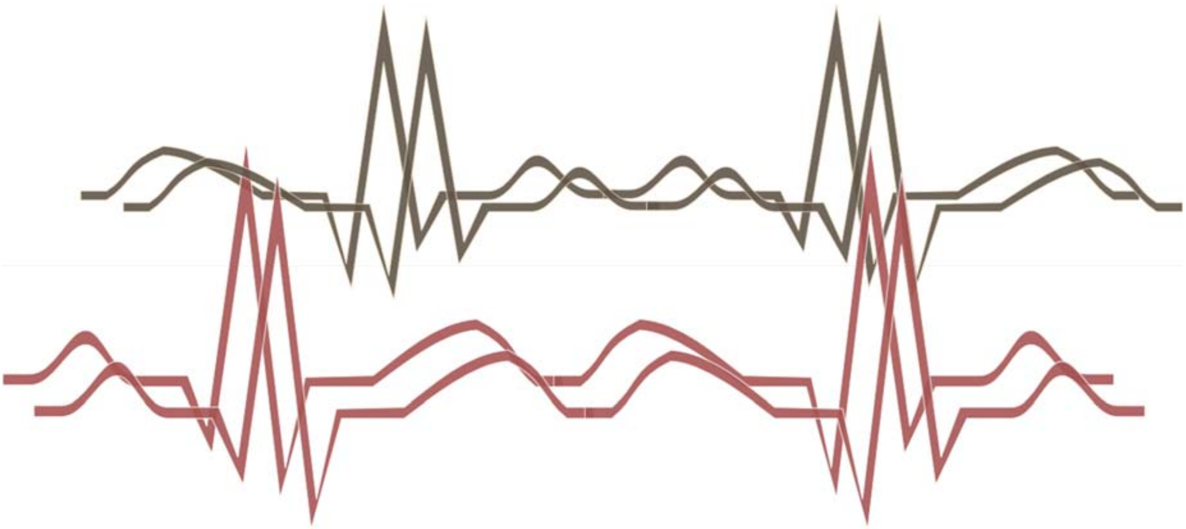
2015

Fakulteta za elektrotehniko,
Univerza v Ljubljani

Vitomir Štruc in
Simon Dobrišek

# SIGNALI



# [LABORATORIJSKE VAJE PRI PREDMETU SIGNALI]

Zbirka nalog, PRVA IZDAJA, 2015

U N I V E R Z A   V   L J U B L J A N I

Fakulteta za elektrotehniko

Vitomir Štruc in Simon Dobrišek

LABORATORIJSKE VAJE PRI PREDMETU

# SIGNALI

ZBIRKA NALOG

NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJSKEM PROGRAMU I. STOPNJE

ELEKTROTEHNIKA - AVTOMATIKA

PRVA IZDAJA

Ljubljana, 2015

# Predgovor

Pričujoča zbirka nalog predstavlja dopolnilno študijsko gradivo pri predmetu Signali na Univerzitetnem študijskem programu I. stopnje, Elektrotehnika – Avtomatika. Nastala je iz navodil za izvedbo laboratorijskih vaj pri tem predmetu Signali v študijskem letu 2014/2015.

Namen gradiva je seznaniti študente z navodili laboratorijskih vaj in podati smernice za njihovo izvedbo. Zbirka nalog obsega pet poglavij, ki študente seznanijo z energijskimi in močnostnimi signali, izražavo signalov s temeljnimi funkcijami, spektralno analizo, korelacijsko analizo ter linearnimi stacionarnimi sistemi.

Avtorja se zahvaljujeta vsem sodelavcem Laboratorija za umetno zaznavanje, sisteme in kibernetiko na Fakulteti za elektrotehniko, ki so kakorkoli pripomogli k nastanku te zbirke.

Ljubljana, November 2015

Vitomir Štruc in Simon Dobrišek

# Kazalo

# 1. laboratorijska vaja (5 točk)

Podatki o študentu:

| Vpisna številka | Ime in priimek | Datum |
|---|---|---|
| | | |

Namen vaje je seznaniti študente z osnovnimi računskimi postopki obdelave signalov (izračun moči ali energije) tako analitično kot tudi z numeričnimi metodami z uporabo programskega okolja Matlab. Priprave na vajo in povzetek teoretične snovi je bil izveden skupaj z asistentom v predhodnem terminu vaj.

