

Laurențiu FRANGU

**ELECTRONICĂ ȘI  
INFORMATICĂ INDUSTRIALĂ**

**Îndrumar de laborator**



### Obiectivele lucrării

- studiul schemei adaptorului
- ridicarea experimentală a caracteristicii adaptorului
- utilizarea schemei de măsurare cu 2 fire și cu 3 fire
- folosirea tehnicii de reglaj (ajustare) de 0 și de scară
- cunoașterea caracteristicii etalonate a senzorilor.

### Aparate necesare

Modul SRA1701, modul AT2F-19 (Infostar Pa canii), termorezistență Pt100, sursă alimentare  $\pm 15V$ , rezistență decadică 90 - 150  $\Omega$ , voltmetru digital, termometru (poate fi termometru cu mercur sau electronic), cuvânt cu apă (0-100°C), termoplonjor (sau alt sursă de căldură), gheață.

### Material grafic

Schema SRA1701, schema de conectare SRA1701, schema de conectare AT2F-19, tabel de etalonare Pt100, foi de catalog LM741, LM108.

### Breviar teoretic

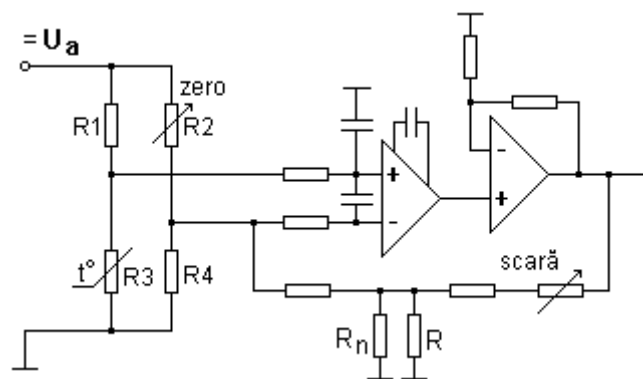


Figura 1: Structura adaptorului de termorezistență

Termorezistența este un senzor parametric, care își modifică rezistența, în funcție de temperatura mediului. De regulă, variația rezistenței cu temperatura este liniară, pentru un domeniu între  $-20$  și  $+200^\circ\text{C}$ . Adaptorul de termorezistență este circuitul care măsoară rezistența senzorului. El îndeplinește două funcții: furnizează alimentarea circuitului de măsurare a rezistenței senzorului și amplifică semnalul obținut în circuitul de măsurare. Pentru măsurarea rezistenței se folosește, în mod uzual, o schemă în punte, ca în figura 1 (termorezistența pe poziția R3). Mai rar se folosesc și alte soluții, cum ar fi plasarea rezistenței în circuitul de reacție al unui amplificator liniar. Oricare ar fi soluția, curentul de excitație al senzorului trebuie să fie suficient de mic, încât să nu producă încălzirea lui parazită.

Un senzor uzual este termorezistența Pt100, care are 100  $\Omega$ , la temperatura  $0^\circ\text{C}$ . Pentru intervalul de temperatură măsurat (0 -  $+100^\circ\text{C}$ ), variația rezistenței este de ordinul 40  $\Omega$ , deci semnalul obținut de la puntea de măsurare este relativ mic, de ordinul milivolților. Spre exemplu, pentru o excitație de 1mA, variația tensiunii este de 40mV. Ca urmare, amplificarea de tensiune a adaptorului trebuie să fie suficient de mare, spre exemplu 250, dacă dorim un interval de 0-10V la ieșire. Banda semnalului util este cu mult sub banda amplificatorului, deoarece temperatura variază lent, deci banda amplificatorului nu este critică.

Reglajele obligatoriu de efectuat pe adaptor sînt reglajul de 0 și reglajul de cap de scară. Dacă se presupune că senzorul are caracteristică liniară, aceste reglaje sînt suficiente. Pentru cazul

din figura 1, în care primul AO calculeaz diferen a a dou tensiuni, reglajul de 0 se realizeaz prin modificarea tensiunii de referin (R2). Reglajul de cap de scar se realizeaz modificînd amplificarea. Ordinea reglajelor este impus : se plaseaz sensorul la temperatura 0°C, se regleaz tensiunea de ie ire 0V, apoi se plaseaz sensorul la temperatura maxim (cap de scar ) i se regleaz valoarea dorit a tensiunii de ie ire. Utilizatorul poate avea i alte cerin e, privitoare la extremele domeniului de m sur , aici a fost prezentat cazul cel mai frecvent întîlnit.

Pentru a evita eroarea introdus de conductoarele de leg tur (figura 2b), se practic conectarea termorezisten ei cu 3 fire, ca în figura 2c, d. Solu ia din figura 2c este potrivit pentru cazul cînd R3 i R4 sînt comparabile, iar solu ia din figura 2d, pentru cazul cînd R1 i R3 sînt comparabile.

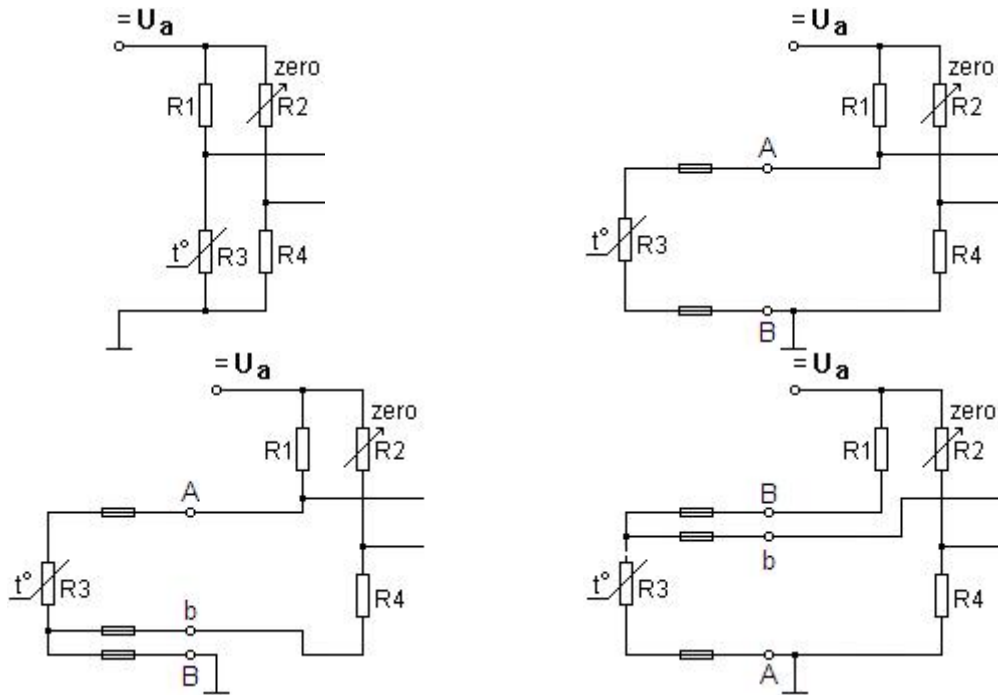


Figura 2: Conectarea termorezisten ei în punte (a – principiu, b – 2 fire, c, d – 3fire)

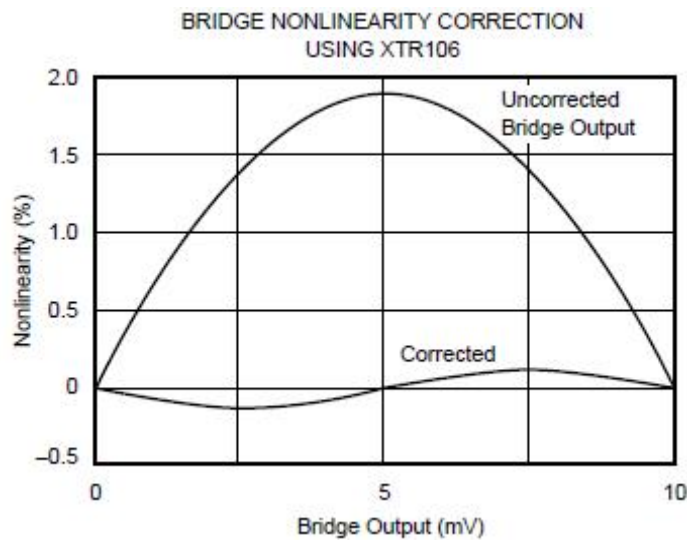


Figura 2: Exemplu de neliniaritate a senzorului i de caracteristic corectat de adaptor

De i neliniaritatea termorezisten ei este foarte mic , ea exist . Cauze posibile: varia ia cu temperatura a tensiunii de alimentare a pun ii, dependen a u or neliniar a tensiunii citite de

valoarea rezistenței ei (din cauza curentului de excitație neconstant), variația neliniară a elementului sensibil (pondere foarte mică) etc.. Dacă utilizatorul a formulat cerințe foarte exigente, referitoare la liniaritate, adaptorul trebuie să cuprindă într-un mod de corectare a liniarității. În acest scop, în amplificator se introduc unul sau mai multe componente neliniare, ajustabile. În schema din figura 1,  $R_n$  desemnează un dipol cu caracteristică neliniară reglabilă, introdus în scopul prezentat mai sus. În figura 2 este prezentat un caz tipic de caracteristică neliniară, compensat de circuitul integrat adaptor (XTR106).

### Modul de lucru

- Se studiază schema adaptorului SRA1701. Se observă schema de măsurare în punte, amplificatorul cu două etaje, reglajele de zero și de scară, conectarea cu 2 și cu 3 fire.
- Reglajele. Se conectează termorezistența la adaptor, iar la ieșire se conectează un voltmetru, cu clasa de precizie potrivit cu precizia pe care dorim să o obținem. Se alimentează adaptorul la  $\pm 15V$ . Se scufundă termorezistența în apă cu gheață, se așteaptă timpul necesar pentru uniformizarea temperaturii în teacă (30-300 sec, depinde de masa tecii) și se ajustează reglajul de zero, pînă cînd se anulează tensiunea de ieșire. Se scufundă termorezistența în apă care fierbe, se așteaptă timpul de egalizare a temperaturii, apoi se ajustează reglajul de scară („SPAN”), pînă cînd se obține tensiunea dorită la ieșire (corespunde toare temperaturii de  $100^{\circ}C$ ). Pentru modulele SRA, tensiunea maximă este 10V, iar tensiunea corespunde toare temperaturii de  $100^{\circ}C$  se calculează, în funcție de capul de scară dorit. Pentru cazul cînd nu avem la dispoziție echipamentul de etalonare, reglajele se realizează montînd o cutie cu rezistențe în locul termorezistenței. În loc de temperatură  $0^{\circ}C$  și  $100^{\circ}C$ , se ajustează rezistența cutiei la valorile corespunzătoare acestor temperaturi (citite din caracteristica de etalonare a senzorului, temperatură-rezistență).
- Ridicarea caracteristicii tensiune-rezistență a adaptorului. Se conectează cutia de rezistențe la intrarea adaptorului, se dau valori echidistante rezistenței și se măsoară valorile corespunzătoare ale tensiunii de ieșire.

R(Ω)	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	
Uo(V)												

Se desenează caracteristica tensiune-rezistență a adaptorului. Se verifică dacă această caracteristică este liniară (pentru adaptorul de termorezistență).

- Reconstituirea caracteristicii tensiune-temperatură (fără echipamentul de etalonare, dar folosind caracteristica etalonată a termorezistenței). Din caracteristica etalonată a senzorului (termorezistența) se determină valorile de temperatură care corespund valorilor de rezistență, folosite la punctul precedent. Cu valorile temperaturii și ale tensiunii de ieșire (determinate la punctul precedent) se desenează caracteristica tensiune-temperatură a traductorului ( $U_o(t^{\circ})$ ).

- Măsurarea temperaturii. Mediul în care se măsoară temperatura va fi o cuvă cu apă fierbinte, care este lăsată să se răcească natural. Se conectează termorezistența la intrarea adaptorului și se plasează în mediul de măsurat. Termometrul se plasează în același mediu, lângă termorezistența. După timpul de egalizare, se măsoară tensiunea de ieșire și se deduce temperatura, din caracteristica tensiune-temperatură.

Temp ( $^{\circ}C$ )	90	80	70	60	50	40	30		termometru
Uo(V)									
Temp									din $U_o(t^{\circ})$

Se desenează graficul temperatură calculată , funcție de temperatura măsurată . Din acesta, se evaluează neliniaritatea maximă (modulul diferenței dintre temperatura măsurată și cea calculată , raportat la excursia maximă a temperaturii).

(Pentru verificare, se poate detașa termorezistența de adaptor și se măsoară rezistența ei. Apoi, din caracteristica etalonată a senzorului, se deduce temperatura. Această măsurare este doar pentru probă , nu corespunde cu modul de lucru al traductorului de temperatură , care trebuie să ofere semnal variabil de tensiune, ca funcție de temperatura senzorului.)

6. Se repetă măsurările de la punctul 3, folosind modulul AT2F-19, conform cu schema de conectare cu 3 fire din figură .

Referatul de laborator trebuie să conțină :

- schema de conectare SRA1701
- datele experimentale
- caracteristica tensiune-rezistență a adaptorului SRA1701
- caracteristica tensiune-temperatură a traductorului
- graficul temperaturii calculate, funcție de temperatura măsurată
- neliniaritatea maximă a adaptorului
- caracteristica tensiune-rezistență a adaptorului AT2F-19

[Aici schemele](#)

Lucrarea 2: Adaptare pentru traductorul de temperatur cu termocuplu

**Obiectivele lucr rii:**

- studiul schemei adaptorului
- ridicarea experimental a caracteristicii adaptorului
- tehnica de compensare a temperaturii ambiante i evaluarea neliniarit ii traductorului
- folosirea tehnicii de reglaj (ajustare) de 0 i de scar
- cunoa terea caracteristicii etalonate a senzorilor.

**Aparate necesare:** Modul SRA1601, modul adaptor rotund, termocuplu cromel-alumel, surs alimentare  $\pm 15V$ , surs reglabil 0-100mV, voltmetru digital, termometru (poate fi termometru cu mercur sau electronic), cuv cu ap (0-100°C), termoplonjor (sau alt surs de c ldur ), ghea .

**Material grafic:** schema SRA1601, schema modul rotund, tabel de etalonare termocuplu K (cromel-alumel), foaia de catalog LM741, LM108.

**Breviar teoretic**

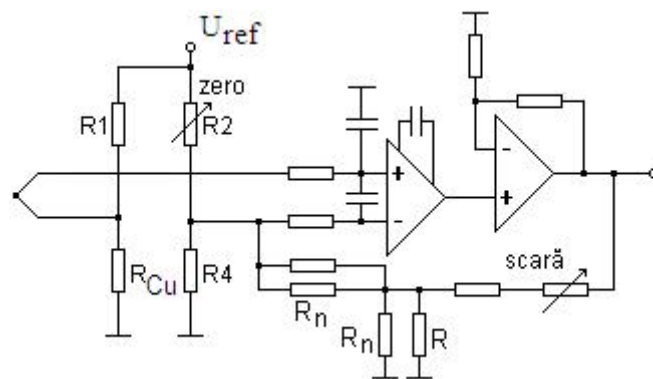


Figura 1: Structura adaptorului de termocuplu

Termocuplul este un senzor de tip generator, care con ine dou conductoare metalice, sudate la ambele capete. Dac se sec ioneaz unul dintre conductoare, tensiunea care apare între cele dou capete este o func ie monoton de diferen a între temperaturile celor dou suduri. Perechile de aliaje metalice, folosite frecvent pentru construc ia termocuplului, sînt: fier-constantan, cromel-alumel, Pt-PtRh etc.. etalele foliste el el edepinde exl mrezen a este un senzor parametric, care î i modific rezisten a, în func ie de temperatura mediului. De regul , varia ia rezisten ei cu temperatura este liniar , pentru un domeniu între  $-20$  i  $+150^{\circ}C$ . Adaptorul de termorezisten este un circuit cu dou func iuni: furnizeaz alimentarea circuitului de m sur a rezisten ei senzorului i amplific semnalul ob inut în circuitul de m sur . Pentru m surarea rezisten ei se folose te, în mod uzual, o schem în punte, ca în figura 1. Mai rar se folosesc i alte solu ii, cum ar fi plasarea rezisten ei în circuitul de reac ie al unui amplificator liniar. Oricare ar fi solu ia, curentul de excita ie al senzorului trebuie s fie suficient de mic, încît s nu produc înc lizarea lui parazit .

Pentru intervalul de temperatur m surat, varia ia rezisten ei este de ordinul  $40$  , deci semnalul ob inut de la puntea de m sur este relativ mic, de ordinul milivol ilor. Spre exemplu, pentru o excita ie de 1mA, varia ia tensiunii este de 40mV. Ca urmare, amplificarea de tensiune a adaptorului trebuie s fie suficient de mare, spre exemplu 250, dac dorim un interval de 0-10V la ie ire. Banda semnalului util este cu mult sub banda amplificatorului, deoarece temperatura variaz lent, deci banda amplificatorului nu este critic . Reglajele obligatoriu de efectuat pe adaptor sînt reglajul de 0 i reglajul de cap de scar . Dac se presupune c senzorul are caracteristic liniar , aceste reglaje sînt suficiente. Pentru cazul din figura 1, în care primul AO calculeaz diferen a a dou tensiuni, reglajul de 0 se realizeaz prin modificarea tensiunii de referin . Reglajul de cap de

scar se realizează modificând amplificarea. Ordinea reglajelor este impus : se plasează senzorul la temperatura 0°C, se reglează tensiunea de ieșire 0V, apoi se plasează senzorul la temperatura maxim (cap de scar ) și se reglează valoarea dorită a tensiunii de ieșire. Utilizatorul poate avea și alte cerințe, privitoare la extremele domeniului de măsurare, aici a fost prezentat cazul cel mai frecvent întâlnit.

## Modul de lucru

### Adaptor de termorezisten

1. Reglajele. Se conectează termorezistența la adaptor, iar la ieșire se conectează un voltmetru, cu clasa de precizie potrivit cu precizia pe care dorim să o obținem. Se scufund termorezistența în apă cu gheață, se așteaptă timpul necesar pentru uniformizarea temperaturii în teacă (30-300 sec, depinde de masa tecii) și se ajustează din reglajul de zero, până când se anulează tensiunea de ieșire. Se scufund termorezistența în apă care fierbe, se așteaptă timpul de egalizare a temperaturii, apoi se ajustează din reglajul de scar („SPAN”), până când se obține tensiunea dorită la ieșire (corespunzătoare temperaturii de 100°C). Pentru modulele SRA, această tensiune este 10V. Pentru cazul când nu avem la dispoziție echipamentul de etalonare, reglajele se realizează montând o cutie cu rezistențe în locul termorezistenței. În loc de temperatură 0°C și 100°C, se ajustează rezistența cutiei la valorile corespunzătoare acestor temperaturi (citite din caracteristica de etalonare a senzorului, temperatură-rezistență).

2. Ridicarea caracteristicii tensiune-rezistență a adaptorului. Se conectează cutia de rezistențe la intrarea adaptorului, se dau valori echidistante rezistenței și se măsoară valorile corespunzătoare ale tensiunii de ieșire.

R(Ω)	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	
Uo(V)												

Se desenează caracteristica tensiune-rezistență a adaptorului. Se verifică dacă această caracteristică este liniară (pentru adaptorul de termorezistență).

3. Reconstituirea caracteristicii tensiune-temperatură (fără echipamentul de etalonare, dar folosind caracteristica etalonată a termorezistenței). Din caracteristica etalonată a senzorului (termorezistența) se determină valorile de temperatură care corespund valorilor de rezistență, folosite la punctul precedent. Cu valorile temperaturii și ale tensiunii de ieșire (determinate la punctul precedent) se desenează caracteristica tensiune-temperatură a traductorului.

4. Măsurarea temperaturii. Mediul în care se măsoară temperatura va fi o cuvă cu apă fierbinte, care este lăsată să se răcească natural. Se conectează termorezistența la intrarea adaptorului și se plasează în mediul de măsurat. Termometrul se plasează în același mediu, lângă termorezistență. După timpul de egalizare, se măsoară tensiunea de ieșire și se deduce temperatura, din caracteristica tensiune-temperatură.

Pentru verificare, se poate detașa termorezistența de adaptor și se măsoară rezistența. Apoi, din caracteristica etalonată a senzorului, se deduce temperatura. Această măsurare este doar pentru probă, nu corespunde cu modul de lucru al traductorului de temperatură, care trebuie să ofere semnal variabil de tensiune, ca funcție de tensiunea senzorului.



### Adaptor de termocuplu

5. Reglajele. Se conectează termocuplul la adaptor, iar la ieșire se conectează un voltmetru, cu clasa de precizie potrivit cu precizia pe care dorim să-o obținem. Se scufund termocuplul în apă cu gheață și se ajustează din reglajul de zero, pînă cînd se anulează tensiunea de ieșire. Se scufund termocuplul în apă care fierbe, se așteaptă timpul de egalizare a temperaturii (5 secunde), apoi se ajustează din reglajul de scară („SPAN”), pînă cînd se obține tensiunea dorită la ieșire (corespunde toare temperaturii de 100°C). N.B. Pentru multe traductoare cu termocuplu, temperatura de cap de scară este mult mai mare decît 100°C (500-1200°C), deci folosirea temperaturii de 100 grade pentru reglajul de scară determină o precizie modestă.

Pentru cazul cînd nu avem la dispoziție echipamentul de etalonare, reglajele se realizează montînd o sursă de tensiuni mici (zeci de mV) în locul termocuplului. În loc de a plasa termocuplul la temperaturile de 0 grade și la cap de scară, se ajustează tensiunea sursei de intrare la valorile corespunzătoare acestor diferențe de temperatură (citite din caracteristica etalonată a senzorului, tensiune-temperatură). Tensiunea de intrare se măsoară cu un milivoltmetru, avînd clasa de precizie potrivit cu precizia dorită pentru traductor.

6. Ridicarea caracteristicii tensiune de ieșire-tensiune de intrare a adaptorului. Se conectează sursa de tensiuni mici la intrarea adaptorului, se dau valori echidistante tensiunii și se măsoară valorile corespunzătoare ale tensiunii de ieșire.

U <sub>i</sub> (mV)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
U <sub>o</sub> (V)												

Se desenează caracteristica intrare-ieșire a adaptorului. Pentru adaptorul de termocuplu, această caracteristică este neliniară (prezintă neliniaritatea invers față de caracteristica etalonată a senzorului).

7. Reconstituirea caracteristicii tensiune-temperatură (fără echipamentul de etalonare, dar folosind caracteristica etalonată a termocuplului). Din caracteristica etalonată a senzorului (termocuplul) se determină valorile de temperatură care corespund valorilor tensiunii de intrare, folosite la punctul precedent. Cu valorile temperaturii și ale tensiunii de ieșire (determinate la punctul precedent) se desenează caracteristica tensiune-temperatură a traductorului. Dacă caracteristica neliniară a adaptorului este bine proiectată, caracteristica intrare-ieșire a traductorului trebuie să rezulte liniară.

8. Măsurarea temperaturii. Se conectează termocuplul la intrarea adaptorului și se plasează în mediul de măsurat (aer). După timpul de egalizare, se măsoară tensiunea de ieșire și se deduce temperatura, din caracteristica tensiune-temperatură.

Pentru verificare, se poate detașa termocuplul de adaptor și se măsoară tensiunea la borne (milivoltmetrul aflat la temperatura camerei). Apoi, din caracteristica etalonată a senzorului, se deduce diferența de temperatură între cea a termocuplului și cea a camerei. Temperatura termocuplului se află adugînd temperatura camerei la diferența determinată mai sus. Această măsurare este doar pentru probă, nu corespunde cu modul de lucru al traductorului de temperatură, care trebuie să ofere semnal variabil de tensiune, ca funcție de tensiunea senzorului.

