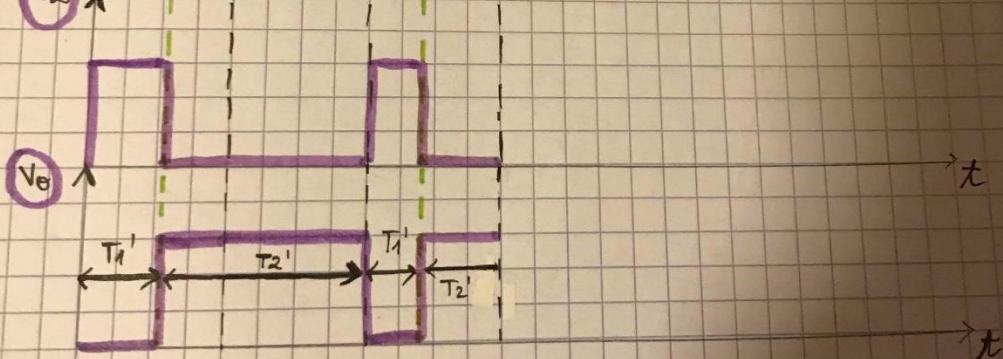
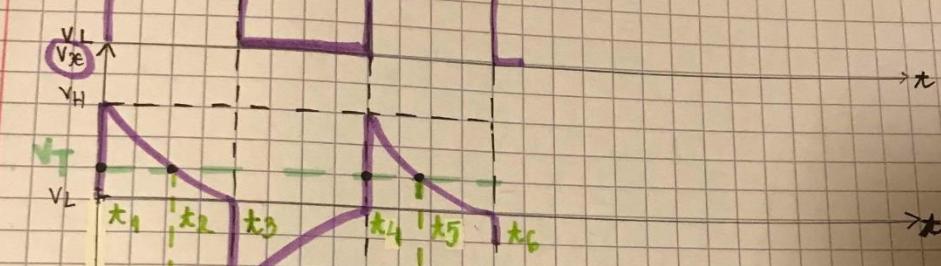
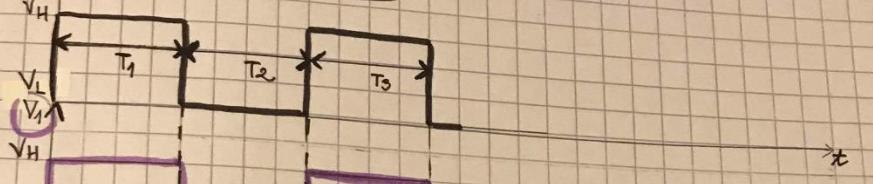
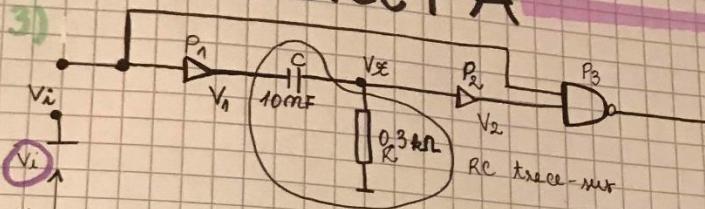


PROBLEME

SUBJECT A



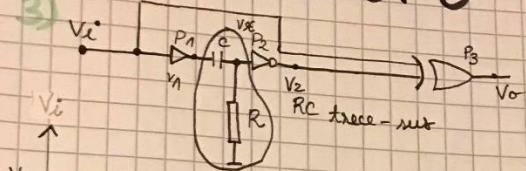
NAND

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$T_1' = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T}$$

$$T_2' = T_2 + T_1 - T_1' = T_2 + T_1 - RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T}$$

SUBJECT B



$$V_H = 3,5 \text{ V}$$

$$V_L = 0,2 \text{ V}$$

$$V_T = 0,5 \text{ V}$$

$$T_1 = T_2 = T_3 = 10 \mu\text{s}$$

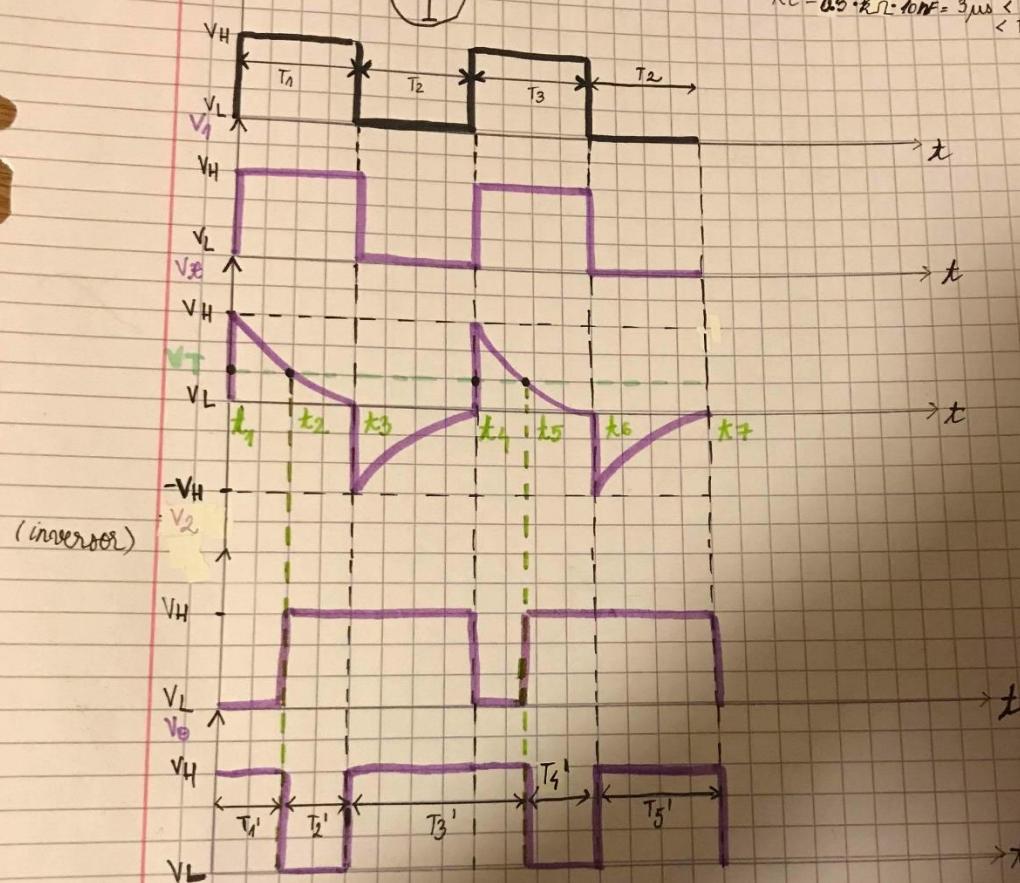
$$R = 0,3 \text{ k}\Omega$$

$$C = 10 \text{ nF}$$

(de la a)

$$RC = 0,3 \cdot 10 \cdot 10 \text{ nF} = 3 \mu\text{s} < T_1 = 10 \mu\text{s}$$

$$< T_2 = 10 \mu\text{s}$$



SAU-EXCLUSIV:

$$T_1' = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 3 \ln \frac{0,2 - 3,5}{0,2 - 1,5} = 3 \ln \frac{-3,3}{-1,8} \approx 2,79 \mu\text{s}$$

$$T_2' = T_1 - T_1' = 10 - 2,79 = 7,21 \mu\text{s}$$

$$T_3' = T_2 + t_{\text{rise}} = 10 \mu\text{s} + 2,79 \mu\text{s} = 12,79 \mu\text{s}$$

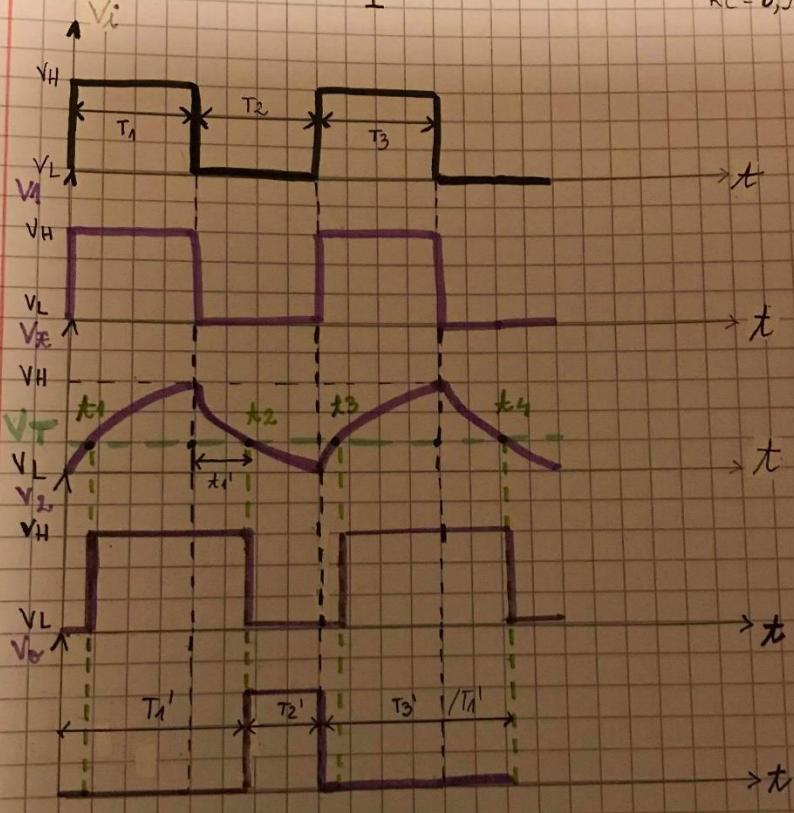
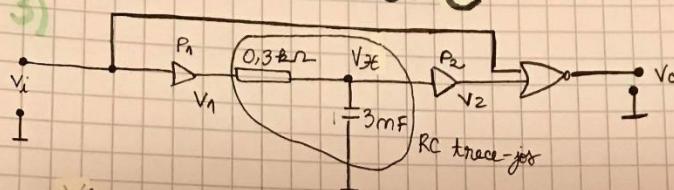
$$t_{\text{rise}} = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 2,79 \mu\text{s}$$

$$T_4' = T_3 - t_{\text{rise}} = 10 - 2,79 = 7,21 \mu\text{s}$$

$$T_5' = T_2 = 10 \mu\text{s}$$

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

SUBJECT C



NOR

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

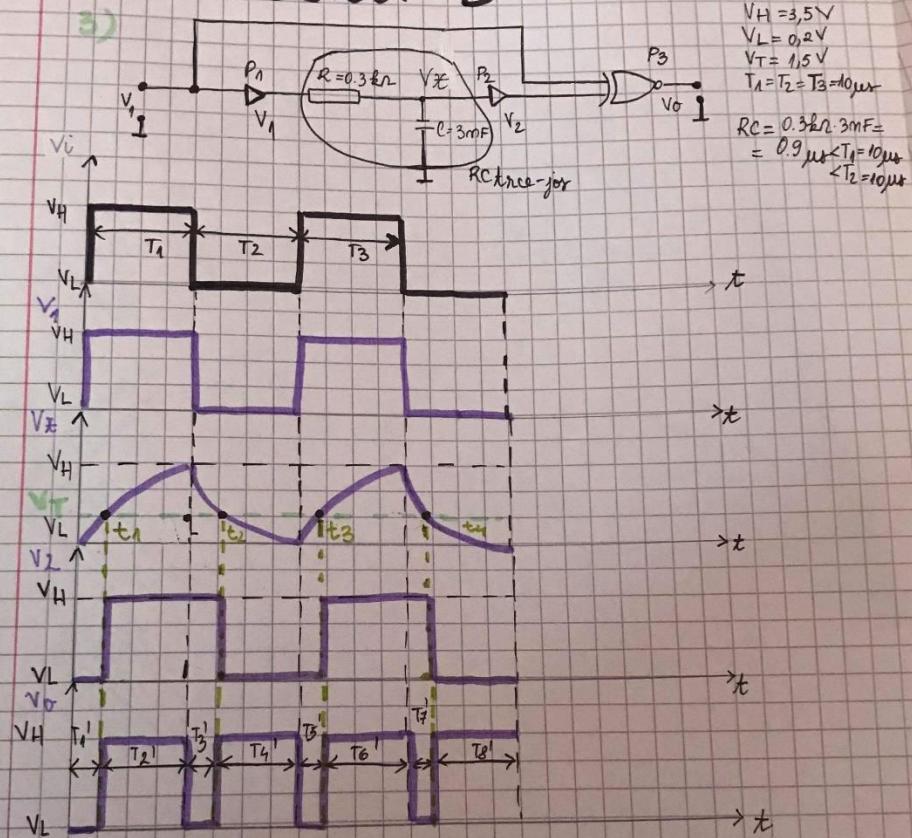
$$t_{1'} = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 0,9 \cdot \ln \frac{0,2 - 3,5}{0,2 - 1,5} = 0,83 \mu\text{s}$$

$$T_1' = 10 \mu\text{s} + 0,83 \mu\text{s} = 10,83 \mu\text{s}$$

$$T_2' = T_2 - t_{1'} = 10 \mu\text{s} - 0,83 \mu\text{s} = 9,17 \mu\text{s}$$

$$T_3' = T_3 + t_{1'} = T_1' = 10,83 \mu\text{s}$$

SUBJECT D



XNOR

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$T_1' = \frac{RC \ln \frac{V_H - V_L}{V_H - V_T}}{V_L - V_H} = 0,9 \cdot \ln \frac{3,5 - 0,2}{3,5 - 1,5} = 0,9 \cdot \ln \frac{3,3}{2} =$$

$$= 0,9 \cdot 0,5 = 0,45 \mu\text{s}$$

$$T_2' = T_1 - T_1' = 10 \mu\text{s} - 0,45 \mu\text{s} = 9,55 \mu\text{s}$$

$$T_3' = \frac{RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T}}{V_H - V_L} = 0,9 \cdot \ln \frac{0,2 - 3,5}{0,2 - 1,5} = 0,9 \cdot \ln \frac{-3,3}{-1,3} = 0,83 \mu\text{s}$$

