The Andrew and Erna Viterbi Faculty of ELECTRICAL & COMPUTER ENGINEERING

Technion Israel Institute of Technology



מעבדה ב- VLSI אנלוגי - 0450110

חלק ב'

ביצוע הניסוי

http://www.ee.technion.ac.il/vlsi/

הערות נא לשלוח ל-goel@ee

כל הערה תתקבל בברכה!

עדכון אחרון - 11:10 21/05/2025

מסמך זה כתוב בלשון זכר ע"מ להקל על הכתיבה אך מתייחס לנשים ולגברים כאחד. עמכם הסליחה.

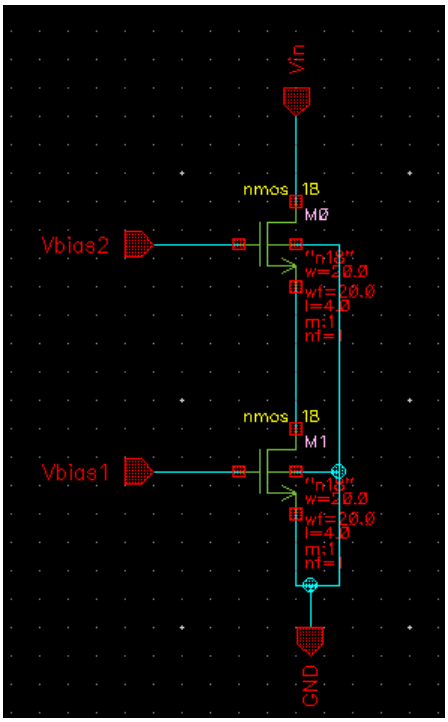
תוכן עניינים

5. מקור זרם עם משוב 2

6. מגבר מסוג Common Source 2

5. מקור זרם עם משוב

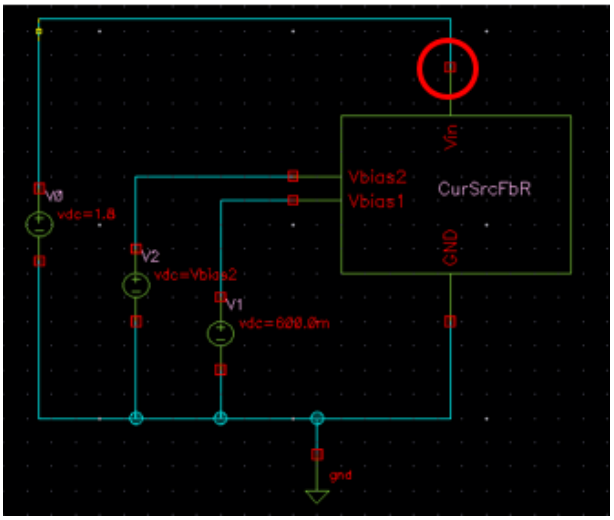
בסעיף זה נכיר מקור זרם עם מקור ונראה את הביצועים המשופרים שלו. בתא בשם CurSrcFbR צייר את הסכמה הבאה:



איור מס' 1 : CurSrcFbR Schematic

צור Symbol עבור תא זה.

סכמה לבדיקת המעגל: בתא בשם CurSrcFbR_Sim צייר את המעגל הבא :



איור מס' 2 : CurSrcFbR_Sim Schematic

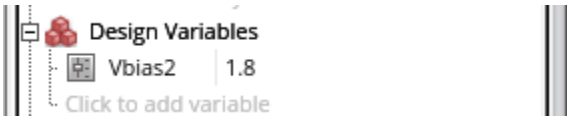
ביצוע Sweep Analysis של CurSrcFbR

- הפעל את הכלי סימולציה בעזרת Launch->Explorer ו- Create New

- כעת נשנה את מתח הכניסה מ- 0 ל- 1.8V. בחר ב- Analyses->Choose. לחץ על dc ואז על Component. לחץ על Select Component, בחר ברכיב V0 ואז בחר ב- dc ו- OK וגם OK בחלון של ה- Parameter. לחץ על Analyses->Choose - לחץ על Analyses->Choose ואז על כפתור ה- dc. שנה את V0 מ- 0 ל- 1.8V. סגור את החלון.

לחת עם הכפתור הימני על Design Variables ובחר ב – Copy from Schematic.

- קבע את הערך של Vbias2 ל – 1.8V.



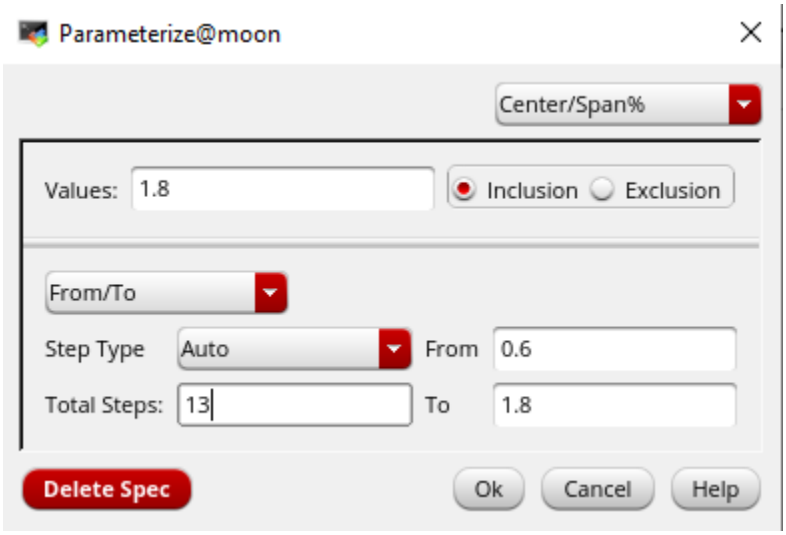
- לשמירת זרם דרך Vin לחץ על Outputs->To be Saved->Select on Design ובחר בטרמינל - Vin.
- בצע את הסימולציה.

תוצאות Sweep Analysis של CurSrcFbR

- פתח חלון ה- calculator
- לחץ על כפתור ה- is בחלון ה- calculator ואז לחץ על הדק ה- Vin.
- לחץ על  בחלון ה- calculator והדפס גרף של הזרם כפונקציה של המתח.

א. צרף את הגרף לדו״ח.
ב. מתוך הגרף, מצא את I_D (כאשר Vdd=1.8V) ואת V_{MIN}.
ג. מתוך שיפוע הגרף (בתחום הרוויה) מצא את Ro.
ד. חזור על הסעיפים הנ״ל עבור יתר המקרים שבדו״ח ההכנה.
צרף את הגרפים לדו״ח ואת הנתונים לטבלה שבדו״ח.
ה. מתוך הגרפים, מצא את I_D, V_{MIN} ו- Ro עבור יתר המקרים שבדו״ח ההכנה.
ו. השווה את תוצאות הסימולציה עם התוצאות האנליטיות. הסבר.

- שנה את גדלי הטרנזיסטורים לערכים ההתחלתיים.
- שנה את ערך ה- Vbias2 כדלקמן :



- בצע את הסימולציה.

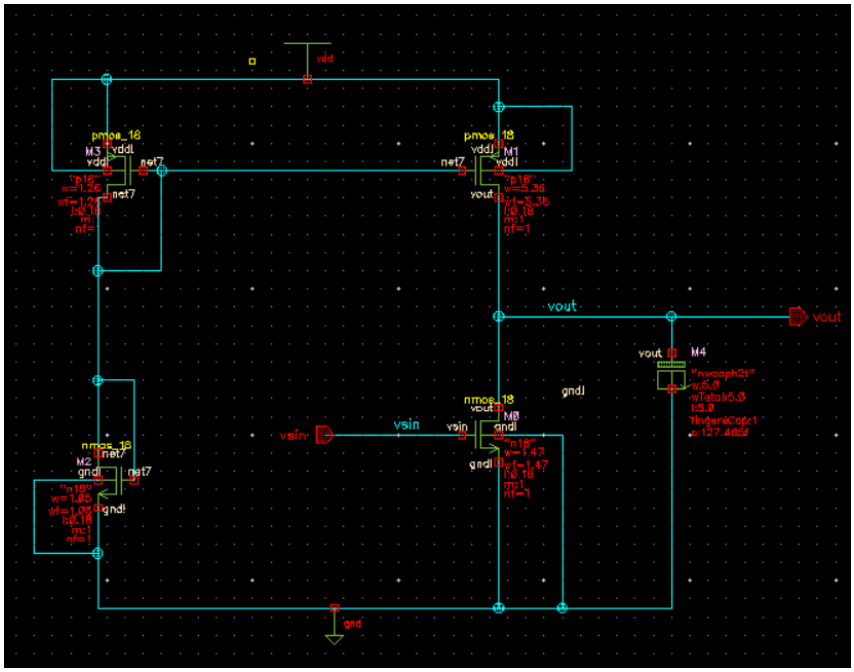
ז. צרף את הגרפים לדו״ח.

