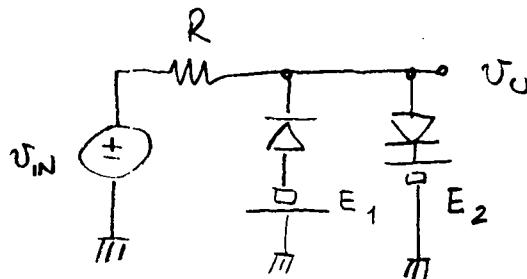


**ESERCIZIO N°1**

6 punti

Determinare il valore medio e il valore efficace della tensione di uscita a regime del seguente tagliatore nel caso in cui la tensione di ingresso sia un'onda rettangolare di periodo 10 kHz, con valore superiore 5 V e inferiore -5 V, ciclo di lavoro 40%. I diodi sono ideali.



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

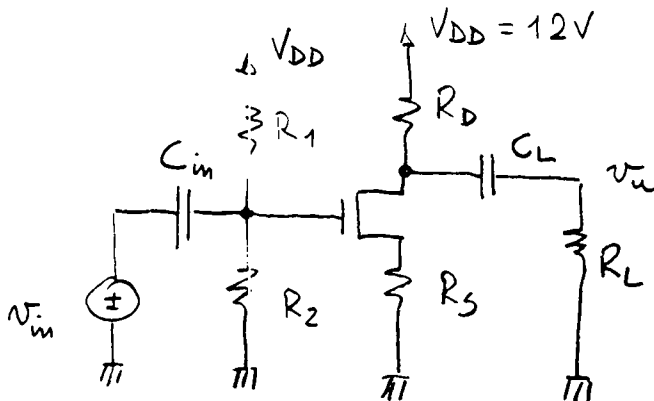
$$E_1 = 2\text{ V}$$

$$E_2 = 3\text{ V}$$

**ESERCIZIO N°2**

7 punti

Determinare il valore di  $R_1$  e  $R_2$  del seguente circuito in modo tale che in corrispondenza del punto di riposo 1) il MOSFET sia in zona triodo e il relativo parametro  $g_{os}$  del circuito equivalente per piccoli segnali valga 2 mS. 2) il MOSFET sia in saturazione con  $V_{DS} = 4\text{ V}$ . Per il transistorore si ha  $k_n = 2\text{ mA/V}^2$  e  $V_{Tn} = 1\text{ V}$ .



$$R_1 + R_2 = 1\text{ M}\Omega$$

$$R_D = R_S = R_L = 1\text{ k}\Omega$$

$$C_{in} = C_L = 1\text{ }\mu\text{F}$$

### ESERCIZIO N°3

7 punti

Dopo aver calcolato  $g_{fs}$  e disegnato il circuito per piccoli segnali, determinare la risposta in frequenza del circuito dell'esercizio precedente nel caso 2) e tracciarne i diagrammi asintotici di Bode.

### ESERCIZIO N°4

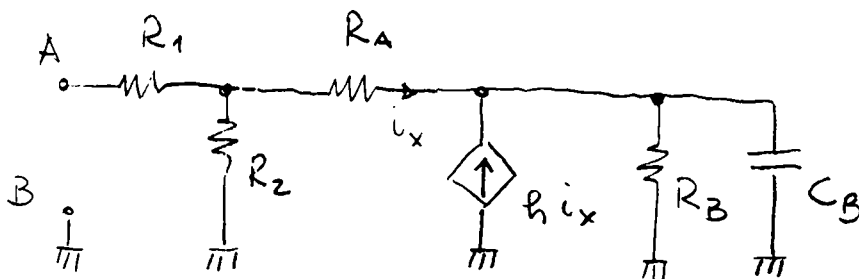
7 punti

Si abbia un amplificatore transconduttivo unidirezionale con  $g_i = 1 \text{ mS}$ ,  $g_o = 1 \text{ mS}$  e  $g_f = 100 \text{ S}$ . Reazionare questo amplificatore con un blocco ideale del tipo più adatto, in modo da ottenere un amplificatore di tensione con amplificazione di tensione a vuoto ( $f_f$ ) pari a 10. Determinare quindi la resistenza di ingresso ( $1/f_i$ ) dell'amplificatore ottenuto. *in modulo*

### ESERCIZIO N°5

6 punti

Determinare l'impedenza vista tra i punti A e B nel seguente circuito.



