

Circuite numerice

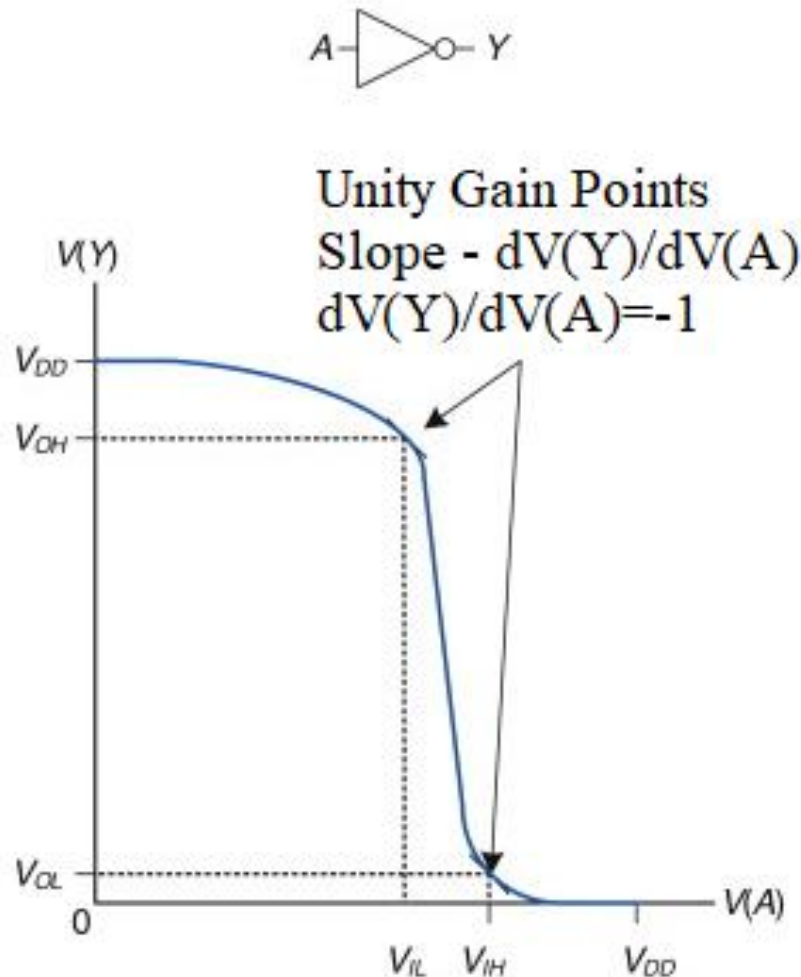
- **Parametrii circuitelor logice integrate**
- **Circuite logice integrate TTL**

Parametrii circuitelor logice integrate

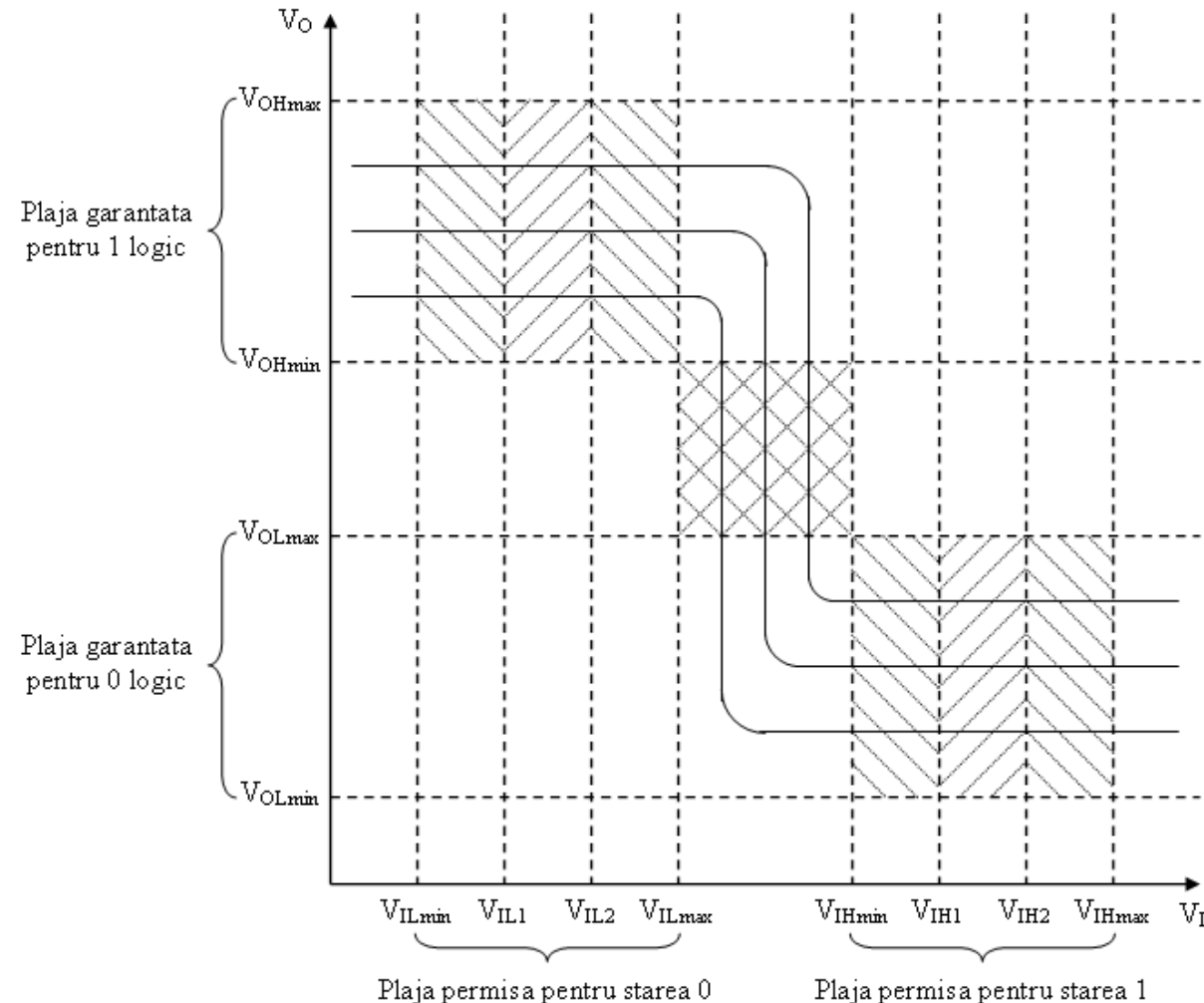
- Caracteristica statică de transfer
- Marginile de imunitate la perturbațiile statice
- Capacitatea de încărcare a circuitelor logice
- Timpul de propagare
- Consumul de putere

Caracteristica statică de transfer

- variația tensiunii de ieșire funcție de tensiunea de intrare în curent continuu



- valori semnificative ale tensiunii de intrare și ieșire:
 - V_{ILmax} - nivelul de tensiune maxim pentru '0' logic la intrare
 - V_{IHmin} - nivelul de tensiune minim pentru '1' logic la intrare
 - V_{OLmax} - nivelul de tensiune maxim pentru '0' logic la ieșire
 - V_{OHmin} - nivelul de tensiune minim pentru '1' logic la ieșire

