

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**ANALOG VE SAYISAL HABERLEŞME  
523EO0143**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

|   |    |
|---|----|
| AÇIKLAMALAR .....   | ii |
| GİRİŞ .....   | 1  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....   | 3  |
| 1. ANALOG HABERLEŞME .....  | 3  |
| 1.1. Temel Kavramlar .....  | 3  |
| 1.1.1. Haberleşme .....   | 3  |
| 1.1.2. Haberleşme sisteminin başlıca elemanları .....             | 3  |
| 1.1.3. Frekans, Periyot ve Dalga Boyu .....                       | 10 |
| 1.1.4. Modülasyon .....   | 12 |
| 1.1.5. Modülasyonun Gerekliliği .....                             | 12 |
| 1.1.6. Modülasyon Çeşitleri .....                                 | 13 |
| 1.2. Genlik Modülasyonu .....                                     | 14 |
| 1.2.1. Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Tanımı .....              | 16 |
| 1.2.2. Tek Yan Bant Modülasyon .....                              | 19 |
| 1.3. Frekans Modülasyonu .....                                    | 20 |
| 1.3.1. Frekans Modülasyon İhtiyacı .....                          | 22 |
| 1.3.2. Frekans Modülasyonunun Avantajları ve Dezavantajları ..... | 22 |
| 1.3.3. Frekans Modülasyonunda Bant Genişliği .....                | 22 |
| 1.3.4. Pli Faz Dedektörü .....                                    | 24 |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....  | 25 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....                                      | 32 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....   | 33 |
| 2. SAYISAL HABERLEŞME .....                                       | 33 |
| 2.1. Temel kavramlar .....  | 34 |
| 2.1.1. Bit .....  | 34 |
| 2.1.2. Saniyede İletilen Bit Miktarı (Bps -Bit Per Second) .....  | 34 |
| 2.1.3. Baud .....   | 34 |
| 2.1.4. Baud Rate (Baud Oranı) .....                               | 34 |
| 2.1.5. Bit Hata Oranı (Ber -Bit Error Rate) .....                 | 34 |
| 2.1.6. Kanal .....  | 35 |
| 2.1.7. Kanal Kapasitesi .....                                     | 35 |
| 2.1.8. Gürültü .....  | 35 |
| 2.2. Örnekleme Teoremi .....                                      | 35 |
| 2.3. Kodlama .....  | 36 |
| 2.3.1. İletim Kodları .....                                       | 37 |
| 2.4. Seri Data Gönderilmesi .....                                 | 38 |
| 2.4.1. Asenkron Data Gönderim .....                               | 39 |
| 2.4.2. Senkron Data Gönderim .....                                | 40 |
| 2.5. Darbe Kod Modülasyonu ve Kodlama Teknikleri .....            | 40 |
| 2.5.1. Kuantalama İşlemi .....                                    | 42 |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....  | 44 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....                                      | 48 |
| MODÜL DEĞERLENDİRME .....   | 49 |
| CEVAP ANAHTARI .....  | 51 |
| KAYNAKÇA .....  | 53 |

# AÇIKLAMALAR

|  |  |
|--|--|
| <b>KOD</b>                                     | <b>523EO0143</b>   |
| <b>ALAN</b>                                    | <b>Elektrik-Elektronik Teknolojisi</b>   |
| <b>DAL/MESLEK</b>                              | <b>Haberleşme Sistemleri</b>   |
| <b>MODÜLÜN ADI</b>                             | <b>Analog ve Sayısal Haberleşme</b>  |
| <b>MODÜLÜN TANIMI</b>                          | Analog ve sayısal haberleşme tekniklerinin kullanılması, haberleşme sistemlerinin mantığının kavranması ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.   |
| <b>SÜRE</b>                                    | 40/32  |
| <b>ÖN KOŞUL</b>                                | Bu modülün ön koşulu yoktur.   |
| <b>YETERLİK</b>                                | Analog ve sayısal haberleşme sistemlerinde modülasyon işlemini yapmak  |
| <b>MODÜLÜN AMACI</b>                           | <b>Genel Amaç</b><br>Analog ve sayısal haberleşme tekniklerini kullanarak haberleşme sistemlerinin mantığını kavrayabileceksiniz.<br><b>Amaçlar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Haberleşme sistemlerinde modülasyonun gerekliliğini öğrenecek ve frekans modülasyonunu kullanabileceksiniz.</li><li>2. Sayısal haberleşme temel kavramlarını bilerek darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini kavrayabileceksiniz.</li></ol> |
| <b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b> | <b>Ortam:</b><br>Elektrik-elektronik laboratuvarı, işletme, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı vb.<br><b>Donanım:</b><br>Bilgisayar, projeksiyon cihazı, çizim ve simülasyon programları, kataloglar, deney setleri, çalışma masası, avometre, bread board, eğitmen bilgi sayfası, havya, lehim, elektrikli almaçlar, anahtarlama elemanları, yardımcı elektronik devre elemanları, elektrik-elektronik el takımları                      |
| <b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>                  | Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.<br>Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.  |

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

İnsanoğlu var oluşundan bugüne, uzak yerleri merak etmiş ve oralarda yaşayanlar ile diyalog içine girme çabası içinde olmuştur. Bunun için keşifler yapmışlar ve oradaki insanlar ile ticaret ve teknoloji paylaşımın buldukları gibi anlaşmazlıklar veya daha iyi topraklara sahip olmak içinde savaşmışlardır. Bu ilişkiler genişledikçe insanlar birbirleri ile daha çabuk ve hızlı nasıl iletişim kurabileceklerinin ve de kendilerine gelebilecek tehlikeleri en kısa sürede nasıl haberdar olabileceklerinin sorusuna yanıt aramaya başlamışlardır.

Tarihin eski sayfalarında Kızılderili kabilelerin kendi aralarında dumanla iletişim kurduklarını, bazı beyliklerin ve imparatorlukların güvercin yolu ile haberleşmelerini bilmekteyiz. İletişim yolunda gelişmeler DC sinyalin kullanımı ve elektrik sinyali üzerinde yapılan çalışmalar sonunda büyük bir ivme ile ilerlemeye başlamıştır.

İkinci Dünya Savaşı'nda yaşanan gelişmeler ve transistörün icadı ile entegre devrelerin gelişmeye başlaması haberleşmede yenilikleri getirmiştir. Artık eskiden uzak diye nitelendirilen yerler yakın olmuş, insanoğlu uzayın derinliklerine bile mesaj gönderebilecek teknolojiye ulaşmıştır.

Bu modülde bilgiyi uzak noktalara nasıl yollayabileceğimizi ve bu iletim sırasında karşımıza çıkacak zorlukları inceleyeceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Haberleşme sistemlerinde modülasyonun gerekliliğini öğrenecek ve frekans modülasyonunu kullanabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Haberleşme teknolojisinin tarihsel gelişimini araştırınız.

## 1. ANALOG HABERLEŞME

### 1.1. Temel Kavramlar

#### 1.1.1. Haberleşme

Anlamalı bir bilginin karşılıklı alışverişine haberleşme denir. Haberleşmenin elektronik ortamda yapılmasına telekomünikasyon denir. Teknolojinin hızla ilerlemesi, elektronik medya, internet ve kablosuz iletişimin de yaygınlaşmasıyla elektronik cihazlarla haberleşme, günümüzde iletişim kavramına küresel bir anlam katmış ve iletişimin büyük bir kısmı artık elektronik ortamda yapılır hâle gelmiştir.

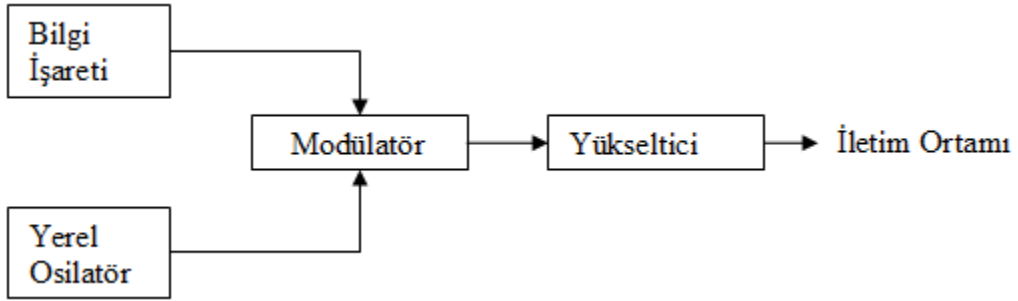
#### 1.1.2. Haberleşme sisteminin başlıca elemanları

Tüm haberleşme sistemleri aşağıda belirtilen elemanlara sahiptir.

##### 1.1.2.1. Verici

Verici bilgi işaretini haberleşme kanalının özelliğine göre iletilebilecek formata dönüştüren elektronik devrelerdir. Radyo ve televizyon yayınlarında, her bir verici istasyonu için frekans aralıkları tahsis edilmiştir. Burada amaç, gönderilecek işaretlerin birbirine karışmasını engellemek ve frekans bandından olabildiğince yararlanmaktır. Bu sebeple verici, kendine tahsis edilen frekans bandında olacak şekilde gönderilecek olan işaretleri ilgili frekans bandına kaydırır. Böylece, birçok radyo istasyonu tarafından gönderilen işaretler birbirleriyle karışmaz.

Vericilerin gücüne göre iletim yapabildikleri mesafeler değişmektedir. Örneğin, telsiz vericileri 2 W-600 W, radyo vericileri 1000 W-10KW, baz istasyonları 25W, cep telefonu 3 W (bek 500 mw) çıkış gücüne sahiptir.



Şekil 1.1: Genel bir vericinin blok şeması

### 1.1.2.2. İletim Ortamı

Verici ile alıcı arasında bilginin ilerlediği ortama iletim ortamı denir. Örneğin, TV verici anteninden evlerde kullanılan TV alıcı antenleri arasında bilgi, havayı iletim ortamı olarak kullanırken TV alıcı anteni ile evdeki televizyon arasında bilgi, bakır kabloyu iletim ortamı olarak kullanır. Genel olarak iletim ortamlarını aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- Bakır kablolar
  - Çift bükümlü kablolar
  - Koaksiyel kablolar
- Dalga kılavuzları
- Fiber optik kablolar
- Hava, boşluk ve su gibi doğal ortamlar

### 1.1.2.3. İletim Ortamından Kaynaklanan Bozulmalar ve Gürültü

Bilgi vericiden alıcıya ulaşmaya kadar çeşitli bozulmalara uğrar. Bu bozulmaların bir kısmı vericideki elektronik elemanlardan kaynaklanırken bir kısmı da iletim ortamından kaynaklanır. Habere ait bir işaretin aslına uygun bir biçimde bozulmadan iletimi için alıcı tarafındaki çıkış işareti şu iki şartı sağlamalıdır:

- Çıkış işareti, giriş işaretinin genliğinin küçülmüş veya büyümüş şekli olmalıdır yani giriş işaretinin biçiminde bir bozulma olmamalıdır.
- Çıkış işareti, giriş işaretinin zaman ekseninde bir miktar kaymış şekli olmalıdır yani gecikme söz konusudur. Elektromanyetik dalgaların sonlu yayılım hızı yüzünden bu gecikmeyi hiçbir zaman sıfır yapmak mümkün değildir.

Bir iletim ortamında oluşan bozulmalar aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- **İşaret zayıflaması:** İletim ortamına bağlı olarak işaretin genliğinde oluşan düşüşlerdir. Bir sinyali oluşturan harmonikler iletim ortamında farklı miktarda zayıflar. Ses iletimi yapan bir kanalda frekans arttıkça zayıflama artar ve frekans bandı daralır. Bunun sonucu olarak sesin anlaşılabilirliği azalır. Farklı frekansların farklı zayıflama oranlarını



engellemek amacı ile iletim hatlarına dengeleyiciler ( ekolayzer) yerleştirilir. Böylece bütün frekanslar için sabit bir zayıflama oranı oluşturulur.

- Zayıflama bozuklukları, iletim yapılan frekans bandı içerisinde en küçük ve en büyük zayıflamalar arasındaki fark ile belirtilmiştir. Uygulamada, belirli sınırlar içerisinde kalmak şartıyla haberin anlaşılmasına zarar vermeyecek kadar genlik değişimlerine izin verilir.
- Uzun mesafeli haberleşme sistemlerinde zayıflamaları engellemek için belli mesafelerle tekrarlayıcılar kullanılır.
- **Gecikme bozulması:** Farklı frekansların iletim zamanları da farklı olur. Bundan dolayı sinyali oluşturan farklı frekansların hedefe farklı zamanlarda varmasının sonucu olarak işaret şeklinin değişmesi meydana gelir. Bir benzer durum fiber optik kablo içindeki ışık ışınlarının farklı yollar takip etmesi sebebiyle alıcıya farklı zamanlarda ulaşmasıyla oluşur. Bu tür bozulmalara gecikme bozulması ya da iletim zamanı bozuklukları adı verilir.
- **Modülasyonlar arası bozulma (Arakipleme):** Sinyaller harmonik frekansların toplamından oluşur. 1 KHz'lik bir kare dalga, 1KHz, 3KHz, 5KHz, 7KHz gibi sonsuz sayıda sinüsoidal tek harmonik frekansların toplamından oluşur. İki tane farklı kare dalga sinyal birlikte yükselttiklerinde bu frekansların harmonikleri de beraber yükseltilir. Yükseltilen bu harmonikler içinde yer alan iki harmonik frekansın birbirine karışması, modülasyonlar arası bozulmayı (intermodulation) meydana getirir.
- **Gürültü:** Bir haberleşme sisteminde istenmeyen işaretlere gürültü denir. Genel olarak elektriksel gürültü, işarete oluşan rastgele oluşan dalgalanma olarak tanımlanır. Gürültü sistem performansını sınırlayan en önemli unsurdur. Haberleşme sisteminde gürültüler aşağıdaki gibi gruplanabilir:
  - **Parazit (Interference-Girişim):** İstenmeyen sinyaller sisteme girerek sinyalde bozucu etki meydana getirmesine parazit denir. Parazit etkisinden kurtulmak için istenmeyen sinyal kaynakları sistemden uzaklaştırılır.
  - **Termal (Isıl) Gürültü:** Isıl gürültü, tüm iletim ortamlarında ve haberleşme cihazlarında var olan gürültüdür. Termal gürültü, devreyi oluşturan, direnç, transistör vb. elemanlarda bulunan serbest elektronların ısı nedeniyle rastgele hareketleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu çeşit gürültü termal gürültü, beyaz gürültü,

Brown gürültüsü, Johnson gürültüsü, rastgele gürültü ve direnç gürültüsü olarak isimlendirilir.

- **Diyafoni (Crosstalk -Çapraz konuşma-Yan Ses):** Komşu devrelerden istenmeyen haber geçişi ile ilgilidir. Bunun en önemli nedeni, haber taşıyan devreler arasındaki bağlaşma yani kuplajlardır. Diğer bir nedeni de hatalı filtrelemedir.
- **Schottky gürültüsü:** Schottky gürültüsü, ayrık taşıyıcıların bir engelden düzensiz olarak geçmesi veya yarı iletkenlerin çalışmalarında olduğu gibi düzensizlikleri sonucu ortaya çıkar.
- **Darbe gürültüsü:** Bu gürültü, süreksiz olup yüksek genlikli düzensiz darbeler biçiminde ortaya çıkar. Çalışma şartlarına bağlı olarak ortaya çıkan etkilerdir. Elektrik motorlarının, ateşleme sistemlerinin, elektromekanik rölelerin ürettikleri gürültüler, iletilen veri üzerinde bozucu etki yapabilir.

Haberleşme mühendisliğinde, işaretin gürültüye oranı (SNR), bir telekomünikasyon sistemi tasarlanırken ve sistemin performansını değerlendirmede muhtemelen en çok kullanılan ölçütlerden birisidir. Be nedenle teori ve tasarımda önemli bir parametredir. SNR, belirlenen bant genişliği içerisinde, desibel cinsinden işaret seviyesinin gürültü seviyesinden farkını ifade eder.

Tarihsel olarak desibel terimi ilk olarak telefon tekniğinde kullanılmıştır. O zamandan beri bu terim, tüm haberleşme alanında iletim faktörünü belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Desibel ölçümünün orijinal tanımı, iki güç seviyesinin karşılaştırılmasına dayanır. Çıkış gücünün giriş gücüne logaritmik oranını 10 katı bize desibel seviyesini verir.

$$G(dB) = 10 \log_{10} G = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

G: Kazanç P<sub>2</sub>=Çıkış gücü P<sub>1</sub>=Giriş gücü ifade eder.

