

Circuite cu reacție

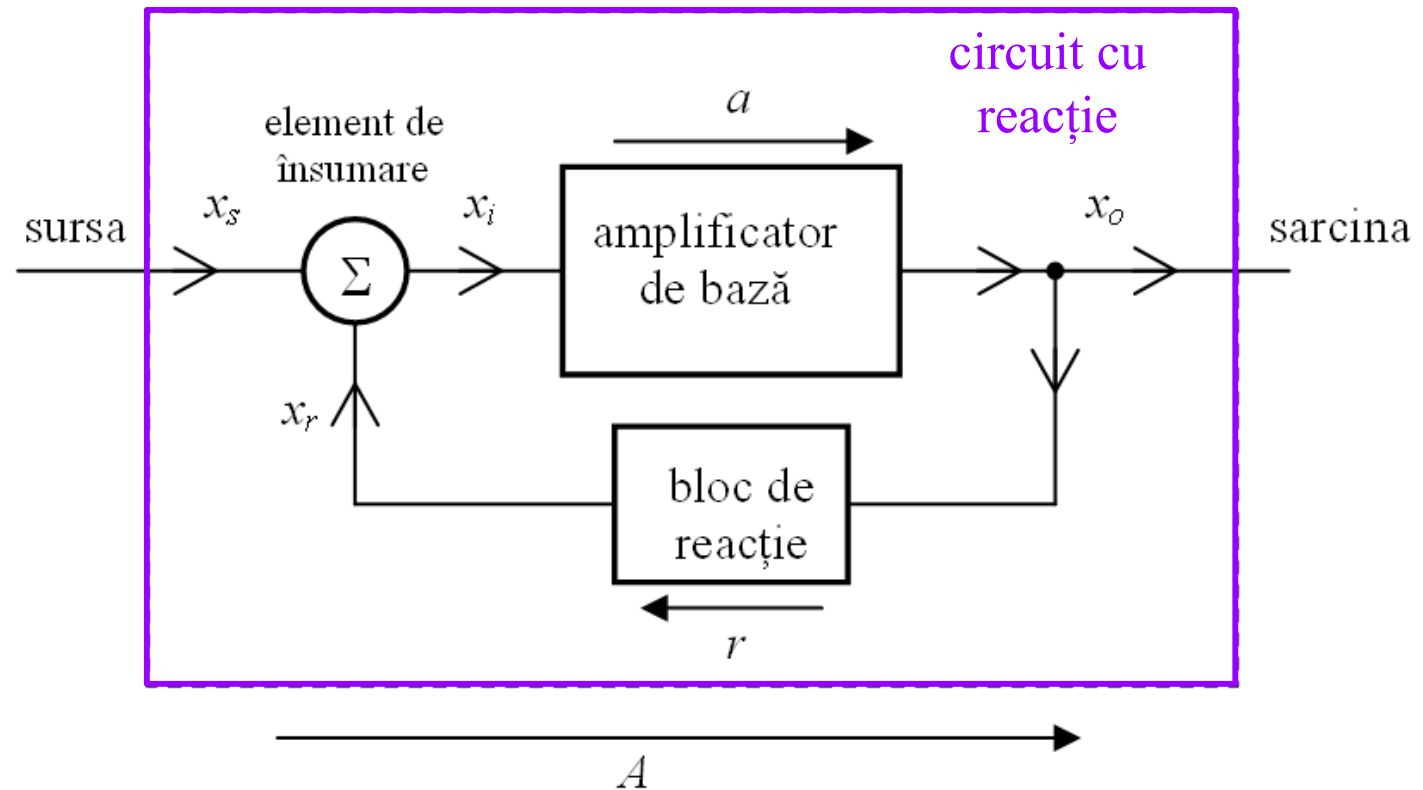
- **Reacția** - tehnică prin care comportarea și proprietățile unui sistem sunt influențate și de mărime de la ieșirea sistemului.
- efectul produs de o cauză influențează acțiunea ulterioară a acelei cauze
- transmiterea înapoi, înspre intrare, a unei mărimi proporționale cu mărimea de ieșire

Reacția este de două tipuri:

- **reacție negativă** (degenerativă) RN. Mărimea readusă dinspre ieșire *slăbește* efectul mărimii de intrare; efect de stabilizare
- **reacție pozitivă** (regenerativă) RP. Mărimea readusă dinspre ieșire *întărește* efectul mărimii de intrare; efect de destabilizare

Structura generală a circuitelor cu reacție

Semnale



x_s – semnalul sursei, aplicat de la o sursă externă de semnal;

x_o – semnalul de ieșire, furnizat de circuitul cu reacție;

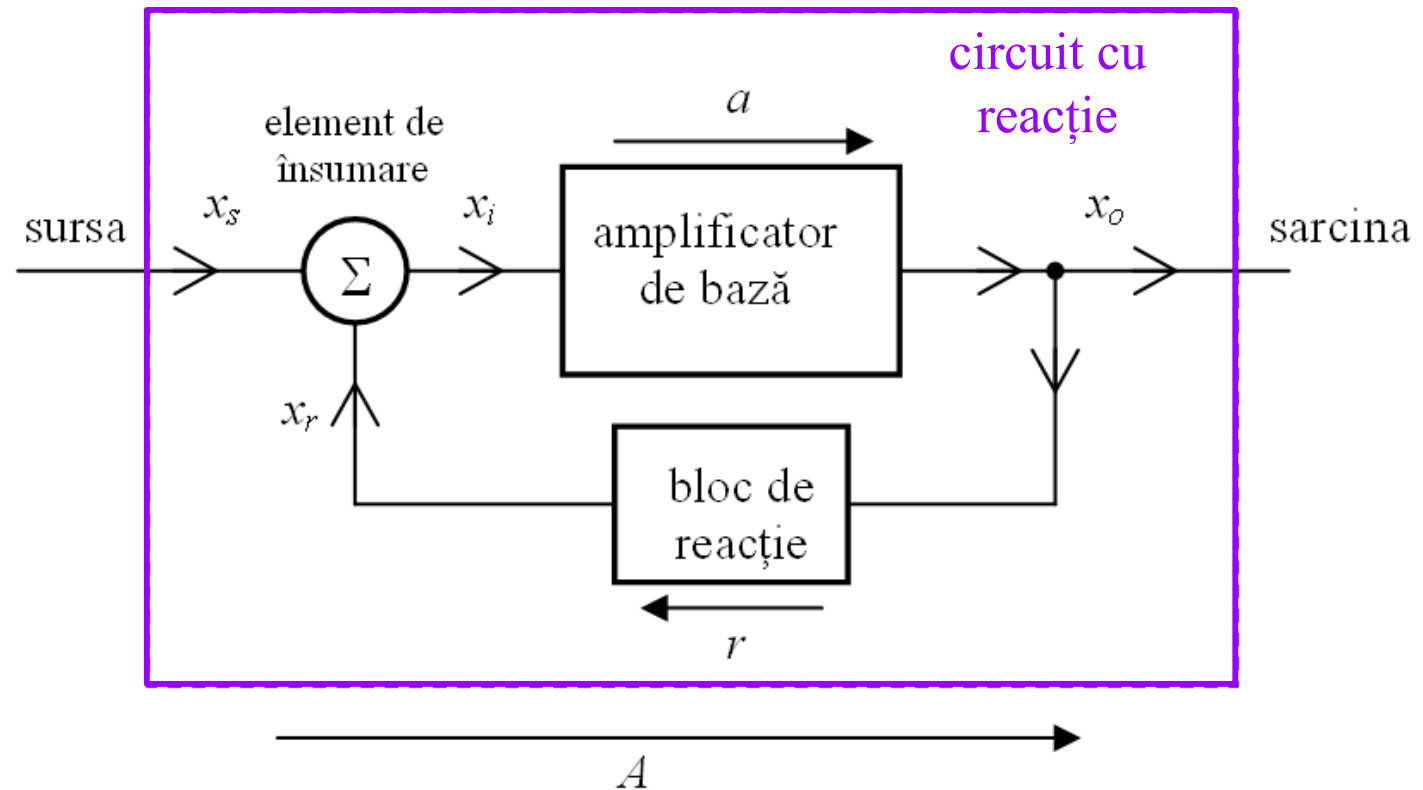
x_r – semnalul de reacție furnizat de blocul de reacție;

x_i – semnalul de intrare al amplificatorului de bază,

x_s – tensiune sau curent;

x_o – tensiune sau curent;

Structura generală a circuitelor cu reacție – cont.



Transmitanțe

- transmitanța amplificatorului de bază:
amplificare în buclă deschisă; amplificare fără reacție
- transmitanța blocului de reacție:
- transmitanța circuitului cu reacție:
amplificare cu reacție

