

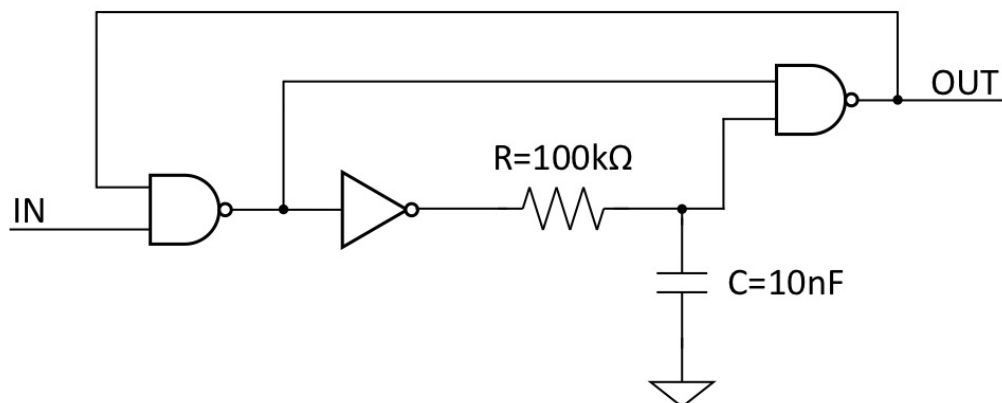
1)

29/10/2020

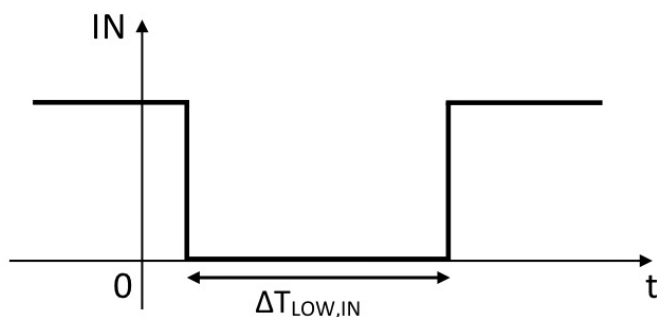
Al circuito in figura (a) viene applicato il segnale in figura (b). Si considerino porte logiche ideali alimentate tra 0V e 5V e caratterizzate da una soglia di commutazione pari a $V_{DD}/2$.

- Disegnare su un grafico quotato l'andamento dell'uscita considerando $\Delta T_{LOW,IN} = 1s$
- Disegnare su un grafico quotato l'andamento dell'uscita considerando $\Delta T_{LOW,IN} = 20\mu s$

→ COMUTANO IN TEMPO 0, HANNO RESIST DI INGRESSO ∞ , RESIST. DI USCITA 0 (GENERATORI DI TENSIONE)

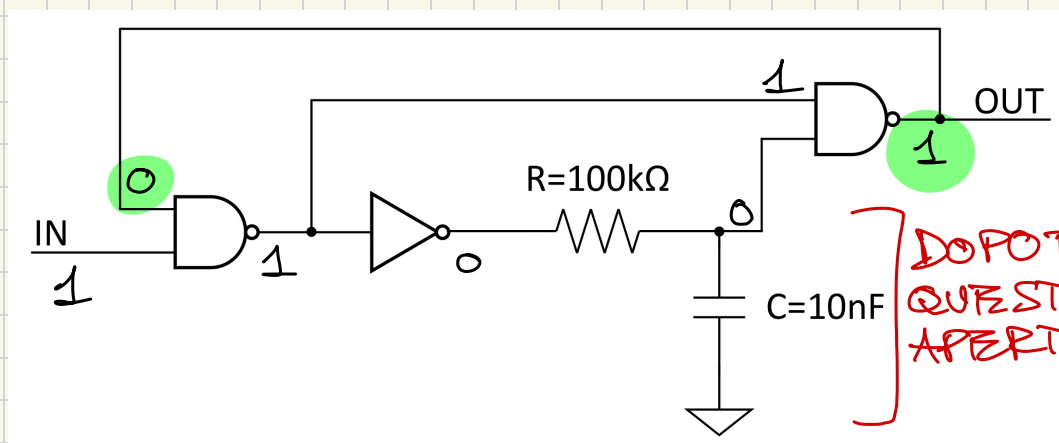


(a)



PARTIAMO DA $IN = 1$

NOTIAMO UNA RETROAZIONE SU $\Rightarrow$ È COMPLESSO, IPOTIZZIAMO 0



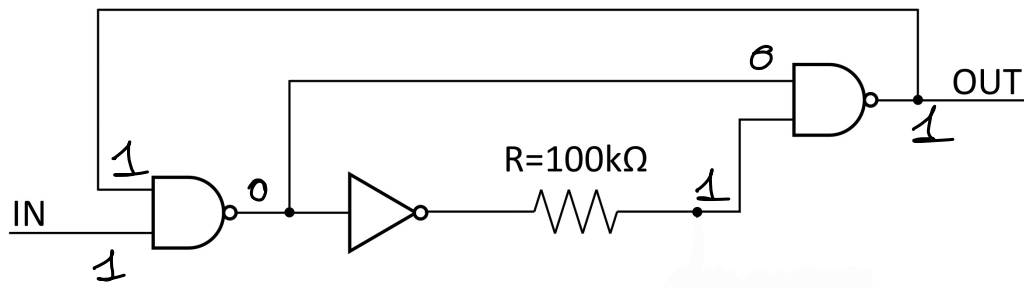
DOPO TEMPO ∞ QUESTO È UN APERTO

SONO DIVERSI, È L'ALTRA

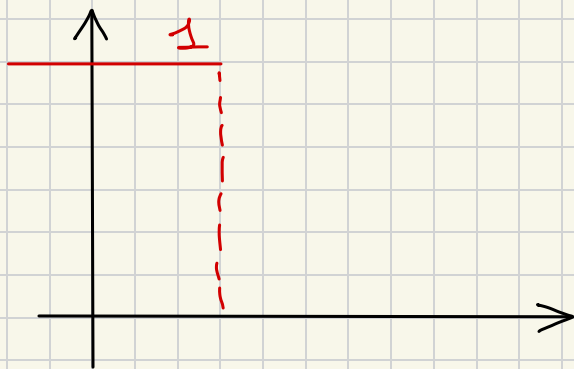
NON È DETTO SIA NO UNO SBAGLIATO È L'ALTRO NO (ENTRAMBI GLI STATI STABILI)

