

# **Circuite numerice**

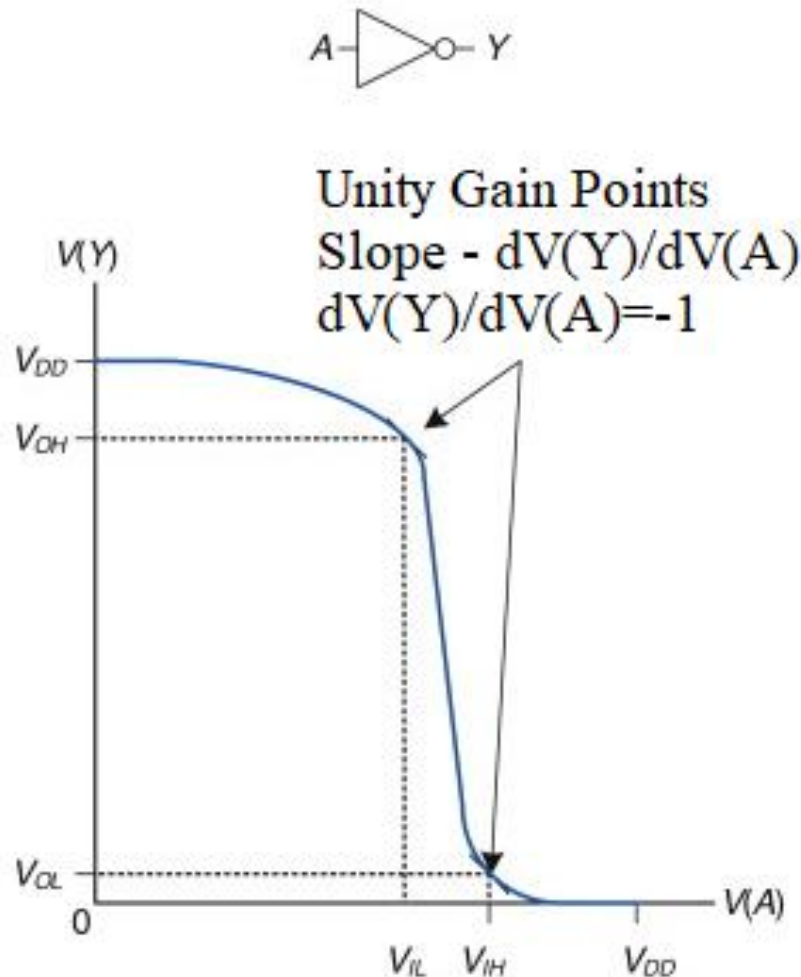
- **Parametrii circuitelor logice integrate**
- **Circuite logice integrate TTL**

# Parametrii circuitelor logice integrate

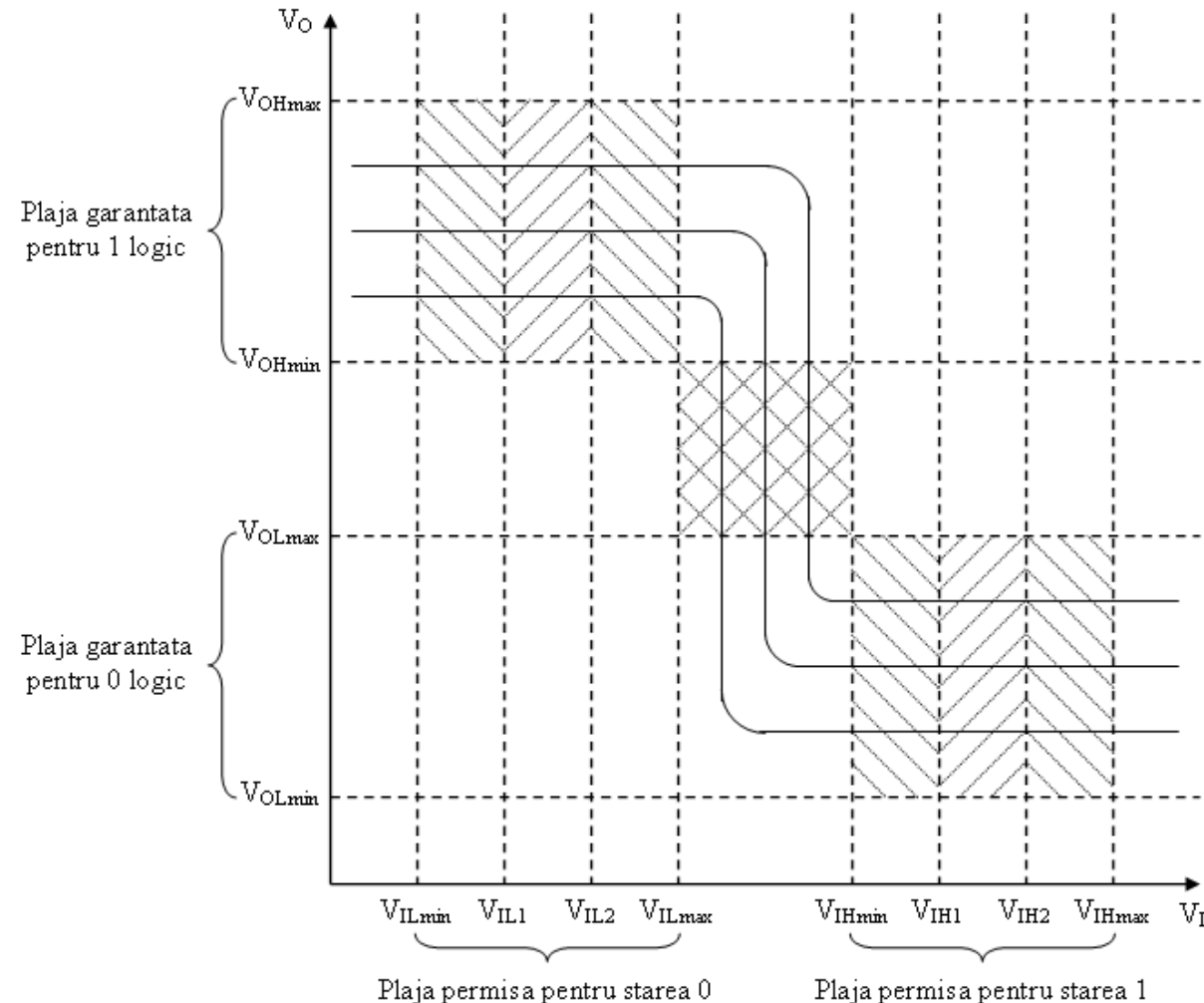
- Caracteristica statică de transfer
- Marginile de imunitate la perturbațiile statice
- Capacitatea de încărcare a circuitelor logice
- Timpul de propagare
- Consumul de putere

