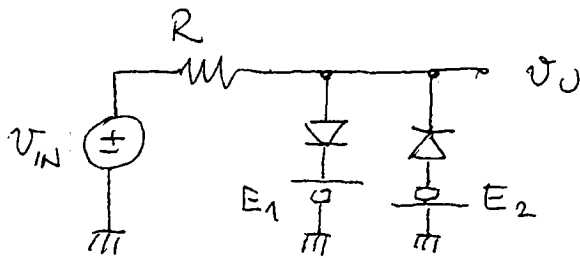


ESERCIZIO N°1

7 punti

Determinare la forma d'onda in uscita al circuito seguente. Determinare poi valore medio e valore efficace della tensione di uscita. La tensione di ingresso è costituita da un'onda triangolare simmetrica, a media nulla, di ampiezza 10 V e periodo 10 ms.

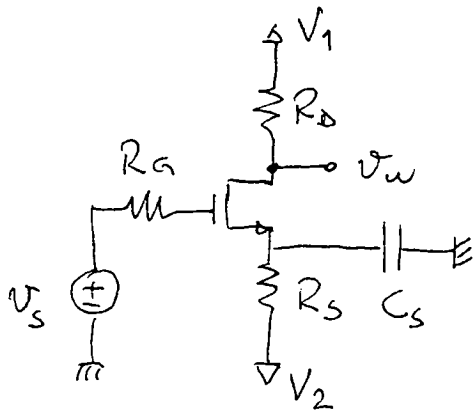


$E_1 = 4V$
 $E_2 = 6V$
 $R = 1k\Omega$
 Diodi ideali

ESERCIZIO N°2

6 punti

Determinare il punto di riposo del circuito seguente.



$V_1 = 12V$
 $V_2 = -12V$
 $R_G = 1M\Omega$
 $R_S = 1k\Omega$
 $R_D = 1k\Omega$
 $C_S = 1\mu F$
 $V_{Tn} = 1V$
 $K_n = 0.16 mA/V^2$

ESERCIZIO N°3

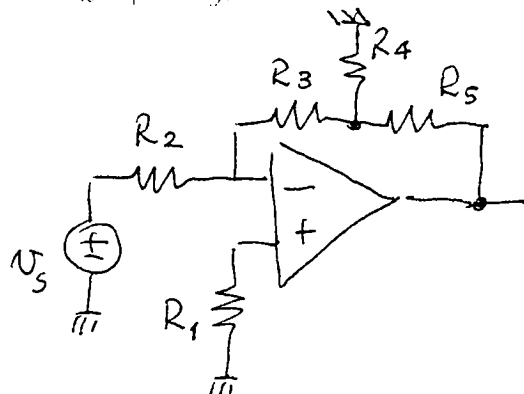
7 punti

Determinare la risposta in frequenza del circuito dell'esercizio 2 e tracciamene i diagrammi asintotici di Bode.

ESERCIZIO N°4

6 punti

Determinare il massimo sbilanciamento del seguente circuito (per l'operazionale si ha $I_b = 200 \text{ nA}$; $|I_o| < 100 \text{ nA}$; $V_{io} < |1 \text{ mV}|$).



