

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**DENİZCİLİK**

**SAYISAL MODÜLASYON  
523EO0388**

**Ankara,2012**

- 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 .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. 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 .....	5
1.1.4. Modülasyon .....	6
1.1.5. Modülasyonun Gerekliliği .....	6
1.2. Genlik Modülasyonu .....	6
1.2.1. Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Tanımı .....	7
1.2.2. Tek Yan Bant Modülasyon .....	10
1.3. Frekans Modülasyonu .....	10
1.3.1. Frekans Modülasyon İhtiyacı .....	12
1.3.2. Frekans Modülasyonunun Avantajları ve Dezavantajları .....	12
1.3.3. Frekans Modülasyonunda Bant Genişliği .....	12
1.3.4. PLL Faz Detektörü .....	13
UYGULAMA FAALİYETİ .....	15
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	17
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	18
2. SAYISAL HABERLEŞME .....	18
2.1. Temel Kavramlar .....	18
2.1.1. Bit .....	18
2.1.2. Bps (bit per second) .....	18
2.1.3. Baud .....	19
2.1.4. Baud Rate (Baud Hızı) .....	19
2.1.5. BER: Bit Error Rate (bit hata oranı) .....	19
2.1.6. Kanal .....	19
2.1.7. Kanal Kapasitesi .....	19
2.1.8. Gürültü .....	20
2.2. Örnekleme Teoremi .....	20
2.3. Kodlama .....	22
2.3.1. İletim Kodları .....	22
2.4. Seri Data Gönderilmesi .....	30
2.4.1. Asenkron Data Gönderimi .....	30
2.4.2. Senkron Data Gönderimi .....	32
2.5. Darbe Kod Modülasyonu ve Kodlama Teknikleri .....	32
2.5.1. Kuantalama İşlemi .....	32
UYGULAMA FAALİYETİ .....	35
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	37
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	38
3. RADAR SAYISAL MODÜLASYON UYGULAMALARI .....	38
3.1. Radar Sayısal Modülasyon Teknikleri .....	38
3.2. Radar Sayısal Modülasyon Uygulamaları .....	39
3.2.1. PAM (Pulse Amplitude Modulation – Darbe Genlik Modülasyonu) .....	40

---

3.2.2. PWM (Pulse Width Modulation – Darbe Genişlik Modülasyonu).....	41
3.2.3. PPM (Pulse Position Modulation – Darbe Konumu Modülasyonu).....	42
3.2.4. PAM (Pulse Amplitude Modulation – Darbe Genlik Modülasyonu) Uygulama Devresi.....	43
3.2.5. Darbe Genlik Demodülasyonu (Pulse Amplitude Demodulation) Uygulama Devresi.....	44
UYGULAMA FAALİYETİ .....	46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	48
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	49
CEVAP ANAHTARLARI.....	50
KAYNAKÇA.....	52

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>523EO0388</b>
<b>ALAN</b>	<b>Denizcilik</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Gemi Elektronik ve Haberleşme</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Sayısal Modülasyon</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Haberleşme temel kavramlarını, genlik modülasyonunu, frekans modülasyonunu, sayısal haberleşmeyi ve radar sayısal modülasyon uygulamalarının anlatıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	Modülasyon çeşitlerini ve sayısal haberleşme tekniklerini kullanabilmek
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Gerekli ortam sağlandığında radar sayısal modülasyon uygulamalarını gerçekleştirebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> 1. Haberleşme sistemleri ve modülasyonun gerekliliğini kavrayarak haberleşmede frekans modülasyonunu kullanabileceksiniz. 2. Sayısal haberleşmeyi, darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini kavrayarak uygulayabileceksiniz. 3. Radar sayısal modülasyon uygulamalarını yapabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Atölye ve laboratuvar <b>Donanım:</b> DC güç kaynağı, elektronik malzemeler, malzeme ve takım çantası
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. 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,**

Bildiğiniz gibi çağımız bilgi çağıdır. Bilgi, gelişmiş toplumlarda lokomotif görevi yapmaktadır. Gelişen yeni teknolojiyi takip etmek ve verimli şekilde kullanmak ise eğitim sürecinin geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Toplumların yeni teknolojik gelişmeleri izlemeleri ve kendilerine uyarlamaları zorunlu hâle gelmiştir.

Ülkemizde de bilgi toplumunun simgesi olan bilgisayar ve bilgisayara dayalı bilgi ve iletişim teknolojilerinin her alanda kullanımının yaygınlaşması sonucu son yıllarda eğitim kurumlarında alana yönelik eğitim verilmesi ihtiyacı doğmuştur. Yaşamakta olduğumuz enformasyon çağında artık bilgiyi ezberleyen değil, bilgiye ulaşabilen, bilgiyi kullanabilen ve yaratıcı düşünen bireylere ihtiyaç vardır.

Bilgisini günlük gelişmelere paralel olarak yenileyen vesürekli bilgi düzeyini artıran bireyler her zaman bir adım önde olacaklardır. Bizler de hızla değişen teknolojik gelişmelere uyum sağlayabilmek için kendimizi bilgiyle donatmalıyız.

Günümüzde hangi mesleğe mensup olursak olalım mutlaka sayısal tabanlı bilgileri kullanarak bilgisayar ortamında işlemeye ihtiyaç duyarız. Bununla bağlantılı olarak haberleşme amacıyla kullanılan alıcı ve vericilerde de sayısal modülasyon tekniklerini kullanmak zorunluluk hâline gelmiştir.

Sizlerin dedenizcilik alanında çalışacak birer meslek elemanı olarak özellikle gemi elektroniği ve haberleşmede kullanılan alıcı ve vericilerin modülasyon sistemlerinin işleyişleriyle ilgili bilgi ve becerilerinizi geliştirmeniz kaçınılmazdır.

Bu modülde haberleşme ve sayısal modülasyon ile ilgili çalışmalar yaparak radar sayısal modülasyon uygulamalarını gerçekleştirebileceksiniz.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Haberleşme sistemleri ve modülasyonun gerekliliğini kavrayarak haberleşmede frekans modülasyonunu kullanabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Haberleşme ile ilgili temel kavramları araştırınız.
- Genlik modülasyonu konusunu araştırınız.
- Frekans modülasyonu konusunu araştırınız.

## 1. HABERLEŞME

### 1.1. Temel Kavramlar

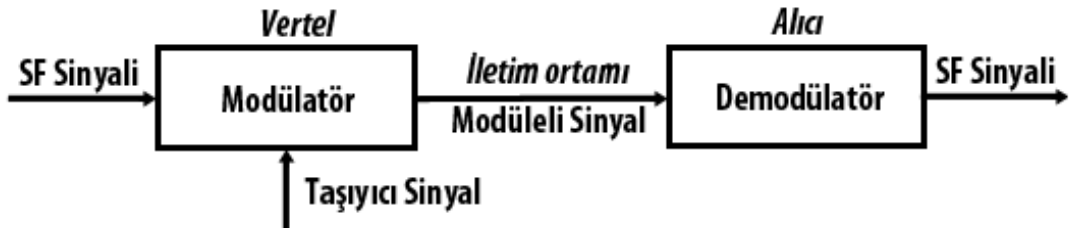
Haberleşmede temel kavramlar altı başlık altında incelenebilir.

#### 1.1.1.Haberleşme

Telefon, telgraf, televizyon, radyo vb. araçlardan yararlanılarak yürütülen bilgi alışverişine **haberleşme**denir.

#### 1.1.2.Haberleşme Sisteminin Başlıca Elemanları

Elektronikhaberleşme sisteminde bir verici ve vericiden gönderilen sinyali alacak en az bir alıcı bulunur.



Şekil 1.1: Basit bir haberleşme sisteminin blok şeması

#### 1.1.2.1. Verici

Gönderilecek veriye ait sinyale **ses frekans sinyali (SF)** denir. Ses frekans sinyalinin taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesi işlemine **modülasyon**, modülasyon işlemi yapan devreye de **modülatör** adı verilir.

Ses frekans sinyalinin modülasyon işlemine tabi tutulduktan sonra yükseltildikten sonra bir anten tarafından uzaya yayılmasını sağlayan devreler bütününe **vericidenir**.

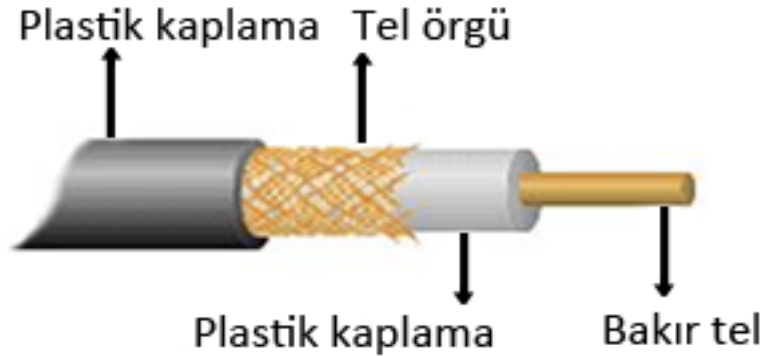
### 1.1.2.2. İletim Ortamı

Ses frekans sinyalinin taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesiyle elde edilen sinyale **modüleli sinyal** denir. Vericiden çıkan modüleli sinyalin frekansı, taşıyıcı sinyalin frekansı ile aynıdır yani boşlukta yayılan modüleli sinyalin bir alıcı tarafından alınabilmesi için alıcının bu frekansa ayarlanması gerekir.

Vericiden alıcıya kadar uzanan modüleli sinyalin yayıldığı ortama **iletim ortamı** denir.

### 1.1.2.3. İletim Ortamından Kaynaklanan Bozulmalar ve Gürültü

Vericiden alıcıya gönderilen modüleli sinyal, kablo ile gönderilebileceği gibi boşluk vasıtasıyla da gönderilebilir. Eğer alıcı ile verici arasındaki mesafe kısa ise kablo ile iletim sağlanır. Gönderilen orijinal sinyalin dış ortamdaki parazitlerden ve yabancı sinyallerden etkilenmemesi için koaksiyel kablo kullanmak gerekir. Koaksiyel kablolar merkezde iletken tel, telin dışında yalıtkan tabaka, onun üstünde tel örgülü zırh ve en dışta yalıtkan dış yüzeyden oluşur (Şekil 1.2). Bu tip kablolar elektromanyetik kirliliğin yoğun olduğu ortamlarda yüksek frekanslı düşük güçte sinyalleri iletmek amacıyla kullanılır.



Şekil 1.2: Koaksiyel kablo örnekleri

Mesafe fazlaysa veya bir alıcıdan çok sayıda vericiye yayım yapılacaksa kablo kullanılmaz. Bu durumda hava şartlarına da bağlı olarak boşluktaki sinyalin genliğinde değişimler olabilir. Sinyalin genliğinde sonradan oluşan bozulmalar genlik modülasyonunda hissedilir, frekans modülasyonunda ise hissedilmez.

### 1.1.2.4. Alıcı

Çeşitli vericilerden gönderilen modüleli sinyaller arasından ayarlandığı frekanstaki bir yayını seçen ve seçtiği modüleli sinyalden ses frekans sinyalinin ayrıştırılmasını sağlayan cihazlara **alıcı** denir.

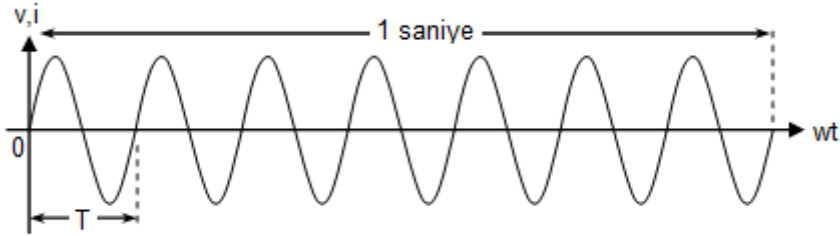
### 1.1.3. Frekans, Periyot ve Dalga Boyu

Frekans, periyot ve dalga boyu haberleşmede kullanılan temel kavramların başında gelmektedir.

#### 1.1.3.1. Frekans

Bir saniyedeki saykıl sayısına **frekans** denir. Sembolü **f**, birimi **Hertz (Hz)**'dir. Periyodu bilinen alternatif akımın frekansı  $f = 1/T$  formülü ile hesaplanır.

Formülde,  $f$  = Frekans (Hertz)  
 $T$  = Periyot (saniye)



Şekil 1.3: Frekansı 7 Hz olan sinyal örneği

Türkiye'de şehir şebekesi sinüsoidal dalga şeklinde ve frekansı 50Hz'dir. Frekansın 50Hz olması 1 saniyede 50 sinüsoidal dalga (alternans) oluşması anlamına gelmektedir.

Frekans biriminin ast katları genellikle kullanılmaz. Üst katları ise KiloHertz (KHz), MegaHertz (MHz) ve GigaHertz (GHz) şeklinde biner biner büyür ve küçülür.

**Örnek 1.1:** 1Hz'in kHz, MHz ve GHz karşılıklarını yazınız.

**Çözüm:**

$$1\text{Hz} = 10^9 \text{ GHz}$$

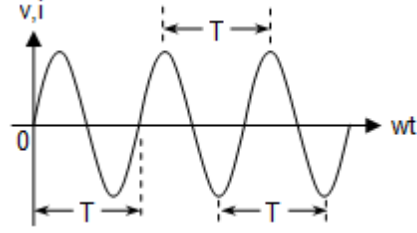
$$1\text{Hz} = 10^6 \text{ MHz}$$

$$1\text{Hz} = 10^3 \text{ KHz}$$

#### 1.1.3.2. Periyot

Alternatif akımda pozitif ve negatif alternansın tamamlanmasına kadar geçen zaman **periyot** denir (Şekil 1.4). Sembolü **T**, birimi **saniye (sn.)**dir.

Periyot, sıfırdan sıfıra ya da tepeden tepeye zaman aralığı kullanılarak tespit edilir. Birim zamandaki saykıl sayısı aynı zamanda periyot sayısına eşittir.



Şekil 1.4: Periyot

**Örnek 1.2:** Periyodu 10 mili saniye olan bir sinyalin frekansını bulunuz.

$$\text{Çözüm: } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{10} = 100 \text{ Hz}$$

### 1.1.3.3. Dalga Boyu

Bir saykılın metre cinsinden kapladığı mesafeye **dalga boyu** denir. Sembolü  $\lambda$ , birimi **metre**dir. Dalga boyunu bulmak için  $\lambda = 3 \cdot 10^8 / f$  formülü kullanılır.

Formülde,  $\lambda$  = Dalga boyu (metre)  
 $f$  = Frekans (Hertz)

**Örnek 1.3:** 100 MHz'de yayın yapan bir verici antenin tam dalga boyunu bulunuz.

$$\text{Çözüm: } \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^6} = 3 \text{ m}$$

### 1.1.4. Modülasyon

Düşük frekanslı bir sinyal (SF) ile yüksek frekanslı bir sinyalin (C) genliğini yada açısını değiştirme işlemine **modülasyon** denir. Yüksek frekanslı sinyale taşıyıcı dalga da denir. Taşıyıcının açısını değiştirmek için frekans yada faz modülasyonu kullanılır.

