

מעבדה במבוא למעגלים דוח 2

Introduction to Linux, spice, and Virtuoso

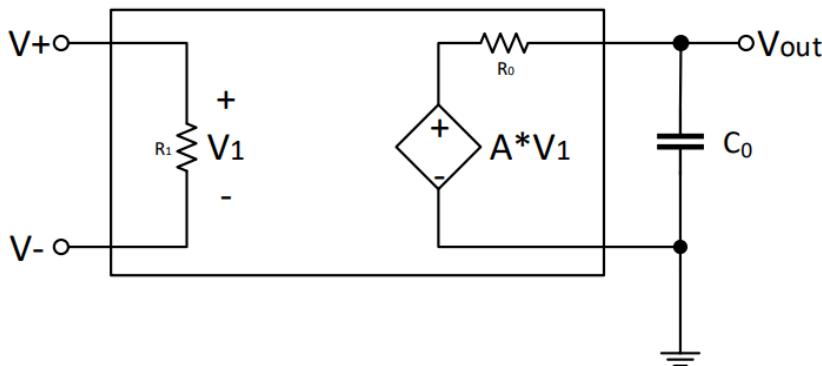
שמות המציגים + TZ:

עדן גריין - 324965946

רותם סילם - 206663437

תאריך הגשה:

נתון המודול הבא:



- Using SPICE, build the opamp of figure 2.1. The values are: $R_1 = 200 \cdot G [k\Omega]$, $A = 200,000$, $R_o = 75/G [\Omega]$, $C_0 = 10 \cdot G [fF]$. Show a printscrean of your code including a part of the screen that includes your username. Do this for each part of this assignment.

