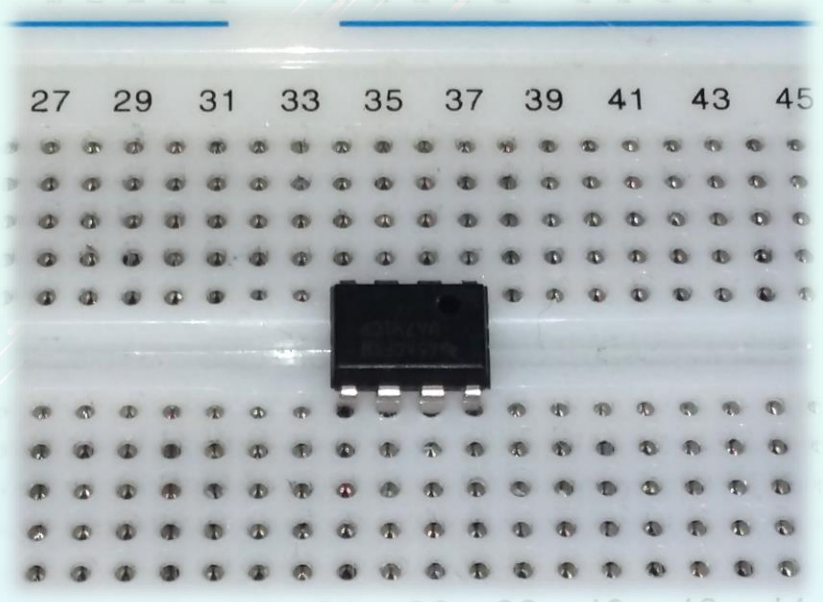
Curs 9
AMPLIFICATOR DIFERENȚIAL ȘI AMPLIFICATOR SUMATOR CU AO

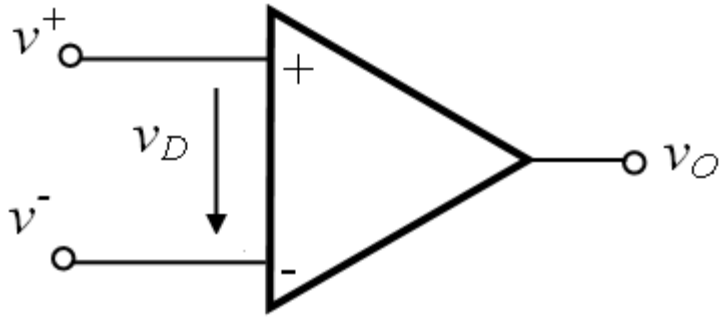


CUPRINS

- Amplificator diferențial cu AO
  - Amplificarea
  - Rezistența de intrare
  - Amplificator de instrumentație
- Amplificator sumator cu AO
  - Sumator inversor
  - Sumator neinversor

Dispozitive electronice, E. Șipoș, L. Ivanciu
pagini 187÷192, opțional 192÷201

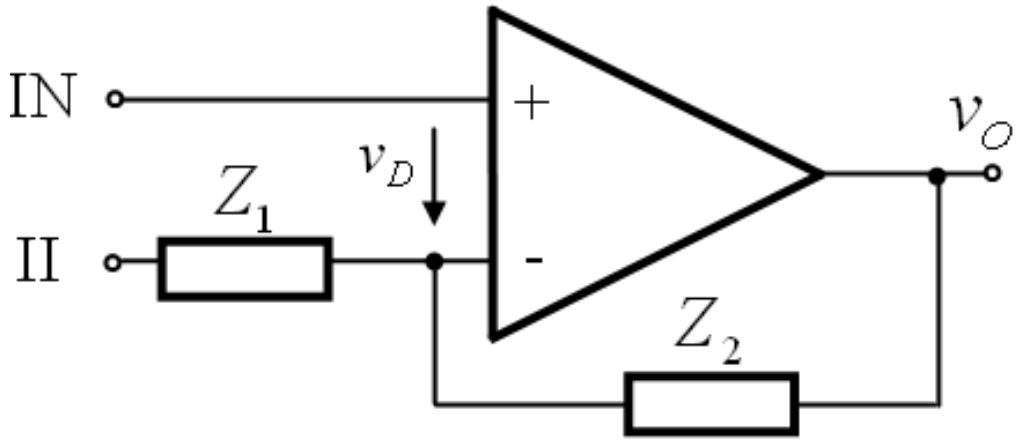
Recapitulare – circuite cu AO



$$v_D = v^+ - v^-$$

REACȚIE	v_I	APLICAȚIA	CE CALCULĂM	v_O
Fără reacție	IN	Comparator simplu, neinversor	V_P	$v_O \in \{V_{OL}; V_{OH}\}$
	II	Comparator simplu, inversor		
Reacție pozitivă (RP)	IN	Comparator cu histerezis, neinversor	V_{PH}, V_{PL}	$v_O \in \{V_{OL}; V_{OH}\}$
	II	Comparator cu histerezis, inversor		
Reacție negativă (RN)	IN	Amplificator neinversor	A_V	$v_O \in [V_{OL}; V_{OH}]$
	II	Amplificator inversor		

