Signali i sustavi

Auditorne vježbe 7.

Zadatak 1.

- Riješi jednadžbu diferencija
  $$8y[n] - 6y[n-1] + y[n-2] = \delta[n] + 2\delta[n-125]$$
  uz početne uvjete
  $$y[-1] = 2^{125} + 2^{250}$$
  $$y[-2] = 1 + 2^{126} + 2^{252}$$
- Problem predstavljaju upravo dva dosta razmaknuta impulsa kao pobuda
- Najprije računamo odziv samo na prvi impuls
- Taj odziv nam određuje početna stanja za drugi impuls u trenutku $n = 125$

2

Zadatak 1. karakteristična jednadžba

- Karakteristična jednadžba je
  $$q^{n-2}\,(8q^2 - 6q + 1) = 0$$
- Netrivijalni korijeni karakteristične jednadžbe su
  $$q_1 = 1/2,\ q_2 = 1/4$$
- Opće rješenje homogene jednadžbe je stoga
  $$y_h[n] = C_1 q_1^n + C_2 q_2^n = C_1\left(\frac{1}{2}\right)^n + C_2\left(\frac{1}{4}\right)^n$$

3

Zadatak 1. prvi impuls

- Da bi odredili konstante C_1 i C_2 moramo najprije odrediti $y[0]$ i $y[1]$ korak-po-korak
  $8y[0] - 6(2^{125} + 2^{250}) + 1 + 2^{125} + 2^{252} = 1$
  $8y[1] - 6y[0] + 2^{125} + 2^{250} = 0$
- Dobivamo $y[0] = 2^{124} + 2^{248}$ i $y[1] = 2^{123} + 2^{246}$
- Sada određujemo C_1 i C_2 iz

$$C_1\left(\tfrac{1}{2}\right)^0 + C_2\left(\tfrac{1}{4}\right)^0 = 2^{124} + 2^{248}$$

$$C_1\left(\tfrac{1}{2}\right)^1 + C_2\left(\tfrac{1}{4}\right)^1 = 2^{123} + 2^{246}$$

4

Zadatak 1. prvi impuls

- Konstante su $C_1 = 2^{124}$ i $C_2 = 4^{124}$ te je rješenje

$$y[n] = 2^{124}\left(\frac{1}{2}\right)^n + 4^{124}\left(\frac{1}{4}\right)^n, \quad 0 \le n < 125$$

- Gornje rješenje nam određuje $y[123]$ i $y[124]$, tj. početne uvjete za drugi impuls
- Dobivamo

$$y[123] = 2^{124}\left(\tfrac{1}{2}\right)^{123} + 4^{124}\left(\tfrac{1}{4}\right)^{123} = 6$$

$$y[124] = 2^{124}\left(\tfrac{1}{2}\right)^{124} + 4^{124}\left(\tfrac{1}{4}\right)^{124} = 2$$

5

Zadatak 1. drugi impuls

- Da bi odredili konstante C_1 i C_2 za drugi impuls opet moramo odrediti $y[125]$ i $y[126]$ korak-po-korak
  $8y[125] - 6 \cdot 2 + 6 = 2$
  $8y[126] - 6y[125] + 2 = 0$
- Dobivamo $y[125] = 1$ i $y[126] = 1/2$
- Sada određujemo C_1 i C_2 iz

$$C_1\left(\tfrac{1}{2}\right)^{125} + C_2\left(\tfrac{1}{4}\right)^{125} = 1$$

$$C_1\left(\tfrac{1}{2}\right)^{126} + C_2\left(\tfrac{1}{4}\right)^{126} = \tfrac{1}{2}$$

6

Zadatak 1. drugi impuls

- Konstante C_1 i C_2 za drugi impuls su

$$C_1 = 2^{125}, \quad C_2 = 0$$

- Rješenje za drugi impuls je sada

$$y[n] = 2^{125}\left(\frac{1}{2}\right)^n + 0\left(\frac{1}{4}\right)^n, \quad 125 \le n$$

7

Zadatak 1. konačno rješenje

- Sada možemo napisati i konačno rješenje zadane jednadžbe

$$y[n] = \begin{cases} 2^{126}\left(\frac{1}{2}\right)^n + 4^{124}\left(\frac{1}{4}\right)^n & 0 \le n < 125 \\ 2^{125}\left(\frac{1}{2}\right)^n + 0\left(\frac{1}{4}\right)^n & 125 \le n \end{cases}$$

