

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**



MEGEP

**(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)**

ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

ANALOG VE SAYISAL HABERLEŞME

ANKARA 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

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	6
1.1.4. Modülasyon	7
1.1.5. Modülasyonun Gerekliliği.....	7
1.1.6. Modülasyon Çeşitleri	7
1.2. Genlik Modülasyonu	8
1.2.1. Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Tanımı.....	8
1.2.2. Tek Yan Bant (SSB-Single Side Band) Modülasyon	21
1.3. Frekans Modülasyonu.....	22
1.3.1. Frekans Modülasyon İhtiyacı.....	22
1.3.2. Frekans Modülasyonunun Üstünlükleri ve Sakıncaları	23
1.3.3. Frekans Modülasyonunda Bant Genişliği.....	23
1.3.4. PLL Faz Kilitli Döngü Faz Dedektörü	27
UYGULAMA FAALİYETİ.....	29
ÖLÇME ve DEĞERLENDİRME	31
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	32
2. SAYISAL HABERLEŞME.....	32
2.1. Temel Kavramlar.....	32
2.1.1. Bit	32
2.1.2. BPS (Bit Per Second).....	32
2.1.3. Baud.....	33
2.1.4. Baud Rate (Oran).....	33
2.1.5. BER :Bit Error Rate (Bit Hata Oranı)	33
2.1.6. Kanal.....	34
2.1.7. Kanal Kapasitesi	34
2.1.8. Gürültü	35
2.2. Örnekleme Teoremi.....	36
2.3. Kodlama	37
2.3.1. İletim Kodları	39
2.4. Seri Data Gönderilmesi.....	42
2.4.1. Asenkron Seri Data Gönderim.....	43
2.4.2. Senkron Seri Data Gönderim.....	45
2.5. Darbe Kod Modülasyonu Ve Kodlama Teknikleri	46
2.5.1. Kuantalama işlemi	48
2.5.2. Kuantalama İşleminde Dikkat Edilecek Hususlar.....	49
UYGULAMA FAALİYETİ.....	53
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	58
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	59
CEVAP ANAHTARLARI.....	60
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	61
KAYNAKLAR.....	62

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0143
ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Haberleşme Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Analog ve Sayısal Haberleşme
MODÜLÜN TANIMI	Analog ve sayısal haberleşme sistemlerinde modülasyon işleminin anlatıldığı öğrenme materyalidir
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Analog ve sayısal haberleşme sistemlerinde modülasyon işlemini yapabilmek
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, analog ve sayısal haberleşme tekniklerini kullanarak haberleşme sistemlerinin mantığını kavrayacaksınız.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Haberleşme sistemlerinde modülasyonun gerekliliğini öğreneceksiniz. Analog haberleşmede genlik ve frekans modülasyonunu kullanacaksınız.2. Sayısal haberleşmede kullanılan darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini kavrayacaksınız.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Osiloskop, analog haberleşme deney seti, sayısal haberleşme deney seti, spektrum analizörü
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	<p>Modülün içinde yer alan herhangi bir öğrenme faaliyetinden sonra, verilen ölçme araçları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz.</p> <p>Modül sonunda öğretmeniniz tarafından teorik ve pratik performansınızı tespit etmek amacıyla size ölçme teknikleri uygulanacak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçülerek değerlendirilecektir.</p>

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modül sonunda, analog ve sayısal haberleşmenin temel prensiplerini, haberleşme sistemlerinde kullanılan modülasyon çeşitlerinden genlik modülasyonu, frekans modülasyonu ve darbe kod modülasyonunu öğrenmiş olacaksınız.

Teknolojinin hızla ilerlediği günümüzde elektronik haberleşme insanlar arası iletişimin büyük bir yüzdesini sağlar duruma gelmiştir. Bunun nedenleri bilgisayar ve internet kullanımının yaygınlaşması, tv ve radyo yayınlarının artması ile elektronik iletişimin diğer haberleşme yöntemlerine göre çok daha yaygın ve hızlı hale gelmesidir.

Elektronik haberleşme cihazlarının bu derece yaygın ve etkin kullanıldığı günümüzde bu tür cihazların kurulumu bakım ve onarımını yapabilmek için temel olarak bu cihazların birbirleriyle haberleşme mantığını bilmemiz gerekir. Cihazların türü markası ve modeli farklılık gösterse de temel iletişim prensipleri hep aynıdır.

Bu kitapçıkta elektronik haberleşme cihazlarında en yaygın olarak kullanılan modülasyon çeşitlerinden frekans modülasyonu, genlik modülasyonu ve darbe kod modülasyonu prensipleri anlatılmaktadır.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Haberleşme sistemlerinde modülasyonun gerekliliğini öğreneceksiniz. Analog haberleşmede genlik ve frekans modülasyonunu kullanacaksınız.

ARAŞTIRMA

Günlük hayatta hepimizin kullandığı radyo, televizyon bilgisayar gibi cihazların ses görüntü veya veri aktarmada nasıl bir sistem kullandıklarını araştırınız.

1. ANALOG HABERLEŞME

1.1. Temel Kavramlar

1.1.1. Haberleşme

Anlamalı bir bilginin karşılıklı alış verişine haberleşme 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 hale gelmiştir.

1.1.2. Haberleşme Sisteminin Başlıca Elemanları

Tüm haberleşme sistemleri aşağıda belirtilen elemanlara sahiptir.

1.1.2.1. Verici

Gönderilecek bilgiyi ortamda iletilecek hale getiren, gerekli kodlamaları ve kuvvetlendirmeyi yapan elektronik devrelerdir. Vericilerin gücüne göre iletim yapabildikleri mesafeler değişmektedir.

Örneğin; telsiz vericileri 2W-600 W, radyo vericileri 1000 W-10 KW, baz istasyonları 25 W, cep telefonu 3 W (beklemede 500 mw) çıkış gücüne sahiptir.

1.1.2.2. İletim Ortamı

Verici tarafından iletme hazır hale getirilen sinyalin gönderildiği ortamdır. İletim ortamları kılavuzlu (kablolu) veya kılavuzsuz (kablosuz olmak) olmak üzere ikiye ayrılır.

Ø **Kılavuzlu iletim ortamı:** Bakır kablo, bükümlü kablo, koaksiyel kablo, fiber optik kablo, mikrodalga kılavuzu gibi kablolu ortamları ifade eder. Veri iletişimi sadece bu kabloların bağlı olduğu cihazlar arasında olur.

Ø **Kılavuzsuz iletim ortamı:** Hava, su, boşluk gibi doğal ortamlardır. Bu ortamlarda iletilen veri uygun alıcı cihaz kullanılarak radyo ve televizyon yayınlarında olduğu gibi herkes tarafından alınabilir.

1.1.2.3. İletim Ortamından Kaynaklanan Bozulmalar ve Gürültü

Ø **İşaret Zayıflaması (Attenuation):** İletişim mesafesi arttıkça sinyal zayıflar ve alıcıya yeterli enerji ulaşmayabilir.

Ø **İşaret distorsiyonu:** Ortam üzerinde ilerleyen sinyalin içerdiği farklı frekansların farklı zayıflamalarla hedefe ulaşmasıdır. Bu durumda bilgi alıcıya tam ve doğru olarak ulaşmayabilir. Veride bozulmalar olabilir.

Ø **Gecikme distorsiyonu (dispersiyon) bozulması:** Sinyali oluşturan farklı frekansların veya fiber optik kablo içindeki ışık ışınlarının farklı yollar takip etmesi sebebiyle hedefe farklı zamanlarda varmasının sonucu olarak işaret şeklinin değişmesidir.

Ø **Gürültü:** Gönderilen asıl sinyali bozan ve sisteme istem dışı dahil olan herhangi bir enerjidir. Güneş ışığı, floresan lamba, motor ateşleme sistemleri birer gürültü kaynağıdır. Gürültü (bozucu etkiler) çeşitleri şu şekilde sıralanabilir:

- **Interference (girişim-parazit):** İstenmeyen sinyaller sistemimize girerek sinyalimizde bozucu etki meydana getirebilirler. İstenmeyen sinyallerin sisteme girerek sinyali bozmasına interference denir. Interference etkisinden kurtulmak için istenmeyen sinyal kaynakları sistem den uzaklaştırılır.
- **Termal (ısı) Gürültü:** Devreyi oluşturan; direnç, transistör vb. elemanlarda bulunan serbest elektronlar ortam sıcaklığı nedeniyle gürültü oluşturabilir. Bu çeşit gürültü; termal gürültü, beyaz gürültü ya da Johnson gürültüsü olarak isimlendirilir. Gürültü tarafından oluşturulan güç Johnson güç formülü ile ifade edilir.

$$P_n = 4kTB$$

Bu formülde;

P_n : Gürültü tarafından üretilen güç

k : Boltzman sabiti $1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K

T : Sıcaklık (Kelvin)

B : Bant genişliği (Hertz)

Direnç tarafından oluşturulan termal gürültünün efektif voltaj değeri aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$e_n = \sqrt{4kTBR}$$

- **Intermodulations (arakiplleme):** 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 yükseltildiklerinde bu frekansların harmonikleri de beraber yükseltirler. Yükseltiren bu harmonikler içinde yer alan 2 harmonik frekansın birbirine karışması, intermodülasyon gürültüsü meydana getirir.
- **Crosstalk (çapraz konuşma):** Aynı kılıf içerisinde yan yana bulunan kablolardaki sinyallerin birbirine etki etmeleridir. Crosstalk etkisinden kurtulmak için kablolar bükümlü yapılır.
- **Shot gürültüsü:** Shot gürültüsüne transistör gürültüsü de denir. Bir diyot içindeki darbe gürültüsü aşağıdaki formül ile gösterilir.

$$i_n = \sqrt{2q_e I_{dc} BW} \quad \text{bu formülde;}$$

qe: Elektron şarjı ($1,6 \cdot 10^{-19}$ C)

Idc: Dc akım (Amper)

BW: Bant Genişliği (Hertz) dir.

- **Darbe Gürültüsü:** Çalışma şartlarına bağlı olarak ortaya çıkan etkilere. Elektrik motorlarının, ateşleme sistemlerinin, elektromekanik rölelerin ürettikleri gürültüler, iletilen veri üzerinde bozucu etki yapabilir.
- **Gürültü ile ilgili formüller**

$$SNR = \frac{\text{sinyal}}{\text{gürültü}}$$

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

$$SNR_{db} = 20 \log \frac{\text{sinyal voltajı(V)}}{\text{gürültü voltajı (V)}}$$

1.1.2.4. Alıcı

Verici tarafından kodlanmış olarak gönderilen sinyalin kodunu çözerek bilgi sinyalini orijinal haline dönüştüren elektronik devrelerdir.

1.1.3. Frekans, Periyot ve Dalga Boyu

1.1.3.1. Frekans

İşaretin 1 saniyedeki tekrarlama (cycle-saykıl) sayısıdır. Birimi Hertz'dir.

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

f = Frekans

T= Periyot 'tur.

$$f=1 \text{ KHz}=1000\text{Hz}=10^3 \text{ Hz}$$

$$f=1 \text{ MHz}=1\,000\,000=10^6 \text{ Hz}$$

$$f=1\text{GHz}=1\,000\,000\,000=10^9 \text{ Hz}$$

Örnek: Periyodu 1mS olan sinüsoidal sinyalin frekansını hesaplayınız.

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

1.1.3.2. Periyot

İşaretin bir saykılını tamamlama süresidir. Birimi saniyedir. Frekansın tersidir. Aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$T = \frac{1}{f}$$

Örnek: Frekansı 1Mhz olan sinyalin periyodunu bulunuz.

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

1.1.3.3. Dalga Boyu

Bir işaretin 1 saykılının aldığı yola dalga boyu denir. λ Simgesi ile gösterilir. Birimi metredir.

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

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3000000000\text{m/sn}}{\text{Hertz}}$$

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

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

1.1.4. Modülasyon

Bilgi işaretinin genellikle daha uzak mesafelere gönderilebilmesi için kendinden çok daha yüksek frekanslı bir taşıyıcının sinyal üzerine bindirilmesine modülasyon denir. Modülasyon işlemi sırasında taşıyıcı sinyalin genlik, frekans, faz vb. gibi özellikleri, bilgi sinyaline ve yapılan modülasyonun türüne göre değişime uğrar.

1.1.5. Modülasyonun Gerekliliği

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 açıklayalım: 20 KHz' lik yani

$$\lambda = \frac{300 * 10^6}{20 * 10^3} = 15 * 10^3 m = 15Km \text{ dalga boyuna sahip bir bilgi sinyalini modülesiz olarak}$$

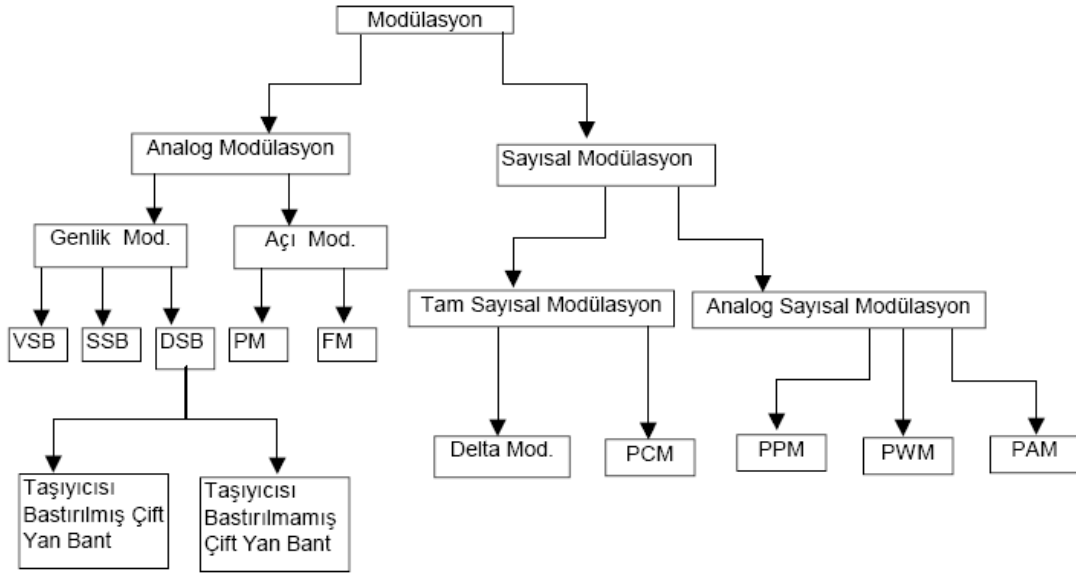
göndermek istersek kullanacağımız antenin boyu $\frac{\lambda}{4} = \frac{15Km}{4} = 3,75Km$. olmalıdır. Oysaki bu bilgi sinyalini 20 MHz'lik yani

$$\lambda = \frac{300 * 10^6}{20 * 10^6} = 15m \text{ dalga boyuna sahip bir taşıyıcı sinyalle modüle edersek}$$

kullanacağımız anten boyutunun $\frac{\lambda}{4} = \frac{15m}{4} = 3,75m$. olması yeterli olacaktır.

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: (Vestigial-Side Band) Artık yan bant modülasyonu

SSB: (Single Side Band) Tek yan bant modülasyonu

DSB: (Duble Side Band) Çift yan bant modülasyonu

PM: (Phase Modulation) Faz modülasyonu

FM: (Frequency Modulation) Frekans modülasyonu

PCM: (Pulse Code Modulation) Darbe kod modülasyonu

PPM: (Pulse Position Modulation) Darbe pozisyon modülasyonu

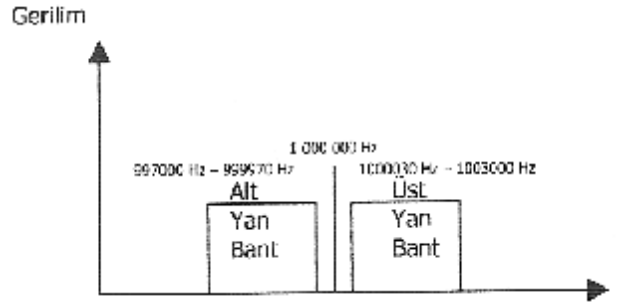
PWM: (Pulse Width Modulation) Darbe genişlik modülasyonu

PAM: (Pulse Amplitude Modulation) Darbe genlik modülasyonu ifade etmektedir.

