

מעבדה במבוא למעגלים דוח 2

Introduction to Linux, spice, and Virtuoso

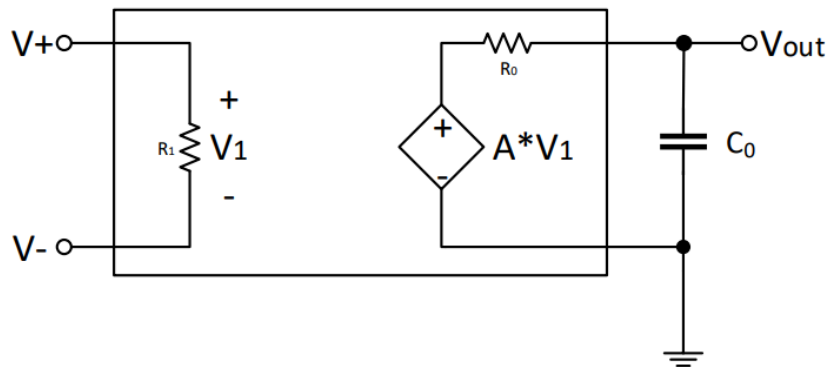
שמות המגישים + תז:

עדי גרין - 324965946

רותם סילם - 206663437

תאריך הגשה:

נתון המעגל הבא:



1. Using SPICE, build the opamp of figure 2.1. The values are: $R1 = 200 \cdot G$ [k Ω], $A = 200,000$, $R_o = 75/G$ [Ω], $C_0 = 10 \cdot G$ [fF]. Show a screenshot of your code including a part of the screen that includes your username. Do this for each part of this assignment.

נכנסו ע"י פקודת "cd" לתיקיה "DigitalLab" שאותה פתחנו במעבדה 1.
פתחנו תיקיה "Lab2" בתוך תיקיה "DigitalLab" בעזרת פקודת "mkdir".
פתחנו קובץ בשם "opamp.cir" ע"י פקודת "code" המשמשת לפתיחת Visual Studio Code מתוך הטרמינל.

בתוך הקובץ, בנינו מגבר שרת בשם "opamp":

```
opamp.cir  Inverting_Amplifier.cir
data > home > sillamr > Desktop > DigitalLab
1  ***opamp***
2  **Adi Green & Rotem Sillam**
3  **Settings**
4  simulator lang=spice
5
6  **NETLIST**
7  *Sub Circuit*
8  .SUBCKT opamp V+ V- Vout
9
10 *Parameters*
11 .PARAM G = 13
12 .PARAM A=200k
13
14 *Voltage Sources*
15 E1 N1 0 V+ V- A
16
17 *Instances*
18 R1 V+ V- A*G
19 R0 N1 Vout 75/G
20 C0 Vout 0 G*10f
21
22 .ENDS
```

הסבר על המגבר שרת שבנינו:

- תחת "Settings" הגדרנו שאנחנו עובדים בשפת "spice" (שורה 4)
- תחת "Netlist" תיארנו את מבנה המעגל כך:

○ הגדרנו את המגבר כתת מעגל (מעין קופסה שחורה בה נשתמש אחר כך), באמצעות הפקודה SUBCKT opamp.

○ הערכים $V+$, $V-$, V_{out} : כאשר נשתמש בסאב מעגל זה, נצטרך להגדיר בקוד בו הוא משמש כקופסה שחורה מהם הערכים האלה בקוד זה (נראה מימוש של זה במגבר מהפך).

● תחת "Parameters" הגדרנו את "G" בהתאם לספרות האחרונות של התעודות זהות שלנו - $G=7+6$.
בנוסף הגדרנו את A (נתון ששווה 200,000).

● תחת "Voltage Source" - הפקודה פועלת כך:

○ לוקחת את ההפרש בין $V+$ ל $V-$

○ מכפילה אותו פי 200,000 (ערך ששמנו ב- A לפי הנתון)

○ התוצאה תהיה הפרש פוטנציאלים בין צומת N1 לבין 0 (המקור מתח מחובר בקצהו האחד ל0 ובשני לN1)

○ השתמשנו בהתחלה באות E שהיא אות שמורה למקור מתח תלוי.

