

CURS10

Aplicații neliniare de AO

Comparatoare cu AO

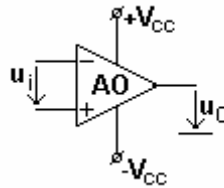


Figura 10.1

Pentru $\beta A741$ și $\pm V_{cc} = \pm 15V$ avem $U_{o\max} \approx 13.06V$ datorită saturării tranzistoarelor din etajul final.

Caracteristica de transfer va avea următoarea formă:

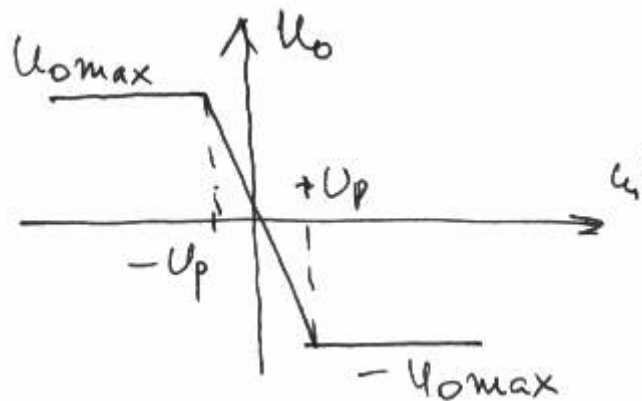


Figura 10.2

unde tensiunea de prag se calculează după relația: $U_p = \frac{U_{o\max}}{A_o}$.

Circuitul are o caracteristică de comparator de tensiune între cele două intrări.

Scheme de utilizare

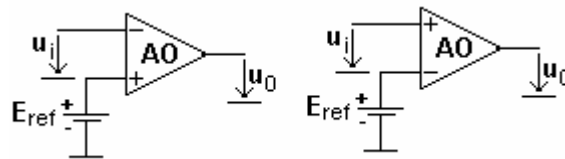


Figura 10.3

Comparator cu histerezis

Se obține prin introducerea unei reacții pozitive.

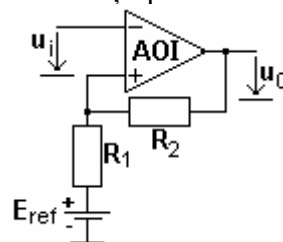


Figura 10.4

Dacă $u_i < 0$ și $|u_i| \uparrow$ vom nota $u_o = +U_{o\max}$ cu U_{OH} ("H" de la "high"). Dacă u_i crește atunci comutarea caracteristicii se va obține la tensiunea de prag:

$$U_{p1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_{ref} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{OH}$$

Ieșirea devine apoi $u_o = -U_{o\max}$ și se notează cu U_{OL} ("L" de la "low"). Dacă la intrare tensiunea descrește atunci comutarea se va face la :

$$U_{p2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_{ref} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{OL}$$

Cum $U_{p1} > U_{p2}$ se notează $U_{p1} = U_{pH}$, $U_{p2} = U_{pL}$, iar caracteristica va arăta ca în figură:

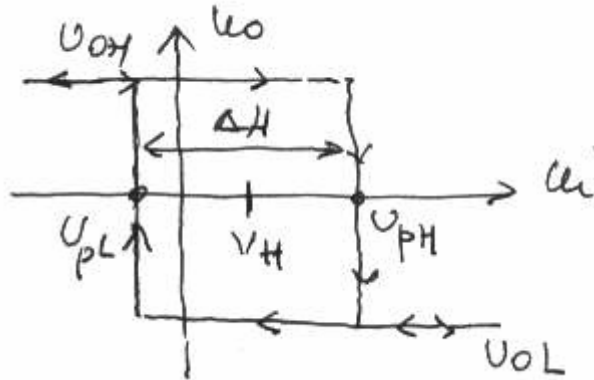


Figura 10.5

Se pot defini astfel două mărimi:

$$\Delta H = U_{pH} - U_{pL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_{OH} - U_{OL}) \cong 2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{o\max}$$

$$V_H = \frac{1}{2} (U_{pL} + U_{pH}) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_{ref} + \frac{1}{2} \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_{OL} + U_{OH}) \cong \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_{ref}$$

În faza de proiectare cele două mărimi se cunosc de obicei; se alege R_2 (din considerente de I_p al AO și rezultă E_{ref} și R_1).

