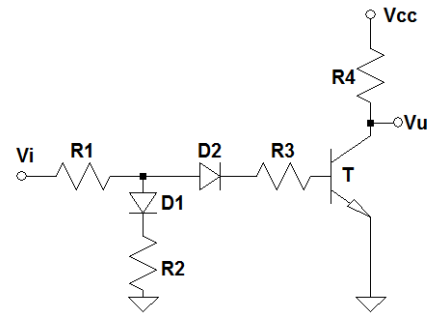


PROVA SCRITTA DI ELETTRONICA 1  
9 FEBBRAIO 2017

1) Nel circuito in figura, i transistori e i diodi possono essere descritti da un modello “a soglia”, con  $V_{\gamma}=0.75\text{ V}$  e  $V_{CE,sat}=0.2\text{ V}$ . Si determini il margine di immunità ai disturbi della rete.



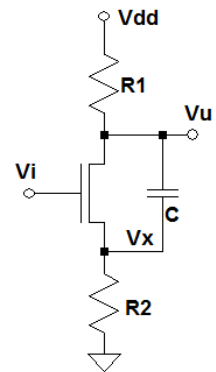
$V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $\beta_F = 100$ ,  $R_1 = 3\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 5\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 2.5\text{ k}\Omega$ .

2) Nel circuito in figura, il transistor MOS è caratterizzato dalla tensione di soglia  $V_{Tn}$  e dal coefficiente  $\beta_n$ .

Il segnale di ingresso  $V_i$  abbia l'andamento seguente:

$$V_i = \begin{cases} V_{dd} & (t < 0) \\ 0 & (t > 0) \end{cases}$$

Si determini il tempo necessario a compiere il 50% del transitorio di variazione della carica sul condensatore C.



$V_{dd} = 3.3\text{ V}$ ,  $\beta_n = 1.4\text{ mA/V}^2$ ,  $V_{Tn} = 0.35\text{ V}$ ,  $R_1 = 2\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 500\text{ }\Omega$ ,  $C = 60\text{ fF}$ .

---

Esame di ELETTRONICA AB (mod. B): svolgere l'esercizio 1 (tempo disponibile 1h 15m).

Esame di ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI A: l'esercizio 2 (tempo disponibile 1h 15m).

Esame di ELETTRONICA 1 / FONDAMENTI DI ELETTRONICA A: svolgere gli esercizi 1 e 2 (tempo disponibile 2h e 30m).

- 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

### 9.2.2017 – Esercizio 1

Osservazioni preliminari:

- il diodo  $D_2$  e il transistor  $T$  sono necessariamente o entrambi OFF o entrambi ON ( $I_B = I_{D2}$ );
- se il diodo  $D_2$  e il transistor sono ON ( $V_x > 2V_\gamma$ ), allora necessariamente il diodo  $D_1$  è ON (ma non viceversa).

1)  $V_i < V_\gamma \rightarrow D_1 \text{ OFF} \rightarrow D_2, T \text{ OFF} \rightarrow I_C = 0 \rightarrow V_u = V_{cc} - R_4 I_C = V_{cc}$

2)  $D_1 \text{ ON}, D_2, T \text{ OFF}$ :

$$\left. \begin{array}{l} V_x = V_i - R_1 I_{R1} \\ V_x = V_\gamma + R_2 I_{R2} \\ I_{R1} = I_B + I_{R2} \\ I_B = 0 \end{array} \right\} \rightarrow V_x = 0.281 + 0.625 V_i \xrightarrow{V_x < 2V_\gamma} V_i < 1.95 \text{ V}, V_u = V_{cc}$$

3)  $D_1, D_2 \text{ ON}, T \text{ ON (RN)}$ :