1.2. Genlik Modülasyonu

1.2.1. Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Tanımı

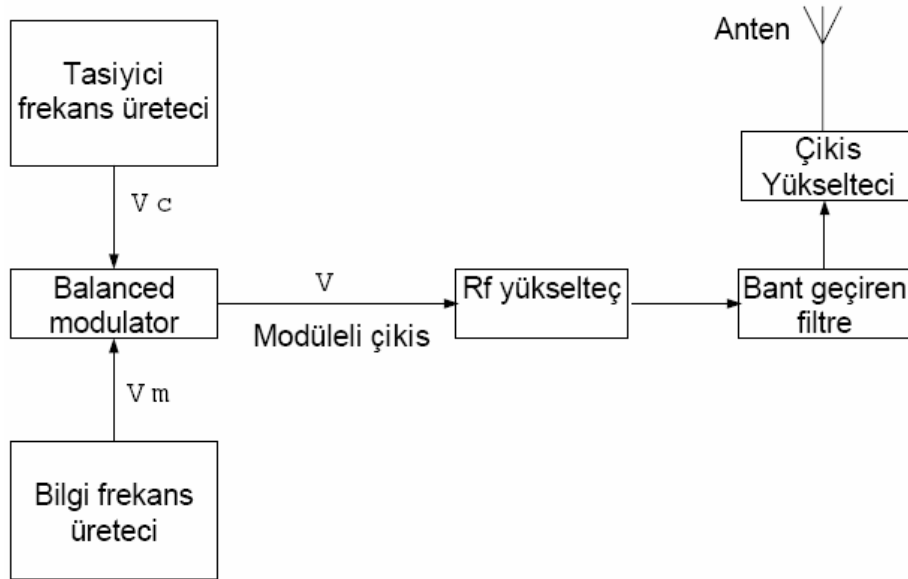
Taşıyıcı işaretin genliğinin bilgi işaretine göre değiştirildiği modülasyon türüne genlik modülasyonu denir. Modülasyon işlemi sırasında bilgi sinyalinde yer alan bütün frekanslar üst ve alt yan bantlar olarak elde edilir. Şekil 1.1’de 30Hz ile 30KHz arasındaki bilgi sinyalinin 1 MHz lik bir taşıyıcı sinyali ile modülasyonu sonucu oluşan alt ve üst yan bantlar görülmektedir. Verinin iletilmesi sırasında alt ve üst yan bantların her ikisinin de kullanıldığı genlik modülasyonuna çift yan bant genlik modülasyonu denir.



Şekil 1.1: Genlik modüleli sinyal frekans tayfı

1.2.1.1. Çift Yan Bant Genlik Modülasyonu Elde Edilmesi

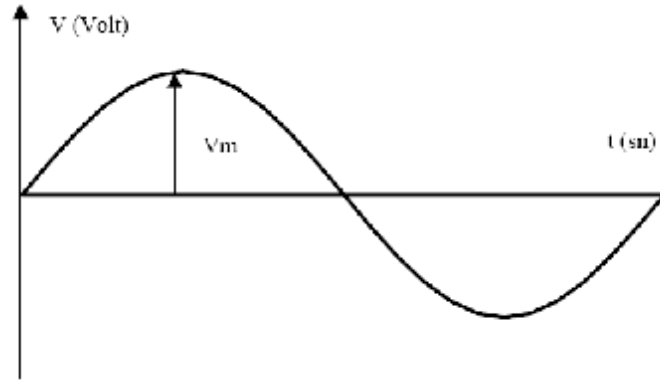
Genlik modülasyonu üretmekte kullanılan devreye modülatör denir. Modülatör taşıyıcı sinyal ile bilgi sinyalini uygun şekilde birleştirerek modüleli sinyali oluşturur.



Şekil 1.2: Çift yan bant genlik modülasyonlu verici blok şeması

Ø Bilgi İşareti

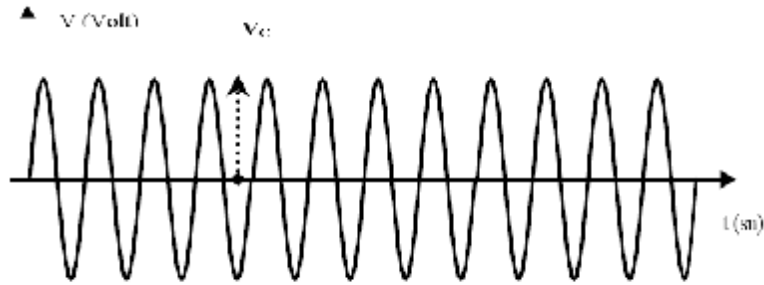
Bilgi işareti asıl gönderilmek istenen düşük frekanslı işarettir. (Ses bandı için $f_m=3\text{KHz}$ lik bir işarettir)



Şekil 1.3: Bilgi işareti

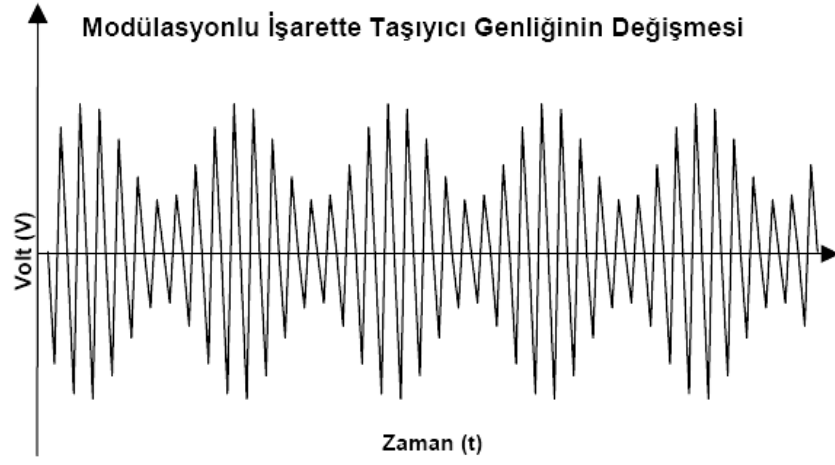
Ø Taşıyıcı işaret

Taşıyıcı işaret yüksek frekanslı sinüs ya da kosinüs işaretidir.



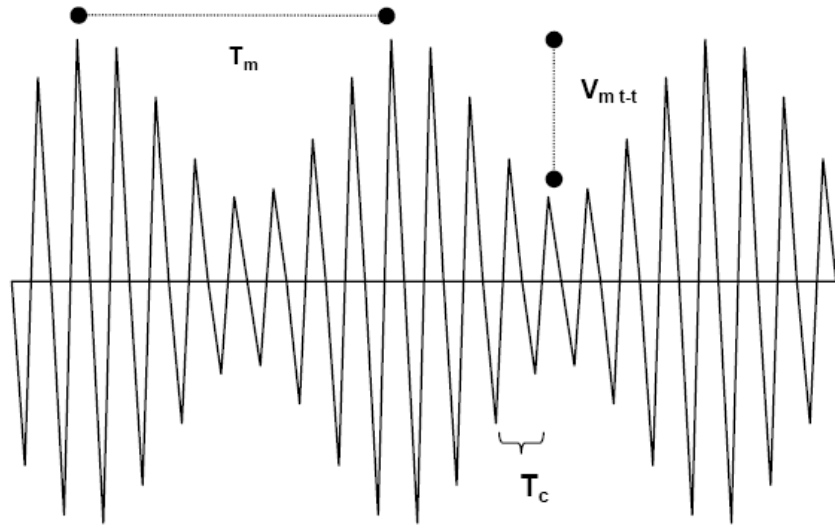
Şekil 1.4: Taşıyıcı sinyali

Ø **Modüleli işaret:** Bilgi işaretiyle taşıyıcı işaretin birleştirilmiş halidir.



Şekil 1.5: Genlik modülasyonlu sinyal

Ø Modüleli işaretin analizi



Şekil 1.6: Modüleli işaret de bilgi işaretine ait büyüklükler

T_c: Taşıyıcı işaretin periyodu

$$f_c = \frac{1}{T_c}$$

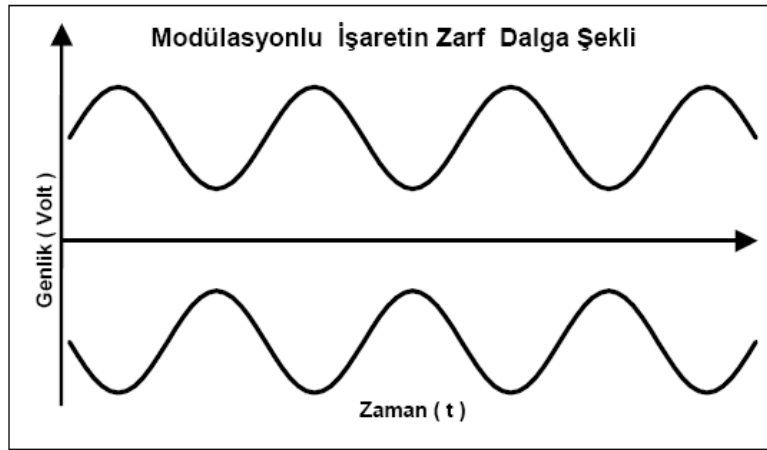
T_m: Bilgi işaretinin periyodu

$$f_m = \frac{1}{T_m}$$

V_{m t-t}: Bilgi işaretinin tepeden tepeye genlik değeri

$$V_m = \frac{V_m(t-t)}{2}$$

Ø **Modüleli işaret zarfı:** Modüleli sinyalin pozitif ve negatif tepe değerleri üzerinden çizilecek hat modüle edici sinyale yani bilgi sinyaline özdeştir. İşte bu tepe noktalarından geçen hatta zarf denir. Aşağıdaki şekilde modüleli sinyalin pozitif ve negatif zarfları görülmektedir. Pozitif ve negatif zarflar zaman eksenine göre birbirinin simetridir.



Şekil 1.7: Modülasyonlu işaretin zarfı

Ø **Genlik modülasyonunun matematiksel ifadesi**

$$\begin{aligned} v_m &= V_m \sin 2\pi f_m t && \text{(Bilgi işareti)} \\ v_c &= V_c \sin 2\pi f_c t && \text{(Taşıyıcı işaret)} \\ v &= (V_c + V_m \sin 2\pi f_m t) * \sin 2\pi f_c t && \text{(Taşıyıcı genliğine binen bilgi)} \\ \text{işareti} &= \text{Modüleli işaret} \end{aligned}$$

$$v = V_c \sin 2\pi f_c t + V_m \sin 2\pi f_m t * \sin 2\pi f_c t$$

taşıyıcının kendisi + iki tane sinüs çarpımı

$$V_m \sin a * V_c \sin b = -\frac{1}{2} V_m * V_c [\cos(a+b) - \cos(a-b)]$$

$$\sin a * \sin b = -\frac{1}{2} [\cos(a+b) - \cos(a-b)]$$

$$\sin a * \sin b = \frac{\cos(a-b)}{2} - \frac{\cos(a+b)}{2}$$

$$V_m \sin 2\pi f_m t * \sin 2\pi f_c t = \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c - f_m) - \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c + f_m)$$

Çift Yan Bant Genlik Modülasyonunun Matematiksel İfadesi

$$\underbrace{V}_{\text{Modüleli işaret}} = \underbrace{V_c \sin 2\pi f_c t}_{\text{taşıyıcı işaret}} + \underbrace{\frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c - f_m)}_{\text{alt yan bant işareti}} - \underbrace{\frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c + f_m)}_{\text{üst yan bant işareti}}$$

$$m = \frac{V_m}{V_c} \quad V_m = m V_c \quad \frac{V_m}{2} = \frac{m V_c}{2}$$

Çift Yan Bant Genlik Modülasyonunun Matematiksel İfadesi (Modülasyon İndisli)

$$\underbrace{V}_{\text{Modüleli işaret}} = \underbrace{V_c \sin 2\pi f_c t}_{\text{taşıyıcı işaret}} + \underbrace{\frac{m V_c}{2} \cos 2\pi t(f_c - f_m)}_{\text{alt yan bant işareti}} - \underbrace{\frac{m V_c}{2} \cos 2\pi t(f_c + f_m)}_{\text{üst yan bant işareti}}$$

Ø Modülasyon indisi ve yüzdesi

Bilgi sinyal genliğinin taşıyıcı sinyal genliğine oranına modülasyon indisi denir. Modülasyon indisinin 100 ile çarpılmasıyla modülasyon yüzdesi elde edilir. Yapılan modülasyonun iyilik derecesini gösterir.

$$m = \frac{V_m}{V_c} \quad (\text{Bu formülü daha öncede verildi} \text{ İlk verildiği yerde terimlerini$$

açıklayalım)

Formülde:

m : Modülasyon indisi

V_m: Bilgi genliği

V_c: Taşıyıcı genliği

Eğer m > 1 ise bozuk bir genlik modülasyonu

m = 1 % 100 genlik mod. (İdeal modülasyon)

0,5 < m < 1 iyi bir modülasyon vardır.

Örnek: Modüle edici sinyal genliği 3V, taşıyıcı genliği 4V olan modüleli bir sinyalin modülasyon indisi ve modülasyon yüzdesini hesaplayınız.

Çözüm:

$$V_m = 3 \text{ V}$$

$$V_c = 4 \text{ V}$$

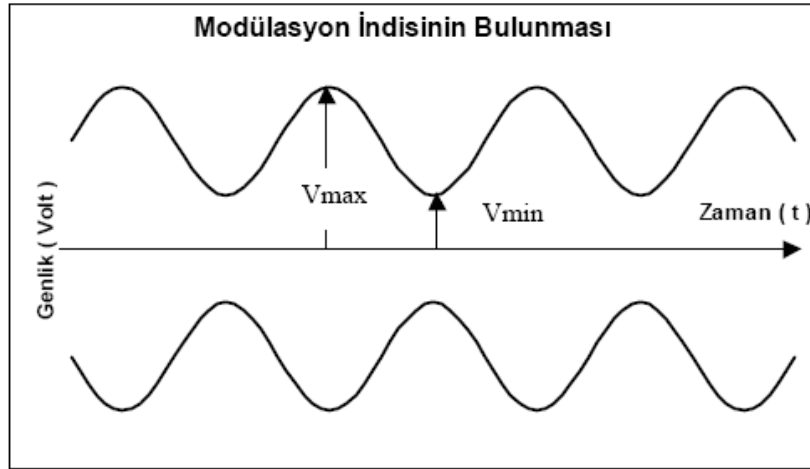
$$m = 3 / 4 = 0,75$$

$$\% m = 0,75 * 100 = \% 75$$

1.2.1.2. Modülasyon İndisinin Osiloskop İle Bulunması

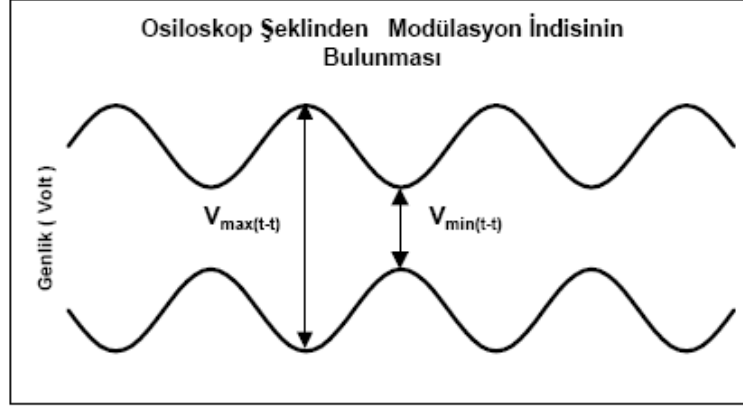
Osiloskop ile modülasyon indisini bulmak için; DSB (D..... S..... B.....) vericinin anten çıkışı osiloskoba bağlanarak modüleli işaretin dalga şekli osiloskop ekranında elde edilir. Aşağıdaki şekil elde edildikten sonra V_{max} ve V_{min} ölçülür.

