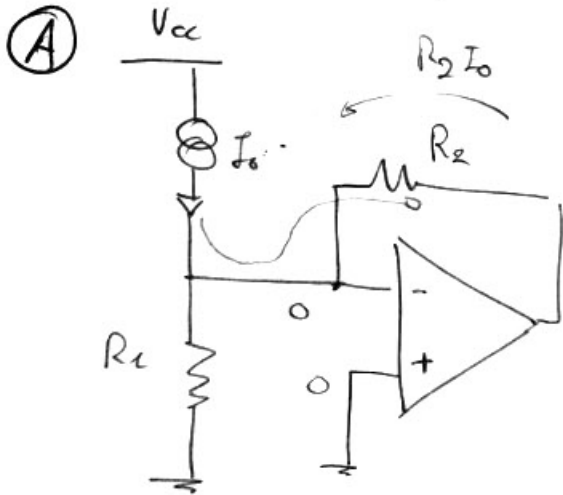


21



Il morsetto negativo per operazioni si trova a 0V → in R1 non passa corrente → I0 fluisce tutto in R2:

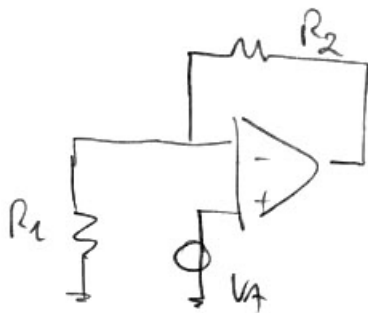
$$\begin{aligned} |V_{out}| &= -R_2 I_0 = \\ &= -(5k\Omega + 0,1k\Omega T) 1mA \\ &= \boxed{-5V - 0,1 \frac{V}{^\circ C} T} \end{aligned}$$

(B) PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI:

* SPENGO V_A :

$$|V_{out}'| = -5V - 0,1 \frac{V}{^\circ C} T \quad \begin{matrix} T=0^\circ C \\ \swarrow \\ \boxed{-5V} \end{matrix}$$

* SPENGO I_0 :



$$\begin{aligned} V_{out}'' &= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_A = \left(1 + \frac{5k\Omega}{1k\Omega}\right) V_A \\ &= 6V_A \end{aligned}$$

R_2 a $T=0^\circ C$

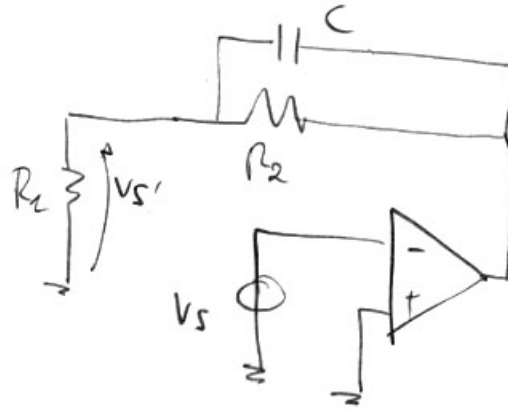
IMPONENDO

$$V_{out} = V_{out}' + V_{out}'' = 0 \Leftrightarrow$$

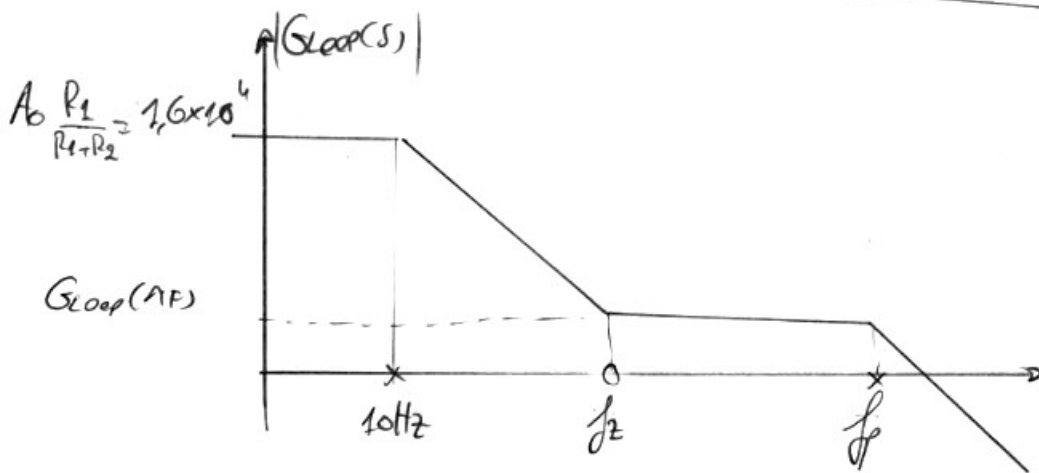
$$\boxed{V_A} = \frac{5V}{6} = \boxed{833mV}$$