ח. הסבר את התוצאות. מדוע הזרם נמוך יותר עבור ערכים נמוכים של Vbias2? אלו הערכים האפשריים ל-Vbias2 אם נרצה לקבל זרם השוואה לחישוב התאורטי.

6. מגבר מסוג Common Source

בסעיף זה נבצע סימולציות שונות (וביניהם corners ו- Montecarlo) למגבר מסוג Common Source שהכנת בבית.

- בתא בשם CSAmp השלם את המעגל לפי הסכמה הבאה:



מימדי הטרנזיסטורים הם:

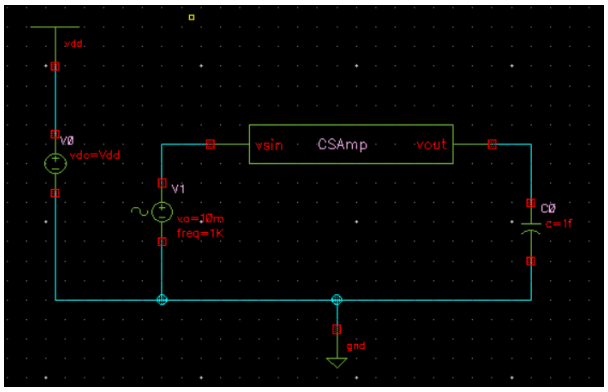
M0: Width 1.47, Length 0.18 M1 : Width 5.36, Length 0.18
M2: Width 1.05, Length 0.18 M3: Width 1.26, Length 0.18
Capacitor: W=5, L=5 מתח מקור ה-dc: הוא 1.8V.

מספור הטרנזיסטורים הוא בהתאם לציור. על מנת למנוע בלבול, רצוי לשמור על מספור הטרנזיסטורים (M0-M3). בעזרת טיפס ה- properties (q) ניתן לשנות את מספור הטרנזיסטור.

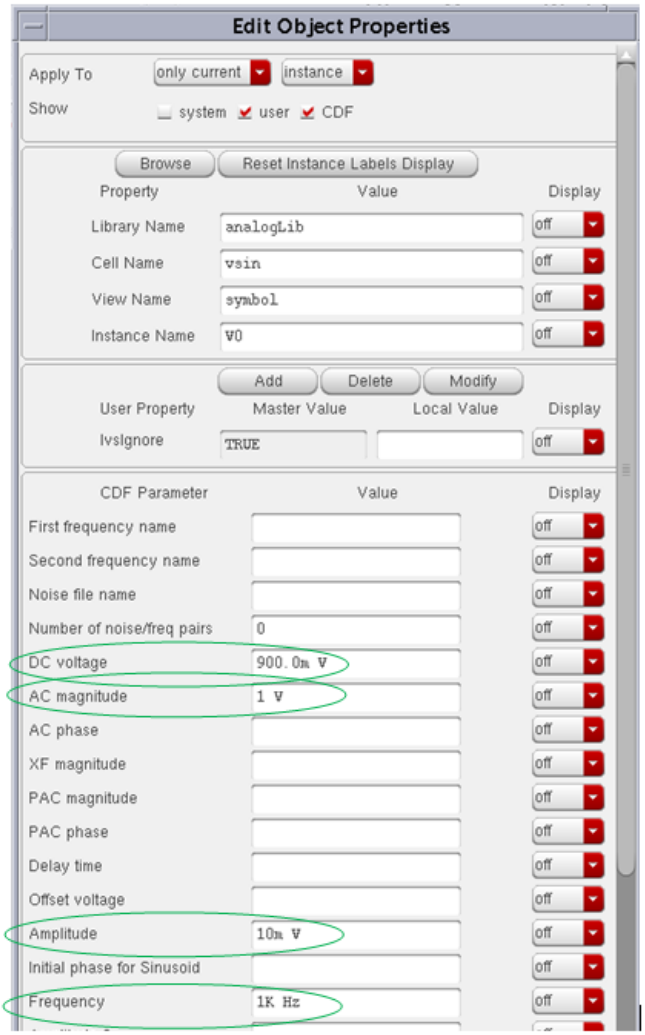
צור Symbol עבור תא זה. עדכן את שם הרכיב.

סכמה לבדיקת המעגל:

בתא בשם CSAmp_Sim צייר את המעגל הבא:



רשום את הערכים הבאים עבור מקור ה- AC:



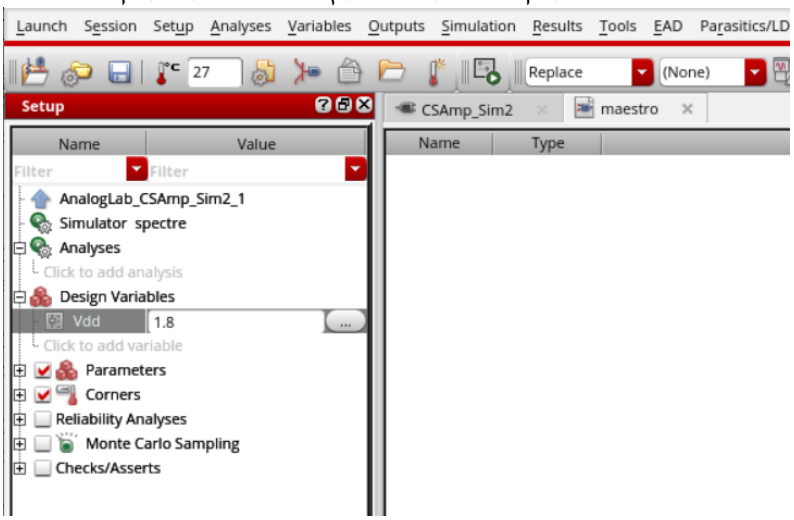
למקור V0 יש לקבוע את vdc כ- Vdd.

ביצוע סימולציה – ac, dc ו- noise

במהלך הסעיף הזה, נבצע שלשה סוגי סימולציה. ראשית יש לקבוע את נק' העבודה (dc). לאחר מכן יש למצוא את תגובת התדר של בהגבר והפאזה (ac) ובסוף יש לבצע את סימולציית הרעש. כדי לפתוח את סביבת הסימולטור, יש לבצע את המהלך הבא:

Launch → ADE Explorer

בחר באופציה : Create New View . בחלון שנפתח יש ללחוץ OK. יפתח החלון הבא :



ADE ExplorerWindow

בחלון ה-maestro בצד שמאל סמן Design Variables לחץ של הכפתור הימני של העכבר ובחר ב- Copy from Cellview על מנת להעתיק את המשתנה Vdd לסביבת הסימולציה. בצע לחיצה כפולה מהירה ליד Vdd והזן ערך של 1.8V.

