

DENEY 2: AM MODÜLASYON / DEMODÜLASYON

AMAÇ: Genlik modülasyonu ve demodülasyonuna ilişkin teorik hesapların yapılması, modülatör ve demodülatör devrelerinin gerçekleştirilerek temel kavramların incelenmesi.

MALZEMELER

Osiloskop, güç kaynağı (+12, -8 V verebilecek), işaret üretici (2 adet)
Entegre: 1 tane MC 1496 (LM 1496) (1 tane de yedek alın)
Dirençler: 3 x 51KΩ, 2 x 680Ω, 2 x 3K9Ω, 3 x 1KΩ, 1 x 6K9Ω, 1 x 50K pot
1 x 11.5KΩ, 1 x 10 KΩ
Kapasiteler: 1 x 1nF, 4 x 100 nF
Diyot: 1N4148

ÖN BİLGİ

Temel banttaki işaretlerin bir haberleşme kanalında ilettime uygun hale getirilmesi işlemine modülasyon adı verilir. Modülasyon işleminde modüle eden (iletilmek istenen) işarete bilgi işareti, modüle edilen işarete ise taşıyıcı adı verilir. Modülasyon işleminden sonra, temel banttaki bilgi işareti yüksek banda taşınmış olur. Modüle edilmiş işaretler yüksek bant bölgesinde bulunduğundan bu işaretleri iletmek için gereken antenler daha küçük boyutludur. $c = \lambda \cdot f$ formülü hatırlanırsa, işaretin frekansının artmasıyla dalga boyunun azalacağı açıktır. Örneğin 3 KHz frekanslı bir ton işaretini iletebilmek için gereken 1/10 dalga boyu antenin uzunluğu $1/10 * (3 \cdot 10^8 / 3000) = 10000$ metre olmalıdır. Modüleli işaretin merkez frekansı taşıyıcı frekansı tarafından belirlendiğinden kanal bant genişliği alt bantlara bölünerek aynı anda birden fazla bilgi işaretinin aynı kanal üzerinde taşınması da sağlanabilir. Bunlara ek olarak, modülasyon türüne bağlı olarak çeşitli çevresel gürültü ve bozucu etkinin iletilen işareti etkilemesinin de önüne geçilebilir.

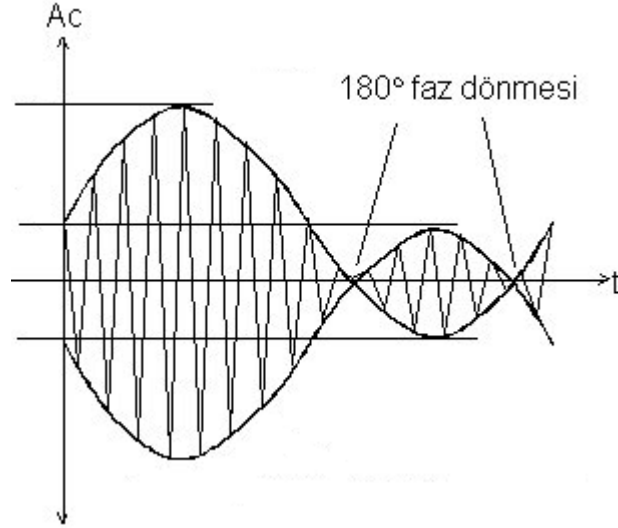
Taşıyıcı işaretin genliğinin bilgi işaretinin genliğine bağlı olarak değiştirilmesiyle elde edilen modülasyon türlerinin genel adı Genlik Modülasyonudur (AM). Taşıyıcı genlik modülasyonunun genel formülü şu şekildedir:

$$s_{AM}(t) = (1 + m_a m(t))c(t)$$

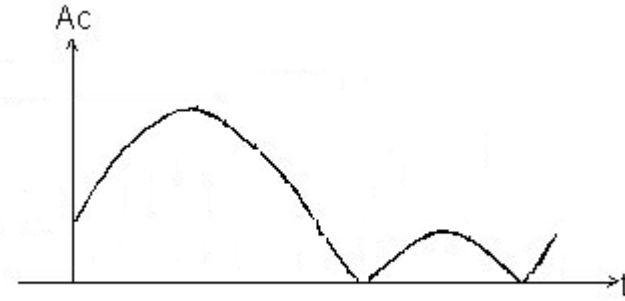
Burada $c(t) = A_c \cos(\omega_c t + \varphi)$ taşıyıcı, $m(t)$ bilgi işareti, m_a ise bilgi işaretinin genliğini sınırlamaya yarayan bir modülasyon indeksidir. Yukarıdaki denklemde $c(t)$ yerine konarak denklem düzenlenirse

$$s_{AM}(t) = (1 + m_a m(t))A_c \cos(\omega_c t + \varphi) = A_c \cos(\omega_c t + \varphi) + A_c m_a m(t) \cos(\omega_c t + \varphi)$$

