



Analog Haberleşme Laboratuvarı

3. GENLİK MODÜLASYONU

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 modülasyonunda, Fig. 3-1'de gösterildiği gibi taşıyıcı genlik, modüle edilecek işaretin(modulating signal) genliğine göre değişir. Eğer işaret

$A_m \cos(2\pi f_m t)$, 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 =İşaret genliği

A_c =Taşıyıcı işaret genliği

f_m =İşaret frekansı

f_c =Taşıyıcı frekans

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

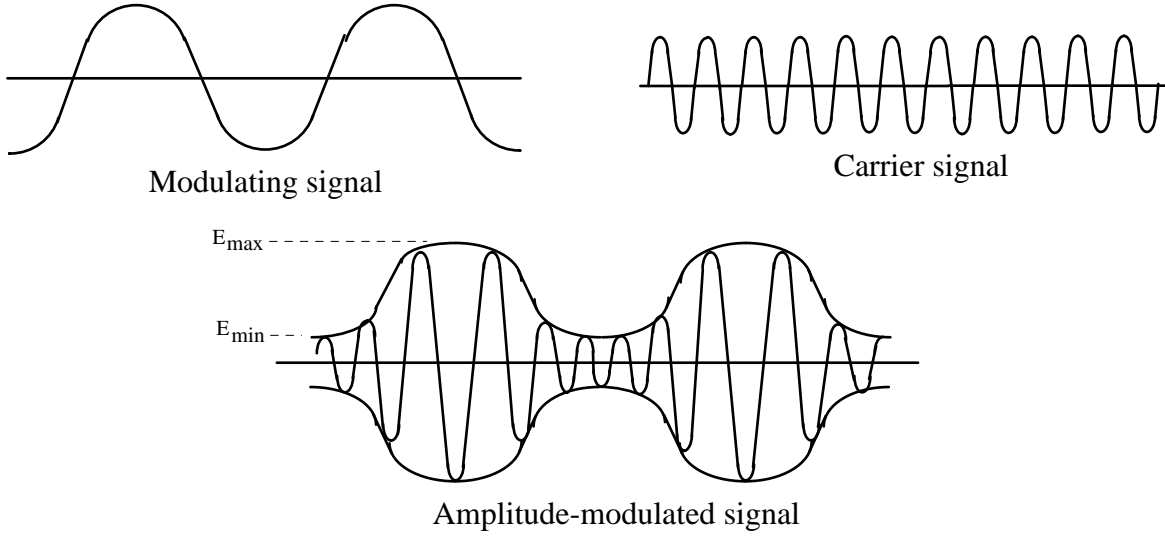


Fig. 3-1 Genlik modülasyonu dalga şekilleri(waveforms)

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.

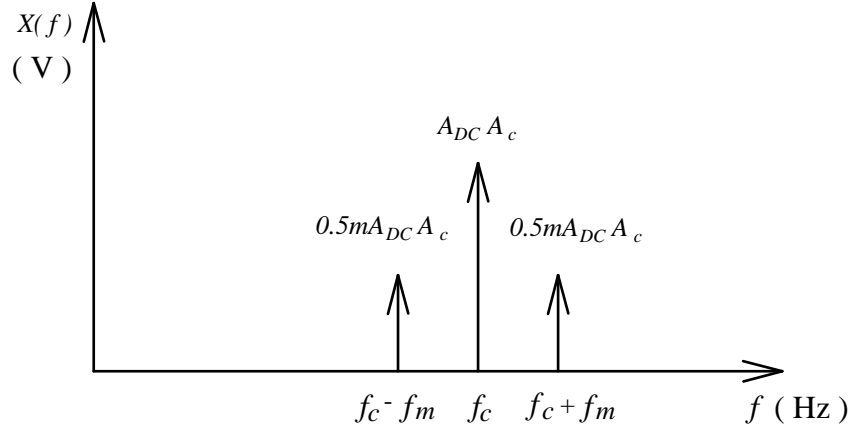


Fig. 3-2 AM işaretinin spektrumu

(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.

$$m = \frac{\text{Mod.Edilecek Isaretin Genligi}}{\text{DC Seviye}} \times 100\% = \frac{A_m}{A_{DC}} \times 100\% \quad (3-3)$$

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, işaret 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 aşırı modülasyon (over modulation) denir.



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

Taşıyıcı Girişi	İşaret 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.