● תחת "Instances" :

○ R1 - השתמשנו באות שמורה "R" לנגד, הגדרנו שהוא בין נקודות $V+$, $V-$, ואת ערכו כנדרש.

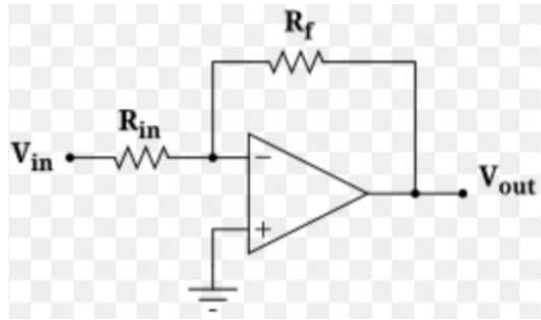
○ אותו דבר הגדרנו גם עבור נגד R0 (נמצא בין הנקודות N1 ל V_{out} במעגל).

○ C0 - השתמשנו באות שמורה "C" לקבל, את הנקודות בינהן נמצא, ואת הערך שלו.

● לבסוף שמנו Ends שמורה על סיום הגדרת תת מעגל.

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. Write your names in the middle of the graphs.

```
opamp.cir      Inverting_Amplifier.cir
data > home > sillamr > Desktop > DigitalLab
1  ***Inverting_Amplifier***
2  **Adi Green & Rotem Sillam**
3  **Settings**
4  simulator lang=spice
5  .INCLUDE opamp.cir
6
7  **NETLIST**
8  *Voltage Sources*
9  Vin N1 0 DC 0
10
11 *Instances*
12 Rin N1 V- 4k
13 Rf V- Vout 8k
14 |
15 *Opamp instance*
16 Xopamp 0 V- Vout opamp
17
18 **Analysis**
19 .dc Vin 0 13 1
20
21 **Measurement**
22 .print DC V(Vout)
23 .END
```



תחילה, פתחנו קובץ בשם "Inverting_Amplifier.cir" ע"י פקודת "code" בתוך תיקייה "LAB2". הסבר על המגבר מהפך שבנינו:

- תחת "Settings": הגדרנו שאנחנו עובדים בשפת "spice" (שורה 3).
- שורה 4- פקודת "INCLUDE" משמשת כדי לייבא קובץ חיצוני שמכיל את ההגדרה של מעגל משנה (subcircuit) – במקרה הזה, של מגבר השרת בעל שם הקובץ "opamp.cir".
- תחת "Netlist" תיארונו את מבנה המעגל כך:
 - שורה 8- הגדרנו מקור מתח מסוג DC בשם "Vin" וחברנו אותו ל N1 (הנקודה בין Vin לנגד Rin)
 - ו-0 (הארקה). התחלנו $V_{in}=0$ כברירת מחדל, מאחר שאנחנו רוצים לעבור על כל הערכים בין 0 ל-13.
 - הגדרנו את הנגדים באמצעות האות השמורה R:
 - שורה 11- הגדרנו $R_{in}=4k\Omega$, המחובר לצומת N1, ו- V.
 - שורה 12- הגדרנו $R_f=8k\Omega$, המחובר לצומת V, ו- Vout.
 - שורה 15- חברנו את המגבר שבנינו בשאלה הראשונה באמצעות האות השמורה X המציינת קריאה למודל של רכיב שהוגדר מראש. קבענו את הטרימינלים שאליהם הוא מחובר לפי השרטוט (Vout, -V, 0).
 - כתבנו opamp מאחר שזהו שמו של המודל של המגבר שבו השתמשנו והגדרנו בתוך הקובץ.
- תחת "Analysis" (שורה 18)-
- פקודת DC Sweep אומרת ל-SPICE לבצע סריקה (Sweep) של מתח כניסה מ-0 וולט עד 13 וולט, בקפיצות של 1 וולט, ולחשב את תגובת מגבר המהפך בכל אחת מהנקודות.
- תחת "Measurement" (שורה 20)- פקודה זו הינה בקשה מ-SPICE להדפיס את המתח בצומת Vout במהלך הסימולציה DC.
- שורה 23- "END" מסמן את סוף קובץ הסימולציה הראשי



