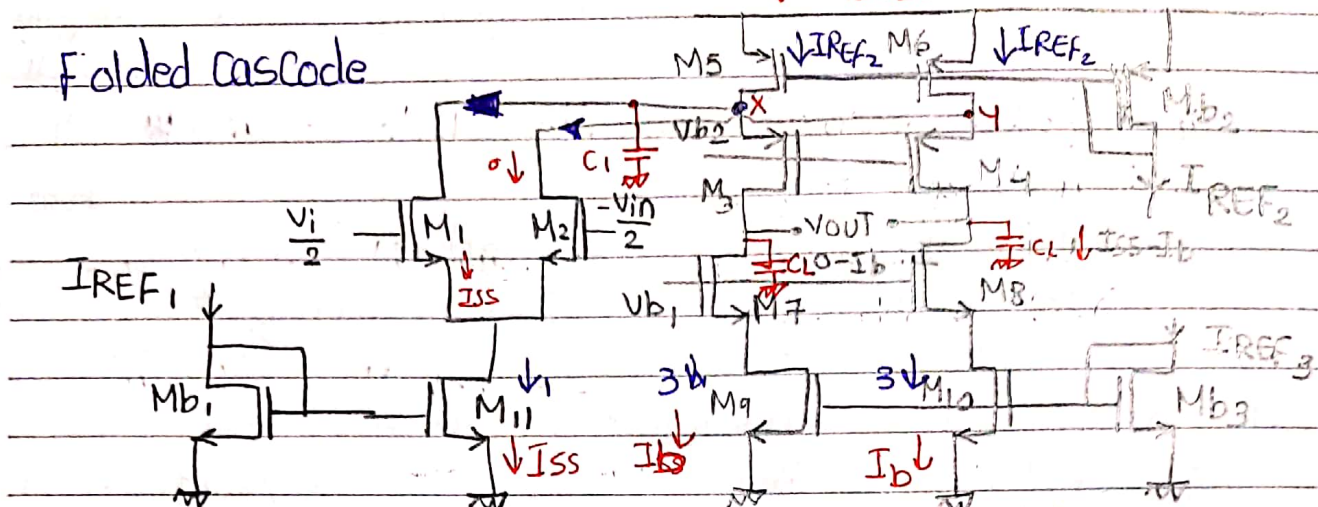


* Problem 3 :



→ مزید آفٹ لاک اپ ال پ / ال پ کے overlap سے
آفٹ ویکر فریوے کی swing و سسٹم کا source
ال current و power consumption آفٹ

→ Type of op amp Folded cascode,

→ Relation between I_{REF1} , I_{REF2} , I_{REF3} ?

$$KCL \text{ at } x: I_{REF_2} * \frac{w_5}{wb_2} = I_{REF_1} * \frac{w_{11}}{2wb_1} + I_{REF_3} * \frac{w_9}{wb_3}$$

هل ال Caps الى موجودة في الطريق من ال i/p \rightarrow Poles?
لا ال o/p ولازم تبقى من ال mode لا ال gnd

$$|w_{p1}| = \frac{1}{1} * 1/9 \text{ gm}_3 // r_{o5} // r_{o1} = \underline{9 \text{ m}_3}$$

هنا يرفع ω الى R يتبع الى ∞ من صغيرة
بالنسبة الى R بس أنا أهملها بروتة ω الى
dominant pole هيكونه فالطريق وهو هياخود تأثير
ال impedance دي فترتة هعملها

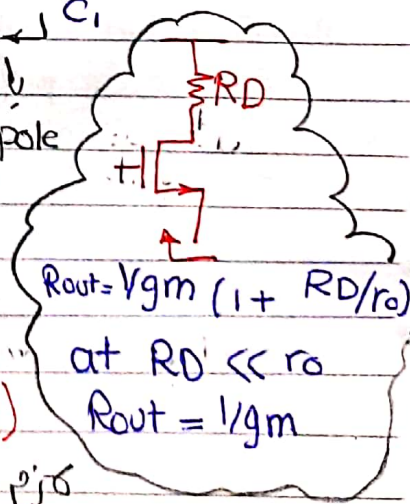
$$|w_{out}| = 1 / (\text{Root } L)$$

$$R_{out} \approx r_{o7} r_{o9} g_{m9} // r_{o5} g_{m3} r_{o3}$$

→ Slew rate? (کل مکسیمی فیلڈ current)

