



สำนักงาน กศ.บ.
๒๓

การออกแบบระบบทรวจับส่งสัญญาณผ่านทางวิทยุ

โดย

นาย: สุนิพนธ์ ทวีรกรกานนท์ 281273

นาย: สมปอง นวับังศึก 281301

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้า 023164 ครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

เรื่อง การออกแบบระบบตรวจจับส่งสัญญาณผ่านทางวิทยุ

ผู้จัดทำ

1. นายสุนิพนธ์ พิชครุกรานนท์

2. นายสมปอง บัวบังศึก

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สมยศ จุฑะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบตรวจจับส่งสัญญาณผ่านทางวิทยุ

นาย สุนิพนธ์ พัทธครุฑกานนท์ 28.1273

นาย สมปอง บัวมังคีง 28.1301

อาจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ
อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เรียบเรียงจากผลงานที่ได้ออกแบบและพัฒนาตัวตรวจจับที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุหรือสิ่งของที่เคลื่อนไหว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการป้องกันการโจรกรรม และในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อนับจำนวนวัตถุหรือวัฏจักรของเหลว ตัวตรวจจับที่ใช้ในโครงการนี้เป็นแบบแสงอินฟราเรดและแบบเสียงอัลตราโซนิก ตัวตรวจจับแบบใช้แสงอินฟราเรด ใช้หลักการเมื่อแสงไปกระทบวัตถุจะสะท้อนกลับมาทำให้สัญญาณที่รับได้มากกว่าเดิม ส่วนตัวตรวจจับแบบเสียงอัลตราโซนิก ใช้หลักการเมื่อวัตถุเคลื่อนไหวจะทำให้เกิดการบีบของเสียง หลังจากนั้นส่งสัญญาณที่ได้จากผลที่ตัวตรวจจับทำงานผ่านทางเครื่องส่งวิทยุแบบเอเอ็ม ในบ้านรับซึ่งอยู่ไกลจากกันทาง เมื่อได้รับสัญญาณที่ตัวตรวจจับส่งมาแล้วก็จะแสดงผลบนไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGNNING SENSORS THROUGH THE RADIO TRANSCEIVER

MR.SUNIPHON PATCHARAKRUGANON 281273
MR.SOMPONG BUABANGSUK 281301
MR.SOMYOT JUNNAPIYA ADVISOR
YEAR 2531

ABSTRACT

THIS THESIS PRESENT THE PROJECT DESIGNED AND DEVELOPED FOR SENSORS. THE SENSORS DETECT OBJECTS MOVING OR BEING IN THE SENSORS WAY. THIS PROJECT USE INFRARED SENSOR AND ULTRASONIC SENSOR TO DETECT OBJECTS AND SEND THE RESULT TO THE RECEIVER BY THE TRANSMITTER IN A.M. SYSTEM. WHEN THE RECEIVER RECEIVE THE RESULT IT IS DISPLAYED ON THE MONITOR AND PRINTER OF THE MICROCOMPUTER.

สารบัญ

บทคัดย่อ	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี และ หลักการ	
2.1 ท้าตรวจจับแบบอินฟราเรด	3
2.2 ท้าตรวจจับแบบออกกราโซนิก	5
2.3 การประยุกต์ใช้งานออปแอมป์และไอซีเบอร์ 555	10
2.3.1 วงจรเปรียบเทียบ	10
2.3.2 การขยายแบบกลับเฟส	11
2.3.3 การขยายแบบไม่กลับเฟส	11
2.3.4 วงจรเรคทิฟาย	12
2.3.5 ซมิตทริกเกอร์	13
2.3.6 วงจรกรองความถี่เป็นช่วง	14
2.3.7 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	15
2.3.8 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	16
2.4 ข้อกำหนดวิทยุสำหรับประชาชน	17
2.5 เครื่องส่งวิทยุ	19
2.6 เครื่องรับวิทยุ	20
2.6.1 เครื่องรับชนิดจูนความถี่สัญญาณวิทยุ	20
2.6.2 เครื่องรับแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์	20
2.7 เฟสล็อกคูลูป	24
2.7.1 การทำงานของเฟสล็อกคูลูป	24
2.7.2 ลูปฟิลเตอร์	27
2.7.3 วงจรสังเคราะห์ความถี่	28
2.8 วงจรโทนทีโคคเกอร์	29
2.9 การอินเทอร์เฟสคอมพิวเตอร์	30
2.9.1 สัญญาณทางขานสล็อก	30
2.9.2 การจิกแอกเกรสสำหรับ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3.3	การออกแบบและคำนวณ	
3.3.1	การออกแบบตัวตรวจจับแบบอินฟราเรด	37
3.2	การออกแบบตัวตรวจจับแบบอุลตราโซนิก	40
3.3.3	การออกแบบภาคส่งวิทยุ	43
3.4	การออกแบบภาครับวิทยุ	44
3.5	การออกแบบวงจรสังเคราะห์ความถี่	47
3.6	วงจรอินเทอร์เฟสกับ ICM และโปรแกรม	53
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	56
บทที่ 5	สรุปผลและวิจารณ์	61
ภาคผนวก		63
กิตติกรรมประกาศ		
หนังสืออ้างอิง		



บทที่ 1

บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอผลงานการออกแบบตัวตรวจจับ (Sensor) ทั้งแบบที่ใช้แสง และแบบที่ใช้เสียง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น เครื่องนับจำนวนวัตถุ เครื่องวัดระยะกัมของเหลว ฯลฯ นอกจากนี้ยังสามารถนำตัวตรวจจับไปใช้ในระบบป้องกันการโจรกรรม โดยใช้ตัวตรวจจับส่งสัญญาณทางระบบวิทยุ ซึ่งเป็นการรับส่งแบบเอเอ็ม เพื่อแสดงสถานที่ที่เกิดเหตุให้ทางบ้านรับทราบ

ตัวตรวจจับ (Sensor) ที่ได้ทำการออกแบบมี 2 แบบ คือ ตัวตรวจจับแบบแสงอินฟราเรด ทำงานโดยใช้แสงอินฟราเรด ซึ่งมองไม่เห็น โดยตัวส่งส่งแสงอินฟราเรดออกไป เมื่อแสงไปกระทบวัตถุที่มายัง ก็จะสะท้อนกลับมายังตัวรับ ซึ่งวางอยู่ใกล้กันและหันหน้าไปทางกันเดียวกัน สัญญาณที่ตัวรับแสงรับได้จะมากกว่าสัญญาณที่เราตั้งไว้ ทำให้สามารถตีเทคสัญญาณได้ ตัวตรวจจับอีกแบบคือ ตัวตรวจจับแบบใช้เสียงช่วงอุลตราโซนิก ซึ่งเป็นช่วงที่มนุษย์ไม่ได้ยิน เมื่อตัวส่งส่งคลื่นเสียงอุลตราโซนิกไปกระทบวัตถุที่กำลังเคลื่อนไหว จะทำให้เกิดการบีบ (Beat) ของสัญญาณ ทำให้สามารถตีเทคสัญญาณได้

ภาคส่งวิทยุ ออกแบบโดยใช้ระบบส่งแบบเอเอ็ม ที่ช่วงความถี่ย่าน 27 MHz โดยคลื่นพาหะที่ผลิตเพื่อส่งวิทยุ ได้มาจากวงจรสังเคราะห์ความถี่ (Frequency Synthesizer) กำหนดความถี่เริ่มต้นตั้งแต่ 27.145 MHz ถึง 27.535 MHz (40 ช่อง) โดยห่างกันช่องละ 10 KHz

ภาครับวิทยุจะใช้วงจรสังเคราะห์ความถี่ เป็นตัวเลือกของความถี่ที่ต้องการจะรับ โดยให้ผลิตความถี่ตั้งแต่ 26.69 MHz จนถึง 27.08 MHz

เมื่อภาคส่งส่งสัญญาวิทยุออกมา ทางบ้านรับจะทำการเลือกของสัญญา
เมื่อภาครับเลือกของตรงก็จะเกิดสัญญาให้กับส่วนอินเทอร์เฟส เพื่อนำไปประมวลผล

วงจรอินเทอร์เฟสและการประมวลผล วงจรอินเทอร์เฟสเป็นส่วนที่ค
กับคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะป้อนข้อมูล 8 บิต ออกทางวงจรอินเทอร์เฟส เพื่อ
ควบคุมการสร้างความถี่ เพื่อเลือกของสัญญาที่ภาครับวิทยุ และถ้ารับสัญญาได้ก็จะนำ
ข้อมูล 8 บิต ขณะนั้นไปประมวลผลหาสถานที่ค้นทางที่ตัวตรวจจับทำงาน และส่งคลื่นวิทยุ
ออกมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการ

2.1 ทวิกรวจจับแบบอินฟราเรก

แสงอินฟราเรก ซึ่งเป็นแสงที่มนุษย์มองไม่เห็น ใ้ถูกนำมาใช้งานต่าง ๆ มากมาย เช่น ใช้เป็นเซนเซอร์ตรวจจับจำนวนวัตถุ วงจรเตือนระกัษ์ของเหลว การเปิด-ปิดประตูโดยอัตโนมัติ แต่ทวิกรวจจับแบบอินฟราเรกที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ถูกนำมาใช้เพื่อการป้องกันการโจรกรรม

ทวิกรวจจับแบบอินฟราเรกมีบล็อกโคอะแกรมการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกโคอะแกรมของทวิกรวจจับแบบอินฟราเรก

หลักการทำงาน

ภาคส่งจะส่งแสงอินฟราเรกออกไปเป็นรูปมิมิตามทิศทางที่เราจะทำการตรวจจับ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ตัดบีมหรือทางของแสงอินฟราเรก จะทำให้แสงบางส่วนจากภาคส่งสะท้อนมายังภาครับ ที่ภาครับมีตัวรับแสงอินฟราเรกโดยสัญญาณที่รับไ้จะถูกส่งผ่านไปยังวงจรกรองสัญญาณแบนพาส เพื่อให้สัญญาณที่มาจากภาคส่งเท่านั้นผ่านที่ความถี่ 2 kHz พร้อมทั้งขยายสัญญาณ หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกป้อนให้วงจรเรกตีฟายเพื่อแปลงให้เป็นไฟตรง แล้วเข้าส่วนวงจรเปรียบเทียบแบบอินเวอร์ทิงเพื่อเปรียบเทียบระกัษ์สัญญาณที่เข้ามากับระกัษ์สัญญาณที่กำหนดไว้ เมื่อวัตถุเข้ามาในระยะใกล้จนทำให้สัญญาณที่ซาลบของออปแอมป์สูงกว่าระกัษ์สัญญาณอ้างอิงที่ซาลบวก จะทำให้สัญญาณออกของวงจรเปรียบเทียบตกลงมาเป็น 0 โวลต์ (แต่ถ้าระกัษ์สัญญาณเข้าน้อยกว่าระกัษ์สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิงจะเป็น $+V_{cc}$ โวลต์ตามเดิม) การที่ระดั้มแรงดันไฟฟ้าตกจาก $+V_{cc}$ โวลต์ ลงมา เป็น 0 โวลต์ จะไปทริกให้วงจรทิ้งเวลาทำงาน ซึ่งวงจรทิ้งเวลาทำงานแบบโมโนสเตเบิล ในการออกแบบเราให้วงจรทิ้งเวลาทำงาน 10 วินาที คือ วงจรทิ้งเวลาจะให้เอาท์พุท เป็นไฟตรง $+V_{cc}$ โวลต์เป็นเวลา 10 วินาที แล้วจะตกลงมาที่ 0 โวลต์อีกเมื่อครบตาม เวลาที่ทิ้งไว้ การที่เอาท์พุทของวงจรทิ้งเวลาเป็น $+V_{cc}$ โวลต์ ก็จะทำให้ภาคอะอสเคิลเลตอรี มัลติไวเบรเตอร์ทำงานผลิคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz เป็นเวลา 10 วินาที เพื่อไปมอดูเลต (modulate) กับคลื่นพาห้ของภาคส่งวิทยุเพื่อส่งออกอากาศต่อไป

ภาคส่งแสงอินฟราเรด ใช้ไอซี 555 มาทำเป็นอะอสเคิลเลตอรี มัลติไวเบรเตอร์ หรือที่เรียกว่าวงจรกำเนิดสัญญาณ ซึ่งสามารถปรับความถี่ของสัญญาณที่ให้ออกมาที่ขา 3 ของไอซี โดยมีทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2907 เป็นตัวขับกระแสให้แก่ตัวส่งแสงอินฟราเรด ซึ่งในที่นี้ใช้ TIL39 เป็นตัวส่งแสงอินฟราเรด

ภาครับแสงอินฟราเรด ประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ ดังนี้

วงจรรับแสงอินฟราเรดและวงจรกรองความถี่

ใช้ MRED 370 เป็นตัวรับแสงซึ่งเป็นการลิ่งคั่นทำให้รับแสง ใ้ก็ โดยจะมีวงจรกรองความถี่แบบแบนพาสที่ความถี่ 2 KHz เพื่อคักสัญญาณแสงความถี่อื่น ๆ ที่อาจเข้ามารบกวนและทำให้การตรวจจับผิดพลาด

วงจรเรคทิฟาย และวงจรเปรียบเทียบ

ใช้ออปแอมป์เป็นตัวเรคทิฟายเพื่อแปลงสัญญาณไฟสลบเป็นไฟตรง และทำเป็นตัวขยายด้วย สัญญาณที่ใ้จะป้อนให้แก่วงจรเปรียบเทียบซึ่งก็ใช้ออปแอมป์ เช่นกัน จากนั้นสัญญาณเอาท์พุทจากวงจรเปรียบเทียบจะไปทริกให้วงจรทิ้งเวลาทำงาน

วงจรทิ้งเวลา

ใช้ไอซี 555 ทำงานเป็นโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

2.2 ท้าตรวจจับแบบอัลตราโซนิก

ท้าตรวจจับแบบอัลตราโซนิก เป็นอุปกรณ์ท้าตรวจจับโดยอาศัยหลักการ Doppler ของคลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ไอซี 555 เป็นท้าสร้างคลื่นอัลตราโซนิก นี้ ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ จะใ้กล่าวต่อไป

คลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic wave) หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูของมนุษย์จะไ้ยิน โดยทั่วไปหูมนุษย์จะไ้ยินความถี่เสียงสูงสุดประมาณ 15-16 KHz ปกติแล้วคำว่า ultrasonic มักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป เช่น ย่าน 20 KHz, 25 KHz, 31.5 KHz, 40 KHz, 45 KHz เป็นต้น

คลื่นอัลตราโซนิกมีคุณสมบัติแตกต่างจากคลื่นเสียงธรรมดาตรงที่คลื่นเสียงธรรมดาคนมนุษย์สามารถไ้ยิน และมีลักษณะการเคลื่อนที่กระจายไปทุกทิศทุกทาง ส่วนคลื่นอัลตราโซนิกนั้นจะมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง คล้ายกับการเคลื่อนที่ของแสง คุณสมบัติอย่างหนึ่งของคลื่นก็คือ ถ้าคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นก็จะสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดที่ใ้แสงนั้นออกมา ของท้าที่กำเนิดเสียงความถี่นั้น คลื่นจะหักเหเบนที่ขอบค้ำนนอกของท้ากำเนิดคลื่นเสียง ทำให้การกระจายคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก เช่น 40 KHz ความยาวคลื่นจะสั้นลง คลื่นเสียงก็จะมีลักษณะพุ่งออกมาเป็นลำ เรียกว่า มีทิศทางนั่นเอง

การมีทิศทางของคลื่นอัลตราโซนิก ทำให้เรานำเอาไปใช้งานใ้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (ultrasonic cleaner) โดยท้าน้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุ เครื่องวัดความลึกและท้าแผนที่ใ้ท้องทะเล เครื่องทดสอบการรั่วของท่อ และการใช้งานทางค้ำนการแพทย์ เป็นต้น ความถี่ใ้ใช้ก็มักจะจำกัอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะความถี่สูงกว่านี้อากาศจะถูกคลื่นเสียงไ้มากขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะต่างออกไปตกลงอย่างรวดเร็ว

สาเหตุกักล่าวท้าให้ระบบควบคุมกัวยคลื่นอัลตราโซนิกที่ความถี่ท้า พบว่าคลื่นอัลตราโซนิก 40 KHz เหมาะสมที่สุด

ส่วนในการสร้างคลื่นอัลตราโซนิก โดยทั่วไปใ้พวกผลึก เช่น QUARTZ เนื่องจากพวกควอตซ์ มีลักษณะทางไฟฟ้าเป็น PIEZO ELECTRIC EFFECT กล่าวคือเมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้า เป็นโวลเตจลงที่ผิวหน้าของสารเหล่านี้ สารเหล่านี้จะเกิดการสั่นไหวกัการนำไฟฟ้า ไม่ว่ากรณีใ้ทุกชิ้น อีกท้าห้ามใ้ท้าดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใ้

เปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างเล็กน้อยขึ้นที่ผิวหน้า และถ้าหากว่าเราป้อนสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่เท่ากับความถี่เรโซแนนท์ ของคริสตอล แล้วตัวคริสตอล จะสามารถผลิตเสียงอุลตราโซนิกออกมาได้ ปกติสามารถผลิตความถี่อุลตราโซนิกได้ในย่านความถี่ต่ำประมาณ 40 KHz เสียงอุลตราโซนิกที่ได้จากพวก PIEZO ELECTRIC นี้มีแอมพลิจูดค่อนข้างสูง เมื่อเทียบเสียงอุลตราโซนิกที่ได้จากวิธีอื่น

อีกวิธีหนึ่งในการสร้างเสียงอุลตราโซนิกก็คือใช้วิธีการของ MAGNETO STRICTIVE โดยใช้สารพวก FERRO-MAGNETIC อย่างเช่นพวกเหล็ก, นิกเกิลนำไปวางในคอยล์ที่ถูกป้อนด้วยกระแสสลับที่ความถี่อุลตราโซนิกที่ต้องการผลของอำนาจแม่เหล็กจากขดลวด จะทำให้มีคของสารแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงอุลตราโซนิกขึ้นได้

ตัวส่งและตัวรับคลื่นอุลตราโซนิก

ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก ที่ใช้สารเซอโรแมกเนติกจะมีอยู่ 2 อย่างคือ ตัวส่ง (transmitter) และตัวรับ (receiver)

ตัวส่ง คือ อุลตราโซนิกที่ถูกออกแบบมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่ตัวมันให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่าน อุลตราโซนิก หน้าหน้าของตัวส่งจึงคล้าย ๆ กับลำโพง

ตัวรับ คือ อุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงให้เปลี่ยนคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิกที่มากระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าหน้าของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับไมโครโฟน

การเขียนสัญลักษณ์ ก็อาจจะใช้สัญลักษณ์ของลำโพงและไมโครโฟนได้ โดยเขียนอักษร Tx กำกับที่ตัวส่ง และ Rx ที่ตัวรับ

ข้อควรระวังในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากสเปคและรายละเอียดการใช้งานของอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์หาได้ยาก แต่ก็ขอหาแนวทางการใช้งานดังนี้

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในไม่ให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อม ตัวมันสูงสุดไม่เกิน 20 โวลต์ ดังนั้นขนาดสัญญาณที่ป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดข้อนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

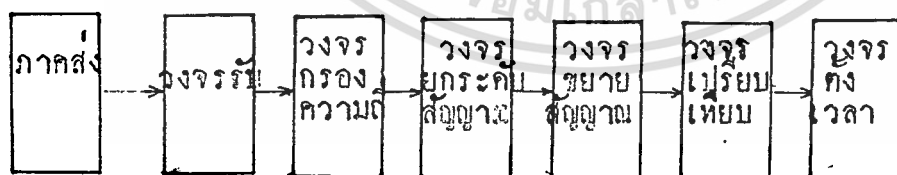
3. ความถี่รีโซแนนท์ (ความถี่ที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz และมี BANDWIDTH ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ ซึ่งตัวรับจะมีแบนด์วิธ สูงกว่า เพื่อจะรับได้ก็

4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในช่วง -20°C ถึง 60°C

5. ทั้งตัวส่งและตัวรับ จะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวอนของตัวส่งไปประมาณ 30° ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไป จะลดลงจากแนวอนประมาณ 10 db ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30° ความไวหรือขนาดของแรงดันที่ออกมา ก็ลดลงไปประมาณ 10 db ทั่วเช่นกัน

6. ตามปกติแล้วตัวส่งและตัวรับของบริษัทใดก็ตามก็ทำงานแทนกันได้ แต่มีข้อแม้ว่าจะต้องมีความถี่เดียวกัน (RESONANCE เท่ากัน) แต่บางกรณีอาจจะต้องเปลี่ยนแปลงค่าตัวต้านทาน สมมูลย์ ทางค่านไฟสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบทางความถี่คงเดิม

ตัวตรวจจับแบบอัลตราโซนิคนี้ใช้ตรวจจับเมื่อมีการเคลื่อนไหวเข้ามาในพื้นที่ที่ทำการตรวจจับ โดยตัวส่งและตัวรับคลื่นอัลตราโซนิควางอยู่กันเดียวกัน รูปต่อไปนี้ จะแสดงบล็อกโคอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับแบบอัลตราโซนิค ภาคส่ง และภาครับ ตามลำดับ



รูปที่ 2.2 แสดงบล็อกโคอะแกรมของตัวตรวจจับแบบอัลตราโซนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางาน

ภาคส่งจะส่งคลื่นอุลตราโซนิคที่มีความถี่คงที่ค่าหนึ่ง ในที่นี้ใช้ความถี่ 40 KHz ไปในพื้นที่ที่ทํางานทำการตรวจจับ ในสภาวะปกติที่ไม่มีการรบกวนภาครับที่ตัวรับก็จะรับคลื่นความถี่นั้น แต่เมื่อใดที่มีการเคลื่อนไหวเข้ามาในพื้นที่ที่ทำการตรวจจับ การเคลื่อนไหวนี้จะทำให้เกิดปรากฏการณ์คอปเปิลเลอร์ ทำให้ภาครับรับคลื่นที่มีความถี่ทั้งความถี่เดิมและคลื่นที่มีความถี่อีกอันหนึ่ง ซึ่งมีการชิพความถี่ไปบ้างเล็กน้อย คลื่นที่มีความถี่เท่ากับผลต่างของความถี่ทั้งสองนี้จะผ่านเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณกระแสสลับ วงจรเปรียบเทียบเพื่อทำการเปรียบเทียบกับระดับแรงดันอ้างอิง และเอาที่พุดจากวงจรเปรียบเทียบจะเข้าสู่วงจรทั้งเวลาในช่วงสุดท้าย

ภาคส่ง

ใช้ไอซี 555 ทำหน้าที่ผลิตคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 40 KHz เพื่อป้อนให้กับทรานซิสทอร์ตัวส่ง โดยที่ตัวไอซีใช้ความต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับให้ไอคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ตรงกับความถี่รีโซแนนท์ของทรานซิสทอร์ตัวส่ง