נכטו ע"י פקודה "cd" לתיקיה "DigitalLab" שאותה פתחנו במעבדה 1.
פתחנו תיקיה "Lab2" בתוך תיקיה "DigitalLab" בערת פקודה ".mkdir".
פקודה "opamp.cir" המשמשת לפיתוחה מותך Visual Studio Code בשם "code" מותך 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

```



הסביר על המגבר שרת שבנינו:

- תחת "Settings" הגדכנו שאנו חווים עובדים בשפת "spice" (שורה 4)
- תחת "Netlist" תיארנו את מבנה המודול כך:

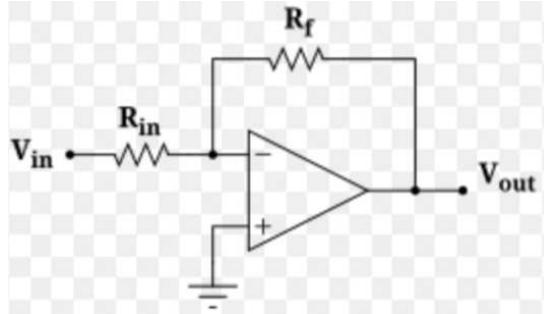
-  הגדרנו את המגבר כתת מעגל (מעין קופסה שחורה בה נשימוש אחר כך), באמצעות הפקודה .SUBCKT opamp
- הערכים V_+ , V_- , V_{out} : כאשר נשימוש בסאב מעגל זה, נדרש להגדיר בקוד בו הוא משמש כקופסה שחורה ממנה הערכים האלה בקוד זה (נראה מיומש של זה במגרף מהפך).
 - תחת "Parameters" הגדרנו את "G" בהתאם למספרות האחוריות של התעודות זהות שלנו - $G=7+6=13$.
 - בסיום הגדרנו את A (נתון שווה 200,000).
 - תחת "Voltage Source" - הפקודה פועלת כזאת:
 - לוקחת את ההפרש בין V_+ ל V_-
 - מכפילה אותו פי 200,000 (ערך שמננו ב- A לפי הנתון)
 - התוצאה תהיה הפרש פוטנציאליים בין צומת N1 לבין 0 (המקור מתה מחובר בקצתו האחד ל-0 ו בשני ל-N1)
 - השתמשנו בהתחלה באוט אוט שומרה למקור מתוך תלוי.
- : "Instances" ●
- R1 - השתמשנו באוט שומרה "R" לנגד, הגדרנו שהוא בין נקודות V_- , V_+ , ואת ערכו כנדרש.
 - אותו דבר הגדרנו גם עבר נגד R0 (נמצא בין הנקודות N1 ל V_{out} בمعالג).
 - C0 - השתמשנו באוט שומרה "C" לקבל, את הנקודות בינהן נמצא, ואת הערך שלו.
- לבסוף שמננו Ends שומרה 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 תיקיה "LAB2".

הסבר על המגבר מהפך שבינו:

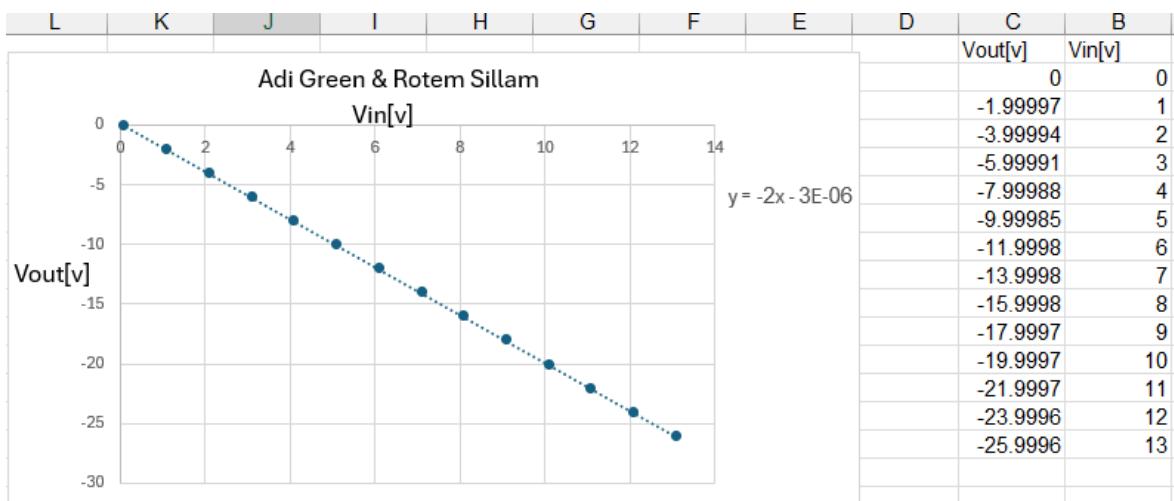
- תחת "Settings": הגדרנו שאנו עבדים בשפת "spice" (שורה 3).
- שורה 4- פקודת "INCLUDE" משמשת כדי ל"יבא" קובץ חיצוני ש מכיל את ההגדרה של מעגל משנה .opamp.cir.
- תחת "Netlist" "Netlist" תיארנו את מבנה המעגל כך:
 - שורה 8- הגדרנו מוקור מתח מסווג DC בשם "Vin" וחברנו אותו ל N1 (הנקודה בין ח' Vin לבין GND).
 - שורה 9-0 (הארקה). התחלנו 0=Vin כברירת מחדל, לאחר מכן רצים לעבור על כל הערכים בין 0 ל-13.
 - הגדרנו את הנגדים באמצעות האות השמורה R:
 - שורה 11- הגדרנו $R_{in}=4k\Omega$, המחבר לצומת N1, ו- V.
 - שורה 12- הגדרנו $R_f=8k\Omega$, המחבר לצומת -V, ו- Vout.
 - שורה 15- לחברנו את המגבר שבינו בשאללה הראשונה באמצעות האות השמורה X המציינת קרייה למודל של רכיב שהוגדר מראש. קבענו את הטרמינלים עליהם הוא מחובר לפי הشرطוט (0, V, -Vout).
- כתבנו "opamp" לאחר שזהו שמו של המודל של המגבר שבו השתמשנו והגדכנו בתוך הקובץ.
- תחת "Analysis" (שורה 18-)
 - פקודת DC Sweep SPICE אומרת ל-SPICE לבצע סריקה (Sweep) של מתח כניסה מ-0 וילט עד 13 וילט, בקפיצות של 1 וילט, ולחשב את תגובת מגבר המהפר בכל אחת מהנקודות.
- תחת "Measurement" (שורה 20)- פקודת זו הינה בקשה מ-SPICE להדפיס את המתח בaczמת Vout במהלך הסימולציה DC.
- שורה 23- "END" מסמן את סוף קובץ הסימולציה הראשי.

על מנת לראות את התוצאות של מתח הייצאה כתלות במתח הכניסה, נכנסו שוב לטרמינל, לתיקייה בה הקבצים של המగברים שבינו נמצאים, והשתמשנו בפקודת "less Inverting_Amplifier.print", כאשר זהה שם הקובץ אותו רציתם להציג. התוצאות שקיבלו:

```
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 מכון שמננו את הערבים האלו בexcel כדי לקבל גרף של מתח היציאה כפונקציה של מתח הכניסה:



נצהה שמשוואת הגרף תتنהג בהתאם למשוואת $V_{out} = \frac{-R_f}{R_{in}} * V_{in}$, כאשר אצלונו $R_f = 8k$, $R_{in} = 4k$ ו- $i = 2$. ניתן לראות במשוואת הגרף שאכן קיבלנו שיפוע -2, כלומר המגבר מהפך שלנו, מגביר את מתח הכניסה פי-2 (בערך), וכך (כנראה שהוא מעגל את השיפוע, אבל באממת אפשר לראות שככל V_{in} הוא קטן פי-2 מה V_{out} 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

```

תחליה, פתחנו קובץ בשם "InvAmp2.cir" ע"י פקודה "code" בתוך תיקיה "LAB2".
השתמשנו באותו מגבר מהפרק של שאלה 2, אך שינוינו מספר פקודות. את הפקודות שהורידנו השתמשנו ב'*' על מנת להופכם להערה ולא להכניסם לקוד.
סביר את השינויים והתוספות:

1. תחת "Voltage Source" - שמננו בהערה את המתח DC, ובמקרה בו בשורה 11 הפקנו את סוג המתח להיות PULSE, שבו הערך ההתחלתי של חווינ 0 וולט והערך שלו הוא קופץ חווינ 13 וולט, כאשר זמן ההמתנה ביניהם הוא 10ns. כמובן, אנחנו מוצאים שהטיגנלי יהיה ב-0 וולט במשך 10ns, ואז במהלך 1ns המתח יעלה בהדרגה מ-0 ל-13 וולט. ככלMORE יגיע ל-13 וולט סופית רק ב-11ns. מאחר שלא הגדרנו בפקודה זו זמן העלייה, אז ברירת המחדל היא 1ns. לשים לב כי באופן תיאורטי השינוי בין המתחים צריך להיות בצורה מיצנית (מדרגה), אך בפועל מדובר ברכיבים פיזיים ולכן מסויים והשינוי נעשה באופן תלול כך שנגיע ל-13 וולט עם זמן עלייה של 1ns.

2. תחת "Analysis" - שמננו בהערה את פקודה "dc Sweep" ובמקומה כתבנו את הפקודה "TRAN" (שורה 22) המבקשת מהסימולטור לבצע סימולציה טרנזיאנטית, כלומר סימולציה של תגובה המעגל לאחר זמן מסוים. כאשר במקרה שלנו תוקן כדי שינוי מתה. $t_{pd} = 10\text{ns}$ - זהו צעד הזמן של הסימולציה (זמן בין כל 2 חישובים). 100ns - משך הסימולציה.

בפועל, $t_{pd} = 10\text{ns}$ רק צעד זמן מועצע – הסימולטור אינו מחייב להשתמש בו, והוא עשוי לבחור בזמנים קטנים יותר במידת הצורך. SPICE מחייב בעצם באיזה שלב לבצע חישוב נוספת בהתאם למה שקרה בעגל – ככלומר, אם לדוגמה יש שינויים חדים אז הסימולטור יכול להקטין את צעד הזמן. ניתן לראות זאת בערכיהם שקיבלו – בקפיקת מתה בין 0 וולט ל-13 וולט, SPICE רואה שינוי חד ממד ולכן הוא מבצע שינויים צפופים מאד.

3. תחת "Measurement" - שמננו בהערה את הפקודה "print DC". במקום זה כתבנו את הפקודה "TRAN" המבקשת להדפיס את התוצאות של הסימולציה בזמן (TRAN) שביצענו. בהדפסה נקבל את התוצאות של המתח בצומת N1 (כליום Ch1) והמתח של Vout.

4. באמצעות פקודה MEAS אנחנו מודדות את זמן ההשניה (t_{pd}) בין שני אירוחים מוגדרים (מה שמוגדר בVAL).

- TRAN - מדובר בסימולציה זמן
- t_{pd} - שם המידידה שבחרנו

דרך 6.5V בפעם הראשונה בעלייה (RISE=1) - לפי הגדרת t_{pd} הננתונה בשאלה אנחנו נחשף את הזמן כאשר נגיע עד 50% ממתח הכניסה (כליום Über 13, G=13, נבדוק מתי מעבור את 6.5V). הרשימה בירידה (FALL=1).

המגבר מופיע לנו מגבר פי 2 ומהפרק קלומר 13*(2), אך לפי הגדרת t_{pd} הננתונה בשאלה אנחנו נחשף את הזמן כאשר נגיע עד 50% ממתח המוצא קלומר -13.

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

בעזרת פקודה less שכתבנו בטרמינל, קיבלנו את t_{pd} של המערכת לפי החישוב של פקודה "MEAS" בקובץ less ("InvAmp2.measure") מציגה את התוכן של הקובץ "InvAmp2.measure" ש-SPICE ייצר בעקבות הפקודה ("MEAS").
 $t_{pd} = 7.52437e^{-15}$

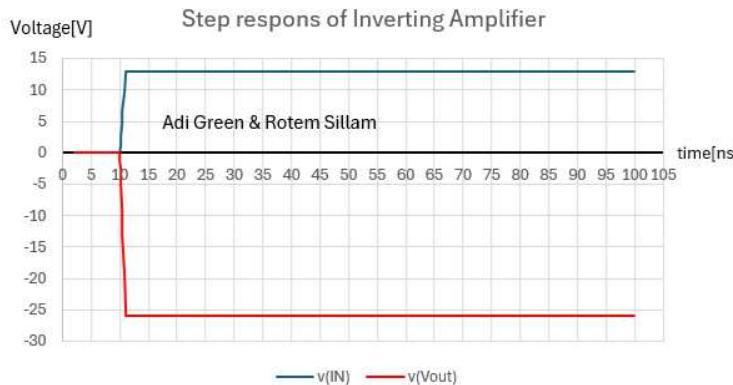
7.1

