

Amplificatoare – prezentare generală

1. Caracteristici de regim armonic permanent ale amplificatoarelor de semnal mic

- Într-un amplificator de semnal mic, se presupune îndeplinită condiția de semnal mic pentru toate tranzistoarele din structură.
- Amplificatoarele de semnal mic sunt circuite electronice liniare care nu modifică forma semnalului amplificat.
- Performanța funcțională și impedanțele de intrare și de ieșire reprezintă caracteristicile esențiale ale amplificatoarelor de semnal mic.
- În domeniul frecvență, pentru descrierea comportării amplificatorului în regim armonic permanent, se folosește
 - amplificarea complexă (\underline{A}), definită ca raportul amplitudinilor complexe ale semnalelor de ieșire și de intrare, $\underline{A} = \frac{\underline{X}_o}{\underline{X}_i}$,
sau
 - funcția de transfer $A(s)$ (cu $s=j\omega$ și $\omega=2\pi f$), definită ca raportul transformatelor Laplace ale semnalelor de ieșire și de intrare (condiții inițiale nule), $A(s) = \frac{X_o(s)}{X_i(s)}$. (1.1)

➤ Pe caracteristica modul-frecvență a amplificatorului real de c.a. (fig.1.1), sunt evidențiați doi parametri importanți pentru caracterizarea comportării amplificatoarelor de semnal mic în regim armonic permanent:

- amplificarea în bandă – care, în modul ($|A_0|$), reprezintă valoarea maximă a modului amplificării în banda de frecvențe de trecere;
- banda de frecvențe de trecere (B) – definită ca domeniul de frecvențe cuprins între frecvența limită inferioară (sau limită de jos) f_j și frecvența limită superioară (sau limită de sus) f_s .

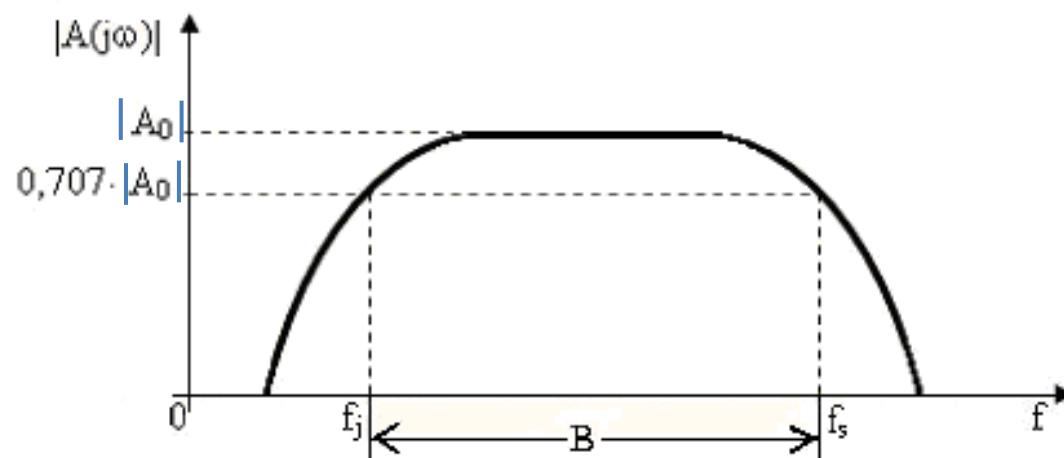


Fig. 1.1. Caracteristica modul-frecvență a amplificatorului real de c.a.

- Cele două frecvențe caracteristice sunt definite prin relațiile: $\frac{|A(j\omega_j)|}{A_0} = 0,707$ și $\frac{|A(j\omega_s)|}{A_0} = 0,707$. (1.3)
- Banda de frecvențe de trecere a unui amplificator de c.c. este determinată de frecvența limită superioară: $B = f_s$ (întrucât $f_j = 0$). Asadar, amplificatorul de c.c. amplifică și tensiuni cu $f > 0$, nu numai tensiuni continue (care au frecvența $f = 0$).
- Banda de frecvențe de trecere a unui amplificator de c.a. este $B = f_s - f_j$.

- Amplificatoarele pot fi
- de tip neinversor, dacă, în banda de trecere, $A(j\omega) = A_0 > 0$, adică semnalul de ieșire este în fază cu semnalul de intrare,
 - de tip inversor, dacă, în banda de trecere, $A(j\omega) = A_0 < 0$, adică semnalul de ieșire este defazat cu 180° față de semnalul de intrare.

