

ESERCIZIO 1

$$V_{GS} = -R_S I_D$$

determinando l'intersezione con le caratteristiche
mutue si ottiene, per via grafica $V_{GS} = -1.65V$

$$I_D = 2.43 mA$$

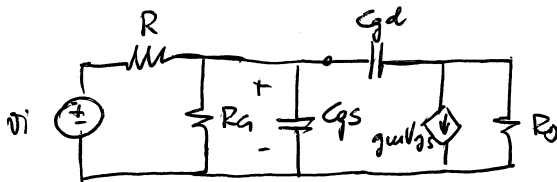
Inoltre

$$V_{DS} = V^+ - (R_D + R_S) I_D = 3.79V$$

La posizione del p.r. sulle caratteristiche d'uscita
prova che il transistor lavora in zona di saturazione.

Nel p.r. si ha $g_m = 3.7 mS$ (per via grafica)

Circuiti per le variazioni (mm. e ad. frequenza)



Trasformatore in a.f.: 2 poli + 1 zero finito

$$R_S^{\phi} = R_g \parallel R = 956.5 \Omega$$

$$R_D^{\phi} = R_S^{\phi} + R_D (1 + g_m R_S^{\phi}) = 13.21 k\Omega$$

$$R_S^{\omega} = R_S^{\phi} \parallel R_D \parallel 1/g_m = 192.3 \Omega$$

$$R_D^{\omega} = R_D = 2.7 k\Omega$$

$$\varpi_1 = R_S^0 C_{gs} + R_D^0 C_{gd} = 77.5 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$\varpi_2 = C_{gs} C_{gd} R_S^0 R_D^0 = 155 \times 10^{-18} \text{ s}^2 \quad (= C_{gs} C_{gd} R_S^0 R_D^0)$$

Poluosio karakteristikko

$$D(s) = 1 + \varpi_1 s + \varpi_2 s^2$$

Poli $s_{p1} = -13,25 \text{ Mrad/s}$ $f_{p1} = \frac{|s_{p1}|}{2\pi} = 2,11 \text{ MHz}$

$s_{p2} = -487,1 \text{ Mrad/s}$ $f_{p2} = \frac{|s_{p2}|}{2\pi} = 77,52 \text{ MHz}$

zero $s_z = \frac{g_m}{C_{gd}} = 760 \text{ Mrad/s}$ $f_z = \frac{s_z}{2\pi} = 117,8 \text{ MHz}$

gudagno a centr. bande $A_{CB} = -g_m R_D \frac{R_S}{R + R_S} = -9,56$
(19,6 dB)

$$A(f) = A_{CB} \frac{1 - j \frac{f}{f_z}}{\left(1 + j \frac{f}{f_{p1}}\right) \left(1 + j \frac{f}{f_{p2}}\right)}$$

ESERCIZIO 2

$Q_2 - Q_3$: specchio di corrente

$$I_{C2} = I_{C3} = \frac{V^+ - V^- - V_f}{R} = 5 \mu A$$

Se $V_0 = 0$, $I_{C1} = I_{C2} = 5 \mu A$

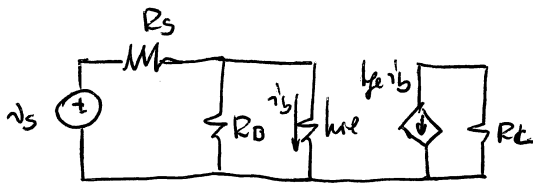
$$V_{CE3} = V_f = 0,7 V$$

$$V_{CE2} = -V^- = 8 V$$

$$V_{CE1} = -(V^+ - R_E I_{C1}) = -6 V$$

Per le caratteristiche di uscita si ottiene $I_{B1} = 25 \mu A$

A centro banda lo specchio si comporta come un carico di resistenza infinita ($h_{oe2} = 0$). Osservando che anche le caratteristiche di uscita di Q_1 sono sovroltarate ($h_{oe1} = 0$) si ottiene il circuito equivalente (a c. banda)



$$A_{CB} = \frac{-R_E h_{fe}}{(R_s + R_B) + h_{ie}} \frac{R_B}{R_B + R_s}$$

$$= -2726$$

$$\begin{cases} V^+ - R_E I_{C1} - V_f - (R_B + R_E) I_{B1} - \frac{R_E}{R_B + R_E} V^+ = 0 \\ R_B + R_E = 20 k\Omega \end{cases}$$

