



*Sakarya Üniversitesi  
Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü*

*KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI*

*LABORATUAR FÖYÜ*

**Analog Haberleşme Uygulamaları**

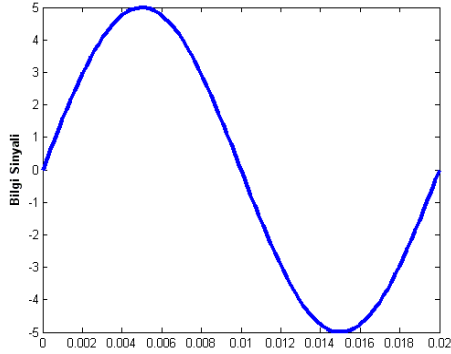
*Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ*

Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ

## Deney No:1

### Konu: Matlab'ta Temel Sinyallerin Oluşturulması

Örnek Uygulama 1:  $5\sin(100\pi t)$  bilgi sinyali oluşturulması.

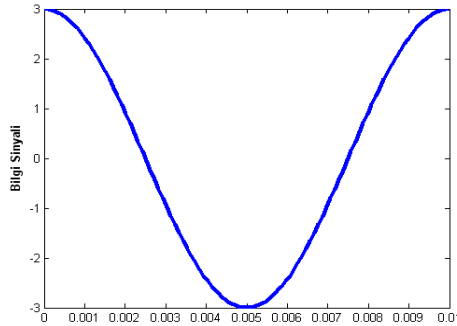


```
%5 Sin(100 pi t) sinyalinin oluşturulması

fm=50; %sinyalin frekansı
T=1/fm; %sinyalin periyodu
t=linspace(0,T);
u1=5*sin(100*pi*t);

plot(t,u1,'linewidth',3)
ylabel('\bf Bilgi Sinyali','fontsize',10);
```

Örnek Uygulama 2:  $3\cos(200\pi t)$  bilgi sinyali oluşturulması.

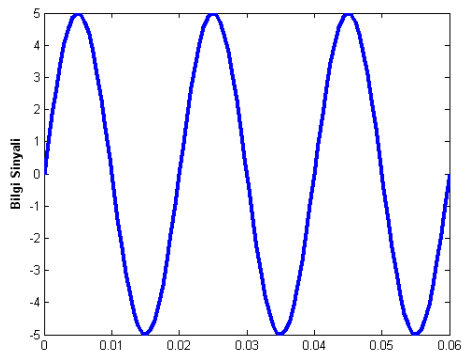


```
% 3Cos(200pit) sinyalinin oluşturulması

fm=100; %sinyalin frekansı
T=1/fm; %sinyalin periyodu
t=linspace(0,T);
u1=3*cos(200*pi*t);

plot(t,u1,'linewidth',3)
ylabel('\bf Bilgi Sinyali','fontsize',10);
```

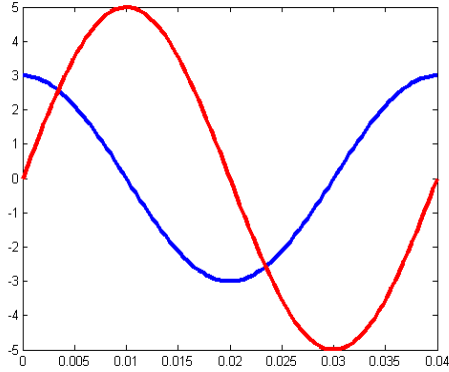
Örnek Uygulama 3:  $5\sin(100\pi t)$  bilgi sinyalinin 3 periyot oluşturulması oluşturulması.



```
fm=50; %sinyalin frekansı
T=1/fm; %sinyalin periyodu
t=linspace(0,3*T);
u1=5*sin(100*pi*t);

plot(t,u1,'linewidth',3)
ylabel('\bf Bilgi Sinyali','fontsize',10);
```

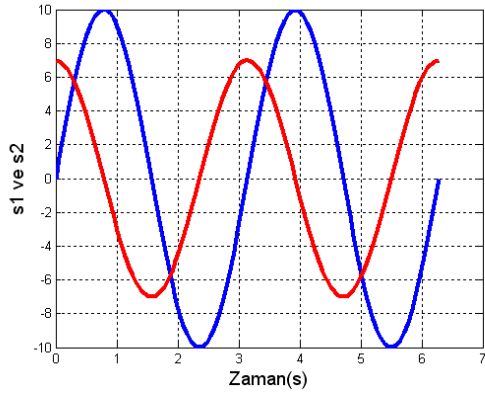
**Örnek Uygulama 4:**  **$5\sin(50\pi t)$**  ve  **$3\cos(50\pi t)$**  sinyallerinin aynı grafikte gösterilmesi.



```
fm=25; %sinyalin frekansı  
T=1/fm; %sinyalin periyodu  
  
t=linspace(0,T);  
  
u1=3*cos(50*pi*t);  
u2=5*sin(50*pi*t);  
plot(t,u1,'b',t,u2,'r','linewidth',3)
```

