

פסגון ואפיון מסננים

FIR

מסנן

מסנן לעצירה

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

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

ripple = גלי

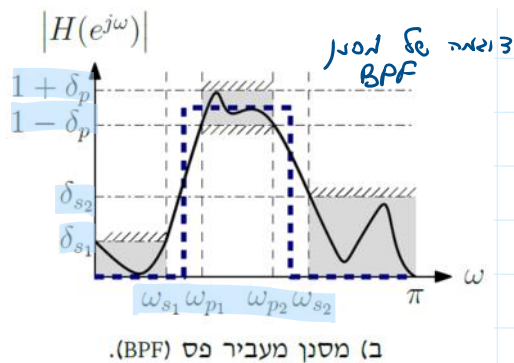
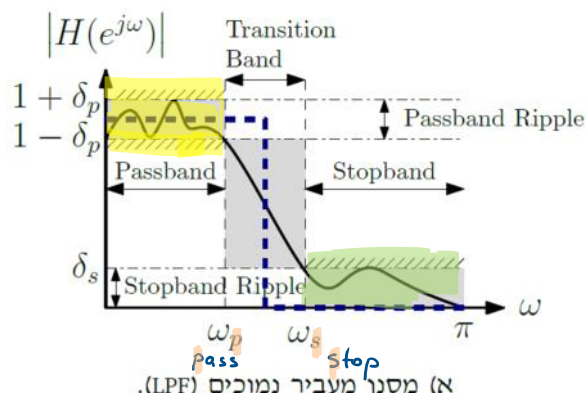
$$A_p = 20 \log_{10} \left(\frac{1 + \delta_p}{1 - \delta_p} \right)$$

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

דוגמה: מסנן לעצירה אטמפליטודי עמוק
 $A_s = 60 \text{ dB} \Leftrightarrow \delta_s = 10^{-3} \Leftrightarrow 1000$ פ.

$$h[n] = \dots \quad n = 0, \dots, N-1$$

מסנן מסוג LPF



דוגמה של מסנן תבן - שילת חלומות

שטח:

חץ ימני \leftarrow תשובה אינסופית
 חץ שמני \leftarrow זמן סביבתי

חיתוך של $N=2M+1$
 דגימות לרכיביות

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

1. חישוב תאורה להם של מסנן איזאל, בחול
 2. הכפלה בחלון לעצירה
 3. הכפלה בחלון על מלכני (אינברסיה)
 4. הצגה ב-M כדי לקבל מסנן סיבתי

$$h_z[n] = h[n-M] w[n-M]$$

הערה: המסנן המתקבל הוא בעל פאזה ליניארית

$$h[n] = h[2M-n]$$

FIR רק אם נדרשת פאזה ליניארית \leftarrow מסנן IIR דוגמה ידועה פחות חישובים
 יתרון בעלות סימן

נקח מסנן LPF אידיאלי מהצורה:

$$H_d(e^{j\omega}) = \begin{cases} 0 & |\omega| > \omega_c \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \iff h_d[n] = \frac{\sin(\omega_c n)}{\pi n}$$

דוגמה למסנן:

שלב א' - פסגון

1. תשובה להם של מסנן איזאל

2. חיתוך N דגימות מסוג $\delta[n]$

4. הצגה

שלב ב' - מילוי

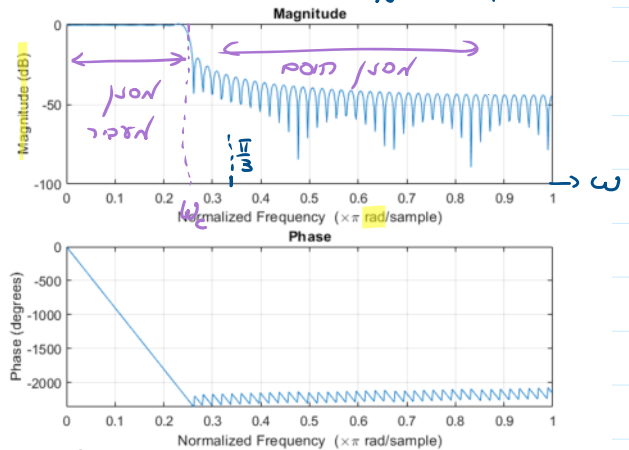
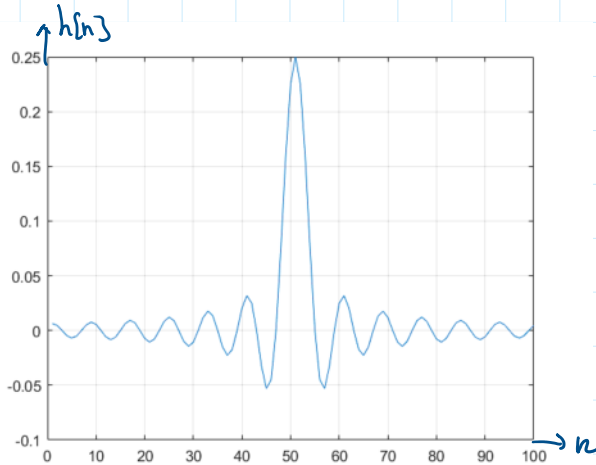
(4) הסדר

שלב ב' - מ'מ'מ'מ'

$$H(e^{j\omega_c}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (\text{תצד מ'מ'מ'מ' - פ'ר ק'ס'ו'ן})$$

$$\omega_c = 0.25\pi = \frac{\pi}{4}$$

$$N = 101$$



N = 101;
w_c = pi/4;
n = (0:N-1) - N/2+1/2;
h_d = sin(w_c * n)./(pi*n);
h_d(N/2+1/2) = w_c/pi; % solve the limit problem
figure; plot(h_d); grid on; xlim([0 N-1])
figure; freqz(h_d)

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)}{x} = 1 \leftarrow h[\frac{N}{2} + \frac{1}{2}]$$

$$H(e^{j\omega})$$

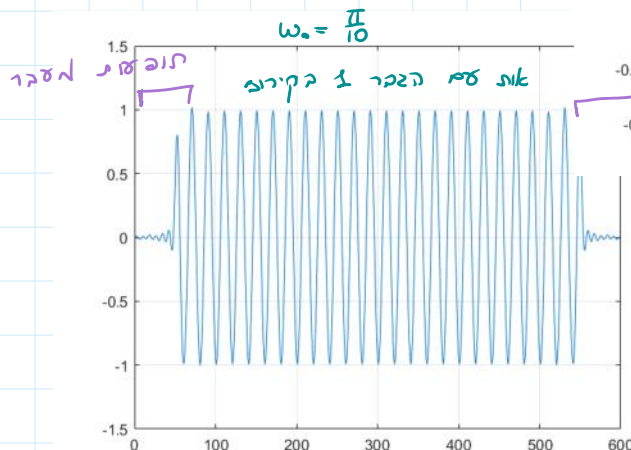
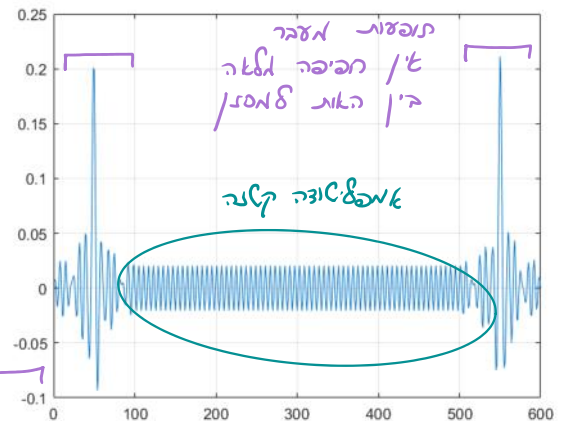
* ג'מ'ל'ה הס'ר י'ס ב'ס'ה ע'ס'ת'מ'ל'ה
ב'ל'פ'ר ע'ס' ω_s, ω_p

M = 50;
w_c = pi/4;
n = -M:M;

שלב ג' - ב'ז'י'ק'ר ב'ז'ו'ס'ר'מ'

$$x[n] = \cos(\omega_0 n) \quad \omega_0 = \frac{\pi}{3}$$

n = 0:500;
x = cos(pi/3*n);
y = conv(x, h_d);
figure; plot(y); grid on; xlim([0 500])

