

הכרת האוסילוסקופ

מילות מפתח:

אוסילוסקופ, מחולל אותות, שן משור, סינכרון, צורות לסגיו, כיוול, דגימה, רוחב פס, אות דרבון.

הציוד הדרוש: אוסילוסקופ דיגיטלי, מחולל אותות, ספק מתח ישר, מולטימטר,

מכשיר להכפלת תדר ושינוי פאזה, כבלים BNC-BNC, BNC-BNC, מפצל T עבור BNC.

מטרות הניסוי:

- להכיר את אופן פעולת האוסילוסקופ האנלוגי ודיגיטלי.
- לבצע מדידות שונות באמצעות האוסילוסקופ: מתח, זמן מחזור, תדר, צורות ליסגיו וכו'.

1. תיאוריה

האוסילוסקופ (בקיצור סקופ) הינו מכשיר המשמש להמחשת ומדידת ערכים רגעיים של מתח חשמלי המשתנה כפונקציה של הזמן. המכשיר הוא בעצם מד מתח מאוד משוכלל עם אפשרויות מגוונות. בעזרת סקופ ניתן להציג על גבי המסך את הפרמטרים הבסיסיים של האות כגון: אמפליטודה, תדר, זמן מחזור, מתח V_{p-p} , מתח RMS, ואף להציג אות במרחב התדר-FFT. הדרך הטובה ביותר ללמוד על המכשיר היא להפעיל אותו, להכניס סיגנל מסוים ולבחון את השפעת הפקדים השונים הנמצאים על הפנל של המכשיר.

בעקרון הפונקציה של הסקופ היא פשוטה, היא מציגה גרף של מתח בציר האנכי (ציר Y) כפונקציה של זמן - ציר האופקי (ציר X). מסך הסקופ מאופיין בקווים אופקיים ואנכיים הנקראים – divisions. הפקדים של הסקופ מאפשרים לשנות את ציר ה-y וציר ה-x כך שיהיה נוח להציג ולבחון את האות הנבדק או חלק ממנו על המסך. לתוך סקופ ניתן להכניס ולחקור מספר אותות בו זמנית (בסקופ שבמעבדה ישנם שני ערוצים, כך שבו זמנית ניתן להציג שני אותות). ניתן להשוות בין האותות הנכנסים ואף לבצע פעולות מתמטיות פשוטות כגון: חיבור, חיסור, כפל וכו'.

סקופ מורכב ממסך תצוגה, מערכת בקרה אלקטרונית והדקי כניסת האות בצורת BNC (מחבר עגול הננעל ע"י רבע סיבוב).

קיימים שני סוגי האוסצילוסקופים:

1. אוסצילוסקופ אנלוגי – ART – Analog Real Time Oscilloscope

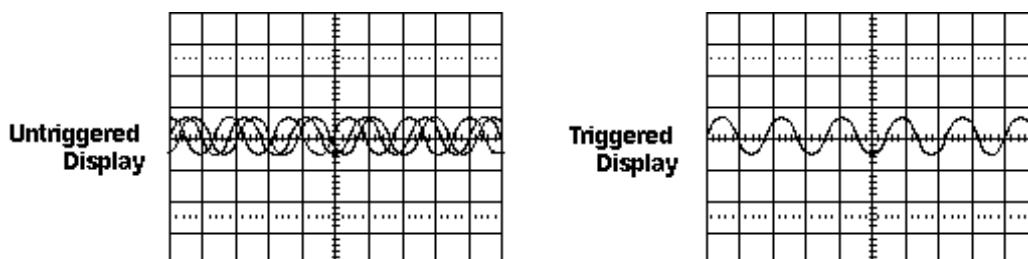
2. אוסצילוסקופ דיגיטלי – DRT – Digital Real Time Oscilloscope

1.1 עקרון פעולת האוסצילוסקופ הדיגיטלי

תהליך לכידה והצגת המידע על הצג של סקופ דיגיטלי מתבצע באופן הבא: המכשיר דוגם את האות האנלוגי (גובה המתח בהדקי הכניסה בכל רגע נתון) בקצב מאוד מהיר (בסקופ שבמעבדה קצב הדגימה הוא עד 1Gsa/s, כלומר 1 מיליארד דגימות בשנייה). קצב הדגימה מושפע מהגדרת ציר הזמן-Time Base של המשתמש. את ערך המתח שמתקבל עבור כל דגימה הוא ממיר לערך דיגיטלי בעזרת הרכיב שנקרא ADC (Analog to digital converter). רכיב זה ממיר את הערך האנלוגי שמתקבל לערך הספרתי. הסקופ שבמעבדה עובד ברזולוציה של 8 bit, כלומר ערך המתח שנדגם יחולק ל-255 רמות וזה יקבע את הרזולוציה האנכית של האות המתקבל על צג המכשיר. לאחר ההמרה, ערכי נקודות הדגימה נשמרים בזיכרון המכשיר וניתן לתרגם אותם ל"כתובות" הנקודות על מסך המכשיר. בכדי לקבל קו רציף על צג המכשיר מבוצעת אינטרפולציה (חיבור) של נקודות הדגימה.

