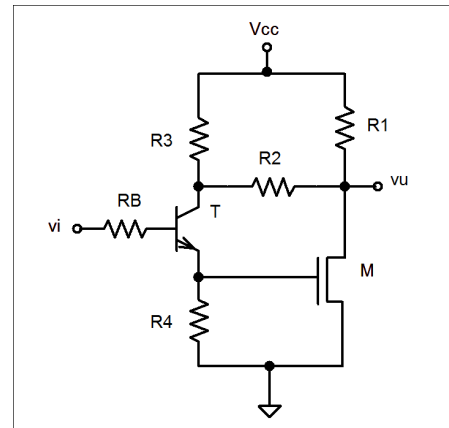


PROVA SCRITTA DI ELETTRONICA
24 GIUGNO 2010

1) Nel circuito in figura il transistor MOS è caratterizzato dalla tensione di soglia V_T e dal coefficiente β_n , mentre il transistor bipolare è caratterizzato dalle tensioni $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$ e $V_{CESAT} = 0.2 \text{ V}$.

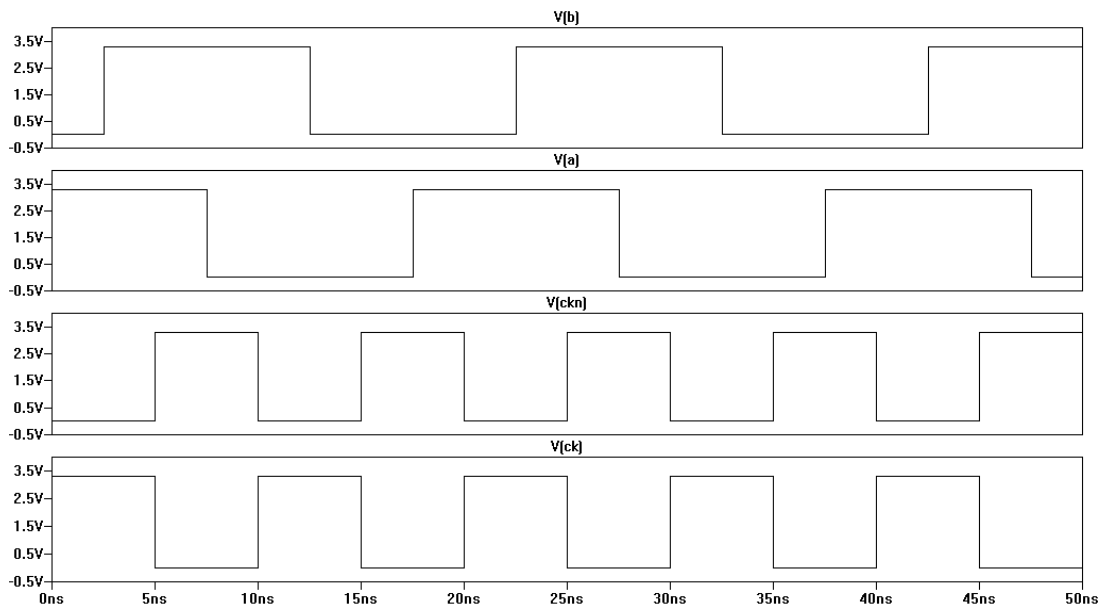
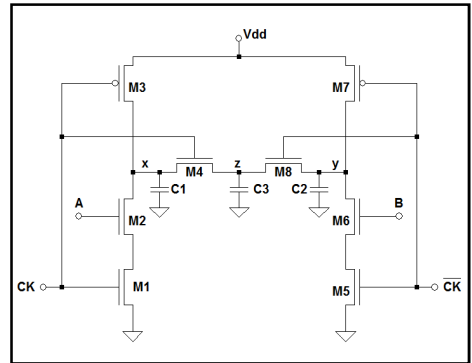
Si determini l'escursione logica del circuito ($V_H - V_L$)

$V_{CC} = 3.3 \text{ V}$, $V_T = 0.4 \text{ V}$, $\beta_n = 1 \text{ mA/V}^2$, $R_1 = R_2 = 5 \text{ K}\Omega$,
 $R_3 = 2 \text{ K}\Omega$, $R_4 = 800 \Omega$, $R_B = 100 \Omega$, $\beta_f = 100$



2) Nel circuito in figura, i transistori MOS sono caratterizzati dalle tensioni di soglia V_{Tn} e V_{Tp} e dai coefficienti β_n e β_p .

I segnali di ingresso V_{ck} , V_{ckneg} , V_a e V_b abbiano l'andamento periodico mostrato in figura. Si determini l'andamento dei segnali, valutando in particolare i valori asintotici al termine di ciascuna commutazione, trascurando i tempi di propagazione.