Amplificator diferențial cu AO

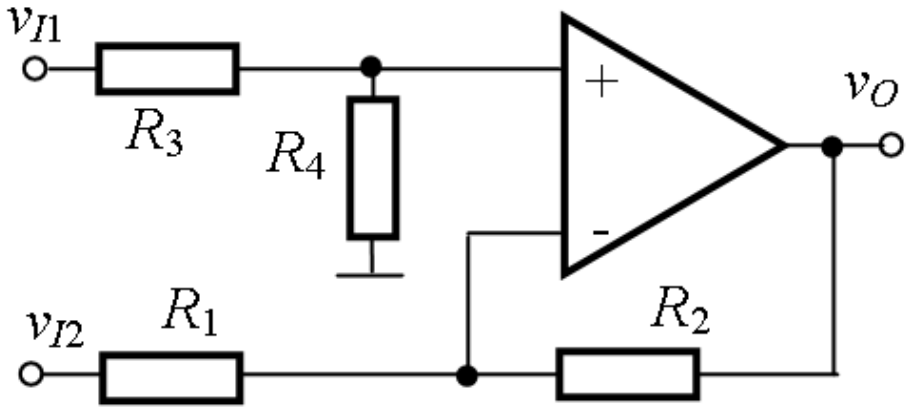


Ce posibilități avem pentru conectarea intrărilor ?

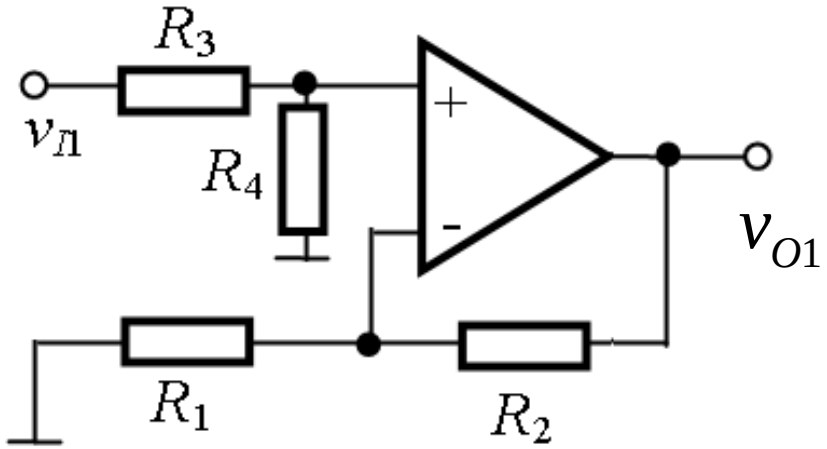
Intrări		Amplificator
IN	II	
v_I	masă	neinversor
masă	v_I	inversor
v_{I1}	v_{I2}	diferențial