### 1.1.5. Modülasyonun Gerekliliği

İletilecek olan ses sinyalleri hiçbir işleme tabi tutulmadan olduğu gibi yükseltilerek gönderilseydi hem uzağa gönderilmeleri imkânsız olurdu hem de seslerin tümü birbirine karışırdı ve gürültü kirliliğinden insanların kulakları sağır olurdu.

Ses frekans sinyalleri insan kulağının duyamayacağı çok daha yüksek frekanslar üzerine bindirilerek gönderildiğinde hem kimseyi rahatsız etmez hem de sadece isteyenler bu yayınları seçip alabilirler. Üstelik yayın yapılacak frekans seçeneği hemen hemen sınırsızdır.

## 1.2. Genlik Modülasyonu

Genliği ve frekansı sabit taşıyıcı bir dalganın (frekansı sabit kalmak şartıyla) genliğinin SF sinyali ile değiştirilmesine **genlik modülasyonu** denir.

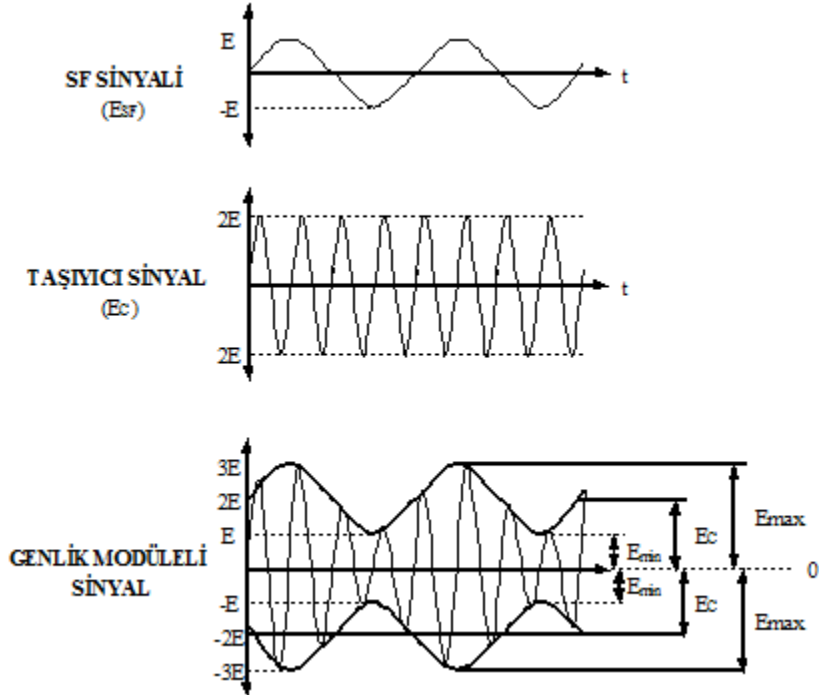
## 1.2.1.Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Tanımı

Genlik modülasyonunda SF sinyalinin bant genişliğine bağlı olarak taşıyıcı dalganın merkez frekansının altında ve üstünde yan bantlar oluşur. Örneğin, orta dalgada yayın yapan bir vericinin taşıyıcı merkez frekansı 1000KHz, SF sinyalinin frekansı ise 5KHz olsun. 1000KHz'lik taşıyıcı dalga 5KHz'lik SF sinyali ile modüle edilirken SF sinyalinin merkez frekansa eklendiği ( $1000 + 5 = 1005$ ) ve çıkarıldığı ( $1000 - 5 = 995$ ) iki ayrı frekans değeri elde edilir. Bir alıcı 1000KHz'e ayarlandığında filtre devresi 995KHz ile 1005KHz arasındaki frekansları geçirebilecek özelliğe sahip olmalıdır.  $1005\text{KHz} - 995\text{KHz} = 10\text{KHz}$  olduğuna göre buradaki bant genişliği 10KHz olmaktadır.

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

Genlik modülasyonu sırasında herhangi bir ek işlem yapılmasına gerek duyulmadan çift yan bant genlik modülasyonu elde edilir.

Şekil 1.5'te görüldüğü gibi taşıyıcı sinyalin genliği SF sinyalinin genliğine bağlı olarak değiştirilerek GM (genlik modüleli) sinyal elde edilir. Örneğin, SF sinyalinin maksimum genliği 1V, taşıyıcı sinyalin maksimum genliği ise 2V olsun. Buna SF sinyali taşıyıcı sinyale eklendiğinde maksimum 3V, SF sinyali taşıyıcı sinyali zayıflattığında ise minimum 1V olur. Dolayısıyla GM sinyal 3V ile 1V arasında değişim gösteren bir genliğe sahiptir.



Şekil 1.5: Genlik modülasyonu dalga şekilleri

Modülasyon yüzdesi şu formülle bulunur:

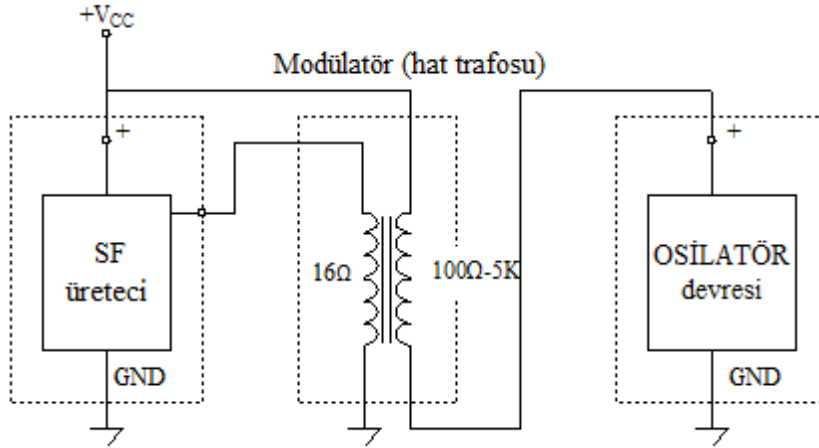
$$m = \frac{E_{SF}}{E_C} \quad \text{veya} \quad m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$$

Şekil 1.4'teki genlik modüledi sinyalin modülasyon yüzdesi hesaplandığında %50 olarak bulunur.

$$m = \frac{E_{SF}}{E_C} = \frac{E}{2E} = 0,5 = \%50 \quad \text{veya} \quad m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} = \frac{2E}{4E} 0,5 = \%50$$

GM sinyal üretebilmek için bir osilatör devresine, bir ses frekans sinyal kaynağına ve GM modülatör katına ihtiyaç vardır. Örneğin, osilatör olarak FET'li colpitts osilatör, SF üretici olarak 1KHz'lik bir sinyal jeneratörü kullanılabilir.

Ayrıca herhangi bir müzik çıkışı da 1KHz sinyal yerine bağlanabilir. Modülatör katı olarak düşük güçlü basit bir hat trafosu kullanmak mümkündür. Şekil 1.5'te basit bir GM devresinin blok şeması verilmiştir. GM yapabilmek için modülasyon yöntemlerinden birisi olan kollektör modülasyonu tercih edilmiştir.

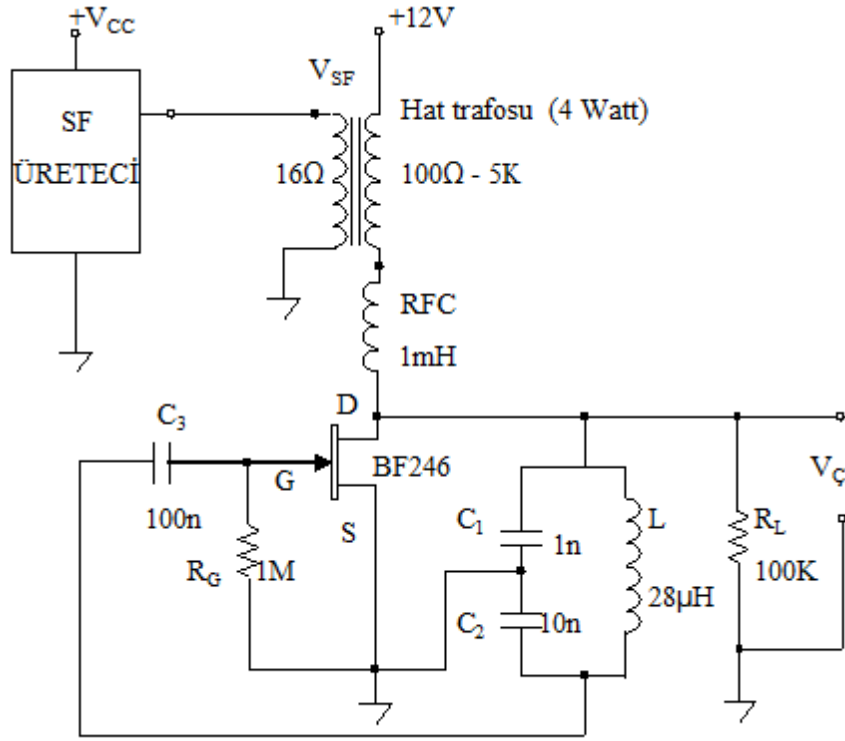


Şekil 1.6: Basit bir genlik modülasyonu devresinin blok gösterimi

### 1.2.1.2. Genlik Modülasyonunun Osilaskop İle Bulunması

Genlik modülasyonunu osilaskop ile bulabilmek için aşağıdaki işlem basamaklarını sırasıyla uygulamak gerekir:

- Şekil 1.6'da verilen devre kurulur. FET'li colpitts osilatöre seri olarak bir hat trafosunun yüksek dirençli sargılarının bağlandığına dikkat edilir. Hat trafosunun düşük dirençli sargısının alt ucu şaseye bağlanmalıdır.
- SF üretici olarak 1KHz sinyal üreten bir sinyal jeneratörü veya müzik çıkışı veren herhangi bir cihaz kullanılabilir.
- Devreye enerji uygulanarak çalıştırılır.



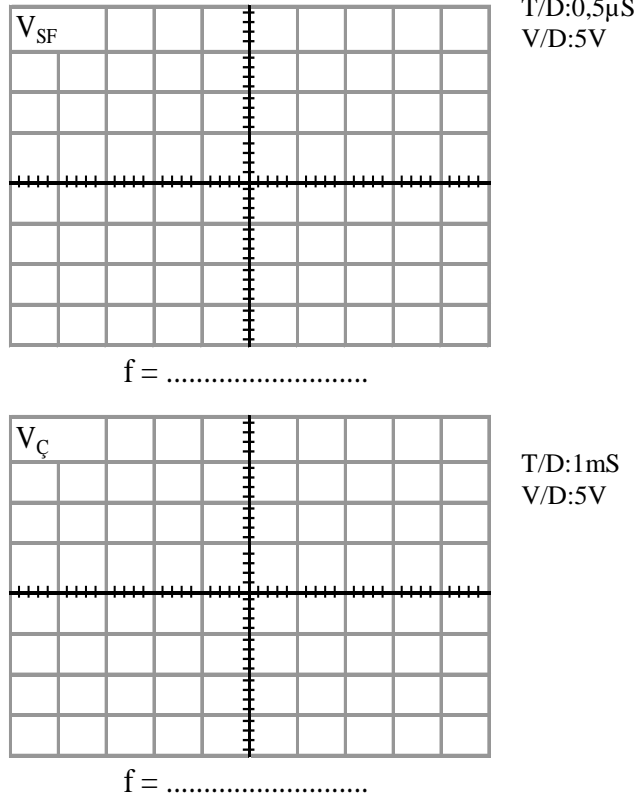
Şekil 1.7: Basit bir genlik modülasyonu devresi

- Osilaskopun problarından birini  $V_{SF}$  noktasına, diğeri çıkışa ( $V_C$ ) bağlanır. Osilaskopun ayarlanabilir düğmelerinden **Volt/Div** düğmesini **5V** değerine getirilir. Frekansla ilgili olan **Time/Div** düğmesini ise  $V_{SF}$  noktasındaki sinyali ölçerken **0,5mS** değerine,  $V_C$  noktasındaki sinyali ölçerken **0,5μS** değerine getirilir.
- Ölçülen sinyallerin şekli, Şekil 1.8’de boş olarak verilen osilaskop ekran şekilleri üzerine çizilir.
- Çıkış şeklini inceleyerek Şekil 1.5’te verilen GM sinyale benzemesi için gerekiyorsa  $V_{SF}$  noktasındaki sinyalin genliği düşürülür.
- Çıkış sinyali üzerinde  $E_{max}$  ve  $E_{min}$  değerleri ölçülerek tabloya kaydedilir.
- Modülasyon yüzdesi bulunarak Tablo 1.1’e kaydedilir.

$E_{max}$	$E_{min}$	%m

Tablo 1.1: GM sinyali üzerinde ölçülen değerler tablosu

- SF sinyalinin genliği değiştirilerek modülasyon yüzdesinin değiştiği gözlemlenir.



Şekil 1.8: Çizim yapılacak boş osilaskop ekranları

### 1.2.2. Tek Yan Bant Modülasyon

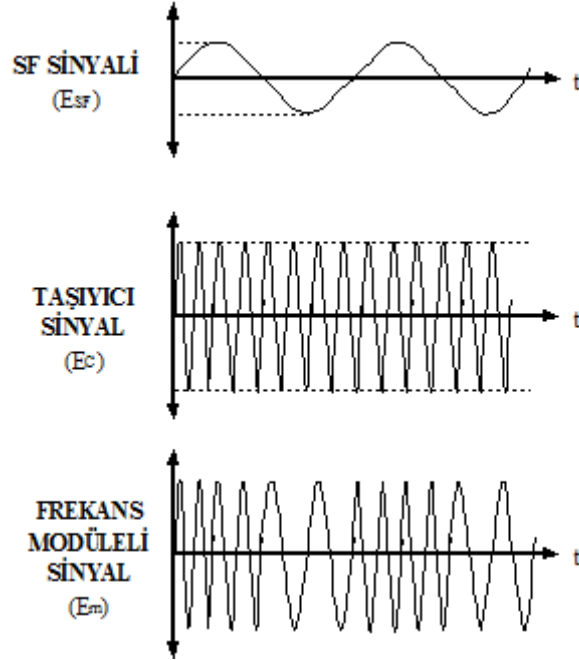
Modüle edilen bir dalgada kenar yan bantlar bilgileri taşırlar ancak toplam kenar bant gücü genel olarak taşıyıcı gücünden azdır. Üst ve alt kenar bantlardaki bilgiler aynı olduğundan, transmisyonun verimini artırmak için taşıyıcı ve yan bantlardan biri bazen yok edilir (RF transmisyon hatları, RF güç kaynağından antene, kaynağın ürettiği RF gücünün nakledilmesini sağlayan hatlara verilen genel isimdir.). Taşıyıcı ile birlikte yan bantlardan birinin bastırılmasına **tek yan bant transmisyonu** adı verilir.

Tek yan bant transmisyonu kullanıldığında bilgileri tekrar elde etmek için alıcı kısmında taşıyıcı ilave etmek gerekir.

### 1.3. Frekans Modülasyonu

Genliği ve frekansı sabit taşıyıcı bir dalganın (genliği sabit kalmak şartıyla) frekansının SF sinyali ile değiştirilmesine **frekans modülasyonu** denir.



