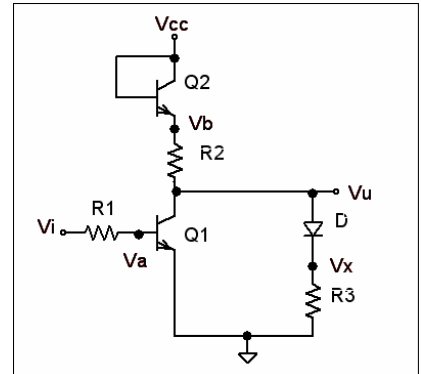


PROVA SCRITTA DI ELETTRONICA
1 FEBBRAIO 2007

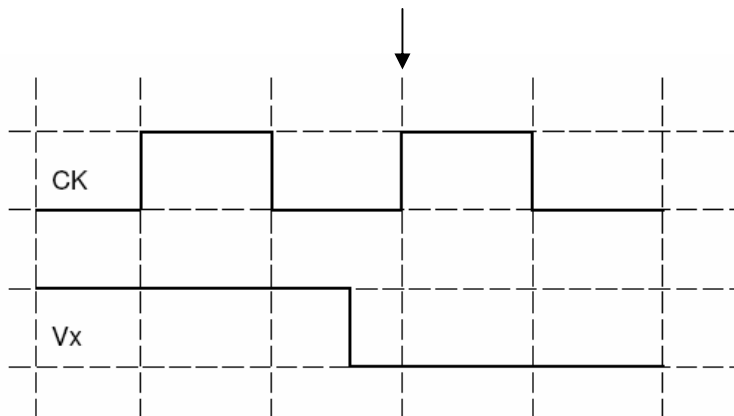
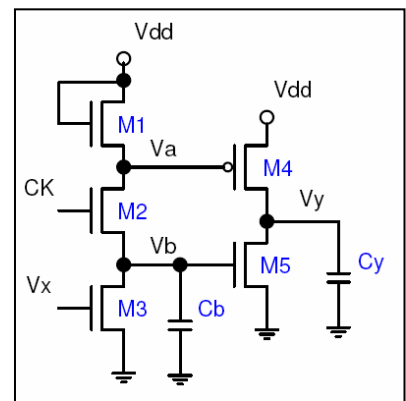
1)) Nel circuito in figura, i transistori e il diodo possono essere descritti da un modello “a soglia”, con $V_{\gamma}=0.75$ V e $V_{CE,sat}=0.2$ V. Si determini la caratteristica statica di trasferimento $V_u(V_i)$, per $0 < V_i < V_{CC}$.

$V_{CC} = 5$ V, $\beta_F=100$, $R_1 = 20$ k Ω , $R_2 = 500$ Ω , $R_3 = 1$ k Ω .



2) Nel circuito in figura, i transistori MOS sono caratterizzati dai coefficienti β e dalle tensioni di soglia V_{TN} e $|V_{TP}|$. Il segnale di clock CK e il segnale di ingresso V_{in} abbiano l'andamento illustrato dalla figura sottostante. Si calcoli:

- il valore assunto dai segnali V_A , V_B , V_Y in corrispondenza dei fronti di discesa e salita del clock supponendo esauriti i transistori prima di ogni transizione del segnale di clock.
- il tempo di propagazione t_{pHL} del segnale V_y a seguito della transizione istantanea da “0” (0 V) a “1” (V_{DD}) del segnale di clock con $V_X=0$ V (si veda figura). Ai fini dei calcoli è lecito considerare tale tempo come somma dei tempi di propagazione di ogni stadio, ciascuno calcolato in risposta ad una transizione istantanea del rispettivo ingresso.



$V_{dd} = 3.3$ V, $V_{TN} = 0.4$ V, $|V_{TP}| = 0.6$ V, $\beta_1=\beta_2= 40$ $\mu\text{A/V}^2$, $\beta_3= 90$ $\mu\text{A/V}^2$, $\beta_4= 40$ $\mu\text{A/V}^2$, $\beta_5= 50$ $\mu\text{A/V}^2$, $C_b = 2$ fF, $C_y = 5$ 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

•
Compito del 1-02-2007 – Soluzione Esercizio #1

Osservazione preliminare: Q2 quando on sempre in AD.

Regione 1: Suppongo Q1 OFF (Q1 sarà OFF fintantoché $v_i < v_\gamma$), Q2 ON in AD e D ON.

