SCHEDA N°A_05_09	Nome: ______________________

ESERCIZIO N°1

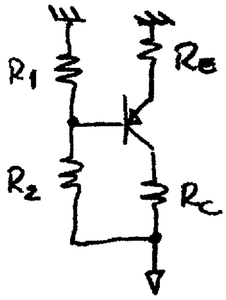
6 punti

Avendo a disposizione due diodi Zener ideali e resistenze a scelta, si progetti una rete in grado di approssimare la radice cubica di un numero espresso da una tensione tra –2 V e 2 V. Si vuole che la rete abbia una caratteristica di trasferimento che, per valori in ingresso di ±1 V e ±2 V abbia lo stesso valore e la stessa derivata (destra in –2 V e 1 V, sinistra in –1 V e 2 V) della curva ideale e che la massima corrente assorbita dall'ingresso sia di 1 mA.

ESERCIZIO N°2

7 punti

Determinare il punto di riposo del circuito seguente, determinare il valore di h_{ie} del transistore *pnp* e disegnare il circuito per piccoli segnali.



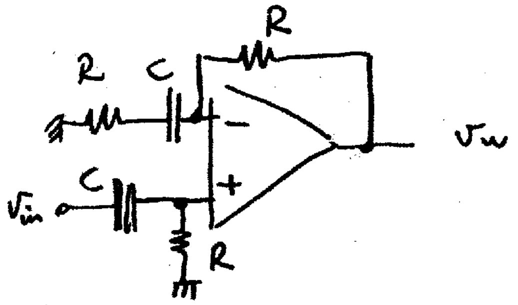
$V_{CC} = -12V$
$R_C = 1k\Omega$
$R_E = 1k\Omega$
$R_1 = 1k\Omega$
$R_2 = 2k\Omega$

$h_{FE} = 200$
$r_{bb'} = 200\Omega$
$h_{fe} = 250$

ESERCIZIO N°3

7 punti

Determinare la risposta in frequenza e disegnare i relativi diagrammi asintotici di Bode del circuito seguente. Definire una relazione che permetta di determinare il limite inferiore di banda del circuito.



$R = 1k\Omega$
$C = 1\mu F$
Op. ideale

ESERCIZIO N°4

7 punti

Mostrare lo schema a blocchi di un amplificatore transconduttivo unidirezionale, reazionato con un blocco β ideale in modo da migliorarne le caratteristiche rendendole più vicine a quelle ideali. Determinare l'espressione della resistenza di ingresso del circuito individuato.

ESERCIZIO N°5

6 punti

Di un amplificatore di corrente si conoscono i valori ($\neq 0$) di tutti i parametri h. Determinare in funzione di questi l'espressione dei parametri f, relativi allo stesso amplificatore modellato come amplificatore di tensione.

A 05.09

(2) Punto di riposo

$$V_B = V_{cc} \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} = -4V \quad ; \quad R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} = 667\ \Omega$$

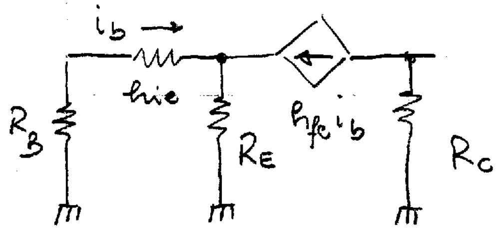
Maglia di ingresso (versi delle correnti "reali")

$$V_B + R_B I_B + V_{EB_{on}} + R_E (h_{FE}+1) I_B = 0$$

$$I_B = \frac{-V_B - V_{EB_{on}}}{R_B + R_E (h_{FE}+1)} = 16.4\,\mu A \qquad I_C = 3.3\,mA$$

