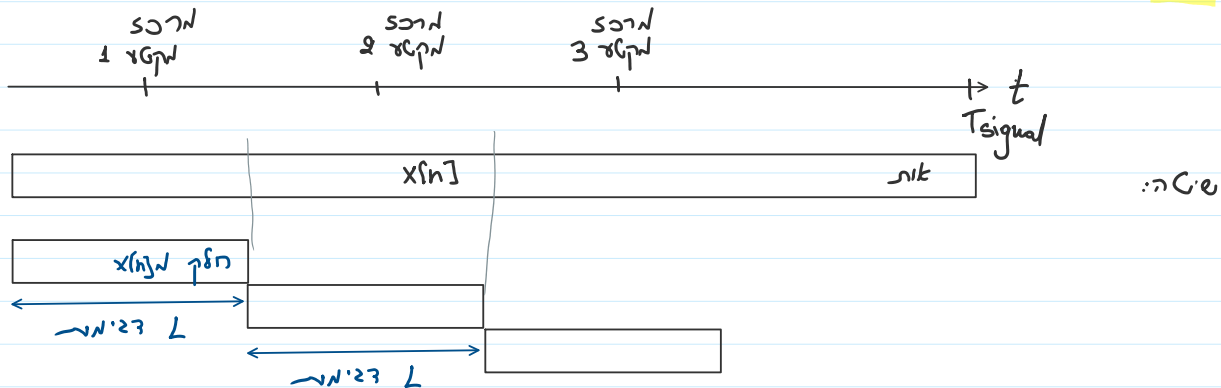


Short-Time Fourier Transform (STFT)

מטרה: נתון אות לשנים גססן (תדר לשנה)

* כמות נקודות על ציר הזמן הוא בהתאם למספר המקטעים



1. חלוקה של האות למקטעים באורך שווה L

הערה: חלוקה לשנים הכפלה בחלון להפוך גזיב נעזרים חלון מסוג אחר.

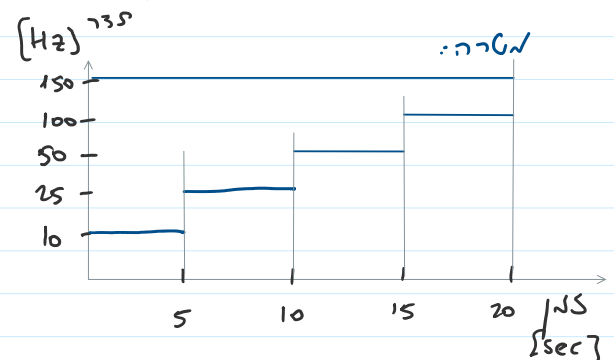
2. חישוב התמרת DFT לכל אחד מהמקטעים

3. צירוף תוצאות לגזלס מסמן/תדר

דוגמה מספרית: נתון אות באורך של 20sec, תדר צמנה 400Hz.

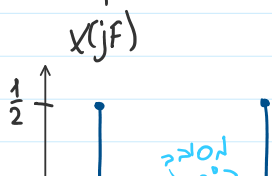
$$x(t) = \begin{aligned} &\cos(2\pi 10t) & 0 \leq t \leq 5 \text{ sec} \\ &+ \cos(2\pi 25t) & 5 < t \leq 10 \text{ sec} \\ &+ \cos(2\pi 50t) & 10 < t \leq 15 \text{ sec} \\ &+ \cos(2\pi 100t) & 15 < t \leq 20 \text{ sec} \\ &+ \cos(2\pi 150t) & 0 \leq t \leq 20 \text{ sec} \end{aligned}$$

