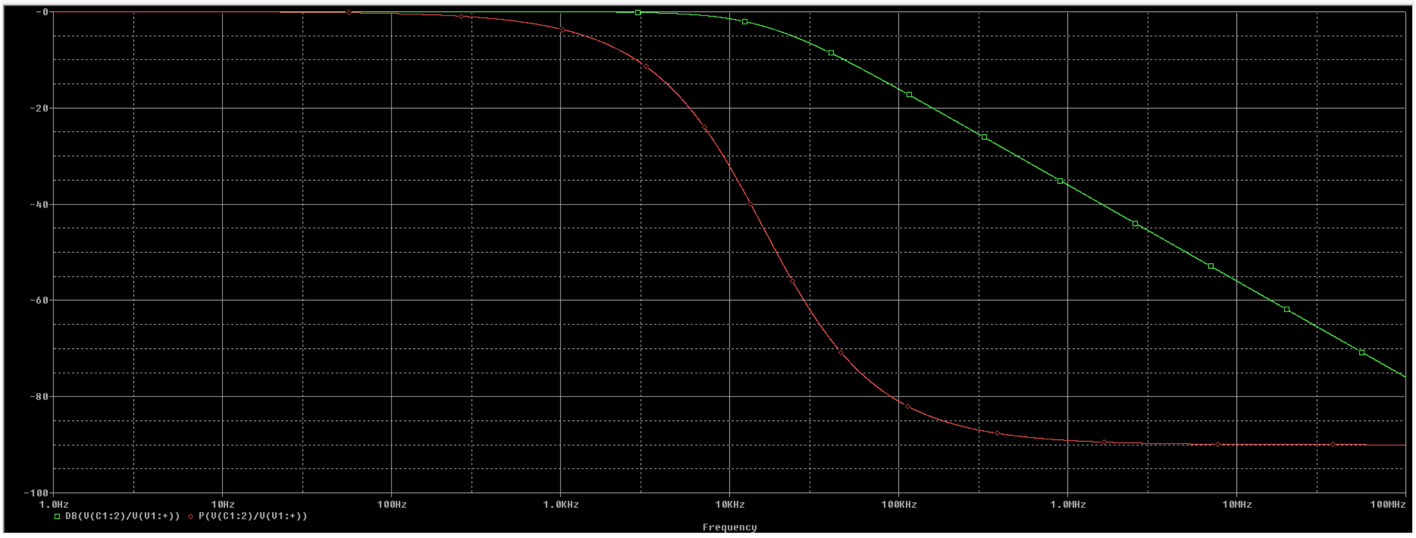
דוח מכין 2

מגישים : אריאל רנה , אור שאול

.1.1.1 בעזרת מחלק מתח, נמצא את פונקציית התמסורת עבור המעגל הנתון :

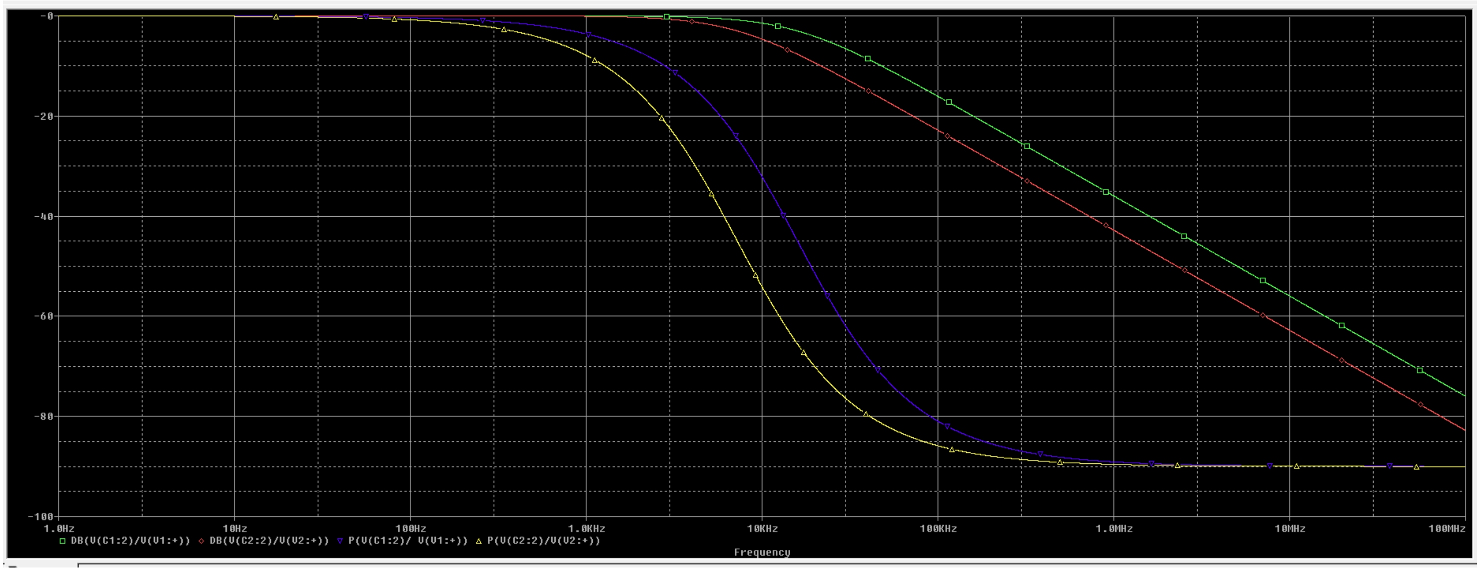
$$H(jw)=1/(1+jwR1C1)$$

.1.1.2 נציג את תגובת התדר בגרף בסקאלה לוגריתמית



הסיבה לשימוש בסקאלה לוגריתמית היא להציג טווח רחב יותר של ערכים על אותו גרף. בגרף שלנו יש ערכים בטווח תדר של 1Hz עד 100MHz כאשר בסקאלה לינארית לא היינו יכולים לראות את כל הערכים בטווח הזה.

