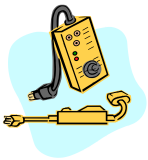
CIRCUITE DE COMUTARE DR
DIPORŢI ŞI MULTIPORŢI

I. OBIECTIVE

a) Determinarea caracteristicilor statice de transfer în tensiune pentru un diport DR.
b) Deducerea aplicaţiilor unui diport DR pentru diverse forme de variaţie în timp a tensiunii de intrare.
c) Determinarea funcţiei electrice a unui triport de extrem spatial.



II. COMPONENTE ŞI APARATURĂ

Folosim două diode semiconductoare (banda indică catodul) şi rezistenţe. Deoarece aplicăm şi măsurăm atât tensiuni continue cât şi variabile avem nevoie de o sursă de tensiune continuă stabilizată, un generator de semnale, un multimetru digital şi un osciloscop catodic cu două canale.

III. ASPECTE TEORETICE

1. Diporţi DR în comutare

1.1. Analiza diporţilor DR

Pentru diporţii DR ne interesează proprietăţile de transfer direct sub forma *caracteristicii statice de transfer*.

Pentru aceasta trebuie să cunoaştem natura semnalelor de intrare şi de ieşire. În general diporţii DR sunt atacaţi cu surse de tensiune, iar la ieşire se determină tot o tensiune. În acest caz transferul este de tip tensiune-tensiune, aşadar vorbim despre **CSTV-caracteristica statică de tranfer în tensiune** $v_O(v_I)$**.**

Pentru determinarea CSTV, adică pentru a cunoaşte valoarea tensiunii de ieşire v_O pentru fiecare valoare a tensiunii de intrare, se poate folosi următorul algoritm:

i) se consideră toate situaţiile posibile din combinarea stărilor de conducţie şi blocare ale diodelor;

ii) pentru fiecare situaţie se determină :

-schema echivalentă

-valoarea v_O

-domeniul de valori ale v_I pentru situaţia respectivă;

iii) se desenează CSTV: $v_O(v_I)$.

Considerăm spre exemplu diportul DR din Fig.1 în care ieşirea se ia de pe rezistorul *R*.

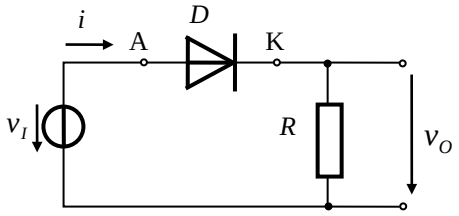


Fig. 1 Diport DR cu ieşire pe R

Pentru D considerăm modelul ideal.

Deoarece avem o singură diodă vom avea doar două situaţii posibile: D-(b) şi respectiv D-(c). Schemele echivalente pentru cele două situaţii sunt prezentate în Fig. 2.

D-(b)

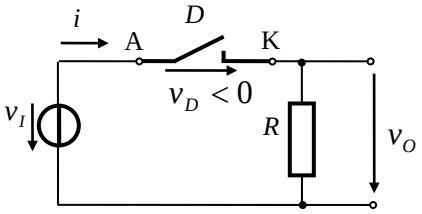


Fig. 2. a) Schema echivalentă când D-(b)

D-(c)

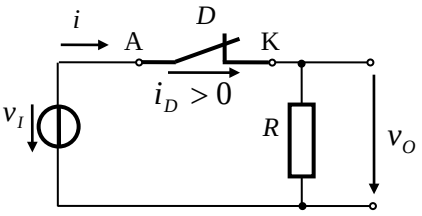


Fig. 2. b) Schema echivalentă când D-(c)

Deoarece dioda este echivalentă cu o întrerupere, curentul prin circuit este zero, asfel că avem:

$$v_O = 0$$

Pentru a determina domeniul v_I punem condiţia:

$$v_D < 0$$

$$v_D = v_I - v_O$$

Rezultă:

$$v_I < 0$$

Atâta timp cât $v_I < 0$, dioda este blocată şi $v_O = 0$.

