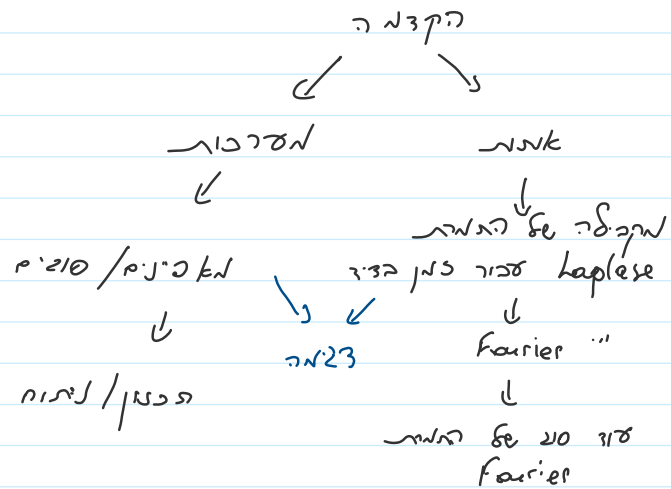


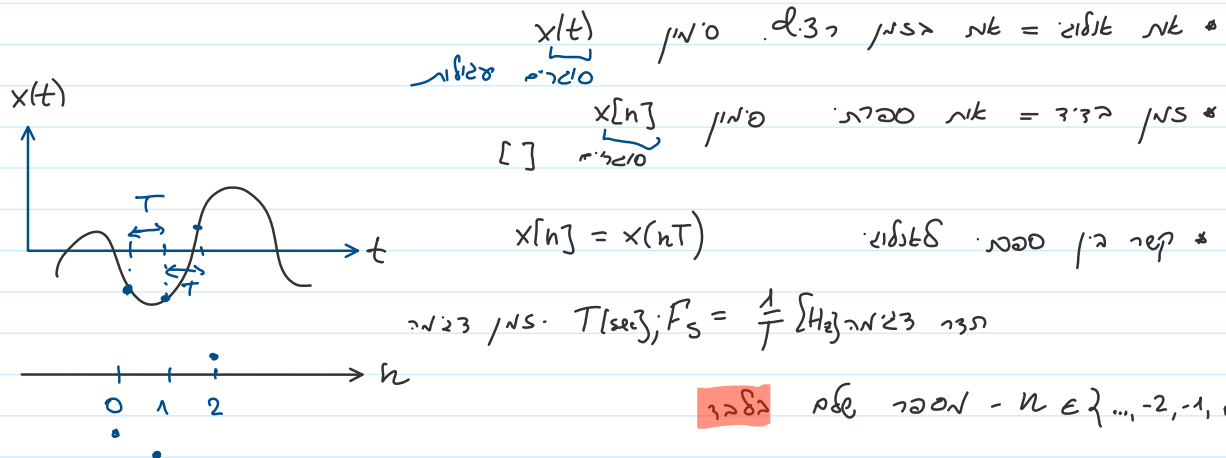
מבנה של הקורס

כיוון



הקצנה/מסכת - כחן בדד

מסכת



צמח כחן בדד - כחן בדד

$$x(t) = \cos(2\pi f t)$$

$$x[n] = x(nT) = \cos(2\pi f T n) = \cos(2\pi \frac{f}{f_s} n)$$

2 צמח. יחס כחן בדד

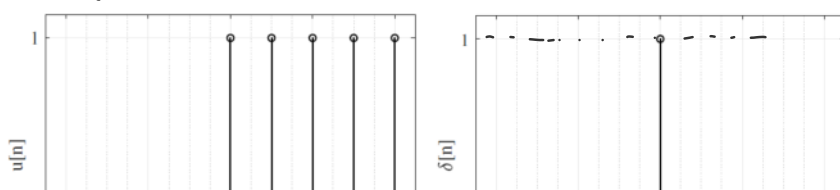
$$\delta[n] = \begin{cases} 1 & n=0 \\ 0 & n \neq 0 \end{cases}$$

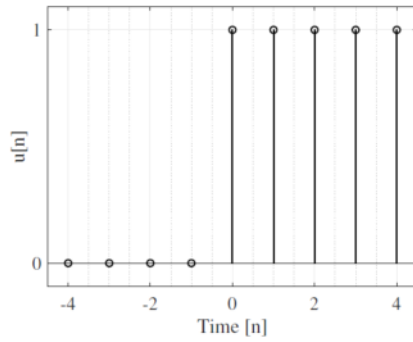
* העם כחן בדד

אתח כחן בדד
אתח כחן בדד (יסוד)

