

-מעגלי RC-

מעגלי RC

מילות מפתח:

מעגל RC, נגד, קבל, אות ריבועי, פריקת קבל, טעינת קבל, מעגלי גזירה ואינטגרציה, מסננים.

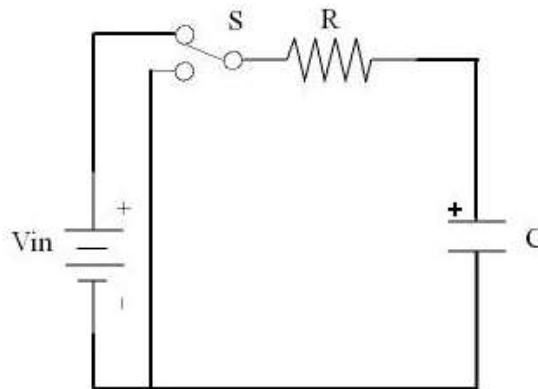
הציוד הדרוש: ממשק פסקו, מחשב כולל תוכנת DATA STUDIO, 2 חישני מתח-פסקו, קופסת חיבורים לניסוי RC, קבל: $1\mu f$, נגדים: 150Ω , 820Ω , SHUNT, $47K\Omega$, מוליכי חשמל.

מטרת הניסוי:

הכרת תכונות של מעגלים חשמליים הכוללים קבלים ונגדים בתהליך טעינה ופריקה.

1. תיאוריה

כאשר מחברים מעגל חשמלי הכולל נגד, קבל ומקור מתח, מתח מקור מתחלק בין הנגד והקבל (איור 1).



איור 1: מעגל חשמלי לטעינה ופריקה של הקבל

הנגד R הינו צרכן אנרגיה הממיר את כל ההספק שמקבל לחום. הקבל C הינו צרכן אנרגיה "ראקטיבי" שממיר את ההספק שנמסר לו לאנרגיה המתבטאת במתח חשמלי בין לוחותיו ולזרם בכיוון נגדי לזרם של מקור המתח.

1.1 טעינת קבל

כאשר סוגרים את המעגל ע"י המפסק S, זורם בתחילה זרם חשמלי אשר טוען את הקבל. בגין המטענים המצטברים על לוחות הקבל, נוצר בין לוחותיו מתח מנוגד למתח המקור והזרם במעגל דועך לאפס, ניתן לכתוב את השוויון:

$$(1) \quad V_{in} = V_R + V_C$$

-מעגלי RC-

כאשר V_{in} הוא מתח ההדקים של מקור המתח, V_R הוא המתח הנופל על הנגד ו- V_C המתח על הקבל.

$$V_R = R \cdot i = R \frac{dq}{dt} \quad \text{המתח על הנגד הוא:}$$

$$V_C = \frac{q}{C} \quad \text{והמתח על הקבל הוא:}$$

ולכן ניתן לכתוב את משוואה 1 בצורה הבאה:

$$(2) \quad V_{in} = R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$$

משוואה 2 הינה משוואה דיפרנציאלית, אם נגזור אותה לפי הזמן נקבל:

$$(3) \quad 0 = R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i$$

הפתרון של משוואה 3 הוא:

$$(4) \quad i(t) = I_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{V_{in}}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

כאשר I_{\max} הוא עוצמת הזרם המכסימלי בתחילת הטעינה, בזמן $t=0$.

למכפלה $\tau = RC$ יש יחידות של זמן והיא נקראת **קבוע הזמן** של המעגל, כלומר הזמן הדרוש על מנת שהזרם יגיע ל- $1/e$ מהערך המכסימלי שלו. המתח על הנגד הוא:

$$(5) \quad V_R = i(t) \cdot R = (I_{\max} \cdot R) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = V_{in} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

והמתח על הקבל לפיכך הוא:

$$(6) \quad V_C = V_{in} - V_R = V_{in} (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

המטען המצטבר על הקבל נתון בביטוי:

$$(7) \quad q(t) = C \cdot V_{in} (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

1.2 פריקת קבל

כאשר מעבירים את המפסק באיור 1 למצב השני, מתנתק מקור המתח והקבל הטעון מתפרק ממטענו דרך הנגד R. בתהליך הפריקה מגמת הזרם תהיה הפוכה לכיוון זרם הטעינה. חישוב דומה לזה שנעשה עבור מצב הטעינה מראה ש:

$$(8) \quad i(t) = I_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$(9) \quad V_C = V_{in} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$(10) \quad q(t) = C \cdot V_{in} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

1.3 מעגל RC מחובר למקור מתח חלופין

אם נחבר מעגל החשמלי הכולל נגד ומקור המתח חילופין מהצורה:

כאשר $\omega = 2\pi f$, $V(t) = V_{\max} \cos(\omega \cdot t)$ הזרם שיזרום במעגל הוא:

$$(11) \quad i(t) = \frac{V}{R} = \left(\frac{V_{\max}}{R} \right) \cos(\omega \cdot t) = I_{\max} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

הזרם I והמתח V שניהם פרופורציוניים ל- $\cos(\omega t)$ ולכן הזרם הוא שווה מופע (פאזה) עם המתח. נניח שעכשיו מחברים קבל בעל קיבול C במקום הנגד R בין הדקיו של אותו מקור מתח, המטען הרגעי q שעל הקבל הוא:

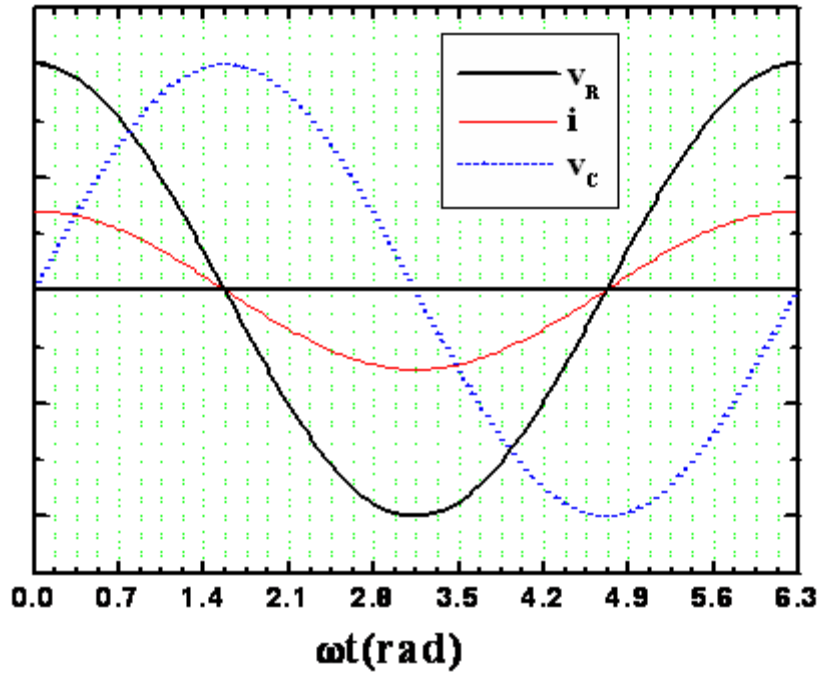
$$(12) \quad q(t) = V(t) \cdot C = C \cdot V_{\max} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