Pe schemele adaptoarelor se pot observa: amplificatorul cu reacție, reglajele de 0 și de scară, conexiunea pentru termorezistență (2 sau 3 fire), rezistența de compensare (termocuplu), circuitul neliniar de corectare a neliniarității (termocuplu).

**Aici schemele**



Lucrarea 3: Integrator pentru procese lente

**Obiectivele lucr rii:**

- studiul circuitelor analogice proiectate pentru procese lente (compensarea offsetului i curen ilor de polarizare, scurtcircuitarea ie irii i folosirea inelului de gard )
- determinarea experimental a constantei de timp a integratorului
- studiul circuitului neliniar de limitare a ie irii, reglajul limitelor.

**Aparate necesare:**

Modul SRA3601, surs alimentare ±15V, surs reglabil -10V- +10V, osciloscop, voltmetru, poten iometru 100k .

**Material grafic:** schema SRA3601, schema de conectare a pl cii, foaia de catalog LF356.

**Breviar teoretic**

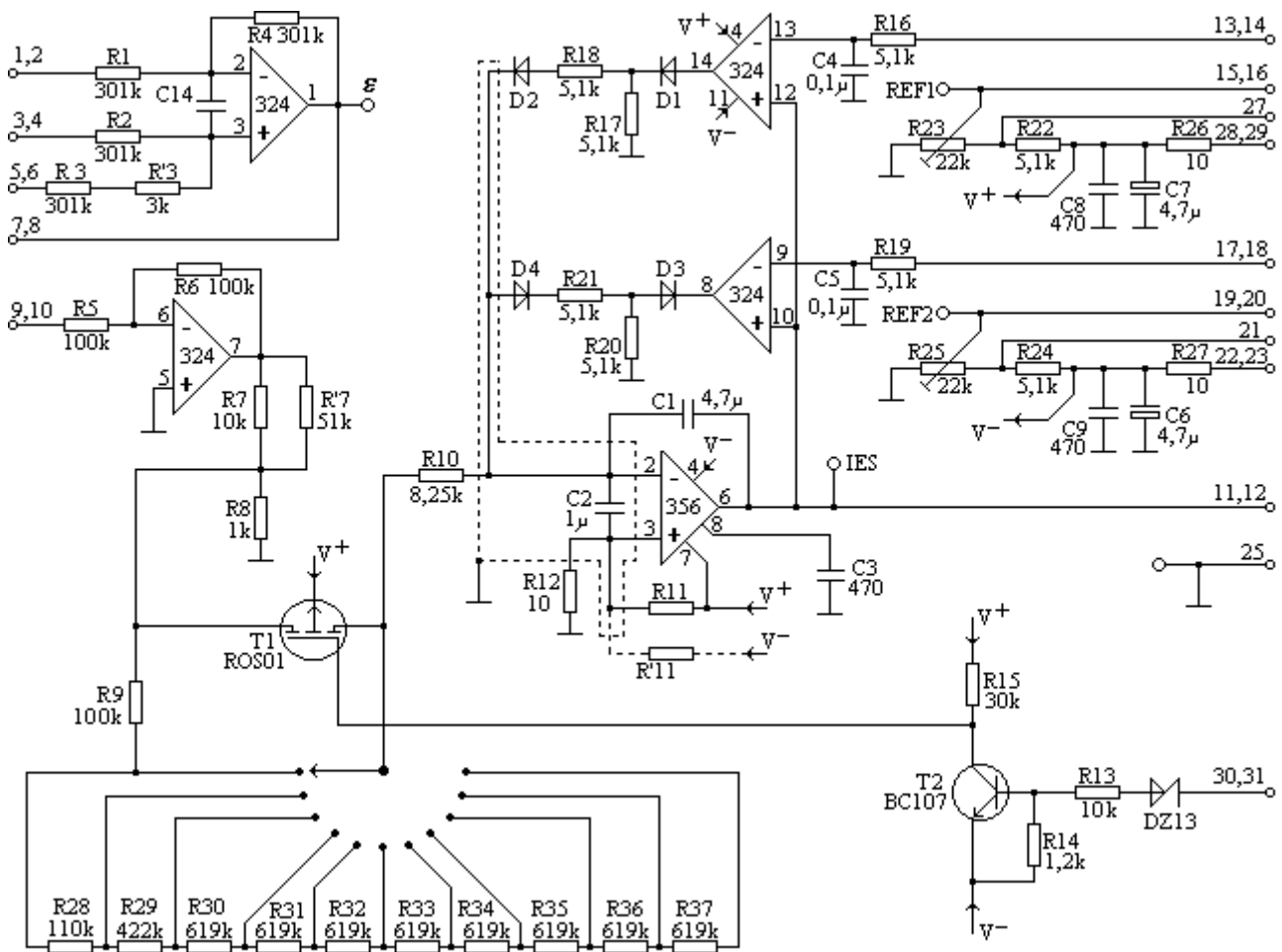


Figura 1: Integratorul SRA 3601, pentru procese lente

Integratorul este un subsansamblu folosit sistematic în regulatoarele automate i în alte circuite de prelucrare a semnalului (limitarea vitezei de varia ie, oscilatoare). Integratorul analogic este înc dominant, în regulatoarele pentru procese rapide (acion ri electrice), în timp ce utilizarea la procese lente este în sc dere puternic , deoarece se prefer utilizarea circuitelor numerice. Totu i, tehnicile de circuit folosite în placa aleas pentru această lucrare sînt folosite ca studiu de caz, pentru c sînt utile, în continuare, în toate circuitele care lucreaz cu curen i mici i cu constante de timp mari (se întîlnesc în senzorii de gaze, de pH, în procesele chimice, biotehnologice etc.).

Integratorul este caracterizat prin funcția de transfer:  $H(s) = \frac{1}{sT_i}$ , parametrul fiind

constanta de timp de integrare. De regulă, constanta de timp este stabilită de un circuit RC. Semnalul integrat este eroarea de reglare. În figura 1 este prezentată schema unui integrator tipic, pentru procese lente. Partile componente sînt ușor de recunoscut:

- secțiune pentru calculul erorii (LM324, ieșirea 1);
- secțiune pentru divizarea erorii (LM324, ieșirea 7);
- integratorul (R28-R37, R10, C1, LF356);
- secțiune pentru limitarea ieșirii (LM324, ieșirile 8 și 14), cu componente asociate (diode, R23, R25);
- secțiune pentru reducerea temporară a constantei de timp (T1, T2).

Semnalul care se integrează este semnalul de eroare (LM324, ieșirea 1), adică diferența referință – reacție. În realitate, circuitul de calcul al erorii permite ca intrările de reacție și referință să fie scizate sau adunate, în funcție de numărul de schimbări de fază pe bucla de reacție. Eroarea, disponibilă la pinii 7,8 ai plăcii, se trimite la pinii 9,10. În această lucrare de laborator, nu se folosește circuitul de calcul al erorii, ci se consideră ca intrare semnalul de la pinii 9,10.

Constanta de timp de integrare a modului este produsul dintre:

- capacitatea C1;
- rezistorul de integrare (de la R28 la R37, plus R10);
- inversul valorii amplificării etajului de intrare (LM324, ieșirea 7) – în acest caz, valoarea 10.

Valoarea constantei de timp de integrare este ajustată prin comutarea rezistorului de integrare.

Pentru a obține valori mari ale constantei de timp de integrare, există trei soluții: mărirea capacității C1, mărirea rezistenței de intrare (R28-R37) și micșorarea curentului de intrare, care se integrează. Fiecare din ele este supusă la limitări. Capacitatea C1 nu poate crește prea mult, din cauza gabariturii și a creșterii curentului de scăpări. Valoarea maximă a rezistenței de intrare nu poate crește prea mult, pentru că impedanța de la intrarea integratorului devine prea mare, făcându-l sensibil la perturbații și crescînd influența curentului de polarizare. În fine, semnalul de intrare nu poate fi micșorat prea mult, pentru că devine comparabil cu zgomotul. În schema din figura 1, valoarea maximă a lui R este 6MΩ, AO are curent de polarizare foarte mic, iar amplificatorul de la intrare este un divizor prin 10, pentru a micșora valoarea curentului integrat.

Principala problemă tehnologică este compensarea efectului tensiunii de decalaj (*offset*), al curenților de polarizare (*bias current*) și al curenților accidentali de pe suprafața cablajului, care sînt integrate în același timp cu semnalele utile, deci produc eroare (pot produce chiar saturația integratorului). Relația (1) exprimă efectul semnalului util și al surselor de eroare, asupra semnalului de ieșire. Primul termen integral reprezintă efectul semnalului util, ceilalți integrează tensiunea de decalaj și curentul de polarizare al intrării AO. Efectul curenților de suprafață accidentali și al curentului de pierdere al condensatorului de integrare este modelat similar cu cel al curenților de polarizare.

$$u_o(t) = -\frac{1}{RC} \cdot \int_0^t u_i(\tau) d\tau + \frac{1}{RC} \cdot \int_0^t u_d d\tau + u_d + \frac{1}{C} \cdot \int_0^t I_p d\tau + u_o(0). \quad (1)$$

Metodele folosite pentru compensarea acestor surse de erori sînt:

- utilizarea de circuite integrate cu tensiune de decalaj (*offset*) foarte mic (unele circuite au proprietatea ajustării periodice a tensiunii de decalaj);
- utilizarea de circuite integrate cu curenți de polarizare foarte mici;
- utilizarea de condensatoare de foarte bună calitate (dielectric fără pierderi statice);
- utilizarea inelului de gard, prin care toți curenții de suprafață accidentali, venind de la tensiuni mari, să se închidă spre masă, nu spre nodurile de intrare ale AO.

Ca exemplu, amplificatorul integrat din figură (LF356) are curent de polarizare de 30pA și tensiune de decalaj maximă de ±3mV. Condensatorul C1 are dielectric din polietilen (pierderi

mici, în regim static). Deși efectul curentului de polarizare este neglijabil, cel al tensiunii de decalaj (offset) trebuie compensat. În acest scop, se folosește divizorul format din R11 și R12, alimentat de la una din sursele de alimentare. La punerea în funcțiune, se montează numai unul din rezistoarele R11, în funcție de semnul tensiunii de decalaj, care trebuie compensat. Acest semn nu este cunoscut *a priori*, ci rezultă în timpul reglajului. O altă variantă de compensare folosește un potențiometru, ajustat la punerea în funcțiune, în locul celor două rezistoare R11 (figura 5).

Circuitul are o parte neliniară, folosită pentru limitarea tensiunii de ieșire, la valori mai mici decât cele de saturație ale AO. În acest scop, se folosesc cele două secțiuni ale circuitului 324 (ieșirile 8 și 14), cuplate prin diode. Când tensiunea de ieșire tinde să depășească limitele reglate, REF1 sau REF2, se deschide dioda corespunzătoare și intră în funcțiune o buclă de reacție negativă suplimentară, care împiedică depășirea limitei.

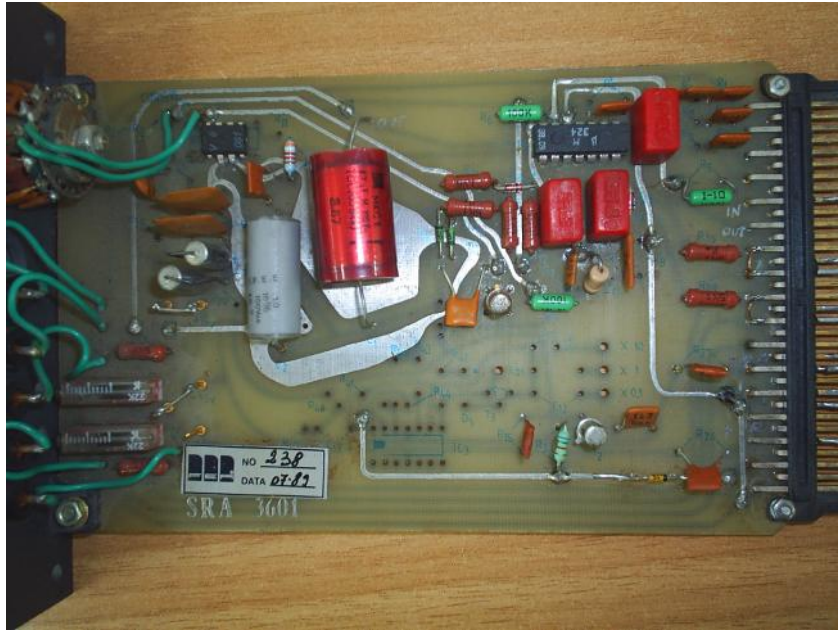


Figura 2: Placa SRA3601, vedere de sus



Figura 3: Panoul frontal

### Alte aspecte tehnologice

Alimentările sînt separate prin filtru RC (R26, R27, C6, C7), împotriva posibilității de oscilație, avînd în vedere că mai multe plăci se alimentează de la aceeași sursă, prin fire destul de lungi. Pentru a împiedica oscilațiile la frecvențe înalte, pe fiecare tensiune de alimentare se mai plasează câte un condensator neînfurcat (C8, C9).

În faza de pornire a sistemului de automatizare, este posibil să fie necesar aducerea la o valoare prescrisă a tensiunii de ieșire. Pentru aceasta este prevăzut un circuit de scurtcircuitare a rezistenței de intrare în integrator, ceea ce reduce la sute de milisecunde timpul de integrare. Circuitul cuprinde tranzistorul MOS T<sub>1</sub> și circuitul logic cu T<sub>2</sub>. T<sub>1</sub> joacă rolul de întreruptor, comandat de tensiunea pe grilă. Acest comand este furnizat de T<sub>2</sub>, care se saturează cînd tensiunea de la pinii 30, 31 este pozitivă și se blochează pentru tensiune de intrare negativă.

Evitarea erorilor produse de curenții de suprafață ai cablajului. Datorită curentului integrat foarte mic (echivalent cu impedanță foarte mare la intrare), orice curent de scurgere pe suprafața plăcii poate modifica radical valoarea ieșirii. Ca urmare, în jurul acestor noduri, este prevăzut un inel de gard (figurat în schemă cu linie întreruptă), pentru

devierea curenților paraziți. Inelul de gard trebuie să se afle la același potențial cu nodurile protejate. În cazul acestei plăci, nodurile se află la potențial virtual 0, iar inelul este legat la comun, deci curentul între ele este nul. Inelul de gard este format din două trasee, plasate pe ambele fețe ale cablajului și conectate între ele. Fețele cablajului sînt lăcuite, pentru a împiedica accesul curenților de suprafață spre interiorul inelului de gard.

Figura 2 conține vederea de sus (partea plantată cu componente) a plăcii, realizate în tehnologia anilor 1970. Se observă conectorul de fund de sertar (dreapta), potențiometrele multitur R23 și R25 (stînga jos), comutatorul timpului de integrare (stînga sus), inelul de gard (traseul care ocolește pinii 2 și 3 ai AO LF356 și terminalul de jos al condensatorului C1).

În figura 3 se observă panoul frontal, care oferă inginerului reglaj și m surare, în timpul funcționării echipamentului. Reglajele disponibile sînt:

- constanta de timp de integrare, ajustabil discontinuu, prin comutatorul rotativ (sus);
- limitele tensiunii de ieșire, ajustabile continuu, din capetele cu urub ale potențioanelor R23, R25 (jos, stînga).

În partea dreaptă se află bornele de m surare pentru: eroare, ieșire și cele două limite, m surate fa de masă (punctul comun). Mărimile de referință și reacție ar fi fost și ele utile pe panou, dar proiectantul a considerat că pot fi m surate la plăcile care furnizează aceste semnale. Pentru cazurile cînd inginerul reglaj vrea să efectueze depanare sau să m surare alte m surări, în timpul funcționării (este o operație rar utilizată), se folosește o placă prelungitoare, dotată cu conectori pereche la cele două extremități.

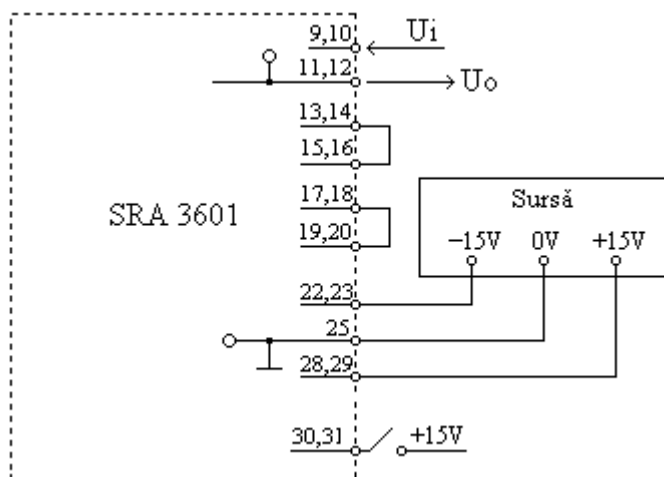


Figura 4: Schema de conectare a plăcii SRA3601

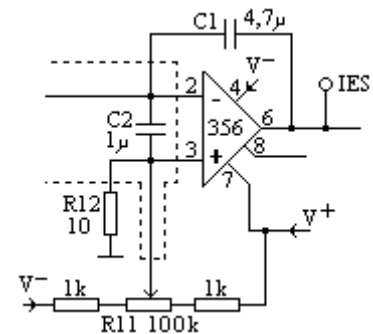


Figura 5: Compensarea offset

## Modul de lucru

1. Se identifică pinii conectorului, potențiometrele semireglabile și componentele esențiale ale integratorului (C1, LF356, comutatorul constantei de timp). Pe cablaj se mai observă inelul de gard, în jurul intrării inversoare (este evidențiat și pe schemă). Se citește valoarea constantei de timp de integrare, reglat pe panoul frontal (între 5 și 300s).
2. Determinarea teoretică a constantei de timp de integrare. Valoarea constantei de timp este produsul  $10 \cdot C1 \cdot R_i$ , unde  $R_i$  este suma rezistențelor selectate de la intrare (R9, plus R28-R37, plus R10). Se calculează valorile extreme ale constantei de timp, pe baza valorilor componentelor din schemă, apoi se calculează valoarea reglată (pe baza poziției comutatorului de pe panoul frontal). Ea va fi folosită pentru predicția ieșirii și pentru deducerea caracteristicilor de frecvență, care nu pot fi ridicate cu semnale sinusoidale, pentru că ar fi nevoie de frecvențe foarte mici (sutimi de Hz).
3. Determinarea teoretică a erorii introduse de offset și curenți de polarizare. Se citesc din foaia de catalog valorile tipice ale: tensiunii de decalaj (*input offset voltage*) și curentului de polarizare al intrării (*input bias current*). Folosind relația (1), se calculează viteza de variație a ieșirii, datorat

tensiunii de decalaj, respectiv viteza datorat curentului de polarizare. (Pentru rezistența  $R$ , considerați valoarea de 110k, corespunzând constantei de timp minime.) Se stabilește care sursă de eroare are ponderea cea mai mare și care se poate neglija.

- Alimentarea și reglaje inițiale (schema de conectare în figura 4). Se alimentează placa: +15V la pinii 28, 29, -15V la pinii 22,23, 0V la pinul 25 (ordinea corectă: placa nu este alimentată, se reglează la sursă tensiunile de alimentare necesare, se oprește sursa, se conectează conductoarele de alimentare la sursă oprit, apoi se pornește sursa). Intrarea 30,31 se lasă în gol, pentru a permite integrarea cu constanta de timp de valoare mare, aleasă de pe panou. Limitele tensiunii de ieșire se reglează la extreme (domeniu maxim de variație a ieșirii). În acest scop, se leagă pinii 13,14 cu 15,16, iar tensiunea REF1 reglată la +10V. Similar, pinii 17,18 legați cu 19,20, tensiunea REF2 reglată la -10V.
- Modificarea constantei de timp de integrare. Se modifică valoarea constantei de timp aleasă la punctul 2. Se conectează ieșirea 11,12 la osciloscopul digital, viteza de baleiaj cea mai mică. Se aduce valoarea inițială a ieșirii la 0V (se scurtcircuitază condensatorul C1, apoi se lasă liber). **ATENȚIE:** NU se face scurt între ieșire și masă, ci între ieșire și intrarea inversoare (peste C1). Se aplică o tensiune constantă la intrare (pinul 9,10), spre exemplu +5V sau -5V. Pe ecranul osciloscopului se observă variația ieșirii, ca integrală a unei constante. Se notează în cât timp ieșirea variază cu 5V (valorile sînt orientative, dar se obțin rezultate convenabile cu aceste valori). Constanta de timp de integrare se obține din timpul de creștere măsurat ( $tr$ ) și variațiile tensiunii de intrare și ieșire:

$$T_i = tr \cdot \frac{U_i}{U_o} \quad (2)$$

- Se observă pe schemă efectul tranzistorului T1: reducerea constantei de timp de integrare la o valoare foarte mică (aprox. 400ms). Dacă se lasă în gol intrarea 30,31 (sau se leagă la -15V), tranzistorul T2 este blocat, T1 va fi tot blocat, iar integrarea funcționează ca mai sus. Dacă se conectează intrarea 30,31 la +15V, T2 este saturat, T1 deschis, deci scurtcircuitază pe R9 și rezistoarele legate de comutator. În consecință, constanta de timp scade la 400ms. Se verifică experimental această proprietate: în situația în care T1 a fost comandat în conducție, se constată că - după ce intrarea 9,10 a fost conectată la +5V sau -5V, ieșirea ajunge foarte repede la limitare, indiferent de valoarea fixată pe panou pentru constanta de timp.
- Determinarea erorii introduse de offset și curenți de polarizare. Se alege variația cea mai rapidă a ieșirii, prin deschiderea T1 (pinii 30,31 la +15V) și se conectează intrarea la 0V (pinii 9,10 la masă). Pe ecranul osciloscopului se observă variația lentă, ca efect al surselor de eroare, din relația (1) (contribuția intrării este nulă, întrucât a fost legată la masă). Se măsoară în cât timp variază ieșirea cu 1V. Se exprimă viteza de variație datorată erorii, în V/s. Din viteza de variație a erorii și din constanta de timp aleasă, se estimează tensiunea de decalaj a AO LF356: 
$$u_d = \frac{dU_o}{dt} \cdot C_1 \cdot (R_{10} + R_8)$$
 (corespunde celui de-al doilea termen din membrul drept al relației (1)). Se verifică în foaia de catalog LF356 dacă valoarea estimată este plauzibilă.
- Compensarea surselor de eroare ale integratorului. Se alege situația în care constanta de timp este cea mai mică, pentru a realiza reglajul în timp scurt. În acest scop, se conectează intrarea 30,31 la +15V (ca mai sus, punctul 5). Se adaugă un potențiometr, 50k sau mai mare, legat cu capetele la + și -15V, iar cursorul legat la pinul 3 al AO (capătul stîng al R11), ca în figura 5. Se pune intrarea 9,10 la 0V și se măsoară continuu ieșirea, care se va deplasa către una din limite. Se reglează din potențiometr, pînă cînd ieșirea stă nemișcată, la o valoare între limite (dar să nu fie în limitare ±10V). În acel moment a fost compensat efectul erorii introduse de tensiunea de decalaj (offset) și curenții de polarizare. Dacă ieșirea a ajuns deja la una dintre limite, trebuie scurtat peste C1 (ieșirea la 0), apoi ridicat scurtul și reluat reglajul.
- (Variant alternativ de compensare: proiectantul poate să elimine potențiometrul de pe placă, și să folosească soluția din figura 1. În acest caz, la punerea în funcțiune, reglorul înlocuiește R11

cu un rezistor variabil și încearcă compensarea. Rezistorul variabil este același potențiometru, la care a fost lăsat în aer una din conexiunile extreme. Când a fost atins echilibrul, se elimină rezistorul variabil, și se montează pe poziția R11 un rezistor cu această valoare. Dacă sensul corecției nu este cel potrivit, se mută rezistorul variabil în locul lui R'11 și se reia compensarea.)

