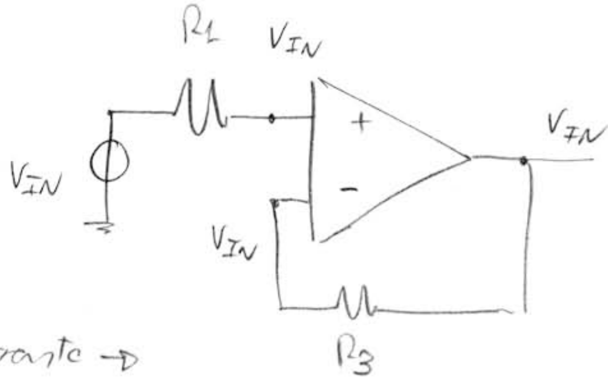
ESERCIZIO 1

A A BASSA FREQ



$V^+ = V_{IN}$

$V^- = V^+ = V_{IN}$

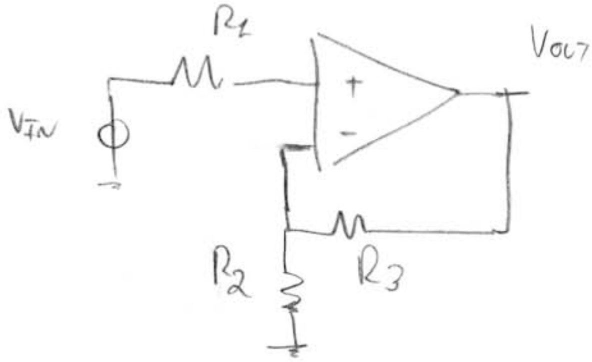
in R_3 non può scorrere corrente $\rightarrow$

$V_{R_3} = 0 \rightarrow V_{OUT} = V^- = V_{IN} \rightarrow \boxed{G(0)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \boxed{1}$

AD ALTA FREQ

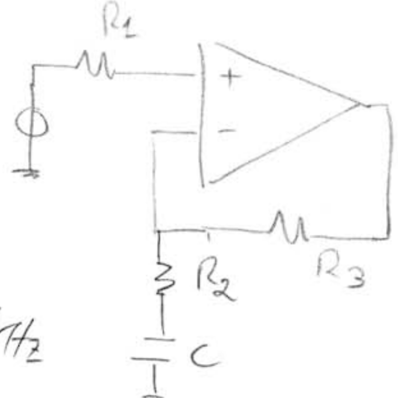
$\boxed{G(\infty)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) =$

$= \left(1 + \frac{40k\Omega}{5k\Omega}\right) = \boxed{9}$



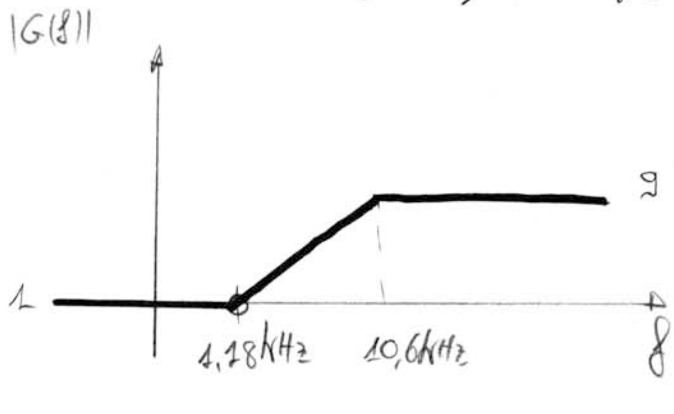
B $G(s) = 1 + \frac{R_3}{R_2 + \frac{1}{sC}} =$

$= \frac{1 + sC(R_2 + R_3)}{1 + sCR_2}$



polo: $\tau_p = CR_2 = 15\mu s \rightarrow f_p = 10{,}6\,kHz$

zero: $\tau_z = C(R_2 + R_3) = 135\mu s \rightarrow f_z = 1{,}18\,kHz$



$G(0) = 1$

$G(\infty) = \frac{R_2 + R_3}{R_2} = 9$

COINCIDONO EFFETTIVAMENTE CON QUANTO CALCOLATO AL PUNTO A

(C) $\underline{f = 100\,kHz}$ Dal diagramma di Bode di G noto che $G(100kHz) = 9$