ภาครับ

ใช้ทรานซิสทอร์รับคลื่นอุลตราโซนิคเพื่อแปลงเป็นสัญญาณชานัน โดยทรานซิสทอร์ตัวรับนี้จะตรงแมทซ์กับทรานซิสทอร์ตัวส่ง สัญญาณที่รับได้จะถูกส่งผ่านไปยังออปแอมป์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ และเป็นแบนพาสฟิลเตอร์ที่ความถี่ 40 KHz

ในสภาวะปกติที่ไม่มีการเคลื่อนไหวในบริเวณที่ทำการตรวจจับ สัญญาณชานันที่ได้รับการขยายจากภาคแบนพาสฟิลเตอร์ประกอบด้วยไฟสัญญาณกระแสตรงและสัญญาณชานันความถี่สูง สัญญาณไฟกระแสตรงจะถูกกำจัดโดยตัวเก็บประจุที่คัปปลิง สัญญาณชานันความถี่สูงจะได้รับการยกระดับสัญญาณแต่ไม่สามารถเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณกระแสสลับ เพราะจะถูกบายพาส (bypass) ลงกราวด์

ในสภาวะตรงข้ามเมื่อมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นในบริเวณที่ทำการตรวจจับ สัญญาณชานันที่ได้รับการขยายแล้วจากภาคแบนพาสประกอบด้วยสัญญาณชานันความถี่สูงและสัญญาณชานันความถี่ต่ำ สัญญาณชานันความถี่สูงจะถูกบายพาสลงกราวด์ แต่สัญญาณชานันความถี่ต่ำจะผ่านเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณกระแสสลับได้ ทำให้เกิดสัญญาณเข้าสู่วงจรเปรียบเทียบ เอาที่พุดของวงจรเปรียบเทียบจากเดิมเป็น $+V_{cc}$ จะตกลงเป็น 0 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

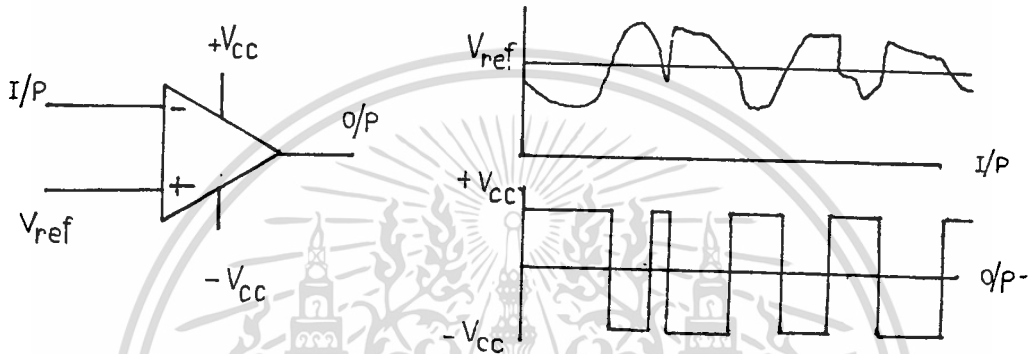


เพราะใช้การเปรียบเทียบแบบอินเวอร์ทิง (inverting comparator) และสัญญาณไฟ 0 โวลต์
นี้จะไปทริกให้ภาคกำเนิดสัญญาณแบบโมโนสเทเบิลทำงานเพื่อป้อนแรงดันไฟ $+V_{CC}$ ให้กับ
ภาคอะอสเตเบิลมีลทิไวเบรเกอร์ทำงานผลิตคลื่นความถี่ 1 kHz เพื่อไปมอดกับคลื่นพาห์เพื่อ
ส่งออกอากาศ

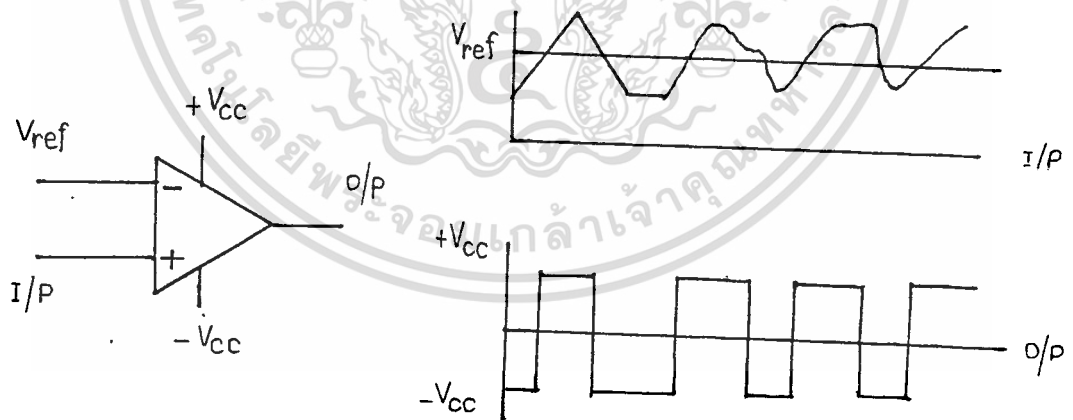


2.3 การประยุกต์ใช้งานออปแอมป์และไอซี 555

2.3.1 วงจรเปรียบเทียบ (comparator) เนื่องจากว่าออปแอมป์มีอัตราขยายวงรอบเปิดสูงมาก หากแรงดันเข้าที่ขาอินอินเวอร์ตติ้งอินพุท (noninverting input) มีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขาอินเวอร์ตติ้งอินพุท (inverting input) เพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ ก็จะทำให้ออปแอมป์อิ่มตัวทางบวก หรือถ้าแรงดันเข้าที่ขาอินเวอร์ตติ้งอินพุทมีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขาอินอินเวอร์ตติ้งอินพุทแล้วก็จะทำให้ออปแอมป์อิ่มตัวทางลบ



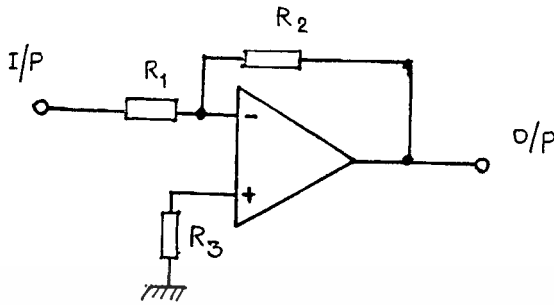
รูปที่ 2.3 วงจรเปรียบเทียบใช้ขาอินอินเวอร์ตติ้งอินพุทต่อกับแรงดันอ้างอิง



รูปที่ 2.4 วงจรเปรียบเทียบใช้ขาอินเวอร์ตติ้งอินพุทต่อกับแรงดันอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การขยายแบบกลับเฟส (inverting amplifier) วงจรขยายแบบกลับเฟสแสดงให้เห็นถึงรูปที่ 2.5

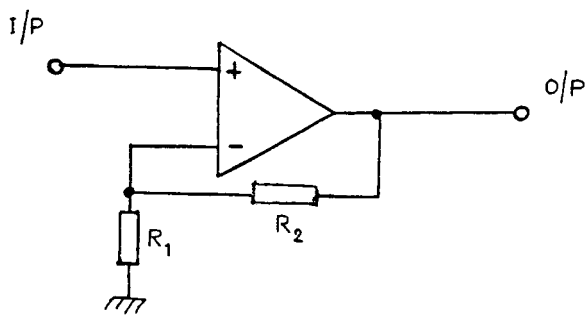


รูปที่ 2.5 วงจรขยายแบบกลับเฟส

จากรูปที่ 2.5 อัตราขยายของวงจรสามารถคำนวณได้โดยค่าอัตราส่วนของ $\frac{R_2}{R_1}$ นั่นคือแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับผลคูณของ $\frac{R_2}{R_1}$ กับแรงดันอินพุต สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะอยู่ในลักษณะมีเฟสกลับกับอินพุตเพราะเราทำการป้อนสัญญาณเข้าทางขาอินเวอร์ตอินพุต ส่วนหนึ่งที่ฟังจะต้องทำคือค่า R_3 ควรจะเลือกให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าของ R_1 และ R_2 หนานกัน เพื่อชดเชยการผิดเพี้ยนเนื่องจากแรงดันออฟเซตที่อาจเกิดขึ้นจากกระแสไบแอส

2.3.3 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (noninverting amplifier) จากรูปที่ 2.6 เป็นรูปของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส ซึ่งมีค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก และอัตราขยายแรงดันของวงจรจะกำหนดโดยค่าตัวต้านทาน โดยจะเท่ากับค่าอัตราส่วนระหว่าง R_1+R_2 กับ R_1

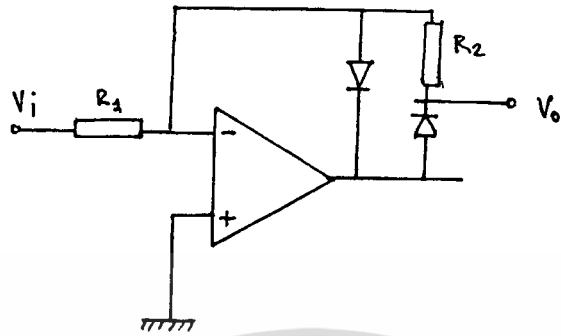
สิ่งที่ทำให้วงจรนี้แตกต่างจากวงจรขยายชนิดกลับเฟสคือเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจะมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต นอกจากนี้วงจรมีให้ค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก



รูปที่ 2.6 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 วงจรเรคตีฟาย



รูป 2.7

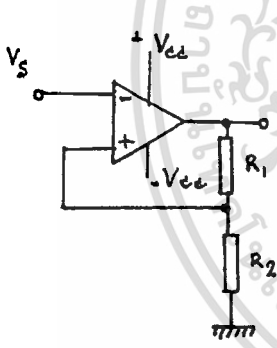
จากรูปเป็นวงจรเรคตีฟาย ซึ่งมีอัตราขยาย $-\frac{R_2}{R_1}$ ที่ระดับสัญญาณต่ำกว่าศูนย์ และจะเป็นศูนย์เมื่อระดับสัญญาณเข้ามาสูงกว่าศูนย์ ซึ่งจะโคจลัษณะครึ่งคลื่น

HALF WAVE RECTIFIER

$$V_o (\text{PEAK}) = 0, \text{ FOR } V_i > 0$$

$$= -\frac{R_2}{R_1} (V_{i\text{peak}}), \text{ FOR } V_i < 0$$

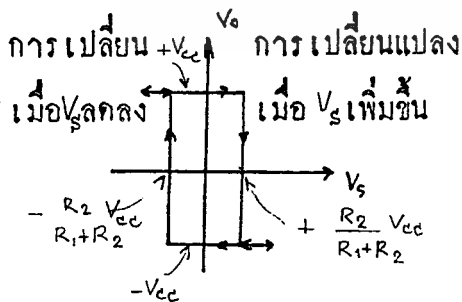
2.3.5 ชมิคัทริกเกอร์ (Schmitt trigger) วงจรชมิคัทริกเกอร์ ในรูปที่ 2.8 ทำงานโดยอาศัยการป้อนกลับแบบบวก ถ้าสัญญาณออกเป็นบวก การป้อนกลับแบบนี้จะทำให้แรงดันออกเป็นบวกมากขึ้นเรื่อย ๆ จนอิ่มตัวที่ $+V_{cc}$ ถ้าสัญญาณออกเป็นลบ การป้อนกลับนี้จะทำให้แรงดันออกเป็นลบมากขึ้นเรื่อย ๆ จนอิ่มตัวที่ $-V_{cc}$ ดังนั้น ออปแอมป์จะอยู่ในสถานะอิ่มตัวทางบวกหรือลบเท่านั้น จากรูป 2.8 ถ้า $V_S < \frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$ แรงดันออกจะเป็น $+V_{cc}$ และถ้า $V_S > \frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$ แรงดันออกจะเป็น $-V_{cc}$ ในการเขียน ช่วงเหล่านี้พบว่าช่วงทั้งสองนี้เหลื่อมกัน ดังนั้นวงจรนี้จึงมีความจำ ถ้า V_S มีค่าอยู่ระหว่าง $\frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$ และ $-\frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$ สถานะของแรงดันออกจะเป็นบวกหรือลบ ก็ขึ้นอยู่กับว่าขนาดของแรงดันเข้านั้นเกิน $\frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$ ครังสุดท้ายในทางบวกหรือลบ การที่แรงดันออกมีสถานะเสถียรอยู่ 2 สถานะ และมีค่าขึ้นอยู่กับแรงดันเข้าค่าก่อนซึ่ง หมายความว่าวงจรมี ฮิสเทอรีซิส (hysteresis)



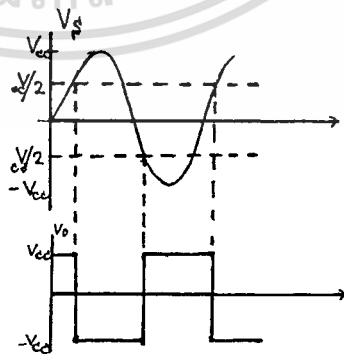
วงจร

สถานะสัญญาณออก	ช่วงสัญญาณเข้า
$+V_{cc}$	$V_S < \frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$
$-V_{cc}$	$V_S > \frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$

การวิเคราะห์ช่วงสัญญาณ



ลักษณะ โอนย้าย



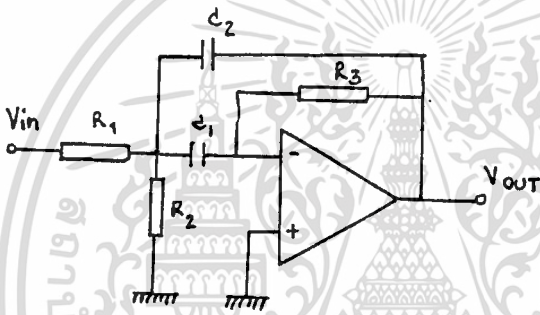
ตัวอย่างรูปคลื่นเมื่อ $R_1 = R_2$

รูปที่ 2.8 วงจรชมิคัทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 วงจรกรองความถี่เป็นช่วง (Bandpass filter)

วงจรกรองความถี่เป็นช่วง คือ วงจรที่ยอมให้สัญญาณบางความถี่ผ่านได้เท่านั้น จะพบว่าความถี่ที่เอาต์พุตมีขนาดสูงสุด เรียกว่า ความถี่รีโซแนนท์ และที่ความถี่ซึ่งแรงดันเอาต์พุตลดลงเหลือ 70.7% ทั้งค่าของความถี่สูงชัน และที่ความถี่ลดลง เรียกว่าความถี่ f_H และ f_L ตามลำดับ โดยที่ผลต่างของความถี่ทั้งสอง $(f_H - f_L)$ จะแสดงแบนด์วิธ (BW) ของวงจร ถ้า BW มีขนาดต่ำกว่า 10% ของความถี่รีโซแนนท์ (f_r) จะเรียกวงจรนั้นว่า วงจรฟิลเตอร์ช่วงแคบ แต่จะเรียกฟิลเตอร์ช่วงกว้าง หากแบนด์วิธมีค่าสูงกว่า 10% ของ f_r และกำหนดค่า Q (Quality factor) เท่ากับ $\frac{f_r}{BW}$



รูปที่ 2.9 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C} \left[\frac{1}{R_3} \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

$$Q = \frac{f_0}{f_H - f_L} \quad (2.2)$$

$$R_1 = \frac{Q}{2\pi f_0 G_0 C} \quad (2.3)$$

$$R_2 = \frac{Q}{2\pi f_0 C (2Q^2 - G_0)} \quad (2.4)$$

$$R_3 = \frac{Q}{\pi f_0 C} \quad (2.5)$$

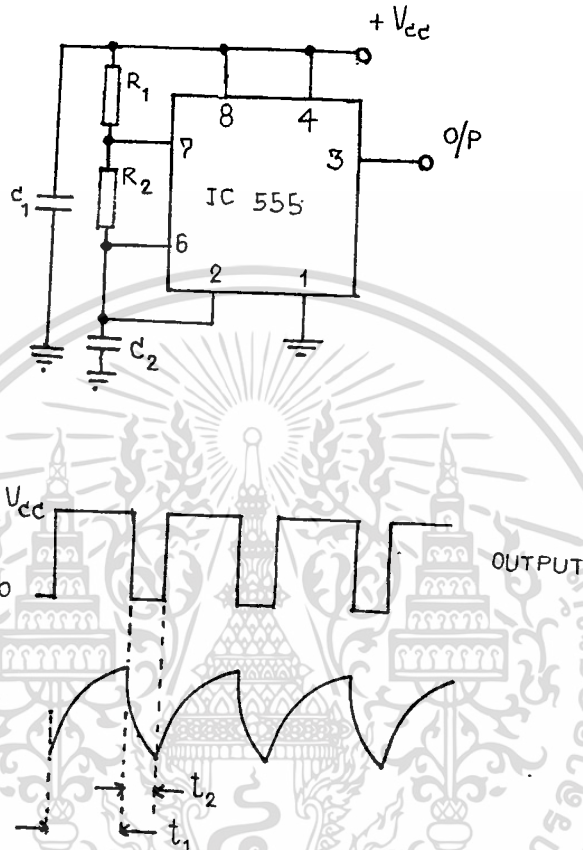
$$G_0 = \frac{R_3}{2R_1} \quad (2.6)$$

$$Q > (G_0/2)^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบมัลติไวเบรเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบมัลติไวเบรเตอร์ ใช้ไอซีเบอร์ 555 เป็นตัวออสซิลเลเตอร์ โดยที่ R_1 , R_2 และ C_2 เป็นตัวกำหนดความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 2.10 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบมัลติไวเบรเตอร์ และสัญญาณเอาต์พุต

จากรูปจะเห็นได้ว่าเอาต์พุตที่ได้จากขา 3 ของไอซี จะไม่ออสซิลเลตแบบช่วง ON และ OFF เท่ากัน แต่จะให้เอาต์พุตที่เป็น high state มีช่วงเวลาสั้นกว่าเอาต์พุตช่วงที่เป็น low state ทั้งนี้เนื่องจาก C_2 มีการชาร์จประจุผ่าน R_1 และ R_2 เมื่อ C_2 จะกิสชาร์จผ่านเพียง R_2 รวมทั้งผลของทรานซิสเตอร์ภายในตัวไอซีด้วย ดังนั้นเอาต์พุตที่ปรากฏจึงมีช่วงเวลา low state น้อยกว่าช่วงเวลา high state

จากรูป 2.10

$$T = t_1 + t_2$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_2$$

$$t_2 = 0.693 (R_2 C_2)$$

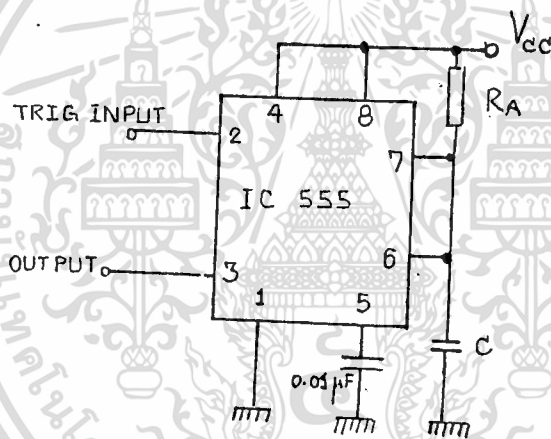
ดังนั้น

$$T = 0.693 (R_1 + 2R_2) C_2 \text{ วินาที}$$

$$f = \frac{1.443}{(R_1 + 2R_2) C_2} \text{ Hz} \quad (2.7)$$

(2.8)

2.3.8 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (monostable multivibrator) วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรสำหรับตั้งเวลา ในที่นี้เราใช้ไอซีเบอร์ 555 โดยการทำงานของวงจรดังนี้



รูปที่ 2.11 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจรมีการทำงานตั้งเวลาเมื่อขา 2 ของไอซีได้รับคล็อก (clock) ขาลง โดยที่ขา 3 จะให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันไฟตรง $+V_{cc}$ เป็นระยะเวลาตามที่ตั้งไว้ แล้วแรงดันไฟตรงก็จะตกลงมาที่ระดับ 0 โวลต์ตามเดิม

ระยะเวลาที่ตั้งกำหนดจาก

$$T = 1.1 R_A C \quad (2.9)$$

2.4 ข้อกำหนดวิทยุสำหรับประชาชน

FCC ใ้กำหนดช่องความถี่ในย่าน CITIZEN BAND ให้เป็นระเบียบคัง ตารางข้างล่างนี้ โดยแต่ละช่องจะมีความถี่ห่างกัน 10 KHz ความถี่ระหว่างช่อง 3-4, 7-8, 11-12, 15-16, ฯลฯ นั้น ความถี่ห่างกัน 20 KHz จะถูกใช้ เป็นความถี่ของวิทยุบังคับ ส่วนช่อง 9 ถูกกำหนดให้เป็นช่องฉุกเฉิน สำหรับนักวิทยุสมัคร- เล่นในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ

ตาราง แสดง ช่องสัญญาณ 40 ช่องที่อนุญาตให้ใช้ในคลาส D

CHANNEL	FREQUENCY(MHz)	CHANNEL	FREQUENCY(MHz)
1	26.965	21	27.215
2	26.975	22	27.225
3	26.985	23	27.255
4	27.005	24	27.235
5	27.015	25	27.245
6	27.025	26	27.265
7	27.035	27	27.275
8	27.055	28	27.285
9	27.065	29	27.295
10	27.075	30	27.305
11	27.085	31	27.315
12	27.105	32	27.325
13	27.115	33	27.335
14	27.125	34	27.345
15	27.135	35	27.355
16	27.155	36	27.365
17	27.165	37	27.275
18	27.175	38	27.385
19	27.185	39	27.395
20	27.205	40	27.405

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการศึกษานั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าความถี่ในการส่งของแต่ละช่องเกิดความถี่คลาดเคลื่อนไป จะทำให้เกิดการรบกวนไปยังช่องใกล้เคียงได้ ดังนั้นในช่องความถี่ 27 MHz จะยอมให้ความถี่คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.005 % ของความถี่ที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้าส่งในช่อง 4 ความถี่ที่ใช้ส่งคือ 27.005 MHz ความถี่ที่ยอมให้คลาดเคลื่อนไปจะต้องไม่เกิน 0.0013502 MHz ฉะนั้น ความถี่ที่ส่งจะอยู่ระหว่าง 27.0036498-27.0063502 MHz โดยจะไม่ไปรบกวนช่อง 3 และช่อง 5

