

DENEY NO:1

SAYISAL MODÜLASYON VE DEMODÜLASYON

1. Amaç

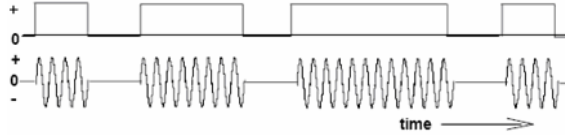
Sayısal Modülasyonlu sistemleri tanımak ve sistemlerin nasıl çalıştığını deney ortamında görmektir. Bu Deneyde Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK), Faz Kaydırmalı Anahtarlama (PSK) ve Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK) modülasyonlu sistemleri ve bunların nasıl çalıştıkları ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

2. Önbilgi

2.1. Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK)

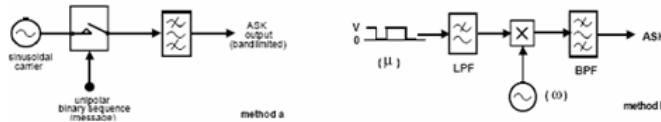
a) ASK Modülasyonu

Bu Modülasyon tipinde, taşıyıcı işaretin genliği iki veya daha fazla değer arasında anahtarlanır. İkili durumunda genellikle var-yok anahtarlama kullanılır. ASK dalga biçimi sıfır için boşluk, 1 için RF dalgalardan oluşur. ASK işareti Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Mesaj (Bilgi) işareti ve ASK işareti

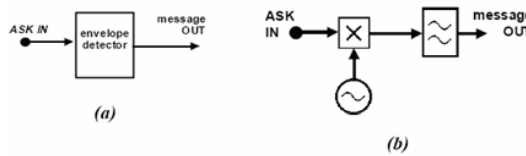
ASK üretiminin iki metodunun blok diyagramları Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. ASK üretim metodları

b) ASK Demodülasyonu

ASK demodülasyonunda orjinal işaretin elde edilmesi için uyumlu süzgeç yapısından yararlanılabilir. Bu deneyde ASK bir genlik modülasyonlu işaret olduğundan bir zarf detektörü veya product demodülatör ile demodülasyonu ele alınmıştır. Bu demodülasyon yapılarının blok diyagramları Şekil 3'te verilebilir.

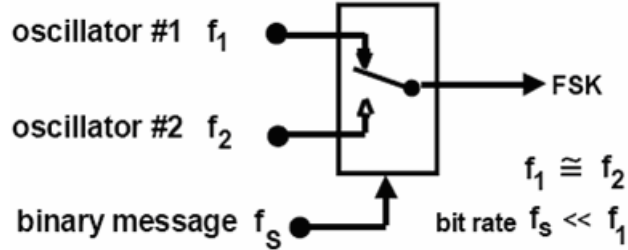


Şekil 3. ASK demodülasyon metodları

2.2. Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK)

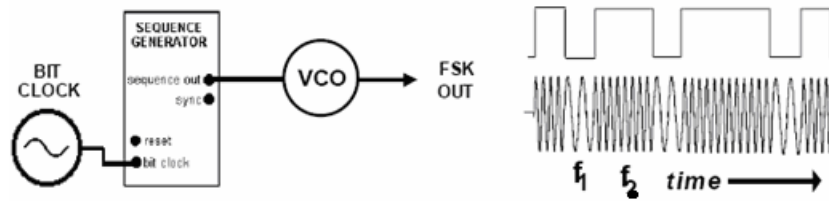
a) FSK Modülasyonu

FSK' da taşıyıcı işaretin ani frekansı, sayısal işarete bağlı olarak iki veya daha çok değer arasında anahtarlanır. FSK işaretin üretimine ilişkin blok diyagram Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4. FSK üretimi

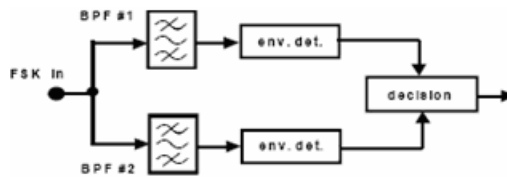
Prensipde f_1, f_2 ve f_3 frekansları birbirinden bağımsızdır. Birinci ve ikinci kaynaklar aynı oscilator'a sahip olabilirler, fakat frekansları mesaj işareti tarafından kontrol edilir (VCO). Bunun sonucunda oluşan işaret daha çok sürekli fazlı FSK (CPFSK) olur. Şekil 5'de f_1 ve f_2 frekanslarının kaynağı olan VCO ve çıkış dalga şekli verilmiştir.



