

27/10/2020

1)

- Determinare la funzione logica svolta dal circuito in figura
- Calcolare la tensione di uscita V_{OUT} e la potenza statica dissipata nelle condizioni $A=B=C=V_{DD}$ e $A=B=C=0V$
- Sostituire la resistenza con una opportuna rete costituita da soli pmos al fine di realizzare una porta CMOS
- Calcolare il tempo di propagazione quando gli ingressi commutano dalla configurazione $ABC=000$ ad $ABC=110$ ed in uscita è connessa una capacità da $10pF$
- Calcolare la potenza dinamica dissipata quando ~~quando~~ ed A commuta con una frequenza di $1MHz$ e in uscita è connessa una capacità da $10pF$ $\rightarrow B=C=1$

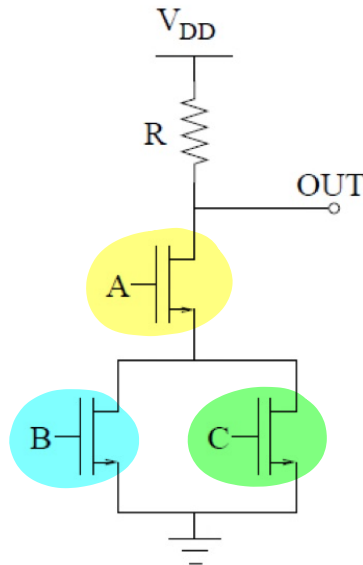
DATI:

$$k_n = 1 \frac{mA}{V^2}$$

$$V_{tn} = 1V$$

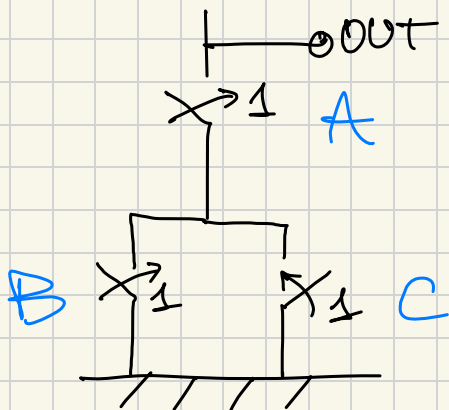
$$V_{DD} = 5V$$

$$R = 5k\Omega$$



a)

APPROCCIO: SOSTITUIAMO CIASCUN MOS CON UN INTERRUPTORE



LA FRECCIA CI RICORDA QUANDO È CHIUSO

- MOS N: CHIUSO QUANDO GATE A 1
- MOS P: CHIUSO QUANDO GATE A 0

⇒ QUAL È LA FUNZIONE LOGICA?

GUARDIAMO LA PARTE N. PER ESSERE ATTIVA DEVE ESSERCI UN PERCORSO VERSO MASSA

A DEVE ESSERE CHIUSO. DEVE ARRIVARE VERSO MASSA: $Y = A \cdot (B + C)$

→ QUANDO NON HO UN PERCORSO VERSO MASSA A VO' ALIMENTAZIONE

È PIÙ COMODO CHE VERSO L'ALIMENTAZIONE
CON 1 MOS P (CON CUI DOUBBLE USARE I NEGATIVI)