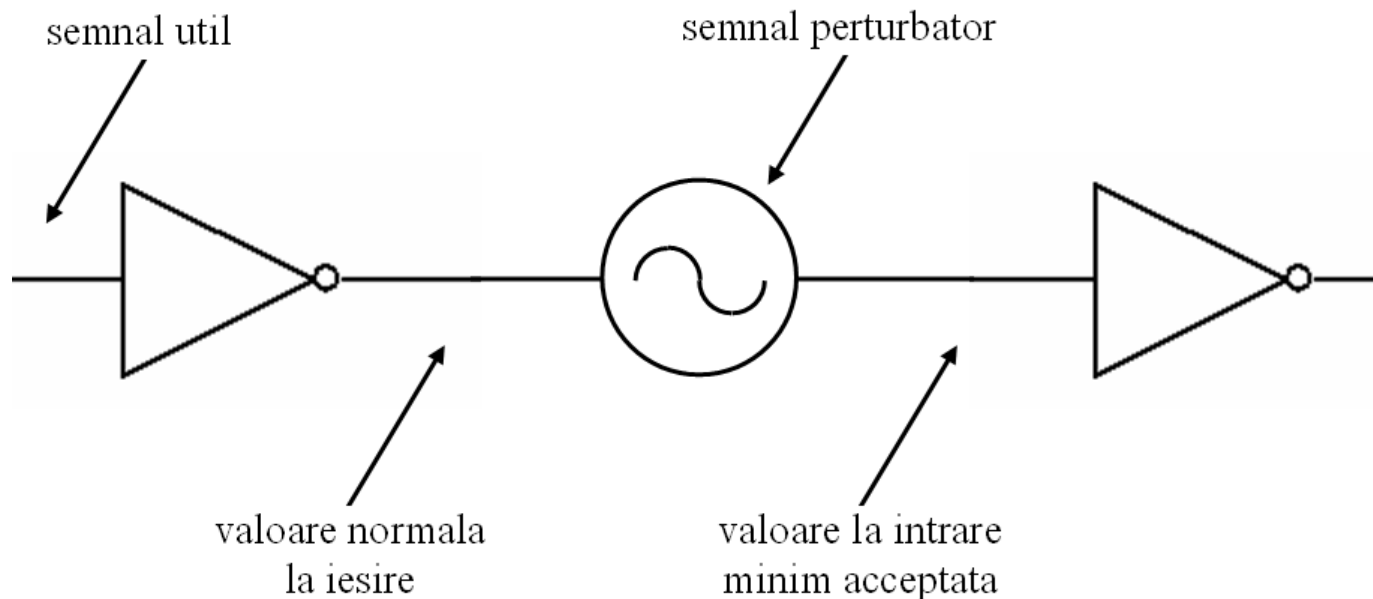


- semnificatia indicilor

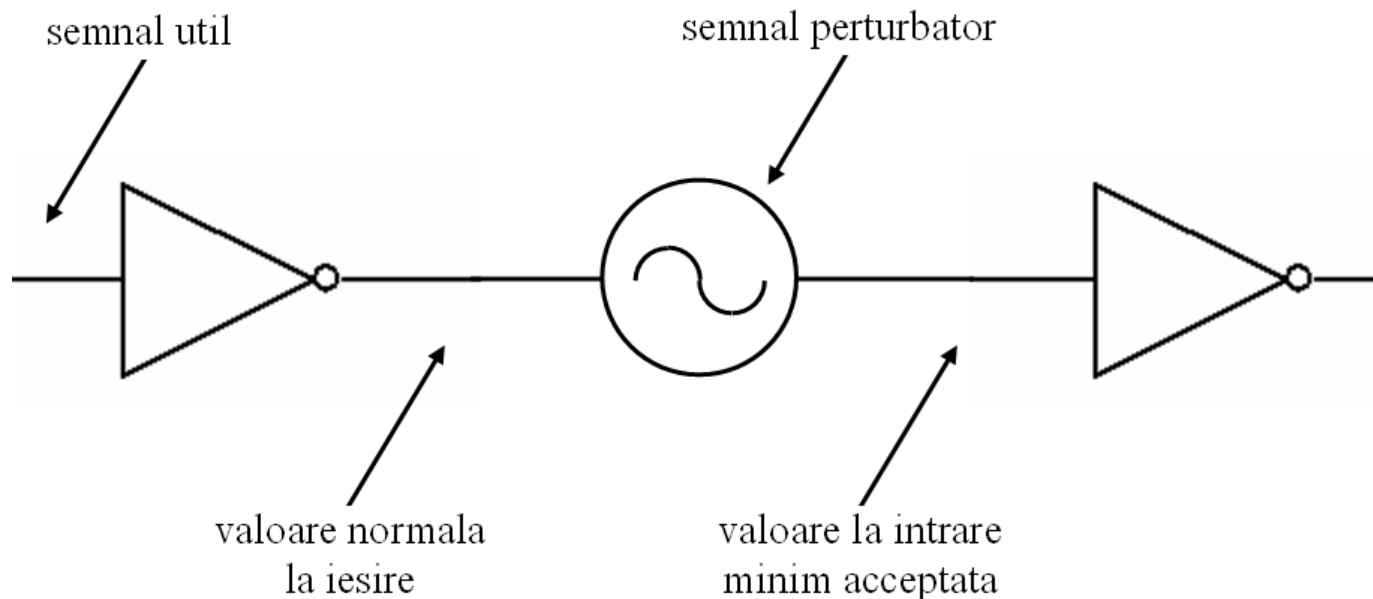
- I - (input), intrare
- O - (output), ieșire
- L - (low), nivel logic '0'
- H - (high), nivel logic '1'

Marginile de imunitate la perturbațiile statice

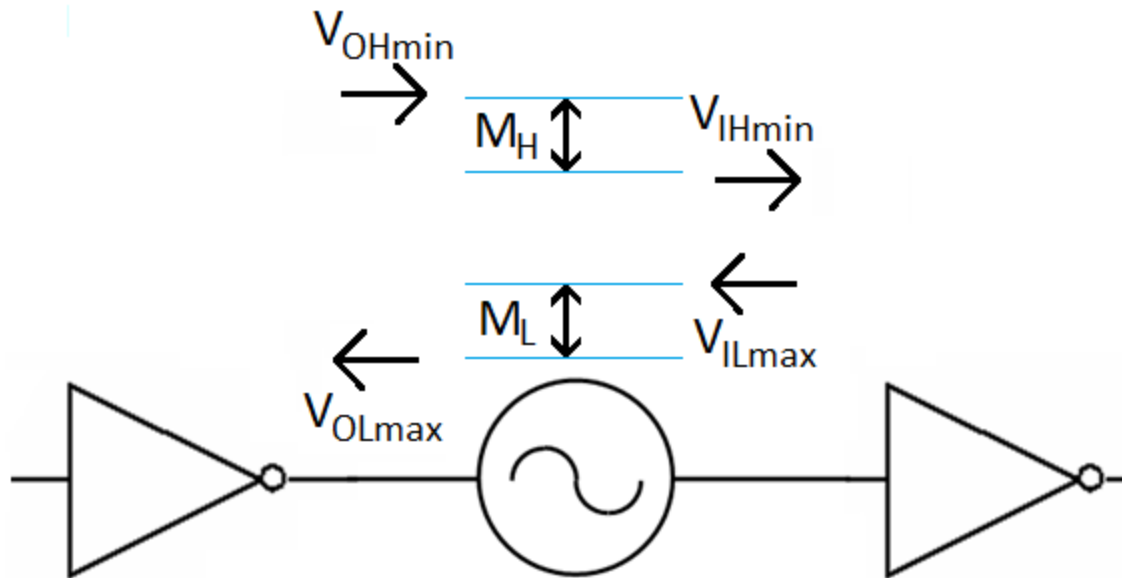
- margine de zgomot
- valoarea maximă a tensiunii perturbatoare, care însumată cu semnalul util aplicat la intrare, în cazul cel mai defavorabil, nu influențează negativ nivelul de tensiune de la ieșire (comportarea circuitului)



- marginea tipică (garantată) de imunitate la perturbații pentru o stare logică este diferența dintre nivelul de tensiune tipic (garantat) la ieșirea circuitului de comandă și nivelul cel mai defavorabil al tensiunii pe care circuitul comandat îl mai acceptă la intrare, pentru menținerea la ieșire a stării dorite

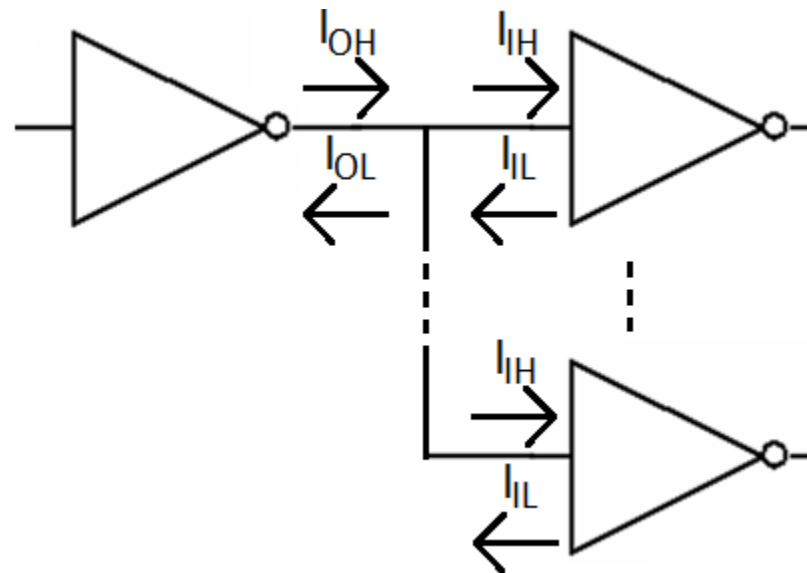


- Pentru starea logica '0':
- $M_L = V_{ILmax} - V_{OLmax}$
- Pentru starea logica '1':
- $M_H = V_{OHmin} - V_{IHmin}$



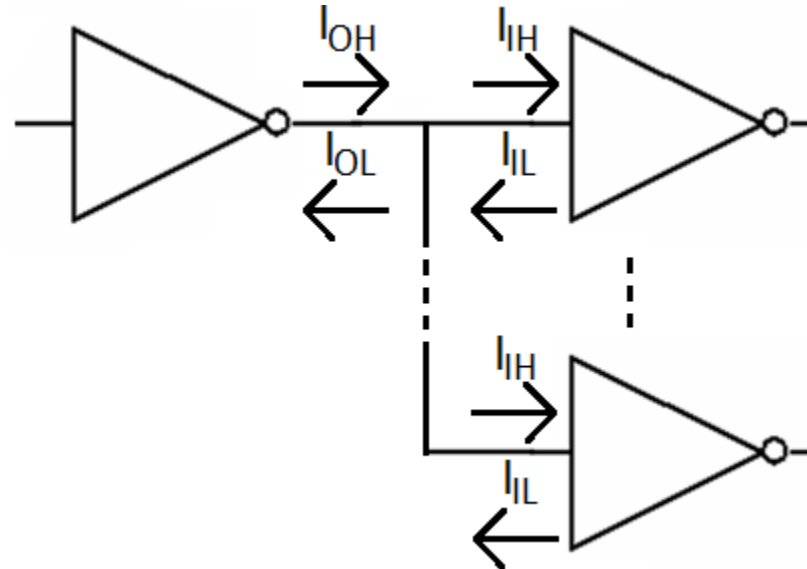
Capacitatea de încărcare a circuitelor logice