Şekil 5. CPFSK üretimi ve çıkış dalgası

b) FSK Zarf Demodülasyonu

Bu deneyde bir asenkron demodülatör ele alınacaktır. Bu yapı FSK işaretini iki genlik kaydırmalı anahtarlama işaretlerinin toplamına benzeterek olayı ele almaktadır. Daha sonra ise her bir frekansı elde etmek için iki band geçiren süzgeç kullanılmaktadır. BGS çıkışlarında zarf dedektörüne verilmektedir. Bu yöntemin blok digramı Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 6. ASK ya dönüştürülerek demodülasyon yapılması

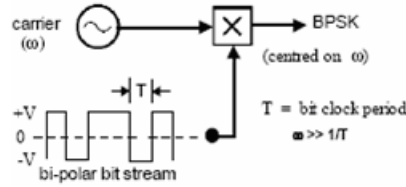
Zarf dedektörleri çıkışında oluşan işaretlerden TTL işaret dalga formunu temizlemek için bir karar devresi kullanılmaktadır.

2.3. İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama (BPSK)

a) BPSK Modülasyonu

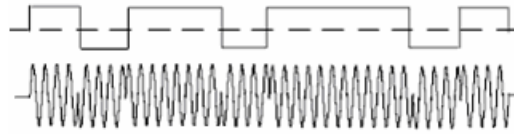
Tek bir taşıyıcı frekansı için iki çıkış faz söz konusudur: (0 ve π) veya ($\frac{\pi}{2}$ ve $\frac{3\pi}{2}$).

Girişteki sayısal işaret değiştiğinde taşıyıcının fazı iki açı değeri arasında kayar. Eğer sinüsoidal taşıyıcı iki durumlu bit dizisi tarafından modüle edilecekse çıkış işaretinin polaritesi bit dizisinin polaritesinin değiştiği noktada değişecektir. Bunu ifade eden blok diyagramı Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. BPSK işaretinin üretilmesi

Bit dizisi hakkındaki bilgi gönderilecek BPSK işaretinin fazının değişimlerini içermektedir. Bir senkron demodülatör bu faz değişimlerine duyarlı olması gerekmektedir. BPSK işaretinin zaman ifadesi Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. BPSK işareti

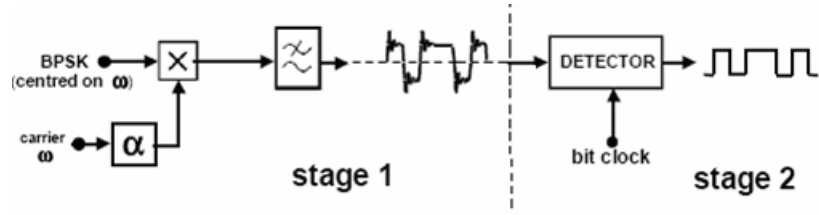
Üsteki işaret ikili bilgi işaretidir. Şekil 8’deki dalga şekli hakkında önemli bir bilgi var. Dalga şekli her faz değişikliğinde simetrik bir yapı oluşturmaktadır. Bunun sebebi bit hızının taşıyıcı frekansının ($\frac{\omega}{2\pi}$) alt katları olmasıdır. Bu normalde özel bir durum olarak bakılabilir ve hezaman pratikte gözlemlenemeyebilir. Bu durum bize alınan işaretten kolay bir şekilde bit dizisinin elde edilmesini sağlamaktadır. Verimli haberleşme sağlamak için bir band sorunu olabilir, bu sorun (band sınırlanması) ise ya temel-band’da yada taşıyıcı frekansında halledilmektedir.

b) BPSK Demodülasyonu

BPSK işaretinin demodülasyonunu iki evrede inceleyebiliriz.

- I. Band sınırlı bilgi işaretinin elde edilmesi ile temelband’ a dönüş.
- II. Band sınırlı dalga biçiminden tekrar bit dizisinin elde edilmesi.

Yalnızca bunlardan birincisi bu deneyde ispatlanacaktır. Bu deneyde temel banda dönüş işlemi bir lokal senkronizasyonlu taşıyıcı (çalınmış taşıyıcı) ile sağlanacaktır. Bu yapının blok diyagramı Şekil 9’ de verilmiştir.



