

# מעבדה במבוא למעגלים

## דוח 3

Introduction to Virtuoso

שמות המגישים + ת"ז:

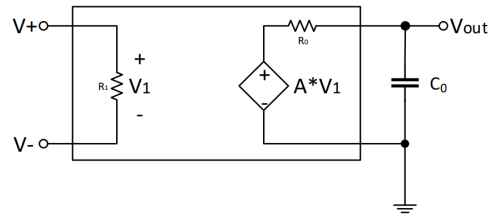
רותם סילם | 206663437

עדי גרין | 324965946

תאריך הגשה:

---

1. Design the opamp of figure 3.1. The values are:  $R_1 = 200 \cdot G [k\Omega]$ ,  $A = 200,000$ ,  $R_o = 75/G [\Omega]$ ,  $C_0 = 10 \cdot G [fF]$ . For the Voltage Controlled Voltage Source use "vcvs" in the "analogLib". "Voltage gain" is A.



התבקשנו ליצור מגבר פנימי לפי התרשים:

-נשים לב שעל כל גרף ציינו את השמות שלנו. עשינו זאת כך: creat → note → text

-במקרה שלנו,  $G=7+6=13$ .

-על מנת לפתוח את ה-virtuoso, נכנס לטרמינל, נקליד את הפקודה tower, ואז את הפקודה virtuoso.

-נפתח החלון של ה-virtuoso, נכנס ל-tools ואז ל-library manager.

-נפתח תיקייה בשם: "opamp1"

-על מנת להתחיל לבנות את המעגל של המגבר, נפתח מעגל בשם "opamp\_circuit" –

ע"י: # file → new → cell view

-נפתח ה-Schematic Editor, בו אנו בונות את המעגל.

-על מנת להוסיף את הרכיבים עושים create → instance → browse → analogLib → cell

הרכיבים שהוספנו: קבל - cap, גוד - res, מתח תלוי - vcvs.

-על מנת לשנות את הערכים של הרכיבים, לפי הערכים שניתנו בשאלה, נלחץ על הרכיב ואז על המקש "Q", ונשנה בהתאם בחלונית שנפתחה.

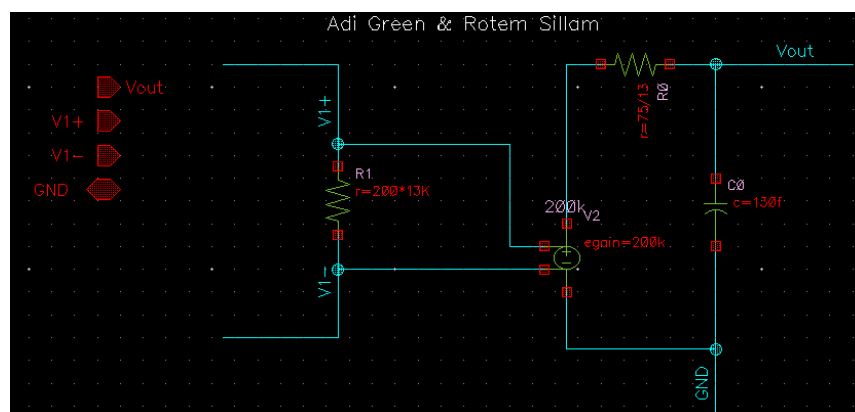
-במקור המתח התלוי נגדיר ב"voltage gain" את A שהוא שווה 200k, כאשר המתח על המקור התלוי הוא הפרש הפוטנציאלים בין  $V_1 +$  ל  $V_1 -$  (אותם חיברנו אליו), כך שנקבל  $(V_{1+} - V_{1-})A$

-נחבר את החוטים של המעגל ע"י המקש "W", ונקרא לחוטים בשמות ע"י create → wire name

-נוסיף pin-ים בהתאם למתחי הכניסות והיציאות שלנו, שיהוו את הכניסות והיציאות כשנגדיר את מעגל זה כקופסה שחורה:

# creat → Pin → וגם כניסה/יציאה וגם

Vin נגדיר ככניסה | Vout נגדיר כיציאה | GND נגדיר ככניסה וגם יציאה



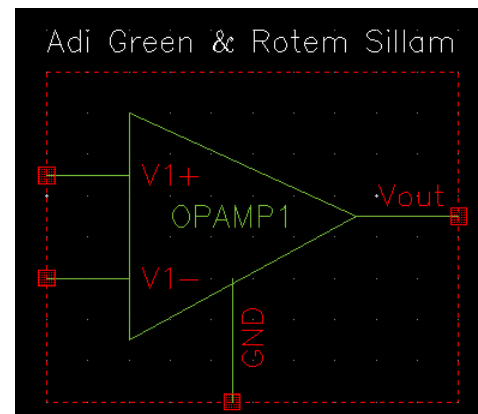
הגדרנו את המעגל שעשינו כקופסה שחורה שהיא בעצם המגבר שלנו. הכניסות אליה הם המתחים  $V1+$ ,  $V1-$ . בנוסף הגדרנו את נקודת הייחוס שלה כמתח אדמה (GND). המוצא של המגבר יהיה  $Vout$ .

שמרנו את הקובץ הזה כך שנוכל להשתמש בו בהמשך כ-symbol (עשינו לו צורת משולש כצורת המגברים).

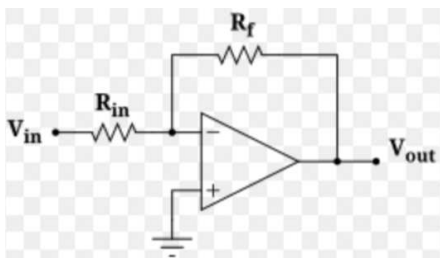
יצירת הקופסה השחורה:

הגדרת המצאות הפנים בקופסה השחורה, נתינת שם למעגל → from cellview → cellview → create

נשים לב שהקופסה השחורה מוגדרת כ-symbol כאשר נפתחת החלונית של from cellview.



2. Using the opamp, build an Inverting Amplifier with resistance values of your choosing. Run DC analysis where  $V_{in}$  ranges from  $0V$  to  $G[V]$ , and make sure the output is what you expect. Explain the design process and the results, and show a plot of  $V_{out}$  vs.  $V_{in}$ .



כעת נרצה לעשות מעגל שהוא מגבר מהפך המתאים לתרשים הבא:

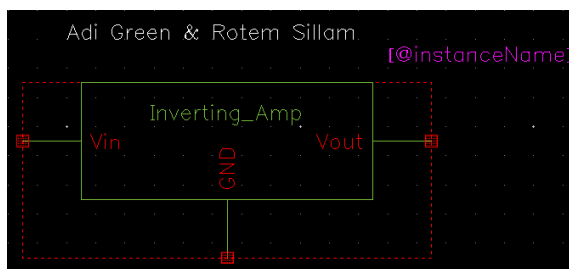
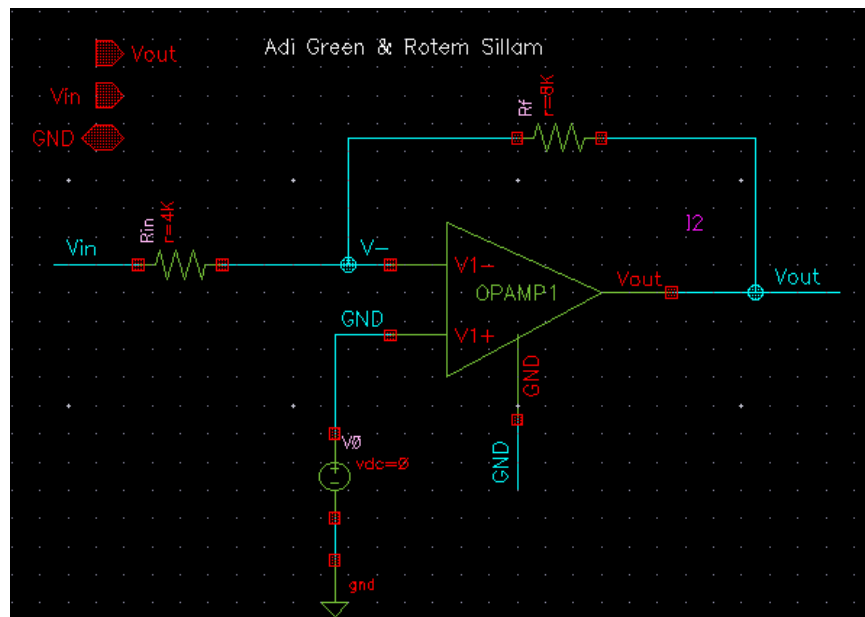
כדי לייצר את סביבת העבודה נחזור לLibrary Manager ונפתח cell view חדש בשם Inverting\_Amp לאחר שנפתח schematic editor נרצה להביא את המגבר שבנינו.