- Intrarea unui circuit logic constituie pentru circuitul care îl comandă o sarcină
- Pentru ca un circuit logic să genereze la ieșire nivelele de tensiune garantate, este necesar să fie comandat cu un curent corespunzător la fiecare dintre intrările sale



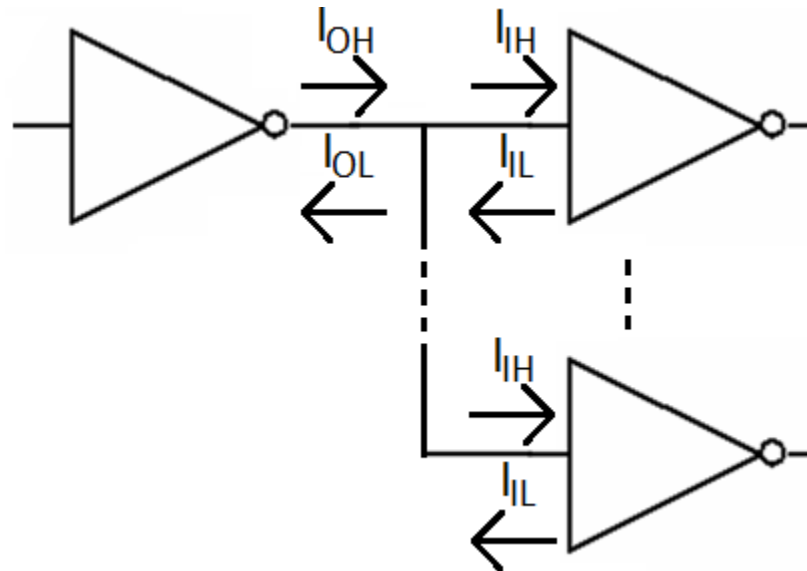
- Pentru a asigura interconectarea corectă a circuitelor logice dintr-un sistem va trebui să se ia în considerare curentul de ieșire a circuitului logic de comandă și suma curenților de intrare corespunzători circuitelor logice comandate

$$FO_L = \left\lfloor \frac{|I_{OL}|}{|I_{IL}|} \right\rfloor, FO_H = \left\lfloor \frac{|I_{OH}|}{|I_{IH}|} \right\rfloor, FO = \min(FO_L, FO_H)$$

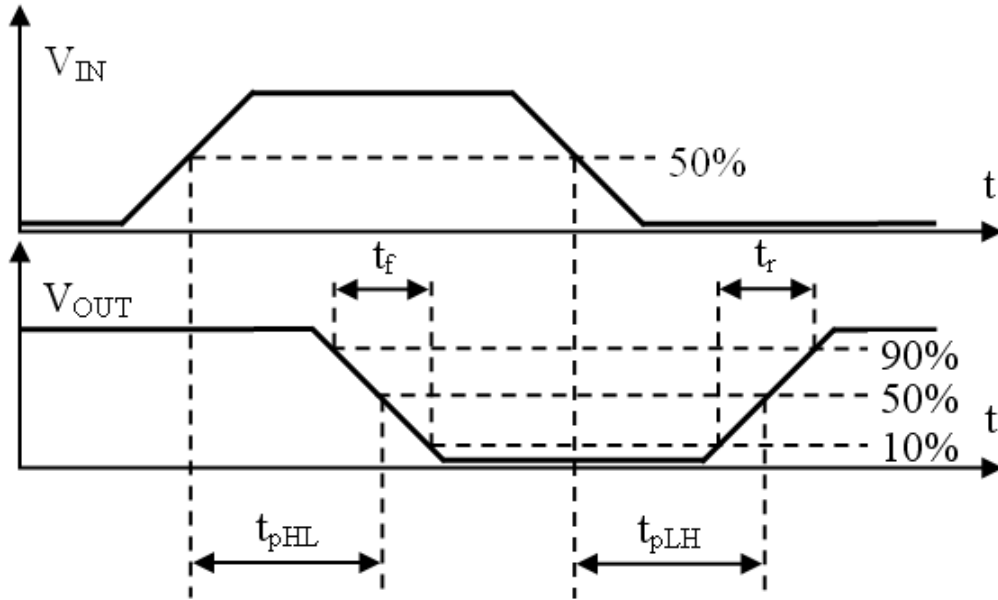


- La interconectarea circuitelor logice dintr-o familie trebuie respectate următoarele relații corespunzătoare cazurilor de funcționare cele mai defavorabile:

$$I_{OL} \geq \sum_n^{i=1} I_{IL}, I_{OH} \geq \sum_n^{i=1} I_{IH}$$



Timpul de propagare



- Timpii de creștere (t_r) și cădere (t_f) se definesc între 0.1 și 0.9 din amplitudinea semnalului

- Timpii de întârziere (propagare) (t_{pHL} și t_{pLH}) se definesc între 0.5 din amplitudinea semnalului de intrare și 0.5 din amplitudinea semnalului de ieșire
- Timpul de propagare mediu se definește cu ajutorul formulei:
$$t_{pd} = (t_{pHL} + t_{pLH}) / 2$$
- Timpii de întârziere se pot defini și cu ajutorul frecvenței maxime de tact care reprezintă valoarea maximă a frecvenței semnalului de intrare, conform unei secvențe specificate

Consumul de putere

- Caracterizat prin următorii parametri de catalog:
 - tensiunea de alimentare (V_{CC});
 - curenții absorbiți de circuit, când ieșirea este în starea '1' logic (I_{CCH}), respectiv '0' logic (I_{CCL});
 - curentul de ieșire în scurtcircuit (I_{OS});
 - puterea medie consumată (P_m);

Puterea medie consumată în curent continuu

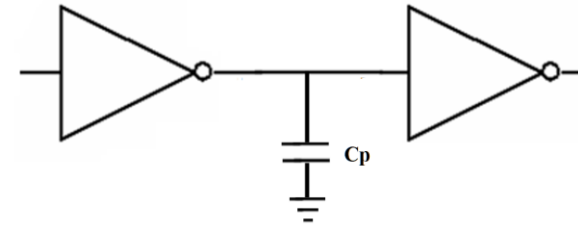
$$P_{CC} = \frac{P_H + P_L}{2} = \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2} \cdot V_{CC}$$

Puterea consumată în regim de comutație

- Crește datorită curentului necesar încărcării și descărcării capacităților parazite de la ieșirea circuitului C_p
- Puterea consumată suplimentar în regim de comutare se poate calcula cu relația:

$$P_C = f C_P V_{CC}^2$$

- f - frecvența de comutare a circuitului logic



Puterea totală consumată

$$P_m = P_{CC} + P_C = \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2} V_{CC} + f C_P V_{CC}^2$$