→ גזלס הישנה



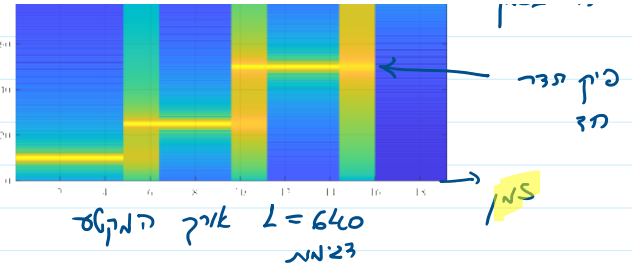
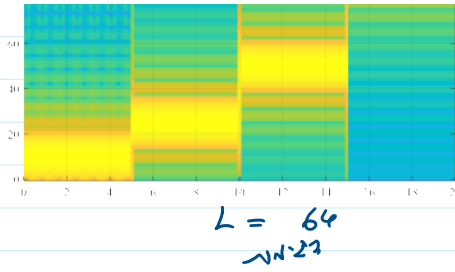
1. נתון את האות למקטעים של 2.5sec = 1000 צמנה כס אחד
= 8 מקטעים

2. התמרת DFT לכל מקטע ומקטע בנפרד. דוגמה: עבור מקטע 1

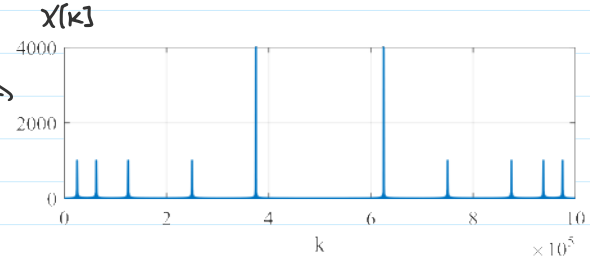


$$\begin{aligned} x_1(t) &= \cos(2\pi 10t) + \cos(2\pi 150t) & 0 \leq t < 2.5 \text{ sec} \\ x_2(t) &= \cos(2\pi 10t) + \cos(2\pi 150t) & 2.5 \leq t < 5 \text{ sec} \end{aligned}$$

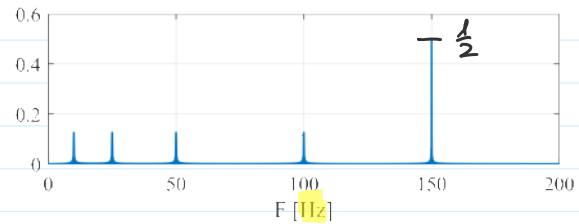
ספירת פזיק מידור



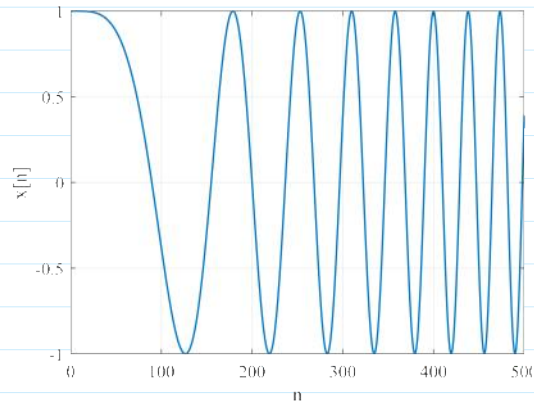
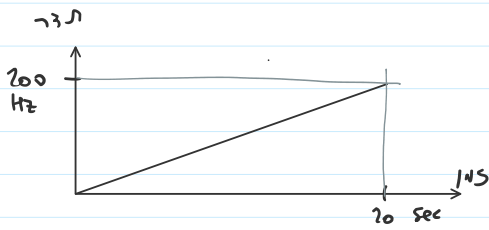
→ התחנה DFT של כל האלמנטים חלוקה
למיקסים