1.1.1 מערכת הסנכרון (Trigger)

תפקידה של מערכת Trigger (אות דרבון) הוא לייצב אותות מחזוריים הרצים על המסך ולקבל תמונה יציבה וברורה של האות. בסקופ קיים מעגל אלקטרוני שמייצר אות המסתנכרן עם הסיגנל הנכנס על מנת לקבל תמונה של אות יציב ולא מרצד על המסך. בסקופ דיגיטלי קיימות אופציות שונות לאות הדרבון, אך כמעט ולא נגע בהם מכיוון שקיימת אפשרות לסנכרון אוטומטי בסקופים הדיגיטליים.



איור 1: סיגנל מסונכרן ולא מסונכרן.

1.1.2 רוחב פס של סקופ

אחד הנתונים החשובים ביותר של הסקופ הדיגיטלי הוא רוחב הפס שלו. התגובה לתדר של כל סקופ מייצגת במידה מסוימת מסנן מעביר נמוכים (Low pass frequency response), זאת אומרת שאם נכנס לתוך המכשיר אות סינוס בתדר גבוה, האמפליטודה של האות תונחת בהתאם לרוחב הפס המקסימאלי שהמכשיר מסוגל להעביר. ערך התדר שבו מועבר רק חצי הספק מהאות הנכנס (הנחתה ב-3db) או אמפליטודת האות הנכנס מונחתת ב - 30%, קובע את רוחב הפס של הסקופ. לדוגמא: רוחב הפס של הסקופ במעבדה שלנו הוא 100Mhz, אם נמדוד אות סינוס באמפליטודה של 10V ותדר 100Mhz, נקבל על צג המכשיר אות סינוס באמפליטודה של 7V (הנחתה של 30%). בניסוי שלנו התופעה הזאת לא קריטית מכיוון שלא נמדוד אותות בתדר גבוה.

רוחב הפס נגזר באופן ישיר מקצב הדגימה המקסימלי של המכשיר. על מנת להציג את האות הדגום בצורה איכותית יש צורך לדגום את האות בקצב הדגימה הגבוה פי 5 מתדר האות. במידה ונרצה לראות אות בתדר של 100Mhz בצורה מושלמת, נצטרך לדגום אותו בקצב של 500Msa/s(megasample/second) לפחות. בסקופ שבמעבדה תדר הדגימה הוא 1Gsa/s שזה גבוה פי 10 מרוחב הפס המקסימלי של המכשיר ומאפשר הצגה איכותית של האות, כלומר כל מחזור של אות יתואר לפחות ע"י 10 נקודות.

בנוסף, קיימת השפעה של הפרובים (גשושים) שעובדים איתם על רוחב הפס. בפרוב ישנה אופציה לקבוע הנחתה של אמפליטודת המתח המגיע להדק הכניסה. כאשר הפרוב עובד במצב (x1) אין הנחתה של הסיגנל ורוחב הפס שלו הוא 6Mhz. במצב (x10) – הסיגנל הנכנס יונחת פי 10, אך יאפשר לעבוד ברוחב הפס עד 100Mhz.

❖ [סרטון המלמד על שימוש בסקופ](#)

1.2 עבודת הכנה

1. קרא את הנספח או כל מקור אחר ותבין את עקרון פעולת האוסצילוסקופ האנלוגי.
2. צייר את העקומות המתקבלות במישור x-y עבור המקרים הבאים, ציין את נקודות החיתוך עם הצירים

-הכרת האוסילוסקופ-

(1) $x(t) = A \sin \omega t$; $y(t) = B \sin 2\omega t$

(2) $x(t) = A \sin \omega t$; $y(t) = A \sin(\omega t + \phi)$ $\phi = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$

3. מתח RMS (Root-Mean-Square) מוגדר ע"י

(3)
$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt}$$

מהו היחס בין מתח RMS למתח המקסימאלי של אות סינוסי $V(t) = V_m \sin \omega t$, מהו

היחס עבור אות משולש:
$$V_{\Delta}(t) = \begin{cases} V_m \cdot (1 - \frac{4}{T}t) & 0 < t < \frac{T}{2} \\ V_m \cdot (\frac{4}{T}t - 3) & \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

ואות מרובע:
$$V(t) = \begin{cases} V_m & 0 < t < \frac{T}{2} \\ -V_m & \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

4. מתח DC מוגדר כערך הממוצע של המתח המשתנה: $V_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$

חשב את הערך הממוצע של אות משולש:

$$V_{\Delta}(t) = \begin{cases} V_m \cdot (1 - \frac{4}{T}t) & 0 < t < \frac{T}{2} \\ V_m \cdot (\frac{4}{T}t - 3) & \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

