

LUCRAREA 3

CIRCUITE LOGICE CU DIODE. POARTA ȘI

1. SCOPUL LUCRĂRII

Se vor studia circuitele logice cu diode semiconductoare în regim static și dinamic.

2. CONSIDERAȚII TEORETICE

2.1. Circuitul ȘI cu diode

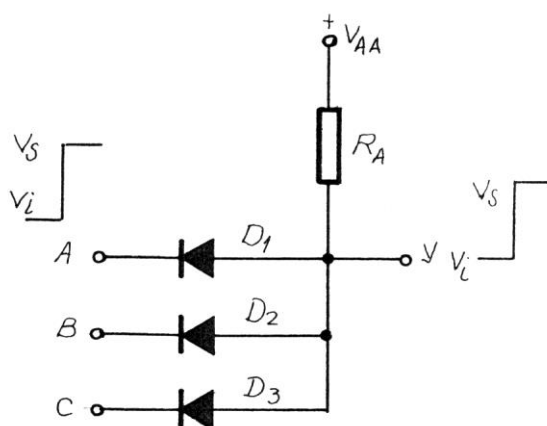


Fig.1

Tabelul 1

V_A	V_B	V_C	V_Y
V_I	V_I	V_I	V_I
V_I	V_I	V_S	V_I
V_I	V_S	V_I	V_I
V_I	V_S	V_S	V_I
V_S	V_I	V_I	V_I
V_S	V_I	V_S	V_I
V_S	V_S	V_I	V_I
V_S	V_S	V_S	V_S

Tabelul 2

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Circuitul logic ȘI cu rezistențe și diode este reprezentat în fig.1, iar funcționarea circuitului este descrisă în tabelele 1 și 2.

Au fost notate cu A, B și C semnalele de intrare și Y semnalul de ieșire. Nivelului logic “0” îi corespunde tensiunea V_I (tensiunea inferioară), iar nivelului logic “1” îi corespunde tensiunea V_S (tensiunea superioară).

Circuitul funcționează corect dacă $V_{AA} > V_S > V_I$. Se presupune că pe diodele utilizate, căderea de tensiune este neglijabilă în comparație cu tensiunea de alimentare V_{AA} . În aceste condiții funcționarea circuitului se poate explica:

- Dacă: $V_A = V_C = V_B = V_S$ diodele D_1, D_2, D_3 conduc deoarece sunt polarizate direct ($V_{AA} > V_S$), iar la ieșire se stabilește un potențial $V_Y = V_S + V_D \approx V_S$, unde V_D este căderea de tensiune pe diodă și care s-a neglijat.
- Dacă la cel puțin o intrare se aplică un nivel de tensiune inferior V_I (ex. $V_C = V_I$ și $V_A = V_B = V_S$) atunci dioda în catodul căreia s-a aplicat V_I va conduce și va fixa în anodul ei un potențial V_I . Acest potențial va determina ca diodele în catodul cărora avem V_I să fie polarizate invers.

Funcționarea circuitului este descrisă în tabelul 1 iar funcționarea logică în tabelul 2. Funcția logică obținută este: $Y = A \cdot B \cdot C$.

Din cele prezentate rezultă că: dintre diodele D_1, D_2, D_3 va conduce numai dioda care are catodul conectat la tensiunea cea mai mică.