Structura neinversoare de comparator cu histerezis

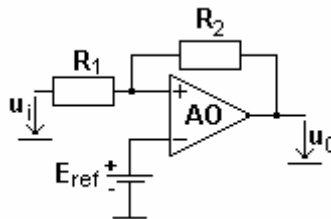


Figura 10.6

$$u_i > 0 \text{ și } |u_i| \uparrow \Rightarrow u_o = +U_{o\max} = U_{OH} \Rightarrow E_{ref} = U_{pL} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_{OH} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$u_i < 0 \text{ și } |u_i| \uparrow \Rightarrow u_o = -U_{o\max} = U_{OL} \Rightarrow E_{ref} = U_{pH} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_{OL} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

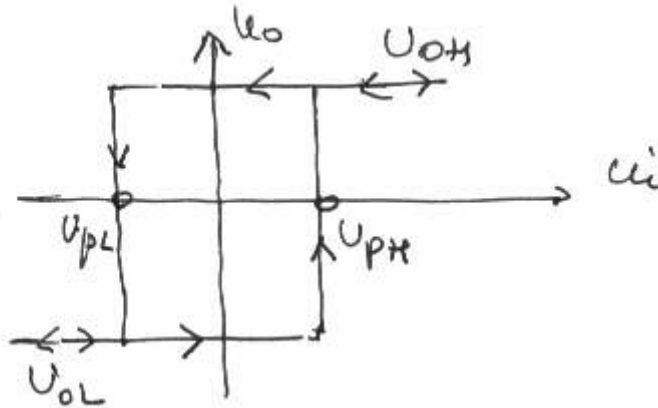


Figura 10.7

$$\begin{cases} U_{pL} = E_{ref} \frac{R_1 + R_2}{R_2} - U_{OH} \frac{R_1}{R_2} \\ U_{pH} = E_{ref} \frac{R_1 + R_2}{R_2} - U_{OL} \frac{R_1}{R_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta H = 2U_{o,max} \frac{R_1}{R_2} \\ V_H \cong E_{ref} \frac{R_1 + R_2}{R_2} \end{cases}$$

Aplicație: Realizarea unui oscilator de impulsuri dreptunghiulare implementat cu un comparator cu histerezis realizat cu AO

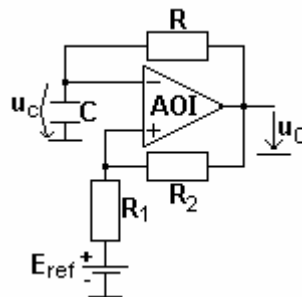


Figura 10.8

În cele două stări ale ieșirii comparatorului cu histerezis ($\pm U_{o,max}$) se încearcă încărcarea/descărcarea unui circuit de integrare.