UN MODO PIÙ FURBO: STO CERCANDO QUALCOSA DI STABILE DA LUNGO TEMPO

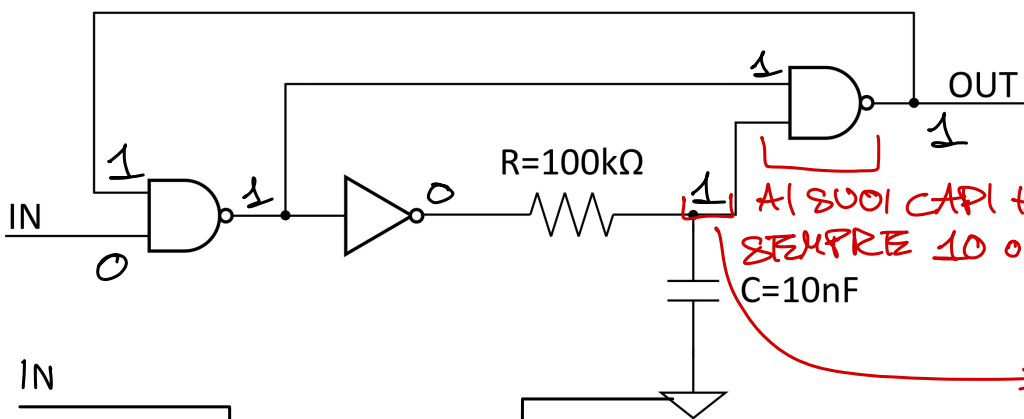
(LA R NON È PERCORSA DA CORRENTE)



OUT:

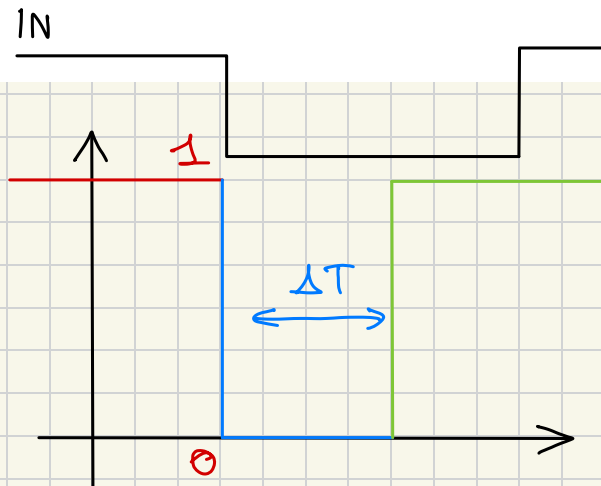


PRENDIAMO $IN = 0$ ISTANTANEAMENTE:



AI SUOI CAPI HO SEMPRE 10 0 01 $\Rightarrow$ L'USCITA SARÀ SEMPRE 1

NON PUÒ ANDARE A 0 ISTANTANEAMENTE



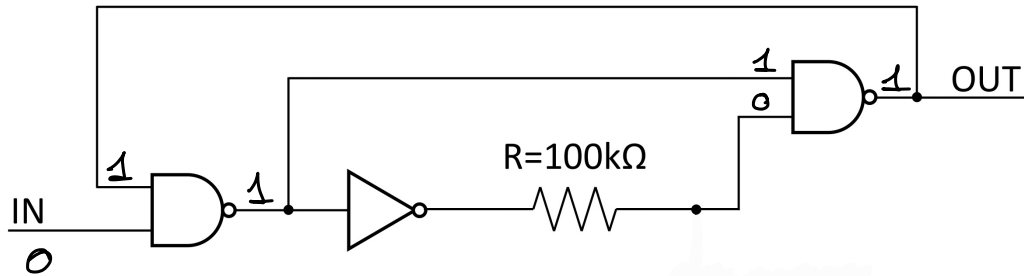
PER QUANTO RIMANE A 0?
FINCHÉ IL CONDENSATORE NON SI SCARICA

HO IMPLICITAMENTE IPOTIZZATO $\Delta T < \Delta T_{LOW,IN} = 1s$
QUANTO CI METTE A RAGGIUNGERE $\frac{1}{2}V_{DD}$?

(AL SOLITO...) $\Delta T = 0,69 \tau = 0,69 R \cdot C = 0,69 \cdot 1 \mu s = 690 \mu s$
 $100 k\Omega \cdot 10 nF$

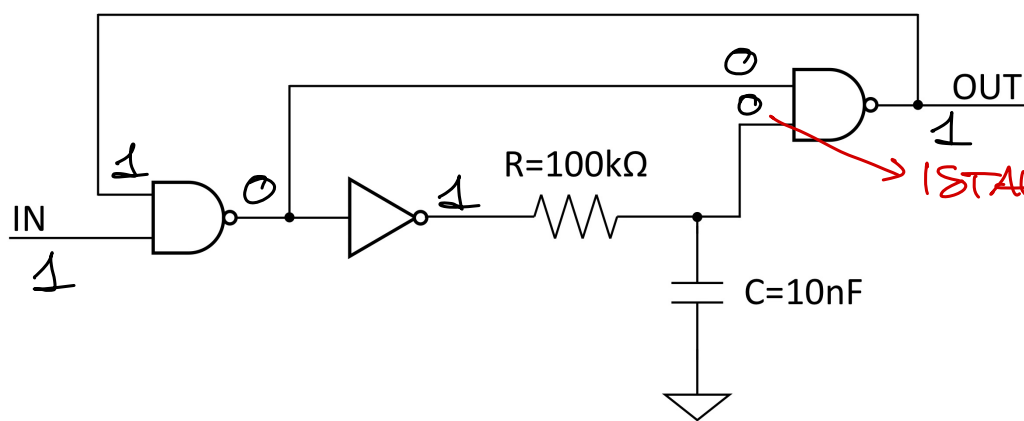
$690 \mu s < 1$ $\Rightarrow$ IL DISEGNO ERA CORRETTO