# 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

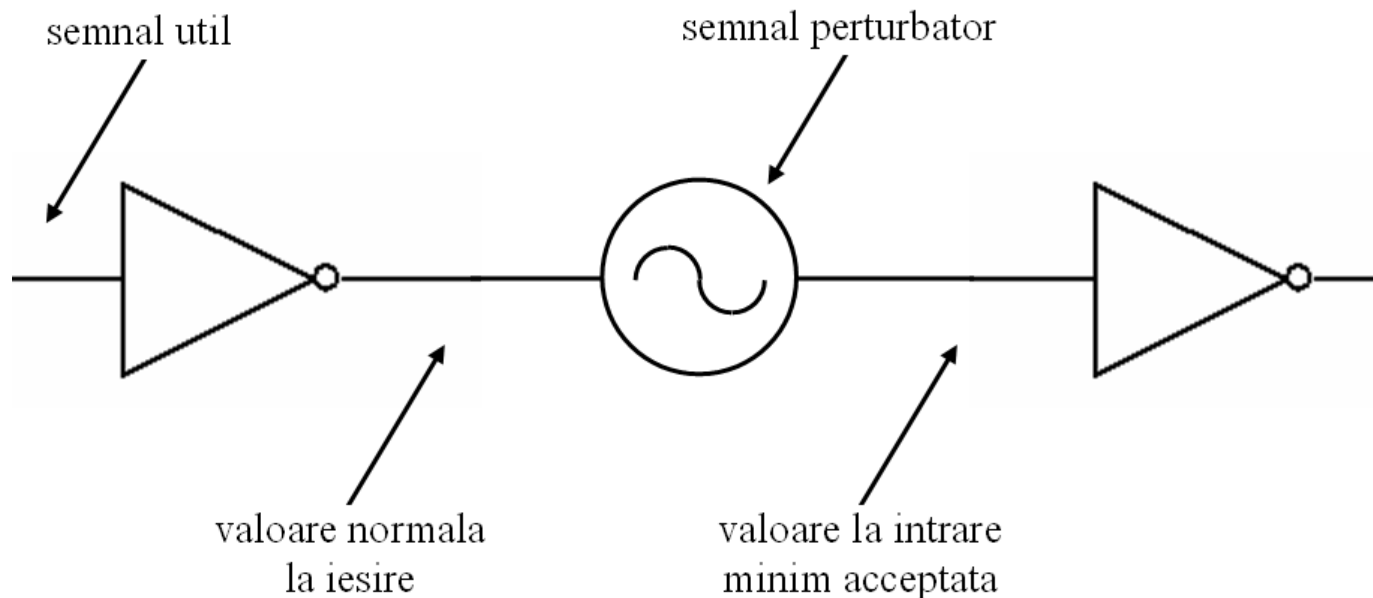


- semnificatia indicilor

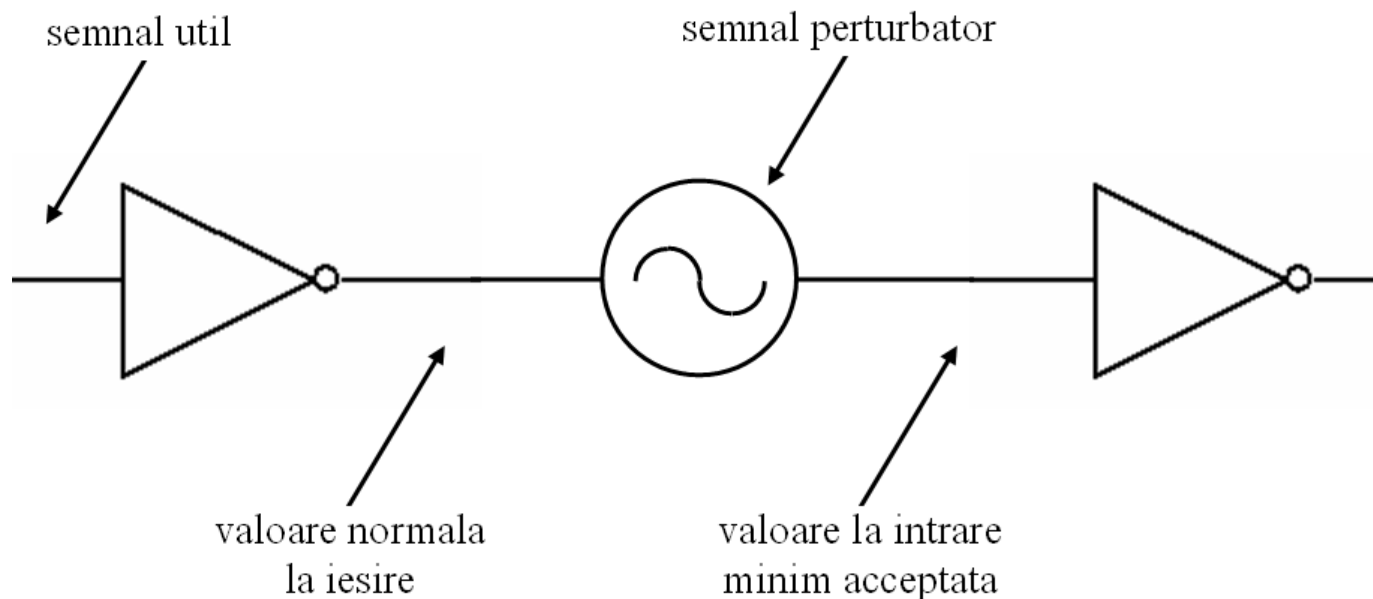
- I - (input), intrare
- O – (output), ieșire
- L – (low), nivel logic '0'
- H - (high), nivel logic '1'

# Marginile de imunitate la perturbațiile statice

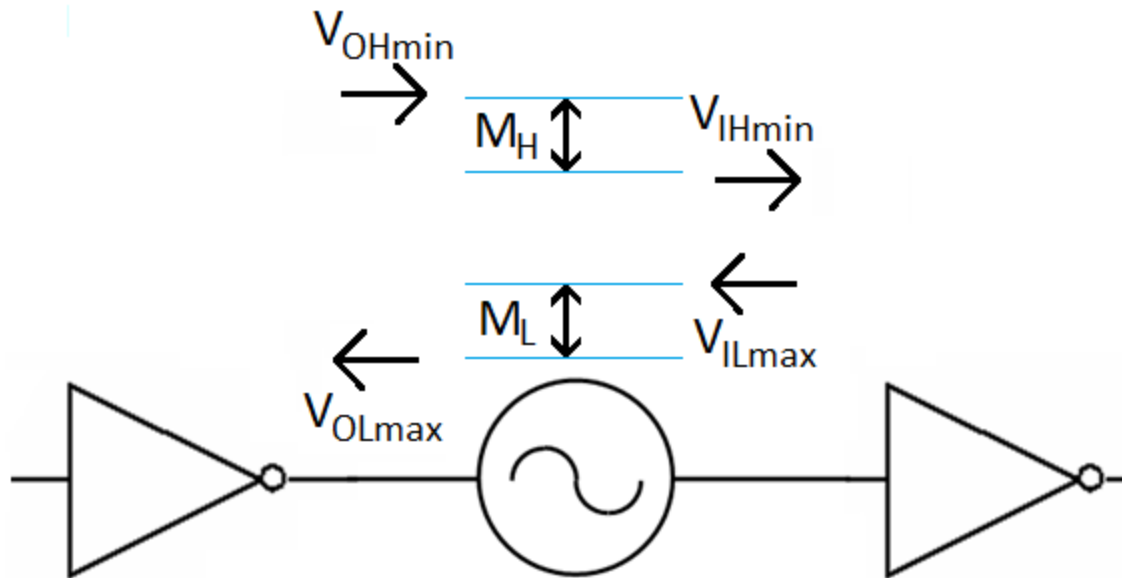
- margine de zgomot
- valoarea maximă a tensiunii perturbatoare, care însumată cu semnalul util aplicat la intrare, în cazul cel mai defavorabil, nu influențează negativ nivelul de tensiune de la ieșire (comportarea circuitului)



- 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

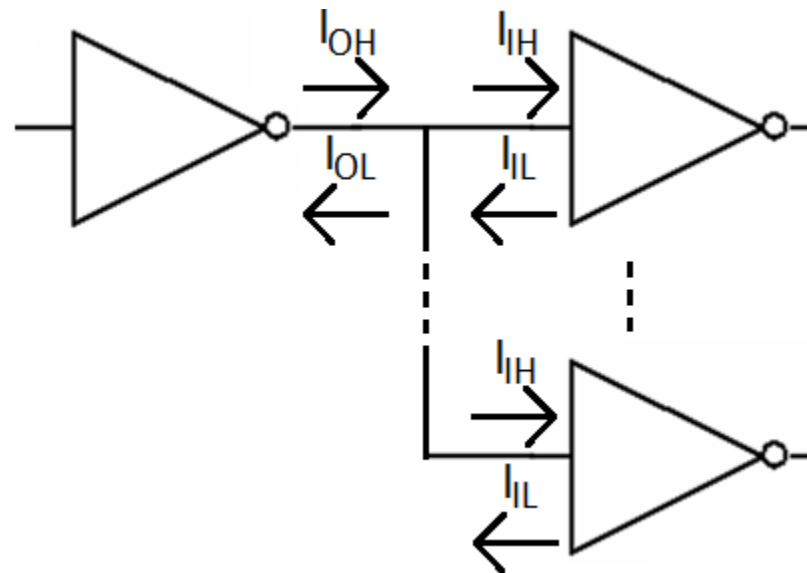


- Pentru starea logica '0':
- $M_L = V_{ILmax} - V_{OLmax}$
- Pentru starea logica '1':
- $M_H = V_{OHmin} - V_{IHmin}$



