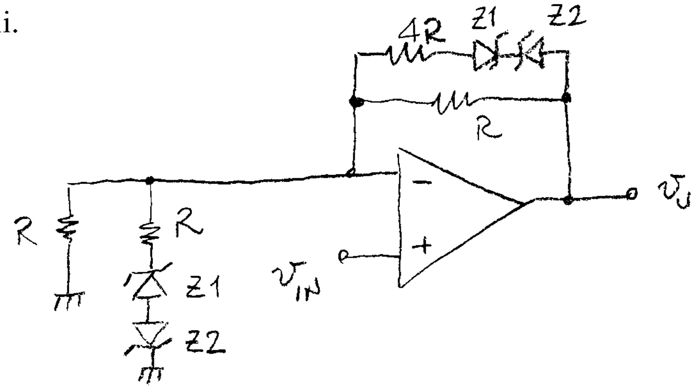
SCHEDA **A09_04**		Data: **1 Aprile 2009**
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

7 punti

Determinare la caratteristica di trasferimento del circuito seguente, realizzato con diodi Zener ideali.



Z1 : zener da 1V

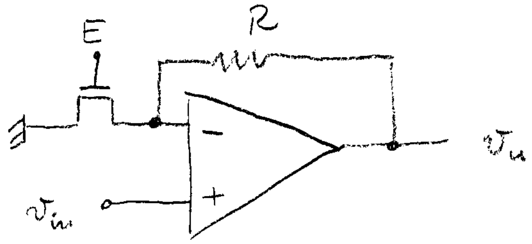
Z2 : zener da 3V

$R = 1\,k\Omega$

ESERCIZIO N°2

7 punti

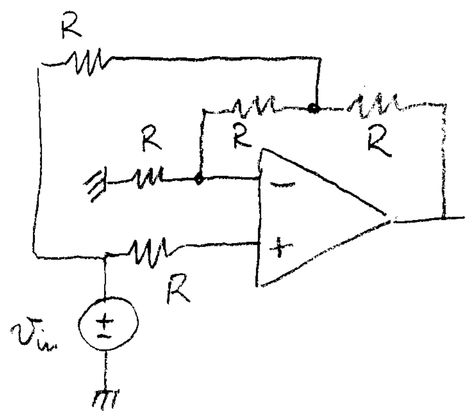
Determinare il valore di E e R in modo che l'amplificazione per piccoli segnali del seguente amplificatore sia pari a 3. Per il MOSFET è $V_{Tn} = 1$ V e $k_n = 4$ mA/V^2.



ESERCIZIO N°3

6 punti

Determinare il massimo sbilanciamento nel circuito seguente.



$R = 300\,k\Omega$

$I_b = 10$ nA

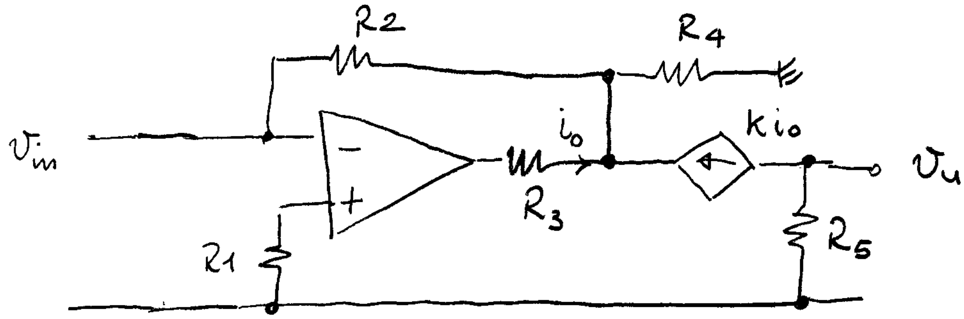
$|V_{io}| < 1$ mV

$|I_o| < 6$ nA

ESERCIZIO N°4

6 punti

Determinare i parametri *h* del seguente amplificatore di corrente. L'amplificatore operazionale, per gli altri aspetti ideali, presenta un guadagno ad anello aperto $A_V = 10^5$.