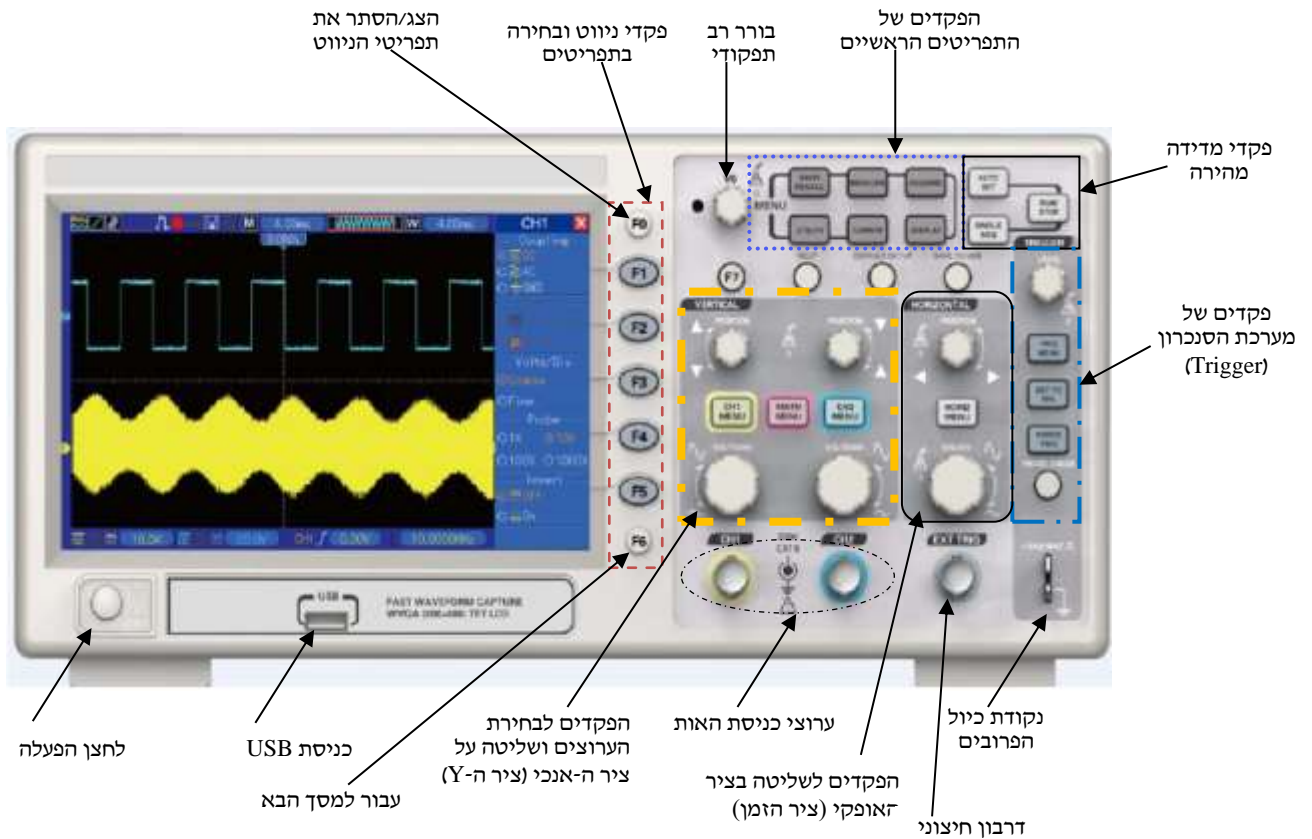
הערה: חוברת הוראות ההפעלה מלאה לסקופ הדיגיטלי שנמצא במעבדה נמצאת

בקישור הבא: [Scope DSO5000P user manual](#)

2. מהלך הניסוי

2.1 הכנת הסקופ והכרתו

א. תתבוננו בחזית הסקופ ובאיור 2. שימו לב שפני הסקופ מחולקים לתחומים המוקפים בצבעים שונים.



איור 2: תיאור חזיתי של האוסילוסקופ.

פירוט הפקדים:

Vertical controls



Vertical position knob: בורר זה שולט על המיקום האנכי של הגל המופיע על המסך. לחיצה על הבורר תחזיר את הגל למרכז המסך.

Menu (CH1, CH2): מציג תפריט אפשרויות פעולה אנכית עבור כל ערוץ. מספר לחיצות על הלחצן תציג או תסתיר את הערוץ הנבחר על המסך.

Math menu: לחצן זה מאפשר לבצע פעולות מתמטיות על האותות המופיעים על המסך

Volt/Div: בורר זה שולט על קנה המידה של עוצמת המתח (ציר ה-Y) של האות המופיע על המסך. בעזרת הבורר ניתן לשנות את קנה המידה האנכי של האות. מדידת עוצמת המתח תתבצע באמצעות שנתות המופיעות על המסך.

Horizontal controls



Horizontal position knob: בורר זה שולט על מיקום ה-trigger לאורך ציר ה-X, ניתן להזיז את הגל המופיע לאורך ציר האופקי על המסך. לחיצה על הבורר תחזיר את האות למרכז המסך.

Horiz menu: אופציות שליטה נוספות על ציר האופקי. מאפשר פיצול המסך והתבוננות בקטע נבחר של האות.

Sec/Div: בורר זה שולט על קנה המידה של ציר הזמן. ניתן לכווץ או להרחיב את האות לאורך ציר האופקי.

Menu functions controls



Save/Recall: תפריט המאפשר שמירה של האות המוצג על גבי המסך בצורת תמונה או בצורת קובץ נתונים (csv). ניתן לשמור בזיכרון המכשיר או בכונן USB.

Measure: מציג מדידות אוטומטיות של ערכים שונים באות המוצג.

Acquire: אפשרויות שונות של לכידת האות מהערוץ והצגתו על המסך.

Utility: הגדרות וכיולים שונים של המכשיר.

Cursor: מאפשר למקם סמנים על האות ולבצע מדידות בתחום המסומן.

Display: אופציות שונות להצגת האות, בין היתר ניתן לבחור תצוגת מצב XY.

