

# Circuite de prelucrare intermediară (CPI)

Tensiunea obținută la ieșirea circuitului de intrare - în general neliniară, conținând, pe lângă componenta utilă, și componente parazite sau zgomote. → în cadrul CPI se caută să se amelioreze informația obținută la ieșirea din CI, → se dorește o tensiune  $u_p$  proporțională cu  $x$  (parametrul de proces).

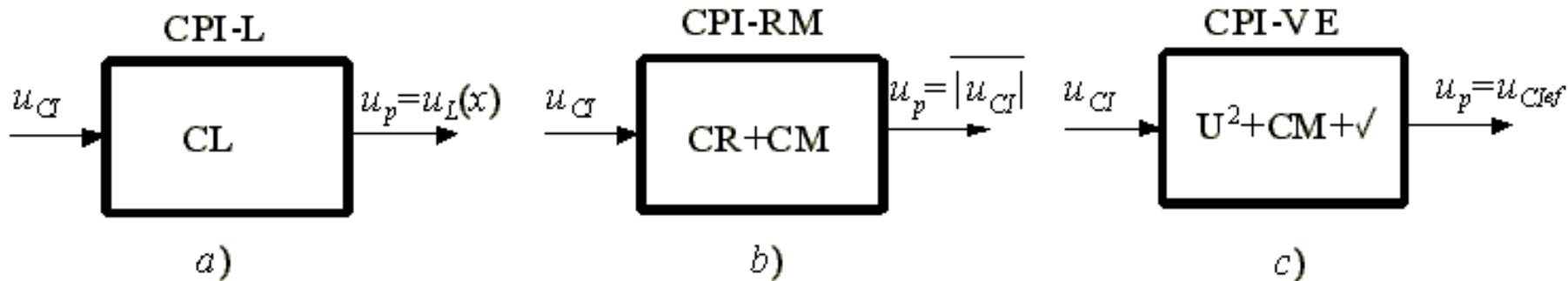
Categorii de CPI:

- ◆ CPI tip *circuite de liniarizare* (exemplu montajele în punte care introduc neliniarități prin însăși modul lor de operare);
- ◆ CPI tip *redresare + mediere* (exemplu la punțile de c.a. cu modulare în amplitudine, este necesară redresarea tensiunii obținute și medierea acesteia)
- ◆ CPI tip *valoare efectivă* (exemplu obținerea valorii efective conform relației de definiție):

$$U_{CI_{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u_{CI}^2(t) dt}$$

În figura... sunt prezentate schematic cele mai întâlnite tipuri de CPI

# Circuite de prelucrare intermediară (CPI)

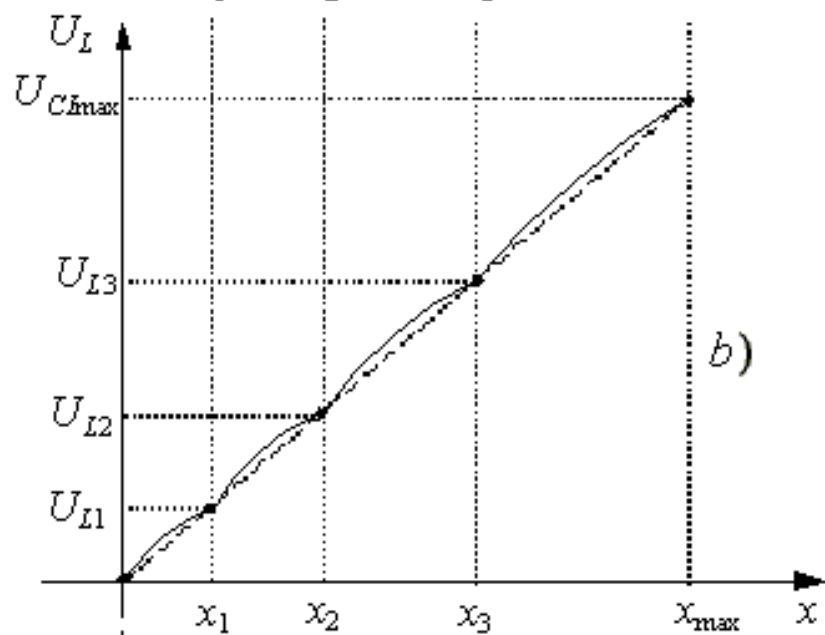
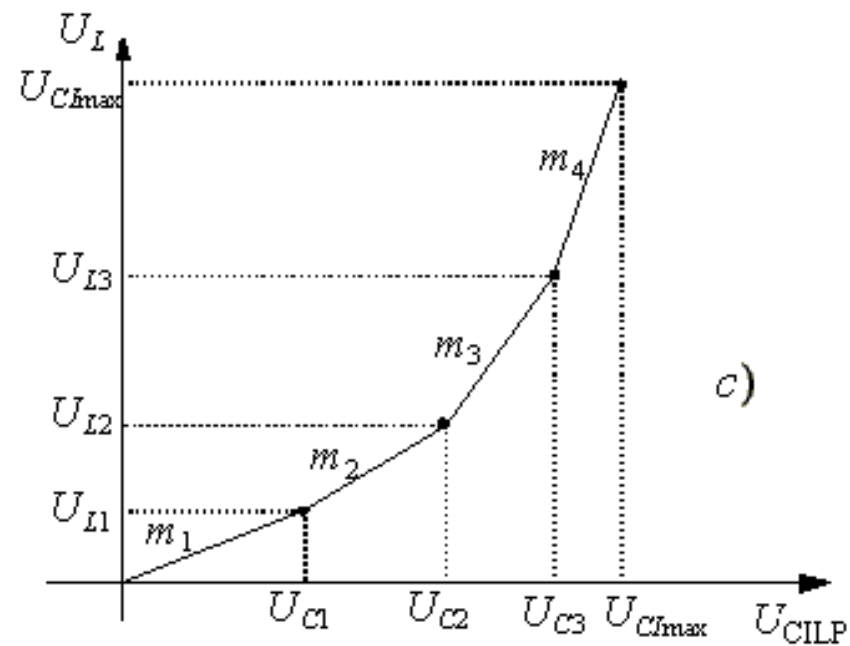
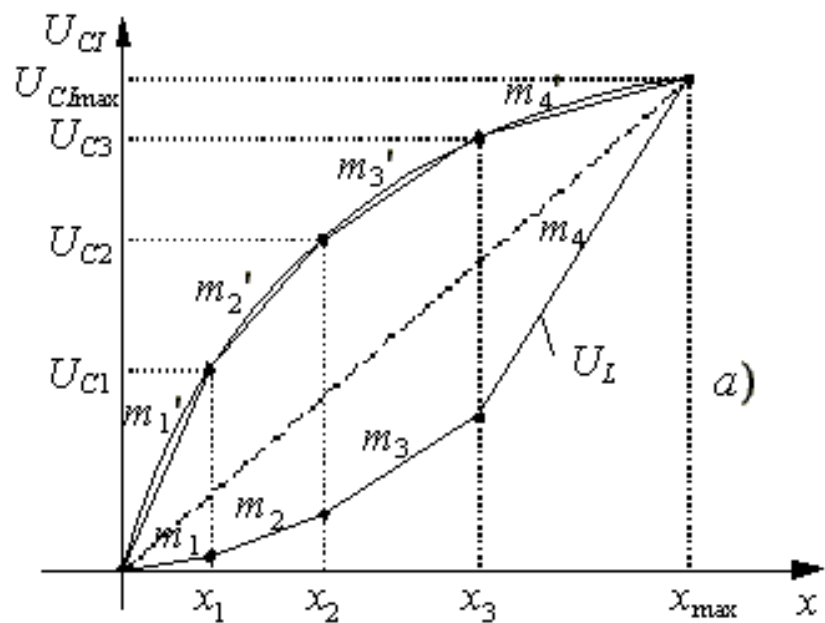


