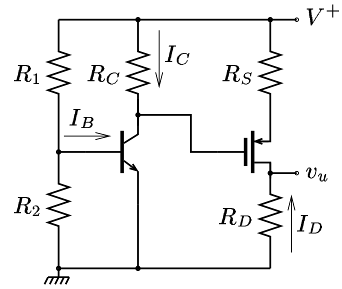
ESERCIZIO 1

1.1 - Punto di riposo

$V_{CE} = V^+ - R_C I_C = 5.75\,\text{V}$; inoltre $I_B = I_C/h_{FE} = 12.5\,\mu\text{A}$.

Segue $h_{ie} = r_{bb'} + \dfrac{V_T}{I_C} h_{fe} = 3\,\text{k}\Omega$.

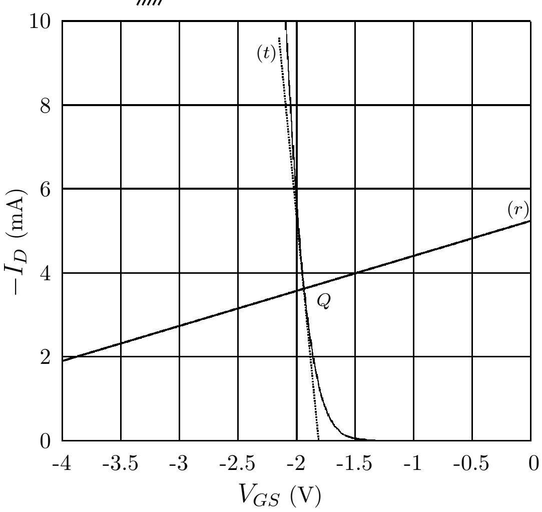


$V_{GS} = V^+ - R_C I_C - (V^+ + R_S I_D) = -R_S I_D - R_C I_C$

[per I_D è stato scelto come positivo il verso convenzionale (entrante nel *drain*)]

Riportando questa retta (r) sul piano della caratteristica mutua, si trova il punto di riposo:

$$V_{GS} = -1.93\ \text{V}, \quad I_D = -3.60\,\text{mA}.$$



Inoltre

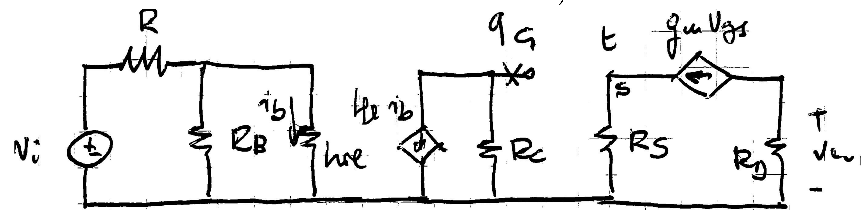
$$V_{DS} = -V^+ - I_D(R_D + R_S) = -3\ \text{V}$$

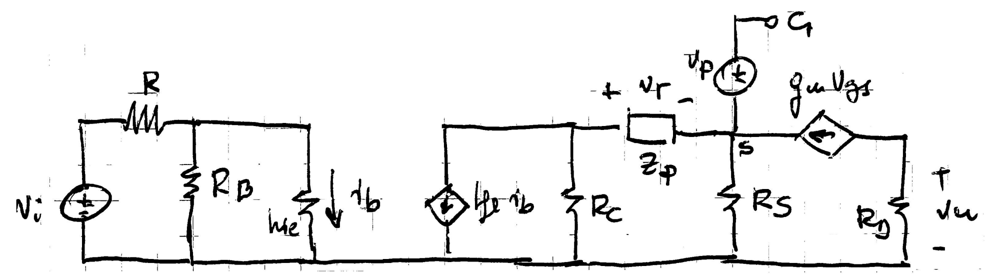
(il punto di riposo, sulle caratteristiche d'uscita, si trova chiaramente in zona di saturazione).

Per via grafica (t), si ottiene $\quad g_m = 27.4\,\text{mS}$.

1.2 - Guadagno a centro banda

Circuito per le variazioni a centro banda (C chiuso), scomposizione tra *gate* e *source* (come nell'amplificatore a *source* comune con resistenza sul *source*):





$\rho = 0 \quad \rightarrow \quad Z_p = Z_i = \infty.$

$$A = \left.\frac{v_u}{v_p}\right|_{v_s=0} = -g_m R_D = -35.62 \qquad \beta = \left.\frac{v_r}{v_u}\right|_{v_s=0} = \frac{R_S}{R_D} = 0.923$$

(infatti $v_u = -R_D g_m v_{gs}$ e $v_r = -R_S g_m v_{gs}$).