.1.2



נשים לב כי שינוי ערך הקבל גרם לשינוי בערכו של תדר הברך – תדר הברך גדל ולכן זז ימינה. ניתן להבחין כי הגרפים זהים אך מוזזים שמאלה בציר התדרים האופקי.

1.3. כדי לחשב את תדר הברך נציב את ערכי הקיבול וההתנגדות עבור כל אחד מהמעגלים בביטוי:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

התוצאות בגרף הבא:

סימולציה	חישוב	**C**
15.878KHz	15.91KHz	10nf
7.217KHz	7.23KHz	22nf

ניתן להבחין כי התוצאות כמעט זהות.

1.4. תדר הברך - התדר שבו הסינון/ההעברה יורדים במחצית ההספק. החל מתדר זה אמפליטודת האות נחלשת והמוצא הולך ל-0 ככל שהתדר עולה (כפי שמצופה מLPF).

1.5. למציאת ההספק נשתמש בנוסחאות הבאות:

$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}}V$$

$$Z_{tot} = R_i + \frac{1}{j\omega c_i}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z_{tot}}$$

$$P = |I_{rms}| * |V_{rms}| * \cos(\varphi)$$

$$V_c = V - V_r$$

$$E_c = \frac{(C_i * V_c^2)}{2}$$

נבחר תדרים כנדרש:

$$\omega = 100\, [\frac{KRAD}{sec}]$$

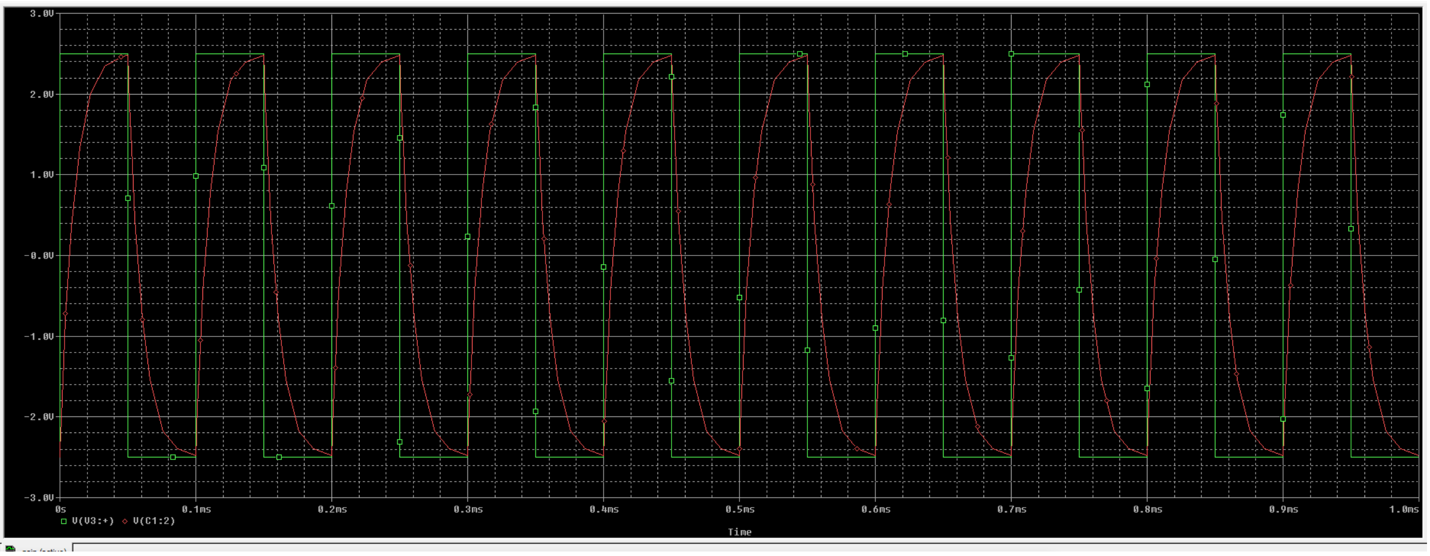
$$\omega = 1\, [\frac{MRAD}{sec}]$$

$$\omega = 1\, [\frac{RAD}{sec}]$$

התוצאות מוצגות בגרף להלן :

Ec[J]	P[W]	W[RAD/sec]	C[f]	R[ohm]	
1.25n	0.25m	100K	10n	1K	מעגל 1 3db
0.47n	0.18m	45.5K	22n	1K	מעגל 2 3db
~0	0.5m	1M	10n	1K	מעגל 1 תדר גבוהה
~0	0.5m	1M	22n	1K	מעגל 2 תדר גבוהה
3.5n	~0	1	10n	1K	מעגל 1 תדר נמוך
5.5n	~0	1	22n	1K	מעגל 2 תדר נמוך

.1.6



כאשר הירוק מייצג את אות הכניסה והאדום את המוצא.

1.7. המעגל מתפקד כאינטגרטור כיוון שהכניסה הינה ריבועית והמוצא בעל צורה משולשת. כידוע, אינטגרל על גל מלבני נותן גל משולש. פונקציית התמסורת שלנו :

$$H(j\omega) = \frac{1}{(1 + j\omega RC)}$$

עבור תדרים גדולים נזניח את ה1 במכנה ונקבל:

$$\frac{1}{SRC}$$

כאשר 1/S במישור לפלס זה אינטגרציה. ככל שנגדיל את הקבל נקבל צורה דומה יותר למשולש.

1.8. ככל שהקיבול גדול יותר, משך זמן הטעינה והפריקה של הקבל ארוך יותר. כאשר C = 22nf זמן הטעינה ארוך יותר מאשר הזמן בו מתחלף התדר. ככל שהקיבול קטן יותר כך הוא ייטען למקסימום מהר יותר ויותר תדרים יעברו.