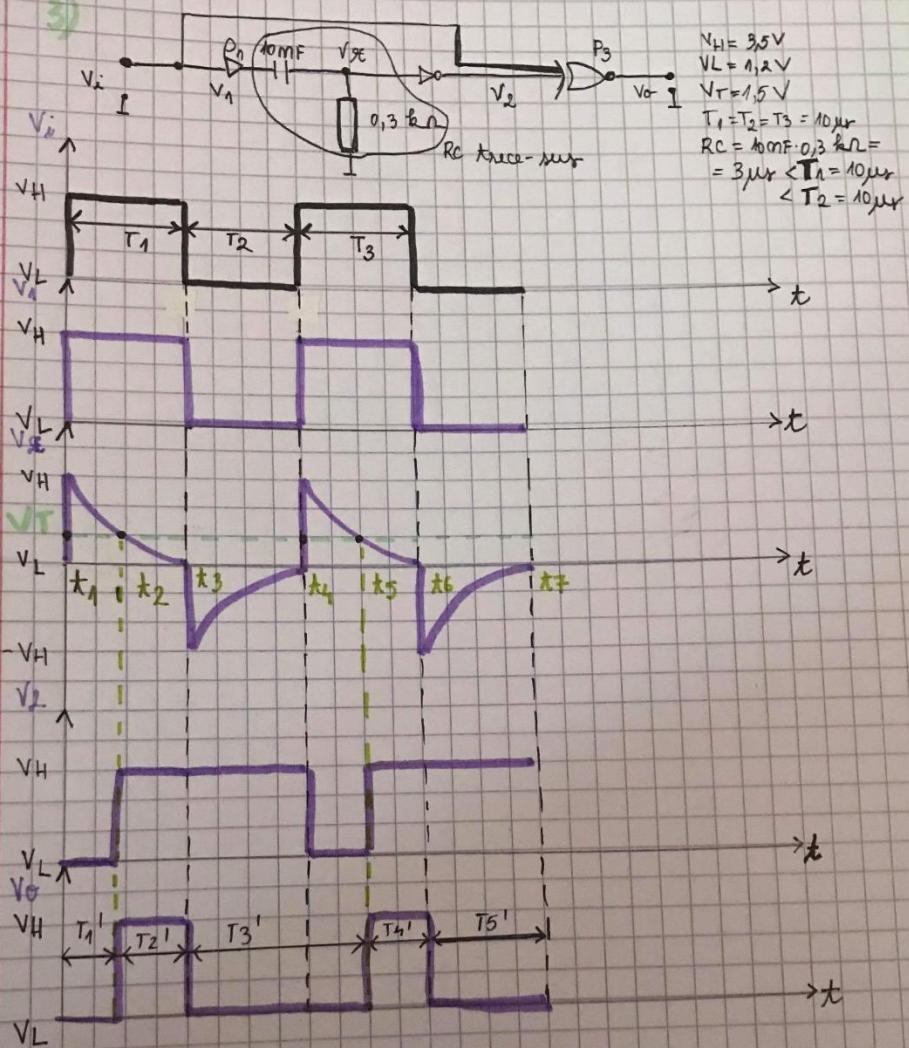
$$T_4' = T_2 - T_3' = 10 - 0,83 = 9,17 \mu\text{s}$$

$$T_5' = T_1' = 0,45 \mu\text{s}$$

$$T_6' = T_2' = 9,55 \mu\text{s}$$

$$T_7' = T_3' = 0,83 \mu\text{s}$$

SUBJECT E



EXNOR

0 0 1

0 1 0

1 0 0

1 1 1

$$T_1' = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 3 \cdot \ln \frac{0,2 - 3,5}{0,2 - 1,5} = 3 \cdot 0,93 = 2,79 \mu s$$

$$T_2' = T_1 - T_1' = 10 \mu s - 2,79 \mu s = 7,21 \mu s$$

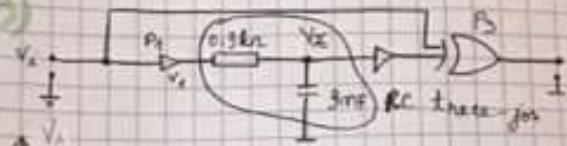
$$T_3' = T_2 + T_1' = 10 + 2,79 \mu s = 12,79 \mu s$$

$$t_{x} = R \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 3 \cdot \ln \frac{0,2 - 3,5}{0,2 - 1,5} = 3 \cdot 0,93 = 2,79 \mu s$$

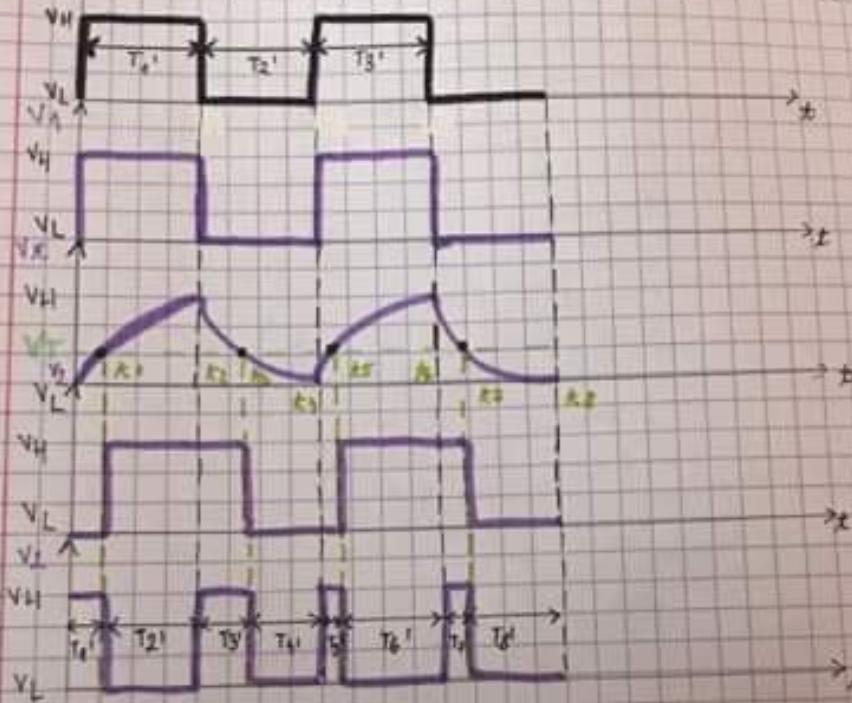
$$T_4' = T_3 - t_x = 10 \mu s - 2,79 \mu s = 7,21 \mu s$$

$$T_5' = T_2 = 10 \mu s$$

SUBJECT F



$$\begin{aligned}
 V_H &= 5,5 \text{ V} \\
 V_L &= 0,2 \text{ V} \\
 V_T &= 1,5 \text{ V} \\
 T_1 = T_2 = T_3 &= 10 \mu\text{s} \\
 R_C &= 0,3 \text{ k}\Omega \quad \text{and} \quad C_{A,F} = 0,9 \mu\text{F} \\
 R_C &= 0,9 \mu\text{F} \quad C_{T,A} = 10 \mu\text{F} \\
 C_{T,F} &= 10 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$



EXOR

0	0	$T_1 = RC \ln \frac{V_H - V_L}{V_H - V_T} = 0,9 \ln \frac{5,5 - 0,2}{5,5 - 1,5} = 0,9 \ln \frac{3,3}{4} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45 \mu\text{s}$
0	1	$T_2 = T_3 = T_4 = 10 \mu\text{s} = 0,45 \mu\text{s} = 9,55 \mu\text{s}$
1	0	$T_5 = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 0,9 \ln \frac{0,2 - 5,5}{0,2 - 1,5} = 0,9 \ln \frac{-3,3}{-1,3} = 0,9 \cdot 0,93 = 0,83 \mu\text{s}$
1	1	$T_6 = T_7 = T_8 = 10 \mu\text{s} - 0,83 \mu\text{s} = 9,17 \mu\text{s}$

$$\begin{aligned}
 T_5 &= RC \ln \frac{V_H - V_L}{V_H - V_T} = 0,9 \ln \frac{5,5 - 0,2}{5,5 - 1,5} = 0,9 \ln \frac{3,3}{4} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45 \mu\text{s} \\
 T_6 = T_7 = T_8 &= 10 \mu\text{s} - 0,45 \mu\text{s} = 9,55 \mu\text{s}
 \end{aligned}$$

$$T_6 = T_7 = T_8 = 10 \mu\text{s} - 0,83 \mu\text{s} = 9,17 \mu\text{s} > T_4$$

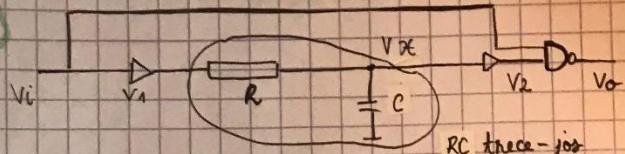
$$T_6 = T_7 = T_8 = 10 \mu\text{s} - 0,45 \mu\text{s} = 9,55 \mu\text{s} > T_4$$

$$T_6 = T_7 = T_8 = 10 \mu\text{s} - 0,83 \mu\text{s} = 9,17 \mu\text{s} > T_4$$

$$T_6 = T_7 = T_8 = 10 \mu\text{s} - 0,45 \mu\text{s} = 9,55 \mu\text{s} > T_4$$

SUBJECT G

3)



$$V_H = 3,5 \text{ V}$$

$$V_L = 0,2 \text{ V}$$

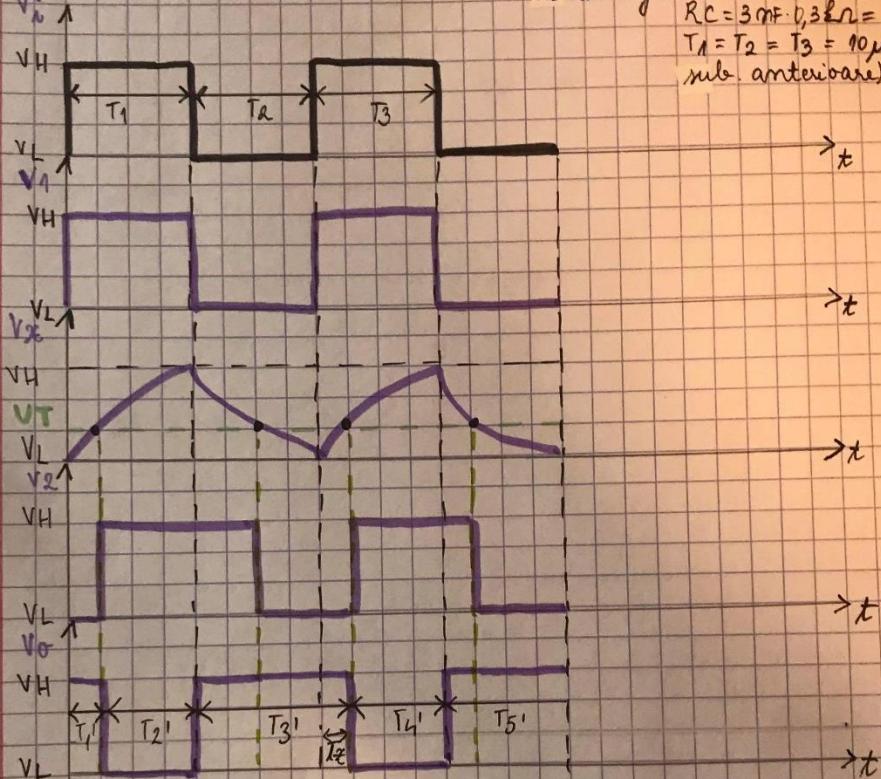
$$V_T = 1,5 \text{ V}$$

$$C = 3 \text{ nF}$$

$$R = 0,3 \text{ k}\Omega$$

$$RC = 3 \text{ nF} \cdot 0,3 \text{ k}\Omega = 0,9 \mu\text{s}$$

$$T_1 = T_2 = T_3 = 10 \mu\text{s} \text{ (de la mitz amperibare)}$$



NAND

00 1

01 1

10 1

11 0

$$T_1' = RC \ln \frac{V_H - V_L}{V_H - V_T} = 0,9 \cdot \ln \frac{3,5 - 0,2}{3,5 - 1,5} =$$

$$= 0,9 \cdot \ln \frac{3,3}{2} = 0,45 \mu\text{s}$$

$$T_2' = T_1 - T_1' = 10 \mu\text{s} - 0,45 \mu\text{s} = 9,55 \mu\text{s}$$

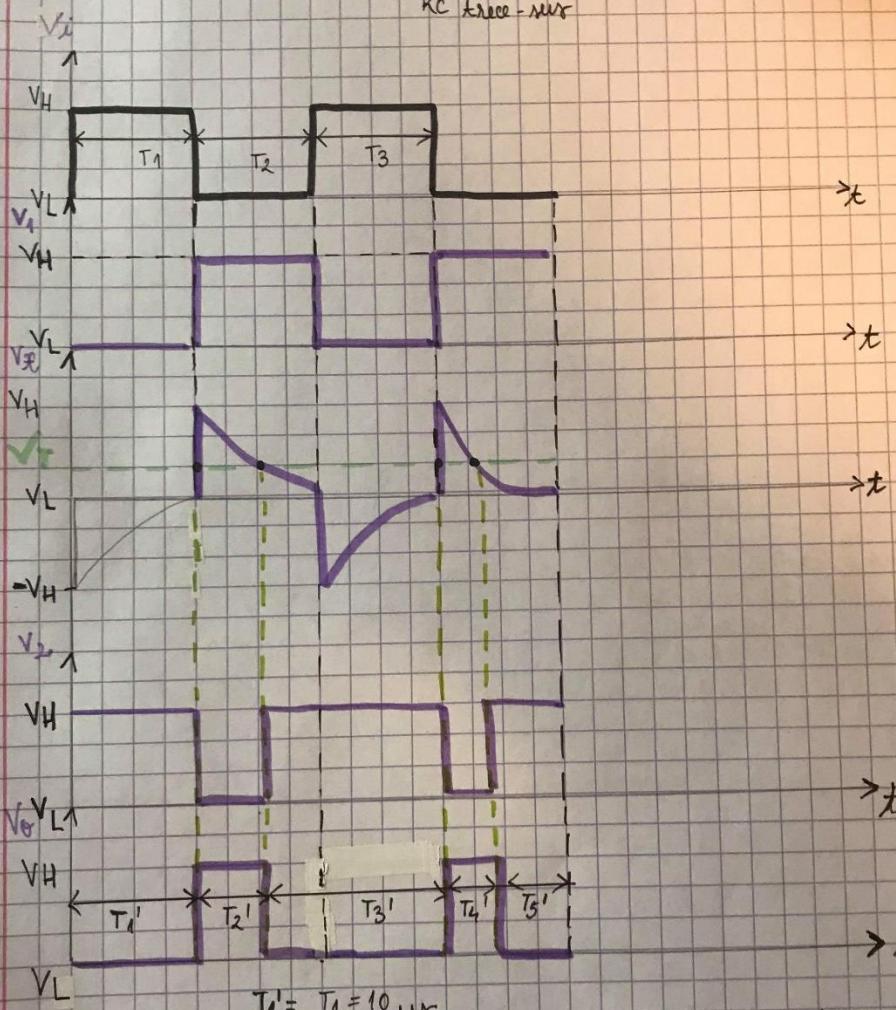
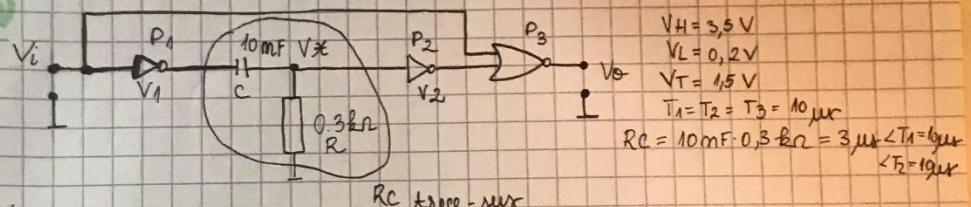
$$T_3' = T_2 + T_2' = 10,45 \mu\text{s}$$

$$T_{DE} = T_1' = RC \ln \frac{V_H - V_L}{V_H - V_T} = 0,9 \cdot \ln \frac{3,5 - 0,2}{3,5 - 1,5} = 0,45 \mu\text{s}$$

$$T_4' = T_3 - T_2' = 10 - 0,45 \mu\text{s} = 9,55 \mu\text{s} = T_2'$$

$$T_5' = T_2 = 10 \mu\text{s}$$

SUBJECT H



$$T_1' = T_1 = 10 \mu\text{s}$$

$$T_2' = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 3 \text{ m} \cdot 0,2 - 3,5 = 3 \text{ m} - \frac{3 \cdot 3}{0,2 - 1,5} = -1,3 = 3 \cdot 0,93 = 2,97$$

$$T_3' = T_3 + T_2 - T_2' = 20 \mu\text{s} - 2,97 = 17,03 \mu\text{s}$$

$$T_4' = T_2' = RC \ln \frac{V_L - V_H}{V_L - V_T} = 2,97$$

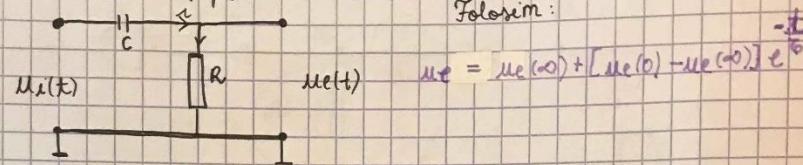
$$T_5' = T_2 - T_4' = 10 - 2,97 = 7,03 \mu\text{s}$$