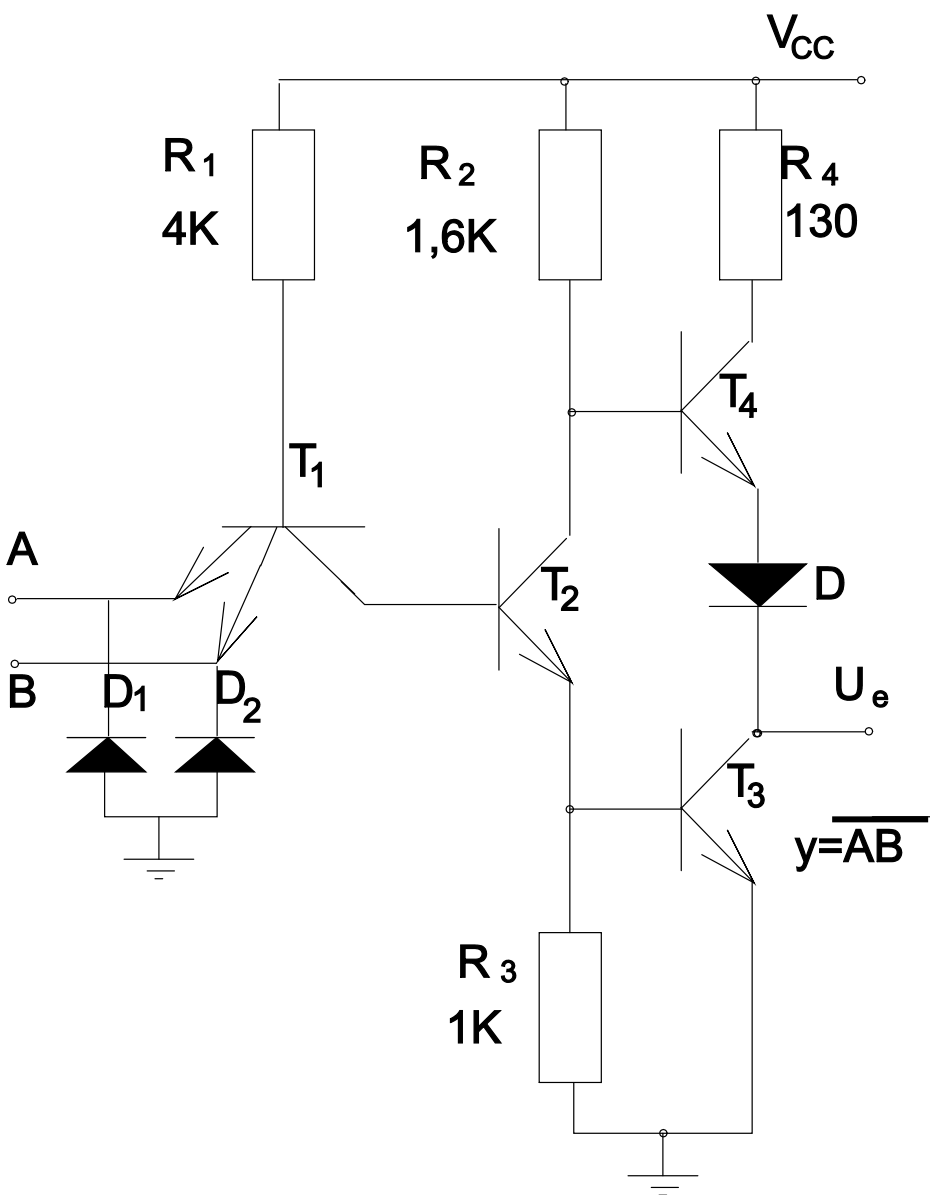
Circuite logice integrate TTL

- Prezentare generală
- Seria standard TTL
 - Poarta fundamentală TTL
 - Descrierea circuitului
 - Functionarea portii
 - Parametrii porții fundamentale TTL

Prezentare generală

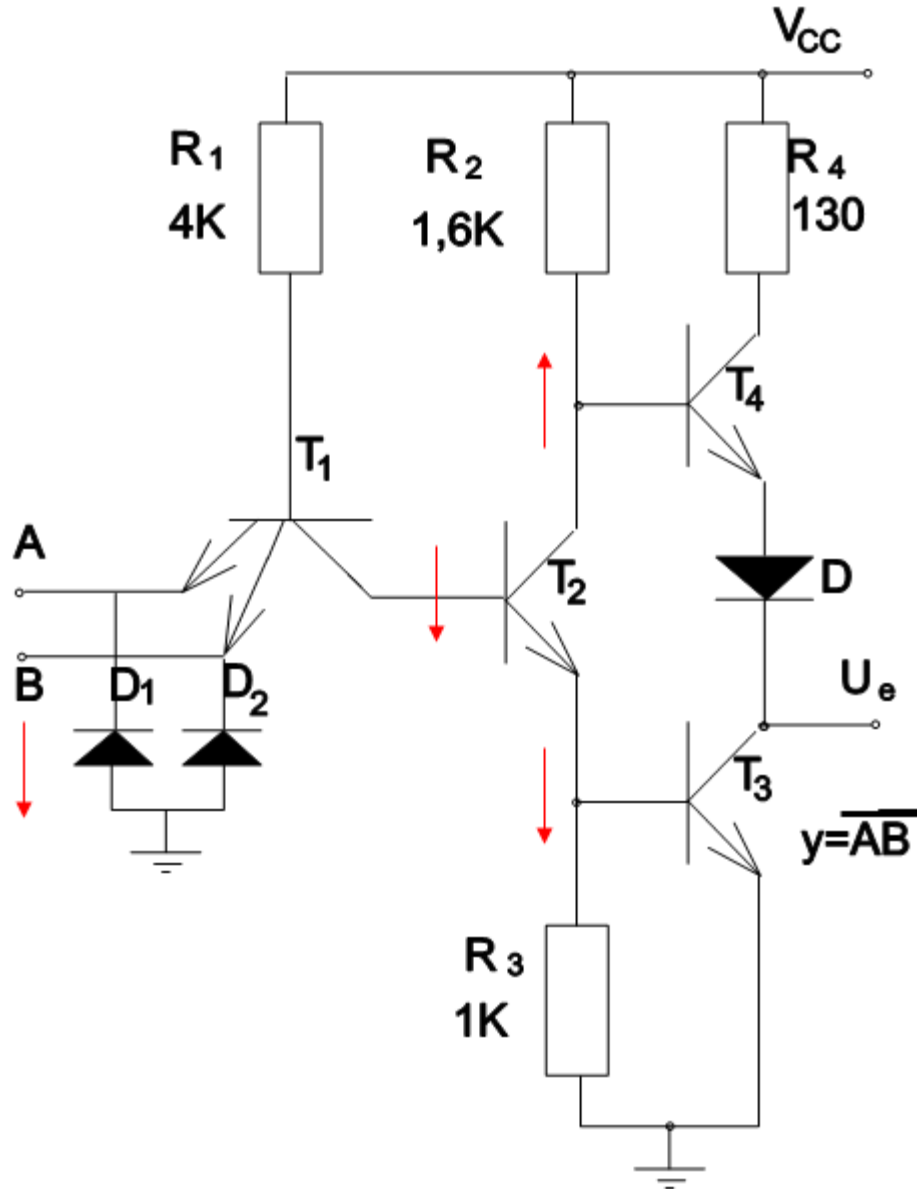
- TTL (Tranzistor-Tranzistor-Logic)
- Mai multe serii de circuite dezvoltate prin compromisul între puterea disipată pe poartă și timpul de propagare
- Seria TTL normală sau standard, rapidă (H), de putere redusă (L), cu diode Schottky (S)

Poarta fundamentală TTL



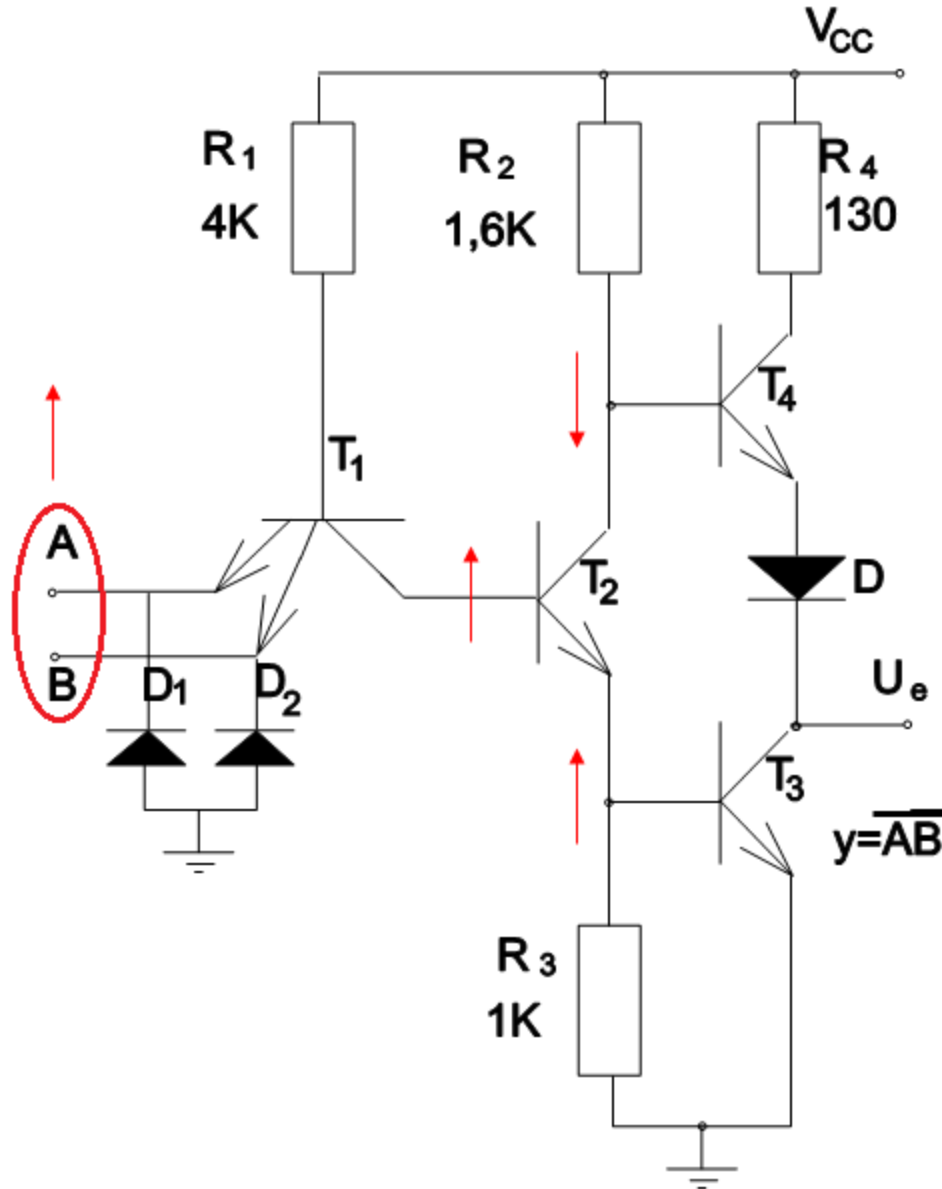
- **Etajul de intrare**
- tranzistorul multiemitor T_1
- diodele de limitare D_1 și D_2
- **Comandă în contratimp**
- Tranzistorul T_2
- **Etajul de ieșire**
- tranzistoarele T_4 și T_3
- dioda D

Functionarea portii pentru o intrare "0" logic



- $U_{BE(T4)} + U_D \approx 1,5V$
- $U_e > 3,4V$
corespunzătoare
nivelului logic "1"