## *CPI tip circuit de liniarizare*

Elementele sensibile ES au - prin însăși principiul de funcționare - o dependență neliniară cu mărimea de intrare  $x$ , neliniaritate care se poate accentua datorită modului de preluare a variațiilor  $\Delta x$  de către circuitul de intrare CI.

Pentru elementele sensibile neliniare, caracteristica lor statică este dată de constructor, fie sub formă relațională (mai rar), fie - de cele mai multe ori - sub forma unui tabel de valori (de exemplu la un termocuplu se precizează t.t.e.m. din  $^{\circ}\text{C}$  în  $^{\circ}\text{C}$  pe intervalul de utilizare al acestuia).

→ fie relațional, fie experimental, se poate deduce dependența  $U_{CI} = f(x)$  sub forma unei succesiuni de valori (o înșiruire de puncte), care reprezintă caracteristica reală a elementului sensibil împreună cu circuitul de intrare → figura a



# ***CPI tip circuit de liniarizare***

Se dorește obținerea unei dependențe

$$U_{CI} = k \cdot x \quad \text{sau} \quad U_{CI} = k \cdot x + U_0$$

Cum eroarea de neliniaritate  $\varepsilon_n > \varepsilon_{nad}$  (eroarea maximă admisă), o modalitate foarte utilizată este liniarizarea pe porțiuni, care constă în alegerea punctelor de frângere  $x_1, x_2, \dots$  pe caracteristica reală în așa fel încât, pe fiecare segment de funcționare ( $0 \dots x_1, x_1 \dots x_2, \dots$ ) să fie îndeplinită condiția  $\varepsilon_n < \varepsilon_{nad} \rightarrow$  caracteristica liniarizată pe porțiuni  $U_{CILP}$  pe baza căreia se generează caracteristica  $U_L = f(U_{CILP})$  din figura *c*.

Prin compunerea celor două caracteristici (*a* și *c*) se obține caracteristica liniară din figura *b* care îndeplinește condiția de eroare de neliniaritate impusă.

**I.** Pentru  $x$  în domeniul  $0 \leq x < x_1$ , tensiunea  $U_{CI}$  este cuprinsă în intervalul  $0 \leq U_{CI} < U_{C1}$  și deci:

$$U_{CI} = m_1' \cdot x \quad U_L = U_{CI} \cdot m_1 = m_1 \cdot m_1' \cdot x.$$

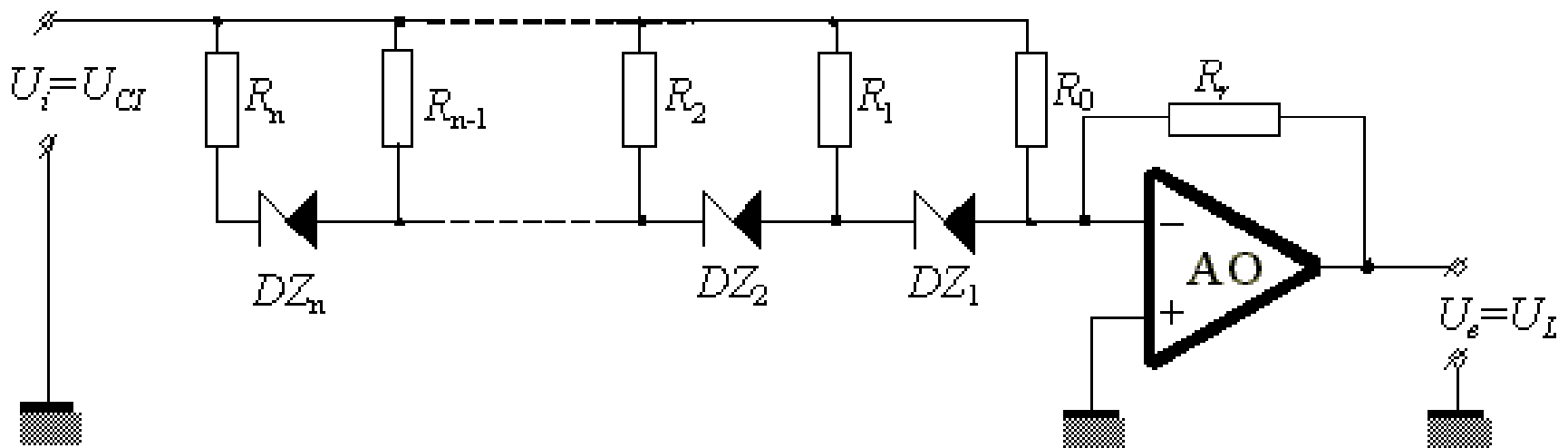
**II.** Pentru  $x_1 \leq x < x_2$ , tensiunea  $U_{C1} \leq U_{CI} < U_{C2}$  și:

$$U_{CI} = U_{C1} + m_2'(x - x_1) \quad U_L = U_{L1} + m_2(U_{CI} - U_{C1}) = m_1 U_{C1} + m_2 \cdot m_2'(x - x_1),$$

și relațiile pot fi continuate până la  $U_{CI_{max}}$ .

# CPI tip circuit de liniarizare

Pentru implementare se pot utiliza rețele de diode semiconductoare (obișnuite sau Zener) sau tranzistoare; în figura... se prezintă o variantă care folosește diode Zener. Astfel,



I. Pentru  $0 \leq U_i < U_{DZ1}$  nici o diodă Zener nu conduce, astfel că tensiunea de ieșire  $U_e$  este dată de relația:

$$U_e = -\frac{R_r}{R_0} U_i \quad -U_e = \frac{R_r}{R_0} U_i \quad \text{care, în reprezentarea din figura...., reprezintă primul segment cu panta:} \quad m_1 = \frac{R_r}{R_0} \quad 5$$

# CPI tip circuit de liniarizare

II. Pentru  $U_{DZ1} \leq U_i < (U_{DZ1} + U_{DZ2})$  se obține:

$$U_e = - \left[ \frac{R_r}{R_0} U_i + \frac{R_r}{R_1} (U_i - U_{DZ1}) \right]$$

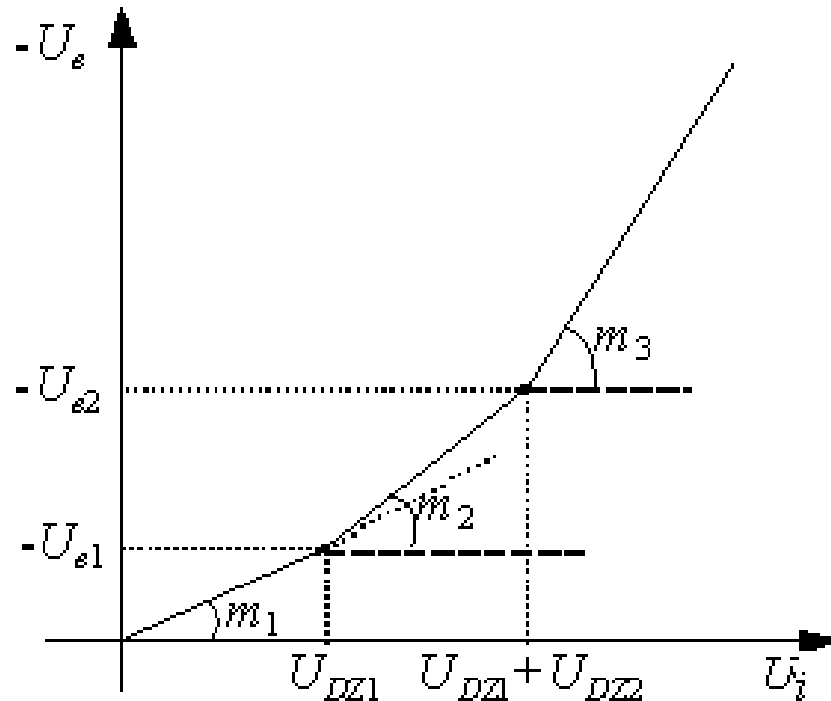
$$-U_e = \left( \frac{R_r}{R_1} + \frac{R_r}{R_0} \right) (U_i - U_{DZ1}) + \frac{R_r}{R_0} U_{DZ1}$$

care se mai poate scrie:

$$-U_e = m_2 (U_i - U_{DZ1}) - U_{e1}$$

$$m_2 = \frac{R_r}{R_1 \parallel R_0} \quad \text{și} \quad -U_{e1} = \frac{R_r}{R_0} U_{DZ1}$$

relație reprezentată în figura... prin segmentul al doilea de pantă  $m_2$ , cu observația că  $m_2 > m_1$ .