& $V_{IN} = A_{IN} \sin(2\pi \times 100kHz \times t)$

allora $V_{OUT} = A_{OUT} \cdot \sin(2\pi \times 100kHz \times t)$

con $A_{OUT} = A_{IN} \times G(100kHz)$

Per non saturare deve essere $A_{OUT} \le 10V$, quindi:

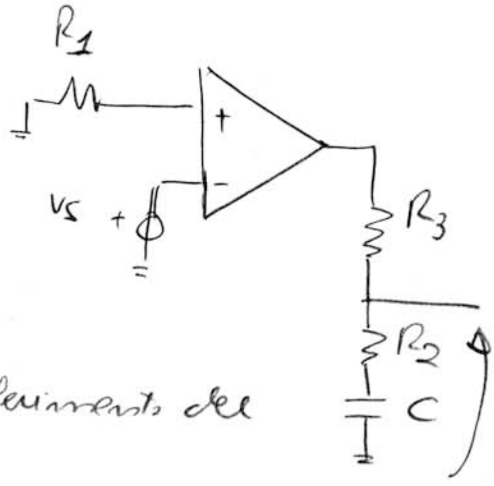
$$\boxed{|A_{IN}|_{MAX}} = \frac{A_{OUT}|_{max}}{G(100kHz)} = \frac{10V}{9} = \boxed{1{,}11V}$$

$\underline{f = 5kHz}$ Tratto a $+20dB/dec$ → rapporto guadagno-banda costante →

$$G(5kHz) = \frac{5kHz}{10{,}6kHz}\, G(10{,}6kHz) = 4{,}25$$

Quindi $$\boxed{|A_{IN}|_{MAX}} = \frac{10V}{4{,}25} = \boxed{2{,}35V}$$

(D) $$G_{loop}(s) = -A(s)\,\frac{R_2 + \frac{1}{sC}}{R_2 + \frac{1}{sC} + R_3} = \ldots\ldots$$



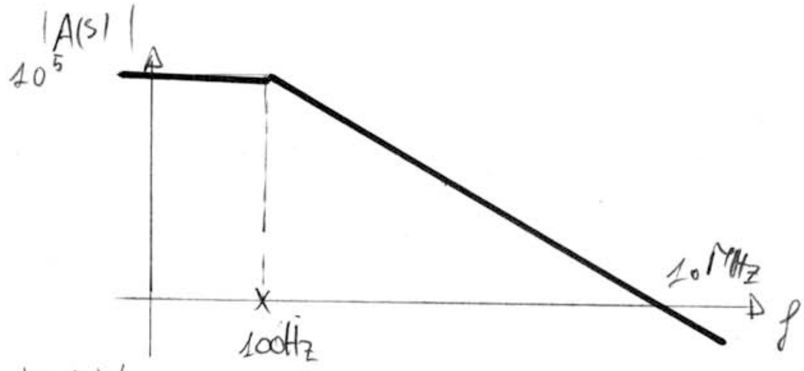
<u>OPPURE, IN MODO SINTETICO:</u>

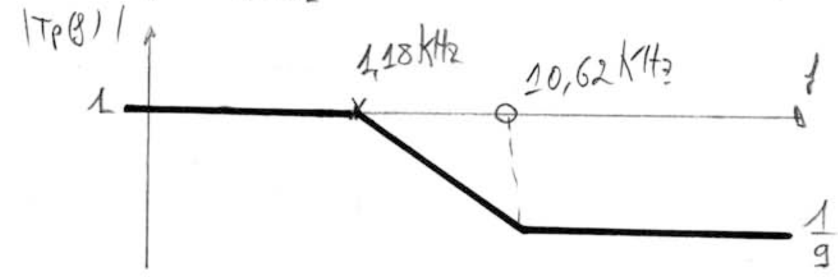
$G_{loop}(s) = -A(s)\,T_p(s)$ con T_p trasferimento del partitore

