

MTRK

Cvičení 1

Simulace signálů v základním pásmu – komplexní obálka

Zadání:

- 1) Mějme dán pásmový signál $x(t)=\text{sinc}(100t)\cos(2\pi 200t)$
 - a) Zobrazte tento signál a jeho amplitudové spektrum
 - b) Nalezněte jeho komplexní obálku, zobrazte ji (reálnou, imaginární část a obálku) a zakreslete její spektrum, pokud platí $f_0=200\text{Hz}$ a $f_0=100\text{Hz}$. Pro řešení použijte Hilbertovu transformaci. Jak se liší komplexní obálka v těchto dvou případech. Proč?
- 2) Ověřte možnost zpětného získání pásmového signálu z jeho komplexní obálky pomocí kvadraturního modulátoru.
- 3) Vygenerujte vzorky náhodného procesu s rovnoměrným rozdělením v rozsahu $\langle -0.5, 0.5 \rangle$, filtrujte je filtrem s koeficienty čitatele $A=[1 \ -0.9]$ a jmenovatele $B=1$ a zobrazte autokorelační funkce a spektrální hustoty výkonu vstupu a výstupu filtru. Zdůvodněte rozdíly.

Zdroják:

```
clear
close all

% Definujte vzorkovací frekvenci 1000 Hz:
Fs=1000;
ts=1/Fs;

% Definujte vektor casu:
t=-2:ts:2;

% Definujte pasmovy signal x(t):
x=sinc(100*t).*cos(2*pi*200*t);

% Vykreslete signal x(t):
figure(1);
subplot(2,1,1)
plot(abs(x));
title('Signal x(t)');

% Vypoctete spektrum amplitud a vykreslete je:
x2=fftshift(fft(x));
x3=abs(x2);
f=(-Fs/2)+(Fs/length(x3)):(Fs/length(x3)):(Fs/2);
subplot(2,1,2);
plot(f,x3);
title('Spektrum amplitud');

% Definujte f0=200Hz:
f0=200;

% Vypoctete komplexni obalku - nejprve analyticky signal - prikazem Hilbert
% (pozor nepocita Hilbertovu transformaci ale analyticky signal - overte pomoci 'help
```

```

hilbert' ):
xh=hilbert(x);

% a pote frekvencne posunte o f0:
xh=xh.*exp(-j*2*pi*f0*t);
xh2=xh;

% Zobrazte realnou a imaginarni cast. Jaka je imaginarni cast?:
figure(2);
subplot(2,2,1)
plot(real(xh));
title('Pro 200Hz - Realna cast');
subplot(2,2,2);
plot(imag(xh));
title('Imaginarni cast');

% a take obalku:
subplot(2,2,3);
plot(abs(xh));
title('Obalka');

% Nakonec spoctete a zobrazte spektrum amplitud:
x2=fftshift(fft(xh));
x3=abs(x2);
f=(-Fs/2)+(Fs/length(x3)):(Fs/length(x3)):(Fs/2);
subplot(2,2,4);
plot(f,x3);
title('Spektrum amplitud');

%-----

% Opakujte predchozi postup pro f0=100Hz:
% Definujte f0=100Hz:
f0=100;

% Vypoctete komplexni obalku - nejprve analytický signal - prikazem Hilbert
% (pozor nepocita Hilbertovu transformaci ale analytický signal - overte pomoci 'help
hilbert' ):
xh=hilbert(x);

% a pote frekvencne posunte o f0:
xh=xh.*exp(-j*2*pi*f0*t);

% Zobrazte realnou a imaginarni cast. Jaka je imaginarni cast?:
figure(3);
subplot(2,2,1)
plot(real(xh));
title('Pro 100Hz - Realna cast');
subplot(2,2,2);
plot(imag(xh));
title('Imaginarni cast');

% a take obalku:
subplot(2,2,3);
plot(abs(xh));
title('Obalka');

% Nakonec spoctete a zobrazte spektrum amplitud:
x2=fftshift(fft(xh));
x3=abs(x2);
f=(-Fs/2)+(Fs/length(x3)):(Fs/length(x3)):(Fs/2);
subplot(2,2,4);
plot(f,x3);
title('Spektrum amplitud');

%-----

% Nyni overte moznost zpetneho ziskani pasmoveho signalu pomoci kvadraturního modulatoru
f0=200;

