

Exercițiul 1: Modularea în frecvență (FM) a unui semnal sinusoidal și afișarea spectrului

În acest exemplu veți modula FM un semnal sinusoidal iar apoi îl veți plota în același grafic cu semnalul inițial. În pasul următor, veți încerca să vizualizați spectrul semnalului modulat.

Cerințe pentru Exercițiul 1:

1. Implementați în Matlab exercițiul 1. Atașați codul final
2. Atașați graficul obținut la Pasul 2.
3. Din ce cauză semnalul modulat FM de la pasul 2 nu este reprezentat fidel, în special atunci când semnalul inițial are o amplitudine mai mare?
4. Atașați spectrul rezultat la Pasul 3
5. Modificați deviația de frecvență și observați dacă apar modificări în spectrul semnalului modulat FM.

IMPLEMENTARE Exercițiu 1:

Pasul 1: Generați un semnal sinusoidal cu o durată de 0.5s și o frecvență de 4Hz

Setarea parametrilor inițiali:

<code>fs = 1e3;</code>	% frecventa esantioanelor (Hz)
<code>ts = 1/fs;</code>	% perioada esantioanelor (s)
<code>fd = 50;</code>	% deviatia de frecventa (Hz)

Setarea bazei de timp $t = \text{starting value} : \text{step size} : \text{ending value}$ și generarea unui semnal sinusoidal de durată 1.6s și o frecvență de 4Hz.

```
t = (0:ts:1.6-ts)';  
x = sin(2*pi*4*t);
```

Pasul 2: Modularea FM pentru semnalul sinusoidal

Creați un modulator FM ca un obiect-sistem:

```
MOD = comm.FMModulator('SampleRate',fs,'FrequencyDeviation',fd);
```

Modulați FM semnalul de intrare și plotați într-un grafic partea sa reală.

```
y = step(MOD,x);  
plot(t,[x real(y)])  
legend('Semnal de intrare','Semnal modulat FM')  
xlabel('Timp (s)')  
ylabel('Amplitudine')
```

Puteți observa că frecvența semnalului modulat se modifică cu amplitudinea semnalului de intrare.

Pasul 3: Afișarea spectrului semnalului modulat FM

Creați un obiect de tip Spectrum Analyzer:

```
SA = dsp.SpectrumAnalyzer('SampleRate',fs,'ShowLegend',true);
```

Afișați spectrul semnalului x, modulat FM la pasul precedent.

```
step(SA,[y])
```

Exercițiul 2: Modularea și demodularea în frecvență (FM) a unui semnal sinusoidal

În acest exemplu veți modula FM și apoi veți demodula un semnal sinusoidal. Semnalul demodulat va fi plotat pentru a-l putea compara cu semnalul inițial.

Cerințe pentru Exercițiul 2:

1. Implementați în Matlab exercițiul 2. Atașați codul final
2. Atașați graficul obținut la Pasul 2.
3. Atașați graficul obținut la Pasul 3. Ce puteți spune despre semnalul inițial și cel modulat FM?
4. Modificați scriptul deja creat folosind alte valori pentru parametrii de intrare (frecvența semnalului modulat, a semnalului purtător), pentru a înțelege mai bine fenomenul de modulație FM.

IMPLEMENTARE Exercițiu 2:

Pasul 1: Generați un semnal sinusoidal cu o durată de 0.5s și o frecvență de 4Hz

Setarea parametrilor inițiali:

```
fs = 100;      % frecventa esantioanelor (Hz)
ts = 1/fs;     % perioada esantioanelor (s)
fd = 25;       % deviatia de frecventa (Hz)
```

Generarea unui semnal sinusoidal de durata 0.5s și o frecvență de 4Hz:

```
t = (0:ts:0.5-ts)';
x = sin(2*pi*4*t);
```

Pasul 2: Modularea FM pentru semnalul sinusoidal

Creați un modulator FM ca un obiect-sistem:

```
MOD = comm.FMModulator('SampleRate',fs,'FrequencyDeviation',fd);
```

Modulați FM semnalul de intrare și plotați într-un grafic partea sa reală.

Puteți observa că frecvența semnalului modulat se modifică cu amplitudinea semnalului de intrare.

```
y = step(MOD,x);  
figure  
plot(t,[x real(y)])  
legend('Senmal de intrare','Semnal modulat FM')  
xlabel('Timp (s)')  
ylabel('Amplitudine')
```

Pasul 3: Demodularea semnalului FM

Creați un demodulator FM ca un obiect-sistem și demodulați semnalul FM de la pasul precedent

```
DEMOM = comm.FMDemodulator('SampleRate',fs,'FrequencyDeviation',fd);  
z = step(DEMOD,y);
```

Plotați pe același grafic semnalul de intrare și cel demodulat.

```
figure  
plot(t,x,'r',t,z,'ks')  
legend('Senmal de intrare','Semnal demodulat FM')  
xlabel('Timp (s)')  
ylabel('Amplitudine')
```

Exercițiul 3: Modularea AM a unui semnal sinusoidal

În acest exercițiu veți genera un semnal sinusoidal inițial (modulator), un semnal sinusoidal purtător și apoi veți modula AM semnalul purtător folosind semnalul modulator (inițial).

