

Lucrarea Nr. 6

Dioda în regim de semnal mic (Aplicație)

A.Scopul lucrării

- Determinarea experimentală a rezistenței de semnal mic a diodei;
- Utilizarea diodei în regim de semnal mic (aplicație-exemplu);

B.Scurt breviar teoretic

În ecuația curentului prin dioda:

$$i_D = I_S (e^{\frac{v_D}{aV_T}} - 1) \quad (1)$$

există doi parametri tehnologici (I_S [A], a - coeficient de gradare a joncțiunii) și parametrul temperaturii mediului ambiant T [K], ce intervine în expresia tensiunii termice

$$V_T = \frac{kT}{q} \cong 25mV|_{300K}. \text{ Parametrii } I_S \text{ și } a \text{ pot fi determinați experimental la } V_T \text{ cunoscut}$$

(θ_{amb} măsurat). De exemplu la $i_D=I_{D1}$ se măsoară V_{D1} și la $i_D=I_{D2}$ se măsoară V_{D2} (I_{D1} și I_{D2} valori între 0.5mA și 10mA) la diodele de 300[mW]...1[W], conform (1) rezultă sistemul:

$$\begin{cases} I_{D1} = I_S e^{\frac{V_{D1}}{aV_T}} \\ I_{D2} = I_S e^{\frac{V_{D2}}{aV_T}} \end{cases} \quad (2)$$

În (2) termenul “-1” s-a neglijat deoarece în plaja de curenți propusă rezultă tensiuni V_D

care satisfac: $V_D \gg aV_T \Rightarrow e^{\frac{v_D}{aV_T}} \gg 1$.

Din (2) rezultă:

$$a = \frac{V_{D2} - V_{D1}}{V_T} \left(\ln \frac{I_{D2}}{I_{D1}} \right)^{-1} \quad (3)$$

Precizia valorii determinate cu (3) pentru “ a ” depinde de precizia de măsurare a curenților și tensiunilor. Întrucât în (3) apare diferența $V_{D2}-V_{D1}$, pentru a micșora influența erorilor de măsură a tensiunii este necesar ca diferența $V_{D2}-V_{D1}>50mV$, diferență care se obține pentru $I_{D2} > 10 I_{D1}$. Cu “ a ” determinat conform relației (3), dintr-o ecuație a sistemului (2) rezultă și I_S al diodei.

Cu a , I_S și V_T cunoscute, în regim de cc ecuația (1) se scrie:

$$I_D = I_S (e^{\frac{V_D}{aV_T}} - 1) \cong I_S e^{\frac{V_D}{aV_T}} \quad (4)$$

Relatia (4) definește regimul de cc al diodei. Pe caracteristica $i_D=f(v_D)$ diodele se găsesc în regim de cc în punctul $Q(V_D;I_D)$ numit prin definiție punct static de funcționare. Dacă peste regimul static se suprapune un regim dinamic atunci Q se deplasează în jurul PSF. Pentru această situație, curentul total prin dioda va fi:

$$i_D = I_D + i_d = I_S e^{\frac{v_D}{aV_T}} = I_S e^{\frac{V_D+v_d}{aV_T}} = (I_S e^{\frac{V_D}{aV_T}}) e^{\frac{v_d}{aV_T}}$$

Dacă $v_d \ll aV_T \Rightarrow e^{\frac{v_d}{aV_T}} \cong 1 + \frac{v_d}{aV_T}$ și vom avea:

$$I_D + i_d = I_D \left(1 + \frac{v_d}{aV_T}\right), \text{ relație din care rezultă că vom avea pentru regimul de semnal}$$

mic considerat: $i_d = I_D \frac{v_d}{aV_T}$.

Rezultă pentru rezistența de semnal mic a diodei expresia:

$$r_d = \frac{v_d}{i_d} = \frac{aV_T}{I_D} \quad (5)$$

Dioda se apropie de regimul de semnal mic ideal dacă variațiile tensiunii directe $\Delta v_D \rightarrow 0$ în jurul PSF.

Acceptăm că o diodă reală funcționează în regim de semnal mic dacă amplitudinile semnalului v_d sunt mai mici de 10mV ($V_T \approx 25\text{mV}$ la 300 K).

Din relația (5) este foarte important să observăm că:

- r_d depinde de temperatură și de I_D (curentul de PSF);
- pentru regimul de semnal mic (separat de regimul de cc) dioda se comportă ca un rezistor cu rezistența comandată de curentul continuu I_D ;

C.Modul de lucru

C1

Determinarea constantei "a"

Se realizează circuitul din figura următoare:

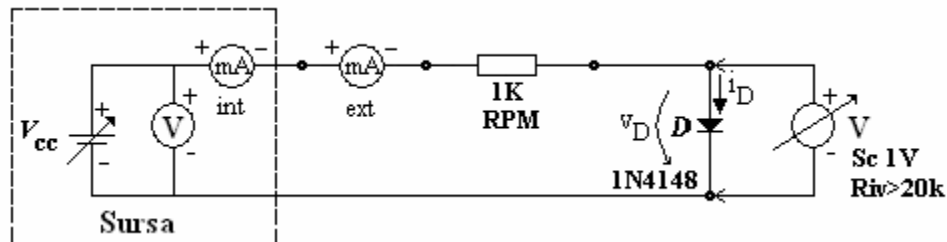


Figura 1

Cu un mA extern pe scala de 0.5mA se pornește sursa V_{CC} de la 0V și se crește până când mA indică 0.5mA. Se citește pe voltmetru valoarea V_{D1} rezultată pentru $I_{D1}=0.5mA$.

