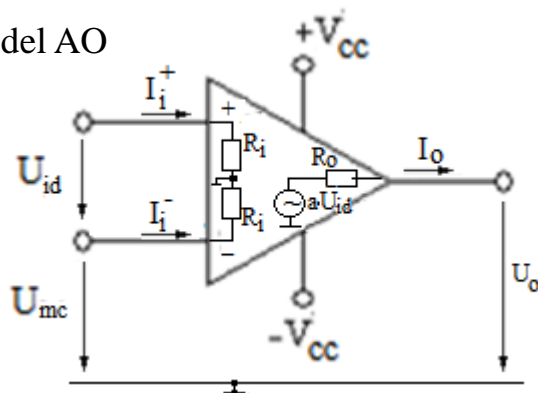


Circuite electronice analogice

Parametrii amplificatoarelor operationale

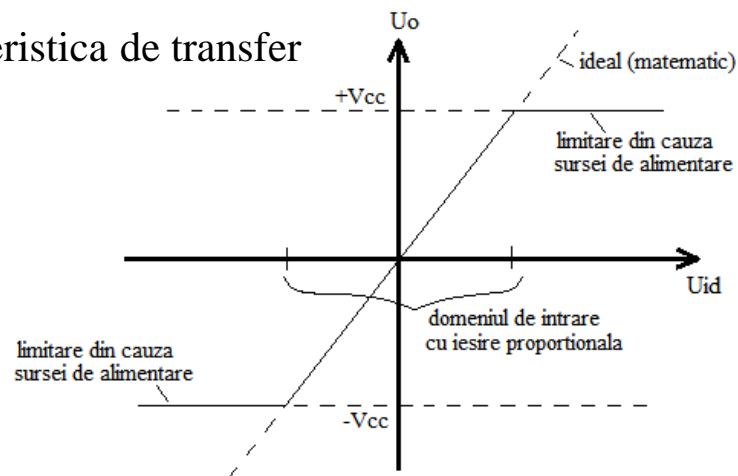
Pe baza modelului general AO, putem specifica următorii parametri ai AO:

Model AO



$$a = \frac{U_o}{V^+ - V^-}$$

Caracteristica de transfer



- Amplificarea pe mod diferential a_{md}
- Amplificarea pe mod comun a_{mc}
- Factorul de rejectie a modului comun $CMRR = a_{md} / a_{mc}$
- Amplificarea in tensiune a (mod diferential)
- Rezistenta (impedanta de intrare), R_i , (Z_i)
- Curentul absorbit pe intrări, I_i^+ , I_i^-
- Curentul maxim generat la iesire (curentul de scurtcircuit), I_o
- Rezistenta de iesire, R_o
- Tensiunea de offset U_{off} si curentul de offset I_{off}
- Domeniul de intrare maxim U_{imax} ($-V_{cc}$, $+V_{cc}$)
- Tensiunea de alimentare ($U_{alim\ min}$ - $U_{alim\ max}$); tipic 15V
- Deriva tensiunii la iesire cu temperatura, $V_{drift} = dV/dT$
- Viteza de variatie a tensiunii la iesire, $Slew\ rate = dV/dt$
- Latimea benzii de frecvență, B (bandwidth)

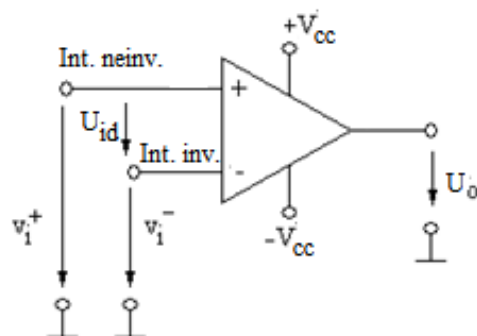
AO real	AO ideal
$a \in [\text{zeci} - \text{sute mii}]$	$a \rightarrow \infty$
$V^+ - V^- \approx [\mu V - mV]$	$V^+ - V^- \rightarrow 0 \Rightarrow \boxed{V^+ = V^-}$
$R_i \in [\text{sute } K\Omega - M\Omega]$	$R_i \rightarrow \infty$
$I_i^+ \approx I_i^- \in [\mu A - nA]$	$\boxed{I_i^+ = I_i^- = 0}$
$R_o \in [\text{unitati} - \text{zeci } \Omega]$	$R_o = 0$
$U_{off}, I_{off} \neq 0$	$U_{off}, I_{off} = 0$
$I_o \in [10mA - 30mA]$	
$B \in [0 - f_{max}]$	$B \rightarrow \infty$

