บทที่ 3

ภาครับสัญญาณแบบ AM

วัตถุประสงค์

เมื่อจบบทนี้เราจะสามารถอธิบายการรับแบบ AM โดยใช้ชุดวงจรภาครับ AM/SSB จากชุดวงจรการสื่อสารแบบอนาลอก

ข้อศึกษา

ภาครับแบบ AM ต้องมีความสามารถในการเลือกรับสัญญาณที่ต้องการและเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณวิทยุจากภาคส่งของ AM ความสามารถในการเลือกสถานีที่ต้องการและกำจัดสถานีที่ไม่ต้องการออกไปเรียกว่าความสามารถในการเลือก (selectivity)

จากรูป 3-1 แสดงชุดไดอะแกรมของภาครับ AM แบบง่าย ๆ ภาค RF และภาค Oscillator จะถูกปรับพร้อมกันเพื่อเลือกสถานีที่ต้องการ ภาคมิกเซอร์ทำหน้าที่แปลงความถี่ของภาค IF 455 KHz โดยภาค IF ทำหน้าที่กรองความถี่ IF และขยายสัญญาณนี้ เมื่อสัญญาณนั้นมาที่ภาคดีเทคเตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ IF มาเป็นสัญญาณเสียงและจะถูกส่งมาที่ภาคขยายเสียงเพื่อส่งออกที่ลำโพง

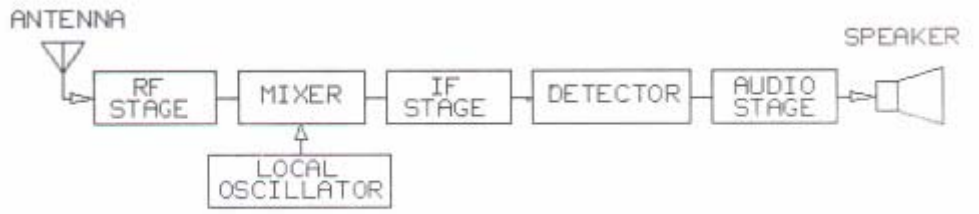

Figure 3-1.

ภาคต่าง ๆ ของเครื่องรับแบบ AM บนชุดวงจรการสื่อสารแบบอนาลอกถูกแสดงในรูป 3-2

หมายเหตุ ภาคขยาย IF ไม่ถูกรวมไว้ที่ชุดวงจรทดลองนี้

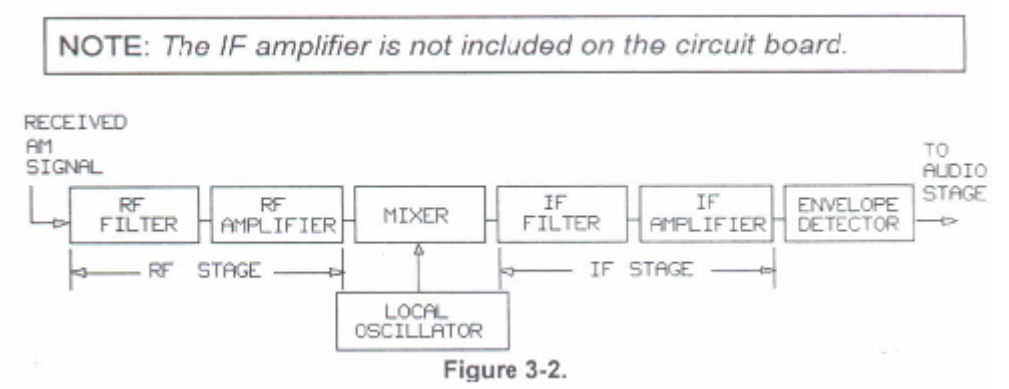

Figure 3-2.

โดยการปรับชุดกรองความถี่ IF เราสามารถเลือกย่านความถี่ (แบนด์วิดธ์) ซึ่งมีความถี่ AM ที่เราต้องการโดยใช้ความถี่เรโซแนนท์ โดยชุดกรองความถี่ IF เป็นชุดกรองความถี่แบบยอมให้ความถี่ในย่านใดย่านหนึ่งผ่านเท่านั้น โดยย่านที่ยอมให้นั้นรวมความถี่ไซด์แบนด์ของความถี่ที่ต้องการไว้ข้างใน

เมื่อเราปรับภาคขยาย RF (RF Amplifier)โดยการปรับตัวเหนี่ยวนำ(Inductor)ในวงจรจะทำให้ระดับกำลังของสัญญาณ AM ที่ถูกเลือก ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ภาคกรองความถี่(RF filter)และขยายสัญญาณ RF (RF Amplifier)จะรวมกันเป็นภาค RF ของภาครับ(RF Stage)เพื่อสร้างให้ภาค IF ของเครื่องรับ AM รับความถี่คงที่

มิกเซอร์ทำการรวมสัญญาณ AM ที่ถูกเลือกกับสัญญาณจากความถี่ที่ได้จากตัวกำเนิดสัญญาณ (Local Oscillator) เพื่อให้ได้สัญญาณ IF 455KHz

IF Stage ของภาครับ AM จะยอมให้ความถี่ปานกลาง ที่ถูกออกแบบให้มีความถี่ที่คงที่ให้ผ่านไป และในส่วนของภาค Mixer จะรวมเอาสัญญาณ AM ที่ประกอบไปด้วยสัญญาณ Local Oscillator ที่ผลิตความถี่ 455 kHz

ภาค IF ถูกออกแบบมาเพื่อให้ความถี่ที่คงที่ผ่านไป เพื่อการปรับปรุงการเลือกความถี่และง่ายต่อการนำไปขยาย ภาครับแบบซุปเปอร์เฮทเทอร์โรดายน์จะมี ganged Tuning ของภาค RF และ Local Oscillator ซึ่งทำให้มิกเซอร์ให้สัญญาณ IF เป็น 455KHz ตลอดเวลา

(Heterodyning)เฮทเทอร์โรดายน์เป็นกระบวนการรวมความถี่ 2 ความถี่เพื่อสร้างความถี่อื่น 2 ความถี่ โดยความถี่ที่ 1 จะเท่ากับผลบวกของความถี่ที่ป้อนเข้ามาทั้งสอง ส่วนความถี่ที่ 2 จะเท่ากับความแตกต่างของความถี่ที่ป้อนเข้ามาทั้งสอง

(Superheterodyne)ซุปเปอร์เฮทเทอร์โรดายน์ เป็นขบวนการควบคุมความถี่จากLocal Oscillator ให้สัมพันธ์กันกับความถี่ RF เพื่อให้ได้ผลลัพธ์จากมิกเซอร์เป็น 455KHz โดยให้ผลเป็นผลรวมและผลต่างของความถี่ทั้งสองของสัญญาณ AM และสัญญาณ Local Oscillator

ชุดกรองความถี่ IFในส่วนของ IF stage จะเป็นเซรามิกซ์ แบนด์พาสที่มีแบนด์พาส 20KHz ซึ่งจะลดทอนสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่า 445KHz และสูงกว่า 465KHz บางครั้งก็จะมีการเพิ่มภาคขยาย IF เข้าไปอีก 1 ภาค เพื่อเพิ่มอัตราขยายแต่ในชุดทดลองนี้ไม่ได้มีการเพิ่มไว้

เอนเวลอป ดีเทคเตอร์ (envelope detector) ทำการแยกสัญญาณ IF 455KHz เพื่อเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณข้อมูล และส่งต่อไปที่ภาคขยายเสียงซึ่งไม่ได้รวมไว้ในชุดทดลอง

ศัพท์และความหมาย

Envelope Detector วงจรที่ประกอบด้วยไดโอดต่อกับแบบอนุกรมกับ RC Network ต่อเข้าด้วยกันเพื่อทำการแยกสัญญาณ

IF Stage เป็นภาคที่อยู่ระหว่างมิกเซอร์และดีเทคเตอร์ โดยทำหน้าที่กรองความถี่ความถี่เดียวซึ่งมีการกรองและขยายความถี่

Local Oscillator (LO) ตัวกำเนิดสัญญาณความถี่เพื่อนำไปรวมกับความถี่อื่น เพื่อให้ใช้งานได้

RF Stage เป็นภาคแรกที่ทำหน้าที่เลือก, กรอง และขยายความถี่ที่รับเข้ามา

Selectivity เป็นการวัดภาครับว่ามีความสามารถในการกำจัดสถานีที่อยู่ใกล้ ๆ ออกไปได้ดีอย่างไรเมื่อปรับไปที่สถานีที่ต้องการ

อุปกรณ์ที่ต้องการ

- ชุด Base Unit
- ชุดทดลองการสื่อสารแบบอนาลอก
- ชุดจ่ายโวลท์เตจ DC 15 V (2 ชุด)
- ออสซิลโลสโคป 2 เส้นภาพ
- ชุดกำเนิดสัญญาณรูปซายน์

RF STAGE

วัตถุประสงค์

เมื่อจบบทนี้เราจะสามารถคำนวณกำลังของสัญญาณ AM ที่อินพุทของชุดกรองสัญญาณ RF พร้อมทั้งอธิบายว่าชุดกรองความถี่ RF ทำงานอย่างไร ทำการคำนวณอัตราขยายกำลังของภาคขยาย RF โดยใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดสัญญาณ

ข้อศึกษา

ในบทนี้เราจะทำการ ตั้งค่าการส่งสัญญาณ AM แบบ 100% Mod ส่งไปยังภาครับสัญญาณ AM ภาคส่งสัญญาณ AM จะส่งโดยส่งผ่านระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับบนบอร์ดทดลองโดยไม่ต้องส่งผ่านอากาศแบบการส่งแบบคลื่นวิทยุซึ่งดูจากรูป 3-3 ในวงจรจะต่อความต้านทาน 1 เมกะโอห์ม ระหว่าง RF Transmitter และ RF Filter ซึ่งจะเป็นการลดกำลังของสัญญาณ AM ที่ส่งไปยังอินพุทของ RF Filter

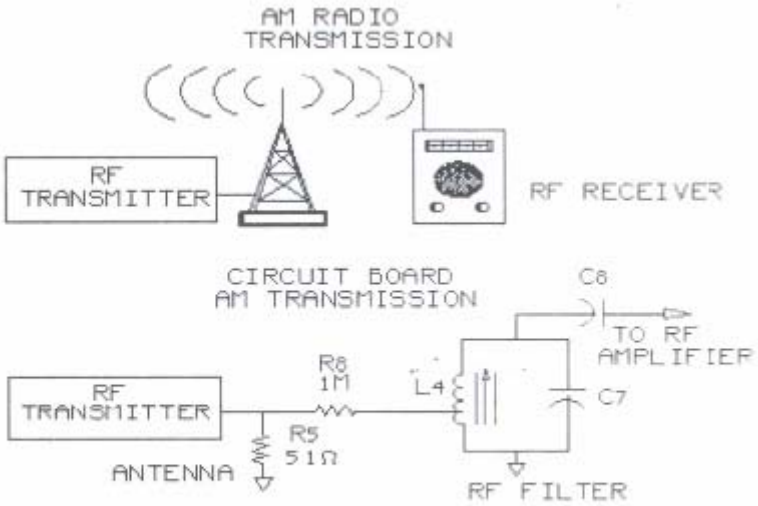

Figure 3-3.