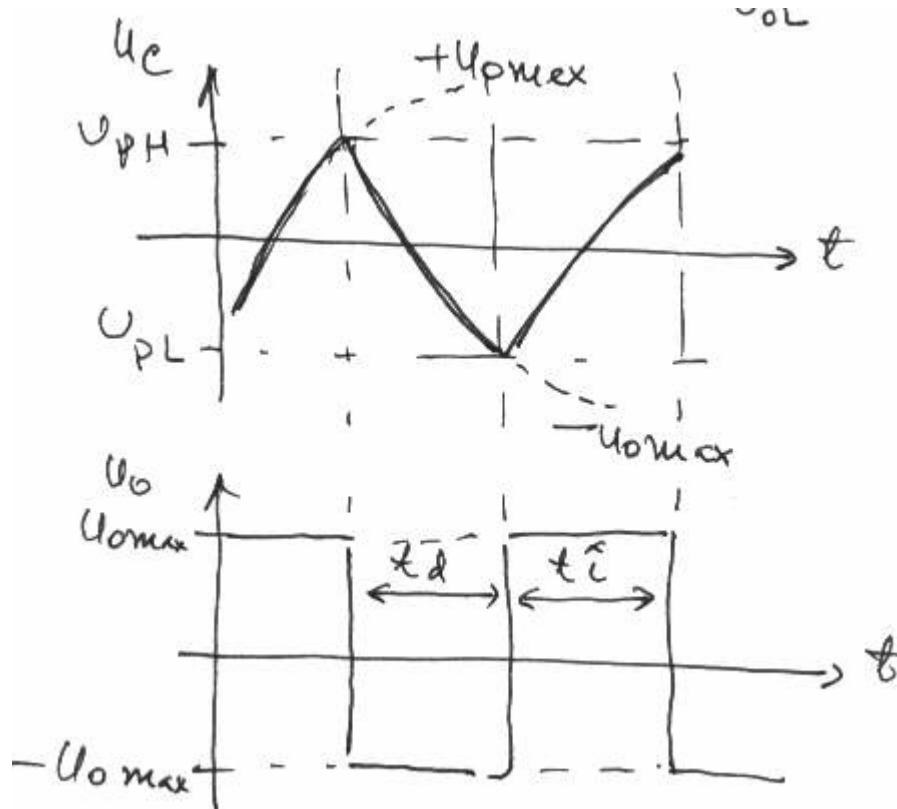


Figura 10.9

Timpii de încărcare/descărcare se calculează din ecuația diferențială:

$$\pm U_{o\max} = U_c + C \frac{dU_c}{dt}$$

care are soluția generală :

$$U_c(t) = U_c(\infty) + [U_c(0) - U_c(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Rezultă că , pentru încărcare, funcția generală este:

$$U_c(t) = U_{o\max} + [U_{pL} - U_{o\max}]e^{-\frac{t}{RC}}$$

t_i rezultă din ecuația: $U_c(t_i) = U_{pH}$ adică $t_i = RC \ln \frac{U_{o\max} - U_{pL}}{U_{o\max} - U_{pH}}$.

Analog pentru descărcare:

$$U_c(t) = -U_{o\max} + [U_{pH} + U_{o\max}]e^{-\frac{t}{RC}}$$

t_d rezultă din ecuația: $U_c(t_d) = U_{pL}$ adică $t_d = RC \ln \frac{U_{o\max} + U_{pH}}{U_{o\max} + U_{pL}}$.

Observații:

Pentru o mai bună stabilitate a frecvenței față de tensiunea de alimentare (implicit față de $U_{o\max}$) se poate utiliza o schemă în care U_{OH} și U_{OL} pot fi limitate cu diode Zener.

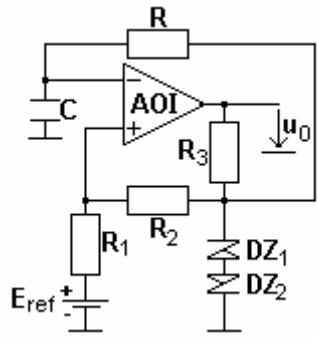


Figura 10.10

$$U_{OH} = U_D + U_{DZ} \quad U_{OL} = -U_{OH}$$

Timpul de incarcare si descarcare pot fi controlati separat daca in locul rezistentei R se introduce un grup de doua rezistente cuplate in paralel fiecare rezistenta avand inseriata o dioda. Sensul diodei dicteaza daca rezistenta corespunzatoare participa la incarcarea sau descarcarea capacitatii C.

Scheme de limitare cu AO

Realizarea unei scheme cu o dioda plasata într-o buclă de reacție negativă a unui AO ca în figură reduce tensiunea de deschidere a diodei.

