

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**MODÜLASYON
523EO0010**

Ankara, 2011

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

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. MODÜLASYON VE GEREĞİ.....	3
1.1. Modülasyona Niçin Gerek Duyulur	4
UYGULAMA FAALİYETİ.....	6
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	9
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	10
2. GENLİK MODÜLASYONU	10
2.1. DSB Çift Yan Bant Modülasyonu.....	15
2.2. Tek Yan Bant Modülasyonu (SSB).....	16
2.2.1. Tek Yan Bant Haberleşmesinin Özellikleri	16
2.2.2. Güç Dağılımı.....	16
2.2.3. Tek Yan Bant Çeşitleri.....	17
2.2.4. Tek Yan Bant Haberleşmesinin Faydaları	18
UYGULAMA FAALİYETİ.....	19
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	22
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	23
3. FREKANS MODÜLASYONU	23
3.1. Faz Modülasyonu	27
UYGULAMA FAALİYETİ.....	29
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	32
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	33
4. DARBE MODÜLASYONU	33
4.1. Darbe Genlik Modülasyonu (PAM).....	34
4.2. Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)	35
4.3. Darbe Pozisyon Modülasyonu (PPM-PDM).....	37
4.4. Darbe Kod Modülasyonu (PCM)	38
4.5. Delta Modülasyonu	39
UYGULAMA FAALİYETİ.....	41
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	44
MODÜL DEĞERLENDİRME	45
CEVAP ANAHTARLARI.....	46
KAYNAKÇA	47

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0010
ALAN	Uçak Bakım
DAL	Uçak Elektronik Teknisyenliği
MODÜL	Modülasyon
MODÜLÜN TANIMI	Genlik, frekans ve darbe modülasyonlarının analizlerinin yapıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40 / 16
ÖN KOŞUL	İşlemsel Yükselteçler modülünü başarmış olmak
YETERLİLİK	Modülasyon türlerinin analizini yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile uygun ölçü aletleri ve elektronik teçhizatı sağlandığında hatasız olarak modülasyon çeşitlerini analiz edebileceksiniz. Amaçlar 1. Modülasyon ve gereğini tekniğine uygun olarak analiz edebileceksiniz. 2. Genlik modülasyonunu hatasız olarak analiz edebileceksiniz. 3. Frekans modülasyonunu hatasız olarak analiz edebileceksiniz. 4. Darbe modülasyonunu hatasız olarak analiz edebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölyeler ve JAR 145 onaylı bakım merkezleri Donanım: Elektronik deney seti, işlemsel yükselteçler deney seti ve elektronik ölçü aletleri
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	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,

Modülasyon konusu, haberleşme konusunun temelini teşkil etmektedir. Haberleşme alanında kullanılan bütün vericiler ve alıcılar modülasyonun herhangi bir çeşidini kullanmaktadır.

Günlük hayatta kullandığımız birçok haberleşme cihazını düşünecek olursak bunlar çeşitli modülasyon yöntemlerini kullanır. Örneğin en eski haberleşme yöntemlerinden biri olan mors haberleşmesi, pals kod modülasyonunu, kullandığımız radyolar genlik ve frekans modülasyonunu, askerî alanda kullanılan taşıtlar (uçaklar, gemiler, yer taşıtları) genlik modülasyonunu, frekans modülasyonunu, darbe modülasyonunu kullanmaktadır.

Bu modülü tamamladığınızda, zihninizde haberleşme ile ilgili birçok soruya cevap bulacaksınız ve kullandığımız haberleşme cihazlarının nasıl çalıştığını daha iyi anlayacaksınız. Bu modül daha sonra alacağınız haberleşmeyle ilgili diğer modüllere temel teşkil edecektir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Modülasyon ve gereğini tekniğine uygun olarak analiz edebileceksiniz.

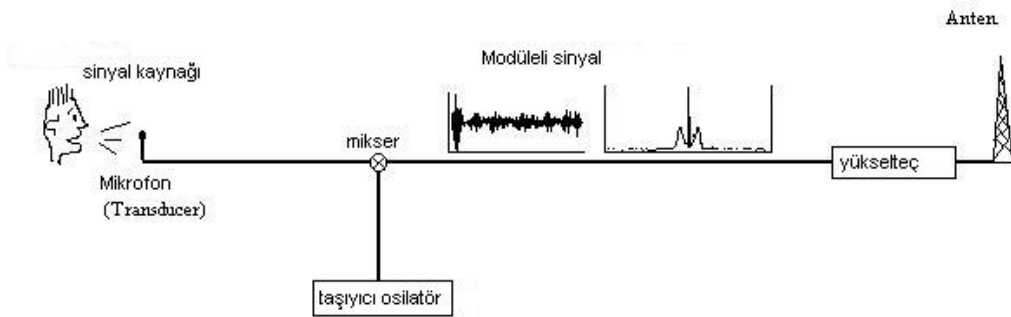
ARAŞTIRMA

- Çevrenizde varsa telsiz üretimi, tamiri, montajı yapan kuruluşlarla irtibata geçerek kullanılan telsizlerin özelliklerini öğreniniz.
- Sivil ve askerî alanda kullanılan haberleşme cihazlarını araştırınız. Bunların kullanım alanlarını öğreniniz.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

1. MODÜLASYON VE GEREĞİ

Bilgiyi kaynağında kullanmak, o bilginin sınırlı sayıda kişinin kullanımına sunulacağı anlamına gelir. Bilgi, her zaman ses ya da resim olmayabilir. Ama daha kolay anlaşılması için sadece ses olarak düşünelim. Ses, bildiğiniz gibi mekanik özellik taşır. Havanın titreştirilmesi ile yayılır. Gideceği mesafe de pratik olarak sınırlıdır. Kilometrelerce öteye sadece ses yükseltici ve hoparlör kullanarak sesi taşımak pek de akıllıca olmaz.

Bu duruma çevreden karışan başka sesleri ya da bozucu etkileri de katarsak başka bir yol düşünülmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu da sesi başka bir ortamda (hava, kablo, fiber vb.) taşımaktır. Modülasyon, burada anlatılan olumsuzlukları ortadan kaldırır. Şekil 1.1’de modülasyon işlemini kısaca görmekteyiz. Sinyal grafiklerini, ilerleyen konularda öğreneceksiniz.

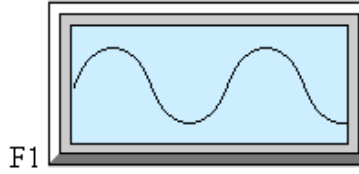


Şekil 1.1: Modülasyon işlemi

Modülasyon; alçak frekanslı bilgi sinyallerinin, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilip uzak mesafelere gönderilmesi işlemine denir. Alçak frekanslı bilgi sinyalleri tek başına uzak mesafelere gidemez. Yüksek frekanslı sinyaller ise az bir güçle uzak mesafelere gidebilir. Bu nedenle taşıyıcı sinyaller taşıma amaçlı olarak kullanılır ve alçak frekanslı bilgi sinyalleri, vericide modülasyon işlemine tabi tutularak taşıyıcı üzerine bindirilir.

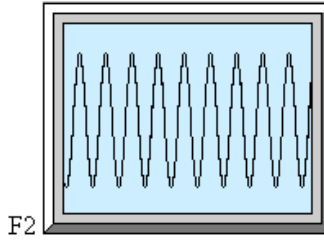
Modülasyon işlemini gerçekleştirmek için iki sinyale ihtiyaç vardır:

- Alçak frekanslı bilgi sinyali F1 (Şekil 1.2)



Şekil 1.2: Bilgi sinyali

- Yüksek frekanslı taşıyıcı sinyal F2 (Şekil 1.3)



Şekil 1.3: Taşıyıcı sinyal

Alçak frekanslı bilgi sinyaline; modüle eden, modüle edici, modülasyon sinyali, gönderilecek sinyal, alçak frekanslı (AF) sinyal adı da verilir.

Yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaline; modüle edilen, RF (radyo frekans) sinyali, hamal sinyal; modülasyon işleminde modüle eden sinyale bilgi sinyali, modülasyona uğrayan veya modüle edilen sinyale ise taşıyıcı sinyal denir.

1.1. Modülasyona Niçin Gerek Duyulur

Alçak frekanslı sinyaller doğrudan doğruya elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılmaz. Aşağıda sıralanan maddelerden dolayı alçak frekanslı sinyaller, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilir.

- Alçak frekanslı bilgi sinyallerinin enerjileri uzak mesafelere gidecek kadar fazla değildir. Haberleşme için gerekli yayın mesafesini sağlamak için bilgi sinyali, taşıyıcı üzerine bindirilir.
- Eğer bir vericide modülasyon işlemi gerçekleştirilmeseydi yani bilgi sinyali, taşıyıcı üzerine bindirilmeseydi bu vericinin kullanacağı anten boyu çok uzun

olurdu. 20 Hz - 20 KHz ses frekans bandında çalışan bir verici anteninin fiziki uzunluğu çok büyük olurdu.

3 KHz'de yayın yapan bir vericinin kullanacağı anten boyunu bulalım.

$$\begin{aligned}\text{Anten Boyu, } (\lambda) &= \text{Elektromanyetik dalganın boşlukta yayılma hızı (c) / frekans (f)} \\ &= 300000 / f \text{ (KHz)} \\ &= 300000 / 3 = 100000 \text{ metre}\end{aligned}$$

Eğer vericide yarım dalga boyu anten kullanılıyorsa $100.000 / 2 = 50.000$ m'dir.

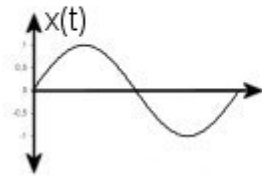
Bulunan 50 km'lik uzunluk, antenin elektriki uzunluğu olup fiziki uzunluk bundan % 5 daha kısadır. O hâlde antenin elektriki uzunluğu $50.000 \text{ m} \times 95 = 47.500$ metredir.

Buradan anlaşılacağı gibi bu kadar büyük bir antenin kurulması mümkün değildir. Vericinin anten boyunu kısaltmak için modülasyon işlemi gerçekleştirilir yani bilgi sinyalleri taşıyıcı üzerine bindirilerek uzak mesafelere gönderilir.

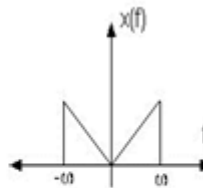
- 20 Hz - 20 KHz'lik ses frekans bandının dar oluşu sebebiyle bu frekans bandına yerleştirilecek istasyon adedi sınırlıdır. Bu frekans bandında çalıştırılacak herhangi bir vericinin bant genişliği 5-10 KHz arasında olacağı için ses frekans bandında birbirini etkilemeden çalışacak verici istasyon adedi birkaç taneyi geçmeyecektir.

Bilgi sinyallerinin, taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesiyle bilgi sinyalleri uzak mesafelere gönderilebilir, vericilerin kullanıldığı anten boyları kısalmır, RF (radyo frekans) bandı içine çok sayıda verici istasyonu birbirini etkilemeden uzak mesafe ile telsiz haberleşmesi sağlanır. Radyo frekans bandı 20 KHz'den 30000 MHz'e kadar olan frekansları kapsar. Modülasyon, amaca ve bu amacı gerçekleştirmek için yapılacak masrafa göre pek çok türden oluşur.

Modülasyon türlerine geçmeden önce basit birkaç varsayımımız olacak. Bunlar, iletmek istediğimiz sinyalin yapısını tarif edecektir bu nedenle her seferinde sinyalin özelliklerinden bahsetmeyeceğiz. Sinyalimizin Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'te görüleceği gibi genliği 1 V ve frekansı $\omega(2\pi f)$ 'dir.



Şekil 1.4: Mesaj işareti

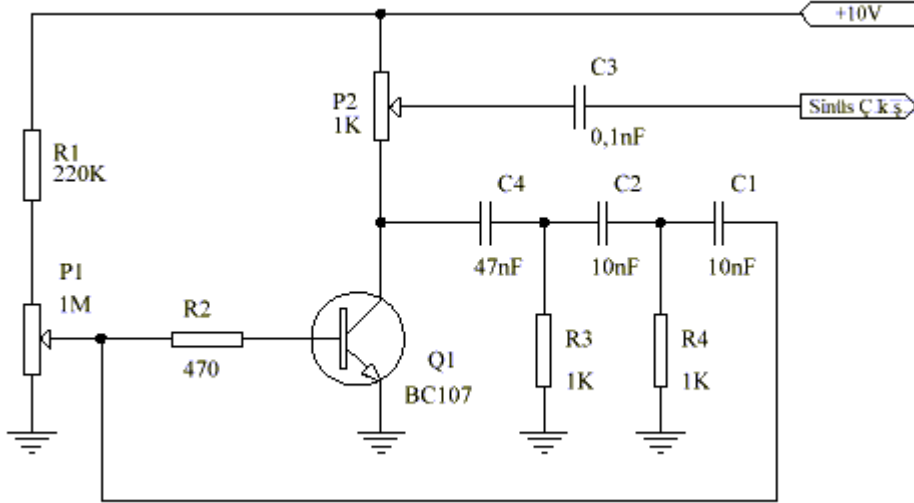


Şekil 1.5: Mesaj işareti spektrumu

UYGULAMA FAALİYETİ

Osilatör çıkış dalga şeklini inceleyiniz.

Uygulama için aşağıdaki devreyi delikli pertinaks üzerine kuracaksınız. Gerekli cihaz ve malzemeleri temin ettikten sonra işlem basamaklarına uyunuz.