10. Experimentele de mai sus au fost realizate cu limitările la extreme. Acum se reglează din R23 valoarea REF1 (exemplu: +4V), măsurat cu voltmetrul la pinul corespunzător. Se încearcă trimiterea ieșirii în limitare (se pune intrarea 9,10 la +5V), cu viteza cea mai mare (pinii 30,31 la +15V). Se verifică dacă ieșirea se limitează la o valoare apropiată de REF1 (valoarea poate fi ajustată din R23, în timpul experimentului). Aceiași verificare pentru REF2, cu intrarea la -5V și limita reglată din R25.

Referatul de laborator trebuie să conțină :

- schema plăcii (figura 1);
- valorile extreme ale constantei de timp de integrare (punctul 2), valoarea selectată pe panou și valoarea calculată teoretic (punctul 2), valoarea măsurată (punctul 5);
- o schiță cu diagramele tensiunilor de intrare și de ieșire (punctul 5), pentru valoarea selectată a constantei de timp de integrare (câteva valori orientative pe axe, axa timpului este comună);
- vitezele de variație a ieșirii, ca efect al erorilor estimate (punctul 3), și valoarea estimată a tensiunii de decalaj (punctul 7);
- o pereche de valori reglate REF1, REF2 (măsurate ca la punctul 10) și valorile limitale ale ieșirii, observate pentru acel reglaj. Sînt comparabile?



Lucrarea 4: Convertoare U/I i I/U

**Obiectivele lucr rii:**

- studiul metodei de transmitere în curent a semnalelor, semnale unificate, variante de alimentare a convertoarelor U/I
- studiul propriet ilor convertoarelor U/I i I/U, compensarea neliniariti i senzorialii
- determinarea experimental a caracteristicilor U-I, I-U i a caracteristicii perechii de convertoare
- determinarea caracteristicii amplificare-frecven pentru perechea de convertoare

**Aparate necesare:**

Modul XTR110, modul XTR106, modul RCV420, surs alimentare ±15V, surs reglabil 0...+10V, 2 multimetre, rezistor reglabil 0-1k (max 20mA), generator de semnal sinusoidal, osciloscop

**Material grafic:** schemele modulelor XTR110, XTR106, RCV420, foi de catalog XTR110, XTR106, RCV420.

**Breviar teoretic**

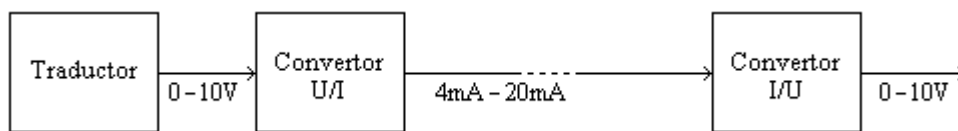


Figura 1: Transmiterea semnalului în curent

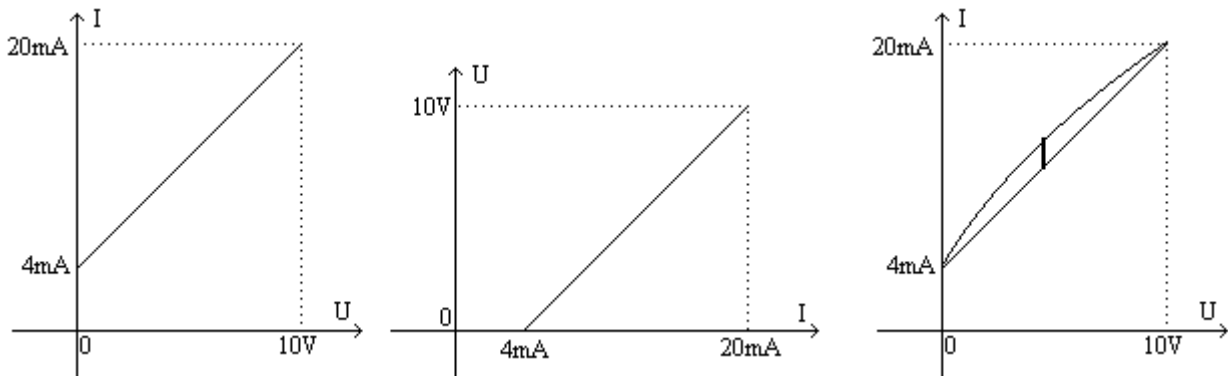


Figura 2: Caracteristicile convertoarelor

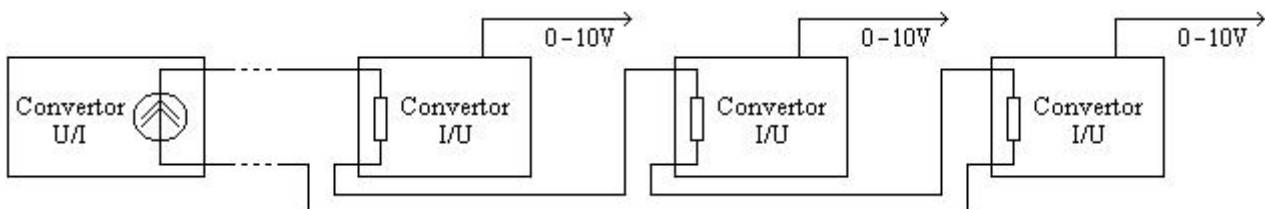


Figura 3: Înserierea receptoarelor de semnal

Transmiterea semnalelor analogice între componentele sistemelor automate, pe distan mare, se realizeaz cu semnal în curent, pentru a beneficia de imunitatea sporit la zgomot. Cel mai utilizat semnal unificat în curent folose te intervalul 4 - 20mA. Întrucît echipamentele de panou i traductoarele folosesc semnal în tensiune, este nevoie de circuite de conversie din tensiune în curent (U/I) i din curent în tensiune (I/U), înl n uite ca în figura 1. Convertorul U/I este un generator de curent, comandat în tensiune. Semnalul de ie ire trebuie s fie independent de rezisten a sarcinii (în

limitele tensiunii maxime admise pe sarcină). Convertorul I/U este un generator de tensiune, comandat în curent. Semnalul său de ieșire trebuie să fie independent de tensiunea de mod comun la intrare în curent, pentru că mai multe convertoare cu intrarea în curent pot fi legate în serie, ca în figura 3. În această configurație, fiecare convertor trebuie să dea același semnal de ieșire în tensiune, indiferent de potențialele de la intrare, de aceea apare cerința conversiei independente de tensiunea de mod comun de la intrare. În mod uzual, caracteristicile celor două circuite vor avea aspectul din figurile 2a, 2b (am presupus intervalul de tensiune 0 -10V).

Pentru convertorul U/I, proiectantul trebuie să rezolve următoarele probleme:

- liniaritatea. Se dorește o caracteristică de transfer a convertorului, între două extreme ale mrimii de intrare, ca în figura 2a. În realitate, între aceste două extreme, caracteristica este neliniară, ca în figura 2c. Abaterea curentului de ieșire, față de valoarea care rezultă din caracteristica liniară, este segmentul îngroșat. Eroarea de liniaritate este definită ca raportul dintre abaterea maximă (luată în modul) și domeniul de variație al curentului. Circuitele convertoare de bună calitate trebuie să aibă eroare de liniaritate sub 1%;
- reglajul valorilor la extreme. Inginerul reglajului trebuie să aibă la dispoziție mijloace pentru ajustarea valorilor curentului, care corespund cu valorile extreme ale tensiunii de intrare (respectiv 4mA pentru 0V și 20mA pentru 10V, în cazul din figura 2a);
- independența curentului de rezistența sarcinii (caracterul de generator ideal de curent). Rezistența de sarcină este compusă din suma rezistențelor de intrare ale circuitelor receptoare înseriate (figura 3) și din rezistența conductoarelor de legătură. Pentru a nu induce erori de transmitere, curentul pe linie trebuie să fie insensibil la variațiile rezistenței sarcinii, adică convertorul să funcționeze ca generator ideal de curent. De regulă, această proprietate se obține folosind reacție negativă de curent, în compunerea convertorului;
- intervalul admisibil al tensiunii pe sarcină. Beneficiarul dorește să transmită mrimia în curent către mai multe circuite receptoare, ca în figura 3. Spre exemplu, dacă rezistența conductoarelor este 100 Ω iar rezistența de intrare în 3 receptoare înseriate este 450 Ω, circuitul de ieșire al convertorului U/I trebuie să funcționeze ca generator de curent, pentru orice tensiune de sarcină, până la limita de 11V (corespunde cu curentul maxim, 20mA). La limita opusă, convertorul trebuie să lucreze corect și în scurtcircuit, deci limita inferioară este 0V.

Similar, pentru convertorul I/U trebuie rezolvate problemele: reglajul valorilor la extreme (0V și 10V), liniaritatea, independența tensiunii de ieșire de tensiunea de mod comun la intrare (caracterul flotant al circuitului de intrare) și intervalul admisibil al tensiunii de mod comun. Problema caracterului flotant la intrare în convertorul I/U este generată atât de valoarea nenulă a tensiunii pe linia de masă, cât și de necesitatea înserierii mai multor receptoare (ca în figura 3). În general, nu este nevoie de bandă largă, întrucât semnalele transmise provin din procese cu constante de timp mai mari de zeci de milisecunde.

Unele perechi de circuite mai rezolvă o problemă suplimentară: alimentarea traductorului și a convertorului U/I direct din curentul absorbit de la convertorul I/U (când nu există sursă de alimentare separată pentru convertorul U/I), ca în figura 6.

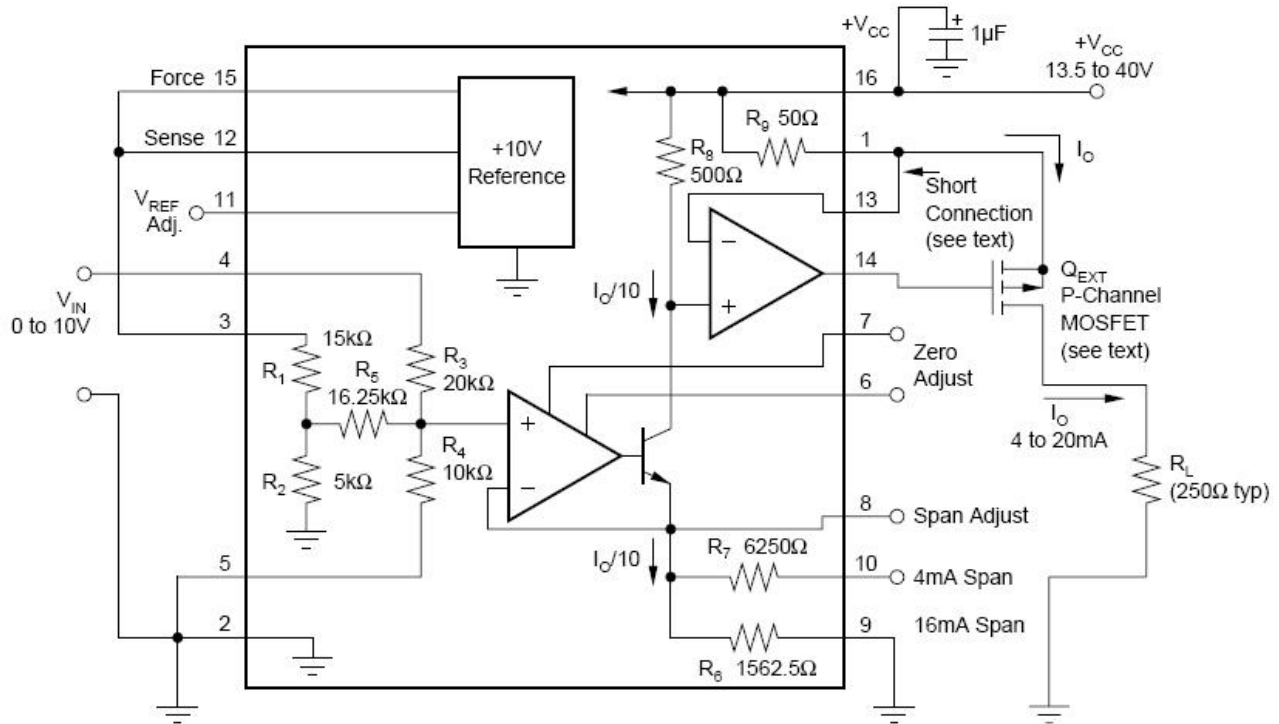
Pentru ilustrarea soluțiilor tipice ale convertoarelor, sunt prezentate circuitele XTR110, XTR106 (convertoare U/I) și RCV420 (convertor I/U), în figurile 4, 5, 6. În schema tipică de utilizare a circuitului XTR110, din figura 4, se observă:

- domeniul tensiunii de intrare (0-10V) și cel al curentului de ieșire (4-20mA);
- semnalul de intrare se adună cu o tensiune de referință, pentru decalarea caracteristicii cu 4mA;
- AO1 este convertor U/I, cu reacție de curent de pe R6 sau R7;
- AO2 este amplificator ideal de curent, cu reacție de curent, de pe R9;
- pentru a asigura un interval admisibil de 10V pe sarcină, tensiunea de alimentare trebuie să fie mai mare de 13,5V;
- reglajul are la dispoziție reglaj de zero și reglaj de cap de scară (*span*).

În schema tipică de utilizare a convertorului I/U RCV420, din figura 5, se observă:

- conversia de la 4-20mA la 0-5V;

- caracterul de amplificator diferențial al receptorului, care asigură conversia semnalului de intrare, independent de tensiunea de mod comun;
- rezistența de intrare de 150  $\Omega$ ;
- nu sînt prevăzute reglaje simple pentru zero și cap de scară (producătorul afirmă că erorile sînt mai mici de 1%, deci nu este necesar reglajul). În foaia de catalog este prezentată metoda mai complicată de reglaj, pentru cazul în care beneficiarul o impune.



INPUT RANGE (V)	OUTPUT RANGE (mA)	PIN 3	PIN 4	PIN 5	PIN 9	PIN 10
0-10	0-20	Com	Input	Com	Com	Com
2-10	4-20	Com	Input	Com	Com	Com
0-10	4-20	+10V Ref	Input	Com	Com	Open
0-10	5-25	+10V Ref	Input	Com	Com	Com
0-5	0-20	Com	Com	Input	Com	Com
1-5	4-20	Com	Com	Input	Com	Com
0-5	4-20	+10V Ref	Com	Input	Com	Open
0-5	5-25	+10V Ref	Com	Input	Com	Com

Figura 4: Schema convertorului XTR110 (U/I), cu tabelul de configurare a parametrilor caracteristicii intrare-ieșire

În schema de conectare a două convertoare pereche, din figura 6, se observă :

- perechea de circuite care asigură cele două conversii și transmiterea în curent (XTR106 și RCV420);
- alimentarea convertorului U/I prin curentul transmis, asigurat de receptor (sursa de energie este receptorul, iar sursa de informație este transmitorul);
- cazul particular al semnalului de intrare, provenind de la un senzor în punte, cu alimentare directă din convertor. Amplificarea este reglată din  $R_G$ . Totuși, circuitul lucrează și în cazul general, pentru orice semnal de intrare, în tensiune, la pinii 2 și 5;
- rezistorul de corectare a neliniarității, la pinii 1 și 11 (descriere amănunțită în foaia de catalog).

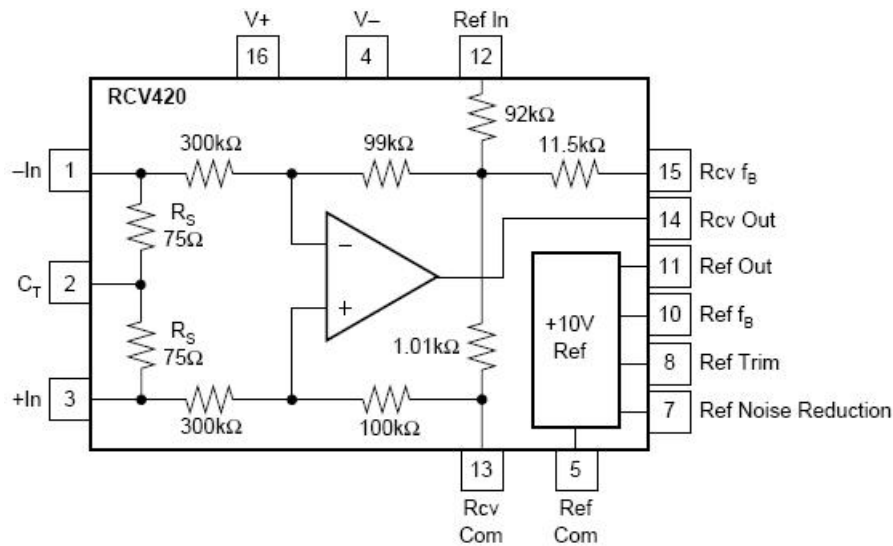


Figura 5: Schema convertorului RCV420 (I/U)

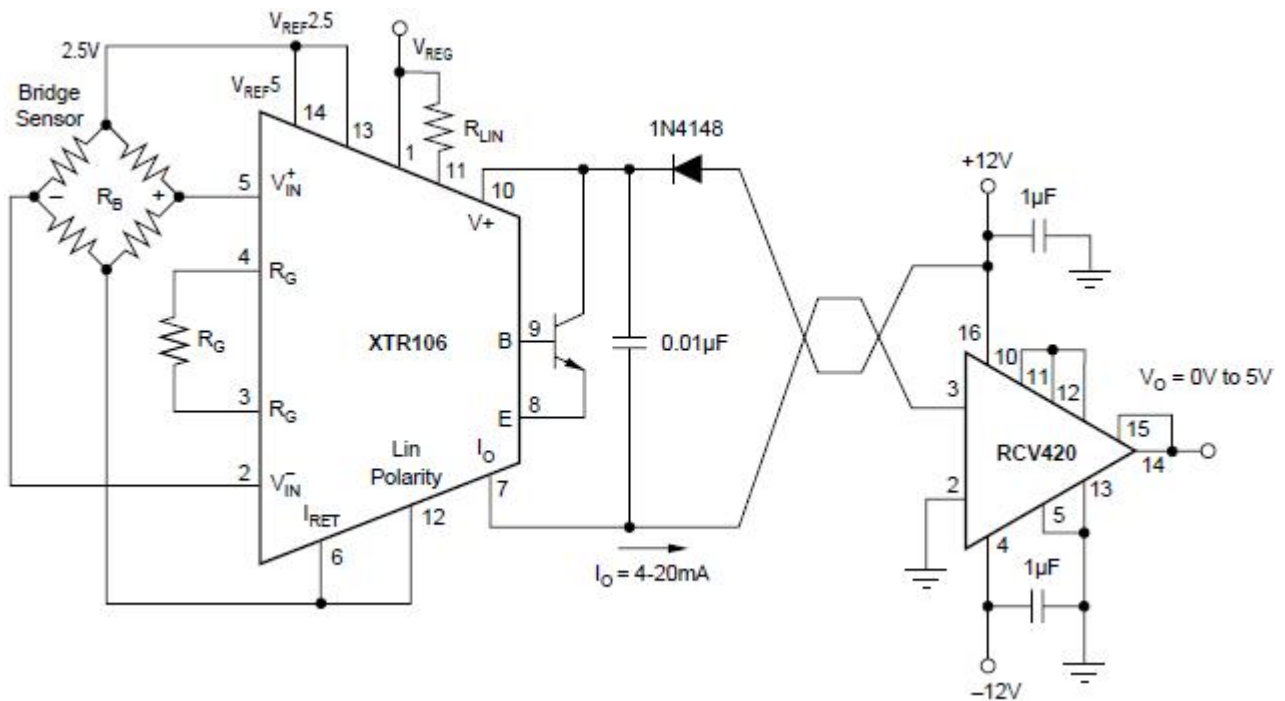


Figura 6: Schema de conectare a convertoarelor XTR106 (U/I) i RCV420 (I/U), pentru m surarea în punte i transmiterea în curent

### Modul de lucru

1. Se studiaz foaia de catalog a circuitului XTR110. Se extrag: intervalul curen ilor de ie ire, tensiunea de alimentare necesar , neliniaritatea maxim , rezisten a de sarcin maxim admisibil (presupunînd alimentare la 15V i curen 4-20 mA). Se calculeaz tensiunea maxim admisibil pe sarcin (produsul dintre rezisten a maxim admisibil i curenul maxim).
2. Pentru a determina caracteristica intrare-ie ire a convertorului U/I, se procedeaz dup cum urmeaz . Platforma cu convertorul XTR110 (figura 7) se configureaz pentru intrare 0-10V i transmitere în curen 4-20mA (schema din figura 4), folosind jumperii ata a i platformei. Conform schemei din figura 4, sînt necesare conexiunile: 15 i 12 conectate cu 3, pinii 5 i 9 lega i la mas , intrarea aplicat între 4 i mas , celelate conexiuni nefolosite. Se conecteaz la ie ire un miliampermetru (preferabil numeric, 4 cifre) i o sarcin reglabil 0-1k , reglat la 100 . Se

conecteaz la intrare sursa reglabil , tensiunea de intrare este m surat cu voltmetrul numeric. Circuitul se alimenteaz cu 15V, ca în figura 8. Se regleaz tensiunea de intrare din sursa reglabil , la valorile din tabel. Se m soar curentul de sarcin .

Uin(V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Io(mA)											

3. Pentru reprezentarea grafic a caracteristicii  $I_o(U_i)$ , se aproximeaz aceasta printr-o dreapt , conform cu rela ia:

$$I = m \cdot U + n, \quad (1)$$

unde parametrii  $m$  i  $n$  sînt, respectiv, panta caracteristicii i intersec ia cu axa curen ilor. Graficul caracteristicii se traseaz în 2 variante (prezentate mai jos).

Varianta 1: dreapta aproximant se traseaz cu rigla, conform cu aprecierea experimentatorului (folosi i hîrtie liniat ).

Varianta 2: se determin parametrii dreptei,  $m$  i  $n$ , prin metoda celor mai mici p trate (vezi regresia liniar în <http://www.etc.ugal.ro/lfrangu/IETC1.pdf>). Calculele se pot face manual, sau folosind un program scris în orice limbaj, folosind o func ie dedicat din bibliotecile Matlab etc. Apoi, pentru cele dou valori extreme ale tensiunii, din tabelul de mai sus, se determin valorile extreme ale curentului, folosind rela ia (1) i valorile determinate ale parametrilor. Cele dou puncte care rezult (perechile U-I de la extreme) se marcheaz pe grafic i se unesc printr-o dreapt , cu alt culoare decît cea de la varianta 1.

4. Valorile abaterii relative, fa de dreapta de aproximare, se determin astfel:

$$er_k = \frac{I_k - m \cdot U_k - n}{I_{max}}, \quad (2)$$

unde  $I_k$  i  $U_k$  sînt valorile m surate la pasul  $k$ ,  $I_{max} = I(10) =$  valoarea maxim m surat . Dintre ele, este semnificativ eroarea cea mai mare, luat în modul. Aten ie: este posibil ca toate valorile erorii s fie nule, dac liniaritatea circuitului este mai bun decît rezolu ia de m surare a aparatelor. În acest caz, cunoa tem doar o limit superioar a erorii de neliniaritate, dat de rezolu ia aparatelor.

Uin(V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
er(%)											

5. Pentru a verifica func ionarea ca generator de curent i pentru determinarea tensiunii maxime admise, se p streaz tensiunea de intrare de 10V i se m re te rezisten a de sarcin , la valorile din tabel. Se m soar simultan tensiunea pe sarcin . Se determin cea mai mare valoare a tensiunii, la care curentul nu s-a modificat, i se compar cu tensiunea maxim admisibil pe sarcin (determinat din foaia de catalog).