(c)

$$\begin{aligned} \overline{G_{loop}(s)} &= \frac{V_{s'}}{V_s} = \\ &= -A(s) \frac{R_1}{R_1 + (R_2 // \frac{1}{sC})} \end{aligned}$$



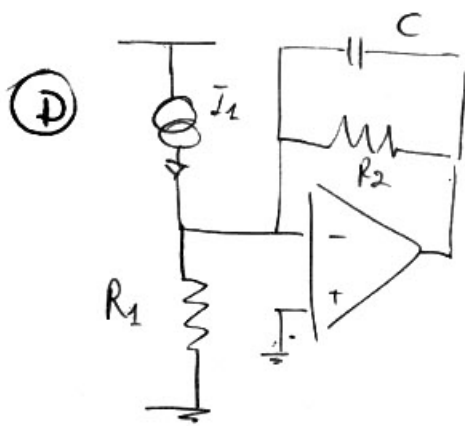
$$= \dots = \boxed{-A(s) \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \frac{1 + sC R_2}{1 + sC R_1 // R_2}}$$



$$\tau_2 = C R_2 = 10 \text{ mF} \times 5 \text{ k}\Omega = 50 \mu\text{s} \rightarrow \left[f_2 \right] = \frac{1}{2\pi \tau_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \mu\text{s}} = \boxed{3,18 \text{ kHz}}$$

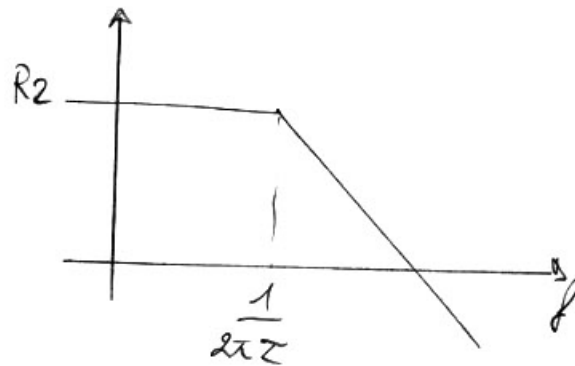
$$\tau_p = (R_1 // R_2) C = 10 \text{ mF} \times (5 \text{ k}\Omega // 1 \text{ k}\Omega) = 8,3 \mu\text{s} \rightarrow \left[f_p \right] = \frac{1}{2\pi \tau_p} = \boxed{19,18 \text{ kHz}}$$

$$\overline{G_{loop}(AF)} = \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2} \frac{f_0}{f_2} = 10^5 \times \frac{1 \text{ k}\Omega}{6 \text{ k}\Omega} \times \frac{10 \text{ Hz}}{3,18 \text{ kHz}} = \boxed{52,4} \rightarrow 34,4 \text{ dB}$$



$$V_{out}(s) = -I_1(s) \left(R_2 \parallel \frac{1}{sC} \right) =$$

$$= -I_1(s) \frac{R_2}{1 + sCR_2}$$



Del punto A: l'uscita si sposta di $100 \frac{mV}{^{\circ}C}$. Volendo tollerare un'errore di $\pm 1/2^{\circ}C$, si può ammettere sull'uscita un disturbo di $\pm 50 mV \rightarrow$ essendo l'ingresso sinusoidale l'uscita sarà sinusoidale \rightarrow tolgo sull'uscita una sinusoida ampiezza $50 mV$

$$V_{out} = A \cdot Z_2(f) \rightarrow \boxed{Z_2(100 Hz)} = \frac{V_{out}}{A} =$$

$$= \frac{50 mV}{100 \mu A} = \boxed{500 \Omega}$$

A bassa frequenza l'impedenza vale $R_2 = 5 k\Omega \rightarrow$ perché si riduca di un fattore 10, occorre spostarsi una decade dopo il polo \rightarrow il polo deve trovarsi a $10 Hz$,

