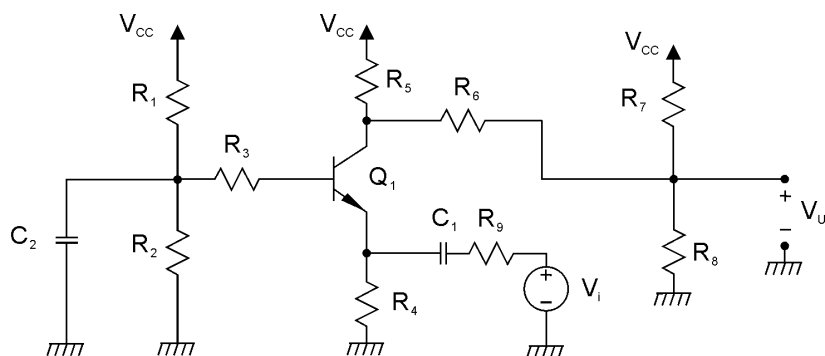


ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 28 ottobre 2020

Esercizio 1

$R_1 = 525 \text{ k}\Omega$
$R_3 = 58 \text{ k}\Omega$
$R_4 = 3.2 \text{ k}\Omega$
$R_5 = 13.2 \text{ k}\Omega$
$R_6 = 400 \text{ }\Omega$
$R_7 = 3 \text{ k}\Omega$
$R_8 = 24 \text{ k}\Omega$
$R_9 = 1 \text{ k}\Omega$
$V_{CC} = 18 \text{ V}$



Q_1 è un transistor BJT BC109B resistivo con $h_{re} = h_{oe} = 0$.

Con riferimento al circuito in figura:

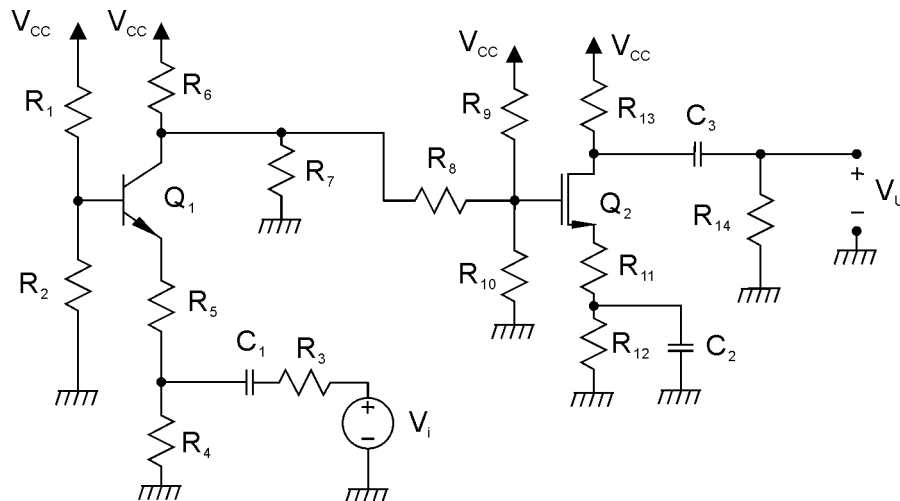
- 1) Calcolare il valore della resistenza R_2 in modo che, in condizioni di riposo, la tensione di uscita V_u sia 12 V;
- 2) Determinare, inoltre, il punto di riposo del transistor Q_1 e i parametri per il modello di piccolo segnale.

È consentita la consultazione del solo manuale delle caratteristiche. Nel caso di presenza appunti, testi in vista, si procederà all'immediato annullamento della prova scritta.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Prova scritta del 28 ottobre 2020

Esercizio 2



Q_1 è un transistor BJT BC109B resistivo con $h_{re} = h_{oe} = 0$; Q_2 è un transistor MOS a canale n resistivo con la corrente di drain in saturazione data da $I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$.

Con riferimento al circuito in figura:

- 1) Determinare l'espressione di V_U/V_i alle frequenze per le quali i condensatori C_1 , C_2 e C_3 possono essere considerati dei corto circuiti.

È consentita la consultazione del solo manuale delle caratteristiche. Nel caso di presenza appunti, testi in vista, si procederà all'immediato annullamento della prova scritta.

