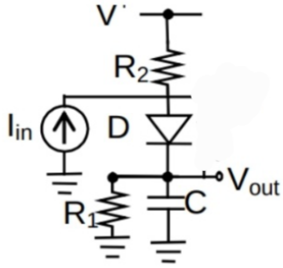
Esercizio 1

Si consideri il circuito mostrato in Fig. 1. Il generatore di corrente I_{in} genera un singolo impulso di corrente di ampiezza A pari a $2\ mA$ e durata ΔT pari a $10\ \mu s$. Si assuma per il diodo D una tensione di accensione pari a $0.7\ V$.

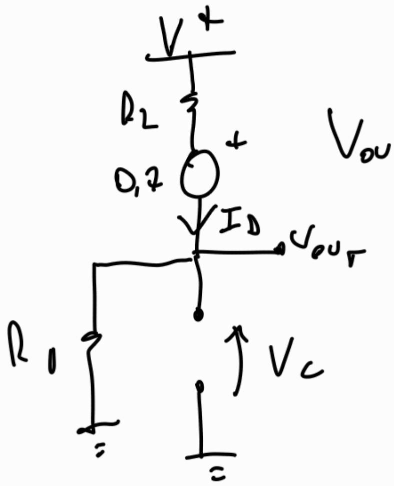
a. Tracciare il diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, della tensione di uscita V_{out}



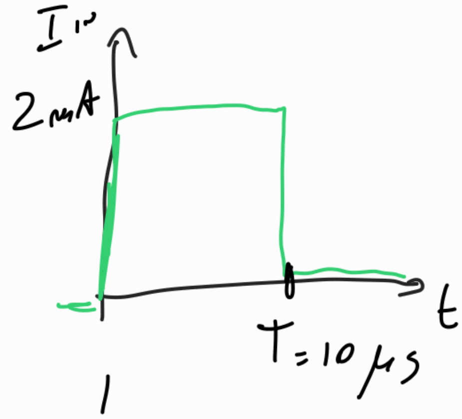
$R_1 = 3\ k\Omega$
$R_2 = 7\ k\Omega$
$C = 100\ pF$
$V^+ = 5\ V$

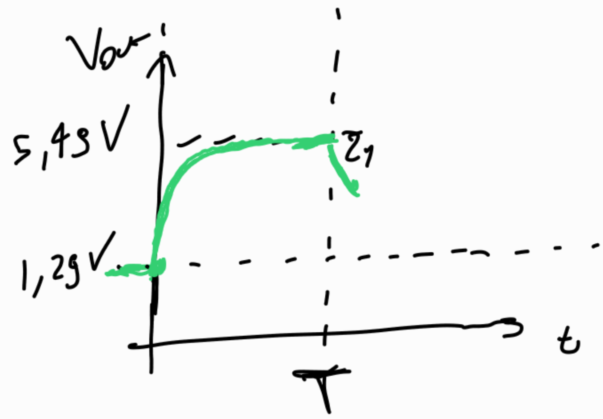
$t<0$ | C è circuito aperto

IPOTESI DIODO ON



$$V_{out} = V^+ \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} - 0{,}7 \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} = 1{,}29\ V$$





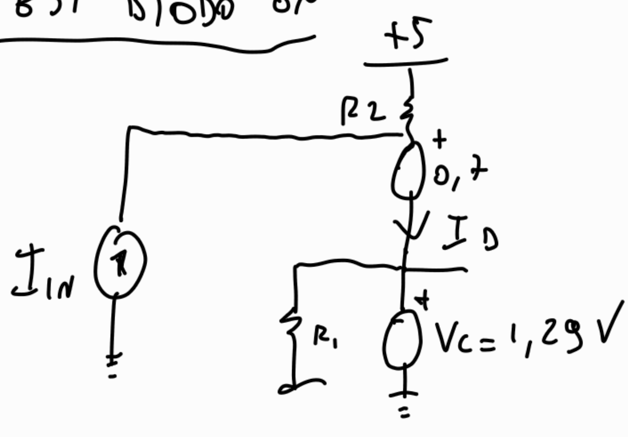
$$V_c(t=0^-) = 1{,}29V$$

$$I_D = \frac{V^+ - 0{,}7}{R_1+R_2} = 430\ \mu A > 0 \quad \text{OK DIODO ON}$$

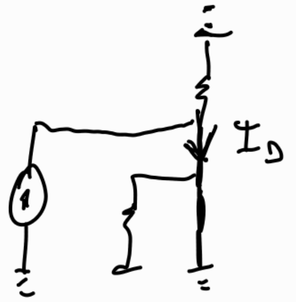
$t=0^+$ | $V_C(t=0^+) = V_C(t=0^-) = 1{,}29\ V = V_{OUT}(t=0^+)$