Osilatör devresi

Kullanılacak Aletler

- Osilaskop (çift kanallı)
- 10 V DC güç kaynağı
- Havya
- Yan keski, kargaburun

Gerekli Malzemeler:

- 0,25W karbon dirençler (3X1 kΩ 220K, 470, 1 M potansiyometre, 1 K potansiyometre)
- NPN tip transistör (BC107)
- Polarmasız kondansatörler (2x10 nF , 47nF, 0.1nF)
- Kapasitif mikrofon
- Zil teli (10 mt)
- Delikli pertinaks
- Lehim teli

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Listede belirtilen devre elemanlarını değerlerinin doğruluğu ve sağlamlığı açısından kontrol ediniz.	➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Kullanacağınız cihazların ön kontrolünü yaparak çalıştığından emin olunuz.
➤ Devre elemanlarını delikli pertinaksa lehimleyiniz. Elemanların fazla bacak uçlarını kesiniz.	➤ Lehimleme işleminde elemanları fazla ısıtmayınız. Elemanlar zarar görebilir. Çok az ısıtırsanız soğuk lehim meydana gelebilir. Bu, devrenizin doğru çalışmamasına neden olur.
➤ Devre şemasında gösterildiği gibi elemanların birbirine olan bağlantılarını yapınız.	➤ Devre şeması üzerinde yaptığınız bağlantıları kurşun kalemle işaretleyerek hata yapma, eksik bağlantı yapma ihtimalini en aza indirebilirsiniz.
➤ Öğretmeniniz gözetiminde devreye güç kaynağından enerji veriniz. Osilatör çıkışındaki sinyali inceleyiniz. Bunun için osilaskop probunun şase ucunu devrenin şasesine, canlı ucunu 0.1 nF kondansatörün boş ucuna değdiriniz.	➤ Çalıştırmadan önce elemanların bağlantısını kontrol ediniz. Osilaskobun gerekli ayarlarını yapınız. Osilaskop test sinyalini kullanarak proplarınızı test edebilirsiniz.
➤ P1 potansiyometresi ile devrenin frekansını ayarlayınız. P2 potansiyometresi ile sinyalin genliğini ayarlayınız.	➤ Osilaskobun genlik ve frekans ayarlarını vericiye uygun olarak ayarladığınıza emin olunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Devre elemanlarını pertinaksa doğru şekilde lehimleyebildiniz mi?		
4. Kullanacağınız cihazların (osilaskop) ayarlarını yapabildiniz mi?		
5. Yaptığınız devreye osilaskop bağlayabildiniz mi?		
6. Devrenin çalışmasını osilaskoptan gözlemleyebildiniz mi?		
7. Osilaskop üzerinde gerekli hesaplamaları (genlik ve frekans) yapabildiniz mi?		
8. Taşıyıcı (yüksek frekans) sinyalindeki genlik ve frekans değişimlerinin tam olarak kavradınız 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

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Alçak frekanslı bilgi sinyalini, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyale bindirerek uzak mesafelere gönderilmesine modülasyon denir.
2. () Modülasyona, uzak mesafelere ses, görüntü vb. iletmek ve anten boyunu kısaltmak için gerek duyulur.
3. () 100 Mhz frekansında yayın yapan bir vericinin anten boyu $\lambda = c/2f$ formülü ile hesaplanır.

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

Genlik modülasyonunu hatasız olarak analiz edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Türkiye’de GM (genlik modülasyonunda)’de yayın yapan radyoları belirleyiniz.
- Bu radyoların verici istasyonları nerelerden yayın yapmaktadır? Öğreniniz.
- Verici istasyon sayısı ve yayın bölgelerinin büyüklüğünü araştırınız.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

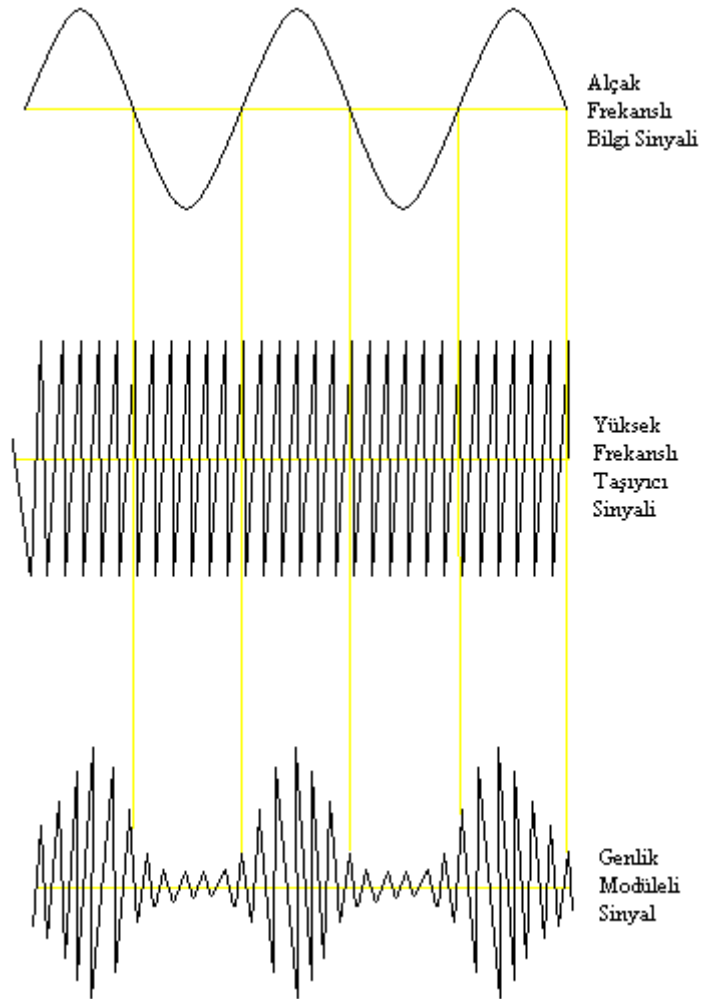
2. GENLİK MODÜLASYONU

Bu modülasyon türünde, bilgi sinyalinin frekans ve genliğine bağlı olarak taşıyıcı sinyalinin sadece genliği değiştirilir. Uzak mesafelere gönderilmek istenen düşük frekanslı ses veya müzik şeklindeki bilgiler önce elektrik enerjisine çevrilir. Sonra taşıyıcı (RF) sinyal üzerine bindirilerek elektromanyetik dalgalar şeklinde uzak mesafelere ulaştırılır. Modülasyon için iki önemli sinyalin olması şarttır. Bunlar, bilgi sinyali ve taşıyıcı sinyalidir. Bunlardan frekansı düşük olan uzak mesafelere gönderilecek olan bilgi sinyali, frekansı yüksek olan ise taşıma vazifesi gören taşıyıcı sinyalidir. 100 KHz ve 5 KHz’lik iki ayrı sinyalden hangisinin bilgi, hangisinin taşıyıcı olduğunu tespit edebiliriz.

Şekil 2.1 'de 5 KHz’lik bilgi sinyali ile 100 KHz’lik taşıyıcının modülasyonu gösterilmiştir.

Şekilde gösterildiği gibi alçak frekanslı bilgi sinyalinin pozitif (+) alternanslarında taşıyıcının genliği artar. En büyük genlik, bilgi sinyalinin (+) tepe (peak) noktasında elde edilir. Alçak frekanslı bilgi sinyalinin negatif (-) alternanslarında ise taşıyıcının genliği azalır. En küçük genlik ise bilgi sinyalinin (-) tepe (peak) noktasında elde edilir. Böylece taşıyıcının genliği, bilgi sinyaline göre değiştirilmiş olur.

Burada modüle eden sinyal, bilgi sinyalidir. Modüle edilen ise taşıyıcıdır. Elde edilen sinyale “modüledi sinyal” denir.



Şekil 2.1: Bilgi sinyali, taşıyıcı ve modüleli sinyal

Bir genlik modüleli (GM) sinyalin, zamana göre eşitliği;

$$E_{GM(t)} = [E_C + E_m(t)].\cos Wt \text{ 'dir.}$$

Bu eşitliği açarsak;

$$E_{GM(t)} = [E_C + E_m \cdot \cos Wmt].\cos Wct$$

$$E_{GM(t)} = E_C.\cos Wct + E_m.\cos Wmt \cdot \cos Wct$$

$$\cos a \cdot \cos b = (1/2) \cos(a+b) + (1/2)\cos(a-b)$$

olduğundan

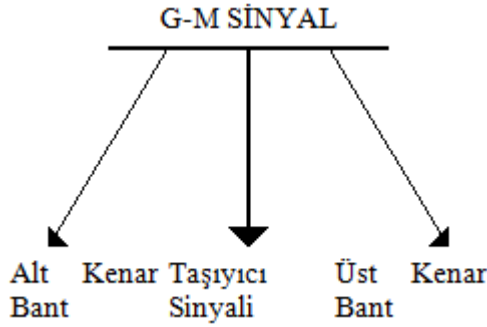
$$E_{GM(t)} = E_C \cos W_c t + (E_m / 2) \cos (W_C + W_m)t + (E_m / 2) \cos (W_C - W_m)t$$

$$W_{ct} = 2\pi f_{ct} \text{ (Taşıyıcı sinyalinin açısal frekansı)}$$

$$W_{mt} = 2\pi f_{mt} \text{ (Bilgi sinyalinin açısal frekansı) olduğundan}$$

$$E_{GM(t)} = \frac{E_C \cos 2\pi f_{ct} + (E_m/2) \cos 2\pi (f_c + f_m) t + (E_m/2) \cos 2\pi (f_c - f_m) t}{\begin{matrix} \text{Taşıyıcı} & \text{Üst Kenar Band} & \text{Alt Kenar Band} \\ \text{Sinyali} & & \end{matrix}}$$

Yapılan matematiksel işlemde anlaşıldığı gibi bir GM sinyali 3 bileşenden oluşur.



Bu sinyallerden herhangi birisinin olmaması hâlinde elde edilen sinyal, genlik modüleli (G-M) sinyal değildir. G-M sinyal olabilmesi için üç sinyalin olması şarttır. Ancak ilerleyen konularda taşıyıcı sinyali ya da bir kenar bandı olmayan genlik modüleli sinyaller anlatılacaktır.

$$E_{GM(t)} = E_C \cos 2\pi f_c t + (E_m / 2) \cos 2\pi (f_c + f_m) t + (E_m / 2) \cos 2\pi (f_c - f_m)t$$

formülünde;

E_C = Taşıyıcının genliği,

f_c = Taşıyıcının frekansı,

$f_c + f_m$ = Üst kenar bandın (ÜKB) frekansı,

$f_c - f_m$ = Alt kenar bandın (AKB) frekansı,

$(E_m / 2)$ = ÜKB ve AKB'nin genliğini gösterir.

$(f_c + f_m)$ gibi toplam frekanslar üst kenar bant (ÜKB)'ı, $(f_c - f_m)$ gibi fark frekanslar ise alt kenar bant (AKB)'ı oluşturur. Genlik modülasyonu neticesinde; taşıyıcı sinyali, taşıyıcıdan yüksek frekansta ÜKB, taşıyıcıdan düşük frekansta ise AKB oluşur. Kenar bantların genliği ise eşittir.

Örneğin, 100 KHz'lik taşıyıcı ile 5 KHz'lik bilgi sinyali GM'na tabi tutulursa meydana gelecek

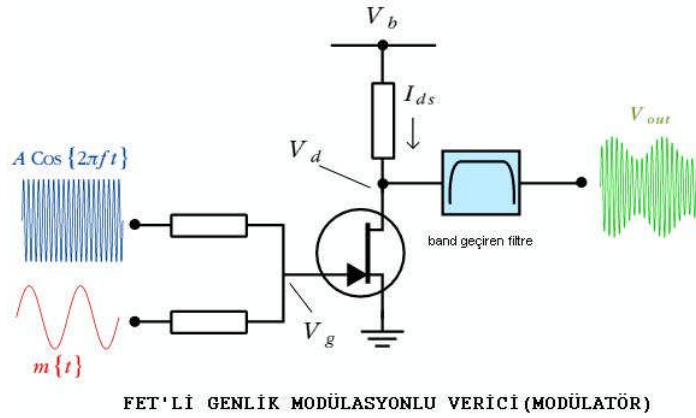
Üst kenar bandın frekansı;

$$f_{ÜKB} = 100 + 5 = 105 \text{ KHz}$$

Alt kenar bandın frekansı ise;

$$f_{AKB} = 100 - 5 = 95 \text{ KHz olacaktır.}$$

Bilgi sinyali ile taşıyıcı sinyal, lineer çalışma yapmayan bir elektronik devre elemanı (transistör) içinde karıştırılır. Eğer lineer çalışma yapan bir devre elemanına bu iki sinyal uygulanırsa çıkışında girişe benzeyen sinyaller elde edilir. Yani bu durumda giriş ile çıkış doğru orantılıdır. Modülasyon işlemini gerçekleştiren transistörün çalışma noktası nonlinear (linear olmayan) bölgeye kaydırılırsa çıkış, girişe benzemez. Yani çıkıştan girişe benzemeyen, girişten farklı sinyaller alınır. Girişe, farklı frekanslarda iki sinyal uygulandığında, eleman çıkışından, girişe uygulanmayan yeni frekanslarda başka sinyaller alınır. Genlik modülasyonunda, bir elektronik devre elemanına taşıyıcı ve bilgi sinyali olmak üzere iki farklı sinyal uygulandığında eleman veya devrenin çıkışından farklı frekanslarda kenar bantlar alınır. Bundan dolayıdır ki modülasyon lineer çalışma yapmayan bir devre elemanı içinde gerçekleştirilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Genlik modülasyonlu verici

