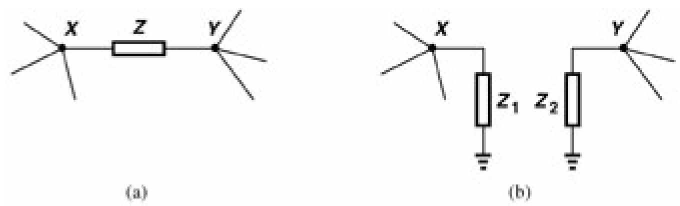
ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ

Το φαινόμενο Miller

<u>Το θεώρημα του Miller</u> Αν το κύκλωμα του (a) μπορεί να μετασχηματιστεί σε αυτό του (b), τότε $Z_1=Z/(1-A_v)$ και $Z_2=Z/(1-A_v^{-1})$, όπου $A_v=V_Y/V_X$.

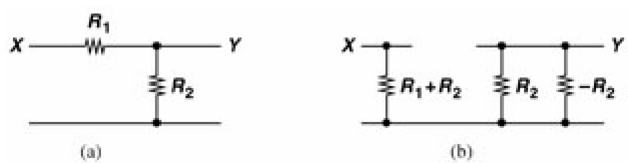


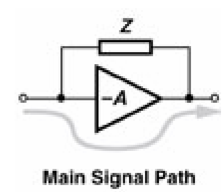
$$\frac{V_X-V_Y}{Z}=\frac{V_X}{Z_1}$$

$$Z_1=\frac{Z}{1-\frac{V_Y}{V_X}}$$

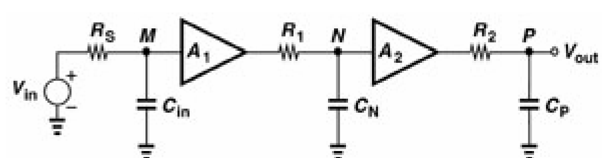
$$Z_2=\frac{Z}{1-\frac{V_X}{V_Y}}$$

Πότε μπορεί να εφαρμοστεί το θεώρημα Miller;

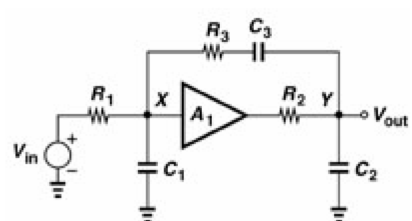




Σύνδεση των πόλων με τους κόμβους

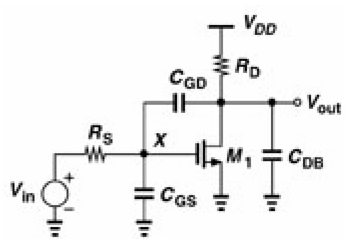


$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(s)=\frac{A_1}{1+R_SC_{in}s}\cdot\frac{A_2}{1+R_1C_Ns}\cdot\frac{1}{1+R_2C_Ps}$$



Πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και τα μηδενικά ή ρίζες, που χάνονται με την εφαρμογή του θεωρήματος Miller.

Βαθμίδα κοινής-πηγής



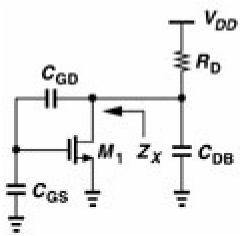
Για λ=0

$C_{GS}+(1-A_v)C_{GD}$, όπου $A_v=-g_mR_D$

$$\omega_{in} = \frac{1}{R_S\left[C_{GS}+\left(1+g_mR_D\right)C_{GD}\right]}$$

$C_{DB}+(1-A_v^{-1})C_{GD} \approx C_{DB}+C_{GD}$

$$\omega_{out} = \frac{1}{R_D\left(C_{DB}+C_{GD}\right)}$$



Για R_S>>

$$Z_X = \frac{1}{C_{eq}s} \Bigg\| \left(\frac{C_{GD}+C_{GS}}{C_{GD}}\cdot\frac{1}{g_{m1}}\right)$$