NOR	
0	0
0	1
1	0
1	1

**RC trece-
sus**

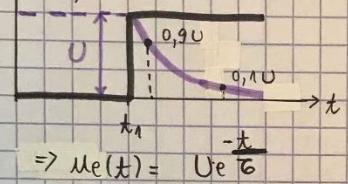
1) a) Răspunsul circuitului RC trece-mă la un semnal impulsiv repetitiv:

- diagrama de timp
- expresia matematică



Folosim:

pt. un semnal treaptă: $U(t) = \begin{cases} U, & t \geq t_1 \\ 0, & t < t_1 \end{cases}$

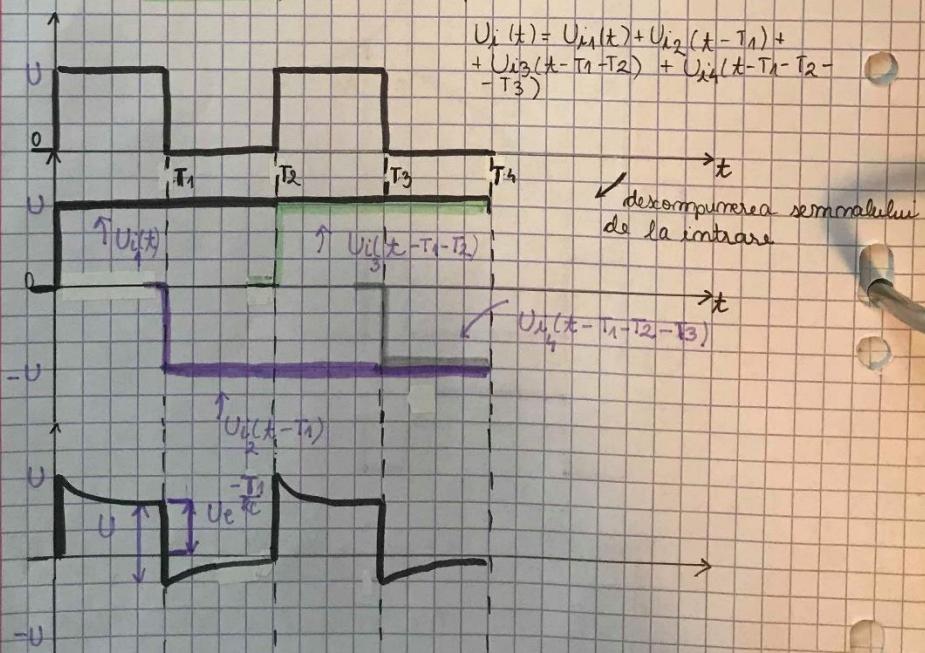


$u_e(0) = U$ (valoarea initială)

$u_e(\infty) = 0$ (valoarea finală)

$$T = RC$$

pt. un semnal impulsiv (care se repetă)



a) $0 < t < T_1$

identic ca la un semnal dreaptă

$$U_e(0) = U \quad U_e(t) = U e^{-\frac{t}{RC}}$$

b) $T = T_1 \Rightarrow U_e(T_1) = U \cdot e^{-\frac{T_1}{RC}}$

c) $U_e(T_1^*) = U_e(T_1) - U$

d) $t \in (T_1, T_1 + T_2)$

$$U_e(t) = U_{e1}(t) + U_{e2}(t-T_1) = U e^{-\frac{t}{RC}} - U e^{-\frac{t-T_1}{RC}}$$

e) $t = T_1 + T_2$

$$U_e(T_1 + T_2) = U e^{-\frac{T_1+T_2}{RC}} - U e^{-\frac{T_1+T_2-T_1}{RC}} = U e^{-\frac{T_2}{RC}} - U e^{-\frac{T_2}{RC}}$$

f) $t \in (T_1 + T_2, T_1 + T_2 + T_3)$

$$\begin{aligned} U_e(t) &= U_{e1}(t) + U_{e2}(t-T_1) + U_{e3}(t-T_1-T_2) = \\ &= U e^{-\frac{t}{RC}} - U e^{-\frac{t-T_1}{RC}} + U e^{-\frac{t-T_1-T_2}{RC}} \end{aligned}$$

g) $t = T_1 + T_2 + T_3$

$$U_e(T_1 + T_2 + T_3) = U e^{-\frac{T_1+T_2+T_3}{RC}} - U e^{-\frac{T_2+T_3}{RC}} + U e^{-\frac{T_3}{RC}}$$

h) $t \in (T_1 + T_2 + T_3, \infty)$

$$\begin{aligned} \Rightarrow U_e(t) &= U_{e1}(t) + U_{e2}(t-T_1) + U_{e3}(t-T_1-T_2) + U_{e4}(t-T_1-T_2-T_3) = \\ &= U e^{-\frac{t}{RC}} - U e^{-\frac{t-T_1}{RC}} + U e^{-\frac{t-T_1-T_2}{RC}} - U e^{-\frac{t-T_1-T_2-T_3}{RC}} \end{aligned}$$

i) $t \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} U_e(\infty) &= \lim U_e(t) = U e^{-\frac{\infty}{RC}} - U e^{-\frac{(\infty-T_1)}{RC}} + U e^{-\frac{(-\infty-T_1-T_2)}{RC}} - \\ &- U e^{-\frac{(-\infty-T_1-T_2-T_3)}{RC}} = U - U + U - U = 0 \end{aligned}$$

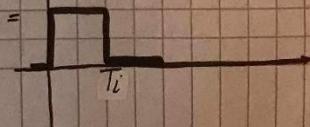
În general, răspunsul la impuls la impul are expresia matematică:

$$\text{pt. } t \in [0, T_i] \Rightarrow U_e(t) = U e^{-\frac{t}{RC}}$$

(la fel ca la semnalul dreaptă)

$$\text{pt. } t > T_i \Rightarrow U_e(t) = U_{e1}(t) + U_{e2}(t-T_i) = U e^{-\frac{t}{RC}} - U e^{-\frac{t-T_i}{RC}}$$

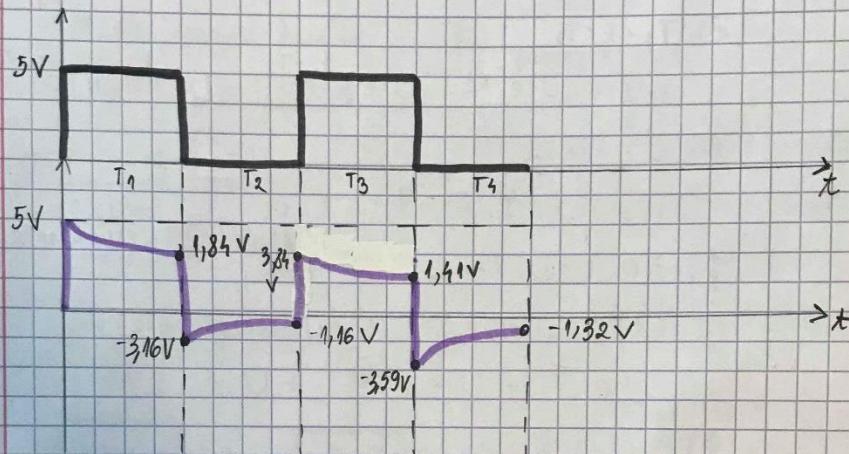
$$= U \left[e^{-\frac{t}{RC}} - e^{-\frac{t-T_i}{RC}} \right] = U e^{-\frac{(t-T_i)}{RC}} \left[\frac{e^{-\frac{t}{RC}}}{e^{\frac{(t-T_i)}{RC}}} - 1 \right] =$$



$$= U e^{-\frac{(t-T_i)}{RC}} \left[e^{-\frac{T_i+T_k-T_i}{RC}} - 1 \right] = U \left[e^{-\frac{T_i}{RC}} - 1 \right] e^{-\frac{(t-T_i)}{RC}}$$

b) $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 100 \mu s$
 $R = 10 k\Omega, C = 10 \text{ mF}, U = 5V$

$$RC = 10 k\Omega \cdot 10 \text{ mF} = 100 \mu s \Rightarrow \frac{RC}{T_1} = 1$$



$$\text{In } T = T_1 \Rightarrow u_e(T_1) = U e^{-\frac{T_1}{RC}} = 5 e^{-\frac{100}{100}} = 5 e^{-1} = \frac{5}{e} = 1,84 V$$

$$\text{In } T = T_1^* \Rightarrow u_e(T_1^*) = u_e(T_1) - U = 1,84 - 5 = -3,16 V$$

$$\text{In } T = T_1 + T_2 \Rightarrow u_e(T_1 + T_2) = U e^{-\frac{T_1+T_2}{RC}} - U e^{-\frac{T_2}{RC}} = \\ = 5 e^{-\frac{200}{100}} - 5 e^{-\frac{100}{100}} = 5 e^{-2} - 5 e^{-1} = 0,68 - 1,84 = -1,16 V$$

$$\text{In } T = (T_1 + T_2)^* \Rightarrow u_e(T_1 + T_2)^* = u_e(T_1 + T_2) + U = -1,16 + 5 = -3,84 V$$

$$\text{In } T = T_1 + T_2 + T_3 \Rightarrow u_e(T_1 + T_2 + T_3) = U e^{-\frac{T_1+T_2+T_3}{RC}} - U e^{-\frac{T_2+T_3}{RC}} + U e^{-\frac{T_3}{RC}} = \\ = 5 e^{-\frac{300}{100}} - 5 e^{-\frac{200}{100}} + 5 e^{-\frac{100}{100}} = 5 e^{-3} - 5 e^{-2} + 5 e^{-1} = 0,25 - 0,68 + 1,84 = \\ = 1,41 V$$

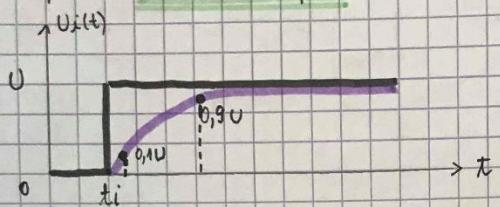
$$\text{In } T = (T_1 + T_2 + T_3)^* \Rightarrow u_e(T_1 + T_2 + T_3)^* = u_e(T_1 + T_2 + T_3) - U = 1,41 - 5 = -3,59 V$$

$$\text{In } T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \Rightarrow u_e(T_1 + T_2 + T_3 + T_4) = U e^{-\frac{T_1+T_2+T_3+T_4}{RC}} - \\ - U e^{-\frac{T_2+T_3+T_4}{RC}} + U e^{-\frac{T_3+T_4}{RC}} - U e^{-\frac{T_4}{RC}} = 5 e^{-4} - 5 e^{-3} + 5 e^{-2} - 5 e^{-1} = \\ = 0,09 - 0,25 + 0,68 - 1,84 = -1,32 V$$

RC trece-
jos

7) Răspunsul circuitului RC tracă-jor la un semnal impuls repetitive, diagrama de timp, expresia matematică

pt. un semnal treaptă:



$$u_o(t) = \begin{cases} U, & \text{pt } t \geq t_i \\ 0, & \text{pt } t < t_i \end{cases}$$

$$u_e(t) = u_e(\infty) + [u_e(0) - u_e(\infty)] e^{-\frac{t}{RC}}$$

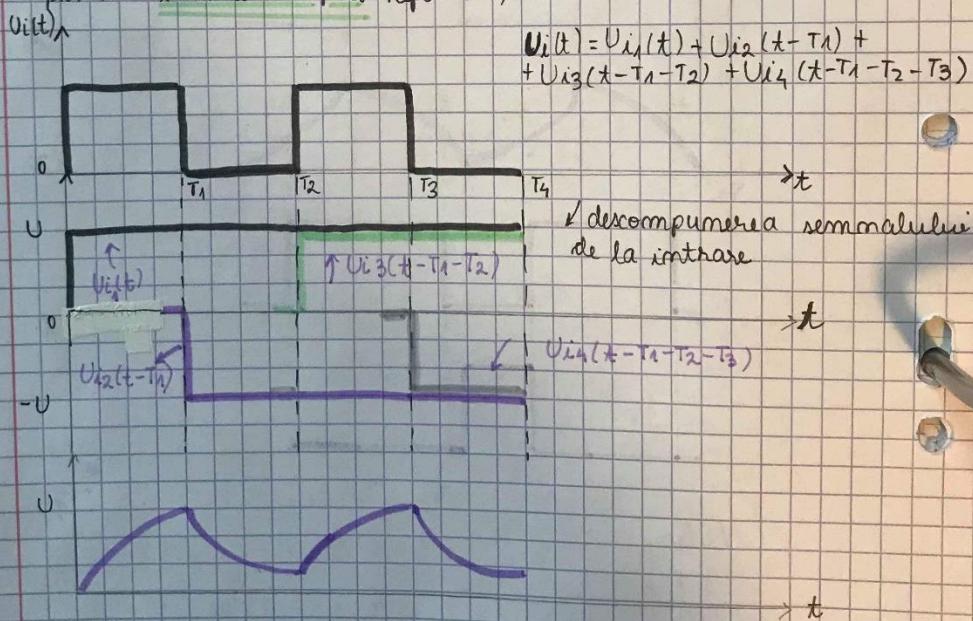
$$\tau = RC$$

$$u_e(0) = 0 \quad (\text{momentul initial})$$

$$u_e(\infty) = U \quad (\text{momentul final})$$

$$\Rightarrow u_e(t) = U - U \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = U [1 - e^{-\frac{t}{RC}}] - \text{răspunsul circuitului RC tracă-jor la un semnal treaptă}$$

pt. un semnal impuls (repetitiv)



