

MEH-310 DIGITAL COMMUNICATIONS LABORATORY

MATLAB EXERCISE: BPSK & QPSK MODULATION

Zeynep SAKLI 160207013

Cansın DÜŞEN 160207051

PARAMETERS FOR BPSK MODULATION

Define number of bits to be transmitted:

N=10;

Define bit duration:

Tb=0.0001;

Carrier phase for bit 1:

fi1=0;

Carrier phase for bit 0:

Fi0= π ;

Carrier Frequency:

fc= 40 KHz

PART A. BPSK MODULATION

Q1) Plot input signal and BPSK modulated signal. (Check below for the axis labels&sizes.)

→Faz kaydırmalı anahtarlama(PSK), gürültüden en az etkilenen sayısal modülasyon yöntemidir bunu sağlamak için de iki taşıyıcı arasında 180 derece faz farkı kullanılır.

→ASK ve FSK'dan en önemli farkı ise kutuplu haberleşme ile gerçekleştirilmesidir.

→Bunun yanında genlik ve frekans sabitken yalnızca fazda değişim vardır.

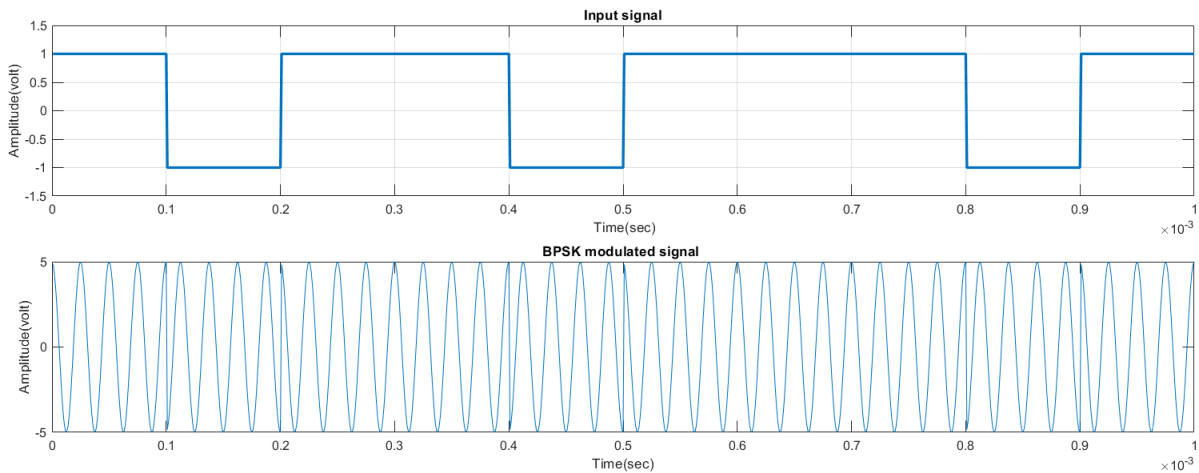


Figure 1. Example figure format (Your Matlab figures are placed here)

Q2) What happens to the BPSK signal on the data stream's logic transitions?

→BPSK için 0 ve 1 bitlerine bağlı olarak taşıyıcıda iki farklı faz olur. Yani faz kaydırmalı anahtarlama taşıyıcının genlik ve frekansı sabittir. Genlik kullanılan güç ve istenen hata olasılığına göre, frekans ise iletim yapılacak banda göre belirlenmektedir.

→İkili işaretleşme için uygulamada genelde gürültüden en az etkilenmesi için iki taşıyıcı arasında 180 derece faz farkı kullanılır buna da PRK (faz tersinim anahtarlama) denir diye biliyorduk zaten. Kodumuzda da bu işlemi gerçekleştirince sembollerden biri için 0 derece diğeri için 180 derece fazlı taşıyıcılar kullanılmaktadır bu durumda da 0'dan 1'e veya 1'den sıfıra geçilen durumlarda veri akışında 180 derecelik faz atlaması gözlemlenmiştir.

→Faz uzayı $(0, 2\pi)$ arasındadır ve 2 bit iletiyorsak yarıya böleriz eşit olarak bu yüzden de 0 ve π ekleriz fazlara.

PART B. COHERENT DEMODULATION

You may use trapz command for integration and simple if else statement for decision device. Please check course book for details (page: 253).

Q3) Plot input signal and demodulated BPSK signal. (Check below for the axis labels&sizes.)