Rs( )	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Io(mA)											
Us(V)											

6. Pentru ridicarea caracteristicii amplificare-frecven a convertorului U/I, se folose te schema din figura 9. Semnalul de intrare este produs de un generator, la care se aleg componenta medie 5V, amplitudinea componentei alternative 1V, iar frecven a este variabil . Semnalul de ie ire relevant este componenta alternativ a tensiunii, pe sarcina de 100 , m surat cu osciloscopul. (Aten ie, masa generatorului este conectat cu masa osciloscopului i a convertorului.) Se calculeaz amplificarea i se reprezint grafic, în coordonate logaritmice. Se determin banda la -3dB.

Similar, pentru ridicarea caracteristicii amplificării-frecvență a perechii U/I și I/U, se cuplează cele două circuite și se măsoară tensiunea de ieșire a convertorului I/U (exemplu în figura 6).

f(kHz)	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500
U <sub>i</sub> (V)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U <sub>o</sub> (V)											
A											
A(dB)											

7. Pentru a studia proprietățile receptorului și modul de alimentare a emitorului, prin curentul transmis, se consultă fișele de catalog ale convertoarelor XTR106 și RCV420. Pentru XTR106, se extrage relația de dependență între tensiunea de intrare și curentul de ieșire, funcție de rezistența  $R_G$ . Pe placă,  $R_G = 2,5k\Omega$ .

8. Pentru a studia funcționarea perechii XTR106 cu RCV420, se realizează schema din figura 6. Pe circuitul intermediar se plasează un miliampermetru. La bornele 5 și 2 ale XTR106 se conectează sursa reglabilă, cu polaritatea indicată (senzorul în punte nu este conectat). La ieșirea RCV420 se conectează un voltmetru. Placa RCV420 se alimentează cu  $\pm 12V$ . Se reglează semnalul de intrare, la valorile din tabel, și se măsoară valorile curentului transmis și ale tensiunii de ieșire. Se reprezintă grafic caracteristica cumulată  $U_o(U_i)$ . Se verifică valorile minime și maxime ale curentului (4mA, respectiv 20mA).

U <sub>i</sub> (V)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
I <sub>o</sub> (mA)											
U <sub>o</sub> (V)											

9. Se decuplează sursa reglabilă, de la bornele 5 și 2 ale XTR106. În loc se conectează un generator de semnal sinusoidal (comunul la borna 2). Se reglează la ieșirea generatorului o componentă medie de +0,5V, plus o componentă alternativă de amplitudine 0,4V. La ieșirea RCV420 se montează un osciloscop. Se variază frecvența de la generator, valorile din tabel, și se măsoară componenta alternativă a tensiunii de ieșire din RCV420. Se calculează amplificarea și se reprezintă grafic, în coordonate logaritmice. Se determină banda la -3dB.

f(kHz)	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500
U <sub>i</sub> (V)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
U <sub>o</sub> (V)											
A											
A(dB)											

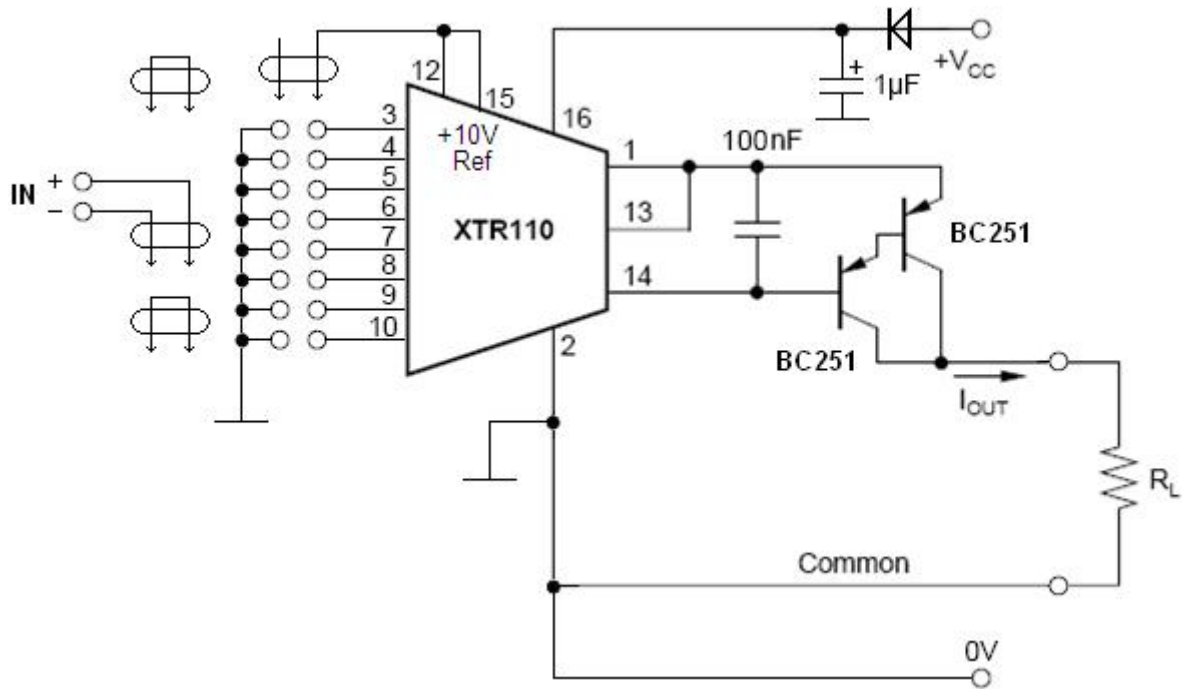


Figura 7: Schema platformei cu convertor XTR110

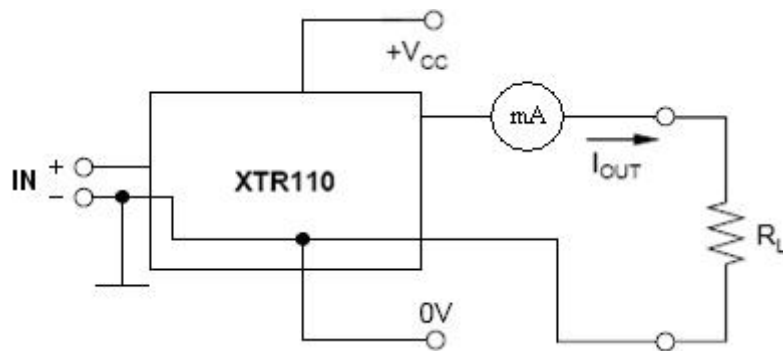


Figura 8: Schema circuitului de măsurare pentru caracteristica intrare-ie ire

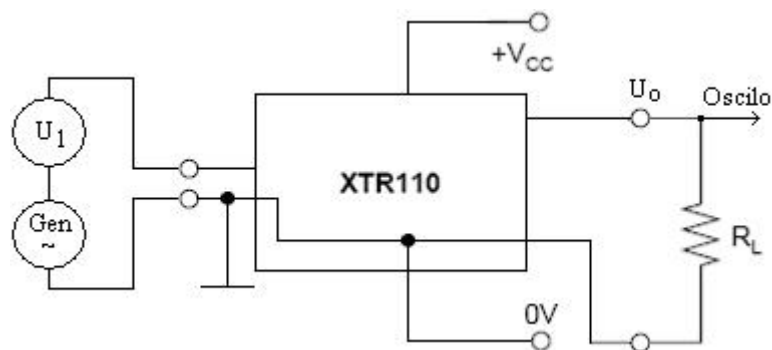


Figura 9: Schema pentru ridicarea caracteristicii amplificare-frecven

Referatul de laborator trebuie s con in :

- schema realizat cu convertorul XTR110
- datele experimentale
- valorile parametrilor  $m, n$  (punctul 3)
- cele dou grafice ale curentului, ca func ie de tensiunea de intrare (punctul 3), pe aceea i pereche de axe

- valorile erorii de liniaritate și valoarea maximă (punctul 4), în modul (dacă este nesurabil, se scrie valoarea 0)
- valoarea maximă a tensiunii admise pe sarcină, în funcționare corect (punctul 5), comparat cu valoarea dedusă din foaia de catalog
- caracteristica amplificare – frecvență și banda la  $-3\text{dB}$  (XTR110 – punctul 6)
- schema realizată cu convertoarele XTR106 și RCV420
- graficul tensiunii de ieșire, ca funcție de tensiunea de intrare (perechea XTR106 și RCV420 – punctul 8)
- caracteristica amplificare – frecvență și banda la  $-3\text{dB}$  (perechea XTR106 și RCV420 – punctul 9).

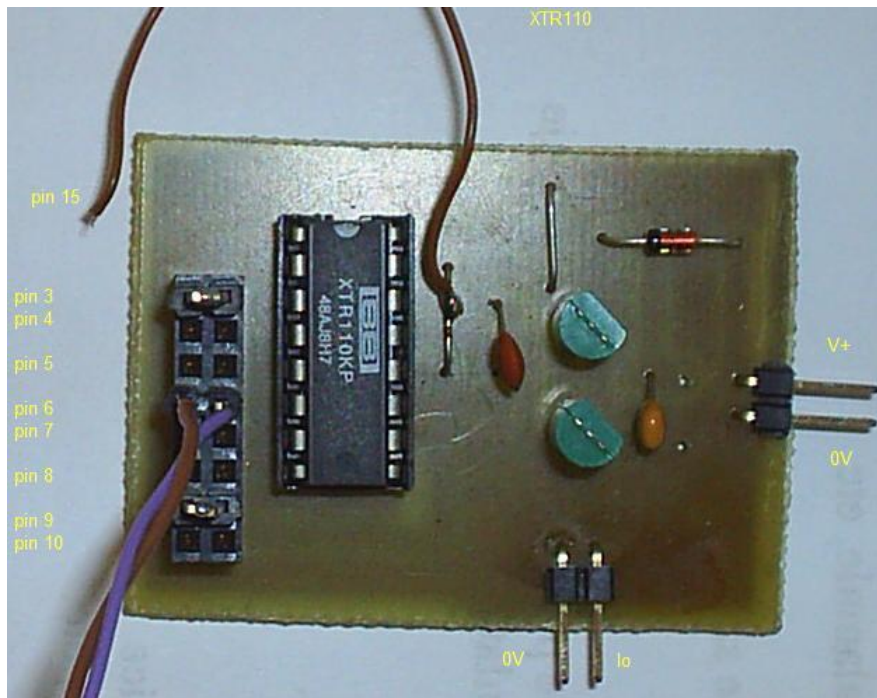


Figura 10: Placa XTR110

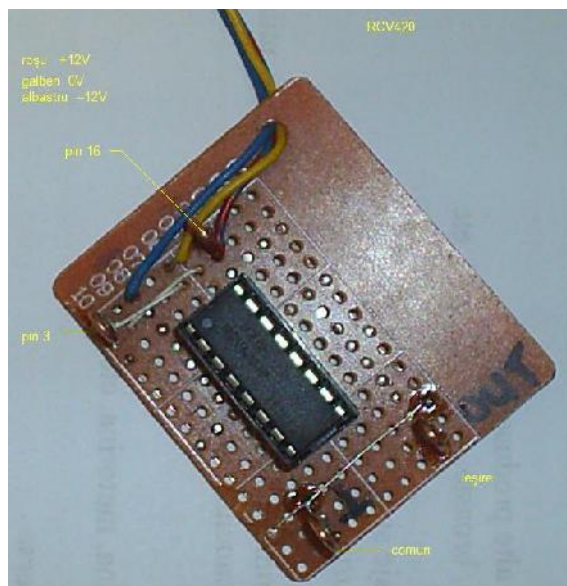


Figura 11: Placa RCV420

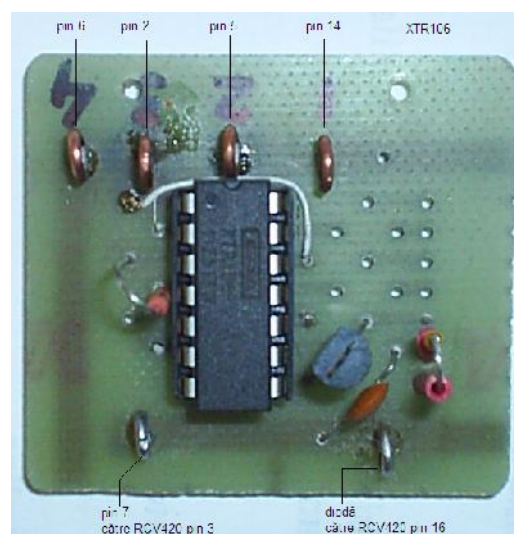


Figura 12: Placa XTR106



Raport pentru lucrarea 4: Conversoare U/I i I/U

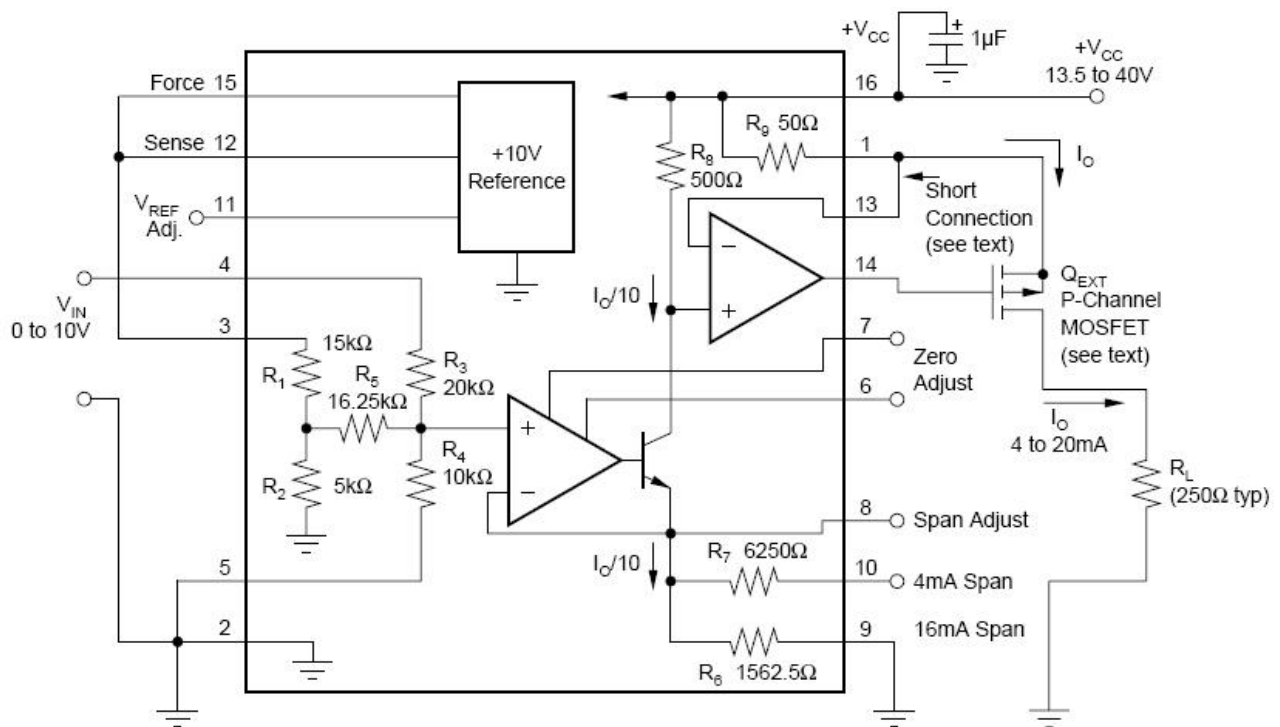
**Obiectivele lucr rii:**

- studiul metodei de transmitere în curent a semnalelor, semnale unificate, variante de alimentare a convertoarelor U/I
- studiul propriet ilor convertoarelor U/I i I/U, compensarea neliniarit ii senzorialui
- determinarea experimental a caracteristicilor U-I, I-U i a caracteristicii perechii de convertoare
- determinarea caracteristicii amplificare-frecven pentru perechea de convertoare

**Aparate necesare:**

Modul XTR110, modul XTR106, modul RCV420, surs alimentare ±15V, surs reglabil 0...+10V, 2 multimetre, rezistor reglabil 0-1k (max 20mA), generator de semnal sinusoidal, osciloscop

**Material grafic:** schemele modulelor XTR110, XTR106, RCV420, foi de catalog XTR110, XTR106, RCV420.



INPUT RANGE (V)	OUTPUT RANGE (mA)	PIN 3	PIN 4	PIN 5	PIN 9	PIN 10
0-10	0-20	Com	Input	Com	Com	Com
2-10	4-20	Com	Input	Com	Com	Com
0-10	4-20	+10V Ref	Input	Com	Com	Open
0-10	5-25	+10V Ref	Input	Com	Com	Com
0-5	0-20	Com	Com	Input	Com	Com
1-5	4-20	Com	Com	Input	Com	Com
0-5	4-20	+10V Ref	Com	Input	Com	Open
0-5	5-25	+10V Ref	Com	Input	Com	Com

Figura 4: Schema convertorului XTR110 (U/I), cu tabelul de configurare a parametrilor caracteristicii intrare-ie ire

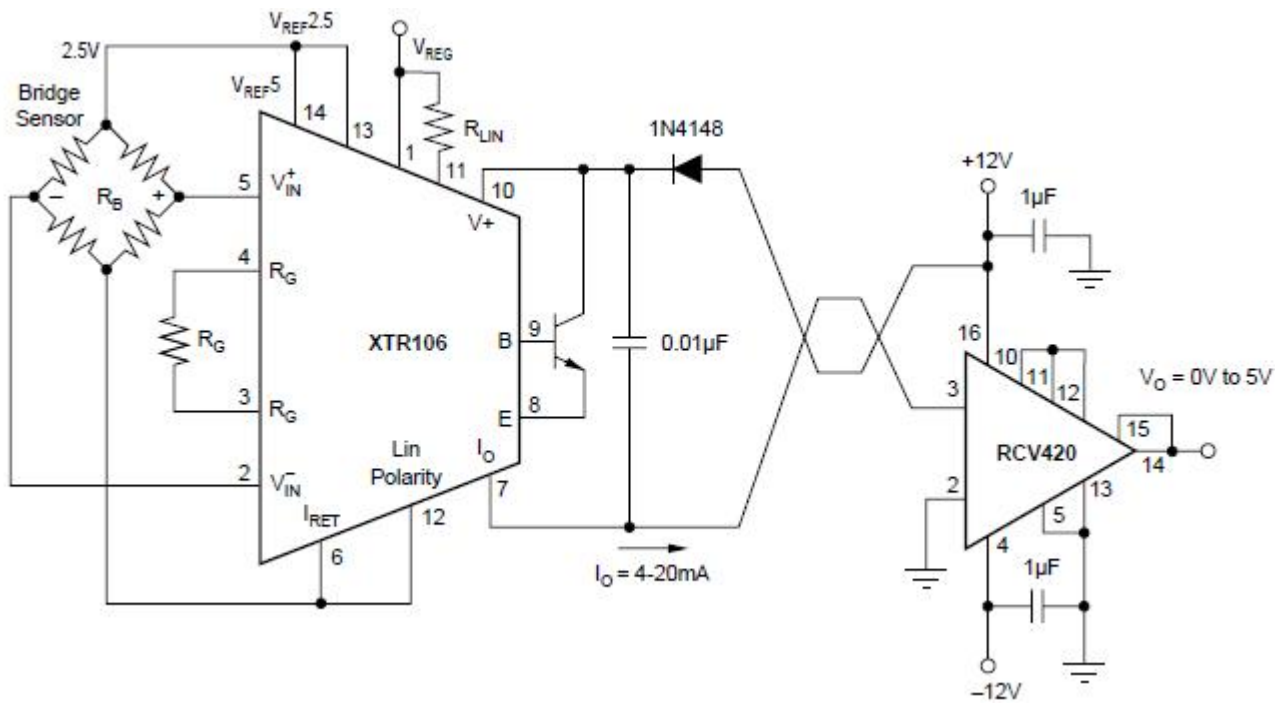


Figura 6: Schema de conectare a convertoarelor XTR106 (U/I) și RCV420 (I/U), pentru măsurarea în punte și transmiterea în curent

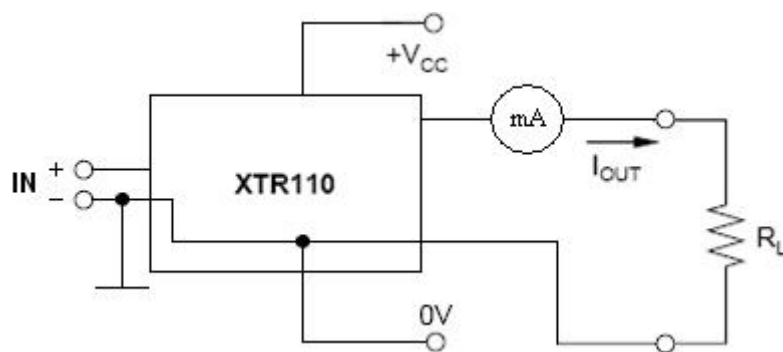


Figura 8: Schema circuitului de măsurare pentru caracteristica intrare-ieșire

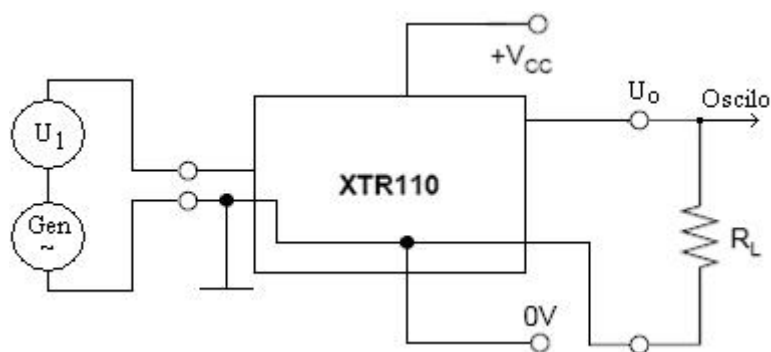


Figura 9: Schema pentru ridicarea caracteristicii amplificării-frecvență

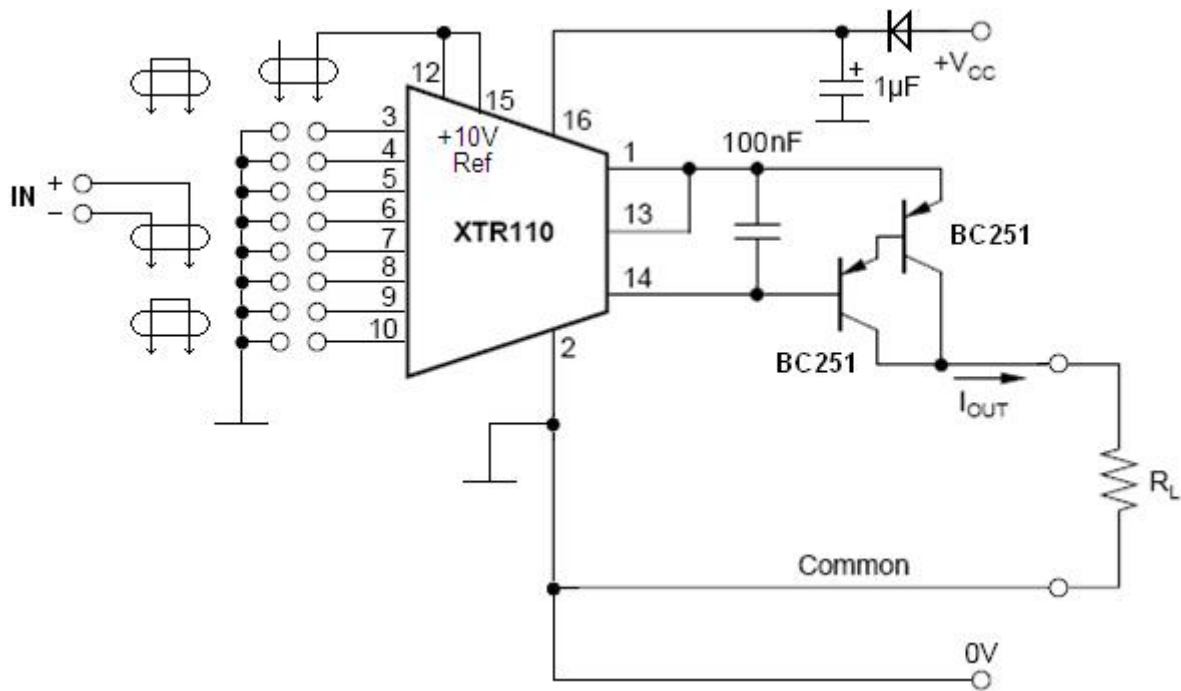


Figura 7: Schema platformei cu convertor XTR110

**Modul de lucru**

1. Foaia de catalog a circuitului XTR110.

Intervalul curenților de ieșire =

Tensiunea de alimentare necesară =

Eroarea maximă de liniaritate =

Rezistența de sarcină maximă admisibilă (presupunând alimentare la 15V și curent 4-20 mA) =

Tensiunea maximă admisibilă pe sarcină (produsul dintre rezistența maximă admisibilă și curentul maxim) =

2. Platforma cu convertorul XTR110 (figura 7) configurată pentru intrare 0-10V și transmitere în curent 4-20mA (schema din figura 4). Alimentare 15V. Sarcină reglabilă 0-1kΩ, reglată la 100Ω.