IPOTESI DIODO ON

CHECK DIODO ON $I_D = ?$

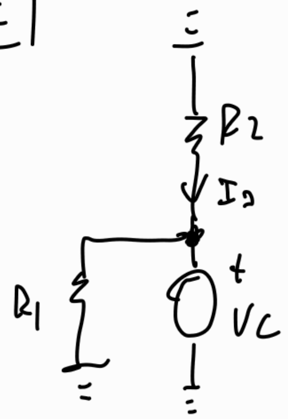


I_{IN} |



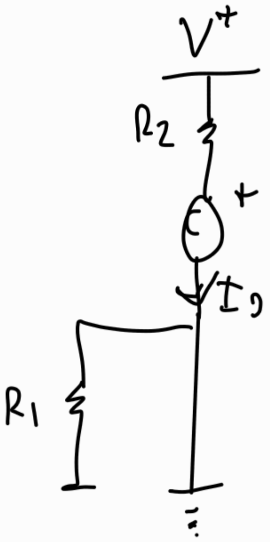
$$I_D\Big|_{I_{IN}} = I_{IN}$$

V_C |



$$I_D = -\frac{V_C}{R_2} = -184\,\mu A$$

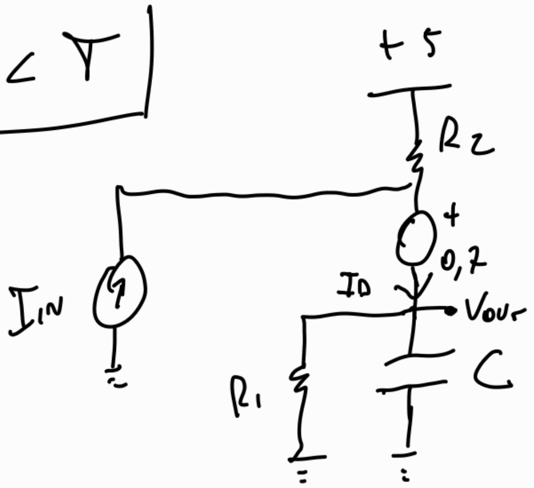
$V^+ = V_D$ |



$$I_D = \frac{V^+ - 0{,}7}{R_2} = 614\,\mu A$$

$$I_D = 2{,}53\ mA > 0$$ DIODO ON

$0 < t < T$ |



$$\tau = C\cdot(R_1 /\!/ R_2) = 210\ ms \ll T$$

A REGIME PER $t = T$

IPOTESI DIODO ON

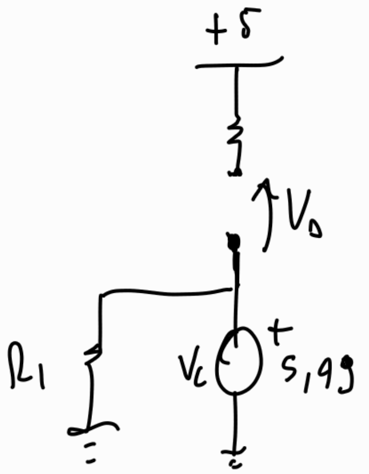
$V_{OUT}(t = T)$

C È CIRCUITO APERTO

$$V_{OUT}(t=T) = (V^+ - 0{,}7)\cdot\frac{R_1}{R_1+R_2} + I_{IN}(R_1 /\!/ R_2) = 5{,}49\ V$$