Fast Action Buttons



Auto Set: קובע באופן אוטומטי את המצב האופטימלי להצגת האות ומציג את האות בצורה ברורה. ניתן להשתמש בלחצן ברגע שלא מצליחים להסתנכרן על האות באופן ידני.

Single Seq: לוכד את האות באופן חד פעמי ועוצר את הלכידה.

Run/Stop: מאפשר לכידת האות באופן רציף או לעצור את הלכידה.

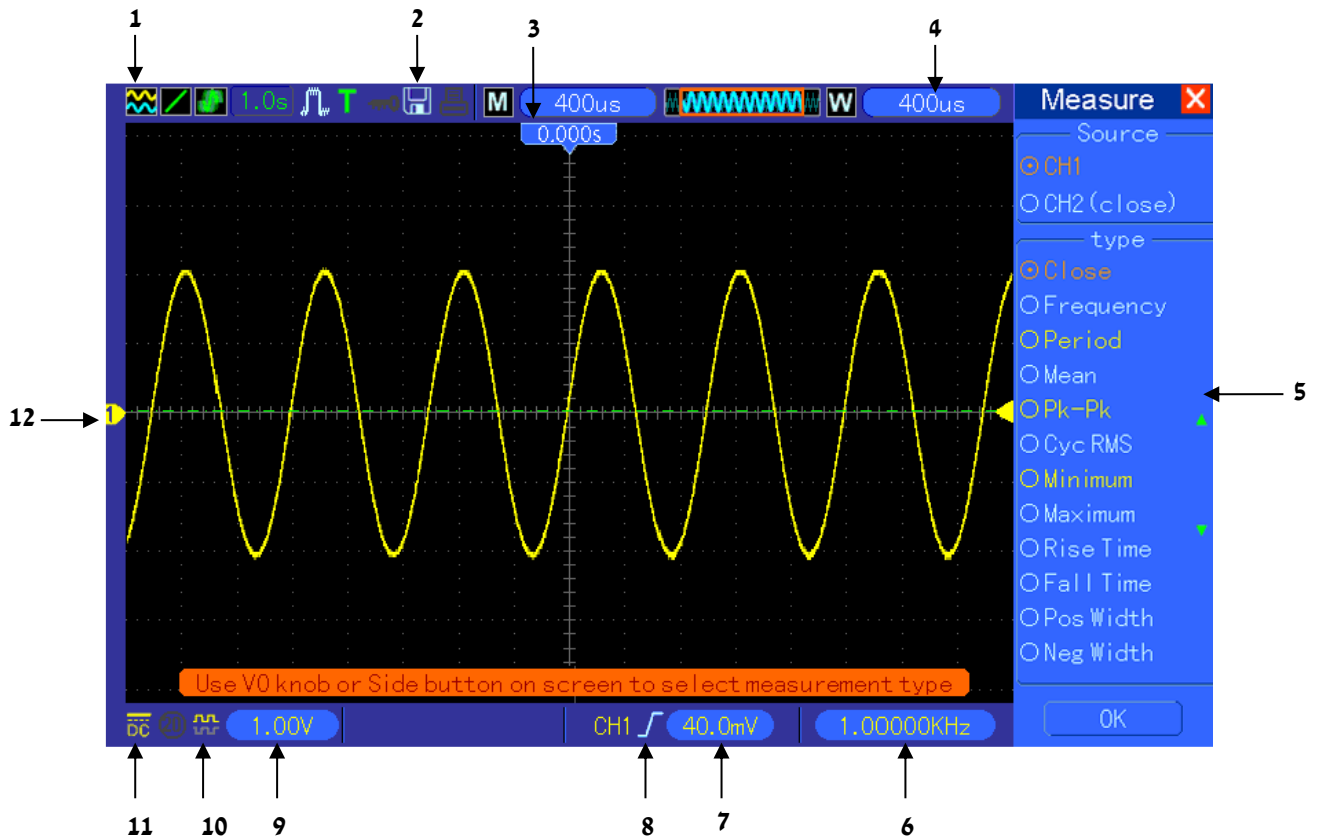
Help: קבלת מידע ועזרה מהירה.

Default Setup: מחזיר את הגדרות ברירת המחדל של המכשיר. **שימו לב:** לאחר הלחיצה יש להחזיר את הנחתת הערוץ למצב x1, אחרת מתח של אות הכניסה יוגבר פי 10.

Ch1/2 menu → F4 → 1x

Save To Usb: מבצע צילום מסך ושומר אותו בכונן USB בקובץ תמונה.

צג המשתמש של ה-Scope הדיגיטלי:



1. מציין את צורת הצגת האות: מצב Y/T  (עוצמת המתח כתלות בזמן) או מצב XY  (הצגת עקומת ליסג'ו).
2. מופיע סימן של דיסקט  - המשמעות היא שהוכנס דיסקט און קי.
 - סימון זה מצביע על חיבור המכשיר למחשב. 
3. מיקום האות על ציר הזמן יחסית למרכז המסך.
4. בסיס הזמן של המכשיר. מדידת הזמן מתבצעת באמצעות המשבצות האופקיות. למשל אם הערך המופיע הוא 1ms, ואורך הצג הוא 10 משבצות, אז נראה 10ms של הסיגנל על הצג.
5. תפריטי פעולה. ניתן לבחור ולנווט בין התפריטים השונים באמצעות הלחצנים F1-F6.
6. התדר של האות.
7. מציין את המיקום האנכי של ה-trigger.

