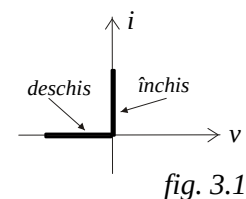


Cursul 03**C02 COMUTATOARE ELECTRONICE****C02.1 Parametrii comutatoarelor electronice**

Pentru obținerea într-un circuit a unor variații prin salt se folosesc comutatoare electronice.

Un comutator ideal este caracterizat de următorii parametrii :

- în stare închis - rezistența și tensiunea reziduală pe comutator sunt 0
- în stare deschis - rezistența de pierderi este ∞ iar curentul rezidual este 0
- timpul de comutație din starea deschis-închis este 0

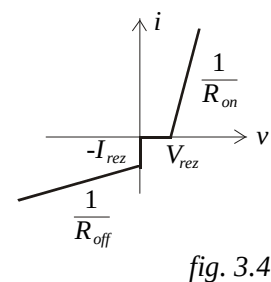
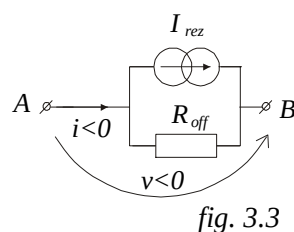
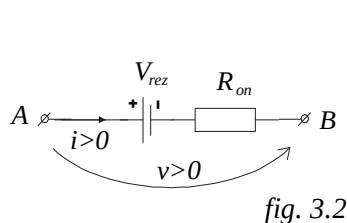


Un comutator ideal este caracterizat de relațiile: $\begin{cases} i = 0, & v < 0 \\ v = 0, & i > 0 \end{cases}$ iar caracteristica sa este

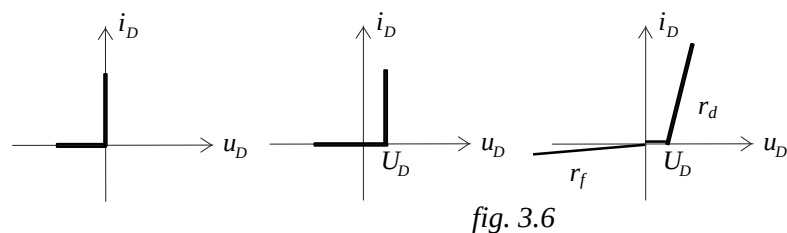
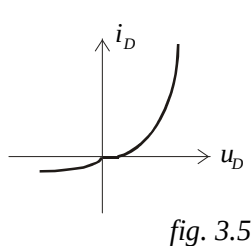
prezentată în fig.3.1. Nu există comutatoare ideale.

Pentru comutatoarele electronice comandate se definesc : sensibilitatea la comutare, stabilitatea și reproductibilitatea pragurilor de comandă.

Pentru un comutator real, schema echivalentă, în starea închis este cea din fig.3.2 unde V_{rez} trebuie privită ca o tensiune de prag iar în starea deschis este cea din fig.3.3 unde I_{rez} nu depinde de tensiunea inversă aplicată pe circuit. Astfel caracteristica unui comutator real este cea din fig.3.4.

**Comutator electronic cu diodă**

Caracteristica reală a diodei este cea din fig.3.5 unde $i_D = I_S (e^{\frac{qU_D}{kT}} - 1)$. De cele mai multe ori această caracteristică se aproximează. În fig.3.6 sunt cele 3 aproximații uzuale:



a) aproximare ideală

b) aproximare cu pantă ∞ , unde :

-pentru curenți de ordinul μA $U_{D_0} \in [0.65 \text{ V}, 0.75 \text{ V}]$, uzual $U_{D_0} \approx 0.7 \text{ V}$

-pentru curenți de ordinul mA $U_D \in [0.75 \text{ V}, 0.85 \text{ V}]$, uzual $U_D \approx 0.8 \text{ V}$

c) aproximare cu pantă $\neq \infty$ unde :

- la polarizare directă se ține seama de rezistența dinamică $r_d = \frac{kT}{qI_D} = \frac{0.025}{I_D}$ a diodei de ordinul

$\text{k}\Omega$. Dacă $I_D = 1 \text{ mA} \Rightarrow R_d = 25 \Omega$. Schema echivalentă a diodei în această stare este cea din *fig.3.2* stare care corespunde stării închise a unui comutator real.

- la polarizare inversă se ține seama de rezistența în stare blocată a diodei de ordinul $\text{M}\Omega$ și de curentul de saturație, curentul de generare în regiunea de sarcină spațială și de curentul de pierderi de la suprafața cristalului în regiunea de sarcină spațială. Pentru diodele de comutație din Si acest curent invers este de ordinul nA . Schema echivalentă a diodei în această stare este cea din *fig.3.3* stare care corespunde stării deschise a unui comutator real.

