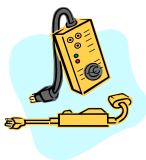


COMPARATOARE DE TENSIUNE CU AO CU REACȚIE POZITIVĂ



I. OBIECTIVE

- Determinarea caracteristicilor statice de transfer în tensiune pentru comparatoare cu AO cu RP.
- Determinarea tensiunilor de ieșire în funcție de configurația circuitelor și de tensiunile de intrare.
- Determinarea efectelor modificării tensiunilor de alimentare și de referință asupra caracteristicilor statice de transfer în tensiune ale comparatoarelor cu RP.
- Deducerea efectului zgomotului suprapus peste tensiunea de intrare asupra comutărilor comparatoarelor cu RP.



II. COMPONENTE ȘI APARATURĂ

Se folosește montajul experimental echipat cu două amplificatoare operaționale de tip 741, un potențiomtru de $10K\Omega$, rezistențe de diferite valori și un condensator de $10nF$. Pentru alimentarea montajului folosim o sursă dublă de tensiune continuă stabilizată, reglabilă, iar ca sursă de semnal sinusoidal, un generator de semnale. Pentru vizualizarea tensiunilor avem nevoie de un osciloscop catodic cu două canale, iar pentru măsurarea unor tensiuni continue de un voltmetru de c.c.



III. ASPECTE TEORETICE

Comparatoare cu RP

Comparatoarele simple, fără reacție au două dezavantaje:

- Pentru un semnal de intrare cu variație lentă comutarea ieșirii dintr-o valoare în alta poate fi de asemenea lentă.
- Dacă semnalul de intrare conține zgomot, la ieșire vom avea comutări multiple nedorite, când semnalul de intrare trece prin valoarea de prag.

Comutările nedorite pot fi eliminate dacă se introduc două praguri de comutare în funcție de valoarea tensiunii de ieșire. Dacă notăm V_{PH} (tensiunea de prag înaltă) și V_{PL} (tensiunea de prag joasă) cele două valori ale tensiunii de prag, diferența între aceste două praguri $\Delta V_P = V_{PH} - V_{PL}$ trebuie să fie mai mari decât valoarea vârf la vârf a zgomotului. La un moment dat există (este activ) un singur prag de comutare, în funcție de valoarea tensiunii de ieșire.

Un astfel de comparator se numește **comparator cu histerezis**. Deoarece fiecare prag de comutare depinde de una din cele două valori posibile ale tensiunii de ieșire, trebuie să facem astfel încât tensiunea de ieșire să fie adusă la intrarea comparatorului. Tehnica folosită se numește *reacție pozitivă* și constă în aducerea unei fracțiuni din tensiunea de ieșire la intrarea neinversoare a AO prin intermediul unui divizor rezistiv.

1. Comparator inversor cu RP

Schema electrică a unui comparator inversor cu histerezis este arătată în Fig.1.a) iar CSTV este arătată în Fig.1.b). Pentru determinarea CSTV presupunem mai întâi că v_I are o valoare pozitivă. Potențialele la intrările AO sunt (intrările AO nu consumă curent):