$R_1 = R_5 = 100\,k\Omega$

$R_2 = R_3 = 1\,k\Omega$

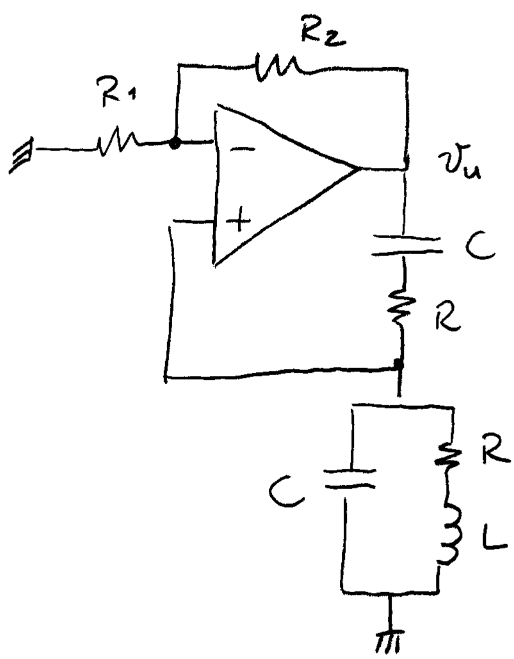
$R_4 = 10\,k\Omega$

$k = 100$

ESERCIZIO N°5

7 punti

Determinare la frequenza di oscillazione e l'ampiezza a regime del seguente oscillatore.



$C = 1\,\mu F$

$L = 1\,H$

$R = 1\,k\Omega$

$R_2 = 10\,R_1\left(1 - \frac{V_{UM}}{V_0}\right)$

$R_1 = 10\,k\Omega$

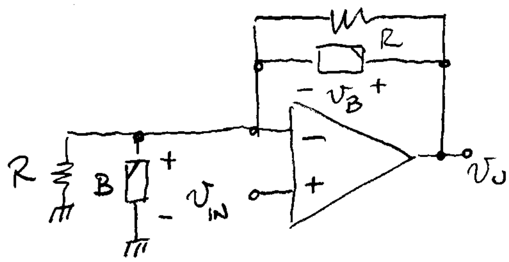
V_{UM} ampiezza dell'uscita

$V_0 = 5V$

① Analizziamo il sistema a partire da $v_{IN} = 0$.
Entrambi i rami contenenti gli zener sono interdetti e si ha

$$v_U = 2 v_{IN} \quad \text{(ampl. invertente)}$$

lo schema ci permette di individuare le tensioni ai capi dei due rami non lineari B



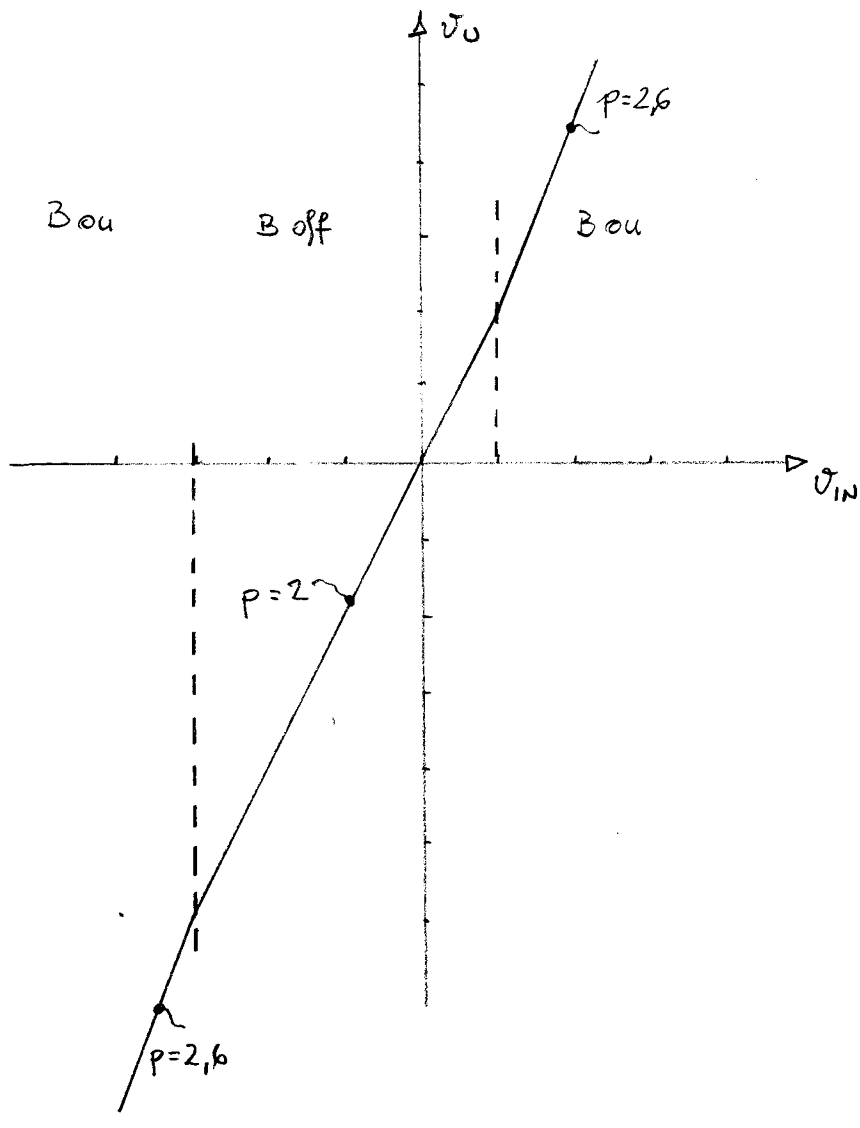
Se $v_U = 2v_{IN}$, entrambi i rami sono sottoposti alla tensione v_{IN}.

