



**UNIVERSITATEA  
TEHNICĂ**  
DIN CLUJ-NAPOCA

# **Amplificatoarele operaționale AO**

**Amplificator Neinversor  
Amplificator Inversor  
Interfață Proiect Matlab**

**Melinte Cosmin**

# Cuprins

## 1. Amplificatorul operațional ideal

Proprietățile AO ideal

Reguli de bază la analiza AO ideal

## 2. Configurații de bază pentru AO ideal

A. Amplificatorul neinversor

B. Repetorul

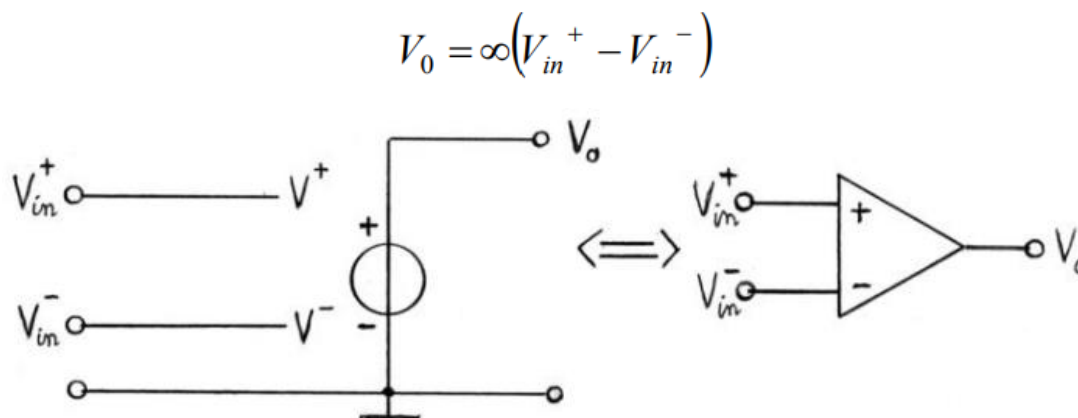
C. Amplificatorul inversor

## 3. Bibliografie

## 4. Interfață Proiect Matlab

# Amplificatorul operațional ideal

În cele mai multe analize AO este considerat un dispozitiv ideal. Intrările sunt reprezentate prin două fire care se termină în gol, iar ieșirea este conectată la o sursă de tensiune a cărei valoare este dată de relația:



## Proprietățile AO ideal

1. Impedanță de intrare infinită. Pe schema echivalentă firele din intrare se termină în gol, deci nu vor exista curenți de intrare. Această proprietate este satisfăcută bine de AO real cu tranzistoare TEC de intrare.

2. Impedanță zero la ieșire. Terminalul de ieșire fiind comandat de o sursă de tensiune cu impedanță internă nulă va avea în el o impedanță nulă.

3. Amplificare infinită. Prin definiție, pentru un AO ideal :

$$\frac{V_o}{V_{in}^+ - V_{in}^-} = \infty$$

4. Amplificare zero de mod comun. Amplificarea de mod comun este definită ca raportul dintre tensiunea de ieșire și cea de intrare când pe ambele terminale de intrare sunt aplicate tensiuni identice. Prin definiție, la AO ideal amplificarea de mod comun este zero.

5. Bandă de trecere infinită. În schema echivalentă neexistând element care să stocheze energia AO va răspunde din curent continuu până la frecvențe oricât de ridicate.

6. Tensiune de offset la intrare nulă. Legând bornele de intrare la masă tensiunea de ieșire este nulă.

7. Curent nul de polarizare la intrare.

8. Zgomot echivalent la intrare zero. Nu există zgomot la ieșirea circuitului când bornele de intrare sunt legate la masă.

## Reguli de bază la analiza AO ideal

**RI. În intrările AO nu circulă curenți.** Aceasta este o consecință a impedanței de intrare infinită.

**RII. Tensiunile pe terminalele de intrare sunt egale.**  $V_{in}^+ = V_{in}^-$

Aceasta este o consecință a reacției negative în circuitele cu AO la care o parte din tensiunea de ieșire este aplicată direct sau indirect pe intrarea inversoare prin elemente ajutătoare.

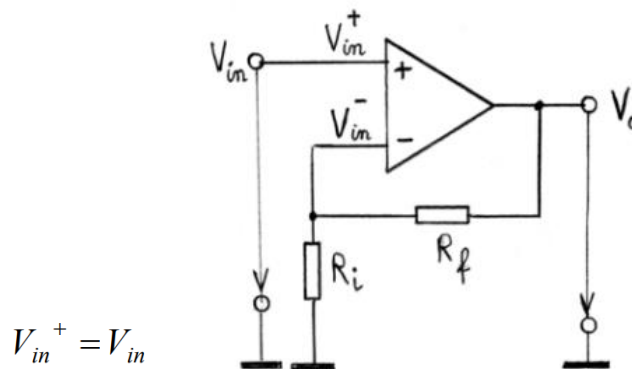
Pentru ca ieșirea AO să fie la o valoare de tensiune finită (să nu se ajungă la saturație)  $V_{in}^+$  trebuie să fie egal cu  $V_{in}^-$ . AO este un circuit activ care își ajustează mereu valoarea tensiunii de ieșire până când  $V_{in}^+$  devine egal cu  $V_{in}^-$  pentru orice configurație de circuit (atâta timp cât funcționează reacția negativă și AO nu se saturează).