EXEMPLU

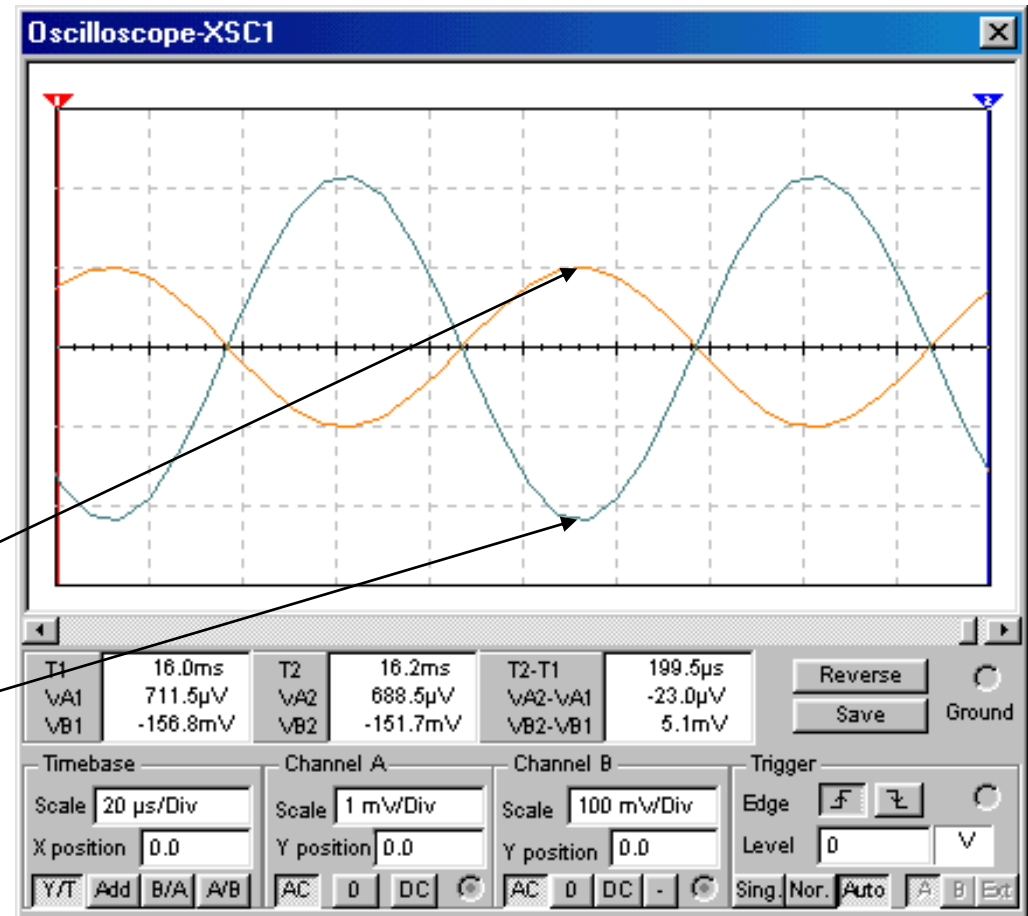
Pentru un **amplificator inversor**, de semnal mic, formele de undă ale tensiunilor de intrare și de ieșire sunt reprezentate în figura alăturată.

Tensiunea de intrare (reprezentată cu portocaliu) are valoarea vârf la vârf 2mv, iar cea de ieșire (reprezentată cu albastru) are valoarea vârf la vârf 440mV.

Se observă că **cele 2 tensiuni sunt în opoziție de fază, adică amplificatorul este inversor**.