# Capacitatea de încărcare a circuitelor logice

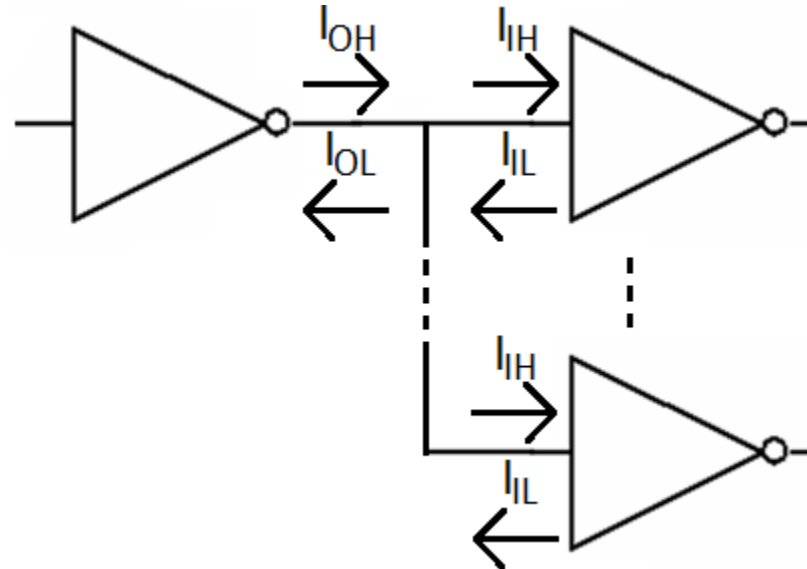
- Intrarea unui circuit logic constituie pentru circuitul care îl comandă o sarcină
- Pentru ca un circuit logic să genereze la ieșire nivelurile de tensiune garantate, este necesar să fie comandat cu un curent corespunzător la fiecare dintre intrările sale





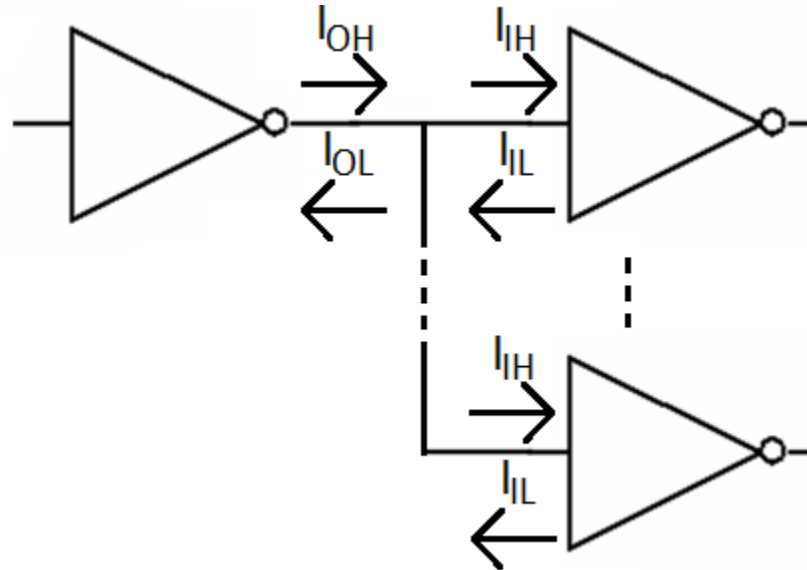
- Pentru a asigura interconectarea corectă a circuitelor logice dintr-un sistem va trebui să se ia în considerare curentul de ieșire a circuitului logic de comandă și suma curenților de intrare corespunzatori circuitelor logice comandate

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

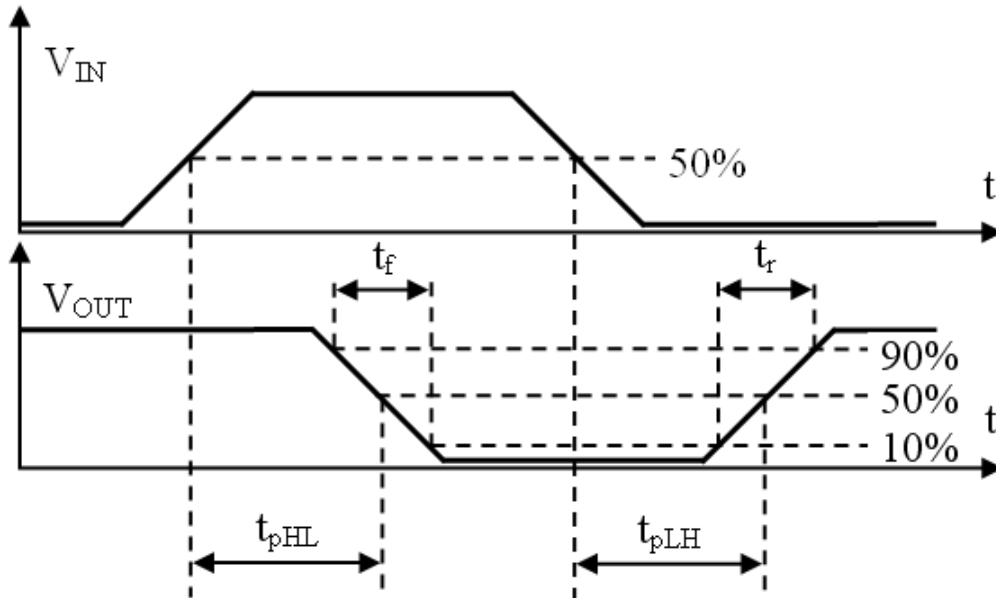


- La interconectarea circuitelor logice dintr-o familie trebuie respectate următoarele relații corespunzătoare cazurilor de funcționare cele mai defavorabile:

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



# 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

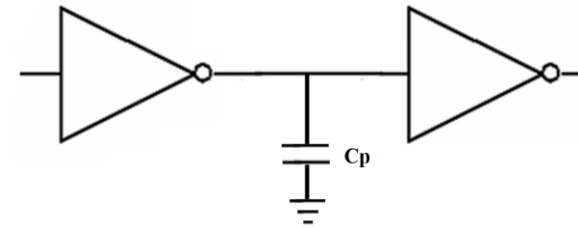
$$P_{CC} = \frac{P_H + P_L}{2} = \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2} \cdot V_{CC}$$

