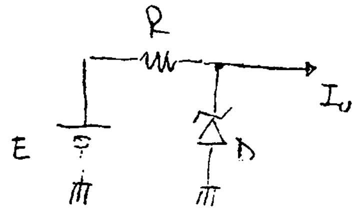
SCHEDA N°A_05_07	Data: ____________
Nome: ______________________________	Valutazione

ESERCIZIO N°1

7 punti

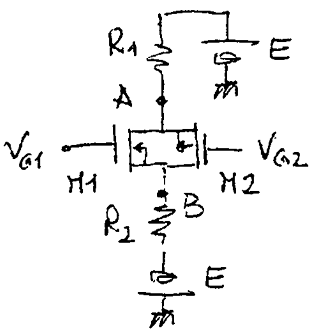
Nel seguente regolatore, il diodo Zener ha tensione $V_{ZT} = 10$ V @ $I_{ZT} = 100$ mA con $r_{ZT} = 3\ \Omega$ e $r_{ZK} = 200\ \Omega$ @ $I_{ZK} = 5$ mA ed è in grado di dissipare una potenza di 2 W. Il generatore di ingresso E può assumere valori da 15 a 20 V. Determinare qual è la massima corrente di uscita che può essere garantita in ogni caso dal regolatore, mantenendo un buon fattore di regolazione, e determinare il valore di R per cui si può avere tale corrente.



ESERCIZIO N°2

7 punti

Determinare il punto di riposo del circuito seguente per E = 1 V e per E = 3 V. Determinare la resistenza differenziale tra i punti A e B nei due casi..



M1: nMOS M2: pMOS

$V_{G1} = -V_{G2} = 5V$

$R_1 = R_2 = 1\,k\Omega$

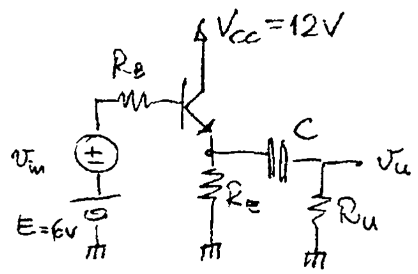
$V_{Tn} = -V_{Tp} = 1\,V$

$K_n = -K_p = 2\,mA/V^2$

ESERCIZIO N°3

6 punti

Determinare la risposta in frequenza e disegnare i relativi diagrammi asintotici di Bode del circuito seguente. Per il transistore si ha $h_{fe} = 100$ e $h_{ie} = 1$ kΩ.



$R_B = 10\,k\Omega$

$R_E = 1\,k\Omega$

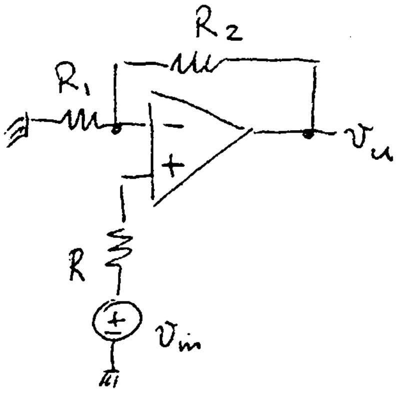
$R_U = 2\,k\Omega$

$C = 100\,mF$

ESERCIZIO N°4

7 punti

Determinare il valore di R che rende minimo il massimo sbilanciamento nel seguente circuito con amplificatore operazionale. Per l'AO è $I_B = 100$ nA, $|I_o| = 50$ nA, $|V_{io}| = 50$ μV.



$R_1 = 10 k\Omega$

$R_2 = 100 k\Omega$

ESERCIZIO N°5

6 punti

Di un amplificatore transconduttivo si conoscono i valori ($\neq 0$) di tutti i parametri g. Determinare in funzione di questi l'espressione del parametro h_r, relativo allo stesso amplificatore modellato come amplificatore di corrente.

(1) la condizione di MAX corrente di uscita deriva dal fatto che la potenza massima dissipabile dallo zener è limitata.

