



دانشکده مهندسی برق – دانشگاه شهید بهشتی

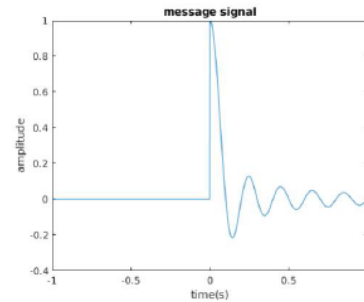
نسرین کریمی ۹۷۲۳۶۰۸۱

جناب آقای دکتر رضا اسودی

دی ماه ۱۳۹۹

۱. در طول این تمرین می‌خواهیم سیگنال پیام شکل ۱ را با روش‌های مختلف مدوله کنیم. از سیگنال پیام در بازه $[-1, 1]$ یا $f_s = 700$ نمونه برداری کنید. سیگنال حاصل و تبدیل فوریه آن را رسم کنید. (نمودار حوزه زمان باید برحسب ثانیه و نمودار حوزه فرکانس برحسب $H\zeta$ باشد)

$$x_m(t) = \begin{cases} \text{sinc}(10t) & -1 \leq t \leq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

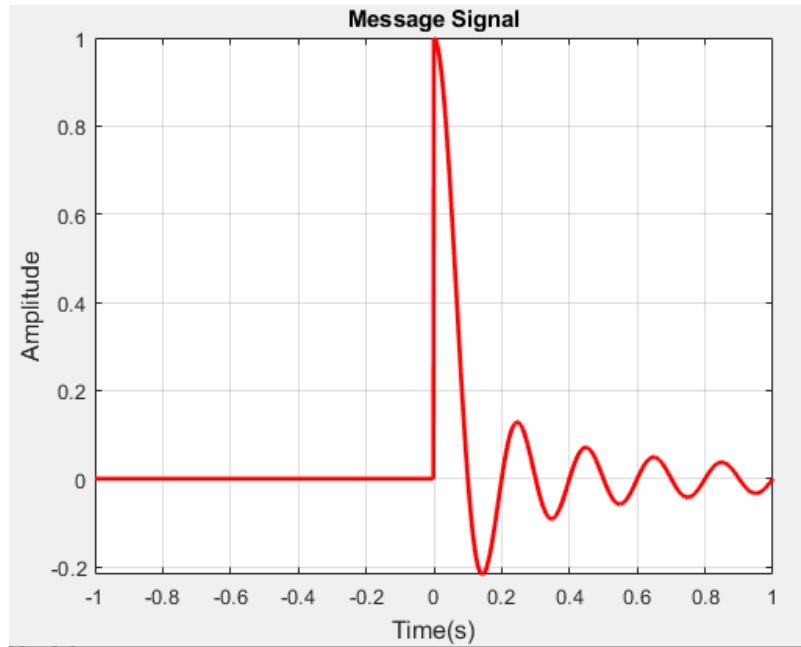


شکل ۱: سیگنال $m(t)$

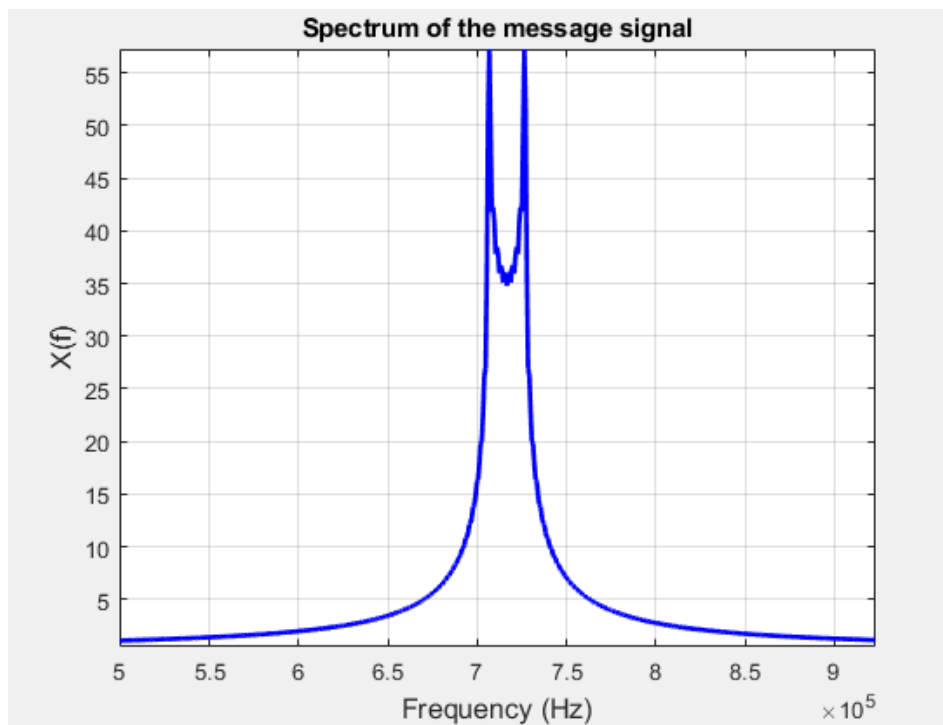
ابتدا سیگنال گفته شده در بالا به صورت زیر شبیه‌سازی می‌شود. برای این کار فرکانس نمونه‌برداری ۷۰۰ و بازه زمانی سیگنال بین یک و منفی یک تعریف شده است.

```
t0 = 2; % signal duration
fs = 700; % sampling frequency
t = [-t0/2:1/fs:t0/2];
for i=1:length(t)
    if t(i)>=0
        x_m(i) = sinc(10*t(i));
    else
        x_m(i)=0;
    end
end
plot(t,x_m,'-r','LineWidth',2)
grid on
title('Message Signal')
xlabel('Time(s)','FontSize',12)
ylabel('Amplitude','FontSize',12)
axis tight
```

شکل حاصل به صورت زیر می‌شود.