$$h_{ie} = r_{bb'} + h_{fe} \frac{V_T}{I_C} = 2.19\ k\Omega$$

Circuito per piccoli segnali



(5) Si conosce

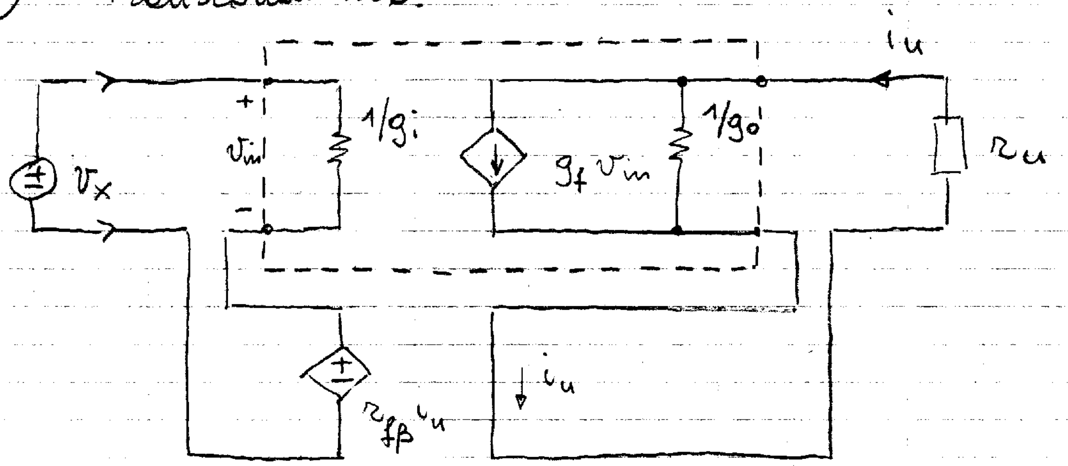
$$\begin{pmatrix} i_u \\ v_{in} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_f & h_o \\ h_i & h_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_{in} \\ v_u \end{pmatrix} \quad \text{da cui}$$

$$\begin{pmatrix} i_{in} \\ v_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_f & h_o \\ h_i & h_r \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} i_u \\ v_{in} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_r & f_i \\ f_o & f_f \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_u \\ v_{in} \end{pmatrix} \quad \text{da cui}$$

$$f_o = -\frac{h_i}{\Delta} \quad ; \quad f_r = \frac{h_r}{\Delta} \quad ; \quad f_f = \frac{h_f}{\Delta} \quad ; \quad f_i = -\frac{h_o}{\Delta}$$

con $\Delta = h_f h_r - h_i h_o$

(4) Transconduttivo



Reazione negativa di corrente (alza impedenza di uscita) serie (alza impedenza di ingresso)

Resistenza di ingresso

$$i_u = g_f v_{in} \cdot \frac{1}{1+r_u g_o}$$

$$v_{in} = v_x - r_{f\beta} i_u \quad \text{da cui} \quad v_{in} = v_x \frac{1}{1+r_{f\beta} g_f \frac{1}{1+r_u g_o}}$$

Quindi

$$r_{in} = \frac{1}{g_i} \cdot \left(1 + r_{f\beta} g_f \frac{1}{1+r_u g_o} \right)$$

(3) Si ha (ampl. non invertente)

$$v_u = v_{in} \cdot \frac{RCs}{RCs+1} \cdot \left(1 + \frac{RCs}{RCs+1} \right) = \frac{RCs\,(2RCs+1)}{(RCs+1)^2} \; v_{in}$$