U <sub>in</sub> (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I <sub>o</sub> (mA)											

3. Valorile determinate ale parametrilor:

$m =$

$n =$

**Graficele I<sub>o</sub>(U<sub>i</sub>)** – două variante, pe aceeași pereche de axe

4. Valorile calculate ale erorii de liniaritate

U <sub>in</sub> (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
er(%)											

Eroarea relativă maximă =

5. Determinarea rezistenței maxime de sarcină, figura 8. Tensiune de intrare 10V.

$R_s(\Omega)$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$I_o(\text{mA})$											
$U_s(\text{V})$											

$R_{s\max} =$

Tensiunea maxim admis pe sarcin (func ionare corect ) =

6. Caracteristica amplificare-frecven a convertorului U/I, figura 9. Semnal de intrare cu componenta medie 5V, amplitudinea componentei alternative 1V. Sarcina de 100  $\Omega$ .

f(kHz)	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500
$U_i(\text{V})$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$U_o(\text{V})$											
A											
A(dB)											

**Graficul AdB(f)**

Banda la  $-3\text{dB} =$

7. XTR106, rela ia de dependen între tensiunea de intrare și curentul de ie ire, func ie de rezisten a  $R_G$ . Pe plac ,  $R_G = 2,5\text{k}\Omega$ .

8. Func ionarea perechii XTR106 cu RCV420, figura 6. Placa RCV420 alimentat cu  $\pm 12\text{V}$ .

$U_i(\text{V})$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$I_o(\text{mA})$											
$U_o(\text{V})$											

Valoarea minim a curentului =

Valoarea maxim a curentului =

**Grafic caracteristica cumulat  $U_o(U_i)$ .**

Lucrarea 5: Adaptor pentru măsurarea în punte, în c.c.

**Obiectivele lucrării:**

- studiul schemelor uzuale de adaptoare, pentru măsurarea în punte, în c.c.
- reglajul parametrilor: compensarea tensiunii de decalaj (offset) și a curenților de polarizare, rejecția de mod comun, reglajul de zero, reglajul de scară (amplificare)
- determinarea experimentală a caracteristicilor intrare-ieșire ale traductoarelor cu acest tip de adaptor (forță, presiune, alungire etc.).

**Aparate necesare:**

adaptor pentru punte în c.c., platformă cu mări tensometrice, platformă cu traductor de presiune KPY16, platforma ASLK, sursă alimentare  $\pm 12V$ , voltmetru, generator de semnal, osciloscop.

**Material grafic:** schema adaptorului, foaie de catalog KPY16.

**Breviar teoretic**

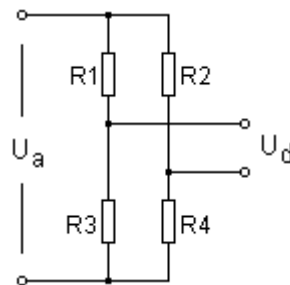


Figura 1: Schema generală a punții

Măsurarea în punte este o metodă răspândită, întrucât elimină necesitatea măsurării unei componente medii mari, în timp ce păstrează sensibilitatea și liniaritatea inițiale ale detectorului. Puntea poate să conțină 1, 2 sau 4 elemente sensibile la mărimea măsurată (dintre elementele incluse, generic, în figura 1). Tensiunea diferențială măsurată este proporțională cu abaterile impedanțelor și cu tensiunea de alimentare. De regulă, mărimea măsurată direct, prin metoda de punte, este impedanță (cu sau fără component reactiv), dar se pot măsura indirect multe mărimi fizice neelectrice, folosind senzori care transformă aceste mărimi în abateri ale impedanțelor. Mărimile fizice neelectrice, adecvate acestei metode sînt: temperatura, alungirea mecanică (care se mai poate transforma, prin etalonare, în forță, cuplu, presiune), deplasarea mică, liniară sau unghiulară (și aceasta poate fi transformată, prin etalonare, în alte mărimi). Cazurile care apar cel mai frecvent, sînt: măsurarea temperaturii cu termorezistență, măsurarea alungirii cu mărci tensometrice, măsurarea deplasării liniare sau unghiulare cu senzori inductivi și capacitivi. Alimentarea punții se poate face în c.c. sau în c.a., iar tipul de adaptor depinde de tipul de alimentare. În general, adaptorul în c.c. este simplu, dar este afectat de deriva cu temperatura, în timp ce adaptorul în c.a. este mai complicat, dar elimină problema derivei, întrucât semnalele prelucrate nu conțin component medie.

Măsurarea alungirii se bazează pe elementele rezistive, numite mărci tensometrice, care își modifică rezistența la alungire sau comprimare. Din motive de influență a temperaturii, se folosesc numai scheme cu 2 mărci sau cu 4 mărci. Dacă se folosesc 2 mărci, acestea trebuie să varieze în sensuri opuse și se montează în brațele alternate ale punții (spre exemplu, R1 și R2 sau R1 și R3). Dacă se folosesc 4 mărci, acestea se pot monta în mai multe moduri, spre exemplu: R1 și R4 variază într-un sens iar R2 și R3 în sensul opus. Adaptorul poate fi în c.c. sau în c.a., dar se preferă adaptorul în c.a., pentru măsurarea de precizie. Dacă pentru mărcile tensometrice există alternative (adaptor în c.c. sau în c.a.), pentru senzori integrați pe siliciu (cum sînt senzorii de presiune absolut și diferențial), adaptorul este obligatoriu în c.c., întrucât cipul nu poate fi alimentat în c.a..

În figura 2 este prezentat un adaptor în c.c. foarte simplu, pentru 2 m rci, aflate pe pozi iile R1 i R3. Divizorul cu rezistoarele R2 i R4 se afl în interiorul adaptorului. Acest adaptor are doar reglaj pentru punctul de 0, reglajul de sensibilitate se realizeaz în urm torul etaj de amplificare. De regul , amplificarea în adaptor este mare, întrucît semnalul cules este de ordinul milivoltilor. O valoare foarte mare a amplificării produce o problem serioas de reglaj: efectul curenților de polarizare i al tensiunii de decalaj este amplificat, cu riscul ca amplificatorul s ajung în satura ie. De aceea, este necesar opera ia de reglaj, prin care se compenseaz erorile, înainte de pornirea aparatului. Evident, efectul cel mai mare îl are eroarea introdus de etajul de intrare, întrucît ea sufer amplificarea cea mai mare. Acea i problem apare i din cauza nesimetriei senzorilor, care poate avea efect chiar mai mare decît al semnalului util, pentru c apare la intrare. Aparent, sensibilitatea pun ii ar putea fi m rit pe seama tensiunii de alimentare, pentru a reduce amplificarea, dar aceast solu ie este limitat de înc lizarea proprie a m rciilor, ca efect al curentului de alimentare. O valoare uzual a rezisten ei m rciilor este 120  $\Omega$ , iar valorile uzuale ale tensiunii de alimentare sînt 2–10V.

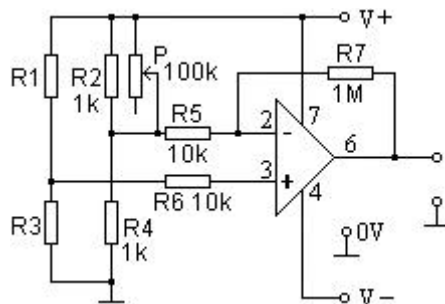


Figura 2: Adaptor pentru m surarea în punte, în c.c.

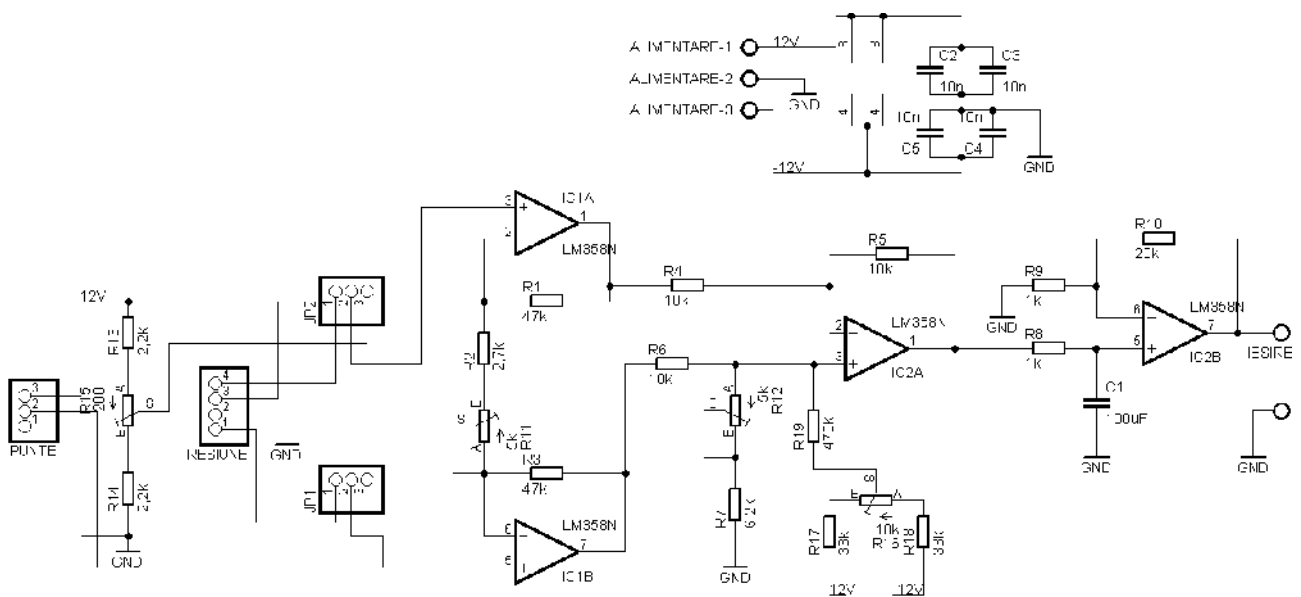


Figura 3: Adaptor cu amplificator de instrumenta ie

Întrucît m surarea este diferen ial , rejec ia modului comun este la fel de important ca celelalte reglaje. Schema din figura 2 nu asigur reglaj pentru m rirea CMRR, de aceea un amplificator de instrumenta ie este o alegere mai potrivit . Amplificatorul de instrumenta ie are i avantajul c reglajul de CMRR este independent de cel de amplificare. Schema din figura 3 se bazeaz pe acest tip de amplificator i con ine reglajele de zero, rejec ia modului comun i amplificare. Ultimul etaj con ine i un filtru trece-jos, a c rui frecven de t iere se dimensioneaz în func ie de dinamica semnalelor transmise. Conectorii de la intrare corespund cu o pereche de

mărci tensometrice (R1 și R3, din figura 1), respectiv cu un senzor integrat, alimentat în c.c. (exemplu: senzorul de presiune).

Operația de reglaj se efectuează în ordinea: rejecția modului comun, zero, amplificarea (scară). Reglajul de amplificare este o operație metrologică, prin care se fixează scara adaptorului. Existența elementelor de reglaj în c.c., indiferent de tipul de adaptor, nu exclude celelalte măsuri de reducere a erorilor: trebuie prevăzute componente în care deriva cu temperatura este mică, precum și eliminarea curenților paraziți, prin inel de gard. (Reglaje similare: compensarea efectului erorilor, la integrator și la circuitul de înmulțire. Pentru integrator, întâi se compensează efectul erorilor, apoi se reglează constanta de timp de integrare, dintr-o componentă care nu modifică primul reglaj. Pentru circuitul de înmulțire, care este profund neliniar, se compensează prin reglaj separat offset-ul fiecărei intrări.)

### Modul de lucru (punte tensometrică în c.c.)

1. Se studiază schema adaptorului pentru măsurare în punte, în c.c., figura 3. Se identifică componentele semireglabile, care vor fi folosite la reglaj (amplasarea componentelor ca în figura 4). Se alimentează adaptorul de la sursa dublă  $\pm 10V$ .
2. Se reglează rejecția modului comun, astfel: se plasează jumperi în conectorii JP1 și JP2, în partea stângă (corespund cu intrarea de la senzorul integrat de presiune). Borna rece de la generator este legată la Gnd, iar borna caldă se aplică la intrările 1 și 4 din conectorul „Presiune”, conectate împreună (figura 5a). În acest fel, amplificatorul de instrumentație primește doar semnal de mod comun (semnalul pe mod diferențial este nul). Generatorul asigură și polarizarea intrărilor neinverse din amplificator. Frecvența semnalului se alege de ordinul sutelor de Hz, amplitudinea la 2V. Se conectează osciloscopul la ieșire și se reglează din R12, pînă cînd se observă extincția semnalului. De remarcat că tensiunea de ieșire nu este încă nulă, ea poate avea o componentă continuă nenulă.
3. Se reglează zeroul adaptorului, astfel: fără a schimba circuitul anterior, se reglează din R16, pînă cînd componenta medie a ieșirii devine nulă. Măsurarea ieșirii se poate face cu osciloscopul (semnalul reprezentat cu componentă medie) sau cu voltmetrul de c.c..
4. Se reglează amplificarea (se calibrează adaptorul), astfel: se leagă borna rece a generatorului la una dintre intrări la masă. Borna caldă a generatorului se aplică la celalată intrare (figura 5b). Se fixează semnalul de intrare la amplitudine de 5mV, se măsoară tensiunea de ieșire (osciloscop sau voltmetru electronic) și se reglează din R11, pînă cînd tensiunea de ieșire are amplitudinea dorită (spre exemplu, 5V, pentru o amplificare 1000 a adaptorului).
5. La conectorii JP1 și JP2 se mută jumperii în partea dreaptă (semnal de intrare de la punte). La intrarea „Punte” se conectează platforma cu mărci tensometrice. Cele două mărci sînt situate pe fețe opuse ale benzii metalice a cărei alungire se măsoară. Puntea este completată de divizorul cu R13, R14 și R15. Nu este necesară alimentare separată a punții, ea provine din adaptor.
6. Se echilibrează puntea (zeroul întregului ansamblu) astfel: de pe platforma mecanică se elimină greutățile marcate. Se reglează din R15, pînă cînd tensiunea de ieșire este nulă. Această operație se putea face tot din R16, dar preferăm să nu stricăm reglajul efectuat anterior, pentru că tensiunea nulă la ieșire ar corespunde cu tensiune nenulă între intrările amplificatorului de instrumentație, ceea ce îngreunează depănarea.
7. Pentru ridicarea experimentală a caracteristicii forță-tensiune, se adaugă cîte o masă marcată și se măsoară tensiunea de ieșire, în regim static. Se desenează graficul forță-tensiune.

m (kg)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0					
U <sub>o</sub> (V)											

8. Se verifică calitativ semnul tensiunii de ieșire, pentru solicitări în sensul invers celui gravitațional. În acest scop, se ridică forța la vîrfurile benzii metalice și se citește sensul de variație al tensiunii de ieșire.

8. Se observă comportarea dinamică a sistemului mecanic, întrucât cu toate masele marcate. Se cuplează la ieșire osciloscopul, fixat pe modul „single sweep”, 1s/div, și se dă un impuls scurt benzii metalice. (În loc de funcționare pe modul „single sweep”, se poate lucra în modul repetitiv și să se memoreze imaginea imediat ce momentul impulsului se apropie de extrema stângă a ecranului.) Se constată comportarea oscilantă, ca un sistem de ordinul 2, slab amortizat. Din înregistrarea de pe osciloscop se măsoară frecvența oscilațiilor libere și factorul de amortizare. Se elimină masele marcate și se repetă experimentul. Ce se constată, în privința frecvenței oscilațiilor libere și a factorului de amortizare?

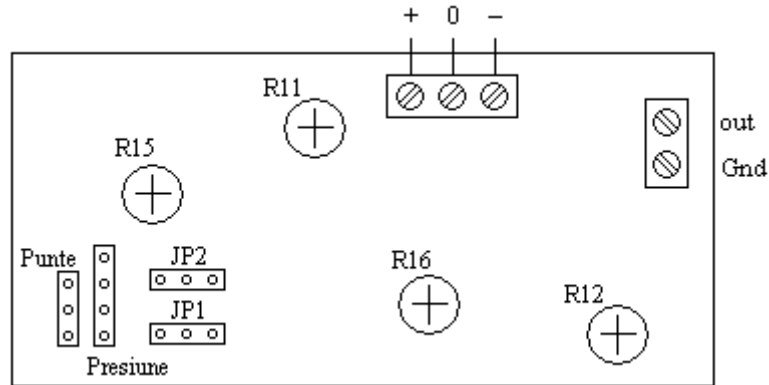


Figura 4: Amplasarea componentelor pe placa adaptorului în c.c.

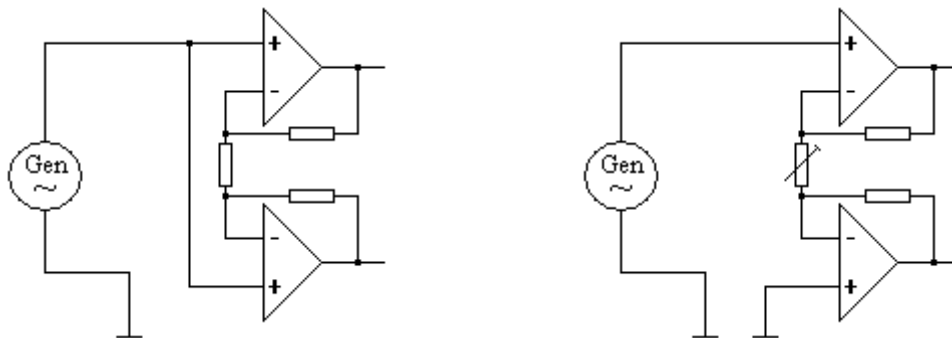


Figura 5: Schemele echivalente ale intrării, pentru reglajul CMRR și zero, respectiv pentru reglajul de scară (amplificarea)

Raportul lucrării de laborator (punte tensometrică) trebuie să conțină:

- schema adaptorului
- datele experimentale
- caracteristica tensiune-forță, în regim static
- frecvența oscilațiilor libere pentru cele două încercări extreme
- un model frecvențial al comportării traductorului la solicitări (deplasare funcție de forță)

### Modul de lucru (senzor integrat de presiune KPY16)

1. Se studiază datele de catalog ale senzorului de presiune integrat KPY16. Se observă incertitudinea asupra rezistenței și asupra sensibilității (dispersie parametrică mare).
2. La conectorii JP1 și JP2 se mută jumperii în partea stângă (semnal de intrare de la senzorul de presiune) și se conectează senzorul la conectorul „Presiune”. Pentru calibrare, senzorul este lăsat la presiunea atmosferică, astfel încât presiunea diferențială măsurată este nulă. Se efectuează reglajul de 0, din R16. Se atașează o seringă cu furtun la tubul senzorului pentru aplicarea semnalului de presiune diferențială. Se măsoară tensiunea de ieșire, pe măsură ce crește presiunea diferențială.



p (kPa)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0					
U <sub>o</sub> (V)											

3. Pentru a verifica calitativ efectul depresiunii, se reata eaz seringa, când volumul inclus este nul. Se trage pistonul seringii și se constat semnul tensiunii de ie ire.

Demo:

Reglaj de 0 și de scar la un amplificator inversor.

Reglaj pentru compensarea erorilor la integrator (platforma ASLK). Determinarea tensiunii de decalaj, din viteza de varia ie a ie irii.

Inelul de gard la SRA3601

Compensarea tensiunii de decalaj la intr rile MPY634 (platforma ASLK).

Transmiterea semnalului în curent, cu alimentare din receptor (perechea XTR106 + RCV420, semnalul m surat de la senzorul de KPY16).

Compensarea neliniarit ii i caracteristica U-I-U la perechea XTR106 + RCV420.



Lucrarea 6: Adaptor pentru traductor inductiv diferențial

**Obiectivele lucrării:**

- studiul schemelor uzuale de adaptoare, pentru măsurarea în punte, în c.a.
- reglajul parametrilor: compensarea tensiunii de decalaj (offset) și a curenților de polarizare, rejecția de mod comun, reglajul de zero, reglajul de scară (amplificare)
- determinarea experimentală a caracteristicilor intrare-ieșire ale traductoarelor cu acest tip de adaptor (forță, presiune, alungire etc.).

**Aparate necesare:**

adaptor pentru punte în c.a., platformă cu traductor inductiv de poziție și acționare cu motor pas-cu-pas, adaptor pentru traductor inductiv AD598, sursă alimentare  $\pm 12V$ , voltmetru, osciloscop

**Material grafic:** schema adaptorului pentru traductor inductiv AD598, foaie de catalog AD698.

**Breviar teoretic**

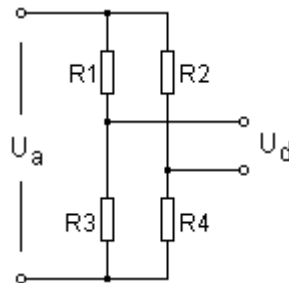


Figura 1: Schema generală a punții

Măsurarea în punte este o metodă răspândită, întrucât elimină necesitatea măsurării unei componente medii mari, în timp ce păstrează sensibilitatea și liniaritatea inițiale ale detectorului. Puntea poate să conțină 1, 2 sau 4 elemente sensibile la măsurarea măsurată (dintre elementele incluse, generic, în figura 1). Tensiunea diferențială măsurată este proporțională cu abaterile impedanțelor și cu tensiunea de alimentare. În general, prin metoda de punte se măsoară impedanțele (rezistive, inductive sau capacitive), dar senzorii care transformă măsurimile mecanice în abateri ale impedanței permit măsurarea mai multor măsurimile mecanice sau termice. Măsurimile fizice neelectrice, adecvate acestei metode sînt: temperatura, alungirea mecanică (care se mai poate transforma, prin etalonare, în forță, cuplu, presiune), deplasarea mică, liniară sau unghiulară (și aceasta poate fi transformată, prin etalonare, în alte măsurimile). Cazurile care apar cel mai frecvent, sînt: măsurarea temperaturii cu termorezistență, măsurarea alungirii cu măsurimile tensometrice, măsurarea deplasării liniare sau unghiulare cu senzori inductivi și capacitivi. Alimentarea punții se poate face în c.c. sau în c.a., iar tipul de adaptor depinde de tipul de alimentare. În general, adaptorul în c.c. este simplu, dar este afectat de deriva cu temperatura, în timp ce adaptorul în c.a. este mai complicat, dar elimină problema derivatei, întrucât semnalele prelucrate nu conțin componentă medie.