$$a = \frac{x_o}{x_i}$$

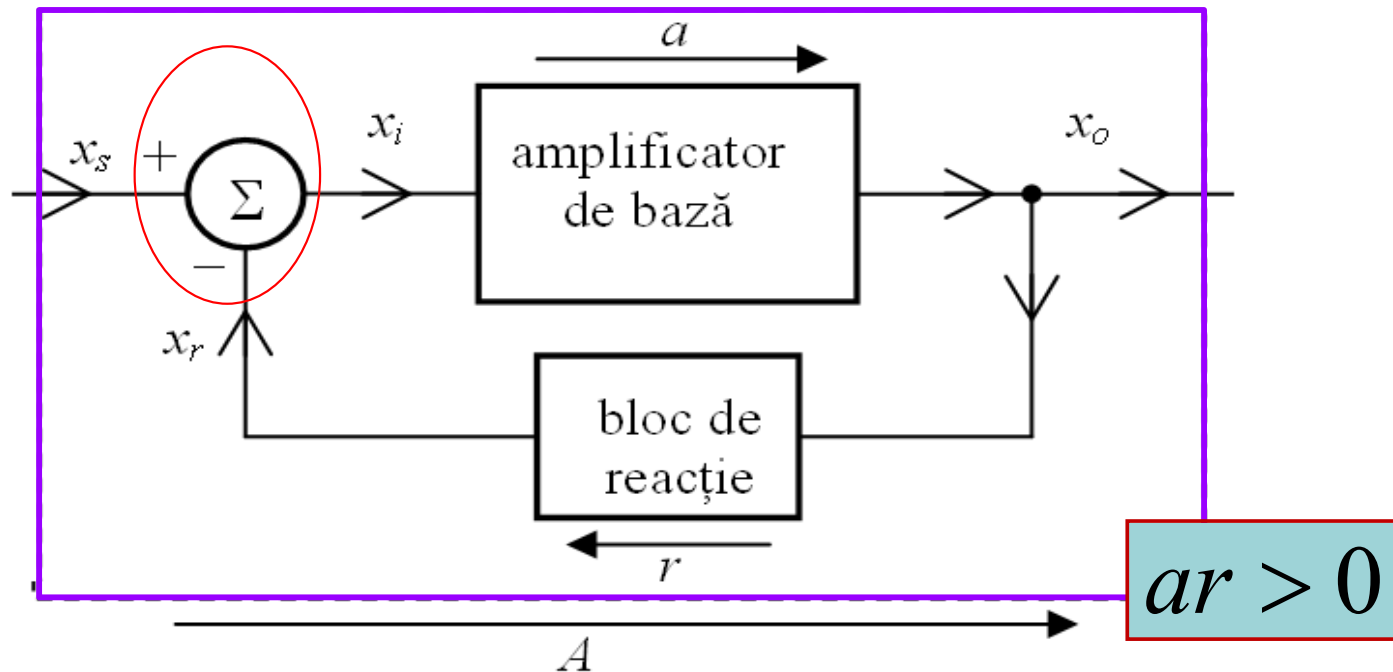
$$r = \frac{x_r}{x_o}$$

$$A = \frac{x_o}{x_s}$$

Tipuri de reacție

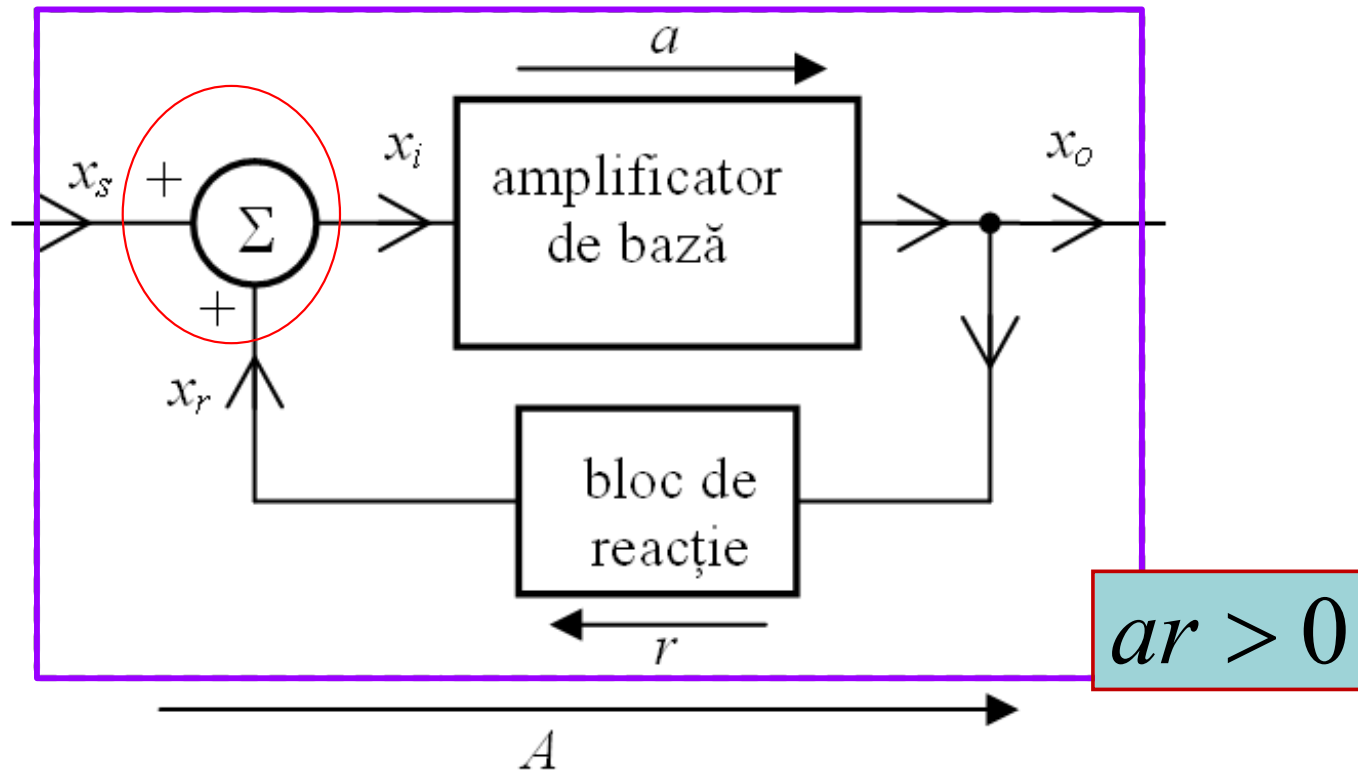
Reacție negativă

$$x_i = x_s - x_r$$



Reacție pozitivă

$$x_i = x_s + x_r$$



Ecuatiile reacției ideale

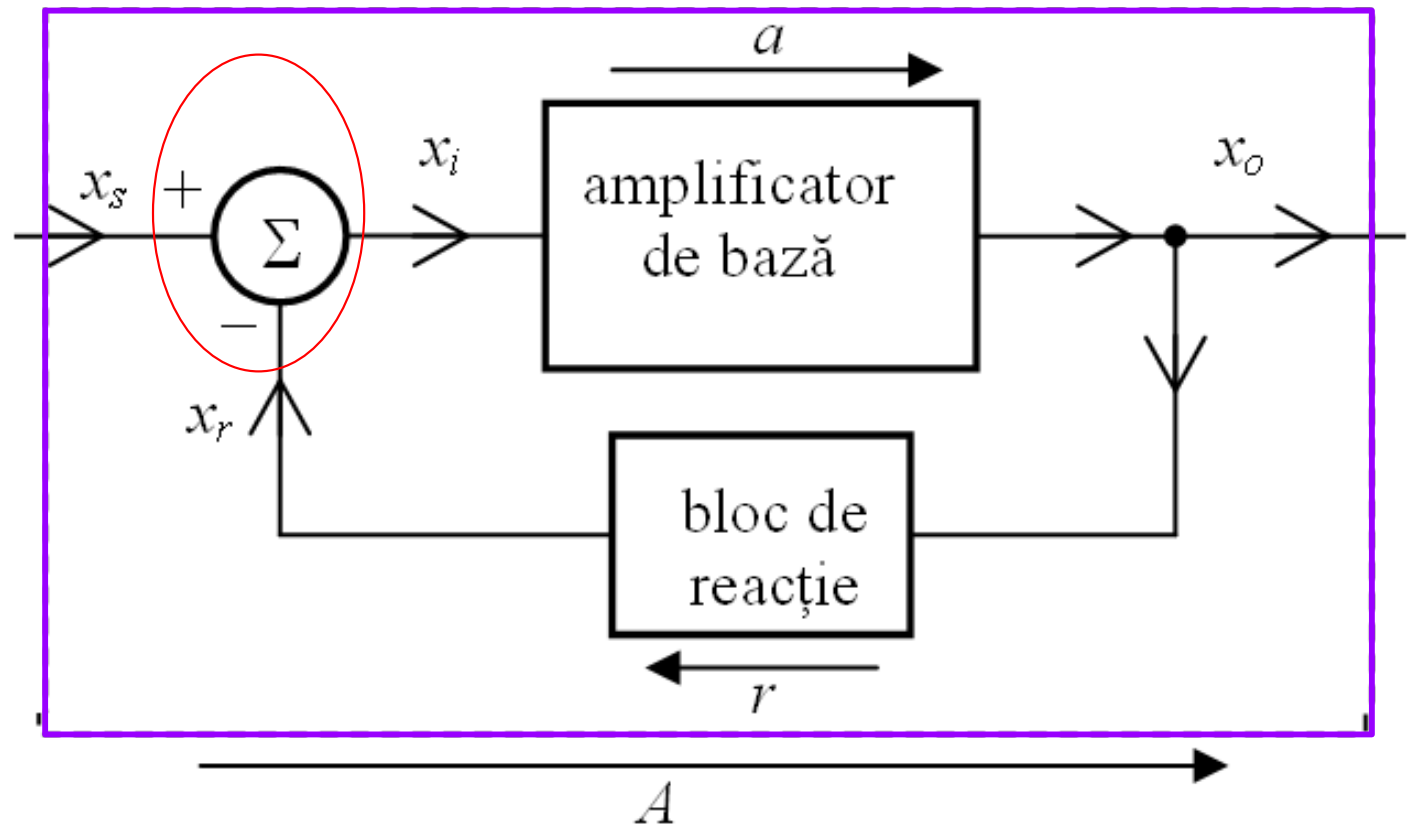
Reacție ideală:

- fiecare bloc din circuitul cu reacție este unidirecțional
- proprietățile amplificatorului de bază și ale blocului de reacție nu sunt influențate de conectarea lor în circuit