Ø Birinci yol



$$m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} \text{ formülüyle modülasyon indeksi bulunur.}$$

Ø İkinci yol



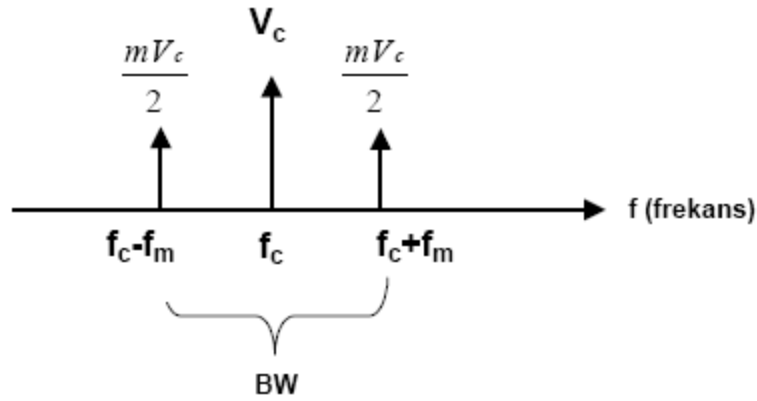
$$m = \frac{V_{\max(t-t)} - V_{\min(t-t)}}{V_{\max(t-t)} + V_{\min(t-t)}}$$

Ø Bant genişliği

İşaretin frekans spektrumunda işgal ettiği yere bant genişliği denir. Başka bir deyişle bir elektronik devrenin çalıştığı veya geçirdiği frekans bölgesinin genişliği bant genişliği olarak ifade edilir.

Ø Çift yan bant genlik modülasyonunda bant genişliği

Çift yan bant genlik modülasyonunda bant genişliği bilgi işaretinin frekansının 2 katıdır. Bunun nedeni konunun başında bahsettiğimiz alt yan bant ve üst yan banttır. $BW=2f_m$ şeklinde ifade edilir.



Şekil 1.8: Çift yan bant GM için frekans spektrumu

Örnek:

$f_c = 10 \text{ MHz}$, $f_m = 5 \text{ kHz}$ ise Bant genişliği nedir?

Çözüm:

$$BW = 2f_m$$

$$BW = 10 \text{ kHz}$$

Örnek: Bir Çift Yan Band (ÇYB) GM sisteminde aşağıda verilen değerler kullanılmaktadır. Frekans spektrumunda oluşacak olan frekansların değerlerini ve genliklerini bulunuz, spektrumu çiziniz. ve bant genişliğini bulunuz.

$$V_m = 10 \text{ V}$$

$$V_c = 10 \text{ V}$$

$$f_c = 100 \text{ kHz}$$

$$f_m = 1 \text{ kHz}$$

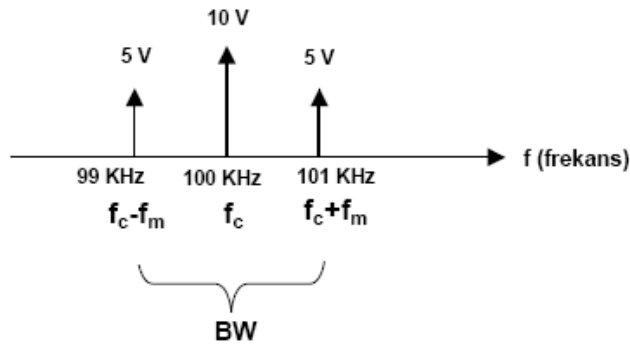
Çözüm:

$$m = \frac{V_m}{V_c} = 1$$

$$f_c + f_m = 101 \text{ kHz}$$

$$f_c - f_m = 99 \text{ kHz}$$

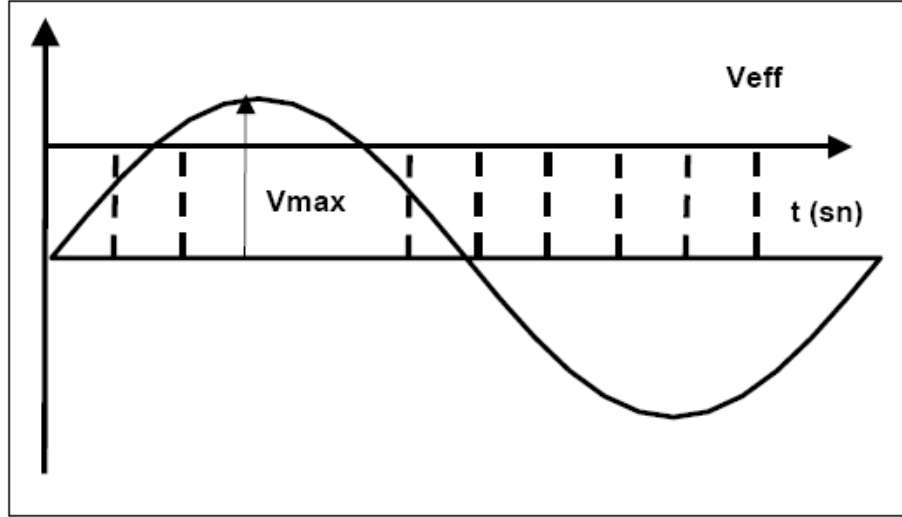
$$\frac{mV_c}{2} = 5 \text{ V}$$



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

Şekil 1.9: Örnek için frekans spektrumu

Ø Çift Yan Bant (DSB -Duble Side Band) genlik modülasyonunda güç hesabı



Şekil 1.10: AC işaretin efektif değeri

AC İşarete Güç Hesabı

$$P = V_{eff} \cdot I$$

$$P = V_{eff} \cdot \frac{V_{eff}}{R} = \frac{V_{eff}^2}{R}$$

$$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{eff} = \frac{V_{max}}{1,41}$$

$$V_{eff} = 0,707 V_{max}$$

$$P = \frac{\left(\frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \right)^2}{R}$$

$$P = \frac{V_{max}^2}{2R}$$

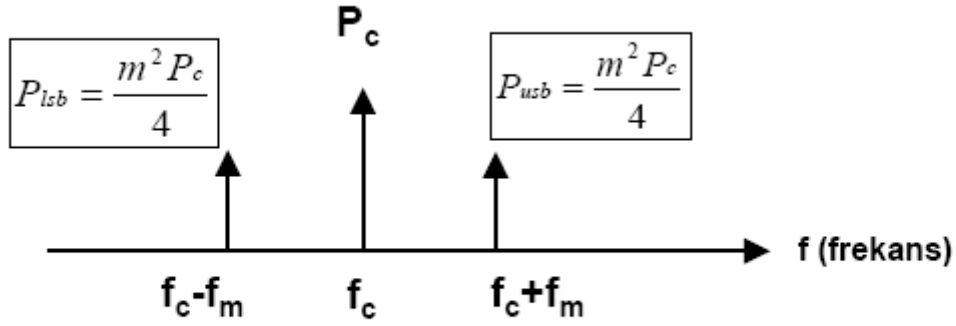
ÇiftYanBant GM İçin Güç Hesabı

$$P_{toplam} = P_{taşıyıcı} + P_{üstyanbant} + P_{altyanbant}$$

$$P_c = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{V_c^2}{2R}$$

$$P_{üstyanbant} = P_{altyanbant} = \frac{m^2 P_c}{4}$$

$$P_{toplam} = P_c + \frac{m^2 P_c}{4} + \frac{m^2 P_c}{4}$$



Şekil 1.11: Çift yan bant genlik modülasyonunda güç spektrumu

Örnek: $R = 25 \Omega$ $V_{\max} = 10V$ ise $P = ?$

Çözüm: $P = \frac{V_{\max}^2}{2R}$ $P = \frac{100}{50}$ $P = 2 W$

Örnek:

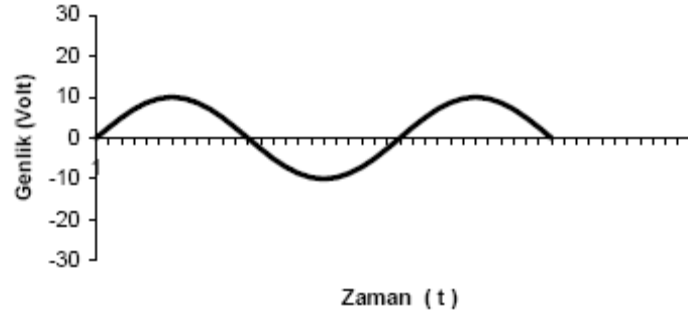
Bir ses sinyalinin matematiksel ifadesi $V_m = 10 \sin 2\pi 3200t$ dir. Bu bilgi işareti matematiksel ifadesi $V_c = 20 \sin 2\pi 300000t$ olan bir taşıyıcıyı modüle etmekte kullanılmaktadır.

- Ses sinyalini çiziniz.
- Taşıyıcı sinyalini çiziniz.
- Modüleli dalgayı ölçekli çiziniz.
- Modülasyon indisini ve modülasyon yüzdesini bulunuz.
- Frekans spektrumunda oluşacak frekans ve genlikleri çiziniz
- $V = ?$ (Modüleli işaretin matematiksel denklemini yazınız.)
- Bu işaretin frekans spektrumunda işgal ettiği bant genişliği nedir? $BW = ?$
- Bu işaret empedansı 50Ω olan bir anten ile yayın yaptırılırsa; $P_c = ?$
 $P_{ayb} = ?$ $P_{üyb} = ?$ $P_{toplam} = ?$

Çözüm

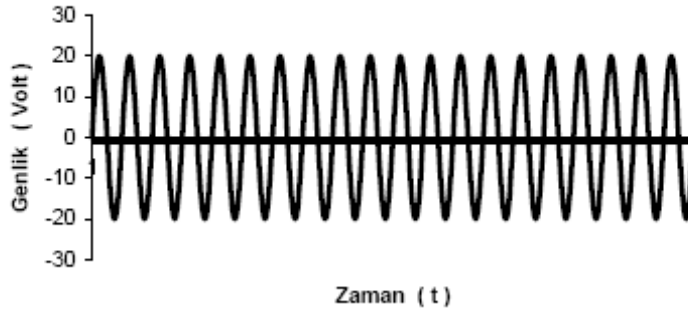
a)

Bilgi (Ses) İşaretinin dalga şekli



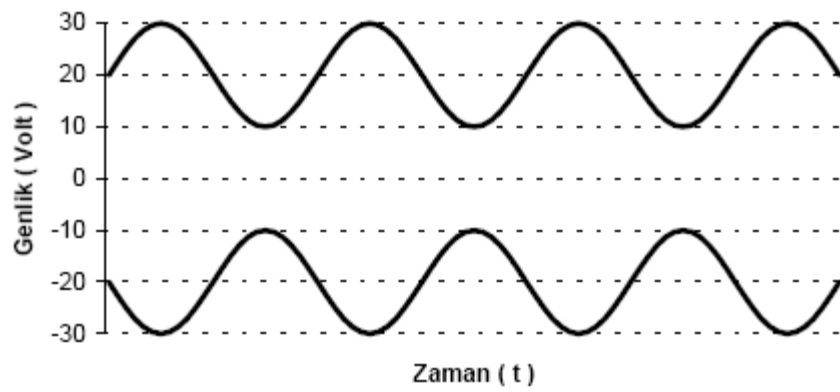
b)

Taşıyıcı Sinyali



c)

Modüasyonlu İşaretin Zarf Dalga Şekli

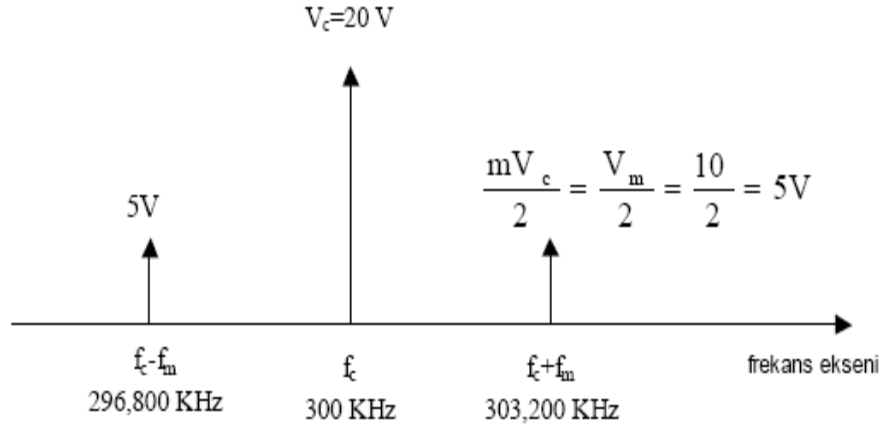


d) Modülasyon indisi (m)

$$m = \frac{V_m}{V_c} = \frac{10}{20} = 0,5$$

Modülasyon yüzdesi (M) $M = m * \%100$ $M = \%50$

e)



Frekans spektrumu

f)

$v_m = V_m \sin 2\pi f_m t$ (Bilgi işareti)

$v_c = V_c \sin 2\pi f_c t$ (Taşıyıcı işaret)

$v = (V_c + V_m \sin 2\pi f_m t) \sin 2\pi f_c t$ (Modüleli işaret)

$$V = V_c \sin 2\pi f_c t + \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t (f_c - f_t) - \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t (f_c + f_m)$$

$$V = 20 \sin 2\pi 3000000 t + 5 \cos 2\pi 296800 t - 5 \cos 2\pi 303200 t$$

g) $BW = 2f_m = 2 * 3200 = 6400 \text{ Hz}$ $BW = 6400 \text{ Hz}$

h) $P_{\text{toplam}} = P_{\text{taşıyıcı}} + P_{\text{üstyanbant}} + P_{\text{altyanbant}}$

$$P_c = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{V_c^2}{2R} = \frac{400}{100} = 4W$$

$$P_{\text{üstyanbant}} = P_{\text{altyanbant}} = \frac{m^2 P_c}{4} = \frac{0,5^2 * 4}{2} = 0,25W$$

$P_{\text{toplam}} = 4W + 0,25W + 0,25W = 4,5W$ $P_{\text{toplam}} = 4,5W$

1.2.2. Tek Yan Bant (SSB-Single Side Band) Modülasyon

1.2.2.1. SSB Modülasyonunun Elde Edilmesi

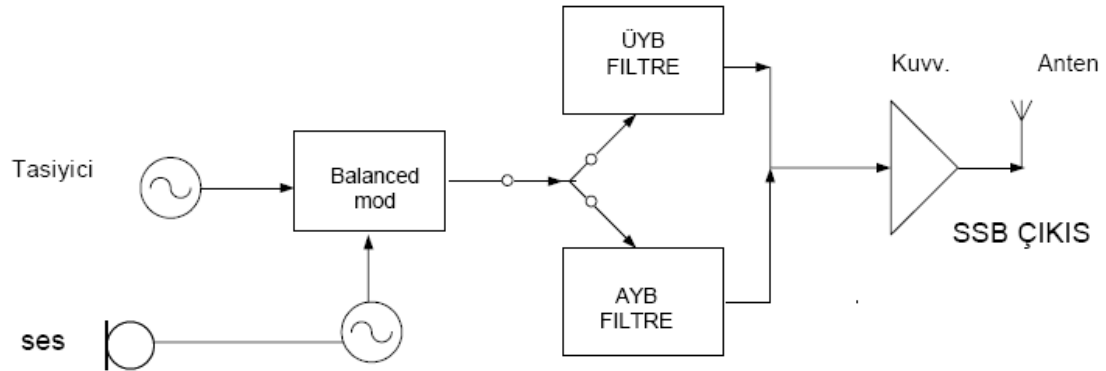
Genlik modülasyonunda gerekli band genişliğini yarı yarıya düşürmek için, işaretin alt yan bant ya da üst yan bandından sadece birisinin filtre yoluyla seçilerek gönderilmesiyle elde edilir. Uzak mesafelere bilgi göndermek için tercih edilir.

1.2.2.2. SSB Elde Etme Metodları

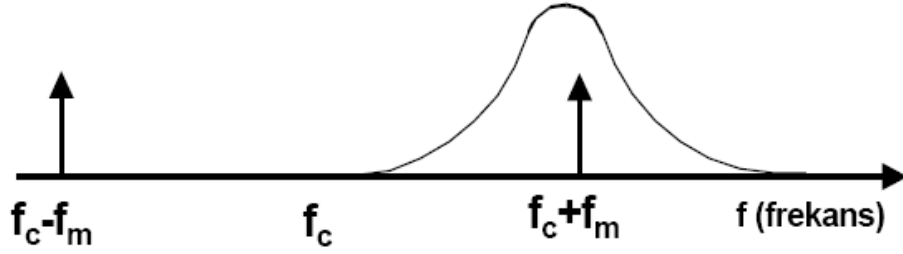
SSB sinyali elde etmek için temelde dengeli modülatör devreleri kullanılır. Dengeli Halka Modülatörü, FET (**Field Effect Transistor**)'li Push-Pull Dengeli Modülatör, Dengeli Köprü Modülatörü, Entegre Devreli Dengeli Modülatör devreleri SSB sinyali elde etmek için kullanılan modülatörlerdir. Aşağıda bunlardan SSB elde etmede kullanılan yöntemlerden biri olan iki filtre kullanılan bir SSB verici kısaca açıklanmaktadır.

