



FAKULTET ELEKTROTEHNIKE  
STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING,  
MECHANICAL ENGINEERING  
AND NAVAL ARCHITECTURE

Rudjera Boškovića bb, Split



LABORATORIJ ZA BIOMEHANIKU  
AUTOMATIKU I SUSTAVE

LABORATORY FOR BIOMECHANICS  
AND AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

## KOLEGIJ SIGNALI I SUSTAVI

# SVOJSTVA SIGNALA

Vježba br. 2.

Ak. god. 2007/08.

## UVOD

U ovoj vježbi primijenit ćemo Matlab na rješavanje zadataka iz područja prikaza kontinuiranih i diskretnih signala i sustava i njihovih svojstava.

Svaki zadatak će se rješavati tako da se napravi m-skripta koja će sadržavati rješenje zadatka i koja će se pohraniti pod imenom *Zad\_x.m* (pri čemu je x redni broj zadatka).

Prije no što započne s rješavanjem zadataka, svaki student treba u work direktoriju Matlaba napraviti novi direktorij i nazvati ga svojim imenom (ime\_prezime). Nakon što napiše pojedinu m-skriptu, neka je pohrani u kreirani direktorij. Za uspješno odrađenu vježbu potrebno je točno riješiti sve postavljene zadatke i rješenja demonstrirati nastavniku.

*Napomena: Radi uspješnijeg rješavanja zadataka, na vježbama je korisno imati skriptu i bilješke s predavanja i auditornih vježbi.*

## ZADAVANJE I CRTANJE KONTINUIRANIH I DISKRETNIH SIGNALA

### Zad 1.

Pomoću Matlaba nacrtati slijedeće kontinuirane signale:

a)  $x_1(t) = 2\cos(3t) + 3\sin(2t)$ , na vremenskom intervalu  $-3\pi \leq t \leq 3\pi$ .

b)  $x_2(t) = |e^{j4t} + e^{j11t}|$ , na vremenskom intervalu  $-\pi \leq t \leq \pi$ . (Pomoć: Za određivanje modula signala primijeniti Eulerovu relaciju).

Na slikama imenovati apscisu s 't' i ordinatu s 'x1(t)' ili 'x2(t)'.

Za crtanje kontinuiranih signala koristiti naredbu *plot*. Za određivanje modula (apsolutne vrijednosti) signala koristiti naredbu *abs*.

### Zad 2.

Pomoću Matlaba nacrtati slijedeće diskretne signale:

a)  $x_1[n] = 5\sin(\frac{1}{8}\pi n)$ , za vremenski interval  $-20 \leq n \leq 20$ .

b)  $x_2[n] = u[n]$

c)  $x_3[n] = \delta[n + 3] + 2\delta[n + 1] - 4\delta[n] + \delta[n - 2] - 6\delta[n - 4] + 5\delta[n - 5]$

Za crtanje diskretnih signala koristiti naredbu *stem*.

### Zad. 3.

Osim na načine prikazane u zadacima 1 i 2, signali se mogu definirati i pomoću simboličkih varijabli tj. crtati direktno kao funkcije simboličke varijable. Za definirane simboličkih varijabli koristi se naredba *syms*, a za crtanje simboličke funkcije naredba *ezplot*. Prikažimo primjerom:

```
>> syms t           % definiranje simboličke varijable t
>> ezplot(cos(t))   % crtanje funkcije cos, ovisne o simboličkoj varijabli t, pri čemu t
                    % poprima vrijednosti iz intervala  $-2\pi < t < 2\pi$ .
>> ezplot(cos(t), [a,b]) % crtanje funkcije cos, ovisne o simboličkoj varijabli t, pri čemu t
                    % poprima vrijednosti iz intervala  $a < t < b$  (naravno, prethodno
                    % treba definirati vrijednosti a i b.
```

Prikažimo još jednim primjerom kako možemo nacrtati funkciju ovisnu o 2 varijable (tj. dvodimenzionalni signal – 2D ili sliku). Nacrtajmo kružnicu radijusa 2. Znamo da je

jednadžba kružnice implicitno zadana funkcija prostornih koordinata:  $x^2 + y^2 = r^2$  (pri čemu je  $r$  radijus). Implicitno zadana funkcija  $f(x,y) = 0$  u Matlabu se crta s *ezplot(f)*. U našem primjeru će biti:

```
>> syms x y % definiranje simboličkih varijabli x i y
>> ezplot('x*x+y*y-4')
>> axis equal
```

Također, pomoću naredbe *ezplot(x,y, [a,b])* možemo crtati i parametarski zadane funkcije  $x = x(t)$  i  $y = y(t)$ , na intervalu  $a < t < b$ .

Pomoću simboličke vremenske varijable i naredbe *ezplot* nacrtati slijedeće signale:

a)  $x(t) = 2\cos(3t) + 3\sin(2t)$ , na vremenskom intervalu  $-3\pi \leq t \leq 3\pi$ .

b) parametarski zadanu 2D funkciju:  $x(t) = t \cdot \cos(t)$  i  $y(t) = t \cdot \sin(t)$ , na vremenskom intervalu  $0 \leq t \leq 10\pi$ . Kakvu smo krivulju dobili?

#### Zad. 4.

Za mnoge signale ne postoji analitički izraz kojima bi se mogli matematički opisati (kao što je to bio slučaj sa sinusnim signalima iz prethodnih zadataka). Primjer su signali s diskontinuitetima.