## Prvi del naloge (2 točki)

Vzemimo periodični zvezni signal, ki ga podaja elementarna periodična matematična funkcija

$$x(t) = \cos\frac{3\pi}{4}t\ .$$

1. Analitično izračunajte periodo in moč podanega periodičnega signala. Moč izračunajte najprej po splošni definiciji in nato še po posebni definiciji za periodične signale.

2. S pomočjo orodja Matlab nato numerično ocenite moč podanega signala. Signal vzorčite s časovnim korakom vzorčenja $t_0 = 0.001$. Moč nato ocenite z numerično oceno vrednosti integrala, ki nastopa v matematični definiciji moči. Podajte rezultate numeričnih izračunov, ki ste jih izvedli v programskem okolju Matlab, pri čemer izvedite poskus izračuna z različnimi koraki vzorčenja. Spodaj prepišite vašo Matlab programsko kodo in rezultate.

## Napotki

Glede na splošne lastnosti periodične funkcije cos() najprej ugotovimo periodo `T=?`. V okolju Matlab nato tvorimo seznam vseh časovnih točk vzorčenja signala, `t`, in nato še numerično funkcijo `xt`, tako kot je prikazano spodaj. Signal lahko še prikažemo in nato numerično izračunamo moč.

Command Window

```
>> T=?;to=0.001;
>> t=0:to:T-to;
>> xt=cos(3*pi/4*t);
>> stem(t,xt);
>> xlabel('t sek');
>> ylabel('x(t)');
>> pxx=1/T*to*sum(xt.^2)
```

3. Izračun moči v zadnji vrstici izvedete še z uporabo t.i. "*for zanke*". Za vse dosego vseh točk pokažite, kako se izvede izračun na tak način in spodaj zapišite programsko kodo.

## Drugi del naloge (2 točki)

Na podoben način kot pri prejšnji nalogi najprej analitično (samo po definiciji za periodične signale) in nato še numerično izračunajte moč periodičnega signala

$$x(t) = \begin{cases} 2 - 2t & 0 \leq t < 2 \\ x(t + 2n) & \forall t \ \wedge \ n \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

*Namig: V okolju Matlab si lahko pomagate s funkcijo 'sawtooth' (oglejte si dokumentacijo z ukazom "doc").*

1. Analitični izračun:

2. Numerični izračun (programska koda in rezultati):

## Tretji del naloge (1 točka)

V zadnjem delu naloge najprej analitično izračunajte energijo neperiodičnega signala

$$x(t) = \begin{cases} e^{-(t+1)} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

Nato s pomočjo okolja Matlab in vzorčenja podanega signala ocenite vrednost njegove ***energije***. Opazujte vpliv izbire časovnega koraka in časovnih mej na napako pri numerični oceni vrednosti energije (pri numerični oceni zgornja časovna meja na more biti neskončno). Pri izbiri zgornje časovne meje in intervala vzorčenja bodite pozorni na to, da ne ustvarite preveč časovnih odtipkov, saj vam lahko zmanjka RAM-a.

1. Analitični izračun:

2. Numerični izračun (programska koda in rezultati):

# 2. laboratorijska vaja (5 točk)

Podatki o študentih:

| Vpisna številka | Ime in priimek | Datum |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

Namen vaje je seznaniti študente s postopki izražave signalov po temeljnih funkcijah. Študenti izvedejo tako analitične izračune kot tudi numerične metode z uporabo programskega okolja Matlab. Priprave na vajo in povzetek teoretične snovi je bil izveden na predhodnem terminu vaj. Pri izvedbi vaje so dovoljeni zapiski in vsa druga literatura.