ניכנס לרכיבים ומהתיקיה של opamp1 נביא מהcell של "opamp\_circuite" את הsymbol של המגבר שבנינו. לפי השרטוט של המגבר מהפך, נוסיף את הרכיבים, נחבר חוטים, נוסיף פנים בהתאם.

על מנת ליצור מתח אדמה עבור הכניסה  $V+$ , נוסיף מקור מתח מסוג dc (ניכנס analog lib) ונבחר בcell את vdc. את מקור המתח הזה נחבר לרכיב gnd (רכיב האדמה), ונגדיר את המתח DC ברכיב vdc כמתח  $0v$ .

את ערכי הרכיבים במעגל נקבע כמו שקבענו במעבדה הקודמת:

$R_{in} = 4k$  |  $R_f = 8k$  | (מחובר לאדמה)  $V+ = 0v$  | בגלל שיש משוב שלילי אז גם המתח  $V-$  יהיה  $0$



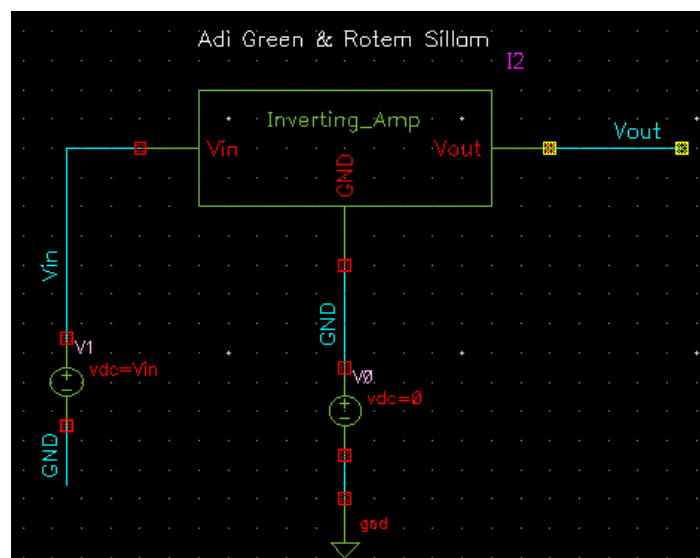
נבנה קופסה שחורה כפי שהסברנו בשאלה 1:

על מנת לייצר מעגל מדידה (TB), ניצור סביבת עבודה חדשה (כפי שעשינו מקודם), ונקרא לcell view כך:

ביצירת הרכיבים, נביא מהתיקייה של "Inverting\_Amp" את ה-symbol של "Inverting\_Amp" (הקופסה השחורה).

נחבר לקופסה השחורה את הכניסות ואת היציאות שלה.

במקור המתח Vin, נגדיר את המאפיין "DC voltage" שלו כפרמטר Vin, על מנת שנוכל להגדיר את הטווח שלו מ-0 עד  $G=13$  בהרצת הסימולציה.



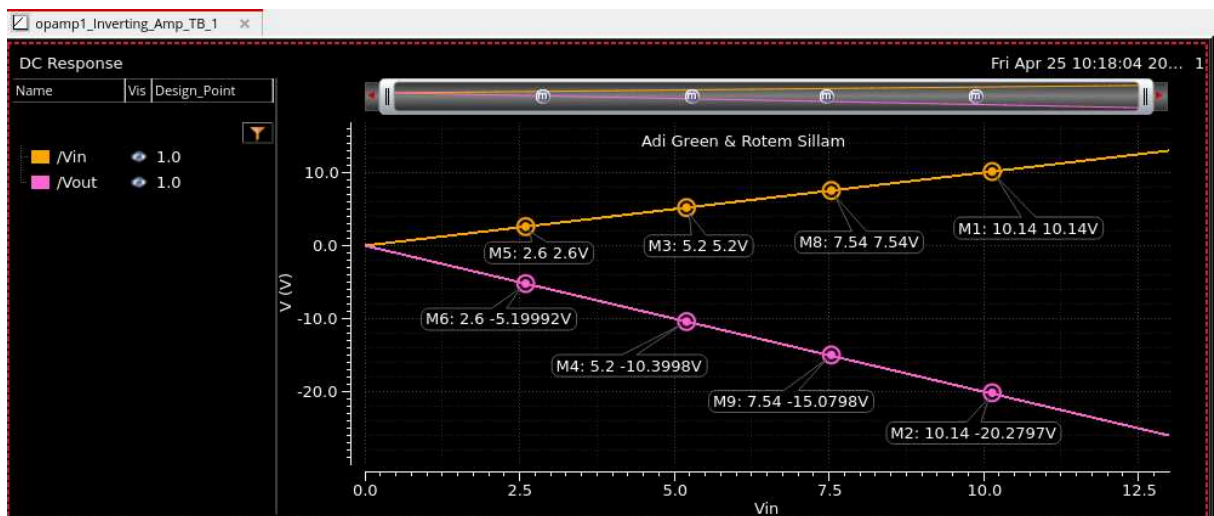
Launch- ADE Assembler -Create new view- Maestro: כדי שנריץ את הסימולציה:

נפתח את ה-test של הסימולציה שלנו.

כדי להגדיר את הפרמטרים של המעגל (במקרה שלנו, הפרמטר היחיד הינו Vin), נלחץ על variables ואז copy from cellview. נוכל לראות כי התווסף המשתנה Vin ב-design variables. ניתן לו ערך "1" בתור ברירת מחדל, כי לאחר מכן ניתן לו את הטווח הרצוי.

ניכנס ל analyses, נבחר מתח DC, כאשר שם המשתנה הוא Vin והטווח הוא 0-13 volt.

נבחר את הסיגנלים של הסכמה שאותם אנחנו רוצים לראות על הגרף (Vin, Vout), ונריץ את הסימולציה (משולש ירוק) ובבחר לראות את הplot של שני הסיגנלים על אותו גרף (plot all).



ניתן לראות בגרף שהמתח מוצא מתנהג בדיוק פי 2- ממתח הכניסה (מירקרנו כמה נקודות לדוגמה בעזרת

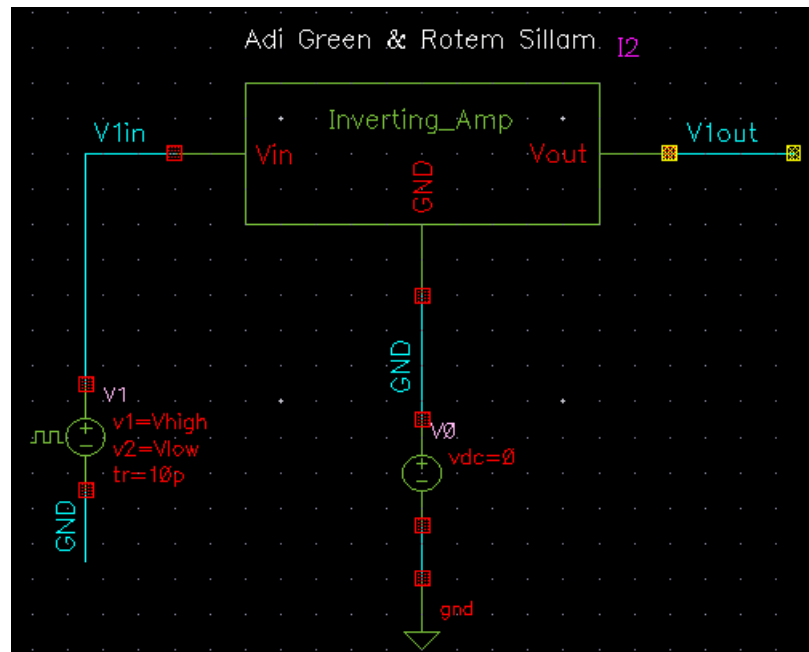
המקש m), בהתאם למגבר מהפך שבנינו. אשר עובד לפי הנוסחה:  $V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} * V_{in}$  כאשר אצלנו

הנוסחה המתאימה היא:  $V_{out} = -\frac{8k}{4k} * V_{in}$  כלומר קיבלנו פלט בהתאם.

הוספנו את השמות שלנו כך: graph → add Label

- Run Transient analysis on the inverter and plot the step response for an input that goes from 0V to  $G$  [V]. What is the propagation delay of the amplifier? Explain the results. Use markers to measure.

אנחנו מתבקשים ליצור מקור מתח מדרגה כך שמתח המקור נע בין 0V ל 13V.



