

LUCRAREA 4

CIRCUITE LOGICE CU DIODE. POARTA SAU

1. SCOPUL LUCRĂRII

Vor fi studiate circuitele logice cu diode semiconductoare și rezistențe atât în regim static cât și în regim dinamic.

2. CONSIDERAȚII TEORETICE

2.1. Funcționarea porții SAU

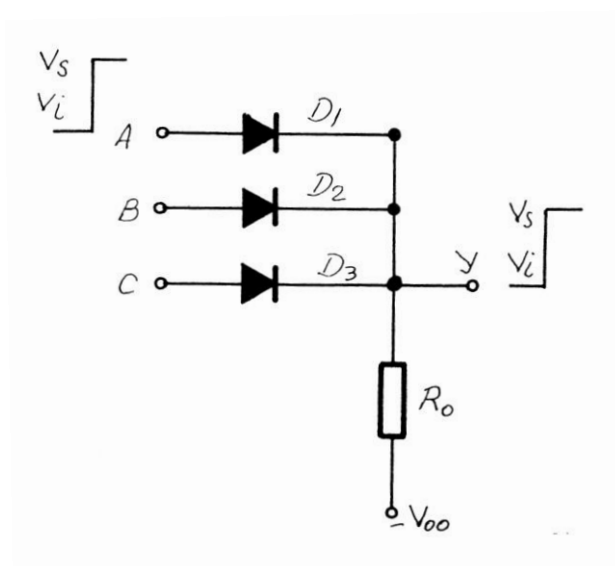


Fig.1

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

Tabelul 1

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

Tabelul 2

Poarta SAU cu rezistențe și diode este reprezentată în fig.1. Funcționarea circuitului este descrisă în tabelele 1 și 2.

Circuitul funcționează corect dacă este îndeplinită condiția: $V_s > V_i > V_{00}$. Pentru înțelegerea funcționării se presupune inițial că diodele utilizate sunt diode ideale: $I_0 = 0$ și $R_i = \infty$; căderea de tensiune pe diode (V_D) este neglijabilă în comparație cu celălalte potențiale din circuit.

S-a presupus că nivelului de tensiune V_s îi corespunde "1" logic, iar nivelului de tensiune V_i "0" logic. În acest caz se obține la ieșire funcția SAU în logică pozitivă.

Funcționarea circuitului este descrisă în tabelul 1:

- Dacă: $V_A = V_C = V_B = V_i$ diodele D_1, D_2, D_3 sunt polarizate direct deoarece $V_i > V_{00}$. Diodele pot fi polarizate direct cu o cădere de tensiune mai mare sau mai mică în funcție de raportul dintre V_i și V_{00} și valoarea rezistenței R_o . În acest caz tensiunea de ieșire va fi: $V_Y = V_i - V_D \approx V_i$, unde căderea de tensiune pe diode V_D s-a neglijat.
- Dacă la cel puțin o intrare se aplică V_s (ex. $V_A = V_s$ și $V_C = V_B = V_i$) atunci datorită diferenței mari de potențial de la intrare și sursa de alimentare V_{00} dioda (D_1) va conduce și va fixa la ieșire: $V_Y = V_s - V_D \approx V_s$. Acest potențial va determina ca celălalte diode să se blocheze fiind polarizate invers (D_2, D_3).

Din cele prezentate se poate constata că diodele D_1, D_2, D_3 vor conduce dacă la toate intrările se aplică același potențial. Dacă la intrare se aplică potențiale diferite vor conduce numai diodele ce au în anod potențialul cel mai ridicat.