1.9. ניתן להסיק כי הקבל אינו נטען לערך המקסימלי שהמקור מספק כיוון שהתדר גבוה מידי (זמן הטעינה/פריקה גדול יותר מזמן המחזור של אות בכניסה).

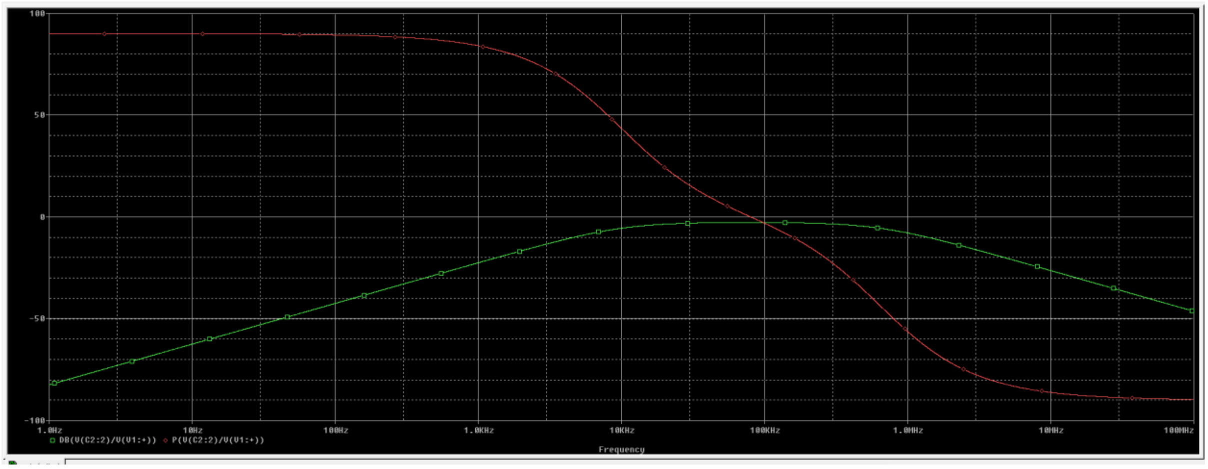
1.10.1. נחשב את פונקציית התמסורת בעזרת מפצל מתח, וחיבור טורי/מקבילי של איפדנסים. נקבל את הביטוי הבא:

$$H(j\omega)=\frac{Z_{c2}||R_2}{(Z_{c2}||R_2)+(Z_{c1}+R_1)}$$

כאשר:

$$Z_{c_i}=\frac{1}{j\omega c_i}$$

1.10.2.



מהסימולציה:

תדר ברך 1 – 9.531[KHz]

תדר ברך 2 – 671.1[KHz]

רוחב פס – 661.569[KHz]

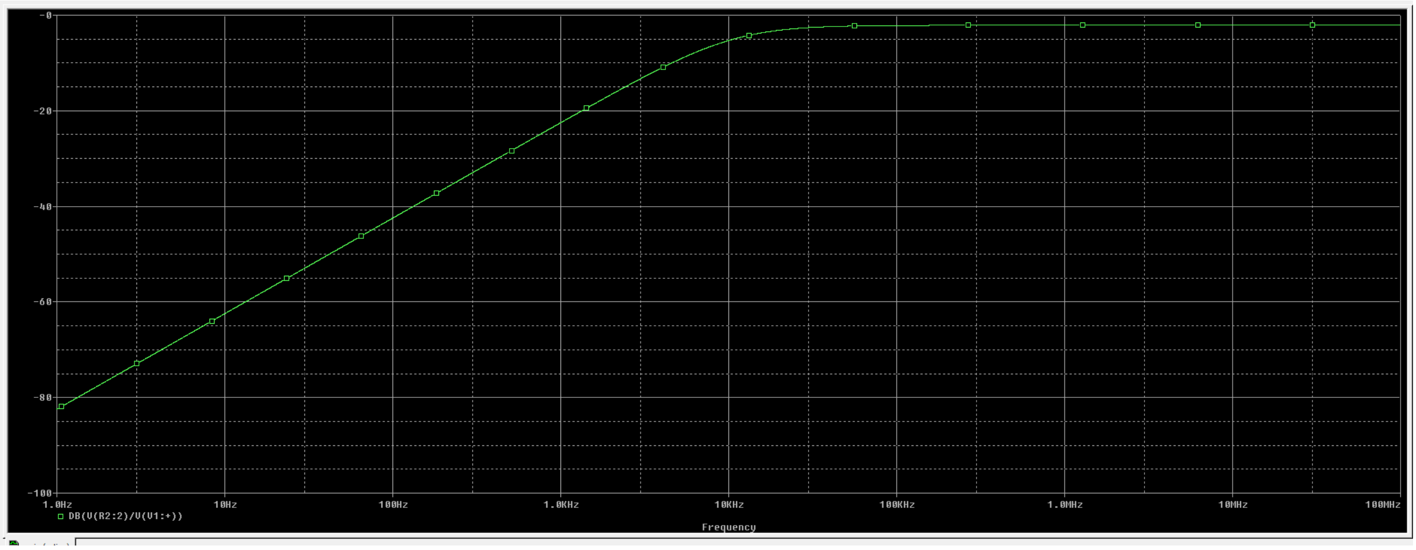
חישוב אנליטי:

תדר ברך 1 – 653.2[KHz]

תדר ברך 2 – 9.79[KHz]

רוחב פס – 643.44[KHz]

1.10.4. הורדת הקבל תגרום להורדת קוטב אחד בפונקציית התמסורת ולבסוף נקבל HPF:



2. ראשית נחשב אנליטית את פונקציית התמסורת של המעגל.