$ie2 = (v_{cc} - v_\gamma - v_u) / r_2$ $ir3 = (v_u - v_\gamma) / r_3$ Ma $ie2 = ir3$	Da cui si ricava $v_u = 3.083 \text{ V}$, valore che soddisfa le ipotesi fatte. Si rimane in regione 1 fintantoché Q1 rimane OFF ovvero per $v_i < v_\gamma = 0.75 \text{ V}$.
---	---

Regione 2 : Suppongo Q1 ON in AD, Q2 in AD e D ON.

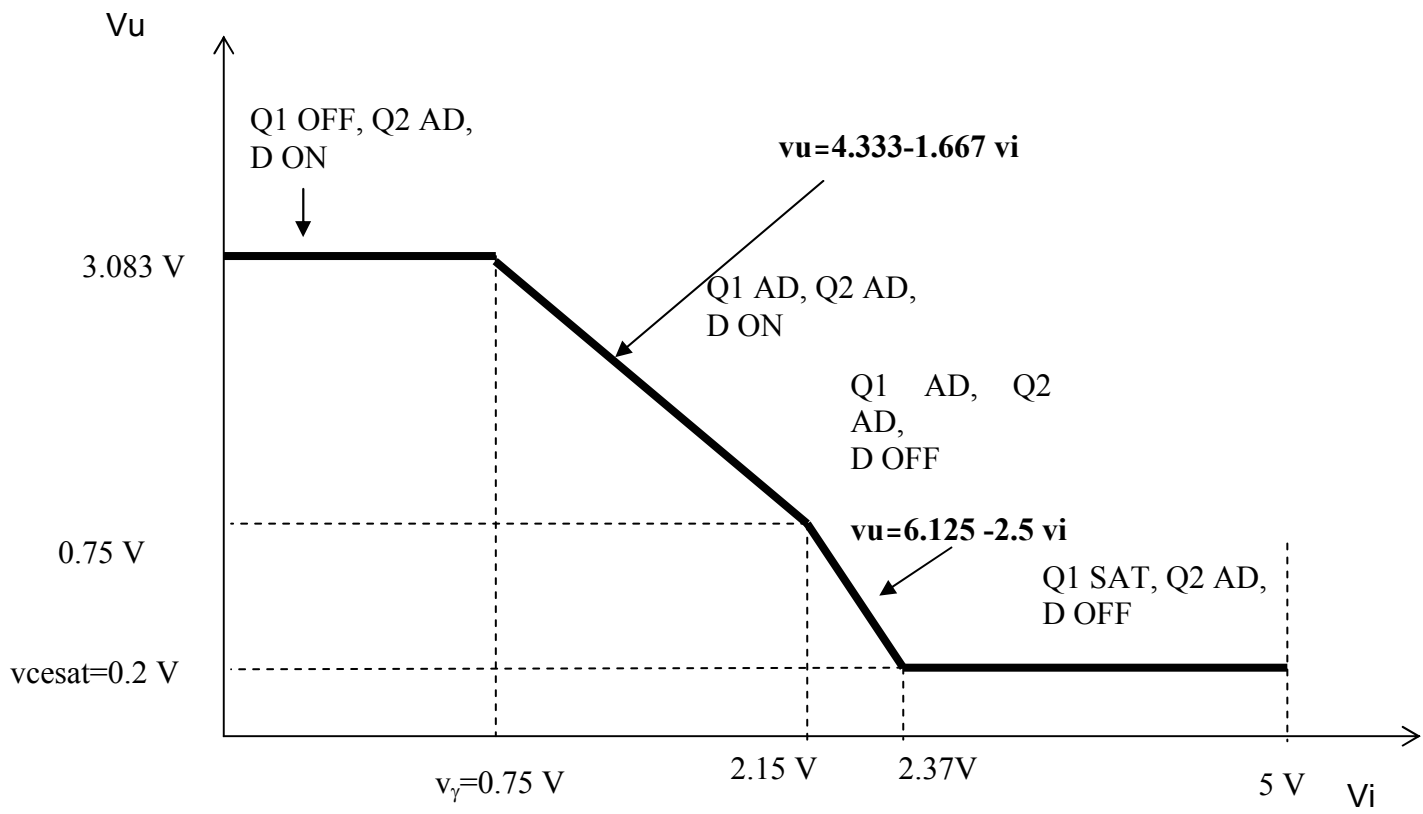
$ie2 = (v_{cc} - v_\gamma - v_u) / r_2$ $ir3 = (v_u - v_\gamma) / r_3$ $ib1 = (v_i - v_\gamma) / r_1$ Ma $ie2 = ir3 + \beta_f * ib1$ Risolvendo si trova che:	$v_u = 4.333 - 1.667 v_i$. Si rimane in questa regione fintantoché o A) Q1 va SAT, oppure B) D va OFF.
A) Si può notare che in realtà se Q1 va SAT, $v_u = v_{cesat} < v_\gamma$, quindi quando Q1 va sat, D deve essere già spento. Avverrà prima che il diodo D si spenga, quindi il caso B).	B) Cerchiamo quindi solo il valore di v_i per il quale D va off, ovvero il valore per il quale: $v_u = v_\gamma = 0.75 \text{ V}$. $ie2 = (v_{cc} - v_\gamma - v_\gamma) / r_2$ $ib1 = (v_i - v_\gamma) / r_1$ Ma $ie2 = \beta_f * ib1$ da cui si ricava che $v_i = 2.15 \text{ V}$
Si rimane in regione 2 per $v_\gamma < v_i < 2.15 \text{ V}$.	

