תכנון VLSI - עבודה 1

מגישים:

בנימין אומנסקי 322688946
גיל פרידמן 211862149

קבוצה מספר 9

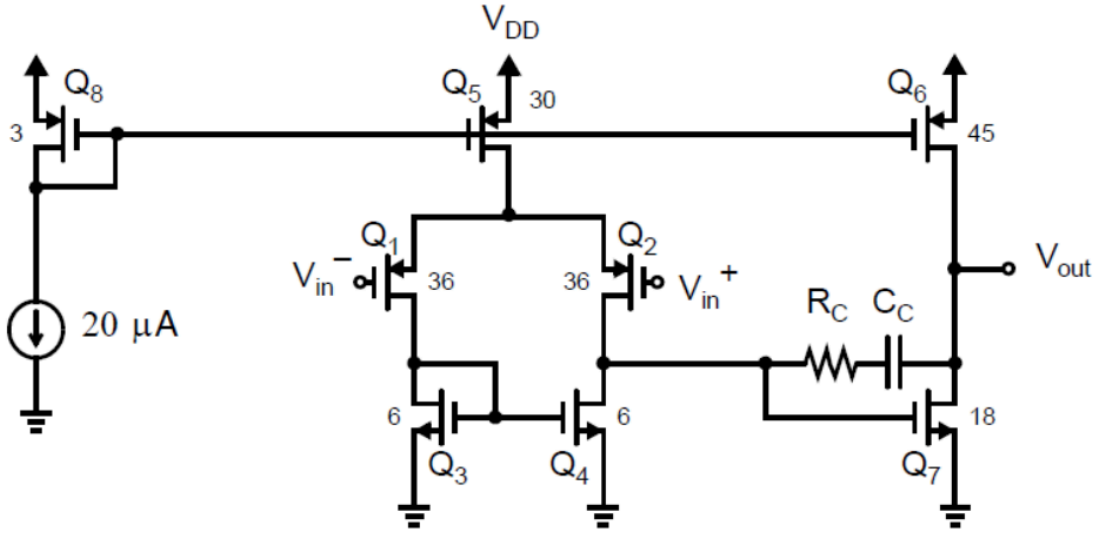
תאריך הגשה - 23/11/25

חלק ראשון

שאלה 1

מצא את ההגבר (DC) של המגבר הדו-שלבי באיור בעל הפרמטרים הבאים :

$V_{DD}=1.8V$ $\mu_n C_{ox}=270\ \mu A/V^2$ $\mu_p C_{ox}=70\ \mu A/V^2$ $\lambda L=0.08\ \mu m/V$ $L=0.3\mu m$



מגבר דו-שלבי

נחשב את הזרם העובר דרך Q5 ו Q6, ונשים לב שהם מחוברים כראי זרם עם Q8 הנוסחה בהתאם ל sizing הינה:

$$\frac{I_{DS5}}{I_{DS7}} = \frac{W/L_7}{W/L_5}\frac{I_{DS6}}{I_{DS7}} = \frac{W/L_7}{W/L_6}$$

נציב ונקבל שהזרמים דרכם הם:

$$I_{DS5} = 200\mu A,\ I_{DS6} = 300\mu A$$

נחשב את ההגבר A1 הראשוני :

הרי שהגבר של מגבר דיפרנציאלי הינו: $A_1 = -\ g_{m2}(r_{o2}||r_{o4})$

נחשב תחילה את g_{m2}:

$$g_{m2} = \sqrt{2\mu_p C_{ox}\frac{W}{L}I_D} = 0.71\ m\frac{A}{V}$$

חישוב ההתנגדויות לאות קטן:

$$,r_{o2} = \frac{1}{\lambda_p I_D} = 37.5k\Omega$$

$$r_{o4} = \frac{1}{\lambda_n I_D} = 37.5k\Omega$$

ומכאן שההתנגדות הכוללת לאות קטן:

$$r_{out1} = r_{o2}||r_{o4} = 18.75k\Omega$$

ונקבל הגבר ראשוני של:

$$A_1 = -g_{m2}(r_{o2}||r_{o4}) = 0.71 * 18.75 =- 13.3.$$

בדומה, נחשב את ההגבר השני ונקבל:

$$g_{m7} = \sqrt{2\mu_n C_{ox}\frac{W}{L}I_D} = 1.71\, m\frac{A}{V}$$

$$r_{o6} = \frac{1}{\lambda_n I_D} = 12.5k\Omega$$

$$r_{o7} = \frac{1}{\lambda_p I_D} = 12.5k\Omega$$

$$r_{out2} = r_{o6}||r_{o7} = 6.25k\Omega$$

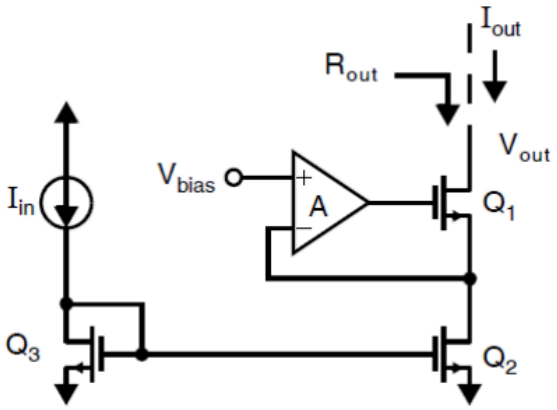
$$A_2 = -g_{m7}(r_{o6}||r_{o7}) = 1.71 * 6.25 =- 10.6$$

כלומר ההגבר הכללי הוא $A_v = A_1 * A_2 =- 13.3 * (-10.6) = 141$

<u>שאלה 2</u>

באיור הבא מוצג מגבר המשולב במעגל מסוג ראי-זרם. תפקידו של המגבר במעגל זה הוא להגדיל את התנגדות המוצא של ראי-הזרם.

חשבו בצורה פרמטרית את התנגדות המוצא של ראי-הזרם (ניתן להניח כי ההגבר קבוע וגודלו A).



נמצא את התנגדות המוצא על ידי $R_{out} = \frac{V_{out}}{I_{out}}$.

נסמן את מתח ההדק השלילי ב- V_x.

באות קטן, מתחי DC הם 0, לכן $V_{g1} = A(V_{bias} - V_x) = A(0 - V_x) =- Av_x$.

נחשב KCL: הזרם דרך Q2 הוא $\frac{V_x}{r_{ov_2}}$

$from\, r_{o1}\, to\, V_{out}$: $\frac{V_x - V_{out}}{r_{o1}}$

דרך $g_{m1} \cdot v_{gs1}$: $-g_{m1}(v_{g1} - v_x) = -g_{m1}(-Av_x - v_x) = (A+1)g_{m1}v_x$

KCL: $\frac{v_x}{r_{o2}} + \frac{v_x - v_{out}}{r_{o1}} + (A+1)g_{m1}v_x = 0$

$V_{out} = r_{o1}V_x(\frac{1}{r_{o1}} + \frac{1}{r_{o2}} + (A+1)g_{m1})$

סך הזרם העובר דרך Q1:

$$i_{out} = i_{Q_1} = -\frac{V_{out} - V_x}{r_{o1}} - g_{m1}(V_{g1} - V_x) = -\frac{V_{out} - V_x}{r_{o1}} + (A+1)g_{m1}V_x$$

נבטא את $\frac{V_{out} - V_x}{r_{o1}}$ בעזרת $V_{out} = r_{o1}V_x(\frac{1}{r_{o1}} + \frac{1}{r_{o2}} + (A+1)g_{m1})$ ונציב. נקבל:

$$i_{out} = -V_x(\frac{1}{r_{o2}} + (A+1)g_{m1}) + (A+1)g_{m1}V_x = -\frac{V_x}{r_{o2}}$$

נציב ונקבל:

$$R_{out} = \frac{V_{out}}{i_{out}} = \frac{r_{o1}V_x(\frac{1}{r_{o1}} + \frac{1}{r_{o2}} + (A+1)g_{m1})}{-\frac{V_x}{r_{o2}}} = r_{o1}r_{o2}(\frac{1}{r_{o1}} + \frac{1}{r_{o2}} + (A+1)g_{m1})$$

$$R_{out} = r_{o1} + r_{o2} + (A+1)g_{m1}r_{o1}r_{o2}$$

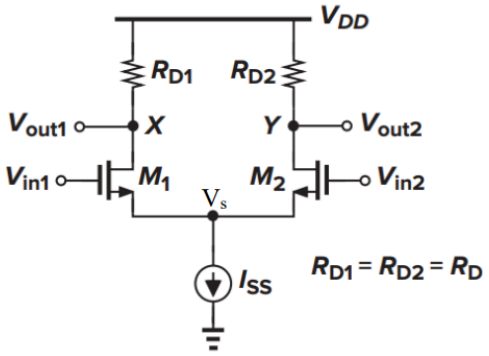
מכיוון ש r_{o1}, r_{o2} זניחים אז נקבל $R_{out} \cong (A+1)g_{m1}r_{o1}r_{o2}$

חלק שני

שאלה 1 (מבוצעת כולה ב-Virtuoso)

I_{ss}=100μA (W/L)$_1$=(W/L)$_2$=(W/L)$_3$=2μm/1μm R_D=10kΩ V_{th}=0.5V VDD=1.8V

נתון המעגל הבא מסוג simple differential pair:



<u>סעיף א)</u> מתצורת המעגל, הזרם דרך הנגדים שווה בגלל שכל הרכיבים זהים. מכאן, ומהעובדה שיש מקור זרם בגודל 100uA השווה לסכום הזרמים דרך הנגדים, נוכל לחשב את הזרם ומפל המתח על הנגדים:

$$I_{R_{D1}} = I_{R_{D2}} = \frac{100\mu A}{2} = 50\mu A$$

$$V_{R_{D1}} = V_{R_{D2}} = R \cdot I = 10K \cdot 50\mu = 0.5V$$

כלומר מתחי Vout1 ו- Vout2 ב DC הם:

$$V_{out1,2} = 1.8 - 0.5 = 1.3$$

מכאן נחשב את הטווחים של $V_{in1,2}$:

$$V_{GT} < V_{DS} \rightarrow V_{in} - V_S - 0.5 < 1.3 - V_S$$

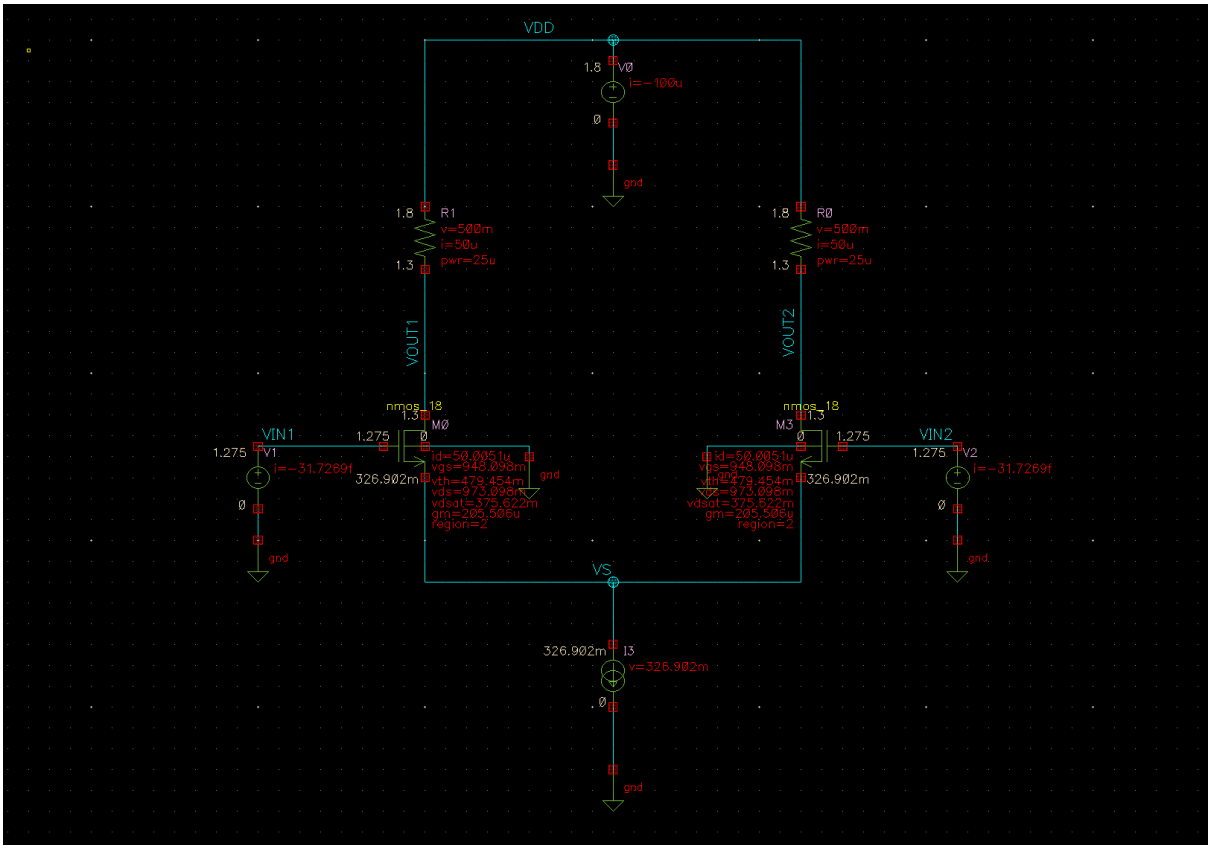
$$V_{in} < 1.8$$

$$V_{GS} > V_T \rightarrow V_{in} - V_S > 0.5 \rightarrow V_{in} > 0.5 + V_S$$

לפי התנאי ש $V_S > 0.25V$:

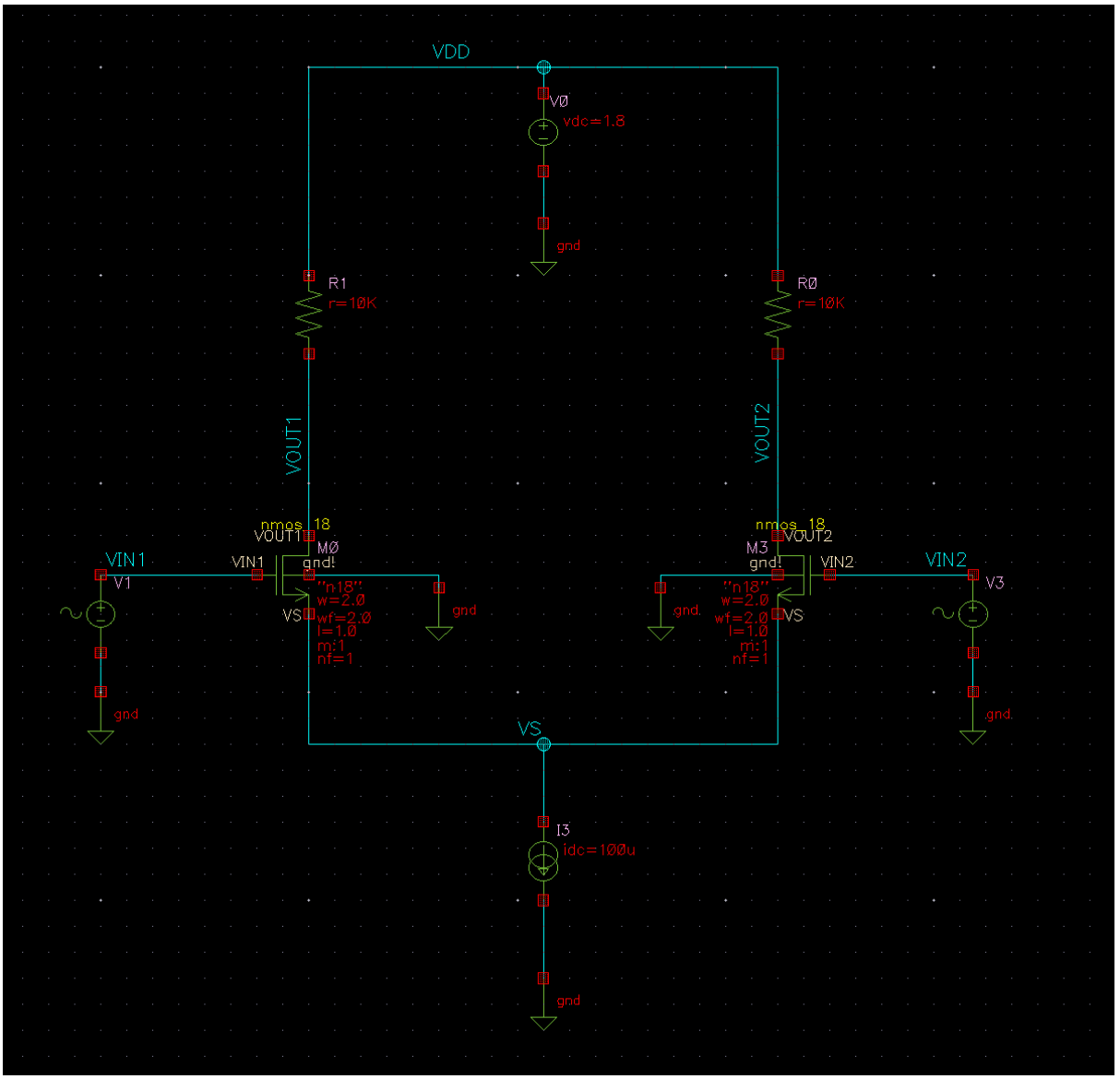
$$V_{in} > 0.75V$$

ניקח את מתח ה DC בנקודת האמצע בין 1.8 ו- 0.75 ונציב $V_{in1,2\,DC} = 1.275V$.

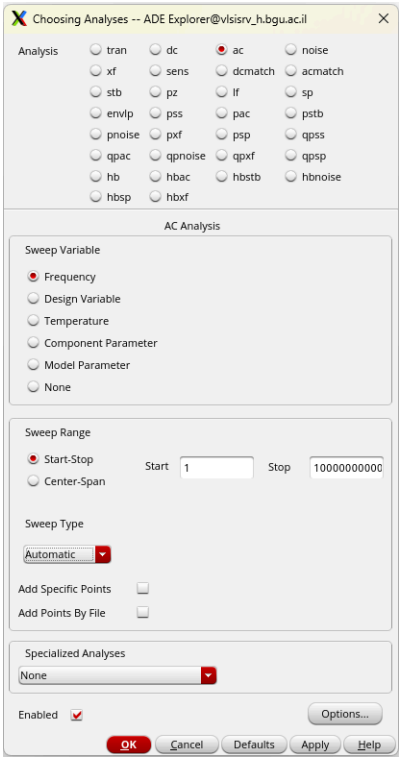


סעיף ב)

הגדרנו מקורות מתח סינוסואידליים הם Offset של 1.275V ואמפליטודה של 0.25V.

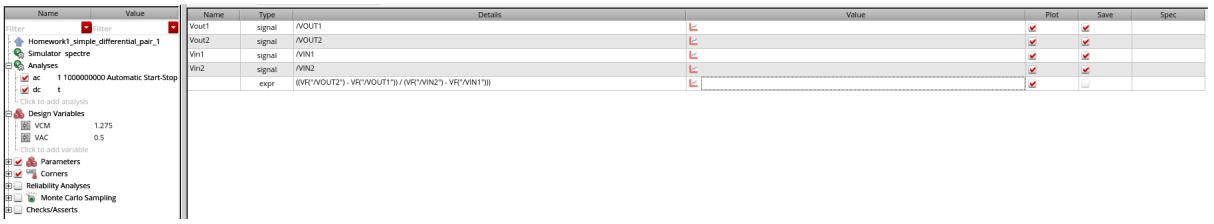


בכדי לקבל פאזה הפוכה הגדרנו פאזה של 180 מעלות ב-VIN2.
בהגדרות הסימולציה נגדיר סימולציית AC עם SWEEP על תדרים בין 1Hz -ל 10GHz.

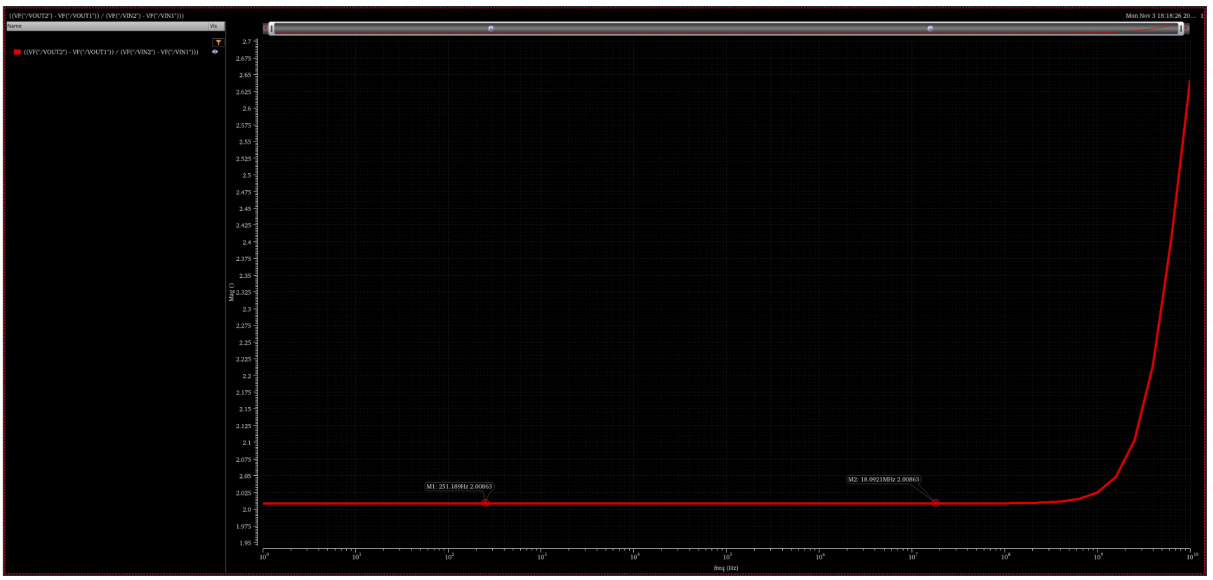


בנוסף לכך בעזרת המחשבון הגדרנו ביטוי לאות מוצא ההפרשי:

((VF("/VOUT2") - VF("/VOUT1")) / (VF("/VIN2") - VF("/VIN1")))

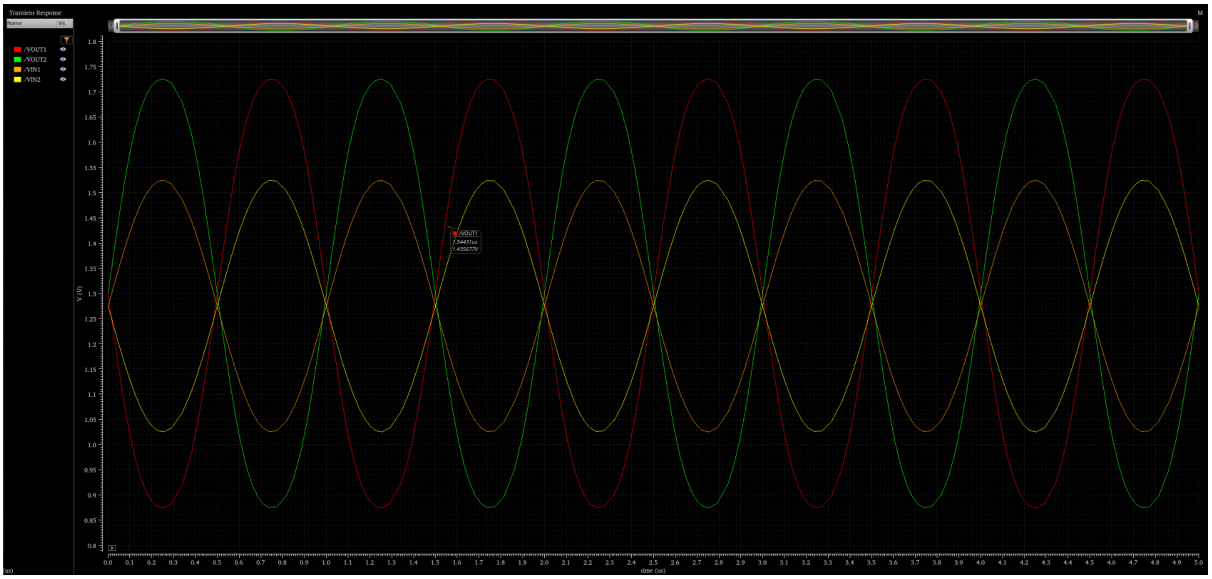


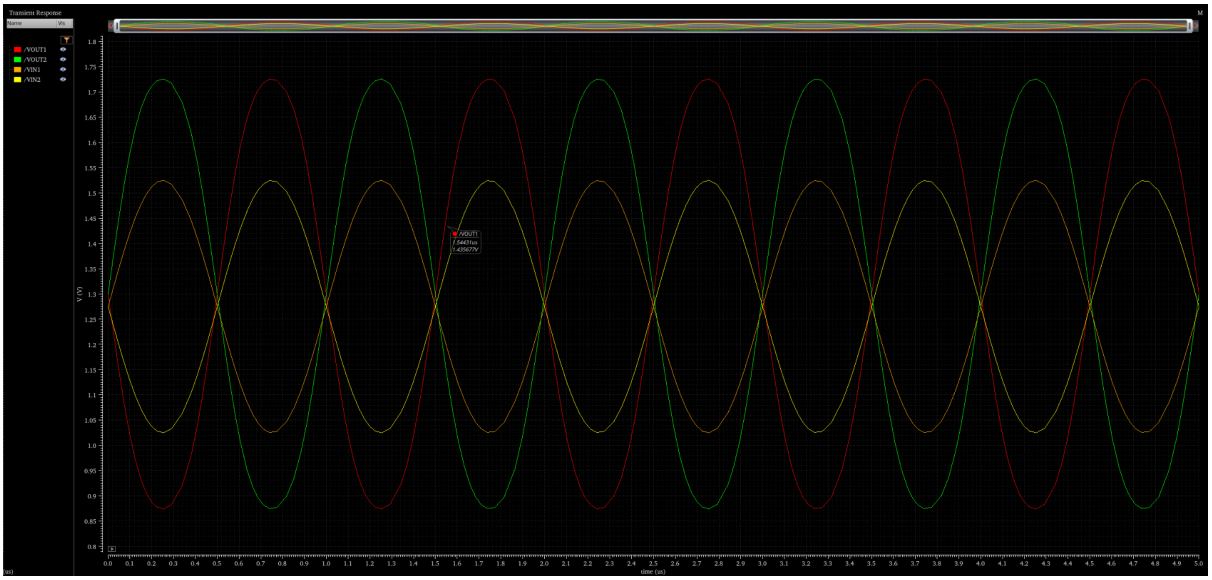
לבסוף לאחר הרצת הסימולצייה נקבל:



נשים לב שהתוצאות מתאימות למצופה - קיבלנו הגבר הגדול בקצת מ -2 (2.008), כאשר ההגבר המצופה מחושב על ידי $A_V = g_m(r_2||R_{D2})$. מניחים שהנגד של ה NMOS גדול בהרבה מהשני, ואז יוצא $A_V = g_m \cdot R_{D2} = 205.5\mu \cdot 10K = 2.05$.