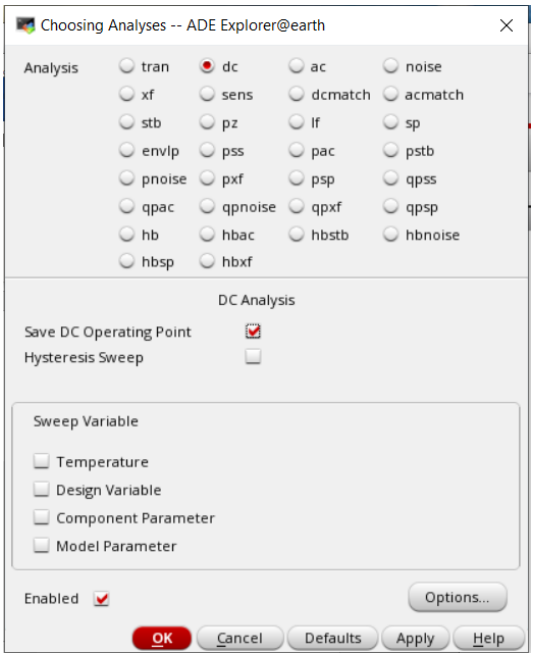
ביצוע אנליזת DC

מטרת הסימולציה היא בדיקת נקודת העבודה של המעגל (כלומר באיזה מצב נמצאים כל הטרנזיסטורים).

לביצוע <u>אנליזת נקודות עבודה DC</u> יש לבצע בחלון הסימולטור :

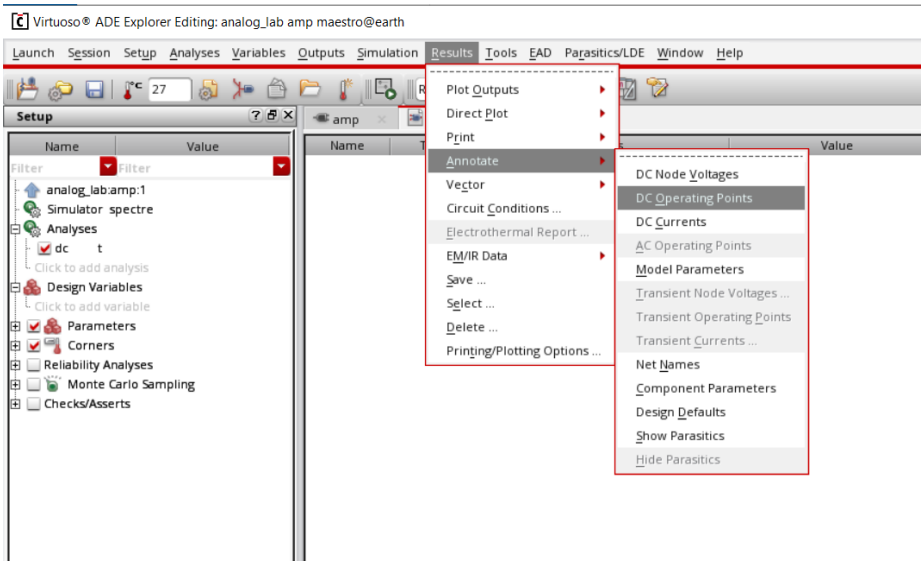
Analyse→Choose

יפתח חלון נוסף אותו יש להגדיר באופן הבא :



ולאשר על ידי OK. להרצת הסימולציה, יש ללחוץ בחלון ה-Explorer על הכפתור הירוק  שנמצא בצד ימין של החלון.

כדי לצפות בתוצאות סימולציית ה- DC יש לסמן את לשונית ה-maestro במסך ה-Explorer, ולבחור ב-Results→Annotate→DC operation Points :



<u>חשוב</u> : בסיום כל סימולציית DC יש לחזור על הפעולה לעדכון התוצאות.

בחר ביחידת ה- CSAmp ו – Shift E. על מנת לרדת לסכמת המגבר, לחץ OK על החלון שנפתח.

6.1. בדיקת נקודת עבודה של המעגל

א. בחלון ה-Schematic, תחת File, בחרו באופציה File-Export Image והדביקו בדו"ח את שרטוט ה-Schematic של המעגל, כך שמתחי Vds, Vgs, Vth של כל ארבעת הטרנזיסטורים מופעים בו וניתנים

להבחנה. ציינו את נקודות העבודה (ליניארי/רוויה/קטעון) של **<u>כל אחד מהטרנזיסטורים</u>** תוך כדי הוכחה מלאה של תשובתכם ע"פ מתחי Vgs, Vds, Vth שלהם. (היעזרו במדריך אם אתם לא מצליחים להדליק תצוגה של המתחים הנדרשים).

<u>וודאו כל טרנזיסטור אכן עובד בתחום העבודה שלו ציפיתם</u>, <u>אם יש צורך **נא תקנו** את ערכי הרכיבים, והסבירו את השינוי שביצעתם בדו"ח.</u>

ב. הסבירו מה שיניתם במעגל על מנת לקבל את מצב פעולה הרצוי של כל אחד מהטרנזיסטורים. רשמו את הגדלים הסופיים של הטרנזיסטורים ששניתם.

ביצוע אנליזת AC:

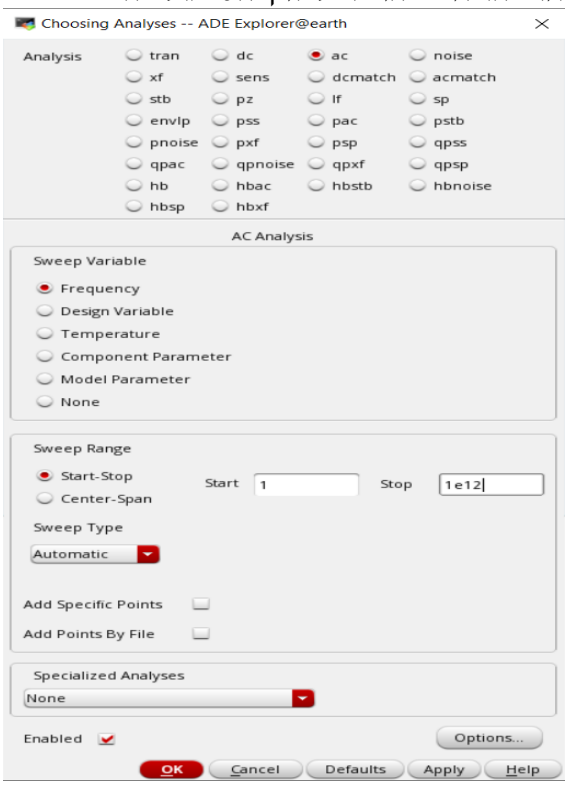
ניתן להמשיך לשלב הזה רק אם כל טרנזיסטור אכן עובד בתחום העבודה הנכון.

בעזרת ההסבר שבהמשך, הרץ אנליזת AC, למציאת תגובת התדר של המגבר. יש להציג (ולהוסיף לדו"ח) את דיאגרמת bode של ההגבר ועל גביו יש לציין מהו תדר הברך. (נקודת 3db- בסקלה לוגריתמית)

לבחירת סוג הסימולציה בחר ב :

Analyses→Choose

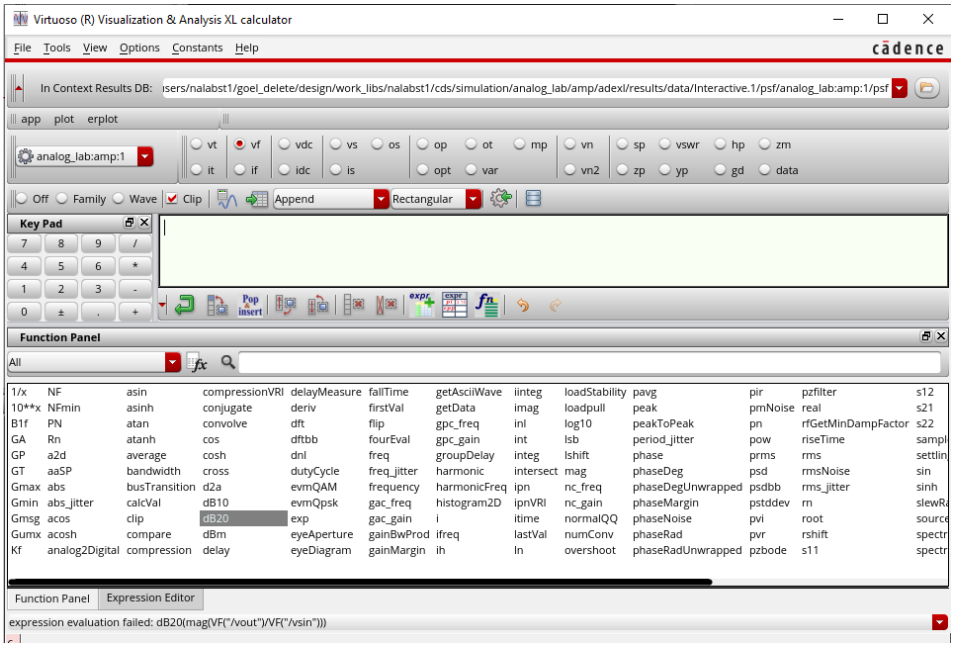
יש לבחור ב- AC ולמלא את תחום התדרים הרצוי לצורך הסימולציה:



לאחר מילוי הפרטים יש ללחוץ O.K לאישור, ולהריץ את הסימולטור בדומה לסימולציית DC לעיל. (האנליזה תתבצע עד לתדר של 1000GHz). להרצת הסימולציה, יש ללחוץ בלשונית maestro בחלון ה-Explorer על הכפתור הירוק 

<u>להצגת תוצאות אנליזת AC:</u>

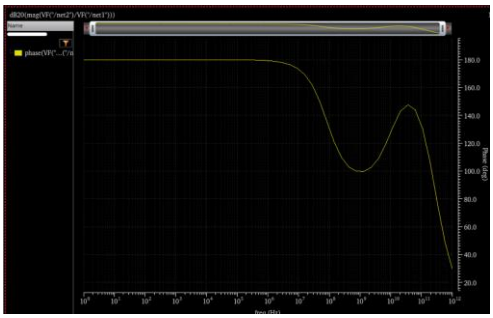
בחלון ה-Explorer בלשונית maestro יש לבחור ב Tools→Calculator.
החלון הבא נפתח:
וודא שמתחת ל- Function Panel מופיע All.

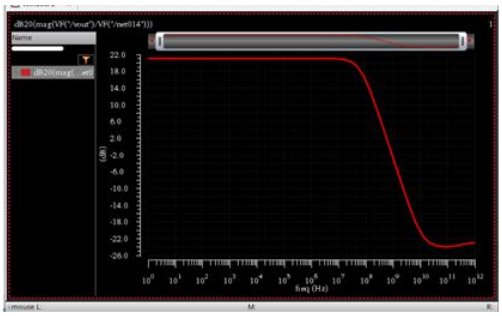


לחץ על כפתור vf (voltage frequency) עבור מתח (או if עבור זרם) ובחלון ה-Schematic בחר את צומת היציאה ומיד לאחריו בחר את צומת הכניסה (לא ללחוץ שוב על vf ביניהם!). לחץ במחשבון על "/" (פעולת חילוק) הממוקם בחלקו הימני של חלון המחשבון בכדי לקבל ביטוי ל- Vout/Vin.
אם ברצונך להציג את ערך מוחלט לחץ על mag ולאחר מכן לחץ על dB20. הביטוי נראה כעת:
dB20(mag(VF("/net2")/VF("/net1")))
אם ברצונך להציג את הפאזה, לחץ על phase במקום mag (בתחתית חלון המחשבון). הביטוי יראה כך:
phase(VF("/net2")/VF("/vnet1"))

לבסוף לחץ על כפתור ה-Plot שנמצא במרכז חלון המחשבון .
כעת יפתח חלון Waveform ובו הגרף המבוקש. במידה וציר אינו מוצג בסקאלה לוגריתמית (אם שכחת ללחוץ על dB20, למשל), ניתן לשנות זאת על ידי לחיצה על הציר ובחירת Axis→Log Scale.

דוגמא להדפסת של הגבר ופאזה:





הערה : לפעמים חלון צורת הגל נצמד לחלון הסכמת. ניתן לנתק אותו פשוט ע״י גרירת חלון הגלים הצידה.
עם שתי צורת הגל מופיעות על אותו גרף, ניתן להפריד ביניהן בעזרת :
Graph→Split All Strips. צרף את הגפירים לדו״ח.

6.2. תוצאות סימולציית AC

א. בתפריט File בחרו ב-Save as Image והדביקו כאן את פלט סימולציית AC (כלומר את שני הגרפים שנדרשתם ליצור) בצבעים שונים על אותה מערכת הצירים. ציינו את נקודות הברך (-dB3) עבור שני מעגלים. הקפידו להציג את הצירים בסקלה לוגריתמית!!!

שנו את המעגל כך שהברך ׳תזוז׳ שמאלה בצורה קיצונית, <u>הסבירו בדו״ח מה עשיתם</u>. וכמובן שוב ציינו את תדר הברך. השאירו את המעגל במצב זה לצורך הסימולציה הבאה.

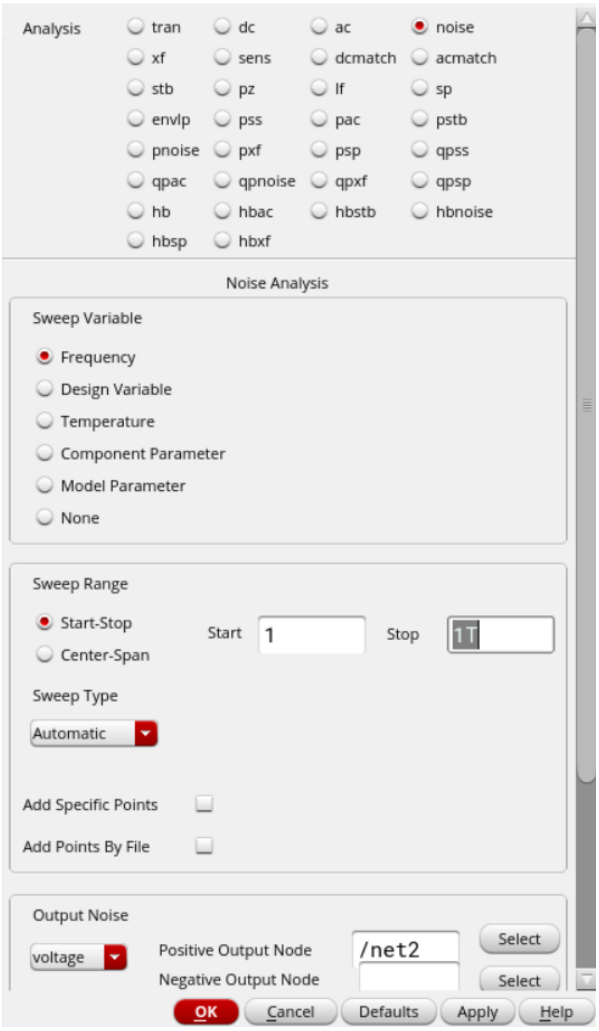
ב. הסבירו מה שיניתם במעגל על מנת לקבל תזוזת הברך **<u>שמאלה בצורה קיצונית</u>**.

ביצוע אנליזת רעש

<u>חשוב :</u> לא ניתן לבצע אנליזת רעש ללא אנליזת AC, הרי גם אנליזת רעש מבוצעות בתדר. בעזרת ההסבר בהמשך, בצעו אנליזת רעש. ודאו כי אתם מבינים את התוצאה המתקבלת וצרפו את ההסבר ואת הגרף לדו״ח .
לאחר הרצת הסימולציה יש להחזיר את הקבל לגודלו המקורי (5x5 sq mic).

כל הרכיבים שבמעגל תורמים רעש. תרומת הרעש של כל רכיב עובר הגבר שונה בדרכו ליציאה כתלות במקומו במעגל. בכדי לאפיין את תכונות הרעש של מגבר ללא תלות בהגבר שלו, מתייחסים לכל הרכיבים כרכיבים אידיאליים חסר רעש ומחשבים איזה מקור רעש מחובר לכניסה של המגבר היה גורם לאותו רעש ביציאה כמו המגבר האמיתי. מקור הרעש הזה נקרא מקור הרעש המיוחס לכניסה. לכן, במהלך הסימולציה יש צורך ל׳הצביע׳ על הנקודה בה אנו רוצים למדוד (היציאה) את הרעש ומה מקור הייחוס של אותו רעש (הכניסה).