1) $0 < t < T_1$; $U_e(0) = 0$

$$U_e(t) = U [1 - e^{-\frac{t}{RC}}], \text{ identic cu semnalul treapta}$$

2) $U_e(T_1) = U [1 - e^{-\frac{T_1}{RC}}]$ și $t = T_1$

$$U_e(T_1^*) = U_e(T_1) - U$$

3) $t \in (T_1, T_1 + T_2)$

$$U_e(t) = U_{e_1}(t) + U_{e_2}(t - T_1) = U [1 - e^{-\frac{t}{RC}}] - U [1 - e^{-\frac{t-T_1}{RC}}]$$

4) $t = T_1 + T_2$

$$U_e(T_1 + T_2) = U [1 - e^{-\frac{T_1+T_2}{RC}}] - U [1 - e^{-\frac{T_2}{RC}}]$$

$$U_e(T_1 + T_2)^* = U - U_e(T_1 + T_2)$$

5) $t \in (T_1 + T_2, T_1 + T_2 + T_3)$

$$\begin{aligned} U_e(t) &= U_{e_1}(t) + U_{e_2}(t - T_1) + U_{e_3}(t - T_1 - T_2) = \\ &= U [1 - e^{-\frac{t}{RC}}] - U [1 - e^{-\frac{t-T_1}{RC}}] + U [1 - e^{-\frac{t-T_1-T_2}{RC}}] \end{aligned}$$

6) $t = T_1 + T_2 + T_3$

$$\begin{aligned} U_e(T_1 + T_2 + T_3) &= U [1 - e^{-\frac{T_1+T_2+T_3}{RC}}] - U [1 - e^{-\frac{T_2+T_3}{RC}}] + \\ &+ U [1 - e^{-\frac{T_3}{RC}}] \end{aligned}$$

7) $t \in (T_1 + T_2 + T_3, \infty)$

$$\begin{aligned} U_e(t) &= U_{e_1}(t) + U_{e_2}(t - T_1) + U_{e_3}(t - T_1 - T_2) + U_{e_4}(t - T_1 - T_2 - T_3) \\ &= U [1 - e^{-\frac{t}{RC}}] - U [1 - e^{-\frac{t-T_1}{RC}}] + U [1 - e^{-\frac{t-T_1-T_2}{RC}}] - \\ &- U [1 - e^{-\frac{t-T_1-T_2-T_3}{RC}}] \end{aligned}$$

8) $t \rightarrow \infty$

$$U_e(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} U_e(t) =$$

În general, răspunsul la impuls are expresia matematică:

pt. $t \in [0, T_1]$ $\Rightarrow U_e(t) = U [1 - e^{-\frac{t}{RC}}]$ (la fel ca la semnalul treapta)

pt. $t > T_1 \Rightarrow U_e(t) = U_{e_1}(t) + U_{e_2}(t - T_1) = U [1 - e^{-\frac{t}{RC}}] -$
 $- U [1 - e^{-\frac{t-T_1}{RC}}] = U \cdot e^{-\frac{t}{RC}} [1 - e^{-\frac{T_1}{RC}}]$

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 100 \mu s$$

$$R = 10 k\Omega ; RC = 100 \mu s$$

$$C = 10 \text{ mF}, U = 10V$$

$$U_e(0) = 0$$

$$U_e(T_1) = U(1 - e^{-\frac{T_1}{RC}}) = 10 \left(1 - e^{-\frac{100}{100}}\right) = 10(1 - e^0) = 10 \cdot (1 - 1) = 0V$$

$$U_e(T_1+T_2) = U\left[1 - e^{-\frac{T_1+T_2}{RC}}\right] - U\left[1 - e^{-\frac{T_2}{RC}}\right] =$$

$$= 10 \left[1 - e^{-\frac{200}{100}}\right] - 10 \left[1 - e^{-\frac{100}{100}}\right] = 10(1 - e^{-2}) - 10(1 - e^{-1}) =$$

$$= 10(1 - 0,13) - 10(1 - 0,36) = 8,7 - 6,4 = 2,3V$$

$$U_e(T_1+T_2+T_3) = U\left(1 - e^{-\frac{T_1+T_2+T_3}{RC}}\right) - U\left(1 - e^{-\frac{T_2+T_3}{RC}}\right) +$$

$$+ U\left(1 - e^{-\frac{T_3}{RC}}\right) = 10(1 - e^{-3}) - 10(1 - e^{-2}) + 10(1 - e^{-1}) =$$

$$= 10(1 - 0,05) - 8,7 + 6,4 = 9,4 - 8,7 + 6,4 = 7,1V$$

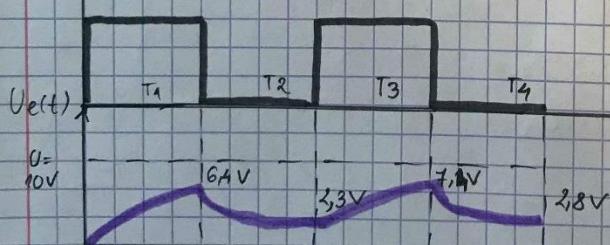
$$U_e(T_1+T_2+T_3+T_4) = U\left(1 - e^{-\frac{T_1+T_2+T_3+T_4}{RC}}\right) - U\left(1 - e^{-\frac{T_2+T_3+T_4}{RC}}\right) +$$

$$+ U\left(1 - e^{-\frac{T_3+T_4}{RC}}\right) - U\left(1 - e^{-\frac{T_4}{RC}}\right) =$$

$$= 10(1 - e^{-4}) - 10(1 - e^{-3}) + 10(1 - e^{-2}) - 10(1 - e^{-1}) =$$

$$= 10(1 - 0,01) - 9,4 + 8,7 - 6,4 = 9,9 - 9,4 + 8,7 - 6,4 = 2,8V$$

$U_e(t)$

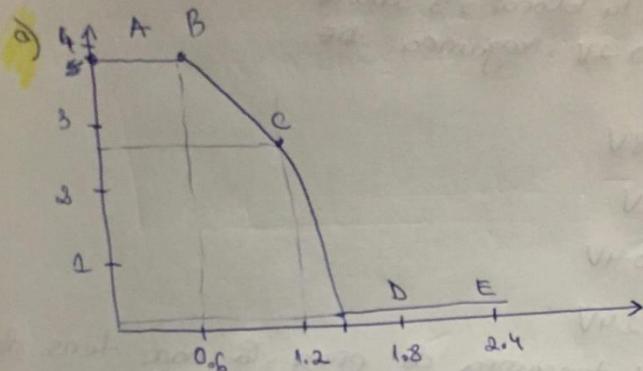


Caracteristica
statica de
transfer

C2) a) Caract statică de transfer (T_2)

b) Def. nivelelor de tensiune la intrare și la ieșire, delimit zonele de funcționare.

c) Def. marginile de operare



$0V < U_i < 0.65V$, T_2 saturat, T_3 blocat

$$U_e = V_{cc} - R_2 \cdot i_{R2} - U_{BE(T_2)} - V_D$$

$$U_{BE(T_2)} = V_D = 0.45V, i_{R2} \approx i_{B1(T_2)} = i_{OH} (\beta_H + 1)$$

$U_e = 3.4V$, segmentul AB.

- $0.65 < U_i < 1.3V$, T_2 începe să conducă ușor, intrând în regiunea activă normală. Amplificarea realizată pe portiunea BC de tranzistorul T_2 este $\alpha \times R_2/R$.
- T_4 repetă pe emitor, T_3 blocat, schița BC.

③

$1.3 \text{ V} < U_i < 1.5 \text{ V}$ $\Rightarrow T_3$ începe să conducă, U_e scade
mai rapid (dreapta CD)

T_2, T_4 și T_3 conduc în regiunea activă normală.
Crește consumul de la susținere de alimentare.

$1.5 \text{ V} < U_i < 2.25 \text{ V}$, T_4 blocat $\Rightarrow T_3$ saturat
 $U_e = U_{CE(sat)}$ $\approx 0.2 \text{ V}$, regiunea DE.

Nivele logice
de intrare si
iesire



$$\text{Dacă } i_{R2} = i_{C2} + i_{B4}$$

b și c:

Pentru $V_i = 0V$

$$\Rightarrow V_{B1} = V_i + V_{BE1} = 0 + 0.75 = 0.75$$

$$V_{B2} = V_{B1} - V_{BC1} = 0.75 - 0.75 = 0$$

$$V_{B3} = 0 \rightarrow T_3 - \text{blocat.}$$

$$V_o = V_{CC} - i_{R2} \cdot R_2 - V_{BE4} - V_D.$$

$$i_{R2} = i_{C2} + i_{B4} \approx i_{B4}.$$

$$i_{C2} = i_{CO} \approx 0. (T_2 - \text{blocat})$$

$$i_{B4} = \frac{i_{C4}}{\beta+1} = \frac{i_{C3} + i_{B4}}{\beta+1}.$$

$$i_{C4} = i_{C3} + i_{OH} \approx i_{OH}$$

$$i_{C3} = i_{CO} = \text{neg } (T_3 \text{ blocat})$$

$$V_o = V_{CC} - \frac{i_{OH} \cdot R_2}{\beta+1} - V_{BE4} - V_D \left(\begin{array}{l} \text{pt. } \beta = 20 \\ i_{OH} = 0.8 \end{array} \right) \approx 3.4V.$$

Pentru $V_i = 0.65V$:

$$V_{B1} = V_i + V_{BE1} = 0.65 + 0.75 = 1.4$$

$$V_{B2} = V_{B1} - V_{BC1} = 1.4 - 0.75 = 0.65$$

(T_2 începe să conducă)

$$V_{B3} = 0V \Rightarrow T_3 \rightarrow \text{blocat.}$$

$$V_o = V_{CC} - \frac{i_{OH}}{\beta+1} \cdot R_2 - V_{BE4} - V_D \approx 3.4V.$$

Pentru $0.65 < V_i < 0.65 \cdot 2 = 1.3$

$$V_{B1} = V_i + V_{BE1} \in [0.65 + 0.75 \approx 1.4 \text{ și } 1.3 + 0.75 = 2.05]$$

$$V_{B2} = V_{B1} - V_{BC1} \in [0.65, 1.3].$$

T_2 - trece din bl → cond.

$$V_o = V_{CC} - i_{R2} \cdot R_2 - V_{BE4} - V_D$$

$$\text{Daraus } i_{R2} = i_{C2} + i_{B4}$$

$$i_{C2} \approx i_{E2}$$

$$i_{R2} = i_{C2} + i_{B4}$$

$$i_{C2} \approx i_{E2} = i_{R3} + i_{B3}$$

daraus

$$V_{B3} \in [0; 0.55] \rightarrow \beta_3 - \text{blockat}$$

da unde $\Rightarrow i_{B3} = i_{C0} - \text{negligierbar}$

$$V_{B3} = V_{B2} - V_{BE2}$$

$$I_{R3} = \frac{V_{B3}}{R_3} = \frac{V_i + V_{BE1} - V_{BC1} - V_{BE2}}{R_3}$$

$$V_o = V_{CC} - \left[\frac{V_i + V_{BE1} - V_{BC1} - V_{BE2}}{R_3} + \frac{i_{OH}}{\beta+1} \right] R_2$$

$$- V_{BE1} - V_D$$

$$A = \frac{\delta V_o}{\delta V_i} = - \frac{R_2}{R_3} = -1.6$$

Se obt. pt. $V_i = 1.3 \Rightarrow V_o \approx 2.4$.

Intrare – nivel
loc inferior și
superior

$$V_L = 0.2 \text{ V}, V_H = 3.5 \text{ V}, V_{CC} = +5 \text{ V}$$

B2(b) Def. curentului pt. nivel logic inferior.

$$V_{E1} = V_A = V_B = V_L = 0.2 \text{ V}$$

$$V_{B1} = V_i + V_{BE1} = 0.2 + 0.75 = 0.95 \text{ V}$$

$$V_{B2} = V_{B1} - V_{BC1} = 0.95 - 0.75 = 0.2 \text{ V} (< 0.65 \text{ V})$$

$\Rightarrow T_2$ blocat.

$$\Rightarrow i_{CE2} = i_{C0} \approx \text{neg.}$$

$$V_{B4} = V_{CC} - i_{R2} \cdot R_2 \approx V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_{B3} = 0 + i_{E2}^0 R_3 = 0 \rightarrow T_3 \text{ be.}$$

dacă $V_{B4} = 5$

$$V_o = \underbrace{V_{B4} - V_{BE4}}_{\downarrow} - V_D = 5 - 0.75 - 0.75 = 3.5 < 4$$

T_3 - blocat \Leftrightarrow nu conduce.

B) Def. curentului pt. nivel logic superior

$$V_A = V_B = V_i = V_H = 3.5 \text{ V}$$

V_{B1} trebuie să fie V_{CC}
din pt.:

$$V_{B1} = V_{BE3} + V_{BE2} + V_{BC1} = 0.75 + 0.75 + 0.75 = 2.25$$

se elim. la acasă
val.

$$V_{B2} = \underbrace{V_{BE2} + V_{BE3}}_{\downarrow T_2 \text{ sat.}} = 0.25 + 0.75 = 1.5 \text{ V}$$

**Delimitarea
zonelor de
functionare**

b) $V_{IL\max} = 0.8V$

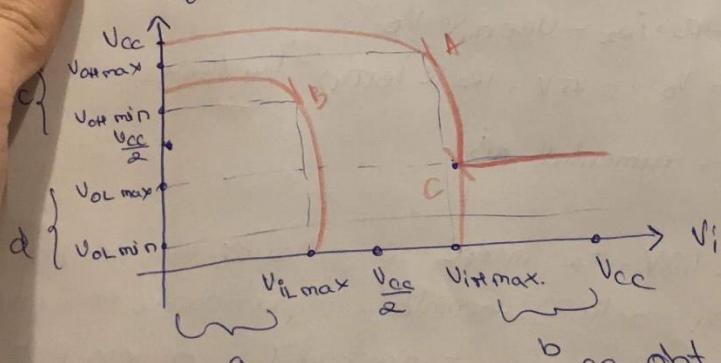
$V_{IH\min} = 2V$

$V_{OL\max} = 0.4V$

$V_{OH\min} = 2.4V$

$V_T = 1.3V$, tensiunea de prag, la care tens. de intrare și ieșire sunt egale.