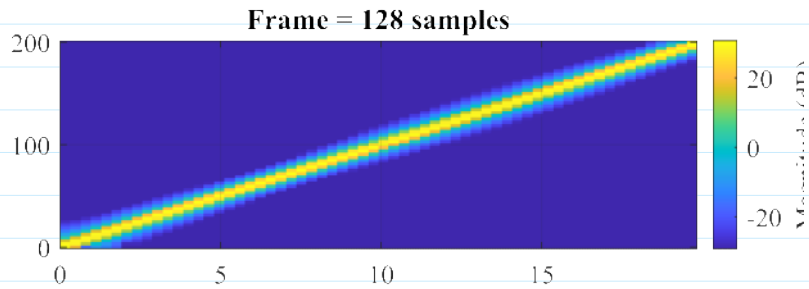
→ נירמול אנפליטה
ושיוק תצרים



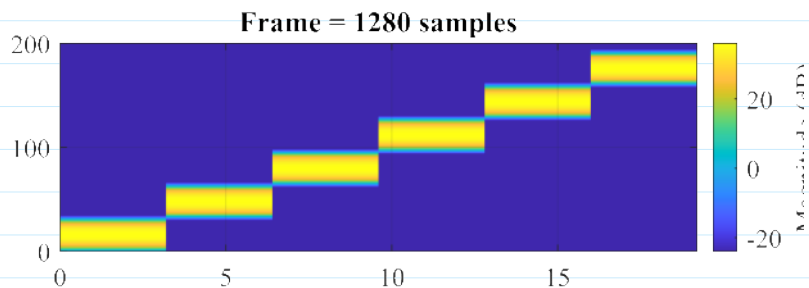
דוגמה נוספת: שני עיגולים של המידור 1 Hz עם 200 ע"פ 20 שניות (chirp)



למיקסים קצרים: לעקב אוב
ימור במלן



למיקסים ארוכים: במקרה
הזה לא במלן ואם
המידור צ'וק נמוך:



המידור: ישנם הרבה ימור במיקס
אחר
במלן: לא מספיק אטוב אחר:



מתוך: ישנם הרבה מרחב במקום
אחר
במרחב: על המסביב לא טוב אחרי
ש'נו'.

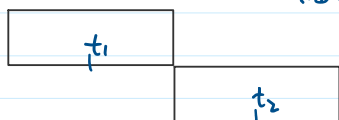
overlap

שיטה לשיפור תוצאות: חפיפה בין המרקעים (בז"כ 50% ומעלה)

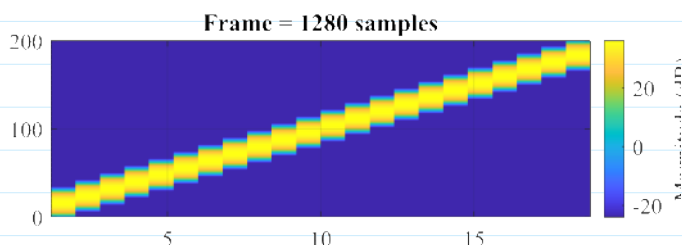
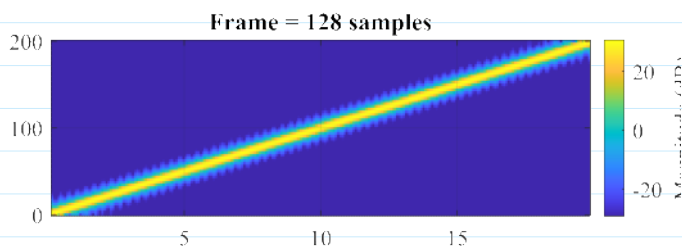
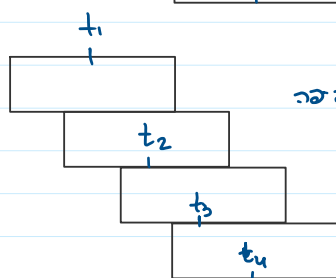
השיטה מוצגת יותר נקודת בדיד המרחב