Se trece mA pe scala de 5mA și se repetă pasul anterior pentru punctul de funcționare caracterizat de $I_{D2}=5mA$ și V_{D2} indicată de voltmetru.

Cu valorile obținute se calculează a cu relația (3). ($\ln 10=2.3$)

C2

Utilizarea diodei în regim de semnal mic

Un exemplu de utilizare este *divizorul de tensiune de semnal comandat în curent*.

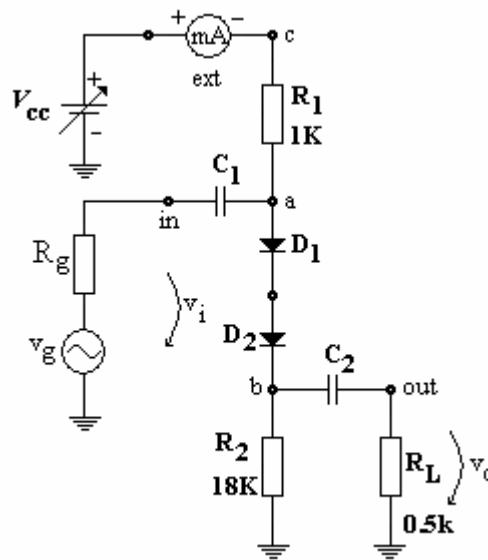


Figura 2

Circuitul conține două condensatoare:

- C_1 pentru cuplarea numai a semnalului de la generator la circuit.
- C_2 pentru cuplarea numai a semnalului de la circuit la sarcina R_L .

Prin cele două condensatoare nu circulă curent continuu, astfel că R_g și R_L nu modifică punctele statice de funcționare ale diodelor $Q_1(V_{D1}; I_{D1})$, $Q_2(V_{D2}; I_{D2})$.

Dacă cele două diode sunt perfect identice (au același I_S și aceeași constantă "a"), vor rezulta valori $V_{D1}=V_{D2}$ pentru $I_{D1}=I_{D2}$.

Cu generatorul oprit se poate face analiza de CC a circuitului. Pentru că C_1 , C_2 nu

intervin în CC, va rezulta: $I_D = I_{D1} = I_{D2} = \frac{V_{CC} - 2V_D}{R_1 + R_2}$.

Pentru valori ale curentului I_D între $50\mu\text{A} \dots 1\text{mA}$, $V_D \approx 600\text{mV}$. Cu V_{CC} reglabil între $2\text{V} \dots 20\text{V}$ se poate regla $0 < I_D < 1\text{mA}$.

Cu generatorul pornit, se micșorează amplitudinea și crește frecvența semnalului de ieșire al generatorului până când se asigură condiția de scurt-circuit pentru cele două condensatoare de cuplaj (reactanțele lor au valori atât de mici încât căderea de tensiune de semnal pe acestea este neglijabilă) și în plus are loc:

$$\begin{cases} v_i(t) \cong v_a(t) \\ v_o(t) \cong v_b(t) \end{cases} \text{ ca amplitudine și fază.}$$

Deoarece sursa de tensiune continuă are rezistență internă ≈ 0 , în nodul c din circuit nu există decât componentă continuă (nu există tensiune de semnal). Spunem că sursa de alimentare V_{CC} este scurtcircuit pentru semnal.

Cu precizările de mai sus, pentru regimul de semnal mic (semnale nedistorsionate) se obține, din Figura 2, schema echivalentă de semnal mic din Figura 3:

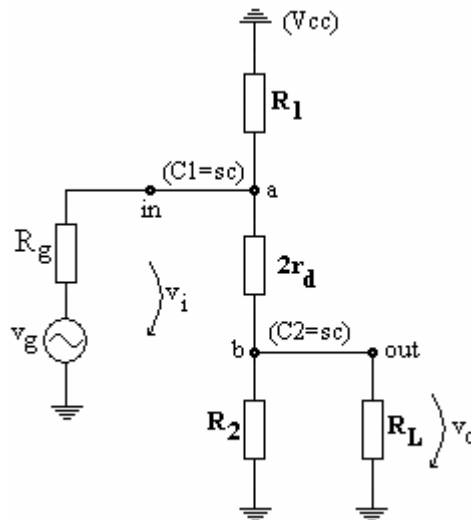


Figura 3

Din Figura 3 rezultă:

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{R_L // R_2}{2r_d + R_L // R_2}$$

Cu valorile din circuit are loc $R_L \ll R_2 \Rightarrow R_L // R_2 \cong R_L$ și :

$$v_o \cong \frac{R_L}{2r_d + R_L} v_i \quad (6)$$

În relația de mai sus r_d este rezistența de semnal mic a unei diode $r_d = \frac{aV_T}{I_D}$ și rezultă din relație posibilitatea controlului amplitudinii semnalului de ieșire de către curentul continuu I_D prin diode: $v_o = v_o(I_D)|_{V_{im}=ct}$.

Practic:

- se reglează generatorul astfel încât $V_{im} \approx 100\text{mV} = \text{ct.}$ și frecvența conform celor prezentate anterior;
- se reglează curentul I_D din V_{CC} ;
- se măsoară V_{om} pentru fiecare valoare I_D fixată în CC;
- se completează tabelul T1.

Tabelul T1

$I_D[\mu\text{A}]$	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900
$V_{om}[\text{mV}]$										

- se verifică relația (6);
- se trasează grafic $V_{om} = f(I_D)|_{V_{im}=ct; f=ct}$