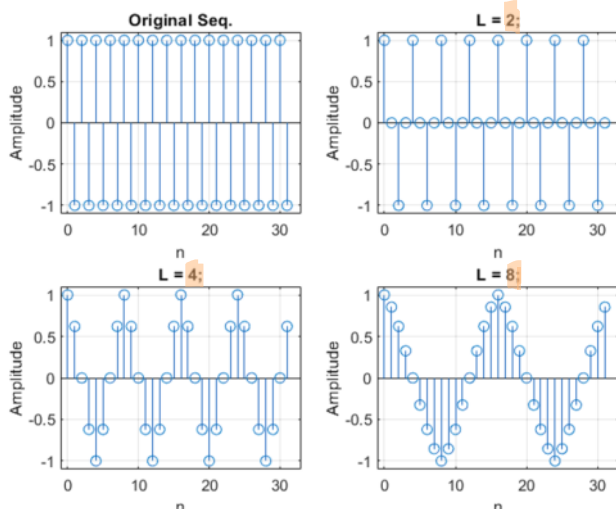


נתונה זצ"מ, $x[n]$



$y[n]$
שקט
פי 8
יותר זצ"מ

העלת תצ"ר זצ"מ של L פעמים

* הקצמה: up-sampling

הערה: מכניסים בין שתי דגימות $L-1$ אפסים

$$x[n] = \{1, 2, 3, 4\} \quad L=2$$

$$y[n] = \{1, 0, 2, 0, 3, 0, 4, 0\}$$

$L-1$ אפסים

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - kL]$$

$$= \begin{cases} x[\frac{n}{L}] & n = kL \\ 0 & \text{אחרת} \end{cases}$$

* ניתוח של זצ"מ במישור התצ"ר (DTFT)

$$Y(e^{j\omega}) = X(e^{j\omega L})$$

$$\omega_x = \pi \rightarrow \omega_y = \frac{\pi}{3}$$

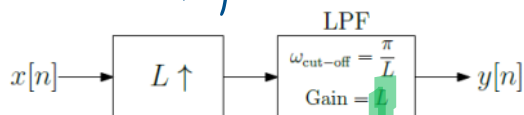
$$-\pi \rightarrow -\frac{\pi}{3}$$

$$3\pi \rightarrow \pi$$

$$\omega_x = \omega_y \cdot L \Leftrightarrow \omega_y = \frac{\omega_x}{L}$$

אינטרפולציה

שינוי של זצ"מ וסימן למאמ



הקצת תצ"ר זצ"מ = פחות זצ"מ

* הקצמה: תת-זצ"מ

הצורה: לשמור ערכים בקצב של M ולארוך של המס

$$x[n] = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$y[n] = \{1, 3, 5\}$$

$M=2$

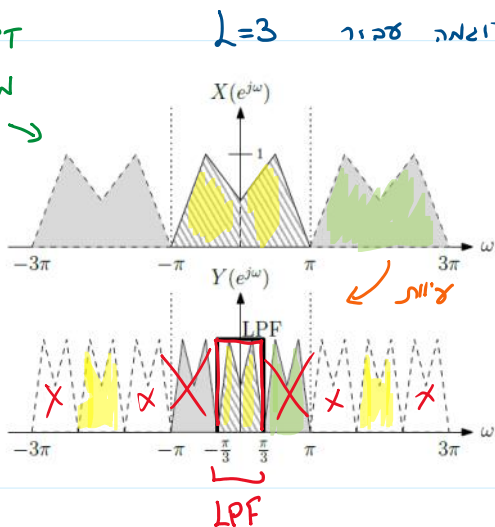
* ניתוח במישור התצ"ר (DTFT)

$$Y(e^{j\omega}) = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} X(e^{j\frac{1}{M}(\omega - 2\pi m)})$$