והזרם הרגעי הוא:

$$(13) \quad i(t) = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dV}{dt} = -\omega \cdot C \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

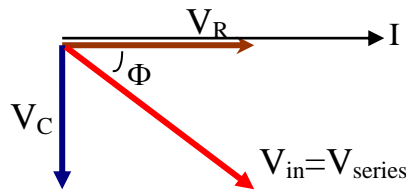
כלומר הזרם משתנה בהתאם לפונקציה $-\sin(\omega t)$ ולכן הזרם מקדים את המתח במופע (פאזה) של $\pi/2$. איור 2 מראה את הגרפים של הזרם והמתח כפונקציה של זמן, בחירת הסקלה של הזרם והמתח הינה יחסית ולכן אין משמעות לאמפליטודות.

-מעגלי RC-



איור 2: הזרם (קו רציף דק), המתח על הנגד (קו רציף עבה) והמתח על הקבל (קו מקוקו) במעגל טורי עם מקור זרם חילופין.

בחיבור טורי של נגד R עם קבל C למקור זרם חילופין, ניתן לתאר המתח על הקבל V_C והמתח על הנגד V_R ומתח הכניסה V_{in} ע"י דיאגרמת מתח פזורית (שבה מיוצגת הפאזה של המתח באמצעות הזווית) כמתואר באיור 3.



איור 3: דיאגרמת מתח פזורית.

מתוך משוואה 13 ניתן לרשום:

$$(14) \quad i(t) = -\omega \cdot C \cdot V_{\max} \sin(\omega t)$$

לכן ערכו המקסימלי של הזרם יהיה:

$$(15) \quad I_{\max} = \omega \cdot C \cdot V_{\max}$$

מעגלי RC-

אם נשווה את הביטוי הזה עם חוק אוהם: $V = i \cdot R$
נוכל לכתוב את הביטוי ל"התנגדות" הקיבולית בזרם חילופין:

$$(16) \quad \frac{V_{\max}}{I_{\max}} = \frac{1}{\omega C}$$

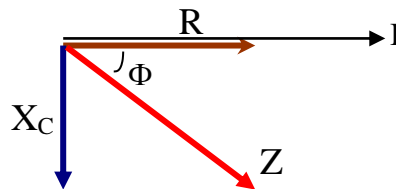
התנגדות זו נקראת "היגב קיבולי".

נסמן את ההיגב הקיבולי ב- X_C ונרשום:

$$(17) \quad X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

כלומר ככל שהתדירות גדלה יורדת התנגדות הקבל.

מאחר והזרם במעגל טורי שווה עבור כל הרכיבים, ניתן לחלק את המתחים בדיאגרמת המתחים באיור 4 בערכו של הזרם ולקבל דיאגרמה עבור ההתנגדויות במעגל:



איור 4: דיאגרמת העקבה.

ההתנגדות הכללית של המעגל נקראת עקבה וערכה יהיה:

$$(18) \quad Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}$$

ולפי חוק אום הזרם במעגל:

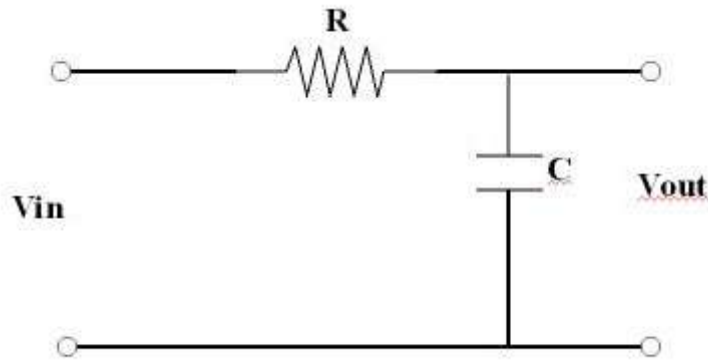
$$(19) \quad I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}}$$

1.4 שימושים למעגלי RC

1.4.1 מעגלי RC כמעגל אינטגרציה

אחד השימושים שניתן לבצע במעגלי RC הוא גזירה של אות חשמלי או אינטגרציה של אות חשמלי. אם נבנה מעגל כמתואר באיור 5 ונבחר ערכי R ו C מתאימים נוכל לקבל כי אות המוצא V_0 הוא אינטגרל של אות המבוא V_{in} .

-מעגלי RC-



איור 5 : מעגל RC המשמש כמעגל אינטגרציה

ראינו כי לפי קריכהוף סכום מפלי המתחים הוא : $V_{in} = V_R + V_C$ (20)

והמתח על הקבל הוא : $V_C = V_{in} (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ (21)

אם נבחר ערכים המקיימים : $\tau \gg T$ (הוא זמן המחזור של מתח החילופין) כלומר בעבור זמנים קצרים, לא מספיק הקבל להיטען דיו וניתן לרשום בקירוב ממשוואה

$$V_{in} \approx V_R \quad : 20$$

ומאחר $i_c(t) = C \frac{dV_C}{dt}$ נוכל לרשום את ביטוי למתח הקבל : $V_C = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt$

נכפול את המונה והמכנה בהתנגדות ונעזר בעובדה ש $V_{in} \approx V_R$ ונקבל את הביטוי :

$$V_{out} = V_C = \frac{1}{R \cdot C} \int V_{in}(t) dt \quad (22)$$

כלומר : אות המוצא הוא אינטגרל של אות המבוא.