Desibel tanımına dikkat edilecek olunursa desibel mutlak bir birim değildir. Bir büyüklüğün bir diğeri ile karşılaştırılmasıdır. Buna göre örneğin, bir işaretin seviyesinin 6dB olduğunu söylemek, referans seviyesi belirtilmedikçe bir anlam ifade etmez. Bununla birlikte 1 miliwatt (mW) referans seviyesi üzerinde 6 dB işaret seviyesi doğru olan bir ifadedir. Hangi referans seviyesine göre desibel ölçümünün yapıldığı kısaltma ile gösterilir.

Üç çeşit referans seviyesi vardır:

- dBm: 1 mW referans alınırsa dBm, güç seviyelerini 1mW seviyesine göre ifade eder. O hâlde dBm güç seviyesi

$$\text{Güç Seviyesi (dBm)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç (mW)}}{1 \text{ mW}}$$

biçiminde tanımlanır.

- dBW: Vericiler gibi yüksek güçlü uygulamalarda 1 W standart seviye olarak kullanılır. dBW güç seviyelerini 1 W seviyesine göre ifade eder. Buna göre dBW güç seviyesi

$$\text{Güç Seviyesi (dBW)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç (W)}}{1 \text{ W}}$$

biçiminde tanımlanır.

- dBf: Son zamanlarda geliştirilen diğer bir standart referans seviyesi de çok küçük güç seviyeleri için kullanılır. Bu seviye, 1 femtowatt (fW)'tır,  $1 \text{ fW} = 10^{-15} \text{ W}$ . Bu seviye için dBf kısaltması kullanılır. Buna göre dBf güç seviyesi fW güç seviyesi

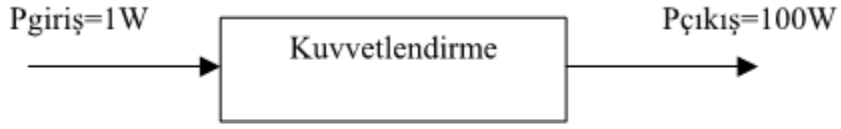
$$\text{Güç Seviyesi (dBf)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç (fW)}}{1 \text{ fW}}$$

biçiminde verilir.

Sonuç olarak SNR, belirlenen bant genişliği içerisinde, desibel cinsinden işaret seviyesinin gürültü seviyesinden farkını ifade ettiğine göre aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

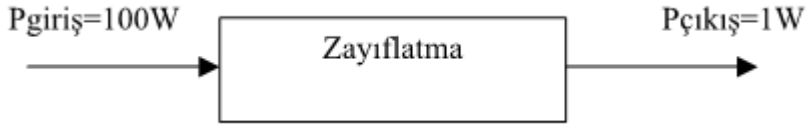
$$SNR_{db} = 10 \log \frac{\text{sinyal gücü (W)}}{\text{gürültü gücü (W)}}$$

**1. Örnek:** Kuvvetlendirici girişi 1 Watt olan bir sinyal, kuvvetlendirici tarafından 100 Watt'a çıkartılıyorsa kuvvetlendiricinin kazancını dB olarak bulunuz.



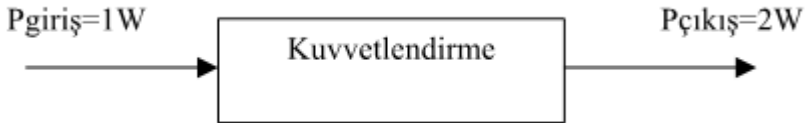
$$10\text{Log}_{10} \frac{100\text{ Watt}}{1\text{ Watt}} = 20\text{ dB}$$

**2. Örnek:** Zayıflatıcı girişi 100 Watt olan bir sinyal, zayıflatıcı tarafından 1 Watt'a düşürülüyorsa zayıflatmayı dB olarak bulunuz.



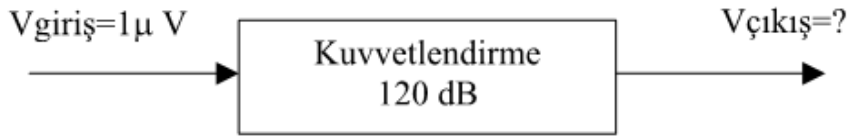
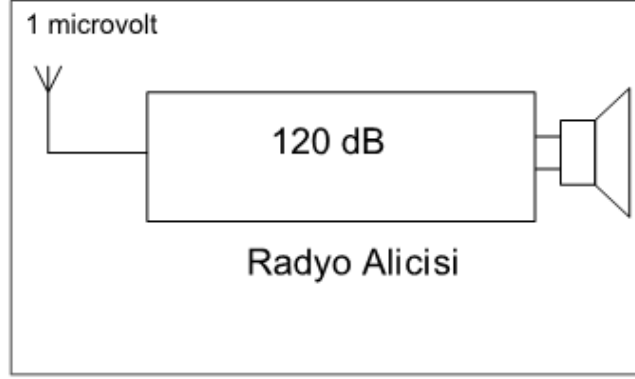
$$10\text{Log}_{10} \frac{1\text{ Watt}}{100\text{ Watt}} = -20\text{ dB}$$

**3. Örnek:** Bir kuvvetlendiricide çıkış gücü, giriş gücünün 2 katı ise dB olarak kazancı bulunuz.



$$10\text{Log}_{10} \frac{2\text{ Watt}}{1\text{ Watt}} = 3\text{ dB}$$

**4. Örnek:** Radyo alıcıları seçiciliği ve duyarlılığı olan ortalama 120 dB voltaj kazancı sağlayan yükseltme devreleridir. Bir radyo alıcısının antenine 1 mikrovoltluk bir sinyal geldiğinde hoparlör çıkışındaki voltajı bulunuz.



$$120 \text{ dB} = 20 \text{Log}_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{1 \text{ mikro Volt}}$$

$$6 \text{ dB} = \text{Log}_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{10^{-6} \text{ Volt}}$$

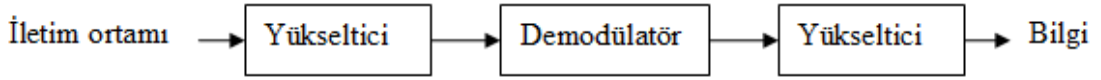
$$10^6 = \frac{V_{\text{çıkış}}}{10^{-6} \text{ Volt}}$$

$$V_{\text{çıkış}} = 10^6 * 10^{-6}$$

$$V_{\text{çıkış}} = 1 \text{ Volt}$$

#### 1.1.2.4. Alıcı

Verici tarafından gönderilen sinyali alarak bu sinyalden tekrar bilgi sinyalini elde eden elektronik devrelerdir.



Şekil 1.2: Genel bir alıcının blok şeması

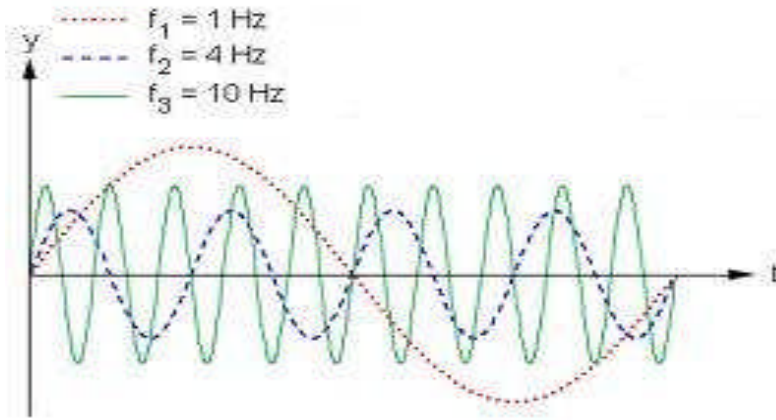
#### 1.1.3. Frekans, Periyot ve Dalga Boyu

Frekans bir işaretin bir saniyedeki titreşim sayısı olarak ifade edilir. Birimi Herz (Hz)dir. f harfi ile ifade edilir.

Frekans  $f = \frac{1}{T}$  formülüyle hesaplanabilir. Burada

f = Frekans

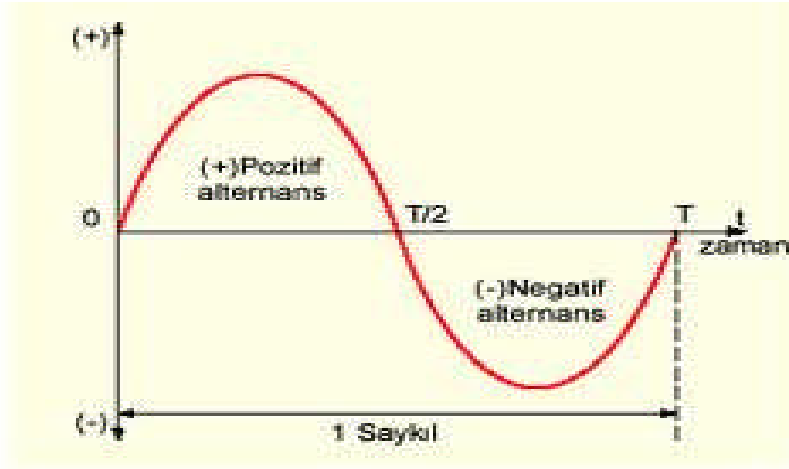
T= Periyottur.



Şekil 1.3: Çeşitli frekanslar

İşaretin bir saykılını tamamlama süresine periyot denir. Birimi saniyedir. Frekansın

tersidir.  $T = \frac{1}{f}$  formül ile hesaplanır.



### Saykıl ve periyot

Şekil 1.4: Saykıl ve periyot

1. **Örnek:** Frekansı 1Mhz olan sinyalin periyodunu bulunuz.

**Çözüm:**  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 * 10^6} = \frac{10^{-6}}{1} = 10^{-6} sn = 1\mu sn$

2. **Örnek:** Periyodu 1mS olan sinüsoidal sinyalin frekansını hesaplayınız.

**Çözüm:**  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 * 10^{-3} sn} = \frac{10^3}{1} = 1000Hz = 1KHz$

Bir işaretin 1 saykılının aldığı yola dalga boyu denir. Birimi metredir.  $\Lambda$  ile ifade edilir. Fizikte sabit hızlı bir aracın aldığı yol aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Gidilen Mesafe} = \text{Aracın Hızı} * \text{Zaman}$$

Elektromanyetik sinyalin hızı boşlukta ışık hızı olarak kabul edilir. Periyodu da o sinyalin ilerlediği süre olduğuna göre dalga boyu,

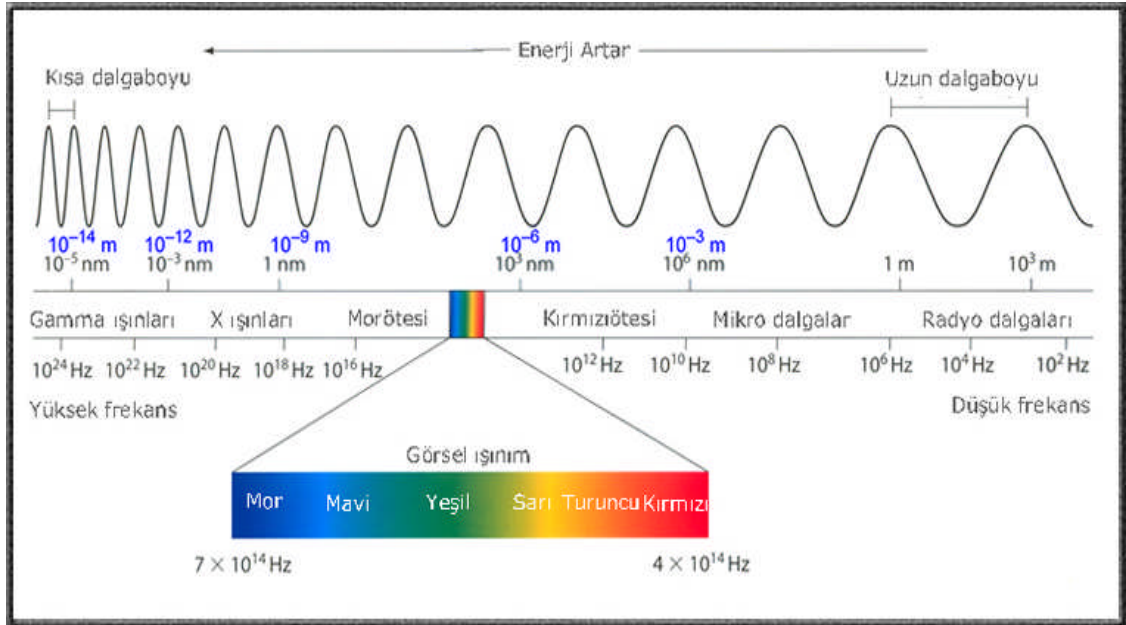
$$\text{Dalga Boyu } (\lambda) = \text{Işık Hızı } (C) * \text{Periyot } (T)$$

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Olduğuna göre}$$

$$\lambda = \frac{\text{ışık hızı}}{\text{frekans}} = \frac{c}{f}$$

3. **Örnek:** Frekansı 100KHz olan bir sinyalin dalga boyu ne kadardır?

**Çözüm:**  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300 * 10^6}{100 * 10^3} = 3 * 10^3 m = 3000m = 3Km$



Şekil 1.5: Elektromagnetik dalganın frekans spektrumu

#### 1.1.4. Modülasyon

Genel olarak modülasyon, bilgiyi iletebilecek bir seviyeye çıkarma işlemi olarak tanımlanır. Bu işlem için çoğunlukla düşük frekanslı bilgi sinyalini yüksek frekanslı bir sinyale bindirilmesi ile yapılır. Anlamli bir bilgi ( ses, görüntü, renk veya veri) taşıyan düşük frekanslı sinyale bilgi sinyali ya da mesaj sinyali (  $f_m$  ) olarak adlandırılır. Bilgi sinyaline göre bir veya daha fazla parametresi değiştirilen yüksek frekanslı sinyale taşıyıcı sinyal (  $f_c$  ) olarak isimlendirilir. Bilgi sinyaline göre bir veya daha fazla parametresi değiştirilmiş sinyale modüleli sinyal denir.

#### 1.1.5. Modülasyonun Gerekliği

Dinleyiciler için duyma mesafesindeki iki farklı müzik programını ayırt etmek çok güç olur. Şayet bu programların biri 100 kHz ile 110 kHz aralığındaki bantta diğer programda 120 kHz ile 130 kHz arasındaki banttan yayınlansa dinleyici istediği frekans aralığını seçerek istediği müzik programını dinleyebilir. İşte bu işlem modülasyon ile gerçekleştirilebilir.