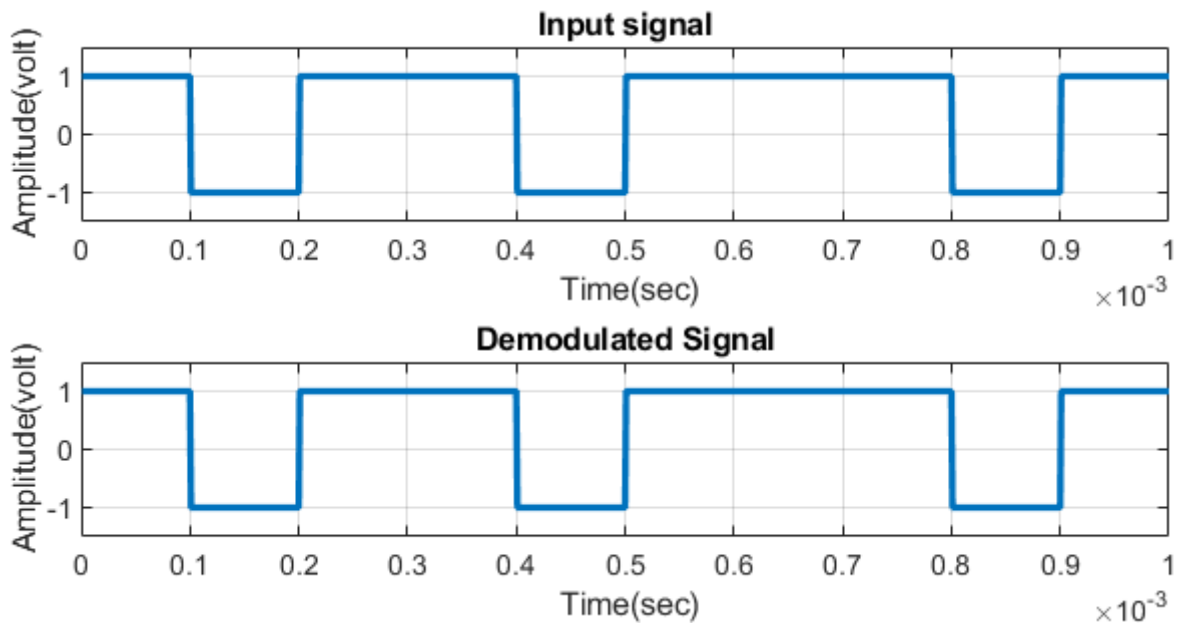


Figure 2. Example figure format (Your Matlab figures are placed here)

→Eşevreli BPSK için şemayı düşünersek önce alıcı bir BPF'den geçirilip bir taşıyıcıyla çarpılır ve sonrasında T_b süresi boyunca integrali alınıp karar eşiğinde eşikten büyük mü küçük mü diye bakılıp sezim yapılır.

Q4) What is the signal that you used in demodulator size as carrier?

→BPSK faz kaydırmalı anahtarlama işleminde genlik ve frekansın sabit olduğunu bunların istenilen şartlara göre belirlendiğini tek değişimin taşıyıcıların fazında olduğunu biliyoruz. Eşevreli modülasyon işleminde de taşıyıcı frekansımızı f_c olarak yani 40kHz olarak seçtik. Yani doğrudan BASK demodülatöre kullanmış olduk.

→ Taşıyıcı sinyali $s(t)$, $s_1(t)-s_0(t)$ ifadesine eşittir. 1 biti için $A*\cos(wct)$ ve 0 biti için $A*\cos(wct+\pi)$ ifadelerini kullanırız. Taşıyıcı= $2*A*\cos(2*\pi*f_c*t)$ olur ve genliğimiz 5 iken Taşıyıcı= $10\cos(2*\pi*40k*t)$ bulunur.

Q5) What is the threshold that you picked in your decision device ?

→Karar devresinde eşik değerimiz 1 ve 0 sembolleri eşit olasılık olduğu için en uygun eşik değeri iki çıkışın ortalaması olan sıfır değeridir. İntegral alıcı çıkışında negatif değer varsa 0 pozitif değer varsa 1 olarak algılatırız. Biz de kodda genliğin yarısından büyükse 1 küçükse 0 olarak karar verdirdik.

NOT: PSK'da kutuplu haberleşme yaptığımızı unutmayalım!

