



ปริญญาโทชั้นปีการศึกษา 2532
 การรับ - ส่งสัญญาณวิทยุในสายไฟแรงสูง
 (Power Line Carrier)
 โดย
 นายธีรวิศ ดำนกุลชัย 29.6709
 นางบำรุง พรหมประดิษฐ์ 29.6710
 อาจารย์ที่ปรึกษา
 9 อาจารย์ที่ปรึกษา
 (นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

ปริญญาโทปีการศึกษา 2532

เรื่อง การรับ - ส่งสัญญาวิทยุในสายไฟแรงสูง (Power Line Carrier)
ผู้จัดทำ.

1. นายธีรวิทย์ ดำนกุลชัย 29.6709
2. นางนภารุง พรหมประดิษฐ์ 29.6710



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

การรับ - ส่งสัญญาณวิทยุในสายไฟแรงสูง (Power line Carrier)

1. นายธีรวิทย์ คำนุกุลชัย 29.6709
2. นางบัวรุ่ง พรหมประดิษฐ์ 29.6710

นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปริญญาโทปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

การรับ-ส่ง สัญญาณวิทยุในสายไฟแรงสูง เป็นวิธีการติดต่อสื่อสารวิธีหนึ่ง ที่นำเอาการมอดูเลชันทางแอมพลิจูด (Amplitude modulation) มาใช้งาน โดยการนำสัญญาณ Speech (0-220 Hz) สัญญาณ Auxilliary (2.2-3.6 KHz) และสัญญาณ Sinalling (3.8 KHz) มามอดูเลทเข้ากับ IF Carrier (12 KHz) เพื่อให้ได้ IF signal (12-16 KHz) จากนั้นจะนำ IF signal ที่ได้ไปมอดูเลทกับ HF Carrier (188 KHz) เพื่อให้ได้ Output เป็น HF Band และ HF Band จะถูกส่งผ่านไปยังวงจร Filter และ coupling ผ่าน Condenser, transformer ซึ่งต่ออยู่กับสายไฟแรงสูง ไปยังภาครับสัญญาณผ่านวงจร Filter เพื่อกรองเอาความถี่ที่ใช้งานเข้ามา ส่วนสัญญาณที่ไม่ต้องการก็จะถูก Block หรือ Reject ออกไป สัญญาณที่ถูกกรองออกมาแล้วจะถูกคิมอดูเลท กับสัญญาณ HF Carrier เพื่อให้ได้สัญญาณ Output เป็น IF Signal จากนั้นจะถูกคิมอดูเลทอีกครั้งกับสัญญาณ IF Carrier เพื่อให้ได้สัญญาณในความถี่ต่ำ ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณ Speech สัญญาณ Auxilliary และสัญญาณ Sinalling ซึ่งสัญญาณเหล่านี้เป็นสัญญาณที่นำไปใช้งาน

PROJECT

POWER LINE CARRIER

MR. TEERAVUT DANKULCHAI STUDENT

MIS. BUMROONG PHUMPADIT STUDENT

MR. VITAYA THOPSUWANPON ADVISER

YEAR 1989

ABSTRACT

The receiving signal and presents it to the transmission lines is part of the communicating process and is performed in a amplitude modulation. The received signal usually contains speech (0-220 Hz), auxilliary (2.2-3.6KHz) and signalling (3.8 KHz) in which the IF carrier and modulating signal come together to produce IF signal (12-16KHz). For instance, IF signal have been modulated signal with HF carrier (188 KHz) for built into the HF band and presents it through on the trasmission lines by passing filter circuits. The modulating signal to be modulated from filter circuits could be a recurring for used. For the modulating signal to be reproduced faithless need to be reject.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 การทำงานภาคส่ง	3
2.2 การทำงานภาครับ	3
2.3. นิยามของการมอดูเลชัน	6
2.3.1. แอมป์ลิจูด มอดูเลชัน	7
2.3.2. ดิมอดูเลชัน	9
2.4. วงจรมอดูเลชันแบบเอเอ็ม	13
2.4.1 วงจรคอลเลกเตอร์ มอดูเลชัน	13
2.4.2 วงจรเบส มอดูเลชัน	14
2.4.3 วงจรอิมิตเตอร์ มอดูเลชัน	15
2.5. ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์	16
2.5.1 แบบจูลคอลเลกเตอร์	18
2.5.2 แบบอาร์ตเลย์	20
2.5.3 แบบคัมปลิ่ง	23
2.6. แอมป์ลิไฟร์เออร์	24
2.6.1 แบบอินเวอร์ตติ้ง แอมป์ลิไฟร์เออร์	24
2.6.2 แบบนอนอินเวอร์ตติ้ง แอมป์ลิไฟร์เออร์	25
2.7. พาสซิสฟิลเตอร์	26
2.7.1 lower pass filter	26
2.7.2 high pass filter	27
2.7.3 band pass filter	27
2.7.4 band stop pass filter	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.8. เบล
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	32
3.1. แนวการออกแบบเครื่องส่ง	32
3.1.1 ภาคกำเนิดสัญญาณวิทยุ	32
3.1.2 ภาคมอดูเลท	34
3.1.3 ลิมิเตอร์	36
3.1.4 คอมเพ็นเตอร์ และ เอ็กเพ็นเตอร์	37
3.2 แนวการออกแบบเครื่องรับ	38
3.2.1 ภาคฟิลเตอร์	38
3.2.2 ภาคดีมอดูเลท	43
3.2.3 ภาคเอจิสตี	44
3.3 วงจรสมบรูณ์ที่ได้จากการคำนวณ	46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	60
4.1 วิธีการทดลอง	60
4.1.1 ภาคออสซิลเลเตอร์	60
4.1.2 ภาคมอดูเลทชั่น	61
4.2. ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	64
4.2.1 speech filter	64
4.2.2 signalling filter	65
4.2.3 muxillary filter	66
4.2.4 IF carrier filter	67
4.2.5 attenuator	71
4.2.6 power Amp	73
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์	74
ภาคผนวก	
กติกกรมประกาศ	

บทที่ 1 บทนำ

ปัจจุบันมีระบบของการติดต่อสื่อสารของข้อมูลข่าวสารโดยอาศัยหลักการของระบบไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานออกมาในรูปของกำลังงานไฟฟ้า นั่นคือเป็นการนำพลังงานที่ได้ขึ้นมาหาค่าเฉลี่ยค่าของกำลังงานจากค่าความต้านทานภายในสายส่งเอง ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับนั้นมาจากการใช้พลังงานของระบบดังกล่าว ทำให้เราสามารถที่จะประหยัดพลังงานและจำกัดราคาการใช้พลังงานได้

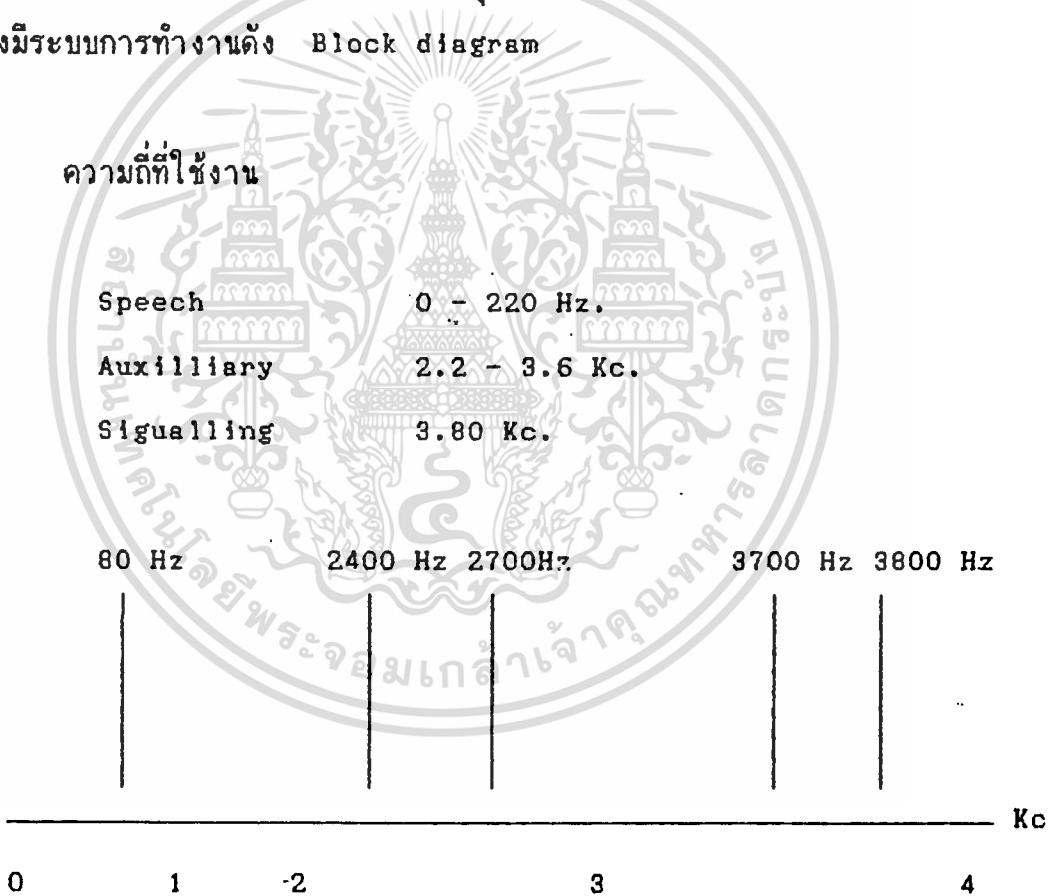
เครื่องรับ ส่งสัญญาณวิทยุในสายส่งจึงเป็นอีกหลักการหนึ่งที่ใช้พลังงานจากสายส่งในการติดต่อระหว่างระบบกับระบบ โดยระบบสื่อสารที่ใช้ในการติดต่อนั้นจะถูกควบคุมอย่างอัตโนมัติด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ระบบสื่อสารที่กล่าวถึงนี้ได้แก่ โทรทัศน์ เทเล็กซ์ ฯลฯ

อย่างไรก็ตามการที่จะใช้ระบบสื่อสารด้วยการใช้พลังงานในสายส่งนี้ก็ยังมีข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับ ระบบการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้นดังนั้นจึงควรที่จะมีวงจรควบคุมสัญญาณโดยต่อร่วมอยู่กับสายส่ง นอกจากนี้เรายังสามารถนำวิธีการสื่อสารข้างต้นไปใช้งานร่วมกับระบบอื่น ๆ ได้ด้วย.

บทที่ 2 ทฤษฎี

power line carrier (PLC) เป็นเครื่องรับส่งวิทยุ โดยส่งสัญญาณในสายไฟแรงสูงเพื่อใช้ส่งสัญญาณในรูปแบบต่าง ๆ ในลักษณะ Point to Point โดยใช้การส่งสัญญาณร่วมกับกระแสไฟไปยังสถานีต่าง ๆ

ระบบ PLC. เป็นเครื่องรับส่งวิทยุที่ต้องใช้สายเอซีเป็นตัวกลาง เพื่อรับส่งสัญญาณซึ่งมีระบบการทำงานดัง Block diagram



2.1 รูปแสดงย่านความถี่การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การทำงานภาคส่ง

สัญญาณเสียงที่ผ่านการปรับแต่งสัญญาณให้มีระดับความต้องการโดย Attenuator และขยายมาจาก Amp1 แล้วส่งไปยังภาค limiter ซึ่งจะทำหน้าที่ระดับของสัญญาณให้คงที่ ในกรณีที่สัญญาณแรงเกินก็จะกำจัดไว้

จากนั้นก็ส่งไปยังภาค Componder ซึ่งทำหน้าที่ในการชดเชยกรณีที่สัญญาณเสียงที่เข้ามาเบาเกินไปไม่ว่ากรณีใด ๆ จากนั้นสัญญาณก็จะถูกขยายด้วย AMP 3 เพื่อให้ได้สัญญาณตามต้องการที่ input ของ Modulation 1 ขณะเดียวกันสัญญาณ Aux. ก็จะถูกปรับสัญญาณให้มีขนาดตามที่ต้องการ สำหรับ Modulation ด้วย Attenuator และ Amplifier 2 สัญญาณก็จะถูกปรับแต่งด้วยชุดของ Oscillator 1 และ Amplifier 1

สัญญาณเสียง Auxillary และ signal จะถูก Modulation 1 กับสัญญาณ IF carrier ซึ่งผลิตจาก Oscillator 2 ที่ความถี่ 12 Kc. ก็จะได้สัญญาณทางด้าน output เป็นความถี่ IF signal

สัญญาณ IF.signal จะถูก Modulation ด้วย HF.Carrier ซึ่งผลิตจาก Oscillator 3 เป็นสัญญาณความถี่ในย่าน HF. Band แล้วส่งเข้าภาคขยายภาคสุดท้าย (TA AMP.) เมื่อได้สัญญาณตามที่ต้องการก็จะป้อนเข้า filter ชุดสุดท้ายเพื่อให้ตลอดในย่านความถี่ที่ใช้งานผ่าน Condenser ซึ่งต่ออยู่กับ A.C. Line ต่อไป

2.2. การทำงานภาครับ

เครื่องรับจะรับสัญญาณจาก A.C. Line ผ่านวงจร Filter เพื่อกรองเอาย่านความถี่ที่ใช้งานเข้ามา ส่วนสัญญาณที่ไม่ต้องการก็จะถูก block หรือ reject ออกไป filter ที่ใช้งานแบบนี้เป็นแบบ Band pass filter ซึ่งสัญญาณที่กรองมาแล้วจะถูก Demodulation กับสัญญาณ HF.Carrier เพื่อ Demodulation ได้สัญญาณ

output ออกมาเป็น IF signal แล้วจะถูก Demodulation อีกครั้งหนึ่งกับสัญญาณ IF Carrier ซึ่ง filter จาก IF signal มาเพื่อนำไปใช้เป็นตัว IF Carrier แล้ว Demodulation อีกครั้งหนึ่งก็จะได้อ่านของ low Frequency แล้วสัญญาณต่าง ๆ ที่ประกอบด้วย Speech, Aux. or signal ซึ่งถูกส่งมาจากเครื่องก็จะแยกออกจากกันโดยผ่านวงจร filter ออกมาโดยไม่มีสัญญาณรบกวนกัน สำหรับสัญญาณ Speech ก็จะมีวงจร Comander เป็นภาคชดเชยสัญญาณในกรณีที่สัญญาณที่รับเข้ามาเบาแล้วก็จะส่งผ่านเข้าภาค Amplifier B จากนั้น Attenuator ก็จะขยายให้มีระดับแรงความต้องการหรือปรับ ลดสัญญาณในกรณีที่สัญญาณแรง

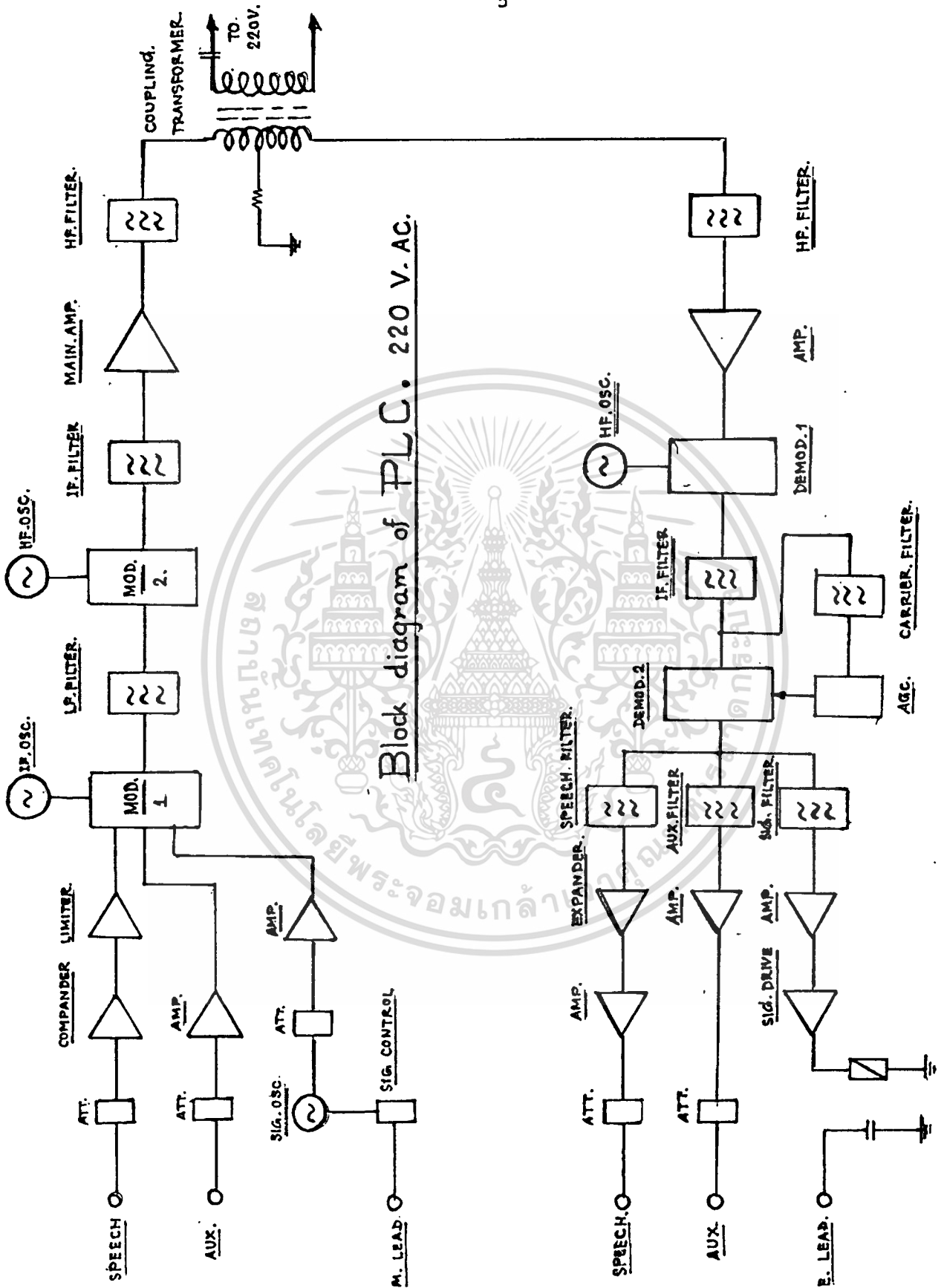
สัญญาณ Aux. ก็เช่นเดียวกันก็จะมี Amplifier, Attenuator เป็นตัวขยายและลดสัญญาณให้ได้ระดับสัญญาณตามที่ต้องการ

สัญญาณ signal ก็จะผ่านเข้าชุด amplifier 10 เพื่อรักษาระดับสัญญาณให้ได้ระดับสัญญาณตามต้องการแล้ว จึงเอาสัญญาณนั้นไปยังภาค Driver เพื่อเอาสัญญาณไป driver relay เพื่อเอา contact ไปใช้งานกับขุมสายโทรศัพท์ต่อไป

อนึ่งภาคเครื่องรับจากภาค AGC. ในตัวโดยการเอาสัญญาณ IF carrier ซึ่งผ่านวงจร IF filter (12 Kc) เพื่อเอาสัญญาณ IF carrier สัญญาณ Demodulation กับสัญญาณ Low frequency band แล้วยังได้นำเอาสัญญาณ DC. voltage ไปใช้เป็น AGC. โดย Detector สัญญาณ carrier นี้เป็น DC. voltage เพื่อเอาไปใช้ควบคุมระดับสัญญาณในขณะที่รับสัญญาณเข้ามาแรงหรือเบาเกินไป dc. voltage จะเป็น reference ให้กับ Amplifier 1 เพื่อชดเชยหรือลดลงหรือลดระดับสัญญาณ ทำให้สัญญาณต่าง ๆ output ของภาคเครื่องรับให้คงที่เสมอ

ในขณะที่เดียวกันก็จะเอาสัญญาณ IF carrier เดียวกันนี้เอาวงจร detector ทำเป็น Alarm ให้เห็นกรณีรับสัญญาณไม่ได้ด้วย

สำหรับรายละเอียดการทำงานของเครื่อง Power line carrier (PLC) สำหรับรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. นิยามของการมอดูเลชัน

คำจำกัดความของการมอดูเลชันโดยทั่ว ๆ ไป หมายถึง ขบวนการที่ทำให้คุณสมบัติของคลื่นนำ v (carrier) เปลี่ยนแปลงเวลาตามคลื่นสัญญาณ ในที่นี้คลื่นนำ หมายถึง คลื่นซึ่งสามารถผสมกับคลื่นสัญญาณได้ ซึ่งคลื่นนำมักจะเป็น sine wave หรือ pulse ที่เป็นคลื่นแบบต่อเนื่อง (continuous wave)

วิธีการมอดูเลต

sine wave current I/I_0 มีขนาด I_0 และ phase angle เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I = I_0 \sin \theta$$

$$= I_0(\omega t + \phi)$$

การมอดูเลชันเกิดได้ 2 วิธี คือ เกิดจากการเปลี่ยนขนาด I_0 และเกิดจากการเปลี่ยน phase angle

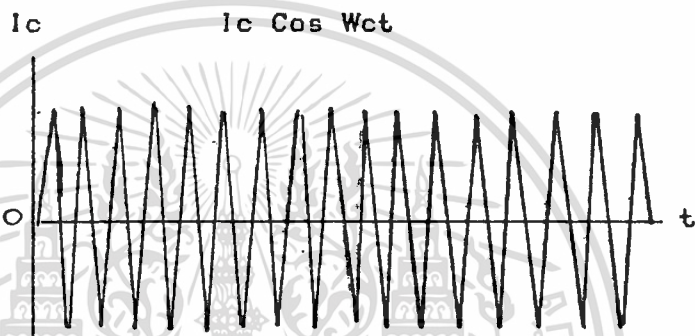
เปลี่ยนแปลง ทำได้ 2 วิธี คือ เปลี่ยนในรูปของ f_0 โดยให้

$$\omega_0 = 2 f_0 \text{ และ phase angle } \phi$$

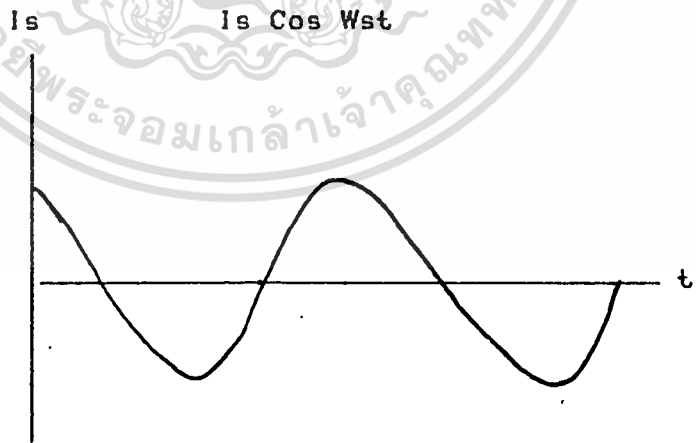
ผลจากการเปลี่ยนแปลงได้เป็นแอมพลิจูดมอดูเลชัน (AM), เฟรียควนซี (FM) และเฟสมอดูเลชัน (PM)

2.3.1. แอมพลิจูด มอดูเลชัน (AMPLITUDE MODULATION)

ขบวนการเกิด Amplitude Modulation คือ การที่คลื่นพาห์ (Carrier) เปลี่ยนแปลงตามคลื่นสัญญาณ ดังรูป

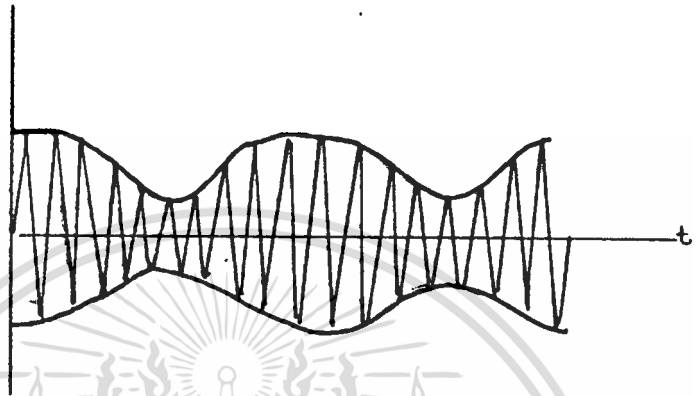


รูป ก คลื่นพาห์มีความถี่ $F_c = \omega_c/2\pi$ อยู่ในรูปคลื่นเมื่อ $I_c = I_c \cos \omega_c t$



รูป ข เป็นคลื่นสัญญาณของความถี่ $F_s = \omega_s$ จะได้ $I_s = I_s \cos \omega_s t$ ซึ่งขนาดคลื่นพาห์จะเปลี่ยนตามขนาดของคลื่นสัญญาณ

$$I_c (1 + M_a \cos t \omega_s t) \cos \omega_c t$$



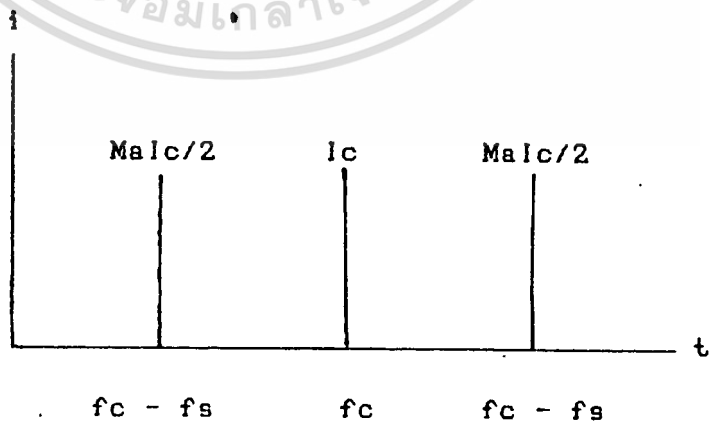
รูป ค เป็นผลจากการ Modulation เขียนในรูป สมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้
 ในที่นี้
 จะได้ว่า

$$i = I_c (1 + M_a \cos \omega_s t) \cos \omega_c t$$

$$M_a = I_s / I_c$$

$$i = I_c \cos \omega_c t + M_a I_c / 2 \cos \omega_s t \cos \omega_c t$$

ดังนั้น ความถี่ที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วยความถี่คลื่นนำ f_c , ความถี่ข้าง
 เคียงด้านต่ำกว่า (Lower sideband) $f_c - f_s$ และความถี่ที่สูงกว่า $f_c + f_s$ ดังรูป

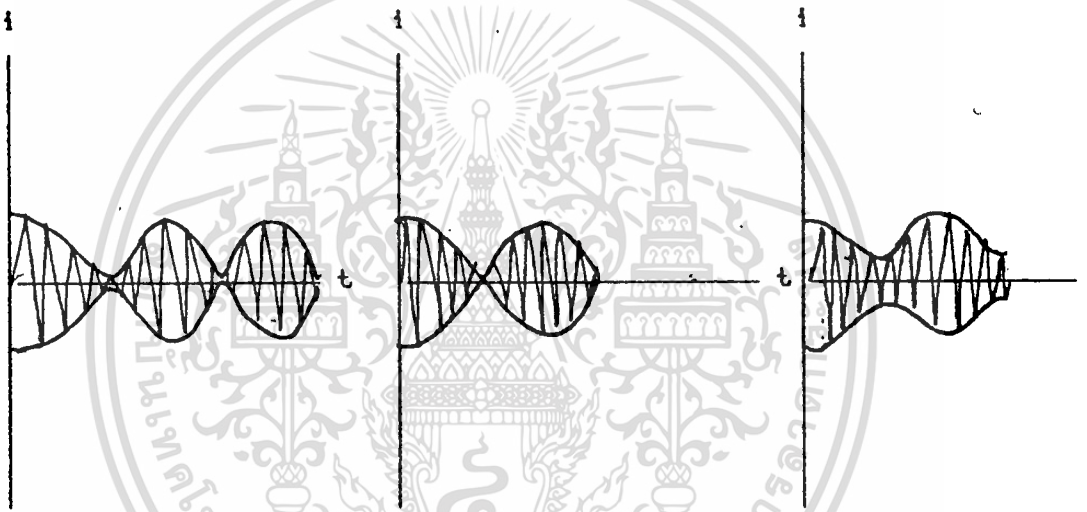


2.2. แสดง Frequency Spectrum of Amplitude Modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นั่นคือ M_a เรียกว่า Modulation Degree โดยที่ M_a จะต้อง มีค่าน้อยกว่า 1 ($M_a < 1$) ขนาดของคลื่น Modulation จึงจะไม่ผิดเพี้ยน ถ้า $M_a > 1$ ขนาดของคลื่น Modulation จะผิดเพี้ยนไปจากคลื่นสัญญาณเดิม เรียกว่า Over Modulation ข้อจำกัดของ Modulation degree คือ $M_a = 1$ เรียกว่า 100 % Modulation