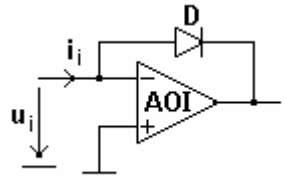


Figura 10.11

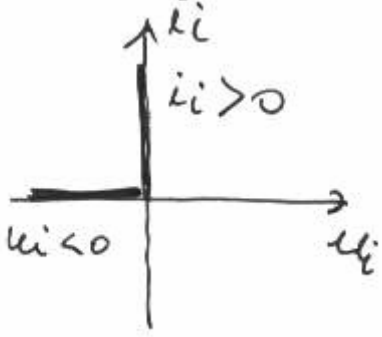


Figura 10.12

Cea mai simplă schemă de limitare a unei tensiuni utilizând această proprietate este prezentata in figura urmatoare

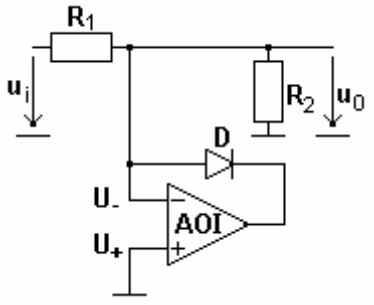


Figura 10.13

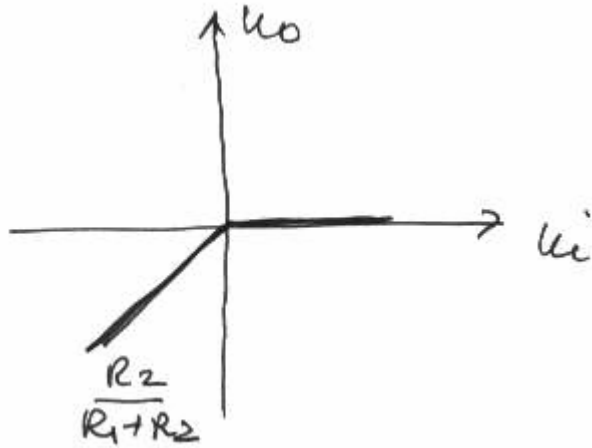


Figura 10.14

Când $u_i > 0 \Rightarrow D$ în conducție \Rightarrow avem reacție negativă $\Rightarrow U_+ = U_- = 0V \Rightarrow u_o = 0$.

Când $u_i < 0 \Rightarrow D$ blocată $\Rightarrow u_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_i$.

O altă schemă la care intrarea se face pe borna neinversoare este următoarea:

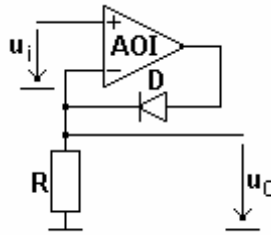


Figura 10.15

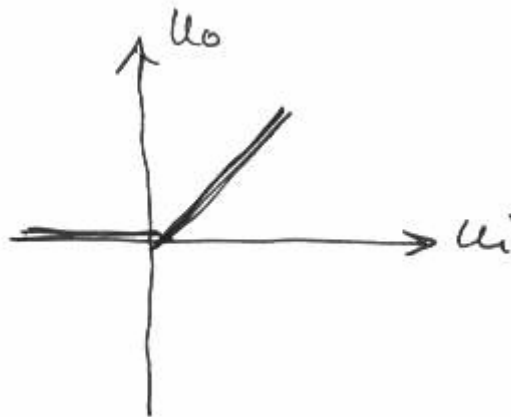


Figura 10.16

Când $u_i > 0 \Rightarrow D$ în conducție $\Rightarrow u_o = u_i$.

Când $u_i < 0 \Rightarrow D$ blocată \Rightarrow avem reacție negativă $\Rightarrow u_o = 0$.

