

Simulation #2

Source Follower
and Cascode

מגישות:

עדי גryn 324965946
הדו רם 214068843

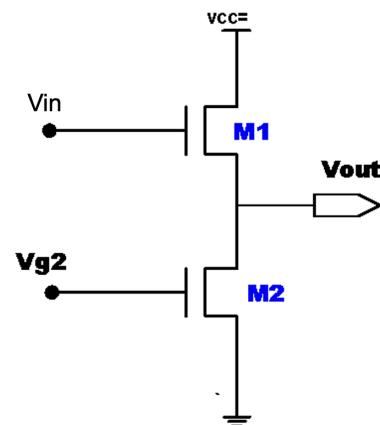
תאריך הגשה:

27.11.2025

2A SOURCE FOLLOWER

2A.1 - BIAS CONDITIONS:

התבקשנו ליצור מעגל Source Follower כה:

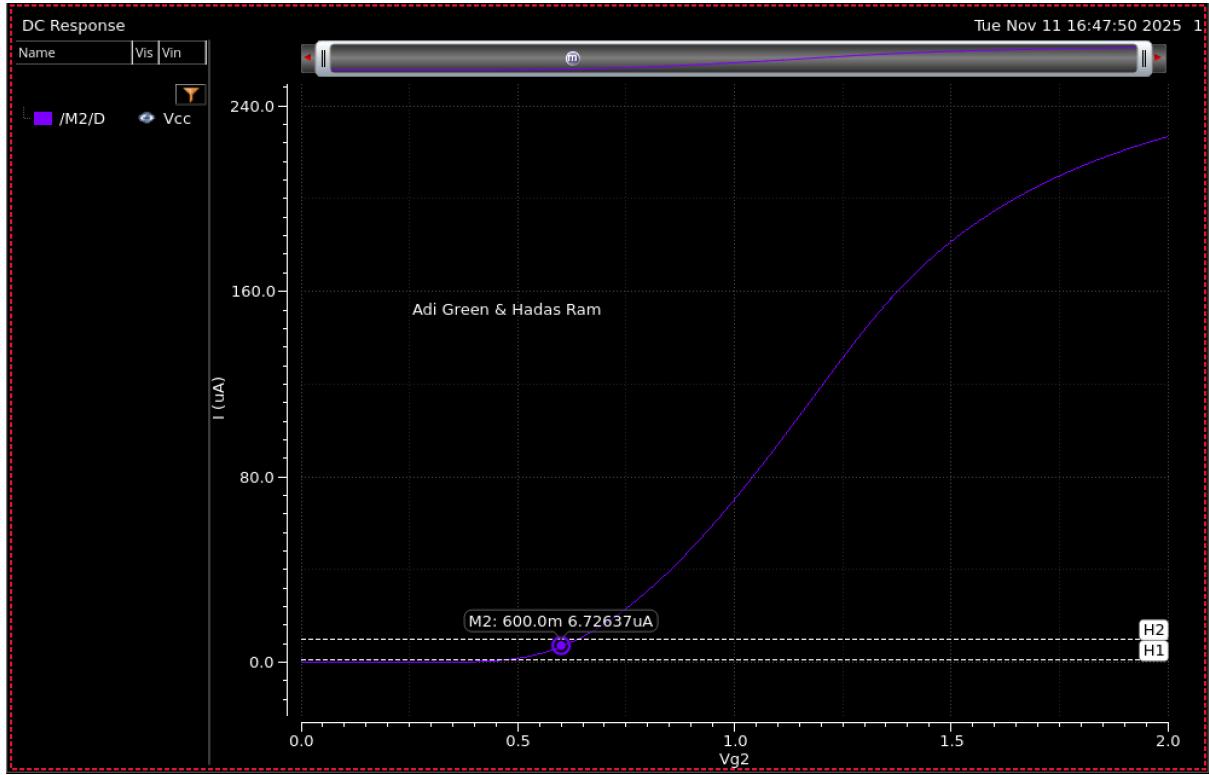


הגדינו $W = 0.18 \times 2 = 0.36$, $L = 0.46 \times 2 = 0.92$, $V_{g2} = 0.18^2 = 0.324$.
המעגל מורכב מMosNMs ולקן חיברנו את הbulk'ים ל-GND.



הרצנו סימולציית DC כאשר $V_{g2} = 2V_{cc}$ נע מ-0 עד V_{cc} , והגדכנו: $V_{in} = V_{cc} + V_{cc} = 2V_{cc}$

גרף של הזרם I_d כתלות ב- V_{g2} :



כפי שהתבקשנו, מצאנו שעבור $V_{g2} = 0.6$ נקבל שהזרם הינו כ $6.7 \mu A$, כלומר נמצא בין $10 \mu A$ - $1 \mu A$. ניתן לראות מהגרף שככל ש- V_{g2} גדל הזרם גדל.

טרנזיסטור M1 נמצא תמיד בסטורציה, כיון $V_{ds} = V_{gs} - V_{th}$ שווה ל- V_{dsat} ולכן $V_{out} = V_{gs} - V_{th}$ ולקמן $V_{out} = V_{ds}$ מתקיים.

טרנזיסטור M2:

- כאשר $V_{g2} < V_{th}$ קטן מ- V_{th} , הטרנזיסטור Cut-off, ולכן זרם זרום במעגל ולכן $V_{out} = V_{cc}$.
- כאשר $V_{g2} > V_{th}$ יוטר מ- V_{th} , $V_{out} = V_{ds} > V_{dsat}$, הטרנזיסטור M2 במצב סטורציה, ולכן V_{out} הולך וקטן, והזרם יגדל בצורה של זרם במצב רויה.
- הזרם גדל מאחר ש- $V_{gs} = V_{g2}$ גדול, וכך אשר הזרם גדול-Enough להנוסחה של הזרם במצב סטורציה על רכיב M1.

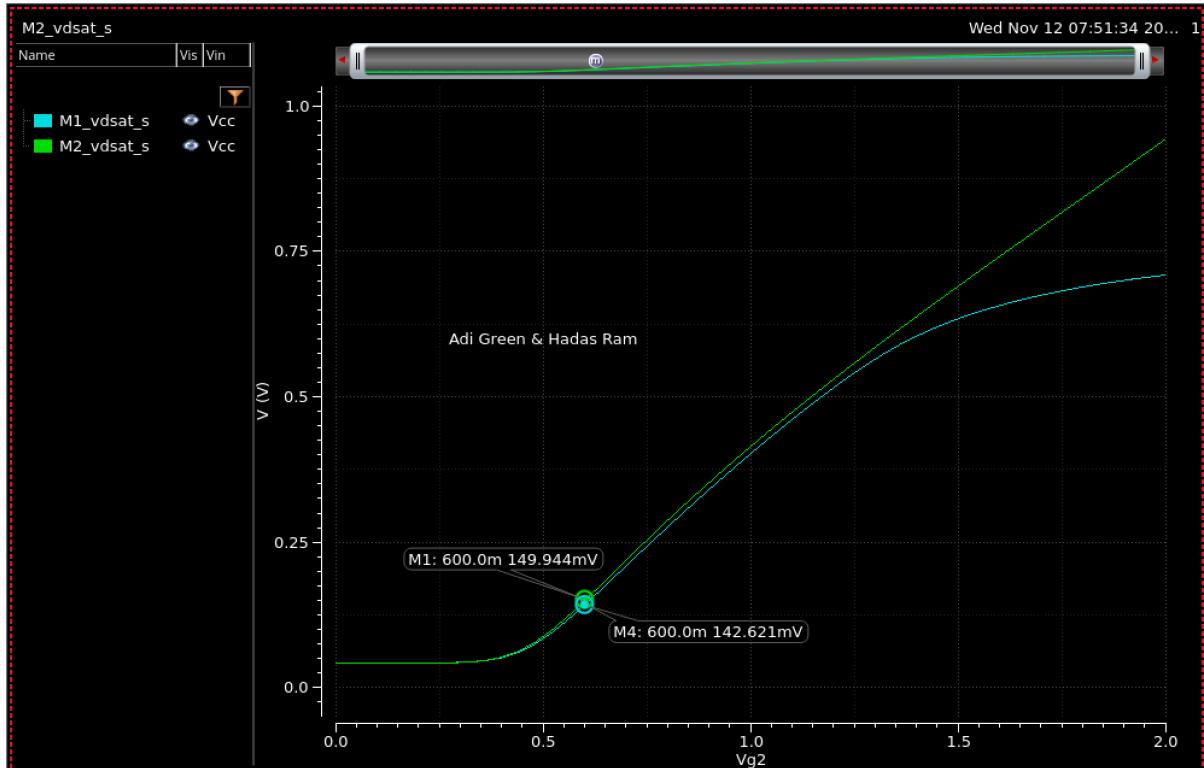
$$I_d = \frac{\frac{1}{2} \mu_n C_{ox} W}{L} (V_{gs} - V_{th})^2$$

סטורציה על רכיב M1, $V_{gs} = V_{in} - V_{out}$ צריך להיות גדול, V_{in} קבוע ולכן V_{out} קטן.

$V_{TH} = V_{TH0} + \gamma (\sqrt{2\Phi_F + V_{SB}} - \sqrt{2\Phi_F})$ נשים לב כי ברכיב M1 יש bulk effect, ולפיכך קלומר $V_{out} = V_{sb}$, ולכן כאשר V_{out} קטן אז גם V_{th} קטן- דבר נוסף שגורם לזרם לגדול (פחות משיפוי מאשר V_{gs})

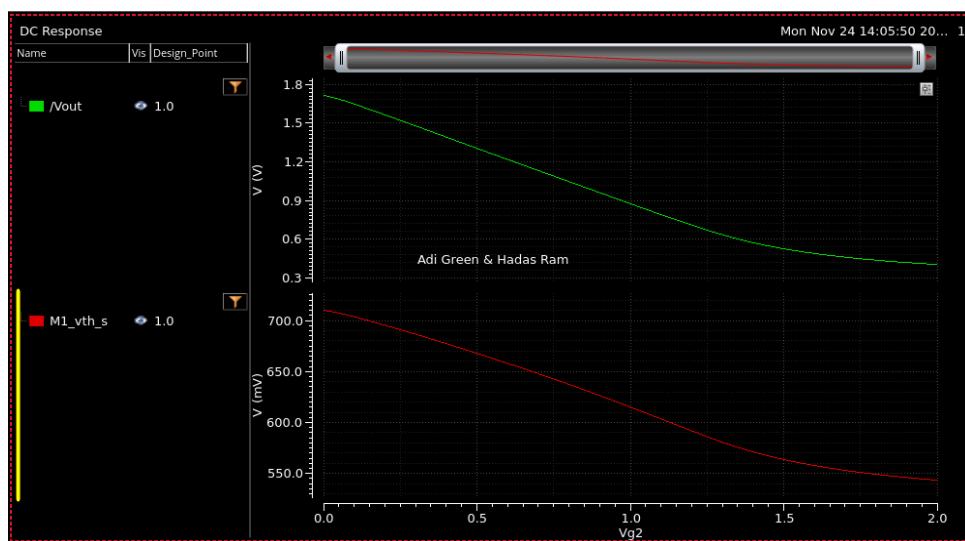
- כאשר $V_{g2} > V_{th}$ יוטר מ- V_{th} , $V_{out} = V_{ds} < V_{dsat}$, הטרנזיסטור במצב לינארי, V_{out} ימשיך לקטן, והזרם יגדל בצורה של זרם במצב לינארי.

גרף של V_{dsat} 'ים של M1 ו-M2 כתלות ב- V_{g2} :



ניתן לראות שיש עקיבה בין הטרנזיסטורים, וראויים מהגרפים ש- V_{dsat} 'ים גדולים ככל ש- V_{g2} גדול.

עבור M1 נקבל:
 $V_{dsat} = V_{gs} - V_{th} = V_{in} - V_{out} - V_{th}$
 שכן V_{in} קבוע, ולכן V_{dsat} יגדל ככל ש- V_{g2} יהיה גדול.
 כפי שניתן לראות מהגרפים:

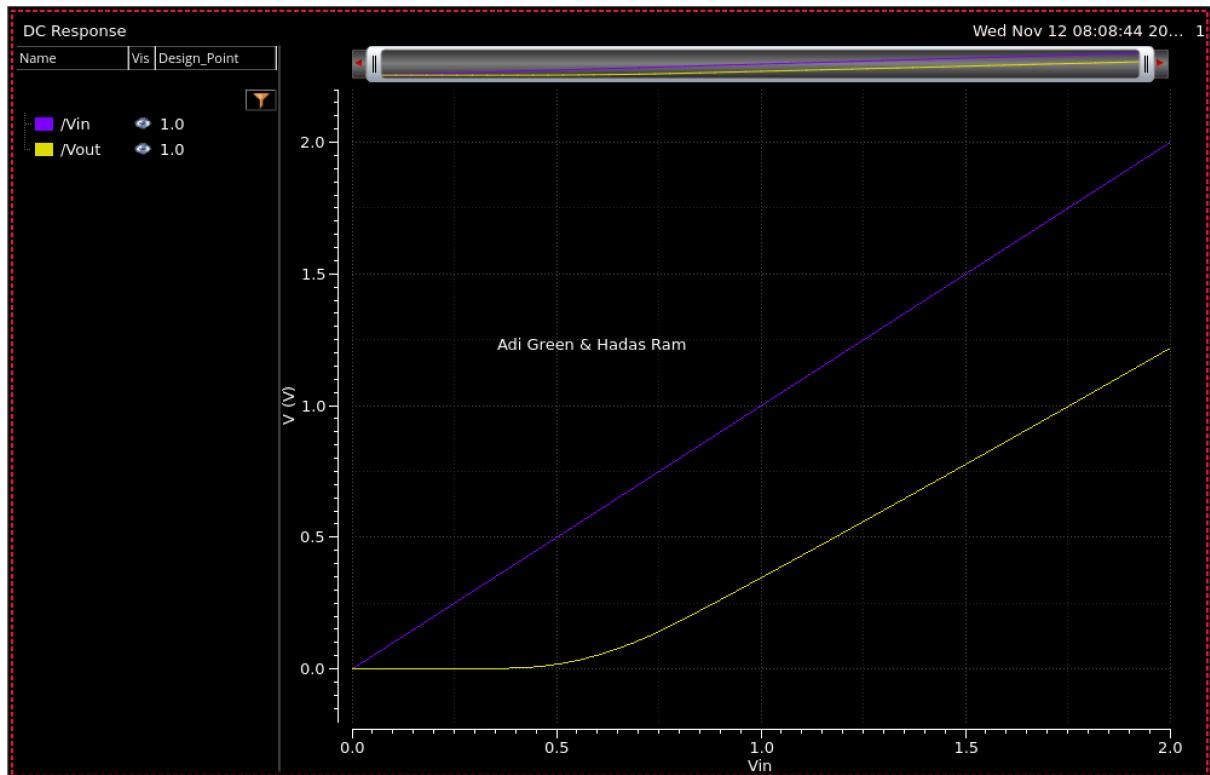


עבור M2 נקבל:
 $V_{dsat} = V_{gs} - V_{th} = V_{g2} - V_{th}$, שמאחר ש- V_{th} קבוע, ו- V_{g2} גדול אז V_{dsat} גדול.