$C_{eq}=C_{GD}C_{GS}/(C_{GD}+C_{GS})$

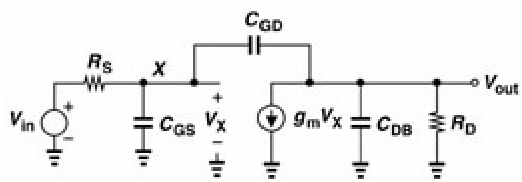
$$\omega_{out} = \frac{1}{\left[R_D \Bigg\| \left(\frac{C_{GD}+C_{GS}}{C_{GD}}\cdot\frac{1}{g_{m1}}\right)\right]\left(C_{eq}+C_{DB}\right)}$$

Υποθέτουμε ότι η συνάρτηση μεταφοράς είναι:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(s) = \frac{-g_mR_D}{\left(1+\frac{s}{\omega_{in}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{out}}\right)}$$

Όπου όμως δεν έχουν υπολογιστεί οι ρίζες.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια.



$$\frac{V_X - V_{in}}{R_S} + V_X C_{GS} s + (V_X - V_{out}) C_{GD} s = 0$$

$$(V_{out} - V_X) C_{GD} s + g_m V_X + V_{out}\left(\frac{1}{R_D} + C_{DB} s\right) = 0 \Rightarrow V_X = -\frac{V_{out}\left(C_{GD} s + \frac{1}{R_D} + C_{DB} s\right)}{g_m - C_{GD} s}$$

$$-V_{out}\frac{\left[R_S^{-1} + (C_{GS} + C_{GD})s\right]\left[R_D^{-1} + (C_{GD} + C_{DB})s\right]}{g_m - C_{GD} s} - V_{out} C_{GD} s = \frac{V_{in}}{R_S}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(s) = \frac{(C_{GD} s - g_m) R_D}{R_S R_D \xi s^2 + \left[R_S(1 + g_m R_D) C_{GD} + R_S C_{GS} + R_D (C_{GD} + C_{DB})\right] s + 1}$$

Όπου $\xi = C_{GS}C_{GD} + C_{GS}C_{DB} + C_{GD}C_{DB}$

$$D = \left(\frac{s}{\omega_{p1}} + 1\right)\left(\frac{s}{\omega_{p2}} + 1\right) = \frac{s^2}{\omega_{p1}\omega_{p2}} + \left(\frac{1}{\omega_{p1}} + \frac{1}{\omega_{p2}}\right)s + 1$$

Αν $\omega_{p1} << \omega_{p2}$ =>

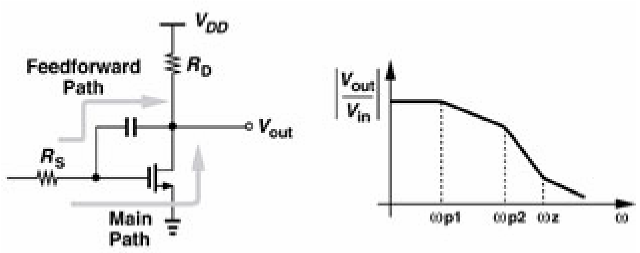
$$\omega_{p1} = \frac{1}{R_S(1 + g_m R_D) C_{GD} + R_S C_{GS} + R_D (C_{GD} + C_{DB})} \rightarrow \omega_{in}$$

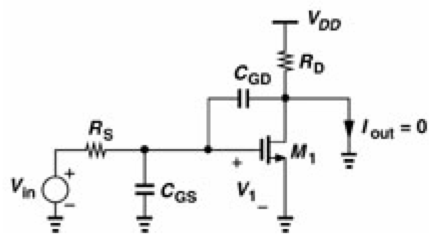
$$\omega_{p2} = \frac{1}{\omega_{p1}} \cdot \frac{1}{R_S R_D (C_{GS}C_{GD} + C_{GS}C_{DB} + C_{GD}C_{DB})} = \frac{R_S(1 + g_m R_D) C_{GD} + R_S C_{GS} + R_D (C_{GD} + C_{DB})}{R_S R_D (C_{GS}C_{GD} + C_{GS}C_{DB} + C_{GD}C_{DB})}$$

Αν $C_{GS} >> (1+g_mR_D)C_{GD} + R_D(C_{GD}+C_{DB})/R_s$ =>

$$\omega_{p2} \approx \frac{R_S C_{GS}}{R_S R_D (C_{GS}C_{GD} + C_{GS}C_{DB})} = \frac{1}{R_D (C_{GD} + C_{DB})}$$