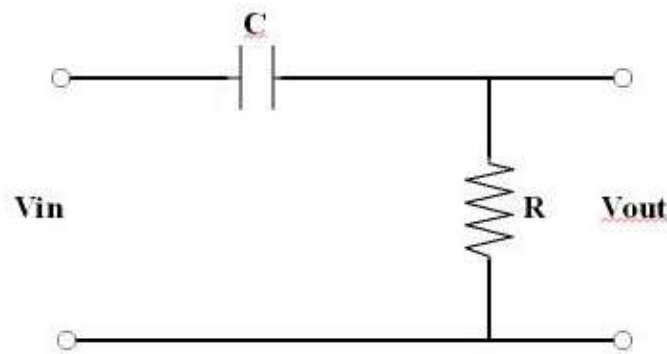
1.4.2 מעגלי RC כמעגל גזירה

אם נבנה את המעגל המתואר באיור 6 ונבחר ערכי R ו C מתאימים נוכל לקבל כי אות המוצא V_0 הוא נגזרת של אות המבוא V_{in} .

אם נבחר ערכים המקיימים $\tau \ll T$ כלומר הקבל נטען לערך קרוב למתח המבוא כבר מיד עם תחילת כל מחזור.

נוכל לרשום כי : $V_{in} \approx V_C$

-מעגלי RC-



איור 6: מעגל RC המשמש כמעגל גזירה

ומאחר: $i_C(t) = C \cdot \frac{dV_C}{dt}$ ניתן לרשום:

$$(23) \quad V_{out} = V_R = i(t) \cdot R = R \cdot C \cdot \frac{dV_{in}}{dt}$$

כלומר: אות המוצא הוא נגזרת של אות המבוא. במהלך הניסוי נאמת ונבדוק את המעגלים האלה.

1.4.3 מעגלי RC כמסננים

מעגלים מסוג RC שימושיים מאד באלקטרוניקה ואחד השימושים הנפוצים ביותר הם כמעגלי סינון (פילטרים). כלומר מעגל חשמלי המסוגל להעביר תחום תדרים מסוים ולהנחית תחום תדרים אחר. מסננים המעבירים תדרים נמוכים ומנחיתים תדרים גבוהים מערך מסוים נקראים "Low pass filter". מסננים המעבירים תדרים גבוהים ומנחיתים תדרים נמוכים מערך מסוים נקראים "High pass filter". תיאור של המעגל מעביר נמוכים ניתן לראות באיור 5 ומעגל להעברת תדרים גבוהים מופיע באיור 6.

אם נגדיר את היחס בין מתח היציאה לכניסה כ- gain נקבל עבור המעגל באיור 5:

$$(24) \quad g = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I \cdot X_C}{I \cdot Z_{series}} = \frac{1/\omega C}{\sqrt{R^2 + (1/\omega \cdot C)^2}} = \frac{1}{\sqrt{(\omega \cdot R \cdot C)^2 + 1}}$$

עבור חיבור טורי של קבל ונגד לפי איור 6 נקבל שה- gain

-מעגלי RC-

$$(25) \quad g = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I \cdot R}{I \cdot Z_{series}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (1/\omega \cdot C)^2}} = \frac{\omega RC}{\sqrt{(\omega \cdot R \cdot C)^2 + 1}}$$

עבור התדירות הספיציפית $\omega_C = \frac{1}{RC}$ לפי משוואות 24 ו-25 נקבל כי g שווה ל-

$$g = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{V_{out}(f)}{V_{in}(f)} = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{תדירות הקיטעון } f_c \text{ (cut-off) מוגדרת כתדירות שבה היחס}$$

תדירות הקיטעון f_c נתונה במשוואה:

$$(26) \quad 2\pi \cdot f_C = \omega_C = \frac{1}{R \cdot C}$$

❖ תדירות הקיטעון f_c מגדירה את גבולות הסינון.

