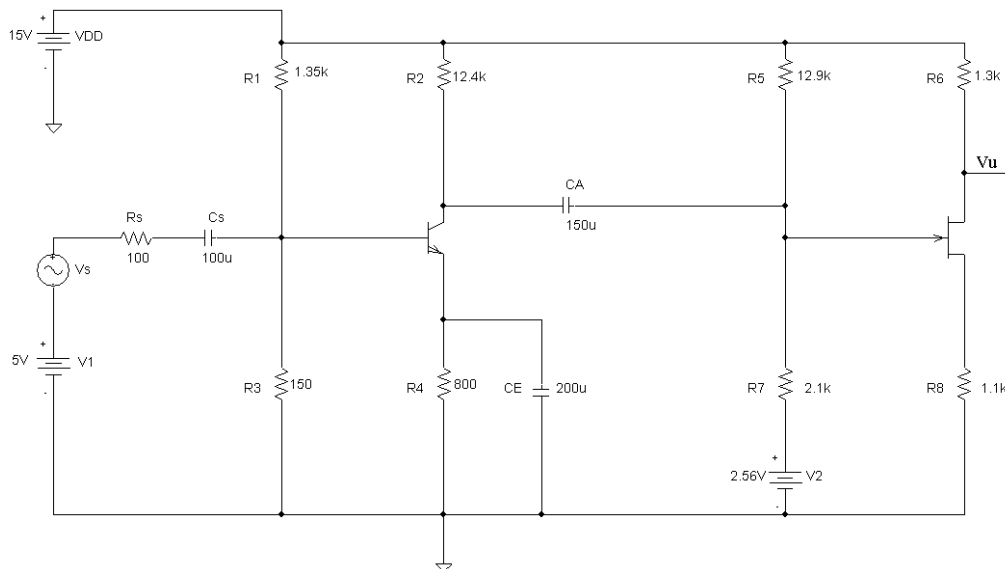


Esame di Elettronica
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
18 febbraio 2015

1. Si consideri un amplificatore di tensione con $A_v = 500$ e polo $\omega_p = -100 \text{ rad/s}$, $R_{in} = 1 \text{ M}\Omega$, $R_{out} = 100 \Omega$. Si reazioni n modo da ottenere un amplificatore con impedenza di ingresso maggiore di $20 \text{ M}\Omega$ e impedenza di uscita maggiore di $10 \text{ k}\Omega$. Una volta scelta e dimensionata la rete di reazione, si calcolino le resistenze di ingresso e uscita così ottenute, e il limite superiore di banda del sistema.
2. Disegnare e quotare la porta complessa CMOS con il minor numero di transistori che svolga la funzione logica $Y = (A\bar{B} + \bar{A}C + B)$.
3. Dato l'amplificatore disegnato in figura, calcolare:
 - il punto di riposo dei due transistori,
 - l'amplificazione V_u/V_s a centrobanda,
 - il limite superiore di banda.

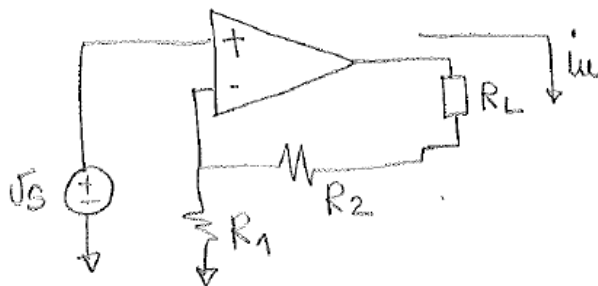
NOTE:

- Il BJT è un BC109B con $h_{oe}=0$;
- Il BJT si può considerare resistivo;
- Il JFET è un 2N3819 con $r_d \rightarrow \infty$.
- C_A ha valore praticamente infinito.

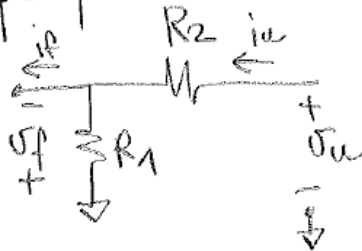


① $A_v = 500$
 $\omega_p = -100 \text{ rad/s}$
 $R_{in} = 1 \text{ M}\Omega$ $R_{IF} > 20 \text{ M}\Omega > R_{in}$
 $R_{out} = 100 \Omega$ $R_{OF} > 10 \text{ k}\Omega > R_{out}$