$V_{dd} = 3.3 \text{ V}$, $V_{Tn} = 0.4 \text{ V}$, $V_{Tp} = -0.3 \text{ V}$, $\beta_n = 1.2 \text{ mA/V}^2$,
 $\beta_p = 0.8 \text{ mA/V}^2$, $C_1 = C_2 = 20 \text{ fF}$, $C_3 = 50 \text{ fF}$.

- Indicare su ciascun foglio nome, cognome, data e numero di matricola
- Non usare penne o matite rosse
- L'elaborato deve essere contenuto in un unico foglio (4 facciate) protocollo

Soluzione esercizio n.ro 1

Hp1: supponiamo che $V_i = V_L$ sia $<$ di V_γ (**da verificare**) allora

T OFF e pertanto, essendo la corrente $I_E = I_4 = 0$ e $V_{GS} = I_4 R_4 = 0$, anche
M OFF $\Rightarrow V_u = V_{cc} = V_H$

Poniamo $V_i = V_H = V_{cc}$

Hp2: T SAT; M LIN (**da verificare**)

$$\begin{cases} I_C = I_E - I_B \\ I_3 = I_C + I_2 \\ I_1 + I_2 = I_{DS} \end{cases}$$

$$I_E = \frac{(V_X - V_{cesat})}{R_4}$$

$$I_B = \frac{V_{cc} - (V_X - V_{cesat} + V_\gamma)}{R_B}$$

$$I_3 = \frac{(V_{cc} - V_X)}{R_3}$$

$$I_2 = \frac{(V_X - V_u)}{R_2}$$

$$I_1 = \frac{(V_{cc} - V_u)}{R_1}$$

$$I_{DS} = \beta_n \left((V_X - V_{cesat} - V_T) V_u - \frac{V_u^2}{2} \right)$$

Sostituendo nel sistema si ottiene

$$\frac{(V_{cc} - V_X)}{R_3} = \frac{(V_X - V_{cesat})}{R_4} - \frac{V_{dd} - (V_X - V_{cesat} + V_\gamma)}{R_B} + \frac{(V_X - V_u)}{R_2}$$

$$\frac{(V_{cc} - V_u)}{R_1} + \frac{(V_X - V_u)}{R_2} = \beta_n \left((V_X - V_{cesat} - V_T) V_u - \frac{V_u^2}{2} \right)$$

Ricavando $V_X(V_u)$ dalla prima e sostituendo nella seconda si ottiene una equazione di secondo grado in V_u le cui radici sono:

$V_{u1} = 0.57 \text{ V}$, $V_{u2} = 4.18 \text{ V}$ (V_{u2} è ovviamente da scartare)

Con $V_u = 0.57 \text{ V}$ si ottiene $V_X = 2.51 \text{ V}$

VERIFICHE

$V_u = V_L < V_\gamma$ Hp1 verificata

$$I_B = 0.002883 \text{ A}$$

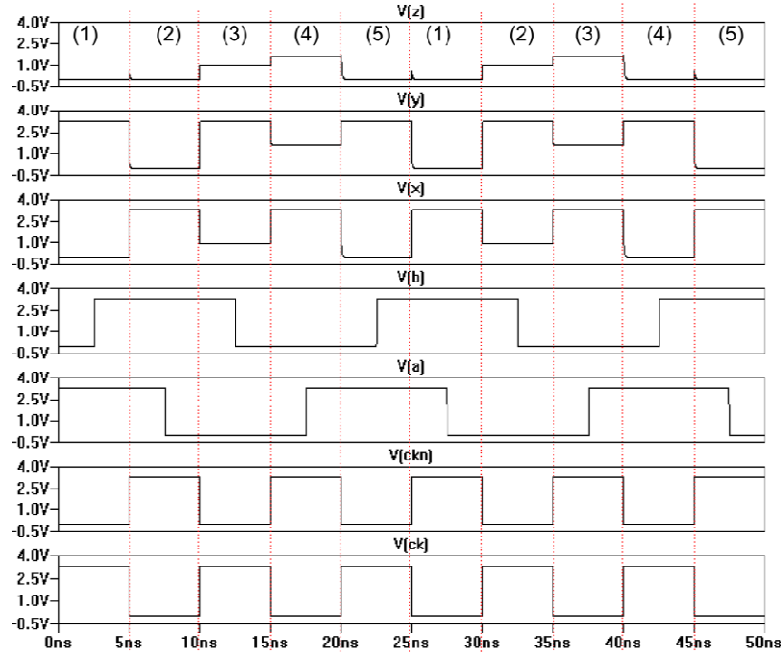
$$I_C = 6.62844 \times 10^{-6} \text{ A} \Rightarrow I_C < \beta_f I_B \Rightarrow \text{T SAT}$$

$$V_{GS} = I_4 R_4 = V_{dd} - I_B * R_B - V_\gamma = 2.31 \text{ V} \Rightarrow V_{GS} > V_{DS} + V_T = V_L + V_T = 0.97 \Rightarrow \text{M LIN}$$