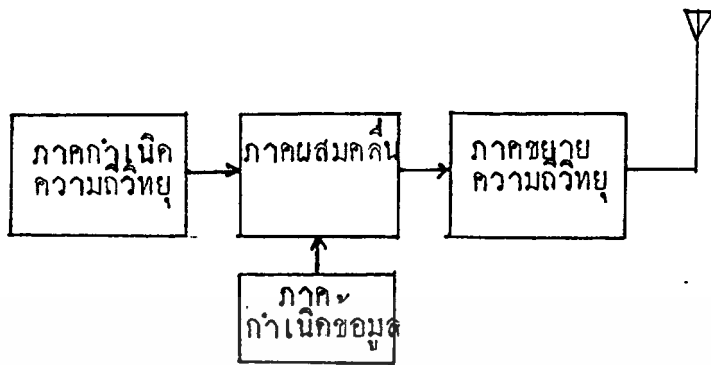
นอกจากนี้ ยังได้แบ่งความถี่ออกเป็นย่านต่าง ๆ ดังนี้

CLASS A-B	ความถี่	460-470	MHz
CLASS C	ความถี่	72-76	MHz
CLASS D	ความถี่	26.96-27.41	MHz
CLASS E	ความถี่	216-218	MHz
		หรือ 220-225	MHz

จะเห็นได้ว่าความถี่ในย่าน CITIZEN BAND จะจัดอยู่ในย่านความถี่

CLASS D

2.5 เครื่องส่งวิทยุ



รูปที่ 2.12 บล็อกโคอะแกรมของเครื่องส่ง

หลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุคือ การเปลี่ยนข่าวสารที่คองการส่งไปยังเครื่องรับให้อยู่ในรูปของสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับการส่งวิทยุ ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า การมอดูเลตสัญญาณ (modulate)

การมอดูเลตสัญญาณคือ การทำให้คลื่นพาห้เปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณที่คองการมอดู เช่น ถ้าคลื่นพาห้เปลี่ยนแปลงทางขนาดเรียกว่า การมอดูเลตทางแอมปลิจูด (amplitude modulation, AM) ถ้าความถี่คลื่นพาห้เปลี่ยนแปลงเรียกว่า การมอดูเลตทางความถี่ (frequency modulation, FM) และถ้าเฟสของคลื่นพาห้เปลี่ยนแปลงเรียกว่า การมอดูเลตทางเฟส (phase modulation)

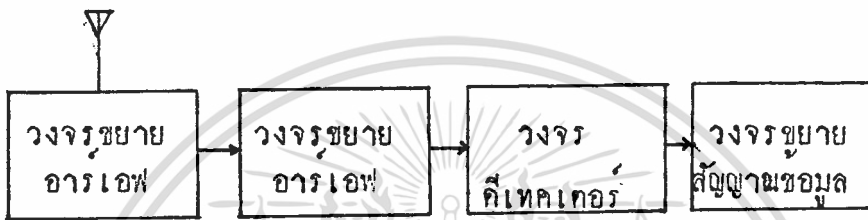
จากรูปที่ 2.12 มีหลักการทํางานคือ

1. สัญญาณข่าวสารหรือเสียงที่คองการส่งจะได้รับการขยายเพื่อให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับมอดูเลตกับคลื่นพาห้
2. วงจรกำเนิดความถี่วิทยุ สร้างสัญญาณคลื่นพาห้เพื่อไปทํากการมอดูเลต
3. ถ้าคลื่นพาห้มีขนาดไม่สูงพอจะคองไปทํากการขยายเพื่อยกระดับสัญญาณให้สูงพอที่จะทํากการมอดูเลต
4. ทํากการมอดูเลตสัญญาณข่าวสารกับสัญญาณคลื่นพาห้ อาจจะเป็นการมอดูเลตทางแอมปลิจูด ทางความถี่ หรือทางเฟส
5. ขยายสัญญาณอีกครั้งหนึ่งให้ไ้ระดับเพื่อส่งออกสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เครื่องรับวิทยุ

2.6.1 เครื่องรับชนิดจูนความถี่สัญญาณวิทยุ (tuned radio frequency) หรือมีชื่อย่อว่า TRF ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.13 ลักษณะของวงจรเป็นวงจรง่าย ๆ โดยเมื่อเราพิจารณาจากบล็อกไดอะแกรมแล้ว จะเห็นว่าเมื่อสัญญาณเข้ามาจากสายอากาศผ่านการจูนเลือกความถี่ แล้วป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นจึงป้อนเข้าสู่วงจรคิเทคเตอร์ เพื่อทำการแยกสัญญาณข้อมูล



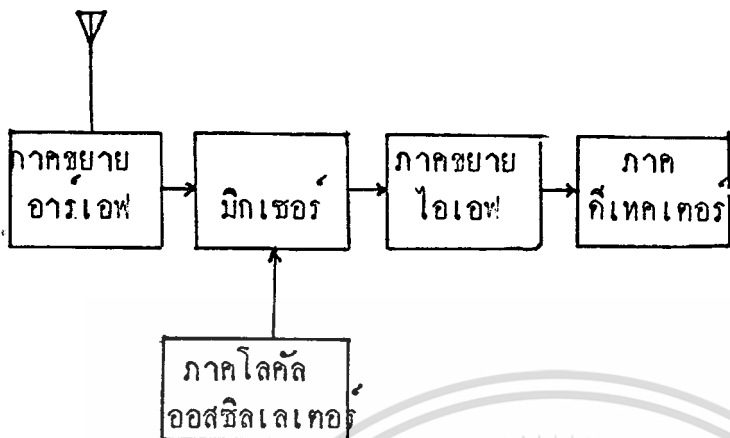
รูปที่ 2.13 วงจรเครื่องรับวิทยุเอเอ็มแบบ TRF

เครื่องรับแบบ TRF นั้น ส่วนของวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุจะต้องทำการขยายได้ก็ตลอดช่วงความถี่ของการทำงาน แต่ข้อเสียมักจะเกิดขึ้นคือ ช่วงอัตรขยายมักไม่สม่ำเสมอตลอดย่านความถี่ที่ใช้งาน และอีกประการหนึ่งคือการจูนเลือกสถานีเป็นไปได้ยากไม่ค่อยเสถียรภาพและยุ่งยากต่อการออกแบมมาก ทั้งนี้เพราะถ้าวงจรจูนมีช่วงการเลือกไม่ถี่ก็อาจจะจะมีสัญญาณของสถานีข้างเคียงแทรกซ้อน เพื่อที่จะแก้ปัญหาเหล่านี้เราต้องนำสัญญาณความถี่วิทยุนี้ผ่านเข้าสู่วงจรมิกเซอร์ (mixer) เสียก่อน เพื่อที่จะเปลี่ยนสัญญาณความถี่วิทยุที่จูนเข้ามาไว้ให้อยู่ในรูปของความถี่ที่ต้องการ เข้าสู่วงจรขยาย และวิธีนี้ก็คือ หลักการซูเปอร์เฮเทอโรโรกายน์

2.6.2 เครื่องรับแบบซูเปอร์เฮเทอโรโรกายน์ เครื่องรับแบบนี้จะต้องนำสัญญาณความถี่วิทยุนี้ผ่านเข้าสู่วงจรมิกเซอร์ เพื่อที่จะเปลี่ยนสัญญาณความถี่วิทยุที่จูนเข้ามาไว้ให้เป็นสัญญาณความถี่วิทยุแบบความถี่กลาง (intermediate frequency) หรือความถี่ไอเอฟ (IF) เพราะที่ความถี่ไอเอฟนั้นสามารถกำหนดอัตรขยายของวงจรได้ถูกต้อง และช่วยเพิ่มเสถียรภาพการเลือกสถานีทำให้การแทรกซ้อนระหว่างสถานีลดลง

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อแจกจ่ายให้บุคลากรในสังกัดสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศในสังกัดกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เพื่อให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงบล็อกโคเคแกรมเครื่องรับแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์

ภาค FRONT END เป็นภาคที่อยู่ปลายด้านหน้าสุดที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ RF ซึ่งประกอบด้วยภาคขยายสัญญาณวิทยุ, ภาคผสมสัญญาณ และภาคออสซิลเลเตอร์. โดยในการสร้างทั้ง 3 ภาคไว้ในหน่วยเดียวกันเรียกว่า FRONT END

หน้าที่สำคัญของ FRONT END คือ

1. เลือกสถานีใดสถานีหนึ่ง คือ เลือกรับความถี่ของสัญญาณที่ต้องการ ในเมื่อภาค FRONT END มี RF AMP อยู่ด้วย ซึ่งช่วยให้ SELECTIVITY ก็ และ SENSITIVITY ก็
2. ทำการ BEAT ความถี่ RF ที่รับเข้ามาทางสายอากาศกับสัญญาณความถี่จาก LOCAL OSCILLATOR ได้เป็นความถี่ IF คือ 455 KHZ
3. ภาค FRONT END จะต้องมี IMPEDANCE ทางขาเข้า MATCH กับ IMPEDANCE ของระบบสายอากาศ เพื่อให้เกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างสายอากาศเข้าสู่เครื่องรับมากที่สุด
4. ภาค FRONT END จะต้องมี BANDWIDTH กว้างพอที่จะให้ความถี่ของสัญญาณที่ต้องการผ่านได้

ภาคขยายสัญญาณวิทยุ (rf amplifier)

ภาคขยายสัญญาณวิทยุของเครื่อง เป็นภาคแรกที่รับสัญญาณวิทยุ โดยรับสัญญาณเข้ามาทางสายอากาศ สัญญาณที่รับได้มีความแรงอ่อนจึงต้องมีการขยายสัญญาณวิทยุนี้ให้มีความแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งกำลังการขยายของภาคขยายสัญญาณวิทยุนี้จะไม่มากนัก นอกจากภาคขยายสัญญาณวิทยุจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุแล้ว ข้อดีของการมีภาคขยายสัญญาณวิทยุนี้ก็คือมันสามารถให้การแยกหรือที่เรียก ไอโซเลชัน (isolation) ระหว่างภาคโลคัลออสซิลเลเตอร์กับสายอากาศได้ ทั้งนี้เพราะความถี่ที่ภาคโลคัลออสซิลเลเตอร์ สร้างขึ้นมานั้นก็อยู่ในย่านความถี่วิทยุ ซึ่งสามารถมีอันกัมออกมาทางสายอากาศเครื่องรับแล้วส่งออกอากาศ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการรบกวนเครื่องรับวิทยุเครื่องอื่นได้ ดังนั้นการมีภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุจึงเป็นการลดสัญญาณจากโลคัลออสซิลเลเตอร์ที่จะกลับไปทางสายอากาศ นอกจากข้อดีดังกล่าวแล้วภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุยังช่วยในการเพิ่มความไวในการรับสัญญาณ และมันทอนสัญญาณเงาที่จะไปปรากฏที่ภาคไอเอฟด้วย

ภาคโลคัลออสซิลเลเตอร์ (local oscillator)

ในวงจรเครื่องส่งและเครื่องรับส่วนใหญ่ที่กองการให้เสถียรภาพทางความถี่ของการส่งและรับมีค่าสูง หรือความถี่มีค่าคงที่ตลอดเวลาเพื่อให้เครื่องรับสามารถรับความถี่ที่ส่งมาจากเครื่องส่ง เพื่อนำมาหักล้างกับความถี่ทางเครื่องรับให้ได้ความถี่กลางที่มีเสถียรภาพคงที่สูง วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ให้คุณสมบัติเกินในเรื่องเสถียรภาพทางความถี่ ได้แก่ วงจรคริสทอลออสซิลเลเตอร์ แต่ในวิทยานิพนธ์ภาคโลคัลออสซิลเลเตอร์นี้จะใช้ความถี่ที่ไ้จาก vco (voltage control oscillator) มาแทนความถี่ที่ไ้จากคริสทอล

ภาคผสมสัญญาณ (mixer)

ภาคผสมสัญญาณทำหน้าที่ผสมสัญญาณระหว่างวิทยุและสัญญาณความถี่จากภาคโลคัลออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ได้ความถี่ผลต่างของสัญญาณทั้งสองเป็นความถี่ไอเอฟในการผสมสัญญาณทั้งสองที่จริงจะไ้ความถี่เป็นผลบวกเกิดขึ้นด้วย วงจรกรองความถี่จะกรองเฉพาะที่เป็นความถี่ผลต่างเท่านั้น สัญญาณที่ออกจากภาคผสมสัญญาณจะไ้รับการขยายในภาคไอเอฟต่อไป

ภาคขยายไอเอฟ (if amplifier)

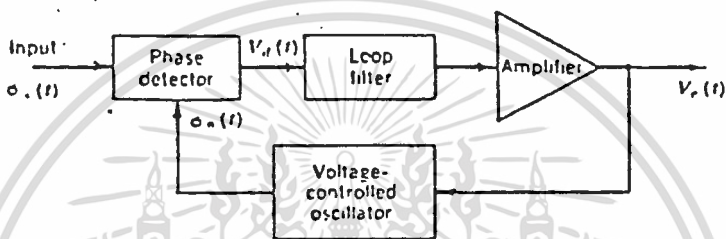
หลังจากไค้ความถี่สัญญาณไอเอฟออกจากเอาต์พุทของภาคผสมสัญญาณแล้ว สัญญาณไอเอฟที่จะได้รับการขยายให้มีความแรงเพิ่มขึ้นในภาคขยายไอเอฟ กำลังการขยายส่วนใหญ่ในเครื่องรับจะได้รับการขยายในภาคนี้ นอกจากการขยายไอเอฟแล้ว ภาคนี้ยังเป็นตัวกำหนดความไวและการเลือกของเครื่องรับ ซึ่งคุณลักษณะทั้งสองประการนี้จะเป็นตัวบอกให้รู้ว่าเครื่องรับนั้นดีหรือไม่ดีเพียงไร

ภาคคีเทคเตอร์ (detector)

เป็นส่วนที่ทำการคีเทคชั่น (detection) คือวิธีการแยกเอาสัญญาณเสียงหรือสัญญาณข้อมูลข่าวสารกลับคืนมาจากสัญญาณ RF ตามที่ทราบแล้วว่าสัญญาณ RF จะยังมีสัญญาณความถี่เสียงประกอบอยู่ ก็คือการนำเอาสัญญาณ RF ผ่านวงจรที่ทำหน้าที่แยกสัญญาณเสียงหรือสัญญาณข่าวสารออก วิธีการคีเทคชั่นที่ใช้กันทั่วไปคือ การคัทสัญญาณเพียงครึ่ง โครึ่งหนึ่งแล้วนำมาผ่านวงจรกรองความถี่เอาความถี่พาหะหรือความถี่ที่สูงมากออก ซึ่งก็จะปรากฏเป็นสัญญาณที่เหมือนกับสัญญาณที่ขอบของสัญญาณ

2.7 เฟสล็อกคูลูป

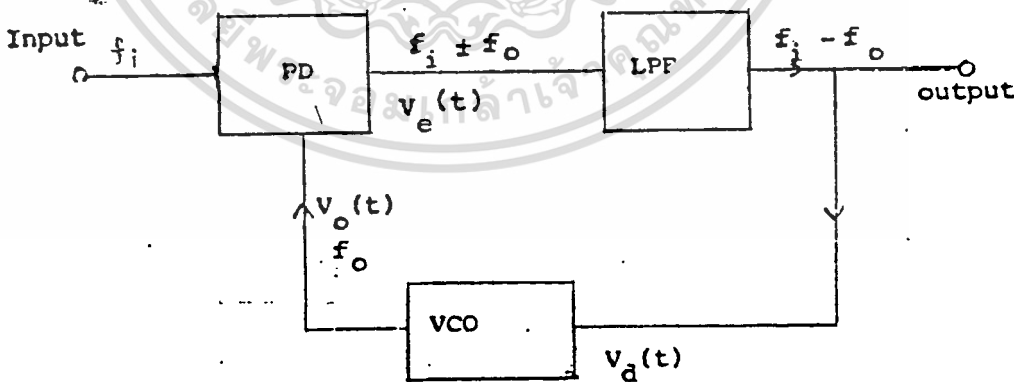
เฟสล็อกคูลูป (PLL) เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์เซอร์โว แบบพื้นฐานประกอบไปด้วยเฟสดีเทคเตอร์ (PD) โครว์พาสฟิลเตอร์ (LPF) และโวลต์คอนโทรลลอสซิลเลเตอร์ (VCO) เฟสจะควบคุมออสซิลเลเตอร์ให้เอาท์พุทสามารถล็อก หรือ SYNCHRONIZED กับสัญญาณอินพุท ถ้าเฟสเปลี่ยนแสดงว่าความถี่อินพุทเปลี่ยนเอาท์พุทของ PD ก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อรักษาให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์เท่ากับความถี่อินพุท ซึ่งเรียกว่าอยู่ในภาวะล็อกไว้



รูปที่ 2.15 รูปการทำงานของ PLL แบบพื้นฐาน

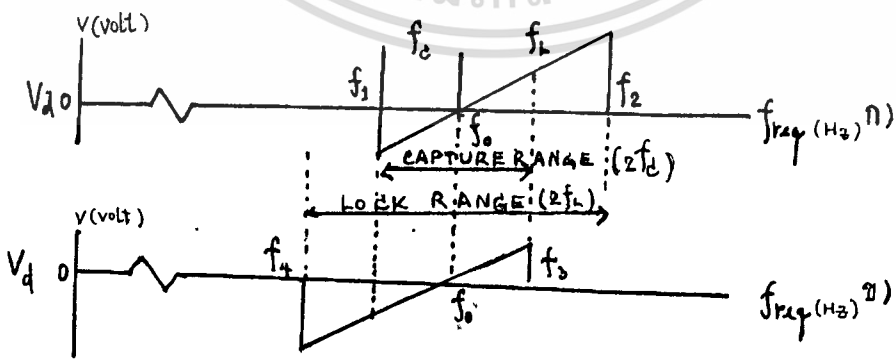
2.7.1 เป็นระบบป้อนกลับประกอบด้วย PD ; LPF และ VCO ดังแสดงไว้

ในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 บล็อกโอะแกรมแสดงการทำงานของ PLL

หลักการทํางานเบื้องต้นของ PLL อธิบายได้ดังนี้ เมื่อยังไม่มีสัญญาณอินพุตป้อนให้ แรงดันควบคุม $V_d(t)$ ก็จะเป็นศูนย์และ VCO จะทํางานตามความถี่ f_0 ที่คงที่ไว้ เรียกว่าความถี่ FREE-RUNNING ถ้าสัญญาณอินพุตป้อนให้กับระบบ PC ก็จะไปเปรียบเทียบเฟสและความถี่ของอินพุตกับความถี่ของ VCO และสร้างแรงดัน ERROR $V_e(t)$ ซึ่งสัมพันธ์กับความต่างเฟสและความถี่ของสัญญาณทั้งสอง โวลต์เทจ ERROR นี้ก็จะถูกรองให้ความถี่ที่ผ่านออกไปได้ และป้อนกลับไปยัง VCO ในลักษณะนี้ $V_d(t)$ จะไปบังคับให้ความถี่ของ VCO เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดความแตกต่างของความถี่ f_0 กับความถี่สัญญาณอินพุต f_1 ลง ถ้า f_1 ใกล้เคียงกับ f_0 ด้วยคุณสมบัติการป้อนกลับของ PLL จะทำให้ VCO เกิดการ SYNCHRONIZED หรือเรียกว่าลอคกับสัญญาณอินพุต เมื่ออยู่ในสภาวะลอคความถี่ VCO จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุตและเฟสต่างกันเล็กน้อย ความต่างเฟส (0) ที่ได้มีความสำคัญเพื่อให้ได้แรงดัน $V_e(t)$ สำหรับไปเลื่อนความถี่ของ VCO ไปยังค่าความถี่สัญญาณอินพุต f_1 เพื่อรักษาสภาวะลอคไว้ความสามารถในการปรับสภาพตัวเองให้ถูกต้องไค้ของระบบนี้ทำให้ PLL สามารถแทรก (TRACK) การเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณอินพุตไค้ในขณะที่อยู่ในลอค ตลอดช่วงความถี่ PLL สามารถดำรงสภาวะลอคกับสัญญาณอินพุตไว้ได้ เราเรียกว่าพิสัยสภาวะลอคหรือ LOCK RANGE ของระบบลอคช่วงความถี่ ซึ่ง PLL สามารถรักษาสภาวะลอคไว้ได้จริงกับสัญญาณอินพุตคือพิสัยการเข้าสู่สภาวะลอค หรือ CAPTURE RANGE ของระบบซึ่งพิสัยนี้จะต่างกับพิสัยแรกจะไม่กว้างกว่าพิสัยแรก ซึ่งอธิบายไค้ไป



รูปที่ 2.17 TRANSFER CHARACTERISTICS ของความถี่กับค่าโวลต์เทจ V_d
 ก) กรณีความถี่อินพุตเพิ่มขึ้น ข) กรณีความถี่อินพุตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงถึง TRANSFER CHARACTERISTIC ของความถี่กับค่าโวลต์เคจ

ในตอนนี้เราจะได้พิจารณาถึงขณะที่ลูปยังไม่ได้อยู่ในสภาวะล็อก PD จะเป็นตัว MIXER สัญญาณอินพุตและสัญญาณของ VCO และทำให้ผลรวมและผลต่างของความถี่ f_0, f_1 เกิดขึ้น
 ๓ ในกรณีที่ผลรวมและผลต่างในกรณีที่ทั้งสองอยู่นอกขอบเขต (BAND EDGE) ของ LPF และถูกกรองทิ้งไป ซึ่งจะทำให้ไม่มีสัญญาณป้อนกลับมา VCO ทำให้ความถี่ของ VCO อยู่ที่ความถี่ FREE RUNNING (f_0) คงเดิม

เมื่อความถี่ f_1 ใกล้กับ f_0 ของ VCO จะทำให้ส่วนผลต่างของ $f_1 - f_0$ ลดลงและจะใกล้ขอบเขตของ LPF และในช่วงนี้บางส่วนของผลต่างความถี่ ($f_1 - f_0$) จะผ่าน LPF ไปได้ ซึ่งจะทำให้ VCO มีความถี่เข้าใกล้อินพุต ในขณะที่ $f_1 - f_0$ จะลดลงและมีสัญญาณผ่าน LPF ไปยัง VCO มากขึ้นคือขบวนการป้อนกลับแบบบวก (positive feedback) ซึ่งจะเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ PLL เกิดการล็อกกับอินพุตได้

ในขณะที่ค่าแรงดัน ERROR $V_e(t)$ เริ่มผ่าน LPF ได้แสดงว่า PLL เริ่ม "CAPTURE" หลังจากนั้นความถี่ f_0 ของ VCO เข้าใกล้ความถี่ f_1 ของอินพุต จนกระทั่ง $f_0 = f_1$ ในสภาวะนี้เราเรียกว่า PLL อยู่ในสภาวะล็อก (in lock) เมื่อ PLL อยู่ในสภาวะล็อกค่า $V_e(t)$ จะมีค่าคงที่ซึ่งเกิดจากความต่างเฟสทำให้ได้ CONTROL VOLTAGE ($V_d(t)$) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของแรงดัน ERROR เป็นค่ากระแสตรง (DC) คงที่ ใช้ควบคุม VCO ให้มีความถี่เท่ากับความถี่อินพุต

