

**Dacă aş fi avut mai mult timp ți-aş fi scris
o scrisoare mai scurtă.**

(atribuită când lui B.Pascal când lui Voltaire)

Multivibrator cu amplificator operațional.

Multivibrator cu amplificator operațional.

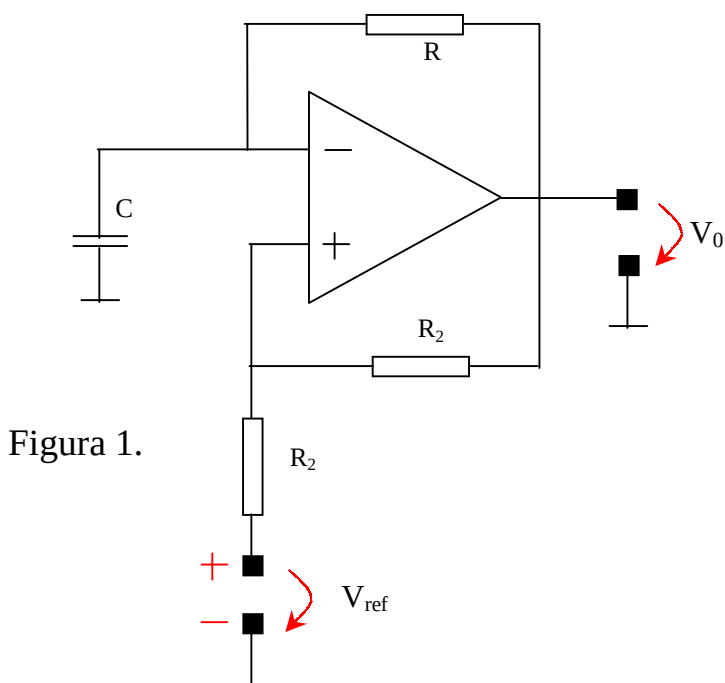
1. Scopul lucrării.

În prezenta lucrare se studiază funcționarea unor multivibratoare realizate cu amplificatoare operaționale.

2. Considerații teoretice.

Cel mai simplu generator de impulsuri dreptunghiulare realizat cu un amplificator operațional este prezentat în figura 1. Reacția pozitivă asigurată prin rezistențele R_1 și R_2 este foarte puternică și face ca tensiunea de ieșire să ia numai valorile limită V_{OM} și V_{om} . Potențialul aplicat la intrarea neinversoare, considerînd amplificatorul ideal este:

$$v_i^+ = V_{ref} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_0 - V_{ref}) \quad (1)$$



Deoarece tensiunea de ieșire ia numai cele două valori, V_{OM} și V_{om} , la intrarea neversoare se va aplica potențialul :

$$v_p = V_{ref} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OM} - V_{ref}) = \frac{V_{OM} \cdot R_1 + V_{ref} \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

sau

$$v_p = V_{ref} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{om} - V_{ref}) = \frac{V_{om} \cdot R_1 + V_{ref} \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Dacă $V_i^- < v_p$, amplificatorul are la ieșire V_{OM} . Crescînd V_i^- , atît timp cît $V_i^- < v_p$, la ieșire este V_{OM} . Dacă V_i^- depășește valoarea lui v_p , amplificatorul basculează și ieșirea devine V_{om} . Dacă se scade

V_i^- , la ieșire se menține valoarea V_{om} atîta timp cît $V_i^- > V_p$ (se observă din relațiile (2) și (3) că $V_p > V_p$ deoarece $V_{OM} > V_{om}$). Dacă V_i^- scade sub valoarea V_p , amplificatorul basculează și ieșirea devine V_{OM} .

Perioada de oscilație a multivibratorului din figura 1. este dictată de grupul de temporizare R,C. Considerînd amplificatorul ideal se, poate scrie relația:

$$R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C = V_0 \quad (4) \quad \text{unde} \quad U_C = V_i^-$$

Formele de undă sînt date în figura 2.