2.3. แสดง Amplitude Modulation และค่า Modulation degree

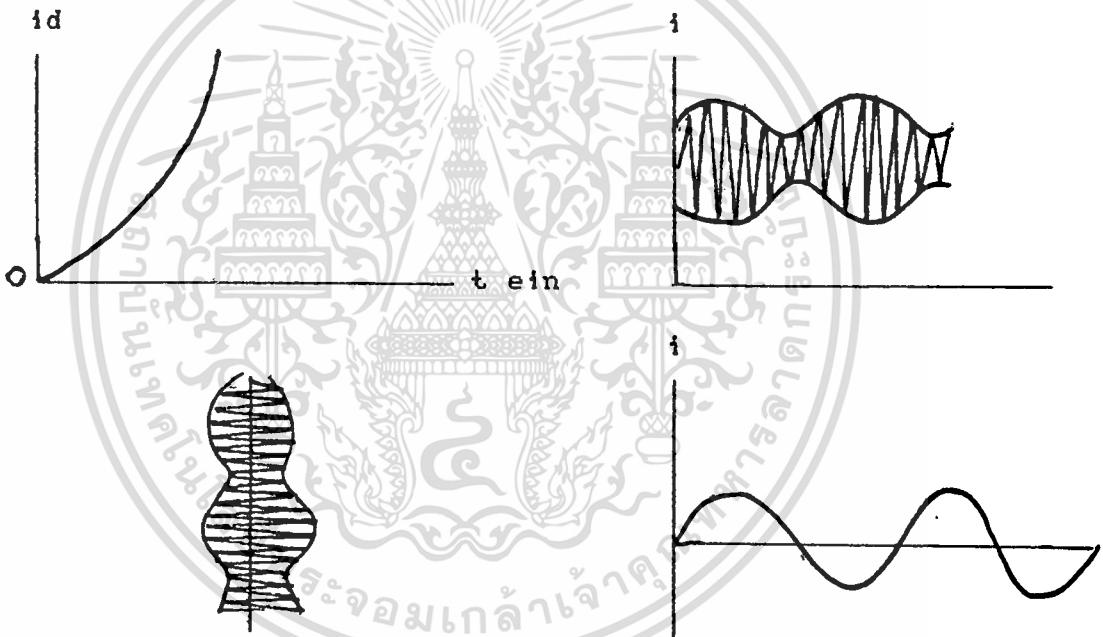
2.3.2. การดีมอดูเลชัน (Demodulation)

การ Demodulation เป็นที่แยกคลื่นสัญญาณออกจากคลื่น Modulation
การ Demodulation ของคลื่น Amplitude Modulation

การ Demodulation แบบ A.M. ทำได้ 2 วิธี

1. Square Detection

เมื่อคลื่น Modulation ผ่านวงจร Square detection คลื่นพาห้จะบีบกับ side ได้เฉพาะคลื่น Modulation ออกมาเท่านั้น



2.4. แสดง Square Detection

จากรูปไดโอดเป็นอุปกรณ์ linear ที่มีคุณสมบัติเป็น Low level สมมติว่า เป็น square ของไดโอดเวลาที่ Low level เขียนสมการได้ดังนี้

$$i_d = i_0 + a e (1+n) + b e^2 (1+n)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ I_0 = กระแสดีซี bias ของ diode
 e_{in} = คลื่น Input Voltage Modulation
 a, b = constant

กลับมาพิจารณาสมการเดิมของคลื่น Modulation

$$E_{in} = E_c \cos W_c t + M_a/2 E_c \cos(W_c - W_s)t + M_a/2 E_c \cos(W_c + W_s)t$$

จะได้

$$I_d = I_0 + bE_c^2/2(1+m^2A/2) + bM^2a/2 (\cos W_c t + M_a/4 \cos 2W_s t) \\
+ aE_c(M_a/2 \cos(W_c - W_s)t + \cos W_c t + M_a/2 \cos(W_c + W_s)t) \\
+ B/2E_c^2 (M^2a/4 \cos(2W_c - W_s)t + M_a \cos(2W_c - W_s)t \\
+ M^2a/4 \cos(2W_c + 2W_s)t)$$

เมื่อ I_d ผ่านการทริเมนต์ที่เหมาะสมแล้ว คลื่นความถี่สูงและส่วนประกอบทางดีซีจะถูกกำจัดหมดไป เหลือเพียง

$$i_s = BmaE_c^2a (\cos W_s t + M_a/4 \cos 2W_s t)$$

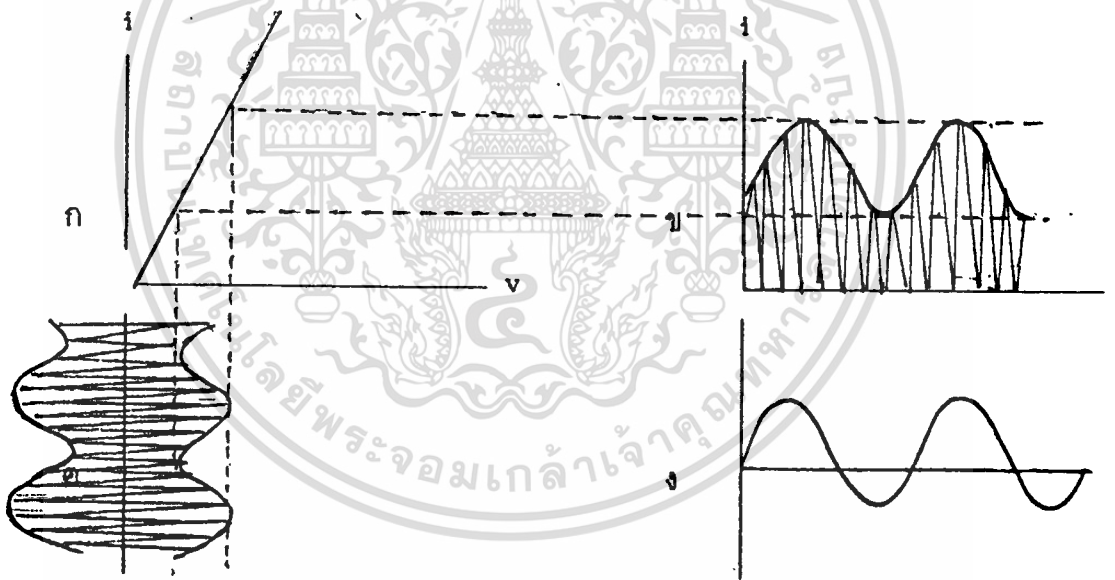
ในที่นี้ $2W_s$ คือส่วนที่เป็น Distortion ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของ Distortion คือ

$$K_f = \text{distortion} / \text{signal} \\
= m / 4$$

2.3.3. ลิเนียร์ ดีเทคชั่น (Liner Detection)

คุณสมบัติทางตรงของไดโอดที่คลื่นสัญญาณอินพุตโวลต์เต้จสูง ๆ จะมีลักษณะใกล้เคียงเส้นตรง

ถ้าคลื่น เอ.เอ็ม ในรูปซ้อนเข้าตามคุณสมบัติของรูป ก. แล้วเรีคตีไฟล์ จะได้กระแสดังรูป ค. คลื่นรูปนี้จะประกอบด้วย ความถี่สูง ความถี่ต่ำ และสัญญาณดีซี ดังนั้น เมื่อกำจัดความถี่สูงและสัญญาณดีซีออก ก็จะได้สัญญาณความถี่ต่ำ ดังรูป ง. ตามต้องการ



รูปที่ 2.5. ลิเนียร์ ดีเทคชั่น

การวัดคุณสมบัติทางความถี่

ให้ความถี่และขนาดคลื่นพาห้ ความถี่คลื่นสัญญาณคงที่ ขณะเดียวกันเปลี่ยนค่าความถี่คลื่นสัญญาณ แล้วหาค่าเปอร์เซ็นต์ตามมอดูเลท แต่ละความถี่ของคลื่นสัญญาณ

นั่นคือ

$$\text{เปอร์เซ็นต์มอดูเลท} = \frac{A - B}{A + B} * 100\%$$

2.4. วงจร Modulation แบบ A.M.

วงจร Modulation แบบ A.M. มีด้วยกันหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มีดังนี้

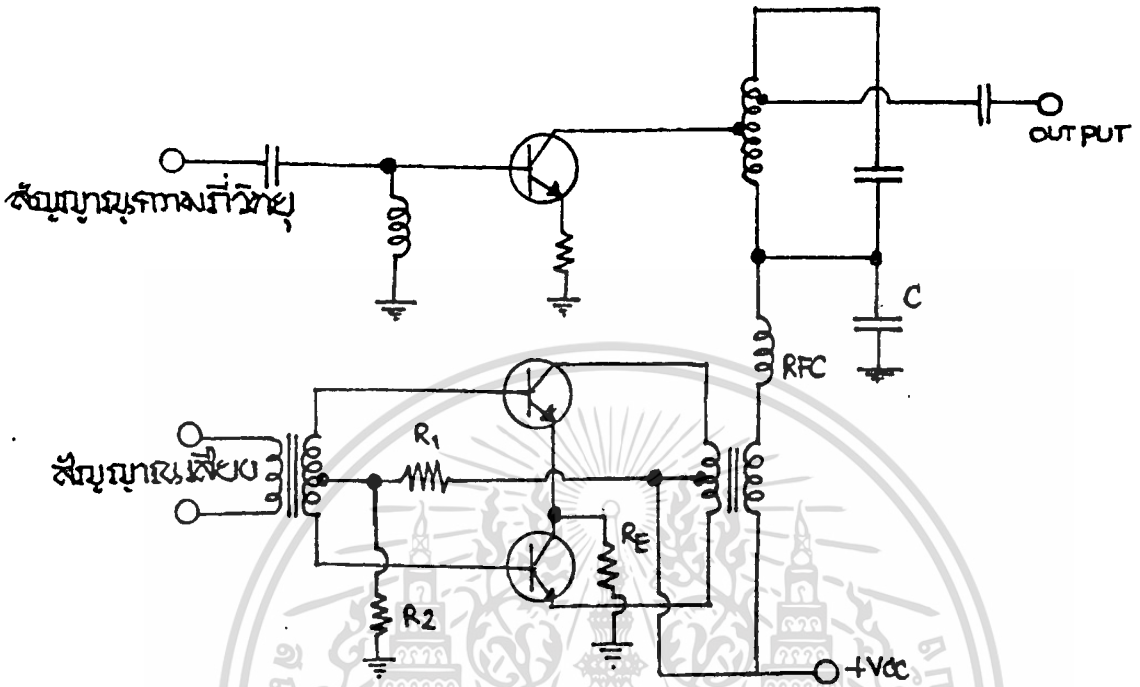
2.4.1. วงจรคอลเลคเตอร์มอดูเลชั่น (Collector Modulation circuit)

แสดงดังรูป 2.6 สัญญาณความถี่เสียงทำให้แรงดันที่ collector ของ transistor ตัวล่างเปลี่ยนแปลงและ Transistor สองตัวที่ทำหน้าที่รับความถี่เสียงจะต่อในลักษณะทำงานขยายแบบ class B หรือ class C

ดังนั้น กระแสคอลเลคเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามแรงดันคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์นั้นด้วยหรืออาจกล่าวได้ว่า ส่วนของกระแสคอลเลคเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง ส่วนกระแสของคอลเลคเตอร์จะเหนี่ยวนำข้ามหม้อแปลงเกิดแรงดัน ดังรูป

2.6 ทำให้เกิดมีกระแสไหลผ่านอาร์เอฟซี (RFC) และผ่านส่วนของวงจรแท่งค้ำที่เข้าพุท

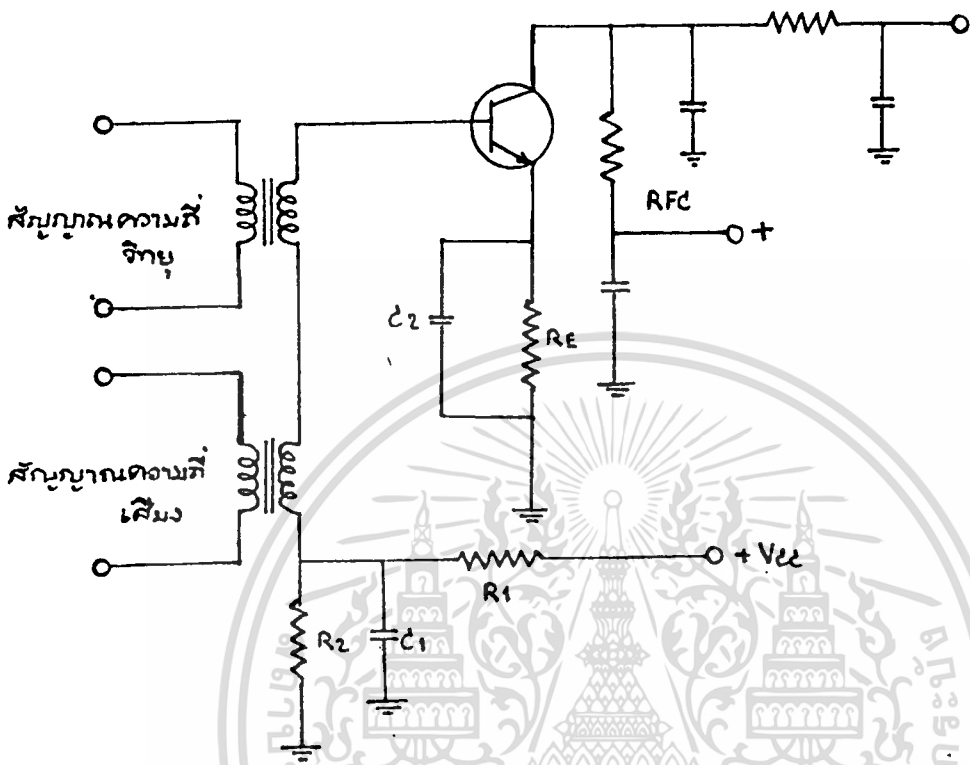
ดังนั้นส่วนของเข้าพุทจึงได้รับสัญญาณความถี่วิทยุเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณเสียง ผลทำให้แรงดันคร่อมตั้งประจุจึงเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียงด้วย



รูป 2.6. วงจร Collector Modulation

2.4.2. วงจรเบสมอดูเลชัน (Base Modulation Circuit)

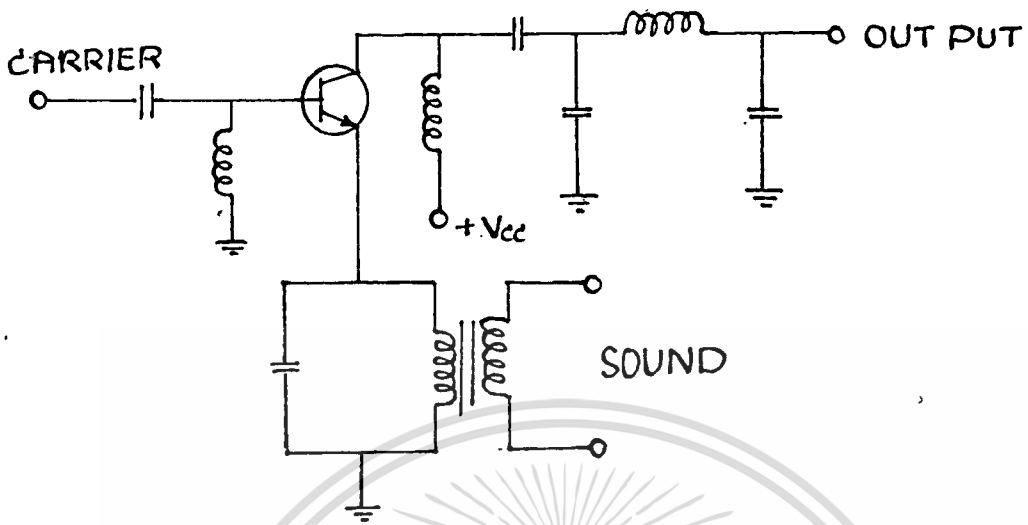
แสดงดังรูป 2.7. การมอดูเลตจะเกิดขึ้นทาง Input หรือ Base นั้นเอง สำหรับกรณีนี้ Bias กระแสที่เบสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณความถี่เสียง นั่นคือ สัญญาณความถี่วิทยุมีขนาดสูงสุดที่เปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณความถี่เสียง สังเกตว่าการ bias ทรานซิสเตอร์จะ bias ทรานซิสเตอร์จะ bias โดยให้ทรานซิสเตอร์ทำงานใน class A ด้วยตัวต้านทาน R_1 และ R_2 แต่ที่ความถี่วิทยุ ตัว R_2 จะเป็นเสมือนวงจรลง ground ด้วยตัวเก็บประจุ นั่น สัญญาณที่เกิดขึ้นที่เบส จึงเป็นสัญญาณที่มาจากความถี่เสียงและสัญญาณที่ความถี่วิทยุ



รูป 2.7 วงจร BASE MODULATION

2.4.3. วงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชั่น (Emitter Modulation)

ดังแสดงในรูป 2.8. จากรูปจะเห็นสัญญาณว่า input ที่เป็นสัญญาณของ ถักวิทยุจะป้อนเข้ามาที่ Base ดังนั้นกระแส Emitter จึงเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณความถี่ แต่ครั้งเราป้อนสัญญาณความถี่เสียงเข้าทางด้านอิมิตเตอร์ ส่วนของสัญญาณที่ Emitter จะเป็นตัวกำจัดการสูงสุดของกระแส Emitter. นั่นเอง



รูป 2.8. Base Modulation

2.5 | Oscillator ที่ใช้ Transistor

วงจรออสซิลเลเตอร์จะทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ ถ้ามีดังนี้

1. มีการขยายได้สูงกว่าการสูญเสียในวงจรและที่ให้กับเอาต์พุต
2. ต้องมีการป้อนกลับทางบวกหรือรีเฟนเนอเรตีฟ
3. ความถี่จะกำหนดได้จากวงจรที่ทำให้เฟสเลื่อน

เนื่องจากทรานซิสเตอร์ใช้ในการประกบของรอยต่อ จึงทำให้เกิดความจุซึ่งมี
 เบล กับคอลเลกเตอร์ ดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงมีปัญหาเมื่อใช้กับความถี่ที่สูงมาก ๆ

ความถี่ของการออสซิลเลเตอร์

วงจร Oscillated เป็นวงจรผลิตรอสซิสเลททางไฟฟ้า โดยมีความถี่ขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำ (L) และความจุ (C)

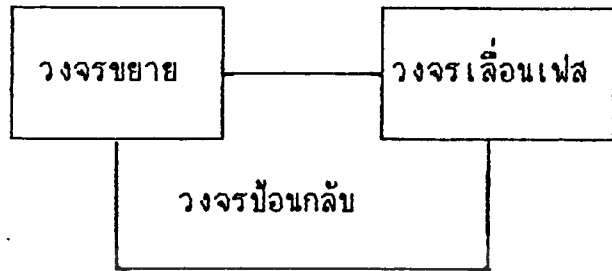
วงจรออสซิสเลทที่มีความจุ C และความเหนี่ยวนำ L ที่ต่อร่วมกันได้ความถี่จากการออสซิสเลท ตามสูตร

$$F = 1 / 2\pi \sqrt{LC}$$

ความถี่นี้เรียกว่าความถี่เรโซแนนท์ (resonance) หรือความถี่ธรรมชาติ (natural) ของวงจร LC ความถี่จะเป็น Hz. ถ้า L เป็น henry และ C เป็น farad

การป้อนกลับเข้าวงจรออสซิลเลเตอร์

เนื่องจากในขดลวดมีความสูญเสียเนื่องจากความร้อนจากความต้านทานในขดลวดซึ่งเป็นความต้านทานกระแสตรงจึงใช้ตัวย่อ R และขดลวดมีกระแสไหล I จะเกิดกำลังไฟสูญเสียในขดลวดเป็น I^2R วงจรออสซิสเลทที่ออสซิสแบบไม่คอย ๆ ลดลง จึงต้องมีการชดเชยการสูญเสียนี้โดยการป้อนกลับพลังงานให้มีความถี่เดียวกันกับการออสซิสเลท ซึ่งมีความเร็วสูงมากใช้วัสดุที่เป็นกลไกไม่ได้ต้องใช้วัสดุ Active เช่น หลอดสุญญากาศหรือทรานซิสเตอร์ช่วยและการป้อนพลังงานให้มีความถี่เดียวกัน ออสซิสเลทนี้ต้องมีทิศทางเดียวกันกับการออสซิสเลทด้วย



รูป 2.9. แสดงองค์ประกอบของวงจรออสซิลเลท

2.5.1. ออสซิลเลเตอร์แบบคอลเลคเตอร์ (Turned Collector Oscillator)

วงจรนี้มีจุดที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Transistor คือ L1C1 ความถี่วงจร

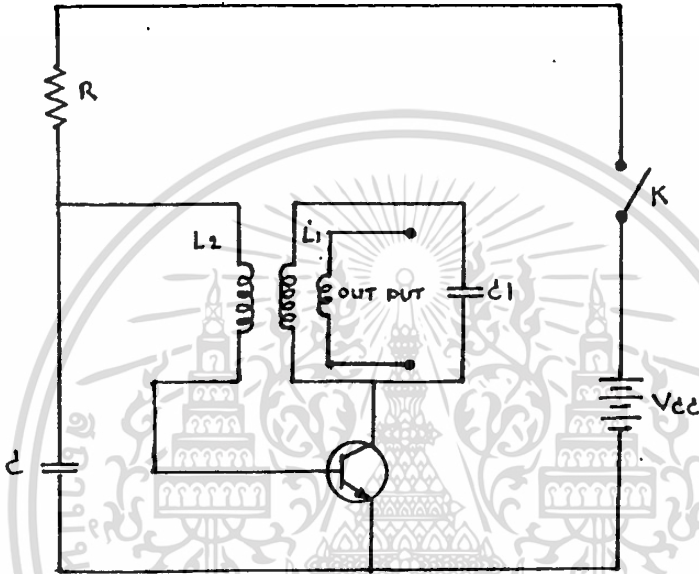
หาจากสูตร

$$F = 1/2\pi \sqrt{L1C1}$$

ส่วนขดลวด L2 ในวงจร Base coupling มาจาก L1 แบบหม้อแปลง และมี R เป็นตัวต้านทานป้อนไฟให้กับวงจร และ C1 มีค่า reactance ต่ำเพื่อเป็นทางให้ออสซิลเลท เมื่อ s.w. K ตัดไฟวงจรไม่ทำงาน แต่ถ้า s.w. K ต่อจะมีกระแสคอลเลคเตอร์ไหลให้ C1 เก็บประจุสูงขึ้น ๆ จนถึงจุด ๆ หนึ่ง มันจะคายกระแสผ่านขดลวด L1 ทำให้เกิดการออสซิลเลท ตามความถี่ของสูตรข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว

การออสซิลเลทจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงไฟคร่อม L2 ซึ่งมีความถี่เดียวกับวงจรออสซิลเลท แต่จะทำให้ขนาดเปลี่ยนไปตามค่า L1 , L2 เกิดไฟเข้าที่ขาเบส - อิมิตเตอร์ซึ่งจะขยายให้เกิดกระแสคอลเลคเตอร์สูงขึ้นเพื่อรักษาขนาดของการออสซิลเลทให้มีขนาดคงเดิมไม่ค่อยลดลง อย่างที่มีแค่ L และ C เท่านั้น

ค่าอัตราส่วนรอบ (N) ของ L1 และ L2 ตัดสินได้จากการสูญเสียทั้งหมด ยิ่งมีอัตราส่วนรอบยิ่งมาก การป้อนกลับเข้าที่ขาเบสก็จะลดลง



รูป 2.10. Oscillator แบบ Turned collector

เนื่องจากวงจรที่กล่าวข้างต้นอาจทำงานได้ดีสักหนึ่ง แล้วทรานซิสเตอร์จะร้อนจนถึงกับทำให้ทรานซิสเตอร์เสียได้ จึงจำเป็นต้องใส่ R_e เข้าไปด้วยเพื่อทำให้วงจรมีความเสถียรภาพมากขึ้นและใส่ C_e เพื่อให้ gain การขยายไม่ลดลง R_1 , R_2 เป็นตัวแบ่งโวลตเตจเข้าที่ base และ C_b ใช้เป็นทางรีแอคเตนซ์ต่ำทำให้เกิดการออสซิลเลท การป้อนไฟเลี้ยงนี้ขึ้นอยู่กับ การสูญเสียของวงจรออสซิลเลทและเอาท์พุทที่ต้องการ ถ้าต้องการ output ไม่มากและมีการสูญเสียน้อยก็ใช้ไฟเลี้ยงน้อย ซึ่งมีการใช้ไฟเลี้ยงน้อย นอกจากจะให้ความถี่ที่มีเสถียรภาพดีแล้ว ยังได้รูปคลื่นที่ดีอีกด้วย

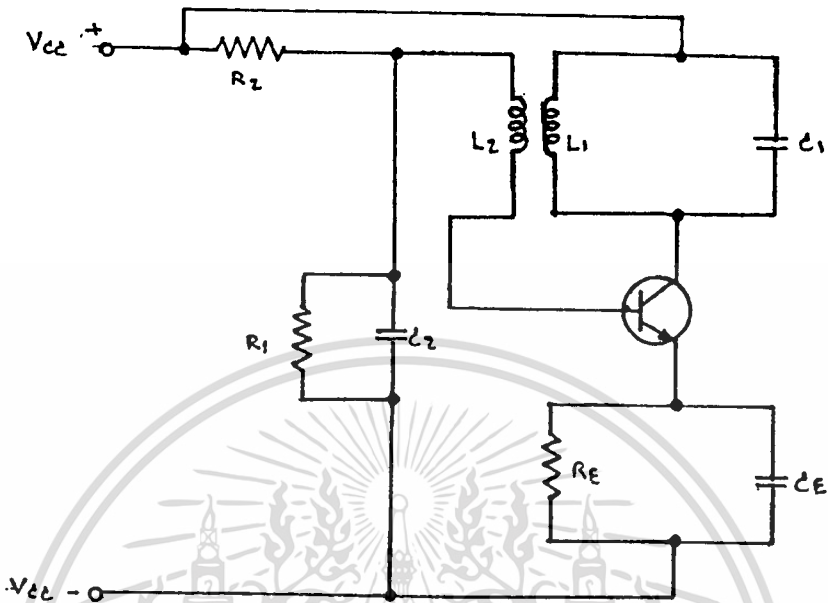
2.5.2. ออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตลีย์ (Hartley Oscillator)

วงจรมีนิยามใช้กันโดยทั่วไปในเครื่องรับวิทยุด้วย เพราะทำงานง่ายและการเริ่มต้นออสซิลเลชัน ไม่ต้องกระตุ้นก่อนซึ่งการทำงานของวงจรมีเหมือนกับวงจร tuned collector osc. ที่กล่าวไปแล้ว นั่นคือใช้ขดลวด 2 ชุด L_1 , L_2 หนึ่งอยู่บนแกนเดียวกันหรืออาจใช้ขดเดียวกัน แต่ต่อ tap แยกออกมาก็ได้ เพื่อให้มีความเหนี่ยวนำร่วมกันระหว่าง L_1 , L_2 Capacitor ใช้ต่อคร่อมทั้ง L_1 , L_2 ให้อยู่ในวงจร LC ความถี่ของการออสซิลเลชันขึ้นอยู่กับค่า L_1 , L_2 , C