## Prvi del naloge (2 točki)

Za signal

$$x(t) = \begin{cases} -\cos\frac{\pi}{2}t & 0 \le t \le 2 \\ 0 & \text{drugje} \end{cases}$$

določite na intervalu $[0,4]$ približek $\tilde{x}(t)$ s prvimi štirimi **Walshevimi** temeljnimi funkcijami $\{\Phi_1(t), \Phi_2(t), \Phi_3(t), \Phi_4(t)\}$ v obliki

$$\tilde{x}(t) = C_1\Phi_1(t) + C_2\Phi_2(t) + C_3\Phi_3(t) + C_4\Phi_4(t)\,.$$

Izračunajte še srednjo kvadratno napako $\dddot{\varepsilon}^2$ in skicirajte približek.

1. Najprej nalogo rešite analitično.

2. Nato s pomočjo orodja Matlab za zgoraj podani signal numerično ocenite vrednosti vseh koeficientov izražave $\{C_1, C_2, C_3, C_4\}$, pri čemer temeljne funkcije in sam signal vzorčite v $N = 1024$ časovnih točkah. Poleg tega še numerično ocenite vrednost srednje kvadratne napake $\bar{\varepsilon}^2$ in grafično prikažite približek. Poročajte o doseženih vrednostih in jih primerjajte z analitičnimi izračuni (podajte komentar!). *Spodaj zapišite programsko kodo, ki ste jo spisali za določitev vzorčenega signala!*

## *Napotki*

V okolju Matlab najprej tvorite seznam vseh časovnih točk vzorčenja signala, `t`, in nato še numerično funkcijo `xt`, tako kot je prikazano spodaj (na podoben način kot ste to izvedli pri prejšnji vaji). S pomočjo posebej pripravljene funkcije `walsh()`(poskusite jo razumeti), ki je na razpolago na spletnem naslovu:

http://luks.fe.uni-lj.si/sl/studij/SIGNALI/vaje/vaja2/walsh.m

pridobite matriko, ki po vrsticah vsebuje želeno število odtipkov želenega števila Walshevih temeljnih funkcij. Nato z matričnimi skalarnimi produkti pridobite numerično oceno integralov, ki določajo vrednosti vseh koeficientov izražave, tvorite vzorčeni približek, numerično ocenite napako in prikažite signal in njegov približek, kot je prikazano spodaj.

Command Window

```
>> t1=?;t2=?;N=?;
>> t0=(t2-t1)/N;
>> t=t1:t0:t2-t0;

>> xt=<???>

>> n=4; H=walsh(n,N);

>> K=t0*diag(H*H')
>> C=t0*H*xt'./K

>> xxt=C'*H;

>> ee=1/(t2-t1)*t0*sum((xt-xxt).^2)
>> ee=1/(t2-t1)*(t0*sum(xt.^2)-K'*C.^2)

>> close all; hold all;
>> plot(t,xt);
>> plot(t,xxt,'Color','red');
>> xlabel('t sek');ylabel('x(t)');
```

## Drugi del naloge (2 točki)

Isti signal kot v prvem delu naloge nato podoben način izrazite še s prvi štirimi Haarovimi temeljnimi funkcijami ter izračunajte srednjo kvadratno napako $\bar{\varepsilon}^2$ in skicirajte približek.

1. Na enak način kot v prejšnjem delu naloge tudi v tem delu najprej analitično izvedite vse potrebne izračune.

2. Na podoben način kot v prejšnjem delu naloge nato s pomočjo orodja Matlab pridobite še vse potrebne numerične ocene izračunanih vrednosti in grafične prikaze, pri čemer si pomagajte s posebej pripravljeno funkcijo `haar()` (poskusite jo razumeti), ki je na razpolago na spletnem naslovu:

http://luks.fe.uni-lj.si/sl/studij/SIGNALI/vaje/vaja2/haar.m

Poročajte o doseženih vrednostih in jih primerjajte z analitičnimi izračuni (podajte komentar!). Spodaj zapišite še komentirano programsko kodo funkcije `haar()`, v kateri na kratko pojasnite pomen vsake neprazne programske vrstice od 30 vrstice dalje.