Reacție negativă

$$x_i = x_s - x_r$$

$$ar > 0$$



Reacție negativă

$$A = \frac{x_o}{x_s}$$

$$x_o = ax_i$$

$$x_i = x_s - x_r$$

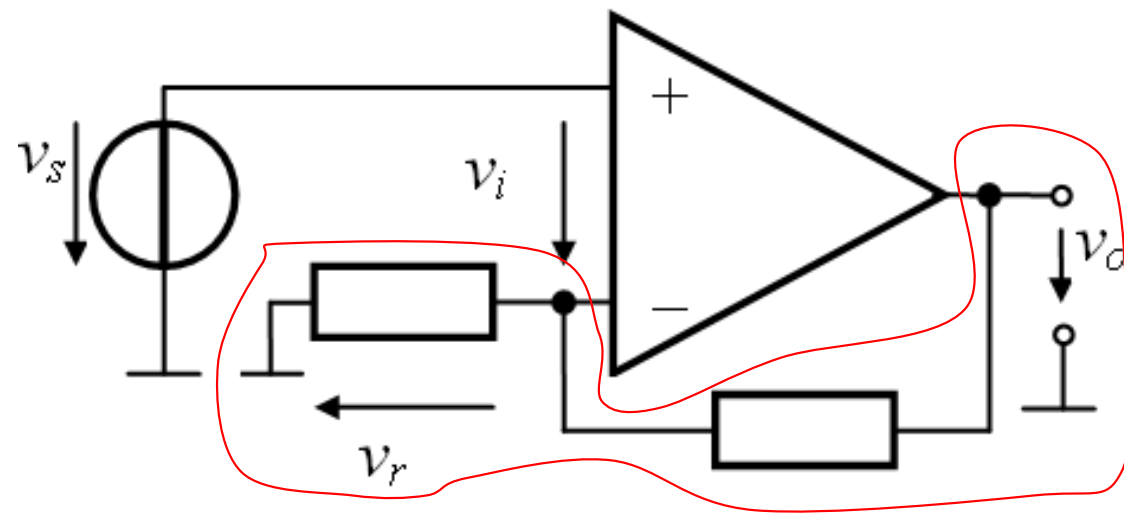
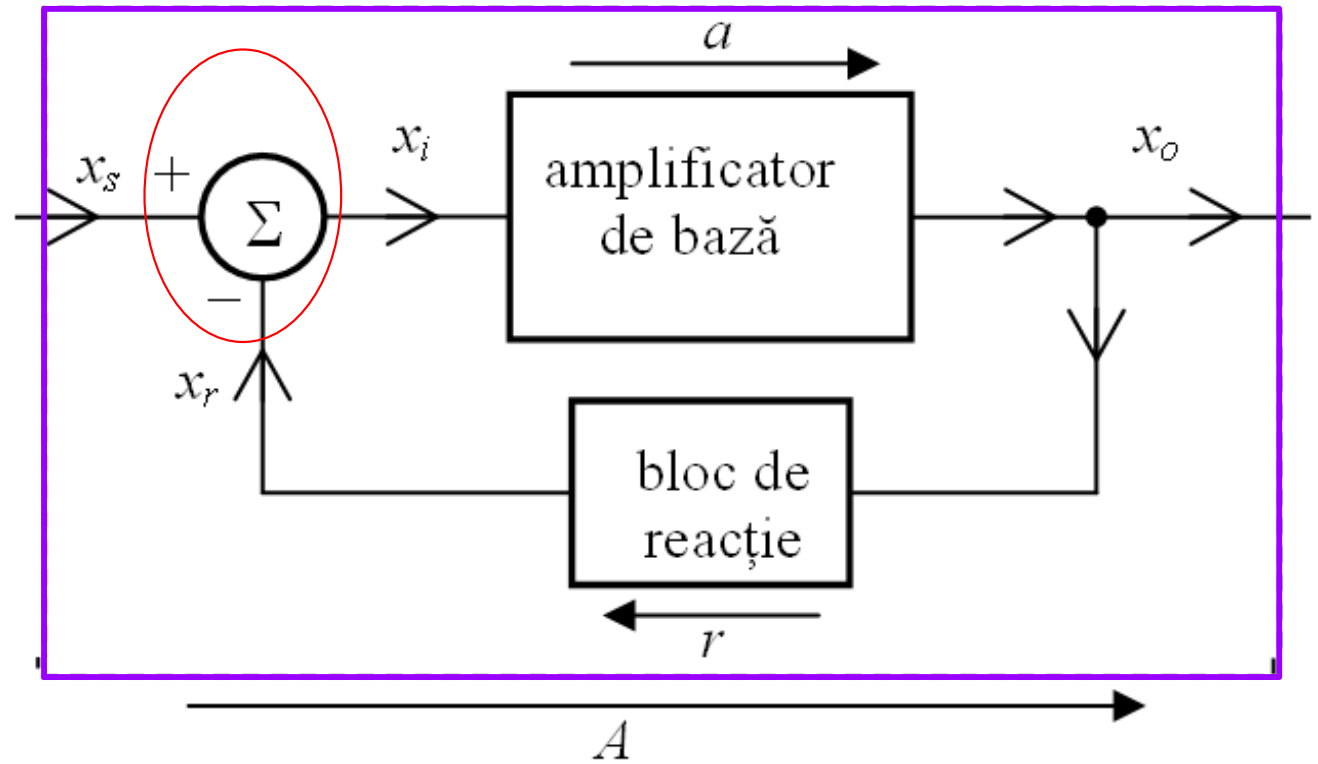
$$x_r = rx_o = rAx_s$$

$$x_i = x_s - rAx_s$$

$$x_o = a(x_s - rAx_s)$$

$$A = \frac{a(x_s - rAx_s)}{x_s} = a - arA$$

$$A = \frac{a}{1 + ar}$$



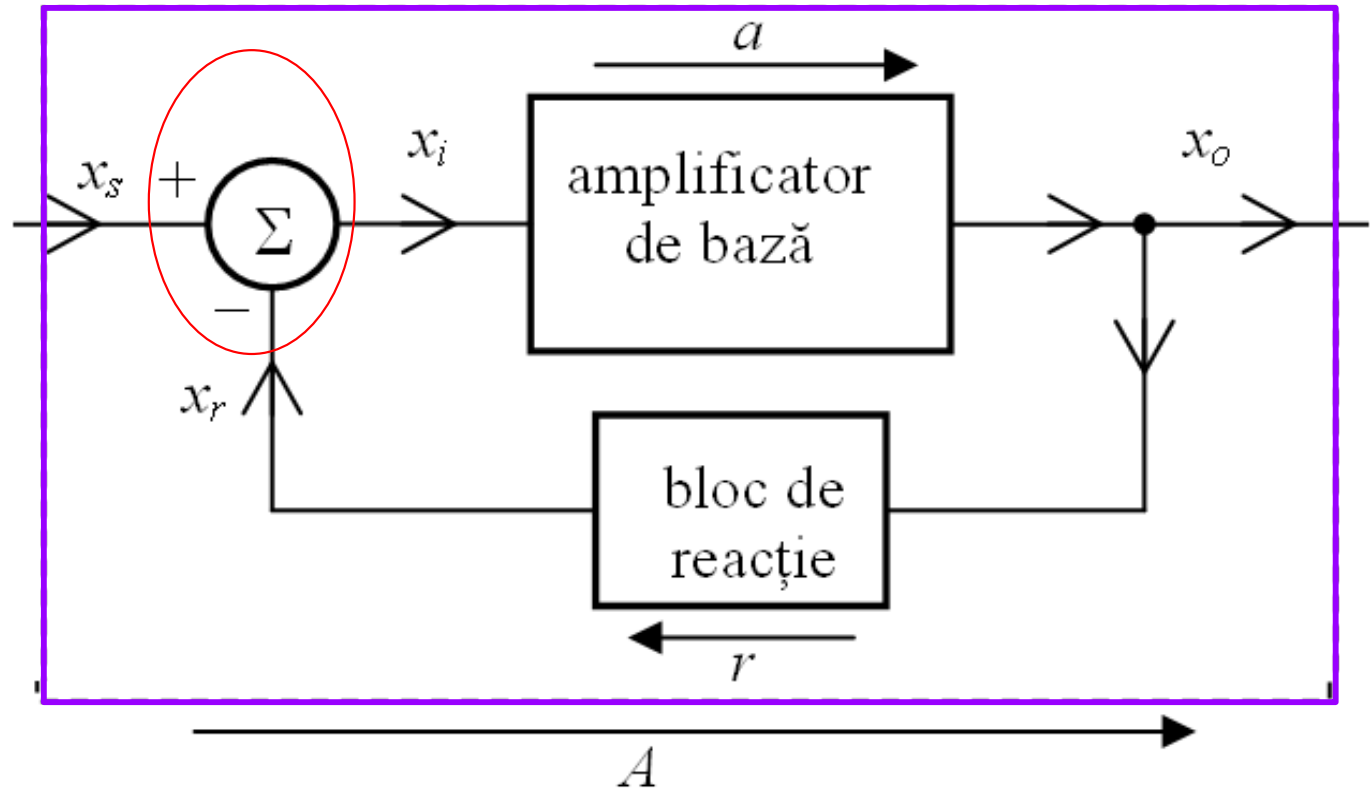
$$v_i = v_s - v_r$$

Reacție negativă

Ecuția
fundamentală a RN

$$A = \frac{a}{1 + ar}$$

$$|A| < |a|$$



ar – amplificarea (transmitanța) buclei de reacție $ar > 0$;
 $1+ar$ factor de reacție sau determinantul reacției $1+ar > 1$

➤ Dacă $ar \gg 1$ (ex. la AO $a \rightarrow \infty$)

$$A \approx \frac{1}{r}$$

Amplificarea cu reacție este determinată (aproape) exclusiv de blocul de reacție: amplificare precisă, predictibilă și stabilă.

Reacția negativă: - reduce amplificarea

- modifica favorabil proprietățile amplificatoarelor (stabilizarea amplificării, reducerea distorsiunilor neliniare, îmbunătățirea impedanțelor de intrare și de ieșire, extinderea benzii de frecvențe de trecere).