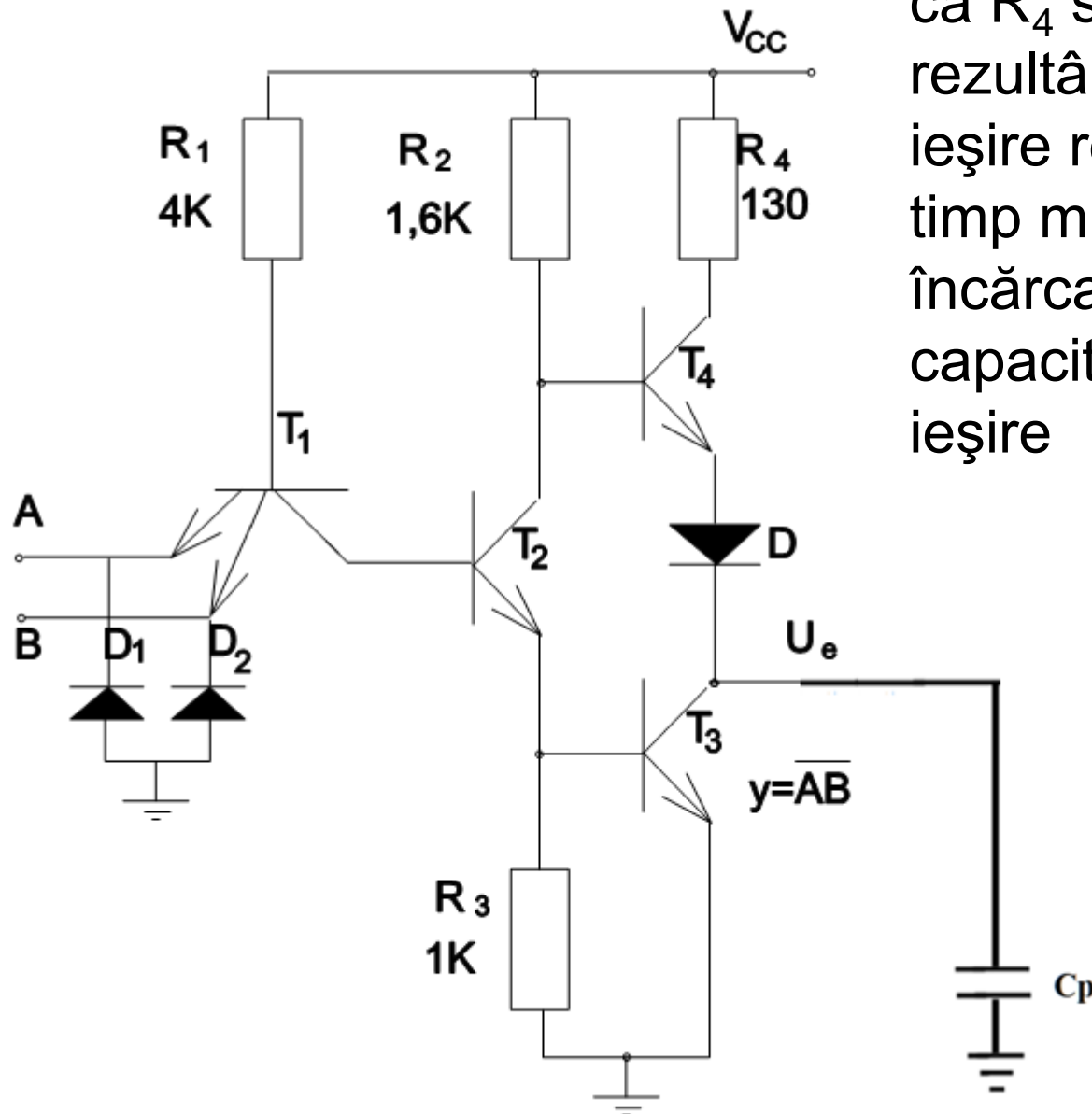
Functionarea portii pentru ambele intrari "1" logic



- $U_e = U_{CES(T3)}$
corespunzătoare
nivelului logic "0"

$$U_e = \overline{A * B}$$

- Tranzistoarele T_4 și T_3 comuta în contratimp fapt care permite ca R_4 să fie mică (130Ω), rezultând o impedanță de ieșire redusă și o constantă de timp mică pentru încărcarea/descărcarea capacităților parazite de la ieșire



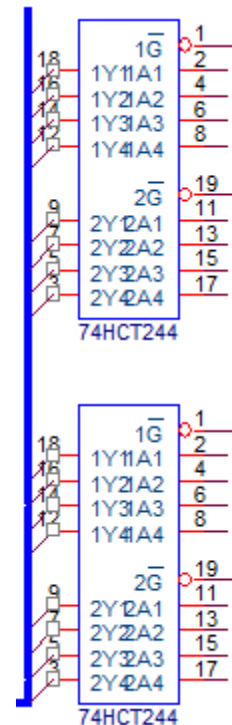
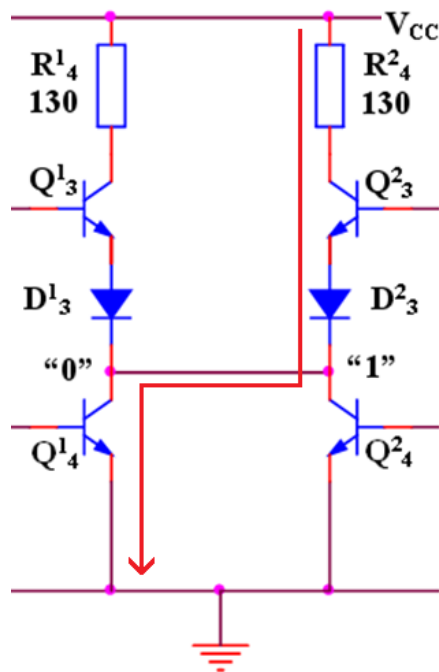
Nivelele logice

- $V_{ILmax} = 0.8 \text{ V}$
- $V_{IHmin} = 2 \text{ V}$
- $V_{OLmax} = 0.4 \text{ V}$
- $V_{OHmin} = 2.4 \text{ V}$
- $V_T = 1.3\text{V}$, tensiunea de prag, la care tensiunile de intrare și de ieșire sunt egale

Marginea de zgomot

- Valoare garantata
- $M_L = V_{ILmax} - V_{OLmax} = 0.8V - 0.4V = 0.4V$
- $M_H = V_{OHmin} - V_{IHmin} = 2.4V - 2V = 0.4V$

- Valoare reala
- $M_L = V_T - V_{OL} = 1.3V - 0.2V = 1.1V$
- $M_H = V_{OH} - V_T = 3.5V - 1.3V = 2.2V$
- Aceasta implică preferința ca starea logică de repaus a unui circuit logic să fie starea de '1' logic, iar comanda comutării să se facă cu un semnal 'activ zero', ce se modifică de la '1' logic la '0' logic