1.2.2.3. İki Filtre Kullanan SSB Verici

Dengeli modülatör vasıtasıyla genlik modüleli sinyal elde edildikten sonra anahtarlama devresi ve band geçiren filtreler yardımıyla alt yan bant ya da üst yan banttan bir tanesi seçilir.



Şekil 1.12: İki filtre kullanan SSB verici



Şekil 1.13: Üst yan bandın seçilmesi

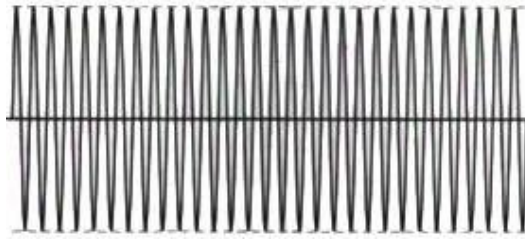
1.2.2.4. SSB de Bant Genişliği

$BW = f_m$ dir. (Çift yan bantlı genlik modülasyonunun bant genişliğinin yarısıdır.)

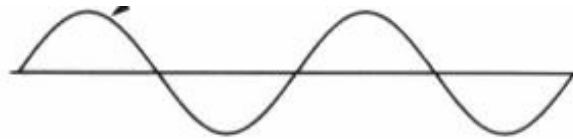
1.3. Frekans Modülasyonu

1.3.1. Frekans Modülasyon İhtiyacı

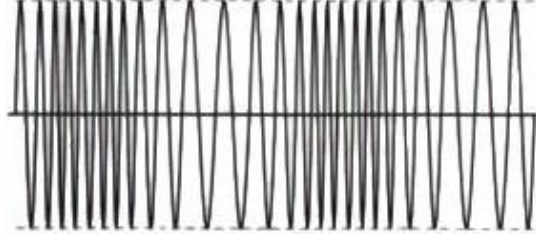
Yüksek güçlü vericilerde sinyal/gürültü oranının çok küçük olması istenir. Yüksek güçlü genlik modülasyonlu vericilerde sinyal/gürültü oranı problem yaratacak kadar büyük olur. Bu problemten kurtulmak için frekans modülasyonu geliştirilmiştir. GM devrelerine göre FM devrelerinde farklı olarak limiter devreleri, PLL (**Phase Locked Loops**) sentezör devreleri ve vurgu (emphasis) devreleri kullanılır. Frekans modülasyonunda bilgi işaretinin genliğine göre taşıyıcı işaretin frekansı değişir.



Şekil 1.14: Taşıyıcı sinyal



Şekil 1.15: Modüle edici sinyal (bilgi sinyali)



Şekil 1.16: Modüle edilmiş FM sinyal

1.3.2. Frekans Modülasyonunun Üstünlükleri ve Sakıncaları

Ø Üstünlükleri

- Sinyal üzerine binen gürültü seviyesi kesilebildiği için ses kalitesi yüksektir
- Frekans modülasyonunun gürültü bağıışıklığı 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

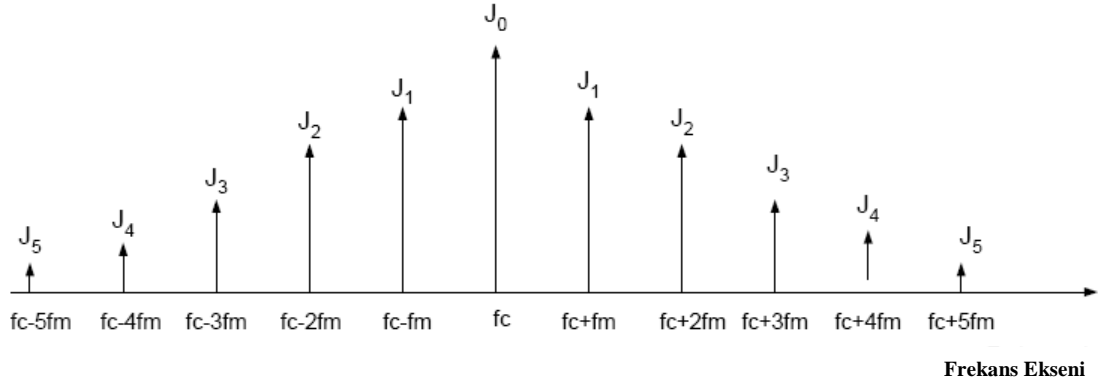
Ø Sakıncaları

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

1.3.3. Frekans Modülasyonunda Bant Genişliği

Frekans modülasyonunda modüle edici her sinyal için bir çift yan bant oluşur. Bu da teorik olarak frekans modülasyonunda sonsuz sayıda yan bant oluşması anlamına gelir. Örneğin 10MHz.lik taşıyıcı sinyal 100 KHz lik bir sinyalle frekans modülasyonuna tabi tutulursa, 10100-9900 KHz, 10200-9800 KHz, 10300-9700 KHz gibi frekanslarda yan bant sinyalleri oluşur. Fakat frekans değişimi arttıkça yan bant sinyallerinin gücü azalır. Genliği, taşıyıcı sinyalin genliğinin %1'inden daha düşük olan yan bantlar ihmal edilir. Frekans modülasyonunda ortalama ± 75 KHz. lik bant genişliği kullanılır. Bu bant genişliğinin altında yapılan FM yayınlara dar bant FM, üstünde yapılan yayınlara geniş bantlı FM denir.

Şekil 1.17'de bir FM sinyalinin frekans spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 1.17: FM sinyali frekans spektrumu

Frekans modülasyonunda bant genişliğini bulmak için 2 formül kullanılır.

1. $BW = 2 * f_m$ * önemli bant sayısı (Tablo kuralı)
2. $BW = 2 * (\Delta f + f_m)$ (CARSON Kuralı)

Önemli yan bant sayısı belirlenirken harmonik genliğine bakılır. Taşıyıcı genliğinin %1 oranına kadar olan harmonik genlikler alınır. Geri kalan kısım alınmaz. Önemli yan bant sayısı belirlenirken aşağıda verilen tablo kullanılır. Tablo taşıyıcı genliği 1Volt alınarak normalize hale getirilmiştir.

Mod. İnd.	J_0 Taşıyıcı	J_1 1 st	J_2 2nd	J_3 3d	J_4 4th	J_5 5th	J_6 6th	J_7 7th	J_8 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

Ø Frekans modülasyonu temel formülleri

Taşıyıcı frekansının genliğe bağlı olarak değişmesine taşıyıcı salınımı C_s denir.

V_m = Bilgi işaretinin genliği

$K = 1 \text{ kHz} / 1 \text{ V}$ (Frekans sapma sabiti)

m_f = Modülasyon İndisi

Δf = Frekans Sapması

f_m = Bilgi işaretinin frekansı

f_c = Taşıyıcı sinyal frekansı olmak üzere;

$$\Delta f = K V_{m\max}$$

Taşıyıcı Salınması $C_s = 2\Delta f$

Bilgi genliği max. ise $f = f_c + \Delta f$

Bilgi genliği min. ise $f = f_c - \Delta f$

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m}$$

Yüzde modülasyon $M = (\Delta f_{\text{gerçek}} / f_{m\max}) \times 100$ formülleriyle hesaplanır.

Örnek: Taşıyıcı frekansı $f_c = 104 \text{ MHz}$ frekans sapması $\Delta f = 100 \text{ KHz}$ ve bilgi sinyali 10 KHz ise taşıyıcının alacağı maksimum ve minimum frekans değerini, taşıyıcı salınmasını ve modülasyon indisini bulunuz.

Çözüm:

$$f = f_c + \Delta f = 104,1 \text{ MHz} \text{ (Bilgi işaretinin genliği max. ise)}$$

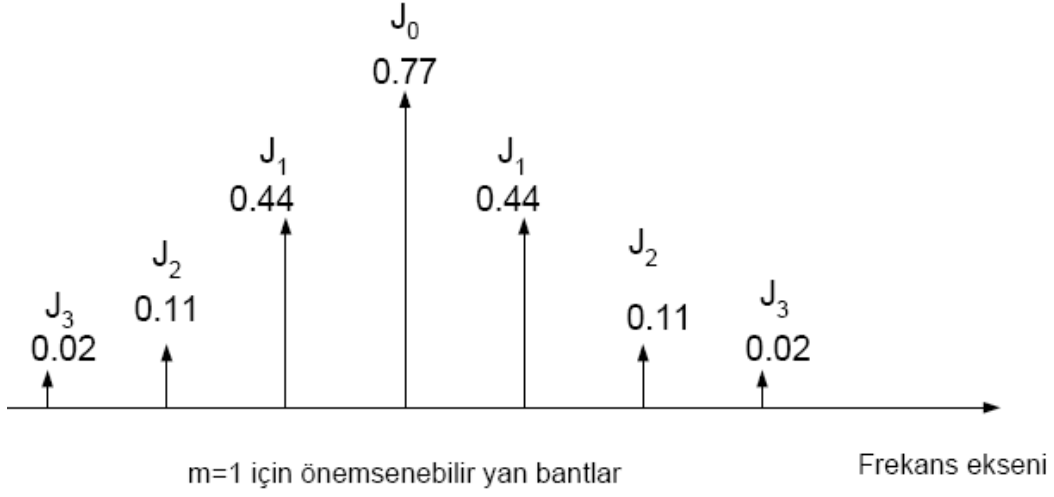
$$f = f_c - \Delta f = 103,9 \text{ MHz} \text{ (Bilgi işaretinin genliği min. ise)}$$

$$C_s = 2\Delta f = 2 \times 100 = 200 \text{ KHz}$$

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{100 \text{ KHz}}{20 \text{ KHz}} = 5$$

Örnek: Taşıyıcı genliği $V_c = 1 \text{ Volt}$ iken $m = 1$ için önemli yan bant genliklerini frekans ekseninde gösteriniz.

Çözüm:



Örnek: Bir FM sinyal için; taşıyıcı frekansı $f_c=100$ MHz, $m_f = 2$, $f_m = 3$ kHz verildiğine göre bant genişliğini bulunuz, frekans spektrumunu çiziniz.

Çözüm:

1. Tablo kuralına göre;

$$BW = 2 * f_m * \text{önemli yanbant sayısı} \quad BW = 2 * 3 * 4 = 24 \text{ kHz}$$

2. Carson kuralına göre; $BW = 2 * (\Delta f + f_m)$

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} \quad \Delta f = m_f * f_m \quad \Delta f = 6$$

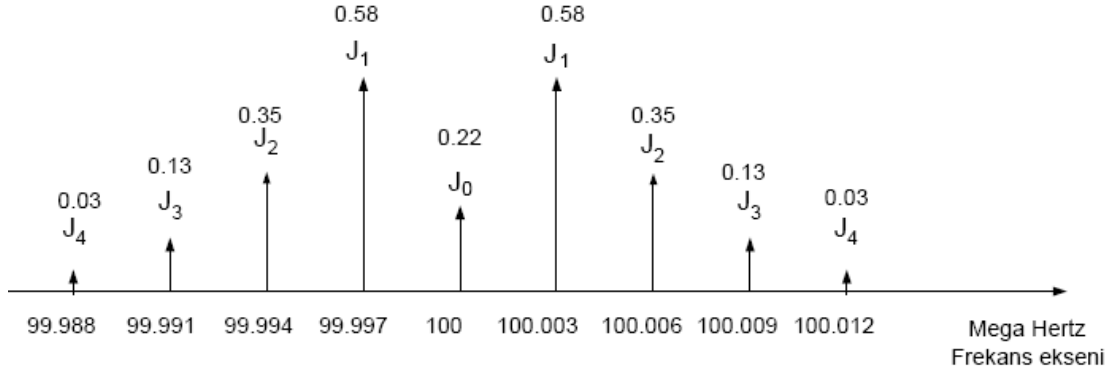
$$BW = 2 * (6 + 3) = 18 \text{ kHz}$$

Frekans Spektrumu

$$f_m = 3 \text{ kHz} = 0.003 \text{ MHz}$$

$$f_c + f_m = 100 + 0.003 = 100.003 \text{ MHz}$$

$$f_c - f_m = 100 - 0.003 = 99.997 \text{ MHz}$$



Örnek: Cep telefonları için frekans sapması 12 kHz ve bilgi frekansı(ses) 3 kHz olduğuna göre bant genişliğini bulunuz.

Çözüm:

$$\Delta F = 12 \text{ kHz}$$

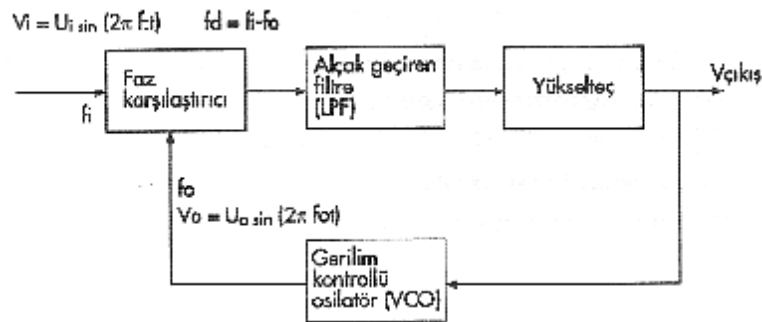
$$f_m = 3 \text{ kHz}$$

$$BW = 2 * (\Delta f + f_m) \text{ CARSON Kuralı}$$

$$BW = 30 \text{ kHz}$$

1.3.4. PLL Faz Kilitli Döngü Faz Dedektörü

Faz dedektörleri, f_m sentezörlü vericilerde, f_m alıcılarda demodülasyon işleminde, uydu takip devrelerinde, dar bant keskin filtre devrelerinde kullanılır. Temel olarak PLL frekans geri beslemeli bir kapalı döngü kontrol sistemidir. Bir faz karşılaştırıcı (frekans katlayıcı), gerilim kontrollü bir osilatör, alçak geçiren bir filtre ve düşük kazançlı bir yükselteçten oluşur. 1932 ‘den beri kullanılan PLL devreleri karmaşık yapıda ve yüksek maliyetliyken entegre teknolojinin gelişmesiyle daha kullanışlı hale gelmişlerdir.



Şekil 1.18: PLL faz dedektörü blok diyagramı

Ø **Faz karşılaştırıcı:** Çarpıcı devredir. Harici sinyal ve VCO’nun ürettiği sinyalin frekanslarını çarpır. Girişindeki iki işaret arasındaki frekans farkı ya da faz farkına orantılı olarak çıkışında DC gerilim üretir.

Ø **VCO:** (Voltage controlled Oscillator) Gerilim beslemeli olarak kararlı frekans üreten bir osilatördür. Filtre çıkışındaki DC voltaja göre VCO'nun ürettiği sinyalin frekans değeri değişir.

Ø **Alçak geçiren filtre:** Çarpıcı devre çıkışındaki toplam ve fark frekanslarından fark frekansı içeren bileşeni geçirir.

$$\text{Filtre çıkışı } V_{dc} = \frac{V_m * V_c}{2} \cos 2\pi t (f_c - f_m) \text{ formülü ile hesaplanabilir.}$$

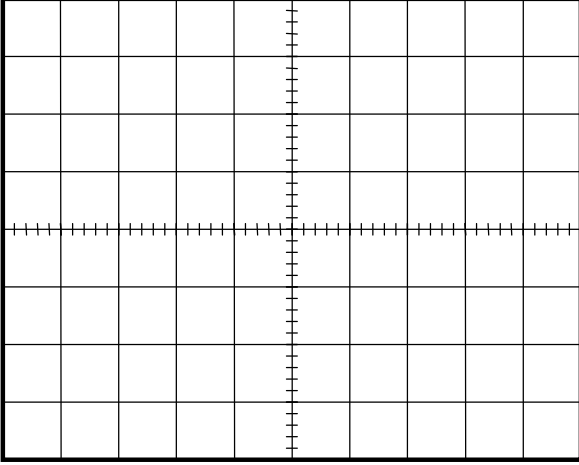
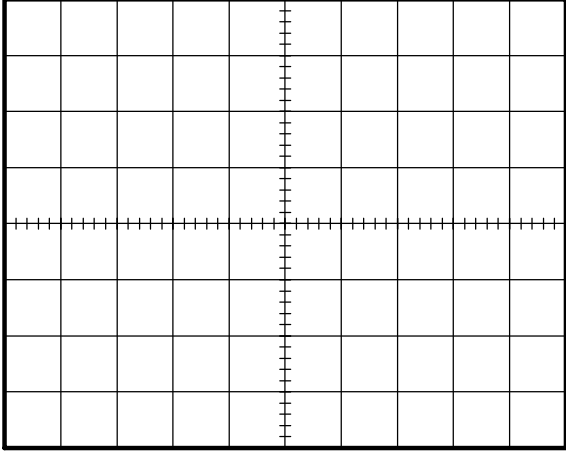
Faz dedektör girişinde $f_c = f_m$ ise PLL kitlenir ve $\cos 0 = 1$ olacağından filtre çıkışı $V_{dc} = \frac{V_m * V_c}{2}$ olur.