$$Z_R = R_1, Z_L = j\omega L_1, Z_C = \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{Z_R||Z_C}{Z_L + (Z_R||Z_C)} = V_{in} \cdot \frac{\frac{R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}}}{j\omega L_1 + \frac{R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}}}$$

$$= V_{in} \cdot \frac{R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{j\omega L_1 \left(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) + R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1}} = V_{in} \cdot \frac{R_1}{j\omega L_1 (j\omega C_1 R_1 + 1) + R_1}$$

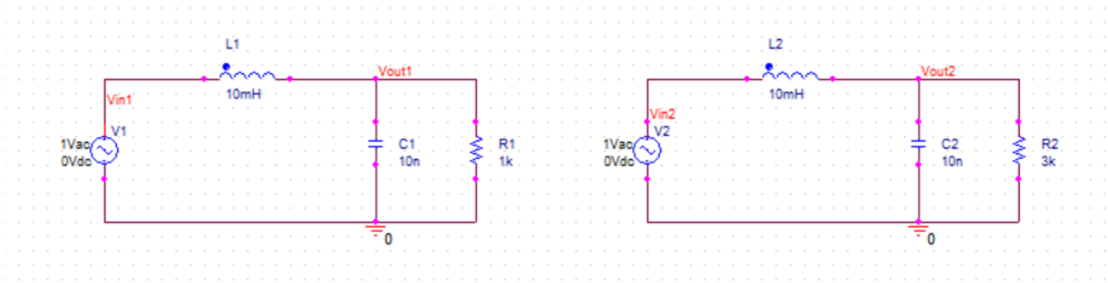
$$= V_{in} \cdot \frac{R_1}{-\omega^2 L_1 C_1 R_1 + j\omega L_1 + R_1}$$

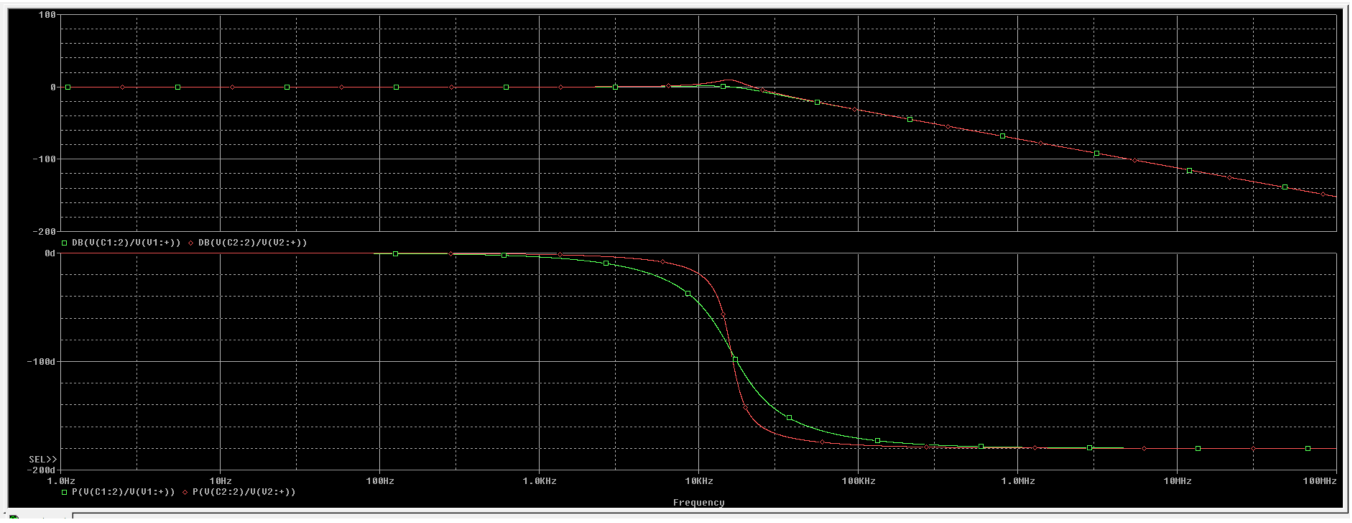
$$H(s = j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{1}{L_1 C_1}}{s^2 + \frac{s}{R_1 C_1} + \frac{1}{L_1 C_1}}$$

כעת נבחר את ערכי הנגדים לפי הנוסחה הנתונה, כאשר $Y_4 = 4$.

$$R_{11} = 1k\Omega, \qquad R_{12} = 3k\Omega$$

ונשרטט את המעגלים המתאימים ב-PSPICE.





חישוב אנליטי של תדרי הבך:

$$H(s)=\frac{\frac{1}{L_1C_1}}{s^2+\frac{s}{R_1C_1}+\frac{1}{L_1C_1}}=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$$

$$\omega_n=\sqrt{\frac{1}{L_1C_1}}=\sqrt{\frac{1}{10\cdot10^{-3}\cdot10\cdot10^{-9}}}=10^5$$

