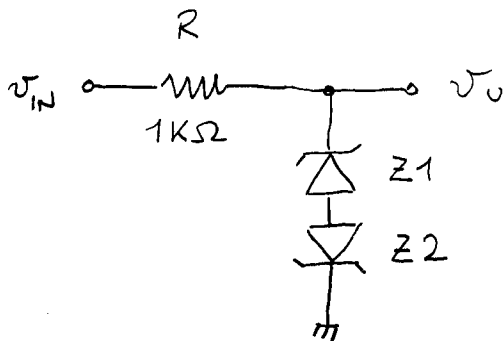


**ESERCIZIO N°1**

6 (4) punti

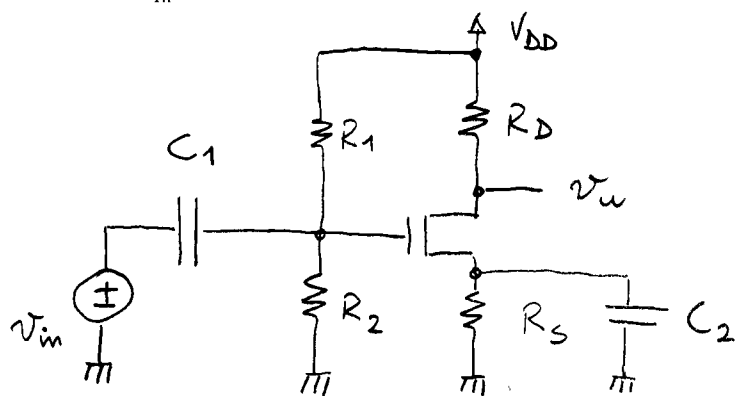
Determinare il valore medio della tensione di uscita e il valore della potenza media dissipata da ciascun diodo a regime nel seguente tagliatore, nel caso in cui la tensione di ingresso sia un'onda triangolare simmetrica di frequenza 10 kHz, con valore superiore 5 V e inferiore -5 V. I diodi zener sono caratterizzati da  $V_{Z1} = 2,3 \text{ V}$ ,  $V_{Z2} = 3,3 \text{ V}$  e per entrambi tensione di conduzione diretta è  $V_F = 0,7 \text{ V}$ .



**ESERCIZIO N°2**

7 (4) 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  $g_{fs}$  del circuito equivalente per piccoli segnali valga 2 mS. 2) il MOSFET sia in saturazione con  $V_{DS} = 6 \text{ V}$ . Per il transistorore si ha  $k_n = 4 \text{ mA/V}^2$  e  $V_{Tn} = 1 \text{ V}$ .



$V_{DD} = 12 \text{ V}$   
 $R_1 + R_2 = 120 \text{ k}\Omega$   
 $R_D = 1,8 \text{ k}\Omega$   
 $R_S = 92 \text{ k}\Omega$   
 $C_1 = 1 \mu\text{F}$   
 $C_2 = 100 \mu\text{F}$

**ESERCIZIO N°3**

7 (5) punti

$R_1 \parallel R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  e

Dopo aver disegnato il circuito per piccoli segnali, assumendo il transistorore in saturazione con  $g_{fs} = 5 \text{ mS}$ , determinare la risposta in frequenza del circuito dell'esercizio precedente e tracciarne i diagrammi asintotici di Bode.

### ESERCIZIO N°4

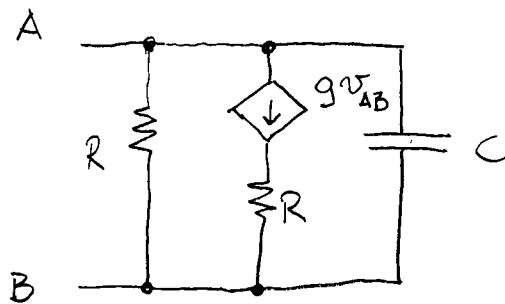
7 (3) punti

Si abbia un amplificatore transresistivo unidirezionale con  $r_i = 1 \text{ m}\Omega$ ,  $r_o = 1 \Omega$  e  $r_f = 100 \text{ k}\Omega$ . 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 ( $f_i$ ) pari a 10. Determinare quindi la resistenza di ingresso ( $1/f_i$ ) dell'amplificatore ottenuto.

