ปีการศึกษา 2531

เครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ 27 MHz

โดย

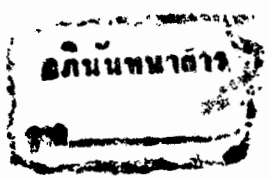
นาย แรงค์ชัย เอี่ยมตระกูล

นาย ณัฐวัฒน์ วรรณสถิตย์

นาย สันติ ไผ่สนจำลองศรี

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023134 -8 ส.ค. 2532

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2531

เรื่อง เครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ 27 MHz

ผู้จัดทำ

1	นายแรงค์ชัย	เอี่ยมตระกูล	(303507)
2	นายณัฐวัฒน์	วรรณสถิตย์	(303508)
3	นายสันติ	ไผ่สนจำลองศรี	(303520)

(อาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของ[illegible]มีการนำไปใช้

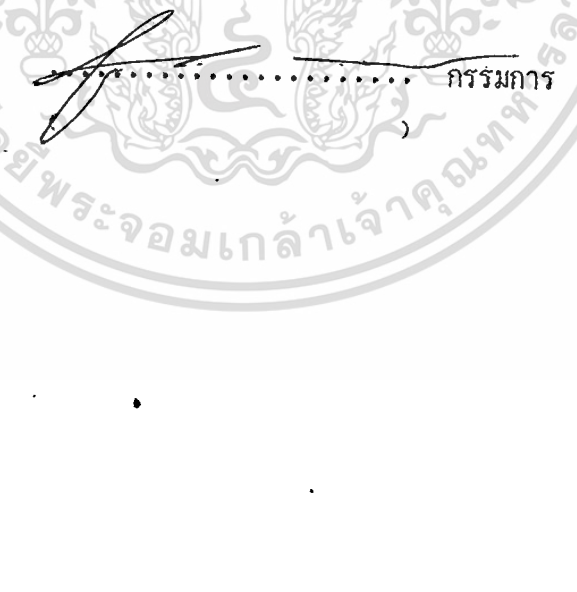
023134

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )


.....กรรมการ
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การขยายตัวของการสื่อสาร และเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้วิทยุมือถือในปัจจุบันมีขนาดเล็กกระทัดรัดพกพาสะดวก จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในหน่วยงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานราชการหรือเอกชนก็ตาม แต่ในภูมิประเทศบางแห่งหรือระยะทางที่ห่างไกลออกไป วิทยุสื่อสารแบบมือถือซึ่งมีกำลังไม่สูงนัก ไม่สามารถติดต่อกันโดยตรงได้ จึงจำเป็นต้องมีระบบ REPEATER เข้ามาช่วย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของวิทยุสื่อสาร แบบมือถือ

ในโครงการปริญญานิพนธ์นี้เป็นการสร้าง REPEATER ที่ใช้กับวิทยุรับ - ส่ง ความถี่ 27 MHz ซึ่งความถี่ช่วงนี้จัดให้อยู่ในย่านวิทยุสมัครเล่นสำหรับประชาชน (CITIZEN BAND) และการใช้งานของ REPEATER เราจะควบคุมการใช้งานของ REPEATER โดยใช้วงจร VOX ซึ่งเมื่อมีเสียงพูดจากเครื่องส่งวิทยุฝ่ายหนึ่งเข้ามา REPEATER จะเอาสัญญาณเสียงผสมกับคลื่นพาห์ และส่งไปยังเครื่องรับอีกฝ่าย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

THE INCREASING IN COMMUNICATION AND MODERN TECHNOLOGY MAKE THE HAND - HELD TRANSCEIVER NOW BECOME VERY COMPACTED. SO IT IS POPULAR IN MANY WAYS. EITHER IN PUBLIC ORGANIZATION OR IN BUSINESS. BUT IN SOME LOCATION OR IN FAR AWAY DISTANCE. THE HAND - HELD TRANSCEIVER COULD NOT CONTACTED DIRECTLY. BECAUSE OF THIS IT IS NECESSARY TO HAVE A REPEATER SYSTEM TO SERVE AND INCREASING THE RANGE OF HAND - HELD TRANSCEIVER.

IN THIS PROJECT REPORT , THE REPEATER WAS DESIGNED TO BE OPERATED IN FREQUENCY 27 MHz THIS FREQUENCY IS CALLED CITIZEN BAND. WE CONTROL THE OPERATION OF THE REPEATER BY USING THE VOX CIRCUIT. WHEN VOICE IS SENT FROM ONE TRANSCEIVER , THE REPEATER WILL MIX THE VOICE WIHT A CARRIER AND SEND IT TO THE OTHER TRANSCEIVER.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. การทำงานของเครื่อง Repeater..... 5
3. ภาครับ..... 7
4. ภาคส่ง..... 14
5. ภาคควบคุมระบบการทำงาน..... 17
6. ภาคจ่ายไฟ..... 20
7. การสร้าง..... 22
8. การทดลอง และผลการทดลอง..... 31

สรุปโครงงาน..... 34
ภาคผนวก ก. รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในภาคต่าง ๆ 35
ภาคผนวก ข. การมอดูเลตทางแอมพลิจูด..... 40
กิตติกรรมประกาศ..... 59
หนังสืออ้างอิง..... 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เครื่องรับส่งวิทยุในย่านสำหรับประชาชน

เครื่องรับส่งวิทยุในย่านสำหรับประชาชน (CITIZEN BAND RADIO) หรือวิทยุ ซีบี. (C.B. SET) โดยปกติแล้วเป็นทั้งเครื่องรับ และเครื่องส่ง หรือวิทยุรับส่ง (TRANSCEIVER) ซึ่งสามารถทำงานครอบคลุมย่านความถี่ 23 ช่อง ซึ่งอยู่ในย่านสำหรับประชาชน (CITIZEN BAND) ระหว่างความถี่ 26.965 ถึง 27.255 เมกกะเฮิรทซ์ (MHZ) ถูกใช้ในการติดต่อสื่อสารวิทยุโทรศัพท์ โดยการผสมคลื่นทางขนาด (AMPLITUDE MODULATION) หรือส่งกระจายคลื่นแบบแถบคลื่นข้างเดียว (SINGLE SIDE BAND)

โดยทั่วไปคลื่นวิทยุความถี่ย่าน HF นี้ คลื่นจะวิ่งเป็นเส้นตรง หรือที่เรียกว่าคลื่นวิทยุแบบ LINE OF SIGHT ถ้ามีสิ่งกีดขวางทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุ จะทำให้วิทยุเกิดการบ่ายเบน และจางหายไปในที่สุด ดังนั้น การติดต่อของวิทยุก็ถูกกำจัดให้ขึ้นอยู่กับ

- ระยะทาง
- ภูมิประเทศ
- ความสูงของสายอากาศ
- กำลังของเครื่องส่ง
- ความไวของเครื่องรับ

เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่า การติดต่อทางคลื่นวิทยุระหว่างเครื่องรับ ส่งประเภทมือถือ จะถูกจำกัดระยะทางลงมา เนื่องจากความสูงของสายอากาศน้อยมาก และโดยเฉพาะเครื่องมือถือ ซึ่งมีขนาดเล็กมีกำลังส่งต่ำ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพ และการติดต่อให้สูงขึ้น

ดังนั้น การใช้วิทยุสื่อสารแบบมือถือหรือแบบติดรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพ และสามารถติดต่อกันได้ระยะทางไกลนั้น จึงขึ้นอยู่กับการจัดระบบ และข่ายการติดต่อใช้งาน ซึ่งต้องจัดให้เหมาะกับการใช้งานแต่ละรูปแบบ ซึ่งสามารถจัดเป็นหลักใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

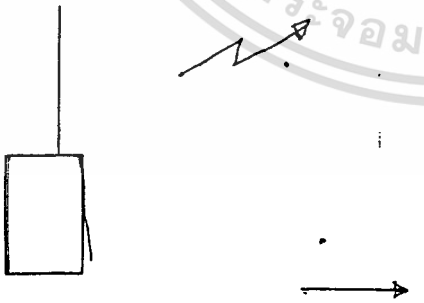
1. แบบ SIMPLEX SINGLE FREQUENCY เป็นแบบที่เครื่องรับ และเครื่องส่งใช้คลื่นในการติดต่อเป็นคลื่นความถี่เดียวกัน แบบนี้สะดวกในการติดต่อระหว่างจุดต่อจุด และเป็นกลุ่ม และถูกจำกัดระยะทางในทางติดต่อ

2. แบบ SIMPLEX DOUBLE FREQUENCY คล้ายแบบแรก แตกต่างกันที่คลื่นรับ และสิ่งมีความถี่ต่างกัน (คือรับความถี่หนึ่ง แต่ส่งอีกความถีหนึ่ง) ข้อดี คือ สามารถใช้ร่วมกับระบบ REPEATER เพื่อเพิ่มระยะทางในการติดต่อกว้างขึ้น

3. แบบ DUPLEX DOUBLE FREQUENCY ซึ่งเป็นแบบที่ใช้คลื่นรับ และส่งความถี่ต่างกัน และสามารถรับส่งในเวลาเดียวกันได้ แบบนี้เหมาะที่จะใช้งานร่วมกับระบบโทรศัพท์ แต่ขอบเขตของการติดต่อถูกจำกัดเช่นเดียวกับแบบแรก

เครื่องวิทยุรับส่งระบบ CITIZEN BAND จะมี OSCILLATOR ของภาครับและส่งได้ง่าย เพียงเปลี่ยน CRYSTAL กำเนิดความถี่ของภาค OSCILLATE ในแต่ละภาค โดยจะให้ทำงานในระบบ SIMPLEX SINGLE FREQUENCY หรือ SIMPLEX DOUBLE FREQUENCY ก็ได้ โดยให้ ความถี่ทางด้านส่งของสถานีหนึ่ง ต่างกับความถี่ OSCILLATOR ทางด้านรับของอีกสถานีหนึ่ง เท่ากับความถี่ IF คือ 455 kHZ

ตัวอย่างการสื่อสารระบบ SIMPLEX SINGLE FREQUENCY ระหว่าง 2 สถานี

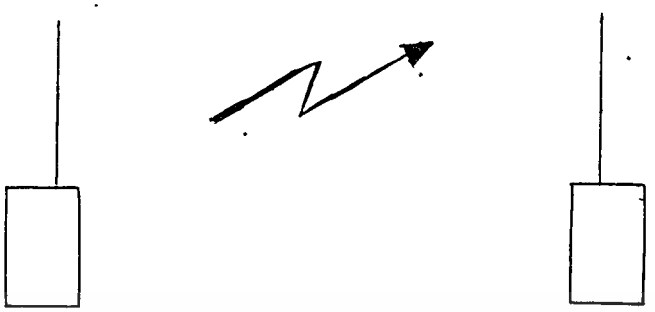


Tx = 27.000 MHz — 27 MHz — Rx = 27.455 MHz

Rx = 27.455 MHz — 27 MHz — Tx = 27.000 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

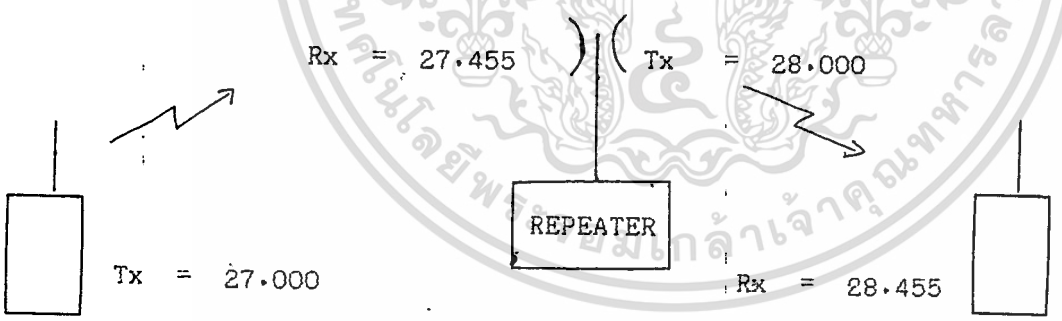
ตัวอย่างการสื่อสารระบบ SIMPLEX DOUBLE FREQUENCY



Tx = 27.000 MHz ——→ 27.000 MHz Rx = 27.455 MHz

Rx = 28.455 MHz ←—— 28.000 MHz Tx = 28.000 MHz

ตัวอย่างการสื่อสารด้วยระบบ SIMPLEX DOUBLE FREQUENCY ระหว่าง 2 สถานีโดยผ่านระบบ REPEATER



ความถี่ OSCILLATOR ทางด้านส่งของสถานีย่อยจะถูก SET ให้ต่างกับความถี่ OSCILLATOR ทางด้านรับของ REPETER เท่ากับ 455 kHz และความถี่ OSCILLATOR ทางด้านรับของสถานีย่อย จะถูก SET. ให้ต่างกับความถี่ OSCILLATOR ทางด้านส่งเท่ากับ 455 kHz เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกใช้การสื่อสารโดยผ่านระบบ REPEATER แล้วเครื่องของสถานีย่อยจะไม่สามารถติดต่อกันโดยตรงได้ ซึ่งก็เป็นการดี เพราะถ้าสถานีย่อยสามารถติดต่อถึงได้โดยตรงด้วยแล้วสองสถานีอยู่ใกล้กัน ทางด้านรับ จะรับสัญญาณจากทั้ง REPEATER และสถานีส่ง ทำให้เกิดการรบกวนกันเองในระบบ

1.1 <u>การใช้งานเครื่องทวนสัญญาณความถี่ของวิทยุ</u>

ระบบ REPEATER โดยทั่วไปก็คือ สถานีตัวกลาง ที่ช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรง ซึ่งโดยมากจะเป็นระบบอัตโนมัติ เช่นคู่สถานีที่ใช้วิทยุรับส่ง สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการติดต่อโดยใช้ REPEATER เป็นตัวกลางถ่ายทอดสัญญาณ

ส่วนประกอบของ Repeat เป็นสวนประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ คือ

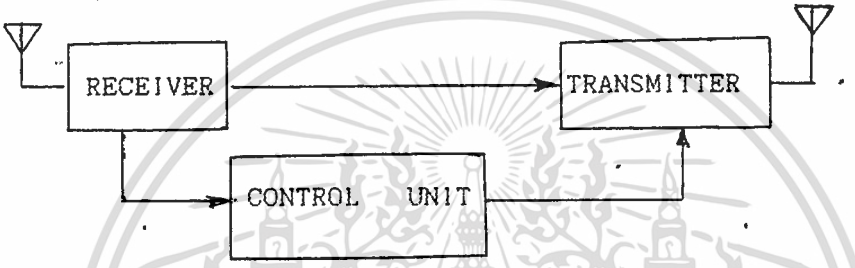
1. ภาครับ
2. ภาคส่ง
3. ภาคควบคุมระบบ
4. ภาคจ่ายไฟ
5. ระบบสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

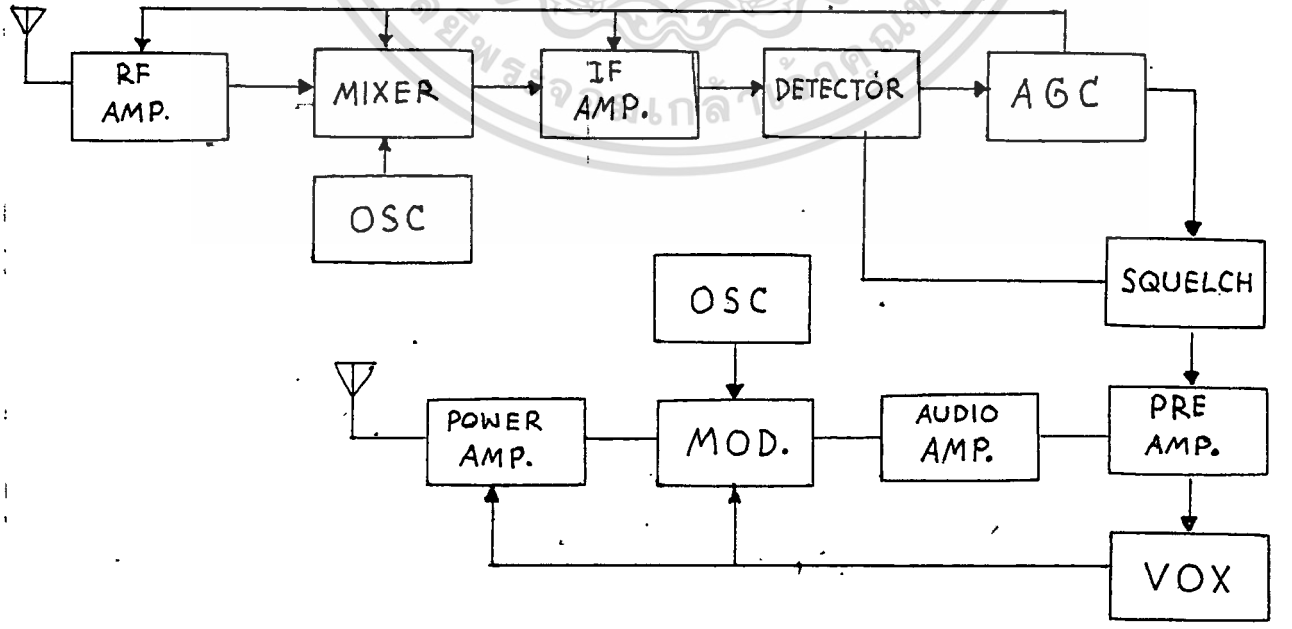
การทำงานของเครื่อง REPEATER

เครื่อง REPEATER เบื้องต้นประกอบด้วย ภาครับ (RECEIVER) ภาคส่ง (TRANSMITTER) และภาคควบคุมการทำงาน (CONTROL UNIT) โดยภาครับ รับสัญญาณจากสถานีย่อยมาทำการขยาย แล้วส่งให้ภาคส่ง เพื่อส่งออกอากาศไปยังสถานีปลายทาง ส่วนภาคคุมการทำงานจะควบคุมให้ภาคส่งทำงานเพื่อมีสัญญาณเข้ามาทางภาครับ



(รูปแสดง BLOCK DIAGRAM ของ REPEATER เบื้องต้น)

เครื่อง REPEATER ในโครงงานนี้ สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการของ เครื่อง REPEATER เบื้องต้นที่กล่าวมา โดยภาควบคุมการทำงานใช้การตรวจจับสัญญาณ AUDIO จากภาครับ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับภาคควบคุมการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ REPEATER ในโครงการ

สัญญาณ RF เข้ามาทางสายอากาศ ผ่าน RF AMP เพื่อขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แล้วไปเข้าวงจร MIXER เพื่อ MIX ความถี่ที่รับได้ (27.125 MHz) กับความถี่ OCCILLATOR (26.670 MHz) เพื่อให้ได้ความถี่ IF = 455 kHz ไปผ่าน วงจร DETECTOR ได้เป็นสัญญาณ AUIDO ส่วนหนึ่งไปยัง AGC เพื่อควบคุมการทำงาน RFAMP = MIXER และ IF AMP อีกส่วนหนึ่งจะไป SQUELCH ซึ่งภาค SQUELCH ซึ่งภาค SQUELCH นี้จะตัดสัญญาณ AUDIO ขนาดของ RF SIGNAL จะมีระดับต่ำ AGC จะเพิ่ม GAIN ขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อขยายระดับของสัญญาณให้ใหญ่ขึ้น ทำให้เกิด NOISE สูง ภาค SQUELCH จะ DETECT ระดับของ AGC ถ้า AGC มีระดับสูง แสดงว่าระดับของสัญญาณที่รับได้มีระดับต่ำ คือมีแต่ NOISE ไม่มี AUIDO เข้ามาด้วย SQUELCH ก็จะตัด SIGNAL ที่จะไปยังภาคควบคุมและภาคส่งลง GROUND ถ้ามี AUDIO และผ่าน SQUELCH ได้ ก็จะไปและเข้าวงจร PREAMP และ AUDIO AMP เพื่อไป MODULATE กับความถี่ CARRIER ทางด้านส่ง (28.045 MHz) เพื่อให้เป็น RF ที่ส่งออกอากาศ แล้วไปเข้าวงจรขยายกำลัง (POWER AMPLIFIER) เพื่อขยายแล้วส่งออกอากาศไป

