



Dr. Sadık YILDIZ

sadikyildiz06@gmail.com

**Gazi Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği
(Teknoloji Fakültesi)**

2025– ANKARA

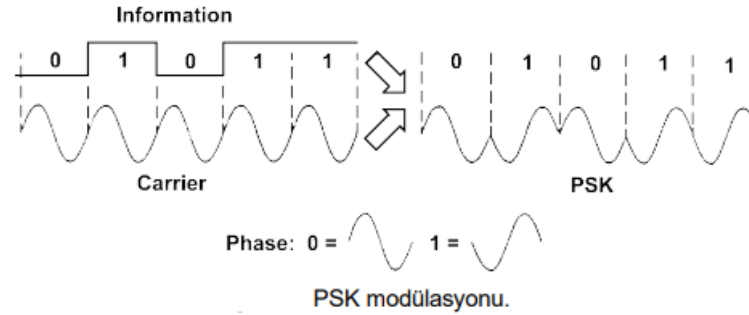
Sayısal Taşıyıcı Modülasyonu

- *Sayısal modülasyon: Dijital veriye göre taşıyıcı sinyalin özelliklerinin değiştirilmesi*
- Taşıyıcı: Genellikle sinüzoidal bir sinyal
- Modülasyon Türleri:
 - ASK (Amplitude Shift Keying)
 - FSK (Frequency Shift Keying)
 - PSK (Phase Shift Keying)
 - QPSK (Quadrature PSK)

Sayısal Taşıyıcı Modülasyonu

4. QPSK– Quadrature Phase Shift Keying (Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama)

- Faz kaydırmalı anahtarlama(PSK) modülasyonu faz modülasyonunun(PM) özel bir durumu olarak görülebilir. Şekilde PSK modülasyonu gösterilmektedir.

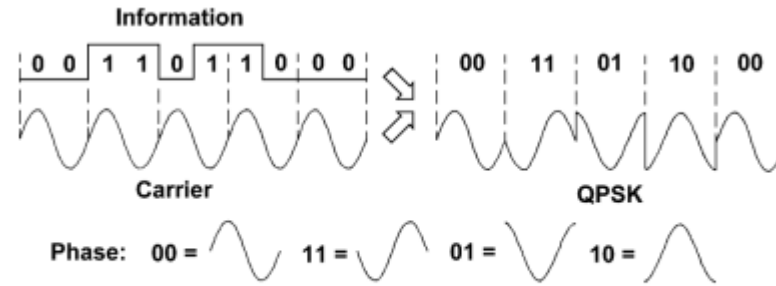


- Şekilde taşıyıcı işaret sabit frekans ve genlikli sinüzoidal bir işarettir. Modüle edilecek işaret ise binary bir bilgidir. Eğer giriş işareti low(0) ise, taşıyıcı işaret fazını korur. Eğer giriş işareti high(1) ise, taşıyıcı işaret fazını 180 derece çevirir.
- Bu tür faz kaydırmalı anahtarlama binary PSK(BPSK) ya da faz çevirmeli anahtarlama(phase-reverse keying - PRK) adı verilir.
- BPSK modülasyon yönteminde, bilgi, gönderilen taşıyıcının fazında saklanmaktadır.

Sayısal Taşıyıcı Modülasyonu

4. QPSK– Quadrature Phase Shift Keying (Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama)

- QPSK modülasyon yönteminde, taşıyıcı işaretin fazı 0° , 90° , 180° ve 270° olmak üzere dört eşit aralığa bölünmüştür.
- Her faz, dibit adı verilen tek bir bit çiftine karşılık gelmektedir.
- Örnek olarak, faz değerlerini Gray kodlanmış ikili bit dizilerine eşleyelim; 00, 01, 11 ve 10.
- QPSK modülasyonunun tipik dalga şekli aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



QPSK modülasyonu

Sayısal Taşıyıcı Modülasyonu

4. QPSK– Quadrature Phase Shift Keying (Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama)

```

1 - clc;
2 - clear;
3 - close all;
4
5 - %% Parametreler
6 - Rb = 1000;           % Bit hızı (bps)
7 - Fs = 100000;        % Örnekleme frekansı
8 - Tb = 1/Rb;          % Bit süresi
9 - fc = 2000;          % Taşıyıcı frekans (Hz)
10 - N = 8;              % Bit sayısı (çift olmalı)
11 - SNR = 10;           % Gürültü seviyesi (dB)
12
13 - %% Zaman ve veri
14 - t = 0:1/Fs:N*Tb - 1/Fs;
15 - data = randi([0 1], 1, N); % Rastgele bit verisi
16
17 - %% 1. Bilgi Sinyali
18 - bitstream = repelem(data, Fs*Tb);
19
20 - %% 2. Taşıyıcı Sinyal
21 - carrier = cos(2*pi*fc*t);
22
23 - %% 3. QPSK Modülasyon
24 - I = 2*data(1:2:end)-1;
25 - Q = 2*data(2:2:end)-1;
26 - I_sig = repelem(I, Fs*Tb*2);
27 - Q_sig = repelem(Q, Fs*Tb*2);
28
29 - qpsk = I_sig.*cos(2*pi*fc*t) - Q_sig.*sin(2*pi*fc*t);
30
31 - %% 4. Gürültü Ekleme
32 - qpsk_noisy = awgn(qpsk, SNR, 'measured');
33
34 - %% 5. Demodülasyon
35 - I_demod = qpsk_noisy .* cos(2*pi*fc*t);
36 - Q_demod = -qpsk_noisy .* sin(2*pi*fc*t);
37 - I_filtered = lowpass(I_demod, Rb, Fs);
38 - Q_filtered = lowpass(Q_demod, Rb, Fs);
39 - I_bits = I_filtered(1:Fs*Tb*2:end) > 0;
40 - Q_bits = Q_filtered(1:Fs*Tb*2:end) > 0;
41 - demod_bits = zeros(1,N);
42 - demod_bits(1:2:end) = I_bits;
43 - demod_bits(2:2:end) = Q_bits;
44 - demod_stream = repelem(demod_bits, Fs*Tb);
45

