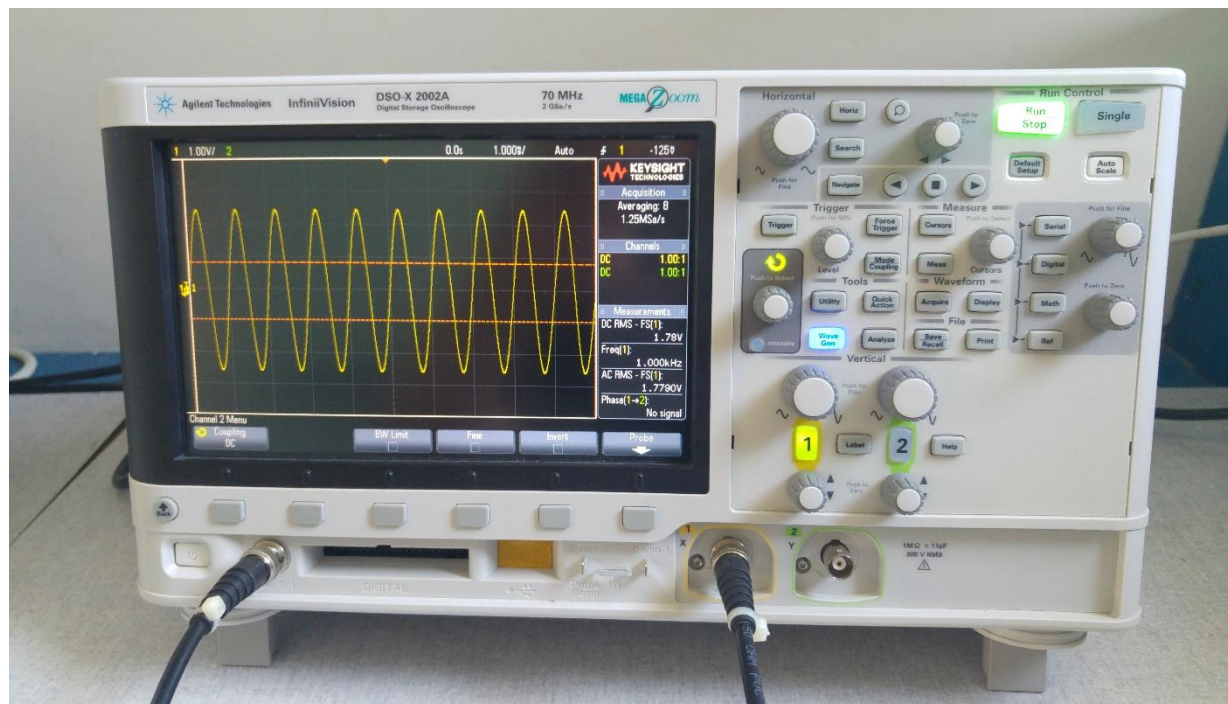


# שימוש באוסצילוסקופ (סקופ)

## תוכן עניינים

2	הסקופ.....
3	כיבוי והדלקה.....
3	יציאות ובניסות.....
4	מהו בבל קואקסיאלי ואיך מחברים אותו?.....
4	הארקה בסקופ.....
4	הגבלות בעבודה עם הסקופ.....
5	כפתורי שליטה בתפריטים.....
5	כפתורי קביעת רזולוציה ותצוגה.....
5	Horizontal - הציר האופקי (ציר הזמן).....
7	Vertical - הציר האנכי (ערוצי הסקופ).....
8	Run Control כפתורי לקיחת דגימות.....
9	צג הסקופ.....
9	חלק עליון.....
9	חלק ימני.....
9	חלק מרכזי.....
9	חלק תחתון.....
10	כפתור Acquire עיבוד לאותות.....
11	ההדק (Trigger).....
12	שליטה ב-Trigger.....
13	סמנים (Cursors) – מדידה ידנית.....
14	פונקציית Measure – מדידה אוטומטית.....
15	פונקציית Math.....
16	מחולל אותות.....