## Tretji del naloge (1 točka)

V zadnjem delu naloge v okolju Matlab napišite lastno funkcijo `trigonometric()`, ki vam bo omogočila numerično izražavo istega signala iz prejšnji delov naloge še po prvih štirih trigonometrijskih temeljnih funkcijah na enak način, kot ste to izvedli v prejšnjih delih naloge. Pri tem se zgledujte po funkcijah `walsh()` in `haar()`. Pravilnost numeričnih izračunov po možnosti preverite še s primerjavo z analitičnimi izračuni. *Spodaj zapišite programsko kodo spisane funkcije* `trigonometric()` *in podajte vrednosti koeficientov izražave!*

# 3. laboratorijska vaja (5 točk)

Podatki o študentu:

| Vpisna številka | Ime in priimek | Datum |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

Namen vaje je seznaniti študente s postopkom Fourierove frekvenčne analize. Študenti izvedejo tako analitične izračune kot tudi numerične metode z uporabo programskega okolja Matlab. Priprave na vajo in povzetek teoretične snovi je bil izveden na predhodnem terminu vaj. Pri izvedbi vaje so dovoljeni zapiski in vsa druga literatura ter uporaba spletnih orodij, kot je http://www.wolframalpha.com ipd.

## Prvi del naloge (3 točke)

Za podani neperiodični signal

$$x(t) = \begin{cases} \sin\frac{\pi}{2}t & 0 \leq t \leq 2 \\ 0 & \text{drugje} \end{cases}$$

določite Fourierovo transformacijo in posebej izračunajte vrednost njegovega spektra amplitudne gostote in vrednost faznega spektra pri $\omega = 2\pi/3$.

1. Najprej nalogo rešite analitično.

2. V nadaljevanju s pomočjo orodja Matlab numerično ocenite vrednosti spektra amplitudne gostote in vrednost faznega spektra podanega signala pri $\omega = 2\pi/3$. Pri numerični oceni Fourierovega integrala signal vzorčite v $N = 1000$ časovnih točkah. Poročajte o primerjavi rezultata z analitičnim izračunom. Nato izvedite še numerični izračun vrednosti spektra v $N = 1001$ točkah enakomerno simetrično razporejenih med $-10\pi$ in $+10\pi$ in grafično prikažite vzorčen kompleksni spekter ter spekter amplitudne gostote in fazni spekter. Grafično prikažite še zgoraj analitično izračunan spekter amplitudne gostote in ga primerjajte z numerično izračunanim. Zapišite svoje ugotovitve.

Spodaj prepišite še vse vaše dopolnitve izhodiščne programske kode (napotki) ter svojo funkcijo podanega signala ter skicirajte vse grafično prikazane spektre.

## *Napotki*

V okolju Matlab najprej tvorite seznam vseh časovnih točk vzorčenja signala, `t`, in nato še numerično funkcijo `xt`, tako kot je prikazano spodaj. Funkcijo `funkcija3a()` morate napisati sami tako, da bo določala obravnavani signal. Z matričnimi skalarnimi produkti nato pridobite numerično oceno Fourierovega integrala, ki določajo vse iskane vrednosti frekvenčnih spektrov ter z uporabo funkcije `plot` spektre tudi prikažite.

```
t1=??; t2=??;
N=1000; t0=(t2-t1)/N;

t=t1:t0:t2-t0;
xt=zeros(1,N);
for n=1:N
    xt(n)=funkcija3a(t(n)); %To funkcijo je potrebno napisati
end

om=??;                      %Izbrana posamezna vrednost
Fom=t0)*xt*exp(-1i*om*t).'; %Transponiranje sicer vrne konjugirane vrednosti

abs(Fom)                    %Vrednost spektra amplitudne gostote
angle(Fom)                  %Vrednost faznega spektra

om1=-10*pi; om2=10*pi;
N=1000; om0=(om2-om1)/N;    %Število točk spektra bo N+1 in mora biti liho

om=om1:om0:om2;             %Z lihim število točk upoštevamo simetrijo
Fom=t0*xt*exp(-1i*om'*t).'; %Numerični izračun vseh izbranih točk spektra

close all;
figure; plot(t,xt); xlabel('t sek'); ylabel('x(t)');
figure; plot(om,abs(Fom)); xlabel('om rad'); ylabel('|F(om)|');
figure; ??? %Izrišite še točke faznega spektra
figure; ??? %Izrišite še točke kompleksnega spektra v kompleksni ravnini

Fom=???; %Uporaba funkcije, ki je rezultat analitičnega izračun spektra
figure; plot(om,abs(Fom),'Color','red'); xlabel('om rad'); ylabel('|F(om)|');
```