2.1. Relații de dimensionare

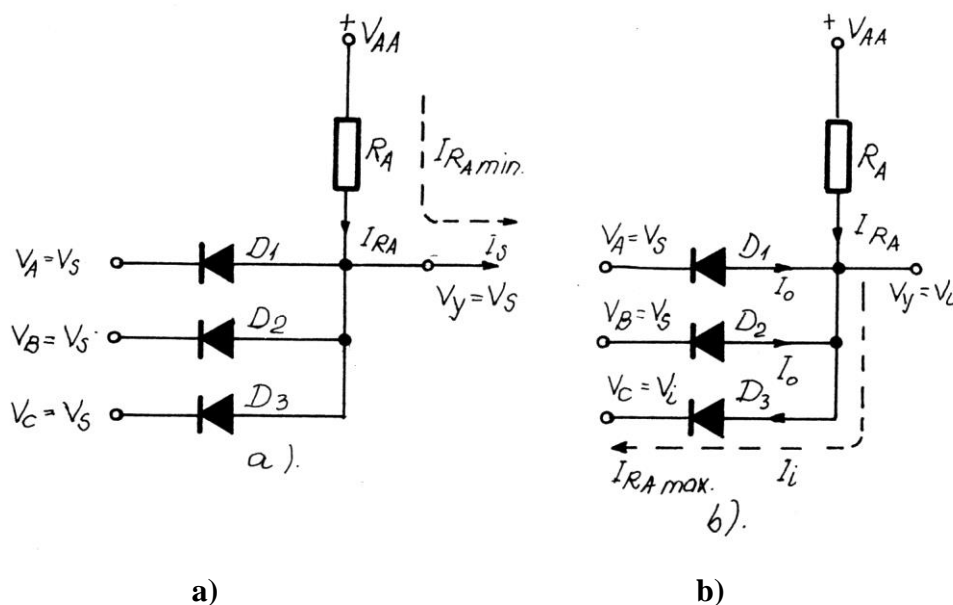


Fig. 2

Dimensionarea rezistenței R_A se face din condiția asigurării unui curent de ieșire I_S în cazul cel mai defavorabil, adică atunci când $V_Y = V_S$. În acest caz suma curenților în nodul de ieșire (fig. 2 .a) va fi:

$$I_{R_A} = I_A + I_B + I_C + I_S \quad (1)$$

sau:

$$\frac{V_{AA} - V_S}{R_A} = I_A + I_B + I_C + I_S \quad (2)$$

Se constată că valoarea curentului I_{R_A} în acest caz are valoarea minima, ceea ce face ca generarea unui curent I_S dat să fie obținut cu mai mare dificultate pe măsură ce V_{AA} are valoarea apropiată de V_S . Din acest motiv se recomandă ca $V_{AA} = (2 \div 6)V_S$. În relația (2), dacă se acceptă ca $I_S \gg (I_A, I_B, I_C)$ se obține:

$$\frac{V_{AA} - V_S}{R_A} \geq I_S; \text{ sau } R_A \leq \frac{V_{AA} - V_S}{I_A} \quad (3)$$

Pentru determinarea curentului necesar a comanda poarta ȘI se constată că situația cea mai defavorabilă se obține când acest curent de intrare are valoarea maximă, și anume atunci când $V_Y = V_L$.

$$I_{R_i} = I_A + I_B + I_C + I_S \quad (4)$$

unde:

$$I_{R_A} = \frac{V_{AA} - V_I}{R_A} \quad (5)$$

Deoarece $V_Y = V_I$ se obțin șapte cazuri diferite (vezi tabelul 1). Dintre acestea doar în trei cazuri se obțin curenți de intrare maximi și anume, atunci când la o singură intrare se aplică V_I .

Spre exemplu, dacă se presupune că $V_A = V_I$ se va obține următoarea situație: Dioda D_1 va conduce, iar diodele D_2 și D_3 sunt blocate.

Scriind suma ecuațiilor în nodul de la ieșire se obține:

$$\frac{V_{AA}-V_S}{R_A}=I_A+I_S-I_C-I_B \quad (6)$$

unde:

$$I_B = I_C = I_O$$

sau:

$$I_A = \frac{V_{AA} - V_I}{R_A} - I_S + (n-1)I_0 \quad (7)$$

n- reprezintă numărul de intrări.

Se poate constata din relația 7 că valoarea maximă a curentului I_A se obține atunci când curentul de sarcină este 0.

V_I	V_S	$0,5(V_S - V_I)$	t_{piH}	t_{piL}	t
-------	-------	------------------	-----------	-----------	-----

