificatoarele izolație cuplate optic au o configurație de optocuplor cu tranzistor bipolar pentru amplificarea semnalelor obținute pe FD (fig. 7.1). Funcția de transfer este dată de relația:

$$I_C = K_x \left(\frac{I_F}{I'_F} \right)^n, \text{ unde:}$$

- I_C = curentul de colector care se obține pentru o anumită valoare precizată a curentului prin LED (I_F);
- I_F = curentul prin LED la care s-a făcut măsurătoarea de determinare a lui n ;
- K = valoare curent colector, când $I_F = I'_F$;
- n = panta caracteristicii $I_C = f(I'_F)$ în coordonate logaritmice, cu ordinul de mărime de aproximativ 2 la un curent $I = 16$ mA.

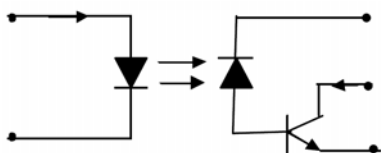


Fig. 7.1

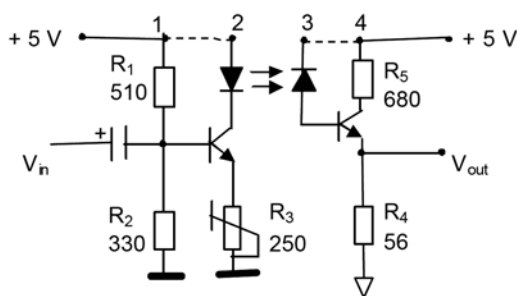


Fig. 7.2

S-au folosit optocuploare cu LED și fotodiodă, pentru care este necesară desenarea caracteristicii $I_C = f(I_{LED})$. Aceasta se realizează cu montajul din fig. 7.2, unde rezistorul R_3 este variabil la modificarea curentului prin LED.

Pe cablajul imprimat s-au prevăzut puncte de măsură a curentilor prin LED și prin colectorul tranzistorului, în punctul static de funcționare. După ridicarea acestei caracteristici se determină punctul în jurul căruia avem o regiune cât mai liniară, valoarea respectivă fiind folosită în aplicațiile ulterioare.

Pentru a măsura banda de frecvențe a acestui amplificator simplu, se aplică la intrare o tensiune sinusoidală cu amplitudinea de 500 mV în mijlocul benzii (de exemplu, la 1 kHz) și se studiază comportarea la ieșire pentru diferite frecvențe, după ce, în prealabil, s-au făcut legăturile 1 – 2 și 3 – 4. Tensiunea maximă de intrare de ± 500 mV asigură un curent de $\pm 2,5$ mA în jurul curentului de polarizare, într-o regiune care se poate considera liniară. Liniaritatea se poate aprecia prin distorsiunile introduse de optocuplor, pe care le măsurăm la intrarea circuitului și la ieșirea sa, cu ajutorul distorsiometrului.

Observații:

- Este absolut necesară folosirea unui tub care să nu permită trecerea luminii naturale spre FD pentru a nu altera transferul optic între LED și FD;
- Valorile componentelor au fost alese astfel încât amplificarea totală să fie egală cu 1.

4. Servoamplificator cu cuplaj optic realizat cu AO

Principiul de funcționare a circuitului (fig. 7.3) se bazează pe servoacțiune, în sensul că se folosesc două optocuploare identice care se vor urmări reciproc, odată cu semnalul de la intrare. Acest semnal,

amplificat de A_1 , comandă LED-ul optocuplorului de sus, în domeniul 14 ... 18 mA, pentru o variație de ± 5 V a tensiunii de intrare. Amplificatorul A_2 compară ieșirile de colector ale celor două optocuploare și comandă LED – ul de jos, obligându-l să urmărească strălucirea celuilalt LED. Implicit, tensiunea de la ieșirea repetorului va urmări tensiunea de intrare. Repetorul lucrează liniar, chiar dacă optocuploarele nu au o caracteristică de transfer liniară, fapt ce se datorează funcționării la orice moment, în condiții identice pentru optocuploare.

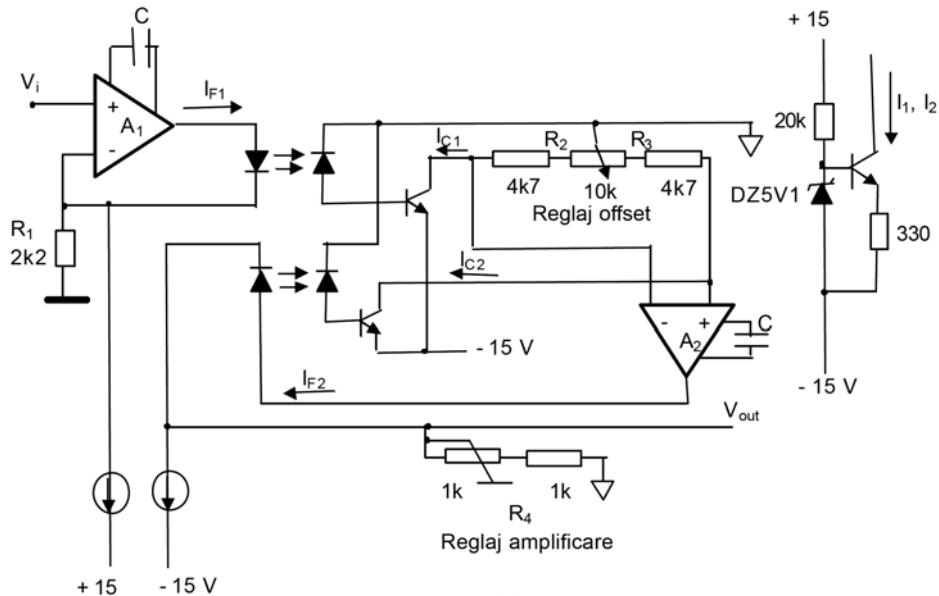


Fig. 7.3

Cu ajutorul rezistențelor R_2 , R_3 se face reglajul de nul al circuitului: la aplicarea $V_{in} = 0$ se urmărește ca $V_{out} = 0$.