De remarcat faptul că pentru a realiza corespondența dintre figura... și figura c trebuie ca:

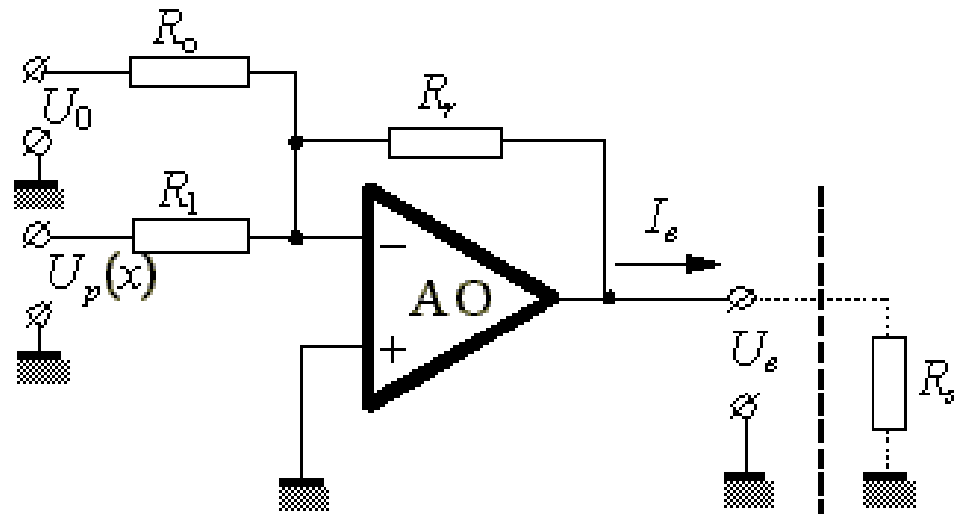
$$U_{DZ1} = U_{C1}, \quad U_{DZ2} = U_{C2} - U_{DZ1} \quad \text{etc} \quad 6$$

# Convertoare de ieșire (CE)

Locul convertorului de ieșire CE este după CPI, rolul acestuia fiind de a transforma tensiunea liniară  $u_p$  din ieșirea CPI în semnalul calibrat  $y$ .

Cele mai folosite tipuri de semnale calibrate pentru traductoarele analogice sunt în tensiune unificată și în curent unificat, în timp ce la traductoarele numerice ieșirea poate fi un echivalent numeric în conformitate cu un cod precizat, sau o frecvență de impulsuri.

O structură de *convertor tensiune-tensiune*, care asigură un semnal unificat de tensiune, se poate realiza cu schema din figura..., în care tensiunea  $U_p(x)$  - obținută la ieșirea CPI - variază liniar cu parametrul de proces  $x$  în limite neunificate, iar tensiunea  $U_0$  este folosită pentru asigurarea limitei inferioare a semnalului de ieșire  $U_e$ .



# Convertoare de ieșire (CE)

Tensiunea de ieșire  $U_e$  este dată de relația:

$$-U_e = \frac{R_r}{R_1} U_p(x) + \frac{R_r}{R_0} U_0.$$

pe baza careia se poate face dimensionarea funcției de limitele de variație ale ieșirii și variația tensiunii de intrare.

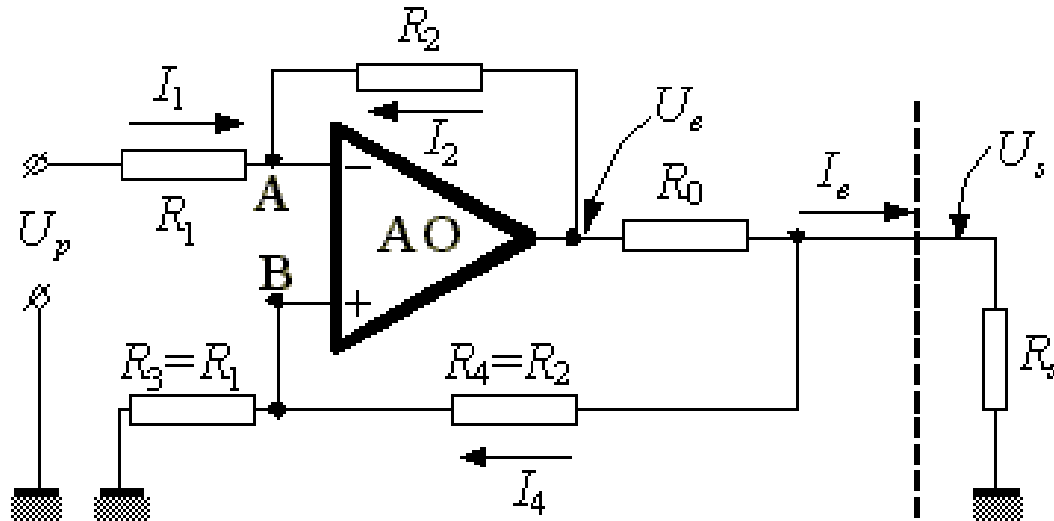
O structură de *convertor tensiune-curent* este prezentată în figura...

Considerând curenții de polarizare  $I_- \approx I_+ \approx 0$  și amplificarea  $A \approx \infty$ , se pot scrie relațiile:

$$I_1 + I_2 = 0$$

$$U_B = U_A$$

Pentru ca să fie îndeplinită condiția de ieșire în curent trebuie, de asemenea, îndeplinită inegalitatea



$I_e \gg I_4$  echivalent cu a considera că  $R_4$  și  $R_3$  alcătuiesc un divizor de tensiune în raport cu căderea de tensiune pe sarcina  $R_s$



# Convertoare de ieșire (CE)

Așadar:  $U_e = (R_0 + R_s)I_e$  și  $U_B = \frac{R_3}{R_3 + R_4} R_s I_e$ .