## 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

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

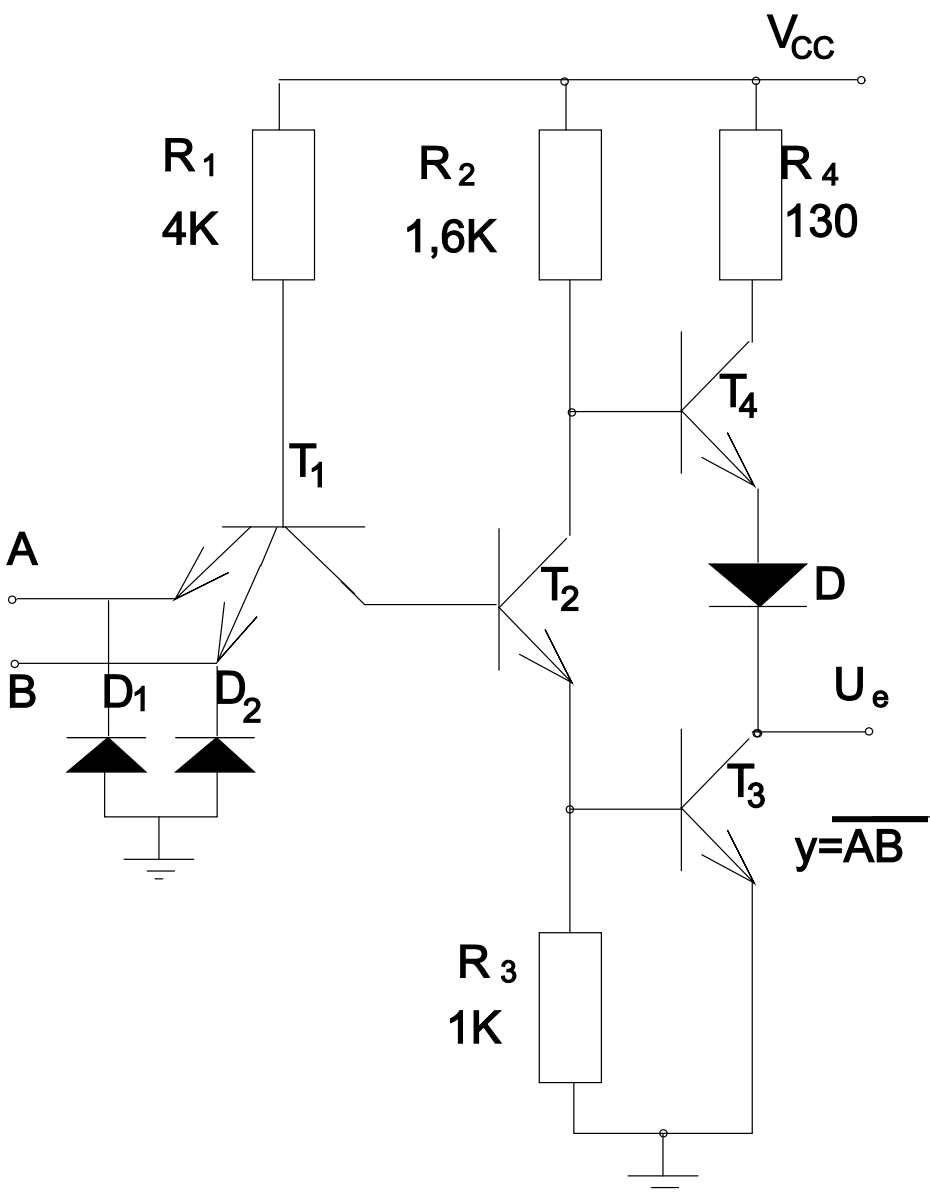
# Circuite logice integrate TTL

- 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)