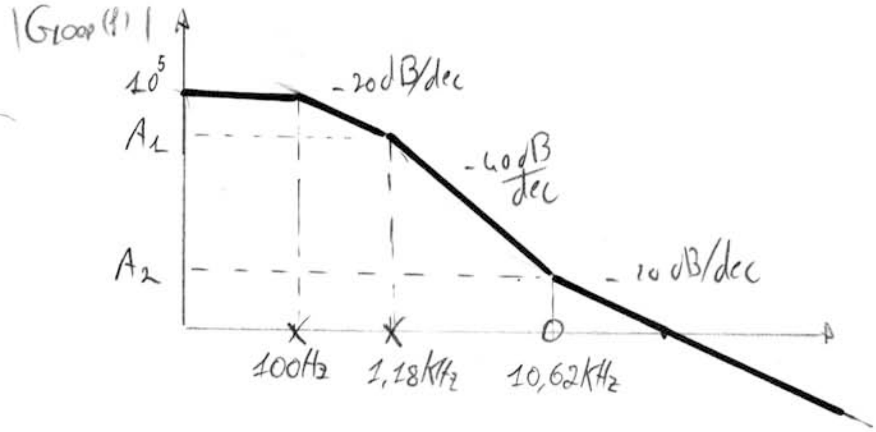
$f=0$ C aperto → $T_p(0) = 1$

$f=\infty$ C corto → $T_p(\infty) = \frac{R_2}{R_2+R_3} = \frac{1}{9}$

$\tau_p = C(R_2 + R_3) = 3nF(45k\Omega) = 135\mu s$ → $f_p = 1{,}18\,kHz$







$$A_1 = 10^5 \frac{100\,\text{Hz}}{1{,}18\,\text{kHz}} = 8{,}47 \times 10^3$$

$$A_2 = 8{,}47 \times 10^3 \times \left(\frac{1{,}18\,\text{kHz}}{10{,}62\,\text{kHz}}\right)^2 = 104{,}6$$

Il circuito è ben reazionato dove $|G_{loop}| \gg 1$, per esempio > 10

La freq a cui $G_{loop} = 10$ è:

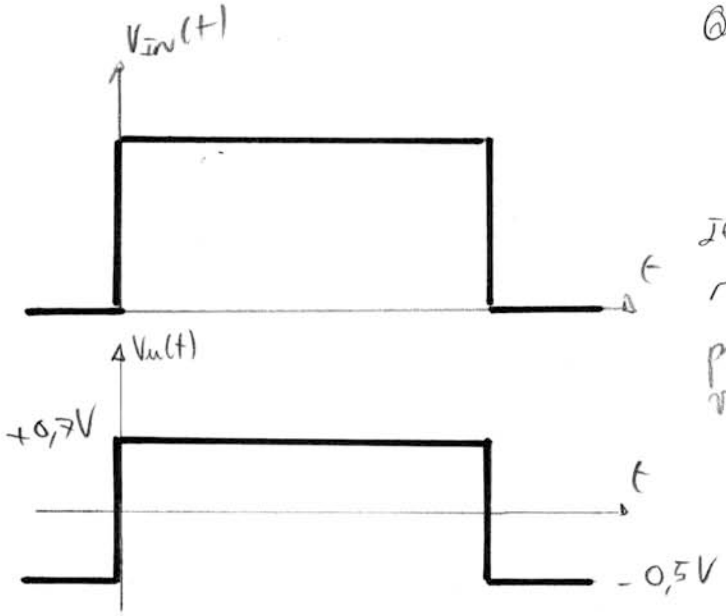
$$\bar{f} = f_z \times \frac{A_2}{10} = 10{,}62\,\text{kHz} \times \frac{104{,}6}{10} = 111\,\text{kHz}$$

Quindi il circuito è ben reazionato per

$$f \in [0\,;\,111\,\text{kHz}]$$

ESERCIZIO 2

(A)



Quando il diodo è OFF:

$$V_u = (-1V) + (V_{IN} + 1V)\,\frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

Il diodo si accende quando V_u raggiunge gli 0,7V → dall'espressione precedente si può calcolare per quale valore di V_{IN} si accende il diodo:

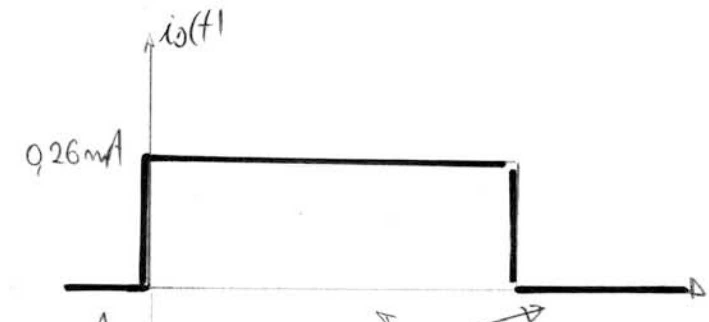
$$0,7V = -1V + (V_{IN} + 1V)\,\frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$V_{IN} = 2,4V$$

