GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ELEC361

ANALOG HABERLEŞME SİSTEMLERİ

Proje Raporu

Hazırlayanlar
1) 1801022022 - Alperen KARATAŞ

1. **Giriş**

Bu projede iki adet giriş işareti ayrı ayrı transfer fonksiyonları tarafından filtrelenmiştir. Filtre çıkışı elde edilen işaretlerin çarpılması ile de bir çıkış işareti elde edilmiştir. Bahsi geçen işaretlerin zaman ve frekans uzayında incelemeleri yapılmıştır. Bu incelemeler hem analitik olarak hem de MATLAB üzerinden gerçekleştirilmiştir.

2. **Teorik Araştırma**

Projede yapılan teorik araştırmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İşaretlerde zaman uzayından frekans uzayına geçilmesi (Fourier Dönüşümü)
- Frekans uzayında filtreleme
- İşaretleri elde edebilmek, çizdirebilmek ve dönüşümleri yapabilmek için ilgili MATLAB komutlarının öğrenilmesi

3. **Projenin Yapılışı**

3.1. a) şıkkı - $x_1(t)$, $x_2(t)$, $X_1(f)$ ve $X_2(f)$ işaretlerinin çizilmesi

$$x_1(t) = 10\cos(2000\pi t) + 20\sin(5000\pi t)$$

$$x_2(t) = 10\sin(1000\pi t) + 20\cos(4000\pi t)$$

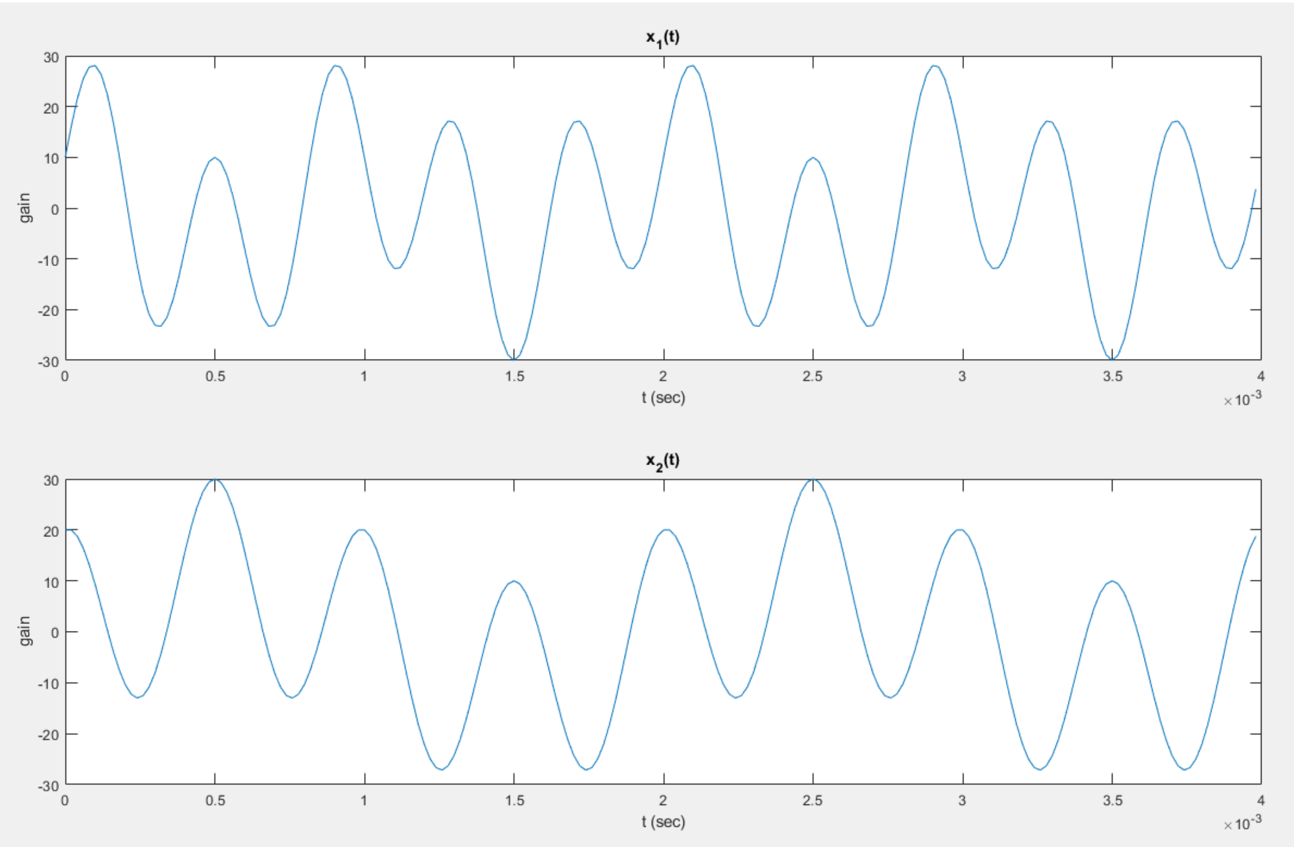
$$X_1(f) = 5[\delta(f - 1000) + \delta(f + 1000)] + 10\left[\delta(f - 2500)e^{\frac{-j\pi}{2}} + \delta(f + 2500)e^{\frac{j\pi}{2}}\right]$$

$$X_2(f) = 5\left[\delta(f - 1000)e^{\frac{-j\pi}{2}} + \delta(f + 1000)e^{\frac{j\pi}{2}}\right] + 10[\delta(f - 2000) + \delta(f + 2000)]$$

Bir sonraki sayfalarda yukarıda görülen işaretlerin MATLAB kodları ve çıktıları görülmektedir.

```
%%% a) x1(t) ve x2(t) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=50000;    % ornekleme frekansi
Ts=1/Fs;     % ornekleme periyodu
t=0:Ts:0.004-Ts; % cizdirme araligi

x1_t=10*cos(2*pi*1000*t)+20*sin(2*pi*2500*t); % x1(t) isaretinin tanimlanmasi
subplot(2,1,1)
plot(t,x1_t)
title('x_1(t)')
xlabel('t (sec)')
ylabel('gain')

x2_t=10*sin(2*pi*500*t)+20*cos(2*pi*2000*t); % x2(t) isaretinin tanimlanmasi
subplot(2,1,2)
plot(t,x2_t)
title('x_2(t)')
xlabel('t (sec)')
ylabel('gain')
```