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

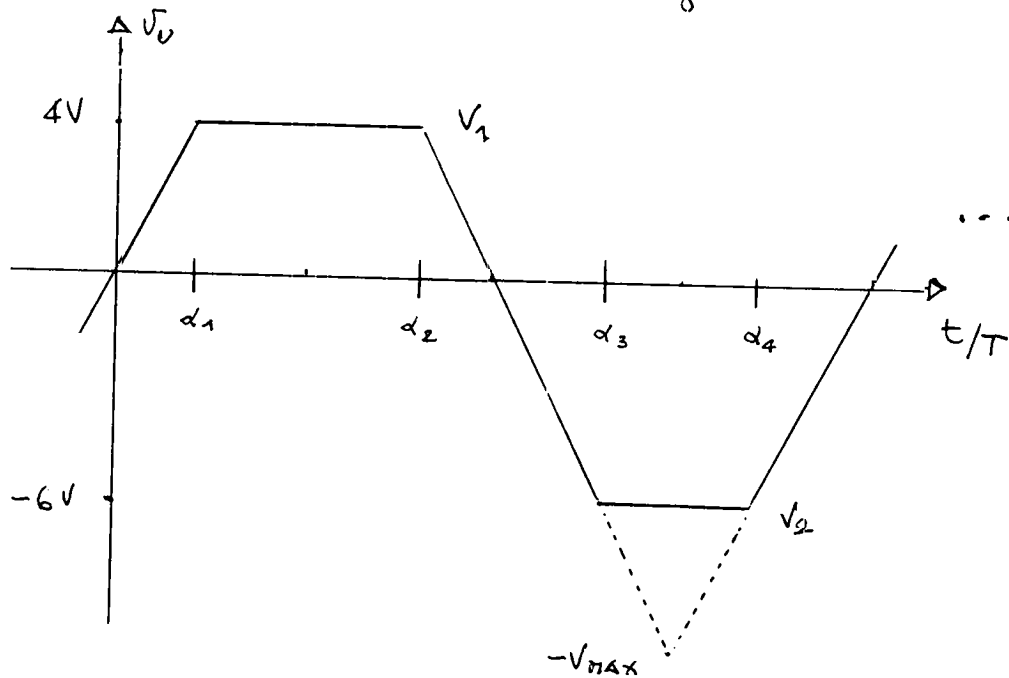
$$R_3 = R_4 = R_5 = 100 \text{ k}\Omega$$

ESERCIZIO N°5

7 punti

Progettare un sistema passa-alto del primo ordine con amplificazione in banda di 10 e frequenza di taglio pari a $f_0 = 100 \text{ Hz}$.

① Si tratta di un circuito tagliatore ($-6V; +4V$)



Dalle similitudine dei triangoli

$$\Delta_1 = \alpha_2 - \alpha_1 = 0.3$$

$$\Delta_2 = \alpha_3 - \alpha_2 = 0.25$$

$$\Delta_3 = \alpha_4 - \alpha_3 = 0.2$$

Valore medio

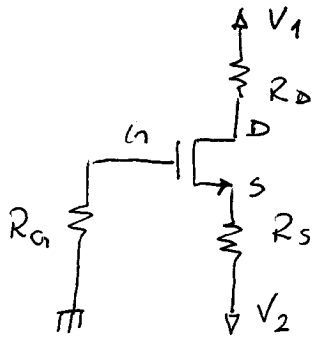
$$V_m = V_1 \Delta_1 + V_2 \Delta_3 + (V_1 + V_2) \Delta_2 = -0.5 V$$

Valore efficace

$$V_{eff}^2 = V_1^2 \Delta_1 + V_2^2 \Delta_3 + \frac{2}{3} \Delta_2 (V_1^2 + V_2^2 + V_1 V_2)$$

$$V_{eff} = 3.786 V$$

② Circuito statico



$$V_G = 0$$

$$V_D = V_1 - R_D I_{DS}$$

$$V_S = V_2 + R_S I_{DS}$$

(per i particolari valori di $V_2 = -V_1$ e $R_D = R_S$ e $V_S = -V_D$, quindi $V_{GD} = -V_{GS}$; il transistor è due volte saturato)

$$I_{DS} = \frac{k_m}{2} (V_{GS} - V_{Tn})^2$$

$$V_S - V_2 = \frac{k_m R_S}{2} (V_S + V_{Tn})^2 \quad ; \quad \frac{2}{k_m R_S} = V_m = 12.5 \text{ V}$$

$$V_S^2 + (2V_{Tn} - V_m) V_S + V_{Tn}^2 + V_2 V_m = 0$$

$$V_S = \frac{V_m - 2V_{Tn}}{2} - \sqrt{\frac{(V_m - 2V_{Tn})^2}{4} - (V_{Tn}^2 + V_2 V_m)} = -8.038 \text{ V}$$

$$I_{DS} = 3.962 \text{ mA}$$

(la soluzione positiva non è accettabile)

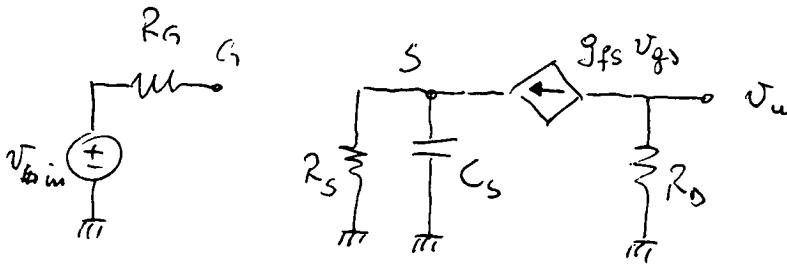
$$V_{DS} = V_1 - V_2 - (R_S + R_D) I_{DS} = 16.08 \text{ V}$$

in saturazione si ha

$$g_{fs} = \left. \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{GS}} \right|_Q = k_m (V_{GS} - V_{Tn}) = 1.126 \text{ mA/V}$$