PART C. NON-COHERENT DEMODULATION

Q5) How could you demodulate BPSK signal using envelope detector. Draw a block diagram and explain.

→Yukarıdaki sorularda da açıkladığımız gibi PSK'da taşıyıcı işaretin genliği ve frekansı aynıdır bu yüzden de zarf dedektörü kullanılarak genlik farkına göre bir ayırım yapılamaz bununla birlikte farklı frekanslarda BPF kullanarak da taşıyıcıları ayırt edemezler. Kısaca bu nedenlerden ötürü PSK'da zarf dedektörü kullanarak eşevreli olmayan demodülasyon yapılamaz. Part B'de olduğu gibi eşevreli demodülasyon yapılır.

→İlla eşevresiz yapmak istiyorsak Farksal demodülasyon DPSK yapılabilir. Ama orda da zarf dedektörü kullanılarak bu işlem yapılmadığı için bu kısma başka bir şey eklemiyoruz.

Q6) Implement proposed method in MATLAB. Plot output of each block, and explain its purpose of use.

Q7) Comment on type of the filter used in demodulation.

Q8) What is your cut off frequency (f_c) for the filter/filters you used?

PART D. FREQUENCY SPECTRUM OF BPSK SIGNAL

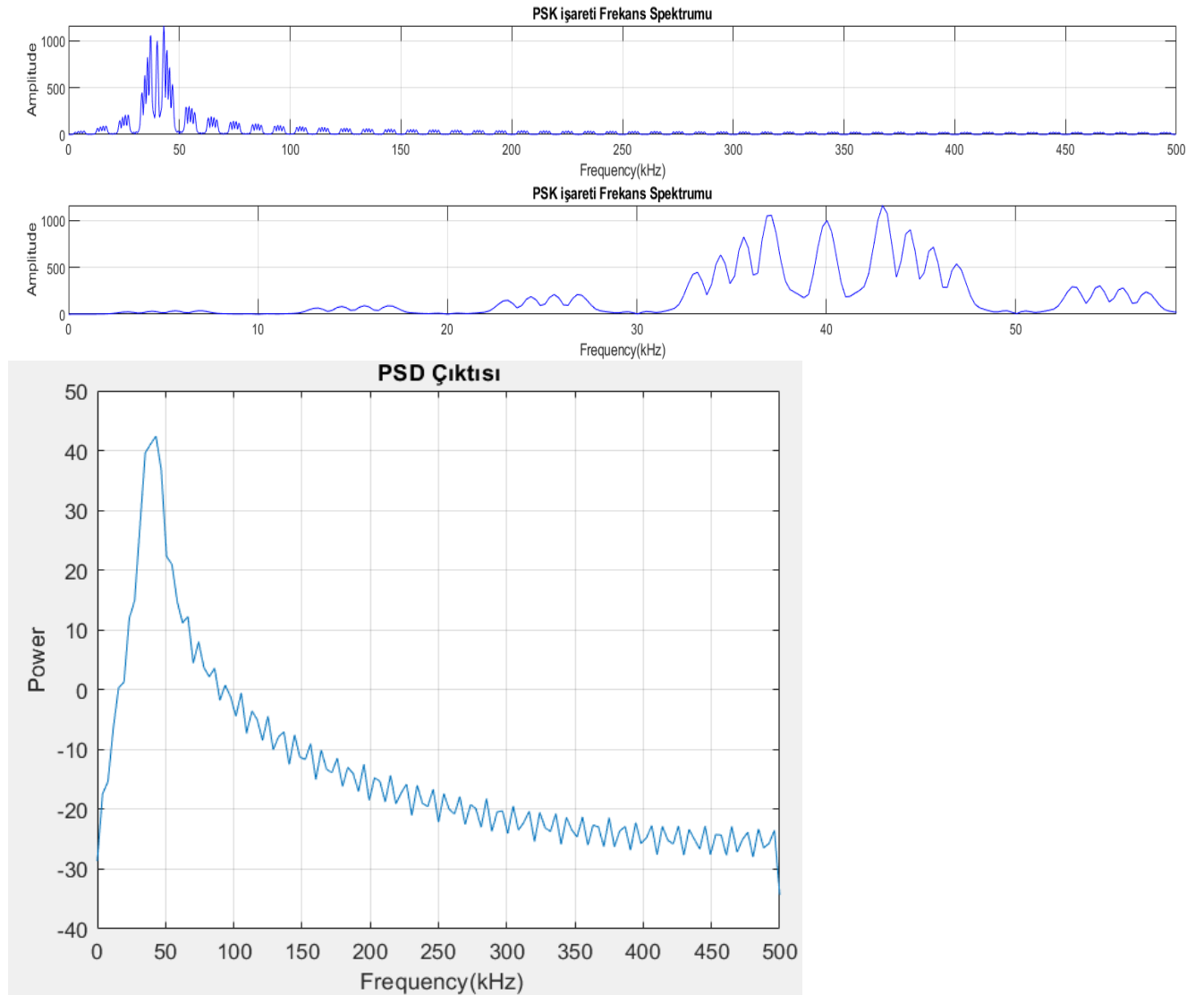
Q9) Calculate BW for the BPSK signal.

