

ELECTRONICĂ DIGITALĂ

LUCRAREA 3

CIRCUITE PENTRU FIXAREA NIVELULUI

3. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are ca scop studierea circuitelor de fixare a nivelului, cunoscute ca circuite de axare sau circuite pentru restabilirea componentei continue.

Studiul proprietăților acestor circuite este important din două motive:

- datorită fenomenului de “*polarizare dinamică*” pe care-l produc;
- datorită aplicațiilor utile.

3.1. Noțiuni teoretice

Circuitele pentru fixarea nivelului sunt cuadripoli cu ajutorul cărora nivelul extrem al unor impulsuri sau valoarea lor continuă se fixează la o valoare dorită.

Transmiterea semnalelor alternative de la ieșirea unui etaj al unui amplificator la intrarea unui alt etaj se realizează de multe ori prin cuplaj RC (*Figura 3.1.*).

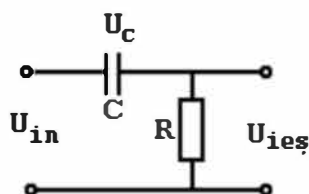


Figura 3.1. Transmiterea semnalelor alternative prin cuplaj RC

Circuitul reprezentat în *Figura 3.1.* nu permite trecerea componentei continue a tensiunii U_i și de aceea se mai numește și circuit de separare. Procesul tranzitoriu care apare după conectarea la intrarea sa a unei surse de tensiune este ilustrat în *Figura 3.2. a, b.*

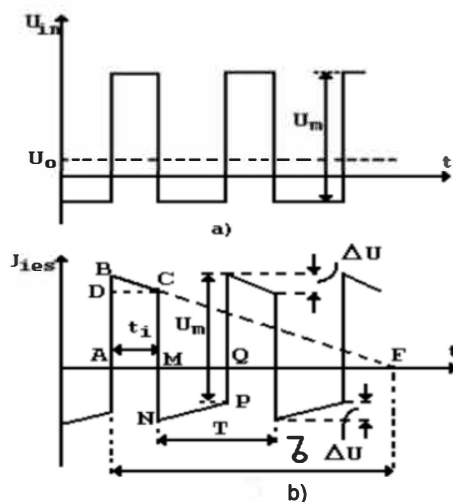


Figura 3.2. Procesul tranzitoriu ce apare după conectarea la intrare a unei surse de tensiune

3.2. Polarizarea dinamică

După un anumit număr de perioade din momentul conectării tensiunii de intrare se stabilește o stare de echilibru dinamic, astfel încât creșterea tensiunii la bornele capacității în timpul încărcării sale este egală cu scăderea tensiunii în timpul descărcării. Într-un astfel de regim staționar, condensatorul se încarcă la o valoare egală cu componenta continuă a semnalului (U_0), tensiunea de ieșire având componentă continuă nulă.

Un circuit de separare ideal nu trebuie să permită trecerea componentei continue, în timp ce componenta alternativă a tensiunii de ieșire trebuie să aibă aceeași formă de variație ca a semnalului. Pentru aceasta, componenta alternativă a tensiunii la bornele capacității trebuie să fie neglijabilă, lucru care se poate realiza practic prin alegerea unei constante de timp a circuitului de separare mult mai mare decât durata încărcării sau descărcării capacității. Neîndeplinirea acestei condiții conduce la apariția unei componente alternative a tensiunii la bornele capacității, ceea ce are ca efect distorsionarea tensiunii de ieșire. În cazul cel mai important al transmiterii unei tensiuni de formă dreptunghiulară prin circuitul de separare se vor constata distorsiuni sub forma unei denivelări a impulsurilor de la ieșire. Să calculăm pentru început distorsiunile care apar.

Distorsiunile introduse se pot evalua prin mărimea relativă a denivelării $D = \frac{\Delta u}{U_m}$, unde Δu reprezintă valoarea absolută a variației tensiunii de ieșire în timpul încărcării sau descărcării capacității, iar U_m amplitudinea impulsurilor. Pentru determinarea denivelării se ține seama de faptul că BC reprezintă porțiunea inițială a unei tensiuni cu variații exponențiale, deci poate fi considerată aproximativ liniară.