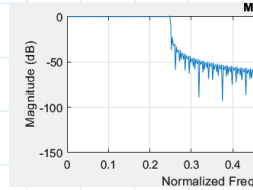


ש'ל'ה: הס'פ'ר ש'ל א'י'ק ה'ס'ט'ו'ן N ע'ס' ב'ז'ו'ס'ר'מ'

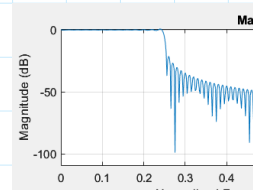
שאלה: הפסדה של אורך הטרנסן N על גיבועים עקרוניים

תשובה: א. אמפליטודה: $h_d[n] = \frac{\sin(\omega_c n)}{\pi n}$
 באורך הטרנסן \Rightarrow נקבע ע"י טעון גלגל

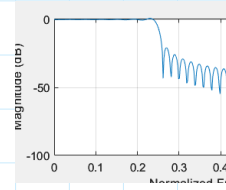
ג. תצרים



$M=300$



$M=100$



$M=50$

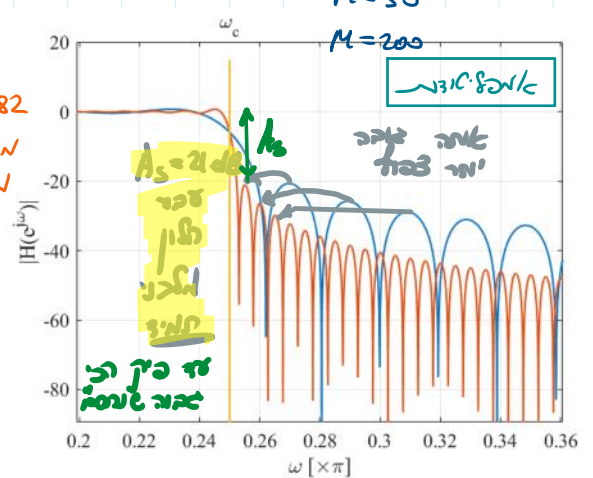
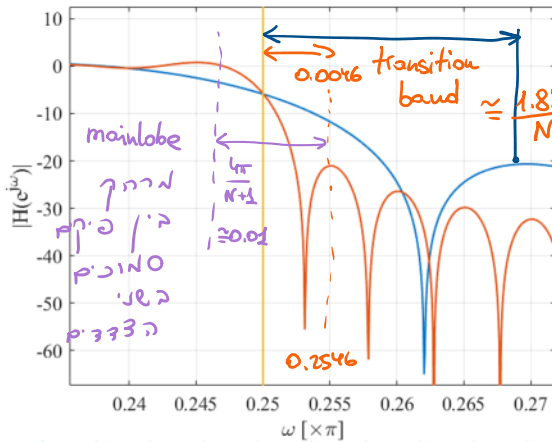
אזור transition ניה צר י"ר M גבוה M נמוך
 \Rightarrow י"ר קרוב לטרנסן אפילו

פרמטר: אורך הטעון

השואה בן מסננים שונים עם הבדל באורך הטעון

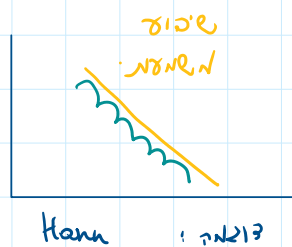
$M=50$

$M=200$

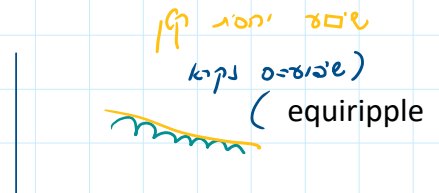


פירמטר: סוג הטעון
 סוג הטעון עקרוניים

סוג הטעון: $2 * \Rightarrow$ ערכי יחידה
 סוג הטעון A_s (גלגל)