**Soru:**  **$10\sin(\omega t)$**  ve  **$7\cos(\omega t)$**  şeklindeki iki ayrı sinyali 2 periyot için aynı grafik üzerinde gösteriniz. ( $\omega=2$  rad/sn)

**Cözüm:**



## Deney No: 2

### Deney Adı: Kanal İletim Kapasitesi

Toplanır Beyaz Gauss Gürültüsü (AWGN) etkisindeki bir haberleşme kanalının iletim kapasitesi, alınan işaretin ortalama gücü, ortalama gürültü gücü ve kanal bant genişliğine bağlı olarak bulunabilmektedir. Alınan işaretin ortalama gücü **S**, ortalama gürültü gücü **N** ve bant genişliği **B** ile gösterildiğinde kanalın iletim kapasitesi,

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

olarak hesaplanabilmektedir. Bu ilişki **Shannon Teoremi** olarak bilinmektedir.

Kanal bant genişliği B, hertz cinsinden kullanıldığında iletim kapasitesi C, bit / s cinsinden elde edilmektedir.

**Örn: Matlab kullanarak AWGN (Toplanır Beyaz Gauss Gürültüsü) etkisindeki bir kanalın,**

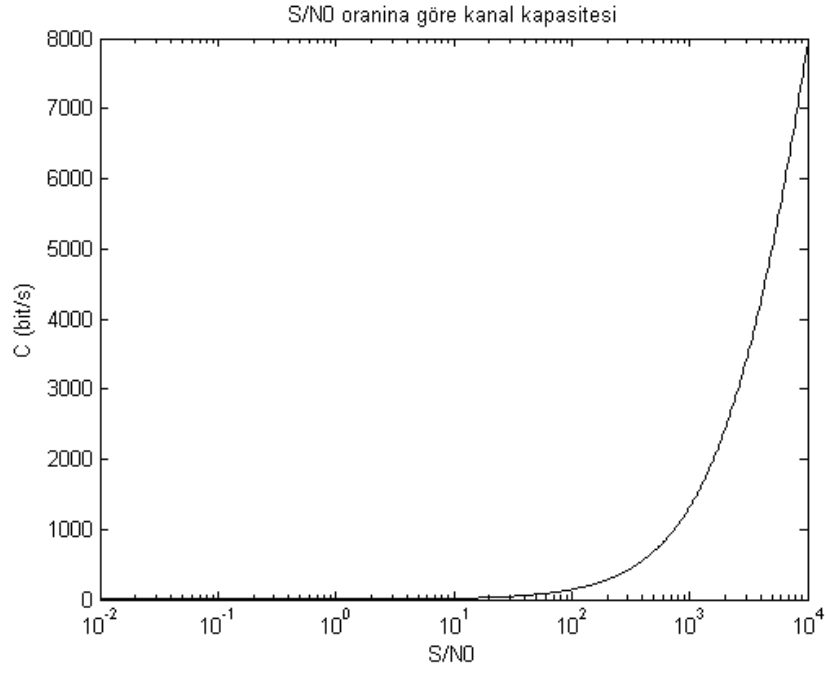
- a) B=5000 Hz bant genişliği ve -20dB ile 40dB arasında değişen S/No oranlarına bağlı olarak kanal kapasitesini çizdiriniz.**

#### ÇÖZÜM:

##### a) Matlab Kodları

```
SN0_db=-20:0.1:40;  
B=5000;  
SN0=10.^(SN0_db/10);  
C=B.*log2(1+SN0./B);  
semilogx(SN0,C,'k');  
title('S/No oranına göre kanal kapasitesi');  
xlabel('S/No'); ylabel('C (bit/s)');
```

Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ



**b)  $S/N_0 = 30\text{dB}$  için bant genişliğine bağlı olarak kanal kapasitesini çizdiriniz.**

**ÇÖZÜM:**

**b) Matlab Kodları:**

**Ekran Çıktısı:**

## Deney No:3

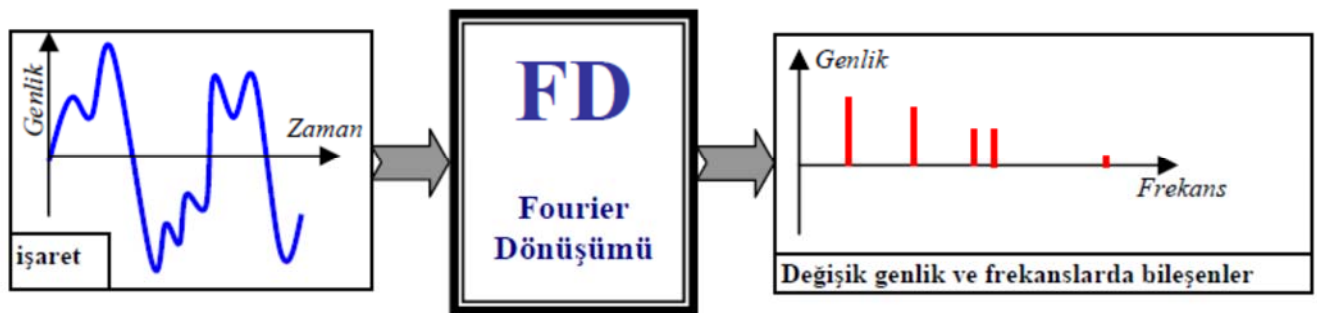
### Deney Adı: Fourier Analizi

#### 1. Fourier Dönüşümü

Fourier dönüşümü, herhangi bir işaretin frekans domeninde incelenmesini sağlar. MATLAB ortamında oluşturulan tüm işaretler ayrık olduğundan Fourier dönüşüm çifti olarak DFT ve IDFT kullanılır.

**fft(x)** komutu ile  $x$  vektörünün DFT'si FFT algoritması kullanılarak hızlı bir şekilde hesaplanır.

**fft(x,N)** komutu ile  $N$  noktalı DFT hesaplanır. Eğer  $x$ 'in uzunluğu  $N$ 'den küçük ise  $x$ 'e sıfırlar eklenerek  $N$  boyuna getirilir.  $N$  değeri,  $x(n)$ 'in örnek sayısından az olamaz. Eğer  $N$  değeri girilmezse  $N$  değeri işaretin boyutuna eşit olarak kabul edilir.



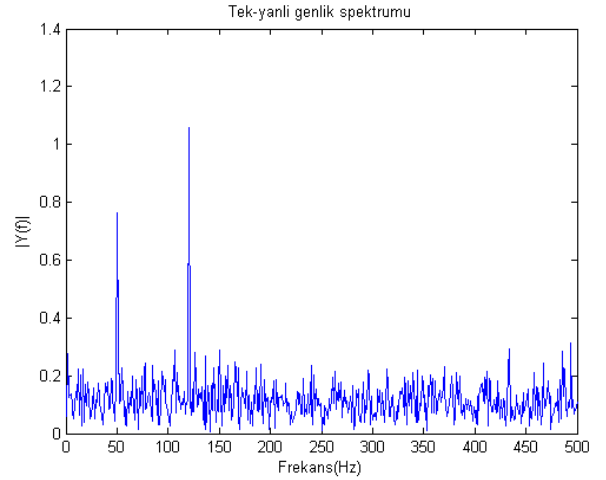
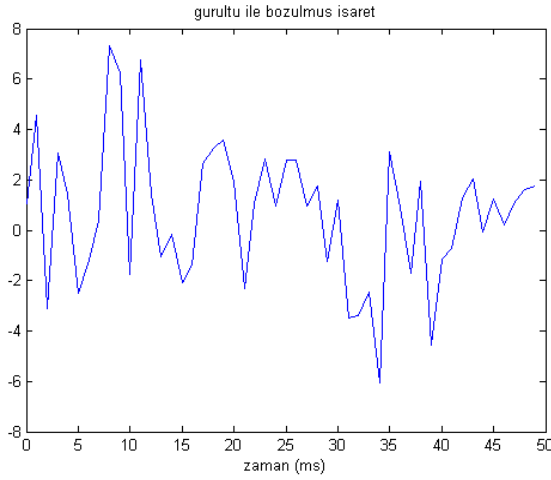
#### Örnek Uygulama:

Fourier dönüşümü kullanılarak gürültülü bir işaret incelenecek ve asıl işaretin frekans bileşenlerini bulunacaktır. Bu amaçla programda, 50 Hz'lik 0.7 genlikli bir sinüs işaret ile 120 Hz'lik birim genlikli sinüs işaret toplanarak, elde edilen işarete sıfır-ortalı rasgele gürültü eklenmiştir. Örneklem frekansı 1000 Hz'dir. Frekans bölgesinde inceleme yapmak için Hızlı Frekans Dönüşümü (FFT) kullanılarak gürültü işaretin ayrık frekans dönüşümü elde edilmiştir.

```
Fs = 1000; % Örneklem frekansı
T = 1/Fs; % Sembol periyodu
L = 1000; % İşaretin uzunluğu
t = (0:L-1)*T; % Zaman vektörü
```

```
% 50 Hz lik ve 120 Hz lik sinusoidal işaretin toplamı
x = 0.7*sin(2*pi*50*t) + sin(2*pi*120*t);
y = x + 2*randn(size(t)); % Gürültülü işaret
plot(Fs*t(1:50),y(1:50))
title('gurultu ile bozulmus isaret')
xlabel('zaman (ms)')
NFFT = 2^nextpow2(L); % FFT uzunluğunun hesaplanması
Y = fft(y,NFFT)/L; % normalize edilmiş FFT
f = Fs/2*linspace(0,1,NFFT/2);
figure
% Plot tek-yanlı genlik spektrumu
plot(f,2*abs(Y(1:NFFT/2)))
title('Tek-yanli genlik spektrumu')
xlabel('Frekans(Hz)')
ylabel('|Y(f)|');
```

Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ



**NOT: İşaretin uzunluğunun (L) arttırılmasının etkilerini gözlemleyiniz.( Ör. L=10000)**

## 2. Fourier Serisi

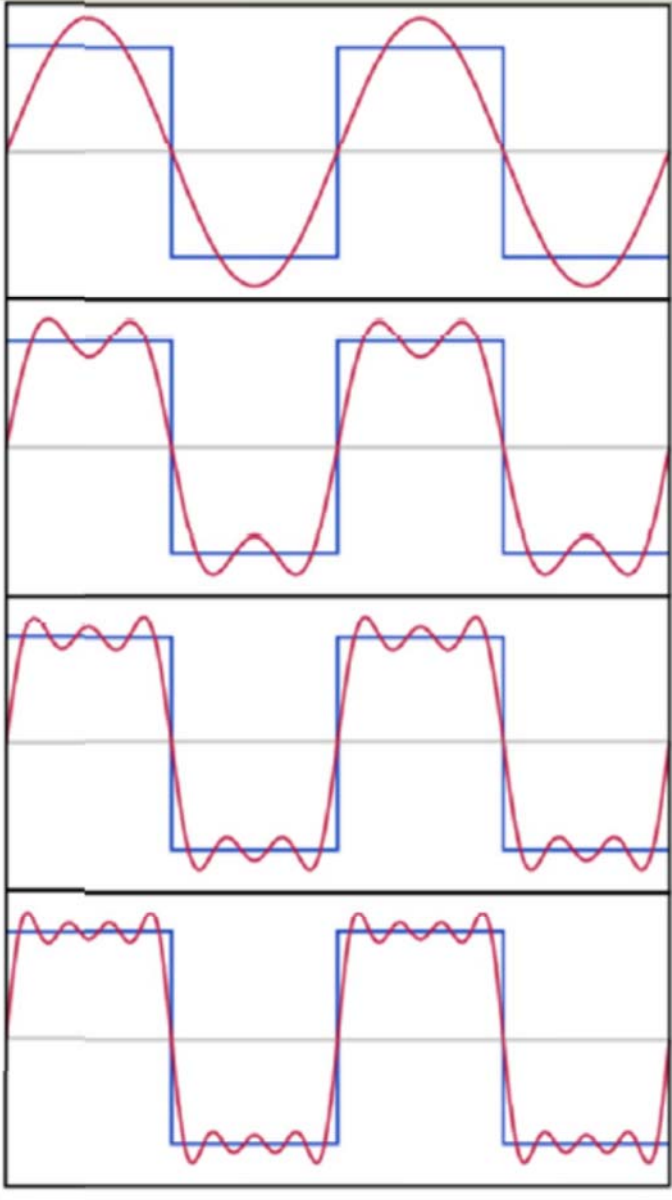
Herhangi bir periyodik işaret sonsuz sayıda sinüzoidalın ağırlıklı toplamı olarak ifade edilebilir:

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\Omega_0 t + b_k \sin k\Omega_0 t$$

Burada  $\omega_0$  birinci (temel) harmonik (frekans) olmakla beraber,  $a_k$  ve  $b_k$  katsayıları Fourier serisi katsayılarıdır. (NOT:  $b_0=0$ )

Her ne kadar bu açılım bir sonsuz seri açılımı olsa da, pratikte birkaç harmoniğin alınması birçok pratik uygulama için yeterli olacaktır. Unutulmaması gereken nokta,  $x(t)$ 'nin Fourier serisine açılabilmesi için mutlaka periyodik olması gerekliliğidir. Fourier katsayıları ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos(k\Omega_k) dt$$
$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin(k\Omega_k) dt$$



*Periyodik kare dalga işaretinin sadece bir Fourier serisi katsayısıyla geri elde edilmiş hali.*