จากรูป ก) ในขณะที่ PLL เริ่มล็อกกับสัญญาณอินพุต หมายถึง $f_0 = f_1$ ซึ่งเป็นความถี่ต่ำสุดของการเริ่ม CAPTURE ความถี่สัญญาณ VCO จะเข้าใกล้สัญญาณอินพุต จากนั้นการล็อกของ PLL จะขึ้นอยู่กับความสามารถของ VCO ที่จะเปลี่ยนความถี่ไปโดยมี SLOPE การเปลี่ยนแปลงของความถี่กับ CONTROL VOLTAGE $V_d(t)$ และเมื่อความถี่ $f_1 = f_0$ จะทำให้ $V_d(t) = 0$ ลูปจะติดตามสัญญาณเข้าจนกระทั่งความถี่ f_2 ซึ่งเป็นความถี่สูงสุดของ LOCK RANGE ก็จะหลุดจากสภาวะล็อก และเมื่อ f_1 ลดลงจะเป็นรูป ข) เมื่อ $f_1 = f_3$ ซึ่งเป็นความถี่สูงสุดของการเริ่ม CAPTURE RANGE จะเริ่มล็อกอินพุต สูงเกินกว่าจุดสูงสุดของ CAPTURE RANGE จะต่ำกว่าจุดสูงสุดของ LOCK RANGE เมื่อ PLL เข้าสู่สภาวะล็อก การล็อกจะขึ้นอยู่กับความสามารถของ VCO ที่จะเปลี่ยนแปลงความถี่อินพุตเช่นเดิมและเมื่อ f_1 ลดลงเรื่อย ๆ จน $f_1 = f_4$ ซึ่งเป็นจุดต่ำสุดของ LOCK RANGE ก็จะทำให้ VCO หลุดจากสภาวะล็อกอีก ซึ่งแสดงว่าจุดต่ำ

ไม่ว่าการณีโดยทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกนี้จะต่ำกว่าจุดต่ำสุดของ CAPTURE RANGE จะเห็นว่า

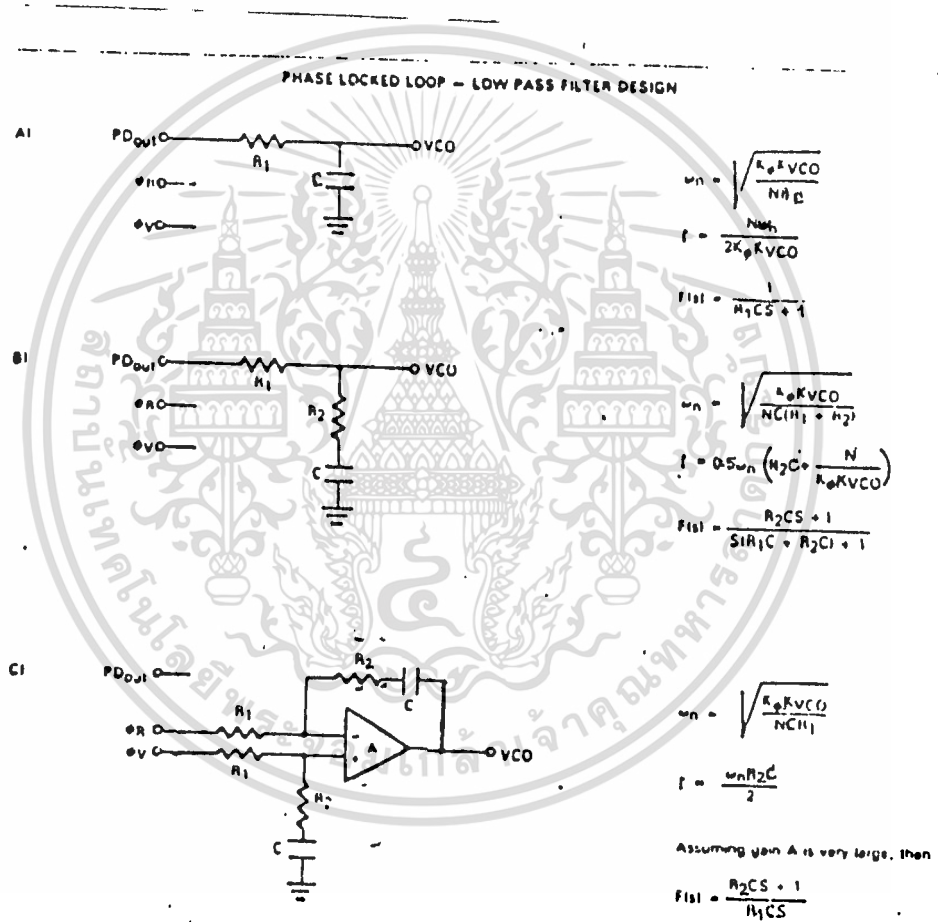
f_1 ถึง f_3 คือ CAPTURE RANGE ($2f_c$)

f_4 ถึง f_2 คือ LOCK RANGE ($2f_L$)

และ $f_c < f_L$

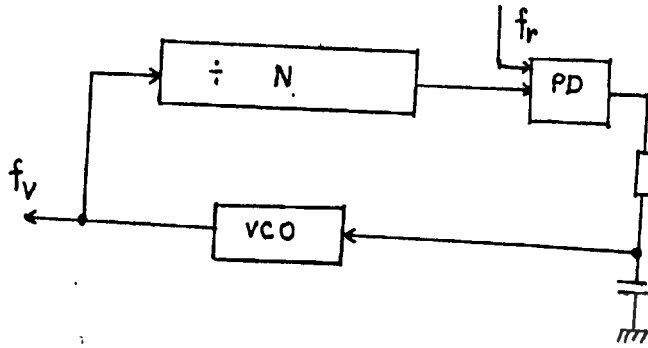
2.7.2 ลูปฟิลเตอร์จะเป็นวงจร LOW PASS FILTER โดยใช้วงจรต่าง ๆ

ตัว กังรูปที่ 2.18

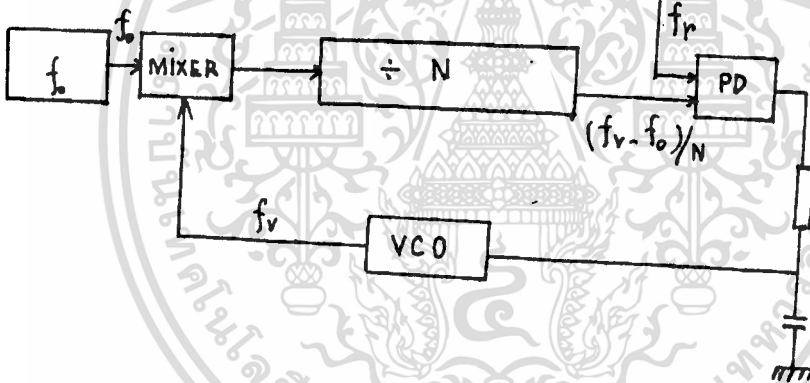


รูปที่ 2.18 ลูปฟิลเตอร์แบบต่าง ๆ

2.7.3 วงจรสังเคราะห์ความถี่



รูปที่ 2.19 วงจรสังเคราะห์ความถี่



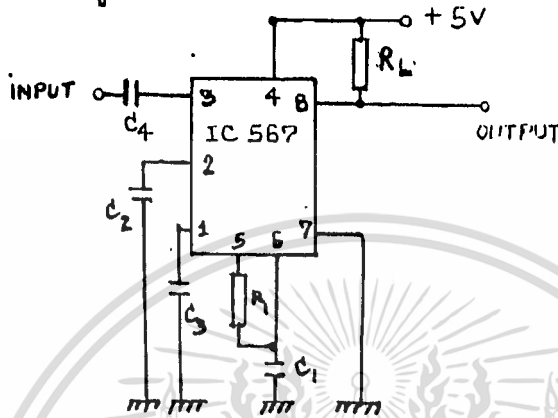
รูปที่ 2.20 วงจรสังเคราะห์ความถี่

ถ้านำ vco มาที่วงจรดังรูปที่ 2.19
และถ้าที่อังก์รูปที่ 2.20

จะได้ว่า $f_v = n f_r$
จะได้ว่า $f_v = f_o + n f_r$

2.8 วงจรโทนทีโคคเกอร์

ใช้ไอซีเบอร์ 567 เป็นโทนทีโคค ซึ่งมีลักษณะเป็นเฟสล็อกคูปอย่างหนึ่ง แต่จะใช้ทีโคคในย่านความถี่เสียง เอาท์พุทที่ได้จะเป็นลอจิก "สูง" หรือ "ต่ำ" เท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากเฟสล็อกคูปทั่วไป



รูปที่ 2.21 วงจรโทนทีโคคเกอร์

หลักการทํางานของโทนทีโคคคือ ถ้าอินพุทมีความถี่เท่ากับความถี่ที่ตั้งไว้ที่โทนทีโคคเกอร์ จะทำให้เอาท์พุทมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจากเป็นลอจิก "1" จะเปลี่ยนมาเป็นลอจิก "0" ดังนั้นจึงสามารถกว่ามีความถี่ที่เข้ามาตรงกับความถี่ที่ออกแบบไว้หรือไม่จากลอจิกดังกล่าว

การออกแบบวงจรโทนทีโคคเกอร์

CENTER FREQUENCY กำหนดจาก
$$f_0 = \frac{1}{1.1R_1C_1} \quad (2.10)$$

ขั้นตอนคือ กำหนด C_1 กำหนด f_0 ที่ต้องการ และก็จะหา R_1 ได้ โดย

ใช้ความต้านทานชนิดปรับค่าได้

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_0 C_2}} \quad \text{หน่วยเป็น \% ของ } f_0 \quad (2.11)$$

โดย V_{in} ต้อง ≤ 200 mV หน่วยเป็นโวลต์
 C_2 หน่วยเป็นไมโครฟารัด

$$C_3 = 2 C_2$$

C_4 คือ ตัวเก็บประจุเพื่อคัปปลิงสัญญาณอินพุท

2.9 การอินเทอร์เฟซคอมพิวเตอร์

2.9.1 สัญญาณต่าง ๆ บนสล็อกของเครื่องคอมพิวเตอร์

ภายใน IBM/PC ได้มีการออกแบบให้สามารถที่จะเพิ่มเก็มวงจรอินเทอร์เฟซเข้าไปในภายหลังได้ โดยผ่านทางสล็อกที่อยู่บนเมนบอร์ด (main board) สำหรับสล็อกบนเมนบอร์ดจะมีจำนวน 5 สล็อก ซึ่งแต่ละสล็อกจะมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 31 ขา เรียกตำแหน่งขาของสล็อกเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับว่าขานั้นอยู่ข้างใด (ซ้ายหรือขวา) ของสล็อก โดยขาที่อยู่ทางด้านซ้ายของสล็อกจะเรียกโดยใช้อักษร "B" นำหน้าเลขตำแหน่งของขา ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวาของสล็อกจะเรียกโดยใช้อักษร "A" นำหน้าเลขตำแหน่งของขา แต่ละขาของสล็อกเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับ เส้นสัญญาณต่าง ๆ บนเมนบอร์ด ทำให้การสร้างวงจรรินเทอร์เฟซกับ IBM/PC สามารถทำได้โดยสะดวก รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณต่าง ๆ

OSC (oscillator ขา B 30)

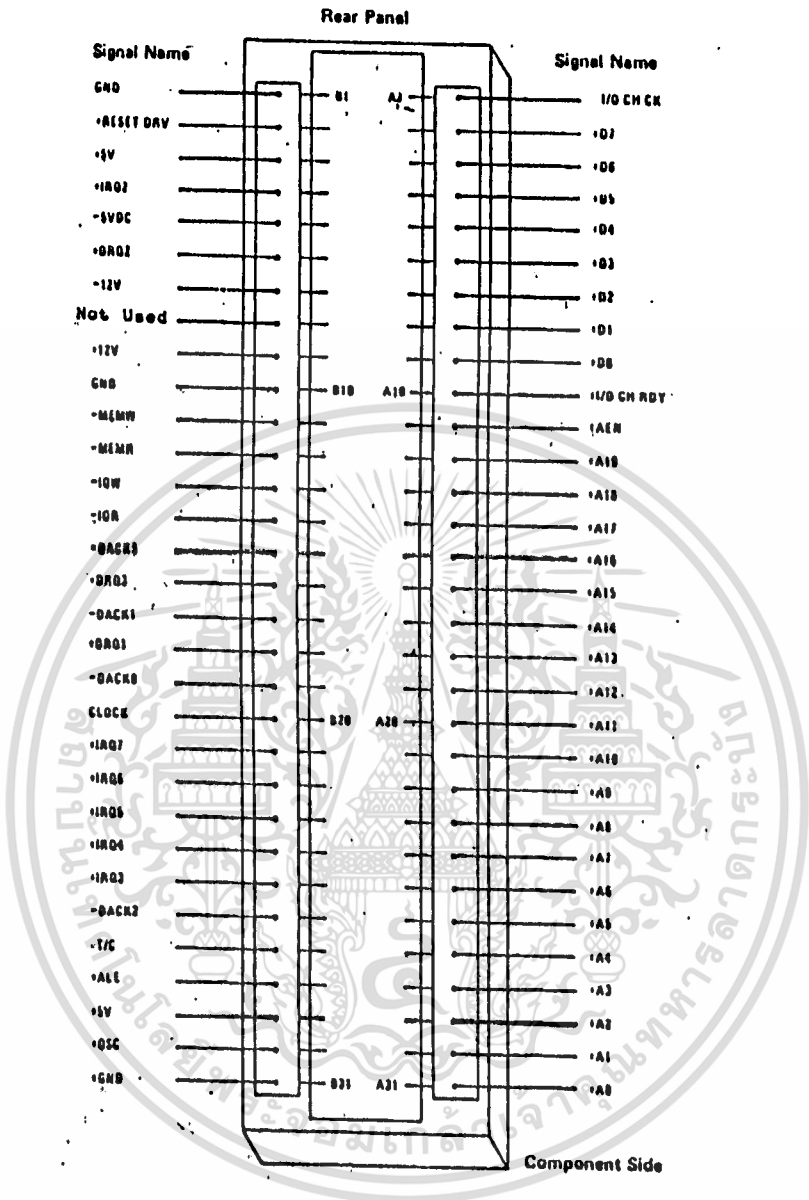
ขานี้เป็นเอาต์พุตที่เชื่อมต่อกับสัญญาณคล็อกที่มีค่าความถี่สูงสุดบนเมนบอร์ด คือ 14.31818 MHz ซึ่งคาบเวลาประมาณ 70 nanosec และมี DUTY CYCLE 50% สิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงในการใช้งานสัญญาณก็คือ สัญญาณนี้จะไม่ SYNCHRONIZE กับสัญญาณอื่น ๆ บนบัสของระบบ ดังนั้นจึงไม่ควรที่จะนำสัญญาณจากขา OSC นี้ไปใช้เป็นสัญญาณคล็อกสำหรับวงจรรายอื่น ๆ ที่ทำงานร่วมกับระบบ

CLK (CLOCK ขา B 20)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาต์พุต ซึ่งต่อกับสัญญาณคล็อกที่ถูกสร้างขึ้นโดยการหารสัญญาณ ด้วย 3 ทำให้ได้ความถี่ประมาณ 4.77 MHz สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ถูกใช้ เป็นคล็อกของระบบ

RESET DRV (ขา B 2)

โดยทั่วไปแล้วสัญญาณนี้จะถูกนำไปใช้ในการรีเซ็ตวงจรรินเทอร์เฟซหรืออุปกรณ์ I/O ต่าง ๆ ในช่วงที่เริ่มจ่ายไฟให้กับระบบ ซึ่งจะเป็นการทำให้วงจรรินเทอร์เฟซเหล่านั้นถูกปรับให้อยู่ในสถานะที่แน่นอน ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการทำงานในระบบ (สถานะนี้เป็นสถานะที่เรทราบบ และต้องการให้วงจรรินเทอร์เฟซทำงานในขณะที่ระบบถูกรีเซ็ต)



รูปที่ 2.22 แสดงตำแหน่งขาทางขุมนส์ลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_0-A_{19} (Address Bus ขา $A_{31}-A_{12}$)

ขาสัญญาณทั้ง 20 ขานี้เป็นเอาต์พุต ซึ่งใช้สำหรับกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์ I/O ที่ 8088 ต้องการคิกค็อกวีย์ สำหรับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรส A_0-A_{19} นี้ จะถูกกำหนดโดย 8088 ในระหว่างขบวนการอ่าน/เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O/การอ้างแอดเดรสของพอร์ต I/O นั้น จะใช้เส้นแอดเดรสเพียง 16 เส้น คือ A_0-A_{15} ซึ่งจะทำให้อ้างแอดเดรสของพอร์ตได้ 64 พอร์ต โดยผ่านทางซุกคำสั่ง IN และ OUT ส่วนเส้นแอดเดรสที่เหลือคือ $A_{16}-A_{19}$ นั้นจะไม่ถูกใช้งาน อย่างไรก็ตามภายใน IBM/PC จะใช้เส้นแอดเดรสในการอ้างแอดเดรสของพอร์ตเพียง 10 เส้น คือจาก A_0-A_9 และค่าแอดเดรสที่ใช้งานจะต้องอยู่ในช่วง 0200H จนถึง 03FFH เท่านั้น

D_0-D_7 (Data Bus ขา A_9-A_2)

ขาสัญญาณนี้จะเป็นแบบ Bi-Directional ซึ่งต่อกับบัสข้อมูลของระบบ เพื่อทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างพอร์ต I/O กับ IBM/PC สำหรับในบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูล ก่อนที่สัญญาณ \overline{IOW} จะเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" (ขอบขาขึ้น) ซึ่งโดยทั่วไปขอบขาขึ้นของสัญญาณ \overline{IOW} นี้ จะถูกใช้เพื่อสั่งให้พอร์ต I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นรับข้อมูลไปเก็บไว้ สำหรับในบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น พอร์ต I/O ที่ถูกอ้างถึงจะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล ก่อนที่สัญญาณ \overline{IOR} จะเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" (ขอบขาขึ้น)

ALE (Address Latch Enable ขา B_{28})

ขาสัญญาณนี้เป็นสัญญาณเอาต์พุตที่ 8288 Bus controller สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับแอสกการเริ่มต้นของบัสไซเคิล แสดงให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าแอดเดรสที่ 8088 ต้องการจะคิกค็อกวีย์นั้นถูกส่งออกมาบนบัสแอดเดรสแล้ว โดยที่สัญญาณ ALE นี้ จะเปลี่ยนจากลอจิก "1" เป็น "0" เมื่อค่าแอดเดรสที่ถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

\overline{IOR} (I/O Read ขา B14)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาต์พุตแอกทีฟที่ลอจิก "0" ที่สร้างขึ้นโดย 8288 Bus controller เพื่อใช้ในการแสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลจากพอร์ท I/O เพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอกเคสตรงกับแอกเคสบนบัสแอกเคสนั้น ส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลจะต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนขอบขาขึ้นของสัญญาณ \overline{IOR} ประมาณ 30 nanoses เพื่อให้มั่นใจว่า 8088 สามารถรับข้อมูลได้ถูกต้อง

 \overline{IOW} (I/O write ขา B13)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาต์พุตแอกทีฟที่ลอจิก "0" เพื่อใช้แสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้เป็นบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ท I/O เพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอกเคสตรงกับแอกเคสบนบัสแอกเคสนั้น รับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลไปเก็บไว้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในช่วงเวลาที่สัญญาณ \overline{IOW} นี้แอกทีฟ (ลอจิก "0") นั้น ข้อมูลบนบัสข้อมูลอาจจะยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในการออกแบบจึงควรรีไซขอบขาขึ้นของสัญญาณ \overline{IOW} แทนขอบขาลงในการทำให้พอร์ท I/O ที่เกี่ยวข้องรับข้อมูลไปเก็บไว้ เพื่อให้ข้อมูลบนบัสข้อมูลสมบูรณ์เสียก่อน

AEN (Address Enable ขา A11)

สัญญาณนี้เป็นเอาต์พุตที่ใช้ในการแสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สัญญาณ AEN แอกทีฟ (ลอจิก "1") นั้น เป็นบัสไซเคิลของขบวนการ DMA บนเมนบอร์ดของ IBM/PC นั้น จะใช้สัญญาณนี้ในการกิสเอเบิล 8288 Bus controller และจะใช้กิสเอเบิลพอร์ท I/O ต่างๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับขบวนการ DMA ที่เกิดขึ้นนี้

บัสของแหล่งจ่ายไฟของระบบ

+5Vdc (ขา B3 และ B29)

ขาทั้งสองนี้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC +5V ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) $\pm 5\%$ คืออยู่ในช่วง +4.75 ถึง +5.25 Vdc

+12Vdc (ขา B9)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC +12V ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) $\pm 5\%$ คืออยู่ในช่วง +11.4 ถึง +12.6 Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$-5V_{dc}$ (ขา B5)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC $-5V$ ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) $\pm 10\%$ คืออยู่ในช่วง -5.5 ถึง $-4.5 V_{dc}$

$-12 V_{dc}$ (ขา B7)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC -12 ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulated) $\pm 10\%$ คืออยู่ในช่วง -13.2 ถึง $-10.8 V_{dc}$

GND (ขา B1, B10 และ B31)

ขาทั้งสามนี้จะต่อเข้ากับกราวด์ (Ground) ของระบบ

2. 9.2 การจิกแอกเคเรสสำหรับ I/O

ในการควบคุมและตรวจสอบสถานะการทำงาน รวมทั้งการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เป็นชิพพอร์ทหรือคาร์ดต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบของคอมพิวเตอร์นั้น จะกระทำโดยผ่านทางพอร์ท I/O ของระบบ การควบคุมหรือจิกต่อกับพอร์ทเหล่านี้ต้องกระทำโดยการอ้างถึงแอกเคเรสของพอร์ท I/O เหล่านี้โดยตรง สำหรับแอกเคเรสของพอร์ท I/O ต่าง ๆ นั้น จะเป็นแอกเคเรสที่ถูกสร้างขึ้นโดย 8088 ซึ่งแอกเคเรสเหล่านี้เป็นแอกเคเรสที่จิกไว้สำหรับพอร์ท I/O โดยเฉพาะ คือแยกจากแอกเคเรสของหน่วยความจำโดยเด็ดขาด ส่วนการส่งข้อมูลให้กับพอร์ทเหล่านี้จะทำได้โดยการใช้คำสั่ง OUT ของ 8088 ส่งข้อมูลนั้นไปยังแอกเคเรสของพอร์ทที่ต้องการ และสำหรับการตรวจสอบหรือการอ่านข้อมูลจากพอร์ท ก็จะได้ทำได้โดยการใช้คำสั่ง IN ของ 8088 อ่านข้อมูลจากแอกเคเรสของพอร์ทที่ต้องการเช่นกัน

ภายในไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8088 นี้จะมีแอกเคเรสสำหรับใช้กับพอร์ท I/O อยู่ทั้งสิ้น 65,536 หรือ 64 Kแอกเคเรส (ในขณะที่มีแอกเคเรสสำหรับหน่วยความจำอยู่ 1 Mbyte) ซึ่งทำให้การอ้างแอกเคเรสของพอร์ท I/O ที่ทำงานร่วมกับ 8088 นั้น ต้องใช้จำนวนเส้นแอกเคเรสในบัสแอกเคเรสในบัสแอกเคเรสทั้งสิ้น 16 เส้น คือ A_0-A_{15} แต่สำหรับในคอมพิวเตอร์นี้ถูกออกแบบมาให้ใช้เส้นแอกเคเรสเฉพาะ 10 เส้นล่าง คือ A_0-A_9 เท่านั้น ดังนั้นในการอ้างถึงแอกเคเรสของพอร์ทของอุปกรณ์หรือชิพพอร์ทใด ๆ ที่ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ จึงใช้จำนวนเส้นแอกเคเรสเพียง 10 เส้นด้วย โดยเส้นแอกเคเรสที่เหลือคือ $A_{10}-A_{15}$ นั้น จะไม่ถูกนำไปใช้งาน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเส้นแอกเคเรส

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$A_{10}-A_{15}$ นี้จะไม่ถูกนำไปใช้งาน แต่ค่าแอดเดรสบนเส้นแอดเดรสเหล่านี้ยังคงเปลี่ยนแปลงตามค่าแอดเดรสของพอร์ทที่กำหนดไว้ในคำสั่ง OUT หรือ IN อยู่ด้วย

เนื่องจากในคอมพิวเตอร์ใช้ใช้งานเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้น (คือ A_0-A_9)

) ดังนั้นจึงสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของพอร์ทได้สูงสุดเพียง 1024 พอร์ท โดยพอร์ทบนคอมพิวเตอร์ทั้ง 1024 พอร์ทถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของพอร์ทที่อยู่บนเมนบอร์ด กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่จัดเตรียมไว้สำหรับพอร์ทที่อยู่บนคาร์ดต่าง ๆ

การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O ในคอมพิวเตอร์

พอร์ท I/O ทั้ง 1024 พอร์ทในคอมพิวเตอร์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 512 พอร์ท

1. กลุ่มของพอร์ท I/O ที่อยู่บนเมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีแอดเดรสอยู่ในตำแหน่ง 0000H จนถึง 01FFH หรือ แอดเดรสที่มีบิต A_9 เป็น "0" สำหรับแอดเดรสของพอร์ท I/O ในกลุ่มนี้จะถูกใช้ในการอ้างแอดเดรสของชิพพอร์ท และอุปกรณ์ที่เป็น I/O ต่าง ๆ บนเมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์

2. กลุ่มของพอร์ท I/O ที่ถูกใช้งานอยู่บนคาร์ทที่ใช้เสียบบนสล๊อตต่าง ๆ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับแอดเดรสของพอร์ทเหล่านี้จะเริ่มค่นจากแอดเดรส 0200H จนถึง 03FFH ซึ่งก็คือแอดเดรสที่มีบิต A_9 เป็น "1" พอร์ท I/O ในกลุ่มนี้จะแสดงไค้ดังรูปที่ 2.23 ก่อนที่จะทำการออกแบบวงจรอินเทอร์เฟสที่จำเป็นต้องใช้ค่าแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O จึงควรจะตรวจสอบก่อนว่าคาร์ดต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ในระบบของคอมพิวเตอร์ ที่เราใช้งานอยู่นั้นมีคาร์ดใ้บ้าง และคาร์ดเหล่านั้นใช้งานแอดเดรสใ้บ้าง จากนั้นจึงทำการออกแบบวงจรอินเทอร์เฟสโดยเลือกใ้เฉพาะแอดเดรสที่ยังไม่ถูกใ้ใช้งาน

HEX ADDRESS	USES		
0200H	1	0200H	NOT USED
0201H	1	0201H	GAME CONTROL ADAPTER
0202H	1	0202H - 027FH	NOT USED
027FH	8	0278 - 027FH	SECOND PRINTER PORT ADAPTER
027FH	8	0280H - 028FH	NOT USED
0280H	8	0280H - 028FH	SECURITY SERIAL PORT ADAPTER CARD
028FH	8	0300H - 037FH	NOT USED
0290H	8	0378H - 037FH	PRINTER PORT ADAPTER CARD
029FH	8	0380H - 038FH	NOT USED
02A0H	16	0380H - 038FH	MINICHROME AND PRINTER ADAPTER
02A0H	16	0390H - 039FH	NOT USED
02A0H	16	0390H - 039FH	COLOR GRAPHICS ADAPTER
02A0H	16	0390H - 039FH	NOT USED
02A0H	8	0390H - 039FH	5 1/4 INCH DISKETTE DRIVE ADAPTER CARD
02A0H	8	0390H - 039FH	SERIAL PORT ADAPTER CARD

NOTE: NEW FEATURES BY IBM AND OTHER MANUFACTURERS MAY USE SOME OF THE SPARE I/O ADDRESS DECODES

รูปที่ 2.23 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ต I/O บนการ์ดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ และ คำนวณ

3.1 การออกแบบตัวกรองจذبแบบอินฟราเรด

3.1.1 ภาคส่ง ใช้ไอซี 555 เป็นอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ให้สร้างคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 2 KHz

จากรูปที่ 3.1 กำหนดความถี่จาก $f_0 = \frac{1.443}{(R_1 + 2R_2)C_1}$

ใช้ $C_1 = 0.0033 \mu\text{F}$

จะได้ $R_1 + 2R_2 = 218.63 \text{ K}\Omega$

ใช้ $R_2 = 100 \text{ K}\Omega$

ใช้ R_1 ใช้ความต้านทานปรับค่าได้ $50 \text{ K}\Omega$

ส่วนอินฟราเรดถูกจำกัดให้กระแสไม่เกิน 150 mA

สัญญาณที่ไต่จากขา 3 ของไอซี 555 จะป้อนเข้าสู่ขาเบสของ

ก่อนไปยังตัวส่งอินฟราเรด TIL 39

3.1.2 ภาครับ

วงจรแบบกพาสฟิลเตอร์ ออกแบบวงจรแบบกพาสฟิลเตอร์ ที่

ความถี่ 2 KHz จากรูปที่ 3.1 โดยกำหนด

$Q = 8$, $f_0 = 2 \text{ KHz}$

$G = 10$, $C_4 = 0.01 \mu\text{F} = C_5$

จาก $R_8 = \frac{Q}{2f_0 G C_4} = \frac{8}{2\pi(2)(10^3)(10)(0.01)(10^{-6})} \Omega$
 $= 7 \text{ K}\Omega$ ใช้ $6.8 \text{ K}\Omega$

$R_{10} = \frac{Q}{\pi f_0 C_4} = 2R_1 G = 2(6.8)(10^3)(10) \Omega$
 $= 136 \text{ K}\Omega$ ใช้ $120 \text{ K}\Omega$

$R_9 = \frac{Q}{2\pi f_0 C_4 (2(Q^2) - G)} = \frac{8}{2\pi(2)(10^3)(0.01)(10^6)(2(8^2) - 10)}$
 $= 0.6 \text{ K}\Omega$ ใช้ ความต้านทานปรับค่าได้ $1 \text{ K}\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรกติฟายเออร์ ใช้วงจร HALF WAVE RECTIFIER
 ที่มีอัตราขยาย เท่ากับ $\frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}}$

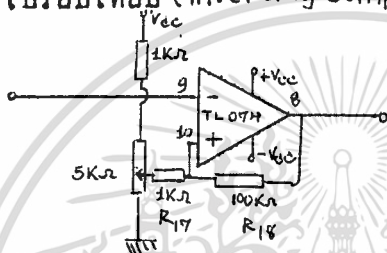
เรากองการอัตราขยาย 15 เท่า

ดังนั้นใช้ R₁₂ ความต้านทานปรับค่าได้ 10 K Ω

$R_{13} = 5 \text{ K}\Omega$

$R_{11} = 1 \text{ K}\Omega$

วงจรเปรียบเทียบ (inverting comparator)



เราใช้ $R_{18} = 100 \text{ K}\Omega$

$R_{17} = 1 \text{ K}\Omega$

วงจรทงเวลา ทงการทงเวลา 10 วินาที

จาก $T = 1.1 R_{19} C_9$

ใช้ $C_9 = 10 \mu\text{F}$

จะทงใช้ $R_{19} = 1 \text{ M}\Omega$

3.2 การออกแบบตัวกรองจذبแบบอตุกร้าโซนิค

3.2.1 ภาคส่ง ใช้ไอซี 555 เป็นอะอสเทเบิลมัลติไวเบรเคออร์สร้างคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 40 KHz

จากรูปที่ 3.2 กำหนดความถี่จาก

$$f_0 = \frac{1.443}{(R_1 + 2R_2) C_2}$$

ใช้ $C_2 = 0.0039 \mu F$
 จะได้ $R_1 + 2R_2 = 9250 \text{ K}\Omega$
 ใช้ $R_2 = 4.5 \text{ K}\Omega$

R_1 ใช้ความต้านทานปรับค่าได้ 1 K Ω สัญญาณจากขา 3 ของไอซี 555 ป้อนเข้าสู่ตัวส่งคลื่นอตุกร้าโซนิคเพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นเสียง

3.2.2 ภาครับ ใช้ตัวรับคลื่นอตุกร้าโซนิคเพื่อแปลงคลื่นเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

วงจรมอนิเตอร์พาสฟิลเตอร์ ออกแบบแบบพาสฟิลเตอร์ที่มีความถี่ 40 KHz

โดยคุณหนด

$Q = 8$, $f_0 = 40 \text{ KHz}$
 $G = 10$, $C_6 = C_7 = 0.001 \mu F$

$$R_3 = \frac{Q}{2f_0 \pi G C_6} = \frac{8}{2(40 \times 10^3) \pi (10)(0.001)(10^{-6})}$$

$= 31.53 \text{ K}\Omega$

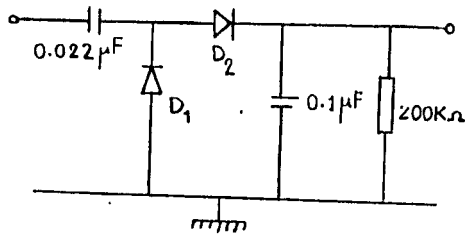
$$R_5 = \frac{Q}{\pi f_0 C_6} = \frac{8}{\pi (40 \times 10^3) (0.001)(10^{-6})}$$

$= 63.66 \text{ K}\Omega$

$$R_4 = \frac{Q}{2\pi f_0 C (2Q^2 - G)} = \frac{8}{2\pi (40 \times 10^3) (0.001)(10^{-6}) (2(8)^2 - 10)}$$

$= 211 \text{ K}\Omega$ ใช้ 200 K Ω 1 K Ω

วงจรยกแอมป์สัญญาณ



วงจรมายสัญญาณกระแสกลับ

ต้องการอัตราขยาย 450 เท่า

จากรูปที่ 3.2 อัตราขยาย $\frac{R_9 + R_{10}}{R_9}$

ดังนั้น ใช้ $R_{10} = 680 \text{ K}\Omega$

ใช้ $R_9 = 1.5 \text{ K}\Omega$

วงจรมายเทียบ

วงจรมายเทียบแบบอินเวอร์ตติ้ง

ใช้ $R_{12} = 1.8 \text{ K}\Omega$

ใช้ $R_{14} = 1.8 \text{ K}\Omega$

และที่ขานอนอินเวอร์ตติ้งใช้ความต้านทานปรับค่าได้ 5 K Ω

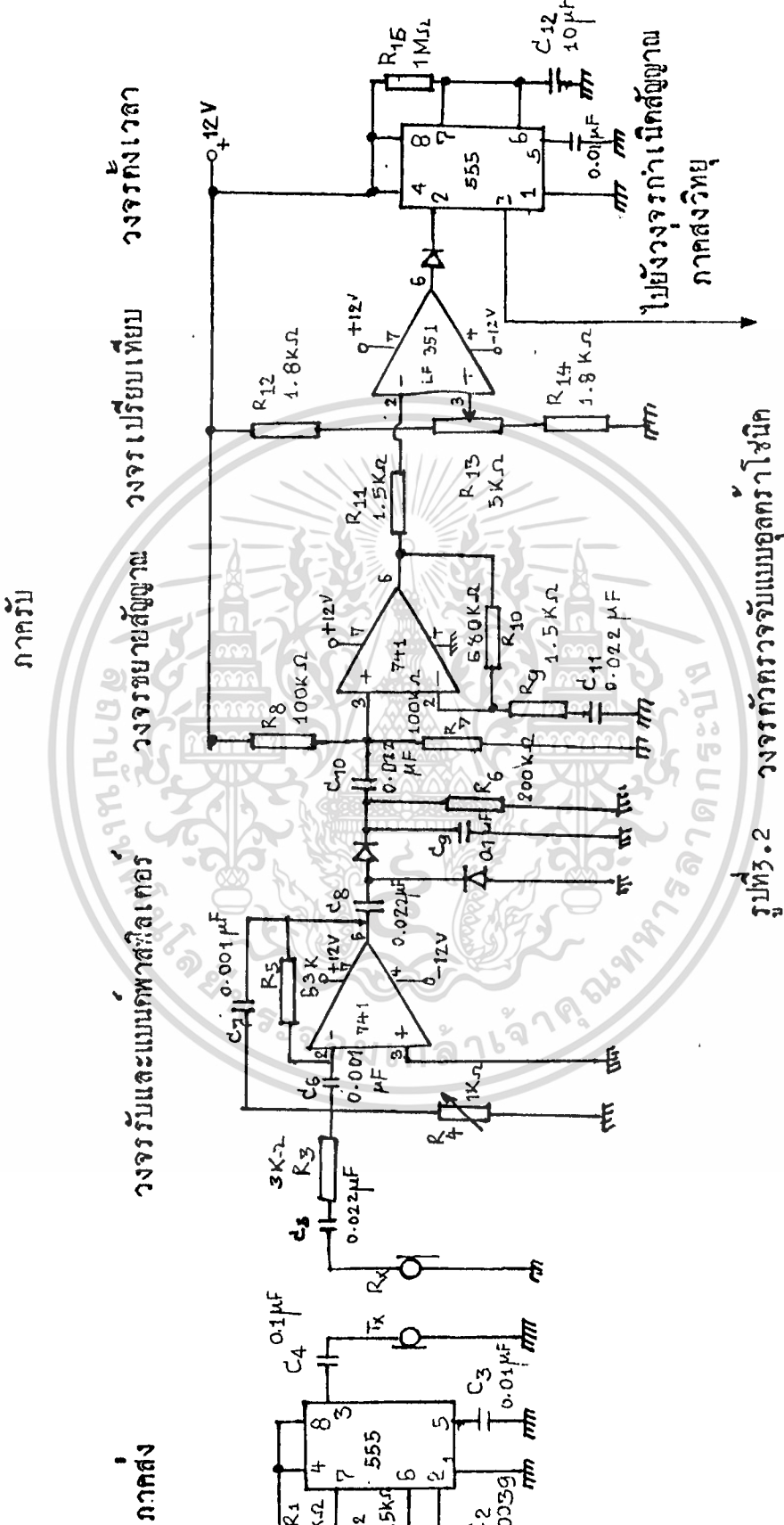
วงจรมายเวลา

ต้องการจรมายเวลา 10 วินาที

จาก $T = 1.1 R_{15} C_{12}$

ใช้ $C_{12} = 10 \mu\text{F}$

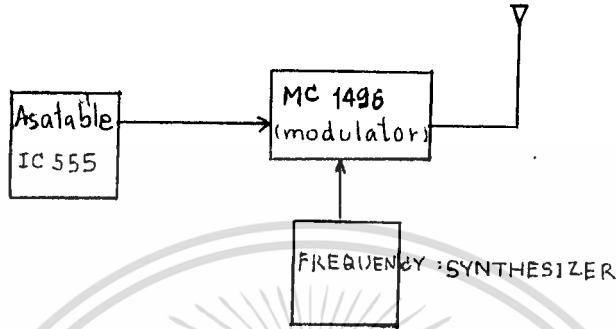
จะคองใช้ $R_{15} = 1 \text{ M}\Omega$



รูปที่ 3.2 วงจรตัวตรวจจับแบบออสซิลโลกราฟ

3.3 การออกแบบภาคส่งวิทยุ

ภาคส่งวิทยุประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ คือ วงจรกำเนิดสัญญาณข้อมูล ซึ่งในที่นี้ใช้คลื่นรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz เป็นสัญญาณข้อมูล วงจรมอดูเลเตอร์ วงจรสังเคราะห์ความถี่

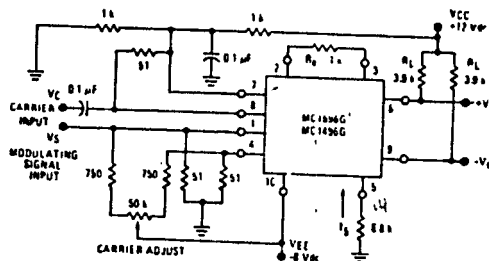


รูปที่ 3.3 ภาคส่งวิทยุ

3.3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณ เพื่อผลิตคลื่นรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz ใช้ไอซีเบอร์ 555 โดยขา 4 ของไอซีจะได้รับไฟ +12v. จากภาคโมโนสเตเบิล ทำให้ไอซีผลิตความถี่เพื่อไปมอดูเลทกับความถี่คลื่นพาห้จากวงจรสังเคราะห์ความถี่เป็นเวลาประมาณ 10 วินาที

จากรูป 2.10 จากสูตร $f_0 = \frac{1.443}{(R_1 + 2R_2)} C_2 \text{ Hz}$
 ใช้ $C_2 = 10 \text{ nF}$
 จะได้ $R_1 + 2R_2 = 144.3 \text{ K}\Omega$
 ใช้ $R_2 = 50 \text{ K}\Omega$
 ใช้ R_1 ปรับค่าได้ 100 KΩ

3.3.2 วงจรมอดูเลเตอร์ ใช้ไอซีเบอร์ MC1496 ท่อวงจรดังรูป



รูปที่ 3.4 วงจรมอดูเลเตอร์แบบ AM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 วงจรสังเคราะห์ความถี่ จะขอล่าไว้ในภาครับเพราะเป็นวงจรสร้างความถี่ย่าน 27 MHz เหมือนกันเพียงแต่ว่าวงจรสังเคราะห์ความถี่ในภาคส่งป้อนรหัสเลขฐานสองจากคิพสวิทช์ให้วงจรหาร แต่ในวงจรสังเคราะห์ความถี่ในภาครับป้อนรหัสเลขฐานสองจากคอมพิวเตอร์

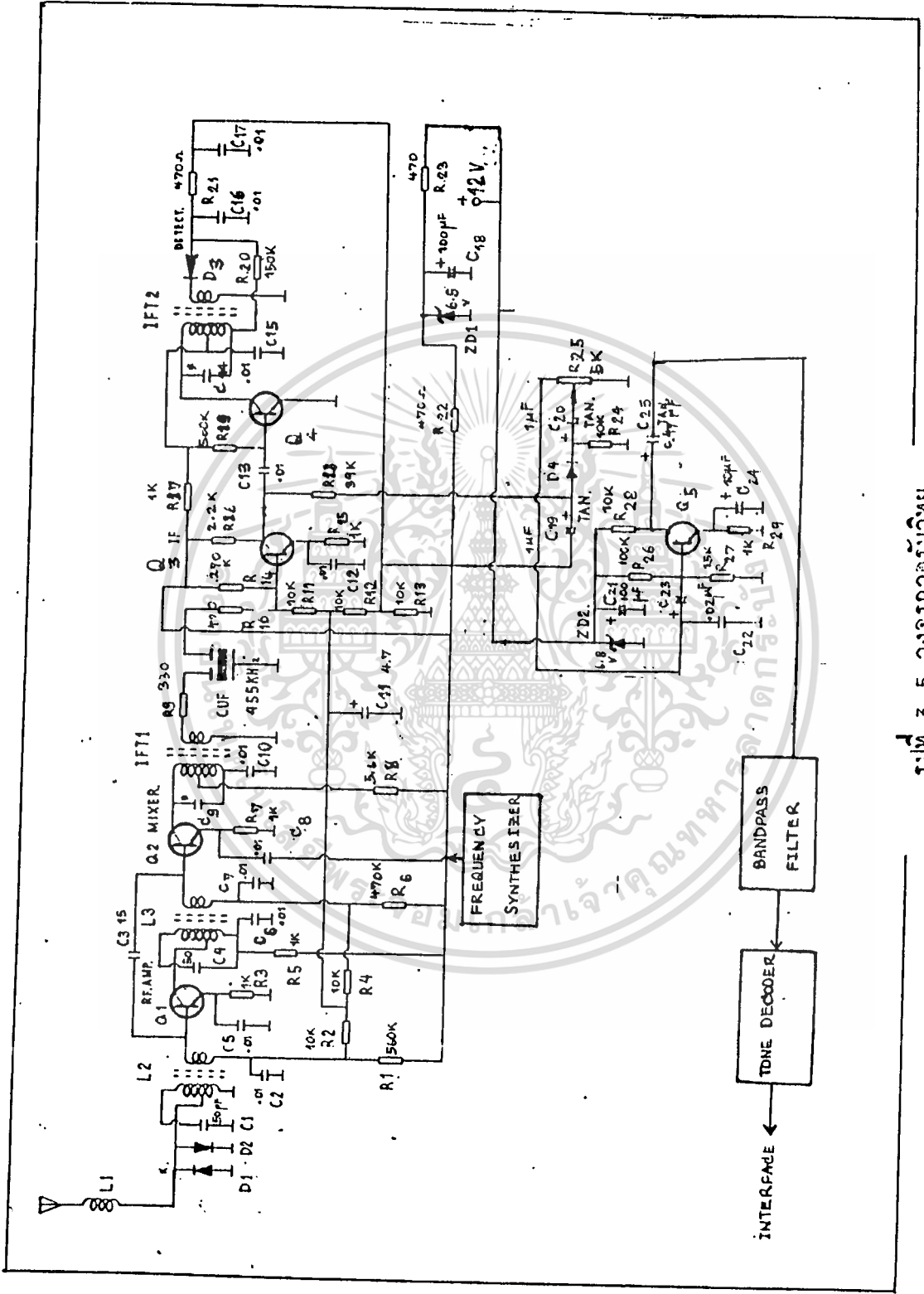
3.4 การออกแบบภาครับวิทยุ

ภาครับสัญญาณวิทยุประกอบด้วย วงจรภาครับแบบซูเปอร์เฮเทอโรโรกายน์ วงจรแบนด์พาสฟิวเตอร์ วงจรโทนคิโคคเกอร์