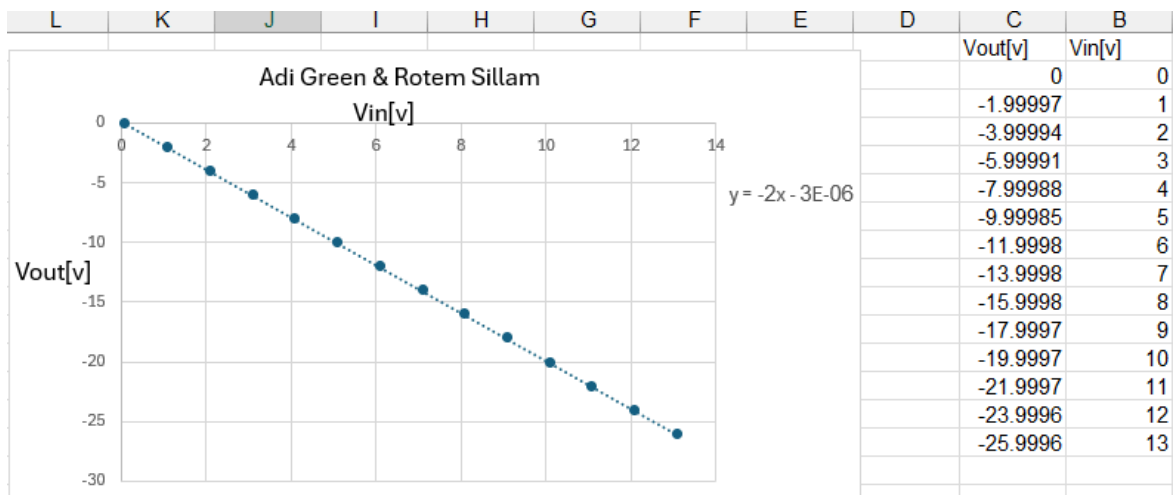
על מנת לראות את התוצאות של מתח היציאה כתלות במתח הכניסה, נכנסו שוב לטרמינל, לתיקייה בה הקבצים של המגברים שבנינו נמצאים, והשתמשנו בפקודת "less Inverting_Amplifier.print", כאשר Inverting_Amplifier זהו שם הקובץ אותו אנחנו רוצות להריץ. התוצאות שקיבלנו:

```
sillamr@ip-10-70-155-4:~/Desktop/DigitalLab/Lab2
File Edit View Search Terminal Help

***Inverting_Amplifier***
***** DC Analysis ( dcrun1 )  tnom= 27.0 temp= 27.0
*****
x
dc      v(Vout)
0       0
1       -1.99997
2       -3.99994
3       -5.99991
4       -7.99988
5       -9.99985
6       -11.9998
7       -13.9998
8       -15.9998
9       -17.9997
10      -19.9997
11      -21.9997
12      -23.9996
13      -25.9996
y
(END)
```



לאחר מכן שמנו את הערכים האלו בexcel כדי לקבל גרף של מתח היציאה כפונקציה של מתח הכניסה:



נצפה שמשוואת הגרף תתנהג בהתאם למשוואה $V_{out} = \frac{-R_f}{R_{in}} * V_{in}$, כאשר אצלנו $R_f = 8k$, $R_{in} = 4k$. ניתן לראות במשוואת הגרף שאכן קיבלנו שיפוע -2, כלומר המגבר מהפך שלנו, מגביר את מתח הכניסה פי 2- (בערך), כנדרש (כנראה שהוא מעגל את השיפוע, אבל באמת אפשר לראות שכל Vout הוא כמעט פי 2 מה Vin המתאים לו).