Şekil 1. x1(t) ve x2(t) işaretlerinin kodları



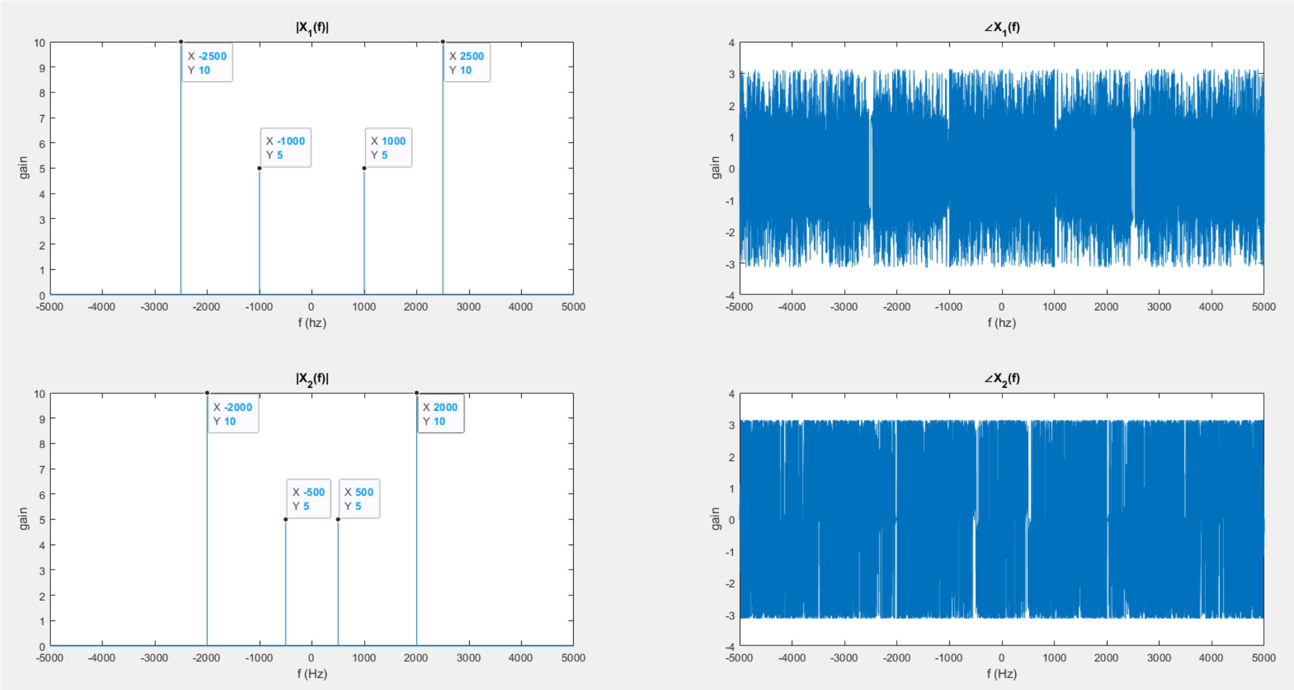
Şekil 2. x1(t) ve x2(t) işaretleri

```
%%% a) X1(f) ve X2(f) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=10000;    % ornekleme frekansi
Ts=1/Fs;     % ornekleme periyodu
t=(-Fs:Fs-1)*(1/Fs); % cizdirme araligi

% x1(t) isaretinden X1(f) elde edebilmek icin Fourier Donusumu yapilir.
x1_t=10*cos(2*pi*1000*t)+20*sin(2*pi*2500*t);
X1_f=abs(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t))); % X1(f) isaretinin tanimlanmasi
X1_f_phase=angle(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t)));
Fs_final=Fs.*t/2; % isaretlerin dogru frekans noktalarina yerlesmeleri icin
subplot(2,2,1)
plot(Fs_final,X1_f); % genligi bastirmak icin (X1(f))
title('|X_1(f)|')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')

subplot(2,2,2)
plot(Fs_final,X1_f_phase); % fazi bastirmak icin (X1(f))
title('\angleX_1(f)')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')
```

Şekil 3. X1(f) ve X2(f) işaretlerinin kodları

```
x2_t=10*sin(2*pi*500*t)+20*cos(2*pi*2000*t);
X2_f=abs(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t))); % X2(f) isaretinin tanimlanmasi
X2_f_phase=angle(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t)));

subplot(2,2,3)
plot(Fs_final,X2_f)  % genligi bastirmak icin (X2(f))
title('|X_2(f)|')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')

subplot(2,2,4)
plot(Fs_final,X2_f_phase) % fazi bastirmak icin (X2(f))
title('\angleX_2(f)')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')
```

Şekil 4. X1(f) ve X2(f) işaretlerinin kodları (devam)



Şekil 5. X1(f) ve X2(f) işaretleri

3.2. b) şıkkı – $H_1(f)$ ve $H_2(f)$ işaretlerinin çizdirilmesi

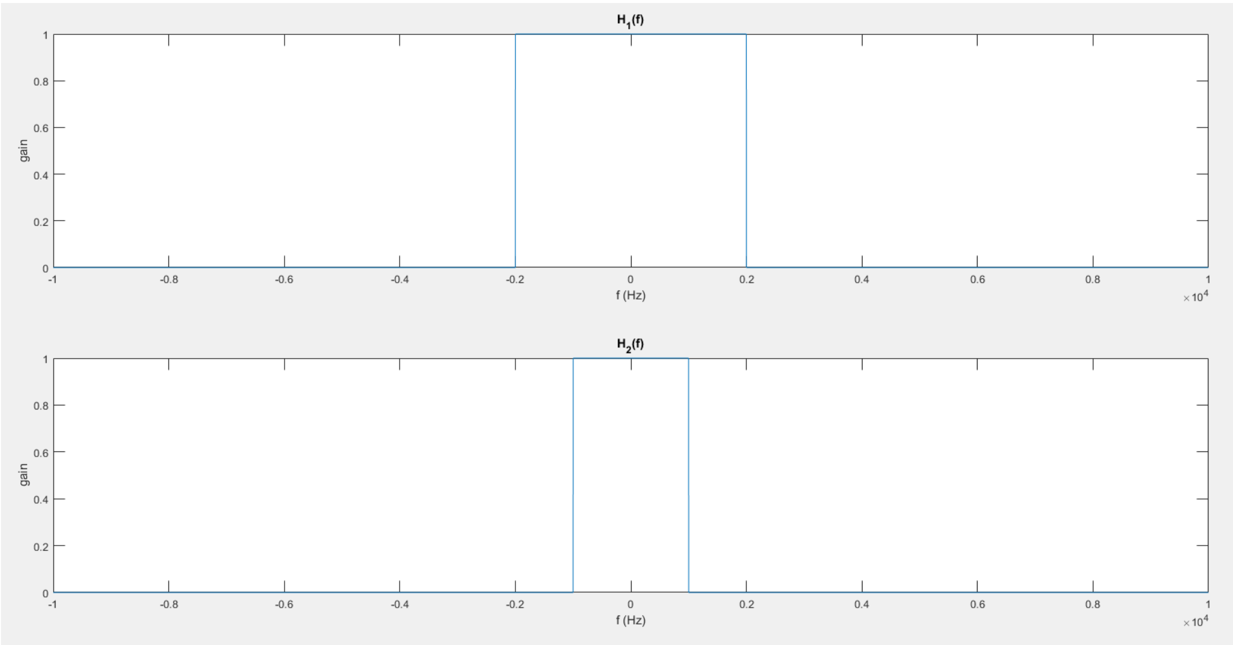
$$H_1(f) = rect\left(\frac{f}{4000}\right)$$