โดยภาค RF ของภาครับ AM/SSB ประกอบด้วยชุดกรองความถี่ RF (RF Filter)และภาคขยาย RF (RF Amplifier) บนบอร์ดของคุณ เมื่อเราทำการปรับ L4 ก็เพื่อให้ได้ความถี่ AM 1 MHz โดยความถี่ที่นอกเหนือจากแบนด์วิดธ์ที่ต้องการจะถูกลดทอนลงไป จากรูป 3-4 แบนวิดธ์ของชุดกรองความถี่ RF(RF Filter) กว้างพอที่ยอมให้ความถี่ USB และ LSB ผ่าน

จากบทที่ 2 เราทราบว่า USB = $f_c + f_m$ และ LSB = $f_c - f_m$ เมื่อ f_c เป็น 1000 KHz และสัญญาณข้อมูล f_m เป็น 2 KHz จะได้ USB = 1002 KHz และ LSB = 998 KHz

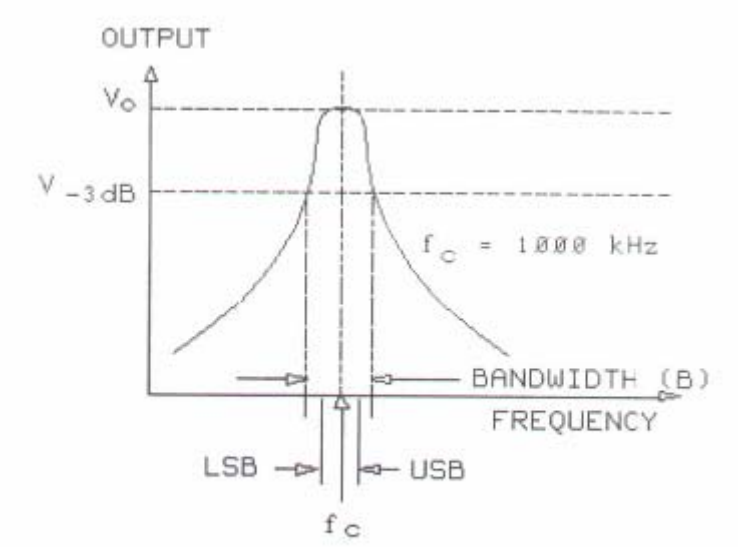

Figure 3-4.

อ้างถึงวงจร AM TRANSMISSION ดูรูป 3-3 เมื่อเราทำการปรับ RF Filter จะแยกความถี่ที่ไม่ต้องการออกโดยให้ความถี่สัญญาณ AM ผ่าน และตัว Filter จะมีความต้านทาน 50 Ω สัมพันธ์กับ ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor L4) และกราวด์ของสายอากาศตัวรับ ซึ่งบนวงจรจะไม่มีสายอากาศตัวรับแต่สัญญาณที่ L4 จะแสดงด้วยสัญญาณรับของสายอากาศ

RF Amplifier ดูที่รูป 3-5 ซึ่งเป็น Single-ended differential amplifier จะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ 2 ตัว คือ Q2 และ Q3 ซึ่งสัญญาณอินพุทจะป้อนเข้าที่ขาเบสของ Q2 และ Q3 โดยที่ขาเบสของ Q3 จะต่อกับกราวด์ของสัญญาณไฟ AC และขาอีมิตเตอร์ของ Q2 และ Q3 จะต่อรวมกับขาคอลเลคเตอร์ของ Q4 ซึ่งทำหน้าที่เสมือนแหล่งกำเนิดกระแสคงที่ ดังนั้นQ3 ถูกต่อแบบคอมมอนเบสแอมฟลิฟาย และขาคอลเลคเตอร์ของ Q3 ถูกต่อเข้ากับกลุ่ม RLC Network ซึ่งมีตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ (L5) และขาคอลเลคเตอร์ Q3 ถูกต่อเข้าที่ขาเบสของ Q5 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์โดยผลที่ได้จะปรากฏที่ C10 ในวงจรอีมิตเตอร์ของ Q5 ต่อมาค่า Power Gain ของRF Amplifier จะมีมากในการ amplifier ซึ่งสามารถเพิ่มระดับกำลังของสัญญาณ AM และจะถูกเลือกโดย RF Filter

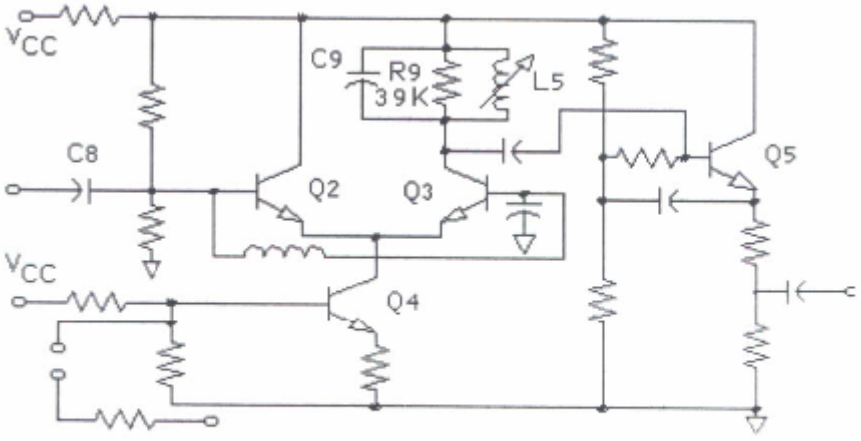

Figure 3-5.

ขั้นตอน A - การต่อวงจรภาคส่ง AM

ในขั้นตอนนี้เราจะต่อและปรับเครื่องส่ง AM และใช้การส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับ

1. ให้ต่อวงจรภาคส่งแบบ AM ดังรูป 3-6

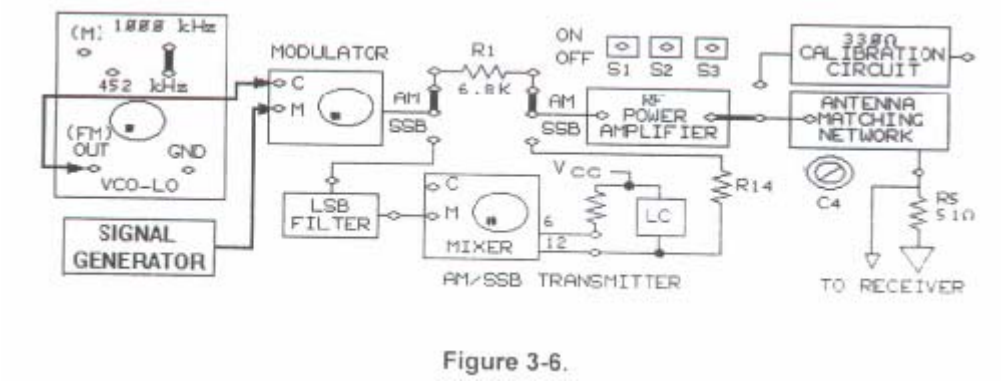

Figure 3-6.

2. ที่วงจร VCO-LO ให้ต่อตัวต่อ 2 ขา ที่ตำแหน่ง 1000 KHz
3. ตั้งสวิทช์ S1 และ S2 ไปที่ตำแหน่ง OFF
4. ตั้งสวิทช์ S3 ไปที่ตำแหน่ง ON (ขณะนี้อิมพีแดนซ์ของแมชชิ่งจะเป็น 330โอห์ม)
5. ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่ตำแหน่ง C ของ Modulator (สัญญาณเข้าของสัญญาณพาหะ)

หมายเหตุ เมื่อต่อโพรบเพื่อทำการวัดให้ต่อกราวด์ของโพรบเข้ากับกราวด์ของวงจรทุกครั้ง

6. ขณะที่ทำการสังเกตสัญญาณที่ CH 1 ให้ปรับปุ่มที่ VCO-LO เพื่อให้ได้สัญญาณพาหะ(carrier)มีขนาด $0.1V_{pk\text{-}pk}$
7. ปรับปุ่มโวลท์เตจลบที่ชุด Base Unit เพื่อปรับความถี่ของสัญญาณพาหะเป็น 1000 KHz
8. ต่อโพรบ CH 2 เข้าที่จุด (M) ของ Modulator
9. ขณะที่สังเกตสัญญาณที่ CH 2 ให้ปรับชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator) ให้ได้สัญญาณรูปซายน์ 2 KHz ขนาด 0.1 Vpk-pk
10. ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่เอาท์พุทของสายอากาศ (R5) ให้ตั้ง Sweep (Time/DIV)เป็น 0.1 mS/DIV และตั้งโหมดTriggerให้อยู่ตำแหน่ง CH 2 และให้ปรับปุ่ม Modulator เพื่อให้เป็นการมอดดูเลชั่น 100% ดังรูป 3-7

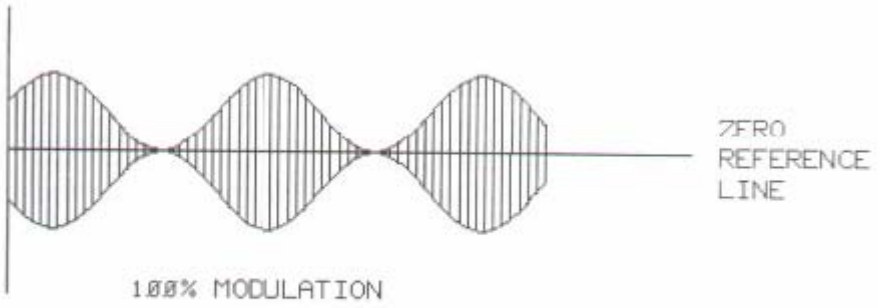

Figure 3-7.

