

**Esame di Elettronica**  
**Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni**  
**23 luglio 2014**  
**Parte A**

1. Si consideri un amplificatore di tensione con  $A_v = 3000$ ,  $R_{in} = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R_{out} = 100 \Omega$ . Si reazioni in modo da ottenere un amplificatore con impedenza di ingresso di  $1 \text{ K}\Omega$  (con una tolleranza del 10%) e impedenza di uscita minore di  $1 \Omega$ . Una volta scelta e dimensionata la rete di reazione, si calcolino le resistenze di ingresso e uscita così ottenute. (6 punti)
2. Facendo riferimento al modello di Ebers e Moll del transistor bipolare, ricavare l'espressione della corrente di emettitore nel caso in cui  $I_B=0$  e  $V_{BE}<0$  in funzione dei parametri caratteristici del modello di Ebers e Moll. (6 punti)
- 3.

Dato l'amplificatore disegnato in figura, calcolare:

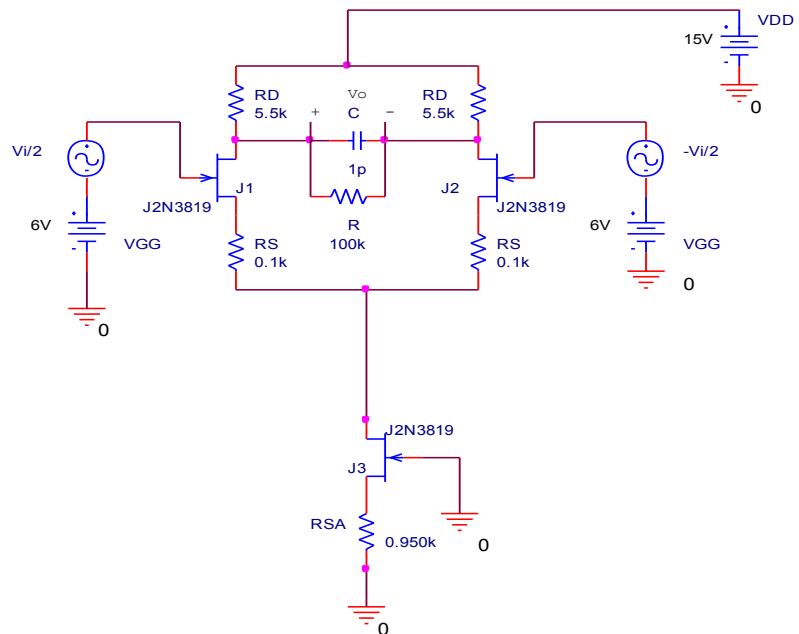
Calcolare:

- Il punto di riposo dei transistori e i parametri di piccolo segnale (5 punti)
- Il guadagno differenziale a centro banda (4 punti)
- Il limite superiore di banda (6 punti)

Fare la seguente ipotesi semplificativa

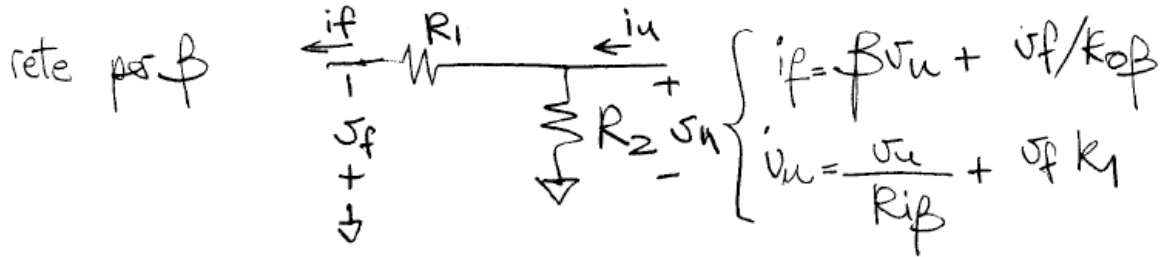
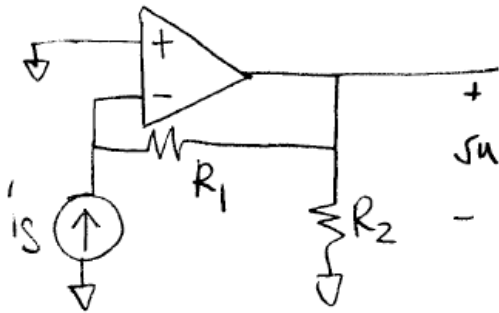
- J3 resistivo