$$H_2(f) = rect\left(\frac{f}{2000}\right)$$

Bir sonraki sayfalarda yukarıda görülen işaretlerin MATLAB kodları ve çıktıları görülmektedir.

```
%%% b) H1(f) ve H2(f) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=10000;    % ornekleme frekansi : fs>=2fm goz onune alinarak belirlendi
Ts=1/Fs;     % ornekleme periyodu
t=0:Ts:2-Ts;
f=-10000:9999; % cizdirme araligi

H1_f=rectangularPulse(f/4000); % H1(f) isareti tanimlamasi
subplot(2,1,1)
plot(f,H1_f)
title('H_1(f)')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')

H2_f=rectangularPulse(f/2000); % H2(f) isareti tanimlamasi
subplot(2,1,2)
plot(f,H2_f)
title('H_2(f)')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')
```

Şekil 6. H1(f) ve H2(f) işaretleri kodları



Şekil 7. H1(f) ve H2(f) işaretleri çıktıları

3.3. c) şıkkı – $y_1(t)$, $y_2(t)$, $Y_1(f)$ ve $Y_2(f)$ işaretlerinin çizilmesi

$$Y_1(f) = 5[\delta(f - 1000) + \delta(f + 1000)]$$

$$Y_2(f) = 5\left[\delta(f - 500)e^{\frac{-j\pi}{2}} + \delta(f + 500)e^{\frac{j\pi}{2}}\right]$$

$$y_1(t) = 10\cos(2000\pi t)$$

$$y_2(t) = 10\sin(1000\pi t)$$

```
%%% c) Y1(f), Y2(f), y1(t) ve y2(t) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=10000;   % ornekleme frekansi
Ts=1/Fs;    % ornekleme periyodu
t=(-Fs:Fs-1)*(1/Fs); % cizdirme araligi

% X1(f) ve X2(f) isaretleri olusturuluyor

x1_t=10*cos(2*pi*1000*t)+20*sin(2*pi*2500*t); % X1(f) isaretinin tanimlanmasi
X1_f=(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t)));
X1_f_phase=angle(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t)));
Fs_final=Fs.*t/2; % isaretlerin dogru frekans noktalarina yerlesmeleri icin

x2_t=10*sin(2*pi*500*t)+20*cos(2*pi*2000*t); % X2(f) isaretinin tanimlanmasi
X2_f=(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t)));
X2_f_phase=angle(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t)));

Fs=10000;   % ornekleme frekansi : fs>=2fm goz onune alinarak belirlendi
Ts=1/Fs;    % ornekleme periyodu
t=0:Ts:2-Ts;
f=-10000:9999; % cizdirme araligi
```

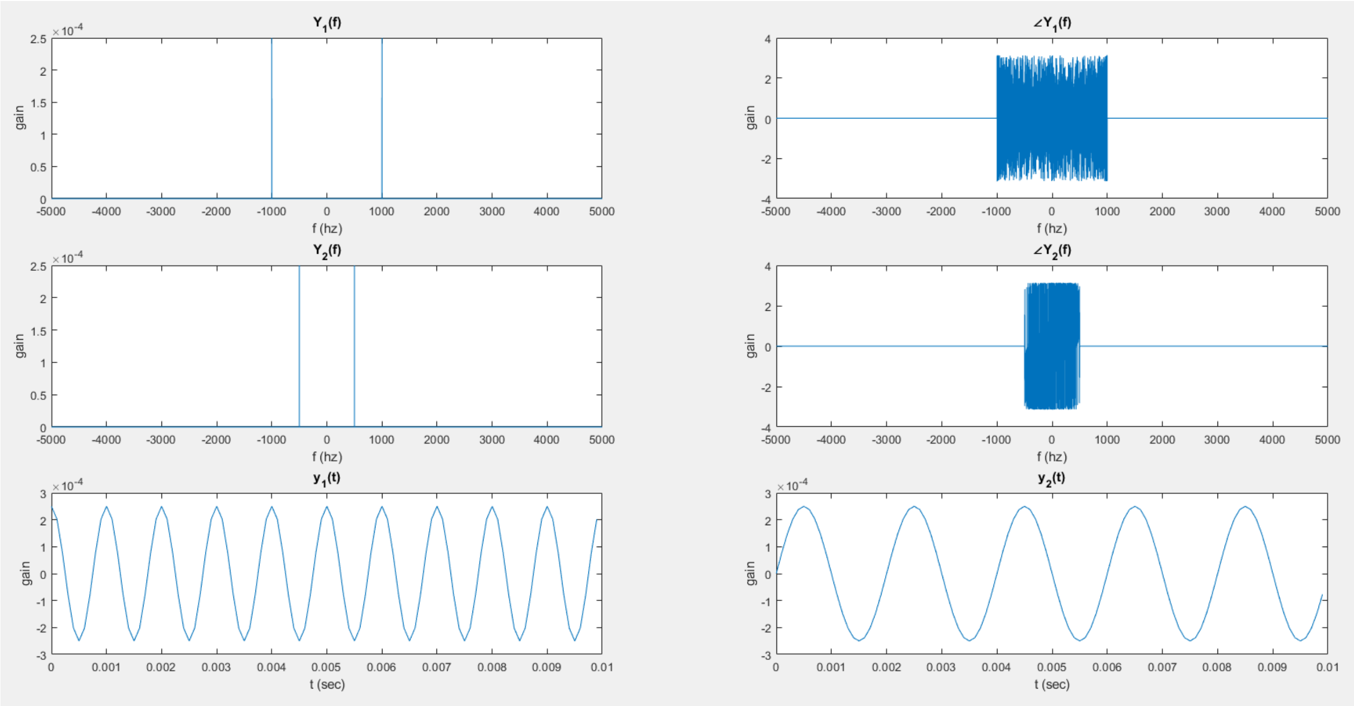
Şekil 8. Y1(f), Y2(f), y1(t) ve y2(t) işaretleri kodları

```
% H1(f) ve H2(f) isaretleri olusturuluyor

H1_f=rectangularPulse(f/4000); % H1(f) isareti tanimlamasi

H2_f=rectangularPulse(f/2000); % H2(f) isareti tanimlamasi

% Y1(f) ve Y2(f) isaretleri
% Bu isaretleri olusturmak icin frekans uzayinda carpma yapiliyor.
% Frekans uzayinda carpma, transfer fonksiyonun giris sinyalini filtrelemesi ile oluyor.

Y1_f=X1_f.*H1_f/Fs;
subplot(3,2,1)
plot(Fs_final,abs(Y1_f));   % genligi bastirmak icin (Y1(f))
title('Y_1(f)')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')

Y1_f=X1_f.*H1_f/Fs;
subplot(3,2,2)
plot(Fs_final,angle(Y1_f)); % fazi bastirmak icin (Y1(f))
title('\angleY_1(f)')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')

Y2_f=X2_f.*H2_f/Fs;
subplot(3,2,3)
plot(Fs_final,abs(Y2_f));  % genligi bastirmak icin (Y2(f))
title('Y_2(f)')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')

Y2_f=X2_f.*H2_f/Fs;
subplot(3,2,4)
plot(Fs_final,angle(Y2_f));  % fazi bastirmak icin (Y2(f))
title('\angleY_2(f)')
```