2A.2 – DC SIM

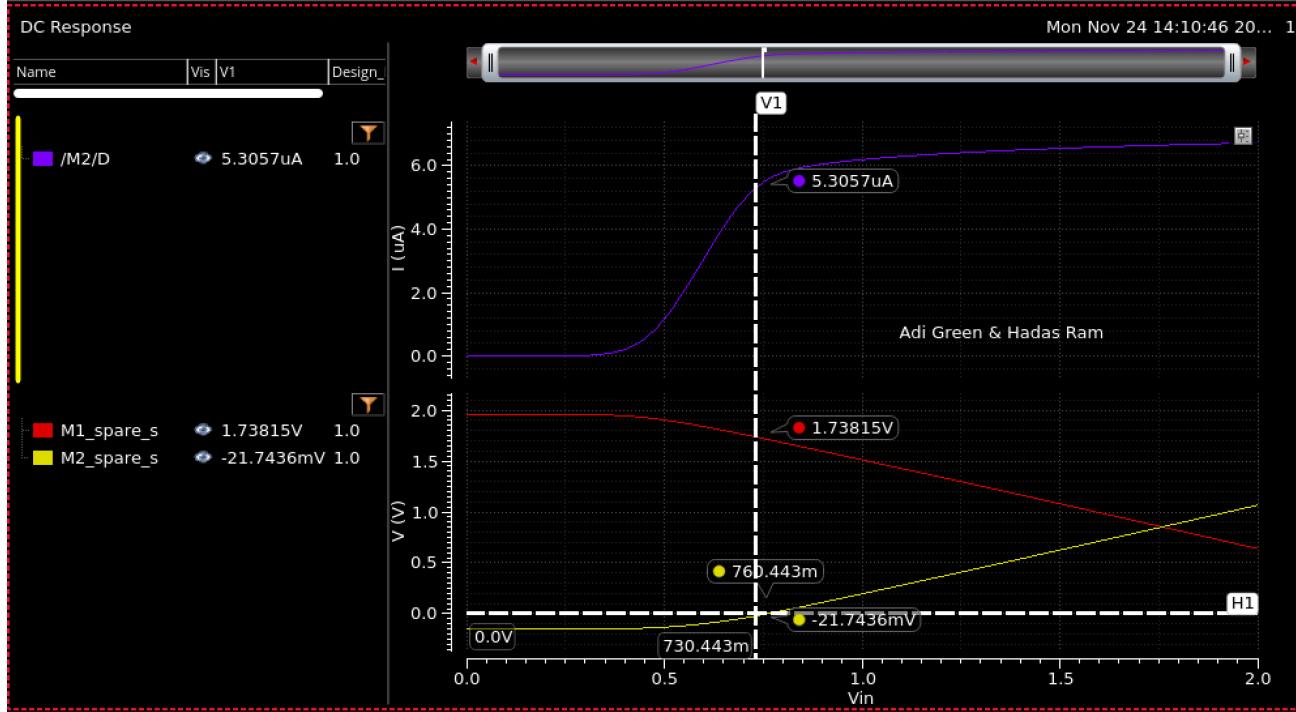
כפי שאמרנו בסעיף הקודם, קבענו ש- $V_{g2} = 0.6V$. הרצנו סימולציה כך שהמתוך V_{in} רץ בין 0 ו- $2V$.

גרף של V_{out} כתלות בחו"ן:



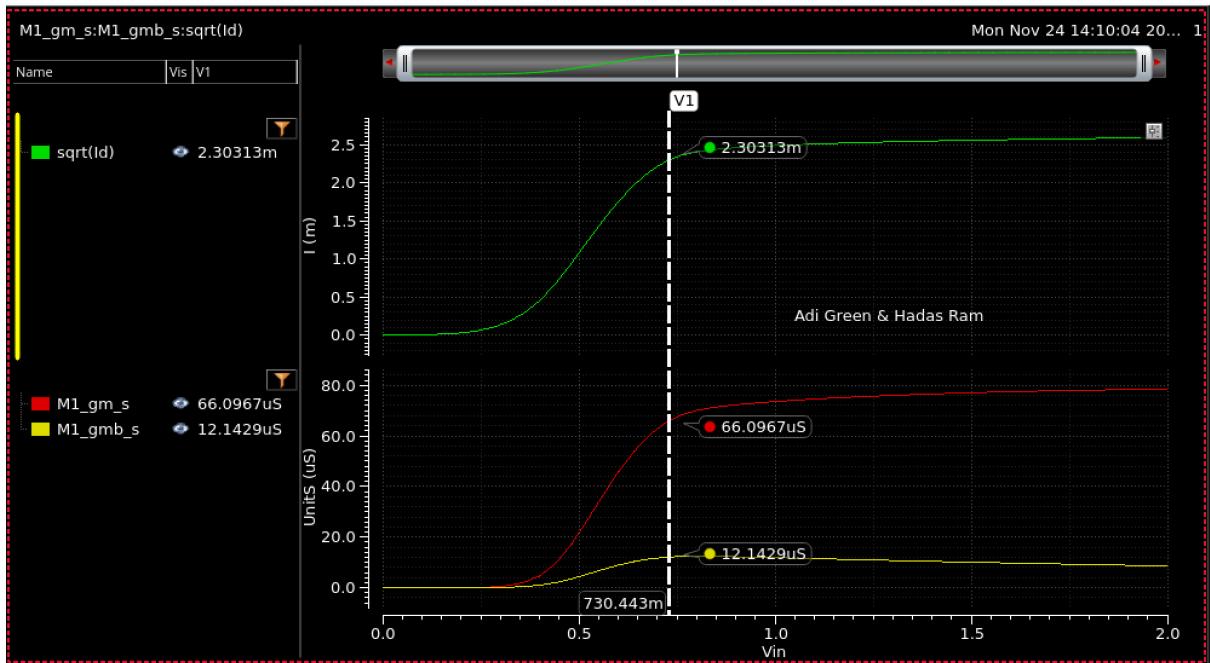
ניתן לראות שבערך V_{in} קטן ($V_{in} < V_{th}$, זה מאחר ש- $V_{out}=0V$ וכאן הטרנזיסטור M1 נמצא ב-Cut-off) אין זרם במעגל. לבסוף, ככל ש- V_{in} עולה אז V_{out} עולה בצורה לינארית וזהו אזור הפעולה של ה-Source Follower, נិtan להראות שהוא כמו הגרף של V_{in} , מנסה לעקוב אחריו בהפרש מסוים.

גרף של הזרם I_d , V_{dsat} ו- $M1$ ו- $M2$ כתלות ב- V_{in} :



- הגרף של $M1$ חיובי תמיד ולכן $M1$ נמצא תמיד בסטורציה.
 $V_{ds1} = V_{cc} - V_{out}$, $V_{dsat1} = V_{gs} - V_{th} = V_{in} - V_{out} - V_{th}$
 $V_{ds1} - V_{dsat1} = V_{cc} - V_{out} - (V_{in} - V_{out} - V_{th}) = V_{cc} - V_{in} + V_{th} > 0$
הbianio חיובי מאחר ש- $V_{in} - V_{out} < V_{cc} - V_{out}$, ו- V_{th} של סומח הינו ערך חיובי. נשים לב כי ככל שהמתה V_{in} גדל אז הביאו V_{dsat1} קlein ואכן קיבלנו ירידה.
- הגרף של $M2$ חיובי החל מכ- $V_{in}=760mV$, ולכן החל מערך זה בח- V_{in} שני הטרנזיסטורים נמצאים בסטורציה.
 $V_{ds2} = V_{out}$, $V_{dsat2} = V_{gs} - V_{th} = V_{g2} - V_{th} = 0.6 - V_{th}$
 $V_{ds2} - V_{dsat2} = V_{out} - 0.6 + V_{th} > 0$
על מנת להיות בסטורציה אז הביאו ציריך להיות חיובי.
ראינו לפיה הגרף הקודם שכך שהמתה V_{in} גדול כר המתה V_{out} גדול, ולכן גם הביאו $V_{ds2}-V_{dsat2}$ גדול, ולכן קיבלנו עלייה.
- בגרף של הזרם ניתן לראות שהחל מהחו- V_{in} שסימנו הוא נכנס לסטורציה ולפני זה הוא נמצא במצב של זרם במצב LINEAR ובurrecis ש- V_{in} קטנים הוא נמצא bulk effect. (הזרם שמדדנו הוא בנקודות הח- V_{in} של $M2$).
- כאשר 2 הטרנזיסטורים נמצאים בסטורציה, אז כפי שלמדנו בהרצאה רכיב $M2$ מתפרק מקור זרם קבוע כאשר $I_{ds2} \sim (V_{g2} - V_{th})^2$, לאחר שהמתה V_{g2} הינו קבוע, וגם V_{th} של רכיב זה.
- הזרמים בשני הטרנזיסטורים שוים ולכן צריך להתקיים $V_{g2} - V_{th2} = V_{in} - V_{out} - V_{th1}$
אחר שיש bulk effect, אז V_{th1} אינו קבוע ומשתנה כתלות- V_{out} ולכן V_{in} המתח V_{out} אינו עוקב במדויק מדיקת אחריו המתח V_{in} אלא בקירוב.

גרף של I של $M1$, $gm1$ כתלות ב- V_{in} : (הווצאנו גרף נוסף של שורש הזרם כתלות ב- V_{in})



סימנו בק' לבן את המתח שהחל ממנו עבר V_{in} גדולים יותר שני הטרנזיסטורים נמצאים בסטורייה (מצאנו מסעיפים קודמים).

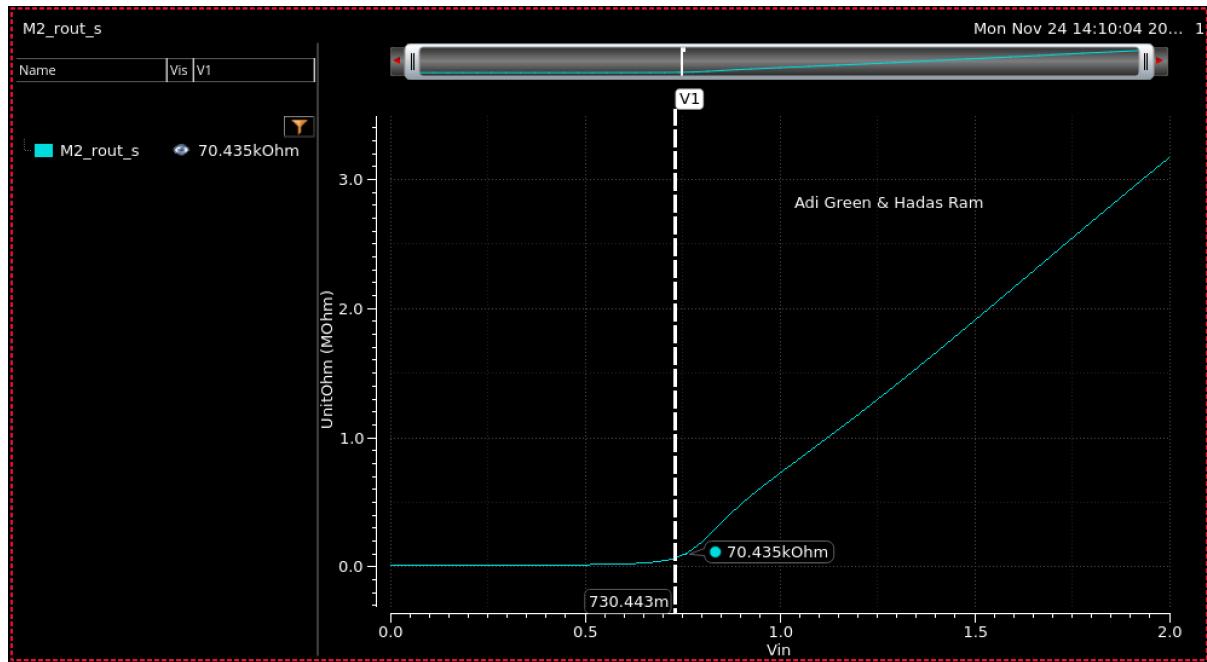
:
1. לאחר מכן הטרנזיסטור נפתח ונמצא במצב לינארי. $0 = gm1$ Cut-off $M1$ בהתחלה הטרנזיסטור בשל הוק' הלבן הוא נמצא בסטורייה. כפי שנחנו יודעים בסטורייה $gm \sim \sqrt{I}$, ניתן V_{in} ומימין לערכים של . לראותanza מה שקיבלנו

:
gmb1
ה bulk של טרנזיסטור $M1$ מחובר לאדמה, והource Shunt Shunt. ולכן V_{out} נינו Effect Bulk. וכאן אנו מקבלים מתח V_{bs} שונה מ-0 יש לנו . ניתן לראות שהוא הולך כמעט כמו gm בהתגדיות נמוכות יותר.

הגדירה: $\frac{dI}{dV_{bs}}$, השינוי בזרם ביחס DraIn Current משינוי במתח V_{bs} .

הערך $gmb1$ מתחיל מ-0 כיוון שהטרנזיסטור $M1$ סגור בהתחלה. כשהוא מגיע ל- V_{th} , הוא עולה בצורה חדה כיוון שנוצר V_{bs} גדול ולכן ה effect body מושגש. כאשר V_{in} ממשיך לעליות V_{bs} קטן ולכן $gmb1$ קטן גם הוא.

