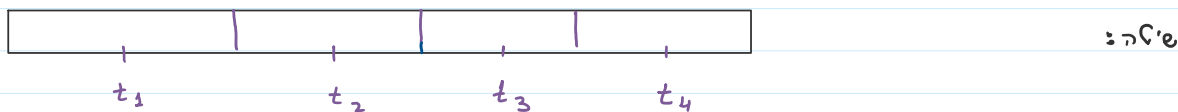


Short-Time Fourier Transform (STFT)

ניתוח אותות עם תדר משתנה בזמן

רקע: בהרבה מקרים תדר האות משתנה בזמן



* חלוקה של האות למקטעים שונים והכפלה בחלון במידת הצורך.

* גיוס התמרת DFT של כל אחד מהמקטעים הנפרד

* חיבור ביחד לתמונה (מטריצה) כוללת למידת זמן ותדר בו-זמנית.

spectrogram
waterfall

אות מקורי בזמן

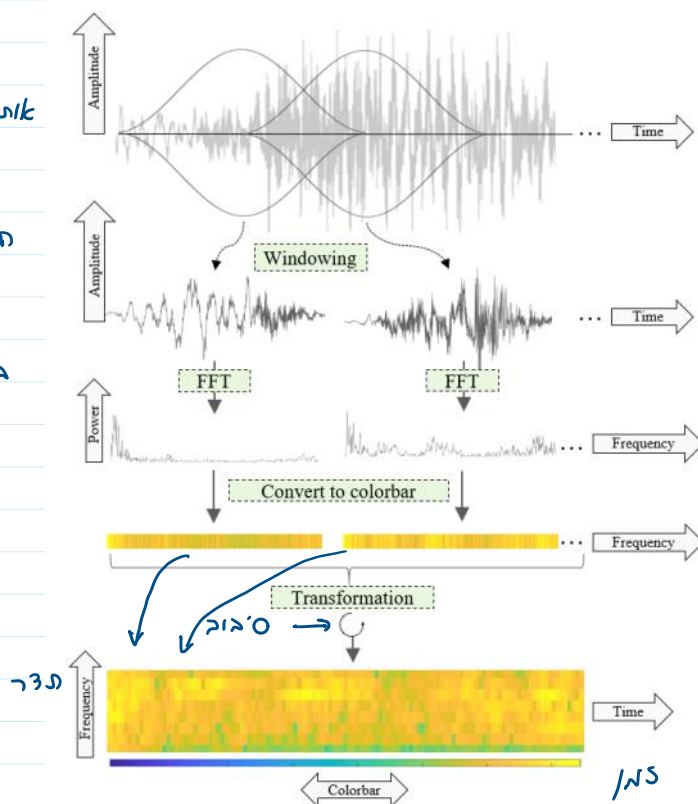
חלוקה למקטעים + הכפלה בחלון

גיוס התמרה לכל קטע

כל התמונה זה "כס צבועות", כאשר צבע מצביע אמפליטודה

מקור התמונה

[Is this a right process flow of stft and spectrogram - MATLAB Answers - MATLAB Central \(mathworks.com\)](https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/1111111-is-this-a-right-process-flow-of-stft-and-spectrogram)

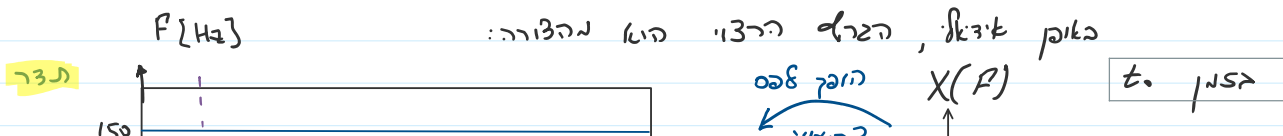


צוואה מסכמת:

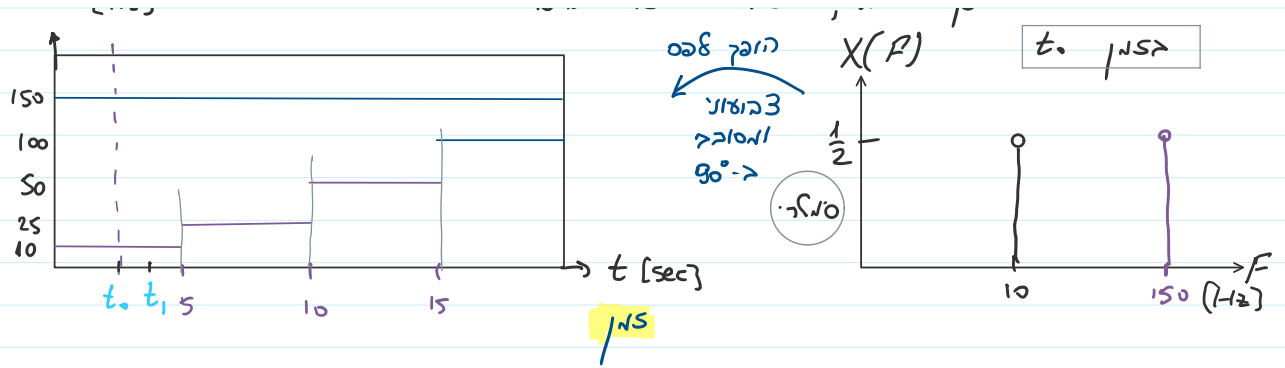
נכון, את האורך 20 sec, צאם בתדר 400 Hz, 4 חלקים

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

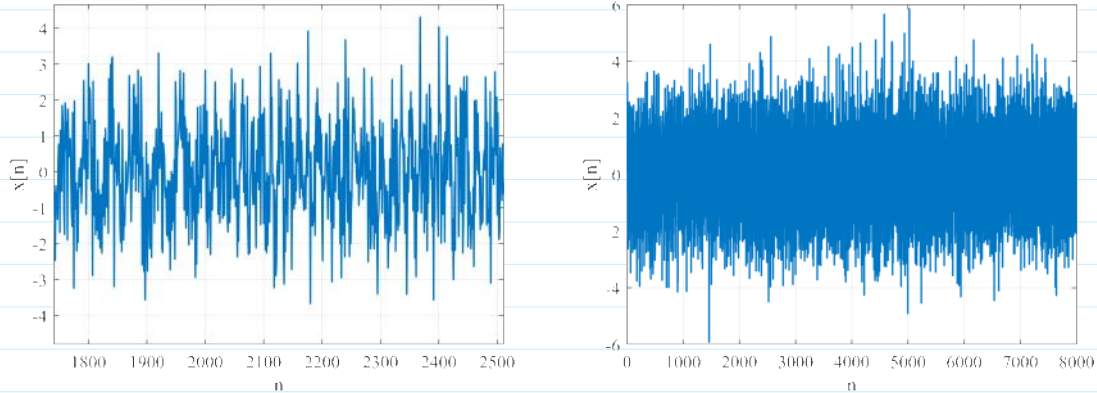
38 רכיבי "בוקר"



תצד

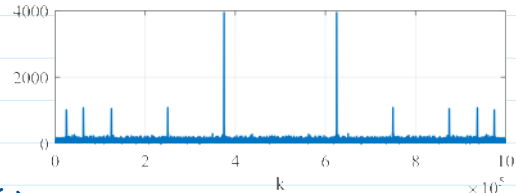


אם $x(t)$ צאם במוסר רעש - אין שום צדק לטווח מעברת בעין



התמרת פורייה (fft) על האר + ריבוע באססים

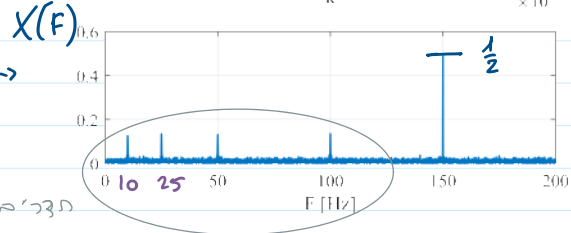
→ תוצאה של פקודה fft



אין צדק להרדו
בין את קצר יאר באמפליטודה
לדוה יאר יאר לגין
לעכ הפוק

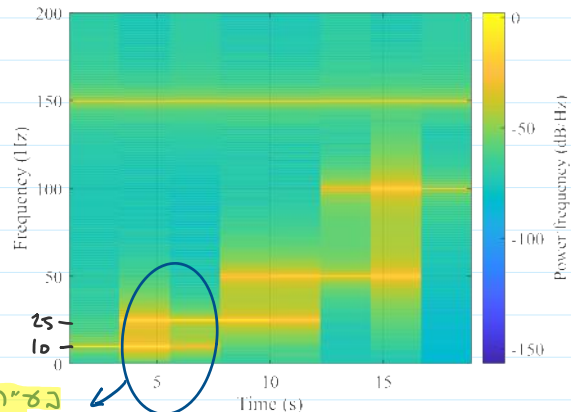
→ אמפליטודה למורגל
לעזרים לשויכים לעזרים אנלוצים