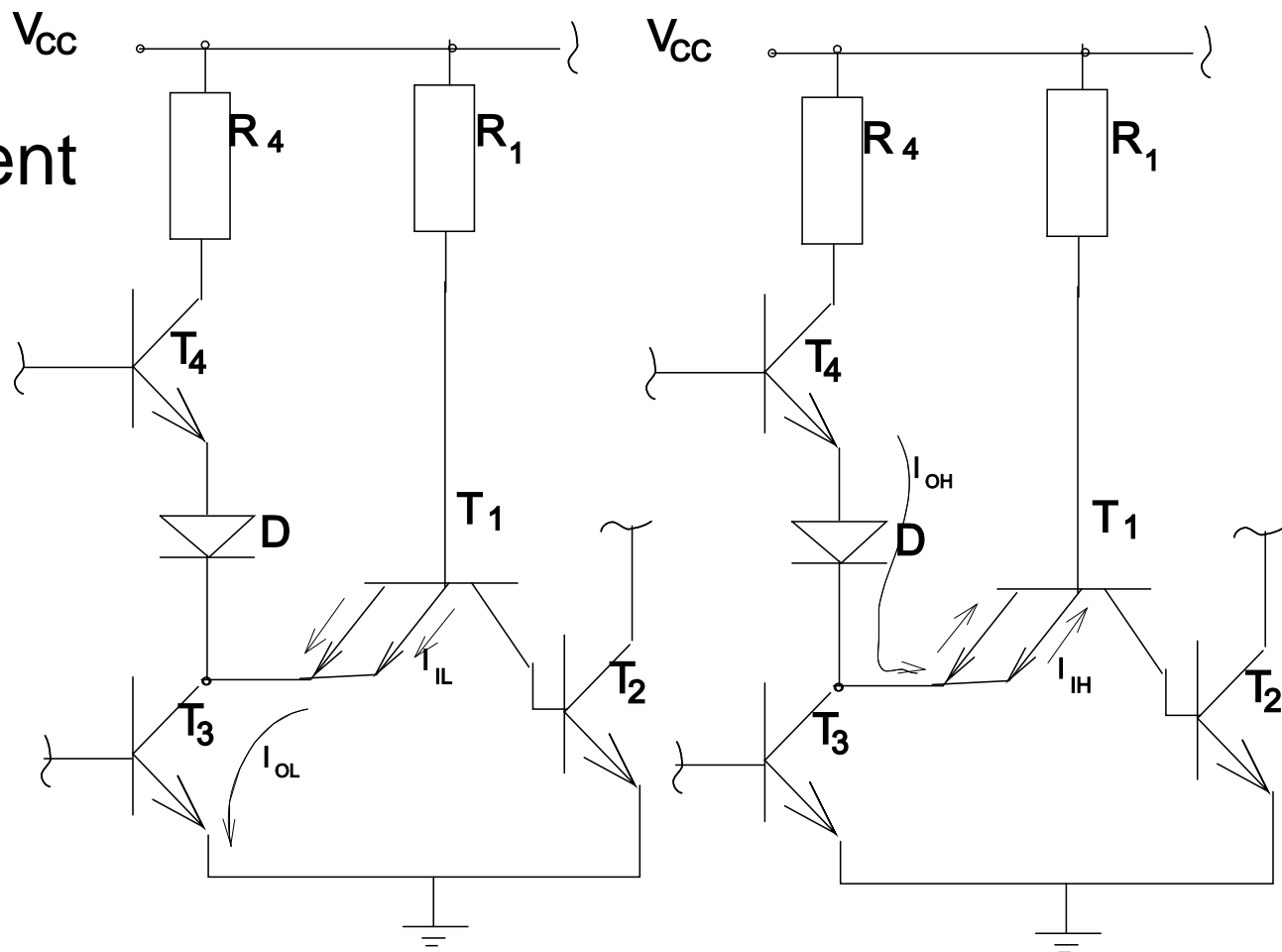


Curenții de intrare și de ieșire

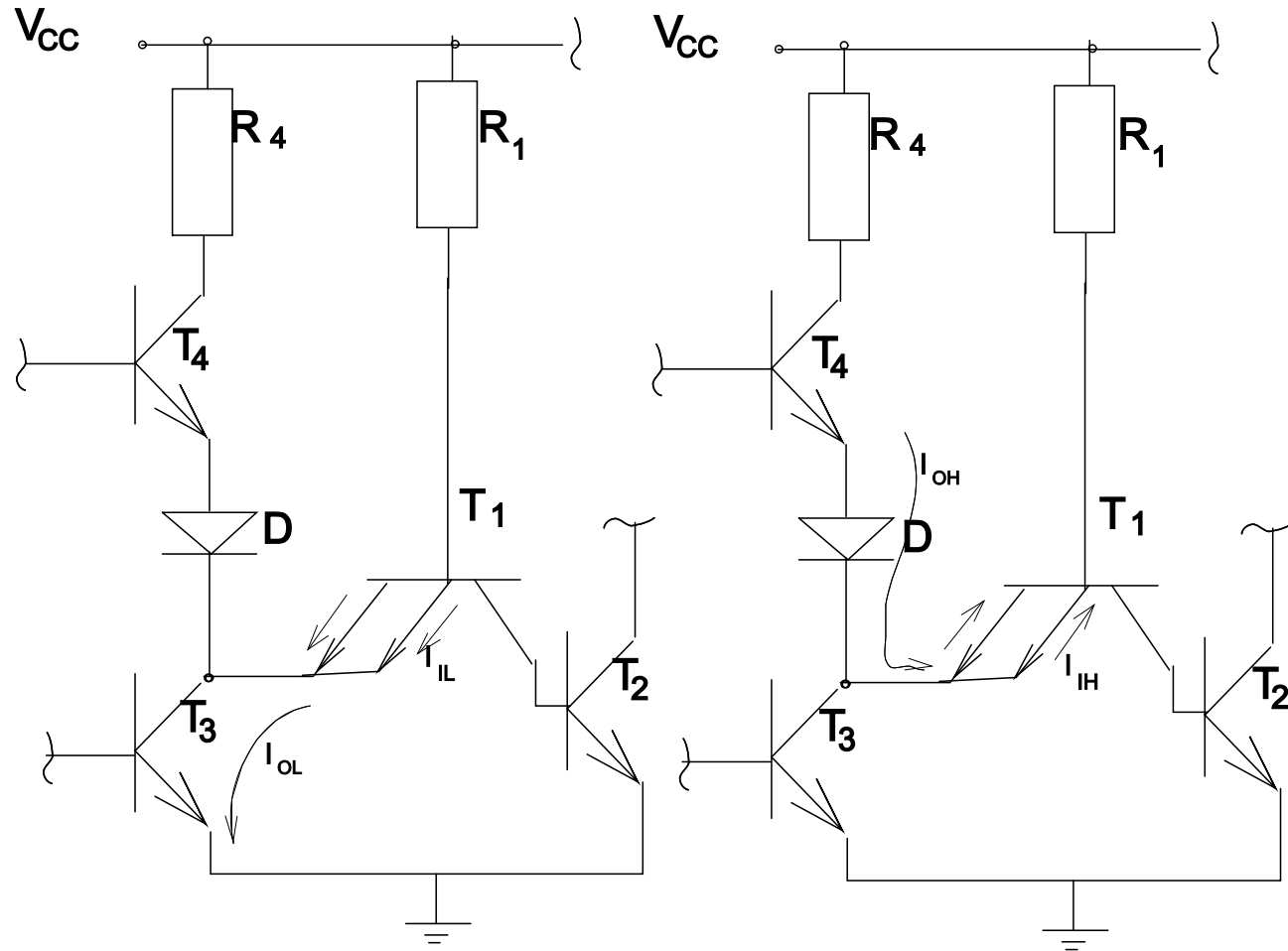
- Semn pozitiv
dacă poarta
absoarbe curent

- Semn negativ
dacă poarta
genereaza
curent

- $I_{IH} = 40 \mu A$
- $I_{IL} = -1,6 \text{ mA}$
- $I_{OH} = -800 \mu A$
- $I_{OL} = 16 \text{ mA}$