STUDIAMO LA FINIR TRANSIZIONE;



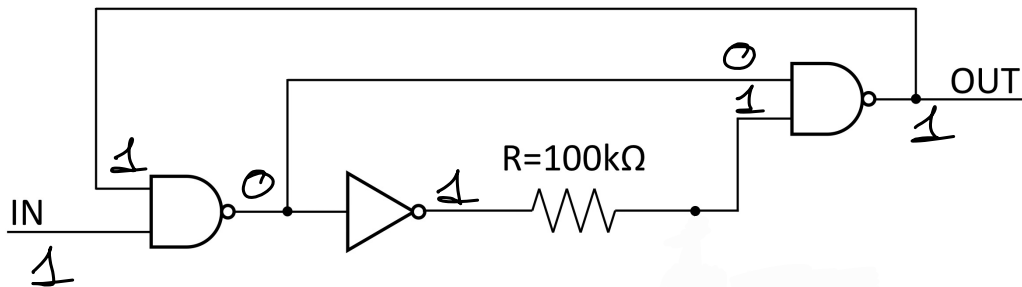
NON FOSSE STATA
 IDEALE AUREI
 DOVUTO CONSIDERARE
 LA R DI USCITA
 DELLA NOT

POST (CHE NEL DISEGNO È GIÀ TRACCIATA):



ISTANTANEAMENTE
 RIMANEO

DOPO CARICA CONDENSATORE:



b) $20 \mu s < \Delta T \Rightarrow$ ORA DEVO STUDIARE L'ALTRA
 TRANSIZIONE
 PARTO DA $OUT = 0$ E GUARDO COSA ACCADE CON $IN = 1$

2)

- a) Determinare la tabella di verità del circuito.
- b) Stimare i tempi di propagazione per la transizione $(A = 0, B = 0) \rightarrow (A = 1, B = 1)$.
- c) Determinare la potenza dissipata dal circuito quando $A=0$ e B è collegato a un generatore ad onda quadra tra 0 e 3 V, duty cycle del 50%, frequenza $f_B = 1 \text{ MHz}$ (si assumano i transistori di commutazioni esauriti in meno di 500 ns).

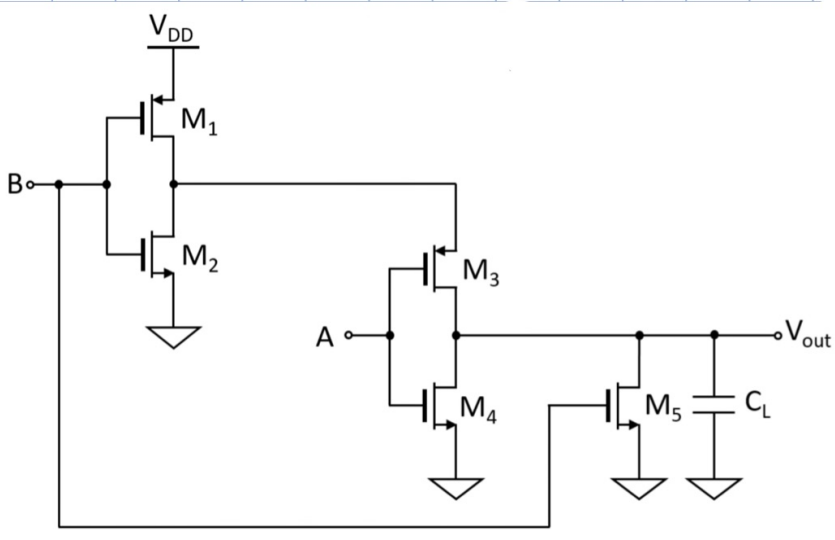
DATI:

$$k_p = \frac{1}{2} \mu_p C'_{ox} \frac{W}{L} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$$

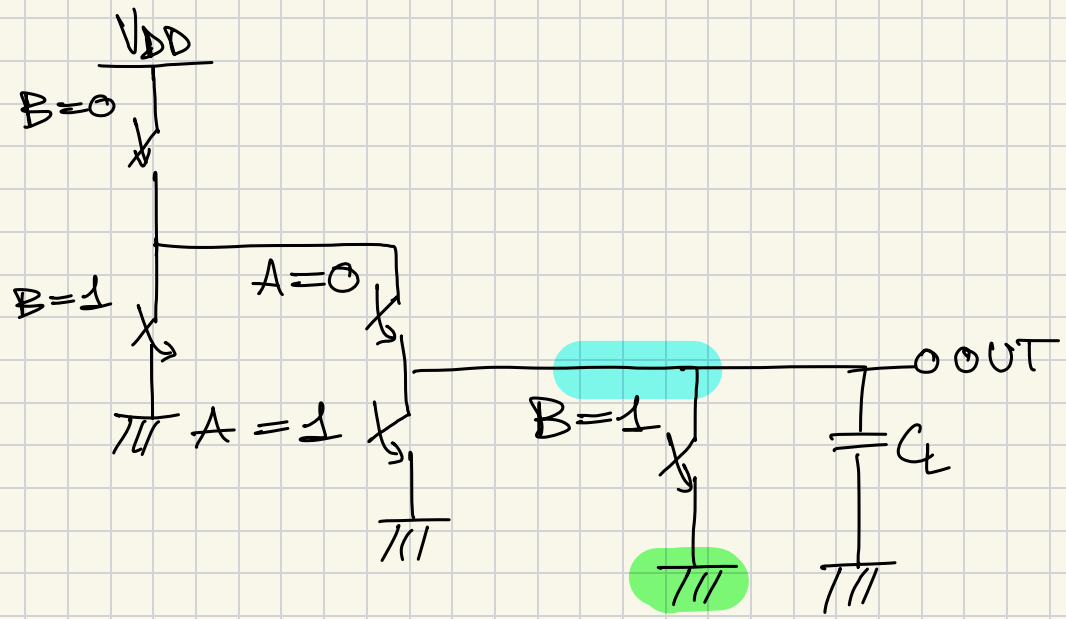
$$k_n = \frac{1}{2} \mu_n C'_{ox} \frac{W}{L} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$$