להרץ סימולציית הרעש בחרו בתפריט הסימולטור :
Analyses→Choose
הגדר את הסימולציה כפי שמוצג בתמונה הבאה. לבחירת המקור והיציאה יש ללחוץ על Select ואז לסמנן את המקור בחלון ה-Schematic. שנה את ה- Output Noise ו- input Noise ל- voltage. ב- Positive Output Node יש ללחוץ על Select ולבחור את רשת (wire) היציאה, עבור Input Voltage Source יש ללחוץ Select ולבחור את מקור הכניסה הסינוסי (או פשוט לרשום את השם). לאחר מילוי הפרטים יש ללחוץ O.K לאישור.



הרץ את הסימולציה ע ״י לחיצה על הכפתור הירוק בחלון ה-Explorer .

<u>להצגת תוצאות אנליזת רעש :</u>

סגור חלונות Waveform קודמים. בחלון ה-Explorer בלשונית maestro יש הפעל את ה-Result Browser בעזרת Tools→Results Brower.

יפתח חלון עם גרף ריק.

בצע קליק כפול ב- noise ובצע קליק כפול על out. משמעות הגרף שתקבלו היא : מהו הרעש במוצא המגבר כאשר הוא מיוחס לכניסה. (כלומר הרעש ביציאה מחולק בפונקציית התמסורת של המגבר). זהו את שני תחומי הרעש המתקבלים בגרף והסבירו. <u>מומלץ להציג את הגרף בציר y לוגריתמי</u>. בחר בציר y ולחץ כל Axis->Log. צרף את הגפירים לדו״ח.

6.3. תוצאות סימולציית רעש

א. בתפריט File בחרו ב-Save as Image והוסיפו לדו״ח את פלט סימולציית רעש. הקפידו להציג את הצירים בסקלה לוגריתמית!!!

ב. הסבירו את כל נקודות הברך שניתן להבחין בגרף שצירפתם. מהם אזורי רעש 1/f? מהם אזורי רעש תרמי? נמקו!!!

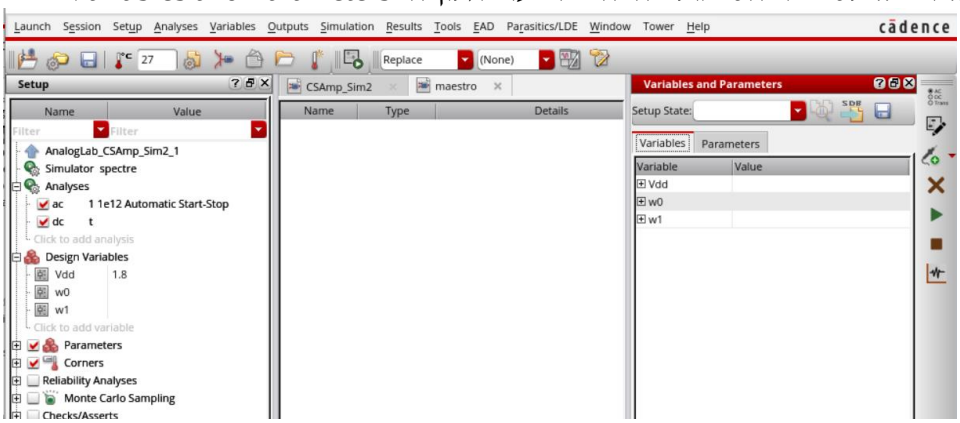
אופטימיזציה

כלי האופטימיזציה מאפשר למשתמש להגדיר מטרה (למשל הגבר רצוי בתחום תדרים נתון). לאחר מכן, הכלי מבצע רצף של סימולציות תוך כדי שינוי של פרמטרים (המוגדרים על ידי המשתמש) עד להשגת המטרה.

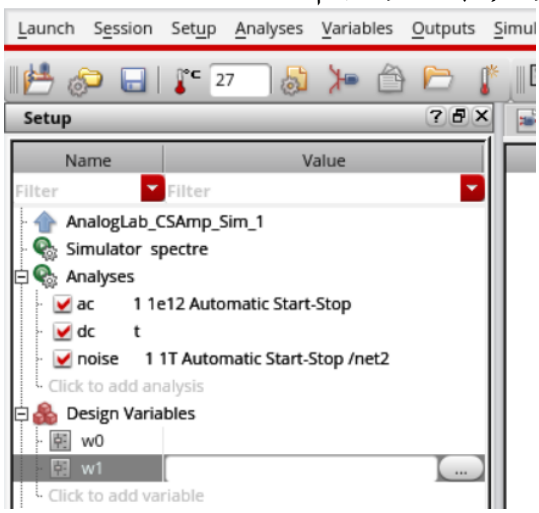
בסעיף זה נשאף להגדיל את הגבר המגבר (בתדרים נמוכים) מעבר ל-21. בכדי לבצע זאת נגדיר טווח ערכים עבור פרמטר הרוחב של כל טרנזיסטור, ונבצע סימולציה פרמטרית תוך כדי הגדרת יעד לתוצאה רצויה.

<u>אופן הביצוע:</u>

בחלון ה-Explorer בלשונית maestro, לחץ על Windows->Assistants->Variables and Parameters. לחץ על Variables. עבור ללשונית ה-Schematic(CSamp_sim), רד לסכמה של המגבר (shift E), וסמן את הטרנזיסטור הימני העליון (M1) ובצע Edit-Properties-Objects או בקיצור q. שנה את ה- Finger Width ל-w1. לחץ על OK. באופן דומה, שנה את הרוחב של הטרנזיסטור הימני התחתון (M0) ל- w0. בצע Check and Save. חזור לרמת העליונה, וחזור ללשונית ה-maestro באמצעות לחיצה על הלשונית. בחלון בצד שמאל סמן Design Variables ולחץ של הכפתור הימני של העכבר ובחר ב- Copy from Cellview על מנת להעתיק את המשתנים w0 ו- w1 לסביבת הסימולציה. הם יופיעו בחלון ה- Variables and Parameters.

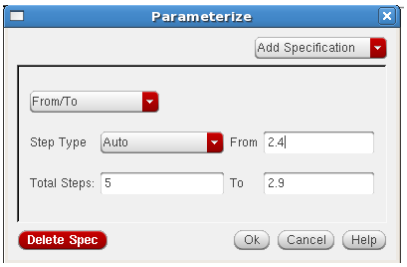


כעת נגדיר תחום ערכים עבור המשתנים. לחץ **<u>פעמים</u>** בשדה הריק שליד w1. עם הכפתור <u>השמאלי</u> של העכבר לחץ על שלשת הנקודות שמופיעות (...). יופיע החלון הבא:



לחץ על Add Specification->From/To List ורשום:

- From 2.4 ו- To 2.9 עבור w1 (M1), בשדה steps רשום 5.



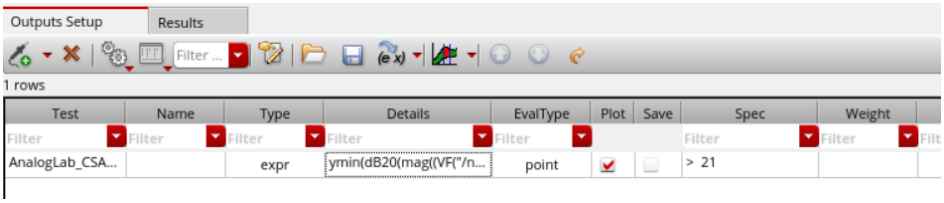
- חזור על הפעולה עבור w0 (M0)
From 1.27 ו- To 1.67 עבור M0

הגדר את הסימולציה בעזרת התפריט בצע Analyses→Choose, הגדר אנליזה מסוג ac בתחום התדרים 1Hz עד ל-10Khz (בתחום זה אנו מצפים להגבר קבוע). בחר ב-sweep type מסוג לוגריתמי ורשום 10 נקודות לדקדה. לחץ על OK.