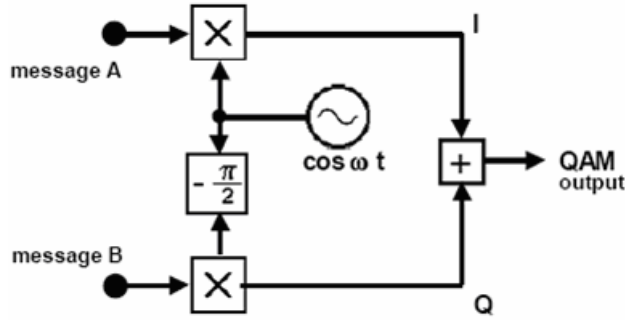
Şekil 9. BPSK senkronizasyon demodülasyonu

Dönüşüm süreci orijinal bit dizisini bize vermez fakat orijinal bit dizisinin band sınırlı biçimini verir. Bu deneyde alınan işaret gönderilen işaretle karşılaştırılıp ne kadar başarılı bir demodülasyon yapıldığı tartışılacaktır.

2.4. QPSK Üretimi

a) QPSK Modülasyonu

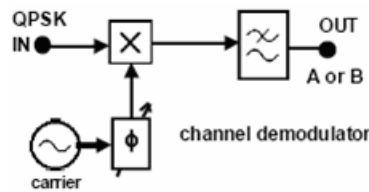
Birbirinden bağımsız iki tane A ve B analog işaret modülasyon girişine uygulanmaktadır. Modülasyon önceleri QAM modülasyonu olarak adlandırılıyordu. Daha sonra QPSK modülasyonu olarak adlandırılmaya başlandı. Bunun blok diyagramı Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. QAM modülasyonu (QPSK modülasyonu).

b) QPSK Demodülasyonu

QPSK demodülasyonu verici kısımda bilgi işaretinin A ve B gibi iki diziyeye ayrılıp sonra PSK işareti elde edildiği kabul etmektedir. Daha sonra her iki PSK işareti taşıyıcıları ile fazları birbirine dik olacak şekilde eklenilmektedir. Bu demodülasyon yapısı iki tane PSK demodülasyonundan oluşmaktadır. Demodülasyon çıkışları analog-sayısal dönüştürücüden sonra paralel-seri dönüştürücüsüne girmektedir. Bu deneyde demodülasyon yapısı olarak tek bir işareti veren yapı kullanılacaktır. Bu demodülasyon yapısı Şekil 11'de verilmiştir.

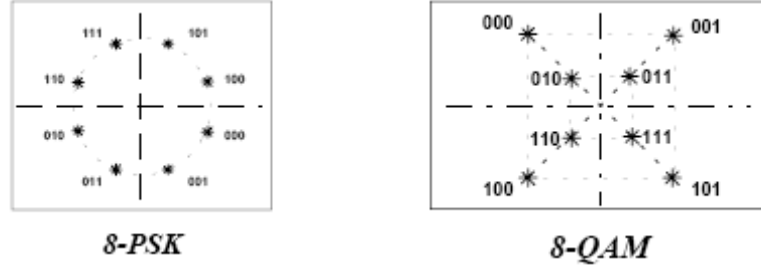


Şekil 11. QPSK demodülasyonu.

Bu basit yapıda A/D ve paralel-seri dönüştürücüler kullanılmamaktadır. Bu yapı için A ve B işaretlerini elde etmek için uygun bir faz kaydırıcı kullanılacaktır.

b) İşaret Kümesi Gösterilimi

Buna aynı zamanda fazör diyagramı gösterilimi de denilir. İşaret kümesi üzerindeki her nokta bir m-QAM veya m-PSK işaretini göstermektedir. Burada m değeri işaret uzayı üzerindeki nokta sayısını göstermektedir. Örnek olarak 8-QAM ve 8-PSK işaretlerinin işaret kümesi gösterilimi Şekil 12’de verilmektedir.



Şekil 12. 8-PSK ve 8-QAM için işaret uzayı gösterilimi.

