

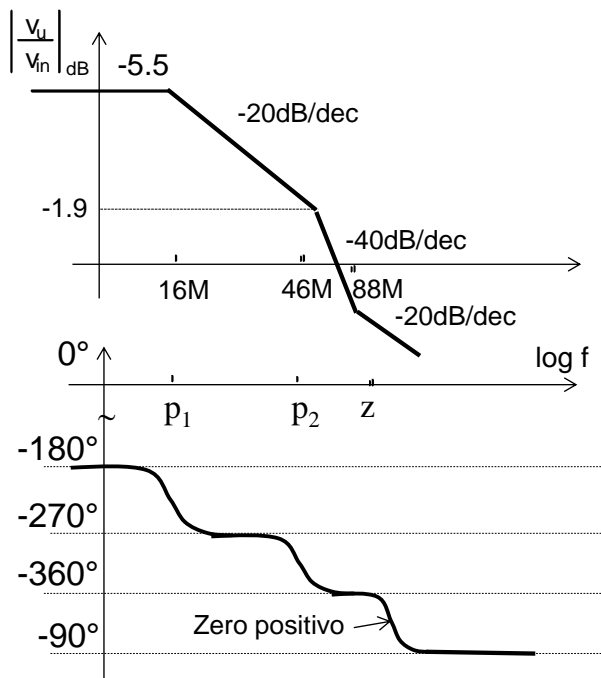
SOLUZIONE COMPITO DI ELETTRONICA ANALOGICA del 14 novembre 2017

ES.1

- a) $I_{T1}=500\mu\text{A}$, $1/g_{m1}=1\text{k}\Omega$, $V_{D1}=1.23\text{V}$, $I_{T2}=200\mu\text{A}$, $1/g_{m1}=1.590\text{k}\Omega$, $V_{out}=0\text{V}$.
 b) $G \approx -5.5$
 c) All'aumentare di v_{in} , T1 porterà più corrente e T2 meno corrente, in quanto la loro somma è fissata in $700\mu\text{A}$. Devo quindi fare attenzione all'uscita dalla saturazione di T1 (quando v_{in} sale si ha che v_{d1} scende e questo potrebbe portare in Ohmico T1) e/o all'interdizione di T2 (quando v_{in} sale la corrente in T2 potrebbe arrivare ad azzerarsi). Verificare che questa seconda condizione viene raggiunta per prima, quando in ingresso si applica $v_{in}=+340\text{mV}$.
 d) Al diminuire di v_{in} , T1 porterà meno corrente e T2 più corrente. Devo quindi stare attento all'eventuale spegnimento di T1 e/o alla salita eccessiva di V_{out} tale da portare T2 fuori dalla saturazione. Verificare che questa seconda condizione viene raggiunta per prima, quando in ingresso si applica $v_{in}=-108\text{mV}$.
 e) $HD_2=0.375\%$
 f) Le 2 capacità vengono interessate dal segnale ma non interagiscono tra loro, per cui daranno due poli indipendenti. C_{gd1} darà anche uno zero destro e C_{gd2} non potrà dare alcuno zero aggiuntivo. Per cui la funzione di trasferimento sarà della forma :

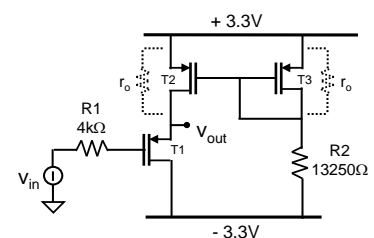
$$G(s) = G(0) \frac{(1 - s\tau_z)}{(1 + s\tau_1)(1 + s\tau_2)}$$

in cui $G(0) = -5.5$, $f_{p1}=15.9\text{MHz}$, $f_{p2}=46\text{MHz}$ ed $f_z=88\text{MHz}$. Grazie al cascode T2, la f_{p2} è spostata a frequenza ben maggiore di f_{p1} (senza il cascode la banda del circuito sarebbe stata molto più limitata, ben minore dell'attuale 15.9MHz).



ES.2

- a) L'uso di un generatore di corrente a specchio come carico di degenerazione sul Source permette di realizzare, grazie alla resistenza infinita del carico stesso, un follower con trasferimento esattamente pari a $G=1$ qualunque sia il risultato della polarizzazione, a patto che tutti i transistori lavorino nella loro corretta zona di funzionamento. Poiché il calcolo della polarizzazione porta ad una corrente circolante in T1 pari a $I_D \approx 400\mu\text{A}$ e $V_u = +1.3\text{V}$, effettivamente tutti i transistori stanno operando



in saturazione.