Şekil 9. Y1(f), Y2(f), y1(t) ve y2(t) işaretleri kodları (devam)

```
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')

% y1(t) ve y2(t) isaretleri
%{
 Bu isaretleri elde edebilmek icin daha once frekans uzayinde elde edilen
 cikis isaretlerinin ifft ile ters fourier donusumu aliniyor.
%}

y1_t=ifft(ifftshift(Y1_f))*Fs;
subplot(3,2,5)
plot(t(1:100),y1_t(1:100));
title('y_1(t)')
xlabel('t (sec)')
ylabel('gain')

y2_t=ifft(ifftshift(Y2_f))*Fs;
subplot(3,2,6)
plot(t(1:100),y2_t(1:100));
title('y_2(t)')
xlabel('t (sec)')
ylabel('gain')
```

Şekil 10. Y1(f), Y2(f), y1(t) ve y2(t) işaretleri kodları (devam)



Şekil 11. Y1(f), Y2(f), y1(t) ve y2(t) işaretleri

3.1. d) şıkkı – y(t) ve Y(f) işaretlerinin çizdirilmesi

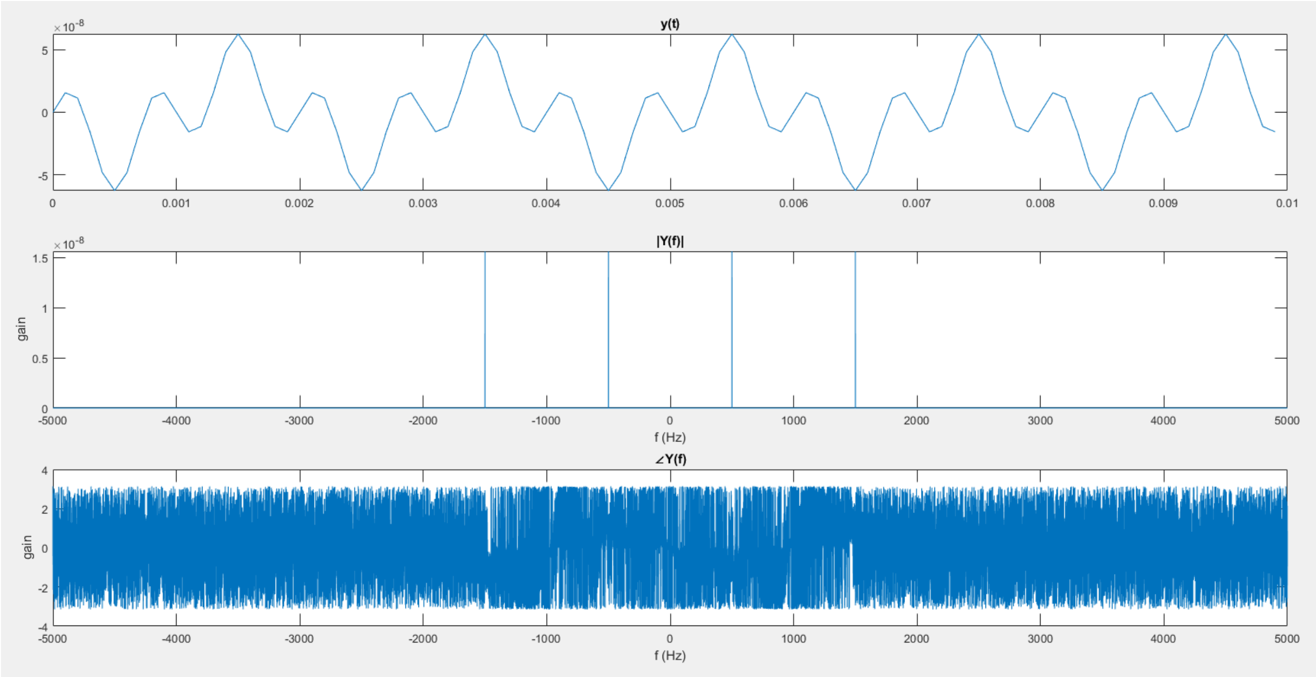
$$y(t) = y_1(t) * y_2(t)$$

$$y(t) = 50\sin(3000\pi t) + 50\sin(1000\pi t)$$

$$Y(f) = 25\left[\delta(f - 1500)e^{\frac{-j\pi}{2}} + \delta(f + 1500)e^{\frac{j\pi}{2}} + \delta(f - 500)e^{\frac{-j\pi}{2}} + \delta(f + 500)e^{\frac{j\pi}{2}}\right]$$

```
%%% d) y(t) ve Y(f) isaretleri %%%

% y1(t) ve y2(t) isaretleri carpilarak y(t) isareti elde ediliyor.
figure()
y_t=y1_t.*y2_t;
subplot(3,1,1);
plot(t(1:100),y_t(1:100));
title('y(t)');

% y(t) isaretinin Fourier Donusumu alinarak frekans uzayina geciliyor.
Y_f=(fftshift((1/length(y_t))*fft(y_t)));
subplot(3,1,2);
plot(Fs_final,abs(Y_f));
title('|Y(f)|');
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')

subplot(3,1,3);
plot(Fs_final,angle(Y_f));
title('\angleY(f)');
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')
```

Şekil 12. y(t) ve Y(f) işaretlerinin kodları



Şekil 13. y(t) ve Y(f) işaretleri

4. Sonuçlar ve Genel Yorumlar

Analitik ve MATLAB çözümleri karşılaştırıldığında, işaretlerin frekans ve zaman uzaylarındaki bulunduğu bölgelerin her iki tarafta da aynı olduğu görülmüştür.