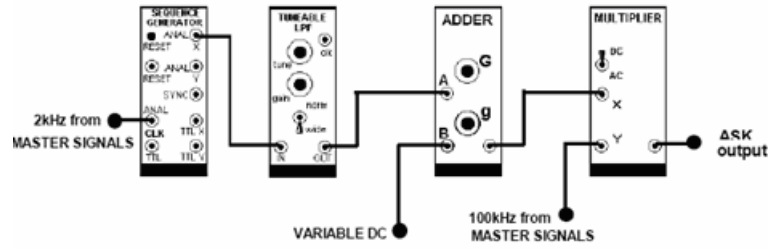
3. Deneyde Kurulacak Yapılar

3.1. Deneyde Kullanılacak Modüller

ADDER, 2XMULTIPLIER, SEQUENCE GENERATOR, PHASE SHIFTER, TUNEABLE LPF, AUDIO OSCILLATOR, DUAL ANALOG SWITCH, VCO, LINE-CODE ENCODER, 2x BIT CLOCK REGEN.

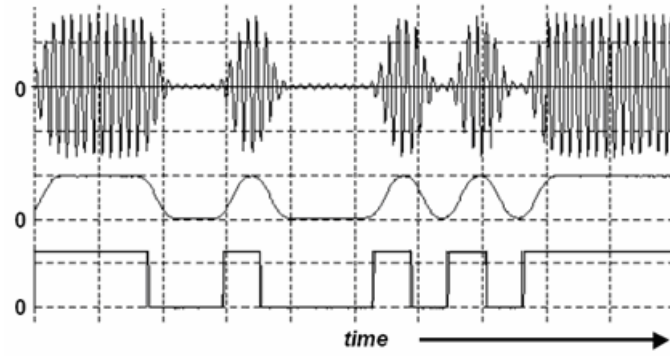
3.2. ASK Modülasyonu için gerekli yapılar

- Şekil 12'deki ASK modülatör yapısını kurunuz.



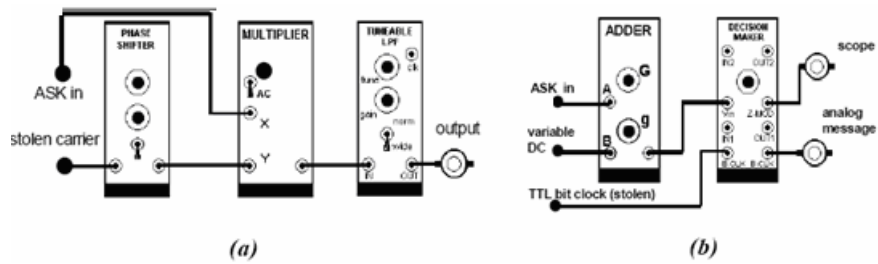
Şekil 12. ASK modülatör yapısı

- ✓ Elde edilecek işaretler aşağıdaki gibi olmalıdır.



Şekil 13. Orjinal TTL işareti (En alttaki), band sınırlı işaret (Ortakdaki) ve ASK (Üstteki)

- ASK Demodülasyonu için aşağıdaki yapıyı kurunuz.

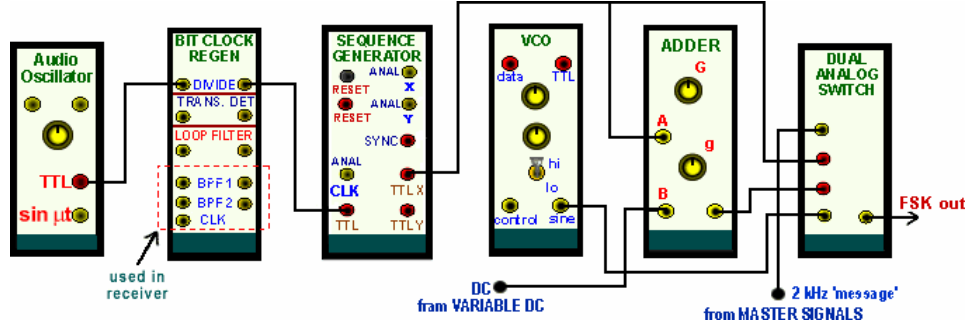


Şekil 14. (a) Senkron demodülatör, (b) Demodülasyon öncesindeki proses

- ✓ "Decision Maker" üzerindeki switch SW1'e getirin ve NRZ-L konumunda çalışın.