Considerare  $V_{gs(off)} = -3 \text{ V}$



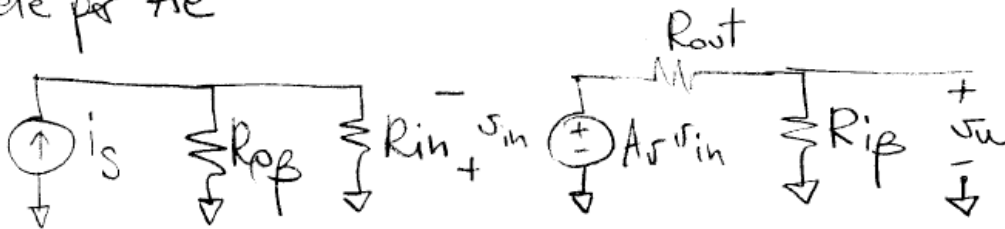
Esercizio 1

1) È necessario realizzare una rete con immissione di corrente e prelievo di tensione



$$\beta = \left. \frac{i_f}{v_u} \right|_{v_f=0} = \frac{1}{R_1}; R_{of} = \left. \frac{v_f}{i_f} \right|_{v_u=0} = R_1; R_{i\beta} = \left. \frac{v_u}{i_u} \right|_{v_f=0} = R_1 \parallel R_2$$

rete per  $A_e$



$$A_e = - (R_{in} \parallel R_{of}) A_v \frac{R_{i\beta}}{R_{i\beta} + R_{out}} =$$

facciamo l'ipotesi che  $\beta A_e \gg 1$

$$R_{iF} = \frac{R_{of} \parallel R_{in}}{(1 - \beta A_e)} \sim \frac{R_{of} \parallel R_{in}}{-\beta A_e} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} A_v \frac{R_{i\beta}}{R_{i\beta} + R_{out}}} = \frac{R_1 (R_{i\beta} + R_{out})}{A_v R_{i\beta}}$$

$$R_{oF} = \frac{R_{out} \parallel R_{i\beta}}{(1 - \beta A_e)} \sim \frac{R_{out} \parallel R_{i\beta}}{-\beta A_e} = \frac{1}{\frac{(R_{in} \parallel R_{of}) A_v}{R_1 R_{out}}} = \frac{R_1 R_{out}}{(R_{in} \parallel R_{of}) A_v}$$

3mc

$$R_{of} < 1 \Omega$$

$$\text{se' soddisfatta se } R_{in} // R_{\beta} = R_{in} // R_1 > \frac{1}{3} R_1$$

$$\text{quindi } \frac{R_{in} R_1}{R_1 + R_{in}} > \frac{R_1}{3}$$

$$3 R_{in} R_1 > R_1^2 + R_1 R_{in}$$

$$\boxed{2 R_{in} > R_1}$$

$$R_{if} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{R_1 (R_1 // R_2 + R_{out})}{A_v (R_1 // R_2)} = 1000$$

$$\text{poniamo } R_1 // R_2 = 100 \Omega$$

$$\frac{R_1}{A_v} = 1000 \rightarrow R_1 = \frac{1000 A_v}{2} = 1.5 \text{ M}\Omega$$

$$R_2 = 100 \Omega$$

calcolo  $\beta A_e =$

$$\frac{1}{R_1} (R_{in} // R_{\beta}) A_v \frac{R_{\beta}}{R_{\beta} + R_{out}} = \frac{1}{1.5 \cdot 10^6} (10^6 // 1.5 \cdot 10^6) 3000 \frac{100}{200}$$

