

# BÖLÜM 3 AM MODÜLATÖRLERİ

## 3.1 AMAÇ

1. Genlik Modülasyonun(AM) prensibinin anlaşılması.
2. AM işaretinin frekans spektrumu ve dalga şeklinin(waveform) anlaşılması. Modülasyon yüzdesinin hesaplanması.
3. MC1496 kullanarak bir genlik modülatörü tasarlanması.
4. Bir genlik modülatör devresinin ayarlanması ve ölçülmesi.

## 3.2 TEMEL KAVRAMLARIN İNCELENMESİ

Modülasyon, düşük frekanstaki bilgi taşıyan işaretin yüksek frekanstaki taşıyıcı işarete bindirme işlemidir. Genlik modülasyonu (AM), yüksek frekans taşıyıcı işaretin, düşük frekanstaki modüle edilecek işaret(genellikle ses işareti) tarafından modüle edilmesi işlemidir. Genlik modülasyonunda, Fig. 3-1'de gösterildiği gibi taşıyıcı genlik, modüle edilecek işaretin(modulating signal) genliğine göre değişir. Eğer ses işareti  $A_m \cos(2\pi f_m t)$ , taşıyıcı işaret de  $A_c \cos(2\pi f_c t)$  ise genlik modülasyonlu işaret şu şekilde ifade edilebilir :

$$\begin{aligned} X_{AM}(t) &= [A_{DC} + A_m \cos(2\pi f_m t)] A_c \cos(2\pi f_c t) \\ &= A_{DC} [1 + m \cos(2\pi f_m t)] A_c \cos(2\pi f_c t) \\ &= A_{DC} A_c [1 + m \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_c t) \end{aligned} \quad (3-1)$$

$A_{DC}$ = DC seviye

$A_m$ =Ses işaret genliği

$A_c$ =Taşıyıcı işaret genliği

$f_m$ =Ses frekansı

$f_c$ =Taşıyıcı frekans

$m$ =modülasyon indeksi ve ya modülasyon derinliği =  $A_m / A_{DC}$

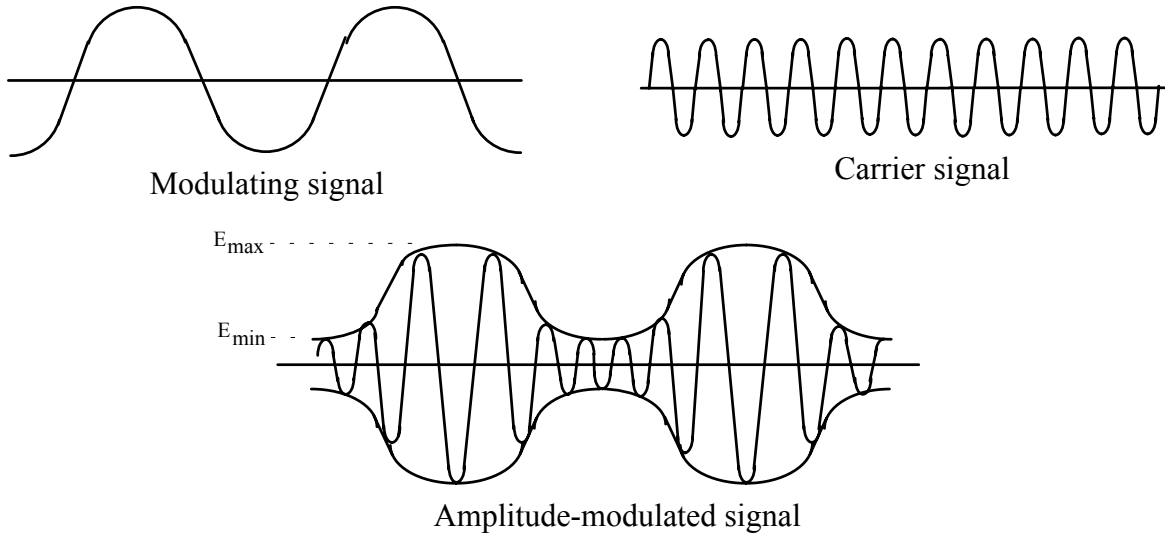


Fig. 3-1 Genlik modülasyonu dalga şekilleri(waveforms)