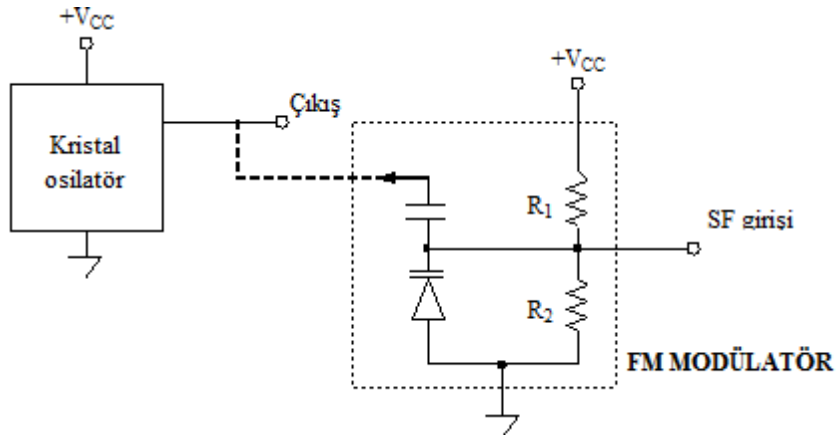


Şekil 1.9: Frekans modülasyonu dalga şekilleri

Frekans modülasyonu elde edebilmek için temel çözüm, tank devresi frekansının gerilimle kontrol edilmesidir. Kapasitesi gerilim ile değişebilen özel imal edilmiş diyota **varikap diyot** denir.

Varikap diyotun uçlarına uygulanan ters gerilim ile (anoduna eksi, katoduna artı) varikap diyotun kapasitesi ters orantılı olarak değiştirilir.

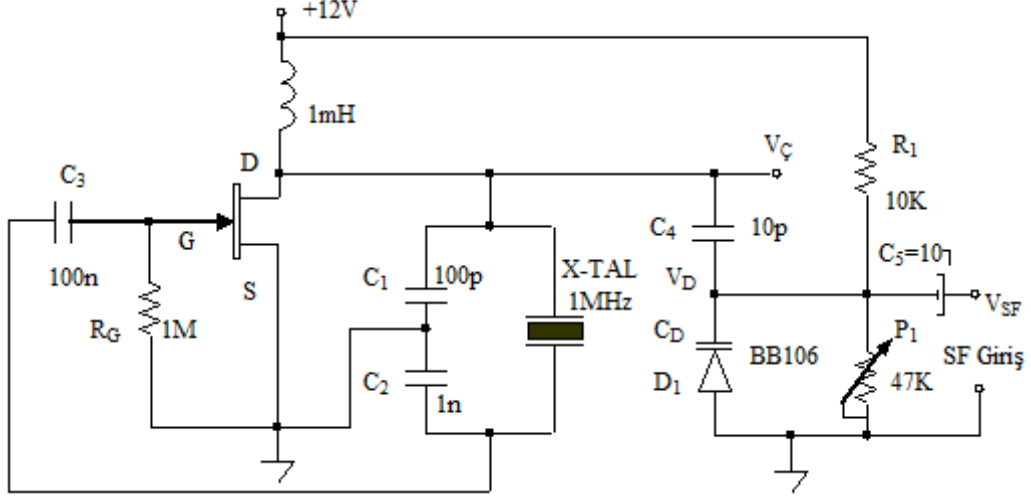
Genellikle ters polarma gerilimi maksimum 30 voltur. Piyasadaki varikap diyotlardan bazıları şunlardır: VHF => BB106, BB409, BB529 UHF => BB105, BB405



Şekil 1.10: Basit bir frekans modülasyonu devresi

Şekil 1.10’da görüldüğü gibi yapılan herhangi bir osilatör devresi çıkışına şekildeki gibi bir FM modülör devresi eklenir. SF girişinden sinyal uygulanarak çıkıştan frekans modülasyonlu sinyal elde edilir.

Şekil 1.11’de frekans modülasyonu uygulama devresi verilmiştir.



Şekil 1.11: Basit bir frekans modülasyonu uygulama devresi

### 1.3.1.Frekans Modülasyon İhtiyacı

Genlik modülasyonlu vericiden gönderilen modüleli sinyalin sadece zarf kısmı alıcıda ayrıştırılır ve kullanılır. Taşıyıcı kısım bir işe yaramaz. Dolayısıyla iletim sırasında modüleli sinyalin zarfı çeşitli sebeplerle bozulduğunda, bu bozulmalar alıcıda elde edilen ses frekans sinyalinin parazitli olarak duyulmasına yol açar. Hâlbuki frekans modülasyonlu vericiden gönderilen sinyalin zarfı değil, taşıyıcının merkez frekansına bağlı sapmaları alıcıda ses frekansa çevrilir. Buna göre frekans modülasyonlu sinyalin iletimi sırasında zarfındaki bozulmalar alıcıda hissedilmez. Ses frekans sinyalinin netliği ve temizliği açısından frekans modülasyonu vazgeçilmez tercih sebebidir.

### 1.3.2.Frekans Modülasyonunun Avantajları ve Dezavantajları

- İletim sırasında sinyalin genliği bozulsa bile ses frekans sinyali bozulmaz. Frekans modülasyonunda ses daima temiz ve nettir.
- Frekans modülasyonunda genlik değişmediği için güç aktarımı daha verimlidir.
- Frekans modülasyonunun en büyük dezavantajı yayın mesafesinin kısa olmasıdır.

### 1.3.3. Frekans Modülasyonunda Bant Genişliği

Genlik modülasyonlu bir alıcıda bir alt kenar bant ve bir üst kenar bant oluşur. Örneğin, 1000KHz değerindeki taşıyıcı sinyal 5KHz ile modüle edildiğinde ( $1000 + 5 = 1005$ ) ve ( $1000 - 5 = 995$ ) iki ayrı frekans değeri elde edilir.

Buna göre  $1005\text{KHz} - 995\text{KHz} = 10\text{KHz}$  olduğundan buradaki bant genişliği 10KHz demektir.

Aynı değerdeki bir taşıyıcı sinyal yine 5KHz'lik bir ses frekans sinyali ile frekans modülasyonuna tabi tutulursa çok sayıda alt kenar bant ve üst kenar bant oluşur. Merkez frekansa olan uzaklığı artan yan bantlarda güç gittikçe zayıflar. Asıl taşıyıcı genliğinin %1'i değerine düşene kadar yan bantların sayısı devam eder. Örneğın, alt ve üst kenar bant değerleri sırasıyla 995Khz-1005KHz, 990Khz-1010KHz, 985Khz-1015KHz, 980Khz-1020KHz, 975Khz-1025KHz, 970Khz-1030KHz, 965Khz-1035KHz şeklinde devam etsin. Buna göre 965Khz-1035KHz arasındaki fark  $1035\text{KHz} - 965\text{KHz} = 70\text{KHz}$  olduğundan buradaki örnek bant genişliği değeri 70KHz olur. Üstelik yan bantlar burada kesilmeyip devam etmektedir.

Görüldüğü gibi frekans modülasyonlu bir sinyalin bant genişliği, genlik modülasyonlu bir sinyalin bant genişliğinden çok daha büyüktür. Bant genişliği büyük olan sinyallerin birbirine karışmasını engellemek için daha yüksek frekans değerlerinde yayın yapmak en doğru çözümdür.

Bir başka çözüm olarak frekans modülasyonundaki bant genişliğini sınırlayarak genlik modülasyonuna ait bant genişliğini kullanmak mümkündür ancak bu durum distorsiyona sebep olacağından kullanılmaz.

Sonuç olarak bant genişliği dar tutulursa bilgi taşıyan birçok yan bant frekansları yayınlanamayacağından distorsiyon oluşmakta, istasyonların taşıyıcı merkez frekansları birbirinden uzak değerlerde seçilirse FM bandı içerisinde yer alacak istasyon sayısı azalmaktadır. Buiki unsuru göz önünde bulundurarak bant genişliği distorsiyona sebep olmayacak kadar dar, istasyonlar birbirine karışmayacak kadar uzak değerlerde seçilir. İstasyonlar 150KHz aralıklı olarak kullanıldığında problem çıkmamaktadır.

### 1.3.4.PLLFaz Detektörü

Verici tarafından gönderilen modüleli radyo frekans (RF) sinyalinden ses frekans (SF) sinyalinin ayrıştırılması işlemine **demodülasyon** denir yani kısaca demodülasyon işlemi modülasyon işleminin tersidir. Vericiden gönderilen modüleli sinyal hangi yöntemle modüle işlemine tabi tutulmuşsa alıcı tarafında da aynı yöntemle ait demodülasyon işlemine tabi tutulmalıdır. Dolayısıyla frekans modülasyonlu bir sinyal için frekans demodülasyonu kullanılmalıdır.

Frekans demodülasyonu yöntemleri diskriminatörlü ve PLL'li olmak üzere iki ayrı gruba ayrılır.

#### 1.3.4.1. Diskriminatörlü Yöntem

FM alıcıların IF (ara frekans) katının çıkışından elde edilen 10.7MHz'lik frekans modüleli ara frekans sinyali diskriminatör katına uygulanır. Demodülasyon işlemi sırasında frekans modüleli sinyaldeki frekans değişimleri SF sinyaline çevrilir. Foster seely ve oran dedektör olmak üzere iki tip diskriminatör vardır.

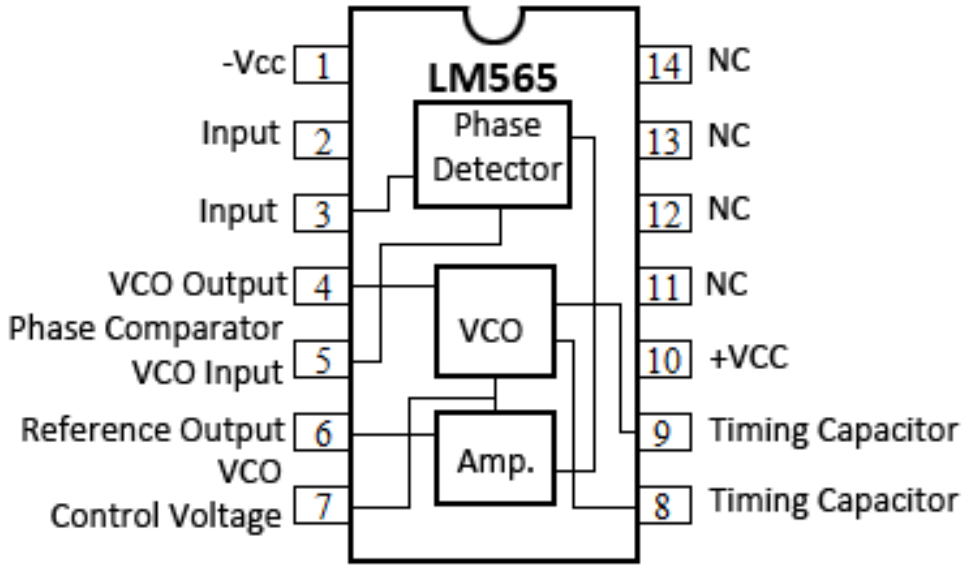
- **Foster seely tipi:** Genellikle eski tip alıcılarda kullanılır. IF katı çıkışı ile foster seely diskriminatör katı girişı arasında limitör (kırpıcı) katı kullanmak gerekir.
- **Oran dedektör tipi:** Hem limitör hem de dedektör katı olarak görev yapar.

### 1.3.4.1. PLL'li Yöntem

PLL (faz kilitlemeli döngü) kullanılarak yapılan elektronik frekans kontrolü sayesinde uydu, GM ve FM iletişim sistemlerinde büyük avantajlar sağlanmıştır.

Faz kilitlemeli döngü sisteminde çıkış frekansı giriş frekansına eşit olduğunda otomatik kilitleme gerçekleşir. Bir döngü içerisinde çıkış ve giriş frekansları sürekli kıyaslanır. Eğer kilitleme frekansından bir sapma olursa aynı oranda üretilen bir hata gerilimi ile VCO'nun frekansını değiştirerek giriş sinyaline yaklaştırılır.

Piyasada PLL entegresi olarak kullanılan LM565'in ayak bağlantıları Şekil 1.12'de verilmiştir.



Şekil 1.12: PLL entegresi olarak kullanılan LM565 entegresi

## UYGULAMA FAALİYETİ

Haberleşme sistemleri ve modülasyonun gerekliliğini kavrayarak haberleşmede frekans modülasyonunu kullanınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Şekil 1.10'daki devreyi kurunuz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız.</li><li>➤ Devreyi doğrudan deney bordu üzerine kurabileceğiniz gibi delikli plaket üzerine de kurabilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Devreye enerji uygulayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Mümkünse regüleli bir güç kaynağı tercih ediniz.</li><li>➤ Güç kaynağınızın sabit 12V uçlarını kullanınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <math>D_1</math> üzerindeki gerilim değerinin <math>P_1</math> ile değiştirilebildiğini test ediniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <math>D_1</math> diyotu uçlarına avometre bağlayınız.</li><li>➤ AVometreyi DC volt konumuna alınız.</li><li>➤ <math>P_1</math> potansiyometresinin ayarlama ucunu çevirirken <math>D_1</math> üzerindeki gerilimin değiştiğini gözleyiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <math>D_1</math> üzerindeki gerilim değişikliğinin çıkış frekansını değiştirdiğine dikkat ediniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Osilaskop'un 1. kanalını (CH1) <math>V_{SF}</math> noktasına, 2. kanalını (CH2) <math>V_C</math> noktasına bağlayınız.</li><li>➤ <math>P_1</math> potansiyometresinin ayarlama ucunu çevirerek <math>D_1</math> üzerindeki gerilimi değiştiriniz. Bu esnada osilaskop ekranında çıkış frekansının da değiştiğini inceleyiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Çıkış sinyalinin şekli düzgün değilse düzeltiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <math>V_D</math> gerilimini 3 voltta sabit bırakınız.</li><li>➤ Çıkış şekli düzgün değilse <math>C_4</math> kondansatörünün değerini değiştiriniz ya da ayarlı (trimer) kondansatör bağlayınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ SF sinyaline bağlı olarak modüleli çıkış sinyalinin frekansının değiştiğine dikkat ediniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ SF girişine 1KHz sinüsoidal sinyal uygulayınız.</li><li>➤ Osilaskop proplarından birinin SF ucuna, diğerinin <math>V_C</math> ucuna hâlen bağlı olduğundan emin olunuz.</li><li>➤ SF sinyali değiştikçe <math>V_C</math> noktasından ölçtüğünüz sinyalin frekansının da değiştiğini gözleyiniz.</li></ul>

## 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. Şekil 1.10'daki devreyi kurabildiniz mi?		
2. Devreye enerji uyguladınız mı?		
3. $D_1$ üzerindeki gerilim değerinin $P_1$ ile değiştirilebildiğini test ettiniz mi?		
4. $D_1$ üzerindeki gerilim değişikliğinin çıkış frekansını değiştirdiğine dikkat ettiniz mi?		
5. Çıkış sinyalini düzgün şekilde elde ettiniz mi?		
6. SF sinyaline bağlı olarak modüleli çıkış sinyalinin frekansının değiştiğine dikkat ettiniz mi?		
<b>Düzenli ve kurallara uygun çalışma</b>		
1. Mesleğe uygun kıyafet (önlük) giydiniz mi?		
2. Çalışma alanını ve aletleri tertipli, düzenli kullandınız mı?		
3. Laboratuvar ortamının temizlik ve düzenine dikkat ettiniz mi?		
4. İşlem basamakları sırasına uygun davrandınız mı?		
5. Zamanı iyi kullandınız mı?		