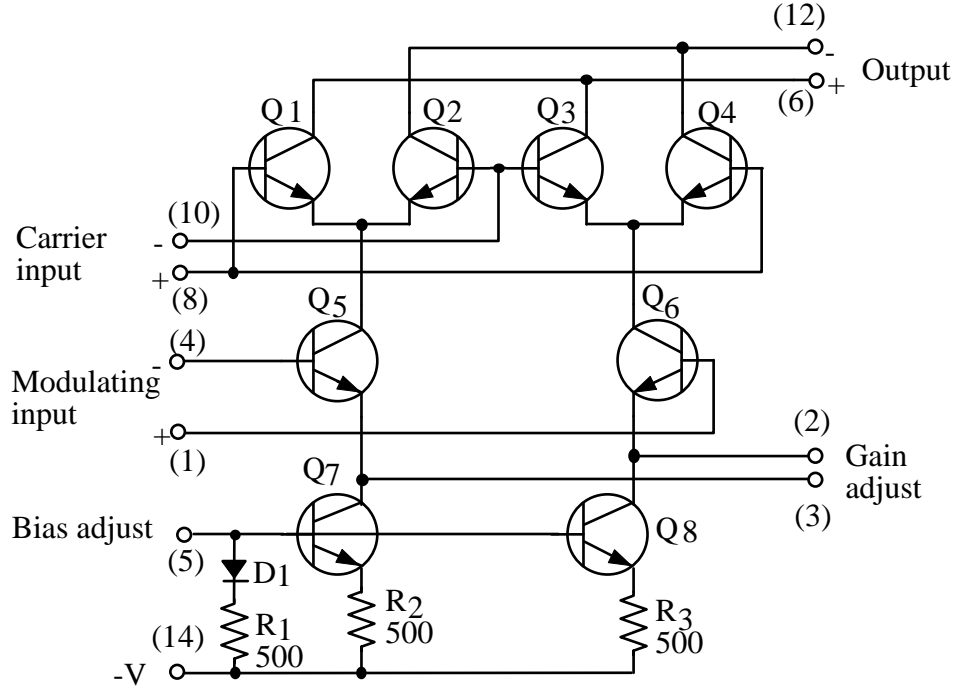


Fig. 3-3 MC1496 iç yapısı

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.

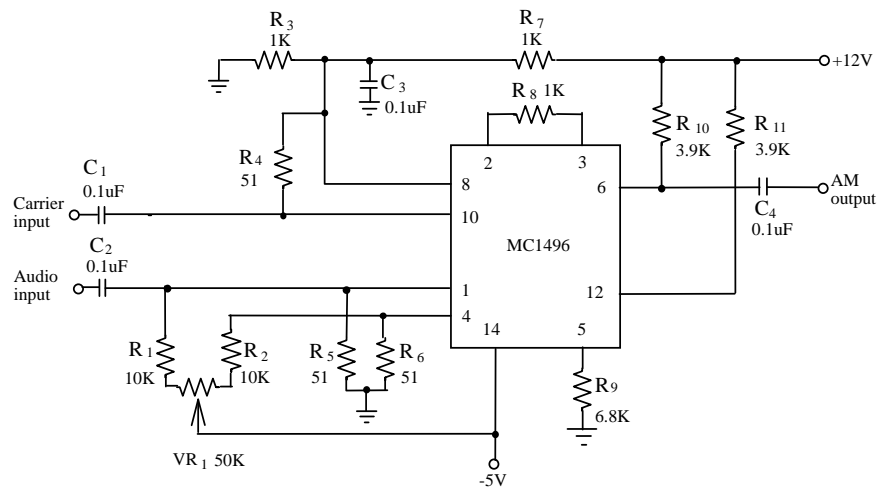


Fig. 3-4 MC1496 kullanılarak genlik modülatörü.



3.3 GEREKLİ EKİPMANLAR

1. KL-96001 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

($V_c=250\text{mVp-p}$, $V_m=150\text{mVp-p}$, $f_c = 100\text{kHz}$)

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

($V_c=250\text{mVp-p}$, $V_m=150\text{mVp-p}$, $f_m = 2 \text{ kHz}$)

Taşıyıcı İşaret Frekansı	Çıkış Dalga Şekli	Çıkış İşaret Spektrumu	Modülasyon Yüzdesi
500 kHz	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		
1 MHz	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		
2 MHz	$E_{\max} =$ $E_{\min} =$		

3.5 SORULAR

1. Fig. 3-4'de, eğer R_9 'in değerini $1\text{k}\Omega$ 'dan $2\text{k}\Omega$ 'a değiştirirsek, AM çıkış işaretinin değişimi ne olur?
2. Fig. 3-4'de, eğer R_9 'un değerini $6.8\text{k}\Omega$ 'dan $10\text{k}\Omega$ 'a değiştirirsek, MC1496'nın DC besleme akım değişimi ne olur?
3. $m=\%50$ ise E_{\max} / E_{\min} oranını belirleyiniz.
4. VR1'in görevi nedir?