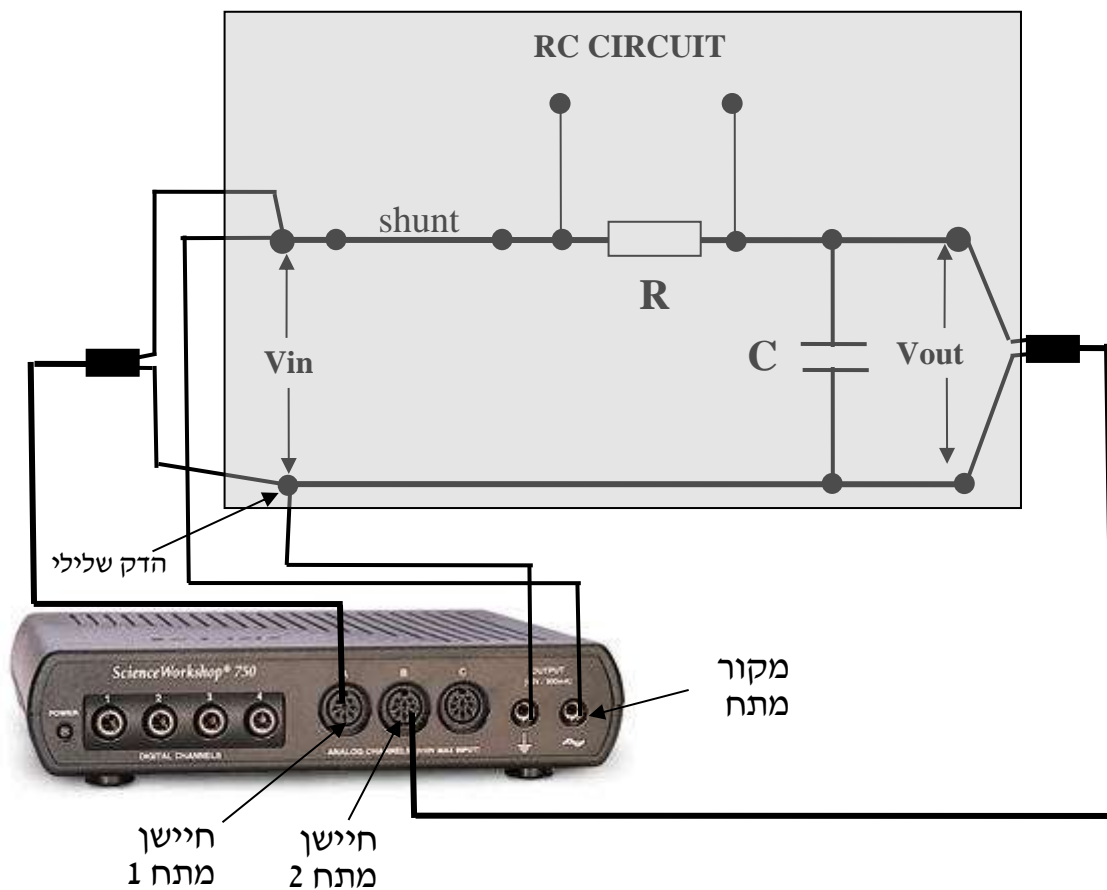
1.5 שאלות הכנה

1. הוכח כי היחידות של τ הם יחידות זמן (sec).
2. במעגל טורי הכולל קבל ונגד, נטען הקבל באמצעות מקור מתח V_0 .
חשב מה יהיה המתח על הקבל כעבור זמן τ ?
3. חשב מה יהיה המתח על הקבל כעבור זמן τ בפריקה (לאחר שהקבל נטען למתח V_0)?
4. במעגל טורי הכולל קבל $C = 5\mu f$ ונגד $R = 10\Omega$, נטען הקבל באמצעות מקור מתח $V_0 = 24V$. חשב:
מהו המתח על הקבל ועל הנגד מיד עם סגירת המפסק (תחילת הטעינה)?
מהו המתח על הקבל ועל הנגד כעבור זמן רב (אינסופי)?
לאחר כמה זמן יטען הקבל ל 63% מערכו הסופי?
5. כיצד ניתן ליצור מסנן שיעביר תחום תדרים מוגדר מ- f_1 עד f_2 .

2. מהלך הניסוי

2.1 טעינה ופריקה של קבל

לביצוע הניסוי חברו את המעגל החשמלי המתואר באיור 7. חברו נגד של 820Ω להדקי הנגד וקבל של $1\mu\text{f}$ להדקי הכבל. חברו את מקור המתח מהממשק של פסקו להדקי כניסת ה- INPUT בקופסת חיבורים RC CIRCUIT. חברו את ההארקה מהממשק של פסקו להדק השלילי בקופסת החיבורים. חברו את חיישן המתח הראשון במקביל למקור המתח וחיישן מתח נוסף במקביל לקבל וחברו את החיישנים לממשק (ראה איור 7).

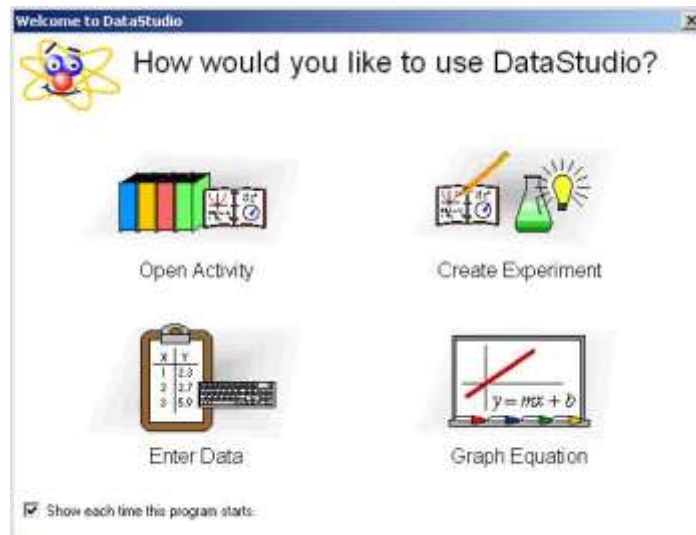


איור 7: המערכת הניסיונית לטעינה ופריקה של קבל

2.2 הפעלת המערכת הניסיונית:

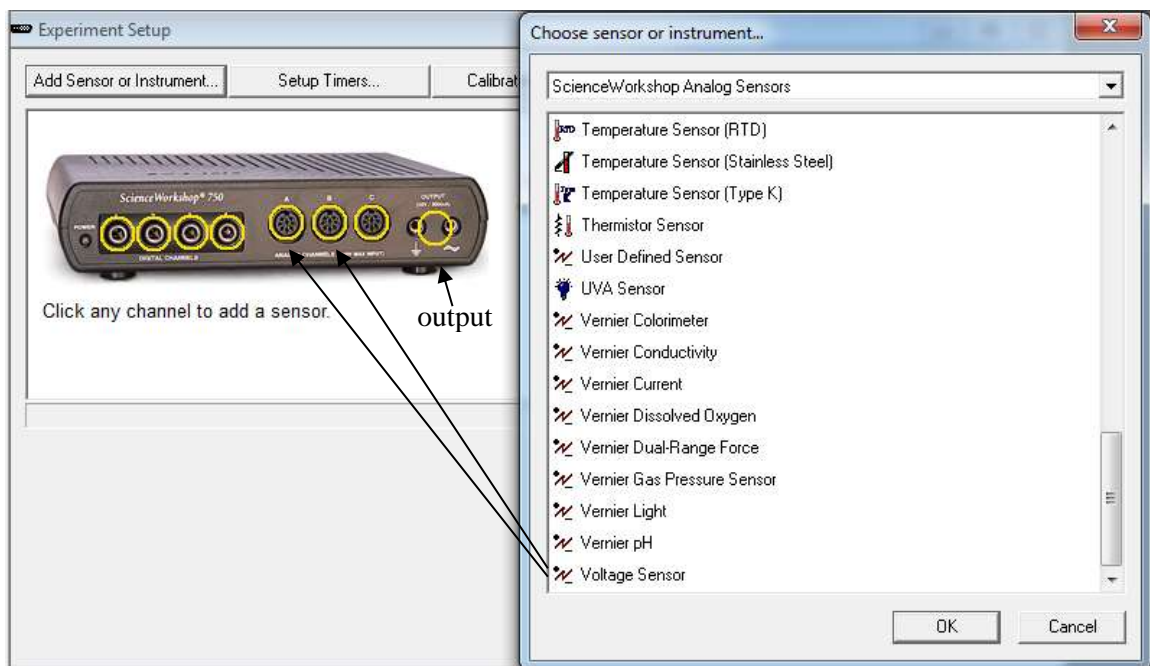
1. הפעילו תחילה את ממשק PASCO ואח"כ הדליקו את המחשב. פיתחו את תוכנת

DataStudio (ישנו קיצור דרך על שולחן העבודה), ע"י לחיצה כפולה על  יפתח החלון (ראה איור 8):



איור 8: דף הפתיחה של תוכנת DataStudio – אם לא מופיעה בעת הפעלת התוכנה, ניתן לעבור לשלב של בחירת החיישנים.

