

ANALOG MODÜLASYON BENZETİMİ

Modülasyon: Çeşitli kaynaklar tarafından üretilen temel bant sinyalleri kanalda doğrudan iletim için uygun değildir. Bu nedenle, gönderilecek bilgi işareti, iletim kanalına uygun bir biçime dönüştürülmelidir. Bu işlem modülasyon olarak adlandırılır. Modülasyon işleminde iletim kanalına uygun taşıyıcı bir dalga vardır. Modülasyon işlemi, bu taşıyıcı dalganın bir veya birkaç özeliğini, bilgi işaretine göre değiştirmektedir. Haberleşme sisteminin alıcı ucunda genellikle orijinal temel bantlı işaretin veya işaretinin tekrar elde edilmesi gereklidir. Bu işleme de demodülasyon adı verilir. Demodülasyon, modülasyonun tersi bir işlemdir.

Modülasyonun yararları:

- Yayılımı kolaylaştırır. Elektromanyetik alanlar yaklaşık hızında yayıldığı ve uygun şartlarda dağ tepe çukur gibi doğal engelleri kolaylıkla aşarlar. Uzayda ise uygun bir antenle çok uzaklara gidebilirler.
- Gürültü ve bozulmanın olumsuz etkilerini azaltır.
- Kanal ayrımı sağlar. Yani modülasyon sayesinde aynı iletim hattında birden çok bilgi yollama olanağı sağlar. (FDM ve TDM ile)
- Çevresel etkilerin ortaya çıkardığı pek çok sınırlayıcı etkiyi ortadan kaldırır.

Etkin bir elektromanyetik yayımı sağlamak için dalga boyunun en az 1/10 'nuna eşit antene ihtiyaç vardır. Modülasyon çalışma frekansını yükselteceği için çalışılan dalga boyu (λ) ve bağlı olarak anten boyutu da küçülür.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \lambda=\text{dalga boyu, } c=\text{ışık hızı, } f=\text{çalışma frekansı.}$$

1. GENLİK MODÜLASYONU (Amplitude Modulation 'AM')

Genlik modülasyonu tür olarak doğrusal (lineer) bir modülasyondur. Genlik modülasyonu frekans izgesinin karakteristiklerine göre çift yan bantlı modülasyon 'ÇYB' (Double-Sideband 'DSB'), Olağan genlik modülasyonu (Ordinary amplitude modulation 'C-AM'), tek yan bant modülasyonu 'TYB' (Single -Sideband), Artık Yanbant modülasyonu (Vestigial-sideband VSB) olmak üzere 4'e ayrılır

Genlik modülasyonunda taşıyıcı $c(t)$ 'nin genliği mesaj işareti $m(t)$ ile doğrusal olarak ilişkilidir ve mesaj işareti (bilgi) taşıyıcının genliğinde gider. Bu modülasyon tipine doğrusal modülasyon da (linear modulation) denir. Burada ÇYB, TYB modülasyon ve bu modülasyonların senkron demodulatör yapısı ile gösterilecektir. Olağan genlik modülasyonu asenkron olarak zarf alıcısıyla demodüle edilebilmektedir. Artık yan bant modülasyonu TYB (buradaki gösterim dışında) elde etmenin bir diğer yoludur. ÇYB, TYB modülatörlerinin gösterimi ile diğer sistemlerin de benzetimi yapılabilir.

Genlik modülasyonunda kullanılan taşıyıcı işaret

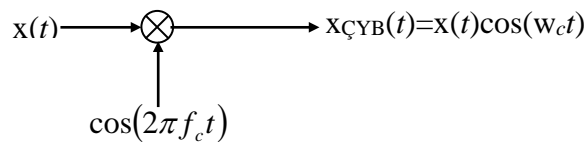
$$x_c(t) = A_c \cos(w_c t)$$

şeklinde ifade edilebilir.

