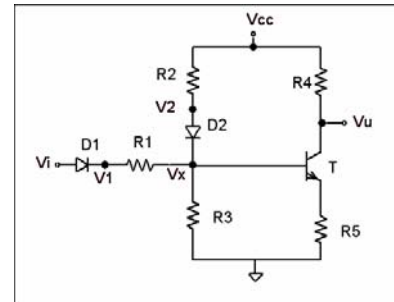


PROVA SCRITTA DI ELETTRONICA
10 GENNAIO 2008

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



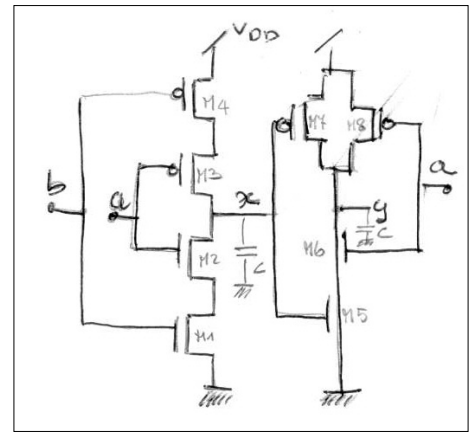
$V_{CC} = 5$ V, $\beta_F=100$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 10$ k Ω , $R_3 = 2.5$ k Ω , $R_4 = 2.5$ k Ω , $R_5 = 500 \Omega$.

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

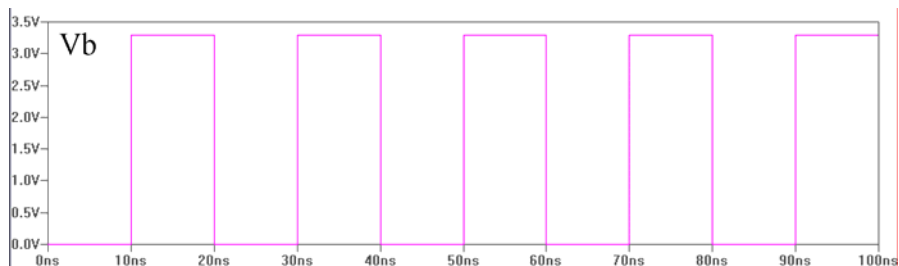
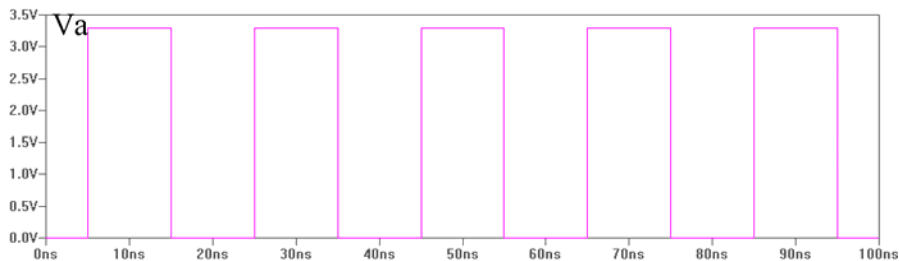
I segnali V_a e V_b abbiano l'andamento illustrato in figura.

Si determini l'andamento di V_x e di V_y .

Si calcolino inoltre i tempi di propagazione relativi al segnale V_y per ciascuna transizione.



$V_{dd} = 3.3$ V, $V_T = 0.4$ V, $C=30$ fF,
 $\beta_n = 1$ mA/V², $\beta_p = 0.4$ mA/V².



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 FONDAMENTI DI ELETTRONICA A: svolgere gli esercizi 1 e 2 (tempo disponibile 2h).

- 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

Regione 1: Suppongo D1 OFF (se D1 OFF allora $v_1=v_x$, e D1 è OFF fintantoché $v_i-v_x < v_\gamma$).

Con D1 OFF, D2 deve essere ON. Infatti se D2 fosse OFF, $v_x=0$ e $v_2=v_{cc}$, quindi la tensione ai capi di D2 sarebbe $v_2-v_x=v_{cc} > v_\gamma$ e D2 non potrebbe essere OFF. Suppongo allora D1 OFF e D2 ON. Sotto queste condizioni verifico lo stato di T.

a) D1 OFF (per $v_i-v_x < v_\gamma$), D2 ON, T OFF (da verificare che $v_x < v_\gamma$).

$$i_{r2}=(v_{cc}-v_x-v_\gamma)/r_2$$

$$i_{r3}=v_x/r_3$$

Ma $i_{r2}=i_{r3}$, da cui si ricava che $v_x=0.85$ V che è $> v_\gamma$, quindi T non può essere OFF.