Ø Uygulamada Kullanılan Bazı PLL Entegreler

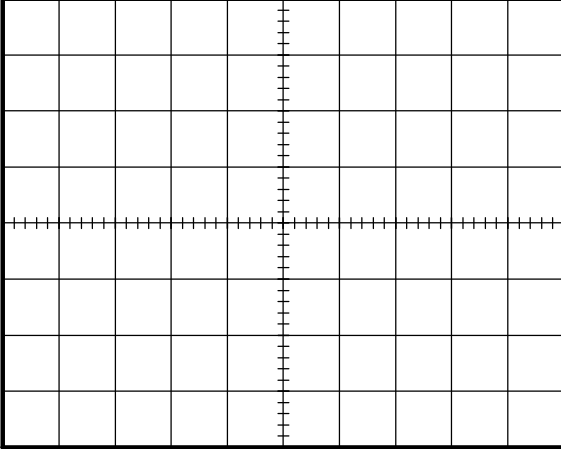
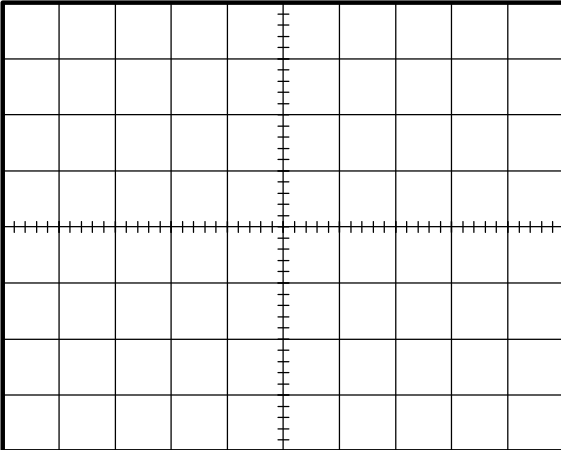
LM565 from National (VCO serbest salınım frekansı: 300 KHz' den 500 KHz'e kadar) LM565C from National (VCO serbest salınım frekansı: 250 KHz' den 500 KHz'e kadar) NE 560B from Signetic (VCO serbest salınım frekansı: 15 MHz' den 30 MHz'e kadar) NE 564 from Signetic (VCO serbest salınım frekansı: 45 MHz' den 50 MHz'e kadar) 74HC/HCT4046A /7046A (Philips High speed CMOS based 17 MHz' e kadar)

UYGULAMA FAALİYETİ

UYGULAMA 1

İşlem Basamakları	Öneriler
Ø Genlik modülasyonu devresini kurunuz.	
Ø Modülasyon girişini açık bırakarak osilaskopta işaret sinyalini gözlemleyiniz.	Ø Osilaskobun ilk ayarlarını ve kalibrasyonunu yapınız. Okuduğunuz değerleri dikkatli kaydediniz.
Ø Modülasyon girişini bağlayarak osilaskopta modüleli işaret sinyalini gözlemleyiniz	
Ø Ölçülen değerleri kağıt üzerine aktararak sinyal grafiğini çıkarınız.	
 <p>Modülesiz Sinyal</p>	Ø Grafik çıkarırken birimlere ve oranlara dikkat ediniz
 <p>Modüleli Sinyal</p>	

UYGULAMA-2

İşlem Basamakları	Öneriler
Ø Frekans modülasyonu devresini kurunuz.	
Ø Modülasyon girişini açık bırakarak osilaskopta işaret sinyalini gözlemleyiniz.	Ø Osilaskobun ilk ayarlarını ve kalibrasyonunu yapınız. Okuduğunuz değerleri dikkatli kaydediniz.
Ø Modülasyon girişini bağlayarak osilaskopta modüleli işaret sinyalini gözlemleyiniz.	
Ø Spektrum analizör cihazını bağlayarak FM sinyalini gözlemleyiniz.	Ø Spektrum analizörün ilk ayarlarını ve kalibrasyonunu yapınız.
Ø Ölçülen değerleri kağıt üzerine aktararak sinyal grafiğini çıkarınız.	Ø Grafik çıkarırken birimlere ve oranlara dikkat ediniz
 <p>Modülesiz Sinyal</p>	
 <p>Modüleli Sinyal</p>	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. Harmonikler içinde yer alan 2 harmonik frekansının birbirine karışması intermodülasyon gürültüsü meydana getirir.
2. Sinyalin 1 saniyedeki tekrarlama sayısına periyot denir.
3. Açık modülasyonu bir sayısal haberleşme modülasyonu çeşididir.
4. İşaretin frekans spektrumunda işgal ettiği yere bant genişliği denir.
5. Osilaskopta gözlenen genlik modüleli sinyalin V_{max} değeri 4 V., V_{min} değeri 2V. olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla bu sinyalin modülasyon yüzdesi %33 tür.
6. Çift yan bant modüleli sinyalin bilgi işareti $f_m=3$ KHz. ise bu sinyalin bant genişliği 5 KHz. dir.
7. Frekans modülasyonunda taşıyıcı sinyalin genliği ve frekansı değişir.
8. Frekans modülasyonunda ortalama ± 75 KHz.lik bant genişliği kullanılır. Bu bant genişliğinin altında yapılan FM yayınlara dar bant FM, üstünde yapılan yayınlara geniş bantlı FM denir.
9. PLL bir faz karşılaştırıcı(frekans katlayıcı), gerilim kontrollü bir osilatör, alçak geçiren bir filtre ve düşük kazançlı bir yükselteçten oluşur.
10. Taşıyıcı frekansı $f_c = 100$ MHz., frekans sapması $\Delta f = 50$ KHz olan FM sinyalin bant genişliği 200 KHz dir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Sayısal haberleşme ile ilgili temel kavramları öğrenerek sayısal haberleşmede kullanılan darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini kavrayacaksınız.

ARAŞTIRMA

- Ø Modülasyon kavramını iyice anladığınızdan emin olunuz ve özellikle sayısal haberleşme yapan cihazların kullandıkları iletişim sistemlerini araştırınız.

2. SAYISAL HABERLEŞME

2.1. Temel Kavramlar

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

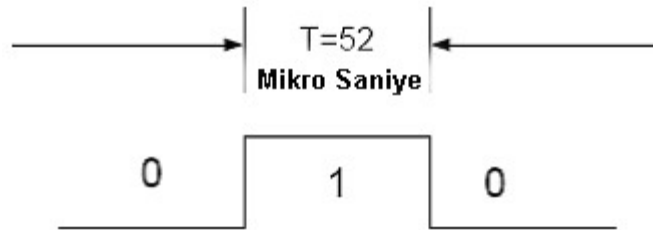
2.1.1. Bit

Dijital elektronikte ve binary sayı sisteminde sadece 0 ve 1 değerleri vardır. Tüm işlemler bu iki değer üzerinden yapılır. 0 ya da 1 bilgisinin her birine bit denir.

2.1.2. BPS (Bit Per Second)

Sayısal veri iletişimi sırasında saniyede iletilen bit sayısı BPS ile ifade edilir.

Örnek: Aşağıdaki şekilde bir veri katarı içinde yer alan 1 bitlik bir veri için osiloskopta elde edilen şekil verildiğine göre saniyede iletilen bit sayısını (hızını) bulunuz.

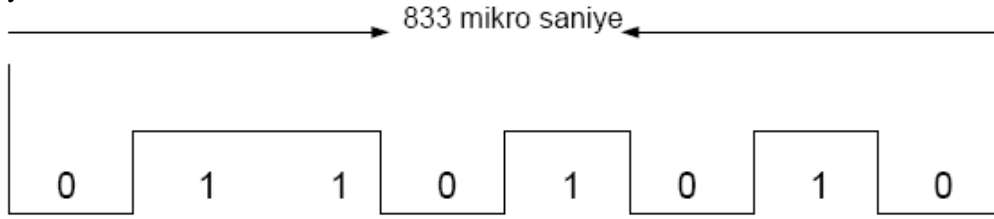


Çözüm: Bir bitin iletilmesi 52 μ saniye sürdüğüne göre bu sinyalin periyodu 52 μ saniyedir. Frekans periyodun tersi olduğu ve 1 saniyedeki saykıl (burada bit sayısı) sayısı olduğundan frekansı bularak saniyedeki bit sayısını (bps) da bulmuş oluruz.

$$T=52 \mu \text{ sn} \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{52 * 10^{-6}} = 19230 \text{ Hz} = 19230 \text{ bps}$$

Örnek:

Aşağıdaki şekilde 8 bitlik bir verinin osiloskopta elde edilen şekli verildiğine göre saniyede iletilen bit hızını bulunuz.



Çözüm:

$$\text{Bir bit için geçen süre} = \frac{833}{8} = 104.125 \mu \text{ s}$$

$$\text{Frekans (Bit hızı)} = \frac{1}{104,125 * 10^{-6}} = \frac{1000000}{104,125} = 9640 \text{ bps}$$

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 bitdir.

2.1.4. Baud Rate (Oran)

Data iletiminde modülatör çıkışında bir saniyede meydana gelen sembol (baud) değişikliğine baud hızı denir. Baud hızı baud/sn ile gösterilir. Baud hızı sinyalin anahtarlama hızını gösterir.

Örnek: Bir veri iletim hattının iletim hızı 4800 baud/sn olsun. Bu iletim her baud 4 bitle kodlanmış bilgi içeriyorsa bps olarak hızımız $4800 * 4 = 19200$ bps olur.

2.1.5. BER: Bit Error Rate (Bit Hata Oranı)

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

$$BER = \frac{\text{Gönderilen Hatalı Bit Say.}}{\text{Gönderilin Toplam Bit Say.}}$$

Örnek: BER=10⁻⁶ olduğuna göre 1 milyon bit gönderildiğinde kaç bit hatalı gitmiş olur?

$BER = 10^{-7} = \frac{1}{10^7} = \frac{1}{10000000} = \frac{\text{Gönderilen Hatalı Bit Say.}}{\text{Gönderilin Toplam Bit Say.}}$ 1milyon bitte 1 bit hatalı gitmiştir.

Örnek: 512 000 000 bit gönderildiğinde 16 bit hata meydana geliyorsa bit-error oranı nedir?

$$BER = \frac{\text{Gönderilen Hatalı Bit Say.}}{\text{Gönderilin Toplam Bit Say.}} = \frac{16}{512 * 10^6} = 0,03125 * 10^{-6} = 3,125 * 10^{-8}$$

2.1.6. Kanal

Elektrik sinyallerinin geçtiği, frekanslardan oluşan bant ya da yola kanal denir.

2.1.7. Kanal Kapasitesi

Bir kanalda 1 saniyede iletilebilecek maksimum bit miktarına kanal kapasitesi denir. Bir kanalın kapasitesi aşağıda verilen Shannon eşitliği ile ifade edilir

$$C = B * \log_2 \left(1 + \frac{\text{Sinyal}}{\text{Gürültü}} \right)$$

Burada;

C = bps (Kanal Kapasitesi)

B = Bant Genişliği (Hertz)

Güçlerin Oranı $\frac{S}{N} = \frac{\text{Sinyal}}{\text{Gürültü}}$ olarak ifade edilir.

Örnek: Bir iletim hattında (B = 5,6 KHz) S/N oranı 1023 ise kanal kapasitesini hesaplayınız.

Çözüm:

$$C = B * \log_2 \left(1 + \frac{\text{Sinyal}}{\text{Gürültü}} \right)$$

$$C = 5600 * \log_2 (1 + 1023)$$

$$C = 5600 * \log_2 (1024)$$

$$C = 5600 * 10$$

$$C = 56000 \text{ bps}$$

Örnek: Standart bir telefon hattında (B=3 KHz) S/N oranı 30 dB ise kanal kapasitesini hesaplayınız.

Çözüm:

$$dB = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$30dB = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$3dB = \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$10^3 = \frac{P_2}{P_1}$$

$$C = B * \log_2 \left(1 + \frac{\text{Sinyal}}{\text{Gürültü}} \right)$$

$$C = B * \log_2 (1 + 1000)$$

$$C = B * \log_2 (1001)$$

$$\log_2 (1001) = \frac{\log_{10} 1001}{\log_{10} 2} = \frac{3}{0,3} = 10$$

$$C = B \times 10 = 3000 \times 10 = 30000 \text{ bps}$$

2.1.8. Gürültü

Sisteme rasgele ve istem dışı dahil olan ve asıl sinyaller üzerinde olumsuz etki yapan enerjidir. 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:

2.1.8.1. Sistem İçi Gürültü Kaynakları

- Ø **Isıl gürültü:** Bir iletkenin sıcaklığı arttıkça serbest elektronların enerji seviyeleri artacağından iletken içindeki rasgele hareketi artar elektronların bu hareketi ısı gürültü olarak tanımlanır.
- Ø **Atış gürültüsü:** Transistör ve diyot gibi yarı iletkenlerin p-n eklemlerinde elektronların rasgele yayınımları (emission), eklemlerden nüfuz etmeleri (diffusion), ya da tekrar birleşmeleri (recombination) sonucunda oluşan rasgele elektriksel değişimlerdir.

2.1.8.2. Sistem Dışı Gürültü Kaynakları

- Ø Güneş patlamaları
- Ø Yıldırım düşmeleri ve şimşek çakmaları
- Ø Floresan lambalar
- Ø Elektrik motorlarının çalışması

Burada kısaca temel formülleri de hatırlayacak olursak, SNR: sinyal-gürültü oranı olmak üzere;

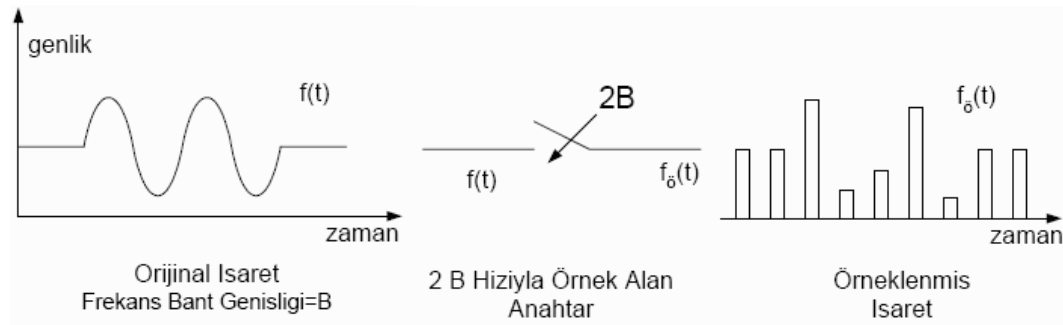
$$SNR = \frac{\text{sinyal}}{\text{gürültü}} = 10 \log \frac{\text{sinyal gücü(W)}}{\text{gürültü gücü (W)}} = 20 \log \frac{\text{sinyal voltajı(V)}}{\text{gürültü voltajı (V)}}$$

formülleriyle hesaplanmaktadır.

2.2. Örnekleme Teoremi

Tüm haberleşme sistemlerinde amaç en hızlı ve sağlıklı veri iletimini sağlamaktır. Analog haberleşmenin bilinen sakıncaları nedeniyle sayısal haberleşme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla analog işaretlerin sayısal biçime dönüştürülmesi gerekmektedir. Bir analog işaretin sayısal işarete dönüştürülmesinde en önemli nokta, analog işaretin uygun bir örnekleme frekansı ile örneklenmesidir. Bunun için bilgi işareti, teoride ideal bir darbe dizisi ile pratikte ise darbe katarı ile çarpılır.

Örnekleme için B Bant genişliğine sahip orijinal bir işaret en az 2B hızıyla örneklenip iletim hattına verilirse alıcıda orijinal sinyal elde edilebilir.