```
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.isrl2

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

לאחר מכון הרצינו את הפקודה less שנוננת את תוצאות המודול של Vin, Vout כפונקציה של הזמן (הפקודה less מציינה את התוכן של הקובץ "InvAmp2.print" ש-SPICE יצר בעקבות הפקודה "print TRAN").

את התוצאות האלו העתקנו לקובץ excel ויצרנו גרפ' של Vin (הגרף הכחול), Vout כפונקציה של הזמן (הגרף האדום):



הסביר על מה שראויים בגרף:

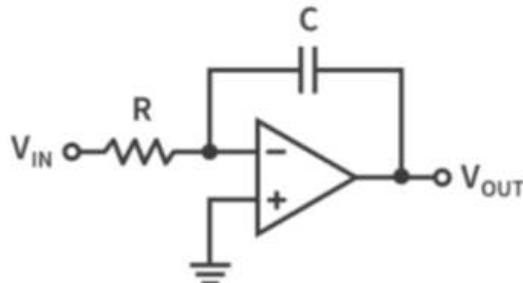
- * כפי שהגדכנו בסוג'ה voltage source בפקודה PULSE, נראה שכעבור ns 10ns תתרחש כניסה מתח Vin - עד אז ערכ' מתח הכניסה (ו途וצאה מkr גם המוצא) הם 0.
- * בהוח 10ns - נכנס מתח לפ' G שהגדכנו (G=13V), ואז נראה העליה הדרילולית שהסבירו עלייה, עד ns 11ns (שם כבר המתח יתיצב על 13V).
- * כתוצאה משינוי זה, גם מתח המוצא משתנה - כאשר המגבר מהפך שלנו קופל פי-2 (בערך) את ערכ' הכניסה.
- * לאחר ns 11ns - ניתן לראות שVin מתיצב על 13V, ו途וצא על -26V, כפי שציפינו.