Exemplificare

$$a=1000, \quad r=0.009$$

$$ar = ? \quad ar = 1000 \cdot 0.009 = 9$$

$$1+ar = ? \quad 1 + ar = 1 + 9 = 10$$

$$A = ? \quad A = \frac{a}{1 + ar} = \frac{1000}{10} = 100$$

$$A = \frac{1}{r} = \frac{1}{0,009} \approx 111,1$$

$$a=10000, \quad r=0.009$$

$$ar = 10000 \cdot 0.009 = 90$$

$$1 + ar = 1 + 90 = 91$$

$$A = \frac{a}{1 + ar} = \frac{10000}{91} \approx 109,89$$

$$A = \frac{1}{r} = \frac{1}{0,009} \approx 111,1$$

Reacția pozitivă

$$x_i = x_s + x_r$$

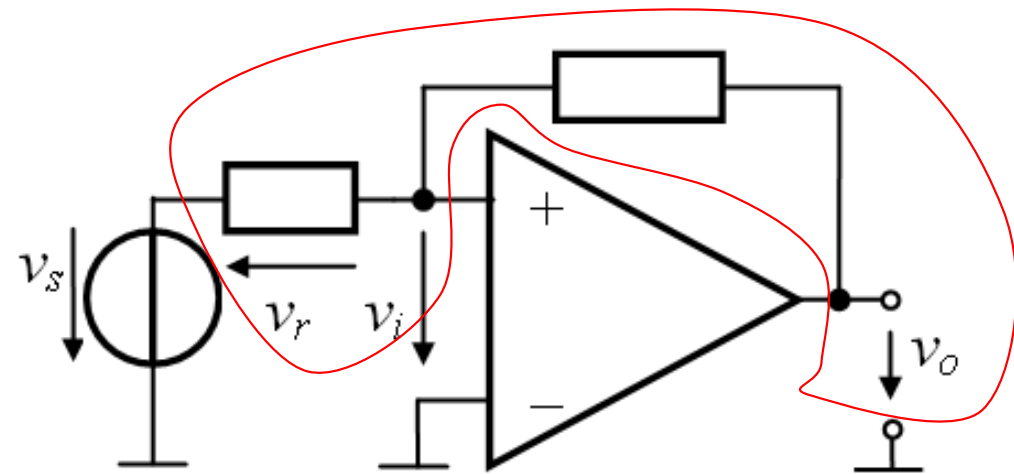
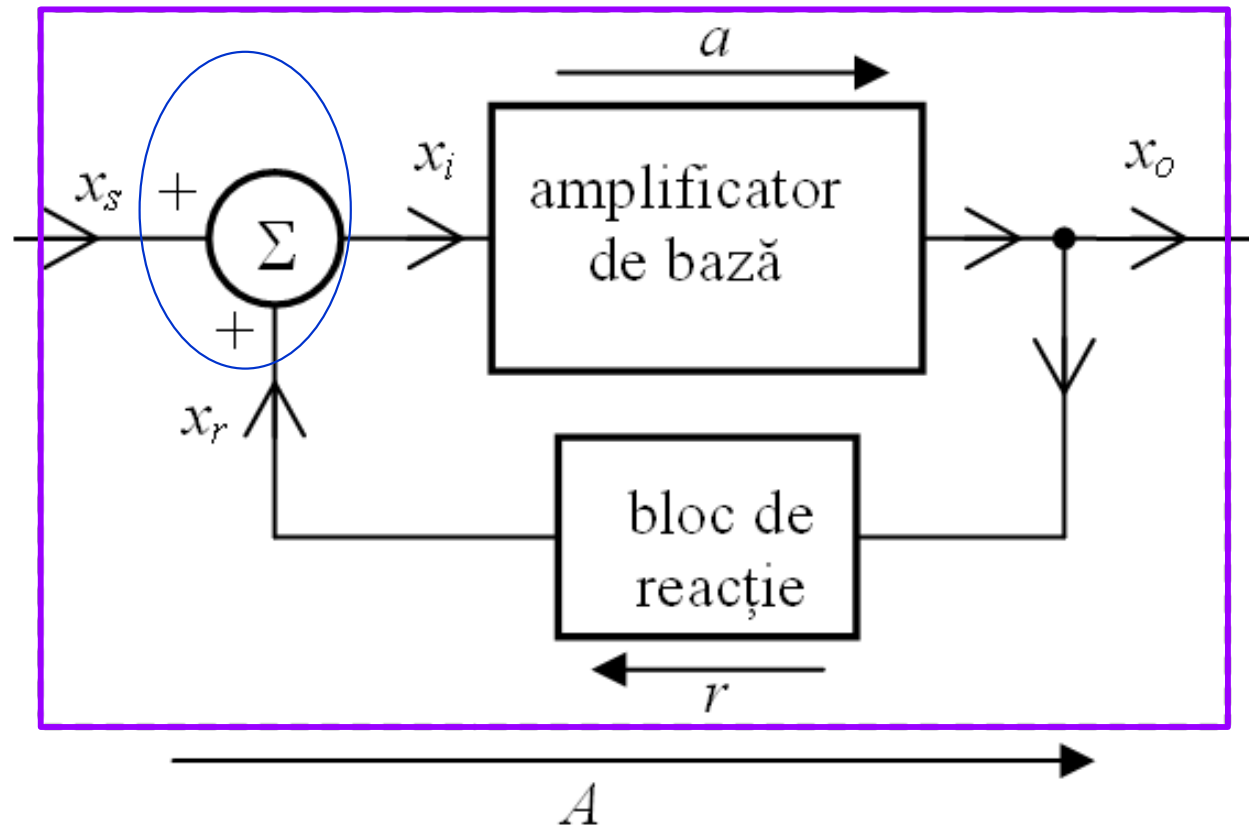
$$A = \frac{a}{1 - ar}$$

$$ar > 0; \quad 0 < 1 - ar < 1$$

$$0 < ar < 1;$$

amplificatorul in
domeniul liniar

Dar se inrautatesc
performantele
amplificatorului



$$v_i = v_s + v_r$$

*In practica nu se utilizeaza
amplificatoare cu reactie pozitiva*

Reacția pozitivă

OPTIONAL

❖ Caz special de RP:

$$(1 - ar) = 0; \quad ar = 1; \quad A \rightarrow \infty$$

$$x_o = Ax_s \quad x_o \text{ finit doar daca } x_s = 0$$

Se utilizează pentru oscilator armonic cu RP

❖ $0 > 1 - ar; \quad ar > 1$

- circuitul este cu RP, dar nu se mai poate aplica teoria liniară pentru analiza lui.
- se aplică metode specifice de analiză
- circuite basculante (comparatoare cu RP)

Configurațiile reacției

- semnalele de intrare și de ieșire: tensiune și/sau curent:
patru posibile configurații ale circuitelor cu reacție.

- **tensiune – tensiune (serie - paralel)**
- tensiune - curent (serie - serie)
- curent - tensiune (paralel - paralel)
- curent – curent (paralel - serie)

La intrare: după modalitatea de însumare a semnalelor

- tensiune: conectare în serie (în buclă)
- curent: conectare în paralel (în nod)

La ieșire: după modalitatea de preluare (masurare) a semnalelor

- tensiune: preluare în paralel (masurare cu voltmetrul)
- curent: preluare în serie (masurare cu ampermetrul)

- amplificarea pe buclă de reacție *ar* este adimensională

Analiza amplificatoarelor cu reactive negativa

❖ Reacția ideală:

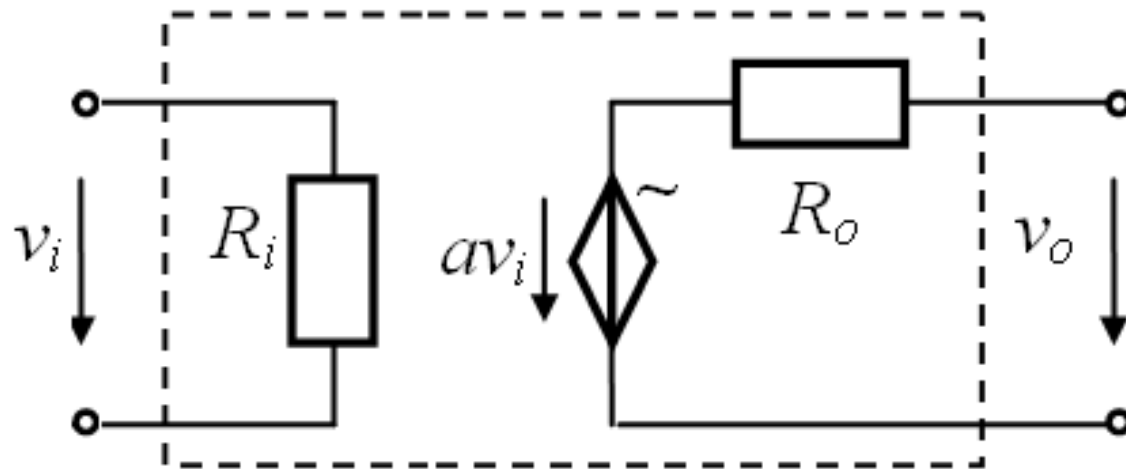
- nu se impun restricții asupra amplificatorului de bază
- se idealizeaza celelalte componente
 - ✓ blocul de reacție - o sursă comandată liniară
 - ✓ sursa de semnal este o sursă ideală (rezistența sursei se considera inclusa in amplificatorul de baza)
 - ✓ impedanța de sarcină nu încarcă ieșirea amplificatorului (sarcina se considera inclusa in amplificatorul de baza)

❖ Reacția reală:

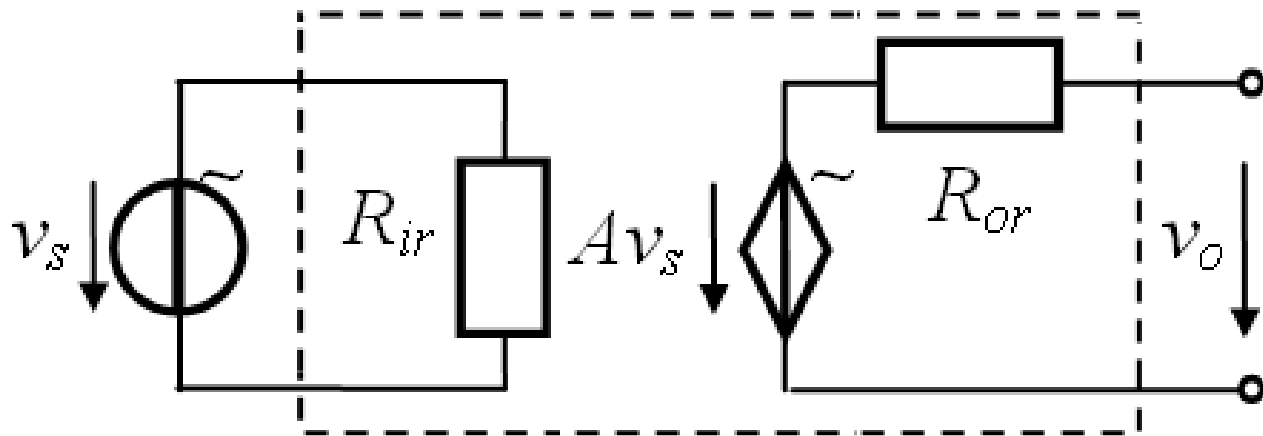
- blocul de reacție încarcă intrarea și ieșirea amplificatorului
- circuitul cu reacție reală  circuit cu reacție ideală