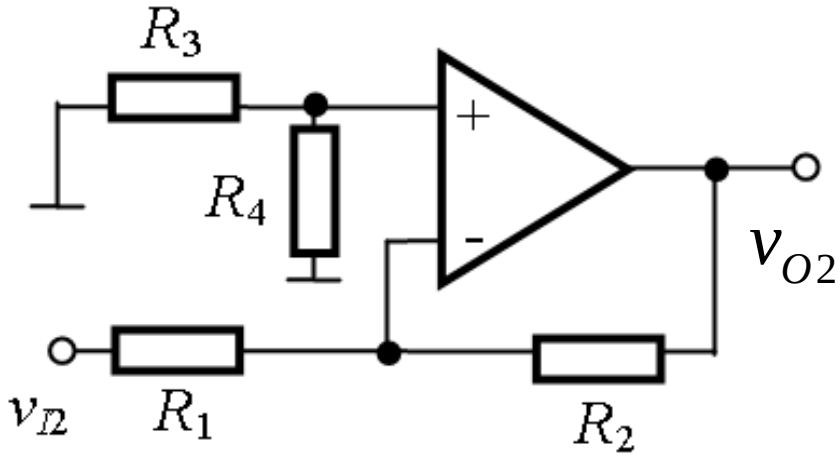
Amplificator diferențial cu AO

Amplificarea



Teorema suprapunerii efectelor





$$v_{O2} = -\frac{R_2}{R_1} v_{I2}$$

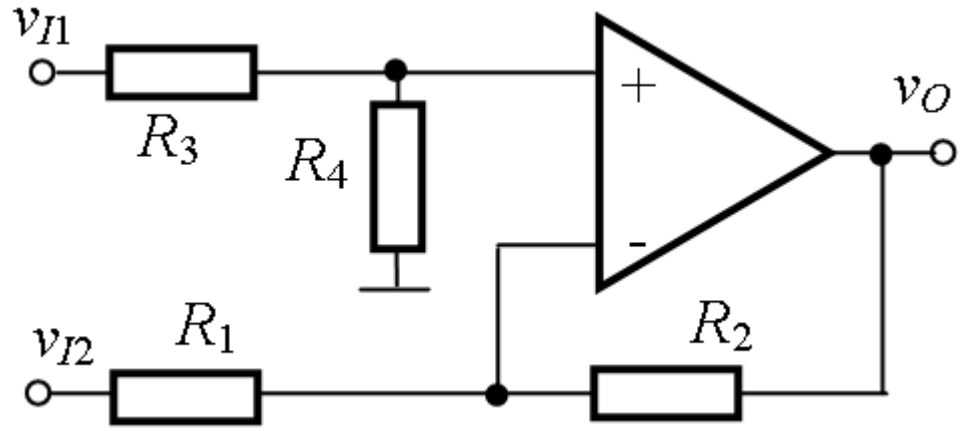
$$v_{O1} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{I1}$$

$$v_O = v_{O1} + v_{O2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{I1} - \frac{R_2}{R_1} v_{I2}$$

Amplificator diferențial cu AO

Amplificarea

Cum amplificăm v_{I1}-v_{I2} ?



$$v_O = \frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)v_{I1} - \frac{R_2}{R_1}v_{I2}$$

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$v_O = \frac{R_2}{R_1}\left(v_{I1} - v_{I2}\right)$$

Pentru v_{I1}=v_{I2} se obţine v_O=0

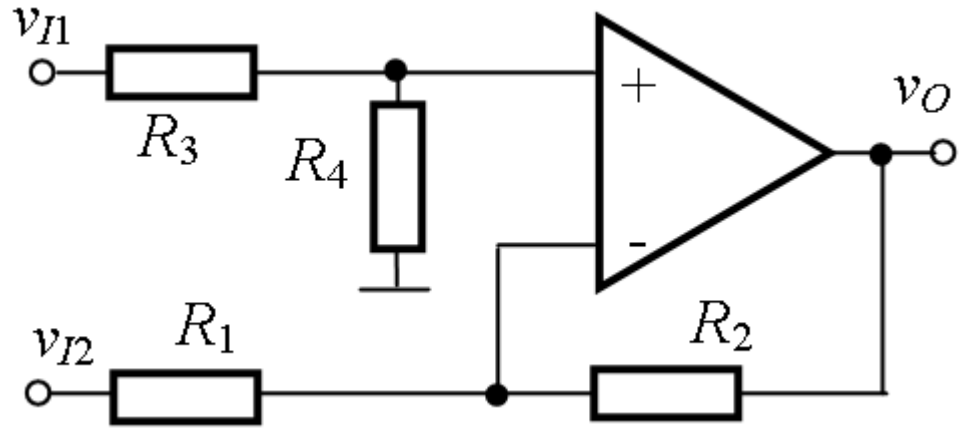
$$v_{I1} = v_1 + v_{zg} \qquad v_{I2} = v_2 + v_{zg} \qquad v_O = A_v(v_1 + v_{zg} - v_2 - v_{zg}) = A_v(v_1 - v_2)$$

Circuitul **amplifică doar diferenţa** tensiunilor **şi rejectează semnalele de mod comun**.

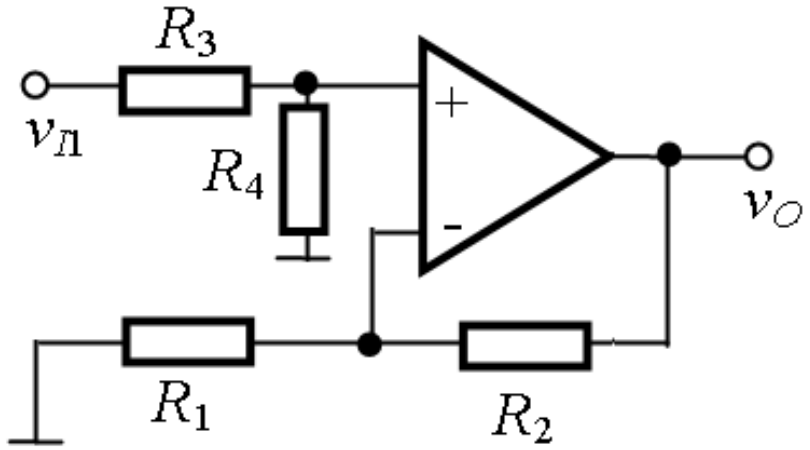
În cazurile practice se utilizează R_1=R_3 și R_2=R_4