➤ Yüzde modülasyon

Yüzde modülasyon; modülasyon yüzdesi, modülasyon derinliği veya modülasyon indeksi olarak da ifade edilir. Bilgi işaretinin genliği arttıkça modüleli işaretin maksimum ve minimum genlikleri de artar. Bu ilişkiden faydalanarak taşıyıcı ve bilgi işaretleri arasında bir bağıl bağıntı elde edilebilir. Genellikle “m” ile gösterilir. Yüzde modülasyonu ifade etmek üzere Şekil 2.3’teki gösteriliş kullanılır. Şekilden görüleceği üzere bilgi işaretinin genliği sıfır olduğu zaman taşıyıcı modülesiz olup genliği E_c ’ye eşit olur. Bilgi işareti ilk maksimum değerine ulaştığı zaman (w noktası) GM işaretinin, taşıyıcı işaretinin genliğinden E_i kadar büyük olur. Yüzde modülasyon:

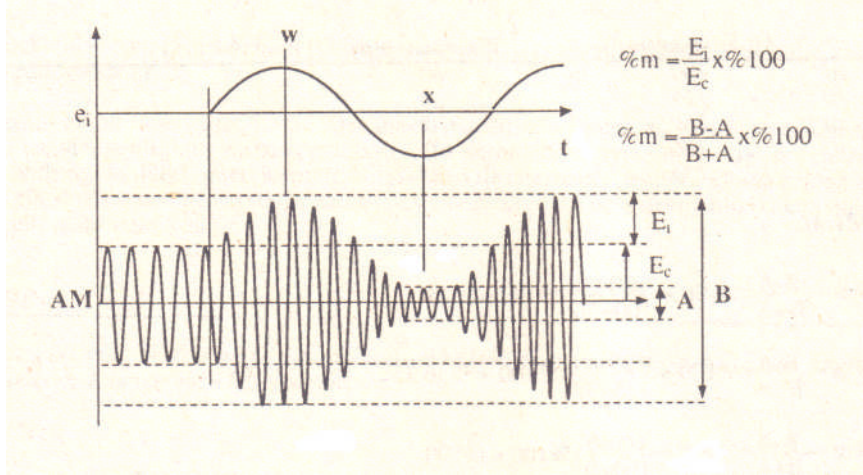
$$\% m = \frac{E_i}{E_c} \times 100 \text{ veya basit olarak } m = \frac{E_i}{E_c}$$

E_i : Bilgi sinyal genliği

E_c : Taşıyıcı sinyal genliği

Bağıntıları ile ifade edilebilir. Benzer sonuç w ve x noktalarındaki tepeden tepeye maksimum (B) ve minimum (A) değerleri kullanılarak da elde edilir (Şekil 2.3).

$$\% m = \frac{B - A}{B + A} \times \%100$$

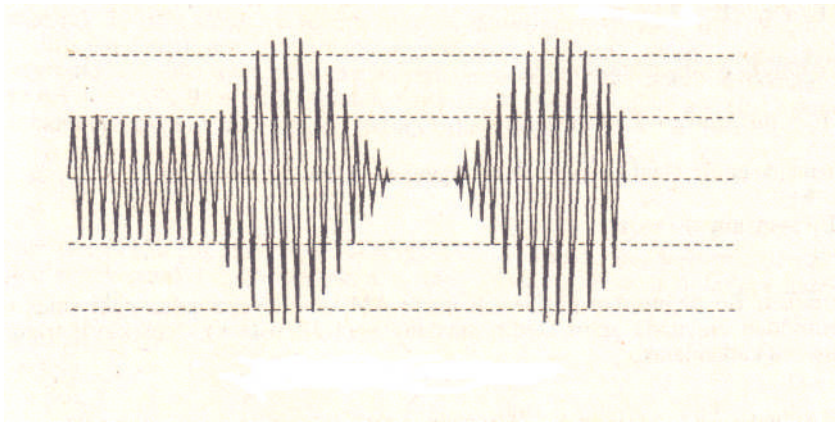


Şekil 2.3: Modülasyon yüzdesinin tanımı

➤ **Aşırı modülasyon**

Eğer modüleli işaretin minimum genliği sıfır olacak şekilde bilgi işaretinin genliği arttıracak ise modülasyon yüzdesi % 100 olur. Bu değer modülasyonun alabileceği maksimum değerdir. Taşıyıcının genlik değişimi, 0 ile taşıyıcı genliğinin iki katı arasındadır. Bilgi işaretinin genliği bu değerden daha fazla yapılırsa aşırı modülasyon elde edilir. Aşırı modülasyon modüleli işaretin maksimum genliği taşıyıcı genliğinin iki katından fazla olur ve minimum değeri ise sıfır seviyesini geçerek diğer kısma taşar. % 100 modülasyona ait dalga şekli, Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Modülasyon işaretindeki böyle bir bozulma veya distorsiyon radyo istasyon frekansının kaymasına ve komşu istasyonlar ile girişim olmasına neden olur.

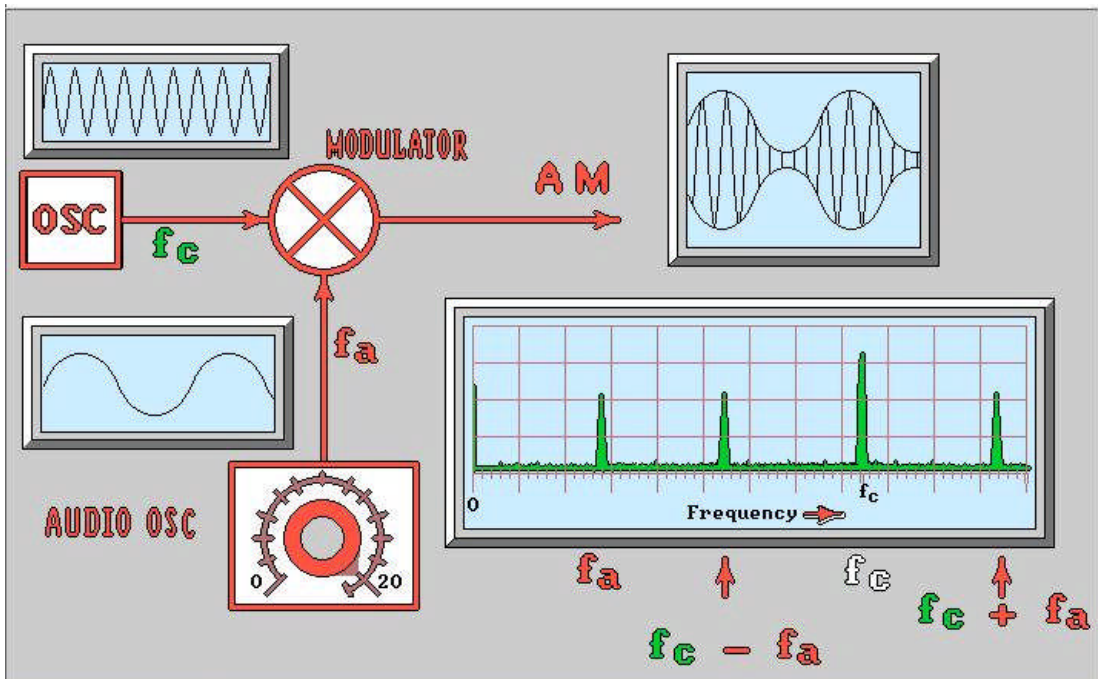
Mevcut standartlara göre böyle bir duruma müsaade edilmez.



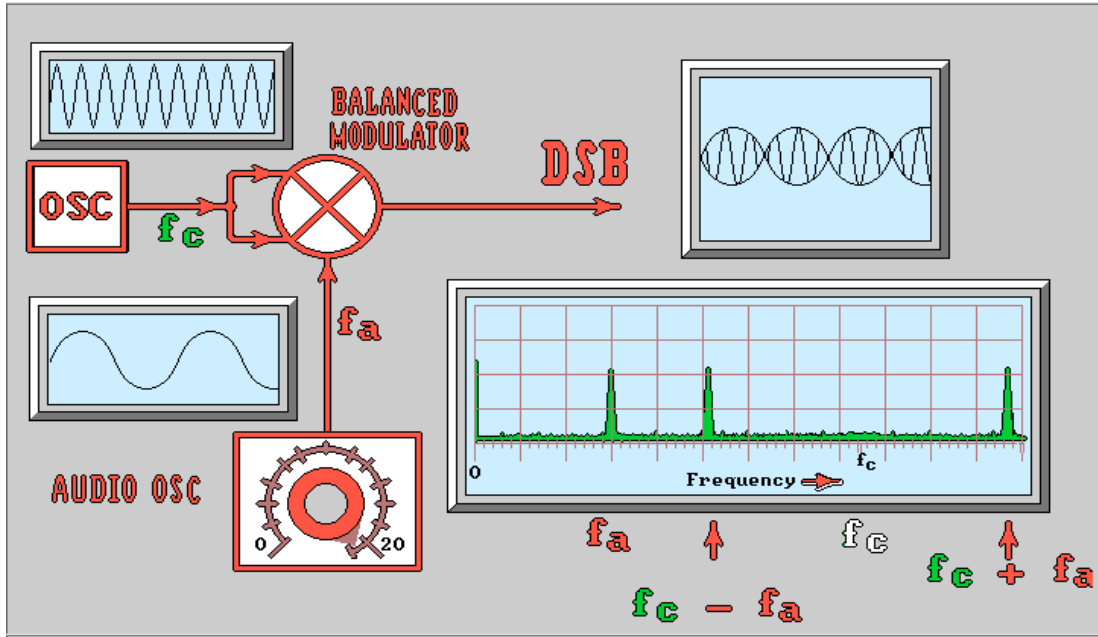
Şekil 2.4: Aşırı modülasyon

2.1. DSB Çift Yan Bant Modülasyonu

DSB (çift yan bant modülasyonu) yöntemi GM modülasyonu ile hemen hemen aynı olmakla birlikte sadece taşıyıcı sinyalin bastırılması (AM-SC –taşıyıcısı bastırılmış genlik modülasyonu) yöntemi ile ayrılır. Diğer bütün özellikleri genlik modülasyonu ile aynıdır. Aşağıdaki iki şekilde (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6) genlik modülasyonu (GM) ve çift yan bant modülasyonunun elde etme yöntemleri gösterilmiştir. Çift yan bant modülasyonunda genlik modülasyonunda olan ve toplam gücün yarısını teşkil eden taşıyıcı (f_c) frekansı modülasyon sırasında yok edilir. Çıkışta sadece üst ve alt yan bantlar vardır. Sonuçta genlik modülasyonuna göre aynı özellikte fakat yarı güçte bir modüleli sinyal elde edilmiş olur.



Şekil 2.5: Genlik modülasyonunun elde edilmesi



Şekil 2.6: Çift yan bant modülasyonunun elde edilmesi

2.2. Tek Yan Bant Modülasyonu (SSB)

2.2.1. Tek Yan Bant Haberleşmesinin Özellikleri

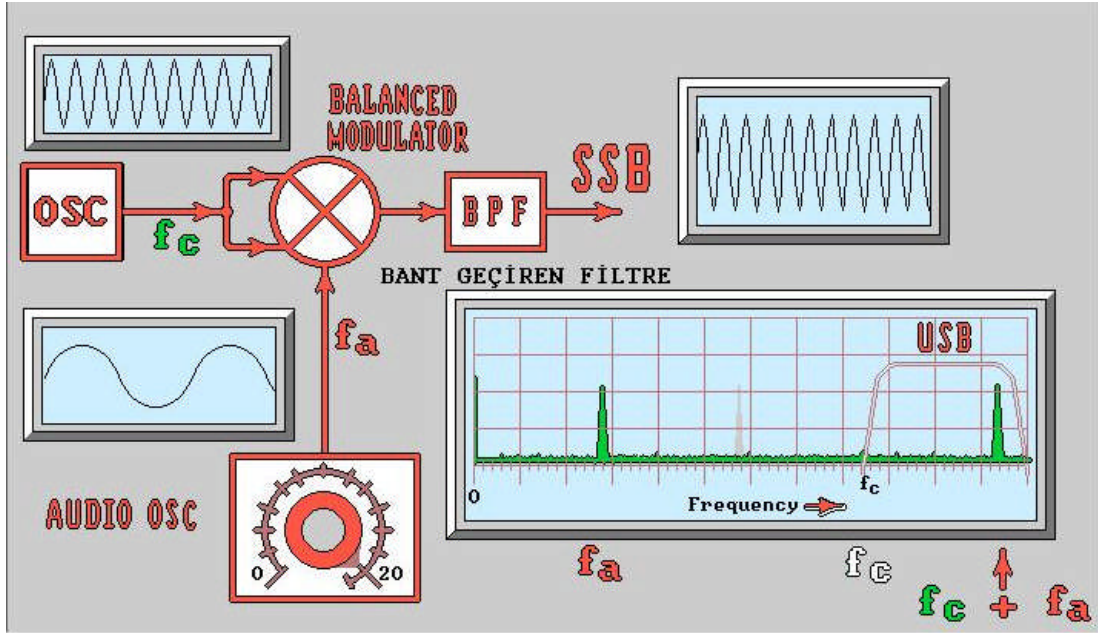
Saf bir sinüs bilgi işareti ile genlik modülasyonuna tabi tutulan taşıyıcı işarete üç farklı frekans bulunur. Bunlar:

- Taşıyıcı frekansında taşıyıcı sinyalin kendisi
- Taşıyıcı ve bilgi işaretlerinin frekanslarının farkı frekansında alt kenar bandı
- Taşıyıcı ve bilgi işaretlerinin frekanslarının toplamı frekansında üst kenar bandı

Toplam ve farklardan oluşan bu iki yeni frekans, yan frekanslardır. Yapılan deneyler göstermiştir ki bilgi işaretinin bir noktadan başka bir noktaya gönderilmesinde taşıyıcı ile bir yan frekans yok edilerek yalnız bir yan frekansın iletilmesi yeterli olmaktadır.