La presenza di r_0 impone un nuovo calcolo delle correnti circolanti.

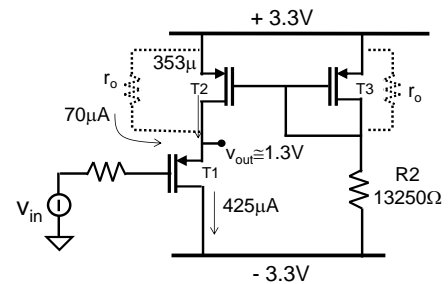
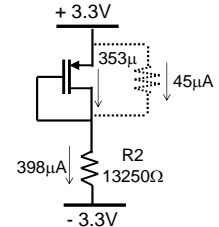
Si deve iniziare dal ramo di destra per trovare la tensione V_{SG} dei transistori T3 e T2. Partendo dal valore trovato prima (con $V_a=\infty$) di $V_{SG}=1.3V$ e $I=400\mu A$, si stima una $r_0=25k\Omega$. Impostando quindi l'equazione:

$$\frac{6.6 - V_{SG}}{R_2} = k(V_{SG} - V_T)^2 + \frac{V_{SG}}{r_0}$$

si ottiene una prima stima del nuovo valore di $V_{SG}=1.27V$. Ad esso corrisponderebbe una corrente $k(V_{SG} - V_T)^2 = 353\mu A$, una nuova stima $r_0=28.3k\Omega$ ed una componente aggiuntiva di corrente in r_0 pari a $45\mu A$. La somma $398\mu A$ scorre in R_2 ed è pari effettivamente alla corrente del termine a sinistra dell'equazione. Non ho quindi motivo di continuare l'iterazione per raffinare ulteriormente il conto.

La stessa corrente di $353\mu A$ verrà portata da T2 a cui si aggiunge la componente che scorre in $r_0=(3.3V-V_{out})/28.3k\Omega$. Ci manca di conoscere V_{out} . Tuttavia possiamo evitare di impostare un calcolo con V_{out} come variabile considerando che V_{SG} di T1 sarà dell'ordine di $1.3V$ quando scorrono circa $400\mu A$ e si discosterà poco da questo valore.

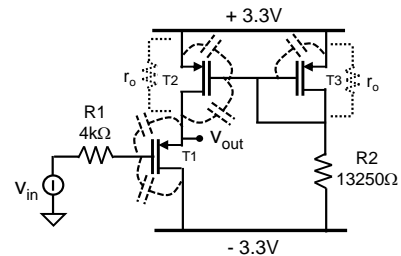
Quindi ricavo la componente di corrente in r_0 di T2 del valore di circa $70\mu A$, che porta la corrente totale circolante in T1 al valore di circa $425\mu A$. La transconduttanza di T1 è $g_m=1.65mA/V$ ($1/g_m=606\Omega$). Se $R_L=\infty$, lo stadio singolo avrebbe un guadagno tra v_{in} e v_u pari a $G=0.979$, comunque molto vicino a 1 ed una impedenza di uscita pari a circa 600Ω .



b) Ricordarsi che $g_{m3} = 2\sqrt{k \cdot I \cdot \left(1 + \frac{V_{sd}}{V_a}\right)}$ da cui

$1/g_{m3}=660\Omega$; $1/g_{m2}=625\Omega$; $1/g_{m1}=606\Omega$. Inoltre $r_{02}=r_{03}=28k\Omega$.

Le capacità sono tutte interagenti. Le capacità C_{gs2} e C_{gs3} sono in parallelo tra loro. Le capacità indipendenti sono solo 3 per cui si avranno 3 poli. Il polo prevalente sarà ben stimabile dal coefficiente b del termine di primo grado del denominatore, i cui 4 addendi sono:



$$\tau_1 = C_{gd1} \cdot R_1$$

$$\tau_2 = C_{gs1} \cdot \left[R_1 \left(1 - \frac{r_{02}}{1/g_{m1} + r_{02}} \right) + r_{02} \parallel 1/g_{m1} \right]$$

$$\tau_3 = C_{gd2} \cdot \left[(1/g_{m3} \parallel r_{03} \parallel R_2) \cdot (1 - g_{m2} \cdot r_{03} \parallel 1/g_{m1}) + r_{02} \parallel 1/g_{m1} \right]$$

$$\tau_4 = (C_{gs2} + C_{gs3}) \cdot (1/g_{m3} \parallel r_{03} \parallel R_2)$$

$b = 280ps + 111ps + 128ps + 197ps = 716ps$ da cui $f_p=222MHz$.