תצרים "לשחנים"



spectrogram עם העזרת כרית לחסל של Matlab

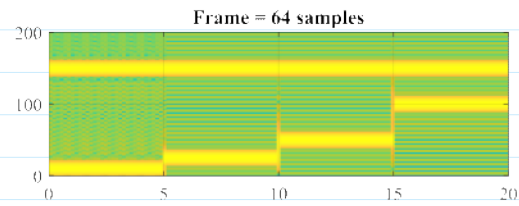
צבע - אמפליטודה ב- dB



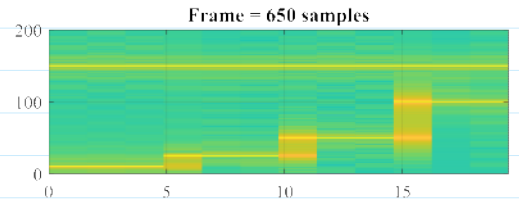
בס"ר : מעברים על חצים בסמן



תצרים	לעברים
לחלשים	חצים קבוצה בזכות
חצים	לחלשים



לוקטים קצרים
← ציוק בטון

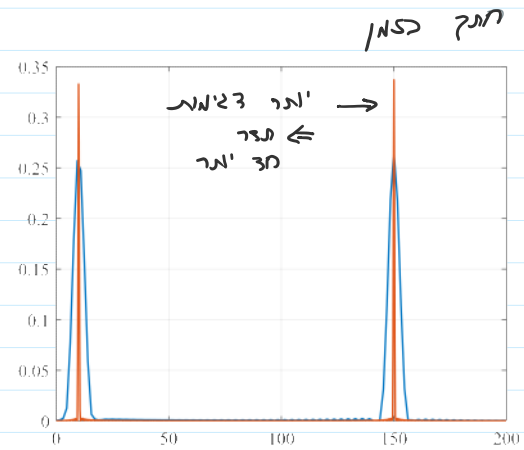
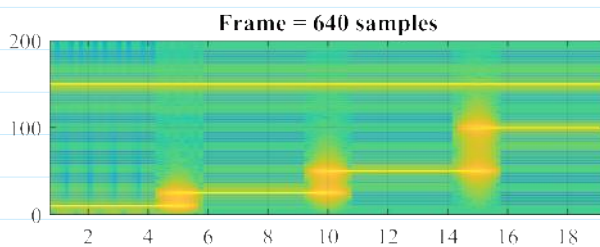
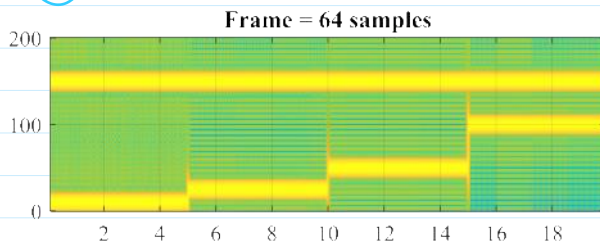
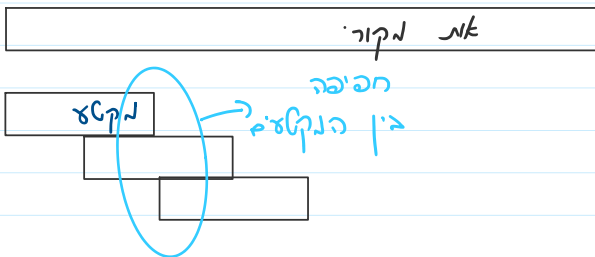