V_O



a

dacă $V_{IL} \leq V_{IL\max} \Rightarrow V_O \text{ se obt. } V_O = V_{OH\min}$

dacă $V_{IH} \geq V_{IH\min} \Rightarrow V_O \text{ se obt. cel mult } V_O = V_{OL\max}$.

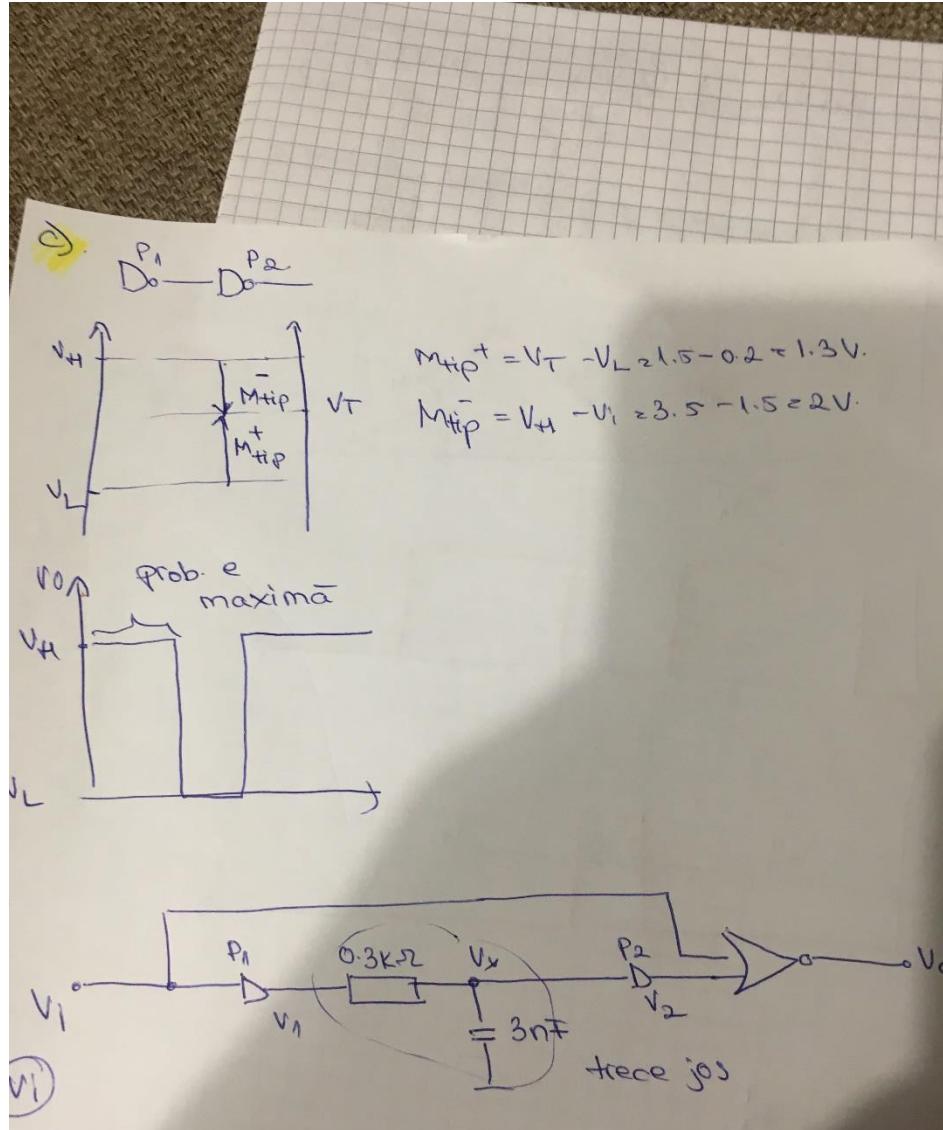
a) Zona admisă la intrare pt. niv. logic inf sup

b)

c) Zona garantată la ieșire pt. niv. logic inf sup

d) -

Marginea de
zgomot



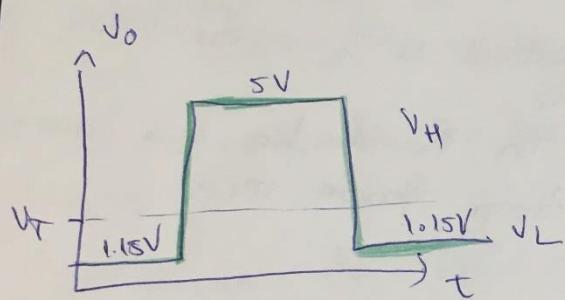
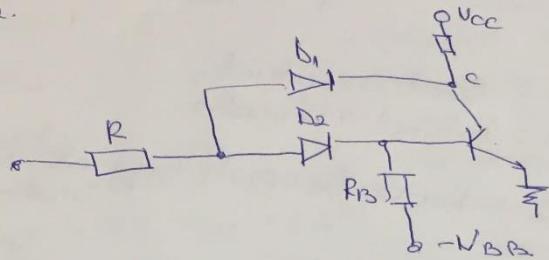
Saturare
transistor cu 2
diode

Subiectul D

B) a) ca la C₁

b) aproape ca la C₁.

c) metoda de evitare a saturării tranzistorului cu 2 diode.



$$V_B = V_{D2} + V_{BE}$$

$$V_B = V_{D1} + V_{CE}$$

$$V_{D2} + V_{BE} = V_{D1} + V_{CE}$$

$$V_{BE} = (V_{D2} - V_{D1}) + V_{CE}$$

$$V_{D2} > V_{D1}$$

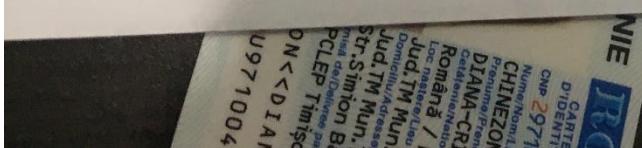
$$\text{Gre: } V_{max} = 0.35 \text{ V}$$

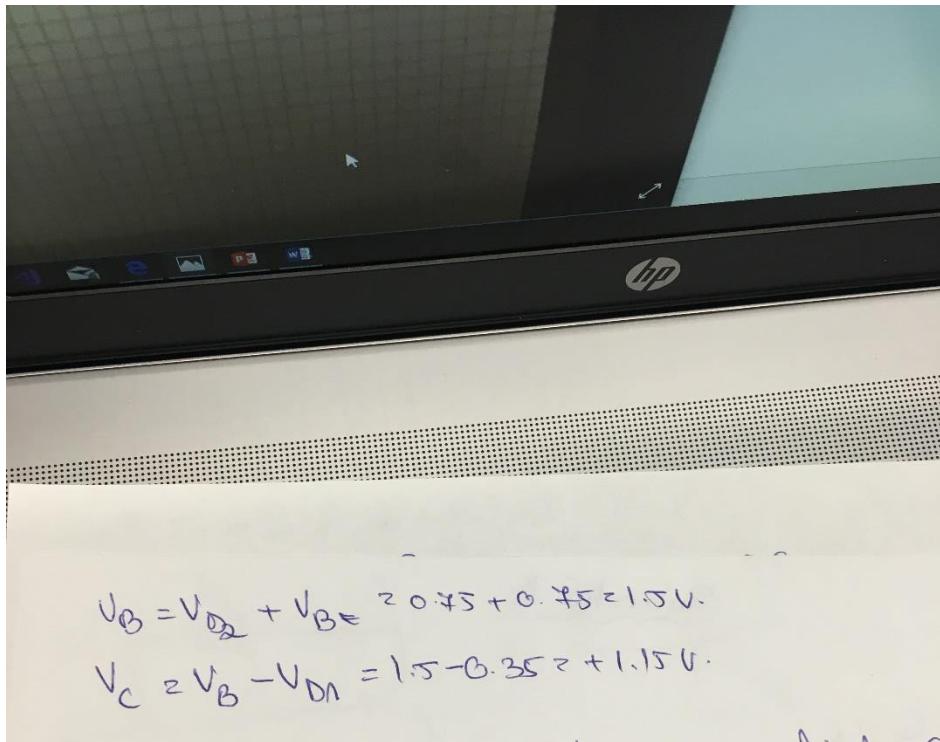
$$\text{Si: } V_{max} = 0.75 \text{ V}$$

$D_1 \rightarrow$ dioda cu Gre

$D_2 \rightarrow$ diodă cu st.

(1)



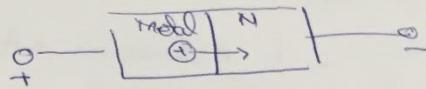


Saturare
transistor cu
didoda
Schottky

$$V_B = V_{D2} + V_{BE} = 0.45 + 0.45 = 1.5 \text{ V.}$$

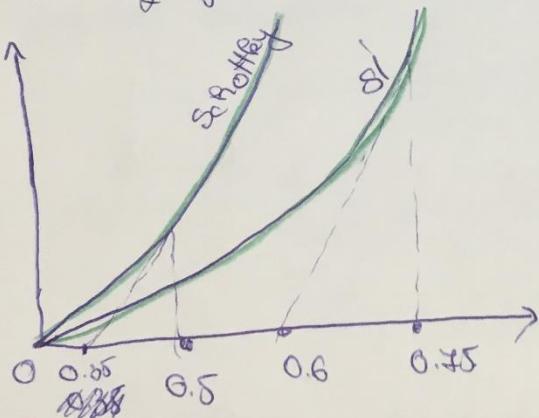
$$V_C = V_B - V_{DN} = 1.5 - 0.35 = +1.15 \text{ V.}$$

b) Metoda de evitare a saturării cu dioda Schottky

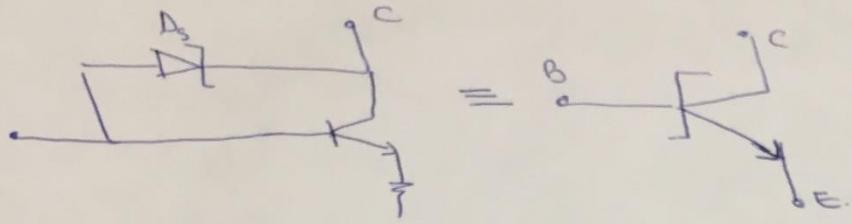


Polarizată \rightarrow direct \rightarrow conductie
 \rightarrow indirect \rightarrow blocare.

- se realizează la frecvențe multimiști de comutare
- are aceeași caracteristică volt-ampermetrică normală ca și dioda
- trecerea din blocare în conductie sau invers se realizează într-un timp foarte mic.



(2)



$$V_{DS} = 0.75 \text{ V}$$

$$V_{BE} = 0.75 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_B - V_{DS} = 0.75 - 0.75 = 0.2 \text{ V}$$

$$V_{BC} = V_{DS} = 0.75 \text{ V} \quad V_{BE} \approx 0.6 \text{ V}$$

- faza în circ. numerice
performante.

- to să tr scad \Rightarrow creste
frecvența de lucru

- se deschide la
 $V_{DS} = 0.5 \text{ V}$.

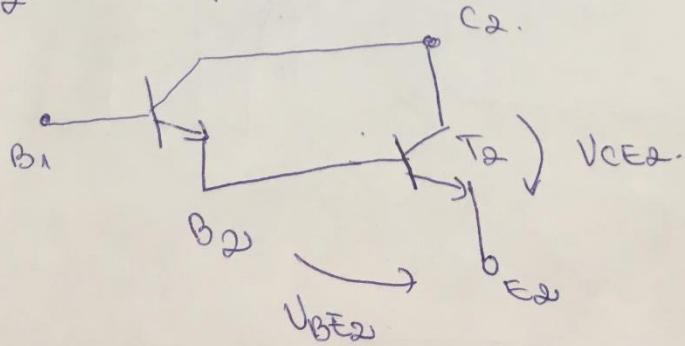
$\beta_{IB} > i_C$ nu se îndeplinește

Sursa conă este în bață este nesemnificativ \Rightarrow

$$t_S \rightarrow 0$$

Saturare
transistor
compus

15-70
9) Metoda de evitare a saturării cu un tranzistor compus.



$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ - factor de amplificare foarte mare

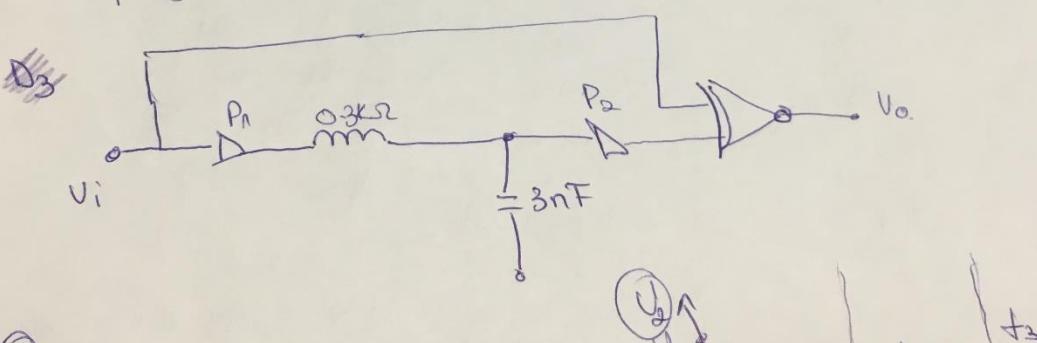
Tranzistorul T₂ nu se satură.

$V_{B E2} > V_{C E2}$ Condiția de saturare.