Relativ la timpii de comutație dintr-o stare în alta, aceștia sunt dați de modificarea sarcinii din regiunea de sarcină spațială și de modificarea distribuției de purtători minoritari din regiunea neutră. Timpii de comutație rezultați, ținând cont de acest fenomen sunt de ordinul ns sau sub 1 ns. În marea majoritate a aplicațiilor sunt mult mai mici decât ceilalți timpii de schimbare a stărilor și deci pot fi neglijati.

C02.2 Circuite de limitare cu diode

După alura caracteristicii de transfer a circuitelor de limitare avem circuite de limitare superioară, inferoară și bilaterală iar după modul în care este conectată dioda de limitare în raport cu sarcina avem limitatoare cu diodă conectată în serie sau în paralel.

1.a) Circuit de limitare superioară

În *fig.3.7* sunt prezentate schemele limitatorului superior cu diodă conectată în serie a) și paralel b). Ne propunem să determinăm caracteristica de transfer a circuitului.

În cazul în care presupunem dioda ideală și sarcina infinită, caracteristica este aceeași pentru ambele circuite (*fig.3.8.a*). Se observă că pentru tensiuni mai mici decât E acestea sunt reproduse fidel iar în cazul în care acestea depășesc tensiunea E ele sunt limitate la E .

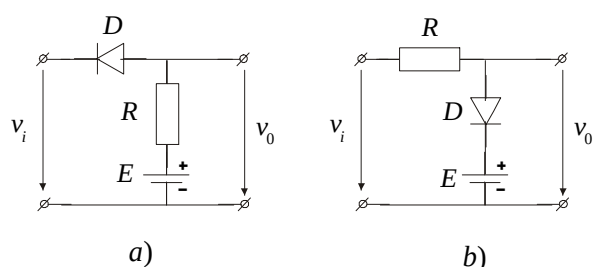


fig. 3.7

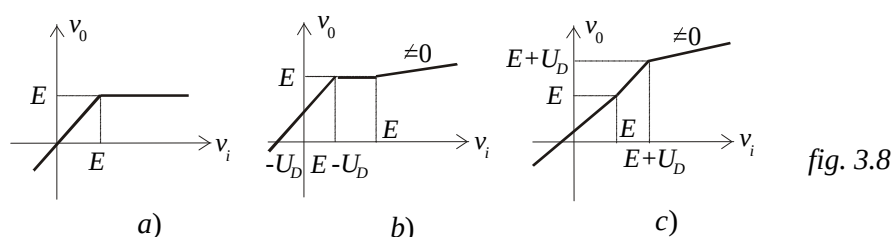


fig. 3.8

În cazul în care dioda se presupune reală, caracteristicile diferă deoarece se ține cont de tensiunea de deschidere și de rezistența diodei în caz de blocare și de conducție.

Pentru dioda serie caracteristica reală este în *fig.3.8.b*. Dioda intră în conducție când tensiunea pe ea devine U_D (tensiunea de intrare este $E - U_D$). Pantele de pe grafic sunt :

-dacă $v_i < E - U_D$ panta este $\frac{R}{R + r_d} < 1 \rightarrow 1$ cu cât $R > r_d$

-dacă $E - U_D < v_i < E$ panta este 0

-dacă $v_i > E$ panta este $\frac{R}{R + r_i}$ și este cu atât mai mică cu cât $r_i > R$

Deci R trebuie astfel dimensionat astfel încât $r_d \ll R \ll r_i$.

Pentru dioda paralel caracteristica reală este în *fig.3.8.c*. Pantele de pe grafic sunt :

-dacă $v_i > E + U_D$ panta este $\frac{r_d}{r_d + R}$

-dacă $v_i < E$ (dioda este blocată cu rezistența dinamică r_i) panta este $\frac{r_i}{r_i + R} < 1$.

În *fig.3.9* sunt prezentate dependențele de timp ale celor două mărimi (intrare și ieșire) pentru cazul serie a) respectiv paralel b).

Timpii de comutație a fronturilor crescător respectiv descrescător sunt :

-în cazul a) $t_f^+ = 2.3 RC$, $t_f^- = 2.3 C(r_d + R_g)$

-în cazul b) $t_f^- = 2.3 RC$, $t_f^+ = RC \ln \frac{V_g}{V_g - E}$.