$x_1(t)$ ve $x_2(t)$ işaretlerinin Fourier Dönüşümler alınarak $X_1(f)$ ve $X_2(f)$ işaretleri elde edilmiştir. $X_1(f)*H_1(f)$ ve $X_2(f)*H_2(f)$ işlemleri ile giriş işaretleri filtrelenmiş ve çıkışta $Y_1(f)$ ve $Y_2(f)$ işaretleri bulunmuştur. Filtreleme sonrası, analitik çözümde giriş işaretlerinin genlikleri değerini korurken, MATLAB çözümünde bu durum geçerli olmamıştır. Bunun sebebinin, filtreleme yapmak için MATLAB'ın hazır filtreleme komutlarını kullanmak yerine frekans uzayında çarpma işlemi ile filtreleme yapmanın olabileceği düşünülmüştür. Filtre çıkışındaki işaretler zaman uzayında çarpıldıktan sonra y(t) işareti elde edilmiştir. Bütün giriş ve çıkış işaretleri zaman ve frekans uzayında incelenmiştir. Bütün işaretlerin MATLAB ve analitik çözümlerinin genlik değerleri haricinde uyuştuğu gözlemlenmiştir.

5. Referanslar

[1] Ders videoları

[2] MATLAB Help

Appendix A. MATLAB Kodları

```
%%% a) x1(t) ve x2(t) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=50000;    % ornekleme frekansi
Ts=1/Fs;     % ornekleme periyodu
t=0:Ts:0.004-Ts; % cizdirme araligi

x1_t=10*cos(2*pi*1000*t)+20*sin(2*pi*2500*t); % x1(t)
isaretinin tanimlanmasi
subplot(2,1,1)
plot(t,x1_t)
title('x_1(t)')
xlabel('t (sec)')
ylabel('gain')

x2_t=10*sin(2*pi*500*t)+20*cos(2*pi*2000*t); % x2(t) isaretinin
tanimlanmasi
subplot(2,1,2)
plot(t,x2_t)
title('x_2(t)')
xlabel('t (sec)')
ylabel('gain')

%%% b) H1(f) ve H2(f) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=10000;    % ornekleme frekansi : fs>=2fm goz onune alinarak
belirlendi
Ts=1/Fs;     % ornekleme periyodu
t=0:Ts:2-Ts;
f=-10000:9999; % cizdirme araligi

figure(2)
H1_f=rectangularPulse(f/4000); % H1(f) isareti tanimlamasi
subplot(2,1,1)
plot(f,H1_f)
title('H_1(f)')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')

H2_f=rectangularPulse(f/2000); % H2(f) isareti tanimlamasi
subplot(2,1,2)
plot(f,H2_f)
title('H_2(f)')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')
```

```
%%% a) X1(f) ve X2(f) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=10000;    % ornekleme frekansi
Ts=1/Fs;     % ornekleme periyodu
t=(-Fs:Fs-1)*(1/Fs); % cizdirme araligi

figure(3)
% x1(t) isaretinden X1(f) elde edebilmek icin Fourier Donusumu
yapilir.
x1_t=10*cos(2*pi*1000*t)+20*sin(2*pi*2500*t);
X1_f=abs(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t))); % X1(f)
isaretinin tanimlanmasi
X1_f_phase=angle(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t)));
Fs_final=Fs.*t/2; % isaretlerin dogru frekans noktalarina
yerlesmeleri icin
subplot(2,2,1)
plot(Fs_final,X1_f); % genligi bastirmak icin (X1(f))
title('|X_1(f)|')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')

subplot(2,2,2)
plot(Fs_final,X1_f_phase); % fazi bastirmak icin (X1(f))
title('\angleX_1(f)')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')

x2_t=10*sin(2*pi*500*t)+20*cos(2*pi*2000*t);
X2_f=abs(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t))); % X2(f)
isaretinin tanimlanmasi
X2_f_phase=angle(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t)));

subplot(2,2,3)
plot(Fs_final,X2_f)  % genligi bastirmak icin (X2(f))
title('|X_2(f)|')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')

subplot(2,2,4)
plot(Fs_final,X2_f_phase) % fazi bastirmak icin (X2(f))
title('\angleX_2(f)')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')
```

```
%%% c) Y1(f), Y2(f), y1(t) ve y2(t) isaretleri %%%
clc;
clear;
clear all;

Fs=10000;   % ornekleme frekansi
Ts=1/Fs;    % ornekleme periyodu
t=(-Fs:Fs-1)*(1/Fs); % cizdirme araligi

figure(4)
% X1(f) ve X2(f) isaretleri olusturuluyor

x1_t=10*cos(2*pi*1000*t)+20*sin(2*pi*2500*t); % X1(f)
 isaretinin tanimlanmasi
X1_f=(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t)));
X1_f_phase=angle(fftshift((1/length(x1_t))*fft(x1_t)));
Fs_final=Fs.*t/2; % isaretlerin dogru frekans noktalarina
 yerlesmeleri icin

x2_t=10*sin(2*pi*500*t)+20*cos(2*pi*2000*t); % X2(f) isaretinin
 tanimlanmasi
X2_f=(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t)));
X2_f_phase=angle(fftshift((1/length(x2_t))*fft(x2_t)));

Fs=10000;   % ornekleme frekansi : fs>=2fm goz onune alinarak
 belirlendi
Ts=1/Fs;    % ornekleme periyodu
t=0:Ts:2-Ts;
f=-10000:9999; % cizdirme araligi

% H1(f) ve H2(f) isaretleri olusturuluyor

H1_f=rectangularPulse(f/4000); % H1(f) isareti tanimlamasi

H2_f=rectangularPulse(f/2000); % H2(f) isareti tanimlamasi

% Y1(f) ve Y2(f) isaretleri
% Bu isaretleri olusturmak icin frekans uzayinda carpma
 yapiliyor.
% Frekans uzayinda carpma, transfer fonksiyonun giris sinyalini
 filtrelemesi ile oluyor.

Y1_f=X1_f.*H1_f/Fs;
subplot(3,2,1)
plot(Fs_final,abs(Y1_f));   % genligi bastirmak icin (Y1(f))
title('Y_1(f)')
xlabel('f (hz)')
ylabel('gain')
```