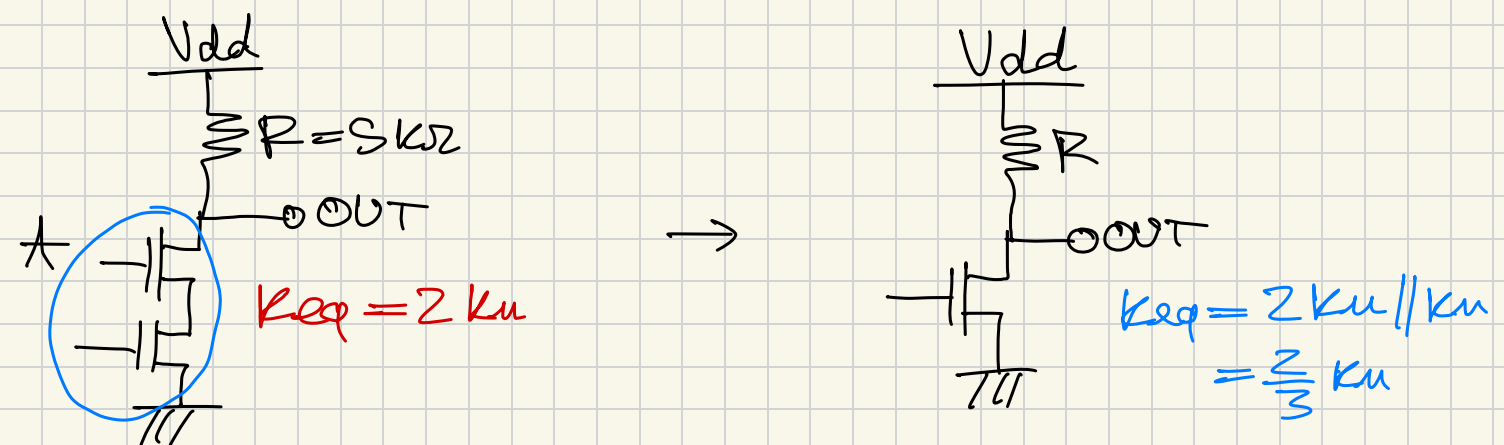
E I LIVELLI LOGICI? IL BASSO NON È IMMEDIATO
MA L'ALTO SÌ: AVVIENE QUANDO LA RETTE N È SPENTA
 $\Rightarrow$ HO SOLO LA RESISTENZA FLOTTANTE
(NON CIRCOLA CORRENTE)

$$\Rightarrow V_{out} = V_{dd}$$

b) $A=B=C=0V \Rightarrow V_{out} = V_{dd} = 5V$ COME DICEVAMO
 $P=0W$ ($I=0$)

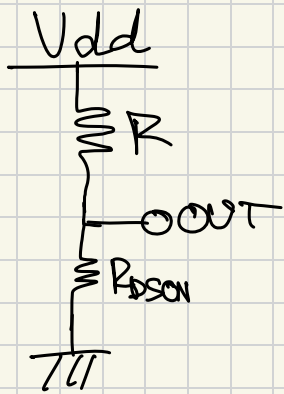
$A=B=C=1 \Rightarrow$ HO UN PERCORSO VERSO MASSA,
MA HO ANCHE UNA RESISTENZA
CHE "TRA VERSO L'ALTO"

ABBIAMO VISTO IL CASO CON UN SOLO TRANSISTOR
IN PASSATO: TORNIAMOCI



UN ASPETTO AL SOLITO DI ESSERE IN ZONA OHMICA
(EQUINDI SIA UNA PORTA LOGICA)





$$V_{out} = 5V \cdot \frac{R_{DSON}}{R + R_{DSON}} = 0,18V$$

$$R_{DSON} = \frac{1}{2k(V_{GS} - V_T)} = 187,5\Omega$$

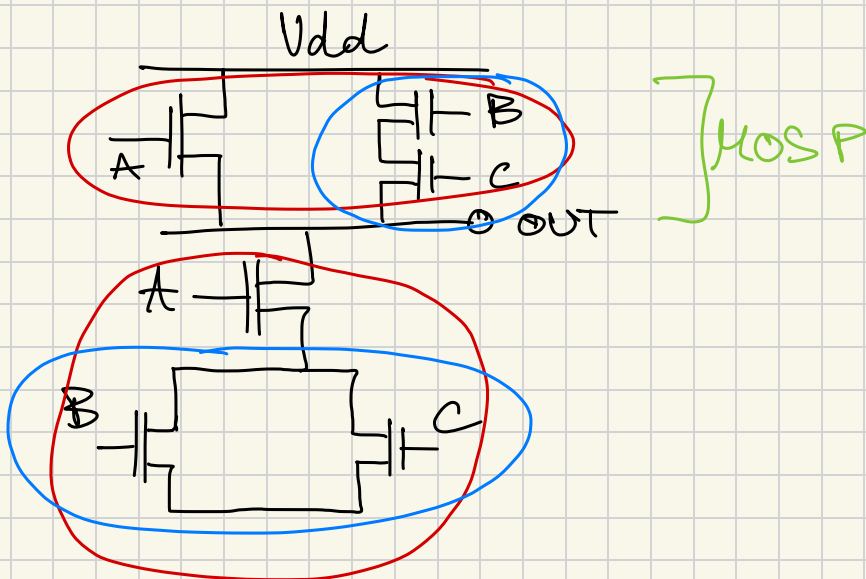
(DEL MOS EQUIVALENTE)