$$f_n=\frac{\omega_n}{2\pi}=15.9[kHz]$$

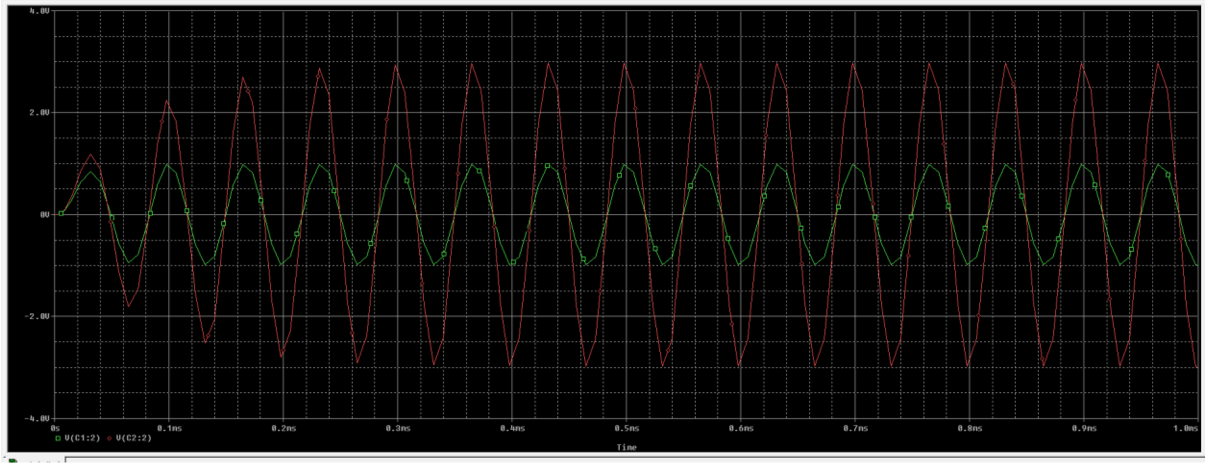
כתוצאה משימוש בפונקציה בסימולציה מתקבל שתדר הברך הוא:

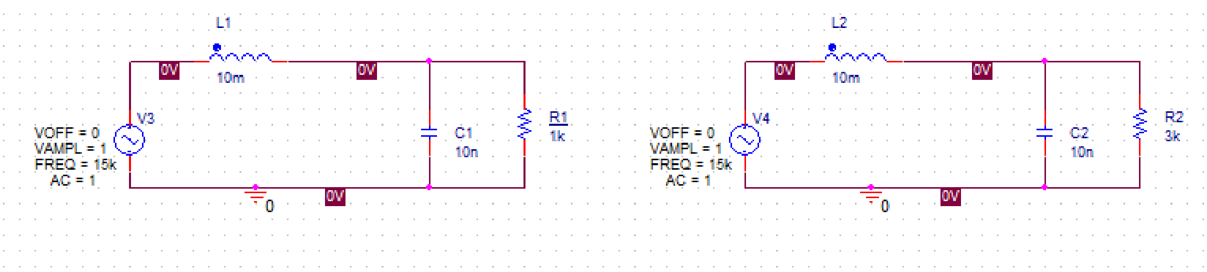
$$for\ R_{11}=1k\Omega\colon f_n=18.58[kHz]$$

$$for\ R_{12}=3k\Omega\colon f_n=17.95[kHz]$$

2.1.2. במעגל אידאלי בתדר הברך היינו מצפים לראות התבדרות של המוצא, אך כיוון שהמעגל אינו אידאלי (במעגל אמיתי לא תיתכן התבדרות לאינסוף), לא מתקבלת התבדרות לאינסוף. במקום, אנחנו רואים עליה קטנה של התמסורת בתדר זה.

.2.1.3





.2.1.4 כפי שניתן לראות בתמונה, האות במוצא הוא גם כן סינוס, והתדר אינו משתנה. גודל הנגד משפיע על האמפליטודה במוצא, וזאת מכיוון שככל שהנגד יותר גדול, נופל עליו יותר מתח, ולכן האמפליטודה במוצא יותר גדולה.

.2.2.1

$$G(s)=\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}=\frac{Z_{C1}||Z_{L1}}{R_1+Z_{C1}||Z_{L1}}=\frac{\dfrac{\frac{1}{sC_1}\cdot sL_1}{\frac{1}{sC_1}+sL_1}}{R_1+\dfrac{\frac{1}{sC_1}\cdot sL_1}{\frac{1}{sC_1}+sL_1}}=$$

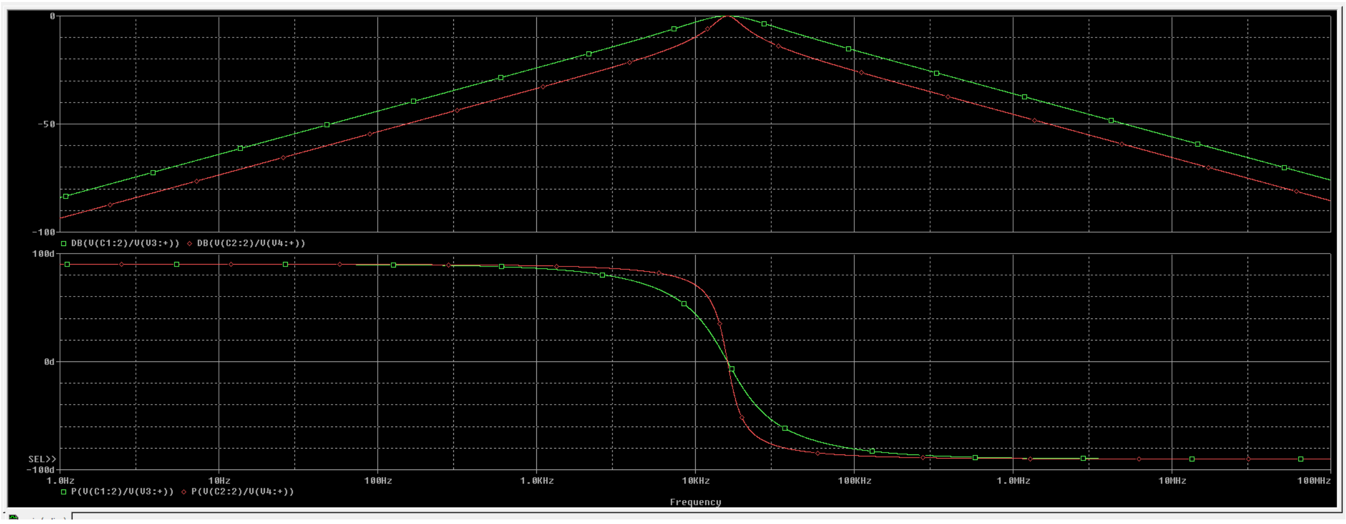
$$=\frac{\frac{1}{sC_1}\cdot sL_1}{R_1\left(\frac{1}{sC_1}+sL\right)+\frac{1}{sC_1}\cdot sL_1}=\frac{\frac{L_1}{C_1}\cdot s}{R_1\left(\frac{1}{C_1}+s^2L_1\right)+\frac{L_1}{C_1}\cdot s}=\frac{\frac{L_1}{C_1}s}{s^2L_1R_1+\frac{L_1}{C_1}s+\frac{R_1}{C_1}}=$$