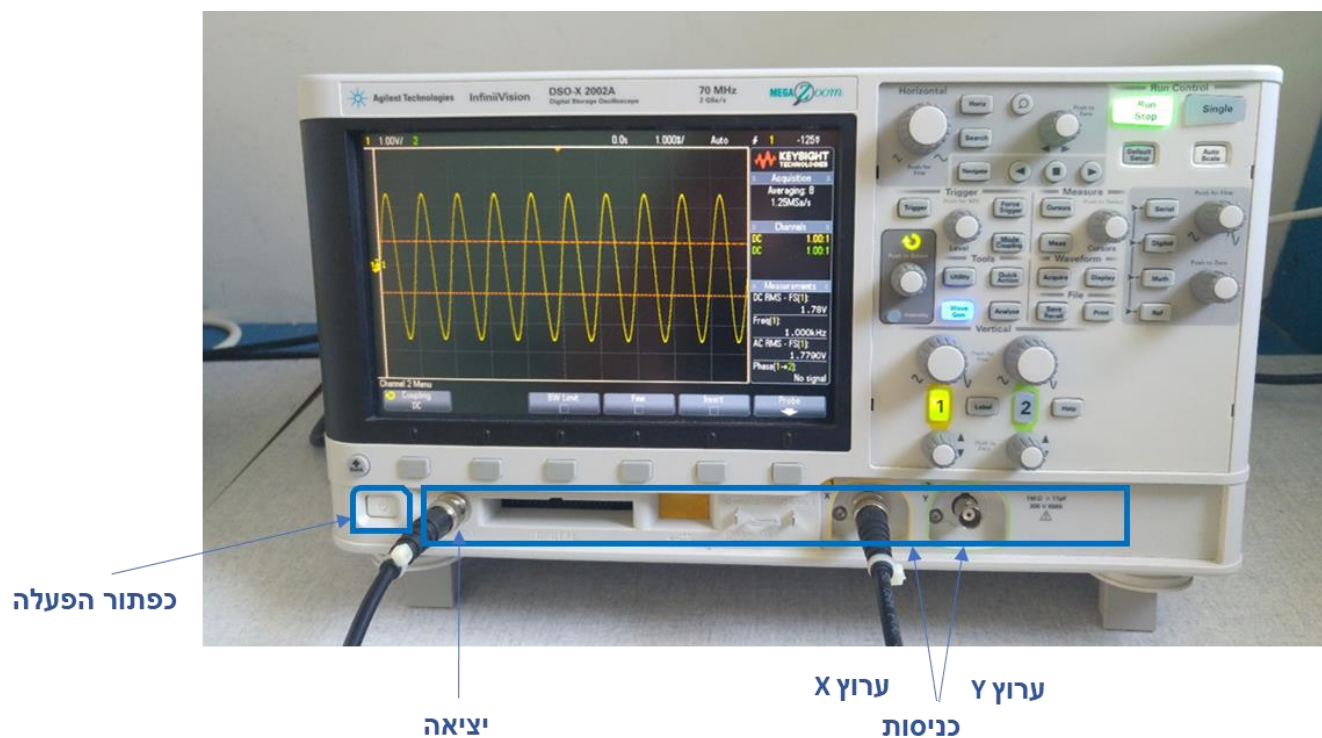
על מנת למדוד את תנודת הזרם (מתח) בזמן משתמשים באוסצילוסקופ (בקיזור – סקופ).  
במסמך זה נפרט את הפונקציות העיקריות אשר נמצאות בשימוש בניסויים של מעבדה 2, ואיך להשתמש בהן.



תמונה מספר 1 הסקופ בו עושים שימוש במעבדה

## הסקופ

הסקופ הוא מכשיר מדידה שמטרתו להציג בצורה ויזואלית נוחה אותות מתח חשמלי (בציר האנכי) כפונקציה של הזמן (בציר האופקי), או כפונקציה של מתח חשמלי אחר (בציר האופקי). במכשיר שלנו קיימים שני ערוצים למדידת מתח. ניתן להציג כל אחד מהם (בנפרד או את שניהם יחד) כפונקציה של הזמן, או לחילופין להציג אחד כפונקציה של השני.



תמונה מספר 2 תמונת הסקופ ועליו סימון אזורי כפתור ההדלקה הכניסות והיציאות

## כיבוי והדלקה

באמצעות **כפתור ההפעלה** שממוקם בצד שמאל למטה (ראה איור 3). לאחר לחיצה עליו יש להמתין מספר דקות עד שמערכת ההפעלה של הסקופ תעלה.

## יציאות וכניסות

לסקופ יש **יציאה אחת ושני כניסות**, כולן מתאימות לכבל קואקסיאלי. היציאה (מופיעה בצד שמאל למטה, ליד כפתור ההפעלה) היא יציאת מחולל האותות המובנה בתוך הסקופ (ראה בהמשך פירוט). ממנה "לוקחים" את האות שמיוצר במחולל. שתי הכניסות (מצד ימין למטה) מאפשרות מדידה של עד שני מתחים בו-זמנית ומסומנות ב-1,2 או X,Y (בהתאמה). כדי **למדוד** מתח באמצעות הסקופ צריך להעביר אותו לאחת מהכניסות האלו.

## מהו כבל קואקסיאלי ואיך מחברים אותו?

כבל קואקסיאלי (Coaxial) הוא כבל המכיל שני מוליכים עם חומר מבודד שמפריד ביניהם. המוליך הפנימי הוא זה שמעביר את האות והמוליך החיצוני מחובר להארקה. באופן זה נוצר מעין כלוב פאראדיי שמקטין את הרעשים הנגרמים מקרינה חיצונית.

### כיצד מחברים?

החיבור בקצה הכבל נקרא BNC. כדי להשלים את חיבור הכבל יש לסובב את החלק החיצוני רבע סיבוב. חיבור זה מבטיח מגע מיטבי בין הכבל למכשיר.