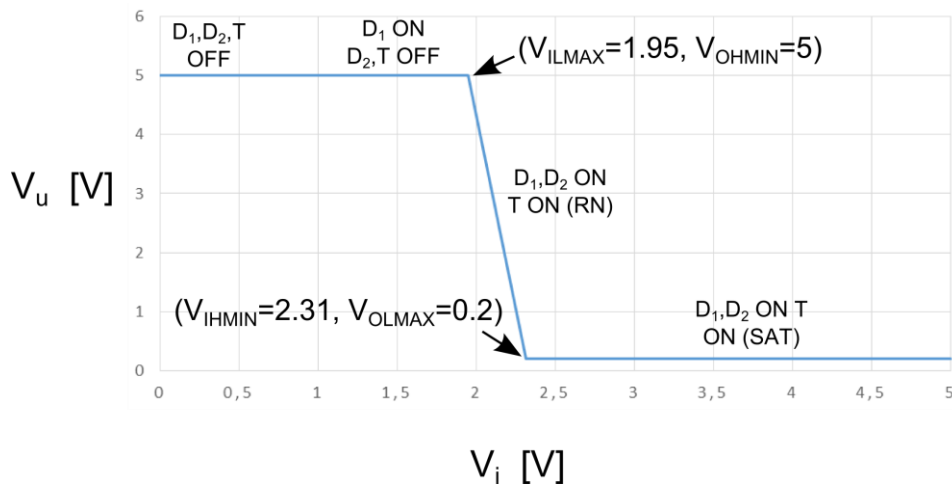
$$\left. \begin{array}{l} V_x = V_i - R_1 I_{R1} \\ V_x = V_\gamma + R_2 I_{R2} \\ I_{R1} = I_B + I_{R2} \\ V_{D2} = V_{BE} = V_\gamma \rightarrow I_B = \frac{(V_x - 2V_\gamma)}{R_3} \end{array} \right\} \rightarrow V_u = 30.66 - 13.16 V_i (*)$$

che vale fino a che il transistor  $T$  non satura:

$$V_{CE} = V_u > V_{CE,sat} \xrightarrow{(*)} V_i < 2.31 \text{ V}$$

4)  $D_1, D_2 \text{ ON}, T \text{ ON (SAT)} \rightarrow V_u = V_{CE,sat}$

L'andamento della caratteristica statica di trasferimento è quindi il seguente:



$$\left. \begin{array}{l} N_{ML} = V_{ILMAX} - V_{OLMAX} = 1.75 \text{ V} \\ N_{MH} = V_{OHMIN} - V_{IHMIN} = 2.69 \text{ V} \end{array} \right\} \rightarrow N_M = \min(N_{ML}, N_{MH}) = 1.75 \text{ V}$$

## 9.2.2017 – Esercizio 2

1)  $t < 0$ :  $V_i = V_{dd} \rightarrow M_1 \text{ ON}$

In condizioni statiche ( $I_c = 0$ ), supponendo  $M_1$  LIN (\*) e scartando una soluzione non significativa si ottiene:

$$\left. \begin{aligned} I_{R1} &= \frac{V_{dd} - V_u}{R_1} \\ I_{R2} &= \frac{V_x}{R_2} \\ I_D &= \beta_n \left( (V_{dd} - V_x - V_T)(V_u - V_x) - \frac{(V_u - V_x)^2}{2} \right) \\ V_c &= V_u - V_x \end{aligned} \right\} \xrightarrow{I_D = I_{R1} = I_{R2}} \begin{cases} V_u = 0.967 \text{ V} \\ V_x = 0.583 \text{ V} \\ V_c = 0.383 \text{ V} \end{cases}$$

che soddisfa l'ipotesi (\*):

$$V_{GS} = V_{dd} - V_x = 2.717 > V_{DS} = V_c = 0.383$$

2)  $t > 0$ :  $V_i = 0 \rightarrow M_1 \text{ OFF}$

Per  $t \rightarrow \infty$ , al termine del transitorio, si ha:

$$I_c = I_{R1} = I_{R2} = 0 \rightarrow \begin{cases} V_u = V_{dd} \\ V_x = 0 \\ V_c = V_{dd} \end{cases}$$

Nel corso del transitorio, la tensione ai capi del condensatore quindi passa da 0.383 a 3.3 V. Il 50% della variazione si raggiunge quindi per:

$$V_c = \frac{0.383 + 3.3}{2} = 1.842 \text{ V}$$

Si ha:

$$\left. \begin{aligned} I_{R1} &= \frac{V_{dd} - V_u}{R_1} \\ I_{R2} &= \frac{V_u - V_c}{R_2} \\ I_c &= C \frac{dV_c}{dt} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{I_c = I_{R1} = I_{R2}} C \frac{dV_c}{dt} = 1.32 \cdot 10^{-3} - 0.4 \cdot 10^{-3} V_c$$

da cui, separando le variabili e integrando per  $V_c$ : 0.383  $\rightarrow$  1.842 V si ottiene:

$$t_{50\%} = \int_{0.383}^{1.842} \frac{C}{1.32 \cdot 10^{-3} - 0.4 \cdot 10^{-3} V_c} dV_c = 103.97 \text{ ps}$$