$$f_p = \frac{1}{2\pi RC} = 10 Hz \rightarrow C = 15,9 ms$$

$$\downarrow$$

$$\boxed{C} = \frac{15,9 ms}{R_2} = \boxed{3,18 \mu F}$$

ES 2

Ⓐ D on solo se $V_{ZM} > (-3,0,7)V = -2,3V$

↙ D off: → In R_1 e R_2 non passa corrente → $V_{out} = -3V$

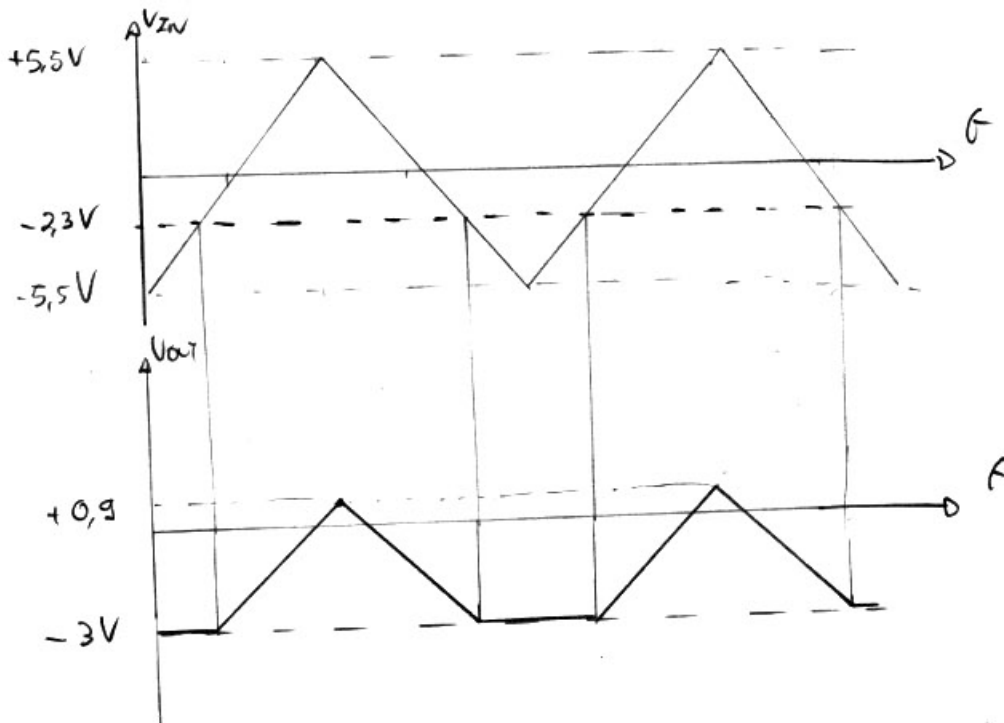
↘ D on → V_{out} DATO ha portatore di tensione:

$$V_{out} = V_{cc} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{ZM} - V_{cc} - 0,7V)$$

↓

$$V_{out, \text{picco}} = -3V + \frac{1}{2} (5,5V + 3V - 0,7V) = +0,9V$$

Quindi:



Ⓑ ⊛ Quando V_{ZM} passa da $-5,5V$ a $+5,5V$:

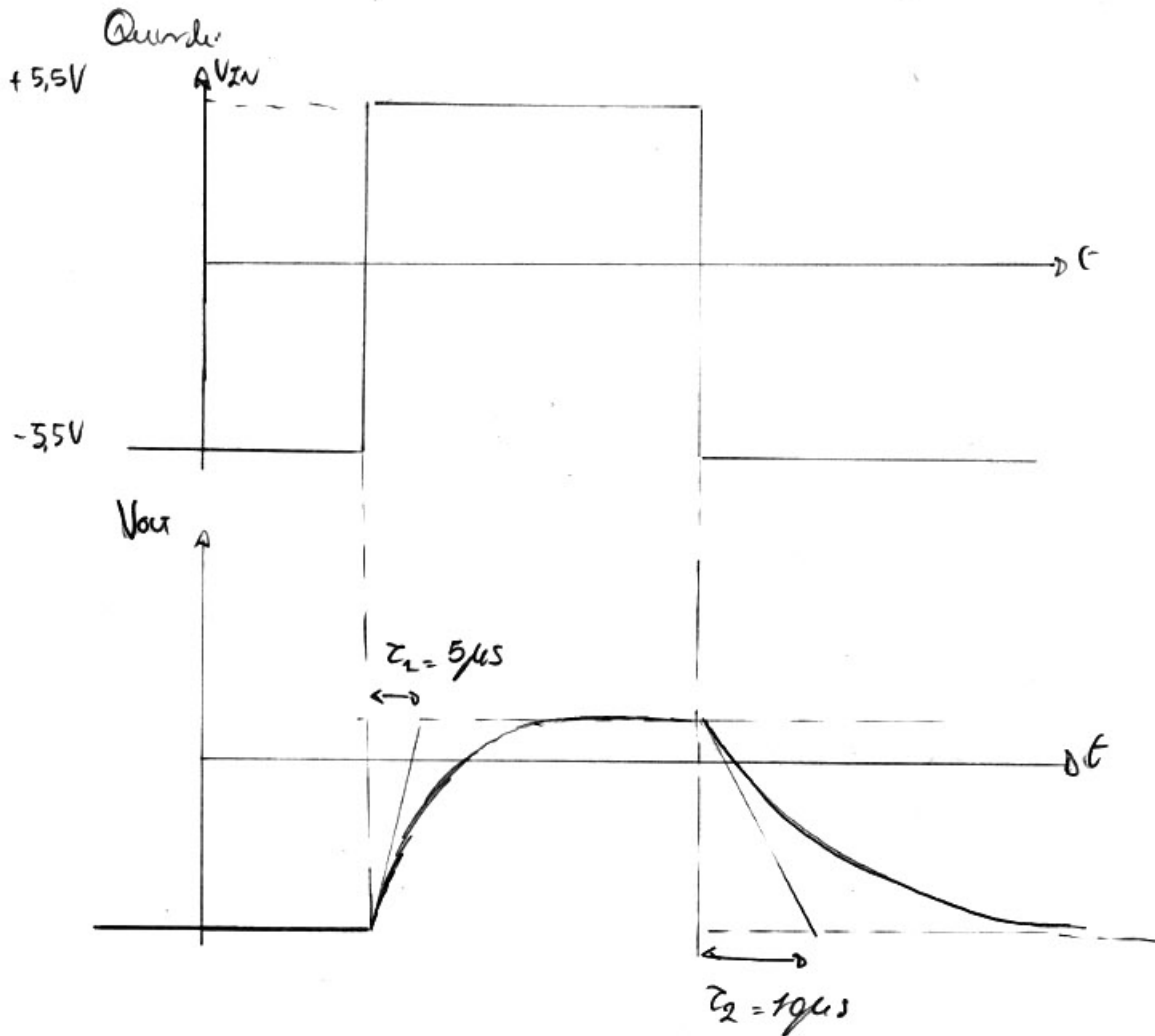
- D si accende
- V_{out} si porta esponenzialmente a $+0,9V$ (vedo punto precedente)
- $\tau_1 = C \cdot (R_1 // R_2) = 1\mu F \times 5k\Omega = 5\mu s$

⊗ QUANDO V_{IN} PASSA DA $+5,5V$ A $-5,5V$

- D SI SPEGNE

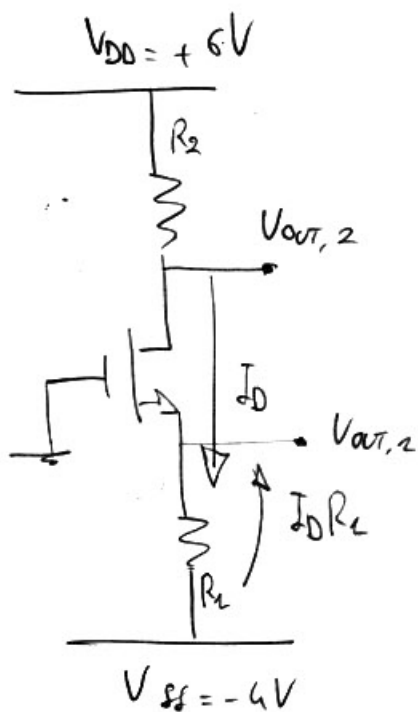
- C SI CARICA CAPACITAMENTE SU R_2 , FINO AD ARRIVARE A $-3V$

- LA COSTANTE DI TEMPO È $\tau_2 = R_2 \cdot C = 10 \mu s$



ES 3

(A)