1.1. Çift Yan Bantlı Modülasyon (ÇYB) :

1.1.1. Çift yan bantlı sinyallerin üretimi:

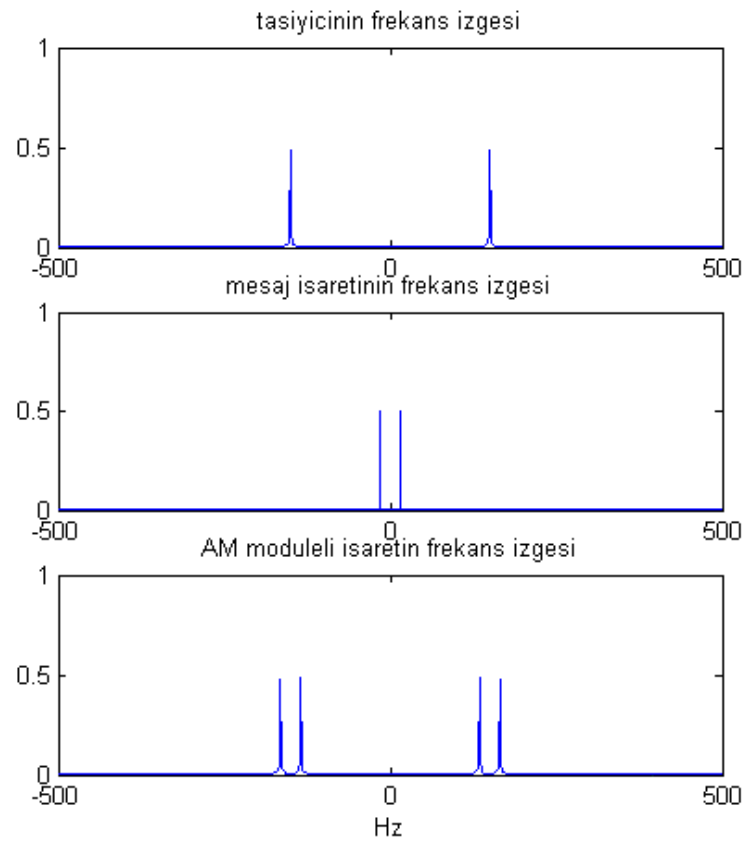
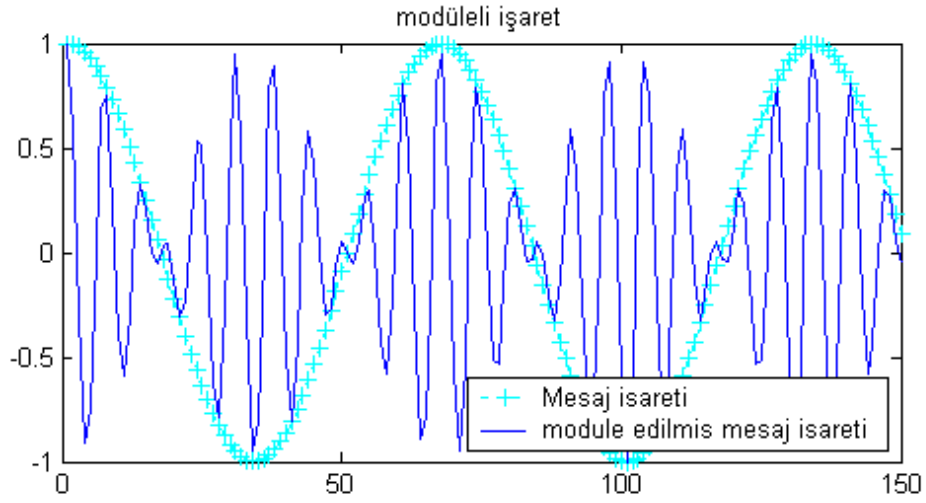
Sinüsoidal taşıyıcı işaret ile bilgi işaretinin zaman alanında çarpılmasıyla çift yan bant işareti elde edilir.(Taşıyıcı genliği $A_c=1$ 'dir.)