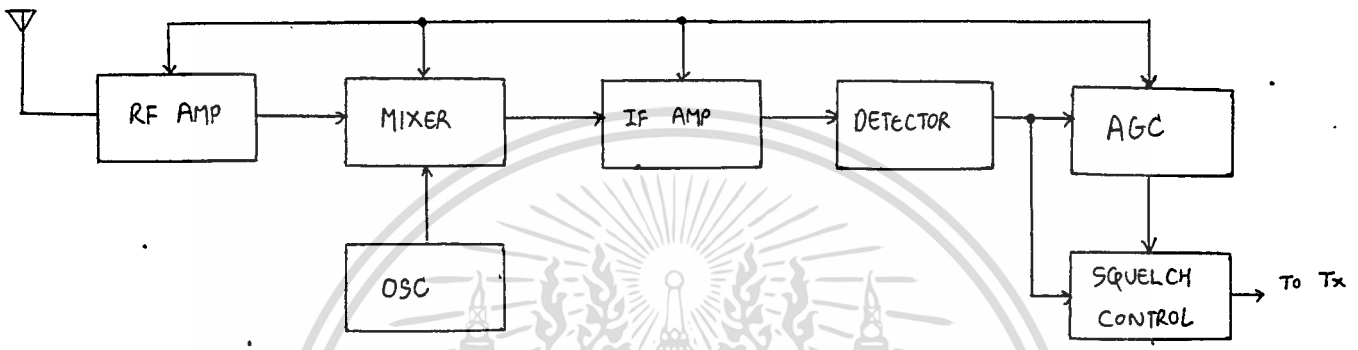
ส่วนหนึ่งของสัญญาณ AUDIO จาก PRE AMP. จะไปวงจร VOICE OPERATED SWITCH (VOX) ซึ่งจะทำงานเป็น SWITCH เปลี่ยนแปลง OUTPUT จาก ON - OFF หรือ OFF - ON เมื่อมี INPUT เข้ามา OUTPUT ของ VOX จะเป็น SUPPLY จ่ายให้กับภาค MODULATE และ POWER AMPLIFIER เพื่อให้ภาคส่งทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ภาครับ (RECEIVER UNIT)

เกี่ยวกับภาครับสำหรับ REPEATER ในโครงงานนี้ เป็นภาครับ วิทยุ AM แบบ SUPERHETERODYNE ดังแสดงในรูป



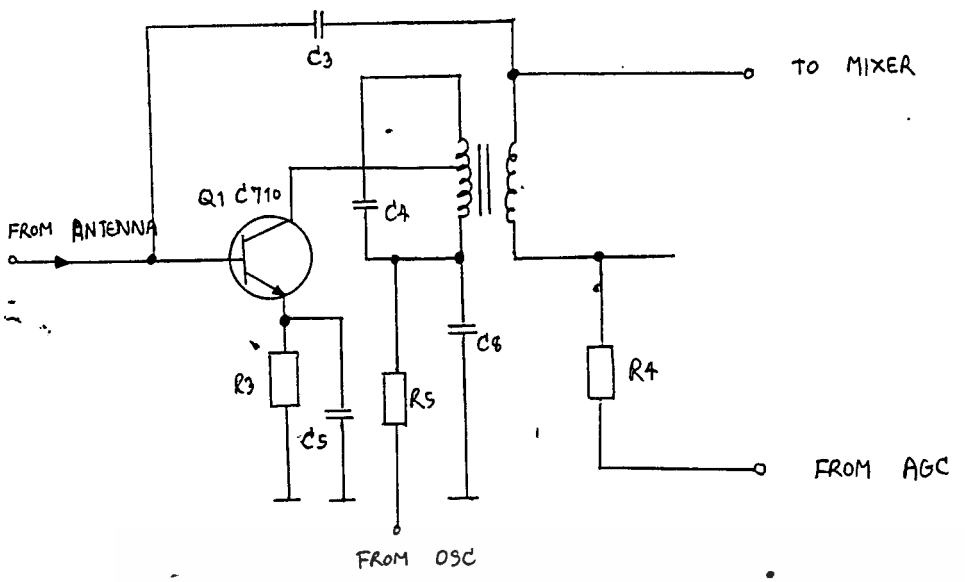
รูปที่ 3 BLOCK DIAGRAM ของภาครับ (RECEIVER)

ในส่วนของวงจรภาครับ จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ RF AMP, MIXER OSCILLATOR , IF AMP , DETECTOR , AGC, SQUELCH CONTROL ซึ่งในส่วนที่กล่าวมานี้ จะได้กล่าวต่อไปนี้

3.1 ภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF. AMP)

ในส่วนของภาคนี้ ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่วิทยุ มาทำการขยายให้มีขนาดแรงขึ้น เนื่องจากสัญญาณความถี่วิทยุ ที่ได้จากสายอากาศยังมีขนาดเล็ก จึงจำเป็นต้องทำการขยายให้มีขนาดของสัญญาณสูงขึ้น เพื่อให้ SIGNAL TO NOISE ดีขึ้น จำเป็นต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมด้วยวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ อัตราการขยายของภาคนี้ ควรจะมีผลในการขยายสัญญาณต่ำจากสายอากาศ และต้องมีระดับที่สูงกว่าสัญญาณรับที่เกิดขึ้นในภาค MIXER และใน RF AMP ของ วงจรในภาพนี้ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ QI C 710 ทำหน้าที่เป็น RF AMP วงจรในภาคนี้แสดงดังรูป 3 - 1

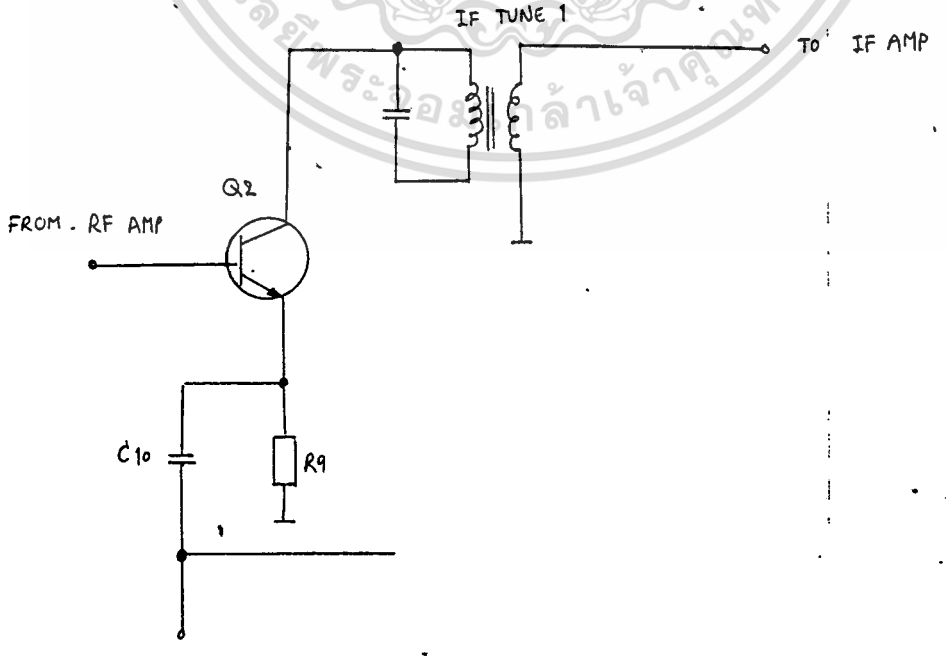
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 - 1 วงจร RF AMP

3.2 <u>วงจรมิกเซอร์</u> (MIXER)

วงจรนี้จะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q 2 C 710 ซึ่งทำหน้าที่ MIXER โดยทำการ MIX สัญญาณ RF AMP และ OSC ที่ขา EMITTER ของ Q 2 OUTPUT ออกที่ขา COLLECTOR เพื่อไปยัง IF TUNE STEP ที่ 1 ก่อนส่งไปยัง IF AMP ต่อไป ซึ่งภาค MIXER นี้ จะนำเอาความถี่ที่ผลิตขึ้นในภาค OSCILLATOR คือ 26.67 MHz เพื่อมาผสมกับความถี่ ที่รับเข้ามา คือ 27.125 ได้ความถี่ IF 455 KHz เพื่อส่งไปยัง IF AMP ต่อไป วงจรของภาคนี้ แสดงดังรูป 3 - 2

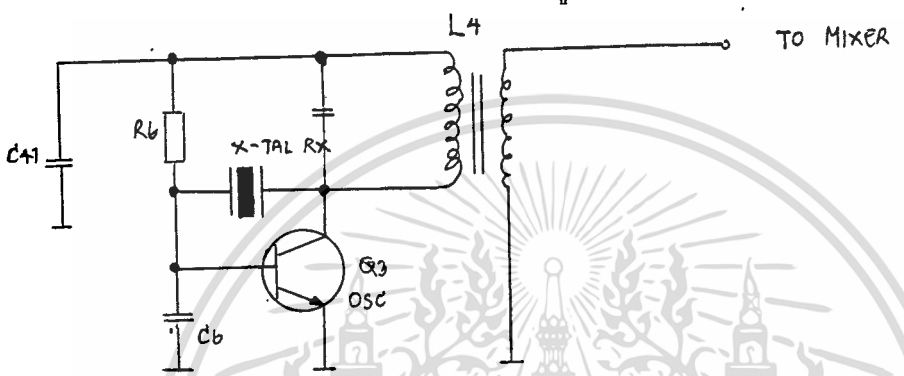


รูปที่ 3-2 วงจร MIXER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 <u>ภาคออสซิเลเตอร์</u> (OSCILLATOR)

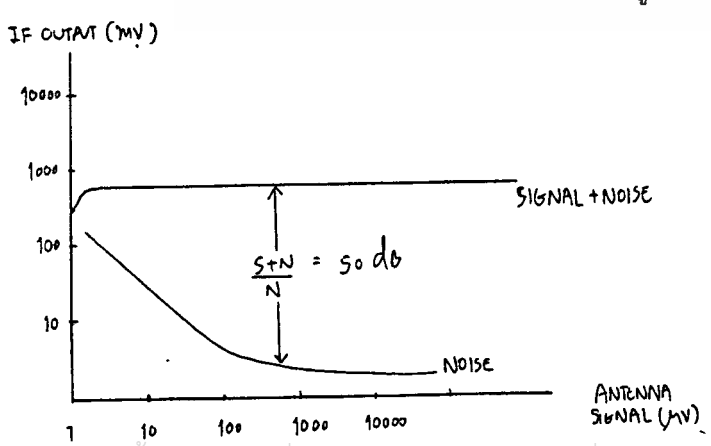
ในส่วนของภาคนี้ จะประกอบด้วย X - TAL ความถี่ 26.67 MHz และ ทรานซิสเต้อร์ Q3 2SC 710 GR ซึ่งในภาคนี้จะทำการผลิตความถี่ 26.67 MHz เพื่อทำการผสมกับสัญญาณจากภาค RF AMP ที่วงจร MIXER เพื่อให้ได้ความถี่ปานกลาง IF 455 KHz ซึ่งเสถียรภาพในการผลิตความถี่เป็นสิ่งสำคัญ ของภาคนี้ ซึ่งจะต้องคงความถี่อยู่ได้ในระดับเดิม และเปลี่ยนความถี่ได้เมื่อต้องการวงจรในภาคนี้แสดงดังรูป 3 - 3



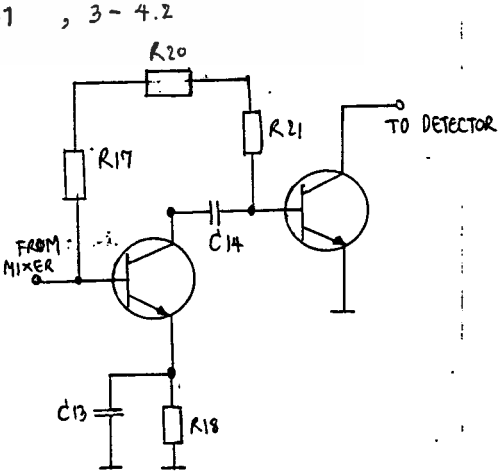
รูปที่ 3-3 วงจร OSCILLATOR

3.4 <u>ภาคขยายไอเอฟ (IF AMP)</u>

หลังจากภาค MIXER ได้ความถี่ปานกลาง IF แล้วจะต้องทำการขยายให้มีระดับความแรงที่สูงขึ้น เพื่อที่จะส่งไปยังภาค DETECTOR ต่อไปวงจรนี้จะประกอบด้วย Q4 และ Q5 2SC 710 GR เป็น IF AMP ซึ่งในภาคนี้จะต้องมีคุณสมบัติเป็นเชิงเส้น และควรมีระดับสัญญาณคงที่จนถึงภาคดีเทคเตอร์ เมื่อความเข้มของสายอากาศเพิ่มขึ้น อัตราขยายควรจะลดลงในสัดส่วนที่พอเหมาะ ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับสัญญาณรบกวน (SIGNAL TO NOISE RATIO) ที่ภาค DETECTOR ดีขึ้น ดังรูป 3 - 4.1 , 3 - 4.2



รูป 3-4.1 แสดง AGC ของภาคขยาย IF



รูป 3-4.2 วงจร IF AMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

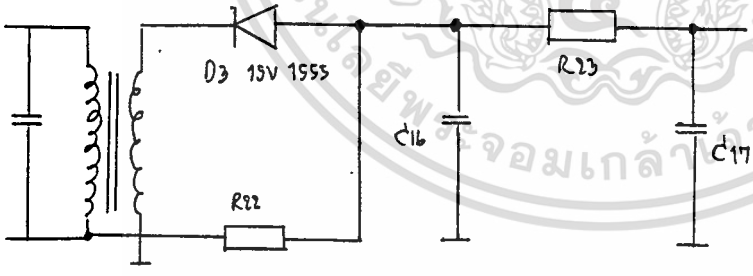
023134

3.5 ภาค DETECTOR

วงจรในภาค DETECTOR ประกอบด้วยไดโอด D3 15 1555 , CAPACITOR C16 , C 17 และ ๆ RESISTOR R 23 ซึ่งการทำงานของภาคนี้ คือไดโอดจะตัดส่วนสูง (PEAK) ของคลื่น โดยมีตัวเก็บประจุ ซึ่งจะคายประจุ ค่าเฉลี่ยแรงไฟที่ตัวเก็บประจุ จะถูกทำกลับคืน เป็นรูปสัญญาณเสียง เพื่อส่งไปยัง AF AMP ต่อไป

รูป 3 - 5.1 แสดงสัญญาณ INPUT และสัญญาณหลังผ่านวงจร DETECTOR

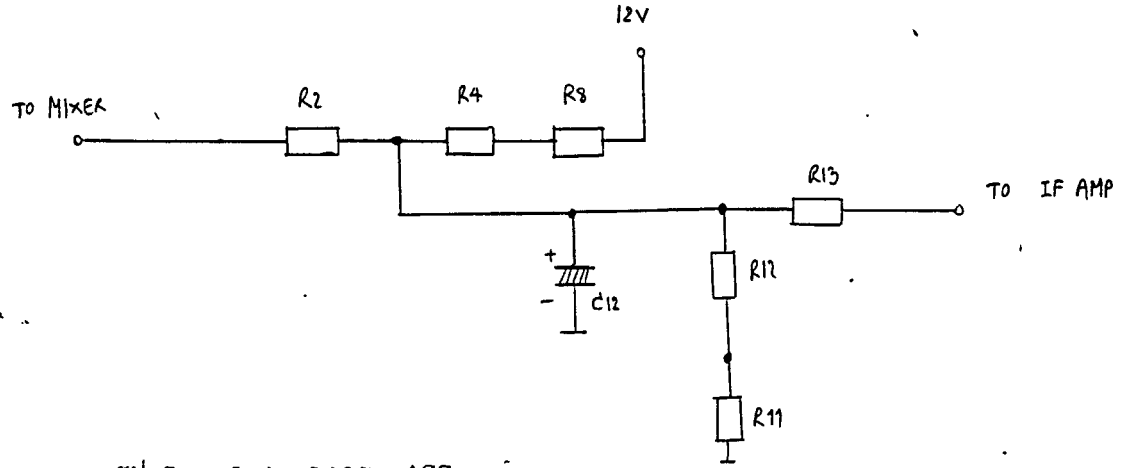
สำหรับวงจรในภาค DETECTOR นี้ ดังแสดงในรูป 3 - 5.2



3.6 วงจร AUTOMATIC GAIN CONTROL (A.G.C.)

