

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  $f_{LF}=5.4MHz$ .

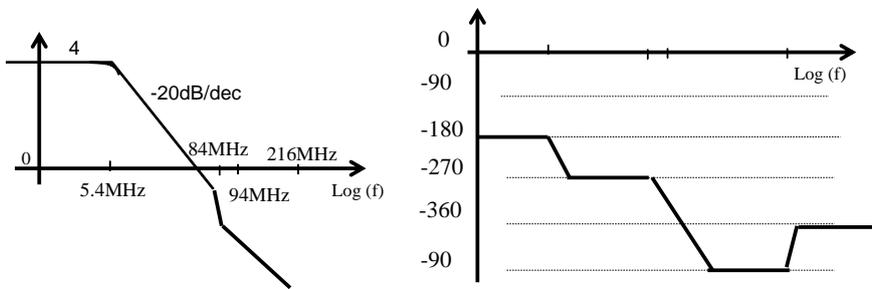
Cortocircuitando  $C_{gd1}$ , cerchiamo il polo a frequenza maggiore:

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

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.