דוגמה קוצלת, הפסג עם
חפיפה של 50% בין המרקעים

כל חפיפה



עם חפיפה



תכנון מסנן FIR

המסנן = FIR * Finite Impulse Response

$$M+1 \text{ אורך} \quad h[n] = [b_0, b_1, \dots, b_M]$$

למחרת של תכנון מסנן FIR

$x[n]$ - אות כניסה, $y[n]$ - מוצא

$$y[n] = x[n] * h[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k]$$

$$= b_0 x[n] + b_1 x[n-1] + \dots + b_M x[n-M]$$

* סיבוכיות חישוב: עבור כל דגימה של $x[n]$ יש 8 בציג: M

$M+1$ פעולות חיבור
 M פעולות חיבור
אורך טיפוס: M של עשוריות
או לא

* שימוש: כשנדרשת פאזה עניינית, אחרת למשלטים במסנני רול ג'סל פחת
סיבוכיות חישוב

* מסנן LPF

* ציר התדר

passband - תחום $(0, \omega_p)$ מסנן לעבר

stopband - תחום (ω_s, π) מסנן חוסם

transition - תחום (ω_s, ω_p) מסנן לעבר

* ציר אמפליטודה:

- בתחום תדריים $(0, \omega_p)$ העבר המסנן הוא
בתחום $[1 - \delta_p, 1 + \delta_p]$

$$A_p = 20 \log_{10} \left(\frac{1 + \delta_p}{1 - \delta_p} \right) [dB]$$

גליות תחום העבר

- בתחום תדריים (ω_s, π) העבר (הנחתה)
לא יעלה על δ_s

$$A_s = -20 \log_{10} (\delta_s) [dB]$$

גליות תחום חסימה

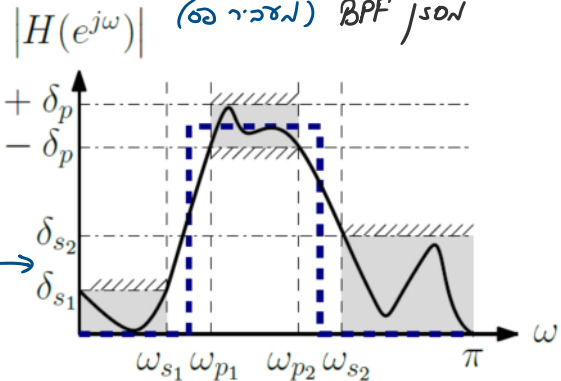
$$1 - \delta_p \leq |H(e^{j\omega})| \leq 1 + \delta_p, \quad 0 \leq |\omega| \leq \omega_p$$

$$|H(e^{j\omega})| \leq \delta_s, \quad \omega_s \leq |\omega| \leq \pi$$

שימוש המכרה:

דוגמה למכרה של

מסנן BPF (לעבר פס)



תדר הקטעון (הגדרה 9.3):

(תדר בריק)

תדר הקטעון ω_{3dB} הוא התדר שבו התגובה בתדר מקיימת $|H(e^{j\omega_{3dB}})| = \frac{1}{\sqrt{2}}$

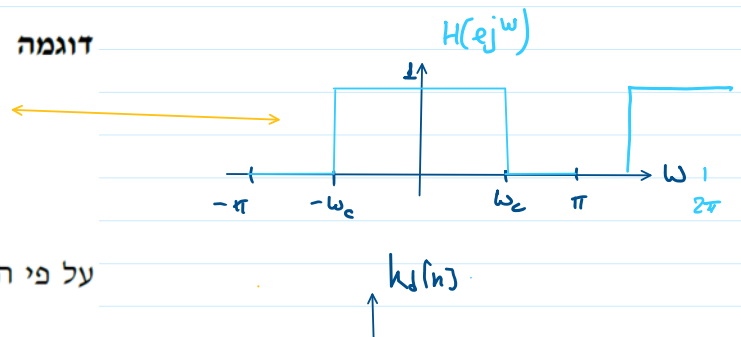
תכנון מסנני FIR בשטח התאור

תכנון:

דוגמה 4.3: מהי התגובה להלם של המערכת בעלת תגובת תדר

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} 1 & |\omega| < \omega_c \\ 0 & \omega_c < |\omega| < \pi \end{cases}$$

מסנן LPF
א. דיא. פ.



