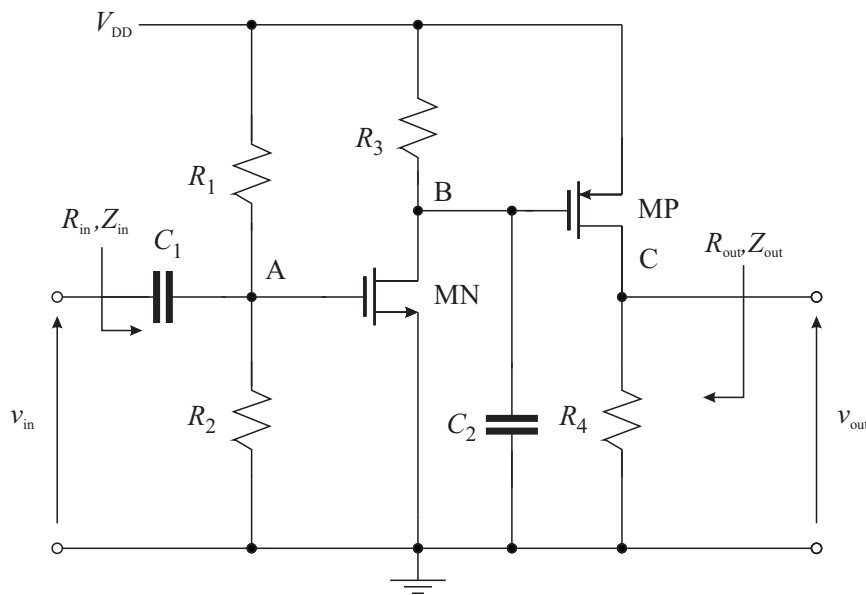


## Esercizi sugli stadi amplificatori

### Esercizio 1.



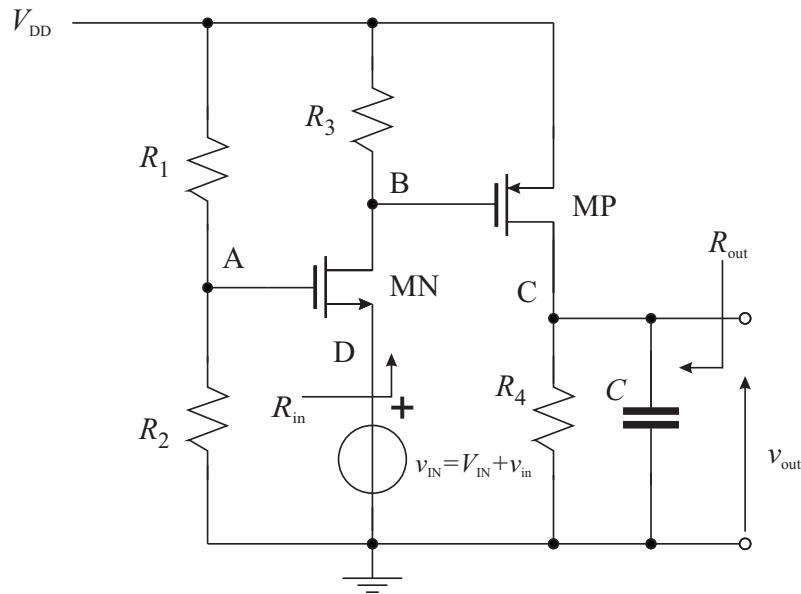
$$\begin{aligned}
 R_1 &= 400\text{k}\Omega & \text{per MN:} \\
 R_2 &= 100\text{k}\Omega & \beta = 2\text{mA/V}^2 \\
 R_3 &= 100\text{k}\Omega & V_{TH} = 0.5\text{V} \\
 R_4 &= 20\text{k}\Omega & \lambda = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_A &= 0.6\text{V} & \text{per MP:} \\
 V_B &= 2\text{V} & \beta = 1.25\text{mA/V}^2 \\
 V_C &= 1\text{V} & V_{TH} = 0.6\text{V} \\
 V_{DD} &= 3\text{V} & \lambda = 0
 \end{aligned}$$

Con riferimento al circuito in figura, in cui sono date le tensioni continue  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  nel punto di lavoro:

- verificare la regione di funzionamento di MN e di MP e determinarne i parametri del modello per il piccolo segnale;
- valutare l'amplificazione di tensione  $A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$ , la resistenza d'ingresso  $R_{in}$  e la resistenza d'uscita  $R_{out}$  in condizioni di piccolo segnale e per segnali in banda (in banda, il condensatore  $C_1$  può considerarsi un corto circuito ed il condensatore  $C_2$  può considerarsi un circuito aperto);
- ricavare l'espressione della funzione di trasferimento  $A_v(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$  ed i valori numerici delle frequenze di taglio di zeri e poli per  $C_1 = 1\mu\text{F}$  e  $C_2 = 100\text{pF}$ , e tracciarne i diagrammi di Bode di modulo e fase.
- sotto le stesse ipotesi del punto 3., determinare l'impedenza d'ingresso  $Z_{in}(s)$  e l'impedenza d'uscita  $Z_{out}(s)$  e tracciarne i diagrammi di Bode di modulo e fase.