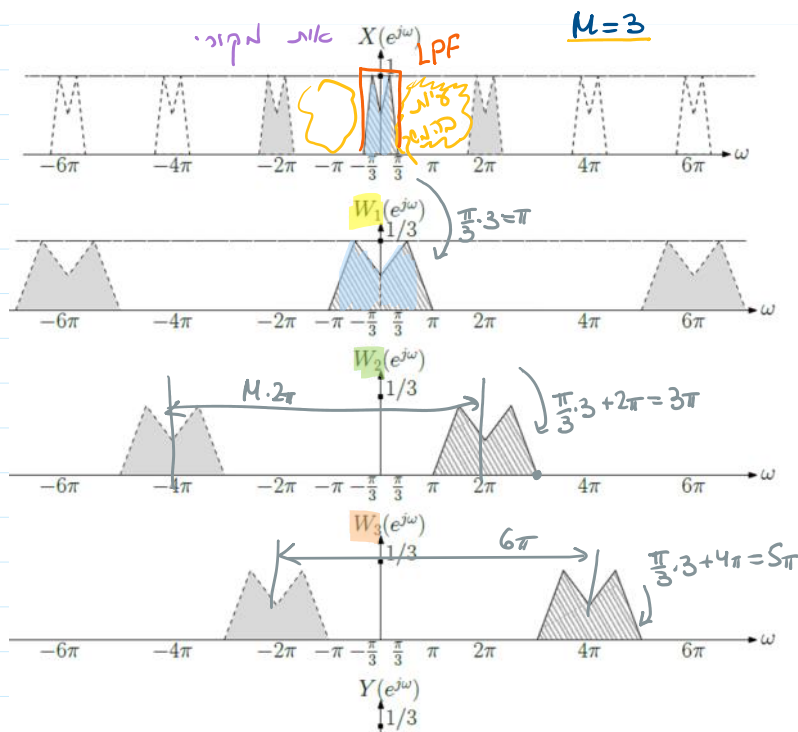
$$= \underbrace{\frac{1}{3} X(e^{j\frac{\omega}{3}})}_{W_1(e^{j\omega})} + \underbrace{\frac{1}{3} X(e^{j\frac{1}{3}(\omega - 2\pi)})}_{W_2(e^{j\omega})} + \underbrace{\frac{1}{3} X(e^{j\frac{1}{3}(\omega - 4\pi)})}_{W_3(e^{j\omega})}$$

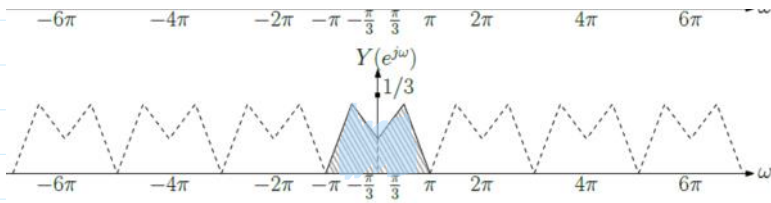
DTFT

לחזור
→ ג-2



* הכפלה ג-2 בשביל שמור אטניה (אמפליטודה)