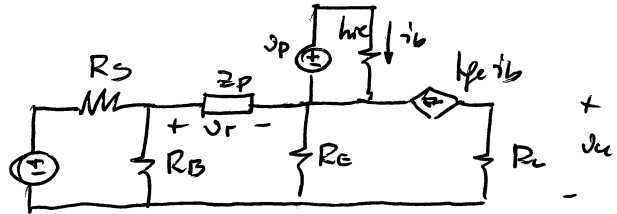
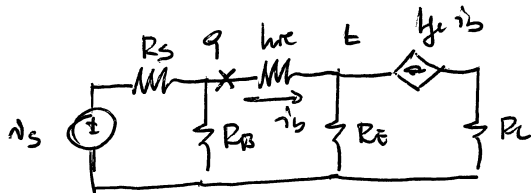
Risolvendo, si ottiene $R_B = 12,05 k\Omega$ $R_E = 7,95 k\Omega$

$$R_B = (R_B + R_E) = 6,79 k\Omega \quad h_{fe} = 200 \quad h_{ie} = r_{be} + \frac{V_T}{I_C} h_{fe} = 1,56 k\Omega$$

Esercizio 3

3.1 - Guadagno a centro banda

Circuito equivalente:



$$\rho = 0 \quad Z_p = z_i = h_{re}$$

$$\alpha = \left. \frac{v_r}{v_s} \right|_{v_p=0} = \frac{R_B}{R_B + R_s} \frac{Z_p}{Z_p + R_E + (R_s \parallel R_B)} = 0.602$$

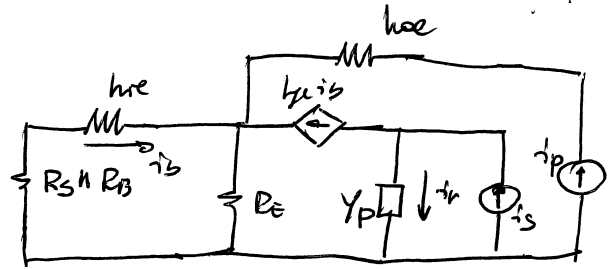
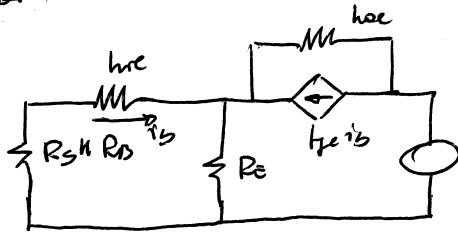
$$\gamma = \left. \frac{v_u}{v_s} \right|_{v_p=0} = 0$$

$$A = \left. \frac{v_u}{v_p} \right|_{v_s=0} = - \frac{h_{fe}}{h_{re}} R_L = -5065$$

$$\beta = \left. \frac{v_r}{v_u} \right|_{v_s=0} = \frac{1}{R_L} \frac{R_E Z_p}{R_E + Z_p + (R_s \parallel R_B)} = 9.97 \times 10^{-3}$$

$$A_f = \frac{dA}{1 - \beta A} + \gamma = -39.55$$

3.2 - Resistenza di uscita



$$p=0 \quad Y_p = Y_i = \left[h_{oe}^{-1} + \left[R_E \parallel \frac{h_{ie} + (R_S \parallel R_B)}{h_{fe} + 1} \right] \right]^{-1} = 49.97 \mu S$$

$$Y_b = 0$$

$$\beta A = \left. \frac{v_r}{v_p} \right|_{i_s=0} = \frac{-h_{fe} i_b}{-\left(h_{fe} + 1 + \frac{h_{ie} + (R_S \parallel R_B)}{R_E} \right) i_b} = \frac{h_{fe}}{h_{fe} + 1 + \frac{h_{ie} + (R_S \parallel R_B)}{R_E}}$$

$$= 0.9806$$

$$\text{Così } Y_{out} = (Y_p + Y_b)(1 - \beta A) = 970 \times 10^9 \text{ S}^{-1}$$