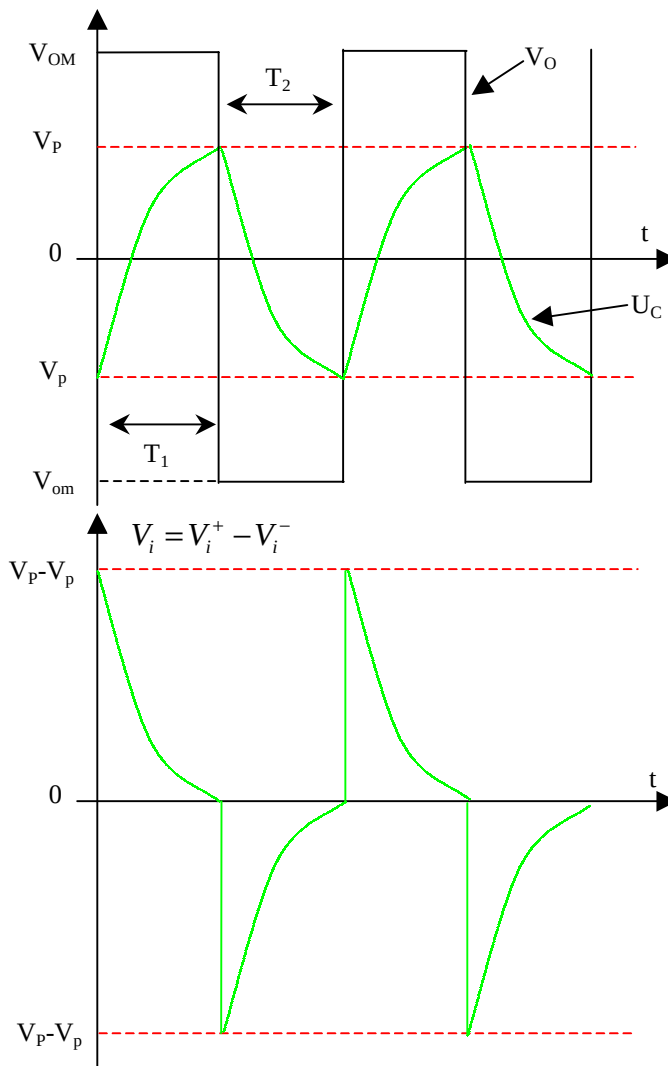


Figura 2.

Pentru $t < 0$, ieșirea amplificatorului este saturată la valoarea V_{OM} . Presupunem că la $t = 0$, tensiunea pe condensator, $U_C = V_i^-$, devine mai negativă decît V_p . În acest moment amplificatorul basculează și ieșirea sa devine V_{OM} . Pentru intervalul $(0, T_1)$, în care este îndeplinită condiția $U_C = V_i^- < V_p$ condensatorul se încarcă prin R de la ieșirea V_{OM} și se poate scrie relația:

$$R \cdot C \cdot \frac{dU_C(t)}{dt} + U_C(t) = V_{OM} \quad (5)$$

cu $U_C(0) = V_p$.

Legea de variație a tensiunii prin condensator este :

$$U_C(t) = (V_p - V_{OM})e^{-\frac{t}{R \cdot C}} + V_{OM} \quad (6)$$

La momentul $t = T_1$, $U_C = V_p$ și deci:

$$V_p = (V_p - V_{OM})e^{-\frac{T_1}{R \cdot C}} + V_{OM} \quad (7)$$

De unde:

$$T_1 = R \cdot C \cdot \ln \frac{V_{OM} - V_p}{V_{OM} - V_p} \quad (8)$$

Îndată ce V_i^- depășește valoarea V_p , amplificatorul rebasculează în starea V_{om} și în intervalul T_2 , condensatorul se încarcă de la ieșirea V_{om} prin R . Acum se poate scrie relația :

$$R \cdot C \cdot \frac{dU_C(t)}{dt} + U_C(t) = V_{om} \quad (9)$$

cu $U_C(0) = V_p$.

Legea de variație a tensiunii pe condensator, considerînd origine timpului după periada T_1 , este:

$$U_C(t) = (V_p - V_{om})e^{-\frac{t}{R \cdot C}} + V_{om} \quad (10)$$

La momentul $t = T_2$, $U_C = V_p$ și deci:

$$V_p = (V_p - V_{om})e^{-\frac{T_2}{R \cdot C}} + V_{om} \quad (11)$$

de unde:

$$T_2 = R \cdot C \cdot \ln \frac{V_{OM} - V_p}{V_{OM} - V_p} \quad (12)$$

Dacă în relațiile care dau pe T_1 și T_2 se înlocuiește V_p și V_p cu valorile deduse în relațiile (2) și (3), și se ține cont că $V_{OM} = -V_{om}$, atunci:

$$T_1 = R \cdot C \cdot \ln \frac{1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} - \frac{V_{ref}}{V_{OM}}}{1 - \frac{V_{ref}}{V_{OM}}} \quad (13)$$

$$T_2 = R \cdot C \cdot \ln \frac{1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} + \frac{V_{ref}}{V_{OM}}}{1 - \frac{V_{ref}}{V_{OM}}} \quad (13')$$

iar perioada semnalului este : $T = T_1 + T_2$ (14)

Se observă că prin variația lui V_{ref} se modifică atât perioada cât și simetria impulsurilor, în timp ce prin variația elementelor R și C , se modifică doar perioada.

