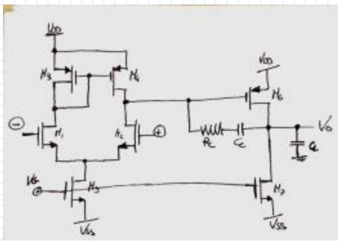
Rete Semplice

mercoledì 2 agosto 2023 15:19



Specifica

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

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

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

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

$21 \leqslant V^{S,\,Max}_{in,CM} = V_{DD} - V_{SG_3} - V_{ov_1} + V_{GS_1} =$

$= V_{DD} - V_{ov_3} - |V_{Tp}| + V_{Tn}^*$

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

$C_c = 1\;832276648 \; 10^{-12} \simeq 1\;832 \; pF$

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

$-22 \geqslant {}^{S}V_0^{Min} = V_{ov_7} + V_{SS} \longrightarrow \boxed{V_{ov_7} \leq V_0^{Min} - V_{SS} = 0{,}300}$

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

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

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

$22 \leqslant V_0^{S,\,Max} = V_{DD} - V_{ov_6}$

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

$tg(\overset{S}{PM})$ 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

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

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

Quindi il nuovo valore di V_{ov_6} rispetta la specifica su V_0^{MAX}!

$L_6^{*} = 4\;394509212 \; 10^{-6}$

$S_6^{*} = 37\;6898817 \longrightarrow W_6^{*} = 1{,}656285323 \; 10^{-4}$

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

$S_6 = 18\;29257469 \simeq 18\;293$

$\hookrightarrow W_6 = 96.31023103 \cdot 10^{-6} \simeq 96\;31 \; \mu m$

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

$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5/2 = 4\;58069162 \cdot 10^{-6} \simeq 4.581 \; \mu A$

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 $$\boxed{V_{ov_1} = \frac{SR}{\omega_{0dB}} = 0\;1591549431 \simeq 0\;159}$$

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

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

$$\boxed{V_{ov_5} \leq V^{Min}_{in,CM} - V_{SS} - V_{ov_1} - \cancel{V_{Tn}(V_{SB_1})}^{\,V_{Tn}} = 0.3308450569 \simeq 0{,}331}$$

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

$PM = 59\;9999993$

$$\boxed{\varepsilon'_{rel} = 0{,}000001\%}$$

8) $\frac{S_7}{S_5} = \frac{I_7}{I_5} \longrightarrow S_7 = \frac{I_7}{I_5}\,S_5 = \underbrace{\frac{C_c + C_L}{C_c}}_{SR^- = SR^+} \cdot S_5 = 3\;4296\,1014 \simeq 3.429$

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

$2S_7$

Eliminazione di zero e P_2:

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

Valore ANALITICO di R_C $\cong 16.373\ K\Omega$

QUINDI RIASSUMENDO I DIMENSIONAMENTI TROVATI

Essendo transistor in saturazione possiamo verificare la veridicità dei calcoli

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

	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
$V_{SD_3} = V_{SD_4}$ ma $V_{SD3} = V_{SG3} = V_{SG4}$ e $V_{SD4} = V_{SG6}$
$\downarrow$
$V_{SG3} = V_{SG4} = V_{SG6}$

× M_7 è impossibile risolvere il problema perché I_{D_7} è dettata da SR e C_L, mentre S_7 è dettato da S_5 per poter avere $SR^+ = SR^-$,
pertanto la vera $V_{ov_7}^{\star} = 0,330845069 \cong 0,331$ $(\equiv V_{ov_5})$
quindi non risulterà rispettata la specifica di $V_o^{\min}$!

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

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

11) $$S_9 = \frac{C_C}{C_L + C_C} S_6 = 4.905693836 \cong 4.906$$

$\hookrightarrow R_C = R_{C_{M9}}^{LIN}$

$V_{SG_{13}} = V_{SG_6}$ $V_{SG_{12}} = V_{SG_9}$
$V_{ov_{13}} = V_{ov_6}$ $V_{ov_{12}} = V_{ov_9}$
$\frac{S_{13}}{I_{13}} = \frac{S_6}{I_6}$

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

$\Uparrow$

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

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

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

$$= \sqrt{2\beta_n' S_1 I_1} \, \frac{1}{g_{d_2} + g_{d_4}} \sqrt{2\beta_p' S_6 I_6} \cdot \frac{1}{g_{d_6} + g_{d_7}} =$$

$$= \frac{\sqrt{2\beta_n' S_1 I_1}}{(\lambda_n + \lambda_p) I_1} \, \frac{\sqrt{2\beta_p' S_6 I_6}}{(\lambda_n + \lambda_p) I_6} = 300630.8788$$