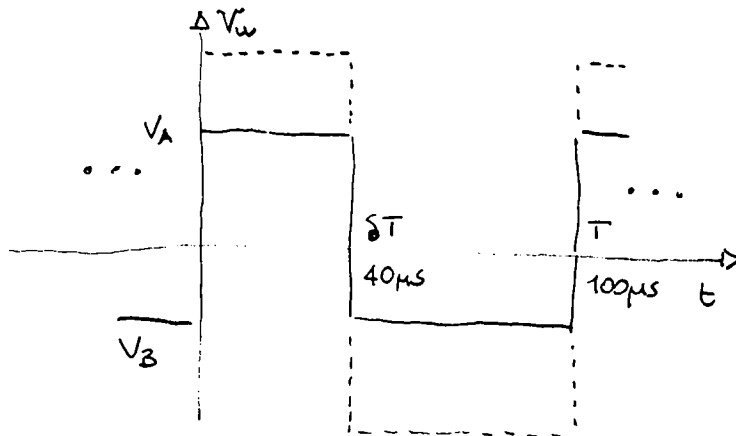
$$R_1 = R_A = R_B = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1 \mu\text{F}$$

$$h = 100$$

- ① Si tratta di un regolatore asimmetrico (+3V; -2V)  
 la forma d'onda in uscita è la seguente



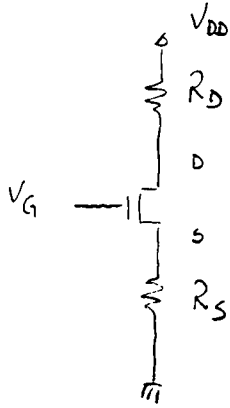
Valore medio ed efficace

$$V_{\text{medio}} = \frac{1}{T} \{ V_A \cdot \delta T + V_B (1 - \delta) T \} = 0$$

$$V_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} \{ V_A^2 \delta T + V_B^2 (1 - \delta) T \} = 3 \times 0,4 + 4 \times 0,6 = 6 \text{ V}^2$$

$$V_{\text{eff}} = 2,449 \text{ V}$$

2



Equazioni circuitali

$$V_G = V_{DD} \frac{R_2}{R_1 + R_2} ; \quad R_2 = (R_1 + R_2) \frac{V_G}{V_{DD}}$$

$$V_S = R_S I_{DS} ; \quad V_D = V_{DD} - R_D I_{DS} ;$$

$$V_{DS} = V_{DD} - (R_S + R_D) I_{DS}$$

In soluzione, se  $V_{DS} = 4V$ , si ha

$$I_{DS} = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{R_S + R_D} = 4 \text{ mA}$$

da cui, ponendo  $V_G = x$ ,

$$V_S = 4V ; \quad V_D = 8V ; \quad V_{GS} = x - 4 ; \quad V_{GD} = x - 8$$

$$I_{DS} = (x - 5)^2 = 4$$

$$x - 5 = \pm 2 ; \quad x = 7$$

(la soluzione minore 3V non è compatibile con la soluzione)

$$\text{da cui } R_2 = 58,3 \text{ k}\Omega ; \quad R_1 = 41,7 \text{ k}\Omega$$

In zona triodo

$$g_{os} = \left. \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{DS}} \right|_{V_{GSa}} = \frac{\partial}{\partial V_{DS}} \frac{k_m}{2} V_{DS} (V_{GS} + V_{GS} - V_{DS} - 2V_{TM}) =$$
$$= \frac{k_m}{2} (2V_{GS} - V_{DS} - 2V_{TM} - V_{DS}) = k_m (V_{GD} - V_{TM}) = 2 \text{ mS}$$

da cui si ha  $V_{GD} = 2 \text{ V}$ . Sostituendo nell'espressione della corrente si ha, ponendo  $V_G = x$ :

$$V_D = V_G - V_{GD} ; V_D = x - 2$$

$$I_{DS} = \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = 14 - x \quad (\text{mA}) ; V_S = R_S I_{DS} = 14 - x$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 2x - 16 ; V_{GS} = 2x - 14$$

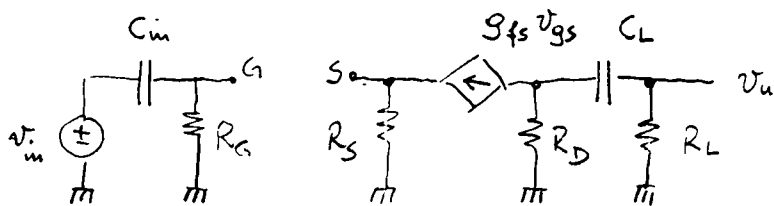
$$14 - x = (2x - 16)(2x - 14) = 4x^2 - 60x + 224$$

$$4x^2 - 59x + 210 = 0$$

$$x = \frac{29 \pm \sqrt{121}}{8} = 5 \quad (\text{la soluzione minore } 2,25 \text{ V non \u00e9 compatibile con la zona triodo})$$

$$\text{da cui } R_2 = 41,7 \text{ k}\Omega ; R_1 = 58,3 \text{ k}\Omega$$

③ Circuito per piccoli segnali



$$R_G = R_1 \parallel R_2 = 24,3 \text{ k}\Omega$$

$$g_{fs} = \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{GS}} = k_m (V_{GS} - V_T) = 4 \text{ mS} \quad (\text{dalle es. 2})$$