סעיף ג) נבצע סימולציה של המתבקש עם אותם נתונים ממקודם ונקבל את הגרפים הבאים:



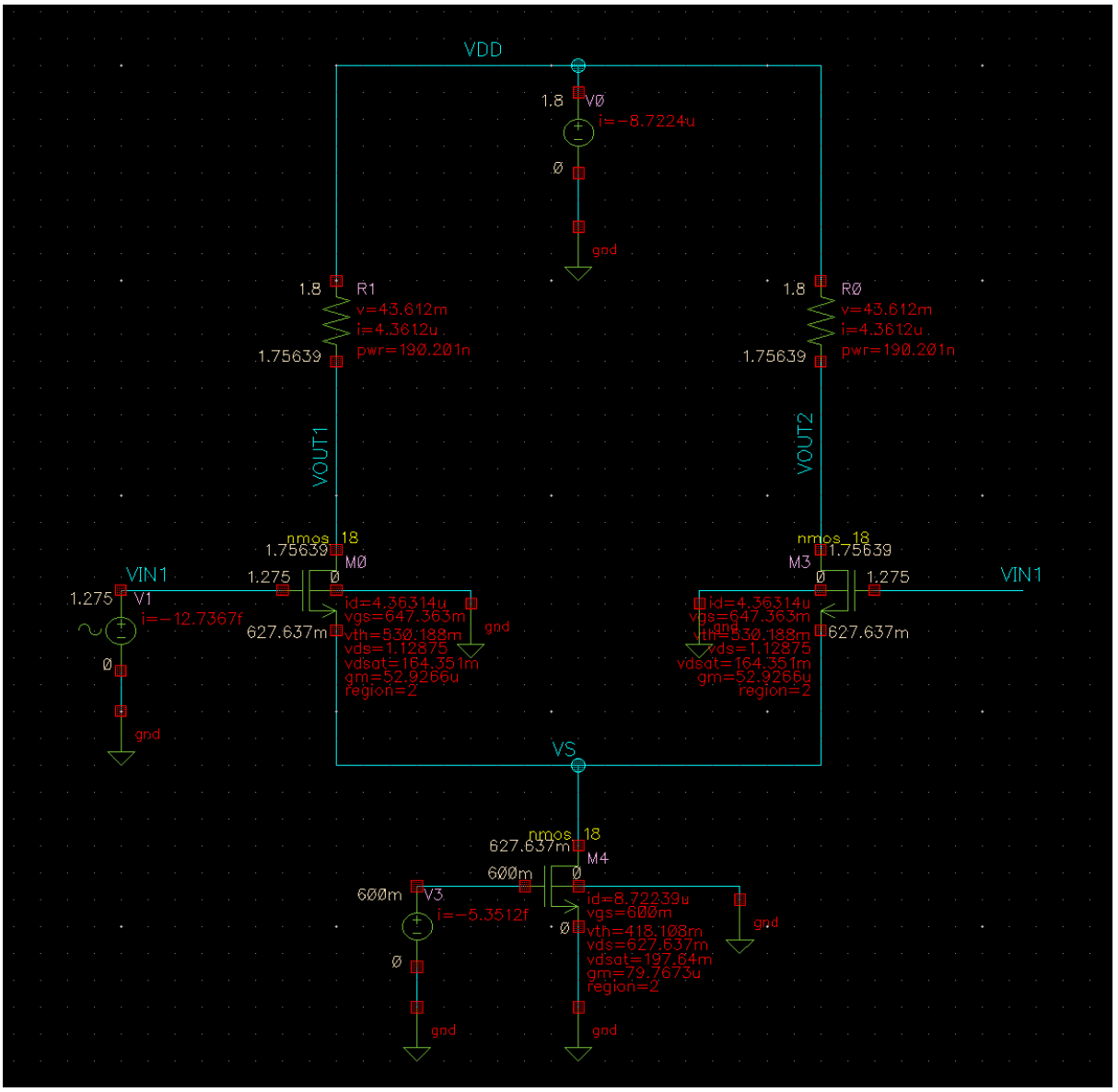


סעיף ד) נמצא טווח של Vb לרוויה. טרנזיסטור M3 אמור להיות ברוויה לפי המשוואות הבאות:

$$V_{GT_3} < V_{DS_3} \rightarrow V_b - 0.5 < V_s$$

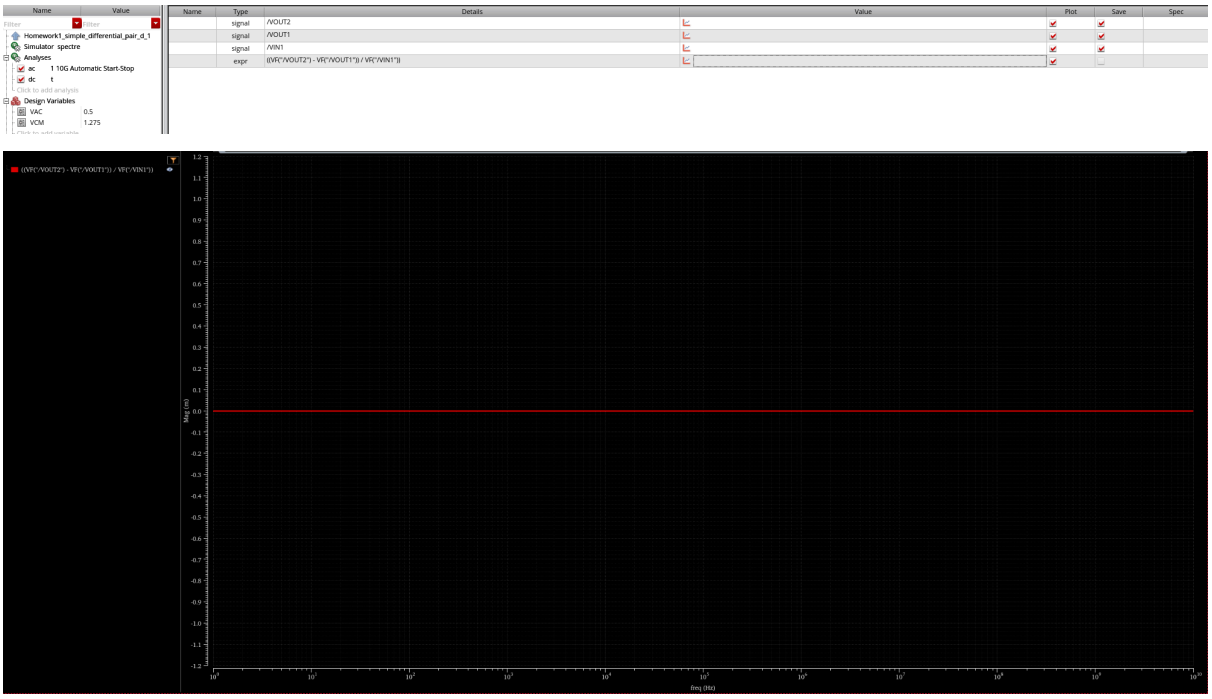
$$V_{GT_3} > 0 \rightarrow V_b > 0.5V$$

מכיוון ש V_b גדול מ 0.5V, נניח כי $V_s > 0.1$ נציב $V_b = 0.6$ ונבדוק תקינות:



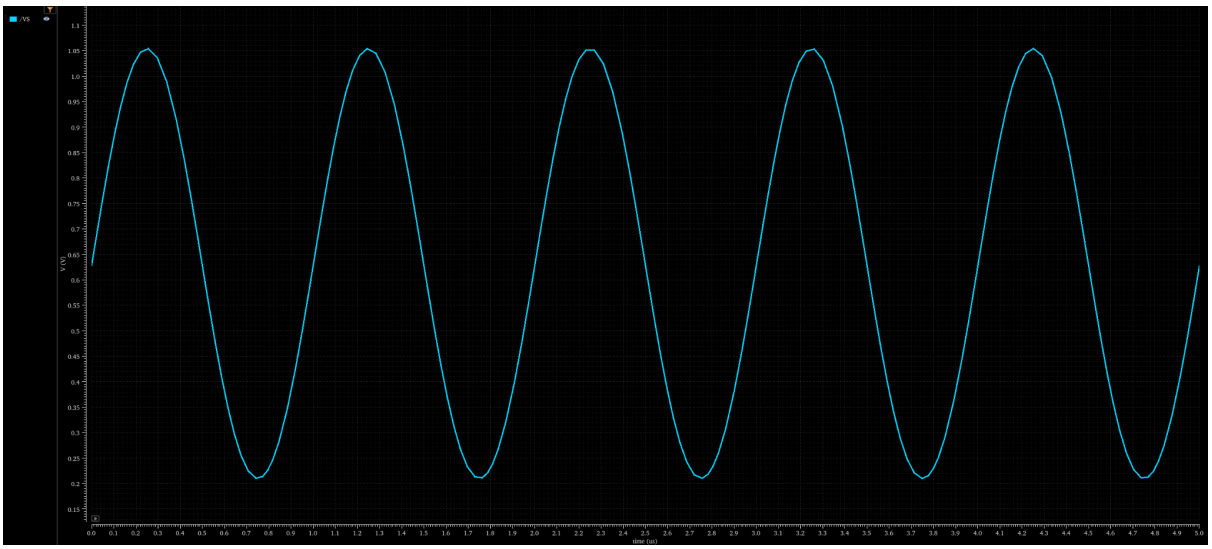
נשים לב שכאשר $V_b = 0.6\,V$ נקבל שהכל ברוויה לכן ההנחה נכונה.

סעיף ה) נגדיר סימולצית AC דומה כמו מקודם על ה- frequency ונקבל:

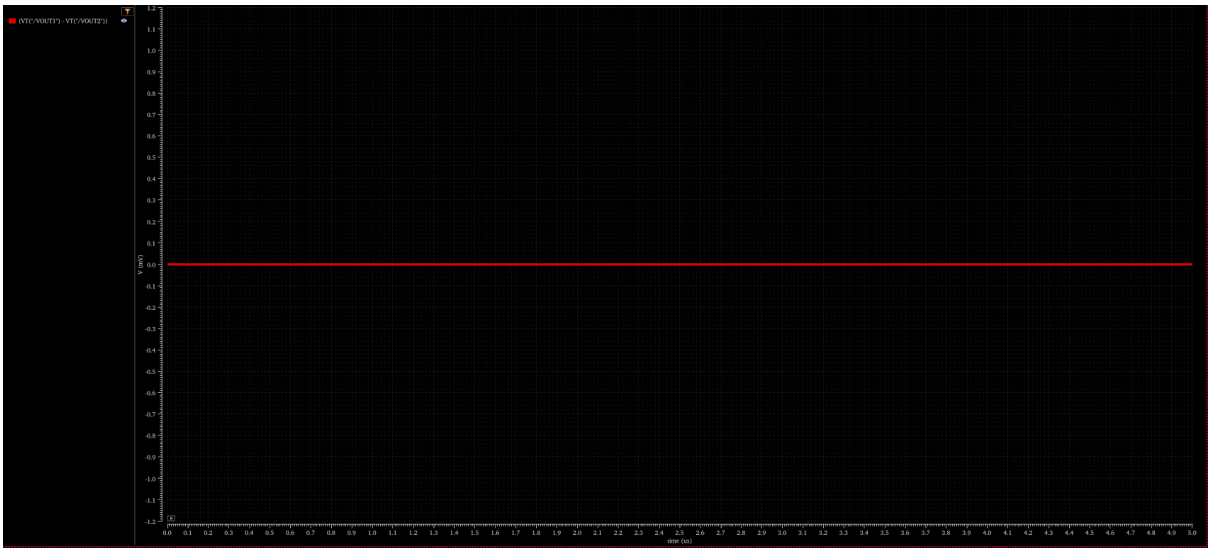


קיבלנו הגבר 0 המתאים למצופה מכיוון ש- $V_{out1} = V_{out2}$ בגלל שכל הרכיבים זהים/סימטריים אז אין הבדל בין הצדדים.

סעיף ו) שוב, תוצאת ה transient עבור V_s:



סעיף ז) שוב, בגלל שכל הרכיבים זהים בבדיקה, נקבל כי ההפרש בין $V_{out1} = V_{out2}$ הוא 0.