לוקטים ארוכים
← ציוק בגודל

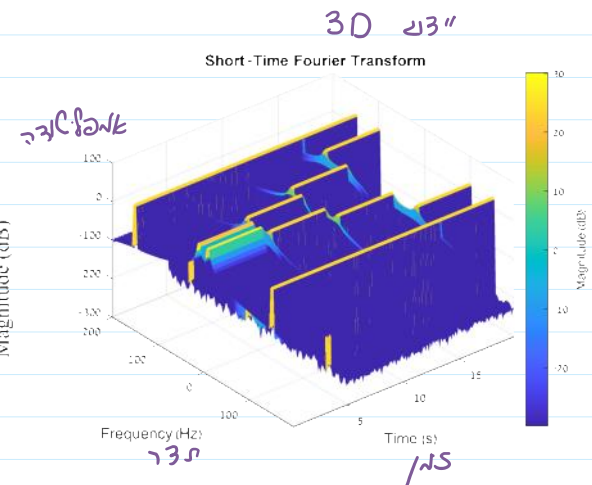
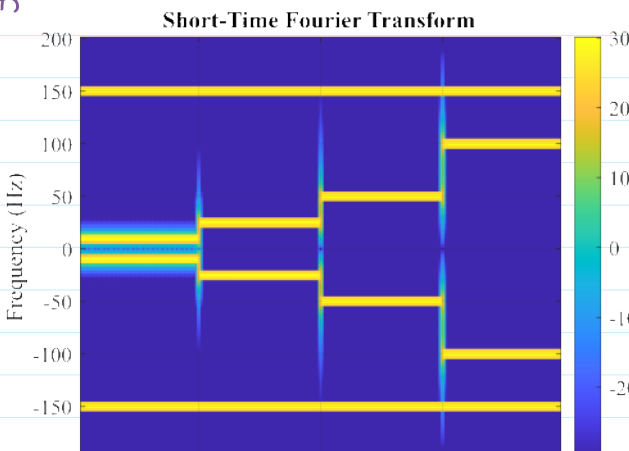
סיכום: לא ניתן להעביר עוצמה בציוק בטון/ארוכה!
ובתור בו-שמיים (עקרון א' ונצח)