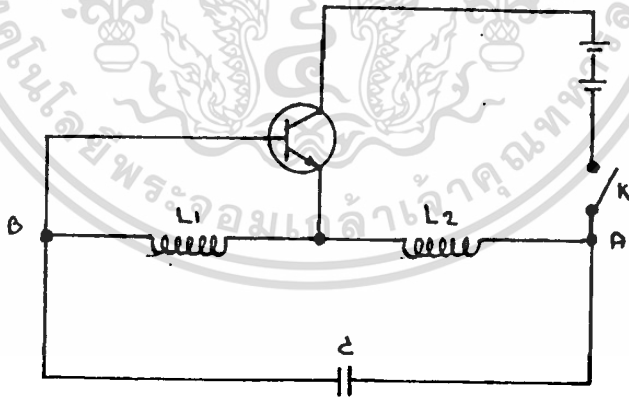
เมื่อกด s.w.K ให้อัด C จะเก็บประจุจนถึงจุดหนึ่งจึงคายผ่าน L_1 , L_2 ให้เกิดความถี่ออสซิลเลชันขึ้นราว

$$f = 1 / 2\pi \sqrt{C (L_1 + L_2)}$$

จากการออสซิลเลชันจะเกิดโวลต์เต็มระหว่างจุด 0 และ b ป้อนวงจรเบสแล้วขยายไปออกที่วงจรคอลเลคเตอร์ซึ่งการขยายนี้มีความถี่เดียวกับวงจรออสซิลเลชันไปผ่านขดลวด L_2 ที่อยู่บนแกนเดียวกับ L_1 จึงเป็นการนำโวลต์เต็มเหนี่ยวนำชุดนี้ไปชดเชยการสูญเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ไม่ให้มีออสซิลเลชันจางขนาดลดลง เพราะการเชื่อมโยงทางแม่เหล็กของขดลวดนี้ทำให้เฟสต่างไป 180 องศา และผ่านทางทรานซิสเตอร์ทำให้ต่างเฟสไปอีก 180 องศา จึงทำให้การป้อนกลับมีเฟสที่ถูกต้อง

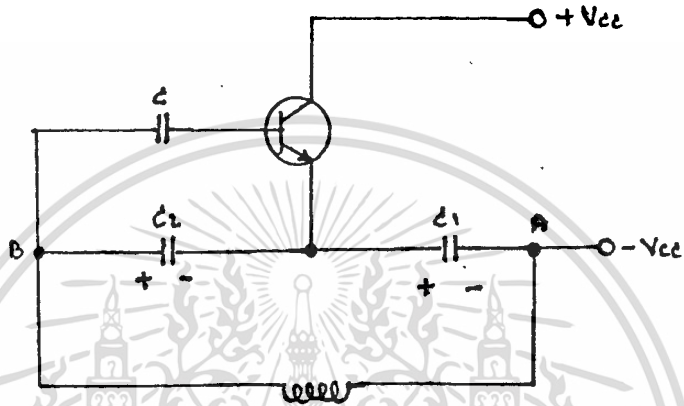


รูป 2.11. วงจร CE แบ่งโวลต์เต็มและจูนคอลเลคเตอร์



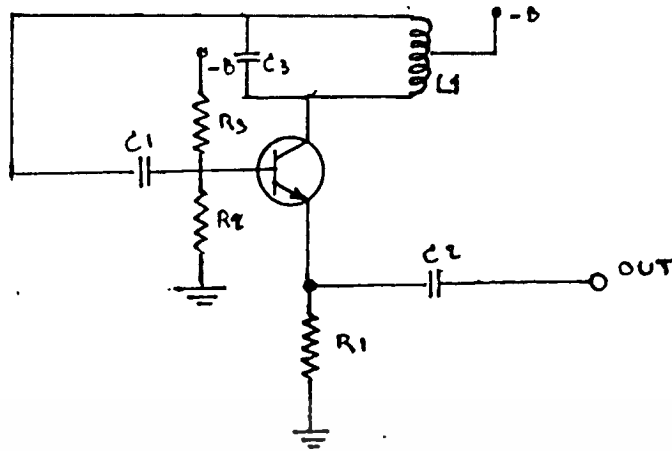
รูป 2.12. Oscillated แบบ Hartly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.13. โคลพินต์ออสซิลเลเตอร์

วงจรอาร์เลย์ออสซิลเลเตอร์ต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีค่าสูงกว่าวงจร 50
 วงจร L1 และ C3 ใช้ปรับค่าความถี่โดย L1 ทำหน้าที่หม้อแปลงขดลวดเดี่ยวนมที่ขั้ว
 เมื่อขั้วกลางเป็นลบจึงทำให้ขั้วปลายทั้งสองของ L1 เป็นขั้วเสริมกันดีจึงเกิดออสซิลเลต
 ความถี่ของวงจรเท่ากับ $1/2 L1 C3$ การปรับค่า C3 ต้องใช้แกนหมุน
 หุ้มฉนวนเพราะ C3 ต่อกับไฟ หรืออาจใช้ปรับที่แกน L1 ก็ได้



รูป 2.14. ฮาร์ดแวร์ออสซิลเลเตอร์

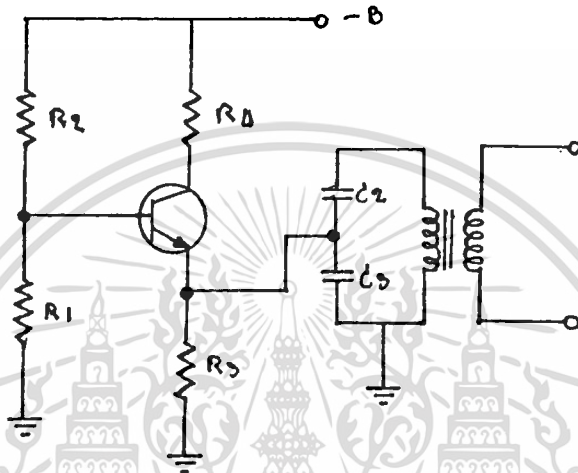
2.5.3. คัปปลิ่งออสซิลเลเตอร์ (Colpitts OSC.)

ออสซิลเลเตอร์แบบนี้คล้ายกับฮาร์ดแวร์เพียงแต่การคัปปลิ่งเปลี่ยนไปใช้ค่าความจุแทนการเหนี่ยวนำ

วงจรแท่งค้ำของโคลพิตส์มีขดลวดเหนี่ยวนำ L ต่อขนานกับ C_1 , C_2 ที่อนุกรมกันซึ่งจะทำให้เกิดความถี่ตามสูตร

เมื่อวงจรเริ่มทำงาน C_1 , C_2 จะเริ่มเก็บประจุด้วยซ้ำตามกันจนสูงถึงจุดหนึ่งมันจะเริ่มคายประจุออกมาตามความถี่ของสูตรข้างต้น

การออสซิลเลตจะทำให้ C_2 มีแรงดันคร่อมที่เบสและขยายออกคอลเลคเตอร์ให้มีความถี่เดียวกับออสซิลเลตและป้อนให้ชดเชยกับการสูญเสียของวงจรออสซิลเลตไม่ให้ลดขนาดการออสซิลเลตลงเพราะเฟสระหว่างจุด A และ B ต่างกัน 180 องศาและผ่านทรานซิสเตอร์ต่างกันไปอีก 180 องศาจึงทำให้เสริมกันพอดี



รูป 2.15. โคลฟิตต์ออสซิลเลเตอร์

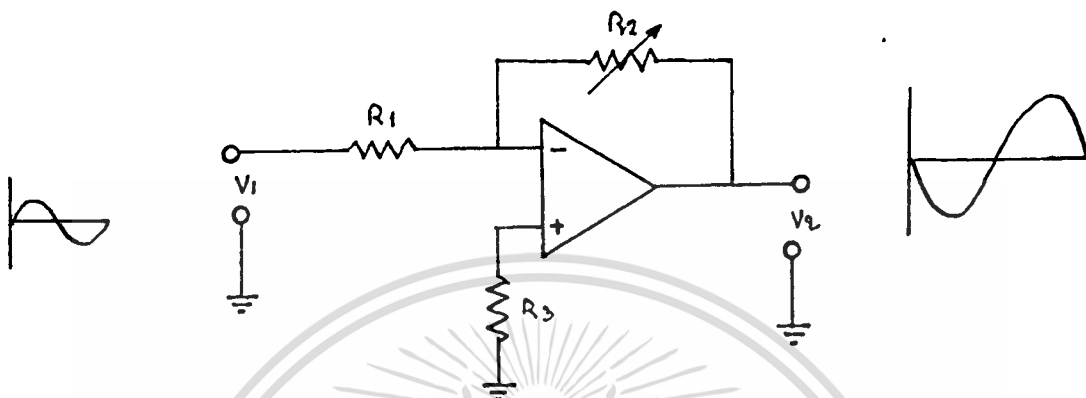
2.6. แอมพลิไฟเออร์ (Amplifier circuit)

2.6.1. Inverting Amplifier

เป็นวงจร Amplifier ที่จะให้สัญญาณ Output out of phase กับ Input 180 องศา การปรับ Gain ทำได้โดยการปรับ Resistor feed back หรือหาได้ดังสูตร

$$GAIN = - R2 / R1$$

เมื่อ $R_3 = R_1 // R_2$



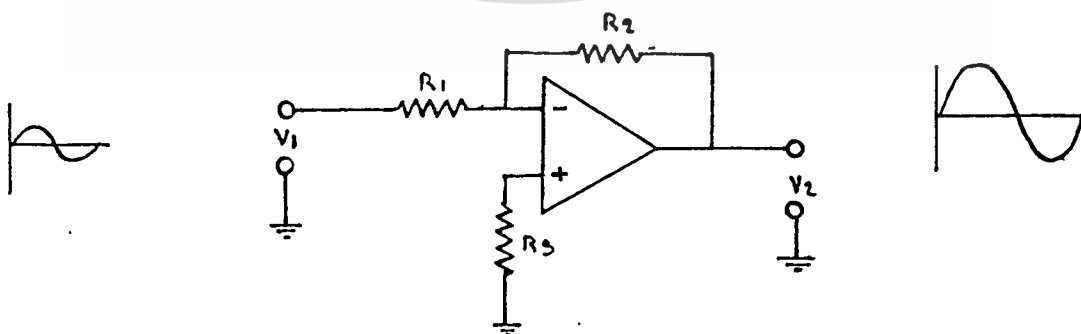
รูป 2.16. แสดงวงจร Inverting Amplifier

2.6.2. Non Inverting Amplifier

เป็นวงจร Amplifier ที่สัญญาณ Input กับ Output เหมือนกัน แต่จะมี Ampiltude เพิ่มขึ้นตามขนาดของ GAIN ตามสูตร

$$\text{Gain} = R_2 / R_1$$

เมื่อ $R_3 = R_1 // R_2$



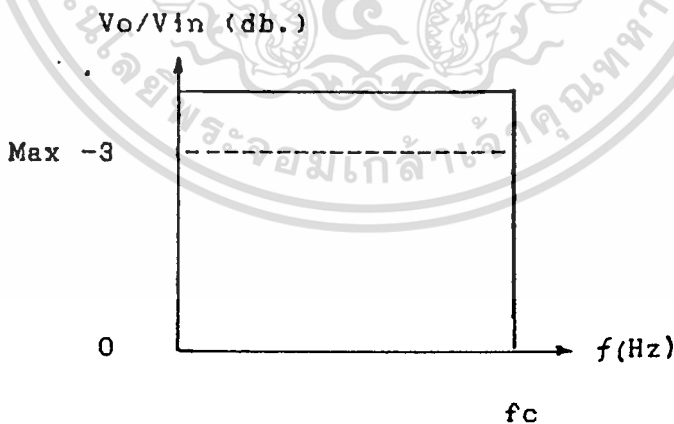
รูป 2.17. แสดง Non inver amplitude

2.7 Passive Filter Circuit

วงจร "ฟิลเตอร์" นั้นใช้ในการคัดเลือกสัญญาณทางไฟฟ้าที่ความถี่ซึ่งต้องการให้สามารถผ่านวงจรออกมาใช้งานได้ การเรียกชื่อชนิดของฟิลเตอร์ มักเรียกตามความถี่ของสัญญาณที่ใช้งานหรือการทำงานของวงจร ฟิลเตอร์มีมากมายหลายชนิดแต่ในการทดลองนี้จะศึกษาถึง ฟิลเตอร์ที่สำคัญเพียง 4 ชนิด ดังนี้

2.7.1. Lower Pass Filter

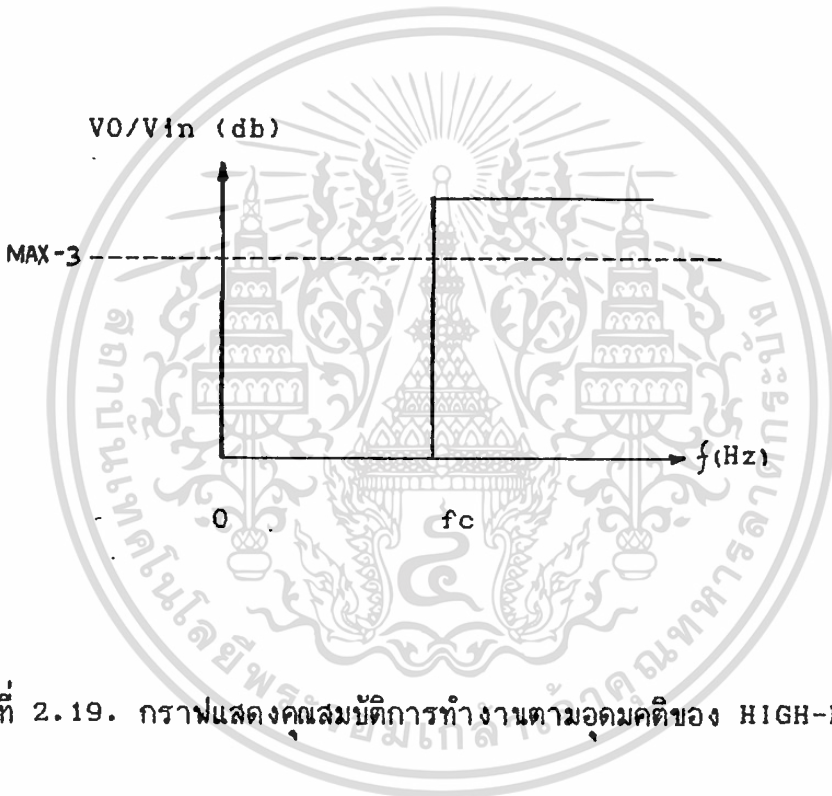
เป็นฟิลเตอร์ที่ใช้สำหรับเลือกสัญญาณที่มีความถี่ต่ำสุดตามอุดมคติ คือ 0 Hz จนถึงสัญญาณที่มีความถี่ซึ่งผู้ออกแบบสามารถกำหนดให้มีค่าสูงเท่าไรก็ได้ตามความต้องการที่จะนำไปใช้งาน ดังนั้นลักษณะของกราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานของฟิลเตอร์ชนิดนี้ โดยเปรียบเทียบระหว่างขนาดของสัญญาณขาออก (output) ต่อขนาดของสัญญาณขาเข้า (input) กับความถี่ของสัญญาณ (f) ได้ดังรูปที่



รูป 2.18. กราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานตามอุดมคติของ LOW-PASS FILTER ,

2.7.2. High-Pass Filter

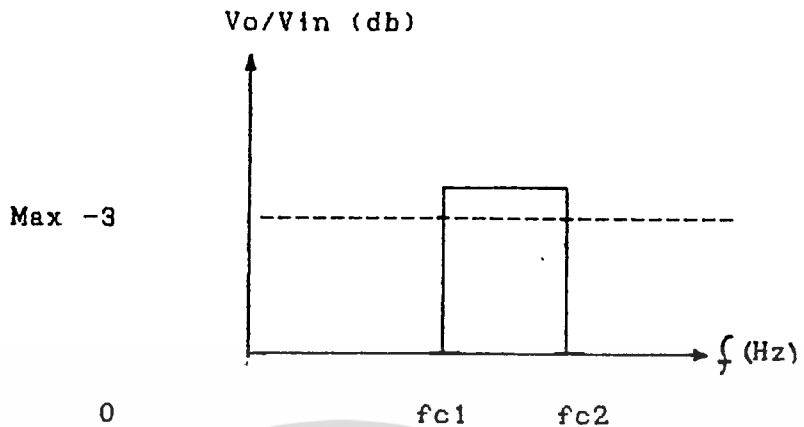
เป็นฟิลเตอร์ที่ใช้สำหรับเลือกสัญญาณที่ความถี่ตั้งแต่ค่าที่ผู้ออกแบบกำหนด (f_c) ไปจนถึงสัญญาณที่ความถี่ไม่จำกัด (INFINITY) ดังนั้นลักษณะของกราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานของฟิลเตอร์ชนิดนี้โดยการเปรียบเทียบเช่นเดียวกับ LOW-PASS FILTER ดังรูปที่



รูปที่ 2.19. กราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานตามอุดมคติของ HIGH-PASS

2.7.3. Band-Pass Filter

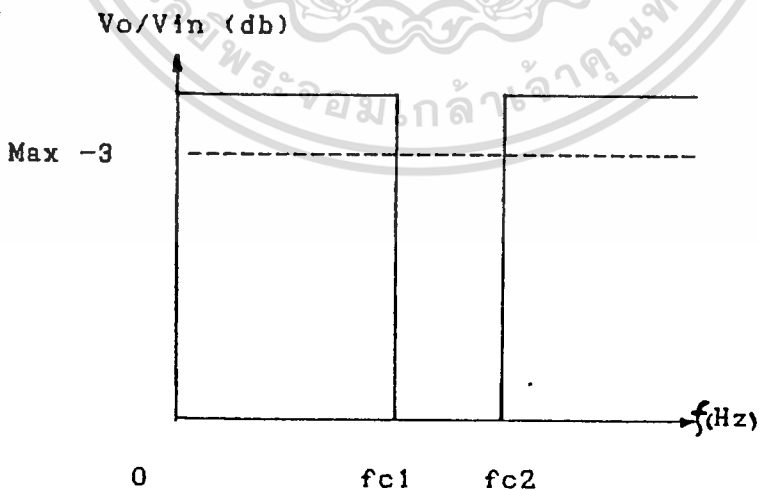
เป็นฟิลเตอร์ที่ทำการคัดเลือกสัญญาณที่มีความถี่ค่าหนึ่ง (f_{c1}) ไปจนถึงความถี่ค่าที่ต้องการ (f_{c2}) ซึ่งเป็นการกำหนดโดยผู้ออกแบบทั้งสองค่า ดังกราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานตามอุดมคติในรูป



รูปที่ 2.20. กราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานตามอุดมคติของ BAND-PASS FILTER

2.7.4. Band-Stop Filter หรือ Band - Reject Filter หรือ Notch Filter

ฟิลเตอร์ที่ใช้ในการคัดเลือกลักษณะที่ความถี่ไม่ให้ผ่านวงจรออกมา เนื่องจากไม่ต้องการใช้สัญญาณที่ความถี่เหล่านี้ กราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานตามอุดมคติของฟิลเตอร์ชนิดนี้เป็นดังรูปที่



รูปที่ 2.21. กราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานตามอุดมคติของ BAND-STOP FILT

2.8. เบล (Bell)

เบลเป็นหน่วยที่ใช้วัดอัตราการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่จุด 2 จุด เช่น สัญญาณที่ขาออก หรือ Input กับสัญญาณที่ขาเข้าหรือ Output ของวงจรซึ่งทางไฟฟ้าถือว่าเป็นการเปรียบเทียบวิธีนี้เป็นการแสดงคุณสมบัติของวงจรที่ง่ายและเหมาะสมแก่การศึกษาเป็นอย่างดี การเปรียบเทียบจะทำเป็นอัตราส่วนระหว่างสัญญาณดังต่อไปนี้ เช่น

$$\text{อัตราส่วนกำลังสัญญาณที่ขาสัญญาณออกกับกำลังสัญญาณที่ขาสัญญาณเข้า} = P_{out} / P_{in}$$

$$\text{อัตราส่วนคําคาสัญญาณที่ขาสัญญาณออกกับคําคาสัญญาณที่ขาสัญญาณเข้า} = V_{out} / V_{in}$$

$$\text{อัตราส่วนกระแสสัญญาณที่ขาสัญญาณออกกับกระแสสัญญาณที่ขาสัญญาณเข้า} = I_{out} / I_{in}$$

ในการนิยามคุณสมบัติของวงจรใด ๆ จะนิยามกันตั้งแต่สัญญาณที่ความถี่ต่ำสุดจนถึงสูงที่สุดที่วงจรจะสามารถทำงานได้ ดังนั้นช่วงความถี่ของสัญญาณจึงมีค่ามาก เช่นจาก 0 Hz ถึง 100 KHz และการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราส่วนเหล่านี้จากความถี่หนึ่งไปอีกความถี่หนึ่งจึงมีค่าสูงถึงค่าสิบยกกำลังเท่าใด เช่นที่ 10 Hz ได้ค่าอัตราส่วนกำลังเป็น $35.46 \text{ E} - 3$ แต่ที่ความถี่ซึ่งพิจารณาค่าต่อมาคือ 20 Hz ได้ค่าอัตราส่วนกำลังเป็น $45.78 \text{ E} - 4$ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการอ่านค่าหรือพล็อตลงในกระดาษกราฟ จึงทำตัวเลขเหล่านี้ให้เป็นรูปสิบยกกำลังแล้วอ่านหรือพล็อตเฉพาะค่ากำลังของสิบเท่านั้น ก็สามารถรู้ค่าที่แท้จริงหรือบอกคุณสมบัติของวงจรได้ จึงนิยามให้หน่วยเบล คือ ตัวกำลังของค่าอัตราส่วนฐานสิบ เช่น

$$\text{ถ้า} \quad P_{out} / P_{in} = 10^{2.5}$$

$$\text{ได้} \quad P_{out} / P_{in} = 2.5 \quad \text{เบล}$$

ถ้าคำนวณแบบคณิตศาสตร์จะได้ความสัมพันธ์แบบ Logarithm ดังนี้

$$\log (P_{out} / P_{in}) = \text{อัตราส่วนกำลังเป็น " เบล "}$$

ถ้าทำเป็นหน่วยของศักดาหรือกระแสจะสามารถคำนวณ โดยใช้ความสัมพันธ์ต่อไปนี้ จากที่ทราบว่า

$$P = V^2 / R = I^2 R$$

$$\log (P_{out} / P_{in}) = \log (V_{out}^2 / V_{in}^2) = 2 \log (V_{out} / V_{in})$$

$$\text{ในทำนองเดียวกันจะได้ } \log (P_{out} / P_{in}) = 2 \log (I_{out} / I_{in})$$

เดซิเบล (DECIBEL) db

ในทางปฏิบัติและใช้งานโดยทั่วไปจะเห็นว่าเบลเป็นหน่วยที่ใหญ่หน่วยหนึ่ง จึงมีการกำหนดหน่วยย่อยของเบลเป็นระบบมาตรเมตริกเรียกว่าหน่วย "เดซิเบล" (DECIBEL) ใช้สัญลักษณ์ย่อคือ db มีค่าเท่ากับ 1 / 10 เบล เช่น

$$\text{เมื่อให้ } 10 \text{ db} = 1 \text{ BEL}$$

$$\text{อัตราส่วนกำลังเป็น db} = 10 \log (P_{out} / P_{in})$$

$$\text{" ศักดา " } = 20 \log (V_{out} / V_{in})$$

$$\text{" กระแส " } = 20 \log (I_{out} / I_{in})$$

HALF - POWER POINT หรือ FREQUENCY CUT - OFF

งานทางด้านไฟฟ้าถือว่าสัญญาณที่ความถี่ใด ๆ เมื่อผ่านวงจรหนึ่งมาแล้วมีค่า

อัตราส่วนกลับกำลังหรือกระแสที่ขาสัญญาณ OUT ต่อ INPUT ลดลง 3 db จากค่าอัตราส่วนสูงสุดที่วงจรนั้นสามารถทำงานได้ถือว่าวงจรมีขีดความสามารถในการใช้งานที่ความถี่นี้เรียกว่า " ความถี่ขอบเขตการใ้ใช้งาน " หรือ "FREQUENCY CUT - OFF" หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า " ความถี่ที่มีอัตราส่วนกำลังงานลดลงจากสูงสุด " หรือ "HALF - POWER POINT FREQUENCY" ช่วงความถี่ของสัญญาณที่มีอัตราส่วนกำลังเกินกว่า 3 db เรียกว่า ช่วงความถี่ที่ใ้ใช้งาน เมื่อนำเอาค่า -3 db ไปแทนค่าในสูตรความสัมพันธ์

$$20 \log_{10} (V_{out} / V_{in}) = -3 \text{ db}$$

ได้ $V_{out} / V_{in} = 0.707$ เท่าของอัตราส่วนคักดาสูงสุด

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

แนวความคิดในการส่งและรับสัญญาณโดยผ่านสาย A.C. นั้น ประกอบด้วย ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ ภาคมอดูเลท ภาคเลือกความถี่ ภาคดีมอดูเลท ภาคสัญญาณความถี่เสียงซึ่งค่าต่าง ๆ ที่ได้รับการออกแบบบางครั้งในวงจรใช้งานจริง ๆ อาจมีเปลี่ยนแปลงค่าที่ได้จากการคำนวณไปบ้าง ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าของอุปกรณ์บางตัว เช่น ตัวความต้านทาน ค่าตัวเก็บประจุ หรือค่าภายในของตัว IF นั้นบางครั้งเราก็นำค่าที่ใกล้เคียงมาใช้แทน

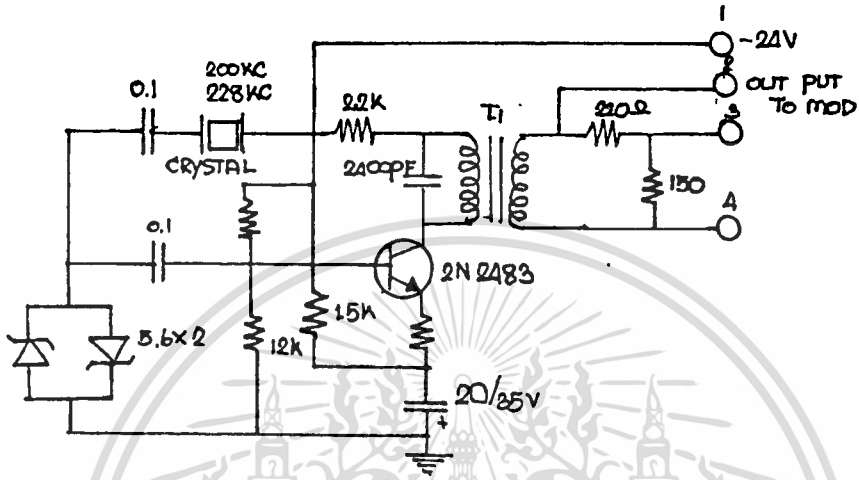
3.1 แนวการออกแบบวงจรเครื่องส่ง

3.1.1 ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุหรือภาคออสซิลเลเตอร์

วงจร If.Oscillator เป็นวงจรผลิตสัญญาณ IF Carrier (12Kc) เพื่อใช้กับเครื่องส่ง นำมา modulation กับสัญญาณต่าง ๆ ในย่าน Video band หรือ Auxillary หรือ Signalling เพื่อให้ได้สัญญาณในย่าน If band

วงจร If.Osc. เป็นวงจร Crystal Osc. จึงทำให้ความถี่ที่เกิดขึ้นตรงกับความถี่ของ crystal หรืออาจผิดพลาดเพียงเล็กน้อย และสามารถปรับค่าความถี่ได้ โดยการปรับค่า c_1 ในวงจร Q1 เป็นตัวช่วยให้เกิด Oscillator และ Amplifier เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณที่ต้องการแล้วส่งผ่าน transformer coupling T1 เพื่อนำสัญญาณ IF.Oscillator ไปยังภาค modulation สำหรับเครื่องส่งต่อไป