Quindi:

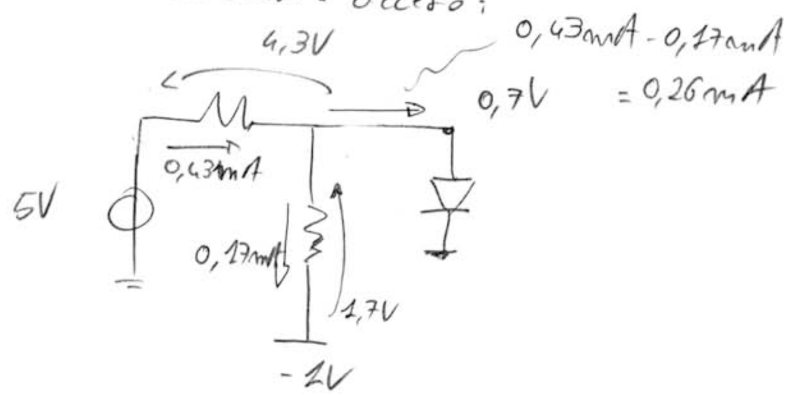
- per $V_{IN} = 0V$, il diodo è spento e $V_{OUT} = -0,5V$
- per $V_{IN} = 5V$, il diodo è acceso e $V_{OUT} = 0,7V$

(B)



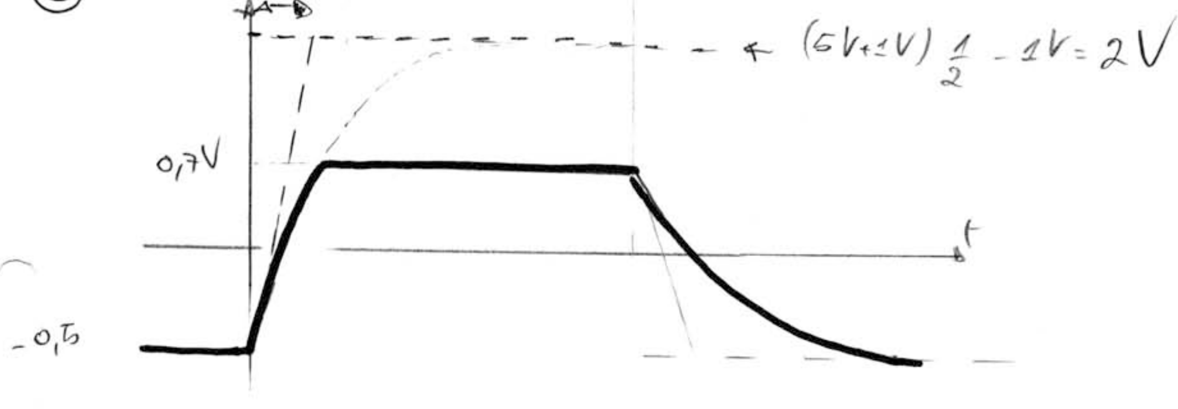
Il diodo è spento, quindi la corrente nel diodo è nulla

Il diodo è acceso:



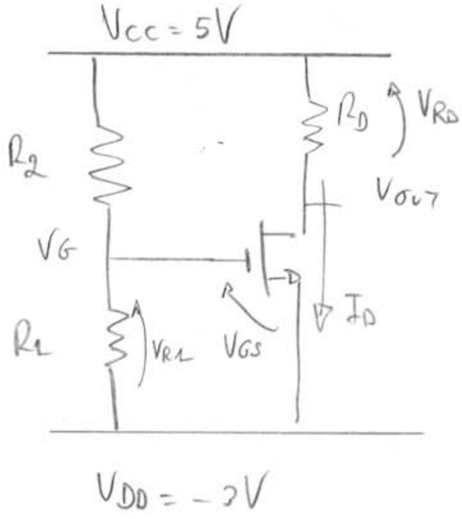
(C)

$\tau = C\, R_1 // R_2 = 2,5\,\mu s$



ESERCIZIO 3

(A)



$$V_{R1} = (V_{CC} - V_{DD}) \frac{R_1}{R_1 + R_2} = (5V + 3V) \frac{10k}{10k + 30k} = 2V$$

$$V_G = V_{DD} + V_{R1} = -3V + 2V = -1V$$

$$V_{GS} = V_{R1} = 2V$$

$$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2 = 1 \frac{mA}{V^2} (2V - 1V)^2 = 1 mA$$