v(Vout)	v(IN)	me	ti		
0	0	0	0	2	2
0	0	0	0	4	3
0	0	0	0	6	4
0	0	0	0	8	5
0	0	0	0	10	6
-1.71216 m	856.238 u	n	10.0001		7
-2.95287 m	1.47661 m	n	10.0001		8
-5.43431 m	2.71734 m	n	10.0002		9
-10.3972 m	5.19881 m	n	10.0004		10
-20.3229 m	10.1618 m	n	10.0008		11
-40.1744 m	20.0876 m	n	10.0015		12
-79.8773 m	39.9394 m	n	10.0031		13
-159.283 m	79.6429 m	n	10.0061		14
-318.095 m	159.05 m	n	10.0122		15
-635.718 m	317.864 m	n	10.0245		16
-1.27097 635.492 m	635.492 m	n	10.0489		17
-2.54146	1.27075 n	12.07075	10.0977		18
-5.08245	2.54126 n	2.54126 n	10.1955		19
-9.04438	4.52226 n	4.52226 n	10.3479		20
-13.0063	6.50325 n	6.50325 n	10.5003		21
-19.503	9.75163 n	9.75163 n	10.7501		22
-25.9996	13 n	13 n	11		23
-25.9996	13 n	13 n	11.0327		24
-25.9996	13 n	13 n	11.0963		25
-25.9996	13 n	13 n	11.158		26
-25.9996	13 n	13 n	11.2814		27
-25.9996	13 n	13 n	11.5283		28
-25.9996	13 n	13 n	12.0219		29
-25.9996	13 n	13 n	13.0091		30
-25.9996	13 n	13 n	14.9836		31
-25.9996	13 n	13 n	16.9836		32
-25.9996	13 n	13 n	18.9836		33
-25.9996	13 n	13 n	20.9836		34
-25.9996	13 n	13 n	22.9836		35
-25.9996	13 n	13 n	24.9836		36
-25.9996	13 n	13 n	26.9836		37
-25.9996	13 n	13 n	28.9836		38
-25.9996	13 n	13 n	30.9836		39
-25.9996	13 n	13 n	32.9836		40
-25.9996	13 n	13 n	34.9836		41
-25.9996	13 n	13 n	36.9836		42
-25.9996	13 n	13 n	38.9836		43
-25.9996	13 n	13 n	40.9836		44
-25.9996	13 n	13 n	42.9836		45
-25.9996	13 n	13 n	44.9836		46
-25.9996	13 n	13 n	46.9836		47
-25.9996	13 n	13 n	48.9836		48
-25.9996	13 n	13 n	50.9836		49
-25.9996	13 n	13 n	52.9836		50
-25.9996	13 n	13 n	54.9836		51
-25.9996	13 n	13 n	56.9836		52
-25.9996	13 n	13 n	58.9836		53
-25.9996	13 n	13 n	60.9836		54
-25.9996	13 n	13 n	62.9836		55
-25.9996	13 n	13 n	64.9836		56
-25.9996	13 n	13 n	66.9836		57
-25.9996	13 n	13 n	68.9836		58
-25.9996	13 n	13 n	70.9836		59
-25.9996	13 n	13 n	72.9836		60
-25.9996	13 n	13 n	74.9836		61
-25.9996	13 n	13 n	76.9836		62
-25.9996	13 n	13 n	78.9836		63
-25.9996	13 n	13 n	80.9836		64
-25.9996	13 n	13 n	82.9836		65
-25.9996	13 n	13 n	84.9836		66
-25.9996	13 n	13 n	86.9836		67
-25.9996	13 n	13 n	88.9836		68
-25.9996	13 n	13 n	90.9836		69
-25.9996	13 n	13 n	92.9836		70
-25.9996	13 n	13 n	94.9836		71
-25.9996	13 n	13 n	96.9836		72
-25.9996	13 n	13 n	98.4918		73
-25.9996	13 n	13 n	100		74
-25.9996	13 n	13 n			75
-25.9996	13 n	13 n			76

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



תחליה, פתחו קובץ בשם "LAB2\Inv_Integrator.cir" בתוך תיקיה "code".