High frequency carrier oscillator



3.1 แสดง Crystal Oscillator

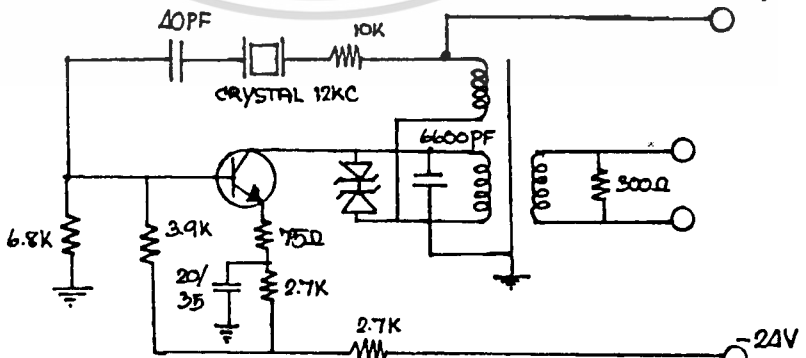
Crystal Oscillator จะให้ Frequency 1

Kc

2

Kc

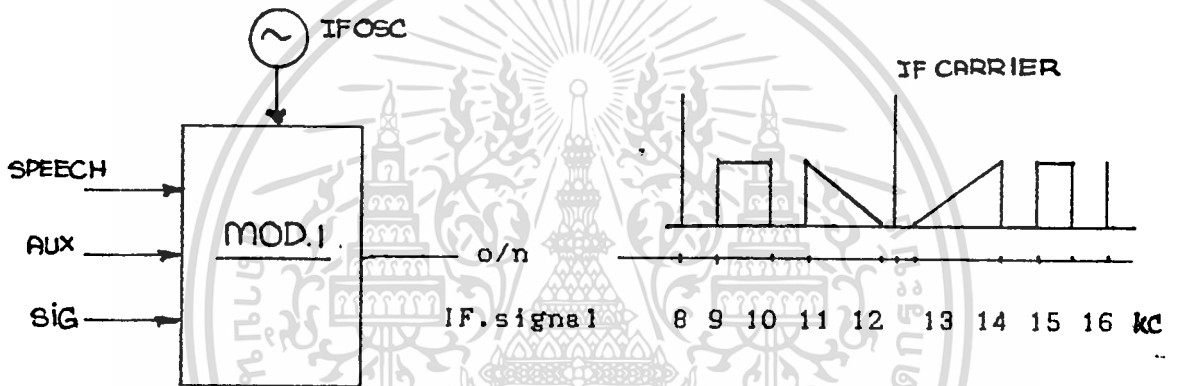
IF. Carrier Oscillator



รูป 3.2 แสดง IF Carrier OSC. (Q = 12 Kc)

3.1.2. Modulation (MOD 1)

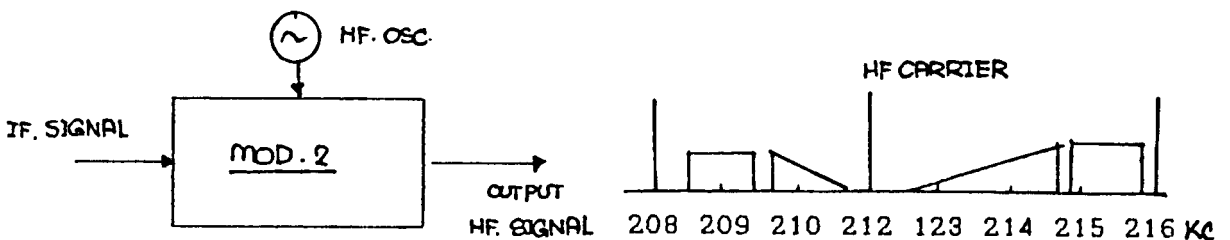
เป็นวงจร Modulation ในย่าน If. frequency 12-16 Kc สัญญาณ speech, Aux., sig. ซึ่งเป็น low frequency อยู่ในย่านความถี่ 0 - 4 Kc. จะถูก Modulation กับสัญญาณ If carrier 12 Kc ซึ่งผลิตจากวงจร Oscillator. 2 เพื่อให้สัญญาณทั้งด้าน Modulation รวมกันมาในย่าน If frequency



3.3 . Modulation circuit

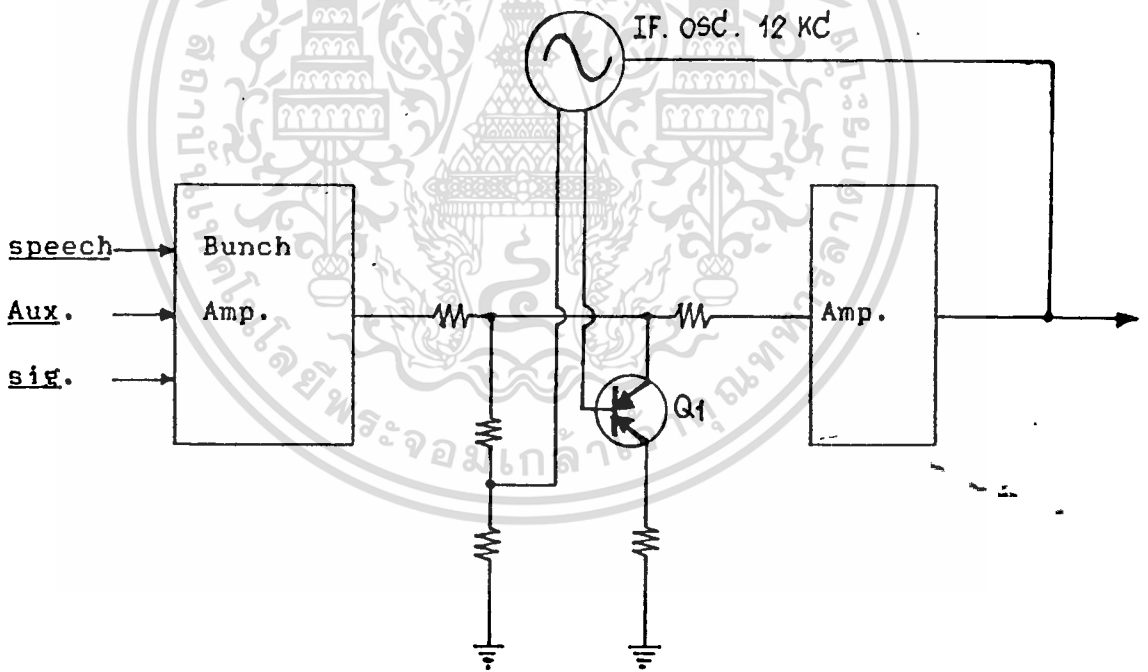
Modulation (MOD 2)

สัญญาณ If จะถูก Modulation 2 กับสัญญาณ HF.carrier. ซึ่งผลิตจากวงจร oscillator 3 เพื่อให้ได้สัญญาณ output อยู่ในย่าน HF.band carrier



IF. MODULATION

วงจร IF.Modulation ทำงานโดยอาศัยหลักการที่ เมื่อสัญญาณ input ต่าง ๆ ที่รวมกันจากภาค Branch Amplifier จะถูก Modulation กับ IF. Oscillator (12 Kc.) ที่ Q1 เพื่อให้สัญญาณ IF. Band และเอาสัญญาณ IF.Oscillator อีกส่วนหนึ่งไปรวมกับสัญญาณที่ผ่านวงจร Amplifier แล้ว เพื่อให้มีสัญญาณ If Carrier ออกไปด้วย



3.5. แสดง IF. MODULATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3. LIMITER

เป็นวงจรควบคุมระดับของสัญญาณให้อยู่ในระดับตามที่กำหนด ในกรณีที่ in put มีระดับของสัญญาณแรงขึ้นกว่าปกติ โดยวงจร limiter จะทำการควบคุมให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ เช่น ถ้าเรากำหนดไว้ว่า วงจร limiter นี้สามารถควบคุมการทำงานของสัญญาณทาง in put ลดลง 15 db. ดังนั้น out put ของวงจรมีระดับสัญญาณแรงขึ้นไม่เกิน 3 db. เป็นต้น

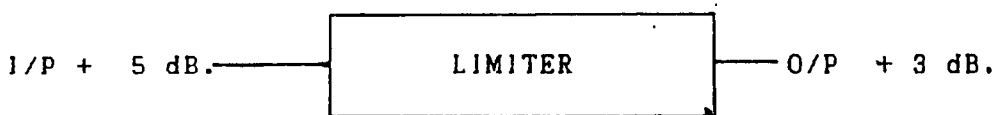
ตัวอย่าง

สมมติว่าปกติ in put มีระดับสัญญาณ - 10 dB. ที่ out put มีระดับสัญญาณ 0 dB. ถ้า in put มีระดับสัญญาณแรงขึ้น 15 dB. ดังนั้นวงจรนี้จะมีระดับของสัญญาณแรงขึ้นไม่เกิน + 3 dB.

วงจร Limiter ที่ใช้งานนี้ออกแบบโดย IC OP AMP.



รูปแสดงสภาวะปกติ



3.6 แสดงกรณีที่ Input มีระดับสัญญาณแรงขึ้น 15 dB.

3.1.4 COMPANDER AND EXPANDER

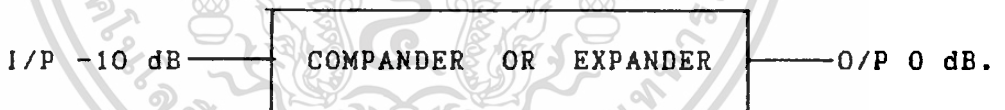
เป็นวงจรลด ขยระดับสัญญาณในกรณีที่ปรากฏว่าระดับของสัญญาณต่ำลงหรือ ลดลงจากปกติซึ่งในที่นี้วงจร Compander and Expander จะลด ขยระดับสัญญาณ ครึ่งหนึ่งของระดับสัญญาณที่ลดลง

COMPANDER เป็นวงจรลด ขยระดับสัญญาณซึ่งใช้งานทางด้านเครื่องส่ง
EXPANDER เป็นวงจรลด ขยระดับสัญญาณซึ่งใช้งานทางด้านเครื่องรับ

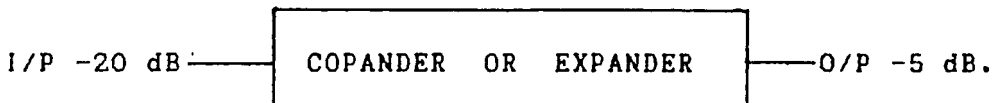
ตัวอย่าง

สมมติว่าปกติระดับสัญญาณที่ input = -10 dB , output = 0 dB

ถ้าระดับของ สัญญาณที่ input ลดลง 10 dB วงจร Compander หรือ Expander ก็ลด ขยระดับสัญญาณให้ครึ่งหนึ่งของสัญญาณที่ลดลง ดังนั้น output จึงมีระดับของ สัญญาณที่ - 5 dB.



รูปแสดงสภาวะปกติ

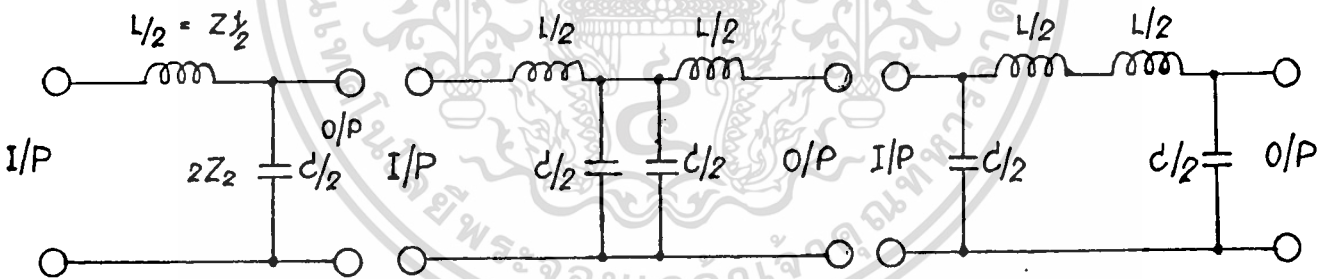


3.7 รูปแสดงกรณีระดับสัญญาณ input ลดลง 10 dB.

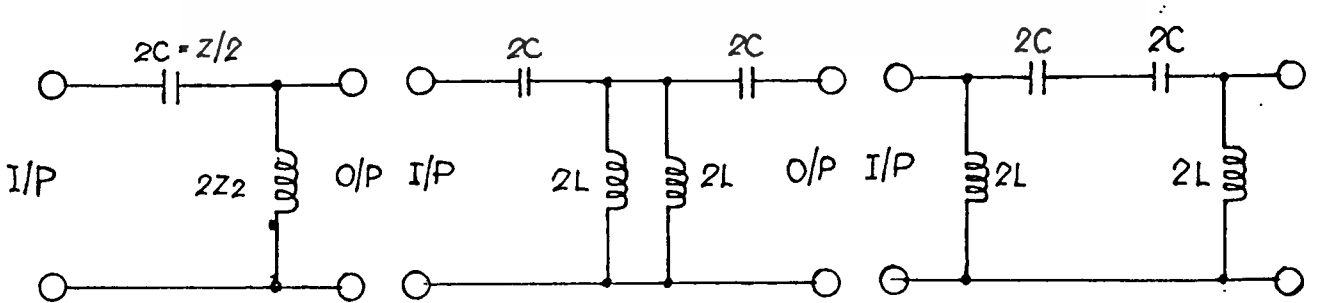
3.2. แนวการออกแบบวงจรเครื่องรับ

3.2.1 LOW - PASS และ HIGH - PASS FILTER

จากการออกแบบทั้งทางทฤษฎีโครงข่ายและทางคณิตศาสตร์ได้มีลเตอร์ดัง
 ในวงจรรูปที่ (ก) วงจรประกอบด้วยความต้านทาน 3 กลุ่ม ซึ่งแทนด้วย z , z ต่อกัน
 เป็นรูปตัว T และถ้ามองจากขั้ว 1, 2 กับ 3, 4 จะเห็นว่าเหมือนกันทั้งสองข้างหรือ
 (SYMMETRY) ถ้าแบ่ง T ออกเป็นครึ่งหนึ่งจะได้วงจรดังรูป (ข) และเมื่อนำวงจรที่แบ่ง
 ออกนี้มาต่อหันหลังชนกันจะได้เป็นวงจรอีกแบบหนึ่งที่มีคุณสมบัติเหมือนกับวงจรแรกเรียกว่า
 เป็นวงจรแบบดั่งในรูปที่ (ง) จากการวิเคราะห์พบว่า z กับ z ต้องเป็น REACTANCE
 ล้วนและต้อง CONJUGATE ซึ่งกันและกันดังจะเขียนเป็นวงจรได้ดังรูปที่ ๘ จะเห็นว่าเป็น
 การอาศัยคุณสมบัติ การเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของ L และ C ตามความถี่เราเรียก
 วงจรประเภทนี้ว่า CONSTANT " K "



(ก) LOW - PASS FILTER ทั้งสามแบบ



(ข) HIGH - PASS FILTER

รูปที่ 3.8 (ก) มีลเตอร์ที่ต่อในลักษณะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองหาผลคูณของ z_1 กับ z_2 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{สมมติใน LOW - PASS FILTER } z_1 &= j\omega L \quad z_2 = 1 / j\omega C \\ z_1 z_2 &= L / C = R_o^2 \\ R_o &= \sqrt{L / C} \end{aligned}$$

R_o ในที่นี้เรียกว่า DESIGN IMPEDANCE หรือ MATCHING IMPEDANCE ซึ่งเป็นความต้านทานค่าที่ต้องให้ขั้วสัญญาณเข้ามีค่านี้เพราะจะทำให้วงจรรับสัญญาณที่มีกำลังสูงสุด (MAXIMUM POWER TRANSFER) *

สมมติว่ากำหนดให้วงจรมี R_o เท่ากับ 2 K แสดงว่าวงจรมีความต้านทานทางเข้าสัญญาณเข้าและออกก็คือ 2 K ดังนั้นถ้าต้องการให้วงจรรับพลังงานจากแหล่งกำเนิดสัญญาณสูงสุดจะต้องทำให้ขาสัญญาณออกของแหล่งกำเนิดนั้นมีค่าความต้านทานเท่ากับ 2 K ด้วยจากการใช้ทฤษฎีโครงข่ายเราสามารถหาอัตราขยายค้ำค่าที่จุด f_c ของวงจร LOW - PASS และ HIGH - PASS FILTER

ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{LOW - PASS FILTER} \quad f_c &= 1 / \sqrt{LC} \\ L &= R_o / \pi f_c \quad C = 1 / \pi R_o f_c \\ \text{HIGH - PASS FILTER} \quad f_c &= 1 / 4\pi \sqrt{LC} \\ L &= R_o / 4\pi f_c \quad C = 1 / 4\pi R_o f_c \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนดให้สร้างวงจร LOW - PASS ฟิลเตอร์ที่มี R_o เท่ากับ 2 K f_c

เท่ากับ 4.4 KHz แทนค่าลงในสมการสำหรับ LOW - PASS ฟิลเตอร์ได้ดังนี้

$$L = 2 \times 10^3 / \pi \times 4.4 \times 10^3$$

$$= 144 \text{ mH}$$

$$L/2 = 72 \text{ mH}$$

$$C = 1 / (\pi \times 2 \times 10^3 \times 4.4 \times 10^3)$$

$$= 3600 \text{ pF}$$

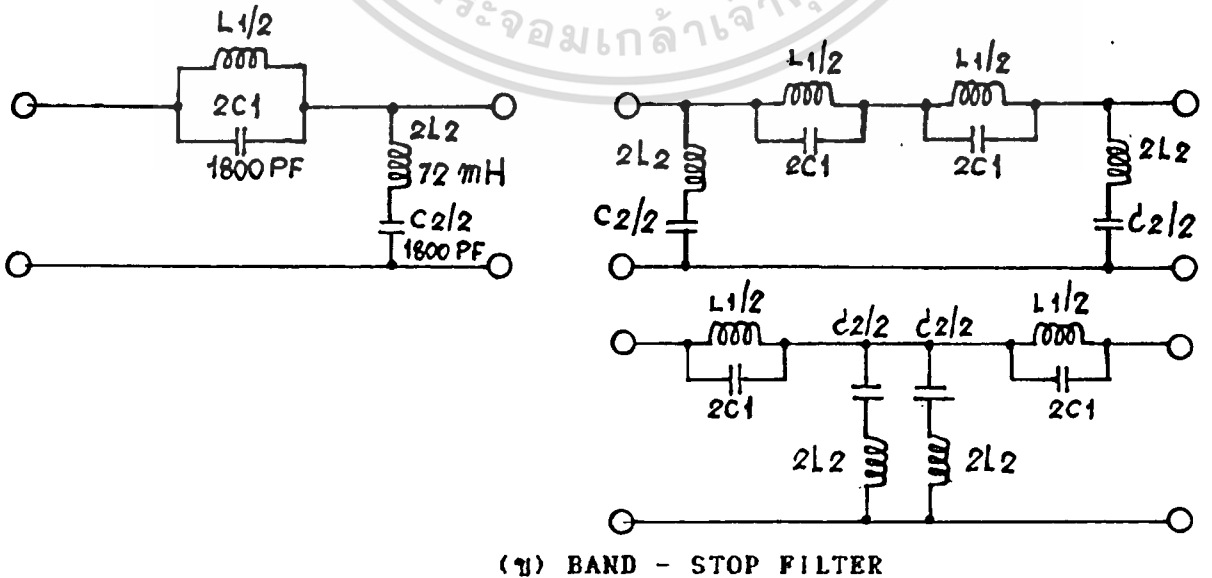
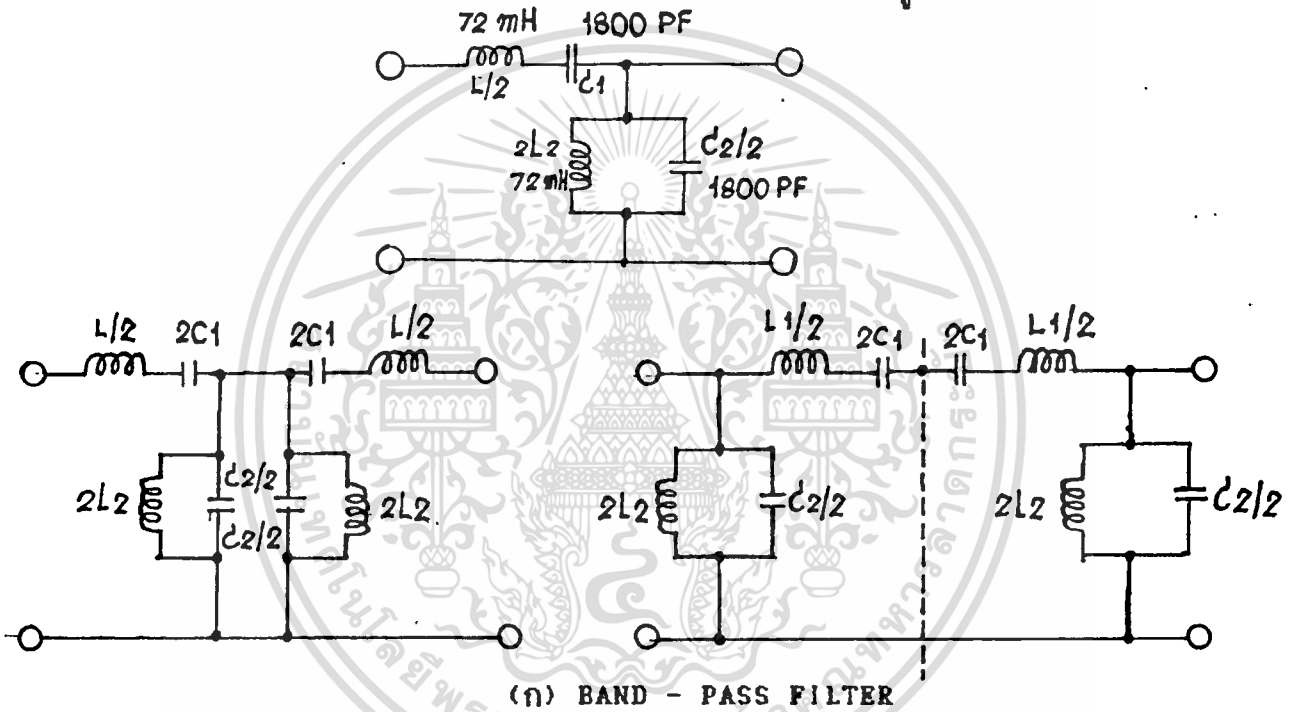
$$C/2 = 1800 \text{ pF}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BAND - PASS และ BAND - STOP FILTER

จากการสังเคราะห์และวิเคราะห์ตามทฤษฎี โครงข่ายสามารถสร้างวงจรทั้งสามลักษณะของ BAND - PASS และ BAND - STOP FILTER ได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าอุปกรณ์จะใช้วิธีการเดียวกับกับ LOW - PASS และ HIGH - PASS FILTER แต่ สำหรับกรณีนี้พบว่ามีจุด FREQUENCY CUT - OFF ตามลักษณะ FREQUENCY RESPONCE สองจุด คือ f_{c1} และ f_{c2} สำหรับค่า DESIGNE IMPEDANCE แทนด้วยสัญลักษณ์ F_o ซึ่งก็คือ R_o นั่นเอง การวิเคราะห์ได้ค่าดังต่อไปนี้

$$R_o \text{ หรือ } F_o = \sqrt{L_1 / C_2} = \sqrt{L_2 / C_1}$$

BAND - PASS FILTER ได้

$$L_1 = R_o / \pi (f_{c2} - f_{c1})$$

$$C_1 = (f_{c2} - f_{c1})^4 \pi R_o f_{c1} f_{c2}$$

$$L_2 = R_o (f_{c2} - f_{c1}) / 4 \pi f_{c1} f_{c2}$$

$$C_2 = 1 / \pi R_o (f_{c2} - f_{c1})$$

BAND - STOP FILTER ได้

$$L_1 = R_o (f_{c2} - f_{c1}) / \pi f_{c1} f_{c2}$$

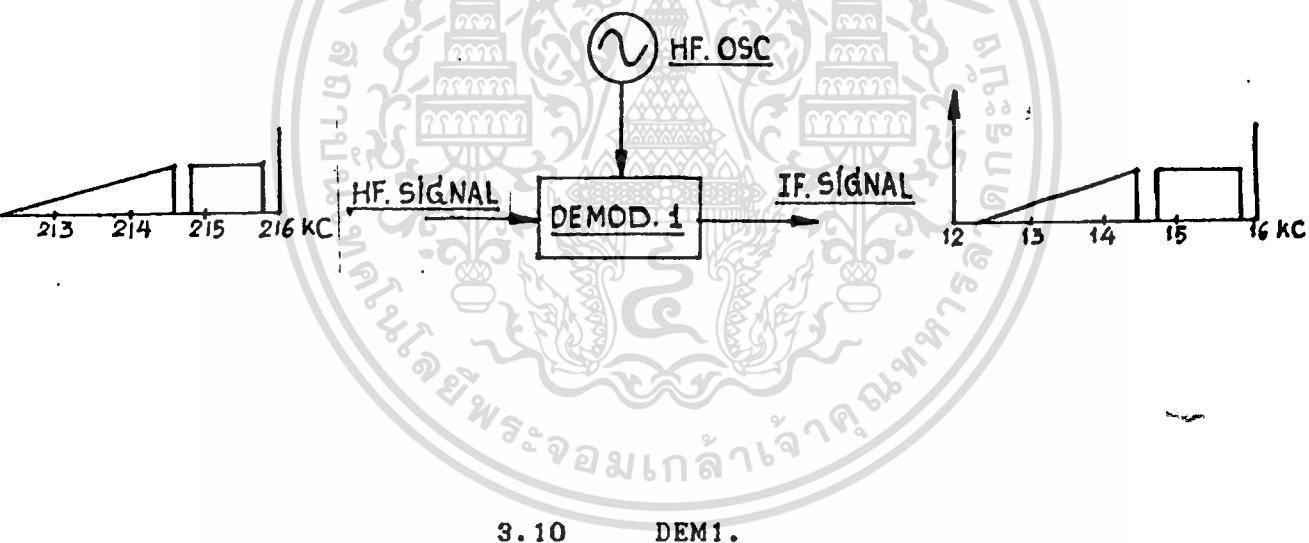
$$C_1 = 1 / 4 \pi R_o (f_{c2} - f_{c1})$$

$$L_2 = R_o / 4 \pi (f_{c2} - f_{c1})$$

$$C_2 = (f_{c2} - f_{c1}) / \pi R_o f_{c1} f_{c2}$$

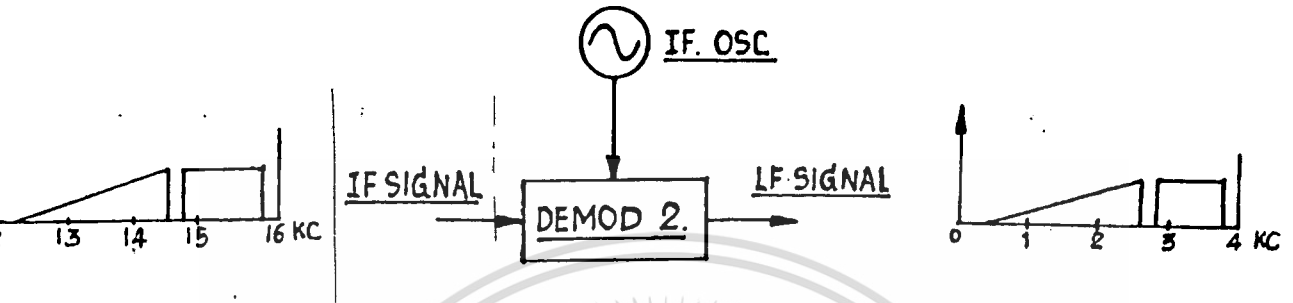
3.2.2 Demodulation (DEM1)

เป็นวงจรภาค demodulation เมื่อเครื่องรับสัญญาณ Power line carrier ผ่าน filter เข้ามาถึงภาค DEM1 สัญญาณ จะถูก Demodulation สัญญาณ ความถี่ HF.band ด้วยสัญญาณ HF.carrier ซึ่งเกิดจาก Oscillator 4 เป็นสัญญาณ If.band



Demodulation (DEM2)

เป็นวงจรภาค demodulation สัญญาณ If band ให้เป็นสัญญาณในย่าน frequency band ด้วยการ demodulation กับสัญญาณ If carrier 12 Kc. ซึ่งได้จาก If ที่ย่าน Filter 12 Kc.