در ادامه برای محاسبه‌ی تبدیل فوریه سیگنال بالا از دستور `fft` در متلب استفاده می‌کنیم و تبدیل فوریه سیگنال به صورت زیر محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که در رسم تبدیل فوریه از `fftshift()` استفاده شده است.



```

%% Fourier Transform
N_FFT = 2^nextpow2(length(x_m)); %FFT Sample points
x_f = fft(x_m,N_FFT);
x_m = [x_m,zeros(1,N_FFT-length(x_m))];
f = [0:fs:fs*(length(x_m)-1)]-fs/2;
figure
plot(f,abs(fftshift(x_f)),'-b','LineWidth',2)
grid on
title('Spectrum of the message signal');
ylabel('X(f)','FontSize',12)
xlabel('Frequency (Hz)','FontSize',12)
axis tight

```

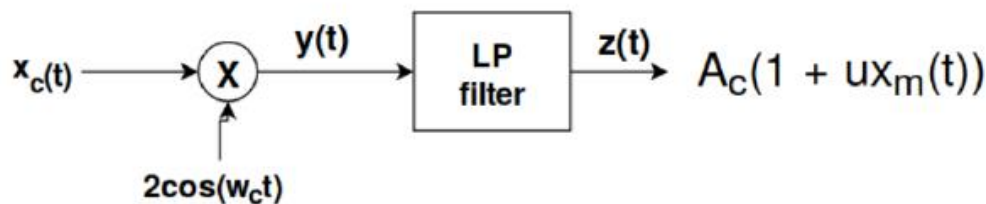
۲. ساده ترین نوع مدولاسیون دامنه ، Conventional AM است.

تابعی بنویسید که سیگنال پیام $x_m(t)$ ، دامنه موج حامل A_c ، اندیس مدولاسیون μ و فرکانس موج حامل f_c را ورودی بگیرد و سیگنال مدوله شده را باز گرداند. تابع را در حالت کلی پیاده سازی کنید تا برای هر ورودی عملیات مدولاسیون را بدرستی انجام دهد.

(I) سیگنال پیام را با فرکانس های $f_c = \{30, 70, 140\}$ مدوله کنید و سیگنال های مدوله شده را رسم نمایید. همچنین سیگنال پیام را با فرکانس های $f_c = \{500, 1100\}$ مدوله کنید و سیگنال های مدوله شده را رسم نمایید.

(ب) پیام را با $f_c = 110\text{ Hz}$ مدوله کنید و تبدیل فوریه سیگنال مدوله شده را بر حسب Hz رسم کنید.

(ج) تابعی بنویسید که سیگنال مدوله شده $x_c(t)$ ، دامنه موج حامل A_c ، اندیس مدولاسیون μ و فرکانس موج حامل f_c را ورودی بگیرد و سیگنال پیام را از آن استخراج کند. برای دمدولاسیون پیام می توانید از دیاگرام شکل ۲ استفاده کنید. در نرم افزار متلب برای اعمال فیلتر پایین گذر می توانید از تابع `lowpass()` استفاده کنید.



شکل ۲: دیاگرام دمدولاسیون برای Conventional AM

مدولاسیون دامنه یا AM فرایند تغییر دامنه یک موج حامل است. این مدولاسیون یکی از روش‌های ارسال صوت به وسیله امواج رادیویی است. این نوع مدولاسیون در ارتباطات الکترونیکی استفاده می‌شود و عموماً برای انتقال اطلاعات توسط موج حامل رادیویی به کار می‌رود. AM با تغییر دامنه سیگنال متناسب با اطلاعاتی که فرستاده می‌شود کار می‌کند.

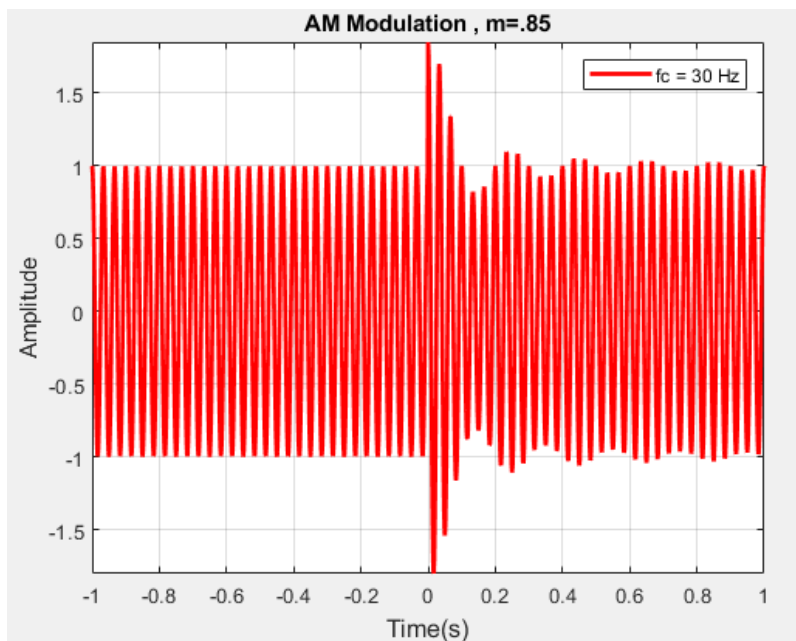
در شبیه‌سازی مدولاسیون AM اندیس مدولاسیون ۸۵ صدم و دامنه یک فرض شده است.