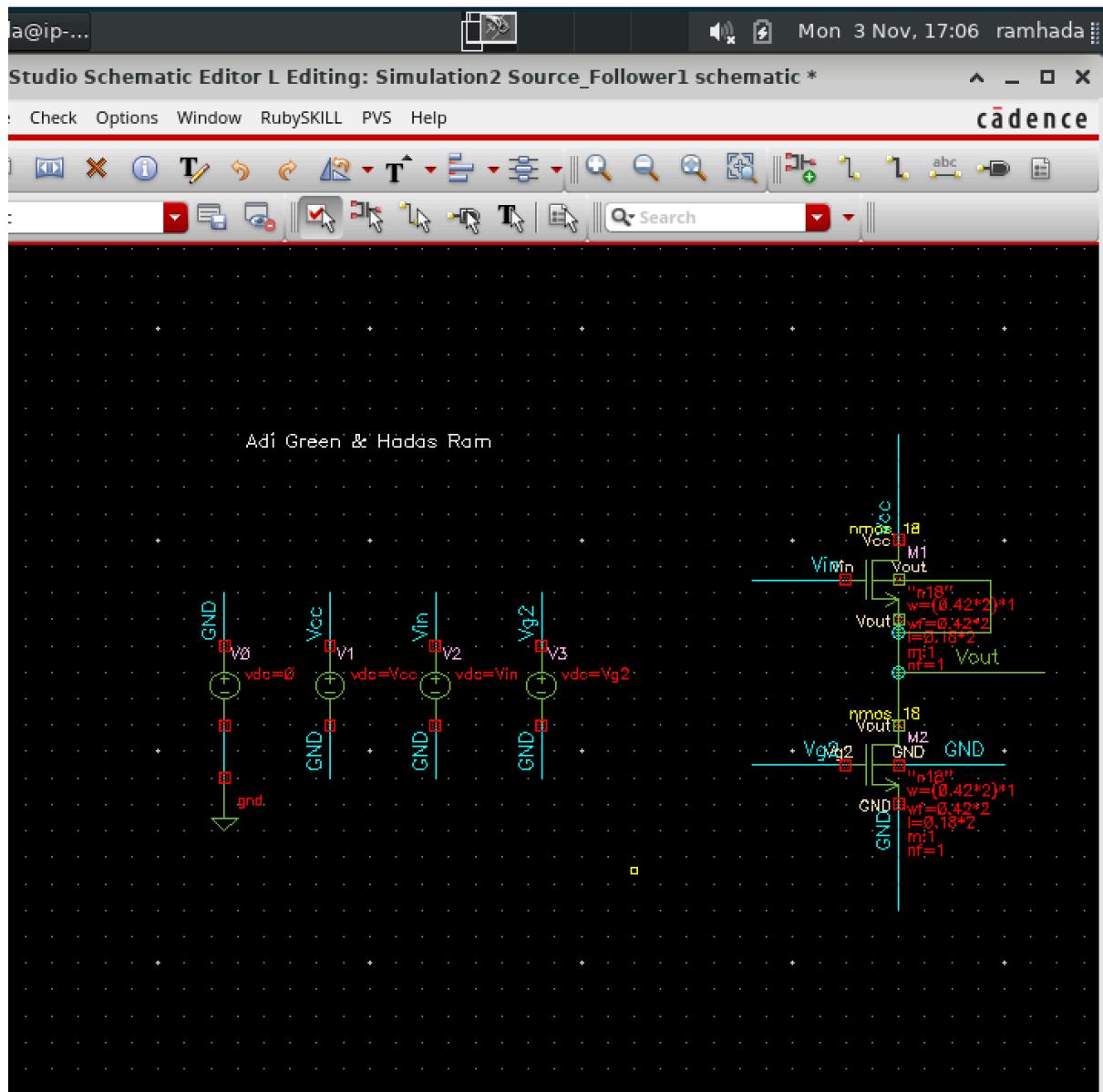
גרף של r_{out} כתלות ב Vin |:



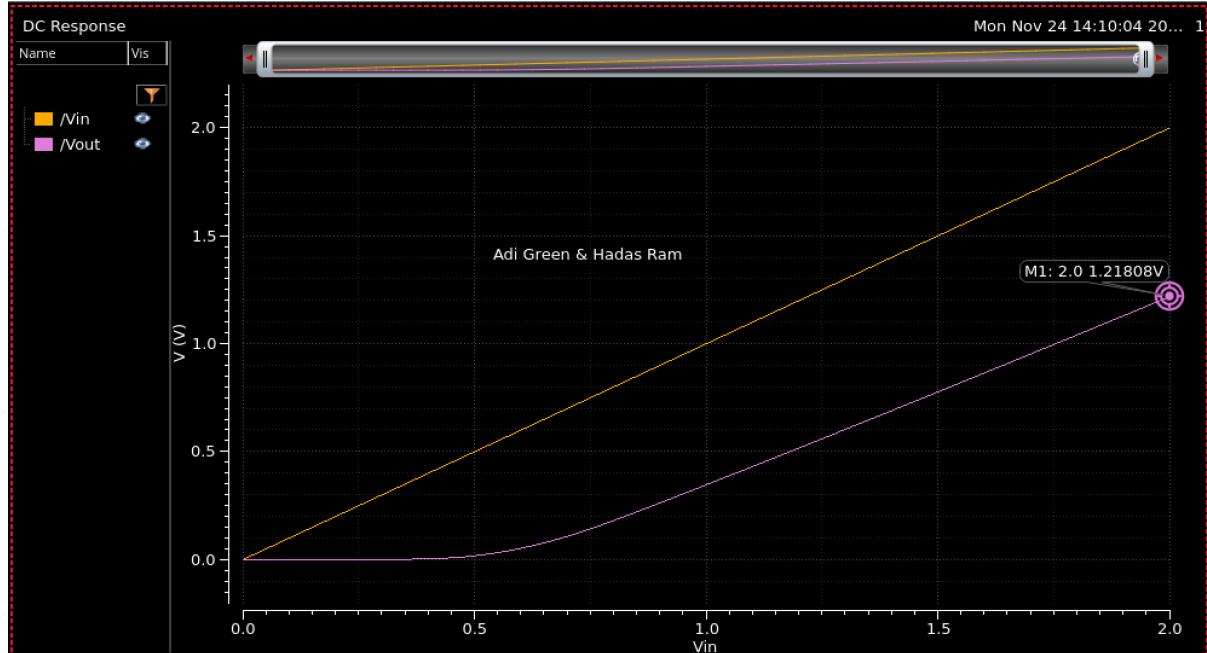
לפי חוק א Ohm, ההתנגדות היא שוני של המתח חלקי השינוי בזרם. כאשר המעגל בסטורציה שינוי גודל במתח מוביל לשינוי קטן בזרם ולכן ההתנגדות היא גדולה (High- Impedance).
 $Rout = 1/(\lambda * Ids)$.
 ניתן לראות בגרף שכאשר אנחנו משמאלי לקו הלבן אנחנו לא בסטורציה וההתנגדות נמוכה ויחסית קבועה, לעומת זאת כאשר אנחנו בסטורציה ההתנגדות גדולה.

2A.3 - DC SIM WITHOUT BULK EFFECT:

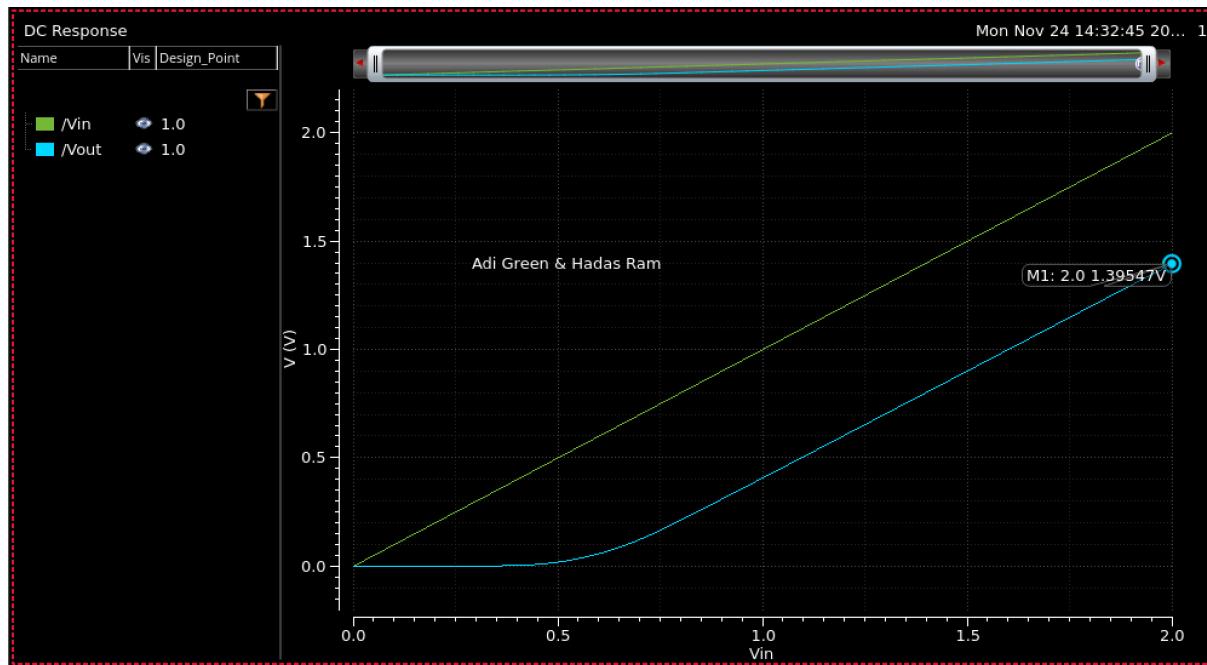
חייבנו בטרנזיסטור M1 את ה **Source Bulk Effect**, כדי לבטל את ה **Source Bulk Effect**.



גרפים של V_{out} כתלות ב- V_{in} :
:Bulk Effectn
עם



bulk Effectn
בלי



ניתן לראות שהגרף בלי bulk effectn מגיע למתחים בסען V_{out} גבוהים יותר מאשר בגרף עם ה-
bulk effectn. השם V_{th} , ה- V_{th} קטן יותר ולכן המודול הוא Source Follower אידיאלי יותר.

$$V_{TH} = V_{TH0} + \gamma \left(\sqrt{2\Phi_F + V_{SB}} - \sqrt{2\Phi_F} \right)$$

אחר שהמתוך V_{th} עם bulk effectn הינו

בנוסף, אפשר לראות שעבור הגרף בלי bulk effect ההפרש בין bulk effect לבין $V_{in} - V_{out} = 2 - 1.395 = 0.60453$, שזהו בקירוב המתח V_g2 שבחרנו.

מאחר שכפי שהסבירנו בסעיפים הקודמים מתקיים בכלל שהזרמים שוים - $V_{th1} - V_{out} = V_{th2} - V_g2$, ולכן $V_{th1} = V_{th2}$, וכך אין bulk effect אז $V_{th1} = V_{th2} = V_g2 = V_{in} - V_{out}$, כפי שאכן יצא לנו.

EXPLANATIONS AND DISCUSSION:

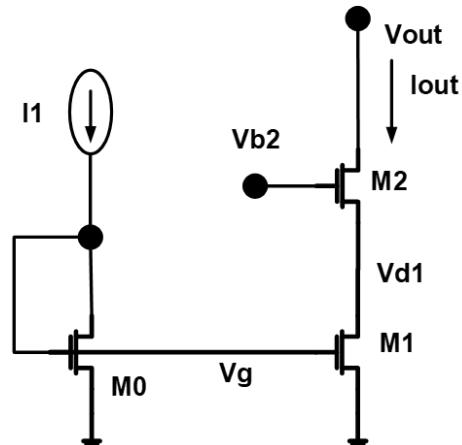
למדנו על ה-source Follower, כאשר שני הטרנזיסטורים בסטורציה, ראיינו שהמתוח במצב עוקב אחרי המתח בכניסה. העקבות הזה מתקבלת בזכות הזרם במעגל שחייב להיות קבוע.

הגבר של רכיב זה הינו 1, מאחר שהמוצא עוקב אחרי המתח בכניסה אך שונה רק בהזזה אחת, כמו שראינו עדיף שלא יהיה Bulk Effect על מנת ההפרש יהיה אכן זהה ומדויק.

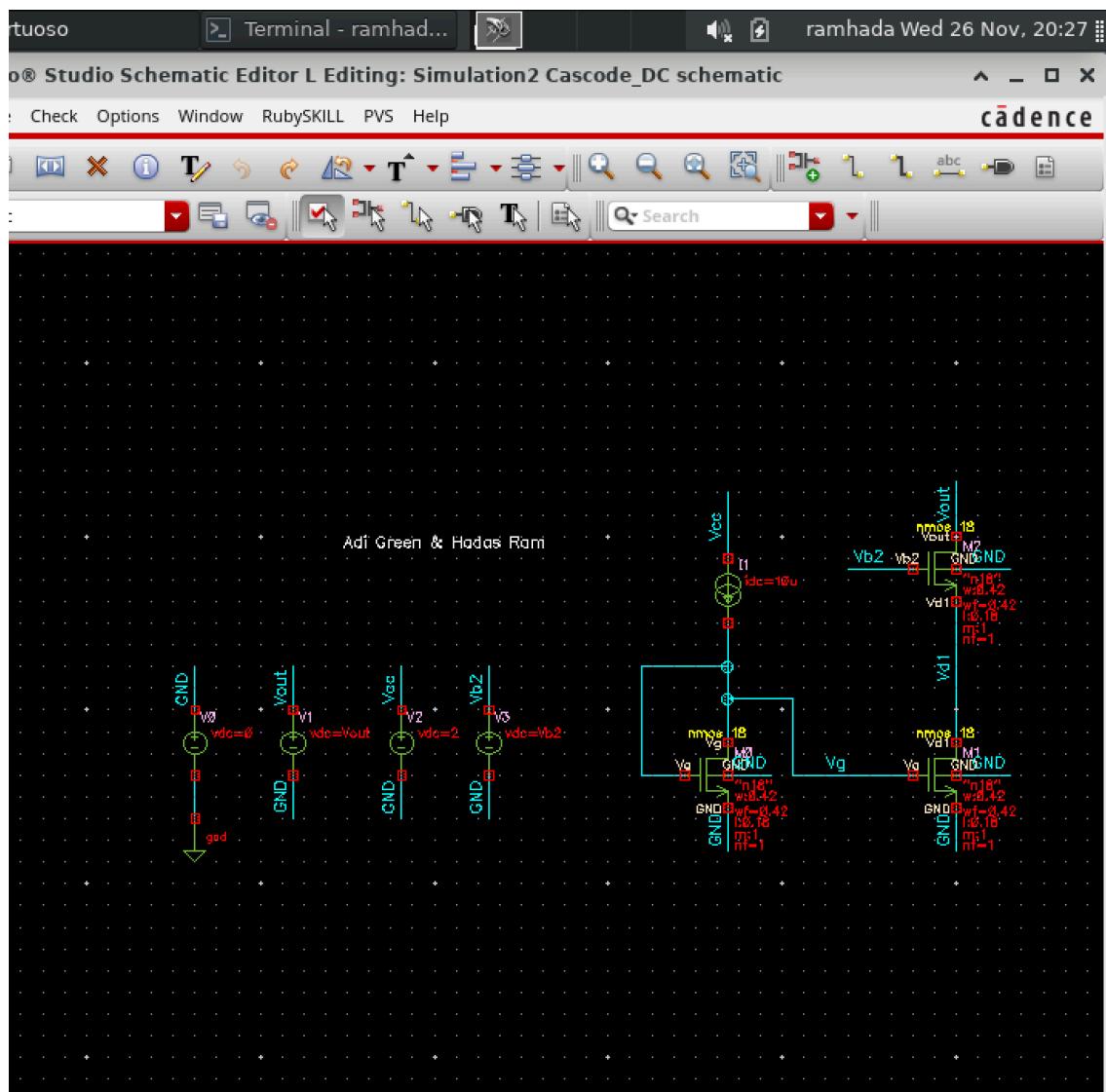
מאחר-source Follower יכול להניע זרמים גבוהים בלי לשנות את הגבר אז הוא current buffer מאד טוב.