ליחצו על "Create Experiment" ותגיע לחלון הבא:



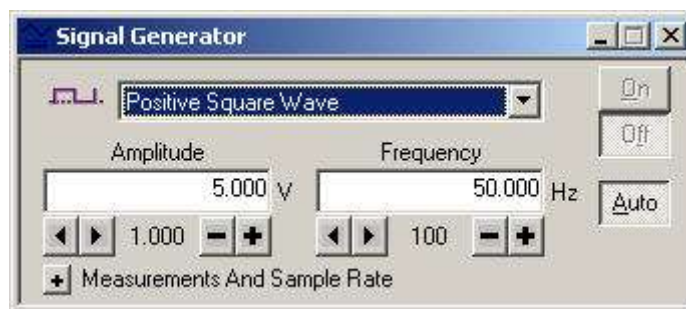
איור 9: בחירת החיישנים ומקור המתח

-מעגלי RC-

2. בחירת החיישנים ומקור המתח : בחלון זה "Experiment Setup" עליכם להגדיר את החיישנים ואת מקור המתח בהם תשתמשו לביצוע הניסוי. ליחצו על שקע A וביחרו את החיישן Voltage Sensor מהרשימה שתופיע, **קבעו את Sample rate ל-5000Hz**. ליחצו על שקע B וביחרו את החיישן Voltage Sensor נוסף מהרשימה שתופיע, **קבעו את Sample rate ל-5000Hz**. המצב מתואר באיור 9.

לבחירת מתח הכניסה ליחצו על כניסת ה-Output בתמונת הממשק (ראה איור 9), יופיע חלון הגדרת האות החשמלי בכניסה.

3. הגדרת האות החשמלי בכניסה : בעזרת החלון שמופיע באיור 10 ניתן לקבוע את צורת האות החשמלי בכניסה.



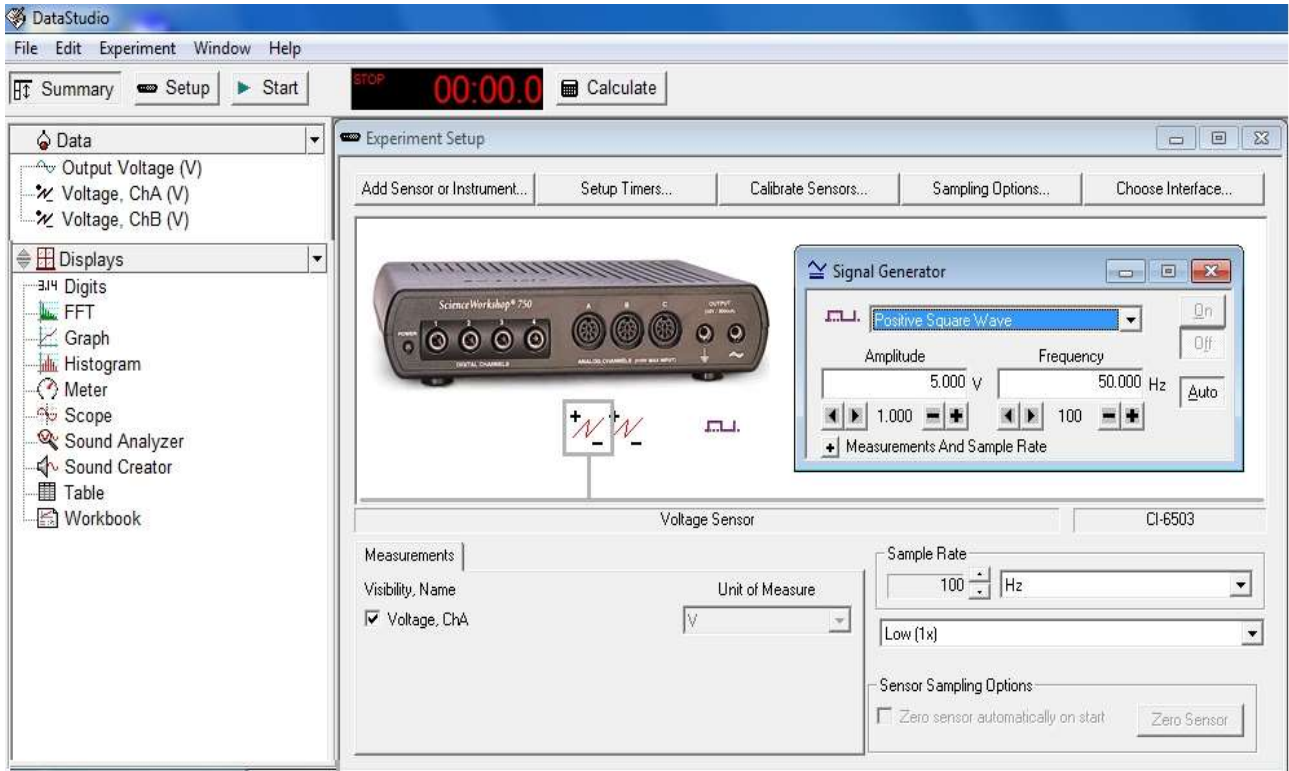
איור 10 : בחירת מקור המתח

ביחרו את אות הכניסה כגל ריבועי חיובי המופיע תחת השם "Positive Square Wave". קבעו את אמפליטודת האות ל- 5 Volts ואת תדירותו ל- 50 Hz ותסגרו את החלון. במצב זה המעגל מוכן לביצוע המדידות.

4. קבלת הנתונים למחשב:

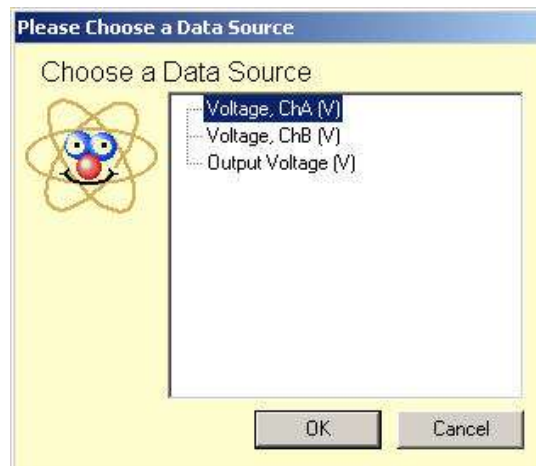
בחלקו השמאלי של חלון העבודה ישנם עוד שני חלונות, העליון Data והתחתון Displays. החלון העליון נכון למצב הנוכחי מראה את הנתונים המתקבלים משני החיישנים ואת מקור המתח שהגדרנו קודם. (ראו איור 11, כרגע מופיעים מתח המקור בחיישן Voltage ChA (V), והמתח על הקבל Voltage ChB (V) ומתח הכניסה למעגל (Output Voltage).