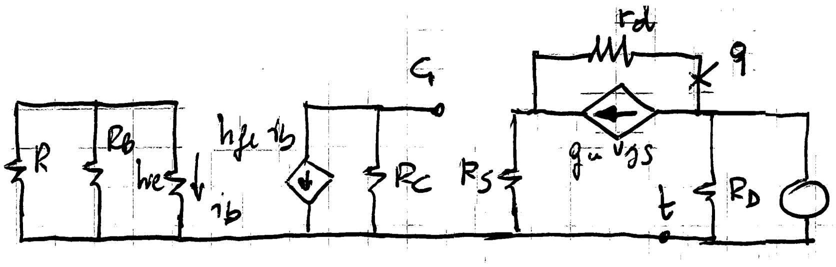
$$\alpha = \left.\frac{v_r}{v_s}\right|_{v_p=0} = -h_{fe} R_C \frac{R_B}{R_B + R} \frac{1}{h_{ie} + (R_B \| R)} = -154.5 \qquad \gamma = \left.\frac{v_u}{v_s}\right|_{v_p=0} = 0.$$

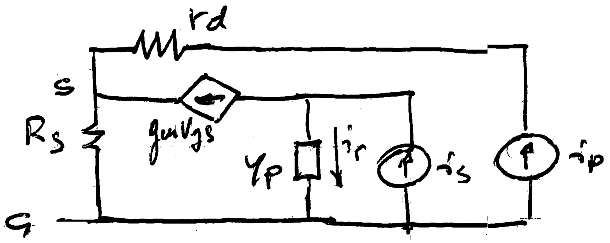
Segue

$$\mathrm{A}_f = \frac{\alpha A}{1 - \beta A} + \gamma = 162.4 \quad (= 44.2\,\mathrm{dB}).$$

1.3 - Resistenza d'uscita

Circuito equivalente (C chiuso), scomposizione sul *drain* (tolta R_D):





$$\rho = 0 \quad \rightarrow \quad Y_p = Y_i = \left[r_d + (R_S \| 1/g_m)\right]^{-1} = 49.9\,\mu\mathrm{S} \qquad Y_b = 0$$

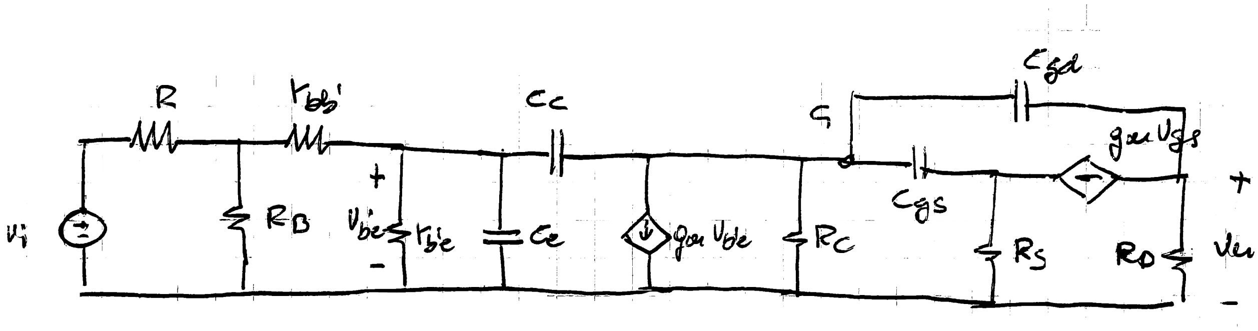
$$\beta A = \left.\frac{i_r}{i_p}\right|_{i_s=0} = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} = 0.970$$

(infatti $i_r = -g_m v_{gs}, \quad v_{gs} = -R_S(i_p + g_m v_{gs}) \rightarrow v_{gs} = -\dfrac{R_S i_p}{1 + R_S g_m}$).

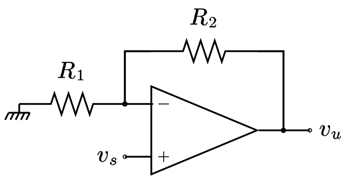
Reazione positiva di tensione (riduce Y_{out}).

$$Y_{out} = (Y_p + Y_b)(1 - \beta A) = 1.472\,\mu\text{S} \qquad \text{e} \qquad R_{out} = Y_{out}^{-1} = 679\,\text{k}\Omega \quad \text{(vista da } R_D\text{)}$$

1.4 - Circuito per lo studio della risposta alle aa.ff.