Con le solite approssimazioni

$$P_{d_{MAX}} = V_Z \cdot I_{ZMAX} = \left(V_{Z0} + r_Z I_{ZMAX}\right) I_{ZMAX}$$ da cui $I_{ZMAX} = 194.5\,mA$

la massima corrente nello zener si ha con

$E = 20V$
$I_U = \emptyset$

Posso trovare R

$$R = \frac{E_{MAX} - V_{Z0} - r_Z I_{ZMAX}}{I_{ZMAX}} = 49.96\,\Omega$$

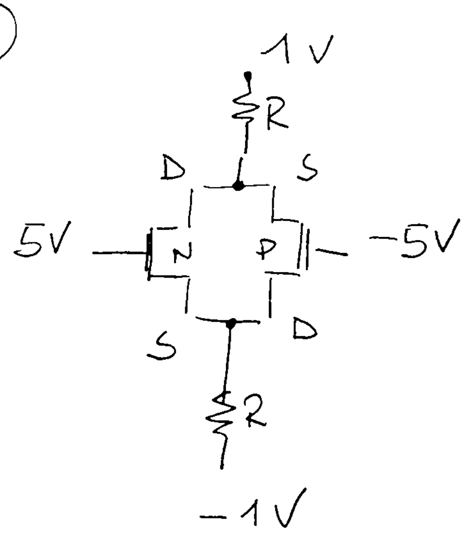
Se vogliamo trovare I_{UMAX} garantita in ogni caso dobbiamo porre

$E = E_{min} = 15V$

$I_Z = I_{Zmin} \simeq 4 \cdot I_{ZK} = 20mA$

$$I_{UMAX} = \frac{E_{min} - V_{Z0} - r_Z I_{Zmin}}{R} - I_{Zmin} = 84.9\,mA$$

(2)



I due MOSFET sono sempre in zona triodo perché

$$\begin{cases} V_{GD} > V_{Tn} & \text{per nMOS} \\ V_{GD} < V_{Tp} & \text{per pMOS} \end{cases}$$

in quanto le cadute sulle R hanno segno noto
(la corrente va da 1V a −1V
oppure 3V a −3V)

$$I_{tot} = I_{DSn} - I_{DSp} = \frac{K_n}{2} V_{DSn} \left(V_{GSn} + V_{GDn} - 2V_{Tn} \right) +$$

$$- \frac{k_p}{2} V_{DSp} \left(V_{GSp} + V_{GDp} - 2V_{Tp} \right) =$$

$$= \frac{K_n}{2} V_{DSn} \left(V_{GSn} + V_{GDn} - 2V_{Tn} - V_{GSp} - V_{GDp} + 2V_{Tp} \right) =$$

$$= \frac{K_n}{2} V_{DSn} \left(V_{Gn} - \cancel{V_{Sn}} + V_{Gn} - \cancel{V_{Dn}} + V_{Gn} + \cancel{V_{Dn}} + V_{Gn} + \cancel{V_{Sn}} - 4V_{Tn} \right) =$$

$$= 2 K_n V_{DSn} \left(V_{Gn} - V_{Tn} \right)$$

Si sa inoltre che $V_{DSn} + 2R\, I_{tot} = 2E$ da cui

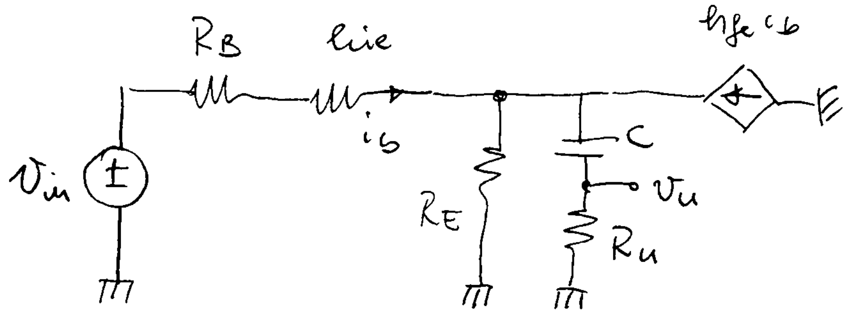
$$V_{DSn} = \frac{2E}{1 + 4 R k_n (V_{Gn} - V_{Tn})} = \begin{matrix} 61\, mV \\ (182\, mV \text{ con } \pm 3V) \end{matrix}$$

e $I_{tot} = \begin{matrix} 0.97\, mA \\ (2.9\, mA \text{ con } \pm 3V) \end{matrix}$

la resistenza differenziale è $\dfrac{\partial V_{DSn}}{\partial I_{tot}} = \dfrac{1}{2k_n (V_{Gn} - V_{Tn})} =$

$= 62.5\, \Omega$ (indip. da E!)