2.2.2. Güç Dağılımı

Standart bir GM iletiminde bilginin tümü yan bantlarda olmasına rağmen, iletilen toplam güç taşıyıcı ve yan bant güçlerinin toplamına eşittir. Bu gücün yarısı veya daha fazlası taşıyıcıya aittir. Böylece gücün büyük bir kısmı iletim esnasında boşa harcanmaktadır. Bundan dolayı tek yan bant iletiminde taşıyıcı bastırılır veya yok edilir. Faydalı güç artırılır. Alt ve üst yan bantlar aynı bilgileri içerdiklerinden bunlardan birini daha yok etmek ve yalnız bir yan frekansı veya bandı iletmek de mümkündür (Şekil 2.7). Böylece hem faydalı güç artırılmış olur hem de kullanılan bant genişliği azaltılmış olur. Tercih edilen bant üst kenar bandı ise USB (upper side band) alt kenar bandı ise LSB (lower side band) olarak gösterilir.



Şekil 2.7: Tek yan bant modülasyonunun elde edilmesi

Modülasyon derinliği % 100 olan alçak bir GM işaretinde taşıyıcı 4 W ise yan bantların her birine birer W'lık güç düşmektedir. İletilen toplam güç 6W olmasına rağmen, verici gücü olarak 4W'lık bir verici şeklinde ifade edilir. SSB haberleşmesinde ise 1 W olarak ifade edilir. Ancak SSB haberleşmesinde güç miktarı “tepe zarf gücü” olarak ifade edilir.

2.2.3. Tek Yan Bant Çeşitleri

Birkaç çeşit tek yan bant sistemi vardır. Bu sistemler ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

- Vericide, taşıyıcı ve tek yan bant elenip alt veya üst yan bantlardan biri iletilir. Bu standart tek yan bant veya kısa olarak SSB (single side band) şeklinde bilinir. Amatör radyolarda çok kullanılır. Bu sistemle minimum güç ile işaret iletimi elde edilir.
- Diğer bir sistem ise bir yan bantın tamamen yok edilmesi ve taşıyıcının biraz zayıflatılması şeklindedir. Bastırılmış taşıyıcı alıcı tarafta otomatik kazanç kontrolü (AGC) için referans olarak kullanılır. Bu tip bilgi iletimi taşıyıcısı bastırılmış tek yan bant veya kısaca SSC şeklinde ifade edilir. Bastırılmış taşıyıcı, pilot taşıyıcı olarak da ifade edilir.
- Özellikle askerî haberleşmede tercih edilen diğer bir sistem ise yalnız taşıyıcı belli bir oranda bastırılır ve iki yan bant iletilir. Buna bağımsız yan bant iletimi (ISB) adı verilir.
- Diğer bir yan bant sistemi ise televizyonların resim işaretlerinin iletiminde kullanılan sistemdir. Burada, yan bantlardan birinin belli bir miktarı elenir.

Taşıyıcı ve diğer yan bant tamamen iletilir. Bu yan bantta “artık yan bant” (VSB) denir.

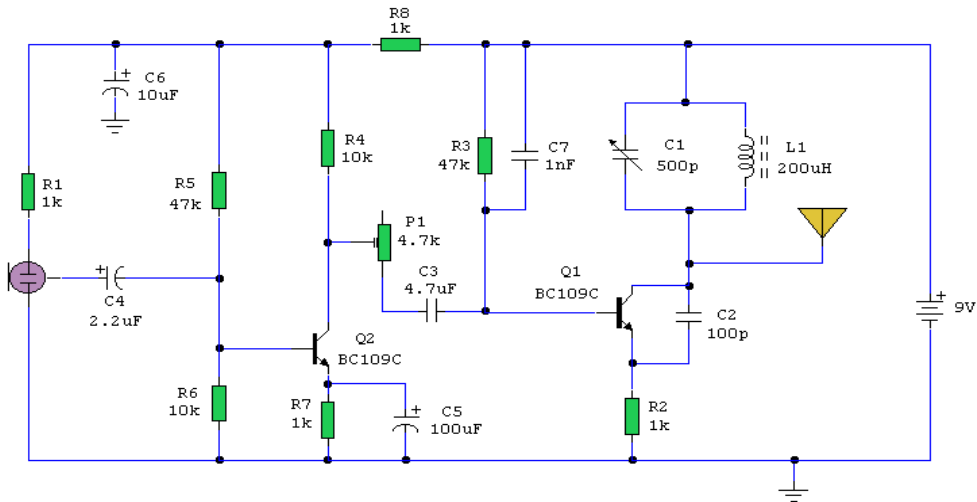
- Yeni geliştirilmiş olan diğer bir sistem ise taşıyıcısı bastırılmış tek yan bant sistemine benzer. Ancak bu istemde, verici tarafta bilgi işaretinin genliği sıkıştırılır. Alıcı tarafta ise aynı oranda genişletilir.

2.2.4. Tek Yan Bant Haberleşmesinin Faydaları

- SSB’nin en önemli faydası, kullanıldığı frekans bandının daha dar olmasıdır. Hâlbuki standart bir GM haberleşmesinde iki yan bant genişliğindeki bir frekans bandı kullanılmaktadır. Dolayısı ile tek yan bant sistemleri çok sayıda istasyonun bulunduğu bölgelerde tercih edilir.
- Tek yan bant sisteminde seçicilik problemi olmaz. Çünkü standart GM’de olduğu gibi yan bantlar ile taşıyıcı arasındaki faz ilişkisi burada söz konusu değildir.
- SSB sisteminin bir diğer faydası, yayılan gücün büyük bir kısmının bilgi işaretine ait olmasıdır. Dolayısı ile daha düşük güçlerle çalışmak mümkündür. Güce bağlı olarak boyut ve ağırlıkların küçülmesi özellikle mobil haberleşme sistemlerinde çok büyük faydalar sağlamaktadır.
- SSB sistemlerinde bant genişliği azaldığı için gürültü de aynı oranda azalır. Seçicilik artması ve gücün azalması ile SSB sistemleri standart GM sistemlerine göre 10-12 dB’lik bir avantaj sağlar. Yani aynı verimliliği elde etmek için GM sistemlerinde 10-12 dB’lik daha fazla güç gerekmektedir. Güç olarak 10 W’lık bir SSB işareti ile 100 W’lık bir GM işareti aynı olmaktadır.

Bu uygulama faaliyetinde genlik modülasyonlu vericinin çıkış dalga şeklini inceleyeceksiniz.

Uygulama için aşağıdaki devreyi delikli pertinaks üzerine kuracaksınız. Gerekli cihaz ve malzemeleri temin ettikten sonra işlem basamaklarına uyunuz.



Kullanılacak Aletler

Gerekli Malzemeler

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Listede belirtilen devre elemanlarını değerlerinin doğruluğu ve sağlamlık açısından kontrol ediniz.	➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Kullanacağınız cihazların ön kontrolünü yaparak çalıştığınızdan emin olunuz.
➤ Devre elemanlarını delikli pertinaksa lehimleyiniz. Elemanların fazla bacak uçlarını kesiniz. Anten olarak 5 m zil teli kullanınız.	➤ Lehimleme işleminde fazla ısıtmayınız. Elemanlar zarar görebilir. Çok az ısıtırsanız soğuk lehim meydana gelebilir. Bu devrenizin doğru çalışmamasına neden olur.
➤ Devre şemasında gösterildiği gibi elemanların birbirine olan bağlantılarını yapınız.	➤ Devre şeması üzerinde yaptığınız bağlantıları kurşun kalemle işaretleyerek hata yapma, eksik bağlantı yapma ihtimalini en aza indirebilirsiniz.
➤ Öğretmeniniz gözetiminde devreye güç kaynağından enerji veriniz. Mikrofonu konuşarak osilaskop ekranında anten sinyalini inceleyiniz. Bunun için Osilaskop probunun şase ucunu devrenin şasesine, canlı ucunu anten ucuna dokundurunuz.	➤ Çalıştırmadan önce elemanların bağlantısını kontrol ediniz. Osilaskobun gerekli ayarlarını yapınız. Osilaskop test sinyalini kullanarak proplarınızı test edebilirsiniz.
➤ Mikrofonu konuşarak osilaskoptaki sinyalin şeklini ve değişimleri gözleyiniz.	➤ Osilaskobun genlik ve frekans ayarlarını vericiye uygun olarak ayarladığınıza emin olunuz.
➤ Sinyal jeneratörünü 10 kHz frekans değerli sinüsoidal dalgaya ayarlayınız. Mikrofonu çıkararak sinyal jeneratörünü mikrofon yerine bağlayınız. Osilaskopta anten sinyalini incelerken sinyal jeneratörü genliğini 0-1V tepe değerleri arasında değiştiriniz. Bu arada modülasyon indeksini minimum genlik ve maksimum genlikte hesaplayınız.	➤ Gözlemlerinizi çizerek not alınız. Her ölçümünüzde osilaskobun Volt/div Time/div kademe değerlerini de yazınız. ➤ Böylece uygulama sonrasında da ölçümlerinizi yorumlayabilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Devre elemanlarının sağlamlığını kontrol edebildiniz mi?		
2. Devre elemanlarını pertinaksa doğru şekilde lehimleyebildiniz mi?		
3. Kullanacağınız cihazların (osilaskop,sinyal jeneratörü) ayarlarını yapabildiniz mi?		
4. Yaptığınız devreyi osilaskop ve sinyal jeneratörüne bağlayabildiniz mi?		
5. Devrenin çalışmasını osilaskoptan gözlemleyebildiniz mi?		
6. Osilaskop üzerinde gerekli hesaplamaları (genlik ve frekans) yapabildiniz mi?		
7. Bilgi sinyalindeki genlik ve frekans değişimlerinin modüleli sinyal üzerindeki etkilerini tam olarak kavradınız mı?		
8. Modülasyon indeksini hesaplayabildiniz mi?		
9. Aşırı modülasyonu gözlemleyebildiniz mi?		

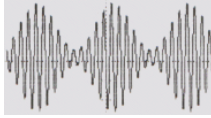
DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Genlik modüleli sinyalin bileşenleri, taşıyıcı sinyal, üst kenar bandı, alt kenar bandıdır.
2. () Genlik modüleli sinyalin şekli aşağıdaki gibidir.



3. () 100 KHz'lik bir sinyal 3 KHz'lik bir sinyal ile modüle edilirse oluşacak frekanslar 100 KHz, 105 KHz ve 110 KHz'dir.
4. () Tek yan bant çeşitleri SSB, SSC, ISB, VSB'dir.
5. () Tek yan bant modüleli sinyal (SSB)de, genlik modüleli sinyalin yan bantlarının hepsi filtre ile yok edilerek kalanlar iletilir.
6. () Çift yan bantlı modülasyon (DSB)'un genlik modülasyonundan farkı taşıyıcı sinyalin bastırılması veya tamamen yok edilmesidir.
7. () Tek yan bant (SSB) iletişimin faydaları bandın dar olması, seçicilik probleminin olmaması, gücün az olmasıdır.

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

Frekans modülasyonunu hatasız olarak analiz edebileceksiniz.

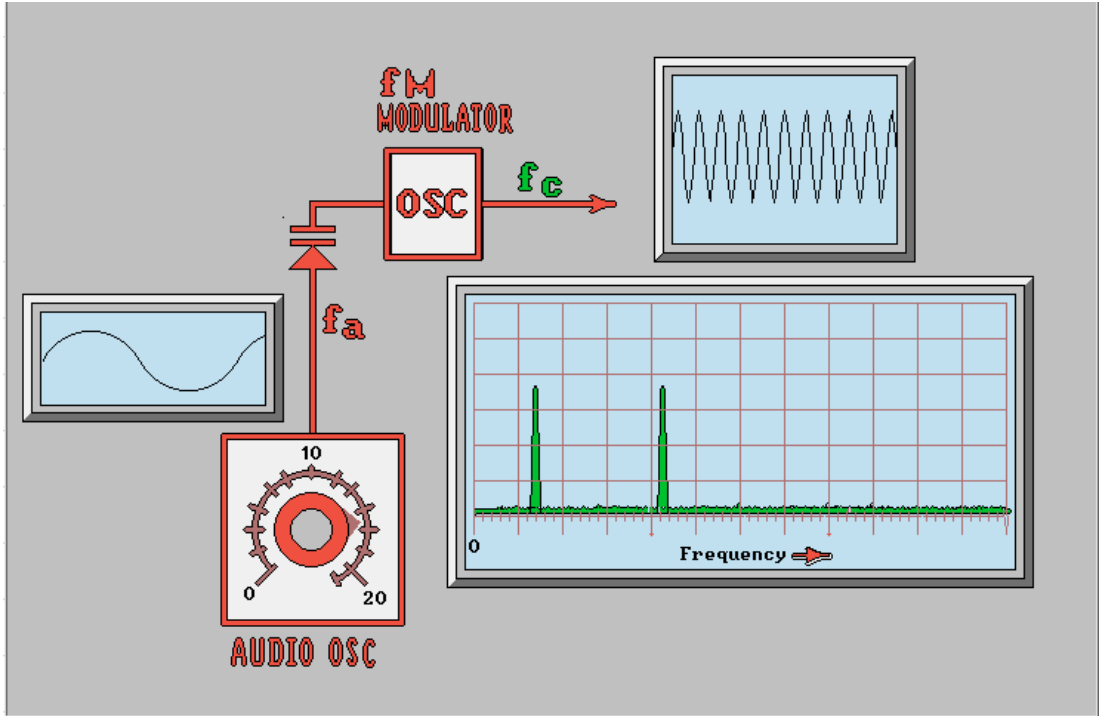
ARAŞTIRMA

- Türkiye’de FM (Frekans modülasyonunda)’da yayın yapan bir radyo tespit ediniz.
- Bu radyonun verici istasyonları nerelerden yayın yapmaktadır? Öğreniniz.
- Verici istasyon sayısı ve yayın bölgelerinin büyüklüğünü araştırınız?
- Topladığınız bilgi ve dokümanları rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

3. FREKANS MODÜLASYONU

Sinüsoidal bir işaretin genliği, frekansı veya fazı değiştirilerek alçak frekanslı bir bilgi işaretinin modülasyona tabi tutulması mümkündür. Frekans ve fazın değiştirilmesi ile oluşan modülasyona açılı modülasyonu adı verilir. Açılı modülasyonunun kısa olarak tanımı; bir taşıyıcı dalganın açısının bilgi işaretine bağlı olarak ve belli bir referansa göre değişmesidir. Açılı modülasyonu faz ve frekans modülasyonu olmak üzere ikiye ayrılır. Bunların kısa olarak tanım ve özellikleri şöyledir:

- Faz modülasyonu (PM): Bir taşıyıcı işaretinin fazının belli bir referansa göre bilgi işaretinin genliğine bağlı olarak değişmesidir.
- Frekans modülasyonu (FM): Bir taşıyıcı işaretinin frekansının bilgi işaretinin genliğine bağlı olarak değişmesidir (Şekil 3.1).

