

## Probleme

**P1.** Pentru circuitul din fig. P1, realizat cu amplificatoare operaționale ideale, alimentate cu  $\pm 15V$ , să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $U_I = -1V; 0V; +1,8V; -4V$ ;
- valoarea curentului de sarcină prin  $R_L$  și a celui de la ieșirea AO dacă  $U_I = -2,4V$ .

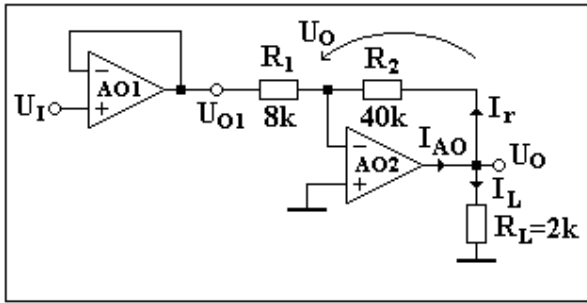


Fig. P1 Circuitul din problema P1

**Rezolvare:**

$$a) U_O = -\frac{R_2}{R_1} U_{O1} \text{ (circuit inversor)}$$

$$U_{O1} = U_I \text{ (repetor)}$$

$$U_O = -\frac{R_2}{R_1} U_I = -5U_I$$

b)

$U_I[V]$	$U_O[V]$	Observații
-1	+5	
0	0	
1,8	-9	
-4	+13	AO saturat

$$c) I_L = \frac{U_O}{R_L} = \frac{(-5) \cdot (-2,4)}{2k} = \frac{12V}{2k} = 6mA$$

$$I_{AO} = I_L + I_r$$

$$I_r = \frac{U_O}{R_2} = \frac{12V}{40k} = 0,3mA \text{ (intrarea inversoare a lui AO2 este punct virtual de masă)}$$

$$I_{AO} = 6,3mA$$

**P2.** Pentru circuitul din fig. P2, realizat cu amplificatoare operaționale ideale, alimentate cu  $\pm 15V$ , să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $U_I = -1V; 0V; +1,2V; 1,5V$ ;
- valoarea curentului de sarcină prin  $R_L$  și a celui de la ieșirea AO dacă  $U_I = -1,2V$ ;
- rezistența de intrare a circuitului.

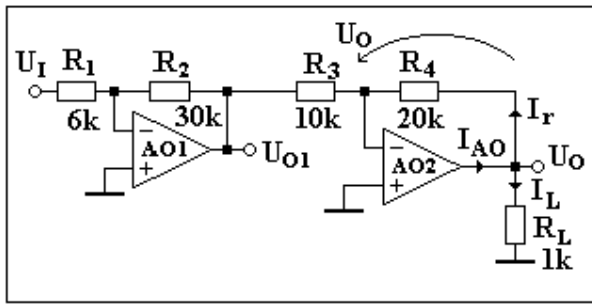


Fig. P2 Circuitul din problema P2

**Rezolvare:**

a)  $U_O = -\frac{R_4}{R_3} U_{O1} = -2U_{O1}$  (circuit inversor)

$U_{O1} = -\frac{R_2}{R_1} U_I = -5U_I$  (circuit inversor)

$U_O = (-2) \cdot (-5)U_I = 10U_I$

b)

$U_I[V]$	$U_O[V]$	Observații
-1	-10	
0	0	
1,2	12	
1,5	+13	AO saturat

c)  $I_L = \frac{U_O}{R_L} = \frac{10 \cdot 12}{1k} = \frac{12V}{1k} = 12mA$

$I_{AO} = I_L + I_r$

$I_r = \frac{U_O}{R_4} = \frac{12V}{20k} = 0,6mA$  (intrarea inversoare a lui AO2 este punct virtual de masă)

$I_{AO} = 12,6mA$

d) AO1 fiind în configurație inversoare rezultă  $R_{in} = R_1 = 6k\Omega$

**P3.** Pentru circuitul din fig. P3, realizat cu amplificatoare operaționale ideale, alimentate cu  $\pm 15V$ , să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $U_I = -1,1V; 0V; +0,5V; +2V$ ;
- valoarea curentului de sarcină prin  $R_L$  și a celui de la ieșirea AO dacă  $U_I = -1V$ ;
- rezistența de intrare a circuitului și a etajului realizat cu AO2.