$$I_D = \frac{V_{OUT}}{R_1} = 4{,}2\ mA > 0$$ DIODO ON OK

$t = T^+$ | $V_C(t = T^+) = 5,49\,V$



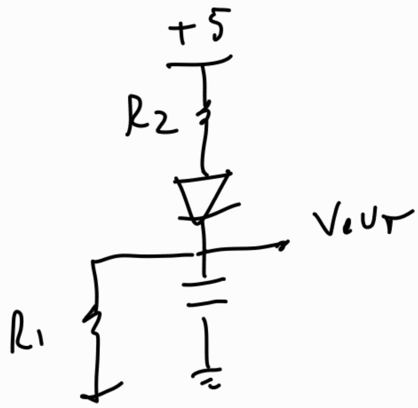
IPOTESI DIODO OFF

$V_{OUT} = 5,49\,V$

$V_D = -0,49V < 0,7\,V$ OK DIODO OFF

$t > T$ | $\tau_1 = C \cdot R_1 = 300\,ms$

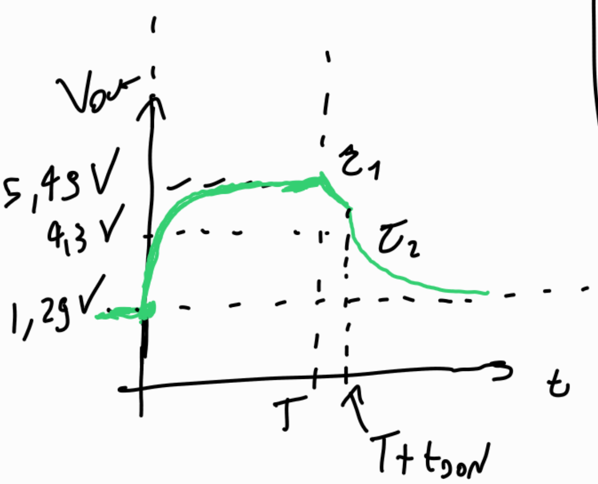
DIODO OFF, MA V_{OUT} DIMINUISCE → DIODO SI ACCENDE



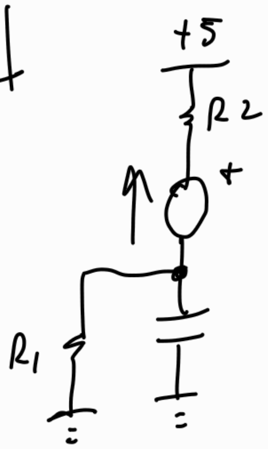
DIODO ON $V_{OUT} < 4,3\,V$

$V_{OUT}(t) = 1,29 + (5,49 - 1,29)\,e^{-t/\tau_1}$

$V_{OUT} = 4,3V \rightarrow t_{DON} = \tau \cdot \ln\left(\frac{4,2}{3,01}\right) \simeq 100\,ms$



$t > t_{DON}$



$\tau_2 = C(R_1 // R_2) = 210\,ms$

Esercizio 2

Si consideri il circuito logico riportato nella Fig. 1.

a) **Determinare la funzione logica svolta dal circuito logico e disegnare la rete di *pull-down* da sostituire alla resistenza *R* per realizzare la corrispondente porta in tecnologia *CMOS*.**

b) Determinare il tempo di transizione 20%-80% della tensione di uscita V_{out} nel circuito logico di Fig. 1 e nella corrispondente porta logica CMOS, a seguito della commutazione $A = B = C = 0 \rightarrow A = B = C = 1$.

c) Determinare il valore logico ed il corrispondente valore analogico di V_{out} per $A = C = 1$ e $B = 0$ e per $A = B = C = 0$.

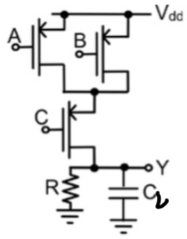
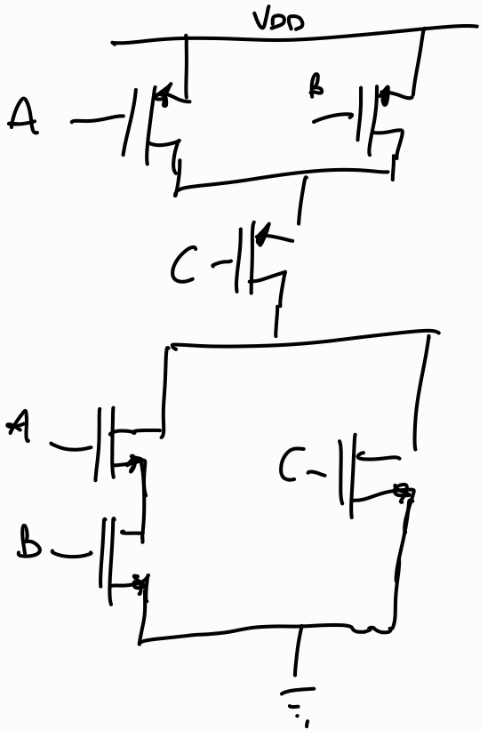