2.2. Relații de dimensionare

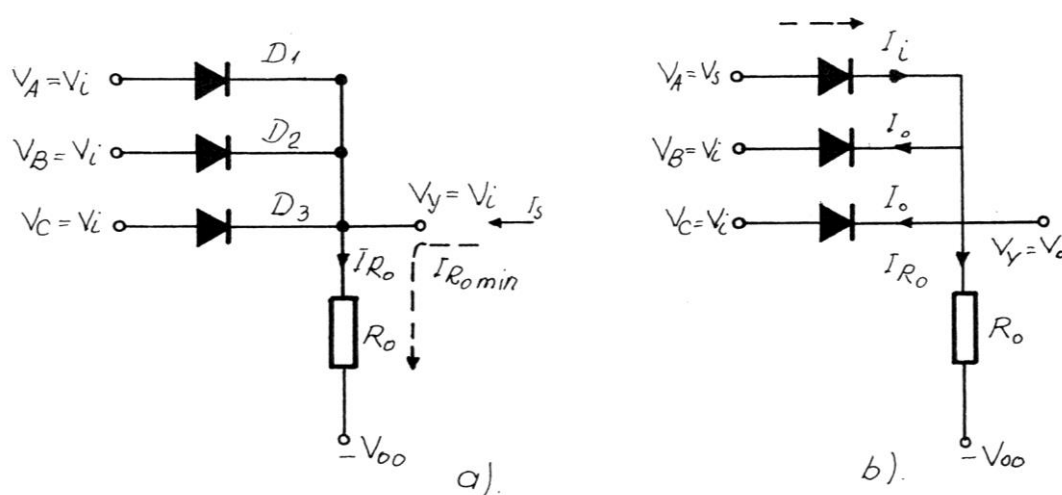


Fig. 2

Pentru dimensionarea circuitului logic SAU se pleacă de la condiția asigurării curentului minim de sarcină I_s . Acest curent este:

$$I_s = I_{R_o} - I_A - I_B - I_C \quad (1)$$

Curentul I_s este maxim atunci când curenții prin diode au valori minime adică când căderea de tensiune pe diode este minimă. Această condiție se obține când la toate intrările se obține nivelul de tensiune V_i .

Dacă se consideră că $I_{R0} \gg I_A, I_B, I_C$, atunci se poate pune condiția ca:

$$I_S \geq I_{R_o} = \frac{V_Y + V_{oo}}{R_o} = \frac{V_I + V_{oo}}{R_o} \quad (2)$$

sau:

$$R_o \leq \frac{V_I + V_{oo}}{I_S} \quad (3)$$

Se poate constata că valoarea curentului de ieșire I_S este proporțională cu V_{oo} .

În urma determinării rezistenței R_o se impune cunoașterea curentului de intrare maxim necesar comandării acestui circuit de către alt circuit.

Curentul de intrare este considerat curentul direct ce trece prin diode și are valoarea maximă atunci când diferența de potențial la bornele diodei este maximă. Acest lucru se obține atunci când la intrări se aplică V_S , ceea ce determină ca prin rezistența R_o să se închidă un curent maxim. Problema care se pune este de a se determina curentul maxim printr-o singură diodă.

Din analizele care se fac se poate constata că printr-o singură diodă se închide un curent maxim atunci când aceasta este singură în conducție.

Pentru exemplificare s-a considerat situația din fig.2. b) cu dioda D_1 în conducție și diodele D_2 și D_3 blocate, astfel încât:

$$I_A = I_{R_o} + (n-1)I_o - I_S \quad (4)$$

unde: $I_B = I_C = I_o$

n – numărul de intrări

sau:

$$I_A = \frac{V_Y + V_{oo}}{R_o} + (n-1)I_o - I_S \quad (5)$$

Se consideră că dacă $I_S = 0$, atunci I_I are valoare maximă, constituind cazul cel mai defavorabil.

Este foarte important să fie luată în calcul funcționarea circuitului în cazul cel mai defavorabil, deoarece un calculator trebuie să lucreze într-o marjă de siguranță indiferent de locul unde este situat. Așadar, fie că este situat la Polul Nord, Ecuator sau pe un Satelit, calculatorul trebuie să funcționeze corect atât din punct de vedere logic, cât și din punct de vedere electronic.

În cazul în care un dispozitiv digital (calculator, tabletă, laptop, etc) nu funcționează din punct de vedere electronic, se poate depista într-un final problema, însă în situația în care apare un defect de funcționare logică este aproape imposibil de depistat eroarea.

Exemplu: Un client dorește să se depună o sumă de bani la bancă, însă în momentul în care se accesează calculatorul, acesta retrage bani, în loc să depună bani în contul clientului. Deși calculatorul funcționează corect din punct de vedere electronic, nu funcționează corect și din punct de vedere logic.

