การทดลองที่ 20 การสื่อสารไร้สายเครื่องส่ง - รับ AM/DSB/SSB

เครื่องส่ง AM/DSB/SSB

20.1. วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อเรียนรู้และเข้าใจโนโครงสร้างพื้นฐาน และหน้าที่การทำงานของ Amplitude Modulation (AM) และ การส่งสัญญาณ Transmitter
2. เพื่อเรียนรู้และเข้าใจ Waveform, Spectrum และอัตราการ Modulation ของ AM
3. เพื่อออกแบบและส่ง AM ให้สำเร็จ
4. เพื่อเรียนรู้และเข้าใจวิธีการวัด และการปรับวงจรภาคส่งของ (AM)

20.2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบการสื่อสารไร้สายเป็นที่นิยมในชีวิตของเรา ดังนั้นโทรศัพท์เคลื่อนที่กระจายสัญญาณที่ไม่จำเป็นต้องใช้สายไฟ ระบบการสื่อสารไร้สายใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของคลื่นไฟฟ้าซึ่งสามารถกระจายสัญญาณส่งและรับ จึงต้องจัดระเบียบระบบการสื่อสารไร้สายซึ่งสามารถแปลงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหรือ Vice-Versa การส่งแบบไร้สายสามารถแปลงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าและกระจายสัญญาณของสัญญาณในอากาศผ่านเสาอากาศ ภาครับจะรับที่กระจายตามความยาวคลื่นไฟฟ้าจากอากาศผ่านการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องและนำสัญญาณที่ได้มาใช้งาน ตั้งแต่สัญญาเสียงที่ไม่เหมาะสมที่ส่งสำหรับระยะทางไกลในอากาศ อย่างไรก็ตามเราต้องแปลงสัญญาณวิทยุเป็นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการส่งแบบไร้สาย เราเรียกขั้นตอนนี้ว่า Modulation ในปัจจุบันมีการ Modulation สามแบบคือ Amplitude Modulation (AM), Frequency Modulation (FM), Phase Modulation (PM) เราใช้ประโยชน์การ Modulation จากอัตราการขยายที่แตกต่างกันโดยเปลี่ยนไปตาม Amplitude, Frequency, Phase ของคลื่นไฟฟ้า ในบทนี้เราจะเรียนเกี่ยวกับ Amplitude Modulation (AM)

ทฤษฎีการมอดูเลทแบบแอมพิจูด (The Theory of Amplitude Modulation)

ใน Amplitude Modulation (AM) เราใช้ประโยชน์ของอัตราการขยายสัญญาณวิทยุในการ Modulate และขยายสัญญาณแล้วส่งออกซึ่ง อัตราการขยายสัญญาณของการส่งจะเปลี่ยนแปลงกับอัตราการขยายสัญญาณ วิทยุดังรูปคลื่นที่แสดงตามรูปที่ 1 ให้สัญญาณวิทยุเป็น และ carrier signal Amplitude Modulation (AM) จำได้ตาม

$$x_{AM}(t) = \left[A_{DC} + A_m \cos\left(2\pi f_m t\right)\right] A_c \cos\left(2\pi f_c t\right)$$
$$= A_{DC}\left[1 + m\cos\left(2\pi f_m t\right)\right] A_c \cos\left(2\pi f_c t\right)$$

$$= A_{DC}A_c\left[1 + m\cos\left(2\pi f_m t\right)\right]\cos\left(2\pi f_c t\right) \quad (1)$$

$m = A_m/A_{DC}$

A_{DC} คือระดับสัญญาณไฟกระแสตรง (DC signal level)

A_m คือขนาดของสัญญาณเสียง (Amplitude of audio signal)

A_c คือขนาดของสัญญาณคลื่อพาห์ (Amplitude of carrier signal)

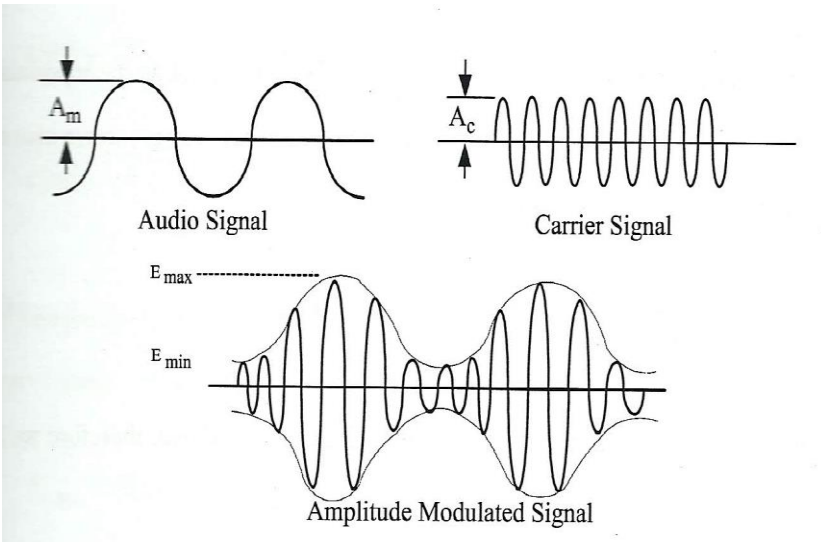
f_m คือความถี่ของสัญญาณเสียง (Frequency of audio signal)

f_c คือความถี่ของสัญญาณคลื่นพาห์ (Frequency of carrier signal)

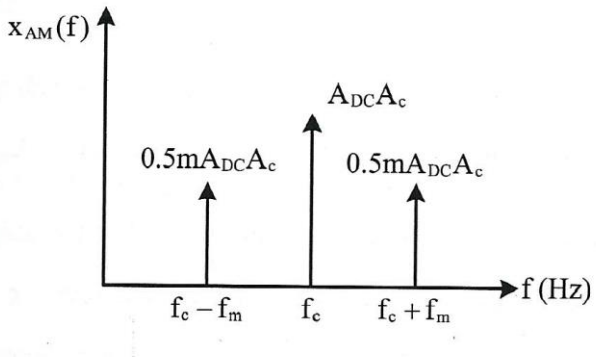
m คือดัชนีการมอดูเลท (Modulation index or depth of modulation)

เราจะได้สมการตาม (2) เป็น

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



รูปที่ 1 รูปร่างสัญญาณการมอดูเลทแบบแอมพิจูด



รูปที่ 2 เสปคตรัมความถี่ของสัญญาณมอดูเลทเชิงขนาด

ส่วนแรกของสมการ (2) อธิบายถึงสัญญาณ Double Sideband และส่วนที่สองอธิบายถึง carrier signal จาก สมการ (2) เราสามารถอธิบายแถบสัญญาณของ AM modulation อย่างคร่าวๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นสัญญาณวิทยุใน Double Sideband และการส่งสัญญาณโดยไม่มี ข้อมูลอื่น แต่อย่างไรก็ตาม ระหว่างการส่งของอัตราขยายความถี่สำหรับเหตุผลนี้ ความมีประสิทธิภาพของ การส่ง AM modulation จะต่ำกว่า Double Sideband Suppressed Carrier (DSB-SC) modulation แต่ demodulation circuit เป็นวงจรแบบง่ายๆ สัญญาณ modulated DSB-SC หมายถึงเอาท์พุตที่ประกอบด้วย Upper Sideband และ Lower Sideband ซึ่งปราศจากการส่งสัญญาณ Double Sideband มีตัวแปรสำคัญ “*m*” ในสมการ (1) เป็นตัวบ่งชี้ค่าดัชนีความเข้มของ modulation ปกติแล้ว เป็นตัวแทนอัตราส่วน modulation ซึ่งมีค่านิยามเป็น

$$m = \frac{\text{audio signal amplitude}}{\text{DC signal magnetude}} \times 100\% = \frac{A_m}{A_{DC}} \times 100\% \qquad (3)$$

โดยทั่วไปไม่ง่ายในการวัดความกว้างของสัญญาณ DC อย่างไรก็ตามเราสามารถวัดค่าดัชนี modulation ในรูปแบบอื่น

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

ในที่ซึ่ง E_{max} และ E_{min} ที่แสดงในรูปที่ 1 คือค่าสูงสุดของแรงดัน ($E_{max} = A_c + A_m$) และค่าต่ำสุดของแรงดัน ($E_{min} = A_c - A_m$) เรารู้อัตราการขยายของ Modulation ที่ซ่อนสัญญาณวิทยุอยู่ใน Double Sideband ดังนั้นถ้า Double Sideband ที่ได้รับแรงมาก การส่งสัญญาณที่ได้ก็มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ในสมการ (2) เรารู้สัญญาณ Double Sideband คือสัดส่วนค่าดัชนี Modulation ดังนั้นค่าดัชนี Modulation ใหญ่มาก การส่งสัญญาณที่ได้ก็มี ประสิทธิภาพดีขึ้น ปกติแล้วถ้าค่าดัชนี Modulation เล็กมากหรือเท่ากับ 1 ถ้า ค่าดัชนี Modulation ใหญ่กว่าเราเรียกมันว่า Over Modulation