Reacția ideală configurația tensiune - tensiune

Modelul
echivalent al
amplificatorului
de baza



Modelul
echivalent al
amplificatorului
cu reacție



$A=?$

$R_{ir}=?$

$R_{or}=?$

$$A = \frac{a}{1 + ar}$$

$$R_{ir} = R_i (1 + ar)$$

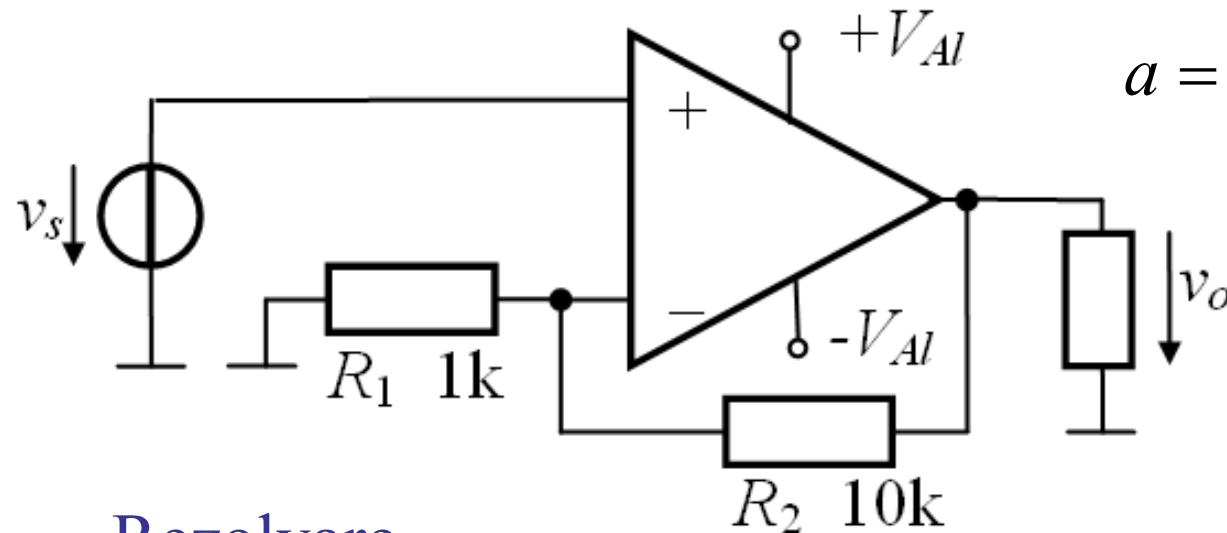
$$R_{or} = \frac{R_o}{1 + ar}$$

Exemplificare

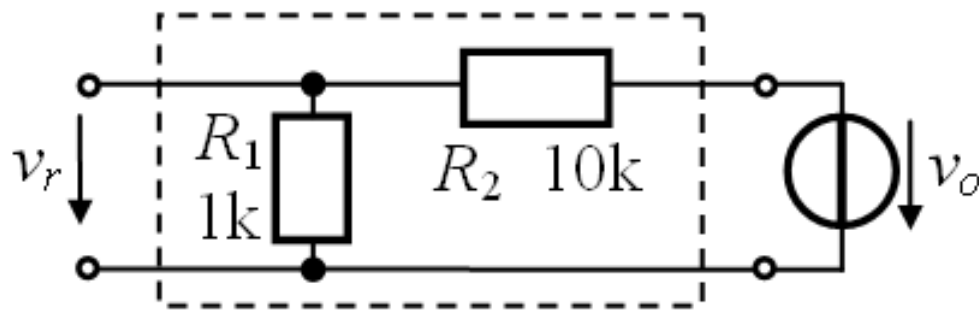
AO este de tip 741, cu valori tipice ale parametrilor:

$$a = 200\,000; R_i = 2\text{M}; R_o = 50\Omega$$

Ce valori au amplificarea, rezistenta de intrare si rezistenta de iesire a amplificatorului cu reactie?



Rezolvare



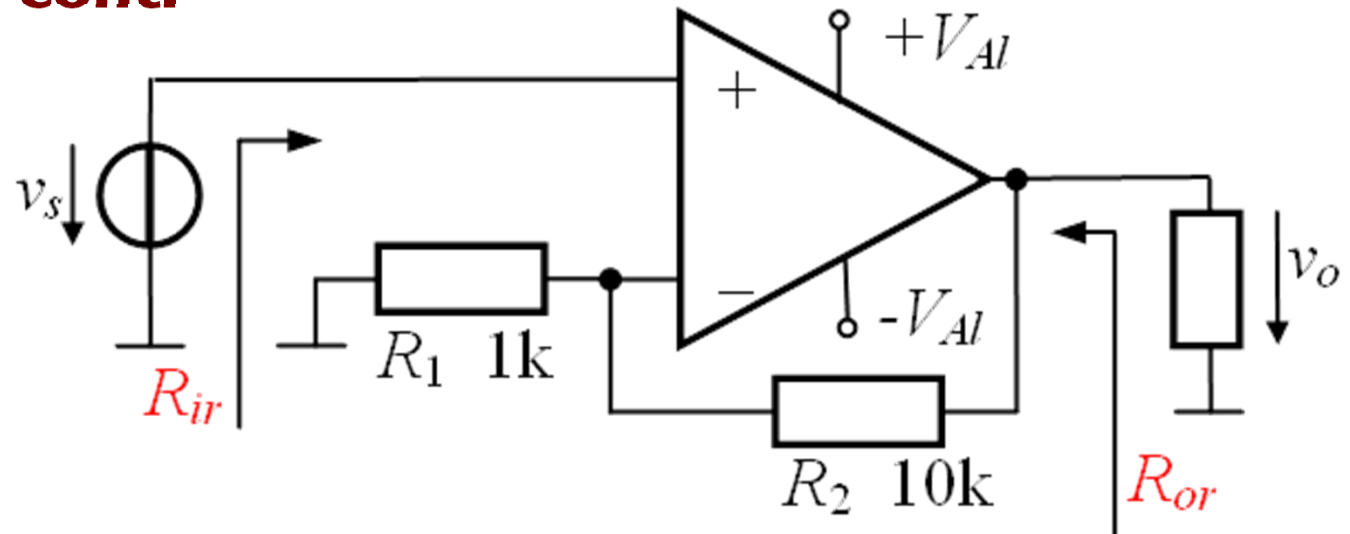
$$r = \frac{v_r}{v_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{1 + 10} \approx 0,091$$

$$1 + ar = 1 + 200\,000 \cdot 0,091 = 18\,201$$

$$A \approx \frac{1}{r} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{10}{1} = 11$$

$$A = \frac{a}{1 + ar} = \frac{200\,000}{18\,201} = 10,988$$

Exemplificare – cont.



$$R_{ir} = R_i(1 + ar) = 2 \cdot 18201 = 36402\text{M}\Omega = 36,4\text{G}\Omega$$

Comparata cu valorile rezistentelor din circuit (10k) putem spune ca $R_{ir} \rightarrow \infty$

$$R_{or} = \frac{R_o}{1 + ar} = \frac{50}{18201} = 0,0027\Omega = 2,7\text{m}\Omega$$

Comparata cu valorile rezistentelor din circuit (1k) putem spune ca $R_{or} \rightarrow 0$

Efectele RN asupra amplificatoarelor

➤ Introducerea RN:

Proprietatile amplificatorului cu reactie se modifica fata de proprietatile amplificatorului de baza:

se reduce amplificarea

- 😊 se reduce sensibilitatea amplificarii
- 😊 se reduc distorsiunile neliniare
- 😊 se maresta banda de frecvente de trecere
- 😊 se poate mari raportul semnal/zgomot
- 😊 se imbunatatesc impedantele de intrare si de iesire

Reducerea amplificării

$$A = \frac{a}{1 + ar}$$

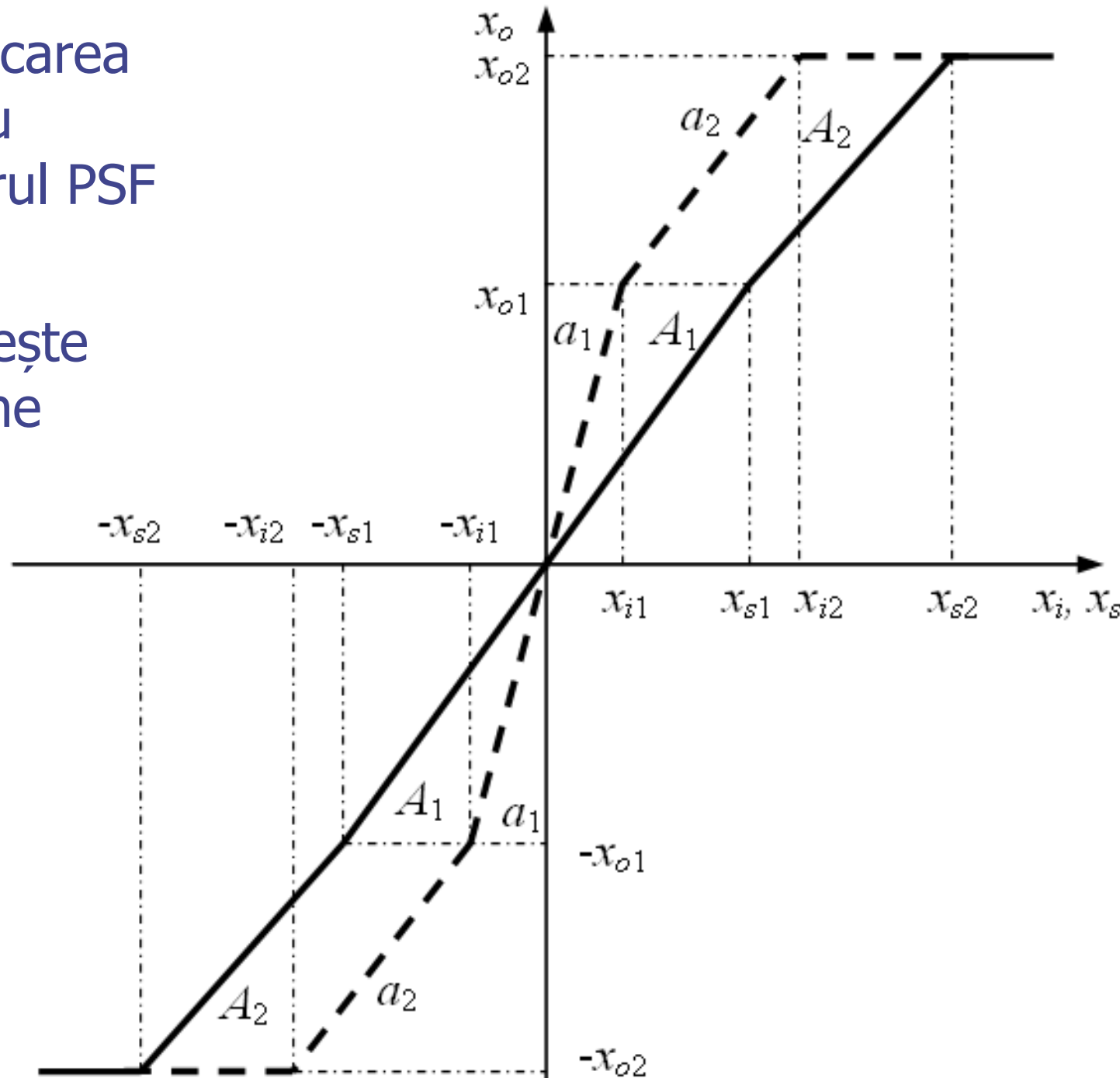
$$ar > 0$$

$$|A| < |a|$$

➤ Dacă $ar \gg 1$ (ex. la AO $a \rightarrow \infty$) $A \approx \frac{1}{r}$

Reducerea distorsiunilor neliniare

- In general amplificarea este liniară pentru semnal mic, în jurul PSF
- Dacă semnalul crește amplificarea devine neliniară



$$A_1 = \frac{a_1}{1 + a_1 r}$$

$$A_2 = \frac{a_2}{1 + a_2 r}$$

Cresterea domeniului semnalului de intrare

amplif. de baza

amplif. cu RN

$$[-x_{i2}; x_{i2}]$$

$$[-x_{s2}; x_{s2}]$$

$$\frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{1}{1 + a_2 r} \frac{a_1 - a_2}{a_1}$$