Modulating signal : Modüle edilecek işaret

Carrier Signal : Taşıyıcı işaret

Amplitude-modulated signal : AM işareti

(3-1) denklemini açarak tekrar yazalım,

$$X_{AM}(f) = \frac{1}{2} A_{DC} A_c m \{ \cos[2\pi(f_c + f_m)t] + \cos[2\pi(f_c - f_m)t] \} + A_{DC} A_c \cos(2\pi f_c t) \quad (3-2)$$

(3-2) denkleminin sağ tarafındaki ilk terim çift yan band işaretini göstermektedir. İkinci terim ise taşıyıcı işareti göstermektedir. (3-2) denklemine göre, AM modülasyonlu işaretin spektrumunu Fig. 3-2'de gösterildiği gibi çizebiliriz. AM iletiminde, taşıyıcı frekansı ve genliği daima sabit kalır. Yan bantlar ise frekans ve genlikte sabit olarak değişir. Bu nedenle taşıyıcı, taşıyıcı işareti değişmediğinden dolayı herhangi bir mesaj yada bilgi taşımaz. Bu, taşıyıcı gücünün bir AM işaretinin iletimi esnasında harcadığı anlamına gelmektedir. Bu nedenle, genlik modülasyonun iletim verimi çift yan band bastırılmış taşıyıcı modülasyonun(DSB-SC) iletim veriminden daha düşüktür. Ancak buna karşın genlik demodülatörü daha basittir.

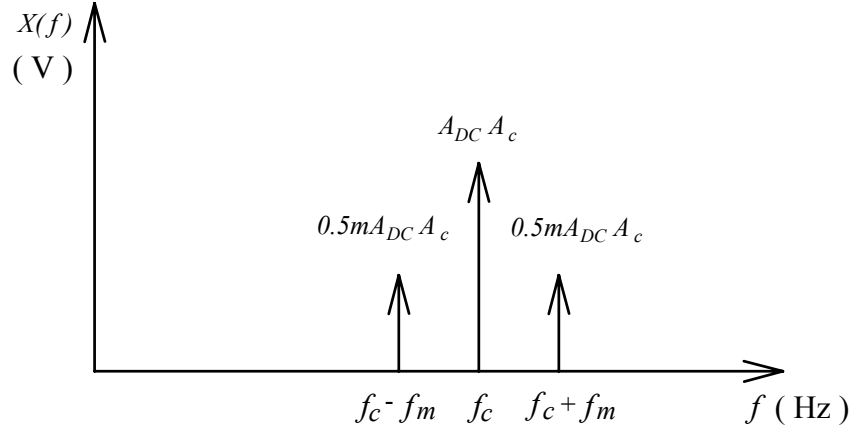


Fig. 3-2 AM işaretinin spektrumu

(3-1) denklemindeki  $m$ , modülasyon indeksi yada modülasyon derinliği olarak bilinmektedir ve önemli bir parametredir.  $m$ , bir yüzdelik ifade olduğu zaman, bu modülasyona genellikle yüzde modülasyonu da denilmektedir.

$$m = \frac{\text{Modüle Edilecek İşaretin Genliği}}{\text{DC Seviye}} \times 100\% = \frac{A_m}{A_{DC}} \times 100\% \quad (3-3)$$

Pratik bir devrede  $A_{DC}$  değerinin ölçmek zordur bu nedenle modülasyon indeksi şu şekilde hesaplanır :

$$m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \times 100\% \quad (3-4)$$

Fig. 3-1'de gösterildiği gibi,  $E_{\max} = A_c + A_m$  ve  $E_{\min} = A_c - A_m$  'dir.

Yukarıda bahsedildiği gibi, ses işareti yan bandlar içerir ve bu nedenle yan band işaretleri ne kadar büyük ise iletim verimi de o kadar iyidir. (3-2) denkleminde ayrıca modülasyon indeksi ne kadar büyük ise yan band işaretleri de o kadar büyük ve iletim veriminin de o kadar iyi olacağı çıkarılabilir. Pratikte, modülasyon indeksi 1'den küçük yada 1'e eşittir. Eğer  $m > 1$  ise, buna modülasyon fazlası (over modulation) denir.

Tablo 3-1 Farklı giriş frekans koşulları altında farklı dengeli modülatör çıkışları arasında bir karşılaştırma.