Factorul de încărcare

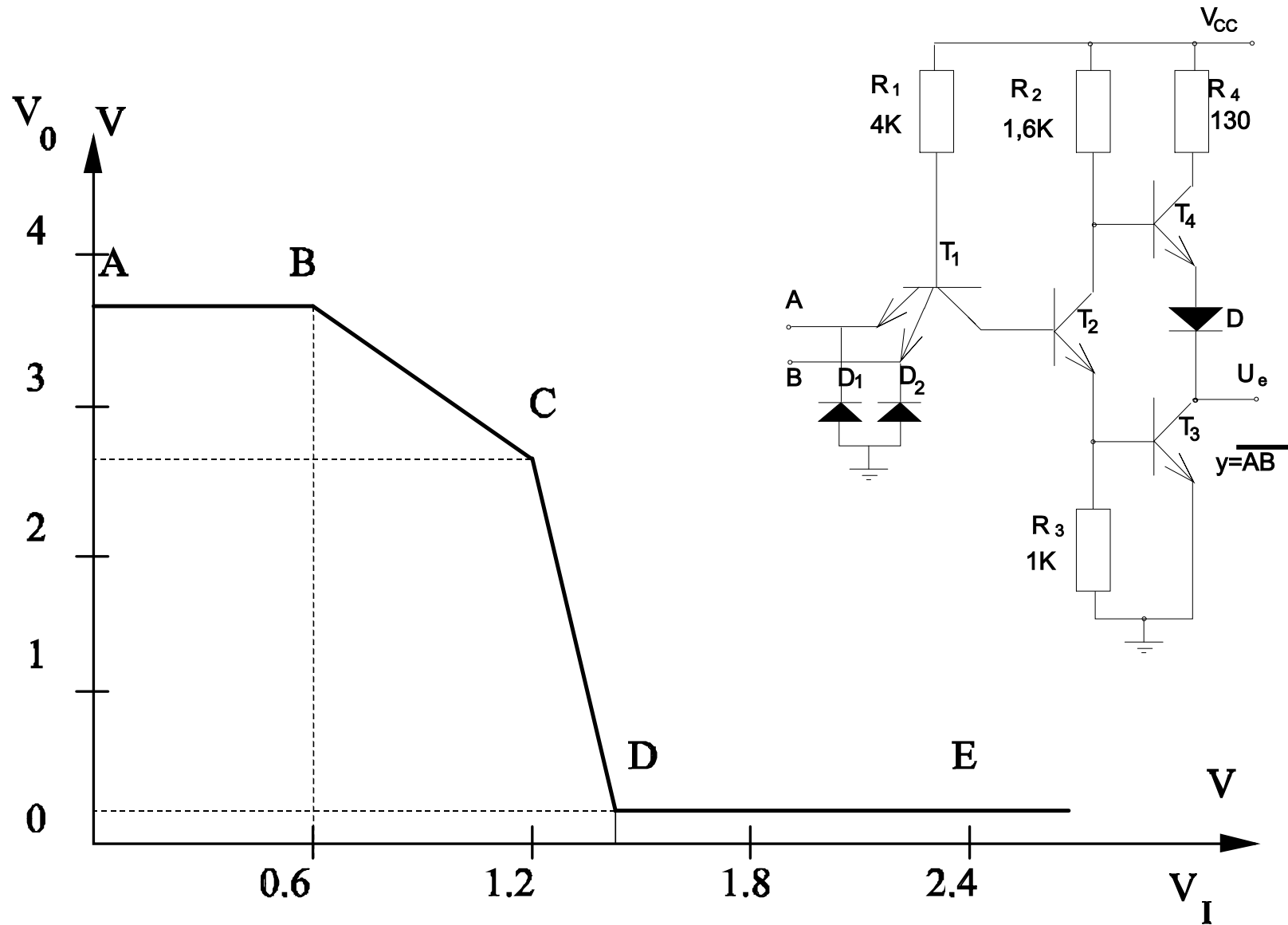


$$FI_L = 1, I_{IL} = -1,6\text{mA}$$

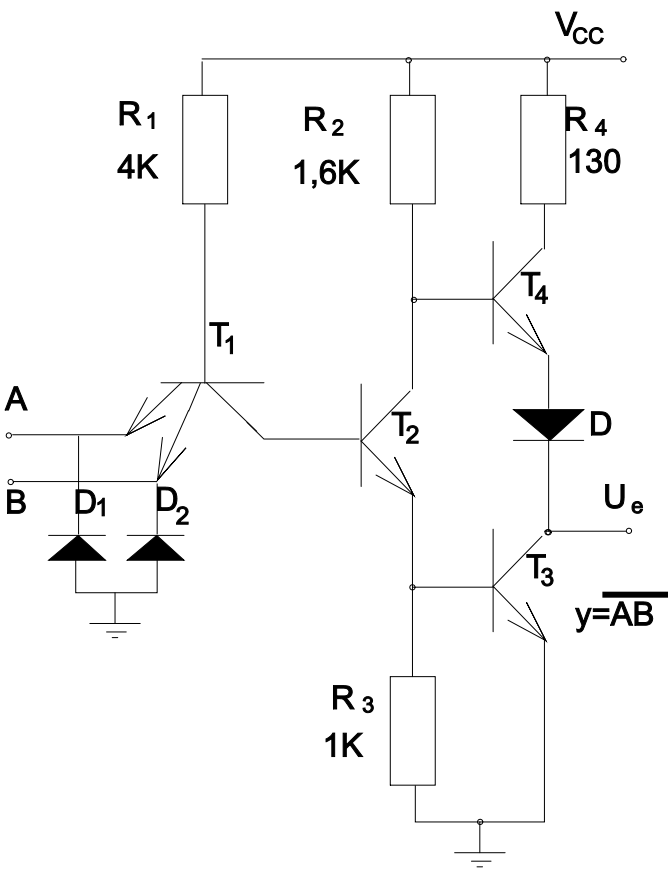
$$FI_H = 1, I_{IH} = 40\mu\text{A}$$

$$FO_L = \left\lfloor \frac{|I_{OL}|}{|I_{IL}|} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{16\text{mA}}{1.6\text{mA}} \right\rfloor = 10, FO_H = \left\lfloor \frac{800\mu\text{A}}{40\mu\text{A}} \right\rfloor = 20, FO = \min(FO_L, FO_H) = 10$$

Caracteristica statică de transfer



Puterea disipată



$$P_{CC} = \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2} V_{CC}$$

$$I_{CCH} = I_{R1} = (V_{CC} - V_{B(T1)}) / R_1 \approx 1 \text{ mA}$$

$$I_{CCL} = I_{E(T2)} = I_{C(T2)} + I_{B(T2)} = (V_{CC} - V_{C(T2)}) / R_2 + (V_{CC} - V_{B(T1)}) / R_1 \approx 3,3 \text{ mA}$$

$$P_{CC} \approx 10 \text{ mW}$$

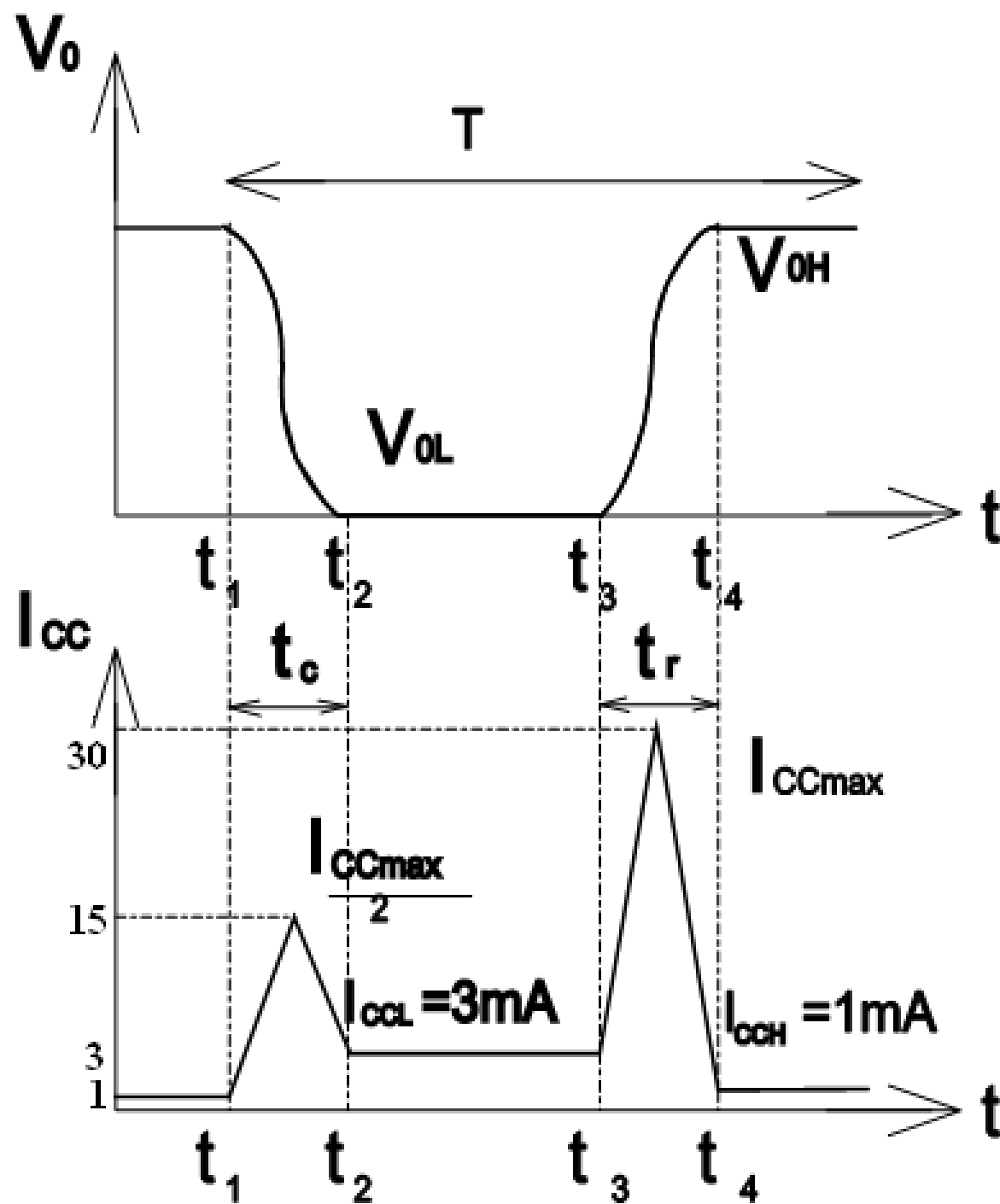
$$P_C = C_p V_{CC}^2 f$$

$$C_p = 15 \text{ pF}; f = 1 \text{ MHz}, P_C \approx 0,4 \text{ mW}$$

$$f = 20 \text{ MHz}, P_C \approx 7,5 \text{ mW}$$

- În afara celor două componente, se adaugă o componentă datorată conducerii simultane al tranzistoarelor T_3 și T_4 . Surplusul de consum în regim dinamic, notat P_{DS} se calculează după formula:

$$P_{DS} = V_{CC} \left(\frac{I_{CCmax}}{2.2} \cdot \frac{t_c}{T} + \frac{I_{CCmax}}{2} \cdot \frac{t_r}{T} \right)$$



Timpul de propagare

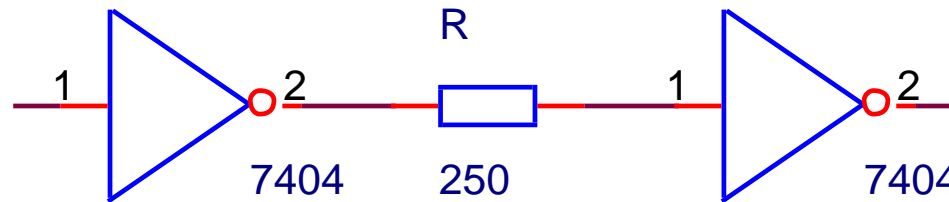
- Determinat de timpul de încărcare și descărcare a capacității parazite de la ieșirea porții și de timpul de comutare a tranzistoarelor
- Valori teoretice: $t_{pHL} = 8\text{ns}$ și $t_{pLH} = 10.5\text{ns}$
- Valori de catalog: $t_{pHL} = 8\text{ns}$ și $t_{pLH} = 12\text{ns}$, iar $t_{pd} = 10\text{ns}$

