

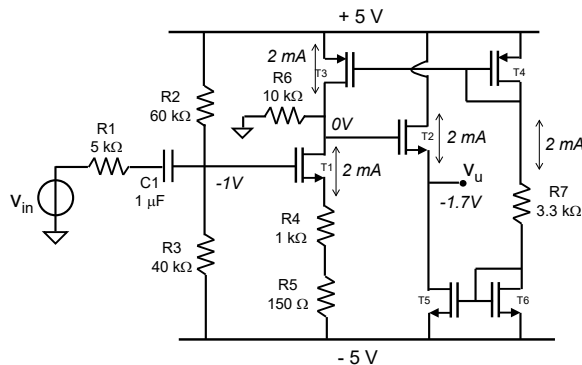
ELETTRONICA ANALOGICA - Prof. Marco Sampietro

Correzione 1 prova in itinere del 11 novembre 2020

a) La polarizzazione può essere iniziata con il calcolo della corrente portata dallo specchio a destra nel circuito:

$$\begin{cases} \frac{10 - 2 \cdot V_{SG}}{R_7} = I \\ k(V_{SG} - V_T)^2 = I \end{cases}$$

che fornisce $V_{SG} = -1.7V$ e $I = 2mA$. La polarizzazione degli altri componenti è automatica e porta alla situazione in figura:

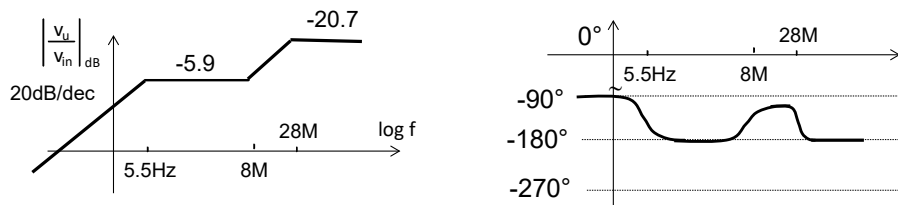


Tutti i transistori hanno pertanto $g_m = 4mA/V$, e $1/g_m = 250\Omega$. $V_u = -1.7V$.

b) $G = -20.7$. Il Source follower, ideale, non contribuisce in alcun modo a modificarne il valore che è completamente definito dagli stadi a monte.

Se cambiassi W/L del transistorore T1 cambierei anche la corrente. Anche se cercassi di cambiare R4 e R5 cambierei la corrente. Potrei pensare di cambiare insieme W/L e R4 e R5 in modo da avere guadagno 10 volte maggiore. Tuttavia è molto più semplice ed efficace cambiare R6, scegliendola da 100kΩ. Infatti, non essendo percorsa dalla corrente di polarizzazione, ci consente una grande libertà di scelta.

c) $f_{z1} = 0Hz$, $f_{z2} = 8MHz$, $f_{p1} = 5.5Hz$, $f_{p2} = 28MHz$.



d) A valle del partitore d'ingresso, $v_g = 41.3mV$. La distorsione introdotta da T1 vale :

$$HD2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_{gs}}{2 \cdot V_{OD}} \cdot \frac{1}{1 + g_m R_5} = 0.4\%$$

dove $v_{gs} = 26mV$. Anche per la distorsione, il follower non introduce alcun contributo limitante o peggiorativo.

2a) **V_{in} positivo** : Quando v_{in} sale, sale anche il gate di T1, facendo portare più corrente a T1. Questo inevitabilmente porta il suo Drain a scendere con il rischio che T1 esca dalla zona di saturazione : $(-1V + v_g) - (0V + v_g \cdot G_{GD}) = V_T$ che si traduce in $v_g + v_g \cdot |G_{GD}| = 1.7V$ dove $G_{GD} = -7.14$ è il guadagno di tensione tra il Gate di T1 ed il suo Drain. Si ottiene $v_g = 209mV$, a cui corrispondono $v_{in} = 250mV$ all'ingresso.

La discesa del Drain di T1 di circa 1.5V non dà problemi a T3. Per quanto riguarda il follower, se il suo Gate scende anche il suo Source scende di 1.5V arrivando al valore di -3.2V, non superando il limite dell'uscita dalla saturazione di T5 che è -4V. Il follower quindi non limita la dinamica positiva del circuito.