3.11 DEM 2

3.2.3 Automatic gain control (AGC)

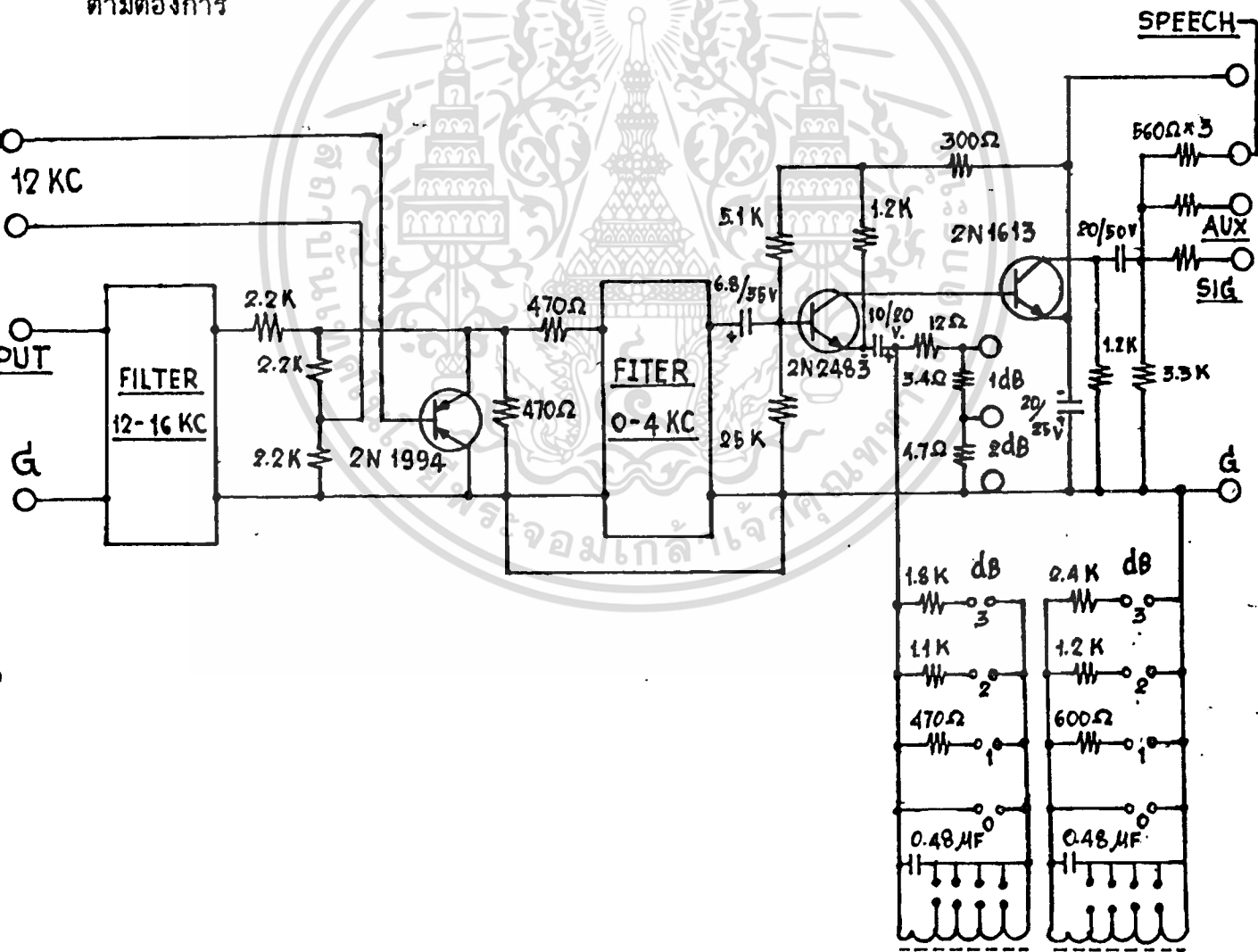
AGC เป็นชุดควบคุมและชดเชยระดับสัญญาณด้านภาครับที่มีปัญหาว่าระดับสัญญาณลดลง ซึ่ง AGC จะทำงานโดย detector สัญญาณ If carrier จากภาคส่งที่รับได้มาเป็นตัวควบคุมสัญญาณภาครับ

เมื่อภาครับรับสัญญาณได้ลดลง AGC ก็จะชดเชยระดับสัญญาณที่เสียไปให้เหมือนเดิมยกเว้นสัญญาณที่รับมาได้ต่ำมากกว่าจุดที่ AGC สามารถทำงานได้ เช่นในกรณีภาคส่งเสีย ภาครับก็จะรับสัญญาณไม่ได้

AGC จะไม่สามารถชดเชยสัญญาณหากเพราะว่ารับ สัญญาณ IF carrier ไม่ได้หรือเครื่อง Power line carrier ก็จะมี Alarm โดย LED สว่าง ซึ่งหมายถึงเครื่องรับรับสัญญาณไม่ได้

IF. DEMODULATION

เป็นวงจร IF. Demodulation ทำงานโดยอาศัยสัญญาณ Pilot Signal ที่ได้จากวงจร Filter มาใช้เป็นตัว Demodulation กับสัญญาณ IF Band ซึ่งสัญญาณ pilot จะเป็นตัว Demodulation เอาสัญญาณ IF Carrier ออก ทำให้ได้สัญญาณในย่าน Low Frequency ผ่านวงจร Breuch Amplifier ก็จะได้สัญญาณต่าง ๆ ออกมาตามต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ 3.12 แสดง IF. DEMODULATION ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรสมมุติที่ได้จากการคำนวณ

ชุดที่ 1

ชุดที่ 2

เครื่องส่ง 212 - 216 Kc.

240 - 244 Kc.

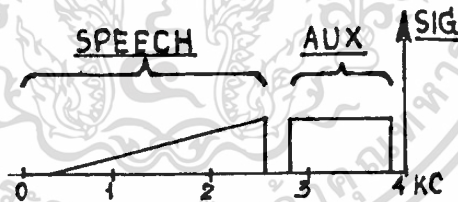
เครื่องรับ 240 - 244 Kc.

212 - 216 Kc.

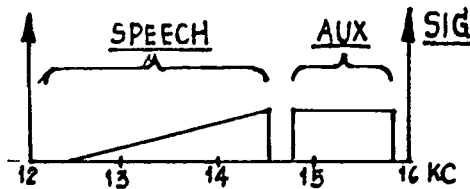
BAND OF FREQUENCY

LOW FREQUENCY

speech 0 - 2200 Hz.
 Auxillary 2200 - 3600 Hz.
 Signalling 3825 Hz.



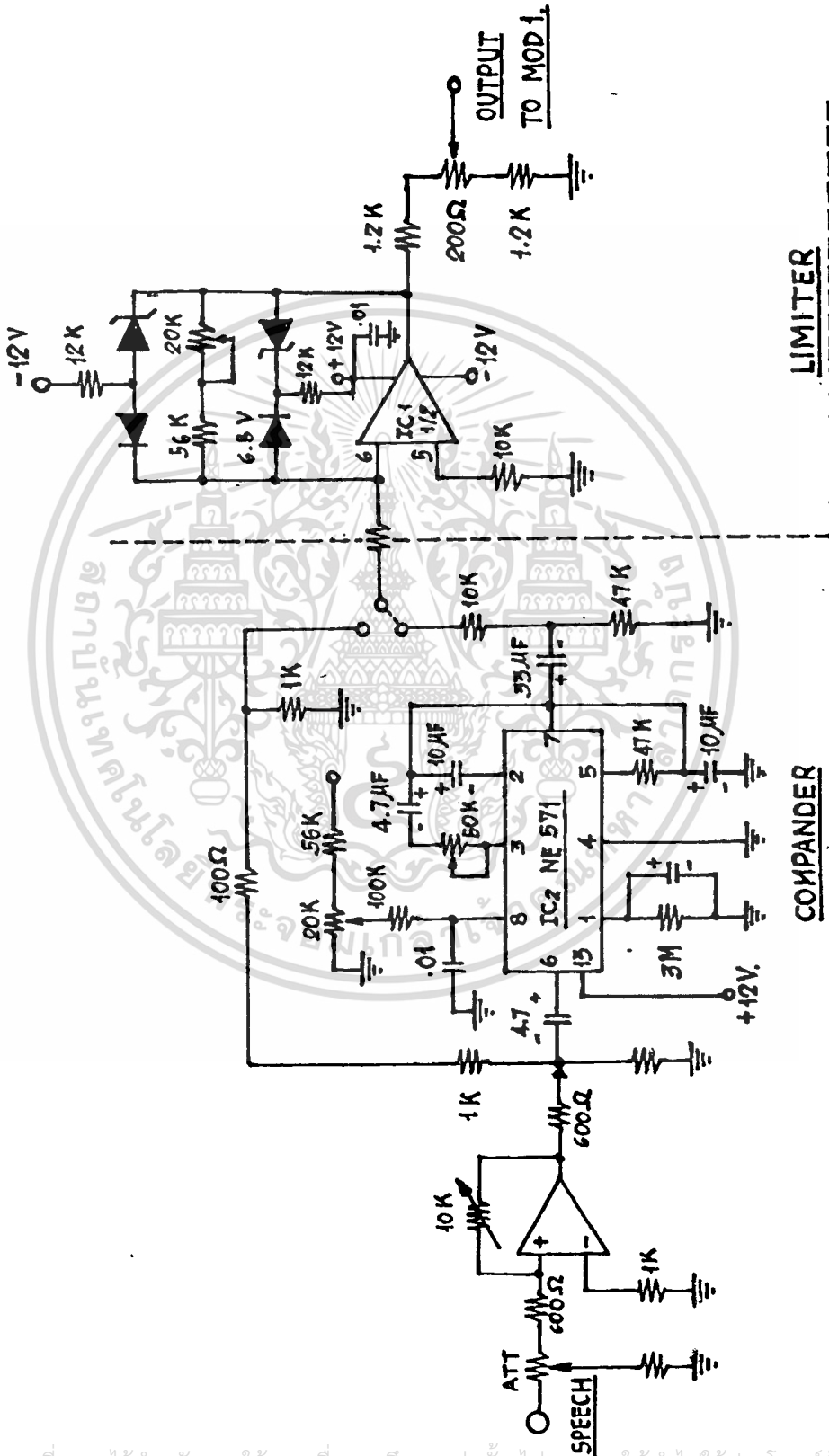
IF BAND



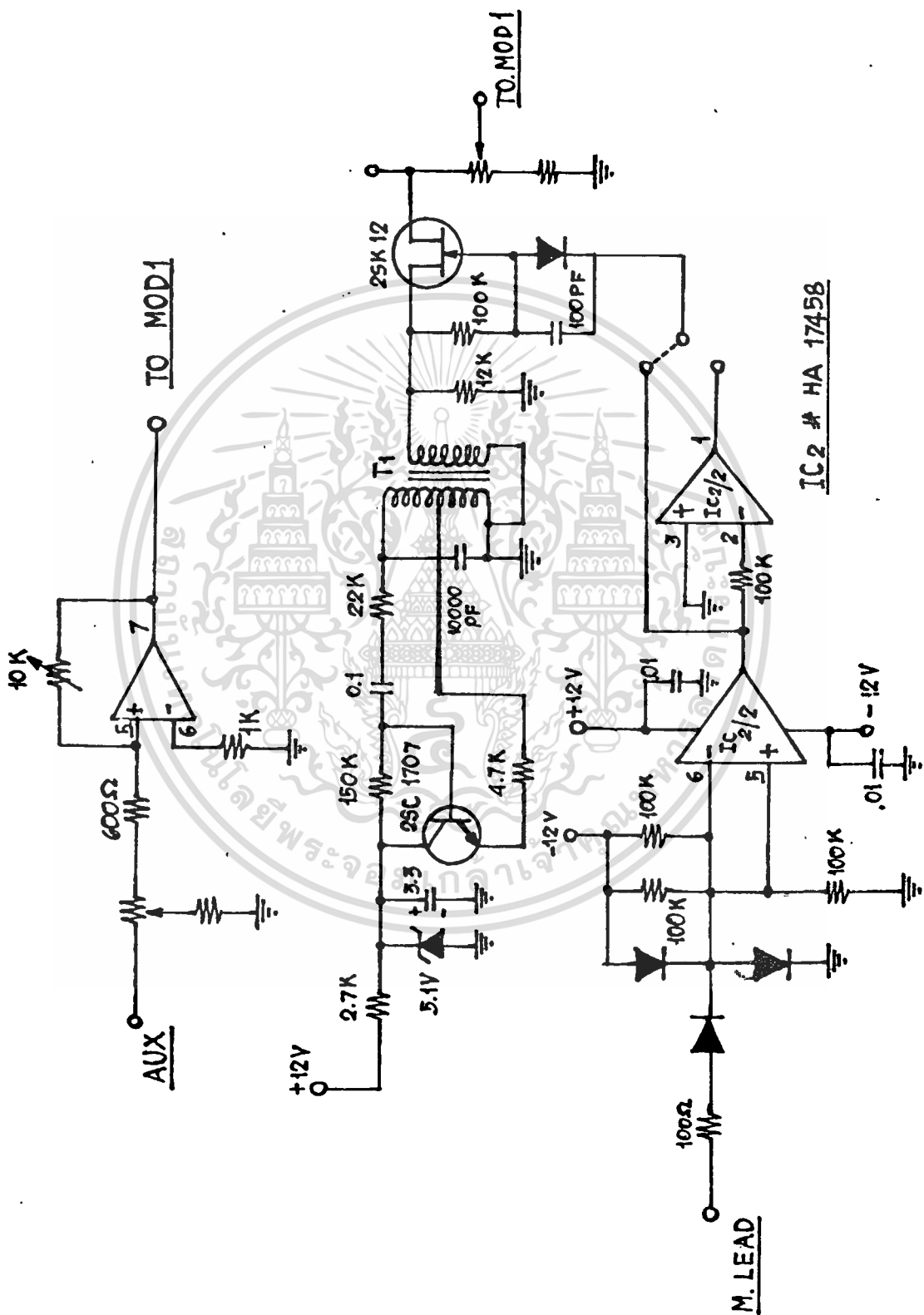
HF. BAND



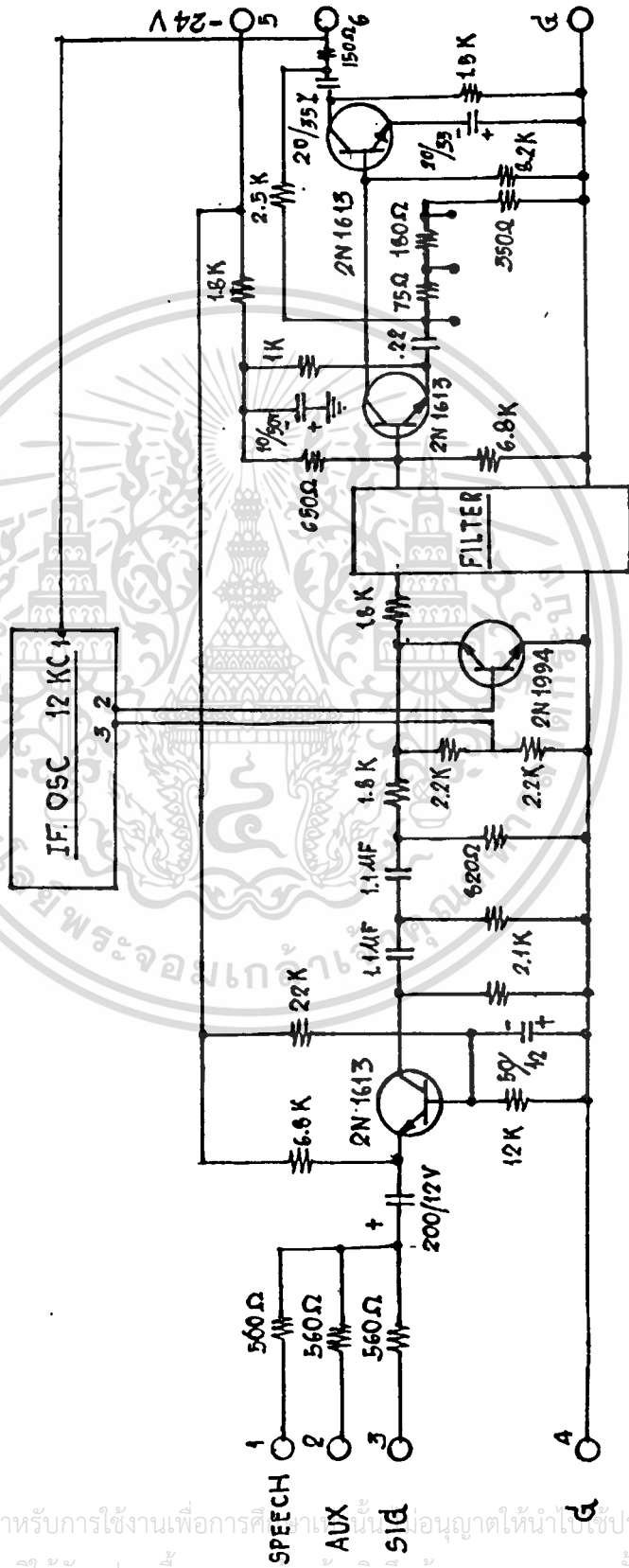
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกาไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

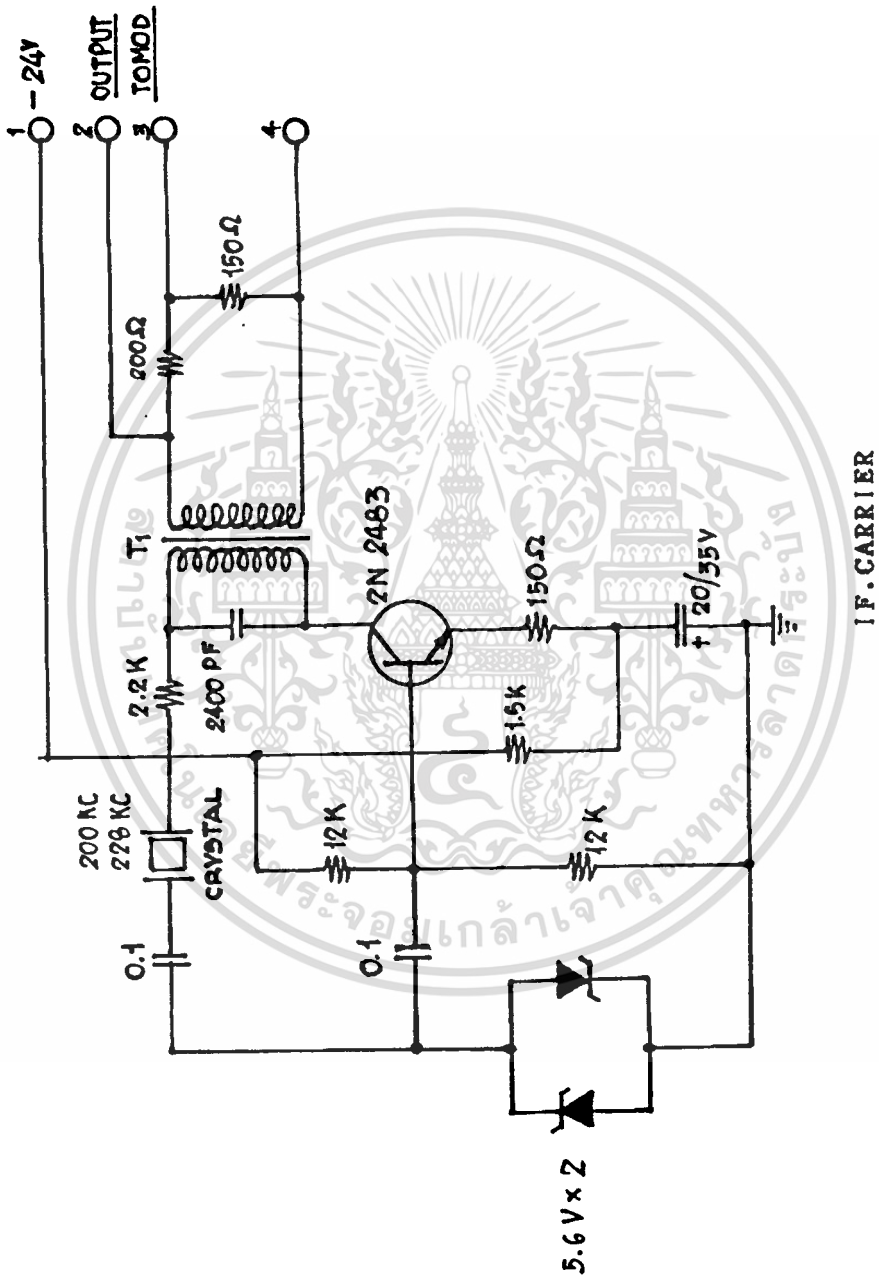


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



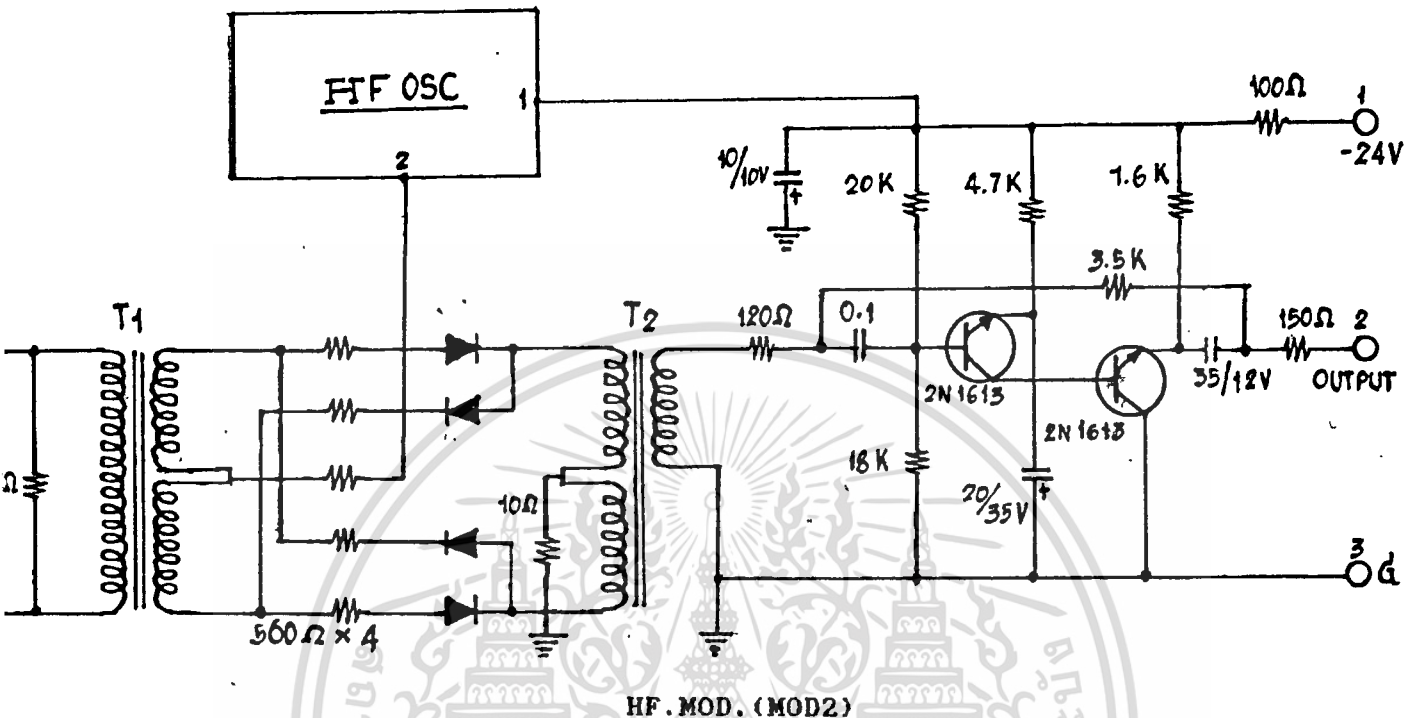
IF . MOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เป็นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

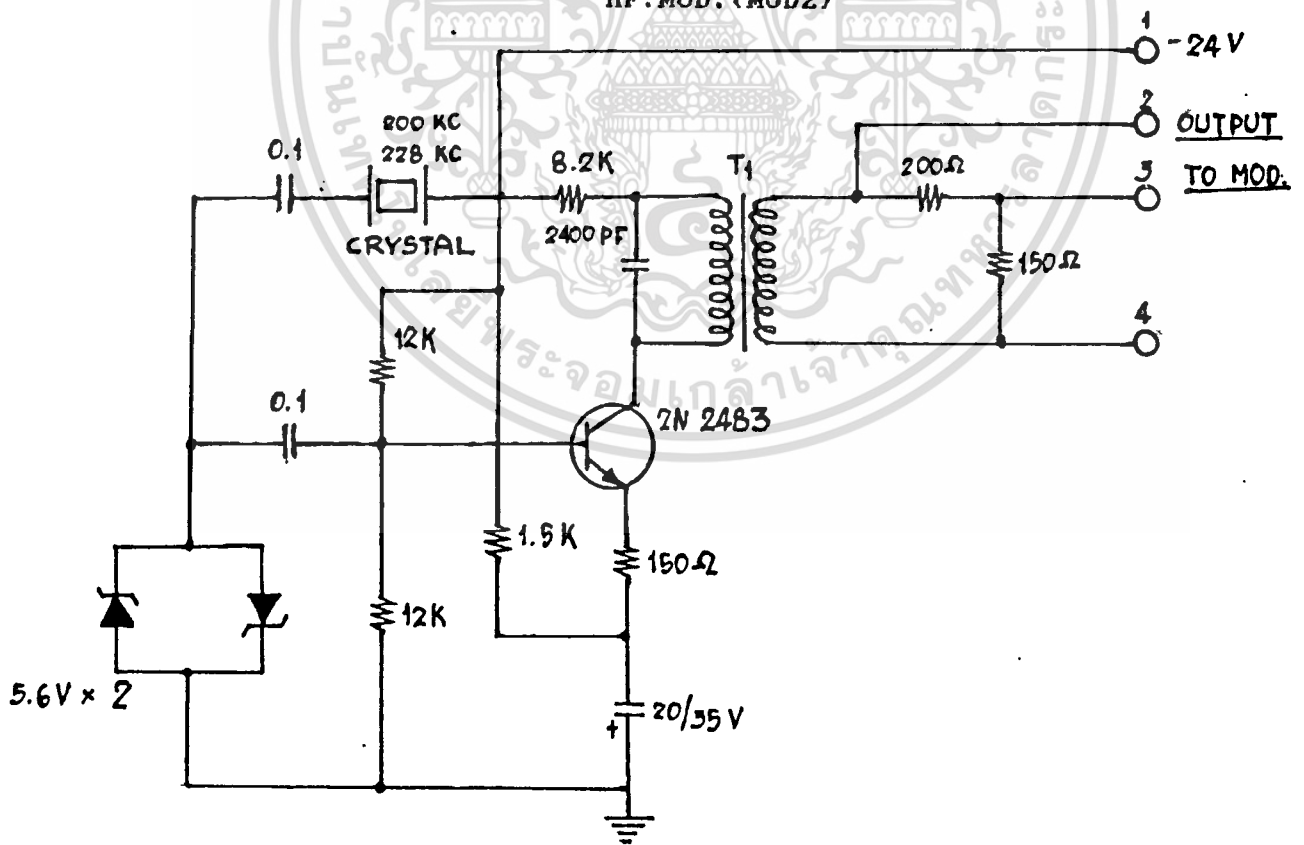


IF CARRIER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



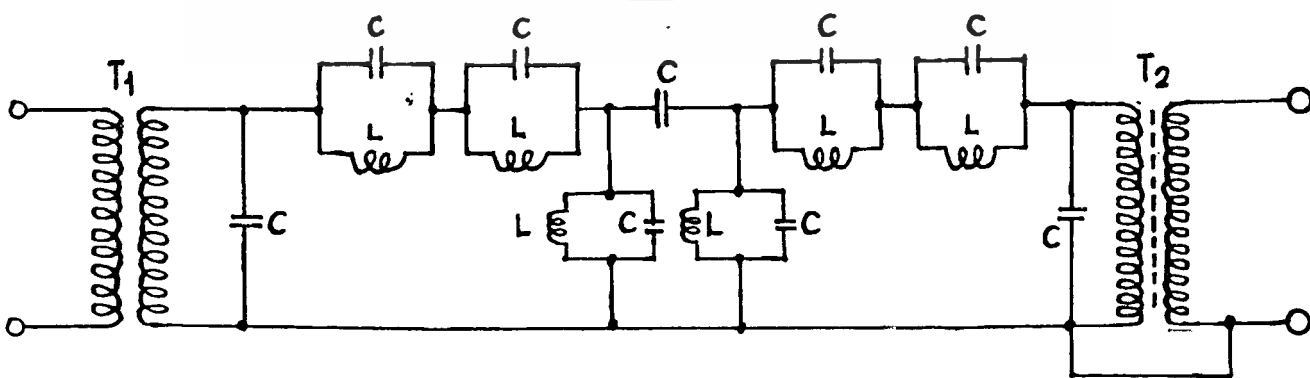
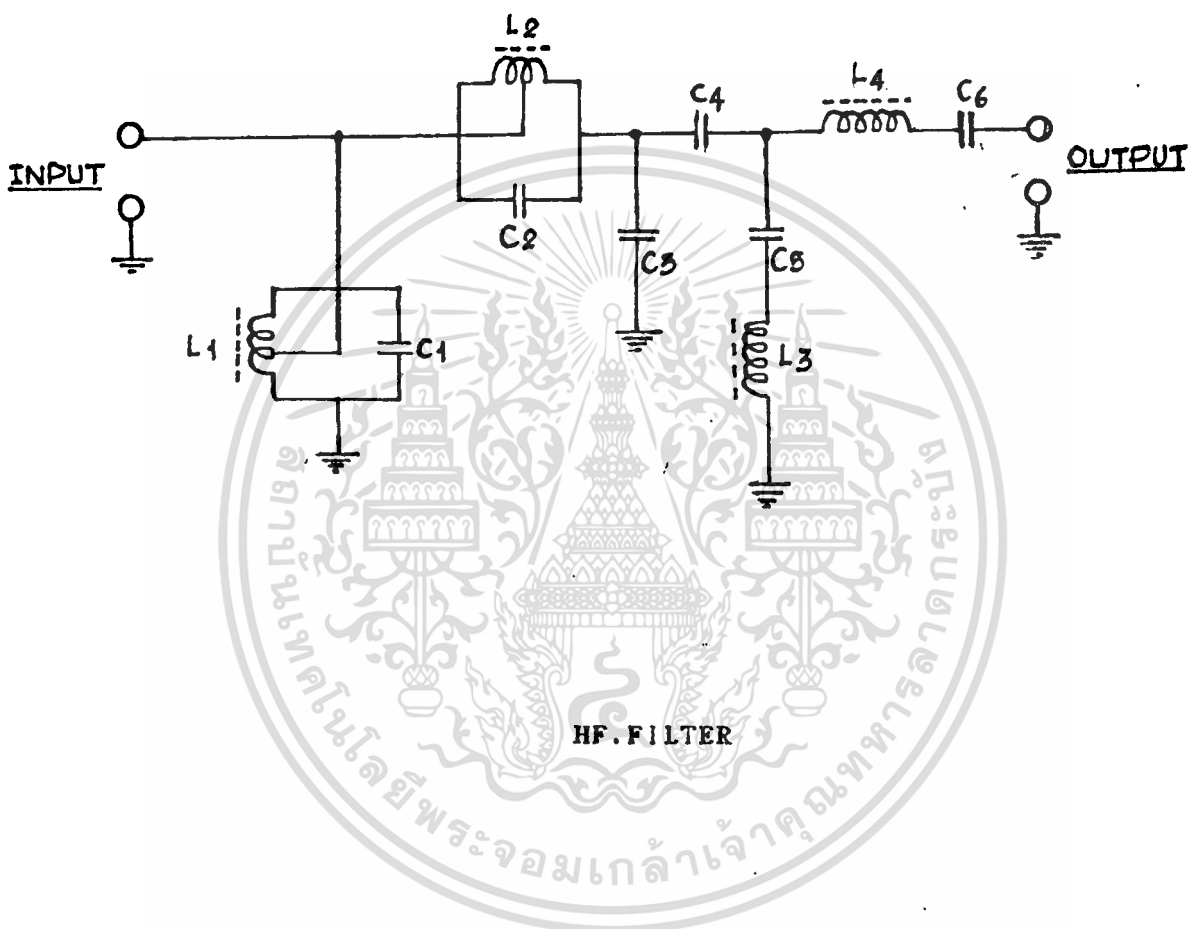
HF. MOD. (MOD2)



