

Bucla de curent

1. Introducere

În multe procese de control, informația este transmisă sub formă de curent, cu gamă dinamică de 16 mA și limitele 4 mA și 20 mA. Utilizarea curentului ca purtător al informației asigură un grad de imunitate la zgomote, deoarece informația este recepționată neafectată de căderile de tensiune pe linie, de efectele de termocuplu, de rezistențele de contact sau de tensiunile induse în firele de legătură. În același timp, offset-ul de 4 mA, permite detecția unei întreruperi, deoarece valoarea 0 a mărimii de măsurat este 4 mA.

Alte avantaje ale transmisiei în curent: alimentarea poate fi furnizată prin aceleași fire de semnal, prin intermediul curentului de 4 mA, deoarece acesta nu transferă informație. În plus, în circuit se pot conecta mai multe sarcini, a.î. la un moment dat, traductorul poate furniza informații la mai multe aparate simultan.

2. Converteare tensiune-curent

Cel mai simplu și mai rudimentar convertor tensiune curent este prezentat în fig. 1.

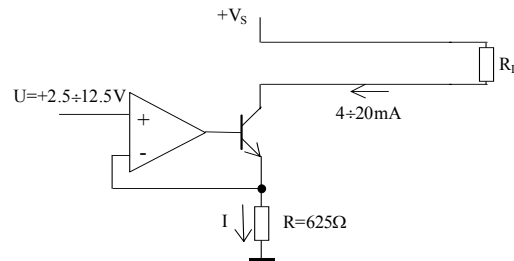


Fig. 1

Curentul prin rezistența R poate fi scris:

$$I = \frac{u_{in}^-}{R} = \frac{u_{in}^+}{R} = \frac{U}{R} \quad (1)$$

Având în vedere limitele între care variază tensiunea de intrare 2.5÷12.5 V, atunci limitele curentului prin rezistența R vor fi:

$$I_{\min} = \frac{U_{\min}}{R} = \frac{2.5V}{0.625K\Omega} = 4mA$$

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} = \frac{12.5V}{0.625K\Omega} = 20mA \quad (2)$$

Curentul care circulă prin rezistența R este furnizat în totalitate de către emitorul tranzistorului, spre intrarea operaționalului necirculând nici un curent (practic acesta este neglijabil). Curentul de emitor este aproximativ egal cu cel de colector, diferența dintre ele fiind curentul de bază. Dacă factorul de amplificare în curent al tranzistorului este suficient de mare ($\beta=10000$), atunci diferența între cei doi curenți este neglijabilă (2μA față de 20 mA). Curentul de polarizare al intrării minus a operaționalului introduce și el o eroare, dar de regulă și acesta este mic (sute de pA până la maxim 1μA). În final cei doi curenți au efecte contrare, deoarece primul se adună la curentul de ieșire, iar cel de-al doilea se scade, adică utilizarea unui AO cu curenți mari de polarizare are un efect benefic asupra preciziei convertorului.

De regulă, tensiunea de la intrarea convertorului este preluată de la o punte, amplificată și adusă în gama 0÷10V. Aceasta este tot un standard de ieșire pentru traductoare. Pentru a converti acest domeniu de tensiune în 4÷20mA, este necesar introducerea unui offset, pe lângă conversia

propriu-zisă. Schema din figura 2 realizează acest lucru.

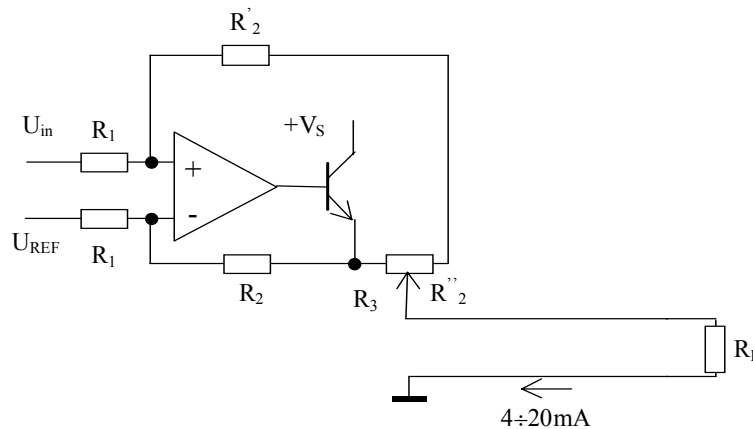


Fig. 2

Pentru schema de mai sus, dacă $R_2 + R_2 + R_3 = R_2$, atunci:

$$I_L = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{U_{in} - U_{REF}}{R_3} \quad (3)$$

Rezistențele R_1 , R_2 și R_3 se aleg a.f. să obținem curent de 20 mA la ieșire pentru $U_{in}=10V$, iar tensiunea U_{REF} fixează offset-ul de 4 mA.

3. Sisteme de telemetrie în curent

În aplicații industriale, informația de măsurare provenind de la traductoare este transmisă către panoul sau pupitrul de comandă și control sub formă de curent. Drept standard s-a adoptat sistemul ce folosește o gamă dinamică de 16 mA și un offset de 4 mA, denumit sistem de măsură cu ieșire în curent unificat 4±20 mA. Utilizarea curentului ca suport de transmitere a informației are avantajul imunității crescute la zgomote și interferențe, perturbații care există din plin în mediul industrial. Acest lucru se datorează faptului că sursele perturbatoare induc tensiuni (cuplaje inductive sau capacitive, tensiuni de tip termocuplu, rezistențe de contact), care însumează cu cele utile și apar serie sau de mod comun. În plus alegerea limitei minime de 4mA permite distincția între zeroul mărimii măsurate (4mA) și zeroul curentului care înseamnă întreruperea circuitului. Un alt avantaj îl constituie faptul ca se pot conecta mai multe aparate de măsură, fără a afecta semnalul util, prin simpla înseriere a unor rezistențe pe care se măsoară căderea de tensiune creată de trecerea curentului (figura 3 a).

Există aplicații de tip curent unificat în care există o sursă de alimentare în locul de amplasare a traductoarelor sau alimentarea este furnizată pe un fir separat (figura 3 b). Se folosește atunci când traductorul are o parte de prelucrare și conversie care necesită un consum de curent mai mare de 4 mA pentru polarizarea circuitelor. Această variantă are dezavantajul următor: tensiunile de mod comun ce apar între cele doua surse (a traductorului și a părții de măsură) sunt mari (kV) și pot distruge ambele părți electronice. Pentru a evita acest lucru se folosesc izolatoare galvanice sau bariere de protecție, care sunt și ele o sursă de eroare. Uneori acestea necesită și ele sursă de alimentare.

Pentru aplicații de consum redus, alimentarea se transmite prin firele de semnal. Schema consumă pentru polarizare tocmai curentul de 4 mA, care nu este necesar pentru transmiterea informației de măsurare (figura 3 c). În acest caz nu este necesară decât o singură sursă de alimentare. Și aici pot apărea supratensiuni periculoase, dar separarea este mai dificilă. Această variantă poartă de numirea de buclă de curent.

De exemplu firma Analog Devices produce circuite specializate pentru telemetria în curent unificat sau în buclă de curent (2B20 și 2B22) cu sau fără izolare galvanică. Ele sunt destinate însă conversiei semnalului de tensiune 0÷10V în curent unificat 4÷20mA.

Mai există și varianta 2÷20 mA sau chiar 0÷20mA, însă nu prezintă aceleași performanțe cu 4÷20mA.