Dacă elementul sensibil este o inductanță diferențială sau o capacitate diferențială, alimentarea trebuie să fie în c.a., întrucât reactanțele alimentate în c.c. nu produc nici un semnal util. Pentru cazul inductanțelor diferențiale, schema uzuală este prezentată în figura 2a, în care măsurarea măsurată este deplasarea miezului dintre cele două înfășurări. Schema se numește semipunte, întrucât are doar două reactanțe sensibile la măsurarea măsurată. Alte măsurimile mecanice pot fi măsurate cu aceeași structură. Există mai multe variante de scheme de adaptoare, care preiau semnalul în c.a.. De regulă, semnalul de ieșire este afectat de tensiunea de alimentare (la fel ca la puntea în c.c.) și de defazajele din punte (specific punții în c.a.), create de traseele conductoarelor. În schimb, nu există influența erorilor în c.c. (tensiune de decalaj și curenți de polarizare), nici a derivatei acestora cu temperatura. Pentru a diminua erorile specifice, schema de adaptor din figura 2b

a abandonat m surarea în punte, în favoarea m surii tensiunii de dezechilibru. Aceasta este creat de excita ia în c.a., determinat de primarul transformatorului în care a fost inclus inductan a diferen ial i de pozi ia miezului. Prin împ rirea tensiunii diferen iale la media tensiunilor, se elimin influen a fluctua iilor tensiunii de alimentare. Adaptorul se poate integra pe siliciu, inclusiv oscilatorul de excita ie. Ini ialele LVDT, folosite pentru acest tip de traductor, provin de la Linear Variable Differential Transducer.

Circuitul integrat AD598 folose te solu ia din figura 2b, iar schema tipic de utilizare, cu alimentare simetric , este prezentat în figura 3. acela i circuit poate fi folosit i cu configura ia în punte complet sau cu configura ia în semipunte (pozi ia bornelor polarizate depinde de schema adoptat , vezi foaia de catalog).

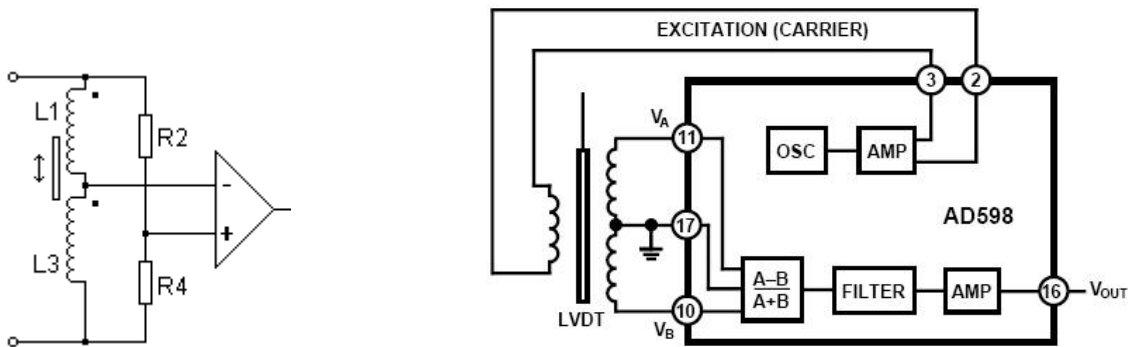


Figura 2: M surarea deplas rii, cu inductan diferen ial

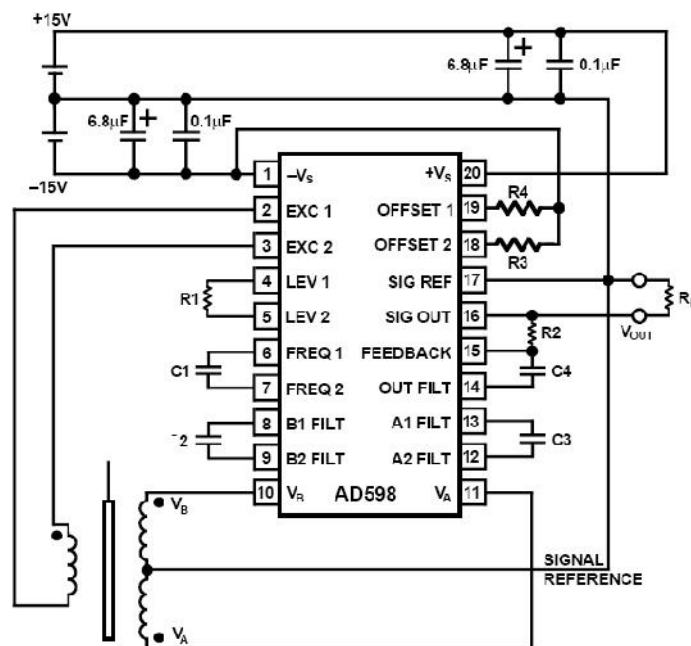


Figura 3: M surarea deplas rilor mici, cu inductan diferen ial i circuitul AD598

**Modul de lucru** (traductor cu inductan diferen ial i AD598)

1. Se studiaz datele de catalog ale circuitului AD598, se extrag tensiunea maxim de alimentare, nivelul i frecven a semnalului de excita ie. Se compar schema adaptorului cu schemele tipice din foaia de catalog.
2. Platforma de ac ionare cu motor pas-cu-pas este nealimentat . Se deplaseaz manual miezul bobinei, pîn cînd este extras complet din bobin . Se alimenteaz adaptorul de la o surs dubl , ±15V i se monteaz voltmetrul la ie ire. Se alimenteaz platforma de ac ionare cu motor pas-cu-pas (12V).

3. Se apasă repetat butonul de comandă, corespunzător sensului de deplasare spre bobină. La fiecare deplasare (5 pași), se măsoară semnalul de ieșire. Se determină lungimea unui pas, prin împărțirea deplasării totale la numărul de pași. Se desenează caracteristica deplasare-tensiune a traductorului, în regim static.

x (pași)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
x (mm)															
U <sub>o</sub> (V)															

Care sînt intervalele de monotonie ale caracteristicii?

Există vreun interval cu caracteristic liniar ?

4. Se măsoară cu osciloscopul frecvența semnalului de excitație (în primar). Se aduce miezul la poziția în care media semnalului de ieșire este maximă și se măsoară tensiunea de ondulație pe ieșire. Se calculează raportul dintre tensiunea de ondulație și valoarea medie (dacă ondulația este nesemnificabilă, se trece 0).

Referatul de laborator (inductanță diferențială) trebuie să conțină :

- schema adaptorului
- datele experimentale
- caracteristica deplasare-forță, în regim static
- raportul dintre tensiunea de ondulație și valoarea medie
- răspunsuri la cele două întrebări.

De observat:

- Opoziția de fază între secundare, față de miez (tensiunea în primar 3V, tensiune măsurată în secundar 0,44V, tensiune măsurată între secundare 0V)
- Tensiunea măsurată între secundare, în funcție de poziția miezului: 0V la mijloc, tensiune mică când miezul este dus la o extremă sau cealaltă, tensiune mai mare când miezul este deplasat față de mijloc, dar nu la extremă. În aceste situații, de remarcat faza (în fază cu primarul la un capăt, în opoziție cu primarul la capătul opus)
- poziția se poate măsura pe baza tensiunii dintre secundare și a fazei, față de primar (decizia este nevoie de demodulare sincronă)

Demo suplimentar:

- măsurare cu microcontroler și senzori integrați



Lucrarea 7: Circuite de izolare galvanică prin transformator, pentru semnale analogice,  
(Traductor de tensiune cu izolare galvanică UxTT2, circuite hibride AD210, AD215)

### Obiectivele lucrării:

- studiul circuitelor de izolare galvanică pentru semnal analogic
- determinarea experimentală a caracteristicii intrare-ieșire a circuitului de izolare
- determinarea experimentală a caracteristicii amplificare-frecvență a circuitului de izolare și evaluarea benzii
- măsurarea ondulației (riplul) produs de comutația internă
- evaluarea capacității intrare-ieșire.

### Aparate necesare:

Modul UxTT2 (traductor de tensiune cu izolare galvanică), modul AD210, AD215 (circuit de izolare semnal + sursă), sursă alimentare 20V, sursă alimentare  $\pm 15V$ , sursă reglabilă 0–10V, 2 voltmetre, osciloscop, generator de funcții, capacimetru

**Material grafic:** schema modului UxTT2, foi de catalog AD210, AD215.

### Breviar teoretic

Circuitele de izolare galvanică folosesc la transmiterea informației, între circuite electronice, fără conducție electrică. În acest fel, se evită accidentele tehnice și sînt protejați oamenii, în cazul unor defecțiuni prin care tensiuni mari pot trînda accidental în circuitele de semnal. Se folosesc în industrie (electronica de putere, traductoare, transmiterea semnalelor către și dinspre circuitele de comandă), telecomunicații (telefonie, rețea de calculatoare), aparate medicale, aparate electrocasnice, surse de alimentare. În mod uzual, în electronica industrială, traductoarele au proprietatea de izolare, între partea conectată la tensiuni mari (fie conectarea permanentă sau accidentală) și partea conectată la circuitele de comandă din echipamentul de automatizare. Circuitele de izolare galvanică se mai folosesc pentru crearea de regim flotant, atunci cînd informația trebuie transmisă între circuite care nu au același potențial (comanda tranzistoarelor și tiristoarelor din electronica de putere). Pentru izolarea semnalelor analogice, se folosesc: transmiterea prin transformator, prin optocuplare și prin cuplaj capacitiv. Fiecare din aceste soluții are proprietăți diferite, astfel încît utilizarea avantajoasă a uneia sau alteia depinde de aplicația din care face parte.

Proprietățile electrice esențiale ale circuitelor de izolare sînt: tensiunea maximă admisibilă între secțiunile izolate, domeniul admisibil al semnalului de intrare, domeniul corespunzător al semnalului de ieșire, banda de frecvență, alimentarea necesară, eroarea maximă de neliniaritate, capacitatea parazită intrare-ieșire, nivelul zgomotului la ieșire.

Transmiterea prin transformator presupune ca semnalul transmis să nu aibă componentă medie. Această situație se întâlnește doar în telecomunicații și în tehnica audio. Întrucît semnalele măsurate în electronica industrială au, de regulă, componentă medie, este necesară o operație de modulare. Modularea se realizează prin înmulțirea semnalului util cu un semnal purtător dreptunghiular, cu factor de umplere 50%. Recuperarea semnalului util, după trecerea prin transformator, se realizează prin demodulare sincronă, folosind același semnal purtător. Semnalul purtător este transmis prin transformatorul oscilatorului, atît la circuitul de modulare, cît și la demodulare.

În figura 1, este prezentată schema simplificată a unui circuit de izolare prin transformator, folosit în traductoare și în transmiterea semnalului între circuite cu potențiale diferite. Se observă prezența a două transformatoare, unul pentru semnalul util, modulată în amplitudine, iar celălalt pentru semnalul purtător, transmis modulatorului și demodulatorului. Primul realizează izolarea între circuitul de modulare și cel de demodulare, al doilea izolează oscilatorul de celelalte două circuite. Se mai observă că, în compunerea circuitului, apare un filtru „trece-jos”, care determină banda de trecere. De înaprincipiul demodulării nu cere un astfel de filtru, el este necesar din cauza

imperfec iunii opera iilor de modulare i demodulare, care se realizeaz prin comutarea tranzistoarelor. Datorit modului de transmitere, prin modulare în amplitudine, circuitul prezint o bun liniaritate. Un produs folosit în industrie, care folose te schema bloc din figura 1, este prezentat în figura 3.

În general, în circuitele de izolare, se mai pune problema alimentarii sec iunii aflate la tensiune mare. Dacă această sec iune necesit alimentare separat (de obicei, este circuitul de intrare), ea va fi, de asemenea, izolat galvanic fa de restul circuitelor. Restric iile aplicate circuitului de alimentare izolat sînt identice cu cele ale circuitului de semnal. În cazul de fa , modularea se poate face exclusiv pe seama semnalului transmis de la oscilator, deci nu este necesar o alimentare suplimentar , izolat galvanic, a circuitului de intrare.

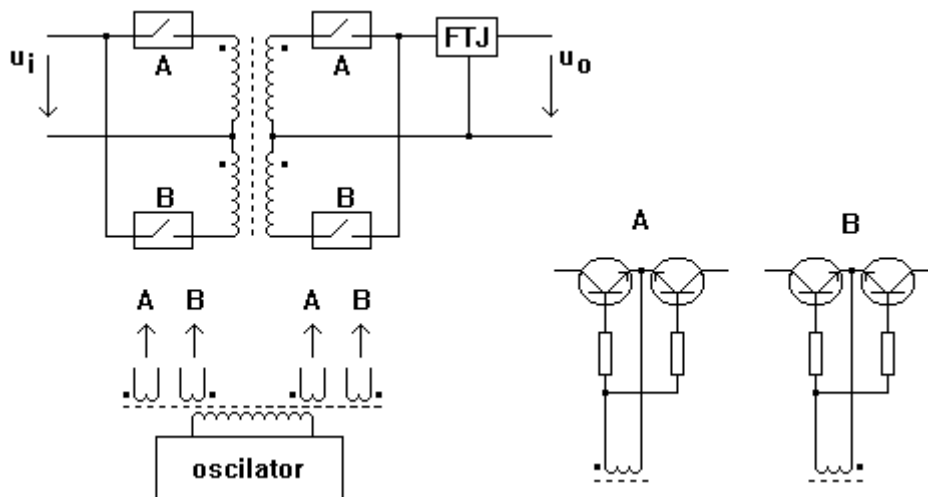


Figura 1: Transmiterea semnalului prin transformator, folosind modulare i demodulare în amplitudine a impulsurilor

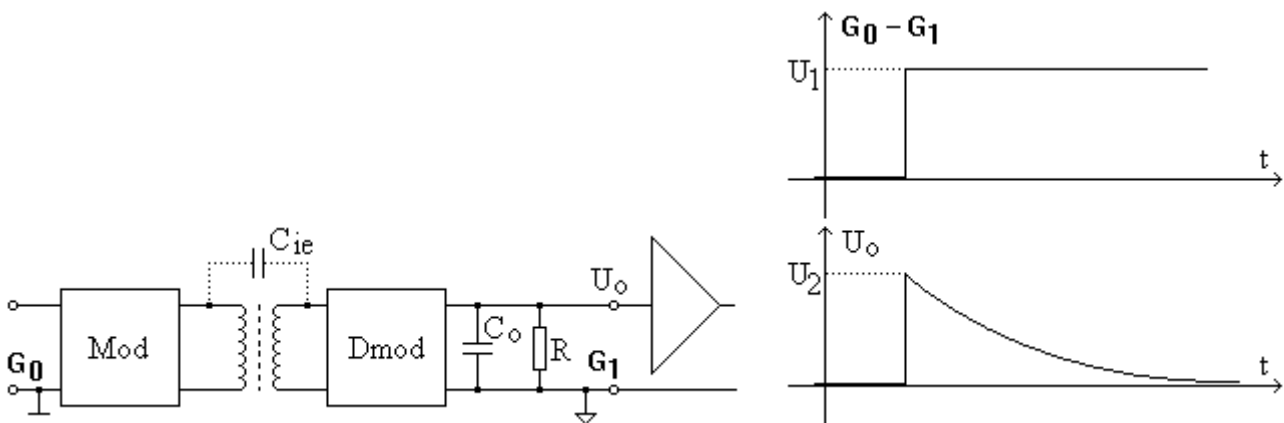


Figura 2: Model al transmiterii salturilor de tensiune, prin capacitatea parazit intrare-ie ire

O alt problem important a circuitului de izolare este capacitatea intrare-ie ire, indiferent dac ea apare în circuitul de semnal sau în cel de alimentare. Prin această capacitate se transmit, în regim tranzitoriu, varia iile rapide ale diferen ei de poten ial dintre circuitul de intrare i cel de ie ire, ceea ce pune în pericol circuitul de semnal de la ie ire. Ca urmare, circuitul de izolare trebuie s asigure o valoare cât mai mic a capacit ii intrare-ie ire. În figura 2a este prezentat un exemplu simplificat de circuit, în care este reprezentat capacitatea parazit . Dacă apare un salt de tensiune între poten ialul comun al intrării i cel al ie irii, adic între  $G_0$  i  $G_1$ , acesta se transmite la ie ire. Presupunînd c modulatorul i demodulatorul sînt transparente pentru varia iile de tensiune, forma aproximativ a tensiunii de la ie ire este cea din figura 2b, unde valoarea saltului depinde de cele



doi capacit ii:  $U_2 = U_1 \frac{C_{ie}}{C_{ie} + C_o}$ . Acest salt nu poate fi limitat prin cre terea capacit ii din

circuitul de ie ire, deoarece se va mic ora banda. Mai mult, descre terea impulsului din figura 2b se face cu o constant de timp:  $\tau = R \cdot (C_{ie} + C_o)$ , care cre te odat cu capacitatea parazit . În consecin , solu ia este de a mic ora drastic capacitatea parazit intrare-ie ire. În cazul transformatorului, aceast capacitate se manifest între înf ur rile primar i secundar , i poate fi redus , prin tehnologia de fabrica ie (bobine separate).

În ansamblu, transmiterea prin transformator are propriet ile:

- nu necesit surs izolat galvanic pe partea de tensiune mare;
- capacitatea intrare-ie ire este, de obicei, nesemnificativ ;
- liniaritate bun ;
- este mai scump decât varianta cu optocuplor sau cu capacitate;
- are gabarit mare;
- prezint ripplu pe ie ire (reziduu de la demodulare).

Variantele actuale de circuite de izolare prin transformator, pentru semnal analogic, se realizeaz în module de gabarit relativ mic, dar care au, în continuare, propriet ile descrise mai sus. Exemple sînt modulele AD210, AD215 etc., de la Analog Devices. În schema bloc a unui astfel de circuit (figura 4) se observ sec iunile de modulare i demodulare, izolate prin transformator, precum i alimentarea izolat a acestor sec iuni. Semnalul purt tor, folosit la modulare i demodulare, este acela i cu semnalul oscilatorului sursei. Acest detaliu nu se observ în schem , dar poate fi verificat prin examinarea ripplului pe ie ire. Reglajele de zero i scar necesit componente ad ugate extern (figura 6). Banda asigurat de circuitele uzuale poate dep i 100kHz.

### Modul de lucru (UxTT2)

1. Se studiaz schema traductorului de tensiune cu modulare-demodulare (circuitul de izolare galvanic ), vezi figurile 1 i 3. Se observ p r ile izolate între ele i se identific bornele de alimentare, intrare, ie ire i ie ire oscilator.
2. Se alimenteaz circuitul de izolare, bornele notate „+” i „-” (20-24V). Se aplic tensiune de intrare între -10V i +10V, borna 4 fa de 5, i se m soar tensiunea de ie ire, borna 8 fa de 7 (voltmetru cu rezolu ie uzual ). Se deseneaz caracteristica intrare-ie ire în regim static. (Nu se observ efect vizibil al neliniarit ii, dac folosim aparate cu rezolu ie mic .)

U <sub>i</sub> (V)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
U <sub>o</sub> (V)											
U <sub>i</sub> (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
U <sub>o</sub> (V)											

3. Se vizualizeaz semnalul de la oscilatorul intern al modulului (borna notat „Osc” în figura 3, fa de borna 10), se determin frecven a oscila iei. Se variaz nivelul la intrare, se observ c semnalul oscilatorului nu depinde în nici un fel de intrare. Se oscilografiaz semnalul modulat (borna notat „Mod” în figura 3, fa de borna 7), se observ forma i frecven a semnalului modulat. Se observ c frecven a este cea a oscilatorului intern (frecven a de comuta ie). Se variaz tensiunea de intrare i se observ cum variaz semnalul modulat, odat cu schimbarea tensiunii de intrare. Se mai observ c frecven a semnalului modulat r mîne neschimbat .
4. Se aplic semnal de intrare de la un generator de semnal sinusoidal, amplitudine 1V. Frecven a variaz de la 50Hz, 100Hz, 200Hz, ... la 20kHz (3 puncte pe decad ). Se m soar amplitudinea la intrare i la ie ire, folosind osciloscopul sau voltmetrul electronic de c.a.. Se deseneaz caracteristica amplificare-frecven i se determin banda la -3dB. Cum a fost aleas banda circuitului, în compara ie cu frecven a de comuta ie?

f(kHz)	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100
U <sub>i</sub> (V)	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
U <sub>o</sub> (V)											
A dB											

5. Se aplic la intrare tensiune continu , 8V. Se m soar amplitudinea i frecven a riplului pe semnalul de ie ire (se observ coinciden a cu frecven a oscilatorului). Se exprim procentual raportul dintre nivelul riplului i nivelul semnalului util de ie ire.

6. Se pun în scurt bornele de intrare, traductorul este alimentat. Se m soar capacitatea între bornele 5 i 7, folosind un capacimetru. Se cupleaz un generator de semnal dreptunghiular între intrare i borna comun a ie irii (10V, 30kHz, borna cald a generatorului la intrare, borna rece la comunul ie irii, 7). Se observ cu osciloscopul semnalul de ie ire (între 8 i 7), se m soar saltul impulsurilor de ie ire i timpul tranzitoriu. Se calculeaz raportul dintre amplitudinea impulsurilor de la ie ire i intrare. Dac la intrare ar ap rea un salt de 2000V, iar la ie ire ar fi cuplat intrarea unui amplificator integrat, alimentat între [-3V +3V], ar fi acesta în pericol de defectare?

Referatul de laborator (UxTT2) trebuie s con in :

- schema realizat cu modulul UxTT2
- datele experimentale
- caracteristica intrare-ie ire în regim static
- caracteristica amplificare-frecven i banda la -3dB
- frecven a comutaiei, comparat cu banda traductorului (punctul 4)
- raportul dintre nivelul riplului i nivelul semnalului util de ie ire
- capacitatea intrare-ie ire, raportul între nivelurile impulsurilor la ie ire i intrare, evaluarea pericolului de defectare (punctul 6).

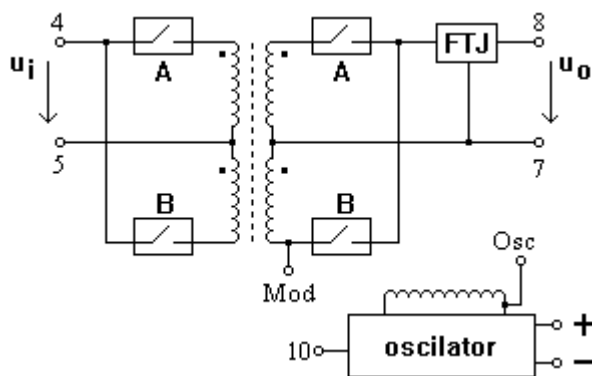


Figura 3: Schema de conectare a traductorului UxTT2

### Modul de lucru (AD210, AD215)

1. Se studiaz schema circuitului de izolare AD210 (sau AD215), care folose te tehnica de modulare-demodulare i transmiterea prin transformator (vezi figura 4). Se observ p r ile izolate între ele i figurarea cu simboluri diferite a poten ialelor de referin de la intrare, ie ire i alimentare. Se observ schemele de conectare tipice i se extrag, din foaia de catalog: tensiunea (tensiunile) de alimentare, domeniul admis al semnalului de intrare, frecven a de comutaie i banda.