ขั้นตอน B ชุดกรองสัญญาณ RF ; กำลังที่ป้อนเข้า

ในขั้นตอนนี้เราจะคำนวณแรงดัน V_{rms} ของสัญญาณ AM ที่รับจากเสาอากาศและ Power ที่ RF FILTER ซึ่งผลของคุณจะนำมาใช้ในการคำนวณค่า Power gain ของ RF stage

จากรูป 3-7 สัญญาณ AM ที่มาจากการส่งของเสาอากาศจะต่อกับความต้านทาน (R8) 1 เมกะโอห์ม จะมีค่า Power ลดลงที่เครื่องรับ AM และที่ RF amplifier ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ประมาณ 3 กิโลโอห์ม โดย R8 ต่อเข้าที่จุดต่อแยกของ L4 ซึ่งมีอัตราส่วน 7.7 รอบ จากอัตราส่วนนี้อินพุทอิมพีแดนซ์จะประมาณ 50 โอห์ม เมื่อชุดกรองความถี่ถูกปรับเป็น 1000 KHz

หมายเหตุ ที่ความถี่เรโซแนนท์, X_{L4} จะเท่ากับ X_{c7} มีผลให้วงจรมีอิมพีแดนซ์เป็นค่าความต้านทานบริสุทธิ์

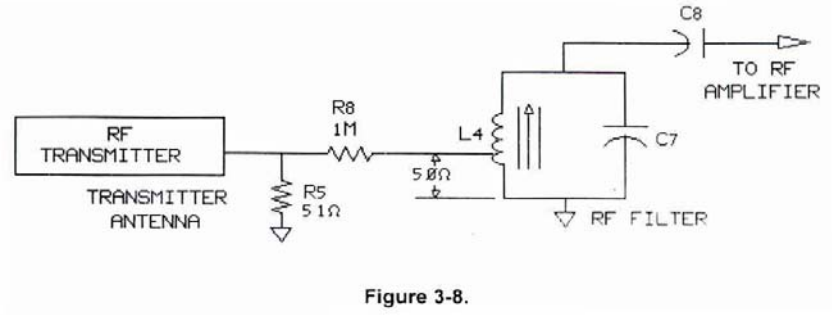

Figure 3-8.

ค่า Voltage Divider จะมาจาก R8 (1MHz) และค่าความต้านทานอินพุทของ Inductor สายอากาศ เพราะว่า Voltage Dividerที่เข้าที่ R8 จะลดลงด้วยอัตราส่วน 50โอห์ม ต่อ 1,000,050 โอห์ม ตามจุดต่อแยกของตัวเหนี่ยวนำเราไม่สามารถใช้ออสซิลโลสโคปในการวัดสัญญาณที่จุดแยกของตัวเหนี่ยวนำ เนื่องจากสัญญาณมีขนาดของสัญญาณต่ำมาก แต่เราสามารถใช้การคำนวณเพื่อหาได้

$$V_{RF(i)} \times \left(\frac{50}{1{,}000{,}050} \right)$$

เราสามารถหาขนาดของสัญญาณที่รับจากเสาอากาศได้โดย

$$P_{RF(i)} = \frac{V_{RF(i)}^2}{50\Omega}$$

ในการคำนวณหาค่ากำลังในขั้นตอน B เราจำเป็นต้องเปลี่ยนค่า pk-pk เป็น RMS โดยการใช้ค่า 0.3535 คูณค่า pk-pk

11. ที่บล็อกวงจร AM/SSB TRANSMITTER ให้ใช้ตัวต่อ 2 ขาต่อระหว่าง TRANSMITTER ไปยัง (R8) ค่า1 MΩที่วงจรภาครับของ AM/SSB (รูป 3-9) ต่อโพรบของ CH 1 เข้าที่อินพุทของ R8 ถามว่าสัญญาณที่ต่อเข้า R8 เป็นสัญญาณ AM ใช่หรือไม่ ?

.....

.....

.....

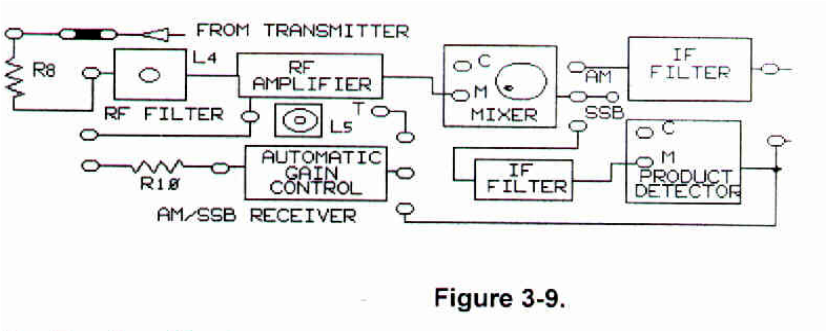

Figure 3-9.

12. ให้สังเกตสัญญาณเมื่อมีการปรับที่ RF FILTER และ RF AMPLIFIER เราจะใช้เฉพาะสัญญาณพาหะ(Carrier)ที่ความถี่ 1000 KHz ซึ่งเป็นสัญญาณส่ง ต่อมาให้ดูที่บล็อก AM/SSB TRANSMITTER ให้ถอดชุดกำเนิด สัญญาณจากจุด M ของชุดมอดดูเลเตอร์ออก
13. ที่ CH 1 วัดค่าสัญญาณพาหะที่อินพุทของ R8 เป็น $V_{pk\text{-}pk}$

    .....

    .....

    .....

14. คำนวณและบันทึกผลของสัญญาณพาหะ(Carrier)ที่อินพุทของชุดกรองสัญญาณ RF (พีค-พีค) โดยสมการ

$$\left[V_{RF(i)} = V_{R8} \times \left(\frac{50}{1{,}000{,}050} \right) \right]$$

    .....

    .....

    .....

15. เปลี่ยนค่าจากข้อ 14 เป็นค่า RMS ($V_{RF(i)RMS}$ = $V_{RF(i)pk\text{-}pk}$ x 0.3535) แล้วจึงคำนวณหาค่ากำลังของสัญญาณพาหะเป็น RMS โดยใช้ค่า R เป็น 50โอห์ม แล้วบันทึกผลเป็นพิโควัตต์

$$P_{RF(i)} = \frac{V^2_{RF(i)rms}}{50\Omega}$$

    .....

    .....

    .....

ขั้นตอน C ชุดกรองความถี่ RF : การปรับเพื่อสัญญาณ AM

ในขั้นตอนนี้เราจะทำการปรับ RF FILTER สำหรับความถี่ Resonant 1000 kHz ซึ่งความถี่ที่ได้จะเป็นสัญญาณที่ถูกส่งมา

ในรูป 3-10 วงจรกรองสัญญาณ RF (RF FILTER) ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำที่ปรับค่าได้และคาแปซิเตอร์ที่ต่อขนานกัน เป็น LC แบนด์พาสโดยวงจรจะเรโซแนนซ์เมื่อค่า X_L และ X_c เท่ากันและสัญญาณที่ได้จะมีขนาดสูงสุด

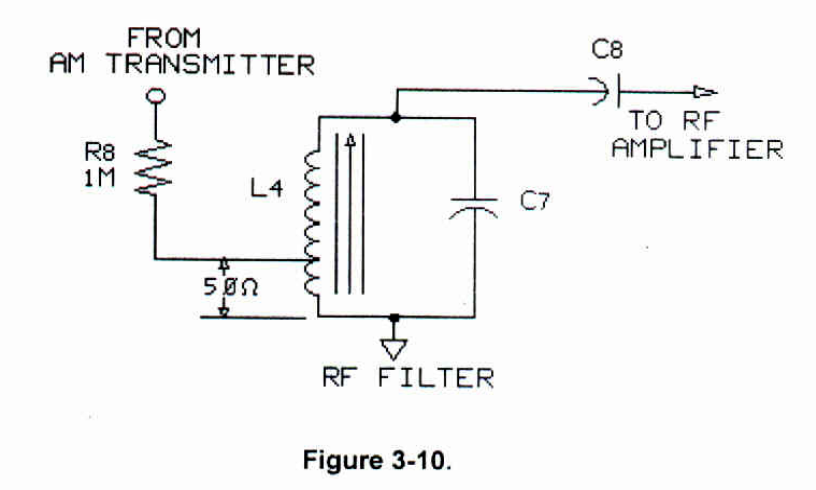

Figure 3-10.

เมื่อทำการปรับตัวเหนี่ยวนำ L4 ให้ชุดกรองความถี่เกิดการเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 1000 KHz แล้วสังเกตที่เอาท์พุทจากภาคขยาย RF (เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากเอาท์พุทของชุดกรองความถี่มีขนาดต่ำมาก) โดยสัญญาณที่ได้จะมีขนาดสูงสุด (ยังไม่ต้องทำขั้นตอนนี้)

16. ไม่จำเป็นต้องมีการต่อใด ๆ ระหว่างชุดกรองความถี่(RF Filter)และภาคขยาย RF (RF Amplifier)ของภาครับ นอกจากตัวต่อ 2 ขา ที่ต่อระหว่าง R8 กับวงจร TRANSMITTER ดังรูป 3-11 จะแสดงวงจร RF Filter และ RF Amplifier

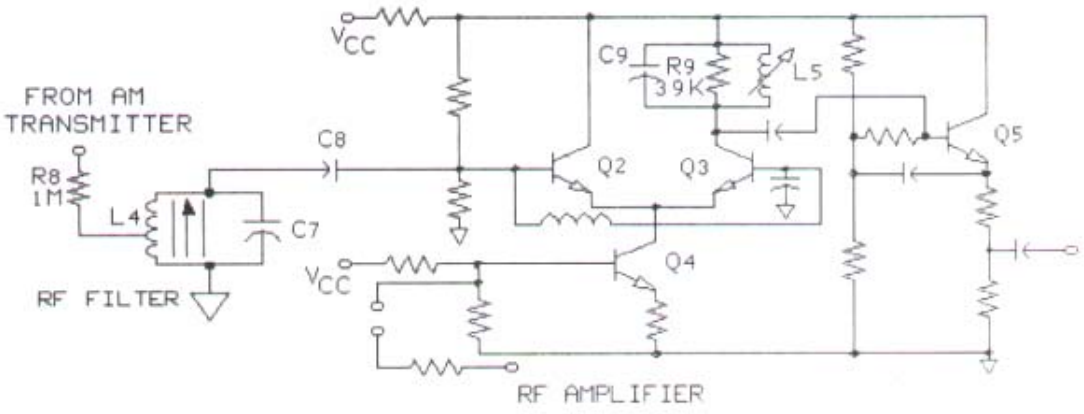

Figure 3 - 11

17. ต่อโพรบของ CH 1 เข้าที่เอาท์พุทของภาคขยาย RF(RF Amplifier) ปรับ L5 ไว้ที่จุดกึ่งกลางเพื่อให้มีสัญญาณปรากฏที่ CH 1

18. ปรับ L4 เพื่อให้ได้ค่าสัญญาณสูงสุดที่เอาท์พุทของภาคขยาย(RF Amplifier)ถามว่าความถี่เรโซแนนซ์ของชุดกรองความถี่ RF(RF FILTER)คือเท่าไร ?

.....

.....

19. ด้วยความถี่พาหะ(carrier) 1000 KHz และสัญญาณข้อมูล(Message) 2 KHz ค่าของ LSB ที่ชุดกรองความถี่ RF(RF FILTER) จะยอมให้ผ่านคือเท่าไร ?

.....

.....

20. จากข้อ 19 แบนด์วิดธ์ของชุดกรองความถี่ RF ต่ำสุด ที่จำเป็นในการให้สัญญาณ AM ผ่าน คือเท่าไร ?

