modul 3

MODULATOR AM

3.1 Tujuan 3-1

3.2 Dasar Teori 3-1

3.3 Peralatan Praktikum 3-6

3.4 Percobaan dan pengamatan 3-6

Percobaan 3-1 Modulator Amplitudo

3.1. TUJUAN

1. Memahami prinsip dari Amplitude Modulation (AM)
2. Mengetahui gelombang sinyal AM dan spektrum frekuensinya
3. Memahami cara menghitung persentase modulasi
4. Melakukan perhitungan rangkaian modulator amplitudo

3.2. DASAR TEORI

Amplitude Modulation (AM) merupakan proses dimana sinyal carrier (pembawa) yang berfrekuensi tinggi dimodulasi oleh sinyal pemodulasi yang berfrekuensi rendah (umumnya sinyal audio). Pada Amplitude Modulation (AM), amplitudo dari gelombang carrier akan bervariasi mengacu pada amplitudo gelombang pemodulasi, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1-1. Jika sinyal audio direpresentasikan dengan persamaan $A_m \cos(2\pi f_m t)$ dan persamaan gelombang sinyal carriernya adalah $A_c \cos(2\pi f_c t)$, maka sinyal AM nya bisa direpresentasikan dengan persamaan berikut :

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

dimana A_{DC} = level dc

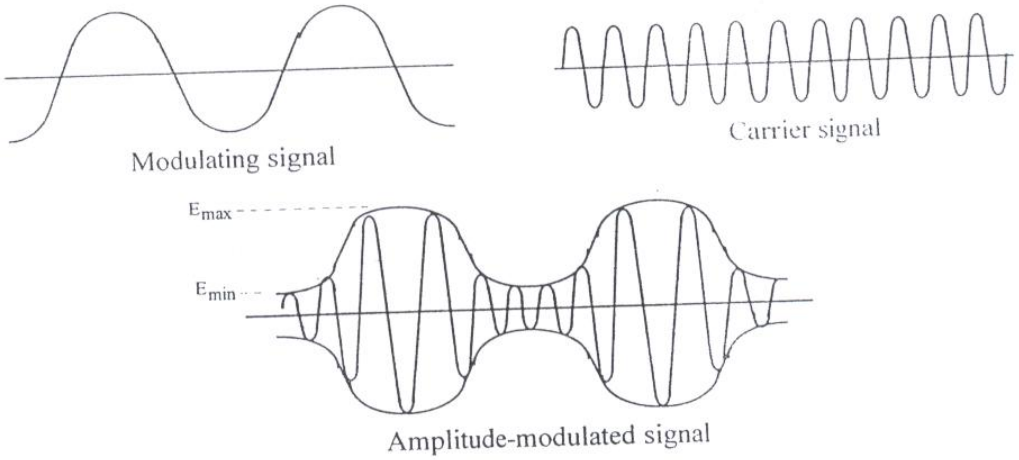
A_m = amplitudo sinyal audio

A_c = amplitudo sinyal carrier

f_m = frekuensi sinyal audio

f_c = frekuensi sinyal carrier

m = index modulasi = A_m / A_{DC}

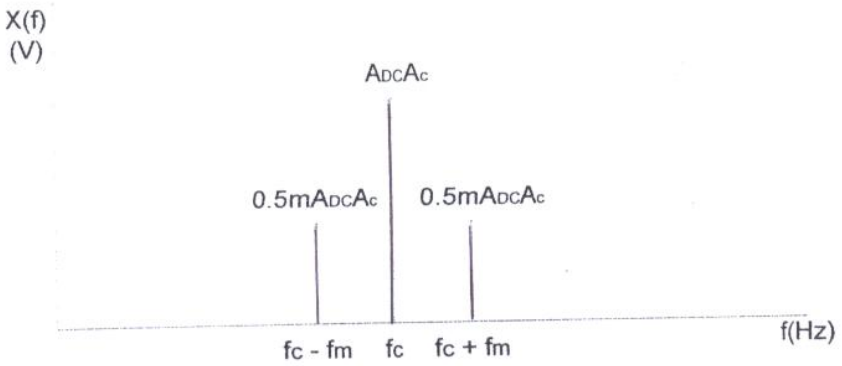


Gambar 3-1 Bentuk Gelombang AM

Dari persamaan (3-1) diperoleh

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