## 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. (...) Haberleşme sisteminde bir verici ile birlikte birden fazla sayıda alıcı bulunabilir.
2. (...) Demodülasyon işlemi yapan devreye modülatör denir.
3. Saniyedeki saykıl sayısına frekans denir.
4. (...) Periyodun sembolü T olarak kullanılır.
5. (...) Bir saykılın metre cinsinden kapladığı mesafeye **dalga boyu** denir ve  $\lambda$  ile gösterilir.
6. (...) Dalga boyunu bulmak için  $\lambda = 3.10^8 / T$  formülü kullanılır.
7. (...) Genliği ve frekansı sabit taşıyıcı bir dalganın (frekansı sabit kalmak şartıyla) genliğinin SF sinyali ile değiştirilmesine **frekans modülasyonu** denir.
8. (...) Genliği ve frekansı sabit taşıyıcı bir dalganın (genliği sabit kalmak şartıyla) frekansının SF sinyali ile değiştirilmesine **genlik modülasyonu** denir.
9. (...) Frekans modülasyonunun en büyük dezavantajı yayın mesafesinin kısa olmasıdır.
10. (...) Genlik modülasyonunda iletim sırasında sinyalin genliği bozulsa bile ses frekans sinyali bozulmaz. Genlik modülasyonunda ses daima temiz ve nettir.

### 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

Gerekli ortam sağlandığında sayısal haberleşmeyi, darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini kavrayarak uygulayabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Sayısal haberleşme ile ilgili temel kavramları araştırınız.
- Sayısal haberleşmede kullanılan teknikleri araştırınız.
- Seri data gönderilmesi konusunu araştırınız.
- Darbe kod modülasyonu ve kodlama tekniklerini araştırınız.

## 2. SAYISAL HABERLEŞME

### 2.1. Temel Kavramlar

Temel kavramlar sayısal haberleşme ile ilgili teorik ve uygulama konularının anlaşılmasını sağlamak için öncelikle ele alınmıştır.

#### 2.1.1. Bit

Binary (ikilik) sayı sisteminde kullanılan her bir elemana **bit** denir. Bu elemanlar **0** ve **1**'dir.

#### 2.1.2. Bps (bit per second)

İki bağlantı noktası arasındaki verinin transfer edilme hızı olup saniyedeki bit miktarını ifade eder ve bu hız bps olarak gösterilir. Örneğin, 56000 bps (56 kbps) hıza sahip bir modem saniyede 56000 bit veri transfer edebilir demektir.

**Örnek 2.1:** Periyodu 10 mikro saniye olan bir bitlik bir verinin hızını bulunuz.

**Çözüm:** Saniyedeki bit sayısı hızı verdiğine göre  $f = 1 / T$  formülü ile bulunan frekans değeri hıza eşit olur.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{10} = 100000 \text{ Hz} = 100 \text{ KHz} = 100 \text{ Kbps}$$



### 2.1.3.Baud

Baud kelimesi, Baudot telgraf kodunun mucidi olan J.M.E. Baudot'un soyadından gelmektedir. Analog bir telefon hattından birim zamanda aktarılan verinin hız oranını belirten Baud, bir başka deyişle, bir saniyede analog seslere çevrilen sayısal sinyallerin miktarını belirten bir ölçü birimidir.

### 2.1.4.Baud Rate (Baud Hızı)

İletişim kurma hızına **baud hızı** denir ve **baud/saniye** ile gösterilir. Çoğunlukla modemlerde iletişim hızı baud hızı olarak ifade edilir. Baud hızı, hattın durumunun kaç kez değiştiğini gösterir. Bu değer, yalnızca her sinyal gönderilen verilerin bir bitine karşılık geliyorsa bit/saniye değerine eşittir. Birbiriyle iletişim kurabilmeleri için modemler aynı baud hızında çalışmalıdır. Bir modemin baud hızı diğerinden daha fazla olacak biçimde ayarlanmışsa, hızlı olan modem genellikle baud hızını yavaş olan modeme uyum sağlayacak şekilde değiştirir.

Yavaş bir bağlantıda, tek bir elektriksel değişimle yalnızca 1 bit bilgi taşınır. Bu bağlamda baud, saniyede kaç bit veri aktarıldığını belirtir. Örneğin, 100 baud, saniyede 100 bit veri aktarımı gerçekleştiğini belirtir ve 100 bps olarak gösterilir. Daha yüksek iletim hızlarında, tek bir elektriksel değişimle 1 bitten daha fazla bilgi taşınabilir. Örneğin; 2400 ya da 4800 baud ile 9600 bps'lik veri aktarımını gerçekleştirebilmek mümkündür. Dolayısıyla yüksek iletim hızlarında veri aktarımı ölçüsü olarak baud yerine bps kullanılması tercih edilmektedir.

### 2.1.5.BER: Bit Error Rate (bit hata oranı)

Veri iletişimi sırasında fark edilemeyen ya da düzeltilemeyen hatalı bit sayısının, iletilen toplam bit sayısına oranına **bit error rate** denir.

$$BER = \text{Gönderilen hatalı bit sayısı} / \text{Gönderilen toplam bit sayısı}$$

**Örnek 2.2:** Gönderilen toplam 100000 bit içerisinde 2 adet hatalı bit bulunduğuna göre BER değerini bulunuz.

$$\text{Çözüm: } BER = \frac{2}{100000} = 0,00002 \Rightarrow BER = 2 \cdot 10^{-5}$$

### 2.1.6.Kanal

Tek transmisyon yolu için kullanılan genel terime **kanal** denir. Örneğin; program kanalı, telefon kanalı vb.

### 2.1.7.Kanal Kapasitesi

Bir transmisyon hattından saniyede iletilebilecek maksimum bit miktarına **kanal kapasitesi** denir.

Kanal kapasitesi şu formülle bulunur:

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

Formülde:

C = Kanal kapasitesi (bps)

B = Bant genişliği (Hertz)

S = Sinyal

N = Gürültü

**Örnek 2.3:** Bant genişliği 3KHz olan bir telefon hattında S/N oranı 2047 olduğuna göre kanal kapasitesini bulunuz.

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

$$C = B \cdot \log_2 (1 + 2047) = B \cdot \log_2 (2048)$$

$$C = B \cdot 11$$

$$C = 3000 \cdot 11 = 33000 \text{ bps}$$

NOT:

$$2^{11} = 2048$$

$$\log_2 2048 = 11$$

### 2.1.8. Gürültü

Herhangi bir nedenle bir sinyalin istenmeyen sebeplerle değişmesine veya parazitlenmesine sebep olan etkiye **gürültü** denir.

Elektronik devrelerde gürültüyü azaltmak için şunlara dikkat edilmelidir:

- Elemanlar arası mesafe kısa tutulmalı, özellikle yüksek frekanslı devrelerde boşta sallanan kablolarla taşıma yapılmamalıdır.
- Kablo kullanmak zorunluysa blendajlı ya da koaksiyel kablo kullanılmalıdır.
- Uzun bacaklı elemanlar plaket üzerine sallanmayacak şekilde tutturulmalı, bacakların uzun kısmı kesilmeli, elemanlar devreden yüksekte kalmamalıdır.
- Düşük gürültülü transistörler tercih edilmeli, birlikte çalışacak elemanlardan karakteristik özelliklerinin birbirine yakın olanları tercih edilmelidir.
- Düzenlenecek devreyi içerisinde barındıran bir tümleşik entegre varsa bu tercih edilmelidir.

### 2.2. Örneklemeye Teoremi

Örneklemeye teoremi zaman bölmeli çoğullama yapılan bir işaret için geçerlidir.

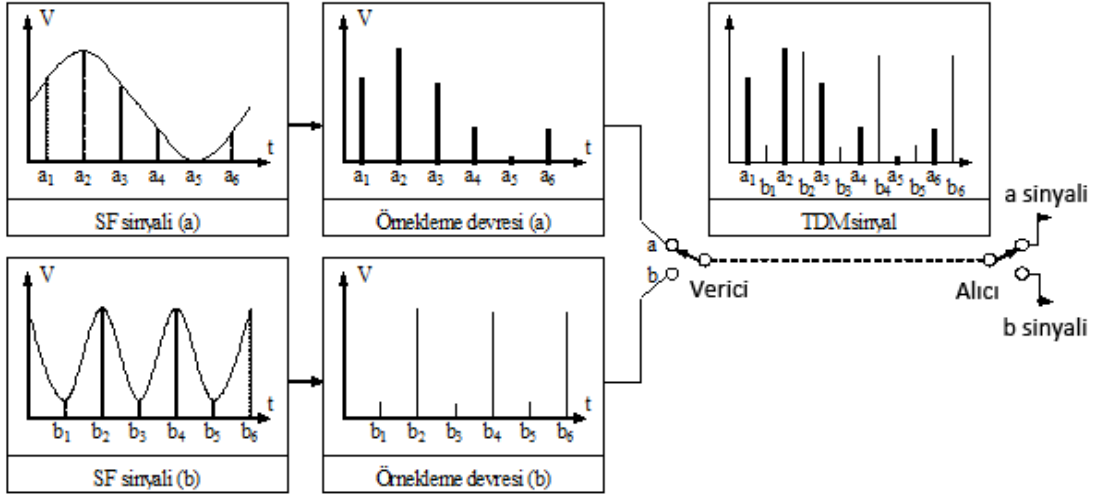
Bir iletim hattının birçok telefon konuşma kanalı tarafından aynı anda bölüşümlü olarak kullanılmasına **çoklamadır**.

Telefon konuşma kanallarında uluslararası prensip olarak 300Hz – 3.4KHz arasındaki bant genişliği kullanılır. Konuşma kanallarının tek tek iletimi, hem pahalı hem de pratik değildir. Bu nedenle telefon kanalları çoklama yapılarak örneğin 12, 24, ..., yada 900 kanal bir arada aynı iletim hattını kullanabilir.

Her bir konuşma kanalının belli aralıklarla örnekleme yapılarak iletim hattının bant genişliği içerisinde sırayla taranmasına ve aynı iletim hattını kullanmasına **zaman bölmeli çoklama** denir.

Konuşma kanalının örnekleme işlemi zaman bölüşümlü anahtarlama ile yapılır.

Ortak bir kaynağın çok sayıda kullanıcı tarafından kısa süreli aralıklarla kullanımına uygun şekilde düzenlenmiş anahtarlama sistemine **zaman bölüşümlü anahtarlama** denir yani her konuşma kanalı, aynı iletim hattını kısa süreli olarak tek başına kullanır. Bu işlem için belli bir uyum gerekir. Gönderici ve alıcı tarafı senkronizeli olarak çalışır. Analog bir sinyalin orijinali kesintisizdir. Belli aralıklarla örnekleme yapılarak çeşitli değerler alındığında kesintiye uğrar. Bu örnekler alıcı tarafına ulaştığında bir alçak geçiren filtreden geçirildiğinde kesintiye uğramış kısımlar orijinaline uygun şekilde doldurulur. Ancak verici tarafında alınan örnekleme sayısı gereğinden az sayıda ise elde edilen sinyal orijinaline uygun olmaz. Örnekleme frekansı data bileşenleri içerisindeki en yüksek frekans değerinin (3400Hz.) en az iki katı değerinde (8Khz) olmalıdır.



Şekil 2.1: İki kanallı TDM sinyal iletimi

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi iki ayrı analog sinyal örneklendikten sonra zaman bölüşümlü anahtarlama ile aynı iletim hattına yerleştirilmektedir. Bu işlem için SF sinyali (a)'dan örnekleme devresi yardımıyla  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$  zamanlarında aralıklı olarak örnekleme sinyalleri alınır. Aynı işlem SF sinyali (b) için de tekrarlanır. (b)'den alınan örnekleme sinyalleri  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  olsun. Aynı yöntemle istenilen sayıda SF sinyalinden örnekleme yapılabilir. Burada temel şart analog SF sinyallerinin tümünün eşit aralıklarla ancak farklı zamanlarda örnekleme işlemine tabi tutulmasıdır. Örnekleme devreleri ve anahtarların çalışması birbirleriyle senkronize olmalıdır. Devreye göre verici anahtarı önce  $a_1$  örnek palsini almak için a konumuna, sonra  $b_1$  örnek palsini almak için b konumuna ayarlanır. Anahtarın sürekli senkronize bir şekilde konum değiştirmesi sonucu iletim hattına örnek palslerin yerleşimi  $a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3, a_4, b_4, a_5, b_5, a_6, b_6$  şeklinde olur. İletim hattının verici tarafında anahtar yardımıyla a ve b sinyallerine ait örnekler ayrıştırılır. Aynı ayrı elde edilen örnekler alçak geçiren filtreden geçirilerek orijinaline uygun analog SF sinyaline dönüştürülür.

## 2.3.Kodlama

Binary sayıların işlenmek ya da saklanmak amacıyla belli bir sistem çerçevesinde değiştirilmesine **kodlam**adenir.

### 2.3.1.İletim Kodları

Belli başlı kodlama türleri şunlardır:

- Desimal için Binary Kodu (BCD)
- Oktal için Binary Kodu (BCO)
- Heksadesimal için Binary Kodu (BCH)
- Excess-3 (3-İlave) Kodu
- Parity (Hata Düzeltme) Kodu
- Gray Kodu
- Alfanümerik Kodlar
  - EBCDIC Kodu
  - ASCII Kodu

#### 2.3.1.1.Desimal İçin Binary Kodu (BCD - Binary Coded Decimal)

BCD, 0 – 9 arası desimal rakamları Binary olarak ifade etmektir. Desimal sayının her bir basamağı dört bitlik Binary sayı olarak yazılır. Tablo 2.1’de çeşitli desimal sayılara karşılık gelen BCD sayılar görülmektedir.

DESİMAL SAYI	BCD KARŞILIĞI
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	0001 0000
12	0001 0010
15	0001 0101
24	0010 0100
27	0010 0111
36	0011 0110

**Tablo 2.1: Bazı desimal sayıların BCD karşılıkları**

**Örnek 2.4:** Desimal 13 sayısını BCD olarak kodlayınız.

**Çözüm :**

$$(13)_{10} = \frac{0001}{1} \frac{0011}{3} \quad (13)_{10} = (0001 \ 0011)_{BCD}$$

**Örnek 2.5:** Desimal 48 sayısını BCD olarak kodlayınız.

**Çözüm :**

$$(48)_{10} = \frac{0100}{4} \frac{1000}{8} \quad (48)_{10} = (0100 \ 1000)_{BCD}$$

### 2.3.1.2. Oktal İçin Binary Kodu (BCO - Binary Coded Octal)

Oktal kodu, 0-7 arası oktal rakamların Binary olarak ifade edilmesidir. Oktal sayının her bir basamağı üç bitlik Binary sayı olarak yazılır. Bazı oktal sayıların BCO karşılığı Tablo 2.2'de verilmiştir.