3. 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 (the delay between 50% change at the input to 50% change at the output, see Fig. 2.2)? Explain the results. Write your names in the middle of the graphs.

```

opamp.cir  Inverting_Amplifier.cir  InvAmp2.cir  InvAmp2.print
data > home > sillamr > Desktop > DigitalLab > Lab2 > InvAmp2.cir
1  ***InverterAmp2***
2  *Adi Green & Rotem Sillam
3
4  **Settings**
5  simulator lang=spice
6  .INCLUDE opamp.cir
7
8  **NETLIST**
9  *Voltage Source*
10 *Vin N1 0 DC 0
11 Vin N1 0 PULSE(0 13 10ns)
12
13 *Instances*
14 Rin N1 V- 4k
15 Rf V- Vout 8k
16
17 *Opamp instance*
18 Xopamp 0 V- Vout opamp
19
20 **ANALYSIS**
21 *.dc Vin 0 13 1
22 .TRAN 10ns 100ns
23
24 **MEASUREMENT*
25 *.print DC V(Vout)
26 .MEAS TRAN tpd TRIG V(N1) VAL=6.5 RISE=1 TARG V(Vout) VAL=-13 FALL=1
27 .PRINT TRAN V(N1) V(Vout)
28
29 .END

```

תחילה, פתחנו קובץ בשם "InvAmp2.cir" ע"י פקודת "code" בתוך תיקייה "LAB2". השתמשנו באותו מגבר מהפך של שאלה 2, אך שינינו מספר פקודות. את הפקודות שהורדנו השתמשנו ב' * ' על מנת להופכם להערה ולא להכניסם לקוד. נסביר את השינויים והתוספות:

1. תחת "Voltage Source" - שמנו בהערה את המתח DC, ובמקומו בשורה 11 הפכנו את סוג המתח להיות PULSE, שבו הערך ההתחלתי של Vin הינו 0 וולט והערך שאליו הוא קופץ הינו 13 וולט, כאשר זמן ההמתנה ביניהם הוא 10ns. כלומר, אנחנו מצפים שהסיגנל יהיה ב-0 וולט למשך 10ns, ואז במהלך 1ns נוסף, המתח יעלה בהדרגה מ-0 ל-13 וולט. כלומר יגיע ל-13 וולט סופית רק ב-11ns. מאחר שלא הגדרנו בפקודה זו מהו זמן העלייה, אז ברירת המחדל היא 1ns. לשים לב כי באופן תיאורטי השינוי בין המתחים צריך להיות בצורה מיידי (מדרגה), אך בפועל מדובר ברכיבים פיזיים ולכן יש דיילי מסויים והשינוי נעשה באופן תלול כך שנגיע ל-13 וולט עם זמן עליה של 1ns.

2. תחת "Analysis" - שמנו בהערה את פקודת "dc Sweep" ובמקומה כתבנו את הפקודה "TRAN" (שורה 22) המבקשת מהסימולטור לבצע סימולציה טרנזיאנטית, כלומר סימולציה של תגובת המעגל לאורך זמן כאשר במקרה שלנו תוך כדי שינויי מתח. 10ns - זהו צעד הזמן של הסימולציה (הזמן בין כל 2 חישובים). 100ns - משך הסימולציה.

בפועל, 10ns הוא רק צעד זמן מוצע – הסימולטור אינו מחויב להשתמש בו, והוא עשוי לבחור בצעדים קטנים יותר במידת הצורך. SPICE מחליט בעצמו באיזה שלב לבצע חישוב נוסף בהתאם למה שקורה במעגל - כלומר, אם לדוגמא יש שינויים חדים אז הסימולטור יכול להקטין את צעד הזמן. ניתן לראות זאת בערכים שקיבלנו - בקפיצת מתח בין 0 וולט ל-13 וולט, SPICE רואה שינוי חד מאד ולכן הוא מבצע שינויים צפופים מאד.

3. תחת "Measurement" - שמנו בהערה את הפקודה "print DC". במקום זה כתבנו את הפקודה "print" "TRAN" המבקשת להדפיס את התוצאות של הסימולציה בזמן (TRAN) שביצענו. בהדפסה נקבל את התוצאות של המתח בצומת N1 (כלומר Vin) והמתח של Vout.

4. בעזרת פקודת MEAS אנחנו מודדות את זמן ההשהייה (tpd) בין שני אירועים מוגדרים (מה שמוגדר ב.VAL).