Ținând seama de relațiile anterioare se poate scrie:

$$\frac{U_A - U_p}{R_1} + \frac{U_A - U_e}{R_2} = 0 \quad \frac{\frac{R_3 R_s}{R_3 + R_4} I_e - U_p}{R_1} + \frac{\frac{R_3 R_s}{R_3 + R_4} I_e - (R_0 + R_s) I_e}{R_2} = 0$$
$$U_A = U_B = \frac{R_3 R_s}{R_3 + R_4} I_e$$

$$\left( \frac{R_3 R_s}{R_3 + R_4} I_e - U_p \right) R_2 = -R_1 \left[ \frac{R_3 R_s}{R_3 + R_4} I_e - (R_0 + R_s) I_e \right]$$

Dacă se alege  $R_4 = R_2$  și  $R_3 = R_1$  atunci relația se poate scrie

$$\left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} R_s I_e - U_p \right) R_2 = -R_1 \left[ \frac{R_1}{R_1 + R_2} R_s I_e - (R_0 + R_s) I_e \right] \quad I_e = -\frac{R_2}{R_1} \frac{U_p(x)}{R_0}$$

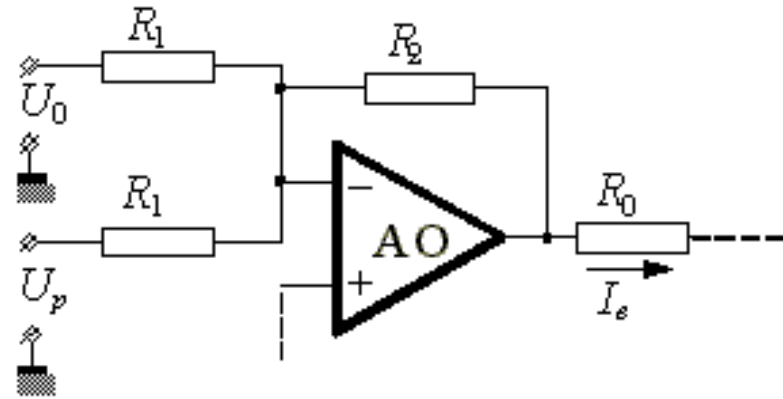
sau, după o serie de calcule simple, rezultă

# Convertoare de ieșire (CE)

Pentru obținerea unui curent de ieșire diferit de zero ( $I_{emin} \neq 0$ ) se folosește o sursă de referință  $U_0$  ca în figura..., la care:

$$I_e = - \left( \frac{R_2}{R_1} \frac{U_p(x)}{R_0} + \frac{R_2}{R_1} \frac{U_0}{R_0} \right)$$

Analog ca la varianta cu ieșire în tensiune unificată, se pot da exemplificări de dimensionare corespunzătoare a rezistențelor din schemă.



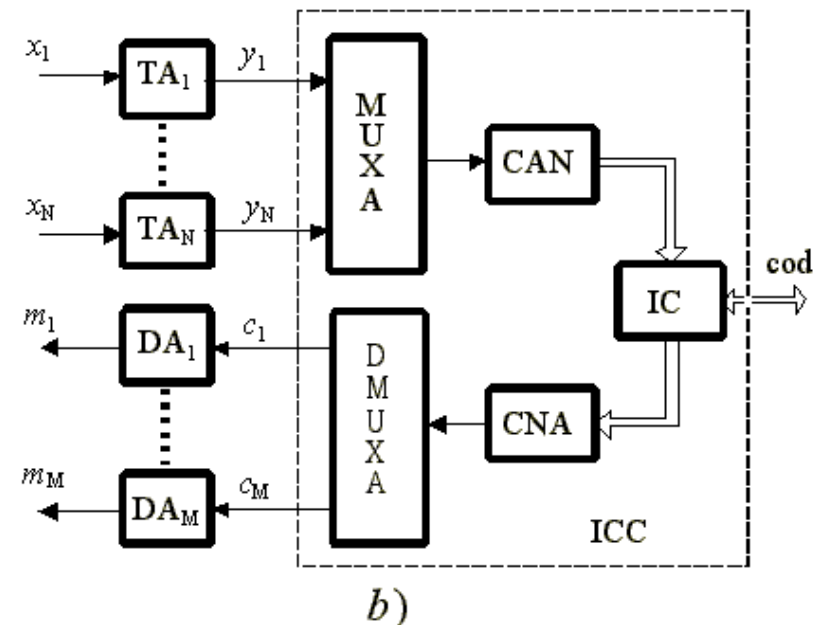
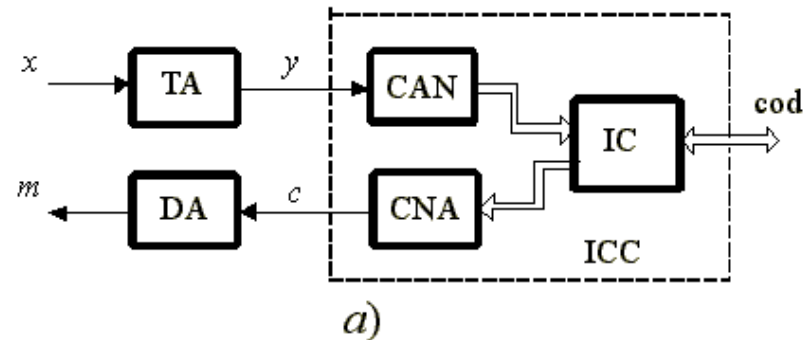
# SOLUȚII DE ACHIZIȚIE/DISTRIBUȚIE A DATELOR DE LA/CĂTRE PROCES

La sistemele ierarhice de conducere - nivelul de proces cu traductoare/senzori analogice(i) - se folosesc interfețe de conversie și comandă ICC (acestea conțin - în structura lor - un convertor analog-numeric CAN și o interfață de comunicație IC).

Comenzile elaborate în cadrul nodului local de conducere / calculatorului de proces trebuie transmise către dispozitivele de acționare DA.

