สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์เป็นความถี่วิทยุเอฟเอ็ม

VHF-LOW BAND CONVERTING TO VHF FM RADIO

T086852

โดย

นาย ธรา ทองละเอียด 42015639

นาย ยุทธนา ปิติธีรภาพ 42015652

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....86852
วัน,เดือน,ปี.....16 ส.ค. 2552

b.12015805
.....
.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VHF-LOW BAND CONVERTING TO VHF FM RADIO

MR. TARA TONGRAEAD

MR. YUTTANA PITITERAPAP

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY

FACULTY OF THE ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์เป็นความถี่วิทยุเอฟเอ็ม

นักศึกษา 1. นาย ธรา ทองละเอียด 42015639
2. นาย ยุทธนา ปิติธีรภาพ 42015652

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. วิชัย สุรพัฒน์
ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... อ.ที่ปรึกษา
(ผศ. วิชัย สุรพัฒน์)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ **เครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์เป็นความถี่วิทยุเอฟเอ็ม**

นักศึกษา 1. นาย ธรา ทองละเอียด 42015639
2. นาย ยุทธนา ปิติธีรภาพ 42015652

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. วิชัย สุรพัฒน์

ระดับการศึกษา ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ จะได้นำเสนอการแปลงความถี่ย่าน วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ ไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่คลื่นวิทยุเอฟเอ็ม ความถี่ย่าน วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ ที่มีความถี่อยู่ในช่วง 30MHz ถึง 50MHz ซึ่งมีการใช้งานในด้านสื่อสารน้อยเพราะไม่มีการผลิตเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในย่านนี้มากนัก ได้ถูกแปลงความถี่ขึ้นไปอยู่ในย่านความถี่ที่เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มสามารถรับฟังสัญญาณได้ โดยใช้เครื่องแปลงความถี่ขึ้น ที่มีไอซี NE 602 เป็นส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT	VHF-LOW BAND CONVERTING TO VHF FM RADIO
STUDENT	1. MR.THRA TONGLA-EAD
	2. MR. YUTHANA PHITITHEERAPHAP
ADVISOR	ASST. WICHAI SURAPHAT
LEVEL OF STUDY	BACHALOR'S DEGREE IN INDUSTRIAL
ACADEMIC	YEAR 2001

ABSTRACT

In this thesis, we proposed the up convertor is used NE 602 for convert VHF – low band to VHF FM radio frequency. VHF-low band (30-50MHz) is not more use in broadcast communication cause have no receiver which can receive and detect signal in that band. So that,this project shown method to use FM Radio Receiver to receive and detect its.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอันเกิดจากความร่วมมือร่วมใจของ คณะผู้จัดทำ โดยได้รับความช่วยเหลือทางด้านต่าง ๆ รวมทั้งคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการดำเนินงาน จากอาจารย์ วิชัย สุรพัฒน์ รวมทั้งอาจารย์ท่านอื่นๆในภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรมหลาย ๆ ท่าน

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ จน สามารถทำโครงงานนี้สำเร็จได้

คณะผู้จัดทำ

10 ตุลาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีการใช้งานความถี่ย่านวิทยุ	3
2.1 สเปคตรัมและความยาวคลื่น	3
2.2 การแบ่งย่านความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	5
2.3 การแพร่กระจายคลื่นวิทยุ	7
บทที่ 3 การตอบสนองความถี่และการกำเนิดความถี่	11
3.1 วงจรกำเนิดความถี่	11
3.2 วงจรรับความถี่	18
3.3 วงจรดักความถี่	19
3.4 วงจรกรองความถี่	20
บทที่ 4 การใช้งานไอซี NE 602 และการประยุกต์ใช้ในวงจรแปลงความถี่	25
4.1 การแปลงและการแปลค่าความถี่	26
4.2 การจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่ไอซี NE 602	26
4.3 วงจรขาเข้าของไอซี NE 602	27
4.4 วงจรขาออกของไอซี NE 602	30
4.5 วงจรกำเนิดความถี่ที่ใช้ร่วมกับ NE 602	32
4.6 การแปลงความถี่ วี เอช เอฟ โลว์แบนด์	35
บทที่ 5 ขั้นตอนและวิธีการของโครงงาน	45
5.1 บล็อคไดอะแกรมและโครงสร้างของโครงงาน	45
5.2 วงจรและการทำงาน	46
5.3 การออกแบบลายวงจรพิมพ์	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 6 สรุปผลและวิจารณ์ 51

บรรณานุกรม 52

ภาคผนวก ก.

- วงจรและลายวงจร 54

ภาคผนวก ข.

- รายละเอียดไอซีที่ใช้งาน 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์	1
รูปที่ 2.1	สเปคตรัมและความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นได้	3
รูปที่ 2.2	การเปลี่ยนแปลงความถี่เป็นความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	4
รูปที่ 2.3	สเปคตรัมของสัญญาณเสียง	5
รูปที่ 2.4	ระบบสื่อสารแนวสายตา	7
รูปที่ 2.5	เขตบริเวณการใช้สเปคตรัมการสื่อสารระหว่างประเทศ	10
รูปที่ 3.1	วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์, แท็ปคอยล์ที่จุด L_1 เพื่อป้องกันกลับสัญญาณ	12
รูปที่ 3.2	เฟสของแรงดันไฟฟ้าในแท็ปคอยล์ L_B จะต่างเฟส 180 องศาเมื่อเทียบกับคอยล์ L_A	13
รูปที่ 3.3	วงจรออสซิลเลเตอร์แบบคอลพิทท์ และวงจรคาปาซิทิฟโวลท์เตจดีไวเดอร์	15
รูปที่ 3.4	วงจรคริสตัลออสซิลเลเตอร์	15
รูปที่ 3.5	รูปทั่วไปของคริสตัล คุณลักษณะและการบรรจุคริสตัลออสซิลเลเตอร์	17
รูปที่ 3.6	กราฟคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของวงจรรีโซแนนซ์แบบขนาน	18
รูปที่ 3.7	แรงดันและกระแสเกิดขึ้นในวงจรรีโซแนนซ์ขนาน	18
รูปที่ 3.8	แรงดันและกระแสที่เกิดขึ้นในวงจรรีโซแนนซ์อันดับ	19
รูปที่ 3.9	วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	20
รูปที่ 3.10	วงจรกรองความถี่สูงผ่าน	21
รูปที่ 3.11	วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน	22
รูปที่ 3.12	วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน	22
รูปที่ 3.13	วงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่าน	23
รูปที่ 4.1	ภายในของไอซี NE 602 และขาต่าง ๆ	25
รูปที่ 4.2	วงจรจ่ายไฟเข้าไอซี NE 602	28
รูปที่ 4.3	วงจรขาเข้าของไอซี NE 602	29
รูปที่4.4	วงจรจูนอินพุทโดยใช้วาแรคเตอร์ไดโอด	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5 วงจรขาออกของไอซี NE 602 31

รูปที่ 4.5 (ต่อ) วงจรขาออกของไอซี NE 602 32

รูปที่ 4.6 ภาคกำเนิดความถี่ที่ใช้ร่วมกับไอซี 33

รูปที่ 4.6 (ต่อ) วงจรภาคกำเนิดความถี่ที่ใช้ร่วมกับไอซี 34

รูปที่ 4.7 บล็อคไดอะแกรมภายใน NE 602 และขาต่าง ๆ 35

รูปที่4.8 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ 36

รูปที่ 4.9 สเปคตรัมของสัญญาณที่ออกจากภาคมิกเซอร์ 36

รูปที่ 4.10 รูปวงจรของการแปลงวี เอช เอฟ โลว์แบนด์ 37

รูปที่ 4.11 คุณลักษณะของสัญญาณที่ต้องการเมื่อป้อนสัญญาณอินพุทเข้าสู่วงจรกรองแถบผ่าน 39

รูปที่ 4.12 ลายวงจร 40

รูปที่ 4.13 จุดดำแสดงให้เห็นจุดที่ต้องบัดกรี 40

รูปที่ 5.1 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ 45

รูปที่ 5.2 สัญญาณอินพุทจากเครื่องส่งวิทยุ 46

รูปที่ 5.3 วงจรที่ใช้งานจริง 47

รูปที่ 5.4 สัญญาณจากภาคกำเนิดความถี่ 48

รูปที่ 5.5 สัญญาณเอาท์พุทที่ยังไม่ผ่านการชีลด์ 48

รูปที่ 5.6 สัญญาณเอาท์พุทที่ยังผ่านการชีลด์ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การแบ่งย่านความถี่และคำศัพท์เฉพาะ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

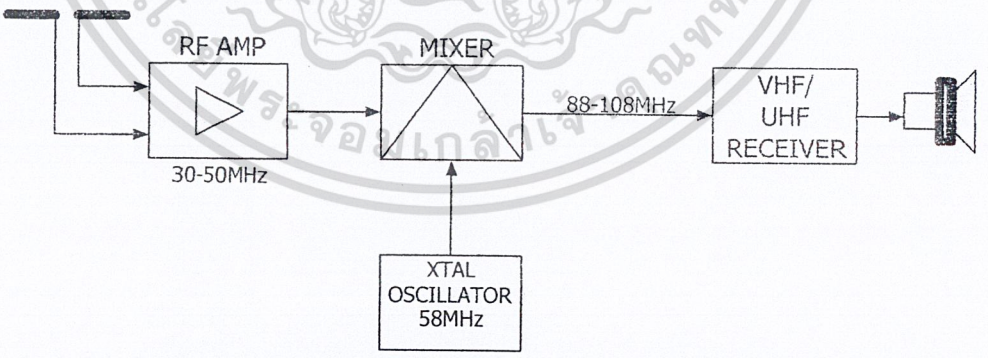
บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวความคิดและที่มา

เครื่องรับในระบบ วี เอช เอฟ ย่านต่ำ (30 MHz-50 MHz) ไม่มีการใช้งานแพร่หลายในเชิงพานิชย์ และนั่นคือเหตุผลที่เราทำการแปลงความถี่ขึ้น (up converter)ไปเป็นความถี่ในย่านความถี่วิทยุเอฟเอ็ม เพื่อให้สามารถรับฟังสัญญาณในย่านที่เราสนใจนี้ได้

วี เอช เอฟ ย่านต่ำนั้นมีความถี่อยู่ในช่วง 30 MHz ถึง 50MHz และใช้สำหรับการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์และไมโครโฟนไร้สาย การควบคุมโมเดลต่าง ๆ และของเล่นด้วยคลื่นวิทยุ เมื่อทำการแปลงความถี่ขึ้นไปอยู่ในย่านความถี่วิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง 88 MHz ถึง 108 MHz แล้วจะทำให้เราสามารถใช้เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มธรรมดารับสัญญาณได้ เป็นการเพิ่มฟังก์ชั่นการทำงานให้กับเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มและเป็นการใช้ย่านความถี่ให้มีประโยชน์มากขึ้น

การทำงานของเครื่องแปลงความถี่ขึ้น จะประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ 3 ส่วนตามรูปที่ 1.1 คือ ส่วนรับและขยายสัญญาณอาร์เอฟ จะรับสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในช่วงของ วี เอช เอฟ ย่านต่ำและทำการขยายสัญญาณที่รับเข้า ส่วนผสมคลื่นความถี่จะทำการผสมสัญญาณที่รับมาจากส่วนภาคอาร์เอฟกับสัญญาณที่มาจากส่วนกำเนิดสัญญาณ แล้วทำการเลือกสัญญาณผลรวมออกที่เอาท์พุท และส่วนกำเนิดความถี่จะกำเนิดความถี่ 58 MHz เพื่อส่งให้กับภาคผสมสัญญาณ



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อแปลงสัญญาณที่มีความถี่ย่าน วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ไปเป็นสัญญาณที่มีความถี่ย่านวิทยุเอฟเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อรับฟังสัญญาณที่มีความถี่ย่าน วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ โดยใช้เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม ธรรมดา
3. เพื่อเพิ่มฟังก์ชั่นการทำงานของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มและเป็นการใช้ความถี่ให้มีประโยชน์มากขึ้น

1.3 โครงงานประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1.5.1 ส่วนอินพุท จะใช้วิทยุสื่อสารที่มีความถี่อยู่ในย่านวี เอช เอฟ โลว์แบนด์เป็นตัวส่งสัญญาณ

1.5.2 ส่วนวงจรแปลงความถี่ขึ้น จะใช้ไอซีสำเร็จรูป NE 602 เป็นส่วนประกอบสำคัญในวงจร

1.5.3 ส่วนรับสัญญาณ จะใช้เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มเป็นตัวรับสัญญาณที่ส่งมาจากวงจรแปลงความถี่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

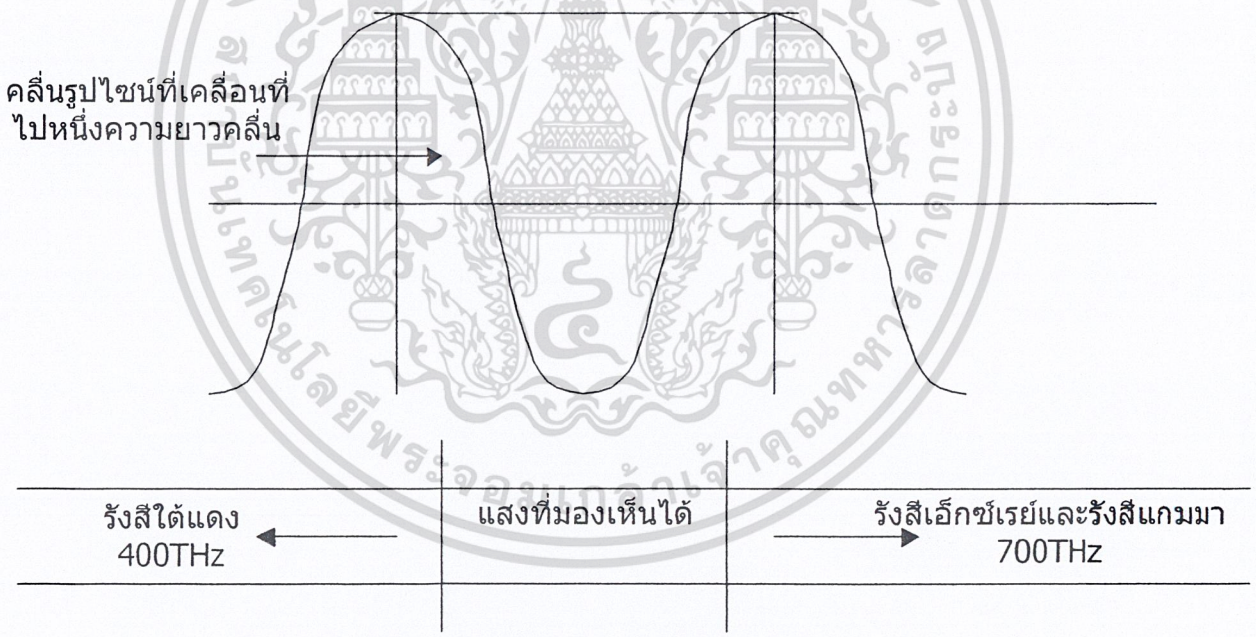
1. รับฟังสัญญาณที่มีความถี่ย่าน วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ โดยใช้เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม ธรรมดา
2. สามารถเพิ่มฟังช์ชั่นการทำงานของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม
3. ใช้คลื่นความถี่ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการใช้งานความถี่ย่านวิทยุ

2.1 สเปกตรัม และ ความยาวคลื่น

ในการวิเคราะห์สัญญาณโดยทั่วไปนั้น ได้อาศัยเทคนิคของการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) จึงทำให้ทราบว่าสัญญาณต่าง ๆ นั้นประกอบขึ้นมาจากสัญญาณรูปไซน์จำนวนมากรูป ลักษณะการแจกแจงความถี่ที่ทำให้รู้ว่าสัญญาณต่าง ๆ นั้นประกอบขึ้นมาจากสัญญาณรูปไซน์ที่ความถี่ต่าง ๆ กันอย่างไร ทั้งหมดนั้นรวมเรียกว่า สเปคตรัม (Spectrum) ของสัญญาณนั้น สัญญาณที่กล่าวถึงในที่นี้ จะขอเน้นถึงสัญญาณไฟฟ้าเป็นหลัก



รูปที่ 2.1 สเปคตรัมและความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นได้

ปริมาณที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งช่วยให้เราแบ่งแยกคุณสมบัติบางประการของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ คือ ความยาวคลื่น (wavelength) ความยาวคลื่นคือระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ไปครบหนึ่งลูกคลื่น ความยาวคลื่นอาจวัดได้จากระยะทางระหว่างยอดคลื่น (จุดที่ค่าของสัญญาณมีค่าสูง) ที่เกิดตามกันมา ดูรูปที่ 2.1 ถ้าเราให้ V คือความเร็วของคลื่นสัญญาณที่เดินผ่านตัวกลางซึ่งมีหน่วยเป็น

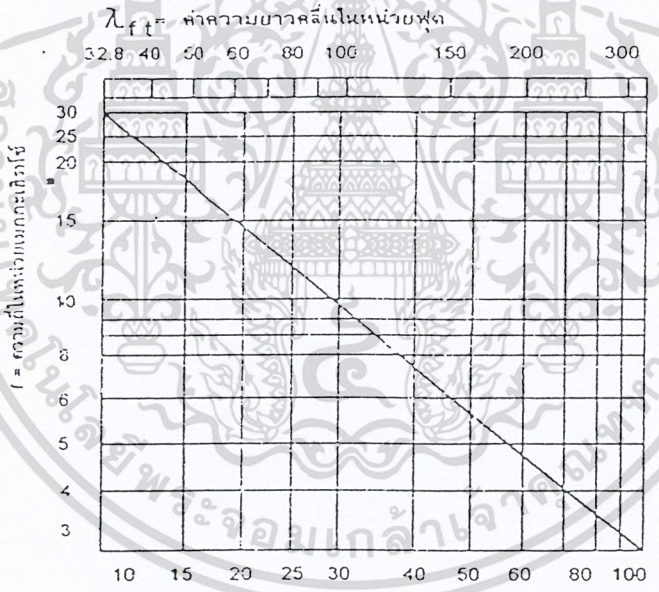
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตรต่อวินาที และถ้าคลื่นสัญญาณนั้นเกิดขึ้นด้วยความถี่ f (Hz) เราก็สามารถที่จะคำนวณหาความยาวคลื่น λ ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตรได้ดังต่อไปนี้คือ

$$\lambda = v / f \qquad (2.1)$$

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อเดินทางผ่านสูญญากาศจะเดินทางไปด้วย ความเร็วเท่ากับความเร็วแสงคือ 3×10^8 เมตร / วินาที ธรรมดาเมื่อกล่าวถึงความยาวคลื่นโดยมิได้กล่าวอ้างอิงถึงตัวกลางที่คลื่นที่ผ่านไปแล้ว ก็จะหมายความถึงความยาวคลื่น เมื่อคลื่นนั้นเคลื่อนที่อยู่ในสูญญากาศ ดังเช่นค่าความยาวคลื่นที่ปรากฏอยู่ในรูปที่ 2.1 นั้น เป็นต้น

แผนภูมิที่แสดงอยู่ในรูปที่ 2.2 ใช้ช่วยในการหาค่าของความยาวคลื่นจากความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น ค่าคงที่ซึ่งเหมาะสมตามที่แสดงไว้ในแผนภูมิจะทำให้สามารถประยุกต์ใช้แผนภูมิกับความถี่ทุกส่วนของสเปรกตรัมของสัญญาณได้เป็นอย่างดี

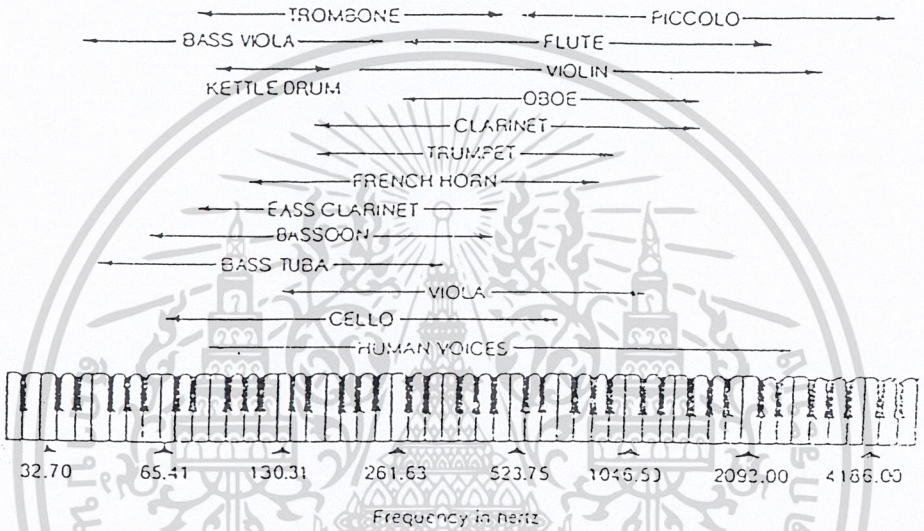


ความถี่ในช่วงตั้งแต่ (เมกกะเฮิร์ทซ์)	คูณค่าความถี่ด้วย	คูณค่าความยาวคลื่นด้วย
0.03 - 0.3	0.01	100
0.3 - 3.0	0.1	10
3.0 - 30	1.0	1
30 - 300	10	0.1
300 - 3,000	100	0.01
3,000 - 30,000	1,000	0.001

รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงความถี่เป็นความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะให้ได้รู้จักกับเรื่องของสเปคตรัมมากขึ้น จะขอยกตัวอย่างสเปคตรัมของสัญญาณเสียง ซึ่งเป็นสัญญาณที่มนุษย์เราคุ้นเคยกันอยู่เป็นประจำอีกอย่างหนึ่ง มาประกอบการอธิบายในเรื่องนี้ไว้จะได้สามารถเข้าใจภาพพจน์หรือแนวความคิดในเรื่องสเปคตรัมนี้ได้ดียิ่งขึ้น สเปคตรัมของสัญญาณเสียงแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สเปคตรัมของสัญญาณเสียง

2.2 การแบ่งย่านความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ปกติทั่วไปแล้วช่องสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ส่งคลื่นผ่านไปนั้น จะมีปฏิกิริยาต่อเนื่องที่ความถี่ต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ทำให้คุณสมบัติการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในย่านความถี่ที่ต่างกันนั้นมีความแตกต่างกันออกไป เพราะฉะนั้นจึงได้มีการแบ่งย่านความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไว้เพื่อที่จะได้รวบรวมเอาคลื่นความถี่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันเข้าไว้ด้วยกัน

จากตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ต่าง ๆ นั้นในบางครั้งก็เรียกว่า "แบนด์" (band) ลำดับของแบนด์ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นั้น เป็นไปตามมาตรฐานข้อตกลงระหว่างประเทศซึ่งกำหนดโดย ITU (International Telecommunication Union)

คุณสมบัติและประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็ก ๆ ไฟฟ้าในย่านความถี่ต่าง ๆ นั้น พอที่จะสรุปไว้เป็นสังเขปได้ดังต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELF เป็นแบนด์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำมาก เป็นย่านความถี่ของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากเครื่องดนตรี และเสียงของสัตว์ หรือเสียงของมนุษย์บางส่วน อย่างไรก็ตามย่านความถี่ของคลื่นที่ตรงกับความถี่ของเสียงของมนุษยชาติส่วนใหญ่นั้นจะถูกจัดแบ่งไว้เป็นอีกแบนด์หนึ่ง คือ VF แบนด์

ตารางที่ 2.1 การแบ่งย่านความถี่และคำศัพท์เฉพาะ

ลำดับของแบนด์	ย่านความถี่	ชื่อย่านความถี่	อักษรย่อ
2	30-300Hz	Extreamly-low Frequency	ELF
3	300-300Hz	Voice Frequency	VF
4	3-30kHz	Very-low Frequency	VLF
5	30-300kHz	Low Frequency	LF
6	300-3000kHz	Medium Frequency	MF
7	3-30MHz	High Frequency	HF
8	30-300MHz	Very-high Frequency	VHF
9	300-3000MHz	Ultra -high Frequency	UHF
10	3-300GHz	Super-high Frequency	SHF
11	30-300GHz	Extreamly-high Frequency	EHF
12	300-3000GHz	.....	.....

ความถี่ในย่าน VLF และ LF นั้น เริ่มแรกใช้สำหรับวิทยุโทรเลข (radio telegraph) แต่เนื่องจากความยาวคลื่นของสัญญาณในแบนด์นี้มีความยาวมาก เป็นกิโลเมตร เพราะฉะนั้นการส่งวิทยุในย่านความถี่นี้ ปัจจุบันจะใช้สำหรับงานพิเศษโดยเฉพาะเท่านั้น

MF เป็นย่านความถี่ของคลื่นที่ใช้ในการส่งกระจายเสียง FM เป็นย่านความถี่ของคลื่นที่เรียกว่า "คลื่นสั้น" เป็นย่านความถี่ของคลื่นที่ใช้สำหรับส่งกระจายเสียงวิทยุ FM ในระบบคลื่นสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และวิทยุสมัครเล่น (armature radio) คุณสมบัติที่สำคัญสำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ทั้งสองนี้ก็คือ เมื่อคลื่นนี้เดินทางไปถึงบรรยากาศชั้นสูงสุดที่ห่อหุ้มโลกนี้อยู่ คือชั้น ไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) พลังงานของคลื่นบางส่วนจะถูกสะท้อนโดยบรรยากาศชั้นนี้กลับลงมายังพื้นโลกอีก ทำให้เกิดการสะท้อนไปมาระหว่างพื้นโลกกับบรรยากาศชั้นนี้ขึ้น อันเป็นเหตุทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่นี้สามารถเดินทางไปได้ไกลมาก โดยเฉพาะคลื่นในย่าน HF

VHF และ UHF เป็นย่านความถี่ของคลื่นที่มีการสะท้อนเกิดขึ้นน้อยมากในชั้นบรรยากาศชั้น ไอโอโนสเฟียร์ คลื่นในย่านความถี่นี้ จะมีความสามารถที่จะเดินทางทะลุผ่านบรรยากาศ ชั้นต่าง ๆ ไปได้เนื่องจากคลื่นในย่านความถี่นี้มีความถี่สูงมากดังนั้นคุณสมบัติมันจึงมีความคล้ายคลึงกับคุณสมบัติของคลื่นแสงมาก คลื่นในย่านความถี่นี้จะเดินทางเป็นแนวเส้นตรงที่มองเห็นซึ่งกันและกันได้โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง ซึ่งในลักษณะการสื่อสารดังกล่าวนั้นมีชื่อเรียกเฉพาะว่า “การสื่อสารในแนวสายตา” (line-of-sigh communication) ย่านความถี่ส่วนหนึ่งของ UHF ด้านความถี่ต่ำและย่านความถี่ VHF ถูกกำหนดใช้สำหรับการส่งโทรทัศน์ และวิทยุสื่อสาร (mobile communication)

รูปที่ 2.4 ระบบสื่อสารแนวสายตา

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่า 1GHz ที่มีชื่อเรียกรวมว่า “ไมโครเวฟ” (microwave) ปกติจะใช้สำหรับงานด้าน เรดาร์ (Radar) และการสื่อสารที่ต้องการย่านความถี่กว้าง ข้อดีของการสื่อสารในย่านความถี่นี้ก็คือ สายอากาศที่ใช้จะมีขนาดเล็ก แต่ก็มีข้อเสียอยู่ว่า สภาพภูมิอากาศจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของคลื่นในย่านความถี่นี้มาก โดยเฉพาะฝน ทั้งนี้เพราะฝนมีขนาดพอที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสายอากาศดูดซับเอาพลังงานของคลื่นสัญญาณไว้ ทำให้คลื่นเดินทางไปไม่ถึงจุดหมายปลายทางคือเครื่องรับได้

2.3 การแพร่กระจายคลื่นวิทยุ (Radio Wave Radiation)

การแพร่กระจายคลื่นวิทยุออกไปในบรรยากาศสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะธรรมชาติจำเพาะของคลื่นในย่านต่าง ๆ ได้ 4 ประเภทดังนี้คือ

2.3.1 **คลื่นดิน** (Ground Wave)

การแพร่กระจายของคลื่นประเภทนี้เกิดขึ้นเฉพาะความถี่ในย่าน VLF, LF และ MF เท่านั้น จะแพร่กระจายไปตามระดับผิวโลกโดยอาศัยพื้นดินเป็นสื่อ ความแรงของสัญญาณจะลดลงเพราะจะถูกลดทอนลงด้วยค่าความต้านทานของพื้นดิน อย่างไรก็ตาม หากพื้นภูมิประเทศใดมีพื้นดินที่มีความนำสูง เช่น มีน้ำหรือความชุ่มชื้น การแพร่กระจายคลื่นประเภทนี้จะไปได้ไกลมากขึ้น การแพร่กระจายคลื่นประเภทนี้ได้แก่ วิทยุกระจายเสียงในระบบ AM หรือย่าน MW และการกระจายเสียงในระบบ LW คลื่นดินยังแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือคลื่นผิว (Sureface Wave) คลื่นตรง (Direct Wave) และคลื่นสะท้อนพื้นดิน (Ground Reflected Wave)

2.3.2 **คลื่นฟ้า (Sky Wave) หรือคลื่นไอโอโนสเฟียริค** (Ionospheric Wave)

การแพร่กระจายคลื่นประเภทนี้เกิดขึ้นในย่านความถี่ HF เท่านั้น โดยคลื่นจะเดินทางเป็นเส้นตรงไปถึงชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์แล้วสะท้อนกลับลงมายังพื้นดินอีกครั้ง ทำให้ระยะการเดินทางไปได้ไกลกว่าคลื่นดินและไกลมากจนสามารถใช้ในการสื่อสารระหว่างประเทศได้ ถ้าหากเลือกมุมที่จะยิงสัญญาณจากเครื่องส่งให้ไปสะท้อนชั้นบรรยากาศและตำแหน่งที่จะรับสัญญาณให้เหมาะสม ข้อเสียของการแพร่กระจายคลื่นประเภทนี้คือ ถ้าหากตำแหน่งที่จะรับคลื่นนั้นจุดตกของคลื่นที่สะท้อนลงมาเลยไป หรือมาไม่ถึง ตำแหน่งนั้นก็จะไม่สามารถรับคลื่นได้เลย

การแพร่กระจายคลื่นประเภทนี้ บางครั้งคลื่นที่สะท้อนลงมาจากชั้นบรรยากาศถึงผิวโลกแล้วยังสามารถจะสะท้อนกลับไปยังชั้นบรรยากาศและสะท้อนกลับลงสู่ผิวโลกได้อีกครั้งถ้ามีกำลังส่งสูงพอซึ่งทำให้คลื่นไปได้ไกลมากขึ้น

การใช้งานในแถบคลื่น HF ที่ใช้การแพร่กระจายแบบคลื่นฟ้านั้นตามปกติแล้วใช้ในงานเกี่ยวกับระบบวิทยุโทรศัพท์และโทรเลขสำหรับระยะทางไกล ๆ เช่นภายในประเทศหรือระหว่างประเทศระบบกระจายเสียงคลื่นสั้น SW เช่น ที่รับได้จากต่างประเทศ แต่เนื่องจากมีความเที่ยงตรงน้อยทำให้ปัจจุบันไม่ได้รับความนิยมและถูกแทนที่ด้วยการสื่อสารผ่านดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 **คลื่นโทรโพสเฟียริค** (Tropospheric Wave)

การแพร่กระจายคลื่นประเภทนี้จะเกิดเฉพาะในย่านความถี่ VHF และตอนต้นย่าน UHF เท่านั้น ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นจะเดินทางออกจากสายอากาศเครื่องส่งเป็นเส้นโค้งเล็กน้อยเกือบตรงไปตามตามชั้นบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์แล้วกลับเข้าหาพื้นโลก การแพร่กระจายคลื่นแบบนี้ถ้ามีสิ่งกีดขวางหรือภูเขาแล้วคลื่นจะเดินทางไปไม่ได้ และนั่นเป็นอุปสรรคสำคัญของการสื่อสารที่ใช้การแพร่กระจายคลื่นแบบนี้ ตามปกติการติดต่อสื่อสารโดยใช้ย่านความถี่ VHF ในแถบพื้นราบเมื่อความสูงของเสาอากาศปกติจะอยู่ที่ประมาณ 80-100 กิโลเมตร เท่านั้น ถ้าต้องการให้มีระยะทางมากกว่านี้สามารถทำได้สองวิธีคือ