İkinci bir neden ise anten boyu ile ilgilidir. Bilgi işaretini göndermek için gerekli anten boyu, dalga boyunun katları olmak zorundadır. Anten boyları genellikle  $\lambda/2$  ve  $\lambda/4$  uzunluktadır. Bilgi işaretinin frekansı düşük olduğundan dalga boyları çok büyüktür. Dolayısıyla bilgi işaretini modülesiz olarak iletebilmek için kullanılacak anten boyları da çok büyük olmak zorundadır. Çoğu zaman bu büyüklükte anten kullanmak imkânsızdır. Halbuki bilgi sinyali kendinden çok yüksek frekanslı bir taşıyıcı sinyal ile modüle edildiğinde bilgi çok daha küçük boyutlu antenler vasıtasıyla gönderilebilir. Bunu şöyle bir örnekle



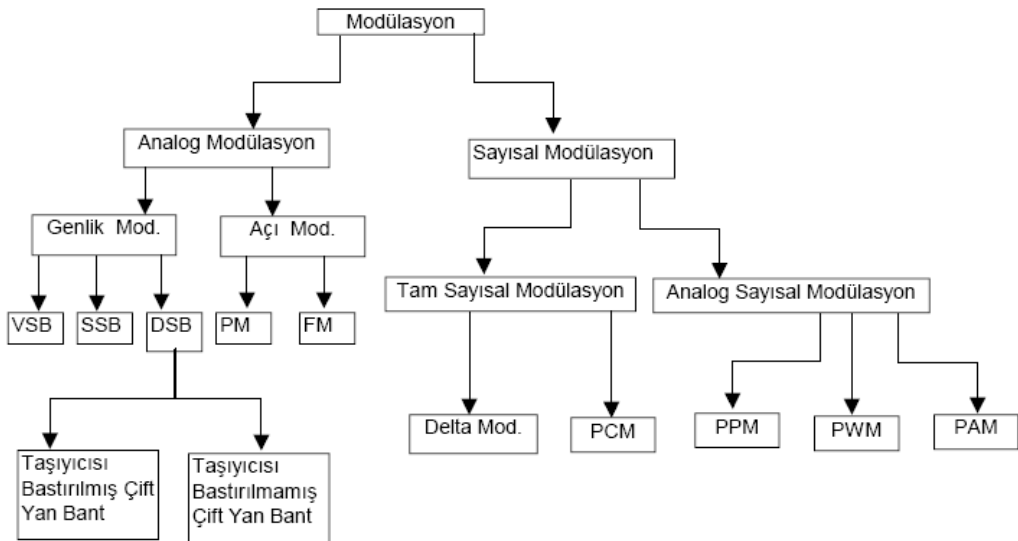
$$\lambda = \frac{300 * 10^6}{20 * 10^3} = 15 * 10^3 m = 15 Km$$
 açıklayalım: 20 KHz'lik yani dalga boyuna sahip bir bilgi sinyalini modülesiz olarak göndermek istersek kullanacağımız antenin boyu  $\frac{\lambda}{4} = \frac{15 Km}{4} = 3,75 Km$  olmalıdır. Oysaki bu bilgi sinyalini 20 MHz'lik yani

$$\lambda = \frac{300 * 10^6}{20 * 10^6} = 15 m$$
 dalga boyuna sahip bir taşıyıcı sinyalle modüle edersek  $\frac{\lambda}{4} = \frac{15 m}{4} = 3,75 m$  kullanacağımız anten boyunun olması yeterli olacaktır. Bu anteni yapmak hem mümkün olacaktır hem de maliyeti çok az olacaktır.

Bir diğer nedense en önemlisi yüksek frekanslı elektromanyetik dalga enerjisi uzak mesafeler kat edebilir. Böylece bilgi uzak mesafelere ulaşmış olur.

### 1.1.6. Modülasyon Çeşitleri

Modülasyon temel olarak analog modülasyon ve sayısal modülasyon olarak ikiye ayrılır. Analog ve sayısal modülasyonun da kendi içinde çeşitli türleri vardır. Farklı modülasyon türleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.



**Tablo 1.1: Modülasyon çeşitleri**

Bu tabloda  
 VSB: Artık yan bant modülasyonu  
 SSB: Tek yan bant modülasyonu  
 DSB: Çift yan bant modülasyonu  
 PM: Faz modülasyonu

FM: Frekans modülasyonu  
PCM: Darbe kod modülasyonu  
PPM: Darbe pozisyon modülasyonu  
PWM: Darbe genişlik modülasyonu  
PAM: Darbe genlik modülasyonu ifade etmektedir.

Bir taşıyıcı sinyal sinüsoidal olduğunu var herhangi bir andaki sinyalin anlık değeri aşağıdaki gibidir.

$$e = E_{c(max)} \sin[(2\pi fct) + \theta]$$

Burada,

$E_c$  = Taşıyıcı sinyalin genliğidir.

$f_c$  = Taşıyıcı sinyalin frekansıdır.

$\theta$  = Taşıyıcı sinyalin faz açısıdır.

Bilgi sinyaline göre taşıyıcı sinyalin yukarıdaki parametrelerden biri diğerleri sabit kalmak şartı ile değiştirilmesine analog modülasyon denir.

Bilgi sinyaline göre taşıyıcı sinyalin genliği frekansı ve fazı sabit kalmak şartı ile değiştirilmesine genlik modülasyon (GM) denir.

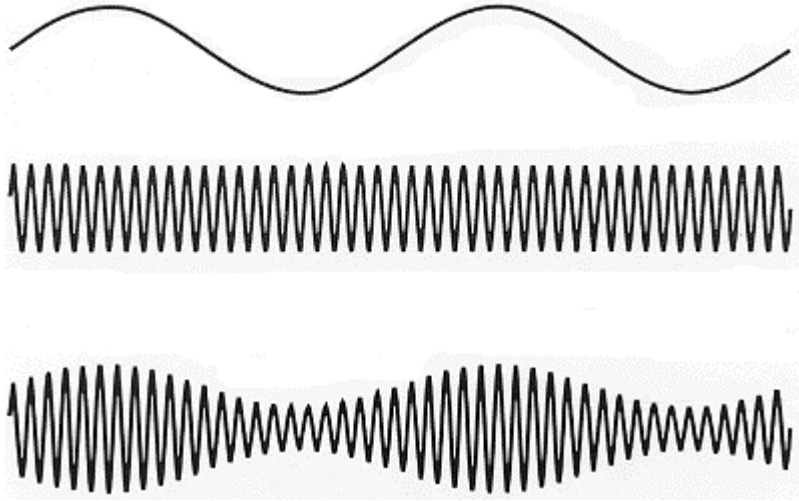
Bilgi sinyaline göre taşıyıcı sinyalin frekansı genliği ve fazı sabit kalmak şartı ile değiştirilmesine frekans modülasyonu (FM) denir.

Bilgi sinyaline göre taşıyıcı sinyalin fazını genliği sabit kalmak şartı ile değiştirilmesine faz modülasyonu (PM) denir. PM de frekans etkilenmeden faz değiştirilemez.

Modülasyon işlemi gerçekleştiren devrelere modülatör denir. Modüleli sinyalden tekrar bilgi sinyalinin elde edilmesine demodülasyon denir. Demodülasyon işlemi gerçekleştiren devrelere demodülatör denir.

## 1.2. Genlik Modülasyonu

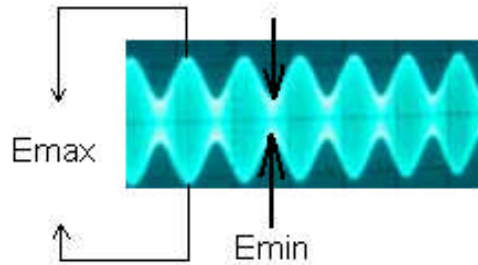
Genlik modülasyonunda bilgi sinyalinin genliği artarken taşıyıcı sinyalinin de genliği artar. En üst seviyeye bilgi sinyalinin pozitif alternanstaki maksimum değerinde ulaşılır. Bilgi sinyalinin genliği düşmeye başladığında taşıyıcı sinyalinde genliği düşer. En alt seviyeye bilgi sinyalinin negatif alternanstaki maksimum seviyesinde ulaşılır. Genel olarak genlik modülasyonun oluşumu bu şekilde açıklanabilir.



**Şekil 1.6: Genlik modülasyonu**

Bu olaydaki en önemli noktalar şöyle sıralanabilir:

- Bilgi sinyali yok iken  $E_s=0$  modüleli sinyalde sadece taşıyıcı sinyaller bulunur. Yani verici taşıyıcıyı yollar.
- Mesaj sinyalinin genliği ile taşıyıcı sinyalin genliği eşit iken yapılan genlik modülasyonu sonunda elde edilen modüleli sinyale tam modüleli denir. Bu olay %100 modülasyon olarak adlandırılır.
- Taşıyıcı sinyalin genliğindeki değişim oranı modülasyon faktörü ( $m$ ) olarak tanımlanır. Modülasyon faktörünün % 'lik olarak tanımlanmasına modülasyon yüzdesi denir. Örneğin, modülasyon faktörü  $m=0,6$  olan bir modüleli sinyalin modülasyon yüzdesi  $\%m=m*100$  yani  $\%m=0,6*100=\% 60$  olur.
- Modülasyon yüzdesi 100 aşarsa bu işleme aşırı modülasyon adı verilir. Bu durumda bilgi sinyaline gürültüler eklenir ve iletim kalitesi düşer. İzin verilen modülasyon yüzdesi % 85 ile % 95 arasındadır. Modülasyon %100 ulaşması istenmez.



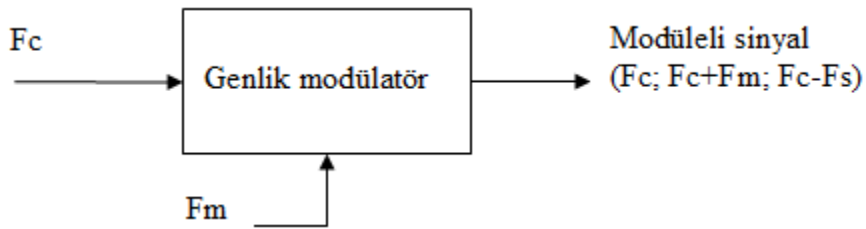
**Şekil 1.7: Genlik modülasyonu min. ve maks. genlik seviyesi**

$$m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}}$$

formülüyle modülasyon faktörü hesaplanır.

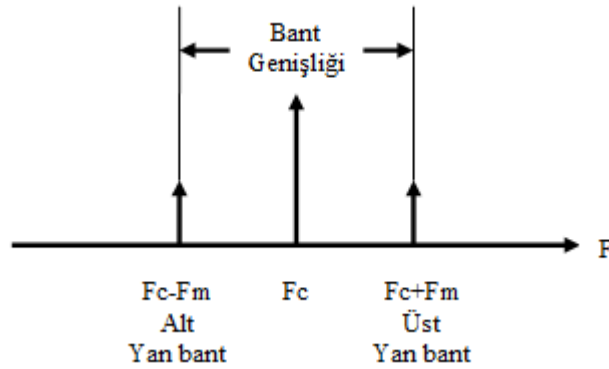
Bir bilgi sinyali ile bir taşıyıcı sinyal genlik modülatörüne uygulanırsa modülatör çıkışında üç ayrı sinyaller elde edilir.

- Taşıyıcı sinyal ( $F_c$ )
- Taşıyıcı sinyal + Bilgi sinyali ( $F_c + F_m$ )
- Taşıyıcı sinyal - Bilgi sinyali ( $F_c - F_m$ )



**Şekil 1.8: Taşıyıcı ve bilgi sinyalinin modüle edilmesi**

Genlik modülatörünü çıkışında elde edilen ( $F_m + F_c$ ) sinyaline üst yan bant, ( $F_c - F_m$ ) sinyaline alt yan bant adı verilir. Bilgi sinyali her iki yan bantta vardır. İki yan bantın frekansı dışında tüm özellikleri aynıdır. Modüleli sinyalin frekans ekseninde kapladığı bölgeye bant genişliği denir. Bu değer her iki yan bant arasında kalan bölgedir.



**Şekil 1.9: GM sinyali frekans bandı**

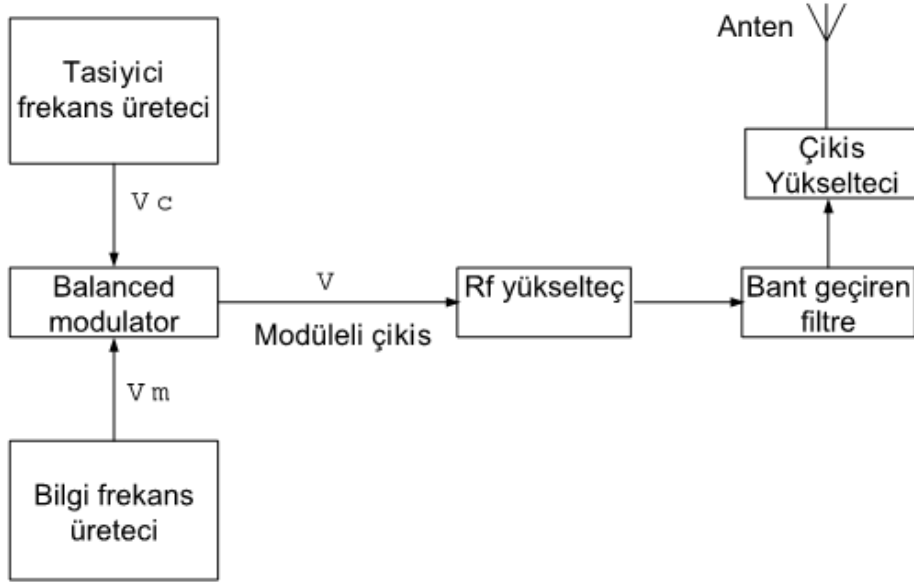
Yukarıdaki şekilden de anlaşılacağı gibi bir GM işaretinin bant genişliği (BW) bilgi sinyalinin frekansının iki katına eşittir.

$$BW = 2.F_m$$

### 1.2.1. Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Tanımı

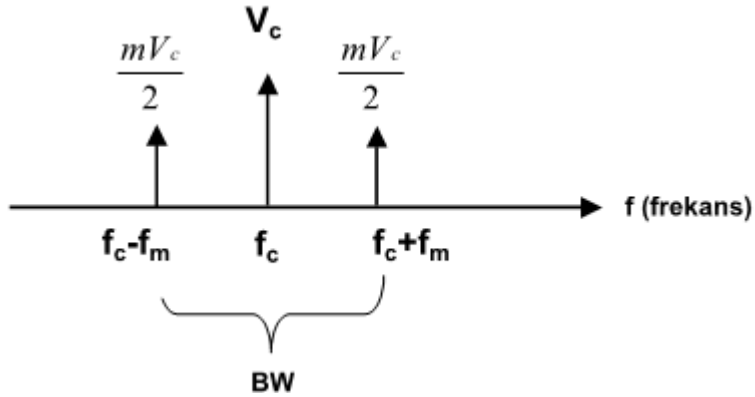
Genlik modülasyonlu sinyalde modülasyonun olmadığı durumlarda taşıyıcı iletilmektedir. Taşıyıcıda harcanan güç, sistem gücünün üçte ikisi (% 66) kadardır. Bildiğiniz gibi taşıyıcı sinyalde bilgi yoktur. Sistem verimliliği bilgi sinyali yok iken taşıyıcı sinyal

gönderilmese artar. Bu işlem taşıyıcısı bastırılmış çift yan bant modülasyonu yapılarak sağlanır.



Şekil 1.10: Çift yan bant genlik modülasyonlu verici blok şeması

DSB’de taşıyıcı sinyalle bastırılarak sadece yan bantlar iletilir.



Şekil 1.11: Çift yan bant GM için frekans spektrumu

**Örnek:**  $f_c = 100 \text{ kHz}$   $f_m = 1 \text{ kHz}$  ise bant genişliği nedir?

$$BW=2f_m$$

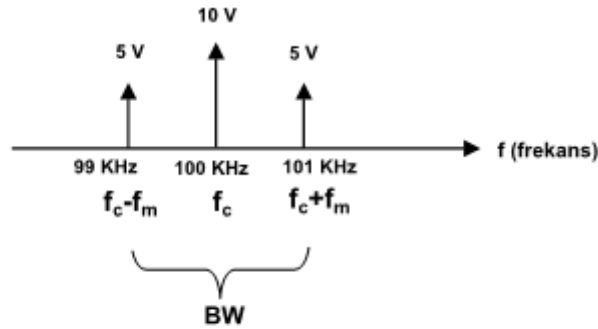
$$BW=2 \text{ kHz}$$

**Örnek:** Bir ÇYB GM sisteminde aşağıda verilen değerler kullanılmaktadır. Frekans spektrumunda oluşacak olan frekansların değerlerini ve genliklerini bulunuz, spektrumu çizin ve bant genişliğini bulunuz.