2B Cascode DC

התבקשנו ליצור מעגל כך:



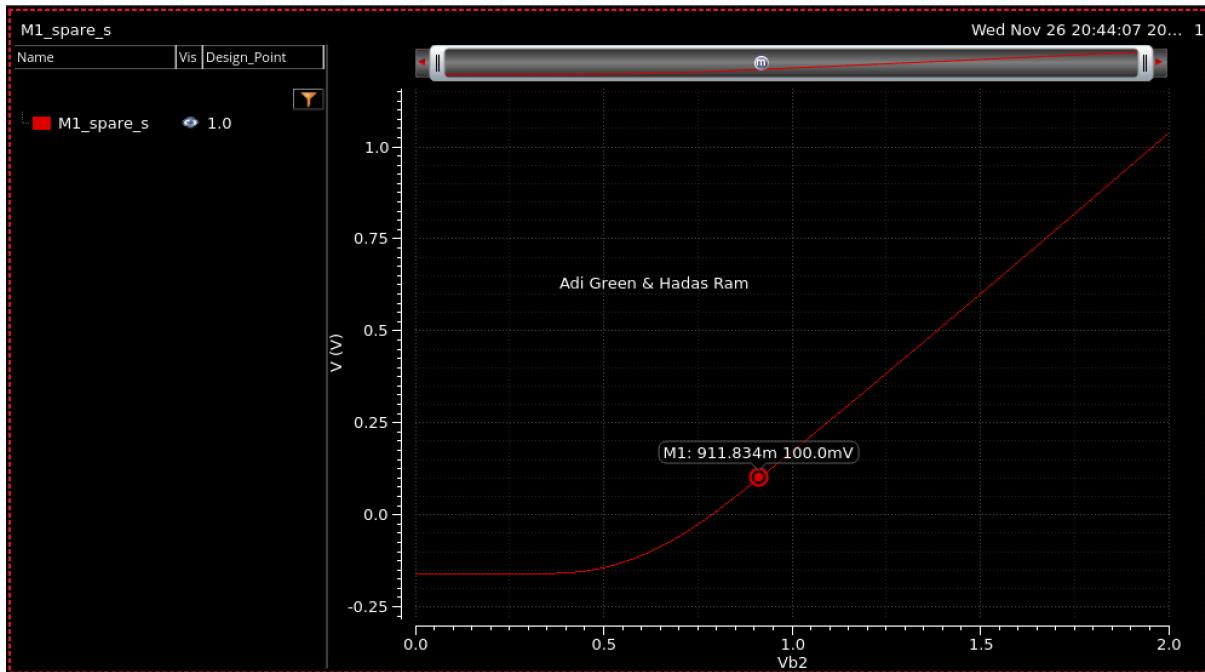
קבענו את מקור הזרם כך ש- $I_1 = 10\mu A$



B. 2 – Voltage Bias

כפי שהתבוננו, קבענו $V_{out} = V_{cc} = 2V$, והרצינו אנלייז DC של $V_{ds}(m1) - V_{dsat}(m1)$ כתלות ב- V_{b2} .
כאשר המתח V_{b2} רץ בין $0V$ ל- $2V$.

גרף של ה- V_{ds} של M1 כתלות ב- V_{b2} :

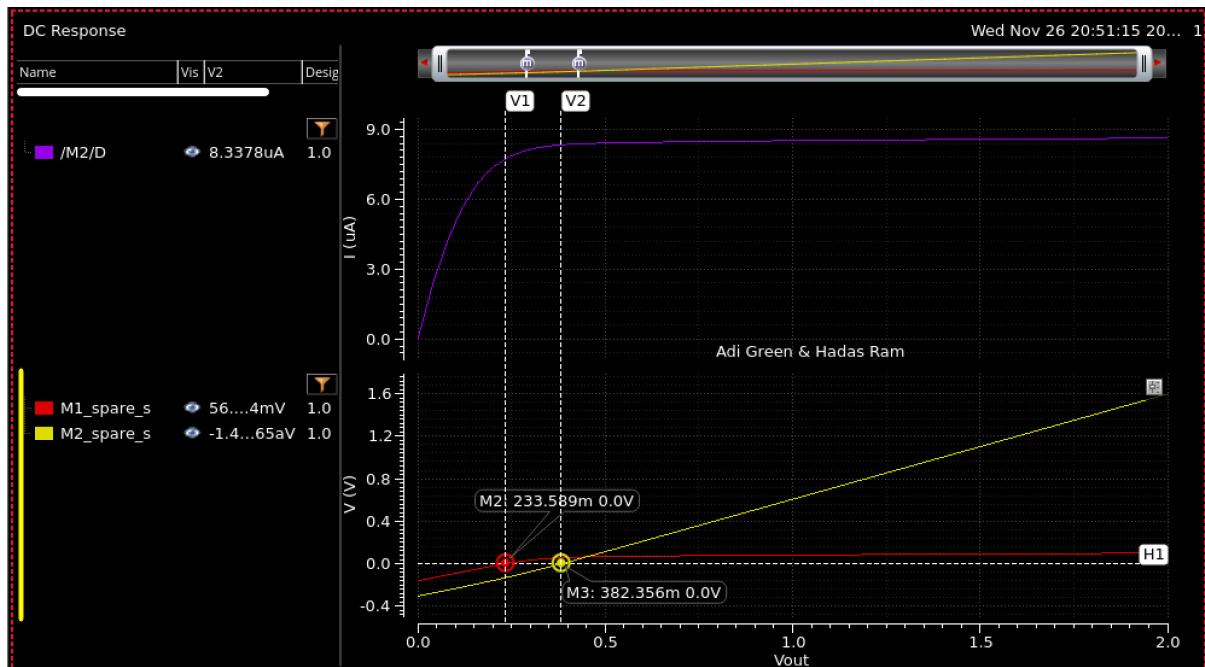


מצאנו שעבור המתח $V_{b2} = 911.834mV$ נקבל שה- V_{ds} של M1 שווה $100mV$.
M1 נמצא בסטורציה בערך זה כיון שה- V_{ds} > 0 .

2B. 3 to 5 – Iout vs. Vout

קבענו את V_{b2} למתוך שמצענו מסעיף קודם, ורכזו בסימולציה DC על V_{out} מ-0 עד ל $V_{cc} = 2V$.

גרף של הזרם I_{out} כתלות ב- V_{out} וגרפים של השערים של M1 ו-M2 כתלות ב- V_{out} :



סימנו את הנקודה בכל אחד מהגרפים של השערים בה כל אחד מהטרנזיסטור נכנס לסתורציה (כאשר Spare חיובי).

כאשר $V_{out} < 233.589m$, שני הטרנזיסטורים נמצאים במצב לינארי, וההתנגדות קטנה. נקבל שעבור שינוי קטן ב- V_{out} נקבל שינוי גדול בזרם.

כאשר $233.589m < V_{out} < 382.356m$, נקבל שטרנזיסטור M1 בסטורציה ו-M2 בלינארי, ולכן ניכן גראות שינוי ב- V_{out} ב�ורת הגרף של הזרם.

כאשר $V_{out} > 382.356m$, שני הטרנזיסטורים נמצאים בסטורציה, וההתנגדות גדולה. שינוי גדול ב- V_{out} גורם לשינוי קטן בזרם.

נשים לב שבאייזור הסטורציה הזרם מגע לכ- 9mA, כלומר קיבלנו בקירוב מראת זרם.

עבור השער M1, ניתן לראות שהוא בהתחלה עולה ולאחר מכן נשאר יחסית קבוע.

$$\text{Spare} = V_{ds} - V_{dsat} = V_{d1} - V_{g1} - V_{th1}$$

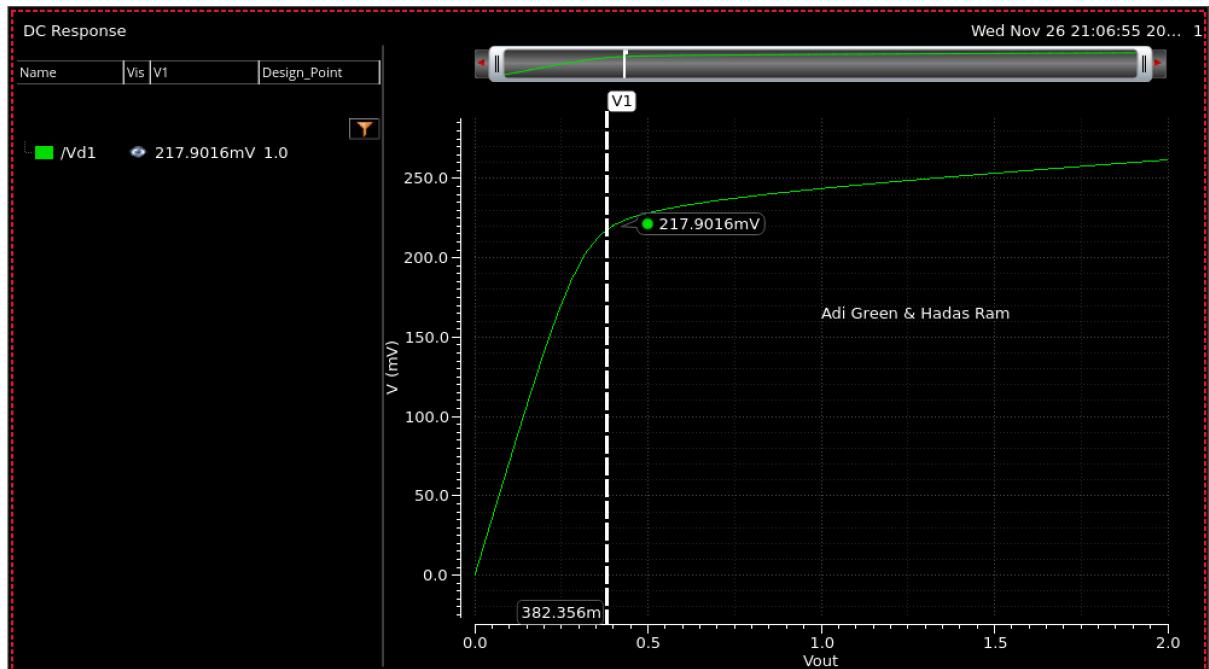
(המתוחים V_{th1} ו- V_{g1} קבועים, והמתוח V_{d1} יהיה יחסית קבוע כאשר אנחנו בסטורציה - ניתן לראות את זה בגרף המצורף למטה).

עבור השער M2, קיבלנו עלייה לינארית. לפי הנוסחאות ניתן לראות כי,

$$\text{Spare} = V_{ds} - V_{dsat} = V_{out} - V_{d2} - V_{g2} + V_{th2}$$

(המתוחים V_{th2} ו- V_{g2} קבועים, ולכן קיבלנו תלות לינארית ב- V_{out} , וכך הוא עולה גם הגרף עולה).

גרף של V_d כתלות ב- V_{out} :



ניתן לראות שהוא מתייצב יחסית כאשר שני הטרנזיסטורים בסטורציה (מיינן לקו הלבן), זה כמעט מתייצב בגל אפקט התקוצרות התעללה.

סביר מה שקרה בمعالג:
הمعالג הזה הוא מראת זרם. ברכיב M0 יש חיבור דיזי ולכן הוא תמיד בסטורציה. מקור הזרם קובע את המתח הכניסה שלו לאחר ש-

$$I_{ds2} \sim (V_{gs} - V_{th})^2$$

מתוך הכניסה של רכיב M1 מחובר למתח הכניסה של רכיב M0 ולכן כאשר רכיב M1 נמצא בסטורציה אז הזרם שעובר דרכו שווה לזרם I1.

אנחנו צריכים שהמתח V_d לא ישנה על מנת שהרכיבים M2, M1 ישארו בסטורציה.

מי שומר על מתח זה הוא רכיב M2 לאחר שכאשר הוא נמצא בסטורציה אז מתקיים

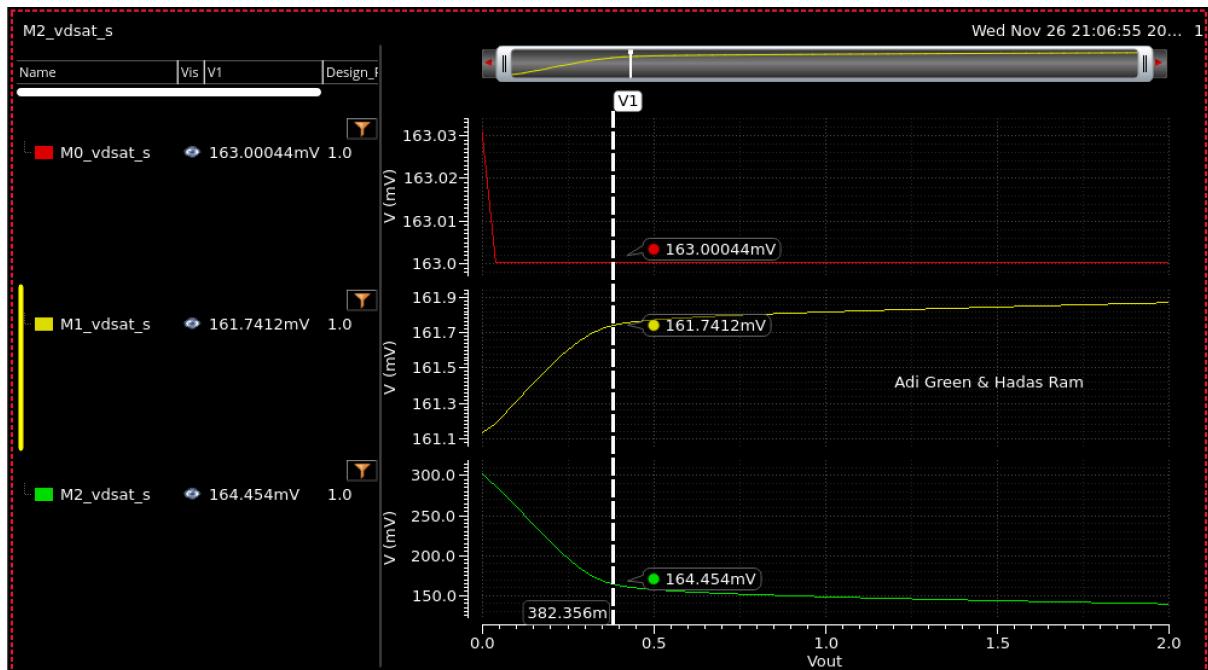
$$I_d = \frac{\mu_n C_{ox} W}{2L} (V_{b2} - V_{d1} - V_{th})^2$$

הזרם נשאר קבוע כי הוא מראת הזרם של I1, ובנוסף המתח V_{b2} נשאר קבוע, המתח V_{d1} משתנה בצורה מסוימת בגל אפקט ולכן המתח V_{d1} צריך להיות בקירוב קבוע.

מכיוון שרכיב M2 מחובר בתצורה של *common gate* כי הכניסה קבועה, אז עכבות הכניסה שלו בנקודה $\frac{1}{gm^2}$ היא נמוכה מאד - בקירוב V_{d1} , ולכן העקבה הזאת בולעת את רוב שינוי המתח שהוא יכולים להשיג מ- V_{out} .

בנוספּ, כפי שלמדנו, רכיב M1 בסטורציה הוא כמו נגד R_{OUT} , ולכן יש R_{OUT} מאד גדול. וכך בינו מגבר עם R_{OUT} מאד גבוה, ולכן ה- A_v גדול. רכיב M2 זהו הרכיב הקאסקוד ורכיב M1 זהו רכיב הכניסה.