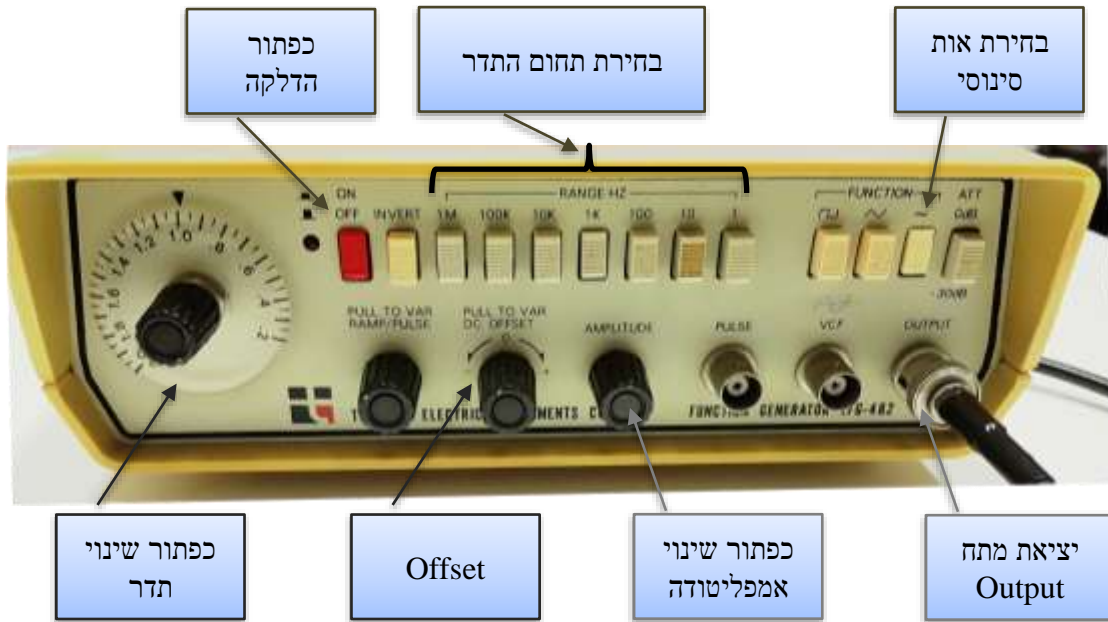
-הכרת האוסילוסקופ-

8. סוג ה-trigger (בעליה f , בירידה \downarrow וכו')
9. רזולוציית עוצמת המתח, למשל אם הערך המופיע הוא 1v וגובה האות הוא 5 משבצות, אז עוצמת המתח של הסיגנל הנכנס הוא 5V.
10. מציג האם הגל הוא הפוך או לא.
11. צורת הצימוד של האות (DC, AC, Ground coupling) – מציג את האות כפי שהוא מתקבל. AC – מציג את האות ללא רכיב DC. Ground – מציג את רמת ה-DC של האות.
12. סימון הערוץ.

הערות כלליות

- א. בתפריט המשנה (בצד ימין) של המסך, האופציה שנבחרה מסומנת בצבע אדום.
- ב. לפני ביצוע המדידות נא לוודא את הגדרת ההנחתה של כל ערוץ. לקבלת ערכים אמתיים של עוצמת המתח יש ללחוץ על כפתור ה-ch1/2 menu ותחת התפריט probe לשנות את ההנחתה ל-1x ע"י לחיצה על F4.
- ג. בתחילת ביצוע המדידה או במקרה טעות כלשהיא תמיד ניתן ללחוץ על כפתור Autoset ולהביא את תצוגת האות למצב האופטימאלי.
- ד. הבקרה על ציר האנכי (אמפליטודה) של כל ערוץ מתבצעת בנפרד, אך בסיס הזמן לשני הערוצים הוא משותף.
- ה. בצדו הימני של המסך, ליד חמשת הלחצנים (F1-F5) מופיעה כתובית המתארת את תפקידו הנוכחי של הלחצן.
- ו. במהלך הניסוי ניתן לשמור את התמונה או המידע המוצג על גבי המסך. על מנת לשמור את המידע, Disk on key חייב להיות בפורמט FAT32, רצוי לוודא לפני עזיבת המעבדה שהמידע נשמר.

2.2 הוספת אות חיצוני



איור 3: מחולל האותות – במצב המתואר המחולל יוציא אות סינוסי בתדר 1000Hz, מכיוון שהתחום הנבחר הוא 1 KHz ומוכפל ב-1 באמצעות כפתור שינוי התדר.

- א. לפני ביצוע המדידות נא לוודא שאין הנחתת מתח בערוצים. (הערות כלליות – ב')
- ב. חברו את מחולל האותות לרשת החשמל. הפעילו את המחולל ותמצאו את שקע היציאה Output. חברו בעזרת כבל BNC-BNC את יציאת המתח של המחולל לכניסת ערוץ 1 CH1 בסקופ. כוונו תדר ל-1000Hz ותבחרו גל סינוסי. ליחצו על הלחצן Autoset בסקופ. תתארו את המתרחש.
- ג. ליחצו בסקופ על CH1 menu. בעזרת לחצן F1 שולטים על הצימוד של האותות (coupling). תעבירו את הצימוד בין המצבים AC, DC, Ground. תתארו את המתרחש. האם חשתם בהבדל כלשהו בין מצב AC ל DC ?
- ד. על מנת לחוש בהבדל, תמצאו על גבי מחולל האותות את הכפתור Offset, תמשכו את הכפתור וסובבו אותו. כפתור זה מוסיף לאות היוצא מהמחולל רכיב של מתח ישר וכך מזיז את האות כולו (היסט=offset). תשנו את הצימוד למצב DC, האם שינוי ה Offset משפיע? האם במצב AC הוא משפיע? תסכמו את תפקידיו של ה-Coupling במצבים השונים. החזירו את כפתור ה Offset של המחולל למצבו ההתחלתי (לחוץ פנימה).