ELETTRONICA DIGITALE
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

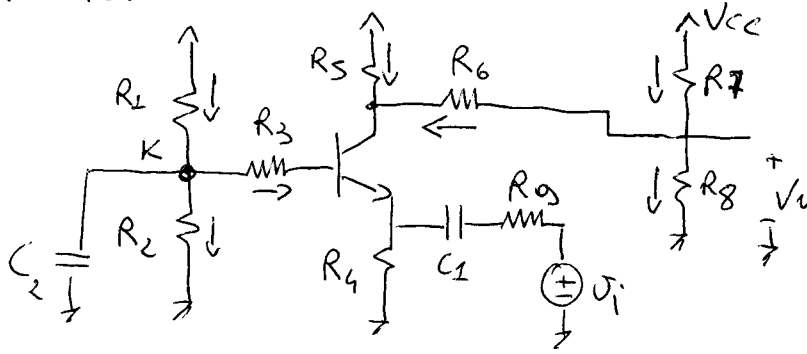
Prova scritta del 28 ottobre 2020

Esercizio 3

Progettare una porta logica in tecnologia CMOS, utilizzando la tecnica della pull-up network e della pull-down network, che implementi la funzione logica:

$$Y = A\bar{B} + C(\bar{D} + \bar{E}B)$$

Determinare il numero dei transistori necessari e disegnarne lo schema completo. Dimensionare inoltre il rapporto (W/L) di tutti i transistori, assumendo, per l'inverter di base, W/L pari a 2 per il MOS a canale n e pari a 5 per quello a canale p . Si specifichino i dettagli della procedura di dimensionamento di tutti i transistori.



$$\begin{aligned}
 R_1 &= 525 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 58 \text{ k}\Omega \\
 R_4 &= 3.2 \text{ k}\Omega \\
 R_5 &= 13.2 \text{ k}\Omega \\
 R_6 &= 400 \Omega \\
 R_7 &= \text{~~3000~~ } 3 \text{ k}\Omega \\
 R_8 &= \text{~~2000~~ } 24 \text{ k}\Omega \\
 R_9 &= 1 \text{ k}\Omega \\
 V_{CC} &= 18 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Det. R_2 per $V_u = 12 \text{ V}$

$$I_7 = \frac{V_{CC} - V_u}{R_7} = \text{~~2.5~~ } 2 \text{ mA}$$

$$I_8 = \frac{V_u}{R_8} = \text{~~0.5~~ } 0.5 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_7 - I_8 = 1.5 \text{ mA}$$

$$V_C = V_u - R_6 I_6 = 11.4 \text{ V}$$

$$I_5 = \frac{V_{CC} - V_C}{R_5} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_C = I_6 + I_5 = 2 \text{ mA}$$

$$\text{hp: } I_B \ll I_C \Rightarrow I_E \approx I_C$$

$$V_E = R_4 I_C = 6.4 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 11.4 - 6.4 = 5 \text{ V}$$

$$\Rightarrow I_C = 2 \text{ mA}, V_{CE} = 5 \text{ V} \Rightarrow h_{FE} = 290, h_{ie} = 4800 \Omega, h_{fe} = 300$$

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = 6.89655 \mu\text{A}$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 7.5 \text{ V}$$

$$V_K = V_B + R_3 I_B = 7.5 \text{ V}$$

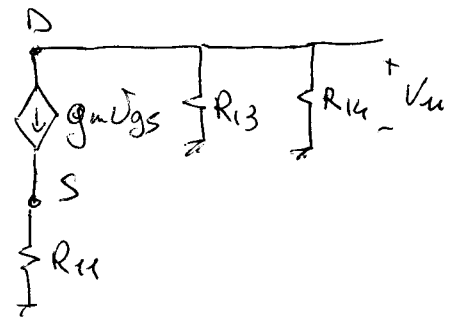
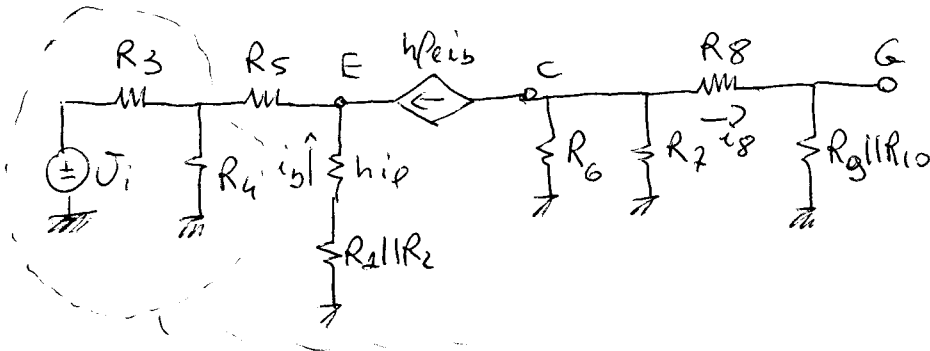
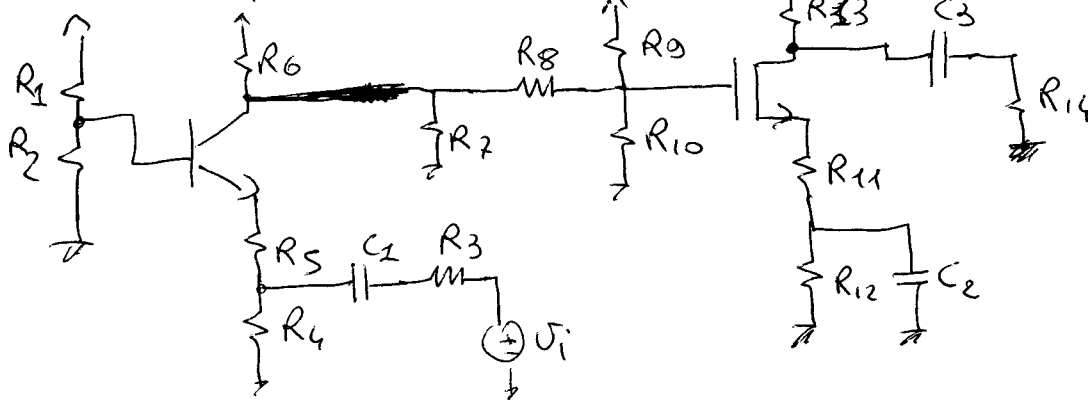
$$I_1 = \frac{V_{CC} - V_K}{R_1} = 20 \mu\text{A}$$