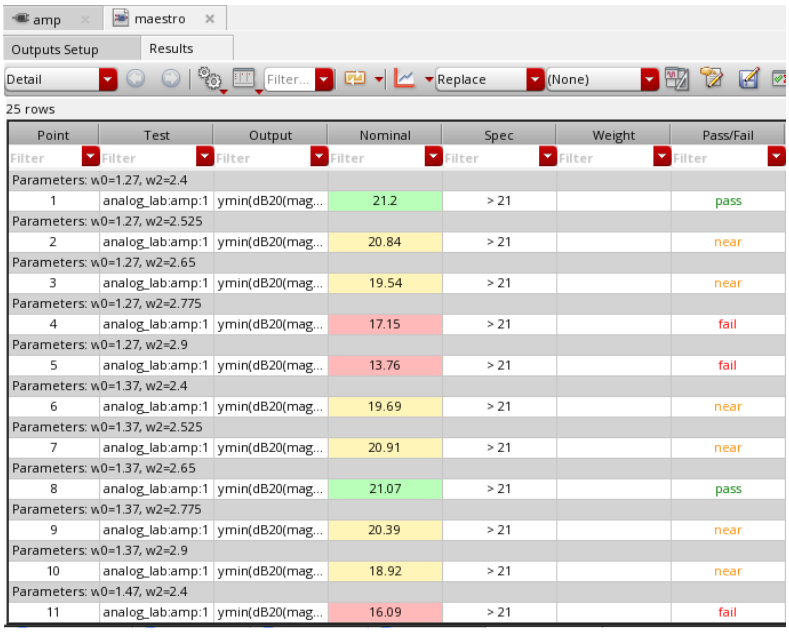
על מנת להריץ את האופטימיזציה עלינו לעבור ל – ADE Assembler שהוא כלי בעל יכולות שאינן קיימות ב-ADE Explorer. לשם כך לחץ על Launch->ADE Assembler. כעת נגדיר פונקציית ההגבר, בלשונית ה-maestro בחלון ה-Assembler לחץ על הלשונית של Outputs Setup, בלשונית זו לחץ על Add New Output . בשורה שנוספה לחץ פעמיים עם הכפתור השמאלי בשדה Details, לחץ על שמופיע. פתח את המחשבון – Calculator ע"י לחיצה על . לחץ על vf ובחר את צומת היציאה ולאחריו בחר את צומת הכניסה (לא ללחוץ שוב על vf ביניהם). לחץ במחשבון על "/" (פעולת חילוק) הממוקם בחלקו הימני של חלון המחשבון בכדי לקבל ביטוי ל- Vout/Vin. לחץ על mag (ערך מוחלט). לחץ על dB20, ולחץ על ymin. הביטוי נראה כעת:

ymin(dB20(mag(VF("/net2")/VF("/net1"))))

כעת (בעזרת copy/paste) העתק את הביטוי לחלון שנפתח כאשר לחצת על ולחץ על כפתור הנמצא בצד ימין. עכשיו נגדיר את ההגבר (בתדר נמוך) המינימלי הדרוש מהמגבר. לחץ פעמיים על שדה ה-Spec, בחר ב- > ורשום 21. כלומר נרצה שההגבר יהיה לפחות 21dB. דוגמא:



בשעה טובה, כעת הרץ את הסימולציה. (ההרצה יכולה לקחת זמן מה מאחר והיא מריצה למעשה 25 סימולציות). דוגמא את תוצאות ריצה:



Point	Test	Output	Nominal	Spec	Weight	Pass/Fail
Parameters: w0=1.27, w2=2.4						
1	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	21.2	> 21		pass
Parameters: w0=1.27, w2=2.525						
2	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	20.84	> 21		near
Parameters: w0=1.27, w2=2.65						
3	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	19.54	> 21		near
Parameters: w0=1.27, w2=2.775						
4	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	17.15	> 21		fail
Parameters: w0=1.27, w2=2.9						
5	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	13.76	> 21		fail
Parameters: w0=1.37, w2=2.4						
6	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	19.69	> 21		near
Parameters: w0=1.37, w2=2.525						
7	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	20.91	> 21		near
Parameters: w0=1.37, w2=2.65						
8	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	21.07	> 21		pass
Parameters: w0=1.37, w2=2.775						
9	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	20.39	> 21		near
Parameters: w0=1.37, w2=2.9						
10	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	18.92	> 21		near
Parameters: w0=1.47, w2=2.4						
11	analog_lab:amp:1	ymin(dB20(mag...	16.09	> 21		fail

6.4. תוצאות סימולציית אופטימיזציה

א. הדביקו בדו"ח תמונה של הטבלה שקיבלתם. אין צורך לצרף את תמונת הגרפים הצבעוניים.
ב. כמה צירופים עמדו בדרישות התכן? ציינו במפורש את צירופי גדלי הטרנזיסטורים שעמדו בדרישות התכן. מהו הצירוף הטוב ביותר מבחינת שטח שייתפס ע"י המגבר?
ג. בניסוי נדרשתם ליצור 25 צירופים סה"כ. האם אכן נוצר מספר מצופה של צירופים? אם כן – ציינו מה שיניתם על מנת לקבל מספר צירופים הנדרש. אם לא – הסבירו מה מקור הצירופים הנוספים שלא התכוונתם שייבדקו.

6.5. סימולציות Corners

סימולציות corners נועדו לבדוק את רגישות התכנון ואת היכולת לייצרו בכמויות גדולות. הסימולציות כוללות את ביצועי התכנון כאשר נתוני התהליך משתנים **בכיוון מסוים** וכן את רגישות התכנון לשינויים במתח אספקה ובטמפרטורת הסביבה.
השינוי בנתוני התהליך (skew corners) נובע מפיזור טבעי שיש לפרמטרים שונים במהלך הייצור למשל עובי התחמוצת, גדלי הטרנזיסטור וכיו"ב שינויים אשר משפיעים על התנהגות הרכיבים במעגל. כדי לאפשר בדיקה של התנהגות המעגל כתוצאה מהשינויים הנ"ל ניתן להשתמש במודלים שונים. המודלים הבסיסיים ביותר הם FAST לאפיון מעגלים בהם הטרנזיסטורים מהירים יותר מהנורמה, SLOW לאפיון מעגלים עם טרנזיסטורים איטיים יותר ו TYPICAL לאפיון מעגלים בהתנהגות רגיל. סימולציות ב corners הנ"ל מאפשר לחזות את מידת היכולת לייצר את המעגל בכמויות גדולות.
בבדיקת רגישות המעגל לתנאי הסביבה מקובל לבדוק את ביצועי המעגל כאשר מתח האספקה משתנה ב +\-10% לעומת המתח הנומינלי וכאשר טמפרטורת הרכיבים משתנה בין -10^oC לבין 110^oC.

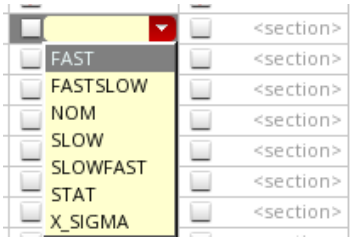
מקובל להגדיר את הפינות באופן הבא:

- FAST , Vdd+10% , -10^oC
- SLOW, Vdd-10% , 110^oC

עבור חזרה לחלון Explorer עם Launch->ADE Explorer.
לחץ **<u>פעמים</u>** בשדה שליד w1. (לחץ על שלש הנקודות ...). בחלון שנפתח לחץ על Delete Spec ועל OK. חזור על הפעולה עבור w0. מהסעיף הקודם, מצא אחד הערכים למשתנים שנתנו הגבר מעל 21dB והכנס אותם לשדה המתאים.

לחץ על Output Setup ובחר בשורת ה- Output שהגדרת. לחץ על הכפתור הימני ובחר ב- Delete Output. שנה את אנליזת ה- ac ל- 1Ghz.