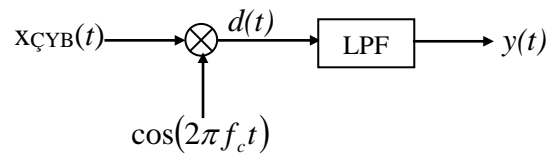
$$x_{\text{ÇYB}}(t) = x(t)x_c(t) = x(t)\cos(w_c t)$$

Frekans domeninde, bilgi işareti taşıyıcının frekansına kaymıştır.

$$X_{GM}(f) = \frac{1}{2} [X(w - w_c) + X(w + w_c)]$$



1.1.2. Çift yan banthlı sinyallerin demodülasyonu:



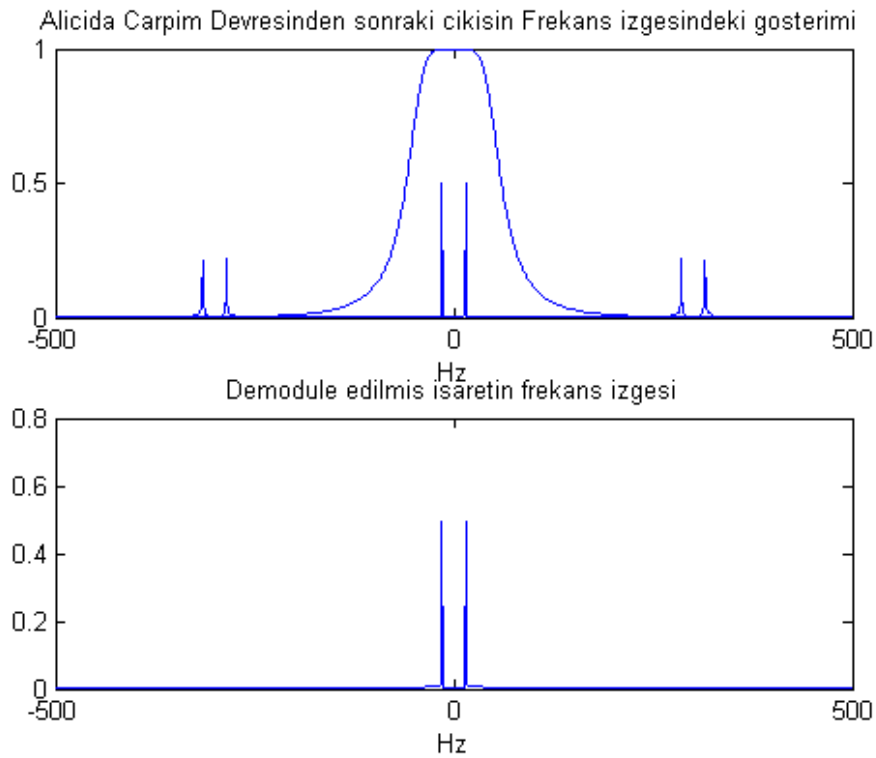
Mesaj işareti $m(t)$; ÇYB'lı işaretin yerel taşıyıcı ile çarpılması soncunda ortaya çıkan işaretin alçak geçiren filtreden (LPF) geçirilmesi ile geri elde edilir.

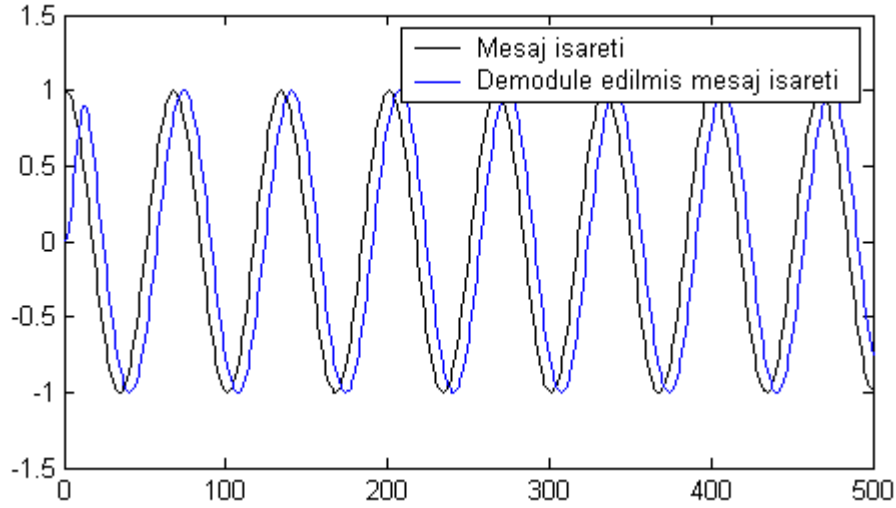
$$\begin{aligned} d(t) &= x_{\text{ÇYB}}(t) \cos(w_c t) = [m(t) \cos(w_c t)] \cos(w_c t) \\ &= m(t) \cos^2(w_c t) \\ &= \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} m(t) \cos(2w_c t) \end{aligned}$$