$$I_2 = I_1 - I_B = 13.1 \mu\text{A}$$

$$R_2 = \frac{V_K}{I_2} = \frac{7.5}{13.1 \times 10^{-6}} = \underline{\underline{572368.4 \Omega}}$$

$$Q_1: \begin{cases} I_C = 2 \text{ mA} \\ V_{CE} = 5 \text{ V} \\ I_B = 6.89655 \mu\text{A} \\ h_{FE} = 290 \\ h_{ie} = 4800 \Omega \\ h_{fe} = 300 \end{cases}$$

ESERCIZIO 210 P.d.T. 1 28/10/2020



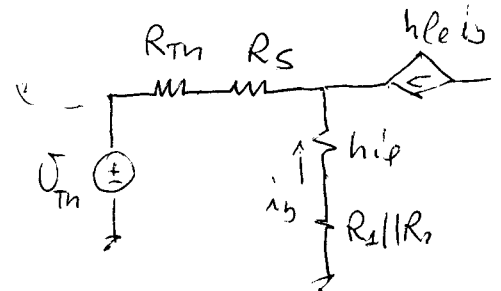
$$V_u = (-g_m V_{gs}) (R_{13} \parallel R_{14})$$

$$V_o = (g_m V_{gs}) R_{11}$$

$$V_{gs} = V_g - (g_m V_{gs}) R_{11} \Rightarrow V_{gs} = \frac{V_g}{1 + g_m R_{11}}$$

$$V_g = i_g (R_9 \parallel R_{10})$$

$$i_g = (-h_{fe} i_b) \frac{R_6 \parallel R_7}{(R_6 \parallel R_7) + R_8 + (R_3 \parallel R_{10})}$$



$$V_{Th} = V_i \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{Th} = R_3 \parallel R_4$$

$$V_{Th} = -(h_{fe} + 1) i_b (R_{Th} + R_5) - (h_{ie} + R_1 \parallel R_2) i_b$$

$$i_b = - \frac{V_{Th}}{(h_{fe} + 1)(R_{Th} + R_5) + h_{ie} + R_1 \parallel R_2} = - \frac{V_i R_4}{R_3 + R_4} \frac{1}{(h_{fe} + 1)(R_3 \parallel R_4 + R_5) + h_{ie} + (R_1 \parallel R_2)}$$

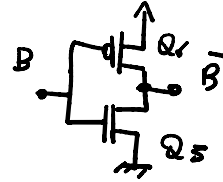
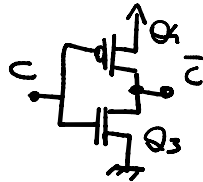
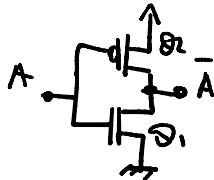
$$\frac{V_u}{V_i} = (-g_m) (R_{13} \parallel R_{14}) \frac{1}{1 + g_m R_{11}} (R_8 \parallel R_9) (-h_{fe}) \frac{R_6 \parallel R_7}{(R_6 \parallel R_7) + R_8 + (R_3 \parallel R_{10})} \left(- \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

$$\frac{1}{(h_{fe} + 1)(R_3 \parallel R_4 + R_5) + h_{ie} + (R_1 \parallel R_2)}$$