ทำหน้าที่ควบคุมการขยายสัญญาณในภาค RF AMP, MIXER , IF AMP ซึ่งวงจร AGC ดังแสดงในรูป 3 - 6.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3 - 6.4 วงจร AGC

ถ้าไม่มี AGC การรับสัญญาณจะเกิดปัญหาดังนี้

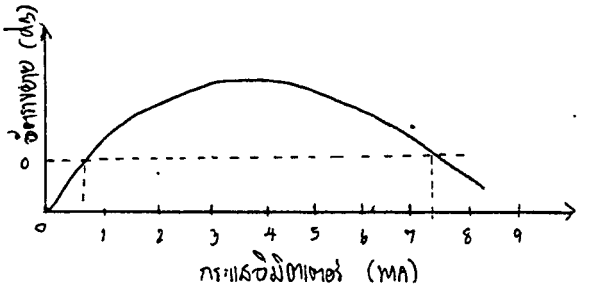
1. การรับสัญญาณจากสถานีจะรับได้แรง หรือบางสถานีจะรับได้อ่อน เป็นผลทำให้เราต้องมีการปรับความดังให้เข้ากับสัญญาณที่รับเข้ามา แต่ถ้ามี AGC ความดังจะคงที่แม้เปลี่ยนแปลงไปสถานีอื่น ๆ ที่มีความแรงของสัญญาณต่างกัน

2. สัญญาณที่รับบางครั้งก็มีการจางหาย (fading) หรือบางครั้งก็แรงขึ้นมาเอง ทั้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศที่คลื่นเดินทางมายังเครื่องรับ วงจร AGC จะช่วยรักษาระดับความดังให้คงที่ถึงแม้ว่าในบางกรณีจะมีการจางหายของสัญญาณ

3. ในกรณีที่เป็นเครื่องรับวิทยุติดรถยนต์ซึ่งเคลื่อนที่ไปมา สัญญาณที่รับได้จะมีความแรงในสัญญาณไม่เท่ากัน วงจร AGC จะช่วยชดเชยให้ระดับความดังเท่าเดิม

การควบคุมอัตราขยายของวงจรเราใช้วิธีป้อนไฟไบแอส อาจจะใช้วิธีไบแอสตรง ซึ่งเรียกกว่า AGC ตรง (FORWARD AGC) หรืออาจจะใช้วิธีไบแอสกลับทางซึ่งเรียกว่า AGC กลับทาง (reverse AGC) สังเกตุว่าอัตราขยายของทรานซิสเตอร์จะเปลี่ยนแปลงกับจุดการทำงาน (กระแสอิมิตเตอร์) ดูรูปที่ 3.6.1 ถ้าเราลดไฟไบแอสลง หรือเพิ่มไฟไบแอสขึ้น อัตราการขยายของทรานซิสเตอร์จะลดลง

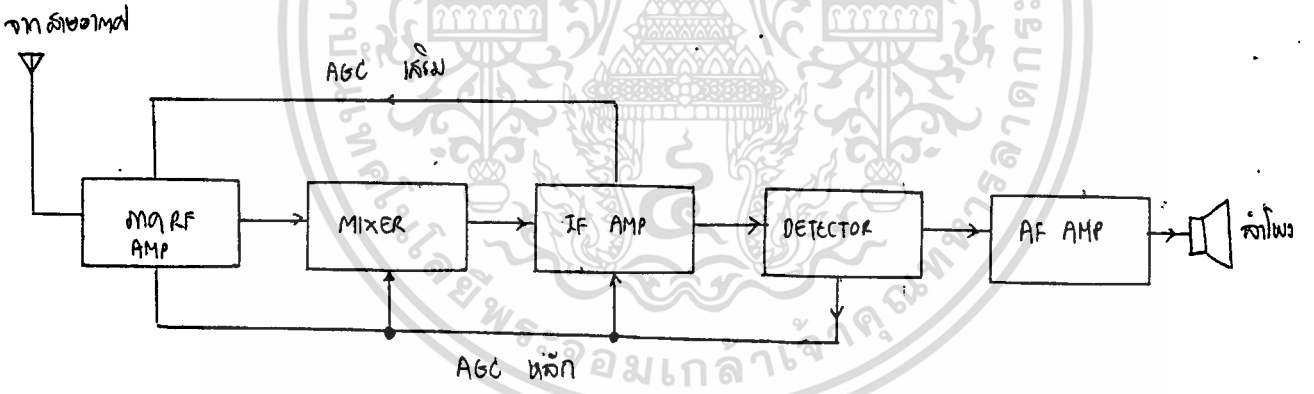
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6.1 การเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายของทรานซิสเตอร์ที่กระแสอิมิตเตอร์ในค่าต่าง ๆ

ในระบบ FM วงจรลิมิเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดขนาดของสัญญาณอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องมี AGC เว้นแต่ต้องการป้องกันโอเวอร์โหลดวงจรส่วนหน้า เช่น ทำการลดทอนสัญญาณอินพุตที่เข้าสู่วงจรขยาย RF

ในรูปที่ 3.6.2 แสดงแผนผังของวงจรภาครับ จากรูปจะเห็นว่าไฟ AGC กำเนิดได้โดยวิธีการดีเทกแล้วส่งไปแอสไปควบคุมอัตราขยายของวงจรขยาย RF และ IF แต่ละสเตจ AGC ส่วนนี้เป็น AGC หลัก main AGC) ของเครื่องรับ แต่ยังมี AGC อีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็น AGC เสริม (auxiliary AGC) จากวงจรขยาย IF ย้อนไปควบคุมอัตราขยายของวงจรขยาย RF เพื่อป้องกันการโอเวอร์โหลดของภาค RF

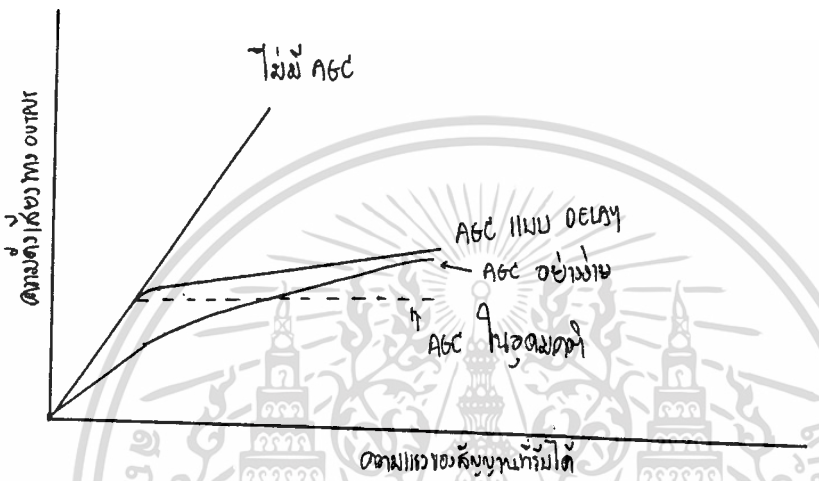


รูปที่ 3.6.2 AGC ต่าง ๆ ในเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮตเทอโรดายน์

AGC ที่ดีควรจะทำงานดังนี้ คือ เมื่อสัญญาณอินพุตของเครื่องรับแรงขึ้นระดับความดังของเสียงจะมากขึ้นจนการทั่งถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งถ้าสัญญาณอินพุตแรงถึงจุดนี้จะเกิดโอเวอร์โหลด AGC จะควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับไว้มิให้ระดับความดังของเสียงเพิ่มขึ้นอีก จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

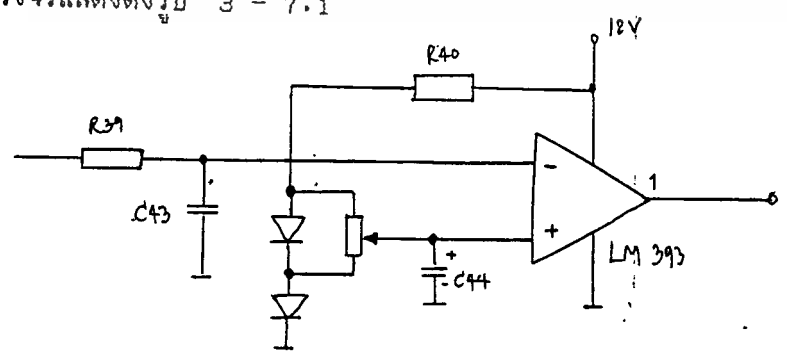
รูปที่ 3.6.3 เป็นกราฟแสดงลักษณะการควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับโดย AGC ชนิดต่าง ๆ กัน เช่น AGC อุดมคติ (ideal AGC) AGC แบบดีเลย์ (delay AGC) กล่าวคือ AGC จะถูกหน่วงไว้จนกว่าระดับสัญญาณอินพุตจะแรงถึงระดับหนึ่ง สำหรับ AGC แบบง่าย (simple AGC) การทำงานจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุทกับความดังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงไม่มีการหน่วงเวลา



รูปที่ 3.6.3 ลักษณะการควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับโดย AGC

3.7 <u>ภาคสเควล</u> (SQUELCH)

วงจรในภาคนี้ประกอบด้วย DIODE 1 N 4148 และ IC OP - AMP LM 393 ซึ่งในภาค SQUELCH นี้จะทำการควบคุม AGC เมื่อแรงดัน AGC มีค่าเข้าใกล้ 1.2 V โดย SQUELCH จะทำการ BYPASS ลง GROUND โดยปกติ AGC จะสร้างแรงดัน 0.6 - 1.2 V วงจร SQUELCH จะทำการเปรียบเทียบกับ AGC โดยมี DIODE เป็นตัวเปรียบเทียบ ลักษณะของวงจรแสดงดังรูป 3 - 7.1



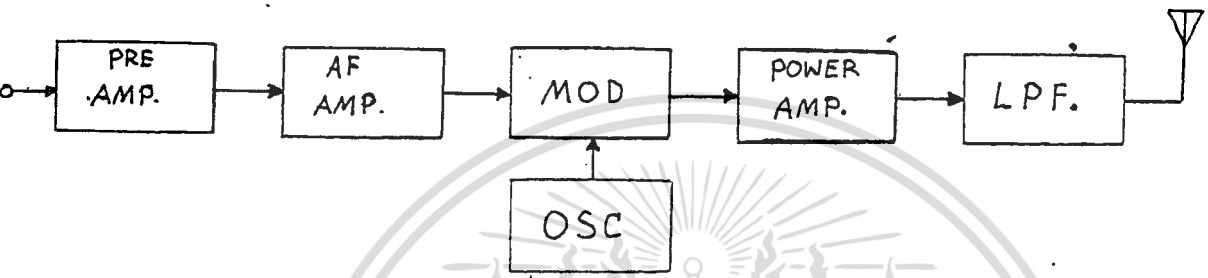
รูปที่ 3 - 7.1 วงจร SQUELCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ภาคส่ง (TRANSMIT UNIT)

ในส่วนของภาคส่ง ของโครงการนี้ จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงใน BLOCK DIAGRAM ตามรูป



รูปที่ 4 BLOCK DIAGRAM ภาคส่ง

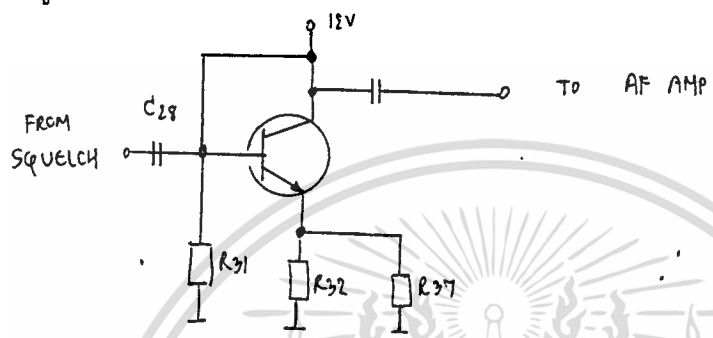
สำหรับโครงงานนี้ มีระดับสัญญาณขนาดเล็ก ดังนั้นการมอดูเลตที่ระดับสัญญาณขนาดเล็ก ๆ สัญญาณเสียงทำการขยายครั้งเดียวก็จะนำไปมอดูเลตบนพาหะโดยไม่ต้องทำการขยายซ้ำอีก ซึ่งสัญญาณ AM จากวงจรมอดูเลตเตอร์จะนำไปขยายกำลังในวงจรคลาส B ซึ่งทำงานเป็นวงจรขยายลิเนียร์ ในกรณีนี้เราใช้วงจรขยายคลาส C ขยายสัญญาณไม่ได้ เพราะจะเกิดความเพี้ยนรุนแรง การมอดูเลตที่ระดับสัญญาณต่ำนี้ทำให้สะดวกต่อการออกแบบวงจรขยายเสียง แต่อย่างไรก็ดี ประสิทธิภาพของวงจรขยายกำลังสุดท้ายคลาส B ย่อมน้อยกว่าวงจรขยายกำลังสุดท้ายคลาส C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเครื่องส่ง

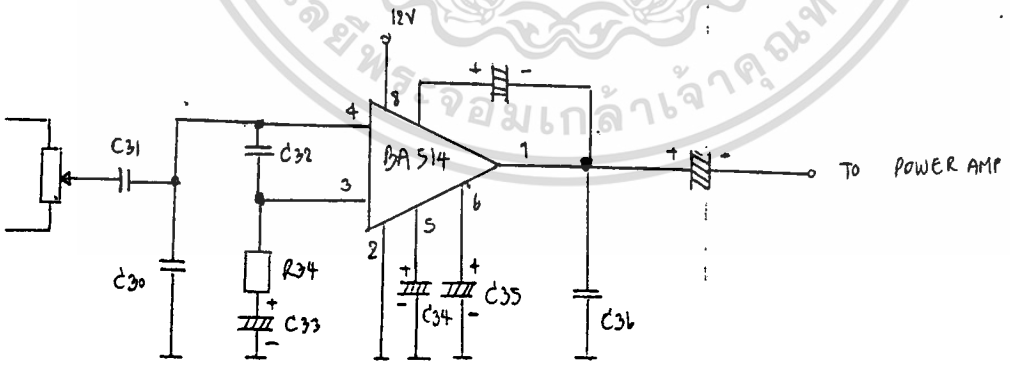
4.1 ภาค PRE AMP

ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้มีกำลังสูงขึ้นก่อน ส่งไปยังภาคAF AMP ซึ่งวงจร PRE AMP แสดงดังรูป 4 - 1



4.2 วงจรขยายความถี่เสียง (AUDIO FREQUENCY AMPLIFIER)

หลังจากที่ได้รับสัญญาณมาจากภาควงจร SQUELCH แล้ว จะมาเข้ายัง R ปรับค่าได้ซึ่งเป็นแบบเกือกม้า 50 k แล้วจะเข้าไปยัง IC BA S14 ที่ขา 4 ซึ่ง IC เบอร์นี้ จะทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณเสียง เพื่อให้มีกำลังเพียงพอที่จะส่งไปทำการมอดูเลตกับ OSCILLATOR ต่อไป ซึ่ง OUTPUT จาก IC BA 514 คือ ขา 1 ก่อนผ่าน C 39 ซึ่งทำหน้าที่คลับปิ้งต่อไป ซึ่งวงจร AF AMP แสดงดังรูป

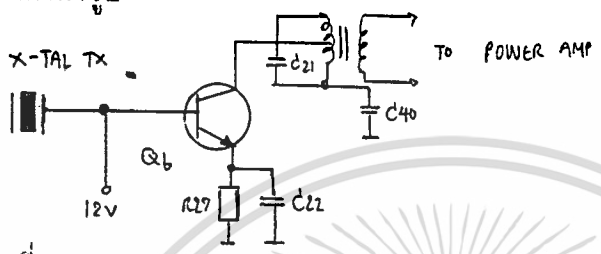


รูปที่ 4 - 2 วงจร AF AMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจร OSCILLATOR

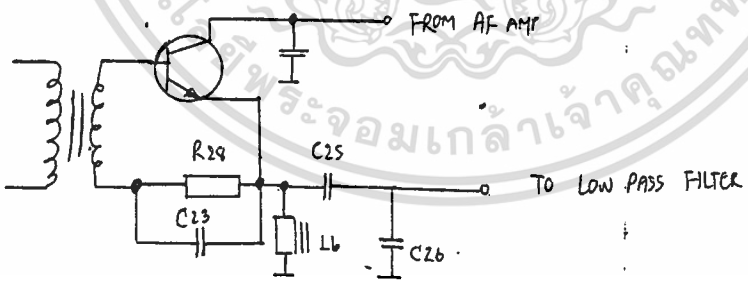
ในส่วนของวงจรนี้จะประกอบด้วย คริสตอล ออสซิลเตอร์ ผลิตความถี่ 28.045 MHz ทรานซิสเตอร์ Q 6 2 SC 710 ซึ่งในส่วนของวงจรนี้ จะทำหน้าที่ผลิตความถี่ส่ง เพื่อทำการมอดูเลต กับสัญญาณจาก AF AMP ที่วงจร มอดูเลตเตอร์ ซึ่งอยู่ในภาค POWER AMP วงจรในภาคนี้แสดงดังรูป



รูปที่ 4 - 3 วงจร OSCILLATOR ใช้ X - TAL

4.4 วงจร MODULATOR และ POWER AMP

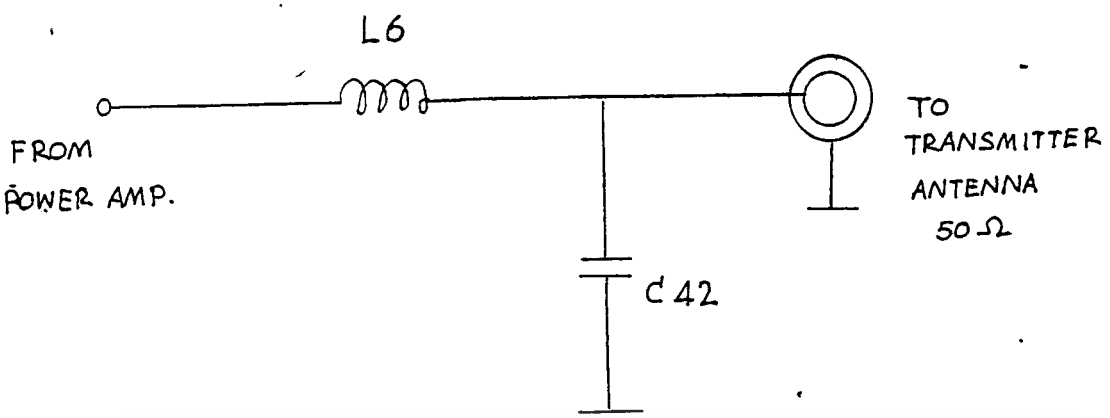
ในส่วนของวงจรนี้ จะประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ Q7 2SC 495 A ซึ่งทำหน้าที่เป็น POWER AMP โดยสัญญาณจาก AF AMP จะมาเข้ายังขา COLLECTOR ของ ทรานซิสเตอร์ Q7 ส่วนสัญญาณจาก OSCLLATOR จะมาเข้ายังขา BASE ของ Q7 เพื่อทำการ MOD ที่ทรานซิสเตอร์ Q7 ก่อนส่งไปยัง LOW PASS FILTER ต่อไป ซึ่งวงจรในส่วนนี้ แสดงดังรูป



4.5 วงจร LOW PASS FILTER

ประกอบด้วย L6 และ C42 เป็นวงจร LOW PASS FILTER เหตุผลที่ต้องมีวงจรกรองความถี่ เพื่อกำจัดฮาร์โมนิคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวงจรขยาย มิให้ไปกวนช่องความถี่อื่นที่ตรงกับความถี่ของมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 - 5 วงจร LOW PASS FILTER

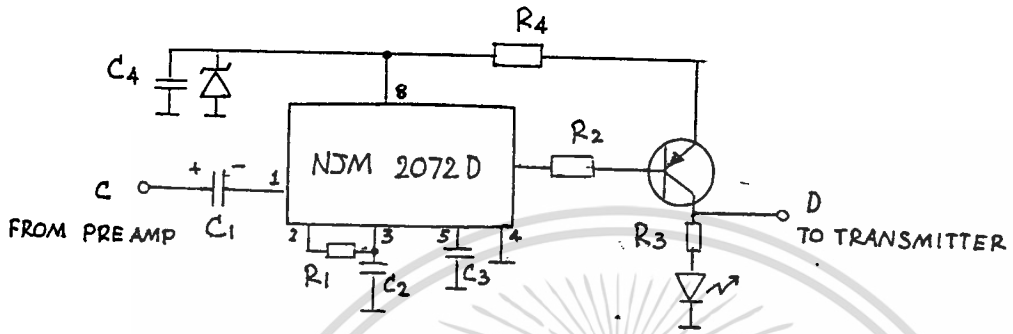
และทั้งหมดที่กล่าวมานี้ คือส่วนต่าง ๆ ของวงจรในภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ภาคควบคุมระบบการทำงาน

ภาคควบคุมระบบการทำงาน ในโครงงานนี้ จะให้ภาคส่งทำงาน เมื่อมี INPUT เข้ามา ยังระบบ REPEATER



รูปแสดงวงจร สวิทช์เสียงที่ใช้ในโครงการ

ในโครงงานนี้ ใช้ IC NJM 2072 ซึ่งเป็น IC ตรวจระดับสัญญาณ ใช้ทำเป็นวงจรสวิทช์ (VOICE OPERATED SWITCH) SIGNAL จาก PRE AMP ต่อเข้ากับขา 1 (INPUT) ของ IC โดยผ่าน CAPACITOR 1 MF 25V OUTPUT ของ IC คือ ขา 6 และ 7 ซึ่งมีสถานะตรงข้ามกัน จากวงจรที่ใช้งาน ขา 6 จะต่อกับ ขา B ของ TRANSISTOR BD 140 โดยผ่าน R2 ค่า R หาได้จากการประมาณ ดังนี้

SUPPLY + 12 V เมื่อ IC ทำงาน แรงดันที่ ขา 16 จะประมาณ 0 V จะมี VOLIAGE DROP ที่ R 2 12 − 0.7 = 11.3 V