$$V_{tn} = |V_{tp}| = 0.5 \text{ V}$$

$$V_{DD} = 3 \text{ V}$$

$$C_L = 5 \text{ pF}$$


a) SOSTITUISCO OGNI MOS CON UN INTERRUPTORE



A	B	OUT
0	0	$\bar{A} = 1$
0	1	0 ←
1	0	$\bar{A} = 0$
1	1	0 ←

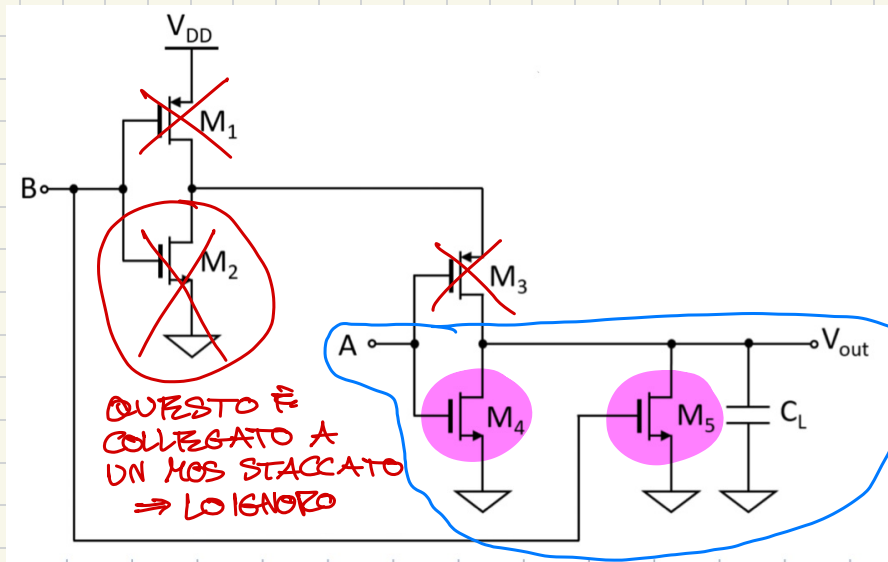
NOTA: NESSUNO MI HA DETTO LA LOGICA SIA CMOS (VALORI DI TENSIONE "FISSATI" A 0 E V_{DD})

$B=1 \Rightarrow$ L'AUMENTAZIONE DEL SECONDO INVERTER VA A MASSA $\Rightarrow$ INDIPENDENTEMENTE DA 0/1 L'USCITA ANDRÀ A MASSA ("TIRANO ENTRAMBI")

$B=0 \Rightarrow$ IL PRIMO MOS TIRA A V_{DD}
DOPODI CHE HO SOLO L'INVERTER

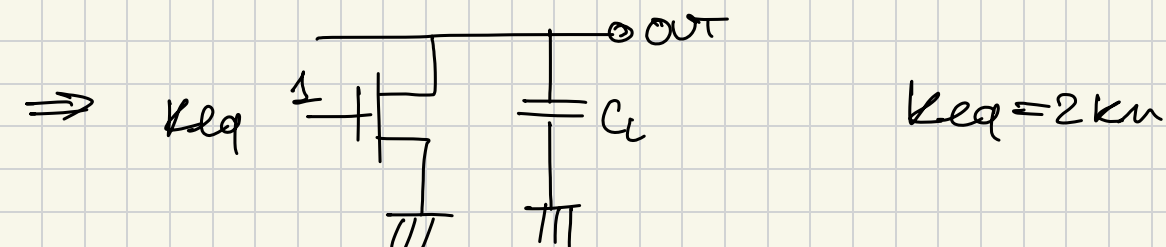
b) $AB=00 \rightarrow AB=11$

$OUT=1 \rightarrow OUT=0 \Rightarrow$ LA PORTA COMMUTA
PARTE DA C_L CARICO, CHI LO SCARICA?
GUARDIAMO $AB=11$



RIMANE SOLO QUESTO

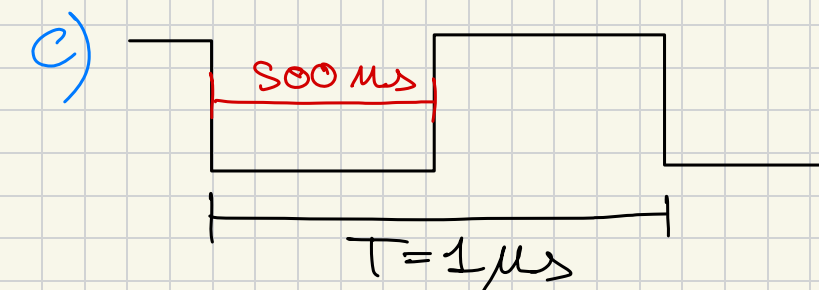
HANNO UGUALI TENSIONI A TUTTI I TERMINALI



RISPETTO AL TEMPO DI SCARICA DELL'INVERTER
IL TEMPO È LA METÀ DELL'INVERTER CON UN SINGOLO
MOS

$t \cong 3ms$ (LE SOLUZIONI CONSIDERANO $I=const$)

$\Rightarrow t > 3ms$



IL TESTO CI DICE QUINDI CHE TUTTE LE
COMMUTAZIONI SI ESAURISCONO ENTRO 1800ns

NON C'È MAI UN PERCORSO CONDUTTIVO TRA MASSA
E ALIMENTAZIONE, L'UNICO MODO CHE HO DI
DISSIPARE È ATTRAVERSO IL CONDENSATORE
⇒ POTENZA DINAMICA

LA PORTA COMMUTA? SÌ, $B=0 \Rightarrow OUT=1$, $B=1 \Rightarrow OUT=0$
A CHE FREQUENZA? 1 MHz, USCITA SEGUE
PERFETTAMENTE INGRESSO

$$P = C \underbrace{\Delta V_1}_{\substack{\downarrow \\ \text{SPF} \\ 3V}} \underbrace{\Delta V_2}_{\substack{\downarrow \\ 1\text{MHz} \\ 3V}} f_{ck} = 45 \mu W$$

ANCHE IN QUESTO CASO IL DUTY CYCLE È INUTILE
MA ATTENZIONE! SE CI FOSSE STATA UNA COMPONENTE
STATICA (DISSIPAVO UNA CERTA CORRENTE IN UNA
FASE E NON NELL'ALTRA, ...)