Cerințe pentru Exercițiul 3:

1. Implementați în Matlab exercițiul 3. Atașați codul final
2. Atașați graficul obținut la Pasul 1, 2 și 3.
3. Modificați indexul de modulație inițial (indexul de modulație $m=1$ este echivalent cu o modulație 100%) cu valori între 0 și 1. Atașați graficul astfel obținut la Pasul 3. Ce puteți spune despre forma semnalului modulat AM în funcție de indexul de modulație folosit?
4. Modificați scriptul deja creat folosind alte valori pentru parametrii de intrare (frecvența semnalului modulat, a semnalului purtător), pentru a înțelege mai bine fenomenul de modulație AM.

IMPLEMENTARE Exercițiu 3:

Pasul 1: Generați un semnal sinusoidal modulator (în banda de bază)

Setarea parametrilor inițiali:

```
m = 1;           %indexul de modulație,  $0 \leq m \leq 1$ 
Am = 5;          % amplitudinea semnalului modulator
fa = 2000;        % frecvența semnalului modulator (Hz)
ta=1/fa;          % perioada semnalului modulator
```

Generarea semnalului sinusoidal:

```
t=0:ta/999:6*ta;
ym = Am*sin(2*pi*fa*t);
```

Afișarea semnalului modulator generat anterior:

```
%semnalul modulator  
figure(1)  
subplot(3,1,1);  
plot(t,ym)  
title('Semnalul modulator')
```

Pasul 2: Generați un semnal purtător

Parametrii semnalului purtător:

```
Ac=Am/m;    %amplitudinea semnalului purtator  
fc=fa*10;    %frecventa semnalului purtator  
tc=1/fc;    %perioada semnalului purtator
```

Generarea semnalului purtător sinusoidal:

```
yc=Ac*sin(2*pi*fc*t);
```

Afișarea semnalului purtător sinusoidal alături de semnalul modulator:

```
subplot(3,1,2)  
plot(t,yc)  
grid on;  
title('Semnalul purtator')
```

Pasul 3: Modularea AM

Generarea semnalului modulat AM

```
y=Ac*(1+m*sin(2*pi*fa*t)).*sin(2*pi*fc*t);
```

Afișați semnalul modulat AM alături de semnalul modulator și semnalul purtător.

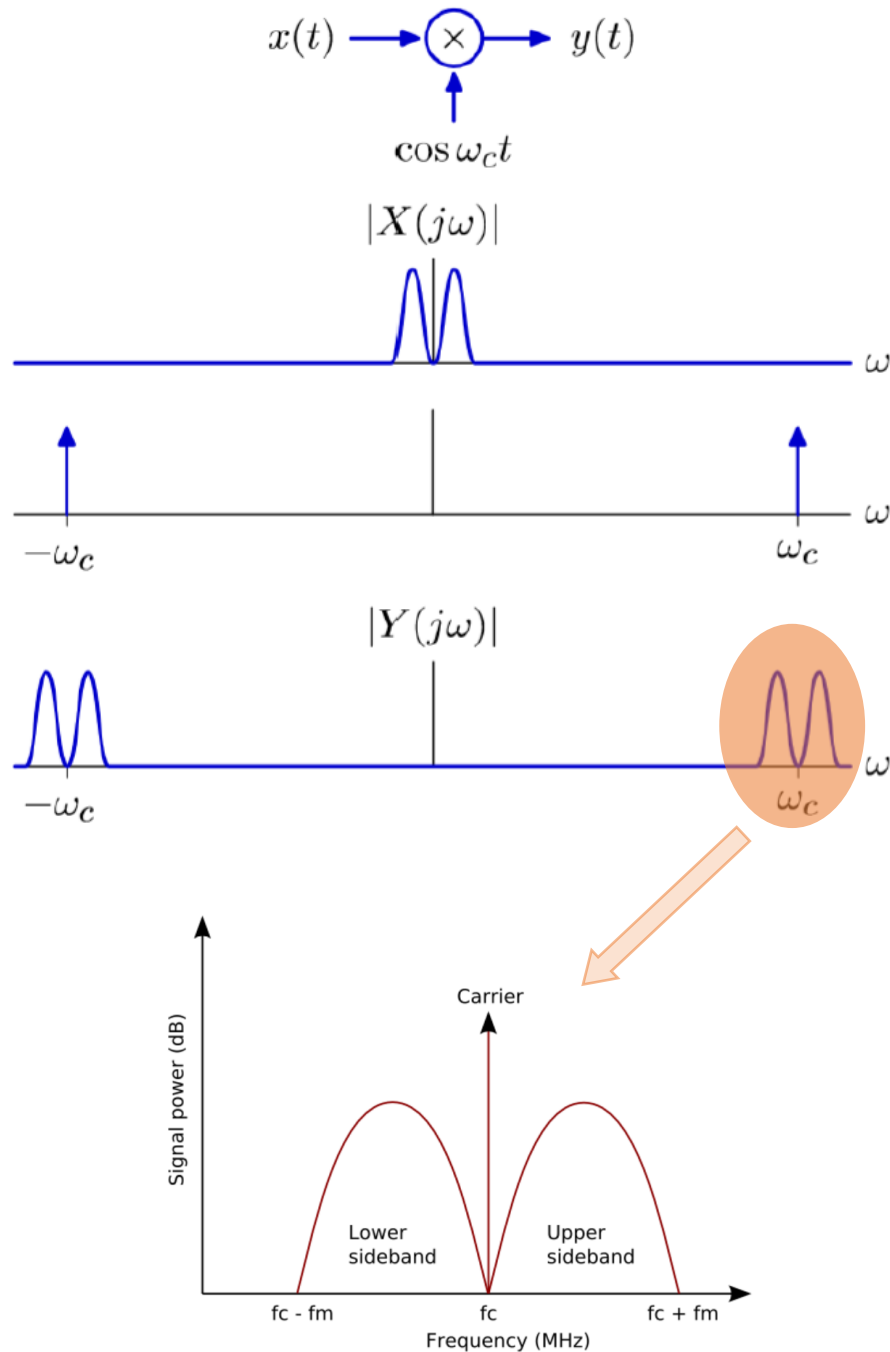
```
subplot(3,1,3)
plot(t,y)
title('Semnalul modulat AM')
grid on;
```