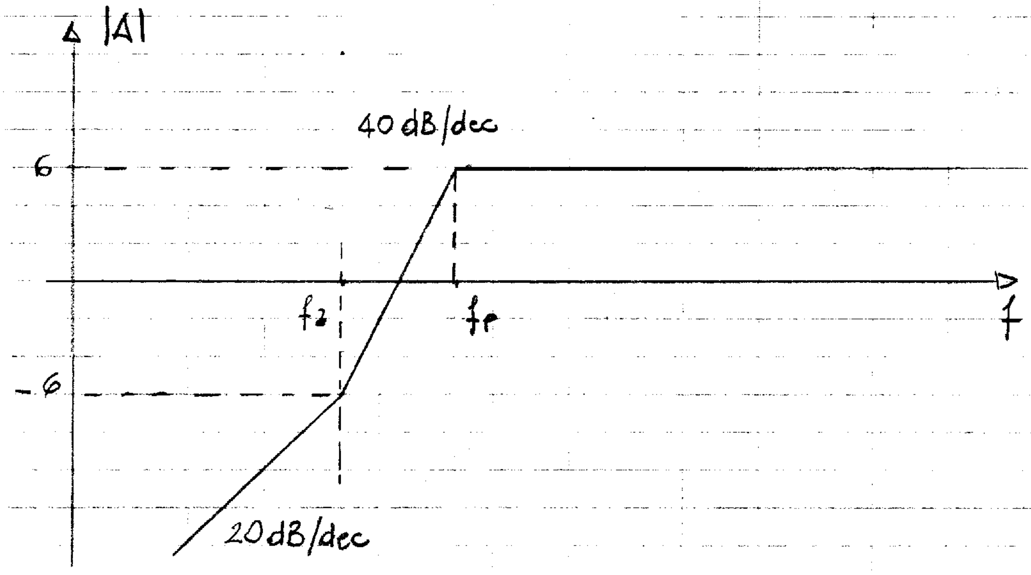
Il sistema ha due poli reali coincidenti $\omega_p = 1/RC$
Uno zero nell' origine e uno zero $\omega_z = 1/2RC$

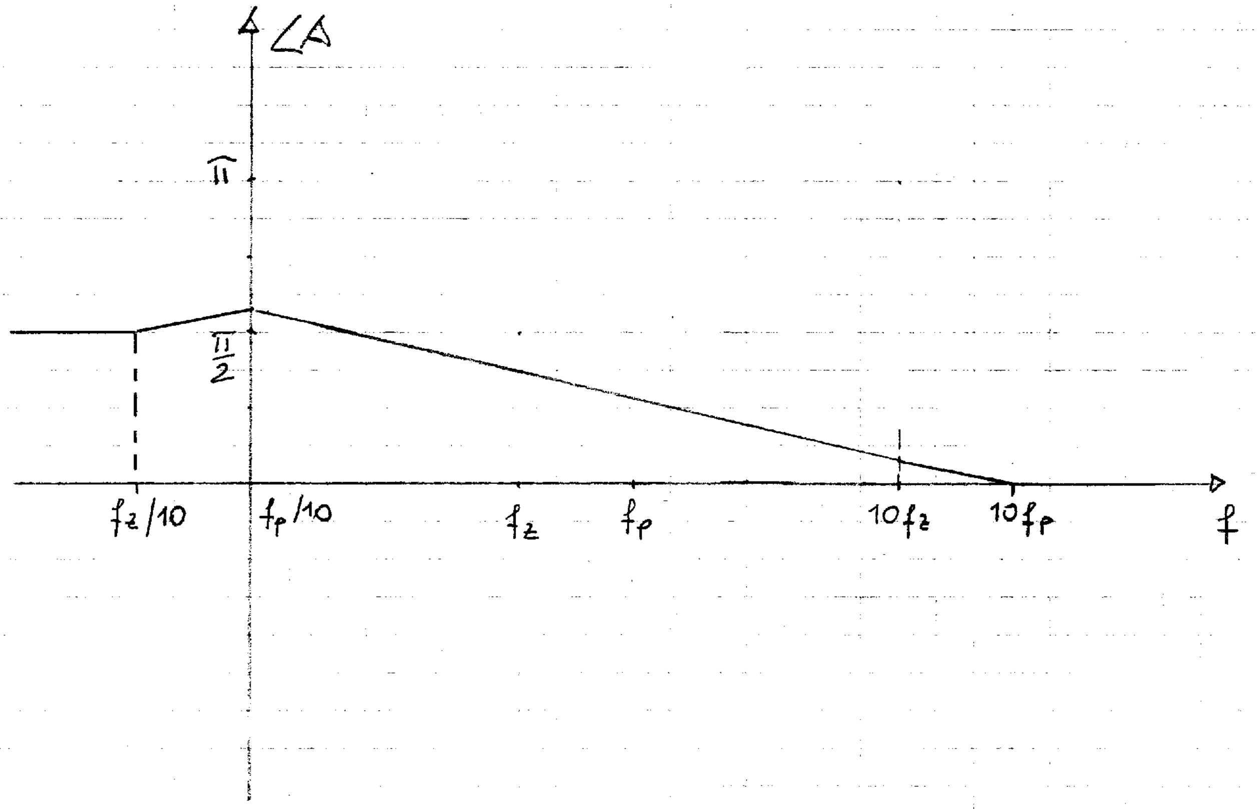
$1/RC = 1$ Krad/s (159 Hz)