Amplificazione a centro banda

$$v_u = -R_D \parallel R_L g_{fs} v_{gs} \quad v_{gs} = v_{in} - g_{fs} v_{gs} R_S = \frac{v_{in}}{1 + g_{fs} R_S}$$

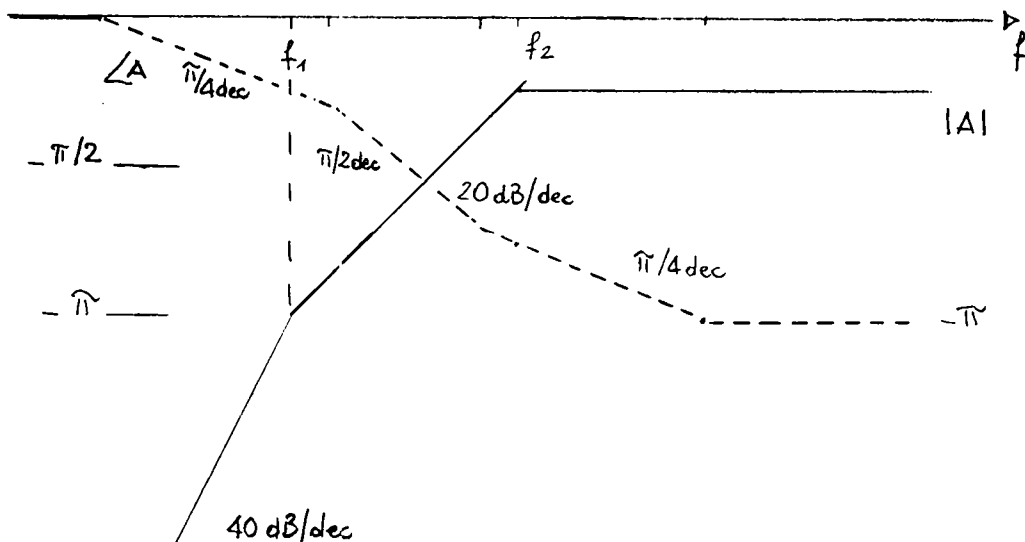
$$A_{CB} = -R_D \parallel R_L \frac{g_{fs}}{1 + g_{fs} R_S} = -0,4 \quad (\sim -8 \text{ dB})$$

La risposta in frequenza ha due zeri nell'origine e due poli alle pulsazioni

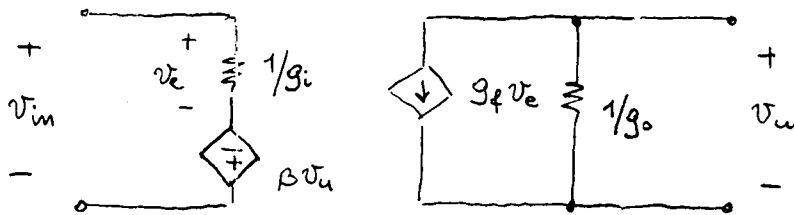
$$P_1 = \frac{1}{C_{in} R_G} = 41,1 \text{ rad/s} \quad (6,5 \text{ Hz})$$

$$P_2 = \frac{1}{C_L (R_D + R_L)} = 500 \text{ rad/s} \quad (79 \text{ Hz})$$

Diagrammi di Bode



- ④ Per ottenere un amplificatore di tensione dov'è usare una reazione di tensione serie negativa, con un  $\beta$  amplificatore ideale di tensione:



Nell'amplificatore risultante (invertente, da cui il segno di  $\beta v_u$ )

$$f_f = \frac{v_u}{v_{in}} = -10$$

$$v_u = -\frac{g_f}{g_o} (v_{in} + \beta v_u)$$

$$\frac{v_u}{v_{in}} = -\frac{g_f}{g_o} \cdot \frac{1}{1 + \frac{g_f \beta}{g_o}} = -10$$

essendo  $\frac{g_f}{g_o} = 10^5$  si ha  $\beta = \frac{10^4 - 1}{10^5} \approx 0,1$

Con questo valore di  $\beta$

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{v_{in}}{g_i (v_{in} + \beta v_u)} = \frac{1}{g_i (1 - f_f \beta)} = 10 \text{ M}\Omega$$

⑤ L'impedenza è

$$Z_{AB} = R_1 + R_2 \parallel [R_A + (1+h)R_B \parallel 1/CBS]$$

Sviluppando l'espressione

$$Z_{AB} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_A + (1+h) \frac{R_B}{R_B C_B S + 1}}}$$

Dal circuito si vede che

$$Z_{AB0} = R_1 + R_2 \parallel R_A = 1,91 \text{ k}\Omega$$

$$Z_{AB0} = R_1 + R_2 \parallel [R_A + (1+h)R_B] = 10,17 \text{ k}\Omega$$