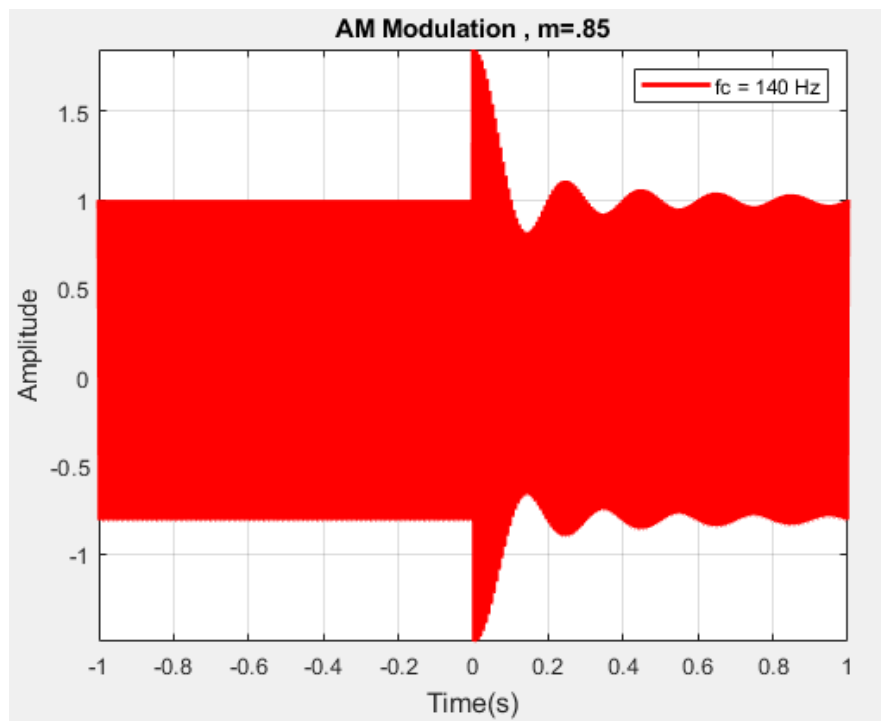
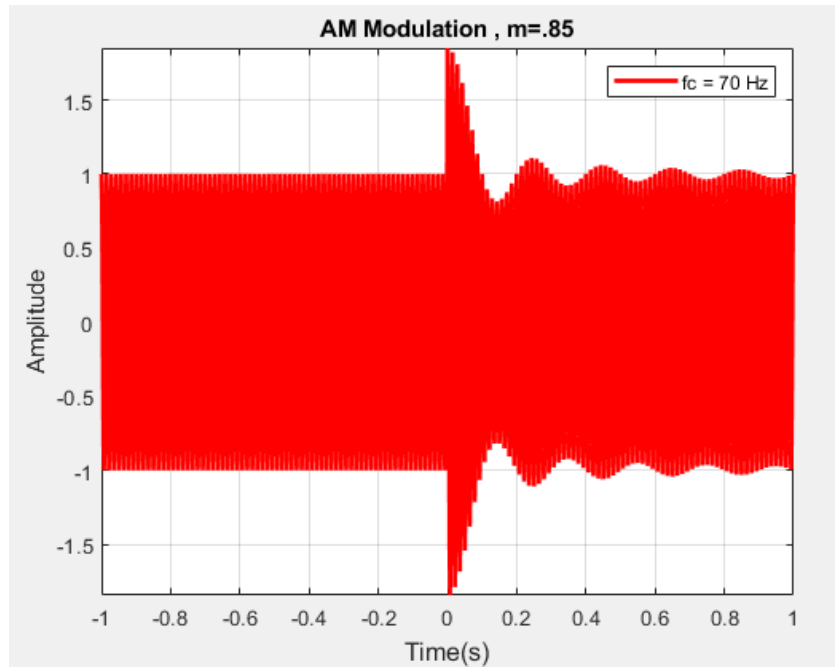
```

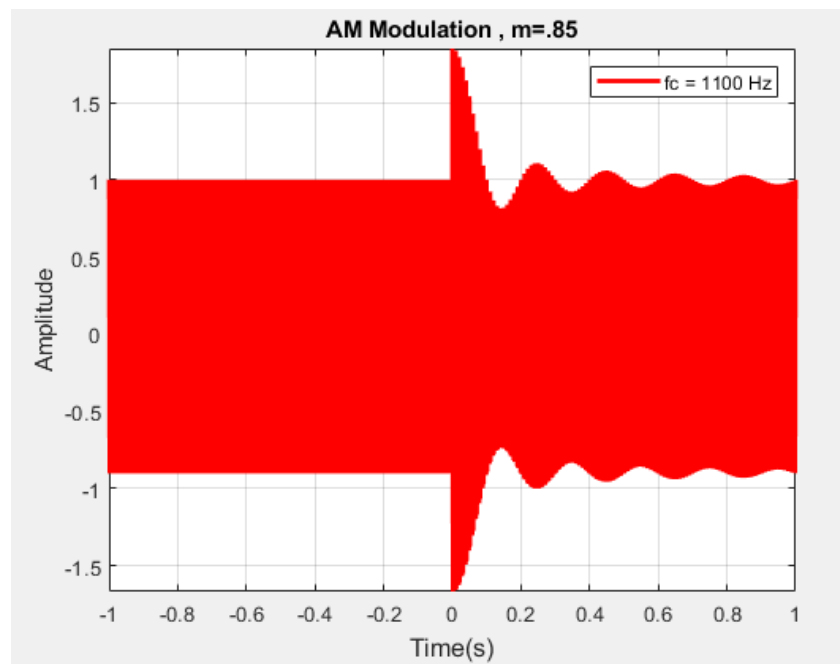
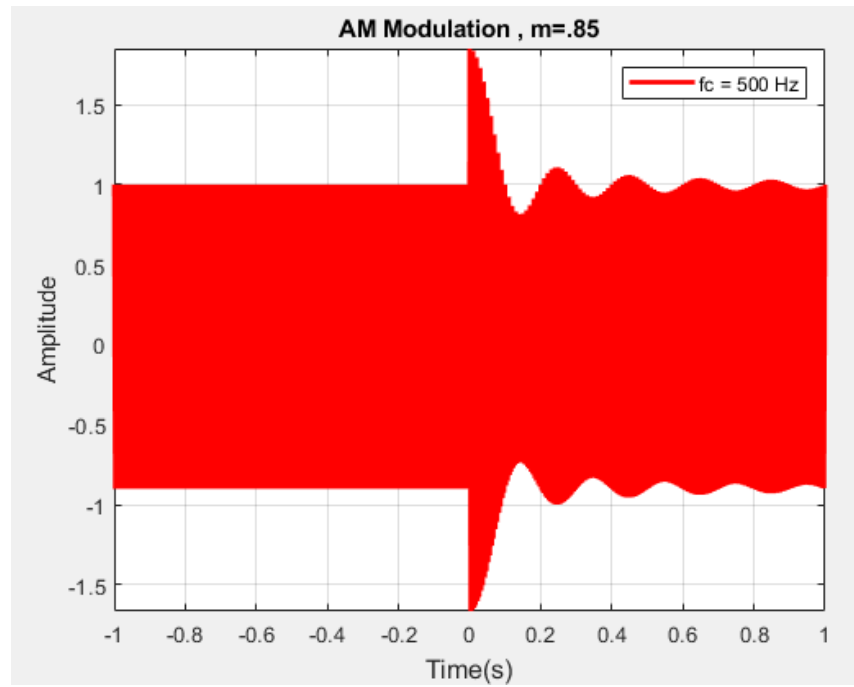
mio = .85;
A_c = 1;
FC = [30,70,140,500,1100];
for i = 1:length(FC)
    fc = FC(i);
    figure
    x_c = AM_mod(mio,x_m,A_c,fc,t);
    plot(t,x_c,'r','LineWidth',2)
    xlabel('Time(s)','FontSize',12)
    ylabel('Amplitude')
    title('AM Modulation , m=.85')
    grid on
    axis tight
    legend(sprintf('fc = %i Hz',fc))
end

```

در کد بالا با استفاده از یک حلقه، فرکانس حامل‌های مختلف بیان شده در سؤال انتخاب و نمودار مربوط به آن رسم می‌شود.