Bagian pertama dari persamaan di ruas kanan merepresentasikan sinyal *double sideband*, sementara bagian kedua merepresentasikan sinyal carrier. Berdasarkan persamaan (3-2), maka kita bisa memplot spektrum dari sinyal AM seperti pada Gambar 3-2. Di dalam sebuah transmisi AM, frekuensi dan amplitudo dari gelombang sinyal carrier selalu konstan, sementara sinyal sidebands selalu bervariasi dalam frekuensi dan amplitudonya. Itu sebabnya sinyal carrier tidak mengandung pesan atau pun informasi.



Gambar 3-2. Spektrum Sinyal AM

Pada persamaan (3-2), m adalah indeks modulasi yang merupakan parameter penting di dalam modulasi AM. Jika m dinyatakan dalam bentuk prosen, maka biasa disebut persentase modulasi yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut.

$$m = \frac{ModulatingAmplitude}{DClevel} \times 100\% = \frac{A_m}{A_{DC}} \times 100\% \qquad (3\text{-}3)$$

Di dalam dunia praktis, sulit untuk bisa mendapatkan nilai A_{DC} dalam sebuah rangkaian, sehingga indeks modulasi secara umum dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{mni}} \times 100\%$$

dimana $E_{\max} = A_c + A_m$ dan $E_{\min} = A_c - A_m$, seperti yang digambarkan pada Gambar 3-1.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, sinyal audio berada pada sideband sehingga efisiensi transmisi semakain baik jika sinyal sideband semakin besar. Dari persamaan (3-2), kita juga dapat menyimpulkan bahwa semakin besar indeks modulasi, maka sinyal sideband akan semakin besar dan efisiensi transmisi juga semakin besar. Di dalam tataran

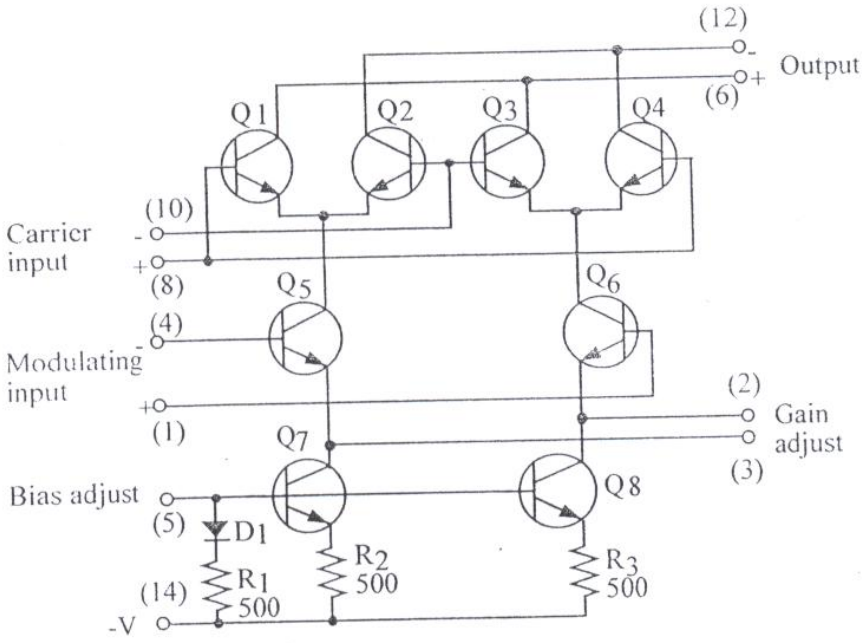
praktis, indeks modulasin biasanya kurang atau sama dengan 1. Jika indeks modulasi lebih dari 1, disebut over modulasi.