Fig. 1

$V_{dd} = 2.7\ V$
$R = 4k\Omega$
$C = 4.2\ pF$
$k_n = 0.7\ mA/V^2$
$|k_p| = 0.7\ mA/V^2$
$V_{Tn} = -V_{Tp} = 0.65V$

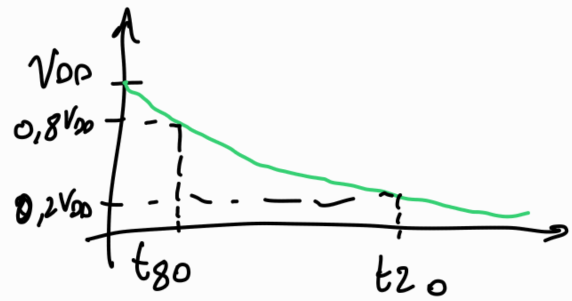
a)



$$Y = \overline{AB + C}$$

b) I PMOS SI SPENGONO

b1) C_L SI SCARICA TRAMITE R



$$V_{OUT}(t) = V_{DD} \cdot e^{-t/\tau}$$

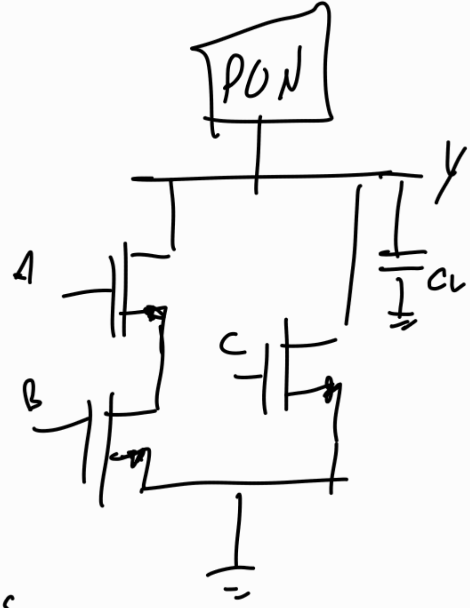
$$\tau = R \cdot C_L = 16,8\ ns$$

$$t_{80} \rightarrow V_{DD}\, e^{-t_{80}/\tau} = 0,8\ V_{DD} \rightarrow t_{80} = \tau \cdot \ln\left(\frac{1}{0,8}\right)$$