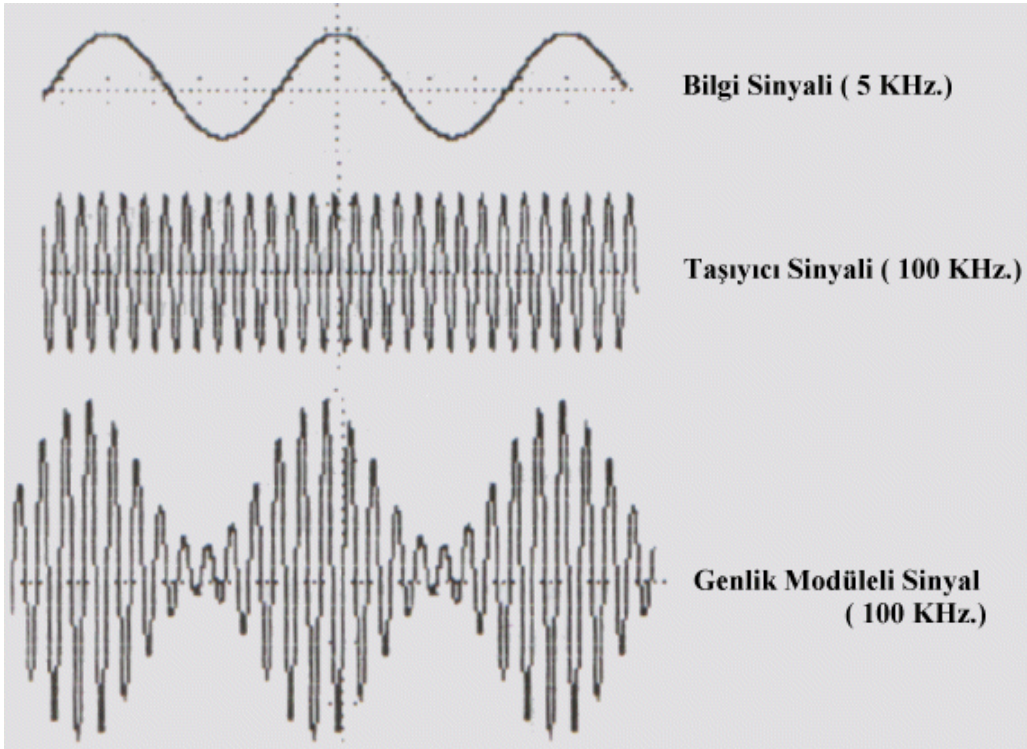
Elde edilir. Buradan görüldüğü üzere, modüleli işaretin içinde taşıyıcı ayrı bir terim olarak bulunmaktadır. Bu modülasyon türüne taşıyıcı genlik modülasyonu adının verilmesi bu nedendir. Modülasyon indeksinin görevi, $m(t)c(t)$ teriminin genliğinin $c(t)$ 'nin genliğinden daha büyük olmasını engellemektir. Eğer bu sınır aşırsa, aşırı modülasyon adı verilen durum oluşur ve alıcı tarafta bilgi işareti bozulmasız olarak elde edilemez (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Aşırı modülasyonlu işaret. Bilgi işareti $m(t)=\cos(\omega_m t)$ şeklindedir.



Şekil 2. Alıcıda elde edilen işaret.