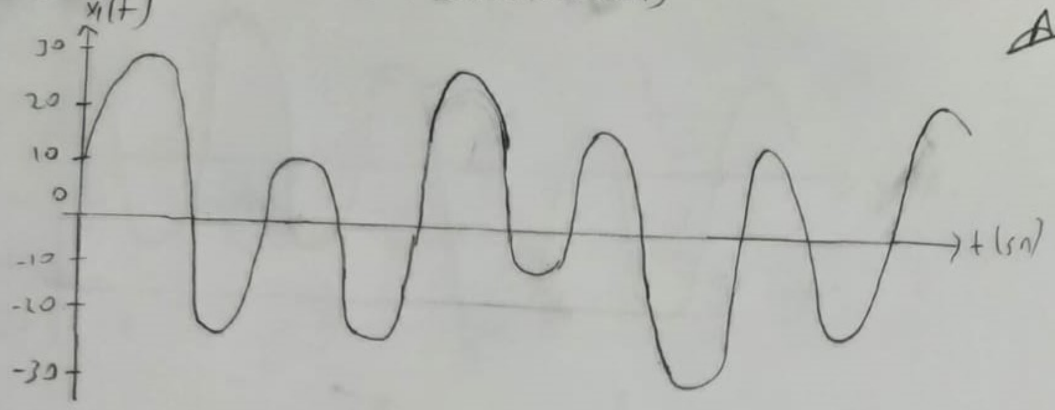
```
%%% d) y(t) ve Y(f) isaretleri %%%

% y1(t) ve y2(t) isaretleri carpilarak y(t) isareti elde
ediliyor.
figure(5)
y_t=y1_t.*y2_t;
subplot(3,1,1);
plot(t(1:100),y_t(1:100));
title('y(t)');

% y(t) isaretinin Fourier Donusumu alinarak frekans uzayina
geciliyor.
Y_f=(fftshift((1/length(y_t))*fft(y_t)));
subplot(3,1,2);
plot(Fs_final,abs(Y_f));
title('|Y(f)|');
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')

subplot(3,1,3);
plot(Fs_final,angle(Y_f));
title('\angleY(f)');
xlabel('f (Hz)')
ylabel('gain')
```

Appendix B. Analitik Çözüm

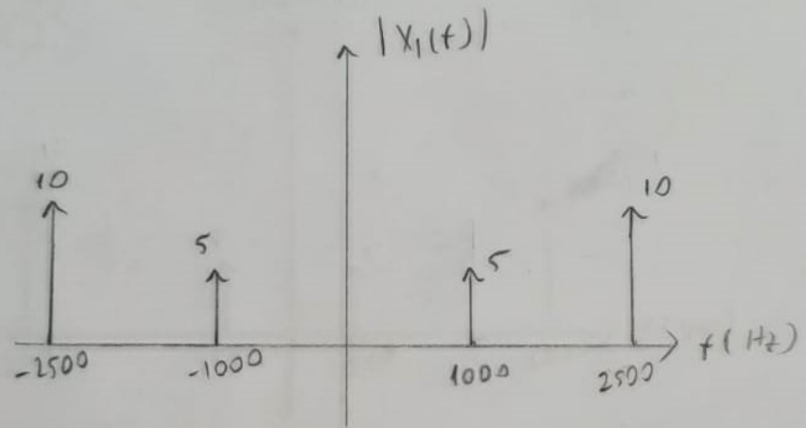
ELM 361 Proje – Analitik Çözüm

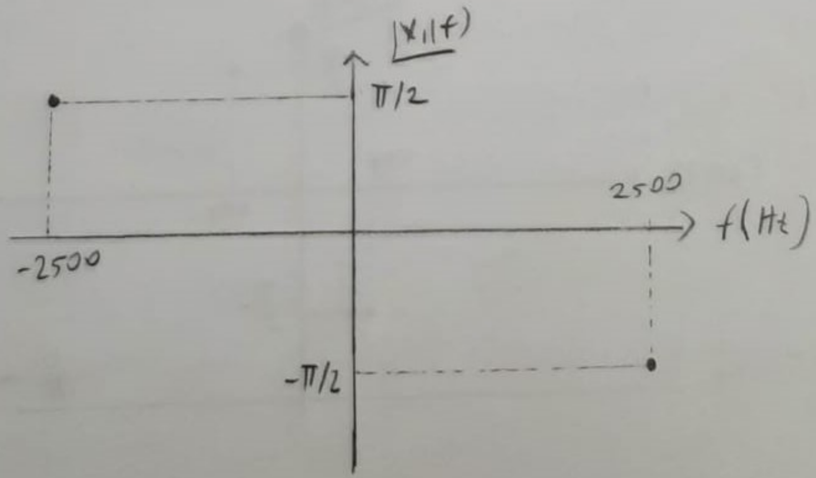
Alperen KARATAŞ
1801022022

a) $x_1(t) = 10\cos(2\pi 1000t) + 20\sin(2\pi 2500t)$

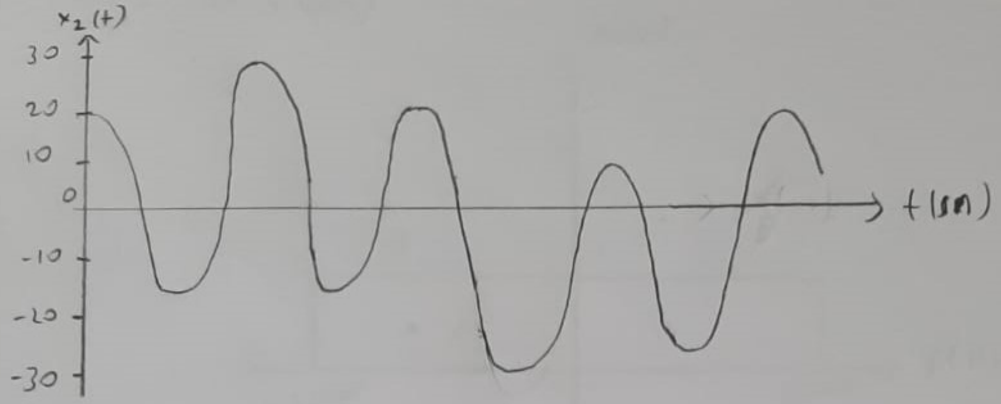


$$X_1(f) = 5\delta(f-1000) + 5\delta(f+1000) + 10\delta(f-2500)e^{-j\frac{\pi}{2}} + 10\delta(f+2500)e^{j\frac{\pi}{2}}$$