Pentru $V_{ref} = 0$,

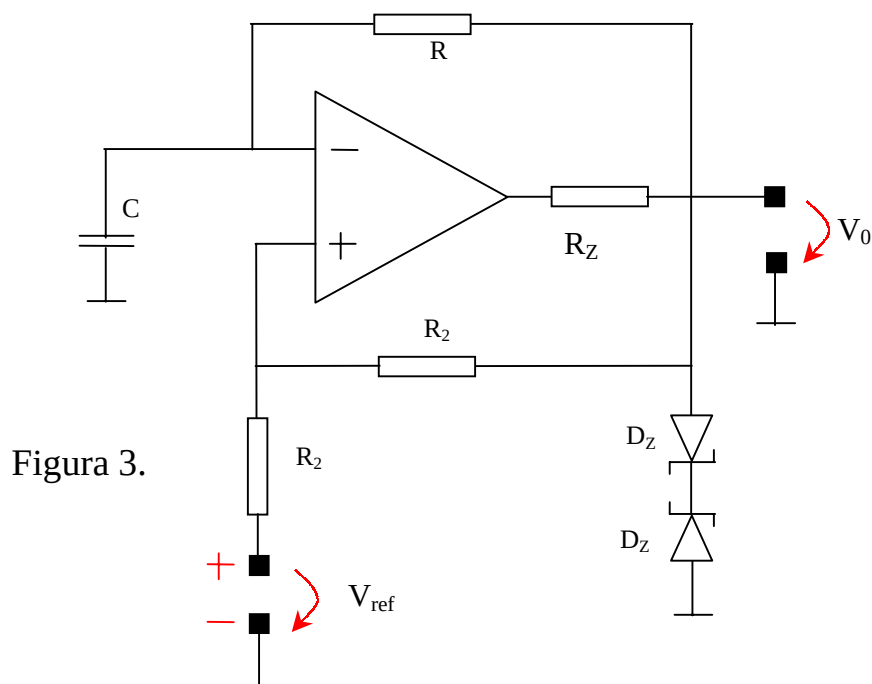
$$T_1 = T_2 = \frac{T}{2} = R \cdot C \cdot \ln \left(1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (15)$$

Fronturile impulsurilor generate sînt dictate de viteza maximă de variație a tensiunii de ieșire, SR, proprie amplificatorului operațional și tipului de corecție de frecvență folosit. Pentru amplificatoarele operaționale de uz general durată fronturilor este de ordinul μs sau zeci de μs . În consecință, asemenea generatoare de impulsuri se folosesc numai în frecvențe audio.

Trebuie observat că tensiunea diferențială de intrare (figura 2.), ia valori mari, ce pot depăși tensiunea maximă admisibilă pentru amplificatoarele operaționale. În aceste cazuri trebuie folosită o schemă de protecție pentru intrare.

Din relațiile pentru T_1 și T_2 se constată că frecvența de oscilație este influențată de nivelele limită ale tensiunii de ieșire V_{OM} și V_{om} și deci și de sursele de alimentare.

Circuitul poate fi îmbunătățit limitînd semnalul generat cu ajutorul a două diode Zenner, montate ca în figura 3.



Rezistența R_Z determină curentul prin diode. Pentru acest circuit stabilitatea frecvenței depinde în primul rînd de stabilitatea diodelor Zenner și a celorlalte componente pasive și în foarte mică măsură de tipul și performanțele amplificatorului. Simetria formei de undă generate este dată de împerecherea celor două diode Zenner. Relațiile pentru T_1 și T_2 se păstrează dacă se înlocuiește V_{OM} cu $V_Z + V_D$ (unde V_D este tensiunea pe o diodă Zenner polarizată direct).

O variantă îmbunătățită este prezentată în figura 4., în care încărcarea și descărcarea condensatorului este asigurată prin generatoarele de curent constant realizate cu tranzistoarele T_1 și T_2 . În acest caz tensiunea U_C este liniar variabilă și poate fi scoasă la ieșirea altui amplificator operațional, în

montaj de repetor. Prin variația polarizării bazelor tranzistoarelor T_1 și T_2 se pot modifica curenții de încărcare și de descărcare și astfel se poate modifica simetria unde generate.