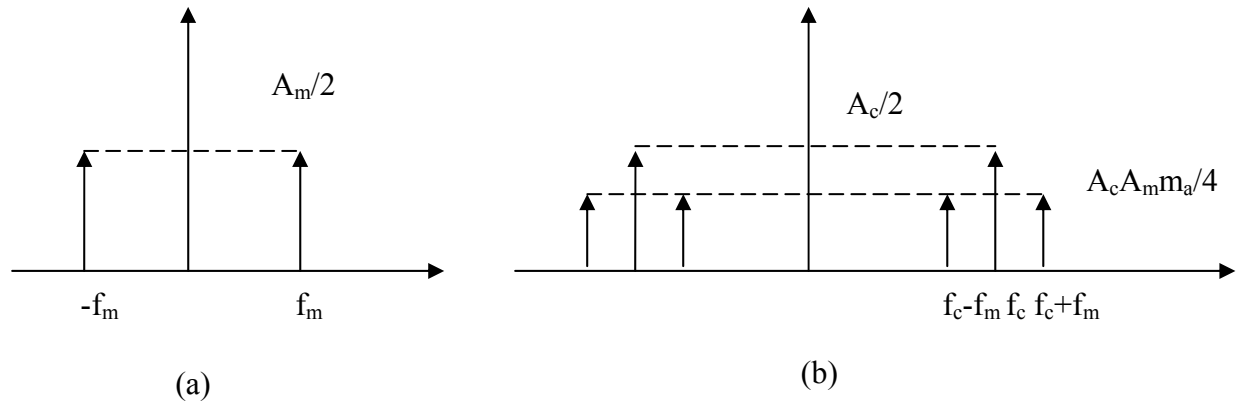


Şekil 3. Genlik modülasyonu

$m(t) = A_m \cos(w_m t)$ ve $c(t) = A_c \cos(w_c t)$ olmak üzere taşıyıcılı AM işaret aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} s_{am}(t) &= A_c (1 + m_a A_m \cos(w_m t)) \cos(w_c t) \\ &= A_c \cos(w_c t) + A_c A_m m_a \cos(w_c t) \cos(w_m t) \\ &= A_c \cos(w_c t) + A_c A_m m_a / 2 \cos((w_c + w_m)t) + A_c A_m m_a / 2 \cos((w_c - w_m)t) \end{aligned}$$

Son eşitlikteki terimler sırayla taşıyıcı, üst yan bant ve alt yan bant olarak adlandırılır. Elde edilen işaretin ve bilgi işaretinin spektrumu Şekil 4'teki gibidir:



Şekil 4. a) Bilgi işaretinin spektrumu, b) AM işaretin spektrumu

Spektrumdan da görülebileceği gibi modülasyon sonunda örtüşme olmaması için taşıyıcı frekansının bilgi işaretinin maksimum frekansının en az 2 katı olması gereklidir ($f_c \min = 2f_m$). Ayrıca, taşıyıcılı AM modülasyon için gerekli minimum bant genişliği de yine aynı şekil üzerinden $B = 2f_m$ olarak bulunur.

ZARF DETEKTÖRÜ

Taşıyıcılı AM işaretin alınmasında sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri de zarf detektörüdür. Zarf detektörü prensip olarak bir doğrusal olmayan doğrultucu ve bir alçak geçiren süzgeçten oluşur. Doğrultucu olarak tam dalga doğrultucu kullanıldığını varsayalım. Bu durumda doğrultucu çıkışında oluşacak işaret $x(t)$,

$$\begin{aligned} x(t) &= g |s_{am}(t)| \\ &= g |A_r (1 + m_a \cos(w_m t)) \cos(w_c t)| \end{aligned}$$

Modüleli işaretin zarfı $V(t)$ ise,

$$\begin{aligned} x(t) &= g |V(t) \cos(w_c t)| \\ V(t) &= A_r (1 + m_a m(t)) \end{aligned}$$

Modülasyon indeksinin görevinin $m(t)$ 'nin genliğini $[-1, +1]$ aralığında sınırlamak olduğu hatırlanırsa, $V(t)$ teriminin genliğinin her zaman pozitif olacağı ve mutlak değerin dışına kendisi olarak çıkacağı görülür. Bu durumda

$$x(t) = gV(t)|\cos(w_c t)|$$

Cos'lu terimi mutlak değer dışına doğrudan çıkarmak mümkün değildir. Ancak, Fourier serisi yardımıyla bu terim açılırsa,