$$v^+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_O$$

$$v^- = v_I$$

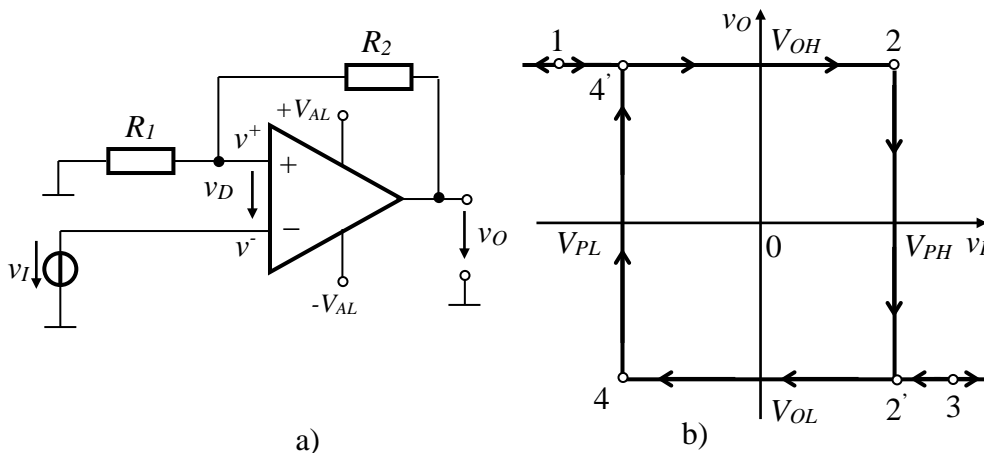


Fig.1. Comparator inversor cu histerezis. a) Schema electrică; b) CSTV.

Datorită reacției pozitive, prin R_1 și R_2 la intrarea neinversoare a AO se aduce o fracțiune $R_1/(R_1 + R_2)$ din tensiunea de ieșire v_O . Pentru a cunoaște starea ieșirii trebuie să determinăm valoarea v_D , știind că pentru:

$$v_D > 0; \quad v_O = V_{OH}$$

$$v_D < 0; \quad v_O = V_{OL}$$

În cazul nostru avem:

$$v_D = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_O - v_I, \quad \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_O - V_P = 0, \quad V_P = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_O$$

Să presupunem pentru început că v_I are o valoare negativă, suficient de scăzută pentru ca $v_D > 0$. În acest caz $v_O = V_{OH}$, și ne aflăm în punctul 1 de pe CSTV din Fig.1.b)

Așadar avem:

$$v_D = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OH} - v_I$$

În continuare considerăm că v_I crește, deci v_D scade, apropiindu-se de zero. În momentul în care v_D trece prin zero spre valori negative, ieșirea AO comută. Valoarea v_I pentru care $v_D = 0$ între punctele 2 și 2' pe CSTV este tensiunea de prag V_{PH} cu valoarea:

$$V_{PH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OH}$$

Crescând v_I în continuare, $v_I > V_{PH}$, $v_D < 0$ și $v_O = V_{OL}$ (ne aflăm de exemplu în punctul 3 pe caracteristică). Considerăm în continuare o scădere a lui v_I ceea ce înseamnă o creștere spre zero a lui v_D . În momentul în care v_D trece prin zero spre valori pozitive, ieșirea AO comută. Valoarea v_I pentru care $v_D = 0$ (între punctele 4 și 4' pe CSTV) este tensiunea de prag V_{PL} cu valoarea:

$$V_{PL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OL}$$

Scăzând în continuare v_I , $v_D < 0$ și $v_O = V_{OH}$ (ne aflăm de exemplu în punctul 1 pe caracteristică).

Am arătat astfel că circuitul cu AO cu reacție pozitivă din Fig.1.a) se comportă ca un comparator cu histerezis cu CSTV din Fig. 1.b). Histerezisul este axat pe zero, lățimea histerezisului fiind:

$$\Delta V_P = V_{PH} - V_{PL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{OL})$$

Histerezisul este parcurs în sens antiorar. La un anumit moment este „activ” doar un singur prag de comparare. Pentru a plasa centrul histerezisului la o valoare diferită de zero, se aplică la intrarea neinversoare o tensiune de referință.

2. Comparator neinversor cu RP

Schema electrică a unui comparator neinversor cu histerezis este prezentată în Fig.2.a) iar CSTV în Fig.2.b). Tensiunile de prag le determinăm punând condiția $v_D = 0V$, și atunci v_I devine V_{PL} , respectiv V_{PH} .