**VERİLENLER:**  $V_m = 10 \text{ V}$   $V_c = 10 \text{ V}$   $f_c = 100 \text{ kHz}$   $f_m = 1 \text{ kHz}$   
**İSTENEN:** Frekans spektrumunu çiziniz ve bant genişliğini bulunuz.

$$m = \frac{V_m}{V_c} = 1 \quad f_c + f_m = 101 \text{ kHz} \quad f_c - f_m = 99 \text{ kHz}$$

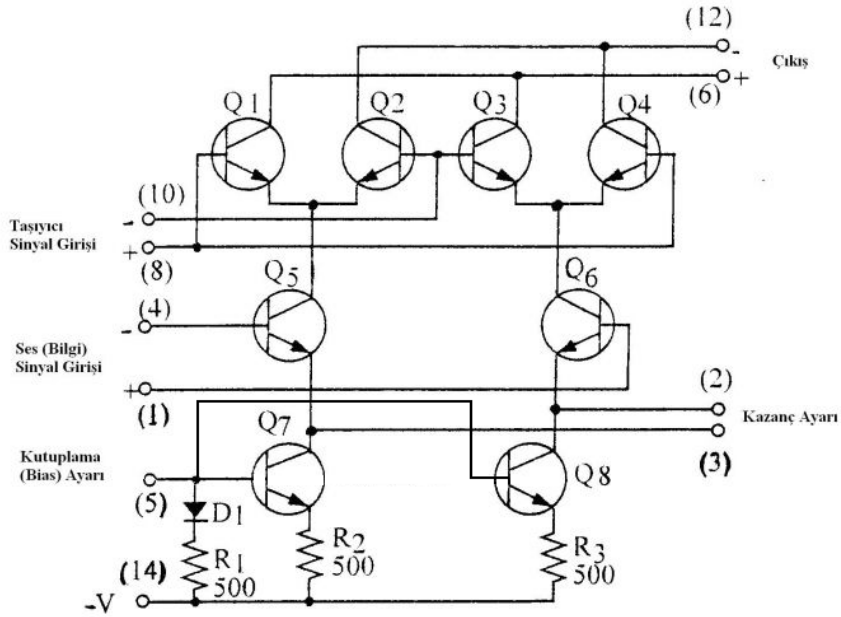
$$\frac{mV_c}{2} = 5 \text{ v}$$



$$\text{Bant genişliği} = 2 * f_m = 2 \text{ kHz}$$

### 1.2.1.1. Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Elde Edilmesi

Günümüzde haberleşmede kullanılmak üzere üretilmiş entegre devreler mevcuttur. MC1496 entegresi klasik genlik modülasyonu yapabilen hem de giriş sinyallerinin çarpımı ile oranlı çıkış sinyali üreten çift dengeli modülatör ve demodülatör entegresidir.



Şekil 1.12: MC1496 iç yapısı

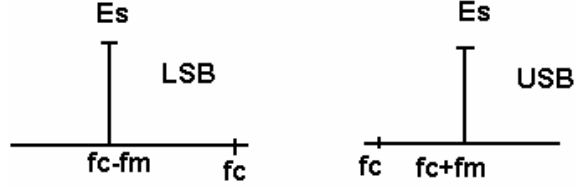
Şekilde de MC1496 entegresinin iç yapısı görülmektedir. D1 diyotu R1,R2,R3 dirençleri ve Q7,Q8 transistörleri, Q5 ve Q6 transistörlerinin DC polarmalarını sağlar. Q5 ve Q6 transistörleri, Q1,Q2,Q3 ve Q4 transistörlerinin oluşturduğu çapraz bağlı fark yükseltecinin giriş fark birleşimini sağlar. 2 ve 3 nu.lı ayaklar arasında bağlanacak bir direnç dengeli modülatörün kazancını kontrol eder. 5 nu.lı ayak ile GND arasına bağlanacak direnç ile yükselteç için gerekli polarma akımının büyüklüğü ayarlanır. 1 ve 4 nu.lı ayaklardaki DC seviyesi fark yükselteçlerinin ön gerilimlerini dengeler ve bu denge taşıyıcı sinyali (Fc) bastırır. 6 ve 12 nu.lı yan bantların çıkış ayaklarıdır.

Taşıyıcının giriş gerilim seviyesi taşıyıcı bastırma işleminde çok önemlidir. Düşük gerilim seviyeli taşıyıcı işaretlerde entegre gerekli anahtarlama işlemini yapamaz. Bu durumda taşıyıcı iyi bastırılmaz ve kayıp güç artar. MC1496 entegresi RSM 60 mV giriş işaretine göre tasarlanmıştır. En uygun taşıyıcı frekansı 500 KHz ve yakınlarıdır.

### 1.2.2. Tek Yan Bant Modülasyon

Bant genişliği B olan bir bildiri işaretinin genlik modülasyonu sonucu elde edilen modülasyonlu işaretin tayfı 2B bant genişliğindedir. Bu tayfın taşıyıcının altında ve üstünde kalan bölgelerinin (alt yan bant, üst yan bant) her birinde bildiri işaretinin tüm özellikleri mevcuttur. Bu eşitlik bize sinüsoidal bir işaretin genlik modülasyonu sonucu elde edilen tayfın, taşıyıcının hem altında hem de üstünde birbirine eşit iki bileşenden oluştuğunu göstermektedir. Alt ve üst yan bantın her birinin bildiri işaretinin tüm özelliklerini taşımalarından dolayı bu bantlardan yalnızca birinin iletilmesi bildiri işaretinin iletilmesi için yeterlidir. Böyle bir iletime tek yan bant (SSB) iletimi denir.

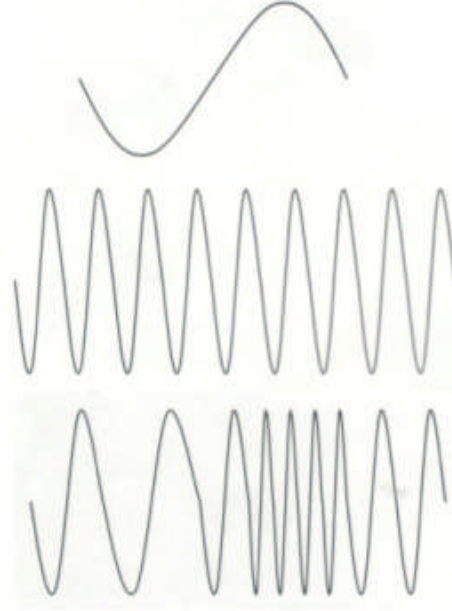
SSB kullanmanın en önemli avantajı güç kazancıdır. Bildiğiniz gibi bir GM sinyalinin iletiminde gücün yarısı boş taşıyıcıyı diğer yarısı da alt ve üst bantlar için harcanacaktır. Oysa sadece üst bantı ya da alt bantı ileterek gücün tamamını iletim için harcanması sağlanmıştır. Bir diğer avantaj ise bant genişliğinde % 50 tasarruf sağlanmasıdır.



Şekil 1.13:SSB sinyali frekans spektrumu

### 1.3. Frekans Modülasyonu

Frekans modülasyonunda bilgi sinyali yok iken yayın için ayrılan merkez frekans iletilir. Bilgi sinyalinin pozitif alternanslarında modüleli sinyalin frekansı artmakta, negatif sinyallerinde modüleli sinyalin frekansı azalmaktadır. Taşıyıcı frekansındaki bu değişime frekans sapması denir.  $\Delta f_c$  ile gösterilir. Aşağıdaki şekilde bu olay gösterilmiştir.



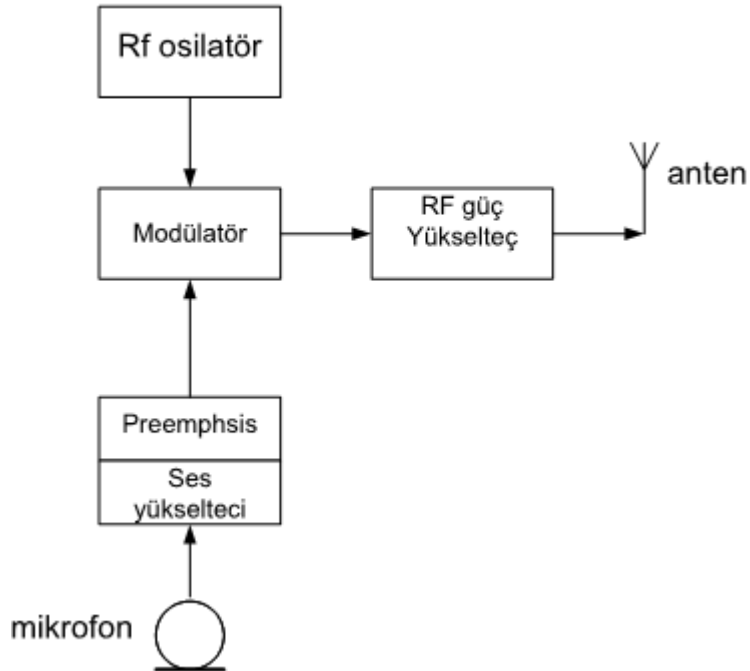
Şekil 1.14: SSB sinyali frekans spektrumu

Aşağıdaki tabloda FM bandında yayın yapan kuruluşların frekans bandı, bant genişliği ve izin verilen maksimum ses frekansı gösterilmiştir. FM radyo yayınında bant genişliği 200 KHz iken bu bandın başında ve sonunda 25KHz'lik koruyucu bant ayrılmaktadır.

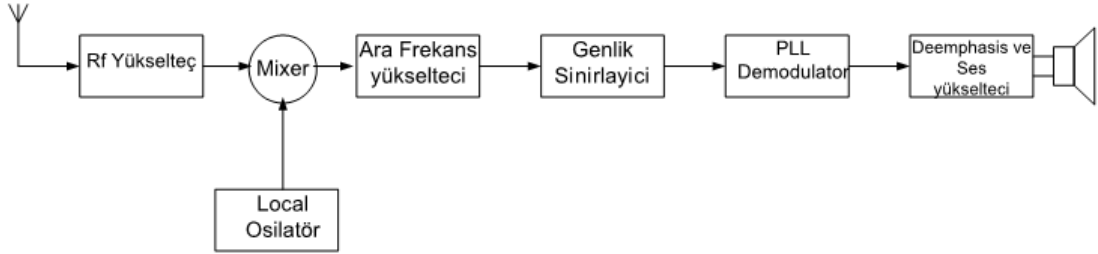


| Servis Tipi              | Frekans Aralığı                         | BW      | $\Delta f_c$                               | En yüksek ses |
|--------------------------|---|---------|--|---------------|
| Ticari FM radyo yayını   | 88.00MHz ile 108.00MHz                  | 200 KHz | $\pm 75$ KHz                               | 15 KHz        |
| Televizyon ses iletimi   | Resim Taşıyıcı frekansının 4.5 MHz üstü | 100 KHz | $\pm 25$ KHz Manuel ve $\pm 50$ KHz Stereo | 15 KHz        |
| Toplum güvenliği         | 50.00 MHz ile 122.00 MHz                | 20 KHz  | $\pm 5$ KHz                                | 3 KHz         |
| Amatör ve iş radyo bandı | 216.00 MHz ile 470108.00 MHz            | 15KHz   | $\pm 3$ KHz                                | 3 KHz         |

Tablo 1.1: FM band aralığı



Şekil 1.15: Basit FM verici blok şeması



Şekil 1.16:FM alıcı blok şeması

### 1.3.1. Frekans Modülasyon İhtiyacı

Genlik modülasyonunun iletim sırasındaki gürültülerden çok fazla etkilenmesi ve taşınmak istenen sinyallerin bozulması neticesinde frekans modülasyonu geliştirilmiştir.

### 1.3.2. Frekans Modülasyonunun Avantajları ve Dezavantajları

#### Avantajları:

- Sinyal üzerine binen gürültü seviyesi kesilebildiği için ses kalitesi yüksektir.
- Frekans modülasyonunun gürültü bağımsızlığı, genlik modülasyonundan daha iyidir.
- FM'in yakalama etkisi vardır. Bu etkiden dolayı istenmeyen sinyalleri kolaylıkla yok edebilir. Aynı frekanstaki iki sinyalden hangisinin çıkış gücü fazla ise o sinyalin alıcı tarafından alınmasına yakalama etkisi (capture) denir.
- PLL sentezör devreleri kullanır.

#### Dezavantajları:

- FM çok büyük bant genişliği kullanır.
- FM devreleri daha pahalıdır.

### 1.3.3. Frekans Modülasyonunda Bant Genişliği

Bir FM işaretin sonsuz sayıda yan bantı vardır. Bu durum FM yayınının bant genişliği arttırmaktadır. Mr. Fred BASEL çalışmaları sonucunda bir FM işaretinin yan bant sayısını modülasyon indisine göre gösteren tabloyu hazırlamıştır.

| Mod. İnd. | J <sub>0</sub><br>Taşıyıcı | J <sub>1</sub><br>1 st | J <sub>2</sub><br>2nd | J <sub>3</sub><br>3d | J <sub>4</sub><br>4th | J <sub>5</sub><br>5th | J <sub>6</sub><br>6th | J <sub>7</sub><br>7th | J <sub>8</sub><br>8th |
|-----------|----------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,0       | 1,00                       | -                      | -                     | -                    | -                     | -                     | -                     | -                     | -                     |
| 0,25      | 0,98                       | 0,12                   | -                     | -                    | -                     | -                     | -                     | -                     | -                     |
| 0,5       | 0,94                       | 0,24                   | 0,03                  | -                    | -                     | -                     | -                     | -                     | -                     |
| 1,5       | 0,51                       | 0,56                   | 0,23                  | 0,06                 | 0,01                  | -                     | -                     | -                     | -                     |
| 1         | 0,77                       | 0,44                   | 0,11                  | 0,02                 | -                     | -                     | -                     | -                     | -                     |
| 2         | 0,22                       | 0,58                   | 0,35                  | 0,13                 | 0,03                  | -                     | -                     | -                     | -                     |
| 3         | -0,26                      | 0,34                   | 0,49                  | 0,31                 | 0,13                  | 0,04                  | 0,01                  | -                     | -                     |
| 4         | -0,40                      | -0,07                  | 0,36                  | 0,43                 | 0,28                  | 0,13                  | 0,05                  | 0,02                  | -                     |
| 5         | -0,18                      | -0,33                  | 0,05                  | 0,36                 | 0,39                  | 0,26                  | 0,13                  | 0,05                  | 0,02                  |

Bessel Fonksiyonuna bağlı olarak elde edilen, modülasyon indisine bağlı yan bant ve taşıyıcı genliklerini gösterir tablo

**Tablo 1.2: Modülasyon indisine bağlı yan bantlar**

Fonksiyon tablosunda dikkat edileceği gibi en uzaktaki yan bant en küçük değere sahiptir. Burada öyle bir nokta (toplam genişliğin %1 altındaki genlikler) vardır ki ondan sonraki yan bantların genliği göz ardı edilebilir. Yani o bantlar yokmuş gibi davranılabilir.

Curson kuralı yalnızca var olan yan bantlar için bant genişliği söz konusu olabileceğini belirtmektedir. Bu durumu aşağıdaki formül ile belirtmiştir:

$$BW = 2(\Delta f_c + f_m)$$

FM modülasyonunda bilgi işaretinin frekansı ile frekans sapması arasındaki ilişkiye modülasyon indeksi denir.

$$\text{Modülasyon indeksi}(mf) = \text{frekans sapması} / \text{mesaj sinyal frekansı}$$

Modülasyon indeksi  $\pi/2$  den küçük olan FM sinyallere dar bant FM denir. Burada FM taşıyıcısı bir çift yan bantta (GM sinyali gibi) sahiptir. Burada amaç GM'den çok kaliteli bir sinyale sahip olurken frekans spektrumunda boşluklar yaratmaktır.

### 1.3.4. Pll Faz Dedektörü

PLL (faz kilitlemeli çevrim) devresi bir geri besleme devresidir. Devre geri beslenen sinyalin frekansını ve fazını değerlendirir. Faz kilitlemeli çevrim üç aşamada yapılır.

- Faz dedektörü (FD)
- Gerilim kontrollü osilatör (VCO)
- Alçak geçiren filtre (LPF)

Haberleşme sistemlerinde kullanılmak üzere üretilmiş faz kilitlemeli çevrim yöntemi ile demodülasyon yapan entegreler vardır. Örnek olarak LM565 entegresi böyle bir entegredir.

Yukarıdaki şekilde entegrenin iç yapısı ve faz kilitlemeli çevrimin devre şeması görülmektedir. Devrede giriş sinyal frekansı artarsa çıkış sinyalin gerilimi azalır. Giriş sinyal frekansı azalırsa çıkış sinyal gerilimi artar. Giriş ucuna sinyal uygulanmadığı zaman gerilim kontrollü osilatör (VCO) C1 kondansatörü ve P potansiyometresinin belirlediği frekansta sinyal üretir. Bu frekans değerine serbest çalışma frekansı denir. Gerilim kontrollü osilatör çıkışında elde edilen bu işaret faz detektörüne uygulanır. FD girişine uygulanan giriş sinyali ve VCO çıkış sinyalini kıyaslar ve puls dizisinden oluşmuş üçüncü bir sinyal oluşturur. Bu üç sinyal entegre çıkışına sürülür. Çıkış ucundaki R direnci ve C2 kondansatörü alçak geçiren fitrenin kesim frekansını belirler. Filtre çıkışında elde edilen işaret bilgi sinyalinin aynısıdır. Çıkış ucu ile 8 nu.lı ayak arasına bağlanan C3 kondansatörü parazit osilasyonları yok etmek için kullanılır.