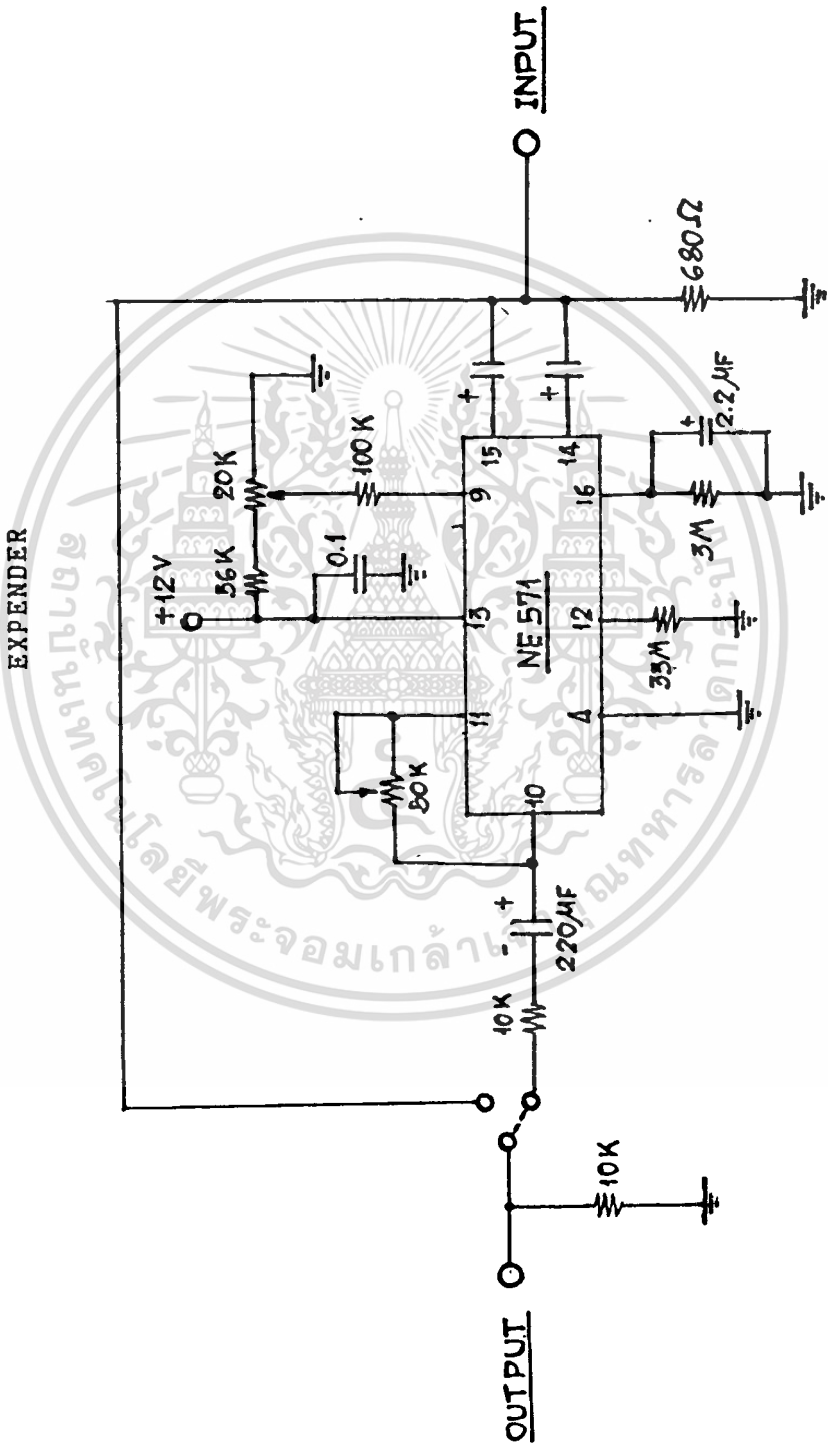
HF. OSC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

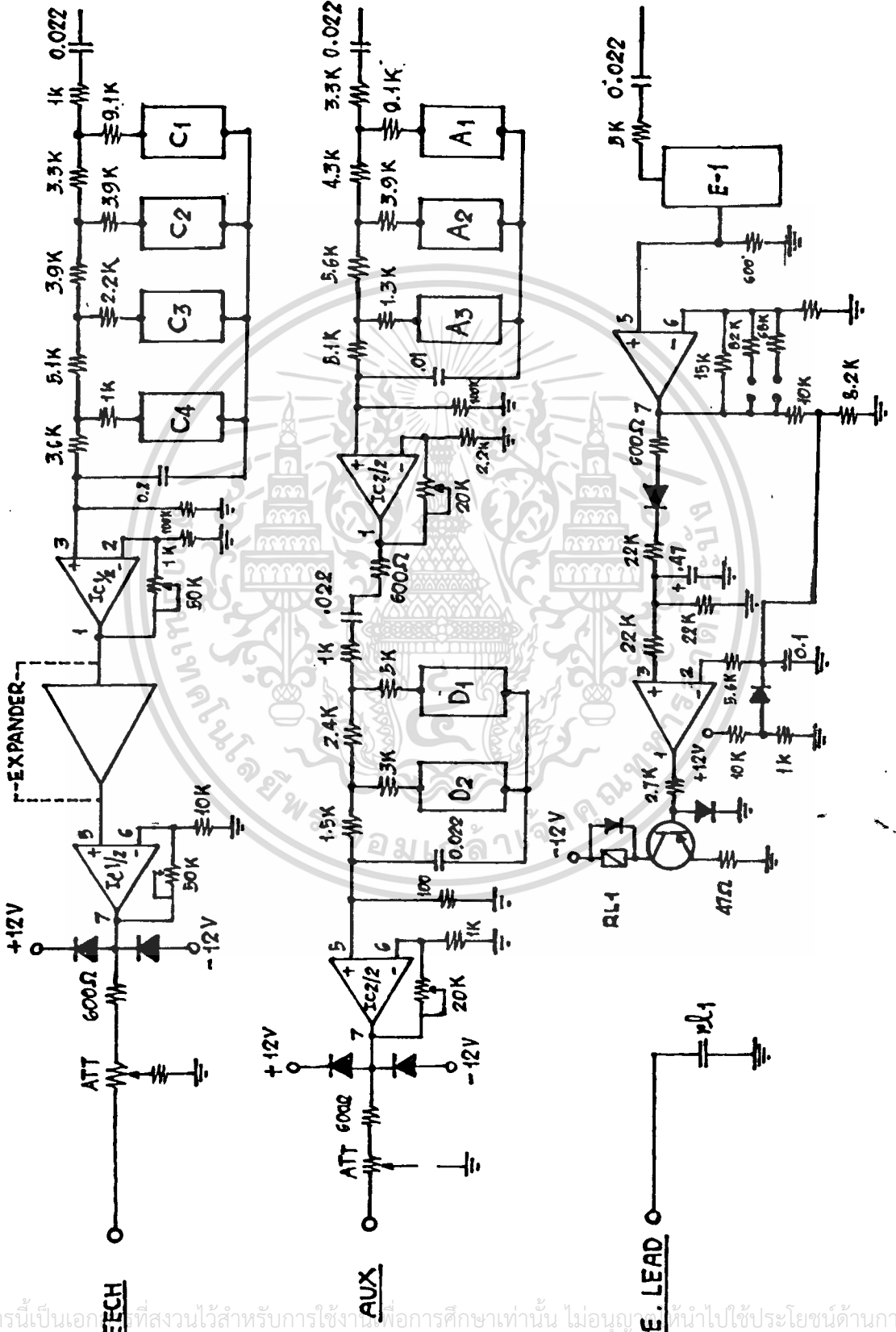
IF. CARRIER FILTER



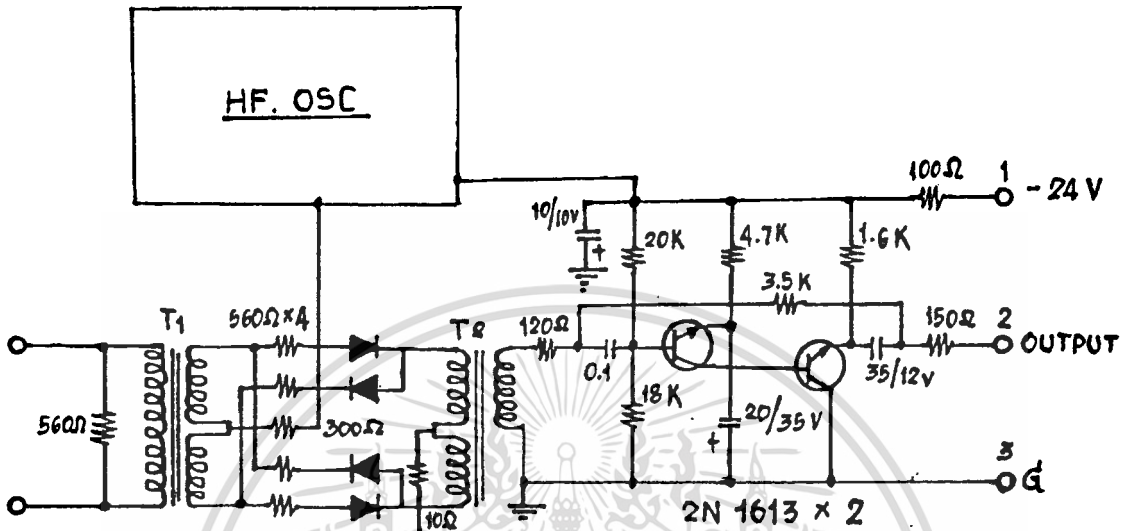
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



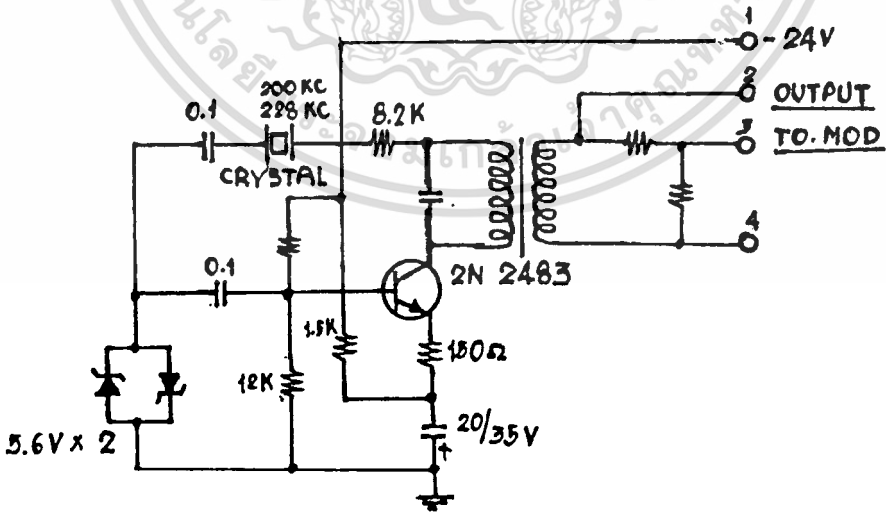
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

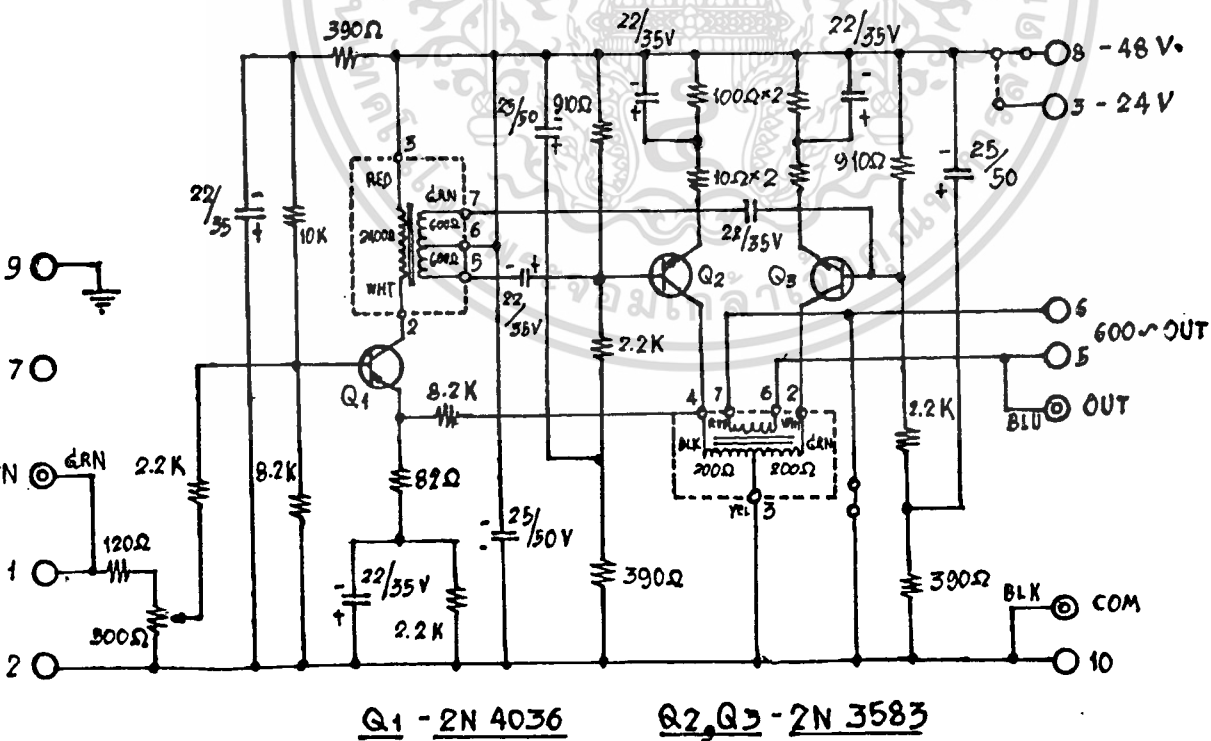
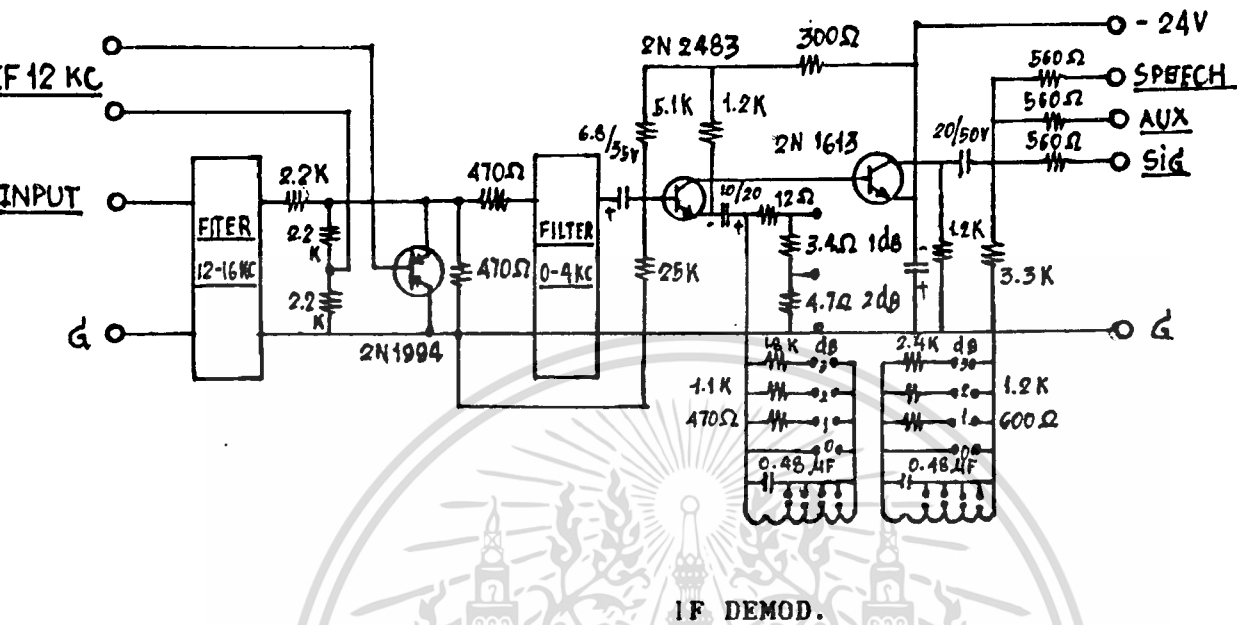


HF. DEMOD

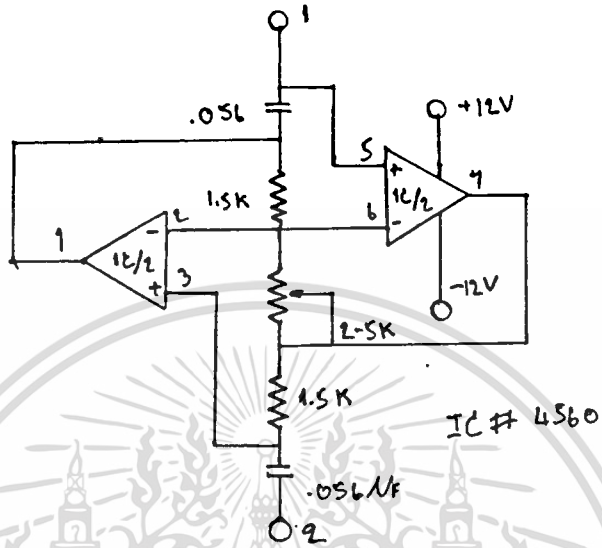


HF. OSC.

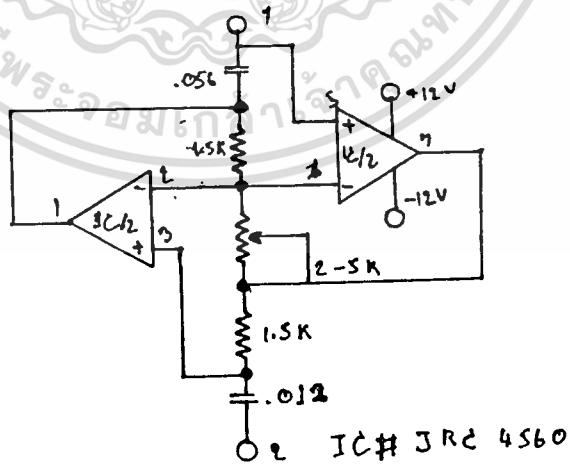
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

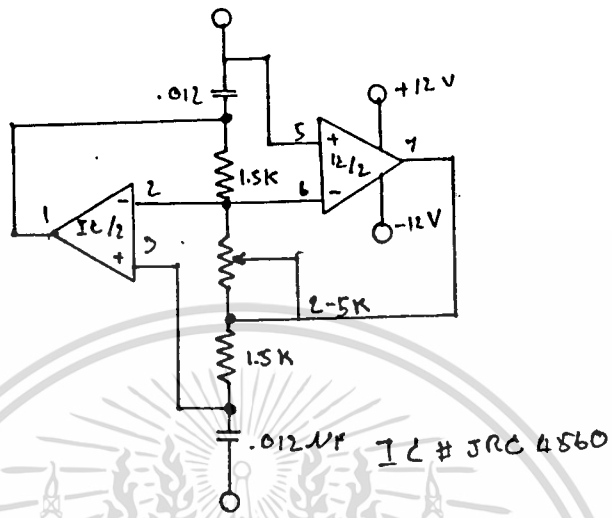


SPEECH FILTER C1 - C4

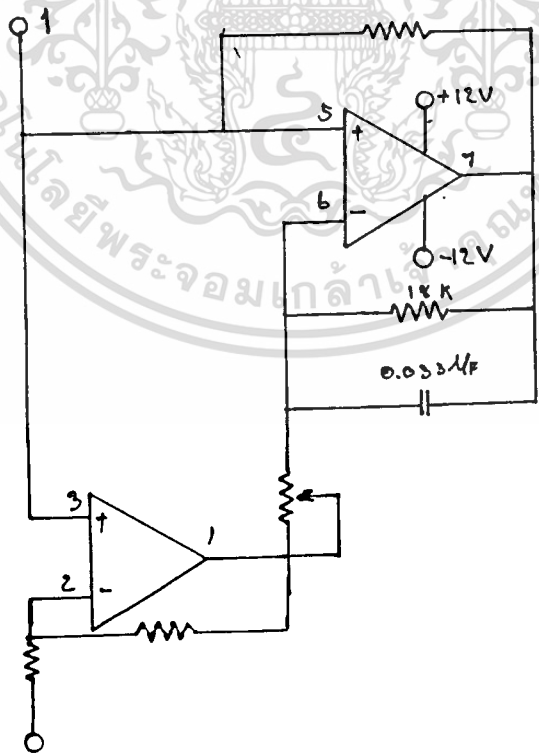


AUX. FILTER A1 - A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



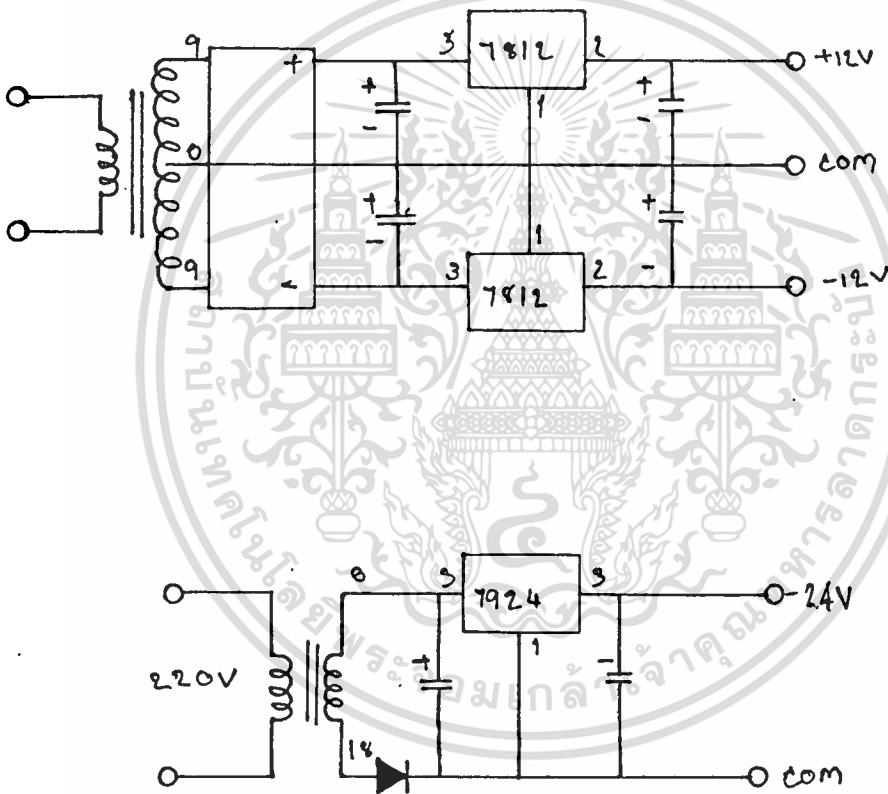
AUX. FILTER D1 - D2



SIG. FILTER E - 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWER SUPPLY.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

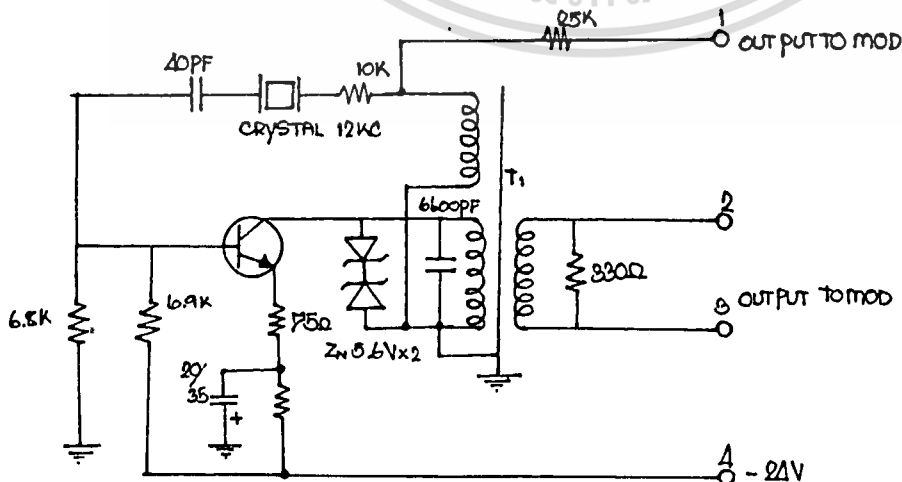
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