$V_{C E2} = V_{C E1} + V_{B E2} \Rightarrow T_2$ nu e saturat (nu are

temp de saturare t_s)

- folosit în circuite cu frecvențe foarte ridicate

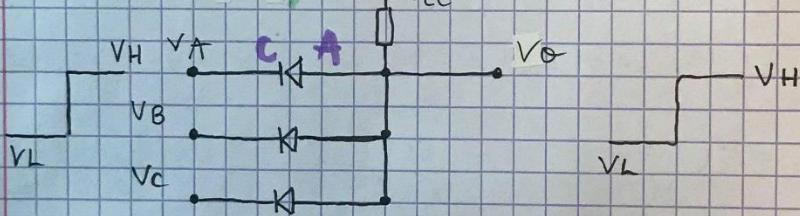


Circuite logice
cu diode-
functionare

a) Funcționare

2. POARTA SI

(circuitul și cu diode)



V _A	V _B	V _C	V _O	A	B	C	O
V _L	V _L	V _L	V _L	0	0	0	0
V _L	V _L	V _H	V _L	0	0	1	0
V _L	V _H	V _L	V _L	0	1	0	0
V _L	V _H	V _H	V _L	0	1	1	0
V _H	V _L	V _L	V _L	1	0	0	0
V _H	V _L	V _H	V _L	1	0	1	0
V _H	V _H	V _L	V _L	1	1	0	0
V _H	V _H	V _H	V _H	1	1	1	1

- A, B, C → semnale de intrare
- 0 - semnalul de ieșire
- nivelului logic "0" îl corespunde tensiunea V_L (tensiunea inferioară)
- nivelului logic "1" îl corespunde tensiunea V_H (tensiunea superioară)
- circuitul funcționează corect dacă: $V_{cc} > V_H > V_L$
- presupunem că pe diodele utilizate, căderea de tensiune este neglijabilă în comparație cu tensiunea de alimentare V_{cc}

În aceste condiții, circuitul funcționează astfel:

$$a) V_A = V_B = V_C = V_H$$

\Rightarrow diode $D_1, D_2 \text{ și } D_3$ conduc, fiind polarizate direct ($V_{AA} > V_S$)
 \hookrightarrow la ieșire se obține:

$$V_O = V_H + V_T, \text{ unde } V_T \text{ este cădere de tensiune pe diodă}$$

cum V_T s-a neglijat $\Rightarrow V_O \approx V_H$

$$b) V_A = V_B = V_C = V_L$$

$\Rightarrow D_1, D_2 \text{ și } D_3$ conduc fiind polarizate direct ($V_{AA} > V_L$)
 \hookrightarrow la ieșire se obține:

$$V_O = V_L + V_T, \text{ unde } V_T \text{ este cădere de tensiune pe diodă}$$

cum V_T s-a neglijat $\Rightarrow V_O \approx V_L$

c) Cazul când cel puțin una dintre intrările se aplică un nivel de tensiune inferior V_L (dar nu tuturor intrărilor)

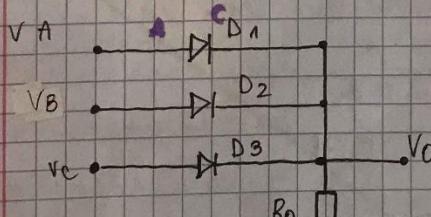
ex: $V_A = V_L \Rightarrow D_1$ conduce
 $V_B = V_C = V_H \Rightarrow D_2, D_3$ blocate

Practic, conduce dioda în catodul căreia s-a aplicat V_L .
 Aceasta va fixa în anodul ei un potențial V_L .

Acest potențial determină ca diodele în catodul cărora au un V_H să fie polarizate invers.

Deci dintre cele 3 diode, conduce numai dioda care are catodul conectat la tensiunea cea mai mică.

2. POARTA SAV (circuitul SAV cu diode)



V _A	V _B	V _C	V _O	A	B	C	Y
V _L	V _L	V _L	V _L	0	0	0	0
V _L	V _L	V _H	V _H	0	0	1	1
V _L	V _H	V _L	V _H	0	1	0	1
V _L	V _H	V _H	V _H	0	1	1	1
V _H	V _L	V _L	V _H	1	0	0	1
V _H	V _L	V _H	V _H	1	0	1	1
V _H	V _H	V _L	V _H	1	1	0	1
V _H	V _H	V _H	V _H	1	1	1	1

- semnale de intrare:

A, B, C

- semnal de ieșire: 0

- 110 logic $\rightarrow V_L$

- 111 logic $\rightarrow V_H$

- circuitul funcționează corect dacă: $V_S > V_L > -V_{OO}$

- presupunem că diodele sunt ideale: $I_D = 0 \text{ și } R_D = \infty$

- V_T , tensiunea pe diode este neglijabilă

$$|Noo| \geq V_S \geq |VI|$$

negativ

7

a) $V_A = V_B = V_C = V_L \Rightarrow D_1, D_2, D_3$ conduc
(sunt polarizate direct, $V_i > V_{OO}$)

$$V_O = V_L - V_T = V_L ; V_T \text{ s-a neglijat}$$

b) $V_A = V_B = V_C = V_H \Rightarrow D_1, D_2, D_3$ conduc
(sunt polarizate direct, $V_H > V_{OO}$)

$$V_O = V_H - V_T = V_H ; V_T \text{ s-a neglijat}$$

c) cazul cînd cel puțin una din intrări (doar una toată)
sunt alimentate cu V_H

ex: $V_A = V_H \Rightarrow D_1$ conduce
 $V_B = V_C = V_L \quad D_2, D_3$ sunt blocați

(D_1 conduce pt că diferența de potențial eea mai mare
este între intrarea și sursa de alimentare $-V_{OO}$)

D_2 și D_3 sunt polarizate invers

$$V_O = V_H - V_T \quad (V_T \text{ se neglizează})$$

$$\Rightarrow V_O = V_H$$

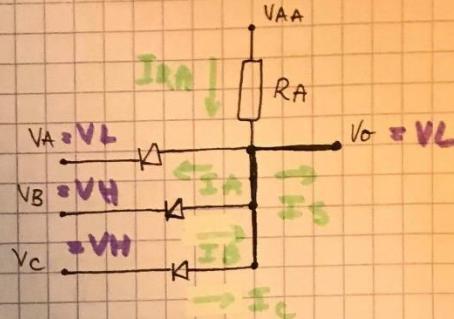
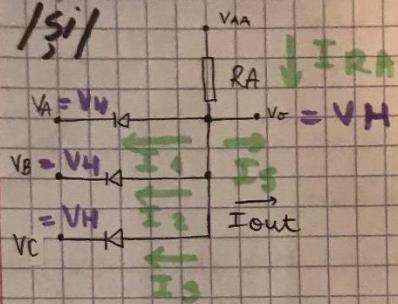
Conducă doar dioda legată la cea mai mare tensiune, restul
fieind blocați (dici invers polarizate)

5) dimensiunarea circuitului

Circuite logice
cu diode-
Dimensionare

6) DIMENSIONARE

1) I_S



II) DIMENSIONAREA REZistențEI R_A

- se realizează din condiția asigurării unui curent de sarcină I_S minim în cazul cel mai defavorabil, când la ieșirea portii există nivel logic superior $\Rightarrow V_o = V_H$

- pentru ca la ieșire să avem V_H , e necesar ca și la toate intrările să alegem V_H

$$KI: I_{RA} = I_1 + I_2 + I_3 + I_{out}$$

I_{RA} se va folosi pt. comandarea sarcinii

$$I_{RA} = \frac{V_{AA} - V_o}{R_A} = \frac{V_{AA} - V_H}{R_A} = I_1 + \underbrace{I_2 + I_3}_{\approx 0} + I_{out}$$

$$I_{out} \approx I_{RA} = \frac{V_{AA} - V_H}{R_A} \gg I_S$$

I_{RA} are val. minimă cînd:

$I_{RAmin} \gg I_{Smin} \rightarrow$ condiția de încărcare

Condiția de încărcare se dă în cazul $V_A = V_B = V_C = V_H, V_o = V_H$, satisfăcătoare de ultima linie din tabel

$$\frac{V_{AA} - V_H}{R_A} \gg I_S \Rightarrow \frac{R_A}{V_{AA} - V_H} \leq \frac{1}{I_S} \Rightarrow R_A \leq \frac{V_{AA} - V_H}{I_S} (X)$$

2) ELEMENTE VARIABILE

V_{AA} și R_A se modifică în funcție de val. nominale, astfel luăm în considerare factorii ce influențează defavorabilele funcționarea corectă a circuitului:

V_{AAN} = tensiunea de alimentare nominală

$$\Rightarrow V_{AAN} = V_{AA} (1 \pm t_u) \text{ toleranță}$$

$t_u = 0,1$ pt 10%

$t_u = 0,2$ pt 20%

R_{AN} = rezistență nominală

$$R_{AN} = R_A (1 \pm t_n)$$

$$I_m(*) \Rightarrow R_{AN}(1+t_{uL}) \leq \frac{V_{AAN}(1-t_{uL}) - V_H}{I_S}$$

3) DIMENSIUNARE CURENT COMUNĂ

Pentru determinarea curentului necesar pt comandarea portii si se constata ca situatia cea mai de favorabil este $V_O = V_L$

$$I_{RA} = I_A + I_B + I_C + I_{out}$$

$$I_{RA} = \frac{V_{AAN} - V_O}{R_A} \quad (\text{curentul trece printr-o singura dioda})$$

\hookrightarrow maxim cand diferența de potențial e maximă

Pentru ca la ieșire să fie nivel logic inferior, la intrare trebuie să fie la cel puțin o intrare V_L

D_1 - conduce
 D_2, D_3 - blocate

$m-1$

$m = m_r$. de intrare

$$I_{int\ max} = I_{RA} + \sum_{i=1}^{m-1} I_{O_{max}}^i \quad \begin{matrix} m-1 \\ \text{diode} \\ \text{blocate} \end{matrix}$$

$$I_2 = I_3 = -I_0$$

I_0 = curentul invers prim diode

$$I_{int\ max} = \underbrace{\frac{V_{AAN} - V_L}{R_A}}_{I_{RA}} + \sum_{i=1}^{m-1} I_{O_{max}}^i$$

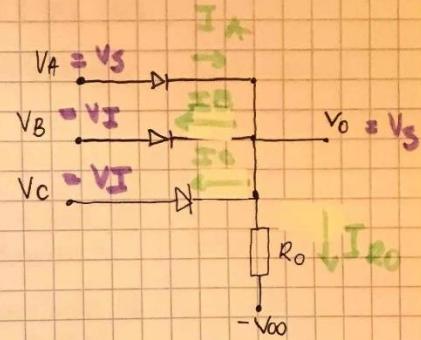
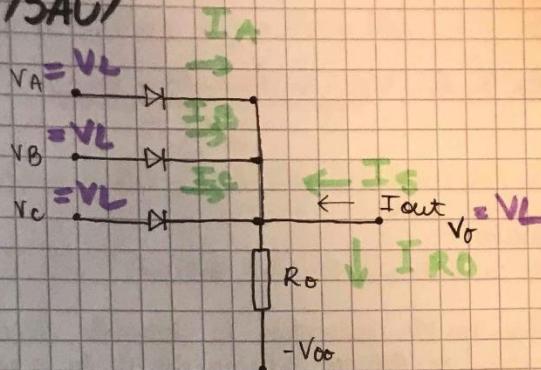
- $I_{int\ max} = \frac{V_{AAN}(1+t_{uL}) - V_L}{R_{AN}(1+t_{uL})} + \sum I_{O_{max}}$

- $I_{out} = I_{RA\ min} = \frac{V_{AAN}(1-t_{uL}) - V_H}{R_{AN}(1+t_{uL})} > I_S$

$$\Rightarrow E = \frac{I_{out}}{I_{int}} = \frac{\frac{V_{AAN}(1-t_{uL}) - V_H}{R_{AN}(1+t_{uL})}}{\frac{V_{AAN}(1+t_{uL}) - V_L}{R_{AN}(1+t_{uL})} + \sum I_{O_{max}}} \leq 1$$

$m-1 / I_{O_{max}}$

/SAU/



1) DIMENSIONAREA RESISTENȚEI R_O

- se realizează prin respectarea condiției de asigurare a unui curent minim de sarcină I_S

- I_S este cazul cel mai dezavantajos: diferența de potențial dintre ieșire și $-V_{OO}$ este minimă \Rightarrow la ieșirea portușă este V_L

$$V_O = V_L$$

- I_{out} maxim se obține când curentii prim diode au valoare minime \Rightarrow cădereea de tensiune pe diode e minimă \Rightarrow la toate intrările se obține niv. de tensiune V_L

$$I_{R_O} \gg I_A, I_B, I_C \quad (\text{JKI})$$

$$I_{out} = I_{R_O} - \underbrace{I_A + I_B + I_C}_{\approx 0 \text{ mA}} \Rightarrow I_{out} \approx I_{R_O}$$

$$\Rightarrow I_{out} \approx I_{R_O}$$

$$I_{R_O} = \frac{V_O - (-V_{OO})}{R_O} = \frac{V_O + V_{OO}}{R_O}$$

$$I_{out} \approx I_{R_O} = \frac{V_O + V_{OO}}{R_O} \gg I_S, V_O = V_L$$

$$R_O \leq \frac{V_L + V_{OO}}{I_S} \quad (\text{JK})$$

2) ELEMENTE VARIABILE (CALAFAT)

- V_{AA} și R_A

$$V_{AAN} = V_{AA} (1 \pm \Delta)$$

$$R_{AN} = R_A (1 \pm \Delta)$$

$I_n (*) \Rightarrow$

$$R_o(1+t_h) \leq \frac{V_L + V_{DD}(1-t_h)}{I_S}$$

3) DIMENSIUNILE CURENT COMANDE

① I_{RO} e maxim

- curentul de intrare are val maxim

② cînd diferența de potential la bornele diodeli e maximă
↳ astăzi lucru se întâine atunci cînd la securitate
intrare se aplică V_f

$$\Rightarrow V_G = V_H \quad (\text{dioda } D_1 \text{ conduce})$$

D_2, D_3 blocate

$$I_{int\max} = I_{RO} - \sum_{i=1}^{n-1} I_{diode}$$

$n-1$
 $n-1$ diode blocate

$$I_2 = I_3 = -I_0$$

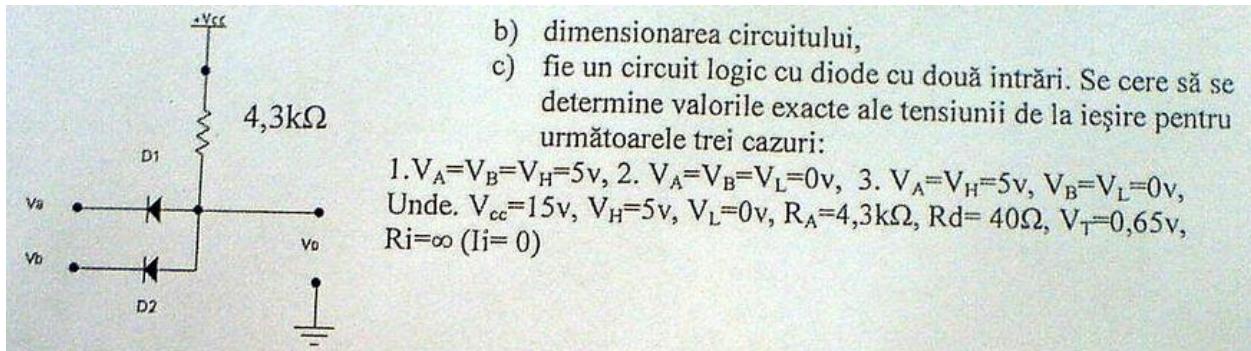
$$\bullet \quad I_{int\max} = \frac{V_H + V_{DD}}{R_o} + \sum_{i=1}^{n-1} I_{max}$$

$$\bullet \quad I_{out} = I_{RO\min} = \frac{V_L + V_{DD}}{R_o}$$

$$E = \frac{I_{RO\min}}{I_{int\max}} = \frac{\frac{V_{DD}}{(1-t_h)} V_{DD} + V_L}{\frac{V_{DD}}{(1+t_h)} R_o + \sum_{i=1}^{n-1} I_{max}}$$

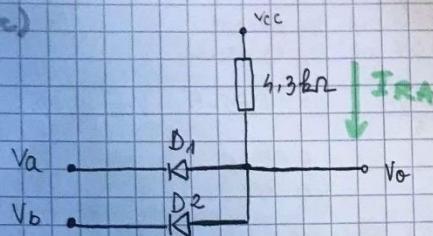
↓
curentul de sig. mult mai mic decât cel de intrare