.....

.....

ขั้นตอน D ภาคขยาย RF ; อัตราขยายสูงสุด

ให้ดูรูปที่ 3-11 วงจร Schematic ของ RF Filter และ RF Amplifier โดยที่ RF Amplifier ของสัญญาณ AM 1000 kHz ไปยัง RF Filter และเพิ่มระดับ Power ประมาณ 72 dB (อัตราขยายประมาณ 16,000,000) เราจะทำการปรับ L5 เพื่อให้กลุ่มของ RLC ที่คอลเลคเตอร์ ปรับไปที่ความถี่ 1000 KHz เพื่อให้อัตราขยายสูงสุด (ยังไม่ต้องทำในขณะนี้) โดยเมื่อกลุ่ม RLC ที่คอลเลคเตอร์ถูกปรับไปที่ 1000 KHz ค่าความต้านทานของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะเท่ากันมีผลให้วงจรที่เอาท์พุทของโหลดมีแต่ค่าความต้านทานเท่านั้น หน่วยของกำลังที่ป้อนเข้าที่อินพุทและเอาท์พุทของภาค RF และภาคอื่น ๆ ของเครื่องรับ AM ใช้หน่วยเดซิเบล (dB) หน่วยที่เกี่ยวข้องคือ 1 มิลลิวัตต์ (mW) โดยจากสมการ

$$dBm = 10 \times \left[\log_{10} \left(\frac{P}{1mW} \right) \right]$$

dBm เป็นจำนวนของพลังงานจริง ๆ ขณะที่ dB แสดงค่าอัตราส่วนของกำลัง ความแตกต่างที่เอาท์พุทและอินพุทก็จะให้ผลเป็นอัตราขยายเป็น dB (รูป 3-12)

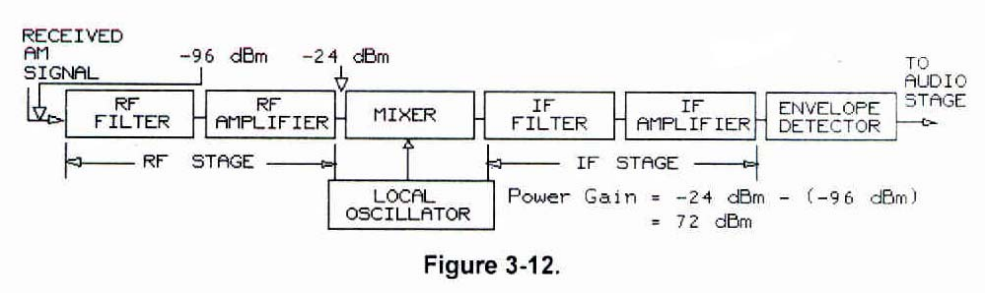

Figure 3-12.

21. ขณะที่สังเกตสัญญาณที่ CH 1 ให้ปรับตัวเหนี่ยวนำ L5 ที่วงจร RF Amplifier เพื่อให้ได้สัญญาณสูงสุด (pk-pk) ที่เอาท์พุทของภาค RF Amplifier

22. ที่ CH 1 วัดค่าโวลท์เตจ (pk-pk) ของสัญญาณพาหะ(Carrier)ที่เอาท์พุทของภาค RF Amplifier ($V_{RF(o)}$)

.....

.....

23. เปลี่ยนค่า $V_{RF(0)pk-pk}$ ที่ได้จากข้อ 22 เป็น RMS ($V_{RF(o)RMS}$ = $V_{RF(o)pk-pk}$ x 0.3535) ใช้ค่าที่ได้ในการคำนวณหา RMS ของสัญญาณ พาหะที่เอาท์พุทของภาคขยาย RF โดยเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของภาคขยาย RF คือ 2 กิโลโอห์ม บันทึกค่าเป็นไมโครวัตต์ $P_{RF(0)} = \frac{V_{RF(0)}^2}{2k\Omega}$

.....

.....

24. กำลังที่ป้อนเข้าและออกของสัญญาณพาหะจากภาค RF (ชุดกรองความถี่และขยายสัญญาณ RF) ถูกแสดงไว้แล้วคำนวณหาและบันทึกค่ากำลังที่ป้อนเข้าเป็นเดซิเบล เมื่อเทียบกับ 1 mW(dBm)

$$dBm_{RF(i)} = 10 \times \left[\log_{10} \left(\frac{P_{RF(i)}}{1mW} \right) \right]$$

.....

.....

คำแนะนำ แปลง pW และ mW เป็น watts ก่อนจะทำการหาร

25. คำนวณหากำลังที่ได้เป็นเดซิเบลเมื่อเทียบกับ 1 mw (dBm)

$$dBm_{RF(o)} = 10 \times \left[\log_{10} \left(\frac{P_{RF(o)}}{1mW} \right) \right]$$

.....

.....

26. คำนวณหาอัตราขยายกำลังของภาค RF เป็น dB

$$Ap_{RF} = dBm_{RF(0)} - dBm_{RF(i)}$$

.....

.....

สรุป

1. เมื่อชุดกรองความถี่และอิมพีแดนซ์ของเสาอากาศมีความต้านทานเท่ากัน ชุดกรองความถี่จะเลือกความถี่ AM โดยจะตัดความถี่อื่นออกไป
2. ชุดกรองความถี่ RF เป็น LC แบนด์พาส
3. แบนวิดธ์ของชุดกรองความถี่ RF เป็นการรวมทั้งไซด์แบนด์ด้านบนและด้านล่างของสัญญาณ AM ที่ถูกเลือก
4. ภาคขยาย RF ทำหน้าที่เพิ่มระดับของสัญญาณ AM ที่รับเข้ามา

คำถามทบทวน

1. เมื่อชุดกรองความถี่ RF (วงจร LC) ถูกปรับสำหรับความถี่ AM ถามว่าความสัมพันธ์ข้อใดเป็นจริงที่ความถี่เรโซแนนซ์ (f_r) ?
   a. ค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ (X_L) เท่ากับความต้านทานของตัวต้านทาน
   b. X_L เท่ากับค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุ (X_c)
   c. ความถี่ USB และ LSB ของสัญญาณ AM เท่ากัน
   d. สัญญาณข้อมูลหักล้างกับสัญญาณพาหะ
2. วิทยุ AM โดยทั่วไปมีความถี่อยู่ระหว่าง 540-1600 kHz มีแบนด์วิดธ์ 10 kHz ถามว่าชุดกรองความถี่ RF จะต้องมีแบนด์วิดธ์มากกว่าย่านความถี่ใด ?
   a. 1600 kHz
   b. 540 kHz
   c. 1060 kHz
   d. 10 kHz
3. ชุด RF Amplifier มี RLC Network ที่คอลเลคเตอร์ของ Q3 เพราะเหตุใดจึงต้องมีการปรับ RLC เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการโดยชุดกรองความถี่ ?
   a. เพื่อทำการปรับแบนด์วิดธ์ของชุดกรองความถี่ RF
   b. เพื่อทำการเลือกความถี่ของสัญญาณ AM
   c. เพื่อให้อัตราขยายของภาคขยาย RF สูงสุด
   d. เพื่อทำการกำจัดสัญญาณรบกวนของสัญญาณ AM ที่ถูกขยาย
4. สัญญาณ AM ที่อินพุทของภาค RF คือ -90 dBm และที่เอาท์พุทเป็น -20 dBm อัตราขยายของ RF คือ
   a. 70 dB
   b. -70 dB
   c. 110 dB
   d. 1800 dB
5. ที่เอาท์พุทของภาคขยาย RF สัญญาณพาหะเป็น 250 mV_{RMS} ($V_{RF(o)}$) และเอาท์พุทอิมพีแดนซ์เป็น 3 $k\Omega$(R) ถามว่าสัญญาณพาหะ ($P_{RF(o)}$) ที่เอาท์พุทของภาคขยาย RF เป็น RMS คือเท่าไร ?
   a. 20.8 mW
   b. 20.8 uW
   c. 83.3 mW
   d. 83.3 pW

แบบฝึกหัด 3-2

MIXER, IF FILTER และ ENVELOPE DETECTOR

วัตถุประสงค์

เมื่อจบบทนี้ เราจะสามารถอธิบายการทำงานของมิกเซอร์, หน้าที่ของ IF Filter, และอธิบายว่าเอนเวลอปดีเทคเตอร์เปลี่ยนสัญญาณ AM 455KHz เป็นสัญญาณข้อมูลได้อย่างไร โดยใช้ออสซิลโลสโคป

ข้อศึกษา

ภาครับแต่ละภาคที่แสดงในรูป 3-2 แสดงอีกครั้งในรูป 3-13 โดยการอ้างถึงรูปจะแสดงภาคต่าง ๆ ของภาครับเท่าที่จำเป็น

หมายเหตุ IF Filter ไม่มีในบอร์ดชุดทดลอง

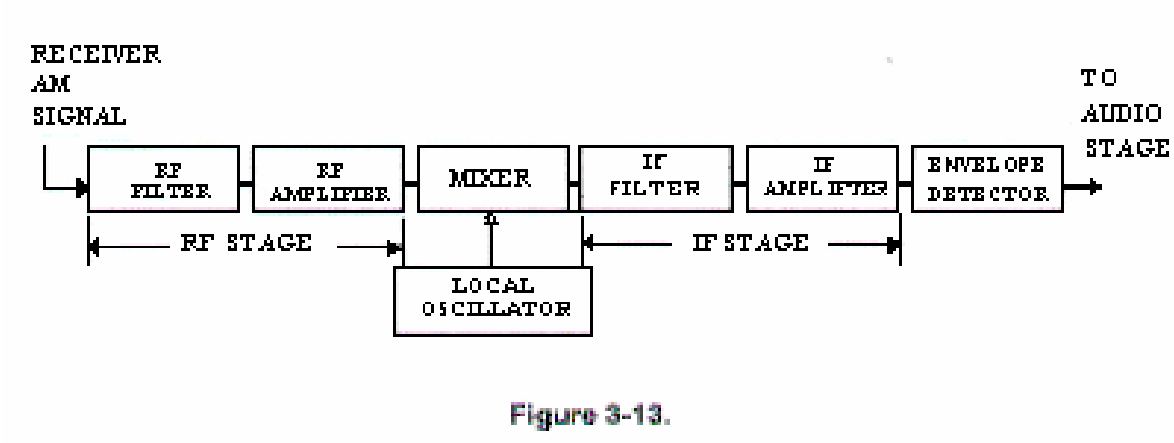

Figure 3-13.