ESERCIZIO 2

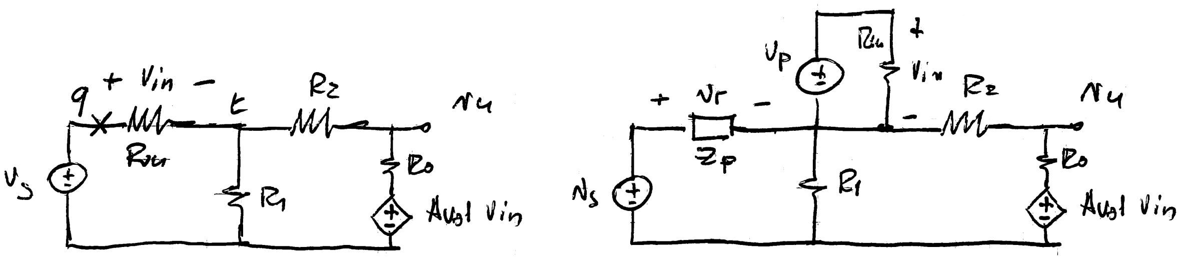


$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$A_v = 18 \qquad \rightarrow \qquad R_2/R_1 = 17$$

p. es. : $R_1 = 20\,\text{k}\Omega, R_2 = 340\,\text{k}\Omega.$

Circuito equivalente, scomposizione sull'ingresso dell'A.O.:



$\rho = 0 \quad \rightarrow \quad Z_p = Z_i = R_{in}.$

Con i valori dati e quelli scelti per R_1 ed R_2 si ha:

$$\beta A = \left.\frac{v_r}{v_p}\right|_{v_s=0} = -A_{vol0}\frac{R_1\|Z_p}{R_o + R_2 + (R_1\|Z_p)} = -2335.8 \qquad Z_b = R_1\|(R_2 + R_o) = 18.89\,\text{k}\Omega$$

$Z_{in} = (Z_p + Z_b)(1 - \beta A) = 277.82\,\text{M}\Omega$ reazione negativa serie (accresce Z_{in}).

ESERCIZIO 3

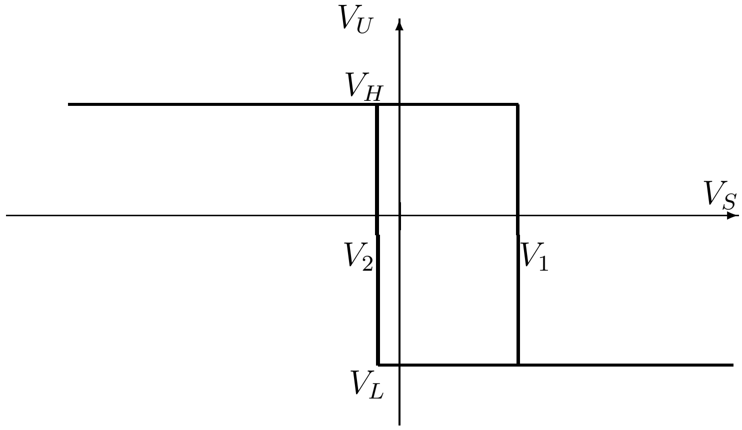
3.1 - Caratteristica ingresso-uscita

Comparatore invertente con livelli di tensione in uscita:

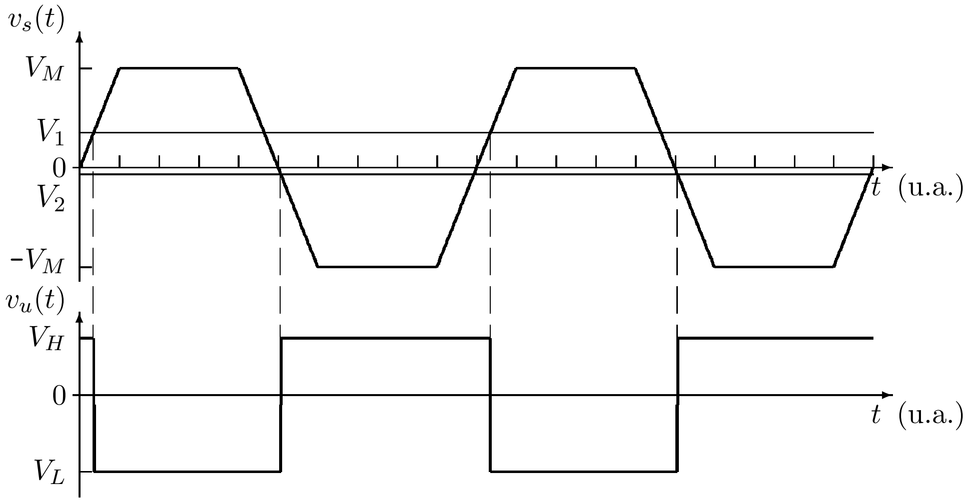
$$V_H = V_{Z1} + V_\gamma = 4 \text{ V} \qquad \text{e} \qquad V_L = -(V_{Z2} + V_\gamma) = -5.4 \text{ V}.$$