## Esercizio 2.



$R_1=100\text{k}\Omega$   
 $R_2=100\text{k}\Omega$   
 $R_3=100\text{k}\Omega$   
 $R_4=5\text{k}\Omega$

*per MN:*  
 $\beta=2\text{mA/V}^2$   
 $V_{TH}=0.5\text{V}$   
 $\lambda=0$

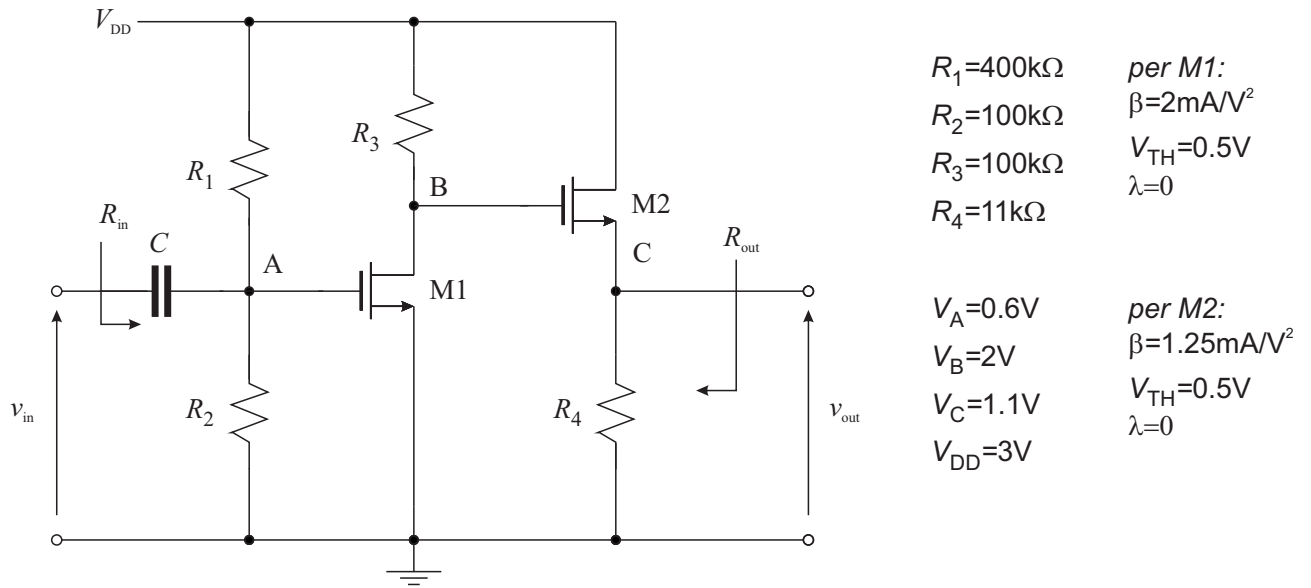
$V_A=1.5\text{V}$   
 $V_B=2\text{V}$   
 $V_C=1\text{V}$   
 $V_D=V_{IN}=0.9\text{V}$   
 $V_{DD}=3\text{V}$

*per MP:*  
 $\beta=2.5\text{mA/V}^2$   
 $V_{TH}=0.6\text{V}$   
 $\lambda=0$

Con riferimento al circuito in figura, in cui sono date le tensioni continue  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  e  $V_D$  nel punto di lavoro:

1. verificare la regione di funzionamento di MN e di MP e determinarne i parametri del modello per il piccolo segnale;
2. valutare l'amplificazione di tensione  $A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$ , la resistenza d'ingresso  $R_{in}$  e la resistenza d'uscita  $R_{out}$  in condizioni di piccolo segnale e per segnali in banda (in banda, il condensatore  $C$  può considerarsi come un circuito aperto);
3. ricavare l'espressione della funzione di trasferimento  $A_v(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$  ed i valori numerici delle frequenze di taglio di zeri e poli per  $C = 100\text{pF}$  e tracciarne i diagrammi di Bode di modulo e fase.