2.3. Analiza regimului dinamic

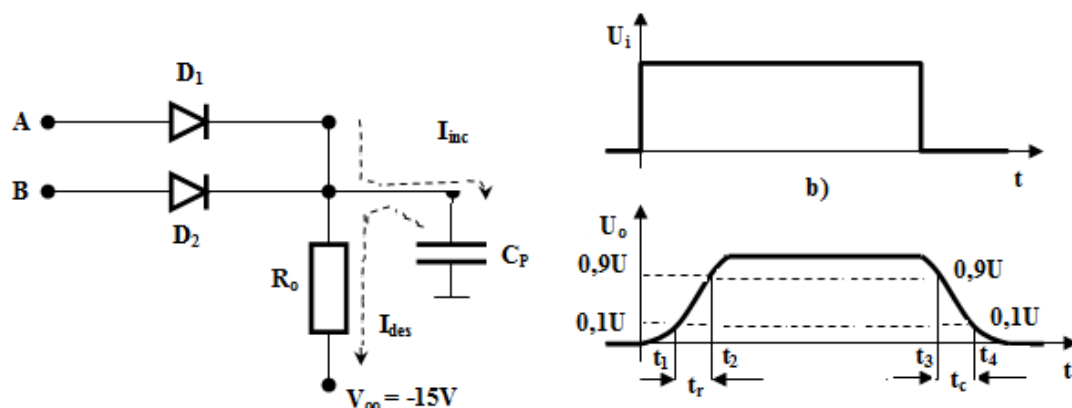


Fig. 3

Regimul dinamic al unei porți SAU este caracterizat printr-o serie de parametri de timp. Dintre parametrii cei mai importanți se pot aminti: timpii de întârziere pe poartă numiți și timpii de propagare (vezi poarta ȘI).

Acești timpii de propagare sunt influențați atât de timpii de comutare ai diodelor, cât și de timpii de tranziție a semnalului de ieșire, care la rândul lor sunt proporționali cu constantele de timp de la ieșirea porții SAU.

Constantele de timp ale circuitului influențează atât valoarea timpului de ridicare, cât și a timpului de coborâre. Pentru timpul de ridicare avem relația de mai jos:

$$t_r = R_C \cdot C_P \cdot \ln \left(\frac{V_0(\infty) - V_0(t_1)}{V_0(\infty) - V_0(t_2)} \right) \quad (6)$$

unde:

$$\begin{aligned} V_0(\infty) &= V_S, \\ V_0(t_1) &= 0,1U, \\ V_0(t_2) &= 0,9U, \\ U &= V_S - V_i. \end{aligned}$$

Pentru timpul de coborâre avem relația (7):

$$t_r = R_o \cdot C_P \cdot \ln \left(\frac{V_0(\infty) - V_0(t_2)}{V_0(\infty) - V_0(t_1)} \right) \quad (7)$$

unde:

$$\begin{aligned} V_0(\infty) &= -V_{oo}, \\ V_0(t_1) &= 0,1U, \\ V_0(t_2) &= 0,9U. \end{aligned}$$

3. MERSUL LUCRĂRII

3.1. Se realizează poarta SAU din Fig. 4 cu $V_{oo} = -15V$, $R_o = 10\text{ k}\Omega$, $V_I = 0V$, $V_S = 5V$. Se cere să se măsoare valoarea tensiunii de la ieșire pentru următoarele cazuri:

- $V_A = V_B = V_C = V_I$
- $V_A = V_B = V_C = V_S$
- $V_A = V_S$, $V_B = V_C = V_I$
- $V_A = V_B = V_S$, $V_C = V_I$

3.2. Pentru cazurile prezentate la 3.1. se va măsura curentul de intrare I_A . Se va utiliza același montaj din Fig.4.

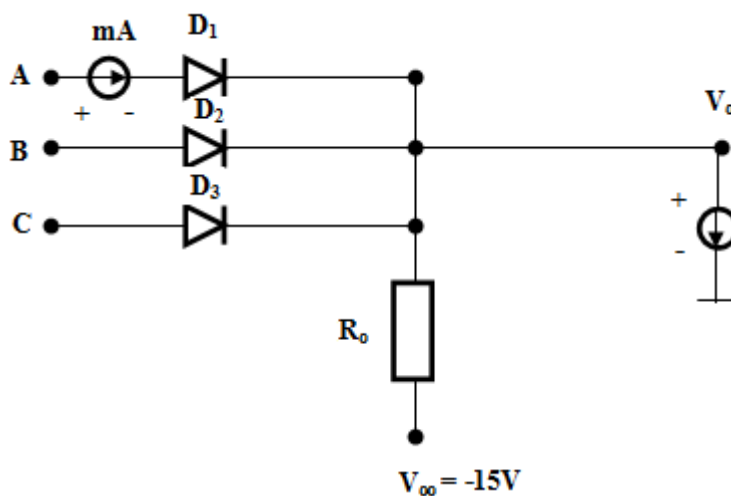


Fig. 4

3.3. Se realizează montajul din Fig. 5 la intrarea căruia se aplică un impuls cu parametrii:

- Durata ($T_i = 10\text{ }\mu\text{s}$);
- Amplitudine ($V_I = 0V$; $V_A = V_S = 5V$),
- Durata de repetiție ($T = 20\text{ }\mu\text{s}$).