TRANSISTOR BD 140 มีอัตราการขยาย 80 เท่า

วงจรทางด้านส่งใช้กระแสด ประมาณ 150 mA

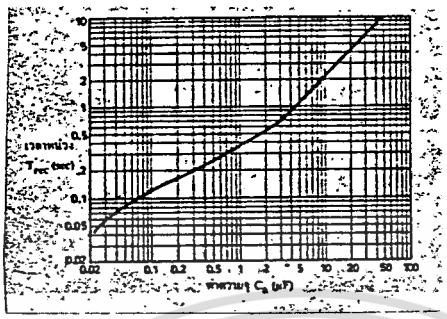
$$\therefore \quad R\,2 = \frac{11.3\ V}{150} \times \text{GAIN ของ TR}$$

$$= 6\ k$$

ในโครงงานเลือกใช้ R 2 = 3.9 K จะจ่ายกระแสได้ 230 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรสวิทช์เสียงหยุดการทำงาน จะต้องหน่วงเวลาไว้สักครู่ เพื่อป้องกันข้อมูลที่จะส่งจะขาดหายไป การเลือกช่วงเวลาการหน่วงเวลาสามารถกำหนดได้จาก ค่าความจุของ CAPACITOR ซึ่งต่อกับขา 5 ของ IC ค่า C_3 สามารถกำหนดได้ จากตาราง



รูปแสดงความสัมพันธ์ของ ความจุของ CAPACITOR ที่ขา 5 กับ เวลา ที่หน่วงที่ความถี่ 1 kHz

จากโครงการ เลือกค่าหน่วงเวลาประมาณ 0.4 sec C_3 มีค่า 1 UF

การเลือก GAIN

พิจารณาเหมือน OP - AMP ธรรมดา อัตราขยายแรงดัน

Av = 1 + Rf / Ri

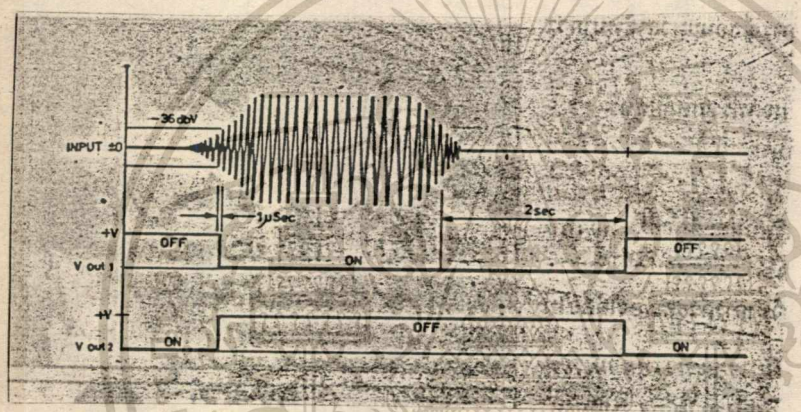
Rf = 100 k // R1

Ri = 20 k

ถ้า R1 มีค่ามาก จะทำให้อัตราขยายสูงขึ้น ความไวสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง การเลือกความไวของวงจร ควรเลือกให้มีความไวสูง ซึ่งต่างกับวงจรสวิทช์ เสียงทั่วไป ซึ่งจะมีความไวค่อนข้างต่ำเพื่อตัดเสียงรบกวน แต่ใน REPEATER นี้มีวงจร SQUELCH อยู่แล้ว ถ้าสัญญาณมีระดับสูงพอที่จะผ่าน SQUELCH ได้ ก็แสดงว่ามี AUDIO เข้ามาด้วย แต่ในขณะที่ใช้งาน สัญญาณ จากสถานีย่อย ที่จะส่งมายัง REPEATER เกิด FADE ไปบางช่วง ถ้าวงจรสวิทช์เสียงมีความไวต่ำ เครื่อง REPEATER อาจจะ OFF ไปบางช่วง ทำให้ข้อมูลขาดหายไป



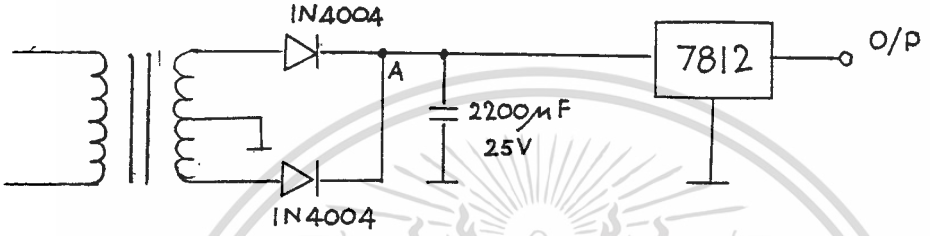
รูปแสดง ความสัมพันธ์ I/P และ O/P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ภาคจ่ายไฟ (POWER SUPPLY)

ในส่วนของ POWER SUPPLY จะประกอบด้วย หม้อแปลง ไดโอด IN 4004 คาปาซิเตอร์ 2200 MF / 25 V และ REGULATOR IC 7812 โดยสัญญาณแรงดันที่ OUTPUT ที่ได้เท่ากับ 12 V วงจรในภาคนี้ดังแสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ภาคจ่ายไฟ

การจัดวงจรเป็นแบบ FULL WAVE RECTIFIER ซึ่งจะได้สัญญาณ DC ที่ OUTPUT จุด A ดังรูป 6 - 2

รูปที่ 6 - 2 สัญญาณภายหลังผ่านการ RECTIFIDR

ส่วน CAPACITOR มีหน้าที่ทำให้สัญญาณ DC ที่ได้ เรียบขึ้น ดังรูป 6 - 3

รูปที่ 6 - 3 สัญญาณภายหลังผ่าน CAPACITOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในการใช้งานจริง เราไม่สามารถนำสัญญาณ DC ที่ได้จากการ RECTIFIER และ CAPACITOR เนื่องจากเป็นไฟ DC ที่ไม่เรียบ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำสัญญาณ DC ให้เรียบ โดยผ่าน IC REGULATOR ซึ่ง OUTPUT ที่ได้จากวงจร REGULATOR จะเป็น DC ที่เรียบ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานเป็นภาคจ่ายไฟสำหรับ ภาคต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งสัญญาณ DC ที่ได้นั้นจะมีค่า 12 VOLT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การสร้าง

7.1 การออกแบบวงจร

วงจรในโครงงานเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุนี้ ประกอบด้วยวงจรวิทยุสื่อสาร (ในภาครับ และภาคส่ง) และวงจรควบคุม

วงจรภาครับ และภาคส่งได้นำวงจร ของ DELTA รุ่น ICD - 180 เป็นวงจรอ้างอิง โดยได้พิจารณาเหตุผล และความเหมาะสมในหลายด้านด้วยกันคือ อุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ และมีราคาไม่สูงมากนัก เป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อนยุ่งยากจนเกินไป ประสิทธิภาพในการทำงานเชื่อถือได้ ฯลฯ ซึ่งเหมาะสมกับโครงงาน ซึ่งเป็นชุดจำลอง REPEATER

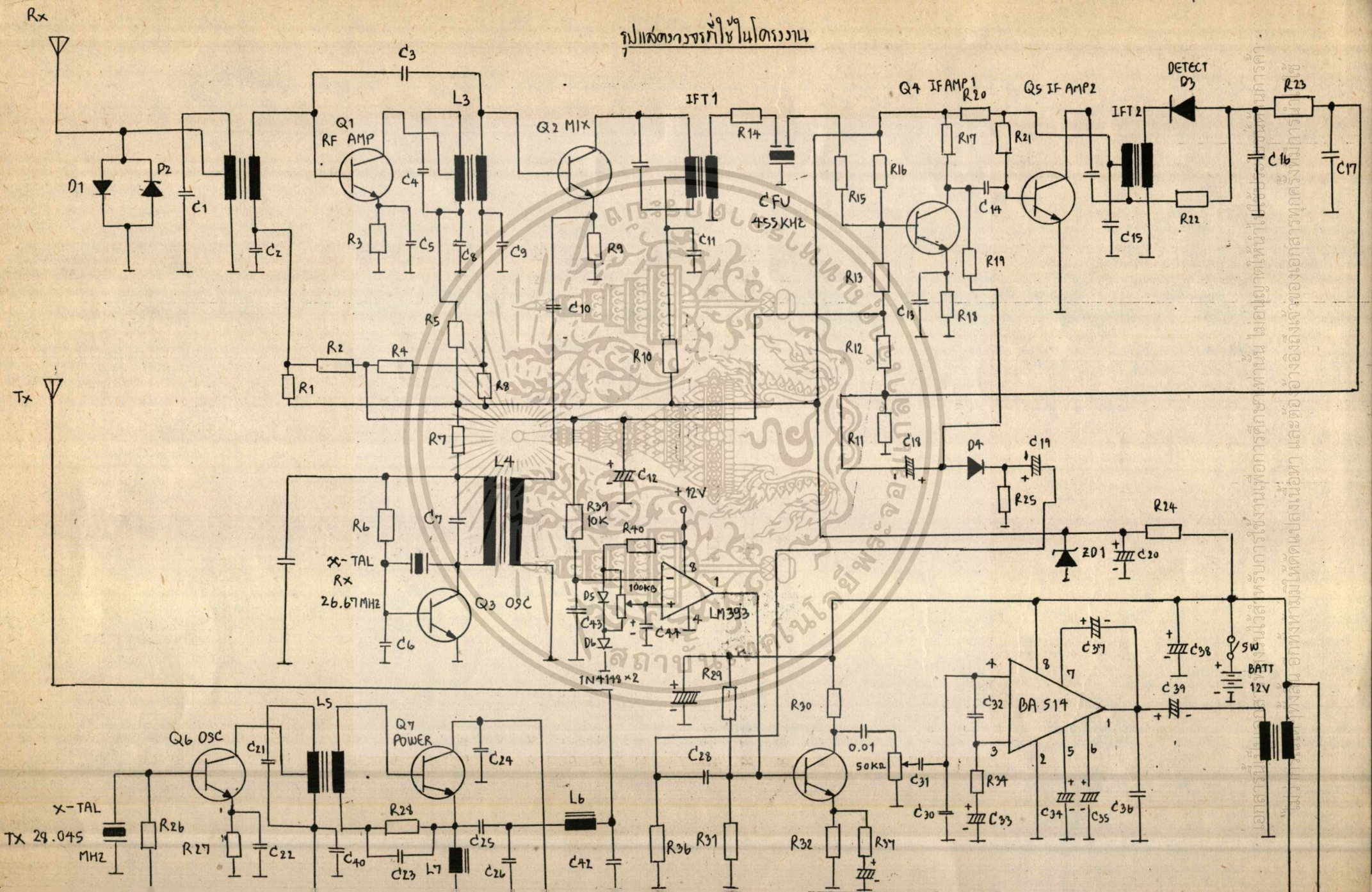
ส่วนในวงจรในภาคควบคุมนั้นได้ใช้แนวทางการออกแบบจากวงจรในวารสาร ELECTRONIC SEMICONDUCTOR ซึ่งวงจรส่วนนี้เป็น IC NJM 2072 โดยการออกแบบนั้นเริ่มโดยการพิจารณาความต้องการคือ เป็นชุดควบคุมการทำงานของภาครับ และภาคส่ง ซึ่งถูกควบคุมโดยสัญญาณเสียง คือเมื่อมีเสียงพูดเข้ามาก็จะทำให้ เครื่องรับ และเครื่องส่ง ใน REPEATERทำงานเมื่อได้ความต้องการแล้ว ก็พิจารณาอุปกรณ์ที่มีในตลาดที่ออกแบบได้สะดวกมากที่สุด แล้วจึงทำการออกแบบ

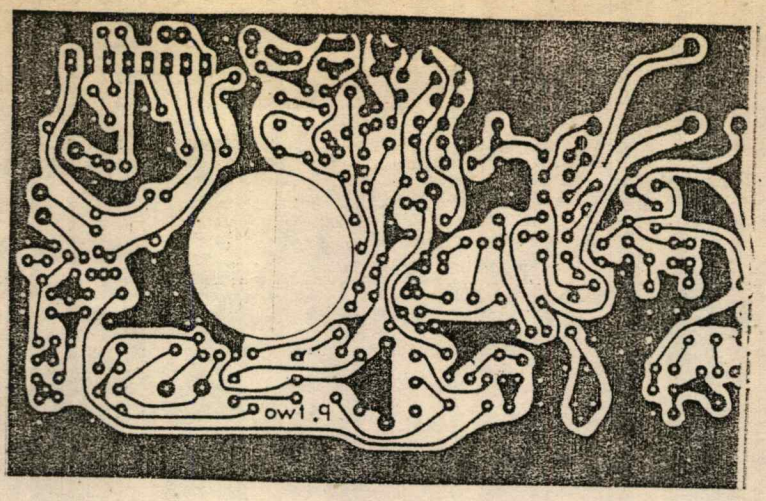
7.2 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์

การออกแบบลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์นั้น เราใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (SMARTWORK PKOGRAM) และบางส่วนก็ใช้แผ่นวงจรพิมพ์เอนกประสงค์ ดังรูปที่ 7.1

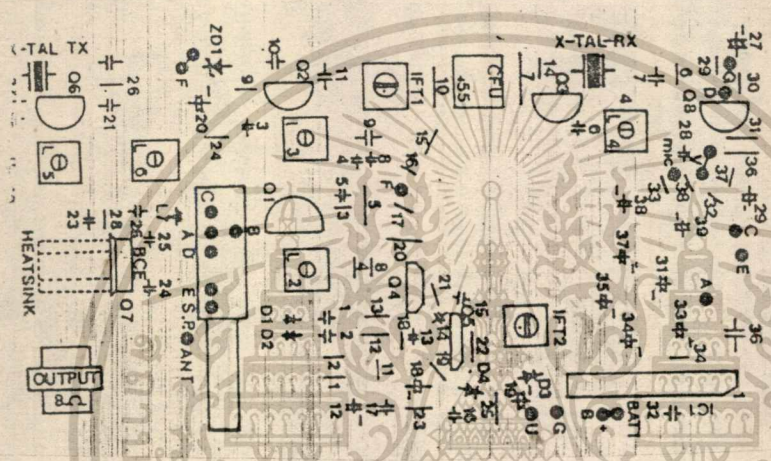
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงวงจรที่ใช้ในโครงงาน





7.1 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ภาครับ - ภาคส่ง



7.2 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์ ภาครับ - ภาคส่ง

7.3 <u>ประกอบอุปกรณ์และปรับแต่ง</u>

ก่อนที่จะทำการประกอบอุปกรณ์ลงแผ่นวงจรพิมพ์ สิ่งที่ควรระวัง คือ

- แรงบังคับความถี่ (X - TAL) ทั้งภาครับ และภาคส่ง ที่จัดหามาจะต้องเข้าคู่กัน ได้โดยความถี่ของนำมาบวกลบกัน แล้วจะต้องมีผลต่อต่างอยู่ 455 KHz จึงจะนำไปใช้งานได้

- ในการบัดกรีอุปกรณ์ จะต้องให้ตะกั่วพอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไป ถ้าจุดตะกั่วมากช้อตถึงกันจะทำให้ตรวจสอบลำบาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใส่อุปกรณ์ ตัวต้านทาน (RESISTOR) ตัวเก็บประจุ (CONDENSER) หรือ CAPACITOR BYPASS TRANSISTOR ควรให้ขาสั้นมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

- สายซีลด์ตรงจุดอินพุต (INPUT) ของ PRE AMP จะต้องใช้สายซีลด์

- แต่ละกระป๋องของ COIL และ IF TRANSFORMER นำสายซีลด์ด้านเปลือกนอกมาต่อเชื่อมระหว่างกระป๋องให้ถึงกันหมด เพื่อผลทางเทคนิค ของ GROUND ถ้าไม่เชื่อมถึงกันแล้ว อาจจะเกิดการ OSCILLATE ขึ้นได้

7.4 <u>การปรับแต่ง</u>

ก่อนที่จะทำการปรับแต่งนั้น ต้องตรวจแหล่งจ่ายไฟ และ ทรานซิสเตอร์ของภาครับภาคส่ง ในขณะที่ป้อนไฟเข้าเครื่อง เพื่อตรวจสภาพการทำงานของทรานซิสเตอร์ว่าทำงานปกติดี หรือไม่ โดยใช้ D.C VOLT METER เช็คสภาพ BIAS ของทรานซิสเตอร์

เมื่อเช็คสภาพการทำงานของ TRANSISTOR พร้อมใช้งานแล้วก็มาทำการปรับจูน COIL ต่าง ๆ เพื่อให้ RESONANCE หรือ รับความถี่ผ่าน 27 MHz ได้โดยจูนภาคส่งก่อนทำดังนี้

- <u>การจูนภาคส่ง</u>

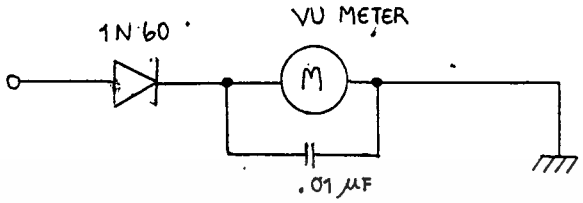
  - นำ METER RANGE 10 VOLT AC เอาสายข้างใดข้างหนึ่งเพียงสายเดียวมาต่อที่สายอากาศ
  - เปิด (ON) เครื่องส่ง
  - จูน COIL L5 ให้ออสซิเลทสูงที่สุดโดยดูเข็ม METER ให้เข็มขึ้นสูงที่สุด
  - จูน COIL L6 ให้มีความแรงตามลำดับ และสังเกตที่ METER จะขึ้นสูงกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับการจูน COIL L5 ก็แสดงว่า ภาค RE POWER AMP มีการขยาย

เมื่อเราจูนภาคส่งได้ผลดีที่สุด แล้วก็ให้ OFF เครื่องส่ง ปกติในขณะที่ทำการส่งจะกินกระแสประมาณ 100 mA และจะได้ RE POWER = 500 mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- <u>การจูนภาครับ</u>

เมื่อจูนภาคส่งทำงานดีแล้ว ก็มาจูนภาครับ โดยมีขั้นตอน ดังนี้



- สร้างวงจร S - METER (ดังรูป) เพื่อเป็นเครื่องมือในการจูนภาครับ

- การจูนทุกตัวของ COIL สังเกตที่ S - METER จะมีผลแตกต่างของเข็ม METER ขึ้นลงอย่างเห็นได้ชัด ก็แสดงว่า COIL ตัวนั้นสภาพการทำงานจะปกติ ถ้าจูน COIL ตัวใดแล้วมาดูเข็ม ที VU METER ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลง COIL ตัวนั้นมีปัญหาอาจต้องพันใหม่ให้ได้ตามที่ต้องการ

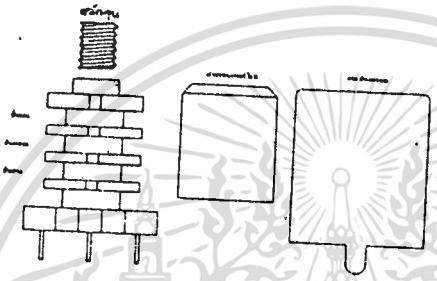
- จูน L2 และ L3 แล้วสังเกตุที่ VU METER (ดังรูป) ให้เข็มสูงสุดจากนั้นก็จูน L4 ซึ่งเป็น COIL OSC ให้ทำงานสูงที่สุดโดยดูที่ VU METER การจูน COIL ทุกตัว เมื่อจูนเข็มสูงที่สุด แล้วควรจะจูนให้เข็มลดลงมานิดหนึ่งเสมอ เพื่อไม่ให้ COIL ทำงานสูงเกินไป เพราะจะทำให้หลุดจากความถี่ RESONANCE นั้นได้ และในขณะที่ทำการจูน COIL ภาครับ ภาคส่งจะต้องทำงานตลอดเวลา และควรวางภาคส่งให้ห่างภาครับ โดยดูจากเข็ม VU METER เมื่อทำการจูนแล้วเกิดความแตกต่างปกติจะวางห่างกันประมาณเมตรกว่า แล้วค่อย ๆ ขยับเครื่องส่งออกไปเรื่อย ๆ จากนั้นก็มาทำการจูน ภาค IF TRANSFORMER AMPLIFIER ที่ IF TRANSFORMER 1 และ IF TRANSFORMER 2 ตามลำดับ ก็ให้สังเกตเข็มที VU - METER ให้ขึ้นสูงที่สุดเหมือนกัน