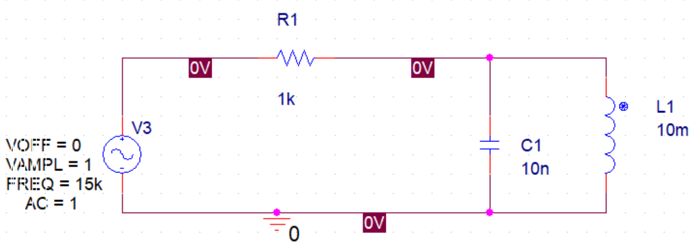
$$=\frac{\frac{1}{C_1R_1}s}{s^2+\frac{1}{C_1R_1}s+\frac{1}{C_1L_1}}$$

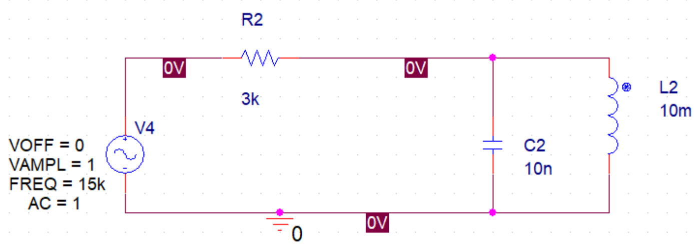
עבור תדרי הברך מתקבלת בדיוק אותה תוצאה מסעיף א :

$$\omega_n = \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1}} = \sqrt{\frac{1}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-9}}} = 10^5$$

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = 15.9[kHz]$$







כתוצאה משימוש בפונקציה בסימולציה מתקבל שתדר הברך הוא :

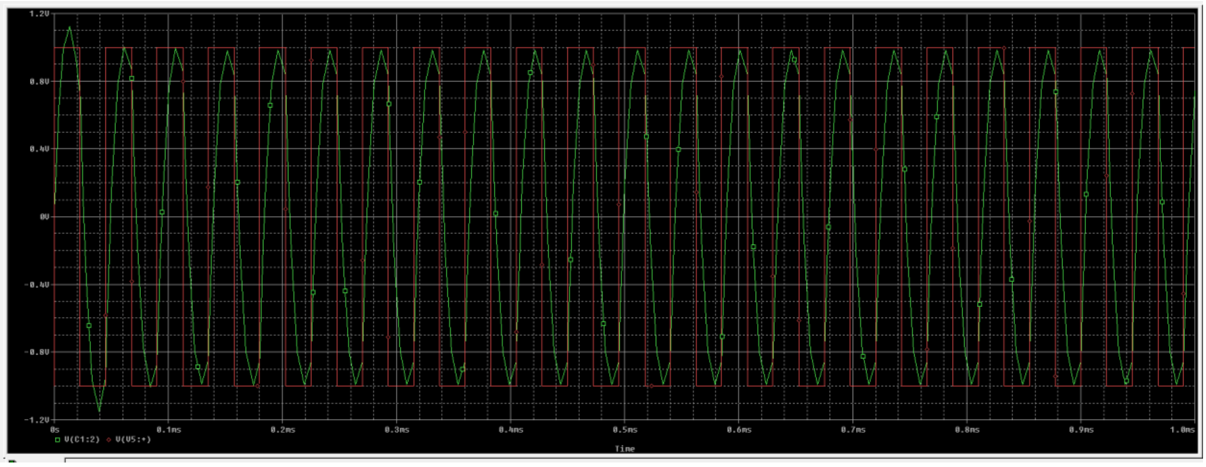
$$for\ R_{11} = 1k\Omega: f_n = 25.72[kHz]$$

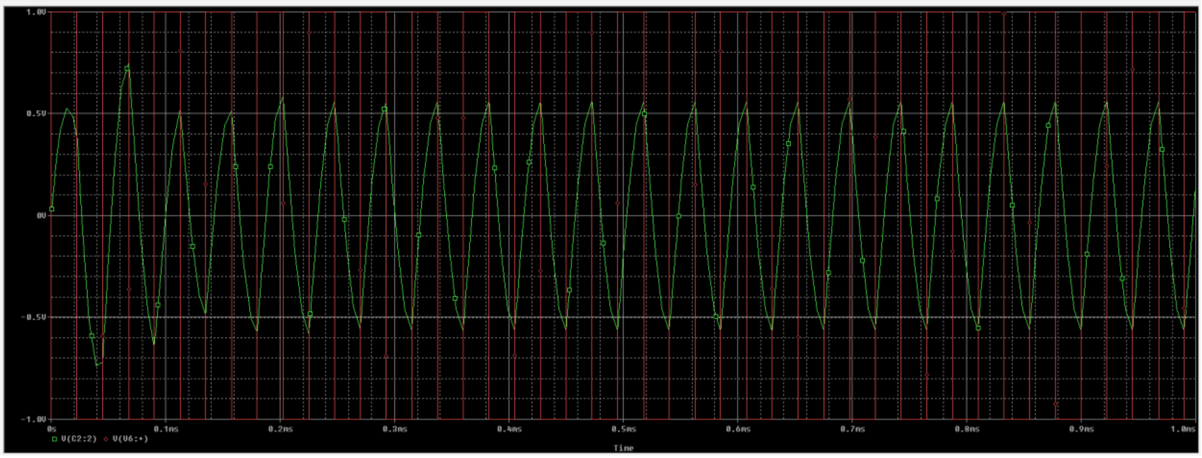
$$for\ R_{12} = 3k\Omega: f_n = 18.78[kHz]$$