Taşıyıcı Girişi	Ses Girişi	Dengeli Modülatör Çıkışı	Devre Karakteristiği
$f_c$	$f_c$	$2f_c$	Frekans İkiye Çarpıcı(Doubler)
$f_c$	$f_c$	$f_c, f_c+f_m, f_c-f_m$	AM
$f_c$	$f_c$	$f_c+f_m, f_c-f_m$	DSB-SC

Aşağıdaki deneylerde, MC1496 monolithic balanced modülatör kullanılarak bir AM modülatörü gerçekleştirilecektir. Farklı giriş işaret frekanslarına göre, MC1496 bir frekans çarpıcı olarak, bir AM modülatörü olarak yada bir çift yan band bastırılmış taşıyıcı(DSB-SC) modülatörü olarak kullanılabilir. Tablo 3-1, farklı giriş işaretleri, çıkış işaretleri ve devre karakteristiklerini topluca göstermektedir.

Fig. 3-3, MC1496'nın iç yapısını göstermektedir.  $Q_5$  ve  $Q_6$  fark kuvvetlendiricisi,  $Q_1$   $Q_2$  ve  $Q_3$   $Q_4$  fark kuvvetlendiricilerini sürmek için kullanılmaktadır. Sabit akım kaynağı  $Q_7$  ve  $Q_8$ ,  $Q_5$  ve  $Q_6$  fark kuvvetlendiricisine sabit bir akım sağlamaktadır. MC1496'nın toplam kazancı, 2 ve 3 pinleri arasında dışarıdan bağlanan bir direnç ile kontrol edilebilir. AM modülasyonu için, modüle edilecek işaret 1 ve 4 pinlerine, taşıyıcı işaret ise 8 ve 10 pinlerine uygulanmalıdır. 5. pine sağlanacak besleme akımı, genellikle bu pin ile güç kaynağı arasında bir direnç bağlanarak sağlanır.

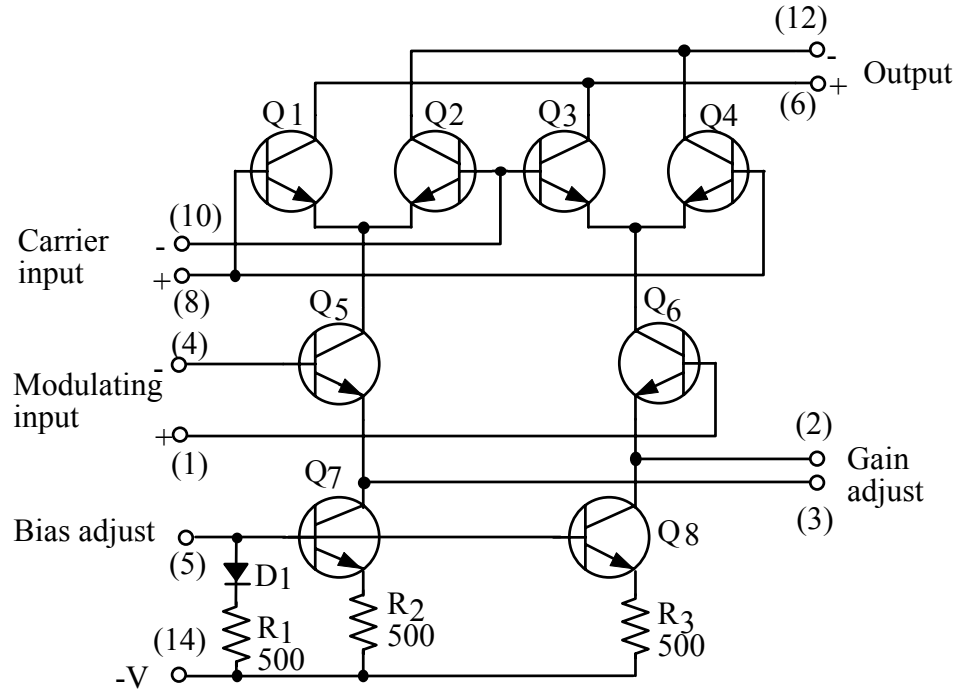


Fig. 3-3 MC1496 iç yapısı

Fig. 3-4 bir AM modülatör devresini göstermektedir. Bu devrede taşıyıcı ve ses işaretleri tek hatlı girişlerle(single-ended inputs) devreye girmektedirler. Taşıyıcı işareti 10. pine, ses işareti ise 1. pine girmektedir. Tüm devrenin kazancı  $R_8$  direnci ile belirlenmektedir.  $R_9$  direnci ise besleme akım miktarını belirlemektedir. VR1 reostasının değeri ayarlanarak yada ses işaretinin genliği değiştirilerek modülasyon yüzdesi değiştirilebilir.