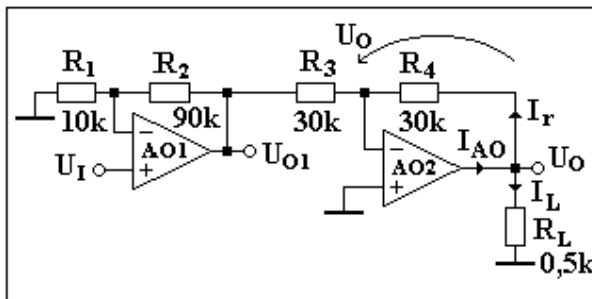


Fig. P3 Circuitul din problema P3

**Rezolvare:**

$$a) U_O = -\frac{R_4}{R_3} U_{O1} = -1 \times U_{O1} \text{ (inversor)}$$

$$U_{O1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_I = 10 \times U_I \text{ (neinversor)}$$

$$U_O = -10U_I$$

b)

$U_I[V]$	$U_O[V]$	Observații
-1,1	11	
0	0	
0,5	-5	
2	-13	AO saturat

$$c) I_L = \frac{U_O}{R_L} = \frac{(-10) \cdot (-1)}{0,5k} = \frac{10V}{0,5k} = 20mA$$

$$I_{AO} = I_L + I_r$$

$$I_r = \frac{U_O}{R_4} = \frac{10V}{30k} = 0,33mA \text{ (intrarea inver-soare a lui AO2 este punct virtual de masă)}$$

$$I_{AO} = 20,33mA$$

d) AO1 fiind în configurație neinversoare rezultă  $R_{in,montaj} \rightarrow \infty$

AO2 fiind în configurație inversoare rezultă  $R_{in,AO2} = R_3 = 30k\Omega$

**P4.** Circuitul din fig. P4, realizat cu un amplificator operațional ideal, alimentat cu  $\pm 15V$ , este un sumator inversor. Să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire, aplicând principiul superpoziției;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $(U_{I1}, U_{I2}) = (0V, 0V), (-1V, +1V); (+1,5V, +4V)$ ;
- rezistențele de intrare pentru cele două semnale de intrare;
- valoarea rezistenței  $R_3$ , prin adăugarea celei de a 3-a intrări dacă se impune ca rezistența de intrare pentru acest semnal să fie  $R_{in3} = 10k\Omega$ .

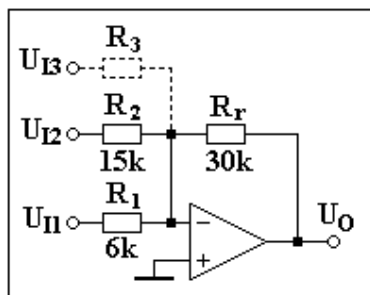


Fig. P4 Circuitul din problema P4

**Rezolvare:**

$$a) U_O = U_{O1}|_{U_{I2}=0} + U_{O2}|_{U_{I1}=0} = -(5U_{I1} + 2U_{I2})$$

$$U_{O1} = -\frac{R_r}{R_1} U_{I1} = -5U_{I1} \text{ (inversor)}$$

$$U_{O2} = -\frac{R_r}{R_2} U_{I2} = -2U_{I2} \text{ (inversor)}$$

b)

$U_{I1}$ [V]	$U_{I2}$ [V]	$U_O$ [V]	Observații
0	0	0	
-1	+1	3	
+1,5	+4	-13	AO saturat

c) Ambele intrări corespund unor configurații de tip inversor. Rezultă  $R_{in1} = R_1 = 6k\Omega$ , iar  $R_{in2} = R_2 = 15k\Omega$ .

d) Deoarece  $R_{in3} = R_3$ , rezultă  $R_3 = 10k\Omega$

**P5.** Circuitul din fig. P5 reprezintă un sumator inversor cu 3 intrări, realizat cu un amplificator operațional ideal, alimentat cu  $\pm 15V$ . Să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire, aplicând principiul superpoziției;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $(U_{I1}, U_{I2}, U_{I3}) = (2V, 1V, 0,4V)$ ;  $(1V, 2V, -3V)$ ;  $(-3V, 1V, -2V)$ ;
- valoarea curentului de la ieșirea AO dacă  $U_{I1} = 0$ ,  $U_{I2} = -1,5V$ ,  $U_{I3} = -1V$ .

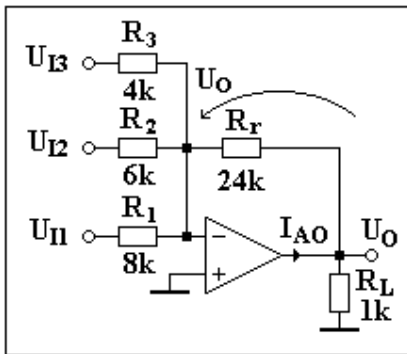


Fig. P5 Circuitul din problema P5

**Rezolvare:**

$$a) U_O = -\left(\frac{R_r}{R_1}U_{I1} + \frac{R_r}{R_2}U_{I2} + \frac{R_r}{R_3}U_{I3}\right)$$

$$U_O = -(3U_{I1} + 4U_{I2} + 6U_{I3})$$

b)