גרף של V_{dsat} 'ים של הטרנזיסטורים M0, M1, M2:



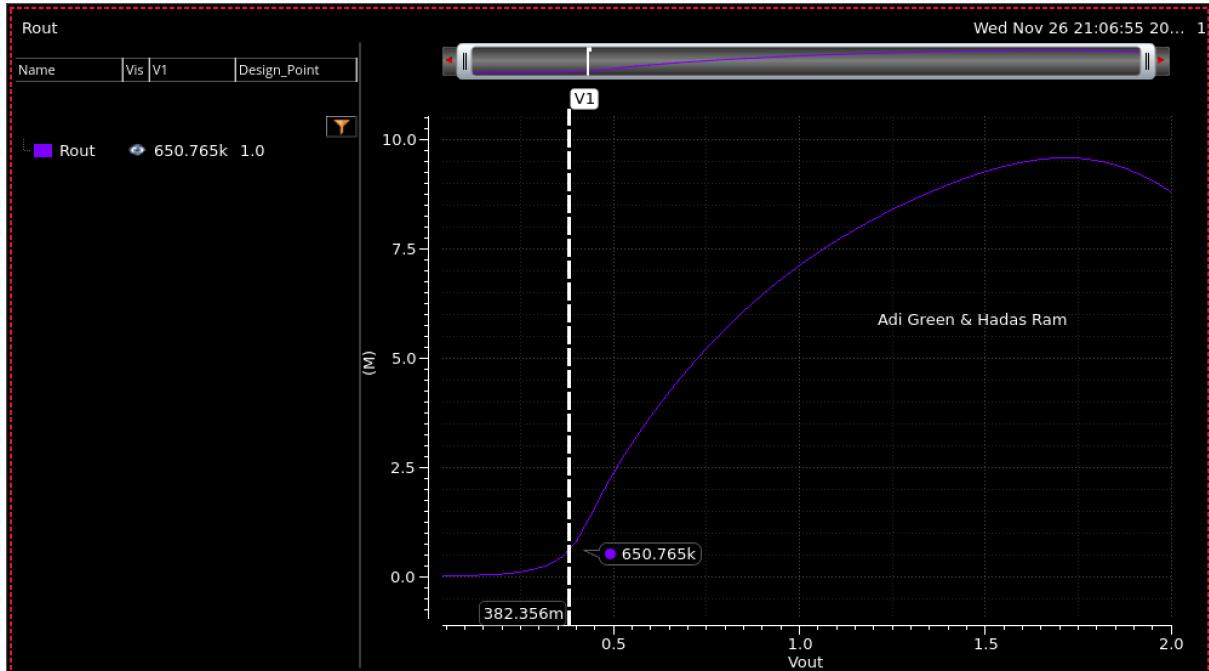
הגדרה: $V_{dsat} = V_{gs} - V_{th}$
עבור M0, קיבל $V_{dsat} = V_g - V_{th}$, שני המתחים האלו קבועים כאשר הטרנזיסטור דולק ולכן קיבל ערך קבוע V_{dsat} .

עבור M1, קיבל $V_{dsat} = V_g - V_{th}$, אותו הסבר כמו טרנזיסטור M0.
עבור M2, קיבל $V_{dsat} = V_b - V_{d1} - V_{th}$, הראנו שה- V_d יחסית מתייצב כאשר אנחנו בסטורציה, V_{th} קבוע, V_b הוא ערך קבוע, ולכן V_{dsat} יחסית מתייצב על ערך קבוע כאשר נכנסים לסטורציה.

$$R_{out} = \frac{1}{\left(\frac{\partial I_{out}}{\partial V_{out}} \right)}$$

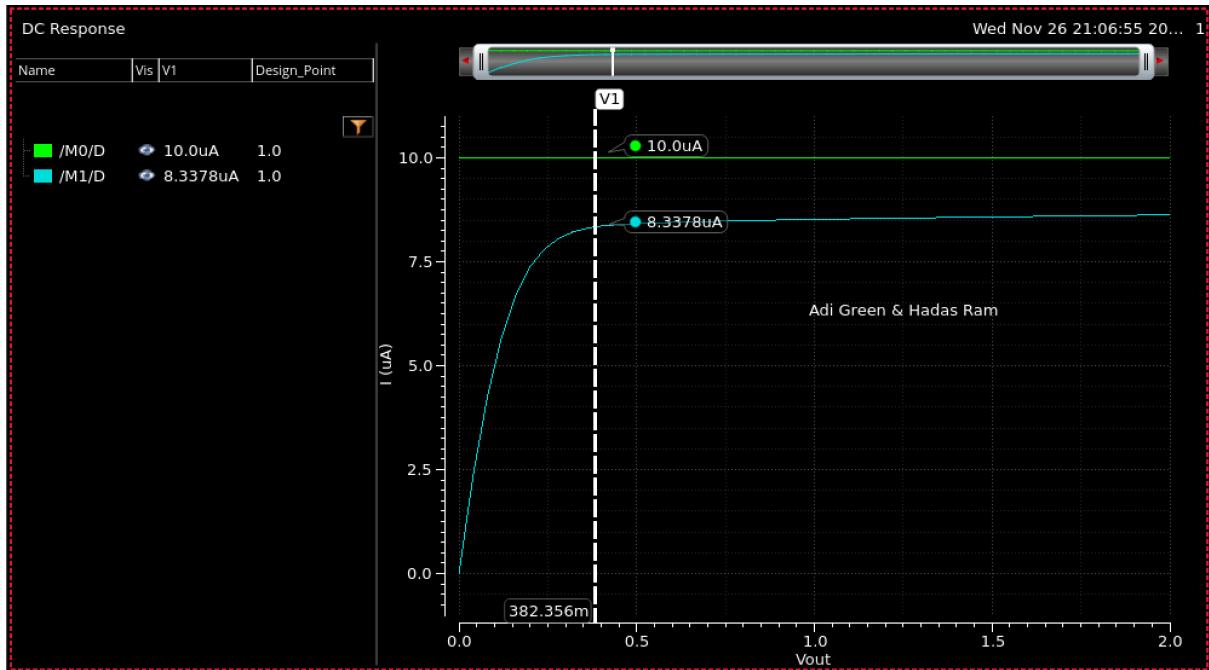
נחשב את ההתנגדות לפי הנוסחה

גרף של R_{out} כתלות ב- V_{out} :



עד הקו הלבן הטרנזיסטורים במצב לינארי וההתנגדות קטנה. משמאלו לקו הלבן שני הטרנזיסטורים נכנסים לסתורציה וכן נקלט התנגדות גדולה, כי שינוי גדול בתחום יגרום לשינוי מאד קטן בזרם ולכן R_{out} יהיה מאד גדול.

גרף של הזרמים כתלות ב- V_{out} :



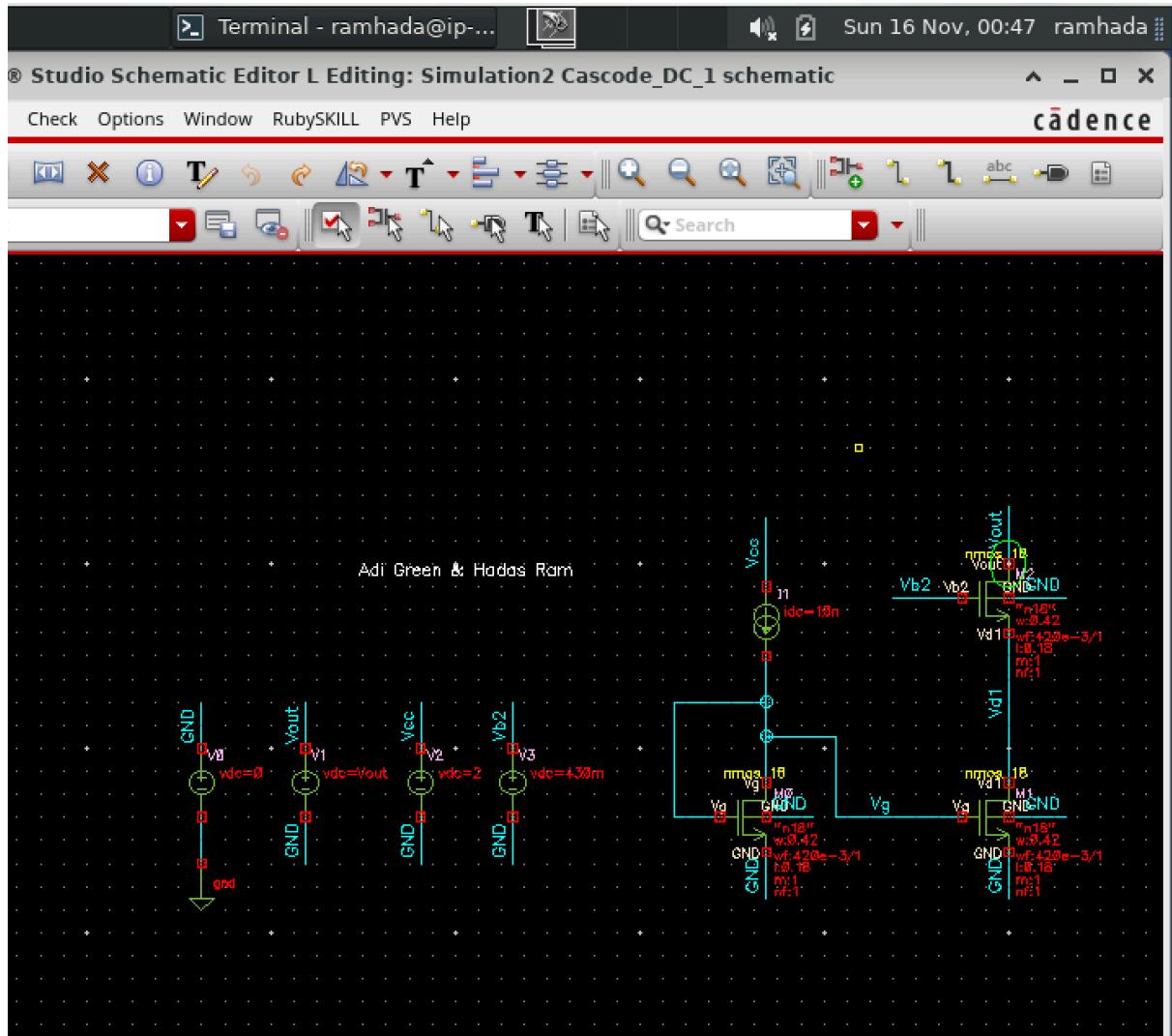
הזרם של רכיב M0 akan על An10 כפי שהגדכנו את מקור המתח.
ניתן לראות שכאשר הטרנזיסטור M1 בסוטרציה הזרם בו כמעט עוקב אחרי הזרם בטרנזיסטור M0. ההבדל

$$I_{ds} = \frac{\mu_n C_{ox} W}{2L} (V_{gs} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{ds})$$

נובע מאפקט התקוצרות התעללה-

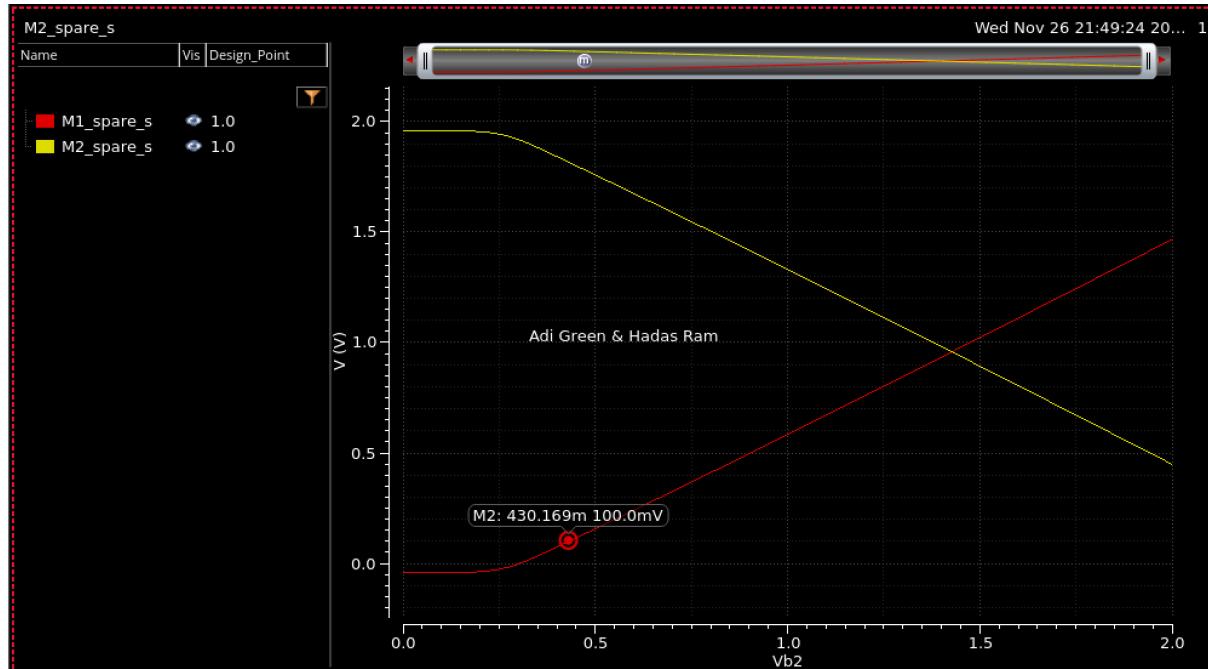
2B.6 – Low current

הגדרנו את הזרם $I_1 = 10\text{nA}$



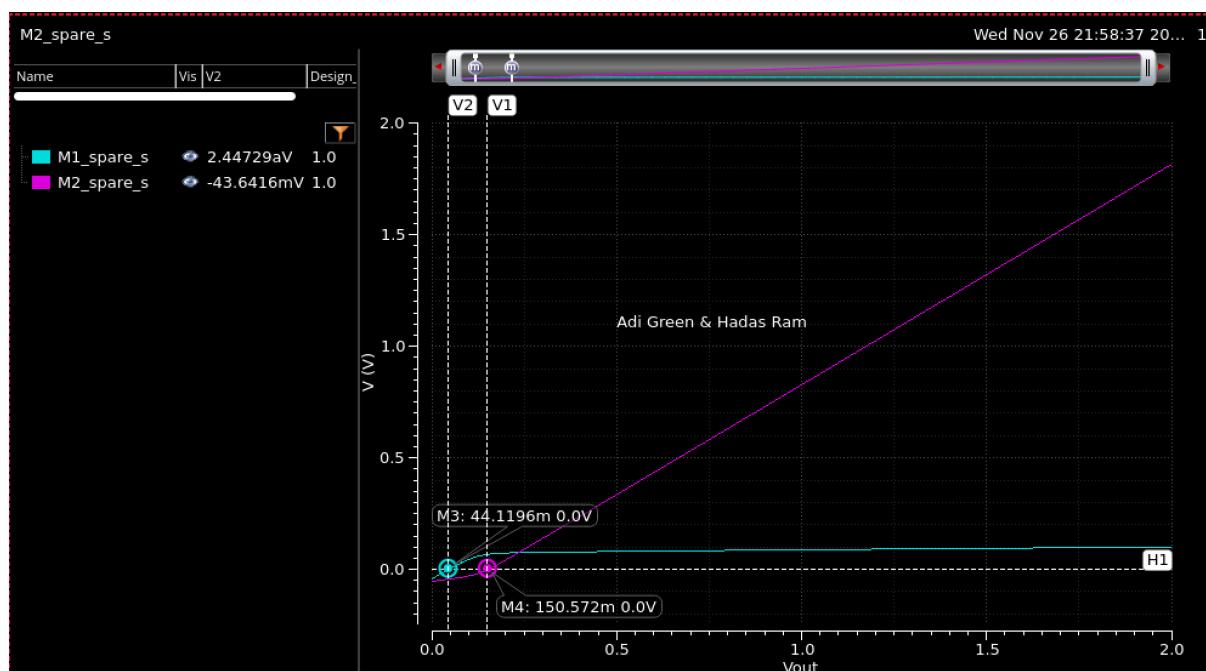
הרצנו סימולציה DC על 7b2, ובחרנו ערך שבו שני הטרנזיסטים בסטרודיזה, והההה של M1 נמצא ב7m100 כפ' שהתקבשנו בסעיף הראשון.