- ทำการจูนภาครับ และภาคส่งสลับกันไป ในลักษณะเดียวกัน หลังจากนั้นเก็บบรรจุลงกล่อง แล้วค่อยทำการจูนภาคส่งให้ แมชซิ่ง กับสายอากาศอีกทีหนึ่ง เพื่อให้เครื่องส่งทำงานได้ เต็มประสิทธิภาพ โดยชักสายอากาศที่มี COIL L1 ในตัวให้สุดแล้วจูน L6 อีกทีหนึ่ง ซึ่งเป็นการจูนโดยละเอียดหลังจากลงกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

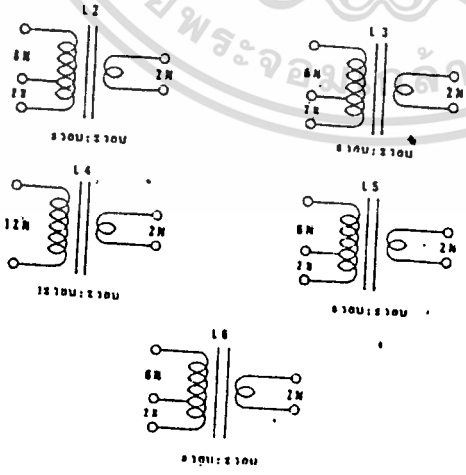
7.5 การพันคอยล์

ในวงจรของเครื่องรับ - เครื่องส่ง คอยล์ฟอร์ม ที่ใช้พัน COIL L2, L3, L4, L5, L6 มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 มม. แบ่งเป็นชั้น ๆ 3 ชั้น คือ ชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบน ครอบด้วยเฟอร์ไรท์ชั้นใน ส่วนชั้นนอก ครอบด้วยกระป๋องโลหะ ดังรูป 7.5



7.5 ภาพแสดงส่วนประกอบของ COIL FORM

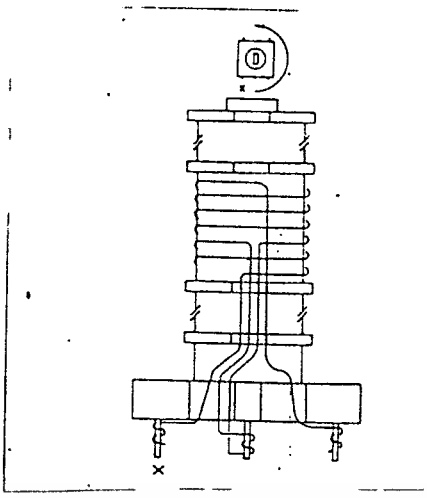
ซึ่งมีขนาดเท่ากับกระป๋อง IF TRANSFORMER เครื่องรับทั่ว ๆ ไป และรายละเอียดของการพัน COIL จะดังรูป 7.6



รูป 7.6 รายละเอียดการพัน COIL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

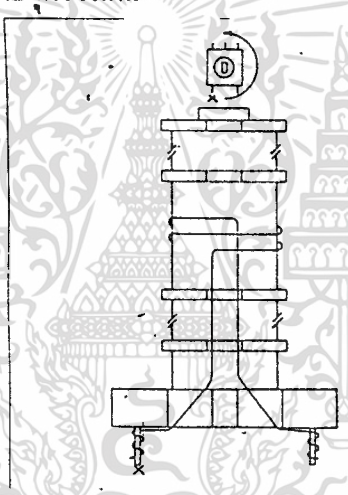
การพัน L2



รูป L2 (PRIMARY)

พันชั้นกลางจำนวน 6 รอบ แท็ปที่ 2 รอบ

* พันวนซ้าย x คือจุดเริ่มต้น

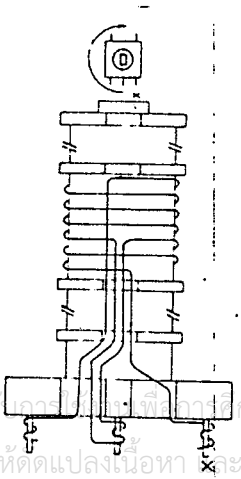


รูป L 2 (SECONDARY)

พันชั้นกลางทับด้านปฐมภูมิ จำนวน 2 รอบ

* พันวนซ้าย x คือจุดเริ่มต้น

การพัน L3

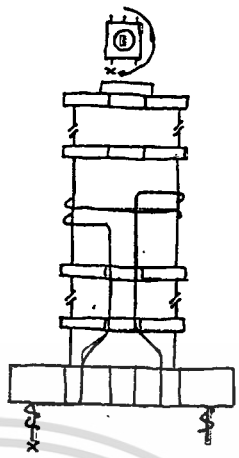


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป L3 (PRIMARY)

พันชั้นกลางจำนวน 6 รอบ แท็ปที่ 2 รอบ

* พันวนขวา x คือจุดเริ่มต้น

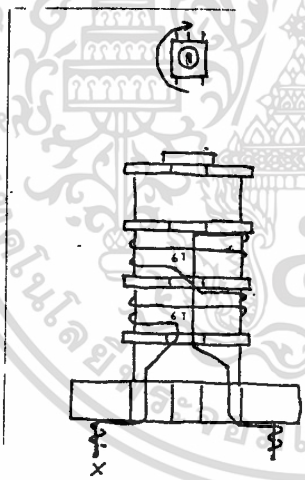


รูป L3 (SECONDARY)

พันชั้นกลางทับด้านปฐมภูมิ จำนวน 2 รอบ

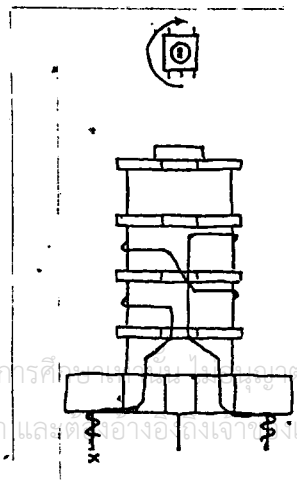
* พันวนขวา x คือจุดเริ่มต้น

การพัน L4



พันชั้นล่างจำนวน 6 รอบ พันชั้นกลางจำนวน 6 รอบ

* พันวนขวา X คือจุดเริ่มต้น



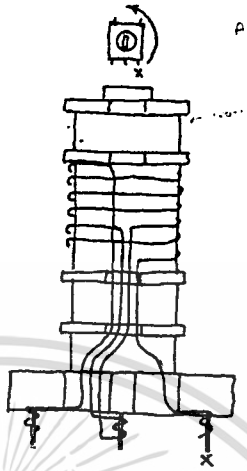
รูป L4 SECONDARY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันชั้นล่างจำนวน 1 รอบ พันชั้นกลางจำนวน 1 รอบ

* พันวนขวา X คือจุดเริ่มต้น

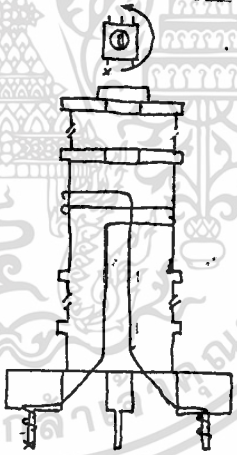
การพัน L5



รูป L5 PRIMARY

พันชั้นกลาง จำนวน 6 รอบ แทปที่ 2 รอบ

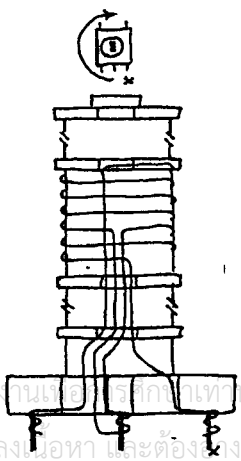
* พันวนซ้าย X คือจุดเริ่มต้น



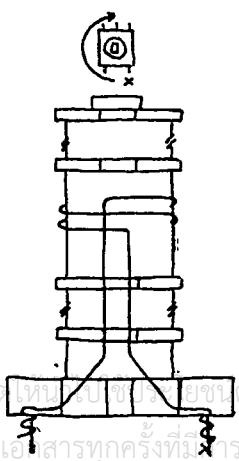
รูป L5 SECONDARY

พันชั้นกลางทับด้านปฐมภูมิ จำนวน 2 รอบ

* พันวนขวา x คือจุดเริ่มต้น



รูป L6 SECONDARY

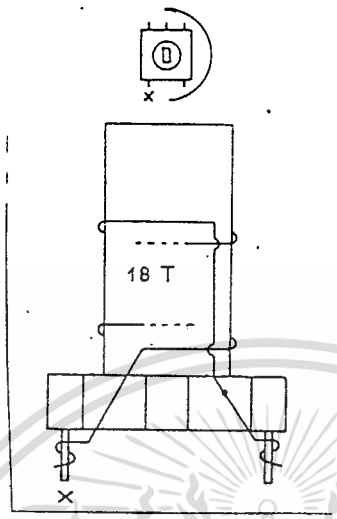


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันขั้นล่างทับด้านปฐมภูมิ จำนวน 2 รอบ

* พันวนขวา X คือจุดเริ่มต้น

การพัน L1



รูป L1

L1 ใช้ชดลวดทองแดง SW G 30 พันบน COIL FORM 5 มม.. พันชิดกันชั้นเดียว จำนวน 18 แสดง * พันวนซ้าย x คน L2, L3, L4, L5, L6 ใช้ลวดแดง SWG 450 ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

การทดลอง และผลการทดลอง

8.1 เราได้ทำการรวัดแรงดัน จุดต่าง ๆ ของภาครับ ดังนี้

	VBE	VCE	VC	VB	VE
Q 1	0.6 V	7 V	7.1 V	0.15 V	.04 V
Q 2	0.5 V	6.3 V	6.2 V	0.5 V	0. V
Q 3	0.6 V	1.6 V	1.6 V	0.6 V	0 V
Q 4	0.6 V	5.8 V	6.7 V	0.06 v	0 v

8.2 แรงดันจุดต่าง ๆ ของภาคส่ง (วัดในขณะที่ทำการส่ง)

	VBE	VCE	VC	VB	VE
Q 6	0.6 V	4 V	9 V	2.8 V	4.6 V
Q 7	0.6 V	9 V	9 V	0.01 V	0 V
Q 8	0.6 V	3.8 V	4 V	0.25 V	0.3 V

8.3 วัดแรงดัน POWER AMPLIFIER (IC 1)

ขา 1 = 7 V
ขา 2 = 4.5 v
ขา 4 = 4 V
ขา 5 = 0 V
ขา 5 = 0 V
ขา 6 = 4 V
ขา 7 = 4 V
ขา 8 = 3.5 V
ขา 9 = 9 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4 วัดแรงดัน ของ ZENER DIODE

ZD 1 = 6.8 V

ZD 2 = 6.8 V

8.5 แรงดันของวงจร SQUELCH

ขา 2 = 0.6 - 1 V

ขา 3 = 0.6 - 1.2 V

ขา 4 = 0 V

ขา 8 = 12 V

ขา 1 = 0 - 0.25 V

8.6 แรงดัน ของ VOX

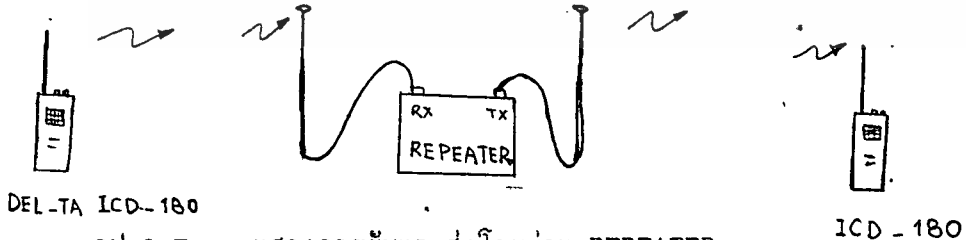
ขา 8 = 5.1 V

ขา 6 = เมื่อ ON = 0 V OFF = 12 V

ขา 4 = 0 V

8.7 ทดสอบใช้งานจริง

การทดสอบ ใช้เครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ ร่วม กับ วิทยุรับ - ส่ง DEL TA รุ่น ICD - 180 (กำลังส่ง 1 W) ดังรูป 8.7



รูป 8.7 แสดงการรับและส่งโดยผ่าน REPEATER

- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง โดยที่วาง REPEATER ไว้ตรงกลาง และมีวิทยุรับ - ส่ง ICD - 180 2 เครื่อง แต่ละเครื่อง วางห่างจาก REPEATER หลายลิบเมตร ตัวเครื่อง REPEATER จะต่อสาย COAXIAL ให้ทางด้านรับ 7 m. และมีเสาซัก ทางด้านส่งต่อด้วยสาย COAXIAL 15 m และเสาซัก เหตุที่ต้องต่อสายอากาศยาว ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องส่ง และเครื่องรับในตัว REPEATER กวนกัน จากนั้นก็ทำการคุยกันจากเครื่องหนึ่งไปอีกเครื่องหนึ่ง โดยผ่าน REPEATER ปรากฏว่า เครื่อง REPEATER สามารถทำงานได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุปโครงงาน

จากการทดสอบเครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุ เครื่องทวนสัญญาณความถี่วิทยุนี้ก็สามารถทำงานได้ แต่ในการนำไปใช้งานจริงอาจยังไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากเหตุผลต่าง ๆ ดังนี้

1. ความไวในการรับยังไม่ดีนัก เนื่องจากคุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ธรรมดาที่มีในท้องตลาด ถ้าต้องการจะปรับปรุงให้มีความไวมากกว่านี้ ควรจะมี R.F. AMPLIFIER อีกชุดหนึ่ง เพื่อช่วยให้มีความไวในการรับสูงขึ้น

2. กำลังส่ง ในการใช้งานจริง REPEATER ควรจะมีกำลังสูงกว่า REPEATER ที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้ ดังนั้นสามารถเพิ่มกำลังส่งโดยเพิ่มภาคขยายกำลัง ให้มีกำลังส่งสูง ขึ้น

3. เมื่อปรับปรุงกำลังส่งและความเร็วในการรับให้ดีขึ้น อาจทำให้เกิดการรบกวนข้ามช่องระหว่างภาคส่ง และภาครับได้ง่าย จึงควรมีชุด BAND - PASS FILTER เพื่อขจัดปัญหานี้

4. สายอากาศภาครับ และภาคส่ง ใช้สาย COAXIAL ทดลองซึ่งจะให้สัญญาณสูญเสียในสายนี้มาก และสาย COAXIAL นี้ก็ยาวมากเกินไป ถ้าจะทำให้สัญญาณสูญเสียน้อยลง สาย COAXIAL ควรจะสั้น และสาย COAXIAL ที่ใช้ควรจะดีกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในภาคต่าง ๆ (PART LIST)

ภาครับ (RECEIVER UNIT)

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
Q 1	TRANSISTOR	C 710
Q 2	TRANSISTOR	C 710
Q 3	TRANSISTOR	25 C 710 GR
Q 4	TRANSISTOR	25 C 710 GR
Q'5	TRANSISTOR	25 C 710 GR
D 1	DIODE	IN 60
D 2	DIODE	IN 60
D 3	DIODE	IS 1555
D 4	DIODE	IN 60
Z D 1	ZENER DIODE	6,8 V 1 W
R 1	RESISTOR	560 K
R 2	RESISTOR	10 k
R 3	RESISTOR	1 K
R 4	RESISTOR	5.6 k
R 5	RESISTOR	1 k
R 6	RESISTOR	82 k
R 7	RESISTOR	5.6 k
R 8	RESISTOR	470 k
R 9	RESISTOR	1 k
R 10	RESISTOR	5.6 K
R 11	RESISTOR	10 k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
R 12	RESISTOR	12 k
R 13	RESISTOR	5.6 k
R 14	RESISTOR	330
R 15	RESISTOR	470
R 16	RESISTOR	180 k
R 17	RESISTOR	2.2 k
R 18	RESISTOR	1 k
R 19	RESISTOR	30 K
R 20	RESISTOR	1 k
R 21	RESISTOR	560 K
R 22	RESISTOR	180 k
R 23	RESISTOR	1 k
R 24	RESISTOR	470 K
R 25	RESISTOR	10 K
C 1	CAPACITOR (CERAMIC)	15 PF
C 2	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 3	CAPACITOR (CERAMIC)	15 PF
C 4	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 5	CAPACITOR (CERAMIC)	200 PF
C 6	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 7	CAPACITOR (CERAMIC)	20 PF
C 8	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 9	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 10	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 11	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 12	CAPACITOR (ELECTRO)	4.7 MF
C 13	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 14	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า.
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
C 15	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 16	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 17	CAPACITOR (CERAMIC)	.01 MF
C 18	CAPACITOR (ELECTRO)	1 MF
C 19	CAPACITOR (ELECTRO)	1 MF
C 20	CAPACITOR (ELECTRO)	100 MF
IFT 1	IF TUNE	YELLOW , COILFORM
IFT 2	IF TUNE	BLACK , RFU 15 MF
CFU	CERAMIC FILTER	455 KHz (H) MURATA
X - TAL	CRYSTAL OSCILLATOR	26.67 MHz

ภาคส่ง (TRANSMIT UNIT)

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
Q 6	DESCAIPTION	2SC 710
Q 7	TRANSISTOR	2SC 710
Q 8	TRANSISTOR	2SC 495A , 25C 2314A
R 26	RESISTOR	15 K
R 27	RESISTOR	56
R 28	RESISTOR	100
R 30	RESISTOR	100 K
R 31	RESISTOR	5.6 K
R 32	RESISTOR	10 K
R 33	RESISTOR	39 K
R 34	RESISTOR	470
R 35	RESISTOR	470

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
R 36	RESISTOR	10 K
R 37	RESISTOR	820
R 38	RESISTOR	1 K
C 21	CAPACITOR (CERAMIC)	5 PF
C 22	CAPACITOR (CERAMIC)	100 PF
C 23	CAPACITOR (CERAMIC)	2200 PF

ภาค SQUELCH

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
IC 2	I.C	L M 399
D 5	DIODE	5.1 V
D 6	DIODEQ	1 N 415 K
R 39	RESISTOR	10 K
R 40	RESISTOR	50 K
VR 1	VARIABLE RESISTOR	100 K B
C 43	CAPACITOR	0.1 UF
C 44	CAPACITOR (ELETROLYTIC)	1 / 25

ภาค VOX

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
IC 3	IC	NJM 2072 D
D 7	ZENER DIODE	5.1 V
Q 9	TRANSISTOR	BD 140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
R 42	RESISTOR	1 M M
R 43	RESISTOR	3.9 K
R 44	RESISTOR	1 K
C 45	CAPACITOR	1 / 25
C 46	CAPACITOR	100 / 25
C 47	CAPACITOR	0.001
C 48	CAPACITOR	1 / 25

ภาค POWER SUPPLY

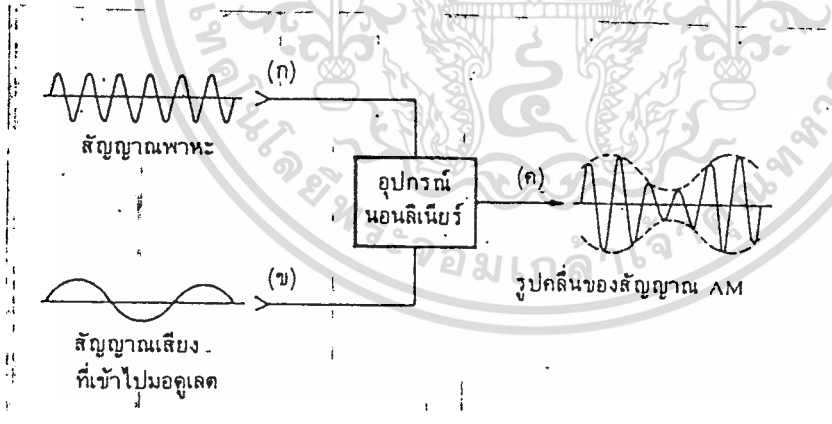
REF. NO	DESCRIPTION	PART NO.
IC 4	IC	7812
D 8	DIODE	1 N 4004
D 9	DIODE	1 N 4004
C 49	CAPACITOR	2200 / 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า.
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