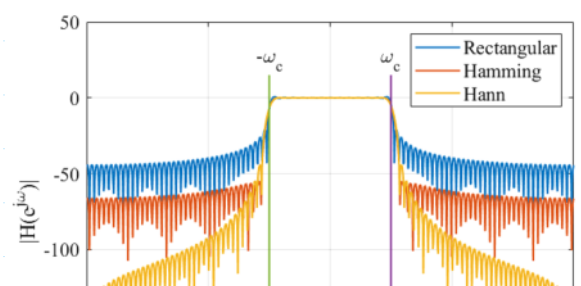
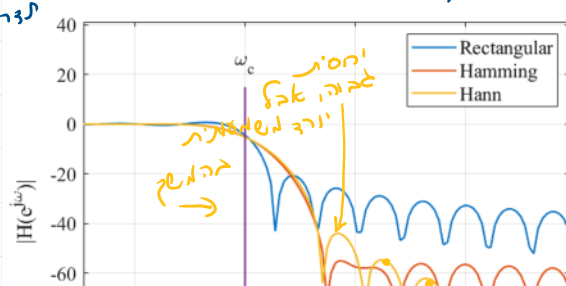
דוגמה: Hann

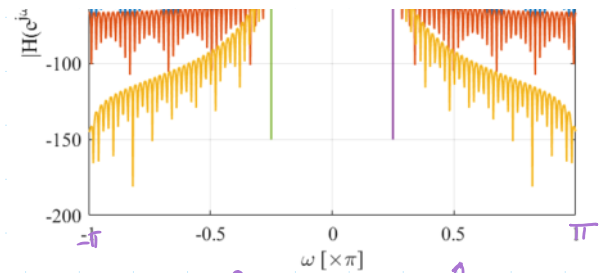
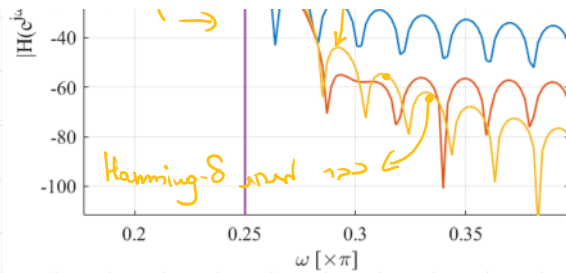


דוגמה: Hamming
 גלגל

טעון Hann הוא בדרך כלל עדיף לטעון

דוגמה: 3 סוגי טעון





סיכום:

- תכנון מבוסס ביטוי אנליטי של תגובה להלם.
- ביצועים מושפעים מאורך וסוג החלון.
- ישנו תעדוף (trade-off) בין אורך המסנן וביצועים

מפרט מסנני IIR

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

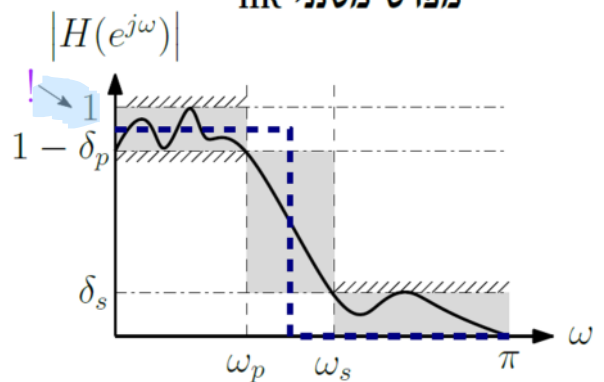
$$|H(e^{j\omega})| \leq \delta_s,$$

$$0 \leq |\omega| \leq \omega_p$$

$$\omega_s \leq |\omega| \leq \pi$$

$$A_p = -20 \log_{10} (1 - \delta_p)$$

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



שיטות תכנון מסנני IIR - מבוסס על הערכות גמנות 4.37

- * Butterworth מסננים בשיטה זאת הן חלקות (ללא גליות) לאורך כל תחום התדרים.
- * I Type Chebyshev מסנן עם גליות אחידה בתחום העברה (passband). פחות סיביות ממסנן Butterworth מסוג
- * II Type Chebyshev מסנן עם גליות אחידה בתחום חסימה (stopband).
- * Elliptic מסנן עם גליות אחידה בתחום חסימה (stopband) ובתחום העברה (passband). פחות סיביות ממסננים מסוג Chebyshev

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)}$$

שיטות מתקדמות

תכנון מסננים ע"י Matlab

`filter_lpf = designfilt`
 פקודה
 אשנה
 סגור המסנן