בגלל ש CMRR גבוה אומר שהמעגל שלנו מגביר רק את ההפרש בין הכניסות, ומכיוון שההגבר שלנו לכניסות שוות הוא 1, אז ה CMRR שלנו הוא אינסוף, מה שמתאים לחישוב.

שינוי R_D באחד מהענפים יגרום לשינוי הזרם העובר דרך אותו נגד, מה שיגרום לשינוי המתחים ולשינוי $V_{out1} - V_{out2}$ וכמובן לשינוי בהגבר וב CMRR.

חלק שלישי

חלק שלישי

בעבודה זו נתכנן מגבר הפרש דו-שלבי (Two Stage Op-Amp)

לצורך תיכנון על הנייר תשתמשו בנתונים הבאים :

Vthp=-0.4V Vthn=0.4V μ_p**Cox**=50 uA/V^2 μ_n**Cox**=240 uA/V^2

. על המגבר המתוכנן לעמוד בדרישות הבאות :

DC Gain>60 [dB]

GBW>40 [MHz]

PM>60 [deg]

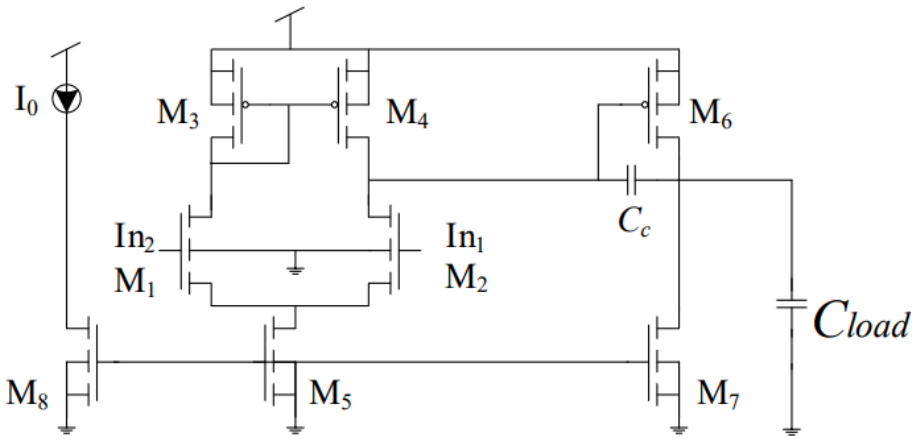
SR=20 [V/μSec]

ICMR(+)=1.6 [V]

ICMR(-)=0.8 [V]

Cload=1+0.1X [pF]; X is the last digit in your id number

VDD=1.8 [V]



שאלות כלליות

1. נגדיר את הבא: $in1 - in2 = \Delta v$, קבעו עבור שתי כניסות המגבר מיהו הדק ה-"+" ומיהו הדק ה-"-" ביחס למוצא. ניתן לתת פיתרון המבוסס על סימולציה (יש להציגה בפיתרון הסעיף).
<u>הערה</u>: במידה ובחרתם לענות על סעיף זה בהתבסס על סימולציה, מומלץ לחזור לסעיף זה לאחר תכנון המגבר.
2. מדוע לדעתכם לא נבחר L=Lmin בתכנון מעגלים אנלוגיים?
3. מהי דרגת המוצא במגבר זה? מה תפקידה?

1)עלייה ב-in1 (שער M2) גורמת לזרם M2 לגדול מה שיגרום לצומת שבין M2–M4 לרדת במתח ומכאן ששער M6 יורד במתח לכן M6 מתחזק אז היציאה עולה.

עלייה ב-in2 (שער M1) תגרום לזרם בM1 לגדול לכן הזרם ב- M2 קטן והזרם במראה (M4) גדל ומשם המתח בצומת שבין M2–M4 עולה לכן שער M6 עולה ו-M6 נחלש אז היציאה יורדת.

מסקנה: in1 הוא הקלט ה"חיובי" (+) ו-in2 הוא הקלט ה"שלילי" (–).

2) Channel Length Modulation דומיננטי יותר בטרנזיסטורים בעלי אורך תעלה קטן וזה מסבך את תכנות המעגל.
תהליך הייצור אינו מדויק, וקיימות סטיות במידות. ככל שאורך התעלה קטן יותר, כך טעות הגודל יחסית גדולה יותר.
עכבת היציאה של העומס תהיה קטנה יותר אם נשתמש ב- $L = L_{min}$ וכתוצאה מכך Gain יהיה נמוך יותר.
אז כדי להקטין את ה- mismatch ניקח $L = 2L_{min}$.

3) דרגת המוצא הינה הדרגה השנייה, common source P-MOS amplifier ומטרתו היא להגדיל את הGain, להגדיל את עכבת הכניסה ולהקטין את עכבת היציאה.
אות הכניסה אינו נחלש על־ידי עכבת הכניסה של המגבר, וכך מתקבל אות מוצא מדויק.

תכנון המגבר

במדריך המצורף מפורטים כל החישובים וההנחות התיאורטיות הדרושות על מנת לתכנן מגבר בהינתן סט דרישות כפי שהוצג מעלה. אנו מכירים היטב את הפער בין תיאוריה לבין מימוש ולכן תכנון המגבר בעבודה זו יבוצע בשני שלבים מרכזיים. בדיקת תוצאות המגבר תעשה ב: $V_{CM}=1.2V$.

<u>שלב 1- תכנון מבוסס חישובים תיאורטים</u>

העזר במדריך המצורף ותכנן את המגבר כך שיעמוד בדרישות המצויינות מעלה. יש לצרף חישובים מרכזיים ולהציגאת שלבי הפיתרון בצורה מסודרת. בסוף תהליך התכנון יש להציג סיכום מסודר של הגדלים שנבחרו לבאים: $Cc, I_6, I_8, I_5, (\frac{W}{L})_{M1}, (\frac{W}{L})_{M2}, (\frac{W}{L})_{M3}, (\frac{W}{L})_{M4}, (\frac{W}{L})_{M5}, (\frac{W}{L})_{M6}, (\frac{W}{L})_{M7}$

לפני המימוש והבדיקה עצמה, נחשב את הערכים התיאורטיים לפי כל השלבים:

$$L = 2L_{min} = 360\,nm$$ ניקח

$$C_L = 1.9\,pF \rightarrow C_C = 0.22C_L = 0.418\,pF$$

$$I_{DS5} = 2I_{DS3,4} = C_C SR = 8.36\,\mu A$$

$$\frac{W}{L_{3,4}} = \frac{2I_{DS3,4}}{\mu_P C_{ox}[V_{DD} - ICMR_+ + V_{thn1} - |V_{thp3}|]^2} = 4.18 \approx 6$$

$$g_{m3} = \sqrt{2\mu_P C_{ox}\frac{W}{L_3}I_D} = 70.824\,\mu\frac{1}{\Omega}$$

$$g_{m1} = 2\pi \cdot GBW \cdot C_C = 2\pi \cdot 42 \cdot 0.418_p = 110.31\,\mu\frac{1}{\Omega}$$

$$\frac{W}{L_{1,2}} = \frac{g_{m1}^2}{2\mu_n C_{ox} I_{SD3}} = 6.68 \approx 10$$

$$V_{Dsat5} = ICMR_- - \sqrt{\frac{2I_{DS3}}{\mu_n C_{ox}\frac{W}{L_1}}} - V_{thn_1} \approx 0.341\,V$$

$$\frac{W}{L_5} = \frac{2I_{DS5}}{\mu_n C_{ox} V_{Dsat5}} \approx 0.6$$

$$\frac{W}{L_5} = 0.5$$ ניקח

$$g_{m6} = 2.2\frac{g_{m1}C_L}{C_C} = 10g_{m1} = 1.103\,m\frac{1}{\Omega}$$

$$g_{m4} = g_{m3} \approx 59.114\,\mu\frac{1}{\Omega}$$

$$\frac{g_{m6}}{g_{m4}} = \frac{\frac{W}{L_6}}{\frac{W}{L_4}} \rightarrow \frac{W}{L_6} = 93.45$$

$$\frac{W}{L_6} = 100$$ ניקח

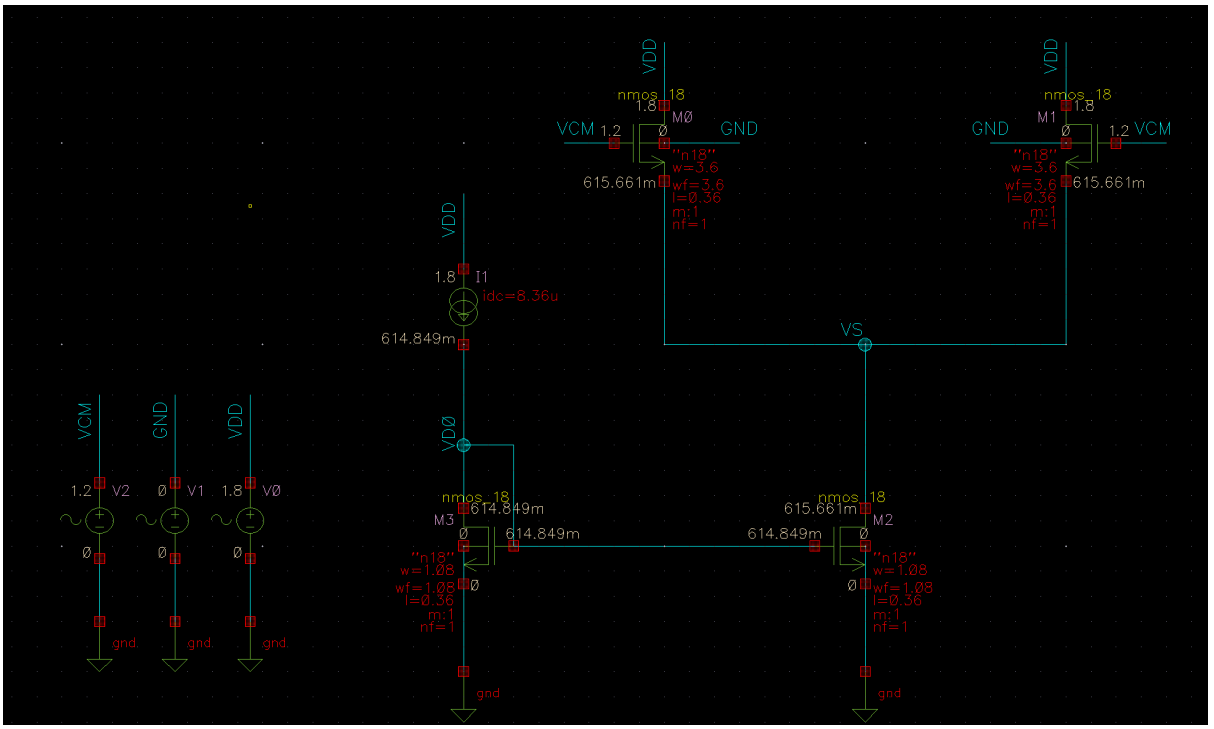
$$I_{DS6,7} = I_{DS4} \frac{\frac{W}{L_6}}{\frac{W}{L_4}} \approx 77.50446\ \mu$$

$$\frac{W}{L_7} = \frac{I_{DS7}}{I_{DS5}} \cdot \frac{W}{L_5} \approx 4.6355$$

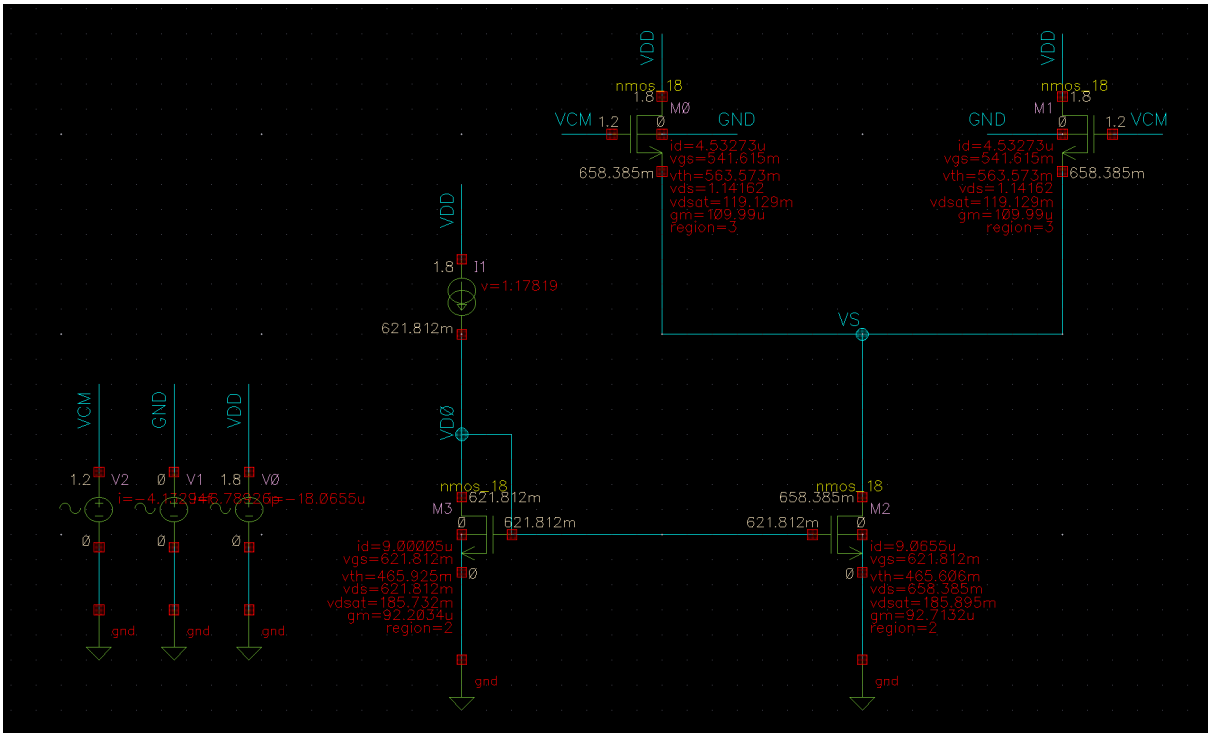
$\frac{W}{L_7} = 6$ ניקח

תכנון המגבר:

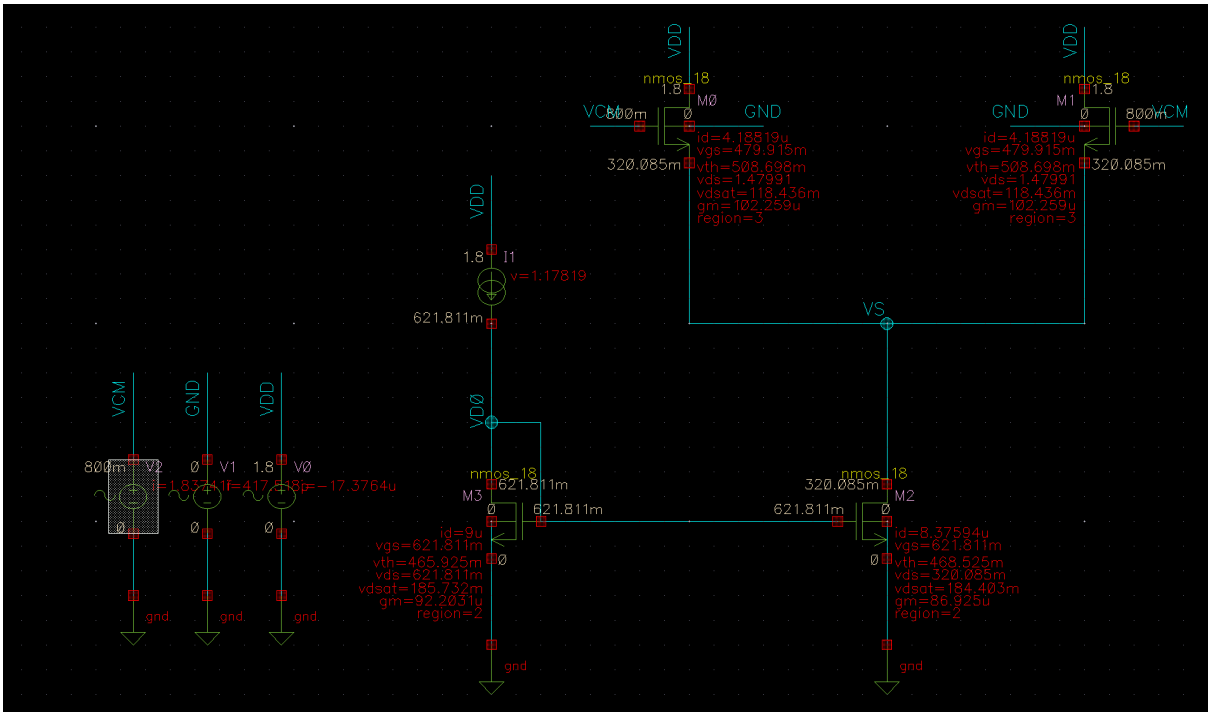
חלק ראשון:



כדי להגיע להתאמה של של 99% בזרם, הגענו להגדלה של $\frac{W}{L_{0,3}} = 3$ בגלל הקטנת המוליכות.

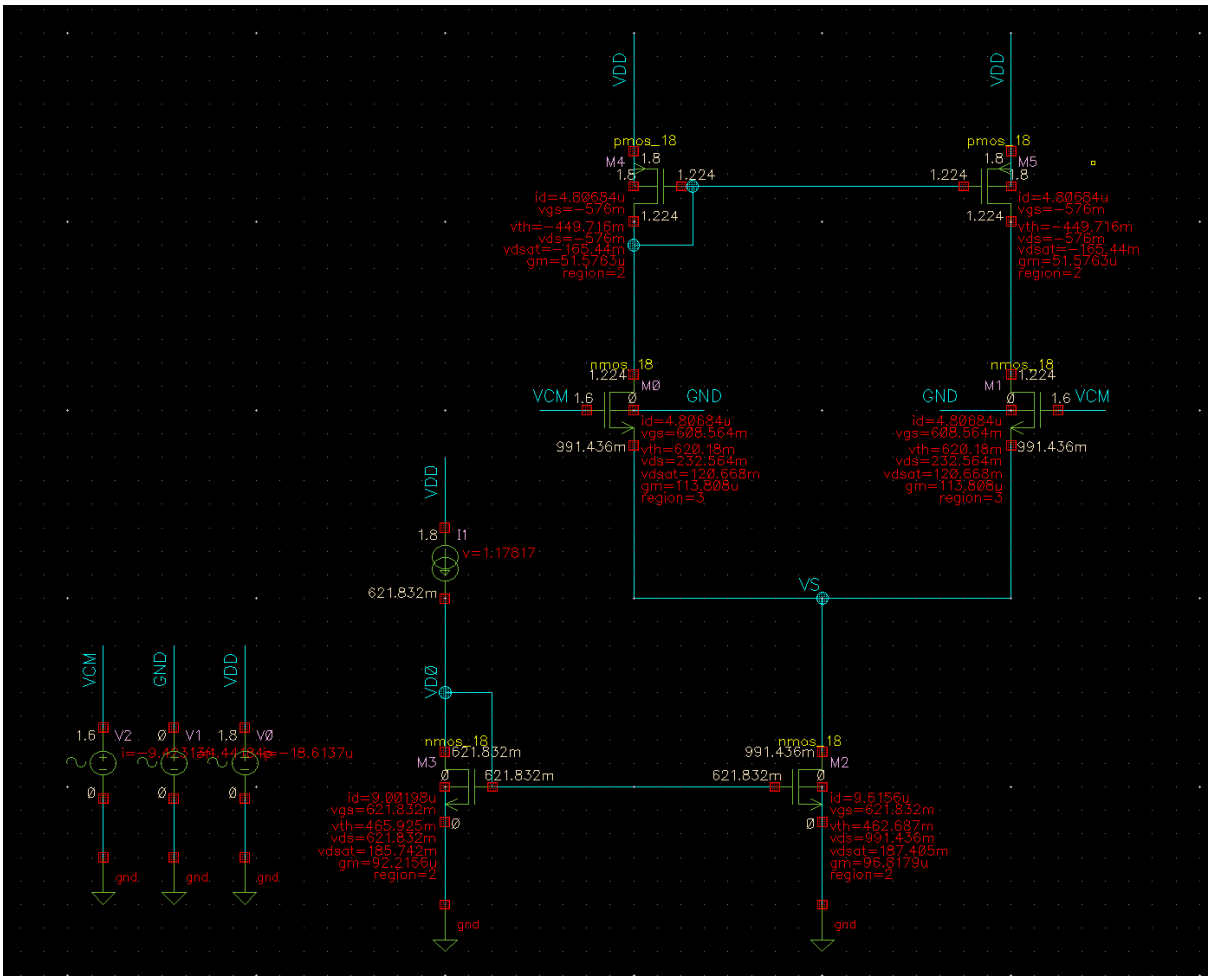


עבור כניסה מינימאלית – $ICRM$ קיבלנו ש-M1,M2 נמצאים ב region3 אבל מתקיים $V_{DS} > V_{Dsat}$



<u>שלב שני</u>:

נוסיף את טרנזיסטורים M_3, M_4 ונראה שהמעגל ברוויה כאשר מציבים $ICMR_+$:

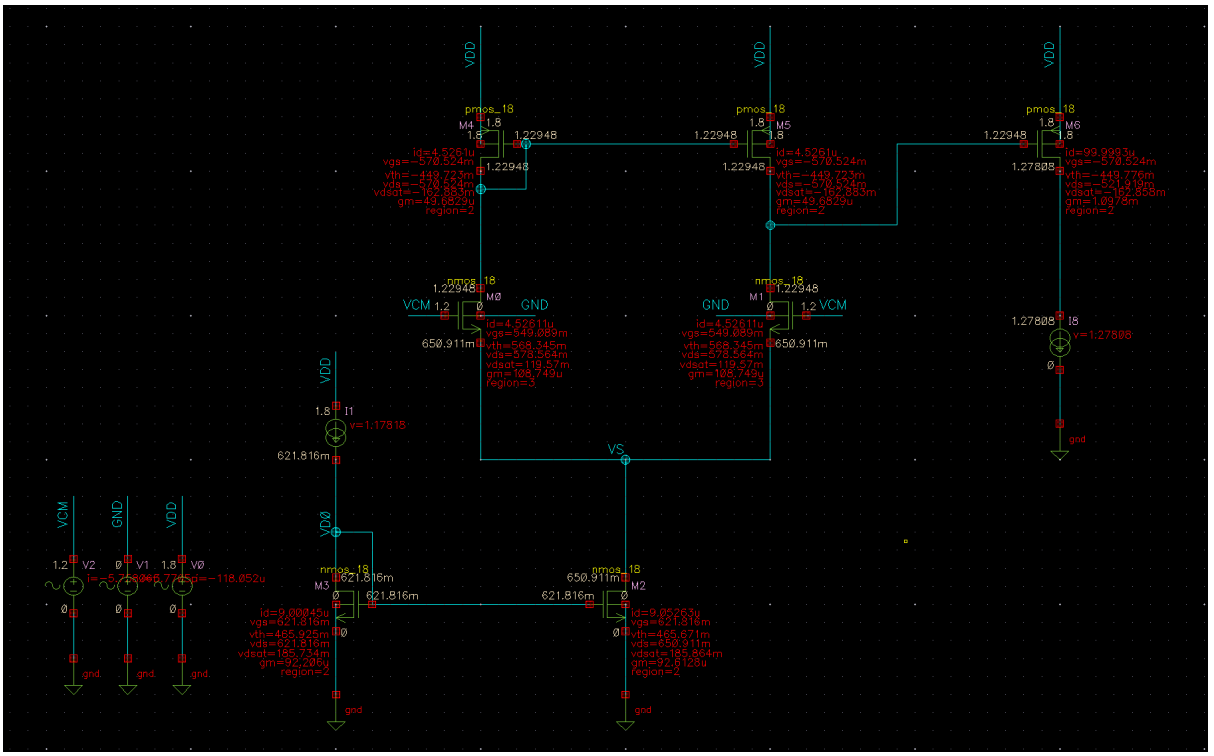


<u>שלב שלישי</u>:

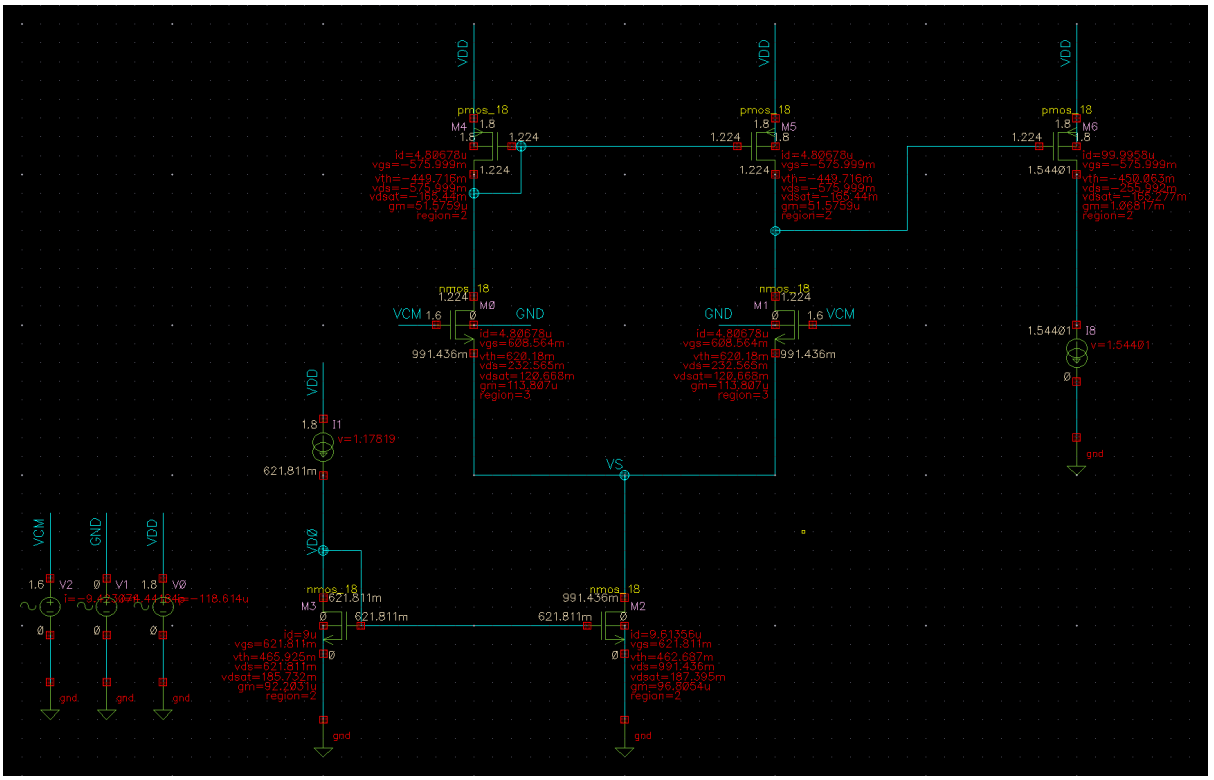
נוסיף את M6 ונשנה גדלים עד למצב של רוויה וגם $g_{m6} >= 10g_{m1}$, ואחר כך נראה שהם ברוויה ב $ICMR_{+,-}$. הגדלנו בקצת את הגודל של הטרנזיסטור כאשר המתח בינו לבין מקור הזרם היה שלילי עד להגעת הרוויה, כאשר