Devrenin çalışması gerilim kontrollü osilatör frekansının giriş sinyal frekansına eşitlenmesiyle gerçekleşir. VCO'nun serbest çalışma frekansı 10 KHz ve kontrol geriliminin 2 V olduğunu kabul edelim. Giriş sinyal frekansı 1 KHz'den daha küçük ise gerilim kontrollü osilatörün kontrol gerilimi azalır. Buna bağlı VCO'nun çıkış frekansı da azalır. Bu azalma giriş sinyal frekansına eşitleninceye kadar sürer. Giriş sinyali frekansı 1 KHz'den büyük ise gerilim VCO'nun çıkış frekansı artar. Bu artma yine giriş sinyal frekansına eşitleninceye kadar sürer. VCO çıkış frekansının giriş sinyal frekansına eşit olduğu duruma kilitleme denir. Çalışma anında kilitleme için geçen zaman çok kısadır.

Giriş sinyalinin frekans değişimi alçak geçiren fitre çıkışında değeri değişim doğru gerilim olarak görülür. Frekans gerilim ilişkisi ters orantılıdır.

Frekans demodülasyonu yapılırken modülatör ve demodülatör frekans ve faz olarak senkronlu olursa çıkışta elde edilen bilgi sinyali, girişe uygulanan bilgi sinyali ile benzer şekilde elde edilir.

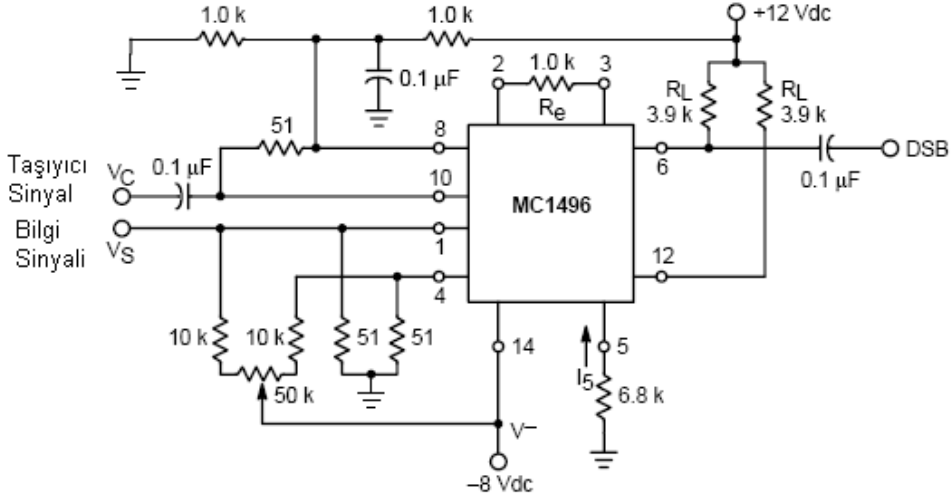
## UYGULAMA FAALİYETİ

- Osiloskop ile frekans ve periyot ölçümü yapınız.

| İşlem Basamakları   | Öneriler  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Osiloskopun 1. kanalına probu bağlayınız.</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Probu X1 kademesinde olduğuna dikkat ediniz.</li><li>➤ Osiloskop üzerindeki düğmeleri ortalayınız.</li></ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Osiloskopa enerji veriniz.</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ekranda düz çizgi görünür. Bunun için kanal seçim düğmesinin CH1 olduğuna, X ve Y pozisyon tuşlarının ortada olduğuna, TIME/DIV tuşunun msn kademesinde ve sinyal şekli seçme tuşunun GND'de olduğuna dikkat ediniz.</li><li>➤ FOCUS ve INS tuşları ile ekran parlaklık ayarlarını yapınız.</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Osiloskop probunu OSC'de CAL yazan çıkıntıya takarak OSC'nin ilk ayarını yapınız.</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ -Sinyal seçme tuşunu AC'ye alınız.</li><li>➤ CAL çıkıntısında yazan genlik değerini OSC'den okuyunuz. Değer aynı değilse VOLT/DIV tuşunun üst kısmını değer tam oluncaya kadar çeviriniz.</li><li>➤ Ekranda görünen kare dalga'nın frekansının 1 KHz olduğunu görünüz.</li></ul>                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Osiloskopunuzun probunu bu sefer sinyal jeneratörüne bağlayınız. Öğretmenizin istediği frekans, genlik ve sinyal şeklini ayarlayınız. Osiloskop ekranını aşağıdaki ekrana çizerek sinyalin genliğini ve frekansını hesaplayınız. Sonucu öğretmenizin istediği değerlerle karşılaştırınız.</li><li>➤</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Genlik= Dikey Kare Sayısı * VOLT/DIV*Prob Kademesi</li><li>➤ Periyot= Yatay Kare Sayısı*TIME/DIV</li></ul>  |

## UYGULAMA FAALİYETİ

- DSB sinyalini osiloskop ekranında inceleyiniz.



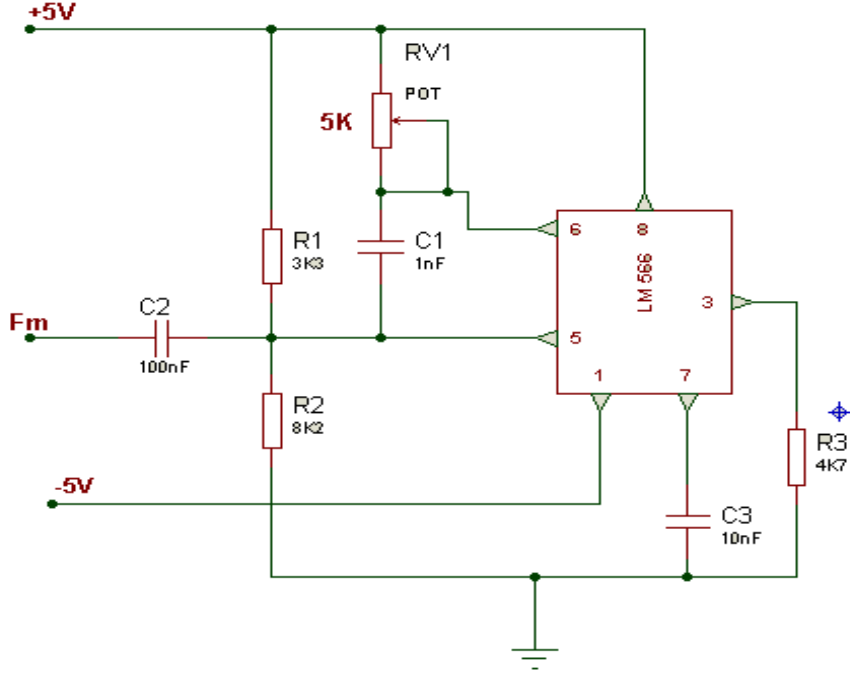
MC1496 ile DSB elde edilmesi

| İşlem Basamakları  | Öneriler   |
|--|--|
| ➤ Şekil deki devreyi board üzerine kurunuz.  | ➤ Devre beslemesi simetrik olduğuna dikkat ediniz.   |
| ➤ Osiloskobun ilk ayarlarını ve kalibrasyonunu yapınız.  | ➤ Ekranda cal sinyalinin tam ve düzgün bir kare dalga olduğuna dikkat ediniz.  |
| ➤ 1. sinyal jeneratörünün çıkışını 1 KHz frekansında 250 mVpp genliğinde sinüs işareti olarak ayarlayınız. | ➤ Jeneratörün çıkışını OSC bağlayarak gerekli ayarları yapınız.  |
| ➤ Elde ettiğiniz çıkışı Şekil deki devrenin Vs girişine bağlayınız.  | ➤ Jeneratörün kapalı olduğuna dikkat ediniz. Jeneratör çıkışının canlı ucunu Fm yazan kısmına diğer ucunu GND'ye bağlayınız. |
| ➤ 2. sinyal jeneratörünün çıkışını 1 MHz frekansında 150 mVpp genliğinde sinüs işareti olarak ayarlayınız. | ➤ Jeneratörün çıkışını OSC bağlayarak gerekli ayarları yapınız.  |
| ➤ Elde ettiğiniz çıkışı Şekil deki devrenin Vc girişine bağlayınız.  | ➤ Jeneratörün kapalı olduğuna dikkat ediniz. Jeneratör çıkışının canlı ucunu Fc yazan kısma, diğer ucunu GND'ye bağlayınız.  |
| ➤ Besleme bağlantılarını yapınız.  | ➤ GND takılı olduğundan emin olunuz.   |
| ➤ OSC'nin CH2 kanalını Şekil deki DSB yerine bağlayınız.   | ➤ Probu X1 kademesinde olduğuna dikkat ederek canlı ucunu OSC yazan kısmına, diğer ucunu GND'ye bağlayınız.                  |

|   |  |
|---|--|
| ➤ OSC'nin CH1 kanalını Şekil deki $V_s$ yerine bağlayınız.  | ➤ Probu X1 kademesinde olduğuna dikkat ederek canlı ucunu Fm yazan kısmına, diğer ucunu GND'ye bağlayınız. |
| ➤ POT orta konuma getiriniz.  | ➤  |
| ➤ Öğretmen gözetiminde enerji bağlantılarını yapınız. OSC CH2 çıkışındaki sinyali çizerek yorumlayınız. | ➤ OSC'yi Dual konumuna alarak çıkışı gözleyiniz.   |
| ➤ OSC yerine spektrum analizör bağlayarak çıkış sinyalini çizerek yorumlayınız.                         | ➤ Merkez frekansı olarak 1 MHz seçiniz. Span kademesini uygun seçiniz.                                     |

## UYGULAMA FAALİYETİ

- Frekans modüleli sinyali inceleyiniz.



LM566 ile frekans modülasyonu

| İşlem Basamakları  | Öneriler  |
|--|---|
| ➤ Yukarıdaki devreyi kurunuz.  | ➤ Devrenin simetrik beslendiğine dikkat ediniz                                  |
| ➤ Devreye bilgi sinyali uygulamadan POT ile modülesiz çıkış (3 nu.lı ayak) frekansını 20 KHz ayarlayınız.  | ➤ 3 nu.lı ayağa OSC bağlayınız. Time/div 50µS iken yatayda 1 kare görünüz.      |
| ➤ Devre konumunu bozmadan Fm girişine frekansı 1 KHz ve genliği 1Vpp olan sinüs işaret uygulayınız. Giriş ve çıkış frekanslarını aynı anda görünüz. Çıkışta OSC' de gördüğünüz sinyali defterinize çizerek tanımlayınız. | ➤ Fm girişine OSC ch1 kanalını, 3 nu.lı ayağa OSC' nin ch2 kanalını bağlayınız. |
| ➤ Bilgi sinyalinin frekansını 2 KHz çıkarınız. Çıkıştaki işaret değişimini yazınız.  |   |



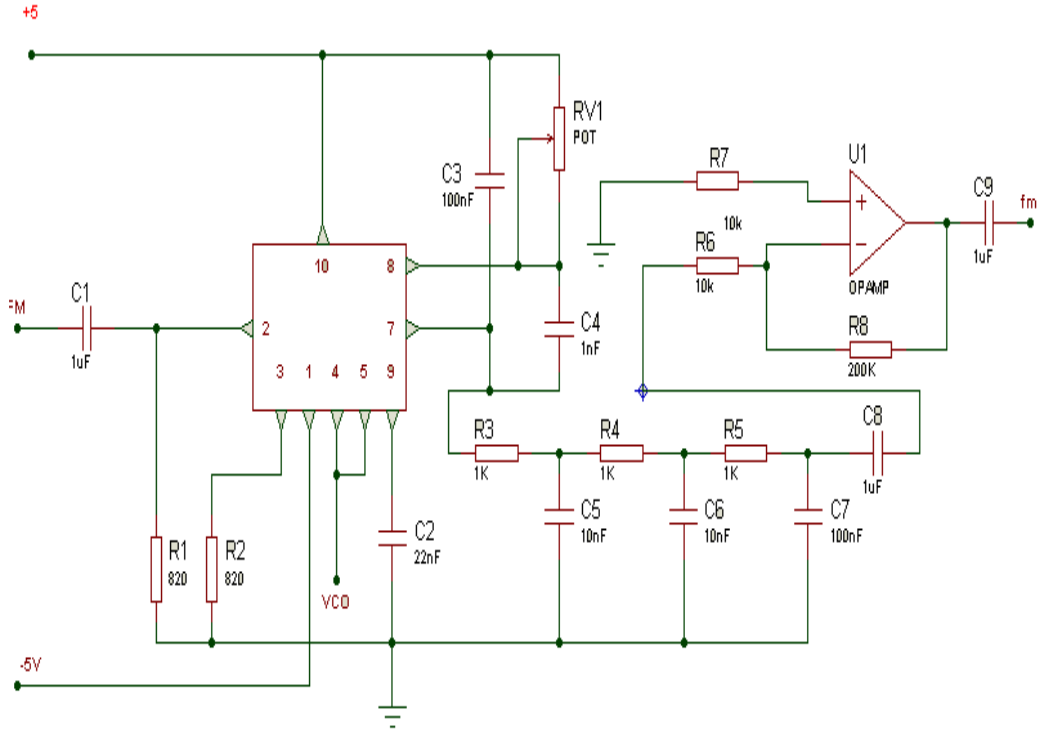
## UYGULAMA FAALİYETİ

- FM radyo bandını frekans spektrumu ile gözlemleyiniz.

| İşlem Basamakları  | Öneriler   |
|--|--|
| ➤ Spektrum analizör girişine FM anten bağlayınız.                                | ➤ Enerji uygulamayınız.  |
| ➤ Spektrum analizörü çalıştırınız.   | ➤ Anten takılı olduğundan emin olunuz  |
| ➤ 88.00 MHz ile 108 MHz arası frekansları göreceğ şekilde analizörü ayarlayınız. | ➤ Merkez frekansı 100 MHz, Span tuşunu 2 MHz ayarlayınız.                          |
| ➤ En kuvvetli işareti seçerek yayını dinleyiniz.                                 | ➤ Seçtiğiniz istasyonun frekansını merkez frekans giriniz ve demod işlemi yapınız. |

## UYGULAMA FAALİYETİ

PLL devresini kurunuz.



Şekilde LM565 entegresi kullanılarak yapılmış FM demodülatör devresi verilmiştir. POT 5K ohm ve opamp beslemesi  $\pm 5V$  olacaktır. Bu uygulamada LM 566 ile yapılan FM modülatör devresi de kullanılacaktır. Bu devre işlem basamaklarında devre1 olarak adlandırılacaktır. LM 565 entegreli devre, devre2 olarak adlandırılacaktır.

| İşlem Basamakları  | Öneriler   |
|--|--|
| ➤ Devre1 ve devre2 yi kurunuz.   |  |
| ➤ Devreye bilgi sinyali uygulamadan POT ile modülesiz çıkış (3 nu.lı ayak) frekansını 20KHz ayarlayınız.   | ➤ 3 nu.lı ayağa OSC bağlayınız. Time/div 50 $\mu$ S iken yatayda 1 kare görünüz. |
| ➤ Devre1 nin konumunu bozmadan Fm girişine frekansı 1KHz ve genliği 200mVpp olan sinüs işaret uygulayınız. Giriş ve çıkış frekanslarını aynı anda görünüz. Devre1 çıkışını gözlemleyiniz |  |
| ➤ Devre1' nin çıkışını devre1' de FM yazan yere bağlayınız. Devre ikideki potu kullanarak VCO noktasındaki maksimum ve minimum frekans değerlerini defterinize not alınız.               | ➤ Frekans metre kullanarak ölçüm yapınız.  |

|  |  |
|--|--|
| ➤ VCO'yu 20KHz olarak ayarlayınız. Deney1'in fm girişi ile deney2 fm çıkışını OSC'de gözlemleyiniz ve deftere çiziniz. | ➤ CH1'i devre1'in fm girişine, CH2 kanalını devre2'nin fm çıkışına bağlayınız. |
|--|--|

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına ( X ) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

| Değerlendirme Ölçütleri  | Evet | Hayır |
|--|------|-------|
| 1. Frekans modülasyonu devresini kurabildiniz mi?  |      |       |
| 2. Osilaskobun ilk ayarlarını ve kalibrasyonunu yapabildiniz mi?                         |      |       |
| 3. Modülasyon girişini açık bırakarak osilaskopta işaret sinyalini ölçebildiniz mi?      |      |       |
| 4. Modülasyon girişini bağlayarak osilaskopta modüleli işaret sinyalini ölçebildiniz mi? |      |       |
| 5. Spekturum analizörün ilk ayarlarını ve kalibrasyonunu yapabildiniz mi?                |      |       |
| 6. Spektrum analizör cihazını bağlayarak FM sinyalini ölçebildiniz mi?                   |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Verici de modülasyon işlemi yapılır.
2. ( ) Alıcıda demodülasyon işlemi yapılır.
3. ( ) Fiber optik kablo, ışık ile bilgi iletimini sağlayan bir iletim ortamıdır.
4. ( ) Dalga boyu arttıkça frekansta artar.
5. ( ) Periyot arttıkça frekans azalır.
6. ( ) PCM bir analog modülasyon türüdür.
7. ( ) Dar bant FM sinyalinde sonsuz yan bant oluşur.
8. ( ) Frekansı 2 KHz olan bir bilgi sinyali GM modülasyonuna tabi tutulursa bant genişliği 5 KHz olur.
9. ( ) 88.00 MHz ile 108.5 MHz frekans aralığı FM ticari radyo yayını için ayrılmıştır.
10. ( ) FM sinyalli karasal TV yayınında ses işareti için kullanılırken GM sinyali resim işareti için kullanılır.