2.3. Analiza regimului dinamic

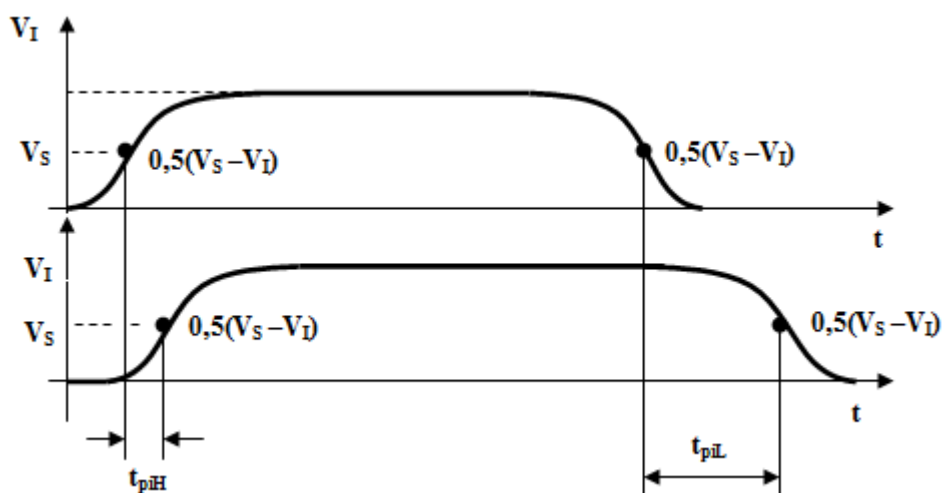


Fig. 3

Regimul dinamic al unei porți ȘI se caracterizează prin timpii de comutare ai diodelor la care se adaugă timpul de încărcare/descărcare a capacităților parazite de la ieșirea circuitului. Acest regim dinamic este caracterizat prin timpul de propagare definit ca în fig. 3. În practică diodele utilizate sunt diode de comutare, ceea ce face ca o pondere însemnată din comportarea dinamică a circuitului să fie influențată de sarcina capacitivă.

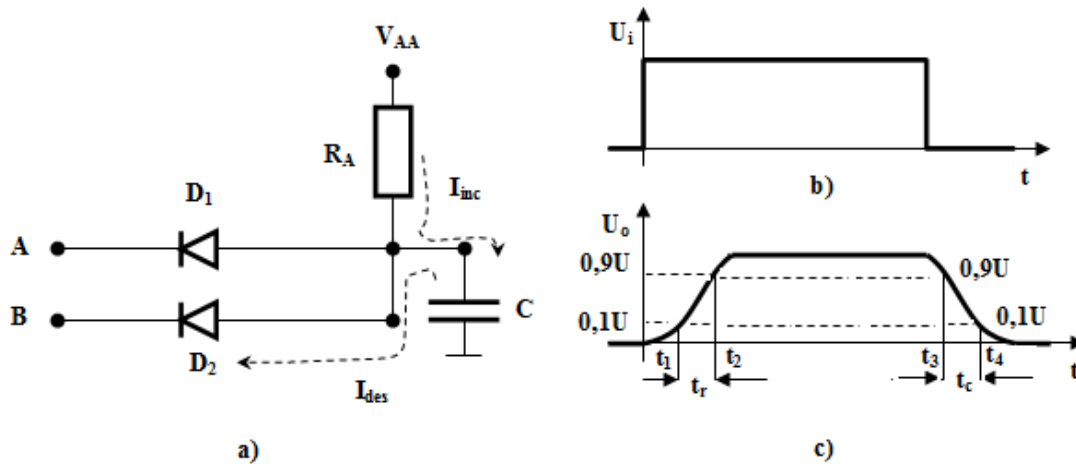


Fig. 4

Analiza influenței acestei capacități de sarcină se prezintă în fig. 4 unde capacitatea C_P influențează asupra timpului de ridicare și coborâre a semnalului de ieșire:

$$t_r = R_E \cdot C_P \cdot \ln \left(\frac{V_0(\infty) - V_0(t_1)}{V_0(\infty) - V_0(t_2)} \right) \quad (8)$$

$$R_E = \frac{R_A \cdot \frac{R_b}{n}}{R_A + \frac{R_b}{n}} \quad (9)$$

unde: R_E este o rezistență echivalentă determinată prin relația (9); n reprezintă numărul de diode, R_b este rezistența inversă a diodelor (presupunând că acestea sunt egale). În relația (8) valorile tensiunilor sunt:

$$V_0(\infty) = V_{AA}; V_0(t_1) = 0,1U; V_0(t_2) = 0,9U; R_A \ll R_b/n; U = V_s - V_i$$