*İki katsayı kullanılarak geri elde edilmiş işaret.*

*İlk üç katsayı kullanıldığında geri elde edilen işaret kare dalgaya daha fazla benzemektedir.*

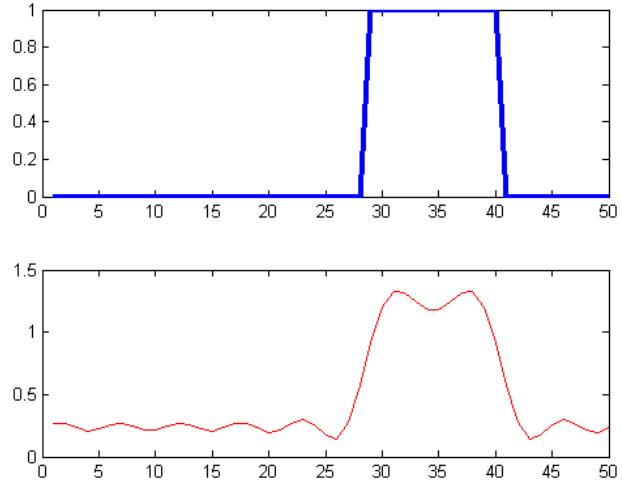
*İlk dört Fourier serisi katsayısı kullanıldığında geri elde edilen işaret.*

### **Örnek Uygulama:**

```
N=50; % işaretin uzunluğu
n=[0:N-1]; % 50 uzunluklu dizi
M=10; %Alınacak Fourier serisi katsayısı sayısı
m=[0:M-1];
x=[zeros(1,28), ones(1,12), zeros(1, N-40)];
a=(2/N)*x*cos(2*pi*(n')*m/N); %x'in Fourier serisi katsayıları
a(1)=a(1)/2;
b=(2/N)*x*sin(2*pi*(n')*m/N);
xr=a*cos(2*pi*(m')*n/N)+b*sin(2*pi*(m')*n/N);
subplot(2,1,1), plot(x,'linewidth',3)
subplot(2,1,2), plot(xr,'r');
```



Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ



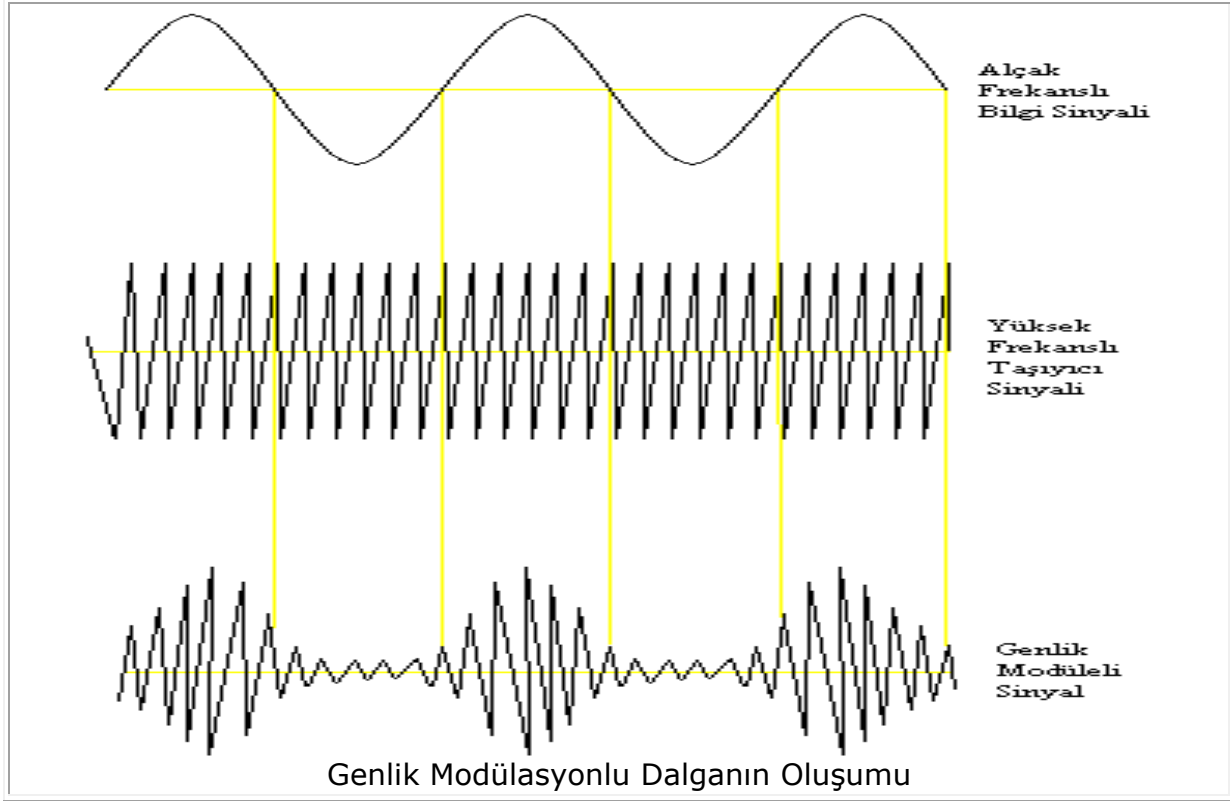
---

**NOT:  $M$  değerini değiştirerek sinyaldeki değişimi gözlemleyiniz. (ÖRN:  $M=50$ )**

## Deney No: 4

### Deney Adı: Genlik Modülasyonu

Genlik modülasyonu Çift Yan Bant Modülasyon 'ÇYB' (Double Side Band 'DSB' ), Tek Yan Bant Modülasyonu 'TYB' (Single – Side Band), Artık Yan Bant Modülasyonu (Vestigial-Side Band, 'VSB') olmak üzere üçe ayrılır.



**Şekilde 5 KHz'lik bilgi sinyali ile 100 KHz'lik taşıyıcının modülasyonu gösterilmiştir.**

Şekilde gösterildiği gibi alçak frekanslı bilgi sinyalinin pozitif (+) alternanslarında taşıyıcının genliği artar. En büyük genlik, bilgi sinyalinin (+) peak noktasında elde edilir. Alçak frekanslı bilgi sinyalinin negatif (-) alternanslarında ise taşıyıcının genliği azalır. En küçük genlik ise, bilgi sinyalinin(-) peak noktasında elde edilir. Böylece taşıyıcının genliği, bilgi sinyaline göre değiştirilmiş olur.

Burada modüle eden sinyal, bilgi sinyalidir. Modüle edilen ise taşıyıcıdır.

## Genlik Modülasyonu Genel Formülü

$E_A - M(t) = E_C \cos 2\pi f_c t + (E_m / 2) \cos 2\pi (f_c + f_m) t + (E_m / 2) \cos 2\pi (f_c - f_m)t$   
**formülünde;**

$E_C$  = Taşıyıcının genliği

$f_c$  = Taşıyıcının frekansı

$f_c + f_m$  = Üst kenar bandın (ÜKB) frekansı

$f_c - f_m$  = Alt kenar bandın (AKB) frekansı

$(E_m / 2)$  = ÜKB ve AKB 'ın genliğini gösterir.

$(f_c + f_m)$  gibi toplam frekanslar ÜKB 'ı,  $(f_c - f_m)$  gibi fark frekanslar ist AKB 'ı oluşturur. Genlik modülasyonu neticesinde; taşıyıcı sinyali, taşıyıcının üstünde ÜKB, taşıyıcının altında ise AKB oluşur. Kenar bandların genliği ise eşittir.

Örneğin, 100 KHz'lik taşıyıcı ile 5 KHz'lik bilgi sinyali Genlik Modülasyonuna tabi tutulursa, meydana gelecek üst kenar bandın frekansı;

$$f_{ÜKB} = 100 + 5 = 105$$

Alt kenar bandın frekansı ise;

$$f_{AKB} = 100 - 5 = 95 \text{ KHz olacaktır.}$$

## MATLAB m-file UYGULAMASI

```
fa=500;
```

```
fc=5000;
```

```
Ta=1/fa;
```

```
Tc=1/fc;
```

```
t=0:(Tc/50):5*Ta;
```

```
%Bilgi işaretinin oluşturulması
```

```
s=sin(2*pi*fa*t);
```

```
subplot(311);
```

```
plot(t,s); grid on;
```

```
title('Bilgi isareti'); xlabel('zaman');ylabel('genlik');
```

```
%Taşıyıcı işaretin oluşturulması
```

```
c=sin(2*pi*fc*t);
```

```
subplot(312);
```

```
plot(t,c); grid on;
```

```
title('Taşıyıcı işaret'); xlabel('zaman');ylabel('genlik');
```

```
%Modülasyonlu işaret
```

```
m=1;
```