→BPSK, kutuplu tabanbant işareti ile bir kosinüs taşıyıcısının çarpımı olarak elde edilir bu yüzden BPSK spektrumu, bu işlem ile bulunabilir. f_c taşıyıcı frekansımız 40kHz ve dikdörtgensel darbe kullanıldığında, spektrumun merkez genişliğine bakıldığında solda $f_c - 1/T_b$ sağda ise $f_c + 1/T_b$ frekansları oluşur ve BPSK işaretinin bant genişliği $2/T_b$ olur.

$T_b = 0.0001$ olduğunu biliyoruz o halde $BW_{BPSK} = 20k$ Hz olarak bulunur.

Aşağıda da spektrum üzerinden görelim.

Q10) Plot frequency spectrum of BPSK Signal?



→Görüldüğü gibi $f_c + 1/T_b = 50k$ Hz $f_c - 1/T_b = 30k$ Hz arasındaki mesafe $2/T_b$ olarak hesaplanınca $BW = 20k$ Hz olarak çıkmaktadır. Aşağıya pwelch komutuyla da çizdirdik buradan da BW bakılabilir.

Not: Frekans spektrumunda tepenin tek bir işaret olarak gözükmemesinin sebebi 1 ve 0 sembol olasılıklarının farklı olmasından kaynaklı olarak yorumlayabiliriz.

PART E. QPSK MODULATION

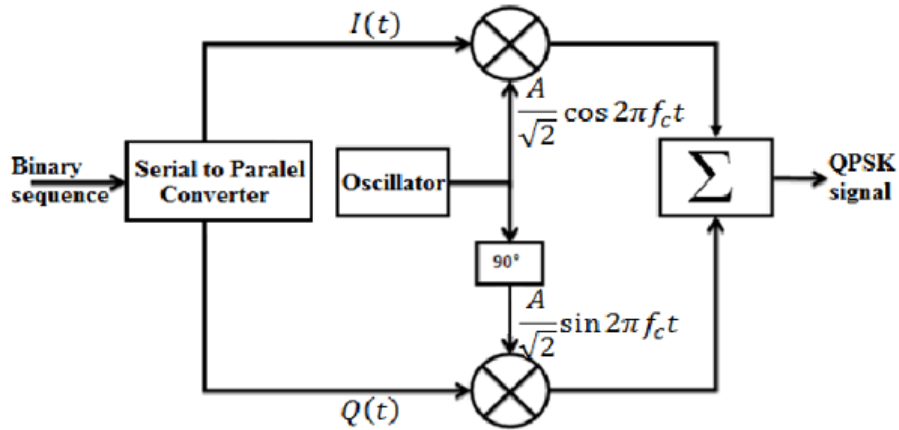


Figure 3. QPSK Modulator

→QPSK sabit genlikli taşıyıcılar ile 4-PSK (taşıyıcı fazları 0,90,180,270) veya 4-QAM olarak gerçekleştirilebilir.

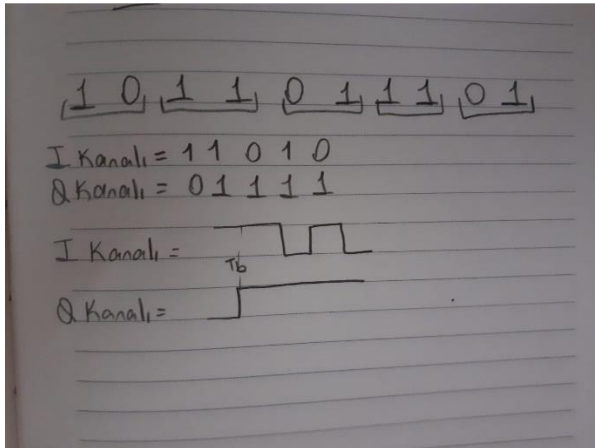
→Modulator diyagramından da anlayacağımız gibi $A/0.707$ genliklerinde cosinüs ve sinüs taşıyıcıları kullanılan iki adet PRK işaretinin birleşimi olarak ele alınabilmektedir. Yani QPSK alıcı ve göndericisi, birbirine dik fazda çalışan iki adet PRK gönderici ve alıcısından oluşur.