Exemplificare

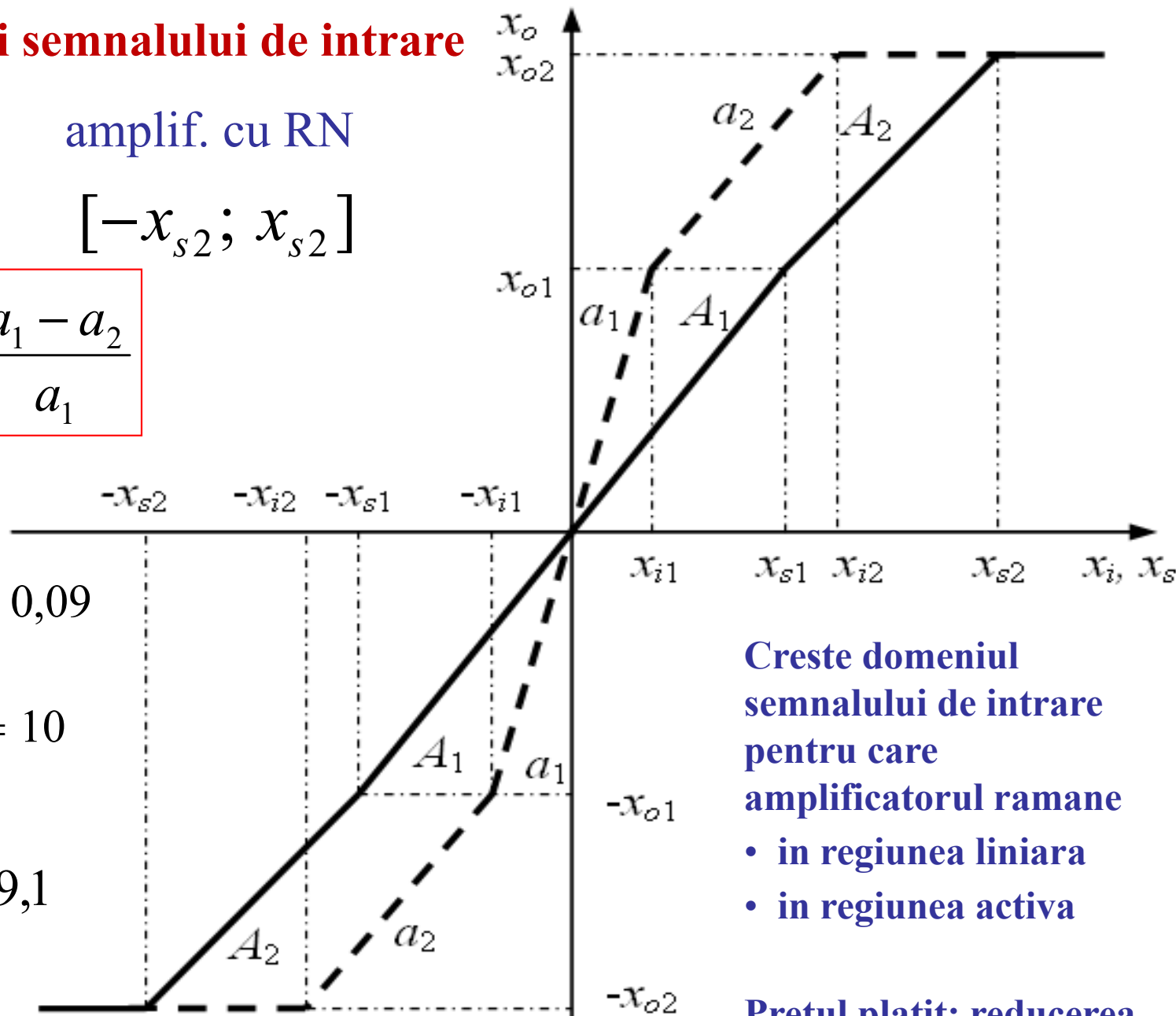
$$a_1 = 100 \quad a_2 = 50 \quad r = 0,09$$

$$A_1 = \frac{100}{1 + 100 \cdot 0,09} = 10$$

$$A_2 = \frac{50}{1 + 50 \cdot 0,09} = 9,1$$

$$\frac{a_2 - a_1}{a_1} = 50\%$$

$$\frac{A_2 - A_1}{A_1} = 9\%$$



**Creste domeniul
semnalului de intrare
pentru care
amplificatorul ramane**

- in regiunea liniara
- in regiunea activa

**Pretul platit: reducerea
amplificarii**

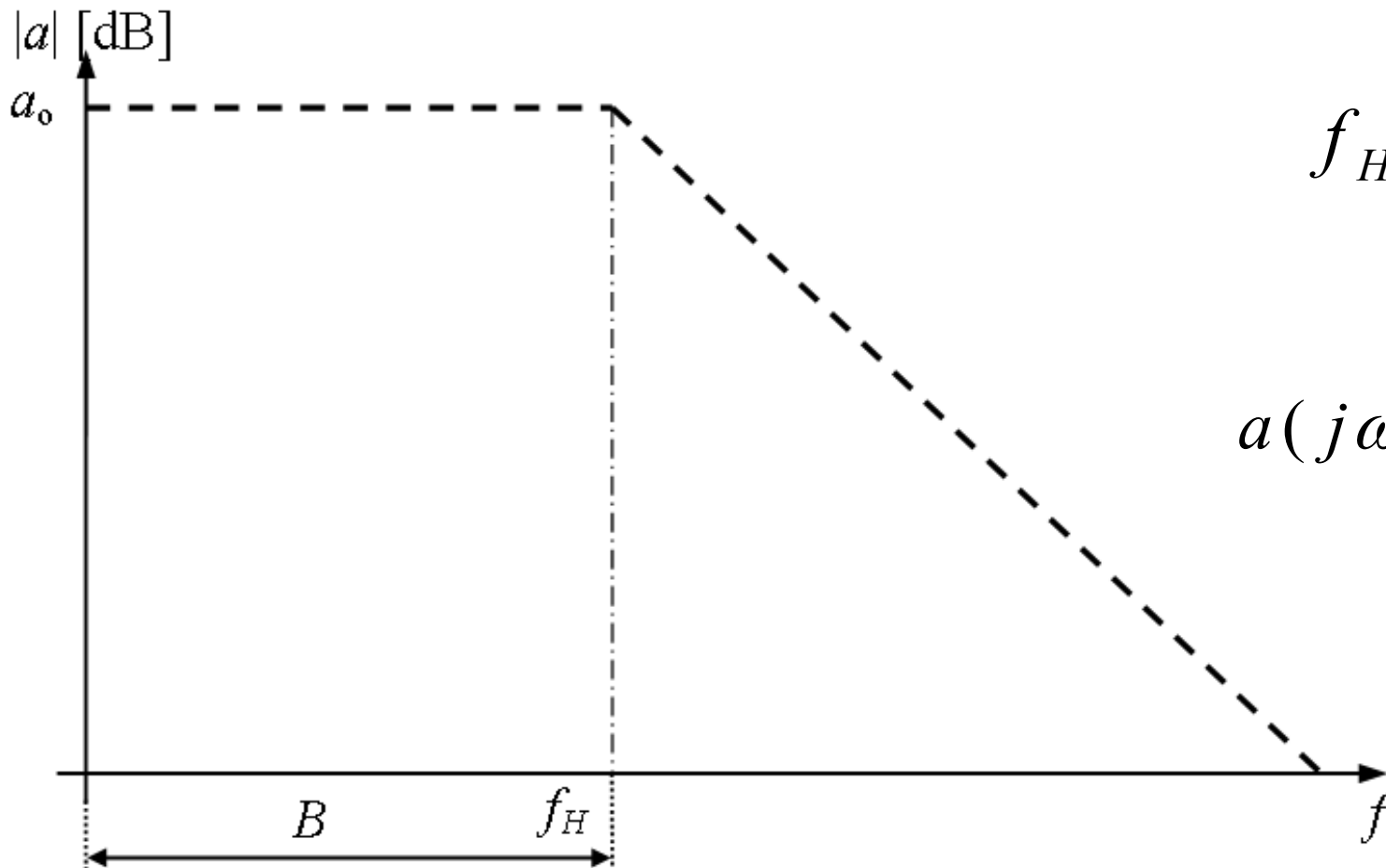
Raspunsul în frecvență

Consideram un amplificator de baza cu caracteristica de tip **trece jos**

$$a(j\omega) = \frac{a_0}{1 + j\omega RC} = \frac{a_0}{1 + j \cdot 2\pi f RC}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$a(j\omega) = \frac{a_0}{1 + j \frac{f}{f_H}}$$



In jurul amplificatorului de bază cu caracteristica de tip trece jos aplicăm o cale de reacție negativă pur rezistivă