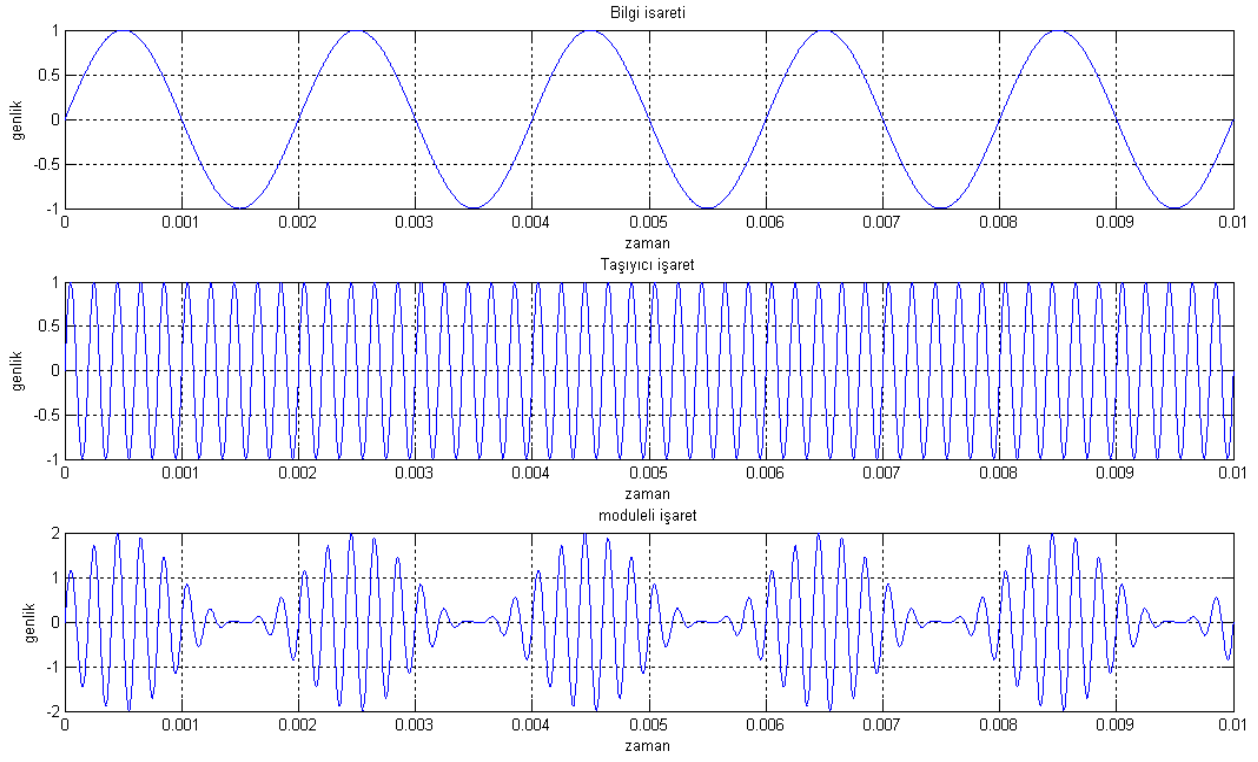
```
d=(1+m*s).*c;
```

```
subplot(313);
```

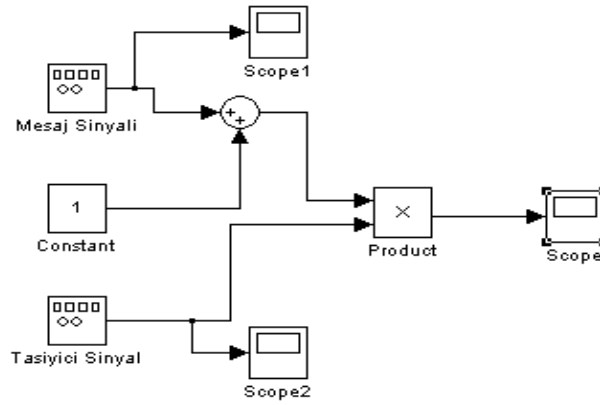
```
plot(t,d); grid on;
```

```
title('Genlik Modülasyonu'); xlabel('zaman');ylabel('genlik');
```