$$Y = A \cdot \bar{B} + C(\bar{D} + \bar{E} \cdot B)$$

$$W = 2 \times (6 + 3) = 18$$

INVERSION

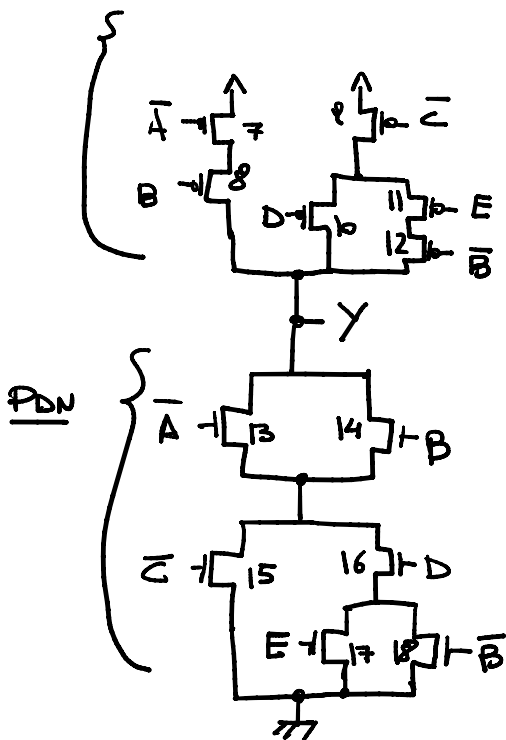


$$\left(\frac{W}{L}\right)_{1,3,5} = n = 2$$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{2,4,6} = p = 5$$

PUP

$$Y = A \cdot \bar{B} + C(\bar{D} + \bar{E} \cdot B)$$



Dim. PUP:

PMOS DA 3:

9-11-12 possibili

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{9,11,12} = x$$

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{1}{p} \rightarrow \frac{3}{x} = \frac{1}{p}$$

$$x = 3p = 15 \rightarrow \frac{W}{L}_{9,11,12} = 15 = 3p$$

PMOS DA 2:

- 9-10 con PMOS A $3p = 15$
- 7-8 DA PMOS

Ex 11. 70' USANDO 9-10

$$\left(\frac{W}{Z}\right)_{10} = t \rightarrow \frac{1}{t} + \frac{1}{3p} = \frac{1}{p} \rightarrow \frac{1}{t} = \frac{3}{3p} - \frac{1}{3p} = \frac{2}{3p} \rightarrow t = \frac{3}{2}p = 7.5$$

$$\left(\frac{W}{Z}\right)_{10} = \frac{3}{2}p = 7.5$$

Ex 17. 7-8

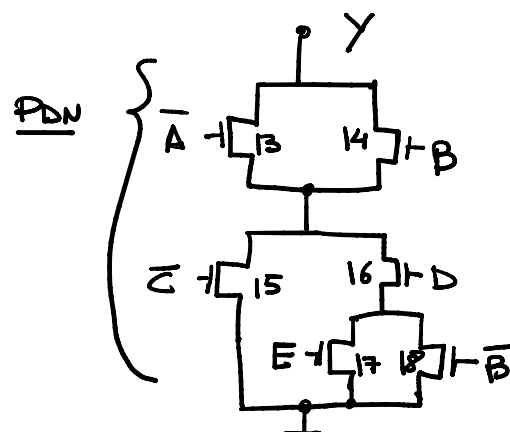
$$\left(\frac{W}{Z}\right)_{7,p} = f \rightarrow \frac{1}{f} + \frac{1}{p} = \frac{2}{p} = \frac{1}{p} \rightarrow f = 2p = 10$$

$$\left(\frac{W}{Z}\right)_{7,p} = 2p = 10$$

Ex 17. PDN

PATR DA 3:

- 14-16-17 POSS
- 14-16-18 (IMPOSSÍVEL, B e B)
- 13-16-17 POSS
- 13-16-18 POSS



$$\left(\frac{W}{Z}\right)_{13,14,16,17} = Z \quad \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} = \frac{3}{Z} = \frac{1}{3m} \rightarrow Z = 3m = 6$$

$$\left(\frac{W}{Z}\right)_{13,14,16,17} = 3m = 6$$

PATR DA 2:

- 13-15
 - 14-15
- } POSS. ED EQUIVALENTI, COM 13 E 14 GÁ' BEM

$$\left(\frac{W}{Z}\right)_{15} = l \rightarrow \frac{1}{l} + \frac{1}{3m} = \frac{1}{m} \rightarrow \frac{1}{l} = \frac{3}{3m} - \frac{1}{3m} = \frac{2}{3m}$$

$$l = \frac{3}{2}n = 3$$

$$\left(\frac{w}{2}\right)_5 = \frac{3}{2}n = 3$$