Zadani su slijedeći signali:

$$\text{a) } x_1(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t & 0 \leq t < 1 \\ -t+2 & 1 \leq t < 2 \\ 0 & 2 < t \end{cases}$$

$$\text{b) } x_2(t) = \begin{cases} 0 & t < -2 \\ t+2 & -2 \leq t < -1 \\ -t & -1 \leq t < 0 \\ t & 0 \leq t < 1 \\ 1 & 1 \leq t \end{cases}$$

$$\text{c) } x_3(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & 0 \leq t < 1.5 \\ -0.5 & 1.5 \leq t < 2 \\ 0 & 2 < t \end{cases}$$

Napisati Matlab funkcije koje crtaju zadane signale. Funkcije nazvati x1.m, x2.m i x3.m, redom.

Da bismo olakšali rješavanje zadatka, navest ćemo jedan od načina kako možemo napisati funkciju x1.m:

```
function y=x1(t)

% funkcija kao rezultat daje vrijednost signala x1 za vrijeme t (zadano u obliku vektora)
for i=1: length(t)
    y(i)=0; % vrijednost signala je nula za svaki zadani t, osim na intervalu 0<= t <=2

    if (0<=t(i)) & (t(i)<1)
        y(i)=t(i) % na intervalu 0<= t <=1 signal ima vrijednost t
    end

    if (1<=t(i)) & (t(i)<2)
        y(i)=-t(i)+2 % na intervalu 1<= t <2 signal ima vrijednost -t+2
    end
end
```

Kad smo napisali sve tri funkcije, signale ćemo nacrtati pomoću naredbe plot:

```
>> t = -3:0.01:4      % definiranje vremenskog intervala za koji ćemo nacrtati signal
>> plot(t, x1(t))      % crtanje signala x1 za definirano vrijeme
```

## PARNI I NEPARNI SIGNALI

### Zad. 5.

Za signale iz prethodnog zadatka nacrtati parne i neparne dijelove signala. Na istu sliku nacrtati signal, ispod njega parni, te potom ispod neparni dio signala. Za crtanje više grafova na istu sliku koristiti naredbu *subplot*.

## TRANSFORMACIJE NEZAVISNE VARIJABLE

### Zad. 6.

Za signal  $x_3(t)$  iz zadatka 4c) izvršiti slijedeće transformacije vremenske varijable i na istoj slici nacrtati slijedeće grafove, jedan ispod drugog:

- a)  $x_3(t)$                       b)  $x_3(t - 3)$                       c)  $x_3(-t)$                       d)  $x_3(1/3t)$

Iznad svakog grafa napisati naslov koji se odnosi na operaciju koju smo izvršili nad vremenskom varijablom (originalni signal, obrtanje, pomak ili skaliranje).

### Zad. 7.

Za signal  $x_2(t)$  iz zadatka 4b) izvršiti složenu transformaciju vremenske varijable i na istoj slici nacrtati slijedeće grafove, jedan ispod drugog:

- a)  $x_2(t)$                       b)  $x_2(-3t + 2.5)$

Iznad grafova napisati odgovarajuće naslove (originalni signal i signal s transformiranom vremenskom varijablom).

### Zad. 8.

Za signal  $x_3[n]$  iz zadatka 2c) izvršiti slijedeće transformacije diskretne vremenske varijable i na istoj slici nacrtati slijedeće grafove, jedan ispod drugog:

- a)  $x_3[n]$                       b)  $x_3[-n - 5]$                       c)  $x_3[2n + 8]$                       d)  $x_3[1/3n - 2]$

## PREKLAPANJE SPEKTRA DISKRETNIH SIGNALA U VREMENSKOM PODRUČJU

### Zad. 9.

Zadani su diskretni signali  $x[n] = \cos(\frac{2\pi m}{7}n)$ , pri čemu m poprima vrijednosti 1, 5/2, 6 i 8.

Na istoj slici nacrtati grafove sva četiri signala, jedan ispod drugog, za diskretno vrijeme n u intervalu [0, 30]. Koliko različitih signala ste dobili? Koji su među nacrtanim signalima jednaki i zašto?

## PERIODIČNOST SIGNALA

### a) Periodičnost kontinuiranih signala

#### Zad. 10.

Nacrtati kontinuirani vremenski signal  $x(t) = \left[ \cos\left(\frac{3\pi}{K}t - \frac{\pi}{4}\right) \right]^2$  za  $K = 1, 3, 6$ . Analitički odrediti temeljni period signala  $T$  (za sve tri vrijednosti od  $K$ ) i provjeriti rješenje na nacrtanim slikama.

### b) Periodičnost diskretnih signala

#### Zad. 11.

Zadani su slijedeći diskretni signali:

$$x_1[n] = 2\sin(3\pi/4 \cdot n + 1/3)$$

$$x_2[n] = 1.5\cos(n/7 + \pi/5)$$

$$x_3[n] = \cos(\pi/4 \cdot n) \cos(\pi/8 \cdot n)$$

$$x_4[n] = 3\cos(\pi/8 \cdot n) + 2\sin(\pi/2 \cdot n) - 4\sin(\pi/4 \cdot n)$$

a) Analitički ispitati koji su signali periodični i odrediti temeljni period

b) Nacrtati sve zadane signale na vremenskom intervalu  $[0, 40]$  te na temelju dobivenih grafova provjeriti rješenja dobivena pod a). Koristiti naredbu *stem*.