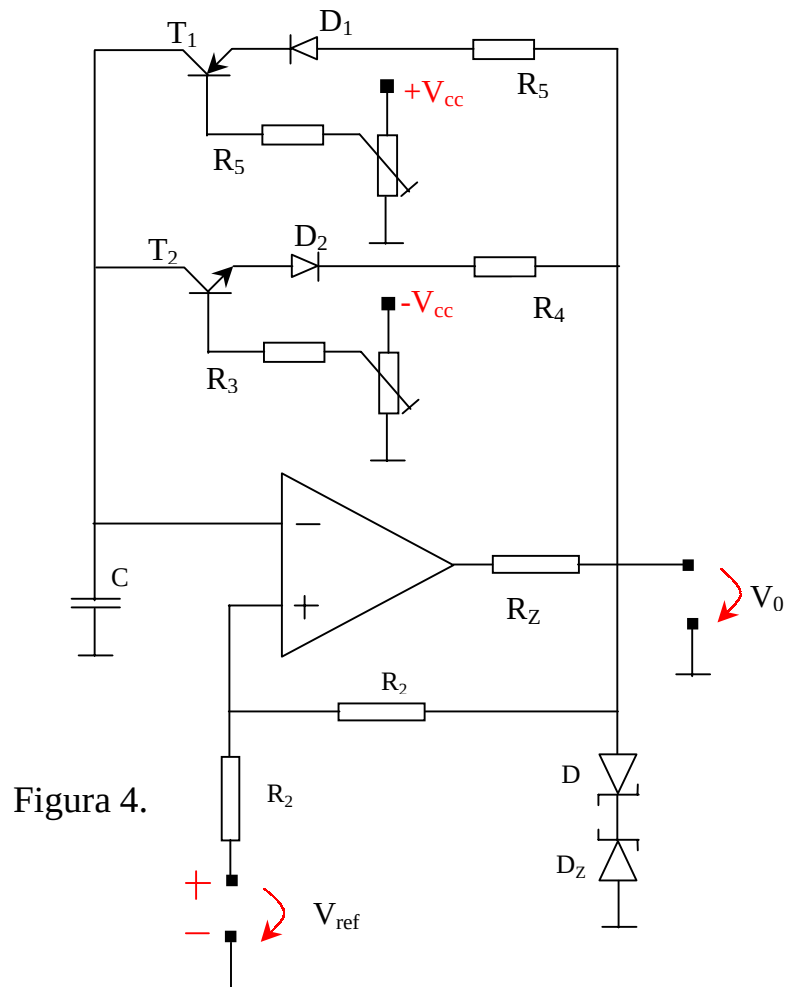


Figura 4.

3. Dispozitivul de laborator.

Montajul este realizat cu un amplificator operațional $\beta A 741$ și are schema din figura 5. Alimentarea montajului se face de la o sursă dublă în intervalul $\pm 5 - \pm 12$ V. În legătură cu acest monaj se are în vedere că pentru amplificatorul $\beta A 741$ tensiunea diferențială de pe intrare poate fi de maximum ± 30 V. Deasemenea, viteza maximă de variație a tensiunii de ieșire este de 0.5 V/ μs .

4. Desfășurarea lucrării.

4.1. Se alimentează montajul la o tensiune de ± 10 V.

4.2. Se realizează montajul din figura 1. Drept sursă de referință se folosește potențiometrul și cele două rezistențe înseriate, alimentate la ± 10 V. Se realizează reacția negativă cu o rezistență de 27 K Ω . Se oscilografiază formele de undă de la ieșire V_0 , de la intrările V_i^- și V_i^+ și tensiunea diferențială de intrare. Se fixează V_{ref} la valorile ± 2 V, ± 1 V și ± 0 V și se verifică relațiile pentru T_1 și T_2 (prin calcularea valorilor calculate cu relațiile (12), (13) cu cele măsurate cu osciloscopul). Se modifică tensiunea de alimentare între limitele ± 8 V și ± 12 V și se observă influența acesteia asupra perioadei semnalului generat.

4.3. Se realizează montajul din figura 3. Reacția negativă se realizează cu două rezistențe de 27 K Ω montate în paralel și înseriate cu potențiometrul și o rezistență de 12 K Ω (legătura la cursor și la capătul unei rezistențe). Se dau cinci valori pentru rezistența r și se verifică relația de calcul pentru T . Se crește tensiunea de alimentare la ± 12 V și se observă influența acestei variații asupra perioadei semnalului generat.