OKTAL SAYI	BCO KARŞILIĞI
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111
10	001 000
12	001 010
25	010 101
42	100 010
67	110 111
102	001 000 010
375	011 111 101
642	110 100 010

**Tablo 2.2: Bazı oktal sayıların BCO karşılıkları**

**Örnek 2.6:**  $(725)_8$  oktal sayısını BCO olarak kodlayınız.

**Çözüm :**

$$(725)_8 = \frac{111}{7} \frac{010}{2} \frac{101}{5} \quad (725)_8 = (111 \ 010 \ 101)_{BCO}$$

**Örnek 2.7:**  $(3567)_8$  oktal sayısını BCO olarak kodlayınız.

**Çözüm :**

$$(3567)_8 = \frac{011}{3} \frac{101}{5} \frac{110}{6} \frac{111}{7} \quad (3567)_8 = (011 \ 101 \ 110 \ 111)_{BCO}$$

### 2.3.1.3. Heksadesimal İçin Binary Kodu (BCH - Binary Coded Hexadecimal)

Heksadesimal kodu, 0-F arası heksadesimal rakamların Binary olarak ifade edilmesidir. Heksadesimal sayının her bir basamağı dört bitlik Binary sayı olarak yazılır. Bazı heksadesimal sayıların BCH karşılığı Tablo 2.3'te verilmiştir.

HEKSADESİMAL SAYI	BCH KARŞILIĞI
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111
10	0001 0000
5A	0101 1010
75	0111 0101
A3	1010 0011
8C	1000 1100
FF	1111 1111

**Tablo 2.3: Bazı heksadesimal sayıların BCH karşılıkları**

**Örnek 2.8:** B5 heksadesimal sayısını BCH olarak kodlayınız.

**Çözüm :**

$$(B5)_{16} = \frac{1011}{B} \frac{0101}{5} \quad (B5)_{16} = (1011 \ 0101)_{BCH}$$

**Örnek 2.9:** 9FC heksadesimal sayısını BCH olarak kodlayınız.

**Çözüm :**

$$(9FC)_{16} = \frac{1001}{9} \quad \frac{1111}{F} \quad \frac{1100}{C} \quad (9FC)_{16} = (1001 \ 1111 \ 1100)_{BCH}$$

#### 2.3.1.4. Excess – 3 (3 – ilave) Kodu

Excess-3 kodu, BCD şeklindeki sayının her bir basamağına ayrı ayrı  $(11)_2 = 3$  sayısının eklenmesiyle elde edilir.

DESİMAL RAKAM	BCD	3 – İLAVE KODU
0	0000	0011
1	0001	0100
2	0010	0101
3	0011	0110
4	0100	0111
5	0101	1000
6	0110	1001
7	0111	1010
8	1000	1011
9	1001	1100

**Tablo 2.4:** Desimal rakamların 3 – ilave kodlu karşılıkları

**Örnek 2.10:** 305 desimal sayısını 3 – ilave kodda ifade ediniz.

**Çözüm :** Her bir basamağa 3 ilave edildiğinde,

$$(305)_{10} = \frac{0110}{3} \quad \frac{0011}{0} \quad \frac{1000}{5} \quad (305)_{10} = (0110 \ 0011 \ 1000)_{3-İLAVE}$$

**Örnek 2.11:** 628 desimal sayısını 3 – ilave kodda ifade ediniz.

**Çözüm :** Her bir basamağa 3 ilave edildiğinde,

$$(628)_{10} = \frac{1001}{6} \quad \frac{0101}{2} \quad \frac{1011}{8} \quad (628)_{10} = (1001 \ 0101 \ 1011)_{3-İLAVE}$$

#### 2.3.1.5. Parity Kodu (Hata Düzeltme Kodu)

Parity kodu, Binary bir bilginin tek veya çift sayıda 1'e sahip olduğunu belirleyen koddur.

Tek parity ve çift parity olmak üzere iki çeşit parity biti vardır. Veri kelimesindeki 1'lerin toplamına bakılır. Eğer 1'lerin toplamı tek ise, tek parity, 1'lerin toplamı çift ise çift parity'dir. Parity biti olarak 0 veya 1 kullanmak serbesttir. Ancak alıcı ve verici arasında uyum olmalıdır. Gönderilen veri üzerindeki parity biti ile verinin işlendiği anda bulunan

parity biti birbirine eşit çıkmalıdır. Aksi hâlde aktarım sırasında veride hata oluştuğu anlaşılır.

Tablo 2.5'te parity biti olarak **0** kullanılmıştır.

BİLGİ	P (TEK)	BİLGİ	P(ÇİFT)
0000	0000 1	0000	0000 0
0001	0001 0	0001	0001 1
0010	0010 0	0010	0010 1
0011	0011 1	0011	0011 0
0100	0100 0	0100	0100 1
0101	0101 1	0101	0101 0
0110	0110 1	0110	0110 0
0111	0111 0	0111	0111 1
1000	1000 0	1000	1000 1
1001	1001 1	1001	1001 0
1010	1010 1	1010	1010 0
1011	1011 0	1011	1011 1
1100	1100 1	1100	1100 0
1101	1101 0	1101	1101 1
1110	1110 0	1110	1110 1
1111	1111 1	1111	1111 0

**Tablo 2.5: Tek ve çift parity kodlu bilgiler**

**Örnek 2.12:**0010 0, 1010 0, 1110 0, 0111 1 parity kodlu sayıları tek ve çift parity olarak sınıflandırınız (Parity biti olarak 0 kullanınız).

**Çözüm:**

Tek parity olanlar :    0010 0            1110 0  
Çift parity olanlar :    1010 0            0111 1

### 2.3.1.6. Gray Kodu

Gray kodu özellikle Karnaugh haritalarında kullanılan ve komşuluk hakkı 1 olan koddur yani kodlama sırasında bir veriden diğerine geçişte sadece bir adet bitin değişimine izin verilir. Tablo 2.6 incelendiğinde 0000'dan 0001'e geçişte sadece en sağdaki bit, 0001'den 0011'e geçişte sadece sağdan ikinci bit, 0011'den 0010'a geçişte en sağdaki bit 0010'dan 0110'a geçişte sadece soldan ikinci bit değişikliğe tabi tutulmuştur.



DESİMAL SAYI	BINARY KARŞILIĞI	GRAY KODLU KARŞILIĞI
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

**Tablo 2.6: Bazı decimal sayıların binary ve gray kodlu karşılıkları**

### **Binary sayıların gray koduna çevrilmesi**

Binary sayılar Gray koduna çevrilirken aşağıdaki işlem basamaklarının uygulanması gerekir:

- Binary olarak verilen ilk bit aşağıya indirilir.
- İlk bit ile ikinci bitin toplamı aşağıdaki bitin sağ tarafına yazılır.
- İkinci bit ile üçüncü bitin toplamı aşağıdaki diğer bitlerin sağına yazılır.
- Bitler bitene kadar iki bitin toplamı sağ bitin altına gelecek şekilde işleme devam edilir.

**Not:** Çevirme işlemi sırasında, toplama işleminde ifadeler aşağıdaki gibi olmalıdır.

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ (Burada elde dikkate alınmaz.)}$$

**Örnek 2.13:** 1011 Binary sayıyı gray kodlu sayıya çeviriniz.

**Çözüm :**

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & \oplus & 0 & \oplus & 1 & \oplus & 1 \\ \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \\ 1 & & 1 & & 1 & & 0 \end{array} \quad (1011)_2 = (1110)_{\text{GRAY}}$$

**Örnek 2.14:** 11001 Binary sayıyı gray kodlu sayıya çeviriniz.

**Çözüm :**

$$\begin{array}{cccccccc} 1 & \oplus & 1 & \oplus & 0 & \oplus & 0 & \oplus & 1 \\ \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \\ 1 & & 0 & & 1 & & 0 & & 1 \end{array} \quad (11001)_2 = (10101)_{\text{GRAY}}$$

### Gray kodunun binary'ye çevrilmesi

Gray kodunu Binary'ye çevirirken aşağıdaki işlem basamaklarının uygulanması gerekir:

- Gray kodlu ifadedeki ilk bit aşağıya indirilir.
- İkinci bit ile aşağıya indirilen ilk bitin toplamı aşağıya indirilen bitin yanına yazılır.
- Üçüncü bit, aşağıya indirilen ikinci bitle toplanır ve ikinci bitin yanına yazılır.
- Gray kodlu bitler bitene kadar işleme devam edilir.

**Örnek 2.15:** 1101 gray kodlu sayıyı Binary 'e çeviriniz.

**Çözüm:**

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & \oplus & 1 & \oplus & 0 & \oplus & 1 \\ \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \\ 1 & & 0 & & 0 & & 1 \end{array} \quad (1101)_{\text{GRAY}} = (1001)_2$$

**Örnek 2.16** 10101 gray kodlu sayıyı Binary 'e çeviriniz.

**Çözüm :**

$$\begin{array}{cccccccc} 1 & \oplus & 0 & \oplus & 1 & \oplus & 0 & \oplus & 1 \\ \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \downarrow & \searrow & \\ 1 & & 1 & & 0 & & 0 & & 1 \end{array} \quad (10101)_{\text{GRAY}} = (11001)_2$$

### 2.3.1.7. Alfanümerik Kodlar

Bilgisayar ortamında kullanılabilecek rakam, harf ve çeşitli özel işaret ve sembollerin ikilik sistemde ifade edilebilmesi için uluslararası kabul görmüş bazı standartlar gelişmiştir. Bunlardan en yaygın ve hâlen kullanımda olanı ASCII (American Standards Code for

Information Interchange)'dir. Buna benzer şekilde EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Information Code)'de vardır.

EBCDIC, Genişletilmiş BCD değişim kodudur. 8 bitlidir.

ASCII, Amerikan Standart Bilgi Değişim Kodu demektir. 7 bitlik bir koddur; ancak sekizinci bit eşlik biti olarak kullanılır.

KARAKTER	DESİMAL	ASCII KARŞILIĞI	EBCDIC KARŞILIĞI
0	48	011 0000	1111 0000
1	49	011 0001	1111 0001
2	50	011 0010	1111 0010
3	51	011 0011	1111 0011
4	52	011 0100	1111 0100
5	53	011 0101	1111 0101
6	54	011 0110	1111 0110
7	55	011 0111	1111 0111
8	56	011 1000	1111 1000
9	57	011 1001	1111 1001

Tablo 2.7: Rakamların ASCII ve EBCDIC karşılıkları

KARAKTER	DESİMAL	ASCII KARŞILIĞI	EBCDIC KARŞILIĞI
Boşluk	32	010 0000	0100 0000
\$	36	010 0100	0101 1011
.	46	010 1110	0100 1011
(	40	010 1000	0100 1101
)	41	010 1001	0101 1101
*	42	010 1010	0101 1100
+	43	010 1011	0100 1110
,	44	010 1100	0110 1011
-	45	010 1101	0110 0000
/	47	010 1111	0110 0001
=	61	011 1101	0111 1110

Tablo 2.8: Bazı özel işaretlerin ASCII ve EBCDIC karşılıkları

KARAKTER	DESİMAL	ASCII KARŞILIĞI	EBCDIC KARŞILIĞI
A	65	100 0001	1100 0001
B	66	100 0010	1100 0010
C	67	100 0011	1100 0011
D	68	100 0100	1100 0100
E	69	100 0101	1100 0101
F	70	100 0110	1100 0110
G	71	100 0111	1100 0111
H	72	100 1000	1100 1000
I	73	100 1001	1100 1001
J	74	100 1010	1101 0001
K	75	100 1011	1101 0010
L	76	100 1100	1101 0011
M	77	100 1101	1101 0100
N	78	100 1110	1101 0101
O	79	100 1111	1101 0110
P	80	101 0000	1101 0111
Q	81	101 0001	1101 1000
R	82	101 0010	1101 1001
S	83	101 0011	1110 0010
T	84	101 0100	1110 0011
U	85	101 0101	1110 0100
V	86	101 0110	1110 0101
W	87	101 0111	1110 0110
X	88	101 1000	1110 0111
Y	89	101 1001	1110 1000
Z	90	101 1010	1110 1001

Tablo 2.9: Büyük harflerin ASCII ve EBCDIC karşılıkları

## 2.4.Seri Data Gönderilmesi

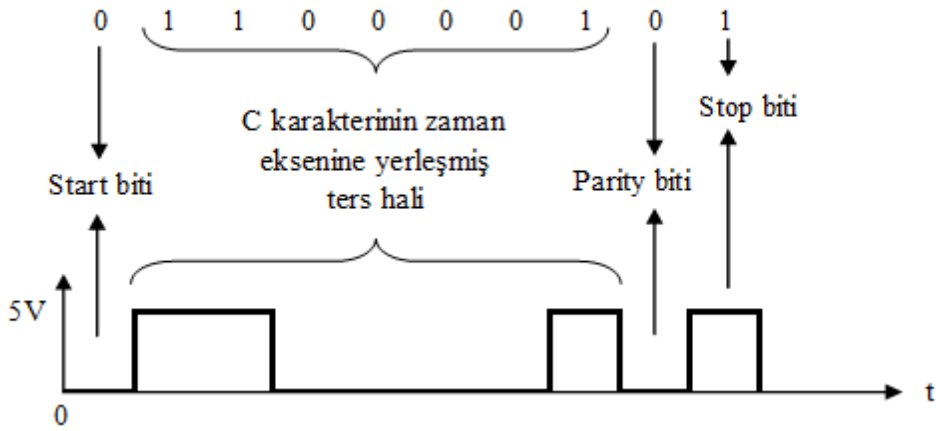
Seri data gönderilmesi asenkron ve senkron olmak üzere iki şekilde yapılır.

### 2.4.1.Asenkron Data Gönderimi

Asenkron data gönderiminde her bir karaktere start (0) ve stop (1) biti eşlik eder. Stop bitinden önce parity biti gönderilir. Lojik-1 seviyesi için +5V, Lojik-0 seviyesi için 0 ya da şase potansiyeli kullanılır.

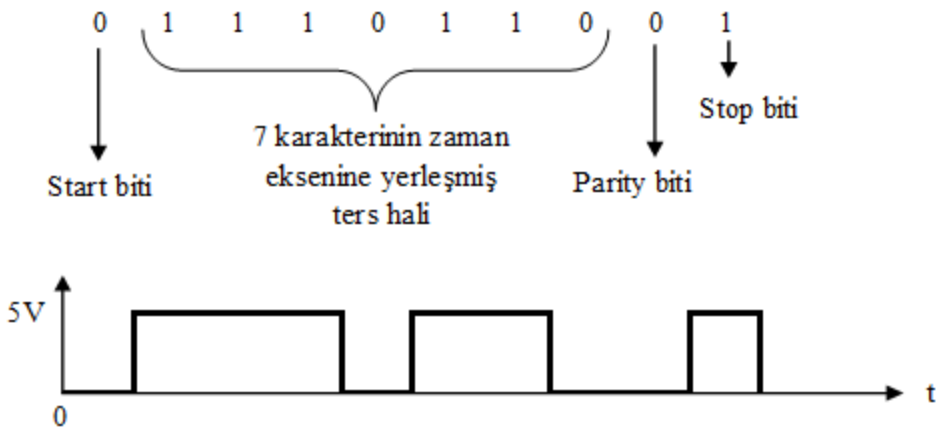
**Örnek 2.17:**C harfi ASCII kodunda asenkron olarak gönderildiğinde oluşacak dalga şeklini çiziniz.

**Çözüm:** C harfinin ASCII karşılığı Tablo 2.9'dan **100 0011** olarak bulunur. Bu bilgi zaman ekseninde gösterilirken ilk iletilecek bit en az değerlikli bit olacağından **1100 001** şeklini alır. Karakter bilgisinin başlangıcına start için 0, sonuna stop için 1 eklenir. Ayrıca stop ile karakter bilgisi arasına parity biti olarak 0 ilave edildiğinde 1100001 bilgisinin son durumu **0110000101** olur.