- לחץ על ה + ליד Corners ולחץ על הכפתור הימני כשהסמן מעל Nominal בחר ב Open Corner Setup
- לחץ על הכפתור השמאלי כשהסמן מתת ל-Model Files. לחץ על Import From Tests בחלון שנפתח. לחץ על OK.
- להוספת פינה, לחץ על הכפתור הימני כאשר הסמן נמצא מעל ה- corner בשם Nominal ובחר ב- Add Corner. הוסף שלשה corners.
- לבחירת סוג הטרנזיסטור, בצע שתי לחיצות מהירות על <section> בחירת מודל הרצוי עבור הטרנזיסטורים:



נדגיר טמפרטורה שונה לכל פינה אבל כאן נשתמש ב- Vdd קבוע. הגדר 3 פינות בהתאם לטופס הבא:

Corners	Nominal	TYP	FAST	SLOW
Temperature		27	-10	100
Design Variables				
Click to add				
Parameters				
Click to add				
Model Files				
global.scs		BSIM	BSIM	BSIM
global_5V.scs		<section>	<section>	<section>
fet.scs		NOM	FAST	SLOW
fethv.scs		<section>	<section>	<section>
nat.scs		<section>	<section>	<section>
bjt.scs		<section>	<section>	<section>
accap.scs		<section>	<section>	<section>
mimcap.scs		<section>	<section>	<section>
mfc.scs		<section>	<section>	<section>
res.scs		<section>	<section>	<section>
diode.scs		<section>	<section>	<section>
ind.scs		<section>	<section>	<section>
esd.scs		<section>	<section>	<section>
Click to add				
Model Group(s)		<modelgroup>	<modelgroup>	<modelgroup>

בצע את הסימולציה.

בעזרת ה- calculator הדפס את הגרף של:

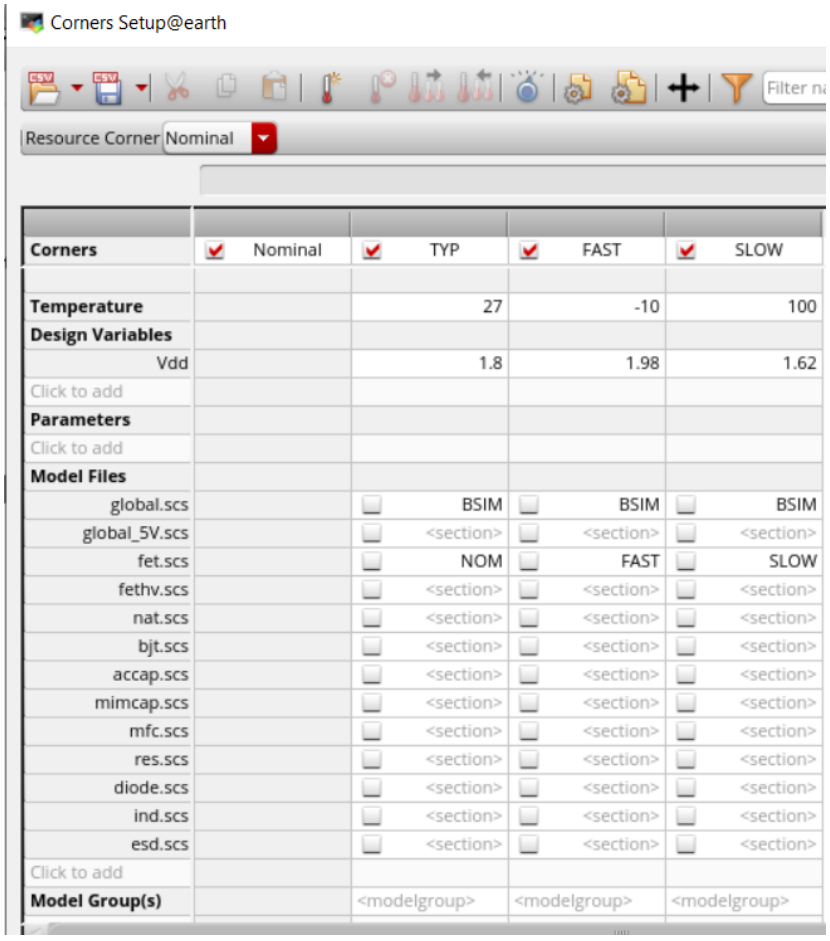
dB20(mag(VF("/net2")/VF("/net1")))

א. צרף את הגרף לדו"ח. מה ההבדל באחוזים בהגבר התדר נמוך בין TYP ל- FAST ו- SLOW?

כעת נוסיף גם את הטמפרטורה לפינות.

- שנה את ערך המתח במקור מ- 1.8V ל- Vdd.
- בחלון maestro בצע על ה- Design Variables: Copy From Cellview.

- שנה את הגדרת הפינות בהתאם לטופס הבא:



בצע את הסימולציה.

בעזרת ה- calculator הדפס את הגרף של:

dB20(mag(VF("/net2")/VF("/net1")))

ב. צרף את הגרף לדו"ח. מה ההבדל באחוזים בהגבר התדר נמוך בין TYP ל- FAST ו- SLOW?

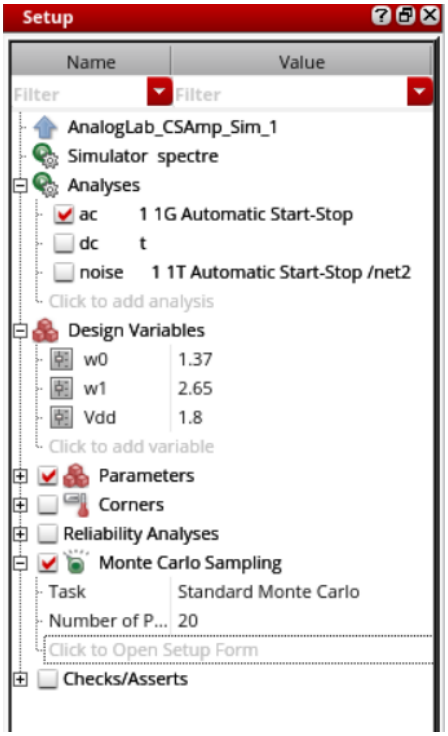
ג. בכמה אחוזים השתנה ההגבר עבור על פינה כתוצאה משינוי ה- Vdd?

6.6. סימולציות Monte Carlo

סימולציות Monte Carlo נועדו לבדוק את רגישות התכנון ואת היכולת לייצרו בכמויות גדולות. הסימולציות כוללות את ביצועי התכנון כאשר נתוני התהליך משתנים **בכיוונים אקראיים**. להבדיל מסימולציית corner בהן כל הטרנזיסטורים מוסחים לכיוון מסוים (למשל fast או slow), בסימולציות Monte Carlo כל טרנזיסטור מקבל הסחה לכיוון אקראי אחר.

סימולציות אלא חשובות במיוחד בבדיקת מעגלים אנלוגיים בהם נדרש סימטריה, כך שאם מבצעים הסחה אקראית אזי בודקים את רגישות המעגל לחוסר סימטריה.

כבה את סימולציית ה- dc, noise, ו- corners והדלק את Monte Carlo Sampling:



בחלון ADE Explorer (maestro tab) בחר באופציה :Monte Carlo Sampling



לחץ על Click to Open Setup Form לפתיחת תפריט Monte Carlo. לחץ על Advanced – Show All Options.

הסבר על האופציות השונות בתפריט :

Variation:

Process – בחירת אופציה זו תיצור מודל סטטיסטי לכל תהליך.

Mismatch – בחירת אופציה זו תיצור מודל סטטיסטי עבור כל instance.

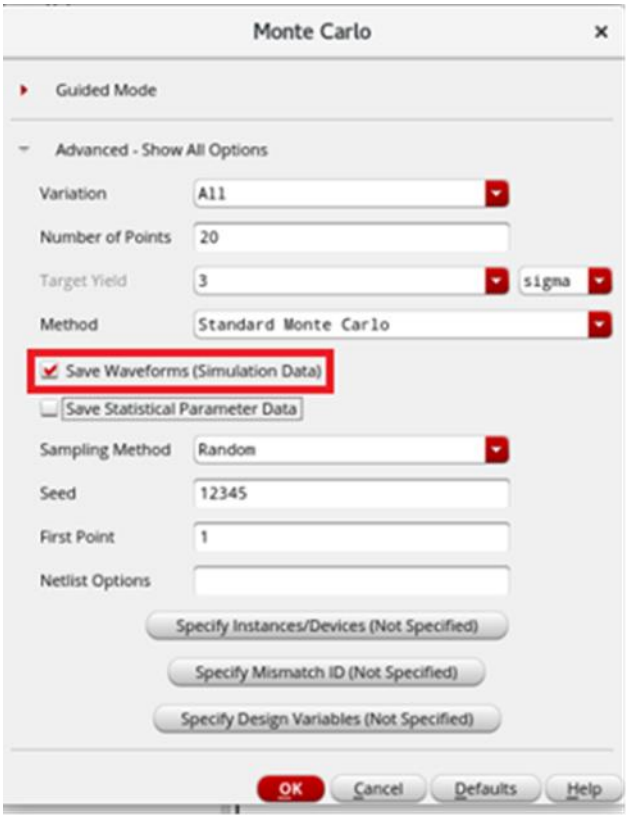
All- שילוב של Process ו-Mismatch.