3.4.1 วงจรภาครับวิทยุ

วงจรถูกใช้ระบบซูเปอร์เฮเทอโรโรกายน์ สัญญาณ RF จากสายอากาศผ่าน coil L_1 เข้ามายังวงจรจูนย่าน 27 MHz ซึ่งประกอบด้วย L_2, C_1 ส่วน D_1, D_2 เป็นตัวป้องกันไม่ให้สัญญาณ RF ที่มีขนาดแรงเกินไปเข้ามายังวงจรได้ ความถี่ 27 MHz ที่รับเข้ามาจะถูกคัปปลิงมายัง Q_1 ขยายให้แรงขึ้นและส่งไปยังขาเบสของ Q_2 ในขณะที่ความถี่จากวงจรสังเคราะห์ความถี่จะถูกป้อนมายังขาอิมิตเตอร์ของ Q_2 ความถี่ทั้งสองจะหักล้างกันเหลือเป็นความถี่ผลต่าง 455 KHz ส่งมายัง IFT₁ ซึ่งเป็นวงจรจูนที่ความถี่ IF 455 KHz ความถี่ 455 KHz จะผ่าน

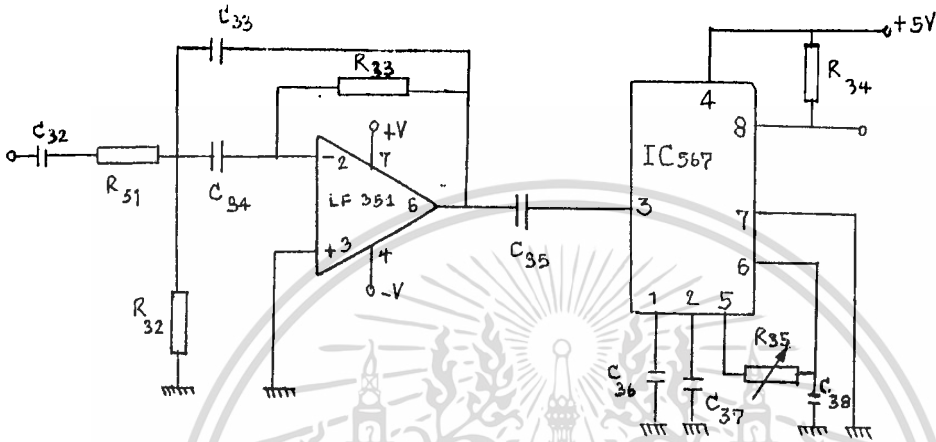
R_g เข้าไปยัง CUF 455 KHz ซึ่งเป็นตัวกรองให้ผ่านเฉพาะความถี่ 455 KHz อีกชั้นหนึ่ง ความถี่ IF นี้จะถูกขยายให้แรงขึ้นด้วย Q_3, Q_4 และผ่าน IFT2 มายัง D_3 ซึ่งทำหน้าที่คิมทค เอาสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz ออกจากคลื่นพหุผ่านวงจรฟิลเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย C_{16}, R_{24}, C_{17} แล้วสัญญาณที่ได้จะถูกส่งผ่านมายังวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ที่ความถี่ 1 KHz และวงจรโทนคิโคคเกอร์ไอซีเบอร์ 567 เอาท์พุทจากไอซี 567 จะถูกส่งไปยังวงจรอินเทอร์เฟส



รูปที่ 3.5 วงจรภาครับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ ที่ความถี่ 1 KHz เป็นส่วนที่ต่อจากภาค
 คิเทคเตอร์ของวงจรภาครับวิทยุเพื่อให้เฉพาะสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz ถูกกรอง
 ผ่านวงจรมันเพื่อส่งไปยังวงจรโทนคิโคคเตอร์



รูปที่ 3.6 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ และวงจรโทนคิโคคเตอร์

กำหนดให้วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ มีค่า $Q=10$ อัตรายขยาย 5

และ $C_{33}, C_{34} = 0.01 \mu F$

$$R_{31} = \frac{Q}{2\pi f_0 Q C_{33}} = 31.83 \text{ K}\Omega \quad \text{ใช้ } 30 \text{ K}\Omega$$

$$R_{32} = \frac{Q}{2\pi f_0 C_{33} (2Q^2 - Q)} = 816 \Omega \quad \text{ใช้ความต้านทาน}$$

ปรับค่าได้

$$1 \text{ K}\Omega$$

$$R_{33} = \frac{Q}{\pi f_0 C_{33}} = 318.3 \text{ K}\Omega$$

3.2.3 วงจรโทนคิโคคเตอร์ที่ความถี่ 1 KHz

กำหนดให้ทำงานที่ความถี่ 1 KHz, BW 10%, $V_i = 200 \text{ mV}$

$$f_0 = \frac{1}{1.1 R_{35} C_{38}}$$

$$\text{ใช้ } C_{38} = 10 \text{ nF}$$

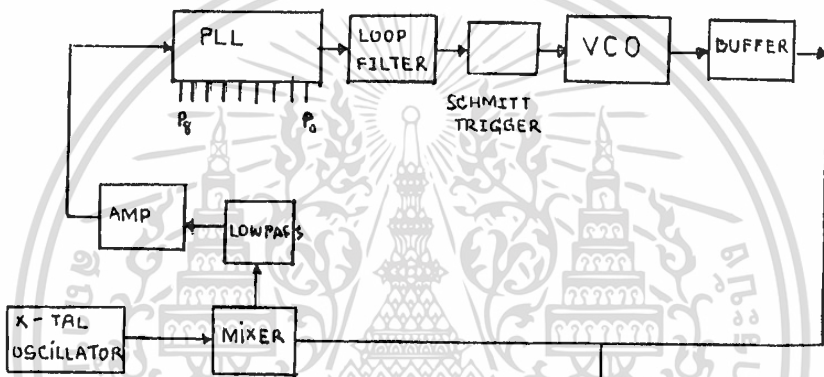
$$R_{35} = 90 \text{ K}\Omega$$

R_{35} ใช้ความต้านทานปรับค่าได้ 100 K Ω

ที่ขา 2 C_{37} มาจาก $BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o C_{37}}}$ ใช้ $2.2 \mu F$
 ที่ขา 1 C_{36} ใช้ $4.7 \mu F$

3.5 การออกแบบวงจรสังเคราะห์ความถี่

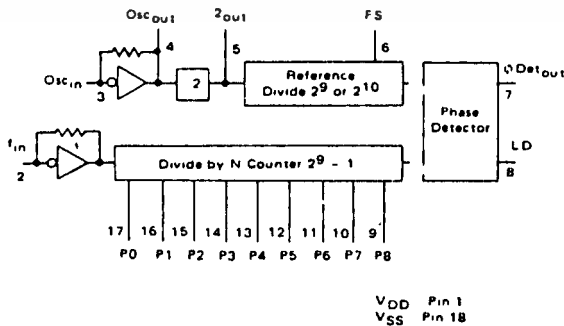
ใช้หลักการทำงานของเฟสล็อกคูลูป เพื่อสร้างความถี่ย่าน 27 MHz ไปให้ภาคมิกเซอร์ของเครื่องรับวิทยุแทนโลคัลออสซิลเลเตอร์ โดยความถี่ที่ผลิตออกมามีค่าแตกต่างกันไปตามรหัสเลขฐานสองที่ป้อนจากคอมพิวเตอร์ให้กับวงจรหาร บล็อกโคอะแกรมวงจรสังเคราะห์ความถี่เป็นดังนี้



รูปที่ 3.7 บล็อกโคอะแกรมวงจรสังเคราะห์ความถี่

3.5.1 PLL FREQUENCY SYNTHESIZER

ใช้ไอซีเบอร์ MC 145106

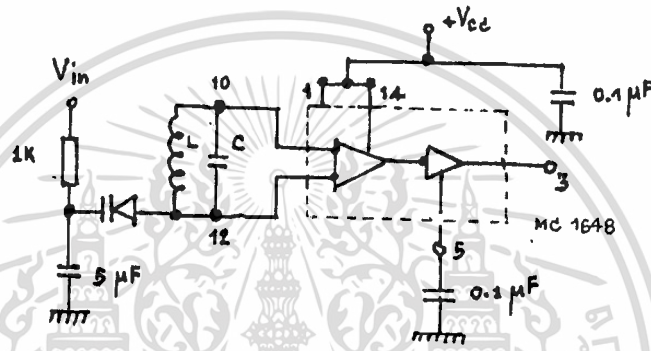


รูปที่ 3.8 PLL FREQUENCY SYNTHESIZER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 วงจรโวลต์เทจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์

เนื่องจากไม่สามารถหาคริสตัลที่มีความถี่ที่ต้องการได้ทั้งหมด จึงจำเป็นต้องใช้ระบบเฟสล็อกคูลเพื่อทำการสังเคราะห์ความถี่ที่ต้องการ โวลต์เทจคอนโทรล-ออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบหนึ่งที่สามารถปรับความถี่ให้เปลี่ยนแปลงไปได้ตามโวลต์เทจที่ป้อนเข้ามา ในการออกแบบใช้ไอซีเบอร์ MC 1648 ซึ่งให้ความถี่ออสซิลเลตที่สูงสุด 225 MHz แทนนำมาใช้ผลิตความถี่ย่าน 27 MHz โดยการกำหนดค่า L และ C ตามวงจรดังรูป



รูปที่ 3.9 โวลต์เทจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์

ค่าคาปาซิแทนท์ หาได้จากผลรวมค่าคาปาซิแทนท์ในคั้ววารีแคป ซึ่งแปรผันตามโวลต์เทจที่ตกคร่อมในคั้ววารีแคปกับค่าคาปาซิแทนท์ในวงจรฟังก์ชัน

ในการออกแบบใช้ $L = 3.5 \mu\text{H}$

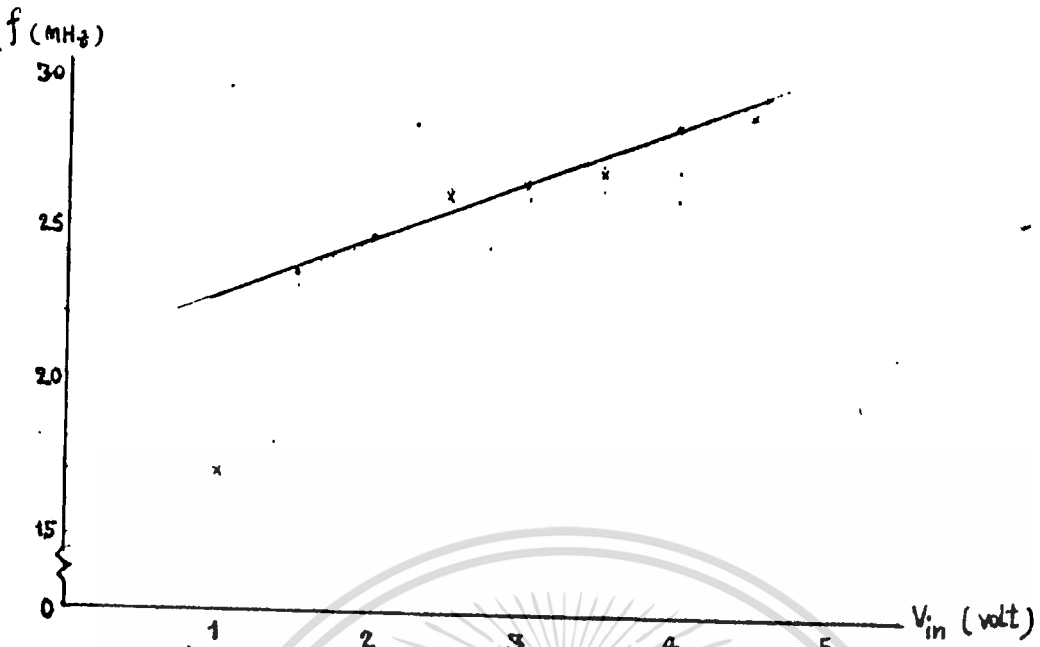
$$\text{จาก } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

จะได้ $C \approx 9.9 \text{ pF}$ ใช้ C ปรับค่าได้

เอาพุทที่ได้จาก VCC จะผ่านเข้าสู่วงจรมัลติเพล็กซ์ก่อนเข้าสู่วงจรมิกเซอร์

3.5.3 การออกแบบรูปฟิลเตอร์

จากการทดลองปรับค่าโวลต์เทจที่ป้อนให้โวลต์เทจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ จาก 1-5 โวลต์ ได้ความถี่ดังกราฟ

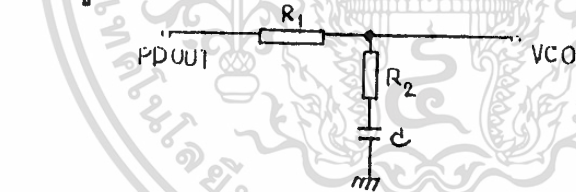


รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความถี่กับความดัน \$V_{in}\$ จากกราฟคำนวณค่า \$K_{VCO}\$ ดังนี้

$$K_{VCO} = \frac{\Delta f_{VCO} \cdot 2\pi}{\Delta V_{VCO}}$$

$$= \frac{(28.3 - 24.97)}{(45 - 2)} = 1.332 \text{ MHz/volt}$$

เลือกกลุ่มโวลเทจ



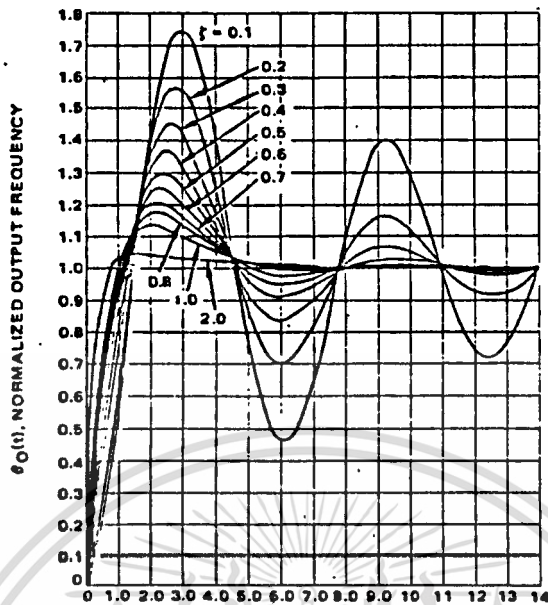
รูปที่ 3.11 กลุ่มโวลเทจ

ซึ่งให้ค่า \$W_n\$ และ \$\zeta\$ ตามสมการ

$$W_n = \sqrt{\frac{K_\phi K_{VCO}}{N C (R_1 + R_2)}} \tag{3.1}$$

$$\zeta = W_n \cdot 0.5 \left(R_2 C + \frac{N}{K_\phi K_{VCO}} \right) \tag{3.2}$$

กำหนดค่าแดมป์บิงแฟคเตอร์ (damping factor) ที่ทำให้ระบบเข้าสู่สมดุลยไคเร็วที่สุด เลือกใช้ค่า DAMPING เท่ากับ 0.8 ซึ่งให้ค่า \$W_{nt}\$ ประมาณ 4.5 (Hz · sec) โดยหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11

โดย $\omega_n t$ = ความถี่ที่ออฟ

t = เซทคิงใหม่

กำหนด $t = 1$ ms

$$\omega_n = 4.5/t = 4500 \text{ Hz}$$

N = ค่าที่ใช้หารสูงสุดในกลุ่ม = 41

$$K_\phi = \frac{V_{dd}}{4\eta} = \frac{5}{4\eta} = 0.3978$$

$$K_{vco} = \frac{28.3 - 24.97}{4.5 - 2} = 1.332$$

กำหนดให้ $C = 0.1 \mu\text{F}$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_\phi K_{vco}}{NC(R_1 + R_2)}}$$

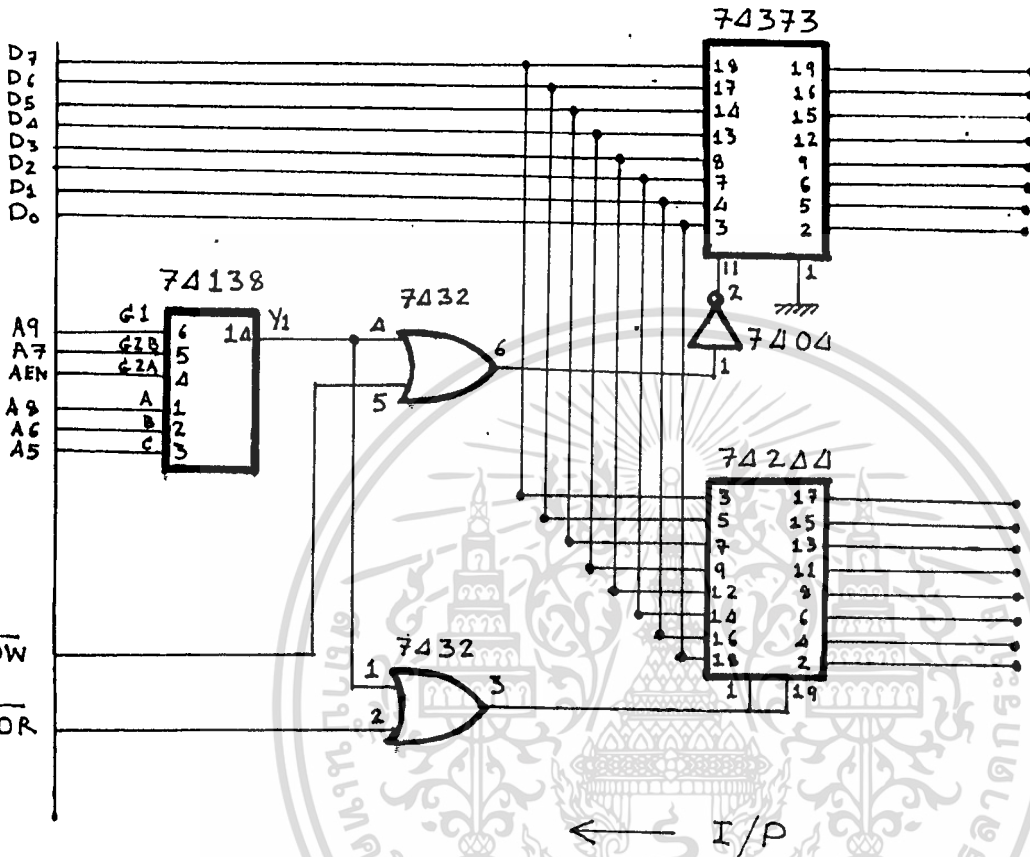
แทนค่า K_ϕ, K_{vco}, N, C และ ω_n จะได้ $R_1 + R_2 = 6.38 \text{ K}\Omega$