```

```

x1=real(xh2).*cos(2*pi*f0*t);
x2=imag(xh2).*(-sin(2*pi*f0*t));
s=x1+x2;

% Zjistete maximalni odchylku signalu
r=s-x;
figure(4);
subplot(2,1,1)
plot(r)
title('Odchylka pro 200Hz');

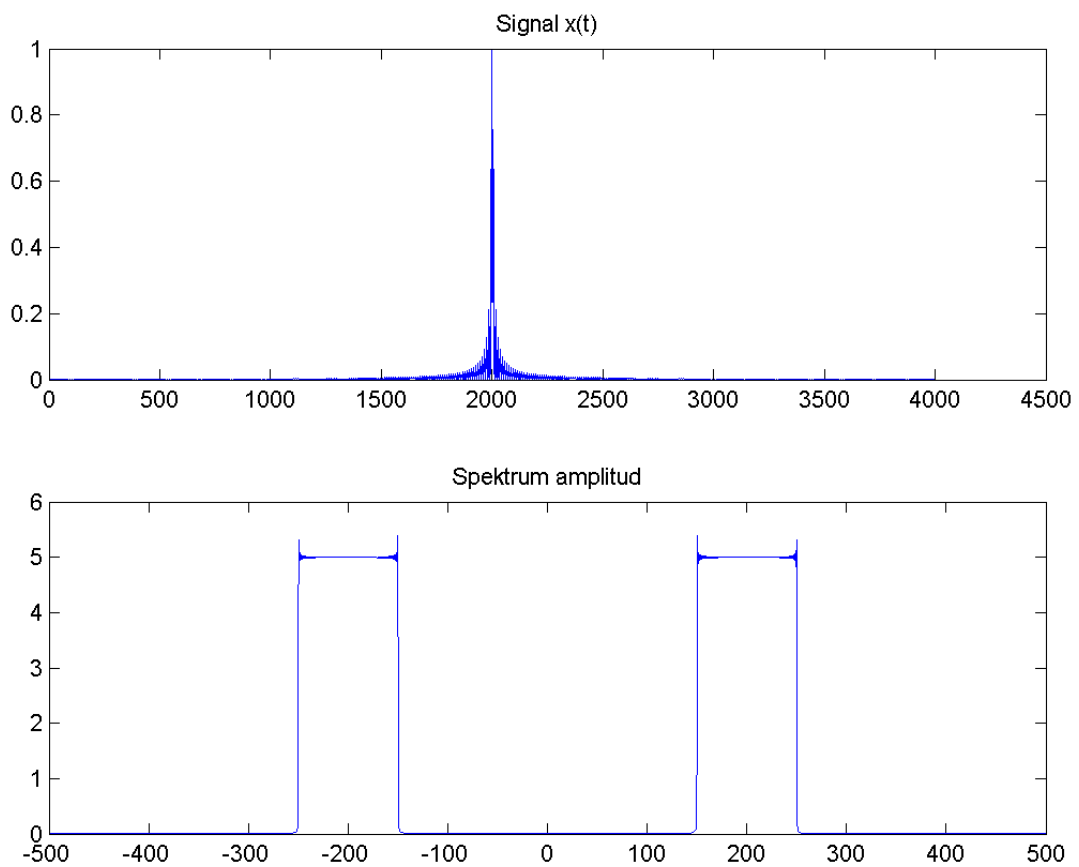
% Totez pro f0=100
f0=100;
x1=real(xh).*cos(2*pi*f0*t);
x2=imag(xh).*(-sin(2*pi*f0*t));
s=x1+x2;

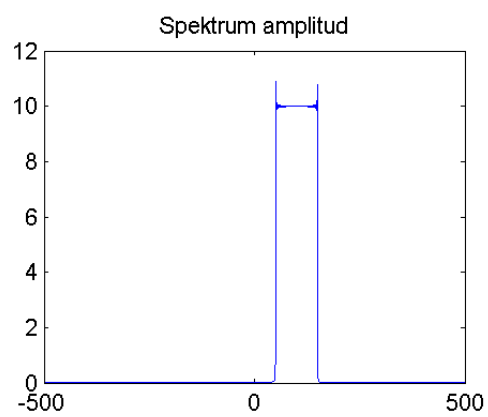
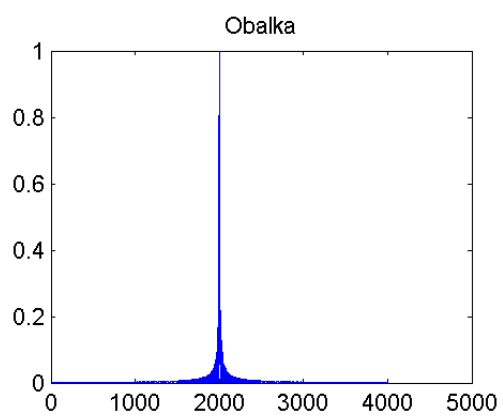
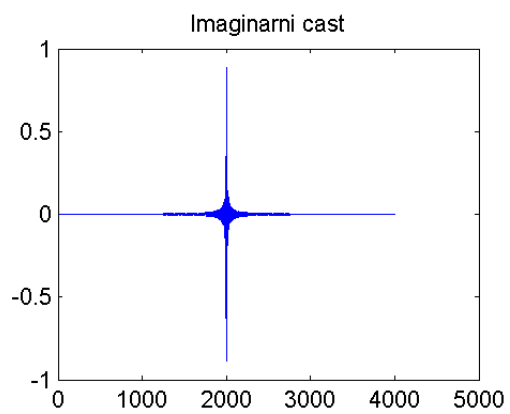
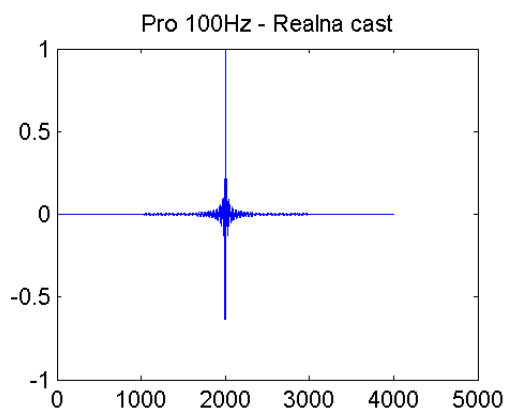