k_{eq} $5V$ $1V$

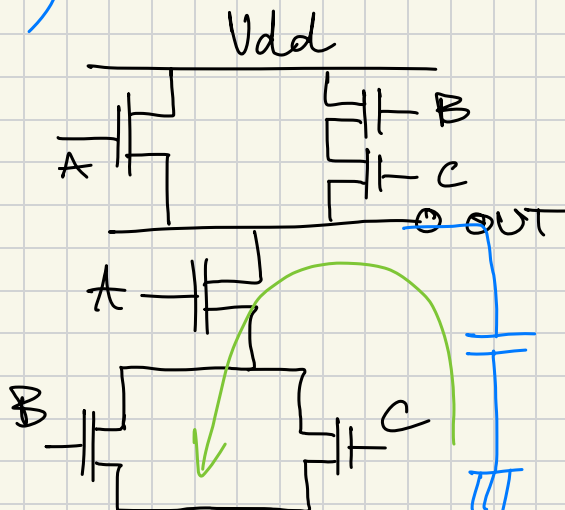
VERIFICO DI ESSERE REALMENTE IN ZONA OHMICA:

$V_{GS} - V_T = 4V$, NO SIAMO A $\sim 200mV \Rightarrow$ OK

c) VOGLIO REALIZZARE UN COMPONENTE CMOS: NON DOBBIAMO LASCIARE PERCORSI CONDUTTIVI DA MASSA AD ALIMENTAZIONE (E VICEVERSA) DALLA TEORIA, INVERTO SERIE E PARALLELO

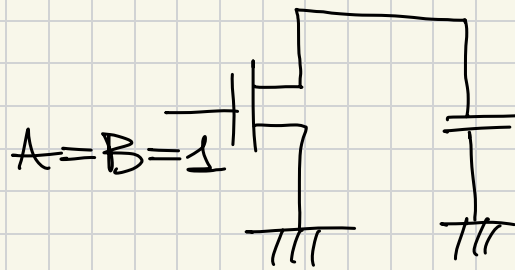


d) TEMPO DI COMMUTAZIONE



SI RICONDUCE SEMPRE A QUELLO DI UN INVERTER CMOS MI VIENE CHE È LA SCARICA DEL CONDENSATORE RAGGRUPPO NEL MOS EQUIVALENTE $\Rightarrow$ TEMPO = DOPPIO...

$$R_{eq} = \frac{1}{2} k_n$$

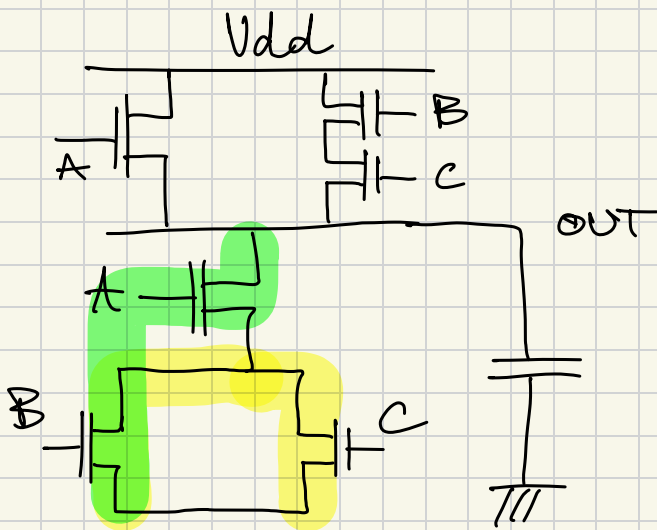


COMPLETAMENTO PUNTO a)

$$P_{|A=B=C=0} = 0W \text{ (MOS SPENTI)}$$

$$P_{|A=B=C=V_{dd}} = 5V \cdot I = 5V \frac{5V}{R_{DS(on)} + 5k\Omega} = 4,8mW$$

e)



È UNA RETE CMOS:
DALLA TEORIA SO CHE
NON HO POTENZA
STATICA, SOLO DINAMICA

LA PORTA STA EFFETTIVAMENTE COMMUTANDO?
B=C=1 (PERCORSO ATTIVO), A COMMUTA CON
UN'ONDA QUADRA $\Rightarrow$ L'USCITA STA
COMMUTANDO

SE INVECE A=B=1 E C COMMUTA CON UN'ONDA
QUADRA? AUREI A UTO SEMPRE UN PERCORSO
(USCITA BASSA) $\Rightarrow P_{DSS} = 0W$ VERSO MASSA

DA DOVE PRENDO
A DOVE PORTO LA CARICA

$$P = C \underbrace{\Delta V_1}_{\text{ESCURSIONE USCITA (SV)}} \underbrace{\Delta V_2}_{\text{(SV)}} f_{ck} = 250\mu W$$

"QUANTA CARICA PRENDO?"