Aşağıda verilen cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

11. Bir GM modülasyonunda taşıyıcı bastırılarak iki yan bantın gönderilme prensibi ..... modülasyonudur.
12. SSB modülasyonda sadece ..... ya da ..... gönderilir.
13. İletim ortamına bağlı olarak işaretin .....oluşan düşüslere işaret zayıflaması denir.
14. Beyaz gürültü olarak da adlandırılan gürültü türü .....
15. Bilgi sinyaline göre ..... fazını değiştirme olayına ..... modülasyonu denir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Sayısal haberleşme temel kavramlarını bilerek darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini kavrayabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Tek bir frekans üstünden birçok yayının nasıl yapıldığını araştırınız(Örneğin, uydu yayınında TRT için bir frekans değeri girildikten sonra nasıl oluyor da tüm TRT kanalları ve radyoları geliyor?).

## 2. SAYISAL HABERLEŞME

Günümüzde haberleşme teknolojilerinin gelişmesi ile analog modülasyonlu haberleşme sistemleri yerine daha modern olan sayısal haberleşme sistemleri kullanılmaktadır. Dijital haberleşme sistemlerinin analog haberleşme sistemlerine göre büyük üstünlükleri vardır. Bunları

- Darbe modülasyonunda iletilen güç yalnız kısa darbeler içine yoğunlaşmıştır. Analog modülasyonundaki gibi sürekli değildir.
- Darbeler arasındaki boşluklar başka bir mesaj sinyalinin darbeleri ile doldurulabilir. Böylece tek bir haberleşme sistemi üzerinden birden fazla bilgi sinyali yollanabilir.
- Tümlü devre teknolojisinde gelişim çok hızlı olduğundan sayısal haberleşme devrelerini gerçekleştirmek her gün daha kolay hale gelmektedir.
- Gürültü bağımsızlığı çok daha iyidir.

Sayısal haberleşme sisteminde bilgi genellikle ses, resim gibi analog biçimdedir. Sayısal haberleşme için yapılması gereken ilk iş bilginin sayısal darbelere çevrilmesidir. Vericiden gönderilen bu darbeler alıcı kısımda tekrar analog bilgi hâline getirilir.

Analog bilgiyi sayısal iletim ortamına hazırlamak için değişik modülasyon yöntemleri vardır. Her modülasyonunda kendisine uygun demodülasyon sistemi vardır. Yaygın olarak kullanılan sayısal haberleşme sistemleri aşağıdadır.

- PAM (Darbe Genlik Modülasyonu)
- PCM (Darbe Kod Modülasyonu)
- PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu)
- PPM (Darbe Durum Modülasyonu)
- ASK (Genlik Kaydırmalı Anahtarlama)
- FSK (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama)

- PSK (Faz Kaydırmalı Anahtarlama)
- Delta Modülasyonu
- QPSK (Çeyrek Faz Kaydırmalı Anahtarlama)

## 2.1. Temel kavramlar

### 2.1.1. Bit

Elektriksel bir işarete bit(b) denir. Genelde elektrik olduğunu sayısal 1 ile elektrik olmadığını sayısal 0 ile ifade edilir. Bu durumda bir bilgi işaretinde bulunan her bir 1 ve 0 bilgisi bir bitte karşılık gelmektedir. 8 bit bir byte (B)eder.

Örneğin, 1001000011111010 şeklindeki bir işaret 16b(bit) veya 2B(byte)'dir.

### 2.1.2. Saniyede İletilen Bit Miktarı (Bps -Bit Per Second)

Bilgi iletim hızı saniyede iletilen bit miktarına göre ölçülür. Birimi Bps(bit per second) dir.

### 2.1.3. Baud

Genelde modem benzeri cihazların sinyalleşme hızlarını ifade etmekte kullanılır. Bir başka deyişle modemin bir sinyalleşme sırasında gönderdiği bilginin ölçüsüdür. Örneğin, bir cihaz her bir sinyalleşme esnasında 2 bitle kodlanmış bir bilgi gönderiyorsa 1 baud değeri 2 bittir.

### 2.1.4. Baud Rate (Baud Oranı)

Baud oranı verinin gönderildiği kanal boyunca ölçülen saniyedeki elektriksel değişimidir. Bir bit için bir elektriksel değişim prensibi ile çalışan RS 232 standardında 9600 baud saniyede 104 mSn'lik periyotlarda (1/9600 sn.) 9600 veri bitinin iletilmesine karşılık gelecektir. Eğer her bit için iki elektriksel değişim gerekiyorsa (NRZ kodlaması) 9600 baud oranında yalnızca saniyede 4800 bit nakledilebilecektir.

### 2.1.5. Bit Hata Oranı (Ber -Bit Error Rate)

Sayısal bilgi iletiminde gönderilen veri içindeki bozulan ya da yanlış algılanan bit oranını ifade eder.

$$BER = \frac{\text{Gönderilen hatalı bitsayısı}}{\text{Toplam gönderilen bitsayısı}}$$

## 2.1.6. Kanal

Bilginin alıcıya gönderildiği ortama kanal denir. Veri aktarımında günümüzde çift bükümlü kablolar (UTP-STP), fiber optik kablo ve kablosuz iletişim kullanılmaktadır.

## 2.1.7. Kanal Kapasitesi

Bir kanaldan iletilebilecek maksimum bit miktarına kanal kapasitesi denir.

## 2.1.8. Gürültü

Gürültünün çeşitleri ve gürültü formülleri analog haberleşme konularında anlatılmıştır. Sayısal haberleşmede de etkili olan gürültü çeşitleri sistem içi ve sistem dışı olmak üzere iki grupta toplanır.

- Sistem içi gürültü kaynakları
  - Isıl gürültü: Bir iletkenin sıcaklığı arttıkça serbest elektronların enerji seviyeleri artacağından iletken içindeki rastgele hareketi artar, elektronların bu hareketi ısı gürültü olarak tanımlanır. Bu gürültü ancak -273 C derece sıcaklığında oluşmaz.
  - Atış gürültüsü: Transistör ve diyot gibi yarı ögelerin p-n eklemlerinde elektronların rastgele yayınımları (emission), eklemden nüfuz etmeleri (diffusion) ya da tekrar birleşmeleri (recombination) sonucunda oluşan rastgele elektriksel değişimlerdir.
- Sistem dışı gürültü kaynakları
  - Güneş patlamaları
  - Yıldırım düşmesi ve şimşek çakması
  - Floresan lambaları
  - Elektrik motorlarının çalışması

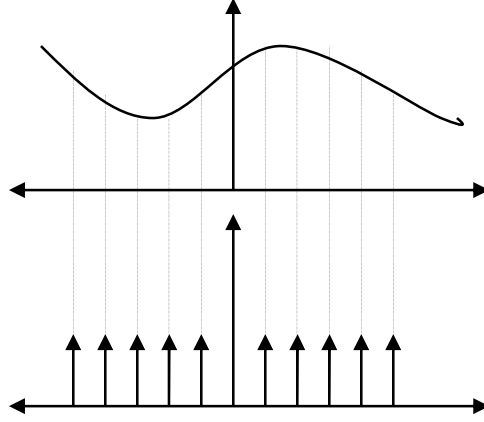
## 2.2. Örnekleme Teoremi

Örnekleme teoremi  $W$  Hz ile bant sınırlı bir  $x(t)$  analog işaretinden, onun yeniden ve bozulmasız tekrar elde edilmesi için örnek değerlerin nasıl alınması gerektiğini bildirmektedir. Bu teoreme Shanana ya da Nyquist teoremi denir.

Örnekleme teoremi, ideal örnekleme ve doğal örnekleme olarak iki şekilde incelenebilir.

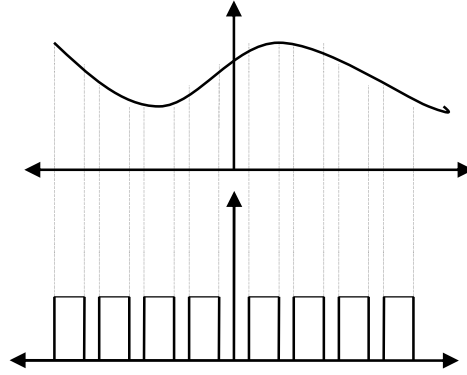
- İdeal örnekleme: Örnekleme teoremi  $W$  Hz ile bant sınırlı bir  $x(t)$  analog işaretinden, onun yeniden ve bozulmasız tekrar elde edilmesi için gerekir ve yeter koşul  $F_s \geq 2W$  olmalıdır.

Burada  $f_s$  örnekleme frekansını göstermektedir.



Şekil 2.1:  $f_s$  örnekleme frekansı

Şayet  $f_s$  değeri  $2 f_m$  değerinden küçük olursa alınan örnekler frekans spektrumunda üst üste geleceğinden bilgi sinyalini tekrar elde etme imkânı ortadan kalkacaktır. Bu olaya örtüşme hatası (aliasing) denir.



Şekil 2.2:  $f_s$  örnekleme frekansı

$f_s > 2 W$  ise bilgi işaretini tekrar elde etmek mümkündür. İdeal alçak geçiren süzgeçleri tasarlamak mümkün olmadığından örnekleme işleminde bir koruma bandına ihtiyaç vardır. Örneğin, telefon işaretinin bant genişliği 3300 KHz genellikle en düşük örnekleme frekansı 6600 KHz yerine 8000 KHz kullanılır.

- Doğal örnekleme: Pratikte örnekleme sonlu genlik ve sürekli darbeler yardımıyla yapılmaktadır. Böyle bir işlemde bilgi işareti darbe boyunca örneklenecektir.

### 2.3. Kodlama

Sayısal kodlama veri bitlerinin fiziksel haberleşme ortamında nasıl ifade edileceğinin yollarını tanımlar. Bir sayısal kodlama tekniğinde en az aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

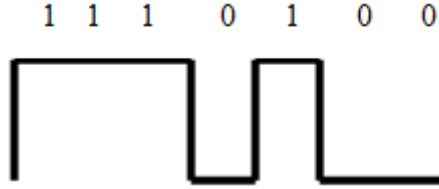


- Söz konusu haberleşme kanalında birçok işaretin aynı anda iletimin sağlanması için en az bant genişliğinin kullanılmasıdır.
- Yüksek DC seviyeli işaretlerin iletiminde daha fazla zayıflamaya maruz kaldığından, daha uzun mesafe iletimi için düşük DC seviyesidir.
- 2 telli kablodan iletilirken kablunun fiziksel yapısından kaynaklanan problemlerden etkilenmemek için işaretin polarize olmamasıdır.

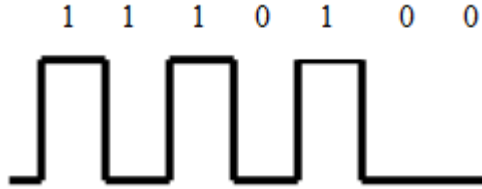
### 2.3.1. İletim Kodları

Kodlama yöntemleri şöyle sıralanabilir:

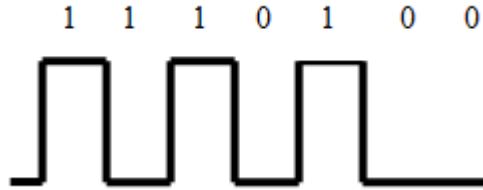
- NRZ (Non Return to Zero) sıfıra dönüşsüz: Bu kodlamada “0” bitleri 0V bir gerilim ;“1” bitleri bir pozitif gerilim ile temsil edilir. Bu en temel ve basit yöntemdir.



- RZ (Return to Zero) sıfıra dönüşlü: Sayısal verilerden “0” biti 0V ile “1” biti, bitin yarısı pozitif bir gerilim diğer yarısı da 0V bir gerilim ile temsil edilir.

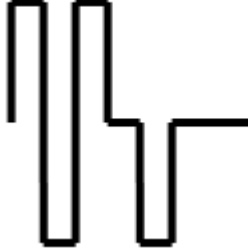


- NRZi (Non Return to Zero Invertive): “0” verisi 0V ile “1” verisi eğer önceki gerilim 0V ise pozitif gerilimle, önceki gerilim pozitif ise 0V ile temsil edilir.



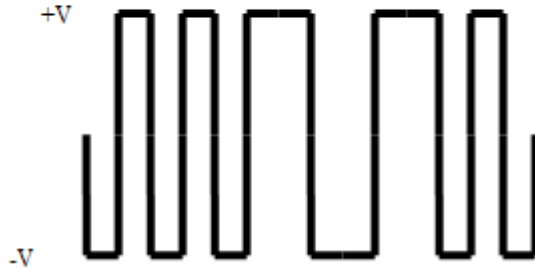
- AMI, dönüşümlü darbe tersleme: "0" biti 0V ile, "1" biti dönüşümlü olarak pozitif veya negatif gerilim ile ifade edilir.

1 1 1 0 1 0 0



- PE (Phase Encode, Manchester) faz kodlaması: "0" bitlerinin ilk yarısında pozitif bir gerilim ile diğer yarısında negatif bir gerilim ile kodlanır. "1" bitleri ilk yarıda bir negatif gerilim, diğer yarıda pozitif bir gerilim ile ifade edilir.

1 1 1 0 1 0 0



Bu kodlamalar dışında CDP ve HDB3 kod sistemleri bulunmaktadır. Bunlardan en karmaşık olan HDB3 kod sistemi telefon hatlarında, PE kod sistemi ethernet kartlarında ve en basit olan NRZ RS232 seri haberleşme sistemlerinde kullanılmaktadır.

## 2.4. Seri Data Gönderilmesi

Seri haberleşmenin temelindeki prensip, verinin tek bir hat veya devre üzerinden aynı anda tek bir bit olmak üzere iletilmesidir. Bilgiler 8, 16 veya 32 bit paketleri hâlinde ardı ardına sıralanırlar ve bit bit yollanırlar.