The Theory of DSB/SSB Modulation

จากสมการ (2) เรารู้ Double Sideband Suppressed Carrier (DSB-SC) modulation หมายถึงเท่ากับศูนย์ อย่างไรก็ตามมันสามารถหยุดส่งสัญญาณและ Double Sideband เราสามารถใช้ประโยชน์สอง DSB-SC Modulator และให้ phase ที่แตกต่างกันระหว่างสัญญาณวิทยุและการส่งสัญญาณ 90 degree $(DSB\text{-}SC)_Q$ และ $(DSB\text{-}SC)_I$ ตามสมการใน (5) และ (6)

$$\begin{aligned}(DSB-SC)_I &= 2\cos(f_m)t \times \cos(f_c)t \\ &= \cos 2\pi(f_c - f_m)t + \cos 2\pi(f_c - f_m)t\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}(DSB-SC)_Q &= 2\sin(f_m)t \times \sin(f_c)t \\ &= \cos 2\pi(f_c - f_m)t - \cos 2\pi(f_c + f_m)t\end{aligned} \tag{6}$$

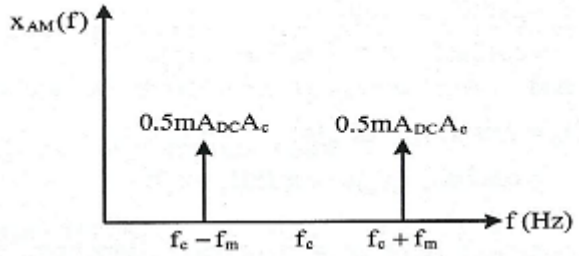
สมการ (5) และ (6) แสดง $(DSB\text{-}SC)_Q$ และ $(DSB\text{-}SC)_I$ สัญญาณเชื่อมต่อ เราสามารถอธิบายสัญญาณ USSB หรือ LSSB ที่ O/P port

$$\begin{aligned}X_{LSSB} &= (DSB-SC)_I + (DSB-SC)_Q \\ &= \cos 2\pi(f_c - f_m)t\end{aligned} \tag{7}$$

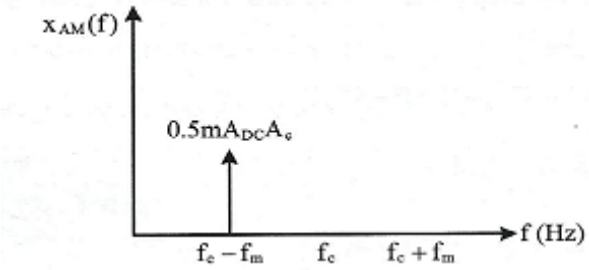
$$\begin{aligned}X_{LSSB} &= (DSB-SC)_I - (DSB-SC)_Q \\ &= \cos 2\pi(f_c + f_m)t\end{aligned} \tag{8}$$

รูปที่ 2 แถบสัญญาณความถี่ของ AM เราสามารถเห็น แถบสัญญาณความถี่สามแบบคือ $f_c - f_m, f_c$ และ $f_c + f_m$ เอาท์พุตแรงดันของ f_c จะสูงกว่าอีกสองสัญญาณ อย่างไรก็ตาม การส่งสัญญาณจะไม่สามารถส่งสัญญาณหรือ Power อื่นในระหว่างการส่งสัญญาณ AM รูปที่ 3 (ก) เป็นแถบสัญญาณความถี่ของ DSB-SC เราสามารถเห็นแถบสัญญาณความถี่เพียงเล็กน้อยในสองสัญญาณนั้นซึ่งคือ $f_c - f_m$, และ $f_c + f_m$ ซึ่งสองสัญญาณนี้จะอยู่ในการส่งสัญญาณ อย่างไรก็ตามการใช้การ

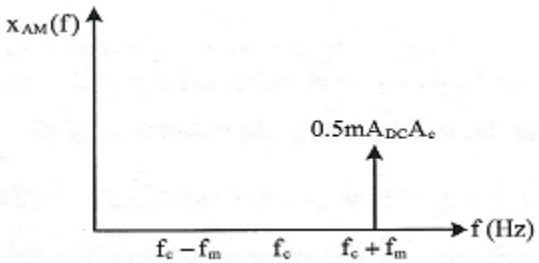
Modulation แบบนี้ Power จะไม่สามารถใช้จนหมดในการส่งเมื่อเทียบกับผลลัพธ์ที่ของ Audio Signal ที่ซ่อนอยู่ใน Double Sideband ดังนั้นความแรงของสัญญาณ Double Sideband ที่ส่งแบบมีประสิทธิภาพจะดีกว่า จากรูปที่ 3 (ข) และ 3 (ค) สัญญาณความถี่ของ SSB เราสามารถเห็นแถบสัญญาณความถี่ใน $f_c - f_m$ หรือ $f_c + f_m$ อย่างไรก็ตามระหว่างการส่งสัญญาณ Power ที่สูญเสียไปจะน้อยกว่า DSB-SC Modulation จากวิธีการที่พูดถึงเรารู้ถึงการสูญเสียที่ต่อเนื่องที่แตกต่างของการ Modulation ทั้งสามแบบ คือ AM > DSB-SC > SSB ตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง AM, DSB และ SSB modulation



ก) frequency spectrum of DSB-SC



ข) frequency spectrum of SSB



ค) frequency spectrum of SSB

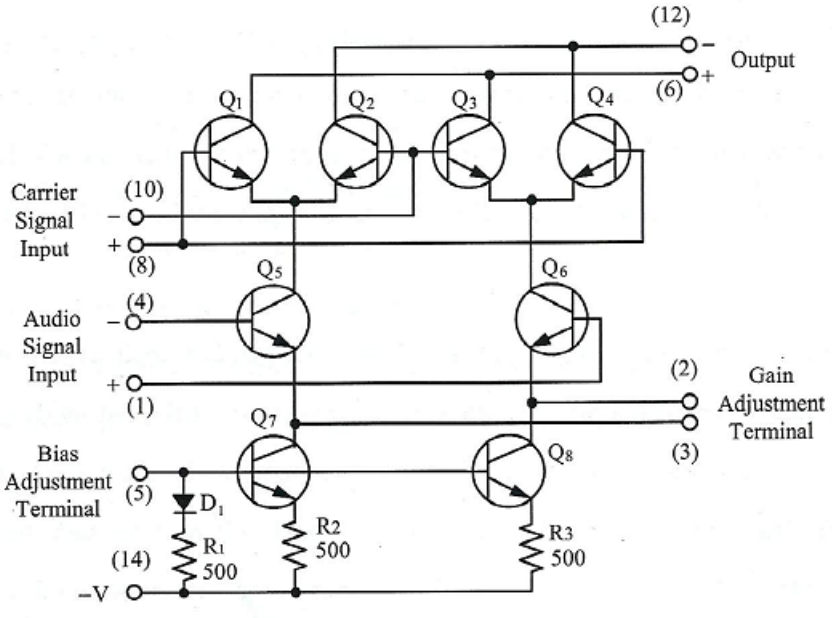
รูปที่ 3 The frequency spectrum of DSB and SSB modulation