## EKRAN GÖRÜNTÜSÜ

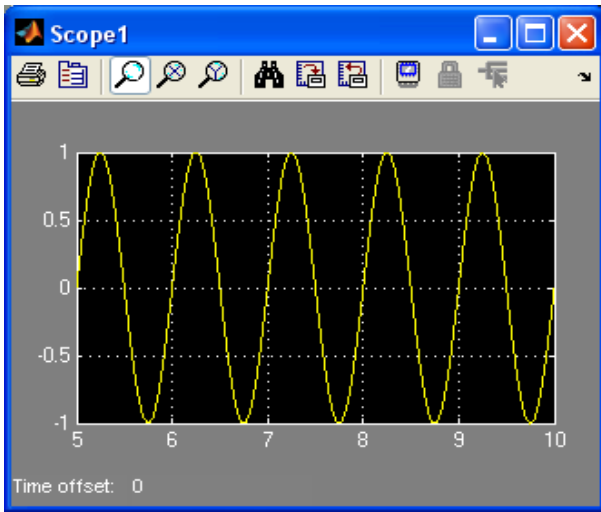


## MATLAB SİMULİNK UYGULAMASI

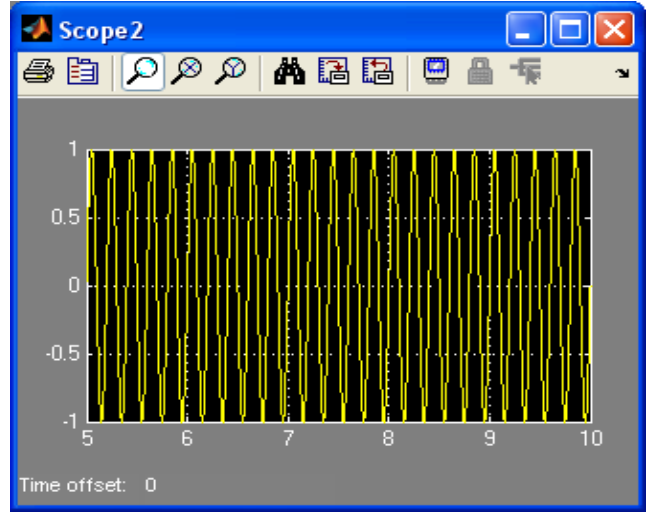


### Simulink'te Genlik Modülasyonu Tasarımı

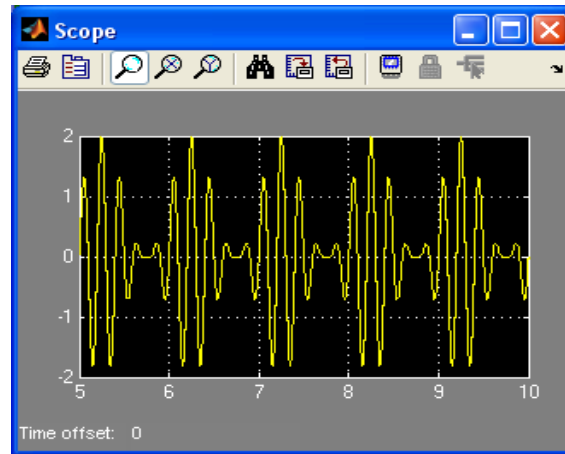
### SİMÜLASYON SONUÇLARI



Mesaj Sinyali



Taşıyıcı Sinyali



Genlik Modülasyonu

## Deney No: 5

### Deney Adı: Çift Yan Band Modülasyonu ve Demodülasyonu

```
fc=150;
fs=1000;
ts=1/fs;
t=0:ts:5-ts;
x = 1*sin(2*pi*10*t)
x_c = cos(2*pi*fc*t);

%%%%%%%%%%%%Modülasyon

x_cyb = x.*x_c;

figure(1)
plot(t,x_cyb)
hold on
plot(t,x,'r')
title('Zaman bölgesi çift yan bant genlik modüsü')
axis([0 250*ts -4 3])
legend('Çift yan bant modüli işaret x_{ÇYB}(t)', 'mesaj işareti x(t)')

figure(2)
subplot 311
[X,x_ekseni]=genlikspektrum(x,fs);
title('Mesaj işaretinin genlik cevabı')
subplot 312
[X_C,x_ekseni]=genlikspektrum(x_c,fs);
title('Taşıyıcı işaretinin genlik cevabı')
subplot 313
[X_CYB,x_ekseni]=genlikspektrum(x_cyb,fs);
title('ÇYB GM işaretin genlik cevabı')

%%%%%%%%%%%%Demodulasyon

d=x_cyb.*x_c;
figure(3)
[D,x_ekseni]=genlikspektrum(d,fs);

[b,a]=butter(10,0.2);
[H,f]=freqz(b,a,length(d),'whole');

subplot 211
plot(x_ekseni,abs(fftshift(H)),'r')
hold on
plot(x_ekseni,abs(D)/max(abs(D)))

y=filter(b,a,d);
subplot 212
[Y,x_ekseni]=genlikspektrum(y,fs);
title('Demodüle edilmiş mesaj işareti')
```

Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ

```
figure
plot(t,x)
hold on
plot(t,2*y,'r')

axis([0 250*ts -4 3])
legend('Mesaj işareti x(t)', 'Demodüle edilmiş mesaj işareti y(t)')
```

### **genlikspektrum.m fonksiyonu**

```
function [Y,eks]=genlikspektrum(y,fs)
    Y=fft(y);
    Y=fftshift(Y);
    Yg=abs(Y);
    ww=linspace(-fs/2,fs/2,length(y)+1);

    w=ww(1:(end-1));

    plot(w,Yg)
    eks=w;
```