Din R_4 se reglează câștigul circuitului. Astfel, după reglajul de nul din R_4 se stabilește un câștig unitar pentru circuit (repetor).

Observație: Neîmperecherea coeficienților K nu influențează neliniaritatea, caracteristica de transfer fiind dată de relația:

$$V_{out} = R_4 \times 12 \times \left(\left(1 + \frac{V_{in}}{R_1 \cdot I_1} \right)^{\frac{n_1}{n_2}} - 1 \right)$$

Se măsoară banda de frecvențe și distorsiunile introduse. Importantă este măsurarea RMC la frecvența de 1 kHz.

Pentru comparație, se dau performanțele unui servoamplificator realizat cu optocuplorul integrat $HCPL 2530$:

- banda de frecvențe: 0 ... 25 kHz;
- liniaritatea 1%;
- variația amplificării -0,03 % / °C;
- $RMC = 46$ dB la 1 kHz.

5. Amplificator diferențial cu cuplaj optic

Schema din fig. 7.4 se utilizează pentru semnale diferențiale de intrare, prezentând impedanță mare datorită configurațiilor de repetor la intrare. Rezistențele R_1 , R_2 și sursa de curent I permit adaptarea circuitului la gama dinamică a semnalului de intrare.

Principiul de funcționare se bazează pe faptul că există o zonă de funcționare a optocuploarelor, în care creșterea câștigului pe un optocuplor este compensată de scăderea câștigului pe celălalt

optocuplor. Dacă $n_1 = n_2$, avem o compensare perfectă, funcția de transfer fiind liniară. Diodele electroluminiscente sunt polarizate cu un curent constant $I_F = I / 2$. Etajul de ieșire se comportă ca un amplificator diferențial de curent. Prin suprapunerea efectelor celor doi curenți se obține:

$$V_0 = R_5 \left[K_2 \left(\frac{I}{2I_{F2}} \right)^{n_2} \left(1 - \frac{V_{ID}}{RI} \right)^{n_2} - \frac{R_3}{R_4} K_1 \left(\frac{I}{2I_{F1}} \right)^{n_1} \left(1 + \frac{V_{ID}}{RI} \right)^{n_1} \right]$$

Se reglează R_3 pentru ca în cazul în care $V_{ID} = 0$, să avem la ieșire $V_0 = 0$.

$$V_0 = K' R_5 \left[\left(1 - \frac{V_{ID}}{RI} \right)^{n_2} - \left(1 + \frac{V_{ID}}{RI} \right)^{n_1} \right]$$

Pentru $n_1 = n_2 = 2$ se obține o lege liniară: $V_0 = \text{const.} V_{ID}$

Valorile curentului I pentru care se îndeplinește această condiție se selectează din reglajul sursei de curent.

Observație: Neîmperecherea valorilor lui K nu influențează liniaritatea funcției de transfer, dar variația sa cu temperatura modifică valoarea câștigului. Compensarea efectului termic se face cu un termistor în circuitul de ieșire.

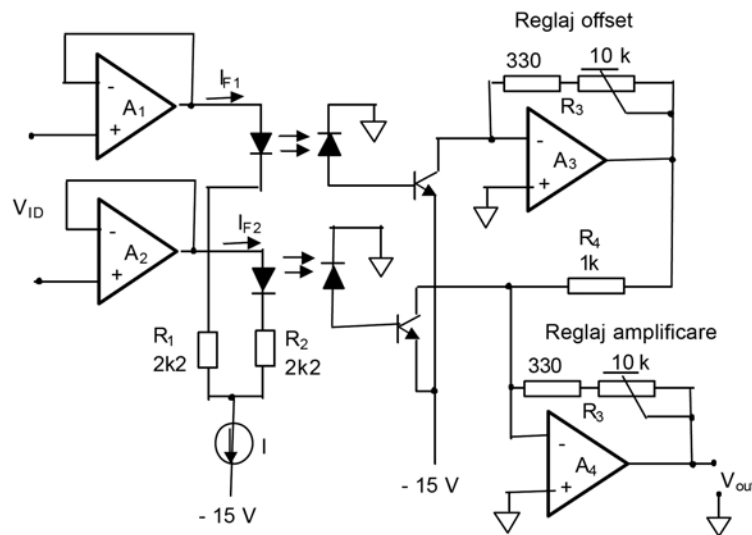


Fig. 7.4

Dacă sursa de semnal generează o tensiune alternativă și nu se poate asigura o cale de închidere a curenților de polarizare pe intrările neinversoare de la A_1 și A_2 , este necesară conectarea unor rezistențe, pentru asigurarea unei căi de curent continuu. Se măsoară și în acest caz parametrii anteriori, care se pot compara cu cei obținuți cu HCPL 2530:

- neliniaritate 3 %;
- driftul câștigului $-0,4 \% / ^\circ\text{C}$;
- $CMR = 70 \text{ dB}$;
- banda de frecvențe 25 kHz.