Agli ingressi A e B vengono applicati segnali digitali con livelli 0V e 3.3V.

- Determinare la tabella della verità del circuito specificando il valore di tensione di OUT. **QUALE FUNZ. LOGICA SVOLGE?**
- Calcolare il tempo di propagazione della porta logica quando gli ingressi commutano istantaneamente da **AB=11 AD AB=10**
- Calcolare la potenza dissipata dal circuito quando A=1 e B è un'onda quadra avente periodo $T=2\mu s$ e $D=30\%$. **(DUTY CYCLE)**

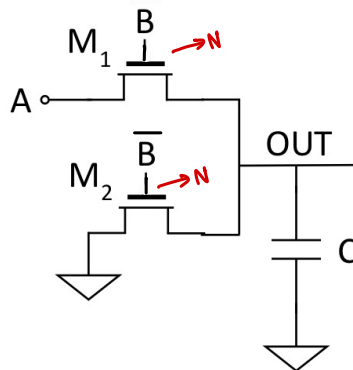
DATI:

$$|k_n| = 200 \frac{\mu A}{V^2}$$

$$V_{tn} = |V_{tp}| = 1V$$

$$V_{DD} = 3.3V$$

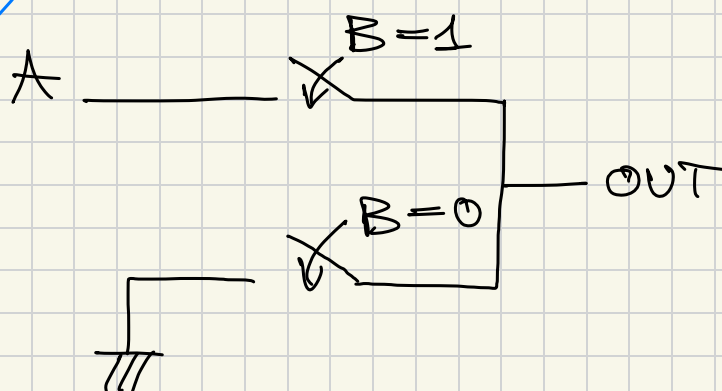
$$C = 0.2pF$$



È UNA PORTA PASS TRANSISTOR!

"FACCIO PASSARE UN DETERMINATO VALORE"

CONTINUO A SOSTITUIRE COME INTERRUPTORE:



**RAMO
SOPRA
APERTO**

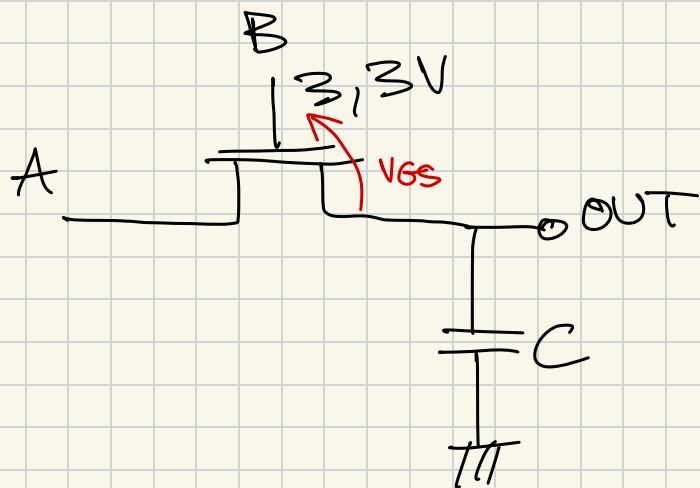
A	B	OUT
0	0	0
0	1	A=0
1	0	0
1	1	A=1

LA FUNZ. LOGICA È UN AND (USCITA 1 SE E 1A)

IN LOGICA CMOS AUREI DOVUTO USARE UNA NAND E UN INVERTER ⇒ 6 TRANSISTOR

LIVELLI DI TENSIONE?