Circuite electronice analogice

Amplificatoare Operaționale (AO)

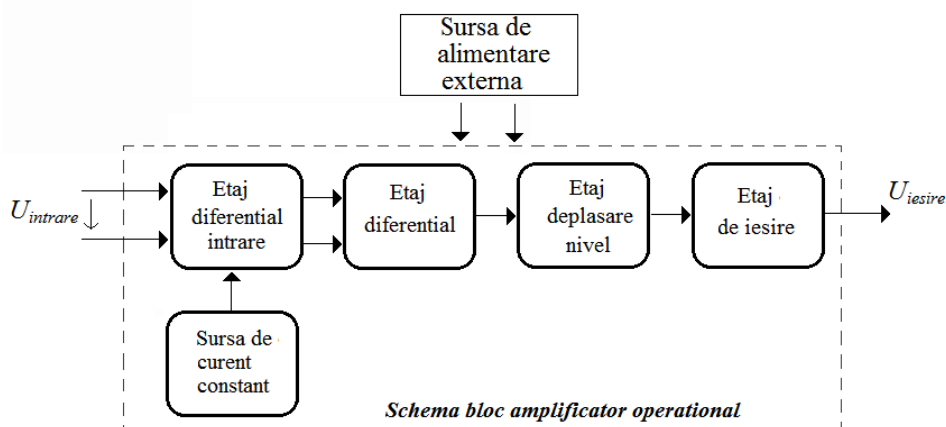
Sunt amplificatoare de tensiune în buclă deschisă, cu amplificare foarte mare, realizate sub formă de circuit integrat, care au două borne de intrare (intrare inversoare - și intrare neinversoare +) și se alimentează cu tensiune continuă simetrică.

Simbolul AO:



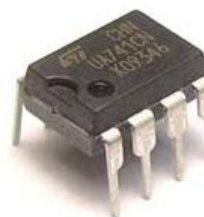
$$U_o = a \cdot U_{id} = a \cdot (V^+ - V^-)$$