Entreranno in conduzione insieme, alle stesse condizioni, per

$v_{IN} \geq 1V$ oppure $v_{IN} \leq -3V$

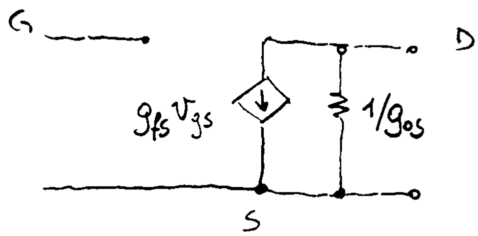
Quando il ramo B entra in conduzione, il guadagno per piccoli segnali (pendenza della caratt.) diviene

$$\frac{v_u}{v_{in}} = 4\,\frac{R}{5} \cdot \frac{2}{R} + 1 = 2{,}6$$



(2) Nel circuito proposto il MOSFET deve essere in zona triodo ($V_S = V_D = \phi$).

Il modello per piccoli segnali è



$$g_{fs} = \left.\frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}}\right|_Q$$

$$g_{os} = \left.\frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}}\right|_Q$$

In zona triodo si ha: $I_{DS} = \frac{K_M}{2} V_{DS} (2V_{GS} - V_{DS} - 2V_{TM})$ da cui

$$g_{fs} = K_M V_{DS}$$

$$g_{os} = \frac{K_M}{2}(2V_{GS} - V_{DS} - 2V_{TM} - V_{DS}) = K_M (V_{GS} - V_{DS} - V_{TM})$$

Nel caso in esame $\begin{cases} g_{os} = 4(E-1)\ S \\ g_{fs} = \phi \end{cases}$

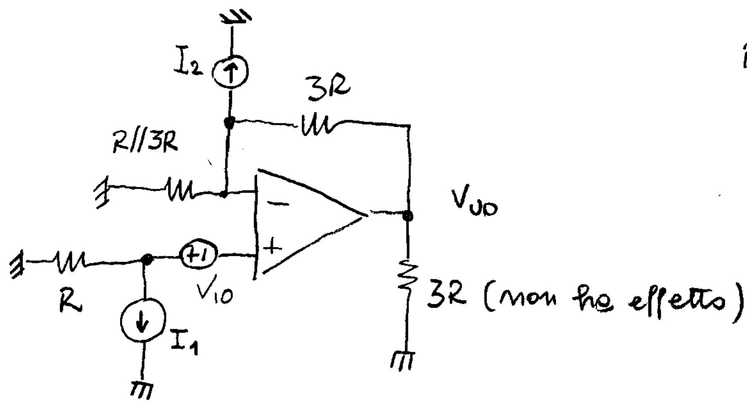
Quindi dovrà essere, per avere $v_u / v_{in} = 2$ (ampl N.I.)

$$\frac{1}{4(E-1)} = R\ (k\Omega)$$

Si può assumere $E = 2V$ e $R = 250\Omega$

③ Trasformo λ in Δ (da $R \mapsto 3R$). Il circuito per lo sbilanciamento diviene

$R /\!/ 3R = 0{,}75\,R$



Applicando la sovrapposizione degli effetti si ha

$$V_{UO} = -5V_{IO} - 5R\,I_1 + 3R\,I_2$$

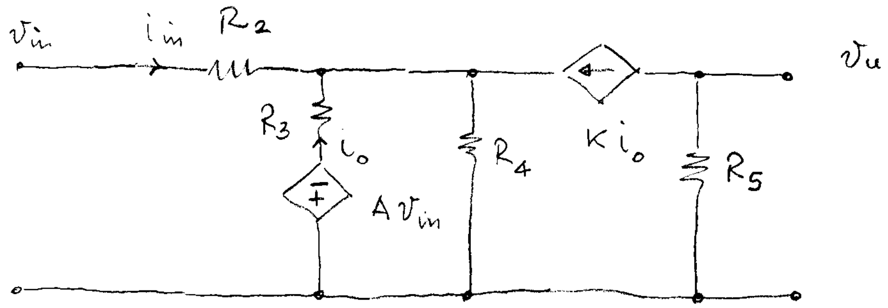
Sostituisco $I_1 = I_B + I_0/2$; $I_2 = I_B - I_0/2$

$$V_{UO} = -5V_{IO} - 2R\,I_B - 4R\,I_0$$

prendo V_{IO} e I_0 con segno positivo per massimizzare l'uscita

$$V_{UO} = -18{,}2\,mV$$

(4) Ridisegno lo schema (in R_1 non scorre corrente)