## Drugi del naloge (2 točki)

Na podoben način kot pri prejšnjem delu naloge v okolju Matlab izračunajte in grafično prikažite spekter amplitudne gostote kratkega izseka vzorčenega zvočnega govornega signala. Signal pridobite na spletni strani

http://luks.fe.uni-lj.si/sl/studij/SIGNALI/vaje/vaja3/signali

pri čemer indeks signala, ki ga morate obdelati, določite iz vaše vpisne številke tako, da števke vpisne številke po vrsti seštevate po modulu 10 (ostanki po deljenju seštevka z 10). Rezultat je število/indeks med 0 in 9 in to je tudi indeks signala, ki ga morate obdelati.

```
vpisna = [6 4 0 0 0 1 2 3]
mod(sum(vpisna),10)
```

Spekter določite in prikažite v $N = 2001$ točkah enakomerno simetrično razporejenih med $-\pi f_0$ in $+\pi f_0$, kjer je $f_0$ frekvenca vzorčenja zvočnega signala. To frekvenco pridobimo s pri branju zvočne datoteke z Matlab funkcijo `wavread()`. Na osnovi rezultatov spektralne analize ocenite in spodaj podajte periodo analiziranega kvazi-periodičnega signala. Spodaj pojasnite, na kakšen način ste določili periodo.

Spektru obravnavanega signala nato še naključno spremenite fazni del ter ga z numeričnim izračunom inverzne Fourierove transformacije pretvorite v spremenjeni vzorčen časovni signal. Grafično primerjajte izviren in spremenjen signal in ju poslušajte z uporabo funkcije `wavwrite` in predvajalnika zvočnih posnetkov ali funkcije `usound`, ki jo najdete na zgornji spletni povezavi. Kaj opazite? Za vse točke v Matlab okolju izrišite izviren in spremenjen signal v isti graf. Spodaj približno skicirajte eno periodo obeh signalov in komentirajte svoje ugotovitve.

## Napotki

V okolju Matlab najprej preberite vzorce analiziranega signala iz datoteke in tvorite seznam vseh časovnih točk vzorčenja signala, `t`, tako kot je prikazano spodaj. V drugem delu tvorite naključni fazni spekter za katerega poskrbite, da je lih (da določa realni časovni signal). Izvirni fazni spekter zamenjajte z naključnim in pridobite spremenjeni časovni signal, ki ga prikažite in poslušajte tako, kot je prikazano spodaj.

```
[xt, fs] = wavread('signal.wav');
N=length(xt); t1=0; t2=N/fs; t0=(t2-t1)/N;

t=t1:t0:t2-t0;

N=2000;                       %Število točk spektra bo N+1 in mora biti liho
om1=-pi*fs; om2=pi*fs; om0=(om2-om1)/N;

om=om1:om0:om2;
Fom=t0*xt'*exp(-1i*om'*t).'; %Transponiranje sicer vrne konjugirane vrednosti

close all;
figure; plot(t,xt); xlabel('t sek'); ylabel('x(t)');
figure; plot(om,abs(Fom)); xlabel('om rad'); ylabel('|F(om)|');
figure; ??? %Izrišite še točke faznega spektra
figure; ??? %Izrišite še točke kompleksnega spektra v kompleksni ravnini

rf=2*pi*rand(1,N+1)-pi;      %Naključne vrednosti faznega spektra

for n=1:N/2                   %Poskrbimo za lihost naključnega faznega spektra
    rf(N/2+1-n)=-rf(N/2+1+n);
end

Fom1=abs(Fom).*exp(1i*rf);   %Zamenjamo fazni spekter z naključnim

xt1=real(1/(2*pi)*om0*Fom1*exp(1i*om'*t)); %Inverzna Fourierova transformacija
(pričakujemo le realni signal)

figure; plot(t,xt1); xlabel('t sek'); ylabel('x(t)');
hold on;
figure; ???
%Za vse točke izrišite izvirni in spremenjeni signal v isti graf.

usound(xt,fs);               %Predvajajmo originalni signal
usound(xt1,fs);              %Predvajajmo signal z naključnim faznim spektrom
```