4.1.1 HF. Carrier Oscillator (188 Kc.)

เป็นวงจร Oscillator ความถี่ HF. Carrier เพื่อใช้งานในเครื่องส่ง สำหรับเป็นตัว Demodulation เพื่อให้ได้สัญญาณอยู่ในย่าน HF. Band และเครื่องรับ HF. Carrier ใช้เป็นตัว Demodulation เพื่อให้ได้สัญญาณอยู่ในย่าน IF Band

วงจร Oscillator นี้เป็นแบบ Crystal Oscillator ซึ่ง Crystal นี้เป็นแบบผลึก Crystal ต้องประกอบด้วย R1, C1 จากรูป Q1 เป็นตัว Oscillator และ Amplifier เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณตามต้องการ X - Ta1 ความถี่ 188 Kc. ความถี่ที่เกิดขึ้นก็จะได้ตามค่าของ Crystal และสามารถปรับแต่งความถี่ได้ โดยปรับ C1 แล้วส่งสัญญาณออกไปยังภาค Modulation โดยใช้ Transformer Coupling

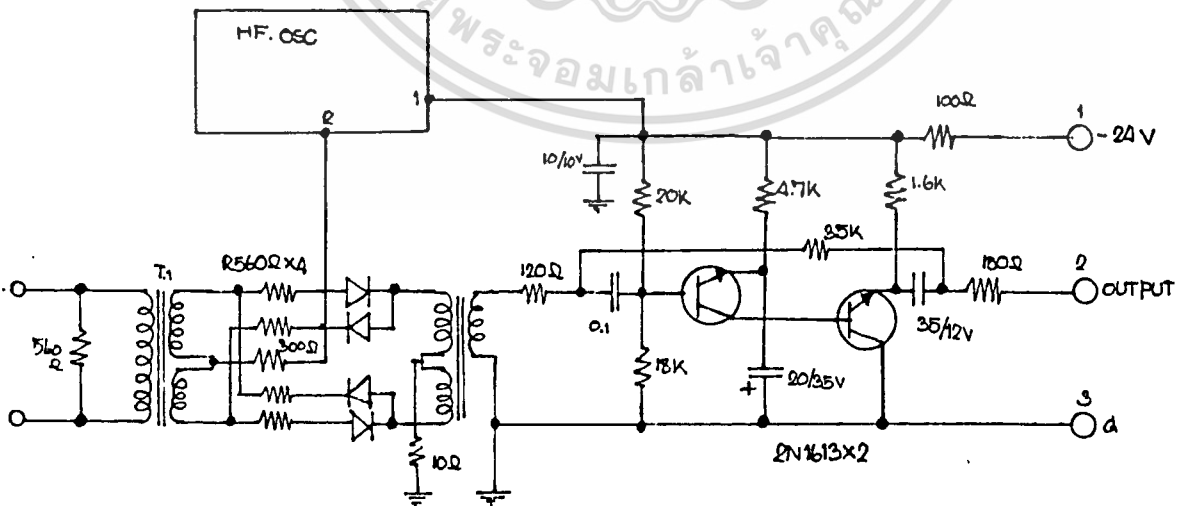


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ูป แสดง HF. OSCILLATOR อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ภาคมอดูเลชัน

HF. MODULATION

วงจร HF.Modulation อาศัยหลักการทำงานการ Modulation โดยใช้ Transformer เป็นตัว Coupling Signal IF. เข้ามา Modulation กับสัญญาณ HF. Oscillator (188 Kc.) โดยรวมสัญญาณ HF. Oscillator จะเป็นตัวเกิดการ sw. ให้สัญญาณ IF.Reduce เข้าจาก Primary มายังขด Secondary ด้วยความถี่ HF: OSC. (188 Kc.) และ D1, D2,D3, D4 เป็น Gate ให้สัญญาณ IF Modulation ไปกับสัญญาณ HF. Oscillator ทั้ง Pulse ขวัก และ Prlse ลบ แล้วส่งผ่านไปยัง T2 เพื่อให้ Coupling ไปยังภาคอื่น ๆ ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนตัว ไม่ควรเผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังส่งหลังจากการมอดูเลต (Power after Modulation) ในตอนที่ยังไม่ได้มอดูเลตนั้นกำลังของเครื่องส่งจะเป็นกำลังของสัญญาณคลื่นพาห์เพียงอย่างเดียว

$$\text{กำลังของสัญญาณคลื่นพาห์} = P_c = E_c^2 / R_L \quad \text{วัตต์}$$

หลังจากมอดูเลตแล้วกำลังของเครื่องส่งจะสูงขึ้นเพราะมีทั้งกำลังของสัญญาณคลื่นพาห์ และของสัญญาณแถบความถี่ทั้งสองด้านดังสมการ

$$P_T = P_c + P_{Lsb} + P_{Urb}$$

เมื่อ	P_T	=	กำลังของเครื่องส่ง
	P_c	=	กำลังของสัญญาณคลื่นพาห์
	P_{Lsb}	=	กำลังของสัญญาณแถบความถี่แถบล่าง
	P_{Urb}	=	กำลังของสัญญาณแถบความถี่แถบบน

$$\text{และ } P_{Lsb} = 1/4 (mE_c)^2 / R_L$$

$$P_{Urb} = 1/4 (mE_c)^2 / R_L$$

E_c : ศักดาไฟฟ้าของสัญญาณคลื่นพาห์

R_L : ค่าความต้านทานของโหลด

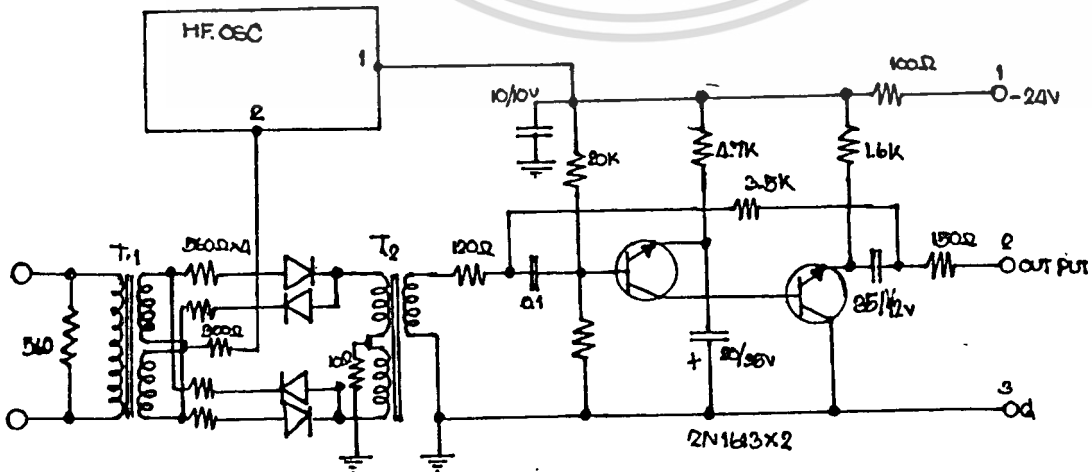
$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า } P_t &= P_c + 1/4(mE_c)^2 / R_c + 1/4(mE_c)^2 / R_c \\ &= P_c + 1/2 (mE_c)^2 / R_c \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าค่าดัชนีของการ Modulate เป็นตัวควบคุมกำลังที่ส่งออกอากาศ หลังจากมอดูเลทแล้ว กำลังจะสูงขึ้นและขึ้นได้สูงสุดอีกครั้งหนึ่งเมื่อ 100 % Modulation เช่นปกติที่ยังไม่ได้ Modulated เท่ากับ 1 Kw. หลังจาก 100 % Modulated

HF. DEMODULATION

วงจร HF. Demodulation มีลักษณะการทำงานคล้าย ๆ กันวงจร HF. Demodulation กล่าวคือ สัญญาณ HF. signal ที่เครื่องรับรับได้จะส่งเข้ามายังวงจร HF. Demodulation โดยใช้ Transformer T1 ซึ่งสัญญาณจะ Reduce จาก Primary ไปยัง secondary โดยอาศัยสัญญาณ HF. Osc. เป็นตัว switch และ D1, D2, D3, D4 เป็น Gate คอยเปิด - ปิด ให้สัญญาณ ที่ได้จากการ Demodulation มี Pulse ทั้ง บวก และ ลบ หรืออาจกล่าวได้ว่าวงจร Demodulation นี้ใช้หลักการของ Transformer Demodulation สัญญาณที่ได้จากการ demodulation นี้จะได้เป็นสัญญาณ IF. Band ส่งผ่าน Transformer Coupling T2 ส่งสัญญาณ IF. Band ไปยังภาค Amplifier และ IF. Demodulation



รูป แสดง HF. DEMODULATION

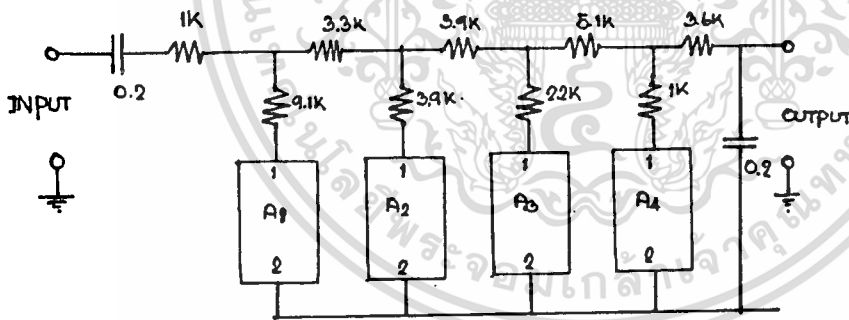
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

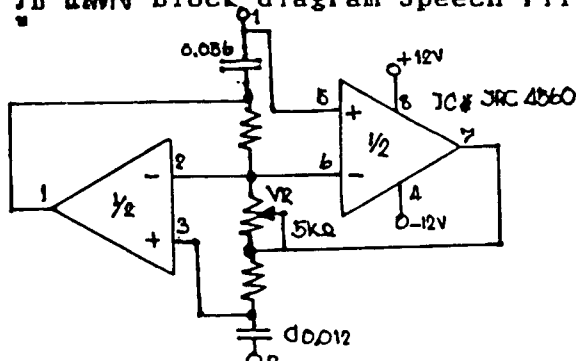
4.2.1 Speech Filter

เป็น Filter ที่ใช้กรองสัญญาณความถี่เสียง 20 - 20,000 Hz. ซึ่งเป็นย่านที่ใช้งานในย่านความถี่เสียงโดยทั่วไป และกันสัญญาณความถี่อื่น ๆ ที่สูงกว่านี้ไม่ให้ผ่านเข้าไปรบกวนสัญญาณความถี่เสียง

speech Filter เป็น low pass filter ออกแบบโดยใช้ Active filter การออกแบบวงจรและปรับแต่ง characteristic ทำได้โดยการปรับ R Adj.



รูป แสดง Block diagram Speech filter

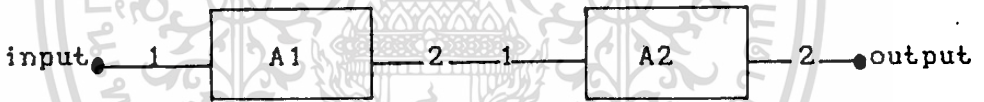


รูป A1 - A4 แสดง Speech Filter

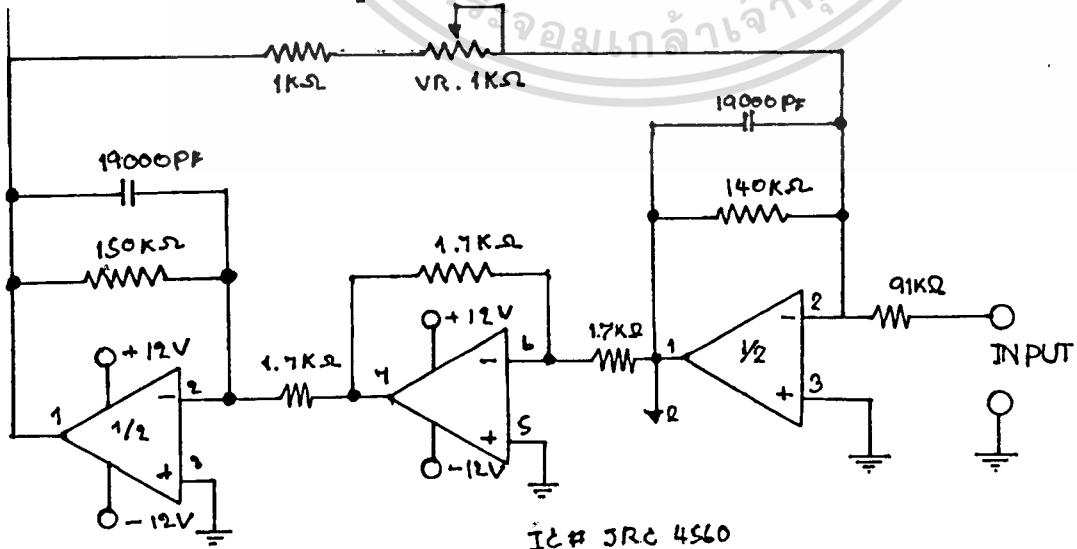
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 Signalling Filter

signalling Filter เป็นวงจร Filter ที่ใช้กรองเอาสัญญาณความถี่ของ signalling ซึ่งมีความถี่ประมาณ 3.8 Kc. เพื่อเอาสัญญาณที่ได้ไป drive relay เพื่อเอา Contact ของ Relay ไปใช้งานที่เกี่ยวกับขุมสาย ในกรณีที่มีเครื่องต่อไอ้อยู่กับขุมสาย ทรานส์ที่ signalling filter เป็นวงจร Active filter ชนิด High pass filter เนื่องจาก frequency ประมาณ 3.8 Kc. ซึ่งย่านที่ใช้งานนั้นมีความถี่เท่ากับ 0-4 Kc.



รูป แสดง Block diagram signalling filter



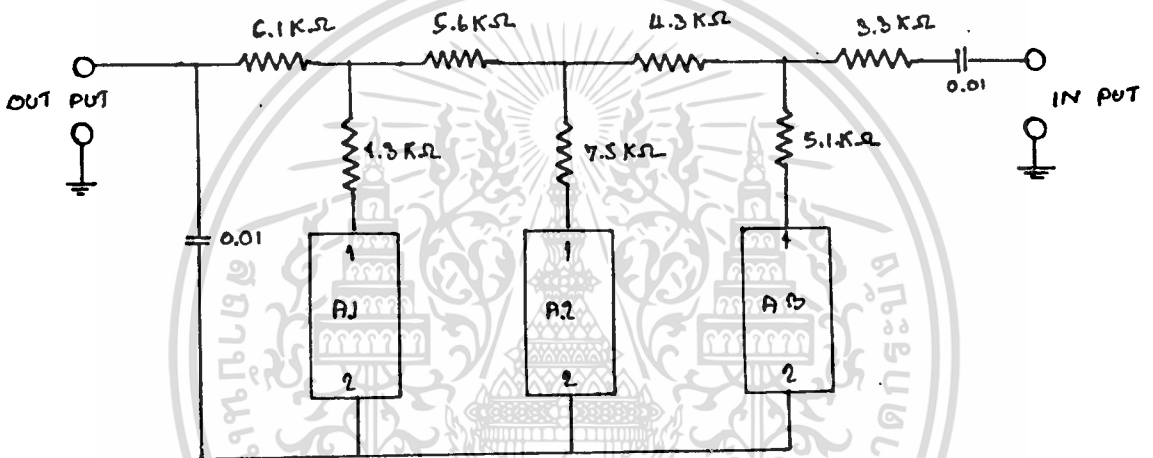
IC# JRC 4560

รูป แสดง (ก) A1- A2 ของ Signalling (ข) และการออกแบบจุดการทำงานโดยปรับ R Adj.

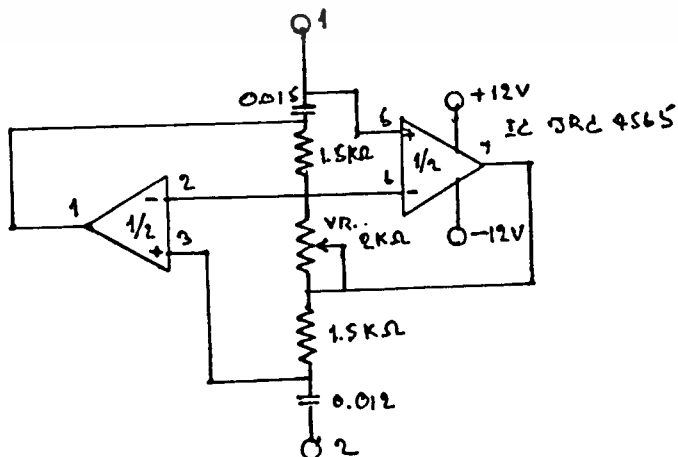
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 Auxilliary Filter

เป็นวงจรกรองความถี่ Auxilliary Filter ซึ่งใช้งานทางภาครับเพื่อ Filter สัญญาณความถี่เฉพาะสัญญาณความถี่ของ Auxilliary เท่านั้น



รูป แสดง Block Diagram



รูป แสดง A1 - A3 Circuit ของ Auxilliary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาใบเซปประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 IF. Carrier Filter

IF. Carrier Filter เป็น filter ที่ใช้กรองสัญญาณความถี่ IF. Carrier ซึ่งส่งมาจากเครื่องส่ง โดยเครื่องรับจะกรองสัญญาณนี้ออกมาเพื่อนำไปใช้เป็นตัว Demodulation สัญญาณในย่าน IF. ให้เป็นสัญญาณในย่าน lower frequency

IF. carrier filter จะมีค่าความถี่ 12 Kc ดังนั้น filter จะกรองให้เฉพาะสัญญาณ 12 Kc เท่านั้นผ่านไปได้ ด้วยเหตุนี้วงจร IF. filter จึงควรที่จะมี Band width (B.W.) แคบเพื่อประสิทธิภาพของเครื่องรับ

นอกจากเราจะ filter สัญญาณความถี่ IF. Carrier เพื่อนำไปใช้ในการ Demodulation แล้วเรายังนำไปเป็น AGC. และ Alarm ในกรณีที่เครื่องรับรับสัญญาณไม่ได้อีกด้วย

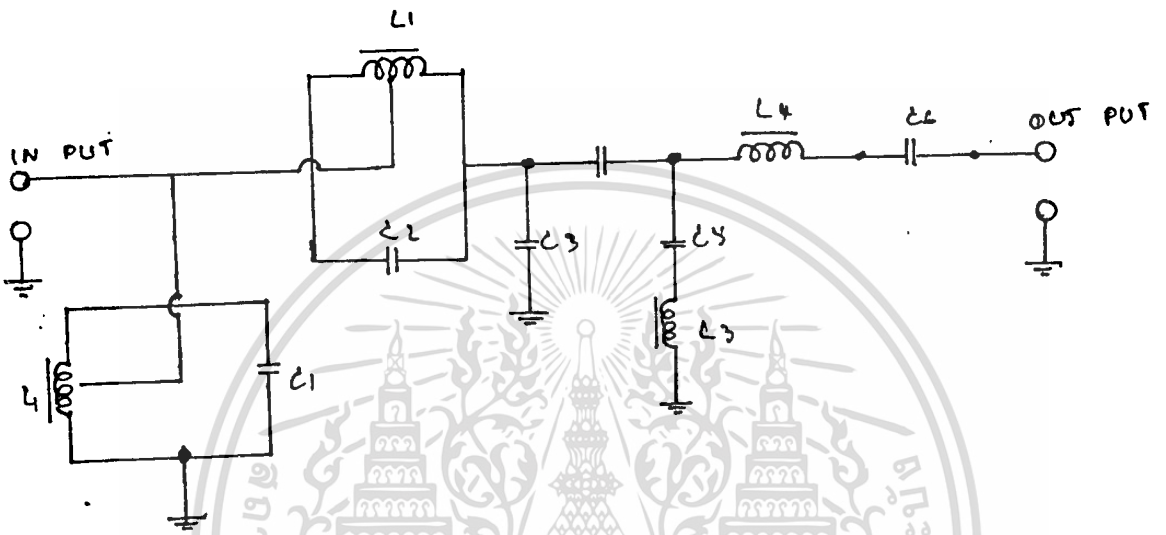
สรุป เครื่องรับจะ Filter สัญญาณ IF. Carrier เพื่อนำสัญญาณ IF. Carrier ซึ่งมีความถี่ 12 Kc. ที่ส่งมาจากเครื่องส่ง ไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. ใช้เป็น IF. Carrier เพื่อ Demodulation ในย่าน IF. Band ให้เป็นสัญญาณในย่าน lower frequency (Band 0-4 Kc.)
2. ใช้ทำเป็น AGC.
3. ใช้เป็น Alarm ในกรณีที่รับสัญญาณไม่ได้ ซึ่งอาจเกิดจากเครื่องส่งเสีย หรือเครื่องรับเสีย หรือสายที่สำหรับใช้ส่งสัญญาณขาด

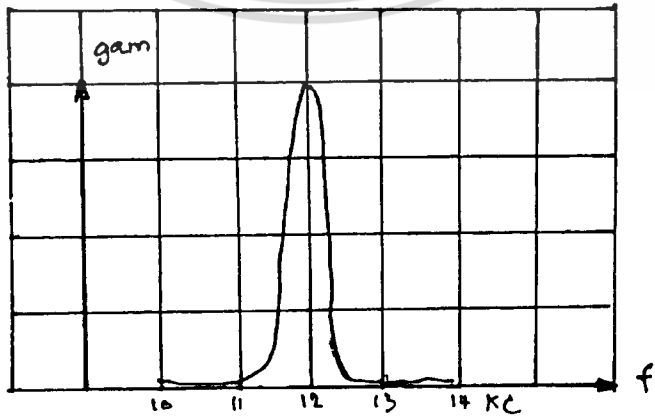
IF. Carrier Filter เป็นวงจร Band pass filter เป็นวงจร filter ชนิด passive filter วงจรจึงประกอบด้วย L,C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป แสดงวงจร IF Carrier



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น เมื่อผู้เขาดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณแบนด์พาสฟิลเตอร์

BPF 12 -16

ที่ระดับ 0 ดีบี / 600 โอห์ม

เมื่อ

ความถี่ (เฮิรตซ์)	ระดับ (ดีบี)
12.0	14.5
12.1	6.0
12.2	2.7
12.4	1.5
12.5	1.4
13.0	1.6
13.5	1.3
14.0	1.2
14.5	1.7
15.0	2.0
15.5	1.6
16.0	3.7
16.1	4.5
16.2	5.5
16.3	6.5
16.4	7.5
16.5	8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปข้างล่าง เมื่อ $Z = 600$ โอห์ม
 $f = 214$ เคเฮิรท์
 $f_{c1} = 212$ "
 $f_{c2} = 216$ "

ดังนั้น

$$L1 = 600 / (4 \text{ Kc.})$$

$$= 600 / 12.57 \cdot 10^3 = 47.73 \text{ ไมโครเฮนรี}$$

$$C1 = 4 \text{ Kc.} / 7539.82 \cdot f_{c1} \cdot f_{c2}$$

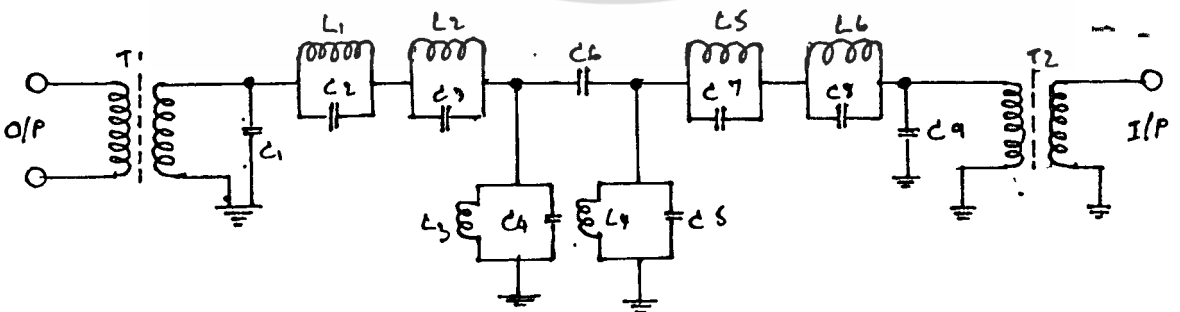
$$= 4 \cdot 10^3 \cdot 10^3 / 3.45 \cdot 10^3 \cdot 10^3 = 11.6 \text{ PF.}$$

$$L2 = 600 (4\text{Kc}) / 575439.24 \cdot 10^6$$

$$= 2400 \cdot 10^3 / 4 = 4.17 \text{ ไมโครเฮนรี}$$

$$C2 = 1 \cdot 10^3 / 7539.82 \cdot 10^3$$

$$= 130 \text{ ไมโครฟารัด}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 Attenuator 1,2,3,4,5,6

Attenuator (Att.) คืออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับลดทอนระดับ

สัญญาณลงประกอบด้วย ตัวความต้านทาน ที่นำมาต่อประกอบกัน ดังรูป หรือ shift Ic.

ที่ออกแบบเป็น Attenuator เป็นต้น

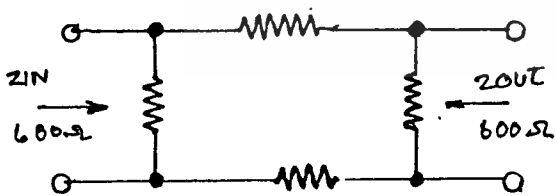
ตัวอย่าง Att. แบบ π - type



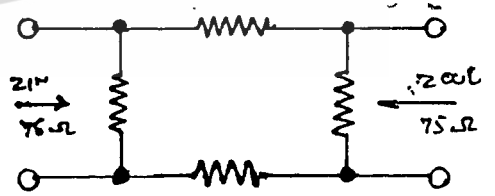
600 ohm. Unbalance

75 ohm. Unbalance

ตัวอย่าง Att.