Principial, cele două elemente analogice din structura unei instalații automatizate pot fi conectate prin ICC ca în figura *a* (comentarii)

Când se pune problema achiziției/distribuției pentru mai multe TA/DA, amplasate local la distanțe mici, se folosesc configurații de achiziție/distribuție a datelor care au - principal - structura din figura *b* (comentarii)



# Sisteme de achiziție de date (SAD)

Pentru stocare, vizualizare și prelucrare, datele analogice sunt achiziționate sub formă numerică; se utilizează sisteme de achiziție de date (SAD) a căror parte esențială este convertorul analog-numeric CAN + circuite de condiționare a semnalelor de intrare, multiplexoare analogice sau numerice, dispozitive de eșantionare cu reținere, registre temporare de memorare a informației numerice convertite, precum și un bloc de comandă care să asigure sincronizat efectuarea operațiilor interne din cadrul unui SAD.

*Performanțele* unui SAD sunt date de:

- rezoluția și precizia cu care se realizează conversia A/N;
- numărul canalelor analogice investigate (servite);
- frecvența de eșantionare pe fiecare canal;
- cadența de transfer prin SAD, adică numărul maxim de eșantioane convertite care se obțin la ieșire în unitatea de timp (indiferent de canalul de pe care provin);
- facilitățile oferite de condiționare a semnalului de intrare;
- costul SAD-ului.

*Clasificarea* SAD-urilor poate fi făcută după următoarele criterii:

# Sisteme de achiziție de date (SAD)

*a) în funcție de condițiile mediului în care lucrează:*

- SAD-uri pentru medii de laborator (condiții favorabile);
- SAD-uri pentru medii cu condiții grele (echipamente militare, instalații telecomandate, procese industriale);

*b) în funcție de numărul de canale analogice investigate (monitorizate):*

- SAD-uri cu un singur canal;
- SAD-uri cu mai multe canale.

SAD-urile multicanal pot fi:

- cu multiplexarea numerică a ieșirilor din CAN-uri, fiecare CAN corespunzând unui canal;
- cu multiplexarea analogică a ieșirilor din dispozitivul de eșantionare și reținere (DER), la fiecare canal analogic corespunzând un DER;
- cu multiplexarea analogică a semnalelor de intrare de nivel mare și un singur DER;
- cu multiplexarea analogică a semnalelor de intrare de nivel scăzut și amplificator programabil (AFAP) + DER

*c) din punct de vedere constructiv, ținând seama de posibilitățile locale existente la un proces care urmează a fi supravegheat și/sau condus cu un calculator, se disting:*

# Sisteme de achiziție de date (SAD)

- SAD-uri tip concentrator de date - denumit și dispozitiv secundar compact - în care se stochează date sub formă numerică de la mărimi de proces aferente unei zone (arii) de răspândire spațială, fiecare concentrator fiind conectat la postul central (dispecer) prin intermediul unei magistrale de câmp;
- SAD-uri de tip placă multifuncțională de intrări/ieșiri analogice și numerice compatibilă cu magistrala de PC (plug in);
- SAD-uri de tip modul multifuncțional pentru intrări/ieșiri analogice și numerice, organizat în jurul unui microcontroller, cu alimentare proprie și comunicație la distanță prin magistrală multipunct (tip RS-485) – stand alone;
- SAD-uri de tip terminal inteligent (traductor / element de acționare inteligent) destinat unei singure mărimi de intrare/comandă, care lucrează printr-o interfață serială multipunct cu un PC (post dispecer);
- SAD-uri de tip aparate/instrumente programabile cuplate între ele prin interfață paralelă, gestionarea interfeței fiind asigurată de un controller de sistem.

**NOTA:** Structurile de SAD-uri de tip stand alone se realizeaza – in prezent – si in versiune wireless (de exemplu WiFi).

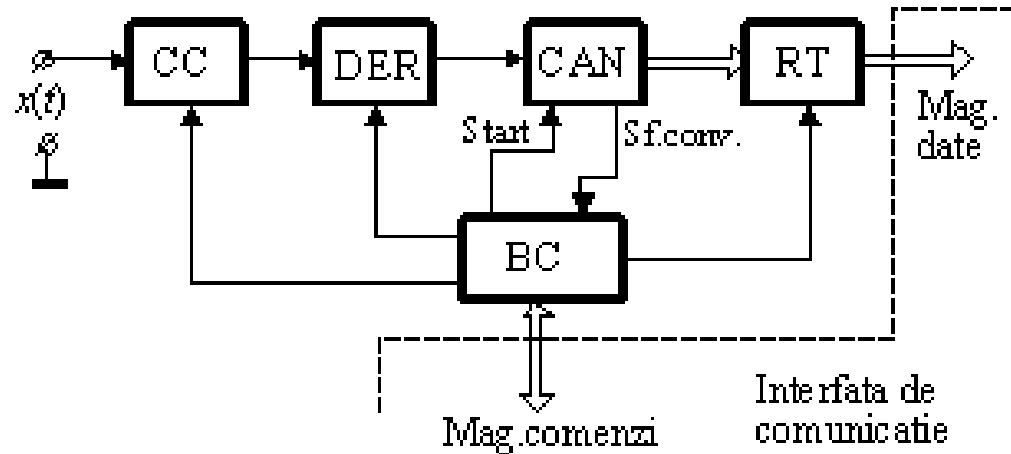
# *SAD-uri monocanal*

Structura unui SAD monocanal este prezentată în figura....

Semnalul analogic de intrare  $x(t)$  este aplicat unui circuit de condiționare CC care poate îndeplini, după caz, una sau mai multe din funcțiile: amplificare/atenuare, compresie, axare, integrare/derivare, filtrare pentru rejectia zgomotelor de frecvență industrială sau înaltă frecvență.

În continuare, dispozitivul de eșantionare cu reținere DER asigură o valoare constantă la ieșire pe toată durata conversiei efectuată de CAN.