גרף של ה-*Spare*'ים כתלות ב-*b*2:



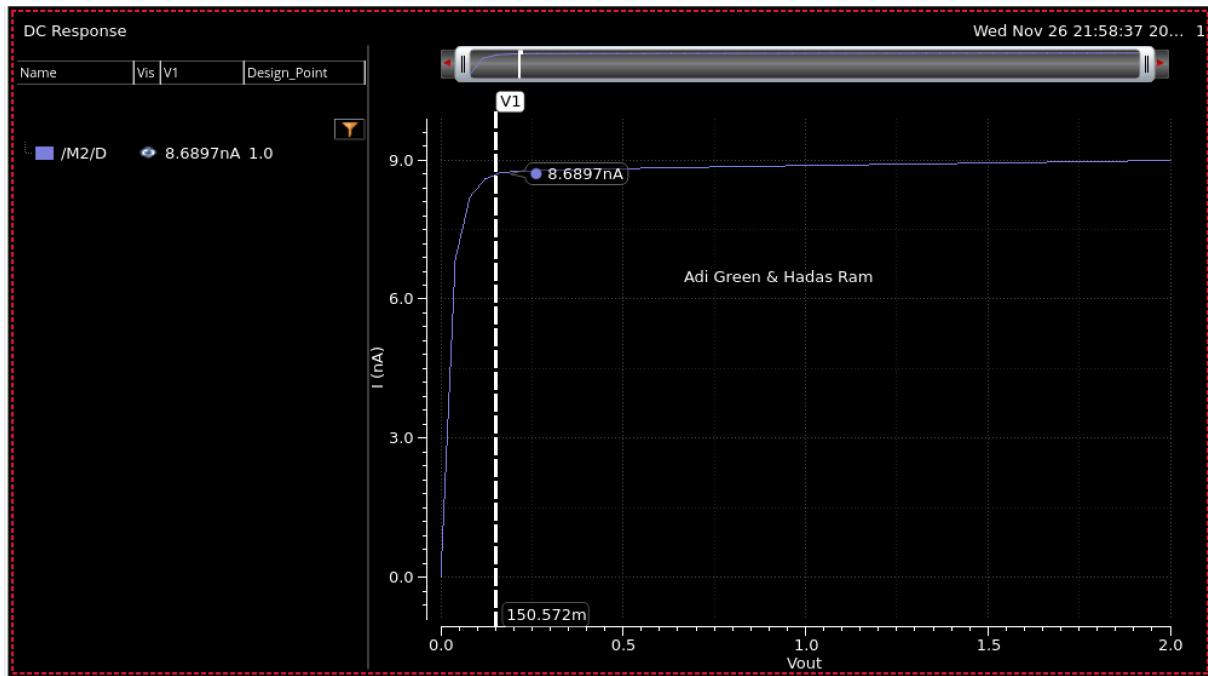
הערך $V_{b1} = 430.169\text{mV}$, בחרנו בערך זה因为他 המשיר המعبدת.

גרף של ה-*Spare*'ים של M1 ו-M2 כתלות ב-*Yout*:



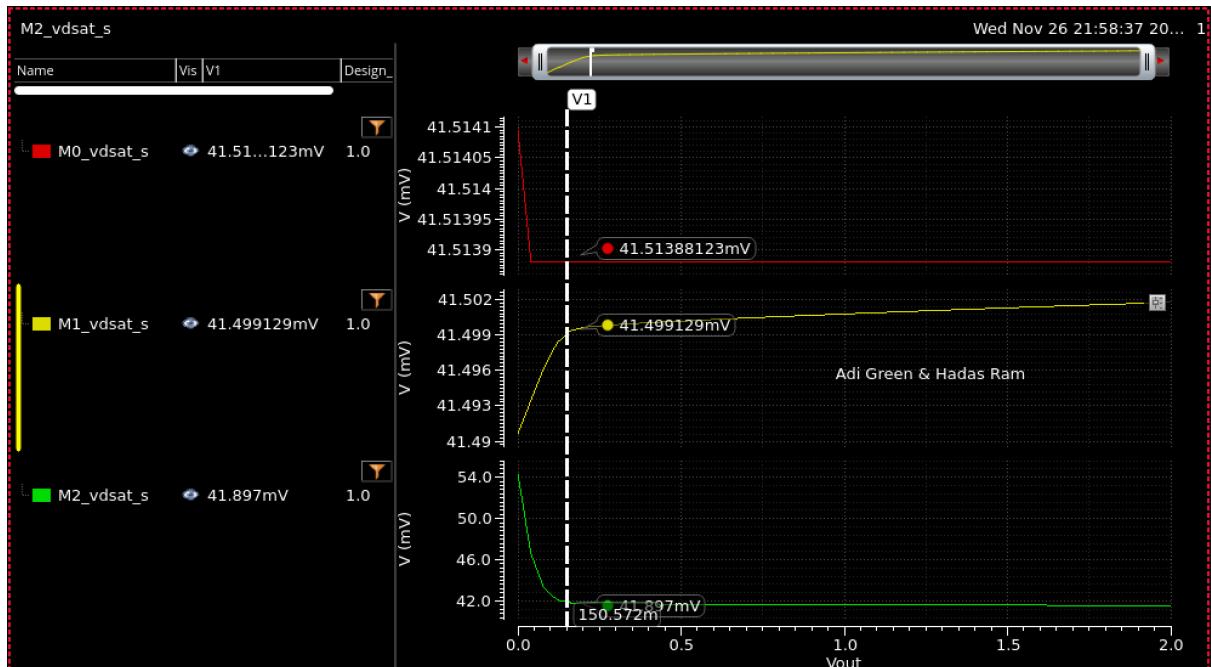
ניתן לראות הטרנזיסטורים נכנסים לסתורציה עברו ערך I_{out} נמוך יותר.

גרף של V_{out} כתלות ב V_{in} :



ניתן לראות מהגרף שאנו ננכדים לסתורציה עבור אחרים קטנים יותר של V_{out} . כיוון שהזרם קטן יותר והטרנזיסטור M0 מחובר בחיבור דיזדי אז הוא נמצא בסטורציה....

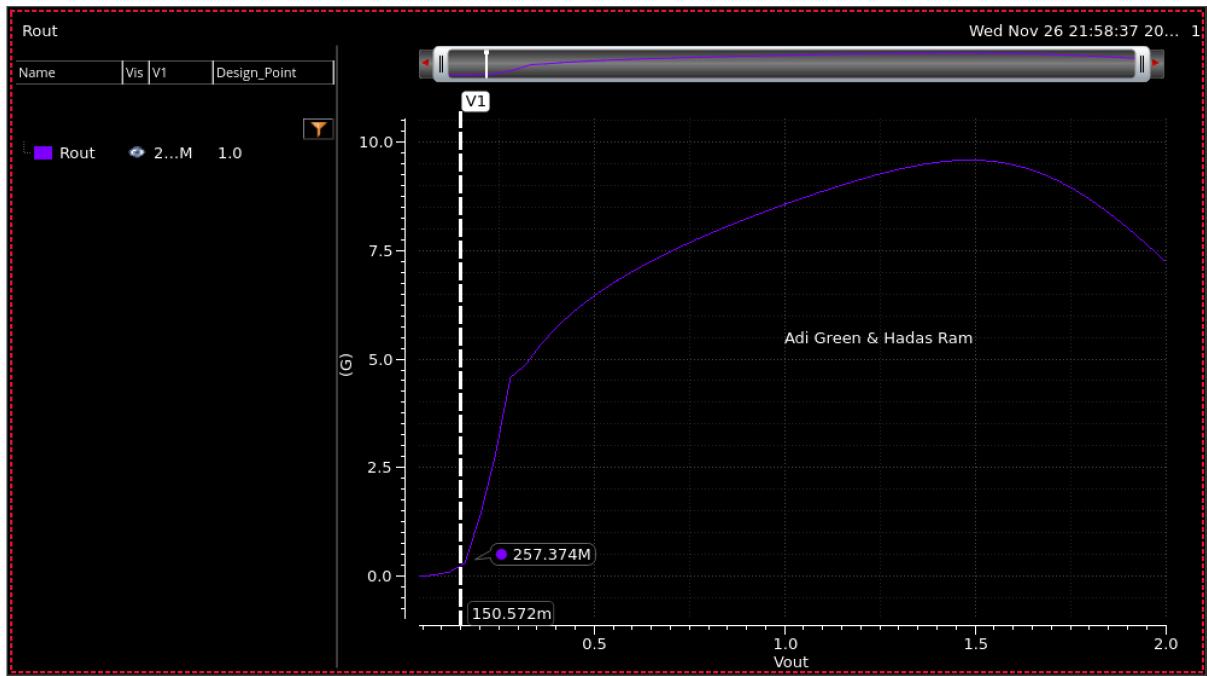
גרף של V_{dsat} 'ים של הטרנזיסטורים M0 M1 M2 כתלות ב V_{out} :



ניתן לראות שערך V_{dsat} 'ים שקיבלנו נמוכים יותר מאשר עבור כל הטרנזיסטורים. הם קטנים יותר כיוון $V_{th} = V_{gs} - V_{th}$, כיוון שהזרם קטן יותר ובסטורציה הוא הולך כמו V_{gs} בربיע.

אזי V_{gs} קטן יותר מה שמקטין גם את V_{dsat} 'ים.

גרף כתלות Rout ב-Vout:



ניתן לראות שההתנגדות עדין גדולה ככל שנכנסים לסתורציה, אך הפעם העלייה של ההתנגדות מתחילה עברו ערך V_{out} נマー יותר. ובנוסף, קיבלנו כי ההתנגדות גדולה יותר בכמה סדרי גודל מאשר הרזרם הזמין יותר גובה, כי כפי שהסבירנו- אנחנו מחשבים את הרזרם לפי הנוסחה:

$$R_{out} = \frac{1}{\left(\frac{\partial I_{out}}{\partial V_{out}}\right)}$$

וכאשר I_{out} קטן ו- V_{out} נשאר קבוע (כי הגרף רץ על ערכים קבועים) אז ROUT גדול, כפי שקבלנו.

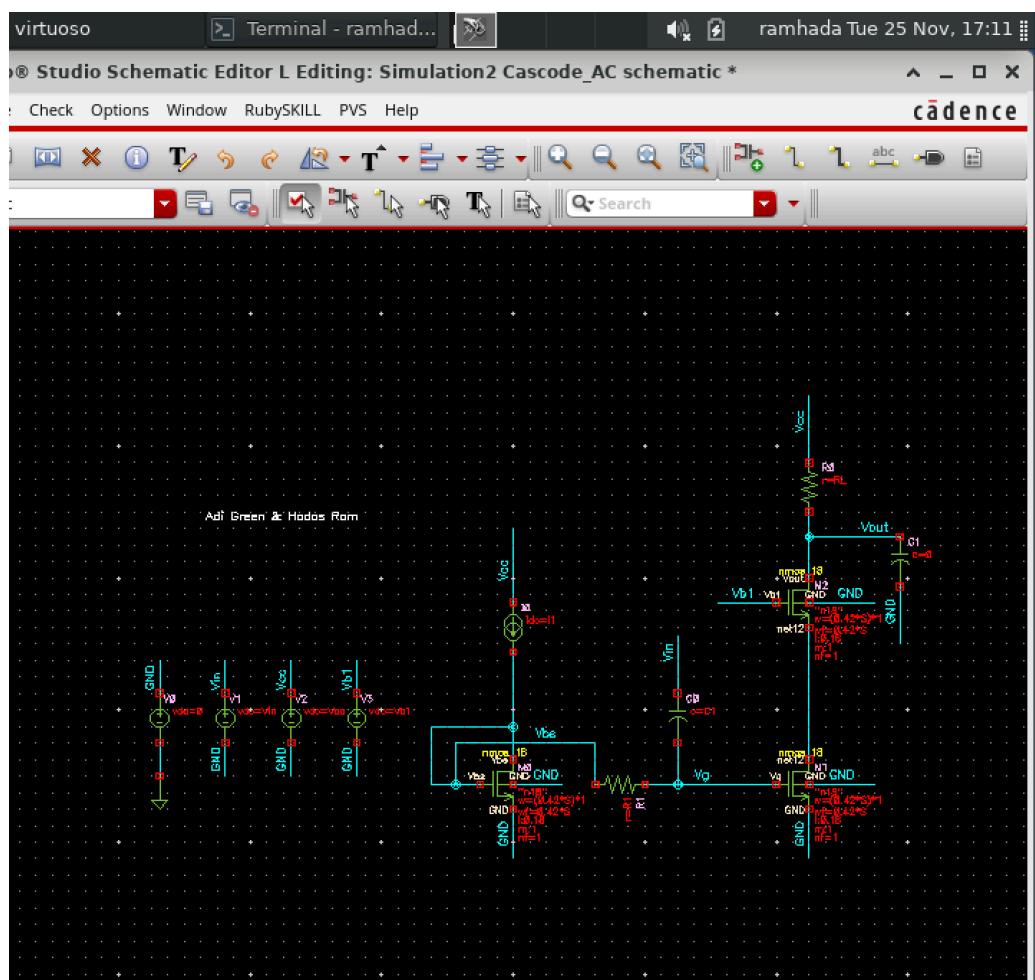
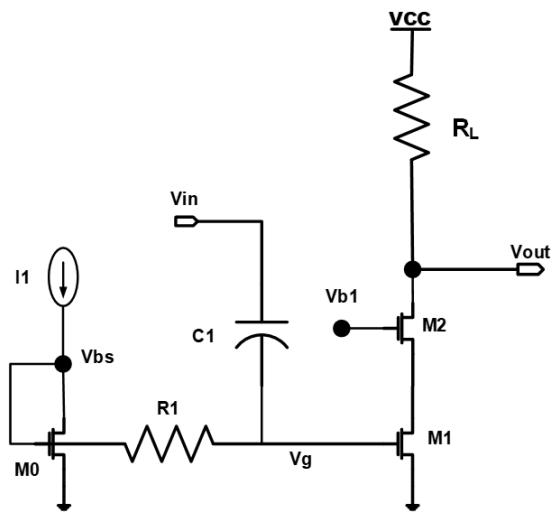
EXPLANATIONS AND DISCUSSION:

יצרנו מעגל Cascode, על מנת שמעגל זה יעבוד כרצוי נרצה שכל הטרנזיסטים יהיו בסטורציה. כאשר אנחנו נמצאי בסטורציה ראיינו שההתנגדות של cascode היא התנגדות גדולה מאוד.
 ראיינו שעבור זרם קטן יותר שני הטרנזיסטים נכנסים לסתורציה עבור מתח V_{out} קטן יותר, וכי ההתנגדות ROUT גדולה יותר.