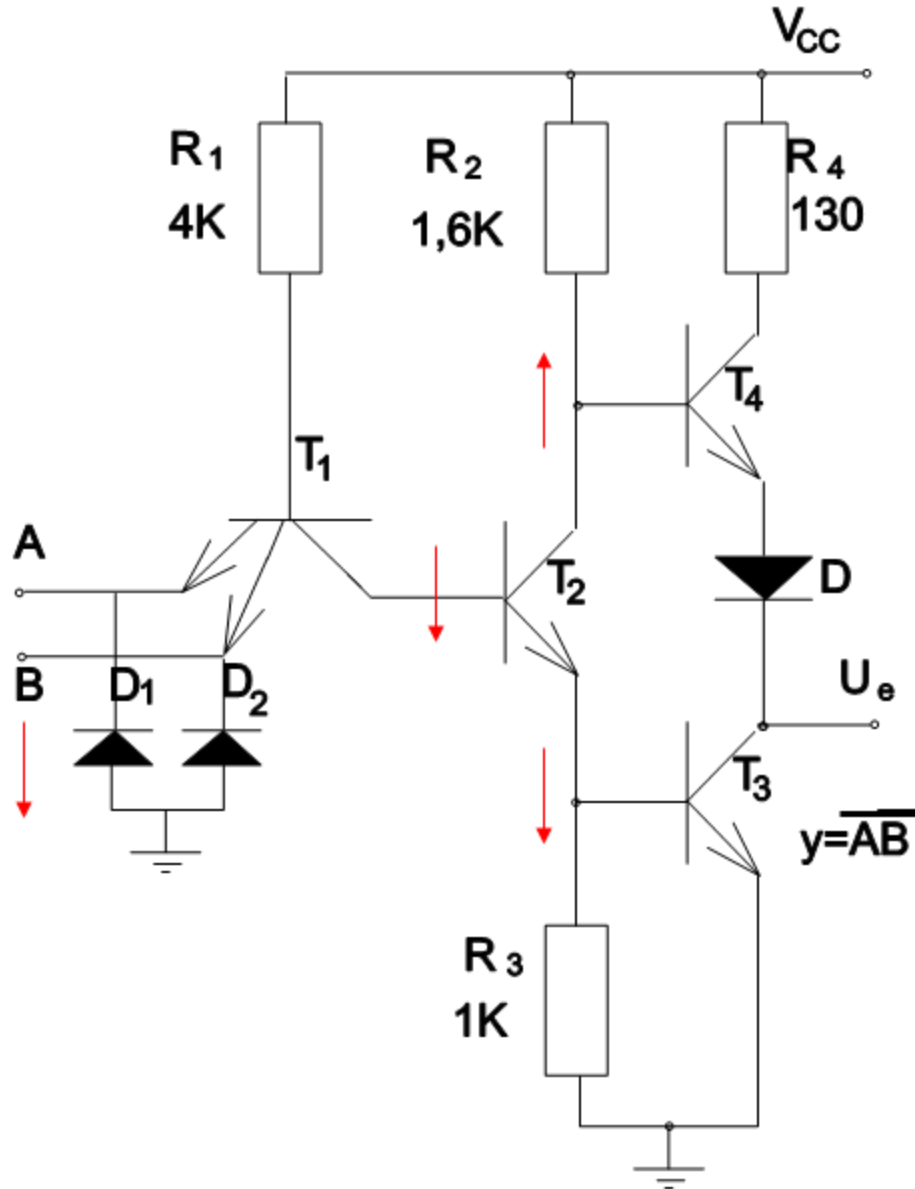
# Poarta fundamentală TTL



- **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  $D$

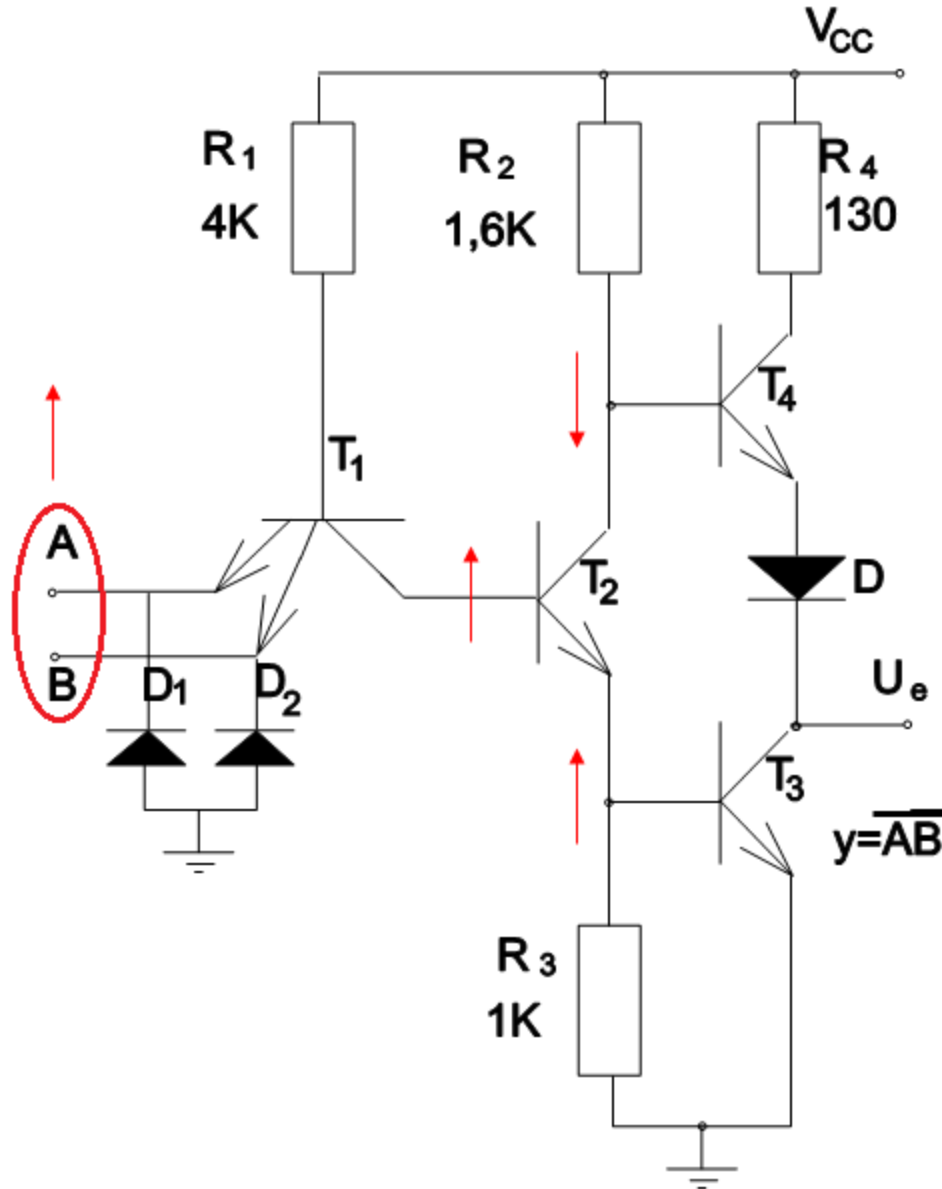


# Functionarea portii pentru o intrare "0" logic



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

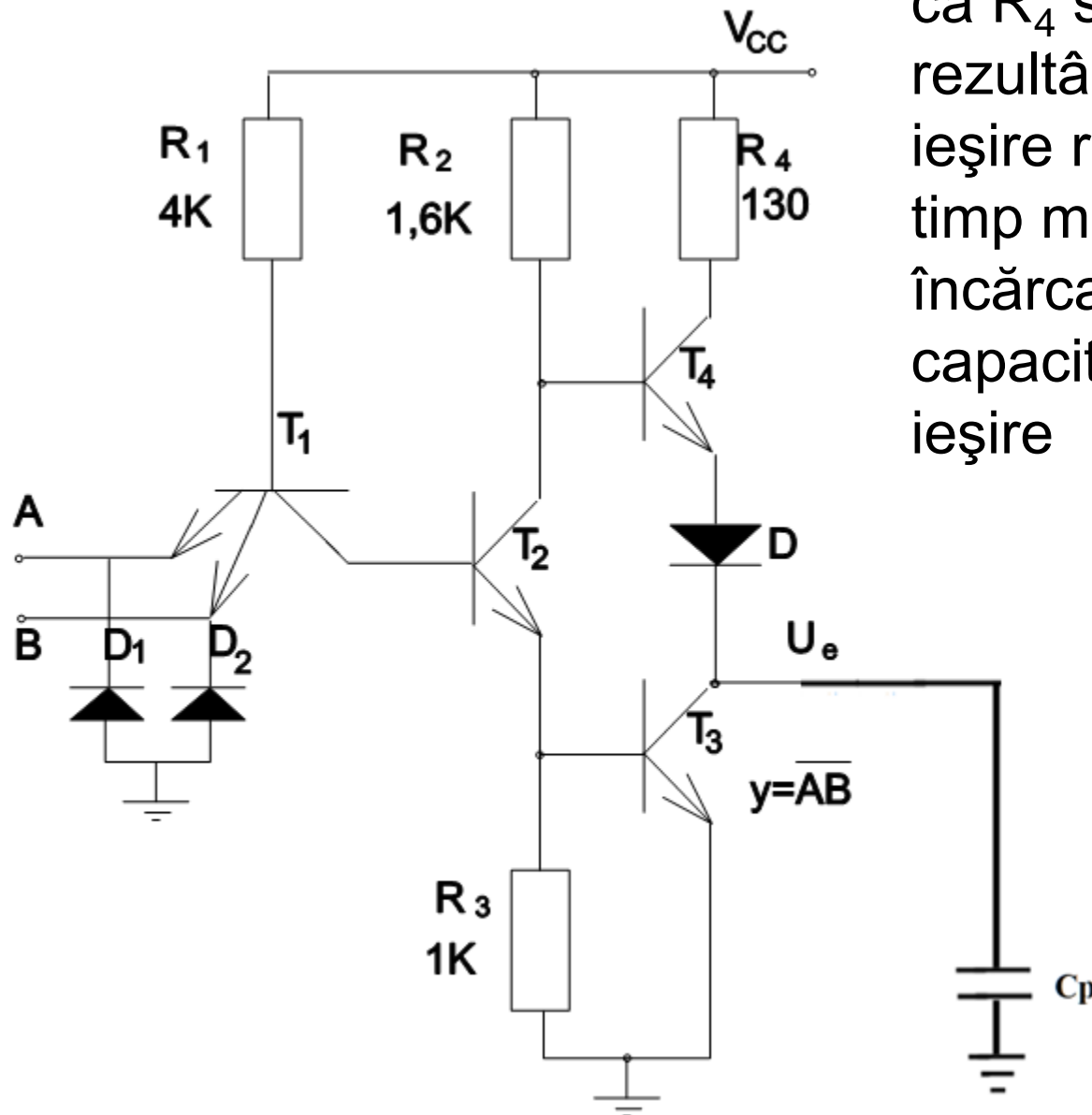
# Functionarea portii pentru ambele intrari "1" logic



- $U_e = U_{CES(T3)}$   
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 ( $130\Omega$ ), rezultând o impedanță de ieșire redusă și o constantă de timp mică pentru încărcarea/descărcarea capacităților parazite de la ieșire



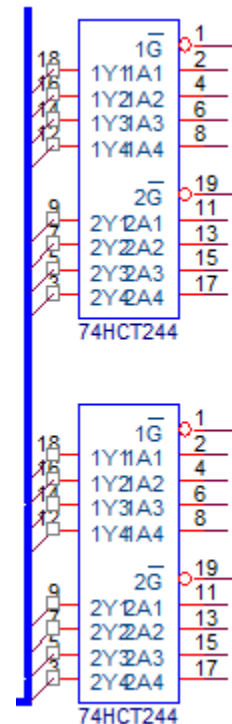
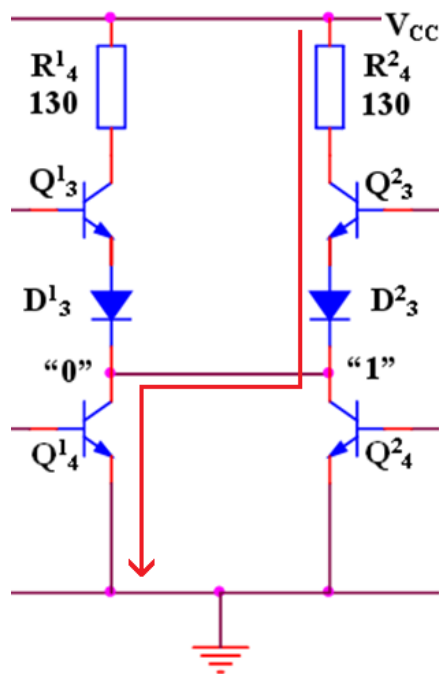
# Nivelurile logice