→Serial to Parallel converter ile bitleri ikişerli olarak gruplandırılıp sırasıyla I ve Q kanallarına iletilir.

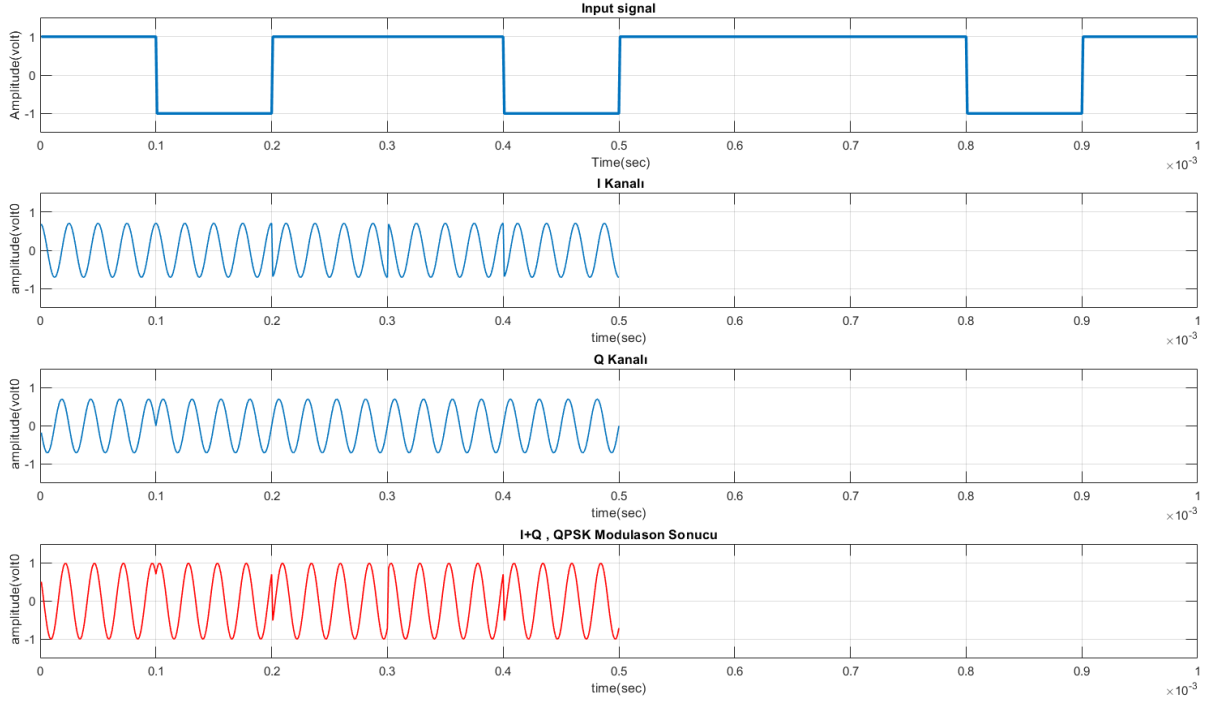
→Tek T_b sürede gelen bitler için I kanalı, çift T_b sürede gelen bitler için Q kanalı geçirilir.

→ I kanalı eş-fazlı ve dik-fazlı Q kanalının QPSK sisteminin iletim hızının yarı hızında çalıştığını bilmekte fayda var bu yüzden de bant genişliği BPSK iletim bant genişliğinin yarısı olmalıdır.

Q11) Implement Figure 3 in Matlab. Plot input signal and QPSK modulated signal.



→Öncelikle derste öğrendiğimiz gibi kendimiz I ve Q kanallarını çizip nerelerde faz farkı göreceğimizi bilmek istedik ve yukarıda gözüktüğü gibi Seriden 2şerli grup yaparak paralelleştirip sonrasında I ve Q kanallarımızı çizdik. Aşağıda matlab çıktımızda da bu sonucu elde ettik.