Schemă generală de limitare

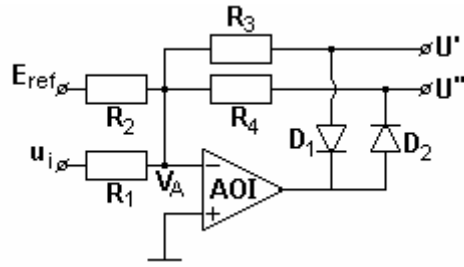


Figura 10.17

Datorita reacției negative punctul A este un punct virtual de masă. Avem astfel:

$$I) \frac{E_{ref}}{R_2} + \frac{u_i}{R_1} > 0 \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ conduce} \\ D_2 \text{ blocare} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u' = -\frac{R_3}{R_1} u_i - \frac{R_3}{R_2} E_{ref} \\ u'' = 0 \end{cases}$$

$$II) \frac{E_{ref}}{R_2} + \frac{u_i}{R_1} < 0 \Rightarrow \begin{cases} D_2 \text{ conduce} \\ D_1 \text{ blocare} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u'' = -\frac{R_4}{R_1} u_i - \frac{R_4}{R_2} E_{ref} \\ u' = 0 \end{cases}$$

Rezultă caracteristicile:

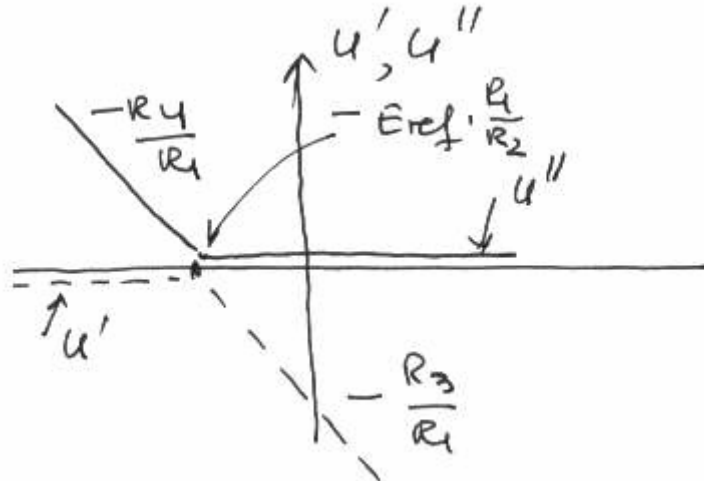


Figura 10.18

Schema pentru obtinerea unui redresor de precizie implementat cu AO

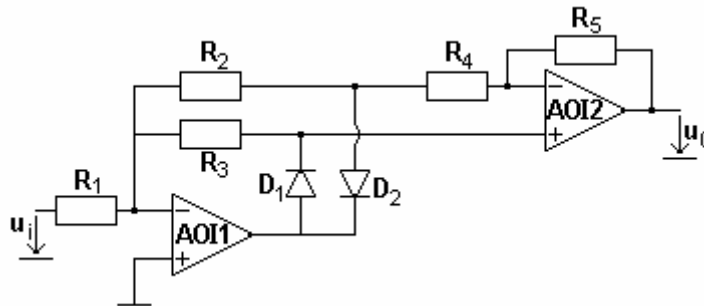


Figura 10.19

Observație: AOI1 este un caz particular al schemei de limitare ($E_{ref} = 0$). AOI2 realizează scăderea celor două caracteristici.

Vom avea deci:

$$I) u_i > 0 \Rightarrow u_{o1} < 0 \Rightarrow \begin{cases} D_2 \text{ conduce} \\ D_1 \text{ blocare} \end{cases} \text{ și schema devine:}$$

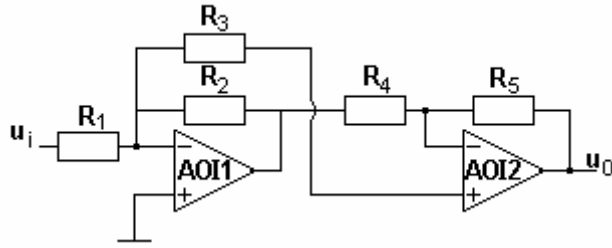


Figura 10.20

$$\Rightarrow u_{o1} = -\frac{R_2}{R_1} u_i$$

$$u_o = -\frac{R_5}{R_4} u_{o1} = \frac{R_5 R_2}{R_4 R_1} u_i > 0$$

II) $u_i < 0 \Rightarrow u_{o1} > 0 \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ conduce} \\ D_2 \text{ blocare} \end{cases}$ și schema devine:

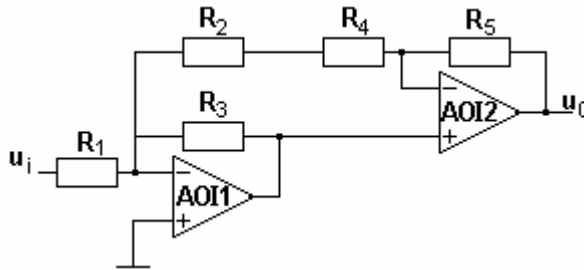


Figura 10.21

$$\Rightarrow u_{o1} = -\frac{R_3}{R_1} u_i$$

$$u_o = -\frac{R_5}{R_1} u_i \left(1 + \frac{R_5}{R_2 + R_4} \right) > 0$$

Caracteristica va avea alura din figură:

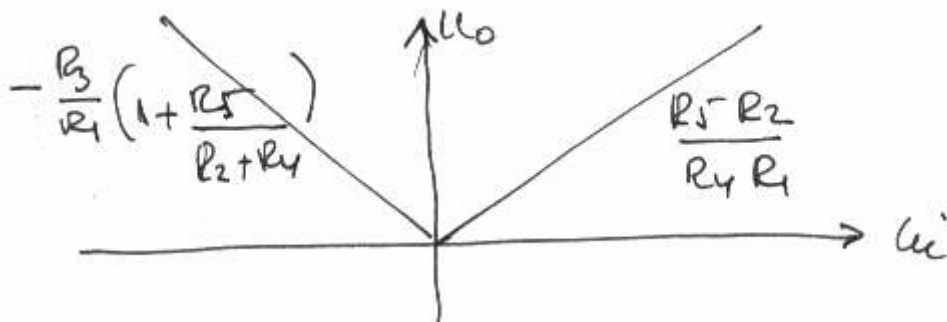


Figura 10.22

Caz particular: funcția modul (cele două pante se doresc să fie egale cu +/- 1)

$$\begin{cases} \frac{R_5 R_2}{R_4 R_1} = 1 \\ \frac{R_3}{R_1} u_i \left(1 + \frac{R_5}{R_2 + R_4} \right) = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (R_2 + R_4) R_2 = R_1 R_4 \\ 2R_3 = R_1 \\ R_2 + R_4 = R_5 \end{cases}$$

O soluție a acestui sistem este: $R_2 = R_4 = R \Rightarrow R_5 = R \Rightarrow R_1 = 2R \Rightarrow R_3 = R$

În aceste condiții circuitul realizează funcția modul (pantele sunt +1 respectiv -1)

O altă schemă pentru realizarea modulului este prezentată în continuare:

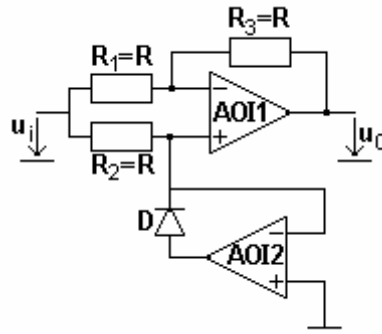


Figura 10.23

$$u_i > 0 \Rightarrow D \text{ blocare} \Rightarrow u_o = -\frac{R_3}{R_1} u_i + \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) \cdot u_i = u_i$$

$u_i < 0 \Rightarrow D$ conduce \Rightarrow AOI1 este de tip inversor cu borna pozitiva la masa \Rightarrow

$$u_o = -\frac{R_3}{R_1} u_i = -u_i$$

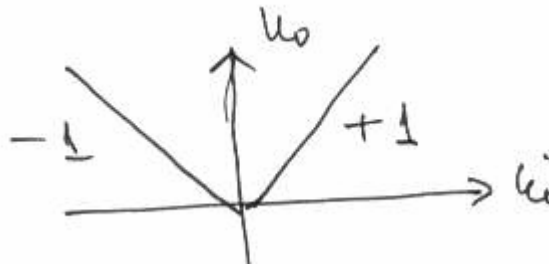


Figura 10.24

O schemă care permite obținerea valorii negative a modulului este următoarea:

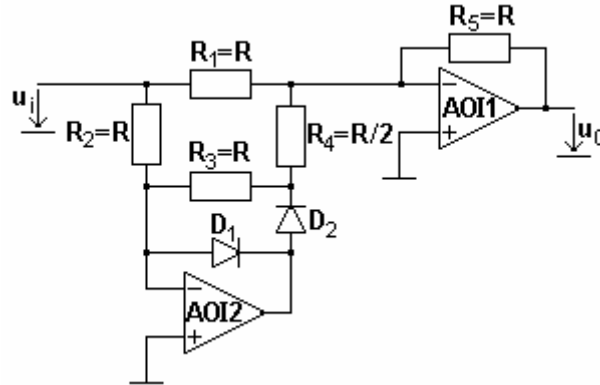


Figura 10.25

1) $u_i > 0 \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ conduce} \\ D_2 \text{ blocare} \end{cases}$ și schema devine:

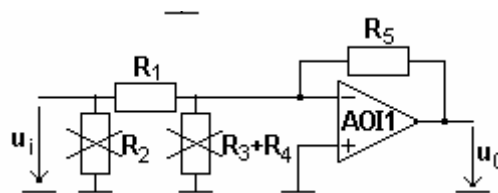


Figura 10.26

$$u_o = -\frac{R_5}{R_1} u_i = -u_i < 0$$

II) $u_i < 0 \Rightarrow \begin{cases} D_2 \text{ conduce} \\ D_1 \text{ blocare} \end{cases}$ și schema devine:

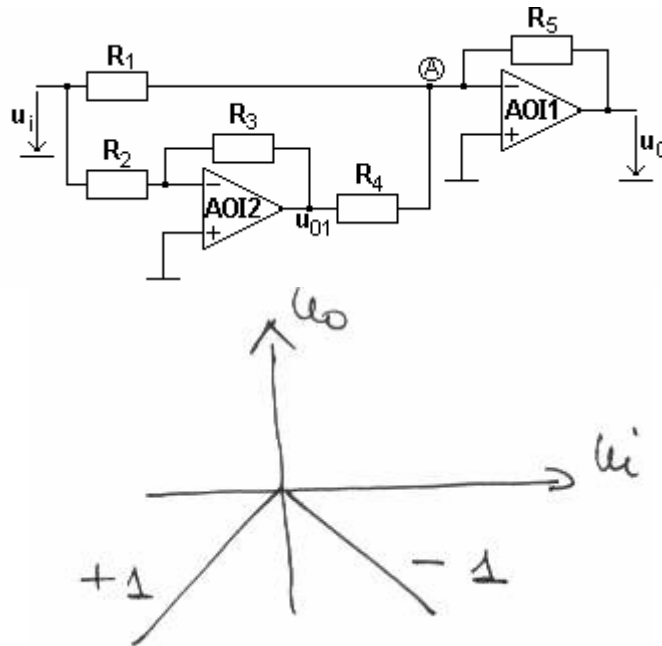


Figura 10.27

$$\Rightarrow u_{o1} = -\frac{R_3}{R_1} u_i = -u_i$$

Dacă se scrie Kirchhoff I în punctul A

$$\Rightarrow \frac{u_i}{R_1} + \frac{u_{o1}}{R_4} + \frac{u_o}{R_5} = 0 \Rightarrow \frac{u_i}{R} + \frac{-u_i}{R} + \frac{u_o}{R} = 0 \Rightarrow u_o = u_i < 0$$

Observație: Dacă cele două diode sunt plasate invers în schemă, aceasta realizează chiar funcția modul