كثرت التيار التي جى من I_{REF_2} فار M_5 و M_6 يكون أكبر من $I_{SS/2}$ لأن $bias$ الدارة التي عالشان التي ماس فيها $I_{SS/2}$

① here $I_0 = I_{SS}/2$; $SR = \frac{I_{SS}}{C_L} - \frac{0}{C_L} = \frac{I_{SS}}{C_L}$



$$SR = \frac{I_{SS}/2 + I_O}{C_L} - \frac{I_O - I_{SS}/2}{C_L} = \frac{I_{SS}}{C_L}$$

$$(3) I_O < I_{SS}/2$$

في الحالة التي يكون فيها $I_O < I_{SS}/2$ ، فإن التيار I_O يتوزع بين M_1 و M_2 فقط. M_3 و M_4 لا يمر بهما تيار. M_5 و M_6 يعملان كحاملين للتيار I_{SS} . M_7 و M_8 يعملان كحاملين للتيار I_O . M_9 و M_{10} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{11} و M_{12} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{13} و M_{14} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{15} و M_{16} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{17} و M_{18} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{19} و M_{20} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{21} و M_{22} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{23} و M_{24} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{25} و M_{26} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{27} و M_{28} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{29} و M_{30} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{31} و M_{32} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{33} و M_{34} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{35} و M_{36} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{37} و M_{38} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{39} و M_{40} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{41} و M_{42} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{43} و M_{44} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{45} و M_{46} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{47} و M_{48} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{49} و M_{50} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{51} و M_{52} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{53} و M_{54} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{55} و M_{56} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{57} و M_{58} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{59} و M_{60} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{61} و M_{62} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{63} و M_{64} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{65} و M_{66} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{67} و M_{68} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{69} و M_{70} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{71} و M_{72} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{73} و M_{74} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{75} و M_{76} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{77} و M_{78} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{79} و M_{80} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{81} و M_{82} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{83} و M_{84} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{85} و M_{86} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{87} و M_{88} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{89} و M_{90} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{91} و M_{92} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{93} و M_{94} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{95} و M_{96} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$. M_{97} و M_{98} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 - I_O$. M_{99} و M_{100} يعملان كحاملين للتيار $I_{SS}/2 + I_O$.

$$SR = \frac{2I_O}{C_L} - \frac{0}{C_L} = \frac{2I_O}{C_L} < \frac{I_{SS}}{C_L}$$

التيار I_O هو $I_{SS}/2$ optimum

→ output swing as a function of V_{b1} & V_{b2} ?