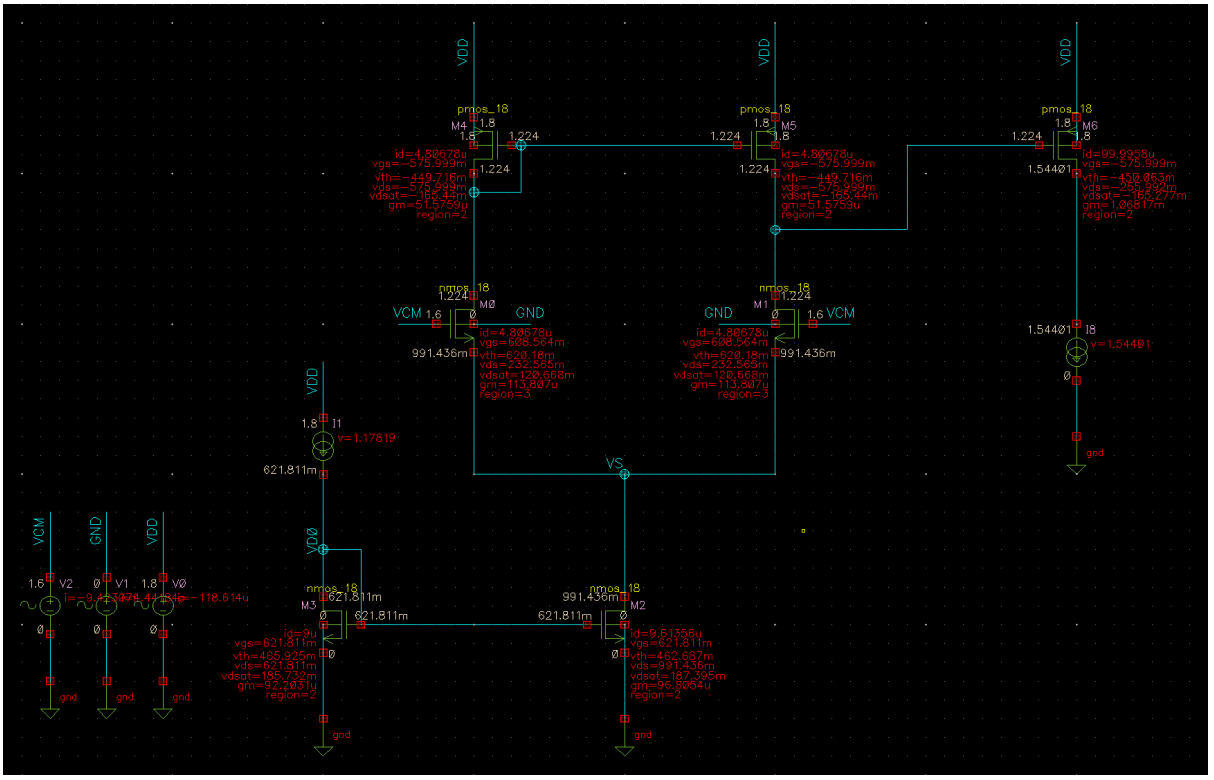
$$g_{m6} = 1.0978m >= 10 * g_{m1} = 108.749\mu$$

קיבלנו דיוק טוב כאשר $\frac{W}{L_6} = 2 \cdot 88$



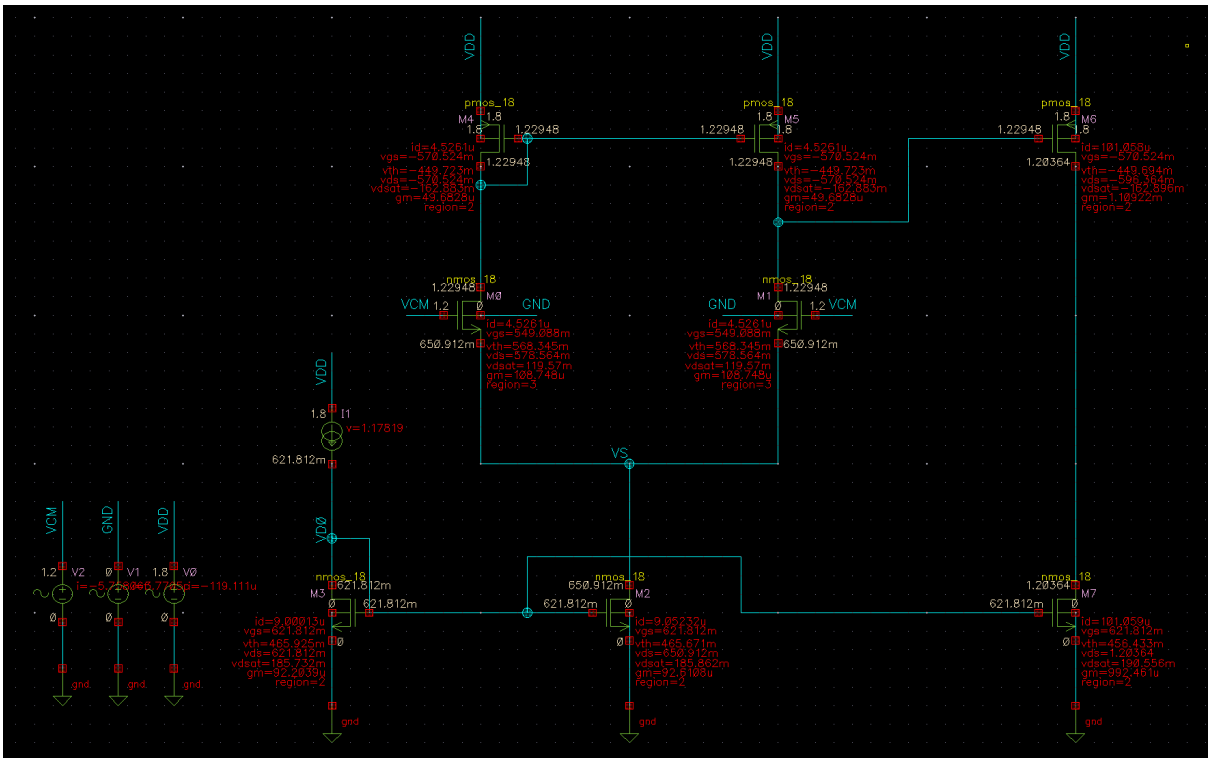
+ ICMR ברוויה:


VDD
pmos_18
M4
M5
M6
nmos_18
M0
M1
M2
M3
VCM
GND
VS
VDD0
I1
v=1.17819
v=1.54401
991.436m
621.811m
1.54401
id=4.80678u
vgs=-575.999m
vth=-449.716m
vds=-575.999m
vdsat=-165.44m
gm=51.5759u
region=2
id=99.9958u
vgs=-575.999m
vth=-450.063m
vds=-255.992m
vdsat=-165.277m
gm=1.06817m
region=2
vgs=608.564m
vth=620.18m
vds=232.565m
vdsat=120.668m
gm=113.807u
region=3
vgs=621.811m
vth=465.925m
vds=621.811m
vdsat=185.732m
gm=92.2031u
id=9u
id=9.61356u
vgs=621.311m
vth=462.687m
vds=991.436m
vdsat=187.395m
gm=96.8054u
V2
V1
V0
gnd


VDD
pmos_18
M4
M5
M6
nmos_18
M0
M1
M2
M3
VCM
GND
VS
VDD0
I1
v=1.17819
v=1.54401
991.436m
621.811m
1.54401
id=4.80678u
vgs=-575.999m
vth=-449.716m
vds=-575.999m
vdsat=-165.44m
gm=51.5759u
region=2
id=99.9958u
vgs=-575.999m
vth=-450.063m
vds=-255.992m
vdsat=-165.277m
gm=1.06817m
region=2
vgs=608.564m
vth=620.18m
vds=232.565m
vdsat=120.668m
gm=113.807u
region=3
vgs=621.811m
vth=465.925m
vds=621.811m
vdsat=185.732m
gm=92.2031u
id=9u
id=9.61356u
vgs=621.311m
vth=462.687m
vds=991.436m
vdsat=187.395m
gm=96.8054u
V2
V1
V0
gnd

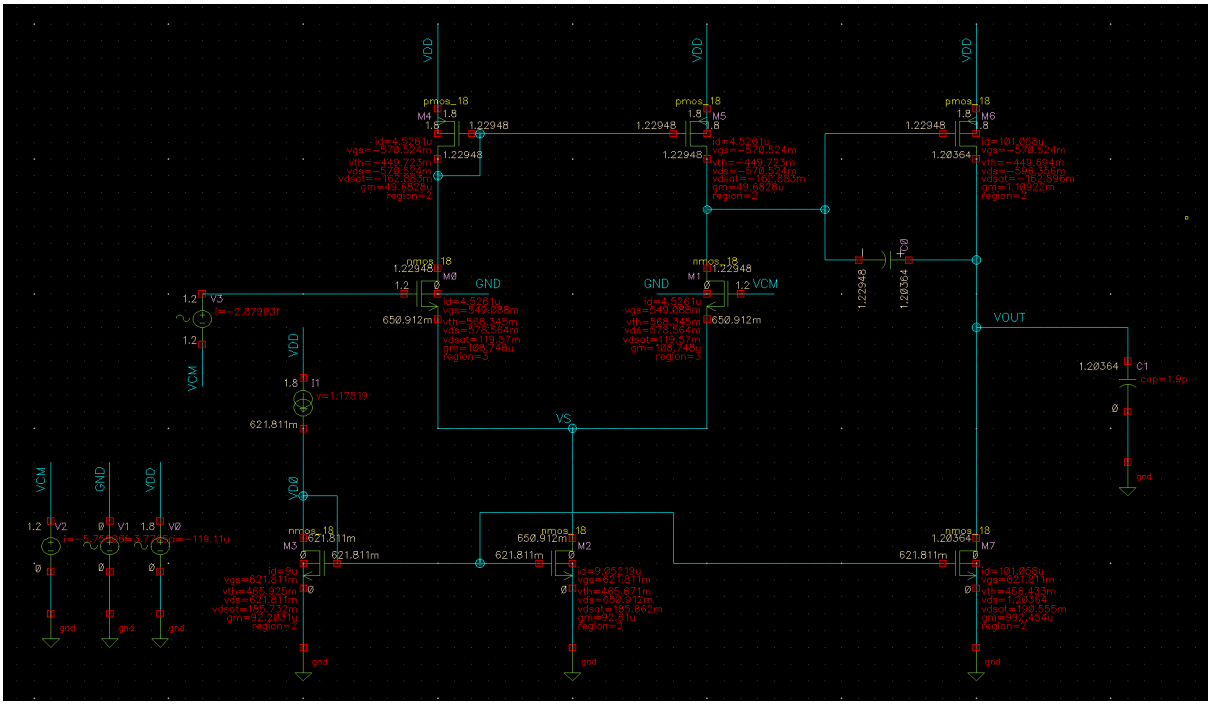
שלב רביעי:

מחברים את M7 ומקבלים קירוב טוב של $V = 1.20364V$ כאשר $\frac{W}{L_7} = 30$



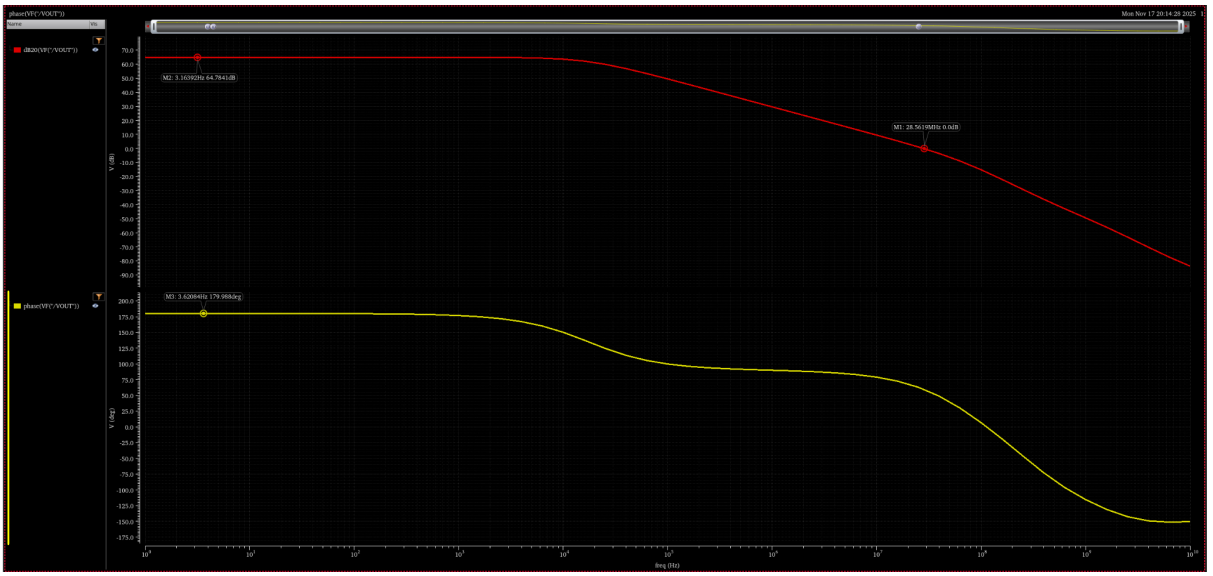
שלב חמישי:

עם הוספת קבלי ה C_c ו- C_L, נחשב את ההגבר, הפאזה וה FM. שינינו קצת את קבל ה- C_c מערכו התיאורטי בכדי לקבל $FM > 60\ deg$.