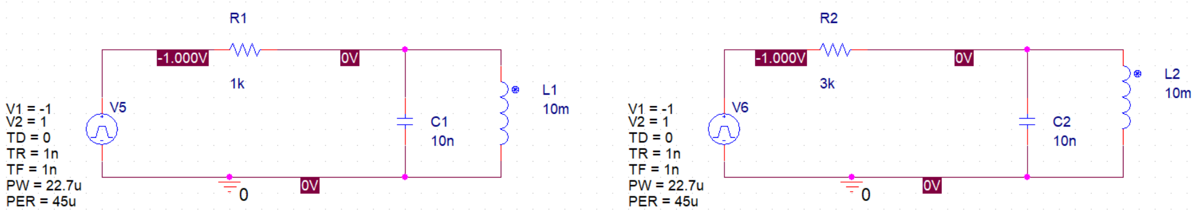
2.2.2. נקודות דמיון : לשני המעגלים יש את אותו תדר ברך כיוון שלשניהם אותם קטבים.

נקודות שוני : למעגל השני קיים אפס, ולכן מעגל זה הוא BPF לעומת הראשון שהינו LPF.

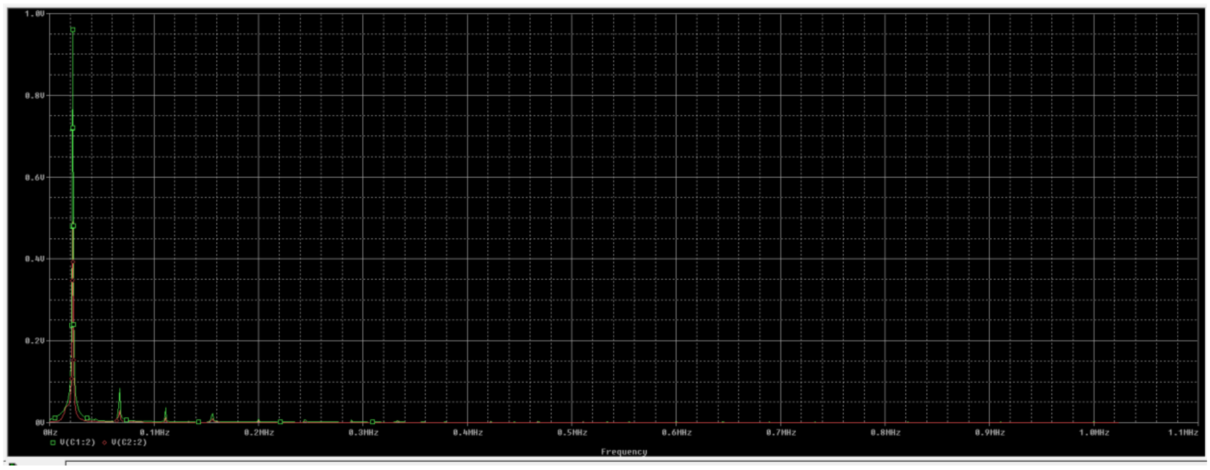
.2.2.3






R1
-1.000V
0V
1k
V1 = -1
V2 = 1
TD = 0
TR = 1n
TF = 1n
PW = 22.7u
PER = 45u
V5
C1
10n
L1
10m
0
0V
R2
-1.000V
0V
3k
V1 = -1
V2 = 1
TD = 0
TR = 1n
TF = 1n
PW = 22.7u
PER = 45u
V6
C2
10n
L2
10m
0
0V

.2.2.4



הסבר: כיוון שהסיגנל מחזורי ניתן להציג אותו כטור פורייה:

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} c_n e^{i\frac{2\pi}{T}kx} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_n e^{i\omega_0 kx}$$

ולכן בגרף ה-FFT, מתקבלות דלתאות בתדרים $k \cdot f$ (רכבת הלמים), כאשר נתון כי $f = 22kHz$.

כפי שניתן לראות בגרף מסעיף 2.2.1, מעגל זה הוא BPF אשר תדר הברך שלו הוא ב-$\approx 22[kHz]$, בעל רוחב סרט בקירוב אפסי, ולכן מעביר רק תדרים בסביבות ערך זה.

לכן בגרף ה-FFT נראה רק את ההרמוניה הראשונה שמתקבלת בתדר $f = 22kHz$.

2.3. מדד THD הוא מדד שמטרתו לבדוק את העיוות של ההרמוניות (שאינן ההרמוניה הראשונה) לעומת ההרמוניה הראשונה. ראינו בסעיף הקודם שהמעגל מממש BPF שמטרתו להעביר רק את ההרמוניה הראשונה, אך גם קיבלנו עיוותים של ההרמוניות האחרות (שונות מ-0) ולכן ערך המדד שונה מ-0.

2.4.

המדד מחושב על ידי היחס של הסכום של ההרמוניות שאינן ההרמוניה האשונה לבין ההרמוניה הראשונה. ניתן לתאר יחס זה על ידי הנוסחה.