จากรูป 3-14 หน้าที่ของมิกเซอร์คือการต่อภาค RF และ IF เข้าด้วยกัน โดยการรวมสัญญาณ AM ความถี่ 1000 KHz จากภาค RF เข้ากับสัญญาณ LO ความถี่ 1455 KHz เพื่อให้ได้ความถี่แตกต่าง 455 KHz เข้าที่ภาค IF ซึ่งนอกจากนี้ยังมีความถี่แตกต่างแล้วยังมีผลรวมความถี่ 2455 KHz ของสัญญาณ AM กับสัญญาณ Local Oscillator จะเป็นเอาท์พุทที่ออกจากมิกเซอร์เช่นกัน

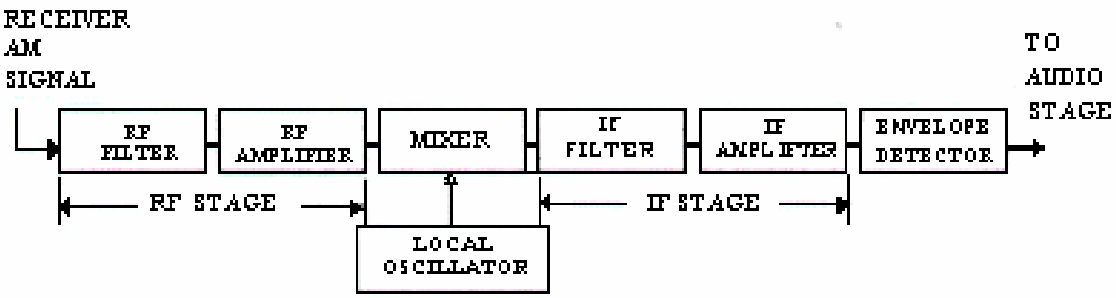

Figure 3-14

IF Filter ในชุด IF stage จะเป็น ชุดกรองความถี่ IF แบบเซรามิค ซึ่งให้การลดทอนความถี่ที่ไม่ต้องการสูงกว่าชุดกรองความถี่ LC ดูรูป 3-15 ในวงจร เซรามิกจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ L_S, C_S และ R_S แทนวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมของคริสตอล ต่อมาค่า C_P แทนค่าเก็บประจุของเซรามิกโฮลเดอร์

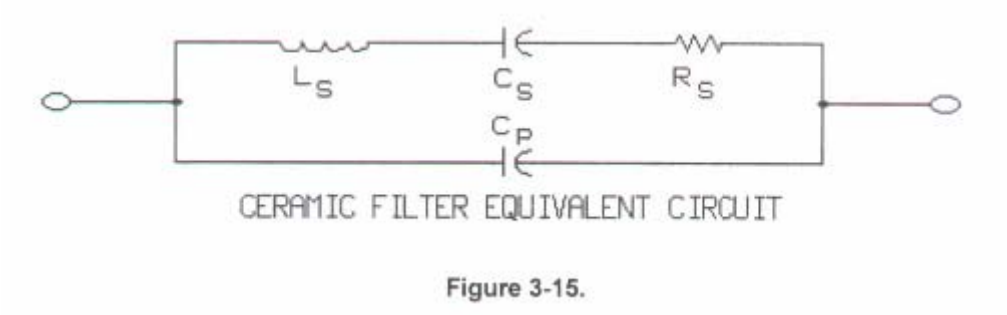

Figure 3-15.

จากรูป 3-16 ชุดกรองความถี่ IF ถูกออกแบบเพื่อให้สัญญาณ 455 KHz ผ่านพร้อมกับแบนด์วิดธ์ที่รวมไซด์แบนด์ของ AM ซึ่งจะมี LSB ที่ 445KHz และ USB ที่ 465 KHz แบนด์วิดธ์จึงเท่ากับ 20 KHz และความถี่ที่อยู่นอกย่านนี้จะถูกลดทอนออกไป

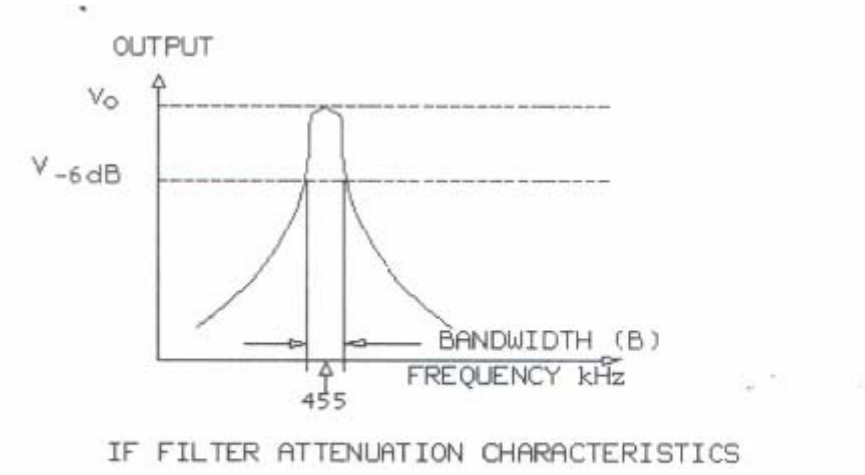

Figure 3-16.

จากรูป 3-17 ตัวอย่างของดีเทคเตอร์ของสัญญาณข้อมูล เป็นวงจรชาร์จแบบ nonlinear charging โดยมีไดโอดต่อกันแบบอนุกรมและมี RC ต่อขนาน ชนิดของเอนเวลอปดีเทคเตอร์รู้จักในชื่อของ ไดโอดดีเทคเตอร์ (CR1) วงจรนี้ถูกออกแบบเพื่อให้เวลาในการประจุอย่างเร็วแต่มีการคายประจุอย่างช้า โดยมี R12 ควบคุมการคายประจุ (จากรูป 3-18) โดยที่จะมีค่าที่เหมาะสมสำหรับวงจร RC ในการคายประจุ

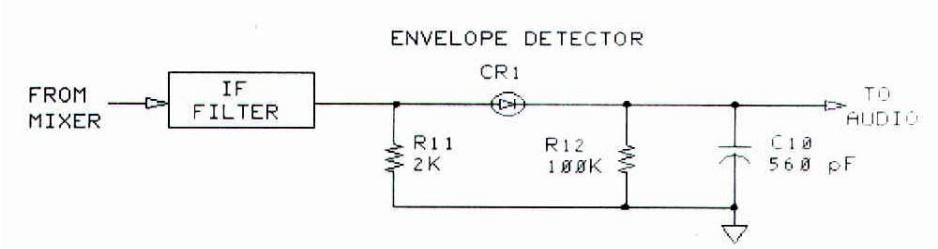

Figure 3-17.

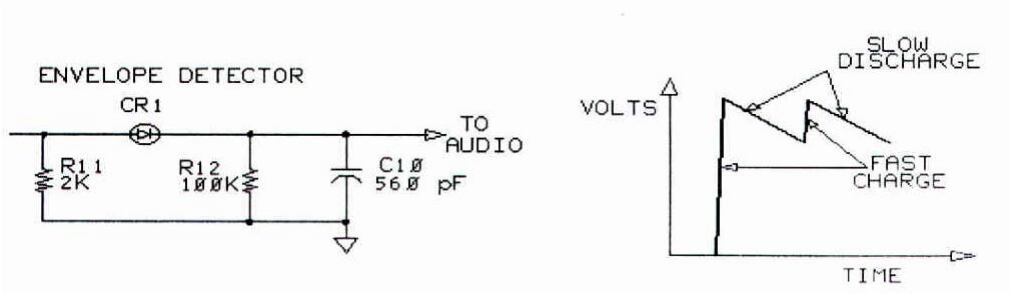

Figure 3-18.

เมื่อสัญญาณ AM ถูกป้อนเข้าที่อินพุทของวงจรเอนเวลอปดีเทคเตอร์ ไดโอดจะทำงานเฉพาะในช่วงสัญญาณบวกของ AM การประจุและคายประจุของเอนเวลอปดีเทคเตอร์เปลี่ยนตามสัญญาณบวกของ AM ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูล(message) ดังรูป 3-19

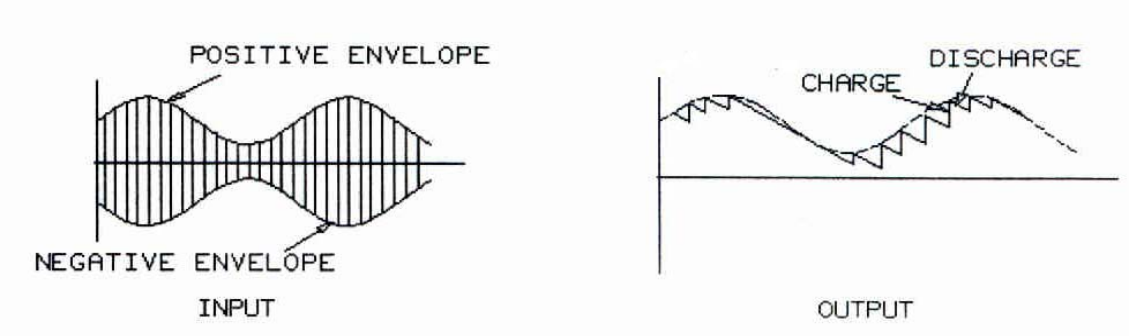

Figure 3-19.

ขั้นตอน A - การต่อวงจรภาคส่ง AM และการปรับภาค RF

1. ต่อวงจรภาคส่ง AM ดังแสดงในรูป 3-20

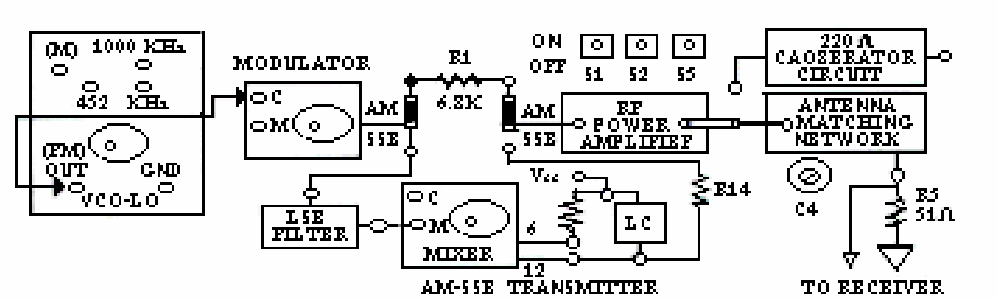

Figure 3-20

2. ที่ชุดวงจร VCO-LO เสียบตัวต่อ 2 ขา ไว้ที่ตำแหน่ง 1000 KHz
3. ตั้งสวิทช์ S1 และ S2 ไว้ที่ OFF
4. ตั้งสวิทช์ S3 ไว้ที่ ON เพื่อให้แมชชิ่งอิมพีแดนซ์ของเสาอากาศเป็น 330 โอห์ม
5. ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่จุด C (อินพุทของสัญญาณเข้า) ของ MODULATOR
6. ขณะที่ทำการสังเกตสัญญาณที่ CH 1 ตั้งขนาด(Amplifier)ของสัญญาณพาหะ (carrier)เป็น 0.1 Vpk-pk โดยปรับปุ่มบนวงจร VCO-LO
7. ขณะที่ทำการสังเกตสัญญาณที่ CH 1 ตั้งความถี่ของสัญญาณพาหะ(carrier)เป็น 1000 KHzโดยการปรับปุ่มโวลท์เตจลบที่ชุด Base Unit
8. ต่อโพรบ CH 2 เข้าที่จุด M (อินพุทของสัญญาณข้อมูล) ของ MODULATOR
9. ขณะที่ทำการสังเกตสัญญาณที่CH2 ปรับชุดกำเนิดสัญญาณ (SIGNAL GENERATOR)เป็นรูปซายน์ขนาด 0.1 Vpk-pk ความถี่ 2 KHz ที่อินพุทสัญญาณข้อมูลของ MODULATOR
10. ต่อโพรบCH 1 เข้าที่เอาท์พุทของเสาอากาศ (R5) ตั้ง Sweep (Time/DIV)เป็น 0.1 mS/DIV และตั้งโหมดทริกเกอร์ไปที่CH 2 ปรับปุ่ม มอดดูเลทให้การมอดดูเลทเป็น 100% (ดูรูป 3-7)
11. ใช้ตัวต่อ 2 ขา ต่อระหว่าง TRANSMITTER กับความต้านทาน 1 MΩ (R8) ที่อินพุทของ AM/SSB RECEIVER(รูป 3-21)