### Esercizio 3.



Con riferimento al circuito in figura, in cui sono date le tensioni continue  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  nel punto di lavoro:

1. verificare la regione di funzionamento di M1 e di M2 e determinarne i parametri del modello per il piccolo segnale;
2. valutare l'amplificazione di tensione  $A_v = \frac{v_{\text{out}}}{v_{\text{in}}}$ , la resistenza d'ingresso  $R_{\text{in}}$  e la resistenza d'uscita  $R_{\text{out}}$  in condizioni di piccolo segnale e per segnali in banda (in banda, il condensatore  $C$  può considerarsi come un corto circuito);
3. ricavare l'espressione della funzione di trasferimento  $A_v(s) = \frac{V_{\text{out}}(s)}{V_{\text{in}}(s)}$  ed i valori numerici delle frequenze di taglio di zeri e poli per  $C = 1\mu\text{F}$  e tracciarne i diagrammi di Bode di modulo e fase.

### soluzione esercizio 1.

1. per MN:  $V_{GS} = 0.6V$ ,  $V_{DS} = 2V$ ,  $I_D = 10\mu A$  (essendo  $V_{GS} > V_{TH}$  e  $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$  il transistor opera in saturazione),  $g_{m,n} = 200\mu S$ ;  $g_{o,n} = 0$ , per MP:  $V_{SG} = 1V$ ,  $V_{SD} = 2V$ ,  $I_D = 100\mu A$  (essendo  $V_{SG} > V_{TH}$  e  $V_{SD} > V_{SG} - V_{TH}$  il transistor opera in saturazione),  $g_{m,p} = 500\mu S$ ;  $g_{o,p} = 0$ .
2.  $A_v = 200$ ,  $R_{in} = 80k\Omega$ ,  $R_{out} = 20k\Omega$ .
3.  $A_v(s) = k \frac{-\frac{s}{s_{p1}}}{\left(1 - \frac{s}{s_{p1}}\right)\left(1 - \frac{s}{s_{p2}}\right)}$  con  $k = 200$ ,  $s_{p1} = -12.5\text{rad/s}$  ( $f_{p1} = 2\text{Hz}$ ) ed  $s_{p2} = -100\text{rad/ms}$  ( $f_{p2} = 15.9\text{kHz}$ ).
4.  $Z_{in} = \frac{1+sCR_{in}}{sC}$ ,  $Z_{out} = R_{out}$

### soluzione esercizio 2.

1. per MN:  $V_{GS} = 0.6V$ ,  $V_{DS} = 1.1V$ ,  $I_D = 10\mu A$  (essendo  $V_{GS} > V_{TH}$  e  $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$  il transistor opera in saturazione);  $g_{m,n} = 200\mu S$ ;  $g_{o,n} = 0$ , per MP:  $V_{SG} = 1V$ ,  $V_{SD} = 2V$ ,  $I_D = 200\mu A$  (essendo  $V_{SG} > V_{TH}$  e  $V_{SD} > V_{SG} - V_{TH}$  il transistor opera in saturazione);  $g_{m,p} = 1\text{mS}$ ;  $g_{o,p} = 0$ .
2.  $A_v = -100$ ,  $R_{in} = 5k\Omega$ ,  $R_{out} = 5k\Omega$ .
3.  $A_v(s) = k \frac{1}{1 - \frac{s}{s_{p1}}}$  con  $k = -100$ ,  $s_{p1} = -2\text{rad}/\mu S$  ( $f_{p1} = 313\text{kHz}$ )

### soluzione esercizio 3.

1. per M1:  $V_{GS} = 0.6V$ ,  $V_{DS} = 2V$ ,  $I_D = 10\mu A$  (essendo  $V_{GS} > V_{TH}$  e  $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$  il transistor opera in saturazione);  $g_{m1} = 200\mu S$ ,  $g_{o1} = 0$ ; per M2:  $V_{GS} = 0.9V$ ,  $V_{DS} = 1.9V$ ,  $I_D = 100\mu A$  (essendo  $V_{GS} > V_{TH}$  e  $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$  il transistor opera in saturazione);  $g_{m2} = 500\mu S$ ;  $g_{o2} = 0$
2.  $A_v = -16.9$ ,  $R_{in} = 80k\Omega$ ,  $R_{out} = 1.69k\Omega$ .
3.  $A_v(s) = k \frac{-\frac{s}{s_{p1}}}{1 - \frac{s}{s_{p1}}}$  con  $k = -16.9$ ,  $s_{p1} = -12.5\text{rad/s}$  ( $f_{p1} = 2\text{kHz}$ ).