E1



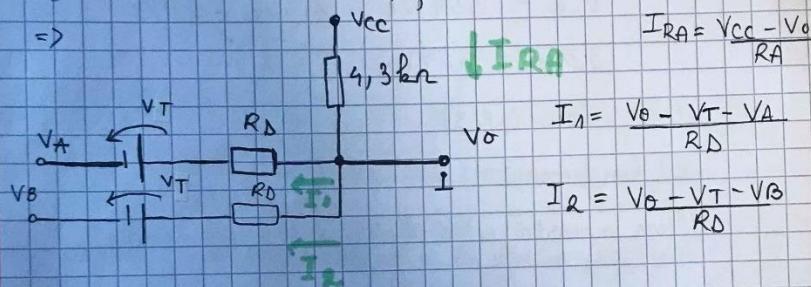
Sub E

7 c)



$V_{CC} = 15V$
 $V_H = 5V$
 $V_L = 0V$
 $R_A = 4,3k\Omega$
 $R_D = 40\Omega$
 $V_T = 0,65V$
 $R_i = \infty (I_i = 0)$

1) $V_A = V_B = V_H = 5V \Rightarrow D_1 \text{ NPN } D_2 \text{ conduct}$
 \Rightarrow



$$I_{RA} = \frac{V_{CC} - V_O}{R_A}$$

$$I_1 = \frac{V_O - V_T - V_A}{R_D}$$

$$I_2 = \frac{V_O - V_T - V_B}{R_D}$$

KT: $I_{RA} = I_1 + I_2 \Leftrightarrow \frac{V_{CC} - V_O}{R_A} = \frac{V_O - V_T - V_A}{R_D} + \frac{V_O - V_T - V_B}{R_D} \times$

$$\Rightarrow 15V - V_O = \frac{V_O - 0,65V - 5V}{40 \cdot 10^{-3} k\Omega} + \frac{V_O - 0,65V - 5V}{40 \cdot 10^{-3} k\Omega}$$

$$\frac{15V - V_O}{4,3k\Omega} = \frac{V_O - 5,65V + V_O - 5,65V}{0,04}$$

$$15 \cdot 0,04 - 0,04V_O = 4,3 \cdot (2V_O - 11,3)$$

$$0,6 - 0,04V_O = 8,6V_O - 48,59$$

$$49,19 = 8,64V_O$$

$$V_O = 5,693V$$

2) $V_A = V_B = V_L = 0V \Rightarrow D_1 \text{ NPN } D_2 \text{ conduct}$

Dim $\times \Rightarrow \frac{15 - V_O}{4,3k\Omega} = \frac{(V_O - 0,65) \cdot 2}{40 \cdot 10^{-3}}$

$$4,3 \cdot 2 \cdot [V_O - 0,65] = 0,04 \cdot 15 - 0,04V_O$$

$$8,6V_O - 5,59 = 0,6 - 0,04V_O$$

$$8,64V_O = 6,19 \Rightarrow V_O = 0,716V$$

3) $V_A = V_H = 5V \Rightarrow D_1$ blocată
 $V_B = V_L = 0V \Rightarrow D_2$ conduce

$$\Rightarrow I_1 = I_{R_A} = I_2$$

$$\Rightarrow \frac{15 - V_O}{4,3} = \frac{V_O - 0,65 - 0}{40 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow 0,04 \cdot 15 - 0,04 \cdot V_O = 4,3 \cdot V_O - 2,795$$

$$0,6 - 0,04 V_O = 4,3 V_O - 2,795$$

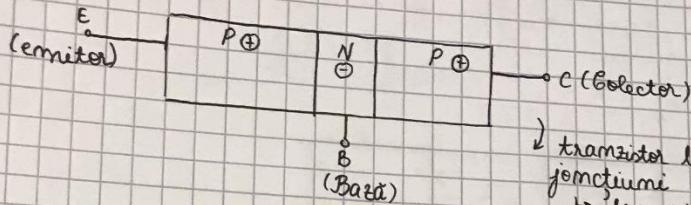
$$3,395 = 4,34 V_O$$

$$V_O = 0,782V$$

Tranzistorul bipolar- functionare

2) Tranzistorul bipolar:
 a) funcționare
 b) parametrii statici de funcționare
 c) regimurile de funcționare

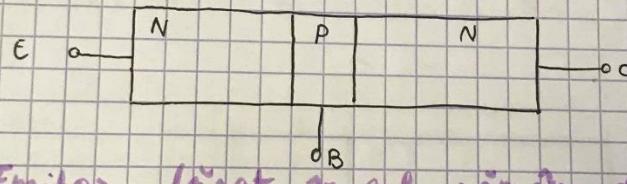
a) funcționare



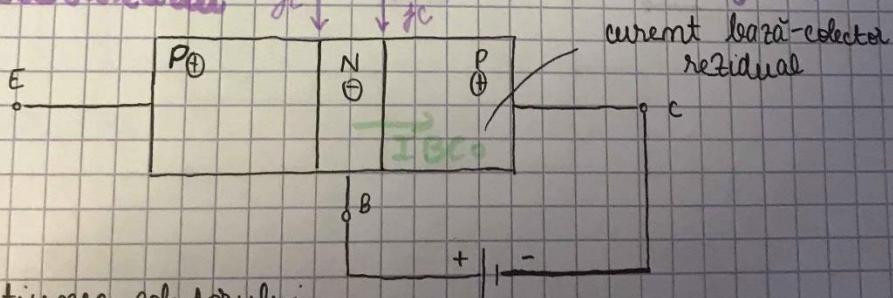
→ tranzistor bipolar cu
 jumătăți
 → tranzistor PNP

- conține 2 jumătăți P-N, ce delimităază o singură regiune subțire N
- jumătatea bază-emitor jumătatea bază-collector
- emitorul este puternic dopat cu impurități \Rightarrow un număr mare de portători de sarcini electrice libere
- colectoarele și baza sunt slab dopate cu impurități \Rightarrow un număr relativ redus de sarcini electrice libere
 \hookrightarrow regiunea bazei are o dimensiune geometrică foarte mică

Fie și tranzistoare NPN (complementare celor PNP)



a) Emitor lăsat în gol, rămâne doar jumătatea colectorului

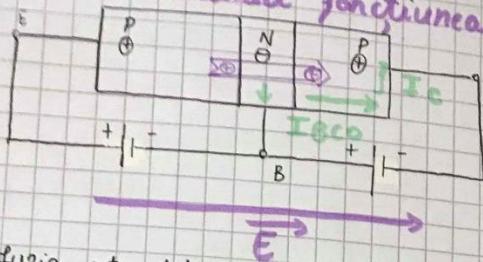


jumătatea colectorului este polarizată invert

$$I_{B0} = I_{C0} \text{ (curent de colector rezidual)}$$

\downarrow curent datorat portătorilor minoritari ce străbat jumătatea colectorului când curentul de emitor este nul

b) polarizare directă juncțiunea PN a emitorului



j_E = polarizare directă

- golurile sunt difuzate din emitor (unde sunt portători majoritari) în regiunea bazei (unde sunt portători minoritari)

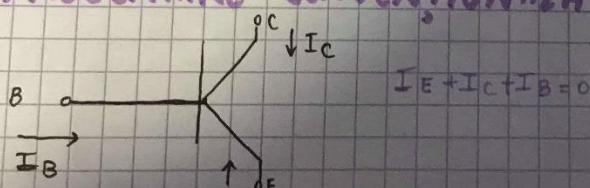
- difuzia este determinată de câmpul electric pozitiv, dimpre E_{spse}
- bază slab dopată cu impurități \Rightarrow un număr mic de sarcini electrice pozitive (golurile) difuzate în B se recombină cu sarcinile electrice negative
 - \downarrow însă, posibilitatea de a se recombi este redusă \Rightarrow cele mai multe goluri injectate în bază difuzează prin j_{BC} și ajung la c.
 - \downarrow golurile sunt atrăurate spre colector de câmpul electric dintre emitor și colector
- de la lăsarea golurilor dimpre B spre C formează un curent electric de intensitate mare (multe goluri ce traversează j_{BC})
- \downarrow curentul de colector este comandat direct de tensiunea BE (aceasta asigură polarizarea directă a j_{BE})

//
V
curentul de colector este determinat de "emisia" de sarcini electrice furnizate de regiunea emitor și "colectarea" de regiunea colectorului

$$I_C = I_{CO} + \alpha I_E$$

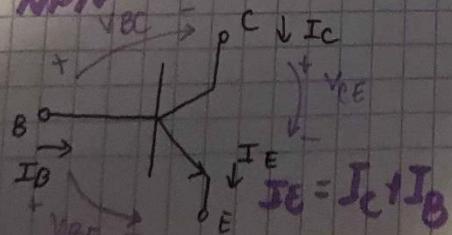
α - factor de amplificare ($0,99 \div 0,98$)

REPREZENTARE CONVENTIONALĂ:



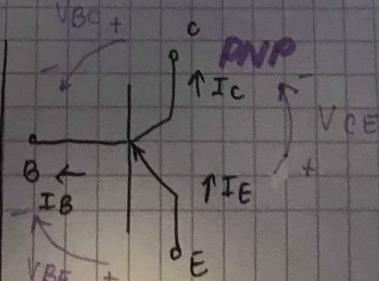
$$I_E + I_C + I_B = 0$$

REAL:
NPN



$$I_E = I_C + I_B$$

PNP



$$I_E = I_C + I_B$$

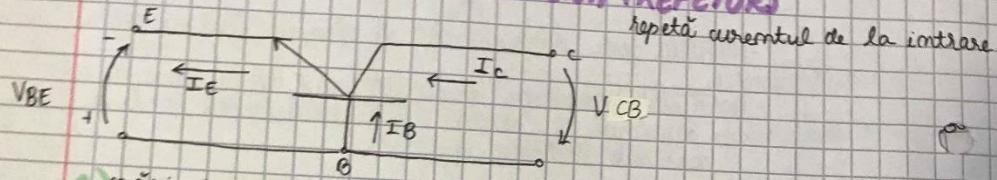
Tranzistor
bipolar –
parametrii
static

6) parametrii statici

- curentul din colectorul tranzistorului poate fi comandat de curentul de intrare și de tensiunea de la intrarea acutie

↓ mărimile de la intrare depind de modul de conectare al tranzistorului

1) CONEXIUNEA BAZĂ COMUNĂ (REPETOR)



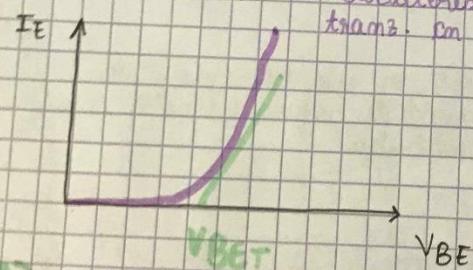
1) mărimi de intrare: I_E (la intrare avem o jumătate)
 $V_{BE} \rightarrow$ prin aceste 2 mărimi de intrare se comandă tranzistorul

2) mărimi de ieșire: I_C
 V_{CB}

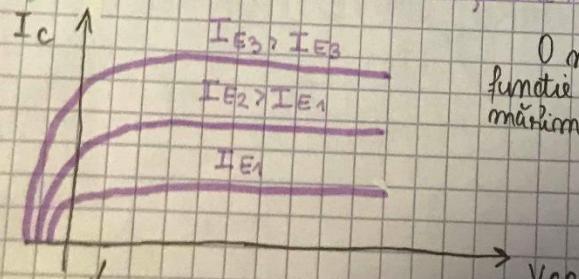
3) între cele 2 mărimi de intrare și relație ce poate fi reprezentată sub forma unei caracteristici volt-amper

II) caracteristica statică de intrare a tranz. în conexiune bază comună

$$I_E = f(V_{BE})$$



4) caracteristica statică de ieșire a tranz. în conexiune bază comună.



$$I_C = f(V_{CB})_{I_E}$$

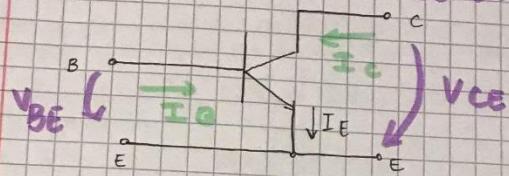
O mărime de ieșire rezultă în funcție de valoarea ionica din mărimile de intrare

$$I_C = I_{Co} + \alpha I_E$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \leq 1$$

$$(0,99 \div 0,98)$$

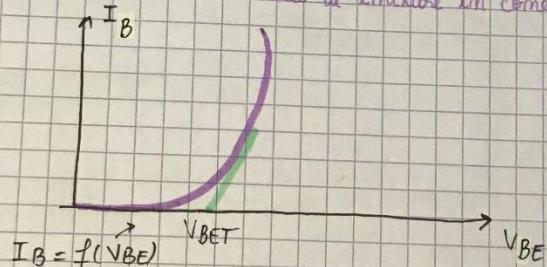
2) CONEXIUNEA EMITOR COMUN (AMPLIFICATOR)



1) mărimi de intrare: I_B și V_{BE} prin ele se comandă transistorul

2) mărimi de ieșire: I_C și V_{CE}

3) caracteristica statică de intrare în conexiune emitor comun



4) caracteristica statică de ieșire în conexiune emitor comun

$$I_C = f(V_{CE}) I_B$$

$$I_C = I_{CO} + \alpha I_E$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = I_{CO} + \alpha(I_C + I_B)$$

$$\Rightarrow I_C - \alpha I_C = I_{CO} + \alpha I_B \Rightarrow I_C = \frac{\alpha I_B}{1-\alpha} + \frac{I_{CO}}{1-\alpha}$$

$$\frac{\alpha}{1-\alpha} = \beta \text{ not. } ; \text{ neglijăm } I_{CO}$$

$$\Rightarrow I_C = \beta I_B , \beta = (100 \div 500)$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \gg 1 \text{ factor de amplificare în curent continuu} \\ \text{în conexiunea EC}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \Rightarrow \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

Tranzistor
bipolar-
regimuri de
functionare

c) regimuri de funcționare

1) Regimul activ = regimul normal de funcționare

- ↳ jumătatea emitorului (BE) polarizată direct
- ↳ jumătatea colectorului (BC) polarizată invers

- dacă tranzistorul e comandat în bază (mormânt în conexiune cu emitor comun), atunci poate funcționa ca amplificator cu amplificare mare β $I_C = \beta I_B$
- dacă tranzistorul prezintă conexiune cu bază comună, el poate lucra ca circuit de amplificare (repetor)
 $I_C = I_{CO} + \alpha I_E \approx I_E$

2) Regimul blocat - ambele jumătăți polarizate invers

- indiferent de modificarea semnalului de la intrare, ieșirea nu se schimbă

◦ în B comună: $I_E = 0$; $I_C = I_{CO}$

◦ în E comun: $I_B = 0$; $I_C = ?$

3) Regim saturat: - ambele jumătăți polarizate direct

- determină apariția unor fenomene de limitare a mărimilor electrice, ceea ce duce la limitarea căderii de tensiune pe jumătate