$U_{I1}$ [V]	$U_{I2}$ [V]	$U_{I3}$ [V]	$U_O$ [V]	Obs.
2	1	0,4	-12,4	
1	2	-3	7	
-3	1	-2	+13	AO sat.

$$c) I_{AO} = I_L + I_r$$

$$I_L = \frac{U_O}{R_L} = -\frac{3 \cdot 0 + 4 \cdot (-1,5) + 6 \cdot (-1)}{1k} = 12mA; I_r = \frac{U_O}{R_r} = \frac{12V}{24k} = 0,5mA \text{ (intrarea inversoare a AO)}$$

în configurație inversoare este punct de masă virtuală)

$$I_{AO} = 12,5mA$$

**P6.** Circuitul din fig. P6 reprezintă un sumator inversor cu impedanțe de intrare foarte mari, realizat cu amplificatoare operaționale ideale, alimentate cu  $\pm 15V$ . Să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire, aplicând principiul superpoziției;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $(U_{I1}, U_{I2}) = (-0,5V; -1,8V)$ ;  $(-1V; +4V)$ ;
- valoarea minimă a rezistenței de sarcină,  $R_L$ , dacă AO3 are  $I_{AOmax} = 25mA$ , se neglijează curentul  $I_r$  prin  $R_r$  și  $(U_{I1}, U_{I2}) = (0,5V, -2,2V)$ .

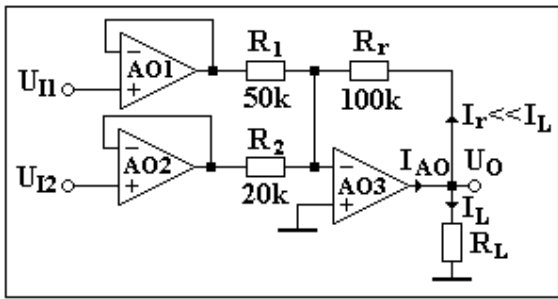


Fig. P6 Circuitul din problema P6

**Rezolvare:**

$$a) U_o = -\left(\frac{R_r}{R_1} U_{o1} + \frac{R_r}{R_2} U_{o2}\right)$$

$$U_{o1} = U_{11} \text{ (repetor)}$$

$$U_{o2} = U_{12} \text{ (repetor)}$$

$$U_o = -\left(\frac{R_r}{R_1} U_{11} + \frac{R_r}{R_2} U_{12}\right) = -(2U_{11} + 5U_{12})$$

b)

U <sub>11</sub> [V]	U <sub>12</sub> [V]	U <sub>o</sub> [V]	Observații
-0,5	-1,8	10	
-1	+4	-13	AO saturat

$$c) I_{AO} = I_L + I_r \cong I_L = \frac{U_o}{R_L}; I_{AO\max} \cong \frac{U_o}{R_{L\min}}; R_{L\min} = \frac{U_o}{I_{AO\max}} = \frac{-[2 \cdot 0,5 + 5(-2,2)]V}{25mA}$$

$$R_{\min} = \frac{10V}{25mA} = 400\Omega$$

**P7.** Amplificatorul diferențial din fig. P7 este realizat cu un amplificator ideal, alimentat cu  $\pm 15V$ . Să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire, aplicând principiul superpoziției;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $U_{id} = U_{11} - U_{12} = 0V, -1V, 0,8V, -2V$ ;
- valoarea curentului de la ieșirea AO dacă  $U_{id} = 1,2V$ .

**Rezolvare:**

a) Se aplică superpoziția

$$U_o = U_{o1}|_{U_{12}=0} + U_{o2}|_{U_{11}=0}$$

$$U_{o1} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) U_x = \frac{R_3 + R_4}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{11}$$

(circuit neinversor)

$$U_{o2} = -\frac{R_4}{R_3} U_{12}$$

(circuit inversor)

rezultă

$$U_{o1} = \frac{R_3 + R_4}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{11} - \frac{R_4}{R_3} U_{12}$$

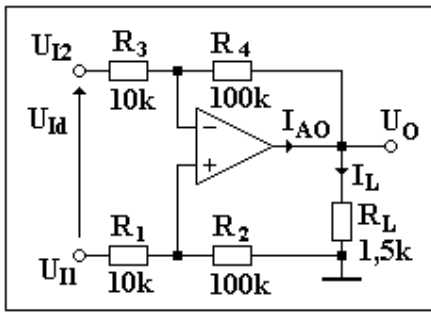


Fig. P7 Circuitul din problema P7

Obs.: dacă  $R_1 = R_3 = R$  și  $R_2 = R_4 = \alpha R$  se obține un **amplificator diferențial echilibrat** la care

$$U_O = \alpha(U_{11} - U_{12}) = \alpha U_{Id}, \quad \alpha = \frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$$

Circuitul din fig. P7 este un amplificator diferențial echilibrat având  $\alpha = 10$ .