③ circuito per piccoli segnali

$$g_{fs} = 1.126 \text{ mA/V}$$



$$z_s = \frac{R_s}{R_s C_s s + 1}$$

$$v_{gs} = v_{in} - z_s g_{fs} v_{gs}$$

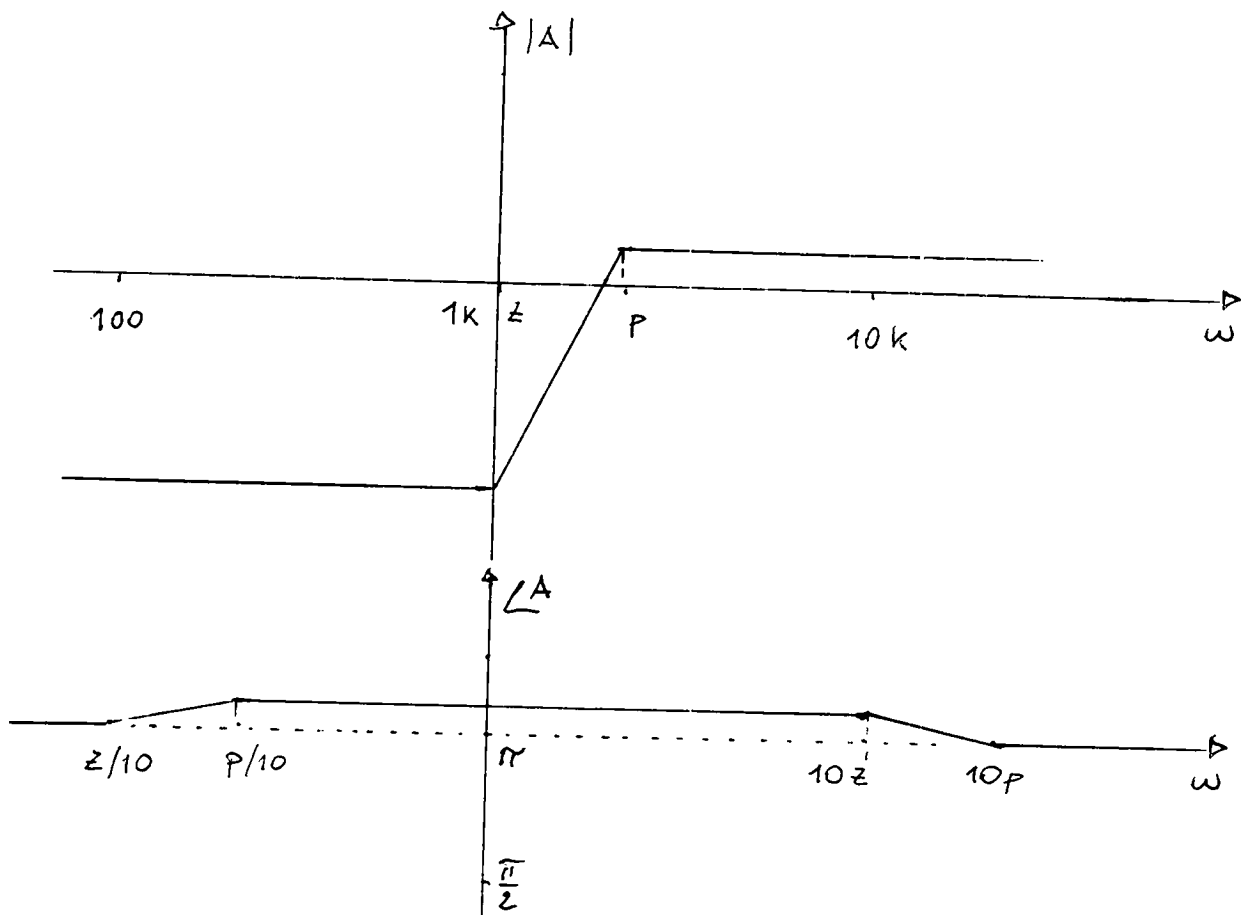
$$\frac{v_u}{v_{in}} = -g_{fs} R_D \frac{1}{1 + z_s g_{fs}} = -g_{fs} R_D \cdot \frac{s R_s C_s + 1}{s R_s C_s + 1 + R_s g_{fs}}$$

