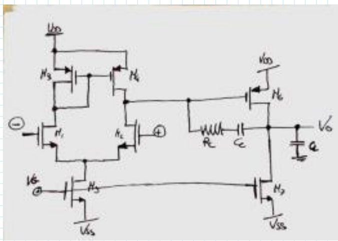
Rete Semplice

mercoledì 2 agosto 2023 15:19



Specifica

K: costante di Boltzmann $= 1{,}380649 \cdot 10^{-23}\ J/K$

T: Temperatura ambiente gradi Kelvin $= 300\ °K\ (= 26{,}85\ °C)$

(S) ω_{0dB} Gain Bandwith $= 5\ MHz\ 2\pi = 10^{7}\pi\ rad/s$

(S) $\overline{V_n}/\sqrt{\Delta f}$ Tensione di rumore termico riferita all'ingresso $\Rightarrow \frac{\overline{V_n}^2}{\Delta f} = (26 \cdot 10^{-9})^2\ V^2 s$

(S) SR Slew Rate, $dV_{out}/dt = +5/10^{-6}\ V/s$

1) $$C_c = \frac{16\,KT}{3\,\omega_{0dB}\,\frac{\overline{V_n}^2}{\Delta f}}\left(1 + \frac{SR}{\omega_{0dB}\,V_{ov_3}}\right)$$

$$21 \leq {}^{S}V_{in,CM}^{Max} = V_{DD} - V_{SG_3} - V_{ov_1} + V_{GS_1} = V_{DD} - V_{ov_3} - |V_{Tp}| + V_{Tn}^{*}$$

$$V_{ov_3} \leq V_{DD} - V_{in,CM}^{Max} - |V_{Tp}| + V_{Tn}(\cancel{V_{SB_1}}) = 0{,}209\ V$$

$$C_c = 1{,}8322776648 \cdot 10^{-12} \cong 1{,}832\ pF$$

2) $$I_7 = SR\,(C_c + C_L) = 34{,}16138324 \cdot 10^{-6} \cong 34{,}161\ \mu A$$

$$-22 \geq {}^{S}V_o^{Min} = V_{ov_7} + V_{SS} \longrightarrow V_{ov_7} \leq V_o^{Min} - V_{SS} = 0{,}300$$

3) $$L_6 = \sqrt{\frac{3}{2}\,\frac{\mu_p\,V_{ov_6}\,C_c}{\omega_{0dB}\,(C_L + C_c)\,tg(PM)}}$$

μ_p: Mobilità portatori di carica (lacune) $= K'/C_{ox} = KP\,\frac{t_{ox}}{\varepsilon_{ox}}$

$$= KP\,\frac{t_{ox}}{3{,}9\,\varepsilon_0} = 41{,}5 \times 10^{-6} \times \frac{9{,}6 \times 10^{-9}}{3{,}6 \times 8{,}8541878128 \times 10^{-12}} = 12{,}49879368 \cdot 10^{-3}\ \frac{m^2}{V\,s}$$

$tg({}^{S}PM)$ con $PM > 60°$

Introduzione del polo P_3, verifica sul PM:

$$PM = arctg\left(\frac{\beta_p'\,S_6\,V_{ov_6}}{\frac{2}{3}C_{ox}\,W_6 L_6}\,\frac{C_c}{C_L + C_c}\,\frac{1}{\omega_{0dB}}\right)$$

(H)

$$22 \leq {}^{S}V_o^{Max} = V_{DD} - V_{ov_6}$$

$$V_{ov_6} \leq V_{DD} - V_{out}^{MAX} = 0{,}3\ V$$

$$L_6 = 5{,}264993728 \times 10^{-6} \simeq 5{,}265\ \mu m$$

$$V_{ov_6}^{*} = 0{,}209 < V_{ov_6}$$

Quindi il nuovo valore di V_{ov_6} rispetta la specifica su V_o^{MAX}!