8

Zadatak 2. varijacija parametara

- Riješi jednadžbu diferencija
  $y[n + 2] - 5y[n + 1] + 6y[n] = n^2$
  metodom varijacije parametara.
- Kod metode varijacije parametara najprije tražimo rješenje pripadajuće homogene jednadžbe, $y_h[n] = C_1 q_1^n + C_2 q_2^n + \dots$
- U tom rješenju tada konstante zamjenjujemo s funkcijama varijable n, $y[n] = C_1[n]\, q_1^n + C_2[n]\, q_2^n + \dots$
- Određivanjem funkcija $C_1[n]$, $C_2[n]$… dobivamo rješenje jednadžbe

9

Zadatak 2. rješenje homogene

- Homogena jednadžba je
  $y[n+2] - 5y[n+1] + 6y[n] = 0$
- Rješavanjem karakteristične jednadžbe dobivamo polove $q_1 = 2$ i $q_2 = 3$
- Homogeno rješenje je
  $y_h[n] = C_1\,2^n + C_2\,3^n$
- Opće rješenje tražimo u obliku
  $y[n] = C_1[n]\,2^n + C_2[n]\,3^n$

10

Zadatak 2. operatori E i Δ

- Da bi mogli primijeniti metodu varijacije parametara uvodimo operator pomaka unaprijed E i operator diferencije Δ
- Vrijedi $\mathrm{E} = 1 + \Delta$
- Prvo transformiramo jednadžbu
  $y[n+2] - 5y[n+1] + 6y[n] = n^2$
  u operatorski oblik. Dobivamo
  $(\mathrm{E}^2 - 5\mathrm{E} + 6)\,y[n] = n^2$
  $(\Delta^2 - 3\Delta + 2)\,y[n] = n^2$

11

Zadatak 2. operatori E i Δ

- Opće rješenje oblika
  $y[n] = C_1[n]\,2^n + C_2[n]\,3^n$
  mora zadovoljiti jednadžbu
  $(\Delta^2 - 3\Delta + 2)\,y[n] = n^2$
- Odredimo najprije $\Delta y[n] = y[n+1] - y[n]$

$$\Delta\left[C_1[n]2^n + C_2[n]3^n\right] = \Delta\left[C_1[n]2^n\right] + \Delta\left[C_2[n]3^n\right]$$
$$= 2^{n+1}\Delta\left[C_1[n]\right] + C_1[n]\Delta\left[2^n\right] + 3^{n+1}\Delta\left[C_2[n]\right] + C_2[n]\Delta\left[3^n\right]$$
$$= 2^n C_1[n] + 2^{n+1}\Delta\left[C_1[n]\right] + 2\cdot 3^n C_2[n] + 3^{n+1}\Delta\left[C_2[n]\right]$$

12

Zadatak 2. varijacija parametara

- Opće rješenje je oblika $y = C_1 f_1 + \dots + C_m f_m$
- Kako je potrebno m uvjeta da bi odredili funkcije $C_1 \dots C_m$ tražimo da vrijedi

$$\begin{array}{ccccccc}
f_1\Delta C_1 & + & f_2\Delta C_2 & + \dots + & f_m\Delta C_m & = & 0 \\
\Delta f_1\Delta C_1 & + & \Delta f_2\Delta C_2 & + \dots + & \Delta f_m\Delta C_m & = & 0 \\
\vdots & & & & & & \\
\Delta^{m-2} f_1\Delta C_1 & + & \Delta^{m-2} f_2\Delta C_2 & + \dots + & \Delta^{m-2} f_m\Delta C_m & = & 0 \\
\Delta^{m-1} f_1\Delta C_1 & + & \Delta^{m-1} f_2\Delta C_2 & + \dots + & \Delta^{m-1} f_m\Delta C_m & = & u[n]
\end{array}$$

13

Zadatak 2. varijacija parametara

- Odredili smo $\Delta y[n]$

$$\Delta\big[y[n]\big] = 2^n C_1[n] + 2\cdot 3^n C_2[n] + \underbrace{2^{n+1}\Delta\big[C_1[n]\big] + 3^{n+1}\Delta\big[C_2[n]\big]}_{=0}$$