### ESERCIZIO N°5

6 (3) punti

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



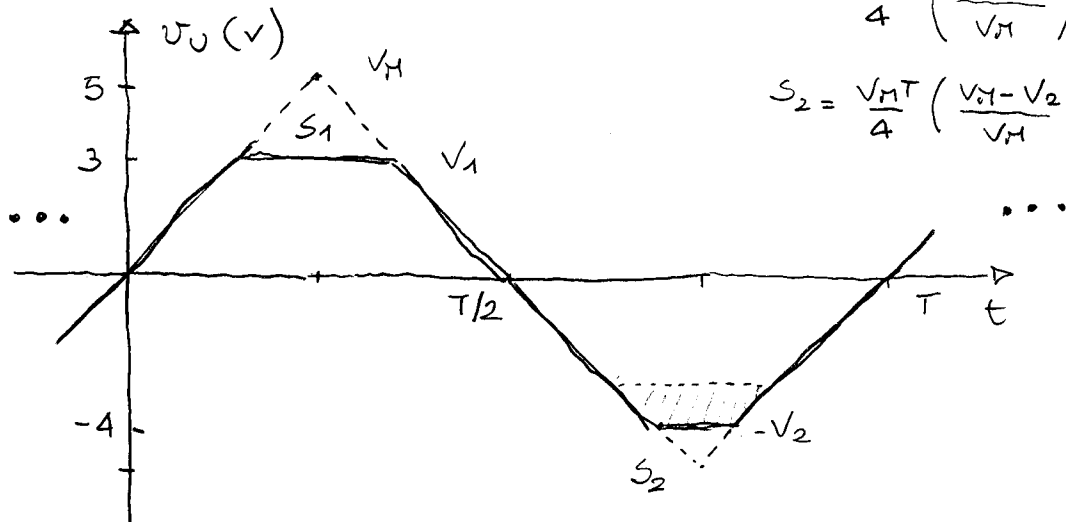
$$R = 1 \text{ k}\Omega$$
$$C = 1 \mu\text{F}$$
$$g = 1 \text{ mS}$$

① Il circuito è un tagliatore asimmetrico tra

$$V_{Z1} + V_F = 3V = V_1$$

$$-(V_{Z2} + V_F) = -4V = -V_2$$

Quindi l'uscita è



$$S_1 = \frac{V_H T}{4} \left( \frac{V_H - V_1}{V_H} \right)^2$$

$$S_2 = \frac{V_H T}{4} \left( \frac{V_H - V_2}{V_H} \right)^2$$

Il valore medio è:

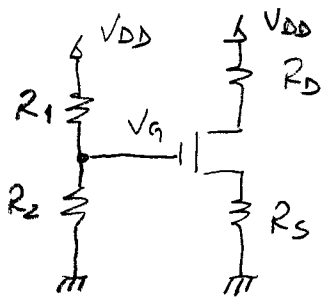
$$V_m = -\frac{1}{T} \frac{V_H T}{4} \left[ \left( \frac{V_H - V_1}{V_H} \right)^2 - \left( \frac{V_H - V_2}{V_H} \right)^2 \right] = -0,15V$$

La potenza media sono:

$$P_{Z1} = \frac{1}{T} \cdot \frac{V_H T}{4} \cdot \frac{1}{R} \left[ V_{Z1} \cdot \left( \frac{V_H - V_1}{V_H} \right)^2 + V_F \left( \frac{V_H - V_2}{V_H} \right)^2 \right] = 0,495 \text{ mW}$$

$$P_{Z2} = \frac{1}{T} \frac{V_H T}{4} \frac{1}{R} \left[ V_F \cdot \left( \frac{V_H - V_1}{V_H} \right)^2 + V_{Z2} \left( \frac{V_H - V_2}{V_H} \right)^2 \right] = 0,305 \text{ mW}$$

## ② Circuiti statici



$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} \quad \text{da cui}$$

$$\begin{cases} R_2 = \frac{V_G}{V_{DD}} \cdot (R_1 + R_2) \\ R_1 = (R_1 + R_2) - R_2 \end{cases}$$

Posso usare  $V_G$  come incognita nei due casi.