(3) Circuito per piccoli segnali



Amplificazione in continua: $\emptyset$ (C aperto)

Amplificazione per $f \mapsto \infty$:

$$A_{CB} = \frac{(h_{fe}+1)\, R_E // R_u}{R_B + h_{ie} + R_E // R_u\,(h_{fe}+1)} = 0.860 \quad \text{(inseguitore)}$$

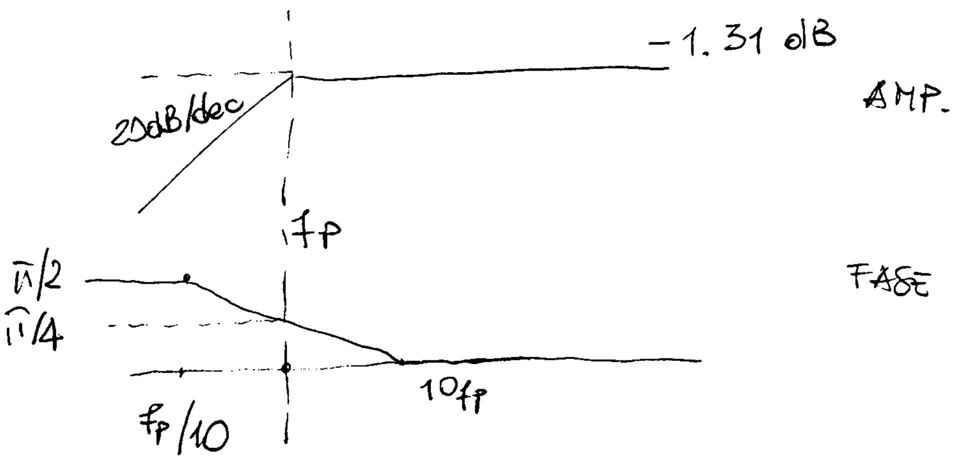
(−1.31 dB)

Resistenza vista da C

$$R_{VC} = R_u + R_E // \frac{R_B + h_{ie}}{h_{fe}+1} = 2.10\ \text{k}\Omega$$

Polo $\omega_p = \frac{1}{C R_{VC}} = 4.77\ \text{krad/s}$ $\quad f_p = \frac{\omega_p}{2\pi} = 759\ \text{Hz}$

$$A = A_{CB} \cdot \frac{s}{s+\omega_p}$$



④ lo sbilanciamento vale

$$V_S = -V_{io}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) - I_1 R\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) + I_2 R_2 =$$

$$= -V_{io}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) + I_B\left\{R_2 - R\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\right\} - \frac{I_0}{2}\left\{R_2 + R\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\right\}$$

L'unico termine con segno noto è $I_B = 100\,nA$.
Agli altri due termini viene dato un segno tale che il loro contributo si somma (IN MODULO) a quello di I_B.

L'espressione di V_S ha il modulo minimo (max) per

$$R_2 = R\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) \quad \text{da cui} \quad R = R_1 // R_2 = 9.09\,k\Omega$$

$$|V_S|_{MAX} = |V_{io}|\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) + \left|\frac{I_0}{2}\right|(R_2+R_2)$$

(NB: si ha sempre $I_B > |I_0|$)

(5) Transconduttivo

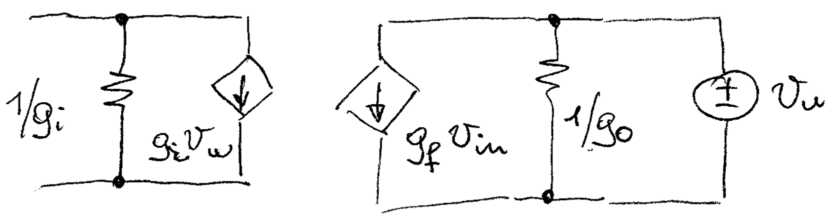
Ampli di corrente

$$\begin{cases} i_u = g_f v_{in} + g_o v_u \\ i_{in} = g_i v_{in} + g_r v_u \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_u = h_f i_{in} + h_o v_u \\ v_{in} = h_i i_{in} + h_r v_u \end{cases}$$

Si ha $h_r = \left.\frac{v_{in}}{v_u}\right|_{i_{in}=0} = -\frac{g_r}{g_i}$

Circuitalmente



$$\left.\frac{v_{in}}{v_u}\right|_{\text{ingresso aperto}} = -\frac{1}{g_i}\cdot g_r \cancel{v_u} \cdot \frac{1}{\cancel{v_u}} = -\frac{g_r}{g_i}$$