$$A_o = -\frac{g_{fs} R_D}{1 + R_s g_{fs}} = -0.530 \quad (-5.5 \text{ dB})$$

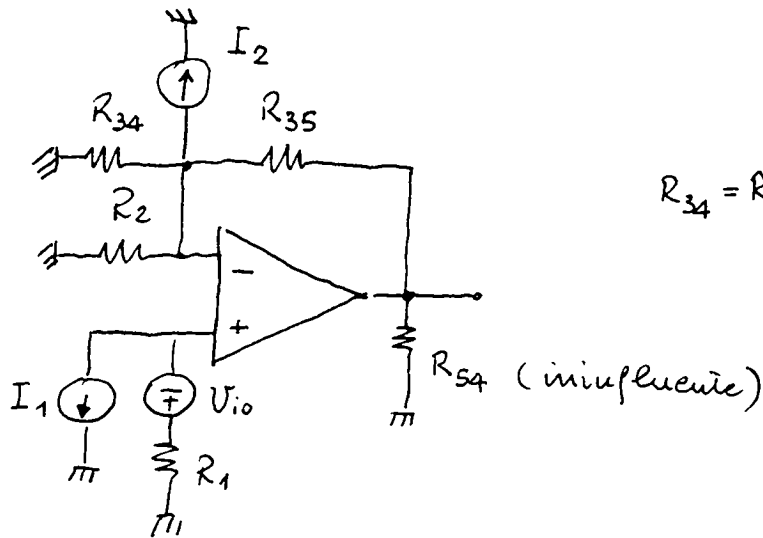
$$A_{\infty} = -g_{fs} R_D = -1.126 \quad (1.03 \text{ dB})$$

$$z = \frac{1}{R_s C_s} = 1 \text{ krad/s}$$

$$p = \frac{1 + R_s g_{fs}}{R_s C_s} = 2.126 \text{ krad/s}$$



④ Applico la trasformazione λ, Δ
 Circuito per lo sbilanciamento



$$R_{34} = R_{35} = R_{54} = 300 \text{ k}\Omega$$

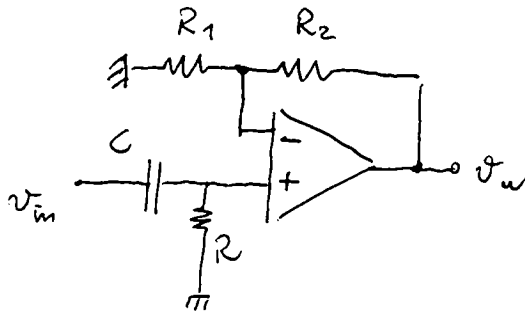
$$A_{mi} = 1 + \frac{R_{35}}{R_2 \parallel R_{34}} = 1 + \frac{R_2 + R_{34}}{R_2} = 302$$

$$\begin{aligned} V_{uo} &= -(V_{io} + R_1 I_1) A_{mi} + I_2 R_{35} = \\ &= I_B (R_{35} - A_{mi} R_1) - \frac{I_o}{2} (R_{35} + A_{mi} R_1) - A_{mi} V_{io} \end{aligned}$$

Il contributo delle I_B è negativo; quindi occorre prendere i contributi di V_{io} e I_o concordi

$$V_{uoMAX} = -544 \text{ mV} - 166 \text{ mV} - 302 \text{ mV} = 912 \text{ mV}$$

⑤ Progetto di filtro PASSA ALTO del 1° ordine



$$v_u = \frac{RCS}{2CS+1} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Per avere amplificazione 10 deve essere $\frac{R_2}{R_1} = 9$
Si può scegliere $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 90 \text{ k}\Omega$

Per avere il limite inferiore a 100 Hz deve essere

$$RC = \frac{1}{2\pi \cdot 100} = 1.592 \text{ ms}$$

Si può scegliere $C = 1 \mu\text{F}$; $R = 1.592 \text{ k}\Omega$