$$t_{20} = \tau \cdot \ln\left(\frac{1}{0,2}\right)$$

$$\Delta T_{80\text{-}20} = t_{20} - t_{80} = \tau \cdot \ln(4) = 23,3\ ns$$

b2) C_L si scarica attraverso PDN

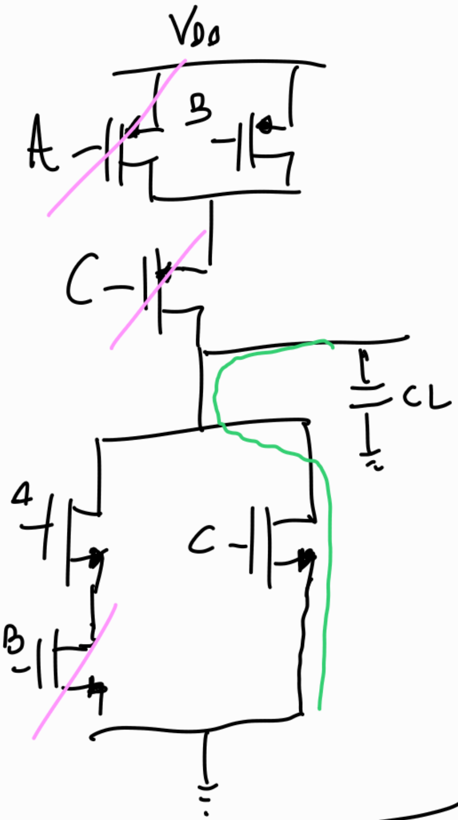


$$R_M = \frac{1}{2 k_M (V_{GS} - V_T)} = 348\ \Omega$$

$$R_{eq,M} = (R_A + R_B) // R_C = 232\ \Omega$$

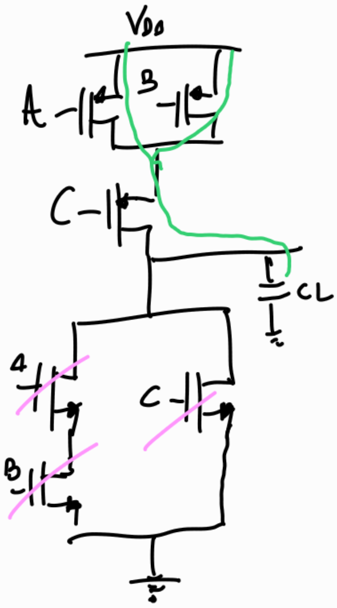
$$\Delta t_{80-20} = C_L \cdot R_{eq,M} \cdot \ln(4) = 1{,}35\ ns$$

c) $V_{OUT} = ?$ $Y = ?$



- $A = C = 1$, $B = 0$

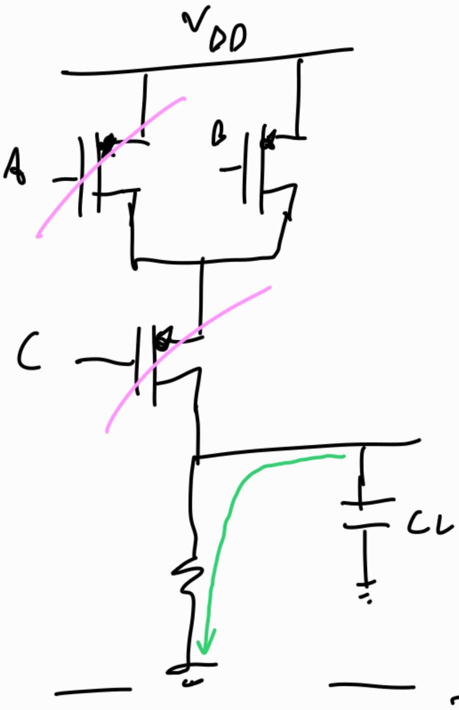
$Y = 0$ $V_{OUT} = 0\ V$



- $A = B = C = 0$

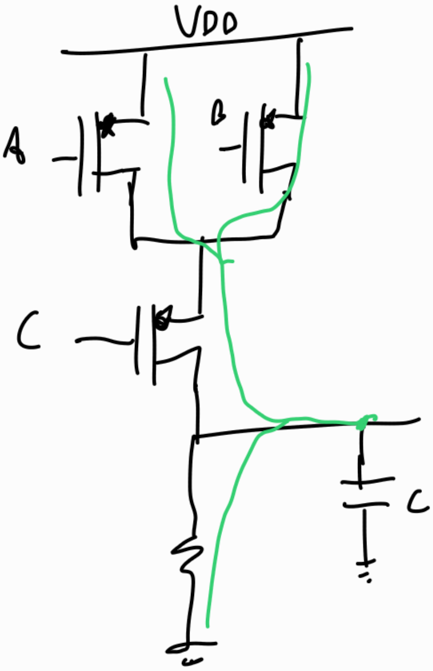
$Y = 1$

$V_{OUT} = V_{DD}$



- $A = C = 1$, $B = 0$

$Y = 0 \qquad V_{OUT} = 0\ V$

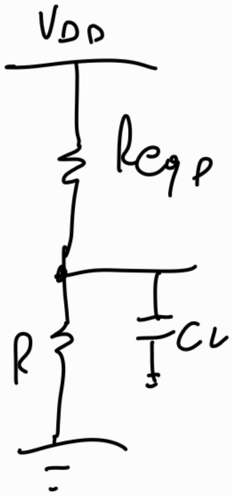


- $A = B = C = 0$

$$R_p = \frac{1}{2\,K_P\left(V_{SG} - |V_T|\right)} = 348\ \Omega$$

$$R_{eq\,p} = \left(R_A // R_B\right) + R_C = 522\ \Omega$$

$\Rightarrow$



$$V_{OUT} = V_{DD} \cdot \frac{R}{R + R_{eq\,p}}$$

$= 2{,}35\ V$

CONSIDERO SOGLIA LOGICA $\frac{V_{DD}}{2}$

$V_{OUT} > \frac{V_{DD}}{2} \Rightarrow Y = 1$

Esercizio 3

Si consideri il circuito logico, in tecnologia *CMOS*, riportato nella Fig. 2.