```

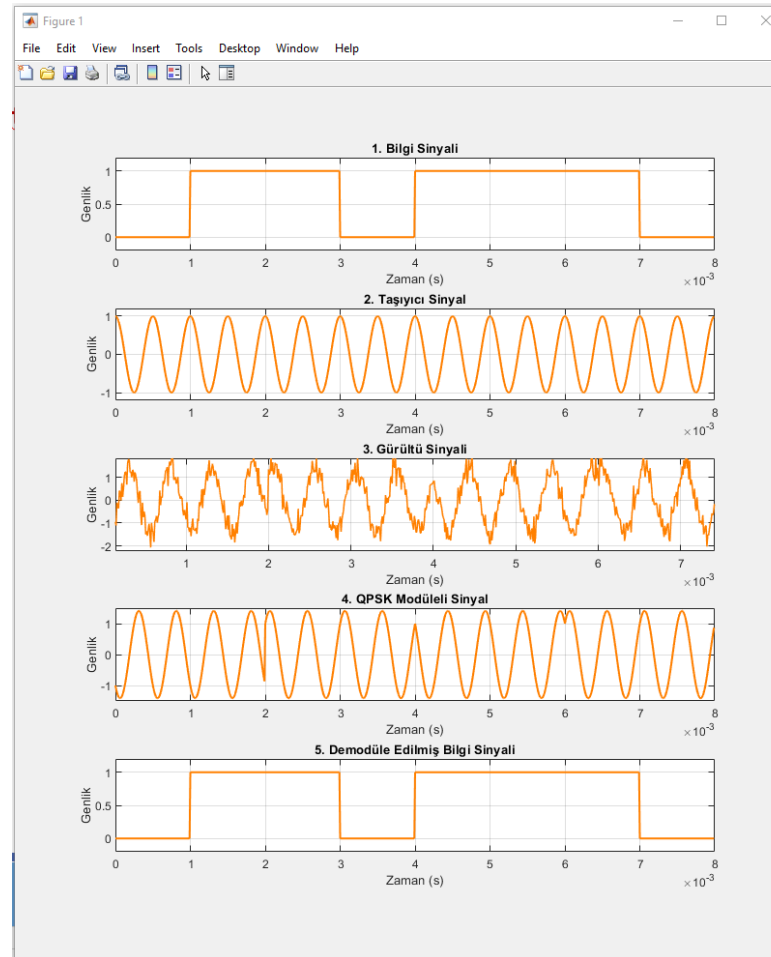
```

46 - %% Grafik Çıktısı (Matplotlib benzeri stil)
47 - figure('Position', [100 100 800 900]);
48
49 - t_zoom = t(1:Fs*Tb*N); % Zoom için
50
51 - subplot(5,1,1);
52 - plot(t_zoom, bitstream(1:length(t_zoom)), 'Color', [1 0.5 0], 'LineWidth', 1.5);
53 - title('1. Bilgi Sinyali');
54 - xlabel('Zaman (s)'); ylabel('Genlik');
55 - ylim([-0.2 1.2]); grid on;
56
57 - subplot(5,1,2);
58 - plot(t_zoom, carrier(1:length(t_zoom)), 'Color', [1 0.5 0], 'LineWidth', 1.5);
59 - title('2. Taşıyıcı Sinyal');
60 - xlabel('Zaman (s)'); ylabel('Genlik');
61 - ylim([-1.2 1.2]); grid on;
62
63 - subplot(5,1,3);
64 - plot(t_zoom, qpsk_noisy(1:length(t_zoom)), 'Color', [1 0.5 0], 'LineWidth', 1.1);
65 - title('3. Gürültü Sinyali');
66 - xlabel('Zaman (s)'); ylabel('Genlik');
67 - grid on;
68
69 - subplot(5,1,4);
70 - plot(t_zoom, qpsk(1:length(t_zoom)), 'Color', [1 0.5 0], 'LineWidth', 1.5);
71 - title('4. QPSK Modüleli Sinyal');
72 - xlabel('Zaman (s)'); ylabel('Genlik');
73 - ylim([-1.5 1.5]); grid on;
74
75 - subplot(5,1,5);
76 - plot(t_zoom, demod_stream(1:length(t_zoom)), 'Color', [1 0.5 0], 'LineWidth', 1.5);
77 - title('5. Demodüle Edilmiş Bilgi Sinyali');
78 - xlabel('Zaman (s)'); ylabel('Genlik');
79 - ylim([-0.2 1.2]); grid on;

```

Sayısal Taşıyıcı Modülasyonu

4. QPSK– Quadrature Phase Shift Keying (Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama)



Sayısal Taşıyıcı Modülasyonu

4. QPSK– Quadrature Phase Shift Keying (Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama)

- `openExample('comm/QPSKTransmitterAndReceiverSimulinkExample')`
- Komut satırını çalıştırarak Matlab simulink ile açılan QPSK modülasyon ve demodülasyonunu inceleyiniz.