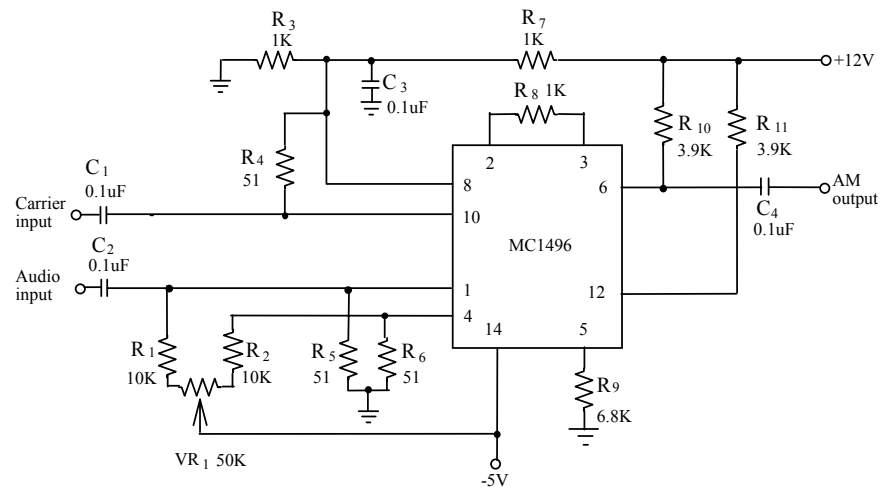


Fig. 3-4 MC1496 kullanılarak genlik modülatörü.

### 3.3 GEREKLİ EKİPMANLAR

1. KL-92001 Modülü
2. KL-93002 Modülü
3. Osiloskop
4. Spektrum Analizör
5. RF üretici

### 3.4 DENEYLER VE KAYITLAR

#### ***Deney 3-1 Genlik Modülatörü***

- 1. KL-93002 modülü üzerine AM modülatör devresini yerleştirin.  $R_8=1k\Omega$  ve  $R_9=6.8k\Omega$  olarak ayarlamak için J1 ve J3'e bağlantı konnektörlerini bağlayınız.
- 2. Ses girişine(I/P2) 250mVp-p , 1kHz'lik sinüs işareti, taşıyıcı girişine(I/P1) ise 250mVp-p, 100kHz'lik sinüs işareti bağlayınız.
- 3. Osiloskopun dikey girişini AM çıkışına(O/P) bağlayınız. Çıkış dalga şeklini gözlemleyin ve modülasyon indeksi %50 olacak şekilde VR1 reostasını ayarlayın. Sonuçları Tablo 3-2'ye kaydedin.
- 4. Spektrum analizör kullanarak çıkış işaret spektrumunu gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-2'ye kaydedin.
- 5. Yukarıdaki sonuçları ve (3-4) denklemini kullanarak çıkış işaretinin modülasyon yüzdesini(percentage modulation) hesaplayın ve Tablo 3-2'ye kaydedin.
- 6. Osiloskop kullanarak, ses işaret genliği 200mVp-p ve 150mVp-p için çıkış işaretlerini gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-2'ye kaydedin.
- 7. Dördüncü ve beşinci adımları tekrar ediniz.
- 8. Girişe(I/P2) 150mVp-p , 1kHz'lik sinüs işareti, taşıyıcı girişine(I/P1) ise 100mVp-p, 100kHz'lik sinüs işareti bağlayınız.
- 9. Osiloskop kullanarak, çıkış terminalindeki(O/P) AM işaretini gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-3'e kaydediniz.
- 10. Spektrum analizör kullanarak çıkış işaret spektrumunu gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-3'e kaydedin.