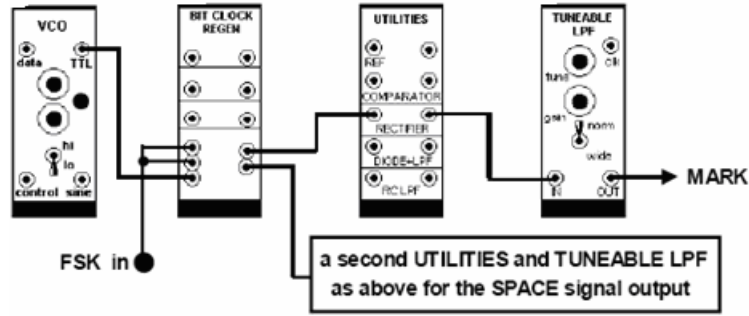
3.3. FSK Modülasyonu için gerekli yapılar

- Şekil 14'deki FSK modulator yapısını kurunuz.
- BIT CLOCK REGEN modülü üzerindeki SW2 anahtarlarını aşağıya doğru indiriniz.



Şekil 14. FSK işaretinin üretilmesi

- Şekil 15' deki FSK demodülatör düzeneğini kurunuz.

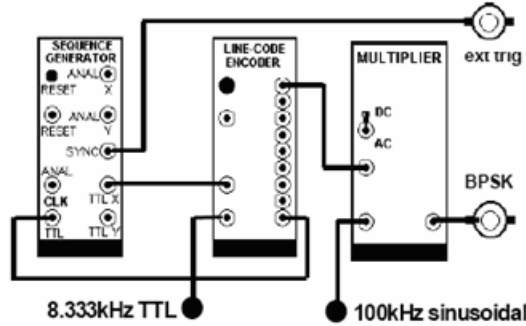


Şekil 15. FSK için Asenkron demodülatör

- ✓ BIT CLOCK REGEN modülünün anahtarlarını SW1-1 →ON, SW1-2 →OFF şeklinde ayarlayınız.

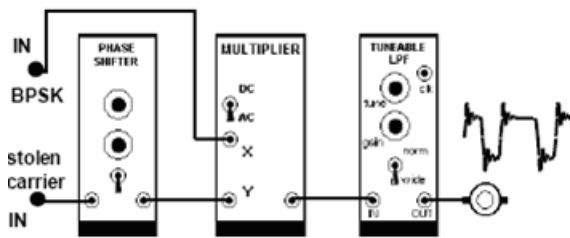
3.4 BPSK Modülasyonu için gerekli yapılar

- Şekil 16'daki BPSK modülatör yapısını kurunuz.



Şekil 16. BPSK işaretinin üretimi

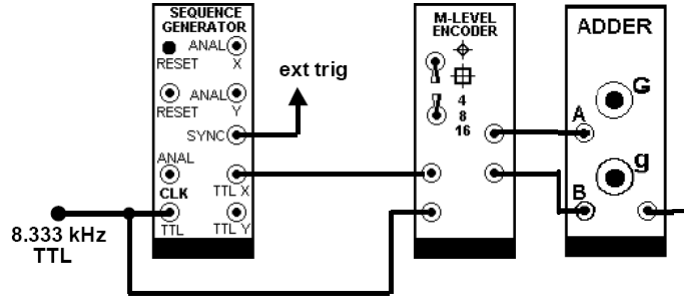
- Şekil 17' daki BPSK demodülatör yapısını kurunuz.



Şekil 17. BPSK demodülatör yapısı

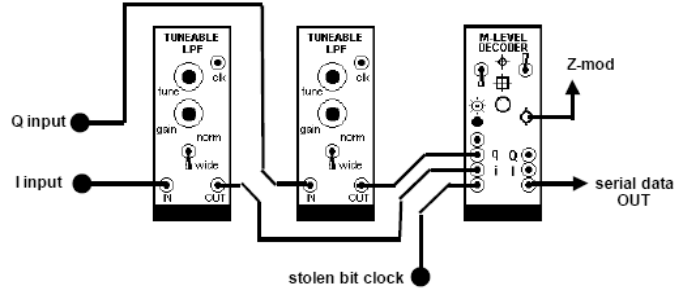
3.5 QPSK Modülasyonu için gerekli yapılar

- Şekil 18'deki QPSK (4-QAM) modülatör yapısını kurunuz.



Şekil 18. QPSK (4-QAM) üretilmesi

- ✓ “SEQUENCE GENERATOR” modülündeki anahtar “SW2 UP” olacaktır.
- ✓ “M-LEVEL ENCODER” modülündeki “J3 jumper” normal konumunda olacaktır.
- Şekil 19’ daki QPSK (4-QAM) demodülatör yapısını kurunuz.



Şekil 19. QPSK (4-QAM) demodülatör yapısı

4. Deneyde Yapılacaklar

4.1.

a) ASK modülasyonu ve demodülasyonu için “Sequence Generator” modülünün CLK girişine 2 kHz lik sinusoidal işaret uygulayınız.