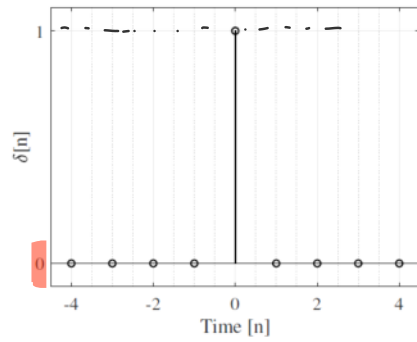
$$u[n] = \begin{cases} 1 & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases}$$

* מדרגה כחן בדד



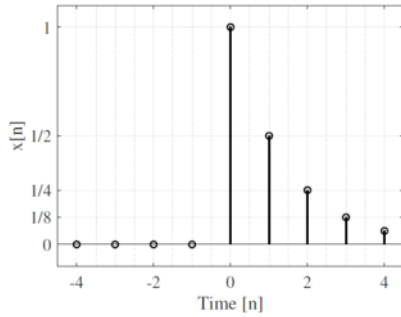


(ב) מדרגה בדידה, $u[n]$



(א) הלם בדיד, $\delta[n]$

צורת רישום של אות



$$x[n] = \begin{cases} (\frac{1}{2})^n & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases}$$

$$= (\frac{1}{2})^n u[n]$$

$$= \left\{ 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots \right\}$$

↓
n=0

$$\delta[n] = \{1\}$$

צורת

הבהרה: $\delta[n]$ זה פונקציה של n
 $\delta[0] = 1$
 $\delta[\pm 1] = 0$
 $\delta[\pm 2] = 0$

↓
n=0
↓
n=1

הערה: אות שמחזיר 0 ב $n \neq 0$

במקרה כ, סממן של $n=0$ הוא 0

$x[1] = 3$
 $x[2] = 2$
 $x[3] = 1$
 כל יתר הספרים = 0

$$\Leftarrow x[n] = \{1, 2, 3\}$$

↓
n=0
↓
n=-1

צורת

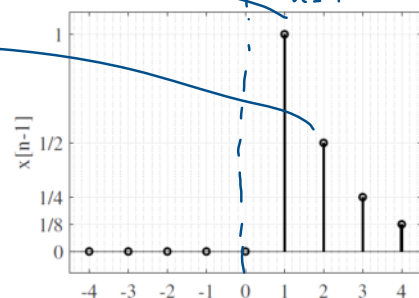
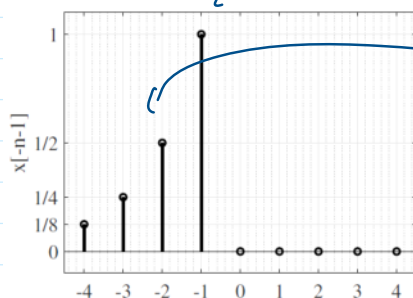
צורת של האות

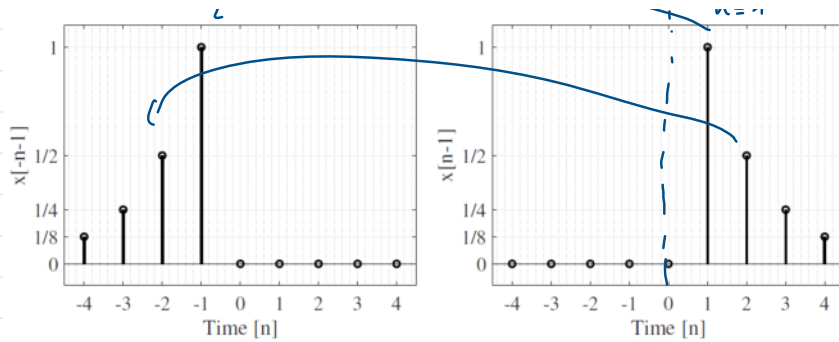
$$y[n] = x[n - n_0]$$

* הנחה בסמ

$$y[n] = x[n - n_0]$$

* שקל בסמ





(ב) שיקוף והזזה, $x[-n-1]$

(א) הזזה, $x[n-1]$

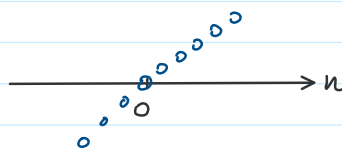
איור 2.2: פעולות על האות $x[n] = (0.5)^n u[n]$ במישור הזמן, כאשר $n_0 = 1$.