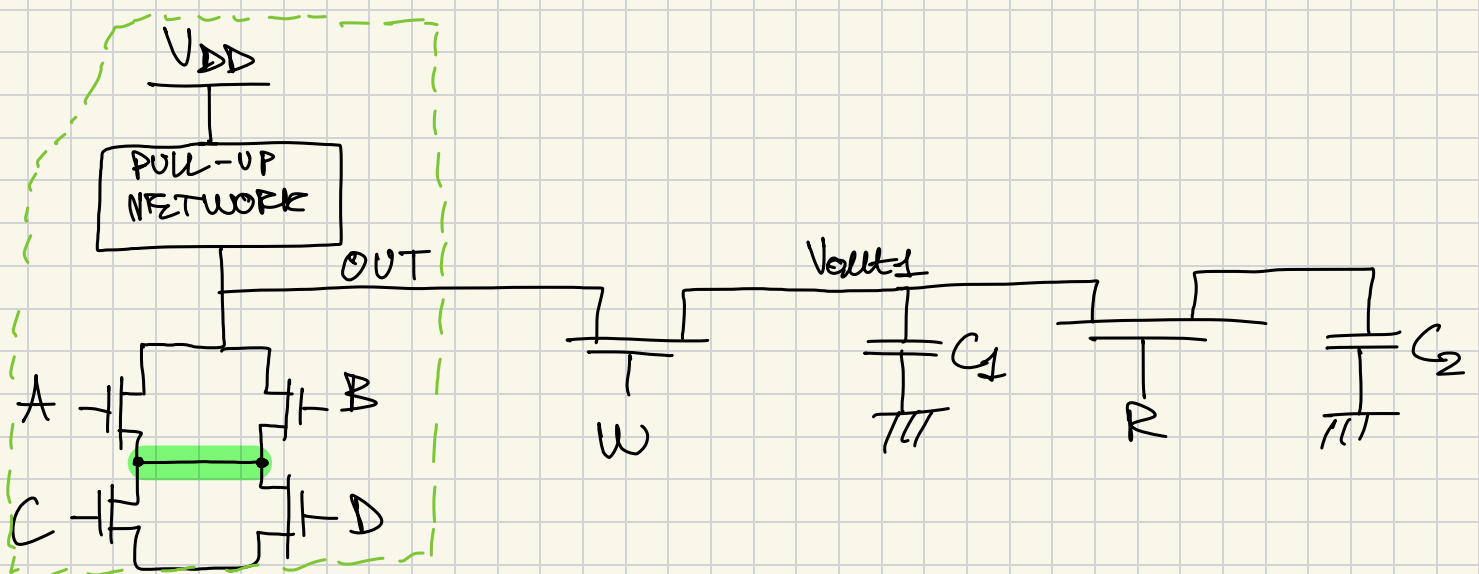
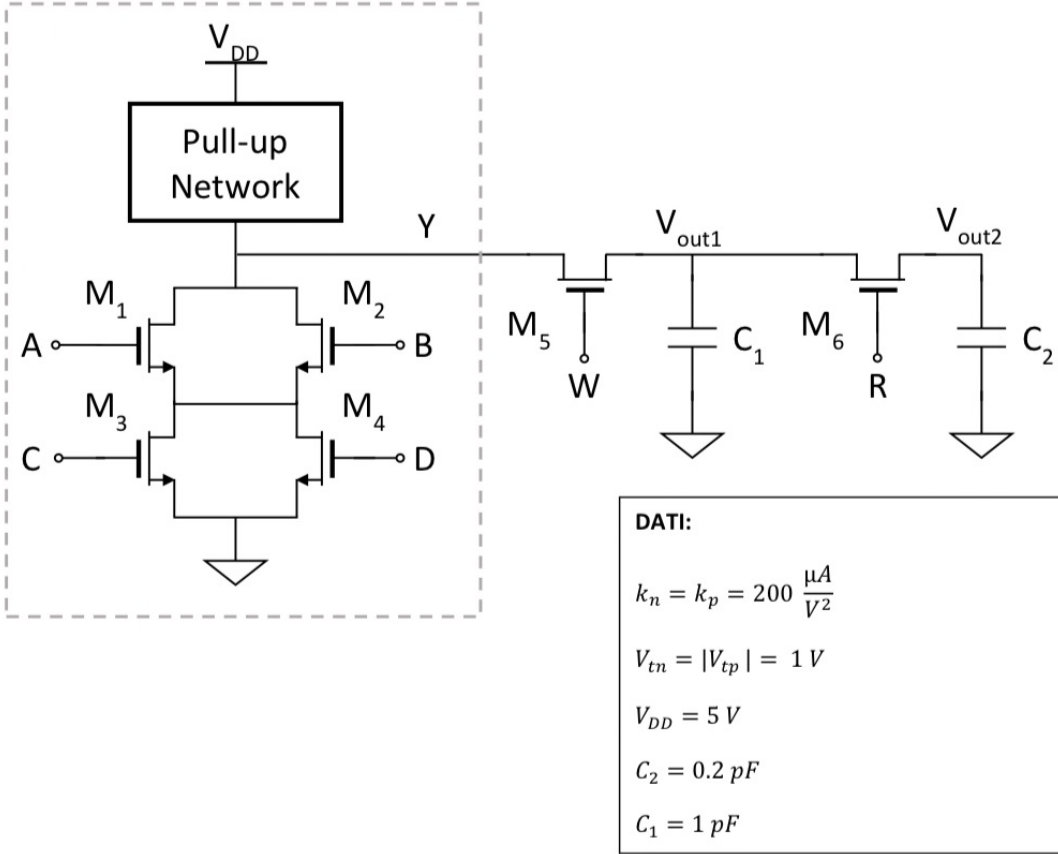
IL DUTY CYCLE MI DICE PER QUANTO TEMPO LO STO
DISSIPANDO POTENZA STATICA