Equazioni del circuito

$$\begin{cases} i_u = K i_o + \dfrac{v_u}{R_5} \\ v_{in} = R_2 i_{in} - R_3 i_o - A v_{in} \\ -R_3 i_o - A v_{in} = R_4 \left[i_{in} + i_o (1+K) \right] \end{cases}$$

Da quest'ultima ricavo

$$i_o = \frac{-A v_{in} - R_4 i_{in}}{R_3 + R_4(1+K)} = -\frac{A}{R_A} v_{in} - \frac{R_4}{R_A} i_{in}$$

con $R_A = R_3 + R_4(1+K) = 1{,}011\ M\Omega$

$$v_{in}(1+A) = R_2 i_{in} + \frac{R_3}{R_A} A v_{in} + \frac{R_3 R_4}{R_A} i_{in}$$

$$\begin{cases} v_{in} = i_{in} \cdot \dfrac{R_2 + \dfrac{R_4 R_3}{R_A}}{1 + A - \dfrac{R_3}{R_A} A} = h_i\, i_{in} \\ i_u = -K\left(\dfrac{R_4}{R_A} + \dfrac{A}{R_A} h_i\right) i_{in} + \dfrac{v_u}{R_5} = h_f\, i_{in} + h_o v_u \end{cases}$$

$$h_i = \frac{1 + 10/1011}{1 + 100000(1 - 1/1011)} \qquad (\simeq 0,\ ccv)$$

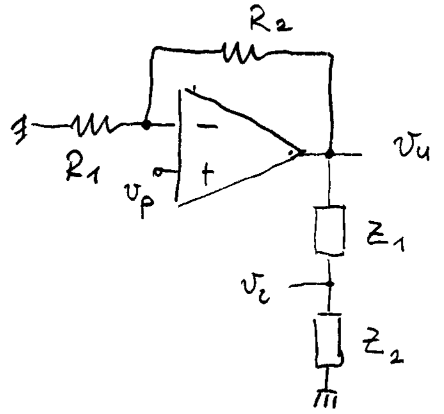
$$h_o = 10\ \mu S \qquad (1/R_5)$$

$$h_f = -\frac{100}{1011}\left(10 + 100000\, h_i\right) \qquad (\simeq -R_2/R_4)$$

(5)

Oscillatore.

Applico le condizioni di Barkhausen, all'innesco e poi a regime



$$Z_1 = \frac{RCs+1}{Cs}$$

$$Z_2 = \frac{R+Ls}{LCs^2+RCs+1}$$

$$bA = G \cdot \frac{Z_2}{Z_1+Z_2} \qquad \text{con} \quad G_0 = 11$$

$$bA = G \cdot \frac{(R+Ls)Cs}{(RCs+1)(LCs^2+RCs+1)+(R+Ls)Cs} =$$

$$= G \cdot \frac{LCs^2+RCs}{RCLC\,s^3+[2LC+(RC)^2]s^2+3RCs+1} =$$

$$= G \, \frac{-\omega^2 LC + j\omega RC}{-\omega^2[2LC+(RC)^2]+1+j\omega(-\omega^2 RCLC+3RC)}$$

Se bA è reale se il rapporto tra le parti reali è eguale a quello tra le parti immaginarie

$$\frac{-\omega^2 LC}{-\omega^2[2LC+(RC)^2]+1} = \frac{1}{-\omega^2 LC+3}$$

pongo $\omega^2 = X$ e $LC = (RC)^2 = A$ (10^{-6})

$$-AX(3-AX) = -3AX+1 \; ; \quad A^2X^2 = 1 \; ; \quad X = \frac{1}{A}$$ (soluz negativa non accett)

All'innesco

$\omega_0 = 1$ Krad/s (159 Hz) ; $|bA| = \frac{11}{2} > 1$ oscilla

A regime la condizione sulla fase non cambia. Per l'ampiezza deve essere $G' = 2$. Quindi

$$1 - \frac{V_{UM}}{V_0} = \frac{1}{10} \; ; \qquad V_{UM} = 4{,}5\,V$$