**Örnek 2.18:**7rakamı ASCII kodunda asenkron olarak gönderildiğinde oluşacak dalga şeklini çiziniz.

**Çözüm:** 7rakamının ASCII karşılığı Tablo 2.t'den **011 0111** olarak bulunur. Bu bilgi zaman ekseninde sıralaması ters olarak gösterileceğinden **1110 110** şeklini alır. Karakter bilgisinin başlangıcına start için 0, sonuna stop için 1 eklenir. Ayrıca stop ile karakter bilgisi arasına parity biti olarak 0 ilave edildiğinde 1110110 bilgisinin son durumu **0111011001** olur.



## 2.4.2.Senkron Data Gönderimi

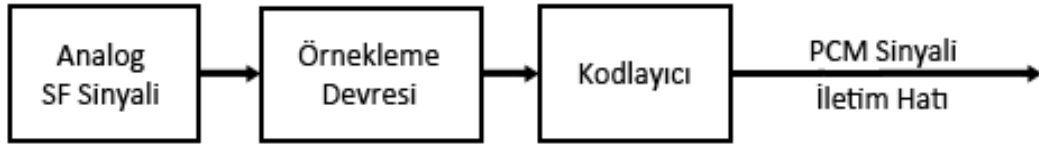
Senkron data gönderiminde start ve stop bitleri kullanılmaz. Data bloklar hâlinde gönderilir. Senkron data gönderiminde gönderen ve alan sürekli haberleşir. Gönderici ve alıcı arasında senkronizasyonu sağlamak için ilk önce SYN (synchronous – senkronizasyon) bitleri gönderilir.

Ortalama 128 karakterden oluşan data blokları gönderildikten sonra blok sonu işareti olarak ETB (end of transmission block –blok sonu karakteri) işareti gönderilir. Alıcı gönderilen data bloğunda yer alan karakterler için parity kontrolü yapar ve durum normal ise göndericiye diğer bloğu göndermesi için izin anlamına gelen ACK (acknowledge) işaretini yollar. Eğer alıcı, yapılan parity kontrolünde hata bulursa, alınan hatalı data bloğunun yenilenmesi için olumsuz işareti olarak NAK ( negative acknowledge) karakterini gönderir.

Gönderilen sonuncu bloktan sonra yazı sonu anlamına gelen ETX (end of text) işareti gönderilir. İletilecek datanın tamamen bitmesi durumunda ise iletim sonu anlamındaki EOT (end of transmission) işareti de gönderilir.

## 2.5.Darbe Kod Modülasyonu ve Kodlama Teknikleri

Analog sinyalin örneklenerek ayırık darbeler şeklinde düzenlendikten sonra genlik ve genişliğinin standart şekilde kodlanarak iletme hazır duruma getirilmesi işlemine **PCM(Pulse Code Modulation - darbe kod modülasyonu)**denir.



Şekil 2.2: Analog SF sinyalini PCM'e dönüştürme işlemine ait blok şema

### 2.5.1.Kuantalama İşlemi

Haberleşmede bir ölçme skalasındaki her bir aralığa **quantum (kuantum)** denir. Genliği sürekli olan analog işaretlerden alınan örneklerin, önceden belirlenmiş belli sayıdaki seviyelerden en yakın değere yuvarlanma işlemine **kuantalama işlemi**denir.

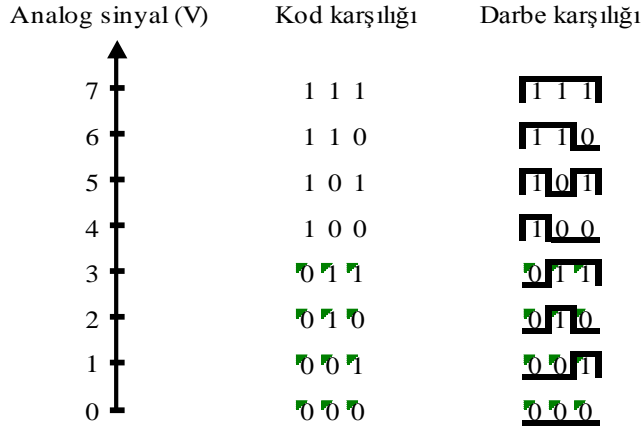
Örnekleme ve kuantalama işlemleri sonucunda analog işaretler sayısal işaretlere dönüşür.

PCM (**Pulse Code Modulation - darbe kod modülasyonu**)kullanılarak yapılan iletişime **sayısal iletişim** denir.

PCM'de, örneklenen her bir değer için belli bir kod karşılığı vardır. Kesintisiz analog SF sinyalinden örnekler alınarak farklı genliğe sahip ayırık darbeler şekline dönüştürülmesine **nicemleme** denir.

Nicemleme işlemi sonucunda oluşan ayırık darbelerin genliği değişkendir. Örnekleme yapıldığı andaki analog sinyalin genliğine eşdeğer bir darbe elde edilir. Analog sinyalin genliği değiştikçe ayırık darbenin de genliği değişir. İletim sırasında bu darbeler üzerine

parazit eklenmesi ya da darbenin zayıflaması durumunda orijinal bilgi değişikliğe uğrar. Bu nedenle alınan örnek darbelerin yerine kodlanmış darbeler yerleştirilir. Kodlu darbelerin genliği sabittir. Darbe var ise lojik-1, yok ise lojik-0 olarak işlem görür. Dolayısıyla sadece darbe olup olmadığı incelenir. İletim sırasında darbenin genliğinin değişmesi orijinal bilgiyi etkilemez.



Şekil 2.3: 7 volt analog SF sinyalinin üç bit kodlanması

Analog SF Sinyali (Volt)	0	1	2	3	4	5	6	7
Üç Bit Kod Karşılığı	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1

Tablo 2.10: 7 volt analog SF sinyalinin üç bit kodlanması tablosu

Şekil 2.3 ve Tablo 2.10'da analog bir sinyalin üç bit kodlanması verilmiştir. Şekilde kolaylık olması bakımından analog sinyal 7 volt olarak seçilmiştir.

Analog sinyalin max. değeri uygulamada 7V olmayabilir. Burada amaç kullanılan analog sinyalin bit sayısına bağlı olarak kaç basamak hâlinde kodlanacağını belirlenmesidir. Bit sayısı arttıkça basamak değeri katlanarak artar. Eğer bit sayısı dört olursa basamak sayısı 15 olur.

Kodlamada kullanılan bit sayısına **grupya daçerçev**eder. Bir gruptaki bit sayısının imkânlar ölçüsünde çok olması istenir. Çünkü bit sayısı arttıkça vericideki orijinal bilgi ile alıcıda elde edilen bilgi birbirine daha çok benzer.

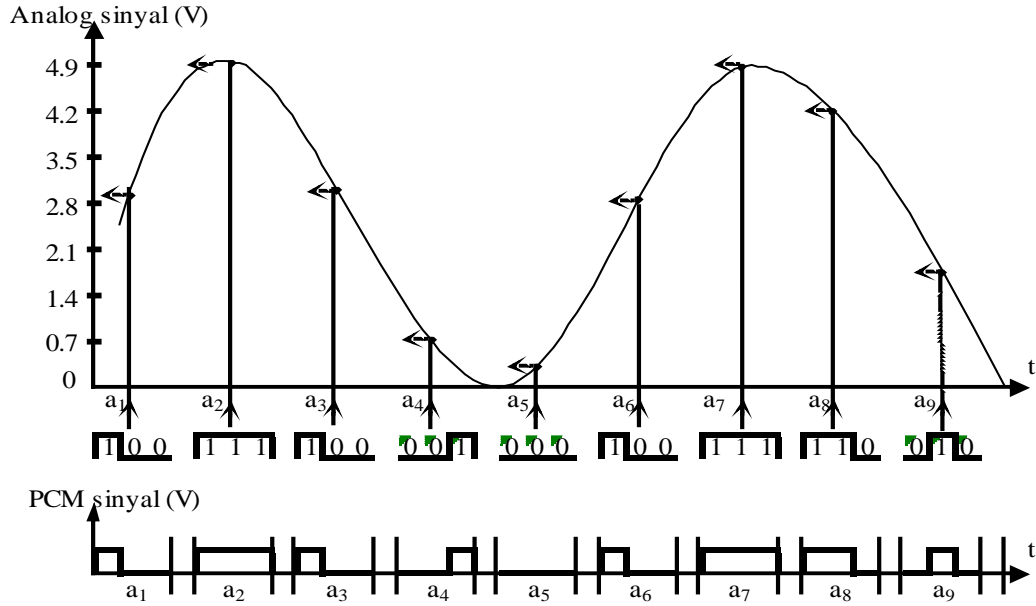
Örnek bir kodlama için analog sinyal 5 V. ve kodlama grubu sayısı üç alınırsa

**Basamak değeri** =  $V_{max}/(2^n-1)$  formülünde  $V_{max}=5V$ ,  $n=3$  alınarak Tablo 2.10'daki değerler bulunur.

Tablo 14.2 incelenecek olursa analog gerilim 0 ile 0.7 volt arasında ise kodu 000, 0.7 volttan 1.4 volta kadar ise kodu 001 olur. Örneğin, giriş gerilimi 1 V ise 001, 2 V ise 010, 3 V ise 100, 4 V ise 101, 5 V ise 111 olarak kodlanır.

Analog SF sinyali (Volt)	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9
Üç bit kod karşılığı	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1

**Tablo 2.11: 5 volt analog SF sinyalinin üç bit kodlanması tablosu**



**Şekil 2.4: Vmax.=5 Vanalog SF sinyalinin PCM'e dönüştürülmesi**

Şekil 2.4'te maks. değeri 5 volt olan analog bir SF sinyalinden a1, a2, a3, a4, a5, a6 zamanlarında aralıklı olarak örnekleme sinyalleri alınır. Bu değerlere karşılık gelen kod değerlerine göre (Tablo 2.4) darbeler elde edilir. Her bir örnekleme sinyaline ait kodlu darbeler eşit aralıklarla iletim hattına yerleştirilir. Kodlu darbeler arasında bırakılan boşluklara senkronize palsleri yerleştirilir. Aradaki senkronize palsleri verici-alıcı ile anahtarlama devrelerinde gerekli eşzamanlı çalışma ortamını düzenler.



## UYGULAMA FAALİYETİ

Sayısal haberleşmeyi, darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini kavrayarak uygulayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Desimal 26 sayısını BCD olarak kodlayınız.	➤ Örnek 2.4 ve Örnek 2.5'i inceleyiniz.
➤ $(567)_8$ oktal sayısını BCO olarak kodlayınız.	➤ Örnek 2.6 ve Örnek 2.7'yi inceleyiniz.
➤ A4 heksadesimal sayısını BCH olarak kodlayınız.	➤ Örnek 2.8 ve Örnek 2.9'u inceleyiniz.
➤ 625 desimal sayısını 3 – ilave kodda ifade ediniz.	➤ Örnek 2.10 ve Örnek 2.11'i inceleyiniz.
➤ 1010 Binary sayıyı gray kodlu sayıya çeviriniz.	➤ Örnek 2.13 ve Örnek 2.14'ü inceleyiniz.
➤ 1101 gray kodlu sayıyı Binary 'e çeviriniz.	➤ Örnek 2.15 ve Örnek 2.16'yı inceleyiniz.
➤ F harfi ASCII kodunda asenkron olarak gönderildiğinde oluşacak dalga şeklini çiziniz.	➤ Örnek 2.17 ve Örnek 2.18'i inceleyiniz.
➤ Analog SF sinyalini PCM'e dönüştürme işlemine ait blok şemayı çiziniz.	➤ Şekil 2.2'den faydalanınız.
➤ Kuantalama işlemi açıklayınız.	➤ Bölüm 2.5.1'den faydalanınız.
➤ 7 volt analog SF sinyalinin üç bit kodlanmasını yapınız.	➤ Şekil 2.3 ve Tablo 2.10'ü inceleyiniz.

## 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. Desimal 26 sayısını BCD olarak kodlayabildiniz mi?		
2. $(567)_8$ oktal sayısını BCO olarak kodlayabildiniz mi?		
3. A4 heksadesimal sayısını BCH olarak kodlayabildiniz mi?		
4. 625 desimal sayısını 3 – ilave kodda ifade edebildiniz mi?		
5. 1010 Binary sayıyı gray kodlu sayıya çevirebildiniz mi?		
6. 1101 gray kodlu sayıyı Binary 'e çevirebildiniz mi?		
7. F harfi ASCII kodunda asenkron olarak gönderildiğinde oluşacak dalga şeklini çizebildiniz mi?		
8. Analog SF sinyalinin PCM'e dönüştürme işlemine ait blok şemayı çizebildiniz mi?		
9. Kuantalama işlemini açıklayabildiniz mi?		
10.7 volt analog SF sinyalinin üç bit kodlanmasını yapabildiniz mi?		
<b>Düzenli ve kurallara uygun çalışma</b>		
1. Mesleğe uygun kıyafet giydiniz mi?		
2. Çalışma alanını ve aletleri tertipli-düzenli kullandınız mı?		
3. Laboratuvar ortamının temizlik-düzenine dikkat ettiniz mi?		
4. İşlem basamakları sırasına uygun davrandınız mı?		
5. Zamanı iyi kullandınız mı?		

## 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. Binary (ikilik) sayı sisteminde kullanılan her bir elemana **byte**denir.
2. Veri iletişimi sırasında fark edilemeyen ya da düzeltilemeyen hatalı bit sayısının, iletilen toplam bit sayısına oranına **baud** denir.
3. Herhangi bir nedenle bir sinyalin istenmeyen sebeplerle değişmesine veya parazitlenmesine sebep olan etkiye **kanal kapasitesi** denir.
4. Elektronik devrelerde gürültüyü azaltmak için kablolar mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
5. Bir iletim hattının birçok telefon konuşma kanalı tarafından aynı anda bölüşümlü olarak kullanılmasına **çoklam**adenir.
6. Binary sayıların işlenmek ya da saklanmak amacıyla belli bir sistem çerçevesinde değiştirilmesine **kodlam**adenir.
7. Desimal 26 sayısının BCD karşılığı 0010 0110 olur.
8. A4 heksadesimal sayısının BCH karşılığı 1010 0100 olur.
9. Senkron data gönderiminde her bir karaktere start (0) ve stop (1) biti eşlik eder.
10. Örneklem ve kuantalama işlemleri sonucunda sayısal işaretler analog işaretlere dönüşür.

## 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-3

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında radar sayısal modülasyon uygulamalarını yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Radar sayısal modülasyon tekniklerini araştırınız.
- Radar sayısal modülasyon uygulamalarını araştırınız.

## 3. RADAR SAYISAL MODÜLASYON UYGULAMALARI

Radar, elektromanyetik dalgalar yayınlarak hareket eden yada hareketsiz hedefler hakkında çeşitli bilgiler alabilen bir uzaktan algılama sistemidir. Çalışma prensibi, radardan gönderilen bir elektromanyetik sinyalin hedefe çarparak geri gelmesi esasına dayanır.