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

# Marginea de zgomot

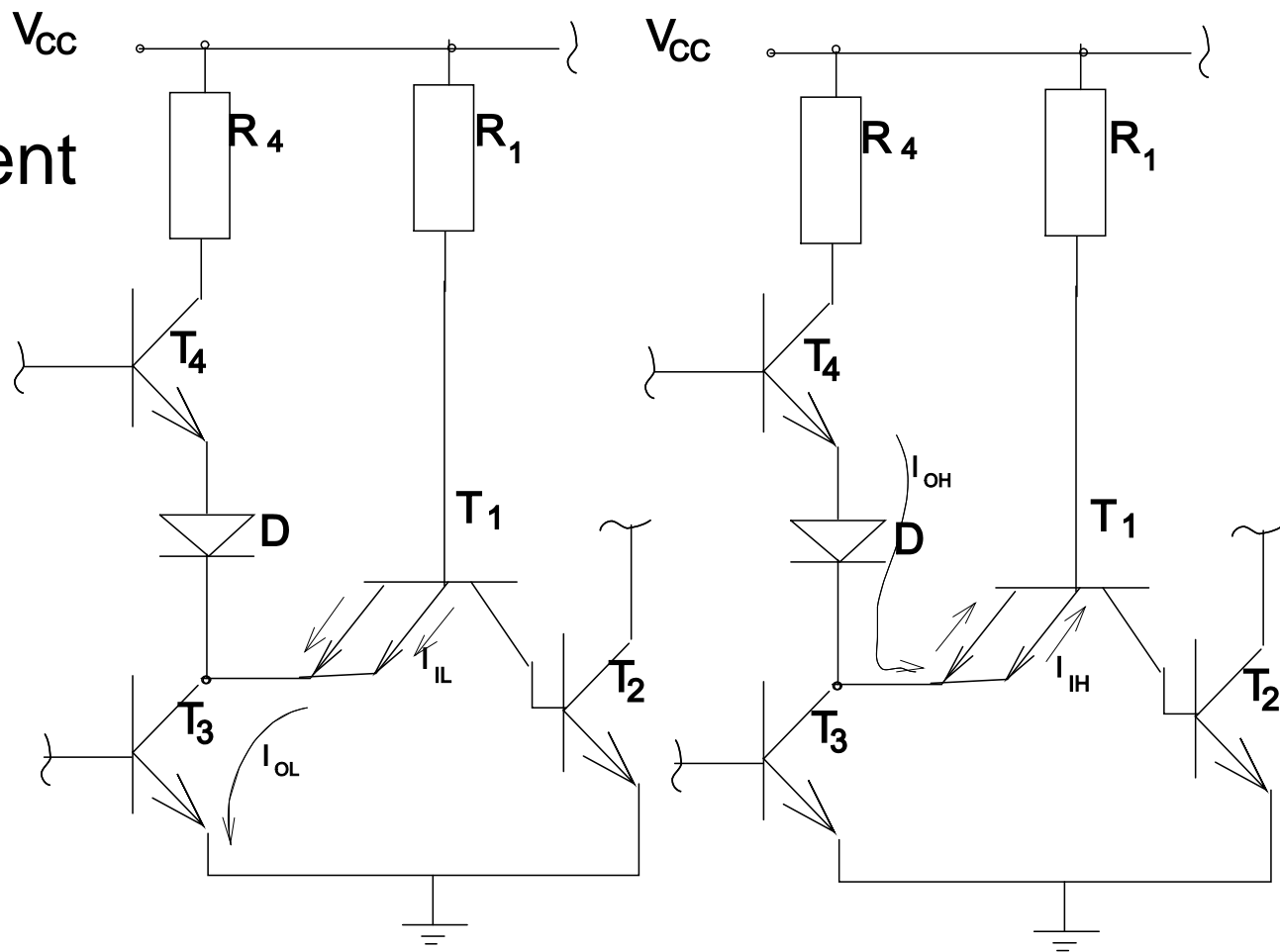
- Valoare garantata
- $M_L = V_{ILmax} - V_{OLmax} = 0.8V - 0.4V = 0.4V$
- $M_H = V_{OHmin} - V_{IHmin} = 2.4V - 2V = 0.4V$