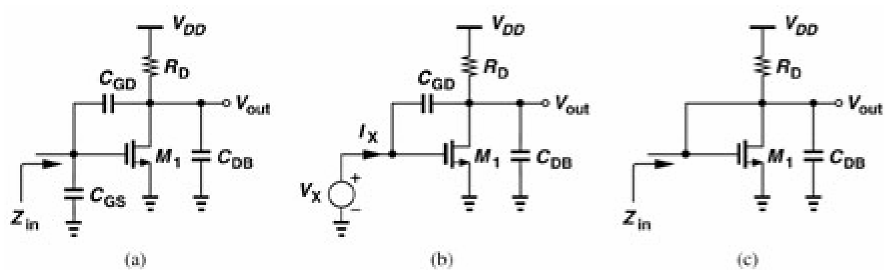
Υπάρχει ρίζα για $\boldsymbol{\omega_z = g_m / C_{GD}}$





$$V_1 C_{GD} s_Z = g_m V_1$$

Αντίσταση εισόδου



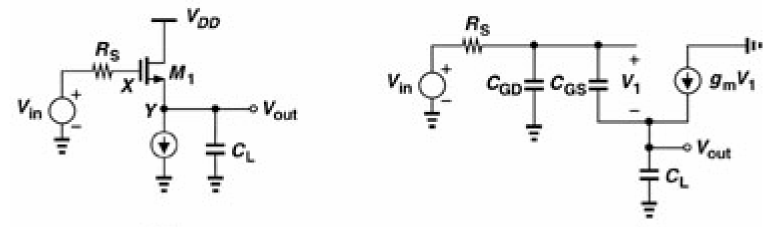
$$Z_{in} = \frac{1}{\left[C_{GS} + \left(1 + g_m R_D\right) C_{GD}\right] s}$$ Α΄προσέγγιση

Ακριβέστερα $$\left(I_X - g_m V_X\right) \frac{R_D}{1 + R_D C_{DB} s} + \frac{I_X}{C_{GD} s} = V_X \Rightarrow \qquad \frac{V_X}{I_X} = \frac{1 + R_D\left(C_{GD} + C_{DB}\right)s}{C_{GD} s\left(1 + g_m R_D + R_D C_{DB} s\right)} \qquad Z_{in} = \frac{1}{C_{GS} s} \parallel \frac{V_X}{I_X}$$

Αν $|R_D(C_{GD}+C_{DB})s| << 1$ και $|R_D C_{DB} s| << 1 + g_m R_D$ => $[(1+g_m R_D) C_{GD} s]^{-1}$ => κυρίως χωρητική αντίσταση εισόδου

Για ω>> και C_{GD}>>, από το (c) => $Z_{in} = R_D // (1/g_m)$

Ακολουθητής πηγής



(a) (b)

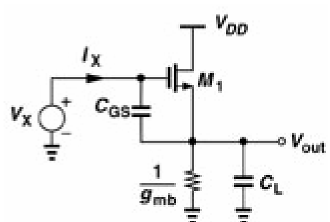
Κόμβος εξόδου $V_1 C_{GS} s + g_m V_1 = V_{out} C_L s \Rightarrow V_1 = \frac{C_L s}{g_m + C_{GS} s} V_{out}$ Τάσεις εισόδου $V_{in} = R_S \left[V_1 C_{GS} s + \left(V_1 + V_{out} \right) C_{GD} s \right] + V_1 + V_{out}$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(s) = \frac{g_m + C_{GS} s}{R_S \left(C_{GS} C_L + C_{GS} C_{GD} + C_{GD} C_L \right) s^2 + \left(g_m R_S C_{GD} + C_L + C_{GS} \right) s + g_m}$$

$$\omega_{p1} \approx \frac{g_m}{g_m R_S C_{GD} + C_L + C_{GS}} = \frac{1}{R_S C_{GD} + \frac{C_L + C_{GS}}{g_m}}$$