Radar kısaltması, **R**adio **D**etection **A**nd **R**anging kelimelerinden alınan harflerden oluşturulmuştur.

Radarların genel kullanım amaçları:

- Belirli bir mesafedeki bir nesneyi belirlemek
- Bir nesnenin hızını belirlemek
- Belli bir bölgenin haritasını çıkarmak

### 3.1. Radar Sayısal Modülasyon Teknikleri

Günlük yaşamda bir sesin yankısı bir nesnenin ne kadar uzakta olduğunu saptamada kullanılabilir. Bu amaçla yapılan ses radarlarına sonar adı verilir. Denizaltılar ve botlar çoğunlukla sonar kullanır.

Sonar tekniğini havada kullanmanın bazı sakıncaları vardır. Havadaki sesler hem çok uzağa gidemez hem de herkes tarafından duyulabildiğinden rahatsızlık verir. Rahatsızlığı ortadan kaldırmak için duyulabilir ses yerine ultrasound ses kullanmak mümkündür ancak en uygunu radarda ses yerine radyo dalgaları kullanmaktır. Radyo dalgaları çok uzak mesafelere ulaşabilir, insanlar tarafından görülemez ve zayıf olsalar bile saptanabilir.



**Resim 3.1: Radar ekipmanlarından görüntüler**

Seyir sırasında uçak ya da gemileri saptamak için tasarlanmış tipik bir radar seti vericilerini açar ve yüksek frekanslı radyo dalgaları, yüksek şiddette gönderilir. Bu  $1\mu s$  sürebilir. Bu süre sonunda radar, vericilerini kapatır, alıcısını açar ve yankıyı dinler ve yankının dönüşü için geçen süreyi ölçer. Radyo dalgaları ışık hızıyla ilerlediğinden radar setinin hassas bir zamanölçeri varsa uçağın mesafesini minimum hata ile ölçebilir.

Kara-temelli radarda, hava-temelli radara göre daha fazla radyo paraziti vardır. Bir kara-temelli radar bir sinyal gönderdiği zaman, her tür nesneye (eşyalar, köprüler, dağlar, binalar) çarparak yansır. Bu parazitleri ortadan kaldırmanın en kolay yolu, bunları filtrelemektir.

Gelişen son teknolojiye araçların hızını ölçmek için yeni bir lazer tekniği kullanılmaktadır. Bu lidar (**L**ight **D**etection **A**nd **R**anging) tekniği olarak adlandırılır.

Yaklaşık son on yıldan bu yana giderek yaygınlaşan ve kullanımı hızla artan “lidar”ın çalışma prensibi radara benzemekle birlikte “lidar”da radyo dalgaları yerine lazer ışınları kullanılır. Bir lidar sistemi, lazer tarayıcı ve soğutucu, GPS (Global Position System), INS (Inertial Navigation System) cihazlarından oluşmaktadır. Uçaklara takılan lazer tarayıcı tarafından yayılan yüksek frekanslı kızılötesi lazer ışınlarının uçakla yer arasındaki gidiş ve dönüşlerinde geçen süre ölçülmekte ve lazer dalgasının gönderildiği andaki uçağın konum bilgileri ile birlikte kaydedilmektedir.

### **3.2. Radar Sayısal Modülasyon Uygulamaları**

Sadece 0 ve 1 değerlerinden oluşan sisteme **sayısal** denir. Bu durumda sayısal işaret de 0 ve 1’lerden oluşur. Dolayısıyla adından da anlaşılacağı üzere sayısal modülasyon denildiğinde modüleli dalganın 0 ve 1’lerden oluşması gerekir.

Taşıyıcı dalga olarak sinüsoidal sinyal yerine dikdörtgen (ya da kare) dalga kullanılarak yapılan modülasyon işlemine **darbe modülasyonu** denir. Kullanılan dikdörtgen ya da kare dalgaya kısaca **darbe** denir. SF sinyali olarak analog sinyal kullanılır. Darbe modülasyonu yapılırken bilinen modülasyon yöntemlerinden faydalanılır yani taşıyıcı sinyal olarak darbe kullanılmak suretiyle genlik modülasyonu (AM - Amplitude Modulation),

frekans modülasyonu (FM - Frequency Modulation) ya da faz modülasyonu (PM - Phase Modulation) yöntemlerinden biri tercih edilebilir. Tercih sonucunda SF sinyalinin eni, boyu veya konumu değişikliğe uğrar. Eğer modülasyon sistemi tercihi FM ise eni, GM ise boyu, PM ise konumu değişir.

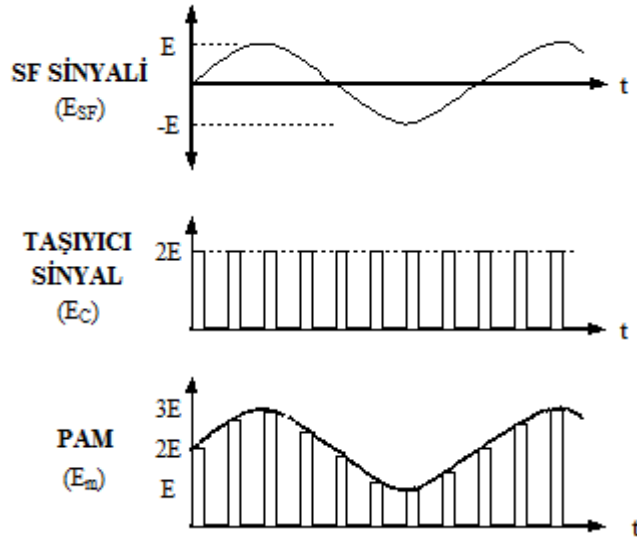
Darbenin boyunun yani genliğinin değiştiği sisteme **PAM** (Darbe Genlik Modülasyonu) denir.

Darbenin eninin yani genişliğinin değiştiği sisteme **PWM** (Darbe Genişliği Modülasyonu) denir.

Darbenin yerinin yani konumunun değiştiği sisteme **PPM** (Darbe Konumu Modülasyonu) denir.

### 3.2.1.PAM (**P**ulse **A**mplitude **M**odulation – Darbe Genlik Modülasyonu)

Genliği ve frekansı sabit dikdörtgen darbelerden oluşan taşıyıcı bir dalganın (frekansı ve fazı sabit kalmak şartıyla) genliğinin SF sinyali ile değiştirilmesine **PAM (darbe genlik modülasyonu)** denir.



Şekil 3.1: PAM (darbe genlik modülasyonu) dalga şekilleri

Taşıyıcı dalganın genliği, frekansı ve genişliği sabittir. PAM oluşturabilmek için taşıyıcı dikdörtgen dalganın genişliği ve frekansı sabit kalmak şartıyla genliği yani boyu modüle edici SF sinyaline göre değiştirilir. Modüle edici sinyal sıfır iken darbe değişmez. Pozitif yönde artarken darbenin genliği artar (boyu uzar). Modüle edici sinyalin negatif yöndeki değeriyle orantılı olarak darbenin genliği azalır (boyu kısalmır).

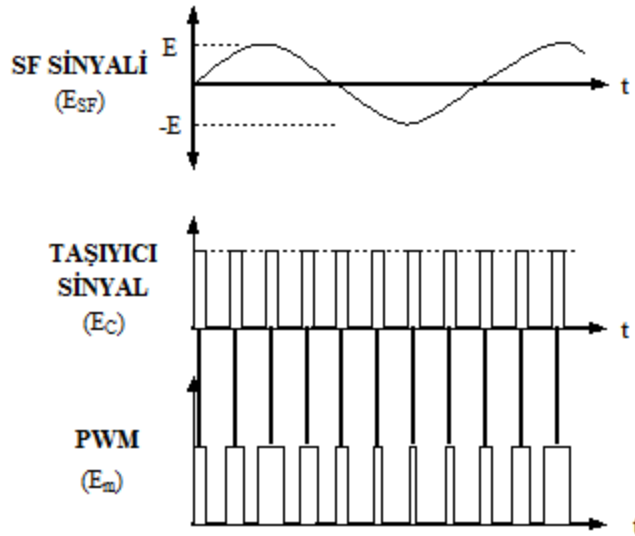


Şekil 3.2: PAM (darbe genlik modülasyonu) blok şeması

Darbe genlik modülasyonu için (SF sinyali ve taşıyıcı sinyal) bir çarpım dedektörüne girilir. Çarpım dedektörü çıkışında girilen iki sinyalin çarpımı elde edilir. PAM'dan pratik olarak doğrudan iletim amaçlı faydalanılmaz. Genellikle çoğullama yöntemi kullanılarak telefon anahtarlama sistemlerinde kullanılır.

### 3.2.2.PWM (Pulse Width Modulation – Darbe Genişlik Modülasyonu)

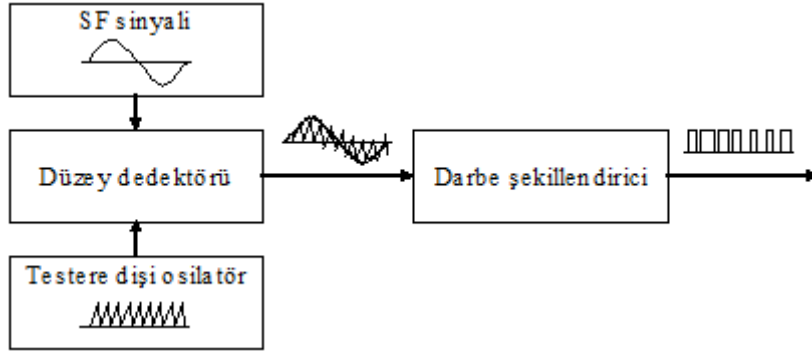
Genliği ve frekansı sabit dikdörtgen darbelerden oluşan taşıyıcı bir dalganın (genliği ve fazı sabit kalmak şartıyla) genişliğinin SF sinyali ile değiştirilmesine **PWM (darbe genişlik modülasyonu)** denir.



Şekil 3.3: PWM (darbe genişlik modülasyonu) dalga şekilleri

Taşıyıcı sinyalin genliği, frekansı ve genişliği sabittir. PWM için taşıyıcı dikdörtgen dalganın genliği sabit kalmak şartıyla genişliği yani eni modüle edici SF sinyaline göre değiştirilir.

Modüle edici sinyal sıfır iken darbe değişmez. Pozitif yönde artarken darbenin genişliği artar. Modüle edici sinyalin negatif yöndeki değeriyle orantılı olarak darbenin genişliği azalır. Duruma göre darbenin her iki kenarı değiştirilebileceği gibi sadece herhangi bir tanesi de değiştirilebilir.

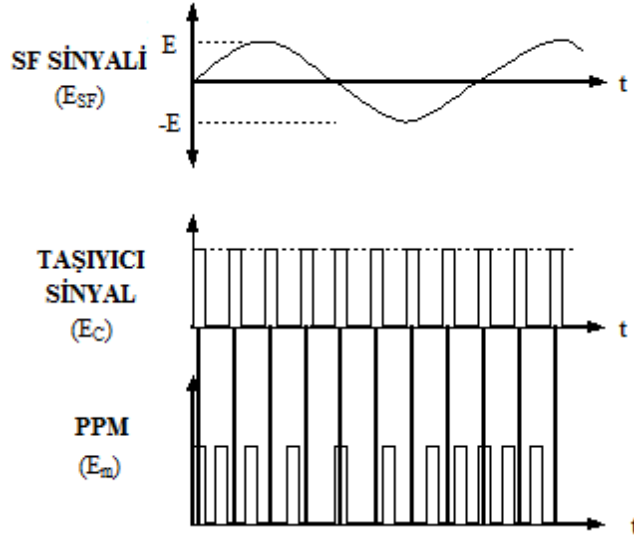


Şekil 3.4: PWM (darbe genişlik modülasyonu) blok şeması

Şekil 3.4'teki blok şemada testere dişi osilatör tarafından üretilen her bir testere dişi sinyalin genişliği, çıkış darbelerinin en geniş olanına eşit olacak şekilde ayarlanır. Osilatör çıkışındaki sinyal düzey dedektörü çıkışında SF sinyali formuna çevrilir. Darbe şekillendirici çıkışında ise PWM elde edilir.

### 3.2.3.PPM (Pulse Position Modulation – Darbe Konumu Modülasyonu)

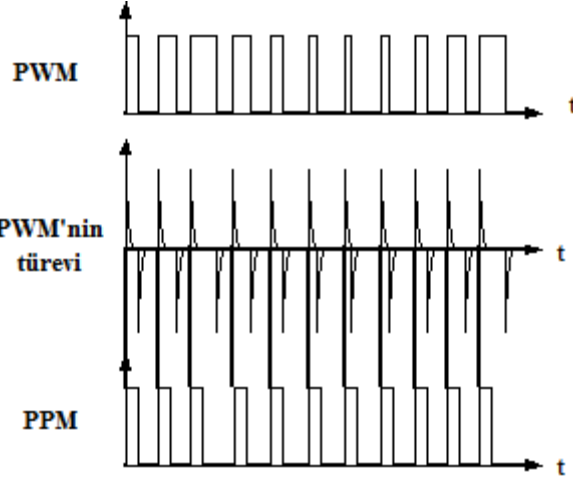
Genliği ve frekansı sabit dikdörtgen darbelerden oluşan taşıyıcı bir dalganın (genliği ve frekansı sabit kalmak şartıyla) konumunun SF sinyali ile değiştirilmesine **PPM (darbe konumu modülasyonu)** denir.



Şekil 3.5: PPM (darbe konumu modülasyonu) dalga şekilleri

Taşıyıcı dalganın genliği, frekansı ve genişliği sabittir. PPM oluşturabilmek için taşıyıcı dikdörtgen dalganın genliği ve genişliği sabit kalmak şartıyla konumu yani yeri modüle edici SF sinyaline göre değiştirilir. Modüle edici sinyal sıfır iken darbenin yeri değişmez. SF sinyali pozitif yönde değişirken darbenin konumu, darbe merkezine göre sola doğru, negatif yönde değişirken sağa doğru kayar.





Şekil 3.6: PWM'den PPM'ye dönüşümün dalga şekilleri

PPM basit şekilde PWM'nin türevini almak suretiyle elde edilebilir. PWM şeklindeki farklı genişliklere sahip darbelerin türevi alındığında Şekil 3.6'da görülen pozitif ve negatif iğne palslerden oluşan dalga şekli elde edilir. Bu sinyal bir diyot ile doğrultularak sadece pozitif iğne palsler seçilir. Bu pozitif iğne palsler kullanılarak yerleşim konumu iğne palsin tetiklediği an başlayan sabit genlikli darbeler üretilir.