- TRAN - מדובר בסימולציית זמן
- tpd - שם המדידה שבחרנו
- TRIG V(N1) VAL=6.5 RISE=1 - מתחיל למדוד כאשר המתח Vin (אצלנו מוגדר כN1) עובר דרך 6.5V בפעם הראשונה בעלייה (RISE=1) - לפי הגדרת הtpd הנתונה בשאלה אנחנו נחפש את הזמן כאשר נגיע עד 50% ממתח הכניסה (כלומר עבור G=13, נבדוק מתי נעבור את 6.5V).
- TARG V(Vout) VAL=-13 FALL=1 - מסיים למדוד כאשר המתח Vout עובר דרך -13V בפעם הראשונה בירידה (FALL=1).

המגבר מהפך שלנו מגביר פי 2 ומהפך כלומר $13 \times (-2)$, אך לפי הגדרת הtpd הנתונה בשאלה אנחנו נחפש את הזמן כאשר נגיע עד 50% ממתח המוצא כלומר -13.

השתמשנו בנוסחה שנתונה בשאלה: $t_{pd} = t(Vout@50\%) - t(Vin@50\%)$

בעזרת פקודת less InvAmp2.measure שכתבנו בטרמינל, נקבל את הtpd של המערכת לפי החישוב של פקודת "MEAS" בקובץ "InvAmp2", (הפקודה less מציגה את התוכן של הקובץ "InvAmp2.measure" ש-SPICE יצר בעקבות הפקודה "MEAS"). וקיבלנו $tpd = 7.52437e^{-15}$

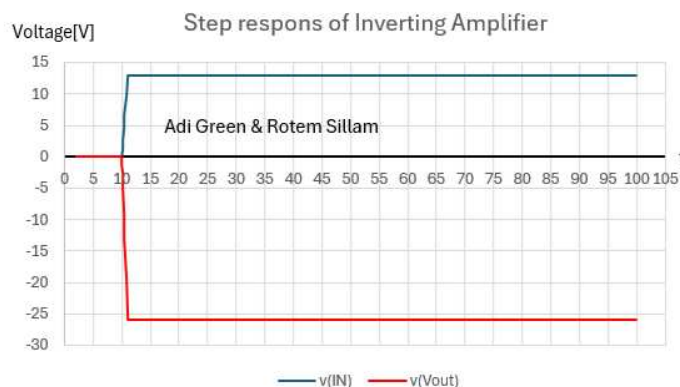
7.1

```
sillamr@ip-10-70-155-4:~/Desktop/DigitalLab/Lab2
File Edit View Search Terminal Help
Exported variables from results directory: ../InvAmp2.raw/

date       : 7:53:09 PM, Tue Apr 8, 2025
design      : ***InverterAmp2***
simulator   : spectre
version     : 23.1.0.594.isr12

Measurement Name : timeSweep
Analysis Type    : tran
tpd              = 7.52437e-15
```

לאחר מכן הרצנו את הפקודה less InvAmp2.print שנותנת את תוצאות המעגל של V_{in} , V_{out} כפונקציה של הזמן (הפקודה less מציגה את התוכן של הקובץ "InvAmp2.print" ש-SPICE יצר בעקבות הפקודה "print TRAN"). את התוצאות האלו העתקנו לקובץ excel ויצרנו גרף של V_{in} כפונקציה של הזמן (הגרף הכחול), ו- V_{out} כפונקציה של הזמן (הגרף האדום):