Din asemănarea triunghiurilor ABF și DBC rezultă:

$$\frac{BD}{AB} = \frac{t_i}{\delta}, \quad \delta = RC \quad (3.1.)$$

Pe de altă parte, aria trapezului ABCM și a trapezului MNPQ sunt egale, deoarece componenta continuă a tensiunii de ieșire este nulă, deci:

$$\frac{AB + BC}{2} t_i = \frac{MN + QP}{2} (T - t_i) \quad (3.2.)$$

Deoarece $\Delta u \ll U_m$ se poate considera cu aproximație că :

$$\frac{AB + MC}{2} \approx AB, \quad \frac{MN + PQ}{2} \approx U_m - AB \quad (3.3.)$$

În aceste condiții rezultă:

$$AB \cdot t_i \approx (U_m - AB)(T - t_i), \text{ de unde } AB \approx U_m \left(1 - \frac{t_i}{T}\right) \quad (3.4.)$$

Din relațiile (3.1.), (3.4.) și luând în considerare că $BD = \Delta u$, rezultă:

$$D \approx \frac{t_i}{\delta} \left(1 - \frac{t_i}{T}\right) \quad (3.5.)$$

$$\text{La valori mici ale coeficientului de umplere } \frac{t_i}{T} : D \approx \frac{t_i}{\delta} \quad (3.6.)$$

Evident, dacă semnalul are componentă continuă nulă, valoarea medie pe o perioadă a tensiunii la bornele condensatorului este egală cu zero dacă încărcarea condensatorului în decursul unei părți a perioadei și descărcarea sa în decursul celeilalte părți au aceeași constantă de timp. În anumite situații, existența unui element neliniar la bornele de ieșire ale grupului de cuplaj RC, de exemplu dioda

echivalentă a joncțiunii bază-emitor a tranzistorului din etajul următor, poate determina apariția unei componente continue la bornele condensatorului chiar în absența unei componente continue a semnalului. Acest fenomen poartă denumirea de *polarizare dinamică* și determină deplasarea punctului de funcționare al etajului următor datorită componente continue de pe condensator.

Polarizarea se numește "dinamică" deoarece aceasta lipsește în repaus, apărând numai la aplicarea semnalelor ce urmează să fie amplificate.

Pentru a determina valoarea tensiunii de încărcare (U_o) a condensatorului în cazul unui semnal cu componentă continuă nulă, se consideră *Figura 3.3. a, b*.

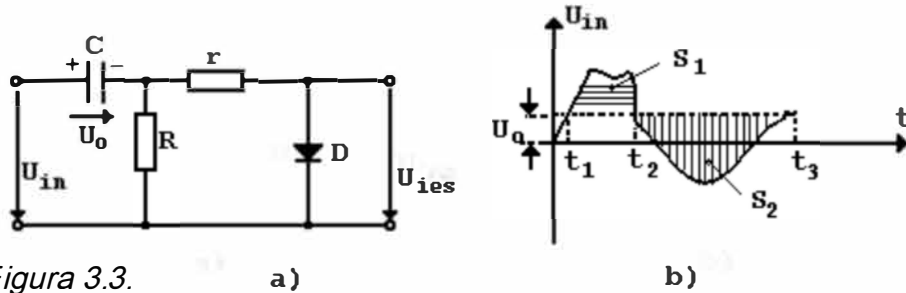


Figura 3.3.

a)

b)

Se consideră cazul cel mai simplu, când tranzistorul din etajul următor nu este polarizat static și rezistența internă a sursei ce generează semnalul U_i este neglijabilă. Pe intervalul t_1, t_2 , dioda D (joncțiunea bază-emitor) conduce, încărcarea condensatorului realizându-se prin rezistența:

$$R_i = R \parallel (r + R_D) \approx R \parallel r \quad (3.7.)$$

unde R_D este rezistența în sens direct a diodei, mult mai mică decât r . Pe intervalul t_2, t_3 , dioda este blocată, descărcarea condensatorului realizându-se prin rezistorul :