În final rezultă : $R_E \approx R_A$

$$t_r = R_A \cdot C_P \cdot \ln \left(\frac{V_{AA} - 0,1(V_s - V_i)}{V_{AA} - 0,9(V_s - V_i)} \right) \quad (10)$$

Pentru timpul de coborâre se obține următoarea relație:

$$t_c = R'_E \cdot \ln \left(\frac{V_0(\infty) - V_0(t_3)}{V_0(\infty) - V_0(t_4)} \right) \quad (11)$$

unde:

$$R'_E = \frac{R_{E_1} \cdot R_c}{R_{E_1} + R_c} = R_c \quad (12)$$

iar:

$$R_{E_1} = \frac{R_A \cdot \frac{R_b}{n-1}}{R_A + \frac{R_b}{n-1}} = R_A \quad (13)$$

și R_c este rezistența directă a unei diode deci:

$$t_c = R_c \cdot C_p \cdot \ln \left(\frac{V_I - 0,9(V_S - V_I)}{V_I - 0,1(V_S - V_I)} \right) \quad (14)$$

3. MERSUL LUCRĂRII

3.1. Se realizează porta ȘI din fig. 5 cu $V_{AA} = 15V$, $R_A = 10\text{ k}\Omega$, $V_I = 0V$, $V_S = 5V$. Se cere să se măsoare valoarea tensiunii de la ieșire pentru următoarele cazuri:

- a) $V_A = V_B = V_C = V_I$
- b) $V_A = V_B = V_C = V_S$
- c) $V_A = V_I$, $V_B = V_C = V_S$
- d) $V_A = V_B = V_I$, $V_C = V_S$

3.2. Tot pentru cazurile prezentate la 3.1. se va măsura curentul de intrare pe intrarea A realizându-se montajul din fig.5.

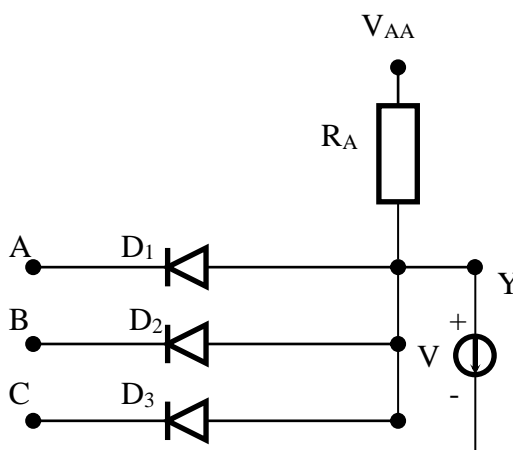


Fig. 5

3.3. Se va verifica dacă circuitul realizează funcția logică ȘI.

3.4. Pe baza valorilor de la 3.1. și pentru cazul $V_A=V_B=V_C= 5V$ se aplică la intrare un impuls cu parametrii definiți astfel (fig.6):

- durata impulsului ($t_i= 10 \mu s$);
- amplitudine ($V_I=0V$, $V_S=5V$);
- durata (perioada) de repetiție ($T= 20 \mu s$).