Deoarece dioda este echivalentă cu un scurt circuit

$$v_O = v_I$$

Domeniul lui v_I îl determinăm punând condiţia:

$$i_D > 0$$

Curentul i_D trece prin v_I şi R şi are valoarea:

$$i_D = \frac{v_I}{R}$$

Rezultă:

$$v_I > 0$$

Atâta timp cât $v_I > 0$, dioda conduce şi $v_O = v_I$.

CSTV este prezentată în Fig.3.

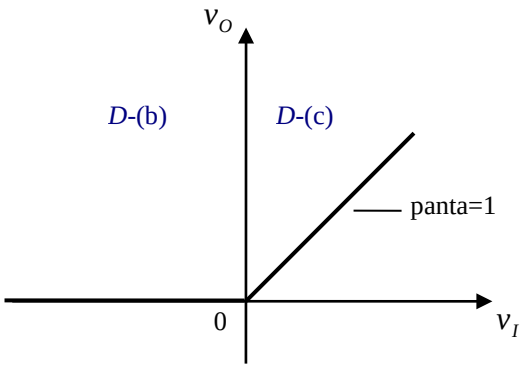


Fig.3. CSTV pentru diportul din Fig.1

Observăm caracterul neliniar al CSTV, conferit de neliniaritatea diodei. Deoarece nu este posibilă obţinerea de tensiuni mai mici decât zero la ieşire, circuitul se numeşte circuit *de limitare inferioară la zero* a tensiunii.

Modelul cu cădere de tensiune constantă adaugă la modelul ideal şi o cădere de tensiune constantă pe diodă în conducţie directă. Orientativ pentru această cădere de tensiune se poate considera o valoare de 0.7V. Pentru deducerea CSTV parcurgem algoritmul prezentat în paragraful anterior.

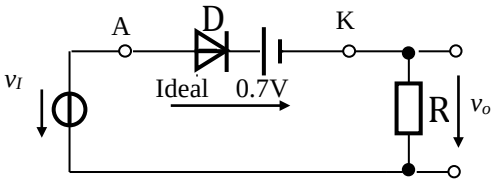
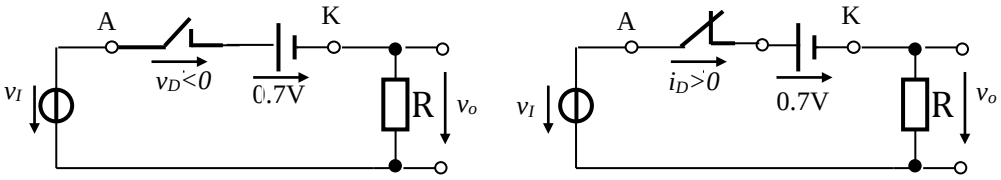


Fig. 4. Diport DR, dioda-modelul cu cădere de tensiune constantă.



a) b)

Fig. 5 Schemele echivalente pentru diportul din Fig. 4
a) D-blocată; b) D-conduce.

D-(b)

$v_O = 0;$

Dioda ideală este blocată pentru $v_D < 0$

$v_D = v_I - 0.7V$

$v_I < 0.7V$

Atâta timp cât $v_I < 0.7V$ D-(b) şi $v_O = 0V$.

D-(c)

$v_O = v_I - 0.7V$

Dioda ideală conduce pentru $i_D>0;$

$$i_D = \frac{v_I - 0.7}{R} > 0$$

$v_I > 0.7V$

Atâta timp cât $v_I > 0.7V$ D-(c) şi $v_O = v_I - 0.7V$

Această porţiune a CSTV este paralelă cu prima bisectoare dar translatată la dreapta cu 0.7V faţă de origine.

Caracteristica statică de transfer în tensiune este prezentată în Fig. 6.

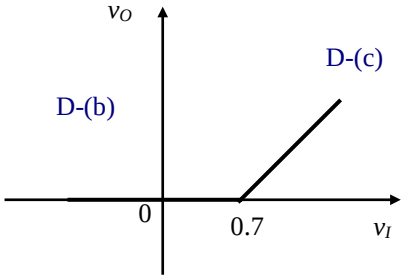


Fig. 6. CSTV pentru diportul din Fig. 4.