$$a_u = \frac{U_o}{U_{id}} = \frac{U_o}{V^+ - V^-}$$

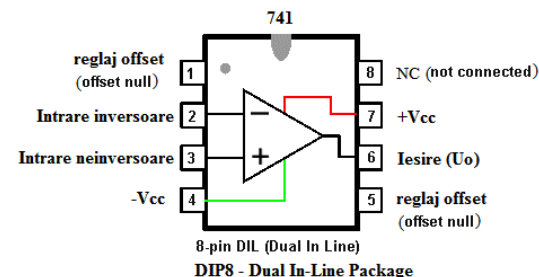


Schema bloc amplificator operational

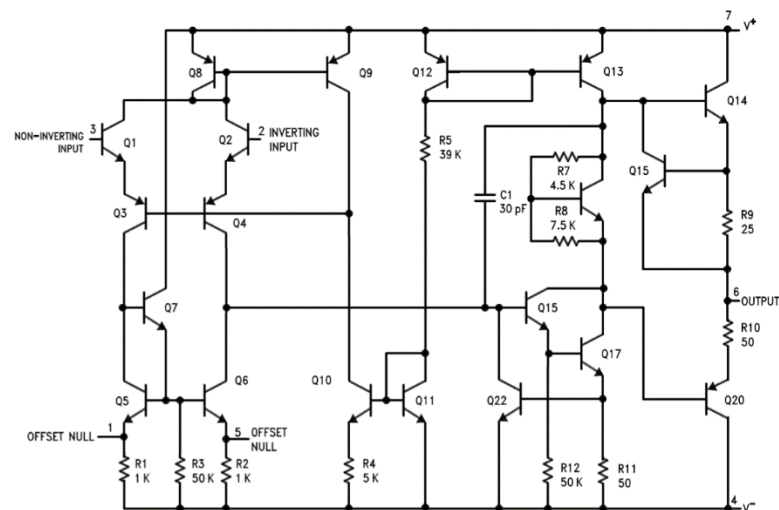
Schemă bloc amplificator operațional



CI 741 capsula DIP8



denumire pini

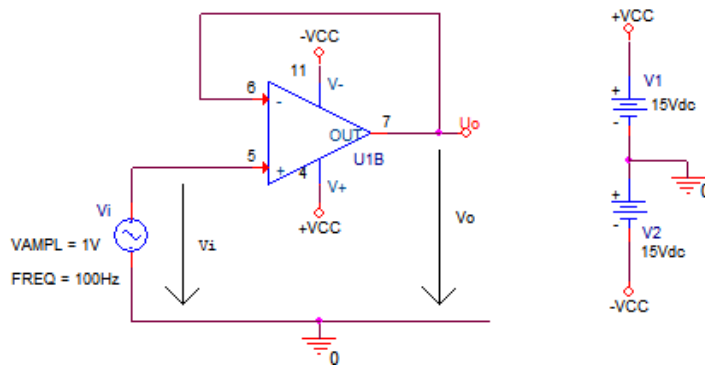


Schema electrică internă

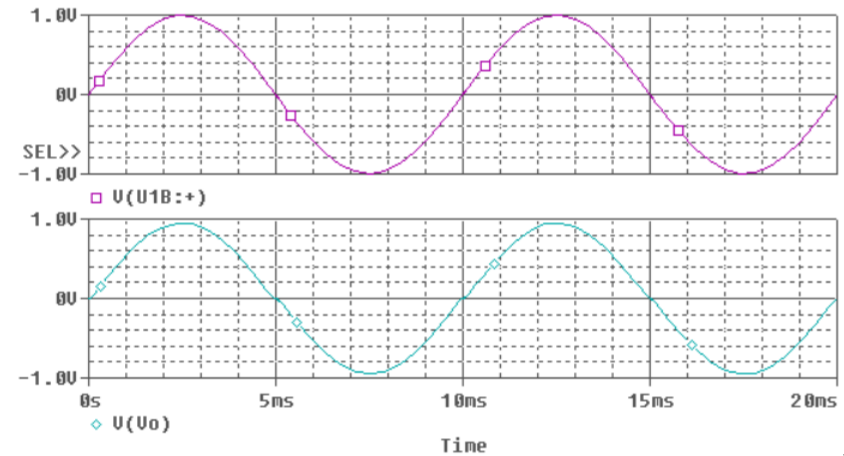
Conexiuni fundamentale ale AO

Ca amplificator, amplificatoarele AO nu se utilizează în buclă deschisă (fără reacție negativă) din cauza instabilității mari și a amplificării foarte mari, care conduce la limitarea tensiunii de la ieșire pentru valori uzuale (volți, milivolți) ale tensiunii la intrarea amplificatorului.

Amplificator repetor:



Schema electrică completă

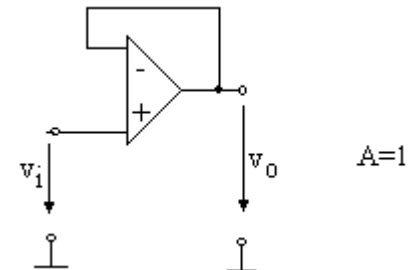


Tensiunea la intrare și la ieșire

Pentru simplificarea calculului, se consideră AO ideal:

Asta înseamnă: $V^+ = V^-$ și $I_i^+ = I_i^- = 0$

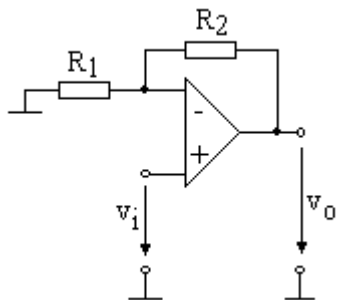
Cum $V^+ = U_i$ și $V_o = V^- \Rightarrow V_o = U_i \Rightarrow A = \frac{V_o}{U_i} = 1$