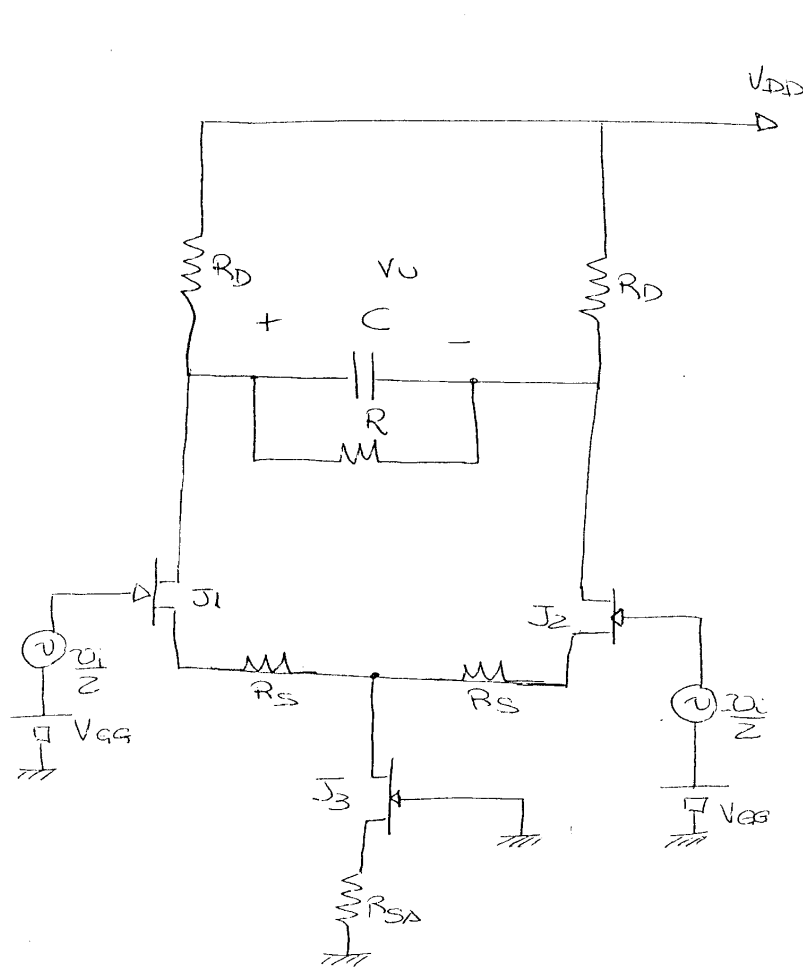
calcolo per verifica

$$R_{if} = \frac{R_1 // R_{in}}{1 - \beta A_e} = \frac{0.6 \cdot 10^6}{601} = 999 \Omega$$

$$R_{of} = \frac{R_{out} // R_1 // R_2}{1 - \beta A_e} = \frac{50}{601} = 0.0832 \Omega$$



Esercizio 3



$V_{DD} = 15V$   
 $V_{GG} = 6V$   
 $C = 1pF$   
 $R_D = 5,5k\Omega$   
 $R_S = 100\Omega$   
 $R = 100k\Omega$   
 $R_{SA} = 950\Omega$

$J_1, J_2, J_3 : 2N3819$   
 $V_{GS(off)} = -3V$   
 $J_3$  sensivo

- PUNTO DI RIFESO

ipotesi di lavoro:  $J_1, J_2, J_3$  in zona di saturazione

$$V_{GS3} = -R_{SA} I_{DS3}$$

Dalla caratteristica di trasferimento

$$\begin{cases} V_{GS3} = -1,9V \\ I_{DS3} = 2mA \end{cases}$$

$$I_{DS1} = I_{DS2} = \frac{I_{DS3}}{2} = 1mA$$

→ due macchine  $V_{GS1} = -2,2V = V_{GS2}$

Non scorre corrente in  $R$  per la simmetria del circuito.

$$V_{D1} = V_{D2} = V_{DD} - R_D I_{DS1} = 9,5 \text{ V}$$

$$V_{S1} = V_{S2} = V_{GG} - V_{GS1} = 8,2 \text{ V}$$

$$V_{DS1} = V_{DS2} = 1,3 \text{ V}$$

Da cui

$$V_{DS1} \geq V_{GS1} - V_{GS(off)}$$

$$1,3 \text{ V} \geq -2,2 \text{ V} - (-3 \text{ V}) \quad \text{OK}$$

Verificare ipotesi di funzionamento in zona di saturazione per  $J_1, J_2$

$$V_{D3} = V_{S1} - R_3 I_{DS1} = 8,1 \text{ V}$$

$$V_{S3} = R_{S1} I_{DS1} = 1,9 \text{ V}$$

$$V_{DS3} = V_{D3} - V_{S3} = 6,2 \text{ V}$$

$$V_{DS3} \geq V_{GS3} - V_{GS(off)}$$

$$6,2 \text{ V} \geq -1,9 \text{ V} - (-3 \text{ V}) \quad \text{OK}$$

Punti di riposo

$$J_1, J_2 = \begin{cases} V_{GS2} = -2,2 \text{ V} \\ I_{DS1,2} = 1 \text{ mA} \end{cases}$$

$$J_3 = \begin{cases} V_{GS2} = -1,9 \text{ V} \\ I_{DS3} = 2 \text{ mA} \end{cases}$$