Αν $R_s=0$, τότε $\omega_{p1}=g_m/(C_L+C_{GS})$

Αντίσταση εισόδου του ακολουθητή πηγής



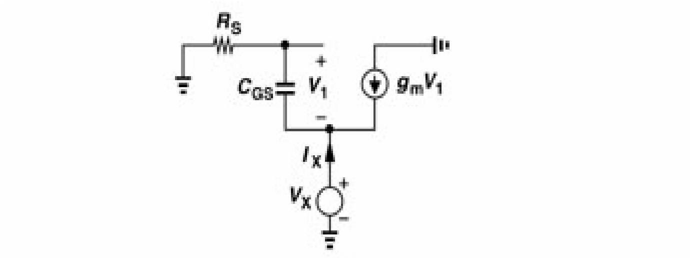
$$V_X = \frac{I_X}{C_{GS} s} + \left(I_X + \frac{g_m I_X}{C_{GS} s} \right) \left(\frac{1}{g_{mb}} \middle\| \frac{1}{C_L s} \right)$$

$$Z_{in} = \frac{1}{C_{GS} s} + \left(1 + \frac{g_m}{C_{GS} s} \right) \frac{1}{g_{mb} + C_L s}$$

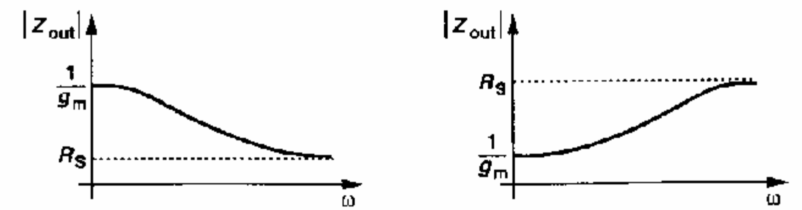
Σε χαμηλές συχνότητες, $g_{mb} >> |C_L s|$ => $$Z_{in} \approx \frac{1}{C_{GS} s} \left(1 + \frac{g_m}{g_{mb}} \right) + \frac{1}{g_{mb}}$$

Σε υψηλές συχνότητες, $g_{mb} << |C_L s|$ => $$Z_{in} \approx \frac{1}{C_{GS} s} + \frac{1}{C_L s} + \frac{g_m}{C_{GS} C_L s^2}$$ Αντίσταση με αρνητικό ωμικό μέρος

Αντίσταση εξόδου του ακολουθητή πηγής



(a)



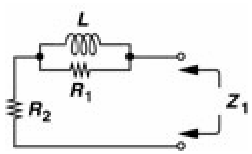
(b) (c)

Παραλείποντας την C_{GD}, έχουμε:

$$Z_{out} = \frac{V_X}{I_X} = \frac{R_S C_{GS} s + 1}{g_m + C_{GS} s}$$

Σε χαμηλές συχνότητες, $Z_{out} \approx 1/g_m$

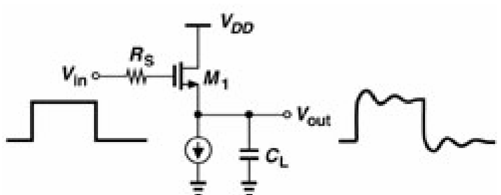
Σε πολύ υψηλές συχνότητες, $Z_{out} \approx R_s$



$Z_1 = Z_{out}$, αν $R_2 = 1/g_m$, $R_1 = R_s - 1/g_m$ και κατάλληλο L

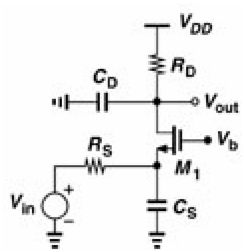
$$Z_{out} - \frac{1}{g_m} = \frac{C_{GS} s \left(R_S - \frac{1}{g_m} \right)}{g_m + C_{GS} s}$$

$$\frac{1}{Z_{out} - \frac{1}{g_m}} = \frac{1}{R_S - \frac{1}{g_m}} + \frac{1}{\frac{C_{GS} s}{g_m} \left(R_S - \frac{1}{g_m} \right)}$$



$$L = \frac{C_{GS}}{g_m} \left(R_S - \frac{1}{g_m} \right)$$

Βαθμίδα κοινής πύλης



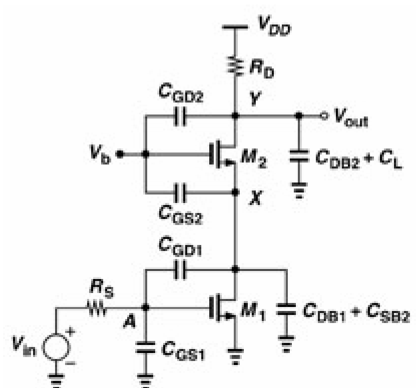
•Για $\lambda=0$ οι κόμβοι εισόδου και εξόδου είναι απομονωμένοι.και δεν υπάρχει φαινόμενο Miller