תמונה מספר 3 כבל קואקסיאלי חשוף      תמונה מספר 4 מבנה הכבל הקואקסיאלי      תמונה מספר 5 חיבור BNC בקצה הכבל

## הארקה בסקופ

כל כבל המחובר לסקופ, בין אם ליציאה או לאחת הכניסות, מוארק. כלומר, המוליך החיצוני של הכבל הקואקסיאלי מחובר לאדמה דרך הסקופ. בשל כך, לא ניתן למדוד מתח צף באמצעות הסקופ, ותמיד אחד מהדקי הערוצים של הסקופ נושא מתח 0 (ההדק השחור על לוח הרכיבים במעבדה).

על מנת שלא להתבלבל בעת חיבור מעגל, יש להקפיד שהחוטים המוארקים בכל מעגל יהיו שחורים, ורק אלו שהמתח עליהם **מסוגל** להיות שונה מ-0 יהיו אדומים. יש לשים לב להארקה שהסקופ מספק ביציאות ובכניסות שלו ולבחור חוטים שחורים אם הם מקוצרים אליה.

## הגבלות בעבודה עם הסקופ

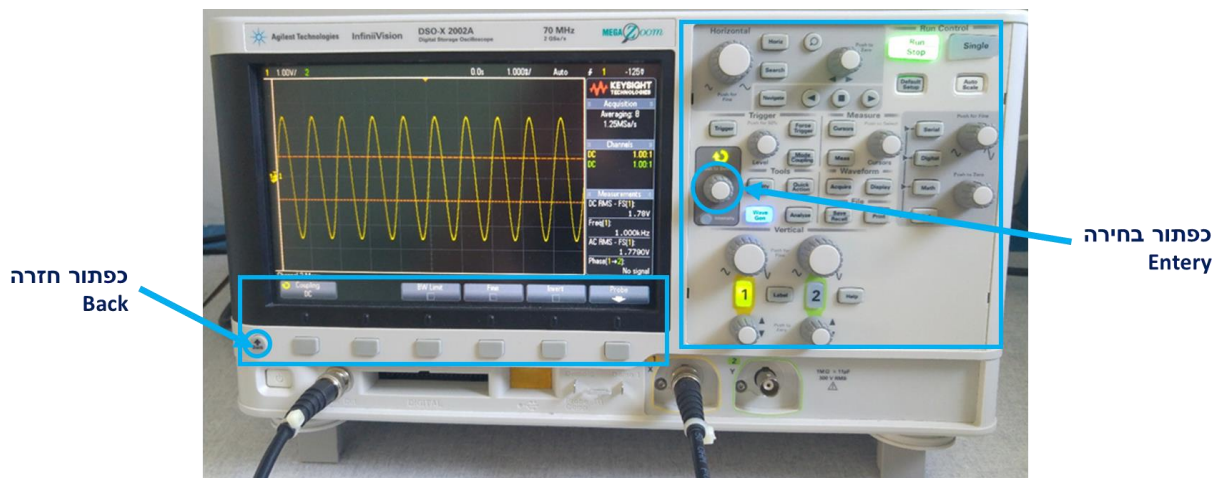
כאשר משתמשים בסקופ, חשוב לזכור שיש הגבלות בבחירת הרכיבים בקטע המעגל אליו מחברים אותו (ושאת המתח עליו מעוניינים למדוד). הגבלות אלה נובעות מכך שהתנגדות הכניסה של הסקופ היא  $R = 1M\Omega$  וקיבול הכניסה הוא  $C = 11pF$ .

ההגבלות הן:

- ההתנגדות האוהמית של קטע המעגל חייבת להיות קטנה מ-  $100K\Omega$ .
- ההיגב הקיבולי וההשראותי בקטע המעגל חייב להיות גדול מההיגב הקיבולי של הסקופ, פי 10 לפחות. כאשר יש רק היגב קיבולי, הקיבול חייב להיות גדול מ-  $110pF$ .

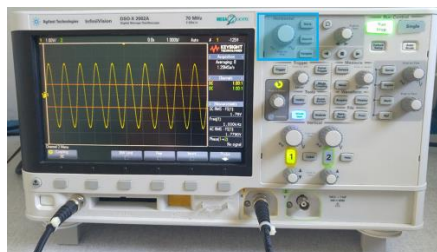
הדיוק של המדידות בערוץ 1 ובערוץ 2 הוא 3%. הדיוק בבסיס הזמן הוא 30ppm, כאשר ppm מציין Parts Per Million. הסקופ הדיגיטלי משתמש בשעון בנוי על בסיס של גביש קוורץ (Quartz) לכן הוא מאוד מדויק.

## כפתורי שליטה בתפריטים



בלחיצה על אחד מכפתורי הסקופ (בצד הימני), נפתח תפריט מתאים בסקופ, האפשרויות מוצגות בתחתית הצג מעל ה-**Soft keys**. בחירה באחת האפשרויות מתבצעת על ידי לחיצה על ה-**Soft key** המתאים, ובחירת הערך/המצב הרצוי נעשית על ידי סיבוב הכפתור **Entry**. כתלות במקרה, **לחיצה על Entry** מאפסת את הערך או בוחרת באפשרות המסומנת. כדי "לחזור אחורה" בתפריט ה-**soft keys** יש משמאלם את הכפתור **Back**.