Tensiunea de intrare = 1mV

Tensiunea de ieșire = - 220mV

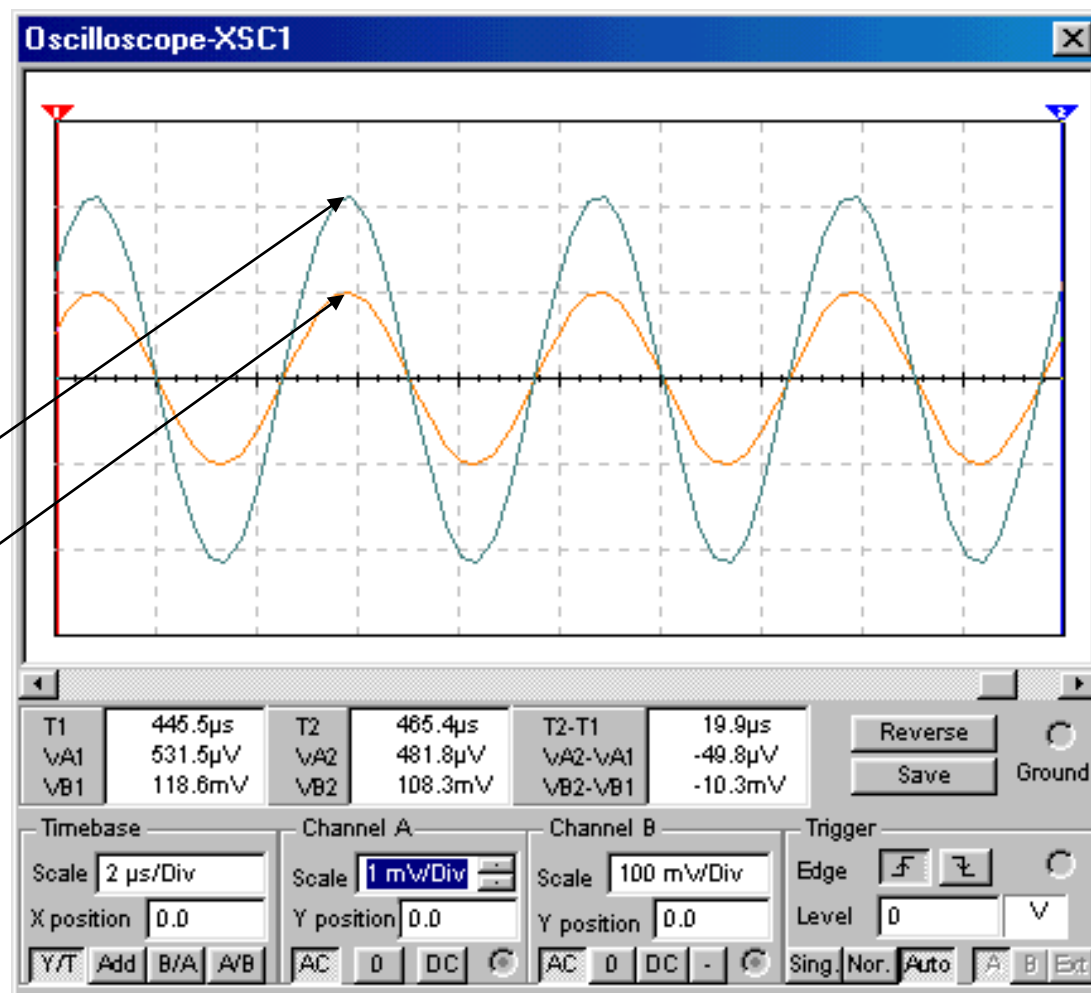


EXEMPLU

Tensiunile de intrare și de ieșire ale unui *amplificator neinversor* sunt reprezentate în figura alăturată.

Tensiunea de ieșire = 220mV

Tensiunea de intrare = 1mV



EXEMPLE de grile pentru examen

Se considera un amplificator de tensiune la care amplificarea in banda de frecvente de trecere este A .

- Caracteristica modul-frecventa reprezinta grafic dependenta de frecventa a modulului amplificarii complexe.
- Caracteristica modul-frecventa reprezinta grafic dependenta de timp a modulului amplificarii complexe.
- Modulul amplificarii complexe este maxim in banda de frecvente de trecere / la frecvente joase / la frecvente inalte.
- In banda de frecvente de trecere amplificarea este un numar complex / un numar real.
- La amplificatorul inversor / neinversor A este pozitiv / negativ.
- Daca amplificatorul cu $A = -15$ primeste la intrare o tensiune cu amplitudinea $0,5V$, tensiunea de iesire are amplitudinea $-7,5V$.
- Daca tensiunea de intrare este $2V$ si tensiunea de iesire este $-12V$, rezulta ca $A = -6$.
- Daca tensiunea de iesire este $16V$ si $A = 10$ inseamna ca s-au aplicat la intrare $1,6V$ si amplificatorul este inversor.