$$L_6^{*} = 4{,}394352177 \cdot 10^{-6}$$

$$S_6^{*} = 37{,}6898817 \longrightarrow W_6^{*} = 1{,}656226137 \cdot 10^{-4}$$

4) $$S_6 = \frac{W_6}{L_6} \Longrightarrow S_6 = \frac{2\,I_6}{\beta_p'\,V_{ov_6}^2}$$ con $I_6 = I_7$, $\beta_p' = \mu_p\,C_{ox} = KP$

$$S_6 = 18{,}29257469 \simeq 18{,}293$$

$$\hookrightarrow W_6 = 96{,}31029103 \cdot 10^{-6} \simeq 96{,}31\ \mu m$$

5) $$I_5 \overset{SR}{=} SR\,C_c = 9{,}16138324 \cdot 10^{-6} \cong 9{,}161\ \mu A$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5/2 = 4{,}58069162 \cdot 10^{-6} \cong 4{,}581\ \mu A$$

Perfetto Bilanciamento

6) $$S_1 = \frac{W}{L_1} = \frac{2\,I_1}{\beta_n'\,V_{ov_1}^2} = 1{,}987235788 \simeq 1{,}987$$

con $$V_{ov_1} = \frac{SR}{\omega_{0dB}} = 0{,}1591549431 \simeq 0{,}159$$

7) $$S_5 = \frac{W}{L_5} = \frac{2\,I_5}{\beta_n'\,V_{ov_5}^2} = 0{,}9197511892 \simeq 0{,}9198$$

$$-13 \geq {}^{S}V_{in,CM}^{Min} = V_{SS} + V_{ov_5} + V_{ov_1} + V_{Tn}^{*}$$

$$V_{ov_5} \leq V_{in,CM}^{Min} - V_{SS} - V_{ov_1} - V_{Tn}(\cancel{V_{SB_1}}) = 0{,}3308450569 \simeq 0{,}331$$

Con i nuovi dimensionamenti di M_6 ripetutamente si avrà un peggioramento di PM, ma rispetta ancora la specifica

$$PM = 59{,}9999993$$

$$\boxed{\varepsilon_{rel}\% = 0{,}00001\%}$$

8) $$\frac{S_7}{S_5} = \frac{I_7}{I_5} \longrightarrow S_7 = \frac{I_7}{I_5}\,S_5 = \overset{SR^- = SR^+}{\frac{C_c + C_L}{C_c}}\,S_5 = 3{,}42961014 \simeq 3{,}429$$

Perfetto bilanciamento.

9) $$S_3 = S_4 = \frac{S_6}{2 S_7}\,S_5 = 2{,}452846918 \simeq 2{,}453$$

$$S_3^{*} = S_4^{*} = 5{,}053827126$$

Eliminazione di zero e P_2:

9.½) $$R_c = \frac{1}{g_{m6}}\left(1 + \frac{C_L}{C_c}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\,\beta_p' S_6 I_7}}\left(1 + \frac{C_L}{C_c}\right) = 16373{,}07338\ \Omega$$

$$R_c^{*} = 11406{,}57445 \simeq 11{,}406\ K\Omega$$

$2S_7$

Dimensione di zero e P_2:

9.½) $R_C = \frac{1}{g_{m6}}\left(1+\frac{C_L}{C_C}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\beta_p' S_6 I_6}}\left(1+\frac{C_L}{C_C}\right) = 16373.07338\ \Omega \simeq 16.373\ K\Omega$

Valore ANALITICO di R_C

$R_C^{*} = 11406.57445 \simeq 11.406\ K\Omega$

QUINDI RIASSUMENDO I DIMENSIONAMENTI TROVATI

Essendo transistor in saturazione possiamo verificare la veridicità dei calcoli

$V_{ov_x} = \sqrt{\frac{2 I_{D_x}}{\beta'_{n/p} S_x}}$

	W/L	V_{ov}	I_D	
M_1	1,987	0,159	4,581 μ	V OK
M_2	S_1	V_{ov_1}	4,581 μ	V OK
M_3	2,453	0,209	4,581 μ	X /2
M_4	2,453	V_{ov_3}	4,581 μ	X /2
M_5	9,919	0,331	9,161 μ	V OK
M_6	18,293	0,300	34,161 μ	V OK
M_7	3,429	0,300	34,161 μ	X /1