גרפים Gain, PM

Name	Type	Details	Value	Plot	Save	Spec
	expr	(phaseMargin(VF("/VOUT")) + 180)	60.2	✓		
	expr	dB20(VF("/VOUT"))		✓		
	expr	phase(VF("/VOUT"))		✓		



נבחין כי תדר חציית ה- 0db הינו ב- 28.56MHz.

בנוסף ניתן להבחין כי הגרף מגיע לשיפוע 40db - בגלל הקטבים.

Name	Type	Details	Value
	expr	(phaseMargin(VF("/VOUT")) + 180)	60.2

$$GBW = \frac{g_{m1}}{2\pi C_C} = 34\ MHz$$

DC Gain = 64.78db

PM = 60.02

שלב 2- ביצוע התאמות

כפי שראינו, אין המגבר המבוסס על החישובים התיאורטים עומד בכל דרישותנו, לכן עלינו לשנות חלק מהערכים שנקבעו בסעיף קודם. בצעו שינויים נדרשים על מנת לעמוד בדרישות המגבר. **יש לצרף נימוקים מפורטים** על כל שינוי אותו אתם מבצעים. **יש להשתמש במדריך של שלבי המימוש המגבר באתר מודל**

הערה: יש להסביר אם השתמשתם בהנחה כלשהי בתהליך התכנון ולנמק את חשיבות ההנחה או ההזנחה (לדוגמא: אם בחרתם זרם Bias גבוה מתוצאת החישוב, אם בחרתם להגדיל או להקטין רוחב תעלה של טרנזיסטור מסויים...).

קבל קיזוז - מהסוג cmim_hc

עכשיו נבצע התאמות:

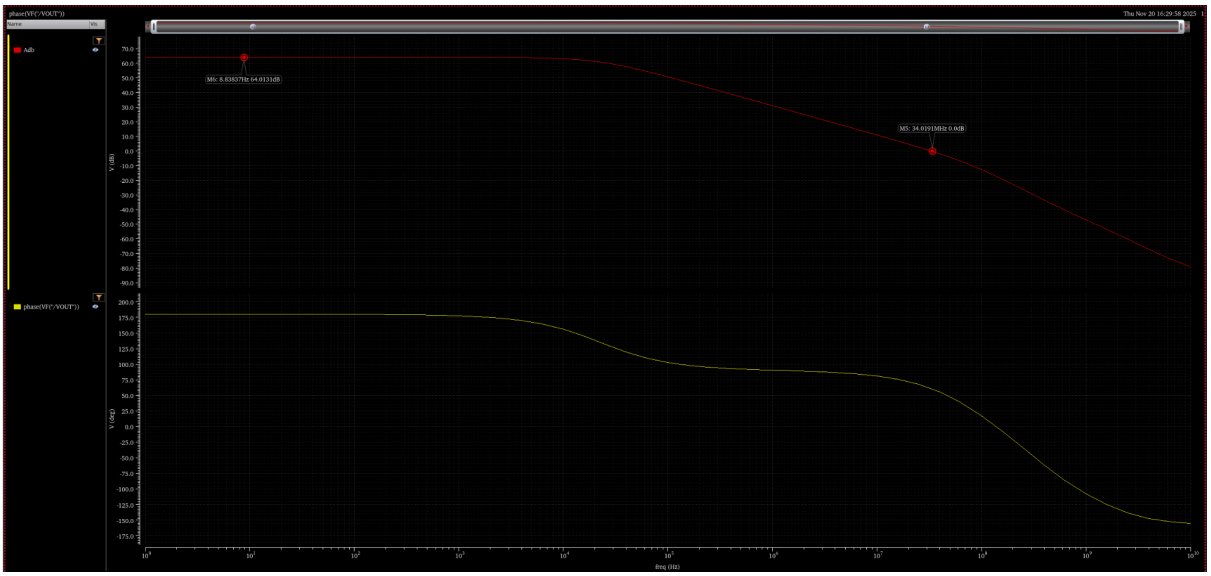
קיבלנו DC gain גבוה ו- GBW נמוך מדי לכן כדי לקבל GBW מתאם אז נגדיל את מקור הזרם. קיבלנו $GBW > 40\ MHz$ אבל g_{m1} כמעט שווה ל $10g_{m6}$. נתקן זאת עם הגדלת sizings של $\frac{W_6}{L}$. זה הוריד את $GBW = \frac{118.317\mu}{2\pi 510f} = 36.923\ MHz$

ותיקן את g_{m1}. אחרי כמה משחקים הגענו ל-

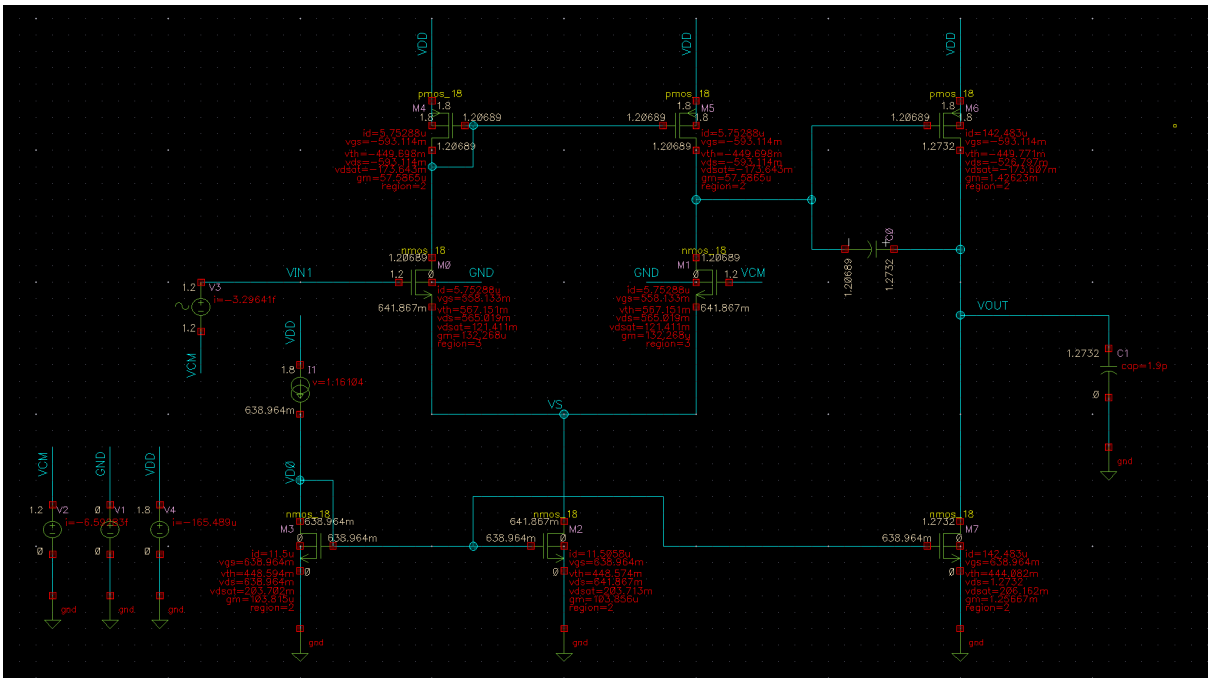
$$.PM = 61.2\ dg\ g_{m1} = 132.628\mu,\ g_{m6} = 1.42623\ m >= 10g_{m1}$$

$$DC\ gain = 64.229db,\ GBW = 36.01\ MHz$$

Adb	expr	dB20(VF("/VOUT"))				
	expr	(phaseMargin(VF("/VOUT")) + 180)	61.2			
	expr	phase(VF("/VOUT"))				
	expr	gainBwProd(VF("/VOUT"))	36.01M			



הנה המגבר הסופי:



ההתנגדויות המשתתפות בהגבר: נחשב את ההתנגדויות של $M_{2,4,6,7}$ על ידי

$A_V = (g_{m1}r_{ds2}||r_{ds4})(g_{m6}r_{ds6}||r_{ds7})$ כאשר ערכי הנגדים מתקבלים על ידי התוכנה

$$r_{ds_2} = 490.373\ K\Omega$$

$$r_{ds_4} = 1.46833\ M\Omega$$

$$r_{ds_6} = 61.8193\ K\Omega$$

$$r_{ds_7} = 65.3048\ K\Omega$$

נציב בנוסחה:

$$A_V = (118.317\mu \cdot 367.605K)(1.186m \cdot 31.757K) = 1638.15331$$

ההגבר ב db יוצא 64.287 שזה ממש קרוב לתוצאה שלנו ממקודם לפי ההגבר בתדרים נמוכים של 64.229db

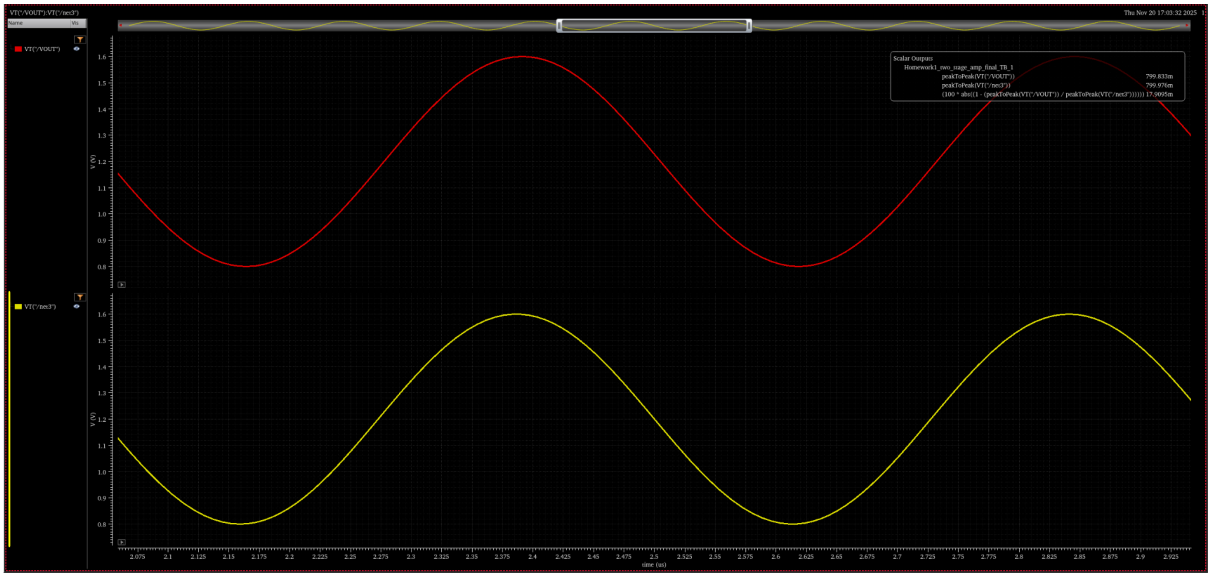
<u>שלב שישי</u>:

לגבי ה Vp: קיבלנו שמתחי ה Vdsat הם בסביבות ה 200mA, לכן ניקח את המתח כ- $V_p = 1.6$.