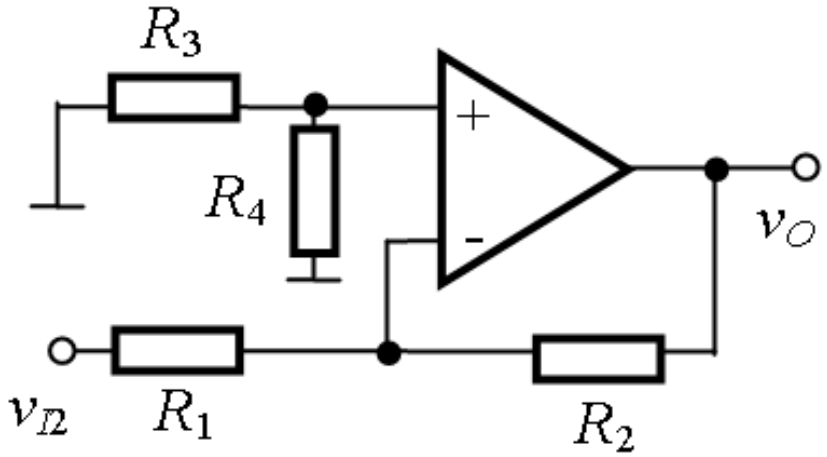
Amplificator diferențial cu AO

Rezistența de intrare



Teorema suprapunerii efectelor





Rezistența de intrare văzută de v_{I1}

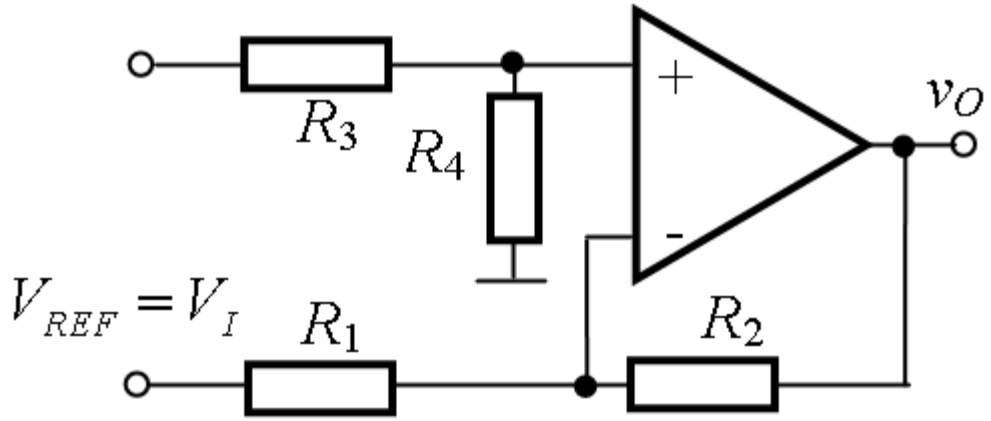
$$R_{I1} = R_3 + R_4$$

Rezistența de intrare văzută de v_{I2}

$$R_{I1} = R_1$$

Amplificator diferențial cu AO

$$v_I(t) = V_I + v_i(t)$$



Problemă

De la un senzor se primeste un semnal variabil v_i cu componenta continua V_I =5V. Dorim să amplificăm doar partea variabilă a semnalului (cea care conține informație), de 10 ori. Ce soluție se poate utiliza ?

$$v_O(t) = \frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_I(t) - \frac{R_2}{R_1} V_{REF}$$

$$v_O(t) = \frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\left(V_I + v_i(t)\right) - \frac{R_2}{R_1} V_I$$

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - \frac{R_2}{R_1} = 0 \qquad \frac{R_4}{R_3 + R_4}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 10 \qquad \frac{R_2}{R_1} = 10$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \qquad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{1}{10}$$