$d(t)$ işareti alçak geçiren bir filtreden geçirilirse;

$$y(t) = \frac{1}{2} m(t)$$

elde edilir. $y(t)$ işareti de kazancı 2 olan uygun bir kuvvetlendiriciden geçirilirse $m(t)$ mesaj işareti geri elde edilebilir.





1.2. Olağan Genlik Modülasyonu

ÇYB işaretinin genliğini uygun bir parametre (m) ile çarpıp bu işarete taşıyıcıyı eklenirse Genlik Modülasyonlu işaret elde edilir.

$$\begin{aligned}
 x_{GM}(t) &= mx_{CYB}(t) + A_c \cos(w_c t) \\
 &= mx(t)A_c \cos(w_c t) + A_c \cos(w_c t) \\
 &= A_c [1 + mx(t)] \cos(w_c t)
 \end{aligned}$$

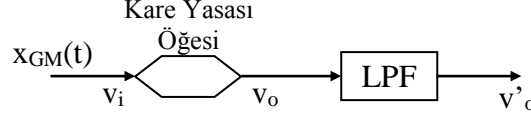
GM'lu işaretin spektrumu şu şekildedir;

$$X_{GM}(w) = \frac{1}{2} X(w - w_c) + \frac{1}{2} X(w + w_c) + \pi A_c [\delta(w - w_c) + \delta(w + w_c)]$$

A_c taşıyıcı dalganın genliği $x(t)$ mesaj işaretinin doğrusal bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Burada m modülasyon derinliğidir ve sabit bir sayı ile gösterilir. m 'in çok büyük olması modüle edilmiş dalganın zarfını bozar. Bu nedenle m en çok 1 olabilir. m 'in bir olması %100 modülasyon olduğu durumdur. $0 \leq m \leq 1$

1.2. Genlik Modülasyonu İçin Zarf Çözümü

Bilgi işareti genlik modülasyonlu işaretin zarfından elde edilir.



$$v_o = a_1 v_i + a_2 v_i^2$$

$$v_i = x_{GM}(t) = A_c [1 + mx(t)] \cos(w_c t)$$

$$v_o = a_1 A_c [1 + mx(t)] \cos(w_c t) + a_2 A_c^2 [1 + mx(t)]^2 \cos^2(w_c t)$$

$$v_o = a_1 A_c \cos(w_c t) + a_1 A_c mx(t) \cos(w_c t) + a_2 A_c^2 [1 + 2mx(t) + m^2 x^2(t)] \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(2w_c t) \right)$$

$$v_o = a_1 A_c \cos(w_c t) + a_1 A_c mx(t) \cos(w_c t) + \frac{a_2 A_c^2}{2} + \frac{a_2 A_c^2}{2} \cos(2w_c t) + a_2 A_c^2 mx(t) +$$

$$a_2 A_c^2 mx(t) \cos(2w_c t) + \frac{a_2 A_c^2}{2} m^2 x^2(t) + \frac{a_2 A_c^2}{2} m^2 x^2(t) \cos(2w_c t)$$

LPF çıkışındaki işaret;

$$v'_o = \frac{a_2 A_c^2}{2} + a_2 A_c^2 mx(t) + \frac{a_2 A_c^2 m}{2} x^2(t)$$

Yukarıdaki ifadedeki ilk terim dc dir. Dolayısıyla bir tıkama kapasitesi ile yok edilebilir. Son terim ise ikinci dereceden harmonik bozulmasıdır ve diyot karakteristiği değiştirilerek ortadan kaldırılabilir. Sonuç olarak bilgi işareti $a_2 A_c^2 m$ ile çarpılmış olarak elde edilir.