Exercițiul 4: Modularea AM cu benzi laterale duble și cu bandă laterală unică

În acest exercițiu veți modula AM un semnal sinusoidal și veți observa benzile laterale generate de către modulația AM.

Considerente teoretice:

Asa cum am arătat la curs, o modulație AM poate fi reprezentată (în frecvență) ca în imaginea de mai jos:



Se poate observa că semnalul modulat AM se regăsește în două benzi adiacente frecvenței purtătoare f_c , puterea acestor benzi fiind distribuită între f_c și $f_c + f_m$ pentru **banda laterală superioară** respectiv între $f_c - f_m$ și f_c pentru **banda laterală inferioară**. În acest caz, f_m reprezintă frecvența maximă din semnalul modulator (inițial) în banda de bază (în general, un semnal modulat nu conține o singură componentă de frecvență ci un spectru de frecvențe ce are un minim și un maxim – gândiți-vă la semnalul audio).

Pentru exemplificare, dacă considerăm un semnal purtător cu o frecvență de 100Hz și un semnal modulator cu o singură componentă de frecvență 5Hz, atunci în urma modulației AM vom obține 2 componente de frecvență, astfel:

- 95Hz → Banda laterală inferioară (Lower Side Band sau LSB)
- 105Hz → Banda laterală superioară (Upper Side Band sau USB)

Deoarece cele două benzi laterale conțin aceleași informații, nu este nevoie ca ambele să fie transmise (**pentru a transmite ambele benzi, este nevoie de mai multă putere**). Asadar, în practică se poate renunța la transmisia unei benzi laterale, rezultatul fiind o transmisie cu **purtătoare laterală unică** (Single Side Band sau SSB).

În general, toate modulațiile produc aceste benzi laterale.

Cerințe pentru Exercițiul 4:

1. Implementați în Matlab exercițiul 4. Atașați codul final
2. Atașați spectrele celor două semnale obținute la Pasul 2.
3. Modificați scriptul deja creat folosind alte valori pentru parametrii de intrare (frecvența semnalului modulat, a semnalului purtător) și observați modificările corespundente ce apar în spectru.

IMPLEMENTARE Exercițiu 4:

Pasul 1: Generați un semnal sinusoidal modulator (în banda de bază)

Setarea parametrilor inițiali:

```
fs = 100;           % frecventa esantioanelor (Hz)
t = (0:1/fs:100)';  %setarea bazei de timp – 100s
```

Generarea semnalului purtător de 10Hz:

```
fc = 10;  
x = sin(2*pi*t);
```

Pasul 2: Modulați AM semnalul x folosind banda laterală unică sau bandă laterală dublă și afișați cele două semnale (bandă laterală dublă și bandă laterală unică)

Generați cele două semnale:

```
ydouble = ammod(x,fc,fs);  
ysingle = ssbmod(x,fc,fs);
```

Creați un obiect de tip Spectrum Analyzer și afișați spectrul semnalului cu bandă laterală dublă:

```
sa = dsp.SpectrumAnalyzer('SampleRate',fs, ...  
    'PlotAsTwoSidedSpectrum',false, ...  
    'YLimits',[-60 40]);  
step(sa,ydouble)
```

Afișați spectrul semnalului cu bandă laterală unică:

```
step(sa,ysingle)
```