**RIII. Impedanța de ieșire a AO este zero.** AO poate comanda orice sarcină.

## Configurații de bază pentru AO ideal

### A. Amplificatorul neinversor

Un semnal pozitiv aplicat la intrare produce o tensiune de ieșire pozitivă. Există o rezistență de reacție  $R_f$  conectată între ieșire și intrarea inversoare care asigură o reacție negativă cu efect de reducere a amplificării.



Deoarece nu circulă curent în terminalele de intrare,  $V_{in}^-$  este tensiunea pe  $R_i$  produsă de tensiunea de ieșire :

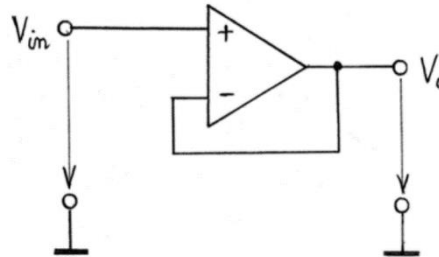
$$V_{in}^- = I_f \cdot R_i = \frac{V_0}{R_f + R_i} \cdot R_i = \frac{R_i}{R_f + R_i} \cdot V_0$$

$$\frac{V_0}{V_{IN}} = \frac{R_f + R_i}{R_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

Concluzia este că AO în montaj neinversor are întotdeauna amplificarea mai mare ca 1 pentru valori nenule ale rezistoarelor  $R_f$  și  $R_i$ .

## B. Repetorul

Repetorul este un amplificator neinversor particular care are ieșirea conectată direct la intrarea inversoare. Dacă  $R_f = 0$  rezultă o amplificare unitară.



Acest montaj realizează o amplificare semnificativă în putere.

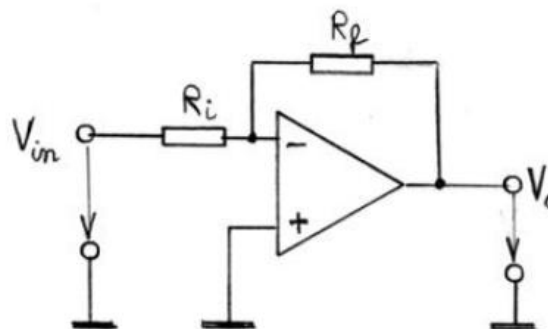
$$P_{IN} = \frac{V_{IN}^2}{R_{IN}} \quad P_0 = \frac{V_0^2}{R_0} \quad \frac{P_0}{P_{IN}} = \frac{V_0^2}{V_{IN}^2} \cdot \frac{R_{IN}}{R_0}$$

Deoarece amplificarea în tensiune este 1, rezultă că  $V_0 = V_{IN}$  și

$$\frac{P_0}{P_{IN}} = \frac{R_{IN}}{R_0}$$

AO având  $R_{IN}$  de ordinul  $10^9 \Omega$  și  $R_0$  de ordinul  $10^2 \Omega$  rezultă o amplificare în putere de ordinul  $10^7$ . Acesta este motivul pentru care repetorul este folosit ca transformator sau adaptor de impedanță care poate cupla traductoare cu impedanță foarte ridicată la sarcini de impedanță joasă.

## C. Amplificatorul inversor



Pentru a calcula amplificarea se aplică regulile stabilite anterior. Existând reacție negativă se aplică regula II  $V_{in}^+ = V_{in}^-$  fiind egal cu zero, rezultă că  $V_{in}^- = 0$ . Pentru că în intrări nu circulă curent, înseamnă că  $I_{IN} = I_f$ .

$$V_{in}^- = V_{in} - I_{in} \cdot R_i = V_{in} - \frac{V_{IN} - V_0}{R_i + R_f} \cdot R_i$$

Dar  $V_{in^-} = 0$ , deci:

$$V_{in}(R_i + R_f) = V_{IN}R_i - V_0R_i$$

$$V_0 = V_{in} \left( 1 - \frac{R_i + R_f}{R_i} \right)$$

$$V_0 = -V_{IN} \cdot \frac{R_f}{R_i}$$

La AO inversor amplificarea poate fi pozitivă sau negativă, mai mare sau mai mică decât unitatea.

Trebuie de observat că la AO inversor intrarea neinversoare conectată la masă conduce la micșorarea impedanței de intrare până la valoarea  $R_i$ .  $V_{in^-}$  reprezintă o masă virtuală pentru că  $V_{in^+}$  este conectat direct la masă.

## Bibliografie:

<https://mail.uaic.ro/~ftufescu/Amplificatoare%20operationale.pdf>

<https://mce.utcluj.ro/igac.html>

# Interfață Proiect Matlab