- Reacția pur rezistivă (independentă de frecvență) nu poate schimba tipul amplificatorului rezultat
 - ✓ **Amplificatorul cu reacție va fi tot de tip trece jos**

$$A(j\omega) = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_{Hr}}} \quad A_0 = ?$$

$$A_0 = \frac{a_0}{1 + a_0 r}$$

$$f_{Hr} = ?$$

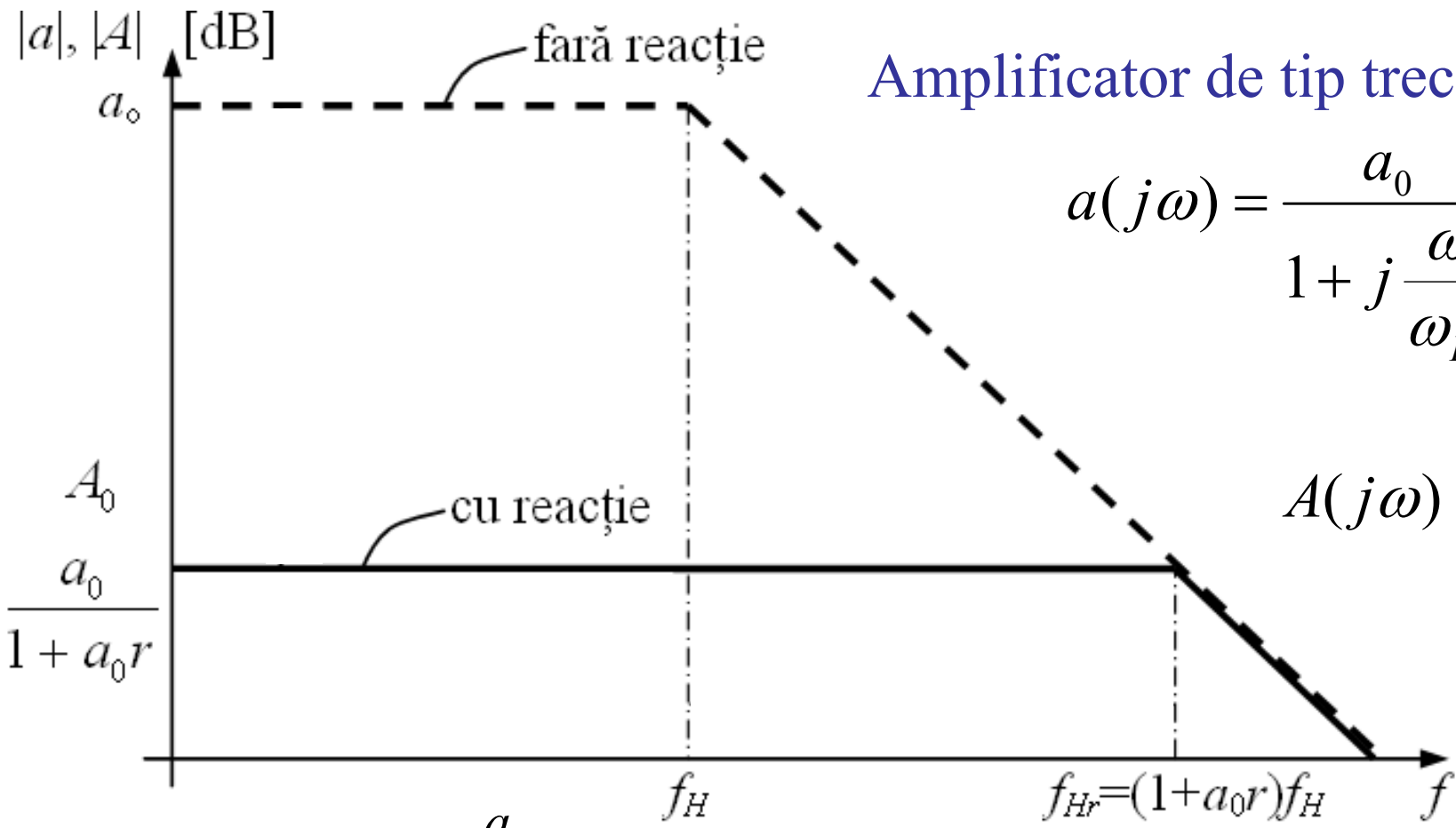
$$f_{Hr} = f_H (1 + a_0 r)$$

Demonstrație?

$$A(j\omega) = \frac{a(j\omega)}{1 + ra(j\omega)} = \dots$$

Mărirea benzii de frecvențe de trecere

Amplificator de tip trece jos



$$a(j\omega) = \frac{a_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_H}} = \frac{a_0}{1 + j \frac{f}{f_H}}$$

$$A(j\omega) = \frac{a(j\omega)}{1 + a(j\omega)r}$$

$$A(j\omega) = \frac{\frac{a_0}{1 + a_0 r}}{1 + j \frac{f}{f_H (1 + a_0 r)}}$$

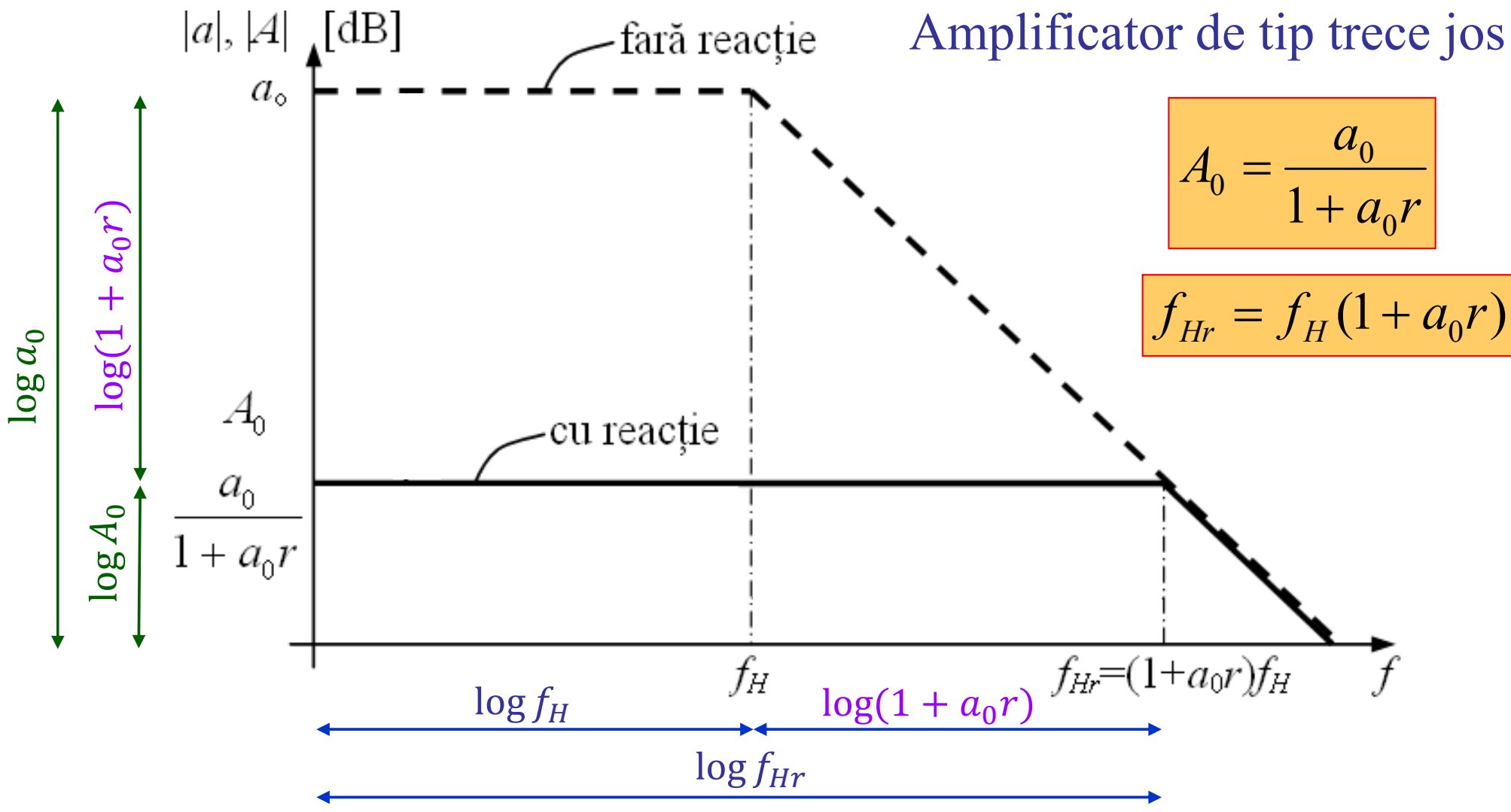
$$A(j\omega) = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_{Hr}}}$$