Comparând cu caracteristica statică de transfer în tensiune dedusă considerând dioda ideală, caracteristica pentru modelul cu cădere constantă de tensiune este de aceeaşi formă doar că este translatată la dreapta cu 0.7V, căderea de tensiune pe diodă în conducţie.

1.2. Diporţi DR cu surse de tensiune de polarizare

Pentru obţinerea unor CSTV plasate arbitrar în planul v_I - v_o se pot adăuga diporţilor DR surse de tensiune de polarizare, V_{POL}.

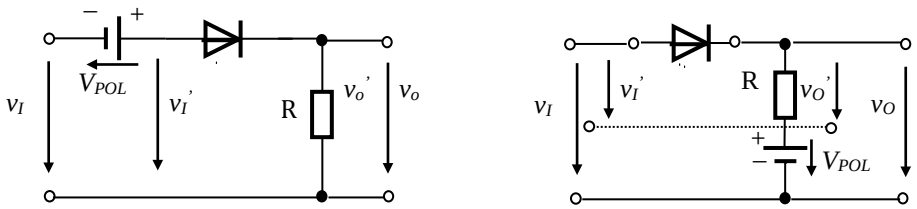


Fig.7. Diporţi DR cu surse de tensiune de polarizare

În funcţie de plasarea surselor de polarizare, CSTV căutată rezultă prin translatarea CSTV cunoscute după una sau ambele axe. Astfel avem:

$$v_I = v_I' - V_{POL}$$
$$v_O = v_O'$$

Caracteristica $v_O(v_I)$ rezultă prin translatarea pe axa v_I, la stânga, cu V_{POL}, a CSTV $v_O'(v_I')$, după cum este arătat în Fig. 8.a)

Pentru Fig.8.b) avem:

$$v_I = v_I' + V_{POL}$$
$$v_O = v_O' + V_{POL}$$

$v_O(v_I)$ rezultă prin translatare pe axa v_I cu V_{POL} la dreapta şi translatarea pe v_O cu V_{POL} în sus; de fapt o translaţie după prima bisectoare.

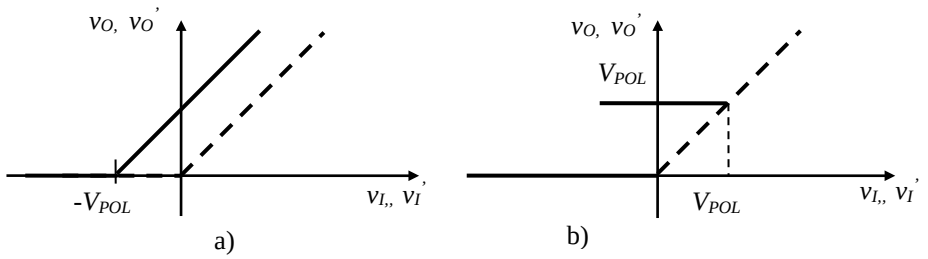


Fig. 8. CSTV pentru diporţii cu surse de tensiune de polarizare din Fig.7.:
a) Translatarea CSTV pe axa v_I cu V_{POL}; b) Translatarea CSTV după prima bisectoare cu V_{POL}

2. Multiporţi DR în comutare

Multiporţii DR sunt circuite care conţin *D* si *R* ca elemente de circuit si au mai mult de două porţi. În mod obişnuit una din porţi este de ieşire, celelalte fiind porţi de intrare.

Multiporţi de maxim spaţial

Să considerăm multiportul DR cu 2 intrări si o ieşire din Fig. 9. Deoarece are 3 porţi, circuitul se mai numeşte şi triport.