השתמשו באותו מגבר מהפך של שאלה 2, אך שינוו מספר פקודות.

הפקודות החדשות:

1. תחת "Voltage Source" - כתבו את הפקודה "(Vin N1 0 AC 1 SIN(0 1 1MEG))

בקודה זו אנחנו מגדירים מתח חיליפין למתח Vin, בעל אמפליטודה 1 וולט, כאשר ה offset הוא 0, עם תדר 1MHz. הפקודה "AC 1" - קובעת כי האמפליטודה של מקור המתח עברו 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 $V_{in}=1$ וולט, אז $V_{out}=H$ וולט ציר ה- Y בגרף שהוא מייצג את V_{out} , יציג גם את פונקציית התמסורת. וכך נוכל לראות איזה מסקן נקבל.

9.1

2. תחת "Instances" - הוספנו את הקבל במקומ הנגד R_f באמצעות האות השמורה "C" לקבילים. את החיבורים שלו הגדרנו בדומה להגדירה של הנגד R_f בשאלה 2, ובבנינו שקיולו יהיה 1 מיקרופארד.

3. תחת "Analysis" - הגדרנו את הפקודה ".AC DEC 10 0.1 100MEG

AC מציין שאנו רוצים לבצע ניתוח בתדרים, DEC מציין סוג חישוב התדרים הינו לוגרitemי (גרף בודה), 10 זה מספר נקודות התדר שיבצע החישוב עבורן בכל decade- במרקחה זהה, החישוב יבוצע ב-10 נקודות תדר שונות. 0.1 זהו התדר ההתחלתי שמננו נתחיל את החישוב (0.1 הרץ). 100MEG זהו התדר הסופי (100 מגה הרץ זהה 10^8).

4. תחת "Measurement" - ".PRINT AC V(Vout)