Le tensioni di overdrive erano dettate dalle specifiche sulle escursioni ($V_{u/cm}^{max}$) mentre i dimensionamenti e correnti dall'ipotesi di PERFETTO BILANCIAMENTO, pertanto per mantenerla vera e mantenere $V_{ov_3} = 0{,}209$, così che si rispetti la specifica, si deve imporre la condizione di bilanciamento $V_{ov_6} = V_{ov_3} = V_{ov_4} = 0{,}209$!

× la condizione si dovrebbe avere $V_{SG_3} = V_{SG_4}$ ma $V_{SG_3} = V_{SG_3} = V_{SG_4}$ e $V_{SG_4} = V_{SG_6}$

$V_{SG_3} = V_{SG_4} = V_{SG_6}$

× M_7 è impossibile risolvere il problema perché I_{D_7} è dettata da SR e C_c, mentre S_7 è dettato da S_5 per poter avere $SR^+ = SR^-$, pertanto la vera $V_{ov_7}^{*} = 0{,}330845\varnothing569 \simeq 0{,}331$ ($\equiv V_{ov_5}$) quindi non risulterà rispettata la specifica di V_o^{dw}!

$\varepsilon_{rel}^{\%} \cong 1{,}4\ \%$

$V_{SG_{12}} = V_{SG_{13}}$

11) $S_9 = \frac{C_c}{C_L + C_c} S_6 = 4.905693836 \simeq 4.906$

$R_C = R_{C_{M9}}^{UN}$

$V_{SG_{13}} = V_{SG_6}$ $V_{SG_{12}} = V_{SG_9}$

$V_{ov_{13}} = V_{ov_6}$ $V_{ov_{12}} = V_{ov_9}$

$\frac{S_{13}}{I_{13}} = \frac{S_6}{I_6}$

$S_9^{*} = 10.10765425$

$V_{ov_9} = \frac{1}{\beta_p' S_9 R_C} = 0.2999999999$

$V_{ov_9}^{*} = V_{ov_6} = 0{,}209$

$R_{C_{M9}}^{UN} = \frac{1}{\beta_p' S_9 V_{ov_9}}$

10) Verifica del rispetto di specifica A_v^{dB}

$A_v = -g_{m1} \cdot R_{out_I} \ (-g_{m6})\ R_{out_{II}} =$

$= \sqrt{2\beta_n' S_1 I_1}\ \frac{1}{g_{d2} + g_{d4}}\ \sqrt{2\beta_p' S_6 I_6} \cdot \frac{1}{g_{d6} + g_{d7}} =$

$= \frac{\sqrt{2\beta_n' S_1 I_1}}{(\lambda_n + \lambda_p) I_1}\ \frac{\sqrt{2\beta_p' S_6 I_6}}{(\lambda_n + \lambda_p) I_6} = 300630.8759$