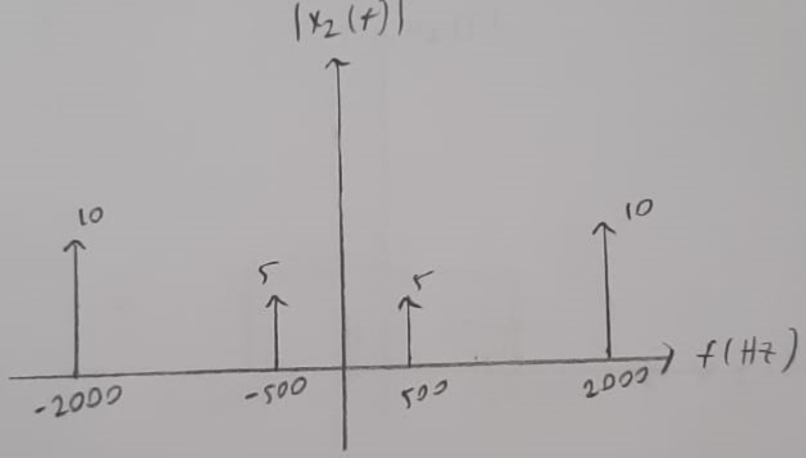


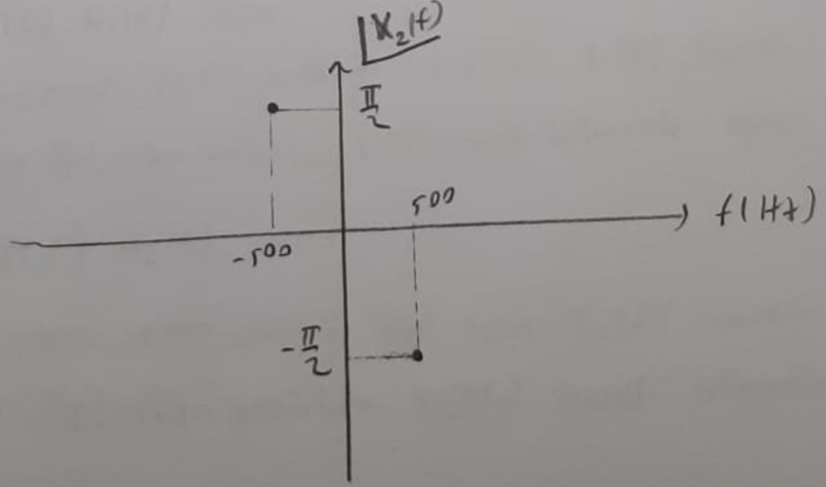


$x_2(t) = 10\sin(2\pi 500t) + 20\cos(2\pi 2000t)$

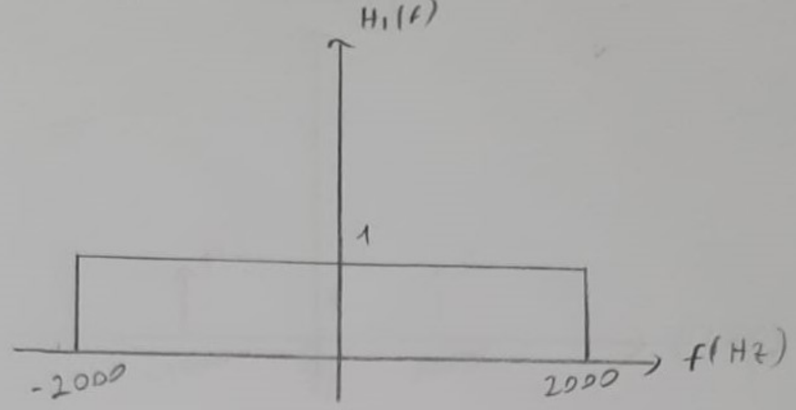


$X_2(f) = 5\delta(f-500)e^{-j\frac{\pi}{2}} + 5\delta(f+500)e^{j\frac{\pi}{2}} + 10\delta(f-2000) + 10\delta(f+2000)$

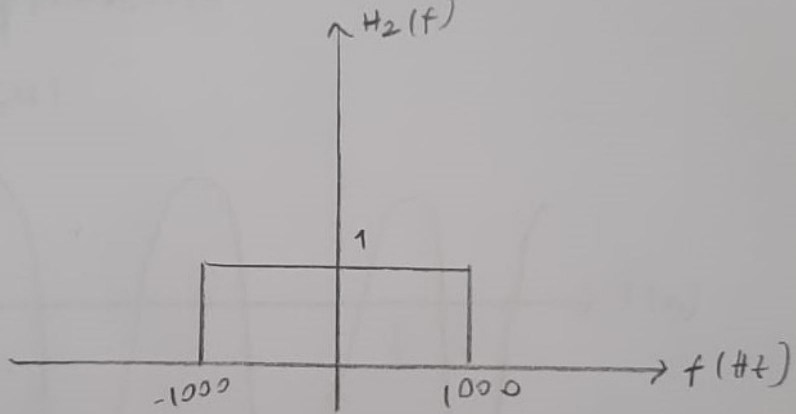




b) $H_1(f) = \Pi\left(\frac{f}{4000}\right)$



$H_2(f) = \Pi\left(\frac{f}{2000}\right)$



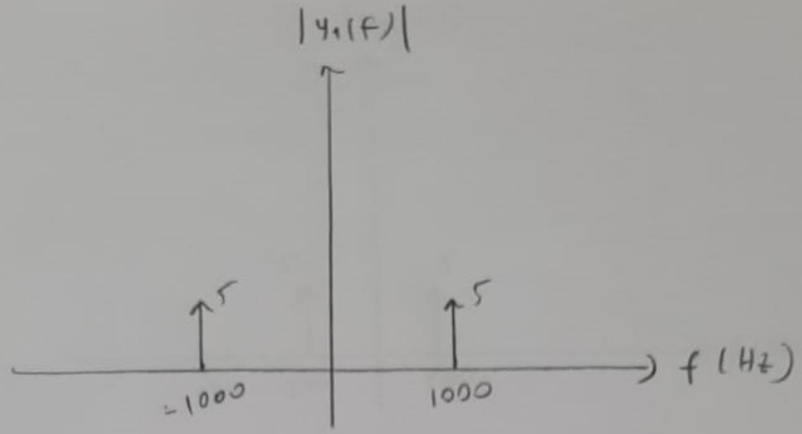
c)

$Y_1(f) = X_1(f) \cdot H_1(f)$ için:

$H_1(f)$, $-2000, 2000$ aralığı dışı için $X_1(f)$ işareti 0 ile çarpılacaktır. Belirtilen aralıkta $X_1(f)$ işareti bileşenleri aynen kalacaktır.