1. ยกเสาของสายอากาศของเครื่องส่งหรือเครื่องรับหรือทั้งสองอย่างให้สูงมาก ๆ หรือตั้งสถานีบนยอดเขา
2. ใช้สถานีถ่ายทอดสัญญาณหรือสถานีทวนสัญญาณ

ตัวอย่างของการใช้งานที่ใช้การแพร่กระจายคลื่นแบบนี้คือ การกระจายเสียงในระบบ FM และโทรทัศน์ เป็นต้น

2.3.4 **คลื่นตรง** (Directed Wave) **หรือคลื่นอวกาศ** (Space Wave)

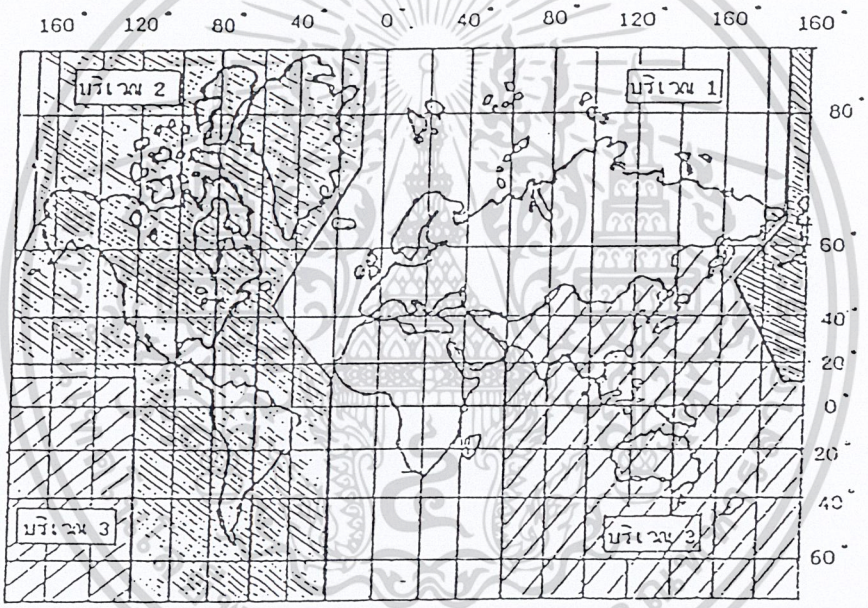
การแพร่กระจายของคลื่นประเภทนี้จะเกิดขึ้นในย่านความถี่ตั้งแต่ตอนปลายของย่าน UHF ตลอดย่าน SHF และ EHF ลักษณะการแพร่กระจายจะเดินทางเป็นเส้นตรงคล้ายกับการเดินทางของแสง หรือตามแนวระดับเส้นสายตา (Line of Sight) ถ้าหากมีวัตถุมาบังทางเดินของคลื่น คลื่นจะไม่สามารถเดินทางผ่านไปได้ ตามปกติการแพร่กระจายคลื่นแบบนี้ คลื่นสามารถเดินทางไปได้ไกลแสนไกล และสามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศออกสู่อวกาศได้ ดังนั้นการสื่อสารกับยานอวกาศหรือการสื่อสารดาวเทียมก็จะใช้การแพร่กระจายคลื่นแบบนี้ แต่สำหรับการสื่อสารบนพื้นโลกแล้วยังมีข้อจำกัดจากสิ่งกีดขวางและความโค้งของโลก ทำให้ระยะทางในการสื่อสารใช้ได้ประมาณ 80 กิโลเมตร เท่านั้นซึ่งระยะห่างนี้จะแปลตามความสูงของเสาอากาศ และสิ่งกีดขวาง ถ้าต้องการให้ระยะทางการสื่อสารไกลกว่านี้สามารถทำได้ 3 วิธีคือ

1. ยกระดับสายอากาศให้มาก ๆ หรือตั้งสถานีบนยอดเขา
2. ใช้สถานีทวนสัญญาณเป็นช่วง ๆ ช่วงละประมาณ 80 กิโลเมตร จนกระทั่งถึงปลายทาง
3. โดยการใช้ระบบดาวเทียม ซึ่งดาวเทียมก็คือสถานีทวนสัญญาณบนอวกาศนั่นเอง ทำให้ระยะทางของการสื่อสารทำได้ไกลมาก ปัจจุบันใช้วิธีการนี้ในระบบการสื่อสารระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การใช้สเปคตรัมการสื่อสาร

ประเทศไทยนั้นมีกรมไปรษณีย์เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่กำหนดการใช้ย่านความถี่ต่าง ๆ โดยจะทำการกำหนดให้สอดคล้องเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างประเทศตาม ITU จึงจะต้องมีการกำหนดการใช้สเปคตรัมการสื่อสารขึ้น ยกตัวอย่างเช่น "ในเมืองไทยเราใช้ย่านความถี่จาก 535 kHz ถึง 1605 kHz สำหรับการส่งการกระจายเสียง AM และใช้ย่านความถี่ระหว่าง 88 MHz ถึง 108 MHz สำหรับการส่งกระจายเสียง FM" และการตั้งสถานีวิทยุนั้นจะต้องใช้ความถี่ที่ห่างกันพอสมควร เพื่อที่จะให้ไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน



รูปที่ 2.5 เขตบริเวณการใช้สเปคตรัมการสื่อสารระหว่างประเทศ

ตามข้อตกลงระหว่างประเทศ ITU ได้แบ่งส่วนของโลกออกเป็น 3 ส่วนหรือ 3 บริเวณ (zone) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยมีวัตถุประสงค์ ที่จะให้เกิดมีการประสานการสื่อสารวิทยุระหว่างนานาประเทศ โดยได้ทำการประชุมตกลงกันเพื่อร่างข้อกำหนดในการใช้ย่านความถี่ต่าง ๆ สำหรับงานแต่ละงานไว้โดยเฉพาะของแต่ละบริเวณ ทั้งนี้เพื่อที่จะให้เครื่องมือการสื่อสารที่แต่ละประเทศสร้างขึ้นใช้นั้นสามารถใช้ร่วมกันระหว่างประเทศในบริเวณนั้นได้ และทำให้ประเทศต่าง ๆ สามารถทำการสื่อสารซึ่งกันและกันได้โดยสะดวก "สำหรับประเทศไทยเรานั้นอยู่ในบริเวณที่ 3"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนึ่งข้อตกลงการใช้สเปคตรัมการสื่อสารของ ITU นี้ มีไว้สำหรับการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปในบรรยากาศ หรือการสื่อสารวิทยุเท่านั้น ไม่รวมครอบคลุมไปถึงการสื่อสารตามสาย ที่ไม่มีการกระจายคลื่นไปในอากาศ ITU ได้แบ่งจำพวกของงานที่จะต้องมีการกำหนดย่านความถี่ของคลื่นไว้ 4 จำพวกใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

1. งานส่งกระจายเสียงทั่วไป (general broadcasing) ได้แก่ การส่งวิทยุของสถานี AM , FM และ TV เป็นต้น
2. งานบอกทางหาฝั่ง (navigational beacons) ได้แก่ การกำหนดใช้ความถี่ใช้สำหรับการกำหนดตำแหน่งและการหาฝั่งของเรือ
3. งานวิทยุสมัครเล่น (armature radio) งานจำพวกนี้นอกจากวิทยุสมัครเล่นแล้ว ยังมีขอบเขตครอบคลุมไปถึงพวก CB (citizen communication band) ด้วย
4. งานติดต่อขนส่ง (commercial trensportation communication) ได้แก่ การใช้วิทยุติดต่อระหว่างรถยนต์ ระหว่างเรือ หรือวิทยุการบิน รวมทั้งวิทยุโทรทัศน์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การตอบสนองความถี่และการกำเนิดความถี่

ความถี่ถือว่าเป็นตัวสำคัญเพราะเกี่ยวข้องกับการทำงานในด้านอิเล็คทรอนิคส์เกือบทุกแขนง อุปกรณ์ตัวสำคัญที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวกำเนิดความถี่หรือมีผลต่อการใช้ความถี่คือ R,L และ C โดยนำมาต่อเป็นแบบอันดับหรือแบบขนาน ก็สามารถนำไปใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่หรือวงจรตอบสนองความถี่ได้ ส่วนวงจรที่ต้องการความถี่ที่แน่นอนก็ใช้ผลึกควอทซ์เป็นตัวกำเนิดความถี่หรือตอบสนองความถี่ ความถี่ที่อุปกรณ์เหล่านี้กำเนิดขึ้นมาหรือที่ตอบสนอง เรียกความถี่ที่จุดนี้ว่าความถี่รีโซแนนซ์ อุปกรณ์ที่มีผลต่อความถี่รีโซแนนซ์คือL และ C เท่านั้น ส่วน R จะมีผลต่อขนาดความแรงของสัญญาณที่ตกคร่อมตัวมัน

การนำวงจรรีโซแนนซ์ไปใช้งานได้หลายชนิด เช่น

1. วงจรกำเนิดความถี่ (oscillator circuit)
2. วงจรรับความถี่ (tune circuit)
3. วงจรดักความถี่ (trap circuit)
4. วงจรกรองความถี่ (filter circuit)

3.1 วงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator Circuit)

การกำเนิดความถี่ก็คือการทำให้เกิดสัญญาณไฟกระแสสลับเปลี่ยนแปลงสลับไปมาตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ หรือกล่าวโดยทั่วไปก็คือ การแกว่งตัวของสิ่งต่าง ๆ ด้วยความแรงและความเร็วอย่างคงที่

ความถี่ที่ถูกกำเนิดขึ้นจะเป็นสัญญาณไซน์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับเวลา ความถี่ที่กำเนิดขึ้นมานั้นจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบดังนี้

1. มีการเคลื่อนที่ไปมาหรือมีการสั่นตัวของวัตถุ ถ้าเป็นทางด้านอิเล็คทรอนิคส์จะต้องมีการทำงานของวงจรที่สลับไปสลับมาของแรงดันและกระแสตลอดเวลา
2. การเคลื่อนที่ของการสั่นดังกล่าวจะต้องสัมพันธ์กับเวลา มีความคงที่สม่ำเสมอ
3. ถ้าระดับความแรงของคลื่นลดลงที่เรียกว่า คลื่นทรุด(damping wave)จะต้องมีการเสริมความแรงของคลื่นเพื่อให้เกิดความคงที่สม่ำเสมออยู่ตลอดไป

3.1.1 ความถี่ออสซิลเลเตอร์

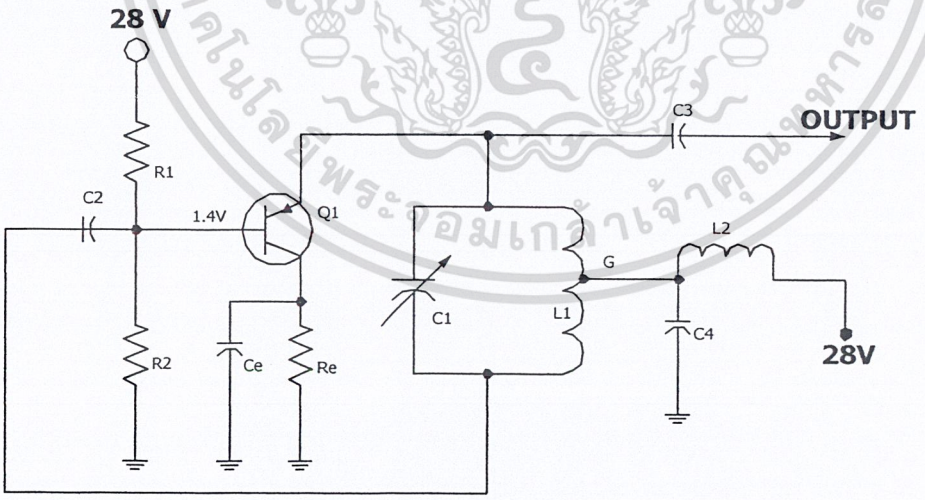
ในวงจรออสซิลเลเตอร์แบบจูน RF สัญญาณที่เอาท์พุทจะต้องมีความถี่เป็นความถี่รีโซแนนท์ของวงจร LC ซึ่งสำหรับค่าที่ใช้ในทางปฏิบัติในวงจร RF โดยที่ L มีขนาดเป็นไมโครเฮนรี่ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขนาดเป็นพิโคฟารัดจะได้ความถี่ของวงจรรีโซแนนซ์มีหน่วยเป็น จิกะเฮิรตซ์ (GHz) ในวงจรที่มีเสถียรภาพดี ๆ นั้น วงจรจูนควรจะต้องมีค่า Q สูงเพื่อป้องกันการเลื่อนของความถี่สัญญาณ นอกจากนี้ทั้ง L และ C ยังจะต้องมีคุณภาพดี นั้นคือ มีค่าคงที่ แม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปก็ตาม และการปรับปรุงให้แหล่งจ่ายไฟ มีเอาท์พุทที่คงที่ตลอดเวลาเป็นการช่วยปรับปรุงเสถียรภาพของความถี่ได้อีกทางหนึ่ง

1) ออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์

จุดสังเกตของวงจรนี้อยู่ที่วงจรจูน LC ที่มีการแท็ปคอยล์สำหรับเป็นวงจรคอยล์ป้อนกลับแทนที่จะเป็นคอยล์ทิกเกอร์แบบแยก จากรูปที่ 3.1 C_1 และ L_1 ประกอบกันเป็นวงจรจูน การแท็ปสัญญาณจากคอยล์ L_1 ที่จุด G ก็เพื่อเป็นทางจ่ายแรงดันคอลเลคเตอร์ L_2 ในวงจรคือ RF โช๊ค (Chock) จุดแท็ปสัญญาณ G จะต่ออยู่กับกราวนด์โดยมี C_4 เป็นตัวบายพาสสัญญาณคาปาซิเตอร์เอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์จะจ่ายออกที่ขาคอลเลคเตอร์ซึ่งมีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ V ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างจุด A บนคอยล์ L_1 เทียบกับจุด G ส่วนในด้านตรงข้ามกับจุดแท็ปแรงดันไฟสลับป้อนกลับเท่ากับ V_{BG} ซึ่งถูกคัปปลิ้งโดย C_2 ไปเข้ายังขาเบสของ Q_1 การป้อนกลับสัญญาณในลักษณะนี้จะเป็นแบบบวกเพราะจะมีความต่างเฟสกัน 180 เมื่อเทียบกับ V_{AG} ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะก่อให้เกิดการออสซอลเลทผลิตสัญญาณไฟสลับจ่ายออกมาที่เอาท์พุทด้วยความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร LC



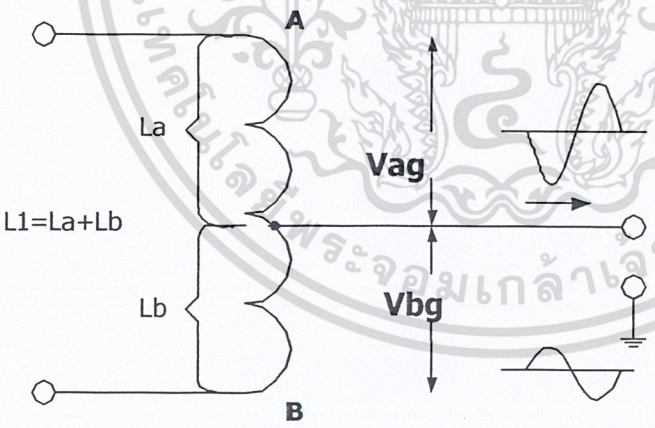
รูปที่ 3.1 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์, แท็ปคอยล์ที่จุด L_1 เพื่อป้องกันกลับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาระดับแรงดันไฟตรง V_c มีค่าเท่ากับ 28 V เพราะความต้านทานไฟตรงของคอยล์ RF , L_1 และ L_2 มีค่าน้อยมากไม่นำมาคำนวณก็ได้ ขาอิมิตเตอร์มีแรงดันไฟไบอัสตนเองเท่ากับ 1 V จาก R_E โดยมี C_E เป็นตัวรักษาเสถียรภาพของการไบอัส แรงดันไฟฟ้าฟอร์เวิร์ด ที่ขาเบสจ่ายผ่าน ซึ่งแบ่งมาจากแหล่งจ่ายไฟ +28 V ดังนั้นค่า V_{BE} = 1.4 - 1.0 = 0.4 V ซึ่งน้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าคัทออฟ 0.5 V แต่ค่าแรงดันยอดด้านบวกของแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับจะขับให้ขาเบสมีระดับแรงดันไฟฟฟ้าเป็นบวกซึ่งสามารถทำให้ Q_1 นำกระแสไฟฟ้าและวงจรเกิดการออสซิลเลทได้

การกลับเฟสของสัญญาณด้วยแท็ปคอยล์

การแท็ปสัญญาณของ L_1 จะช่วยให้เกิดการป้องกันแบบบวกดังแสดงในรูปที่ 3.2 ก่อนอื่นพิจารณาส่วนของ L_1 ซึ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ L_A และ L_B วิเคราะห์การไหลของกระแสอิเล็กตรอนเข้าไปยังจุด A จะเห็นว่าทิศทางการไหลผ่านคอยล์ L_A ระหว่างจุด A กับจุด G แล้วไหลไปสู่แหล่งจ่ายไฟ +V ซึ่งในกรณีนี้คอยล์ L_B ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องใด ๆ กับทิศทางการไหลของกระแส แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองส่วนก็ต่อเนื่องกันอยู่ ดังนั้น L_B จึงเป็นตัวหม้อแปลงคัปปลิ้งสัญญาณไปสู่ L_A ได้



รูปที่ 3.2 เฟสของแรงดันไฟฟ้าในแท็ปคอยล์ L_B จะต่างเฟส 180 เมื่อเทียบกับคอยล์ L_A

ในการแปรผันของแรงดันไฟสลับ สมมุติให้ มีค่าเพิ่มขึ้นตามกฎของเลนซ์ จะได้ว่าเกิดการเหนี่ยวนำของตัวเองขึ้น เกิดแรงดันไฟฟ้า ซึ่งมีขั้วเป็นลบที่จุดกึ่งกลาง เพื่อต่อต้านการเพิ่มขึ้นของสนามแม่เหล็ก ยิ่งกว่านั้นแรงดันที่เหนี่ยวนำขึ้นมานี้จะส่งผลให้คอยล์ทั้งหมดมีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ และเนื่องจากลักษณะของการพันคอยล์แบบไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงมีสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนกันตลอดทั้งคอยล์ จุดกึ่งกลาง ถือว่าเป็นจุดปลายสุดของแรงดันไฟลบที่เหนี่ยวนำขึ้นมาเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่น ๆ หรือขดถัดมาด้านล่าง (ตามรูป) ส่วนจุด R เมื่อพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นมาจุด B จะมีแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับขดถัดไปที่อยู่เหนือขึ้นไป (ตามรูป) ดังนั้นทั้งจุด A และ B จึงทีขั้วตรงกันเสมอเมื่อเทียบกับแท็ปนั่นคือ และ จะมีเฟสของสัญญาณต่างกัน 180 เสมอ ในขณะที่จุดหนึ่งเป็นลบมากที่สุด อีกจุดหนึ่งก็จะมีเฟสเป็นบวกมากที่สุด เนื่องจากจุดแท็ป ต่ออยู่กับกราวนด์เพราะฉะนั้น จึงเป็นแรงดันสัญญาณไฟสลับที่มีขั้วตรงกันข้ามกันเสมอเมื่อเทียบกับจุดกราวนด์

2)ออสซิลเลเตอร์แบบคอลพิทส์

ลักษณะที่เด่นชัดของวงจรชนิดนี้ก็คือ มีคาปาซิทีปโวลเตจดีไวเดอร์ สำหรับการป้อนกลับสัญญาณอยู่อย่างชัดเจน ดังรูปที่ 3.3 (วงจรโวลเตจดีไวเดอร์) คือวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าตกตร่อมที่ใช้งานกันบ่อยได้แก่รีซีสเตอร์โวลเตจดีไวเดอร์)และประกอบกันขึ้นเป็นวงจรดีไวเดอร์อนุกรมตกคร่อมคอยน์ ในส่วนของวงจรคอลเลคเตอร์ และแรงดันไฟฟ้าที่คร่อม จะถูกป้อนกลับแบบบวกไปยังขาเบส

จุดต่อระหว่าง C_a และ C_b จะถูกต่อลงกราวนด์ ดังนั้นจึงเป็นเสมือนว่าวงจรคาปาซิทีปโวลเตจดีไวเดอร์ นั้นเป็นวงจรเทียบเท่ากับการแท็ปคอยล์ สำหรับสัญญาณของวงจรออสซิลเลเตอร์แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า จะมีขั้วตรงกันข้ามกันเมื่อเทียบกับจุดกราวนด์ การป้อนกลับแบบบวกของ C_a และ C_b จะถูกคัปปลิ้งโดย C_2 ซึ่งในขณะเดียวกัน ก็จะทำการป้องกันสัญญาณแรงดันไฟตรงจากขาคอลเลคเตอร์ไม่ให้ผ่านไปสู่ขาเบสได้

เอาท์พุทของวงจรจะถูกคัปปลิ้งโดยคอยล์ L_1 ไปสู่วงจรภาคถัดไป วงจรดังรูปใช้การป้อนสัญญาณแบบขนานโดยสัญญาณแรงดันไฟฟ้าคอลเลคเตอร์ถูกป้อนผ่าน L_1 ซึ่งคือโช๊คที่มีหน้าที่ป้องกันการลัดวงจรของสัญญาณจากวงจรออสซิลเลเตอร์ผ่านเข้าไปยังแหล่งจ่ายไฟ

จากวงจรดังรูปทราบว่าคาปาซิแตนซ์ของวงจรรีโซแนนซ์ ถูกแบ่งไปในวงจรออสซิลเลเตอร์ ดังนั้นการปรับแรงดันไฟฟ้าของวงจรจึงเปลี่ยนมาใช้การปรับแต่งโดย L_1 แทนหรือมิฉะนั้นแล้ว จะต้องต่อกันแบบแก็งค์ (Ganged capacitance)

3) ออสซิลเลเตอร์แบบควบคุมแรงดันไฟฟ้า

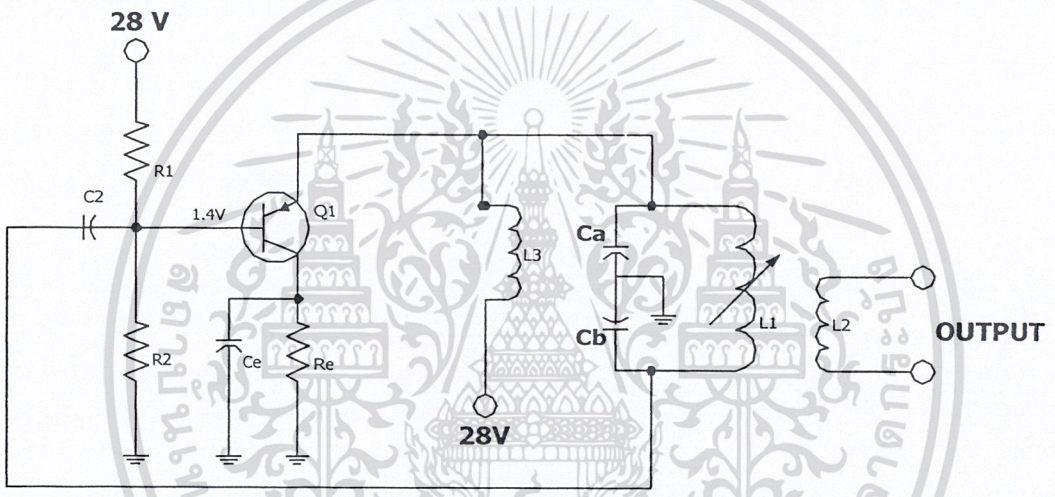
โดยทั่ว ๆ ไปมักจะเรียกกันสั้น ๆ ว่า หรือโวลเตจคอนโทรลออสซิลเลตอร์ เป็นวงจรที่ใช้สำหรับการปรับแต่งความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ซึ่งวิธีการที่ใช้คือ ใช้คาปาซิทีฟไดโอดแบบสารกึ่งตัวนำ หรือที่เรียกกันว่า วาริแค็ป (Varicap) หรือวาแร็กเตอร์ (Varactor) คุณสมบัติของไดโอดชนิดนี้คือค่าคาปาซิแตนซ์จะแปรผันตามแรงดันไฟฟ้ารีเวิร์ดที่ป้อนให้กับตัวมันเอง ดังนั้นเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อวาแร็กเตอร์ไดโอด ในวงจรของออสซิลเลเตอร์ จึงทำให้มีคุณสมบัติในการปรับความถี่ได้โดยการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมไดโอด

4) วาแร็กเตอร์ไดโอด

รอยต่อ เมื่อถูกป้อนด้วยแรงดันไฟฟ้ารีเวิร์ด จะทำให้มีคุณสมบัติเป็นคาปาซิเตอร์ได้ และอิเลคโตรดเปรียบได้กับแผ่นตัวนำสอบแผ่นที่ประกอบกันอยู่โดยมีย่านปลอดประจุของรอยต่อแทรกอยู่ซึ่งย่านปลอดประจุนี้เป็นเสมือนแถบต้านทาน เพราะไม่มีประจุไฟฟ้าอิสระใด ๆ เคลื่อนที่ผ่านไปได้ ค่าคาปาซิแตนซ์มีค่าประมาณ 80 หรือสูงกว่า สำหรับแรงดันไฟฟ้ารีเวิร์ดที่ป้อน



รูปที่ 3.3 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบคอลพิทท์ และวงจรคาปาซิทิฟโวลเตจดีไวเดอร์

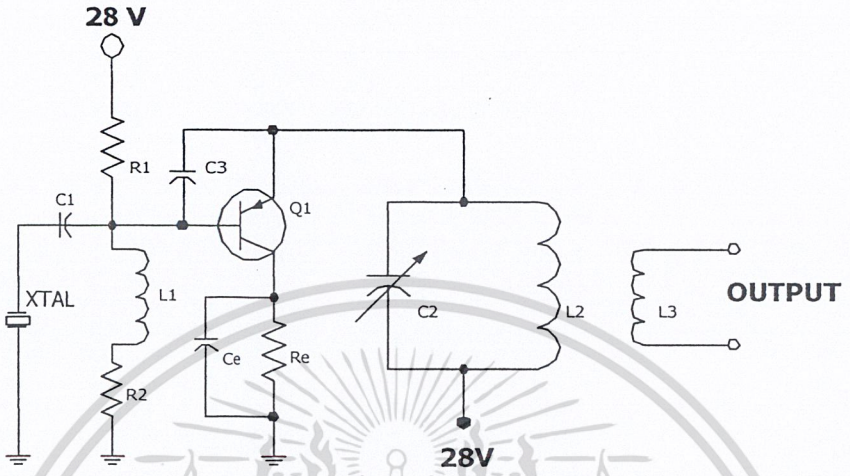
4) คริสตอลออสซิลเลเตอร์

การผลิตออสซอสเลเตอร์ชนิดนี้มักจะใช้ ผลึกควอทซ์ (Quartz Crystal) เป็นวัตถุดิบ ในกรณีที่ต้องการความเที่ยวตรงสูงในการควบคุมความถี่ที่ความถี่รีโซแนนซ์คริสตัลมีคุณสมบัติเหมือนกับเป็นอิเลคโตรเมคคานิคคอลออสซิลเลเตอร์ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับวงจรจูน แต่ทว่ามีค่า สูงกว่า ดังนั้นจึงสามารถใช้ทดแทนวงจร ในวงจรออสซิลเลเตอร์ได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปนั้นตัวคริสตอลออสซิลเลเตอร์จะใช้ประกอบอยู่ในอุปกรณ์ที่สามารถจะพกพาติดตัวได้เช่น วิทยุมือถือหรือวิทยุสื่อสารย่านความถี่ เป็นต้น โดยใช้ได้ทั้งในเครื่องรับและเครื่องส่ง นอกจากนี้อุปกรณ์เครื่องส่งกระจายเสียงวิทยุต้องใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์เพราะความจำเป็นในการควบคุมความถี่ที่แน่นอน มีเสถียรภาพสูงและมีความผิดเพี้ยนต่ำที่สุดความถี่ที่ผลิตจากคริสตอลออสซิลเลเตอร์ จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มีความผิดเพี้ยนน้อยกว่า 1 ต่อ 10 สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดต่างแหล่งกำเนิดสัญญาณมักจะใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์สำหรับปรับแต่งความถี่ภายในเครื่องเป็นต้น



รูปที่ 3.4 วงจรคริสตัลออสซิลเลเตอร์

4.1) วงจรกำเนิดความถี่แบบคริสตัล (Crystal Oscillator)

เครื่องกำเนิดความถี่แบบนี้นิยมใช้มากที่สุด เพราะมีเสถียรภาพสูงและมีความถี่คงที่ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวสร้างสัญญาณมาตรฐานไว้ตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์บางชนิด

คริสตัล มีความหมายว่าผลึก ก็คือผลึกบางชนิดที่นำมาใช้งานได้ เช่น ควอทซ์ ทัวร์มาลิน และเกลือหินโรเซลล์ เหล่านี้เรียกว่า พิโซ อิเล็คทริก (piezo-electric) มีคุณสมบัติสองชนิดคือ

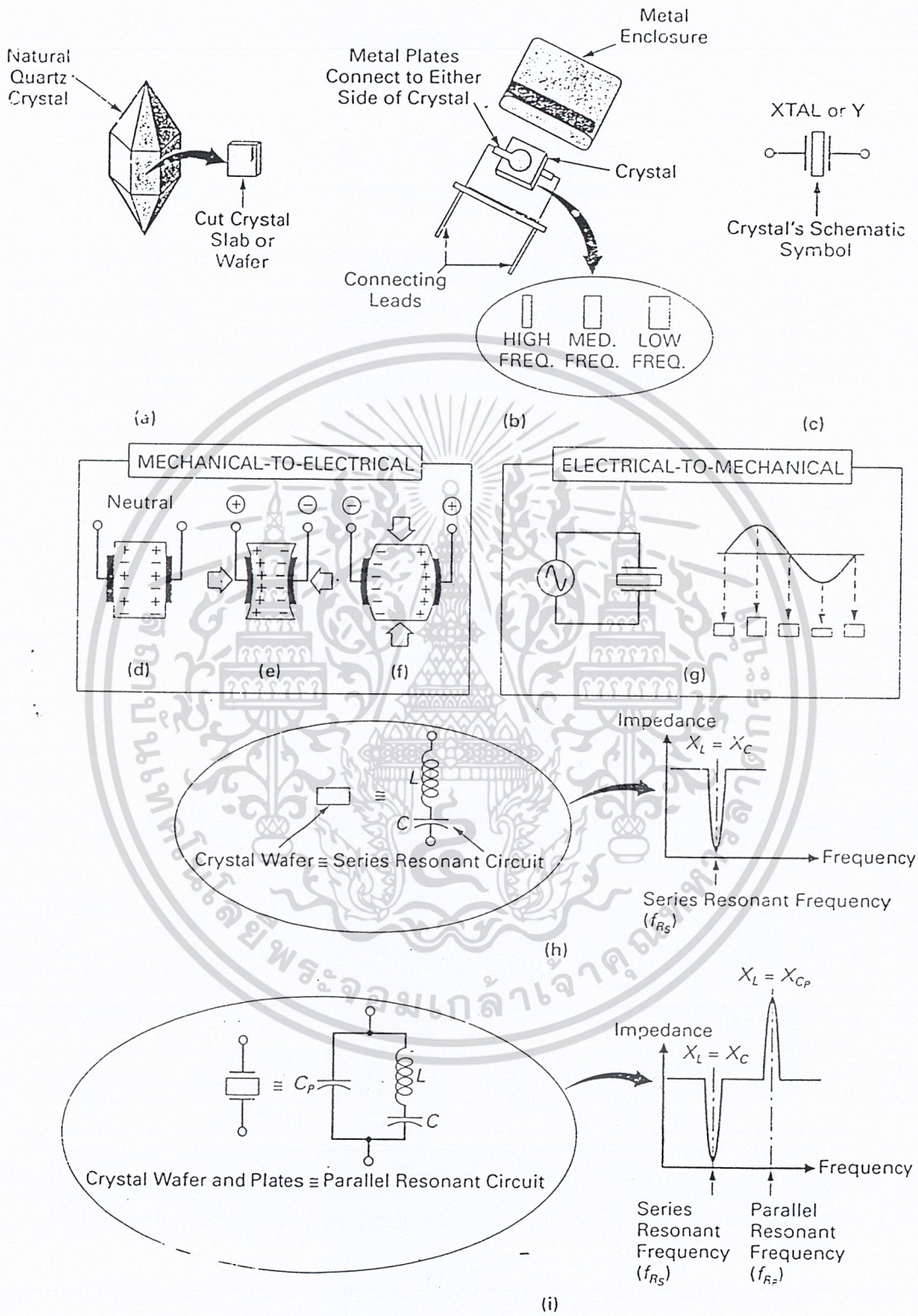
1. ถ้าวางคริสตัลบนแผ่นโลหะ 2 แผ่นและออกแรงกดบนแผ่นโลหะทั้งสองในทิศทางตรงข้ามกันจะเกิดแรงดันที่แผ่นโลหะทั้งสอง