Şekil 2.1:Örnekleme

Anahtarlama hızı ne kadar yüksek olursa örneklenen işaret, orijinal işarete o kadar daha çok benzer.

f_m band genişlikli bilgi işaretinin bir temel bant bilgi işareti olması durumunda, örnekleme frekansı ($f_s = 1/T_s$) Nyquist tarafından verilen aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

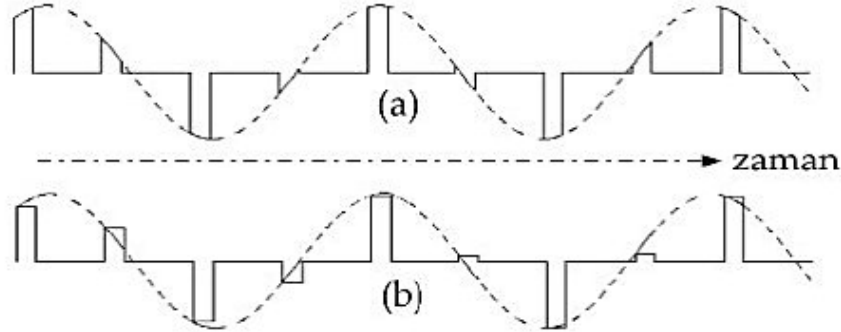
$$f_s \geq 2f_m$$

$f_s = 2f_m$ frekansına Nyquist frekansı denir. Yukarıdaki koşul sağlandığında, $f(t)$ işareti örnek değerlerinin bant genişliği f_m olan ideal bir alçak geçiren süzgeçten geçirilmesi ile herhangi bir bilgi kaybı olmaksızın yeniden elde edilebilir.

Bu işlem, interpolasyon olarak da adlandırılır. Teorik olarak alıcıda işaretin bozulma olmaksızın yeniden elde edilebilmesi için $f_s = 2f_m$ 'lık bir örnekleme frekansı yeterli olduğu halde, pratikte örnekleme frekansı, alıcı tarafta bulunan alçak geçiren süzgecin ve diğer cihazların ideal olmaması nedeniyle Nyquist frekansından biraz daha büyük seçilir.

Pratikte örnekleme işlemi, impuls dizileri kullanılarak yapılamayacağı için, analog bilgi işaretinin sonlu genlik ve sonlu süreli darbeler yardımıyla örneklenmesiyle gerçekleştirilir. Analog bilgi işaretinin, sonlu genlik ve sonlu süreli darbelerle çarpımıyla gerçekleştirilen örnekleme doğa örnekleme adı verilir.

Bu işlemde darbe katarının genliği analog işaretin biçimini korumaktadır. Gerçeklenmesi kolay olan diğr bir örnekleme çeşidi düz tepeli örneklemedir. Bu örnekleme işleminde analog işaret örneklenmekte ve bu örnek değeri darbe süresince sabit tutulmaktadır.



Şekil 2.2: (a) Doğal örnekleme, (b) Düz tepeli örnekleme

2.3. Kodlama

Baştan belirlenmiş bir takım kurallara göre sinyalin değiştirilmesi işlemine kodlama denir. K sayıda karakter, bit olarak kodlanmak istendiğinde gerekli bit sayısı aşağıdaki formülden bulunur.

$$n = \log_2 K$$

Burada: n = Kodlamak için gerekli 2 li bit sayısı
 K = Karakter sayısı

Örnek: 64 adet karakteri kodlamak için gerekli bit sayısını bulunuz.

Çözüm: $n = \log_2 K$ $2^n = 64$ $2^n = 2^6$ $n = 6$

Ø Kod Etkinliği:

Kodlama sonunda gerekli bit ve kullanılan bit arasındaki orandır. Oran ne kadar yüksek olursa kodlama o kadar etkin yapılmış demektir.

$$k_e = \frac{\text{GerekliBitSayısı}}{\text{KullanılanBitSayısı}}$$

Örnek: 29 harfi kodlamak için gerekli bit sayısını ve kod etkinliğini bulunuz

$$n = \log_2 29 = \frac{\log_{10} 29}{\log_{10} 2} = \frac{1,462}{0,3} = 4,87$$
$$k_e = \frac{\text{GerekliBitSayısı}}{\text{KullanılanBitSayısı}} = \frac{4,87}{5} = \%97$$

Örnek: Kullanılan bit sayısı 5 iken %95 kod etkinliği elde edilmektedir. Kodlanması istenen karakter sayısı için gerekli bit sayısı nedir ?

Çözüm:

$$k_e = \frac{\text{GerekliBitSayısı}}{\text{KullanılanBitSayısı}}$$

$$\text{Gerekli bit sayısı} = k_e * \text{Kullanılan bit sayısı} = 0,95 * 5 = 4,75$$

Ø Parite: Gönderilen veride hata olup olmadığı çoğu sistemde parite (değer eşitliği) biti tarafından kontrol edilir. Parite biti kullanan sistemlerde gönderilen her bir karakterin sonunda ilave bir bit bulunur. Bu bite parite biti denir. Parite biti parite jeneratörü tarafından üretilir. Parite jeneratörü özel veya (XOR) kapıları ile üretilir. Parite bitinde hatanın olması durumunda göndericiye hata bayrağı (NAK) (N..... A.... K....) kaldırılır. Gönderici aynı veri bloğunu parite hatası olmayana kadar tekrar gönderir.

Ø Tek parite: Veriler gönderilmeden önce bilginin içerdiği bitlerdeki 1' ler toplanır. Eğer toplam tek ise parite biti 0 olur..

Örnek: 1000101 0 (Bitlerin sayısı tek olduğu için tek parite)

Ø **Çift parite:** Gönderilen bilginin içerdiği bitlerdeki 1' ler toplamı tek ise parite biti "1" olur çift ise 0 olur.

Örnek: 1000110 1 (Bitlerin sayısı çift olduğu için çift parite)

2.3.1. İletim Kodları

Verilerin kodlanmasında çok çeşitli kodlama teknikleri kullanılmaktadır. Bu kodlama yöntemlerinden bazıları şunlardır:

Morse kodu (nokta ve çizgilerden oluşur)
BCD kodu
Excess-3 kodu
Gray kodu
Baudot kodu (5 bitlik bir kodlama yapısına sahiptir.)
ASCII kodu (7 bitlik bir kodlama yapısına sahiptir.)
EBCDIC kodu (8 bitlik bir kodlama yapısına sahiptir.)
Bar kod

Bu kodlamalardan ASCII koduna biraz yakından bakalım.

Ø ASCII kod tablosunun yapısı

ASCII kod tablosu 7 bitlik bir kod yapısına sahiptir. 7 bitlik kod yapısını hex düzende 7 bit= 3bit + 4 bit olarak gösterebiliriz. 3 bit ondalık olarak en fazla $(111)_2 = 7$ olduğu için en çok önemsenebilir basamak sayısı 7' yi geçmez. 4 bit ondalık olarak en fazla $(1111)_2 = 15$ değerini alabileceği için en az önemsenebilir basamak sayısı F' yi geçmez.

Örnek: A harfinin ASCII karşılığını binary olarak gösteriniz.

Çözüm: Aşağıdaki tablodan A' nın hex karşılığı bulunur. A' nın hex karşılığı 41 dir. Hex karşılık binary olarak 100 0001 şeklinde gösterilir.

Örnek: U harfinin ASCII karşılığını binary olarak gösteriniz.

Çözüm: Aşağıdaki tablodan U' nın hex karşılığı bulunur.U' nun hex karşılığı 55' tir. Hex karşılık binary olarak 101 0101' dir

En az önemse nebilir (hex) digit	EN ÇOK ÖNEMSENEBİLİR HEX DİĞİT							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE	space	0	@	P	.	p
1	SOH	DCI	!	1	A	Q	a	q
2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	&	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	\$	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	FF	FS	,	<	L	\	l	|
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	SI	US	/	?	O	-	o	DEL

Tablo 2.1: ASCII HEX tablosu

DEC	ASCII	Hex	Tanım	DEC	Hex	ASCII	DEC	Hex	ASCII	DEC	Hex	ASCII
0	NULL	0	Null	32	20	(SP) Space bar	64	40	@	96	60	`
1	SOH	1	Start of heading	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	STX	2	Start of text	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	ETX	3	End of text	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	EOT	4	End of transmit	36	24	\$	68	44	D	100	64	d
5	ENQ	5	Enquiry	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	ACK	6	Acknowledge	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	BEL	7	Audible bell	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	BS	8	Backspace	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	HT	9	Horizontal tab	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	LF	0A	Line feed	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	VT	0B	Vertical tab	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	FF	0C	Form feed	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	CR	0D	Carriage return	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	SO	0E	Shift out	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	SI	0F	Shift in	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	DLE	10	Data link escape	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	DC1	11	Device control 1	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	DC2	12	Device control 2	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	DC3	13	Device control 3	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	DC4	14	Device control 4	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	NAK	15	Neg. acknowledge	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	SYN	16	Synchronous idle	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	ETB	17	End trans. block	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	CAN	18	Cancel	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	EM	19	End of medium	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	SUB	1A	Substitution	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	ESC	1B	Escape	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
28	FS	1C	Figures shift	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	|
29	GS	1D	Group separator	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	RS	1E	Record separator	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	US	1F	Unit separator	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	(sp)

Tablo 2.2: ASCII kod tablosu

Ø ASCII Kontrol karakterlerinin gruplandırılması

- İletim kontrol
- Format etkileyiciler
- Cihaz kontrol
- Bilgi ayırıcılar



Ø Cihaz kontrol karakterleri

- 1) DC1 Device control 1
- 2) DC2 Device control 2

- 3) DC3 Device control 3
- 4) DC4 Device control 4

Bunlar genellikle bilgisayardan çevre birimlerine bilgi akışını kontrol eden tuşlardır. Yazıcıya yazı yazma komutunu verdiğimiz zaman yazıcının buffer (geçici tampon hafıza) hafızası dolmamışsa yazıcı tarafından bilgisayara DC1 Device control 1 (Xon transmit on) kodu gönderilir. Yazıcının tamponu dolu olduğu zaman bilgisayarın veri akışını durdurması için yazıcı tarafından bilgisayara DC3 Device control 3 (Xoff transmit off) komutu gönderilir.

Ø Yazı metni format etkileyiciler

Yazı metni format etkileyicilerin yaptığı işi görmek için bilgisayarda DOS penceresinde numlock tuşu açık iken aşağıdaki işlemleri yapabiliriz.

08 BS (Backspace) 0=000 8=1000

Bilgisayarımızda ALT+08 tuşuna bastığımızda bilgisayarımız silme işlemi gerçekleştirecektir.

09 HT (Horizontal Tabulation) 0=000 9=1001

Bilgisayarımızda ALT+09 tuşuna bastığımızda TAB tuşunun işlevini yerine getirecektir.

0A LF (Line Feed) 0=000 A=1010=10

Bilgisayarımızda ALT+10 tuşladığımızda () işaretini üretecektir.

0B VT (Vertical Tabulation) 0=000 B=1011=11

Bilgisayarımızda ALT+11 tuşunu tuşladığımızda dikey satır atlatma işlevini yapacaktır.

0C FF (Form Feed) 0=000 F=1100=12

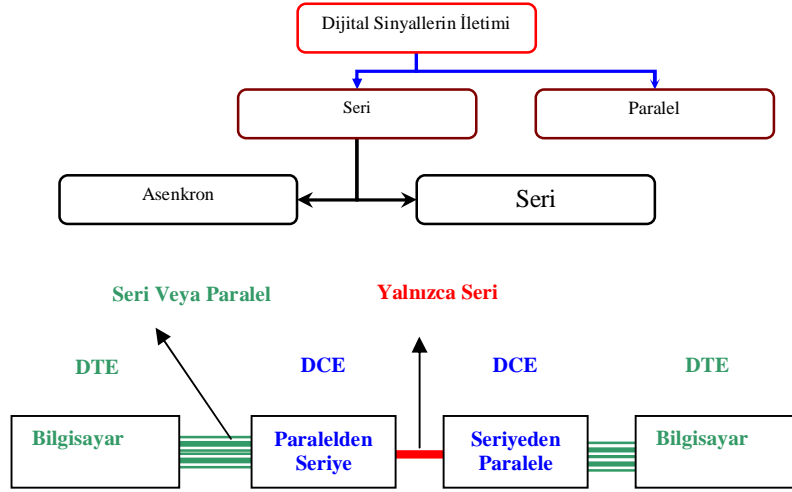
Bilgisayarımızda ALT+ 12 tuşunu tuşladığımızda bilgisayar satır atlaması yapacaktır.

0D CR (Carriage Return) 0=000 D=1101=13

Bilgisayarımızda ALT+13 tuşunu tuşladığımızda bilgisayarımız ENTER işlevini yapacaktır.

2.4. Seri Data Gönderilmesi

Sayısal haberleşme genel olarak seri ve paralel olmak üzere iki şekilde yapılır.



Şekil 2.3: Sayısal haberleşme

Seri haberleşme paralel haberleşmeye göre hem daha yavaş hem de yazılımsal olarak daha külfetlidir. Seri porta bağlanan bazı cihazlarla haberleşebilmek için iletişimin paralele çevrilmesi gerekebilir. Bunun için de UART (Universal Asynchronous Receive Transmit) tüm devreleri kullanılır.

Bu sakıncalarına rağmen seri haberleşme neden kullanılıyor. Bu nedenleri şöyle sıralayabiliriz:

- Ø Seri kablolar paralel kablolarla göre daha uzun olur. Bunun nedeni seri iletişimde lojik 1 seviyesinin 3-25V aralığında olmasıdır. Paralel haberleşmede ise bu 5 V ile iletilir. Dolayısıyla seri haberleşme kablo kayıplarından çok fazla etkilenmez.
- Ø Seri iletişimde daha az telli kablolar kullanılır.
- Ø Günümüzde yaygın olarak kullanılan infrared (kızıl ötesi) iletişim seri haberleşmeyi kullanmaktadır.
- Ø Günümüzde yaygın olarak kullanılan mikrodenetleyici entegreler dış ortamla haberleşmede seri iletişimi kullanmaktadır. Seri iletişim sayesinde entegrede kullanılan uç sayısı az olur.

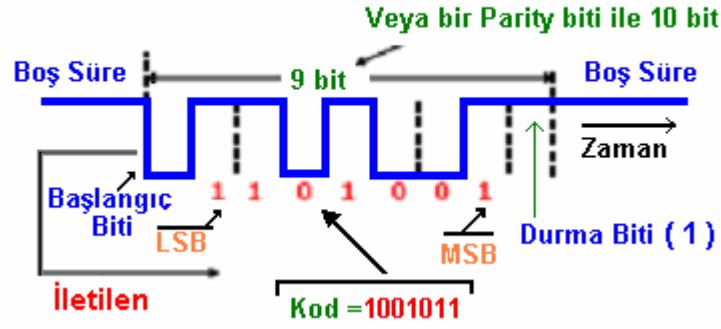
Seri veri iletişimi yapısal olarak asenkron ve senkron olmak üzere ikiye ayrılır.

2.4.1. Asenkron Seri Data Gönderim

İletimin *eş zamansız (asynchronous)* olması nedeniyle gönderici ve alıcının koordine olması gerekmez. Gönderen birim belli bir formatta hazırlanan veriyi hatta aktarır. Alıcı ise devamlı olarak hattı dinlemektedir, verinin gelişini bildiren işareti aldıktan sonra gelen veriyi toplar ve karakterleri oluşturur. Her karakterin yedi bitten oluşması gelen verinin işlenmesinde kolaylık sağlar.

Asenkron veri iletişiminde her bir karaktere start ve stop bitleri eşlik eder. Stop bitinden önce parite bitleri gönderilir. Başlangıç ve bitiş bitleri de göz önüne alındığında, yedi bitlik karakter verisini taşımak için dokuz bit göndermek gerekir. Eğer parite bitleri de varsa toplam 10 bit iletilir.