$v(V_{out})$	$v(I_{IN})$	me	ti		
0	0	0	0		2
0	0	0	0		3
0	0	0	0		4
0	0	0	0		5
0	0	0	0		6
0	0	0	0		7
0	0	0	0		8
-1.71216 m	856.238 u	n	10.0001		9
-2.95287 m	1.47661 m	n	10.0001		10
-5.43431 m	2.71734 m	n	10.0002		11
-10.3972 m	5.19881 m	n	10.0004		12
-20.3229 m	10.1618 m	n	10.0008		13
-40.1744 m	20.0876 m	n	10.0015		14
-79.8773 m	39.9394 m	n	10.0031		15
-159.283 m	79.6429 m	n	10.0061		16
-318.095 m	159.05 m	n	10.0122		17
-635.718 m	317.864 m	n	10.0245		18
-1.27097	635.492 m	n	10.0489		19
-2.54146	1.27075 n		10.0977		20
-5.08245	2.54126 n		10.1955		21
-9.04438	4.52226 n		10.3479		22
-13.0063	6.50325 n		10.5003		23
-19.503	9.75163 n		10.7501		24
-25.9996	13 n		11		25
-25.9996	13 n		11.0327		26
-25.9996	13 n		11.0963		27
-25.9996	13 n		11.158		28
-25.9996	13 n		11.2814		29
-25.9996	13 n		11.5283		30
-25.9996	13 n		12.0219		31
-25.9996	13 n		13.0091		32
-25.9996	13 n		14.9836		33
-25.9996	13 n		16.9836		34
-25.9996	13 n		18.9836		35
-25.9996	13 n		20.9836		36
-25.9996	13 n		22.9836		37
-25.9996	13 n		24.9836		38
-25.9996	13 n		26.9836		39
-25.9996	13 n		28.9836		40
-25.9996	13 n		30.9836		41
-25.9996	13 n		32.9836		42
-25.9996	13 n		34.9836		43
-25.9996	13 n		36.9836		44
-25.9996	13 n		38.9836		45
-25.9996	13 n		40.9836		46
-25.9996	13 n		42.9836		47
-25.9996	13 n		44.9836		48
-25.9996	13 n		46.9836		49
-25.9996	13 n		48.9836		50
-25.9996	13 n		50.9836		51
-25.9996	13 n		52.9836		52
-25.9996	13 n		54.9836		53
-25.9996	13 n		56.9836		54
-25.9996	13 n		58.9836		55
-25.9996	13 n		60.9836		56
-25.9996	13 n		62.9836		57
-25.9996	13 n		64.9836		58
-25.9996	13 n		66.9836		59
-25.9996	13 n		68.9836		60
-25.9996	13 n		70.9836		61
-25.9996	13 n		72.9836		62
-25.9996	13 n		74.9836		63
-25.9996	13 n		76.9836		64
-25.9996	13 n		78.9836		65
-25.9996	13 n		80.9836		66
-25.9996	13 n		82.9836		67
-25.9996	13 n		84.9836		68
-25.9996	13 n		86.9836		69
-25.9996	13 n		88.9836		70
-25.9996	13 n		90.9836		71
-25.9996	13 n		92.9836		72
-25.9996	13 n		94.9836		73
-25.9996	13 n		96.9836		74
-25.9996	13 n		98.4918		75
-25.9996	13 n		100		76

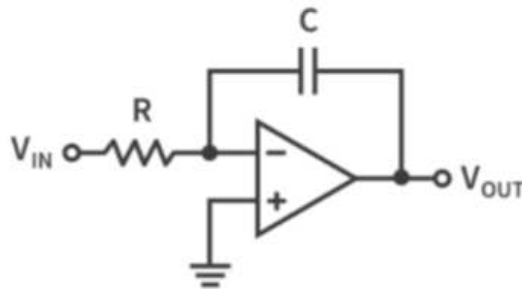


הסבר על מה שרואים בגרף:

- כפי שהגדרנו voltage sources בפקודת PULSE, נראה שבעבור 10ns תרחש כניסת מתח V_{in} - עד אז ערכי מתח הכניסה (וכתוצאה מכך גם המוצא) הם 0.
- ב-10ns - נכנס מתח לפי G שהגדרנו ($G=13V$), ואז נראית העליה התלולה שהסברנו עליה, עד 11ns (שם כבר המתח יתייבב על 13V). כתוצאה משינוי זה, גם מתח המוצא משתנה - כאשר המגבר מהפך שלנו כופל פי 2- (בערך) את ערכי הכניסה.
- לאחר 11ns - ניתן לראות ש- V_{in} מתייבב על 13V, V_{out} על -26, כפי שציפינו.

4. Build an Inverting Integrator. Run an AC analysis and plot the results. What kind of filter is it? Explain. Write your names in the middle of the graphs.