# 4. laboratorijska vaja (5 točk)

Podatki o študentih:

| Vpisna številka | Ime in priimek | Datum |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

Namen vaje je seznaniti študente s postopkom korelacijske analize signalov. Študenti izvedejo tako analitične izračune kot tudi numerične metode z uporabo programskega okolja Matlab. Priprave na vajo in povzetek teoretične snovi je bil izveden na predhodnem terminu vaj. Pri izvedbi vaje so dovoljeni zapiski in vsa druga literatura.

## Prvi del naloge (3 točke)

Določite križni korelaciji $\varphi_{12}(\tau)$ in $\varphi_{21}(\tau)$ podanih dveh neperiodičnih signalov

$$f_1(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \leq 2 \\ 0 & \text{drugje} \end{cases} \qquad f_2(t) = \begin{cases} 2t - t^2 & 0 \leq t \leq 2 \\ 0 & \text{drugje} \end{cases}$$

1. Najprej nalogo rešite analitično.

2. V nadaljevanju s pomočjo orodja Matlab numerično ocenite vrednosti križne korelacije $\varphi_{12}(\tau)$ iz prejšnjega dela vaje. **Primerjajte rezultat z analitičnim izračunom** in **skicirajte potek** križne korelacije $\varphi_{12}(\tau)$. **Podajte še programsko kodo** obeh napisanih Matlab funkcij, ki določata oba neperiodična signala.

## *Napotki*

V okolju Matlab najprej tvorite seznam vseh časovnih točk, `t`, vzorčenja obeh neperiodičnih signalov v trajanju neničelnih intervalov njunih potekov amplitud in nato še numerični funkciji `f1t` in `f2t`, tako kot je prikazano spodaj. Funkciji `f1()` in `f2()` morate napisati sami tako, da bosta določali obravnavana neperiodična signala. Z uporabo Matlab funkcije `xcorr()` nato pridobite numerično oceno korelacijskega integrala.

```
t1=?; t2=?;
Nt=1000; t0=(t2-t1)/Nt;

t=t1:t0:t2-t0;

f1t=zeros(1,Nt);
for nt=1:Nt
    f1t(nt)=f1(t(nt));  %Prvi signal
end

f2t=zeros(1,Nt);
for nt=1:Nt
    f2t(nt)=f2(t(nt));  %Drugi signal
end

[phitau,tau]=xcorr(f1t,f2t);

close all;
plot(t0*tau,t0*phitau); xlabel('tau sek'); ylabel('phij(tau)');
```

## Drugi del naloge (2 točki)

Na podoben način kot pri prejšnjem delu naloge v okolju Matlab izračunajte in grafično prikažite avtokorelacijo izseka vzorčenega zvočnega signala, ki vsebuje šum in šibko periodično komponento. Na osnovi rezultatov avtokorelacijske analize ocenite in **podajte periodo** šibkega periodičnega signala, ki se »skriva« v šumu. **Skicirajte in komentirajte tudi potek avtokorelacije** obdelanega signala. Signal pridobite na spletni strani

http://luks.fe.uni-lj.si/sl/studij/SIGNALI/vaje/vaja4/signali

pri čemer indeks signala, ki ga morate obdelati, določite iz vaše vpisne številke tako, da števke vpisne številke po vrsti seštevate po modulu 10 (ostanki po deljenju seštevka z 10). Rezultat je število med 0 in 9 in to je tudi indeks signala, ki ga morate obdelati. Podajte indeks signala, ki ste ga obdelali.

```
vpisna = [6 4 0 0 0 1 2 3]
mod(sum(vpisna),10)
```