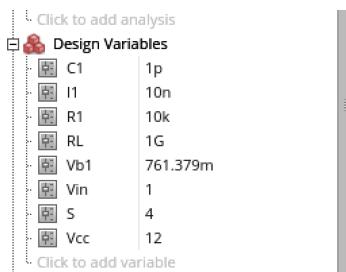
2C – Cascode AC

2B.1 – DC

התבקשו ליצור מעגל כך:



בחרנו את הערבים כר:



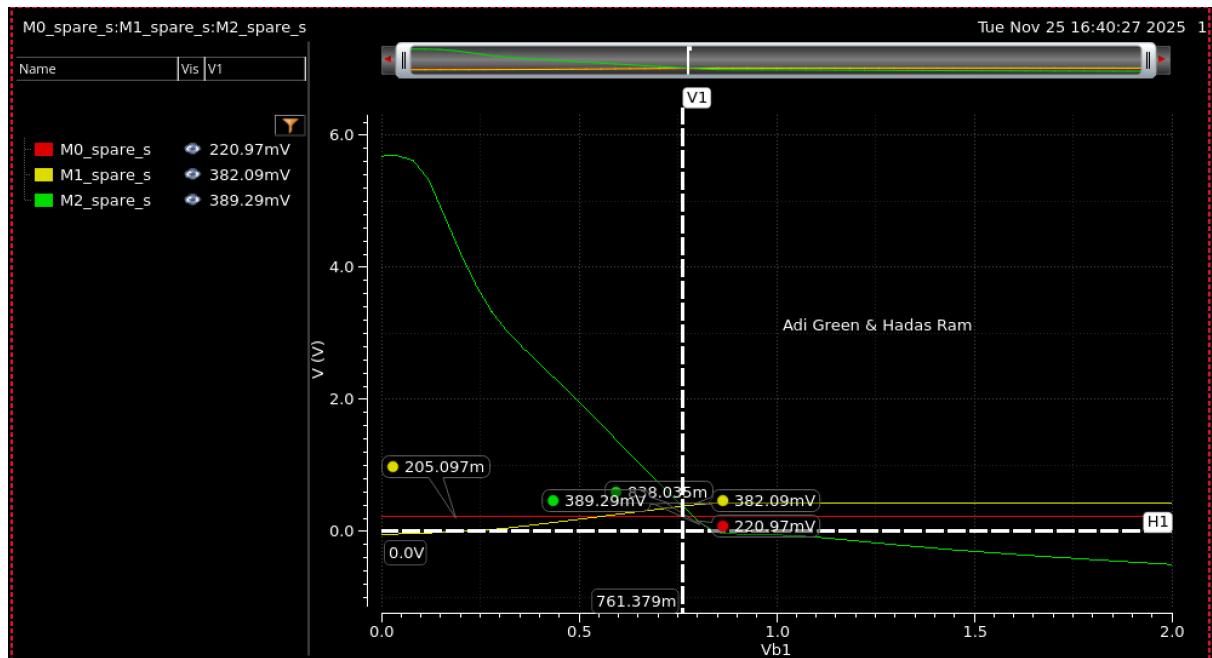
בחרנו בזרם הגדל ביוטר לפי הטווח של המטלה שהוא A_{h0} . נגדיל את ה-W של שלושת הטרנזיסטורים פ' 4, וכך נקבל שהזרם יעבור מחרה יותר ולכן יוכל התנגדות קטנה יותר עברו התנגדות של ה-e-cascode, כלומר ROUT קטן יותר כפי שהוא רצוי.

כיוון שההתנגדות-e-cascode גדולה מرتaza RL יהיה באותו סדר גודל כי שנסבhir בהמשך, ולכן $RL=1$ GOhm.

לפי חוק א Ohm, נקבל שהמתח יפול על הנגד RL הוא: $v = IR = (10^9) * (10^{A_0} - 1) = 12V$.
התבקשנו ש- $v_{out}=1V$, ולכן נבחר ש- $VCC=12V$ (ולא 11V בגלל הקיבולים הפרזיטיים).
בחרנו $v_{in}=1V$, אך ערך זה לא משנה כי בסימולציה dc הקבל הוא נתן.

הרצינו סימולציה DC על 1V.

גרף של ה- v_{out} כתלות ב- v_{in} :



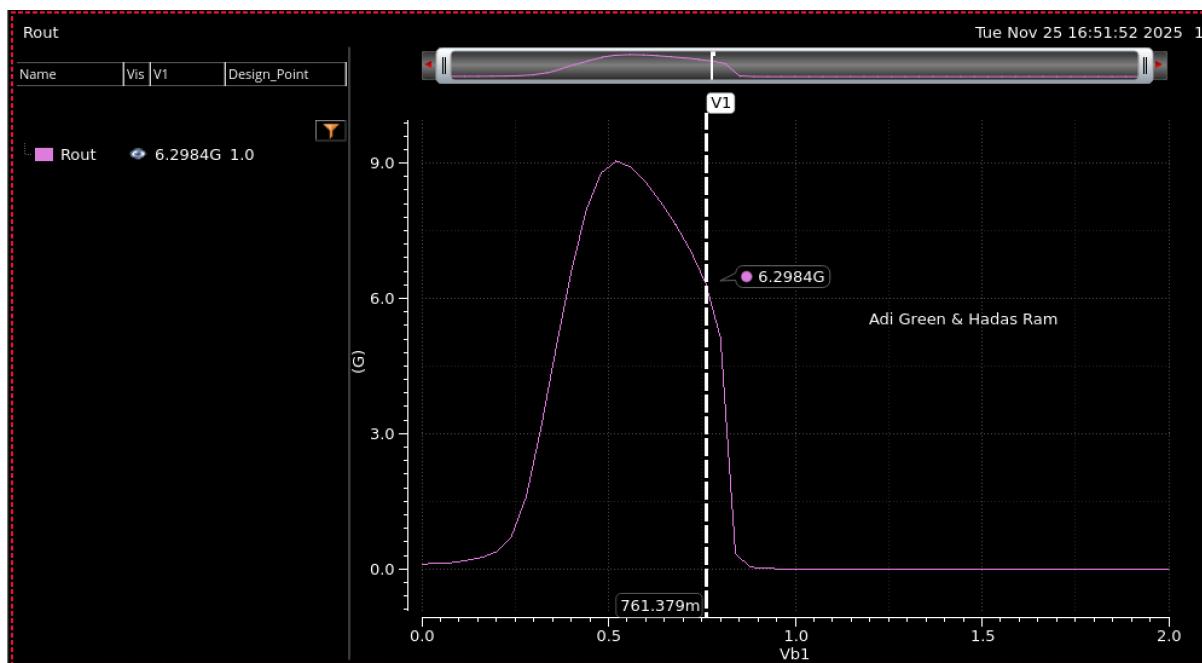
כאשר ה- v_{out} גדול מ-0, הטרנזיסטור נמצא בסטורציה.
בחרנו $v_{in}=761.379V$, שזהו המתח שבו שלושת הטרנזיסטורים מצויים בסטורציה.

חישבנו את R_{out} באמצעות הנוסחה שלמדו בהרצאה:

$$\begin{aligned} R_{out} &= [1 + (g_{m2} + g_{mb2})r_{o2}]r_{o1} + r_{o2} \\ &\approx r_{o1}r_{o2}(g_{m2} + g_{mb2}) \end{aligned}$$

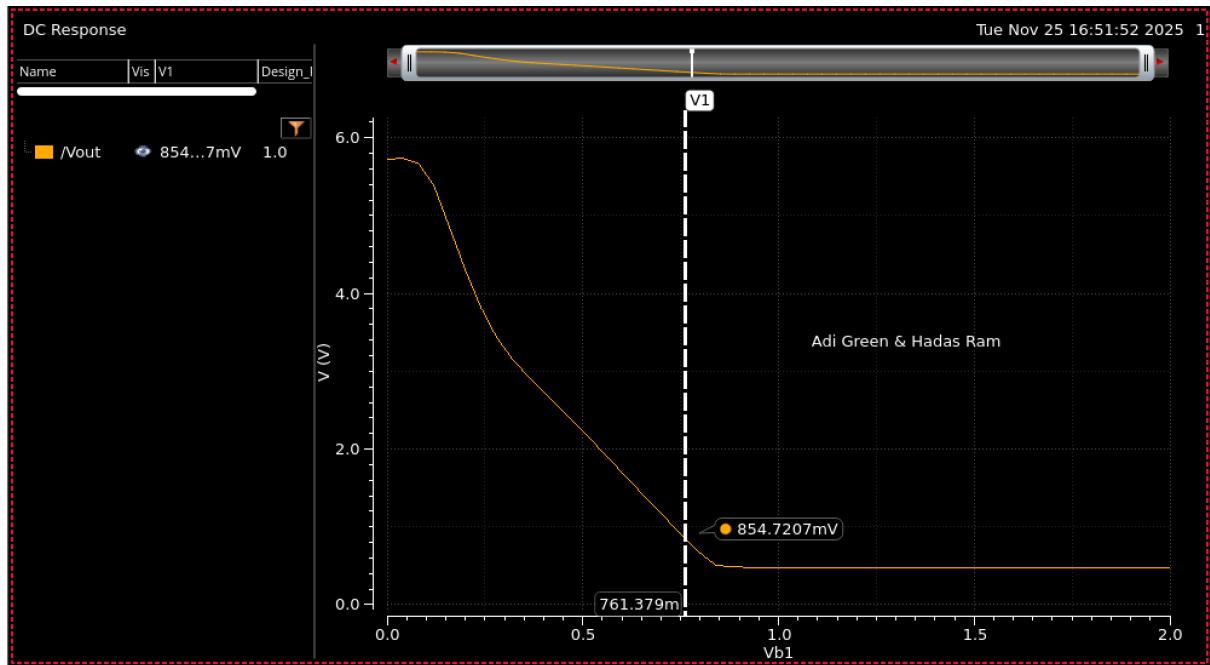
Rout	expr	$(M1_rout_s * M2_rout_s * (M2_gm_s + M2_gmb_s))$
------	------	--

גרף של Rout כתלות ב- $Vb1$:



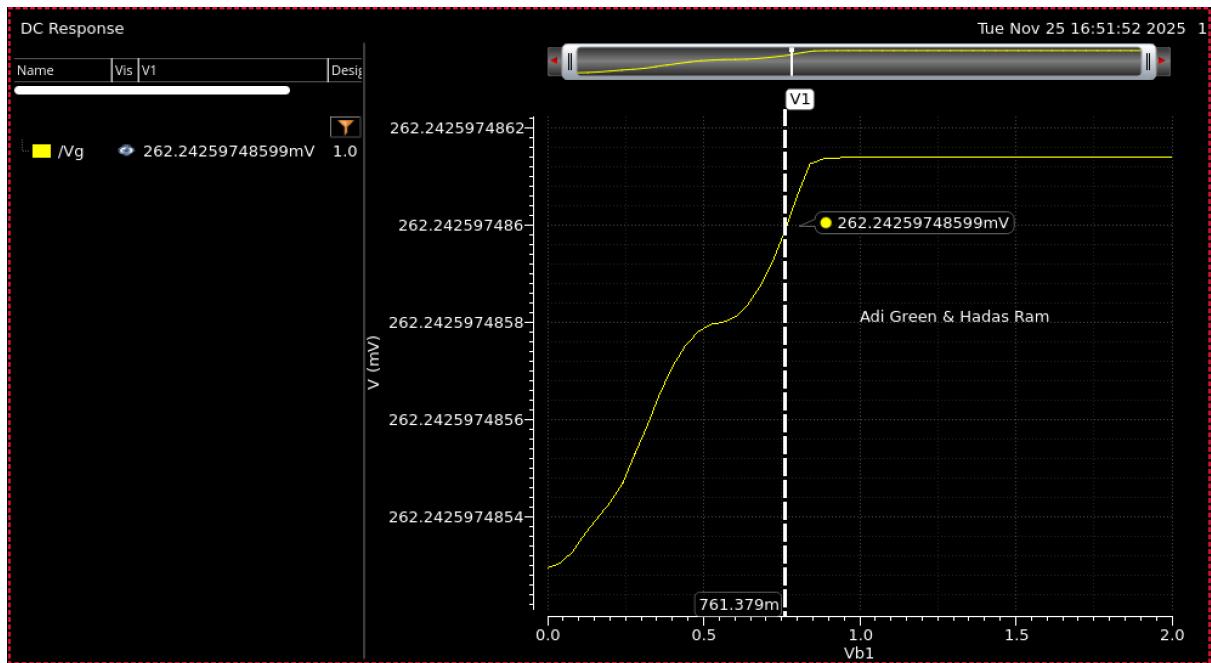
קיבלנו שעבור המתח 1 שבחרנו, $Rout=6.2984$ GOhm. קיבלנו שגם $Rout$ הוא מאות סדר גודל כמו שהגדכנו את $gm=1$ GOhm. נרצה שני הנגדים יהיו באותו סדר גודל כי במודל אות קטן שני ה נגדים במקביל, ונרצה להתחשב בה התנגדות של $Rout$ ולא להזניח אותו, ולכן דאגנו שהוא לא יהיה יותר גדול בסדר גודל מ-RL.

ניתן לראות כי עبور הטווח שכל שלושת הטרנזיסטורים נמצאים בסוטורציה כפי שראינו בגרף של ה- e -spare, ההתנגדות היא גדולה מאוד ב- $Vb1$.