תמונה של Inverting Integrator:



תחילה, פתחנו קובץ בשם "Inv_Integrator.cir" ע"י פקודת "code" בתוך תיקייה "LAB2". השתמשנו באותו מגבר מהפך של שאלה 2, אך שינינו מספר פקודות. הפקודות החדשות:

1. תחת "Voltage Source" - כתבנו את הפקודה "Vin N1 0 AC 1 sin(0 1 1MEG)" בפקודה זו אנחנו מגדירים מתח חליפין למתח V_{in} , בעל אמפליטודה 1 וולט, כאשר ה-offset הוא 0, עם תדר 1MHz. הפקודה "AC 1" קובעת כי האמפליטודה של מקור המתח עבור ניתוח AC (ניתוח תדרים) היא 1 וולט. בחרנו שהאמפליטודה תהיה 1 וולט, מאחר שהנוסחה של פונקציית התמסורת היא $H = V_{out}/V_{in}$, ולכן אם אנחנו בוחרים שבניתוח תדר $V_{in}=1$, אז $H = V_{out}$ ולכן ציר ה-y בגרף שהוא מייצג את V_{out} , ייצג גם את פונקציית התמסורת. וכך נוכל לראות איזה מסנן נקבל.

9.1

2. תחת "Instances" - הוספנו את הקבל במקום הנגד R_f באמצעות האות השמורה "C" לקבלים. את החיבורים שלו הגדרנו בדומה להגדרה של הנגד R_f בשאלה 2, וקבענו שקיבולו יהיה 1 מיקרופארד.

3. תחת "Analysis" - הגדרנו את הפקודה "AC DEC 10 0.1 100MEG" AC מציין שאנחנו רוצים לבצע ניתוח בתדרים, DEC מציין שסוג חיפוש התדרים הינו לוגריתמי (גרף בודה), 10 זהו מספר נקודות התדר שיבוצע החישוב עבורן בכל decade - במקרה הזה, החישוב יבוצע ב-10 נקודות תדר שונות. 0.1 זהו התדר ההתחלתי שממנו נתחיל את החישוב (0.1 הרץ). 100MEG זהו התדר הסופי (100 מגה הרץ שזה 10^8).

4. תחת "Measurement" -

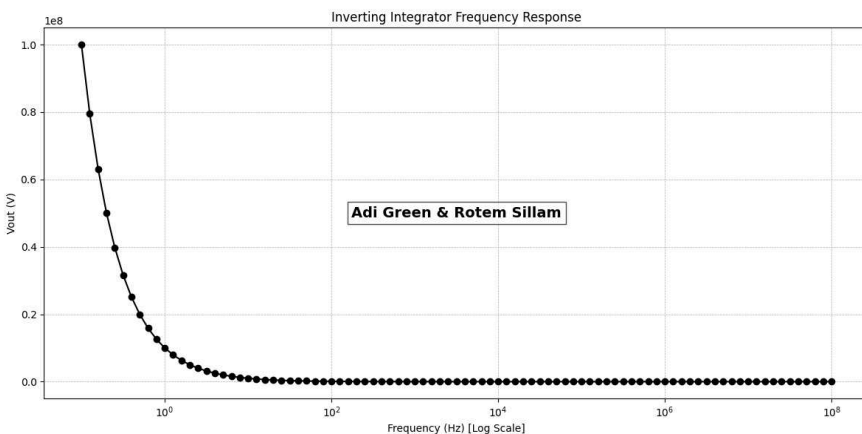
הפקודה "PRINT AC" (שורה 24) מבקשת מ-SPICE שבמהלך ניתוח AC שהגדרנו ב-"Analysis", הוא ידפיס את המתח של V_{out} .

```

Restricted Mode is intended for safe code browsing. Trust this window to enable all features

Inv_Integrator.cir • opamp.cir
data > home > sillamr > Desktop > DigitalLab > Lab2 > Inv_Integrator.cir
1  ***InverterAmp2***
2  *Adi Green & Rotem Sillam
3
4  **Settings**
5  simulator lang=spice
6  .INCLUDE opamp.cir
7
8  **NETLIST**
9
10 *Voltage Source*
11 Vin N1 0 AC 1 SIN(0 1 1MEG)
12
13 *Instances*
14 Rin N1 V- 4k
15 Cf V- Vout 1u
16
17 *Opamp instance*
18 Xopamp 0 V- Vout opamp
19
20 **ANALYSIS**
21 .AC DEC 10 1 100MEG
22
23 **MEASUREMENT*
24 .PRINT AC V(Vout)
25
26 .END
  
```

על מנת לקבל את תוצאות המעגל (מתח יציאה כפונקציה של התדר) הרצנו בטרמינל "gvim Inv_Integrator.print"
וקיבלנו את הנקודות הבאות, מהן עשינו גרף, (gvim זהו עורך טקסט שאפשר באמצעותו לקרוא את הקובץ
"Inv_Integrator.print").