$$R_d = R \parallel (r + R_i) \approx R \quad (3.8.)$$

unde R_i este rezistența în sens invers a diodei, de valoare mult mai mare decât r sau R . Curenții de încărcare (i_i) și descărcare (i_d) ai condensatorului nefiind egali, regimul staționar va avea loc atunci când condensatorul se va încărca cu o tensiune U_o , astfel încât creșterea de tensiune Δu_c^+ la bornele condensatorului în timpul încărcării este egală cu scăderea de tensiune Δu_c^- în timpul descărcării. Dar :

$$\Delta u_c^+ = \frac{1}{C} \cdot \int_{t_1}^{t_2} i_i \cdot dt = \frac{1}{C \cdot R_i} \int_{t_1}^{t_2} (U_i - U_o) dt = \frac{S_1}{C \cdot R_i} ,$$

unde S_1 este suprafața hașurată orizontală în *Figura 3.3.b*.

Analog,

$$\Delta u_c^- = \frac{1}{C} \int_{t_2}^{t_3} i_d \cdot dt = \frac{1}{C \cdot R_d} \cdot \int_{t_2}^{t_3} (U_i - U_o) dt = -\frac{S_2}{C \cdot R_d}$$

unde S_2 este suprafața hașurată vertical din *Figura 3.3.b*.

Condiția de existență a regimului permanent, din care se determină valoarea U_o , se scrie sub forma $|\Delta u_c^+| = |\Delta u_c^-|$ sau : $\frac{S_1}{R_i} = \frac{S_2}{R_d}$, sau ținând cont de relațiile (3.7.), (3.8.):

$$\frac{S_2 - S_1}{S_1} = \frac{R}{r} \quad (3.9.)$$

Trebuie subliniat faptul că toate rezultatele au fost obținute în ipoteza că valoarea capacității C a fost aleasă suficient de mare încât forma semnalului să nu fie distorsionată la ieșire. În relația (3.6.), δ are valoare mică ceea ce determină un D mare. Pentru micșorarea lui U_o trebuie micșorat raportul $\frac{R}{r}$. Micșorarea exagerată a lui R mărește încărcarea etajului anterior, iar mărirea rezistorului r duce la creșterea distorsiunilor din cauza efectului capacităților de la intrarea etajului următor. Polarizarea dinamică poate fi înlăturată dacă rezistențele circuitelor de încărcare și de descărcare ale condensatorului sunt egale. Aceasta se poate obține prin conectarea unei diode suplimentare D_1 și satisfacerea condiției $R=r$, așa cum se prezintă în *Figura 3.4.*

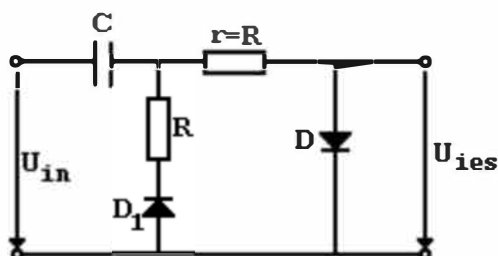


Figura 3.4.

3.3. Circuite pentru fixarea nivelului.

Pe de altă parte, efectul polarizării dinamice se utilizează deseori pentru fixarea unui semnal la un nivel dorit. Cel mai simplu circuit de fixare a nivelului se obține din circuitul prezentat în *Figura 3.3.a* prin șuntarea rezistorului r , obținându-se circuitul din *Figura 3.5.*

Dacă semnalul are forma din *Figura 3.6.a*, prin alegerea unei rezistențe R mult mai mari decât rezistența în sens direct R_D a diodei, condensatorul se încarcă practic la valoarea $U_C = U_1$ cu polaritatea din figură (descărcarea prin R fiind neglijabilă). În felul acesta se poate scrie $u_e = u_i - u_C = U_i - U_1$, rezultând răspunsul din *Figura 3.6.b.*

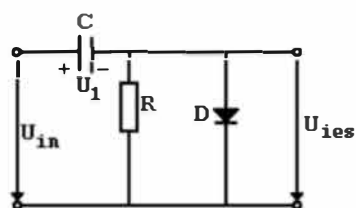


Figura 3.5.

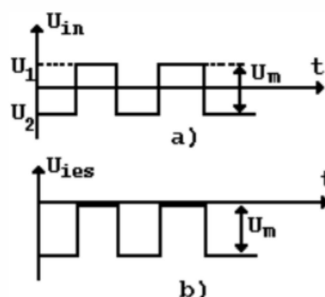


Figura 3.6.