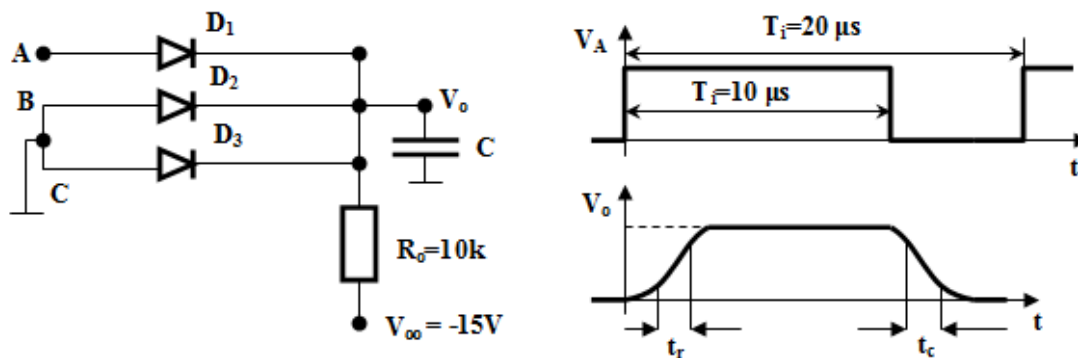
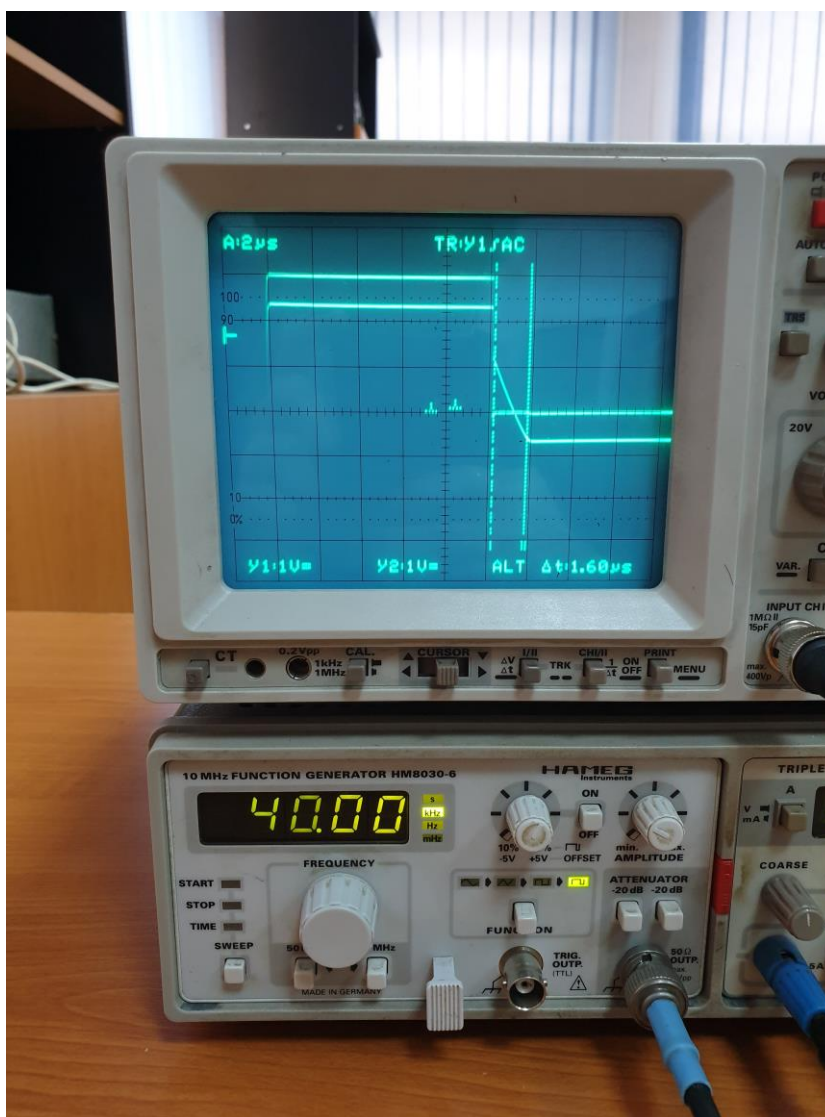