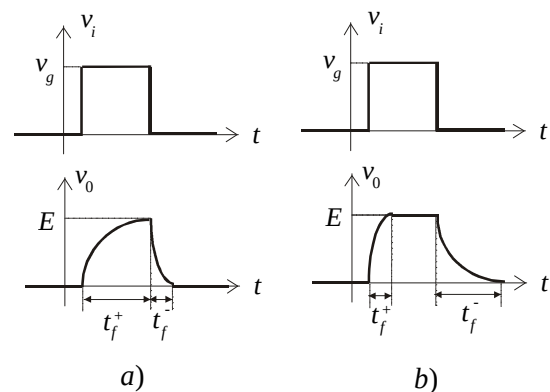


fig. 3.9

1.b) Circuite de limitare inferioară

În *fig.3.10* sunt prezentate schemele limitatorului inferior cu diodă conectată în serie a) și paralel b).

În mod analog cu punctul precedent se obțin caracteristicile de transfer a circuitelor (*fig.3.11*) unde în cazul a) este caracteristica ideală a celor două circuite, b) caracteristica reală a circuitului serie, respectiv c) caracteristica reală a circuitului paralel.

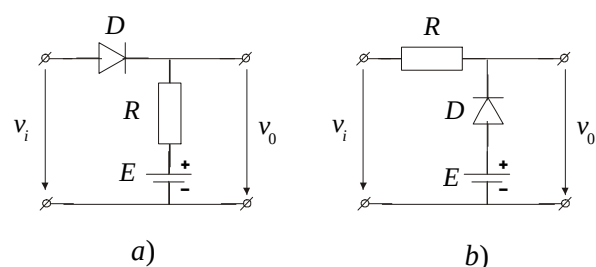


fig. 3.10

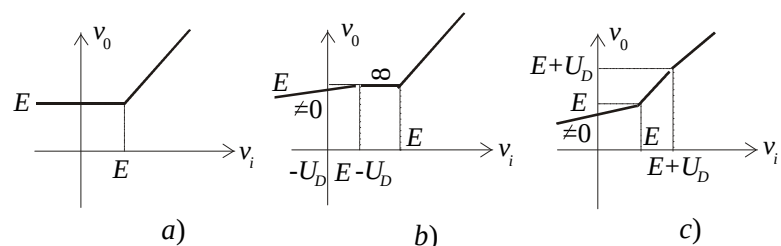


fig. 3.11

1.c) *Circuit de limitare bilaterală*

În *fig.3.12.a* este prezentată schema limitatorului bilateral iar caracteristica sa de transfer este în *fig.3.12.b*.

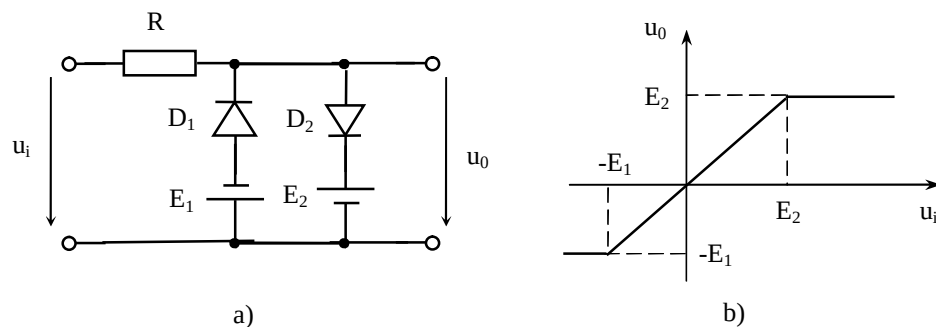


Fig. 3.12

1.d) *Circuit de limitare util* (nu are legătură cu cele de mai sus)

În *fig.3.13.a* este prezentată schema unui limitator bilateral uzual în care diodele s-au considerat caracterizate doar de tensiunea de deschidere, iar caracteristica sa de transfer este în *fig.3.13.b*. Astfel pentru un semnal de intrare de forma din *fig.3.14* răspunsul acestui limitator va fi cel de mai jos.