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(s)=\frac{(g_m+g_{mb})R_D}{1+(g_m+g_{mb})R_S}\frac{1}{\left(1+\frac{C_S s}{g_m+g_{mb}+R_S^{-1}}\right)(1+R_D C_D s)}$$

•Για $\lambda\neq 0$. $Z_{in}\approx\frac{Z_L}{(g_m+g_{mb})r_O}+\frac{1}{g_m+g_{mb}}$ Όπου $Z_L=R_D||[1/(C_D s)]$

•Η αντίσταση εξόδου μειώνεται στις ΥΣ αν R_S>>

Βαθμίδα σε συνδεσμολογία σειράς



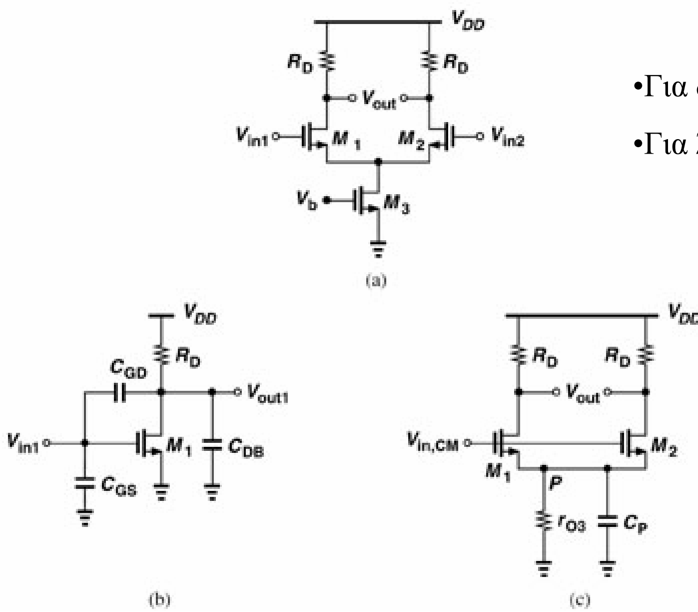
$$\omega_{p,A}=\frac{1}{R_S\left[C_{GS1}+\left(1+\frac{g_{m1}}{g_{m2}+g_{mb2}}\right)C_{GD1}\right]}$$

$$\omega_{p,X}=\frac{g_{m2}+g_{mb2}}{2C_{GD1}+C_{DB1}+C_{SB2}+C_{GS2}}$$

$$\omega_{p,Y}=\frac{1}{R_D(C_{DB2}+C_L+C_{GD2})}$$

Διαλέγουμε $\omega_{PX}>\omega_{PA},\omega_{PY}$

Διαφορικό ζεύγος

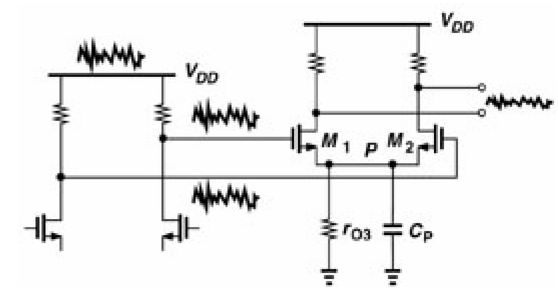


(a) (b) (c)

•Για διαφορική λειτουργία ο αριθμός των πόλων ισούται με εκείνον της κάθε διαδρομής.

•Για λειτουργία κοινού τρόπου επικρατεί ο πόλος από την C_P.