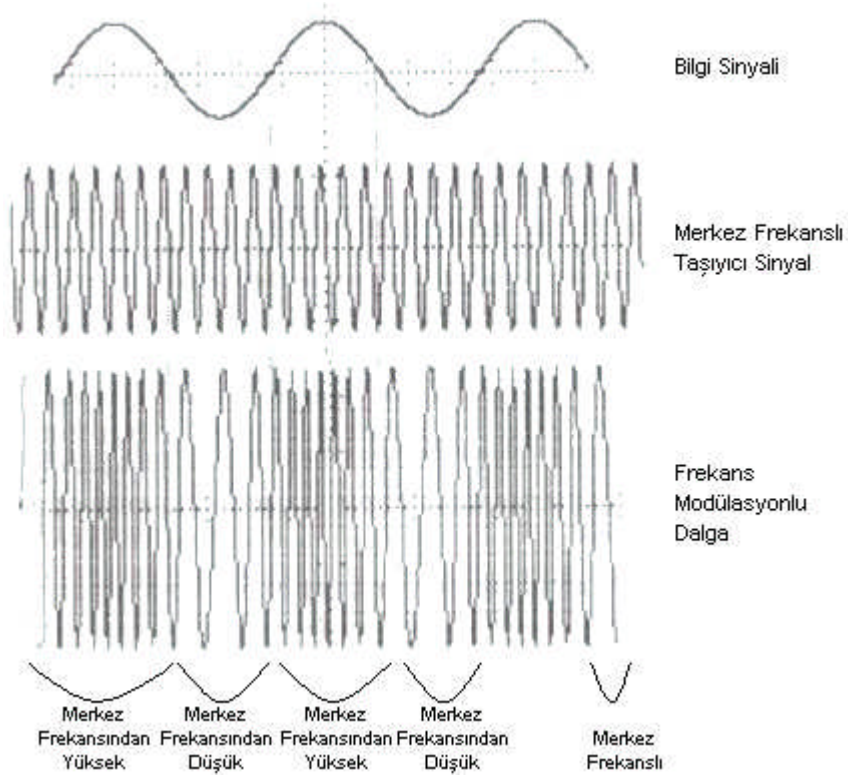


Şekil 3.1: Frekans modülasyonunun elde edilmesi

Faz modülasyonu haberleşme sistemlerindeki işaret iletiminde doğrudan kullanılmamasına rağmen, FM işaretinin nasıl oluşturulduğunu ve FM ile GM sistemlerindeki gürültü karakteristiklerinin karşılaştırılmasında faydalı olmaktadır. Bundan dolayı aç modülasyonu olarak yalnız frekans modülasyonu kullanılır. Frekans modülasyonu (FM), ilk olarak 1931 yılında GM modülasyonunun bir alternatifi olarak ortaya çıkmıştır.

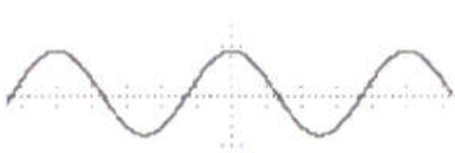
Frekans modülasyonu için iki önemli sinyal vardır. Bunlar, alçak frekanslı bilgi ve yüksek frekanslı taşıyıcı sinyalidir. Modüle edilmemiş taşıyıcının frekansına, merkez ya da sükûnet frekansı adı verilir. Örneğin, 3 KHz'lik bilgi sinyali ile 100 MHz'lık taşıyıcı, frekans modülasyonuna tabi tutulursa burada ki 100 MHz taşıyıcının merkez frekansıdır.

Modülasyon için gerekli olan sinyaller, Şekil 3.2'de bilgi ve merkez frekanslı taşıyıcı sinyali olarak gösterilmiştir. Modüle eden (bilgi) sinyalin (+) alternanslarında, taşıyıcının frekansı yükselir. Bu değer merkez frekansının üstündedir. Taşıyıcının en yüksek frekansı, bilgi sinyalinin (+) maksimum değerinde elde edilir. Bilgi sinyalinin (-) alternanslarında, taşıyıcının frekansı azalır. Bu değer merkez frekansının altındadır. En düşük taşıyıcı frekansı, bilgi sinyalinin (-) maksimum değerinde elde edilir. Modüle eden sinyalin genliği sıfıra taşıyıcı frekansı merkez frekansına eşittir.

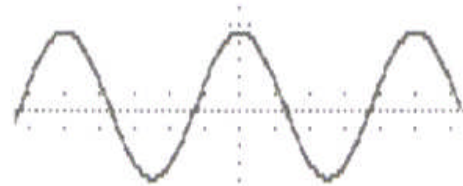


Şekil 3.2: Frekans modülasyonda sinyaller

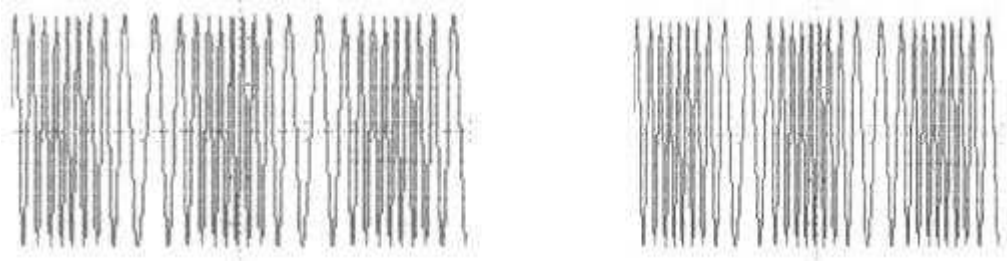
Şekil 3.3'te görüldüğü gibi frekans modülasyonlu dalganın frekansı bir akordiyon misali merkez frekansının üstüne ve altına çıkar. Bir FM'li dalganın frekansı, modüle eden sinyal genliğinin değişimine bağlı olarak merkez frekansının altında ve üstünde değerler alır. İşte taşıyıcı frekansının, modüle eden sinyalin (+) ve (-) tepe değerlerinin sebep olduğu frekans değişme miktarına “frekans sapması (değişme miktarı, deviasyonu)” denir. Modüle eden sinyalin genliği ne kadar büyük ise frekans modülasyonlu sinyalin, frekans değişme miktarı da o kadar fazladır. Örneğin, düşük genlikli modüle eden sinyal, 100 MHz'lık bir taşıyıcı frekansını 99,99 MHz ile 100,01 MHz arasında değiştiriyorsa buradaki frekans sapması ± 10 KHz'dir. Yani, taşıyıcının frekansı merkez frekansının 10 KHz üstüne ve 10 KHz altına düşer.



Düşük genlikli bilgi sinyali



Büyük genlikli bilgi sinyali



Şekil 3.3: Frekans sapmasının bilgi genliği ile ilişkisi

Aynı merkez frekanslı taşıyıcı sinyali, büyük genlikli modüle eden sinyalle modülasyona tabi tutulup taşıyıcı frekansını 99,95 MHz ile 100,05 MHz arasında değiştiriyorsa buradaki frekans sapması ± 50 KHz'dir. Frekans sapma değerlerine bakılarak bilgi sinyal genliği hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Frekans modülasyonunda, askerî amaçla yayın yapan FM vericilerde ± 40 KHz, sivil amaçla yayın yapan FM vericilerde ise ± 75 KHz'lik frekans sapması kabul edilmiştir. FM yayını yapan vericilerin, frekans bantları dışında komşu kenar bant frekansları bulunabileceğinden istasyonlar arası karışma sebebiyet verilmemesi için sivil amaçlı FM vericilerde ± 75 KHz (150 KHz)'lik bandın alt ve üst kısımlarında 25 'er KHz'lik emniyet bandı bırakılmıştır. Böylece bant genişliği 200 KHz'e çıkarılmıştır. Buna benzer bir şekilde, askerî amaçla yayın yapan vericilerde mevcut bant genişliğinin alt ve üst kısımlarına 10'ar KHz'lik emniyet bandı ilave edilerek toplam 100 KHz'lik bir bant genişliği tahsis edilmiştir.

➤ **Modülasyon yüzdesi**

Frekans modülasyonunda tam sapma, genlik modülasyonundaki % 100 modülasyonunun karşılığıdır (Sivil amaçlı yayınlarda ± 75 KHz). Tam sapmanın aşılması durumunda aşırı modülasyon gerçekleşir.

%50 modülasyonda, ± 75 KHz $0,5 = \pm 37,5$ KHz

% 30 modülasyonda, ± 75 KHz $0,3 = \pm 22,5$ KHz'lik frekans sapması olur.

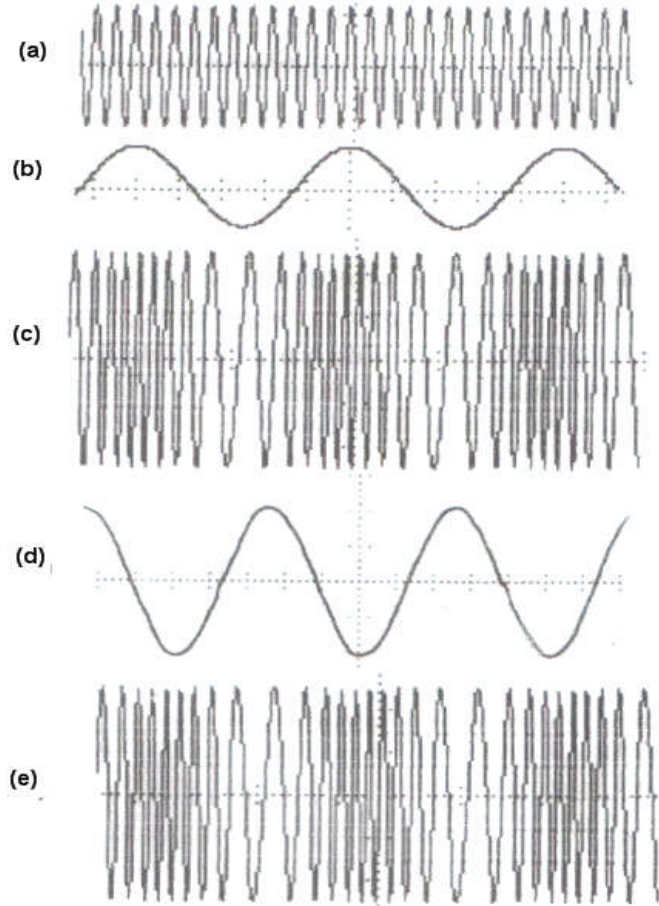
Genlik modülasyonundan olduğu gibi, frekans modülasyonunda modülasyon yüzdesi, bilgi sinyalinin taşıyıcının yüzde kaçını modüle edebildiğinin ifadesidir.

50 KHz bilgi sinyalinin modülasyon yüzdesi,

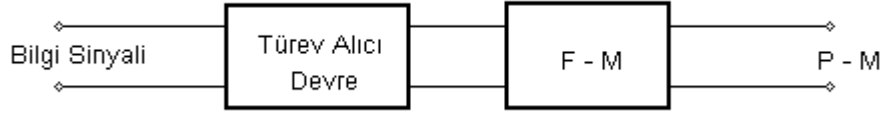
$\%m = (\pm 50 \text{ KHz} / \pm 75 \text{ KHz}).100 = \%66,7$ olarak bulunur.