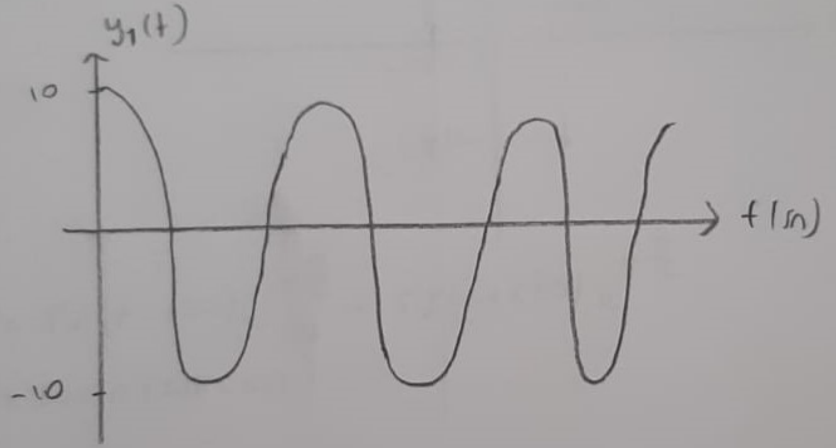
$Y_2(f) = X_2(f) \cdot H_2(f)$ için:

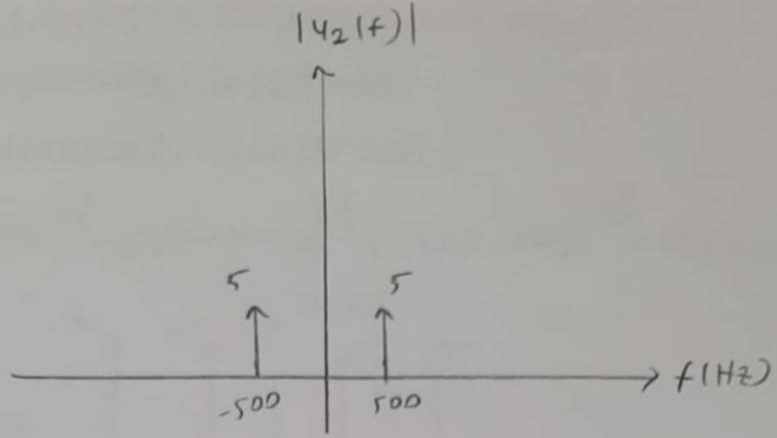
$H_2(f)$, $-1000, 1000$ aralığı dışı için $X_2(f)$ işareti 0 ile çarpılacaktır. Belirtilen aralıkta $X_2(f)$ işareti bileşenleri aynen kalacaktır.

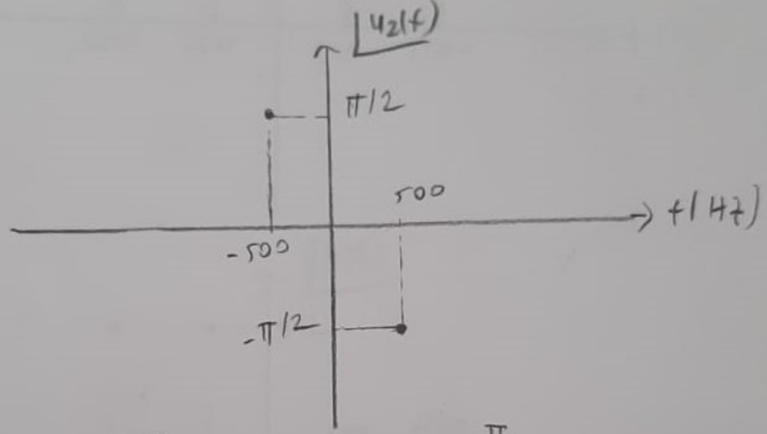


$Y_1(f) = 5\delta(f-1000) + 5\delta(f+1000)$

$y_1(t) = 10\cos(2\pi 1000 t)$

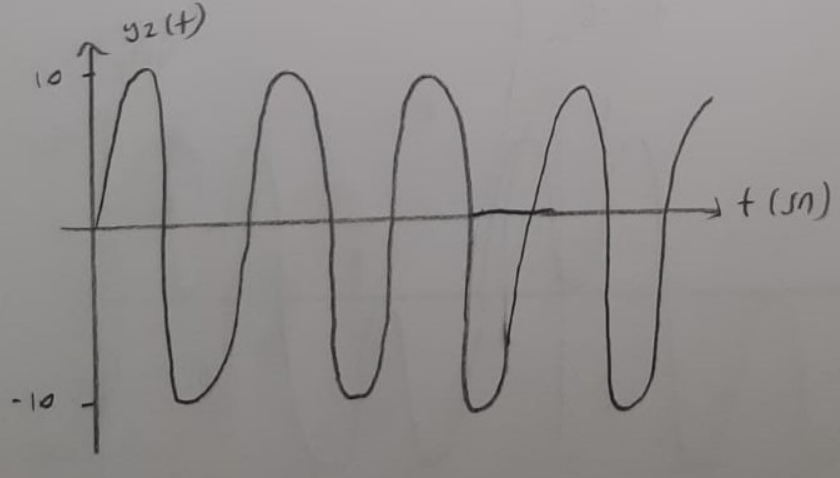






$Y_2(f) = 5\delta(f-500)\,e^{-j\frac{\pi}{2}} + 5\delta(f+500)\,e^{j\frac{\pi}{2}}$

$y_2(t) = 10\sin(2\pi 500 t)$



d)

$$y(t) = y_1(t) \cdot y_2(t) = 10\cos(2\pi 1000t) \cdot 10\sin(2\pi 500t)$$

$$= 100\cos(2\pi 1000t)\sin(2\pi 500t)$$

$$= 50\sin(2\pi 1500t) + 50\sin(2\pi 500t)$$

$$Y(f) = 25\delta(f-1500)e^{-j\frac{\pi}{2}} + 25\delta(f+1500)e^{j\frac{\pi}{2}} + 25\delta(f-500)e^{-j\frac{\pi}{2}} + 25\delta(f+500)e^{j\frac{\pi}{2}}$$