2. ถ้าป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าที่แผ่นโลหะทั้งสองจะทำให้คริสตัลสั่น เกิดความถี่ขึ้นมา

นั่นคือคริสตัลสามารถเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าและเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ ตามปกติตัวคริสตัลจะถูกบรรจุไว้ในกล่องอย่างเรียบร้อยเมื่อ ต่อขาจากแผ่นโลหะทั้งสองที่ประกบติดคริสตัลออกมาภายนอก มีสปริงกดแผ่นโลหะทั้งสองให้ประกบแน่นกับแผ่นคริสตัล ความถี่ที่ได้นี้จะขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นคริสตัล ถ้าหนาความถี่จะต่ำ ถ้าบางความถี่จะสูง ความถี่เปลี่ยนแปลงไปบ้างขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของคริสตัลและความถี่ที่อยู่รอบ ๆ

คุณสมบัติของคริสตัลจะคล้ายกับวงจรรีโซแนนซ์ ที่สามารถเขียนวงจรสมมูลย์ได้ดังรูปที่ 3.5 A คริสตัลที่ใช้งานทั่วไปทำมาจากผลึกควอทซ์ จำพวกซิลิกอนไดออกไซด์ มีลักษณะเหมือนแก้ว รูปร่างของผลึกจะมี 6 เหลี่ยมเหมือนปริซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
86852



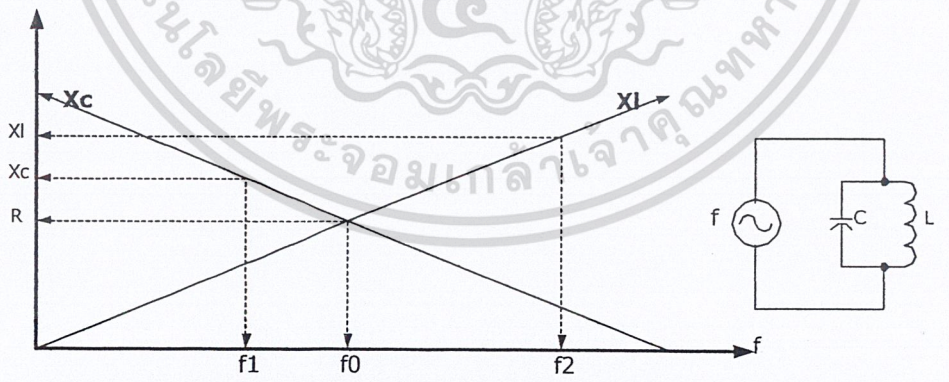
รูปที่ 3.5 รูปทั่วไปของคริสตัล คุณลักษณะและการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไป คริสตัลมีความถี่ของสัญญาณที่สามารถออสซิลเลทออกมาได้ที่ความถี่ที่แน่นอนค่าหนึ่ง ๆ ไปมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 30 หรืออาจจะใช้การต่อร่วมกับวงจรภายนอกอื่น ๆ เพื่อให้ได้ค่าความถี่ของสัญญาณต่าง ๆ กัน สำหรับที่ต้องการต่อร่วมกับวงจรทวีคูณความถี่(Frequncy Multiplier Circuit) ซึ่งอาจเป็นวงจรจูนความถี่ 2 เท่าและ 3 เท่าก็ได้ วงจรขยายสัญญาณดังรูปใช้วงจรจูน เพื่อปรับระดับความถี่ของสัญญาณให้ได้ความถี่ฮาร์โมนิคของคริสตัลออสซิลเลเตอร์ ตัวอย่างเช่น เอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์เป็นสัญญาณความถี่ 15 สามารถถูกเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้นเป็น 45 ได้โดยใช้วงจรทวีคูณความถี่แบบ 3 เท่าได้ สำหรับในกรณีที่ต้องการลดความถี่ลงให้ต่อร่วมกับวงจรหารความถี่ได้โดยความถี่เอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์จะถูกหารให้มีค่าน้อยลงจนได้ค่าความถี่ที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น เอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์ มีค่าเท่ากับ 1000 สามารถถูกหารให้ลดลงโดยใช้วงจรหารความถี่ด้วย 100 ทำให้ได้ความถี่ 10 ตามต้องการ

3.2. วงจรรับความถี่ (Tune Circuit)

วงจรรับความถี่เป็นวงจรกำหนดความถี่ผ่าน ความถี่ที่จะผ่านวงจรรับความถี่ได้จะต้องตรงกับการตอบสนองความถี่ของวงจร คือตรงกับจุดรีโซแนนซ์ วงจรรับความถี่จะประกอบด้วย L และ C ต่อขนานกันเป็นวงจรรีโซแนนซ์แบบขนานซึ่งอาศัยคุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าสลับของตัวเหนี่ยวนำ (inductivereactance;X_L) และความต้านทานไฟสลับของตัวเก็บประจุ (capacitive reactance;X_C) ซึ่งมีคุณสมบัติตรงข้ามกัน สามารถเขียนเป็นกราฟได้ตามรูป

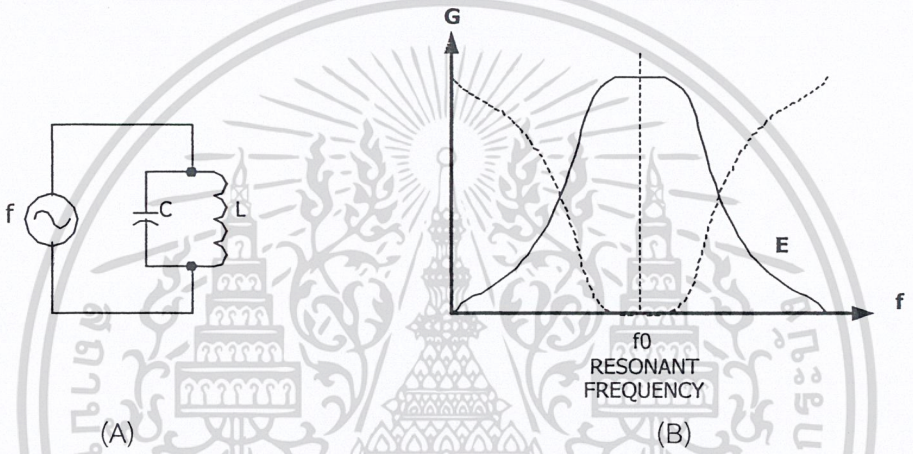


รูปที่ 3.6 กราฟคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของวงจรรีโซแนนซ์แบบขนาน

จากรูปที่ 3.6 เมื่อป้อนความถี่ให้กับวงจรรีโซแนนซ์แบบขนานจะทำให้คุณสมบัติในตัว L และ C เปลี่ยนแปลง ตามการเปลี่ยนความถี่ที่ป้อนให้กับวงจร คือถ้าป้อนความถี่ตั้งแต่ต่ำไปหาสูง ในขณะความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่รีโซแนนซ์ป้อนเข้ามา คุณสมบัติของ C จะมีค่าความต้านทานต่อความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูง ส่วน L จะมีค่าความต้านทานน้อย (X_C มาก X_L น้อย) และเมื่อค่อยปรับค่าความถี่สูงขึ้น X_L จะค่อยสูงขึ้นตาม ส่วน X_C จะค่อยลดลง จนถึงค่าความถี่ค่าหนึ่งที่ X_C และ X_L มีค่าเท่ากัน เรียกจุดนี้ว่าจุดรีโซแนนซ์และเรียกความถี่ที่ทำให้เกิดจุดนี้ว่า ความถี่รีโซแนนซ์ ที่จุดรีโซแนนซ์ X_L จะมีค่าเท่ากันกับ X_C และทั้งสองมีค่าตรงข้ามกันทำให้หกล้างกันหมดไป วงจรจึงแสดงเฉพาะค่า R เท่านั้น(X_L =X_C=R)และเมื่อความถี่สูงขึ้นมากกว่าจุดรีโซแนนซ์จะทำให้ X_L มากขึ้น และ X_C ต่ำลงน้อยกว่า X_L (X_L มาก X_C น้อย)



รูปที่ 3.7 แรงดันและกระแสเกิดขึ้นในวงจรรีโซแนนซ์ขนาน

การนำคุณสมบัติของวงจรรีโซแนนซ์แบบขนานใช้งานเป็นวงจรรับความถี่จะใช้คุณสมบัติในช่วงความถี่รีโซแนนซ์เพราะที่จุดนี้ วงจรจะให้ค่าความต้านทานสูงสุด มีสัญญาณตกคร่อมวงจรสูงสุด เราจะนำสัญญาณที่ได้ไปใช้งาน

3.3. **วงจรดักความถี่** (Trap circuit)

วงจรดักความถี่เป็นวงจรที่จะเป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวน หรือสัญญาณที่ไม่ต้องการทิ้ง คุณสมบัติของวงจรดักความถี่จะตรงข้ามกับคุณสมบัติของวงจรรับความถี่ คือความถี่ทุก ๆ ความถี่ผ่านได้หมด ยกเว้นความถี่เรโซแนนท์ของวงจรจะถูกตัดทิ้ง ส่วนมากวงจรดักความถี่จะนิยมใช้วงจรเรโซแนนท์แบบอันดับ จะอาศัยคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของ L และ C คือค่า X_L และ X_C จะเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ที่ป้อนเข้ามาอาศัยกราฟคุณสมบัติตามรูปที่ 3.6 คุณสมบัติของวงจรเรโซแนนท์แบบอันดับก็มีผลเช่นเดียวกันตามกราฟรูปที่ 3.8 B จุดที่จะนำไปใช้งานก็เป็นจุดที่ป้อนความถี่เข้ามาตรงกับความถี่เรโซแนนท์ ซึ่งก็จะมีค่า X_L = X_C = R เช่นกัน แต่จุดรีโซแนนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1. กรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

3.4.2. กรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)

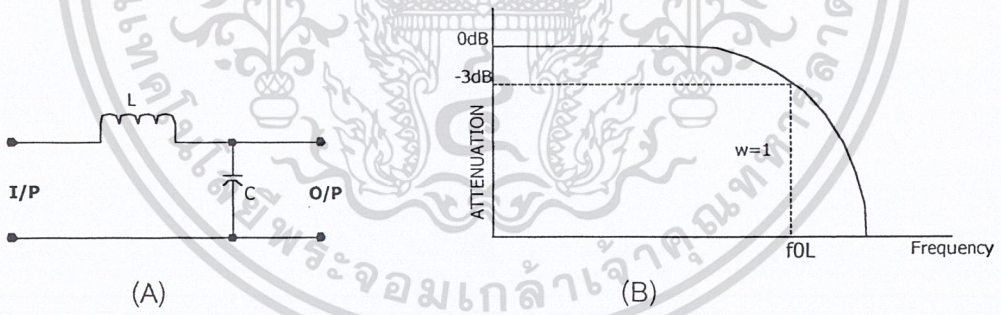
3.4.3. กรองย่านความถี่ผ่าน (Band Pass Filter)

3.4.4. กรองย่านความถี่ไม่ผ่าน (Band Stop Or Band Elimination Filter)

3.4.1.กรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดให้ความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่กำหนดไว้ผ่านได้ ถ้าความถี่ที่สูงกว่าค่าความถี่ที่กำหนดไว้จะผ่านไม่ได้

จากรูปที่ 3.9 เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยมี L ต่ออันดับกับวงจรและมี C ต่อขนานกับวงจรตามรูป 3.9A และได้คุณสมบัติของวงจรตามรูป 3.9 B

คุณสมบัติของวงจร เมื่อป้อนความถี่ต่ำเข้าวงจร L จะมีค่า X_L ต่ำ C จะมีค่า X_C สูงทำให้ความถี่ต่ำ ๆ ผ่าน L ได้สะดวก จึงมีความถี่ออกเอาท์พุทได้มาก ไม่มีความถี่ถูกผ่านลงกราวด์ เมื่อค่อย ๆ ปรับความถี่ให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ L จะมีค่า X_L ค่อย ๆ มาก C จะมีค่า X_C ค่อย ๆ น้อยลงทำให้ความถี่ผ่าน L ได้น้อยลง และ C ก็ทำให้ความถี่ถูกกรองลงกราวด์ได้มากขึ้น ความถี่จะผ่านออกเอาท์พุทค่อย ๆ ลดลงจนระดับความแรงของสัญญาณลดลงจากเดิมเหลือเพียง 70.7% หรือลดลงจากปกติเหลือน้อยกว่า –3 dB เรียกย่านนี้ว่าย่านความถี่คัทออฟ (Cut Off Frequency)

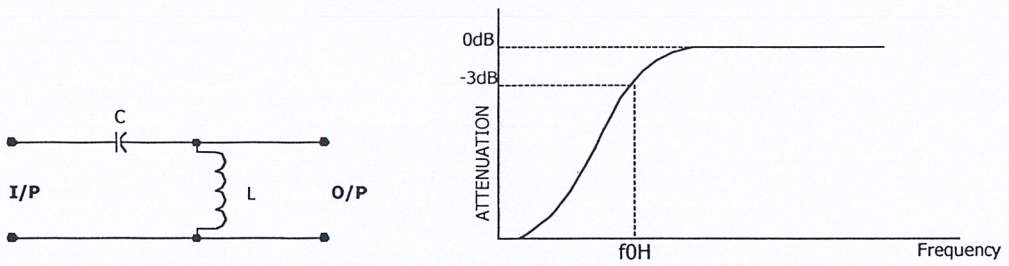


รูปที่ 3.9 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

3.4.2. กรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดให้ความถี่ที่สูงกว่าความถี่ที่กำหนดไว้ผ่านได้ ส่วนความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ที่กำหนดไว้จะผ่านไม่ได้

จากรูปที่ 3.10 เป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่าน จะมี C ต่ออันดับกับวงจรและมี L ต่อขนานกับวงจร ตามรูป 3.10 A และได้คุณสมบัติของวงจรตามรูป 3.10 B

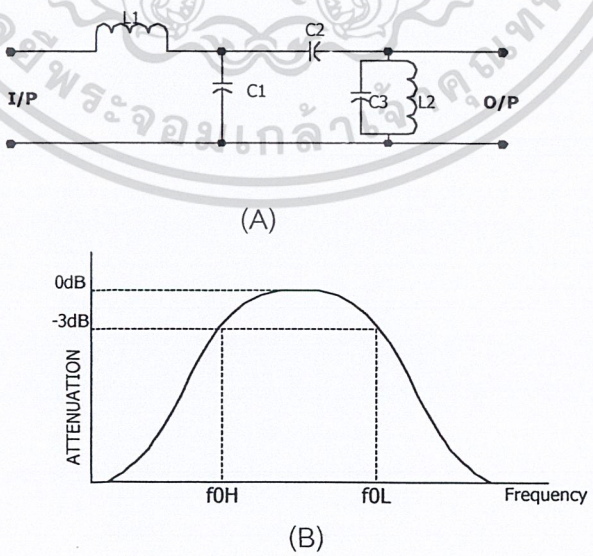
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) (B)

รูปที่ 3.10 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน

การทำงานของวงจร เมื่อความถี่ต่ำป้อนเข้ามา ตัว C จะมีค่า X_C สูงต้านความถี่ให้ผ่านตัวมันได้น้อย ตัว L มีค่า X_L ต่ำยอมให้ความถี่ผ่านลงกราวด์ได้ง่าย ทำให้ความถี่ต่ำผ่านวงจรได้ยากจะถูกตัดทิ้งลงกราวด์หมด เมื่อความถี่ที่ป้อนเข้ามาค่อย ๆ สูงขึ้น ทำให้ค่า X_C ค่อย ๆ ต่ำลงยอมให้ความถี่ผ่านได้มากขึ้น และค่า X_L จะค่อย ๆ สูงขึ้นต้านความถี่ให้ลงกราวด์ได้น้อยลง ทำให้ความถี่ถูกผ่านออกเอาท์พุทมากขึ้น จนถึงค่าระดับความแรงประมาณ 70.7% จากความแรงสูงสุด 100% ระดับนี้เองเรียกว่าความถี่คัทออฟ (Cut Off Frequency) เมื่อความถี่ที่ป้อนเข้ามาสูงกว่าค่าความถี่คัทออฟนี้ ค่า X_C จะยอมให้ความถี่ผ่านออกเอาท์พุทได้สะดวกและค่า X_L จะต้านความถี่ไม่ให้ลงกราวด์ จึงมีความถี่ผ่านออกเอาท์พุทได้ทั้งหมด ได้กราฟออกมาตามรูป



(A)

(B)

รูปที่ 3.11 วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

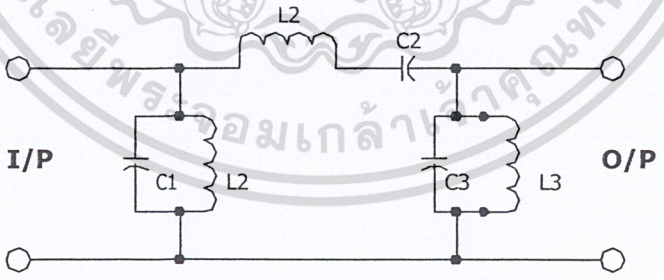
ถ้าต้องการให้วงจรมีคุณภาพดีขึ้นก็อาจจะต่อวงจรเป็นแบบชนิด “T” หรือชนิด “π” ก็ได้ หรืออาจต่อวงจรมากกว่า 1 ชุดก็ได้

3.4.3. **กรองย่านความถี่ผ่าน** (Band Pass Filter) วงจรกรองความถี่แบบนี้จะยอมให้ความถี่ผ่านได้ในย่านที่กำหนดไว้ ถ้าความถี่ที่ป้อนเข้ามาต่ำกว่าหรือสูงกว่าย่านที่กำหนดไว้จะผ่านวงจรไปไม่ได้

จากรูป 3.11A เราสามารถสร้างวงจรกรองย่านความถี่ได้โดยการนำวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านมาต่อรวมกับวงจรกรองความถี่สูงผ่าน ทำให้สามารถกำหนดความถี่ในย่านที่ผ่านได้ย่านหนึ่งจากคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ทั้งสองหรืออาจใช้จากวงจรเรโซแนนท์ทั้งแบบขนานและแบบอันดับต่อรวมกันดังรูป ก็ได้

จากรูปที่ 3.12 การจัดวงจรให้เป็นวงจรกรองย่านความถี่ผ่านทำได้โดยการกำหนดค่าการตอบสนองความถี่ของวงจรรีโซแนนท์แบบอันดับ และแบบขนานให้ตรงกัน คุณสมบัติวงจรรีโซแนนท์ แบบขนานถ้าความถี่ที่ต่ำกว่าและสูงกว่าค่าตอบสนองความถี่ของวงจร ความถี่จะถูกบายพาสลงกราวด์ไม่ออกเอาท์พุท ถ้าความถี่ที่ป้อนตรงกับความถี่รีโซแนนท์จะมีศักย์ตกคร่อมวงจรเรโซแนนท์แบบขนานสูงสุด จึงมีสัญญาณส่งออกเอาท์พุทสูง

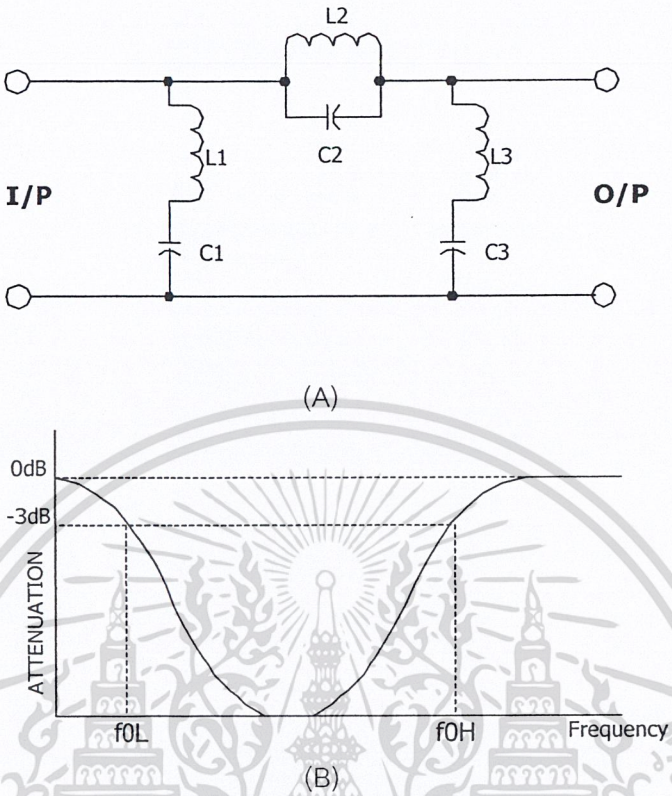
คุณสมบัติของวงจรรีโซแนนท์แบบอันดับ ถ้าความถี่ที่ป้อนเข้ามาต่ำกว่าและสูงกว่าความถี่เรโซแนนท์จะผ่านวงจรได้ยาก ส่วนความถี่เรโซแนนท์ป้อนเข้ามาวงจรจะมีค่าความต้านทานต่ำต่อความถี่นี้ ความถี่จึงผ่านออกเอาท์พุทได้มาก เมื่อปรับค่าการตอบสนองความถี่ที่ตรงกันทั้งรีโซแนนท์อันดับ และรีโซแนนท์ขนาน ทำให้สามารถกำหนดย่านผ่านของความถี่ได้ตามต้องการ



รูปที่ 3.12 วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน

3.4.4. **กรองย่านความถี่ไม่ผ่าน** (Band Stop Or Band Elimination Filter) วงจรกรองความถี่แบบนี้จะมีคุณสมบัติตรงข้ามกับแบบกรองย่านความถี่ผ่าน โดยจะไม่ยอมให้ความถี่ต่าง ๆ ในย่านที่กำหนดไว้ผ่าน แต่ถ้าความถี่ที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่กำหนดไว้จะผ่านไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่าน

จากรูป 3.13 การต่อวงจรจะตรงข้ามกับแบบวงจรกรองย่านความถี่ผ่าน มีวงจรรีโซแนนท์แบบขนานต่ออันดับกับวงจร วงจรรีโซแนนท์แบบอันดับต่อขนานกับวงจร ตามรูป 3.13A. โดยกำหนดจุดรีโซแนนท์ให้เท่ากันทุกวงจร

คุณสมบัติของวงจรรีโซแนนท์แบบขนานคือ เมื่อความถี่ที่ป้อนเข้ามามีค่าความถี่ต่ำกว่าและสูงกว่าค่าความถี่เรโซแนนท์ของวงจรแบบขนาน จะผ่านวงจรเรโซแนนท์แบบขนานได้ง่าย เพราะความต้านทานวงจรเรโซแนนท์จะมีค่าต่ำ เมื่อความถี่ที่ป้อนเข้ามาตรงกับความถี่เรโซแนนท์ของวงจรจะผ่านวงจรเรโซแนนท์แบบขนานไม่ได้เพราะความต้านทานของวงจรจะสูง

คุณสมบัติของวงจรรีโซแนนท์แบบอันดับ ถ้าความถี่ที่ป้อนเข้ามาต่ำและสูงกว่าความถี่เรโซแนนท์จะผ่านวงจรเรโซแนนท์แบบอันดับได้ยาก เพราะวงจรมีความต้านทานสูง ถ้าความถี่ที่ป้อนเข้ามาตรงกับความถี่รีโซแนนท์ จะผ่านวงจรรีโซแนนท์แบบอันดับได้ง่าย เพราะวงจรมีความต้านทานต่ำ เมื่อวงจรรีโซแนนท์ทั้งสองมีค่าตอบสนองความถี่เท่ากัน จะทำให้การกำหนดความถี่ผ่านและไม่ผ่านเท่ากัน สามารถกำหนดย่านความถี่ได้ถูกต้อง

ประโยชน์ของวงจรรีโซแนนท์ สามารถนำไปใช้งานในด้านอิเล็คทรอนิกส์ได้มากมายพอสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กำเนิดความถี่ทั้งความถี่เสียง ความถี่วิทยุ ใช้งานด้านการสื่อสาร

2. เลือกรับความถี่ใดความถี่หนึ่งไปใช้งานได้ถูกต้อง

3. แยกความถี่ต่าง ๆ ออกได้โดยไม่ปะปนกัน หรือรบกวนกัน

4. กำจัดความถี่ที่ไม่ต้องการหรือความถี่รบกวนออกไปได้

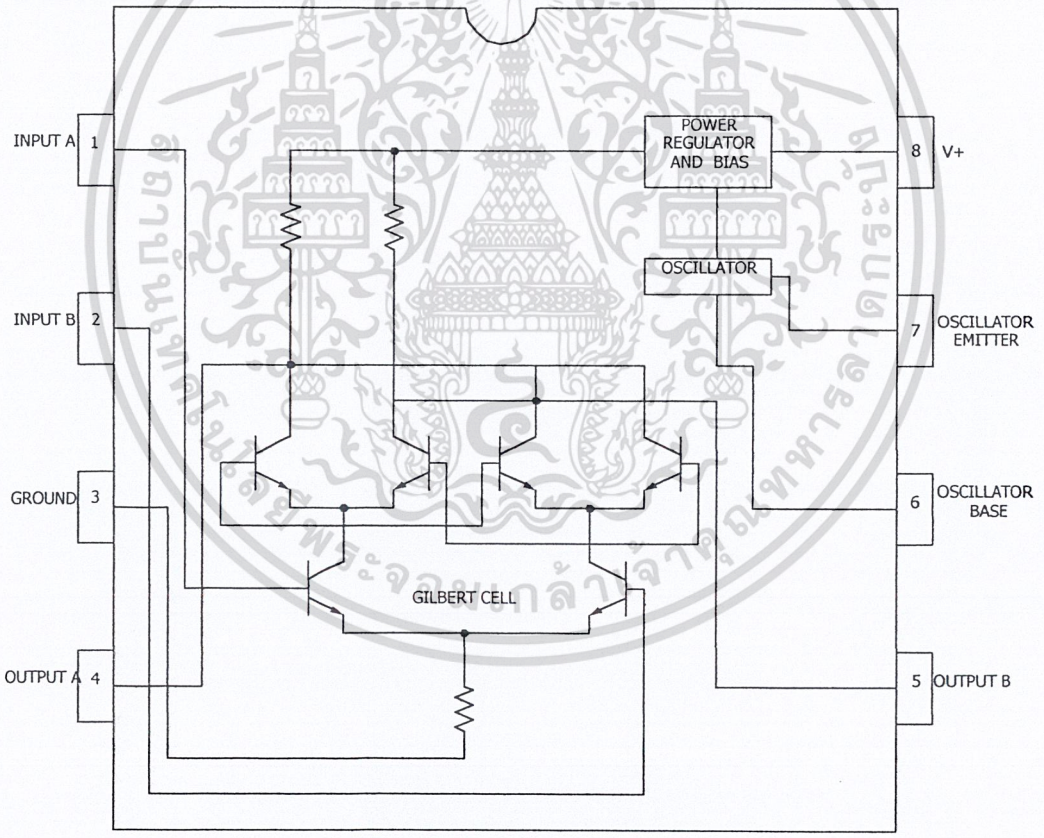
5. กำหนดย่านความถี่ที่เราต้องการและไม่ต้องการให้ผ่านออกเอาท์พุทหรือไม่ให้ผ่านออกเอาท์พุทได้

6. ใช้เป็นวงจรเรียงกระแส (Rectifier) คือทำไฟ AC ให้เป็นไฟ DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การใช้งานไอซี NE 602และการประยุกต์ใช้ในวงจรแปลงความถี่

ไอซี NE-602/SA-602 เป็นวงจรรวมที่ประกอบด้วย วงจรผสมสัญญาณบาลานซ์คู่ (Dubble Balance Mixer;DBM) วงจรกำเนิดความถี่ และวงจรเร็กกูเลเตอร์ รวมอยู่ในไอซีแปดขา (รูปที่ 4.1) ภาค DBM สามารถทำงานที่ความถี่ถึง 500 MHz ขณะที่ภาคกำเนิดความถี่ภายในสามารถทำงานที่ค่าความถี่ถึง 200 MHz โดยทั่วไป ไอซีเบอร์นี้ใช้ในเครื่องรับ HF และ VHF เครื่องแปลงความถี่ และเครื่องแปลความถี่ โดยทำหน้าที่เป็นตัวสร้างสัญญาณร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น แอล-ซี วงจรกำเนิดความถี่แบบปรับค่าความถี่ได้ (Variable Frequency Oscillator ; VFO) หรือตัวกำเนิดความถี่แบบแร่ผลึก (XTAL)



รูปที่ 4.1 ภายในของไอซี NE 602 และขาต่าง ๆ

ด้วยสาเหตุที่ NE-602 ประกอบด้วยภาคผสมสัญญาณและภาคกำเนิดความถี่ในตัว ดังนั้นมันจึงสามารถทำงานเป็นภาคฟร้อนท์เอนด์ของเครื่องรับได้ โดยมีลักษณะเด่นที่มีค่าน้อยซ์ฟิกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำประมาณ 5 dB ที่ความถี่ 45 MHz มีระดับสัญญาณ 12.6 mV ที่ค่าความต้านทานโหลด 50 โอห์ม และ 68 โอห์มที่ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ 1500 โอห์ม ทั้งยังสามารถทำให้มีมีค่าความไว 2mV ในวงจรภาครับโดยปราศจากการขยายด้วยวงจรขยายอาร์เอฟภายนอก

4.1 การแปลงและการแปลค่าความถี่ (Frequency Convertion/Translation)

กระบวนการในการแปลงค่าความถี่เราเรียกว่า การทำเฮทเทโรดายซ์ โดยเมื่อสัญญาณที่มีค่าความถี่ต่างกันสองสัญญาณ (F1,F2) ถูกผสมรวมกันด้วยวงจรผสมไม่เชิงเส้น ความถี่ที่มีค่าต่าง ๆ กันจะปรากฏขึ้นที่เอาท์พุทของวงจรดังนี้ F1, F2 , nF1+mF2 และ nF1-mF2 โดยที่ n และ m เป็นค่าจำนวนเต็ม (ในกรณีทั่วไปค่า n และ m จะมีค่าเท่ากับ 1) ถ้าสัญญาณที่นำมาผสมมีค่าฮาร์โมนิคส์อยู่ ค่าสัญญาณฮาร์โมนิคส์นี้ก็จะถูกผสมรวมไปด้วย ในเครื่องรับวิทยุแบบซูปเปอร์เฮทเทโรดายซ์นั้นทั้งสัญญาณผลรวมและสัญญาณผลต่างจะถูกเลือกจูน เราเรียกว่า ความถี่ค่ากลาง (Intermediate Frequency ; IF)ในกรณีที่ต้องการทำการแปลงค่าความถี่ ในวงจรจำเป็นต้องมีภาคกำเนิดความถี่และภาคผสมสัญญาณอยู่ด้วย ซึ่งทั้งหมดนี้ได้รวมอยู่ในไอซี NE-602 แล้ว