Regione 3: Q1 AD, Q2 AD, D OFF.

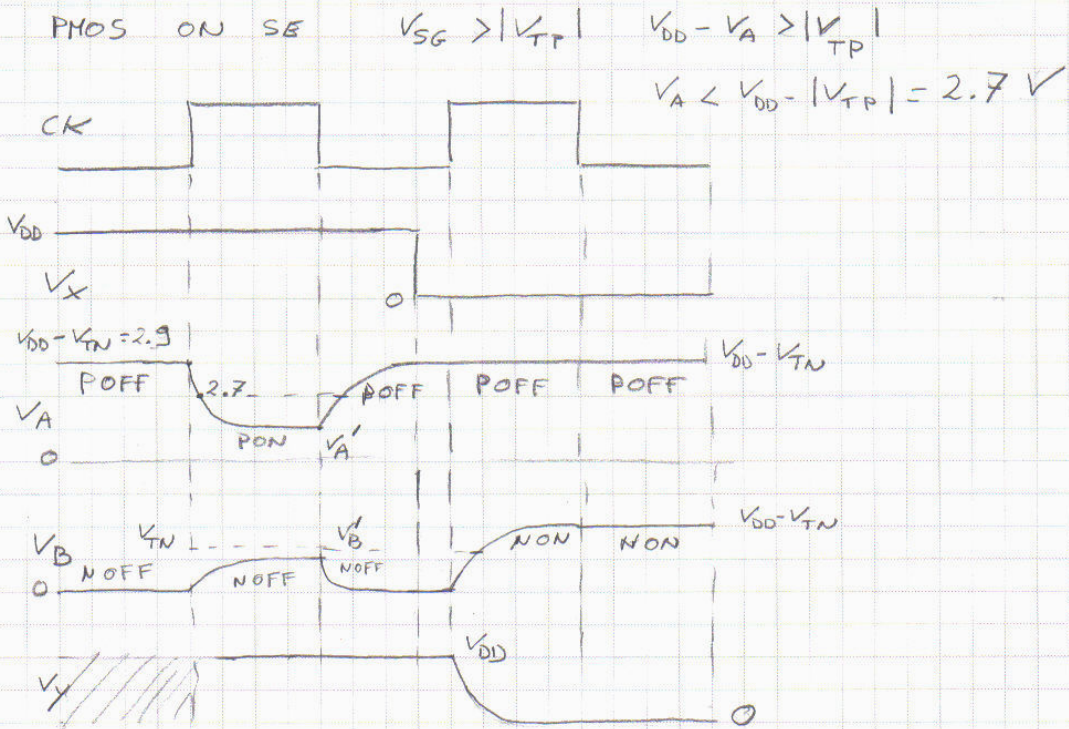
$ie2 = (v_{cc} - v_u - v_\gamma) / r_2$ $ib1 = (v_i - v_\gamma) / r_1$ Ma $ie2 = \beta_f * ib1$ Risolvendo si trova che: $v_u = 6.125 - 2.5 v_i$ Si rimane in questa regione fintantoché Q1 va SAT.	Quando Q1 va sat, $v_u = v_{cesat} = 0.2 \text{ V}$ $ie2 = (v_{cc} - v_{cesat} - v_\gamma) / r_2$ $ib1 = (v_i - v_\gamma) / r_1$ Ma $ie2 = \beta_f * ib1$ Risolvendo si trova $v_i = 2.37 \text{ V}$
Si rimane in regione 3 per $2.15 \text{ V} < v_i < 2.37 \text{ V}$	

Regione 4: Q1 SAT, Q2 AD, D OFF. $v_u = v_{cesat} = 0.2 \text{ V}$.