- Kao prvu jednadžbu izjednačili smo dio dobivenog s $\Delta y[n]$ nulom
- Sada određujemo $\Delta^2 y[n]$ i uvrštavamo sve u zadanu jednadžbu diferencija
- Nakon sređivanja dobivamo

$$2^{n+1}\Delta\big[C_1[n]\big] + 2\cdot 3^{n+1}\Delta\big[C_2[n]\big] = n^2$$

14

Zadatak 2. varijacija parametara

- Sada imamo sustav

$$2^{n+1}\Delta\big[C_1[n]\big] + 3^{n+1}\Delta\big[C_2[n]\big] = 0$$
$$2^{n+1}\Delta\big[C_1[n]\big] + 2\cdot 3^{n+1}\Delta\big[C_2[n]\big] = n^2$$

- Rješenja ovog sustava su

$$\Delta\big[C_1[n]\big] = \frac{\begin{vmatrix} 0 & 3^{n+1} \\ n^2 & 2\cdot 3^{n+1} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2^{n+1} & 3^{n+1} \\ 2^{n+1} & 2\cdot 3^{n+1} \end{vmatrix}} = -\frac{n^2}{2^{n+1}}$$

15

Zadatak 2. varijacija parametara

$$\Delta\left[C_2[n]\right] = \frac{\begin{vmatrix} 2^{n+1} & 0 \\ 2^{n+1} & n^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2^{n+1} & 3^{n+1} \\ 2^{n+1} & 2\cdot 3^{n+1} \end{vmatrix}} = \frac{n^2}{3^{n+1}}$$

- Očito je

$$C_1[n] = \Delta^{-1}\left[-\frac{n^2}{2^{n+1}}\right] \quad \text{i} \quad C_2[n] = \Delta^{-1}\left[\frac{n^2}{3^{n+1}}\right]$$

16

Zadatak 2. operatorski račun

- Da bi odredili Δ^{-1} koristimo operatorski račun
- Ako je $\phi(\mathrm{E})$ funkcija operatora, vrijedi

$$\frac{1}{\phi(\mathrm{E})}\left[c^n\right] = \frac{c^n}{\phi(c)}, \quad \phi(c)\neq 0, \quad c\in\mathbb{R}$$

$$\frac{1}{\phi(\mathrm{E})}\left[P(n)\right] = \frac{1}{\phi(1+\Delta)}\left[P(n)\right] = \left(b_0 + b_1\Delta + \ldots + b_m\Delta^m + \ldots\right)\left[P(n)\right]$$

$$\frac{1}{\phi(\mathrm{E})}\left[c^n P(n)\right] = c^n \frac{1}{\phi(c\,\mathrm{E})}\left[P(n)\right]$$

- Gdje je $1/\phi(\mathrm{E})$ inverz funkcije i $P(n)$ polinom

17

Zadatak 2. operatorski račun

- Određujemo $C_1[n]$

$$C_1[n] = \frac{1}{\Delta}\left[-\frac{n^2}{2^{n+1}}\right] = -\frac{1}{\mathrm{E}-1}\left[\left(\frac{1}{2}\right)^n \frac{n^2}{2}\right]$$

$$= -\left(\frac{1}{2}\right)^n \frac{1}{\frac{1}{2}\mathrm{E}-1}\left[\frac{n^2}{2}\right] = -\left(\frac{1}{2}\right)^n \frac{1}{\mathrm{E}-2}\left[n^2\right]$$

$$= -\left(\frac{1}{2}\right)^n \frac{1}{\mathrm{E}-2}\left[n^2\right] = \left(\frac{1}{2}\right)^n \frac{1}{1-\Delta}\left[n^2\right]$$

18

Zadatak 2. operatorski račun

$$C_1[n] = \left(\frac{1}{2}\right)^n \frac{1}{1-\Delta}\left[n^2\right] = \left(\frac{1}{2}\right)^n \left(1+\Delta+\Delta^2+\ldots\right)\left[n^2\right]$$

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

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^n \left(n^2+2n+1+2\right)$$

- Na kraju dobivamo

$$C_1[n] = \frac{1}{2^n}\left(n^2+2n+3\right)+A$$

19

Zadatak 2.

- Na jednak način određujemo i $C_2[n]$
- Dobivamo

$$C_1[n] = \frac{1}{2^n}\left(n^2+2n+3\right)+A$$

$$C_2[n] = -\frac{1}{2\cdot 3^n}\left(n^2+n+1\right)+B$$

- A i B su proizvoljne konstante

20

Zadatak 2. konačno rješenje

- $C_1[n]$ i $C_2[n]$ uvrštavamo u
  $y[n] = C_1[n]\, 2^n + C_2[n]\, 3^n$
  i dobivamo konačno rješenje

$$y[n] = \left(\frac{1}{2^n}\left(n^2+2n+3\right)+A\right)2^n$$

$$+\left(-\frac{1}{2\cdot 3^n}\left(n^2+n+1\right)+B\right)3^n$$

$$y[n] = A\cdot 2^n + B\cdot 3^n + \frac{1}{2}n^2 + \frac{3}{2}n + \frac{5}{2}$$

21

Konvolucijska sumacija

- Omogućuje nam određivanje odziva na bilo kakvu pobudu kada je poznat odziv na δ niz.
- Za vremenski nepromjenjiv sustav vrijedi

$$y[n] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} u[i]h[n-i]$$

odnosno

$$y[n] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} h[i]u[n-i]$$

Konvolucijska sumacija

- U slučaju da radimo s kauzalnim sustavima i promatramo odziv za pobudu zadanu za $n \geq 0$, gornje relacije prelaze u:

$$y[n] = \sum_{i=0}^{n} u[i]h[n-i]$$

$$y[n] = \sum_{i=0}^{n} h[i]u[n-i]$$

Zadatak 3.

- Diskretni sustav opisan je jednadžbom diferencija:

$$y[n] - \frac{1}{16}y[n-2] = u[n-1] - u[n-2]$$

- Korištenjem konvolucijske sumacije naći odziv na pobudu:

$$u[n] = \begin{cases} \left(-\frac{1}{2}\right)^n \text{ za } n \geq 0 \\ 0 \text{ za } n < 0 \end{cases}$$

Zadatak 3., nastavak ...

- Najprije je potrebno odrediti impulsni odziv.
- Za pobudu $u[n] = \delta[n]$ ona prelazi, za $n \geq 3$ u homogenu jednadžbu.
- Rješavanjem ove homogene jednadžbe diferencija određujemo $h[n]$ za $n \geq 3$.
- $h[0]$, $h[1]$ i $h[2]$ određujemo izračunavanjem korak po korak.
- Dakle za $u[n] = \delta[n] \Rightarrow y[n] = h[n]$
- Za $n \geq 3$ vrijedi: $h[n] - \frac{1}{16}h[n-2] = 0.$

Zadatak 3., nastavak ...

- Za pretpostavljeni $h[n] = q^n$ slijedi karakteristična jednadžba:

$$q^n - \frac{1}{16}q^{n-2} = 0 \quad / : q^{n-2},$$

$$q^2 - \frac{1}{16} = 0 \Rightarrow q_1 = \frac{1}{4} \quad q_2 = \left(-\frac{1}{4}\right).$$

- Pa je impulsni odziv za $n \geq 3$

$$h[n] = C_1\left(\frac{1}{4}\right)^n + C_2\left(-\frac{1}{4}\right)^n \text{ za } n \geq 3.$$

Zadatak 3., nastavak ...

- Za određivanje konstanti C_1 i C_2 potrebno je poznavati vrijednosti $h[3]$ i $h[4]$.
- Ove vrijednosti određujemo iz polazne jednadžbe.
- Za $u[n] = \delta[n]$ polaznu jednadžbu možemo pisati:

$$h[n] - \frac{1}{16}h[n-2] = \delta[n-1] - \delta[n-2]$$

$$h[n] = \frac{1}{16}h[n-2] + \delta[n-1] - \delta[n-2]$$

Zadatak 3. - nastavak…

- Uvrštavanjem vrijednosti za n dobivamo:

$$za \quad n=0 \quad h[0]=\frac{1}{16}h[-2]+\delta[-1]-\delta[-2]=0$$

$$za \quad n=1 \quad h[1]=\frac{1}{16}h[-1]+\delta[0]-\delta[-1]=1$$

$$za \quad n=2 \quad h[2]=\frac{1}{16}h[0]+\delta[1]-\delta[0]=-1$$

$$za \quad n=3 \quad h[3]=\frac{1}{16}h[1]+\delta[2]-\delta[1]=\frac{1}{16}$$

$$za \quad n=4 \quad h[4]=\frac{1}{16}h[2]+\delta[3]-\delta[2]=-\frac{1}{16}$$

Zadatak 3. - nastavak...