-מעגלי RC-



איור 11 : שולחן העבודה בתוכנת DataStudio

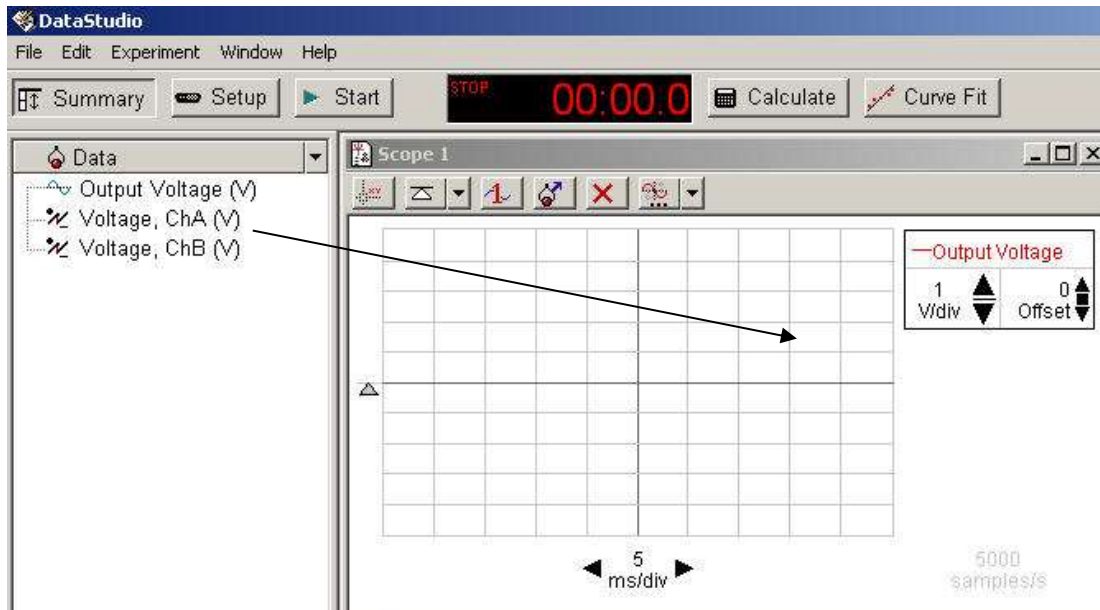
5. אנו נבצע את המדידה במצב של סקופ. ליחצו על Scope בחלון Displays החלון שיופיע:



איור 12 : בחירת המקור לסקופ בתוכנת DataStudio

-מעגלי RC-

ביחרו את ChA (V) וליחצו OK. ייפתח חלון המתאר את ערוץ A בסקופ כמתואר באיור 13.



איור 13 : ערוץ A בסקופ בתוכנת DataStudio

להוספת ערוץ נוסף תגרו את ערוץ B לתוך הסקופ ראה חץ באיור 13.

6. על מנת להתחיל במדידה ליחצו על כפתור Start ומיד לאחר קבלת הגרפים ליחצו Stop. (ראו איור 14 תרשים החלונות של התוכנה)

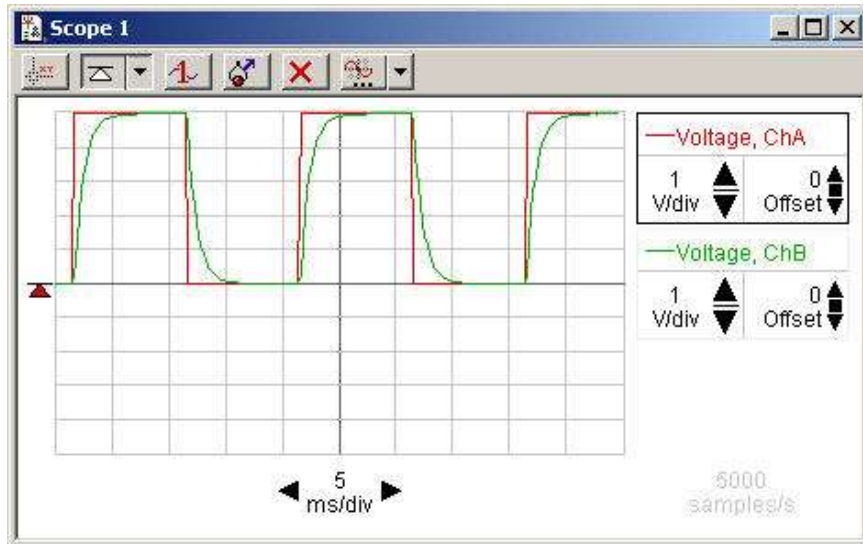


איור 14 : לחצני הפעולה בתוכנת DataStudio

7. מיד עם לחיצה על כפתור Stop על המסך תתקבל התוצאה המתוארת באיור 15.

ערוץ A מתאר את המתח הכניסה למעגל וערוץ B מתאר את המתח על הקבל.

מעגלי RC-

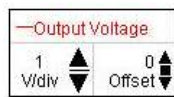


איור 15: התוצאה המתקבלת בסיום המדידה בסקופ בתוכנת DataStudio

8. הכנת גרף של מתח הכניסה ומתח הקבל כפונקציה של זמן:

על מנת שנוכל לטפל בנתונים שהתקבלו, יש להעבירם מתוך הסקופ לגרף. סמנו תחילה

את ערוץ הראשון בסקופ (על ידי לחיצה בעכבר) ואז ליחצו על הכפתור



להעברת הנתונים מהערוץ הראשון. בצעו זאת שוב עבור הערוץ השני. הנתונים



יופיעו בחלון Data בצידו השמאלי של המסך כמתואר באיור 16.

9. תגררו מחלון ה-Data את Voltage chA (מסומן במשולש באיור 16) לתוך המילה

Graph והרפו. באותו אופן תגררו את Voltage chB (מסומן בריבוע באיור 16) לתוך

המילה Graph והרפו (ראו חיצים באיור 16).