$$x(t) = gV(t)\left(c_0 + 2\sum_{k=1}^{\infty} |c_k| \cos 2kw_c t\right)$$

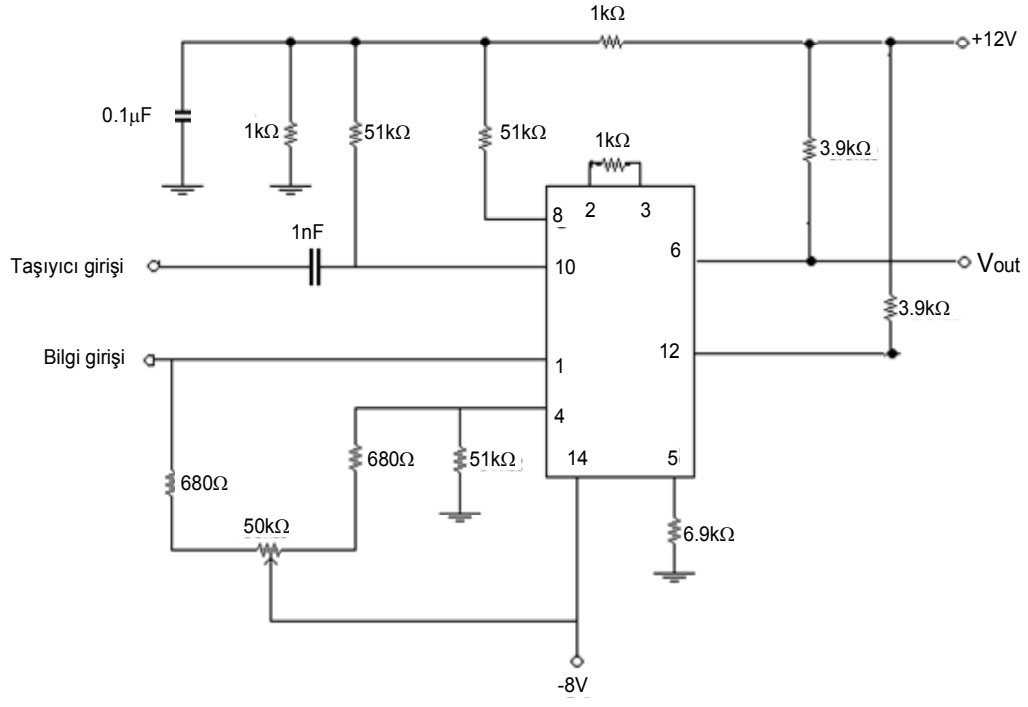
elde edilir. Parantez içindeki terimin toplam ifadedi 2. yarısı alçak geçiren süzgeç tarafından süzülür ve AGS çıkışında

$$y(t) = gc_0V(t) = gc_0(1 + m_a m(t))$$

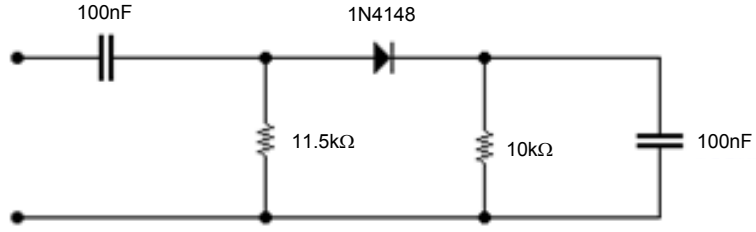
Bilgi işareti bir kazanç ve DC fark ile elde edilmiş olur.

DENEYİN YAPILIŞI

1. Şekil.1'deki devreyi kurunuz ve gerilim uygulamadan önce (-8V) , (+12V) ve toprak bağlantılarını kontrol ediniz.
2. Modülatör taşıyıcı girişi için frekansı 500KHz genliği tepeden tepeye 1V olan sinüzoidal işareti uygulayınız.
3. Bilgi işareti için, frekansı 200 Hz, genliği tepeden tepeye 0,4 V olan bir sinüzoidal uygulayınız.
4. Modülasyonlu işaret entegrenin 6. ucundan görülecektir. Gözlemlediğiniz işareti çizin ve bu işaretin modülasyon indeksini hesaplayınız.
5. Potun direncini değiştirerek çıkış işaretindeki değişimi gözlemleyerek, değişimin nedenini açıklayınız.
6. $m_a < 1$, $m_a = 1$ ve $m_a > 1$ olduğu durumlarda gözlemlenen işareti çizin.
7. Şekil.2'deki demodülatör devresini kurun ve modülatör çıkışını demodülatörün girişine verin. Bilgi işareti ile demodülatör çıkışını osiloskop üzerinde göstererek sonucu yorumlayın.



Şekil 1 Genlik Modülâtörü devresi



Şekil 2 Demodülâtör devresi (Zarf detektörü)