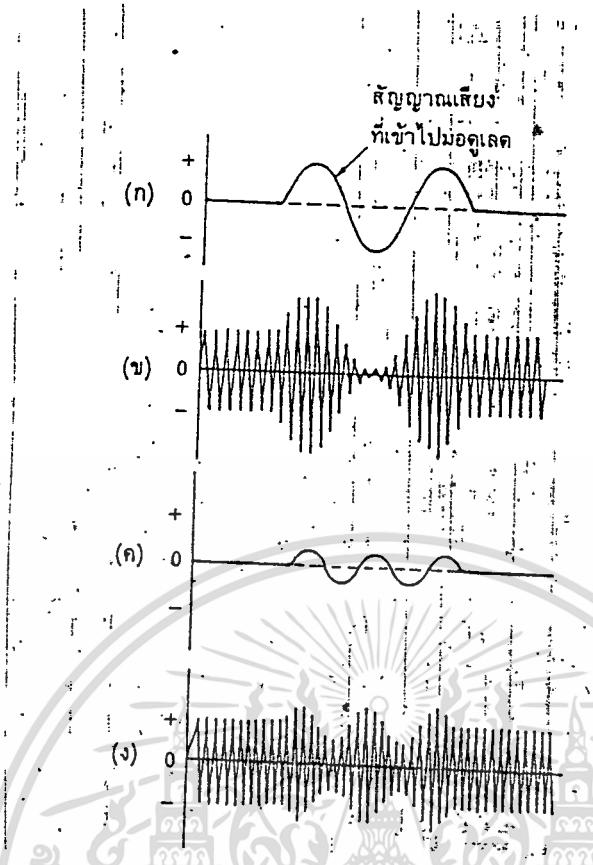
การมอดูเลตทางแอมพลิจูด

การมอดูเลตแบบ AM นั้น เราใช้สัญญาณข่าวสาร สมมติว่าให้สัญญาณเสียงมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติทางแอมพลิจูด (หรือขนาด) ของพาหะ ในรูปที่ 1 เราใช้สัญญาณพาหะ (ก) ผสมกับสัญญาณเสียง (ข) ลงในวงจรนอนลิเนียร์ (NONLINEAR) เช่น ใช้ไดโอดหรือทรานซิสเตอร์ โดยให้มีจุดทำงานอยู่ในบริเวณที่ไม่เป็นลิเนียร์ ในอุปกรณ์แบบนอนลิเนียร์จะทำให้เกิดสัญญาณ AM ดังรูปที่ 1 (ค) ขึ้น จะสังเกตว่าสัญญาณพาหะซึ่งถูกมอดูเลตแล้วจะมีแอมพลิจูด (ขนาด) เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียงที่ปนอยู่ในสัญญาณ AM จะปรากฏเป็นกรอบคลื่น (ENVELOPE) บนและล่างดังเช่นรูปที่ 2 (ก) เป็นสัญญาณเสียงที่มีแอมพลิจูดขนาดหนึ่ง โดยรูปที่ 2 (ข) คือสัญญาณ AM ที่มีสัญญาณเสียงในรูปที่ 2 (ก) มอดูเลต ในทางตรงข้ามถ้าสัญญาณเสียงมีแอมพลิจูดเล็กลงดังรูปที่ 2 (ค) สัญญาณ AM ที่เกิดขึ้นก็จะมีกรอบ (การเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูด) เล็กลงด้วย ดังรูปที่ 2 (ง)



รูปที่ 1 การมอดูเลตทางแอมพลิจูดโดยใช้อุปกรณ์นอนลิเนียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 การใช้สัญญาณเสียงที่มีขนาดมากและน้อยเพื่อมอดูเลตบนคลื่นพาหะ

เปอร์เซนต์ของการมอดูเลต

ในรูปที่ 2 จะเห็นว่าปริมาณการมอดูเลตของสัญญาณลงบนพาหะไม่เท่ากัน สังเกตได้ว่าแอมพลิจูดของพาหะ เปลี่ยนแปลงมากในรูปที่ 2 (ข) และเปลี่ยนแปลงน้อยในรูปที่ 2 (ง) ปริมาณการมอดูเลตนี้นิยมวัดเป็นเปอร์เซนต์ (บางที่เรียกว่า แฟกเตอร์การมอดูเลต มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1) รูปที่ 3 พาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลตเรียกว่า มีเปอร์เซนต์การมอดูเลตเท่ากับศูนย์ (0 เปอร์เซนต์) ในรูปที่ 3 (ก) สมมติว่าพาหะมีแอมพลิจูดจากยอดบวกถึงยอดลบเท่ากับ 40 V_{p-p}

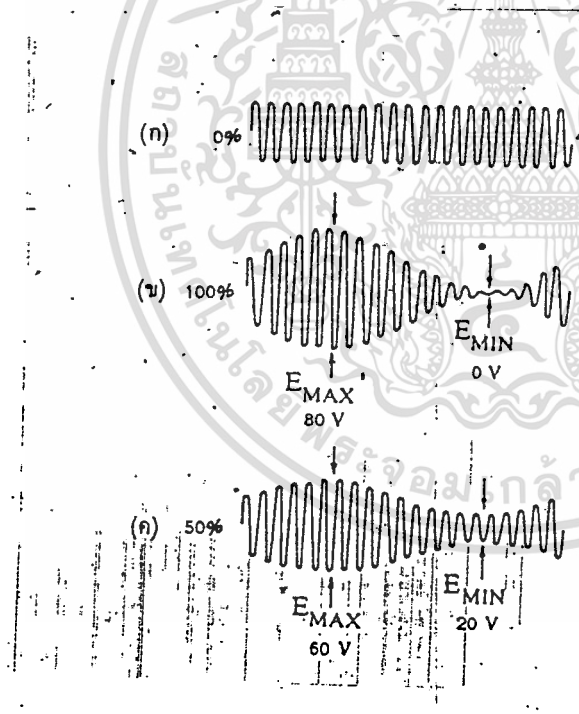
ในรูปที่ 3 (ข) พาหะถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงเต็มที่ 100 เปอร์เซนต์ แอมพลิจูด ของพาหะจะตกลงมาถึงศูนย์ และแอมพลิจูดยอดบวกถึงยอดลบของพาหะจะให้ได้สูงสุด 80 V_{p-p} อย่างไรก็ตามค่าแอมพลิจูดโดยเฉลี่ยของพาหะยังคงเป็น 40 V_{p-p} เท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3 (ค) พาหะถูกมอดูเลตเพียง 50 เปอร์เซนต์ แอมพลิจูดของคลื่นพาหะสูงสุด 60 V_{p-p} และต่ำสุด 20 V_{p-p} แอมพลิจูดเฉลี่ยของพาหะเท่ากับ 40 V_{p-p} (จาก $\frac{60 + 20}{2}$ = 40 V_{p-p}) เช่นเดิมเราสามารถใช้สูตรคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซนต์การมอดูเลต} = \frac{EMAX - EMIN}{EMAX + EMIN} \times 100\ \%$$

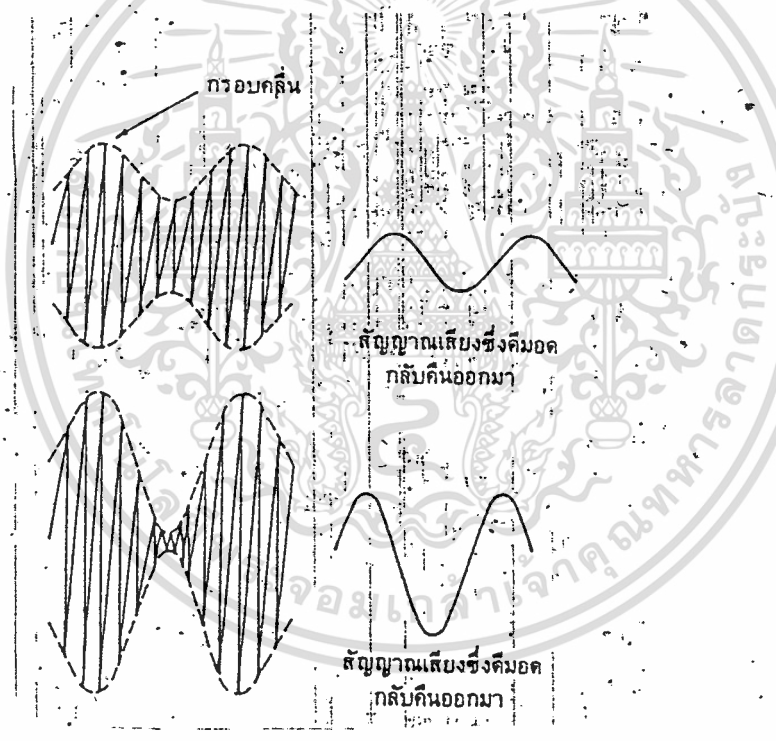
ดูตัวอย่างการคำนวณของรูปที่ 3 (ค)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติเราต้องการให้เปอร์เซนต์การมอดูเลตมีค่าสูงสุด เพื่อว่าสัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับจะมีกำลัง (เสียงดัง) ดูรูปที่ 4 เนื่องจากเครื่องรับ AM จะเปลี่ยนคลื่น AM เป็นสัญญาณเสียง โดยการแยกเอาแต่ละเฉพาะสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตลงบนพาหะกลับคืนจากคลื่น AM (คือดีมอดนั้นเอง) ฉะนั้นสัญญาณเสียงที่รับได้ในกรณีมอดูเลตมาแรง (เปอร์เซนต์การมอดูเลตมีค่าสูง) จะได้เสียงดังกว่า นั่นคือ ในที่นี้รูปที่ 4 (ข) จะให้สัญญาณเสียงดังกว่ารูปที่ 4 (ก) เพราะเปอร์เซนต์การมอดูเลตมากกว่า

อย่างไรก็ตาม การมอดูเลตต้องไม่สูงเกินไป (ไม่เกิน 100 เปอร์เซนต์) เพราะจะทำให้สัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับเกิดความเพี้ยน การมอดูเลตมากเกินไปนี้เรียกว่า การมอดูเลตเกิน (OVERMODULATION) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า โอเวอร์มอด จะเห็นว่าแอมพลิจูดสัญญาณ AM ลดลงได้ไม่ต่ำกว่าศูนย์ ไม่ว่าจะมอดูเลต



รูปที่ 4 แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่ดีมอดคืนมาได้ที่เครื่องรับจะมีความแรงมากน้อยขึ้นอยู่กับเปอร์เซนต์ของมอดูเลต

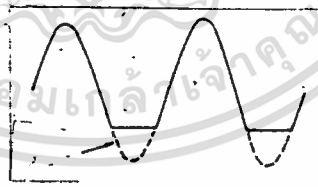
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. สัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต

ข. พาหะที่ยังไม่ได้ถูกมอดูเลต

ค. รูปคลื่น AM เมื่อมอดูเลตมากเกินไป

ง. สัญญาณที่ดีมอดกลับคืนออกมา



รูปที่ 5 การโอเวอร์มอดจะทำให้สัญญาณที่ได้จากการดีมอด (หรือดีเทก) ที่เครื่องรับมีความเพี้ยน)

แรงเท่าใดก็ตาม ยิ่งถ้าสัญญาณที่มอดูเลตมีค่ามากคลื่นพาหะจะหายไป (CUT OFF) บางส่วน เสียด้วยซ้ำ ดังนั้นกรอบคลื่นของสัญญาณ AM จึงมีรูปร่างผิดไปจากสัญญาณเสียงที่เข้าไปมอดูเลต ดังในรูปที่ 5 (ก) เป็นสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต (คือสัญญาณเสียง) รูปที่ 5 (ข) เป็นพาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลต รูปที่ 5 (ค) เป็นพาหะที่มอดูเลตด้วยสัญญาณที่มีความแรงมากเกินไป ทำให้พาหะบางช่วงหายไป เมื่อเครื่องรับดีมอดสัญญาณเสียงกลับมาจะมีลักษณะเหมือนกับกรอบคลื่นซึ่งเพี้ยนไปจากเดิม ดังรูปที่ 5 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซด์แบนด์ AM

เราลองวิเคราะห์สัญญาณ AM (รูปที่ 6) ในเชิงความถี่ดูว่าเป็นอย่างไรและมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ในที่นี้สัญญาณ AM เกิดจากสัญญาณพาหะรูปซายน์ความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ มอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงรูปซายน์ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์ ดูเผิน ๆ อาจจะพบว่าผลของการมอดูเลตแบบ AM ของสัญญาณ 1 เมกะเฮิรตซ์กับ 10 กิโลเฮิรตซ์ น่าจะได้เป็นพาหะ 1 เมกะเฮิรตซ์เท่านั้น อย่างไรก็ตามถ้าเราป้อนสัญญาณทั้งคู่ให้แก่วงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์พาส (BANDPASS FILTER) ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์กับความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ เราจะพบว่าเอาต์พุตจากวงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์พาสความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์เป็นศูนย์ดังรูปที่ 6 (ข) แต่เอาต์พุตจากวงจรแบนด์พาสความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์จะไม่เป็นศูนย์ สรุปได้ว่า สัญญาณพาหะ 1 เมกะเฮิรตซ์เมื่อถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียง 10 กิโลเฮิรตซ์แล้ว ผลปรากฏว่าสัญญาณ 10 กิโลเฮิรตซ์จะไม่มีอยู่ในคลื่นพาหะที่มอดูเลตแล้ว (คลื่น AM) เลย แต่ไปปรากฏเป็นกรอบคลื่นแทน อย่างไรก็ตาม เราทราบดีว่าคลื่น AM จะต้องมีส่วนประกอบของสัญญาณเสียงปนอยู่แน่นอน เพราะกรอบของรูปคลื่นเป็นสิ่งที่ยืนยันอย่างชัดเจน

ถ้าเราใช้วงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์พาสแบบพิเศษที่สามารถจูนความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ หรือใช้สเปกตรัมอนาไลเซอร์ เพื่อค้นหาสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตบนพาหะว่าไปหลบซ่อนอยู่ในส่วนใดของพาหะ (วิเคราะห์ในเชิงความถี่) ด้วยวิธีนี้เราจะพบว่า สัญญาณ AM นี้นอกจากจะมีพาหะตัวเดิม 1 เมกะเฮิรตซ์แล้ว ยังมีคลื่นข้างเคียงเกิดขึ้นอีก 2 ข้างคือที่ความถี่ 1.01 เมกะเฮิรตซ์กับ 0.99 เมกะเฮิรตซ์คลื่นข้างเคียงทั้ง 2 ข้างนี้เรียกว่า ไซด์แบนด์ (SIDEBAND) ซึ่งเราจะตรวจพบได้โดยใช้ฟิลเตอร์ที่มีความคม หรือความละเอียดในการจูนตรวจค้นสัญญาณ ดังรูปที่ 6 (ค)

ไซด์แบนด์ที่มีความถี่สูงกว่าเรียกว่า ไซด์แบนด์ด้านบน (UPPER SIDEBAND) หรือ USB) ความถี่ของ USB เท่ากับผลรวมความถี่สัญญาณมอดูเลต

$$\text{ความถี่ USB} = fc + fm$$

ในที่นี้ fc คือ ความถี่พาหะ
fm คือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามตัวอย่าง fc = 1 MHz , fm = 1 kHz ฉะนั้นความถี่ของ USB จะเท่ากับ

ความถี่ USB = 1 MHz + 10 kHz

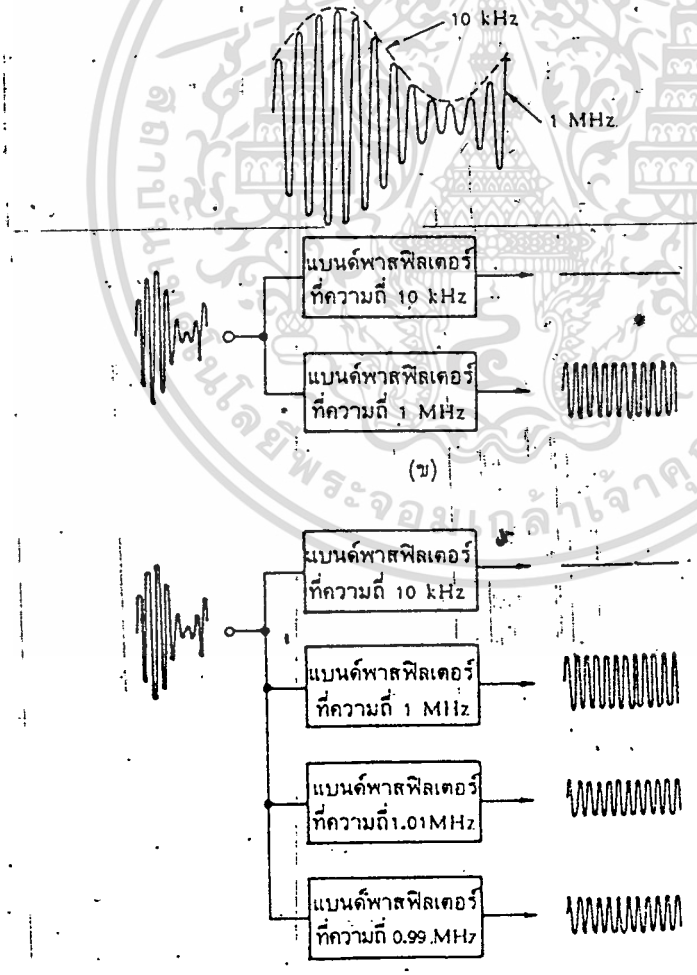
= 1.01 MHz

สำหรับไซด์แบนด์ที่มีความถี่ต่ำกว่าเรียกว่า ไซด์แบนด์ด้านล่าง (lower sideband หรือ LSB). ความถี่ของ LSB เท่ากับความถี่พาหะลบด้วยความถี่ของสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต ในกรณีนี้จะได้