3.1. Faz Modülasyonu

Taşıyıcı sinyal fazının, bilgi sinyalinin genlik ve frekansına bağlı olarak değiştirilmesidir. Frekans modülasyonuna çok benzer. Bir taşıyıcının frekansı değiştirildiğinde fazı, fazı değiştirildiğinde de frekansı değişir. Bundan dolayı FM ile PM birbirine benzer. Modüle edici sinyale uygun olarak doğrudan değiştirilen, taşıyıcının frekansı olursa FM, modüle edici sinyale uygun olarak doğrudan değiştirilen taşıyıcının fazıysa PM meydana gelir. Şekil 3.4'te hem FM, hem de PM sinyal şekilleri gösterilmiştir, (b) şeklindeki modüle edici (bilgi) sinyalin ilk türevi (d) şeklinde olduğu gibi cosinüs dalgasıdır. Yani, sinüsün türevi cosinüs sinyalidir. Bu sinyal, sinüs sinyalinden 90° ileridedir, (d) şeklindeki türevi alınmış bilgi sinyalinin (-) alternanslarında taşıyıcının frekansı artar, (+) alternanslarında ise taşıyıcının frekansı azalır.



Şekil 3.4 (a)Taşıyıcı sinyal, (b) Bilgi Sinyali, (c) Frekans modüleli sinyal , (d) Bilgi sinyalinin türevi . (e) Faz modüleli sinyal



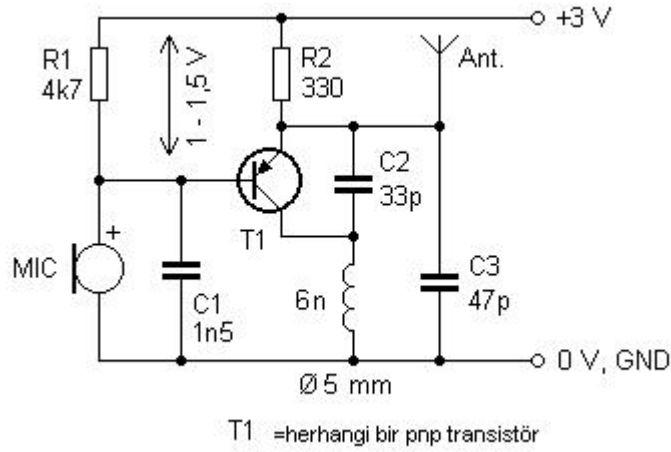
Şekil 3.5: Faz modüleli sinyalin elde edilmesi

Faz modüleli sinyalin elde edilmesi için Şekil 3.5'teki blok diyagramda görüldüğü gibi bilgi sinyalinin türev alıcı devrede türevi alınır ve FM modülatöre uygulanır. FM modülatörün çıkışından PM elde edilir. FM'de frekans sapması söz konusu iken PM'de faz sapması söz konusudur.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bu uygulama faaliyetinde frekans modülasyonlu vericinin çıkış dalga şeklini inceleyeceksiniz.

Uygulama için aşağıdaki devreyi delikli pertinaks üzerine kuracaksınız. Gerekli cihaz ve malzemeleri temin ettikten sonra işlem basamaklarına uyunuz.



Şekil 3.6: Frekans modülasyonlu verici devresi

Kullanılacak Aletler

1. Osilaskop (çift kanallı)
2. Sinyal jeneratörü
3. 3V DC güç kaynağı
4. Havya
5. Yan keski, kargaburun

Gerekli Malzemeler

1. 0,25W karbon dirençler (4,7 k Ω / 330 Ω)
2. PNP tip transistör (örneğin BC307)
3. Polarmasız kondansatörler (1,5 nF / 47pF / 33pF)
4. Kapasitif mikrofon
5. Bobin (6 nF)
6. Zil teli (10 mt)
7. Delikli pertinaks
8. Lehim teli

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Listede belirtilen devre elemanlarını değerlerinin doğruluğu ve sağlamlık açısından kontrol ediniz.	➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Kullanacağınız cihazların ön kontrolünü yaparak çalıştırdığınızdan emin olunuz.
➤ Devre elemanlarını delikli pertinaksa lehimleyiniz. Elemanların fazla bacak uçlarını kesiniz. Anten olarak 5 m zil teli kullanınız.	➤ Lehimleme işleminde fazla ısıtmayınız. Elemanlar zarar görebilir. Çok az ısıtırsanız soğuk lehim meydana gelebilir. Bu devrenizin doğru çalışmamasına neden olur.
➤ Devre şemasında gösterildiği gibi elemanların birbirine olan bağlantılarını yapınız.	➤ Devre şeması üzerinde yaptığınız bağlantıları kurşun kalemle işaretleyerek hata yapma, eksik bağlantı yapma ihtimalini en aza indirebilirsiniz.
➤ Öğretmeniniz gözetiminde devreye güç kaynağından enerji veriniz. Mikrofonu konuşarak osilaskop ekranında anten sinyalini inceleyiniz. Bunun için Osilaskop probunun şase ucunu devrenin şasesine, canlı ucunu anten ucuna dokundurunuz.	➤ Çalıştırmadan önce elemanların bağlantısını kontrol ediniz. Osilaskobun gerekli ayarlarını yapınız. Osilaskop test sinyalini kullanarak proplarınızı test edebilirsiniz.
➤ Mikrofonu konuşarak osilaskoptaki sinyalin şeklini ve değişimleri gözleyiniz.	➤ Osilaskobun genlik ve frekans ayarlarını vericiye uygun olarak ayarladığınıza emin olunuz.
➤ Sinyal jeneratörünü 10 kHz frekans değerli sinüsoidal dalgaya ayarlayınız. Mikrofonu çıkararak sinyal jeneratörünü mikrofon yerine bağlayınız. Osilaskopta anten sinyalini incelerken sinyal jeneratörü genliğini 0-1V tepe değerleri arasında değiştiriniz. Genlik artarken anten sinyalinin değişimini gözleyiniz. Genliği sabit bırakıp frekansını 0-20 kHz arasında yavaş yavaş değiştiriniz. Frekans artarken anten sinyalinin değişimini gözleyiniz.	➤ Gözlemlerinizi çizerek not alınız. Her ölçümünüzde osilaskobun Volt/div Time/div kademe değerlerini de yazınız. ➤ Böylece uygulama sonrasında da ölçümlerinizi yorumlayabilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Devre elemanlarının sağlamlığını kontrol edebildiniz mi?		
2. Devre elemanlarını pertinaksa doğru şekilde lehimleyebildiniz mi?		
3. Kullanacağınız cihazların (osilaskop,sinyal jeneratörü) ayarlarını yapabildiniz mi?		
4. Yaptığınız devreyi osilaskop ve sinyal jeneratörüne bağlayabildiniz mi?		
5. Devrenin çalışmasını osilaskoptan gözlemleyebildiniz mi?		
6. Osilaskop üzerinde gerekli hesaplamaları (genlik ve frekans) yapabildiniz mi?		
7. Bilgi sinyalindeki genlik ve frekans değişimlerinin modüleli sinyal üzerindeki etkilerini tam olarak kavradınız mı?		
8. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Frekans ve fazın değiştirilmesi ile oluşan modülasyona değişim modülasyonu adı verilir.
2. () Bir taşıyıcı işaretinin fazının belli bir referansa göre bilgi işaretinin genliğine bağlı olarak değişmesine işaret modülasyonu denir.
3. () Bir taşıyıcı işaretinin frekansının bilgi işaretinin genliğine bağlı olarak değişmesine frekans modülasyonu denir.
4. () Frekans modülasyonu için iki önemli sinyal vardır. Bunlar, alçak frekanslı bilgi ve yüksek frekanslı taşıyıcı sinyalidir.
5. () En düşük taşıyıcı frekansı, bilgi sinyalinin (-) maksimum değerinde elde edilir.

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-4

AMAÇ

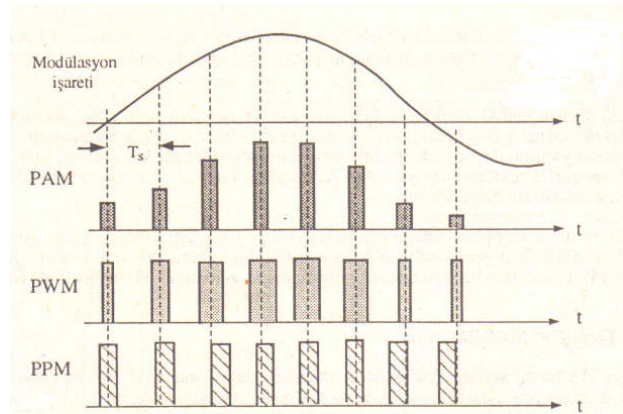
Darbe modülasyonunu hatasız olarak analiz edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Bilgisayarların güç kaynakları PWM (pulse width modulation)-darbe genişlik modülasyonuna göre çalışmaktadır. Başka hangi cihazların PWM esaslı çalıştığını internetten ya da bölgenizde varsa elektronik-elektronik cihaz satıcı veya teknik servislerden öğreniniz.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu atölyede tartışınız.

4. DARBE MODÜLASYONU

Herhangi bir eğrinin çizimi sınırlı sayıda nokta ile yapılabilir. Bu nokta sayısı sonsuza kadar çıkabilir. Nokta sayısına göre yapılan hata miktarı da değişir. Eğrilerin bu şekilde çizimi darbe modülasyonunun temel mantığını ortaya koymaktadır. Darbe modülasyonunda, iletilecek elektriksel işaretlerden belirli anlarda numuneler alınarak iletilir. Alıcı tarafta bu numunelerden orijinal işaret elde edilir.



Şekil 4.1: Darbe modülasyonu çeşitleri

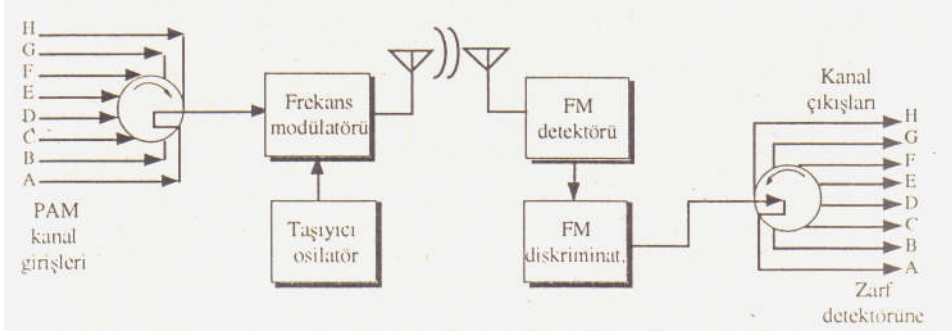
Darbe modülasyonu ile GM ve FM arasındaki temel fark, GM ve FM’de iletilebilecek bilgiye bağlı olarak taşıyıcının bazı parametreleri sürekli olarak değişir, hâlbuki darbe modülasyonunda, bilgi numunelerine bağlı olarak darbeler şeklinde bir etki söz konusudur. Darbe süresi çok kısa olduğu için darbe modülasyonlu dalgada darbe araları uzun bir süre boştur. Boş alan darbe aralarında başka bilgiler iletilir (Şekil 4.1).

Matematiksel olarak ispat edilmiştir ki herhangi bir işaretin en yüksek frekansının iki katı frekansı oranında bir sıklık ile numune alındığı takdirde, alıcı tarafta orijinal işaretin büyük bir doğrulukla elde edilmesi mümkündür. Bu oran Nyquist oranı olarak bilinir.

Darbe modülasyonu, modülasyondan ziyade bir bilgi işleme tekniğidir. İletilecek bilgi önce darbe numunelerine dönüştürülür. Daha sonra bu darbeler ile taşıyıcı işaret, genlik veya frekans modülasyonuna tabi tutulur.

4.1. Darbe Genlik Modülasyonu (PAM)

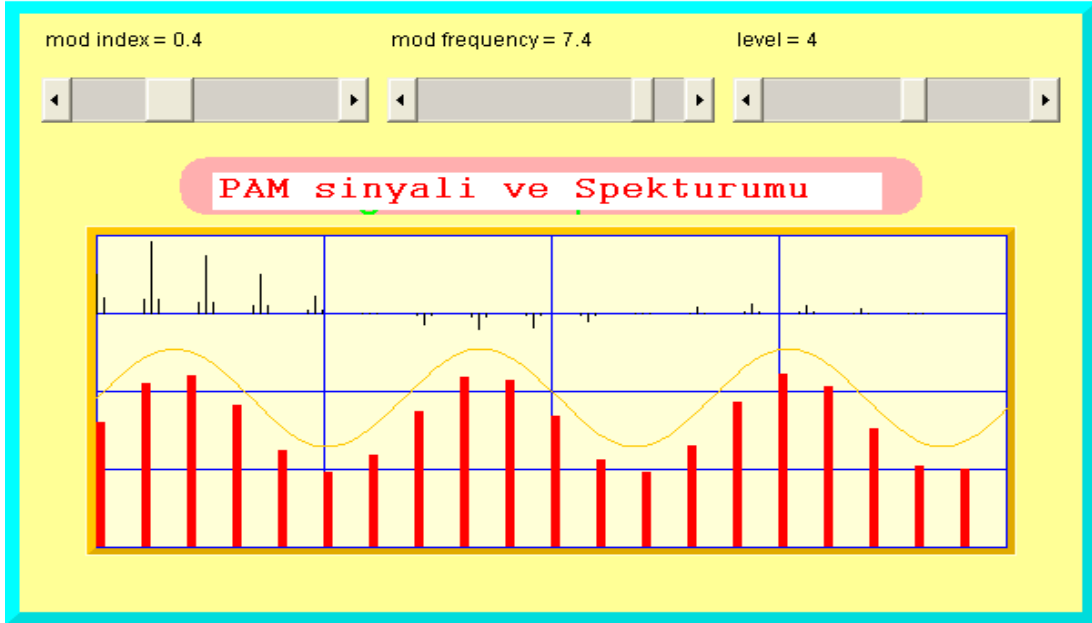
Darbe genlik modülasyonunda (PAM) elde edilen darbe genlikleri modülasyon işaretinin genliği ile orantılıdır. Bu modülasyon çeşidi en basit darbe modülasyon tipidir. Numune alma periyodik bir şekilde olmaktadır. Elde edilen bu darbeler ile daha yüksek bir taşıyıcı modüle edilir.