נחשב את FPBW:

$$f_{FPBW} = \frac{SR}{2\pi V_p} = 2.2\ MHz$$

נריץ סימולצית transient:



ניתן לראות שקיבלנו אות לא מעוות

תוצאות טיב אות המוצא בשני המישורים:

	expr	(100 * abs((1 - (peakToPeak(VT("/VOUT")) / peakToPeak(VT("/net3")))))))	17.91m
deltaT	expr	delayMeasure(VT("/net3") VT("/VOUT") ?edge1 "rising" ?edge2 "rising")	179.9p
	expr	(deltaT * 2.2 * 360 * pow(10 6))	142.5m

$$E_{amplitude}[\%] = 100 \cdot abs(1 - \frac{V_{ppout}}{V_{ppin}}) = 0.01791\% < 3\%$$

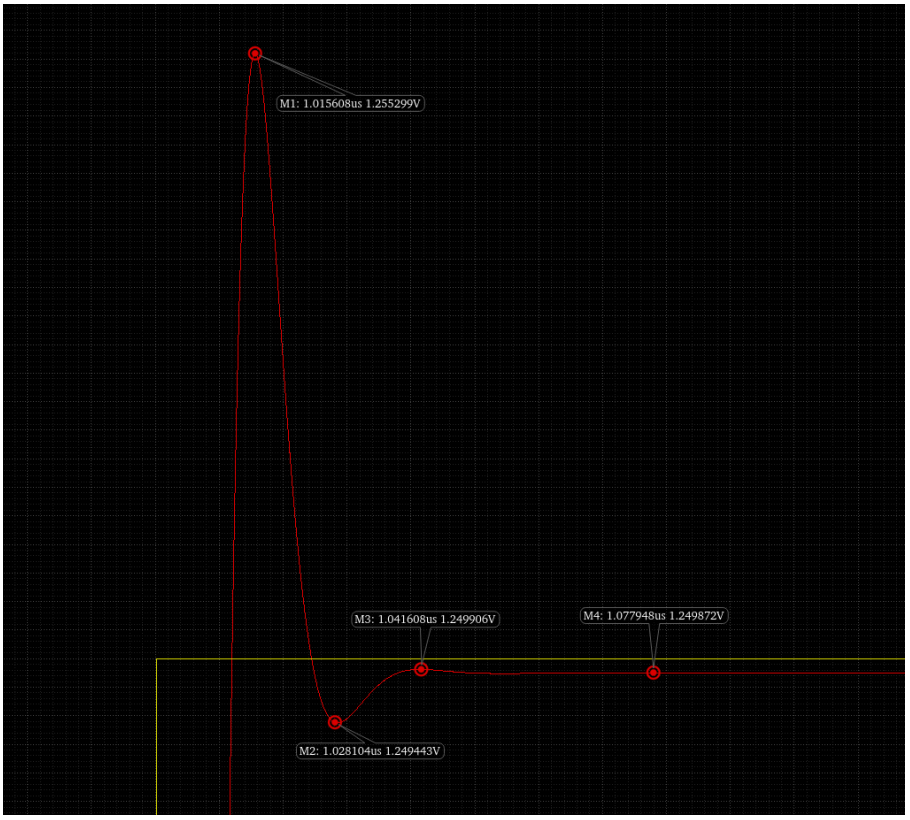
$$E_{phase[deg]} = 360 f \Delta t = 0.1425 \leq 10$$

$$f_{GBW} = 34.0191\ deg$$

3. נגדיר אות ריבועי לפי הדרישות בכניסה:

אחרי חיבור האות המרובע, נציג את שניהם על אותו גרף ונשים לב שזה מאוד דומה לגרף הסגול של PM של 60 מעלות. נמדוד את הזמן בין שיא שני לשלישי ונחשב לפי הנוסחה את f_{GBW}. נחשב את f לפי הגרפ ונקבל:

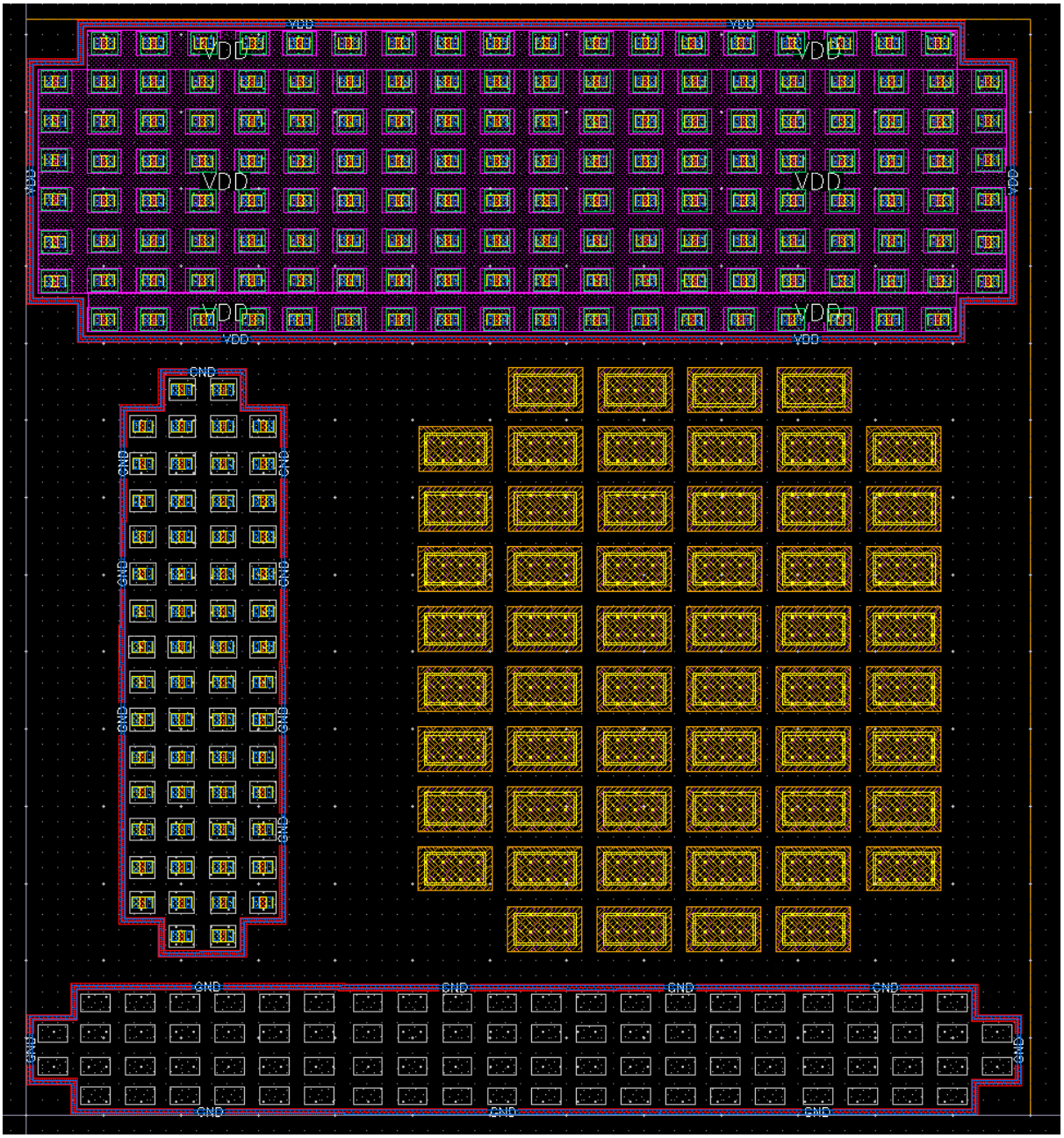
$$f_{GBW} = \frac{1}{2 \cdot 1.3504 \cdot 10^{-8}} = 37.026\ MHz$$

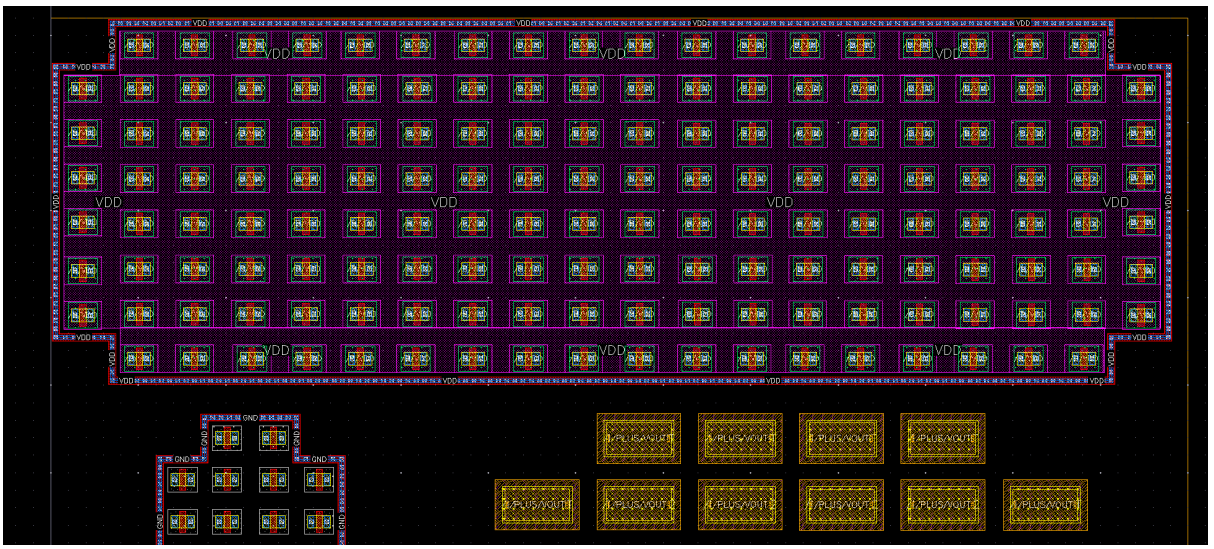


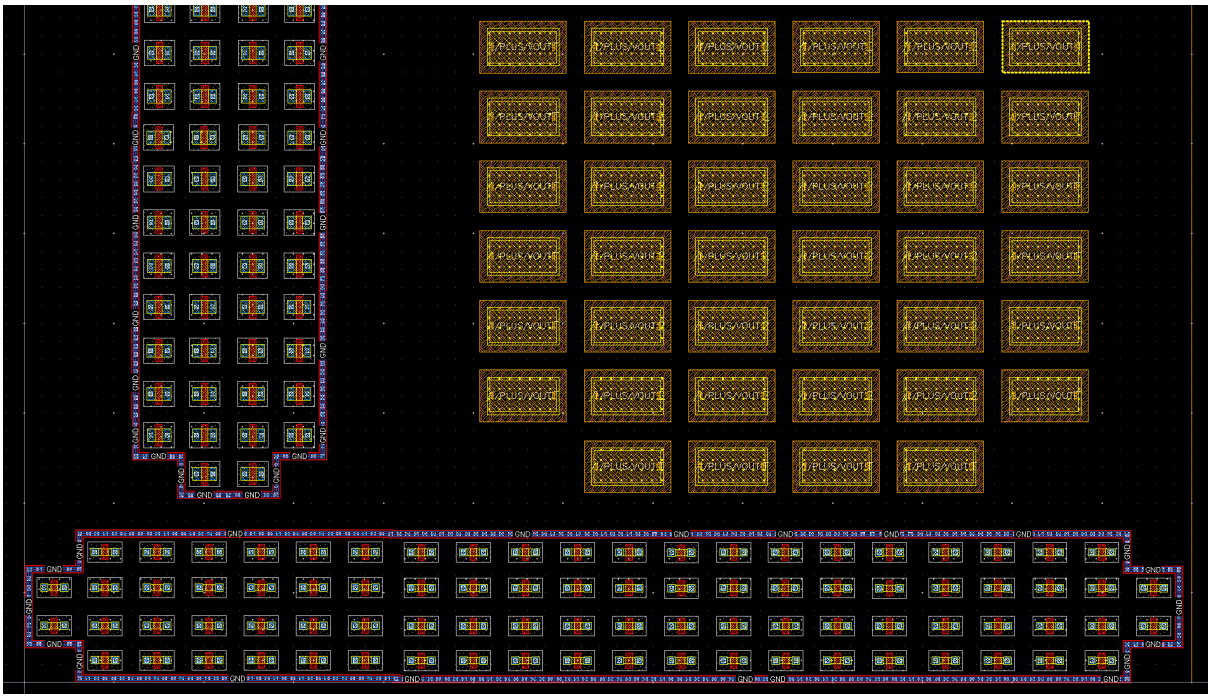
נחשב את ה overshoot:
נקבל כי הוא יוצא $OS = 0.424\%$. ניתן להסביר את ה OS הנמוך (ולכן את ה PM הגבוה) על פי גודל הקבל. בגלל שיצא לנו קבל גבוה במוצא אז לכן גם ה PM. הטבלה לא מראה PM לטווח האחוזים הנמוך אבל יצאו תוצאות דומות מכיוון שגם לפי הגרף גם לפי ה OS וגם לפי החישוב המעשי בסימולציה יוצא לנו PM של 60+.

Layout (Floorplan)

נסדר את כל הרכיבים בצורה כמה שיותר מלבנית לפי ההנחיות:
ניקח כל קבוצת טרנזיסטורים וקבלים מתואמים ונקיף אותם ב dummies ואז את הטרנזיסטורים נקיף ב guard ring.
סידרנו את הקבוצות לפי הנחיה של ארתור עם המיקומים המתאימים שלהם.
בתכנון השתדלנו כמה שיותר לקבל צורה מלבנית עבהינתן הmultipliers והגדלים של הטרנזיסטורים שקיבלנו. הקבוצות המתואמות הן:
טרנזיסטורים M5, M7, M8 למטה,
טרנזיסטורים M1, M2 משמאל,
טרנזיסטורים M3, M4, M6 למעלה,
והקבל C_c מימין.




VDD
GND
A/PLUS/VOUT


GND
A/PLUS/VOUT