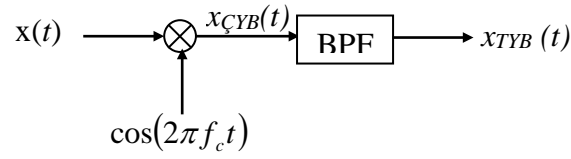
1.3. Tek Yan Bantlı Modülasyon (TYB) :

Genlik Modülasyonunda hem taşıyıcı hem de mesaj işaretinin alt ve üst yan bantlarının tamamı iletilmektedir. Mesaj işareti olmasa bile taşıyıcı her zaman vardır. Mesaj işaretinin tüm özelliği alt ya da üst yan bantta olmasına rağmen iki yan bantta iletilir. Bu durum güç ve bant sınırlı uygulamalarda problem oluşturacağından alt ya da üst yan banttan yalnızca biri ile iletişim yapılabilir. Sadece tek bir yan bandın iletildiği durumdaki modülasyon tipine TYB modülasyonu denir.

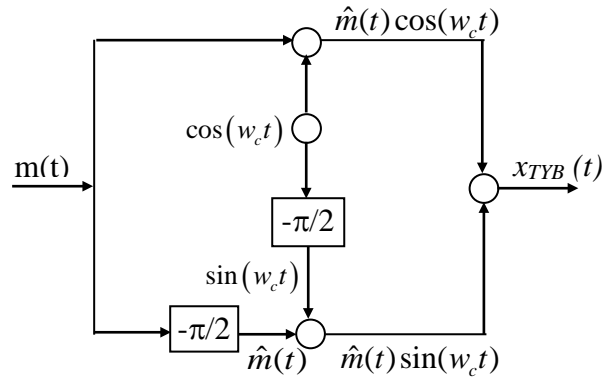
TYB işaretleri iki şekilde elde edilir.

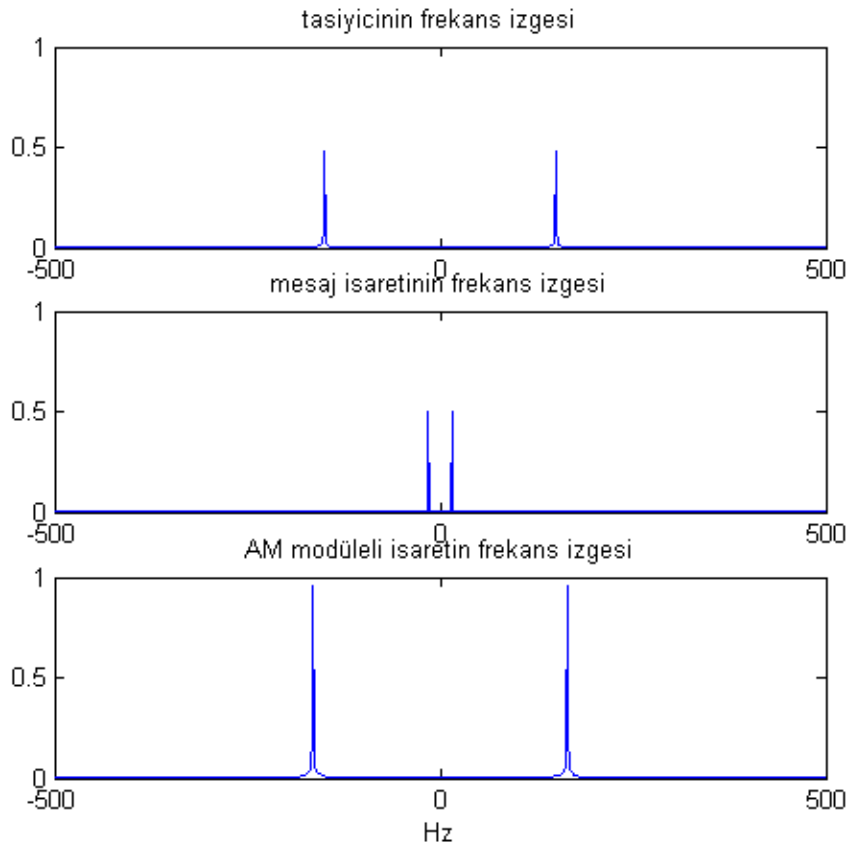
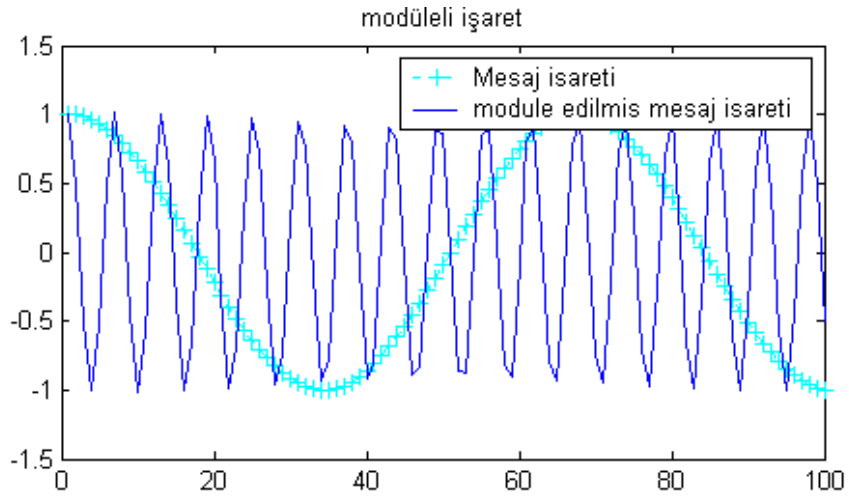
- **Frekans Ayrım Yöntemi**