Şekil 4.2: 8 kanallı zaman çoklamalı çoğullamalı (TDM) PAM sistemi

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi 8 kanallı zaman paylaşımlı çoklayıcı (TDM) darbe genlik modülasyon (PAM) sisteminin blok diyagramı gösterilmiştir. Numune alma işlemi dönen bir anahtar benzeri disk yardımı ile kanal işaretleri alınır, alıcı kısımda ise aynı şekilde birbirinden ayrılır.

Mekanik numune alma yöntemi bazı telemetri sistemlerinde uygun olmasına rağmen, ses için gerekli olan 8 Khz’lik bir frekans bandı için yeterli hızda değildir. Bunun için elektronik anahtarlama sistemine gerek vardır.

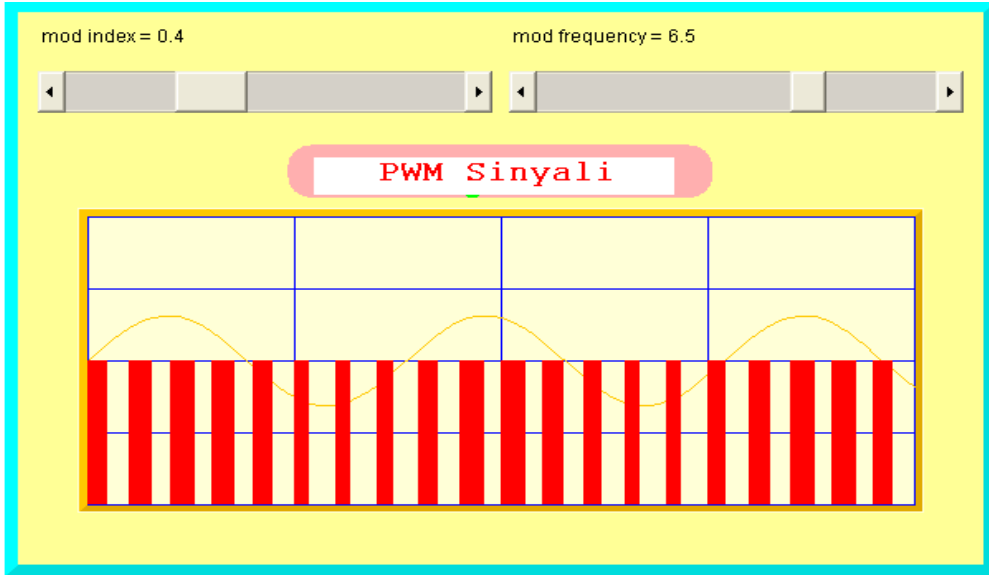


Şekil 4.3: Pals genişlik modülasyonu (PAM)

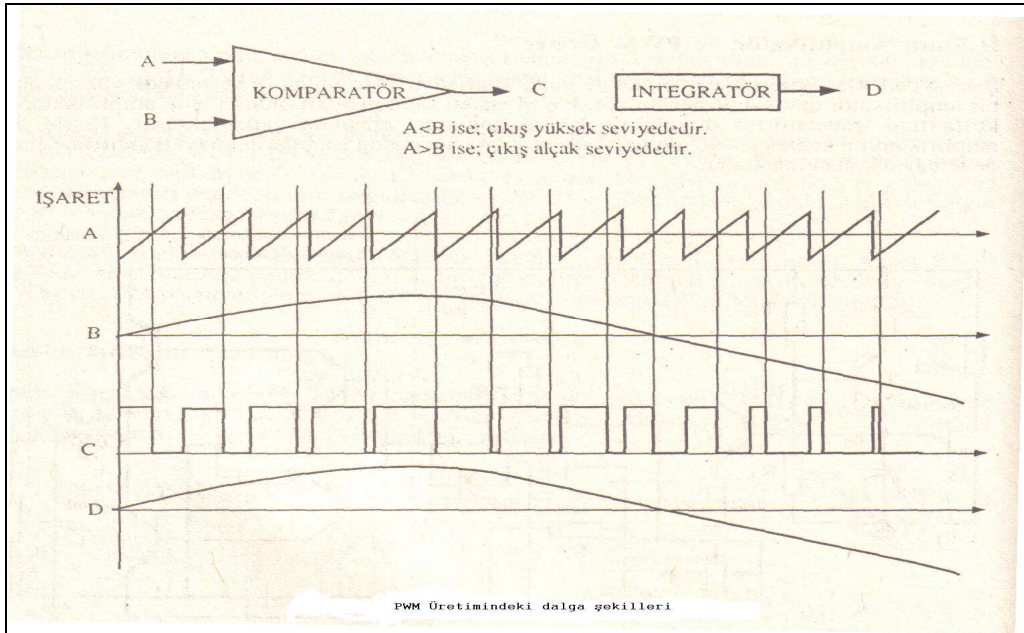
PAM devresinin yapısı basit olduğu için bazı uygulama alanlarında tercih edilir. Ancak ilerde göreceğiniz PWM ve PPM sistemlerinde genlik sabit olduğu için gürültü bakımından daha üstündür. PWM ve PPM sistemlerinin ikisi de darbe zaman modülasyonu (PTM) olarak ifade edilir.

4.2. Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)

Darbe genişlik modülasyonu (PWM) darbe zaman modülasyonunun (PTM) bir çeşididir. Darbe genişlik modülasyonuna, darbe uzunluk veya darbe süreli modülasyon da denir (Şekil 4.4 ve şekil 4.5).



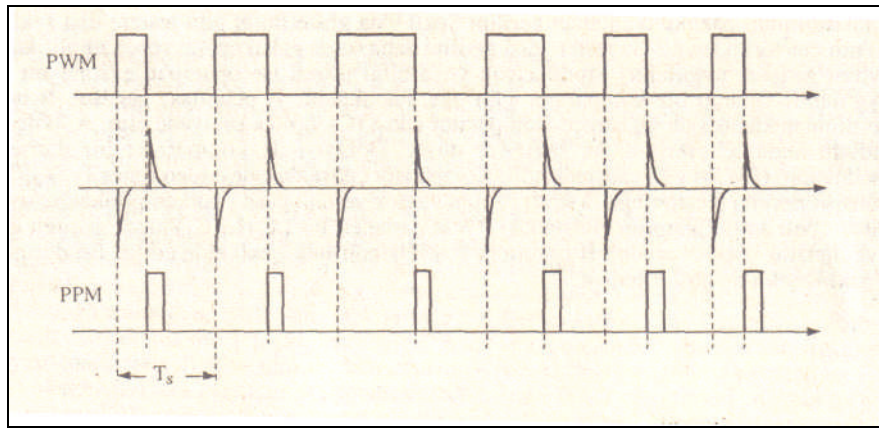
Şekil 4.4: Darbe genişlik modülasyonu şekli



Şekil 4.5: Darbe genişlik modülasyonunun elde edilmesi

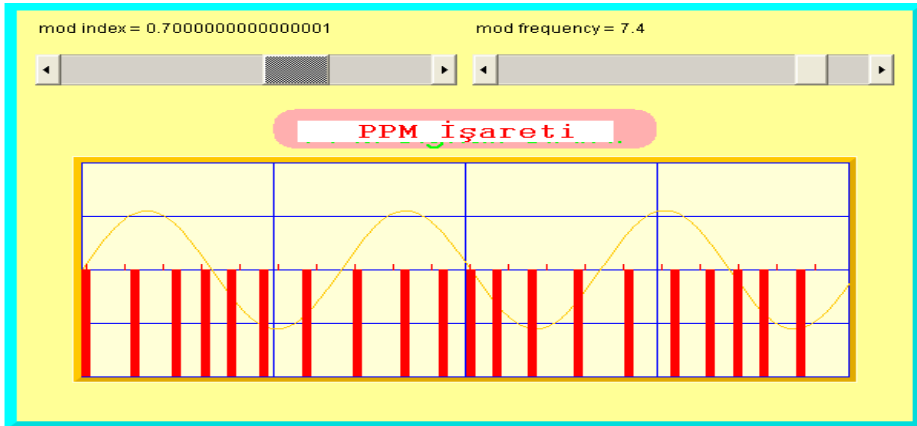
4.3. Darbe Pozisyon Modülasyonu (PPM-PDM)

Darbe genişlik (PWM) ve darbe pozisyon (PPM) modülasyonları birbirine benzer. Şekil 4.6'da gösterildiği gibi PWM işaretinden PPM işaretini elde etmek mümkündür. Bunun için PWM işaretinde önce yükselen ve düşen kenarlarda impuls sinyal üretilir. Daha sonra impuls sinyaller bir türev alıcıya uygulanır. Türev alıcı, impulstaki gerilim değişimi süresince sabit genlikli pals oluşturur. Bunun için pozitif impulslara karşı duyarlı olan schmitt tetikleyici kullanılarak darbe genliği ve darbe süresi sabit olan darbeler elde edilir. PWM işaretinde gürültü az olduğu için böyle bir işareten PPM işaretinin elde edilmesi gürültü açısından büyük fayda sağlar.



Şekil 4.6: PWM işaretinden PPM işaretinin elde edilmesi

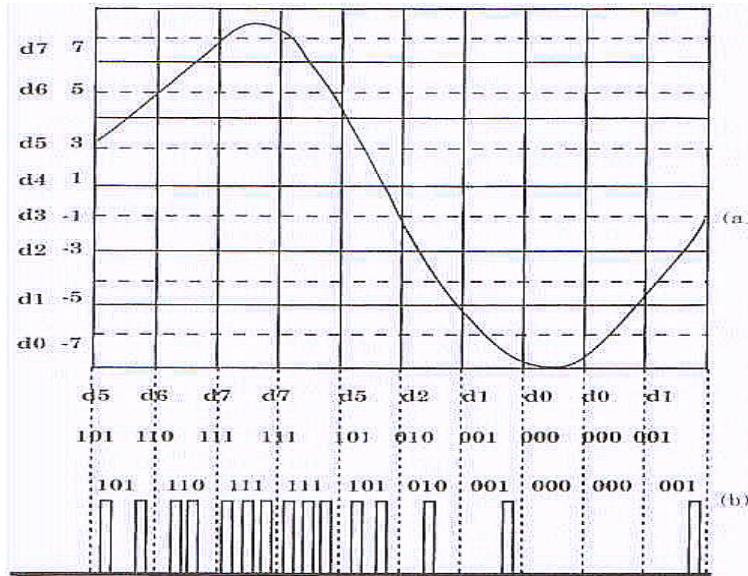
Alıcı tarafından dedekte edilen PPM darbeleri önce PWM darbelerine dönüştürülür. Bunun için integrasyon işlemi yapılarak orijinal işaret elde edilir. PPM işareti bir flip-flop transistörünün bazına (beyz) uygulanarak PWM işareti elde edilir. Diğer flip-flop transistörünün bazına ise vericiden yayınlanan senkronizasyon işaretleri uygulanır. Senkronizasyon darbelerinin gerekliliği diğer modülasyon çeşitlerine göre bir olumsuzluk olarak sayılabilir. Ancak gürültü ve diğer özellikleri açısından sağladığı üstünlükler nedeni ile en çok tercih edilen modülasyon tipidir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Pals pozisyon modülasyonu

4.4. Darbe Kod Modülasyonu (PCM)

Darbe kod modülasyonu (PCM), darbe modülasyonu teknikleri arasında tek sayısal (dijital) iletim tekniğidir. PCM'de, darbeler sabit uzunlukta ve sabit genliktedir. PCM'de bilgi işareti örnekleme sinyalinin frekansına bağlı bir hızla örneklenir. Örnekleme (sampling), gönderilecek olan bilgi sinyalinden periyodik olarak örnek alınması 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 (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Darbe kod modülasyonunun elde edilmesi

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi ± 8 volt değerleri arasında değişim bilgi sinyali uygun bir hızla örneklenir ve her örnek değeri 8 düzeyden birisine kuantalanır, kuantalama düzeyleri $\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7$ 'dir. Her örnekleme anında örnek değeri en yakın düzeye kuantalanır. Örneğin, $(-7, -8)$ aralığındaki bir örnek, en yakın değeri olan -7 ye kuantalanır. $(-6, -4)$ aralığındaki bir örnek değeri ise -5 'e kuantalanır ve böyle devam eder. Kuantalama seviyeleri; $-7, -5, -3, -1, +1, +3, +5, +7$ 'dir ve bunlar, $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ olarak numaralanır. Bu yolla, örnek değeri ve örnek değeri en yakın kuantalama düzeyini gösteren 0 ile 7 arasındaki sayılar arasında bir ilişki kurulmuş olur. Daha sonra, kuantalama seviyesini gösteren sayı bir binary kod kelimesiyle kodlanır. Ancak üretilecek kod sözcüğünün olabilecek en kısa uzunlukta olması istenir. Bu örnekte 8 seviye $= 2^3$ olduğundan bunlar üç bitlik binary sayı ile gösterilebilir. Kuantalama seviyelerine karşılık gelen sayılar ile bunların kodlanacağı binary sayılar aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4.1).