-הכרת האוסילוסקופ-

- ד. סובבו בסקופ את הבורר Sec/Div, תתארו את המתרחש. מהי יחידת הזמן של כל משבצת?
- ה. סובבו בסקופ את הבורר Volts/Div, תתארו את המתרחש. מהי יחידת המתח של כל משבצת?

2.3 מדידת מתח חילופין

א. חברו מפצל T ליציאת המתח של מחולל האותות. חברו באמצעות המפצל את המחולל ל CH1 בסקופ ולוולטמטר דיגיטלי(בעזרת כבל BNC-בננות) בצעו קריאה של מתח חילופין סינוסואידלי בעזרת הסקופ, תעתיקו את תצוגת הסקופ למחברתכם או תעשו צילום מסך אל כונן ה-USB על ידי לחיצה על Save to usb וציינו מהו גובה האות (במשבצות), מהו היחס Volt/Div ומהי אמפליטודת האות?

בצעו קריאה של מתח חילופין סינוסואידלי בעזרת וולטמטר דיגיטלי במצב AC. מהו היחס שבין אמפליטודת המתח שקראתם בעזרת הסקופ לקריאת המתח בעזרת הוולטמטר? מהו המתח Peak to Peak (מהנקודה הגבוהה ביותר לנקודה הנמוכה ביותר) של האות? ניתן ללחוץ על הלחצן Measure והסקופ ימדוד ויציג ערכים שונים של האות המוצג על הצג. ניתן להגדיר בסקופ, שיציג מתח RMS, מתח peak to peak וממוצע (mean) בערוץ הרצוי.

- ב. תשנו את אות הכניסה לאות משולש ולאות מרובע ותחזרו על המדידות. מה מודד הוולטמטר ? (העזרו בעבודת ההכנה).
- ג. השוו בין הערך התיאורטי של מתח RMS, לבין המדידה שהתקבלה בוולטמטר בין שלושת צורות הגל.

2.4 מדידת זמן מחזור של מתח חילופין

א. כווננו את מחולל האותות לאות סינוסי בתדר של 500 Hz. כווננו את בורר Sec/Div למצב 400us. צלמו את המסך. כמה משבצות נמשך המחזור? חישבו את זמן המחזור של האות על סמך הקריאה במחולל והשוו בין זמן המחזור הנמדד באמצעות הסקופ (הסקופ מודד תדר והקשר בין התדר לזמן המחזור הוא $T = 1/f$).

- ב. כווננו את המחולל למספר תדרים נוספים ותמדדו אותם באמצעות הסקופ.

-הכרת האוסילוסקופ-

תעתיקו את תצוגת הסקופ למחברתכם או שמרו ב-disk on key וציינו מהו אורך מחזור האות (במשבצות), מהו היחס Sec/Div וחישובו את תדירות האות ? העזרו בנוסחה 4.

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

כאשר: f - תדר האות [Hz], T - זמן מחזור [sec]

השוו את התדר המחושב לתדר המופיע על מסך ה-Scope.

2.5 מדידת מתח ישר

- א. תעבירו את ה-Coupling למצב DC ונתקו את מחולל האותות מהסקופ, וודאו שהסקופ מראה רמת מתח 0. חברו את ספק המתח הישר הנתון לך לכניסה של ערוץ 1.
- ב. ליחצו על Autoset. להצגה נוחה יותר בסקופ ניתן לשנות את קנה המידה של ציר המתח ל-1 וולט למשבצת. איך נראה אות DC על הסקופ?
- ג. תקבעו מתח ישר כלשהו ע"י הבורר של ספק המתח. תמדדו את המתח הישר בעזרת האוסצילוסקופ ובעזרת וולטמטר דיגיטלי המחברים בו זמנית ליציאות של ספק המתח (וודאו שהוולטמטר במצב DC). השוו בין המדידות המתקבלות. איזה מכשיר מדויק יותר במדידת מתח ישר לדעתכם?"

