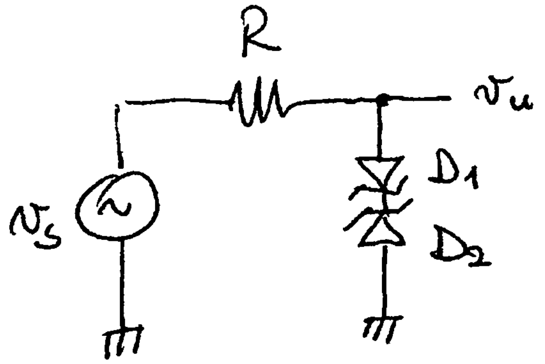
SCHEDA N°A_06_05	Nome: ______________________________

ESERCIZIO N°1
7 punti

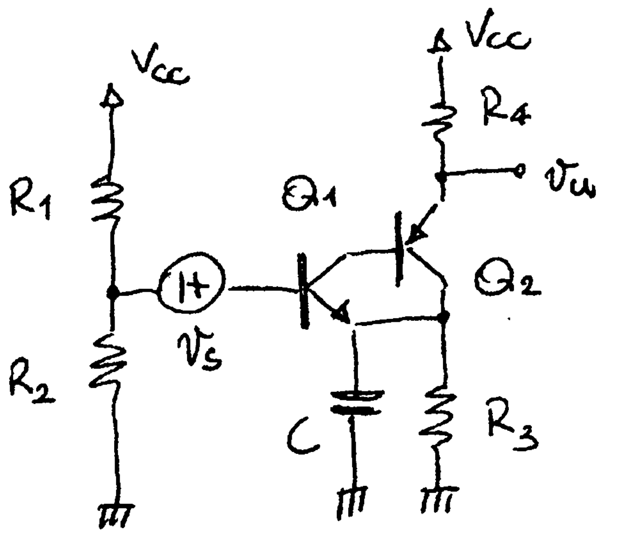
Determinare la potenza media dissipata da ciascuno dei due diodi Zener nel seguente circuito tagliatore. La tensione in ingresso è sinusoidale con ampiezza 10 V e frequenza 1 kHz. I due diodi D_1 e D_2 hanno tensioni di conduzione diretta di 0.7 V, tensioni di conduzione Zener rispettivamente di 3.3 V e 6.3 V e resistenze differenziali nulle in tutte le condizioni di accensione.



$R = 1\,k\Omega$

ESERCIZIO N°2
7 punti

Determinare il punto di riposo del circuito seguente.