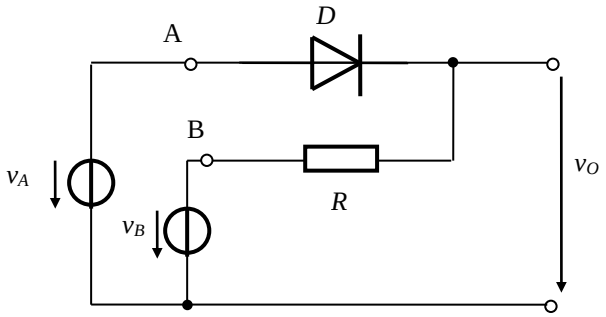


Fig. 9. Triport de maxim spaţial

Pentru multiporţii DR dorim să cunoaştem cum depinde tensiunea de ieşire v_O de tensiunile aplicate la porţile de intrare $v_O(v_A,v_B)$.

Vom folosi pentru diode modelul diodă ideală pentru a determina şi inţelege principiul de funcţionare al schemelor.

Deoarece dioda are două stări (conducţie,blocare) vom avea două circuite echivalente. Pentru cazul în care dioda conduce, tensiunea de ieşire va fi egală cu tensiunea v_A. Dacă dioda este în blocare, la ieşire se regăseşte tensiunea v_B. Astfel, tensiunea de ieşire este egală cu cea mai mare dintre tensiunile de intrare. Relaţia matematică care descrie funcţionarea circuitului este:

$$v_O = max(v_A; v_B)$$

Dacă se consideră variaţiile in timp ale tensiunilor avem :

$$v_O(t) = max(v_A(t); v_B(t))$$

Este evidentă acum denumirea de **multiport de maxim spaţial** deoarece la fiecare moment de timp tensiunea de ieşire este egală cu valoarea maximă a tensiunilor de intrare (maxim în spaţiu – maxim între tensiuni).

Există un caz particular semnificativ şi anume $v_B = 0$. Prin redesenarea schemei pentru această situaţie se regăseşte diportul DR studiat anterior. De acestă dată functionarea sa este descrisă matematic:

$$v_O = max(v_A\ ;\ 0).$$

Dacă în circuit sunt conectate două diode, circuitul devine cel din Fig. 12, cu R conectată la masă.

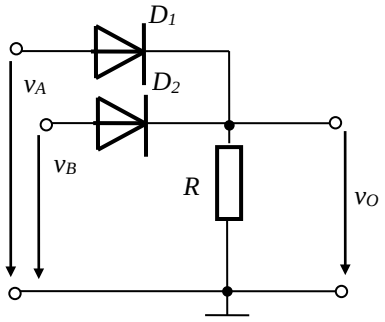


Fig. 12. Multiport de maxim spaţial

$$v_O = max(v_A\ ,\ v_B\ ,\ 0).$$

Remarcăm faptul că pentru v_A, $v_B < 0$, indiferent de valoarea lor, tensiunea de ieşire va fi întotdeauna zero.

Dacă pentru diode considerăm un model mai apropiat de dioda fizică, cu cădere de tensiune constantă în conducţie, când una dintre diode conduce, tensiunea de ieşire va fi mai mică cu aproximativ 0,7 V decât cea aplicată în anodul acelei diode. Pentru această situaţie :

$$v_O = max(v_A - 0{,}7;,\ v_B - 0{,}7V;,\ 0).$$

IV. EXERCIŢII PREGĂTITOARE

Pentru toate circuitele, exerciţiile se vor rezolva folosind pentru diodă modelul cu cădere de tensiune constantă, v_D=0.7V.

P1. Diportul limitator DR

P1.1. Caracteristica statică de transfer în tensiune (CSTV)

- Pentru circuitul din Fig. 13, deduceti CSTV considerând $v_I(t) \in [-10;10]$[V]. Cum arată CSTV dacă $v_I(t) \in [1;+1{,}5]$ [V]?
- Ce funcţie îndeplineşte circuitul?
- Care este expresia tensiunii de ieşire pe fiecare din cele două ramuri ale CSTV?
- Desenaţi $v_O(t)$ pentru $v_I(t)$ – tensiune sinusoidală cu amplitudine de 10V şi frecvenţă de 100Hz.