### 1) MOS triodo

$$g_{fs} = \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{GS}} = \frac{\partial}{\partial V_{GS}} \left\{ \frac{\kappa_m}{2} V_{DS} (V_{GS} + V_{GS} - V_{DS} - 2V_{TM}) \right\} = \kappa_m V_{DS}$$

quindi deve essere  $V_{DS} = 0,5V$  da cui  $I_{DS} = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{R_D + R_S} = 5,75 \text{ mA}$

Dall'equazione della corrente si ricava  $V_{GS}$

$$V_{GS} = \frac{I_{DS}}{\kappa_m V_{DS}} + \frac{V_{DS}}{2} + V_{TM} = 4,125V$$

$$V_S = R_S I_{DS} = 1,15V \quad \text{e quindi} \quad V_G = 5,275V$$

$$R_2 = 52,75 \text{ k}\Omega ; \quad R_1 = 67,25 \text{ k}\Omega$$

$$V_D = V_S + V_{DS} = 1,65V ; \quad V_{GD} > V_{TM} \quad \text{ok, soluzione accettabile}$$

### 2) MOS saturo con $V_{DS} = 6V$

$$I_{DS} = \frac{\kappa_m}{2} (V_{GS} - V_{TM})^2 = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{R_D + R_S} = 3 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{I_{DS}}{\kappa_m/2}} + V_{TM} = 2,225V$$

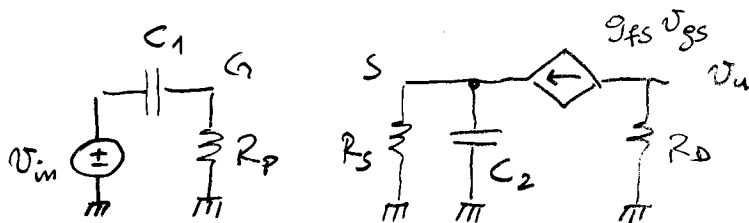
$$V_S = R_S I_{DS} = 0,6V \quad \text{e quindi} \quad V_G = 2,825V$$

$$R_2 = 28,25 \text{ k}\Omega ; \quad R_1 = 91,75 \text{ k}\Omega$$

$$V_D = V_S + V_{DS} = 6,6V ; \quad V_{GD} < V_{TM} \quad \text{ok, soluzione accettabile}$$

3

Circuito per piccoli segnali



Si tratta di un source comune con un condensatore di accoppiamento ( $C_1$ ) e uno che cortocircuite  $R_s$  a centro banda.

$$V_u = -R_D g_{fs} V_{gs}$$

$$V_{gs} = V_g - \frac{R_s g_{fs}}{R_s C_2 s + 1} V_{gs} \Rightarrow V_{gs} = V_g \cdot \frac{R_s C_2 s + 1}{R_s C_2 s + 1 + R_s g_{fs}}$$

$$V_g = V_{in} \frac{R_p C_1 s}{R_p C_1 s + 1}$$

Quindi

$$A = - \frac{R_p C_1 s}{R_p C_1 s + 1} \cdot \frac{R_s C_2 s + 1}{R_s C_2 s + 1 + R_s g_{fs}} \cdot R_D g_{fs}$$