Abbiamo bisogno di una reazione con prelievo di corrente e inserzione di tensione



rete per β

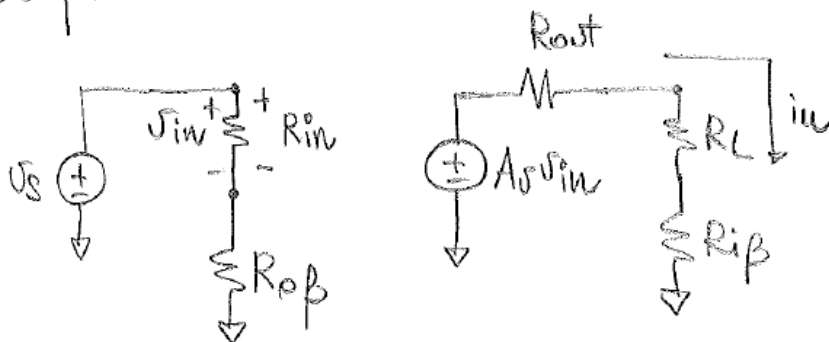


$$v_f = \beta i_u + R_{of} i_f$$

$$v_u = R_i i_f + \cancel{R_i i_f}$$

$$\beta \equiv \left. \frac{v_f}{i_u} \right|_{i_f=0} = -R_1 \quad ; \quad R_{of} \equiv \left. \frac{v_f}{i_f} \right|_{i_u=0} = R_1 \quad ; \quad R_{if} \equiv \left. \frac{v_u}{i_f} \right|_{v_f=0} = R_2 + R_1$$

rete per A_e



$$A_e = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{of}} A_v \frac{1}{R_{out} + R_L + R_{if}}$$

Abbiamo: $R_{IF} = (R_{in} + R_{of}) (1 - \beta A_e) > 20 \text{ M}\Omega$

$R_{OF} = (R_1 \beta + R_{out}) (1 - \beta A_e) > 10 \text{ k}\Omega$

le due condizioni sono soddisfatte se $(1 - \beta A_e)_{R_L=0} > 100$

$\vee \beta A_e|_{R_L=0} < -100$ cioè

$+ R_1 \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1} A_v \frac{1}{R_{out} + R_2 + R_1} > 100$

se scegliamo $R_1 \ll R_{in}$, per esempio $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ abbiamo

$\frac{10^4 \cdot 500}{100 + R_2} > 100 \rightarrow 100 + R_2 < 50000$
 $R_2 < 39900 \Omega$

scegliamo $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$

abbiamo così

$1 - \beta A_e|_{R_L=0} = 1 + \frac{10^4 \cdot 500}{30100} = 167$

$R_{OF} = (100 + 30000) \cdot 167 = 5.027 \text{ M}\Omega$

calcoliamo R_{IF} con $R_L=0$ (visto che R_L non è specificato)

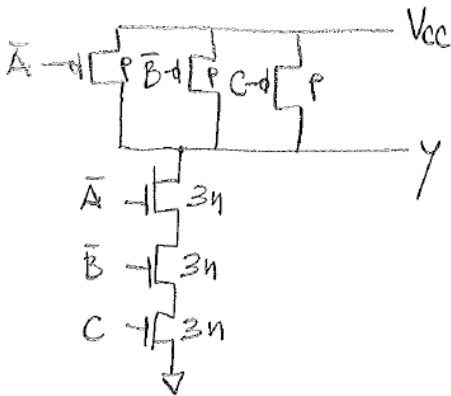
$R_{IF} = (10^6 + 10^3) \cdot 167 = 167.2 \text{ M}\Omega$; $f_H = \frac{|S_p|}{2\pi} (1 - \beta A_e) = 2659 \text{ Hz}$

Esercizio 2

	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	0	1	1	1

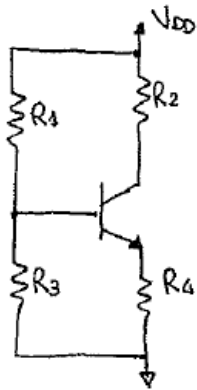
$$Y = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{C} + B$$

$$\bar{Y} = \bar{A} \bar{B} C \quad Y = \overline{\bar{A} \bar{B} C}$$



Esercizio 3

PUNTO DI RIPOSO BJT:



Hp. PARTITORE PESANTE

$$V_B = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot V_{DD} = 1.5V$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 0.8V$$

$$I_C \approx I_E = \frac{V_E}{R_4} = 1mA$$

$$V_{CE} = V_{DD} - (R_2 + R_4) \cdot I_C = 1.8V$$

VERIFICA HP. DI PARTITORE PESANTE:

$$R_{PF} = 290 \cdot 0.9 = 261$$

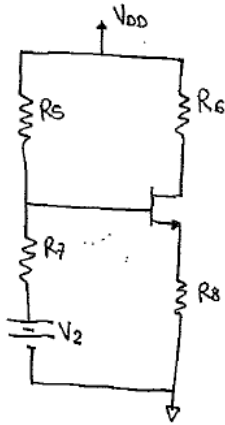
$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{FE}} = \frac{1mA}{261} = 3.83 \mu A$$

$$I_{R1} = \frac{V_{DD} - V_B}{R_1} = 10mA$$

$$I_{R3} = I_{R1}$$

$$I_B \ll I_{R1}, I_{R3} \Rightarrow \text{OK}$$

PUNTO DI RIPOSO JFET:



SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI:

$$V_G = V_{DD} \cdot \frac{R_7}{R_5 + R_7} + V_2 \frac{R_5}{R_5 + R_7} = 4.3V$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G - R_8 \cdot I_{OS}$$

$$I_{OS} = \frac{V_G - V_{GS}}{R_8}$$

$$\begin{cases} V_{GS} = -0.5V \Rightarrow I_{OS} \cong 4.36 \mu A \\ V_{GS} = -4.5V \Rightarrow I_{OS} \cong 5.27 \mu A \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_{GS} = -4V \Rightarrow I_{OS} \cong 5 \mu A$$

$$V_{DS} = V_{DD} - (R_6 + R_8) I_{OS} \cong 3V$$

VERIFICA HP. JFET
IN SATURAZIONE:

$$V_{GS} > V_{GS\text{off}} = -3V \Rightarrow \text{OK}$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_{GS\text{off}} = 2V \Rightarrow \text{OK}$$

CALCOLO DEI PARAMETRI DI PICCOLO SEGNALE BJT

$$R_{fe} = 300$$

$$r_{ie} @ 2mA = 4.8K\Omega$$

$$r_{be} @ 2mA = \frac{V_T \cdot R_{fe}}{I_C @ 2mA} = 3.9K\Omega$$

$$r_{bb'} = r_{ie} - r_{be} = 900\Omega$$

$$r_{be} = \frac{V_T \cdot R_{fe}}{I_C} = 7.8K\Omega$$

$$r_{ie} = r_{bb'} + r_{be} = 8.7K\Omega$$

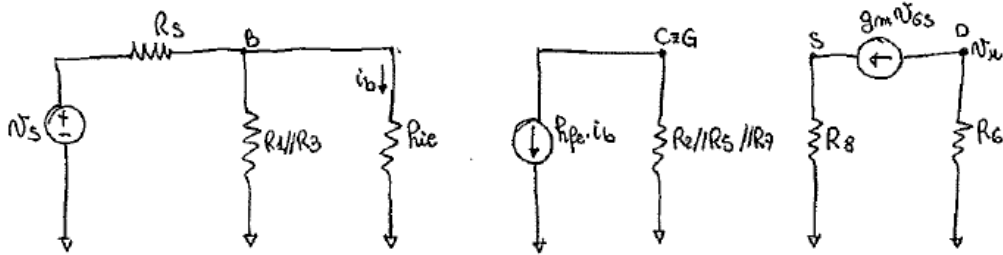
$$f_T \cong 125MHz$$

CALCOLO DEI PARAMETRI DI PICCOLO SEGNALE JFET

$$g_m \cong 4 \text{ mS} ; C_{iss} \cong 3 \text{ pF} ; C_{rss} \cong 1.5 \text{ pF}$$

$$C_{GD} = C_{rss} = 1.5 \text{ pF} ; C_{GS} = C_{iss} - C_{rss} = 1.5 \text{ pF}$$