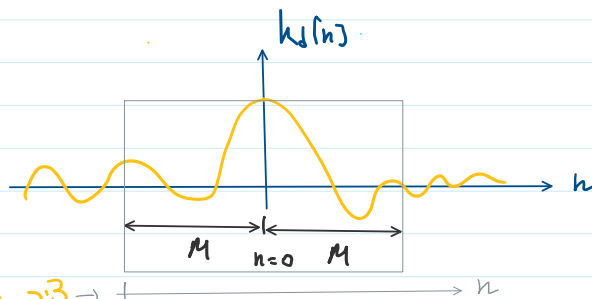
על פי הגדרתה של ה-DTFT ההפוכה:

על פי הגדרתה של ה-DTFT ההפוכה:

$$h[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} e^{jn\omega} d\omega$$

$$= \frac{1}{2j\pi n} \left[e^{jn\omega_c} - e^{-jn\omega_c} \right] = \frac{\sin(n\omega_c)}{\pi n}$$

תאבה עולם
של מסמן אידיאלי



ציר הזמן של מסמן האמיתי
הערה: $n < 0$ אינו באותו כיוון של $n > 0$

על שתיים בגובה עולם של מסמן אידיאלי. עמיתן מסמן לעשי:

$$h[n] = \begin{cases} h_d[n] & -M \leq n \leq M \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

עקרת $2M+1$ דגימות מרכזיות
הערה: 1. שילוב: 2. M כבי עקרת מסמן סיני

$$w[n] = \begin{cases} 1 & -M \leq n \leq M \\ 0 & \text{אחר} \end{cases}$$

$$= \text{זחלזח} \cdot \text{זחלזח}$$

$$h[n] = h_d[n-M] w[n], \quad n = 0, \dots, 2M$$

$$w[n] = \text{זחלזח}[n-M]$$

עקרת מספר דגימות סיני
= הכפלה בחלון לעשי

$$w[n] = \begin{cases} 1 & n = 0, \dots, 2M \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

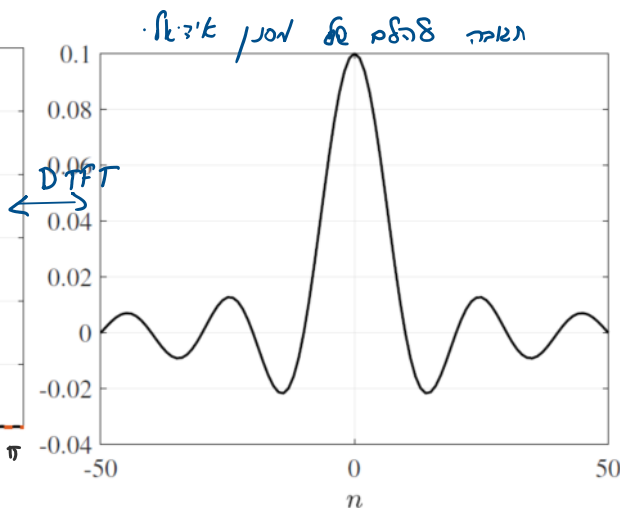
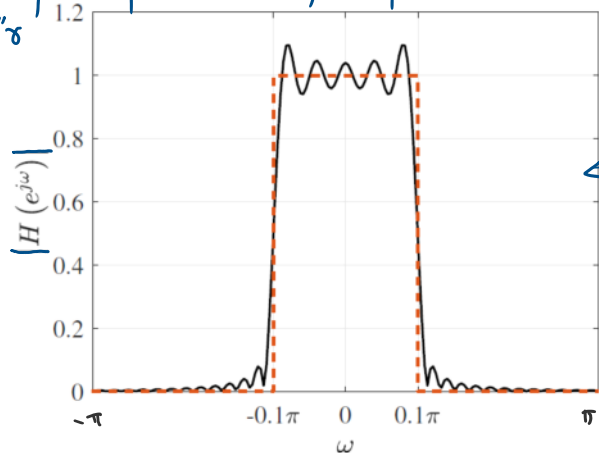
סיכום: מסמן הוא סינוס של התורה של מסמן אידיאלי, מוכפל בחלון, ולעשי.