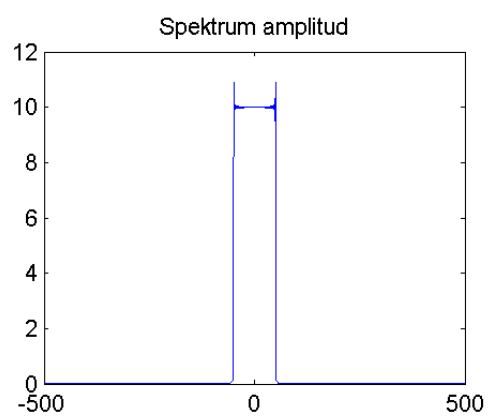
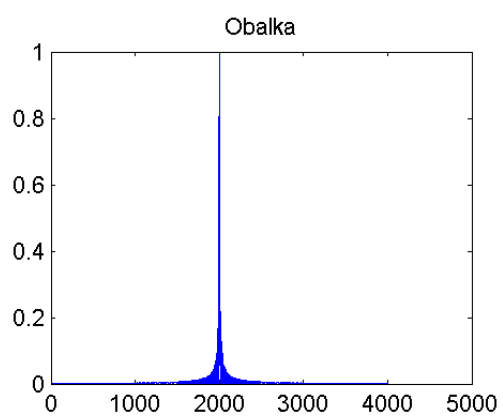
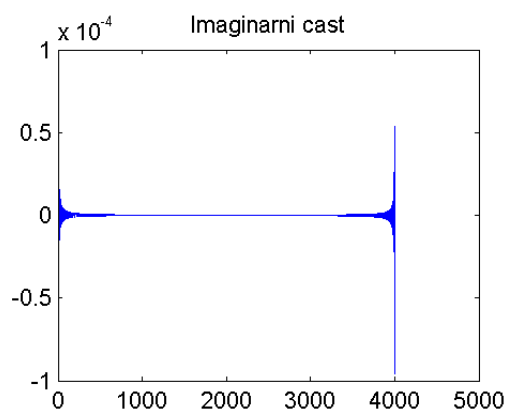
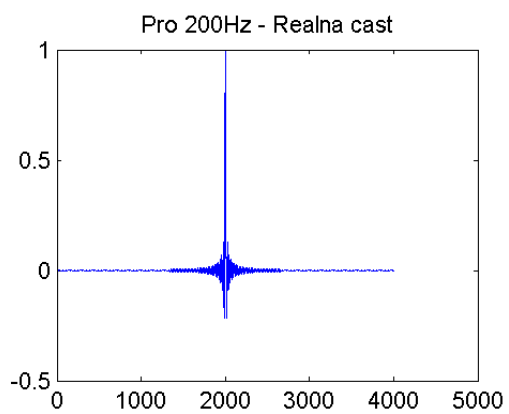
% Zjistete maximalni odchylku signalu
r=s-x;
figure(4);
subplot(2,1,2)
plot(r)
title('Odchylka pro 100Hz');

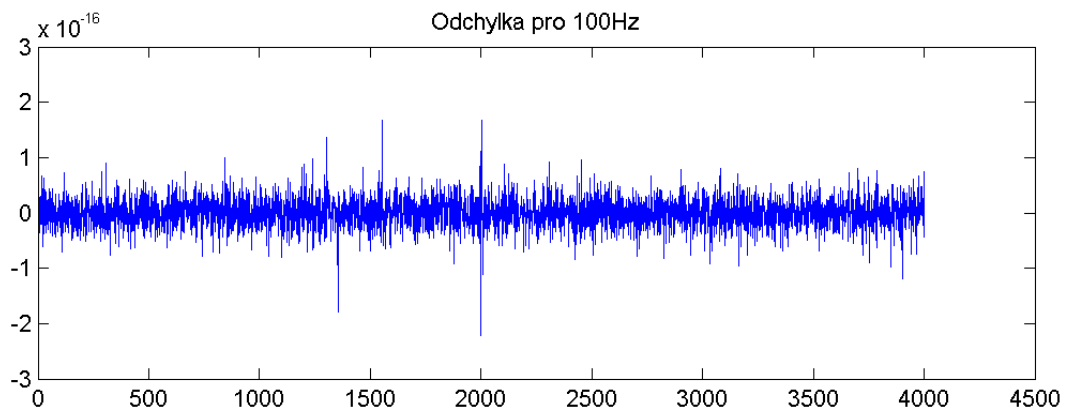
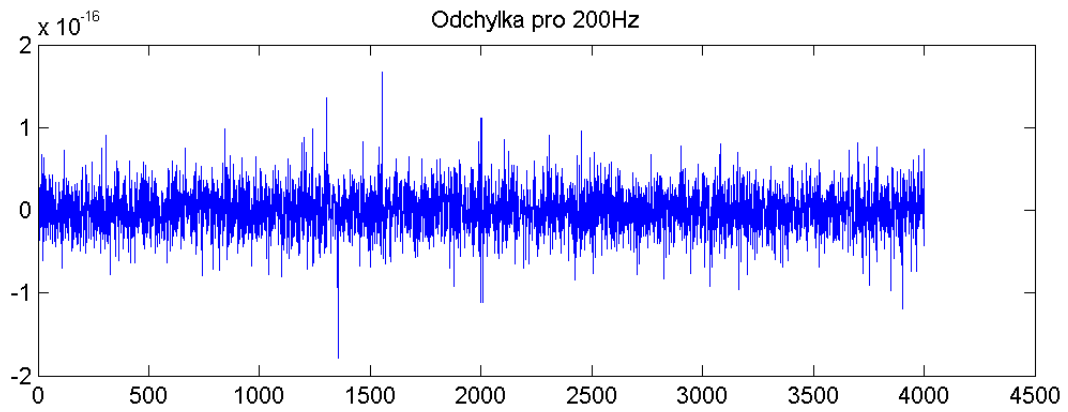
```

%-----

Obrázky:







Otázka:

$$s(t) = \Re \{ s_0 \cdot e^{j\pi f_0 t} \}$$

$$\cos(2 \cdot \pi \cdot 200 \cdot t) = \Re \{ e^{j \cdot 2\pi \cdot 200 \cdot t} \}$$

$$\Re \{ \text{sinc}(100t) \} = \text{sinc}(100t)$$

$$s(t) = \text{sinc}(100t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot 200 \cdot t)$$

$$\Rightarrow s(t) = \text{sinc}(100t) \cdot e^{j \cdot 2\pi \cdot 200 \cdot t}$$

Pro posun o 200Hz:

$$s(t)_2 = s_0(t) \cdot e^{j \cdot 2\pi \cdot 200 \cdot t} \cdot e^{-j \cdot 2\pi \cdot 200 \cdot t}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{s(t)_2 = s_0(t)}}$$