הפסה ב-1 ימנה

א סימול של אמת

הצורה: עבור אמת א סימול למקיים $x[0] = 0$

$$x[-1] = -x[1]$$



$$x[n] = x[n+N]$$

* למחזוריות: הצורה:

N מספר שלם

N הכי קטן נקרא כמות מחזור

$$x[n] = \cos\left(\frac{\pi}{2}n\right)$$

* צולמה:

$$\begin{matrix} x[0] = 1 & x[1] = 0 & -1 & 0 \\ x[2] = 1 & 0 & -1 & 0 \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \text{מחזור} \\ = 4 \end{matrix} \right.$$

$$x[n] = \cos(3n) \quad \text{אמת} \quad \text{למחזורי כמות} \quad \text{כאשר} \quad \text{חיד דהא שלם}$$

למחזוריות (תכונה)

קביעת כמות: הצורה: הפסה של הכנסים כמות n_0 אולח

$$x[n] \rightarrow \boxed{T} \rightarrow y[n]$$

$$x[n-n_0] \rightarrow y[n-n_0]$$

כנסה

יגאה

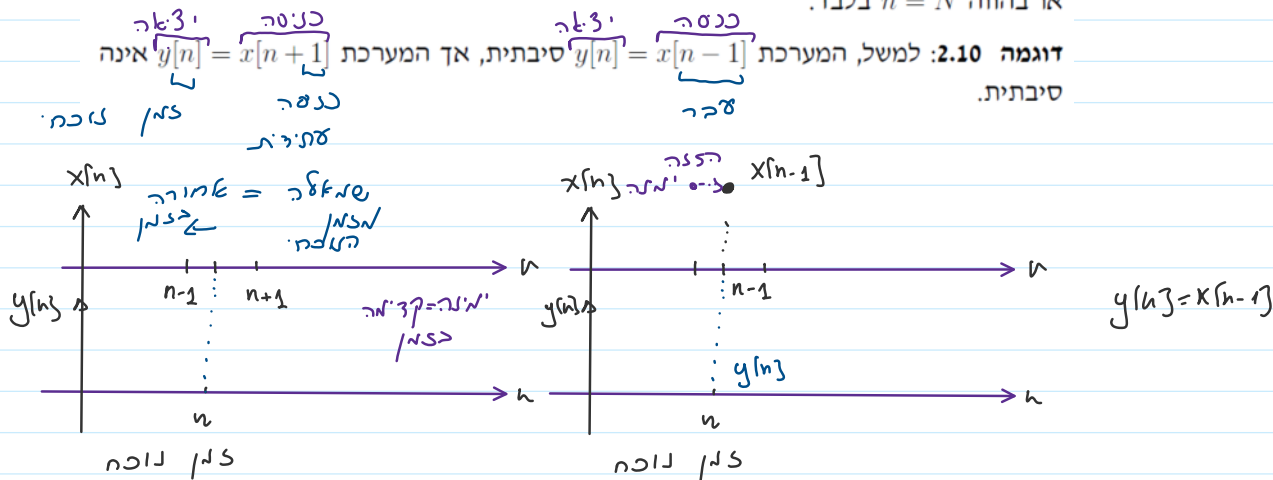
דגלגליות

$$\left. \begin{matrix} x_1[n] \rightarrow \boxed{T} \rightarrow y_1[n] \\ x_2[n] \rightarrow \boxed{T} \rightarrow y_2[n] \end{matrix} \right\} \Rightarrow \underbrace{a_1 x_1[n] + a_2 x_2[n]}_{\text{קביע}} \rightarrow \boxed{T} \rightarrow a_1 y_1[n] + a_2 y_2[n]$$

סיביות. המערכת לא מתחילה להגיב לפני הזמן $n=0$

סיביות (הגדרה 2.21): המערכת סיבתית כאשר מוצא בזמן N כלשהו תלוי בעבר $n < N$ או בהווה $n = N$ בלבד.

דוגמה 2.10: למשל, המערכת $y[n] = x[n-1]$ סיבתית, אך המערכת $y[n] = x[n+1]$ אינה סיבתית.



המערכת בהיבט זמן "מאכח"