Considero allora l'altro caso:

b) D1 OFF (per $v_i-v_x < v_\gamma$), D2 ON, T ON in AD (da verificare).

$$i_{r2}=(v_{cc}-v_x-v_\gamma)/r_2$$

$$i_{e1}=(v_x-v_\gamma)/r_5$$

$$i_{r3}=v_x/r_3$$

$$i_{c1}=(v_{cc}-v_u)/r_4$$

Ma $i_{r2}=i_{c1}/\beta_f + i_{r3}$ e $i_{c1}=\beta_f/(\beta_f+1)*i_{e1}$, da cui si ricava $v_x=0.846$ V, $v_u=4.524$ V.

$v_{ce}=v_u-(v_x-v_\gamma)=4.428$ V $> v_{ce,sat}$, quindi è verificato che T lavora in AD.

Si rimane in regione 1 fintantoché D1 rimane OFF, ovvero per $v_i-v_x < v_\gamma$, sse $v_i < 1.596$ V.

Regione 2 : D1 ON, D2 ON, T ON in AD (da verificare), per $v_i > 1.596$ V.

$$i_{r1}=(v_i-v_\gamma-v_x)/r_1$$

$$i_{r2}=(v_{cc}-v_x-v_\gamma)/r_2$$

$$i_{r3}=v_x/r_3$$

$$i_{e1}=(v_x-v_\gamma)/r_5$$

$$i_{c1}=(v_{cc}-v_u)/r_4$$

$$\text{Ma } i_{r1}+i_{r2}=i_{c1}/\beta_f + i_{r3} \text{ e}$$

$$i_{c1}=\beta_f/(\beta_f+1)*i_{e1}$$

$$v_x=-0.671+0.951 v_i \text{ e}$$

$$v_u=12.035 - 4.706 v_i.$$

Si rimane in questa regione fintantoché T va SAT, ovvero per quel valore di v_i tale che $v_{ce}=v_{ce,sat}$.

$$v_{ce}=v_u-(v_x-v_\gamma)=12.035 - 4.706 v_i - (-0.671+0.951 v_i) + v_\gamma = v_{ce,sat}=0.2 \text{ V.}$$

Risolvendo si trova che:

Quindi per $v_i > 2.3436$ V, T entra in saturazione.

Regione 2: per $1.596 \text{ V} < v_i < 2.3436 \text{ V}$

Regione 3: D1 ON, D2 ON, T SAT.