Rezultă

$$U_O = 10(U_{11} - U_{12}) = 10U_{Id}$$

b)

$U_{Id}[V]$	$U_O[V]$	Observații
0	0	
-1	-10	
+0,8	+8	
-2	-13	AO saturat

c)

$$I_{AO} = I_L + I_r \cong I_L = \frac{U_O}{R_L}$$

$$I_{AO} = \frac{10U_{Id}}{R_L} = \frac{10 \cdot 1,2V}{1,5k\Omega} = 8mA$$

**P8.** Amplificatorul diferențial echi-librat din fig. P8 are impedanțe de intrare foarte mari și este realizat cu amplificatoare operaționale ideale, alimentate cu  $\pm 15V$ . Să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire, aplicând principiul superpoziției;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $U_{Id} = U_{11} - U_{12} = 0V, -1,5V, +2V, -3V$ ;
- valoarea curentului de sarcină prin  $R_L$  dacă  $U_{Id} = 2,4V$ .

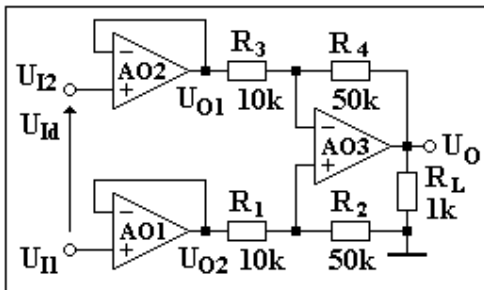


Fig. P8 Circuitul din problema P8

**Rezolvare:**

a)

$$U_O = \alpha(U_{O1} - U_{O2}); \quad \alpha = \frac{R_4}{R_3} = \frac{50k}{10k} = 5; \quad U_{O1} = U_{11} \text{ (repetor)}; \quad U_{O2} = U_{12} \text{ (repetor)}$$

$$U_O = 5(U_{11} - U_{12}) = 5U_{Id}$$

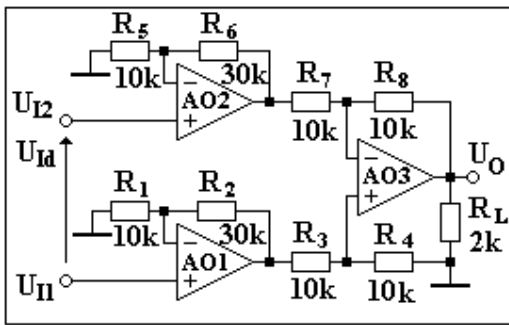
b)

$U_{Id}[V]$	$U_O[V]$	Observații
0	0	
-1,5	-7,5	
+2	+10	
-3	-13	AO saturat

$$c) I_L = \frac{U_O}{R_L} = \frac{5U_{Id}}{R_L} = \frac{12V}{1k\Omega} = 12mA$$

**P9.** Amplificatorul diferențial echi-librat din fig. P9 are impedanțe de intrare foarte mari și este realizat cu amplificatoare operaționale ideale, alimentate cu  $\pm 15V$ . Să se determine:

- relația analitică a tensiunii de ieșire, aplicând principiul superpoziției;
- valorile tensiunii de ieșire dacă  $U_{Id} = U_{I1} - U_{I2} = 0V, -2,6V, +3V, -5V$ ;
- valoarea curentului de sarcină prin  $R_L$  dacă  $U_{I1} = +1V, U_{I2} = -1V$ .



**Fig. P9** Circuitul din problema P9

**Rezolvare:**

$$a) U_O = \alpha(U_{O1} - U_{O2}); \alpha = \frac{R_8}{R_7} = \frac{10k}{10k} = 1$$

$$U_{O1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)U_{I1} = 4U_{I1} \text{ (neinversor)}$$

$$U_{O2} = \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right)U_{I2} = 4U_{I2} \text{ (neinversor)}$$

$$U_O = 4(U_{I1} - U_{I2}) = 4U_{Id}$$

b)

$U_{Id}[V]$	$U_O[V]$	Observații
0	0	
-2,6	-10,4	
+3	+12	
-5	-13	AO saturat

$$c) U_{Id} = U_{I1} - U_{I2} = 1 - (-1) = 2V$$

$$I_L = \frac{U_O}{R_L} = \frac{4U_{Id}}{R_L} = \frac{8V}{2k\Omega} = 4mA$$