$\downarrow$

$$A_v^{dB} = 20 \log_{10}(A_v) = 109.5606717 > 80\,dB$$

Rete di Biasing

venerdì 4 agosto 2023 10:30

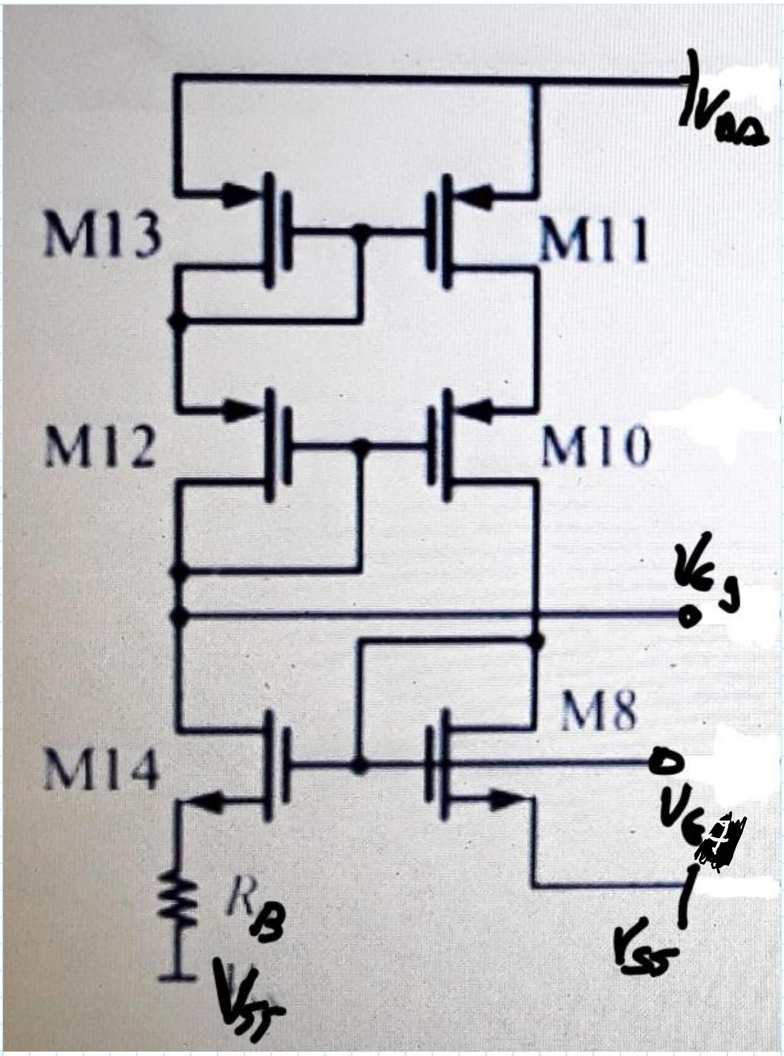
A questo punto dati tutti i parametri possiamo calcolare i valori di tensione che la rete di biasing ci deve fornire

1) $V_{G_5} = V_{G_7} = V_{G_8} = V_{OV} + V_{SS} + V_{Tn} = -1\ 459154943$

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

2) $V_{G_9} = V_{DD} - V_{OV_9} - V_{OV_6} - 2|V_{Tp}| = 0\ 189$

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:

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

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

$$V_{ov_{12}} = V_{ov_9} = 0.2999999999$$

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

Siccome abbiamo uno specchio di corrente la corrente che scorre nella 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 perché anch'essa determina dissipazione di potenza, purché però rispettando le V_{ov} imposte e cercando di avere dimensionamenti

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

$$\times \quad I_{13} = \frac{I_6}{4} = 8.54034581\ \mu A$$

$$S_{13} = \frac{S_6}{4} = 9.422470425$$

$I_{12} = I_{13}$ ed essendo uno specchio di corrente $I_{12} = 13 = 10 = 11 = 14$
ed essendo V_{6g} entrante in un gate $I_{12} = I_8$

Essendo M_9 non lineare, per S_2 non vale $\cancel{\frac{S_{12}}{I_{12}} = \frac{S_9}{I_9}}$ pertanto

$$S_{12} = \frac{2 I_{12}}{\beta_p' \, V_{ov_{9}}^2} = 4.573143676$$

$$S_8 = \frac{2 I_8}{\beta_N' \, V_{ov_8}^2} = 0.8574025351$$

Ora rimane solo M_{14}, imponendo

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

una

$$V_{ov_{14}} = \sqrt{\frac{2 I_8}{\beta_N' \cdot S_{14}}} = 0.1654225285$$

e una resistenza R_β dettata da

$$R_\beta = \frac{V_{ov_8} - V_{ov_{14}}}{I_{14}} = 19369.53515 \simeq 19.369\ K\Omega$$