IPOTIZZANDO IL MOS IN SATURAZ:

$$\begin{cases} I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \\ V_{GS} = 0V - (V_{SS} + I_D R_1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \\ I_D = - \frac{V_{SS} + V_{GS}}{R_1} \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$-(V_{GS} + V_{SS}) = R_1 K (V_{GS} - V_T)^2$$

Risolvendo l'equazione di 2° grado si ottiene:

$$\boxed{V_{GS}} = \begin{cases} \boxed{3V} \\ -5V \end{cases}$$

DA SCARTARE \times IL MOS
NON SAREBBE ACCESO \rightarrow
NON SAREBBERO VALIDE LE
RELAZIONI DI CUI SOPRA

Quindi:

$$\boxed{I_D} = K(V_{GS} - V_T)^2 = 0,25 \frac{mA}{V^2} (3V - 1V)^2 = \boxed{1mA}$$

$$\boxed{V_{OUT,2}} = V_D = V_{DD} - I_D R_2 = 6V - 1mA \times 2,5k\Omega = \boxed{3,5V}$$

$$\boxed{V_{OUT,1}} = V_S = 0V - V_{GS} = \boxed{-3V}$$

N.B. ESSENDO $V_D > V_G$ IL MOS È CONTINUAMENTE IN SATURAZIONE

$$g_m = \frac{2 I_D}{V_{ov}} = 2 \times \frac{1 \text{ mA}}{3V - 1V} = 1 \frac{\text{mA}}{V}$$

$$\frac{1}{g_m} = 1 \text{ k}\Omega$$

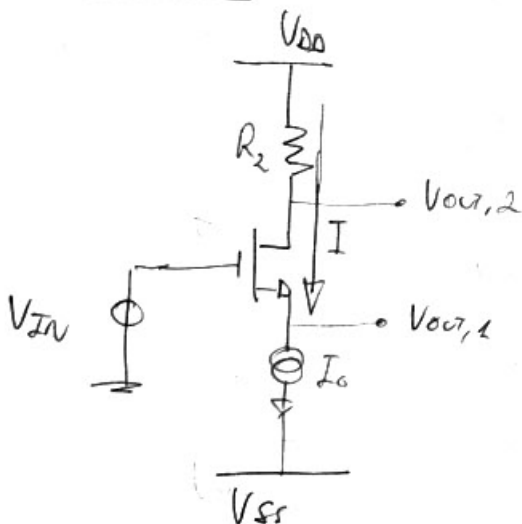
Ⓑ SI TRATTA di UNO STADIO DEGENERATO a SOURCE, QUINDI

$$\begin{aligned} |G_2| &= \frac{V_{out,2}}{V_{in}} = \frac{-g_m R_2}{1 + g_m R_2} = - \frac{\frac{1 \text{ mA}}{V} \times 25 \text{ k}\Omega}{1 + \frac{1 \text{ mA}}{V} \times 1 \text{ k}\Omega} \\ &= \boxed{-1,25} \end{aligned}$$

Ⓒ SI TRATTA di UN SOURCE FOLLOWER, QUINDI

$$\begin{aligned} |G_1| &= \frac{V_{out,1}}{V_{in}} = \frac{g_m R_2}{1 + g_m R_2} = \frac{R_2}{R_2 + \frac{1}{g_m}} = \frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega} \\ &= \boxed{1/2} \end{aligned}$$

Ⓓ METODO 1



LA CORRENTE I È FISSATA DAL GENERATORE di CORRENTE e QUINDI PARI A I_0



① $V_{out,2} = V_{DD} - R_2 I_0$ È FISSATA, INDIPENDENTEMENTE DA $V_{in} \rightarrow$

$$\boxed{G_2 = 0}$$

② Poiché $I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$, & è fissata I_D , lo è anche

$V_{GS} \rightarrow$ OGNI VARIAZIONE DELLA TENSIONE AL GATE

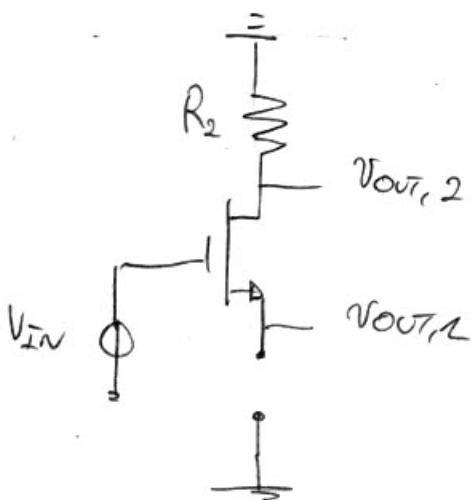
SI RIPORTA ESATTAMENTE AL SOURCE $\rightarrow V_{OUT,1} = V_S = V_{IN}$