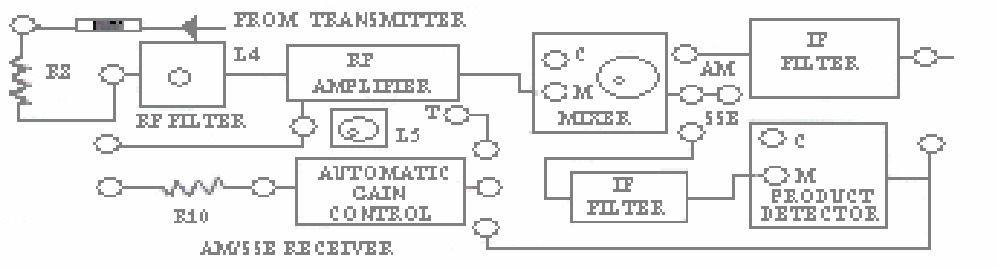

Figure 3-21

12. ต่อโพรบCH 1 เข้าที่จุด M ของ MIXER ปรับ L5 ไว้ที่จุดกึ่งกลางเพื่อให้สัญญาณปรากฏเพื่อให้สัญญาณปรากฏที่ CH 1
13. ปรับตัวเหนี่ยวนำ L4 เพื่อให้ได้สัญญาณ AM ที่เอาท์พุทของ RF Amplifier สูงสุดเป็นพีค-พีค
14. ปรับตัวเหนี่ยวนำ L5 เพื่อให้ได้สัญญาณ AM ที่เอาท์พุทของ RFAmplifier สูงสุดเป็นพีค-พีค

ขั้นตอน B - มิกเซอร์

ในขั้นตอนนี้เราจะหาผลของมิกเซอร์ต่อสัญญาณ AM โดยสังเกตที่อินพุทและเอาท์พุทของ MIXER

ที่ภาค MIXER ใช้ IC ชนิดเดียวกันกับบาลานซ์มอดดูเลเตอร์ จากรูป 3-22 มีอินพุท 2 อินพุทเข้าที่มิกเซอร์ ; M (ข้อมูล) และ C (พาหะ) โดยสัญญาณที่เข้าที่จุด M มาจากภาค RF Amplifier ส่วนจุด C มาจากชุดวงจร VCO-HI ความถี่ 1455 KHz

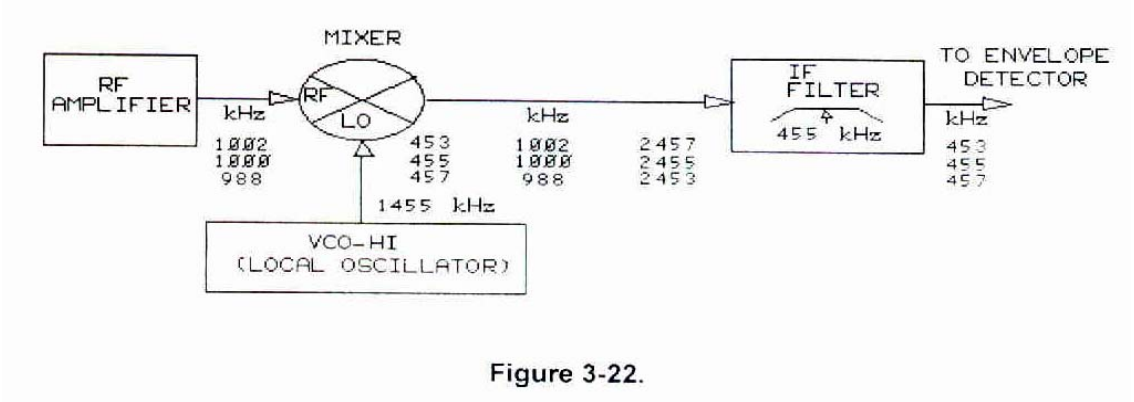

Figure 3-22.

เพราะสัญญาณ RF ที่เข้าที่ MIXER ประกอบด้วยความถี่ 3 ความถี่ เอาท์พุทจากบาลานซ์มิกเซอร์จะประกอบด้วยผลรวมและผลต่างของความถี่สำหรับ 3 ความถี่ ความถี่ RF ที่ป้อนเข้าไม่มีขนาดของสัญญาณที่สำคัญที่เอาท์พุท

15. ดังแสดงในรูป 3-23 ให้ต่อความถี่ 1455 KHz จาก VCO-HI เข้าที่ Local Oscillator (C) เป็นอินพุทของ MIXER และปรับปุ่ม VCO-HI ตามเข็มจนสุด ต่อมิกเซอร์เข้าที่ IF Filter ด้วยตัวต่อ 2 ขา

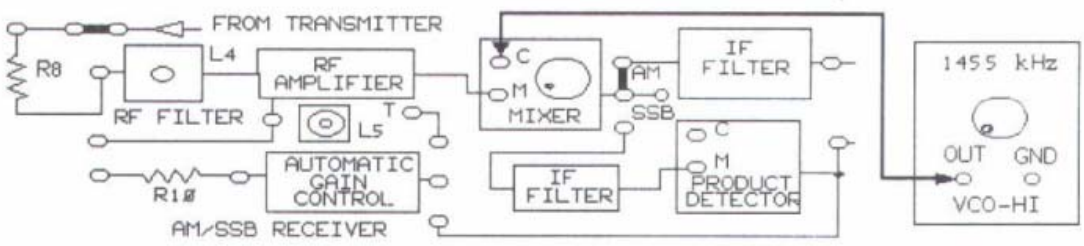

Figure 3-23.

16. ต่อโพรบCH 2 เข้าที่เอาท์พุทของ MIXER ปรับปุ่มบาลานซ์ของมิกเซอร์ จนกระทั่งปรากฏสัญญาณดังรูป 3-24 การปรับนี้จะกดความถี่ VCO-LO 1455KHz ที่สัญญาณเอาท์พุท

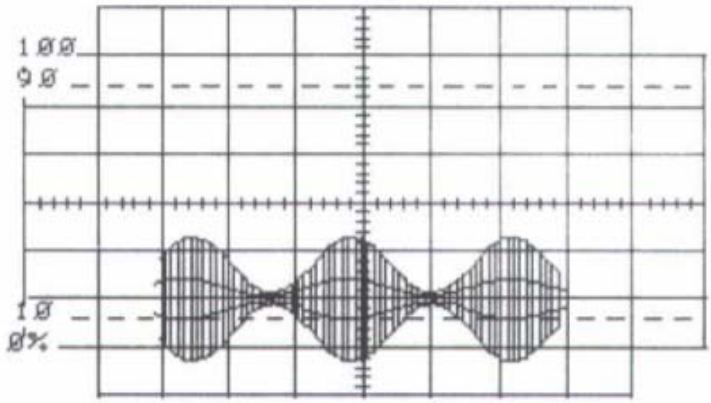

Figure 3-24.

17. ต่อโพรบ CH 2 เข้าที่เอาท์พุทของชุดI IF Filter ขณะที่สังเกตเอาท์พุทที่ IF Filter ให้ตั้งความถี่ของ VCO-HI ให้ได้ความถี่ 1455 KHz โดยปรับปุ่มโวลท์เตจบวกที่ชุด Base Unit ให้ได้ขนาด Amplitude สัญญาณสูงสุด(pk-pk)ถ้าสัญญาณไม่มีจริงก็จะไม่ปรากฏคลื่นAM ขึ้น ให้ทำการต่อโพรบ CH 2เข้าที่เอาท์พุทของ MIXER และต่อโพรบ CH 1 เข้าที่อินพุทของ MIXER (M)
18. ปรับปุ่มที่มิกเซอร์เพื่อให้ได้สัญญาณที่คม,ชัด,เปรียบเทียบสัญญาณที่CH 1 กับCH 2มีขอบของสัญญาณอื่นที่มีการมอดดูเลทคล้ายกันกับสัญญาณที่แสดงในรูป 3-25 ภายในสัญญาณAMที่เอาท์พุทของมิกเซอร์ใช่หรือไม่ ?

.....
.....
.....

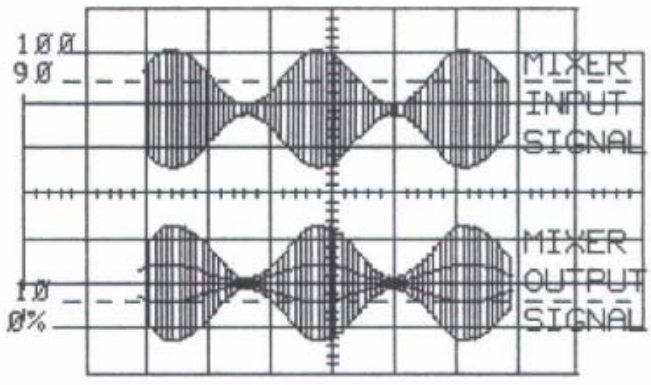

Figure 3-25.

19. ตั้ง Sweep(Time/DIV) ของสโคปเป็น 1 uS/DIV และตั้ง Trigger ไว้ที่ CH 2 โดยสัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจาก MIXERจะต้องคล้ายกันกับสัญญาณที่ซับซ้อน ดังรูป 3-26 วัดค่าเวลาระหว่างค่ายอดของสัญญาณที่ซับซ้อน ซึ่งการวัดแบบประมาณของเวลา (T) โดยแต่ละช่องในแนวนอนเท่ากับ 1uS

.....

.....

.....