2. Reprezentarea tip cuadripol a amplificatoarelor

- Un amplificator poate fi reprezentat ca un cuadripol,
 - *la intrarea* căruia se aplică un generator de curent sau de tensiune, cu impedanța internă \underline{Z}_s , iar
 - *la ieșire* se conectează o impedanță de sarcină (\underline{Z}_L).

- *Amplificatorul se comportă, față de sarcină, ca o sursă echivalentă de tensiune sau de curent* (comandată de semnalul de intrare) cu impedanța internă \underline{Z}_O .

- *În banda de frecvențe de trecere* a amplificatorului,
 - impedanțele devin rezistențe,
 - curenții și tensiunile se notează ca valori instantanee (u_s, u_i, u_o, i_i, i_o etc.), iar
 - performanța funcțională a circuitului (numită *amplificare de tensiune*, *amplificare de curent*, *rezistență de transfer* sau *conductanță de transfer*) este un număr real.

- În fig.2.1.a este dată reprezentarea tip quadripol a amplificatorului în banda lui de frecvență, *cu sursă de tensiune la intrare*.

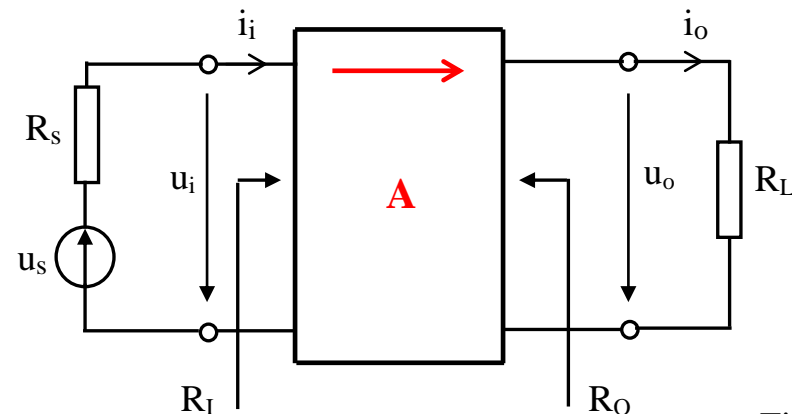


Fig. 2.1.a

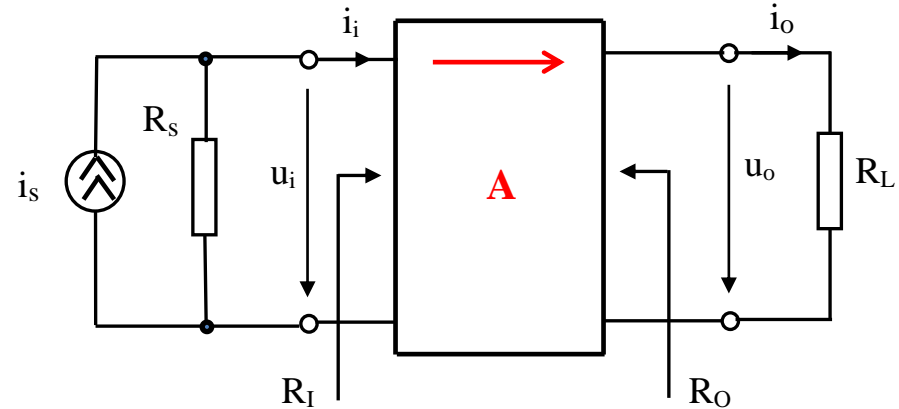


Fig. 2.1.b

- În fig.2.1.b este dată reprezentarea tip quadripol a amplificatorului în banda lui de frecvență, *cu sursă de curent la intrare*.