$$v_D = v^+ - v^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_O + \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_I - 0$$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} v_O + \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_P = 0$$

$$V_P = -\frac{R_1}{R_2} v_O$$

$$V_{PL} = -\frac{R_1}{R_2} V_{OH} ; \quad V_{PH} = -\frac{R_1}{R_2} V_{OL}$$

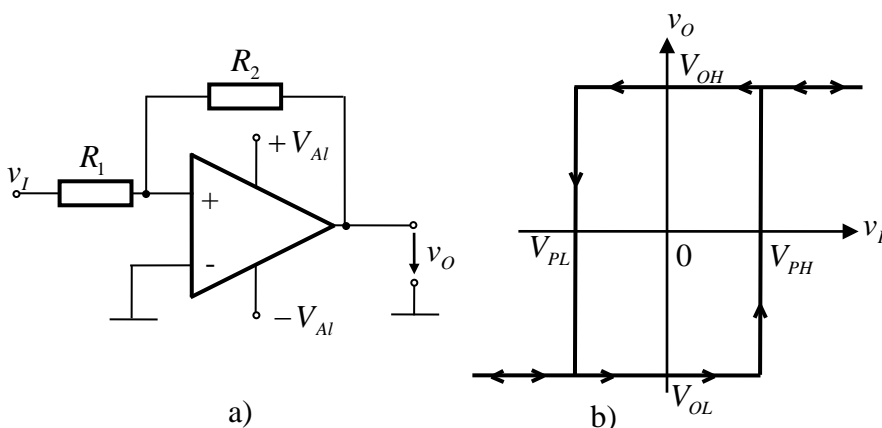


Fig.2. Comparator neinversor cu histerezis. a) schema electrică; b) CSTV

Se observă că pentru comparatorul neinversor valoarea scăzută a tensiunii de prag V_{PL} se obține pentru valoarea ridicată a tensiunii de ieșire V_{OH} și viceversa, V_{PH} se obține pentru V_{OL} .

Histerezisul este axat pe 0V având lățimea ΔV_P :

$$\Delta V_P = V_{PH} - V_{PL} = \frac{R_1}{R_2}(V_{OH} - V_{OL})$$

Pentru a plasa centrul histerezisului la o valoare diferită de zero, se aplică la intrarea inversoare o tensiune de referință.



IV. EXERCIIII PREGĂTITOARE

P1. Comparator neinversor cu RP

În continuare ne vom referi la schema din Fig. 3.

- Care este CSTV pentru comparatorul neinversor cu RP?
- Cum arată $v_O(t)$ pentru $v_I(t)$ tensiune sinusoidală cu amplitudinea de 3V și frecvența de 200Hz ? Dar dacă v_I are amplitudinea 8V?

P2. Comparator inversor cu RP

Pentru schema din Fig. 4 se cunosc: $+V_{AI}=12V$, $-V_{AI}=-12V$.

- Care sunt expresiile pentru tensiunile de prag V_{PL} și V_{PH} ?
- Ce valori au V_{PL} și V_{PH} pentru $V_{REF}=0V$, $+V_{AI}=12V$, $-V_{AI}=-12V$?
- Care este CSTV $v_O(t)$? Marcați sensul de parcurgere al histerezisului.
- Cât este lățimea histerezisului, $\Delta V_P=V_{PH}-V_{PL}$?
- Care sunt efectele modificării tensiunii de alimentare asupra CSTV ?
- Care sunt efectele modificării V_{REF} asupra CSTV ?
- Cum arată $v_O(t)$ pentru $v_I = 8 \sin 2\pi \cdot 200t$ [V], [Hz], în condițiile de mai sus? Dar dacă amplitudinea v_I este de 1V?

P3. Comparator inversor cu RP în prezența zgomotului

În continuare ne vom referi la schema din Fig. 5. Dorim să studiem efectul zgomotului suprapus peste tensiunea utilă asupra comutărilor comparatorului fără reacție. Pentru aceasta, în Fig. 5, semnalul de intrare în comparator (v_I) se obține prin însumarea tensiunii utile de formă sinusoidală (v_s), de amplitudine 10V și frecvență 200Hz, cu un semnal aproape triunghiular v_{zg} (considerat zgomot) de amplitudine 2.2V și frecvența 2.7KHz. Însumarea se face cu ajutorul rezistențelor R_1 și R_2 . Tensiunea de zgomot este generată de circuitul basculant astabil încadrat cu linie punctată.

Desenați cronogramele v_s , v_{zg} și v_I .