ตารางที่ 1 The comparison between the AM, DSB and SSB modulation

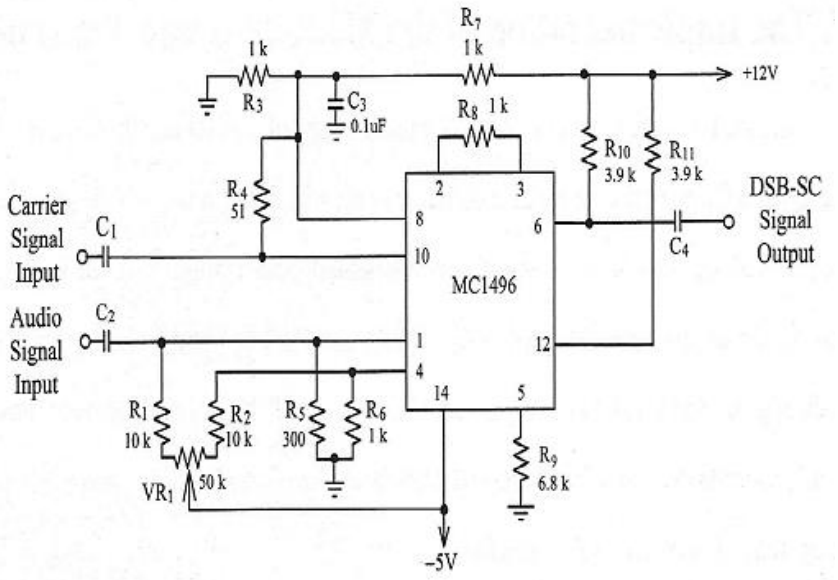
Carrier Signal Input Port	Audio Signal Input Port	Balanced Modulator Output Port	Power Consumption	Modulation
f_c	f_m & A_{DC}	f_c, $f_c + f_m$, $f_c - f_m$	Large	AM
f_c	f_m	$f_c + f_m$, $f_c + f_m$	Medium	DSB-SC
f_c & f_c (Phase Shift 90°)	f_m & f_m (Phase Shift 90°)	$f_c + f_m$ or $f_c + f_m$	Small	SSB

The Implementation of the Modulation and Transmitter

รูปที่ 4 ภายในวงจรของ Balance Modulator ที่ D1, R1, R2, R3, Q7 และ Q8 ประกอบด้วยแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถจ่ายแรงดันกระแสตรงสำหรับ Q5, Q6 และประกอบด้วยการผสมผสานที่แตกต่างกัน ในโครงสร้างภาคขยายที่แตกต่างกันโดย Q1, Q2, Q3, และ Q4 Pin 1 และ Pin 4 เป็นอินพุตของ audio signal Pin 8 and Pin 10 เป็นอินพุตของ carrier signal ความต้านทานระหว่าง Pin 2 และ Pin 3 ควบคุมเกณฑ์ของ Balance Modulator ความต้านทานของ Pin 5 จะกำหนดความกว้างของ bias current สำหรับ amplifier



รูปที่ 4 Internal circuit diagram of balanced modulator



รูปที่ 5 Circuit diagram of amplitude modulation by utilizing balance modulator

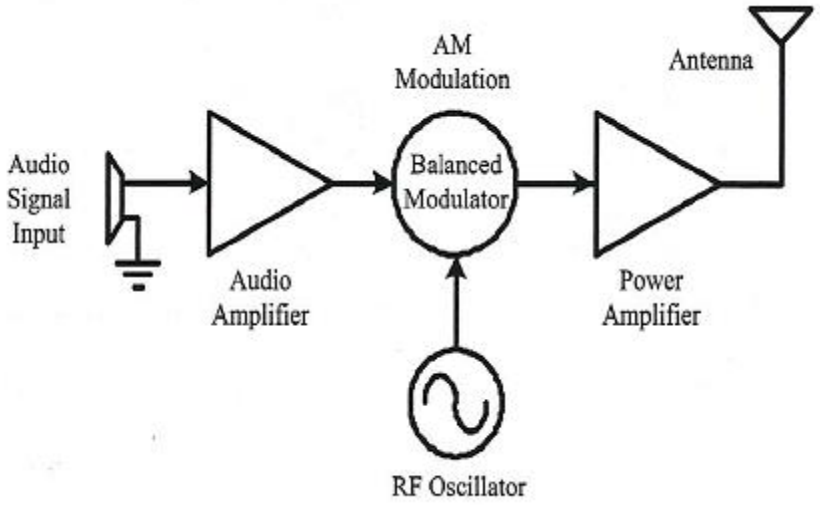
รูปที่ 5 เป็นวงจรของ Amplitude Modulation และมันสร้าง carrier signal และ audio signal ทั้งสัญญาณเป็นของ Single Ended Input อินพุตของ carrier signal และ audio signal ที่เกิดขึ้นในตอนท้ายคือ Pin 10 และ Pin 1 กำหนดความกว้างอย่างไรก็ตาม R8 เป็นตัวกำหนดเกณฑ์ของวงจรทั้งหมดและ R9 จะกำหนด ความกว้างของ bias current ถ้าเราปรับ VR1 หรือเปลี่ยนอินพุต amplitude ของ audio signal เราก็สามารถควบคุม อัตราส่วนของการขยาย Modulation signal ได้

AM Transmitter

รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างระบบของ AM Transmitter ในรูปที่ 6 ประกอบด้วย audio signal generator, Balance Modulator, Power Amplifier, และ Antenna audio signal generator สร้างสัญญาณ Sinusoidal Audio Signal และสัญญาณนี้จะถูกขยายโดยวิธี One Stage Amplifier หลังจากนั้นการขยายสัญญาณวิทยุและ modulated กับ carrier signal ใน Balance Modulator เราก็สามารถเปลี่ยนอัตราการขยายและความถี่ของสัญญาณวิทยุได้บน ความควบคุมอื่นๆ เราก็สามารถเปลี่ยนอินพุตของสัญญาณวิทยุที่ MIC I/P ไมโครโฟนจะแปลงสัญญาณวิทยุเป็นรูปคลื่นแรงดันที่ย่านความถี่ 100 Hz – 3 kHz

RF Signal Generator ช้ประโยชน์ของ Crystal Oscillator และ OP Amplifier เพื่อกำเนิดสัญญาณ 1 MHz Sinewave ซึ่งจัดการ carrier signal ให้กับ Balance Modulator โดยการใช้ Balance Modulator การส่ง carrier signal จะเพิ่มขึ้น โดยจะได้รับสัญญาณ audio signal และ

สัญญาณ AM หลังจากนั้นสัญญาณจะผ่านภาคขยายและ กระจายคลื่นผ่านเสาอากาศ ระยะทางของการส่งจะกำหนดโดย Output Power ของ Power Amplifier เราสามารถ ปรับ Modulation ของสัญญาณ AM และเกณฑ์ Amplifier ในเวลาเดียวกันเราสามารถควบคุม Output Power ของ AM Output Waveform

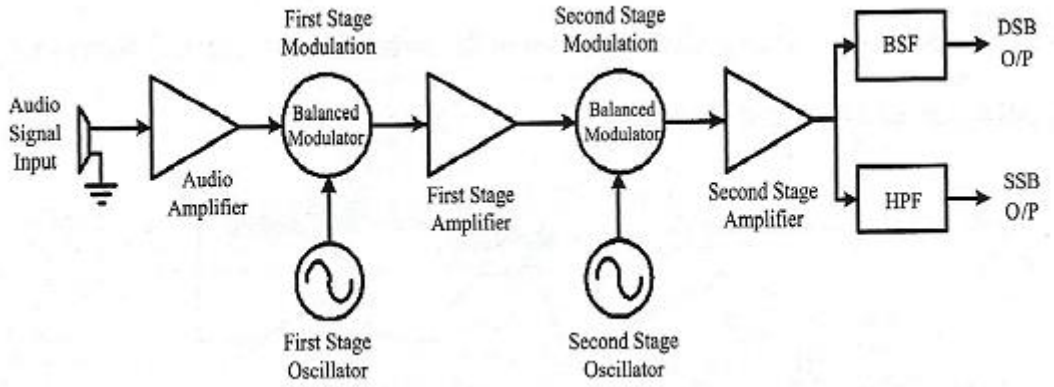


รูปที่ 6 The system block diagram of AM transmitter

DSB-SC/SSB Transmitter

โดยการใช้ Band Reject Filter เราสามารถย้าย carrier signal ของสัญญาณวิทยุ AM และเมื่อ DSB ได้รับสัญญาณที่อาท์พุตพอร์ต โดยใช้ Bandpass Filter แบ่งสัญญาณ upper sideband และ lower sideband ของสัญญาณ AM ต่อจากนั้นจะได้ SSB Signal ที่ O/P port รูปที่ 7 เป็นวงจรของ DSB_SC/SSB modulator

รูปที่ 7 เป็นความถี่โดยตรงของอินพุต audio signal ที่ต่ำมาก เปรียบเทียบกับ Second Stage Oscillator และความกว้างแถบความถี่ของ Filter ไม่แคบลงและสมบูรณ์มาก อย่างไรก็ตามถ้าเรา modulated สัญญาณโดยตรงมันจะทำให้เกิดสัญญาณผิดเพี้ยนที่เอาท์พุตพอร์ต ในการแก้ปัญหาเราจะเพิ่ม Balance Modulator เพื่อเลื่อนความถี่ในการส่งสัญญาณ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาของ filter ได้