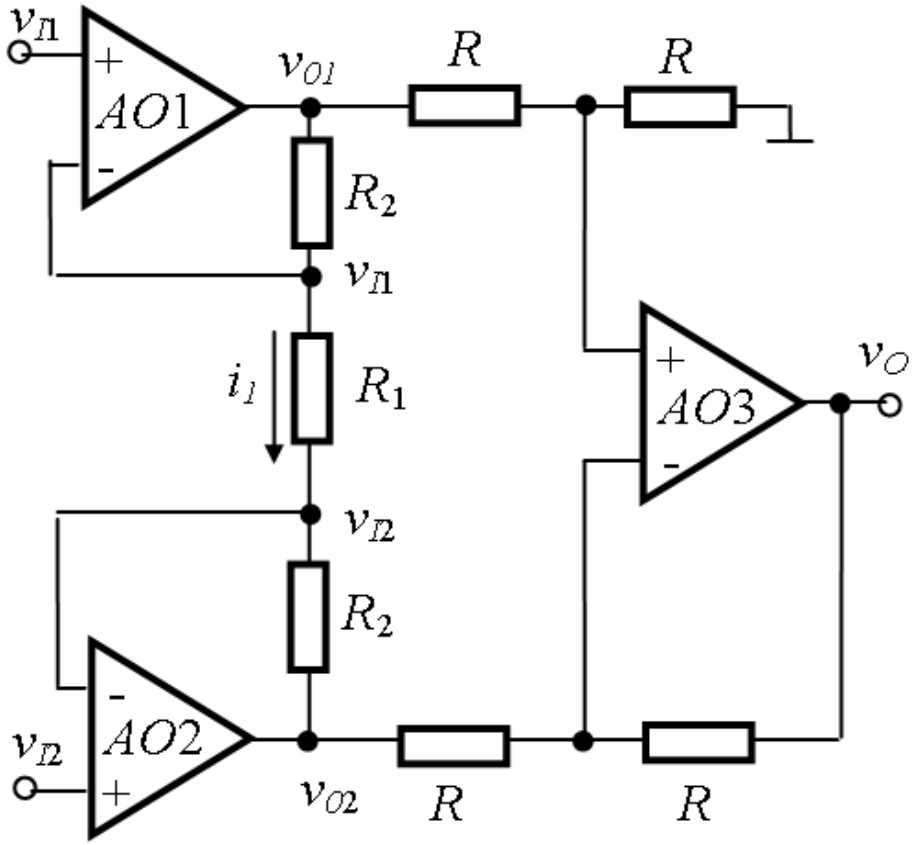
Se alege $R_1 = R_3 = 2.5\text{k}\Omega$

$R_2 = R_4 = 25\text{k}\Omega$

$$v_o(t) = 10 v_i(t)$$

Amplificator de instrumentație standard

- rezistenţă mare de intrare
- rejecţie cât mai bună a semnalului de mod comun



AO1 şi AO2:

- rezistenţa de intrare mare
- asigură amplificarea

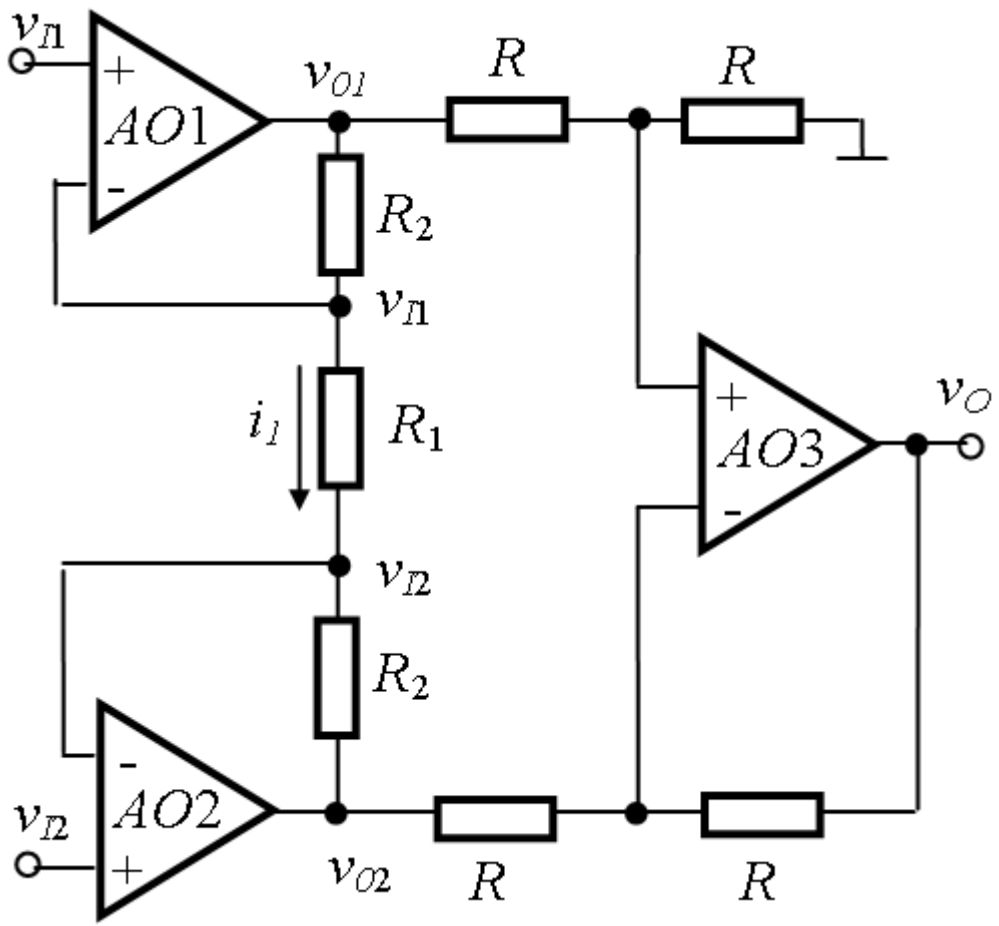
AO3:

- amplificarea unitară
- trecerea de la două tensiuni v_{O1} şi v_{O2} la o singură tensiune v_O.
- rejecţie suplimentară a tensiunii de mod comun

$$v_O = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)(v_{I1} - v_{I2})$$

Amplificator diferențial cu AO

Amplificator de instrumentație standard



Metoda superpozitiei:

$$v_{O1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{I1} - \frac{R_2}{R_1} v_{I2}$$

$$v_{O2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{I2} - \frac{R_2}{R_1} v_{I1}$$

$$v_O = \frac{R}{R}\left(v_{O1} - v_{O2}\right)$$

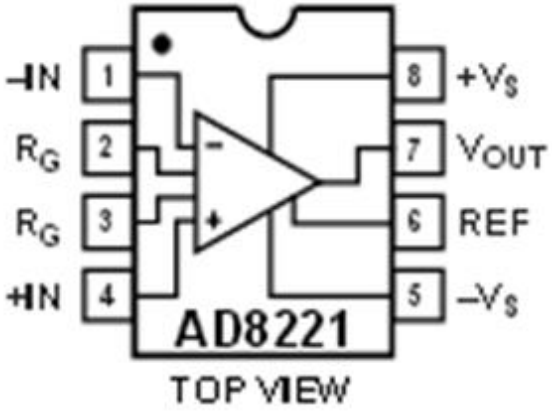
$$\boxed{v_O = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)\left(v_{I1} - v_{I2}\right)}$$

Amplificatoare de instrumentație (diferențiale) de precizie, integrate

- ***AD8221*** *Analog Devices*

  Precision Instrumentation Amplifier

  $A_V = 1 + (49.4\ k\Omega/R_G)$



- ***MAX4194***, ***MAX4195***, ***MAX4196***, ***MAX4197***

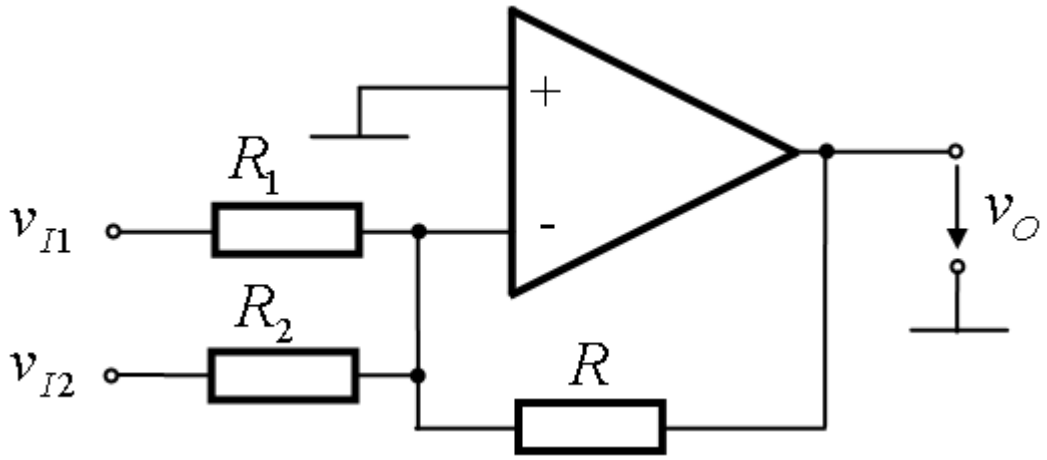
Micropower, Single-Supply, Rail-to-Rail, Precision Instrumentation Amplifiers

Maxim Integrated

- ***LT1167*** *Linear Technology*

Amplificator sumator cu AO

Sumator inversor



Expresia tensiunii de ieșire ?