ใช้ $R_1 = 2.7 \text{ K}\Omega$

จะได้รูปฟิลเตอร์ดังรูปที่ 3.12

3.6 วงจรอินเทอร์เฟซกับ IBM และโปรแกรม

→ O/P



รูปที่ 3.16

ส่วน INTERFACE กับ IBM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

program project;
uses crt;
var
    cha:char;
    b:byte;
    a:0..360;
const
    end_mem=4;
begin
    clrscr;
    sound(244);
    delay(500);
    nosound;
    gotoxy(30,5);
    write('now scan is ready(press anykey to stop)');
    repeat
        port[$300]:=a;
        gotoxy(4,8);
        write('now, the channel is ___');
        write(a);
        sound(700);
        delay(50);
        nosound;
        delay(400);
        b:=port[$301];
        if b=$fe then
            begin
                case a of
                    1:begin
                        gotoxy(4,15);
                        write('suniphon');
                    end;
                    2:begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        gotoxy(4,18);
        write('sompong');
    end;
else
    sound(5000);
    delay(50);
    nosound;
    gotoxy(30,10);
    write('*** no data in my programe ***');
end ;
end;
if a>=end_mem then
    a:=0;
    inc(a);
until keypressed;
delay(3000);
end.

```

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองตัวตรวจจับแบบอินฟราเรด

ระยะใกล้สุด 5 เซนติเมตร

ระยะใกล้สุด 2 เมตร

4.2 ผลการทดลองตัวตรวจจับแบบอัลตราโซนิก

ระยะใกล้สุด 5 เซนติเมตร

ระยะใกล้สุด 2 เมตร

4.3 ผลการทดลองภาคส่งวิทยุ

สัญญาณคลื่นพาหะจากวงจรสังเคราะห์ความถี่ แอมพลิฟิไค์ 3 โวลต์

สัญญาณข้อมูล แอมพลิฟิไค์ 1.5 โวลต์

เปอร์เซ็นต์มอดูเลชัน 33%

4.5 ผลการทดลองภาครับวิทยุ

เลขฐานสอง 8 บิตที่แตกต่างกันที่คอมพิวเตอร์ป้อนให้กับวงจรสังเคราะห์ความถี่ จะทำให้วงจรสังเคราะห์ความถี่ผลิตความถี่ตั้งแต่ 26.69 MHz จนถึง 27.08 MHz เพื่อไปมิกซ์กับความถี่ที่รับเข้ามาถ้ามีการส่งเกิดขึ้น ถ้าขณะนั้นความถี่ที่รับเข้ามาจากภาคส่งวิทยุมีค่าสูงกว่าความถี่จากวงจรสังเคราะห์ความถี่ ณ เวลานั้นอยู่ 455 KHz แล้ว จะทำให้สามารถรับสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz จากภาคคิเทคเตอร์ เพื่อส่งให้วงจรแยกพาสเฟสเซอร์ และ วงจรโทนทีโคคเคอร์ต่อไป

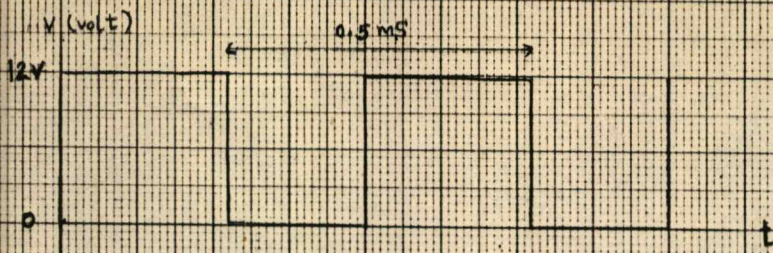
4.5 ผลการทดลอง วงจรโวลต์เทจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ (VCO)

$V_{in} = 0$	ได้	$f_{VCO} = 0$	MHz
$V_{in} = 1$	ได้	$f_{VCO} = 17.00$	MHz
$V_{in} = 2$	ได้	$f_{VCO} = 24.97$	MHz
$V_{in} = 3$	ได้	$f_{VCO} = 26.58$	MHz
$V_{in} = 4$	ได้	$f_{VCO} = 27.82$	MHz
$V_{in} = 5$	ได้	$f_{VCO} = 28.70$	MHz

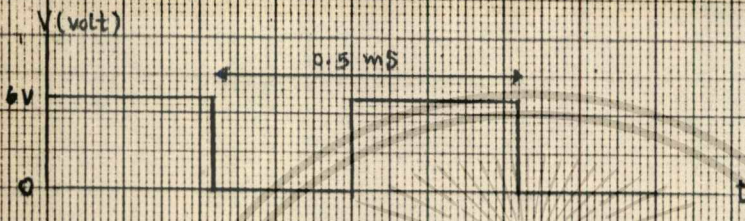
4.6 ผลการทดลอง วงจรสังเคราะห์ความถี่

เมื่อป้อนตัวเลขตั้งแต่ 2 ถึง 41 ในรหัสเลขฐานสองให้แก่ MC 145106 จะทำให้ได้ความถี่ตั้งแต่ 26.69 MHz จนถึง 27.08 MHz โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 KHz

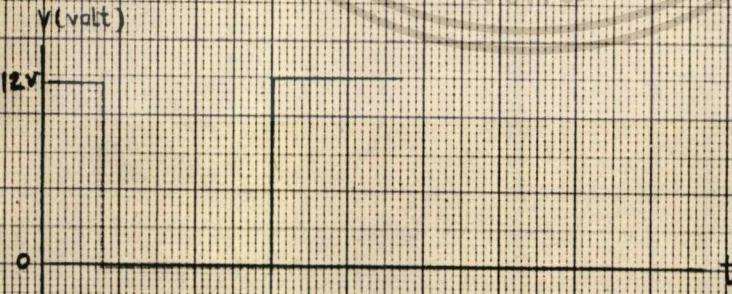
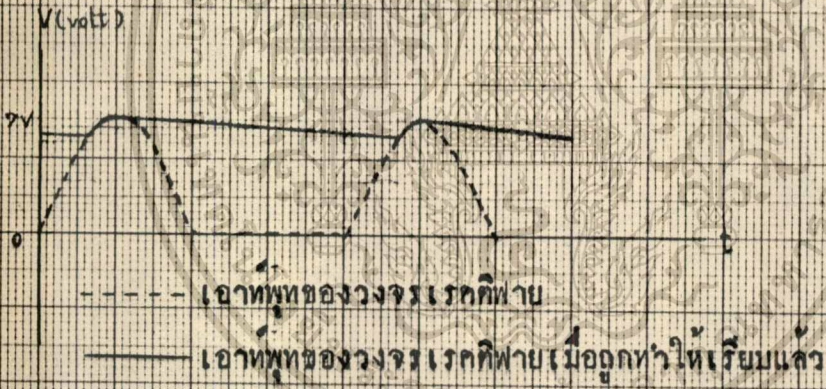




สัญญาณที่ขา 3 ของไอซี 555 (2KHz)

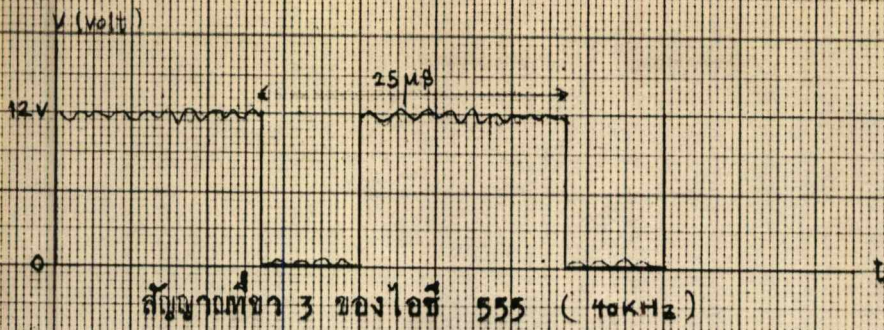


สัญญาณที่ขาอินพุตของ 2N2907

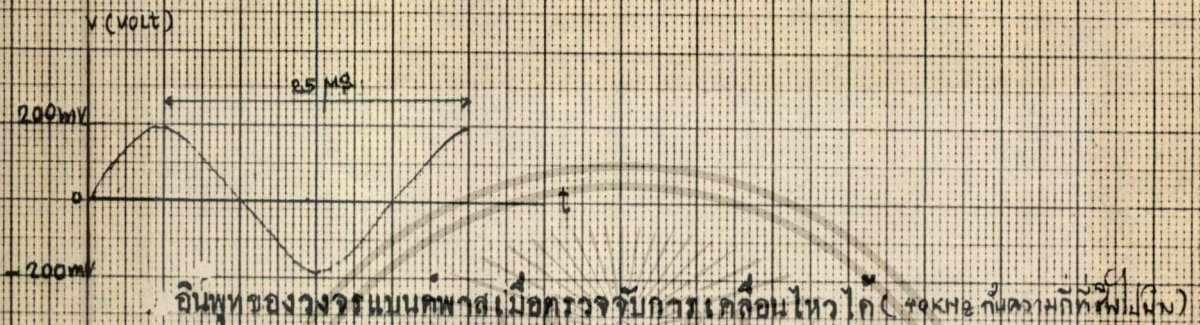


สัญญาณทริกที่ขา 2 ของวงจรทั้งเวลา

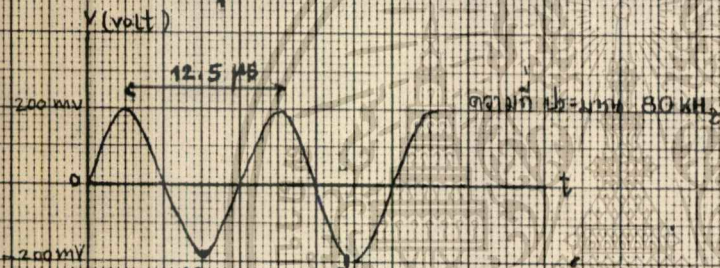
รูปที่ 4.1 รูปสัญญาณต่างๆของคัททรวจรจับแมอินฟราเรด



สัญญาณที่ขา 3 ของไอซี 555 (40kHz)

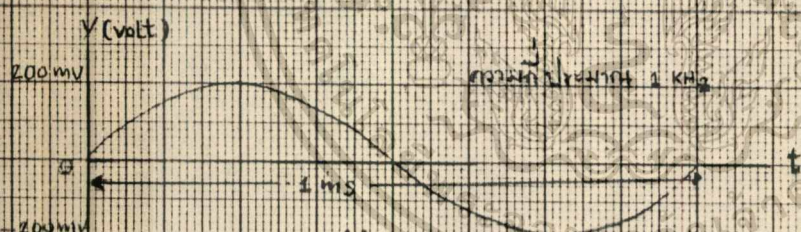


อินพุตของวงจรแบบคัทเมื่อกวรับการเคลื่อนไหวได้ (40kHz กับความถี่ฟอนนิง)



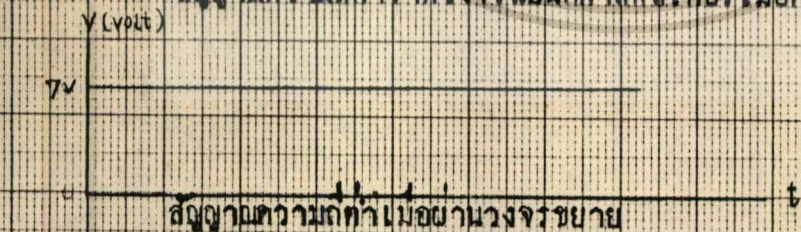
ความถี่ประมาณ 80 kHz

สัญญาณความถี่สูงจากวงจรแบบคัทเฟอเทอร์เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวได้



ความถี่ประมาณ 1 kHz

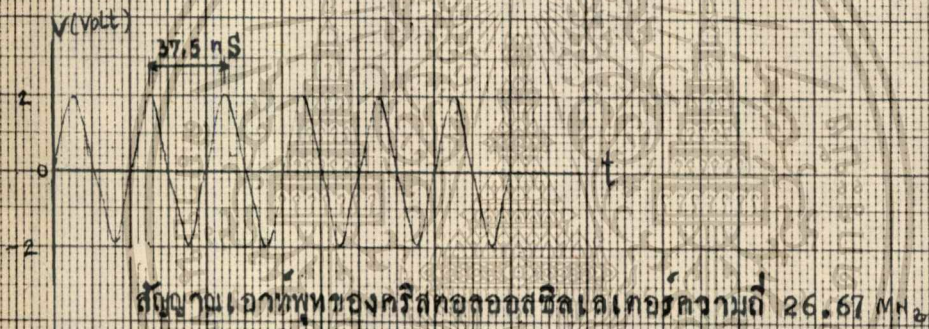
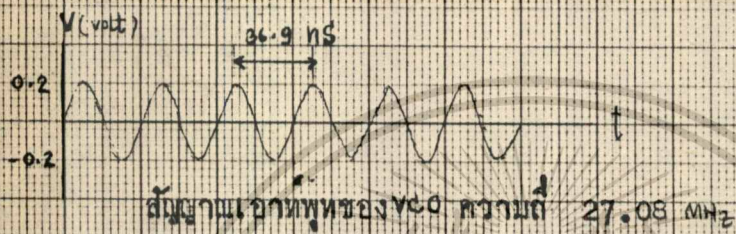
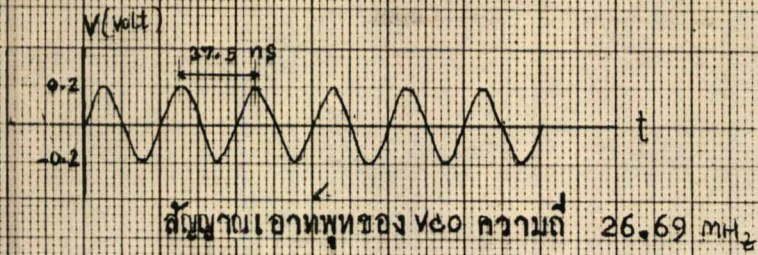
สัญญาณความถี่ต่ำจากวงจรแบบคัทเฟอเทอร์เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวได้



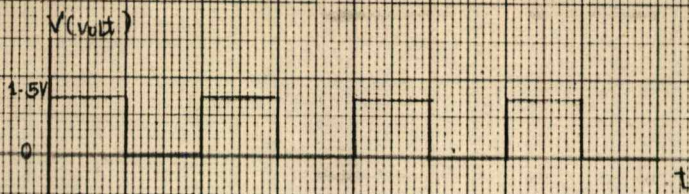
สัญญาณความถี่ต่ำเมื่อนางจรขยาย

รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณต่างๆของตัวตรวจจับแบบอัลตราโซนิก

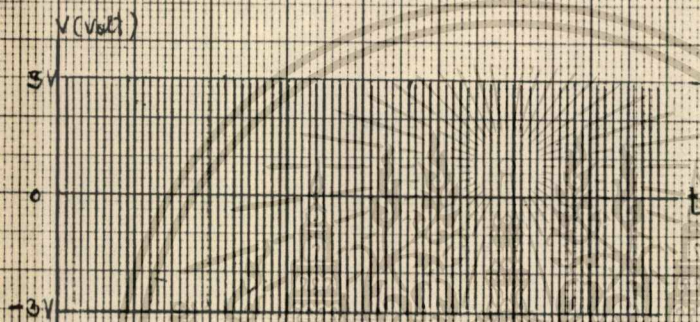
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



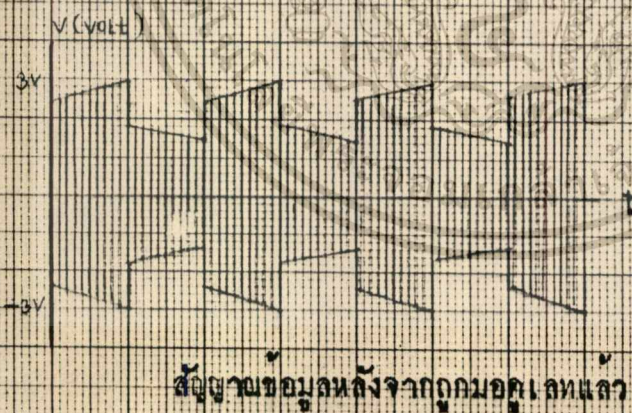
รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณต่างๆของวงจรสังเคราะห์ความถี่



สัญญาณข้อมูลความถี่ 1 KHz



คลื่นพาห้จากวงจรส่งเคราะห์ความถี่ (27.145 - 27.535 MHz)



สัญญาณข้อมูลหลังจากถูกมอดูเลทแล้ว

รูปที่ 4.3 รูปสัญญาณของภาคส่งวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป และวิจารณ์

ตัวตรวจจับแบบแสงอินฟราเรด ภาคส่งส่งสัญญาณที่ความถี่ 2 MHz ออกไป แทนที่จะส่งแสงอินฟราเรดไปตรง ๆ เพื่อป้องกันแสงอินฟราเรดจากภายนอกเข้าไปรบกวน ซึ่งอาจทำให้การทำงานผิดพลาดได้ นอกจากนี้ที่ตัวส่ง และ รับแสง ควรจะมีเลนส์รวมแสง เพื่อรวมแสง ทำให้ความไวในการตรวจจับดีมากขึ้น ถัดจากการตรวจจับให้ไคร้ระยะไกล การส่งให้ไกลมันจะต้องเพิ่มพลังงานตัวส่งแสง นั่นคือเพิ่มกระแสที่ไหลผ่าน TIL 39 ในตัวส่ง แต่คงไม่เกิน 150 mA หรือไม่ก็เพิ่มตัวส่ง

ตัวตรวจจับแบบอุลตราโซนิค ในการทดลองเพื่อตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหว ถ้าวัตถุเคลื่อนไหวช้ามาก ๆ จะทำให้การทำงานเกิดการผิดพลาด เพราะการมีทของสัญญาณมันน้อย ดังนั้น การที่เทคสัญญาณจะไม่ค่อยดี สามารถแก้ไขโดยเปลี่ยนแปลงวงจรแบบคัพลาสฟิลเตอร์ ให้มีแบนวิทซ์แคบ ๆ และถ้าต้องการให้ตัวตรวจจับตรวจจับได้ไกลมากขึ้นก็ทำโดยเพิ่มโวลต์เทจจากครื่องตัวส่ง

ภาคส่งวิทยุระบบเอเอ็ม เราใช้วงจรส่งเคราะห์ความถี่เป็นตัวเลือก ความถี่คลื่นพาที่ทางต้นทางต้องการส่งไป โดยความถี่คลื่นพาที่จะห่างกันช่องละ 10 MHz ความถี่เริ่มต้นเริ่มที่ 27.145 MHz ซึ่งต้องมีแอมพลิจูดมากกว่าสัญญาณของภาคผลิตความถี่ 1 MHz ซึ่งจะทำงานเมื่อตัวตรวจจับทำงาน ในส่วนภาคส่งวิทยุนี้ถ้าต้องการส่งให้ไกลขึ้น ก็ทำภาคเพาเวอร์แอมป์ และสายอากาศที่ใช้ควรมีความยาว 5λ

เครื่องรับวิทยุ สัญญาณที่รับได้เมื่อผ่าน RF AMP แล้ว จะไปมิกซ์กับความถี่ จากวงจรส่งเคราะห์ความถี่ที่มิกซ์เซอร์ เพื่อให้ได้ความถี่ IF แล้วเข้าสู่วงจรคิเทคเตอร์ เพื่อแยกเอาสัญญาณความถี่ 1 MHz ที่ส่งมา หลังจากนั้นส่งเข้าไปยัง IC 567 เพื่อเปลี่ยนสัญญาณให้เป็น 1, 0 ก่อนส่งให้ I/O card ของ ROM เมื่อเราเลือกช่องโดยใช้สัญญาณ 8 บิต จากไมโครคอมพิวเตอร์จนทำให้ความถี่ของวงจรส่งเคราะห์ความถี่ที่ภาคส่งและภาครับสอดคล้องกัน ก็จะมีสัญญาณความถี่ 1 MHz ซึ่งก็คือระดับลอจิก "0" เมื่อผ่านไอซี 567

ส่วนอินเทอร์เฟซกับ IBM PC จะรับสัญญาณที่ออกจากไอซี 567 เข้ามายัง บิต D₀ ของพอร์ทอินพุท เราจะทำการเทียบผลกับพอร์ทเอาต์พุทที่ส่งไปยังวงจรสังเคราะห์ ความถี่เพื่อเลือกช่อง เช่น ถ้าวงจรสังเคราะห์ความถี่ที่คำนวณได้ (02H) จากกิทสวิทช์ ในภาครับก็จะมีค่าความถี่ 27.145 MHz เข้ามาพร้อมกับความถี่ 1 MHz ที่มีอนุเลทมาด้วย และเมื่อส่งข้อมูล 8 บิต (02H) เพื่อผลิตความถี่ 26.69 MHz ก็จะได้รับสัญญาณ 1 MHz และเมื่อเข้าไอซี 567 ก็จะทำให้เอาต์พุทเป็น 0 ก่อนเข้าขา D₀ ของพอร์ทอินพุท ลอจิก "0" ที่บิต D₀ จะบอกให้ไมโครคอมพิวเตอร์ทราบว่า ตัวทรวจจับตัวที่ 1 ของคันทางส่ง สัญญาณวิทยุมา

ในส่วนส่งข้อมูลจากไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อเปลี่ยนช่องนั้น ต้องไม่ทำการ เปลี่ยนช่องให้เร็วเกินไปไม่เช่นนั้นไอซี 567 จะทำงานไม่ทันทำให้การก่อกวนผลก็คือ จะไม่ทำให้ไอซี 567 เป็น "0" เมื่อมีความถี่ 1 MHz เข้ามา ดังนั้นเมื่อเราเปลี่ยนช่อง โดยป้อนข้อมูล 8 บิต ที่วงจรสังเคราะห์ความถี่ได้รับ เราต้องรอเวลาหนึ่งแล้วค่อยให้ ไมโครคอมพิวเตอร์ไปอ่านบิต D₀ ที่พอร์ทอินพุท

ในส่วนของตัวทรวจจับทั้งแบบแสงและแบบเสียงนั้น ใช้งานได้ดีก็แต่ในส่วน ของเครื่องรับส่งวิทยุยังต้องแก้ไขปรับปรุง

กติการวมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อ. สมยศ จุณณะปิยะ อาจารย์ที่ปรึกษา
ที่ให้คำแนะนำและให้การสนับสนุนทั้งทางคำปรึกษาและอุปกรณ์การทดลอง ทำให้
งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี นอกจากนี้ขอขอบคุณ เพื่อนนักศึกษา ที่ให้คำปรึกษา
และให้กำลังใจ



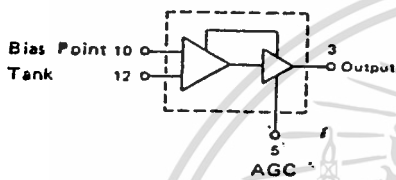
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- 1) บรรเจิก กันกิติถยาภรณ์ , " หลักการ และ แนวปฏิบัติเครื่องรับส่ง"
สำนักพิมพ์กรมไปรษณีย์โทรเลข
หน้า 7-9 , 17-18
- 2) นรินทร์ เนาวประทีป , " ออปแอมป์";สำนักพิมพ์พิสทส์เซ็นเตอร์
หน้า 47-50
- 3) บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศนา , " หลักการเขียนภาษาปาสคาล "
บริษัทซีเอ็คยูเคชั่น จำกัด
หน้า 56-70, 81-92
- 4) ยืน ภู่วรรณ , " ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ "
บริษัทซีเอ็คยูเคชั่น จำกัด
หน้า 91-130
- 5) ทินกร กุก , "การอินเทอร์เฟซ "
สำนักพิมพ์พิสทส์เซ็นเตอร์
หน้า 43-51, 191-193

MC1648/MC1648M

VARIABLE FREQUENCY CONTROLLED OSCILLATOR



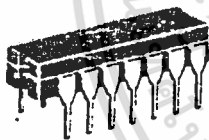
Input Capacitance = 6 pF typ
 Maximum Series Resistance for L (External Inductance) = 50 Ω typ
 Power Dissipation = 150 mW typ/pkg (+5.0 Vdc Supply)
 Maximum Output Frequency = 225 MHz typ

The MC1648 requires an external parallel tank circuit consisting of the inductor (L) and capacitor (C).

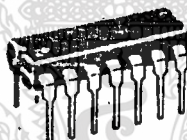
A varactor diode may be incorporated into the tank circuit to provide a voltage variable input for the oscillator (VCO). The MC1648 was designed for use in the Motorola Phase-Locked Loop shown in Figure 9. This device may also be used in many other applications requiring a fixed or variable frequency clock source of high spectral purity. (See Figure 2.)

The MC1648 may be operated from a +5.0 Vdc supply or a -5.2 Vdc supply, depending upon system requirements.

Supply Voltage	Gnd Pins	Supply Pins
+5.0 Vdc	7, 8	1, 14
-5.2 Vdc	1, 14	7, 8



L SUFFIX
 CERAMIC PACKAGE
 CASE 632

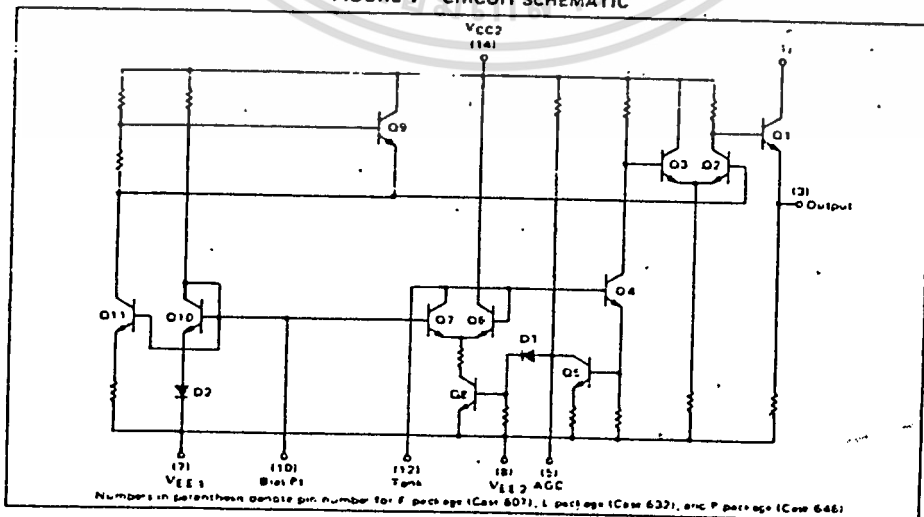


P SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 646



F SUFFIX
 CERAMIC PACKAGE
 CASE 607

FIGURE 1 - CIRCUIT SCHEMATIC



TRANSFER CHARACTERISTICS IN THE VOLTAGE CONTROLLED MODE
USING EXTERNAL VARACTOR DIODE AND COIL. $T_A = 25^\circ\text{C}$

FIGURE 6

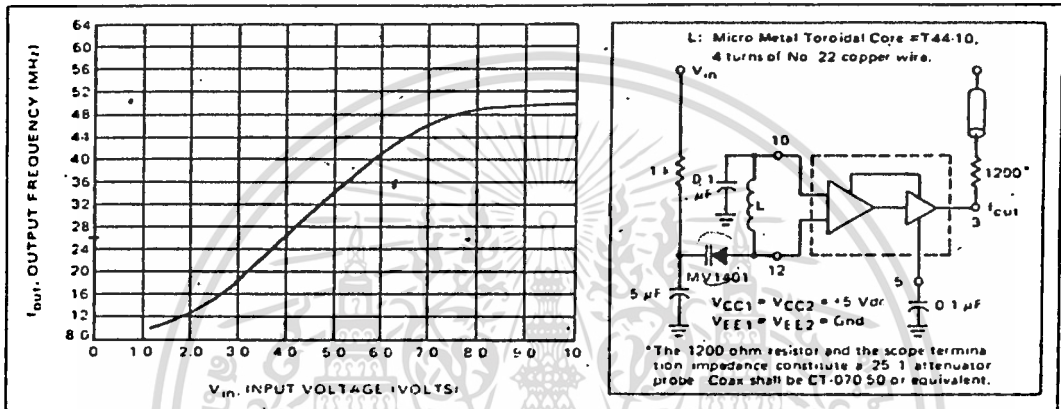


FIGURE 7

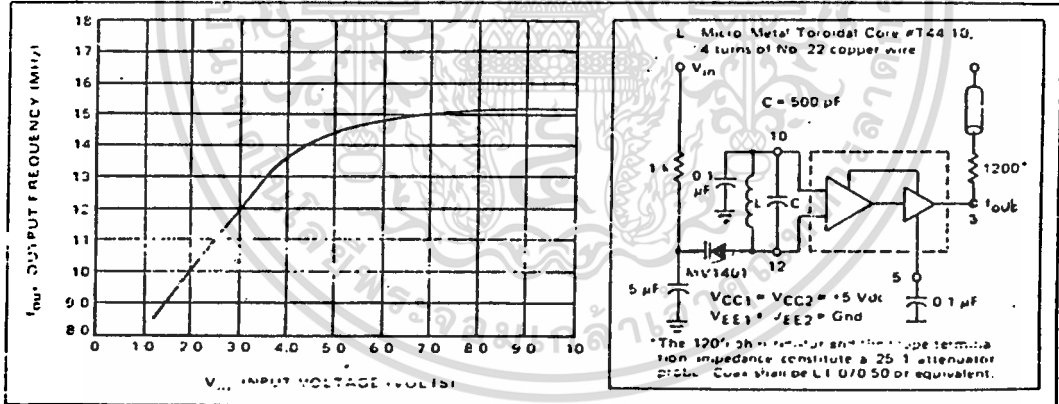
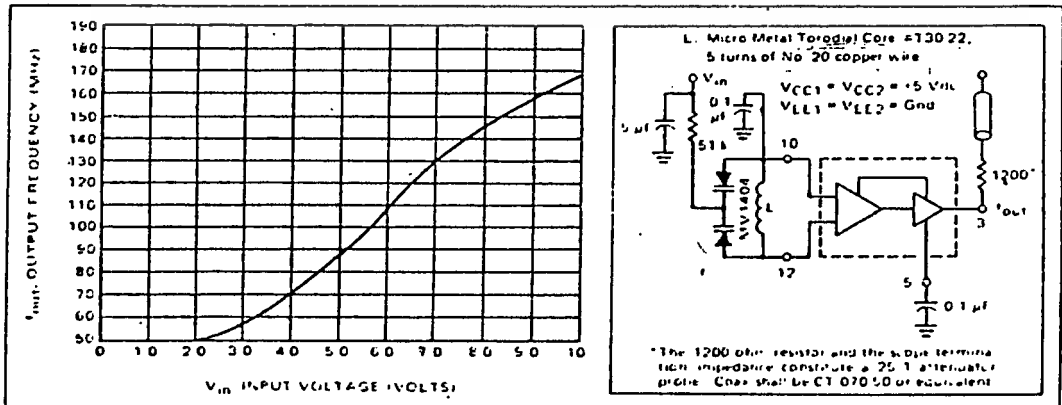


FIGURE 8



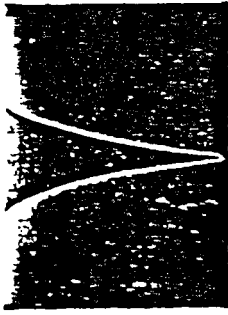
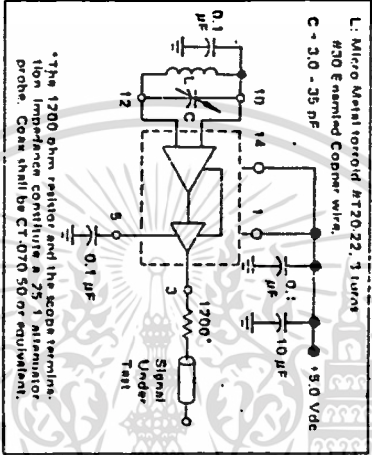


FIGURE 2 - SPECTRAL PURITY OF SIGNAL AT OUTPUT

B.W. = 10 kHz
 Center Frequency = 100 MHz
 Scan Width = 50 kHz/div
 Vertical Scale = 10 dB/div



TEST VOLTAGE/CURRENT VALUES	Temperature		V _{CC}	I _L
	V _{IHmax}	V _{ILmin}		
MC1648	+2.00	+1.50	5.0	-5.0
	+1.85	+1.35	5.0	-5.0
	+1.70	+1.20	5.0	-5.0
MC1648M	+2.07	+1.57	5.0	-5.0
	+1.85	+1.35	5.0	-5.0
	+1.60	+1.10	5.0	-5.0

MC1648/MC1648M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Supply Voltage = +5.0 Volts

Characteristic	Symbol	-55°C		-30°C		+25°C		+85°C		+125°C		Unit	Conditions
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Power Supply Drain Current	I _E	-	-	-	-	41	-	-	-	-	-	mA _{DC}	Inputs and outputs open.
Logic "1" Output Voltage	V _{OH}	3.92	4.13	3.955	4.185	4.25	4.11	4.36	4.16	4.40	-	V _{dc}	V _{IHmin} to Pin 12, I _L @ Pin 3.
Logic "0" Output Voltage	V _{OL}	3.13	3.38	3.16	3.40	3.43	3.22	3.475	3.23	3.51	-	V _{dc}	V _{IHmax} to Pin 12, I _L @ Pin 3.
Bus Voltage	V _{BUS} *	1.67	1.97	1.67	1.90	1.75	1.30	1.60	1.20	1.50	-	V _{dc}	V _{IHmin} to Pin 12.
Propagation-Delay Time Voltage	V _{P, P}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mV	
Output Duty Cycle	V _{DC}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%	
Oscillation Frequency	f _{max} **	-	225	-	225	-	200	225	-	225	-	MHz	See Figure 3.

* This measurement guarantees the dc potential at the bus point for purposes of incorporating a varactor turning diode at this point.
 ** Frequency variation over temperature is a direct function of the ΔT/Δ Temperature and ΔL/Δ Temperature.



MOTOROLA