$$R_{out} = Y_{out}^{-1} = 1.03 \text{ M}\Omega$$

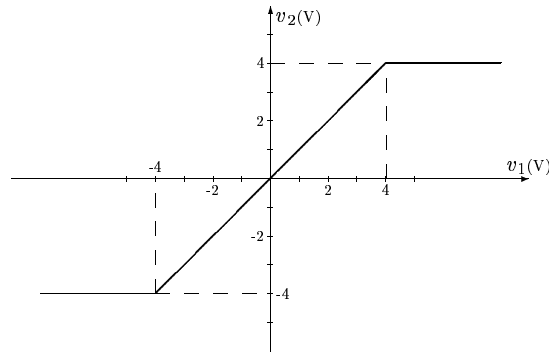
Reazione positiva di feedback

ESERCIZIO 4

4.1 - Caratteristica in-out

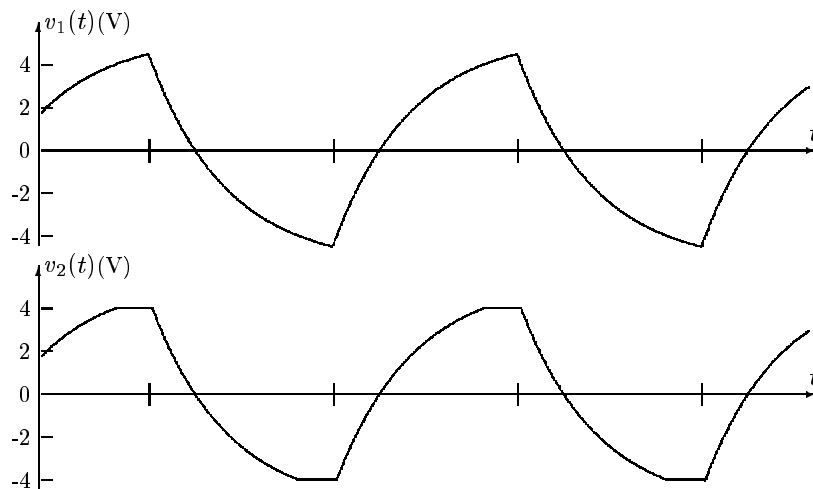
Si tratta di un limitatore di tensione preceduto da un *buffer*, la cui caratteristica di trasferimento è

$$v_2 = \begin{cases} -(V_{Z3} + V_\gamma) = -4 \text{ V} & \text{per } v_1 < -(V_{Z3} + V_\gamma) \\ v_1 & \text{per } -(V_{Z3} + V_\gamma) < v_1 < V_{Z3} + V_\gamma \\ V_{Z3} + V_\gamma = 4 \text{ V} & \text{per } v_1 > V_{Z3} + V_\gamma \end{cases}$$



4.2 - Andamento delle tensioni $v_1(t)$ e $v_2(t)$

La tensione $v_1(t)$ ha un andamento costituito da tratti di esponenziale, alternativamente crescenti e decrescenti, tra valori estremi $V_1 = \beta V_H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{Z1} + V_\gamma) = 4.45 \text{ V}$ e $V_1 = -V_2 = -4.45 \text{ V}$. La tensione $v_2(t)$ ha lo stesso andamento di $v_1(t)$, ma è “tagliata” superiormente a $V_1 = V_{Z3} + V_\gamma = 4 \text{ V}$ e inferiormente a $V_2 = -(V_{Z3} + V_\gamma) = -4 \text{ V}$.



4.3 - Frequenza, periodo, Max corrente nei diodi

$$T = 2RC \ln \frac{1 + \beta}{1 - \beta} = 4.68 \text{ ms} \quad f = \frac{1}{T} = 213.5 \text{ Hz}$$

$$I_{3,4MAX} = \frac{V_1 - (V_{Z3} + V_\gamma)}{R_W} = 4.53 \text{ mA} \text{ (negli istanti di massimo e minimo per } v_1(t)).$$

4.4 - Max corrente nei diodi (con resistenza in parallelo)

Con R_W in parallelo ai diodi questi non entrano in conduzione: $I_{3,4MAX} = 0$. Con $9R_W$ in parallelo ai diodi la massima corrente è $I'_{3,4MAX} = \frac{0.9V_1 - (V_{Z3} + V_\gamma)}{0.9R_W} = 81.87 \mu\text{A}$