Q12) What is the relationship between the bit rate of two digital signals (I and Q) and the bit rate of the Sequence Generator module's output?

Veri hızı mesela normal T_b olarak gidiyorsa I ve Q kanalları için ayrıldığında 2 katına çıkar. Yani orjinal input signal dediğimizde ilk $T_b/2$ 'de gelen I kendisi için çizilen grafikte T_b olarak gelmektedir. Bu da ilerde bant genişliğini etkileyecek. Yani iki kanaldan da $R_b/2$ olarak geliyorlar.

Q13) Plot frequency spectrum of QPSK Signal.

Hocam Part C'de yaptığımız gibi çizdirdik spektrumu fakat BW'nin yarıya değil sabit kaldığını görünce boyut kaplamasını diye koymadık ama PSK işaretine göre yarısı bant genişliği görmemiz gerekiyor kodda bir hata yaptık galiba ama aslında QPSK işaretimizin boyutu bile BPSK modulasyonlu işaretimizin boyutunun yarısı gözüküyor neden frekansta yarısını göremedik anlayamadık biz de . Kusura bakmayın.

Q14) Calculate BW for the BPSK signal.

→QPSK bant genişliği BPSK'nın bant genişliğinin yarısına eşit olduğunu hatta bu yüzden aynı hata olasılığı durumunda QPSK'nın daha verimli olduğunu biliyoruz. Sebebi ise iki kanaldan da $R_b/2$ lik gidiyor.

BPSK işareti bant genişliği 20kHz olduğuna göre;

BW_{QPSK} = 20kHz/2 = 10k Hz olarak bulunur.

Q15) What effect did doubling the data rate have on the signal's bandwidth?

→Eğer R_b iki kat artarsa bant genişliğide iki kat artar yani BPSK'nın bw'sine eşit olur.

NOT: Bizim bitlerimizden dolayı I ve Q kanallarında aynı anda faz devamsızlığı oluşmadı fakat bilinmelidir ki eğer iki kanalda da aynı anda faz değişimi olursa modüleli işaretle çok daha büyük bir faz devamsızlığı görülür. Bunun önüne geçmek için ise Offset QPSK dediğimiz OQPSK iletimi vardır. Burada bir tarafı T_b ile geciktirdikleri için aynı anda olan değişimler bu şekilde engelleniyor ve faz devamsızlığı düşürülüyor.

YOUR CODE:

PART A

```
N=10; % Number of bits , size of transmitted signal x_inp=[x_1 x_2
... x_N]
x_inp= [1 0 1 1 0 1 1 1 0 1]; % binary signal 0 or 1 % message to
be transmitted
Tb=0.0001; % bit period (second)
% ***** Represent input signal as digital signal
*****
x_bit=[];
nb=100; % bbit/bit
for n=1:1:N %
    if x_inp(n)==1; %
        x_bitt=ones(1,nb);
    else x_inp(n)==0;
        x_bitt=-x_bitt;
    end
    x_bit=[x_bit x_bitt];
end
t1=Tb/nb:Tb/nb:nb*N*(Tb/nb); % time of the signal
f1 = figure(1);
set(f1,'color',[1 1 1]);
subplot(3,1,1);
plot(t1,x_bit,'lineWidth',2);grid on;
axis([ 0 Tb*N -1.5 1.5]);
ylabel('Amplitude(volt)');
xlabel(' Time(sec) ');
title('Input signal');
% ***** Define BFSK Modulation
*****
Ac=5; % Amplitude of carrier signal
mc=4; % fc>>fs fc=mc*fs fs=1/Tb
fc=mc*(1/Tb); % carrier frequency for bit 1
fi1=0; % carrier phase for bit 1
fi2=pi; % carrier phase for bit 0
t2=Tb/nb:Tb/nb:Tb;
t2L=length(t2);
x_mod=[];
for (i=1:1:N)
    if (x_inp(i)==1)
        x_mod0=Ac*cos(2*pi*fc*t2+fi1);%modulation signal with
carrier signal 1
    else
        x_mod0=Ac*cos(2*pi*fc*t2+fi2);%modulation signal with carrier signal
2
    end
    x_mod=[x_mod x_mod0];
end
```

```

t3=Tb/nb:Tb/nb:Tb*N;
subplot(3,1,2);
plot(t3,x_mod);
xlabel('Time(sec)');
ylabel('Amplitude(volt)');
title('BPSK modulated signal ');