Schema simplificată (de principiu)

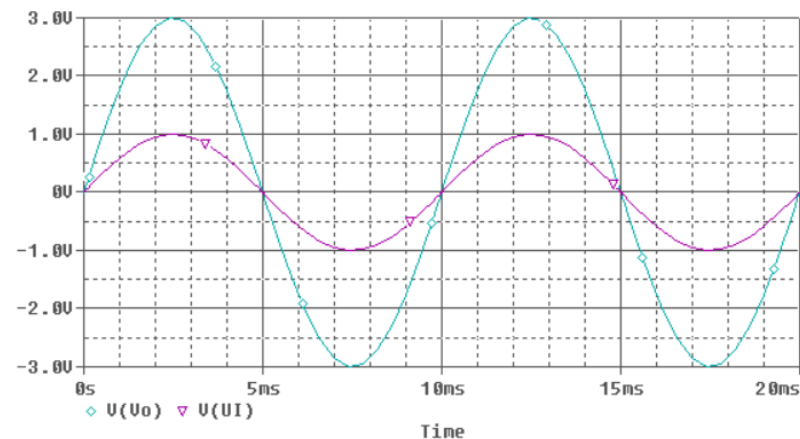
Circuite electronice analogice

Amplificator neinversor



$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$U_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_i$$



Tensiunea la intrare și la ieșire pentru
 $R_1=1K$ și $R_2=2K$

Calcul: se consideră AO ideal: $V^+ = V^-$ și $I_i^+ = I_i^- = 0$

Aplicand TK1 avem: $\left. \begin{array}{l} I_1 = I_2 + I_i^- \\ I_i^- = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow I_1 = I_2$

Aplicam TK2 pe ochiul ce conține pe R_2 , V_o și $V^- \Rightarrow$

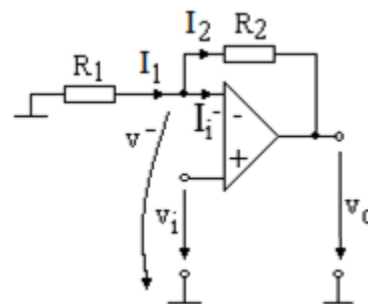
$$I_2 \cdot R_2 + V_o - V^- = 0$$

$$\text{Cum } V^- = V^+ = U_i$$

$$\Rightarrow V_o = U_i - I_2 \cdot R_2 = U_i + \frac{U_i}{R_1} \cdot R_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_i \Rightarrow$$

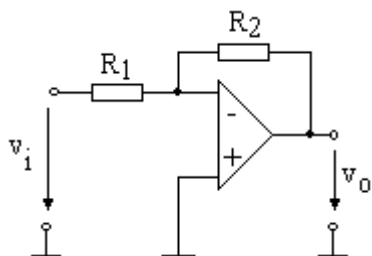
$$\text{Dar } I_1 = \frac{0 - V^-}{R_1} = -\frac{V^-}{R_1} = -\frac{U_i}{R_1}$$

$$\Rightarrow A = \frac{V_o}{U_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



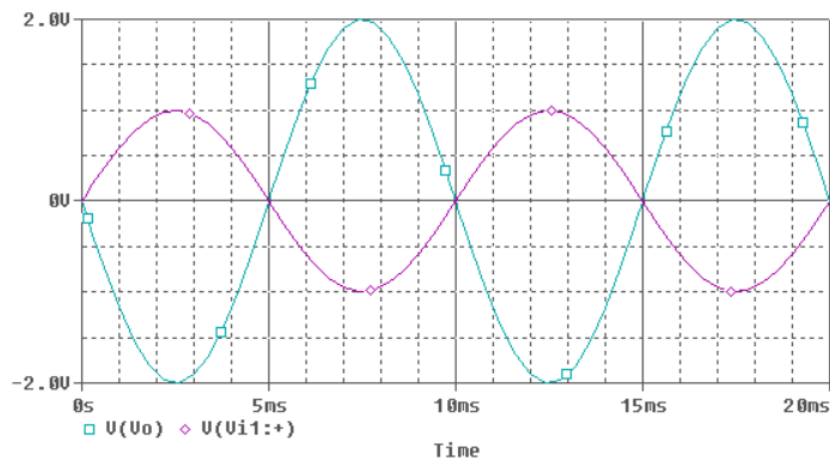
Circuite electronice analogice

Amplificator inversor



$$A = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$U_0 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_i$$