2. Se alimenteaz circuitul (15V, pentru AD210, sau ±15V, pentru AD215), configurat ca repetor, conform cu figura 5. Se folose te un voltmetru pentru a verifica existen a tensiunilor de alimentare

izolate, produse de circuit. Pentru AD210: pinii 14, 15, fa de 18,  $\pm 15V$ , apoi pinii 3, 4, fa de 2,  $\pm 15V$ . Pentru AD215: pinii 6, 5, fa de 2,  $\pm 15V$ .

3. Se aplic tensiune de intrare între  $-10V$  i  $+10V$  i se m soar tensiunea de ie ire (voltmetru cu rezolu ie uzual ). Se deseneaz caracteristica intrare-ie ire în regim static. (Nu se observ efect vizibil al neliniarit ii, dac folosim aparate cu rezolu ie mic .)

ATEN IE: pentru a nu distruge intrarea circuitului, este necesar ca semnalul de intrare s fie aplicat numai când circuitul este deja alimentat. De aceea, la pornire, se aplic întâi alimentarea, apoi semnalul de intrare. Simetric, la oprire, se opre te întâi generatorul de semnal, apoi alimentarea.

U <sub>i</sub> (V)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
U <sub>o</sub> (V)											
U <sub>i</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
U <sub>o</sub>											

4. Se aplic semnal de intrare de la un generator de semnal sinusoidal, amplitudine 5V. Frecven a variaza de la 100Hz, 200Hz, ... la 100kHz (3 puncte pe decad ). Se m soar amplitudinea la intrare i la ie ire, folosind osciloscopul sau voltmetrul electronic de c.a..

f(kHz)	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	
U <sub>i</sub> (V)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
U <sub>o</sub> (V)											
A dB											

Se deseneaz caracteristica amplificare-frecven i se determin banda la  $-3dB$ . Cum a fost aleas banda circuitului, comparat cu frecven a de comuta ie (extras din foaia de catalog)?

5. Se aplic la intrare tensiune continu , 8V. Se vizualizeaz semnalul de ie ire, f r componenta medie. Exist riplu pe ie ire? Se noteaz frecven a i excursia de la vâr f la vâr f a riplului (dac este nem surabil, se noteaz 0).

6. Se pun în scurt bornele de intrare, traductorul este alimentat. Se m soar capacitatea între intrare i borna comun a ie irii, folosind un capacimetru (dac e nem surabil , se noteaz valoarea 0).

AD210: 18 legat cu 19, m surarea capacit ii între 18 i 2.

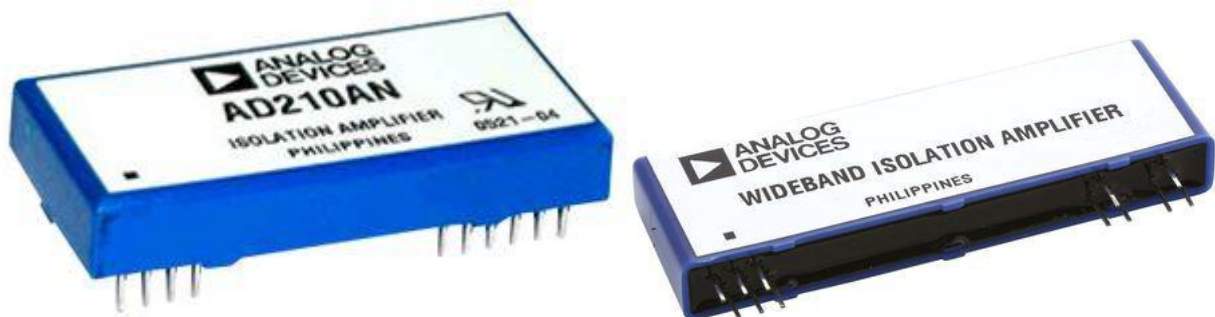
AD215: 2 legat cu 1, m surarea capacit ii între 2 i 37.

Se cupleaz un generator de semnal dreptunghiular între intrare i borna comun a ie irii, amplitudine 10V, frecven a 100kHz.

AD210: borna cald a generatorului la 18, borna rece la 2.

AD215: borna cald a generatorului la 2, borna rece la 37.

Se observ cu osciloscopul semnalul de ie ire, se m soar saltul impulsurilor de ie ire i timpul tranzitoriu (dac semnalul este neobservabil, se noteaz valoarea 0).



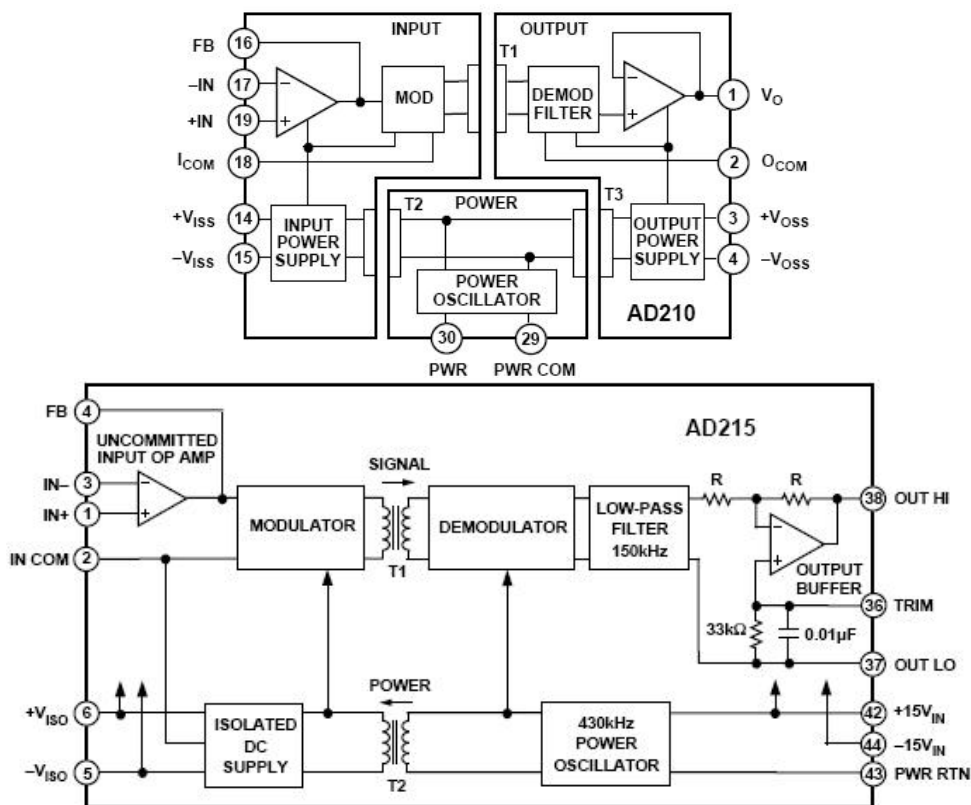


Figura 4: Scheme bloc ale circuitelor de izolare AD210, AD215

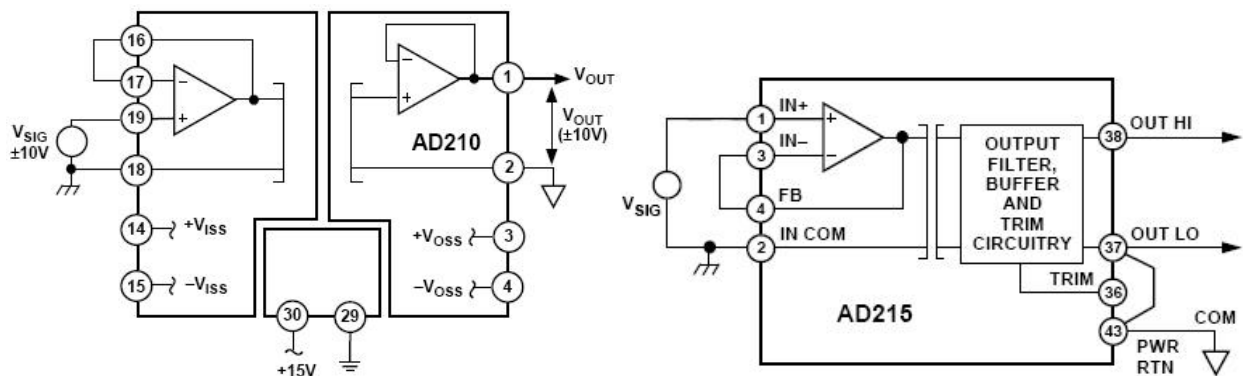


Figura 5: Conectarea circuitelor AD210, AD215, pentru funcia de amplificator neinversor, repetor

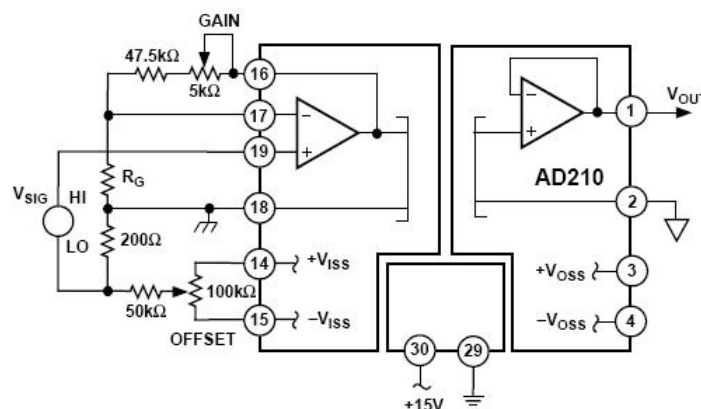


Figura 6: Conectarea lui AD210, pentru funcia de amplificator neinversor, amplificare supraunitar , cu reglajele de zero i scar (b)

Referatul de laborator (AD210, AD215) trebuie să conțină :

- schema de conectare a modului AD210 sau AD215
- datele experimentale
- caracteristica intrare-ieșire în regim static
- caracteristica amplificare-frecvență și banda la  $-3\text{dB}$
- frecvența de comutație, comparată cu banda traductorului (punctul 4)
- nivelul zgomotului la ieșire
- capacitatea intrare-ieșire, nivelul impulsurilor la ieșire, produse de tensiunea între intrare și ieșire



Lucrarea 8: Circuite de izolare galvanic prin optocuplor sau prin condensator, pentru semnale analogice (module cu optocuploarele IL300, ILD74, module cu circuitele integrate ISO122, AMC1100)

**Obiectivele lucr rii:**

- studiul circuitelor de izolare galvanic pentru semnal analogic
- determinarea experimental a caracteristicii intrare-ie ire a circuitului de izolare
- determinarea experimental a caracteristicii amplificare-frecven a circuitului de izolare i evaluarea benzii
- m surarea ondula iei (riplul) produs de comuta ia intern (numai pentru cuplarea prin condensator)
- evaluarea capacit ii intrare-ie ire.

**Aparate necesare:**

Modul IL300, modul ISO122, surs alimentare  $\pm 10V$ , surs reglabil 0-+10V, 2 voltmetre, generator de func ii, osciloscop, capacimetru

**Material grafic:** schema modulului IL300, foi de catalog IL300, ISO122.

**Breviar teoretic**

Circuitele de izolare galvanic folosesc la transmiterea informa iei, f r contact metalic între circuite. În acest fel se evit accidentele tehnice i sînt proteja i oamenii, în cazul unor defec iuni prin care tensiuni mari p trund accidental în circuitele de semnal. Se folosesc în industrie (electronica de putere, traductoare, transmiterea semnalelor c tre i dinspre circuitele de comand ), telecomunica ii (telefonie, re ea de calculatoare), aparate medicale, aparate electrocasnice, surse de alimentare. În mod uzual, în electronica industrial , traductoarele au proprietatea de izolare, între partea conectat la tensiuni mari (fie conectarea permanent sau accidental ) i partea conectat la circuitele de comand din echipamentul de automatizare. Circuitele de izolare galvanic se mai folosesc pentru crearea de regim flotant, atunci cînd informa ia trebuie transmis între circuite care nu au acela i poten ial (comanda tranzistoarelor i tiristoarelor din electronica de putere). Pentru semnale analogice, se folosesc: transmiterea prin transformator, prin optocuploare i prin cuplaj capacitiv. Fiecare din aceste solu ii are propriet i diferite, astfel încît utilizarea avantajoas a uneia sau alteia depinde de circuitul din care face parte.

Principiul transmiterii prin optocuplor este foarte simplu: semnalul de intrare determin curentul prin emi tor, iar circuitul receptor produce un semnal monoton cresc tor, în raport cu semnalul luminos i cu curentul emi torului. Totu i, optocuplorul este o component neliniar , ceea ce face ca circuitul care realizeaz transmiterea izolat s nu fie de loc simplu. Pe de o parte, emi torul, care este o diod LED, nu poate transmite decît curent de un singur sens, iar acesta trebuie s dep easc un prag rezonabil, pentru ca semnalul luminos s fie recep ionat (vezi figura 1). Aceasta înseamn c , dac semnalul de intrare are ambele polarit i, semnalul prin LED trebuie decalat (*offset*), astfel încît emi torul s lucreze într-un singur cadran, pentru tot domeniul intr rilor. Pe de alt parte, chiar în cadranul admis, caracteristica intrare-ie ire a perechii LED-fotodiod are o neliniaritate instrinsec , care trebuie compensat . De obicei, pentru compensare, se folosesc dou optocuploare, cu caracteristici cît mai apropiate, sau un optocuplor cu dou receptoare optice (exemplu IL300). În figura 2 este prezentat un exemplu de circuit de izolare cu optocuploare. În acest circuit, pentru compensarea neliniarit ii primului optocuplor, se include un al doilea optocuplor în reac ia negativ a amplificatorului, astfel încît s se ob in o caracteristic cu neliniaritatea invers , fa de caracteristica direct a optocuploarelor. Fiind un circuit cu reac ie, problema stabilit ii trebuie i ea rezolvat . De regul , un condensator limiteaz banda, prevenind oscila iile.

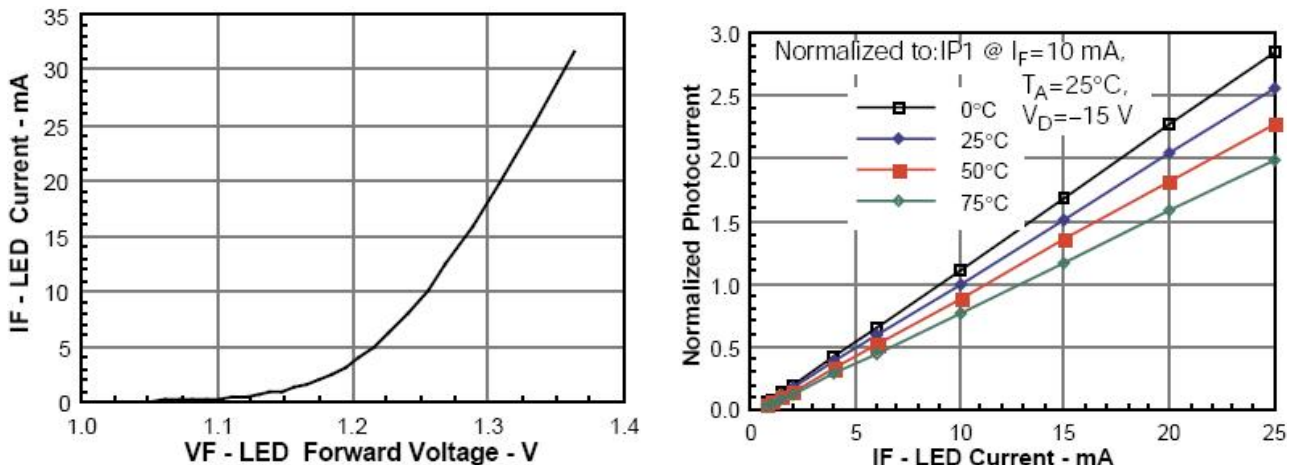


Figura 1: Caracteristică tipică LED și caracteristică de transfer (LED-fotodiod), axele gradate liniar

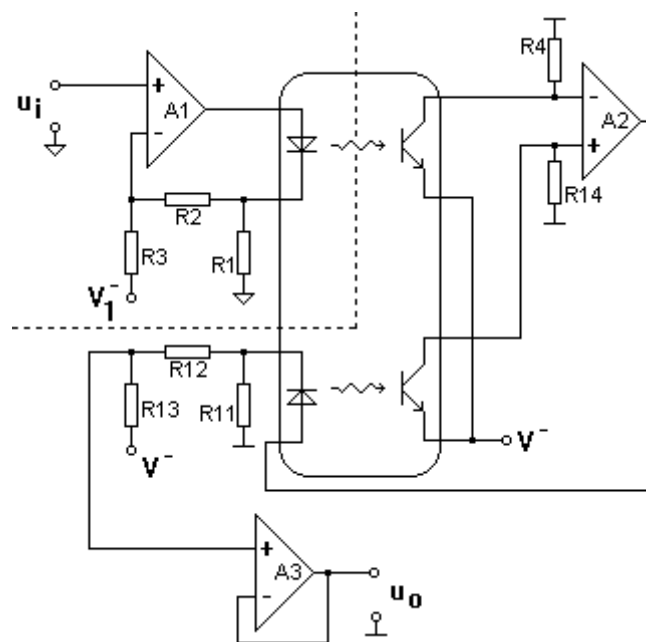


Figura 2: Izolarea semnalului analogic prin optocuplare

În schema din figura 2 se disting: convertorul tensiune-curent de la intrare, optocuplorul de pe calea directă, cel de pe calea de reacție și convertorul curent-tensiune de la ieșire. Cele două conversii sînt utile, întrucît caracteristica de transfer a optocuplurului, cu intrare și ieșire în curent, este mult mai aproape de comportarea liniară, decît cea în care variabilele sînt tensiuni.

În mod uzual, banda acestor circuite atinge 100kHz, iar neliniaritatea este sub 1%. Întrucît nu se folosește comutație, nu există reflu pe ieșire. Capacitatea parazită intrare-ieșire este foarte mică, pentru că depinde numai de optocuplor și de realizarea cablajului. Alte variante de izolare prin optocuplor sînt cele cu modulare în frecvență și modulare PWM, care creează, în mod intrinsec, reflu.

Transmiterea prin optocuplor are proprietățile:

- este ieftin;
- are gabarit mic;
- neliniaritatea este redusă, prin utilizarea în reacție a celui de-al doilea optocuplor;
- are capacitate nesemnificativă între intrare și ieșire;
- nu are reflu;
- necesită sursă de alimentare suplimentară, izolat galvanic, pe partea de tensiune mare.



Transmiterea prin condensatoare folose te principiul modul rii i demodul rii în durat a impulsurilor. Modularea în durat creaz component medie a semnalului, dar transmiterea se face diferen ial, printr-o pereche de condensatoare, deci componenta medie nu afecteaz recep ia. Ca urmare, acest metod se deosebe te de transmiterea prin optocuplor, prin faptul c are riplu pe ie ire (datorat modula iei) i are capacitate intrare-ie ire intrinsec . Totu i, această capacitate este men inut la valori mici. În rest, transmiterea prin condensator prezint acelea i avantaje (gabarit, pre , liniaritate) i acela i dezavantaj (necesitate unei surse suplimentare, izolate galvanic, la intrare). O schem de circuit tipic este prezentat în figura 3, unde se observ valoarea de 2pF a capacit ii intrare/ie ire.

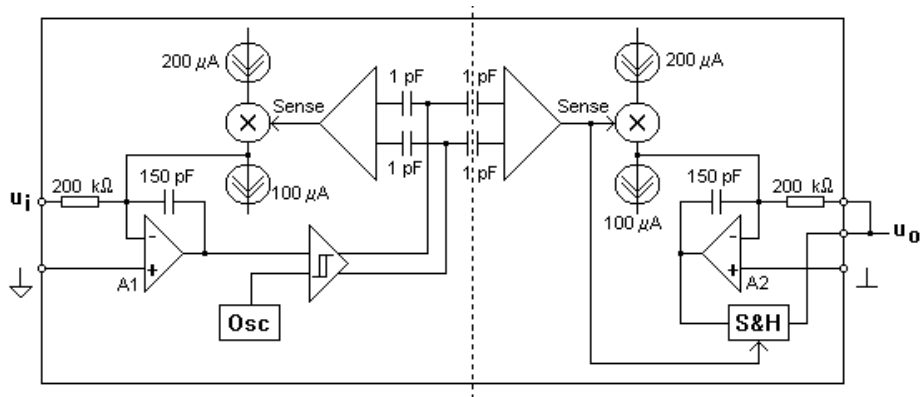


Figura 3: Schema unui circuit de izolare prin capacitate (Burr-Brown ISO103)

### Modul de lucru (IL300)

1. Se studiaz schema circuitului de izolare cu optocuplorul IL300, care folose te tehnica de compensare a neliniarit ii prin introducerea în reac ie a unei componente neliniare identice cu cea din calea direct (vezi figura 4). Se observ p r ile izolate între ele i figurarea cu simboluri diferite a poten ialelor de referin de la intrare i ie ire. Din foaia de catalog se observ schemele de conectare tipice.

2. Se alimenteaz circuitul (10V). Se variaz tensiunea de intrare din poten iometrul modulului (între 1V i 5V) i se m soar tensiunea de ie ire (voltmetru cu rezolu ie uzual ). Se deseneaz caracteristica intrare-ie ire în regim static. (Nu se observ efect vizibil al neliniarit ii, dac folosim aparate cu rezolu ie mic .)

U <sub>i</sub> (V)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5		
U <sub>o</sub> (V)											

3. Se fixeaz poten iometrul pe 3V, se aplic semnal de intrare, prin condensator, de la un generator de semnal sinusoidal, amplitudine 2V. Frecven a variaz de la 100Hz, 200Hz, ... la 100kHz (3 puncte pe decad ). Se m soar amplitudinea la intrare i la ie ire, folosind osciloscopul sau voltmetrul electronic de c.a.. Se deseneaz caracteristica amplificare-frecven i se determin banda la -3dB.

f(kHz)	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	
U <sub>i</sub> (V)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
U <sub>o</sub> (V)											
A dB											

4. Se schimb semnalul de intrare în semnal dreptunghiular, aceea i amplitudine, frecven a 20kHz. Se vizualizeaz semnalul de ie ire. Cum arat fronturile semnalului?

Referatul de laborator (IL300) trebuie s con in :

- schema modulului IL300
- datele experimentale
- caracteristica intrare-ie ire în regim static
- caracteristica amplificare-frecven i banda la  $-3\text{dB}$

**Modul de lucru (ISO122)**

1. Se studiaz schema circuitului de izolare cu circuitul ISO122, care folose te transmisia prin câmp electric (capacit i integrate, vezi figurile 3, 5). Se observ p r ile izolate între ele i figurarea cu simboluri diferite a poten ialelor de referin de la intrare i ie ire. Din foaia de catalog se observ schemele de conectare tipice, frecven a de comuta ie intern .
2. Se alimenteaz circuitul ( $\pm 15\text{V}$ ), se aplic tensiune de intrare între  $-10\text{V}$  i  $+10\text{V}$  i se m soar tensiunea de ie ire (voltmetru cu rezolu ie uzual ). Se deseneaz caracteristica intrare-ie ire în regim static. (Nu se observ efect vizibil al neliniarit ii, dac folosim aparate cu rezolu ie mic .)

U <sub>i</sub> (V)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
U <sub>o</sub> (V)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

3. Se aplic semnal de intrare de la un generator de semnal sinusoidal, amplitudine 5V. Frecven a variaza de la 100Hz, 200Hz, ... la 100kHz (3 puncte pe decad ). Se m soar amplitudinea la intrare i la ie ire, folosind osciloscopul sau voltmetrul electronic de c.a.. Se deseneaz caracteristica amplificare-frecven i se determin banda la  $-3\text{dB}$ . Cum a fost aleas banda circuitului, comparat cu frecven a de comuta ie (extras din foaia de catalog)?

f(kHz)	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	
U <sub>i</sub> (V)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
U <sub>o</sub> (V)											
A dB											

4. Se aplic la intrare tensiune continu , 8V. Se vizualizeaz semnalul de ie ire, f r componenta medie. Se observ riplu pe ie ire (dac este nem surabil, se noteaz 0)? Ce frecven are?