הגרף מתאר מסנן מסוג LPF משום שניתן לראות שבתדרים נמוכים

המתח Vout גדול, ובתדרים גבוהים שואף לאפס.

זה מתאים לתכונה פיזיקלית של הקבל:

$$Z = \frac{1}{j\omega C}$$

ידוע כי ההתנגדות של הקבל היא $Z = \frac{1}{j\omega C}$, כאשר $\omega = 2\pi f$ כלומר מתנהג ביחס ישר לתדירות f.

• נראה שכאשר $\omega \rightarrow 0$ הקבל יתנהג כמו נתק, כי ההתנגדות

תהיה מאוד גדולה, וביחס ישר גם המתח יהיה מאוד גדול (יגיע לרוויה).

• כאשר $\omega \rightarrow \infty$ הקבל יתנהג כמו קצר, כי ההתנגדות תשאף לאפס,

וביחס ישר גם המתח (מתח על קצר שווה 0).

Inv_Integrator.print

Settings

data > home > sillamr > Desktop > Inv_Integrator.print

4	x		
5		freq	v(Vout)
6		100 m	1.59149 k
7		125.893 m	1.26418 k
8		158.489 m	1.00418 k
9		199.526 m	797.654
10		251.189 m	633.601
11		316.228 m	503.288
12		398.107 m	399.776
13		501.187 m	317.554
14		630.957 m	252.242
15		794.328 m	200.363
16		1	159.154
17		1.25893	126.421
18		1.58489	100.419
19		1.99526	79.766
20		2.51189	63.3604
21		3.16228	50.329
22		3.98107	39.9777
23		5.01187	31.7554
24		6.30957	25.2242
25		7.94328	20.0363
26		10	15.9154
27		12.5893	12.6421
28		15.8489	10.0419
29		19.9526	7.9766
30		25.1189	6.33604
31		31.6228	5.0329
32		39.8107	3.99777
33		50.1187	3.17554
34		63.0957	2.52242
35		79.4328	2.00363
36		100	1.59154
37		125.893	1.26421
38		158.489	1.00419
39		199.526	797.66 m
40		251.189	633.604 m
41		316.228	503.29 m
42		398.107	399.777 m
43		501.187	317.554 m
44		630.957	252.242 m

Applications Places System

Inv_Integrator.print

Settings

data > home > sillamr > Desktop > Inv_Integrator.print

45	794.328	200.363 m
46	1 k	159.154 m
47	1.25893 k	126.421 m
48	1.58489 k	100.419 m
49	1.99526 k	79.766 m
50	2.51189 k	63.3604 m
51	3.16228 k	50.329 m
52	3.98107 k	39.9777 m
53	5.01187 k	31.7554 m
54	6.30957 k	25.2242 m
55	7.94328 k	20.0363 m
56	10 k	15.9154 m
57	12.5893 k	12.6421 m
58	15.8489 k	10.0419 m
59	19.9526 k	7.9766 m
60	25.1189 k	6.33604 m
61	31.6228 k	5.0329 m
62	39.8107 k	3.99777 m
63	50.1187 k	3.17554 m
64	63.0957 k	2.52242 m
65	79.4328 k	2.00363 m
66	100 k	1.59154 m
67	125.893 k	1.26421 m
68	158.489 k	1.00419 m
69	199.526 k	797.66 u
70	251.189 k	633.604 u
71	316.228 k	503.29 u
72	398.107 k	399.777 u
73	501.187 k	317.554 u
74	630.957 k	252.242 u
75	794.328 k	200.363 u
76	1 M	159.154 u
77	1.25893 M	126.421 u
78	1.58489 M	100.419 u
79	1.99526 M	79.766 u

Restricted Mode

0 0 0 0 0 0

אינדקס הערות

- 7.1 (2-) מהן היחידות של זמן ההשהיה?
- 9.1 3- חסר הסבר לבחירת הגדלים של הנגד והקבל