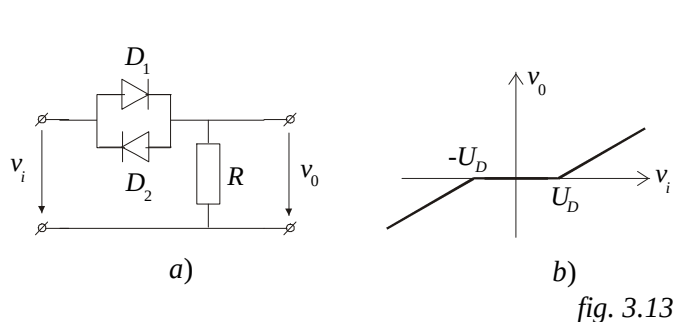


fig. 3.13

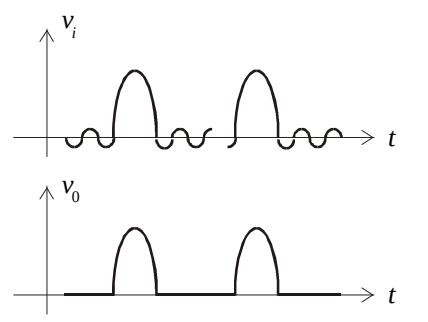


fig. 3.14

C02.3 Circuite de axare

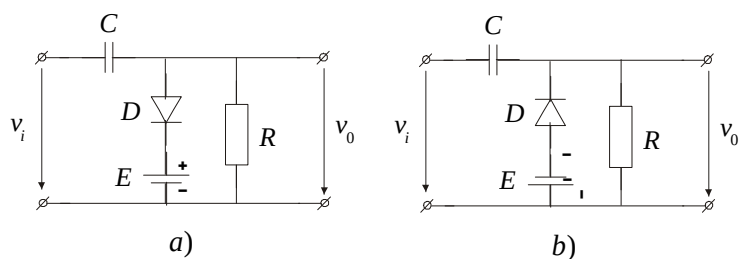


fig. 3.15

Un circuit RC cu ieșire pe R și cu $\tau \ll T_1, T_2$ se comportă ca un circuit de trecere (adică, $U_{ies} \approx U_{int}$ dar componenta continuă a U_{ies} este 0).

Sunt situații în care dorim ca U_{ies} să includă o componentă diferită de 0 pentru a asigura polarizarea unor elemente de circuit, va rezulta că se poate folosi un circuit de trecere + un circuit de limitare cu diode.

Circuitele de axare sunt de două feluri : negativă (*fig.3.15.a*) și pozitivă (*fig.3.15.b*). Caracteristicile mărimilor de intrare, respectiv ieșire sunt în *fig.3.16.a* respectiv *fig.3.16.b*. Condiția de funcționare corectă este $E_1 > E$ pentru cazul a) respectiv $E_2 > E$ pentru cazul b).

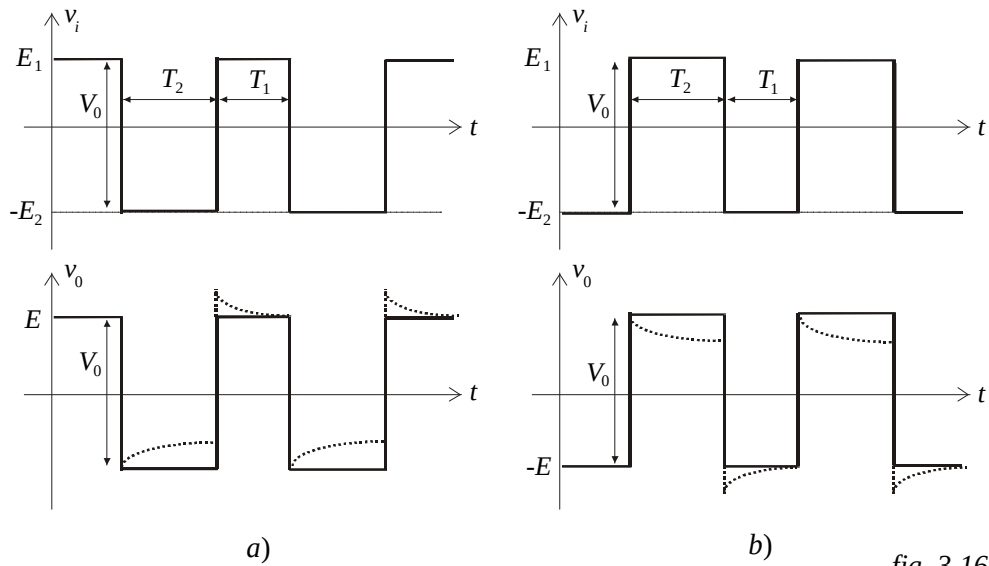


fig. 3.16

Diferența dintre circuitele de limitare și cele de axare constă în aceea că prin circuitele de limitare se elimină o porțiune nedorită a formei de undă de la intrare iar cu circuitul de axare se fixează valoarea tensiunii de la care încep să evolueze impulsurile de la ieșire, fără a fi afectată amplitudinea acestora.