P1.2. Translatarea CSTV

- Cum arată CSTV pentru circuitul din Fig. 14., considerând V_{POL}=5V şi $v_I(t) \in [10;+10]$[V]?
- Care este expresia tensiunii de ieşire pe fiecare din cele două ramuri ale CSTV?

P2. Triport de extrem spaţial DR

P2.1. Funcţia electrică a triportului DR

- Care este funcţia electrică a triportului reprezentat în Fig. 15? Cum se exprimă matematic această funcţie?

- Pentru triportul reprezentat în Fig. 15, care este variaţia în timp a tensiunii de ieşire $v_O(t)$ pentru $v_A(t)=5V$ şi $v_B(t)=10\sin\omega t$ [V]?
- Dar pentru $v_B(t)=10\sin\omega t$ [V] şi $v_A(t)=-1V$?

V. EXPERIMENTARE ŞI REZULTATE

1. Diportul limitator DR

Dintre cele patru posibile topologii de circuit cu 1R, 1D şi o sursă de tensiune am ales pentru experimentare circuitul din Fig. 13, fiind mai puţin familiar decât circuitul cu ieşirea pe R, dar la fel de important.

1.1. Caracteristica statică de transfer în tensiune (CSTV)

Exprimentare

Se construieşte circuitul din Fig. 13.

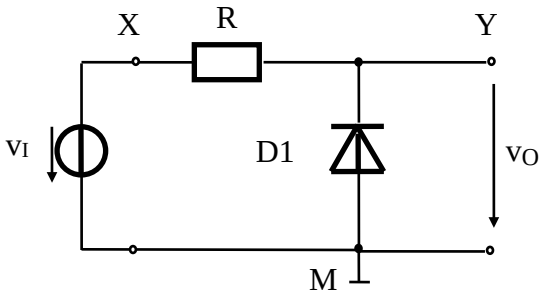


Fig. 13. Diport limitator DR

a) Obţinerea CSTV prin metoda punct cu punct.

- Tensiunea v_I=10V c.c. se obţine de la sursa de tensiune continuă stabilizată.
- Cu multimetrul digital se măsoară v_I şi v_O.
- Se măsoară v_O şi pentru următoarele valori ale v_I: 5V, 1.5V, 0.8V, 0.4V, 0V, -1V, -5V, -10V.

b) Vizualizarea CSTV cu ajutorul osciloscopului.

- Tensiunea v_I se obţine de la generatorul de semnale reglat pentru a furniza o tensiune sinusoidală cu amplitudine de 10V şi frecvenţă de 100Hz.
- Se trece osciloscopul calibrat în modul de lucru Y-X (vezi şi Lucrarea nr. 1, experimentul 2.4), se fixează originea sistemului de axe de coordonate în centrul ecranului şi se conectează sonda corespunzàtoare intrării X la intrarea circuitului iar sonda corespunzàtoare intrării Y la ieşirea circuitului (punctele X, respectiv Y din Fig. 13). Se vizualizează CSTV obţinută.
- Se trece osciloscopul calibrat în modul de lucru Y-t, se fixează referinţa în mijlocul ecranului pentru ambele canale şi se conectează sonda corespunzàtoare intrării X la intrarea circuitului iar sonda corespunzàtoare intrării Y la ieşirea circuitului. Se vizualizează simultan $v_I(t)$, respectiv $v_O(t)$.

Rezultate

a) Obţinerea CSTV prin metoda punct cu punct.

- Tabel cu v_I, v_O pentru v_I = -10V, -5V, 0V, +5V, +10V.
- Tabel cu v_I, v_O pentru v_I = -1V, 0V, +0.4V, +0.8V, +1.5V.
- 2 grafice reprezentând $v_O(v_I)$, pentru datele din cele două tabele de mai sus.
- Specificaţi pe grafice porţiunile corespunzătoare stărilor de conducţie, respectiv de blocare a diodei.
- În care situaţie trebuie avută în vedere tensiunea de prag diferită de zero a diodei?

b) Vizualizarea CSTV cu ajutorul osciloscopului.