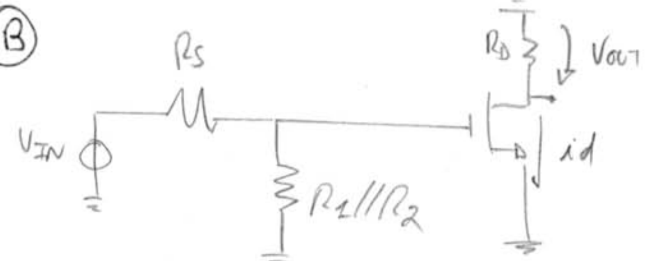
$$V_{RD} = I_D \times R_D = 1mA \times 5k\Omega = 5V$$

$$V_{OUT} = V_{CC} - V_{RD} = 5V - 5V = 0V$$

VERIFICA SATURAZIONE:

$$V_{DS} \overset{?}{>} V_{GS} - V_T \Rightarrow 3V > 2V - 1V \Rightarrow \text{ok!}$$

(B)



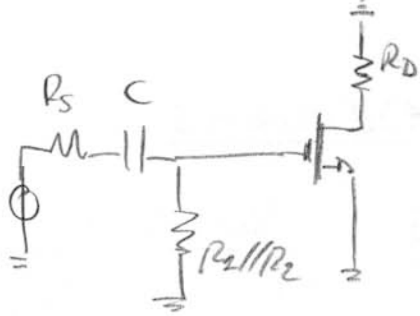
$$g_m = \frac{2 I_D}{(V_{GS} - V_T)} = \frac{2mA}{1V}$$

$$\begin{cases} v_{gs} = v_{IN} \dfrac{R_1 // R_2}{R_1 // R_2 + R_S} \\ i_d = g_m v_{gs} \\ v_{OUT} = - R_D i_d \end{cases} \Rightarrow v_{OUT} = - g_m R_D \frac{R_1 // R_2}{R_1 // R_2 + R_S} v_{IN}$$

$$\Downarrow$$

$$G = \boxed{- g_m R_D \frac{R_1 // R_2}{R_1 // R_2 + R_S}} = -10 \times \frac{3}{4} = \boxed{-7.5}$$

(C)



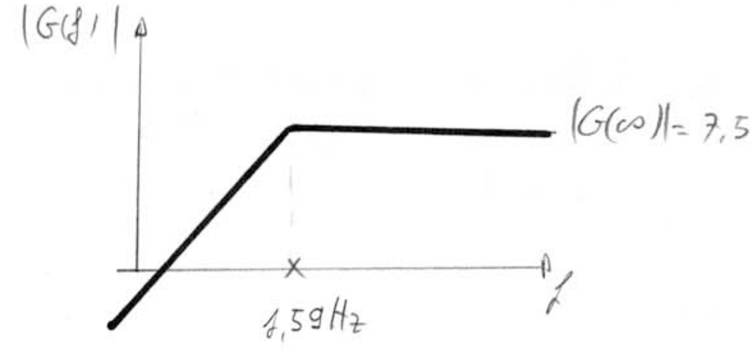
$f = 0 \rightarrow$ C circuito aperto $\Rightarrow$

$$G(0) = 0$$

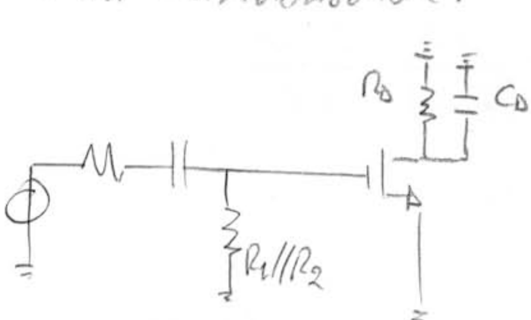
$f = \infty \rightarrow$ C corto circuito $\Rightarrow$ (VEDI PUNTO (B))

$$G(\infty) = -7{,}5$$

$$\tau_p = C(R_S + R_1//R_2) = \dots = 100\,ms \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\tau_p} = 1{,}59\,Hz$$



