

ES.1

(a) Il ramo di riferimento dello specchio fornisce $V_{SG}=0.81V$ e $I_D=343\mu A$. Anche in T3 scorre la stessa corrente ($1/g_{m3}=600\Omega$). Il sistema di secondo grado su T1 fornisce $V_{GS}=0.9V$ e $I_D=500\mu A$ ($1/g_{m1}=500\Omega$), da cui $V_u=0.43V$. Tutti i transistori stanno funzionando nella corretta zona di saturazione.

(b) $G=-4$

(c) Quando V_{in} sale, V_u scende. Bisogna impedire che scenda più in basso di una soglia rispetto a V_G di T1 (T3 invece non porrà alcun problema):

$$v_{in} + G v_{in} = 0.83V \text{ da cui si ottiene } v_{in|_{max}} = 166mV.$$

Se volessi essere più preciso potrei tenere conto della maggiore corrente effettivamente circolante dovuta al termine quadratico, con cui correggere il conto precedente: con $166mV$, si avrebbe

$$\varepsilon = \frac{0.166 \cdot \frac{500}{1700} \cdot \frac{1}{2 \cdot 0.5}}{1 + \frac{1200}{500}} = 0.013. \text{ Siamo pronti per ricalcolare } v_{in} + G(1+\varepsilon)v_{in} = 0.83V \text{ ed ottenere } v_{in|_{max}} = 164mV. \text{ Dato il}$$

bassissimo contributo della distorsione (termine di secondo grado), il risultato non cambia.

(d) Quando V_{in} scende, V_u sale. La presenza di T3 impone che V_u non salga oltre $0.69+0.4=1.1V$. Poiché V_u parte da $0.43V$, $\Delta V_u=0.67V$. Con il guadagno lineare di $G=-4$, la corrispondente $v_{in|_{min}}=167mV$. Accidentalmente uguale e contrario al valore positivo! Sappiamo già che il termine quadratico pesa pochissimo, aggiungendosi a dare circa $v_{in|_{min}}=169mV$.

(e) E' immediato verificare che con $v_{in}=100mV$ si ottiene $HD2=0.4\%$.

(f) C_{gd2} è cortocircuitata e quindi non è vista dal circuito. C_{gd3} e C_{gd1} sono indipendenti ed interagenti, e daranno due poli. Noto che per frequenze elevatissime $G(\infty)$ ha un valore finito pari a :

$$G(\infty) = \frac{(1/g_{m1} + R2) \parallel R3 \parallel 1/g_{m3} \parallel 1/g_{m2} \parallel R4}{R1 + (1/g_{m1} + R2) \parallel R3 \parallel 1/g_{m3} \parallel 1/g_{m2} \parallel R4} \cong 0.1$$

Pertanto il circuito dovrà avere anche due zeri. Poiché la fase finale è zero, uno dei due zeri dovrà essere positivo.

Iniziamo a cercare il polo prevalente : $b = \tau_{T1} + \tau_{T3}$. Noto che entrambe le capacità sono a ponte tra due punti che si muovono in tensione con il transistore che ne definisce il guadagno:

$$\tau_{T1} = C_{gd1} [R1(1 + G1) + R3] = 1pF [2k(1 + 4) + 6.8k] \cong 16.8ns$$

$$\tau_{T3} = C_{gd3} [R4 \parallel 1/g_{m2}(1 + G3) + R3] = 1pF [460(1 + 11) + 6.8k] \cong 12.3ns$$

A cui corrisponde $f_{LF}=5.4MHz$.

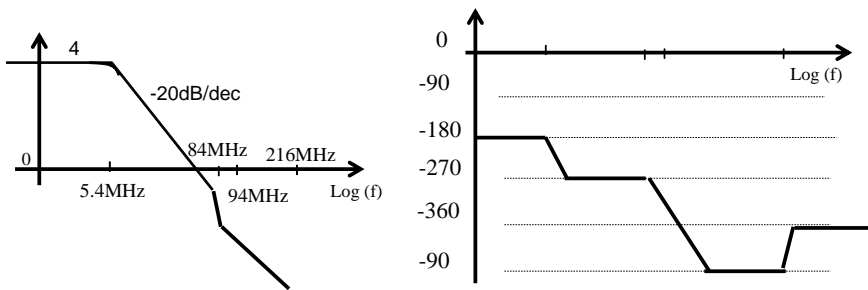
Cortocircuitando C_{gd1} , cerchiamo il polo a frequenza maggiore:

$$\tau_{HF} = C_{gd3} [R4 \parallel 1/g_{m2}(1 + g_{m3}R3 \parallel R1 \parallel (1/g_{m1} + R2)) + R3 \parallel R1 \parallel (1/g_{m1} + R2)] = 1pF [460(1 + 1.35) + 810] \cong 1.9ns$$

A cui corrisponde $f_{HF}=84MHz$.

Lo zero introdotto dalla sola C_{gd1} sarebbe a $f_{z1} = \frac{1}{2\pi C_{gd1}(1/g_{m1} + R2)} = 93MHz$ e a destra.

Mettendo in grafico queste informazioni :



Si trova per via grafica il secondo zero a circa 216MHz.

ES.2

(a) $V_G \cong 0.58V$

(b) La distorsione rimane invariata perché definita da T1.

(c) $f1=8.2MHz$ (non interagisce con gli altri); $f2=51MHz$; $f3=630MHz$; $fz=94MHz$. La banda passante è un po' aumentata grazie al Cascode.