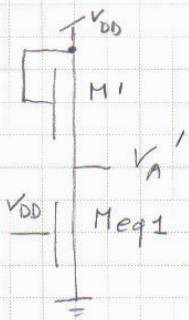
Di seguito si riporta la caratteristica statica di trasferimento.



Esercizio N.2



Calcolo V_A'



$$\beta_{eq1} = \frac{\beta_3 \cdot \beta_2}{\beta_2 + \beta_3}$$

$$M \perp SAT \quad H_p \quad M_{eq} \quad LIN$$

$$\frac{\beta_1}{2} (V_{DD} - V_A' - V_{TN})^2 = \beta_{eq1} \left[(V_{DD} - V_{TN}) V_A' - \frac{V_A'^2}{2} \right]$$

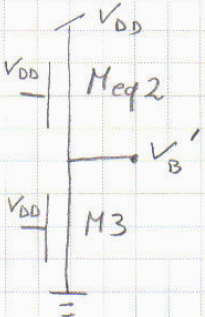
$$V_A' = 1.045$$

Verifico Med LIN

$$V_{DS} < V_{GS} - V_{TN}$$

$$V_A' < V_{DD} - V_{TN} \text{ vero} \Rightarrow M_{eq} \text{ LIN}$$

Calcolo V_B'



$$\beta_{eq2} = \frac{\beta_1 \cdot \beta_2}{\beta_1 + \beta_2}$$

Meq 2 SAT H_p M3 CLK

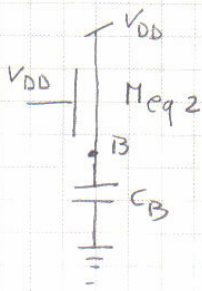
$$\frac{\beta_{eq2}}{2} (V_{DD} - V_B' - V_{TN})^2 = \beta_3 \left[(V_{DD} - V_{TN}) V_B' - \frac{V_B'^2}{2} \right]$$

$$V_B' = 0.277 \text{ V}$$

Verifica $M_3 \leq I_N$

$$V_B' < V_{DD} - V_{TN} \text{ vero} \Rightarrow M3 \text{ LIN}$$

Calcolo t_{PHL}
1° stadio



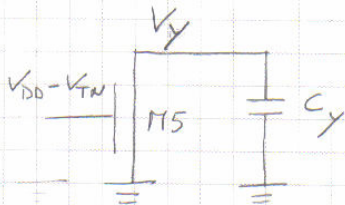
$$C_B \frac{dV_B}{dt} = I_{Deq2} \quad M_{eq2} \text{ SAT}$$

$$C_B \frac{dV_B}{dt} = \frac{\beta_{eq2}}{2} (V_{DD} - V_B - V_{TN})^2$$

$$\int_0^{t_1} dt = \frac{2C_B}{\beta_{eq2}} \int_0^{\frac{V_{DD}-V_{TN}}{2}} \frac{1}{(V_{DD}-V_B-V_{TN})^2} dV_B$$

$$t_1 = 68.96 \text{ ps}$$

2° stadio



$$M5 \text{ SAT} \Rightarrow V_{DS} > V_{GS} - V_{TN}$$

$$V_Y > V_{DD} - V_{TN} - V_{TN} = V_{DD} - 2V_{TN}$$

$$V_{DD} \xrightarrow{\text{SAT}} V_{DD} - 2V_{TN} \xrightarrow{\text{LIN}} \frac{V_{DD}}{2}$$

$$C_Y \frac{dV_Y}{dt} = -\frac{\beta_5}{2} (V_{DD} - 2V_{TN})^2$$

$$\int_0^{t_2} dt = -\frac{2C_Y}{\beta_5} \int_{V_{DD}}^{V_{DD}-2V_{TN}} \frac{1}{(V_{DD}-2V_{TN})^2} dV_Y$$

$$t_2 = 25.6 \text{ ps}$$

$$C_Y \frac{dV_Y}{dt} = -\beta_5 \left[(V_{DD} - 2V_{TN}) V_Y - \frac{V_Y^2}{2} \right]$$

$$t_3 = -\frac{C_Y}{\beta_5} \int_{V_{DD}-2V_{TN}}^{\frac{V_{DD}}{2}} \frac{1}{(V_{DD}-2V_{TN}) V_Y - \frac{V_Y^2}{2}} dV_Y$$

$$t_3 = 28.33 \text{ ps}$$

$$t_{PHL} = t_1 + t_2 + t_3 = 122.89 \text{ ps}$$