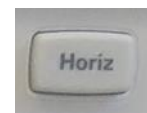
## כפתורי קביעת רזולוציה ותצוגה



### Horizontal - הציר האופקי (ציר הזמן)



**Horiz** - פותח את תפריט האפשרויות של ציר X בתצוגה ומאפשר לבחור האם בציר ה-X יוצג זמן (Normal, Roll) או ערוץ 2 (XY).



**Horizontal** – קובע את הרזולוציה של כל משבצת בציר ה X של המסך.



הזזת כל מערכת הצירים ימינה ושמאלה.

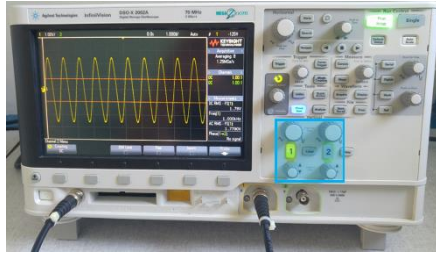


בתפריט שמופיע לאחר לחיצה על מקש Horiz בתחתית הצג ניתן לבחור עבור Time Mode באחת מהאפשרויות:



- **Normal** - מציג גרף של מתח כתלות בזמן  $X(t)$  או  $Y(t)$  או שניהם ביחד.
- **XY** - מציג גרף של מתח בערוץ 2 (בציר Y של המסך) כתלות במתח בערוץ 1 (ציר X של המסך), כלומר  $Y(X)$ .
- **Roll** - גורם לצורת הגל לנוע באיטיות על פני המסך מימין לשמאל. צריך לבחור בבסיס הזמן  $50 \text{ ms/div}$  או איטי יותר. כדי לשנות את בסיס הזמן סובב את הכפתור Horizontal. אם רוצים לעצור את התנועה לוחצים על המקש Single.





### Vertical - הציר האנכי (ערוצי הסקופ)

שלושת הכפתורים הבאים אחראים על ערוץ בודד בסקופ (לכל אחד משני הערוצים קיים סט כזה, כאן מוצג הסט של ערוץ 1):

קובע את הרזולוציה של כל משבצת בציר ה-Y של המסך עבור ערוץ 1 (X).

קובע אם הערוץ יוצג על המסך או לא ופותח את תפריט האפשרויות של הערוץ. אם הכפתור לא מואר האות לא מוצג.

מזיז את כל מערכת הצירים למעלה ולמטה. לחיצה על הכפתור ממרכזת את הציר.



תמונה מספר 6 תפריטי Soft Keys של Vertical

בלחיצה על כפתור Vertical יפתחו ה Soft Keys הבאים:

### צימוד (Coupling)

אחת מאפשרויות כל ערוץ בסקופ היא קביעת הצימוד (Coupling) שלו. ישנם שני צימודים:



תמונה מספר 7 תפריטי בחירה של Coupling - Soft Keys של Vertical

- צימוד DC – כל האות נדגם כפי שהוא ומוצג על המסך.
- צימוד AC – בהינתן אות שהוא סכום של AC + DC, רכיב ה-DC "מסונן החוצה" ורק ה-AC מוצג על המסך. לעיתים, האות שרוצים למדוד נראה כמו  $X(t) = 5 + 0.02 \cdot \sin(50 \cdot t)$ , כלומר עם רכיב DC הגדול בהרבה מה-AC. במקרה כזה אם נרצה למדוד בבירור את אות ה-AC נצטרך לעבוד במצב של צימוד AC.

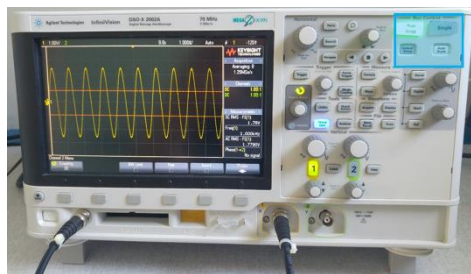
**בלחיצה על Auto Scale הצימוד עובר להיות DC באופן אוטומטי.**

### רזולוציית הערוץ

רזולוציית הערוץ מציינת מהו היחס בין האות שמחובר לכניסת הסקופ לבין זה שמוצג על המסך. למשל, אם מחובר אות של 2V ויחס הרזולוציה הוא 2:1, אז הסקופ יציג ערך של 4V על המסך. בשל כך, נרצה לרוב לעבוד ברזולוציה של 1:1. אפשר לראות את הרזולוציה במסך Channels בצד ימין של צג הסקופ.

**לפני התחלת המדידות בסקופ, יש לוודא שרזולוציית הערוצים היא זו הרצויה אחרת יימדדו ערכים שגויים!**

כדי לשנות את הרזולוציה של ערוץ מסוים, לוחצים על המקש 1 או 2 (לערוץ X או Y של הסקופ בהתאמה) ובתפריט שמופיע בתחתית הצג של הסקופ בוחרים ב-Probe ומשנים את הרזולוציה המופיעה ב-Probe. כדאי לוודא שהיחס הרצוי מופיע כעת על המסך.



### Run Control כפתורי לקיחת דגימות

#### – Run/Stop



מאפשר לעצור את המדידה (להקפיא את התמונה על המסך).

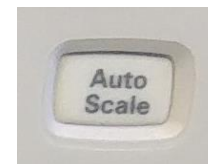
כאשר מקש Stop/Run **מואר בירוק** הסקופ קורא מתחים מערוצים X ו/או Y ומציג אותם על הצג. כאשר לוחצים על המקש Stop/Run הוא משנה את צבעו ל**אדום**, הסקופ מפסיק לקרוא מתחים מהערוצים והמדידה האחרונה מוצגת על הצג. כדי להתחיל למדוד שוב צריך ללחוץ שוב על המקש Stop/Run.

**Single** – בלחיצה על כפתור זה, הסקופ מודד רק פעם אחד את המתחים ושומר אותם על הצג.



**במצב Single הסקופ שומר פי שניים יותר נקודות מאשר במצב Run**

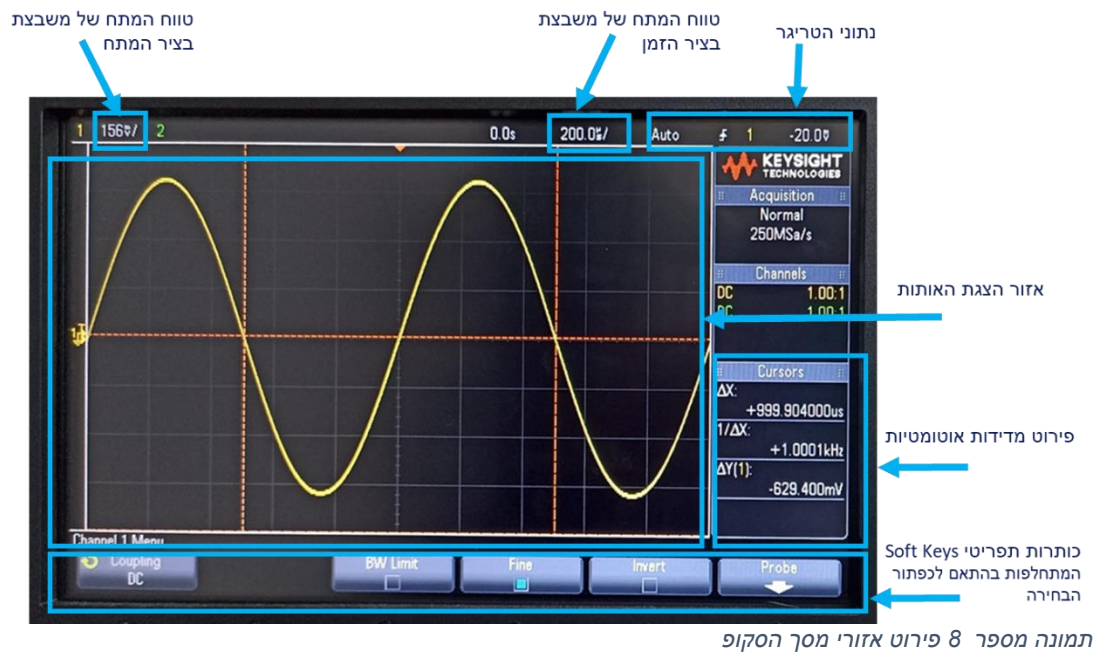
**Auto Scale** - מוצא אוטומטית את התנאים האופטימליים להצגת האותות בערוצים X ו-Y.





## צג הסקופ

חשוב! צג הסקופ הדיגיטלי אינו מסך מגע – נא לא לגעת בו!



מסך הסקופ מחולק למספר אזורים:

### חלק עליון

מצד ימין בחלק העליון מופיעים נתוני הדק (Trigger) של המדידה בסקופ (ראה ערך Trigger בהמשך). משמאל אליו ניתן לראות את טווח הזמן וטווח המתח שכל משבצת מייצגת.

### חלק ימני

מצד ימין של המסך ישנו אזור בו מופיעות תוצאות של מדידות אוטומטיות כמו: Tדר, Vpp וכו'.

### חלק מרכזי

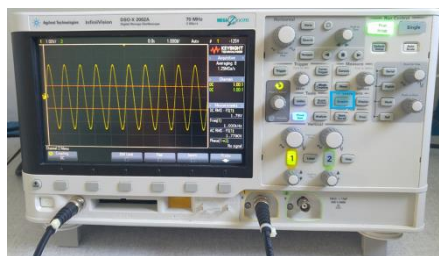
החלק המרכזי של המסך הוא זה שבו מופיעים האותות. חלק זה מחולק למשבצות (GRID). ציר ה-Y של המסך מציג את המתח הנמדד, וציר ה-X מציג את הזמן. טווח הזמן וטווח המתח שכל משבצת מייצגת מופיעים בחלק העליון של המסך. לקריאת הערך של הצירים, הזמן  $t = 0$  מסומן במשולש כתום בחלק העליון והמתח  $V = 0$  מצוין על ידי סימון של הארקה משמאל.

### חלק תחתון

בחלק התחתון מופיעות הכותרות של ה- **Soft Keys** – כפתורים שהפונקציונליות שלהם משתנה בהתאם לפונקציה שנבחרה בכל לחיצה על כפתור בסקופ. כאשר לוחצים על כפתור בסקופ תפריט האפשרויות של אותו כפתור מוצג בחלק זה, כאשר כל כותרת מתאימה ל- Soft key מסוים.

### דוגמא:

בתמונה זו מופיע אות מתח סינוסואידלי. המתח שמייצגת כל משבצת 156mV, והזמן שמייצגת כל משבצת 200us. במדידות של הסמנים ניתן לראות שמחזור סינוס שלם ( $\Delta x$ ) הוא 999.9 us ולכן התדר הוא 1kHz (ניתן לראות זאת גם מהסתכלות על האות ביחס למשבצות).



## כפתור Acquire עיבוד לאותות

כפתור זה מאפשר לבצע עיבוד מקדים על האות. בלחיצה על כפתור Acquire יפתחו ה Soft Keys הבאים:



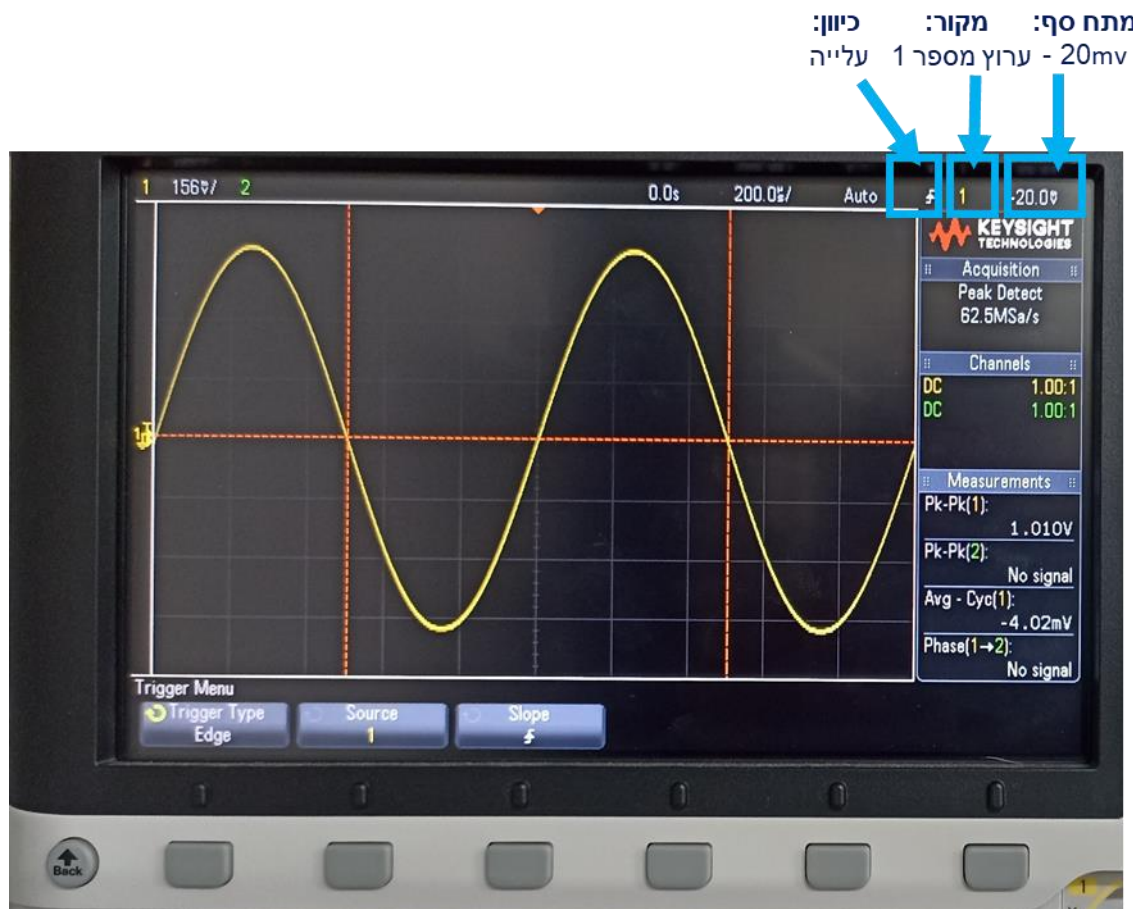
תמונה מספר 9 תפריטי Soft Keys של Acquire

- **Normal** – דגימה רגילה של האות, ללא עיבוד.
- **Averaging** – מיצוע של כמה מחזורים כדי "לנטרל" רעשים. במצב זה ניתן לקבוע את כמות המחזורים עליהם מתבצע המיצוע.
- **High Resolution** – דגימה ברזולוציה גבוהה. יש לציין שעיבוד כזה של האות יכול להפריע למדידה במקרים חריגים.

## ההדק (Trigger)

האוסצילוסקופ, כשמו כן הוא, משמש למדידת תנודות והצגת מחזורים של התנודה על המסך. לשם כך, יש צורך במנגנון שמזהה מתי מתחיל מחזור של תנודה. מנגנון זה נקרא Trigger.