$$W_1(e^{j\omega}) \quad W_2(e^{j\omega}) \quad W_3(e^{j\omega})$$

$$\omega_x = \frac{\omega_y}{3} \Rightarrow \omega_y = 3\omega_x$$

$$\omega_y = 3\omega_x + 2\pi$$

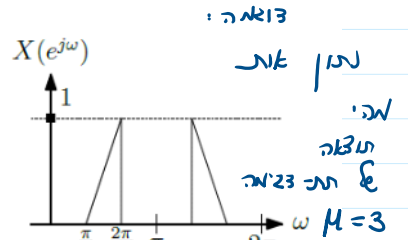
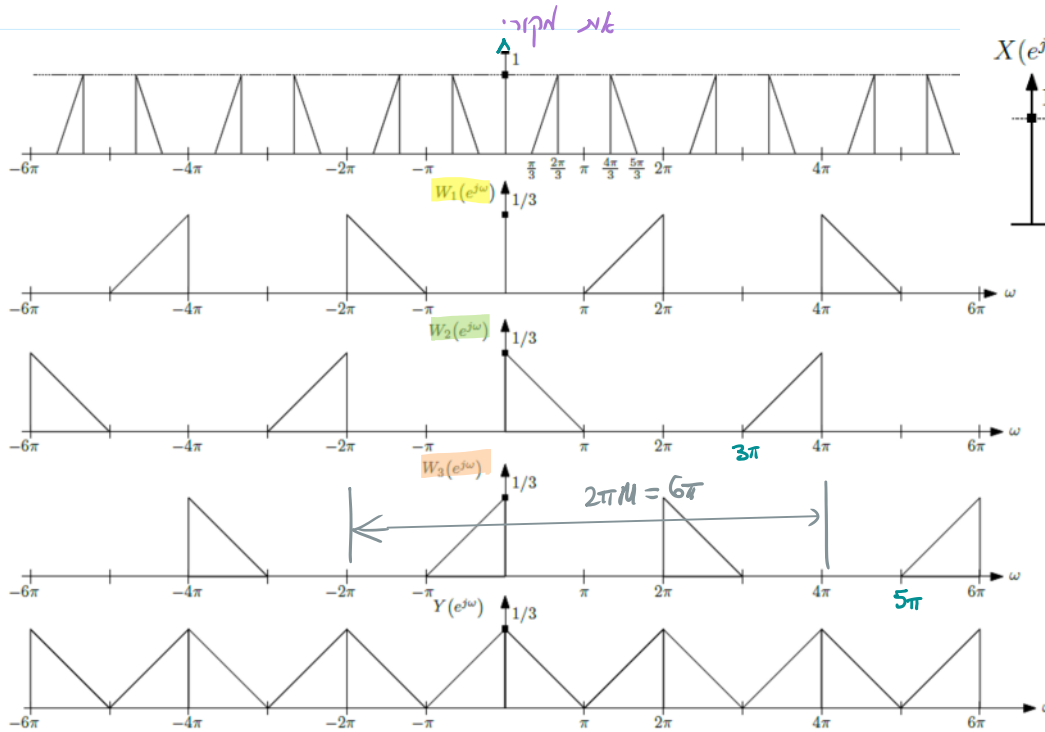
$$\omega_y = 3\omega_x + 4\pi$$

מהירות
M.2π
=6π



צמצום

תחת צמצום
עוזק, שהאות לא יתחמם
אחרי התחמם ב-M



$$\frac{\pi}{3} \rightarrow \pi$$

$$\frac{2\pi}{3} \rightarrow 2\pi$$

$$\frac{\pi}{3} \rightarrow 3\pi$$

$$\frac{2\pi}{3} \rightarrow 4\pi$$

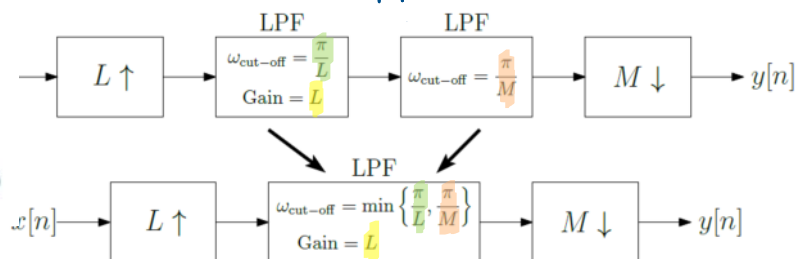
$$\frac{\pi}{3} \rightarrow \frac{\pi}{3} \cdot 3 + 4\pi = 5\pi$$

שינוי תדר הדגימה

44.1kHz CD
192kHz BlueRay
L=?, M=?