- Poznavajući $h[3]$ i $h[4]$ možemo odrediti C_1 i C_2.

$$za \quad n=3 \quad h[3]=\frac{1}{16}=C_1\left(\frac{1}{4}\right)^3+C_2\left(-\frac{1}{4}\right)^3 \Big/ \cdot 4^3$$

$$za \quad n=4 \quad h[4]=-\frac{1}{16}=C_1\left(\frac{1}{4}\right)^4+C_2\left(-\frac{1}{4}\right)^4 \Big/ \cdot 4^4$$

$$\left.\begin{array}{l} C_1-C_2=4 \\ C_1+C_2=-16 \end{array}\right\} \Rightarrow 2C_1=-12 \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} C_1=-6 \\ C_2=-10 \end{array}\right.$$

Zadatak 3. - nastavak ...

- Pa je konačno:

$$h[n]=-6\left(\frac{1}{4}\right)^n-10\left(-\frac{1}{4}\right)^n \quad \text{za } n\geq 3.$$

- Odnosno:

$$h[n]=\begin{cases} 0 \quad \text{za } n=0 \\ 1 \quad \text{za } n=1 \\ \text{-1} \quad \text{za } n=2 \\ -6\left(\frac{1}{4}\right)^n-10\left(-\frac{1}{4}\right)^n \quad \text{za } n\geq 3. \end{cases}$$

Zadatak 3. - nastavak ...

- Odziv sustava na pobudu $u[n] = [-0.5]^n$ je:

$$y[n] = \sum_{i=0}^{n} h[i]u[n-i] =$$
$$= h[0]u[n] + h[1]u[n-1] + h[2]u[n-2] + \sum_{i=3}^{n} h[i]u[n-i] =$$
$$= \left(-\frac{1}{2}\right)^{n-1} - \left(-\frac{1}{2}\right)^{n-2} + \sum_{i=3}^{n}\left[-6\left(\frac{1}{4}\right)^{i} - 10\left(-\frac{1}{4}\right)^{i}\right]\left(-\frac{1}{2}\right)^{n-i} =$$
$$= -2\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} - 4\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} + \left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[-6\sum_{i=3}^{n}\left(\frac{\frac{1}{4}}{-\frac{1}{2}}\right)^{i} - 10\sum_{i=3}^{n}\left(\frac{-\frac{1}{4}}{-\frac{1}{2}}\right)^{i}\right] =$$

Zadatak 3. - nastavak ...

$$= -2\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} - 4\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} + \left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[-6\sum_{i=3}^{n}\left(\frac{\frac{1}{4}}{-\frac{1}{2}}\right)^{i} - 10\sum_{i=3}^{n}\left(\frac{-\frac{1}{4}}{-\frac{1}{2}}\right)^{i}\right] =$$
$$= -6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} + \left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[-6\sum_{i=3}^{n}\left(-\frac{1}{2}\right)^{i} - 10\sum_{i=3}^{n}\left(\frac{1}{2}\right)^{i}\right] =$$
$$= -6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} - 6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[\sum_{i=0}^{n}\left(-\frac{1}{2}\right)^{i} - \left(-\frac{1}{2}\right)^{0} - \left(-\frac{1}{2}\right)^{1} - \left(-\frac{1}{2}\right)^{2}\right] -$$
$$-10\left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[\sum_{i=0}^{n}\left(\frac{1}{2}\right)^{i} - \left(\frac{1}{2}\right)^{0} - \left(\frac{1}{2}\right)^{1} - \left(\frac{1}{2}\right)^{2}\right] =$$

Zadatak 3. - nastavak ...

$$= -6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} - 6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[\frac{1-(-\frac{1}{2})^{n+1}}{1-(-\frac{1}{2})} - 1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{4}\right] -$$
$$-10\left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[\frac{1-(\frac{1}{2})^{n+1}}{1-\frac{1}{2}} - 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{4}\right] =$$
$$= -6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} + \left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[-6\left(\frac{1+\frac{1}{2}(-\frac{1}{2})^{n}}{\frac{3}{2}} - \frac{3}{4}\right) - 10\left(\frac{1-\frac{1}{2}(\frac{1}{2})^{n}}{\frac{1}{2}} - \frac{7}{4}\right)\right] =$$
$$= -6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} + \left(-\frac{1}{2}\right)^{n}\left[-4 - 2\left(-\frac{1}{2}\right)^{n} + \frac{18}{4} - 20 + 10\left(\frac{1}{2}\right)^{n} + \frac{70}{4}\right] =$$