האם (הוא) סריב 8000 צג'מא
2000 צג'מא 8000 תצור

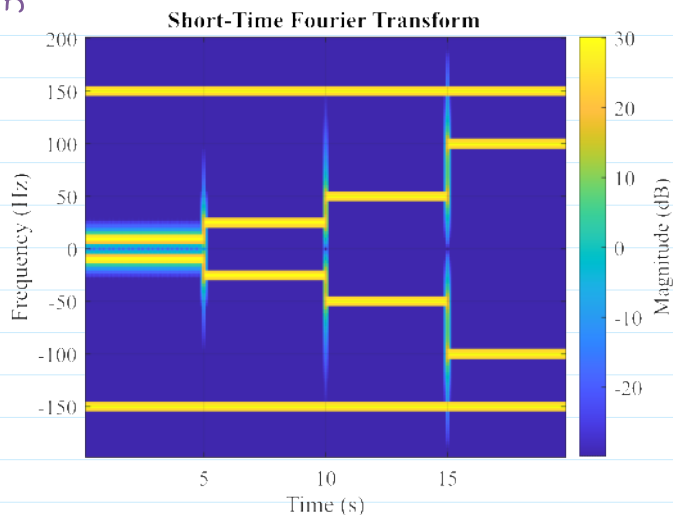
פתרון חלקי



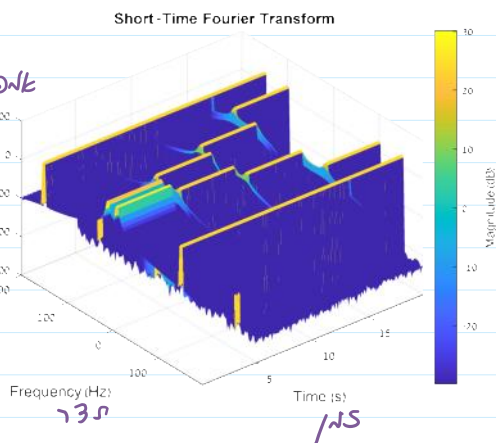
חזון לסוג
אחר



תזון גסוס
אחר



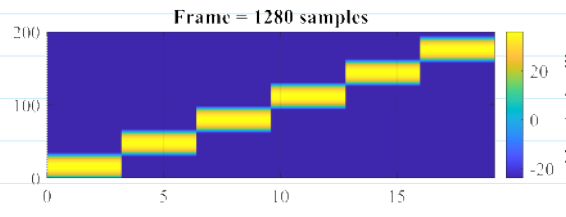
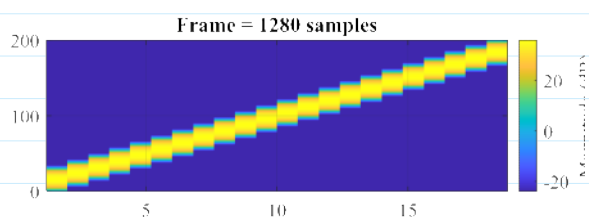
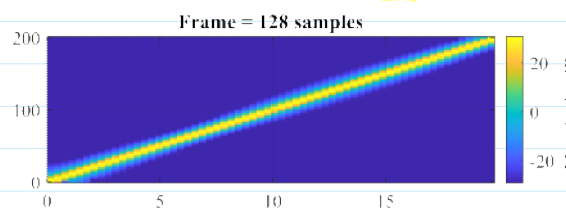
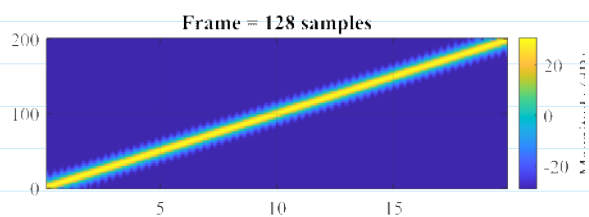
אמפליטודה



תזר

זמן

צולאח למסביר נוסבר: ש"מ תזר רזל ג"ן ס עלמחצ"ה תזר היצ"מ (זמור)
ג"ל חפ"ה ע"ח חפ"ה



הערות: * עכסמ"ס מעדיפ"ס ציר א תזר
ציר י זמן

* חלומ"ה בירה למד"ס: hamming ← קוצר
spectrogram ← קוצר
stft ← קוצר

* עכסמ"ס מעדיפ"ס ג"ס תזר"ס טל"ס

* חפ"ה ג"ן גל"ק"ס נק"ר
overlap

למסביר - למסביר FIR

למסביר FIR: b_0, b_1, \dots, b_M צורה: b_0, b_1, \dots, b_M תזורה ע"ה"ס סוב" באורק M
Finite Impulse Response

Finite Impulse Response : צורה : $h[n] = [b_0, b_1, \dots, b_M]$ נגזרת מהם סוגי באורך M

* עקרון אחר בסיס : $x[n]$, $y[n] = h[n] * x[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k]$

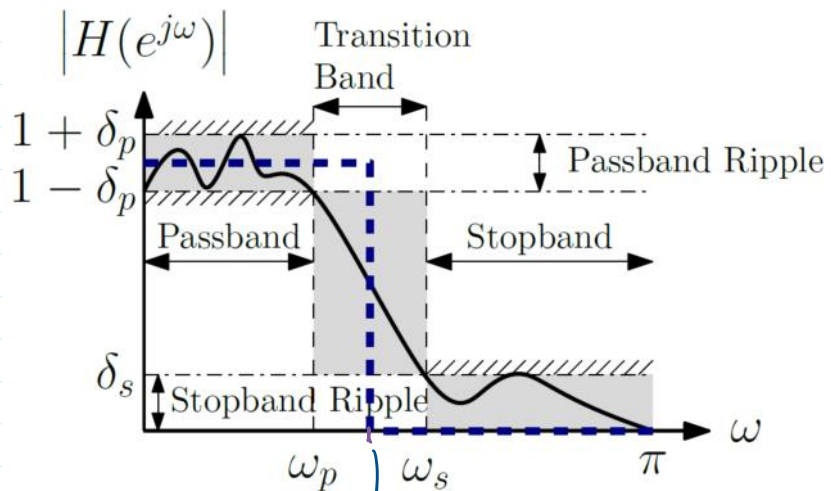
* עקרון של דגימה של $x[n]$ יש עכשיו :