מכירה: שינוי תדר ב-M
L, M מספרים שלמים
צמצום M

אינטרפולציה L



שיטת באישור התנור

אינטרפולציה באישור התנור

קובץ

* אינטרפולציה עשירה

אינטרפולציה במישור הרמון

שני משפטים בעלי נקודות עבריות במישור הרמון
 ← תנאי/משפט דגמא על אמצע

$$x = at + b$$

$$\begin{cases} x(t_1) = at_1 + b \\ x(t_2) = at_2 + b \end{cases}$$

$$\begin{aligned} x(t_1) &= x_1 \\ x(t_2) &= x_2 \end{aligned}$$

$$x = x_1 + (t_0 - t_1) \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

* השיטה לא מתאימה לדגימות של אות בתוספת רעש למדידות

* שיטה לאומית בקוד plot בספר שאלה (Matlab וכו')

אינטרפולציה cubic spline

לשכנה
 במיקום קו ישר
 (שני) כ-3
 יש בולטים לסדר 3
 בתקופה דגמא

x = [0 1 2.5 3.6 5 7 8.1 10]; : דגמא

y = sin(x);

xx = 0:0.25:10;

yy = spline(x,y,xx);

ציר x חזק
 אינטרפולציה של (x,y)

plot(x,y,'o',xx,yy)

grid on

ניתוח מערכות - Matlab

מכונה: "צורה מערכת LTI במישור z"

$$Y(z) = \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + \dots + b(n_b + 1)z^{-n_b}}{1 + a(2)z^{-1} + \dots + a(n_a + 1)z^{-n_a}} X(z)$$

למנה $B(z) = b_0 + b_1z^{-1} + \dots + b_Mz^{-M} = \sum_{k=0}^M b_kz^{-k}$

למנה $A(z) = 1 + a_1z^{-1} + \dots + a_Nz^{-N} = \sum_{k=0}^N a_kz^{-k}$
 $a_0 = 1$

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^M b_kz^{-k}}{\sum_{k=0}^N a_kz^{-k}} = \frac{B(z)}{A(z)}$$

הקצנה למכונה וקצני לקצנים : a,b
 138 דגמא

$$H(z) = \frac{1}{1 - 0.9z^{-1}}$$

b = 1
 a = [1 - 0.9]

כל אחד למעלה ע"י
 פקודה את

* תשובה אמפליטודה/פאזה
 * הסבית חבורה/פאזה

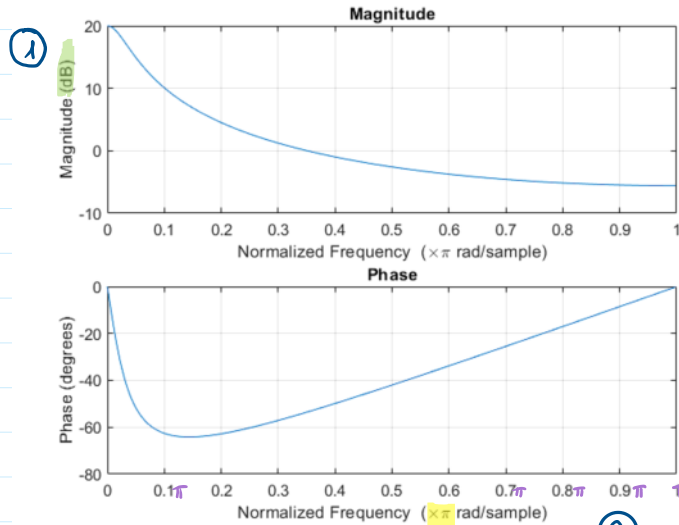
כל ארבעה מספרים ע"י
פקייה אחת

fvtool

filter view

- * תשובה אמפליטודה/פאזה
- * הסבית חבורה/פאזה
- * האם נדרשת עם פאזה סימטרית, אינלינר, allpass?
- * מספר קטבים ואפסים
- * תאבד ערך

<https://www.mathworks.com/help/signal/digital-filter-analysis.html>



② $\rightarrow \omega$