בתרשים ה Inverting\_Amp\_TB, שינוי את מקור מתח הכניסה למדרגה ע"י שינוי הרכיב מ"vdc" ל-"vpulse". בנוסף, הגדרנו מתח כניסה ויציאה, וזמן עליה וירידה כך:

**Edit Object Properties**

Apply To:

Show: ☐ system ☒ user ☒ CDF

Property	Value	Display
Library Name	analogLib	off
Cell Name	vpulse	off
View Name	symbol	off
Instance Name	V1	off

User Property	Master Value	Local Value	Display
IvIgnore	TRUE		off

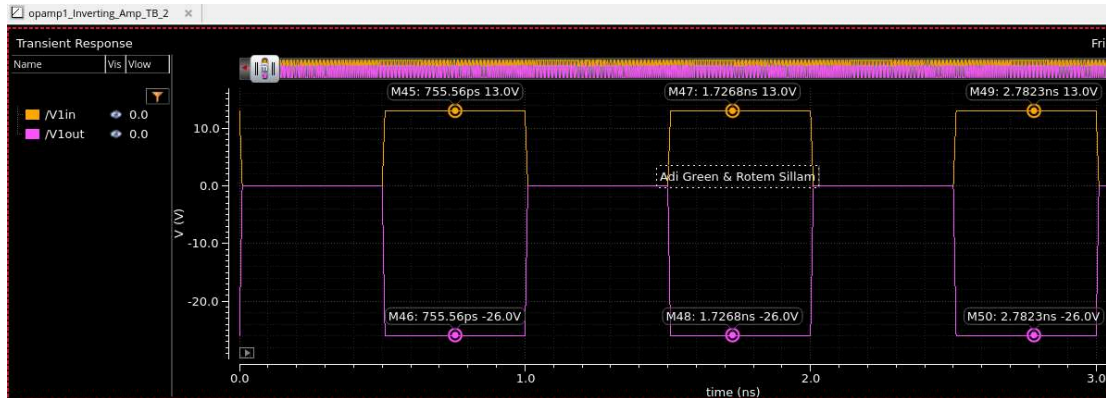
CDF Parameter	Value	Display
Frequency name for 1/period		off
Noise file name		off
Number of noise/freq pairs	0	off
DC voltage		off
AC magnitude		off
AC phase		off

**Edit Object Properties**

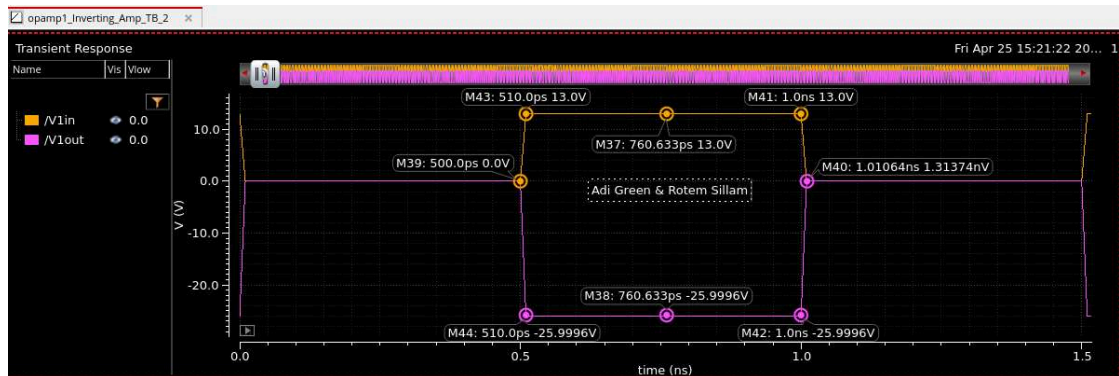
Noise file name		off
Number of noise/freq pairs	0	off
DC voltage		off
AC magnitude		off
AC phase		off
XF magnitude		off
PAC magnitude		off
PAC phase		off
Voltage 1	Vhigh V	off
Voltage 2	Vlow V	off
Period	per s	off
Delay time		off
Rise time	10p s	off
Fall time	10p s	off
Pulse width		off
Temperature coefficient 1		off
Temperature coefficient 2		off
Nominal temperature		off
Type of rising & falling edge		off

נחזור ל-maestro, ונוסיף את הפרמטרים החדשים של המעגל.  
 נגדיר: Vlow=0, Vhigh=13, per=1ns.  
 ב-"Analyses" נבחר "tran" ואת זמן העצירה להיות 1us.