โลคอล ออสซิเลเตอร์ (LO) ประกอบด้วย VHF ทรานซิสเตอร์ชนิด npn โดยที่ขาเบสต่อที่ขา 6 และขาอิมิตเตอร์ต่อที่ขา 7 แต่ขาคอลเล็คเตอร์ไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ภายนอก มันทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ของวงจรขยายภายในซึ่งต้องต่อกับวงจร DBM ออสซิเลเตอร์หลาย ๆ แบบสามารถต่อใช้งานร่วมกับไอซีชนิดนี้ได้ เช่น คอลพิทท์ แคลปป์ ฮาร์ทเลย์ ฯลฯ แต่วงจรเพียซซ์ และวงจรมิลเลอร์ไม่สามารถใช้ได้

วงจรผสมสัญญาณดับเบิ้ลบาลานซ์ (DBM) ที่แสดงในรูปที่ 4.1 ประกอบด้วยวงจรขยายคู่ที่ต่างก็ต่อคร่อมกันอยู่ (Q1/Q2 โดยที่ Q5 เป็นเหมือนแหล่งจ่ายกระแส ; Q3/Q4 โดยที่ Q6 ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแส) รูปแบบนี้เราเรียกว่า Gilbert transconductance cell คอลเลคเตอร์คู่ไขว้เป็น พุช-พูล เอาท์พุท ที่ขา 4 และ 5 และต่อกับแหล่งจ่ายไฟบวกผ่านตัวต้านทาน 1500 โอห์ม อินพุทก็ควรเป็น พุช-พูล ด้วยเช่นกัน และจะเชื่อมวงจรแต่ละครึ่งเข้าด้วยกัน สัญญาณโลคอล ออสซิเลเตอร์จะจ่ายเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทางด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว

ด้วยเหตุว่าตัวผสมสัญญาณเป็นแบบดับเบิ้ลบาลานซ์ นั่นจึงเป็นเหตุผลที่มันสามารถใช้เป็นวงจรแปลงความถี่ทางอุดมคติหรือเป็นฟร้อนเอนด์ของเครื่องรับได้โดยตัดสัญญาณ LO และ RF ออก ดังนั้นที่เอาท์พุทจะมีเพียงสัญญาณ F1-F2 และ F1+F2 เท่านั้น แม้ว่าจะมีสัญญาณฮาร์โมนิคส์บ้างแต่ก็จะถูกตัดออกเนื่องจากผลของ DBM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การต่อแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไอซี NE-602(DC Power Supply Connection on NE-602)

ขั้วต่อแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าบวกของ NE-602 คือขา 8 และขากราวนด์ต่อที่ขา 3 โดยทั้งคู่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงซึ่งมีค่า +4.5 ถึง +8 โวลท์ โดยมีอัตรากระแสไหลจาก 2.4 ถึง 2.8 มิลลิแอมป์ และขา 8 จะถูกบายพาสลงกราวนด์ด้วยตัวเก็บประจุค่า 0.01 – 0.1 ไมโครฟารัด ตัวเก็บประจุควรจะต่อให้ใกล้กับตัวไอซีมากที่สุด

รูปที่ 4.2 A แสดงรูปฟอร์มแหล่งจ่ายแรงดันเพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุด แหล่งจ่ายควรจะมีวงจรเร็กกูเรเตอร์ด้วย เพราะสัญญาณความถี่ของโลคอลออสซิลเลเตอร์จะไม่เสถียร เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับตัวนำ ดังนั้น ตัวต้านทาน (100-180 โอห์ม) จะถูกต่ออนุกรมระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันบวกและขา V+ ของไอซี ถ้าแรงดันมีค่าเป็น 9 โวลท์ให้เพิ่มค่าของตัวต้านทานอนุกรมนี้เป็น 1000-1500 โอห์ม (รูปที่ 4.3 B)

ถ้าแหลงจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่เสถียรเลยหรือมีค่ามากกว่า 9 โวลท์ นั่นแสดงให้เห็นว่าเราจำต้องเพิ่มความเที่ยงตรงของวงจรเร็กกูเรเตอร์ ในรูปที่ 4.2 C ซีเนอร์ไดโอดจะใช้เพื่อเป็นตัวรักษาเสถียรภาพของแหล่งจ่ายให้คงที่อยู่ที่ค่าใดค่าหนึ่ง (ในที่นี้มีค่าอยู่ที่ 6.8 โวลท์) แม้ว่าแหล่งจ่ายจะมีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 9-18 โวลท์ก็ตาม วงจรเร็กกูเลเตอร์แบบสลับ แสดงในรูปที่ 4.2 วงจรนี้จะใช้ไอซี 3 ขั้วเป็นตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้า

4.3 วงจรขาเข้าของ NE-602 (NE-602 Input Circuits)

พอร์ทอินพุทของไอซีนี้คือขา 1 และ 2 ที่ต่อจากบาลานซ์อินพุท เหมือนในกรณีที่เป็นวงจรผสมสัญญาณอาร์เอฟแบบขยายความต่าง สัญญาณอินพุทอาร์เอฟ จะถูกส่งเข้าขาเบสของแหล่งจ่ายแรงดันทั้งสอง (Q5 และ Q6 ในรูปที่ 4.1) ความต้านทานขาเข้าของไอซีเป็น 1500 โอห์ม และถูกต่อขนานด้วยตัวเก็บประจุค่า 3 pF ที่ความถี่ต่ำ ๆ

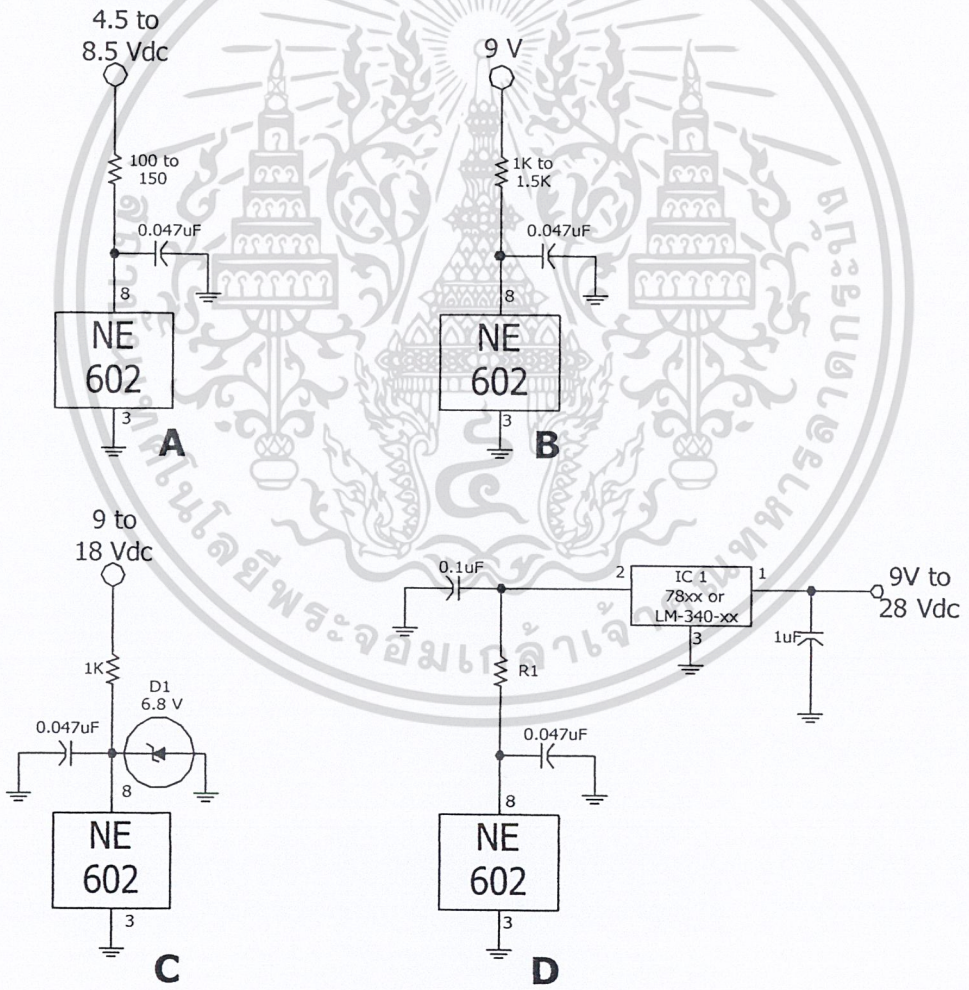
รูปแบบทั่วไปของอินพุทอาร์เอฟแสดงในรูปที่ 4.3 ทั้งวงจร ซิงเกิ้ล-เอนด์ อินพุทและวงจรดิฟเฟอเรนเชี่ยลอินพุทสามารถใช้ร่วมกับ NE-602 ได้ ในรูปที่ 4.3A ใช้ตัวเก็บประจุในการเชื่อมสัญญาณอาร์เอฟเข้าขาอินพุทของไอซีที่ขา1 ผ่านตัวเก็บประจุ C1 ซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำที่ความถี่ใช้งาน ไม่สามารถจูนได้ ระดับสัญญาณควรมีค่าต่ำกว่า –25 dBm หรือประมาณ 68 mV rms อินพุทกระแสสลับจะไม่ใช้และควรถูกต่อลงกราวนด์ด้วยตัวเก็บประจุค่าต่ำ ๆ

วงจรอินพุทอาร์เอฟแบบใช้ ไวด์แบนด์ทรานฟอร์เมอร์ ที่แสดงในรูปที่ 4.3B ขดลวดทางด้านทุติยภูมิจะต่อคร่อมระหว่างขา 1 และขา 2 โดยที่ทางด้านปฐมภูมิจะถูกต่อเพื่อรับสัญญาณจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศ อัตราส่วนขดลวดของหม้อแปลงจะใช้เทียบเคียงกับค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ที่ 1500 โอห์ม แกนของหม้อแปลงสามารถใช้ได้ทั้งแบบทั่วไปและแบบเทอร์ลอยด์ และที่ขาอินพุทขาหนึ่งจะถูกต่อลงกราวนด์ผ่านตัวเก็บประจุที่มีค่ารีแอคแตนซ์ต่ำ

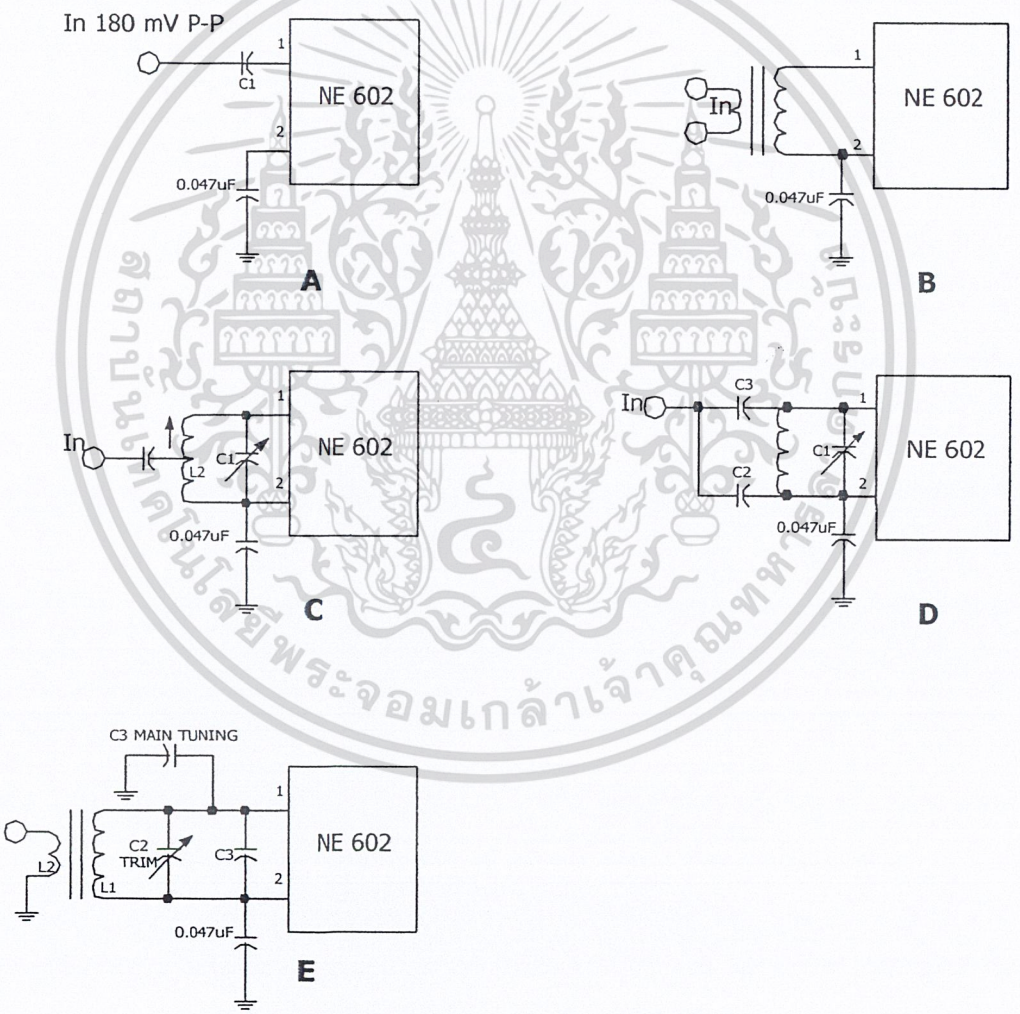
วงจรจูนอินพุทอาร์เอฟที่แสดงในรูปที่ 4.3C, 3D, 3E และรูปที่ 4.4 วงจรเหล่านี้จะมีการทำงานสองแบบ มันจะรับเฉพาะความถี่อาร์เอฟที่เราต้องการในขณะเดียวกันก็ตัดความถี่อื่นๆออก วงจรในรูปที่ 4.3D จะใช้ตัวเหนี่ยวนำ (L1) และตัวเก็บประจุ (C1) ในการจูนรับความถี่ ซึ่งจะเหมือนกับวงจรอื่น แต่การแม็ทชิ่งอินพุทอิมพีแดนซ์จะใช้การแท็ปที่ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุที่ใช้บล็อคแรงดันกระแสตรงจะต่อที่ระหว่างสายอากาศกับขดลวด ส่วน C3 ใช้เพื่อบายพาสขาอินพุทขาหนึ่งลงกราวนด์



รูปที่ 4.2 วงจ่ายไฟเข้าไอซี NE 602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนวงจรแบบอื่นจะมีการทำงานเช่นเดียวกับวงจรที่ 4.3D เพียงแต่การแม็ทชิ่งอิมพีแดนซ์จะใช้การแท็ปจากวงจรแบ่งค่าแรงดันแบบใช้ตัวเก็บประจุ การรีโซแนนซ์จะเกิดจากตัวเหนี่ยวนำ L1 และตัวเก็บประจุจูนหลัก C1 รวมกับตัวเก็บประจุที่ขนานกันระหว่าง C2 และ C3
วงจรที่ 4.3C และ 4.3D ถูกออกแบบให้ใช้เมื่ออิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายหรือสายอากาศน้อยกว่าค่าอิมพีแดนซ์ของไอซี แต่วงจรที่ 4.3E สามารถใช้ได้ในทุก ๆ สภาวะ ไม่ว่าอิมพีแดนซ์จะมากกว่าน้อยกว่า หรือเท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนขดลวดทางด้านปฐมภูมิ (L2) ต่อขดลวดทางด้านทุติยภูมิ (L1)



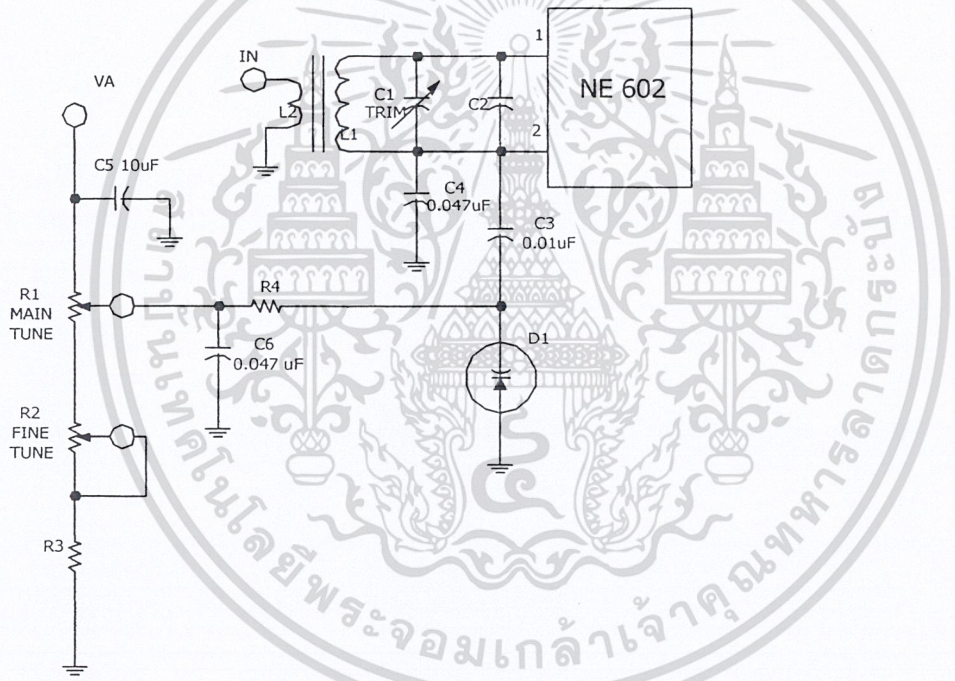
รูปที่ 4.3 วงจรขาเข้าของไอซี NE 602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงจะรีโซแนนซ์กับค่าคาปาซิแตนซ์ C1,C2 และ C3 โดยที่C1 จะถูกต่อลงกราวนด์ การที่ C1 ต่อลงกราวนด์นั้นจะเป็นผลดีต่อวงจรมากกว่ากรณีที่ไม่ต่อ

วงจรที่ 4.3C และ 4.3D ถูกออกแบบให้ใช้เมื่ออิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายหรือสายอากาศน้อยกว่าค่าอิมพีแดนซ์ของไอซี แต่วงจรที่ 4.3E สามารถใช้ได้ในทุก ๆ สภาวะ ไม่ว่าอิมพีแดนซ์จะมากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนขดลวดทางด้านปฐมภูมิ (L2) ต่อขดลวดทางด้านทุติยภูมิ (L1)

ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงจะรีโซแนนซ์กับค่าคาปาซิแตนซ์ C1, C2 และ C3 โดยที่ C1 จะถูกต่อลงกราวนด์ การที่ C1 ต่อลงกราวนด์นั้นจะเป็นผลดีต่อวงจรมากกว่ากรณีที่ไม่ต่อ



รูปที่4.4 วงจรจูนอินพุทโดยใช้วาแรคเตอร์ไดโอด

รูปที่ 4.4 แสดงวงจรจูนอินพุทโดยใช้วาแรคเตอร์ไดโอด คาปาซิแตนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับการจูนจะรีโซแนนซ์กับ L2 ซึ่ง C1 จะขนานกับ C2 และต่อร่วมกับวาแรคเตอร์ไดโอด D1 โดยทั่วไปเราจะให้ค่าของ C3 มากกว่าค่าคาปาซิแตนซ์ของ D1 มาก ๆ ดังนั้น D1 จะไม่มีผลต่อวงจรจูนมากนัก แต่อีกในกรณีหนึ่งถ้าเราให้ค่าของ C3 ใกล้เคียงกับค่าของ D1 แล้วจะทำให้ D1 มีผลต่อวงจรอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

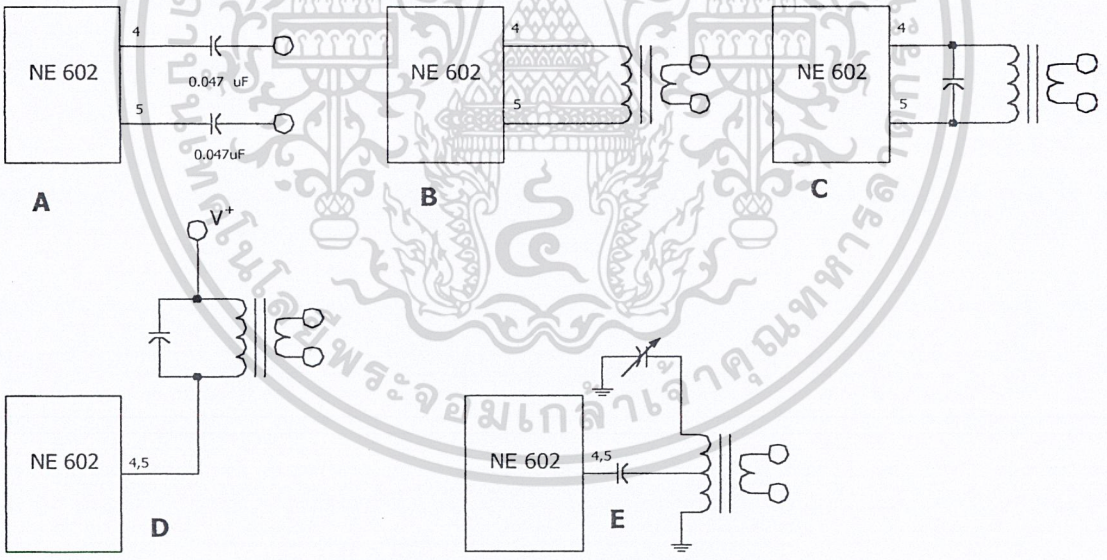
วาแรคเตอร์ไดโอด สามารถจูนได้โดยการปรับค่าแรงดันไบอัสที่จ่ายให้ตัวมัน ค่าแรงดันจูนนิ่ง Vt จะถูกเซ็ทด้วยวงจรแบ่งแรงดันที่ประกอบด้วย R1, R2 และ R3 ถ้าต้องการให้การจูนมีประสิทธิภาพมากที่สุด เราต้องให้โปเทนชิโอมิเตอร์จูนหลัก (R1) มีค่า 10-15 รอบ

4.4 วงจรขาออกของไอซี NE-602 (NE-602 Output Circuits)

วงจรทางด้านเอาท์พุทของ NE-602 จะใช้โดยต่อคร่อมขาคอลเล็คเตอร์ของวงจร Gilbert Transconductance Cell โดยมีขาเอาท์พุทเป็นขา 4 และขา 5 ไม่มีความจำเป็นที่ต้องเจาะจงว่าจะใช้ขาใด เราสามารถใช้ได้ทั้งสองขา โดยทั้งสองขาจะต่อภายในตัวไอซีและต่อกับแหล่งจ่ายแรงดัน V^+ โดยผ่านตัวต้านทาน 1.5 กิโลโอห์ม

รูปที่ 4.5A แสดงวงจรแบบไวด์แบนด์ มีเอาท์พุทอิมพีแดนซ์สูง (1500 โอห์ม) ทั้งขา 4 และขา 5 ตัวเก็บประจุใช้สำหรับกั้นแรงดันไฟตรง ซึ่งควรจะมีค่ารีแอคแตนซ์ต่ำ ๆ ที่ความถี่ทำงาน โดยทั่วไปใช้ค่า 0.001 ไมโครฟารัด และ 0.1 ไมโครฟารัด

หม้อแปลงที่ต่อที่เอาท์พุท ดังแสดงในรูป 4.5B ขดลวดปฐมภูมิจะต่อที่ขา 4 และขา 5 และหม้อแปลงที่ใช้ในวงจรแปลงหรือแปรค่าความถี่ควรใช้หม้อแปลงบรอดแบนด์อาร์เอฟ พันบนแท่ง



รูปที่ 4.5 วงจรขาออกของไอซี NE 602

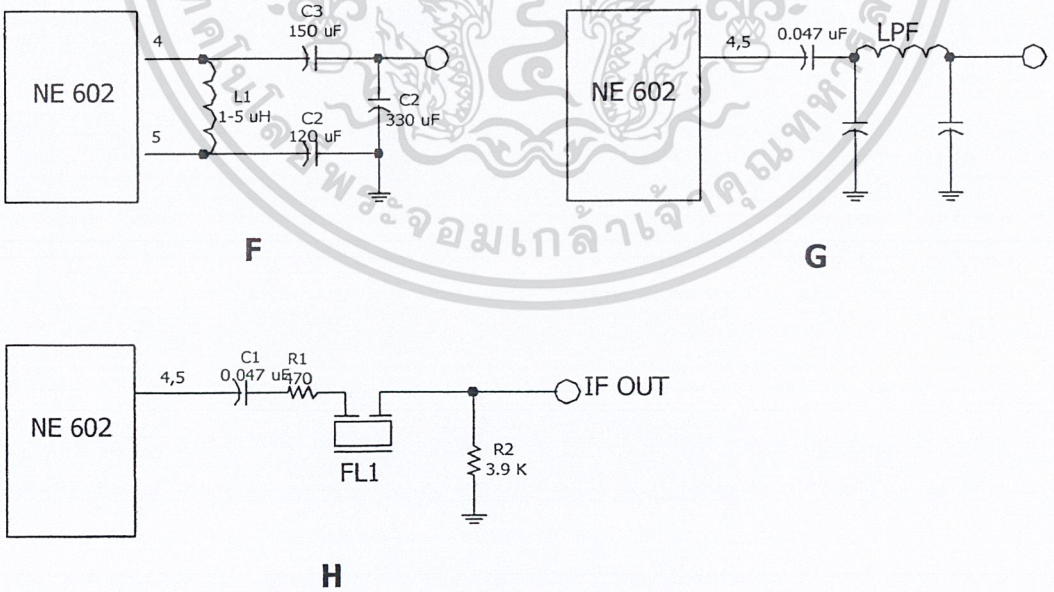
โลหะหรือเทอร์ลอยด์ บางทีเราใช้หม้อแปลงแบบกำหนดอัตราส่วนอิมพีแดนซ์แทนที่จะเป็นหม้อแปลงแบบกำหนดอัตราส่วนขดลวด เช่น ใช้หม้อแปลงแบบ 600 Ω : 600 Ω เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงและการแปรค่าความถี่จะเหมือนกัน ยกเว้นเพียงแต่ว่า การแปลงค่าความถี่จะใช้ในเครื่องรับแบบเฮทเทโรดายน์ ส่วนการแปรค่าความถี่จะใช้ทั่ว ๆ ไปเท่านั้น วงจรที่แสดงในรูปที่ 6 เราสามารถใช้หม้อแปลงแบบไวด์แบนด์ วงจรก็สามารถทำงานได้ แต่จะดีกว่า หากเราใช้หม้อแปลงแบบจูนความถี่ RF/IF วงจรรีโซแนนซ์จะตัดความถี่ทุก ๆ ความถี่ออก แต่จะให้มีเฉพาะความถี่ที่เราต้องการเท่านั้นออกที่เอาท์พุท รูปที่ 4.5C แสดงรูปแบบทั่วไปของวงจรเอาท์พุทรีโซแนนซ์ ขดลวดจูนปฐมภูมิจะต่อคร่อมขา 4 และขา 5 ขณะที่ขดลวดทุติยภูมิใช้สำหรับนำสัญญาณส่งต่อให้กับภาคอื่น

หม้อแปลงจูนอาร์เอฟแบบซิงเกิ้ล-เอนด์ดังแสดงในรูปที่ 4.5D ลักษณะการต่อในวงจร ขาเอาท์พุทของไอซีจะต่อกับ V^+ และหม้อแปลงจูน บางทีจะดีกว่าหากเราใช้วงจรในรูปที่ 4.5E โดยขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะถูกแท็ปแยกออกเพื่อให้มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ และส่วนที่แท็ปออกมาจะต่อกับขาเอาท์พุทของไอซีโดยผ่านตัวเก็บประจุสำหรับกั้นไฟตรง

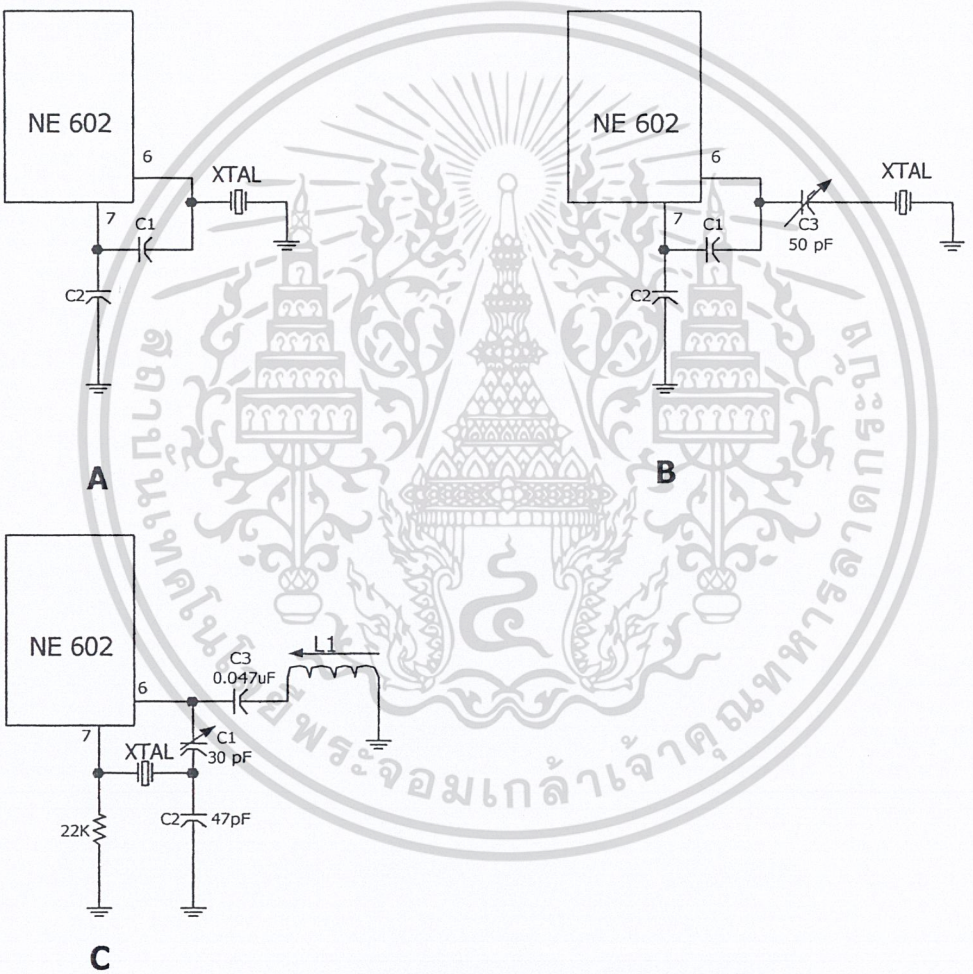
รูปที่ 4.5F ยังคงเป็นวงจรจูนเอาท์พุทแบบซิงเกิ้ล-เอนด์ โดยขาเอาท์พุทขาหนึ่งจะถูกต่อลงกราวนด์ผ่านทางตัวเก็บประจุ ความถี่รีโซแนนซ์จะเกิดจาก L1 กับผลการรวมของ C1, C2 และ C3 ทำการแม็ทชิ่งอิมพีแดนซ์โดยใช้การต่อแยกวงจรรีโซแนนซ์ทาง C2 และ C3 กับเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของไอซี



รูปที่ 4.5 (ต่อ) วงจรขาออกของไอซี NE 602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในรูปที่ 4.5G ใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเป็นอุปกรณ์ในการเลือกความถี่ วงจรแบบนี้จะใช้เมื่อตัวสร้างสัญญาณเฮทเทโรดายน์สำหรับความถี่โลคอลออสซิเลเตอร์ของไอซีเป็นเฮทเทโรดายน์จากแหล่งจ่ายสัญญาณอื่นที่ถูกส่งเข้าขาอาร์เอฟของไอซีสำหรับวงจรที่แสดงนี้วงจรจะเลือกความถี่ผลต่าง โดยวงจรกรองจะออกแบบให้มีความถี่คัทออฟอยู่ระหว่างความถี่ผลรวมและความถี่ผลต่าง