$V_{cc} = 12V$

$R_1 = 20\,k\Omega$

$R_2 = 28\,k\Omega$

$R_3 = 3.15\,k\Omega$

$R_4 = 500\,\Omega$

$C = 1\mu F$

$h_{FE1} = h_{FE2} = 100$

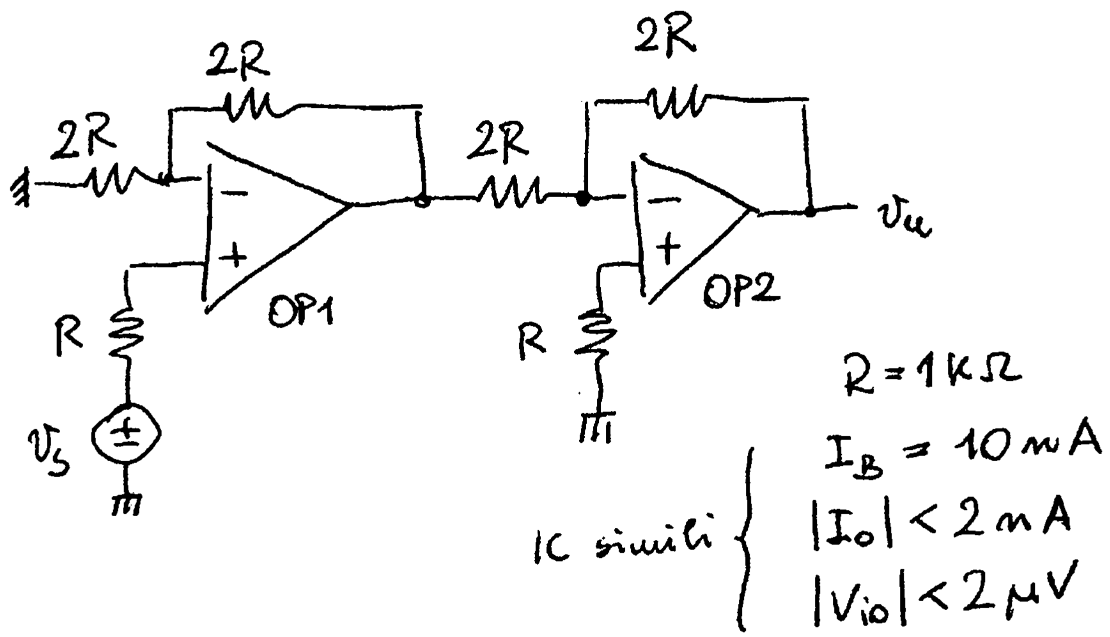
ESERCIZIO N°3
7 punti

Determinare la risposta in frequenza e disegnare i relativi diagrammi asintotici di Bode del circuito del problema 2. Per i due transistori, di tipo complementare, si ha $h_{ie1} = h_{ie2} = 1\ k\Omega$ e $h_{fe1} = h_{fe2} = 100$. Gli altri parametri hanno valore trascurabile.

ESERCIZIO N°4

6 punti

Determinare il massimo sbilanciamento nel circuito seguente.



ESERCIZIO N°5

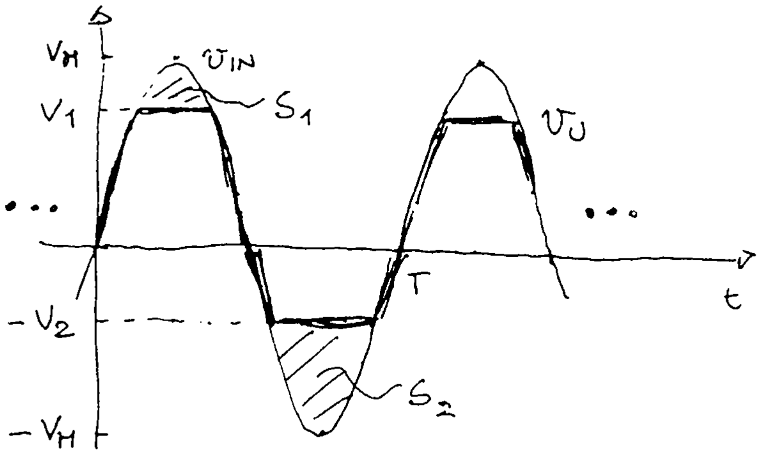
6 punti

Determinare l'amplificazione e le resistenze di ingresso e di uscita di un amplificatore di tensione a due stadi, realizzato ponendo in cascata un amplificatore transconduttivo e un amplificatore transresistivo caratterizzati dai seguenti parametri:

g_f = 100 mS, g_i = 1 μS, g_o = 10 S, g_r = 100 nS

r_f = 1 MΩ, r_i = 1 Ω, r_o = 10 Ω, r_r = 0.

(1) Il circuito è un tagliatore $(+7V\ ;\ -4V)$
I diodi dissipano potenza solo quando conducono



$V_1 = V_F + V_{Z2} = 7V$

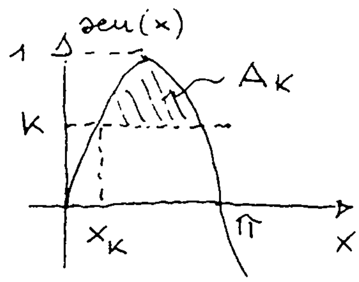
$V_2 = V_F + V_{Z1} = 4V$

Si può scrivere la potenza richieste in funzione delle aree S_1 e S_2 indicate

$$P_{m1} = \frac{1}{T} \cdot \left(\frac{V_F S_1}{R} + \frac{V_{Z1} S_2}{R} \right) = 5.11\ mW$$

$$P_{m2} = \frac{1}{T} \left(\frac{V_{Z2} S_1}{R} + \frac{V_F S_2}{R} \right) = 4.16\ mW$$

Per il calcolo delle aree basta osservare che, per



$x_K = arcsin(K)$

$$A_K = 2 \int_{x_K}^{\pi/2} sen(x)\, dx - K(\pi - 2x_K) =$$

$$= 2 \cos x_0 - K(\pi - 2x_K) =$$

$$= 2\sqrt{1-K^2} - K(\pi - 2x_K)$$

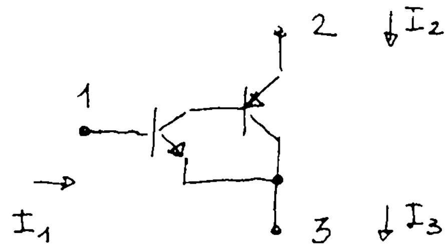
Nel nostro esempio $K_1 = V_1 / V_M = 0.7$ e $K_2 = V_2 / V_M = 0.4$