Tabel 3-1 Perbandingan antara Variasi Output Modulator dengan Variasi Frekuensi Input

Input Carrier	Input Audio	Output Balanced Modulator	Karakteristik Rangkaian
f_c	f_c	$2f_c$	Frequency Doubler
f_c	f_m	$f_c, f_c + f_m, f_c - f_m$	AM
f_c	f_m	$f_c + f_m, f_c - f_m$	DSB-SC

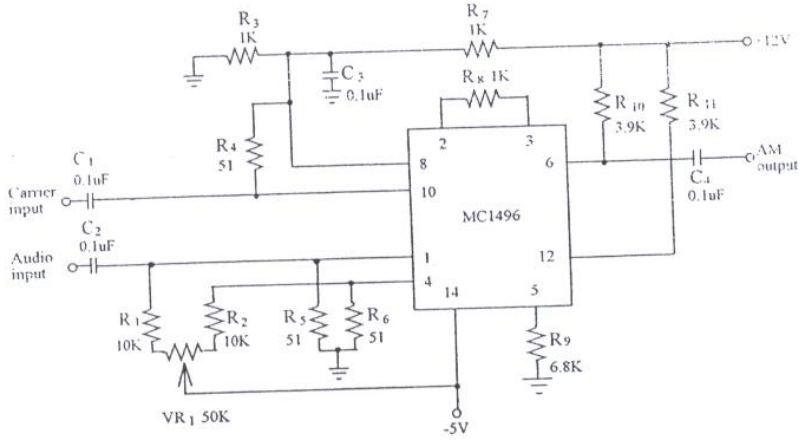
Di dalam salah satu percobaan yang akan dilaksanakan ini, akan diimplementasikan sebuah modulator AM menggunakan *monolithic balanced modulator* MC 1496. Dengan berbagai frekuensi sinyal input yang berbeda – beda, MC 1496 bisa digunakan sebagai frequency multiplier, modulator AM, atau modulator DSB-SC (*Double Side Band Supressed Carrier*).

Gambar 3-3 menunjukkan konfigurasi internal dari MC 1496. Penguat differensial Q_5 dan Q_6 digunakan untuk mendrive penguat Q_1Q_2 dan Q_3Q_4 . Generator sumber arus konstan Q_7 dan Q_8 mensuplai arus konstan untuk penguat differensial Q_5 dan Q_6 . Penguatan total MC 1496 bisa dikontrol secara eksternal dengan menghubungkan sebuah resistor antara pin 2 dan pin 3. Untuk modulasi AM, sinyal pemodulasi harus diberikan ke pin 1 dan pin 4, sedangkan sinyal carrier diberikan ke pin 8 dan pin 10. Arus bias ke pin 5 biasanya diperoleh dengan menghubungkan resistor seri dari pin tersebut ke power supply.



Gambar 3-3 Rangkaian Internal MC 1496

Gambar 3-4 menunjukkan sebuah rangkaian modulator AM yang sinyal carrier dan siyal audionya merupakan input single-ended, yaitu sinyal carrier ke pin 10 dan sinyal audio ke pin 1. Penguatan dari seluruh rangkaian dihitung menggunakan nilai R_8. R_9 menentukan besar arus bias. Mengubah – ubah nilai VR1 atau amplitudo sinyal audio bisa menyebabkan perubahan persentase modulasi.



Gambar 3-4 Modulator Amplitudo Menggunakan MC 1496

3.3. PERALATAN PRAKTIKUM

1. Modul KL-92001
2. Modul KL-93002
3. Osiloskop

3.4. PERCOBAAN DAN PENGAMATAN

Percobaan 3-1 Modulator Amplitudo

☐ 1. Siapkan rangkaian modulator AM pada Modul KL-93002. Hubungkan J1 dan J3 untuk menset $R_8 = 1k\Omega$ dan $R_9 = 6.8k\Omega$

☐ 2. Hubungkan gelombang sinus 1 KHz, 250 mVp-p ke input audio (I/P2), dan gelombang sinus 100 kHz, 250 mVp-p ke input carrier (I/P1)

☐ 3. Hubungkan input vertikal osiloskop ke output AM (O/P). Amati bentuk gelombang output dan ubah – ubah VR1 agar indeks modulasi menjadi 50%. Catat hasilnya di Tabel 3-2.