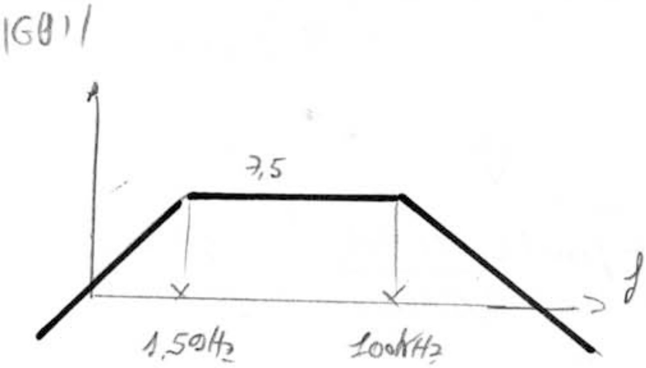
(D) Ad alte freq il guadagno è $-\frac{R_1//R_2}{R_1//R_2 + R_S} g_m R_D$. Per abbassare il guadagno alle alte freq è quindi sufficiente mettere in // a R_D un componente che alle alte freq ha una bassa impedenza → → un condensatore:



$$\tau_{p_2} = R_D C_D \rightarrow f_p = \frac{1}{2\pi R_D C_D}$$

Volendo posizionare il polo a 100kHz, si ha:

$$|C_D| = \frac{1}{2\pi R_D f_p} = \frac{1}{2\pi \times 5k\Omega \times 100kHz} = \boxed{318{,}3\,pF}$$

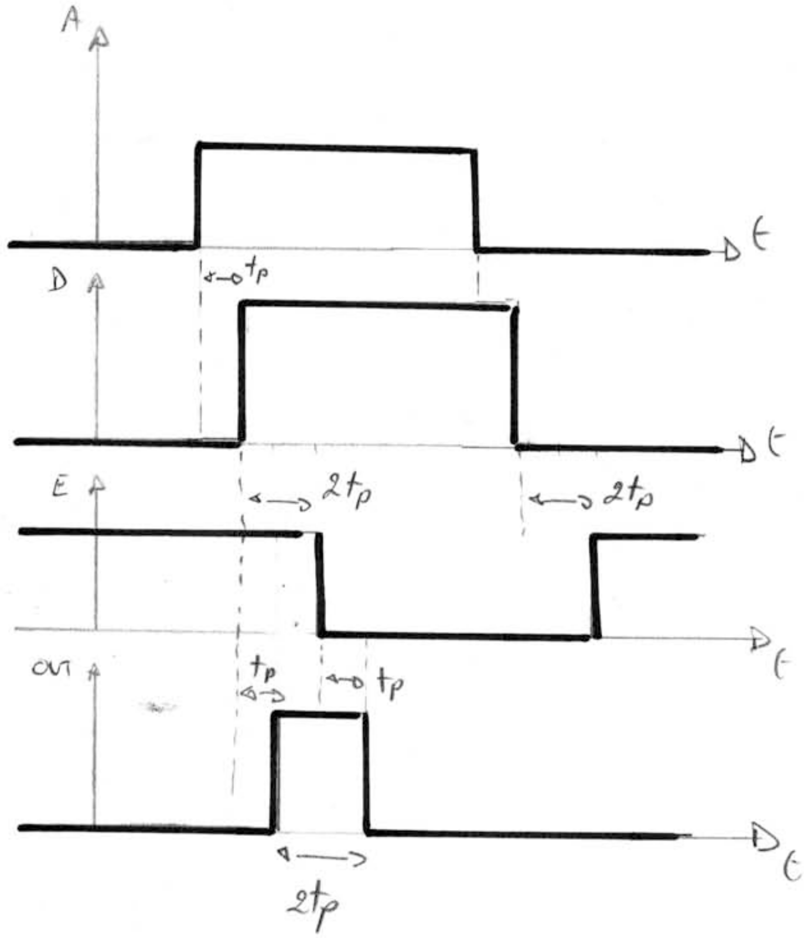


ESERCIZIO 4

(A)

AB \ C	0	1
00	0	0
01	0	0
11	1	0
10	0	0

(B)



(C)

$$P_1 = (V_{CC})^2 \cdot f \cdot C_{OUT} = (V_{CC})^2 \cdot f \times 2\,C_{IN} = (5V)^2 \times 1MHz \times 2 \times 1pF =$$
$$= 50\,\mu W$$

NB: Dall'uscita della porta 1 si vede la capacità sui piedini di ingresso della porta 1 e della porta 4

$$P_4 = (V_{CC})^2 \cdot f \cdot C_L = (5V)^2 \times 1MHz \times 50pF = 1{,}25\,mW$$

NB: Sull'uscita della porta 4 si vede la capacità C_L