$A_{K1} = 0.315$ $A_{K2} = 0.906$

$S_1 = \left(V_M \frac{T}{2\pi} \right) A_{K1}$; $\frac{S_1}{T} = 0.501$

$S_2 = \left(V_M \frac{T}{2\pi} \right) A_{K2}$; $\frac{S_2}{T} = 1.44$

(2) Prima di affrontare il punto di riposo, esaminiamo i due transistori (nell'ipotesi ZAD)



$$\begin{cases} I_2 = I_1 \; h_{FE1} \left(h_{FE2} + 1 \right) = I_1 \, h^* \\ I_3 = I_1 + I_2 = I_1 \left(h^* + 1 \right) \end{cases}$$

Quindi il tutto equivale a un singolo transistore npn con guadagno $h^* = 10100$

Visto il valore del guadagno, è giustificata l'ipotesi di partitore pesante e si può trascurare I_1

$V_B \cong V_{cc} \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} = 7\,V$; $V_{E1} = 6.3\,V$ $\quad V_3$

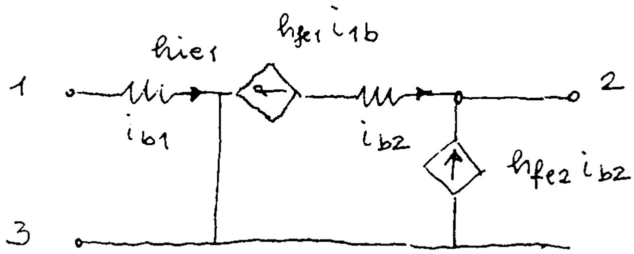
$I_3 = \dfrac{V_{E1}}{R_3} = 2\,mA$; $I_1 = \dfrac{I_3}{h^* + 1} \cong 0.2\,\mu A$ $\left(\ll \dfrac{V_{cc}}{R_1 + R_2} = 0.25\,mA \right)$

$I_2 \simeq I_1 = 2\,mA$; $V_2 = V_{cc} - R_4 I_2 = 11\,V$

$V_{CE1} = V_2 - V_{EBon} - V_3 = 4\,V$ (OK ZAD_1)

$V_{EC2} = V_2 - V_3 = 4.7\,V$ (OK ZAD_2)

(3) Esaminiamo il modello per piccoli segnali dei due transistori



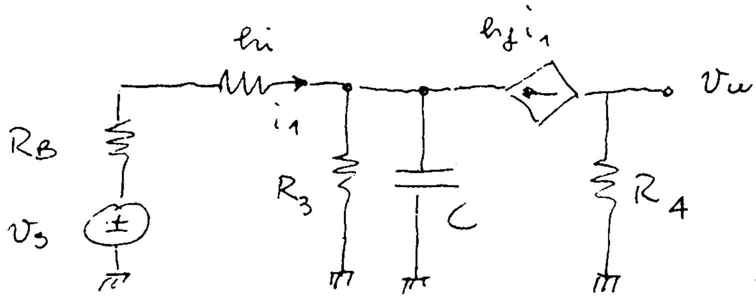
Parametri h di questo amplificatore

$$\begin{cases} i_2 = (h_{fe1} + h_{fe1} h_{fe2})\, i_1 \\ v_{13} = h_{ie1}\, i_1 \end{cases}$$