☐ 4. Dengan menggunakan spectrum analyzer, amati dan catat spektrum sinyal output pada Tabel 3-2.

☐ 5. Dengan menggunakan hasil percobaan di atas dan persamaan (3-4), hitung dan catat persentase modulasi dari sinyal output pada Tabel 3-2.

☐ 6. Dengan menggunakan Osiloskop, amati sinyal output jika amplitudo sinyal audio diubah menjadi 200 mVp-p dan 150 mVp-p, catat hasilnya di Tabel 3-2.

☐ 7. Ulangi langkah 4 dan 5.

☐ 8. Hubungkan sebuah gelombang sinus 1 kHz, 150 mVp-p ke input (I/P2), dan sebuah gelombang sinus 100 kHz, 100 mVp-p ke input carrier (I/P1).

☐ 9. Dengan menggunakan Osiloskop, amati sinyal AM pada terminal

output (O/P) dan catat hasilnya pada Tabel 3-3.

☐ 10. Dengan menggunakan spectrum analyzer, amati dan catat spektrum sinyal output pada Tabel 3-3.

☐ 11. Dengan menggunakan hasil percobaan di atas dan persamaan (3-4), hitung dan catat persentase modulasi dari sinyal output pada Tabel 3-3.

☐ 12. Ulangi langkah 9 sampai 11 untuk amplitudo sinyal carrier 200 mVp-p dan 300 mVp-p.

☐ 13. Hubungkan sebuah gelombang sinus 3 kHz, 150 mVp-p ke input (I/P2), dan sebuah gelombang sinus 100 kHz, 250 mVp-p ke input carrier (I/P1).

☐ 14. Dengan menggunakan Osiloskop, amati sinyal AM pada terminal output (O/P) dan catat hasilnya pada Tabel 3-4.

☐ 15. Dengan menggunakan spectrum analyzer, amati dan catat spektrum sinyal output pada Tabel 3-4.

☐ 16. Dengan menggunakan hasil percobaan di atas dan persamaan (3-4), hitung dan catat persentase modulasi dari sinyal output pada Tabel 3-4.

☐ 17. Ulangi langkah 14 sampai 16 untuk frekuensi audio 2 kHz dan 1 kHz.

☐ 18. Hubungkan sebuah gelombang sinus 2 kHz, 150 mVp-p ke input (I/P2), dan sebuah gelombang sinus 500 kHz, 250 mVp-p ke input carrier (I/P1).

☐ 19. Dengan menggunakan Osiloskop, amati sinyal AM pada terminal output (O/P) dan catat hasilnya pada Tabel 3-5.

☐ 20. Dengan menggunakan spectrum analyzer, amati dan catat spektrum sinyal output pada Tabel 3-5.

☐ 21. Dengan menggunakan hasil percobaan di atas dan persamaan (3-4), hitung dan catat persentase modulasi dari sinyal output pada Tabel 3-

Tabel 3-2

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

Amplitudo Audio	Bentuk Gelombang Output	Persentase Modulasi
250 mVp-p	E_{max} = E_{min} =	
200 mVp-p	E_{max} = E_{min} =	
150 mVp-p	E_{max} = E_{min} =	

Tabel 3-3

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

Amplitudo Carrier	Bentuk Gelombang Output	Persentase Modulasi
100mVp-p	E_{max} = E_{min} =	
200 mVp-p	E_{max} = E_{min} =	
300 mVp-p	E_{max} = E_{min} =	

Tabel 3-4

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

Frekuensi Audio	Bentuk Gelombang Output	Persentase Modulasi
3 kHz	E_{max} = E_{min} =	
2 kHz	E_{max} = E_{min} =	
1 kHz	E_{max} = E_{min} =	

Tabel 3-5

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

Amplitudo Audio	Bentuk Gelombang Output	Persentase Modulasi
500 kHz	E_{max} = E_{min} =	
1 MHz	E_{max} = E_{min} =	
2 MHz	E_{max} = E_{min} =	