مضروب في 2 لأننا نريد o/p differential

$$V_{out, min} = V_{b1} - V_{th7}$$

$$V_{out, max} = V_{b2} + |V_{th3}|$$

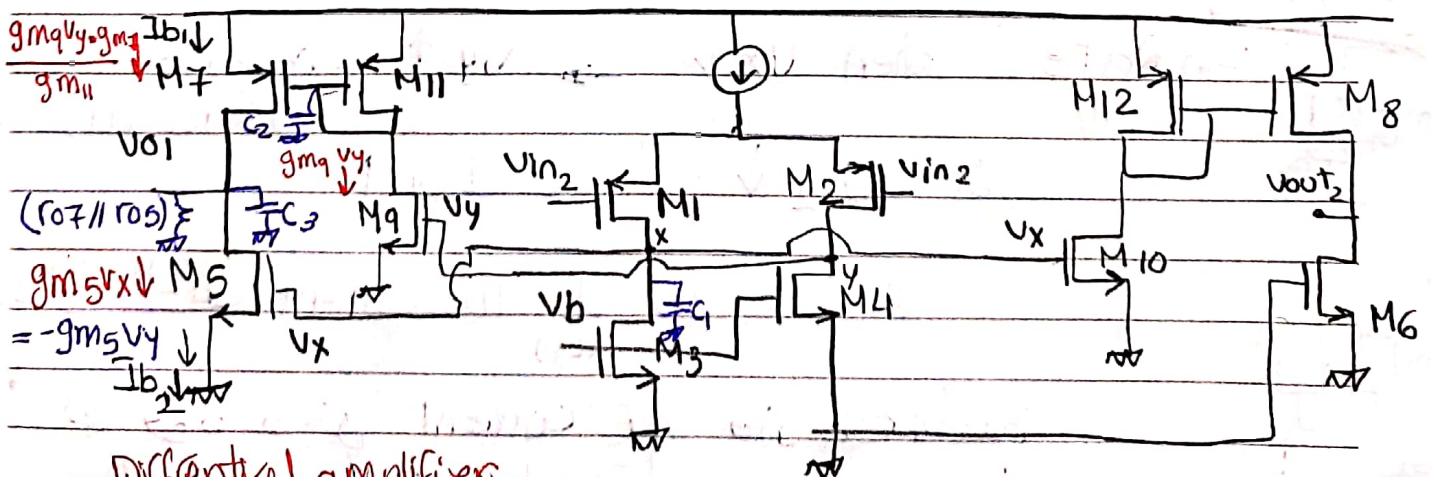
$$o/p \text{ Swing} = 2 * (V_{out, max} - V_{out, min})$$

(6) V_{b1} & V_{b2} For max o/p swing?

$$V_{b1, min} = V_{eff9} + V_{eff7} + V_{th7}$$

$$V_{b2, max} = V_{DD} - V_{eff5} - (V_{eff3} + |V_{th3}|)$$

Problem 5: (2 stage op-amp)



→ Differential amplifiers

→ 2 Stages

Simple?

1st Stage

($V_x = -V_y$ in small signal)

(1) Dc gain: $A_V = A_{V1} * A_{V2}$

$$A_{V1} = g_{m1} (r_{o2} // r_{o4})$$

$$A_{V2} = \frac{(g_{m9} g_{m7} + g_{m5}) (r_{o7} // r_{o5})}{g_{m11}}$$

(2) poles ?

$$|w_{p1}| = 1 / (r_{o1} // r_{o3}) C_1$$

← على كل نود بعدى عليها
مال p/a لا op هلاقي

$$|w_{p2}| = 1 / (1/g_{m11}) C_2$$

عليها pole ومثل
كسوف افرصه الا لوقالي

$$|w_{p3}| = 1 / (r_{o7} // r_{o5}) C_2$$

(3) Zeros ? due to multipath from i/p to o/p

في 2 paths بين i/c و zero وتريف ال zero هي

ال freq. التي عندها v_{out} بتساوي صفر (اول Transfer Func.)

يعني ال Root من هيمشي فيها Current يعني ال I التي هاتو

في M5 هي التي هاتو M7 و ال Cap التي هاتو هاتو

Zero هي C_2 (لا) ال C_1 اصل على ال i/p و ال C_3 ال i/p

لا o/p فمشت هاتو فحسبتي و هيمشي بعد هاتو و C_3

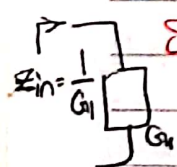
فتمت متصلة عار v_{out} الى هو gnd (لوقت فمشت صاير)

$$g_{m11} + sC_2 \left\{ \frac{g_{m9} \sqrt{g_{m7}}}{g_{m11} + sC_2} \right\} = -g_{m5} \sqrt{g_{m7}}$$

$$g_{m11} + sC_2 \quad S_{Zero} = - (g_{m11} + g_{m9} g_{m7} / g_{m5}) / C_2$$

لا ن فلا ول

كنت واحد



Slew Rate

when $U_X \downarrow$

\rightarrow

$U_Y \uparrow$

(bec. it is differential)