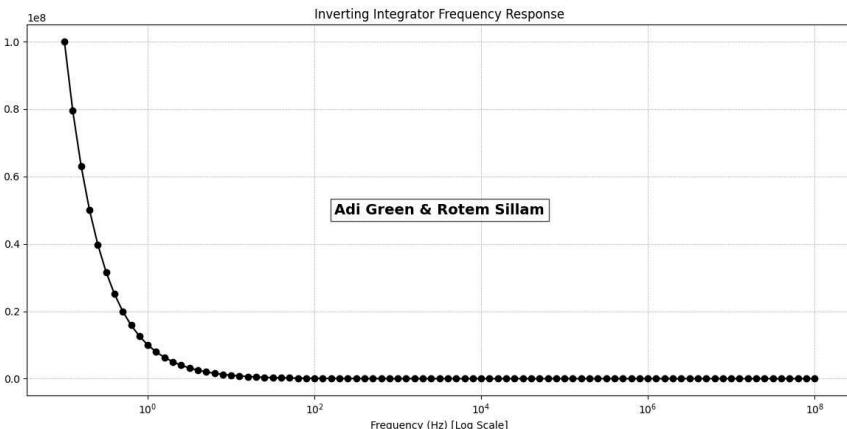
הפקודה "PRINT AC" שורה (24) מבקשת מ-SPICE שבמהלך ניתוח AC שהגדרנו ב- "Analysis", הוא ידפיס את המתח של V_{out} .

```

Restricted Mode is intended for safe code browsing. Trust this window to enable all features.
Inv_Integrator.cir • opamp.cir
data > home > sillam > 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 (מתוך יציאה כפונקציה של התדר) הרצנו בטרמינל "gvim Inv_Integrator.print" ריצנו בטרמינל (מתוך יציאה כפונקציה של התדר) הרצנו בטרמינל "gvim Inv_Integrator.print" וקיבלו את הנקודות הבאות, מהן עשינו גרפ, (gwim זהו עורך טקסט שאפשר באמצעותו לקרוא את הקובץ ".("Inv_Integrator.print").



הגרף מתרגם פסן מסוג LPF משומן שנייתן לראות שבתדרים נמוכים המתח V_{out} גדול, ובתדרים גבוהים שואף לאפס.



זה מתאים לתכונה פיזיקלית של הקבל:

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

כאשר $\omega = 2\pi f$ כלומר מתנהג ביחס ישר לתדרות f .

- נראה שכאשר $C \rightarrow \infty$ הקבל יתנהג כמו נתק, כי ההתנגדות

תהייה מאוד גדולה, וביחס ישר גם המתח יהיה מאוד גדול (גיאע לרוחיה).

- כאשר $C \rightarrow 0$ הקבל יתנהג כמו קצר, כי ההתנגדות תשאף לאפס,

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

Inv_Integrator.print		
data > home > sillamr > Desktop > Inv_Integrator.print		
4	x	
5		freq
6		100 m
7		1.25893 m
8		1.158489 m
9		199.526 m
10		251.189 m
11		316.228 m
12		398.107 m
13		501.187 m
14		630.957 m
15		794.328 m
16		1 k
17		1.25893
18		1.158489
19		1.99526
20		2.51189
21		3.16228
22		3.98107
23		5.01187
24		6.30957
25		7.94328
26		10
27		12.5893
28		15.8489
29		19.9526
30		25.1189
31		31.6228
32		39.8107
33		50.1187
34		63.0957
35		79.4328
36		100
37		125.893
38		158.489
39		199.526
40		251.189
41		316.228
42		398.107
43		501.187
44		630.957
45		794.328
46		1 k
47		1.25893 k
48		1.158489 k
49		1.99526 k
50		2.51189 k
51		3.16228 k
52		3.98107 k
53		5.01187 k
54		6.30957 k
55		7.94328 k
56		10 k
57		12.5893 k
58		15.8489 k
59		19.9526 k
60		25.1189 k
61		31.6228 k
62		39.8107 k
63		50.1187 k
64		63.0957 k
65		79.4328 k
66		100 k
67		125.893 k
68		158.489 k
69		199.526 k
70		251.189 k
71		316.228 k
72		398.107 k
73		501.187 k
74		630.957 k
75		794.328 k
76		1 M
77		1.25893 M
78		1.158489 M
79		1.99526 M
80		2.51189 M
81		3.16228 M
82		3.98107 M
83		5.01187 M
84		6.30957 M
85		7.94328 M
86		10 M
87		12.5893 M
88		15.8489 M
89		19.9526 M
90		25.1189 M
91		31.6228 M
92		39.8107 M
93		50.1187 M
94		63.0957 M
95		79.4328 M
96		100 M
97		1.5918 u

Inv_Integrator.print		
data > home > sillamr > Desktop > Inv_Integrator.print		
45	x	
46		freq
47		100 m
48		1.25893 m
49		1.158489 m
50		1.99526 m
51		2.51189 m
52		3.16228 m
53		3.98107 m
54		5.01187 m
55		6.30957 m
56		7.94328 m
57		10 m
58		12.5893 m
59		15.8489 m
60		19.9526 m
61		25.1189 m
62		31.6228 m
63		39.8107 m
64		50.1187 m
65		63.0957 m
66		79.4328 m
67		100 m
68		125.893 m
69		158.489 m
70		199.526 m
71		251.189 m
72		316.228 m
73		398.107 m
74		501.187 m
75		630.957 m
76		794.328 m
77		1 M
78		1.25893 M
79		1.158489 M
80		1.99526 M
81		2.51189 M
82		3.16228 M
83		3.98107 M
84		5.01187 M
85		6.30957 M
86		7.94328 M
87		10 M
88		12.5893 M
89		15.8489 M
90		19.9526 M
91		25.1189 M
92		31.6228 M
93		39.8107 M
94		50.1187 M
95		63.0957 M
96		79.4328 M
97		100 M
98		1.5918 u

אינדקס הערות

7.1 ?(2) מהן היחידות של זמן ההשניה?

9.1 3- חסר הסבר לבחירת הגדים של הנגד וקבל