$$A_0 = \frac{a_0}{1 + a_0 r}$$

$$f_{Hr} = f_H (1 + a_0 r)$$

Mărirea benzii de frecvențe de trecere

Amplificator de tip trece jos

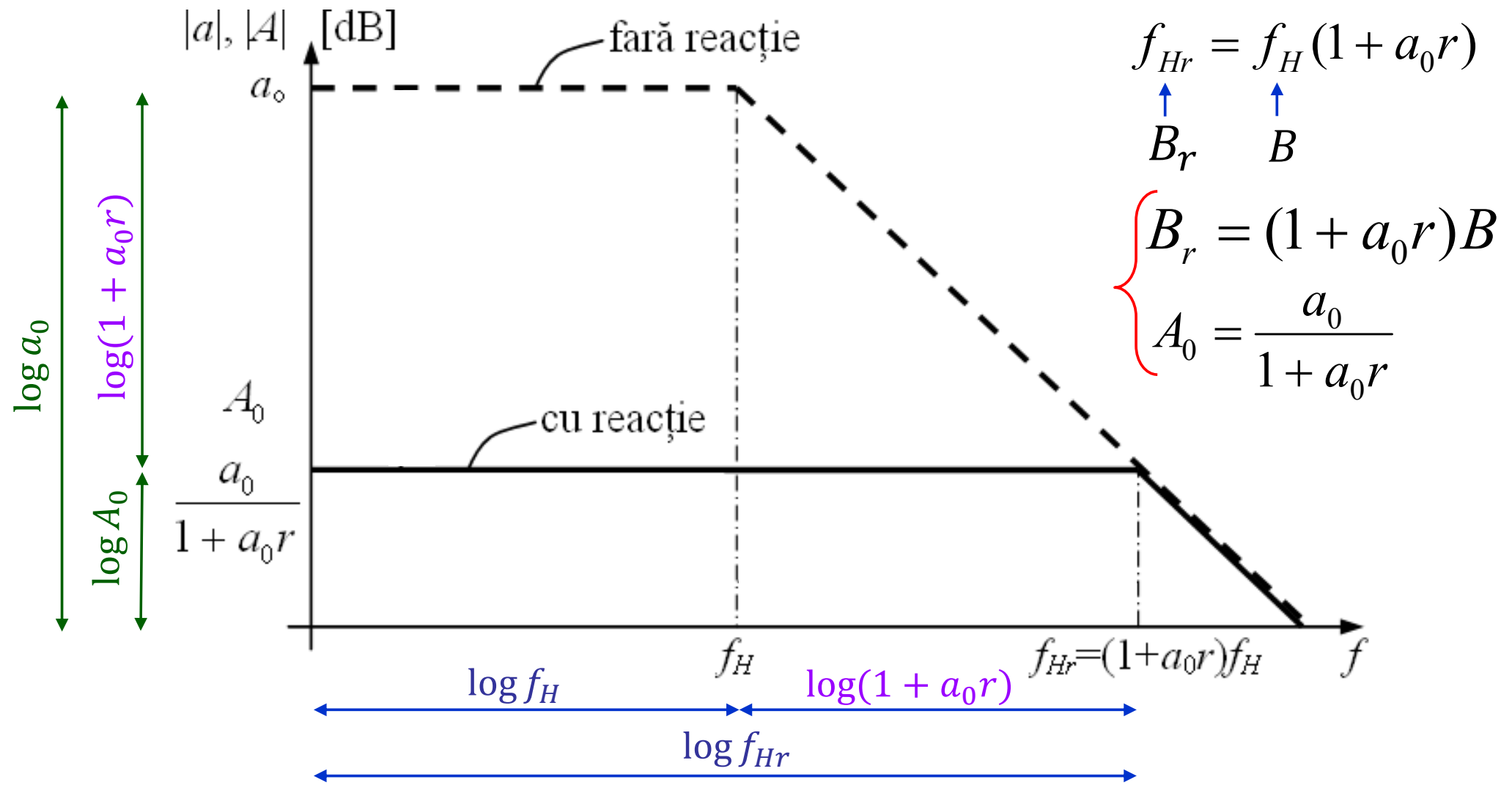


$$A_0 = \frac{a_0}{1 + a_0 r}$$

$$f_{Hr} = f_H (1 + a_0 r)$$

$$\log A_0 = \log \frac{a_0}{1 + a_0 r} = \log a_0 - \log(1 + a_0 r)$$

$$\log f_{Hr} = \log[f_H (1 + a_0 r)] = \log f_H + \log(1 + a_0 r)$$



Consecinta:

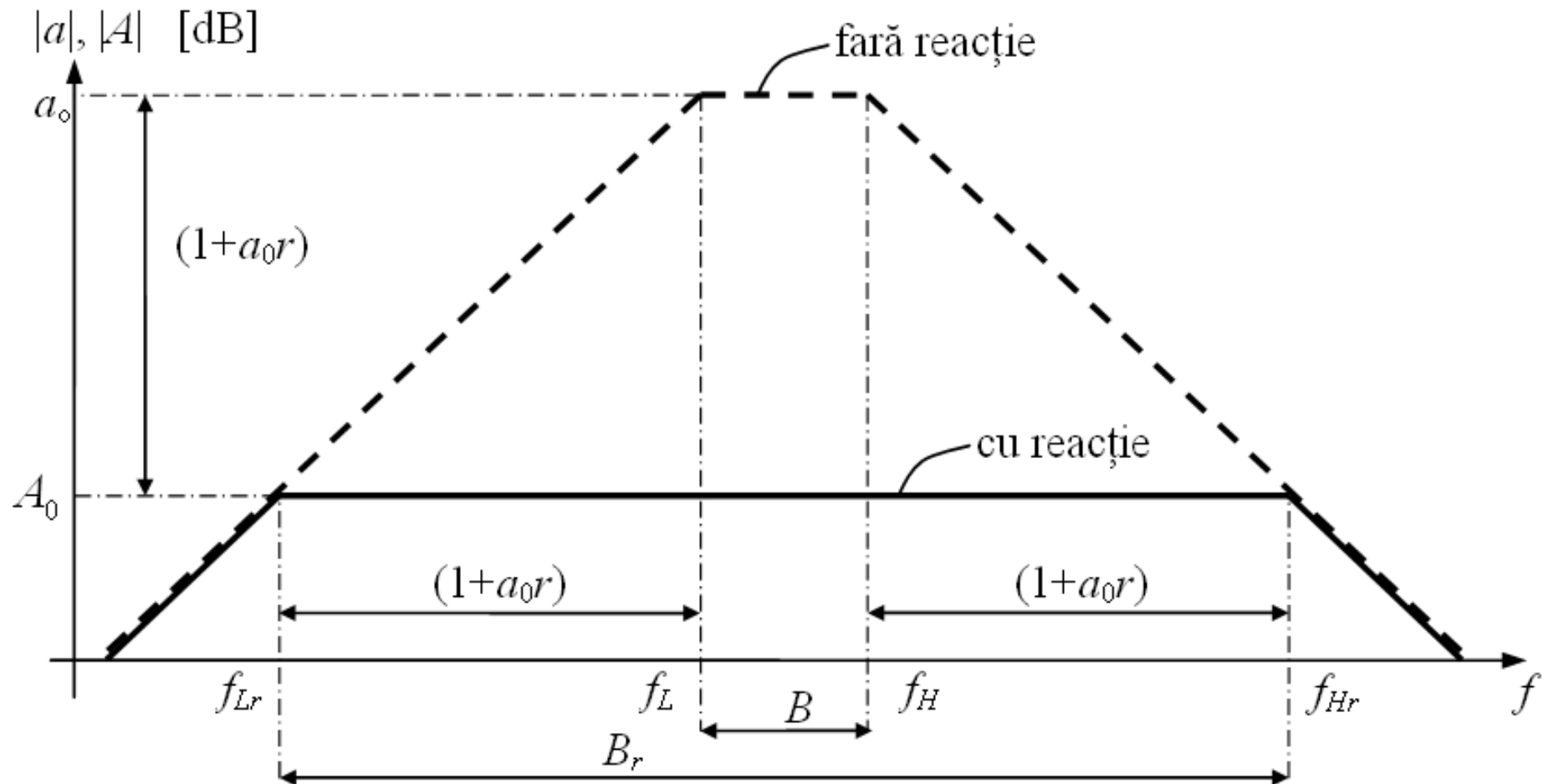
$$A_0 B_r = a_0 B$$

daca exista un singur punct de frangere

Produsul amplificare – banda este constant (*GBW*)

La introducerea RN, de câte ori scade amplificarea de atâtea ori crește banda de frecvențe de trecere

Amplificator de tip trece banda



Îmbunătățirea impedanțelor de intrare și de ieșire

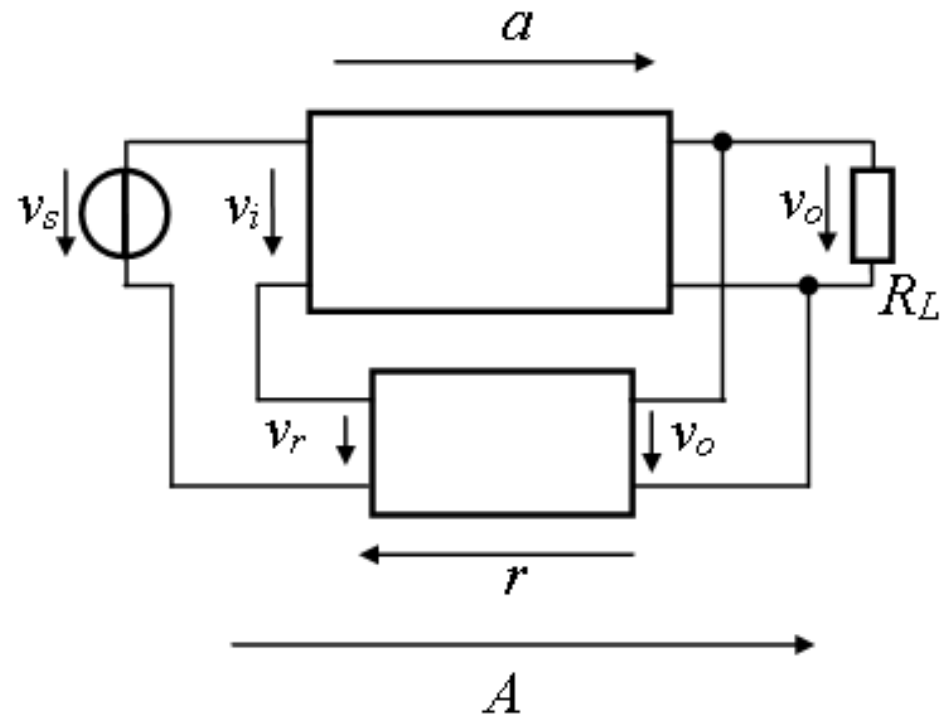
intrare

ieșire

<p>1</p> <p>tensiune</p> $R_{ir} = R_i(1 + ar)$	<p>2</p> <p>tensiune</p> $R_{or} = \frac{R_o}{1 + ar}$
<p>3</p> <p>curent</p> $R_{ir} = \frac{R_i}{1 + ar}$	<p>4</p> <p>curent</p> $R_{or} = R_o(1 + ar)$

Exercițiu

Se dă schema bloc a unui amplificator cu RN, cu $a = 1000$ și $r = 0.099$.



- Ce relație există între v_s , v_r și v_i ?
- Care este expresia și valoarea amplificării cu reacție A ?
- Care este configurația reacției?
- Considerând $v_s(t) = 50 \sin \omega t$ [mV] deduceți expresiile semnalelor $v_o(t)$, $v_r(t)$ și $v_i(t)$ și reprezentați grafic semnalele.
- Dacă rezistențele de intrare și de ieșire ale circuitului fără reacție sunt $R_i = 6 \text{ k}\Omega$, $R_o = 50 \text{ k}\Omega$ calculați valorile rezistențelor de intrare și de ieșire ale amplificatorului cu RN.
- Care este lățimea de bandă a amplificatorului cu reacție, dacă amplificatorul de bază este de tip trece jos cu banda de trecere de 16 kHz?