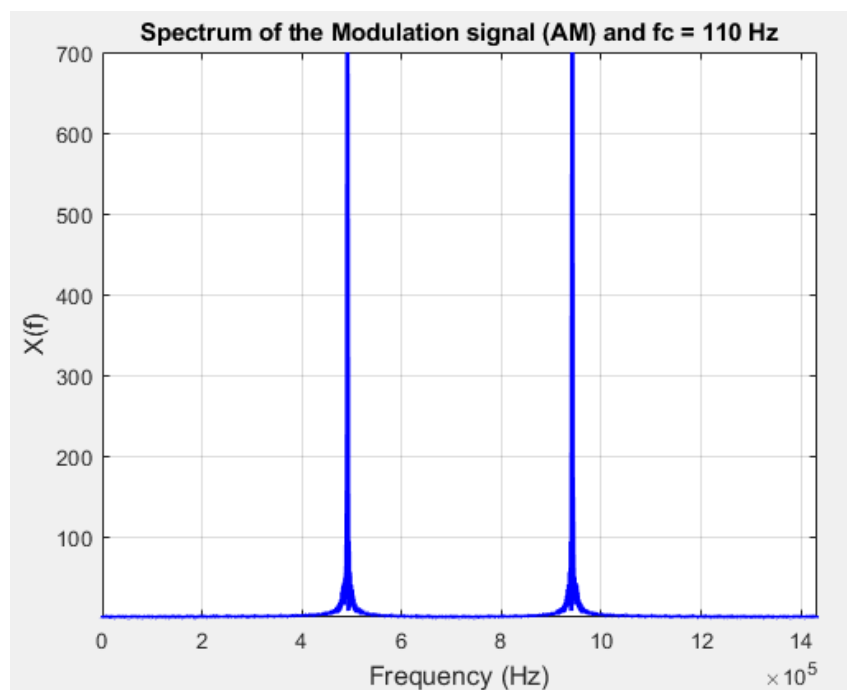






برای قسمت ب سوال ، ابتدا در فرکانس ۱۱۰ سیگنال پیام مدوله میشود و در ادامه تبدیل فوریه سیگنال به صورت زیر محاسبه می‌شود. در رسم تبدیل فوریه از `fftshift()` استفاده شده است.

```
%% Fourier Transform
fc = 110;
x_c = AM_mod(mio,x_m,A_c,fc,t);
N_FFT = 2^nextpow2(length(x_c)); %FFT Sample points
x_c_f = fft(x_c,N_FFT);
x_c1 = [x_c,zeros(1,N_FFT-length(x_c))];
f = [0:fs:fs*(length(x_c1)-1)]-fs/2;
figure
plot(f,abs(fftshift(x_c_f)),'-b','LineWidth',2)
grid on
title('Spectrum of the Modulation signal (AM) and fc = 110 Hz');
ylabel('X(f)','FontSize',12)
xlabel('Frequency (Hz)','FontSize',12)
axis tight
```



حال با استفاده از بلوک دیاگرام گفته شده در سؤال و استفاده از lowpass filter سیگنال دمدوله شده را به صورت زیر به دست می‌آوریم.

```
%% AM Demodulation
fc = 110;
x_c = AM_mod(mio,x_m,A_c,fc,t);
x_est = AM_demod(mio,x_c,A_c,fc,t);
```



```
figure
plot(t,x_est,'k-','LineWidth',2)
xlabel('Time(s)','FontSize',12)
ylabel('Amplitude')
title('AM demodulation , m=.85')
grid on
axis tight
```

در کدهای بالا از تابع AM_demod و AM_mod استفاده شده است که به صورت زیر تعریف می‌شوند.

```
function x_c = AM_mod(mio,x_m,A_c,fc,t)
carrier = cos(2*pi*fc*t);
x_c = A_c*(1+mio*x_m).*carrier;

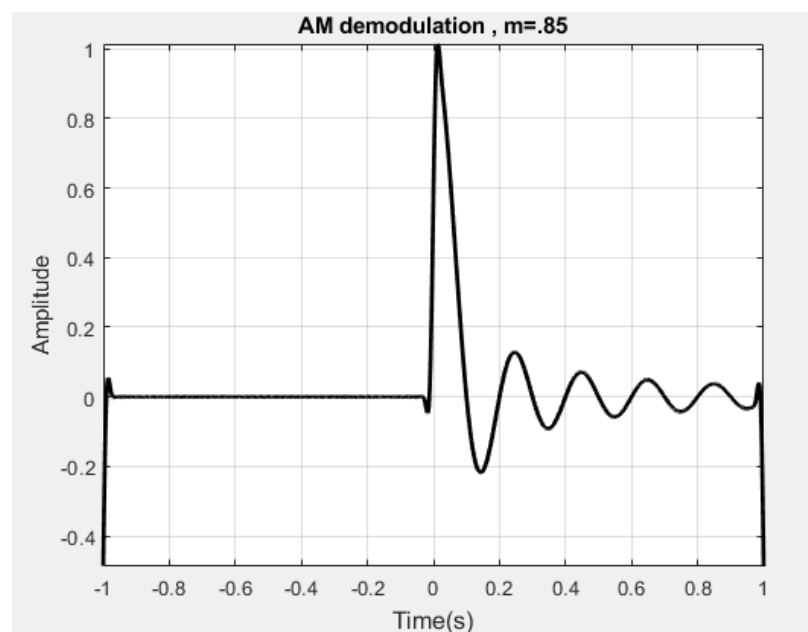
end
```

9

```
function x_est = AM_demod(mio,x_c,A_c,fc,t)
carrier = 2*cos(2*pi*fc*t);
y = x_c.*carrier;
z = lowpass(y,.01); % z = abs(hilbert(x_c));
x_est = ((z/A_c)-1)/mio;

end
```

سیگنال دمدوله شده به صورت زیر است.