Zadatak 3. konačno rješenje

$$= -6\left(-\frac{1}{2}\right)^n + \left(-\frac{1}{2}\right)^n \left[-4 - 2\left(-\frac{1}{2}\right)^n + \frac{18}{4} - 20 + 10\left(\frac{1}{2}\right)^n + \frac{70}{4}\right] =$$

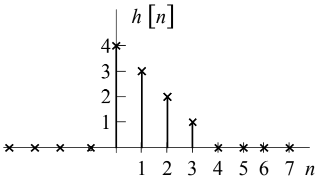
$$= -6\left(-\frac{1}{2}\right)^n + \left(-\frac{1}{2}\right)^n \left[-2 - 2\left(-\frac{1}{2}\right)^n + 10\left(\frac{1}{2}\right)^n\right]$$

- Kao konačan odziv sustava $y[n]$ na pobudu $u[n] = [-0.5]^n$ dobivamo:

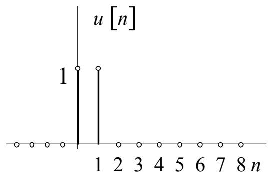
$$y[n] = -8\left(-\frac{1}{2}\right)^n - 2\left(\frac{1}{4}\right)^n + 10\left(-\frac{1}{4}\right)^n, \quad n \geq 0$$

Zadatak 4.

- Korištenjem konvolucijske sumacije odrediti odziv diskretnog sustava zadanog impulsnim odzivom $h[n]$. Sustav je pobuđen s $u[n]$.



impulsni odziv



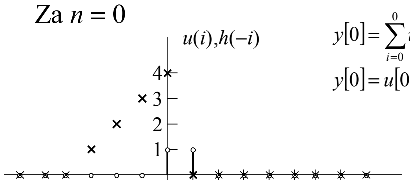
pobuda

Zadatak 4. grafička interpretacija

- Rješenje ćemo grafički interpretirati iz :

$$y[n] = \sum_{i=0}^{n} u(i)h(n-i).$$

Za $n = 0$

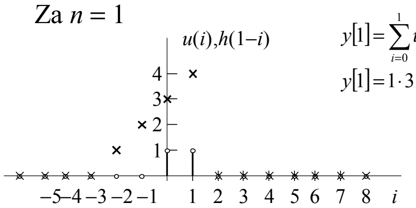


$$y[0] = \sum_{i=0}^{0} u(i)h(-i),$$

$$y[0] = u[0]h[0] = 1 \cdot 4 = 4.$$

Zadatak 4. grafička interpretacija

Za $n = 1$

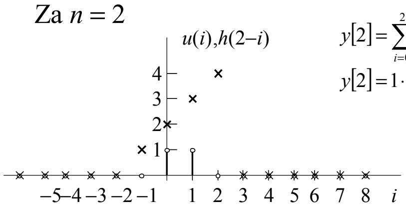


$$y[1] = \sum_{i=0}^{1} u(i)h(1-i),$$

$$y[1] = 1\cdot 3 + 1\cdot 4 = 7.$$

Zadatak 4. grafička interpretacija

Za $n = 2$

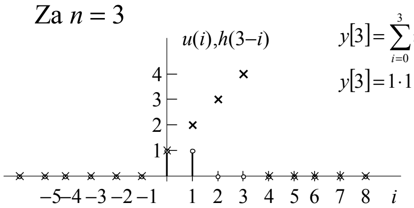


$$y[2] = \sum_{i=0}^{2} u(i)h(2-i),$$

$$y[2] = 1\cdot 2 + 1\cdot 3 + 0\cdot 4 = 5.$$

Zadatak 4. grafička interpretacija

Za $n = 3$

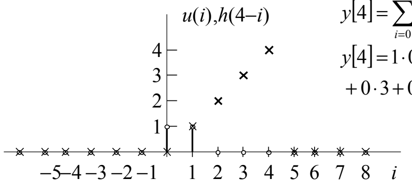


$$y[3] = \sum_{i=0}^{3} u(i)h(3-i),$$

$$y[3] = 1\cdot 1 + 1\cdot 2 + 0\cdot 3 + 0\cdot 4 = 3.$$

Zadatak 4. grafička interpretacija

Za $n = 4$



$$y[4]=\sum_{i=0}^{4} u(i)h(4-i),$$

$$y[4]=1\cdot 0+1\cdot 1+0\cdot 2+0\cdot 3+0\cdot 4=1.$$

- Dalje je $\boldsymbol{y[5], y[6]} \ldots = \mathbf{0}$.

Zadatak 4. konačno rješenje

- Pa je odziv