ความถี่ LSB = fc − fm

= 1 MHz − 10 kHz

= 0.99 MHz



รูปที่ 6 วิเคราะห์คลื่น AM ในเชิงความถี่

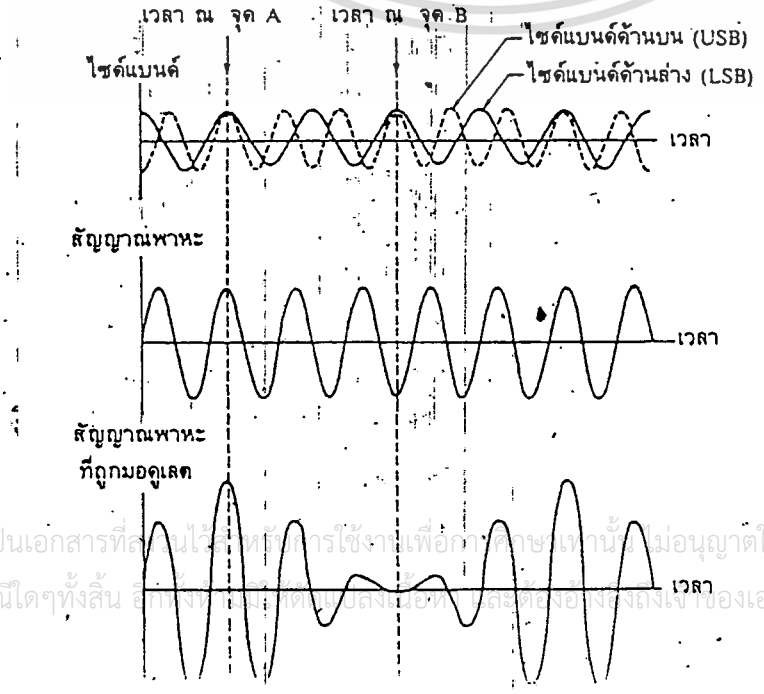
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวโดยสรุปได้ว่า คลื่น AM ประกอบด้วยคลื่นพาหะ และคลื่นไซด์แบนด์ 2 ข้าง คือ USB กับ LSB ถ้าเราลองพิจารณาแอมพลิจูดจากฟิลเตอร์ต่าง ๆ 6 (ค) จะพบว่า แอมพลิจูดของสัญญาณพาหะและไซด์แบนด์มีค่าคงที่ ซึ่งเราทราบมาตอนต้นแล้วว่าพาหะจะมีแอมพลิจูดคงเดิมเสมอจนกว่าจะมีสัญญาณเข้าไปมอดูเลต แต่แอมพลิจูดเฉลี่ยของพาหะยังมีค่าคงเดิมตลอดไปไม่ว่าจะมีสัญญาณเข้าไปมอดูเลตหรือไม่ก็ตาม อาจจะมีข้อสงสัยว่าแอมพลิจูดของสัญญาณแต่ละตัวที่ประกอบขึ้นเป็น AM คลื่นพาหะกับไซด์แบนด์นั้นมีแอมพลิจูดคงที่ได้อย่างไร ทั้ง ๆ ที่แอมพลิจูดหรือขนาดของสัญญาณ AM ก็เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต

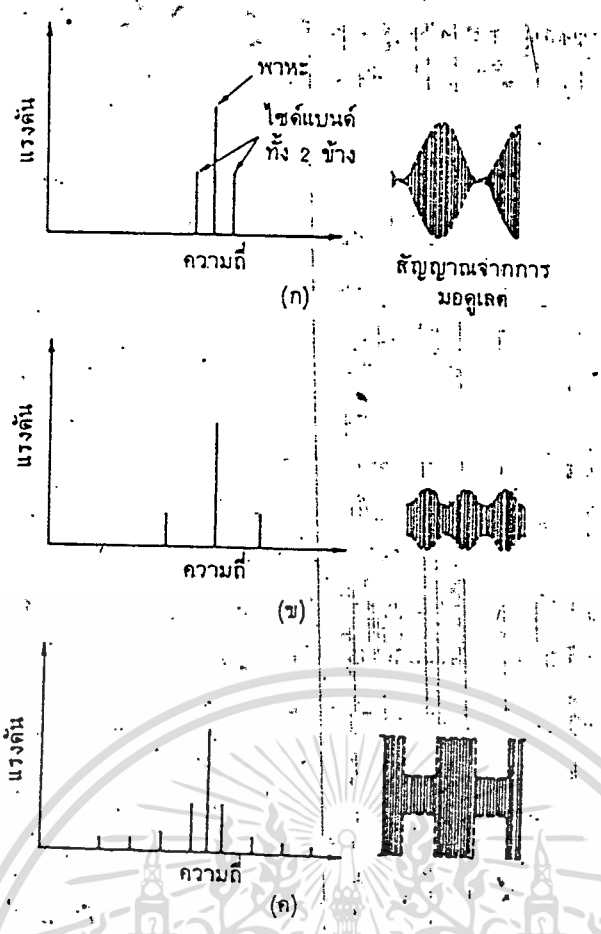
ขอให้พิจารณารูปที่ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นคลื่นไซด์แบนด์ทั้งคู่และคลื่นพาหะ สังเกตว่าพาหะมีแอมพลิจูดคงที่ และไซด์แบนด์ก็มีแอมพลิจูดเท่ากันทั้งคู่ และคงที่อยู่ด้วย (อย่าลืมว่าความถี่ของพาหะต้องอยู่ระหว่างกลางของความถี่ไซด์แบนด์ทั้งสอง) สมมติพิจารณาที่จุด A ซึ่งสัญญาณ AM ค่าสูง พิจารณาที่จุด B ซึ่งไซด์แบนด์มีเฟสตรงกัน แต่พาหะมีเฟสต่างจากไซด์แบนด์ 180 องศา ผลรวมจะได้แอมพลิจูดค่าต่ำของสัญญาณ AM

จากการวิเคราะห์ในรูปที่ 7 สรุปได้ว่ารูปร่างของกรอบคลื่นไม่ได้ขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของสัญญาณไซด์แบนด์ แต่ความถี่ของสัญญาณไซด์แบนด์ทั้งคู่จะเป็นตัวกำหนดเฟสของสัญญาณไซด์แบนด์ว่าจะตรงเฟสหรือต่างเฟสกับพาหะ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดของสัญญาณ AM หรือ กรอบคลื่น แอมพลิจูดของไซด์แบนด์จะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของกรอบคลื่น นั่นคือเป็นตัวกำหนดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ทั้งนี้เนื่องจากไซด์แบนด์อาจมาเสริมหรือหักล้างกับแอมพลิจูดของพาหะก็ได้

กล่าวโดยสรุปอีกครั้งเกี่ยวกับสัญญาณ AM นั่นคือ สัญญาณ AM เกิดจาก สัญญาณข่าวสารเข้าไปมอดูเลตบนพาหะแล้วปรากฏเป็นสัญญาณไซด์แบนด์ทั้งสองข้าง (คือ USB กับ LSB)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 เปรียบเทียบคลื่น AM ในเชิงความถี่และเชิงเวลา

ในรูปที่ 8 แสดงการวิเคราะห์สัญญาณ AM ซึ่งมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีรูปคลื่นชนิดต่าง ๆ ถ้าตรวจดูด้วยออสซิลโลสโคป จะเห็นว่าไซด์แบนด์จะผสมเสริมหรือหักล้างกับพาหะทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณเปลี่ยนแปลง สังเกตว่าในรูปที่ 8 (ก) แอมพลิจูดของไซด์แบนด์จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของพาหะสภาวะเช่นนี้เป็นสภาวะของการมอดูเลตเต็มที่หรือเปอร์เซนต์การมอดูเลตเท่ากับ 100 เปอร์เซนต์ ฉะนั้นเมื่อสัญญาณทั้งพาหะและไซด์แบนด์มีเฟสตรงกัน แอมพลิจูดของไซด์แบนด์รวมกับพาหะจะได้ 2 เท่าของพาหะ และเมื่อสัญญาณไซด์แบนด์ (ทั้งคู่) และพาหะมีเฟสตรงข้ามกัน แอมพลิจูดรวมจะได้ศูนย์

รูปที่ 8 (ข) แสดงการมอดูเลตบนพาหะดังกล่าวด้วยเปอร์เซนต์ลดลงเหลือ 50 เปอร์เซนต์ สังเกตว่าแอมพลิจูดของพาหะคงเดิม แต่ไซด์แบนด์มีแอมพลิจูดลดลง นอกจากนี้ถ้าเรามอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีความถี่สูงขึ้น ความถี่ของไซด์แบนด์ก็ยิ่งห่างออกไปจากพาหะมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8 (ค) เราใช้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเข้าไปมอดูเลตลงบนพาหะ สังเกตว่าคราวนี้เกิดสัญญาณไซด์แบนด์ขึ้นมากมาย เพราะว่าสัญญาณสี่เหลี่ยมประกอบด้วยความถี่ฟันดาเมนตัลและความถี่ฮาร์มอนิกคี่จำนวนมาก ฉะนั้น ไซด์แบนด์ของสัญญาณก็จะมีไซด์แบนด์ 1 คู่สำหรับฟันดาเมนตัล ไซด์แบนด์อีก 1 คู่ สำหรับฮาร์มอนิกที่ 3 อีก 1 คู่สำหรับฮาร์มอนิกที่ 5 .....ฯลฯ

การมอดูเลตแบบ AM ไร้พาหะ

การมอดูเลตแบบ AM ทีอธิบายตอนต้นที่เรียกว่าเป็นการมอดูเลตแบบ AM ธรรมดาซึ่งสัญญาณทีส่งออกไปมีทั้งไซด์แบนด์ 2 ข้างกับพาหะครบถ้วน การมอดูเลตแบบ AM อีกแบบหนึ่งเป็นการมอดูเลตแบบ AM เช่นกัน แต่กำจัด (supprss) พาหะออกไปเรียกว่า เป็นการมอดูเลตแบบ AM ไร้พาหะ หรือ AMSC

การส่งแบบ AM ธรรมดาแม้จะมีข้อดีตรงที่ง่ายและไม่ซับซ้อน แต่ก็มีข้อเสียหลายประการ ที่สำคัญ คือ

1. กำลังส่วนใหญ่ในระบบ AM อยู่ในคลื่นพาหะ กำลังส่วนนี้สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ เพราะข่าวสารทั้งหมดอยู่ในคลื่นไซด์แบนด์ทั้งสองข้าง (ในคลื่นพาหะไม่มีข่าวสารปนอยู่เลย)

2. แบนด์วิดท์ของคลื่น AM ที่ส่งออกอากาศกว้างเป็นสองเท่าของแบนด์วิดท์ของสัญญาณข่าวสาร

3. คลื่นไซด์แบนด์และพาหะ จะต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดและเฟสที่ถูกต้อง ซึ่งค่อนข้างทำได้ยากในบางสภาวะ

แบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM

เราสังเกตุจากรูปที่ 8 ได้ว่า การส่งสัญญาณ AM มิใช่เป็นการส่งสัญญาณเพียงความถี่พาหะความถี่เดียว แต่เป็นการส่งหลาย ๆ ความถี่หรือเป็นแถบความถี่ และความจริงข่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารก็ไม่ได้อยู่ในคลื่นพาหะ แต่ปนอยู่ในไซด์แบนด์ทั้ง 2 ข้าง ถ้าเราส่งแต่พาหะไปอย่างเดียว ข่าวสารก็ไปไม่ถึงเครื่องรับ ฉะนั้นในระบบ AM ทั้งพาหะและไซด์แบนด์จะถูกส่งไปให้เครื่องรับ

ช่วงความถี่หรือแถบความถี่ของสัญญาณ AM จะเริ่มจากความถี่จาก LSB ไปยัง USB ฉะนั้นแถบความถี่หรือ แบนด์วิดท์ (bandwidth) ของสัญญาณ AM จะเท่ากับ 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณมอดูเลต เช่น สมมติความถี่สูงสุดของสัญญาณเสียงทีมีรูปคลื่นซับซ้อน เช่น สัญญาณรูป สี่เหลี่ยมแบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM ย่อมเท่ากับ 2 เท่าของความถี่ ฮาร์มอนิกสูงที่สุด ของสัญญาณรูปสีเหลี่ยม (อย่างไรก็ตามเครื่องส่งจะถูกออกแบบให้ใช้งานในแบนด์วิดท์ค่าจำกัด ฉะนั้นตัวเครื่องส่งจึงจำกัดแบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM เอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังของคลื่นพาหะ

สมมุติว่า เครื่องส่ง AM ธรรมดามีกำลังส่งออกอากาศ 100 วัตต์ในขณะที่ยังไม่มีการมอดูเลตกำลัง 100 วัตต์นี้จะอยู่ในคลื่นพาหะ เมื่อมีสัญญาณข่าวสารมอดูเลต 100 เปอร์เซ็นต์ กำลังส่งออกอากาศจะกลายเป็น 150 วัตต์ สังเกตว่าเครื่องส่งยังคงส่งกำลังของคลื่นพาหะ 100 วัตต์เท่าเดิม แต่กำลังส่งอีก 50 วัตต์นั้น เป็นกำลังส่งของคลื่นไซด์แบนด์ เนื่องจากกำลังส่งของคลื่นไซด์แบนด์ทั้งสองข้างเท่ากัน แต่ละไซด์แบนด์จึงมีกำลังส่งเท่ากับ 25 วัตต์ นอกจากนี้ในกรณีที่มอดูเลตไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ กำลังส่งของคลื่นไซด์แบนด์ก็จะไม่ถึง 25 วัตต์

จะเห็นว่าคลื่นพาหะนั้นมีความถี่และแอมพลิจูดไม่เปลี่ยนแปลง จึงไม่มีข่าวสารใดๆ ปนอยู่เลยข่าวสารทั้งหลายส่งไปในคลื่นไซด์แบนด์ทั้งสิ้น คลื่นพาหะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวช่วยในการเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นคลื่นไซด์แบนด์ความถี่สูงและช่วยคืนตัวสัญญาณเสียงกลับมาในตอนดีมอดหรือดีเทก นอกจากใช้ในการมอดูเลตและดีมอดแล้ว คลื่นพาหะก็ไม่มีประโยชน์ใดเลย ฉะนั้นในระบบการส่งแบบ AM ธรรมดากำลังส่งอย่างน้อย 2 ใน 3 ต้องสูญเสียไปในคลื่นพาหะซึ่งไม่มีข่าวสารปนอยู่เลย (คำนวนมาจากกำลังพาหะมี 100 วัตต์ ในกำลังส่งทั้งสิ้น 150 วัตต์ ในการมอดูเลต 100 เปอร์เซ็นต์)

แบนด์วิดท์

แบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM จะกว้างหรือแคบนั้นขึ้นอยู่กับสัญญาณเสียง (ข่าวสาร) เช่น คลื่นพาหะ 600 กิโลเฮิรตซ์ ถูกมอดูเลตแบบ AM ด้วยสัญญาณเสียง 5 กิโลเฮิรตซ์ ย่อมก่อให้เกิดคลื่นไซด์แบนด์ทั้ง 2 ข้างของคลื่นพาหะ 600 กิโลเฮิรตซ์ คือ ไซด์แบนด์ 595 กิโลเฮิรตซ์ และไซด์แบนด์ 605 กิโเฮิรตซ์ ในระบบ AM เราส่งคลื่นไซด์แบนด์ทั้งสองไปพร้อมกัน ฉะนั้นต้องใช้แบนด์วิดท์เท่ากับ 605 กิโลเฮิรตซ์ - 595 กิโลเฮิรตซ์ = 10 กิโลเฮิรตซ์ คิดเป็น 2 เท่าของความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต (หรือสัญญาณเสียง) หรือ 2x5 กิโลเฮิรตซ์ นั่นเอง

เมื่อความถี่ของสัญญาณเสียงที่มอดูเลตเปลี่ยนแปลง ความถี่ของคลื่นไซด์แบนด์ทั้งสองก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย และเมื่อแอมพลิจูด ของสัญญาณที่มอดูเลตเปลี่ยนแปลง กำลังของคลื่นไซด์แบนด์ ก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ทั้งนี้คลื่นพาหะยังมีกำลังและความถี่เท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นว่าข่าวสารปะปนอยู่ในคลื่นไซด์แบนด์เท่านั้น ไม่ได้ปนอยู่ในคลื่นพาหะเลย และข่าวสารที่ปนอยู่ไซด์แบนด์ด้านต่ำ (LSB) และในไซด์แบนด์ด้านสูง (USB) ก็เป็นข่าวสารตัวเดียวกัน ฉะนั้นถ้าหากเราทราบค่าความถี่ของคลื่นไซด์แบนด์และคลื่นพาหะ เราก็จะสามารถทราบค่าความถี่ของข่าวสารที่มอดูเลตได้ สรุปได้ว่าในระบบ AM แบนด์วิดท์ที่ใช้งานกว้างเกินความจำเป็นเพราะเราใช้เพียงครึ่งเดียวก็พอ

ปัญหาการแผ่กระจายคลื่น

ที่เครื่องรับสัญญาณ AM ที่รับได้ จะต้องประกอบด้วยพาหะและไซด์แบนด์ทั้งคู่ แต่ในทางปฏิบัติการแผ่กระจายคลื่นอาจเกิดการผิดพลาด เนื่องจากสิ่งแวดล้อมระหว่างเส้นทางจากเครื่องส่งมายังเครื่องรับทำให้คลื่นพาหะและคลื่นไซด์แบนด์ได้รับผลกระทบกระเทือน (ทางเฟสและแอมพลิจูด) ไม่เหมือนกัน เพราะว่าความถี่ทั้งพาหะและแต่ละไซด์แบนด์มีค่าไม่เท่ากัน ด้วยเหตุนี้สัญญาณ AM แบบธรรมดามักจะเกิดปรากฏการณ์เฟดดิ้ง (FADING) และถูกรบกวน (Imtenference) ได้ง่ายในกรณีที่สภาวะการแผ่กระจายคลื่นไม่ดี

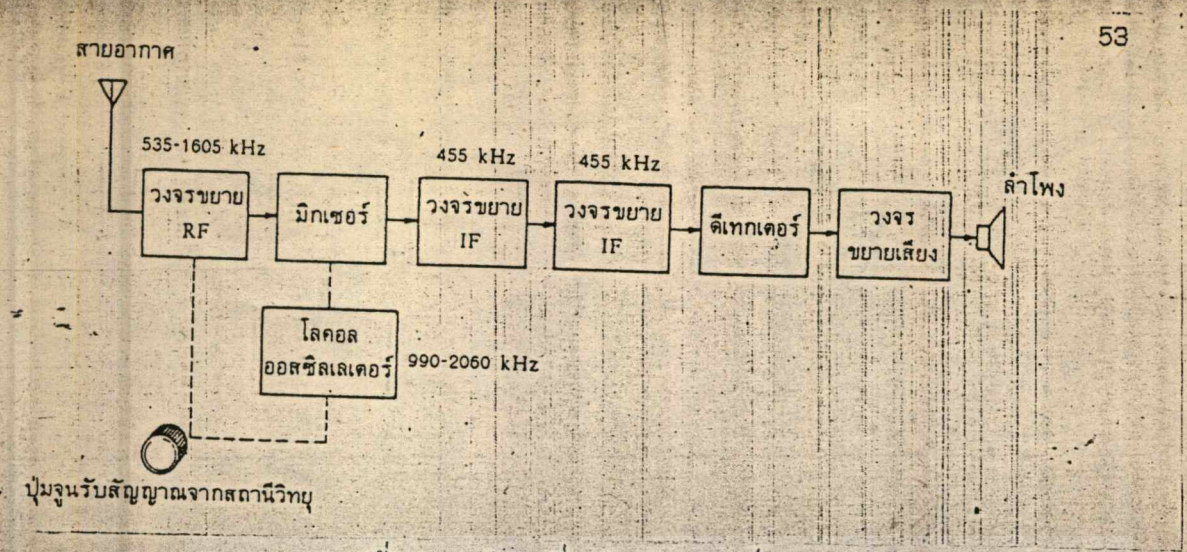
เครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮต

เครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮต หรือซูเปอร์เฮตเทอโรดายน์นี้อาศัยหลักการแปลงความถี่ของสัญญาณ RF ให้กลายเป็นความถี่คงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งช่วยในการออกแบบวงจรเครื่องรับทำได้สะดวกขึ้น

จากแผนผังของเครื่องรับ AM ชนิดซูเปอร์เฮต ในรูปที่ 9 จะเห็นว่าเราใช้วงจรขยาย RF เหมือนกับเครื่องรับชนิด TRF แต่วงจรขยาย RF ในที่นี้จะให้อัตราขยายพอสมควรและแบนด์วิดท์พอเหมาะ (ไม่แคบไม่กว้าง) โดยเราเน้นออกแบบวงจรภาคต่อจากวงจรขยาย RF ให้มีอัตราขยายสูงๆ และมีค่าซีเลกติวิตี้ดี

