

cognome

A	B	C	D	I	L
2	2	2	2		

nome

matricola

Totale

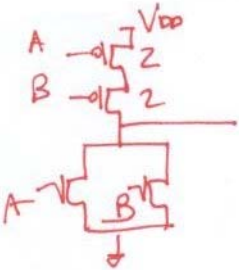
**A** Se la densità dei dispositivi integrati raddoppia ogni 3 anni e oggi è possibile integrare 500000 transistori in un mm quadrato di silicio, quanti transistori si avranno in un chip di 1cm x 1cm fra 4.5 anni?

Densità attuale =  $\frac{500'000}{10^{-6}}$  [t/mm<sup>2</sup>]

Densità fra 4,5 anni =  $\frac{500'000}{10^{-6}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4,5 = \frac{1500'000}{10^{-6}}$

# transistori fra 4,5 anni =  $1500 \cdot 10^{+3} \cdot \frac{10^{-4}}{10^{-6}} = 1,5 \cdot 10^8$

**B** Se  $K'n/K'p = 3$  qual è la dimensione dei transistori NMOS in un gate NOR a 2 ingressi, in logica FCMOS), in cui i PMOS abbiano  $S_p=2$  e i fronti di salita e discesa hanno la stessa durata.



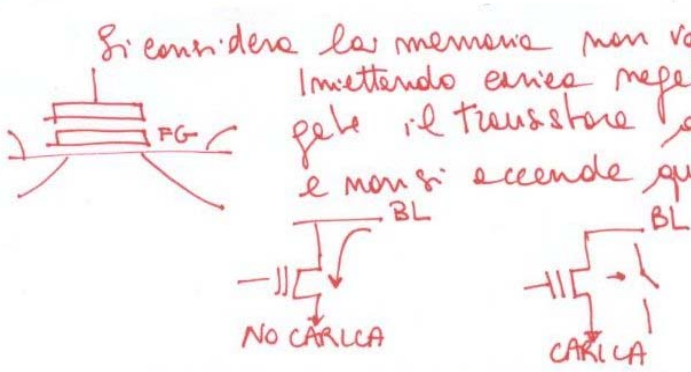
$K'_n \cdot S_m = K'_p \cdot S_p \Rightarrow t_{\uparrow} = t_{\downarrow}$

$K'_n \cdot S_m = K'_p \cdot \frac{2}{2}$

$S_m = \frac{1}{3}$

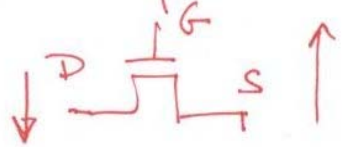
**C** Illustrare almeno un principio di funzionamento di un tipo di memoria non volatile

Si considera la memoria non volatile a floating gate. Immettendo carica negativa nel floating gate il transistor aumenta la sua soglia e non si accende quando viene selezionato.



**D** Perché un pass transistor NMOS è più lento in risposta ad un fronte di salita che ad un fronte di discesa?

Perché nel caso di fronti di salite il transistor funziona secondo una configurazione che comporta il maggior spegnimento del transistor (minime overdrive, minore velocità)