e soglie $\left(\beta = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} = 0.3125\right)$

$$V_1 = \beta V_H + (1-\beta)V_R = 2.4875 \text{ V} \qquad \text{e} \qquad V_2 = \beta V_L + (1-\beta)V_R = -0.45 \text{ V}.$$

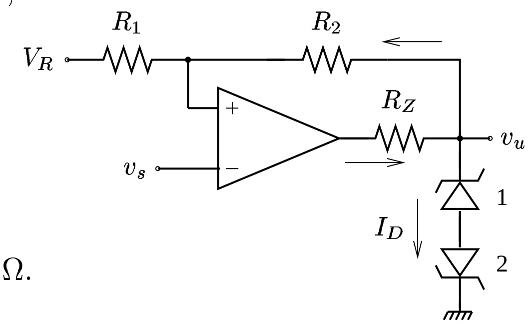


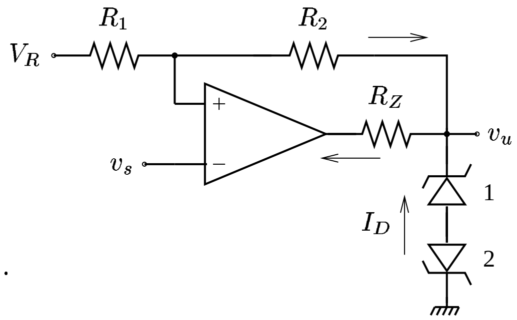
3.2 - Risposta al segnale dato



$$\delta = \frac{1}{T}\left(3\frac{T}{10} + \frac{T}{10}\cdot\frac{V_2 + V_M}{V_M} + 2\frac{T}{10}\cdot\frac{V_1+V_M}{2V_M}\right) = 0.529 \quad (52.9\%)$$

3.3 - Valore massimo della resistenza





Scelto come verso positivo per le correnti quello effettivo,

- con l'uscita alta ($V_U = V_H$) si ha

$$I_D = \frac{V_O^+ - V_H}{R_Z} - \frac{V_H - V_R}{R_1 + R_2} \geq 15\,\text{mA}$$

se $\quad R_Z \leq (V_O^+ - V_H)\left(15\,\text{mA} + \dfrac{V_H - V_R}{R_1 + R_2}\right)^{-1} = 531.7\,\Omega.$

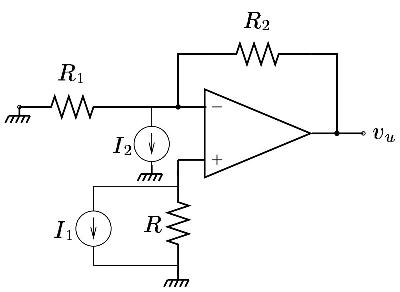
- con l'uscita bassa ($V_U = V_L$) si ha

$$I_D = \frac{V_L - V_O^-}{R_Z} - \frac{V_R - V_L}{R_1 + R_2} \geq 15\,\text{mA}$$

se $\quad R_Z \leq (V_L - V_O^-)\left(15\,\text{mA} + \dfrac{V_R - V_L}{R_1 + R_2}\right)^{-1} = 435.6\,\Omega.$

Dovendo le due condizioni essere contemporaneamente verificate, la resistenza limite è la minore delle due, per cui dovrà essere $R_Z \leq 435.6\,\Omega$.

ESERCIZIO 4



$$I_{IO} = 0 \quad \rightarrow \quad I_1 = I_2 = I_B$$

$$V_U = -RI_1\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2 I_2$$

Imponendo $\quad V_U = 0, \quad$ segue $\quad R = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R_1 \| R_2 = 5.45\,\text{k}\Omega.$