- 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

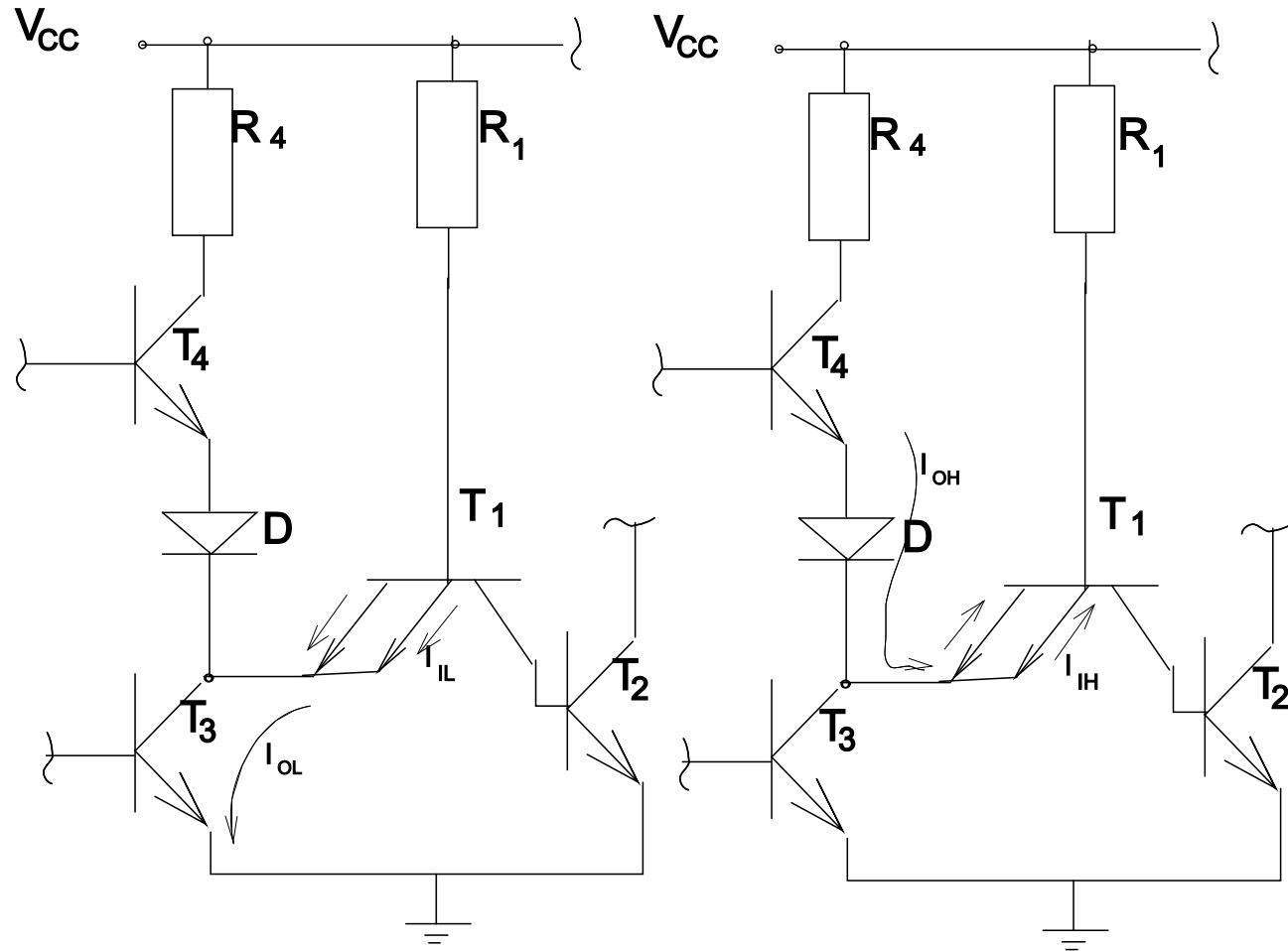


# Curenții de intrare și de ieșire

- 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



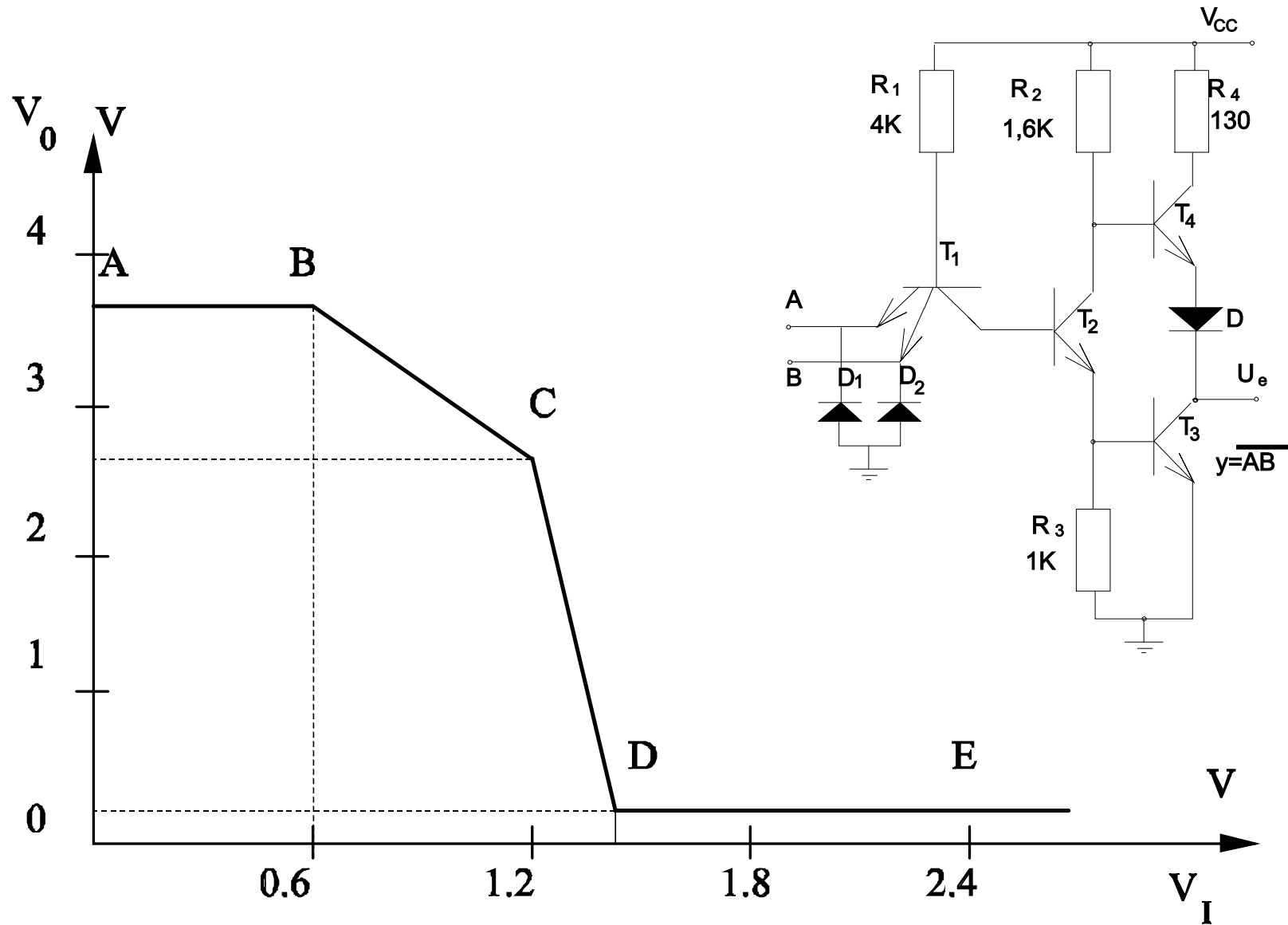
$$FI_L = 1, I_{IL} = -1,6\text{mA}$$

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

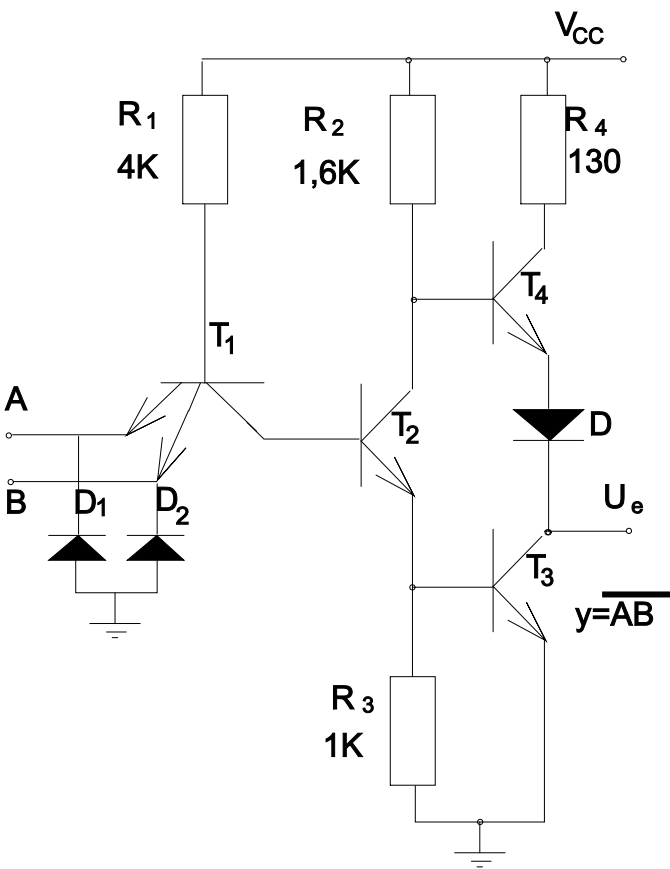
$$FO_L = \left\lfloor \frac{|I_{OL}|}{|I_{IL}|} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{16\text{mA}}{1.6\text{mA}} \right\rfloor = 10, FO_H = \left\lfloor \frac{800\mu\text{A}}{40\mu\text{A}} \right\rfloor = 20, FO = \min(FO_L, FO_H) = 10$$



# Caracteristica statică de transfer



# Puterea disipată



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

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

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

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

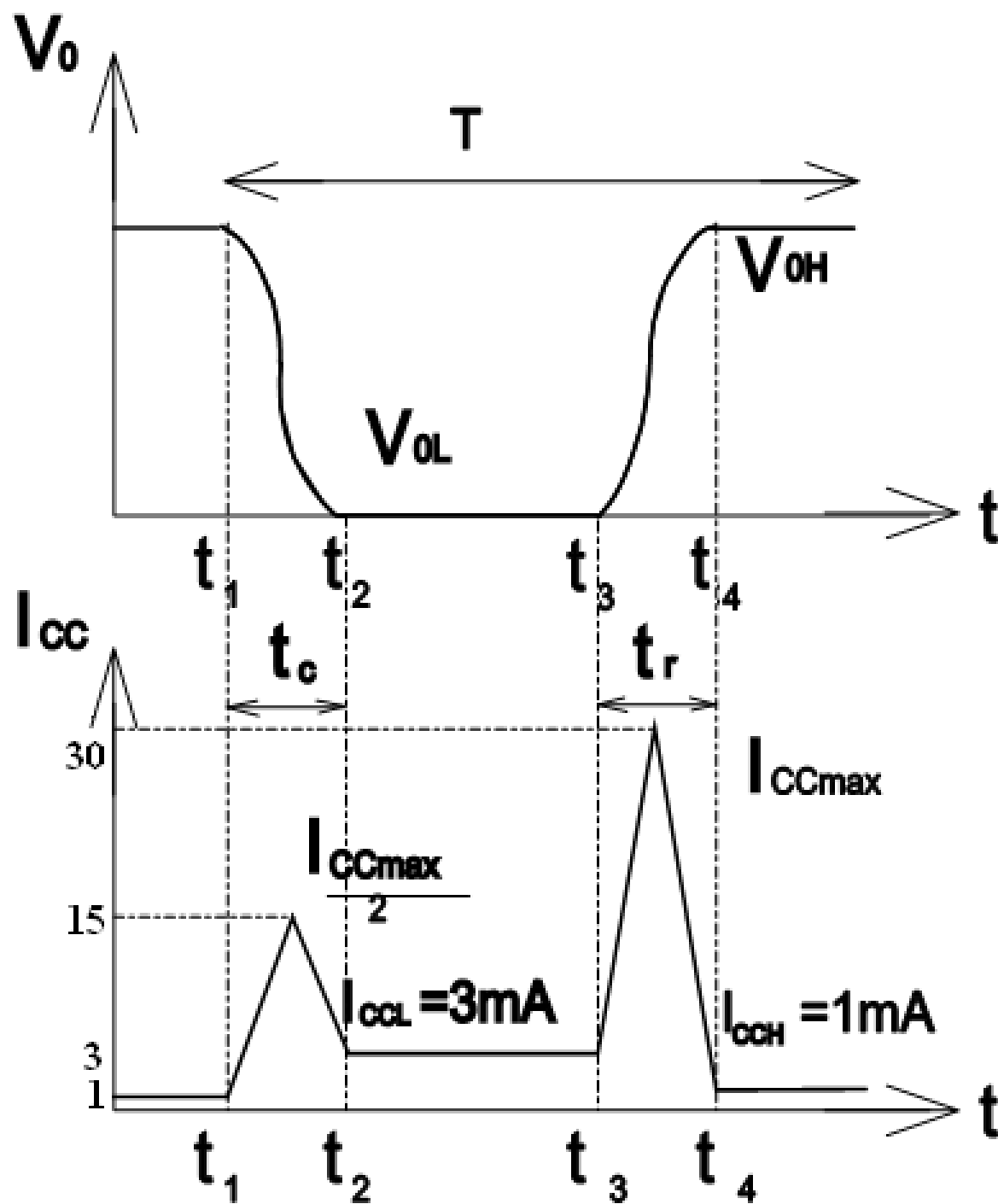
$$P_C = C_p V_{CC}^2 f$$

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

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

- 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

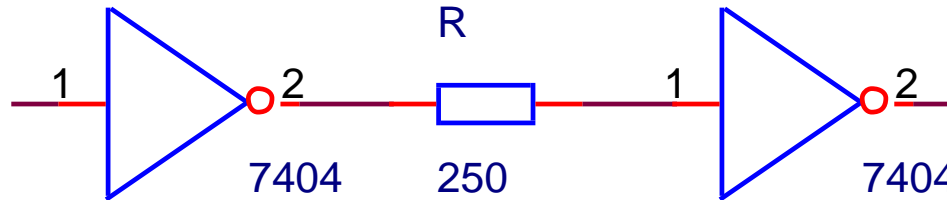
- Determinat de timpul de încărcare și descărcare a capacității parazite de la ieșirea porții și de timpul de comutare a tranzistoarelor
- Valori teoretice:  $t_{pHL} = 8\text{ns}$  și  $t_{pLH} = 10.5\text{ns}$
- Valori de catalog:  $t_{pHL} = 8\text{ns}$  și  $t_{pLH} = 12\text{ns}$ , iar  $t_{pd}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