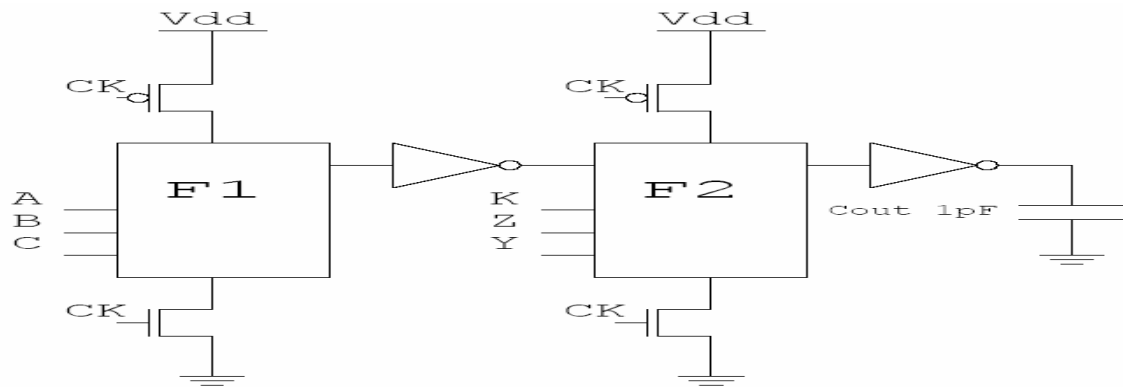


**I**

$$f = ((A + B + C) \cdot K + ZY)$$

I1	I2	I3
2	4	2

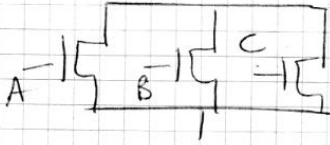
Totale



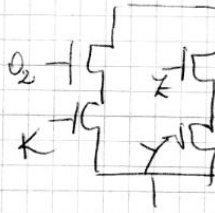
- 1) Si realizzi la funzione in logica DOMINO
- 2) Supponendo  $S_n = 2$ ,  $S_p = 4$  calcolare il ritardo, in fase di valutazione, di caso peggiore attraverso la cascata di gates, assumendo che i transistori siano a dimensione minima (in f1 e f2)
- 3) Si realizzi la funzione in logica FCMOS (sono disponibili gli ingressi in forma vera e negata)

I

1)  $F_1$



$F_2$



$$2) t_1 = \frac{2C_{01}}{f_m \cdot 2} \cdot F = 62,9 \text{ psec}$$

$$C_{01} = C_{ox} L^2 \cdot 6 = 2,536 \text{ fF}$$

$$t_2 = \frac{2 \cdot C_{02}}{f_p \cdot 4} \cdot F = 2,62 \text{ psec}$$

$$C_{02} = C_{ox} L^2 \cdot 1 = 0,423 \text{ fF}$$

$$t_3 = \frac{2C_{03}}{f_m \cdot \frac{1}{3}} \cdot F = 41,34 \text{ psec}$$

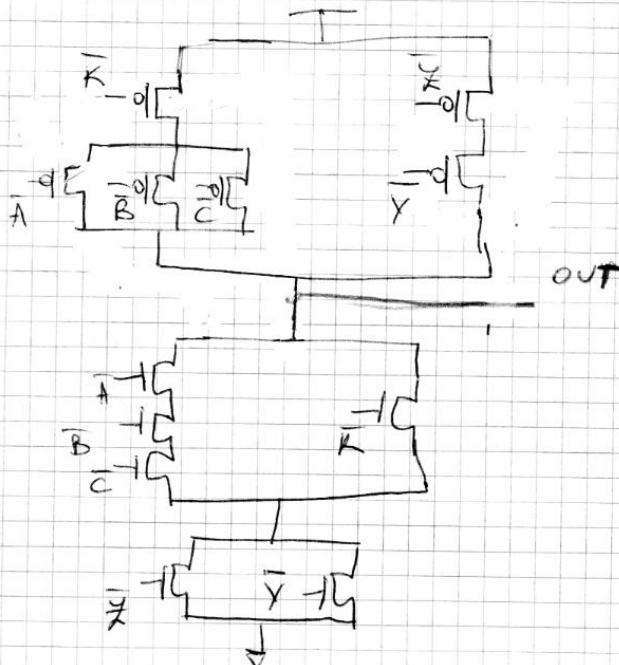
$$C_{03} = C_{ox} L^2 \cdot 6 = 2,536 \text{ fF}$$

$$t_4 = \frac{2 \cdot 10^{12}}{f_p \cdot 4} \cdot F = 6 \text{ msec}$$

$$C_{04} = C_{ox} L^2 \cdot 1 = 0,423 \text{ fF}$$

$$3) \overline{(A+B+C) \cdot K + Z \cdot Y} = \overline{(A+B+C) \cdot K} \cdot \overline{(Z \cdot Y)} =$$

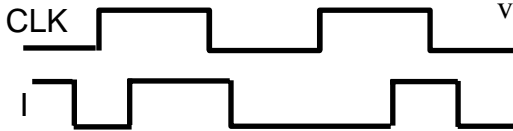
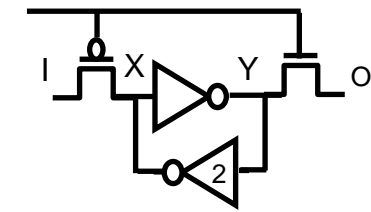
$$= (\overline{A+B+C} + \overline{K}) \cdot (\overline{Z} + \overline{Y}) = (\overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{K}) \cdot (\overline{Z} + \overline{Y})$$