- Cum arată $v_s(t)$, $v_{zg}(t)$ și $v_I(t)$?
- Cum arată $v_O(t)$?

V. EXPERIMENTARE ȘI REZULTATE

1. Comparator neinversor cu RP



Experimentare

Se construiește schema din Fig. 3.

- Se alimentează montajul cu tensiunea diferențială: $+V_{Al}=12V$, $-V_{Al}=-12V$.
- v_I este tensiunea sinusoidală cu amplitudinea de 8V și frecvența de 200Hz de la generatorul de semnale.
- Cu osciloscopul calibrat se vizualizează $v_I(t)$ și $v_O(t)$, apoi CSTV $v_O(v_I)$.

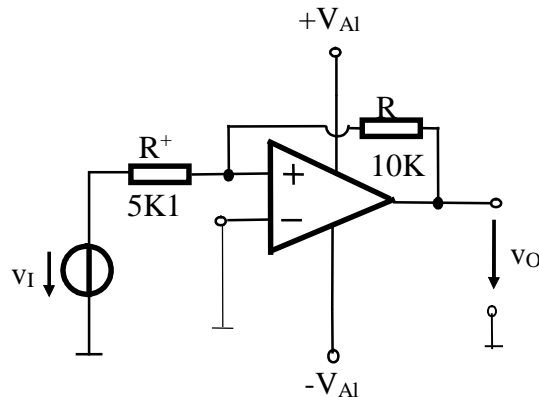


Fig. 3. Comparator neinvertor cu RP



Rezultate

- $v_I(t)$, $v_O(t)$, CSTV.

2. Comparator inversor cu RP



Experimentare

Se construiește schema din Fig. 4.

- $+V_{Al}=12V$, $-V_{Al}=-12V$ de la sursa dublă de tensiune continuă stabilizată
- Se acționează P până când $V_{REF}=0V$.
- $v_I = 8 \sin 2\pi \cdot 200t$ [V], [Hz] de la generatorul de semnale.
- Se vizualizează $v_I(t)$ și $v_O(t)$ cu osciloscopul calibrat, în modul de lucru Y-t.
- Se vizualizează CSTV $v_O(v_I)$ cu osciloscopul în modul de lucru Y-X, pe intrările X și Y ale osciloscopului aplicând tensiunile v_I , respectiv v_O .
- Se modifică amplitudinea tensiunii v_I la 1V.
- Se vizualizează $v_I(t)$ și $v_O(t)$ cu osciloscopul calibrat în modul de lucru Y-t.

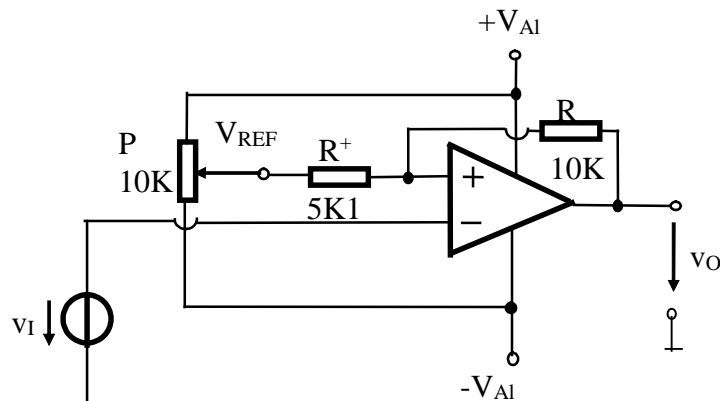


Fig. 4. Comparator inversor cu RP



Rezultate

- $v_I(t)$ și $v_O(t)$ pentru amplitudinea v_I de 8V și de 1V.
- CSTV, $v_O(v_I)$ când v_I are amplitudinea de 8V.
- Care sunt valorile tensiunilor de prag V_{PH} și V_{PL} și a tensiunilor de ieșire V_{OH} și V_{OL} ?

a) Efectele modificării V_{AI}



Experimentare

- Se modifică tensiunile de alimentare la $+V_{AI}=9V$, $-V_{AI}=-9V$.
- Se vizualizează $v_I(t)$ și $v_O(t)$, apoi CSTV $v_O(v_I)$, pentru $V_{REF}=0V$ și amplitudinea v_I de 8V.
- Se modifică din nou alimentarea $+V_{AI}=15V$, $-V_{AI}=-9V$.
- Se vizualizează $v_I(t)$ și $v_O(t)$ și CSTV.