$$i_{r1}=(v_i-v_\gamma-v_x)/r_1$$

$$i_{r2}=(v_{cc}-v_x-v_\gamma)/r_2$$

$$i_{r3}=v_x/r_3$$

$$i_{e1}=(v_x-v_\gamma)/r_5$$

$$i_{c1}=(v_{cc}-v_u)/r_4$$

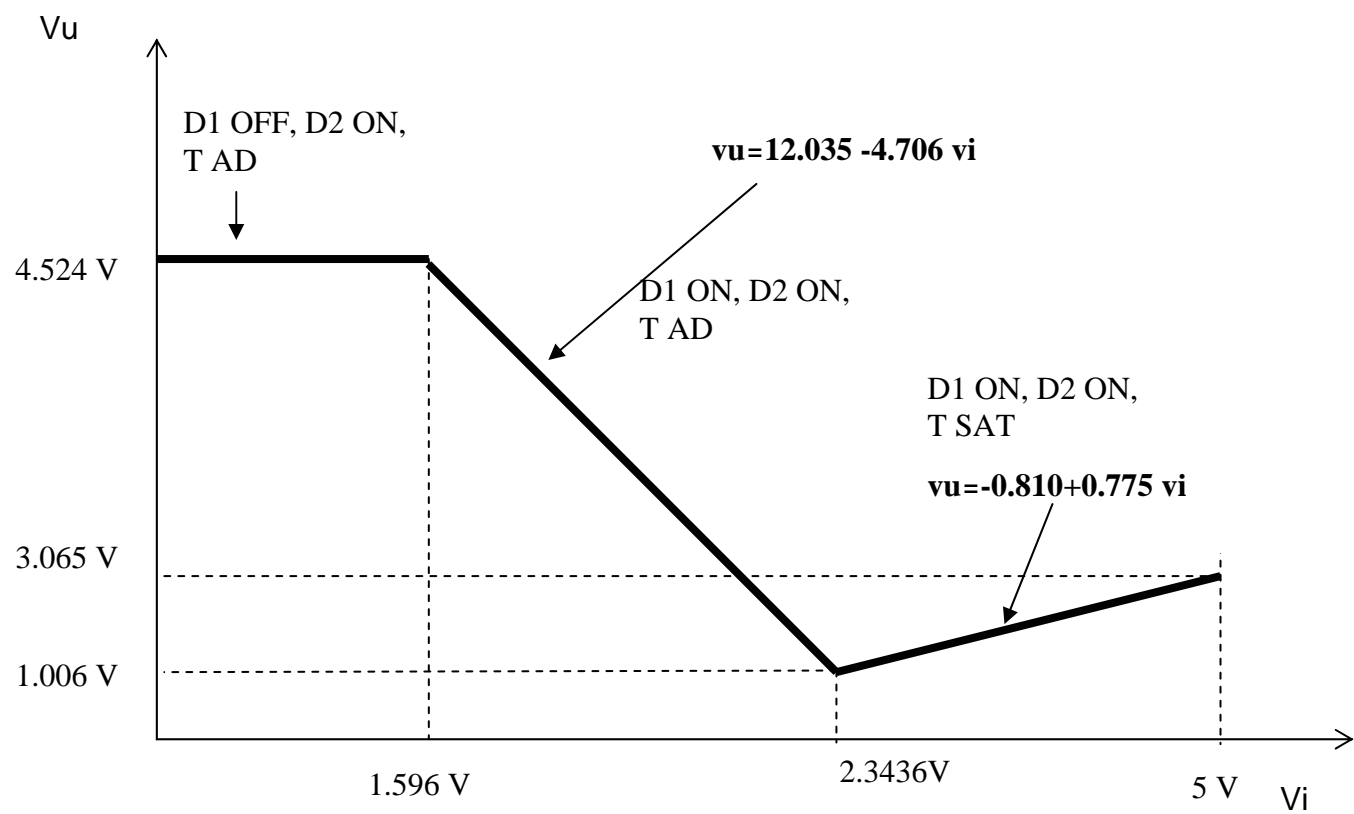
$$v_x=(v_u-v_{ce,sat}+v_\gamma)$$

$$\text{Ma } i_{r1}+i_{r2}=(i_{e1}-i_{c1})+i_{r3}$$

$$\text{Risolvendo si trova che: } v_u=-0.810+0.775 v_i$$

Regione 3: per $2.3436 \text{ V} < v_i < 5 \text{ V}$

Di seguito si riporta la caratteristica statica di trasferimento.



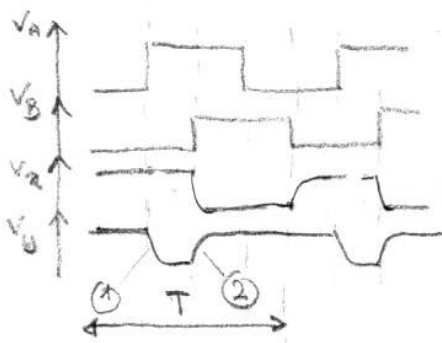
Es. 2

Il primo stadio è descritto dalla Tabella seguente:

a	b	x
L	L	H
L	H	alta impedenza
H	L	alta impedenza
H	H	L

mentre il secondo è un NAND CMOS statico.

Il segnale di uscita y ha quindi l'andamento seguente.



Nel periodo T sono quindi significative due transizioni.

① $V_A \uparrow \rightarrow M6 \text{ ON} \rightarrow V_Y$ si scarica attraverso $M5$ e $M6$ in serie

$$\beta_{eq} = \beta_{m5}/2 \rightarrow \dots \rightarrow t_{p1} = \underline{\underline{24.7 \text{ ps}}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{calcolo del Transitorio} \\ \text{abituale} \end{array} \right)$$

② $V_B \uparrow \rightarrow M1 \text{ ON} \rightarrow V_X \downarrow \rightarrow M7 \text{ ON} \rightarrow V_Y \uparrow$

Quindi il t_p è la somma di t_{px} (propagazione $B \rightarrow X$, 2 mos in serie identico al precedente)

+ t_{py} (propag. $X \rightarrow Y$: Pull-up $M7$, $M6$ OFF) \rightarrow

$$\rightarrow \dots \rightarrow t_{py} = 30.1 \text{ ps}$$

$$\rightarrow t_{p2} = t_{px} + t_{py} = \underline{\underline{54.8 \text{ ps}}}$$