Dall'espressione si vedono i due poli e due zeri, di cui uno nell'origine

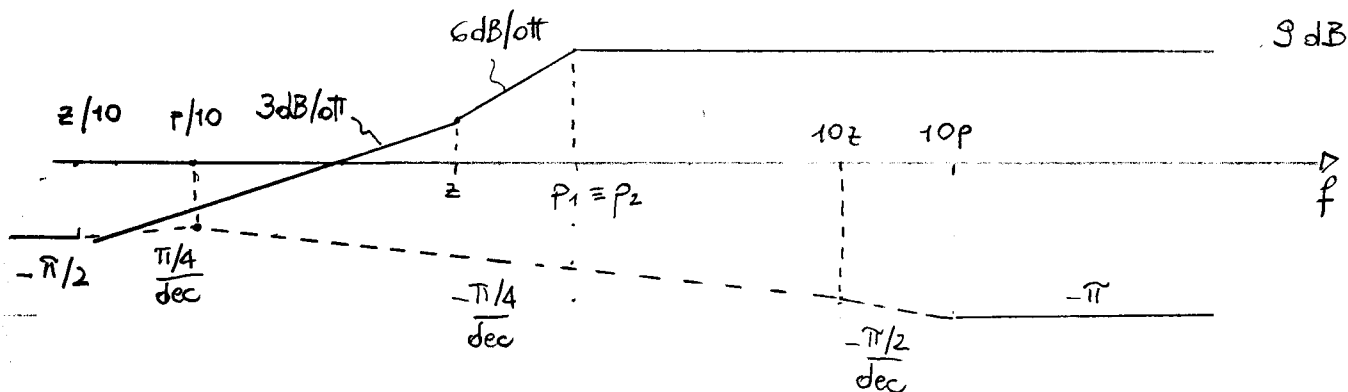
$$A = - A_{cb} \frac{s(s+z)}{(s+p_1)(s+p_2)}$$

$$A_{cb} = R_D g_{fs} = 9 \text{ (19 dB)}$$

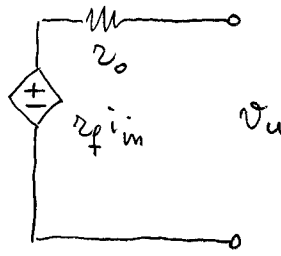
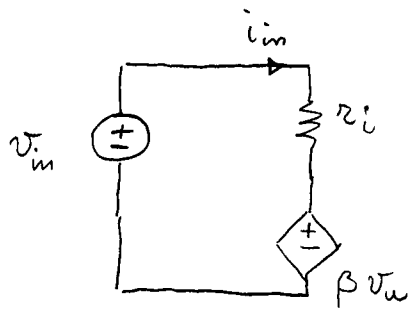
$$z = \frac{1}{R_s C_2} = 50 \text{ rad/s (7,96 Hz)}$$

$$p_1 = \frac{1}{R_p C_1} = 100 \text{ rad/s (15,9 Hz)}$$

$$p_2 = \frac{1 + R_s g_{fs}}{R_s C_2} = 100 \text{ rad/s}$$



④ Occorre una reazione negativa di TENSIONE-SERIE



$$\begin{cases} v_u = f_f v_{in} + f_o i_u \\ i_{in} = f_i v_{in} + f_c i_u \end{cases}$$

$$v_u = r_f \frac{v_{in} - \beta v_u}{r_i} ; \quad v_u \left( 1 + \beta \frac{r_f}{r_i} \right) = \frac{r_f}{r_i} v_{in}$$

$$f_f = \frac{1}{\frac{r_i}{r_f} + \beta} = 10 \quad \text{da cui} \quad \beta = 0,1 - \frac{r_i}{r_f} \approx 0,1$$

Si ha quindi

$$\frac{1}{f_i} = \frac{v_{in}}{v_{in} - \beta f_f v_{in}} \cdot r_i = \frac{1}{f_f \frac{r_i}{r_f}} \cdot r_i = 10 \text{ k}\Omega$$

⑤ Si ha

$$Z_{AB} = \frac{v_{AB}}{i_{AB}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + g + Cs} = R_o \cdot \frac{p}{s+p}$$

$$R_o = 500 \Omega$$

$$p = \frac{1}{R_o C} = 2 \text{ krad/s}$$