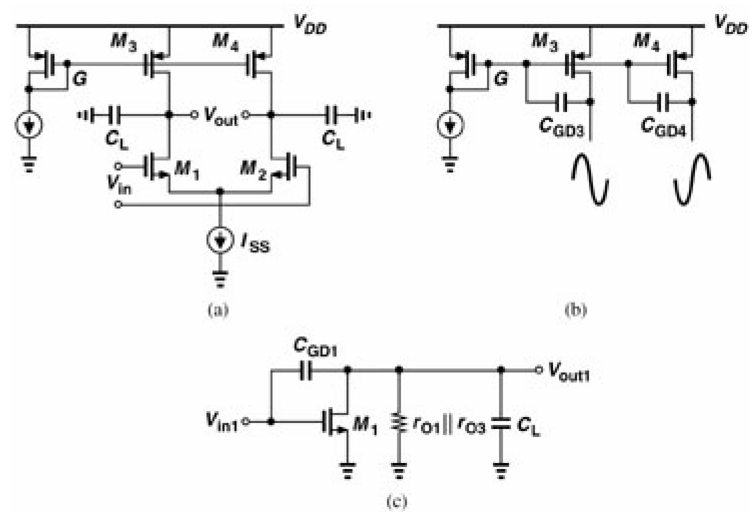
$$A_{v,CM} = -\frac{\Delta g_m \left[R_D \middle\| \left(\frac{1}{C_L s} \right) \right]}{(g_{m1} + g_{m2}) \left[R_{SS} \middle\| \left(\frac{1}{C_P s} \right) \right] + 1}$$



Διαφορικό ζεύγος με φόρτο υψηλής αντίστασης.

Η υψηλή αντίσταση κάνει τον πόλο εξόδου κυρίαρχο.

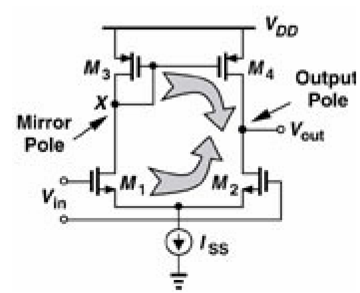
Οι μεταβολές από τα C_{GD3} και C_{GD4} αντισταθμίζονται.

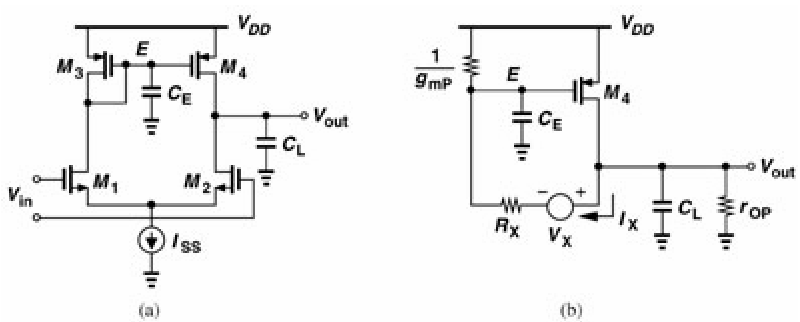


(a) (b) (c)

Διαφορικό ζεύγος με ενεργό φόρτο.

Ο πόλος που συνδέεται με τον κόμβο E ονομάζεται «πόλος καθρέφτη».





$$V_E = \left(V_{out} - V_X\right)\frac{\dfrac{1}{C_E s + g_{mP}}}{\dfrac{1}{C_E s + g_{mP}} + R_X}$$

$$-g_{m4}V_E - I_X = V_{out}\left(C_L s + r_{op}^{-1}\right)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{g_{mN} r_{ON}\left(2g_{mP} + C_E s\right)}{2r_{Op} r_{ON} C_E C_L s^2 + \left[\left(2r_{ON} + r_{Op}\right)C_E + r_{Op}\left(1 + 2g_{mP} r_{ON}\right)C_L\right]s + 2g_{mP}\left(r_{ON} + r_{Op}\right)}$$

$$\omega_{p1} \approx \frac{2g_{mP}\left(r_{ON} + r_{OP}\right)}{\left(2r_{ON} + r_{OP}\right)C_E + r_{OP}\left(1 + 2g_{mP} r_{ON}\right)C_L} \qquad \omega_{p1} \approx \frac{1}{\left(r_{ON} \| r_{OP}\right)C_L} \Rightarrow \qquad \omega_{p2} \approx \frac{g_{mP}}{C_E}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0}{1 + s/\omega_{p1}}\left(\frac{1}{1 + s/\omega_{p2}} + 1\right) = \frac{A_0\left(2 + s/\omega_{p2}\right)}{\left(1 + s/\omega_{p1}\right)\left(1 + s/\omega_{p2}\right)}$$

Το κύκλωμα παρουσιάζει και ένα μηδενικό στο $2\omega_{P2}$.