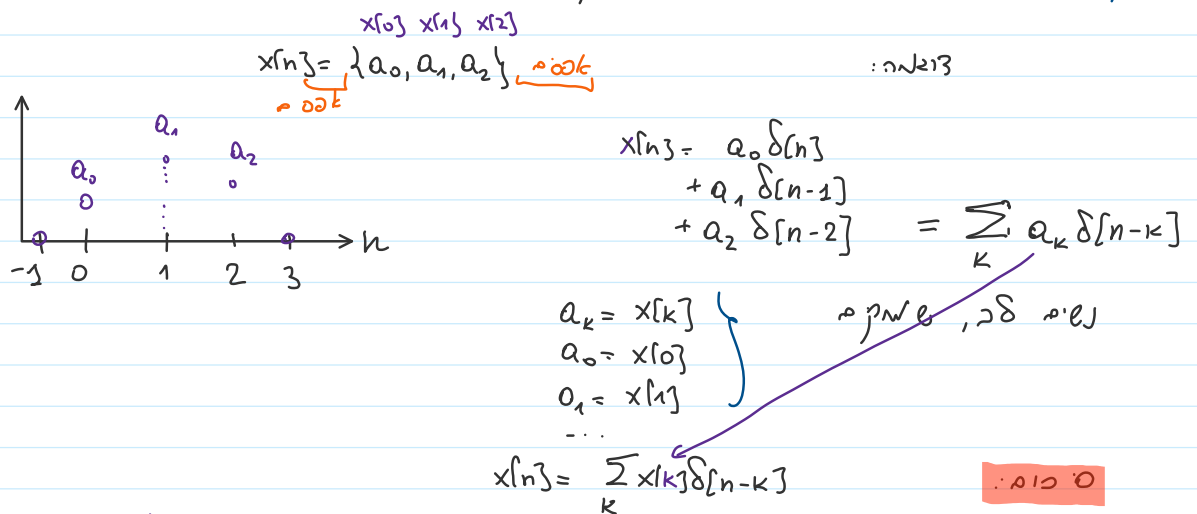
המערכת בהיבט הזמן
בזמן

BIBO = bounded input bounded output
כניסה חסומה \Rightarrow יציאה חסומה

linear-time invariant לניארי-זמן

למערכת LTI

הקצמיה-פסוקה: כל איור ספרות ניתן להציג כסכום של איברי היסוד לניארי



$\{1\}$ $h[n]$

$\delta[n] \rightarrow [T] \rightarrow h[n]$

תאגיד עולם: מאגר עולם של מערכת LTI

$a\delta[n] \rightarrow [T] \rightarrow ah[n]$ לניארי

קבוצת זמן $h[n-u] \rightarrow \dots \rightarrow h[n-u_0]$

$a\delta[n] + b\delta[n-u_0] \rightarrow ah[n] + bh[n-u_0]$

למערכת LTI

כניסה → מעבדה → יציאה
LTI

$$x[n] = \{a_0, a_1, a_2\}$$

$$\delta[n] = \{1, 0, 0, \dots\}$$

$$\sum \begin{bmatrix} a_0 \delta[n] \\ a_1 \delta[n-1] \\ a_2 \delta[n-2] \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \sum \begin{bmatrix} h[n] \\ a_0 h[n] \\ a_1 h[n-1] \\ a_2 h[n-2] \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$\sum_k a_k \delta[n-k]$$

$x[n]$

$$\sum_k a_k h[n-k]$$

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

למשל:

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

$$h[n] = \{4, 5, 6\}$$

$$y[n] = x[n] * h[n]$$

קונבולוציה

$$y[n] = x[n] * h[n]$$

$$= h[n] * x[n]$$

מסלול

	$x[n] = 3$	$3\delta[n]$	\rightarrow	$n=0$	$n=1$	$n=2$	
		$a_0 \delta[n]$		3.4	3.5	3.6	$3h[n]$
$x[n]\delta[n-1]$		$2\delta[n-1]$	\rightarrow		2.4	2.5	$2h[n-1]$
$x[2]\delta[n-2]$		$1\delta[n-2]$	\rightarrow			4	$1 \cdot h[n-2]$
				12	$\frac{15+8}{23}$	$\frac{18+10+4}{32}$	6
						$\frac{12+5}{17}$	

$$N_x = 3$$

$$N_h = 3$$

$$N_y = 3+3-1=5$$

$$\Rightarrow y[n] = \{12, 23, 32, 17, 6\}$$

דוגמה

$$y[n] = \sum_k x[k] h[n-k]$$

$$y[0] = \sum_k x[k] h[0-k] = x[0] h[0]$$

$$\rightarrow y[1] = \sum_k x[k] h[1-k] = \underbrace{x[0] h[1]}_{k=0} + \underbrace{x[1] h[0]}_{k=1}$$

$$\vdots$$

יתר האיברים כסומים

שונים אפס

$$\underbrace{x[-1] h[2]}_{=0, k=-1} + \underbrace{x[2] h[-1]}_{=0, k=2}$$

(למשל אברים)

אורך קונבולוציה:

$$N_y = N_x + N_h - 1$$

N_h אורך תאבד
 N_x כניסה
 N_y יציאה

LTI מערכת

ס'כיות: התנאי: $h[n] = 0 \quad n < 0$ / אי / תזכר ס'לם ס'פנ' ס'לם

$$\sum_k |h[k]| < \infty \quad \text{BIBO ס'כיות}$$

ס'כיות: התנאי:

ס'כיות: התנאי:

LTI ס'כיות



IIR

FIR

IIR ס'כיות ס'לם

Infinite Imp. Res.

Finite Impulse Response

$$h[n] = \left(\frac{1}{2}\right)^n u[n]$$

$$\sum_n \frac{1}{2^n} = 2 < \infty$$

תזכר אינסופי ס'לם

תזכר סופי ס'לם

ס'לם ס'כיות, ס'לם ס'כיות
ס'כיות ס'לם ס'כיות

ס'לם ס'כיות ס'כיות

ס'לם ס'כיות ס'כיות