Parametru	Serie			
	Standard	H.Speed	L.Power	Schottky
V_{CC} [V]	5	5	5	5
V_{IHmin} [V]	2	2	2	2
V_{ILmax} [V]	0.8	0.8	0.7	0.8
V_{OHmin} [V]	2.4	2.4	2.4	2.7
V_{OLmax} [V]	0.4	0.4	0.3	0.5
I_{IH} [mA]	0.04	0.05	0.01	0.05
I_{IL} [mA]	1.6	2	0.18	2
I_{OH} [mA]	0.8	1	0.2	1
I_{OL} [mA]	16	20	3.6	20
I_{CH} [mA]	1	2.5	0.11	2.5
I_{CL} [mA]	3	6.5	0.3	5
MZ_H [V]	0.4	0.4	0.4	0.7
MZ_L [V]	0.4	0.4	0.4	0.3
FE	10	10	20	10
P_C [mW]	10	22	1	19
t_{pLH} [ns]	12	6	35	3
t_{pHL} [ns]	8	6	31	3
t_p [ns]	10	6	33	3
FC [pJ]	100	132	33	57
Frecv. [MHz]	35	50	3	125

Cod TTL	Funcția îndeplinită
54/74xx00	Patru porți ȘI-NU cu două intrări
54/74xx02	Patru porți SAU-NU cu două intrări
54/74xx04	Șase circuite inversoare
54/74xx08	Patru porți ȘI cu două intrări
54/74xx10	Trei porți ȘI-NU cu trei intrări
54/74xx11	Trei porți ȘI cu trei intrări
54/74xx20	Două porți ȘI-NU cu patru intrări
54/74xx21	Două porți ȘI cu patru intrări
54/74xx27	Trei porți SAU-NU cu trei intrări
54/74xx30	O poartă ȘI-NU cu opt intrări
54/74xx32	Patru porți SAU cu două intrări
54/74xx86	Patru porți SAU-EXCL. cu două intrări

Probleme propuse

- Sa se calculeze valoarea maxima a rezistentei care poate fi conectata intre doua porti TTL standard fara modificarea comportamentului circuitului. Cum afecteaza aceasta rezistenta marginea de zgomot?



$$R_{L\max} = \frac{V_{IL\max} - V_{OL\max}}{I_{IL}} = 250\Omega$$

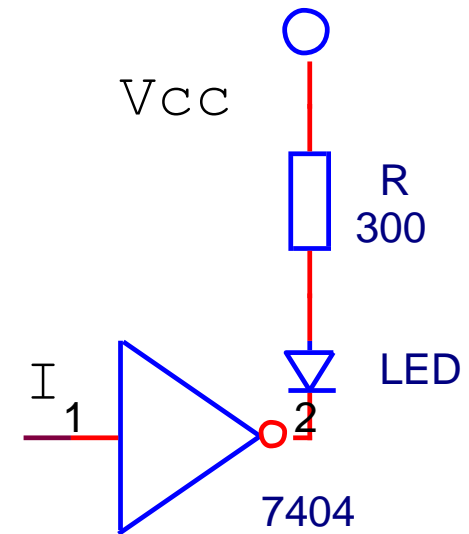
$$R_{H\max} = \frac{V_{OH\min} - V_{IH\min}}{I_{IH}} = 10K\Omega$$

$$R_{\max} = 250\Omega$$

- Cresterea rezistentei determina diminuarea marginii de zgomot

- Sa se proiecteze un circuit care comanda un LED folosind o poarta SI-NU TTL standard. Pentru LED se considera urmatoarele valori: $V_{LED}=1,6V$ si $I_{LED}=10mA$.
- Daca $I='0'$ -> LED stins
- Daca $I='1'$ -> LED aprins

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{OLmax}}{I_{LED}} = 300\Omega$$

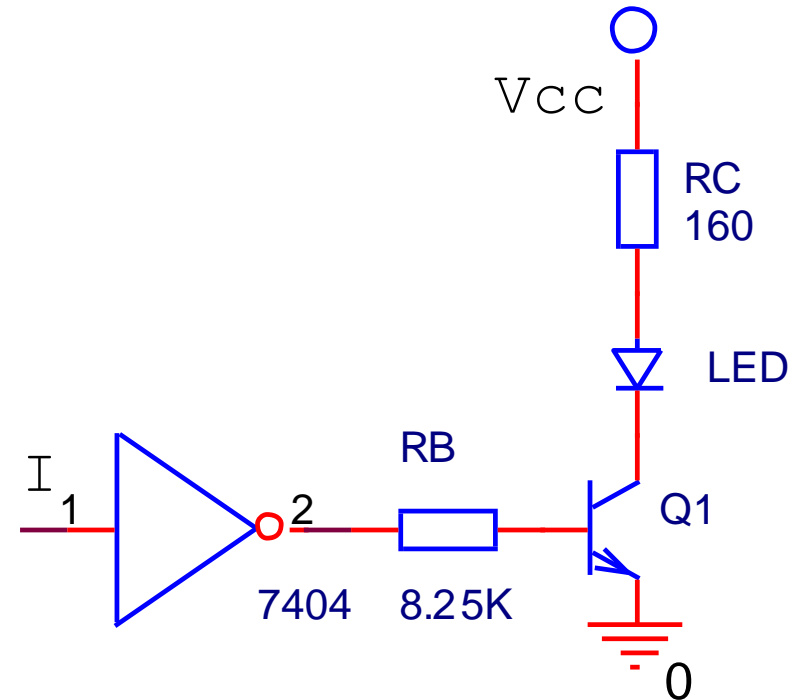


- Sa se proiecteze un circuit care comanda un LED folosind o poarta SAU-NU TTL standard. Pentru LED se considera urmatoarele valori: $V_{LED}=1,6V$ si $I_{LED}=20mA$. Pentru tranzistor se considera $\beta=100$.
- Daca $I='0'$ -> Q_1 deschis -> LED aprins
- Daca $I='1'$ -> Q_1 blocat -> LED stins

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{I_{LED}}{\beta} = 0.2mA$$

$$R_B = \frac{V_{OH\min} - V_{BE}}{I_B} = 8.25K\Omega$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{CE}}{I_{LED}} = 160\Omega$$



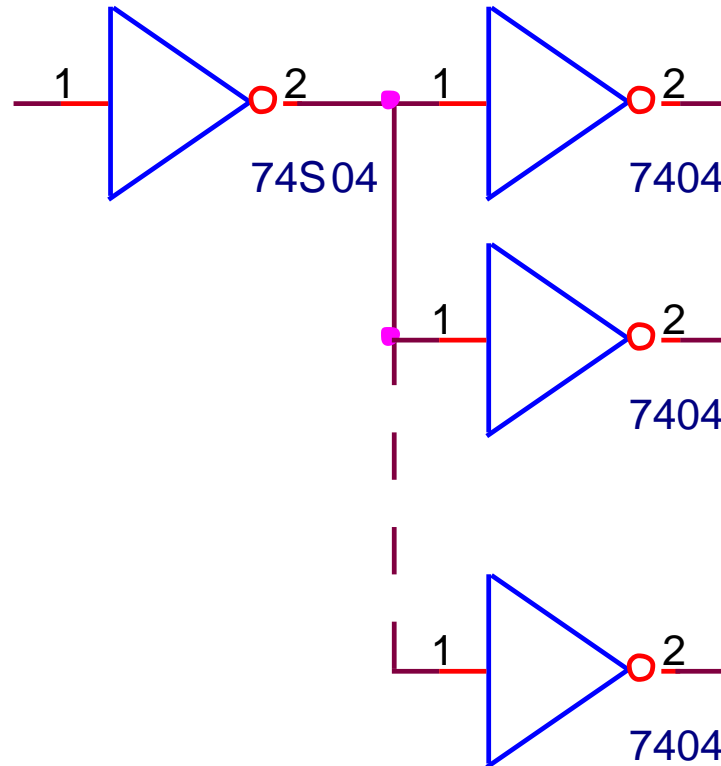
Probleme propuse

- Cate porti TTL din seria 74 pot fi comandate cu o poarta TTL din seria 74S?

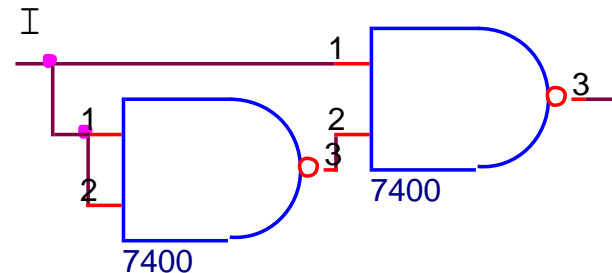
$$FO_L = \frac{I_{OLS}}{I_{ILstd}} = 12,5$$

$$FO_H = \frac{I_{OHS}}{I_{IHstd}} = 25$$

$$FO = 12$$



- Sa se calculeze valoarea maxima a rezistentei care poate fi conectata intre doua porti TTL din seria 74L fara modificarea comportamentului circuitului.
- Sa se calculeze valoarea maxima a rezistentei care poate fi conectata intre doua porti TTL din seria 74H fara modificarea comportamentului circuitului.
- Cate porti TTL din seria 74H pot fi comandate cu o poarta TTL din seria 74L?
- Sa se proiecteze folosind porti SI-NU un detector de fronturi pozitive.



- Cum se modifica factorul de umplere la propagarea printr-o poarta SI-NU? Dar la propagarea prin doua porti SI-NU? Se considera semnalul de intrare avand o frecventa de 20MHz si un factor de umplere de $\frac{1}{2}$.