Rezultate

- $v_I(t)$, $v_O(t)$, $v_O(v_I)$ pentru $+V_{AI}=9V$, $-V_{AI}=-9V$, respectiv $+V_{AI}=15V$, $-V_{AI}=-9V$.

b) Efectele modificării V_{REF}



Experimentare

- Se readuce alimentarea circuitului la $+V_{AI}=12V$, $-V_{AI}=-12V$.
- Se acționează P până când $V_{REF}=3V$.
- Se vizualizează cu osciloscopul $v_I(t)$ și $v_O(t)$, apoi $v_O(v_I)$.
- Se vizualizează cu osciloscopul $v_I(t)$ și $v_O(t)$, apoi $v_O(v_I)$ și pentru $V_{REF}=-3V$.



Rezultate

- $v_I(t)$, $v_O(t)$, $v_O(v_I)$ pentru $V_{REF}=3V$ și pentru $V_{REF}=-3V$

3. Comparator inversor cu RP în prezența zgomotului



Experimentare

Se construiește circuitul din Fig. 5.

- Se alimentează circuitul la $+V_{AI}=12V$, $-V_{AI}=-12V$.
- Se vizualizează simultan v_I și v_O .



Rezultate

- $v_I(t)$, $v_O(t)$

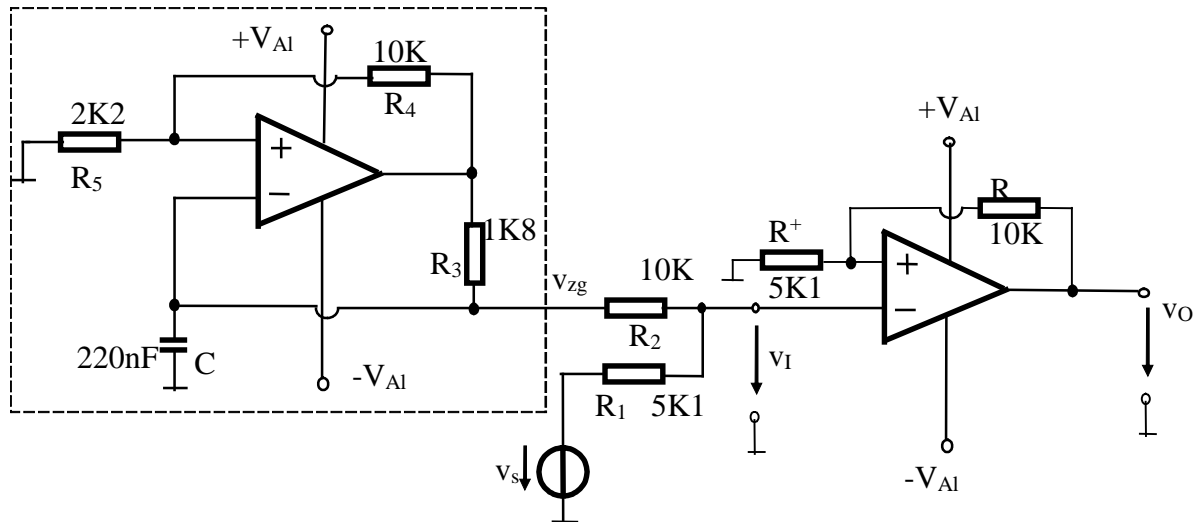


Fig. 5. Comparator inversor cu RP în prezența zgomotului

BIBLIOGRAFIE

1. Oltean, G., Dispozitive si circuite electronice. Dispozitive electronice, Risoprint, Cluj-Napoca, ISBN 973-656-433-9, 316 pag, 2003, *retipărită în 2004*
2. <http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/de.htm>