$$\rightarrow \boxed{G_1} = \frac{V_{OUT,1}}{V_{IN}} = \boxed{1}$$

METODO 2

LA SORGENTE DI CORRENTE PRESENTA UN'IMPEDENZA

INFINITA \rightarrow SU SEGNALE, LO STADIO SI RIDUCE A:



È QUINDI EQUIVALENTE A QUELLO
DEI PUNTI PRECEDENTI, CON $R_2 \rightarrow \infty$.
QUINDI:

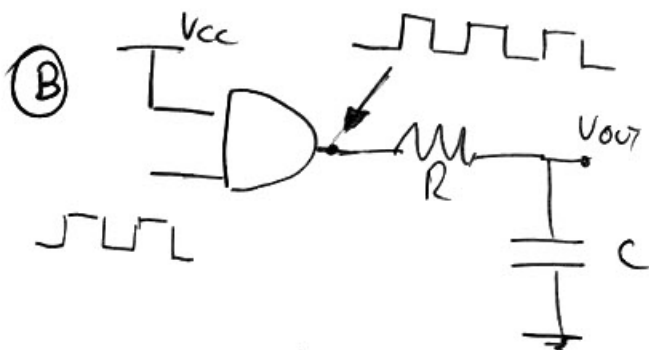
$$\boxed{G_2 = 0}$$

$$\boxed{G_1 = 1}$$

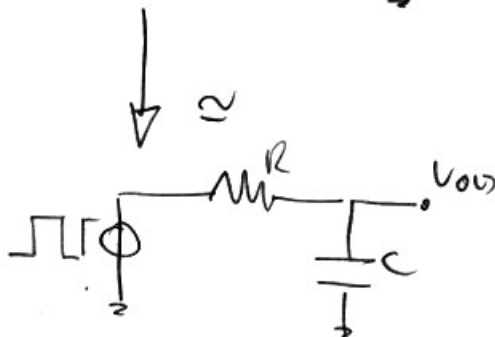
ES 4

Ⓐ A REGIME C è un APERTO → JA R non
 PUA COMPLETO → VOUT coincide con l'uscita
 dello PORTA AND, quindi

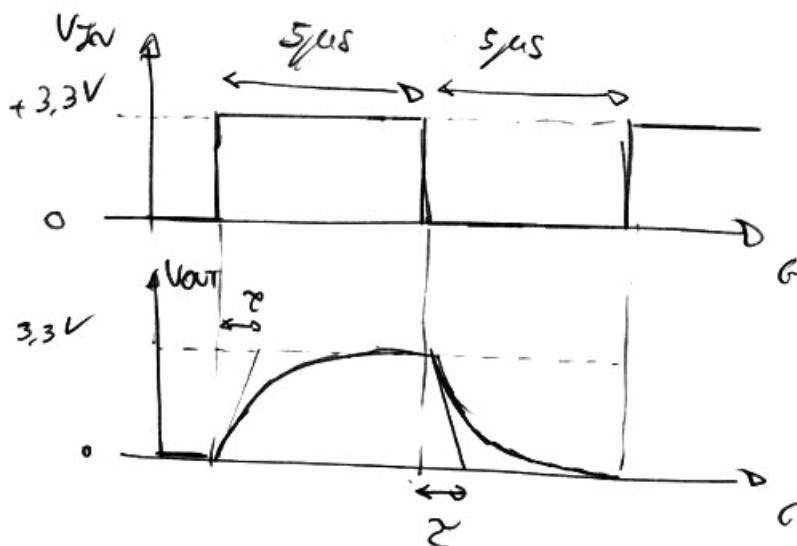
A \ B	0	1
0	0	0
1	0	1



Se l'uscita dello porta
 logica a ritorna il segnale
 applicato in ingresso.



Quindi,



$$\tau = C \times R = 10\text{nf} \times 330\Omega = 330\text{ns}$$



$\tau \ll 5\mu\text{s} \rightarrow$ L'ESPONERIAZIONE
 RIESCE AD ARRIVARE A
 REGIME

②