CON UN MOS N SAPPIAMO CHE
CORTOCIRCUITANDO A MASSA SCARICO COMPLETAMENTE
LA CAPACITÀ $\Rightarrow$ LIVELLO LOGICO 0 = 0V
NON È UNA BUONA IDEA POI CARICARE LA CAPACITÀ CON
UN N-MOS, PERCHÉ RIDUCE LA V_{GS} :

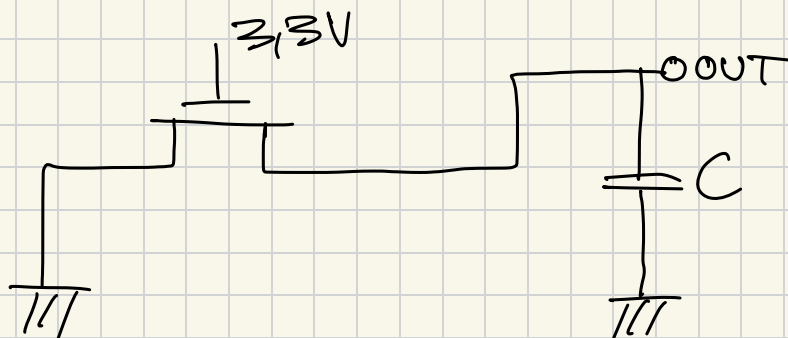


IL MOS SI SPENGERÀ
QUANDO $V_{GS} = V_T$

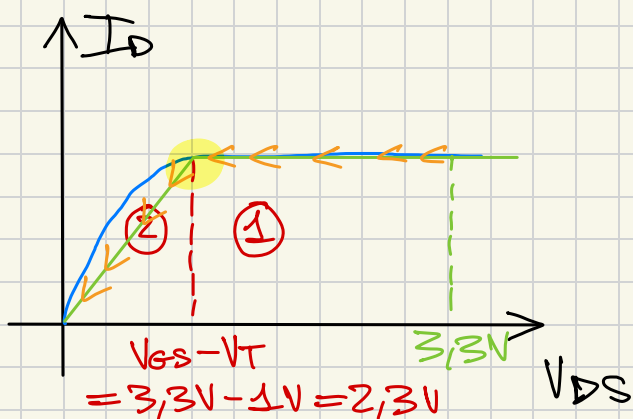
$$\Rightarrow OUT = V_{GS} - V_T = 3,3V - 1V = 2,3V$$

b) $AB = 11 \Rightarrow OUT = 2,3V$
 $AB = 10 \Rightarrow OUT = 0V$

L'USCITA STA COMUTANDO
DA 2,3V A 0V
(STO SCARICANDO IL COND.)



È LA SCARICA DI
UN CONDENSATORE
TRAMITE IL MOS N



VERIFICARE PUNTO INIZ. E FIN.
SIANO DIVERSI
(A VOLTE APPROSSIMAZ. A CORR.
CONSTANTE)

MA ATTENZIONE! PARTO DA 2,3V (NON DA 3,3V)
 NOTO CHE LO SCARICO TUTTO IN ZONA OHMICA
 FARLO A CORRENTE COSTANTE È UNA PESSIMA
 IDEEA!

$$\Rightarrow V_{out} = 2,3V e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = R \cdot C = 0,46 \mu s$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$0,2 \mu F$$