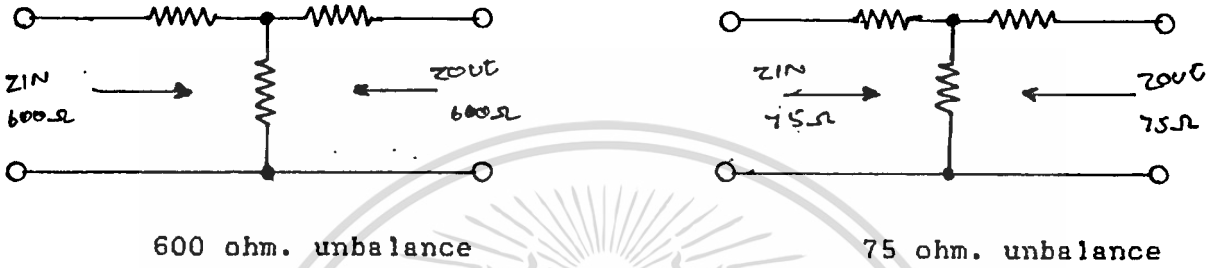


600 ohm. balance



75 ohm. balance

ตัวอย่าง Att. T - type



จาก dB = $10 \log P_o/P_i$
 = $10 \log E_o^2/E_i^2$
 = $20 \log E_o/E_i$ dB
 N = $\text{Anti log } 20$

แอดเท็นนุเลเตอร์ Att. unbalance

$$N^2 - 1$$

เมื่อ $R_A = R \quad 2N$

$$N + 1$$

$$R_B = R \quad N - 1$$

$$R = \text{IMPEDANCE} \quad < \quad >$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 16 ดีบี / 600 โอห์ม

วิธีทำ $N = \text{Anti log } 10 / 20$
 $= \text{Anti log } 0.8$
 $= 6.31 \text{ โอห์ม}$

เมื่อ $RA = 600 \left(\frac{(6.31)^2 - 1}{2 \cdot 6.31} \right)$
 $= 600 \cdot 3.076$
 $= 1845.45 \text{ โอห์ม}$

$RB = 600 \left(\frac{6.31 + 1}{6.31 - 1} \right)$
 $= 825.99 \text{ โอห์ม}$

Main amplifier
 $\text{gain} = 40 \text{ dB.}$
 $V_o = 48 \text{ V.p-p}$
 $V_i = 440 \text{ mV.p-p}$

Formular $\text{dB.} = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$
 $= 20 \log \frac{24 \text{ V.p}}{220 \text{ mV.p}}$
 $= 20 \log 109$
 $= 40.75$
 $\text{gain (dB.)} = 40.75 \text{ dB.}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป และวิจารณ์

การทดลอง ในเรื่องนี้ เป็นวิธีการนำหลักการมอดูเลชัน ด้วย สัญญาณเสียงและสัญญาณวิทยุ แบบ เอ.เอ็ม. โดยสร้างคลื่นสัญญาณความถี่วิทยุ ขึ้นเพื่อใช้ในการรับ - ส่ง สัญญาณวิทยุในสายไฟแรงสูงซึ่งจากหลักการดังกล่าวข้างต้นมีจุดที่น่าสนใจในแต่ละภาค อาทิเช่น ภาคมอดูเลท ภาคดีมอดูเลท ภาค AGC. ฯลฯ ตลอดจนการเชื่อมต่อกันระหว่างระบบการรับ - ส่ง สัญญาณไฟแรงสูง รวมทั้งระบบการป้องกัน การเกิดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากภายในระบบ

ผลจากการทดลองระบบ การรับ - ส่ง สัญญาณวิทยุในสายไฟแรงสูงนี้ ข้อดี สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้แก่ในเรื่องการประหยัดพลังงาน . ข้อเสีย เกี่ยวกับการออกแบบวงจร และอุปกรณ์ในการทดลองไม่สามารถหาค่าได้ตรงตามที่ได้ออกแบบและคำนวณไว้ หากมีการนำไปใช้งานจริงจะต้องปรับปรุง แก้ไข เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสืบต่อไป

ภาคผนวก

PREFERRED SILICON SWITCHING
HIGH-SPEED LOW-CURRENT NPN

Type	MAXIMUM RATING				ELECTRICAL CHARACTERISTICS @ 25°C						
	Case	P _a Ambient mW	T _c °C	V _{CE} Volts	V _{BE} Volts	Max V _{CE(sat)} @ I _C (I _B /I _C = 10) Volts	I _C mA	f _{max} (max) MHz	f _{sw} @ I _C kHz	t _{on} ns	
2N834	22	300	175	40	5.0	0.25	10	0.5	25/-	10	350
2N835	22	300	175	25	3.0	0.30	10	0.5	20/-	10	300
2N2369	22	360	200	40	4.5	0.25	10	0.4	40/120	10	500
7N2481	22	360	200	40	5.0	0.25	10	0.050 (I _{BE})	40/120	10	300
7N2501	22	360	200	40	6.0	0.20	10	0.025 (I _{BE})	50/150	10	350
7N3227	22	360	200	40	6.0	0.25	10	0.2	100/300	10	500
2N3508	26	400	200	40	6.0	0.25	10	0.2	40/120	10	500
2N3509	26	400	200	40	6.0	0.25	10	0.2	100/300	10	500

HIGH-SPEED LOW-CURRENT PNP

7N2804	22	360	200	15	4.5	0.2	30	0.08 (I _{CE(s)})	40/150	30	400
2N3248	22	360	200	15	5.0	0.125	10	0.05 (I _{BE})	50/150	10	250
7N3749	22	360	200	15	5.0	0.125	10	0.05 (I _{BE})	100/300	10	300
7N3750	22	360	200	15	5.0	0.25	10	0.05 (I _{BE})	50/150	10	250
2N3751	22	360	200	15	5.0	0.25	10	0.05 (I _{BE})	100/300	10	300
2N3752	22	360	200	15	4.5	0.15	10	0.01	30/120	10	700

HIGH-SPEED MEDIUM-CURRENT NPN

2N697	31	600	175	60	5.0	1.5	150	1.0	40/120	150	50
2N718	22	400	175	60	5.0	1.5	150	1.0	40/120	150	50
7N718A	22	500	200	75	7.0	1.5	150	0.01	40/120	150	60
2N856	22	500	200	75	7.0	1.5	150	0.01	100/300	150	70
2N1613	31	800	200	75	7.0	1.5	150	0.01	40/120	150	60
2N1711	31	800	200	75	7.0	1.5	150	0.01	100/300	150	70
7N1420	31	800	175	60	5.0	1.5	150	1.0	100/300	150	50
2N2210	31	800	175	60	5.0	0.4	150	0.01	40/120	150	250
7N2210A	31	800	175	75	6.0	0.3	150	0.01	40/120	150	250
7N2219	31	800	175	60	5.0	0.4	150	0.01	100/300	150	250
2N2219A	31	800	175	75	6.0	0.3	150	0.01	100/300	150	300
2N2221	22	500	175	60	5.0	0.4	150	0.01	40/120	150	250
7N2221A	22	500	175	75	6.0	0.3	150	0.01	40/120	150	250
2N2222	22	500	175	60	5.0	0.4	150	0.01	100/300	150	250
7N2222A	22	500	175	75	6.0	0.3	150	0.01	100/300	150	300
2N2537	31	800	200	60	5.0	0.45	150	0.25	50/150	150	250
2N2538	31	800	200	60	5.0	0.45	150	0.25	100/300	150	250
7N2538	22	500	200	60	5.0	0.45	150	0.25	50/150	150	250
7N2540	22	500	200	60	5.0	0.45	150	0.25	100/300	150	250
2N2958	31	600	175	60	5.0	0.5	150	0.050 (I _{BE})	40/120	150	250
7N2958	31	600	175	60	5.0	0.5	150	0.050 (I _{BE})	100/300	150	250
2N3115	22	400	175	60	5.0	0.5	150	0.050 (I _{BE})	40/120	150	250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

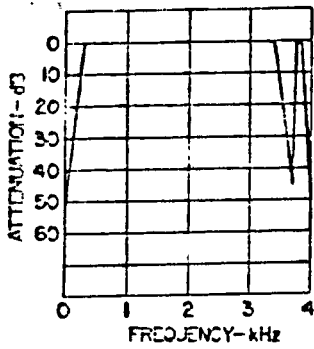


Figure 1.2. Spectrum of typical v-f channel.

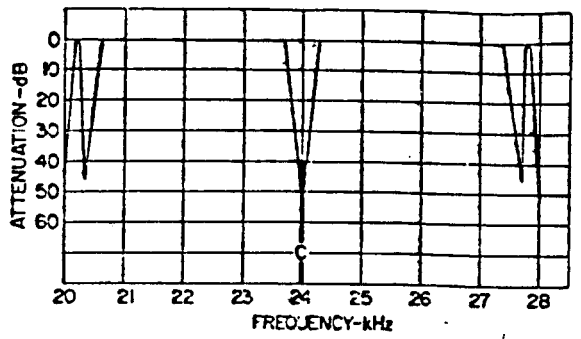


Figure 1.3. Typical v-f channel after modulation with a 24-kHz carrier.

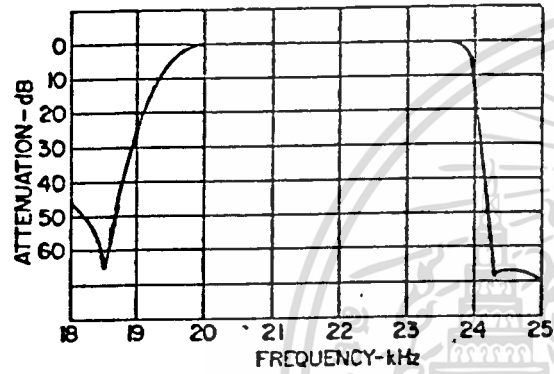


Figure 1.4. Attenuation characteristic of lower-sideband filter used as IF filter for signal in Figure 1.3.

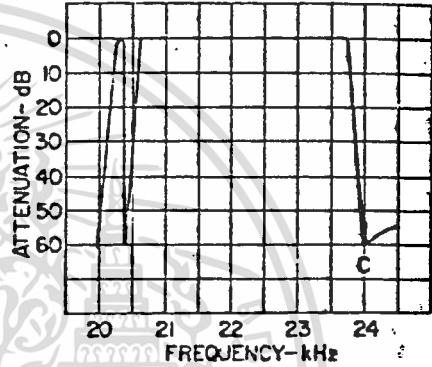


Figure 1.5. Spectrum of signal in Figure 1.3 following transmission through bandpass filter with characteristic shown in Figure 1.4.

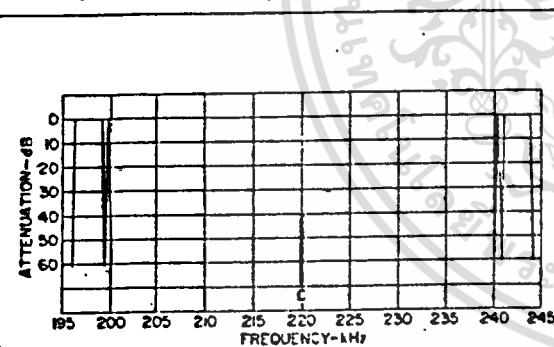


Figure 1.6. Signal spectrum after upconversion.

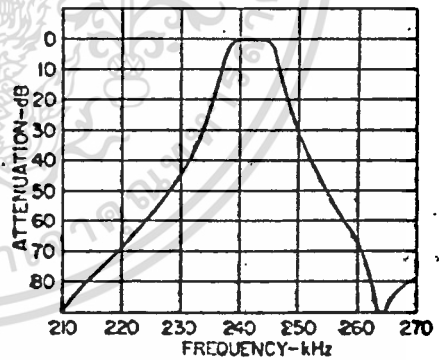


Figure 1.7. Attenuation characteristic of bandpass filter used to pass the upper sideband, 240-244 kHz.

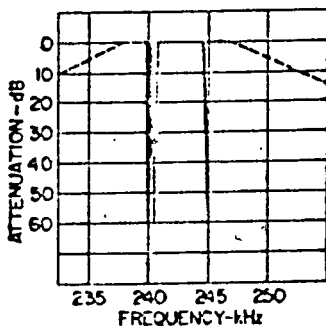


Figure 1.8. Spectrum of retained sideband at 240-244 kHz.

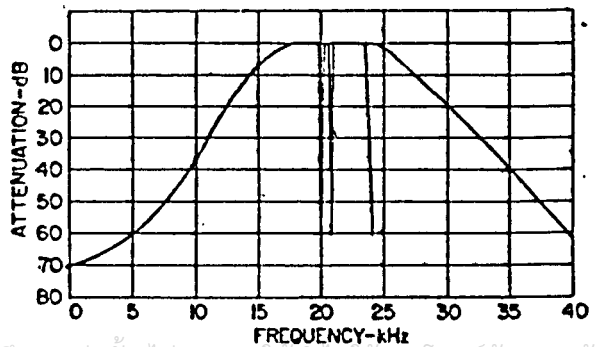


Figure 1.9. Spectrum of signal in Figure 1.8 after downconversion, using a carrier at 220 kHz.

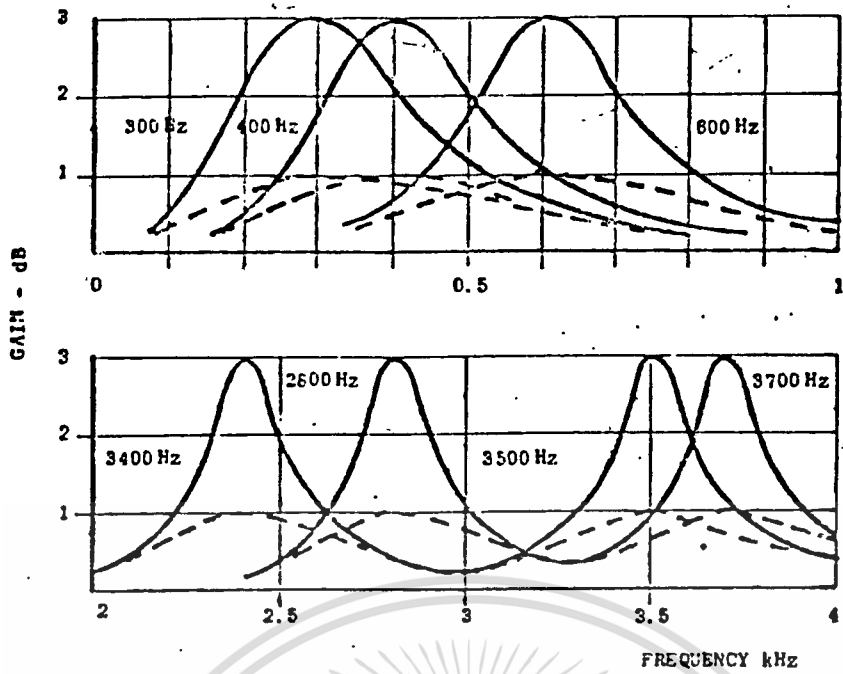


Fig.2 - Corrector characteristics

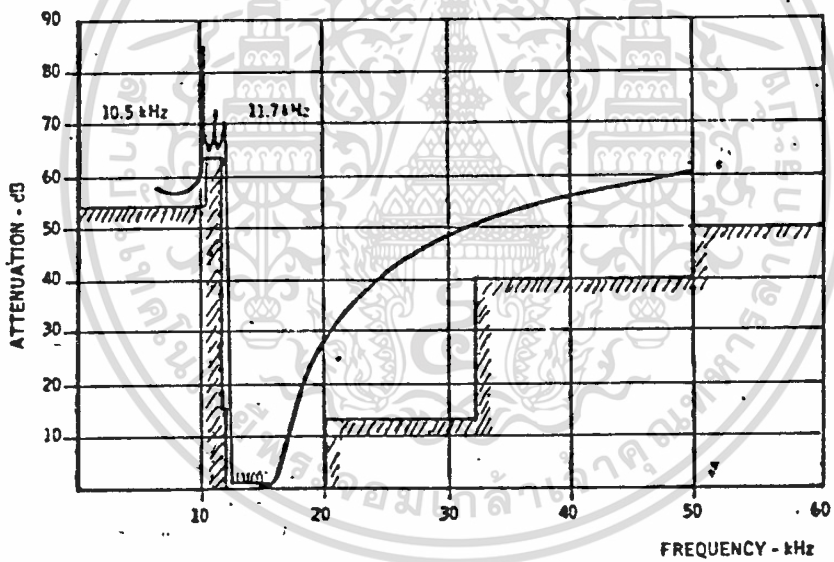


Fig.3 - Channel filter out-band attenuation/frequency characteristic

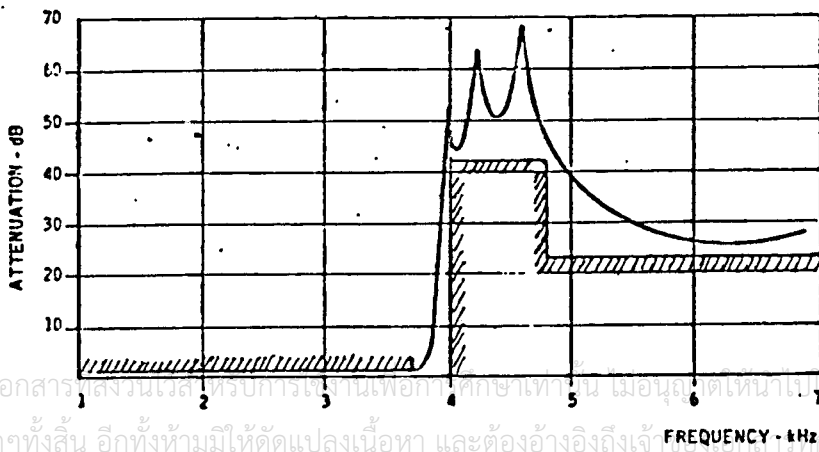


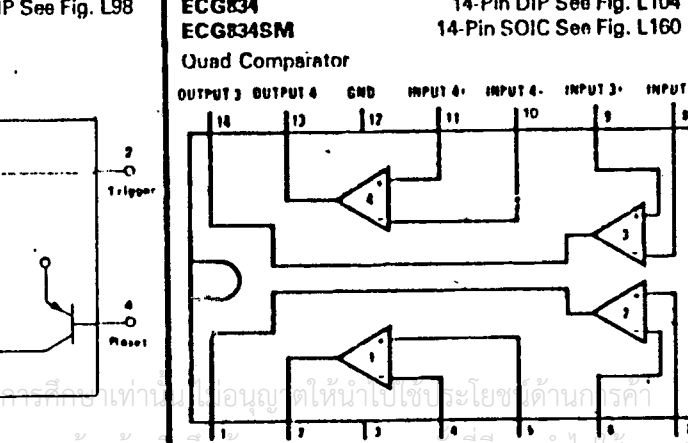
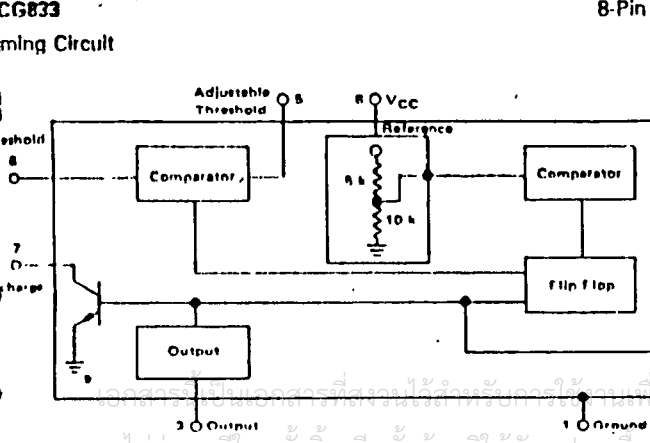
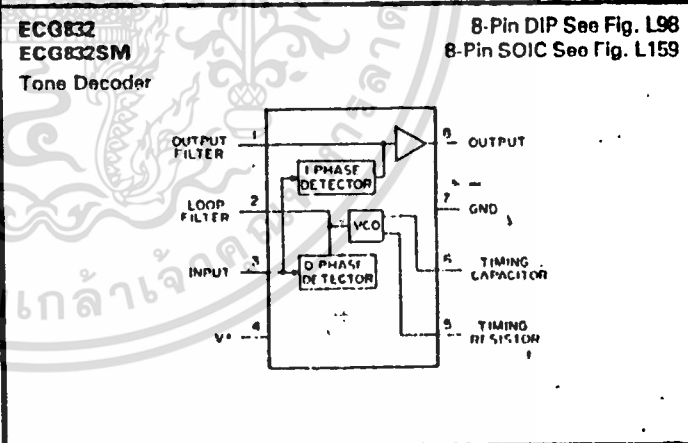
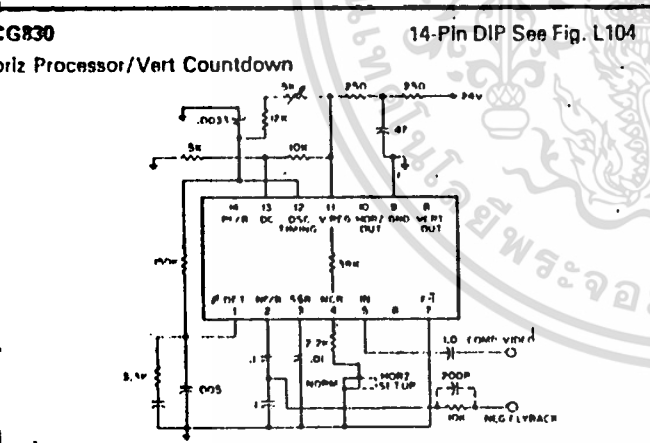
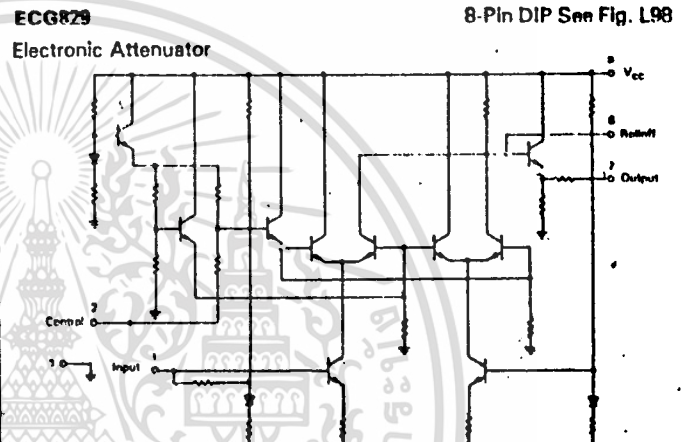
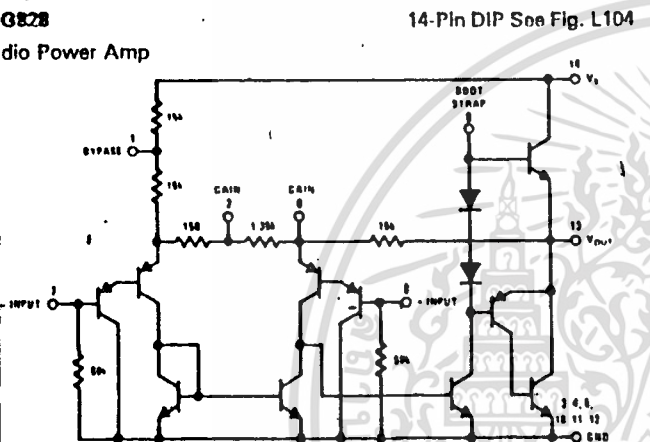
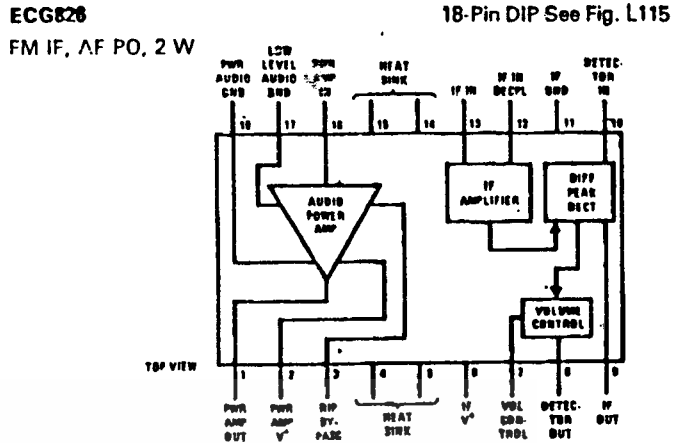
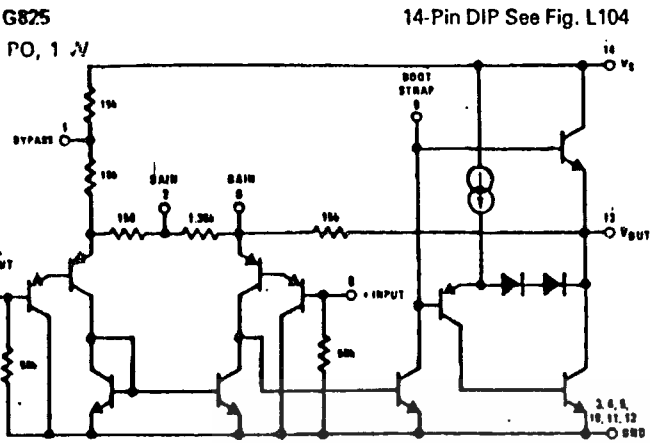
Fig.4 - Low-pass filter out-band attenuation/frequency characteristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้า

FREQUENCY - kHz ครั้งที่มีการนำไปใช้

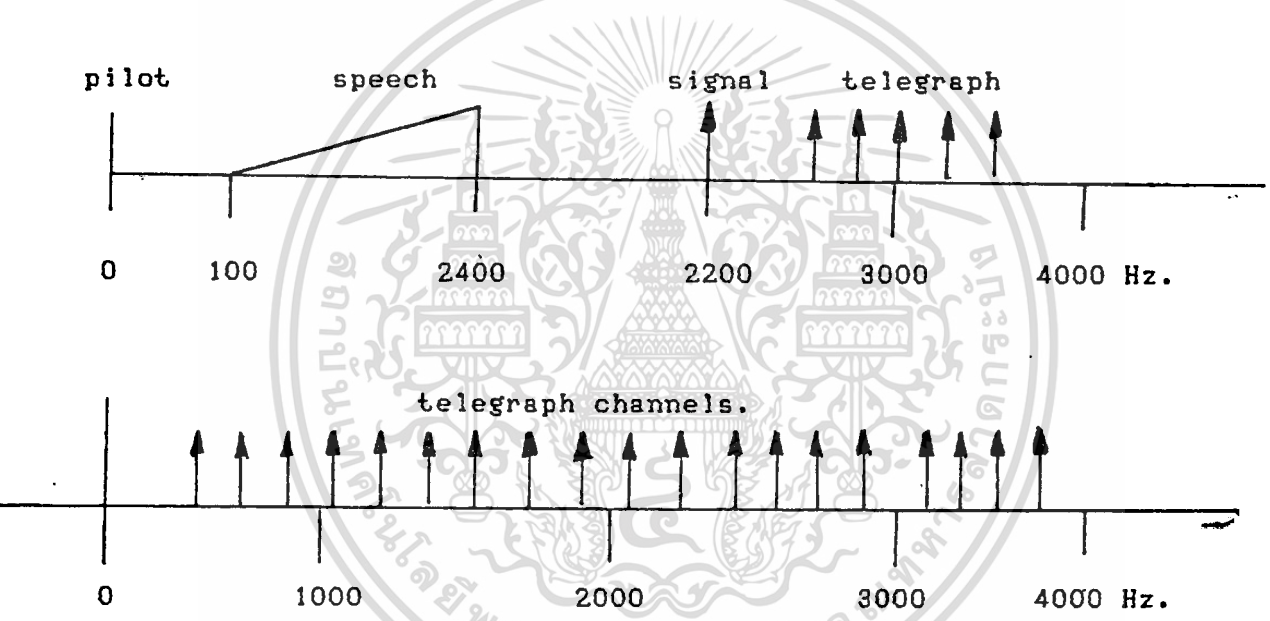
near IC and Module Circuits (cont'd)



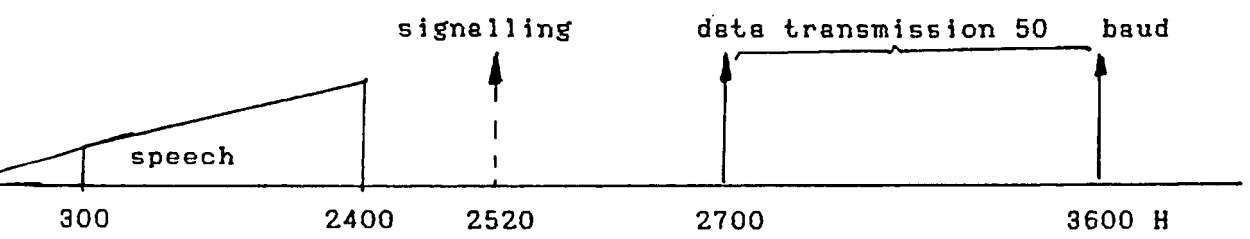
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้าง

The signalling frequency is allocated between the speech and telegraph bands. In the equipment frequencies are utilized as follows:

- Speech channel 300 - 2400 Hz.
- 9 telegraph channel at 50 baud with nominal freq. from 2700 to 3660 Hz. channel at 100 band (2880,3120,3360,3600 Hz.) or 2 channel at 200 band (3000 - 3480 Hz.)



utilization of the total v.f. band



telephone channel

telegraph channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น example of VF. allocation plan เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าและคณะได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาทดลองปฏิบัติ โดยมุ่งเน้นที่จะให้สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานได้ ในการทำงานครั้งนี้จะสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้า และ คณะ จึงขอขอบคุณ อ.วิทยา ทิมย์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่านมา ณ. ที่นี้ด้วย.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ผศ. ยืน ภู่วรวรรณ " ทฤษฎีและการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ",
เล่ม 3 , หน้า 4 - 11 , พิมพ์ครั้งที่ 5 , นำอักษรการพิมพ์ , 2527.

ผศ. ยืน ภู่วรวรรณ " เทคนิคการประยุกต์และการใช้งาน " , เล่ม 1
หน้า 51 - 55 , พิมพ์ครั้งที่ 2 , เกษมการพิมพ์ , 2523.

พิศชัย สุกชากวิน และ ประสาร กสิศิลา " ทรานซิสเตอร์ " ,
เล่ม 1 , หน้า 4 - 5 และ หน้า 79 - 93 , สำนักพิมพ์นิยมวิทยา , 2517.

HILBURN, JOHN L " Manual Of Active Design " ,.Vol 1,
PP. 1 - 60 , 1973.

LOUIS NASHCLSKY And ROBERT BOYLESTAD " Devices -
Disorecte And Integrated " , Pbst 1 , PP. 133 - 175 , 1967.

RFL. INDUSTRIES. INC. " Typical System " ,
PLC Hand Book , PLC 79 - 1 , PP. 25 - 33 , 1979 .