ניתן לראות שנכנס אות מדרגה 13V (כתום) כפי שהגדרנו, ויוצא אות מדרגה -26V (ורוד) בהתאם למגבר מהפך שבנינו.



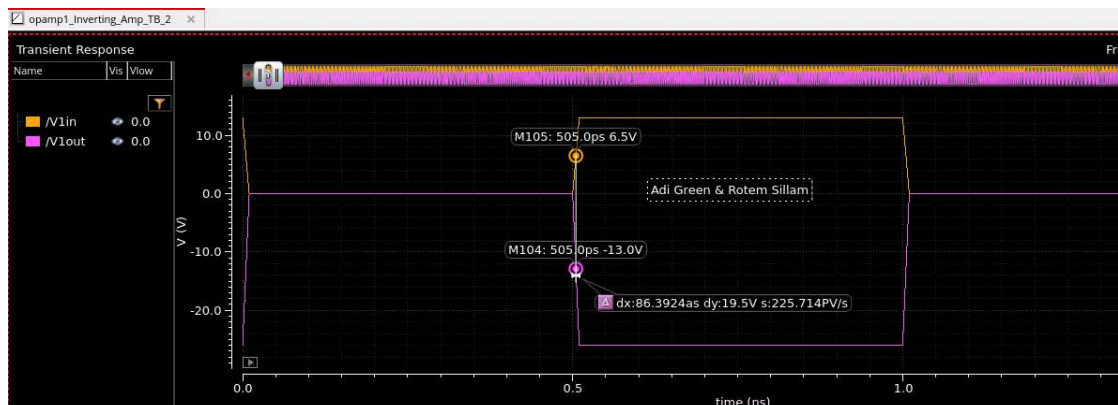
בגרף ניתן לראות שזמן העלייה של Vin מ-0 וולט ל-13 וולט, ושל Vout מ-0 וולט ל-(-26) הינו 10ps, כפי שהגדרנו. וכך גם לגבי זמן הירידה. בנוסף נראה כי זמן המחזור הינו 1ns, כפי שהגדרנו ב-per.



על מנת לחשב את  $t_{pd}$ , שאותו מחשבים ע"י הנוסחה:  $t_{pd} = t(V_{out}@50\%) - t(V_{in}@50\%)$

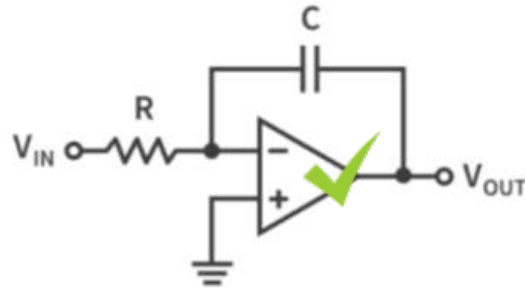
עשינו marker במתח Vout ע"י המקש "Q" שינינו את ערך מתח היציאה ל-(-13) וולט (Vout\*0.5). כדי לחשב את הדלטה, לחצנו על הנקודה במקש "D", ועשינו marker במתח Vin שנינו למתח 6.5 וולט (Vin\*0.5).

נשים לב כי שינינו את המתח לאחר שאנחנו במצב "YMode" (ציר Y) על מנת לשלוט במתח הכניסה והיציאה במדויק. כפי שניתן לראות בגרף, קיבלנו ש:  $t_{pd} = 86.3924as$ .