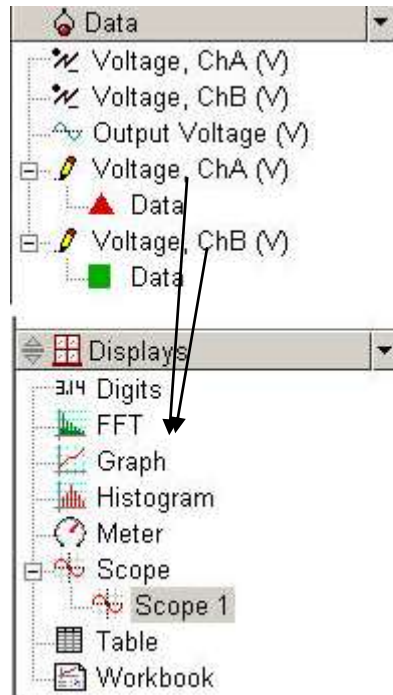
הערה: במידה וצריך למחוק מדידה לא מוצלחת ולחזור עליה שוב, יש לסמנה וללחוץ

על מקש Delete על המקלדת. ניתן למחוק את כל ההרצות הקודמות גם על ידי לחיצה

על חלון Experiment ולבחור את האפשרות Delete all data run.

-מעגלי RC-

הגרף המתקבל בסיום העברת הגרפים מתואר באיור 17.



איור 16 : התוצאה המתקבלת לאחר מעבר הנתונים מהסקופ בתוכנת DataStudio



איור 17 : המתח על הקבל בערוץ B ומתח הכניסה למעגל (Input voltage - אות ריבועי).

-מעגלי RC-


10. ליחצו על Voltage chB (מסומן בריבוע באיור 17) וסמנו באמצעות גרירת העכבר את תהליך הפריקה של הקבל (ראו אזור המסומן בצהוב באיור 17). להגדלת אזור

הבחירה ליחצו על כפתור . התוצאה מופיעה באיור 18.



איור 18 : מיקוד גרף פריקת הקבל (מתח הקבל -ריבוע), ומתח הכניסה למעגל -משולש).

מאחר וכעבור זמן $t = \tau$ המתח על הקבל הוא - $0.37 \cdot V_0$ (הוכיחו זאת! ראו שאלות הכנה). כאשר V_0 הוא מתח הכניסה (בניסוי שלנו 5 V).

תמצאו בעזרת הכפתור  מתי מגיע הקבל למתח של 1.85 ו תמצאו מתי היה הערך האחרון של 5V . כלומר חישבו את הפרש הזמנים Δt (מופיע בחץ רוחבי באיור 18) . ערך זה הוא τ .

חישבו את τ גם לפי הערכים הנקובים של הנגד וקבל, הסבירו את הגרפים שקיבלתם והסיקו מסקנות.

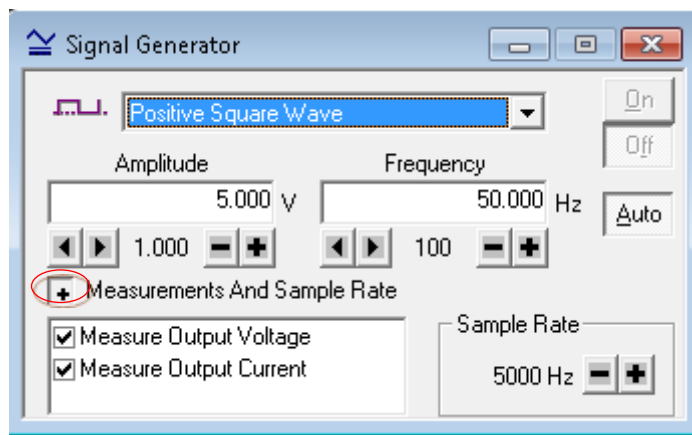
השגיאות בערכי ההתנגדות והקיבול של הנגד והקבל בניסוי הם 10% ו 5% בהתאמה וזאת לפי נתוני היצרנים.

-מעגלי RC-

11. חיזרו על חישוב זה גם עבור תהליך הטעינה של הקבל בתהליך הטעינה. כעבור זמן $t = \tau$ המתח על הקבל יהיה: $0.62 \cdot V_0$ (כלומר עבור מתח כניסה של $5V$ המתח יהיה $3.14V$)

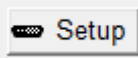
תמצאו את Δt בצורה דומה לזו שביצעתם בתהליך הפריקה וחישובו את קבוע הזמן. הסבירו את הגרפים שקיבלתם והסבירו איך משפיע שינוי הקיבול וההתנגדות על זמן הטעינה והפריקה.

12. רישמו את משוואת הטעינה והפריקה עבור הזרם וציירו את גרפים של הזרם כפונקציה של הזמן (זיכרו ברגע סגירת המפסק ($t=0$) הזרם הוא: $I_0 = \frac{V_0}{R}$. ניתן להיעזר בתוכנה ולהוסיף ערוץ הזרם לסקופ ולאחר ההרצה להציג אותו בגרף או לצייר באופן איכותי.



2.3 מעגלי אינטגרציה וגזירה

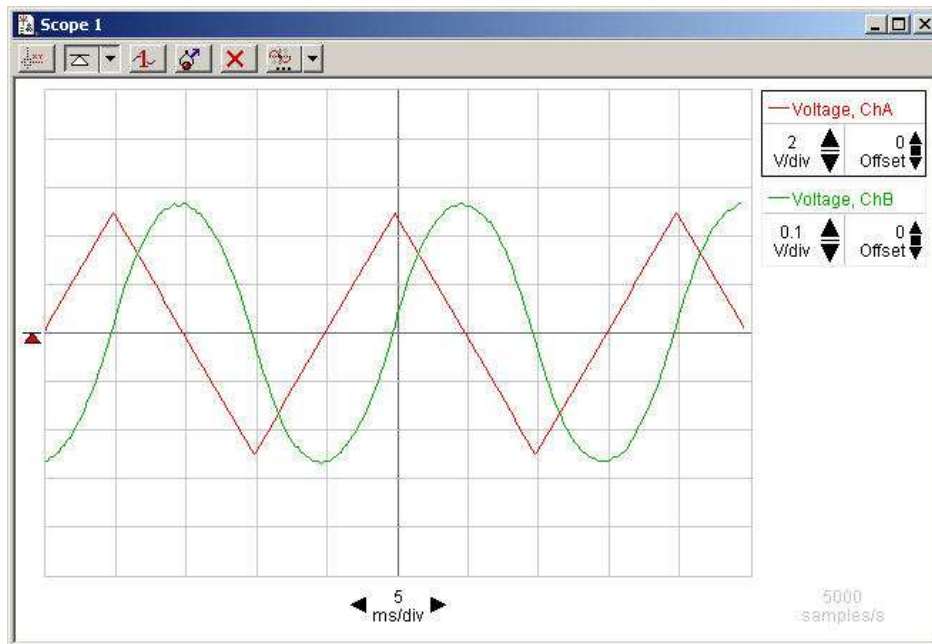
2.3.1 מעגלי אינטגרציה

תחליפו את הנגד שבאיור 7 ל- $47K\Omega$ ותחליפו את האות החשמלי בכניסה מגל ריבועי לאות SIN. את השינוי ניתן לבצע על ידי לחיצה על הלחצן  בחלק העליון של ממשק התוכנה ולחיצה על כניסת ה-Output בתמונת הממשק. קבעו את אמפליטודת האות ל- 5 Volts ואת תדירותו ל- 50 Hz וסיגרו את החלון. במצב זה תיגשו לסקופ, הפעילו את המדידה למספר שניות והפסיקו. תארו את מתח המבוא למול מתח היציאה.