V_{in} negativo : Quando v_{in} scende, diminuisce la corrente in T1 e sale la tensione al suo Drain. T1 non ha problemi. Viceversa T3 rischia di uscire dalla saturazione qualora V_d andasse oltre 4V. Questo succederebbe quando $v_{in} = -4/5.9 = -678mV$. Anche in questo caso il Source follower T2 non pone vincoli.

2b) Visualizzando il rumore ad esempio con il suo generatore di tensione in serie ad R4, si ottiene la seguente espressione di $S_n(f)$:

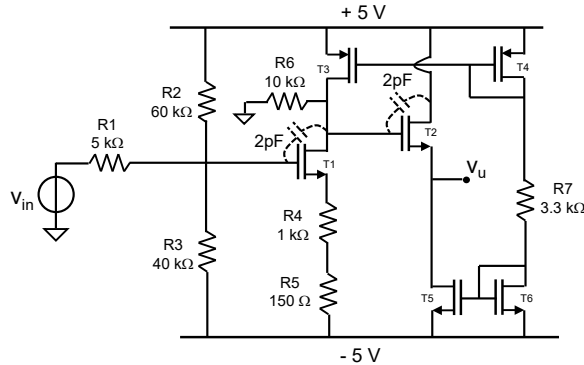
$$4kTR_4 \left(\frac{R_6}{\frac{1}{g_m} + R_4 + R_5} \right)^2 = 8.2 \cdot 10^{-16} \frac{V^2}{Hz} \cong \left(29 \frac{nV}{\sqrt{Hz}} \right)^2$$

2c) Le 3 capacità interagiscono tra di loro a dare 3 poli (perché indipendenti tra loro). Per ricavarli procedo calcolando il termine b del circuito completo che raccoglie la somma delle tre singole costanti di tempo :

$$b1 = C_1(R_1 + R_2 || R_3) + C_{gd1} \left[R_2 || R_3 \left(1 + \frac{R_6}{\frac{1}{g_m} + R_4 + R_5} \right) + R_6 \right] + C_{gd2} R_6$$

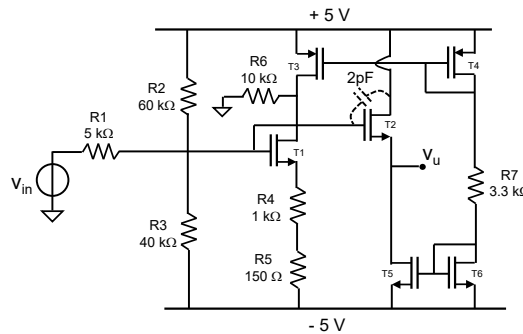
da cui si ottiene $b1=29ms+410ns+20ns=29ms$ e pertanto $f_{p1}=5.5Hz$.

Individuata la capacità C1 come quella che interviene prima, la cortocircuitiamo e procediamo alla ricerca del polo a frequenza maggiore. Ancora le restanti due capacità interagiscono e quindi riappliciamo al seguente circuito il metodo :



$$b2 = C_{gd1} \left[R_1 || R_2 || R_3 \left(1 + \frac{R_6}{\frac{1}{g_m} + R_4 + R_5} \right) + R_6 \right] + C_{gd2} R_6$$

da cui si ottiene $b2=87ns+20ns=106ns$ e pertanto $f_{p2}=1.5MHz$. Notiamo come C_{gd1} sia la prima ad intervenire e quindi facciamo l'ultimo calcolo dopo averla cortocircuitata :



$$b3 = C_{gd2} \left[R_1 || R_2 || R_3 || R_6 || \left(\frac{1}{g_m} + R_4 + R_5 \right) \right] = 1.9ns$$

da cui si ottiene $f_{p3}=84MHz$.

Oltre allo zero nell'origine degli assi ($f_{z1}=0Hz$), C_{gd1} darà anche uno zero destro alla frequenza :

$$f_{z2} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{C_{gd1} \left(\frac{1}{g_m} + R_4 + R_5 \right)} = 57MHz$$

I diagrammi di Bode avranno quindi il seguente andamento:

