

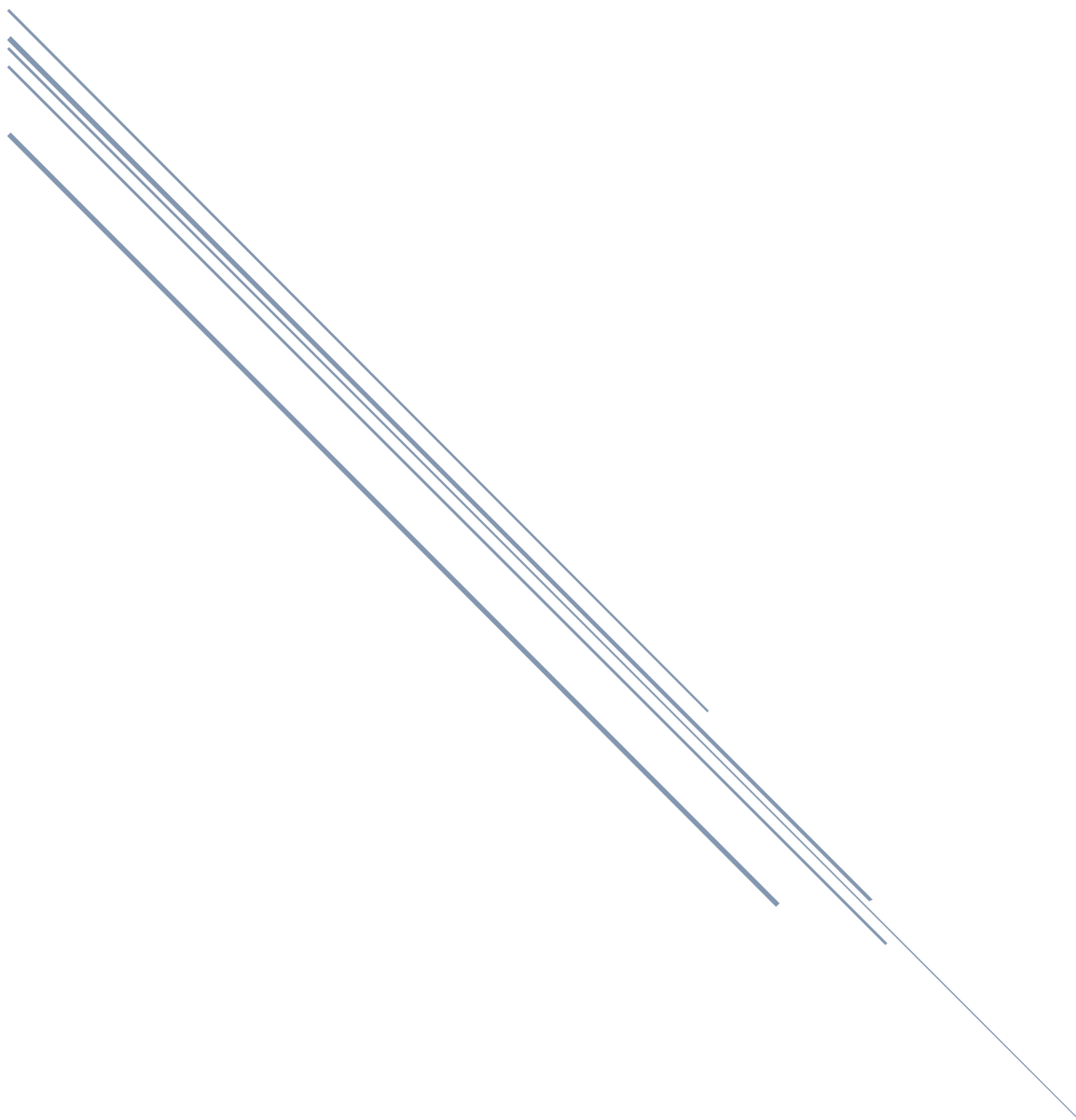
# עבודת הגשה

## דגימת אותות

מגשים :

אברהם עמרני 57157570

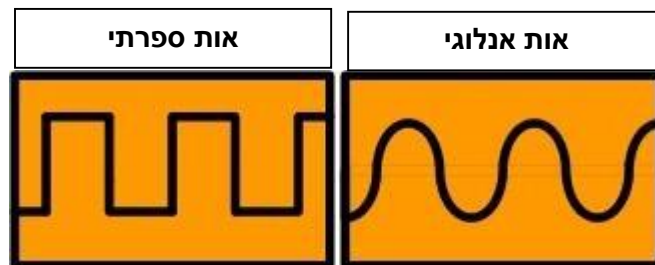
דוד ארבע



## מבוא למדידת אותות

- אות אנלוגי: אות רציף, אות אשר מוגדר בתחום מסוים ויכול לקבל כל אחד מאינסוף הערכים בתחום. רוב המשתנים הפיסיקליים הם משתנים רציפים כגון: טמפרטורה, אור, אורך, כוח.
- אות ספרתי: אות המוגדר בערכים בדידים בלבד. מספר הערכים אשר יכול לקבל האות סופי ומוגדר מראש.
- קוד בינארי (בסיס בינארי): שיטת ספירה בעלת שתי ספרות בלבד (בסיס ספירה 2), בניגוד לשיטת הספירה העשרונית בה יש 10 ספרות (בסיס ספירה 10).
- סיבית (bit): ספרה בינארית אחת, מכיוון שבקוד הבינארי יש שתי ספרות בלבד, סיבית יכולה להכיל את הספרה 1 או 0 בלבד.
- בית (byte): צירוף של 8 סיביות. מספר בינארי בעל 8 ספרות. המספר הקטן ביותר הוא 00000000 והמספר הגדול ביותר הוא 11111111 השווה ל 255 עשרוני. כך שבבית אחד (כולל 0) יש 256 אפשרויות שונות.
- כושר ההפרדה: כושר המערכת להפריד בין שני ערכים צמודים. מחושב על ידי החלוקה של התחום המוגדר במספר האפשרויות הבדידות בתחום. זוהי תכונה של המערכת – בר"כ ביחידות של: אות פיסיקלי לרמה.
- רזולוציה: תכונה של הממיר. טווח המתחים שמכוסה ע"י כל רמה.
- המחשב הספרתי: פעולת המחשב מתבססת על אותות ספרתיים המקודדים בצורה בינארית ולכן כל מידע שנרצה להעביר למחשב נצטרך להמיר לאות ספרתי בינארי.

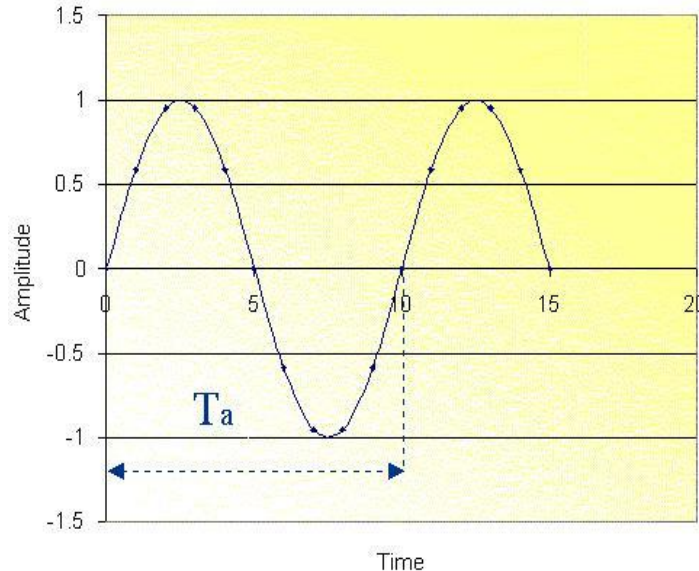
## הגדרות



## אותות אנלוגיים

האותות בסביבתנו הם אותות אנלוגיים רציפים בזמן כמו: הקלטה של קול, רעידות מכדור הארץ, עוצמת אור שנפלטת ממקור אור וכו' נגדיר כעת את הפרמטרים המאפיינים אותות אלו.

כדוגמה פשוטה נתחיל באות "סינוס" שמתקבל מקולן מוסיקלי או רשת החשמל בבית וכו'

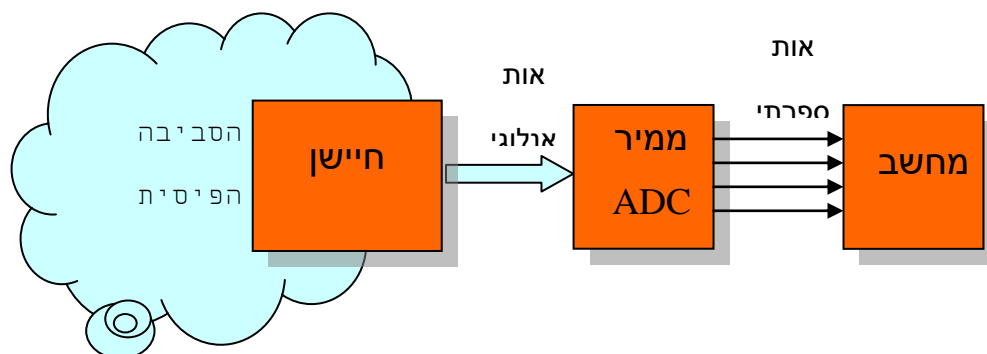


אות סינוס טיפוסי בעל זמן מחזור  $T_a$ . דוגמה למתח חשמלי היוצא ממיקרופון בזמן הקלטת קול שמשודר.

אות זה חוזר על עצמו לאחר פרק זמן קבוע מסוים שנקרא "זמן מחזור" ( $T_a$ ).  $T_a=10\text{msec}$ . ברשת החשמל  $T_a=20\text{msec}$ .

הגודל  $f_a = 1/T_a$  נקרא "תדר" (frequency) של האות והוא מתאר את מספר הפעמים שהאות חוזר על עצמו בשנייה. הוא נמדד ביחידות של הרץ (Hz). עבור קולן מוסיקלי  $f_a=100\text{Hz}$  ועבור רשת החשמל  $f_a=50\text{Hz}$ .

### מבנה תרשים דגימה אות אנלוגי למחשב

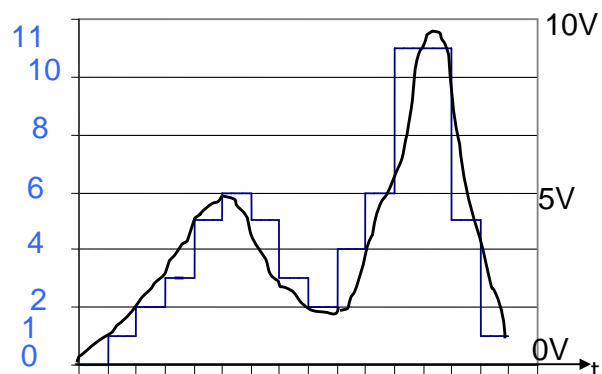


## קצב דגימה

אחד הגורמים המרכזיים המשפיעים על איכותו של מידע דיגיטלי. זהו מספר הביטים הנדגמים בשנייה נתונה ככל שמספר הביטים המעובדים בשנייה גדול יותר, כך שחזור האות המקורי יהיה טוב (bit per second) יותר ואיכותי יותר.

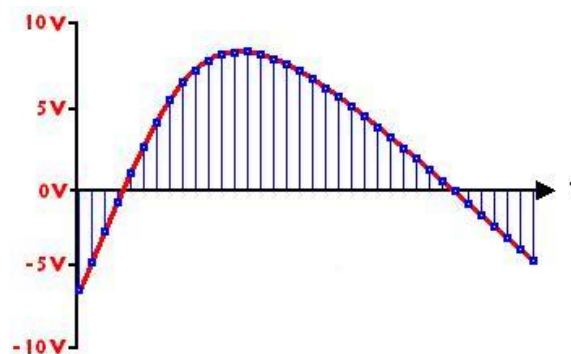
משפט ניקויסט כדי לדגום אות מסוים יש לדגום את האות לפחות פי 2 מתדר האות הנדגם.

### המרת אות אנלוגי לספרתי



בתרשים אנו רואים קו רציף (שחור) אשר יכול לתאר מצב של פרמטר כגון: טמפרטורה, מרחק, כמות מי 10. הקו המקוטע מייצג את 0V עד 10V גשמים וכדומה. קו זה מתאר האות אנלוגי. תחום האות האנלוגי הוא האות הספרתי המתאים לאות האנלוגי המקווקו. אנו רואים כי האות הספרתי נמצא רק בערכים מוגדרים: 0, 1, 2, 3, 4 וכן הלאה עד 11. סה"כ 12 אפשרויות שונות. כושר ההפרדה במקרה זה הוא החלוקה של 12 האפשרויות השונות (0-11) וולט.

### שלבים בהמרת אות – דגימה

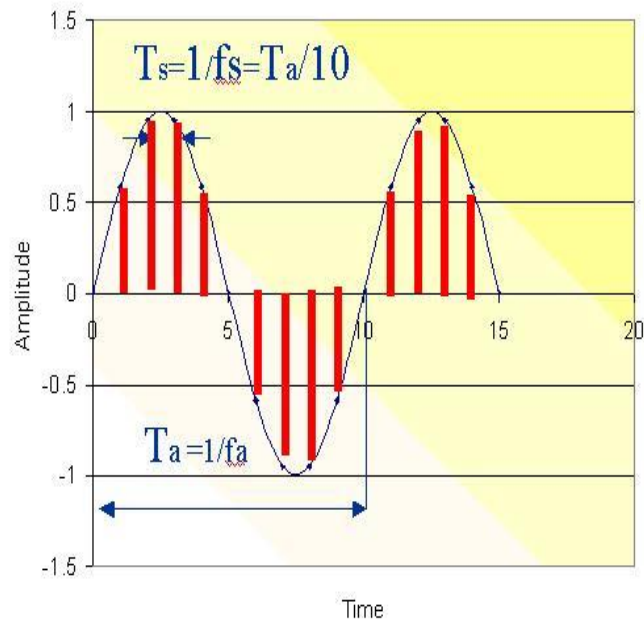


## Sampling דגימה

דגימה הינה מדידה של האות בזמנים קבועים .  
התוצאה של הדגימה הם ערכים אנלוגיים בפרקי זמן קבועים.  
ככל שקצב הדגימה גבוה יותר שיחזור האות בשלב מאוחר יותר יהיה מדויק יותר  
קצב דגימה גבוה דורש לאחסן ולהעביר מידע רב יותר.

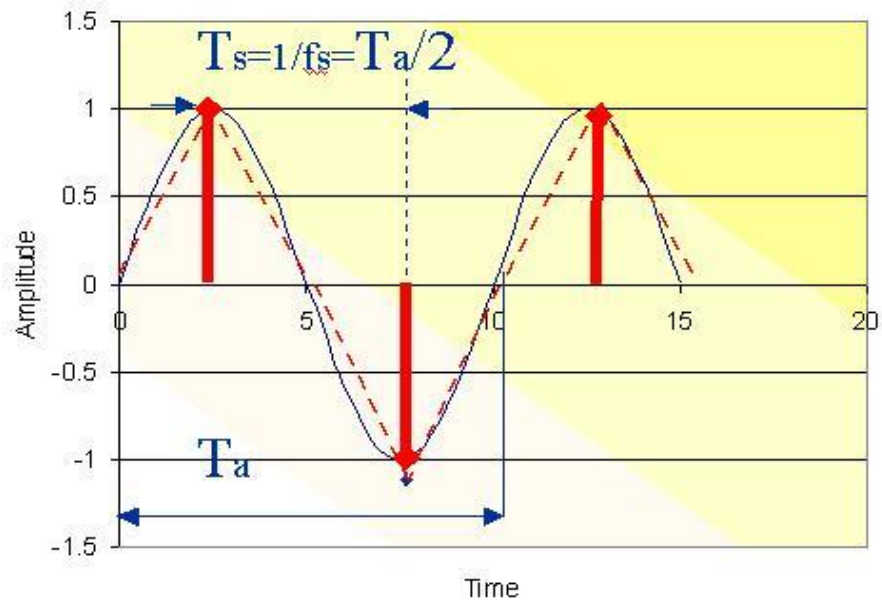
## תהליך הדגימה (sampling)

נשאלת השאלה איך לדגום את האות האנלוגי במספר מצומצם של ערכים בכדי שלא להעמיס על הזיכרון של המחשב ומבלי לאבד אינפורמציה חשובה כלומר, מהו רווח הזמן האופטימלי בין דגימה לדגימה ? על מנת לענות לשאלה זו נבחר בדוגמה הפשוטה של האות סינוס בעל זמן מחזור  $T_a$ . נניח שזמן מחזור הדגימה הוא  $T_s = T_a/10$  או במילים אחרות תדר הדגימה הוא  $f_s = 10f_a$ , כלומר נבחר 10 דגימות בכל זמן מחזור של האות



דגימה מחזורית של אות סינוס בזמן מחזור דגימה  $T_s$  השווה  $T_a/10$ .  $T_a$  זמן מחזור של אות הסינוס.  
ניתן לשחזר את האות כולו.

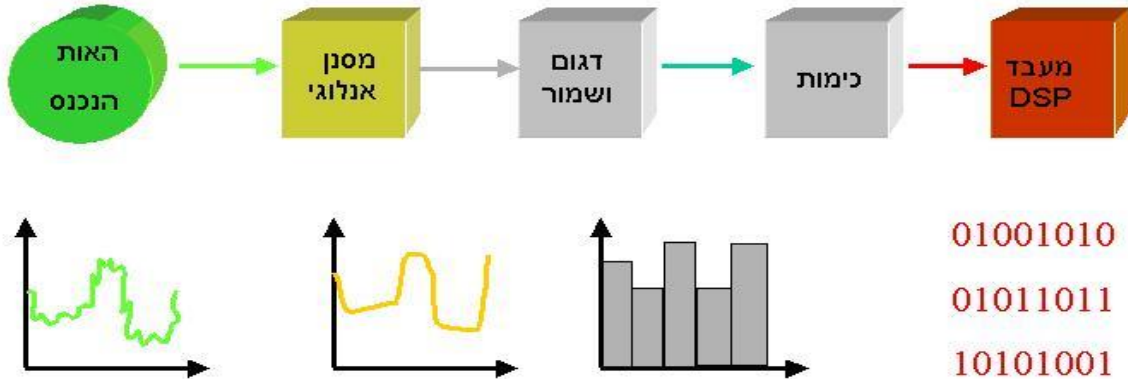
ע"י בחירת תדר דגימה קטן יותר  $f_s=2f_a$ , מקבלים אות נדגם עם זמן מחזור כמו של האות המקורי, אך עם צורה שונה (אות משולש). ברור שתדר דגימה קטן יותר יגרום לעיוות האות מבחינת תדר וצורה. ולכן, תדר דגימה זה מהווה תדר מינימלי שעדיין שומר על התדר של האות המקורי.



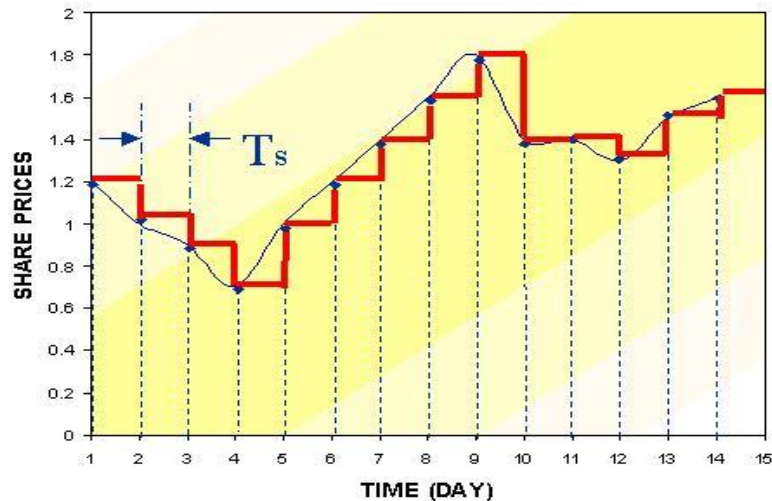
דגימה מחזורית של אות סינוס בזמן מחזור  $T_s$  השווה  $T_a/2$ . ניתן לשחזר את התדר של האות.

## תהליך הכימות (Quantization)

בתהליך הכימות הערכים של האות האנלוגי דגום מתורגמים למספרים בינאריים כלומר, סדרה של אפסים ואחדים, ע"י מערכת אלקטרונית הנקראת ADC (Analog to Digital Converter). בשלב



הראשון, מתבצעת, לאורך זמן מחזור הדגימה קביעת הערך הנדגם עד למחזור הזמן הבא בשיטה שנקראת "דגום ושמור" (Sample and Hold). קביעת הערך הנדגם מפני שתהליך הדגימה עצמו דורש זמן שבמהלכו המערכת אינה מסוגלת לעקוב אחרי השינויים באות.

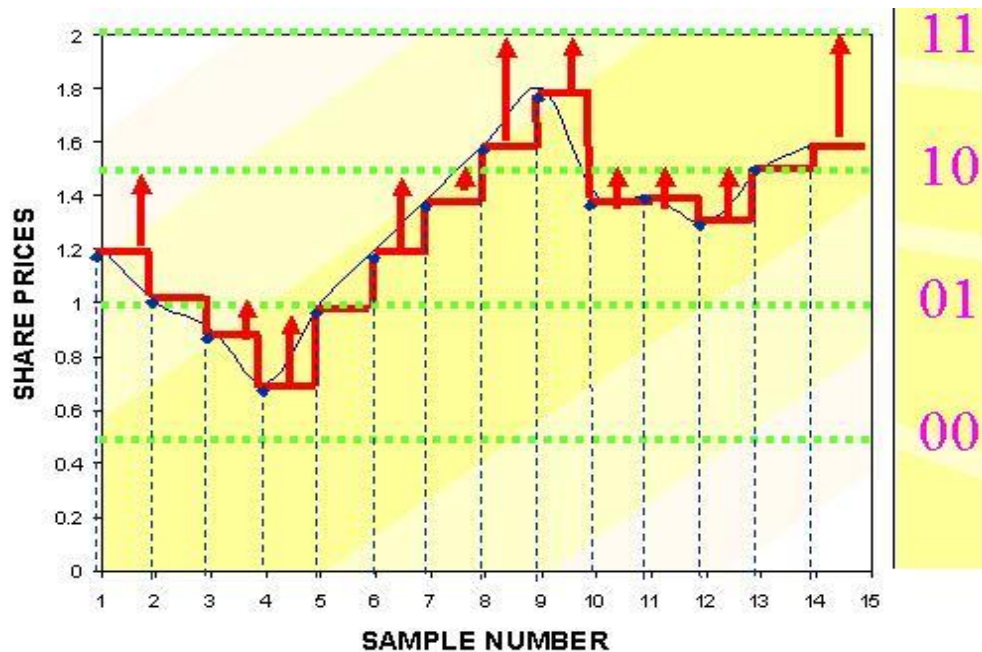


: תהליך דגום ושמור.

לדוגמא כצעד שני בתהליך ההמרה מחלקים את טווח של הערכים שהמערכת DAC מסוגלת לקלוט למספר רמות שוות. מספר הרמות הנו זוגי ונקבע לפי רמת הדיוק הנדרשת ולפי היכולת של מערכת ה-DSP. נבחר למשל חלוקה של הטווח של אמפלוטודה  $[0.5, 2]$  לארבע רמות של ערכים אנלוגיים  $[0.5, 1, 1.5, 2]$ . ניתן אז להגדיר כל רמה כמספר (מילה) בינרי בעלי שני סיביות  $\{00,01,10,11\}$  באתם לטבלה:

מס' רמה:	0	1	2	3
מילה בינארית	00	01	10	11
ערך אנלוגי	0.5	1	1.5	2

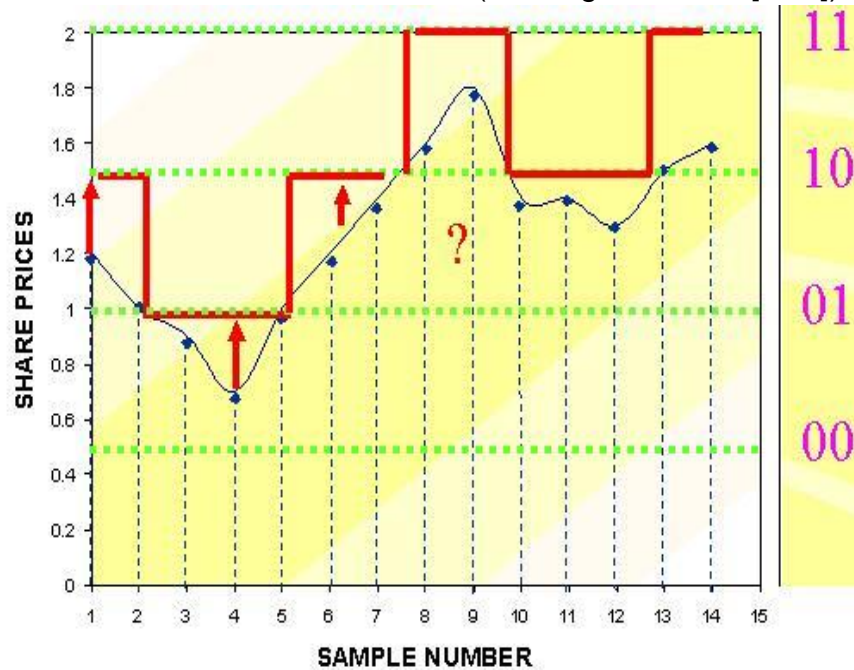
אחרי החלוקה לרמות מבצעים תהליך "העלאה" כלומר מעגלים את הערך האנלוגי הנדגם לרמה העליונה הקרובה.



: תהליך ההעלאה לרמה הבינארית הקרובה מלמעלה.



במילה של שתי סיביות מח נגדיר את המספר המופיע ראשון בצד שמאל ח כסיביה במשמעות גבוהה (more significant bit [MSB]) כי הוא מגדיר את שני רמות העליונות. ח מוגדר כסיביה במשמעות נמוכה (less significant bit [LSB]).



כימות האות למילה בנרית של שתי סיביות.

### לסיכום

- לכל ממיר אות אנלוגי לספרתי יש שלושה פרמטרים עיקריים:
  1. תחום מבוא אנלוגי
  2. תדר דגימה מספר סיביות מוצא.
  3. תדר הדגימה ייקבע לפי קצב שינוי האות הנדגם מספר הרמות הספרתיות ייקבע לפי הרזולוציה הנדרשת גם הגדלת התדר וגם מספר הרמות יגדילו את הזיכרון הנדרש

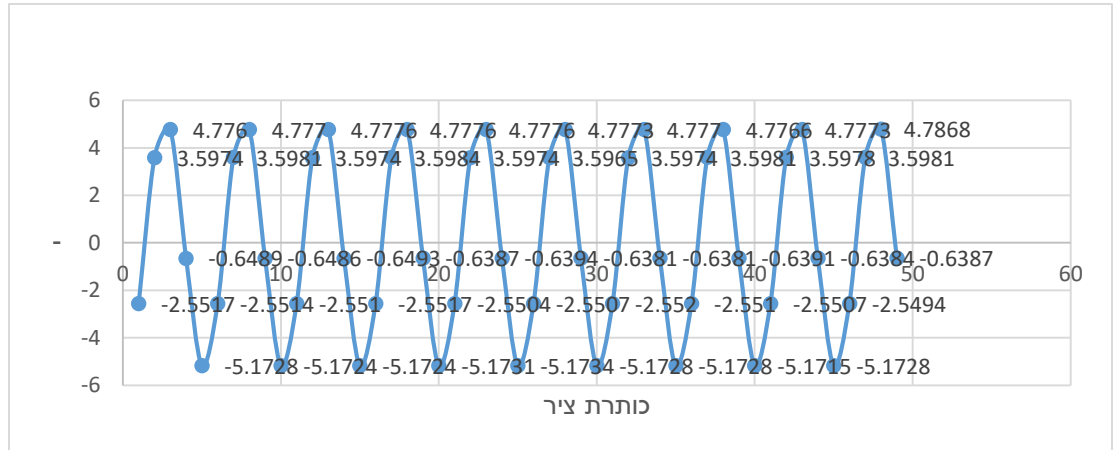
**תוצאות דגימת מדידה שהתבצעו במעבדה**

**ערכים**

**שנדגמו**

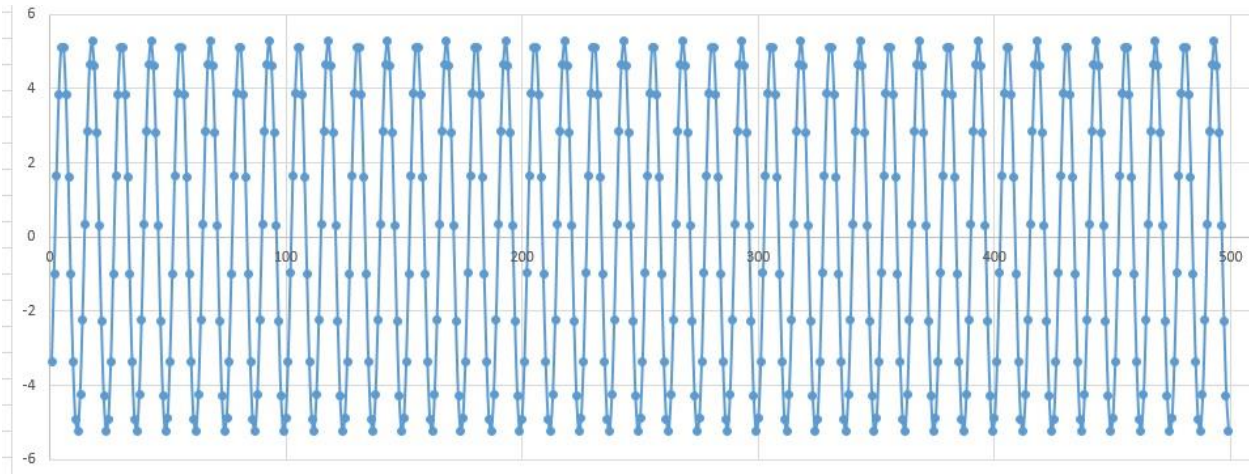
- 2.5517
- 3.5974
- 4.776
- 0.6489
- 5.1728
- 2.5514
- 3.5981
- 4.777
- 0.6486
- 5.1724
- 2.551
- 3.5974
- 4.7776
- 0.6493
- 5.1724
- 2.5517
- 3.5984
- 4.7776
- 0.6387
- 5.1731
- 2.5504
- 3.5974
- 2.551
- 4.7776
- 3.5981
- 0.6394
- 4.7766
- 5.1734
- 0.6391
- 2.5507
- 5.1715
- 3.5965
- 2.5507
- 4.7773
- 3.5978
- 0.6381
- 4.7773
- 5.1728
- 0.6384
- 2.552
- 5.1728

**אות מדגם בתדר של HZ10**

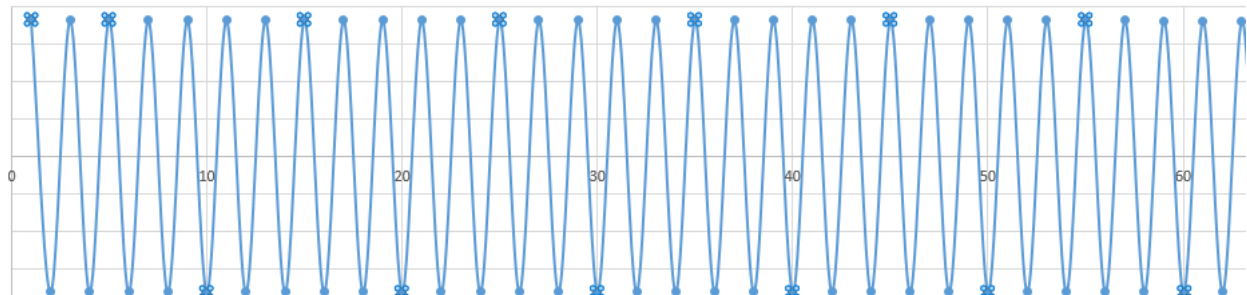


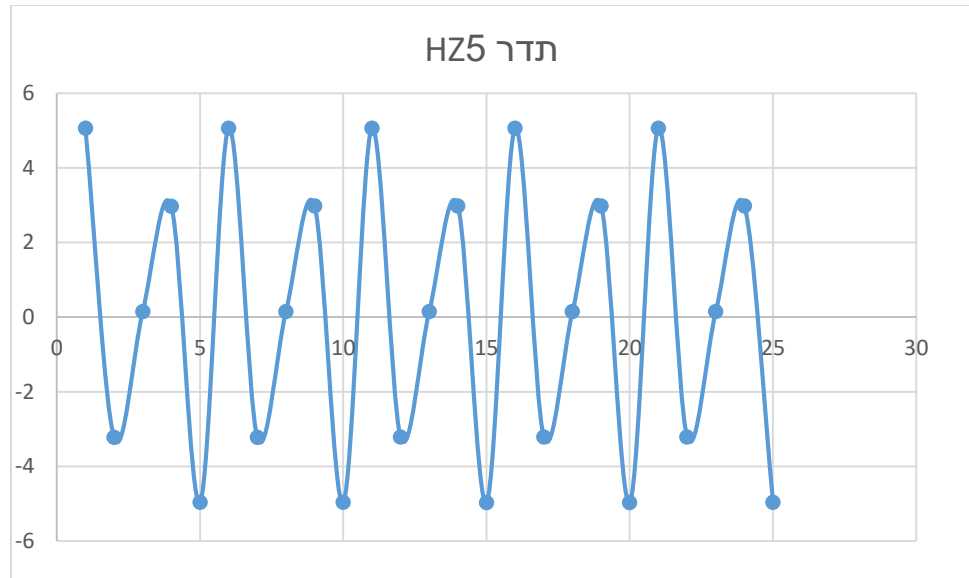
3.5974 -2.5494  
4.777 3.5981  
-0.6381 4.7868  
-5.1728 -0.6387

### אות דגימה ב- 100 הרץ

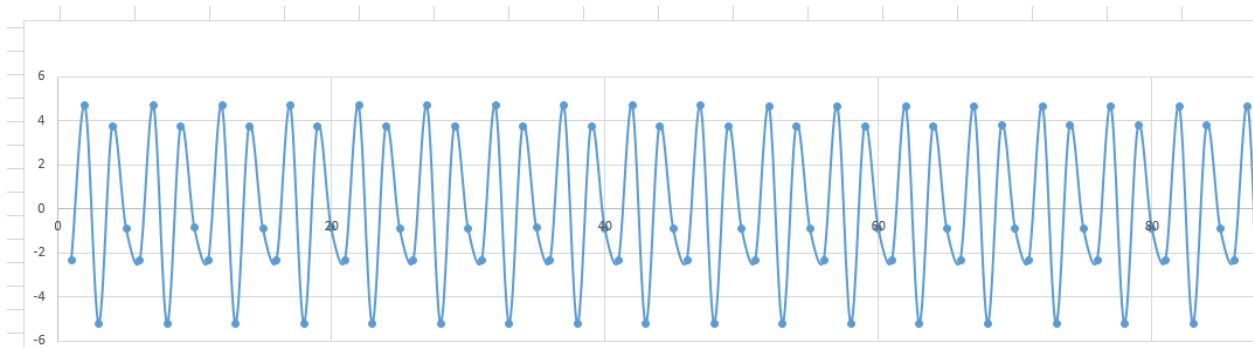


דגימות במחזור 16hz





**20 Hz תדר דגימה**



**25 תדר דגימה**