ס'כוביח ח'שוב } $M+1$ בעולה כפס
 M ס'כוביח ח'בור

* שילוח : כשנגזרת פאזה ע'תארי

* אורך ס'כוביח : $M =$ ע'ס'ר'ת או נא'ת

* מפרט ס'כוביח : לס'טן LPF



pass stop : ω_p ω_s

* ע'ס'ר'ת פ'זר ω_p - לס'טן לע'ביר Passband

* אח'ר'י ת'זר ω_s - לס'טן על'א לע'ביר Stopband

* ג'ו'ן $\omega_s - \omega_p$ - ת'חום נ'ע'ביר =

Transition band

ת'חום לע'ביר צ'ר י'תר

= ב'י'צו'ים ט'ל'ים י'תר

צ'ר : ω_p ω_s

לס'טן א'י'נ'אל

* ה'ח'ס למ'זר ω_s , ה'ז'ב'ר (פ'חום נ'ע'ביר)

ע'ל'א י'ע'ל'ה על' ע'י'ק δ_s , או ב'ח'י'י'ת

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

ע'ל'י'ת ב'ת'חום ה'ח'ס'י'ת

ס'כוביח :

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

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

* ג'ו'ן $\omega_s - \omega_p$, ה'ז'ב'ר י'ה'י'ה ב'ת'חום

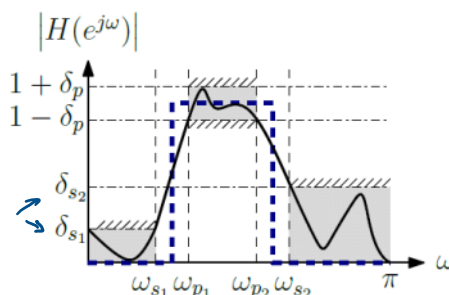
ע'ל'א $1 - \delta_p$ ע'ל' ג'ו'ן $1 + \delta_p$, ב'ח'י'י'ת

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

δ_p, δ_s ק'ט'ים י'תר = ב'י'צו'ים

ט'ל'ים י'תר

ע'ל'א ח'י'ב ע'ל'י'ת

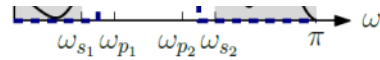


צ'ו'נ'ת ע'ביר

BPF לס'טן

ת'כ'ו'י'ת

בה



תכונה

* תדר הקטעון (הגדרה 9.3):

(מצד ברך)

$$|H(e^{j\omega_{3dB}})| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

תדר הקטעון ω_{3dB} הוא התדר שבו התגובה בתדר מקיימת

הערה: ב"כ לאפיינים גזיר האמפליטודה הם $\rightarrow -6$ dB.

תכונות מסנן FIR גשלת החלומות

הקצמה: מסנן LPF אידיאלי

דוגמה 4.3: מהי התגובה להלם של המערכת בעלת תגובת תדר

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

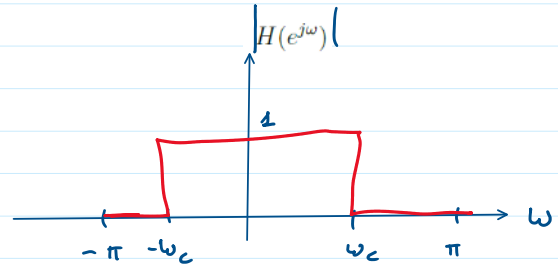
מסנן LPF אידיאלי

על פי הגדרתה של ה-DTFT ההפוכה:

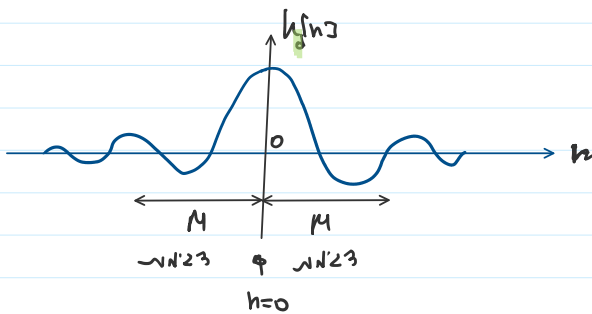
$$h[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} e^{jn\omega} d\omega$$

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

$\rightarrow \infty < n < -\infty$
איסופי ולא סימטרי



טענה: * $2M+1$ דגימות מרכיבית למעק ולזדה עליהם אידיאלי



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

* הסטה ג- M כדי לקבל מסנן סימטרי

$$h[n] = h_d[n+M] w[n]$$

חיתוך בזמן משמש הכפלה בחלון [חלל בזמן]