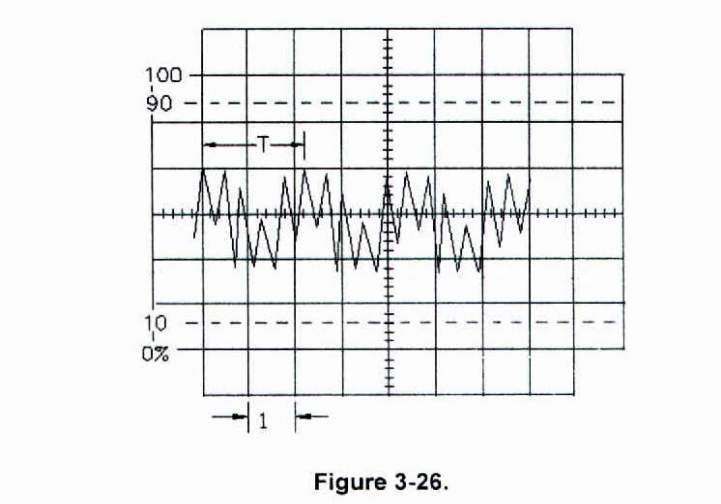

Figure 3-26.

20. จากค่าเวลา(period) (T) คำนวณหาค่าความถี่ของลูกคลื่นที่ซับซ้อน (f = 1/T) บันทึกค่าเป็นกิโลเฮิร์ซ

.....

.....

.....

21. เพื่อที่จะหาความถี่ในย่านของ 2455KHz ตั้ง Sweep(Time/DIV)ของสโคปเป็น 0.2 us/DIV จะต้องมีสัญญาณปรากฏขึ้นที่ CH 2 ดังรูป 3-27 วัดค่าและบันทึกผลค่าของเวลา (T) โดยแต่ละช่องในแนวนอนเป็น 0.2 us

.....

.....

.....

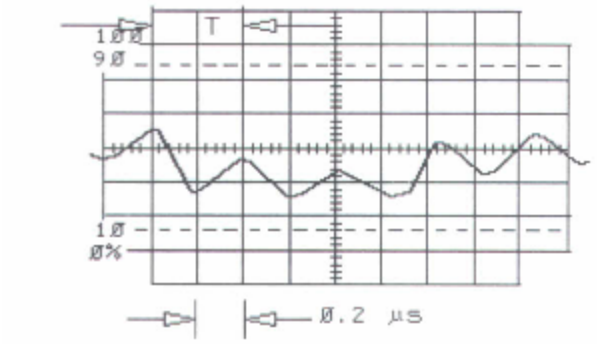

Figure 3-27.

22. จากค่าของเวลา (T) คำนวณหาความถี่ของรูปคลื่นที่ซับซ้อนบันทึกค่าเป็นกิโลเฮิร์ซ

.....

.....

ขั้นตอน C ภาคกรองความถี่ IF

ชุดกรองความถี่ IF จะกันความถี่ที่ต่ำกว่า 445 KHz และสูงกว่า 465 KHz ออกไป โดยมีแบนด์วิทซ์ 20 KHz เพื่อที่จะให้มิกเซอร์ให้ความถี่ที่แตกต่างเป็น 455 KHz เข้าที่ภาคกรองความถี่ IF ความถี่ของ VCO-HI จะต้องถูกตั้งให้เป็น 1455KHz

23. ต่อโพรบ CH1 เข้าที่เอาท์พุทของภาค IF Filter และ CH 2 จะต้องถูกต่อเข้าที่อินพุทของชุด IF Filter ตั้ง Sweep(Time/DIV) ของสโคปเป็น 0.2 mS/DIVและตั้ง Trigger ไปในตำแหน่ง CH2

24. เปรียบเทียบผลของ CH 1 กับ CH 2 ว่ามีขอบของสัญญาณอื่นที่มีการมอดดูเลทภายในสัญญาณที่เอาท์พุทของชุด IF Filter ใช่หรือไม่ ?

.....

.....

25. ขณะที่สังเกตสัญญาณที่CH 1 ทำการปรับที่ปุ่มปรับอย่างละเอียดของปุ่มโวลท์เตจบวกที่ชุดฐานอย่างช้า ๆ เพื่อปรับความถี่ 1455KHz ที่เข้าที่มิกเซอร์

26. เพราะเหตุใดสัญญาณที่ได้จากชุดกรองสัญญาณ IF จึงหายไปเมื่อความถี่ 1455KHz ที่เข้าที่มิกเซอร์ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลง

.....

.....

ขั้นตอน D - เอนเวลอป ดีเทคเตอร์

ในส่วนของขั้นตอนนี้เราจะสังเกตภาครับที่ ENVELOPE DETECTOR ที่สัญญาณเอาท์พุทและทำการเปรียบเทียบสัญญาณกับสัญญาณ message ที่ส่งจากเครื่องส่งมายังเครื่องรับ

จากรูป 3-38 และ 3-39 ในช่วงครึ่งบวกของลูกคลื่นที่เป็นอินพุทตัวเก็บประจุจะถูกประจุจนกระทั่งถึงค่าพีคของโวลท์เตจที่ป้อนเข้า ดังนั้น โวลท์เตจที่ตกคร่อม R12 และ C10 จะเท่ากันกับสัญญาณที่ป้อนเข้า (ลบด้วยโวลเตจท์ที่ตกคร่อมไดโอด) เนื่องจากไดโอด (CR1) ถูกให้ไบแอสตรงและเมื่อสัญญาณตกลงต่ำกว่าค่าที่ทำให้ไดโอดนำกระแส ไดโอดก็จะตัดการทำงาน เป็นผลให้ตัวเก็บประจุเริ่มคายประจุอย่างช้า ๆ ผ่านตัวต้านทาน (R12) ด้วยค่าเวลาคงที่ที่กำหนดจากค่า RC

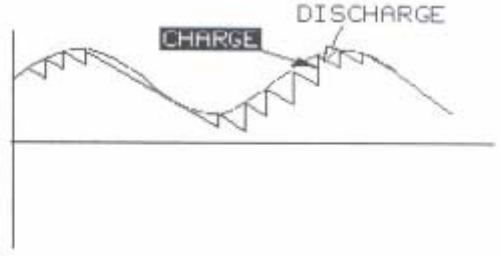

Figure 3-28.

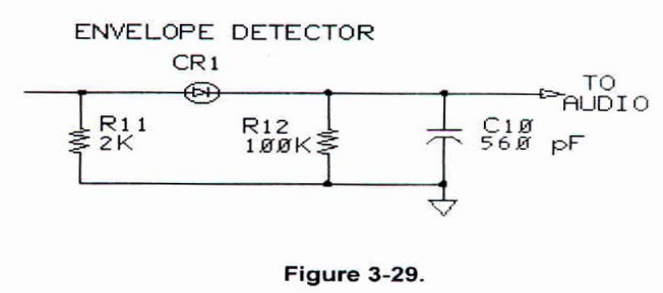

Figure 3-29.

ในช่วงลูกคลื่นบวกต่อมาของสัญญาณเข้า ตัวไดโอด (CR1) จะนำกระแสอีกครั้งหนึ่ง C10 ก็จะเริ่มประจุอีกครั้งเพื่อจะได้ค่าใหม่ที่กำหนดโดยสัญญาณที่ป้อนเข้าและขั้นตอนนี้ก็จะเกิดซ้ำ ๆ ต่อไปเรื่อย ๆ

ถ้าค่าของค่าเวลาคงที่มากหรือน้อยเกินไป ผลที่ได้ของดีเทคเตอร์จะไม่เกิดขึ้นตามขอบของสัญญาณเข้า AM โดยผลของการนี้สามารถดูได้จากรูป 3-30

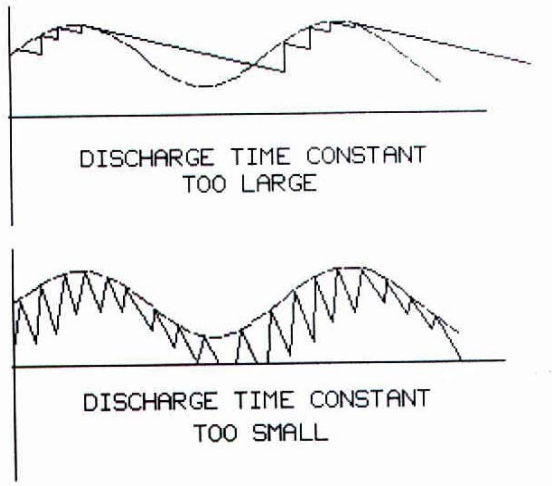

Figure 3-30.

ข้อเสียส่วนใหญ่ของเอนเวลอปดีเทคเตอร์เกิดจากความแตกต่างที่ตกคร่อมไดโอด 0.4-0.6 โวลท์ ก่อนที่ไดโอดจะนำกระแส โดยผลของโวลท์เตจที่ตกคร่อมไดโอดแสดงดังรูป 3-31

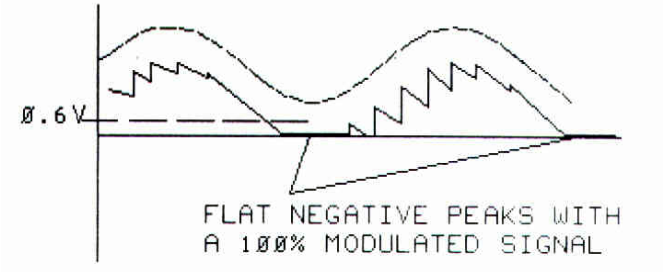

Figure 3-31.

27. ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่อินพุทของสัญญาณข้อมูล(Message)ของ MODULATOR บนชุด AM/SSB TRANSMITTER และต่อโพรบ CH 2 เข้าที่เอาท์พุทของเอนเวลอปดีเทคเตอร์

28. สัญญาณที่ได้จากเอาท์พุทของเอนเวลอปดีเทคเตอร์มีความถี่เดียวกันกับสัญญาณข้อมูล (Message)ใช่หรือไม่?

.....

.....

.....

29. ที่ชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator) ปรับความถี่ของสัญญาณข้อมูล 2 KHz ถามว่าความถี่ที่ได้จากเอนเวลอปดีเทคเตอร์เปลี่ยนไปกับความถี่ของสัญญาณข้อมูล(Message)ใช่หรือไม่?

.....

.....

.....

30. การผิดเพี้ยนของสัญญาณข้อมูลที่ปลายยอดด้านบนด้านลบถูกตัด(แบน) เกิดขึ้นจากการมอดดูเลทสัญญาณ 100% เข้ากับเอนเวลอปดีเทคเตอร์ลดมอดดูเลชั่นอินเด็กของสัญญาณ AM ที่ถูกส่งโดยการค่อย ๆ ปรับปุ่มที่มอดดูเลเตอร์ทวนเข็ม ขณะที่ทำการสังเกตยอดของสัญญาณข้อมูลด้านลบที่กู้กลับมากลายเป็นสัญญาณปกติ

31. ที่ชุดกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator) ปรับขนาดของสัญญาณข้อมูล(Message) 2 KHz ขนาด Amplitude ของเอาท์พุทที่ได้จากเอนเวลอปดีเทคเตอร์เปลี่ยนไปกับขนาดของสัญญาณข้อมูลใช่หรือไม่

.....