Tensiunea la intrare și la ieșire pentru
 $R_1=1K$ și $R_2=2K$

Calcul: se consideră AO ideal: $V^+ = V^-$ și $I_i^+ = I_i^- = 0$

Aplicand TK1 avem: $\left. \begin{array}{l} I_1 = I_2 + I_i^- \\ I_i^- = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow I_1 = I_2$

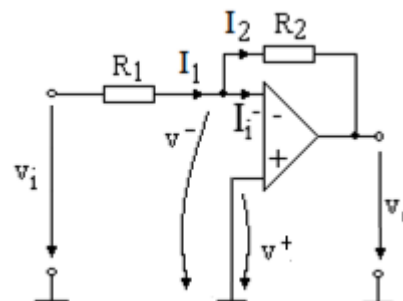
Aplicam TK2 pe ochiul ce conține pe R_2 , V_o și $V^- \Rightarrow$

$$I_2 \cdot R_2 + V_o - V^- = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Cum } V^- = V^+ = 0 \\ I_2 \cdot R_2 + V_o - V^- = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow V_o = -I_2 \cdot R_2 = -\frac{U_i}{R_1} \cdot R_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_i \Rightarrow$$

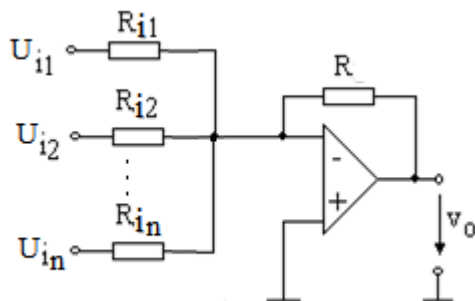
$$\text{Dar } I_1 = \frac{U_i - V^-}{R_1} = \frac{U_i}{R_1}$$

$$\Rightarrow A = \frac{V_o}{U_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$



Circuite electronice analogice

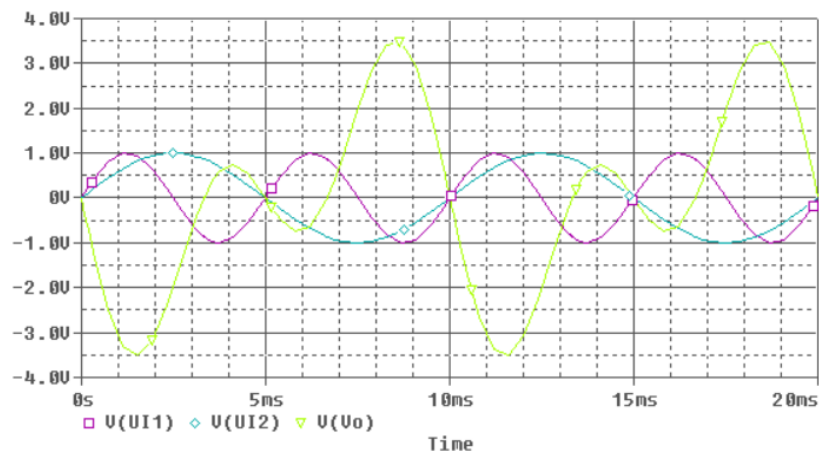
Amplificator sumator inversor



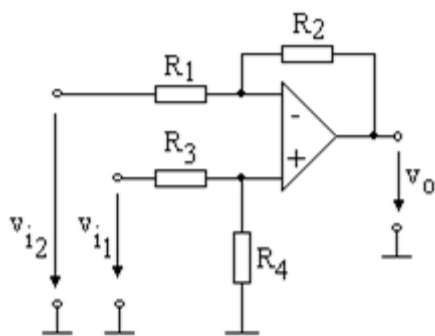
$$V_o = -\frac{R}{R_{i1}} \cdot U_{i1} - \frac{R}{R_{i2}} \cdot U_{i2} \cdots - \frac{R}{R_{in}} \cdot U_{in}$$