รูปที่ 4.6 ภาคกำเนิดความถี่ที่ใช้ร่วมกับไอซี

รูปที่ 4.5H ตัวกรอง IF จะใช้เพื่อให้ได้ความถี่เอาท์พุทที่ต้องการ ตัวกรองแบบนี้จะมีความถี่และรูปแบบต่าง ๆ หลายชนิด ทางด้านอินพุทของตัวกรอง (FL1) จะต่อกับไอซีโดยผ่านตัวต้านทานค่า 470 โอห์มและตัวเก็บประจุ ทางด้านเอาท์พุทของตัวกรองจะต่อกับตัวต้านทานค่า 3.9 กิโลโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี NE-602 ยังประกอบไปด้วยวงจรกำเนิดความถี่ที่ภายในต่อกับวงจรผสมสัญญาณแบบบาลานซ์คู่เรียบร้อยแล้ว โดยขาเบสและขาอิมิตเตอร์จะถูกต่อกับวงจรกำเนิดความถี่และออกที่ขา 6 และขา 7 ตามลำดับ วงจรกำเนิดความถี่สามารถทำงานได้จนถึงค่า 200 MHz ขณะที่วงจรผสมสัญญาณสามารถทำงานได้จนถึงค่า 500 MHz ถ้าหากเราต้องการให้มีค่าความถี่สูงขึ้นสามารถต่อวงจรกำเนิดความถี่ภายนอกเข้าที่ขา 6 ของไอซี

4.5 วงจรกำเนิดความถี่ที่ใช้ประกอบกับไอซี NE 602 (NE 602 Local Oscillator Circuits)

โดยทั่วไปจะมีวิธีควบคุมความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่อยู่สองแบบ คือใช้วงจรรีโซแนนซ์แอล-ซี และคริสตัลออสซิเลเตอร์ รูปที่ 4.6A เป็นวงจรคอลพิทท์ออสซิเลเตอร์แบบใช้คริสตัลโดยวงจรจะทำงานที่ความถี่ฐานของคริสตัลจนถึงค่าประมาณ 20 MHz วงจรป้อนกลับประกอบด้วยวงจรแบ่งค่าแรงดันแบบใช้ตัวเก็บประจุ (C1/C2) ตัวเก็บประจุจะมีค่าประมาณ

$$C1 = 100 / \sqrt{F_{MHz}}\ ; pF \qquad (1)$$

$$C2 = 1000 / \sqrt{F_{MHz}}\ ; pF \qquad (2)$$

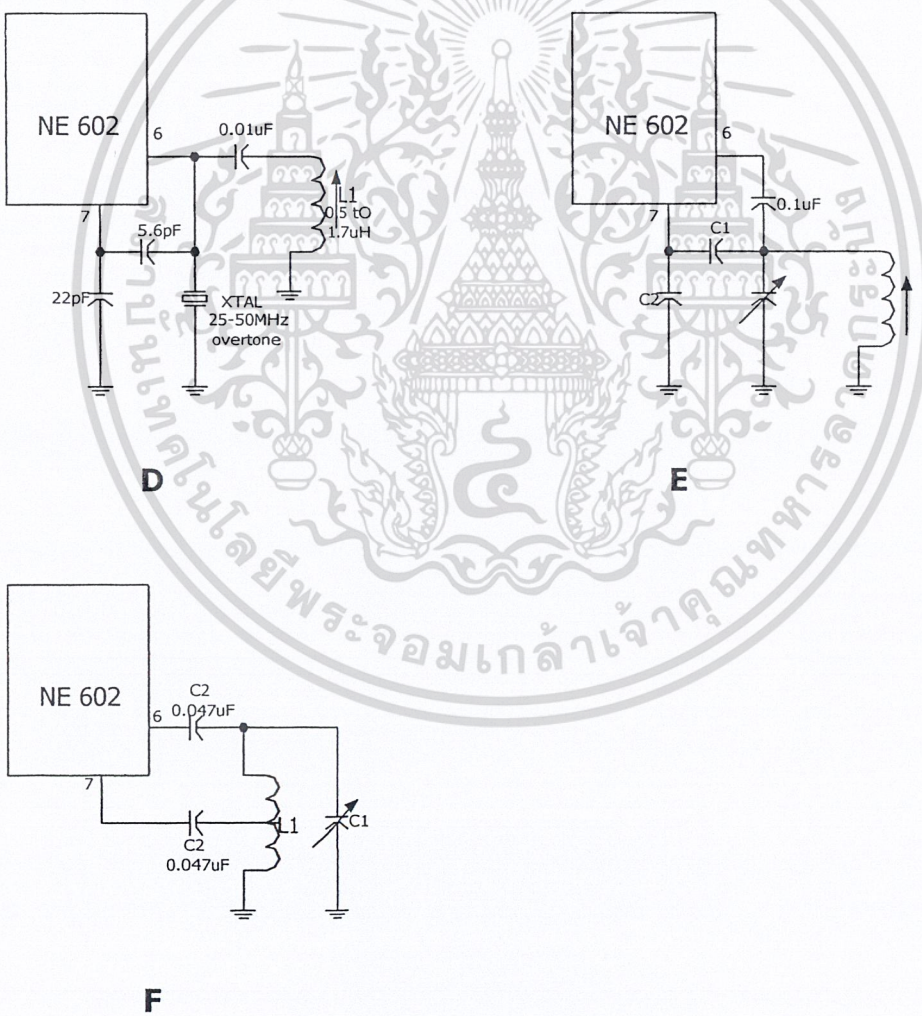
ค่าที่คำนวณได้โดยประมาณนี้จะทำงานภายใต้สภาวะสเตรย์คาปาซิแตนซ์ อย่างไรก็ตามตัวเก็บประจุต้องใช้ค่าที่เป็นมาตรฐาน และเมื่อเราได้ค่าตัวเก็บประจุที่ถูกต้องแล้ว วงจรกำเนิดความถี่ก็สามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยถ้าเราถอดคริสตัลออกแล้วต่อกลับเข้าไปอีกครั้ง วงจรก็จะสามารถทำงานได้ทันที และถ้าเราปิดไฟเลี้ยงวงจรแล้วเปิดไฟเลี้ยงเข้าสู่วงจรอีกครั้ง วงจรก็จะสามารถทำงานได้เช่นเดียวกัน แต่ถ้าค่าของตัวเก็บประจุมีค่าไม่ถูกต้อง เมื่อวงจรกำเนิดความถี่มีความผิดพลาดใด ๆ เกิดขึ้น วงจรจะไม่สามารถกลับสู่สภาวะการทำงานปกติได้ในทันที

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับวงจรในรูปที่ 4.6A คือเราไม่สามารถควบคุมการทำงานของคริสตัลได้ การทำงานของวงจรแท้จริงแล้วขึ้นอยู่กับคริสตัลนี้ เพื่อที่จะทำการจูนความถี่เราต้องต่อตัวเก็บประจุค่า 20 หรือ 32 pF ในวงจรแต่ไม่สามารถกำหนดค่าจากการผลิตได้โดยตรง จากรูปที่ 4.6B ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ถูกต่ออนุกรมเข้ากับคริสตัลเพื่อเซ็ทค่าความถี่ ให้ได้ตามที่ต้องการ

การทำงานของวงจรในรูปที่ 4.6A และ 4.6B นั้นวงจรจะทำงานโดยใช้ค่าความถี่ฐานของคริสตัล โดยความถี่ฐานสามารถเซ็ทได้ด้วยแนวของการตัดแร่ ยิ่งบางเท่าไรยิ่งมีความถี่สูงมากเท่านั้นการทำงานที่ค่าความถี่ฐานของคริสตัลนี้ สามารถทำงานได้จนถึงค่าความถี่ 20MHz ถ้ามากกว่านี้ สแลล์ปจะต้องบางมาก และนั่นจะทำให้มันแตกหักได้ง่าย วิธีที่จะให้มันทำงานที่ความถี่สูง ๆ เราสามารถจะกำหนดให้วงจรทำงานในแบบโอเวอร์โทนได้ ความถี่ที่โอเวอร์โทนของคริสตัลไม่จำเป็นต้องใช้ความถี่ที่ฮาร์โมนิคส์พื้นฐานของคริสตัลแต่ต้องใกล้เคียง ความถี่โอเวอร์โทนจะประกอบด้วยค่าเลขจำนวนเต็มบวกคี่คูณกับค่าความถี่ฐาน (3^{rd},5^{th},...)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6C และ 4.6E เป็นวงจรกำเนิดความถี่โดยใช้คริสตัลแบบโอเวอร์โทนโหมด วงจรที่แสดงในรูปที่ 4.6C คือวงจรกำเนิดความถี่แบบบัทเลอร์ โอเวอร์โทนคริสตัลจะต่อระหว่างอิมิตเตอร์ของ NE 602 (ขา 7) และวงจรแบ่งแรงดันแบบตัวเก็บประจุซึ่งต่ออยู่ระหว่างขาเบส (ขา 6) กับกราวนด์ซึ่งจำเป็นต้องมีตัวเหนี่ยวนำ (L1) ต่ออยู่ในวงจร ตัวเหนี่ยวนำนี้ต้องรีโซแนนซ์กับ C1 เพื่อให้เกิดค่าความถี่โอเวอร์โทนของคริสตัล Y1 วงจรในรูปที่ 4.6C สามารถใช้โอเวอร์โทนคริสตัลทั้ง 3^{rd} และ 5^{th} ได้ โดยให้ค่าความถี่ได้ถึงประมาณ 80 MHz วงจรรูปที่ 4.6D ใช้โอเวอร์โทนคริสตัลฮาร์โมนิคส์ที่ 3 ในการกำเนิดความถี่ ซึ่งจะได้ค่าประมาณ 25-50 MHz และวงจรทำงานได้ดีกว่าวงจรในรูปที่ 4.6C



รูปที่ 4.6(ต่อ) วงจรภาคกำเนิดความถี่ที่ใช้ร่วมกับไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกำเนิดความถี่แบบปรับค่าได้ (VFO) ที่แสดงในรูปที่ 4.6E และ 4.6F โดยในรูปที่ 4.6E เป็นวงจรคอลพิทท์ออสซิเลเตอร์ขณะที่วงจรในรูปที่ 4.6F เป็นวงจรฮาร์ทเลย์ออสซิเลเตอร์ วงจรทั้งสองใช้แอล-ซี รีโซแนนซ์เพื่อจูนความถี่ ในรูปที่ 4.6E วงจรป้อนกลับจะต่อจากวงจรแบ่งแรงดันแบบตัวเก็บประจุ ขณะที่วงจรในรูปที่ 4.6F จะต่อจากตัวเหนี่ยวนำ และทั้งสองกรณีจะมีตัวเก็บประจุต่อที่ขา 6 เพื่อเป็นตัวกั้นค่าแรงดันกระแสตรงจากออสซิเลเตอร์ที่ผ่านจากค่าความต้านทานของตัวเหนี่ยวนำลงกราวนด์

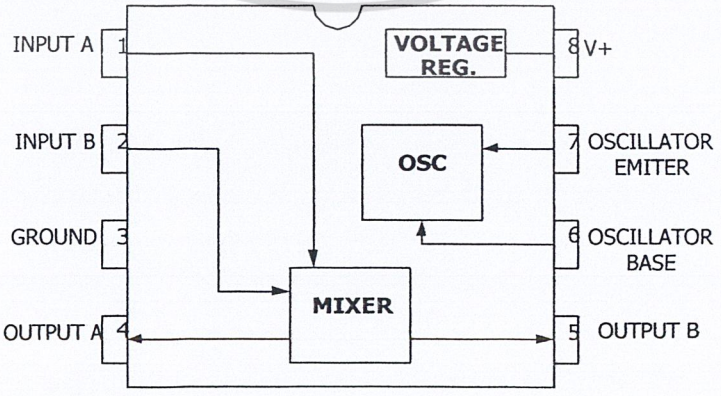
4.6 การแปลงความถี่ วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ (VHF-LOW Converter)

เครื่องรับในระบบ วี เอช เอฟ ย่านต่ำ (30 MHz-50 MHz) ไม่มีการใช้งานแพร่หลายในเชิงพานิชย์ และนั่นคือเหตุผลที่เราทำการแปลงความถี่ขึ้น (up converter) ไปเป็นความถี่ในย่านความถี่วิทยุเอฟเอ็ม เพื่อให้สามารถรับฟังสัญญาณในย่านที่เราสนใจนี้ได้

วี เอช เอฟ ย่านต่ำนั้นมีความถี่อยู่ในช่วง 30 MHz ถึง 50MHz และใช้สำหรับการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์และไมโครโฟนไร้สาย การควบคุมโมเดลต่าง ๆ และของเล่นด้วยคลื่นวิทยุ

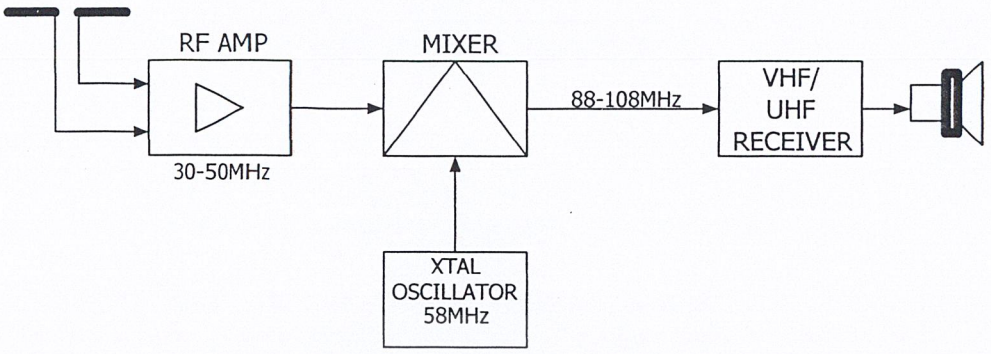
4.6.1 พื้นฐานการทำงาน (Principle of Operation)

บล็อกไดอะแกรมที่แสดงในรูปที่ 4.8 แสดงการทำงานพื้นฐานการแปลงความถี่ สัญญาณที่รับได้ที่สายอากาศจะถูกขยายและผสมกับสัญญาณจากภาคกำเนิดความถี่ 58 MHz สัญญาณด้านสูงที่ถูกผสมแล้ว (88 MHz –108 MHz) จะถูกป้อนเข้าเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม และสัญญาณด้านต่ำ (2MHz-28 MHz) จะถูกตัดออก สมมุติว่ามีสัญญาณ 47 MHz ที่เครื่องรับจะรับได้เป็น 48 MHz+58 MHz =105 MHz ทฤษฎีพื้นฐานของการแปลงความถี่ขึ้นแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 บล็อคไดอะแกรมภายใน NE 602 และขาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

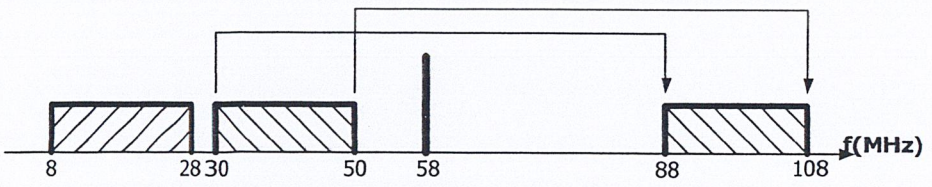


รูปที่4.8 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์

4.6.2 วงจรกรองแถบผ่าน (Bandpass Filter)

วงจรการทำงานของการแปลงความถี่ขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.10 เราใช้ทรานซิสเตอร์แบบสัญญาณรบกวนต่ำ ชนิด BFG 65 (Phillips) เป็นตัวขยายสัญญาณที่รับมาจากสายอากาศ ส่วนหน้าของวงจรจูน อาร์เอฟ (RF Tuner) ใช้วงจรจูนขนาน L1-C13-C14 โดยที่ L1 และ C13 เท่านั้นที่ใช้ในการจูน ส่วน C14 จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรเพื่อจ่ายไฟเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ (ประมาณ 0.6 โวลท์) ซึ่งถูกต่อลงกราวนด์ด้วยตัวเหนี่ยวนำ C3, C4 และ C6 ในวงจรจะทำหน้าที่เช่นเดียวกับ C14

ย่านความถี่ที่ถูกเลือกรับจากวงจรจูน L1 และ C13 มีค่าอยู่ระหว่าง 30 MHz-50MHz หลังจากผ่านการขยายด้วย T1 สัญญาณจะถูกส่งเข้าวงจรกรองชุดที่สอง ซึ่งมีค่าการกรองมากกว่าชุดแรก โดยประกอบด้วยวงจรขนานสองชุด L2-C5 และ L4-C8 ซึ่งถูกเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยวงจรจูนอนุกรม L3-C7 การรวมกันของวงจรจูนทั้งสามชุดจะเกิดเป็นวงจรกรองแถบผ่านสำหรับย่านความถี่ 27 MHz



รูปที่ 4.9 สเปคตรัมของสัญญาณที่ออกจากภาคมิกเซอร์

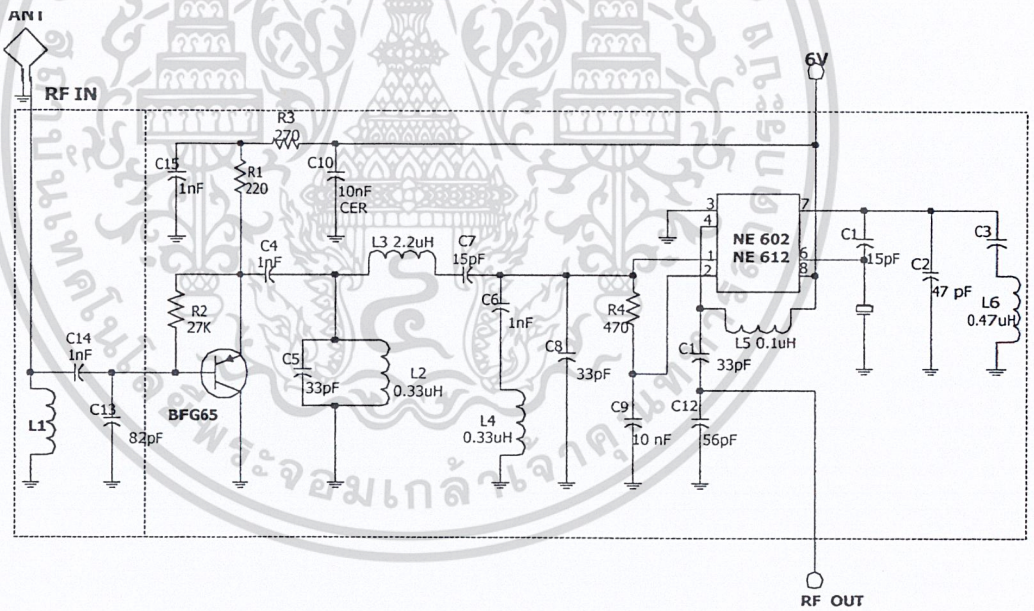
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 การเลื่อนค่าไบอัสของวงจรขยายอาร์เอฟ (Sliding Bias RF Ampliflier)

จากรูปวงจรในรูปที่ 4.10 นั้นจะเห็นว่าทรานซิสเตอร์ T1 นั้นมิได้ถูกกำหนดค่ากระแสไบอัสตายตัว กระแสเบสจะได้รับจากวงจรที่ขาคอลเลคเตอร์ ซึ่งมีตัวต้านทาน R2 ต่ออยู่ ดังนั้นค่ากระแสเบสจึงสามารถคำนวณได้จากค่าแรงดันที่คอลเลคเตอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่ากระแสระหว่างขาอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กระแสเบสก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และเป็นผลให้กระแสคอลเลคเตอร์กลับสู่สภาวะปกติ และนี่คือการทำงานที่เราเรียกว่า การเลื่อนค่าไบอัส

รูปแบบและค่าของตัวต้านทาน R1 และ R3 ที่ขาคอลเลคเตอร์ของT1 มีค่าห่างจากค่าไบอัส

กระแสตรงที่ต้องการสำหรับค่ากระแสอาร์เอฟ ที่ต่อที่ขาคอลเลคเตอร์จะมีตัวต้านทาน R1 เพียงตัวเดียวโดย C15 จะเป็นตัวเชื่อมแรงดันอาร์เอฟทั้งหมดลงกราวนด์ โครงข่ายวงจร C15- R3 - C10 เป็นส่วนกำจัดสัญญาณรบกวนและเป็นตัวนำค่าแรงดันไฟฟ้าบวกจากแหล่งจ่ายมาเลี้ยงวงจร



รูปที่ 4.10 รูปวงจรของการแปลงวี เอช เอฟ โลว์แบนด์

4.6.4 ภาคผสมสัญญาณและภาคกำเนิดความถี่ (Mixer/Oscilator)

ภาคผสมสัญญาณและค่าความถี่ที่ต้องการนั้นจะรวมอยู่ในไอซีชนิด NE602 (หรือNE-612)ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 5 NE-602 จะเป็นตัวควบคุมแรงดันเพื่อจ่ายแรงดันที่คงที่ให้กับภาคกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ที่เกิดขึ้นหาได้จากอุปกรณ์ภายนอกที่นำมาต่อให้วงจรสมบูรณ์ ตัวกำเนิดความถี่จะถูกต่อที่ขา 6 และขา 7 ของไอซี ขา 1 และขา 2 เป็นขาอินพุท ขา 4 และขา 5 เป็นขาเอาท์พุท จากรูปที่ 3 สัญญาณอินพุทอาร์เอฟ (30 MHz-50MHz) ถูกป้อนเข้าที่ขา 1และสัญญาณอินพุทลำดับสองเข้าที่ขา 2 และต่อลงกราวนด์โดย C9 ตัวต้านทาน R4 ถูกต่อที่ขา 1 และขา 2 เพื่อให้แรงดันในทั้งสองขาเท่ากันและในขณะเดียวกันยังลดการแกว่งของ L3-C8 ด้วย การแกว่งจะถูกจำกัดให้อยู่ในช่วงแคบ ๆ ด้วยวงจรจูนขนาน 50 MHz ทั้งสองชุด (ดูรูปที่ 4.11B)

ภาคกำเนิดความถี่จะถูกต่อเข้าอินพุทของชุดขยายที่อยู่ในไอซี NE602 สัญญาณที่รับเข้ามาจะได้รับการขยายภายในตัวไอซีและออกเอาท์พุทที่ขา 7 สัญญาณจะถูกป้อนกลับผ่าน C1 เพื่อทำให้เกิดการแกว่ง ตัวเก็บประจุ C2 และตัวเหนี่ยวนำ L6 จะทำให้ภาคกำเนิดความถี่เกิดการรีโซแนนซ์ที่ความถี่โอเวอร์โทนที่ 3 (58 MHz)แทนที่จะเป็นความถี่ฐานที่ 19.33 MHz

สัญญาณความถี่ 58 MHz จากภาคกำเนิดความถี่จะถูกป้อนเข้าภาคผสมสัญญาณผ่านทางบัฟเฟอร์ภายในตัวไอซี สัญญาณผลรวมและสัญญาณผลต่าง 88-108 MHz และ 2-28 MHz ตามลำดับที่เกิดจากการทำงานของภาคผสมสัญญาณจะออกเอาท์พุทที่ขา 4 และขา 5 เราเลือกสัญญาณผลรวมโดยใช้วงจรจูนขนาน L5-C11-C12 และต่อสัญญาณที่แปลงเอาท์พุทแล้วที่จุดต่อ C11-C12

4.6.5 โครงสร้างการต่อวงจรและการปรับแต่ง (Construction and adjustment)

ชุดแปลงความถี่จะถูกประกอบลงแผ่นปริ้นท์ที่มีขนาดกะทัดรัดโดยใช้รูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์ จากนั้นใส่อุปกรณ์ตามตำแหน่ง การวางไอซีนั้นห้ามใช้ไอซีซอกเก็ต อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรนี้มีเพียง L1 เท่านั้นที่ต้องทำขึ้นเองโดยคำนวณค่าจากค่าความถี่ที่ต้องการจะจูน ในที่นี้ใช้ลวดตัวนำเคลือบทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรขดเป็นวง 4 รอบ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5 มิลลิเมตรเมื่อยืดจนสุดจะมีความยาว 15 มิลลิเมตร เมื่อพันให้มีช่องว่างเท่ากันแล้วจากนั้นบีบเข้าหากันโดยให้ช่องว่างของแต่ละรอบห่างกัน 1 มิลลิเมตรตัดปลายสายและบัดกรีด้วยตะกั่วลงในวงจร (รูปสำเร็จแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.12) ทรานซิสเตอร์ BFG65 ถูกวางลงในร่องและขาที่ 4 ต่อกับแผ่นทองแดง โดยควรจะวางให้สามารถบัดกรีได้ง่าย ๆ เมื่อต่ออุปกรณ์ทั้งหมดลงในบอร์ดแล้ว ทำการวางแผนเหล็กขวางทรานซิสเตอร์ T1 แผ่นเหล็กนี้ทำหน้าที่แยกสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทออกจากกัน ป้องกันการแกว่งสัญญาณเนื่องจากสเตร์ คัปปลิ้ง การแกว่งของสัญญาณสามารถเกิดขึ้นได้ถ้าชุดแปลงความถี่ไม่ได้ติดตั้งในกล่องเหล็กหรือสายสัญญาณโคแอกเชียลต่อไม่แน่น ถ้าเกิดการแกว่งสัญญาณขึ้นให้ต่อความต้านทานค่า 10-100 กิโลโอห์มคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L1 หลังจากติดแผ่นเหล็กแล้วนำบอร์ดลงประกอบในกล่อง ต่อไฟเลี้ยงวงจร

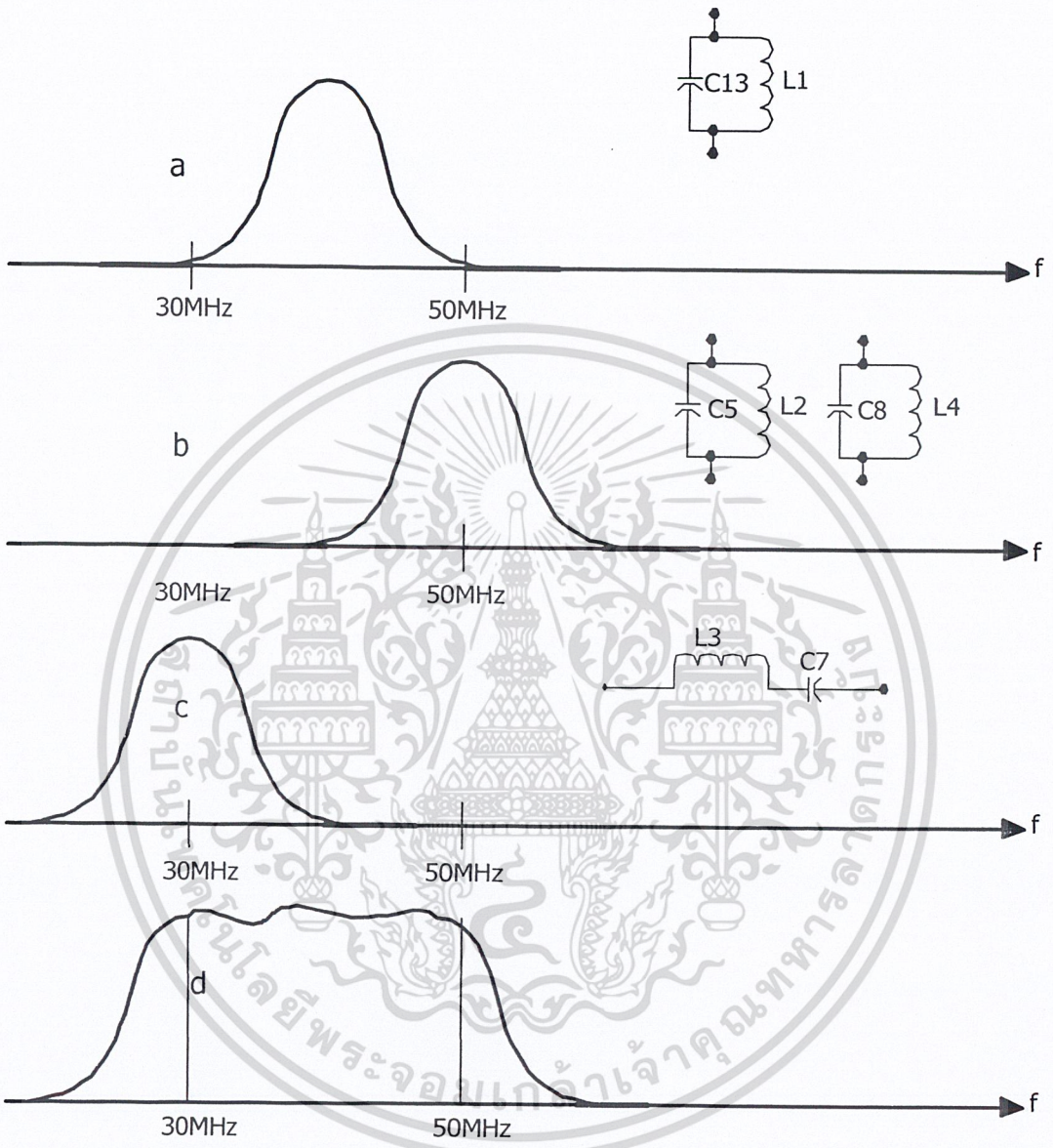
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อสัญญาณเอาท์พุทจากชุดแปลงความถี่เข้าสู่อินพุทของเครื่องรับ VHF/UHF หรือเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม จะใช้สายนำความถี่โคแอกเชียล 75 โอห์มและต่ออินพุทของชุดแปลงความถี่เข้าสายอากาศไดโพลโดยใช้สายนำสัญญาณโคแอกเชียล 75 โอห์มเช่นกัน สายอากาศไดโพลสามารถสร้างได้ง่าย ๆ โดยใช้สายตัวนำตรงยาว 1.5-2.5 เมตรสองเส้น สายคอร์ของสายโคแอกเชียลต่อเข้ากับด้านหนึ่ง ส่วนสายชีลด์ต่อเข้ากับด้านที่เหลือ

เมื่อชุดแปลงความถี่ทำงานจะมีสัญญาณเกิดขึ้นที่เอาท์พุท เราสามารถจะได้ยินเสียงของสัญญาณนั้น ถ้าหากไม่มีเสียงใด ๆ เลย ให้ทำการปรับเครื่องรับสัญญาณ VHF/UHF ให้มีค่าต่ำกว่า 88MHz และเปลี่ยนไปเป็นเอฟเอ็ม ซึ่งสัญญาณอินพุทจะเข้าไปอยู่ในย่านสัญญาณวิทยุส่วนบุคคล (Cityzen's Band) ประมาณ 27MHz เมื่อทำการแปลงความถี่ขึ้นแล้วจะได้เป็น 85 MHz ถึงแม้ว่าจะอยู่นอกช่วงสัญญาณของเครื่องรับก็ตามก็ยังสามารถทำการแปลงได้ เพียงแต่จะมีเกนต่ำลงเท่านั้น

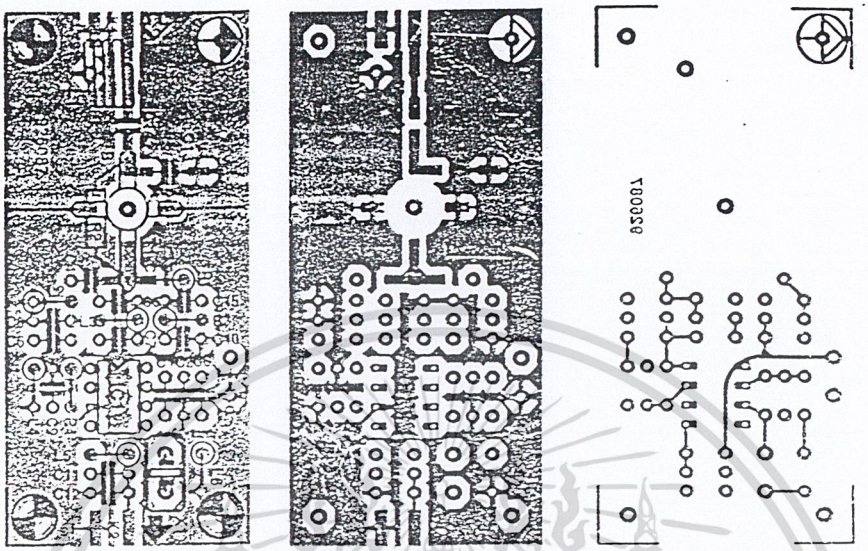
ในกรณีที่เราสามารถรับสัญญาณที่ความถี่ 50 MHz ได้ดีกว่าสัญญาณที่ประมาณ 30 MHz นั่นแสดงว่าเกิดปัญหากับคุณลักษณะพาสแบนด์ของชุดแปลงความถี่ ให้เราบีบรอบของ L1 ลงเล็กน้อย จะช่วยให้มันเพิ่มการหนี่ยวนำตัวเองขึ้น ทำให้ชุดจูน L1-C13 รีโซแนนซ์ที่ความถี่ต่ำลงเล็กน้อย และนั่นจะช่วยเพิ่มการขยายที่ปลายแถบสัญญาณด้านต่ำได้ เมื่อต้องการปรับความคมชัดที่ความถี่อินพุท 50 MHz ให้เราทำการยืด L1 ออกเล็กน้อย ถ้าหากเกิดสัญญาณรบกวนจากคลื่นวิทยุเอฟเอ็มบรอดคาสซ์ ให้ลดความยาวสายนำสัญญาณโคแอกเชียลระหว่างชุดแปลงความถี่และเครื่องรับลงเพื่อไม่ให้มันทำงานเป็นสายอากาศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