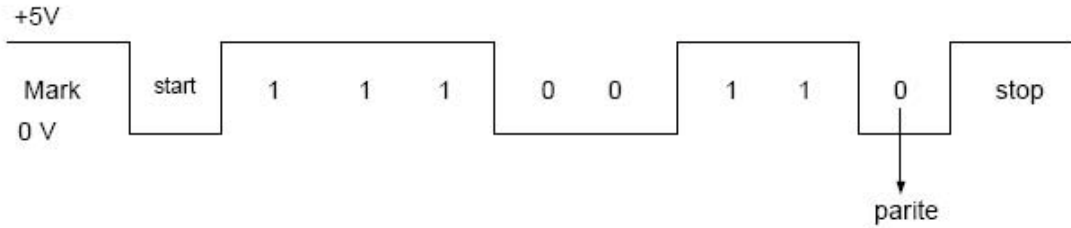
Teorik olarak bir seri hat, bir yerden diğerine seri işareti iletmek için biri işaret hattı ve biri de toprak olmak üzere iki kabloya ihtiyaç duyar. Ancak pratikte bu uzun süre için çalışmaz ve işarettaki bazı bitler kaybolur ve sonuç etkilenir. Eğer alan uçta bir bit bile eksik olursa diğer bitler kayacağından alıcı kısımda hatalı sonuç ortaya çıkar. Bunun için iki farklı iletim metodu kullanılarak hatalar ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Bu metotlar:

- Asenkron seri haberleşme
- Senkron seri haberleşme

## 2.4.1. Asenkron Data Gönderim

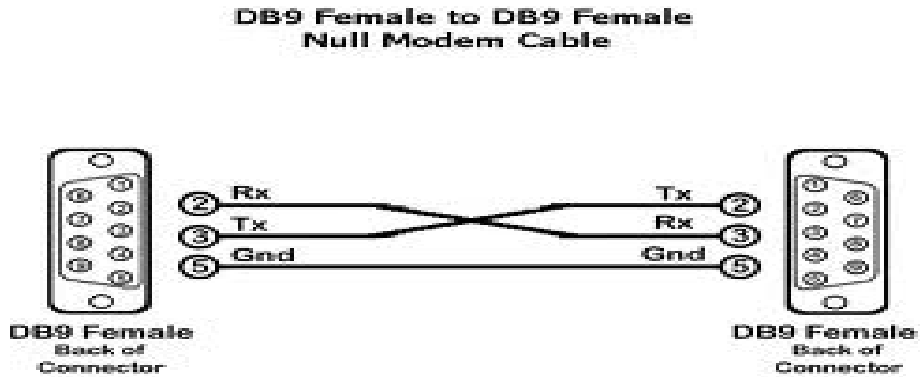
Bu haberleşme yönteminde her veri bitinin izlenmesine yardımcı olması için bit dizisinin içine işaretleyiciler eklenir. Kısa bir veri akımının başlangıcı, belirten bir başlangıç biti eklenerek her bitin yeri bitlerin düzenli aralıklarda zamanlaması ile tespit edilir. Her 8 bitlik verinin önünde başlangıç biti gönderilmesiyle iki sistemin eş zamanlı çalışmasına gerek kalmaz, tek dikkat edilmesi gereken her iki sistemin veri hızlarının aynı olmasıdır. Haberleşme alıcı ucu başlangıç bitini aldığı anda kısa süreli bir zaman sayacı çalıştırır. Dizilerin kısa tutulmasıyla zaman sayıcının devre dışı kalmasının önüne geçilmiş olur. Bu yöntem haberleşme kanalının alan ve gönderen uçlarının bir işaret hattı ile tam olarak eş zamanlılığı sağlamadığı için asenkron haberleşme olarak bilinir.

Geleneksel olarak bir mesajın en arkadaki biti ilk, en öndeki biti son olarak gönderilir. Haberleşme sırasında gönderen taraf, her mesajın başına bir başlangıç biti, sonuna da bir veya iki duruş biti ekleyerek kodlar. Bazen ilk duruş biti ile son bit arasında veri doğruluğunu kontrol etmek için bir eşlik (parity) biti eklenir. Bu oluşan yapıya veri çerçevesi (data frame) denir. Veri çerçevesinde eşlik bitlerinin kullanılması zorunlu değildir, bu her çerçevede iletilecek bir bittin tasarruf sağlar ve bundan eşiksiz (non parity) bit çerçevesi olarak söz edilir.



Şekil 2.3: Asenkron data gönderimi

Aşağıda günümüzde sık kullanılan RS232 seri haberleşmesi kullanılan konnektör bağlantısı gösterilmiştir. Burada dikkat edilirse 2 ve 3 nu.lı ayaklar karşılıklı olarak çaprazlanmıştır. Böylece çift yönlü (duplex) haberleşme imkânı doğmaktadır.



Şekil 2.4: RS232 seri haberleşmesi kullanılan konnektör bağlantısı

Siz de yukarıdaki bağlantıyı gerçekleştirerek bir uydu alıcı ile bilgisayar arasında bağlantı kurabilirsiniz.

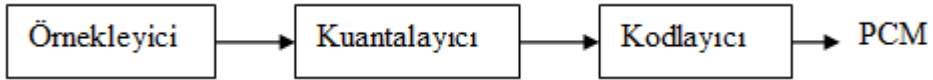
## 2.4.2. Senkron Data Gönderim

Bu yöntemde bir saat (clock) darbesi ile alıcı ve verici arasında eş zamanlılık sağlanarak bitlerin belirlenen zaman periyotlarında gönderilmesine olanak sağlar. Bundan dolayı senkron seri haberleşme denir. Alan uç, saati kontrol ederek bir bitin eksik olup olmadığını veya fazladan bir bittin seri dizi içinde çıkıp çıkmadığını tespit eder. Örneğin, bir taşıyıcı bandın üzerinde bir ürün taşındığını ve ürünün beş saniyede bir, bir algılayıcı cihaz önünden geçtiğini varsayalım. 5 saniye süre içerisinde cihaz bir cisim algılasa bunun taşınan üründen farklı bir cisim olduğunu anlar ve alarm verir. Eğer 5. saniyede bir cisim geçmezse bu sefer eksik bir ürün olduğunu fark eder ve başka bir alarm verir. Bu yöntemin zayıf yanı, haberleşmenin bir ucu saat işaretini kaybettiğinde iletim durur.

## 2.5. Darbe Kod Modülasyonu ve Kodlama Teknikleri

PCM diğer modülasyon türlerine göre hata ve gürültülerden daha az etkilenir. PCM' de bilgi taşıyan fm işareti önce uygun bir örnekleme frekansı ile örneklenir. Daha sonra bu örnek değerler belirli seviyelere yuvarlatılır. Sonra elde edilen her değer bir ikili kod sözcüğü ile yani sonlu sayıda 0, 1 dizisi ile gösterilir.

Sonuçta örnek değer dizisi ikili kod sözcükleri dizisi ile gösterilir ve bir darbe dizisine dönüştürülür. Bu yolla elde edilen işarete PCM dalga biçimi denir.

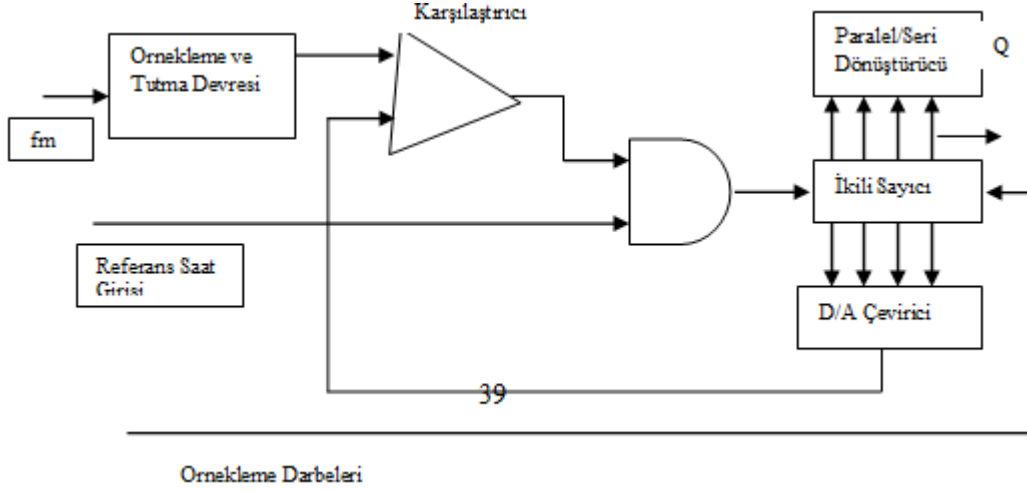


Şekil 2.5: PCM blok şeması

Örneklenmiş analog işaret belirli seviyelere yuvarlandıktan sonra sayısal işarete dönüştürmek için kodlanması gerekir. Bu işlem için analog sayısal dönüştürücü (ADC) kullanılır. Bu dönüşümden sonra kodlanmış işaret elde edilir.

Uygulamada kullanılan ADC tipleri üç gruba ayrılabilir.

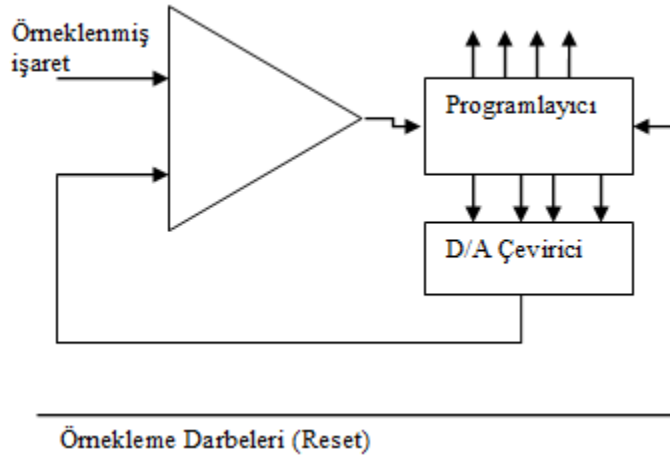
➤ Basamaklı dönüştürücü



Şekil 2.6: Basamaklı ADC

Bu dönüştürücü tipinde, giriş işareti ( $V_a$ ) örnekleme süresi içinde D/A dönüştürücü çıkışındaki  $V_b$  gerilimi ile karşılaştırılır. Eğer  $V_a > V_b$  ise karşılaştırıcının çıkışı yüksek seviyededir. Bu durumda kapı açıktır. Böylece gelen saat darbeleri sayıcıya ulaşır ve sayma devam eder. D/A çıkışındaki gerilim her basamak geldiğinde bir basamak yükselir. Bir süre sonra  $V_b$  gerilimi  $V_a$  giriş işareti geriliminden büyük olacaktır. Tam bu anda karşılaştırıcının çıkışı sıfıra düşer ve kapı kapanır. Artık sayma işlemi durmuştur. Bu andaki Q çıkışları giriş gerilimine karşı düşen kodu verecektir.

- Ardaşıl yaklaşımli dönüştürme: Bu dönüştürücü basamak dönüştürücüye göre çok hızlıdır. Burada sayıcı yerine bir programlayıcı kullanılmaktadır. Programlayıcı karşılaştırıcı devresi çıkışına bakarak çıkış kodunu artırır ya da azaltır.



Şekil 2.7: Ardaşıl yaklaşımli dönüştürme

- Paralel dönüştürücü: Bu dönüştürücüler oldukça karmaşık ve pahalı olmalarına karşılık çok hızlı çalışır. Bütün bir dönüştürme işlemi tek adımla yapıldığından bunlara flaş dönüştürücü denir.

Paralel dönüştürücünün çalışma prensibi çok basittir. Her kuantaya dilimi için ayrı bir karşılaştırıcı kullanarak giriş geriliminin hangi dilimde olduğunu anlar. Geriye kalan işlem, karşılaştırıcı çıkışlarını uygun bir encoder bağlayarak bu çıkışların kodlanmasını sağlamaktır.

### 2.5.1. Kuantalama İşlemi

Analog sinyallerin örneklenmiş değerlerini belirli seviyelere yuvarlama işlemine kuantalama denir.

Örneğin, -8V ile +8V arasında değişen bir işareti 8 kuantaya seviyesine ayrıldığı düşünülün. Öncelikle kuantalama aralığını bulmak gereklidir.  $a = \{(8) - (-8)\} / 8 = 2$  olacaktır. Yani bu sinyal için alınan örnek değerler -8V, -6V, -4V, -2V, 0, 2V, 4V, 6V ve 8V seviyelerine yuvarlanacaktır.

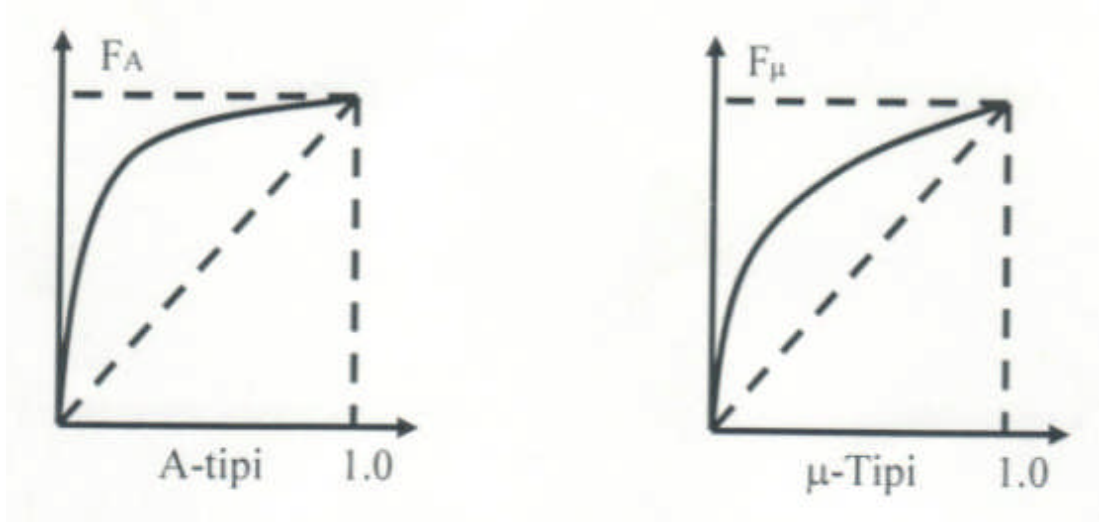
Bir kuantalama işlemi sonunda eski örnek değerlerin tekrar elde edilmesi mümkün değildir. Bunun anlamı, tersine bir işlem olmayan kuantalama sonucunda bir bilgi kaybolmaktadır. Bu bozulmaya kuantalama hatası denir.

Bu hata kuantalama dilim aralığı artırarak azaltılabilir. Buna karşın bir örneği belirlemek için kullanılması gereken bit sayısı da artacaktır.

- Düzgün kuantalama: Bir giriş sinyalinin örneklenmiş değerlerini doğrusal olarak belirlenen seviyelere yuvarlanmasına düzgün kuantalama denir. Bir önceki örnekte olduğu -8V ile -7,5 arasındaki örnek değerleri -8 V'ta yuvarlanırken 3 V ile 3,5 V arasındaki değerler 3 V yuvarlanmıştır.
- Düzgün olmayan kuantalama: Ses işareti istatistiksel incelendiğinde küçük genliklere daha sık rastlandığı görülmektedir. Oysa küçük işaretlerde kuantalama gürültüsü rahatsız edici boyutlara ulaşmaktadır. Bu gürültüyü azaltmak için başvurulacak ilk yöntem, adım büyüklüğünün azaltılması veya dilim sayısının artırılmasıdır. Ancak, bu durumda her bir örneği göstermek için kullanılması gereken bit sayısı artacağından bu yöntem her zaman uygun ve ekonomik değildir. Diğer taraftan, çok seyrek ortaya çıkan yüksek genlik işaretleri için gereksiz yere bir miktar dilim ayrılmış olacaktır. Eğer en büyük genliği küçük tutarsak bu defa kırılmalar meydana gelecektir. Bununla beraber büyük işaretler için büyük adım, küçük işaretler için de küçük adım kullanılarak işaret gürültü oranı aynı olması sağlanabilir. Bu şekilde yapılan kuantalama işlemine düzgün olmayan kuantalama denir. Bunu yapmak için haberleşme sistemlerinde bir sıkıştırma yapılmaktadır.

Ses iletimi için önerilen başlıca iki tür sıkıştırma eğrisi vardır. Bu eğrilerin biçimi sesin istatistiksel özelliklerine bakılarak en uygun biçimde belirlenmiştir. Bu eğriler:

- Amerika ve Japonya'nın kullandığı  $\mu$ -tipi
- Avrupa'nın kullandığı A-tipi eğrilerdir.