รูปที่ 7 The circuit block diagram of DSB-SC/SSB modulator

20.3. อุปกรณ์การทดลอง

1. บอร์ด AM-6011	1	เครื่อง
2. Coaxial Cable	1	เส้น

20.4. ขั้นตอนการทดลอง (Experiment Items)

การทดลองที่ 1 Measurement of AM Modulated Signal Waveform

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Transmitter ตามรูปที่ 6 บอร์ด AM-6011

2. สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ให้ J1, J5, J6 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับค่าที่ V_{R1}, V_{R2} จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP4) คือ 0.5 V_{p-p} (V_{p-p} = 1 V) และ 1 kHz Sine wave Frequency

3. ปรับค่าที่ V_{R3}, V_{R4} ไปทางขวาจนสุด จากนั้นจะได้ Maximum output power สำหรับการส่งสัญญาณ แล้วใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณเอาท์พุตที่ส่งออกที่ (TP6) และให้บันทึกรูปคลื่นลงในตารางที่ 2

4. ปรับค่าที่ V_{R2} อัตราการขยายของสัญญาณ Audio Signal คือ 1 V และ 1.5 V ตามลำดับ ทำขั้นตอนที่ 3 และให้ บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 2

5. ปรับค่าที่ V_{R1}, V_{R2} จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP4) คือ 1V (V_{p-p} = 2 V) 500 Hz, 1 kHz และ 1.2 kHz Sine wave Frequency ตามลำดับ ทำขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งและให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 3

การทดลองที่ 2 Measurement of AM Transmitter

1.จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Transmitter ตามรูปที่ 6 บอร์ด AM-6011

2. สับสวิทช์ SW1 และ SW2 ไปที่ ON ให้ J1, J5, J6 และ J12 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับ ค่าที่ V_{R1} เป็นความถี่ 1 kHz และปรับค่าที่ V_{R2} ให้เหมือนกันก็จะได้ Maximum output ที่ปราศจาก Distortion

3. ใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณของเอาท์พุต Waveform ของสัญญาณ carrier signal generator (TP1) และ Audio Signal (TP4) ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 4

4. ปรับค่าที่ V_{R3}, V_{R4} ไปทางขวาจนสุด จากนั้นใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณเอาท์พุต Waveform ของ Modulator (TP6), Power Amplifier (TP8) และ antenna (AM O/P) ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 4

5. ให้ต่อ Microphone เข้า MIC I/P ของ Audio Signal จากนั้นใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณเอาท์พุตของ AM Transmitter (TP8) ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 4

การทดลองที่ 3 Measurement of DSB-SC Modulated Signal Waveform

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ DSB-SC Transmitter ตามรูปที่ 7 บอร์ด AM-6011

2. สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ให้ J3, J4, J7, J8 และ J10 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับค่าที่ VR1, VR2 จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP5) คือ 0.5 V และความถี่ 1 kHz Sine wave Frequency

3. ปรับค่าที่ V_{R5} จากนั้นUpper และ Lower ของสัญญาณเอาท์พุต First Stage Mixer (TP9) จะสมดุลกันใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณเอาท์พุต Waveform ของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP5), First Stage Carrier Signal Generator (TP7) และ First Stage Mixer (TP9) ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 5

4. ใช้ Oscilloscope วัดดูรูปคลื่นสัญญาณ Second Stage Carrier Signal Generator และ Second Stage Mixer เอาท์พุตที่ส่งออกที่ (TP6) และสัญญาณเอาท์พุต band reject filter (DSB O/P) ปรับค่าที่ V_{R3}, V_{R4} ไปที่ตำแหน่งเหมาะสมที่ DSB O/P รับได้ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 5

5. ใช้ Spectrum Analyzer วัดดูแถบความถี่ของ TP8 และ DSB O/P ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 5

6. ปรับค่าที่ V_{R1}, V_{R2} จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP5) คือ 1 V และ500 Hz Sine wave Frequency ตามลำดับ ทำขั้นตอนที่ 3 ถึง 5 อีกครั้งและให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 6

การทดลองที่ 4 Measurement of SSB Modulated Signal Waveform

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ SSB Transmitter ตามรูปที่ 7 บอร์ด AM-6011

2. สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ให้ J3, J4, J7, J8 และ J11 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับค่าที่ V_{R1}, V_{R2} จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP5) คือ 0.5 V และความถี่ 1 kHz Sine wave Frequency

3. ปรับค่าที่ V_{R5} จากนั้น Upper และ Lower ของสัญญาณเอาท์พุต First Stage Mixer (TP9) จะสมดุลกันใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณเอาท์พุต Waveform ของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP5), First Stage Carrier Signal Generator (TP7) และ First Stage Mixer (TP9) ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 7

4. ใช้ Oscilloscope วัดดูรูปคลื่นสัญญาณ Second Stage Carrier Signal Generator (TP3) และ Second Stage Mixer เอาท์พุตที่ส่งออกที่ (TP6) และสัญญาณเอาท์พุต band reject filter (SSB O/P) ปรับค่าที่ V_{R3} , V_{R4} ไปที่ตำแหน่งเหมาะสมที่ SSB O/P รับได้ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 7

5. ใช้ Spectrum Analyzer วัดดูแถบความถี่ของ TP8 และ SSB O/P ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 7

6. ปรับค่าที่ V_{R1}, V_{R2} จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal (TP5) คือ 1 V และ 500 Hz Sine wave Frequency ทำขั้นตอนที่ 3 ถึง 5 อีกครั้งและให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 8

บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 2 Observe on the variation of the amplitude modulation signal by changing the amplitude of the audio signal

Audio Signal Amplitude	**Output Signal Waveform**	**Output Signal Frequency Spectrum**	Modulation Percentage
0.2 V			E_{max} = E_{min} = m =
0.5 V			E_{max} = E_{min} = m =
0.7 V			E_{max} = E_{min} = m =

ตารางที่ 4 Measured result of AM transmitter

Test Points	Output Signal Waveform	Test Points	Output Signal Waveform
TP1		TP4	
TP6		TP8	
AM O/P		TP8 (MIC I/P)	

ตารางที่ 5 Measured result of DSB-SC modulated signal waveform (Freq. 1 kHz)

Test Points	Output Signal Waveform	Test Points	Output Signal Waveform
TP3		TP5	
TP6		TP7	
TP9			

ตารางที่ 5 Measured result of DSB-SC modulated signal waveform (Freq. 1 kHz)

Test Points	Output Signal Waveform	Test Points	Output Signal Waveform
TP8 Oscilloscope		TP8 Spectrum Analyzer	
DSB O/P Oscilloscope		DSB O/P Spectrum Analyzer	

ตารางที่ 6 Measured result of DSB-SC modulated signal waveform (Freq. 500 Hz)

Test Points	Output Signal Waveform	Test Points	Output Signal Waveform
TP3		TP5	
TP6		TP7	
TP9			

ตารางที่ 6 Measured result of DSB-SC modulated signal waveform (Freq. 500 Hz)

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP8 Oscilloscope		TP8 Spectrum Analyzer	
DSB O/P Oscilloscope		DSB O/P Spectrum Analyzer	

ตารางที่ 7 Measured result of SSB modulated signal waveform (Freq. 1 kHz)

Test Points	Output Signal Waveform	Test Points	Output Signal Waveform
TP3		TP5	
TP6		TP7	
TP9			

ตารางที่ 7 Measured result of SSB modulated signal waveform (Freq. 1 kHz)

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP8 Oscilloscope		TP8 Spectrum Analyzer	
DSB O/P Oscilloscope		DSB O/P Spectrum Analyzer	

ตารางที่ 8 Measured result of SSB modulated signal waveform (Freq. 500 Hz)

Test Points	Output Signal Waveform	Test Points	Output Signal Waveform
TP3		TP5	
TP6		TP7	
TP9			

ตารางที่ 8 Measured result of SSB modulated signal waveform (Freq. 500 Hz)

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP8 Oscilloscope		TP8 Spectrum Analyzer	
DSB O/P Oscilloscope		DSB O/P Spectrum Analyzer	

20.5. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เครื่องรับ AM/DSB/SSB

20.6. วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อเรียนรู้และเข้าใจโนโครงสร้างพื้นฐาน และหน้าที่การทำงานของ Amplitude Modulation (AM) และการรับสัญญาณ Receiver