R CON CUI APPROSSIMO LA CURVA: $\frac{V_{GS} - V_T}{I_{DSAT}}$

$$\uparrow$$

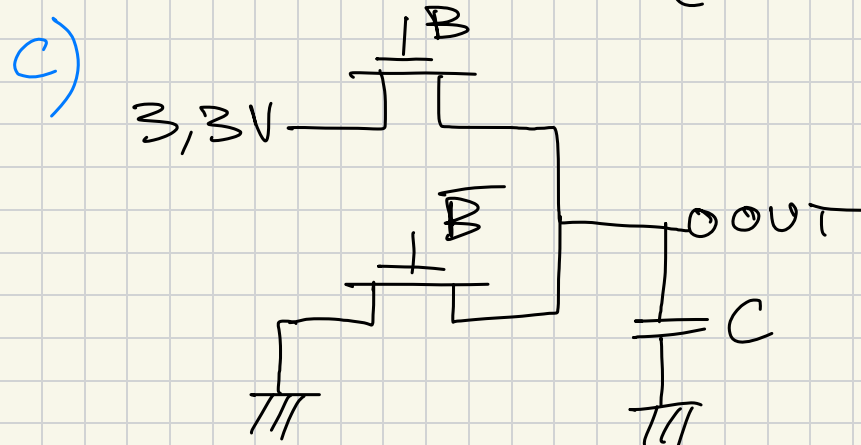
$$\leftarrow 2,3V$$

$$\leftarrow (V_{GS} - V_T)^2 = 1 \mu A$$

DEFINIAMO LA CONVENZIONE: NON CI È STATO
 SPECIFICATO $\Rightarrow$ METÀ DINAMICA $\left(\frac{2,3 - 0}{2} = 1,15 V \right)$

(SAPPIAMO, VEDI ES. PREC.) $t = 0,69 \tau = 0,31 \mu s$

MA PERCHÉ NON USO LA $R_{DS(on)}$? OLTRE A ESSERE
 MOLTO PRECISO LONTANO DALL'ORIGINE, LA $R_{DS(on)}$
 SOVRASTIMA LA CORRENTE, LA NOSTRA LA SOTTOSTIMA
 $\Rightarrow$ SE LA CORR. È MAGGIORE, IN REALTÀ CI METTO
 MOLTO TEMPO $\Rightarrow$ LA $R_{DS(on)}$ SOTTOSTIMA IL TEMPO
 DI COMUTAZIONE (MA MEGLIO SOVRASTIMARE!)



$A = 1$ E B COMUTA
 $\Rightarrow$ DALLA T_{OLV}, ANCHE
 L'USCITA COMUTA

POTENZA STATICA? NO, A REGIME NON C'È PASSAGGIO DI CORRENTE

DA DOVE
PRENDO A DOVE PORTO LA CARICA

$$P = C \underbrace{\Delta V_1}_{\substack{\Delta V \text{ AI CAPI} \\ \text{DEL COND.}}} \underbrace{\Delta V_2}_{\substack{\downarrow \\ 2\text{MHz}}} f_{ck} = C \cdot 2,3V \cdot 3,3V \cdot 2\text{MHz}$$

IL DUTY CYCLE SERVE PERÒ A VERIFICARE I TEMPI DI COMMUTAZIONE

$D=30\% \Rightarrow$ PER IL 30% DEI 2MHz STA ALTA, IL RESTANTE 70% STA BASSA

$$1\text{MHz} = 1\mu s, 2\text{MHz} = 500ns = 0,5\mu s$$

IL 30% DI 500ns È SICURAMENTE $\gg 0,31\mu s$
LA PORTA COMMUTA MOLTO PIÙ VELOCEMENTE DEL CLOCK

3) Agli ingressi A e B vengono applicati segnali digitali con livelli 0V e 3.3V.

- Determinare la tabella della verità del circuito specificando il valore di tensione di OUT.
- Calcolare il tempo di propagazione della porta logica quando gli ingressi commutano istantaneamente da AB=01 ad AB=11.
- Calcolare la potenza dissipata dal circuito quando A=1 e B è un'onda quadra avente periodo $T=2\mu s$ e $D=50\%$.
- Disegnare lo schema circuitale di una porta logica CMOS che realizzi la medesima funzione logica utilizzando solo i segnali A, B e $\bar{B}$. A che valore di tensione corrisponde il valore logico basso dell'uscita?

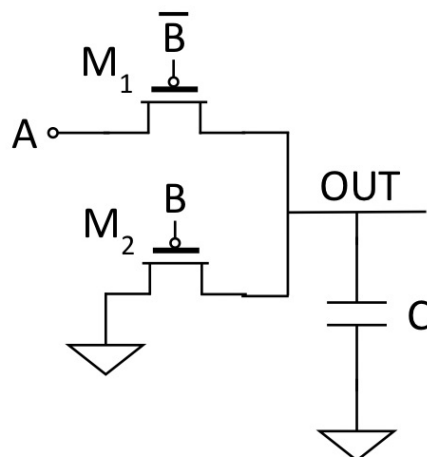
DATI:

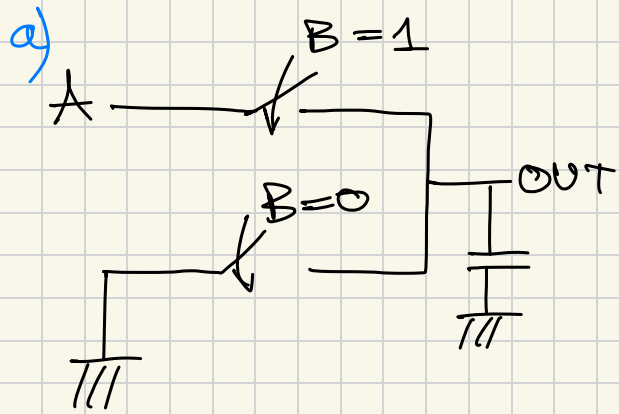
$$|k_p| = 200 \frac{\mu A}{V^2}$$

$$V_{tn} = |V_{tp}| = 1V$$

$$V_{DD} = 3.3V$$

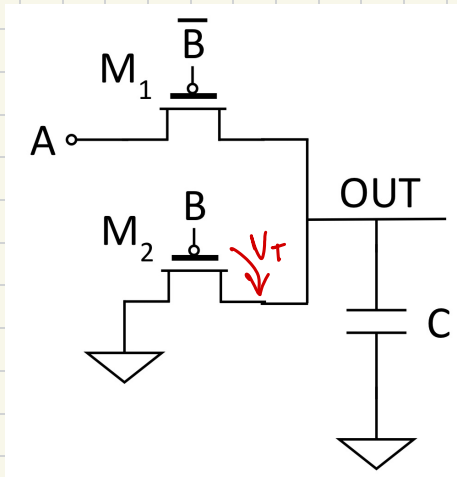
$$C = 0.2pF$$





A	B	OUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

COME PRIMA, 1 LIVELLO?
 QUI HO CON UN MOS F! CARICARE ORA NON SARÀ
 UN PROBLEMA! $V = 3,3V$
 SCARICARE INVECE SÌ



IL LIVELLO LOGICO BASSO È 1V

b) PARTIRÒ DA $V_{GS} - V_T$ A V_{DD}
 $\tau = 0,16 ns$ COME PRIMA $\Rightarrow t = 0,31 ns$

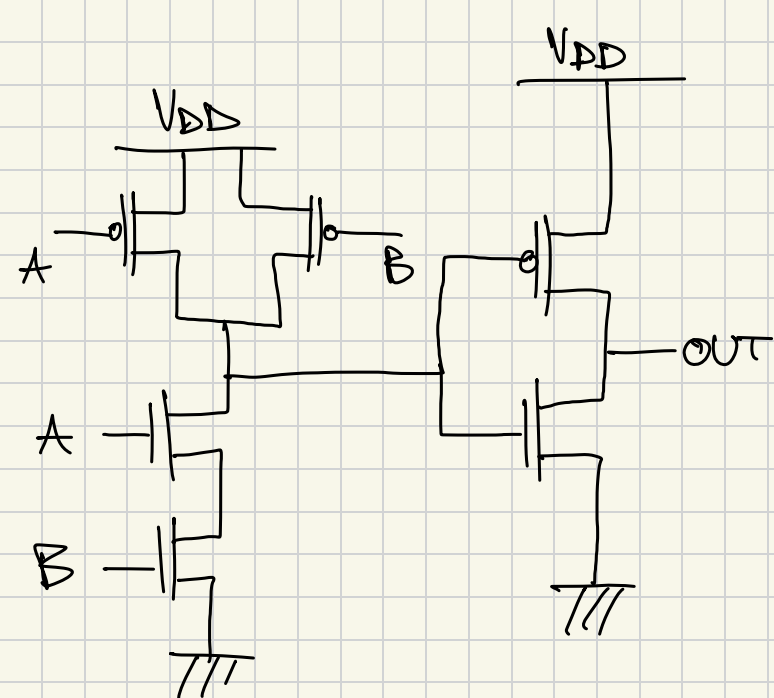
c)

$$P = C \underbrace{\Delta V_1}_{3,3-1=2,3V} \underbrace{\Delta V_2}_{3,3V} f_{ck} = 0,759 \mu W$$

↓
500KHz

↓
CAMBIA SOLO PER QUESTO MOTIVO

d) L'EQUIVALENTE CMOS AVRÀ $H = V_{DD}$ E $L = 0V$ (PERCHÉ CMOS)
 QUESTA È UNA AND, QUINDI REALIZZIAMO UNA
 NAND E POI UN INVERTER



OCCUPA PIÙ SPAZIO!