3. Principalele performanțe ale unui amplificator funcționând în banda de trecere

Cele mai importante performanțe ale unui *amplificator funcționând în banda de frecvențe de trecere* sunt următoarele :

a) rezistența de intrare, $R_I = \frac{u_i}{i_i}$; (3.1)

b) rezistența de ieșire,

$$R_O = -\frac{u_o}{i_o} \Big|_{u_s=0} \text{ sau } R_O = -\frac{u_o}{i_o} \Big|_{i_s=0}; \quad (3.2)$$

c) amplificarea de tensiune, $A_{U0} = \frac{u_o}{u_i}$; (3.3)

d) amplificarea de curent, $A_{I0} = \frac{i_o}{i_i}$. (3.4)

Pentru performanțele funcționale A_U și A_I se mai definesc

▪ amplificarea de tensiune cu ieșirea în gol,

$$A_{u0} = \frac{u_o}{u_i} \Big|_{R_L \rightarrow \infty}, \quad (3.5)$$

▪ amplificarea de curent cu ieșirea în scurtcircuit,

$$A_{i0} = \frac{i_o}{i_i} \Big|_{R_L=0}. \quad (3.6)$$

➤ Câștigul unui amplificator este amplificarea exprimată în unități logaritmice (decibeli).

De exemplu, câștigul în tensiune, G_U , exprimă amplificarea de tensiune în unități logaritmice, prin relația

$$G_U[\text{dB}] = 20 \lg |A_U|. \quad (3.7)$$

4. Circuite echivalente ale amplificatoarelor

- Dacă pentru un amplificator se cunosc rezistența de intrare, rezistența de ieșire și performanța funcțională cu ieșirea în gol sau în scurtcircuit, se poate deduce circuitul echivalent al amplificatorului.

4.1. Circuitul echivalent al unui amplificator de tensiune

- Mărimile reprezentative ale unui amplificator de tensiune sunt u_i și u_o , iar la intrarea circuitului se conectează un generator de tensiune.
- Amplificatorul se comportă față de sarcină tot ca un generator de tensiune, cu tensiunea de ieșire de mers în gol $A_{u0} \cdot u_i$ și cu rezistența internă R_O .
- Circuitul echivalent al amplificatorului este dat în fig. 4.1. La intrare se observă divizorul de tensiune format din R_s și R_I , iar la ieșire - se observă divizorul de tensiune format din R_O și R_L .
- Amplificarea globală de tensiune a circuitului are expresia

$$A_{u0s} = \frac{u_o}{u_s} = \frac{u_o}{u_i} \cdot \frac{u_i}{u_s} = \frac{A_{u0} \cdot u_i \cdot \frac{R_L}{R_L + R_O}}{u_i} \cdot \frac{R_I}{R_I + R_s} =$$

$$A_{u0} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_O} \cdot \frac{R_I}{R_I + R_s} \quad (4.1)$$

- Pentru a avea un transfer optim (maxim) în tensiune de la generatorul de semnal la amplificator trebuie ca $R_I \gg R_s$.
- Pentru ca transferul în tensiune de la amplificator la rezistența de sarcină să fie optim trebuie ca $R_O \ll R_L$.

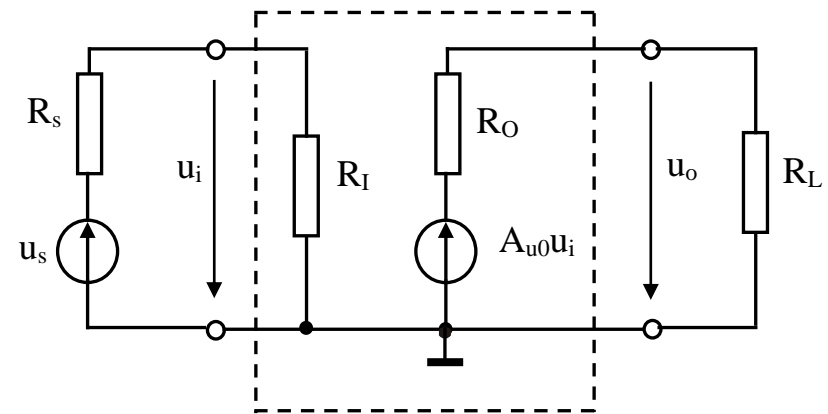


Fig. 4.1. Circuitul echivalent al amplificatorului de tensiune

- În concluzie, rezistențele de intrare și de ieșire ale unui amplificator de tensiune trebuie să satisfacă inegalitățile : $R_I \gg R_s$, $R_O \ll R_L$.