2. เพื่อเรียนรู้และเข้าใจ Diode Detection Amplitude Demodulator

3. เพื่อเรียนรู้และเข้าใจการทำงานของ Detection Amplitude Demodulator

4. เพื่อเรียนรู้และเข้าใจการทำงานของ ภาครับ AM Receiver

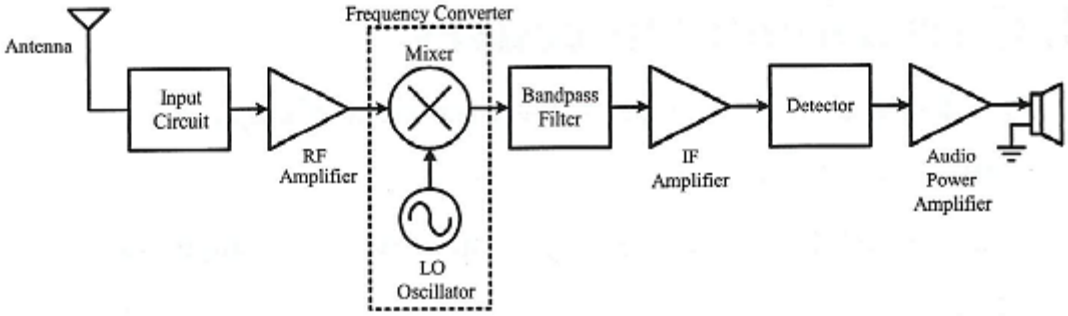
20.7. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เป้าหมายของภาครับจะเลือกตามเสาอากาศ ที่จะจับสัญญาณหรือขยายสัญญาณนั้น จะต้องครอบคลุมแหล่งจ่ายสัญญาณที่จะรับ โดยปกติแล้วภาครับสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน ซึ่งคือ Super Heterodyne และ Direct Conversion โครงสร้างของ Super Heterodyne ประกอบด้วย RF Amplifier, Mixer, IF Amplifier และ Detector RF Amplifier ขยายสัญญาณที่รับจากเสาอากาศ และใช้ Mixer แปลงสัญญาณ RF Signal ใน Intermediate-Frequency (IF) หลังจากนั้นสัญญาณ IF จะถูกขยายโดย IF Amplifier สัญญาณจะผ่านตัวจับ Detector ที่ครอบคลุมแหล่งจ่ายสัญญาณ วงจรแบบนี้ประกอบด้วยสองวงจร แต่มีความไวในการรับ การเลือกและการคงที่ ต่อจากนี้การออกแบบภาครับใช้โดยโครงสร้างสำหรับการเปลี่ยนแปลงตรง การขยายสัญญาณ RF และส่งถึง detector จะได้สัญญาณ Baseband โครงสร้างนี้เป็นแบบง่ายแต่มันไม่ง่ายที่จะมีความไว การเลือกหรือความคงที่ในเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตามภาครับแบบนี้ไม่ใช้งานแล้ว รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของ Super Heterodyne Receiver. ประกอบด้วยวงจรแปลงความถี่ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณ RF ไปเป็น Fixed IF Signal หลังจากนั้นสัญญาณจะผ่าน Filter, Amplifier และ detector คำอิบายของแต่ละวงจรเป็นตามนี้

1. Input Circuit: วงจรนี้เป็นส่วนหลักที่ใช้สำหรับ Impedance matching ระหว่างสายอากาศและ RF Amplifier เราสามารถเลือกย่านความถี่ที่จะใช้โดยปรับวงจรหรือ Filter

2. Radio Frequency Amplifier: Amplifier นี้ใช้ในการขยายภาครับและเพิ่มสัญญาณ Signal to Noise Ratio (S/N) ซึ่งนั้นหมายถึงความไวของภาครับจะเพิ่มขึ้นด้วย วงจรข้างๆ นี้สามารถปรับปรุงการตอบสนองความถี่ดีขึ้น ซึ่งกำหนดโดยรูปแบบความถี่

3. Mixer: หน้าที่หลักของวงจรนี้เป็นการแปลงความถี่ ซึ่งใช้ผสมสัญญาณที่ภาครับ RF Signal กับสัญญาณจาก LO Oscillator ดังนั้นมันสามารถกำเนิดสัญญาณความถี่ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1 Block diagram of super heterodyne receiver

โดยปกติความถี่ IF ต่ำกว่าความถี่ RF ในภาครับความถี่ IF จะแตกต่างกับความถี่ RF และ LO Frequency

4. Local Oscillator (LO): LO เป็นการผลิตสัญญาณ Carrier Signal สำหรับ Mixer ส่วนสำคัญของวงจรนี้คือความคงที่ของสัญญาณ Oscillator การเลือกความถี่ของที่ภาครับจะปรับเปลี่ยนตามความถี่ของ LO ซึ่งใช้ในการคงไว้ของความถี่ IF หรือ Fixed IF Frequency ในโครงสร้างนี้ LO และ Mixer ทั้งสองส่วนนี้สามารถเรียกว่า Frequency Converter

5. Bandpass Filter: วัตถุประสงค์ของ Bandpass Filter ใช้ในการเพิ่มหรือลดทอนสัญญาณความถี่ LO และ High ให้แน่นอน แต่ ถ้าว่าสัญญาณความถี่สามารถทะลุไปได้ Filter ที่ IF ใช้ย้ายสัญญาณ Noise จากการแปลงความถี่และยังคงเหลือสัญญาณ IF บริสุทธิ์

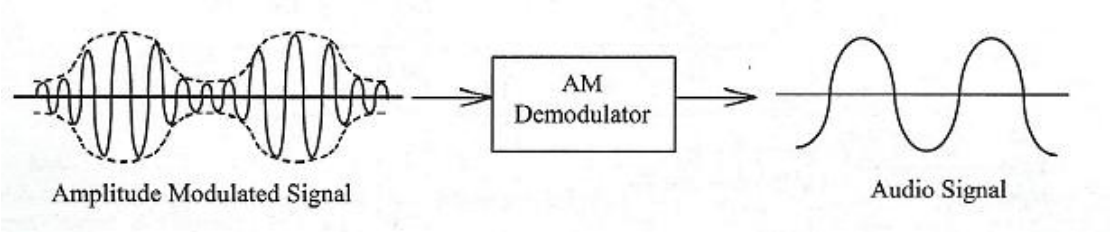
6. Intermediate Frequency Amplifier: วงจรนี้ใช้กำหนดเกณฑ์ของภาครับและเป็นการตอบสนองจาการขยายสัญญาณของภาครับ โดยปกติเราจะเพิ่มวงจรการควบคุมอัตโนมัติ Automatic Gain Control (AGC) ใน IF Amplifier วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการขยายเกิน ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณอิ่มตัวและ distortion

7. Detector: วัตถุประสงค์ของ Detector คือ demodulation ซึ่งสามารถรับสัญญาณวิทยุ audio source signal ของการส่งสัญญาณการพิจารณาหลักของตัวจับสัญญาณ Low Distortion ในบทนี้เราจะพูดถึงรายละเอียดหลักการของ AM detector

8. Audio Frequency Amplifier: วัตถุประสงค์ของ Audio Frequency Amplifier เป็นการขยายสัญญาณวิทยุ audio signal ของ detector จนกระทั่ง Power ของสัญญาณเพียงพอสำหรับขับลำโพง ยิ่งกว่านั้นสิ่งสำคัญของ Audio Frequency Amplifier คือ Low distortion

จากบทที่แล้ว เรารู้จักสัญญาณ AM ใช้ประโยชน์ความกว้างของ Audio Signal เพื่อ modulate การส่งสัญญาณความถี่สูง อย่างไรก็ตามเมื่อเรารับสัญญาณ AM เราต้องการซ่อมแซม audio signal รูปที่ 2 เป็นทฤษฎีของ Amplitude Modulation โดยปกติเครื่องตรวจจับสัญญาณ

สามารถจับสัญญาณที่แบ่งเป็น Synchronous และ Asynchronous เราจะพิจารณาหลักการออกแบบประโยชน์และไม่เป็นประโยชน์ของตัวตรวจจับทั้งสองแบบในบทนี้