a) **Scrivere la tabella della verita' riportando il valore logico della tensione di uscita *Y* per ogni combinazione dei segnali di ingresso *A* e B e del segnale di controllo *EN*. Disegnare la rete di *pull-down* in tecnologia *CMOS*. Si trascuri la rete dall'ingresso *C* all'ingresso *B*.**

b) Determinare la potenza dissipata dalla porta nel caso di $EN = 1$ e di $EN = 0$, nel caso in cui gli ingressi *A* e *B* siano cortocircuitati tra loro e pilotati da un segnale logico a frequenza $f_{ck} = 6\ MHz$. L'ingresso *C* sia non connesso.

c) Si consideri ora la rete dall'ingresso *C* all'ingresso *B* e si supponga di pilotare gli ingressi *A* e *C* cortocircuitati tra loro con un segnale logico a frequenza $f_{ck} = 6\ MHz$ e di fissare $EN = 1$. Tracciare in 4 diagrammi temporali allineati, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento delle forme d'onda in *A*, *C*, *B* e *Y*. Si assuma la soglia logica pari a $V_{dd}/2$.

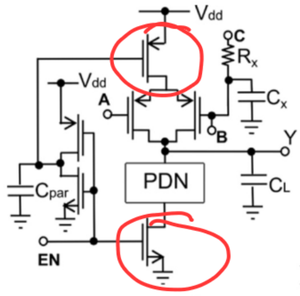


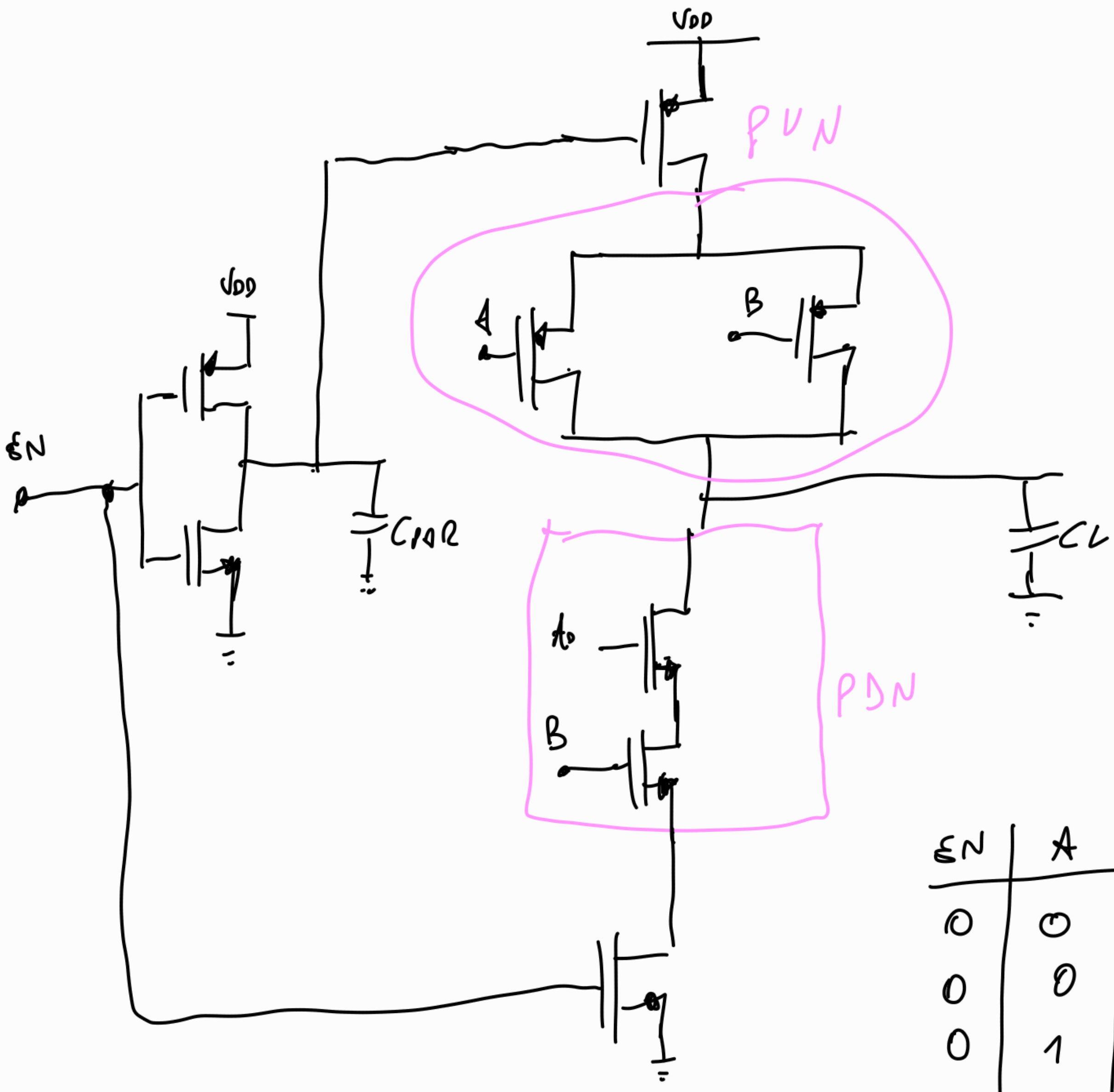
Fig. 2

$V_{dd} = 2.7\ V$

$C_L = 2\ pF$ $\quad C_{par} = 0.5\ pF$

$k_n = |k_p| = 75\ \mu A/V^2$ $\quad V_{Tn} = |V_{Tp}| = 0.7\ V$

$C_x = 15\ pF$ $\quad R_x = 1\ k\Omega$



EN	A	B	Y
0	0	0	HI - Z
0	0	1	HI - Z
0	1	0	HI - Z
0	1	1	HI - Z
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

b) $f_{clk} = 6\ MHz$ A E B CORTOCIRCUITATI

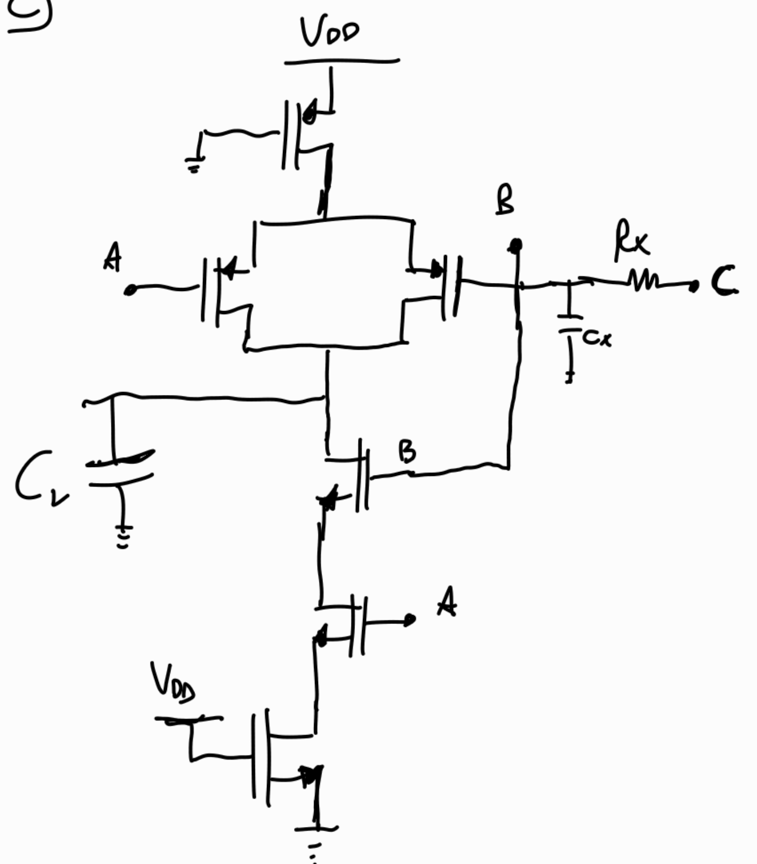
EN = 0 → C_L NON SI PUÒ CARICARE/SCARICARE