Sincronizarea operațiilor în cadrul SAD-ului este asigurată de blocul de comenzi BC.

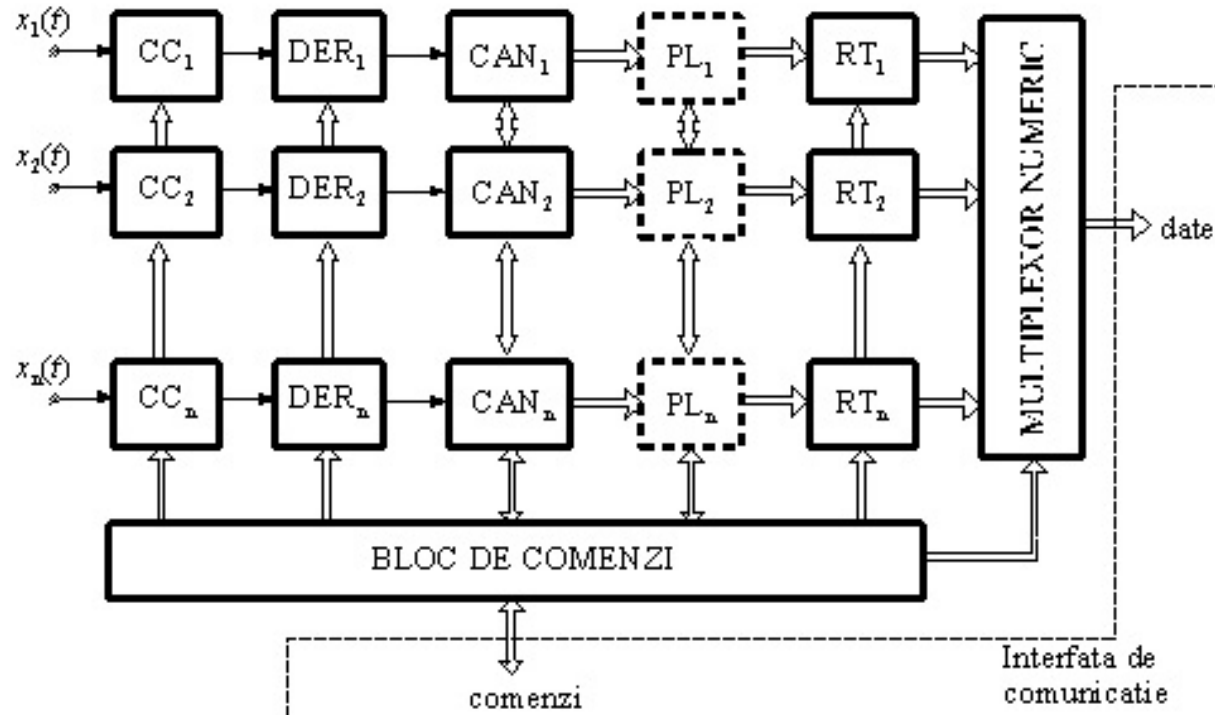


→ un CC asigură aducerea semnalului de intrare  $x(t)$  în domeniul de lucru al CAN-ului (funcție similară unui circuit de intrare CI corelat cu circuitul de prelucrare intermediară CPI de la un traductor analogic), precum și eliminarea (sau cel puțin diminuarea) influențelor externe.

Când s-a sfârșit conversia, echivalentul numeric este memorat într-un registru temporar RT.

# *SAD-uri multicanal cu multiplexare numerică*

Pentru achiziția semnalelor analogice, care necesită o frecvență de eșantionare la limita performanțelor CAN-urilor, se realizează SAD-uri multicanal având structura - pe fiecare canal - a SAD-urilor monocanal, iar valorile numerice sunt transmise mai departe prin intermediul unei multiplexări numerice (figura...)



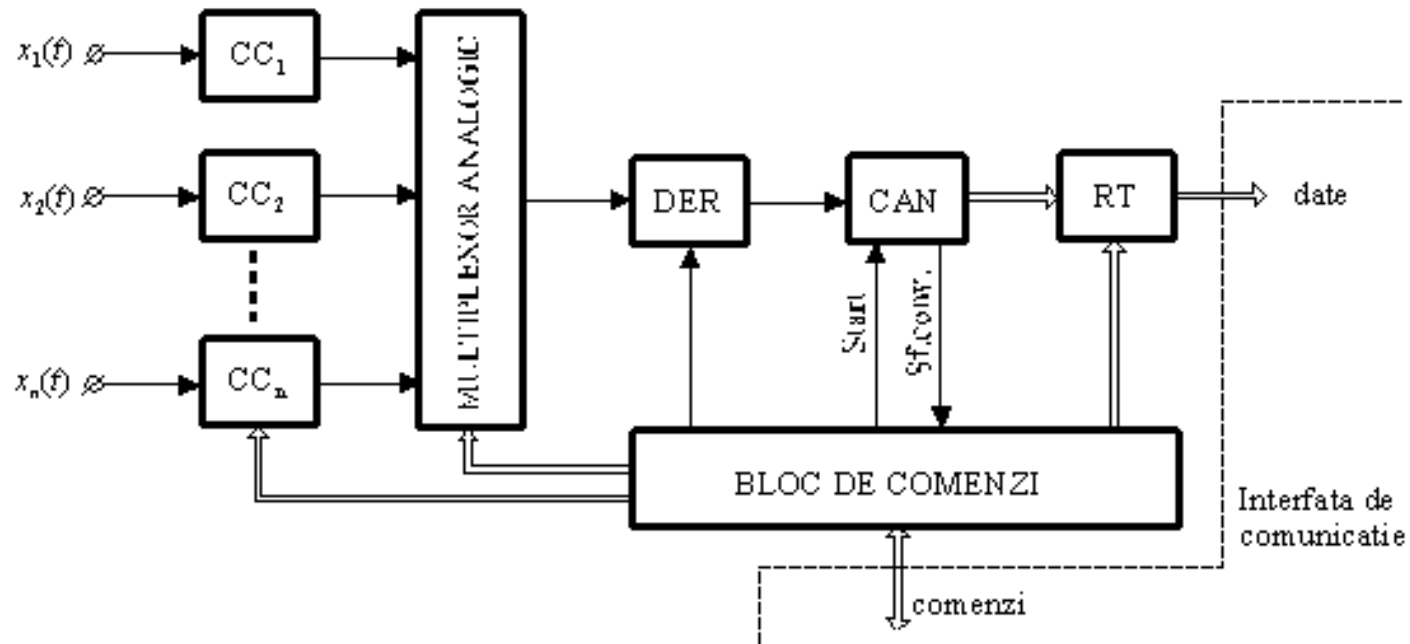
Sunt avantajoase din următoarele considerente:

- se pot utiliza CAN-uri relativ lente și în consecință ieftine;
- sunt foarte indicate la aplicații industriale, cu traductoare răspândite pe o suprafață mare;
- procesorul local PL poate opera asupra datelor numerice ce urmează a fi multiplexate.



# ***SAD-uri multicanal cu multiplexare analogică***

În cazul când frecvența de eșantionare impusă nu este prea mare, iar CAN-ul poate executa toate conversiile pe cele  $n$  canale între două eșantionări succesive, se utilizează SAD-uri multicanal, cu multiplexare analogică, ca în figura....

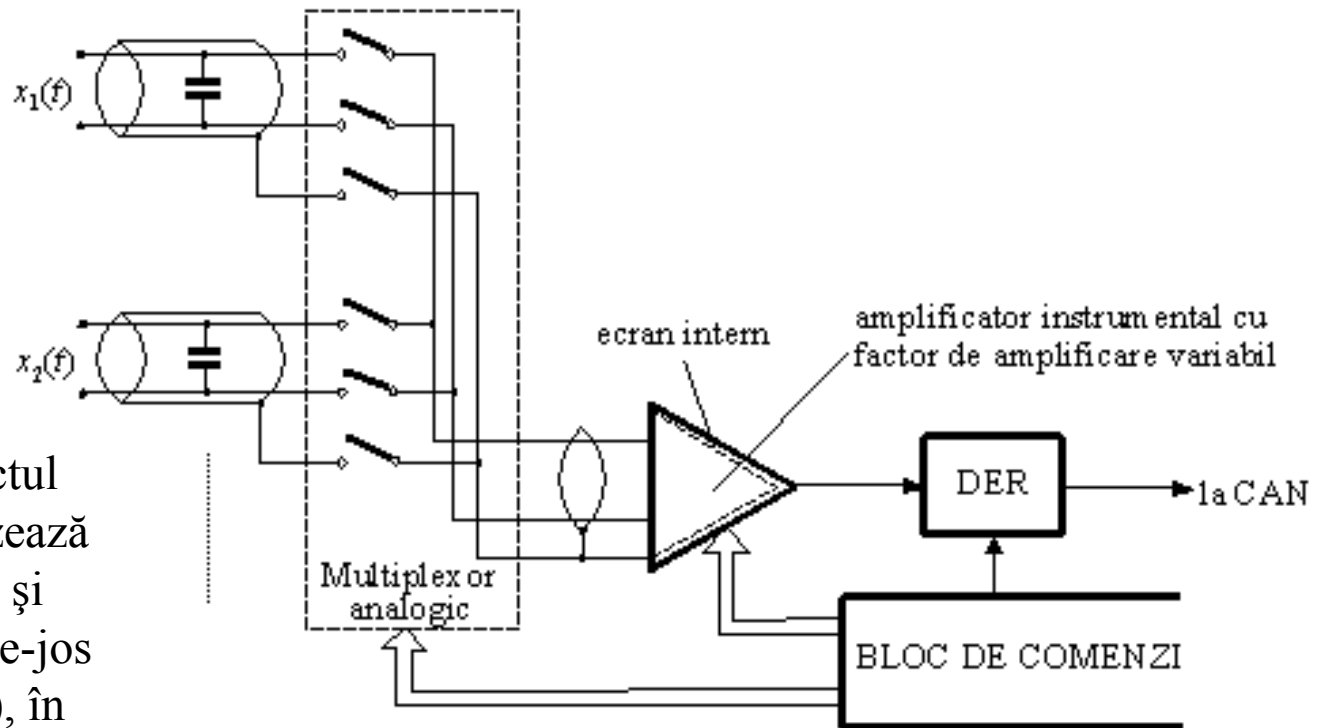


Un ciclu global de conversie este alcătuit din  $n$  cicli individuali de conversie în care, succesiv, fiecare intrare este adusă prin intermediul multiplexorului analogic la intrarea DER-ului unde este eșantionată și reținută, este convertită în echivalent numeric de CAN și memorată în locația corespunzătoare din RT

# *SAD-uri multicanal cu multiplexare analogică*

Pentru semnale de nivel scăzut se utilizează SAD-uri cu multiplexare analogică având în intrare configurația din figura....

Pentru a diminua efectul perturbațiilor se utilizează ecranarea individuală și eventual filtrarea trece-jos pasivă (cu capacitate), în consecință multiplexorul analogic trebuie să fie capabil să comute atât firele de semnal cât și ecranul.



Preluarea semnalului util se face cu un amplificator instrumental cu gardare (ecran) având factorul de amplificare programabil, în acest fel utilizându-se cât mai eficient rezoluția conversiei analog-numerice