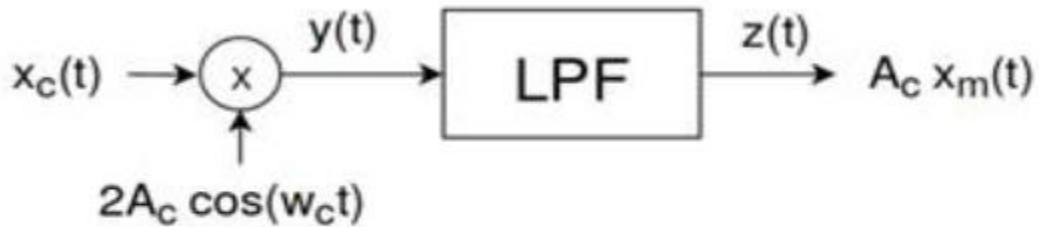
۳. مدولاسیون بعدی که پیاده سازی می‌کنیم DSB است.

تابعی بنویسید که سیگنال پیام $x_m(t)$ ، دامنه موج حامل A_c و فرکانس موج حامل f_c را ورودی بگیرد و سیگنال مدوله شده را بازگرداند.

(آ) سیگنال پیام را با فرکانس های $f_c = \{30, 70, 140\}$ مدوله کنید و سیگنال های مدوله شده را رسم نمایید. همچنین سیگنال پیام را با فرکانس های $f_c = \{500, 1100\}$ مدوله کنید و سیگنال های مدوله شده را رسم نمایید.

(ب) $f_c = 110 \text{ Hz}$ مدوله کنید و تبدیل فوریه سیگنال مدوله شده را بر حسب Hz رسم کنید.

(ج) تابعی بنویسید که سیگنال مدوله شده $x_c(t)$ ، دامنه موج حامل A_c و فرکانس موج حامل f_c را ورودی بگیرد و سیگنال پیام را از آن استخراج کند. برای دمدولاسیون پیام می‌توانید از دیاگرام شکل ۴ استفاده کنید. در نرم افزار متلب برای اعمال فیلتر پایین گذر می‌توانید از تابع `lowpass()` استفاده کنید.



شکل ۴: دیاگرام دمدولاسیون برای DSB

در شبیه سازی مدولاسیون DSB دامنه یک فرض شده است.

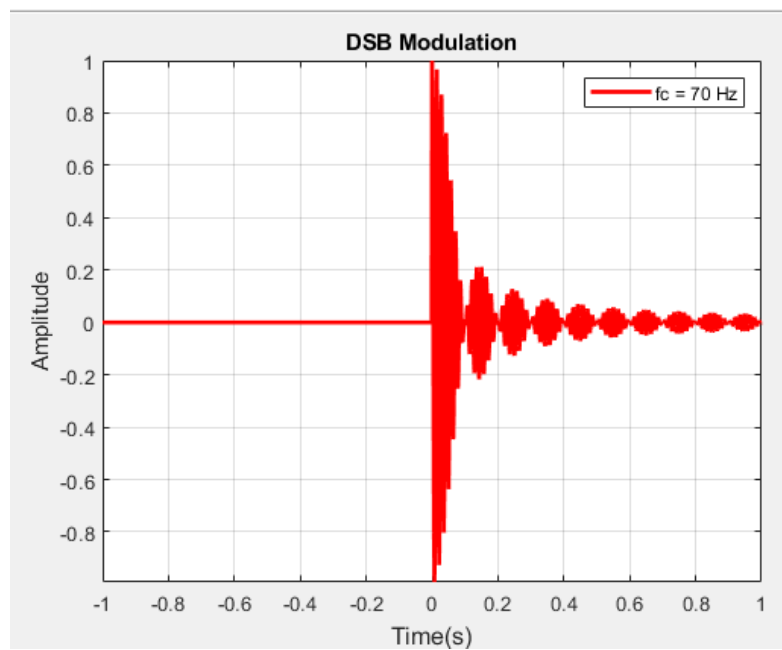
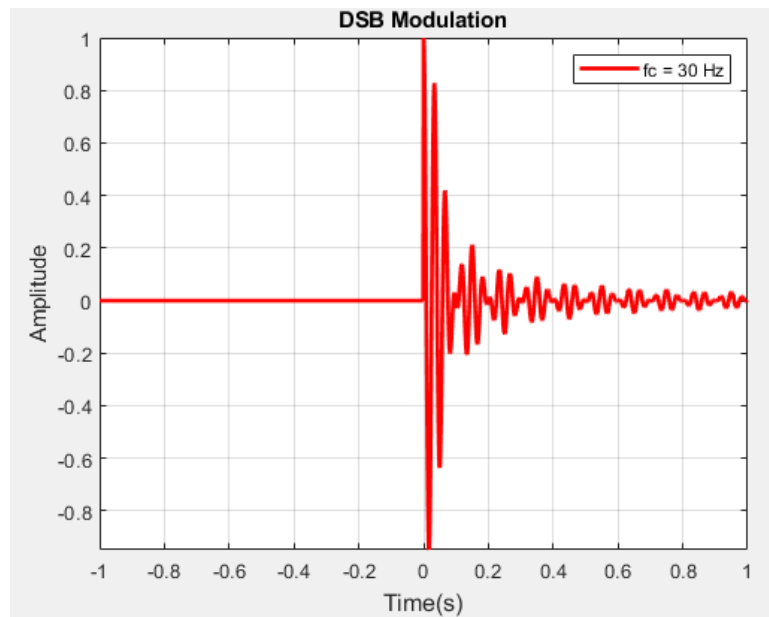
```
%% DSB
A_c = 1;
FC = [30,70,140,500,1100];
for i = 1:length(FC)
    fc = FC(i);
    figure
    x_c = DSB_mod(x_m,A_c,fc,t);
    plot(t,x_c,'r','LineWidth',2)
    xlabel('Time(s)','FontSize',12)
    ylabel('Amplitude')
    title('DSB Modulation')
```