$I_C = ct = I_{CS}$ → val. maximă ce poate trece prin tranzistor într-o configurație dată

$$V_{CE} = ct = V_{CES} \approx 0.1 \div 0.2$$

$V_{BE} = ct = V_{BES}$ - val. max. ce poate cădea pe această jumătate
 $V_{BES} \approx 0.75$ V

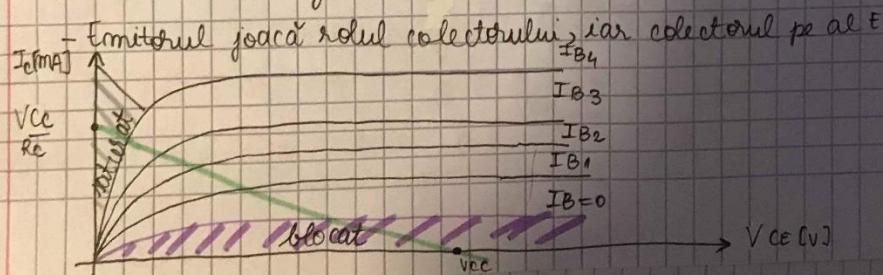
- tranzistorul funcționează ca un dispozitiv de amplificare blocat la o anumită viteză (limitare)

4) Regim invers: j_{BE} - polarizată invers j_{BC} - polarizată direct

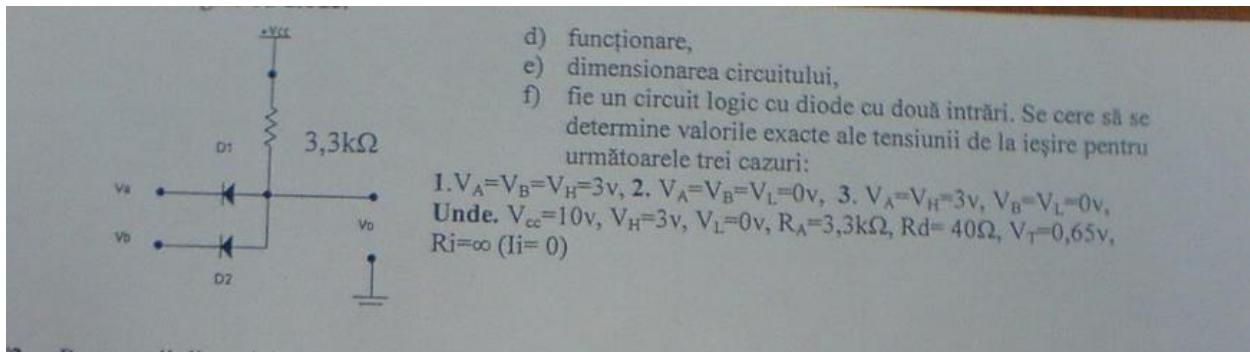
$$I_{EI} = \alpha_i I_C + I_{CO}$$

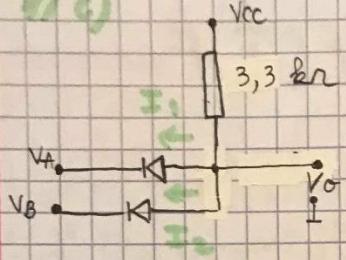
$$\alpha_i = 0.5 \div 0.99$$

(atenuator)



F1





$$\begin{aligned}
 V_{CC} &= 10V \\
 V_H &= 3V \\
 V_L &= 0V \\
 R_A &= 3,3k\Omega = 3300\Omega \text{ (poartă și cu diode)} \\
 R_d &= 40\Omega \\
 V_T &= 0,65V \\
 R_i &= \infty \quad (I_i = 0)
 \end{aligned}$$

1) $V_A = V_B = V_H = 3V (= V_H)$

$\Rightarrow D_1, D_2$ conduc $\Rightarrow I_A: I_{RA} = I_1 + I_2 \quad (\times)$

$$\frac{V_{CC} - V_O}{R_A} = \frac{V_O - V_A - V_T}{R_d} + \frac{V_O - V_T - V_B}{R_d}$$

$$\begin{aligned}
 &\Rightarrow \frac{10 - V_O}{3300} = \frac{V_O - 0,65 - 3}{40} \\
 &\Rightarrow 200 - 20V_O = 3300V_O - 12045 \\
 &12245 = 3340V_O \Rightarrow V_O = 3,65V
 \end{aligned}$$

2) $V_A = V_B = V_L = 0V$

$\Rightarrow D_1, D_2$ conduc $\Rightarrow \otimes \quad \frac{10 - V_O}{3300} = \frac{V_O - 0 - 0,65 \cdot 2}{40}$

$$200 - 20V_O = 3300V_O - 2045$$

$$2345 = 3320V_O = V_O = 0,7V$$

3) $V_A = V_H = 3V, V_B = V_L = 0V$

Conducă dioda alimentată cu tensiunea minimă

\Rightarrow conduce $D_2 \Rightarrow \not I, D_1$ înlocuită

$$\Rightarrow \frac{10 - V_O}{3300} = \frac{V_O - 0 - 0,65}{40}$$

$$200 - 40V_O = 3300V_O - 2145$$

$$2545 = 3340V_O \Rightarrow V_O = 0,76V$$

Timp de intarziere ,
cadere , ridicare,
saturare

Forma ideală a
curentului de bază(f2)

a) timpul de întârziere

→ este timpul necesar ca transistorul să inițieze procesul de deblocare și este definit din momentul în care se dă comanda de întârziere în conductie până în momentul în care curentul de colector începe să crească la val. de 10% din val. finală și care este egală cu curentul de colector de saturatie).

b) timpul de scădere:

→ se definește ca intervalul de timp necesar scăderii curentului de colector de la 0.9 ies la 0.1 ies. Pe durata acestui timp transistorul străbate regiunea activă.

$$t_c \approx \frac{1}{I_{BS}}$$

c) timpul de ridicare

→ se definește ca intervalul de timp necesar cresterii curentului de colector de la val. 0.1 ies la valoarea 0.9 ies. Pe durata timpului de ridicare transistorul străbate regiunea activă, se constată că pe diagrama

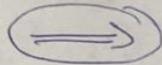
tensiuni colector-emitor și are polaritate inversă
față de diagrama curentului de colector.

a) timpul de saturare

→ rez. timpul necesar eliminării sarcinii de
stocat în bază. Pe durata timpului de
saturare curentul de colector rămâne constant
în joncțiunea emitor-bază polarizată direct

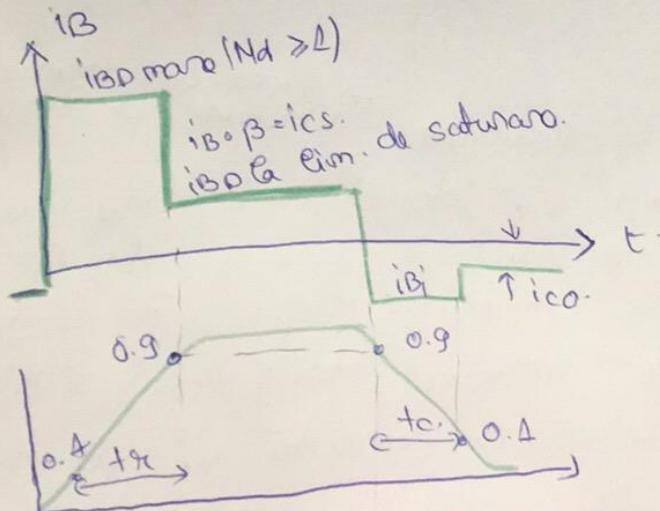


în joncțiunea colector-bază polarizată direct



regiunea de
saturatie.

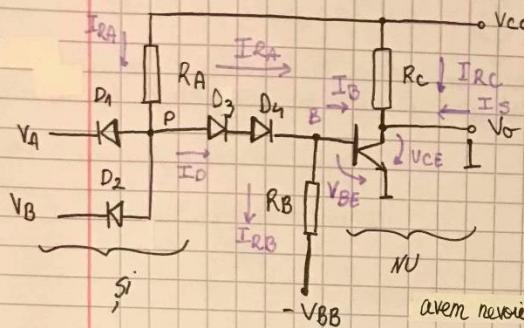
e) forma ideală a curentului de bază



Circuite logice cu diode si tranzistoare – functionare (g2)

G.2

POARTA SI-NU CU TRANZISTOR SI DIODE
DEPLASARE DE NIVEL PRIN DIODE



$$V_L = 0,2V \quad (V_H > V_L)$$

$$V_H = V_{CC} \text{ (de ex. } 5V)$$

Q) $V_A = V_B = V_L \Rightarrow D_1, D_2 \text{ conduc}$

$$V_P = V_L + V_{D_{12}} = 0,2 + 0,75 = 0,95V$$

→ pentru a deschide cele 3 jumctiuni (pt. a face ca D_3, D_4 si tranz. (BE) sa conduc), avem nevoie ca $V_P = 3 \cdot V_T = 3 \cdot 0,65 = 1,95V$

- cum $V_P < V_{D_3} + V_{D_4} + V_{BE} \Rightarrow$ diodele D_3, D_4 si tranzistorul sunt BLOCATE: $I_C = I_{CO} \approx 0$

$$V_O = V_{CC} - I_{CO} \cdot R_C \approx V_{CC} = V_H$$

4) $V_A = V_L, V_B = V_H \text{ sau } V_A = V_H, V_B = V_L$

\Rightarrow conduce dioda cu V_L $\Rightarrow V_P = V_L + V_D = 0,2 + 0,75 = 0,95V < 1,95V$ (minimum necessary)
dioda cu V_H blocata

$$\Rightarrow D_3, D_4, T \text{ blocate} \Rightarrow V_O = V_{CC} = V_H$$

5) $V_A = V_B = V_H$

$$\Rightarrow V_P = V_H + V_D \Rightarrow V_P \text{ limitat spre } V_{CC}$$

DAR $V_P = V_{D_3} + V_{D_4} + V_{BE_3} = 0,75 + 0,75 + 0,75 = 2,25V$ este limitat la aceasta valoare atunci cand D_3, D_4 si tranz. (BE) se deschid la maximum

$V_{BE} = 0,75V \rightarrow$ tranzistor SATURAT \Rightarrow currentul de colector si V_{BE} se limiteaza

$\Rightarrow I_C$ este maxim si limitat

$$\Downarrow V_O = V_{CE} = V_{CES} \cong 9,1V - 0,2V = V_L$$

este minim si limitat

D_1 si D_2 sunt blocate

	A	B	V _A	V _B	V _P	V _{BE}	F	V _O
0	0		V _L	V _L	0,95	0	1	V _H
0	1		V _L	V _H	0,95	0	1	V _H
1	0		V _H	V _L	0,95	0	1	V _H
1	1		V _H	V _H	2,25	0,75	0	V _L

Circuite logice cu diode si tranzistoare – dimensionare

b) DIMENSIUNIARE

1. DIMENSIUNIAREA REZISTENȚEI R_C

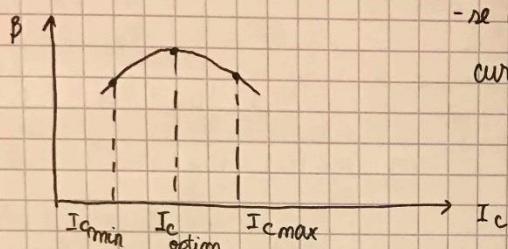
R_C trebuie să asigure I_c și sau I_s (iesire, sarcină)

I_c atunci când tranzistorul e saturat
(este practic curentul de colector la saturatie, I_{cS})

$$I_c = I_{RC} + I_s$$

- se alege curentul I_c unde β este maxim.

curent mic \Rightarrow putere mică



I_c se distribuie

Fie $I_Q = I_S$, minim la saturatie

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CES}}{I_{RC}} \approx \frac{V_{CC}}{I_{RC}}$$

2. DIMENSIUNIAREA REZISTENȚEI R_B

din condiția de blocare a tranzistorului $\Rightarrow V_{BE,BE} \leq 0$

$$I_{RB} = I_D - I_B \quad (\text{daca } I \text{ in baza tr.}) \quad \left\{ \begin{array}{l} I_B = -I_{D0} \\ I_D, I_B, \text{ si } I_E \text{ sunt blocate} \end{array} \right.$$

$$I_{RB} = \frac{V_{BE} - (-V_{BB})}{R_B}$$

$$\downarrow \quad I_D \neq 0$$

$$\Rightarrow \frac{V_{BE} + V_{BB}}{R_B} = -I_B$$

$$I_B = -I_{C0} \quad (\text{dim cond de blocare})$$

$$\Rightarrow \frac{V_{BE} + V_{BB}}{R_B} = I_{C0}$$

$$\frac{V_{BE}}{R_B} = I_{C0} - \frac{V_{BB}}{R_B} \leq 0 \quad \checkmark \Rightarrow I_{C0} \leq \frac{V_{BB}}{R_B} \Rightarrow R_B \leq \frac{V_{BB}}{I_{C0}}$$

$\Rightarrow R_B \leq \frac{V_{BB}}{I_{C0}}$; tranzistorul se blochează

$$R_B \leq \frac{V_{BB}}{I_{C0}}$$

3. DIMENSIUNEA RESISTENȚEI RA

- dim condiția de saturare a tranzistorului

$$\begin{cases} D_3, D_4 \text{ conduce} \\ D_1, D_2 \text{ blochează} \end{cases}$$

$$K I \text{ în } O : I_{RA} = I_{RB} + I_B \Rightarrow I_B = I_{RA} - I_{RB}$$

$$I_{RA} = \frac{V_{CC} - V_P}{R_A}$$

$$\begin{aligned} V_P &= V_{D3} + V_{D4} + V_{BE} = 3 \cdot 0,75 \\ &\Rightarrow V_{PH} = 2,25V \text{ (maxim, limitată)} \end{aligned}$$

pt. ca tranz. să fie saturat $V_A = V_B = VH$

$$I_{RB} = \frac{V_{BES} - (-V_{BB})}{R_B}$$

Se aplică condiția de saturare a tranz.: $I_B \cdot \beta \geq I_C \Rightarrow I_B \geq \frac{I_C}{\beta}$

$$I_B = I_{RA} - I_{RB} = \frac{V_{CC} - V_{PH}}{R_A} - \frac{V_{BES} + V_{BB}}{R_B} \geq \frac{I_C}{\beta}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{CC} - V_{PH}}{R_A} \geq \frac{I_C}{\beta} + \frac{V_{BES} + V_{BB}}{R_B}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_A} \geq \frac{\frac{I_C}{\beta} + \frac{V_{BES} + V_{BB}}{R_B}}{V_{CC} - V_{PH}}$$

$$R_A \leq \frac{V_{CC} - V_{PH}}{\frac{I_C}{\beta} + \frac{V_{BES} + V_{BB}}{R_B}}$$