Parametru	Serie			
	Standard	H.Speed	L.Power	Schottky
<b>V<sub>CC</sub> [V]</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>V<sub>IHmin</sub> [V]</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>V<sub>ILmax</sub> [V]</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>
<b>V<sub>OHmin</sub> [V]</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	<b>2.7</b>
<b>V<sub>OLmax</sub> [V]</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>
<b>I<sub>IH</sub> [mA]</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>
<b>I<sub>IL</sub> [mA]</b>	<b>1.6</b>	<b>2</b>	<b>0.18</b>	<b>2</b>
<b>I<sub>OH</sub> [mA]</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>0.2</b>	<b>1</b>
<b>I<sub>OL</sub> [mA]</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>3.6</b>	<b>20</b>
<b>I<sub>CH</sub> [mA]</b>	<b>1</b>	<b>2.5</b>	<b>0.11</b>	<b>2.5</b>
<b>I<sub>CL</sub> [mA]</b>	<b>3</b>	<b>6.5</b>	<b>0.3</b>	<b>5</b>
<b>MZ<sub>H</sub> [V]</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.7</b>
<b>MZ<sub>L</sub> [V]</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>
<b>FE</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
<b>P<sub>C</sub> [mW]</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>19</b>
<b>t<sub>pLH</sub> [ns]</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>35</b>	<b>3</b>
<b>t<sub>pHL</sub> [ns]</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>31</b>	<b>3</b>
<b>t<sub>p</sub> [ns]</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>3</b>
<b>FC [pJ]</b>	<b>100</b>	<b>132</b>	<b>33</b>	<b>57</b>
<b>Frecv. [MHz]</b>	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>125</b>

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



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

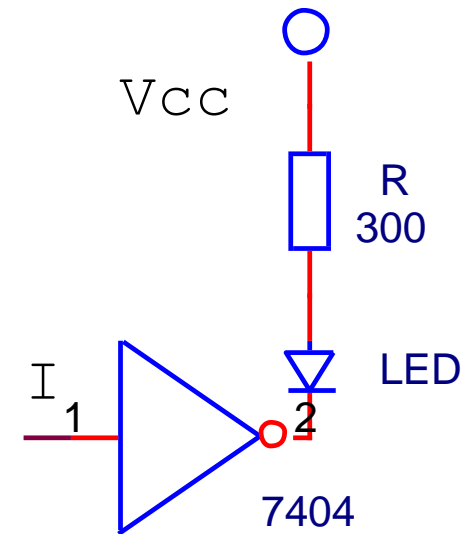
$$R_{H\max} = \frac{V_{OH\min} - V_{IH\min}}{I_{IH}} = 10K\Omega$$

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

- 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

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



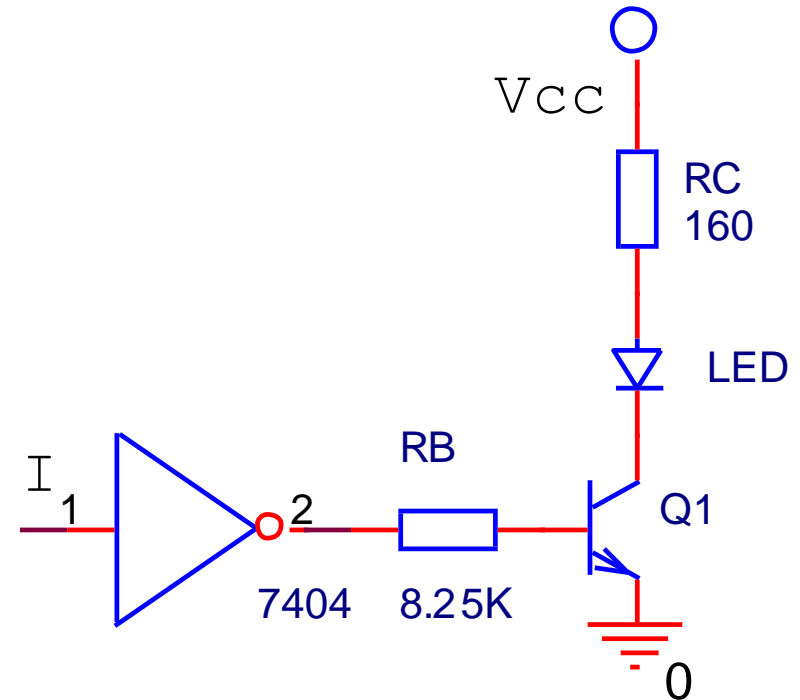


- Sa se proiecteze un circuit care comanda un LED folosind o poarta SAU-NU TTL standard. Pentru LED se considera urmatoarele valori:  $V_{LED}=1,6V$  si  $I_{LED}=20mA$ . Pentru tranzistor se considera  $\beta=100$ .
- Daca  $I='0'$  ->  $Q_1$  deschis -> LED aprins
- Daca  $I='1'$  ->  $Q_1$  blocat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

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

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

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

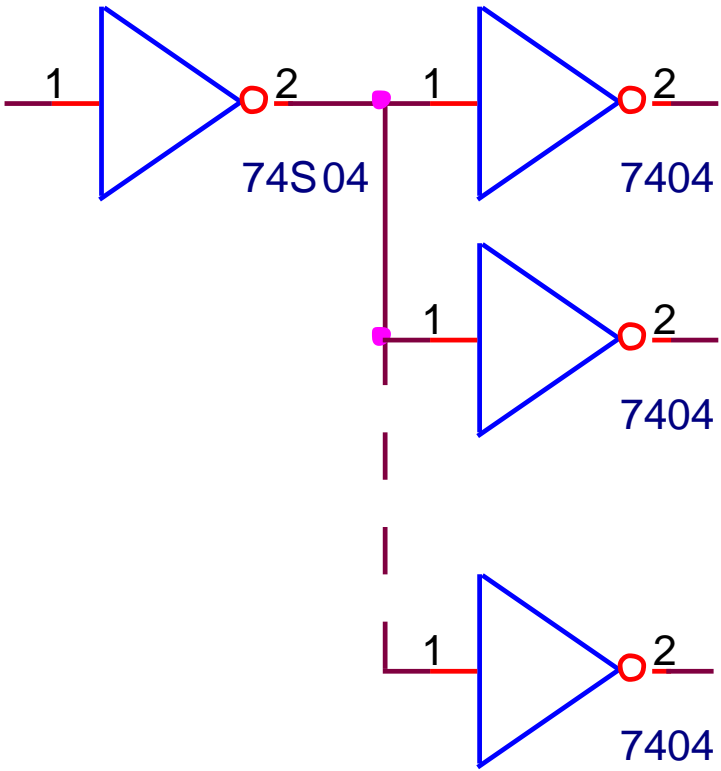


- Cate porti TTL din seria 74 pot fi comandate cu o poarta TTL din seria 74S?

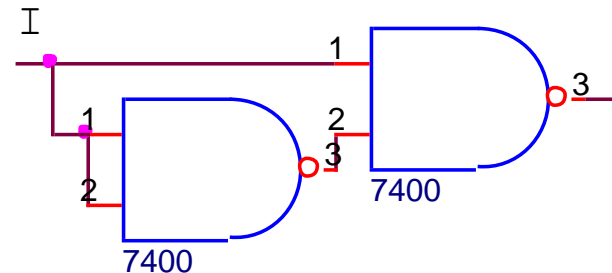
$$FO_L = \frac{I_{OLS}}{I_{ILstd}} = 12,5$$

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

$$FO = 12$$



- 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  $\frac{1}{2}$ .