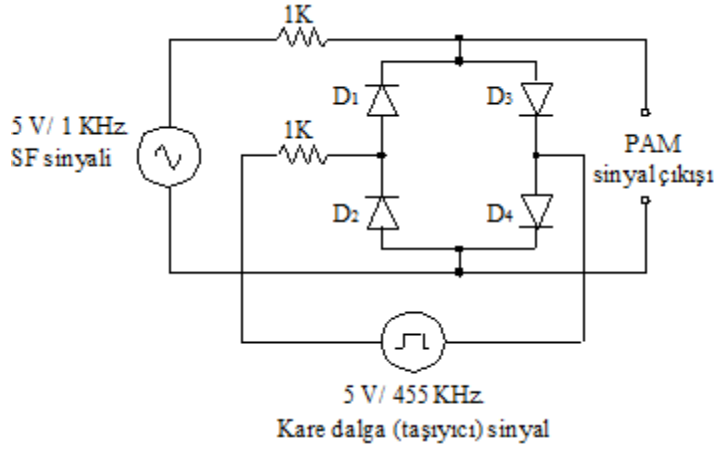
### 3.2.4. PAM (Pulse Amplitude Modulation – Darbe Genlik Modülasyonu)Uygulama Devresi

Şekil 3.6'da PAM (darbe genlik modülasyonu) elde etmek için düzenlenmiş basit bir devre verilmiştir. Devre incelendiğinde SF Sinyal jeneratörünün uçlarının doğrudan çıkışa bağlı olduğu görülür. Diyotların tamamı açık devre iken SF sinyali olduğu gibi çıkıştan alınır. Paralel bağlı hatlardaki diyotlardan ikisi ( $D_1$ - $D_2$  veya  $D_3$ - $D_4$ ) aynı anda ilettime geçtiğinde çıkış yaklaşık sıfır olur(Çıkış tam olarak sıfır olmaz çünkü diyotların eşik gerilimlerinin toplamı diyotların üzerinde kalır.).

SF sinyali uygulandıktan sonra kare dalga taşıyıcı sinyal uygulanmadığı sürece çıkış sıfırdır. Çünkü SF sinyalinin pozitif alternanslarında  $D_3$  ve  $D_4$ , negatif alternanslarında  $D_1$  ve  $D_2$  iletken olur. Diyotların ilettime geçmesi durumunda, çıkış diyotlar üzerinden kısa devre olacağından sıfır olur. Kare dalga sinyalin frekansı, SF sinyalinin frekansının 455 katıdır. Devreye kare dalga sinyal uygulandıktan sonra her pozitif darbe boyunca paralel hatlardaki diyotlardan biri tıkanır. SF sinyalinin pozitif alternansı süresince  $D_3$  ve  $D_4$  iletimdeyken her darbe geldiğinde  $D_3$  tıkanır ve SF sinyalin, darbe boyunca çıkışta olduğu görülür. SF sinyalinin negatif alternansında ise  $D_1$  ve  $D_2$  iletimdedir. Bu durumda her darbe geldiğinde  $D_2$  tıkanır ve SF sinyali, darbe boyunca çıkışta görülür.

Diyotların kare dalga darbelerinde kesime götürebilmeleri için, kare dalga sinyalin genliğinin SF sinyalinin tepe değerine eşit ya da büyük olması gerekir.

Çıkışa bağlanan osilaskop'un Time/Div seçici düğmesi 1mS konumunda iken PAM sinyalin zarfı görülür. Bu zarfın görünüşü içi dolu SF sinyali şeklindedir. Time/Div kademesi düşürülerek 1 ya da  $5\mu S$  konumuna getirildiğinde PAM sinyalin zarfının kesik kesik ve genliğinin SF sinyaliyle orantılı olarak değişen darbelerden oluştuğu görülür.

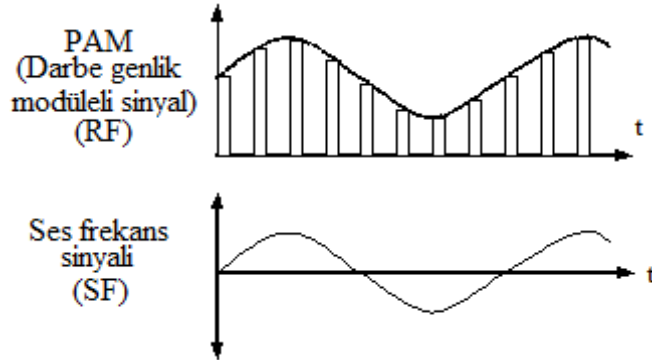


Şekil 3.7: PAM (darbe genlik modülasyonu) basit uygulama devresi

### 3.2.5. Darbe Genlik Demodülasyonu (Pulse Amplitude Demodulation) Uygulama Devresi

PAM (darbe genlik modülasyonu) olarak vericiden yayılan sinyaldeki SF sinyalinin ayrıştırılması işlemine **darbe genlik demodülasyonu** denir.

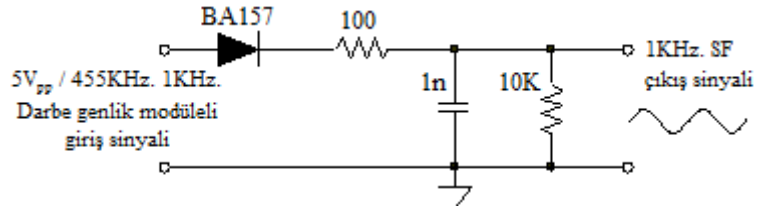
Genlik demodülasyonunda kullanılan herhangi bir dedektör devresi PAM demodülasyonunda kullanılabilir. Taşıyıcı sinyal, genlik modülasyonunda sinüsoidal işaretlerden, PAM'da ise dikdörtgen darbelerden oluşur. Hem genlik modülasyonunda hem de PAM'da RF sinyalin genliği SF sinyaline uygun olarak değişir. Yani RF sinyalin zarfı SF sinyalini taşır. Dedektör katında taşıyıcı sinyal atılarak sadece SF sinyali kullanılır.



Şekil 3.8: Darbe genlik demodülasyonu dalga şekilleri

Şekil 3.8'de verilen dedektör devresi ile hem genlik demodülasyonu hem de darbe genlik demodülasyonu yapılabilir.

Devrede giriş taşıyıcı genliği 5 volt olan ve 1KHz ile modüle edilen 455 KHz'lik (ya da 1MHz) sinyal uygulanmaktadır. Modüleli sinyalin pozitif kısımlarında diyot iletime geçer. RF sinyalin zarfını oluşturan her darbeye şarj olan kondansatör üzerindeki kesintisiz gerilim çıkıştan alınır. Kondansatör üzerinde oluşan gerilimin şekli RF sinyalin zarfı ile aynıdır.



Şekil 3.9: Darbe genlikdemodülasyonu basit uygulama devresi

## UYGULAMA FAALİYETİ

Radar sayısal modülasyon uygulamalarını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Şekil 3.6'daki devreyi kurunuz.</p>	<p>➤ Devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız.</p> <p>➤ Devreyi doğrudan deney bordu üzerine kurabileceğiniz gibi delikli plaket üzerine de kurabilirsiniz.</p>
<p>➤ Girişe ve çıkışa osilaskop bağlantısını yapınız.</p>	<p>➤ Osilaskop'un 1. kanalını (CH1) SF sinyal kaynağı uçlarına, 2. kanalını (CH2) PAM çıkış sinyalini ölçmek için çıkışa bağlayınız.</p> <p>➤ Volt/Div: 1V, Time/Div: 1mS konumuna getiriniz.</p>
<p>➤ Girişe SF sinyali uygulayınız.</p>	<p>➤ SF sinyal kaynağından sinüsoidal seçiniz.</p> <p>➤ SF sinyal kaynağı çıkışını 5V/1KHz'e ayarlayınız.</p>
<p>➤ Taşıyıcı kare dalga sinyal uygulamadan önce çıkışın sıfır civarında olduğunu görünüz.</p>	<p>➤ Osilaskop proplarının doğru şekilde bağlandığından emin olunuz.</p> <p>➤ Çıkış tam olarak sıfır olmaz çünkü diyotların eşik gerilimlerinin toplamı çıkışta görülür. Bunu aklınızda bulundurunuz.</p>
<p>➤ SF sinyali uygulanmış durumda iken taşıyıcı kare dalga sinyali de uygulayınız.</p>	<p>➤ Taşıyıcı sinyal kaynağından kare dalga seçilmiş olduğundan emin olunuz.</p> <p>➤ Taşıyıcı sinyal kaynağı çıkışını 5V/455KHz'e ayarlayınız.</p> <p>➤ Çıkış sinyalinin zarfının SF sinyali ile aynı şekilde ve içi dolu olduğuna dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Time/Div kademesini 1mS'den 1□S'ye doğru yavaşça değiştiriniz.</p>	<p>➤ değişim sırasında çıkış sinyalinin zarfını oluşturan sinyalin kesik kesik ve genliği SF ile uyumlu değişen dikdörtgen dalga sinyallerden oluştuğuna dikkat ediniz.</p>

<p>➤ Şekil 3.8'deki devreyi kurunuz.</p>	<p>➤ Devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız.</p> <p>➤ Devreyi doğrudan deney bordu üzerine kurabileceğiniz gibi delikli plaket üzerine de kurabilirsiniz.</p>
<p>➤ Girişe ve çıkışa osilaskop bağlantısını yapınız.</p>	<p>➤ Osilaskop'un 1. kanalını (CH1) girişe, 2. kanalını (CH2) çıkışa bağlayınız.</p> <p>➤ Volt/Div: 1V, Time/Div: 1mS konumuna getiriniz.</p>
<p>➤ Giriş sinyalini uygulayınız.</p>	<p>➤ Giriş sinyalinin 5V/455KHz (veya 1MHz) taşıyıcılı 1KHz darbe genlik modüleli olduğuna dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Girişe göre çıkış sinyalinin değişimini osilaskop ekranında inceleyiniz.</p>	<p>➤ Modüle edici sinyalin frekansını değiştirerek çıkış sinyalinin frekansının değiştiğini gözleyiniz.</p>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

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

1. (...) Radardan gönderilen bir elektromanyetik sinyal hedefe çarparak geri gelir.
2. (...) Radar kullanılarak belli bir bölgenin haritasını çıkarmak mümkün değildir.
3. (...) Analog sistem sadece 0 ve 1'lerden oluşur.
4. (...) Dikdörtgen ya da kare dalgaya kısaca **sinüsoidal işaret** denir.
5. (...) Darbenin boyunun yani genliğinin değiştiği sisteme **PAM** (Darbe Genlik Modülasyonu) denir.
6. (...) Genliği ve frekansı sabit dikdörtgen darbelerden oluşan taşıyıcı bir dalganın (frekansı ve fazı sabit kalmak şartıyla) genliğinin SF sinyali ile değiştirilmesine **PAM (darbe genlik modülasyonu)** denir.
7. (...) Taşıyıcı dalganın genliği, frekansı ve genişliği her zaman sabittir.
8. (...) PPM oluşturabilmek için taşıyıcı dikdörtgen dalganın genliği ve genişliği sabit kalmak şartıyla konumu yani yeri modüle edici SF sinyaline göre değiştirilir.
9. (...) Diyotların kare dalga darbelerde kesime götürebilmeleri için, kare dalga sinyalin genliğinin SF sinyalinin tepe değerinden küçük olması gerekir.
10. (...) PAM olarak vericiden yayılan sinyaldeki SF sinyalinin ayrıştırılması işlemine **darbe genlik 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 “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

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

1. (...) Haberleşme sisteminde bir verici ile birlikte birden fazla sayıda alıcı bulunabilir.
2. (...) Demodülasyon işlemi yapan devreye modülatör denir.
3. (...) Saniyedeki saykıl sayısına frekans denir.
4. (...) Bir saykılın metre cinsinden kapladığı mesafeye **dalga boyu** denir ve  $\lambda$  ile gösterilir.
5. (...) Genliği ve frekansı sabit taşıyıcı bir dalganın (frekansı sabit kalmak şartıyla) genliğinin SF sinyali ile değiştirilmesine **frekans modülasyonu** denir.
6. (...) Frekans modülasyonunun en büyük dezavantajı yayın mesafesinin kısa olmasıdır.
7. (...) Genlik modülasyonunda iletim sırasında sinyalin genliği bozulsa bile ses frekans sinyali bozulmaz. Genlik modülasyonunda ses daima temiz ve nettir.
8. (...) Veri iletişimi sırasında fark edilemeyen ya da düzeltilemeyen hatalı bit sayısının, iletilen toplam bit sayısına oranına **baud** denir.
9. (...) Herhangi bir nedenle bir sinyalin istenmeyen sebeplerle değişmesine veya parazitlenmesine sebep olan etkiye **kanal kapasitesi** denir.
10. (...) Elektronik devrelerde gürültüyü azaltmak için kablolar mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
11. (...) Binary sayıların işlenmek ya da saklanmak amacıyla belli bir sistem çerçevesinde değiştirilmesine **kodlamadan** denir.
12. (...) A4 heksadesimal sayısının BCH karşılığı 1010 0100 olur.
13. (...) Senkron data gönderiminde her bir karaktere start (0) ve stop (1) biti eşlik eder.
14. (...) Örneklem ve kuantalama işlemleri sonucunda sayısal işaretler analog işaretlere dönüşür.
15. (...) Radar kullanılarak belli bir bölgenin haritasını çıkarmak mümkün değildir.
16. (...) Dikdörtgen ya da kare dalgaya kısaca **sinüsoidal işaret** denir.
17. (...) Darbenin boyunun yani genliğinin değiştiği sisteme **PAM** (Darbe Genlik Modülasyonu) denir.
18. (...) Taşıyıcı dalganın genliği, frekansı ve genişliği her zaman sabittir.
19. (...) PPM oluşturabilmek için taşıyıcı dikdörtgen dalganın genliği ve genişliği sabit kalmak şartıyla, konumu yani yeri modüle edici SF sinyaline göre değiştirilir.
20. (...) Diyotların kare dalga darbelerinde kesime götürebilmeleri için, kare dalga sinyalin genliğinin SF sinyalinin tepe değerinden küçük olması gerekir.

## DEĞERLENDİRME

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

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	D
6	Y
7	Y
8	Y
9	D
10	Y

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	Y
3	Y
4	D
5	D
6	D
7	D
8	D
9	Y
10	Y

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	Y
4	Y
5	D
6	D
7	D
8	D
9	Y
10	Y



## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	Y
6	D
7	Y
8	Y
9	Y
10	D
11	D
12	D
13	Y
14	Y
15	Y
16	Y
17	D
18	D
19	D
20	Y

# KAYNAKÇA

- TEKÖZGEN Hasan, Hüseyin TAMER, Yılmaz SAVAŞ, Zeki ERGELEN, Vericiler, MEB Yayınları, 1990.
- TAMER Hüseyin, Yılmaz SAVAŞ, Zeki ERGELEN, Elektronik 11, MEB Yayınları, 1990.
- TEKİN Engin, Metin BERKET, Bilgisayar (Donanım) 10. Sınıf İş ve İşlem Yaprakları, MEB Yayınları, 2005.
- TEKİN Engin, Metin BERKET, Elektronik Atelye ve Laboratuvar 2, Kanyılmaz Matbaası, İzmir, 2003.
- TEKİN Engin, Metin BERKET, Dijital Elektronik, Kanyılmaz Matbaası, İzmir, 2003.
- TEKİN Engin, Metin BERKET, Elektrik Elektronik ve Ölçme Uygulama Kitabı-1, Kanyılmaz Matbaası, İzmir, 2007.
- TEKİN Engin, Metin BERKET, Elektrik Elektronik ve Ölçme Uygulama Kitabı-2, Kanyılmaz Matbaası, İzmir, 2007.
- [www.gyte.edu.tr](http://www.gyte.edu.tr)
- [www.hho.edu.tr](http://www.hho.edu.tr)
- [www.cbs2007.ktu.edu.tr/bildiri/P\\_13.pdf](http://www.cbs2007.ktu.edu.tr/bildiri/P_13.pdf)