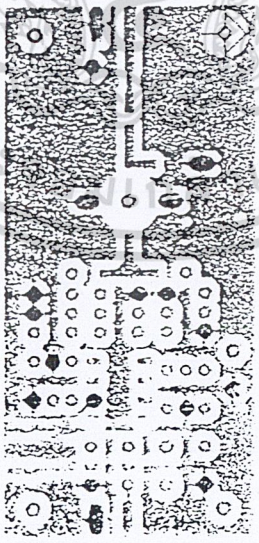


รูปที่ 4.11 คุณลักษณะของสัญญาณที่ต้องการเมื่อป้อนสัญญาณอินพุทเข้าสู่วงจรกรองแถบผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ลายวงจร



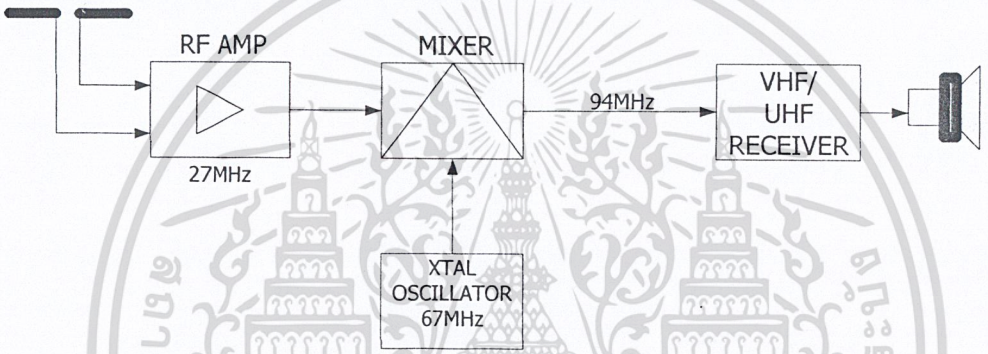
รูปที่ 4.13 จุดคำแสดงให้เห็นจุดที่ต้องบัดกรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ขั้นตอนและวิธีการของโครงงาน

5.1 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์

บล็อคไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.1 เริ่มจากสัญญาณเสียงที่รับได้จากวิทยุสื่อสารแล้วทำการขยายเสียงนั้นให้มีความแรงสูงขึ้น สัญญาณที่ถูกขยายนี้จะถูกนำไปทำการมอดูเลทกับความถี่วิทยุ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์มีความถี่ประมาณ 67 MHz จะได้ความถี่ในย่านเอฟเอ็มประมาณ 94 MHz ตามที่ต้องการ แล้วส่งไปยังเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม ดีเทคสัญญาณออกมา



รูปที่ 5.1 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องแปลง วี เอช เอฟโลว์แบนด์

5.2 โครงสร้างของโครงงาน

5.2.1 ภาค RF AMP

ในโปรเจคนี้จะใช้วิทยุสื่อสารไร้สายระยะใกล้มีความถี่เท่ากับ 27 MHz ใช้เป็นตัวส่งสัญญาณให้กับเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ รูป 5.2 เป็นผลจากการวัดสัญญาณอินพุท

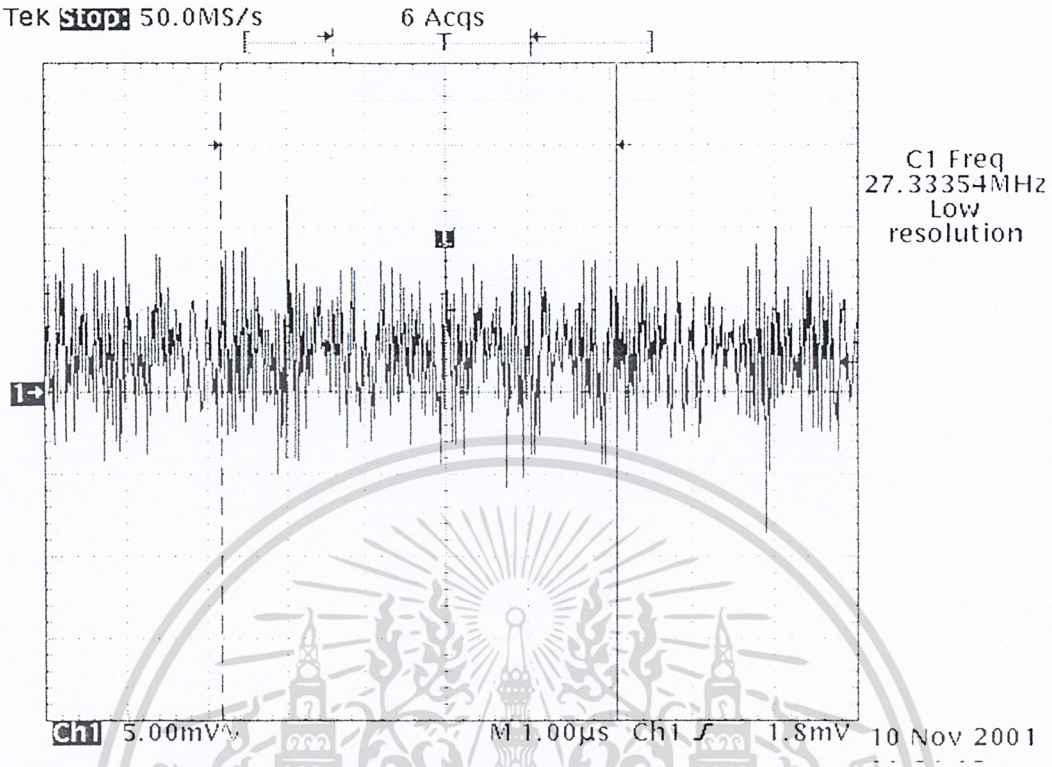
5.2.2 ภาคผสมสัญญาณและภาคกำเนิดความถี่

ภาคผสมสัญญาณและภาคกำเนิดความถี่จะรวมอยู่ในไอซีชนิด NE 602 (หรือ NE 612) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.7 ความถี่ที่เกิดขึ้นเราจะใช้คริสตอล 66.4 MHz ตัวคริสตอลนี้จะถูกต่อที่ขา 6 และขา 7 ของไอซี ขา 1 และขา 2 เป็นขาอินพุท ขา 4 และ 5 เป็นขาเอาท์พุท จากรูปที่ 5.3 สัญญาณอินพุทอาร์เอฟ 27 MHz ถูกป้อนเข้าที่ขา 1 และสัญญาณอินพุทลำดับสองเข้าที่ขา 2 และต่อลงกราวด์โดย C_9ตัวต้านทาน R_4 ถูกต่อที่ขา 1 และ ขา 2 เพื่อให้แรงดันทั้งสองขาเท่ากัน

5.2.3 ภาครับสัญญาณ

หลังจากแปลงสัญญาณเป็นเอฟเอ็มแล้ว จะส่งสัญญาณมายังภาครับ เราสามารถใช้เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มธรรมดาที่เราใช้ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

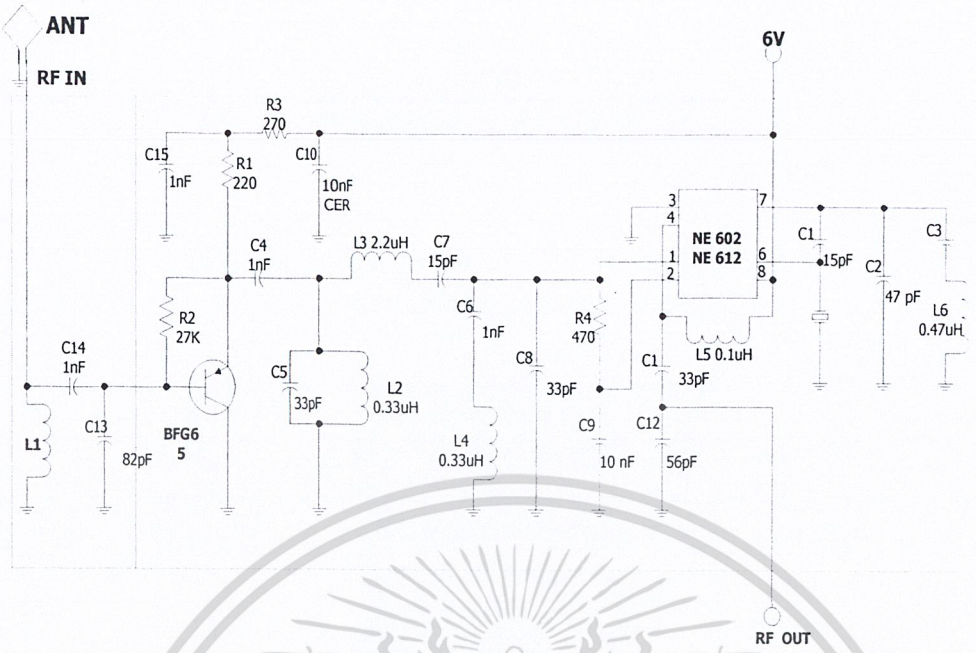


รูปที่ 5.2 สัญญาณอินพุทจากเครื่องส่งวิทยุ 27 MHz

5.3 วงจรและการทำงาน

วงจรเครื่องแปลง วี เอช เอฟ โลว์แบนด์ในรูปที่ 5.3 นั้นจะเริ่มจากวงจรแปลงความถี่ขึ้น เราใช้ทรานซิสเตอร์ BFG 65 เป็นตัวขยายสัญญาณที่รับมาจากสายอากาศ 27 MHz จะผ่านวงจรจูนอาร์เอฟ (RF Tuner) ใช้วงจรจูนขนาน $L_1 - C_{13} - C_{14}$ โดยที่ L_1 และ C_{13} เท่านั้นที่ใช้ในการจูนส่วน C_{14} จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรเพื่อจ่ายไฟเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ (ประมาณ 0.6 โวลท์) ซึ่งถูกต่อลงกราวด์ด้วยตัวเหนี่ยวนำ ย่านความถี่ที่ถูกเลือกจากวงจรจูน L_1 และ C_{13} มีค่าเท่ากับ 27 MHz ดังแสดงดังรูป 5.2 ส่งเข้าวงจรขยาย T_1 แล้วถูกส่งเข้าวงจรกรองชุดที่สองซึ่งมีค่าการกรองมากกว่าชุดแรก ประกอบด้วยวงจรกรอง 2 ชุด คือ $L_2 - C_5$ และ $L_4 - C_8$ ซึ่งถูกเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยวงจรจูนอนุกรม $L_3 - C_7$ เมื่อผ่านวงจรจูนทั้งสามชุดจะกรองความถี่ที่ 27 MHz แล้วส่งไปยังภาคผสมสัญญาณและภาคกำเนิดความถี่ซึ่งรวมอยู่ในไอซีชนิด NE 602 ซึ่งแสดงดังรูป

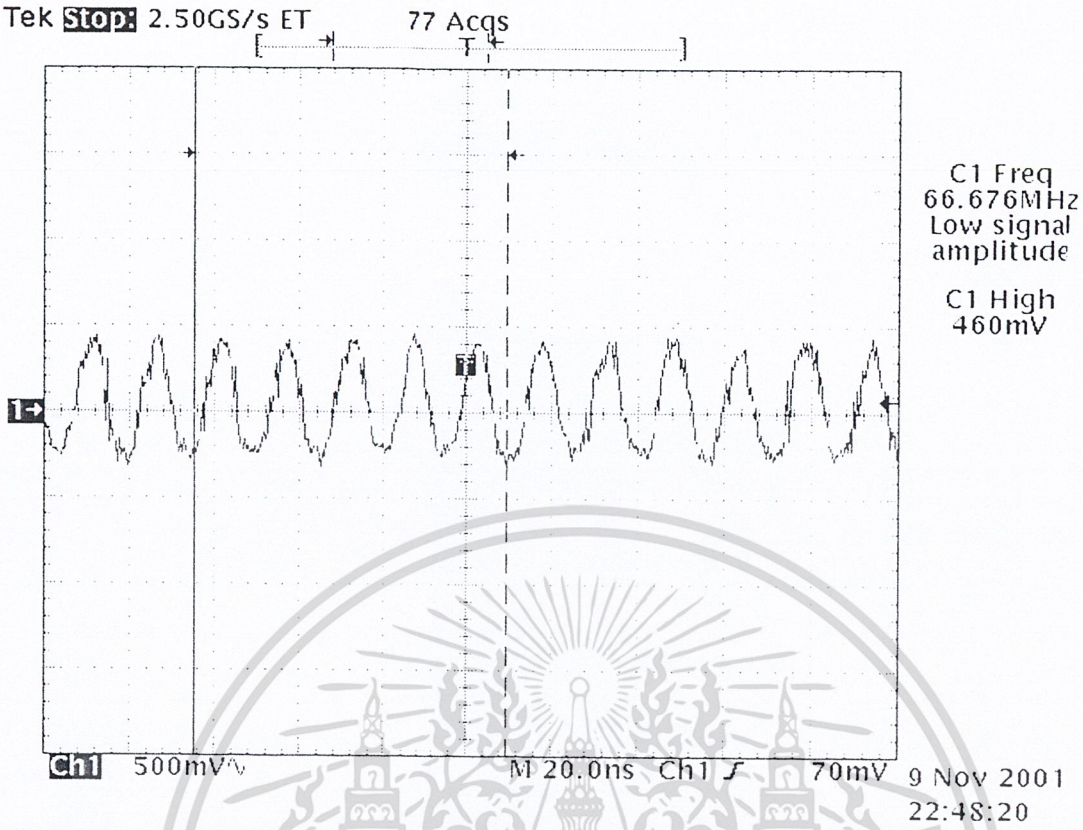
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



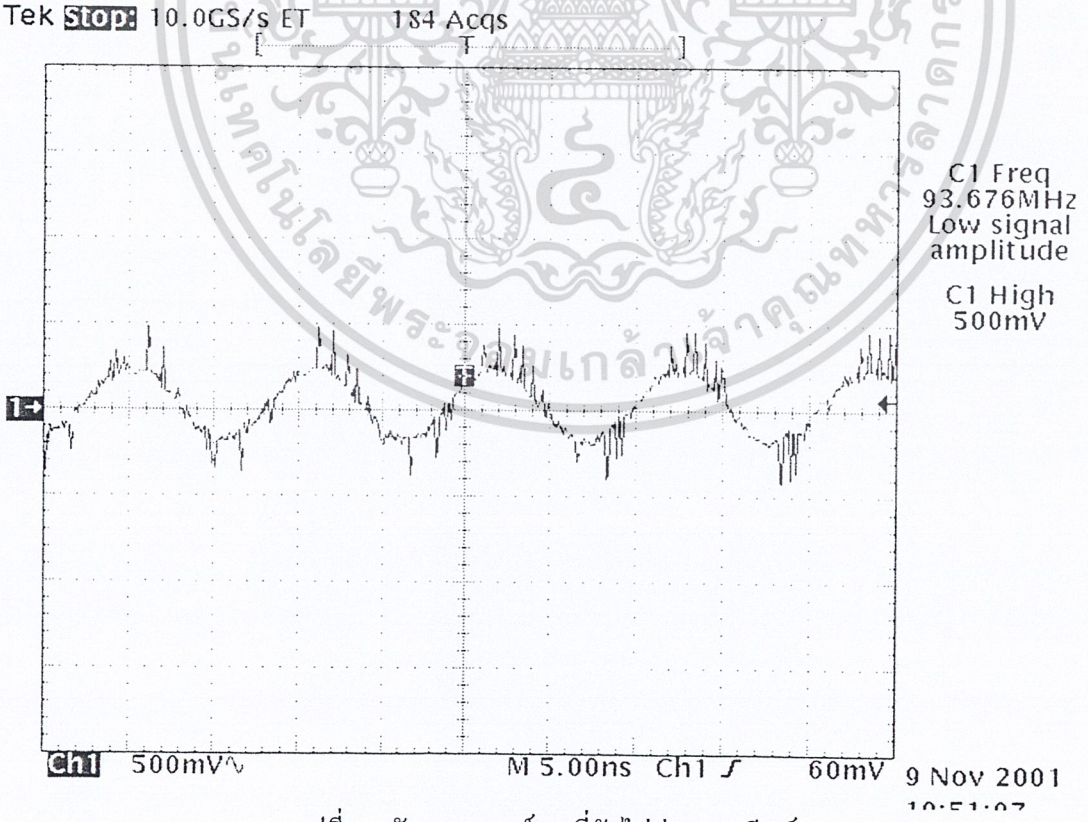
รูปที่ 5.3 วงจรที่ใช้งานจริง

ภาคกำเนิดความถี่จะถูกต่อเข้าอินพุทของชุดขยายที่อยู่ในไอซี NE 602 สัญญาณที่รับเข้ามาจะได้รับการขยายภายในตัวไอซีและออกเอาท์พุทที่ขา 7 สัญญาณจะถูกป้อนกลับผ่าน C_1 เพื่อทำให้เกิดการแกว่งตัวเก็บประจุ C_2 และตัวเหนี่ยวนำ L_6 จะทำให้ภาคกำเนิดความถี่เกิดการรีโซแนนซ์ที่ความถี่ประมาณ 66 MHz สัญญาณนี้จะถูกป้อนเข้าภาคผสมสัญญาณผ่านทางบัฟเฟอร์ภายในตัวไอซี ได้สัญญาณผลรวมเท่ากับ 94 MHz ดังผลการทดลองรูปที่ 5.4 แต่ผลที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนเยอะทำให้สัญญาณไม่ชัดเจน เพื่อให้สัญญาณที่ชัดเจนยิ่งขึ้นเราจะใช้กล่องชีลด์ครอบวงจรเพื่อลดสัญญาณรบกวนทำให้สัญญาณที่ได้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นดังผลการทดลองรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

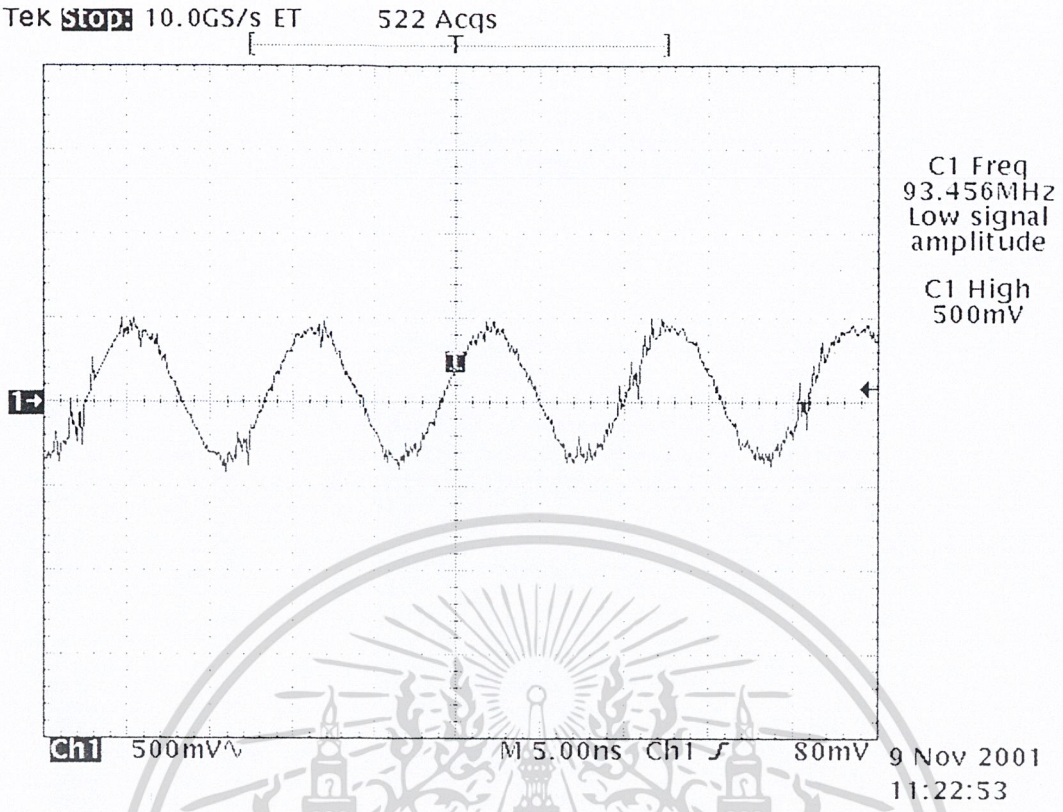


รูปที่ 5.4 สัญญาณจากภาคกำเนิดความถี่



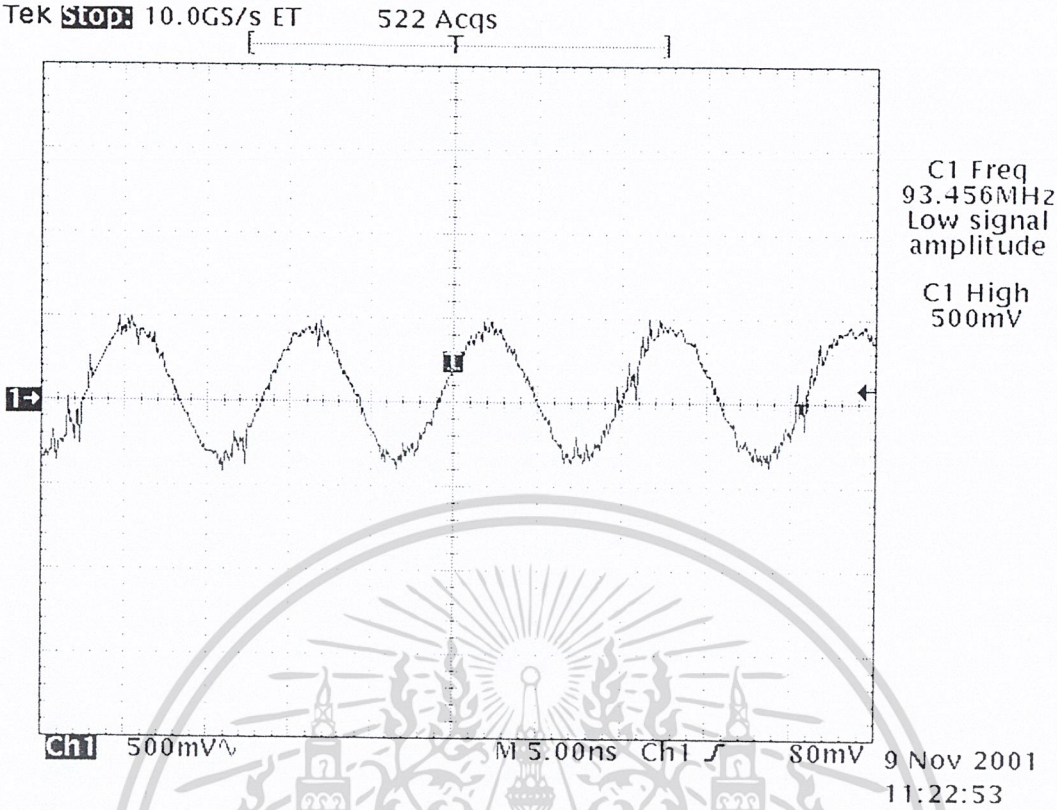
รูปที่ 5.5 สัญญาณเอาท์พุทที่ยังไม่ผ่านการชีลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 สัญญาณเอาท์พุทเมื่อครอบคล่องชีลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 สัญญาณเอาท์พุทเมื่อครอบกล่องชีลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การออกแบบลายวงจรพิมพ์โดยใช้วงจร Protel 99SE ด้วยวิธี Auto Routing

มีขั้นตอนดังนี้

5.4.1 เริ่มสร้างไฟล์โปรเจค (.ddb) โดยเมื่อเข้าสู่โปรแกรม Protel 99 เลือกเมนู File > New

5.4.2 สร้างวงจร Schematic โดยคลิกเลือก Document ซึ่งอยู่ในไฟล์โปรเจค

- ใช้คำสั่ง File > New เลือกไอคอน Schematic Document แล้วกด OK
- ดับเบิ้ลคลิกเข้าไปใน Schematic Document (มีนามสกุลเป็น .sch)
- คลิกที่ Add / Remove... เมื่อต้องการเพิ่มหรือลด Libralies
- นำอุปกรณ์ใน Brown Schematic Libralies มาประกอบเป็นวงจร โดยใช้การดับเบิ้ลคลิกที่รายชื่ออุปกรณ์ที่ต้องการหรือเลือกอุปกรณ์แล้วกด Place , กด Tab เพื่อกำหนด Properties ให้กับอุปกรณ์รวมทั้งใส่ชื่อ Footprint ของอุปกรณ์ด้วย (รายชื่อ Footprint ดูได้จาก PCB Libralies)
- เดินสายวงจรโดยเลือก Place > Wire

5.4.3 สร้างไฟล์ PCB โดยใช้คำสั่ง File > New เลือกไอคอน PCB Document

- คลิกที่ Add / Remove Libraries จากเมนู Brown PCB
- กำหนดคุณสมบัติของแผ่น PCB จากเมนู Design Rules... เลือก Routing layer ในช่อง Rule Attributes กำหนด Top layer ให้เป็น Not Used , Bottom Layer ให้เป็น Vertical หรือ Hovicontal , Width Constant กำหนดขนาดของเส้น

5.4.4 การสั่ง Aoto Routing

- เข้าไปที่ Schematic ที่วาดเลือกคำสั่ง Design > Update PCB... กด Preview changes เพื่อตรวจสอบ Error ถ้าพบ Error ก็ให้กลับไปแก้ที่ไฟล์ Schematic ที่ฟ้อง Error เมื่อไม่มี Error แล้ว ให้กด Execute แล้วจัดวางอุปกรณ์ในไฟล์ PCB
- กำหนดขนาดแผ่น PCB โดยเลือกแถบ Keep Out Layer แล้วลากเส้นขนาดปริ้นท์ให้รอบรูป
- สั่ง Auto Routing โดยเลือกคำสั่ง Auto Route > All... แล้วกด OK โปรแกรมจะทำการเดินเส้นลายทองแดงให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลและวิจารณ์

6.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอถึงการแปลงสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในย่าน วี เอช เอฟ โลว์แบนด์(30-50MHz)ไปเป็นสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในย่านวิทยุเอฟเอ็ม (88-108MHz) โดยใช้ไอซี NE 602 เป็นส่วนประกอบสำคัญในวงจรแปลงความถี่ขึ้นนี้ และใช้เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มรับฟังสัญญาณที่ส่งมาจากวิทยุสื่อสารได้

วงจรแปลงความถี่ที่สร้างขึ้นเป็นวงจรที่สามารถสร้างได้ง่ายและประหยัดเพราะมีส่วนประกอบและอุปกรณ์ที่ใช้ไม่มากและให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

6.2 แนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้งาน

วงจรแปลงความถี่ ทำงานเป็นภาคฟร้อนเอนด์ที่อยู่ภายนอกของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม จึงสามารถนำไปใช้ได้กับเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มหลายๆเครื่องพร้อมกันได้ โดยให้ทำงานในหลักการที่ว่ารับสัญญาณจากอินพุทเดียวแล้วทำการส่งสัญญาณให้กับเครื่องรับหลายๆเครื่อง ดังนั้นจึงอาจจะพัฒนาให้สามารถใช้เป็นตัวรับสัญญาณวิทยุกระจายเสียงที่ใช้คลื่นความถี่ วี เอช เอฟ ย่านต่ำภายในหมู่บ้านได้

6.3 ปัญหาที่เกิดจากการทำโครงงาน

หาซื้ออุปกรณ์บางชิ้นไม่ได้ เช่น คริสตัลออสซิลเลเตอร์ 58 MHz ต้องสร้างวงจรกำเนิดความถี่ใหม่ทำให้สัญญาณที่ได้จากวงจรแปลงความถี่ไม่เที่ยงตรง ส่งผลให้สัญญาณเสียงที่เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มรับได้มีความผิดเพี้ยนไป

6.4 ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาที่สัญญาณที่รับฟังได้ไม่ชัดเจน อาจเกิดจากการที่สัญญาณ IF และวงจรที่เกี่ยวกับภาค IF ไม่มีความเที่ยงตรงสูงพอ ควรทำการปรับปรุงและแก้ไขวงจรในภาคนี้ เช่น ให้มีการทำวงจรปรับแต่งสัญญาณ IF ในวงจรภาครับ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

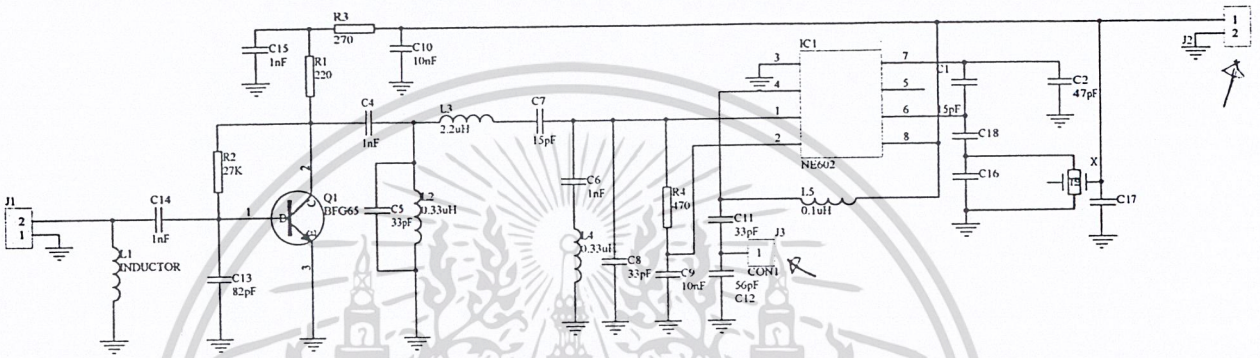
1. พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, "ทฤษฎีเครื่องรับ" , กรุงเทพฯ , โรงพิมพ์เจริญธรรม
2. ศิริทร์ทิพย์ เลิศพิทักษ์สิทธิ์ , ยมาภรณ์ โชติช่วงนิรันดร์ และคณะ , "เครื่องรับส่งวิทยุย่านความถี่ VHF" , ปริญญานิพนธ์ , วิศวกรรมศาสตร์ , 2540
3. สุชาติ กังวารจิตต์ , "เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร" , กรุงเทพฯ , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2538
4. JOSEPH J. CARR , "SECRET OF RF CIRCUIT DESIGN" , USA , MCGRAW HILL
5. NIGLE P. COOK , "INTRODUCTIORY SEMICONDUCTOR ELECTRONICS" , USA , PRENTICE-HALL , 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

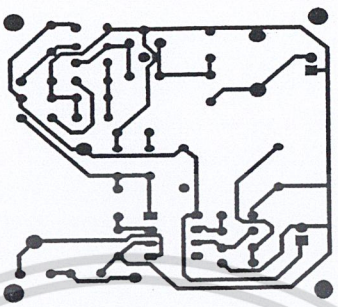
วงจรและลายวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

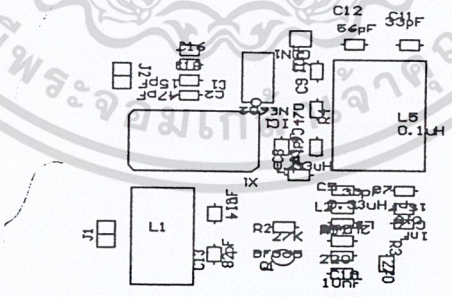


วงจรแปลงความถี่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายวงจรด้าน Bottom Layer วงจรแปลงความถี่ขึ้น



ด้าน Top Overlay วงจรแปลงความถี่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รายละเอียดไอซีที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signetics

NE/SA602
Double-Balanced Mixer and Oscillator

Product Specification

Linear Products

DESCRIPTION

The SA/NE602 is a low-power VHF monolithic double-balanced mixer with input amplifier, on-board oscillator, and voltage regulator. It is intended for high performance, low power communication systems. The guaranteed parameters of the SA602 make this device particularly well suited for cellular radio applications. The mixer is a "Gilbert cell" multiplier configuration which typically provides 18dB of gain at 45MHz. The oscillator will operate to 200MHz. It can be configured as a crystal oscillator, a tuned tank oscillator, or a buffer for an external L.O. The noise figure at 45MHz is typically less than 5dB. The gain, intercept performance, low-power and noise characteristics make the SA/NE602 a superior choice for high-performance battery operated equipment. It is available in an 8-lead dual in-line plastic package and an 8-lead SO (surface-mount miniature package).