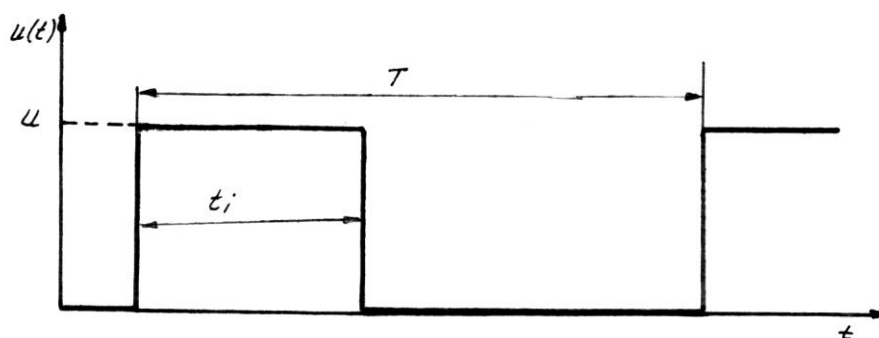
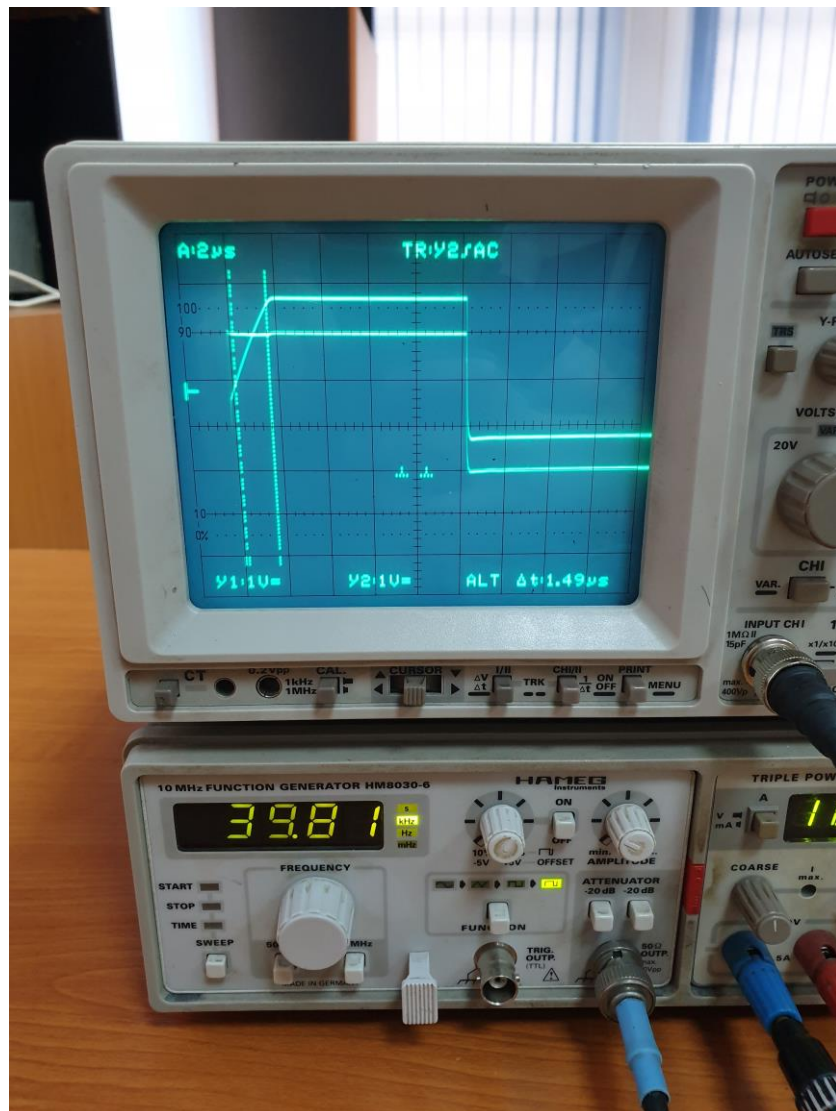