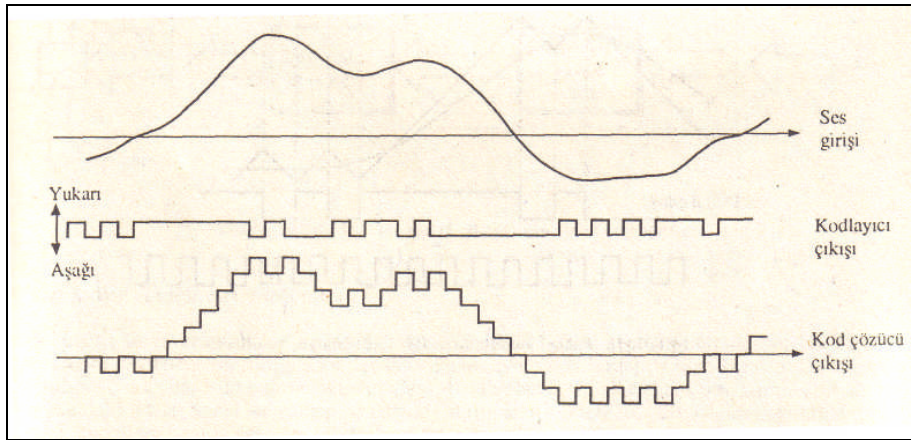
Sayı	Binary Kod Sözcüğü	Sayı	Binary Kod Sözcüğü
0	000	4	100
1	001	5	101
2	010	6	110
3	011	7	111

Tablo 4.1: 3 bitlik binary kodlar ve onluk sistemde karşılıkları

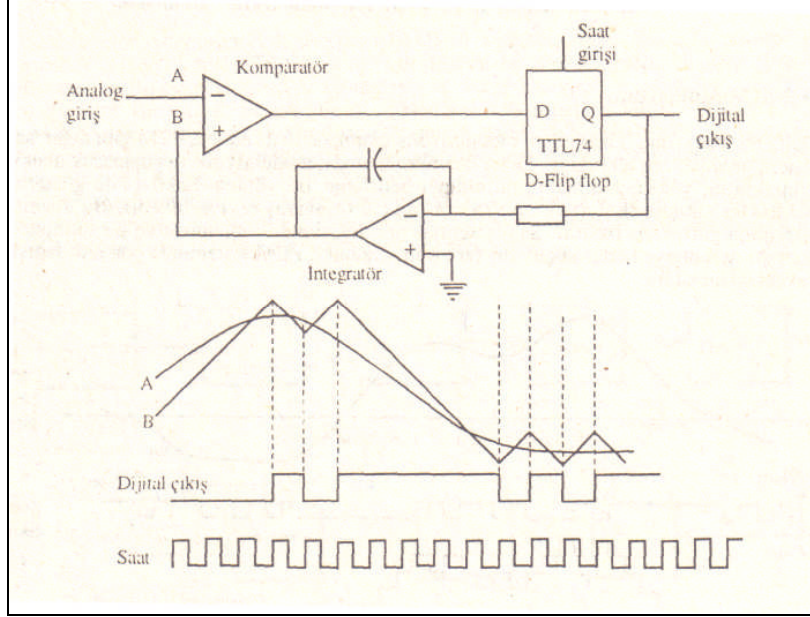
Böylece, her örnek değer bir binary sözcükle kodlanır. Binary (ikili) dizi şeklindeki bu bilgi, daha sonra, bir "darbe" ve "darbe yokluğu" dalga şekline dönüştürülür ve PCM (pals kod modülasyonu) elde edilir.

4.5. Delta Modülasyonu

Delta modülasyonu (DM) eğim modülasyonu olarak da ifade edilen, PCM gibi diğer bir dijital sistem modülasyonu tekniğidir. Delta modülasyonunda, modülasyona uygulanacak olan işaretin artmakta mı yoksa azalmakta mı olduğu belirlenir. Bu yöntem Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Kodlayıcı çıkış, giriş sinyali artıyorsa lojik 1, azalıyorsa lojik 0 değerini alır. Bu sistem PCM sistemine göre daha basittir. Ses işaretinde ani değişimler olmamakta ve bir numuneden bir sonraki numuneye kadar küçük bir fark olur. Hâlbuki PCM sisteminde çok ani değişimlerin cevabı alınabilir.



Şekil 4.9: Delta modülasyonunda önemli dalgalar



Şekil 4.10: Delta modülatörü ile ilgili dalga şekilleri

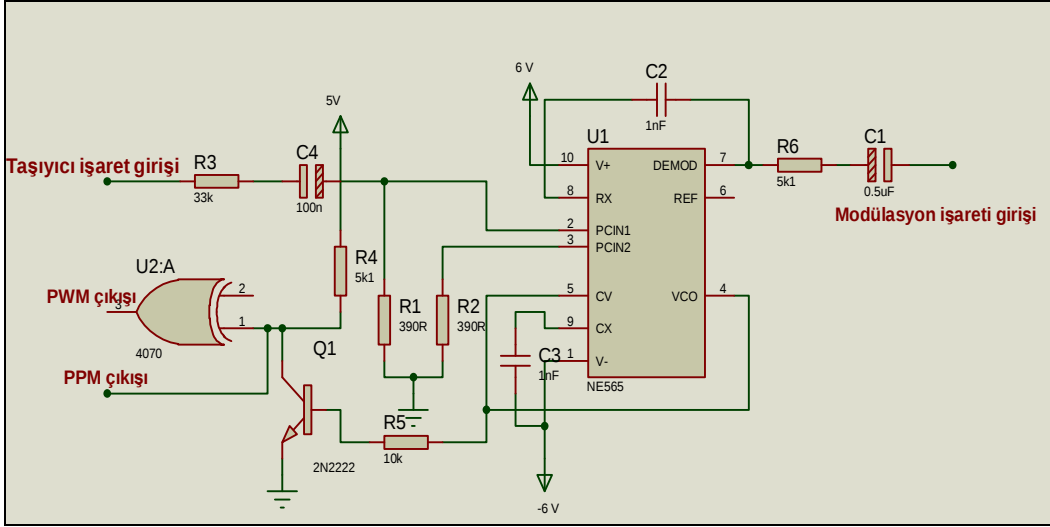
Sürekli değişen eğimli delta modülasyonunda dijital gürültü girişimi de PCM'e göre daha azdır. Bu farklılık işitilen seste çok bariz bir şekilde kendini göstermektedir. Delta modülasyonunda % 10'luk bir rastgele bit hatası hissedilmeyecek kadar az bir etki yapmaktadır. Delta modülasyonunun temel devre şeması Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Devredeki integratör çıkışında B dalgası şeklinde bir işaret elde edilir. Bu integratör devresinin çıkışına bir alçak geçiren filtre bağlanması durumunda yumuşatılmış olan A dalgası elde edilir. Böyle bir devre ile demodülasyon işlemi sağlanır. Delta modülatör devresinin kapasitesinin fazla ve maliyetinin düşük olması nedeni ile gelecekteki yeni sistemlerde özellikle mikrodalga, uydu ve optik haberleşme sistemlerinde geniş uygulama alanı bulacaktır.

Dijital veri iletim sistemlerinde delta modülasyonu, dijital veri şeklindeki ses kanallarının çoğaltılmasında kullanılmaktadır. Ticari olarak polis, taksi ve denizcilikteki radyo haberleşmelerinde kullanılır. Delta modülasyonlu sistemlerde bilgisayarlarla bağlanacak şekilde giriş ve çıkışlar vardır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bu uygulama faaliyetinde PPM ve PWM modülasyonlu vericinin çıkış dalga şeklini inceleyeceksiniz.

Uygulama için aşağıdaki devreyi delikli pertinaks üzerine kuracaksınız. Gerekli cihaz ve malzemeleri temin ettikten sonra işlem basamaklarına uyunuz.



PPM ve PWM modülasyonlu verici devresi

Kullanılacak aletler

1. Osilaskop (çift kanallı)
2. Sinyal jeneratörü
3. 6V DC güç kaynağı
4. Havya
5. Yan keski, kargaburun

Gerekli malzemeler

1. NE565 (PLL entegresi), 4070 veya 7486 kapı entegresi
2. 0,25W karbon dirençler (2x390Ω, 2x390Ω, 1x5k1Ω)
3. PNP tip transistör (örneğin 2N2222)
4. Polarmasız kondansatörler (3x1 nF, 100nF)
5. Zil teli (10 m)
6. Delikli pertinaks
7. Lehim teli

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Listede belirtilen devre elemanlarını değerlerinin doğruluğu ve sağlamlık açısından kontrol ediniz.	➤ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Kullanacağınız cihazların ön kontrolünü yaparak çalıştığından emin olunuz.
➤ Devre elemanlarını delikli pertinaksa lehimleyiniz. Elemanların fazla bacak uçlarını kesiniz.	➤ Lehimleme işleminde fazla ısıtmayınız. Elemanlar zarar görebilir. Çok az ısıtırsanız soğuk lehim meydana gelebilir. Bu, devrenizin doğru çalışmamasına neden olur.
➤ Devre şemasında gösterildiği gibi elemanların birbirine olan bağlantılarını yapınız.	➤ Devre şeması üzerinde yaptığınız bağlantıları kurşun kalemle işaretleyerek hata yapma, eksik bağlantı yapma ihtimalini en aza indirebilirsiniz.
➤ Öğretmeniniz gözetiminde devreye güç kaynağından enerji veriniz. Taşıyıcı işaret girişinden 1 Mhz'lik sinyal uygulayınız. Diğer sinyal jeneratörü ile 3 Khz'lik sinyal uygulayınız. Sinyal jeneratörlerinin siyah uçlarını devrenin şase ucuna kırmızı artı uçlarını da devrede gösterilen yerlere takınız.	➤ Çalıştırmadan önce elemanların bağlantısını kontrol ediniz. Osilaskobun gerekli ayarlarını yapınız. Osilaskop test sinyalini kullanarak proplarınızı test edebilirsiniz.
➤ Sırasıyla PPM ve PWM uçlarındaki sinyalin şeklini ve değişimleri gözleyiniz.	➤ Osilaskobun genlik ve frekans ayarlarını vericiye uygun olarak ayarladığınıza emin olunuz.
➤ 1. sinyal jeneratörünü 100 kHz frekans değerli sinüsoidal dalgaya ayarlayınız. 2. sinyal jeneratörü genliğini 0-1V tepe değerleri arasında değiştiriniz.	➤ Gözlemlerinizi çizerek not alınız. Her ölçümünüzde osilaskobun Volt/div Time/div kademe değerlerini de yazınız. ➤ Böylece uygulama sonrasında da ölçümlerinizi yorumlayabilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Devre elemanlarının sağlamlığını kontrol edebildiniz mi?		
2. Devre elemanlarını pertinaksa doğru şekilde lehimleyebildiniz mi?		
3. Kullanacağınız cihazların (osilaskop, sinyal jeneratörü) ayarlarını yapabildiniz mi?		
4. Yaptığınız devreyi osilaskop ve sinyal jeneratörüne bağlayabildiniz mi?		
5. Devrenin çalışmasını osilaskoptan gözlemleyebildiniz mi?		
6. Osilaskop üzerinde gerekli hesaplamaları (genlik ve frekans) yapabildiniz mi?		
7. Bilgi sinyalindeki genlik ve frekans değişimlerinin modüleli sinyal üzerindeki etkilerini tam olarak kavradınız mı?		
8. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Darbe modülasyonunun faydaları nelerdir?
A) Kanal sayısının fazla olması
B) Çok düşük güçlerde iletim yapılabilmesi
C) Gürültünün az olması
D) Hepsi
2. PAM,PWM,PPM sistemlerin ortak özelliği nelerdir?
A) İletilecek işaretlerden numuneler almak
B) İletim sırasında farklı bilgilerin de gönderilebilmesi
C) Aynı kanaldan birçok bilginin gönderilebilmesi
D) Hepsi
3. Bilgi işaretinin genliğine göre darbelerin genliğinin değişmesi hangi darbe modülasyonudur?
A) PCM
B) PPM
C) PAM
D) PWM
4. Bilgi işaretinin genliğine göre darbelerin pozisyonunun değişmesi hangi darbe modülasyonudur?
A) PCM
B) PPM
C) PAM
D) PWM
5. Bilgi işaretinin genliğine göre darbelerin süresinin değişmesi hangi darbe modülasyonudur?
A) PCM
B) PPM
C) PAM
D) PWM

DEĞERLENDİRME

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

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Alçak frekanslı bilgi sinyallerinin, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilip uzak mesafelere gönderilmesi işlemine denir.
2. Alçak frekanslı bilgi sinyalleri tek başına mesafelere gidemez.
3. Modülasyon için iki önemli sinyalin olması şarttır. Bunlar, sinyali ve sinyalidir.
4. Standart bir GM iletiminde bilginin tümü bantlarda olmasına rağmen, iletilen toplam güç taşıyıcı ve yan bant güçlerinin toplamına eşittir. Bu gücün yarısı veya daha fazlası aittir.
5. Darbe modülasyonu, modülasyondan ziyade bir işleme tekniğidir.

DEĞERLENDİRME

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

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	Y
4	D
5	Y
6	D
7	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	Y
3	D
4	D
5	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	C
4	B
5	D

MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Modülasyon
2	Uzak
3	Bilgi- Taşıyıcı
4	Yan- taşıyıcıya
5	Bilgi

KAYNAKÇA

- Antrak Gazetesi, **Temel Haberleşme Konuları Yazı Dizisi**, www.antrak.org.tr/gazete
- İstanbul Teknik Üniversitesi, **Elektronik Haberleşme Bölümü Deney Dokümanları**
- PASTACI Halil, **Modern Elektronik Sistemleri**, Yıldız Teknik Üniversitesi, Ankara, 2003.