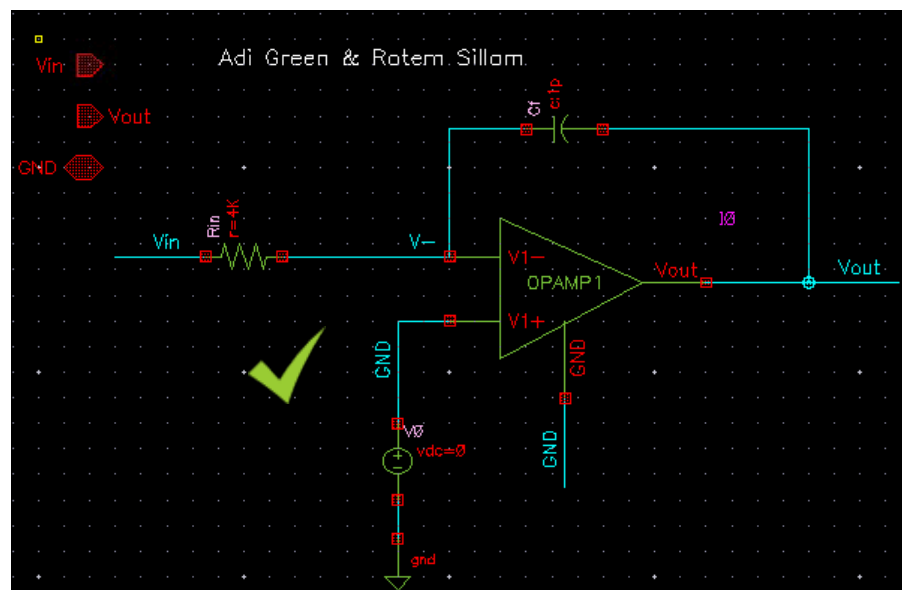


4. Build an Inverting Integrator. Run an AC analysis from 0.1Hz to G [GHz] and plot the results. What kind of filter is it? Explain.

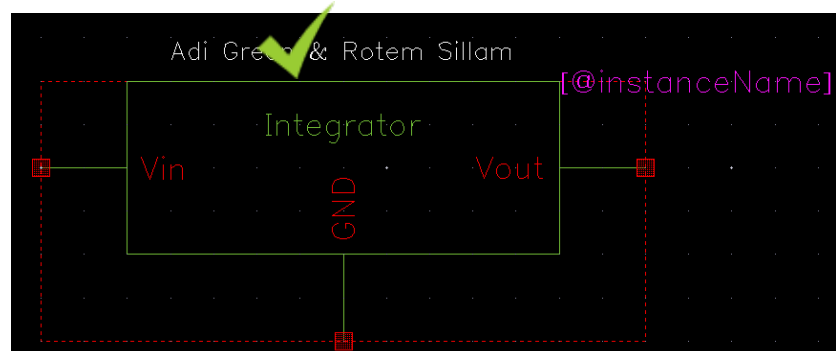
תמונה של Inverting Integrator:



פתחנו cellview חדש בשם "Inverting\_Integrator".  
השתמשנו ב-symbol של המגבר "opamp\_circuit", והוספנו רכיבים בהתאם לשרטוט למעלה.  
הגדרנו: .res=4k, cap=1p



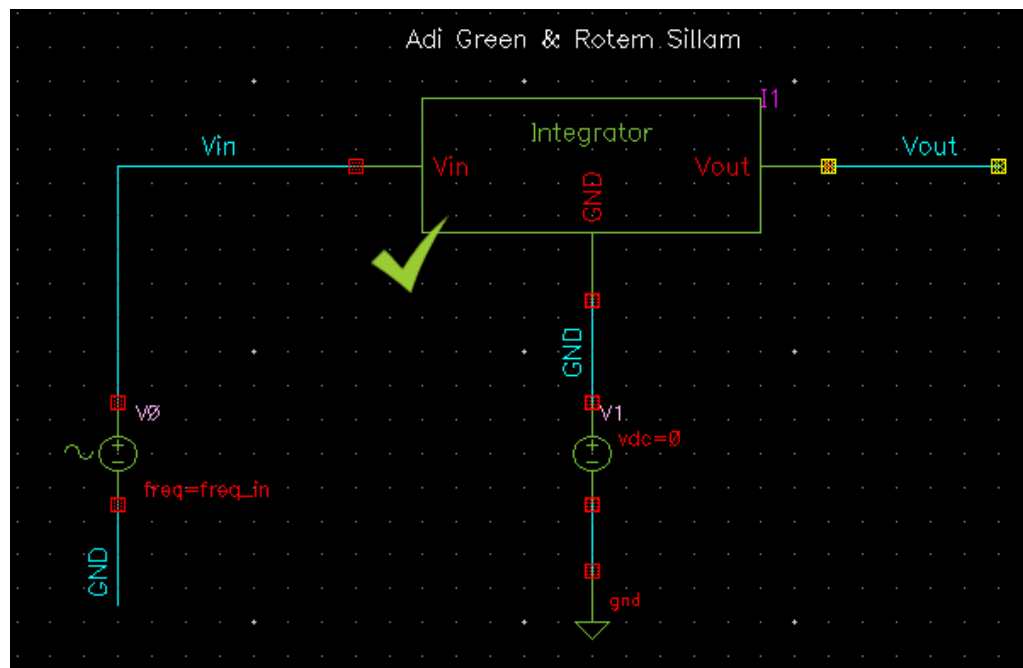
יצרנו קופסה שחורה, וקראנו לה "Integrator":