Fig. 5

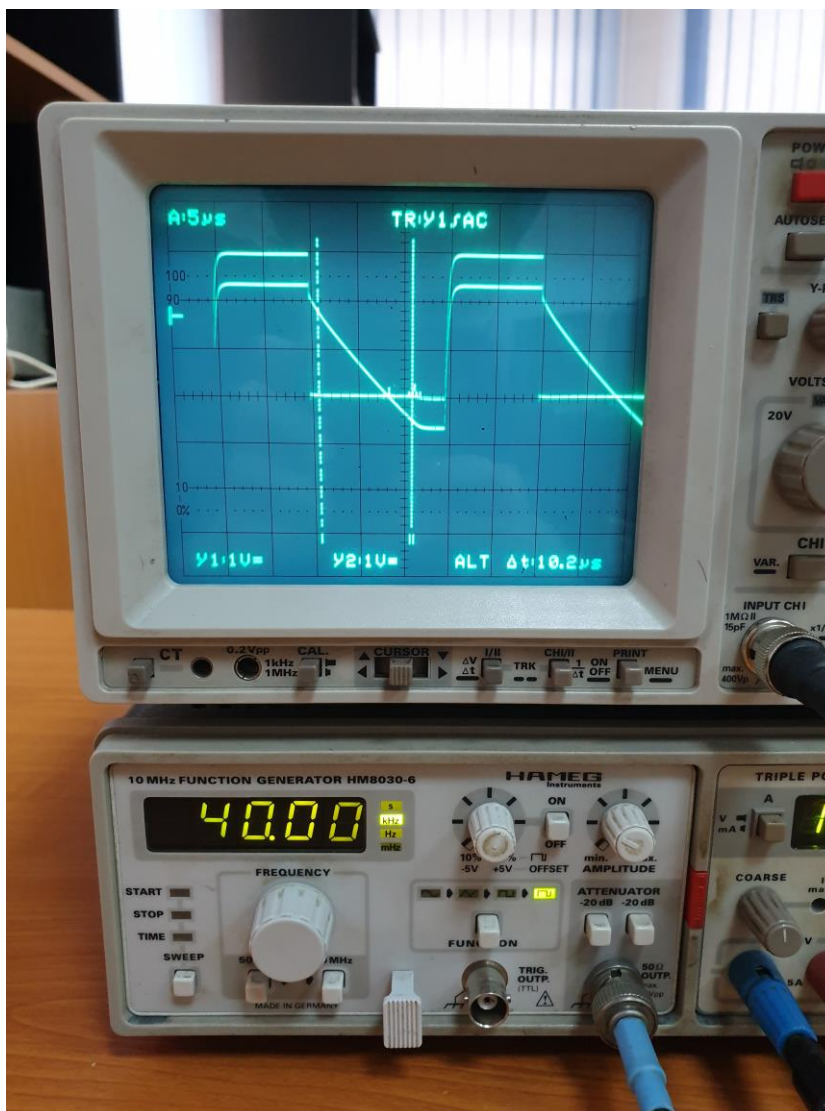
Se cere să se vizualizeze semnalul de la ieșirea porții și să se oscilografieze acest semnal. Se va măsura cu multă atenție timpul de ridicare/coborâre al semnalului de ieșire cât și ceilalți parametri legați de acest semnal (durata impulsului, amplitudinea, durata de repetiție a impulsului, noile valori logice de la ieșire).

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_{oo} 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 $V_{oo} = -15V$
- se vor prezenta concluziile privind modul cum sunt influențați cei doi timpi de tensiunea de alimentare și de capacitatea de sarcină.



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



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

Dacă poarta SAU cu diode asigură o funcție logică corectă (SAU), 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 SAU să nu poată comanda o altă poartă SAU.
- Nivelele logice aplicate la intrare sunt deplasate spre valori negative 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 SAU.

Punctele enumerate mai sus pot fi rezolvate pentru o poartă SAU cu diode dacă aceasta este urmată de un tranzistor ce are rolul de reface nivelele logice de tensiune și de a amplifica valoarea curentului la ieșire.