Referatul de laborator (ISO122) trebuie s con in :

- schema de conectare a modulului ISO122
- datele experimentale
- caracteristica intrare-ie ire în regim static
- caracteristica amplificare-frecven i banda la  $-3\text{dB}$ , comparat cu frecven a comuta iei
- nivelul riplului la ie ire

**Aici figura modulului**

Figura 4: Schema modulului cu optocuplorul IL300

**Aici figura modulului**

Figura 5: Schema modulului cu circuitul ISO122

Demo: module de izolare industriale, pt. semnale logice

**Obiectivele lucr rii:**

- studiul circuitelor neliniare, cu caracteristic neted
- determinarea experimental a caracteristicii intrare-ie ire a circuitelor neliniare (îmul ire, împ r ire, extragerea radicalului)
- determinarea experimental a limitelor de func ionare în frecven
- studiul unor aplica ii tipice

**Aparate necesare:**

Modul ASLK-PRO (alternativ, modul MPY634), surs alimentare ±15V, surs reglabil -10..+10V, multimetru, generator de func ii, osciloscop

**Material grafic:** schema sec iunii MPY634 din modulul ASLK-PRO (alternativ, schema modulului MPY634), foaie de catalog MPY634.

**Breviar teoretic**

Circuitele analogice neliniare, cu caracteristic neted , sînt folosite în traductoarele cu m surare indirect , modulatoroare, compensarea m rimilor perturbatoare etc. O alternativ la aceast solu ie este utilizarea circuitelor numerice, care pot s îndeplineasc o gam mai larg de func iuni neliniare, dar care sînt limitate în frecven i au semnal de ie ire în trepte. Principalele func iuni întîlnite sînt: îmul irea, împ r irea i extragerea radicalului.

Pentru ilustrarea func ion rii, a fost ales circuitul tipic MPY634, cu structura din figura 1a. Aplica ia tipic , propus de fabricant, este circuitul de îmul ire din figura 1b. În figura 2 apar solu iile tipice pentru opera iile de împ r ire, respectiv de extragere a radicalului. Alte func iuni posibile sînt amplificator comandat în tensiune, conversia din semnal triunghiular în sinus etc.

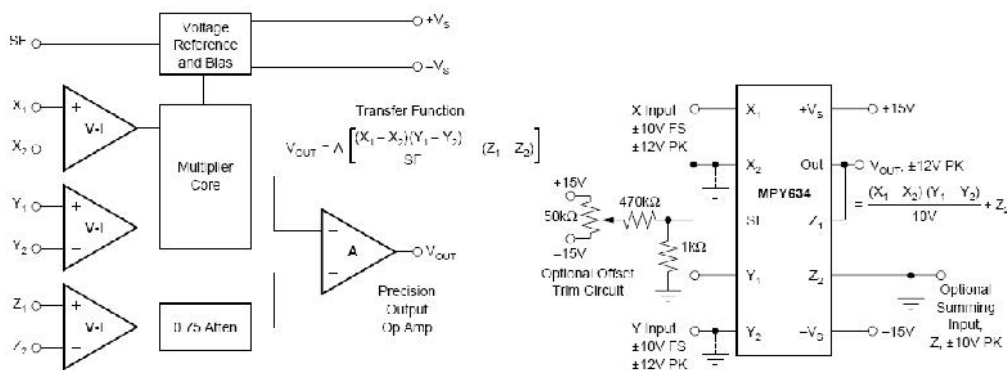


Figura 1: Structura circuitului MPY634 i circuitul tipic de îmul ire

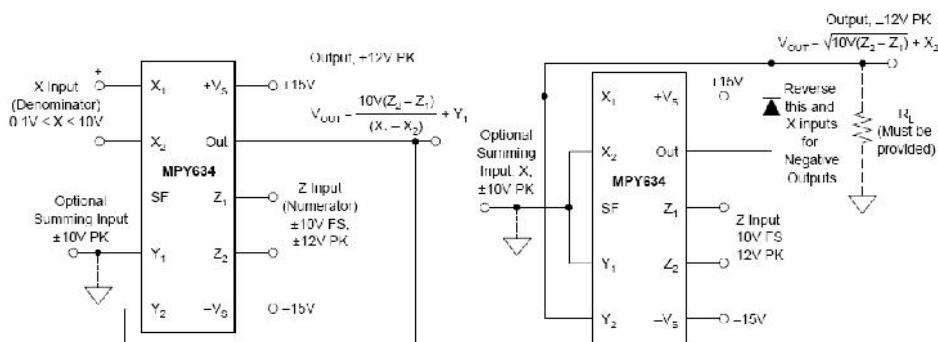


Figura 2: Circuitele de împ r ire i extragere a radicalului

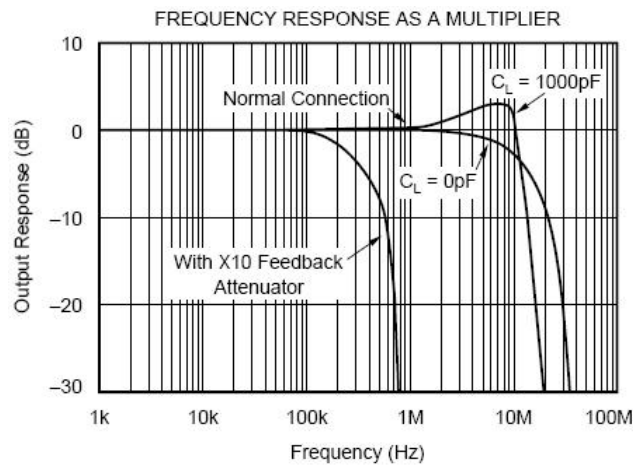


Figura 3: Caracteristica amplificare-frecvență a circuitului de înmulțire

Principalele abateri de la modelul ideal sînt existența offsetului și limitarea în frecvență. Pentru compensarea offsetului, figura 1a prezintă circuitul tipic (intrarea X2), dar există și alte variante. Această compensare trebuie aplicată separat pentru intrarea X, separat pentru Y și separat pentru ieșire (se aplică la intrarea Z). Avînd în vedere complexitatea circuitului, comportarea în frecvență este descrisă pentru fiecare cale de propagare în parte. Pentru scopul acestei lucrări, este suficient să observăm prezența unui pol dominant, în circuitul de înmulțire, ca în figura 3.

### Modul de lucru

1. Se studiază foaia de catalog a circuitului MPY634. Se extrag valorile extreme ale tensiunii de alimentare, ale tensiunilor de intrare și banda, pentru funcționarea ca circuit de înmulțire.

2. Se studiază schema platformei experimentale. Se identifică pinii circuitului de înmulțire, pinii de masă disponibili, pinii pentru conectarea diodei și pinii pentru potențiometrele de compensare a offsetului. Se alimentează de la sursa de alimentare  $\pm 10V$ . Se configurează reacția pentru operația de înmulțire (X2, Y2, Z2 la masă, Z1 legat la ieșire).

3. Pentru compensarea offsetului, la intrarea X, se procedează astfel: se leagă intrarea X1 la masă, iar la intrarea X2 se leagă circuitul de compensare cu potențiometru, ca în figura 1b. La intrarea Y1 se aplică semnal de la generator (exemplu: sinusoidal, 5Vpp, frecvență component medie), iar Y2 legat la masă. Se observă semnalul de ieșire la osciloscop și se ajustează potențiometrul de la X2 pînă se obține extincția semnalului alternativ la ieșire.

În continuare, pentru compensarea offsetului la intrarea Y, se procedează similar. La X1 semnal sinusoidal, X2 la circuitul de compensare reglat anterior, Y1 la masă, Y2 la circuitul propriu de compensare (similar cu cel de la intrarea X2). Se ajustează potențiometrul de la Y2 pînă la extincția semnalului alternativ la ieșire.

Pentru situațiile în care offsetul ieșirii trebuie eliminat, se adaugă un circuit de compensare pe Z2, iar X1 și Y1 se leagă la masă. Se ajustează potențiometrul la Z2, pînă cînd tensiunea continuă la ieșire devine nulă.

4. Se verifică funcționarea circuitului de înmulțire, cu configurația anterioară (X1 și Y1 sînt intrări, Z1 legat la ieșire, X2, Y2, Z2 la masă sau la circuitele de compensare). La intrările X1 și Y1 se aplică semnale de intrare, astfel: semnal sinusoidal  $U_1$ , 1kHz, frecvență component medie, amplitudine 6V, respectiv semnal dreptunghiular, 20Hz, între palierele de 0V și  $U_2$ .

Se variază tensiunea  $U_2$ , ca în tabelul de mai jos. Se observă dacă semnalul de ieșire are forma sinusoidală, în intervalul în care semnalul dreptunghiular are valoarea  $U_2$ . Se observă dacă semnalul de ieșire este nul, în intervalul în care semnalul dreptunghiular are valoarea 0. Se măsoară amplitudinea semnalului de ieșire  $U_o$  (în intervalul în care semnalul dreptunghiular are valoarea

$U_2$ ). Se verifică dacă  $U_o$  respectă regula:  $U_o = \frac{U_1 \cdot U_2}{C}$ , astfel: se desenează graficul  $U_o(U_2)$ , care

trebuie s fie o dreapt , de pant  $U_1 / C$  . Se determin valoarea constantei  $C$  (este de dimensiunea unei tensiuni).

Ce se observ pentru valoarea  $U_2=8V$ ?

U2(V)	-6	-4	-2	0	2	4	6	8				
Uo(V)												

5. Se configureaz circuitul de ridicare la p trat, prin unirea intr rilor X1 i Y1 (celelalte conexiuni ca la punctul precedent). Se aplic de la generator semnal sinusoidal  $U_1$ , 1kHz, f r component medie, amplitudine 6V. Semnalul de ie ire trebuie s fie sinusoidal, de frecven dubl . Valoarea medie i excursia de la vâr f la vâr f rezult din rela ia:

$$u_o = u_1^2 / C = (U_1 \cdot \sin(\check{S}t))^2 / C = \frac{U_1^2}{2C} \cdot (1 - \cos(2\check{S}t)).$$

Verifica i frecven a, media i excursia de la vâr f la vâr f. Valoarea minim trebuie s fie nul . Cît este în realitate valoarea minim ?

6. Se cre te frecven a semnalului  $U_1$  i se m soar valoarea extrem a  $U_o$ , ca în tabelul de mai jos. Simultan, se observ dac semnalul de ie ire p streaz forma sinusoidal .

f(kHz)	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1M	2M	
Uo(V)												

Se deseneaz caracteristica amplificare-frecven , pentru intervalul în care semnalul de ie ire a r mas cvasisinusoidal.

7. Pentru func ionarea ca extractor de radical, se realizeaz circuitul din figura 2b (dioda între ie irea circuitului i sarcin , X1 i Y2 reac ie de la sarcin , X2, Y1 i Z1 la mas , rezisten a de sarcin 5-10k ). Semnalul util este cel de la sarcin . Se aplic tensiunea de intrare variabil  $U_1$  la intrarea Z2, cresc tor, începînd cu 1V, i se cite te semnalul  $U_o$  pe sarcin . Se aduce semnalul de intrare la valoarea 0V. Ce se observ la sarcin i la pinul de ie ire al MPY634?

U1(V)	1	2	3	4	5	6	0					
Uo(V)												

Se realizeaz graficul  $U_o^2(U_1)$ , care trebuie s fie o dreapt , de pant  $C$ . Se verific faptul c valoarea constantei  $C$  este cea determinat la punctul 4.

Referatul de laborator trebuie s con in :

- schema fiec rui circuit realizat i tabelele cu date experimentale
- graficul  $U_o(U_2)$ , valoarea constantei  $C$  (punctul 4)
- observarea valorii ie irii, pentru semnale de intrare nule (punctul 4)
- observarea ie irii pentru un semnal de intrare de 8V (punctul 4)
- frecven a, media, excursia de la vâr f la vâr f i valoarea minim a semnalului de ie ire (punctul 5)
- caracteristica amplificare-frecven , pentru opera ia de ridicare la p trat (punctul 6)
- graficul  $U_o^2(U_1)$  i verificarea valorii  $C$  (punctul 7)
- observarea comport rii ie irii, pentru intrare nul (punctul 7)



Lucrarea 12: Traductor de curent cu compensarea fluxului magnetic

**Obiectivele lucrării:**

- studiul traductoarelor de curent cu compensarea fluxului (cu senzor Hall) și izolare galvanică
- determinarea experimentală a caracteristicii intrare-ieșire a circuitului de izolare
- evaluarea experimentală a benzii de trecere și a capacității intrare-ieșire

**Aparate necesare (UxTT2):**

Modul CSNE151, sursă alimentare ±15V, sursă 5V/2A, reostat 100 Ω/2A, 2 voltmetre, generator de funcții, osciloscop

**Material grafic:** schema modului CSNE151, foaie de catalog CSNE151.

**Breviar teoretic**

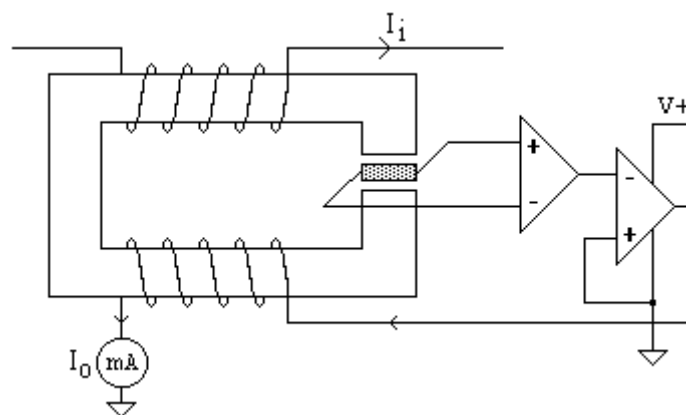


Figura 1: Traductor de curent cu senzor Hall

Traductoarele de curent continuu, cu izolare galvanică, folosesc două variante de transfer al informației: prin metodele clasice de izolare (vezi lucrarea 8) și prin compensarea fluxului magnetic din miez (metodă de măsurare indirectă, vezi cursul de măsurări electronice). Mențiunea „curent continuu” se referă la faptul că traductorul măsoară inclusiv la frecvența 0, spre deosebire de traductoarele de curent alternativ, la frecvență fixă (uzual 50 sau 60Hz), care folosesc efectul de transformator, în c.a. (numite „reductor de curent”). Pe lângă proprietatea de izolare galvanică, schema de măsurare prin compensarea fluxului măsoară o bună liniaritate, deoarece fluxul prin miez este menținut nul în permanență (caracteristica magnetică a miezului nu este implicată în măsurare). Schema bloc a traductorului este prezentată în figura 1, în care se observă curentul de intrare, senzorul Hall, circuitul de compensare și curentul din bucla de compensare (curent de ieșire). De regulă, semnalul de ieșire al traductorului este curentul buclei de compensare, care este cel mai fidel corespondent al curentului de intrare. La echilibru, raportul dintre curentul de intrare și curentul buclei este egal cu raportul numerelor de spire ale celor două înfășurări. Ca urmare, constanta de transfer a traductorului poate fi modificată numai prin schimbarea numărului de spire al înfășurării primare (înfășurarea secundară este fixată prin construcție). O altă consecință a compensării fluxului este că inductanța primară, în funcționare normală, este neglijabilă, în comparație cu inductanța măsurată la bornele primarului, atunci când traductorul nu este alimentat.

Ca la orice circuit de izolare, în afară de caracteristica statică, mai sunt importante următoarele proprietăți: rezistența între părțile izolate, capacitatea parazită între părțile izolate și banda (dinamică) traductorului. Rezistența de izolație depinde numai de calitatea materialelor pentru a izola primarul și secundarul între ele. Dinamica traductorului poate fi foarte rapidă, întrucât depinde numai de amplificatorul care livrează curentul secundar (miezul și senzorul Hall au viteze de reacție mult mai rapide decât circuitul electronic). Determinarea benzii se poate face

folosind excita ie sinusoidal , de frecven variabil , sau folosind semnal de intrare dreptunghiular și măsurând parametrii r spunsului tranzitoriu. Spre exemplu, dac se presupune comportarea traductorului ca un element de ordinul I, se determin constanta de timp, care este 1/3 din timpul tranzitoriu necesar acoperirii a 95% din treapt . Frecven a limit de sus a benzii se ob ine prin inversarea constantei de timp și divizarea la 2 . Capacitatea parazit intrare-ie ire este important , întrucât prin ea se poate transmite la ie ire efectul salturilor de tensiune din circuitul de intrare, f r ca bariera de izolare s fie defect . Din acest motiv, circuitele de izolare se realizeaz cu capacit i intrare-ie ire cât mai mici. De obicei, efectul capacit ii este evaluat prin aplicarea de salturi treapt , între intrare și ie ire, și măsurarea impulsurilor care apar în circuitul de ie ire (vezi figura 3). Aceste impulsuri trebuie s fie cât mai mici, pentru a nu introduce informa ii false și pentru a nu pune în pericol circuitul de intrare al amplificatorului care urmeaz dup traductor

**Modul de lucru (CSNE151)**

1. Se studiaz foaia de catalog a traductorului CSNE151. Se observ configura ia primarului pentru sensibilitate maxim (cea mai mic valoare a curentului de intrare, vezi figura 5), tensiunile de alimentare admise, valoarea maxim a curentului secundar, banda. Se studiaz schema modului cu CSNE151 (figura 2), se observ unul parcurs de curentul secundar și circuitul amplificator. Pe traductorul demontat (traductor LEM) se observ senzorul Hall, miezul și înf ुरarea secundar .
2. Modulul nu este alimentat. Se măsoar rezisten a între un pin de la intrare și pinul O/P de la ie ire, ohmmetrul pe scara cea mai mare, pentru a verifica dac sec iunile sunt izolate.
3. Se alimenteaz circuitul ( $\pm 15V$ ). Se aplic la intrare curent continuu, din sursa de 2A, prin reostat. Se măsoar curentul de intrare și tensiunea de ie ire (voltmetru cu rezolu ie uzual ). Se deseneaz caracteristica intrare-ie ire în regim static. Se verific faptul c nu a fost dep it valoarea maxim a curentului de ie ire.

$I_i(A)$	-2	-1,6	-1,2	-0,8	-0,4	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2
$U_o(V)$											

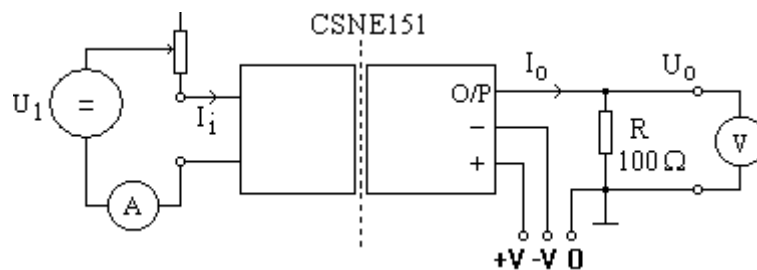


Figura 2: Schema modului CSNE151, în aplica ia tipic de măsurare a caracteristicii statice intrare-ie ire

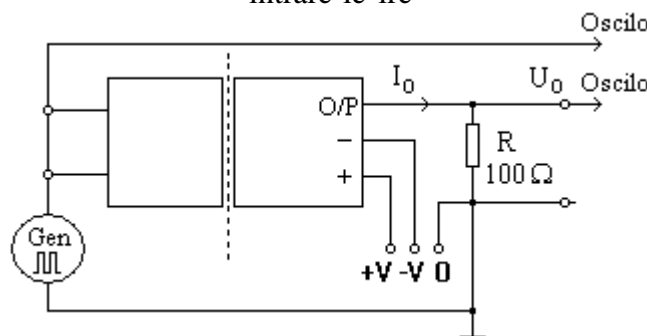


Figura 3: Schema de test pentru evaluarea efectului capacit ii parazite intrare-ie ire



4. În scopul determinării efectului capacitiv de izolare, se realizează schema din figura 3. Se aplică semnal de tensiune dreptunghiular pe bariera de izolare (între punctele comune ale intrării și ieșirii), 20Vpp, și se observă cu osciloscopul vârful de tensiune apărute pe rezistorul de ieșire, sincronizat cu salturile de tensiune aplicate pe barieră. Se notează vârful de tensiune la ieșire.

Presupunem că saltul de tensiune între circuitul de putere și circuitul de ieșire este 1000Vpp. Un circuit amplificator, montat la ieșirea traductorului și alimentat între -5V și 5V, va fi periclitat de impulsul transmis la ieșire?

5. În scopul evaluării benzii, este necesară o sursă de curent cu component sinusoidal, de frecvență mai mare decât banda (peste 100kHz) și cu valori ale curentului peste ordinul sutelor de mA. În lipsa unei astfel de surse, se poate aprecia banda din răspunsul la treaptă. Se aplică curentul de intrare printr-un circuit de comutare a curentului, care creează semnal de intrare dreptunghiular, cu frecvență 20kHz sau mai mare (figura 4). Se vizualizează simultan semnalul de curent de la intrare și de la ieșire și se evaluează timpul de creștere a frontului. Se evaluează banda traductorului.

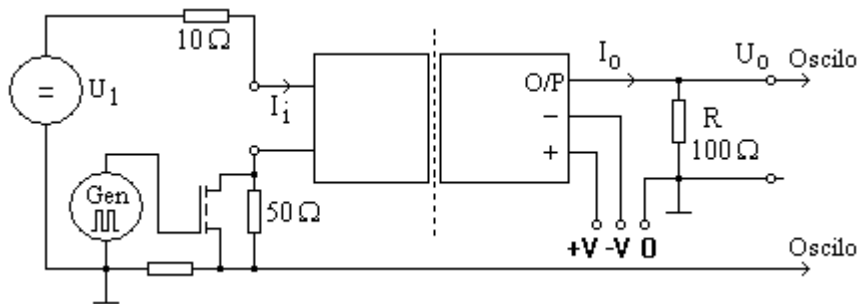
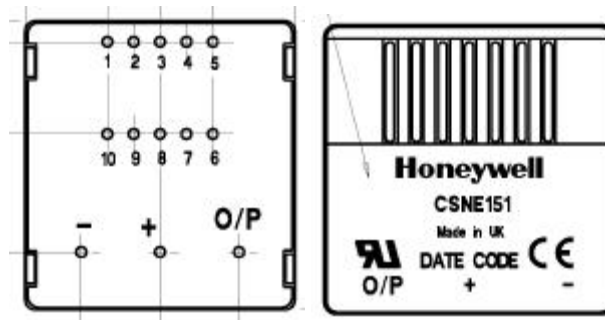


Figura 4: Schema de test pentru evaluarea benzii (din răspunsul la treaptă)

Referatul de laborator (CSNE151) trebuie să conțină:

- schema modului CSNE151
- datele experimentale
- caracteristica intrare-ieșire în regim static
- estimarea impulsului de la ieșire, pentru un salt de 1000V, între intrare și ieșire
- estimarea benzii la -3dB



Bottom view

Top view

PRIMARY TURNS	PRIMARY CURRENT		NOM. OUTPUT CURRENT (mA) $I_s$	PRIMARY RESISTANCE (m $\Omega$ )	PRIMARY INSERTION INDUCTANCE ( $\mu$ H)	PIN CONNECTIONS
	NOM. $I_p$ (A)	MAX. $I_p$ (A)				
1	25	36	25	0.3	0.023	
2	12	18	24	1.1	0.09	
3	8	12	24	2.5	0.21	
4	6	9	24	4.4	0.37	
5	5	7	25	6.3	0.58	

Figura 5: Poziția pinilor și conexiunile primarului