$A_v^{dB} = 20 \log_{10}(A_v) = 109.5606716 > 80\,dB$

Rete di Biasing

venerdì 4 agosto 2023 10:30

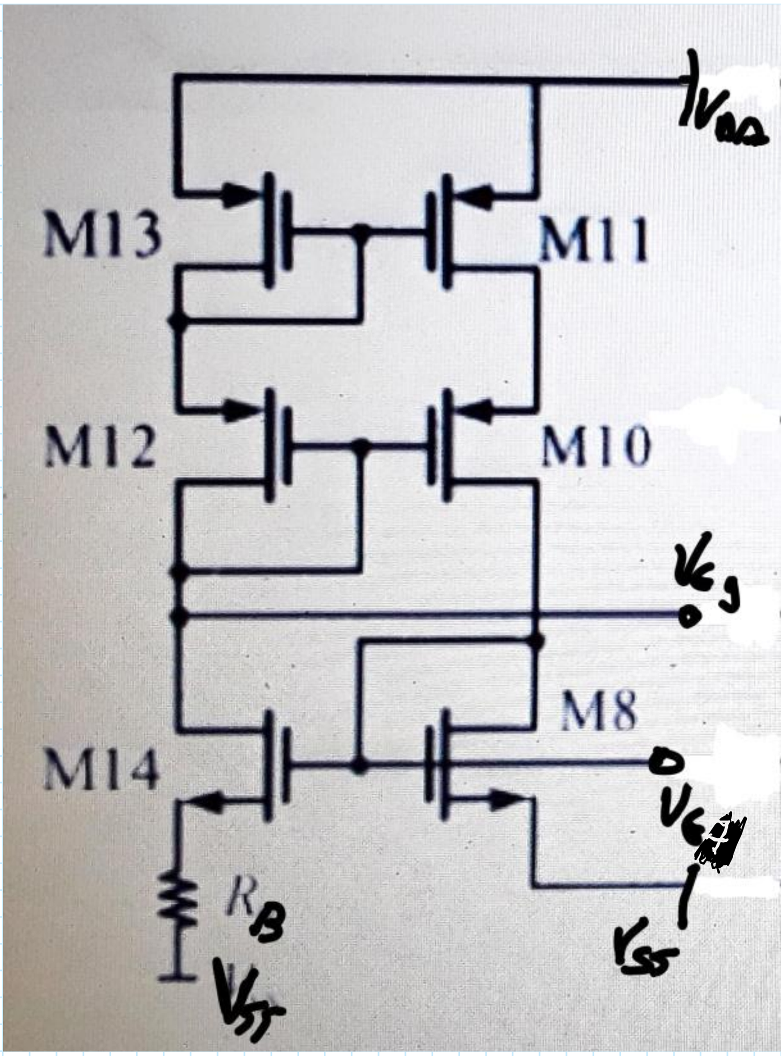
A questo punto dati tutti i parametri possiamo calcolare i valori di tensione che la rete di biasing ci deve fornire

1) $V_{G_5} = V_{G_7} = V_{G_8} = V_{OV} + V_{SS} + V_{T_n} = -1.459154943$

$V_{OV_5} = V_{OV_7} = V_{OV_8}$

2) $V_{G_9} = V_{DD} - V_{OV_9} - V_{OV_6} - 2|V_{Tp}| = 0.28$

Avendo ora $V_{G_{7,5,8,14}}$ e V_{G_9} possiamo ora andare a dimensionare la rete di biasing.



Ricordando le considerazioni fatte al punto 11) della rete semplice:

$$V_{SG_{13}} = V_{SG_6} \quad \wedge \quad V_{SG_{12}} = V_{SG_9}$$

$$V_{ov_{13}} = V_{ov_6} = 0.209$$

$$V_{ov_{12}} = V_{ov_9} = 0.209$$

$$\frac{S_{12}}{I_{12}} = \frac{S_{13}}{I_{13}} = \frac{S_6}{I_6} \longrightarrow S_{13} = \frac{S_6}{I_6} \cdot I_{13} \quad !$$

Siccome abbiamo uno specchio di corrente la corrente che scorre sulla rete di Biasing è identica per tutti i transistor.
Pertanto, si cerca di avere una $I_{13/12/11/10/8/14}$ la più bassa possibile perchè anch'essa determina dissipazione di potenza, purchè però rispettando le V_{ov} imposte e cercando di avere dimensionamenti

le V_{ov} imposte e cercando di avere dimensionamenti non troppo bassi.