- teorema lui Millman

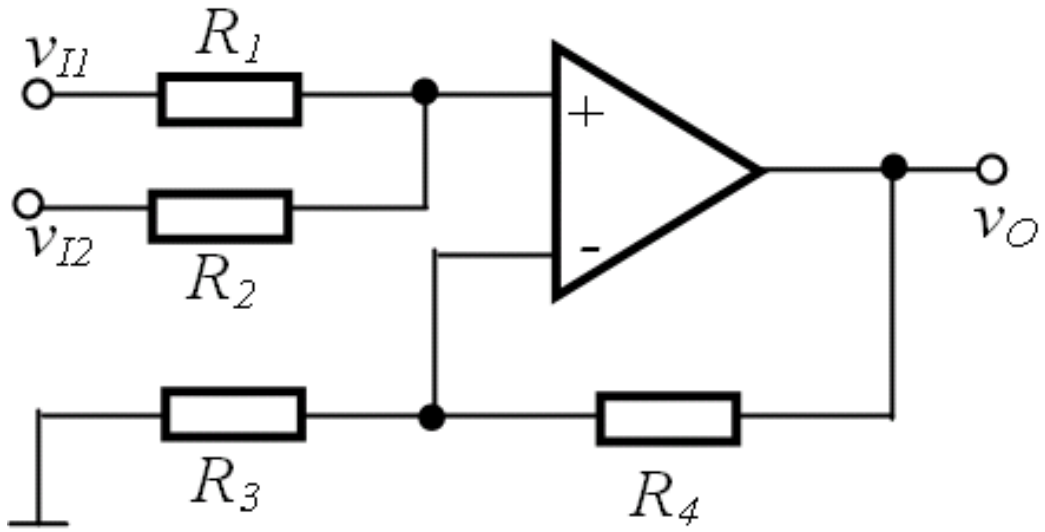
$$v_O = -\left(\frac{R}{R_1}v_{I1} + \frac{R}{R_2}v_{I2}\right)$$

Ce relație trebuie să existe între rezistențe pentru a obține media aritmetică a tensiunilor de intrare ?

$$R_1 = R_2 = 2R$$

Amplificator sumator cu AO

Sumator neinversor



Expresia tensiunii de ieșire ?

$$v_O = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right)\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{I1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{I2}\right)$$

Relația între rezistoare pentru:

$$v_O = v_{I1} + v_{I2}$$

$\Longrightarrow$

$$R_1 = R_2 \quad si \quad R_3 = R_4$$

Uzual $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

Amplificator sumator cu AO

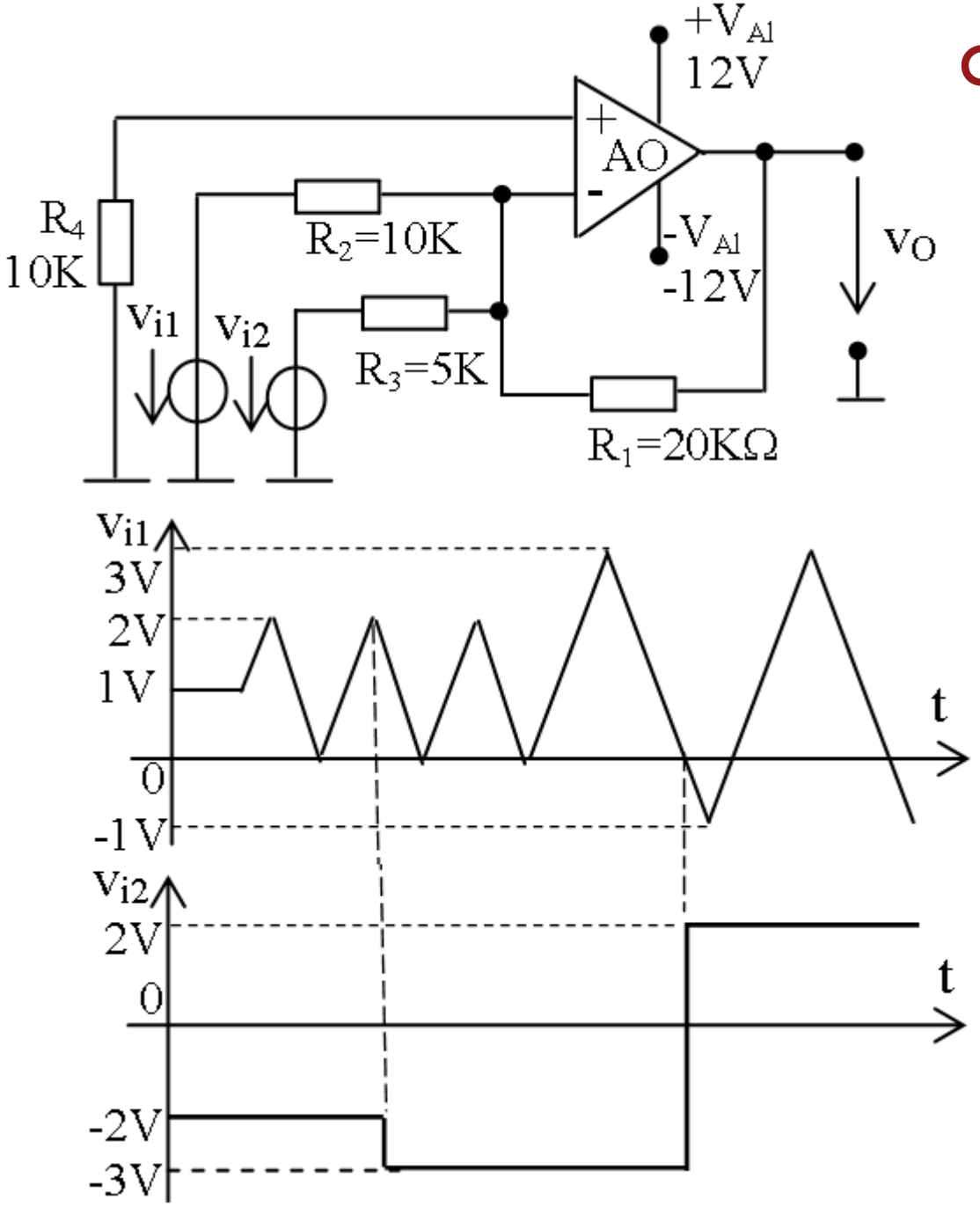
Problemă

a) Expresia $v_O(v_{i1}, v_{i2})$ considerând că AO lucrează în regiunea liniară? Ce aplicație realizează circuitul?

b) Considerând v_{i1}=2V, cum arată CSTV $v_O(v_{i2})$ a circuitului pentru $v_{i2} \in$[-5V; 5V]? În această situație, pentru ce interval de valori a tensiunii v_{i2} circuitul funcționează în regiunea activă?

c) Pentru valorile rezistențelor din figură, cum arată $v_O(t)$ pentru tensiunile din figura alăturată?

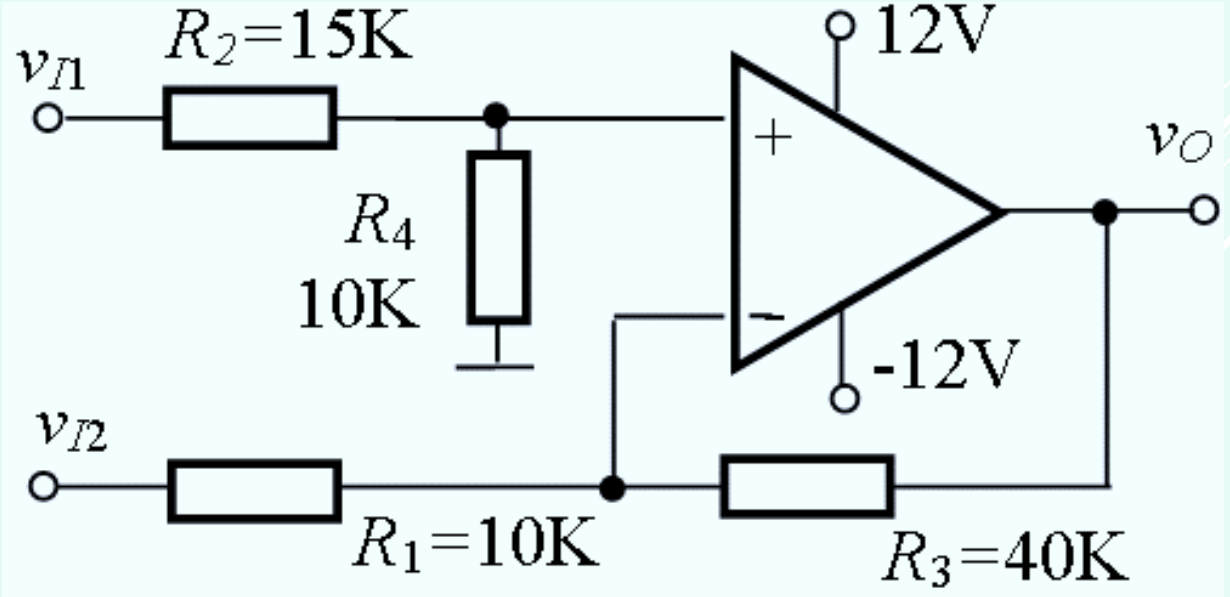
d) Dimensionați R_1, R_2, R_3, R_4 a.î. circuitul să realizeze funcția de sumator inversor v_O= -(v_{i1}+ v_{i2}). Cum trebuie modificat circuitul pentru a obține funcția de sumator neinversor, v_O= v_{i1}+ v_{i2}?



DE

C9

Exersare - P7



a) Care este aplicatia circuitului?

b) Care este expresia $v_O(v_{I1}, v_{I2})$?

c) Care este rezistența de intrare vazută de v_{I1}?

d) Redimensionați rezistențele astfel încât: $v_O = 3(v_{I1} - v_{I2})$.

e) Pentru circuitul de la punctul d), desenați $v_{I1}(t)$, $v_{I2}(t)$ și $v_O(t)$ dacă $v_{I1}(t) = 2.5\sin\omega t$ [V] + v_{zg} și $v_{I2}(t) = 0.5\sin\omega t$ [V] + v_{zg} .

Ce am învățat azi despre amplifcatoare cu mai multe surse de semnal?

- Amplificator diferențial cu AO
  - Amplificarea
  - Rezistența de intrare
  - Amplificator de instrumentație
- Amplificator sumator cu AO
  - Sumator inversor
  - Sumator neinversor