$P = 0$

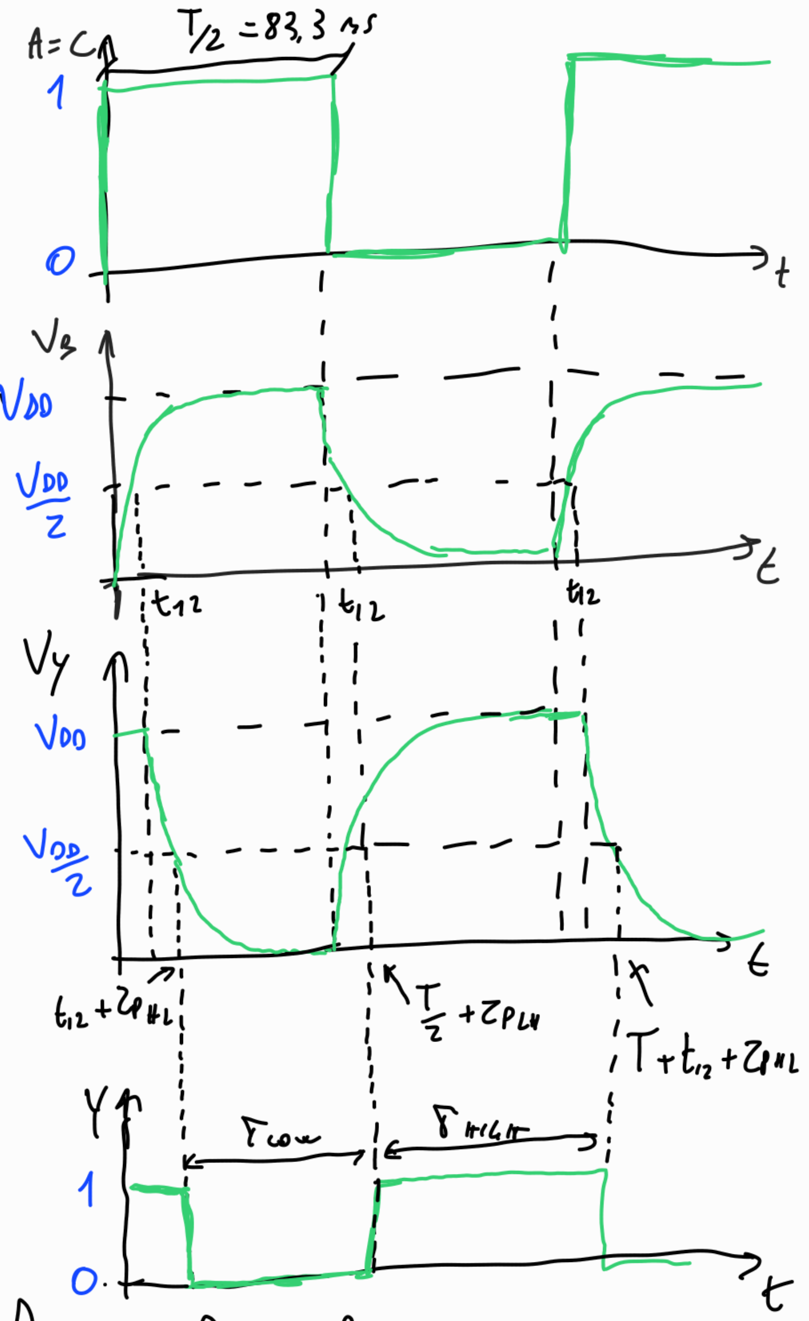
EN = 1 → SE LA PORTA FA IN TEMPO A COMMUTARE CON $f_{ck} = 6\ MHz$

↳ $P = V_{DD}^2 \cdot f_{ck} \cdot C_L = 87,5\ \mu W$

c)



A E C CORTOCIRCUITATI $f_{ck} = 6\ MHz$



$\tau_x = R_x C_x = 15\ ns \ll T/2$

$V_B = \frac{V_{DD}}{2}$? $t_{12} = 0,69\ R_x C_x = 10,35\ ns$

$R_n = R_p = \frac{1}{2 \cdot K (V_{DD} - |V_T|)} = 3,3\ k\Omega$

1 MOS

$Req_n = 3\ R_n = 10\ k\Omega$ $Req_p = R_p + \frac{R_p}{2} = 5\ k\Omega$

$$\tau_{PHL} = 0{,}69\, R_{eqM} C_L = 13{,}8\ ms \quad \Big| \quad \tau_{PLH} = 6{,}9\ ms$$

SEGNALE LOGICO Y

$\hookrightarrow T_{LOW} = \frac{T}{2} - t_{12} - \tau_{PHL} + \tau_{PLH} = 66{,}05\ ms$

$\hookrightarrow T_{HIGH} = \frac{T}{2} - \tau_{PLH} + t_{12} + \tau_{PHL} = 100{,}55\ ms$