2.6 הזזת פאזה (הסבר תאורטי)

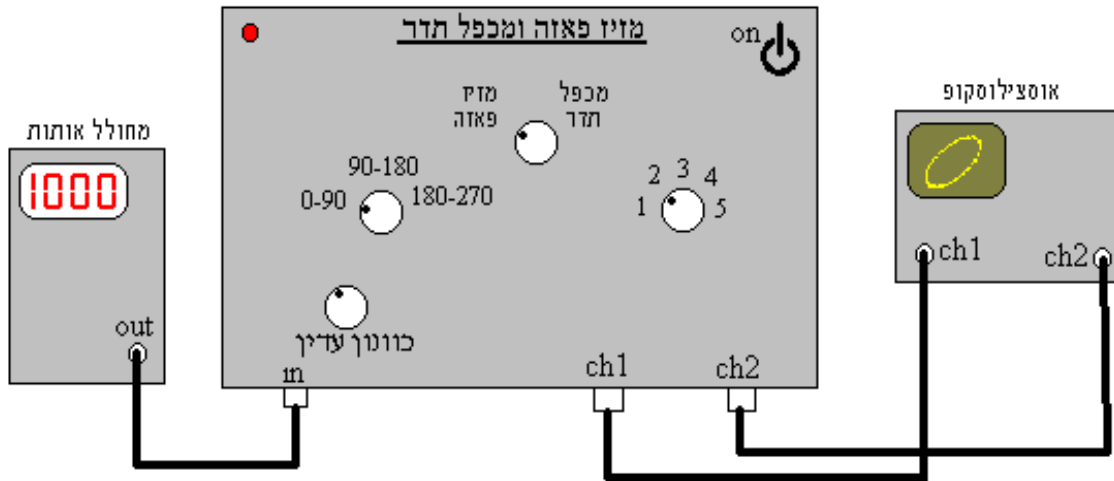
את הפרש הפאזה בין שני אותות בעלי תדירות שווה ניתן לחשב בעזרת

$$\Delta\varphi = 2\pi \cdot \left(\frac{\Delta t}{T} \right) \quad (5)$$

כאשר $\Delta\varphi$ הוא הפרש הפאזה, Δt הוא הפרש הזמנים בין הופעת המקסימום של האות הראשון להופעת המקסימום של האות השני ו- T הוא זמן המחזור של האות.

2.7 צורות ליסג'ו

המכשיר בו נשתמש נבנה במיוחד עבור ניסוי זה והוא מתואר באיור 4.



איור 4: מזיז פאזה ומכפל תדר.

א. כווננו את מחולל האותות לגל סינוס בתדר 1Khz.

האות היוצא ממחולל האותות נכנס לכניסה IN של המכשיר, ומועבר ישירות ליציאה CH1 של המכשיר. היציאה CH2 של המכשיר שונה מ CH1 בהתאם לפונקציה שבה המכשיר עובד. למכשיר ישנן שתי פונקציות אשר ניתן לבחור ביניהן באמצעות הבורר המרכזי, האחת: "מזיז פאזה" במצב זה היציאה CH2 מקבלת הזזת פאזה ביחס ליציאה CH1. בחירת הפאזה נעשית ע"י "בורר התחום" בתחומים של 90^0 , ובתוך התחום ישנו כווןן עדין באמצעות הפוטנציומטר. השניה: "מכפל תדר" במצב זה התדר של האות ביציאה CH2 הוא כפולה שלמה של התדר ביציאה CH1. בחירת היחס בין התדרים נעשית באמצעות הבורר הימני.

ב. חברו את יציאת מחולל האותות לכניסת IN של המכשיר "מזיז פאזה ומכפל

תדר", את היציאות CH1, CH2 חברו לכניסות הסקופ בהתאמה.

ג. חברו את מזיז הפאזה לרשת החשמל והפעילו אותו. תבחרו את הפונקציה

"מזיז פאזה", כווננו את הפרש הפאזה להיות 0 (בורר ה-Phase במצב 0-90

ובורר Phase Adjust מסובב עד הסוף נגד כיוון השעון). בסקופ ליחצו על

Autoset כדי לראות את שני האותות יחד.

-הכרת האוסילוסקופ-

- ד. תשנו את הפאזה בין האותות בתחום 0-90, תתארו את המתרחש (לנוחיותכם ניתן להזיז את האות של כל ערוץ לאורך ציר ה-Y בעזרת בוררים של vertical position). הסבירו כיצד תוכל למדוד במדויק מתוך הסקופ את הפרש הפאזה.
- ה. כווננו את הפרש הפאזה להיות 0. בעזרת Vertical position בסקופ תעלו את האות מערוץ 2 לרמה של האות מערוץ 1, כך ששני האותות יתלכדו.
- ו. תעבירו את מצב התצוגה למצב x-y באמצעות לחיצה על Display ולאחר מכן בחירה בעזרת-F4, במצב זה ציר הזמן אינו פועל, הציר האופקי נקבע לפי ערוץ 1 ואילו הציר האנכי לפי ערוץ 2. לשינוי הפאזה בצורה עדינה ניתן להשתמש בבורר Phase Adjust על הקופסא. תשנו את הפאזה ותתארו את המתרחש.
- ז. תשנו את הפאזה גם בתחומים 180-90, 270-180, תתארו את המתרחש בכל מצב. תתבוננו הן במצב x-y והן במצב סקלת זמן. העברה בין המצבים תתבצע בתפריט Display בסקופ ע"י לחיצה על F4.
- ח. תשנו את הפרש הפאזה ל-90°. אם יש צורך, תשתמש בכיוון עדין, על מנת להגיע להפרש של 90° במדויק. תתארו את המתרחש במצב תצוגה Y-T. מה צפוי להתקבל במצב XY?
- ט. ליחצו על הלחצן Math ובעזרת הלחצן F1 תתבוננו בתוצאות של פעולות מתמטיות שונות על האותות. מהי הפונקציה המתקבלת בפעולה ch1/ch2 כאשר הפרש הפאזה בין האותות הינו 90°? תתארו את הגל המופיע על המסך.
- י. תעבירו את הבורר למצב "מכפל תדר", תשנו את התדר של ערוץ 2 ביחס לערוץ 1. כווננו את יחס התדרים להיות 2:1, בידקו בסקופ במצב ציר הזמן שאכן יחס התדרים שהתקבל הוא 2:1 ותשמרו את צילום המסך. תעבירו את תצוגת הסקופ למצב x-y תתארו את הצורה המתקבלת.
- יא. תשנו את יחס התדרים (כמו למשל 5:1, 4:1, 3:1, 2:1, 1:1), ציירו את הצורות שהתקבלו או תשמרו אותם בכונן נייד.