-מעגלי RC-

בצעו זאת גם למתחי מבוא נוספים כגון שן-משור גל משולש וכו'. תשמרו חלק מהגרפים (העזרו במדריך).

דוגמה לתוצאה שצריכה להתקבל עבור גל משולש :



איור 19: דוגמה לאינטגרציה עבור אות כניסה של גל משולש

על מנת לקבל את האות במרכז המסך וביחסי עוצמה הניתנים לצפייה יש לתאם בסקופ את יחסי המתח למשבצת באמצעות החיצים בצד הימני של החלוץ. תוצאה זו מראה כי עבור אות ליניארי במבוא (CH1) מתקבלת במוצא (CH2) אינטגרציה כלומר פרבולות.

2.3.2 מעגלי גזירה

תחליפו בין המיקום של הנגד והקבל כמתואר באיור 6 תחליפו את ערך הנגד ל- 150Ω . חיזרו על הסעיף הקודם ותארו את מתח המבוא למול מתח היציאה שמתקבל בסקופ. בצעו זאת גם למתחי מבוא נוספים כגון שן-משור גל משולש וכו'. תשמרו חלק מהגרפים (היעזרו במדריך).

2.4 מעגלי RC כמסננים לתדירויות נמוכות ולתדירויות גבוהות

2.4.1 מעגלי RC כמסנן המעביר תדרים נמוכים (Low pass filter)

- חברו את המעגל המתואר באיור 7, וחברו קבל של $C=1\mu F$ ונגד $R=820\Omega$.
- ביחרו את האות החשמלי במבוא כאות \sin בעלת אמפליטודה של 5 Volts ותדירות 10 Hz.

מעגלי RC-

ג. הפעילו את הממשק במצב של סקופ ורישמו את הערך המקסימלי של המתח ב



V_{out} (CH2). היעזר בכלי החכם.

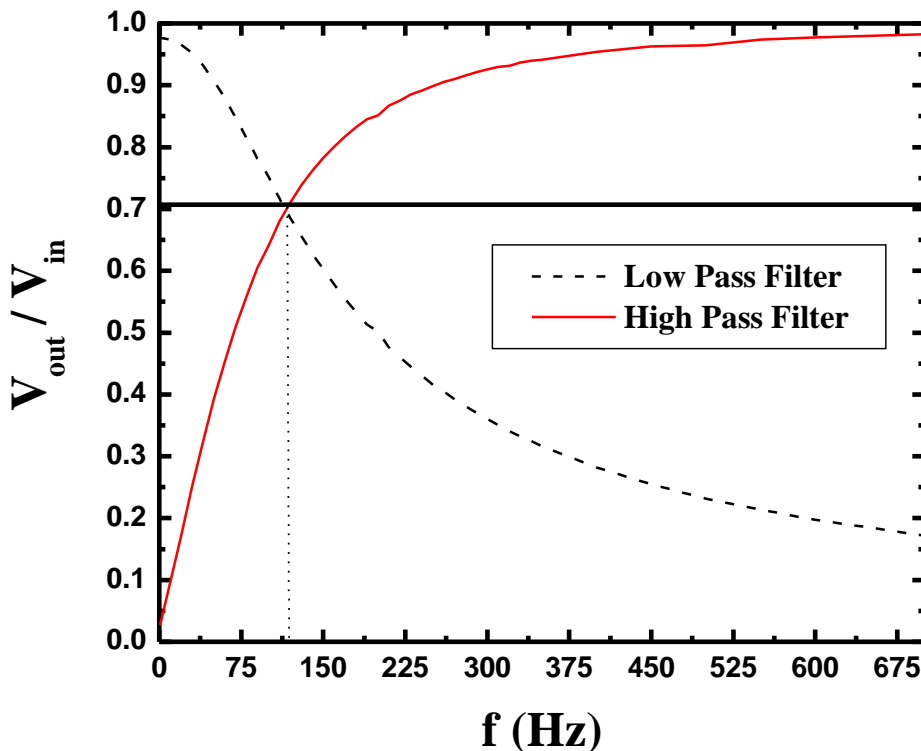
ד. חיזרו על הניסוי שוב, כך שכל פעם מעלים את תדירות האות הסינוסאידלית ב-

20 Hz עד לתדירות של 300 Hz, ומתדירות 300 Hz עד 1000 Hz בקפיצות של 100 Hz ומ-1000 Hz עד 3000 Hz בקפיצות של 500 Hz. במקרה הצורך, תשנו קנה מידה של תצוגת הסקופ (msec/div, V/div) להצגה נוחה של האותות.

2.4.2 מעגלי RC כמסנן המעביר תדירויות גבוהות (High pass filter)

א. תחליפו בין המיקום של הקבל והנגד (איור 6) וחיזרו שוב פעם על הניסוי (הפעם

נמדד המתח על הנגד). התחילו מ-10 Hz והמשיכו בקפיצות של 20 Hz עד לתדירות של 300 Hz ומתדירות 300 Hz עד 1000 Hz בקפיצות של 100 Hz.



איור 20: היחס $V_{out}(f)/V_{in}(f)$ כפונקציה של תדירות מחולל האותות. קו מקוטע

עבור מעגל של מסנן לתדירויות נמוכות, קו רציף דק עבור מסנן לתדירויות גבוהות,

קו רציף עבה מתאים לערך של $\frac{\sqrt{2}}{2}$.

-מעגלי RC-

- ב. תערכו גרף של התדירות כפונקציה של יחסי העוצמה: V_{out} / V_{in} עבור שני המסננים ($V_{in}=5V$). תערכו את הגרף בצורה הדומה לאיור 20. הסבירו את הגרף וציינו מה המשמעות של נקודת החיתוך וחישובו את ערכה. השוו עם נוסחה 26.
- ג. רישמו סיכום ומסקנות על הניסוי שביצעתם.