Pentru $R_{i1} = R_{i2} = \dots = R_{in} = R \Rightarrow$

$$V_o = -U_{i1} - U_{i2} - \dots - U_{in} = -(U_{i1} + U_{i2} + \dots + U_{in})$$

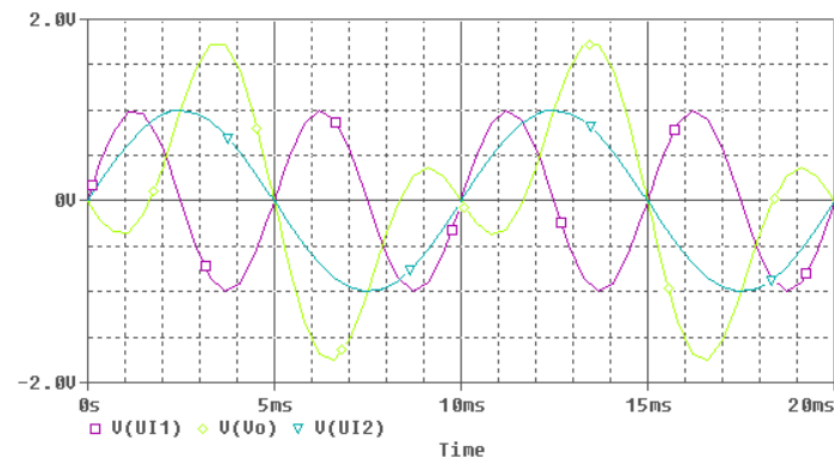


Amplificator diferențial



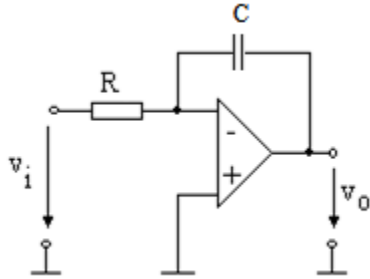
$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot (U_{i2} - U_{i1})$$

$$\text{daca } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Leftrightarrow R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$



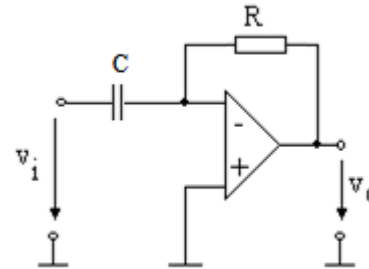
Circuite electronice analogice

Amplificator integrator



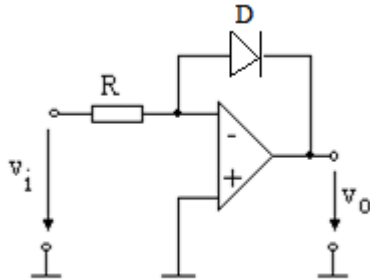
$$V_0(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_i(t) dt$$

Amplificator derivator



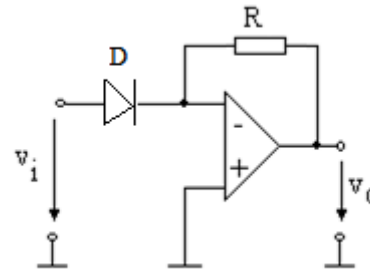
$$V_0(t) = -RC \cdot \frac{dV_i(t)}{dt}$$

Amplificator logaritmice



$$V_0(t) = -V_T \cdot \ln \left(\frac{V_i(t)}{I_s \cdot R} \right)$$

Amplificator exponential



$$V_0(t) = -I_s \cdot R \cdot e^{\frac{V_i(t)}{V_T}}$$