Seri Asenkron

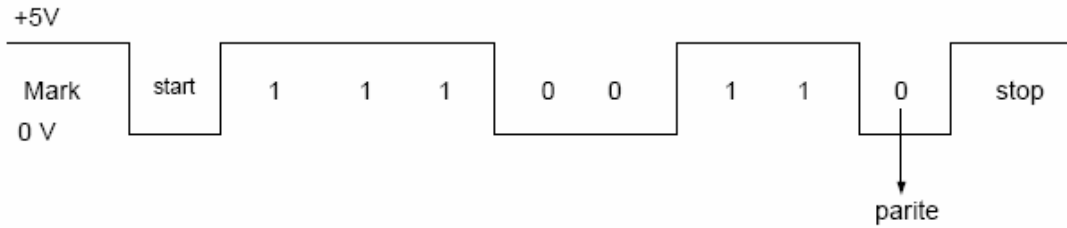


Şekil 2.4: Asenkron haberleşme

Asenkron seri data gönderiminde 5 Volt (Yüksek), 0 Volt (Düşük) seviyeyi gösterir. Seri veri, asenkron RS-232 standardında gönderildiği zaman voltaj polariteleri ters çevrilir - 12 Volt (Yüksek), +12 Volt (Düşük) seviyeyi gösterir.

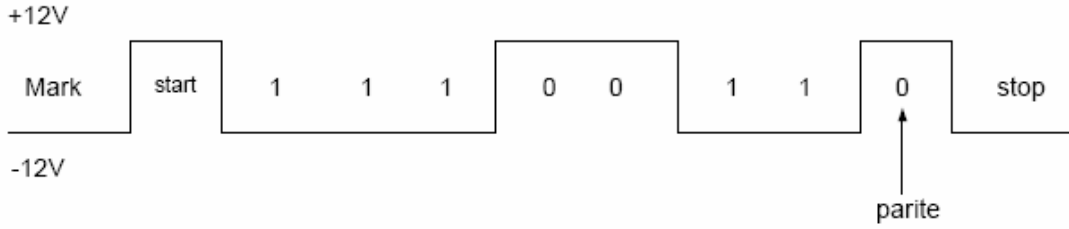
Örnek: g (67H) harfini ASCII koduyla binary asenkron , (1 start, 1 stop tek parite) ilettiğimizde elektriksel işaret dalga şeklini çiziniz.

Çözüm: g (1100111) (g nin tek paritesi 0 dır)



Örnek: g (67H) harfini ASCII koduyla RS-232 asenkron , (1 start, 1 stop, tek parite) ilettiğimizde elektriksel işaret dalga şeklini çiziniz.

Çözüm: g (1100111) (g nin tek paritesi 0 dır)



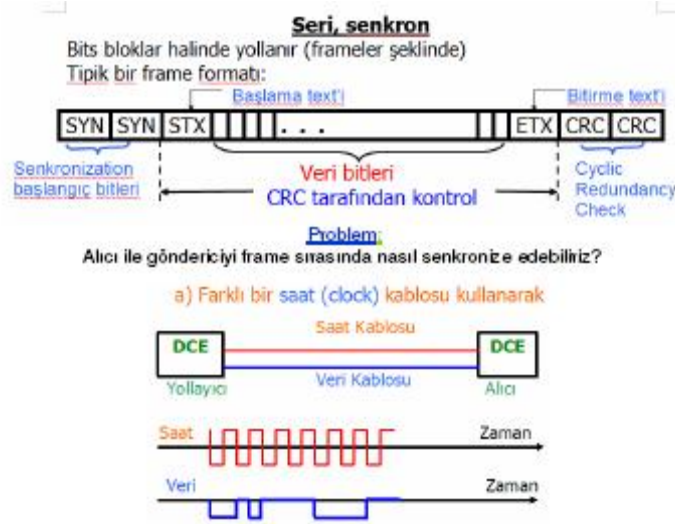
Bunun yanı sıra kullanılan iletişim kanallarına göre *simplex*, *half duplex* ve *full duplex* olmak üzere üçe ayrılır.

Seri veri iletişimi tek yönlü oluyorsa, PC'den yazıcıya olduğu gibi, bu veri iletimi *simplex* olarak adlandırılır. Burada verici ve alıcı arasında tek bir hat kullanılır. Veri karşılıklı olarak hem gönderiliyor hem alınabiliyorsa bu yönteme *duplex* denir.

Bir tarafın göndereceği veri bitmeden diğer tarafın gönderme yapmadığı, tek iletişim hattını kullanıldığı duplex iletişime *half duplex haberleşme*, her iki tarafında aynı anda veri gönderip alabildiği iki ayrı iletişim hattını kullanıldığı duplex haberleşmeye de *full duplex haberleşme* denir.

2.4.2. Senkron Seri Data Gönderim

Verinin Başla – Dur biti kullanmadan byte blokları olarak gönderilmesine senkron seri veri iletimi denir. Gönderici ve alıcı arasında senkronizasyonu sağlamak için senkronizasyon (SYN) bitleri başlangıçta gönderilir. Senkron karakterlerinden sonra başlık gönderilecek ise bunun başlık olduğunu belirtmek üzere SOH karakteri gönderilir. SOH karakterinden sonra yazı başlığı gönderilir.



Şekil 2.5: Senkron haberleşme

Data bloklarının (Bu bloklar;128 byte-karakter olabilir) gönderilmesinden sonra ETB (End of transmission block) blok sonu karakteri gönderilir. Gönderilen blok için BCC (Block Check Character) parite kontrolü yapılır. Eğer gönderilen bu blok son blok ise ETX (End Of Text) -Yazı sonu karakteri gönderilir. İletilecek bilginin bitmesi durumunda EOT(End of Transmission-İletimsonu)karakterini gönderilir. Blok parite kontrolü için BCC kullanılır.

BCC gönderilen data bloğunda yer alan karakterler için yatay ve dikey parite kontrolü yapar. Yapılan parite kontrolünde problem yok ise diğer data bloğunun gönderilmesi için Acknowledge-izin-ACK (06) karakteri gönderilir.

Yapılan parite kontrolünde hata görülürse önceki data bloğunun yeniden gönderilmesi için Not Acknowledge (15)-NAK karakteri gönderilir. Verici biraz önce gönderdiği data bloğunu yeniden gönderir. Aşağıda şekil 4.2.2’de senkron iletimde kullanılan Binary Synchronous Communication iletim karakterleri ve bunların hex numaraları gösterilmiştir.

SYN 16	SYN 16	SOH 01	HEADER	STX 02	Data blok	ETB 17	ETX 03	EOT 04	BCC	BCC
Senkron İletimde Binary Synchronous Communication Elemanları										

Şekil 2.6: Senkron iletim elemanları

2.5. Darbe Kod Modülasyonu Ve Kodlama Teknikleri

Bilgi sinyalinin frekansından en az iki katı frekansta belirli aralıklarla örnekler alınarak yine belirli basamaklar arasına yerleştirildikten sonra ikili sayı sistemi ile kodlama işlemine darbe kod modülasyonu (PCM – Pulse Code Modulation) ismi verilir ve üç safhada meydana gelir.

- Ø Örneklemme safhası
- Ø Kuantalama safhası
- Ø Kodlama safhası

Darbe kod modülasyonu (PCM), darbe modülasyonu teknikleri arasında tek sayısal (dijital) iletim tekniğidir. PCM 'de, darbeler sabit uzunlukta ve sabit genliktedir

Darbe kod modülasyonunda (PCM), analog sinyal örneklenir ve iletim için sabit uzunlukta, seri binary (ikili) sayıya dönüştürülür. Binary sayı, analog sinyalin genliğine uygun olarak değişir.

Örneklemme (sampling), gönderilecek olan bilgi sinyalinden periyodik olarak örnek alınıp, işlenmesi ve örneklerin gönderilmesi işlemidir.

Daha sonra, örnek değerler kuantalanır, yani her örnek değere önceden belirlenmiş seviyelerden bu değere en yakın olanıyla bir yaklaştırma yapılır. Daha sonra, her örnek değer ya da buna karşılık gelen kuantalama seviyesi bir binary kod sözcüğü ile kodlanır. Buna göre örnek değerler dizisi, bir binary kod sözcüğü dizisi ile gösterilir.

Sonuçta elde edilen 0-1 dizisi bir darbe dizisine dönüştürülür. "1" darbeyi, "0" ise darbe yokluğunu gösterir.

Kodlama da yöntem üç safhada yapılmaktadır:

Birincisi: Vericiden alınan sinyal belli aralıklarla örnekledikten ve kuantalama yöntemi ile kuantalama aralıklarına yerleştirildikten sonra sinyalin pozitif alternasta mı, yoksa negatif alternasta mı, olduğuna bakılır. Eğer pozitif alternasta ise ikili sayı sistemi ile 1, negatif alternasta ise ikili sayı sistemi ile 0 olarak örneğin işareti kodlanır.

İkincisi: Örneklenmiş sinyal eşit olmayan ve 8 segment aralığından (0 ile 7) hangisine tekabül etmektedir. Hangi segment aralığına tekabül ediyorsa ikili sayı ile ve üç bit olarak aşağıdaki gibi kodlanır.

İkili Kod			
000	--	0.	segment
001	--	1.	segment
010	--	2.	segment
011	--	3.	segment
100	--	4.	segment
101	--	5.	segment
110	--	6.	segment
111	--	7.	segment

Üçüncüsü: Örneklenip kuantalanmış sinyalin segment aralığındaki oda değerine (oda gerilimine) bakılır. Eğer segment aralıklarında bulunan 16 adet (0 ile 15 arası) odadan hangisinin içerisinde yer alıyorsa aşağıda verilen ikili kod ile 4 bit olarak kodlanır.

İkili Kod	Oda Nu	İkili Kod	Oda Numarası
0 0 0 0	0	1 0 0 0	8
0 0 0 1	1	1 0 0 1	9
0 0 1 0	2	1 0 1 0	10
0 0 1 1	3	1 0 1 1	11
0 1 0 0	4	1 1 0 0	12
0 1 0 1	5	1 1 0 1	13
0 1 1 0	6	1 1 1 1	14
0 1 1 1	7	1 1 1 1	15

Kodlama işlemi tamamlandıktan sonra ise kanallardan alınan örnek kodları PCM sisteminin çerçevesi yapısı içerisinde TDM yöntemiyle zaman aralıklarına yerleştirilir.

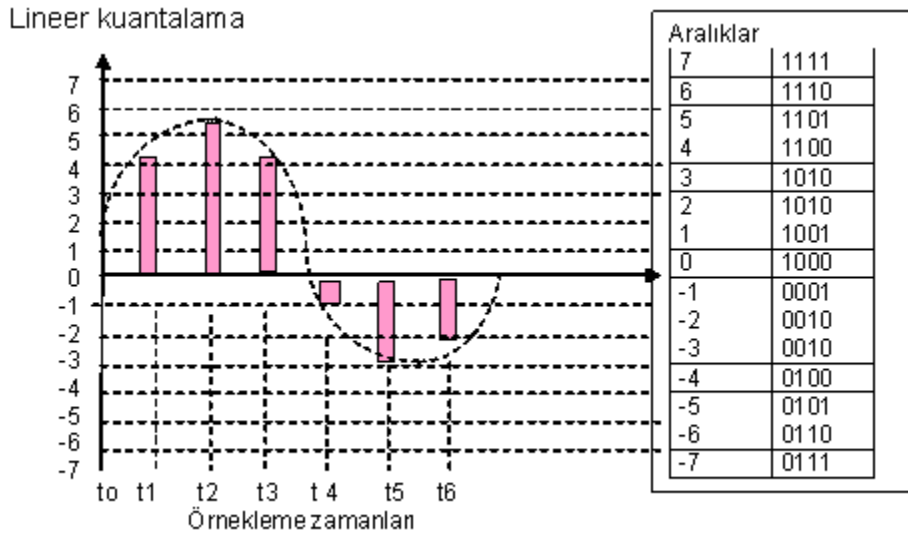
2.5.1. Kuantalama İşlemi

Bir analog sinyali alarak bu sinyali dijital sinyale dönüştürme işlemine kuantalama denir. Bir işaretin kuantalanması demek işaretin alabileceği en küçük genlik ile en büyük genlik arasını basamaklara ayırmak ve bu işaretin bu basamaklarla yaklaşığını elde etmektir.

Kuantalama lineer kuantalama ve lineer olmayan kuantalama olmak üzere iki şekilde yapılır.

Ø Lineer (Doğrusal) Kuantalama

Lineer kuantalamada sinyal kodlama hata oranı küçük genliklerde fazla olduğundan orijinal işaretten sapma ve gürültü fazla olur. Şekil 2.7'deki 7 basamaklı 4 bit kodlamada en soldaki 0 negatif, 1 ise pozitif sinyali ifade eder.



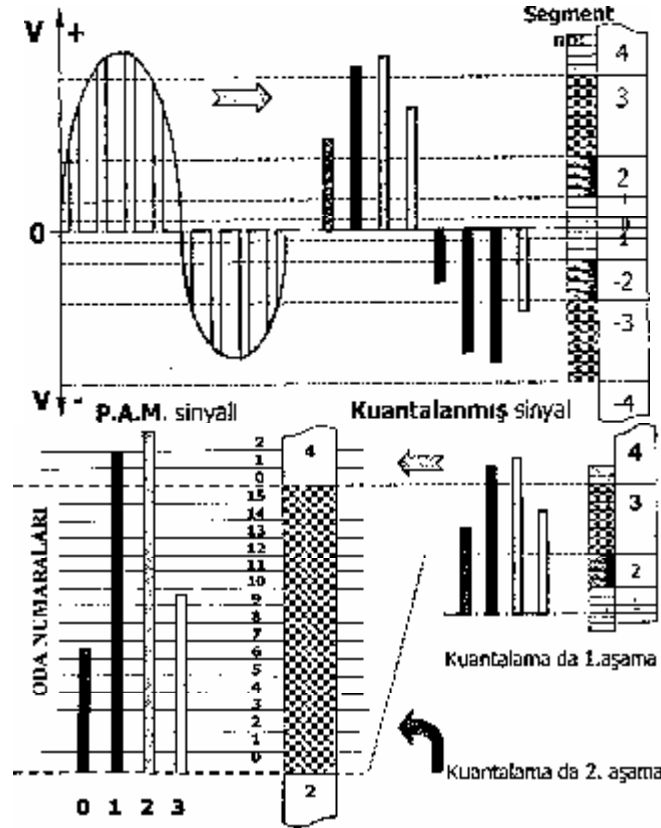
Şekil 2.7: Lineer (doğrusal) kuantalama

Lineer kuantalamanın mahzurunun gidermek için ses sinyali 7 bölüme ayrılarak her bölüm kendi içerisinde kodlanır. En büyük sinyal genliği 1 kabul edilirse kodlama basamakları 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 şeklinde olur.

Standart 32 zaman bölünmeli PCM sisteminde 8 bit ile 128 pozitif ve 128 negatif değer kodlanmış olur

Ø Lineer (doğrusal) olmayan kuantalama

Ülkemizde kullanılan bu yöntemde kanaldan iletilebilecek en yüksek gerilimin pozitif ve negatif alternasındaki değer önce eşit olmayan sekiz parçaya bölünür bu parçalara segment adı verilir. Daha sonra her segment 16 eşit parçacıklara bölünür, bunlara da oda aralığı isimi verilir. Böylelikle pozitif ve negatif alternasta 128'er adet olmak üzere toplam 256 adet kuantalama aralığı (oda aralığı) elde edilmiş olur. Bu şekilde sınırsız olan genlik sayısını 256 ile sınırlandırmış oluruz.



Şekil 2.8: Lineer olmayan kuantalama

2.5.2. Kuantalama İşleminde Dikkat Edilecek Hususlar

PCM sistemlerde en önemli konu örnekleme frekansının seçilmesi işlemidir. Örnekleme frekansı Nyquist oranı olarak ifade edilmiştir. Nyquist ölçütlerine göre örnekleme frekansı, maksimum giriş frekansının 2 katından büyük olmalıdır. f_s örnekleme frekansını göstermek üzere;

$$f_s \geq 2f \text{ olmalıdır (Nyquist ölçütü)}$$

Ø **Alias frekansı:** Eğer örnekleme ölçütü karşılanmaz ise analog sinyal frekansı kaybolur ve alias (takma isim) frekansı üretilir. Alias frekansı orijinal sinyale benzemeyen farklı bir sinyaldir.

falias=f-fs formülü ile hesaplanır.

Örnek: 1 kHz lik bir sinyal fs=750 Hz ile örneklenirse falias=1000-750=250 Hz'lik bir alias frekansı ortaya çıkar Alias frekansını önlemek için antialias filtreler kullanılır.

Örnek:

20KHz lik ses bandını iletmek için 44 kHzlik örnekleme frekansı kullanıldı ise sistemin 20 KHz'in geçmesine izin veren ancak 22 KHzlik sinyalin (Örnekleme frekansının yarısı) geçmesine izin vermeyen antialias fitresi kullanması gereklidir.