.....

.....

32. เปิด CM สวิทช์ 9 เพื่อเปลี่ยนค่าของเวลาคงที่ของ RC ของวงจรเอนเวลอป ดีเทคเตอร์ สังเกตสัญญาณ (message)ที่กู้กลับได้มา จะถามว่า CM สวิทช์ 9 มีผลทำให้เพิ่มหรือลดค่าเวลาคงที่ของ RC ของการคายประจุ ? (เราสามารถเปิดหรือปิด CM สวิทช์ 9 เพื่อดูความแตกต่างได้)

.....

.....

.....

สรุป

1. มิกเซอร์รวมสัญญาณ RF และสัญญาณจากโลคอลออสซิลเลเตอร์ เพื่อสร้างสัญญาณที่ซับซ้อน (COMPLEX SIGNAL) ซึ่งมีความถี่แตกต่างเป็น 455KHz สำหรับภาค IF; ความถี่ผลรวมก็จะได้เอาท์พุทของมิกเซอร์เช่นกัน
2. ชุดกรองความถี่ IF ยอมให้สัญญาณ 455 KHz ซึ่งมีแบนวิดธ์ 20KHz ผ่านแต่จะบั่นทอนความถี่ผลรวมและความถี่อื่นที่มาจากมิกเซอร์
3. ไดโอดของเอนเวลอปดีเทคเตอร์แยกสัญญาณ IF เพื่อแปลงสัญญาณข้อมูลกลับมา
4. เวลาคงที่ของ RC ช่วงประจุและคายประจุของไดโอดเอนเวลอปดีเทคเตอร์จะต้องมีจุดที่เหมาะสมเพื่อให้การแปลงสัญญาณกลับมาถูกต้องอย่างสมบูรณ์

คำถามทบทวน

1. สัญญาณ RF ถูกป้อนเข้าที่มิกเซอร์ 710 KHz โดยมีแบนวิดธ์ 10KHz ถ้าผลที่ได้คือ 455 KHz ความถี่ที่ได้จากโลคอลออสซิเลเตอร์เข้ามิกเซอร์คือ ?
   a. 255 KHz
   b. 1455 KHz
   c. 1165 KHz
   d. 910 KHz
2. ชุดกรองความถี่แบบเซรามิคถูกออกแบบสำหรับแบนวิดธ์ 20KHz ความถี่ 455 KHzความถี่ของสัญญาณที่ผ่านไปได้คือ ?
   a. น้อยกว่า 455 KHz
   b. 455 KHz ถึง 465 KHz
   c. มากกว่า 465 KHz
   d. 435 KHz ถึง 475 KHz
3. วงจรข้างล่างวงจรใดเป็นไดโอดเอนเวลอป ดีเทคเตอร์
   a. A
   b. B
   c. C
   d. D

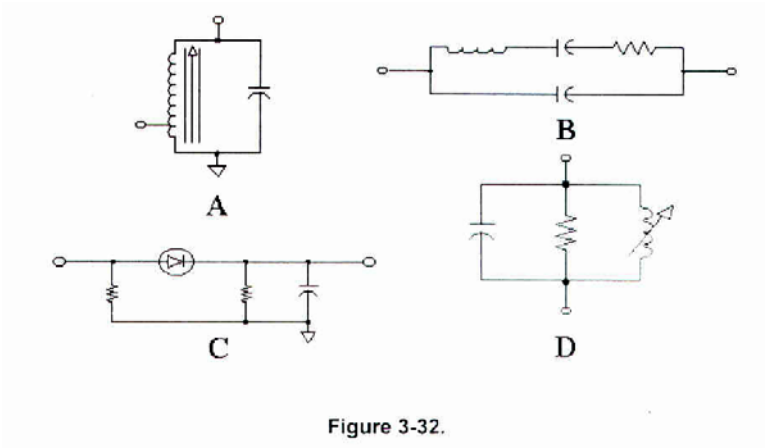

Figure 3-32.

4. รูปกราฟที่แสดงด้านล่างแทนการประจุและคายประจุสำหรับไดโอดเอนเวลอปดีเทคเตอร์คือ ?
   a. ประจุเร็วและคายประจุเร็ว (A)
   b. ประจุเร็วและคายประจุช้า (B)
   c. ประจุช้าและคายประจุช้า (C)
   d. ประจุช้าและคายประจุเร็ว (D)

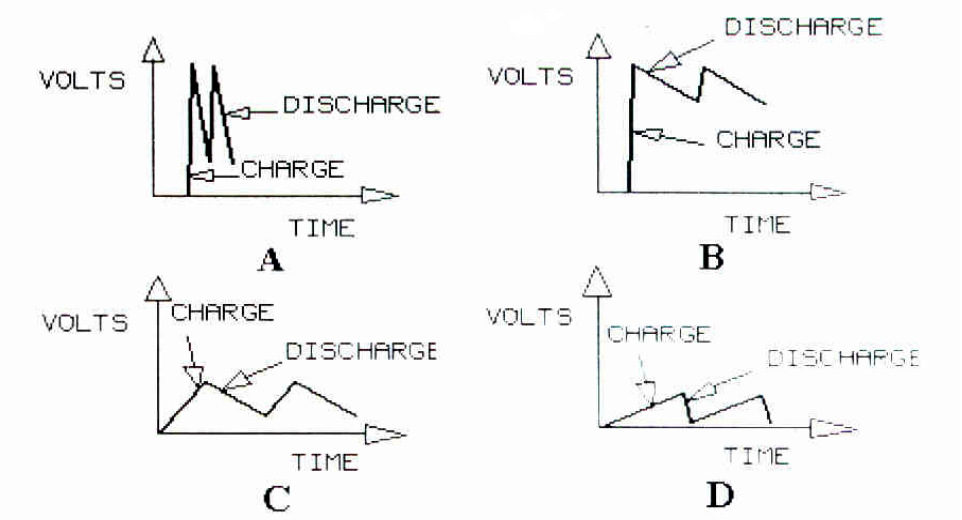

Figure 3-33.

5. สาเหตุที่ทำให้เกิดยอดของสัญญาณด้านลบถูกตัด(แบน)ของสัญญาณที่ได้จากวงจรไดโอด RC เอนเวลอปดีเทคเตอร์คือ ?
   a. แบนวิดธ์ของสัญญาณ AM กว้างเกินไป
   b. เวลาในการคายประจุของค่าเวลาที่นานเกินไป
   c. สัญญาณ AM ที่ถูกมอดดูเลทน้อยกว่า 100%
   d. สัญญาณ AM มอดดูเลทแบบ 100%

แบบทดสอบที่ 3

1. ความามสามารถในการเลือก (Selectivity) ของเครื่องรับหมายถึง ?
    a. ความสามารถในการรับ FM ดีเท่ากับสถานี AM
    b. ภาคขยายของเครื่องรับขยายสัญญาณ RF ได้ดีอย่างไร
    c. เครื่องรับกำจัดสัญญาณจากสถานีใกล้กันเมื่อทำการเลือกสถานีได้ดีอย่างไร
    d. ความสามาถในการขับลำโพงเป็นระดับสัญญาณเสียงที่รับได้
2. หน้าที่ของภาค RF ของเครื่องรับ AM คืออะไร ?
    a. เลือกและขยายสัญญาณ AM ที่ถูกส่งมา
    b. เปลี่ยนสัญญาณ AM เป็นสัญญาณ IF
    c. แยกสัญญาณ AM (ดีมอดดูเลท)
    d. ควบคุมจำนวนของภาครับ AM
3. อัตราขยายของภาค RF เป็น 58 dB ถ้าเอาท์พุทจากภาค RF เป็น -20 dBm สัญญาณที่เข้ามีกำลังเท่าใด ?
    a. 38 dBm
    b. -40 dBm
    c. 78 dBm
    d. -78 dBm
4. หน้าที่ของมิกเซอร์คืออะไร ?
    a. ดีมอดดูเลทสัญญาณ IF
    b. เปลี่ยนสัญญาณ RF เป็นสัญญาณ IF
    c. เพิ่มแบนวิดธ์ของสัญญาณ RF
    d. ปรับปรุงความสามารถในการเลือกของเครื่องรับ
5. ถ้าสัญญาณจากโลคอลออสซิเลเตอร์เป็น 1605KHz และเอาท์พุทจากมิกเซอร์มีสัญญาณ IF เป็น 455 KHz ถามว่าความถี่ของสัญญาณ RF ที่มิกเซอร์ คือเท่าไร ?
    a. 2050 KHz
    b. 1150 KHz
    c. 910 KHz
    d. 1455 KHz
6. ชนิดของภาคกรองสัญญาณใดที่เป็นแบบ IF ceramic filter คือ ?
    a. ชนิดกรองความถี่ต่ำ(Low pass filter)
    b. ชนิดกรองความถี่สูง (High pass filter)
    c. ชนิดแบนด์พาส (band pass filter)(ให้ความถี่ย่านใดย่านหนึ่งผ่าน)
    d. ชนิดแบนด์สต๊อป (band stop filter)(ไม่ให้ความถี่ย่านใดย่านหนึ่งผ่าน)
7. วงจรใดด้านล่างที่แทนวงจรของชุดกรองความถี่ IF ที่เป็นเซรามิค
    a. A
    b. B
    c. C
    d. D

8. หน้าที่ของไดโอดเอนเวลอปดีเทคเตอร์ คือ ?
    a. เปลี่ยนสัญญาณ IF เป็นสัญญาณข้อมูล
    b. จำกัดแบนวิดธ์ของสัญญาณ IF เป็น 10 KHz
    c. ขยายสัญญาณข้อมูล
    d. กำจัดสัญญาณรบกวนจากสัญญาณ IF
9. ที่ไดโอดเอนเวลอปดีเทคเตอร์สิ่งที่จำเป็นต้องมีจุดพอดีสำหรับสัญญาณข้อมูลที่ถูกกู้กลับมา คือ ?
    a. แบนวิดธ์ของสัญญาณข้อมูล
    b. ความถี่ของสัญญาณ IF
    c. ค่าของเวลาคงที่ของช่วงเวลาคายประจุของ RC
    d. ถูกทุกข้อ
10. กำลัง (P) ของสัญญาณ RF เป็น 9.5 X 10-6 W ให้แสดงค่ากำลังเป็น dBm

$$dBm = 10 \times \left[\log_{10} \left(\frac{P}{1mW} \right) \right]$$

    a. 9.8 dBm
    b. -20.2 dBm
    c. 69.8 dBm
    d. -50.2 dBm.