FEATURES

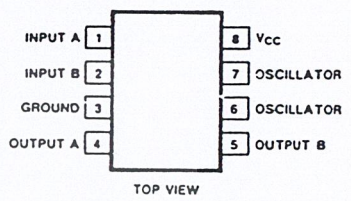
- Low current consumption: 2.4mA typical
- Excellent noise figure: < 5.0dB typical at 45MHz
- High operating frequency
- Excellent gain, intercept and sensitivity
- Low external parts count; suitable for crystal/ceramic filters
- SA602 meets cellular radio specifications

APPLICATIONS

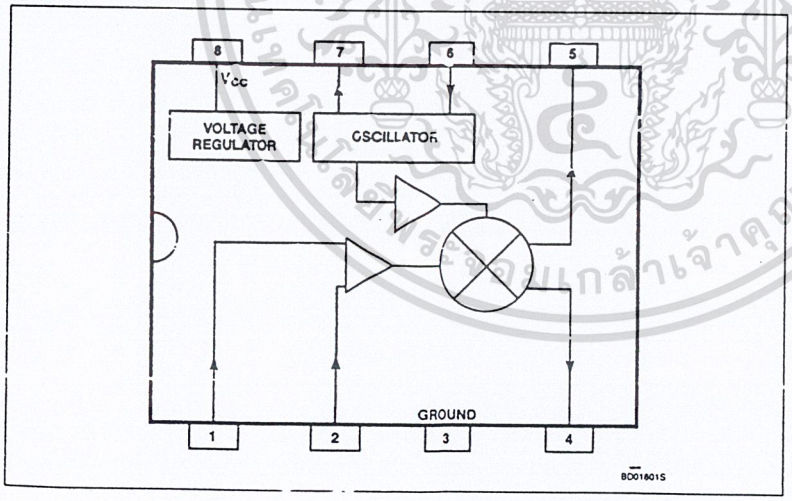
- Cellular radio mixer/oscillator
- Portable radio
- VHF transceivers
- RF data links
- HF/VHF frequency conversion
- Instrumentation frequency conversion
- Broadband LANs

PIN CONFIGURATION

D, FE, N Packages



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Double-Balanced Mixer and Oscillator

NE/SA602

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE
8-Pin Plastic DIP	0 to +70°C	NE602N
8-Pin Plastic SO	0 to +70°C	NE602D
8-Pin Cerdip	0 to +70°C	NE602FE
8-Pin Plastic DIP	−40°C to +85°C	SA602N
8-Pin Plastic SO	−40°C to +85°C	SA602D
8-Pin Cerdip	−40°C to +85°C	SA602FE

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Maximum operating voltage	9	V
T_{STG}	Storage temperature	−65 to +150	°C
T_A	Operating ambient temperature range NE602 SA602	0 to +70 −40 to +85	°C °C

AC/DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS T_A = 25°C, V_{CC} = 6V, Figure 1

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNIT
			Min	Typ	Max	
V_{CC}	Power supply voltage range		4.5		8.0	V
	DC current drain			2.4	2.8	mA
f_{IN}	Input signal frequency			500		MHz
f_{OSC}	Oscillator frequency			200		MHz
	Noise figured at 45MHz			5.0	6.0	dB
	Third-order intercept point	RF_{IN} = −45dBm: f_1 = 45.0 f_2 = 45.06		−15	−17	dBm
	Conversion gain at 45MHz		14			dB
R_{IN}	RF input resistance		1.5			kΩ
C_{IN}	RF input capacitance			3	3.5	pF
	Mixer output resistance	(Pin 4 or 5)		1.5		kΩ

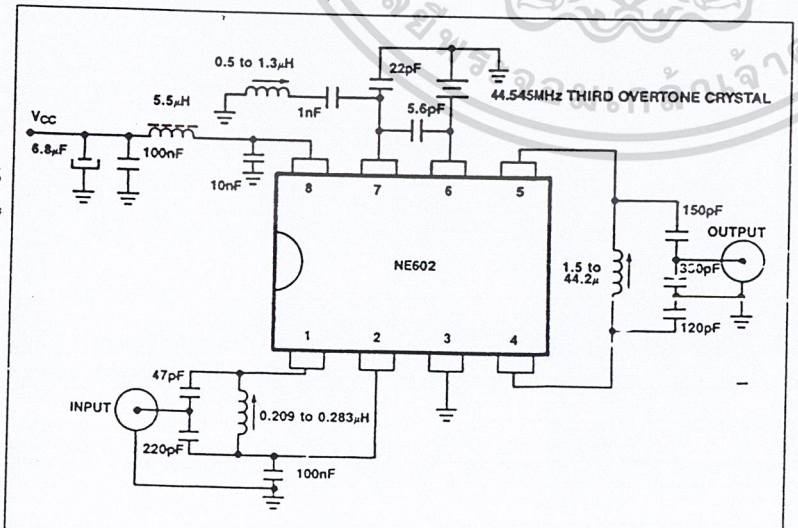


Figure 1. Test Configuration

DESCRIPTION OF OPERATION

The NE/SA602 is a Gilbert cell, an oscillator/buffer, and a temperature compensated bias network as shown in the equivalent circuit. The Gilbert cell is a differential amplifier (Pins 1 and 2) which drives a balanced switching cell. The differential input stage provides gain and determines the noise figure and signal handling performance of the system.

The NE/SA602 is designed for optimum low power performance. When used with the SA604 as a 45MHz cellular radio 2nd IF and demodulator, the SA602 is capable of receiving −119dBm signals with a 12dB S/N ratio. Third-order intercept is typically −15dBm (that's approximately +5dBm output intercept because of the RF gain). The system designer must be cognizant of this large signal limitation. When designing LANs or other closed systems where transmission levels are high, and small-signal or signal-to-noise issues not critical, the input to the NE602 should be appropriately scaled.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Double-Balanced Mixer and Oscillator

NE/SA602

Besides excellent low power performance well into VHF, the NE/SA602 is designed to be flexible. The input, output, and oscillator ports can support a variety of configurations provided the designer understands certain constraints, which will be explained here.

The RF inputs (Pins 1 and 2) are biased internally. They are symmetrical. The equivalent AC input impedence is approximately 1.5k ‖ 3pF through 50MHz. Pins 1 and 2 can be used interchangeably, but they should not be DC biased externally. Figure 3 shows three typical input configurations.

The mixer outputs (Pins 4 and 5) are also internally biased. Each output is connected to the internal positive supply by a 1.5kΩ resistor. This permits direct output termination yet allows for balanced output as well. Figure 4 shows three single ended output configurations and a balanced output.

The oscillator is capable of sustaining oscillation beyond 200MHz in crystal or tuned tank configurations. The upper limit of operation is determined by tank "Q" and required drive levels. The higher the "Q" of the tank or the smaller the required drive, the higher the permissible oscillation frequency. If the required L.O. is beyond oscillation limits, or the system calls for an external L.O., the external signal can be injected at Pin 6 through a DC blocking capacitor. External L.O. should be at least 200mV$_{P-P}$.

Figure 5 shows several proven oscillator circuits. Figure 5a is appropriate for cellular radio. As shown, an overtone mode of operation is utilized. Capacitor C3 and inductor L1 suppress oscillation at the crystal fundamental frequency. In the fundamental mode, the suppression network is omitted.

Figure 6 shows a Colpitts varacter tuned tank oscillator suitable for synthesizer-controlled applications. It is important to buffer the output of this circuit to assure that switching spikes from the first counter or prescaler do not end up in the oscillator spectrum. The dual-gate MOSFET provides optimum isolation with low current. The FET offers good isolation, simplicity, and low current, while the bipolar transistors provide the simple solution for non-critical applications. The resistive divider in the emitter-follower circuit should be chosen to provide the minimum input signal which will assure correct system operation.

When operated above 100MHz, the oscillator may not start if the Q of the tank is too low. A 22kΩ resistor from Pin 7 to ground will increase the DC bias current of the oscillator transistor. This improves the AC operating characteristic of the transistor and should help the oscillator to start. 22kΩ will not upset the other DC biasing internal to the device, but smaller resistance values should be avoided.

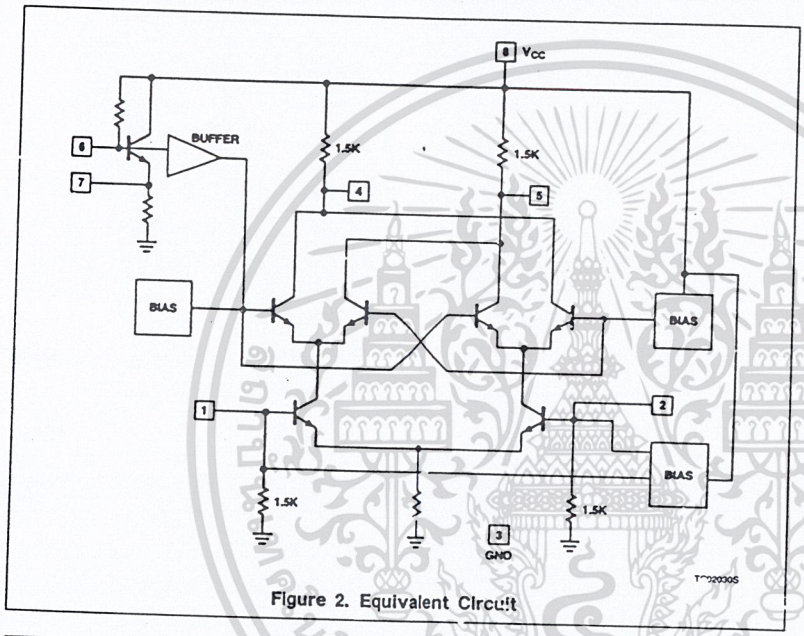
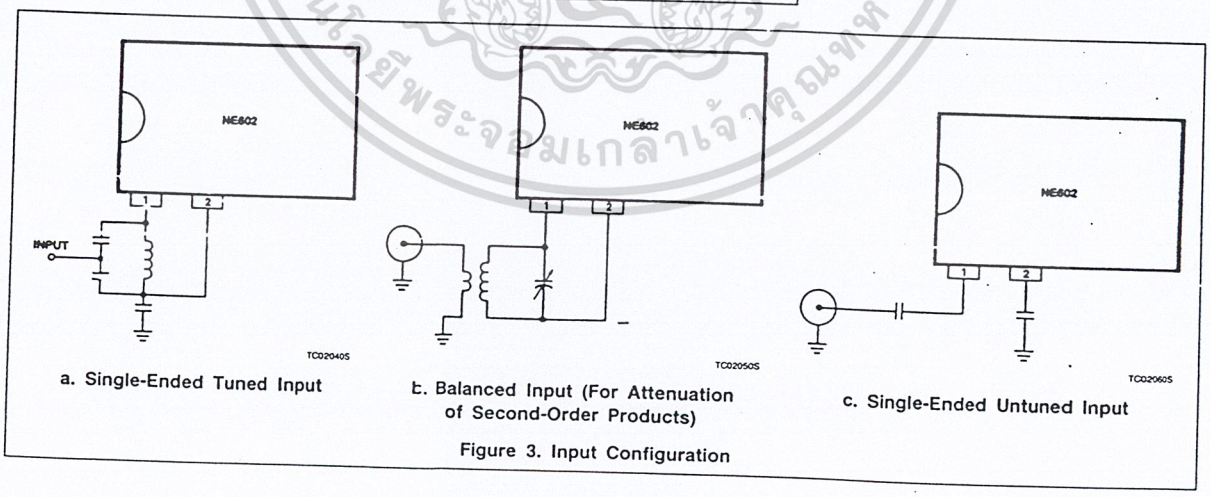


Figure 2. Equivalent Circuit



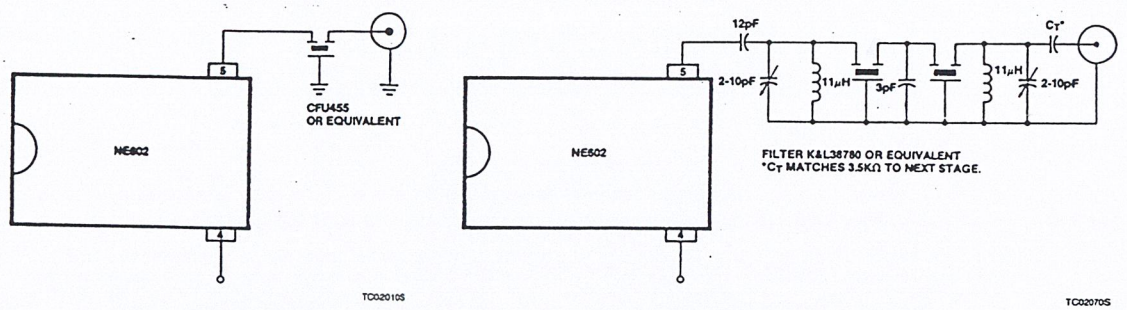
a. Single-Ended Tuned Input

b. Balanced Input (For Attenuation of Second-Order Products)

c. Single-Ended Untuned Input

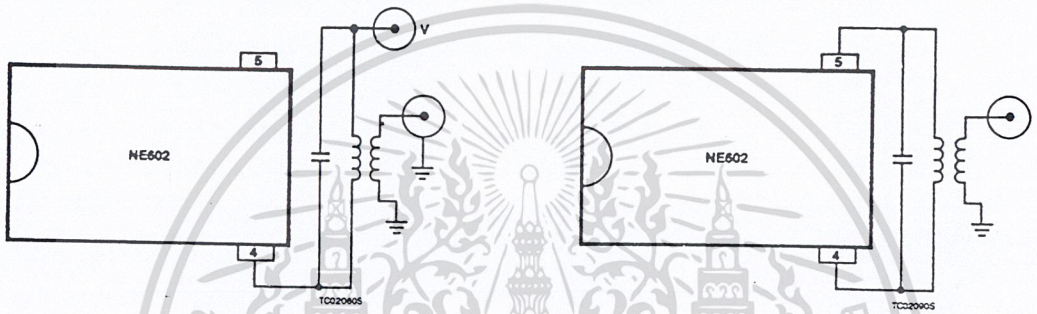
Figure 3. Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a. Single-Ended Ceramic Filter

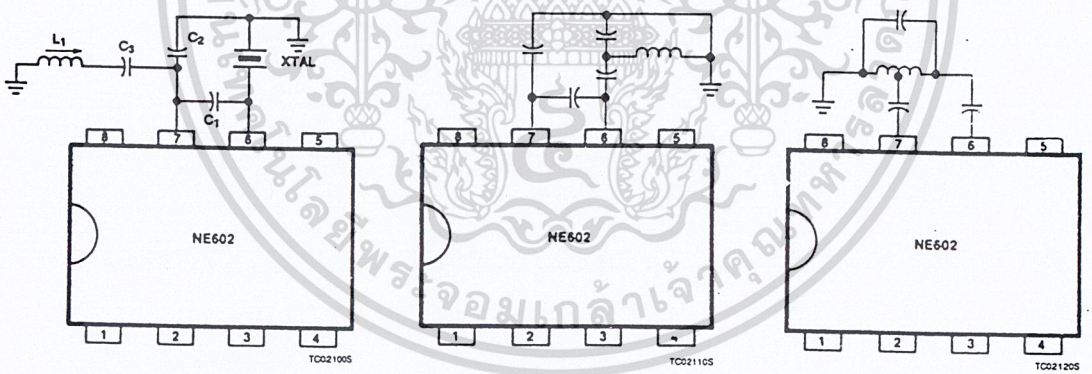
b. Single-Ended Crystal Filter



c. Single-Ended IFT

d. Balanced Output

Figure 4. Output Configuration



a. Colpitts Crystal Oscillator (Overtone Mode)

b. Colpitts L/C Tank Oscillator

c. Hartley L/C Tank Oscillator

Figure 5. Oscillator Circuits

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

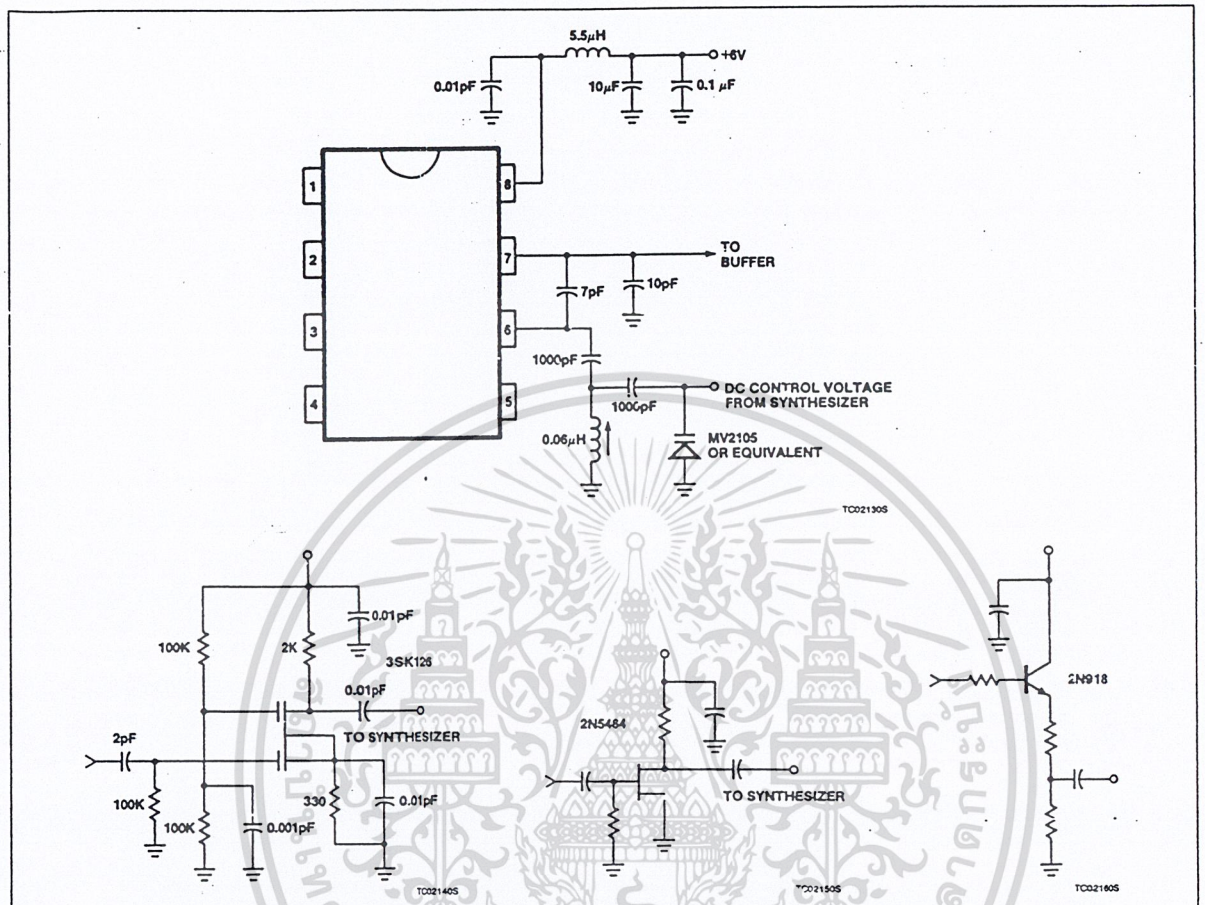


Figure 6. Colpitts Oscillator Suitable for Synthesizer Applications and Typical Buffers

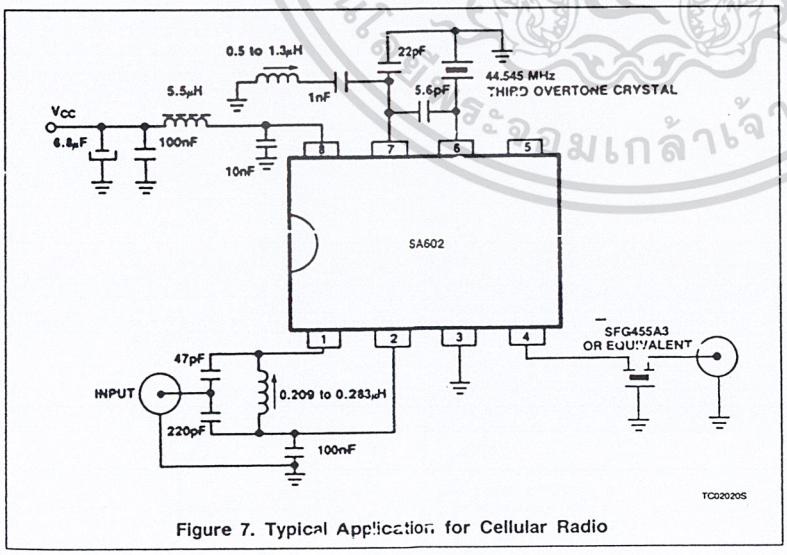


Figure 7. Typical Application for Cellular Radio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

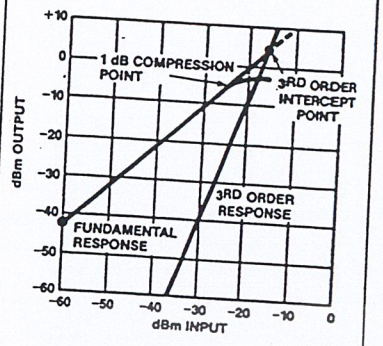


Figure 8. SA/NE602 Third-Order Intermod and 1dB Compression Point Performance

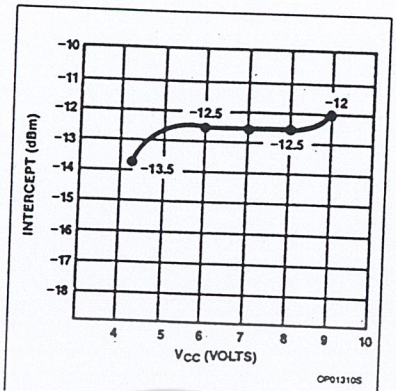


Figure 9. Input Third-Order Intercept Point vs V_{CC}

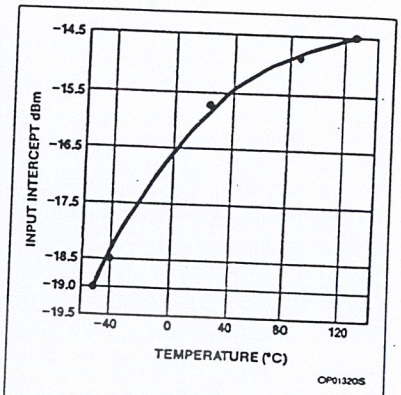


Figure 10. Third-Order Intercept Point vs Temperature

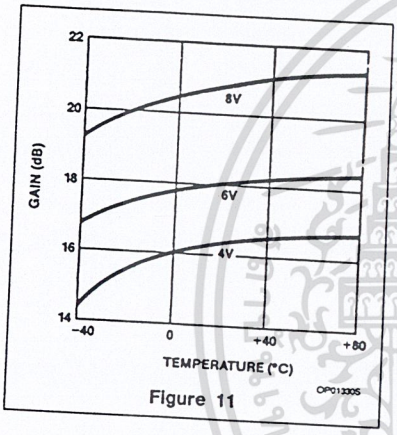


Figure 11

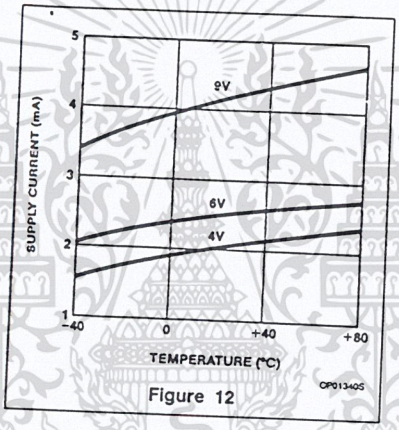


Figure 12

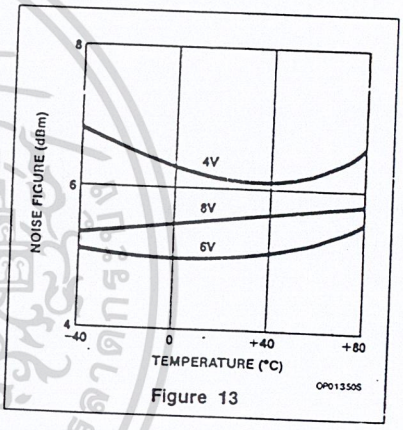


Figure 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN1982
Applying the Oscillator of the NE602 in Low Power Mixer Applications

Application Note

by Donald Anderson

INTRODUCTION

For the designer of low power RF systems, the Signetics NE602 mixer/oscillator provides mixer operation beyond 500MHz, a versatile oscillator capable of operation to 200MHz, and conversion gain, with only 2.5mA total current consumption. With a proper understanding of the oscillator design considerations, the NE602 can be put to work quickly in many applications.

DESCRIPTION

Figure 1 shows the equivalent circuit of the device. The chip is actually three subsystems: A Gilbert cell mixer (which provides differential input gain), a buffered emitter follower oscillator, and RF current and voltage regulation. Complete integration of the DC bias permits simple and compact application. The simplicity of the oscillator permits many configurations.

While the oscillator is simple, oscillator design isn't. This article will not address the rigors of oscillator design, but some practical guidelines will permit the designer to accomplish good performance with minimum difficulty.

Either crystal or LC tank circuitry can be employed effectively. Figure 2 shows the four most commonly used configurations in their most basic form.

In each case the Q of the tank will affect the upper frequency limits of oscillation: the higher the Q the higher the frequency. The NE602 is fabricated with a 6GHz process, but the emitter resistor from Pin 7 to ground is nominally 20k. With 0.25mA typical bias current, 200MHz oscillation can be achieved with high Q and appropriate feedback.

The feedback, of course, depends on the Q of the tank. It is generally accepted that a minimum amount of feedback should be used, so even if the choice is entirely empirical, a good trade-off between starting characteristics, distortion, and frequency stability can be quickly determined.

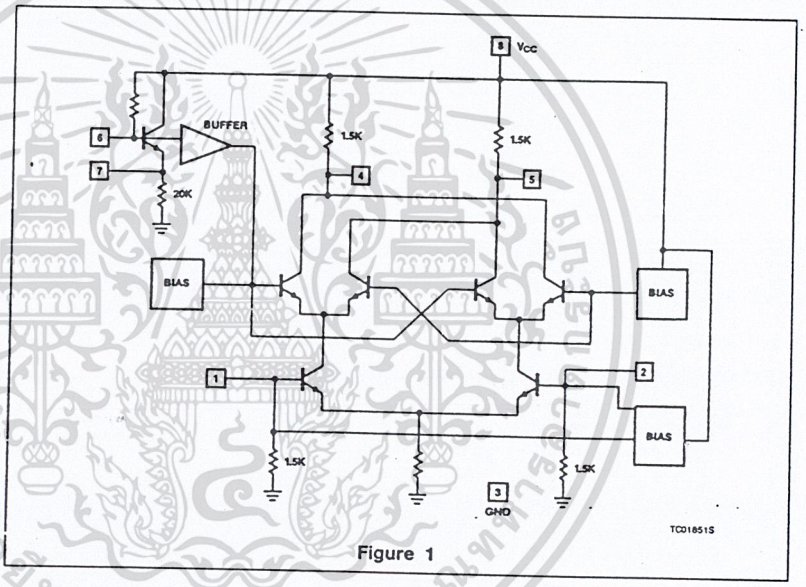
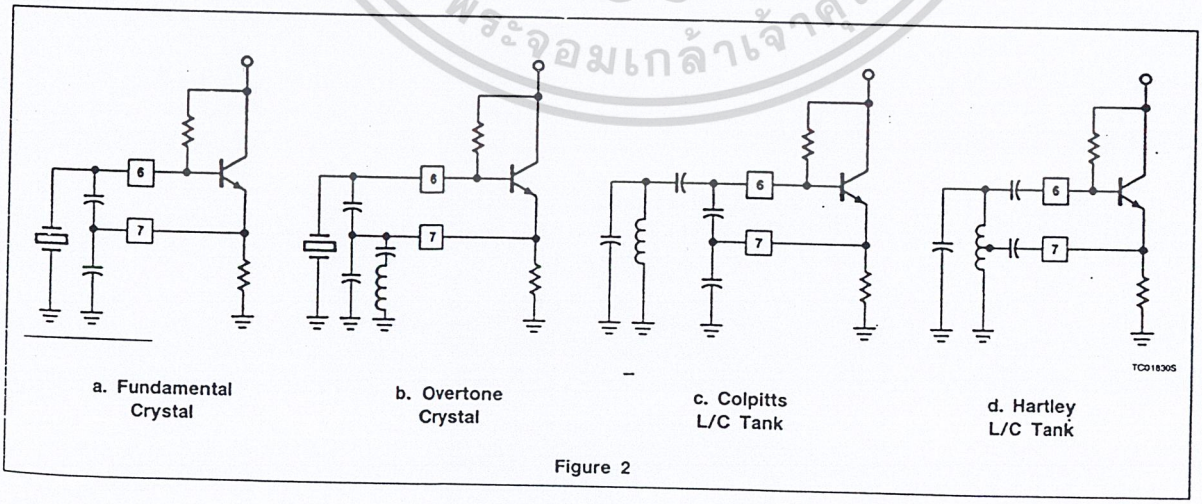


Figure 1



a. Fundamental Crystal

b. Overtone Crystal

c. Colpitts L/C Tank

d. Hartley L/C Tank

Figure 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Applying the Oscillator of the NE602 in Low Power Mixer Applications

AN1982

Crystal Circuit Considerations

Crystal oscillators are relatively easy to implement since crystals exhibit higher Q's than LC tanks. Figure 3 shows a complete implementation of the SA602 (extended temperature version) for cellular radio with a 45MHz first IF and 455kHz second IF.

The crystal is a third overtone parallel mode with 5pF of shunt capacitance and a trap to suppress the fundamental.

LC Tank Circuits

LC tanks present a little greater challenge for the designer. If the Q is too low, the oscillator won't start. A trick which will help if all else fails is to shunt Pin 7 to ground with a 22k resistor. In actual applications this has been effective to 200MHz with high Q ceramic capacitors and a tank inductor of 0.08μH and a Q of 90. Smaller resistor value will upset DC bias because of inadequate base bias at the input of the oscillator. An external bias resistor could be added from V_{CC} to Pin 6, but this will introduce power supply noise to the frequency spectrum.