Ø **Dinamik bölge:** PCM sistemlerde maksimum giriş gerilim kuantalama aralığına oranına dinamik bölge denir.

$$DR = \frac{V_{\max}}{\text{KuantalamaAralıkVoltajı}} = 2^n$$

Burada;

DR = Dinamik bölge
n = Bit sayısı

Dinamik bölge logaritmik olarak da ifade edilebilir.

$$DR = 20 \log_{10} \frac{V_{\max}}{\text{KuantalamaAralıkVoltajı}} = 20 \log 2^n$$

1 bit için dinamik bölge 6 dB dir. Çoklu bit'li sistemlerde dinamik bölge aşağıdaki formül ile bulunur.

$$DR = \text{Bit Sayısı} \cdot 6$$

Örnek: 5 Volt'luk bir sinyal 1mV aralıklarla örneklenecek ise dinamik bölgeyi ve bu iş için kullanılacak olan bit sayısını bulunuz.

$$DR = 20 \log_{10} \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = 20 \log_{10} \frac{5}{0,001} = 73,97 \text{ dB} = 74 \text{ dB}$$

$$n = 74/6 = 12.3 \text{ bit} = 13 \text{ bit kullanılmak zorundadır (Küsurlu bit olamayacağı için)}$$

$$Aralıksayısı = \frac{5}{0,001} = 5000$$

$$2^{13} = 8192$$

$$2^{12} = 4096$$

5000 aralık için 12 bit yetmediği için 13 bit kullanmak gereklidir.

Örnek: 10 Voltluk bir analog sinyal 8 bit kullanan bir PCM dönüştürücü ile gönderilmek istendiğinde kuantalama aralık sayısını, kuantalama aralık voltajını ve desibel olarak dinamik bölgeyi bulunuz

$$DR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = 2^n = 2^8 = 256$$

$$\frac{V_{\max}}{256} = V_{\min}$$

$$V_{\min} = \frac{10}{256} = 0,039 \text{ Volt} = 39 \text{ mV}$$

$$DR = 6 \cdot 8 = 48 \text{ dB}$$

$$\text{PCM Sistemlerde } S/N \text{ (Sinyal/Gürültü) oranı} = (1.76 + 6.02 \cdot n)$$

Burada; n=Kuantalama işleminde kullanılan bit sayısı

S/N = dB olarak sinyal/gürültü oranıdır.

Örnek: 8 bit kullanan bir PCM sistemde sinyal/gürültü oranını bulunuz.

$$S/N = (1.76 + 6.02 \cdot n)$$

$$S/N = (1.76 + 6.02 \cdot 8) = 49.92 \text{ dB dir.}$$

Örnek: Bir PAM sinyali 60 dB dinamik bölgeye sahip olacak şekilde 5mV kuantalama aralıklarıyla PCM sinyaline dönüştürülmektedir. Bu sinyalin maximum gerilim değeri nedir?

Çözüm:

Birinci yol:

$$DinamikBölge = 20 \log \frac{V_{\max}}{\text{BirKuantalamaAralıkVoltajı}}$$

$$60 = 20 \log \frac{V_{\max}}{0,005}$$

$$10^3 = \frac{V_{\max}}{0,005} \quad V_{\max} = 5 \text{ Volt}$$

$$KuantalamaAralıkSayısı = \frac{V_{\max}}{\text{BirKuantalamaAralıkVoltajı}}$$

$$KuantalamaAralıkSayısı = \frac{5}{0,005} = 1000$$

Kuantalama aralık bölgesinin, 2 nin katı olması yani 1024 olması gerekmektedir.
 $V_{\max} = 1024 * 5 = 5120 \text{ mV}$

İkinci Yol:

Toplam dinamik Bölge (dB) = 6*bit sayısı

$$BitSayısı = \frac{60dB}{6} = 10bit$$

$$KuantalamaAralıkSayısı = 2^{A/D_dönüştürücübitsayısı}$$

$$KuantalamaAralıkSayısı = 2^{10} = 1024$$

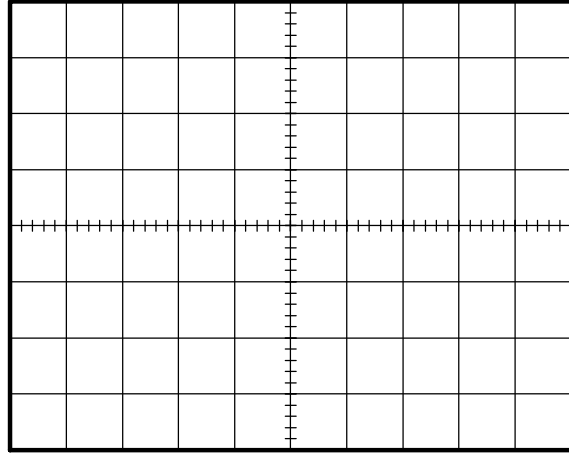
$$V_{\max} = 1024 * 5 = 5120 \text{ mV}$$

$V_{\max} = 5,12 \text{ Volt}$ bulunur.

UYGULAMA FAALİYETİ

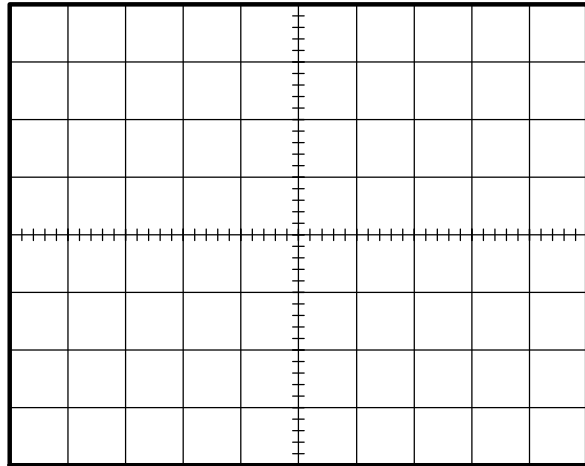
İşlem Basamakları	Öneriler																		
Ø Darbe kod modülasyonu cihazının beslemesini veriniz.																			
Ø Kuantalama seviyelerinin tespit ediniz.	<p>Ø Cihaz üzerindeki DC VOLTS ucu ile PULSE CODE MODULATOR girişi SIGNAL INPUT ucunu bir kablo yardımıyla birleştiriniz.</p> <p>Ø WORD LENGTH 3-bit 'e ve BIT RATE'i yaklaşık orta noktaya ayarlayınız.</p> <p>Ø Osiloskobun Kanal-1'ini PULSE CODE MODULATOR çıkışı MODULATOR OUTPUT'a, Kanal-2'sini WORD PULSE ucuna bağlayınız.</p> <p>Ø DC volt ayar düğmesini saat yönünün tersinde en sona getiriniz ve cihazınızı açınız.</p> <p>Ø DC volt ayarını saat yönünde yavaş yavaş değiştiriniz. Oluşan durumu osiloskop ekranından gözleyiniz. DC volt seviyeniz arttıkça bir kuantalama seviyesinden başka bir kuantalama seviyesine geçeceksiniz. Kuantalama seviyesindeki bu geçişlerden dolayı osiloskoptan gördüğünüz bir WORD uzunluğu içindeki kodunuz da değişecektir. Bu geçişlerin meydana geldiği DC seviyelerini tespit ederek her kuantalama seviyesine karşılık gelen kodu osiloskop ekranından belirleyiniz. Geçiş anındaki DC değerini bir voltmetre yardımıyla ölçerek ve bu andaki kodu osiloskoptan tespit ederek aşağıya kaydediniz.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DC Gerilim Seviyesini</th><th>Kod (Binary Rakam)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	DC Gerilim Seviyesini	Kod (Binary Rakam)																
DC Gerilim Seviyesini	Kod (Binary Rakam)																		

	<p>Ø PULSE CODE MODULATOR çıkışı ile PULSE CODE DEMODULATOR girişini bir kablo yardımıyla birleştiriniz. DC VOLT ayarını saat yönünün tersinde en sona getiriniz. Osiloskop yardımıyla PULSE CODE MODULATOR girişini ve PULSE CODE DEMODULATOR çıkışını gözlemleyiniz. DC VOLT ayarını saat yönünde yavaş yavaş artırınız. Osiloskoptan gördüğünüz giriş ve çıkış işaretlerini karşılaştırınız. DC VOLT seviyesi arttıkça bu iki işarete meydana gelen değişimleri ve aralarındaki farklılıkları yorumlayınız.</p>
<p>Ø Bir sinüsoidal işaretin darbe kod modülasyonu gözleyiniz.</p>	<p>Ø PULSE CODE MODULATOR girişi SIGNAL INPUT ucuna frekansı 1kHz ve genliği 4V olan bir sinüsoidal işaret uygulayınız. WORD LENGTH'i 3-bit'e ve BIT RATE' i orta noktaya ayarlayınız. PULSE CODE MODULATOR girişi ile PULSE CODE DEMODULATOR çıkışını osiloskoptan gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz şekilleri aşağıya çiziniz.</p> <div data-bbox="738 1317 1324 1783"> </div> <p style="text-align: center;">GİRİŞ SİNYAL</p>

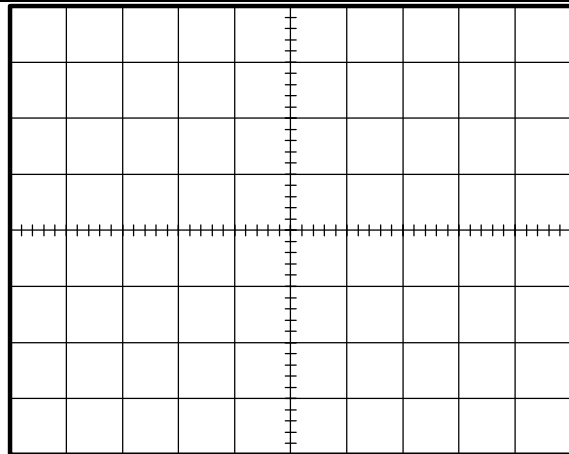


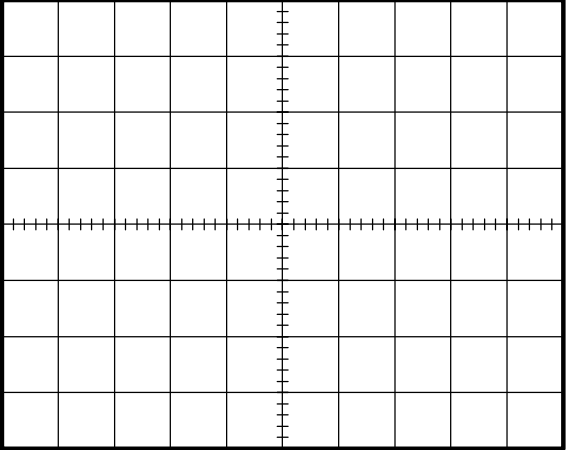
ÇIKIŞ SİNYALİ

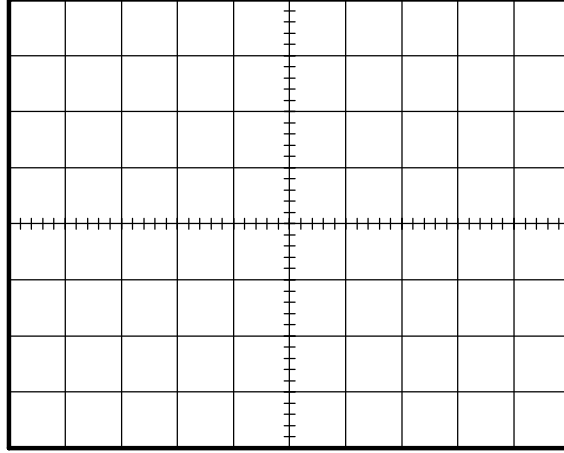
Ø WORD LENGTH'i 4-bit'e ayarlayınız ve giriş ve çıkışı osiloskoptan gözleyerek aşağıya çiziniz.



GİRİŞ SİNYAL



	ÇIKIŞ SİNYALİ	
	Ø	Daha sonra WORD LENGTH'i 8-bit'e ayarlayınız ve giriş ve çıkışı osiloskoptan gözleyerek aşağıya çiziniz.
		
	ÇIKIŞ SİNYALİ	
	Ø	Üç farklı WORD LENGTH için elde ettiğiniz sonuçları karşılaştırarak yorumlayınız.
4. Kuantalama gürültüsünü gözleyiniz.	Ø	PULSE CODE MODULATOR girişine genliği 4V (+4 / -4) ve frekansı 1kHz olan bir sinüsoidal işaret uygulayınız. WORD LENGTH'i 4-bit'e ve BIT RATE'i orta noktaya ayarlayınız. PULSE CODE MODULATOR çıkışı ile PULSE CODE DEMODULATOR girişini bir kablo yardımıyla birleştiriniz. SIGNAL INPUT ile fark alıcını A girişini ve DEMODULATOR OUTPUT ile fark alıcının B girişini birleştiriniz. Osiloskop yardımıyla SIGNAL INPUT ucu ile fark alıcı çıkışını gözlemleyiniz. Bu işaretleri aşağıya çiziniz. Fark alıcının çıkışından gözlediğiniz işaret kuantalama gürültüsünü verir.



Ø WORD LENGTH'i 3 ve 8 bit'e ayarlayarak (1) deki işlemleri tekrarlayınız. WORD LENGTH'in değişmesi kuantalama gürültüsü üzerinde nasıl bir etki yarattı sebepleri ile yorumlayınız.

Ø WORD LENGTH'i 4-bit'e ayarlayınız. Bu durumda BIT RATE'i değiştirerek kuantalama gürültüsünün değişimini inceleyiniz. Sonucu yorumlayınız.

Ø WORD LENGTH'i 4-bit'e ve BIT RATE'i orta noktaya ayarlayınız. Giriş işaretinizin genliğini değiştirerek kuantalama gürültüsünde meydana gelen değişimi inceleyiniz. Sonucu yorumlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. Sağlıklı bir örnekleme yapabilmek için B bant genişliğine sahip orijinal bir işaret en az B hızıyla örneklenmelidir.
2. Parite biti gönderilen veride hata olup olmadığını denetlemek için kullanılır.
3. Datanın start-stop biti kullanmadan byte blokları olarak gönderilmesine asenkron seri data iletimi denir.
4. Darbe kod modülasyonu (PCM), darbe modülasyonu teknikleri arasında tek sayısal (dijital) iletim tekniğidir.
5. Bir sayısal sinyalin bir bitinin iletilmesinin 20 μ saniye sürdüğü bir haberleşme hattının hızı 50Kbps dir.
6. Sayısal sinyalin frekansına Nyquist frekansı denir.
7. Seri haberleşmede 3-7 V aralığı lojik 1 seviyesi kabul edilir.
8. PCM sırasıyla şu üç safhada gerçekleştirilir: Kuantalama, örnekleme, kodlama
9. Lineer olmayan kuantalamada sinyal kodlama hata oranı küçük genliklerde fazla olduğundan orijinal işaretten sapma ve gürültü fazla olur.
10. 5V genlikli bir sinyal 4 bit kullanan bir PCM dönüştürücü ile gönderilmek istendiğinde kuantalama aralık sayısı 16, kuantalama aralık voltajı da 312,5 mV olur.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
Haberleşme sistemlerinde modülasyonun niçin kullanıldığını biliyor musunuz?		
Analog haberleşmede genlik modülasyonunu kullanabiliyor, osiloskopla sinyali gözlemleyip analiz edebiliyor musunuz?		
Analog haberleşmede frekans modülasyonunu kullanabiliyor, osiloskopla sinyali gözlemleyip analiz edebiliyor musunuz?		
Darbe kod modülasyonunu ve kodlama tekniklerini uygulayabiliyor, sinyal şeklini analiz edebiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz. Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeniniz ile iletişim kurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

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

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Ø Elektronik İletişim Teknikleri- Wayne TOMASI (M.E.B Yayınları)

KAYNAKLAR

- Ø <http://myo.mersin.edu.tr>
- Ø <http://w20.uludag.edu.tr>
- Ø <http://personel.telekom.gov.tr>
- Ø Elektronik İletişim Teknikleri - Wayne TOMASI (M.E.B Yayınları)
- Ø Ders Notları (Serkan Torunlar – Elektronik Haberleşme Öğretmeni)
- Ø Sayısal Haberleşme, Kayran-Panayırıcı-Aygözü, Birsan Yayınevi