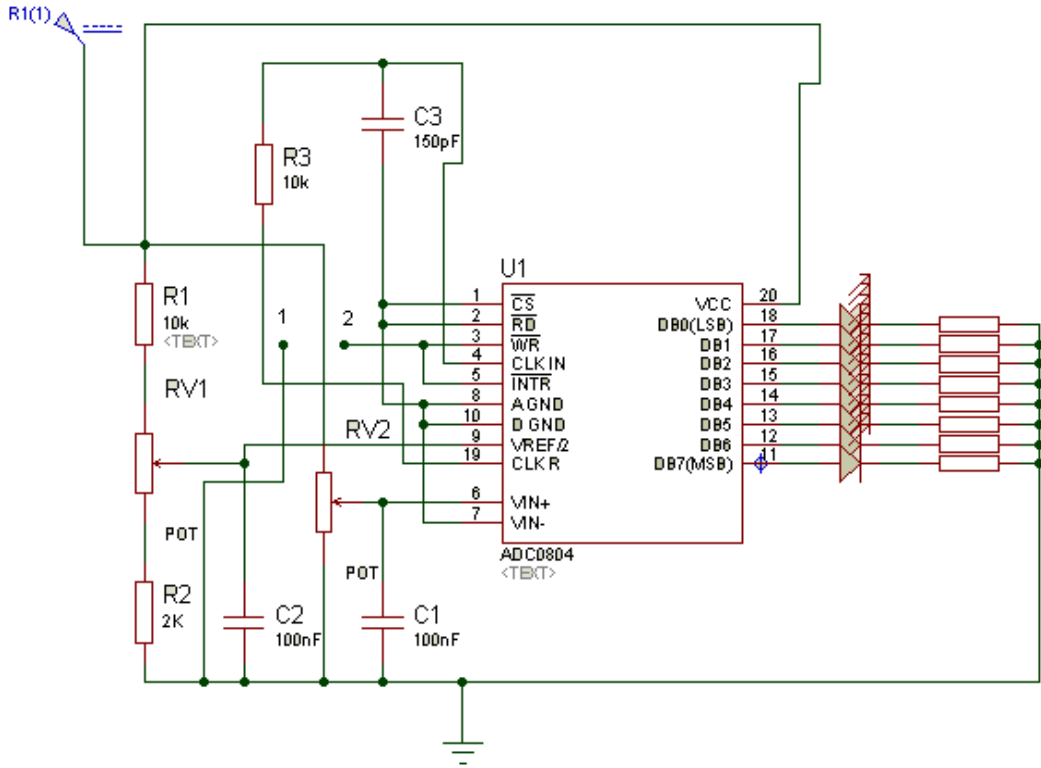


**Şekil 2.8: Başlıca iki tür sıkıştırma eğrisi**

Sesin doğallığını koruyabilmesi için küçük genliklerde eğrinin doğrusal olması büyük genliklerde ise logaritmik olması gerekmektedir. A-tipi eğri tanım gereği bu koşulu sağlamaktadır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

- Analog dijital çevirici devresini kurunuz.



Yukarıda ADC 0804 entegresi ile yapılan analog dijital çevirici uygulama devresi verilmiştir. RV1 potu 500 ohm ve RV2 potu 10 K ohm değerindedir. Besleme devresi 5 V ve ledlere bağlı direnç değerleri 150 ohmdur.

| İşlem Basamakları  | Öneriler  |
|--|---|
| ➤ Devreyi board üzerine kurunuz.   | ➤ Ledleri yan yana dizmeye özen gösteriniz.   |
| ➤ Devreye enerji veriniz.  | ➤ Beslemeyi ters bağlamayınız.  |
| ➤ RV1 potun ile entegrenin 9 nu.lı ayağı 2,5 V ayarlayınız.  | ➤ Dijital ölçü aleti kullanınız. Kırmızı probu entegrenin 9 nu.lı ayağına, siyah probu şaseye bağlayınız. |
| ➤ Analog giriş ucu gerilimini 0V yapınız. 1 ve 2 nu.lı noktaları kısa devre yapınız ve ledleri gözlemleyiniz. Sonucu defterinize not alınız. | ➤ RV2 potunu kullanınız.  |
| ➤ RV2 potu ile aşağıdaki tabloda verilen gerilim değerleri için çıkış değerini doldurunuz.   | ➤ Her değer ayrı ayrı yapılacak. Entegrenin 18 nu.lı çıkışı en değersiz bittir.                           |

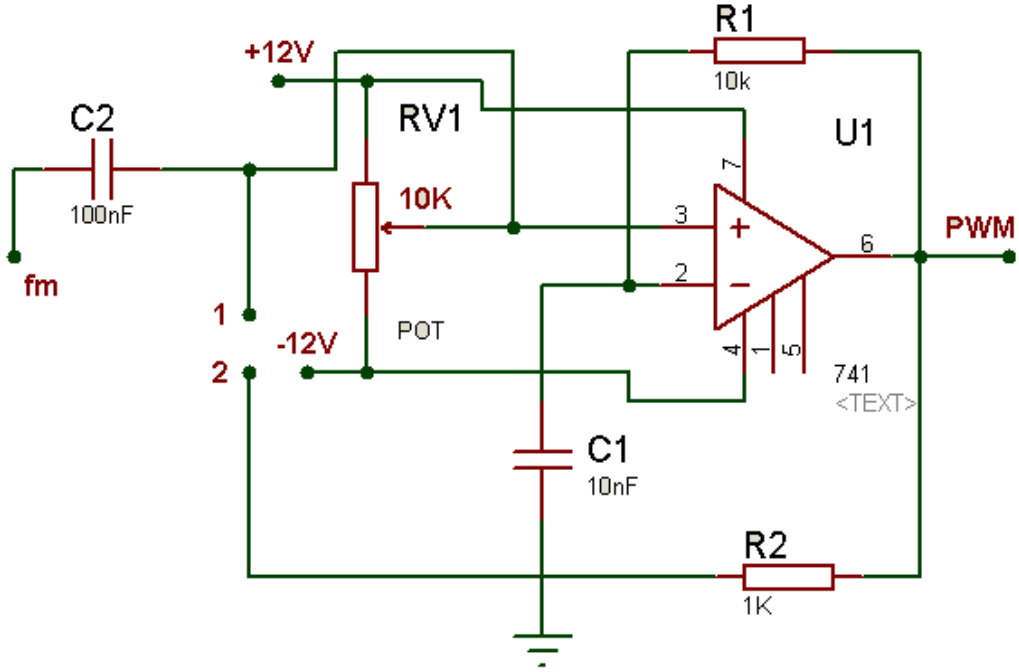


| <b>Analog Giriş</b> | <b>İdeal Sayısal Değer</b> | <b>Okunan Değer</b> |
|---------------------|----------------------------|---------------------|
| 0.0                 | 0000 0000                  |                     |
| 0.5                 | 0001 1010                  |                     |
| 1.0                 | 0011 0011                  |                     |
| 1.5                 | 0100 1101                  |                     |
| 2.0                 | 0110 0110                  |                     |
| 2.5                 | 1000 0000                  |                     |
| 3.0                 | 1001 1010                  |                     |
| 3.5                 | 1011 0011                  |                     |
| 4.0                 | 1100 1101                  |                     |
| 4.5                 | 1110 0110                  |                     |
| 5.0                 | 1111 1111                  |                     |

## UYGULAMA FAALİYETİ

- PWM sinyalinin, sayısal haberleşme sistemlerini inceleyiniz.

Devre şeması



| İşlem Basamakları   | Öneriler  |
|---|---|
| ➤ Yukarıdaki devreyi kurunuz.   | ➤ Beslemenin simetrik olduğuna dikkat ediniz.   |
| ➤ 1 ve 2 nu.lı noktaları bağlantı yokken RV1 potunu ayarlayarak 741'in 3 nu.lı ayağını gerilimini 0V yapınız. | ➤ Dijital ölçü aleti kullanınız. Kırmızı probu 3 nu.lı ayağa, siyah probu GND' ye bağlayınız. |
| ➤ 1 ve 2 nu.lı noktaları kısa devre yaparak çıkış işaretini defterinize çiziniz.                              | ➤ Frekansını ve genliğini not alınız.   |
| ➤ 1 ve 2 nu.lı noktaları açınız. 741'in 3 nu.lı ayağının voltajı +5 V oluncaya kadar pot ile ayarlayınız.     | ➤ Dijital ölçü aleti kullanınız. Kırmızı probu 3 nu.lı ayağa, siyah probu GND ye bağlayınız.  |
| ➤ 1 ve 2 nu.lı noktaları kısa devre yapınız çıkış şeklini çiziniz.  | ➤ Frekansını ve genliğini not alınız.   |
| ➤ 1 ve 2 nu.lı noktaları açınız. 741 in 3 nu.lı ayağının voltajı -5 V oluncaya kadar pot ile ayarlayınız.     | ➤ Dijital ölçü aleti kullanınız. Kırmızı probu 3 nu.lı ayağa, siyah probu GND ye bağlayınız.  |
| ➤ 1 ve 2 nu.lı noktaları kısa devre yapınız çıkış şeklini çiziniz.  | ➤ Frekansını ve genliğini not alınız.   |

|   |  |
|---|--|
| ➤ 1 ve 2 nu.lı noktaları bağlantı yokken RV1 potunu ayarlayarak 741'in 3 nu.lı ayağını gerilimini 0V yapınız. | ➤ Dijital ölçü aleti kullanınız. Kırmızı probu 3 nu.lı ayağa, siyah probu GND'ye bağlayınız. |
| ➤ fm girişine frekansı 500 Hz ve genliği 10 Vpp sinüs dalga uygulayınız. Çıkış sinyali çizerek tanımlayınız.  | ➤ Frekansını ve genliğini not alınız.  |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına ( X ) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

| Değerlendirme Ölçütleri                                  | Evet | Hayır |
|--|------|-------|
| 1. Bit kavramını öğrenebildiniz mi?                      |      |       |
| 2. Seri haberleşme tekniklerini kullanabildiniz mi?      |      |       |
| 3. Örneklememe işlemini öğrendiniz mi?                   |      |       |
| 4. Kodlama tekniklerini açıklayabildiniz mi?             |      |       |
| 5. ADC 0804 entegresini kullanabildiniz mi?              |      |       |
| 6. DB9 konnektör bağlantısı yapabildiniz mi?             |      |       |
| 7. Sayısal haberleşme tekniklerini ayırt edebildiniz mi? |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Zamanda ayrık sinyallere sayısal sinyal denir.
2. ( ) 16 bitlik bir veriye byte denir.
3. ( ) Sayısal modüleli sinyalle analog modüleli sinyallere göre gürültüden daha çok etkilenir.
4. ( ) PAM darbe genlik modülasyonudur.
5. ( ) PPM darbe konum modülasyonudur.
6. ( ) Sayısal haberleşmede bir frekans üzerinden birden fazla bilgi iletilebilir.
7. ( ) Elektrik motorlarından dolayı oluşan gürültü sistem içi gürültüdür.
8. ( ) Frekansı 3 KHz olan bir bilgi sinyali en az 6 KHz örnek hızı ile örneklenmelidir.
9. ( ) HDB3 kod sistemi telefon hatlarında kullanılır.
10. ( ) Asenkron seri iletişimde parity biti zorunludur.

Aşağıda verilen cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

11. ....ve .....PCM modülasyonunun aşamalarıdır.
12. Senkron seri haberleşmede ilk önce ..... darbesi sonra veri katarı gönderilir.
13. .... işlemi sonunda bilgi sinyalinde geri dönüşü olmayan bozulma oluşur.
14. Bir kuantalama işleminden sonra -2V, -1V, 0V ,1V ve 2V seviyeleri oluşmuştur. Kodlama işlemi en az .....bit ile kodlanmalıdır.
15. Sayısal haberleşme hız ölçüm birimi .....dir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Haberleşme ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?  
A) Anlamli bir bilginin karşılıklı alışverişine haberleşme denir.  
B) Atmosfer bir iletim ortamıdır.  
C) Sinyal içindeki harmoniklerin birbirine karışmasına intermodulation (ara kipleme) denir.  
D) Aynı kılıf içersinde yan yana bulunan kablolardaki sinyallerin birbirini etkilemesine termal gürültü denir.
- I- Verici  
II- Alıcı  
III- İletim ortamı  
IV-Frekans  
Yukarıdaki kavramlardan hangisi ya da hangileri haberleşmenin başlıca elemanlarıdır?  
A) Yalnız I                      B) I-II-IV                      C) I-II-III                      D) I-II-III-IV
- Frekansı 1KHz olan sinyalin periyodu kaç saniyedir?  
A) 1 sn.                      B) 0,001 sn.                      C) 0,01 sn.                      D) 0,1 sn.
- Aşağıdaki kavramlardan hangisi yanlıştır?  
A) Frekans artııkça periyot küçülür.  
B) Bir saniyedeki titreşim sayısına periyot denir.  
C) Bir sinyalin bir saniyede aldığı yola dalga boyu denir.  
D) Bir sinyalin boşluktaki hızı ışık hızına eşittir.
- Genlik modülasyonu ile ilgili verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?  
A) Taşıyıcı sinyale göre bilgi sinyalinin genliğı değışir.  
B) Modülasyon sonunda bir üst bir de alt yan bant oluşur.  
C) Yan bantların genliğı taşıyıcı genliğinin modülasyon indisi ile çarpımının yarısına eşittir.  
D) Bant genişliğı bilgi sinyalinin frekansının 2 katıdır.
- Bant genişliğı nedir?  
A) Taşıyıcı sinyalin frekansıdır.  
B) Bir bilgi kanalının uzunluğudur.  
C) Bilgi sinyalinin frekansıdır.  
D) Bir bilgi kanalının kapasitesidir.

7. I.Ses kalitesi GM göre daha iyidir.  
II.Maliyeti GM göre daha azdır.  
III.GM göre gürültülerden daha az etkilenir.  
Frekans modülasyonu ile ilgili yukarıda verilen ifadelerden hangisi ya da hangileri doğrudur?  
A) Yalnız II                      B) I-II                      C) I-III                      D) I-II-III
8. Sayısal iletişimde veri iletim hızı birimi nedir?  
A) Herz                      B) Baud                      C)bps                      D) sn.
9. PCM oluşturan işlem sırası hangi şıkta doğru olarak verilmiştir?  
A) Kuantalama – Kodlama – Örnekleme  
B) Örnekleme – Kodlama – Kuantalama  
C) Örnekleme – Kuantalama – Kodlama  
D) Kodlama – Kuantalama – Örnekleme
10. Asenkron seri iletişim ile ilgili hangisi doğrudur?  
A) Başlangıç ve bitiş bitleri vardır.  
B) Kontrol biti kullanımı zorunludur.  
C) Haberleşme senkronizasyon pulsı ile başlar.  
D) Tüm data katarı aynı anda gönderilir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 1  | Doğru                        |
| 2  | Doğru                        |
| 3  | Doğru                        |
| 4  | Y                            |
| 5  | Doğru                        |
| 6  | Yanlış                       |
| 7  | Yanlış                       |
| 8  | Yanlış                       |
| 9  | Yanlış                       |
| 10 | Doğru                        |
| 11 | DSB                          |
| 12 | Üst Yan Bant/Alt<br>Yan Bant |
| 13 | Genliğinde                   |
| 14 | Termal Gürültüdür.           |
| 15 | Taşıyıcı Sinyalin/Faz        |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 1  | Doğru                           |
| 2  | Yanlış                          |
| 3  | Yanlış                          |
| 4  | Doğru                           |
| 5  | Doğru                           |
| 6  | Doğru                           |
| 7  | Yanlış                          |
| 8  | Doğru                           |
| 9  | Doğru                           |
| 10 | Yanlış                          |
| 11 | Örnekleme-<br>Yuvarlama-Kodlama |
| 12 | Saat                            |
| 13 | Kuantalama                      |
| 14 | 3                               |
| 15 | Bps                             |

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

|           |          |
|-----------|----------|
| <b>1</b>  | <b>D</b> |
| <b>2</b>  | <b>C</b> |
| <b>3</b>  | <b>B</b> |
| <b>4</b>  | <b>B</b> |
| <b>5</b>  | <b>A</b> |
| <b>6</b>  | <b>D</b> |
| <b>7</b>  | <b>C</b> |
| <b>8</b>  | <b>C</b> |
| <b>9</b>  | <b>C</b> |
| <b>10</b> | <b>A</b> |



## KAYNAKÇA

- Harold B. KİLEN **Modern Elektronik İletişim Teknikleri**, MEB Yayınları, İSTANBUL, 1997
- John RONAYNE, Sayısal Haberleşmeye Giriş, MEB Yayınları, İSTANBUL, 1997
- KAYRAN Ahmet H., Erdal PANAYIRCI, Ümit AYGÖLÜ, **Sayısal Haberleşme**, Birsen Yayınevi
- Robert J. SCHOENBECK, Merrill PUBLISHİNG, **Electronic Communications**
- Yasin KAPLAN, **Veri Haberleşme Kavramları**, Papatya Yayıncılık, İSTANBUL, 2000
- Yasin KAPLAN, **Veri Haberleşmesi Temelleri**, Papatya Yayıncılık, İSTANBUL, 2000