DA TdE 06/05/2010:

3)

- Determinare la funzione logica svolta dal circuito nel riquadro.
- Disegnare la rete di pull-up che consente di realizzare una porta CMOS.
- Siano $W=1$ e $R=0$. Stimare il massimo tempo di propagazione alto-basso dell'uscita V_{out1} .
- Siano $A=B=C=D=0$. W commuta istantaneamente da 1 a 0 e R commuta istantaneamente da 0 a 1. Determinare il valore di tensione finale sulla capacità C_2 .
- Siano $W=1$, $R=0$, $C=D=1$. Determinare la potenza dissipata dal circuito quando agli ingressi A e B sono applicate due onde quadre di frequenza rispettivamente 1MHz e 2MHz (si consideri il primo fronte di salita dei due segnali allineato).

V_{DD}



$|k_n| = |k_p| = 200 \mu A/V^2$ $|V_{tn}| = |V_{tp}| = 1 V$ $C_1 = 0.2 pF$ $C_2 = 1 pF$

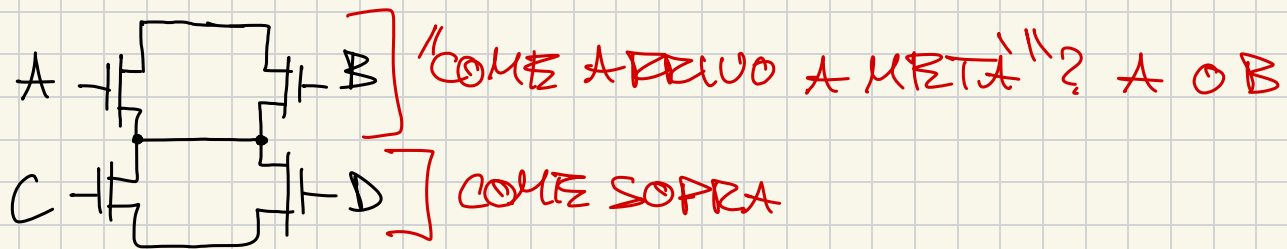
a) DETERMINARE LA FUNZIONE LOGICA SVOLTA DAL CIRCUITO NEL RIQUADRO

INIZIALMENTE DIMENTICATO **CORTO**:

CERCO TUTTE LE VOLTE IN CUI POSSO PORTARE OUT A MASSA: O CON A E C "ALTI" O CON B E D "ALTI"

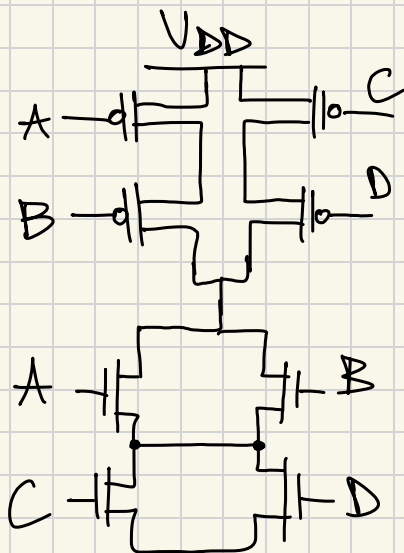
$OUT = \overline{A \cdot C + B \cdot D}$] NON DIMENTICARE

ADESSO INVECE HO DUE BLOCCHI IN SERIE
ORA HO DUE BLOCCHI IN SERIE



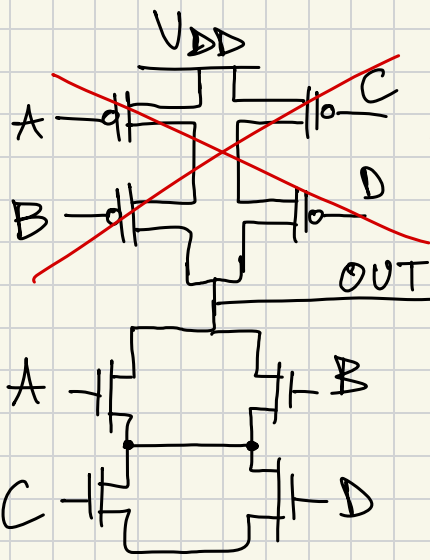
$$\Rightarrow \text{OUT} = (A+B) \cdot (C+D) \quad \text{COME PRIMA}$$

b) DISEGNARE LA RETTE DI PULL-UP CHE CONSENTE
DI REALIZZARE LA PORTA CMOS
DEVO AVERE DUE BLOCCHI IN PARALLELO NELLA
PARTE P:



c) SIANO $W=1$, $R=0$. STIMARE IL MASSIMO TEMPO
DI PROPAGAZIONE ALTO $\rightarrow$ BASSO DELL'USCITA OUT1
ATTENZIONE!