TYB işareti elde etmek için önce bir ÇYB işareti oluşturulur. Daha sonra bant geçiren bir filtre yardımıyla istenilen yan bant süzülür ve TYB işareti elde edilir. Bu yöntem “frekans ayırım” yöntemi olarak bilinir. Ancak bu yöntem pratikte filtrenin kesim karakteristiği çok sert olması gerektiğinden kolay değildir.



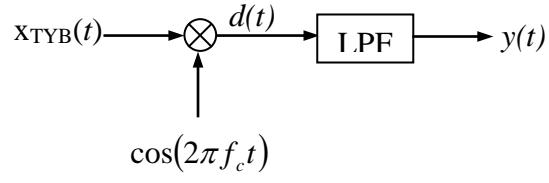
- **Faz Öteleme Yöntemi**





1.3.1. Tek yan banth sinyallerin demodülasyonu:

Mesaj işareti $m(t)$; TYB'lı işaretin yerel taşıyıcı ile çarpılması sonucunda ortaya çıkan işaretin alçak geçiren filtreden (LPF) geçirilmesi ile geri elde edilir.



$$\begin{aligned}
 d(t) &= x_{TYB}(t) \cos(w_c t) = [m(t) \cos(w_c t) \mp \hat{m}(t) \sin(w_c t)] \cos(w_c t) \\
 &= m(t) \cos^2(w_c t) \mp \hat{m}(t) \sin(w_c t) \cos(w_c t) \\
 &= \frac{1}{2} m(t) (1 + \cos(2w_c t)) \mp \frac{1}{2} \hat{m}(t) \sin(2w_c t) \\
 &= \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} \cos(2w_c t) \mp \frac{1}{2} \hat{m}(t) \sin(2w_c t)
 \end{aligned}$$

$d(t)$ işareti alçak geçiren bir filtreden geçirilirse;

$$y(t) = \frac{1}{2} m(t)$$

elde edilir. $y(t)$ işareti de kazancı 2 olan uygun bir kuvvetlendiriciden geçirilirse $m(t)$ mesaj işareti geri elde edilebilir.

Alicida Carpim Dewresinden sonraki cikisin Frekans izgesindeki gosterimi