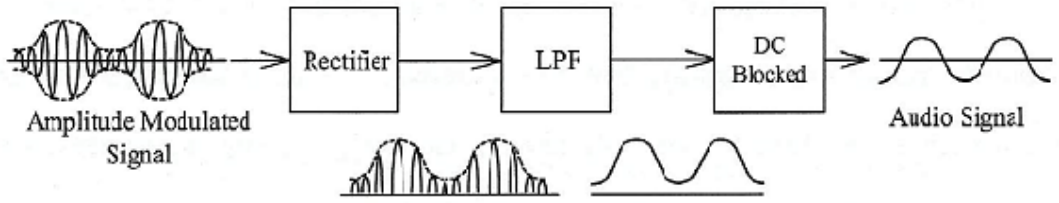


รูปที่ 2 Theory diagram of amplitude demodulator

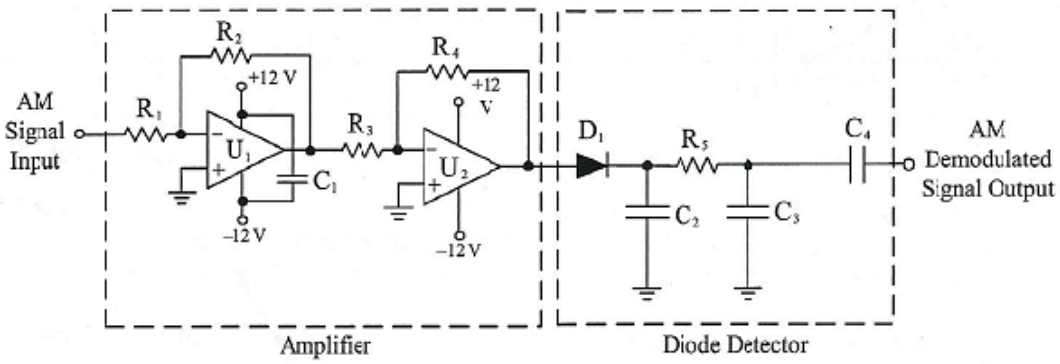
Diode Detector (Asynchronous Detector)

ตั้งแต่สัญญาณ AM ใช้ประโยชน์เพื่อ modulate carrier signal ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของ Carrier Signal Amplitude เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของ Audio Signal Amplitude. ดังนั้นวัตถุประสงค์ของ Amplitude Demodulator คือค้นหาความแตกต่างออกจากสัญญาณ Amplitude Modulation รูปที่ 3 เป็นโครงสร้างของ diode detector วงจรนี้เป็น Asynchronous detector มันจะปรับปรุงสัญญาณ AM และจะได้สัญญาณ Positive Half Wave หลังจากนั้นสัญญาณจะผ่าน Low-pass Filter และค้นหาสัญญาณของ dc เมื่อได้รับก็จะขจัดออกและสัญญาณ Audio Signal จะกลับมาอีก

รูปที่ 4 เป็นโครงสร้างของวงจร diode detector ซึ่งใน R1, R2, R3, R4, U1, U2 จากสองกลุ่มของการสลับที่ Amplifier เพื่อขยายสัญญาณอินพุต D1 เป็นการปรับปรุง diode ซึ่งสามารถทำสัญญาณ Amplitude Modulation กลายเป็นสัญญาณบวกหรือ positive half wave; C2, C3, R5 รวมถึง low-pass filter และย้ายการค้นหาสัญญาณสัญญาณ Audio Signal ซึ่งประกอบด้วยระดับ dc เมื่อวัตถุประสงค์ของ C4 เป็นบล็อคระดับ dc และเราสามารถรับสัญญาณวิทยุได้ที่เอาท์พุต



รูปที่ 3 Block diagram of diode detector



รูปที่ 4 Circuit diagram of diode detector

Product Detector (Synchronous Detector)

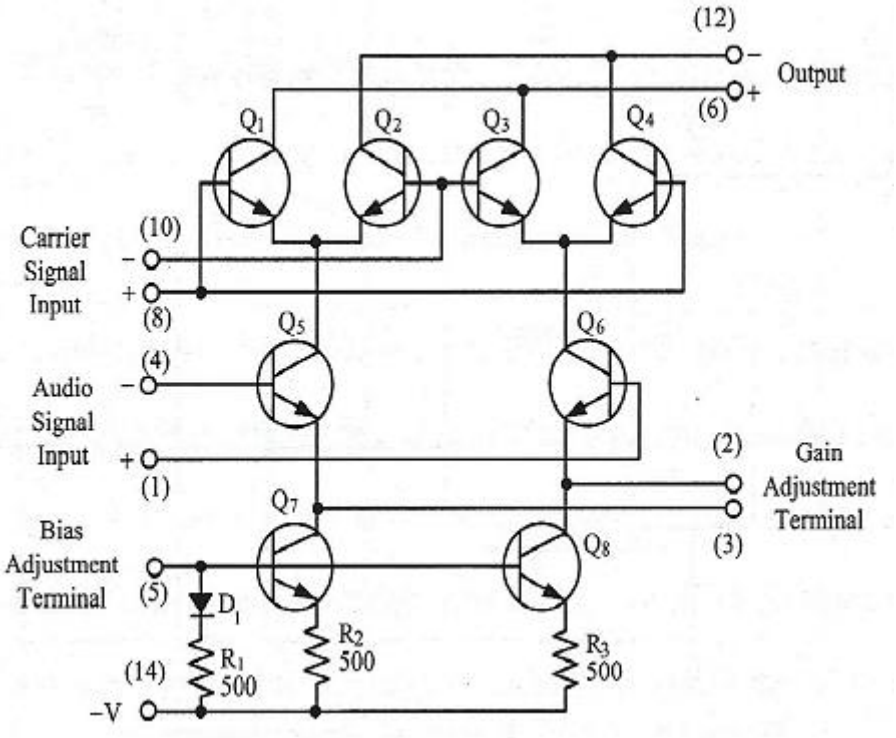
Amplitude Demodulator สามารถทำให้สำเร็จได้โดยใช้ประโยชน์ Balance Modulator เราเรียกการ modulator แบบนี้ว่า Synchronous detector หรือ product detector รูปที่ 5 เป็นวงจรภายในของ Balance Modulator อ้างถึงบทที่แล้ว ให้ $X_{AM}(t)$ คือ Amplitude Modulated signal $X_c(t)$ เป็นการส่งสัญญาณ Carrier

$$x_{AM}(t) = A_{DC}\left[1 + m\cos(2\pi f_m t)\right]A_c\cos(2\pi f_c t) \tag{1}$$

$$x_C(t) = A_c\cos(2\pi f_c t) \tag{2}$$

เมื่อสองสัญญาณอินพุตในสองพอร์ตที่ต่างกันของ Balance Modulator เมื่อ Balance Modulator เอาท์พุตสัญญาณเป็นดังนี้ สมการที่ (3)

$$\begin{aligned} x_{out}(t) &= kX_c(t) \times X_{AM}(t) \\ &= kA_{DC}A_C^2\left[1 + m\cos(2\pi f_m t)\right]\cos^2(2\pi f_c t) \\ &= \frac{kA_{DC}A_C^2}{2} + \frac{kA_{DC}A_C^2}{2}m\cos(2\pi f_m t) + \frac{kA_{DC}A_C^2}{2}\left[1 + m\cos(2\pi f_m t)\right]\cos\left[2(2\pi f_c t)\right] \end{aligned} \tag{3}$$



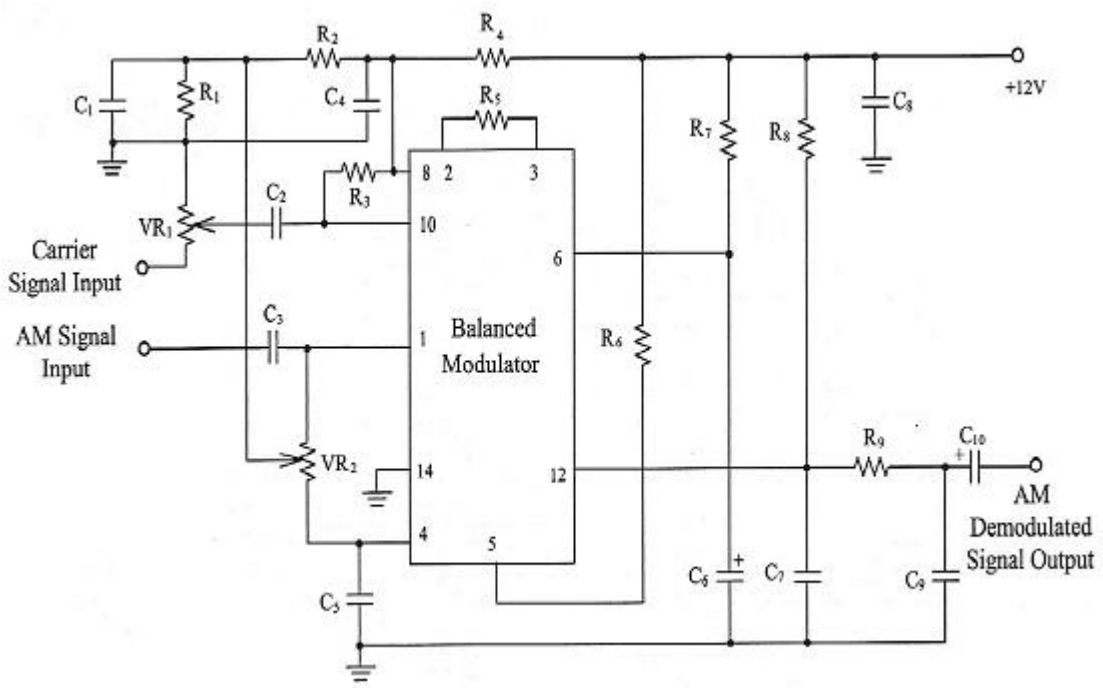
รูปที่ 5 Internal circuit diagram of balanced modulator