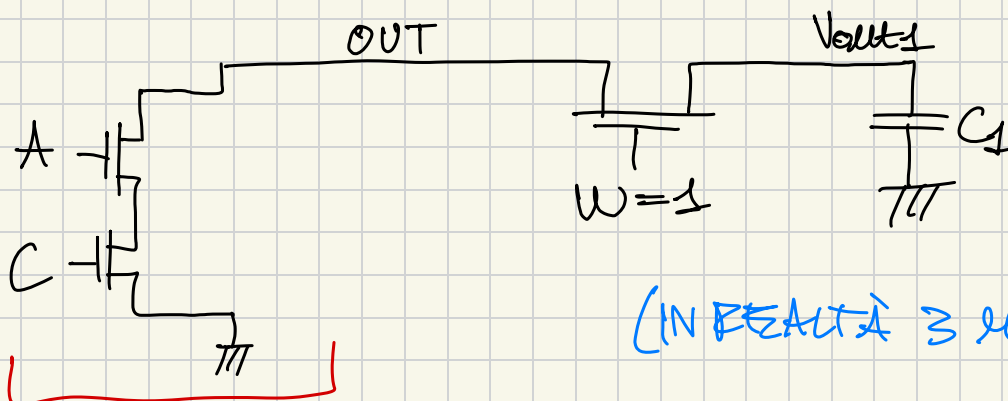
$R=0 \Rightarrow$ IL SECONDO MOS (E LA SUA C) SONO STACCATI



LA CAPACITÀ È STATA CARICATA
DALLA FUN E DEVO SCARICARLA
⇒ DEVO ATTIVARE LA RETTE N E SPEGNERE
LA RETTE P (AUTOMATICAMENTE)

NON LO POSSO CANCELLARE: HANNO
MISERIE

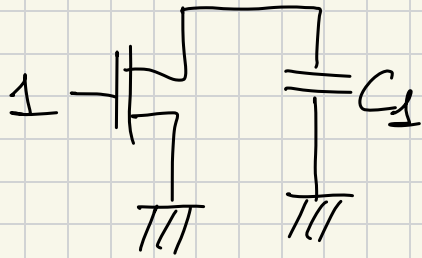
IL "MASSIMO TEMPO" VUOL DIRE "QUAL È LA
CONFIGURAZIONE PEGGIORE PER SCARICARLO" →
QUELLO CON LA MINOR CORRENTE POSSIBILE
OGNI VOLTA CHE HO UNA SERIE, IL R_{eq} È IN PARALLELO
⇒ LA CORRENTE CHE PORTA DIMINUISCE!
⇒ SCEGLIAMO DI AVERE 2 MOS IN SERIE (PER
SCARICARE DI ENTRAMBI I BLOCCHI ALMENO UN MOS
DEVO ATTIVARLO, ANCHE DUE)



(IN REALTÀ 3 MOS IN SERIE)

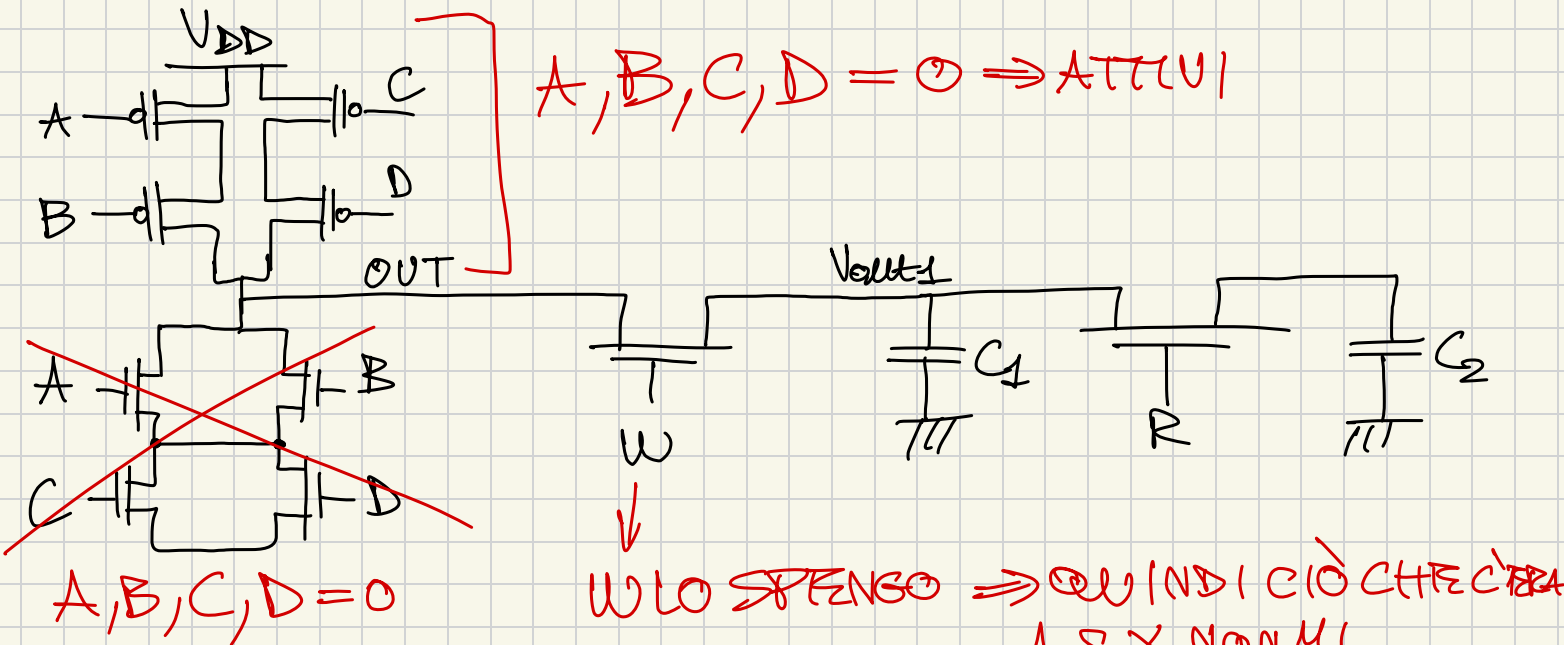
IN PARALLELO PORTEREBBERO TROPPO CORRENTE

$$k_{eq} = \frac{k}{3}$$



RISPETTO AL TEMPO
DEL SINGOLO INVERTER
È 3 VOLTE TANTO

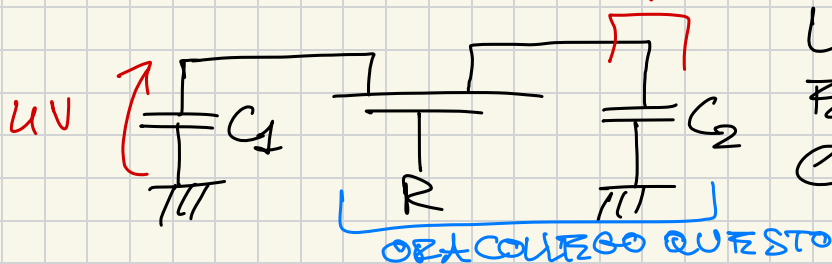
d) SIANO $A=B=C=D=0$ E W COMUTA
ISTANTANEAMENTE DA 1 A 0 E R COMUTA
ISTANTANEAMENTE DA 0 A 1
DETERMINARE IL VALORE DI TENSIONE FINALE
SULLA CAPACITÀ
INIZIALMENTE SI ASSUMA C_2 SCARICO