```

PARTB

```

x=x_mod;
h=1; % Fading
w=0; % Noise
y=h.*x+w;
y_dem=[];
for n=t2L:t2L:length(y)
    t=Tb/nb:Tb/nb:Tb;
    c=cos(2*pi*fc*t); % carrier signal
    y_dem0=c.*y((n-(t2L-1)):n);
    t4=Tb/nb:Tb/nb:Tb;
    z=trapz(t4,y_dem0); % integration
    A_dem=round((2*z/Tb));
    if(A_dem>Ac/2) % logic level = Ac/2
        A=1;
    else
        A=0;
    end
    y_dem=[y_dem A];
end
x_out=y_dem; % output signal;
% ***** Represent output signal as digital
signal *****
xx_bit=[];
for n=1:length(x_out);
    if x_out(n)==1;
        xx_bitt=ones(1,nb);
    else x_out(n)==0;
        xx_bitt= -xx_bitt;
    end
    xx_bit=[xx_bit xx_bitt];
end
t4=Tb/nb:Tb/nb:nb*length(x_out)*(Tb/nb);
subplot(3,1,2)
plot(t4,xx_bit,'LineWidth',2);grid on;
axis([ 0 Tb*length(x_out) -0.5 1.5]);
ylabel('Amplitude(volt)');
xlabel(' Time(sec)');
title('Demodulated Signal');

```


PART D:

```
Fs=nb/Tb;
figure
[Pxx ff]=pwelch(y);
plot(ff/pi*Fs/2/1e3,db(abs(Pxx))),grid
ylabel('Power');
xlabel(' Frequency(kHz) ');
title(' PSD Çıktısı ');

nfft=4096;
X = fft(y,nfft);
X = X(1:nfft/2);
% Take the magnitude of fft of x
signalFFT = abs(X);
f = (0:nfft/2-1)*Fs/nfft;
figure(1),subplot(5,1,1);plot(f/1e3,signalFFT,'b');grid
xlabel('Frequency(kHz) ');
ylabel('Amplitude');
title('PSK işareti Frekans Spektrumu');
```

PART E:

```
data=[1 0 1 1 0 1 1 1 0 1]; % information
% figure(1)
% stem(data, 'linewidth',3), grid on;
% title(' Information before Transmitting ');
% axis([ 0 11 0 1.5]);
data_NZR=2*data-1; % Data Represented at NZR form for QPSK
modulation
s_p_data=reshape(data_NZR,2,length(data)/2); % S/P
conversion of data
br=10.^4; %Let us transmission bit rate 1000000
f=4*br; % minimum carrier frequency
T=1/br; % bit duration
t=T/100:T/100:T; % Time vector for one bit information
% XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX QPSK modulatio
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Tb=0.0001;
N=10;
y=[];
y_in=[];
y_qd=[];
for(i=1:length(data)/2)
    y1=s_p_data(1,i)*cos(2*pi*f*t)*0.707;%I Kanalı
```

```

y2=s_p_data(2,i)*sin(2*pi*f*t)*0.707;%Q kanalı
y_in=[y_in y1]; % inphase signal vector
y_qd=[y_qd y2]; %quadrature signal vector
y=[y y1+y2]; % modulated signal vector
end
Tx_sig=y; % transmitting signal after modulation
tt=T/100:T/100:(T*length(data))/2;
% figure(2)
subplot(4,1,2);
plot(tt,y_in,'linewidth',1), grid on;
axis([ 0 Tb*N -1.5 1.5]);
title(' I Kanalı');
xlabel('time(sec)');
ylabel(' amplitude(volt0)');

subplot(4,1,3);

plot(tt,y_qd,'linewidth',1), grid on;
axis([ 0 Tb*N -1.5 1.5]);
title(' Q Kanalı');
xlabel('time(sec)');
ylabel(' amplitude(volt0)');
subplot(4,1,4);

plot(tt,Tx_sig,'r','linewidth',1), grid on;
title('I+Q , QPSK Modulason Sonucu');
axis([ 0 Tb*N -1.5 1.5]);
xlabel('time(sec)');
ylabel(' amplitude(volt0)');

```

Zeynep SAKLI 160207013

Cansın DÜŞEN 160207051