MC145106

PLL FREQUENCY SYNTHESIZER

The MC145106 is a phase locked loop (PLL) frequency synthesizer constructed in CMOS on a single monolithic structure. This synthesizer finds applications in such areas as CB and FM transceivers. The device contains an oscillator/amplifier, a 2¹⁰ or 2¹¹ divider chain for the oscillator signal, a programmable divider chain for the input signal and a phase detector. The MC145106 has circuitry for a 10.24 MHz oscillator or may operate with an external signal. The circuit provides a 5.12 MHz output signal, which can be used for frequency tripling. A 2⁹ programmable divider divides the input signal frequency for channel selection. The inputs to the programmable divider are standard ground-to-supply binary signals. Pull-down resistors on these inputs normally set these inputs to ground enabling these programmable inputs to be controlled from a mechanical switch or electronic circuitry.

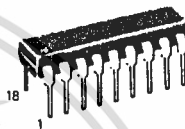
The phase detector may control a VCO and yields a high level signal when input frequency is low, and a low level signal when input frequency is high. An out of lock signal is provided from the on-chip lock detector with a "0" level for the out of lock condition.

- Single Power Supply
- Wide Supply Range: 4.5 to 12 V
- Provision for 10.24 MHz Crystal Oscillator
- 5.12 MHz Output
- Programmable Division Binary Input Selects up to 2⁹
- On-Chip Pull Down Resistors on Programmable Divider Inputs
- Selectable Reference Divider, 2¹⁰ or 2¹¹ (including - 2)
- Three-State Phase Detector
- Pin-for-Pin Replacement for MM55106, MM55116
- Chip Complexity: 880 FETs or 220 Equivalent Gates

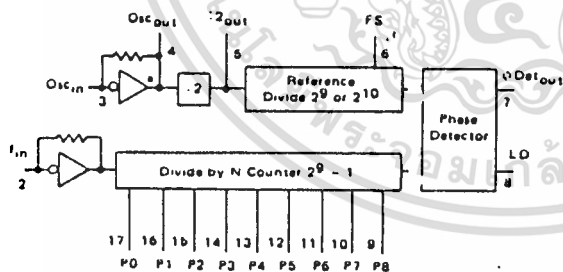
CMOS MSI

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

**PLL
FREQUENCY SYNTHESIZER**



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707



VDD Pin 1
VSS Pin 18

PIN ASSIGNMENT

VDD	1	18	VSS
f _{in}	2	17	P0
Osc _{in}	3	16	P1
Osc _{out}	4	15	P2
2out	5	14	P3
FS	6	13	P4
Det _{out}	7	12	P5
LD	8	11	P6
P8	9	10	P7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145106

MAXIMUM RATINGS (Voltages referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V _{DD}	-0.5 to +12	V
Input Voltage, All Inputs	V _{in}	-0.5 to V _{DD} +0.5	V
DC Input Current, per Pin	I _I	±10	mA
Operating Temperature Range	T _A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

... or ... circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation it is recommended that V_{in} and V_{out} be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(T_A = 25°C Unless Otherwise Stated, Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} V _{dc}	All Types			Unit	
			Min	Typ	Max		
Power Supply Voltage Range	V _{DD}	-	4.5	-	12	V	
Supply Current	I _{DD}	5.0	-	6	10	mA	
		10	-	20	35		
		12	-	28	50		
Input Voltage	"0" Level	V _{IL}	5.0	-	1.5	V	
		10	-	3.0			
	"1" Level	V _{IH}	5.0	3.5	-		
		10	7.0	-			
Input Current (I _S , Pull-up Resistor Source Current) (I _{PO} to P _B) (I _{FS}) (I _{PO} to P _B , Pull-down Resistor Sink Current) (I _{Osc,in} , I _{in}) (I _{Osc,in} , I _{in})	"0" Level	I _{in}	5.0	-5.0	-20	-50	μA
			10	-15	-60	-150	
			12	-20	-80	-200	
	"1" Level	I _{in}	5.0	-	-	-0.3	
			10	-	-	-0.3	
			12	-	-	-0.3	
	"0" Level	I _{in}	5.0	7.5	30	75	
			10	22.5	90	225	
			12	30	120	300	
	"1" Level	I _{in}	5.0	-2.0	-6.0	-15	
			10	-6.0	-25	-62	
			12	-9.0	-37	-92	
Output Drive Current V _O = 4.5 V V _O = 9.5 V V _O = 11.5 V V _O = 0.5 V V _O = 0.5 V V _O = 0.5 V	Source	I _{OH}	5.0	-0.7	-1.4	-	mA
			10	-1.1	-2.2	-	
			12	-1.5	-3.0	-	
	Sink	I _{OL}	5.0	0.9	1.8	-	
			10	1.4	2.8	-	
			12	2.0	4.0	-	
Input Amplitude I _{in} @ 4.0 MHz I _{Osc,in} @ 10.24 MHz	-	-	1.0	0.2	-	V _{p-p} Sine	
			1.5	0.3	-		
Input Resistance (I _{Osc,in} , I _{in})	R _{in}	5.0	-	1.0	-	MΩ	
		10	-	0.5	-		
		12	-	-	-		
Input Capacitance (I _{Osc,in} , I _{in})	C _{in}	-	-	6.0	-	pF	
		-	-	-	-		
Three State Leakage Current to Detout	I _{OZ}	5.0	-	-	1.0	μA	
		10	-	-	1.0		
		12	-	-	1.0		
		-	-	-	-		
Input Frequency (-40°C to +85°C)	f _{in}	4.5	0	-	4.0	MHz	
		12	0	-	4.0		
Oscillator Frequency (-40°C to +85°C)	f _{Osc,in}	4.5	0.1	-	10.24	MHz	
		12	0.1	-	10.24		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145106

TYPICAL CHARACTERISTICS

FIGURE 1 – MAXIMUM DIVIDER INPUT FREQUENCY versus SUPPLY VOLTAGE

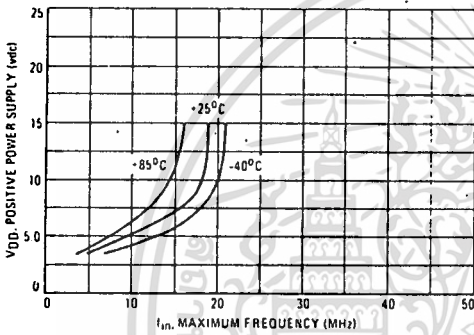
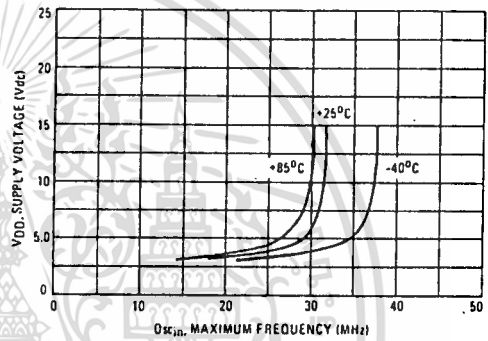


FIGURE 2 – MAXIMUM OSCILLATOR INPUT FREQUENCY versus SUPPLY VOLTAGE



TRUTH TABLE

Selection									Divide By N
P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (Note 1)
0	0	0	0	0	0	0	0	1	3 (Note 1)
0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
...
0	1	1	1	1	1	1	1	1	255
...
1	1	1	1	1	1	1	1	1	511

1: Voltage level = VDD
 0: Voltage level = 0 or open circuit input

Note 1: The binary setting of 00000000 and 00000001 on P8 to P0 results in a 2 and 3 division which is not in the 2^N-1 sequence. When pin is not connected the logic signal on that pin can be treated as a "0".

PIN DESCRIPTIONS

- P0 – P8 – Programmable divider inputs (binary)
- f_{in} – Frequency input to programmable divider (derived from VCO)
- Osc_{in} – Oscillator/amplifier input terminal
- Osc_{out} – Oscillator/amplifier output terminal
- LD – Lock detector, high when loop is locked, pulses low when out of lock.
- Det_{out} – Signal for control of external VCO, output high when f_{in}/N is less than the reference frequency; output low when f_{in}/N is greater than the reference frequency. Reference frequency is the divided down oscillator input frequency typically 5.0 or 10 kHz.
- FS – Reference Oscillator Frequency Division Select. When using 10.24 MHz Osc frequency, this control selects 10 kHz, a "0" selects 5.0 kHz.
- +2_{out} – Reference Osc frequency divided by 2 output; when using 10.24 MHz Osc frequency, this output is 5.12 MHz for frequency tripling applications.
- VDD – Positive power supply
- VSS – Ground

ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
MC1496D	0°C to +70°C	SO-14
MC1496G	0°C to +70°C	Metal Can
MC1496L	0°C to +70°C	Ceramic DIP
MC1496P	0°C to +70°C	Plastic DIP
MC1596G	-55°C to +125°C	Metal Can
MC1596L	-55°C to +125°C	Ceramic DIP

Specifications and Applications Information

BALANCED MODULATOR — DEMODULATOR

... designed for use where the output voltage is a product of an input voltage (signal) and a switching function (carrier). Typical applications include suppressed carrier and amplitude modulation, synchronous detection, FM detection, phase detection, and chopper applications. See Motorola Application Note AN-531 for additional design information.

- Excellent Carrier Suppression — 65 dB typ @ 0.5 MHz
— 50 dB typ @ 10 MHz
- Adjustable Gain and Signal Handling
- Balanced Inputs and Outputs
- High Common-Mode Rejection — 85 dB typ

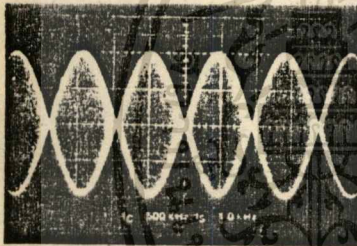


FIGURE 1 — SUPPRESSED CARRIER OUTPUT WAVEFORM

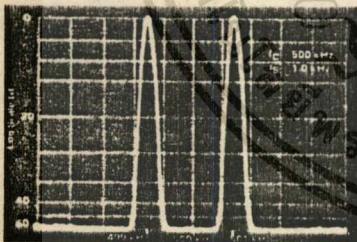


FIGURE 2 — SUPPRESSED CARRIER SPECTRUM

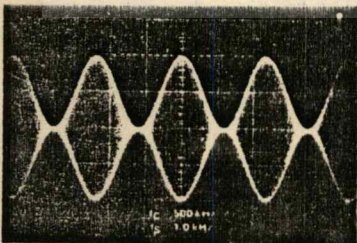
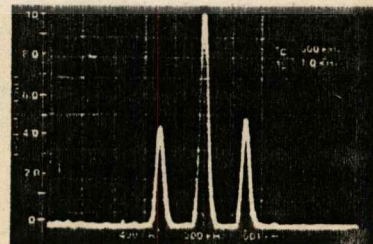


FIGURE 3 — AMPLITUDE-MODULATION OUTPUT WAVEFORM

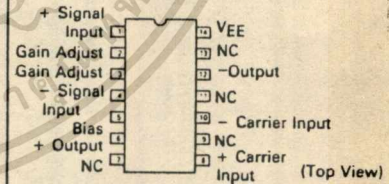
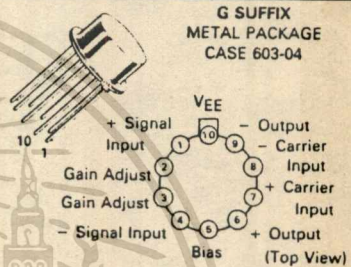
FIGURE 4 — AMPLITUDE-MODULATION SPECTRUM



**MC1496
MC1596**

BALANCED MODULATOR — DEMODULATOR

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC1496, MC1596

MAXIMUM RATINGS* (T_A = +25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Applied Voltage (V ₆ - V ₇ , V ₈ - V ₁ , V ₉ - V ₇ , V ₉ - V ₈ , V ₇ - V ₄ , V ₇ - V ₁ , V ₈ - V ₄ , V ₆ - V ₈ , V ₂ - V ₅ , V ₃ - V ₅)	ΔV	30	Vdc
Differential Input Signal	V ₇ - V ₈ V ₄ - V ₁	+5.0 ±(5 × I ₅ R _E)	Vdc
Maximum Bias Current	I ₅	10	mA
Thermal Resistance, Junction to Air Ceramic Dual In-Line Package Plastic Dual In-Line Package Metal Package	R _{θJA}	180 100 200	°C/W
Operating Temperature Range	T _A	0 to +70 -55 to +125	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS* (V_{CC} = +12 Vdc, V_{EE} = -8.0 Vdc, I₅ = 1.0 mAdc, R₁ = 3.9 kΩ, R₂ = 1.0 kΩ, T_A = +25°C unless otherwise noted). (All input and output characteristics are single-ended unless otherwise noted.)

Characteristic	Fig.	Note	Symbol	MC1596			MC1496			Unit
				Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Carrier Feedthrough V _C = 60 mV(rms) sine wave and offset adjusted to zero f _C = 1.0 kHz V _C = 300 mVp-p square wave offset adjusted to zero, f _C = 1.0 kHz offset not adjusted f _C = 1.0 kHz	5	1	V _{CFT}	-	40	-	40	-	40	μV(rms)
				-	140	-	140	-	140	mV(rms)
				-	0.04	0.2	-	0.04	0.4	
				-	20	100	-	20	200	
Carrier Suppression f _S = 10 kHz, 300 mV(rms) f _C = 500 kHz, 60 mV(rms) sine wave f _C = 10 MHz, 60 mV(rms) sine wave	5	2	V _{CS}	50	65	-	40	65	-	dB
				-	50	-	-	50	-	k
Transmittance Bandwidth (Magnitude) (R _L = 50 ohms) Carrier Input Port, V _C = 60 mV(rms) sine wave f _S = 1.0 kHz, 300 mV(rms) sine wave Signal Input Port, V _S = 300 mV(rms) sine wave V _C = 0.5 Vdc	8	B	BW _{3dB}	-	300	-	300	-	300	MHz
				-	80	-	80	-	80	
Signal Gain V _S = 100 mV(rms), f = 1.0 kHz, V _C = 0.5 Vdc	10	3	A _{V5}	2.5	3.5	-	2.5	3.5	-	V/V
Single-Ended Input Impedance, Signal Port, f = 5.0 MHz	6	-	Z _{ip}	-	200	-	200	-	200	kΩ
Parallel Input Resistance			R _{ip}	-	2.0	-	2.0	-	2.0	pF
Parallel Input Capacitance			C _{ip}	-	2.0	-	2.0	-	2.0	pF
Single-Ended Output Impedance, f = 10 MHz	6	-	Z _{op}	-	40	-	40	-	40	kΩ
Parallel Output Resistance			R _{op}	-	5.0	-	5.0	-	5.0	pF
Parallel Output Capacitance			C _{op}	-	5.0	-	5.0	-	5.0	pF
Input Bias Current I _{b5} = $\frac{I_1 + I_4}{2}$; I _{bC} = $\frac{I_7 + I_8}{2}$	7	-	I _{b5} I _{bC}	-	12	25	-	12	30	μA
				-	12	25	-	12	30	
Input Offset Current I _{o5} = I ₁ - I ₄ ; I _{oC} = I ₇ - I ₈	7	-	I _{o5} I _{oC}	-	0.7	5.0	-	0.7	7.0	μA
				-	0.7	5.0	-	0.7	7.0	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current (T _A = -55°C to +125°C)	7	-	TC _{I_{o5}}	-	2.0	-	2.0	-	2.0	nA/°C
Output Offset Current (I ₆ - I ₉)	7	-	I _{oO}	-	14	50	-	14	80	μA
Average Temperature Coefficient of Output Offset Current (T _A = -55°C to +125°C)	7	-	TC _{I_{oO}}	-	90	-	90	-	90	nA/°C
Common-Mode Input Swing, Signal Port, f _S = 1.0 kHz	9	4	CMV	-	5.0	-	5.0	-	5.0	Vp-p
Common-Mode Gain, Signal Port, f _S = 1.0 kHz, V _C = 0.5 Vdc	9	-	ACM	-	-85	-	-85	-	-85	dB
Common-Mode Quiescent Output Voltage (Pin 6 or Pin 9)	10	-	V _o	-	8.0	-	8.0	-	8.0	Vdc
Differential Output Voltage Swing Capability	10	-	V _{out}	-	8.0	-	8.0	-	8.0	Vp-p
Power Supply Current I ₆ + I ₉ I ₁₀	7	6	I _{CC} I _{EE}	-	2.0	3.0	-	2.0	4.0	mAdc
				-	3.0	4.0	-	3.0	5.0	
DC Power Dissipation	7	5	P _D	-	33	-	33	-	33	mW

* Pin number references pertain to this device when packaged in a metal can. To ascertain the corresponding pin numbers for plastic or ceramic packaged devices refer to the first page of this specification sheet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้