הערה: פאזה לינארית (תכונה 9.2): מדובר במסנן בעל סימטריה $h[n] = h[2M-n]$, ולכן בעל פאזה לינארית.

$$n = 0, \dots, 2M$$

$$M=50, \quad \omega_c = \frac{\pi}{10}$$

הבדל בין מסמן אידיאלי לבין מסמן האמיתי
ע"כ עשי



את סינוס הכפלה של האות

* הערה: מסמן = סינוס פאזה לעשי
על שתיים תאבה אמפליטודה

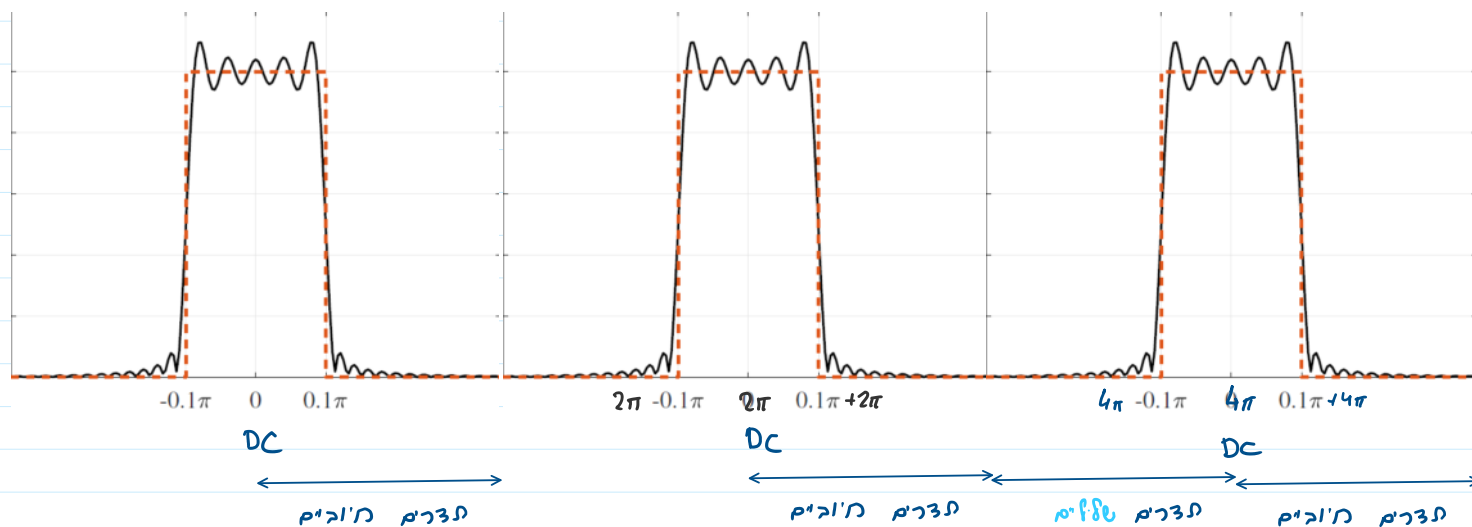
שם: _____ תאריך: _____

$\text{sinc} = \text{קונבולוציה לנדר עם 1}$

מחזוריות של התהליך DTFT

* יש להסתייג על מחזור 1 של π בדגל!

LPF / מסנן



BPF / מסנן