\Rightarrow Hp2 verificata

Soluzione esercizio n.ro 2

Il circuito è composto da due invertitori dinamici PE, la cui uscita è connessa al nodo comune z attraverso due pass-transistor a canale n. Nel seguito si indica con INV-A l'invertitore controllato dal segnale di ingresso V_a e dal segnale di clock V_{ck} (a sinistra nel disegno) e con INV-B l'invertitore controllato dal segnale di ingresso V_b e dal segnale di clock complementare V_{ckn} (a destra nel disegno).



Con riferimento alla figura soprastante:

1) $t < 5ns$:

$$\left. \begin{array}{l} V_{ck} = V_{dd}, \text{INV-A in Eval}, V_a = V_{dd} \rightarrow V_x = 0; M_4 \text{ on} \\ V_{ckn} = 0, \text{INV-B in Precarica}, \rightarrow V_y = V_{dd}; M_8 \text{ off} \end{array} \right\} \rightarrow V_z = 0$$

2) $5ns < t < 10ns$:

$$\left. \begin{array}{l} V_{ck} = 0, \text{INV-A in Prec.}, \rightarrow V_x = V_{dd}; M_4 \text{ off} \\ V_{ckn} = V_{dd}, \text{INV-B in Eval}, V_b = V_{dd} \rightarrow V_y = 0; M_8 \text{ on} \end{array} \right\} \rightarrow V_z = 0$$

3) $10ns < t < 15ns$:

$$\left. \begin{array}{l} V_{ck} = V_{dd}, \text{INV-A in Eval}, V_a = 0 \rightarrow V_x = A.I.; M_4 \text{ on} \\ V_{ckn} = 0, \text{INV-B in Precarica}, \rightarrow V_y = V_{dd}; M_8 \text{ off} \end{array} \right\} \rightarrow$$

I nodi x e z, a causa delle capacità, sono inizialmente al valore precedentemente calcolato ($V_x = V_{dd}, V_z = 0$). Avviene quindi un transitorio di redistribuzione della carica (HP: M4 lin):

$$\left. \begin{array}{l} Q_1^- = C_1 V_{dd} \\ Q_3^- = C_3 \cdot 0 \\ Q_1^+ = C_1 V_z^+ \\ Q_3^+ = C_3 V_z^+ \\ Q_1^- + Q_3^- = Q_1^+ + Q_3^+ \end{array} \right\} \rightarrow V_z^+ = \frac{C_1}{C_3 + C_1} V_{dd} = 0.943 V = V^*$$

Verifica della ipotesi:

$$\left. \begin{array}{l} V_{GS4} = V_{dd} - V^* = 2.357 V \\ V_{DS4} = V^* - V^* = 0 \end{array} \right\} \rightarrow V_{GS4} > V_{DS4} + V_{Tn} \rightarrow 2.357 > 0.4 \rightarrow \text{OK}$$

4) $5ns < t < 10ns$:

$$\left. \begin{array}{l} V_{ck} = 0, \text{INV-A in Prec.}, \rightarrow V_x = V_{dd}; M_4 \text{ off} \\ V_{ckn} = V_{dd}, \text{INV-B in Eval}, V_b = 0 \rightarrow V_y = A.I.; M_8 \text{ on} \end{array} \right\} \rightarrow$$

I nodi y e z, a causa delle capacità, sono inizialmente al valore precedentemente calcolato ($V_y = V_{dd}, V_z = V^*$). Avviene quindi un transitorio di redistribuzione della carica (HP: M8 lin):

$$\left. \begin{array}{l} Q_2^- = C_2 V_{dd} \\ Q_3^- = C_3 V^* \\ Q_2^+ = C_2 V_z^+ \\ Q_3^+ = C_3 V_z^+ \\ Q_2^- + Q_3^- = Q_2^+ + Q_3^+ \end{array} \right\} \rightarrow V_z^+ = \frac{C_2 V_{dd} + C_3 V^*}{C_3 + C_2} = 1.616 V = V^{**}$$

Verifica della ipotesi:

$$\left. \begin{array}{l} V_{GS8} = V_{dd} - V^{**} = 1.634 V \\ V_{DS8} = V^{**} - V^{**} = 0 \end{array} \right\} \rightarrow V_{GS8} > V_{DS8} + V_{Tn} \rightarrow 1.634 > 0.4 \rightarrow \text{OK}$$

5) Identico a (1), riprende il periodo e l'andamento si ripete.