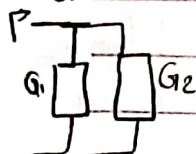
\therefore

$I_{b2} \downarrow$

\rightarrow

$I_{b1} \uparrow$

now:



$$Z_{in} = \frac{1}{G_1 + G_2}$$

at the CL the current $\propto \frac{I_{b1} - I_{b2}}{C_3}$

← فكة يدخل current أكبر فال CL فكة

انا يعني ال slewrate بتاعى وده صيرة ال

current 2 stages. وبعدي ال speed مو غير ما تزداد

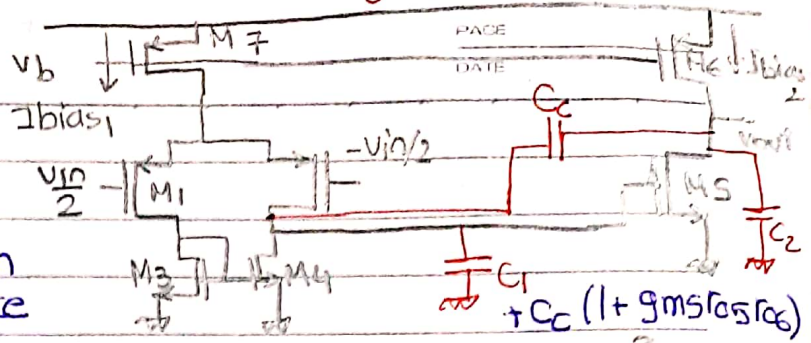
زيادة فال اي

دنياً كان في trade off بين ال swing وال gain فال 1stage
عشان كدة بنجأ لـ 2stages .

* Problem 4 :

2Stage op-amp
Single ended

1st 2nd
5-TOTA common source



* DC gain = $g_{m1} (r_{o1} // r_{o3}) * g_{m5} (r_{o5} // r_{o6}) \sim (g_m r_o)^2$

* Swing = $V_{DD} - (V_{eff5} - V_{eff6})$

ممكنه ان في 2 bias sources فال power cons. قليلة وتاني

* Poles:

حاجة ال stability من كويسة

$$|w_{p1}| = \frac{1}{(r_{o2} // r_{o4}) C_1}$$

* هيا ممكنة ال poles دي انها قريبة

$$|w_{p2}| = \frac{1}{(r_{o5} // r_{o6}) C_2}$$

ممكنه ال stability

تاعة ال دائرة فكل ياني اعمل

dominant pole ال C_1 وتخلي w_{c1} و w_{c2} زيود ال وتخلي بعيد

هههه ال C_1 النسبة ل $(1+gain)*C_c$

After adding C_c :

$$\downarrow |w_{p1}| \sim 1 / C_c A_{v2} * (r_{o2} // r_{o4})$$

$\uparrow |w_{p2}| \sim 1 / (C_2 / g_{m5})$ عا عند ال high ال C_c هتبقى
short cut. فكل ال M_5 diode conn. خستوق $1/g_{m5}$

$w_z \sim g_{m5} / C_c$ مشكلة ان اضافة ال C_c هتعمل multipath و هيجيب
Zero فال ال Zero (stable) LHP > Zero (non stable) RHP

فحشاه نحن المشكلة هتجرب series RZ مع ال C_c عشان تخلي
تأثير ال zero بعيد جداً جداً فممكنه مشكلة وحالة ان

after adding RZ:

$$w_z \sim 1 / C_c (1/g_{m5} - R_z) \quad \rightarrow R_z = 1/g_{m5} \rightarrow w_z = \infty$$

(dominant pole) مع ال $R_z > 1/g_{m5} \rightarrow$ هتسبب (pole) جديد بيجي مع ال (dominant pole)

$$\text{Pole due to } C_c \propto 1/R_z$$