เมื่อ k ทำหน้าที่แทนเกณฑ์ของ Balance Modulator ในสมการที่ (3) ส่วนแรกเป็นสัญญาณ dc signal ส่วนที่สองเป็นสัญญาณวิทยุ Audio Signal และส่วนที่สามเป็น second harmonic ของสัญญาณ AM ถ้าเราสามารถเอาส่วนที่เป็นสัญญาณวิทยุ Audio Signal ออกจาก $X_{out}(t)$ เมื่อนั้นเราจะได้สัญญาณ Amplitude Demodulated หรือสัญญาณวิทยุ Audio Signal ที่ถูกต้องแม่นยำ

รูปที่ 6 โครงสร้างของวงจร detector VR1 ควบคุม Input Magnitude ของ AM ต่อจากนั้น Output Signal ของ Balance Modulator จะสร้างขึ้นที่ Pin 12. C7, C9, R9 ประกอบด้วย low-pass filter ซึ่งสามารถย้ายสัญญาณที่ไม่ต้องการส่วนที่สามของสมการ (3) ส่วนที่สอง harmonic ของสัญญาณ AM สัญญาณ DC ที่ส่วนที่หนึ่งของสมการที่ (3) สามารถบล็อคโดย C10 อย่างไรก็ตามจะได้สัญญาณที่เอาท์พุตพอร์ต

$$X_{out}(t) = \frac{kA_{DC}A_C^2}{2} m\cos(2\pi f_m t) \qquad (4)$$

สมการที่ (4) เป็นการทำหน้าที่แทนสัญญาณ Audio Signal หรือ Amplitude Modulated Signal ซึ่งสามารถทำโดยวิธี Product Detector



รูปที่ 6 Circuit diagram of product detector

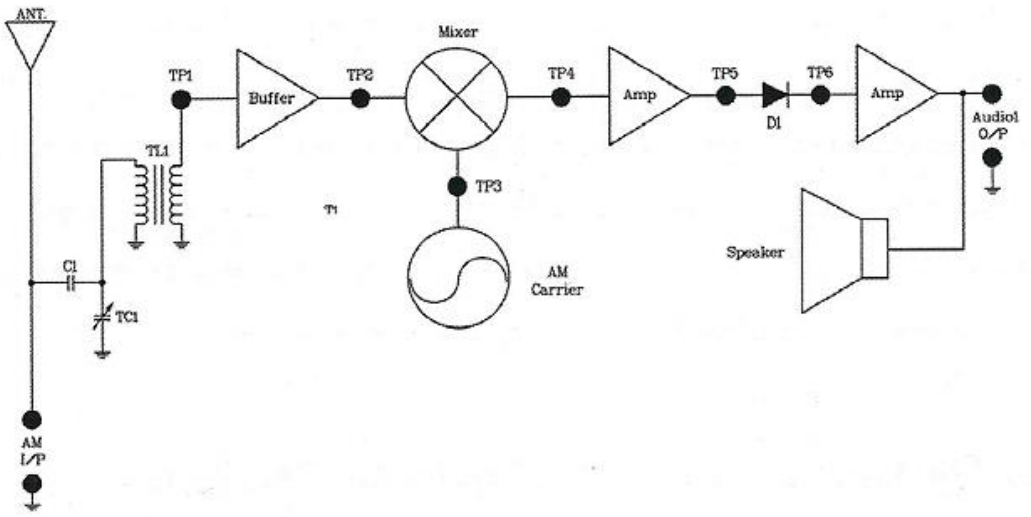
Detector ทั้งสองแบบมีข้อดีและไม่ดี ขณะที่ diode detector เป็น Asynchronous detector เป็นวงจรง่ายๆ แต่ประสิทธิภาพไม่ดีกว่า Product Detector อย่างไรก็ตามสำหรับ Product Detector ซึ่งเป็น Synchronous detector มันมีประสิทธิภาพดีแต่เป็นวงจรที่ยากจะเข้าใจมากกว่า diode detector การ Synchronous ต้องการ carrier signal และ amplitude modulated signal เพิ่มเข้ามาอีกด้วย (ความถี่เหมือนกันและเฟสเหมือนกัน) มิฉะนั้นมันจะส่งผลต่อคุณภาพของ Output Signal

The Operation Theory of AM Receiver

โครงสร้างของภาครับ AM ที่แสดงในรูปที่ 7 เสาอากาศ (TL1) สามารถรับสัญญาณความถี่ตั้งแต่ 500 kHz – 2 MHz โดยใช้ TC1 ปรับย่านความถี่ของสัญญาณ RF เป็น 550 Hz – 1605 kHz ต่อจากนั้นเราสามารถเลือกช่องสัญญาณความถี่อื่นได้ในเวลาเดียวกัน มันสามารถปรับ output frequency ของ local oscillator เราสามารถเลือกช่องการรับที่แตกต่างได้

วัตถุประสงค์ของ Mixer Circuit จะสร้างความถี่ที่แตกต่างกันระหว่างช่องสัญญาณและ LO Signal ซึ่งเป็นสัญญาณ IF คงที่ ที่ 455 kHz เพราะฉะนั้นวงจร IF จึงต้องการการขยายสัญญาณและ filter เพื่อจำกัดแถบความถี่ให้แคบลงของ 455 kHz และไม่ต้องเปลี่ยนความถี่อินพุตที่ได้จากสายอากาศ

การ Demodulation และ Amplifier จะขยายสัญญาณความถี่ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เราจะได้สัญญาณที่ดีสุดและส่งไปในเครื่องตรวจจับ detector จากการ demodulation และเพิ่ม ขั้นตอนในรูปที่ 7 เราใช้โครงสร้างของ diode detector ขณะที่เครื่องตรวจจับ detector ของ receiver ที่ D1 คือ half-wave rectifier ซึ่งสามารถทะลุผ่านสัญญาณ Positive Signal ได้ สรุป audio Amplifier จะขยายสัญญาณ Audio Signal จนกระทั่งสามารถขับลำโพง จากนั้นลำโพงจะขับสัญญาณ Audio Signal ที่เราต้องการออกลำโพง



รูปที่ 7 Block diagram of AM receiver

The Operation Theory of DSB/SSB Detector

การ modulated สัญญาณเอาท์พุตของ DSB/SSB สามารถหยุดยั้งการส่งสัญญาณ carrier signal อย่างไรก็ตามมันจะง่ายสำหรับการเตรียมการค้นหาวงจรเพื่อใช้ตามการรใช้งานของ Asynchronous detector สำหรับการ Synchronous detector เราจำเป็นต้องเพิ่ม Local Oscillator และพิจารณาความแตกต่างของเฟส ระหว่างส่งสัญญาณ อย่างไรก็ตาม Asynchronous detector จะไม่พบปัญหานี้โดยใช้ Asynchronous detector สำหรับ demodulation เราควรจะต้องส่งสัญญาณ DSB หรือ SSB ไปใน detector หลังจากนั้น detector จะ Demodulated สัญญาณและครอบคลุมสัญญาณต้นแบบ ตามรายละเอียดที่แสดงวงจรของ detector ในรูปที่ 4

20.8. อุปกรณ์การทดลอง

1. บอรด์ทดลอง ETEK AM-6011	1	บอร์ด
2. บอรด์ทดลอง ETEK AM-6022	1	บอร์ด
3. สโคปวัดสัญญาณ	1	เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ	1	เครื่อง

20.9. ขั้นตอนการทดลอง (Experiment Items)

Experiment 1: Measurement of AM Modulated Signal Waveform

1. เตรียม AM Transmitter ตามที่แสดงในรูป 1.6 หรือ ETEK บอร์ด AM-6011 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ให้ J1, J5, J6 และ J12 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับค่าที่ VR1 และ VR2 จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต audio (TP4) เป็น 0.5 V ($V_{p\text{-}p}$ = 1 V) และ ความถี่ 1 kHz Sine wave ต่อจากนั้นปรับ VR3 และ VR4 ไปทางขวาจนสุด จากนั้นสัญญาณเอาท์พุตของภาคส่ง (AM) จะสูงสุดโดยปราศจาก distortion

2. จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Receiver ตามรูปที่ 7 บอร์ด AM-6012 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ปรับเลือกช่องสัญญาณของภาครับไปที่ 1 MHz และปรับ VR1 ไปซ้ายสุดจนได้ Output Volume ที่เหมาะสม โดยใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณเอาท์พุต (Audio O/P) ของ Audio Signal Amplifier ปรับเลือกช่องสัญญาณของภาครับต่อเนื่องจนกระทั่ง Output Signal เป็น Sinwave ให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 1

3. ปรับค่าที่ VR2 ของภาคส่งเปลี่ยน Amplitude ของ Audio Signal ไปที่ 1 V และ 1.5 V ทำขั้นตอนที่สองอีกครั้ง และบันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 1

4. ปรับค่าที่ VR1 ของภาคส่งเปลี่ยน Amplitude ที่ O/P (TP4) ของ Audio Signal Generator ไปที่ 1 V และ ความถี่ 500 Hz และ 1 kHz Sine wave ทำขั้นตอนที่สองอีกครั้ง และบันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 2

5. ปรับค่าที่ VR2 และ VR3 ของภาคส่งเปลี่ยนอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต (TP4) ของ Audio Signal Generator ไปที่ 1 V และความถี่ 1 kHz Sine wave ทำขั้นตอนที่สองอีกครั้งใช้ Oscilloscope วัดที่จุดTest point TP4, TP6, TP8 ของ Receiver และบันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 3

Experiment 2: Measurement of Tunable Broadcast Signal

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Receiver ตามรูปที่ 7 บอร์ด AM-6012 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON

2. ปรับ VR1 ไปทางซ้ายจนสุดจนได้ Output Volume ที่เหมาะสมปรับเลือกช่องสัญญาณของภาครับจนกระทั่ง สัญญาณ AM Broadcast คงที่

3. ใช้ Oscilloscope วัดที่จุด Test point TP1, TP4, TP6, และ TP8 บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 4

Experiment 3: Measurement of AM Wireless Transceiver

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Receiver ตามรูปที่ 1.6 บอร์ด AM-6011 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ให้ J1, J5, J6 และ J12 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับค่าที่ VR1 และ VR2 จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต audio (TP4) เป็น 0.5 V ($V_{p\text{-}p}$ = 1V) และ ความถี่ 1 kHz Sine wave ต่อจากนั้นปรับ VR3 และ VR4 ไปทางขวาจนสุด จากนั้นสัญญาณเอาท์พุตของภาคส่ง (AM O/P) จะสูงสุดโดยปราศจาก distortion

2. จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Receiver ตามรูปที่ 7 บอร์ดAM-6012 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ปรับเลือกช่องสัญญาณของภาครับไปที่ 1 MHz และปรับ VR1 ไปซ้ายสุดจนได้ Output Volume ที่เหมาะสมโดยใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณเอาท์พุต (Audio O/P) ของ Audio Signal Amplifier ปรับเลือกช่องสัญญาณของภาครับต่อเนื่องจนกระทั่ง Output Signal เป็น Sinwave

3. ใช้ Microphone ต่อที่อินพุต Audio Signal ปรับ VR2 ของ Transmitter ต่อเนื่องจนกระทั่งสัญญาณเอาท์พุต Output Audio Signal ของภาครับที่ได้ชัดเจนที่สุด

Experiment 4: Measurement of DSB-SC Signal Detector

1. เตรียม AM Transmitter ตามที่แสดงในรูปที่ 1.6 หรือ ETEK บอร์ด AM-6011 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ให้ J3, J4, J5, และ J10 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับค่าที่ VR1 และ VR2 จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต audio (TP5) เป็น 0.5 V ($V_{p\text{-}p}$ = 1V) และ ความถี่ 1 kHz Sine wave ต่อจากนั้นปรับ VR3 และ VR4 จากนั้นสัญญาณเอาท์พุตของ bandpass filter (DSB O/P) จะสูงสุดโดยปราศจาก distortion

2. จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Detector ตามรูปที่ 4 ตามบอร์ด AM-6012 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ใช้สัญญาณเชื่อมต่อ line connect ที่ DSB O/P ของ Transmitter และอินพุตพอร์ต DSB O/P ของ Receiver

3. ใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณของ Detector (Audio 2 O/P) ปรับค่าที่ VR4 จนได้รูปคลื่นที่ดีที่สุด

4. ใช้ Oscilloscope วัดดูรูปคลื่นของ TP5, TP7, TP9, และ Audio 2 O/P บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 5

5. ปรับค่าที่ VR1 ของภาคส่งเปลี่ยน Amplitude ของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal buffer (TP5) ไปที่ 1 V และความถี่ 1.2 kHz Sine wave ทำขั้นตอนที่ 3 และ 4 อีกครั้งและให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 6

Experiment 5: Measurement of SSB Signal Detector

1. เตรียม AM Transmitter ตามที่แสดงในรูปที่ 1.6 หรือ ETEK บอร์ด AM-6011 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ให้ J3, J4, J7, และ J11 เป็น Short Circuit ให้ JP เป็น Open Circuit ปรับค่าที่ VR1 และ VR2 จากนั้นอัตราการขยายของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal buffer (TP5) เป็น 0.5 V ($V_{p\text{-}p}$ = 1V) และ ความถี่ 1 kHz Sine wave ต่อจากนั้นปรับ VR3 และ VR4 จากนั้นสัญญาณเอาท์พุตของ high-pass filter (SSB O/P) จะสูงสุดโดยปราศจาก distortion

2. จัดเตรียมอุปกรณ์ AM Detector ตามรูปที่ 4 ตามบอร์ด AM-6012 สับสวิทช์ SW1 and SW2 ไปที่ ON ใช้สัญญาณเชื่อมต่อ line connect ที่ SSB O/P ของ Transmitter และอินพุตพอร์ต SSB O/P ของ Receiver

3. ใช้ Oscilloscope วัดดูสัญญาณ O/P port ของ Detector (Audio 2 O/P) ปรับค่าที่ VR4 จนได้รูปคลื่นที่ดีที่สุด

4. ใช้ Oscilloscope วัดดูรูปคลื่นของ TP5, TP7, TP9, และ Audio 2 O/P บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 7

5. ปรับค่าที่ VR1 ของภาคส่งเปลี่ยน Amplitude ของสัญญาณเอาท์พุต Audio Signal buffer (TP5) ไปที่ 1 V และความถี่ 1.2 kHz Sine wave ทำขั้นตอนที่ 3 และ 4 อีกครั้งและให้บันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 8

บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 2 Observe on the variation of the amplitude modulation signal by changing the frequency of the audio signal

Audio Signal frequency	**Output Signal Waveform**	**Output Signal Frequency Spectrum**
500 Hz		
1 kHz		
1.2 kHz		

ตารางที่ 3 Measured result of AM receiver

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP1		TP2	
TP3		TP4	
TP6		TP8	
Audio 1 O/P			

ตารางที่ 4 Measured result of AM broadcasting received signal

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP1		TP2	
TP3		TP4	
TP6		TP8	
Audio 1 O/P			

ตารางที่ 5 Measured result of DSB-SC detector audio freq. 1 kHz

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP5		TP7	
TP9		Audio 2 O/P	

ตารางที่ 6 Measured result of DSB-SC detector audio freq. 1.2 kHz

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP5		TP7	
TP9		Audio 2 O/P	

ตารางที่ 7 Measured result of SSB detector audio freq. 1 kHz

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP5		TP7	
TP9		Audio 2 O/P	

ตารางที่ 8 Measured result of SSB detector audio freq. 1.2 kHz

Test Points	**Output Signal Waveform**	**Test Points**	**Output Signal Waveform**
TP5		TP7	
TP9		Audio 2 O/P	

20.10. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

20.11. คำถามท้ายการทดลอง

1. ให้อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งแบบ AM อย่างละเอียด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้วาดรูปสเปคตรัมของมอดูเลท AM แบบ SSB และแบบ DSB

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้อธิบายข้อแตกต่างระหว่างมอดูเลท AM แบบ SSB และแบบ DSB-SC ข้อดีและข้อเสียอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้อธิบายหลักการทำงานของเครื่องรับแบบ AM อย่างละเอียด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้คำนวณหาค่าดัชนีการมอดูเลทในขั้นตอนการทดลองที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....