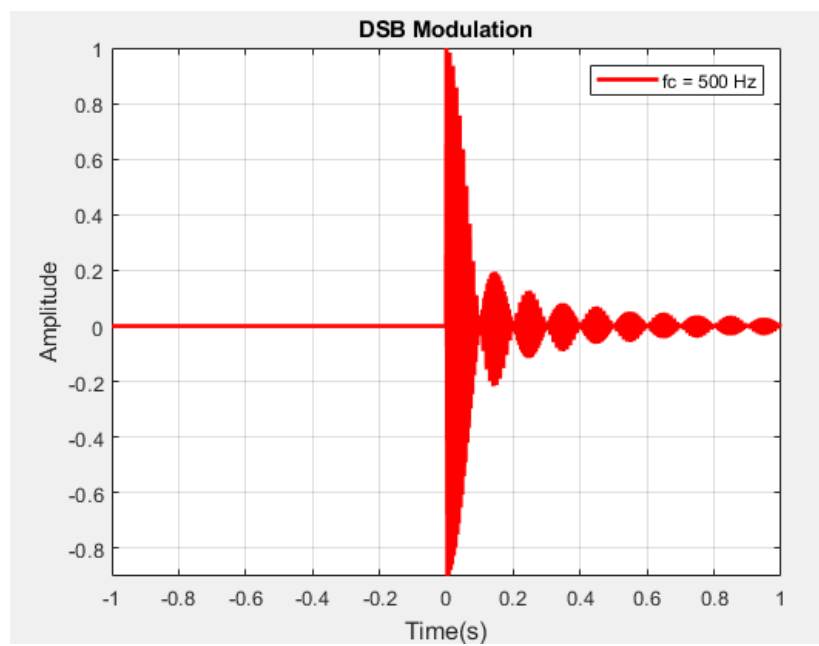
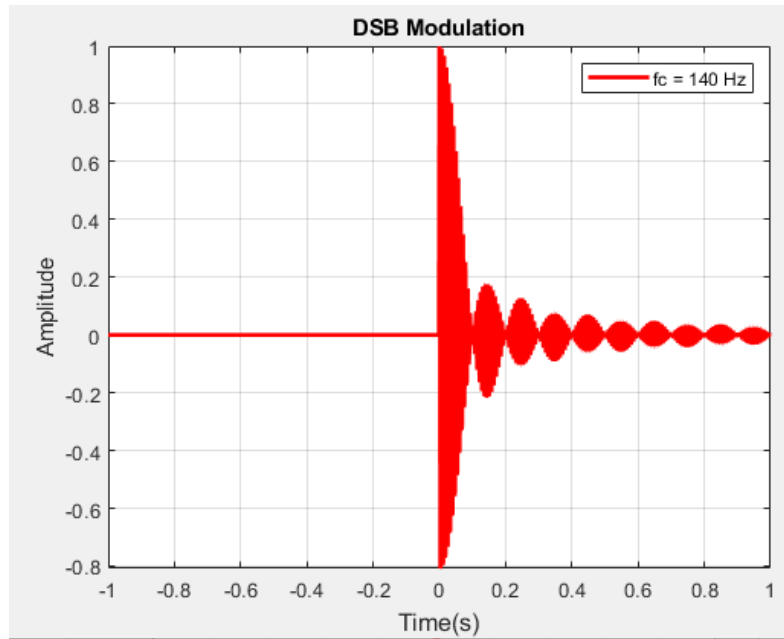
```

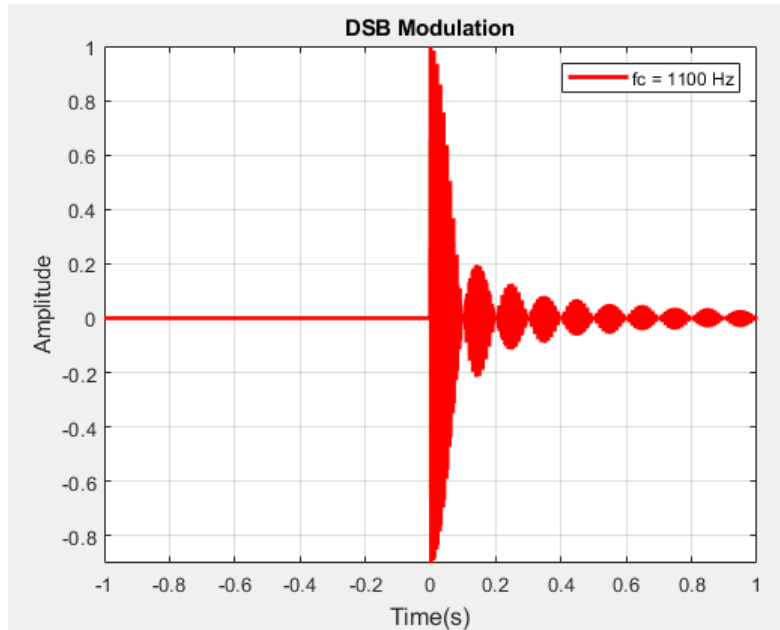
grid on
axis tight
legend(sprintf('fc = %i Hz',fc))
end

```

در کد بالا با استفاده از یک حلقه، فرکانس حامل‌های مختلف بیان شده در سؤال انتخاب و نمودار مربوط به آن رسم می‌شود.

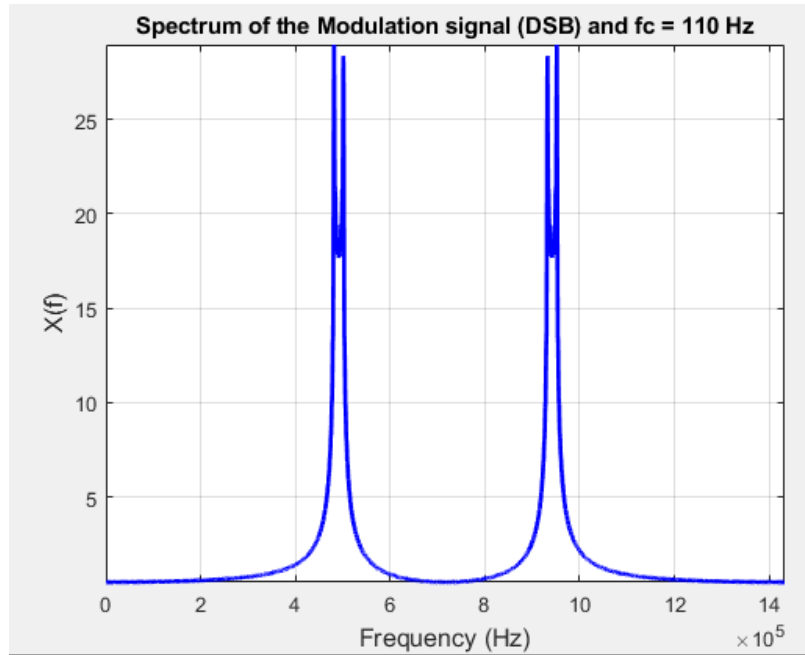






برای قسمت ب سوال ، ابتدا در فرکانس ۱۱۰ سیگنال پیام مدوله می‌شود و در ادامه تبدیل فوریه سیگنال به صورت زیر محاسبه می‌شود. در رسم تبدیل فوریه از `fftshift()` استفاده شده است.

```
% % Fourier Transform
fc = 110;
x_c = DSB_mod(x_m,A_c,fc,t);
N_FFT = 2^nextpow2(length(x_c)); %FFT Sample points
x_c_f = fft(x_c,N_FFT);
x_c1 = [x_c,zeros(1,N_FFT-length(x_c))];
f = [0:fs:fs*(length(x_c1)-1)]-fs/2;
figure
plot(f,abs(fftshift(x_c_f)),'-b','LineWidth',2)
grid on
title('Spectrum of the Modulation signal (DSB) and fc = 110 Hz');
ylabel('X(f)','FontSize',12)
xlabel('Frequency (Hz)','FontSize',12)
axis tight
```