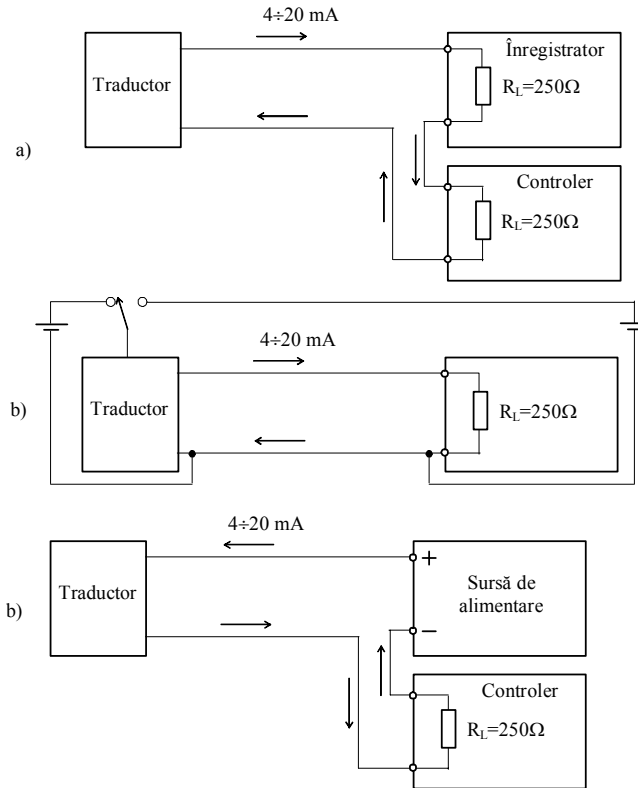
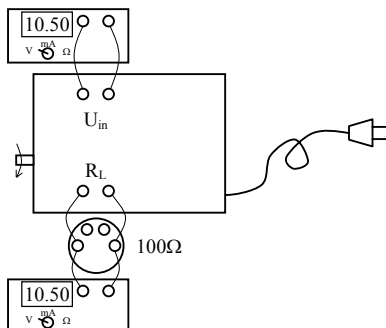


Fig. 3

Probleme de efectuat în laborator

1. Să se deducă relația 3.
2. Să se proiecteze schema pentru $U_{in}=0\div 10V$ și $I_L=4\div 20mA$.
3. Se utilizează macheta din laborator și se trasează caracteristica de transfer pentru o sarcină de 100Ω , și apoi pentru valori ale sarcinii de 250Ω , 500Ω , 750Ω și 1000Ω . Se utilizează două multimetre numerice E302 și o rezistență etalon de 100Ω , respectiv o cutie de reglabilă de rezistențe pentru valori mai mari ale sarcinii. Acestea se conectează ca în figura următoare:



Se variază tensiunea de la intrare între 0 și 10V cu un pas de 0.5V și se notează indicațiile celor două multimetre. Datele se trec în tabelul următor:

Nr.	U_{in} [V]	U_{out} [V]	I_{out} [mA]	ΔI [mA/V]	ϵ_{nelin} [%]
1	0				
2	0.5				
...					
21	10				

Pentru completarea tabelului se determină dreapta de eroare pătratică medie cu relațiile:

$$a = \frac{n \cdot \sum_{k=1}^n (U_{in_k} \cdot I_{out_k}) - \sum_{k=1}^n U_{in_k} \cdot \sum_{k=1}^n I_{out_k}}{n \cdot \sum_{k=1}^n U_{in_k}^2 - \left(\sum_{k=1}^n U_{in_k} \right)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum_{k=1}^n U_{in_k} \cdot I_{out_k} - a \cdot \sum_{k=1}^n U_{in_k}^2}{n}$$

se calculează ΔI ca diferența dintre valoarea curentului obținută prin relația

$$I_{out} = a \cdot U_{in} + b$$

și valoarea măsurată a curentului. Eroarea de neliniaritate (ε_{nelin}) se determină ca raportul dintre valoarea maximă a lui ΔI și domeniul valorilor de la ieșire ($20mA - 4mA = 16mA$).

Eroarea suplimentară cu sarcina se determină prin abaterea relativă față de caracteristica obținută pentru o sarcină de 100Ω , împărțită la valoarea rezistenței de sarcină pentru care se obține aceasta.