על מנת לייצר מעגל מדידה (TB), ניצור סביבת עבודה חדשה (כפי שעשינו מקודם), ונקרא לcell view כך:

Inverting\_Integrator\_TB



נחבר לקופסה השחורה של ה- Integrator, רכיב של מתח AC (מביאים מה-cell רכיב בשם vsin). הגדרנו את המאפיינים שלו כך:

**Edit Object Properties**

Apply To: ☐ only current ☒ instance

Show: ☐ system ☒ user ☒ CDF

Browse Reset Instance Labels Display

Property	Value	Display
Library Name	analogLib	off
Cell Name	vsin	off
View Name	symbol	off
Instance Name	V0	off

Add Delete Modify

User Property	Master Value	Local Value	Display
lvIgnore	TRUE		off

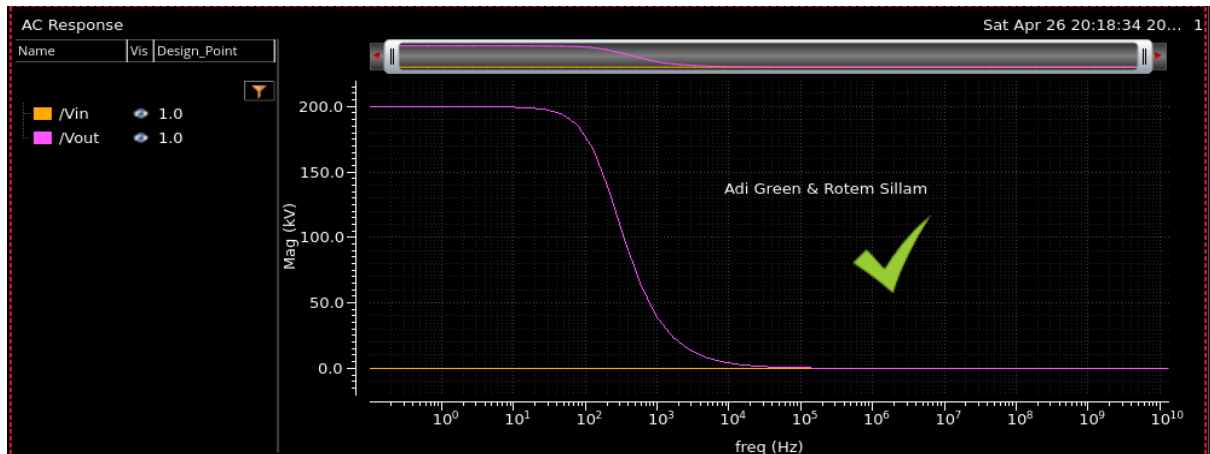
CDF Parameter	Value	Display
First frequency name		off
Second frequency name		off
Noise file name		off
Number of noise/freq pairs	0	off
DC voltage		off
AC magnitude	1 V	off
AC phase		off
XF magnitude		off
PAC magnitude		off
PAC phase		off
Delay time		off
Offset voltage		off
Amplitude		off
Initial phase for Sinusoid		off
Frequency	freq_in Hz	off
Amplitude 2		off
Initial phase for Sinusoid 2		off
Frequency 2		off
FM modulation index		off

OK Cancel Apply Defaults Previous Next Help

הרצנו באמצעות ה-maestro סימולציה של AC, כאשר את המשתנה  $\text{freq\_in}$  הגדרנו עם ערך זבל של 100k, ואת התדר של המעגל בסימולציה מ-0.1Hz ל-13GHz - כפי שהתבקשנו בשאלה.

ניתן לראות שקיבלנו גרף מסוג  $\Gamma$  F מעביר תדרים נמוכים. ✓

קיבלנו את גרף זה עבור 1pF בקבל:



10.1

בגרף-  $V_{in}=1V$ , כפי שציפינו מאחר שזוהי המגניטודה של AC שקבענו.



## אינדקס הערות

---

7.1

$$tpd = (tp_{LH} + tp_{HL}) / 2$$

-5

10.1

מה פונק' התמסורת ?

-2