Dacă se folosește circuitul din *Figura 3.5.* și semnalul din *Figura 3.8.a*, atunci condensatorul se va încărca la tensiunea U_2 cu polaritatea din figură, rezultând:

$$u_e = U_i - U_C = U_i + U_2 \quad (\text{Fig. 3.8.b}).$$

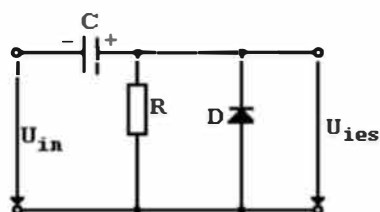


Figura 3.7.

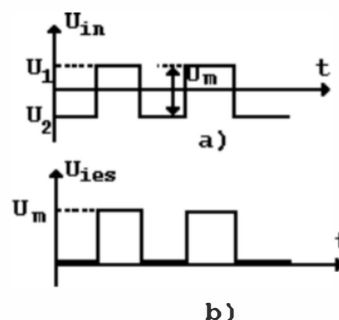


Figura 3.8.

Nivelul de fixare poate fi și diferit de zero prin introducerea unei tensiuni de polarizare E ($E \geq 0$). Dacă se dorește fixarea nivelului la tensiunea E , se folosește circuitul din *Figura 3.9.*, reprezentările semnalului și răspunsului fiind prezentate în *Figura 3.10.a,b.*

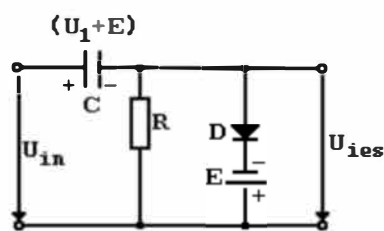


Figura 3.9.

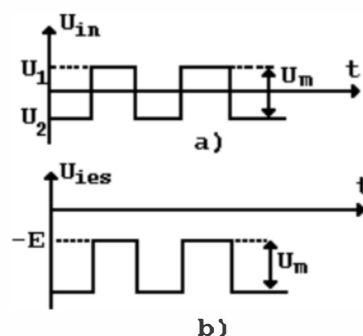


Figura 3.10.

3.4. Desfășurarea lucrării

1. Se identifică pe macheta de laborator componentele existente și se notează valorile acestora.
2. Se realizează pe rând circuitele de fixare a nivelului, iar pentru circuitul din figura 3.9 se consideră $E=5V$.
3. La intrare se aplică un semnal dreptunghiular cu $A=5V$ și $f=1kHz$ de la generatorul de semnal.
4. Cu ajutorul osciloscopului se vizualizează pe CH1 forma de undă aplicată la intrare, respectiv pe CH2 forma de undă obținută la ieșire. Se prindează formele de undă de la intrare și ieșire și se notează parametrii fiecăreia (amplitudine, perioadă, frecvență).
5. Se schimbă pe rând rezistorul și condensatorul și se reiau măsurătorile pentru fiecare circuit în parte.

3.5. Întrebări

1. Care este definiția circuitelor pentru fixarea nivelului?
2. Care este condiția pentru ca un circuit de separare ideal să nu permită trecerea componentei continue, iar componenta alternativă a tensiunii de ieșire să aibă aceeași formă de variație a semnalului cu cea de la intrare? Care sunt urmările neîndeplinirii acestei condiții?
3. Ce este fenomenul de polarizare dinamică și care sunt cauzele apariției acestuia?
4. Cum poate fi înlăturată polarizarea dinamică?
5. La ce se folosește efectul de polarizare dinamică?

3.6. Conținutul referatului

- definiția circuitelor de fixare a nivelului;
- prezentarea circuitelor de fixare a nivelului realizate în laborator;
- valorile componentelor de pe macheta de laborator;

- reprezentarea semnalelor de intrare și ieșire (pe hârtie milimetrică); se notează pe grafice amplitudinea și perioada fiecărui semnal;
- valorile componentelor pentru care s-au făcut determinările;
- amplitudinea, frecvența și perioada fiecărui semnal reprezentat;
- răspunsurile la întrebări;
- observații personale.