حال با استفاده از بلوک دیاگرام گفته شده در سؤال و استفاده از lowpass filter سیگنال دمدوله شده را به صورت زیر به دست می آوریم.

%% DSB Demodulation

```
fc = 110;
x_c = DSB_mod(x_m,A_c,fc,t);
x_est = DSB_demod(x_c,A_c,fc,t);
figure
plot(t,x_est,'k-','LineWidth',2)
xlabel('Time(s)','FontSize',12)
ylabel('Amplitude')
title('DSB demodulation')
grid on
axis tight
```

در کدهای بالا از تابع DSB_demod و DSB_mod استفاده شده است که به صورت زیر تعریف می شوند.

```
function x_c = DSB_mod(x_m,A_c,fc,t)
carrier_c = cos(2*pi*fc*t);
x_c = A_c*x_m.*carrier_c;

end
```

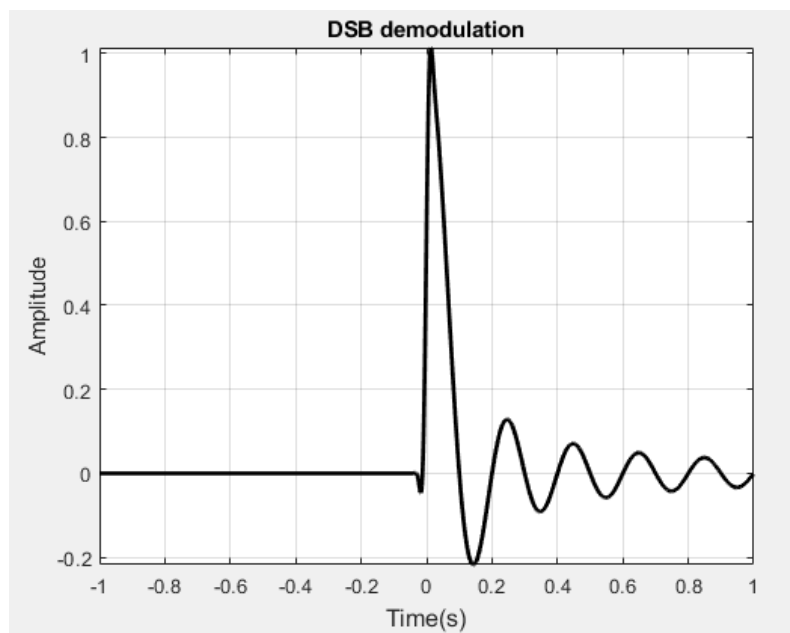
```

function x_est = DSB_demod(x_c,A_c,fc,t)
carrier = 2*A_c*cos(2*pi*fc*t);
y = x_c.*carrier;
z = lowpass(y,.01);
x_est = z/A_c;

end

```

سیگنال دمدوله شده به صورت زیر است.



۴. مدولاسیون SSB از چه نظر به مدولاسیون DSB برتری دارد؟

$$x_c(t) = \frac{A_c}{\sqrt{2}} (x_m(t) \cos w_c t - \hat{x}(t) \sin w_c t) \quad USSB$$

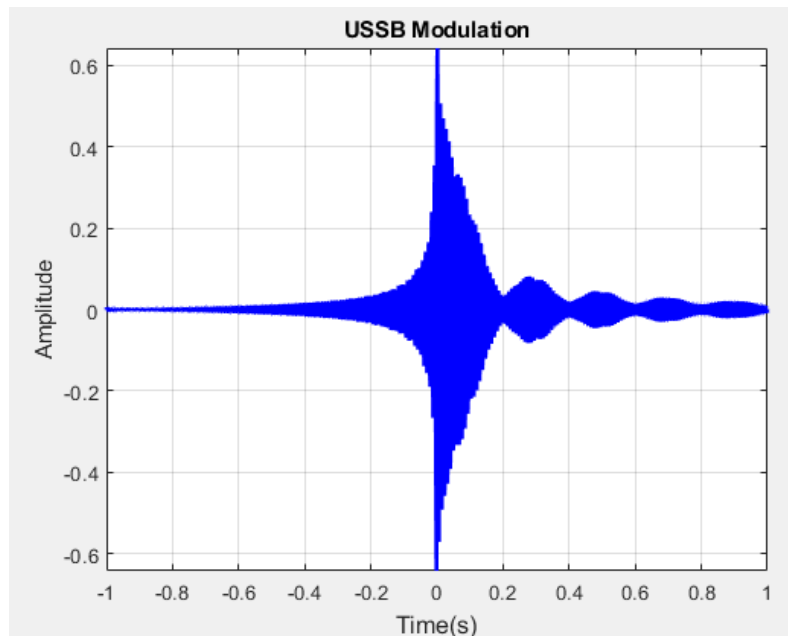
$$x_c(t) = \frac{A_c}{\sqrt{2}} (x_m(t) \cos w_c t + \hat{x}(t) \sin w_c t) \quad LSSB$$

برای هریک از مدولاسیون‌های فوق تابعی بنویسید که سیگنال پیام $x_m(t)$ ، دامنه موج حامل A_c و فرکانس موج حامل f_c را ورودی بگیرد و سیگنال مدوله شده را بازگرداند. برای اعمال تبدیل هیلبرت می‌توانید از تابع `hilbert()` استفاده کنید. سپس قسمت‌های زیر را برای هر دو مدولاسیون انجام دهید:

(۱) سیگنال پیام را با فرکانس موج حامل $f_c = 110 \text{ Hz}$ مدوله کنید و سیگنال مدوله شده را در حوزه رمان و فرکانس رسم نمایید.