- 11. Yukarıdaki sonuçları ve (3-4) denklemini kullanarak çıkış işaretinin modülasyon yüzdesini hesaplayın ve sonuçları Tablo 3-3'e kaydedin.
- 12. 9'dan 11'e kadar olan adımları, taşıyıcı genlikleri 200mVp-p ve 300mVp-p için tekrarlayın.
- 13. Ses girişine(I/P2) 150mVp-p, 3kHz'lik sinüs işareti, taşıyıcı girişine(I/P1) ise 250mVp-p, 100kHz'lik sinüs işareti bağlayınız.
- 14. Osiloskop kullanarak, çıkış terminalindeki(O/P) modüle edilmiş işareti gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-4'e kaydedin.
- 15. Spektrum analizör kullanarak çıkış işaret spektrumunu gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-4'e kaydedin.
- 16. Yukarıdaki sonuçları ve (3-4) denklemini kullanarak çıkış işaretinin modülasyon yüzdesini hesaplayın ve sonuçları Tablo 3-4'e kaydedin.
- 17. 14'den 16'ya kadar olan adımları, ses frekansları 2kHz ve 1kHz için tekrarlayın.
- 18. Ses girişine(I/P2) 150mVp-p , 2kHz'lik sinüs işareti, taşıyıcı girişine(I/P1) ise 250mVp-p, 500kHz'lik sinüs işareti bağlayınız.
- 19. Osiloskop kullanarak, çıkış terminalindeki(O/P) modüle edilmiş işareti gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-5'e kaydedin.
- 20. Spektrum analizör kullanarak çıkış işaret spektrumunu gözlemleyin ve sonuçları Tablo 3-5'e kaydedin.
- 21. Yukarıdaki sonuçları ve (3-4) denklemini kullanarak çıkış işaretinin modülasyon yüzdesini hesaplayın ve sonuçları Tablo 3-5'e kaydedin.
- 22. 19'dan 21'e kadar olan adımları, taşıyıcı frekansları 1MHz ve 2MHz için tekrarlayın.

Tablo 3-2

 $(V_c=250\text{mVp-p}, f_c = 100\text{kHz}, f_m=1 \text{ kHz})$ 

Ses İşaret Genliği	Çıkış Dalga Şekli	Çıkış İşaret Spektrumu	Modülasyon Yüzdesi
250 mVp-p	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		
200 mVp-p	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		
150 mVp-p	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		



Tablo 3-3

 $(V_m=150\text{mVp-p}, f_c = 100\text{kHz}, f_m=1 \text{ kHz})$ 

Taşıyıcı İşaret Genliği	Çıkış Dalga Şekli	Çıkış İşaret Spektrumu	Modülasyon Yüzdesi
100 mVp-p	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		
200 mVp-p	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		
300 mVp-p	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		

Tablo 3-4

 $(V_c=250mVp-p, V_m=150mVp-p, f_c = 100kHz)$ 

Ses İşaret Frekansı	Çıkış Dalga Şekli	Çıkış İşaret Spektrumu	Modülasyon Yüzdesi
3 kHz	$E_{max} =$ $E_{min} =$		
2 kHz	$E_{max} =$ $E_{min} =$		
1 kHz	$E_{max} =$ $E_{min} =$		

Tablo 3-5

(V<sub>c</sub>=250mVp-p, V<sub>m</sub>=150mVp-p, f<sub>m</sub> = 2 kHz)

Taşıyıcı İşaret Frekansı	Çıkış Dalga Şekli	Çıkış İşaret Spektrumu	Modülasyon Yüzdesi
500 kHz	E <sub>max</sub> = E <sub>min</sub> =		
1 MHz	E <sub>max</sub> = E <sub>min</sub> =		
2 MHz	E <sub>max</sub> = E <sub>min</sub> =		

### 3.5 SORULAR

1. Fig. 3-4'de, eğer R<sub>8</sub>'in değerini 1kΩ'dan 2kΩ'a değiştirirsek, AM çıkış işaretinin değişimi ne olur?
2. Fig. 3-4'de, eğer R<sub>9</sub>'un değerini 6.8kΩ'dan 10kΩ'a değiştirirsek, MC1496'nın DC besleme akım değişimi ne olur?
3. m=%50 ise E<sub>max</sub> / E<sub>min</sub> oranını belirleyiniz.
4. VR1'in görevi nedir?