Fig.6

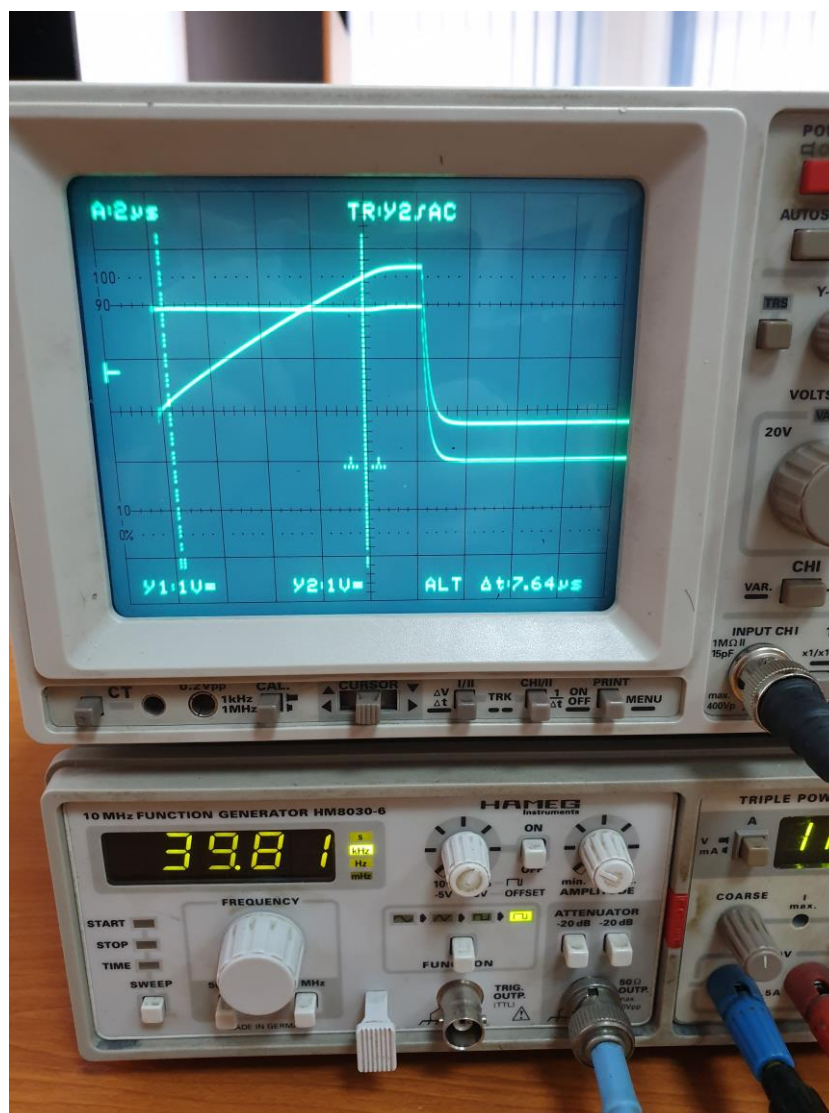
Se cere să se vizualizeze semnalul de la ieșirea porții și să se oscilografieze acest semnal. Se va măsura cu multă atenție timpul de ridicare/coborâre al semnalului de ieșire cât și ceilalți parametri legați de acest semnal.

În continuare se va analiza modul prin care se modifică T_c și T_r în funcție de capacitatea conectată la ieșire. În acest sens se conectează la ieșire pe rând câte o capacitate de: 100 pF, 220 pF, 470 pF, 1 nF, 1,5 nF.

- se vor măsura la osciloscop fronturile tensiunii de ieșire (t_c și t_r) și se compară cu valoarea inițială
- se modifică tensiunea V_{AA} adoptându-se valorile: 5V, 10V, 20 V. Pentru o capacitate de 100 pF se va măsura pentru fiecare valoare timpul de ridicare și de coborâre al semnalului de ieșire. Se va compara cu timpii măsurați pentru $V_{AA}= 15V$
- se vor prezenta concluziile privind modul cum sunt influențați cei doi timpi de tensiunea de alimentare și de capacitatea de sarcină.



Valoarea timpului de ridicare pentru un montaj cu o capacitate de 680 pF și frecvența de lucru ≈ 40 kHz



Valoarea timpului de ridicare pentru un montaj cu o capacitate de 1,5 nF și frecvența de lucru ≈ 40 kHz

Dacă poarta ȘI cu diode asigură o funcție logică corectă (ȘI), din punct de vedere practic această poartă poate prezenta unele probleme de utilizare, cum ar fi:

- Curentul de ieșire este mai mic decât curentul de intrare, ceea ce face ca o poartă ȘI să nu poată comanda o altă poartă ȘI.
- Nivelele logice aplicate la intrare sunt deplasate spre valori pozitive atât pentru nivelul logic inferior, cât și pentru nivelul logic superior cu o valoare aproximativă egală cu tensiunea de prag a diodelor (0,6V), ceea ce implică faptul că valorile logice de la ieșire diferă de cele de la intrare putând conduce astfel la interpretarea eronată a acestora de către următoarea poartă ȘI.

Pentru înlăturarea deficiențelor enumerate mai sus o poartă ȘI cu diode trebuie să fie urmată de un tranzistor ce va avea atât rolul de refacere a nivelelor de tensiune, cât și de amplificare a curentului de la ieșire.