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

חלון טריאנגולרי = חלון מלבני

דוגמה: מסנן המתקבל עבור חלון מלבני באורך $M = 100$ הוא

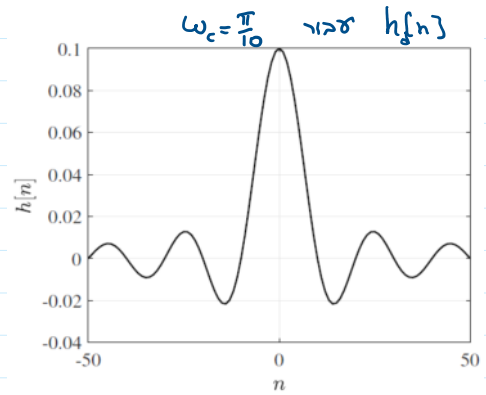
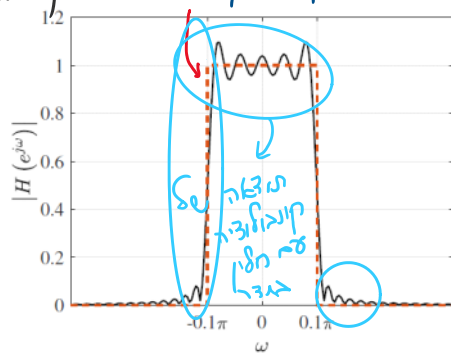
$$h[n] = \begin{cases} h_d[n-50] & n = 0, \dots, 100 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$M=50$

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

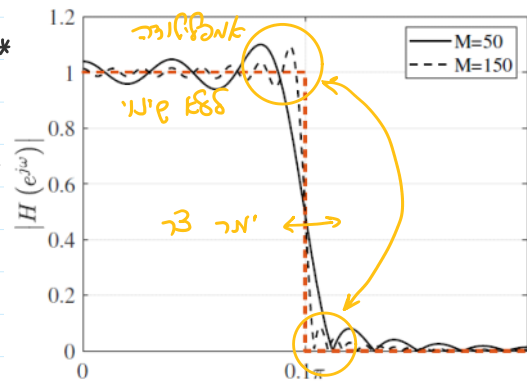
הערה: פאזה לינארית (תכונה 9.2): מדובר במסנן בעל סימטריה $h[n] = h[2M - n]$, ולכן בעל פאזה לינארית. ובעל השהיה M .

השווה בין מסנן אידיאלי למסנן מעשי המקבל



השפעה של אורך המסנן

* הארוך ג'ן $\omega_s \cdot \delta \cdot \omega_p$ קטן = ג'יוצי תצור יאר טאגים



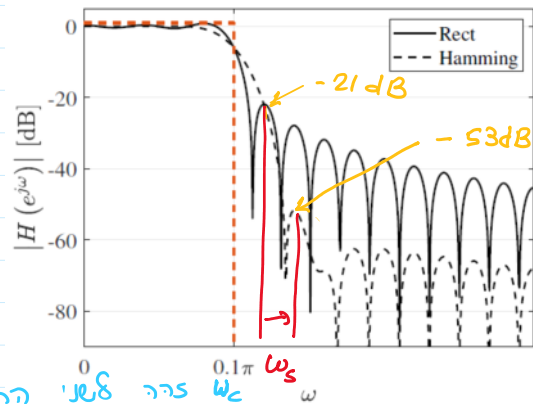
* על ג'אר δ , ω_s עלל שני, בגלל שאורך החסן

על משה גר האמפליטודה עלל רק לכולל

על החסן בגדל, ג'יוצי אמפליטודה עלל שני

* בשביל שיפור ביצועים באמפליטה, נדרש להגדיל את מספר החסן (על חסון ג'יוצי בגדל, כי עלחון להג'ני ביצועי תצור הכי טאגים)

* ניתן לעצב על ג'יוצי פחמים בגלל החסון ע"י הוספה באורך המסנן



שיפור ביצועי אמפליטה -32dB

ד) חלון שונה עבור $M = 50$ הפס בין ω_s ל ω_p אצל פ"ב