วงจรสำคัญในขบวนการซูเปอร์เฮตเทอโรดายน์ก็คือ วงจรโลคอลออสซิบเตอร์ (local oscillator) และวงจรมิกเซอร์ สัญญาณ RF จากสายอากาศถูกแปลงความถี่ลงเป็นความถี่ IF ค่าตายตัวค่าหนึ่ง ความถี่ IF ในที่นี้เป็นความถี่ปานกลาง (intermediate frequency) มีค่าอยู่ระหว่างความถี่ RF กับความถี่เสียง (AF) โดยทั่วไปนิยมใช้ค่า IF เท่ากับ 455 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แผนผังเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮต

วิธีการแปลงความถี่ในวงจรมิกเซอร์เกิดขึ้นเนื่องจากการผสมคลื่น RF กับคลื่นออสซิลเลเตอร์ซึ่งมีความถี่ห่างจากความถี่ RF เท่ากับ 455 กิโลเฮิรตซ์พอดี ความถี่ของออสซิลเลเตอร์นี้อาจสูงกว่าหรือต่ำกว่าความถี่ RF ก็ได้ ในรูปที่ 3.9 เราป้อนความถี่ของโลคอลออสซิลเลเตอร์สูงกว่าความถี่ RF การป้อนแบบนี้เรียกว่า ป้อนด้านสูง (high side injection) สมมุติว่าเราต้องการการรับสัญญาณ 1000 กิโลเฮิรตซ์ (เราต้องหมุนลูกบิดหน้าปัดเครื่องรับไปที่ตัวเลข 1000 กิโลเฮิรตซ์) วงจรขยาย RF จะถูกจูนไว้ที่ความถี่ 1000 กิโลเฮิรตซ์ และยอมให้ความถี่แคบๆ บริเวณ 1000 กิโลเฮิรตซ์ผ่านเข้ามาแล้วขยายป้อนไปให้มิกเซอร์การหมุนลูกบิดหน้าปัดนั้นนอกจากจะจูนวงจรขยาย RF แล้วยังต้องจูนวงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์ไปพร้อมๆ กันด้วย การจูนพร้อมกันนี้เรียกว่าแทร็ก (track) ตามกัน ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ต้องเท่ากับ 1000 กิโลเฮิรตซ์ + 455 กิโลเฮิรตซ์ = 1455 กิโลเฮิรตซ์พอดี

เมื่อสัญญาณทั้ง RF และโลคอลออสซิลเลเตอร์ป้อนเข้ามาในที่วงจรมิกเซอร์ซึ่งเป็นวงจรที่ทำงานแบบนอนลิเนียร์ เอาต์พุตที่ได้จากมิกเซอร์จะประกอบด้วยสัญญาณความถี่ผลรวมและความถี่ผลต่างเมื่อป้อนให้วงจร IF ซึ่งจูนไว้ที่ความถี่ 455 กิโลเฮิรตซ์ ดังนั้นสัญญาณความถี่ผลรวมจะถูกกำจัดทิ้งไป คงเหลือแต่สัญญาณความถี่ผลต่าง (1455 กิโลเฮิรตซ์-1000 กิโลเฮิรตซ์ = 455 กิโลเฮิรตซ์) ผ่านการขยายที่วงจรขยาย IF

วงจรขยาย IF ก็คือวงจรขยาย RF ที่จูน ณ ความถี่ ค่าคงที่ (455 กิโลเฮิรตซ์) วงจร IF นี้จะมีวงจรแทงค์ทั้งด้านอินพุตและด้านเอาต์และมักมีหลายเสตจ ทั้งนี้เพื่อให้มีอัตราขยายสัญญาณที่รับได้สูงๆ และซีเลกติวิตี้ดี เนื่องจากวงจรขยาย IF จูนไว้ที่ความถี่คงที่ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการออกแบบวงจรที่จริงค่อนข้างสะดวกและไม่ต้องมีการปรับจูนยุ่งยากในวงจรภาค IF แต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นสัญญาณ AM ขณะนี้มีความถี่ชนาดปานกลางเป็น IF 455 กิโลเฮิรตซ์ เมื่อผ่านการขยายจากวงจรขยาย IF แล้วก็จะผ่านการดีมอดที่วงจรดีเทกเตอร์ ถ้าเป็นเครื่องรับ AM เรามักใช้วงจรดีเทกอย่างง่ายคือมีไดโอดตัวเดียว (แต่ถ้าเป็นเครื่องสัญญาณ SSB เราต้องใช้วงจรโปรดัคต์ดีเทกเตอร์ร่วมกับ BFO ด้วย) สัญญาณเสียงหลังจากการดีมอดก็จะถูกขยายกำลังป้อนสู่ลำโพงต่อไป

สเปกของเครื่องรับ AM

1. ความไว (sensitivity) ความไวเป็นการวัดความสามารถของเครื่องรับในการรับสัญญาณอินพุตอ่อนที่สุดที่รับได้ โดยมีอัตราส่วนของสัญญาณเสียงต่อนอยส์ (signal to noise ratio หรือ S/N) เท่ากับค่าที่กำหนด (นั่นคือ สัญญาณเสียงจะต้องสูงกว่านอยส์เป็นกี่เท่าตัว)

จริงๆ แล้วความไวเป็นตัวบอกว่า สัญญาณอินพุตที่รับได้จะต้องมีค่าเท่าใดเพื่อที่จะเอาชนะนอยส์ ในเครื่องรับได้ ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดเป็นอันตรายส่วน S/N ขณะที่เราทำการวัดในทางปฏิบัติ สัญญาณที่เราวัดจะมีนอยส์ปนอยู่เสมอ จึงควรเขียนอัตราส่วนเสียใหม่เป็น $\frac{S + N}{N}$

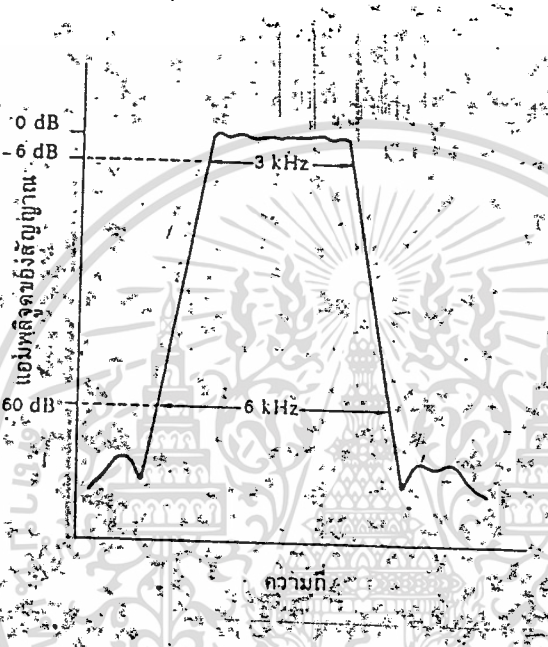
ความไวของเครื่องรับหาได้จากการวัดนอยส์ที่เอาต์พุตในวงจรที่ไม่ได้รับสัญญาณ จากนั้นก็ป้อนสัญญาณ RF จากแหล่งกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุตของเครื่องรับ ค่อยๆ ปรับระดับความแรงสัญญาณ RF ขึ้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเอาต์พุตของเครื่องรับเพิ่มจากค่านอยส์ (ที่วัดได้ในตอนแรก) ไปอีก 10 เดซิเบล ค่าแรงดัน RF ที่ป้อนแก่เครื่องรับคือ ค่าความไวของเครื่องรับที่อัตราส่วน 10 dB $\frac{S + N}{N}$

ตัวอย่างเช่น ความไวเครื่องรับมีค่าเท่ากับ 1 ไมโครโวลต์ นั่นคือ เครื่องรับจะต้องรับสัญญาณได้อย่างน้อย 1 ไมโครโวลต์ เพื่อที่จะเอาชนะนอยส์ภายในเครื่องรับได้ 10 เดซิเบล

2. **ซีเลกติวิตี้** (selectivity) เป็นการวัดความสามารถในการเลือกรับสัญญาณที่ต้องการและกำจัดสัญญาณอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ วิธีการวัดซีเลกติวิตี้ก็คือการวัดแบนด์วิดท์ของเครื่องรับนั่นเอง รูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่าแบนด์วิดท์ของเครื่องรับที่ระดับ -6 เดซิเบล เท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์ นั่นคือ สัญญาณที่ความถี่กลางเลื่อนไปทางซ้ายและขวาข้างละ 1.5 กิโลเฮิรตซ์ จะมี

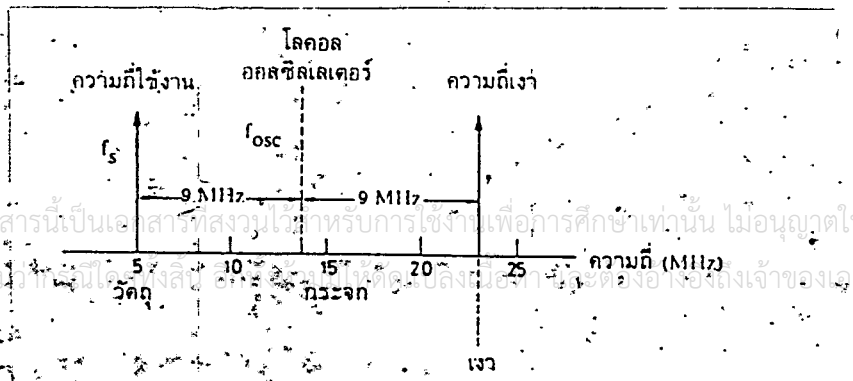
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมพลิจูดลดลง 6 เดซิเบล ในกรณีที่สัญญาณเลื่อนไปจากความถี่ข้างละ 3 กิโลเฮิรตซ์ แอมพลิจูดจะลดลง 60 เดซิเบลเรานิยมระบุค่าซีเลกติวิตี้เป็นค่าแบนด์วิดท์ 2 ตำแหน่ง ตัวอย่างเช่น 3 กิโลเฮิรตซ์ ที่ −6 เดซิเบล และ 6 กิโลเฮิรตซ์ที่ −60 เดซิเบล เส้นโค้งซีเลกติวิตี้นี้มักขึ้นอยู่กับวงจร BPF ในภาค IF เป็นส่วนใหญ่ (ความจริงขึ้นอยู่กับทั้งวงจร ขยาย RF และ IF ด้วย)



รูปที่ 10 เส้นโค้งซีเลกติวิตี้ของเครื่องรับ

3. การกำจัดสัญญาณเงา เครื่องรับที่ดีต้องสามารถกำจัดสัญญาณที่มีความถี่ตรงกับความถี่เงา เราวัดการกำจัดสัญญาณเงาโดยป้อนสัญญาณที่ความถี่เงาให้แก่เครื่องรับ เช่น ถ้าเครื่องรับมี IF ที่ 1 เท่ากับ 9 เมกะเฮิรตซ์ความถี่ใช้งานเท่ากับ 5 เมกะเฮิรตซ์ ความถี่เงาจะเท่ากับ 5 เมกะเฮิรตซ์ + (2x9) เมกะเฮิรตซ์ = 23 เมกะเฮิรตซ์ (รูปที่ 11) ตั้งความถี่สัญญาณที่แหล่งกำเนิดสัญญาณเท่ากับ 23 เมกะเฮรตซ์ จากนั้นก็ทำการวัดเช่นเดียวกับการวัดความไว เร่งความแรงสัญญาณจนกระทั่งได้อัตราส่วน เท่ากับ 10 เดซิเบล นำค่าสัญญาณที่ป้อนแก่เครื่องรับที่ได้มาคำนวนเทียบกับความไวของเครื่องรับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ของสัญญาณเงาคำนวนได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{ความถี่เงา} = fs \pm 2IF$$

ในที่นี้ fs คือความถี่ใช้งาน (RF)

IF คือความถี่ IF สำหรับเครื่องหมายบวกใช้ในกรณีที่ fosc สูงกว่า fs ป้อนด้านสูง ส่วนเครื่องหมายลบใช้ในกรณีที่ fosc ต่ำกว่า fs หรือป้อนด้านต่ำ

สัญญาณเงาสามารถกำจัดได้โดยควบคุมซีเลกติวิตี้ของวงจรจูนก่อนหน้าวงจรมิกเซอร์ เพราะถ้าสัญญาณเงาหลุดมาถึงมิกเซอร์แล้วจะไม่สามารถกำจัดได้

ตัวอย่างเช่น ความไวของเครื่องรับปกติเท่ากับ 1 ไมโครโวลต์ ที่ 10 เดซิเบล (S+N) /N และวัดการรับสัญญาณเงาได้ 100 ไมโครโวลต์ที่ 10 เดซิเบล (S+N) /N เรานิยมวัดการกำจัดสัญญาณเงาเป็นเดซิเบลเทียบกับความไว ดังต่อไปนี้

$$\text{การกำจัดสัญญาณเงา} = 20 \log \frac{E1}{E2}$$

$$= 20 \log \frac{100\ UA}{UV}$$

$$= 20 \log 100$$

$$= 20 \times 2 = 40\ dB$$

ในตัวอย่างข้างต้นแสดงว่าเครื่องรับสามารถกำจัดสัญญาณเงาได้ 40 เดซิดบล การกำจัดสัญญาณเงานี้เป็รคุณสมบัติการเลือกรับสัญญาณที่ต้องการอย่างหนึ่งเหมือนกับซีเลกติวิตี้

4. ผลตอบสนองต่อสัญญาณสปิวเรียส* (spurious response) สัญญาณสปิวเรียสได้แก่ สัญญาณแปลกปลอม (ที่ไม่ใช่สัญญาณเงา) ซึ่งสามารถผ่านวงจรขยาย RE ของเครื่องรับเข้ามาผสมกันที่มีมิกเซอร์ได้ดี เนื่องจากการทำงานของวงจรมิกเซอร์เป็นแบบนอนละเนียร์ สัญญาณเข้ามาผสมกันที่มิกเซอร์ได้อาจมีผลลัพธ์จากการผสมคลื่นที่มีความถี่ตรงหรือใกล้เคียงกับความถี่ IF ฉะนั้นเครื่องรับจึงสามารถรับสัญญาณสปิวเรียส ได้ สัญญาณทีผสมกันทีมิกเซอร์ได้แก่ สัญญาณออสซิลเลเตอร์กับสัญญาณที่เข้ามาจากวงจรขยาย RF รวมทั้งฮาร์มอนิก เราสามารถคำนวณความถี่สปิวเรียสได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$IF = nfosc + mfu$$

ในที่นี้ fosc คือความถี่ของออสซิลเลเตอร์

fu คือความถี่ของสัญญาณที่ไม่ต้องการแต่เล็ดลอดผ่านย่านความถี่ของวงจรขยาย RE ได้ m และ n เป็นเลขจำนวนเต็มของฮาร์มอนิกของสัญญาณ fu กับ fose = 1, 2, 3, ...

เราสามารถเขียนสมการที่กล่าวไปแล้วได้ใหม่เป็น

$$fu = \frac{n}{m} fosc + \frac{IF}{m}$$

นั่นคือ สัญญาณใดที่ผสมกับออกซิลเลเตอร์แล้วให้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณที่ตกอยู่ระหว่างย่านความถี่ของวงจรขยาย IF เครื่องรับก็จะรับได้ด้วย ฉะนั้น สัญญาณสปิวเรียสก็จะเข้ามารบกวนสัญญาณที่ต้องการได้

วิธีการลดผลตอบสนองต่อสัญญาณสปิวเรียสของเครื่องรับก็คือ ลดเบนด์วิดของวงจรขยาย RF ให้พอเหมาะไม่กว้างเกินไปจนสามารถรับสัญญาณสปิวเรียสเข้ามา นอกจากนี้จะต้องให้สัญญาณออสซิลเลเตอร์มีความบริสุทธิ์มากหรือมีฮาร์มอนิกปะปนน้อยที่สุด การป้องกันสัญญาณสปิวเรียสจะต้องกระทำก่อนที่สัญญาณจะผสมกันในวงจรมิกเซอร์ การวัดการกำจัดสปิวเรียส (หรือผลตอบสนองสปิวเรียส) กระทำเช่นเดียวกับการวัดการกำจัดเงา

5. การกำจัด IF ความสามารถในการกำจัดสัญญาณที่มีความถี่เท่ากับ IF ของตัวเครื่องรับเองเรียกว่าการกำจัด IF เช่น ถ้า IF ของเครื่องรับเท่ากับ 455 กิโลเฮิรตซ์ สัญญาณอินพุตที่มีความถี่ 455 กิโลเฮิรตซ์จะต้องถูกกำจัด

วิธีวัดการกำจัด IF ก็คล้ายกับการกำจัดสัญญาณเงา กล่าวคือ ป้อนความถี่ IF ให้แก่เครื่องรับโดยเร่งระดับสัญญาณอินพุตให้แก่เครื่องรับ ค่อย ๆ แรงขึ้นจนได้อัตราส่วน 10 เดซิเบล (S + N) / N แล้วนำค่าการกำจัดมักมีค่าอยู่ในช่วง 40 ถึง 60 เดซิเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ช่วงไดนามิก นอกจากเครื่องรับจะมีความไวสูงและรับสัญญาณอ่อน ๆ ได้แล้ว เครื่องรับยังสามารถรับสัญญาณแรง ๆ ได้โดยไม่มีการโอเวอร์โหลดวงจรส่วนหน้าด้วย ช่วงไดนามิกเป็นการวัดความสามารถในการรับสภาวะที่สัญญาณอ่อน ความกว้างของช่วงไดนามิกขึ้นอยู่กับความเป็นลิเนียร์ของวงจรขยาย RF กับระบบ AGC ของเครื่องรับ

เครื่องรับที่มีช่วงไดนามิกแคบ ๆ จะรับสัญญาณไม่ได้ดีเพราะมีปัญหาเกี่ยวกับการมอดูเลตข้ามช่อง (crossmodulation) กล่าวคือ สัญญาณแรงจากช่องข้างเคียง (หรือความถี่ใกล้เคียง) มอดูเลตกับสัญญาณที่ต้องการ และอาจมีปัญหาภาครับถูกกดความไว (desentization) กล่าวคือ สัญญาณแรงที่มีความถี่ใกล้เคียงกับภาครับจะกดภาครับไว้ ทำให้ความไวในการรับลดลง นอกจากนี้อาจมีปัญหาอินเตอร์มอด (intermodulation) เนื่องจากสัญญาณแรง 2 ความถี่ผสมกันในเครื่องรับเกิดเอาต์พุตขึ้นทั้ง ๆ ที่ไม่ใช่สัญญาณที่ต้องการ

วิธีการวัดช่วงไดนามิกทำได้โดยการวัดความไวปกติก่อน (เป็นสภาวะรับสัญญาณอ่อน) แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มสัญญาณอินพุต RF จนกระทั่งสัญญาณเสียงเริ่มเพี้ยน บันทึกค่าความแรงของสัญญาณขณะนี้ไว้ (เป็นสภาวะรับสัญญาณแรง) แล้วนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบอัตราส่วนคิดเป็นเดซิเบล ค่านี้เรียกว่าช่วงไดนามิก โดยปกติช่วงไดนามิกจะมีค่าประมาณ 100 ถึง 200 เดซิเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับคำปรึกษา ตลอดจนความช่วยเหลือจากอาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ คุณวัลลภ สงวนสมบัติศิริ และคุณโอภาส โชติพงศ์สันต์ ซึ่งอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการนี้ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. JOHN NAISBITT AND PATRICIA ABURDENE. COMMUNICATION SYSTEM. ENGLEWOOKD CLIFFS, NEW JERSEY, 1987.

2. SAMUEL WEBER. ELECTRONID CIRCUITS NOTE BOOK. MCGRAW HILL PUBLICATIONS CO., NEW YORK , 1981.

3. JAMES K. MARDY. HIGH FREQUENCY CIRCUIT DESIGN. RESTON PUBLISHING COMPANY , INC., VISIGN. HOWARD W.

4. CHRIS BOWICK RF CIRCUIT DESIGN. HOWARD W. SAMS & CO. INC. INDIANA USA. 1982.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้