Calcolo i parametri di piccolo segnale

$$g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = 2 \text{ mS}$$

$$r_{d1,2} = 83 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m3} = 20 \text{ mS}$$

$$r_{d3} = 71,4 \text{ k}\Omega$$

Due terminali

$$C_{iss1,2} = 2,4 \text{ pF}$$

$$C_{rss1,2} = 4,2 \text{ pF}$$

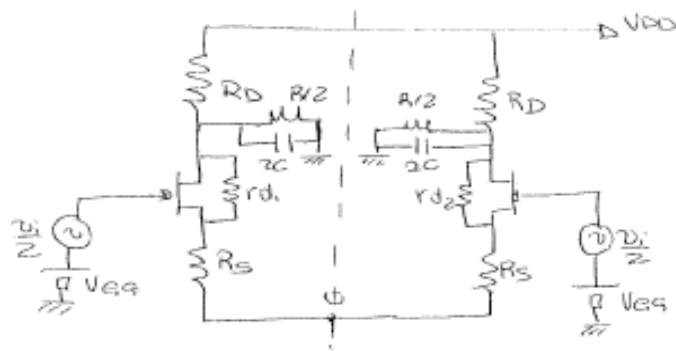
$$C_{gd3} = 1,2 \text{ pF}$$

$$C_{gs1,2} = 1,2 \text{ pF}$$

$J_3$  resistivo

## - AMPLIFICAZIONE A CENTRO BANDA

Dato la simmetria del circuito e visto che le sollecitazioni risultano uguali e opposte, per le variazioni di nodo o si può considerare a massa.



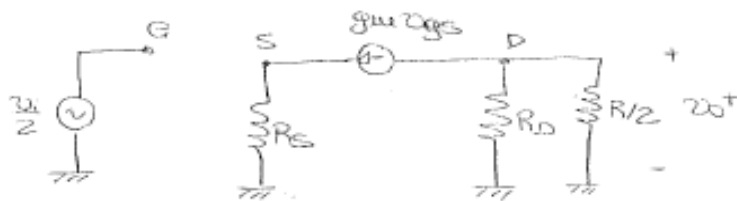
Si può quindi sempre le circuiti in 2 parti simmetriche.

Inoltre poiché

$$\begin{cases} r_{d1,2} \gg [R_D // \frac{R}{2}] \Rightarrow r_{d1,2} > 10 [R_D // \frac{R}{2}] & \text{OK} \\ r_{d1,2} \gg R_S \Rightarrow r_{d1,2} > 10 R_S & \text{OK} \end{cases}$$

È possibile trascurare \$r\_{d1,2}\$.

Quindi le circuiti per le variazioni si riduce a



$$v_o^+ = -\frac{v_i}{2} \frac{g_m (R_D // R/2)}{1 + g_m R_S} = -\frac{v_o}{2}$$

$$v_o^- = \frac{v_i}{2} \frac{g_m (R_D // R/2)}{1 + g_m R_S} = \frac{v_o}{2}$$

$$v_o = v_o^+ - v_o^-$$

$$\rightarrow A_d = -\frac{g_m (R_D // R/2)}{1 + g_m R_S} = -0,3$$

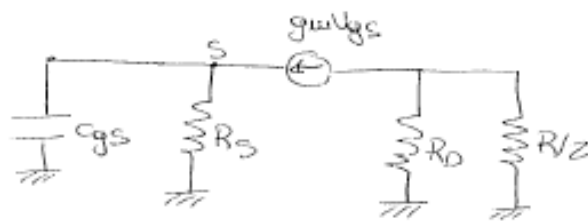
- LIMITE SUPERIORE DI BANDA

$$f_H = \frac{1}{2\pi \left[ \sum_i R_{V_i} C_i \right]}$$

Anche in questo caso è possibile studiare una parte del circuito

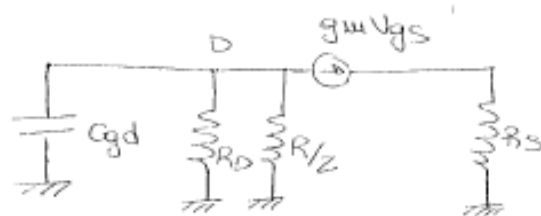
$$\Rightarrow R_{V_{RC}} = (R_D // R/2) = 4,95 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_{V_{Cgs}}$$



$$R_{V_{Cgs}} = R_S // \frac{1}{g_m} = 83,3 \Omega$$

$$\Rightarrow R_{V_{Cgd}}$$



$$R_{V_{Cgd}} = (R_D // R/2) = 4,95 \text{ k}\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi [R_{V_{Cgd}} C_{gd} + R_{V_{Cgs}} C_{gs} + R_{V_{RC}} 2C]} = 9,95 \text{ MHz}$$