

Es.1

- a) $V_u = -2.8V$, $g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = 1mA/V$.
- b) $T(0) = 14520 \text{ Ohm}$
- c) $R_{in} = 500 \text{ Ohm}$
- d) All'aumentare del prelievo di I_{in} , il Gate di T2 scende e rischia di spegnere T2 e T3. Ciò avverrà quando V_{GT2} raggiunge $1.4V$ a cui corrisponderebbe $I_{in} = 300\mu A$. Contemporaneamente sta scendendo il Source di T1. Mi chiedo se per il valore di corrente trovato il Source non sia sceso troppo. Nell'ipotesi di comportamento lineare del transistor, il Source di T1 scenderebbe di $150mV$, spostamento che gli è consentito. Considerando il comportamento quadratico di T1 lo spostamento sarebbe anche minore. Per $I_{in} = 300\mu A$ nessun altro punto del circuito raggiunge limiti di funzionamento. Quindi $I_{in|max+} = 300\mu A$.
- e) All'aumentare dell'iniezione di I_{in} , T1 porta sempre meno corrente e potrebbe spegnersi. Se ciò avvenisse, il suo Source si alzerebbe fino ad una V_T sotto il suo Gate, cioè $V_S = -3.5V$. Quindi in R1 scorrerebbero $1.5mA$. Questa situazione la raggiungerò quando $I_{in} = 1mA$. Contemporaneamente però il Gate di T2 sale e forza T2 e T3 a portare più corrente. I rispettivi Drain si spostano e tendono a mettere in ohmico i transistori. Quale dei due transistori, T2 o T3, raggiunge prima questo limite?
Il Drain di T3 può salire di $(2.8+0.7)V$, a cui corrisponde una corrente di $(500+795)\mu A$ in T3, a cui corrisponde una $I_{in} = 240\mu A$.
Anche il Drain di T2 scende e viene incontro al Gate di T2: $V_G + V_G \cdot 10k/2k = 2.3V$, a cui corrisponde $I_{in} = 58\mu A$. È questa effettivamente la situazione più limitante e pertanto $I_{in|max-} = 58\mu A$.
- f) Il generatore di rumore di corrente in parallelo al canale del MOSFET T1 produce una densità spettrale in uscita pari a $S_{U|T1} = 2.2 \cdot 10^{-15} \text{ V}^2/\text{Hz} = (47nV/\text{sqr}(\text{Hz}))^2$.
- g) Sulla banda del circuito di $9MHz$, il valore rms risulta essere di $178\mu V$.

Es.2

- Effettivamente la polarizzazione rimane invariata perché sono stati collegati due punti alla stessa tensione ($-2.8V$) senza alcun assorbimento di corrente da parte del Gate di T1.
- a) $T_{id} = -R1 = -1kOhm$. Infatti la retroazione reagisce spostando il Gate a contrastare la variazione iniziale del comando v_{sg} di T1. Nel Source di T1 quindi tende ad essere estratta una frazione infinitesima di I_{in} , che invece viene tutta prelevata da in R1 diminuendo la tensione al Source. Lo spostamento del Source è poi riprodotto invariato in V_u .
- b) L'impedenza limite, nel caso di retroazione ideale, sarà $Z_{in} = R1$ perché come detto sopra la retroazione tende a non accettare corrente in T1. Nel caso reale sarà il parallelo tra R1 e quanto visto dal Source di T1. Mi concentro quindi nel calcolo dell'impedenza mostrata dal Source di T1. Per tenere viva la retroazione durante questo test bisogna usare un generatore di tensione al Source di T1. Il corrispondente G_{loop} in questa analisi (in cui quindi spengo il generatore di test e mi ritrovo con il Source di T1 a massa) è $G_{loop} = -29$. L'impedenza mostrata dal Source di T1 sarà quindi $Z_{T1} = 1/g_{m1} \cdot (1 - G_{loop}) = 30kOhm$. Essa va in parallelo a R1 e l'impedenza vista dal generatore di corrente di segnale sarà quindi $Z_{in} = 967Ohm$.
- c) Il guizzo di rumore viene richiamato tutto all'interno di T1 dalla retroazione. Il Source di T1 quindi non si sposta in tensione perché nulla scorre in R1 ed il suo Gate = V_u si sposterà della corrente di rumore per $1/g_m$. Pertanto $S_u = 10.7 \cdot 10^{-18} \text{ V}^2/\text{Hz} = (3.3nV/\text{sqr}(\text{Hz}))^2$.
- d) Poiché la banda passante del circuito retroazionato è $f_p = 140MHz$ (attenti che il guadagno d'anello del circuito è $G_{loop} = -14.5$), il valore rms è pari a $48\mu V$.

- e) Il luogo delle radici aiuta a trovare i due poli del circuito, che risultano essere complessi coniugati $f_{p1}=f_{p2}=-5.1\text{MHz}+/-j11.9\text{MHz}$. Essi si posizionano nel diagramma di Bode a **12.9MHz**, ed evidenziano un aumento di guadagno attorno a questa frequenza. Il trasferimento reale del circuito è $G_r(0)=-935$. Il diagramma del modulo poi scende di -40dB/dec . La fase parte **da -180° e tende a -360°** . Poiché i due poli stanno nel semipiano sinistro il circuito è stabile.
- f) Per la presenza dei due poli c.c. la risposta ad un gradino di corrente sarà oscillante nel tempo e smorzata attorno al valore asintotico di -28mV . Poiché il periodo dell'oscillazione è di 84ns e lo smorzamento ha una costante di tempo di 31ns , in circa 5τ il segnale si smorza completamente e quindi prima riusciremmo a vedere appena **2 oscillazioni**.