גרף של V_{out} כתלות ב- V_{b1} :

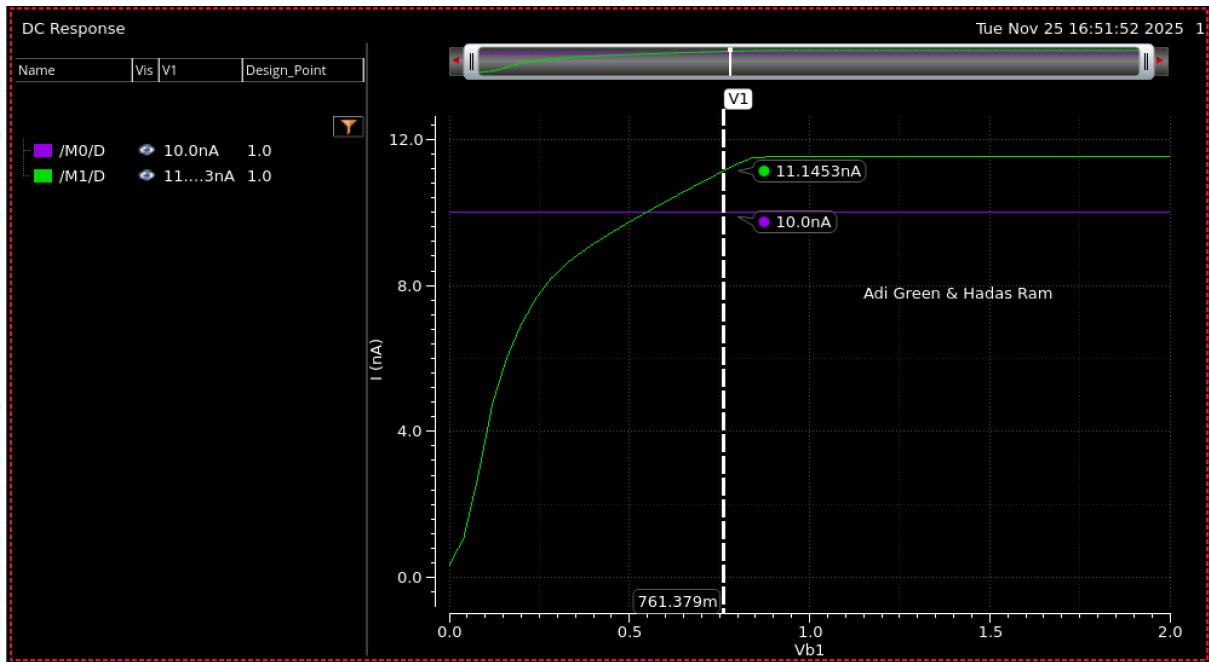
עבור המתח V_{b1} שבחרנו, קיבלנו: $V_{out}=854.7207\text{mV}$, כפי שהתבקשנו למצאו ערך ל- V_{out} באזור V_{b1} .

ניתן לראות כי יש היפוך בין הכניסה V_{b1} לבין המוצא V_{out} , עד הרגע שבו הטרנזיסטור M2 יוצא מסטורייה.

גרף של V_g כתלות ב- V_{b1} :

עבור המתח V_{b1} שבחרנו, קיבלנו כ- $V_g=262.242\text{mV}$, ערך קטן מאד כיון שהזרים עברו דרך טרנזיסטור M0.

הזרמים של I_1 , I_0 כתלות ב- V_{b1} :



ניתן לראות שעבור המתח V_{b1} שבחרנו, מתקבלת מראת זרם כמעט מדויקת, יש הפרש בין הזרמים. הפרש זה נובע מAFXט התקוצרות התעללה.

נרצה לחשב את ההגבר A_v של המעגל
נשתמש בנוסחה שלמדנו בהרצאה:

$$A_V \approx -g_{m1} \{ [r_{o1} r_{o2} (g_{m2} + g_{mb2})] \| R_D \}$$

$$\begin{aligned} R_{out} &= \{ [1 + (g_{m2} + g_{mb2}) r_{o2}] r_{o1} + r_{o2} \} \| R_D \\ &\approx [r_{o1} r_{o2} (g_{m2} + g_{mb2})] \| R_D \end{aligned}$$

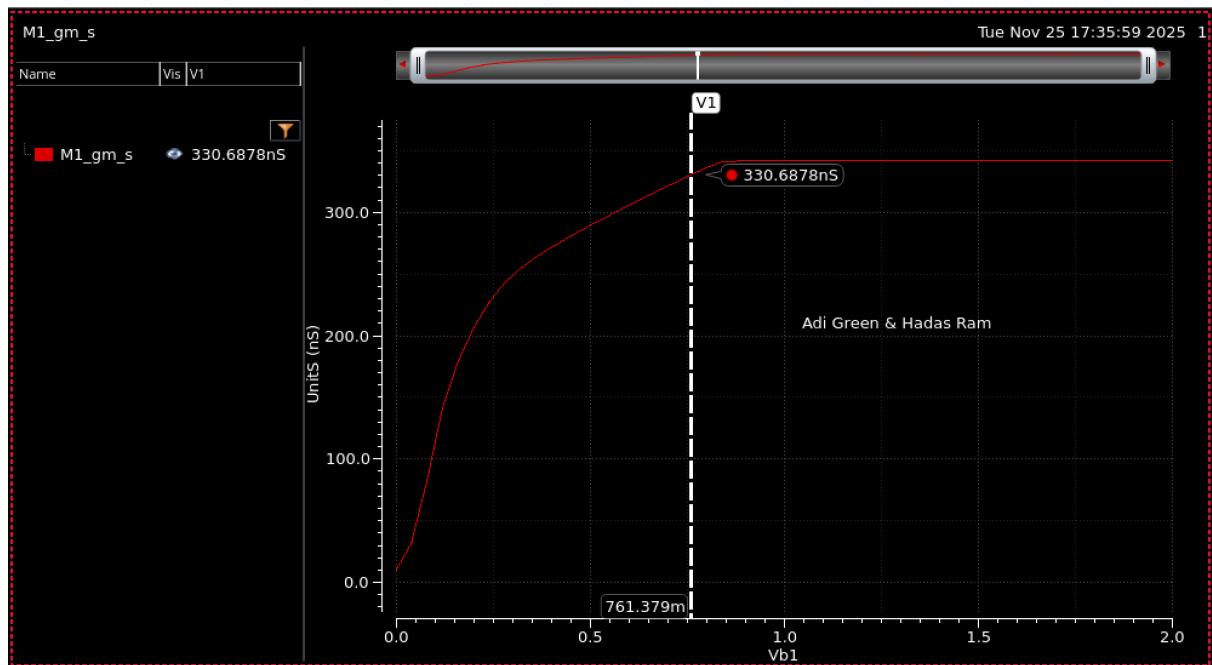
מציר Ci

$$A_v = -gm1 * (Rout || RL) = -gm1 * \frac{Rout * RL}{Rout + RL}$$

ולכן:

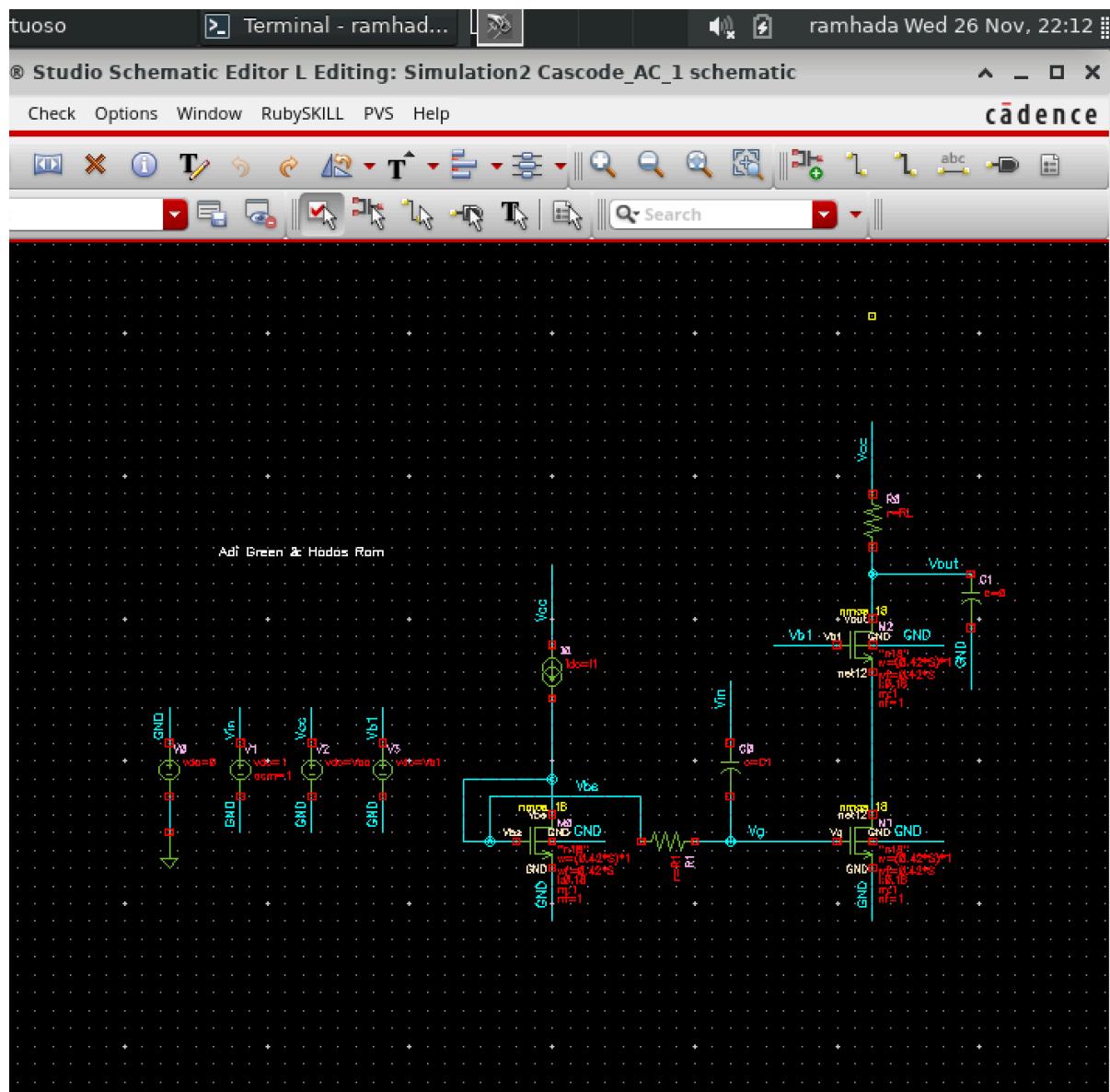
נרצה למצוא את $gm1$, עבור החישוב.

גרף של 1 gm כתלות ב- V_{b1} :



כליום מצאנו ש- $gm_1 = 330.6878nS$
 וכפי שאמרנו: $.ROUT=6.2984 \text{ GOhm}$, $RL=1\text{G}$
 ולאחר שהציבנו בנוסחה קיבלנו ש- $.Av=-285.378$
 ובמהרה לדציבילם: $20\log(|Av|) = 20 \log(285.378) = 49.108 \text{ dB}$

2B.2 – Ac



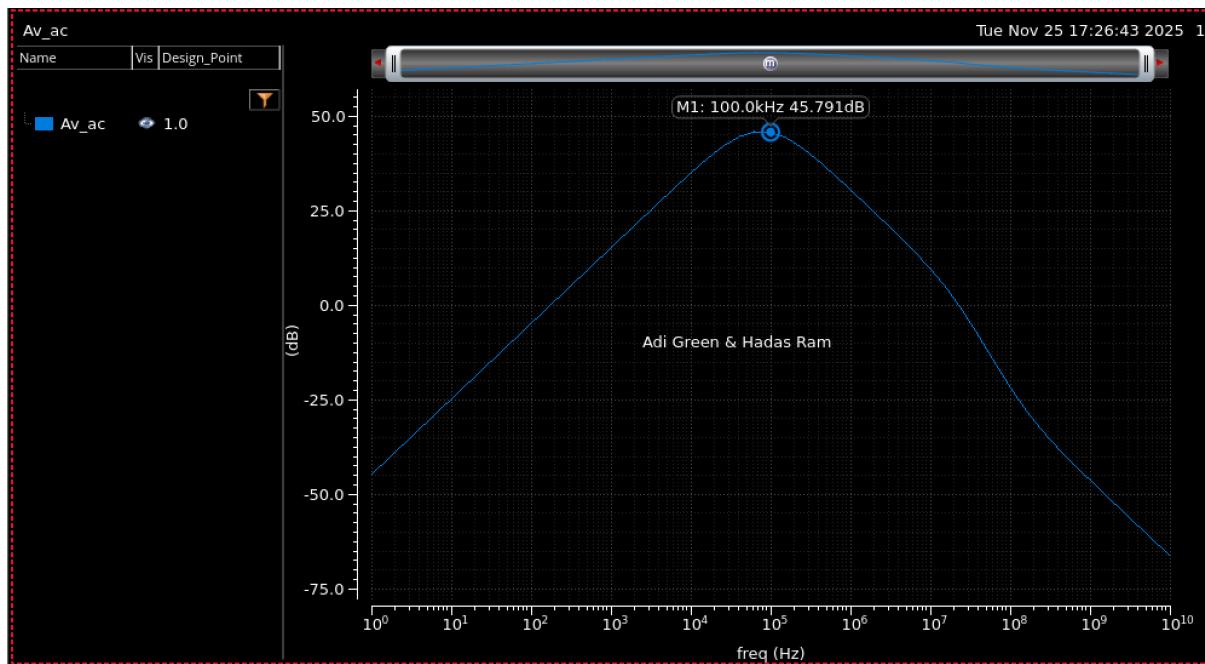
שמננו מתח AC עם אמפליטודה של 7 V בכיניסה.

נרצה לחשב את היחס $\frac{y}{x}$ הנוסחה של מדרון ונעביר לדציבלים:

$$Av = V_{out}/V_{in}$$

Av_ac	expr	$\text{dB20}((\text{VR}("/Vout") / \text{VR}("/Vin"))))$
-------	------	--

גרף של Av כתלות בתדרות:



ניתן לראות שקיבלו הגבר סכיב התדר של $10^{45.791}$.
ניתן לראות שקיבלו BPF. במנון BPF יש 2 קטבים, לאחר שהסיגנל עובר דרך הקבל של HPF (מעגל RC), ואז בטרנסיסטור שהוא בעל קובל פרזייטי (קוטב שני שמתקיים מסדר שני).

קיבלו שההגבר בדציבלים הינו: $B = 45.791 \text{ dB}$.
כפי שהראנו, מהחישוב התיאורטי מהנוסחה קיבלו $B = 49.108 \text{ dB}$, שallow ערכים מאד קרובים. ההבדל נוראה נובע מהתוצאות של החישוב התיאורטי.

EXPLANATIONS AND DISCUSSION:

גם בסעיף זה יצאנו Cascode, אך כיוון שרצינו לעשות סימולציה AC ולראות איך המיעל מגיב לאות קטן הוספנו קובל נגד (מעגל RC).
הזרם במיעל קטן מאד, ועל מנת שהמיעל יעבד כמתוכנן נאלצנו למצאו ערכים למתחים ועוד כדי שני הטרנסיסטורים יהיו בסטורציה. בנוסף לכך על מנת שבאות קטן לא נקבל מקרה מנון בו ההתנגדות של מיעל Cascode "זניחה" לעומת המגנט RL (במודול אותו קטן), דאגנו ששנני ההתנגדויות יהיו מאותו סדר גודל, שהוא גדול מאוד בגין ההתנגדות Cascode.
הבנו שהמיעל הוא מיעל שיוצר הגבר גבוה (בזכות ההתנגדות הגדולה של Cascode) ומצאנו אותו, ובនוסף לכך שכתבנו קיבלו BPF.
בנוסף, גילינו שהנוסחה התיאורטית היא לא ממש מדויקת כפי שציפינו וכן יש הבדל בין התוצאה שלה לבין הגבר האמיתי של המיעל.