EXEMPLE de grile pentru examen

Circuitul echivalent al unui amplificator de tensiune studiat la curs (notatii: R_s , u_s , u_i , R_i , R_o , A_{u0} , u_o , R_L)

- a) Circuitul echivalent al unui amplificator de tensiune contine rezistentele R_s si R_i / rezistentele R_i si R_o / rezistentele R_o si R_L si o sursa de tensiune / sursa de curent.
- b) La intrare se asigura un transfer optim de tensiune daca $R_i \gg R_s$ / $R_i \ll R_s$ / $R_i \gg R_L$ / $R_i \ll R_L$ / $R_o \gg R_s$ / $R_o \ll R_s$ / $R_o \ll R_L$ / $R_o \gg R_L$ / $R_i > R_s$ / $R_L > R_o$ etc.
- c) La iesire se asigura un transfer optim de tensiune daca $R_i \gg R_s$ / $R_i \ll R_s$ / $R_o \gg R_s$ / $R_o \ll R_s$ / $R_o \ll R_L$ / $R_o \gg R_L$ / $R_i \gg R_L$ / $R_i \ll R_L$ / $R_i > R_s$ / $R_L > R_o$ etc.
- d) Iesirea este in gol cand $R_L \rightarrow \infty$ / $R_L = 0$.
- e) Iesirea este in scurtcircuit cand $R_L \rightarrow \infty$ / $R_L = 0$.
- f) Este de dorit ca cea mai mare / mica parte din tensiunea u_i / tensiunea u_s sa cada la bornele lui R_o / la bornele lui R_L / la bornele lui R_s / la bornele lui R_i .
- g) A_{u0} poate fi pozitiv sau negativ / numai pozitiv / numai negativ.

4.2. Circuitul echivalent al unui amplificator de curent

- Mărimile reprezentative ale unui amplificator de curent sunt i_i și i_o , iar la intrarea circuitului se conectează un generator de curent.
- Amplificatorul se comportă față de sarcină tot ca un generator de curent, cu curentul de ieșire de scurtcircuit $A_{i0} \cdot i_i$ și cu rezistența internă R_O .
- Circuitul echivalent este dat în fig. 4.2. La intrare se observă divizorul de curent format din R_s și R_I , iar la ieșire - se observă divizorul de curent format din R_O și R_L .
- Amplificarea globală de curent a circuitului are expresia

$$A_{i0s} = \frac{i_o}{i_s} = \frac{i_o}{i_i} \cdot \frac{i_i}{i_s} = \frac{A_{i0} \cdot i_i \cdot \frac{R_O}{R_L + R_O}}{i_i} \cdot \frac{R_s}{R_i + R_s} =$$

$$A_{i0} \cdot \frac{R_O}{R_L + R_O} \cdot \frac{R_s}{R_i + R_s}. \quad (4.2)$$

- Pentru a avea un transfer optim de curent de la generatorul de semnal la amplificator trebuie ca $R_I \ll R_s$.
- Pentru ca transferul de curent de la amplificator la rezistența de sarcină să fie maxim trebuie ca $R_O \gg R_L$.

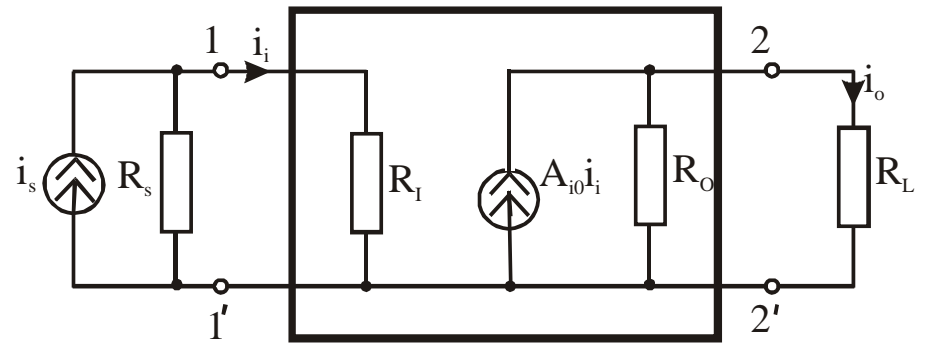


Fig. 4.2. Circuitul echivalent al amplificatorului de curent

- În concluzie, rezistențele de intrare și de ieșire ale unui amplificator de curent trebuie să satisfacă inegalitățile :
 $R_I \ll R_s$, $R_O \gg R_L$.

EXEMPLU de utilizare a amplificatoarelor - Schema de principiu a unui bloc de condiționare a semnalelor care convertește un curent alternativ într-un curent continuu (I_o este proporțional cu I_i)