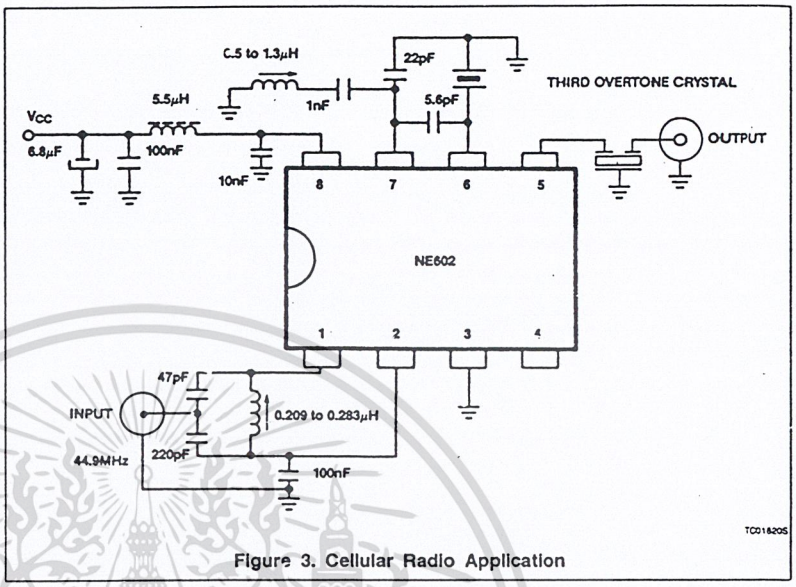


Figure 3. Cellular Radio Application

The Hartley configuration (Figure 2D) offers simplicity. With a variable capacitor tuning the tank, the Hartley will tune a very large range since all of the capacitance is variable. Please note that the inductor must be coupled to Pin 7 with a low impedance capacitor. The Colpitts oscillator will exhibit a smaller tuning range since the fixed feedback capacitors limit variable capacitance range; however, the Colpitts has good frequency stability with proper components.

Synthesized Frequency Control

The NE602 can be very effective with a synthesizer if proper precautions are taken to minimize loading of the tank and the introduction of digital switching transients into the spectrum. Figure 4 shows a circuit suitable for aircraft navigation frequencies (108 – 118MHz) with 10.7MHz IF.

The dual gate MOSFET provides a high degree of isolation from prescaler switching spikes. As shown in Figure 4, the total current consumption of the NE602 and 3SK126 is typically 3mA. The MOSFET input is from the emitter of the oscillator transistor to avoid loading the tank. The Gate 1 capacitance of the MOSFET in series with the 2pF coupling capacitor adds slightly to the feedback capacitance ratio. Use of the 22k resistor at Pin 7 helps assure oscillation without upsetting DC bias.

For applications where optimum buffering of the tank, or minimum current are not mandatory, or where circuit complexity must be minimized, the buffers shown in Figure 5 can be considered.

The effectiveness of the MRF931 (or other VHF bipolar transistors) will depend on frequency and required input level to the prescaler. A bipolar transistor will generally provide the least isolation. At low frequencies the transistor can be used as an emitter follower, but by VHF the base emitter junction will start to become a bidirectional capacitor and the buffer is lost.

The 2N5484 has an IDSS of 5mA max. and the 2SK126 has IDSS of 6mA max. making them suitable for low parts count, modest current buffers. The isolation is good.

Injected LO

If the application calls for a separate local oscillator, it is acceptable to capacitively-couple 200 to 300mV at Pin 6.

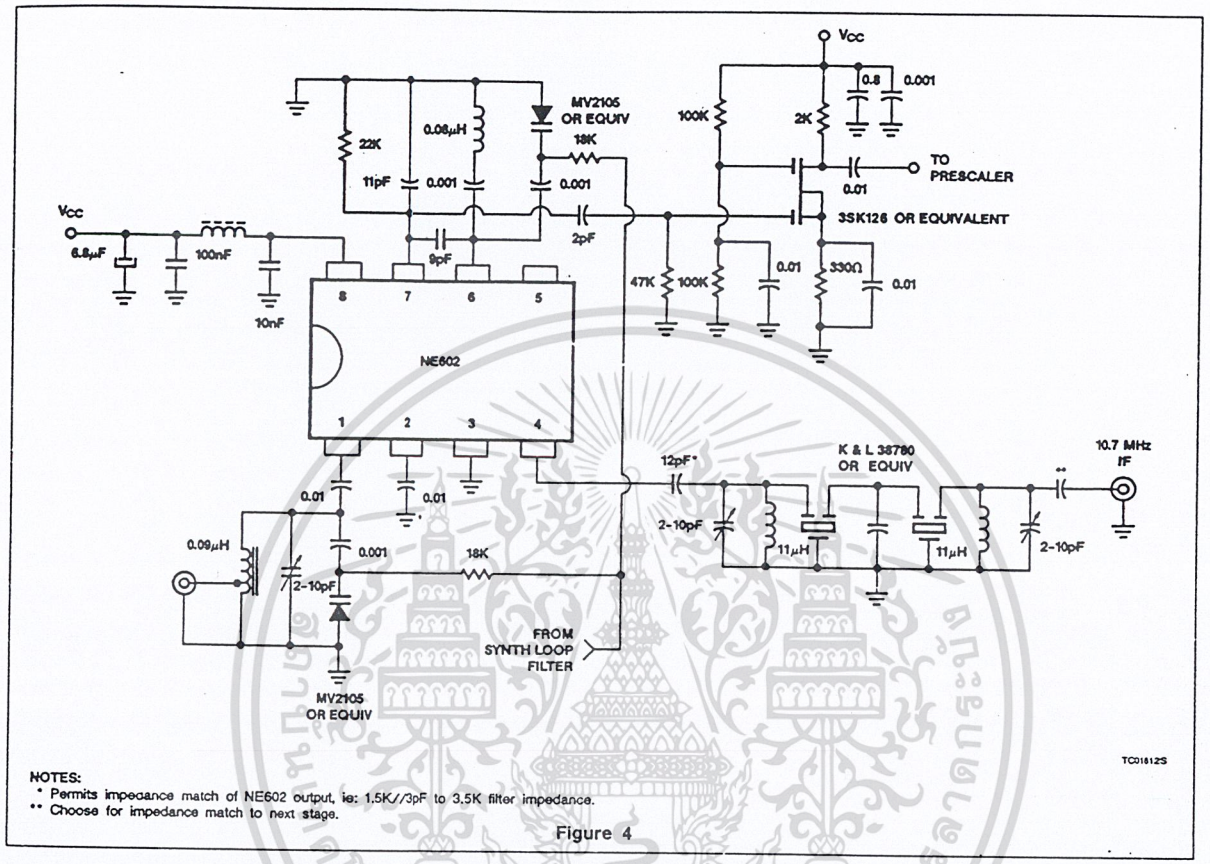
Summary

The NE602 can be an effective low power mixer at frequencies to 500MHz with oscillator operation to 200MHz. All DC bias is provided internal to the device so very compact designs are possible. The internal bias sets the oscillator DC current at a relatively low level so the designer must choose frequency selective components which will not load the transistor. If the guidelines mentioned are followed, excellent results will be achieved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

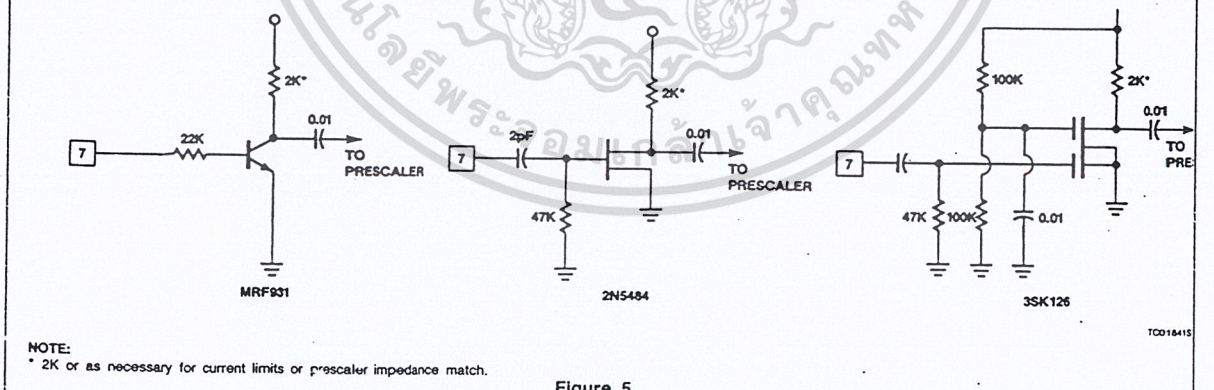
Applying the Oscillator of the NE602 in Low Power Mixer Applications

AN1982



NOTES:
* Permits impedance match of NE602 output, ie: 1.5K//3pF to 3.5K filter impedance.
** Choose for impedance match to next stage.

Figure 4



NOTE:
* 2K or as necessary for current limits or prescaler impedance match.

Figure 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Signetics

NE612
Double-Balanced Mixer and Oscillator

Product Specification

Linear Products

DESCRIPTION

The NE612 is a low-power VHF monolithic double-balanced mixer with on-board oscillator and voltage regulator. It is intended for low cost, low power communication systems with signal frequencies to 500MHz and local oscillator frequencies as high as 200MHz. The mixer is a "Gilbert cell" multiplier configuration which provides gain of 14dB or more at 49MHz.

The oscillator can be configured for a crystal, a tuned tank operation, or as a buffer for an external L.O. Noise figure at 49MHz is typically below 6dB and makes the device well suited for high performance cordless telephone. The low power consumption makes the NE612 excellent for battery operated equipment. Networking and other communications products can benefit from very low radiated energy levels within systems. The NE612 is available in an 8-lead dual in-line plastic package and an 8-lead SO (surface mounted miniature package).

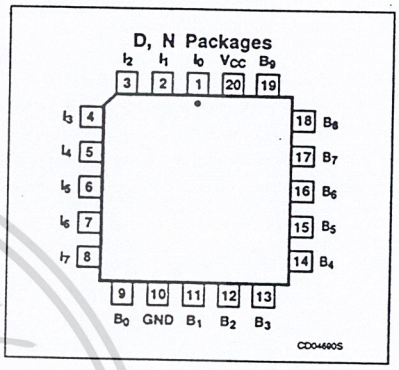
FEATURES

- Low current consumption
- Low cost
- Operation to 500MHz
- Low radiated energy
- Low external parts count; suitable for crystal/ceramic filter
- Excellent sensitivity, gain, and noise figure

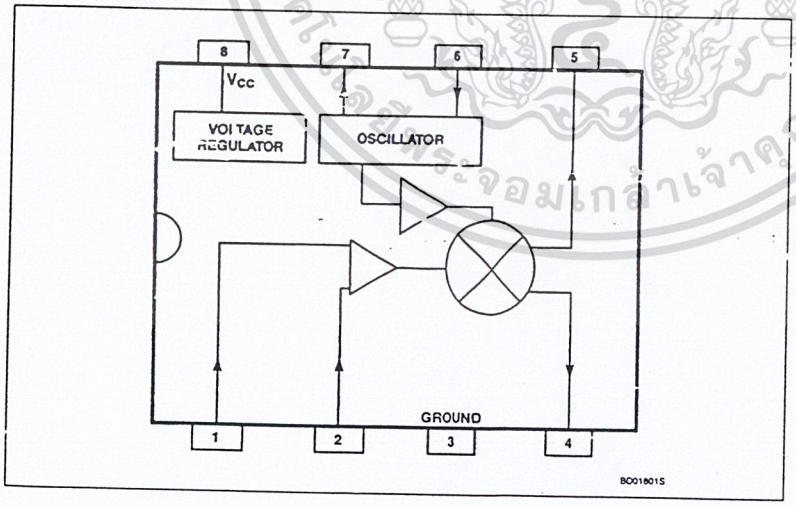
APPLICATIONS

- Cordless telephone
- Portable radio
- VHF transceivers
- RF data links
- Sonabuoys
- Communications receivers
- Broadband LANs
- HF and VHF frequency conversion

PIN CONFIGURATION



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Double-Balanced Mixer and Oscillator

NE612

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE
8-Pin Plastic DIP	0 to +70°C	NE612N
8-Pin Plastic SO	0 to +70°C	NE612D

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Maximum operating voltage	9	V
T_{STG}	Storage temperature	−65 to +150	°C
T_A	Operating ambient temperature range	0 to +70	°C

AC/DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS T_A = 25°C, V_{CC} = 6V, Figure 1

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITION	LIMITS			UNIT
			Min	Typ	Max	
V_{CC}	Power supply voltage range		4.5		8.0	V
	DC current drain			2.4	2.8	mA
f_{IN}	Input signal frequency			500		MHz
f_{OSC}	Oscillator frequency			200		MHz
	Noise figured at 49MHz			5.0		dB
	Third-order intercept point at 49MHz	RF_{IN} = −45dBm		−15		dBm
	Conversion gain at 49MHz		14			dB
R_{IN}	RF input resistance		1.5			kΩ
C_{IN}	RF input capacitance			3		pF
	Mixer output resistance	(Pin 4 or 5)		1.5		kΩ

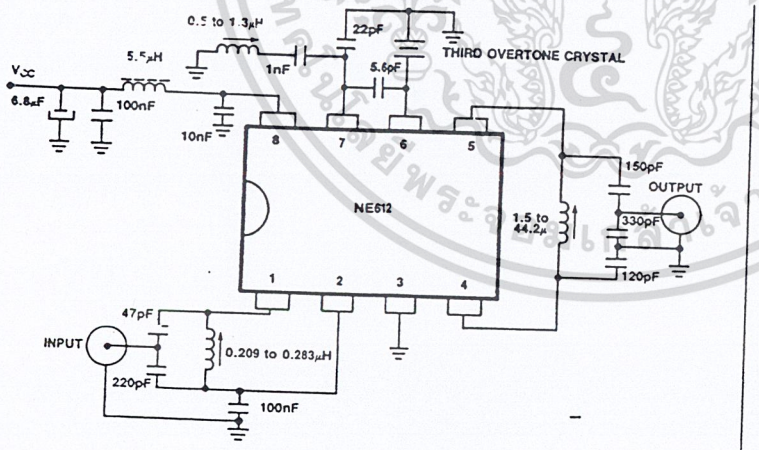


Figure 1. Test Configuration

DESCRIPTION OF OPERATION

The NE612 is a Gilbert cell, an oscillator/buffer, and a temperature compensated bias network as shown in the equivalent circuit. The Gilbert cell is a differential amplifier (Pins 1 and 2) which drives a balanced switching cell. The differential input stage provides gain and determines the noise figure and signal handling performance of the system.

The NE612 is designed for optimum low power performance. When used with the NE614 as a 49MHz cordless telephone system, the NE612 is capable of receiving −119dBm signals with a 12dB S/N ratio. Third-order intercept is typically −15dBm (that's approximately +5dBm output intercept because of the RF gain). The system designer must be cognizant of this large signal limitation. When designing LANs or other closed systems where transmission levels are high, and small-signal or signal-to-noise issues not critical, the input to the NE612 should be appropriately scaled.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Double-Balanced Mixer and Oscillator NE612

Besides excellent low power performance well into VHF, the NE612 is designed to be flexible. The input, output, and oscillator ports can support a variety of configurations provided the designer understands certain constraints, which will be explained here.

The RF inputs (Pins 1 and 2) are biased internally. They are symmetrical. The equivalent AC input impedance is approximately 1.5k ‖ 3pF through 50MHz. Pins 1 and 2 can be used interchangeably, but they should not be DC biased externally. Figure 3 shows three typical input configurations.

The mixer outputs (Pins 4 and 5) are also internally biased. Each output is connected to the internal positive supply by a 1.5kΩ resistor. This permits direct output termination yet allows for balanced output as well. Figure 4 shows three single-ended output configurations and a balanced output.

The oscillator is capable of sustaining oscillation beyond 200MHz in crystal or tuned tank configurations. The upper limit of operation is determined by tank "Q" and required drive levels. The higher the Q of the tank or the smaller the required drive, the higher the permissible oscillation frequency. If the required L.O. is beyond oscillation limits, or the system calls for an external L.O., the external signal can be injected at Pin 6 through a DC blocking capacitor. External L.O. should be 200mV$_{P-P}$ minimum to 300mV$_{P-P}$ maximum.

Figure 5 shows several proven oscillator circuits. Figure 5a is appropriate for cordless telephones. In this circuit a third overtone parallel-mode crystal with approximately 5pF load capacitance should be specified. Capacitor C3 and inductor L1 act as a fundamental trap. In fundamental mode oscillation the trap is omitted.

Figure 6 shows a Colpitts varacter tuned tank oscillator suitable for synthesizer-controlled applications. It is important to buffer the output of this circuit to assure that switching spikes from the first counter or prescaler do not end up in the oscillator spectrum. The dual-gate MOSFET provides optimum isolation with low current. The FET offers good isolation, simplicity, and low current, while the bipolar circuits provide the simple solution for non-critical applications. The resistive divider in the emitter-follower circuit should be chosen to provide the minimum input signal which will assume correct system operation.

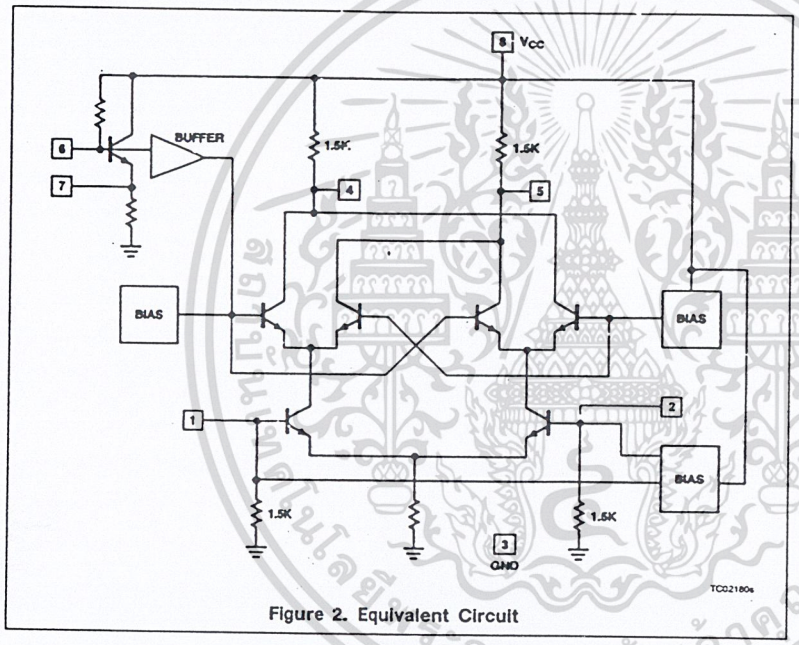
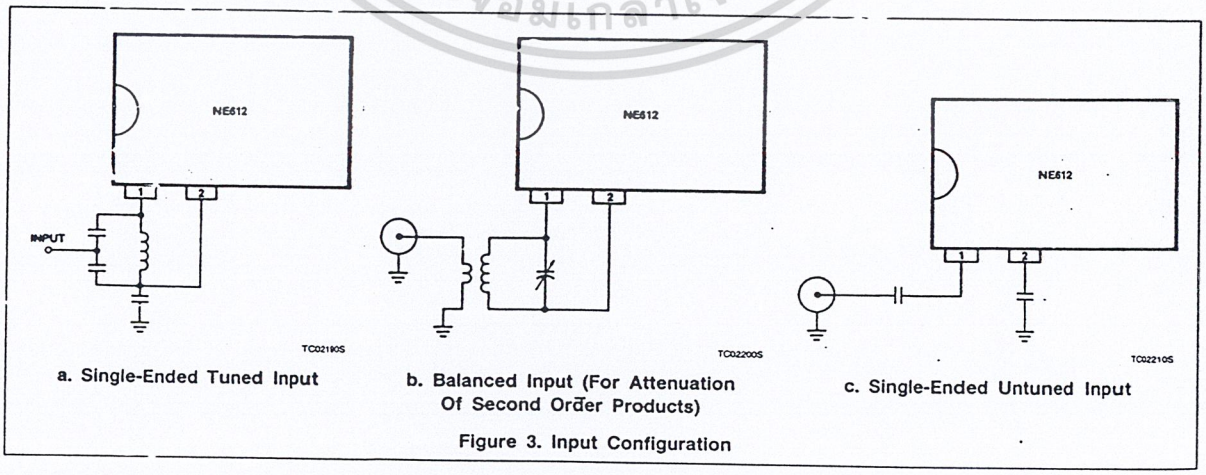


Figure 2. Equivalent Circuit



a. Single-Ended Tuned Input

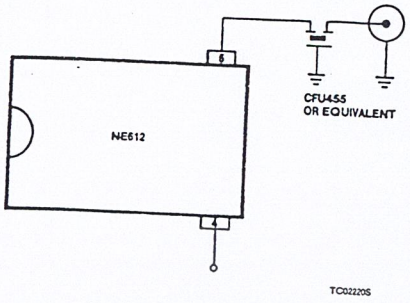
b. Balanced Input (For Attenuation Of Second Order Products)

c. Single-Ended Untuned Input

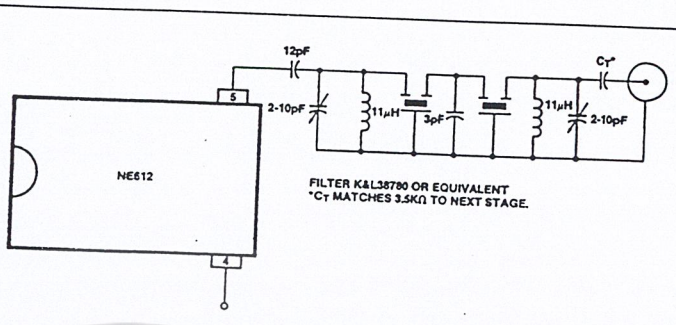
Figure 3. Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

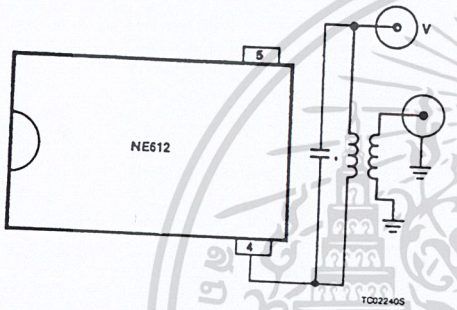
Double-Balanced Mixer and Oscillator



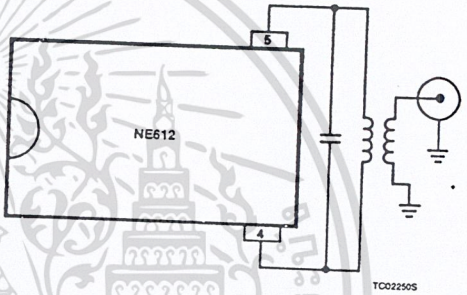
a. Single-Ended Ceramic Filter



b. Single-Ended Crystal Filter

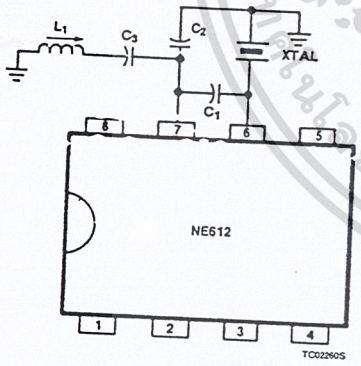


c. Single-Ended IFT

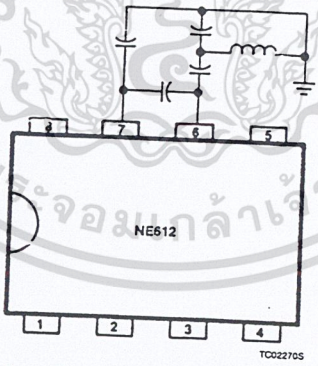


d. Balanced Output

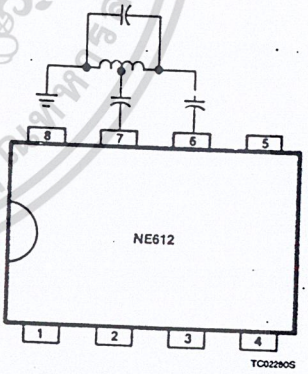
Figure 4. Output Configuration



a. Colpitts Crystal Oscillator (Overtone Mode)



b. Colpitts L/C Tank Oscillator



c. Hartley L/C Tank Oscillator

Figure 5. Oscillator Circuits

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Double-Balanced Mixer and Oscillator

NE612

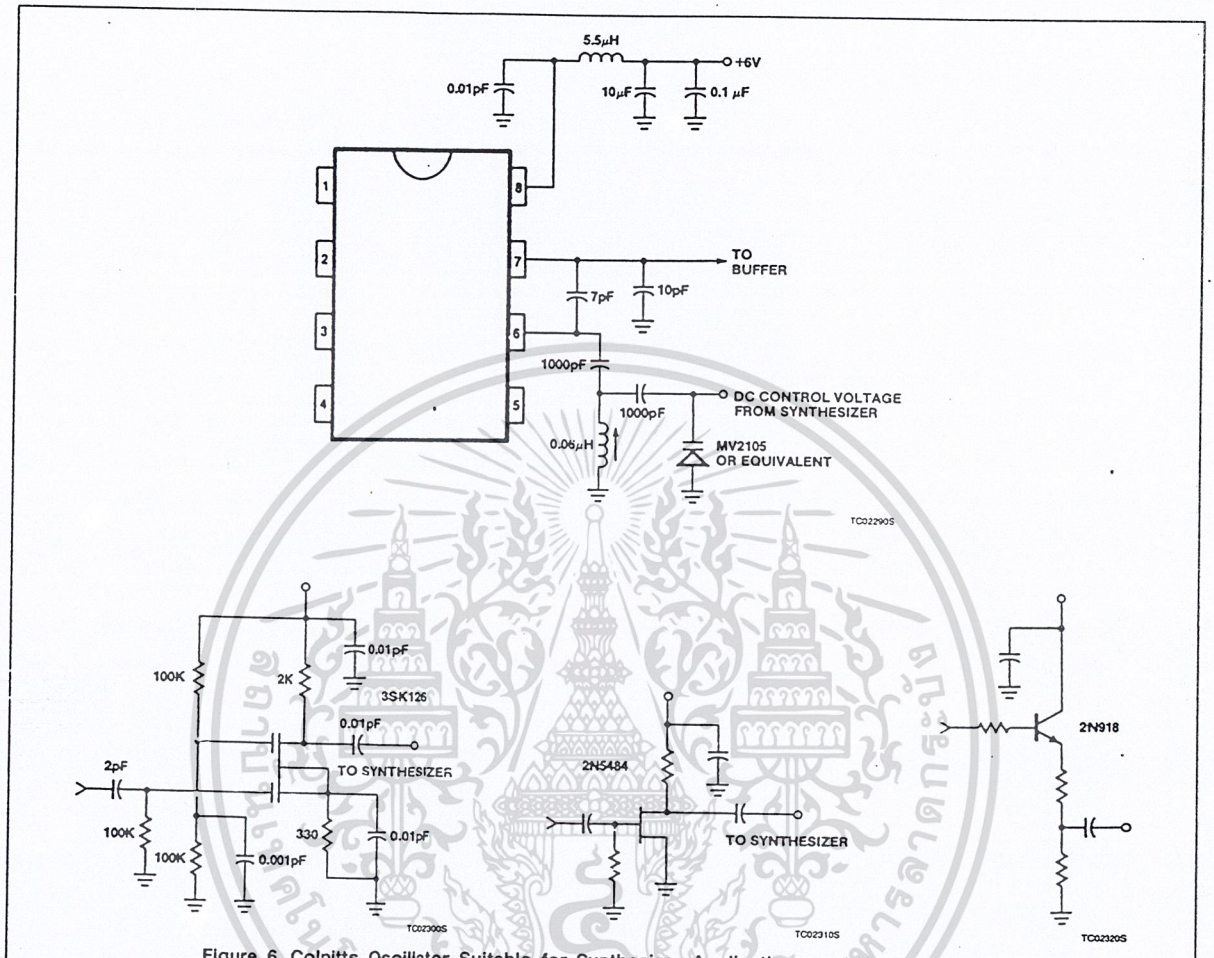


Figure 6. Colpitts Oscillator Suitable for Synthesizer Applications and Typical Buffers

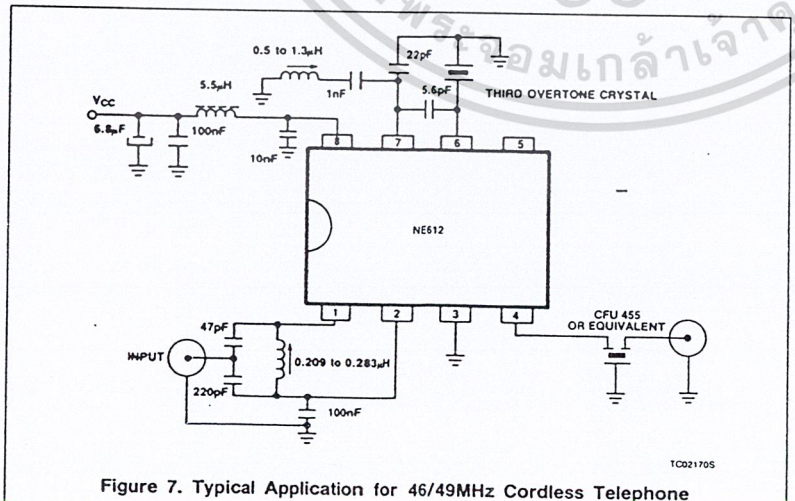


Figure 7. Typical Application for 46/49MHz Cordless Telephone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

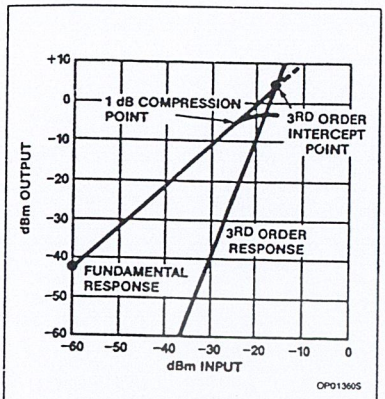


Figure 8. NE612 Third-Order Intermod And 1dB Compression Point Performance

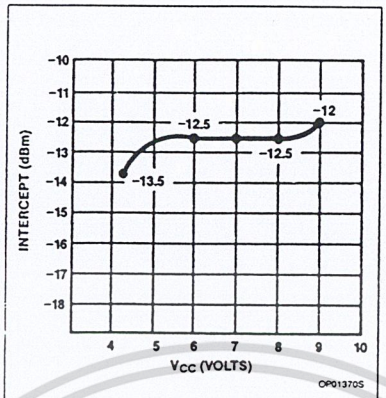


Figure 9. Input Third-Order Intercept Point vs V_{CC}

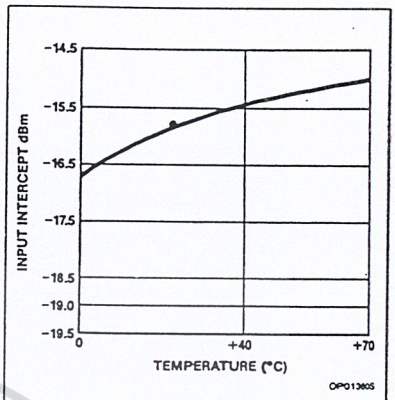


Figure 10. Third-Order Intercept Point vs Temperature

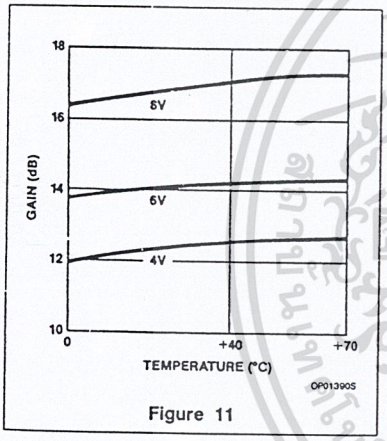


Figure 11

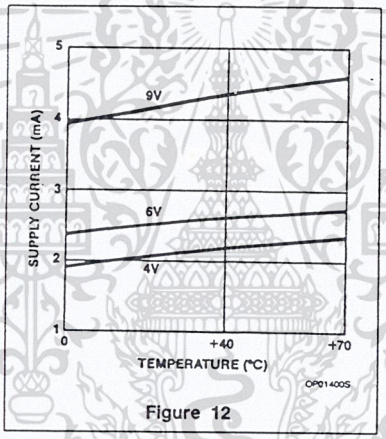


Figure 12

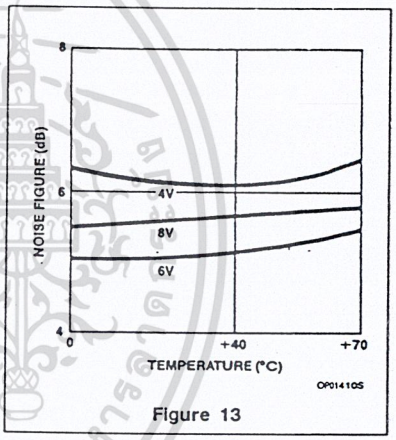


Figure 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า