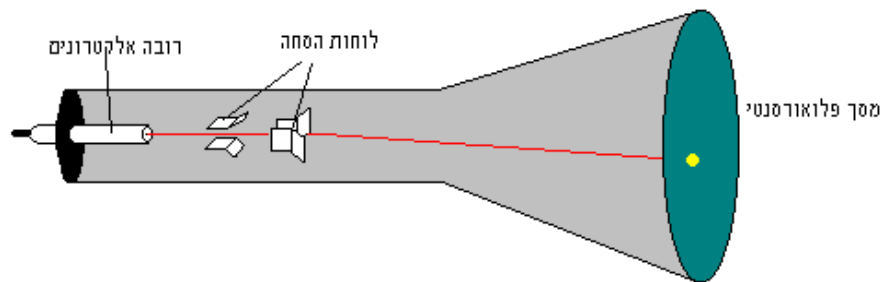
3. סיכום

הכינו דוח בו תתארו את אופן השימוש באוסילוסקופ. תתייחסו לכל הסעיפים המופיעים במהלך הניסוי ותתארו את התוצאות שקיבלתם בכל שלב.

נספחים

עקרון פעולת האוסצילוסקופ האנלוגי

- המרכיב העיקרי באוסצילוסקופ האנלוגי הינו שפופרת קתודית. השפופרת הקתודית בנויה משלושה חלקים עיקריים כמתואר באיור 5 :
- רובה אלקטרוניים שתפקידו לפלוט, להאיץ ולרכז את אלומת האלקטרוניים.
 - מערכת לוחות הסחה שתפקידן לאפשר הסחת הקרן בכיוון אנכי ואופקי.
 - לוח פלואורסנטי המאיר במקום שבו פוגעת אלומת האלקטרוניים.

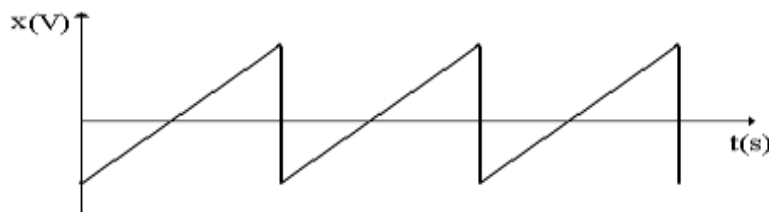


איור 5: מבנה כללי של שפופרת קתודית.

לוחות ההסחה - מערכת לוחות ההסחה מורכבת משני זוגות של לוחות מקבילים, זוג אופקי וזוג אנכי. כאשר ישנו הפרש מתחים בין שני לוחות נוצר ביניהם שדה חשמלי בניצב לכיוון האלומה, ולכן האלומה מוסטת מכוונה המקורי, הסחת האלומה פרופורציונית למתח על הלוחות. זוג הלוחות האופקיים מייצר הסחה אנכית ואילו זוג הלוחות האנכיים מייצר הסחה אופקית, נקודת פגיעת אלומת האלקטרוניים במסך מייצגת את ערכי המתחים על הלוחות. כאשר המתח על הלוחות משתנה בזמן, הסחת האלומה תשתנה בזמן ולכן נראה את נקודת האור נעה על גבי המסך.

בתוך מכשיר הסקופ ישנו מחולל אותות המייצר אות שן מסור המתואר באיור

6.



איור 6: מתח משתנה בזמן בצורת שן משור.

-הכרת האוסילוסקופ-

המתח גדל ליניארית עם הזמן ואחרי זמן קבוע הוא יורד באופן תלול. כאשר מחברים מחולל זה אל לוחות ההסחה האופקית אנו אומרים כי ציר x נותן את בסיס הזמן (Time Base) במצב זה קרן האלקטרונים נעה משמאל לימין במהירות קבועה והיא חוזרת מימין לשמאל בזמן קצר יחסית לזמן תנועתה משמאל לימין. כאשר נחבר את לוחות ההסחה האנכית למתח סינוסי למשל, נוכל לראות את גרף הסינוס מצויר על מסך הסקופ. על מנת לאפשר תמונה יציבה על המסך, יש צורך שבכל פעם שמתחילה שן משור חדשה (כלומר הקרן מתחילה את מסלולה משמאל לימין), גרף הסינוס יתחיל מאותה נקודה כך שיחזור על עצמו שוב ושוב. לצורך זה ישנו סנכרון פנימי אשר בכל פעם שאות הכניסה יגיע למתח מסוים תתחיל שן משור חדשה. פעולה זו נעשית ע"י ה-**Trigger**, ניתן לכוון את הסנכרון לפי גובה מתח הכניסה ע"י שינוי Trig level. ישנם אופציות נוספות לסנכרון וייצוב האות בסקופים דיגיטליים.