- ❖ Orjinal TTL işareti gözlemleyip, ölçekli olarak çiziniz.
- ❖ Band sınırlı işareti gözlemleyip, ölçekli olarak çiziniz.
- ❖ ASK işaretini gözlemleyip ölçekli olarak çiziniz.
- ❖ ASK işareti ve TTL işareti aynı ölçek üzerinde çiziniz.

b) ASK demodulator yapısını kurunuz.

- ❖ Band sınırlı işareti elde ediniz.

4.2.

a) FSK modülasyonu için modülatör yapısını kurunuz. İkinci işareti 1 kHz alınız.

- ❖ Kontrol işaretleri ve giriş işaretlerini ölçekli bir şekilde çiziniz.
- ❖ FSK modülasyonlu işareti ölçekli bir şekilde çiziniz.

b) FSK demodülasyonu için demodülatör yapısını kurunuz.

- ❖ Birinci giriş işaretini gözlemleyip modülatördeki birinci giriş işareti ile birlikte çiziniz.
- ❖ İkinci giriş işaretini gözlemleyip modülatördeki ikinci giriş işareti ile birlikte çiziniz.

4.3.

a) BPSK modülasyonu için modülatör yapısını kurunuz.

- ❖ “Line-Code Encoder” çıkışındaki dalga katarını gözlemleyip, ölçekli bir şekilde çiziniz.
- ❖ BPSK işaretini gözlemleyip, ölçekli bir şekilde çiziniz.
- ❖ Dalga katarı ve BPSK işaretini aynı ölçek üzerinde gösteriniz.

b) BPSK demodülasyonu için demodülatör yapısını kurunuz.

- ❖ Modülasyonda kullanılan dalga katarının tekrar elde edildiğini gösterip, ölçekli bir şekilde çiziniz.

4.4

a) QPSK modülasyonu için modülatör yapısını kurunuz.

- ❖ “M-level Encoder” çıkışındaki I ve Q işaretlerini gözlemleyip ölçekli olarak çiziniz.
- ❖ Modülasyonlu QPSK işaretini gözlemleyip çiziniz.
- ❖ I ve Q işaretlerinin uzay.gösterilimini gözlemleyip çiniz.

b) QPSK demodülasyonu için demodülatör yapısını kurunuz.

- ❖ Demodülatör çıkışındaki I işaretine ilişkin bilgi dizisini gözlemleyip çiziniz.
- ❖ Demodülatör çıkışındaki Q işaretine ilişkin bilgi dizisini gözlemleyip çiziniz.

c) 8PSK ve 16-QAM için işaret uzay gösterilimini çiziniz.

5. Sorular

1. ASK, FSK, BPSK ve QPSK modülasyonlu işaretlerin band genişliklerini ve band verimliliklerini yazınız.
2. ASK, FSK, BPSK, QPSK ve QAM modülasyonların uygulama alanlarını yazınız.
3. ASK, FSK ve BPSK modülasyonlarının uyumlu süzgeçli alıcı yapılarını çizip ve süzgeçlerin impuls yanıtlarını belirtiniz.
4. ASK, FSK ve BPSK modülasyonlarının ilişkili alıcı yapılarını çiziniz.
5. 8-ASK, 8PSK ve 32QAM için işaret uzay gösterilimini çiziniz.
6. ASK, FSK, PSK ve QAM işaretlerinin hata performansı açısından karşılaştırınız.
7. mPSK ve m-QAM işaretlerinde “m” seviye sayısı değiştikçe hata performanslarının nasıl değiştiğini sebepleri ile birlikte açıklayınız.
8. FSK modülasyonlu işaretin iki tane ASK modülasyonlu işareten elde edildiğini gösteriniz. FSK modülasyonlu işaretin frekans spektrumu hakkında ne diyebilirsiniz?
9. BPSK modülasyonlu işaret bir analog işaret midir? Açıklayınız.
10. BPSK demodülatör kısmında LPF'nin niçin kullanıldığını açıklayınız.

6. Kaynaklar

- [1] Fundamentals of Communication Systems, **J.G.Proakis** and **M.Salehi**, Prentice-Hall, 2004.
- [2] Communication Systems, **S.Haykin**, John Wiley & Sons, 4th Edition, 2001.
- [3] Digital and Analog Communication Systems, Leon W.Couch ,Published by Prentice Hall, 6th Edition, 2001.