GUADAGNO A CENTRO BANDA



$$v_u = -R_6 g_m v_{GS} = -R_6 g_m (v_G - v_S) \quad (1)$$

$$v_G = - (R_2 // R_5 // R_7) R_{ie} \cdot i_b \quad (2)$$

$$v_S = \frac{R_8 g_m}{1 + R_8 g_m} \cdot v_G \quad (3)$$

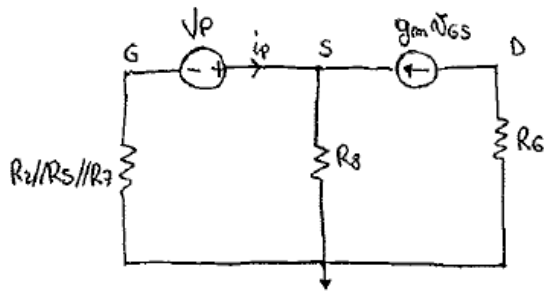
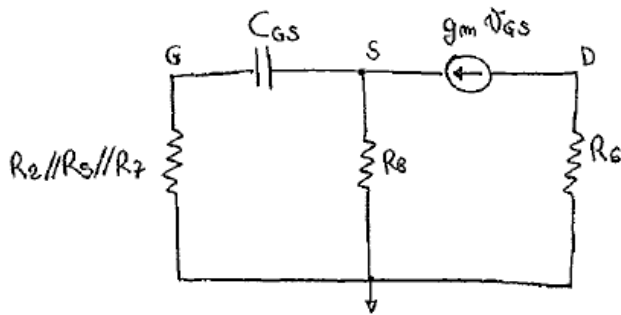
$$i_b = \frac{R_1 // R_3}{R_1 // R_3 + R_{ie}} \cdot \frac{v_S}{R_s + [(R_1 // R_3) // R_{ie}]} \quad (4)$$

Combinando (1), (2), (3) e (4), si ottiene:

$$A_{CB} = \frac{v_u}{v_S} = R_6 g_m (R_2 // R_5 // R_7) \cdot R_{ie} \cdot \frac{R_1 // R_3}{R_1 // R_3 + R_{ie}} \cdot \frac{1}{R_s + (R_1 // R_3 // R_{ie})} \left(1 - \frac{R_8 g_m}{1 + R_8 g_m} \right)$$

$$\cong 30$$

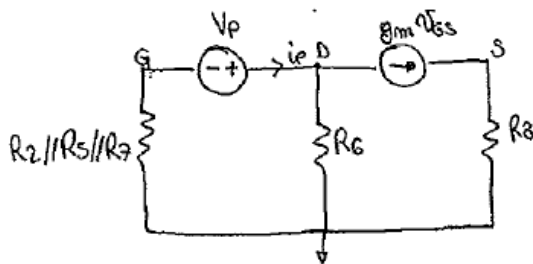
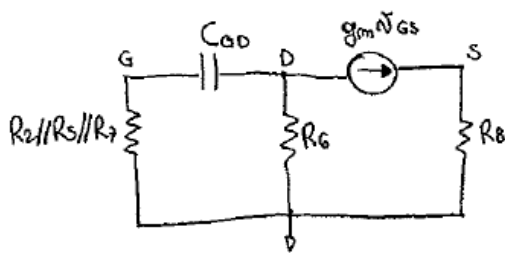
LIMITE SUPERIORE DI BANDA



$$V_{GS} = -V_p$$

$$V_p = R_8 i_p - R_8 g_m V_p + (R_2 // R_5 // R_7) \cdot i_p$$

$$R_{VGS} = \frac{V_p}{i_p} = \frac{R_8 + (R_2 // R_5 // R_7)}{1 + R_8 g_m} \cong 495.63 \Omega$$



$$\tilde{V}_G = - (R_2 // R_5 // R_7) \cdot i_P \quad (1)$$

$$\tilde{V}_S = \frac{R_S g_m}{1 + R_S g_m} \tilde{V}_G$$

$$\tilde{V}_{GS} = \tilde{V}_G - \tilde{V}_S = \frac{\tilde{V}_G}{1 + R_S g_m} \quad (2)$$

$$\tilde{V}_D = \tilde{V}_P + \tilde{V}_G = \tilde{V}_P - (R_2 // R_5 // R_7) \cdot i_P \quad (3)$$

$$\tilde{V}_D = R_G \cdot (i_P - g_m \tilde{V}_{GS}) \quad (4)$$

Uguagliando la (3) e la (4) e sostituendo la (1) e la (2)

$$\tilde{V}_P = (R_2 // R_5 // R_7) i_P + R_G i_P + R_G \frac{g_m}{1 + R_S g_m} (R_2 // R_5 // R_7) \cdot i_P$$

$$R_{VGD} = (R_2 // R_5 // R_7) + R_G + R_G \frac{g_m}{1 + R_S g_m} (R_2 // R_5 // R_7) \cong 4.4 \text{ k}\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi [C_{GS} \cdot R_{VGS} + C_{GD} \cdot R_{VGD}]} \cong 22 \text{ MHz}$$