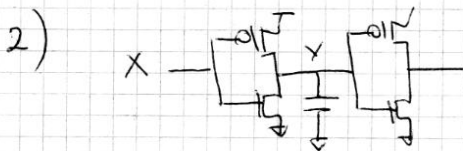
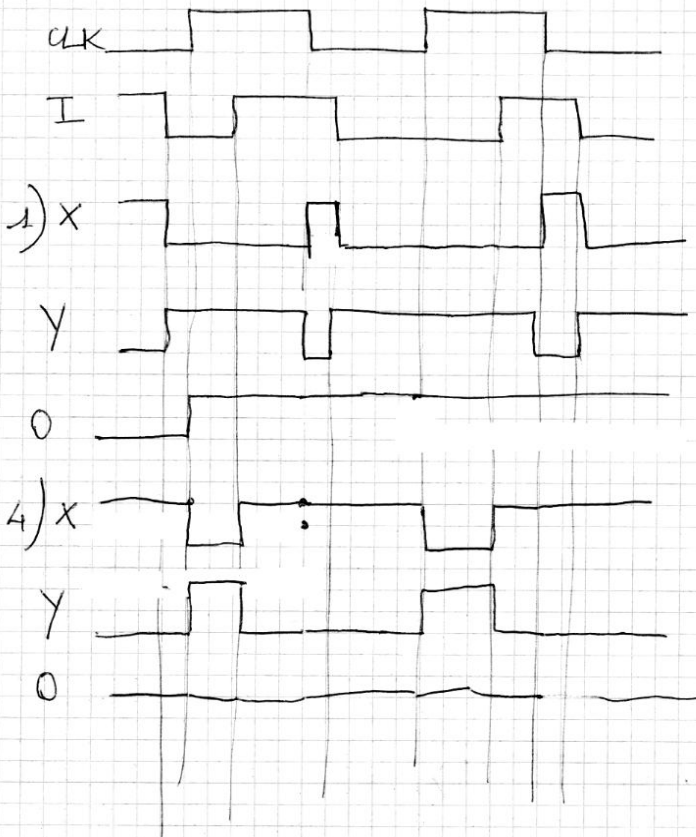
L

L1	L2	L3	L4
2	2	2	2

Totale



- 1) Supponendo che il valore iniziale di O sia "0", tracciare la forma d'onda di O, X, Y
- 2) Se  $S_{inv} = 2$ ,  $S_{pinv} = 2$  calcolare il tempo necessario perché un fronte 0→1 e 1→0 sul nodo X si propaghi sul nodo Y (si trascurino le capacità di D e S dei pass-transistor)
- 3) Il circuito di uscita è sequenziale, statico o dinamico?
- 4) Tracciare le forme d'onda in O, X, Y se i due pass-transistor vengono invertiti



$$C_y = C_{ox} \cdot L^2 \cdot 4 = 1,69 \text{ fF}$$

$$0 \rightarrow 1 \quad t_f = \frac{3 \cdot 1,69 \cdot 10^{-15}}{10^{-4} \cdot 2} = 0,62$$

$$1 \rightarrow 0 \quad t_r = 2t_f$$

$$t_f = 1,0478 \cdot 10^{-11} \text{ sec.}$$

$$= 10,478 \text{ psec.}$$

3) il circuito è sequenziale e statico

**PARAMETRI TECNOLOGICI ( $V_{dd} = 3.3 \text{ V}$ )**

	n – channel	p – channel
$V_{T0}$	0.7 V	- 0.7
$K'$	$100 \mu\text{A}/\text{V}^2$	$50 \mu\text{A}/\text{V}^2$
$C_{ox}$	$3.45 \text{ fF}/\mu\text{m}^2$	$3.45 \text{ fF}/\mu\text{m}^2$
$L_{min}$	$0.35 \mu\text{m}$	$0.35 \mu\text{m}$
$\lambda$	0	0
$\gamma$	0	0
$R_{eq} (V_{gs} =  V_{dd} , 90\%, S = 1)$	5.39 k $\Omega$	10.78 k $\Omega$