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \cdots}}{V_1}$$

עבור $R_{11} = 1k$ נקבל:

$$V_1 = \frac{1.0301}{\sqrt{2}}[V], V_2 = \frac{77.419}{\sqrt{2}}[mV], V_3 = \frac{30.036}{\sqrt{2}}[mV], V_4 = \frac{28.267}{\sqrt{2}}[mV]$$

ולכן מתקבל:

$$THD = 0.191$$

עבור $R_{12} = 3k$ נקבל:

$$V_1 = \frac{517.043}{\sqrt{2}}[mV], V_2 = \frac{26.860}{\sqrt{2}}[mV], V_3 = \frac{12.385}{\sqrt{2}}[mV], V_4 = \frac{11.581}{\sqrt{2}}[mV]$$

ולכן מתקבל:

$$THD = 0.060$$

2.5. Q-Factor הינו גודל הפוך למקדם הריסון, כלומר: $Q = \frac{1}{2\zeta}$.

גודל זה מתאר עד כמה האות מרוסן. ככל שהאות יותר מרוסן כך ה Q-Factor קטן יותר. משמעות נוספת של גודל זה היא היחס בין האנרגיה האגורה במתנד, לבין השינוי באנרגיה. כלומר, היחס בין האנרגיה האגורה במתנד, לאיבוד האנרגיה במחזור בודד.

$$Q = 2\pi \cdot \frac{E}{\Delta E}$$

$$E - Energy\ stored\ in\ one\ cycle$$

$$\Delta E - Energy\ loss$$

.2.6

R_1	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$	$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$	$Q = \frac{Z_0}{R_1}$	$\Delta f = \frac{f_0}{Q}$
$R_{11} = 1k\Omega$	$212765 \left[\frac{rad}{sec}\right]$	$33.8[kHz]$	$1[k\Omega]$	1	$33.8[kHz]$
$R_{22} = 3k\Omega$	$212765 \left[\frac{rad}{sec}\right]$	$33.8[kHz]$	$1[k\Omega]$	$\frac{1}{3}$	$101.4[kHz]$

ערך ω_0– התדירות הטבעית של המעגל, בשל הקונפיגורציה של המעגל אינה תלויה ב-R.

ערך f_0– התדר הטבעי של המעגל, בשל הקונפיגורציה של המעגל אינו תלוי ב-R.

ערך Z_0– האימפדנס האופייני של המעגל.

ערך Q– התנגדות הכניסה חלקי התנגדות הנגד, שמייצג את איבוד האנרגיה במעגל.

ערך Δf– רוחב הסרט של המעגל, ככל שהנגד יותר גדול כך יש יותר איבוד אנרגיה ולכן רוחב הסרט יותר קטן.

.3.2 Tsweep – משך זמן פעולת הSweep

fstart – התדר שמתחיל הSweep

Fstop – התדר הסופי בדגימה

Fsweep – התדר הסופי בדגימה פחות התדר ההתחלתי בדגימה

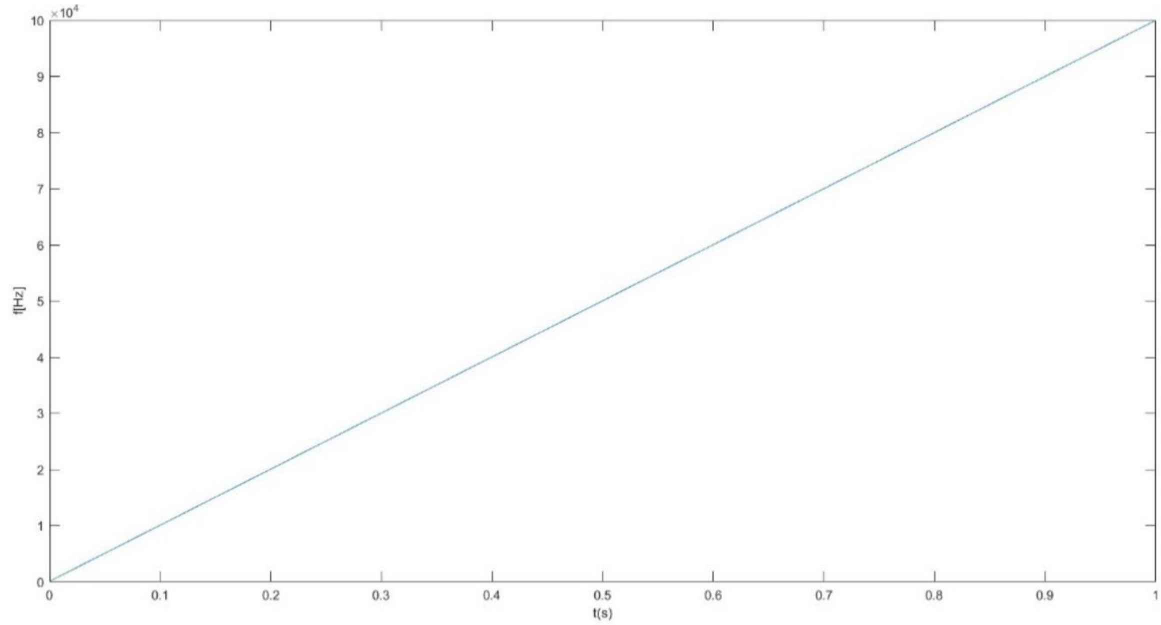
Tstart – הזמן בו התחלנו את הsweep

סנכרון חשוב מכיוון שהוא בודק את ההבדלים בין המכשיר לסיגנל על מנת למנוע העברה מיותרת של נתונים שכבר נמצאים בשני מקורות הנתונים. בנוסף, משום שאין לנו אפס אבסולוטי, תמיד ניקח את ההפרש.

.3.3.1

$$\Delta t = t - t_{start} = t - 0 = t$$

$$f(\Delta t) = f_{start} + \frac{\Delta t}{T_{sweep}} \cdot f_{sweep} = 100 + \frac{t}{1}(100 \cdot 10^3 - 100) = 100 + 99900t$$



3.3.2.

$$\Delta t = \Delta x = 136 \cdot 10^{-3}[s]$$

$$f(\Delta t) = f_{start} + \frac{\Delta t}{T_{sweep}} \cdot f_{sweep} = 100 + 136 \cdot 10^{-3}(100 \cdot 10^3 - 100)$$

$$f(\Delta t) = 13.686[kHz]$$

בהשוואה לתוצאה $15.878[kHz]$ משאלה 1.