Sampling method

סמן random לריצה רגילה.

סימון Latin hypercube יכול לחסוך מספר ריצות.

מלא את כל השדות בחלון בהתאם לטופס בהא :



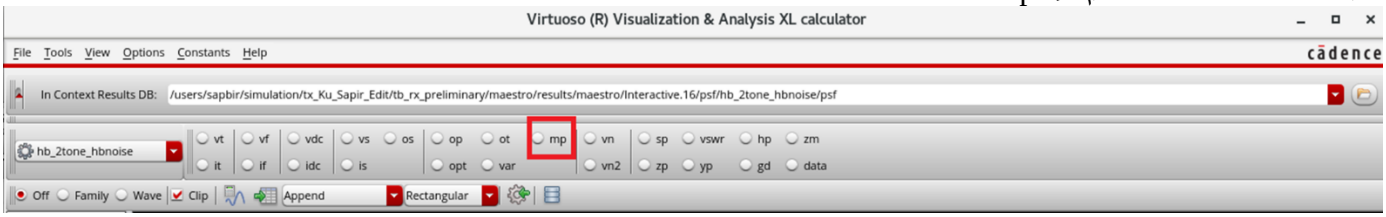
לחץ OK. להפעלת הסימולציה לחץ על החץ הירוק שבצד ימין.
בעזרת ה- calculator הדפס את הגרף של :

dB20(mag(VF("/net2")/VF("/net1")))

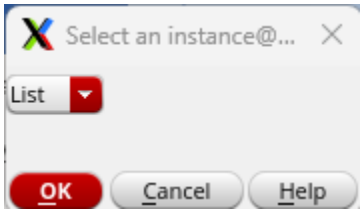
א.צרף את הגרף לדו״ח.
ב. מה ההבדל באחוזים בהגבר התדר נמוך בין ערכו המינימלי למקסימלי?

צפייה בפרמטרים הסטטיסטיים- במקרה זה vtho:

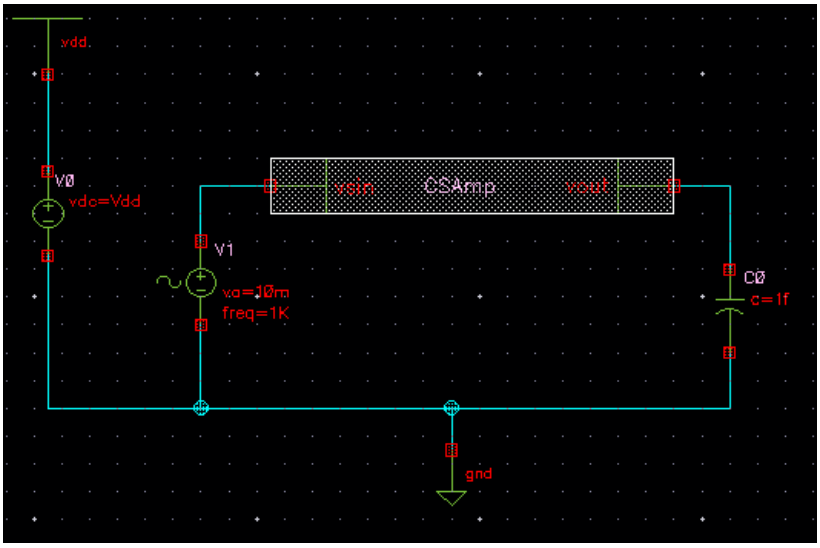
בחלום ה- calculator לחץ על mp :



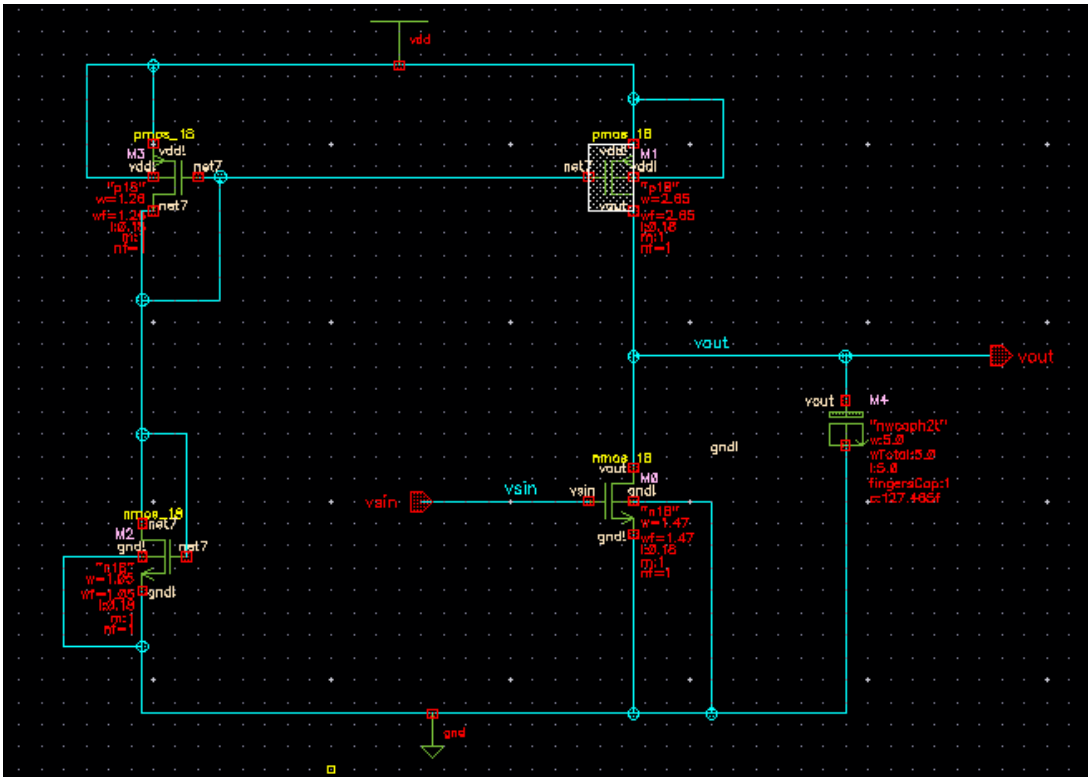
ייפתח החלון הבא :



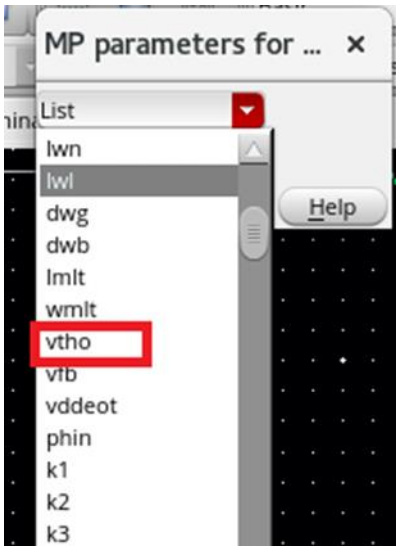
כעת, עליך לבחור את הטרנזיסטור רלוונטי – במקרה שלנו מדובר של M1 שנמצא ביחידה CSAmp.
בחר ביחידה CSAMP בסכמה:



לחץ על הכפתור הימני של העכבר ובחר ב: Descend Edit ולחץ על OK.
כעת בחר בטרנזיסטור M1:



כעת, לחץ על List בחלום הקטן ובחר ב vtho:



הדפס את הגרף על ידי לחיצה על  בחלון ה- calculator.

ג. צרף את הגרף לדו״ח.

ד. מהם הערך המינימלי והמקסימלי שהתקבלו עבור Vt?

ה. מה ערך הממוצע וסטיית התקן שהתקבלו עבור Vt?