$$\times \quad I_{13} = \frac{I_6}{4} = 8\,54034581 \ \mu A$$

$$S_{13} = \frac{S_6}{4} = 9\,422470425 = S_{12}$$

$I_{12} = I_{13}$ ed essendo uno specchio di corrente $I_{12} = {}_{13} = {}_{10} = {}_{11} = {}_{14}$
ed essendo V_{GG} entrante in un gate $I_{12} = I_8$

$$S_8 = \frac{2\ I_8}{\beta'_{\mu} \ V_{ov_8}^2} = 0\,8574025351$$

Ora rimane solo M_{14}, imponendo

per $S_{14} = 4\ S_8 = 3.42961014$ si ottiene

una

$$V_{ov,14} = \sqrt{\frac{2\ I_{8}}{\beta'_{\mu} \cdot S_{14}}} = 0\,165422\,5285$$

e una resistenza R_β dettata da

$$R_\beta = \frac{V_{ov_8} - V_{ov,14}}{I_{14}} = 19\,369{,}53515 \simeq 19\,369 \ K\Omega$$

C_c incognita variabile

1) $$L_6 = \sqrt{\frac{3}{2}\cdot\frac{\mu_p V_{ov6}}{\omega_{0dB}\, tg(PM)}}\sqrt{\frac{C_c}{C_c+C_L}}$$

$$\boxed{L_6 = 8.485893405\cdot10^{-6}\sqrt{\frac{C_c}{C_c+C_L}}}$$ C_L 5pF

2) $$S_6 = \frac{2\, I_7}{\beta_p'\, V_{ov6}^2} = \frac{2\, SR\,(C_c+C_L)}{\beta_p'\, V_{ov6}^2}$$

$$\boxed{S_6 = 5516445489\ 10^{12}\cdot(C_c+C_L)}$$

↳ $$\boxed{W_6 = S_6\, L_6}$$

3) $$I_{1,2,3,4} = \frac{I_5}{2} = \frac{SR\cdot C_c}{2} = \frac{5\,10^6\, C_c}{2}$$

$$S_1 = S_2 = \frac{5\,10^6\, C_c}{182\,10^{-6}\,(V_{ov1})^2}$$

$$\boxed{S_1 = S_2 = 1.084571912\ 10^{12}\ C_c}$$

4) $$\boxed{S_5 = 5.019717902\ 10^{11}\ C_c}$$

5) $$\boxed{S_7 = 5.019717902\cdot10^{11}(C_L+C_c)}$$

6) $$\boxed{S_3 = S_4 = 2.758222745\cdot10^{12}\ C_c}$$

7) $$R_c = \frac{1}{g_{m6}}\left(1+\frac{C_L}{C_c}\right) \simeq \frac{1}{\sqrt{\beta_p'\, 2\, S_6\, I_7}}\left(1+\frac{C_L}{C_c}\right) =$$

5.516445489 10^{12}

$$= \frac{1}{\sqrt{2\beta_p'\, x_6\, \cancel{(C_c+C_L)}^2\cdot SR}}\left(\frac{\cancel{C_c+C_L}}{C_c}\right) \simeq$$

$$\boxed{R_c = \frac{1}{C_c}\ 2.09\ 10^{-8}}$$

8) $S_9 = \dfrac{C_c}{C_e + C_c} S_6 \longrightarrow V_{ov_{12}} = V_{ov_9} = V_{ov_6} = .209$

$$\boxed{S_9 = 5\,516445489 \cdot 10^{12}\, C_c}$$

9) $I_{13} = \dfrac{I_6}{4} = \dfrac{SR\,(C_c + C_e)}{4}$

$$\boxed{S_{13} = \frac{5\,516445489\ 10^{12}}{4} (C_c + C_e)}$$

$\parallel$

S_{12}

10) $S_8 = \dfrac{2\,\dfrac{SR\,(C_c + C_e)}{4}}{\beta'_n\ V^2_{ov\cancel{8}5}} \longrightarrow \boxed{S_8 = 1.254929476\ 10^{11} (C_c + C_e)}$

$$\boxed{S_{14} = 5\,019717902\ 10^{11} (C_c + C_e)}$$

$$\boxed{R_\beta = \frac{V_{ov8} - V_{ov14}}{\frac{SR}{4} (C_c + C_e)} = \frac{1\,323380227 \cdot 10^{-7}}{(C_c + C_e)}}$$