در شبیه‌سازی دامنه یک فرض شده است.

```
%% USSB
fc = 110;
A_c = 1;
x_c = USSB_mod(x_m,A_c,fc,t);
figure
plot(t,x_c,'b','LineWidth',2)
xlabel('Time(s)','FontSize',12)
ylabel('Amplitude')
title('USSB Modulation')
grid on
axis tight
```




```

function x_c = USSB_mod(x_m,A_c,fc,t)
carrier_c = cos(2*pi*fc*t);
carrier_s = sin(2*pi*fc*t);
w = imag(hilbert(x_m));
x_c = A_c*(x_m.*carrier_c-w.*carrier_s)./2;

end

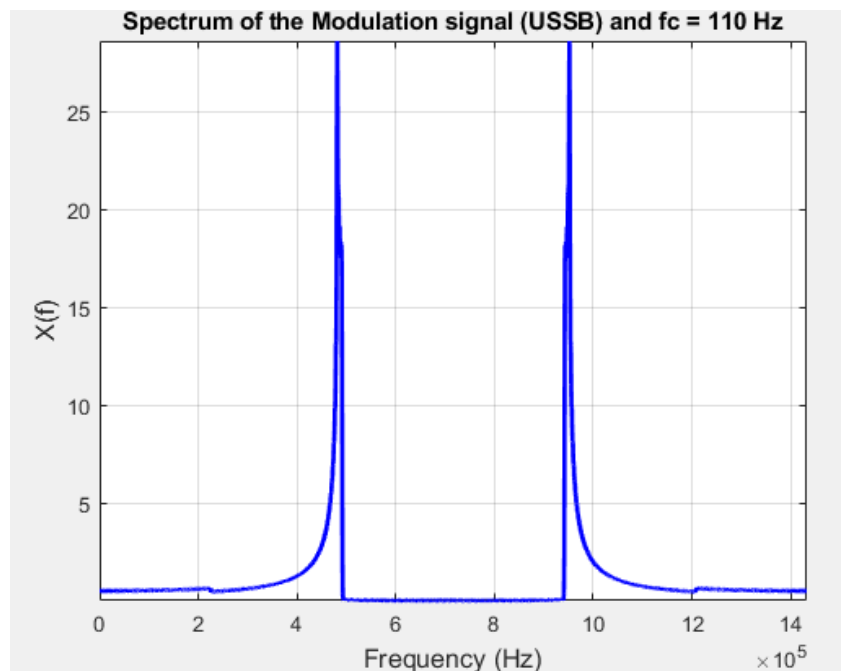
```

برای محاسبه تبدیل فوریه سیگنال، ابتدا سیگنال پیام در فرکانس ۱۱۰ مدوله میشود و در ادامه تبدیل فوریه سیگنال به صورت زیر محاسبه می‌شود. در رسم تبدیل فوریه از `fftshift()` استفاده شده است.

```

%% Fourier Transform
N_FFT = 2^nextpow2(length(x_c)); %FFT Sample points
x_c_f = fft(x_c,N_FFT);
x_c_f1 = [x_c,zeros(1,N_FFT-length(x_c))];
f = [0:fs:fs*(length(x_c_f1)-1)]-fs/2;
figure
plot(f,abs(fftshift(x_c_f)),'-b','LineWidth',2)
grid on
title('Spectrum of the Modulation signal (USSB) and fc = 110 Hz');
ylabel('X(f)','FontSize',12)
xlabel('Frequency (Hz)','FontSize',12)
axis tight

```



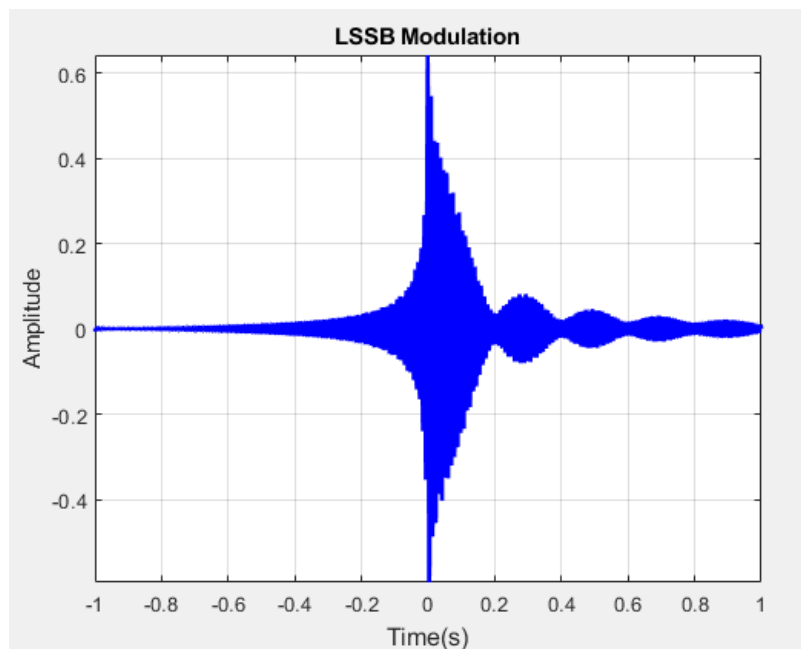
```

%% LSSB
x_c = LSSB_mod(x_m,A_c,fc,t);
figure
plot(t,x_c,'b','LineWidth',2)
xlabel('Time(s)','FontSize',12)
ylabel('Amplitude')
title('LSSB Modulation')
grid on
axis tight

function x_c = LSSB_mod(x_m,A_c,fc,t)
carrier_c = cos(2*pi*fc*t);
carrier_s = sin(2*pi*fc*t);
w = imag(hilbert(x_m));
x_c = A_c*(x_m.*carrier_c+w.*carrier_s)./2;

end

```



```

%% Fourier Transform
N_FFT = 2^nextpow2(length(x_c)); %FFT Sample points
x_c_f = fft(x_c,N_FFT);
x_c_f1 = [x_c,zeros(1,N_FFT-length(x_c))];
f = [0:fs:fs*(length(x_c_f1)-1)]-fs/2;
figure
plot(f,abs(fftshift(x_c_f)),'-b','LineWidth',2)
grid on
title('Spectrum of the Modulation signal (LSSB) and fc = 110 Hz');
ylabel('X(f)','FontSize',12)
xlabel('Frequency (Hz)','FontSize',12)
axis tight

```