### *Napotki*

V okolju Matlab najprej preberite vzorce analiziranega signala iz datoteke in tvorite seznam vseh časovnih točk, `t`, vzorčenja signala tako kot je prikazano spodaj. Numerično ocenite avtokorelacijo in pri dovolj velikem časovnem zamiku razberite periodo v šumu skritega šibkega periodičnega signala.

```
[xt, fs] = wavread('signal.wav');
Nt=length(xt);

t1=0; t2=Nt/fs; t0=(t2-t1)/Nt;
t=t1:t0:t2-t0;

%Določite odtipke avtokorelacije, phitau in zamik tau z uporabo funkcije xcorr


close all;
plot(t,xt); xlabel('t sek'); ylabel('x(t)');
figure;
plot(t0*tau,t0*phitau); xlabel('tau sek'); ylabel('phi(tau)');
```

# 5. laboratorijska vaja (5 točk)

Podatki o študentu:

| Vpisna številka | Ime in priimek | Datum |
|---|---|---|
| | | |

Namen vaje je seznaniti študente s konvolucijo signalov in obravnavo prevajanja signalov skozi linearne stacionarne sisteme. Študenti izvedejo tako analitične izračune kot tudi numerične metode z uporabo programskega okolja Matlab. Priprave na vajo in povzetek teoretične snovi je bil izveden na predhodnih terminih vaj. Pri izvedbi vaje so dovoljeni zapiski in vsa druga literatura.

## Prvi del naloge (3 točke)

Podan je linearni stacionarni sistem z odzivom na enotin impulz

$$h(t) = \begin{cases} 2 & 0 \le t \le 4 \\ 0 & \text{drugje} \end{cases} .$$

Predpostavimo, da je na vhodu sistema vhodni signal

$$u(t) = \begin{cases} 1 - t/4 & 0 \le t < 4 \\ 0 & \text{drugje} \end{cases} .$$

4. Najprej z analitičnim izračunom določite izhodni signal tega sistema.

5. V nadaljevanju s pomočjo orodja Matlab in izračunom neperiodične diskretne konvolucije numerično ocenite vrednosti izhodnega signala v časovnem razponu $0 \leq t < 9$, pri čemer predpostavite časovni korak vzorčenja $t_o = 0{,}001$. Posebej podajte numerično oceno vrednost izhodne signala, $y(t)$, v časovnem trenutku $t = 1$ in jo primerjajte z analitičnim izračunom. Podajte primerjavo izračunov. Raziščite, uporabite in opišite Matlab funkcijo `conv()`.

### *Napotki*

V okolju Matlab najprej tvorite seznam vseh časovnih točk, `t`, vzorčenja vhodnega signala in odziva na enotin impulz in nato še obe numerični funkciji `ut` in `ht`, tako kot je prikazano spodaj. Obe funkciji morate napisati sami tako, da bosta določali vrednosti obeh podanih signalov. Neperiodično diskretno konvolucijo izračunajte z uporabo for zanke oziroma z uporabo Matlab funkcije `conv()`.

```
t1=0; t2=7; t0=0.001;
t=t1:t0:t2-t0;
Nt=length(t);

ut=zeros(1,Nt);
ht=zeros(1,Nt);
for nt=1:Nt
    ht(nt)=odziv(t(nt));
    ut(nt)=vhod(t(nt));
end

yt=zeros(1,Nt);
for nt=1:Nt
    for it=1:nt
        yt(nt)=yt(nt)+ut(it)*ht(nt-it+1);
    end
end
yt=t0*yt;

%yt=t0*conv(ut,ht);
%yt=yt(1:Nt);

close all;
plot(t,yt); xlabel('t sek'); ylabel('y(t)');
```

## Drugi del naloge (2 točki)

Diskretno konvolucijo iz prejšnjega dela naloge določite še z uporabo diskretne Fourierove transformacije (Matlab funkcija `fft()`) in inverzne diskretne Fourierove transformacije (Matlab funkcija `ifft()`). Tako določen izhodni signal sistema prikažite in primerjajte z izračunom v prejšnjem delu naloge. Posebej primerjajte numerični oceni vrednosti izhodne signala, $y(t)$, v časovnem trenutku $t = 1$. Podajte primerjavo izračunov (skice potekov izhodnega signala, $y(t)$) in spisano Matlab programsko kodo.