Per determinare il limite di banda (−3dB) occorre imporre la relazione in ω

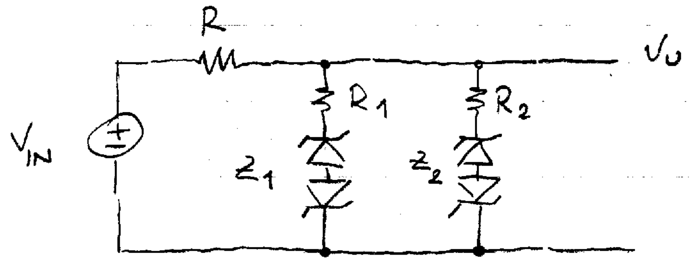
$$|A(j\omega)| = \frac{A_{CB}}{\sqrt{2}}$$

Nel nostro caso: $A(j\omega) = 2 \cdot \frac{j\omega\,(j\omega+\omega_z)}{(j\omega+\omega_p)^2}$


|A|
40 dB/dec
6
f_z
f_p
f
-6
20 dB/dec


∠A
π
π/2
$f_z/10$
$f_p/10$
f_z
f_p
$10f_z$
$10f_p$
f

(1) la rete è simmetrica e ha la forma



non c'è alcun ramo resistivo perché la radice cubica ha nell'origine pendenza infinita (che conviene approssimare con la max pendenza disponibile, cioè 1)

La massima corrente si ha negli estremi:

$$I_{MAX} = \frac{2-\sqrt[3]{2}}{R} \quad \text{da cui} \quad R = \frac{2-\sqrt[3]{2}}{1\,mA} = 740\,\Omega$$

Le due condizioni sulle pendenze danno (pendenza ≡ derivata)

$$\begin{cases} \dfrac{R_1}{R+R_1} = \dfrac{1}{3} \\[2ex] \dfrac{R_1 /\!/ R_2}{R+R_1 /\!/ R_2} = \dfrac{2^{-2/3}}{3} \end{cases} \quad \text{da cui} \quad \begin{cases} RG_1 = 3 \\[2ex] R(G_1+G_2) = \dfrac{3}{2^{-2/3}} \; ; \quad RG_2 = 3\left(2^{2/3}-1\right) \end{cases}$$

e infine

$$R_1 = \frac{R}{3} = 247\,\Omega \qquad R_2 = \frac{R}{3(2^{2/3}-1)} = 420\,\Omega$$

Per le tensioni di zener si ha $Z_1 = 1V$. Per Z_2 occorre sfruttare la condizione per $V_{IN} = 2V$

$$\frac{\sqrt[3]{2}-1}{R_1} + \frac{\sqrt[3]{2}-Z_2}{R_2} = 1\,mA \qquad \text{da cui}$$

$$Z_2 = \left(\frac{\sqrt[3]{2}-1}{R_1} + \frac{\sqrt[3]{2}}{R_2} - 1\,mA\right) R_2 = 1{,}28\,V$$