W LO SPENGO $\Rightarrow$ QUINDI CIÒ CHE C'ERA
A SX NON MI
INTERESSERÀ PIÙ

INIZIALMENTE
SCARICO

IL RIMANE:



SAPENDO CHE PRIMA
LA RETE PERA ACCESA
E IL MOS CHIUSO LA
CAPACITÀ SI ERA CARICATA

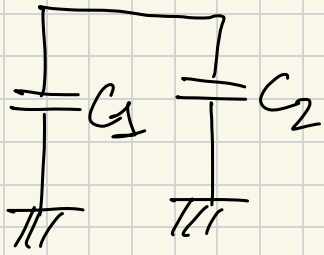
PERÒ A $V_{GS} - V_T$, AVENDO LÌ UN MOS N

QUINDI HO UN CONDENSATORE COLLEGATO A
UN ALTRO: LA CARICA SI DISTRIBUISCE, MA

RIMANE LA STESSA!

PRIMA, LA CARICA A SX: $Q_1 = C_1 \cdot V$, A DX: $Q_2 = C_2 \cdot 0V$

$$Q_{TOT} = Q_1 + Q_2 = C_1 \cdot V$$



SONO DUE IMPEDENZE CON CAPACITÀ
SOMMA DELLE DUE CAPACITÀ

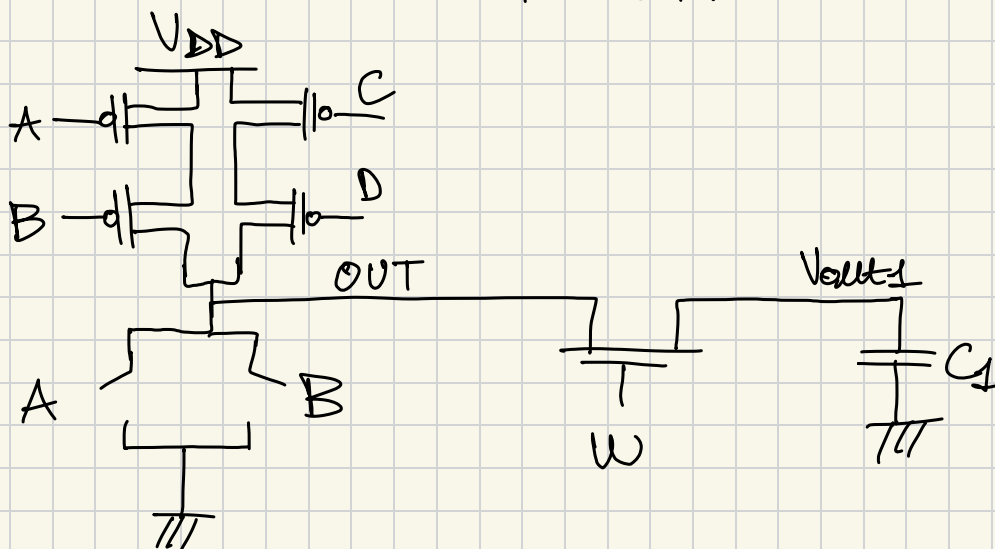
$$\Rightarrow Q_{TOT} = C_{TOT} \cdot V_{FIN} = (C_1 + C_2) \cdot V_{FIN} = C_1 \cdot V$$

$$\Rightarrow V_{FIN} = \frac{V \cdot C_1}{C_1 + C_2} \quad (\text{STO RIDISTRIBUENDO LA STESSA CARICA TRA DUE GENERATORI})$$

QUESTA PRATICA SI CHIAMA "CHARGE SHARING"

2) SIANO $W=1$, $R=0$ E $C=D=1$

DETERMINARE LA POTENZA DISSIPATA DAL CIRCUITO QUANDO AGLI INGRESSI A E B SONO APPLICATE DUE ONDE QUADRE DI FREQUENZA RISPETTIVAMENTE 1 E 2 MHz. SI CONSIDERI IL PRIMO FRONTE DI SALTO DEI DUE SEGNALE ALLINEATO.



È UNA PORTA CMOS: NON PUÒ DISSIPARE POTENZA STATICA

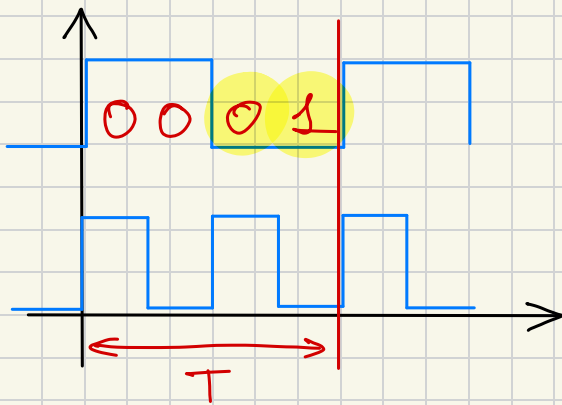
$$P = C_1 \Delta V_1 \Delta V_2 f_{ck}$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$4V \quad 5V - 0V = 5V$$

SI SCARICA
DITUTTI I 4V
(MOS N)

MA QUANT'È LA FREQUENZA? A QUANTO COMUTA
L'USCITA?



IN ROSSO L'USCITA

$\Rightarrow T = 1 \mu s$ (L'USCITA COMUTA UNA SOLA VOLTA A PERIODO)