- Desenaţi şi comparaţi CSTV obtinută pe ecranul osciloscopului cu cea obţinută prin metoda punct cu punct.
- Pentru ce valoare a tensiunii de intrare dioda trece din blocare în conducţie?
- Desenaţi formele de undă obţinute pentru $v_I(t)$ şi $v_O(t)$.

1.2. Translatarea CSTV

Exprimentare

Se construieşte circuitul din Fig. 14.

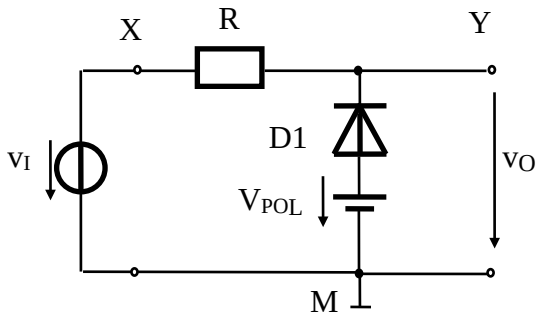


Fig. 14. Diport limitator DR cu V_{POL}

- V_{POL} este realizată cu sursa de tensiune continuă reglată la valoarea de 5V.
- Se vizualizează cu osciloscopul CSTV. Experimentul se desfăşoară în mod similar cu cel de la secţiunea 1.1 b.

Rezultate

- Desenaţi şi analizaţi CSTV obţinută. Ce deduceţi prin compararea ei cu cea obţinută la secţiunea 1.1? Comentaţi.
- Pentru ce valoare a tensiunii de intrare dioda trece din blocare în conducţie?
- Pe ce direcţie s-a deplasat CSTV în comparaţie cu cea obţinută la secţiunea 1.1? Cum explicaţi?

2. Triport de extrem spaţial DR

Pentru experiment folosim triportul din Fig. 15 cu A, B porţi de intrare şi Y poartă de ieşire.

2.1. Funcţia electrică a triportului

Exprimentare

Se construieşte circuitul din Fig. 15.

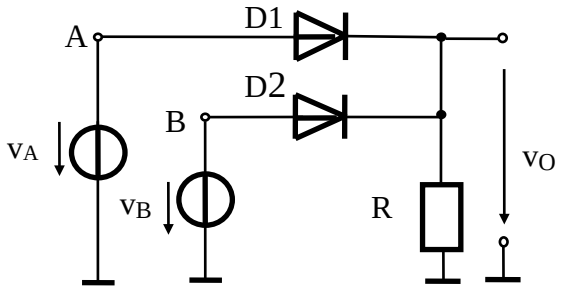


Fig. 15. Triport DR

- v_A este tensiune sinusoidală cu frecvenţă de 100Hz şi amplitudine de 10V, de la generatorul de semnale .
- V_B=5V este tensiune continuă.
- Cu osciloscopul, cu ambele canale cuplate direct, cu 0V la mijlocul ecranului se vizualizează v_A şi v_O.
- Se repetă vizualizarea v_A şi v_O şi pentru v_B=-1V.

Rezultate

- Desenaţi conogramele tensiunilor v_A, v_B şi v_O pentru $v_B(t)$ = 5V, apoi pentru $v_B(t)$ = -1V.
- Precizaţi pe cronogramele obţinute intervalele de timp corespunzătoare stărilor de conducţie, respectiv de blocare a diodei.
- Comparaţi cu rezultatele obţinute la exerciţiile pregătitoare. Interpretaţi.
- Există situaţii în care ambele diode sunt în conducţie? Dar în blocare?

BIBLIOGRAFIE

1. Oltean, G., Dispozitive si circuite electronice. Dispozitive electronice, Risoprint, Cluj-Napoca, ISBN 973-656-433-9, 316 pag, 2003, *retiparită în* 2004
2. http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/de.htm
3. Miron,C., Introducere în circuitele electronice, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1983, pag.160-173.