פונקציית ה-Trigger היא פונקציה המאפשרת לנו "לתפוס" את האות המבוקש במיקום מסוים, כלומר לקבוע מתי מתחילה התנודה של האות על מנת למדוד אותה. ה-Trigger השימושי ביותר הוא EDGE. הפרמטרים הנקבעים עבור סוג זה הם: מתח סף (Level), כיוון (עלייה/ירידה), אות מקור (ערוץ 1, 2 או המחולל של הסקופ).



תמונה מספר 10 צג הסקופ לאחר בחירה ב-Trigger תצוגת המסך של מצב ה-Trigger. בדוגמה זו הסקופ מודד את המתח כל הזמן, אך רק כאשר המתח בערוץ 1 עולה וחוצה את המתח ב-20mV, נקבע הזמן של התחלת האות ( $t = 0$ ) והאות מוצג על המסך.



## שליטה ב-Trigger

על מנת לשלוט בפרמטרי ה-Trigger יש בסקופ שני כפתורים:

**Trigger** פותח את תפריט הפרמטרים של ה-Trigger.

**Level** מאפשר לקבוע מתח הסף (Trigger Level).



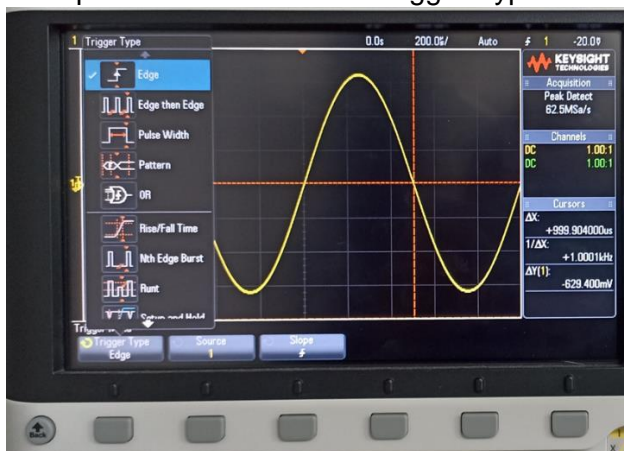
בלחיצה על כפתור ה-Trigger יפתחו ה-Soft Keys הבאים:



תמונה מספר 11 תפריט Soft Keys של Trigger

- **Trigger type** -קובע את סוג הטריגר.
- **Source** -קובע את מקור האות.
- **Slope** -קובע את הכיוון.

בחירה בTrigger Type תפתח את האפשרויות הקיימות בסקופ:

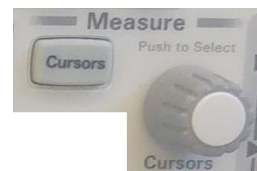


תמונה מספר 12 תפריט אפשרויות Trigger Type תפעול באמצעות Soft Keys



## סמנים (Cursors) – מדידה ידנית

בעזרת הסמנים ניתן למדוד ערכים ע"י הזזת הסמן למקום הרצוי במסך וקריאת הערך שכתוב עליו. ישנם שני סמנים לציר אופקי ושני סמנים לציר אנכי. הכפתור העגול שולט על מיקום הסמנים.



לחיצה על כפתור ה- Cursors יפתחו ה- Soft Keys הבאים:

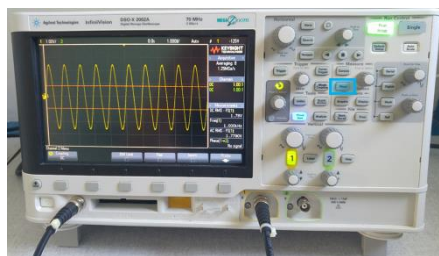


תמונה מספר 13 תפריט אפשרויות Cursors המתופעל על ידי Soft Keys

- **Mode** – קובע את אופן העבודה. לשליטה מלאה על הסמנים יש לבחור ב- Manual (ניתן לבחור גם ב- Track Waveform ואז שולטים על סמני ציר X בעוד שסמני ציר Y "עוקבים" אחר האות).
- **Source** – קובע איזה ערוץ נמדד.
- **Cursors** – מאפשר לבחור איזה סמן רוצים להזיז. ניתן להגיע לתפריט זה גם על ידי לחיצה על הכפתור העגול.

בחלק התחתון של המסך מצד ימין ניתן לראות את המיקומים של כל אחד מארבעת הסמנים ובצד ימין של המסך ניתן לראות מרחקים וחישובים בין הסמנים.





## פונקצית Measure – מדידה אוטומטית

הסקופ הדיגיטלי מסוגל לבצע מספר סוגי מדידות על האות שמוצג על המסך באופן אוטומטי, כגון, average, amplitude, Frequency וכו'. הכפתור שפותח את תפריט המדידות האוטומטיות מסומן ב-Meas

לחיצה על כפתור ה-Meas יפתחו ה-Soft Keys הבאים:

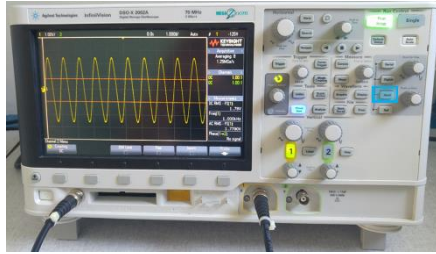


תמונה מספר 14 תפריט אפשרויות של Meas המתופעל באמצעות Soft Keys

- **Source** – בוחר את האות/ערוץ עליו תחושב המדידה.
- **Type** – בוחר את הפונקציה של המדידה. לצד כל פונקציה מופיע איור קטן שמסביר אותה.
- **Add Measurement** – מוסיף את המדידה שנבחרה לצג הסקופ (צד ימין למטה). ניתן לראות עד 4 פונקציות מדידה שונות בו זמנית.

לאחר בחירת הפונקציה והוספתה, התוצאה תופיע בצד ימין של המסך. כמו כן, יוצגו סמנים כתומים על האות שמבהירים לפי איזה חלק של האות מחושבת התוצאה. חשוב לשים לב לסמנים אלו מכיוון שהתוצאה המחושבת תלויה באות שמוצג על המסך. אם האות קטום/קטן/חלקי התוצאה של הפונקציה עלולה להיות שגויה. במקרה כזה הסמנים עוזרים להבין האם המדידה היא מוצלחת או שיש לשנות את אופן הצגת האות על המסך.





## פונקצית Math

ניתן לבצע מספר חישובים פשוטים עם האות שנמדדים בערוצי הסקופ ולהציגם על המסך. לשם כך יש ללחוץ על הכפתור Math (באיזור הימני של כפתורי הסקופ).



לחיצה על הכפתור מדליקה חץ צהוב לצדו ומוסיפה למסך עקום ורוד שמציג את תוצאת החישוב. ניתן לשלוט על תצוגת עקום זה בדיוק כפי ששולטים על תצוגת הערוצים X ו-Y וישנם שני כפתורים לצד ה-Math לשם כך (ראה "הציר האנכי (ערוצי הסקופ)").

לחיצה על כפתור Math יפתחו ה-Soft Keys הבאים:

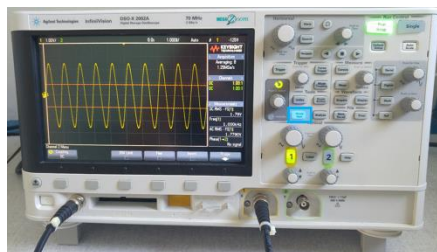


תמונה מספר 15 תפריט אפשרויות של Math המתופעל באמצעות Soft Keys

- **Function** – יש לבחור "Displayed" כדי שהתוצאה תופיע בעקום הורוד.
- **Operator** – בוחר את הפעולה לביצוע על האותות. האפשרויות הן: חיבור, חיסור, כפל, חילוק וטרנספורם פורייה (FFT).
- **Source1/2** – בוחר את הערוצים עליהם מבוצע החישוב.

עבור טרנספורם פורייה, השליטה על התצוגה שלו מופיעה כאפשרויות נוספות בתפריט ה-soft keys.

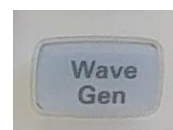
כמו ערוץ X ו-Y, ניתן לבצע מספר מדידות אוטומטיות (Meas) על העקום Math וכן לשמור את הנתונים ממנו למחשב (ראה "שמירת נתונים מהסקופ למחשב").



## מחולל אותות

הסקופ במעבדה, מעבר ליכולתו **למדוד** מתחים, כולל גם **מחולל אותות**. מחולל אותות הוא מכשיר אלקטרוני המייצר אותות מתח חילופין ומהווה מקור למתח AC. המחולל מסוגל לספק מתח חילופין בעלי צורת גל שונות, למשל גל סינוסי, גל ריבועי וגל משולש, בתדר רצוי ובמשרעת הניתנת לשינוי. כמו כן אפשר להוסיף מתח ישר (חיובי או שלילי) למתח החילופין.

כפתור זה מפעיל (ומכבה) את מחולל האותות. מחולל האותות **פועל כאשר הכפתור מואר בכחול**.



בלחיצה על הכפתור **Wave Gen**, נפתח תפריט לקביעת פרמטרי האות על ידי שימוש ב Soft Keys,



תמונה מספר 16 תפריט קביעת פרמטרי האות של Wave Gen המתופעל באמצעות Soft Keys

- **Waveform** - קובע את צורת האות (הגל): מתח ישר, סינוס, גל מרובע, גל משולש וכו'
- **Frequency/Period** - לכפתור זה יש שני מצבים: Frequency בו הערך הוא התדר של הגל בהרץ ו-Period בו הערך הוא זמן המחזור של האות בשניות. כדי לשנות את הערך משתמשים בכפתור entry.
- **Amplitude** - קובע את האמפליטודה של האות, כאשר האמפליטודה נקבעת לפי  $V_{pp}$  כלומר peak to peak voltage (הפרש המתחים בין המתח הגבוה ביותר באות למתח הנמוך ביותר).
- **OFFSET** - קובע כמה "תוספת" של מתח DC להוסיף לאות ה-AC שהמחולל מייצר.