$h_f = h_{fe1}\,(h_{fe2} + 1) = 10,100$

$h_i = h_{ie1} = 1 k\Omega$

Circuito per piccoli segnali



$R_B = R_1 // R_2 = 11,67 k\Omega$

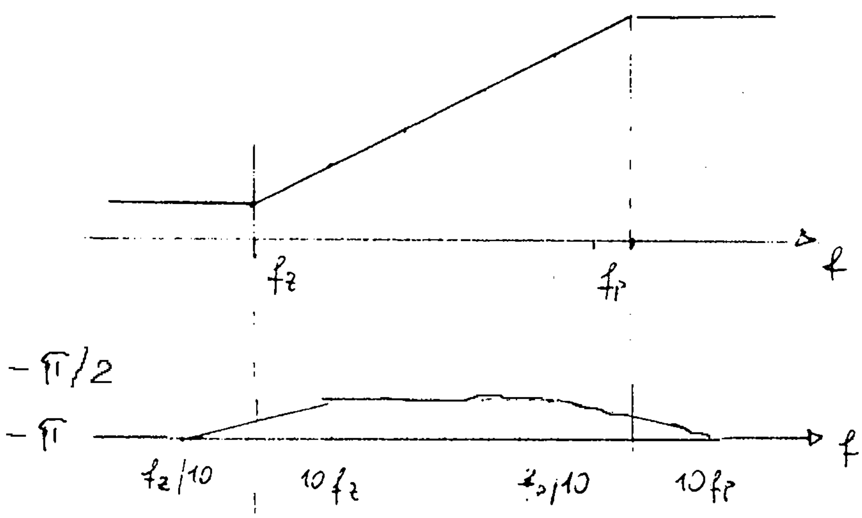
$$v_u = -\, A_{CB}\, \frac{s+z}{s+p}$$

$A_{CB} = \dfrac{h_f R_4}{R_B + h_i} = 399$ (52 dB)

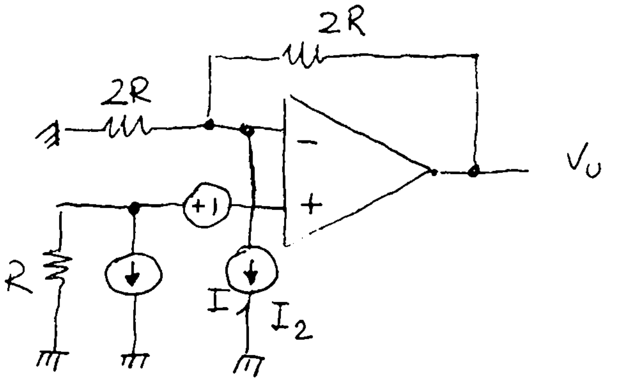
$z = \dfrac{1}{R_3 C} = 317 \text{ rad/s}$ (50,5 Hz)

$R_{VC} = R_3 // [(h_i + R_B)/(h_f + 1)] = 1{,}25\,\Omega$

$P = \dfrac{1}{R_{VC} C} = 798 \text{ krad/s}$ (127,0 KHz)



(4) Per lo sbilanciamento, si tratta di analizzare due stadi uguali in cascata.



Con la sovrapposizione degli effetti si ricava

$$V_U = -2V_{io} - 2R I_1 + 2R I_2 =$$
$$= -2V_{io} - 2R I_o$$

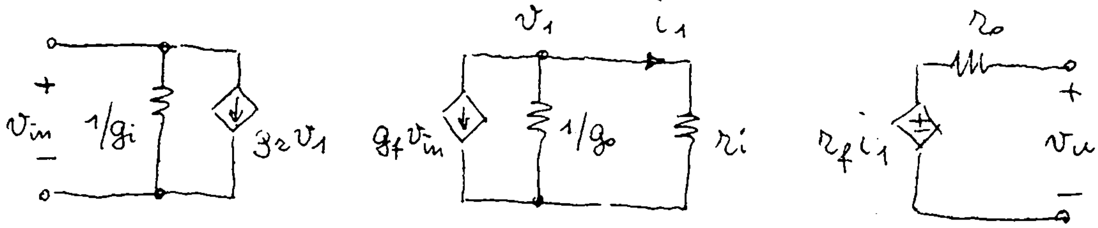
Visto che il secondo stadio amplifica (-1) l'uscita del primo, si avrà

$$V_{Utot} = -V_{U1} + V_{U2} = 2V_{io1} + 2R I_{o1} - 2V_{io2} - 2R I_{o2}$$

Nel caso peggiore, si ha V_{io1} e I_{o1} concordi tra loro e discordi da V_{io2} e I_{o2}. Quindi

$$\max |V_{UTOT}| = 4|V_{io}| + 4R|I_o| = 16\,\mu V$$

(5)



$$R_{out} = r_o = 10\,\Omega$$

$$A = -g_f r_f \cdot \frac{1/g_o}{1/g_o + r_i} = -9091$$

$$i_{in} = g_i v_{in} - g_r g_f \left(1/g_o \,//\, r_i \right) v_{in}$$

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{1}{g_i - g_r g_f \dfrac{r_i}{1 + r_i g_o}} \simeq 1\,M\Omega$$